

Visual Computing, Devices & Communications

# 画像電子学会誌

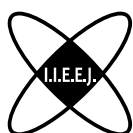
*The Journal of the Institute of  
Image Electronics Engineers of*

*The Journal of the Institute of  
Image Electronics Engineers of  
Japan*

*The Journal of the Institute of  
Image Electronics Engineers of  
Japan*

## 【特集 画像電子年報】

- ◆【来し方行く末】 デジタル化で変容した印刷
- ◆【来し方行く末】 ビジュアルコンピューティングの思いも寄らない幸運な旅
- ◆【一般論文】 表情を考慮した全方位カメラによる自撮りシステム
- ◆【一般論文】 Super Voxel Patch を用いた低重複点群レジストレーション
- ◆【一般論文】 画像変換を用いた複合音識別の高精度化とヒトの聴こえによる識別評価
- ◆【システム開発論文】 キメラ構造と外郭構造を用いた QR コードのバースト誤り耐性の向上
- ◆【報告】 IEEE CTSoc との Sister Society 契約の締結
- ◆【報告】 Visual Computing ワークショップ 2024 (VCWS 2024) 報告



一般社団法人

画像電子学会

Vol.54 No.1

2025

池上通信機株式会社  
株式会社 A B . d o  
科学技術振興機構  
公益財団法人画像情報教育振興協会  
桂川電機株式会社  
株式会社ゲネシスコンマース  
コニカミノルタ株式会社

Z A Z A 株式会社  
シリコンスタジオ株式会社  
大日本印刷株式会社  
東芝テック株式会社  
凸版印刷株式会社  
日本テレビ放送網株式会社  
日本電信電話株式会社

日本放送協会  
株式会社日立製作所  
富士フイルムビジネスイノベーション株式会社  
古野電気株式会社  
三菱電機株式会社  
株式会社リコー

## 編集委員会

- (委員長) 内田 理  
(副委員長) 小林直樹, 竹島由里子, 石川雅浩.  
(編集顧問) 安田靖彦, 富永英義, 小宮一三, 小野文孝,  
羽鳥好律, 松本充司, 加藤茂夫, 田中 清,  
児玉 明.  
(編集理事) 小池崇文, 石川雅浩, 新田 高庸, 向井智彦.  
(編集幹事) 河村尚登, 森谷友昭, 山田雄一郎.  
(編集・査読委員) 荒井良徳, 池田充郎, 井尻 敬, 石川知一,  
五十嵐悠紀, 上平員丈, 大井 翔, 大木眞琴,  
木村俊一, 久下哲郎, 倉掛正治, 櫻井快勢,  
佐藤甲癸, 佐藤周平, 白川真一, 新谷幹夫,  
関野雅則, 田中賢一, 田中 清, N.P.チャンドラシリ,  
プレーマチャンドラ・チンタカ, 豊浦正広, 長谷川まどか,  
長谷川まどか, 濱本和彦, 藤澤 誠, 藤代一成,  
牧田孝嗣, 吉田典正, 吉川 浩, Chee Seng CHAN,  
Paramesran RAVEENDRAN, KokSheik WONG.  
(査読委員) 荒川賢一, 荒木昭一, 有川智彦, 伊藤貴之,  
五十嵐悠紀, 岩切宗利, 岩橋政宏, 大澤秀史,  
尾上孝雄, 金井 崇, 金子俊一, 金森由博, 金子 格,  
金田和文, 北郷正輝, 勝間ひでとし, 栗原恒弥,  
黒沢俊晴, 洪 博哲, 小館亮之, 駒形英樹,  
小町祐史, 今間俊博, 斎藤隆文, 齋藤 豪,  
斉藤文彦, 佐藤真知子, 篠原克幸, 島村 潤,  
下馬場 朋禄, 白井啓一郎, 杉崎栄嗣, 瀬崎 薫,  
瀬政孝義, 高島洋一, 高野邦彦, 田中芳樹,  
高橋時市郎, 谷口行信, 田村 徹, 辻 宏行,  
鉄谷信二, 中村康弘, 納富一宏, 包 躍,  
林 正樹, 福江潔也, 堀田裕弘, 本宮隆広,  
茅 暁陽, 松木 眞, 松田浩一, 三田雄志,  
三ツ峰秀樹, 六浦光一, 森島繁生, 柳原政弘,  
藪下浩子, 山口隆二, 山崎龍次, Hernan AGUIRRE,  
Yoong Choon CHANG, Robin Bing-Yu CHEN,  
Mochamad HARIADI, Pizzanu KANONGCHAIYOS,  
Teck Chaw LING, Keat Keong PHANG,  
Nordin BIN RAMLI.  
(事務担当) 浮ヶ谷 修, 福島 理恵子, 本田京子.

## 入会のご案内

入会ご希望の方は下記ご参照の上, 学会ホームページよりお申  
込頂くか, 事務局にその旨ご連絡ください。

### ○会員の種別

- 正会員: 本会の目的に賛同する個人  
学生会員: 本会の目的に賛同する学生  
賛助会員: 本学会を援助する個人または法人  
特殊会員: 本学会の目的に賛同する個人以外の図書館, 研究室な  
ど

### ○入会金および年会費

- 入会金: 正 会 員 1,000 円 学生会員 500 円  
年会費: 正 会 員 10,000 円 (口座振替 9,000 円)  
学生会員 3,000 円  
賛助会員 50,000 円 (1 口)  
特殊会員 12,500 円

### ○ご連絡先

- 〒116-0002 東京都荒川区荒川 3-35-4  
ライオンズマンション三河島第二 101 号  
TEL (03)5615-2893 FAX (03) 5615-2894  
E-mail: hensyu@iieej.org (編集)  
kikaku@iieej.org (研究会・会員情報)  
hyoujun@iieej.org (テストチャート)  
<http://www.iieej.org/>  
<http://www.facebook.com/IIEEJ>

# 画像電子学会誌

第54巻 第1号 通巻271号 (2025年1月)

## 目次

### 随想

- 1 2025年の幕開けにあたって 内田 理

### 追悼文

- 2 安田浩 名誉会員を偲んで  
—デジタルコンテンツ普及の最大の功労者— 酒井善則

### 来し方行く末

- 3 デジタル時代の写真再現 松木 眞  
5 ビジュアルコンピューティングの思い出も寄らない幸運な旅 高橋時市郎

### 特集 画像電子年報

- 7 画像電子年報特集号の発行にあたって 編集委員会  
8 1. 編集委員会の活動 内田 理  
2. 各種大会・イベントの取り組み  
10 2-1 年次大会 田中 清, 佐野睦夫  
15 2-2 セミナー 平山 亮  
19 2-3 IEVC 竹島由里子  
2-4 画像関連学会連合会傘下イベント  
21 2-4-1 FIS秋季大会 平山 亮  
24 3. 第1種研究会の取り組み 高田英明  
4. 第2種研究会の取り組み  
26 4-1 第2種研究会の位置付けと概要 平山 亮  
4-2 ビジュアルコンピューティング分野  
30 4-2-1 ビジュアルコンピューティング (VC) 研究会 金井 崇  
32 4-2-2 多次元画像 (MDI) 研究会 高田英明  
4-3 メディア応用分野  
34 4-3-1 VMA (Versatile Media Appliance) 研究会 深見拓史  
37 4-3-2 デジタルミュージアム・人文学 (DMH) 研究会 平山 亮  
4-4 標準化関連分野  
39 4-4-1 静止画符号化標準化 (SIC) 研究会 小野文孝  
4-5 生活支援分野  
41 4-5-1 視覚・聴覚支援システム (VHIS) 研究会 平山 亮  
4-6 共通領域  
43 4-6-1 建築と画像電子の共通領域 (AIM) 研究会 長尾嘉満, 長谷川克也, 吉野 勝  
47 4-6-2 ドローン (DRC) 研究会 長谷川克也, 長尾嘉満  
5. 標準化動向  
51 5-1 国際照明委員会第8部会 —画像技術— 山口雅浩  
54 5-2 ITU-T SG16 (マルチメディアとデジタルサービス)  
—第3回及び合同作業部会合報告— 山本秀樹  
60 5-3 ISO/IEC JTC 1/SC 27 —セキュリティ技術— 中尾康二  
67 5-4 ISO/IEC JTC 1/SC 28 —オフィス機器— 濱田信明  
72 5-5 ISO/IEC JTC 1/SC 29 —マルチメディア符号化— 渡邊 修  
76 5-6 ISO/TC42/WG18, 20, 23, 26, 28 —デジタル写真分野— 永田 徹  
78 5-7 IEC TC 100 —オーディオ・ビデオ・マルチメディアのシステム— 上原まひる  
81 5-8 ISO/TC130 —印刷技術— 佐藤利文  
83 5-9 IEC SyC Smart Cities 平川秀治  
6. 装置動向  
86 6-1 タブレット端末 児玉 明  
91 6-2 電子書籍端末 植村八潮  
94 6-3 ディスプレイ・表示装置 河村尚登  
98 6-4 3Dスキャナ (3D入力装置) 坂本静生  
100 6-5 ウェアラブル機器 児玉 明  
107 6-6 スマートフォン 児玉 明  
118 6-7 3Dディスプレイ 陶山史朗  
121 6-8 ファクシミリ 川畑広隆, 藤井秀樹, 渡邊哲次, 和田 学, 副島秀樹  
124 6-9 ドローン 長谷川克也

- 126 6-10 ノン・インパクト・プリンタ
- 129 6-11 ゲーム機・ゲームソフト
- 132 6-12 BD レコーダ・プレーヤ
- 135 6-13 各種装置の市場推移

松木 眞  
今給黎 隆  
祖田寛貴, 川原大弥, 六日市正弘  
編集委員会

## 論文

- 138 表情を考慮した全方位カメラによる自撮りシステム
- 147 Super Voxel Patch を用いた低重複点群レジストレーション
- 157 画像変換を用いた複合音識別の高精度化とヒトの聴こえによる識別評価

河合紀彦, 木内一隆, 今村真平  
國武千人, 岩切宗利, 田中 清  
藍原直大, 宮崎 剛, 田中 博, 上田麻理

## システム開発論文

- 166 キメラ構造と外郭構造を用いたQRコードのバースト誤り耐性の向上

寺浦信之, 越前 功, 岩村恵市

## 報告

- 174 IEEE CTSocとのSister Society契約の締結
- 177 Visual Computing ワークショップ2024 (VCWS 2024)報告

高村 誠之  
画像電子学会Visual Computing 研究会

## 会告・ニュース

- 184 理事会だより
- 185 参与制度について
- 186 終身会員制度について(新設)
- 187 2025年度会費自動引落しについて
- 188 画像電子学会研究会等予定
- 189 画像電子学会 第311回研究会 in 広島 開催案内
- 191 画像電子学会 第8回 デジタルミュージアム・人文学(DMH)研究会講演募集  
一博物館・人文学分野における数理・データサイエンス・AI—
- 193 画像電子学会 第9回 デジタルミュージアム・人文学(DMH)研究会講演募集  
一博物館・人文学におけるデジタルデータの作成と活用
- 195 2025年10月号 ビジュアルコンピューティング論文特集号 論文募集
- 196 映像表現・芸術科学フォーラム(Expressive Japan) 論文特集号 論文募集

- 197 2026年4月号 英文誌6月号 論文特集号 論文募集  
— AI 技術と画像電子関連技術特集—
- 198 論文投稿の手引き
- 202 アレキサンダー・ベイン賞候補推薦募集
- 204 画像電子技術賞候補の推薦のお願い
- 207 フェロー候補推薦募集
- 209 代議員候補推薦のお願い
- 210 日本画像学会誌・日本写真学会誌・日本印刷学会誌目次
- 214 会 報
- 214 編集後記
- 215 総目次



**The Journal of  
the Institute of Image Electronics Engineers of Japan  
Vo1.54 No.1 January 2025  
CONTENTS**

---

### Foreword

- 1 Greetings at the Start of 2025 Osamu UCHIDA

### In Memoriam

- 2 Hiroshi YASUDA Yoshinori SAKAI

### The Past & The Future

- 3 Photographic Reproduction in Digital Era Makoto MATSUKI  
5 Research Results from Unexpected Serendipity in Visual Computing Tokiichiro TAKAHASHI

### Special Issue : Biennial Report of Image Electronics Engineering

- 7 Introduction to the Special Issue on Biennial Report of Image Electronics Engineering Editorial Committee  
8 1. Activities of Editorial Committee Osamu UCHIDA  
2. IIEEJ Activities of Conferences and Events  
10 2-1 IIEEJ Annual Conferences Kiyoshi TANAKA, Mutsuo SANO  
15 2-2 Seminar Makoto J. Hirayama  
19 2-3 IEVC Yuriko TAKESHIMA  
**2-4 Events organized by FIS (Federation of Imaging Societies)**  
21 2-4-1 Fall Meeting of Federation of Imaging Societies Makoto J. Hirayama  
24 3. Activities of IIEEJ Regular Conferences Hideaki TAKADA  
**4. Activities of IIEEJ SIGs (Special Interest Groups)**  
26 **4-1 Position and Overview of IIEEJ SIGs** Makoto J. Hirayama  
**4-2 Visual Computing**  
30 4-2-1 IIEEJ SIG on Visual Computing Takashi KANAI  
32 4-2-2 IIEEJ SIG on Multi-Dimensional Image Hideaki TAKADA  
**4-3 Media Application**  
34 4-3-1 IIEEJ SIG on Versatile Media Appliance  
37 4-3-2 IIEEJ SIG on Digital Museum and Humanities Makoto J. HIRAYAMA  
**4-4 Standardization**  
39 4-4-1 IIEEJ SIG on Still Image Coding Standardization Fumitaka ONO  
**4-5 Assisted Living**  
41 4-5-1 IIEEJ SIG on Visual and Hearing Impaired Support Makoto J. HIRAYAMA  
**4-6 Jointed Fields**  
43 4-6-1 IIEEJ SIG on Architectural Industry Mondiale Expected by Image Technology Yoshimitsu NAGAO, Katsuya HASEGAWA, Masaru YOSHINO  
47 4-6-2 IIEEJ SIG on Drone Research Katsuya HASEGAWA, Yoshimitsu NAGAO  
**5. Trends of Standardization**  
51 5-1 CIE Division 8: Image Technology Masahiro YAMAGUCHI  
54 5-2 ITU-T SG16 (Multimedia and digital services): The digest of the third SG16 meeting and the Joint WP Meeting Hideki YAMAMOTO  
60 5-3 ISO/IEC JTC 1/SC 27: Security Technology Koji NAKAO  
67 5-4 ISO/IEC JTC 1/SC 28: Office Equipment Nobuaki HAMADA  
72 5-5 ISO/IEC JTC 1/SC29: Multi-media Coding Osamu WATANABE  
76 5-6 ISO/TC42/WG18, 20, 23, 26, 28 : Digital Photography Toru NAGATA  
78 5-7 IEC TC 100: Audio, Video and Multimedia Systems and Equipment Mahiru UEHARA  
81 5-8 ISO TC130 : Graphic technology Toshifumi SATOH  
83 5-9 IEC SyC Smart Cities Shuji HIRAKAWA

## 6. Trends of Equipment

86	6-1 Tablet Device	Mei KODAMA
91	6-2 eBook Reader	Yashio UEMURA
94	6-3 Display	Naoto Kawamura
98	6-4 3D Scanner (3D Input Device)	Shizuo SAKAMOTO
100	6-5 Wearable Device	Mei KODAMA
107	6-6 Smart Phone	Mei KODAMA
118	6-7 3D Display	Shiro SUYAMA
121	6-8 Facsimile	Hirota KAWABATA, Hideki FUJII, Satoshi WATANABE, Manabu WADA, Hideaki SOEJIMA
124	6-9 Drone	Katsuya HASEGAWA
126	6-10 Non-Impact Printing	Makoto MATSUKI
129	6-11 Gaming Platform and Game Software	Takashi IMAGIRE
132	6-12 BD Recorder/Player	Hirota SODA, Hiroya KAWAHARA, Masahiro MUIKAICHI
135	6-13 Market Transition of Various Equipment	Editorial Committee

## Contributed Papers

138	Selfie System Using Omnidirectional Camera Considering Facial Expression	Norihiko KAWAI, Kazutaka KIUCHI, Shimpei IMAMURA
147	Low Overlap 3D Point Cloud Registration Using Super Voxel Patch	Yukihiro KUNITAKE, Munetoshi IWAKIRI, Kiyoshi TANAKA
157	Improving Accuracy of Complex Sounds Classification Using Image Transformation and Human Auditory Classification Evaluation	Naohiro AIHARA, Tsuyoshi MIYAZAKI, Hiroshi TANAKA, Mari UEDA

## System Development Paper

166	Improving Burst Error Resilience of QR Code Using Chimera Structure and Shell Structure	Nobuyuki TERAURA, Isao ECHIZEN, Keiichi IWAMURA
-----	---	---

## Reports

174	Signing Ceremony for MoU between IEEE CTSoc and IIEEJ	Seishi TAKAMURA
177	The Report of Visual Computing Workshop2024 (VCWS2024)	Visual Computing Committee

## 2025 年の幕開けにあたって

内田 理 (編集委員長, 東海大学)

### Greetings at the Start of 2025

Osamu UCHIDA (Editor in chief, Tokai University)



会員の皆様, 新年明けましておめでとうございます. 2025 年 1 月号の発行にあたり, 編集委員会を代表してご挨拶申し上げます.

昨年は, 1 月 1 日に能登半島地震が発生し, さらに 9 月には同地域を能登半島豪雨が襲ったことにより, 大きな被害が発生しました. この地震と豪雨により, 石川県では 500 人を超える犠牲者 (災害関連死を含む) が出ています. また, 8 月下旬には九州・四国地方を横断した台風 10 号が, その速度の遅さもあって, 一週間にもわたり広く日本各地に強風と大雨をもたらし, 九州では 26 万戸以上が停電する事態になりました. さらに, 8 月 8 日には初めて「南海トラフ地震臨時情報 (巨大地震注意)」が発令されるなど, 多くの自然災害に列島が翻弄された 1 年でした.

今年は, 年明け早々にアメリカのカリフォルニア州ロサンゼルス近郊で大規模な山火が発生し, 本稿執筆時点 (2025 年 1 月 15 日) でも完全な鎮火には至っていません. 世界を震撼させたコロナ禍は発生から 5 年を経てようやく収まりつつありますが, この冬, 日本ではインフルエンザが大流行しており, 感染症のアウトブレイクやエビデミック, パンデミックへの対策や対応は, 今後も気を緩めず, 継続する必要があります. 昨年の 1 月号の随想でも述べましたが, 安全・安心な社会の実現に向けた取り組みや技術開発は未だ未だ十分ではないと考えます.

ところで, 本年 4 月 13 日から 10 月 13 日まで, 2025 年日本国際博覧会 (略称「大阪・関西万博」) が開催されます. 1851 年にロンドンで開催された第 1 回万国博覧会以降, 国際博覧会は世界各地で開催されており, 今回の大阪・関西万博は日本では 6 回目の開催となります. ベテランの会員の皆様の中には, 1970 年の大阪万博に参加された方もいらっしゃるかもしれません. 私は, 1985 年 3 月から 9 月に開催された国際科学技術博覧会 (つくば科学万博) に, 会場が自宅から近かったこともあり, 通い詰めました (おそらく 10 回以上訪問し, ほぼ全てのパビリオンを訪ねたはず). 当時, ちょうど小学校から中学校に進級するタイミングでしたが, この万博での様々な体験とそれによる感動や興奮が, その後の人生に大きな影響を与えたことは間違いありません. 今回の大阪・関西万博 (テーマ: いのち輝く未来社会のデザイン) でも, 最先端の技術に触れることにより, かつての私のように, 将来の人生に影響を受ける来場者がたくさん出てくることでしょう. 私も今回は家族で訪問の予定ですが, 40 年前の記憶が冷めやらない私の方が子供たちよりワクワクしていると言ってしまうかもしれません. 来場者をアッと驚かせるような最先端の画像電子関連技術が披露され, さらに技術革新の連鎖につながることを期待しています.

さて, 編集委員会では, 本年も継続して英文論文誌の SCOPUS への掲載を目指した活動に注力いたします. また, 「学術論文等の即時オープンアクセスの実現に向けた基本方針の実施にあたっての具体的方策 (令和 6 年 10 月 8 日改正 関係府省申合せ)」に従い, 学会誌, 英文論文誌のオープンアクセス化に向けた制度設計を編集委員会で開始しており, 2026 年中の実現を目標としています. しかし, これらの取り組みのすべてを編集委員会のメンバーだけで短期間に実現することは難しく, 会員の皆様全体からご協力・ご支援をいただく必要があります. 学会誌, 英文論文誌のオープンアクセス化, 並びに英文論文誌の SCOPUS 掲載は本学会生き残りのために必須のアイテムと考えます. 是非, これらの実現に向けお力添えを賜りますと共に, ご意見等も遠慮なくお寄せいただきますよう, よろしく願いいたします.

今後のイベントですが, 2025 年度第 53 回画像電子学会年次大会は本年 8 月 25 日 (月) ~27 日 (水) に埼玉大学において開催予定です. 昨年同様, Journal Track 形式の論文募集を計画しますので, 年次大会への参加と論文投稿を是非ご予定ください. また, The 9th IEEEJ International Conference on Image Electronics and Visual Computing (IEVC 2026) の 2026 年春の開催に向け, 準備に着手致しました. こちらも従来同様, Journal Track 形式の論文募集を予定していますので, IEVC での発表と, これに連携した英文論文誌への投稿を是非ご計画ください. さらに本号で紹介しておりますように IEEE CTSoc と本学会の Sister Society 契約が締結されました. ご自身のキャリアアップに向け是非ご活用ください.

最後に末筆ながら, 年頭に当たり会員の皆様のご健勝とご多幸をお祈り申し上げますとともに, 本学会への一層のご理解とご協力を賜りますよう, 宜しく願い申し上げます.



## 安田浩 名誉会員を偲んで

### ー デジタルコンテンツ普及の最大の功労者 ー

本会名誉員安田浩先生は、2024年7月25日に逝去されました。享年80歳でした。研究者として生涯ご指導頂いたことに感謝しつつ追悼の辞を述べさせていただきます。

安田先生は1972年に東京大学大学院博士課程を修了し、当時の電信電話公社電気通信研究所（通研）に入社され、画像通信研究部に配属されて、直ちに動画像のデジタル圧縮の研究に従事されました。当時は家庭での通信は電話が主流の時代であり、動画像の必要帯域は音声の約1,000倍で、家庭でのテレビ電話を実用化するためには、ネットワークの高速化とともに、動画像の符号量を大幅に減らすデジタル符号化技術の開発が必須でした。多くの情報通信関連企業が、テレビ電話の開発を模索していた中、先生はそれまではまだ理論上の存在であったフレーム間相関利用技術の実現に取り組み、テレビ会議を主目的としたフレーム間符号化方式（TRIDEC）の開発をリーダーとして担当し、テレビ電話システムを完成されました。続いて画像・映像の国際相互通信を実現するには一つの方式に統一すべきとの信念に基づき、国際標準化にも取り組み、静止画符号化JPEG、動画符号化MPEGの制定を主導されました。特にMPEGは、動画符号化技術の利用をそれまでのテレビ電話・テレビ会議にとどまらず、パッケージビデオ、放送へと発展させることで市場の拡大が可能という先見の明に基づくもので標準化された一連の動画像符号化方式MPEGは現在では通信、放送、蓄積全てに必要な基本技術となっています。先生はそこ活動により、JPEG・MPEGの父と呼ばれ、その業績でエミー賞、チャールズ・ブローテウス・スタインメッツ賞を始めとする多くの著名な賞を受賞されました。また通研時代は当時の最先端の技術であったファクシミリ通信システム、マルチメディア通信会議システムの開発にも多大な貢献をするとともに、情報通信研究所長として、多くの研究者を指導されました。更にNTT退職後は、東京大学教授並びに同大学国際・産学共同研究センター所長、東京電機大学学長を務めるとともに、コンテンツIDフォーラム、サイバーセキュリティ等での活動を通じて、デジタルコンテンツの普及とその安全性の追求にも努められました。これらの活動に対して、2009年には紫綬褒章を授与されています。

私は、東京大学博士課程の2年後輩で、修了後安田先生と同じ通研に就職しました。就職活動の一環として友人と通研を訪問した際、お目にかかった幹部の方から、先輩の安田さんは動画像符号化についてこんなに仕事をしているよ、と言われ、東大の学生時代から際立った活躍をされていた安田先輩がここでも既に有名な存在であることに驚いたことを覚えています。私の配属先は通研画像通信研究部で安田先生と同じ研究室でした。ただ私のテーマは符号化ではなく、デジタル変復調技術でしたので、入社した直後は同じ研究室の隣のグループの一員として安田先生の活躍を感心して見ておりました。その後、ファクシミリ通信システム、マルチメディア通信会議システム等の開発で、安田先生とは上司、部下の関係になりご指導頂きました。私が1987年に退職し東京工業大学助教授として赴任した折にも、上司として私の意向を尊重し快く送り出して頂きました。東京工業大学で教授として研究室を主宰した時も、研究室運営のアドバイスを頂きました。その後安田先生が東大の教授となられ、学会等多くの場でお付き合いすることが増えましたが、いつも叱咤激励されていました。

私は東工大退職後、放送大学学習センター所長として70歳まで勤務しました。放送大学の学習センターは土日も講義があるため、所長も土日出勤が多く、平日も学会、委員会の予定が入り、実質的に週6日位働くことになってしまいました。通研画像通信研究部OBの会合でそのような近況報告をしたところ、安田先生から、自分はほぼ週7日働いている、お前も頑張れ、と言われてしまい、この人には絶対にはかなわないと思いました。

ご病気で数年前に第一線から退かれましたが、また元気になられお目にかかることを楽しみにしておりました。大変残念です。心よりお悔やみ申し上げます。

東京工業大学名誉教授 酒井善則

#### <安田浩様のご略歴>

- 1967年3月 東京大学工学部電子工学科 卒業
- 1972年3月 東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻博士課程 修了(工学博士)
- 1972年4月 電信電話公社電気通信研究所入社
- 1995年7月 NTT 理事・情報通信研究所長
- 1997年4月 東京大学先端科学技術研究センター教授
- 2007年4月 東京電機大学未来科学部情報メディア学科教授
- 2016年4月 東京電機大学学長 (2019年6月 辞任)



## デジタル時代の写真再現

松木 眞 (フェロー, 元 NTT 印刷)

### Photographic Reproduction in Digital Era

Makoto MATSUKI (Fellow, Former NTT Printing)

#### 1. はじめに

印刷関係の標準化に関わったことが切っ掛けで考える機会を得た写真の再現について少し書いてみたい。ニエプスが世界初の写真エッチングを発明した 1822 年から約 200 年、日本最古として知られる島津斉彬の肖像写真が撮られた 1857 年から 170 年近く経つ。写真は誕生以来、一般には文字通り「真を写す物」と考えられてきたといえよう。

私事になるが私自身が写真を撮り始めたのは、親父の影響もあって比較的早く、小学校 4 年生くらいであったと思う。最初は親父のカメラを借り、もっぱらカラースライドの撮影をしていた。当時は自動露出などはもちろん無く、目分量で露出を合わせていたので、なかなか最適にはできず、暗かったり明るかったりであったが、それも楽しく、「写真は真を写すもの」と信じていた。その後、一眼レフ、手軽なコンパクトカメラ、そしてデジタルカメラと色々な機材が出回り、露出は機械に任せるのが当たり前になって、写真を撮る機会は増えたものの、写真について深く考えることもないまま時間が過ぎて行った。

しかし、業務で印刷関係の標準化に関わるようになったことを契機に、写真は「真を写す物」という考えから、「撮影者や編集者の意図によって作り上げられる物」という認識に一変することになった。

#### 2. 印刷関連の標準化との関わり

印刷関連の標準化については今から 30 余年前、印刷用の TIFF や PDF、標準画像などの課題で関わるようになった。その中で、2000 年頃からデジタルカメラデータが印刷原稿として一般に利用され始め、2002 年に印刷用 PDF でも RGB データを扱えるようになってデジタルカメラの RGB データを直接利用する RGB ワークフローに興味を持たれるようになった。デジタルカメラで取り込んだ RGB データをそのまま刷版を作成する CTP 出力装置まで持って行ければ、余分な手間がかからないうえ、6 色印刷などの広色域印刷や、各種の印刷用紙への対応が容易に行えると考えられたからである。

一方、実際の運用では sRGB や AdobeRGB などの規格に適合したデータで入稿し、ディスプレイ上で確認を済ませていてもいざ印刷してみると暗いとか、再現が揃わないなどの

問題が発生し、印刷業界で問題となり始めていた。そこで、これらの不都合を解決するためデジタルカメラデータ用に何かしらの標準を設定できないかという話がかちあがり、標準化委員会の中で検討を始めることになった。

#### 3. 写真のハードコピー再現

写真のハードコピー再現という問題については、白黒写真を対象に 1950 年代にコダックで検討が開始された。ハードコピーの場合は、再現される画像の周囲の紙白や、近くで比較される紙白の影響を受け、写真内で白の基準となるハイライト点が用紙の紙白に比べある程度以上暗くなると、「かぶっている」として受け容れられない。この辺はハイライト点の明るさ許容幅の広いディスプレイ表示などとは異なる点である。また、より良い再現には鏡面反射などのハイライト点より明るい部分のディテールを保存することが重要とされており、ハイライト点以上の明るさをどのように再現するかが肝要となる。

これらに対しコダックのバートルソン (Bartleson) らは、ハイライト点を許容できる範囲で紙白からやや暗く設定し、そこから紙白までの間にハイライト点以上の領域を圧縮してディテールを確保する。また、低い最高濃度などのために狭くなったダイナミックレンジを補償するため、やや高めガンマを設定する。ただし、注目度が高く再現濃度がほぼ一定となる肌などの濃度点は固定し、ガンマも 1 に近い特性にするのが良いとしている。その後のカラー再現でも同様なことが言われ、特定の色、肌色、森の緑、空の青などの記憶色がほぼ一定のところ再現されるのが良いとされている。

銀塩写真の場合、このような特性はフィルムや現像の化学的な処理によって実現され、デジタルカメラでも RAW データから sRGB などに変換する際に補正されている。印刷などのハードコピーに落とし込む際にはスキャナオペレータがハイライト点などの設定により、この特性が有効となるように分解を行っている。

これらのことから、デジタルカメラデータでも、ハイライト点などの固定点をいくつか設定することにより、問題をうまく解決できるのではないかと考え、種々の実験を行ってみた。たとえば、ポートレートのサンプル写真を作成し、その下側の目立たない所に階調パターンを入れ、内外の大手印



刷会社のオペレータに、CMYK 変換を想定したうえで RGB データのまま段階補正をかけてもらった。補正した写真データの段階パターンから補正カーブを読み取ったところ、各社によって思いのほか違いがあり、この特性で変換した画像を見てもらった限り、自分の会社の変換がほぼ目標としていた再現となっており、最も好ましいという回答が得られた。また、対象とする雑誌や本、出版社に合わせて軽とか重とか調整するという話も聞いた。

写真の撮影、特に芸術写真や広告写真の撮影では撮影者の意図が大きく反映されるものとそれまでも思っていたのだが、このように撮影済みのフィルムやデジタルデータに対しても撮影者や編集者の意図に沿った補正が行われ、印刷物の見た目が大きく変わるのが実態であることを知ったのは、ある意味、目から鱗の落ちる思いであり、現実には、写真は「真を写す物」と言うより撮影者や編集者の意図に合わせて作り込まれる物であるという認識を新たにすることになった。

また、標準化作業としては、写真の再現には一定の押さえなければいけない点はあるものの、編集者などの意図に依存する部分も大きいことから、どのような再現系（たとえばジャパンカラーなど）をターゲットにして補正を行ったかを明示するのに留める方向で活動を終えることとなった。

#### 4. 自動階調補正

さて、このようなプロ向けの階調補正は撮影や編集の意図に沿った補正であり一筋縄では行かないが、通常のプリンタ再現などでは、AI を使った最適化も最近では進んでいるようである。少し前に聞いた話では、処理の自動化に向けて最適化を行おうとしたところ、サンプルとして収集してあった写真は良い再現の物ばかりであったので、むしろ露光の合っていない写真をわざわざ集め直したそうである。プロ向けの階調補正も再現の方向性に合わせたサンプルを多く集めることにより実現可能であり、時代は着実にその方向に進んでいるものと思われる。

以上の話をテーマにこの依頼原稿を書こうと思っていたのだが、ふとテレビを見ると、生成 AI の話をしており、単一画像での階調補正の最適化どころか、現実に存在しない画像の生成方法までとりあげられている。大規模な画像データセットを用いて学習させ、大規模言語モデルと組み合わせることで人工画像を生成しているとのことである。その結果、本当の写真と見分けが付かないほど自然な画像も AI で作成できるのだと言う。その画像は作成者の意図が知らぬ間に取り込まれて生み出されたものといえるが、通常の写真も撮影者や編集者の意図に沿って補正されていることを考えると、両者間に大きな差はないともいえる。それなら両方まとめて「写真」と言ってしまうの良いのかもしれないのであるが、何となく違和感を覚えるのも事実である。

#### 5. むすび

標準化活動を切っ掛けとして考えるようになった、写真のハードコピー再現について、振り返らせていただいた。フィルムカメラの時代はフィルム会社によって色合いが大きく異なっていたし、焼き増しをしてもその都度微妙に色合いが変わっていた。そのようにカラー写真の再現が大きくゆらいでいた時代においても、写真が「真を写すもの」ということには何故か暗黙の了解があったように思う。

写真が実際は撮影者や編集者の意図によって作り上げられている物であるということを知ったときは新鮮な驚きを感じたが、同時にそれは必然であるということも理解できた。そして、今や、本来は人間の手で作り出された AI が、その流れを着実に加速しつつあるといえる。今後その流れは一体どこに向かうのであろうか。難しい時代になったものである。

## 来し方 行く末

### ビジュアルコンピューティングの思いも寄らない幸運な旅

高橋 時市郎 (フェロー, 東京電機大学)

#### Research Results from Unexpected Serendipity in Visual Computing

Tokiichiro TAKAHASHI (Fellow, Tokyo Denki University)



#### 1. まえがき

NTT から、2003 年に東京電機大学に転職しました。研究室は、ゲームを作りたい学生、メディア生成に興味がある学生、いずれも個性的でした。彼らの目には、私が提案した保守本流の CG・画像処理関係の研究テーマは今一つ不人気。そんな中、ある学生の「授業料を払ってやりたくもない研究をやらされるなんて…」の一言に目が醒めました。まず学生の希望を聞く、一緒に研究の展開・ゴール・攻略法を考える、モノになりそうだと学生も納得したら、研究を始める、という方針にしました。やりたい研究ができる研究室となったことが人気研究室へとつながったのでしよう。

大学の悩みは研究費獲得ですが、不思議なご縁があって、いろいろなところから研究費を頂戴して研究を進めることができました。そうした大学での研究生活の「来し方」をご紹介致します。

#### 2. プロジェクト「江戸藩」

赴任 3 年目に、千代田区から江戸後期の古い街並みを復元する研究テーマで、助成金を頂戴しました。『鬼平犯科帳』の大ファンであった私には願ってもない話でした。学生に話したところ、昔の町並みの復元なんて…と嫌われるどころか、やる気満々の学生が集まりました。江戸時代の町並みを復元するので、プロジェクト名は「江戸藩」。

江戸藩りは、学生が主体的に研究を進めたことが勝因の一つです。彼らは研究項目を洗い出し、議論しながら作業を進めて行きました(まるで会社組織のように)。一軒の家屋を効率よくモデリングする方法を考える係、平面図から伝統的な日本家屋の瓦屋根を自動的に葺く手法を考える係、スキャンした古地図(切絵図)を地割する係、地割に家を配置する係、人通りを演出する係等々です。多いときには、近代の街並みを復元する「東京藩」と合わせて、10 名以上の学生がプロジェクト「江戸藩」に参加していました。文字通り切磋琢磨しつつ、自由な雰囲気の中で研究を進めました…多分(本人たちに聞いた訳ではありません)。復元された江戸の町を Walk Through するレンダラを開発した強者もいました(図 1)。

江戸時代の町並みを復元する際に、江戸時代の町並みを体験できるテーマパークを取材させてもらいました。テーマパークですから、木造家屋は同じ頃に一斉に建てられたものでした。そのため、図 2(a)のように、どの家も同じ感じの木造家屋になっており、町並みとして見た場合に、違和感がありました。その時、アンティーク家具販売をされていた学生のお父様から「エイジング塗装という、アンティーク家具に見せるための技術があるよ」という情報が齎されました。

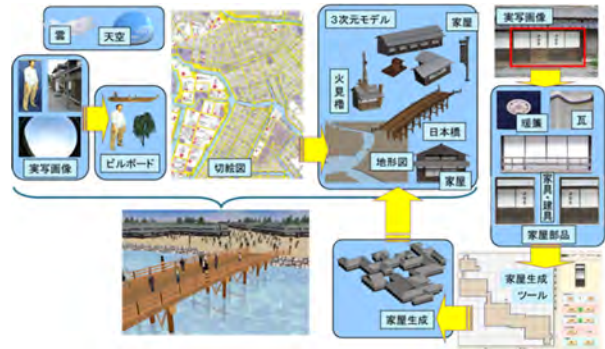


図 1 復元された江戸の町並み(日本橋界限)

調査したところ、森林総合研究所に目当てのデータがあることを学生が見つかり、早速、話を伺いに行くと、大変興味を持ってくださり、森林総研で蓄積していたデータを利用させていただきました。この結果、CG による木材表面色の経年変化効果を科学データに基づいてシミュレーションできるようになり、木の肌合いが多様で、色合いが自然な木造家屋が立ち並ぶ「江戸」の町並みを生成することができました<sup>2)</sup>。



(a) 経年変化効果なし (b) 経年変化効果あり

図 2 木材表面色の経年変化効果を取り入れた町並み

徐々に江戸の町並みが出来上がって来たところで、街並みの復元の監修を江戸東京博物館にお願いに行き、お墨付きを頂戴しました。最後には、合同公開シンポジウムまで開催していただきました。

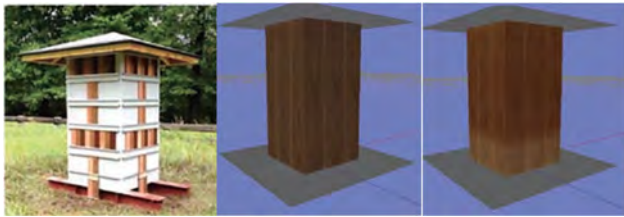
#### 3. 江戸藩から木材商へ

プロジェクト「江戸藩」から派生し、2016 年からずっと今現在までも継続している研究があります。その研究プロジェクト<sup>3)</sup>は、公益社団法人 日本木材保存協会からの委託事業で、農水省 森林総合研究所(筑波)と全国 4 カ所(北海道・山形・東京・福山)の林業試験場、木材関係の企業 3 社、日本大学、東京電機大学が参加しています。このプロジェクトは、森林総研で長年蓄積された木材表面色のデータを基に、江戸藩の町並みにおける木造家屋の木材表面色を生成する我々のシステムに興味を持ってくださって始まりました。

木材は我々には身近で親しみやすい建材ですが、木材表面

の色が時に思いもよらない変化をするのが弱点の一つとされています。そこで{柎目, 板目}×塗装などの異なる, 計 11 種類の木材に対して, 暴露日数(築年数), 住宅を建てる地域, 家の方角, 近くの AMeDAS データを参照して, 木材表面色の色変化方程式から, 木材の色変化をシミュレーションできるシステムを開発しています(図 3)。

木造高層建築が注目されている今, 強度に関する議論が活発ですが, その次は外観, つまり経年による木材表面の色変化が必ず問題になると思われます。その基盤データとすべく, 2016 年から開始した暴露試験は現在も継続中です。



(a)暴露試験架台 (b) 暴露開始前 (c) 約 430 日後  
図 3 3DCG による暴露シミュレーション結果<sup>3)</sup>

#### 4. VR/AR/MR=XR に夢中

##### 4.1 VR カラオケ@武道館

2010 年半ばから VR/AR/XR の風が吹き始めました。初めのうちは, 立体 TV 同様, Head Mounted Display と VR の 30 年周期の到来かと, それほど興味は持っていませんでした。

そんな中, 2015 年, 一人の学生が VR の研究をしたいと卒研を希望して来ました。曰く「VR 武道館でひとりカラオケを歌いたい」, そのアイデアに共鳴し XR の研究が始まりました。

ひとりカラオケは大好きだがリアクションがほしい(図 4(c)), 武道館の特設ステージで歌いたい(図 4(a)), 等々の要求は VR 技術で解決できそう。何より楽しそう。早速, 当時の最新鋭機器を揃え, 研究を開始しました。研究は順調に進み, その年度末の 2016 年 3 月, 映像表現・芸術科学フォーラムで, CG-ARTS 人材育成パートナー企業賞を受賞しました。



(a) VR カラオケステージ (b) 熱唱中の学生



(c) HMD 越しに見えるペンライトを振る観客席

図 4 VR カラオケ@武道館

ここで得た教訓は, XR はそれを本当に必要とする分野があれば, 非常に有用だということ, ごく当然のことでした。そうは言っても, 真に必要な応用分野を見出すのは難しいのです。

##### 4.2 都市防災 XR

大学の産官学交流センターで VR カラオケの話を紹介したところ, VR で水害時に早期避難が重要だということを経験できるシステムに展開できないかという話になりました。早速, VR 武道館の経験と技術を活かしてプロトタイプを作り, 足立区役所でデモを行ったところ, 大好評でした。その後, 足立区環境基金から研究開発費を頂戴して本格的に開発しました。足立区近隣住民に公開実験を行ったところ, 水害では冠水前の避難が大事であることがよくわかったと好評でした(図 5)。



図 5 VR 冠水体験シミュレーション例

このように, 近年, 被害の甚大化が予想されている都市災害を食い止めるには, XR 技術で災害状況を体験し, 住民一人一人が防災対策を普段から考えることが有用であると指摘されています。そのために XR 技術の一層の活用が望まれます。

#### 5. むすびに代えて

筆者は, 2016 年以降は専ら XR の応用に注力して来ました。CG/XR 技術と生成 AI を組み合わせることにより, 気象, 医療, 都市防災など社会的課題の多くに解決の道が開かれることを期待しています。

筆者は, 企業 26 年, 大学 22 年, 通算 48 年間, 研究活動に従事する幸運に恵まれました。多くの方との不思議なご縁に恵まれ研究を進めることができました。心より感謝申し上げます。「来し方」を振り返れば, 試行錯誤の積み重ねでしたが, 結果的には, 思いも寄らぬ幸運な旅でした。本稿はとりとめのない思い出話の羅列になってしまいました。ご容赦下さい。

末筆ながら, 研究室の卒業生, 時間を共有した友人各位, ご縁をいただいたすべての関係者の皆様に感謝申し上げます。

#### 文献

- 1) 勝村ほか, “3DCG による歴史的町並み復元のための家屋生成手法,” 画像電子学会誌, 36(4), pp.382-389 (2007).
- 2) 勝村ほか, “歴史的町並み復元のための木材の経年変化を考慮した家屋自動生成,” VC シンポジウム 2006, pp.107-112 (2006).
- 3) 森谷ほか, “屋外に暴露した木材表面色経年変化のビジュアルシミュレーション法,” 木材保存, 43(2), pp.69-79 (2017).
- 4) 森ほか, “HMD と Kinect を用いたライブカラオケシステムの開発 ~ VR 武道館ライブ ~,” 画像電子学会第 277 回研究会(映像表現・芸術科学フォーラム 2016), 講演番号 15-04-61, pp.196-199 (2016).
- 5) 比企野ほか, “洪水による冠水状況の VR 体験システムの開発,” 映像情報メディア学会誌, 78 (3), pp.329-338 (2024).



## 画像電子年報特集号の発行にあたって

### Introduction to the Special Issue on Biennial Report of Image Electronics Engineering

編集委員会

本号は、隔年で発行している画像年報特集号の第26回にあたります。

本特集は、過去2年間の本学会の活動、画像関連技術の標準化の動き、および画像関連装置の業界動向などを定点観測により俯瞰し紹介するものです。時代とともに変化/進化する技術や製品の推移と、それらに対する本学会の活動を記録に残し後世に伝えることは当学会の大きな使命の一つであると考えています。

年報の構成は、第1~4編が学会活動、第5編が国際標準化技術の動向、第6編が画像関連機器の業界動向で、5編・6編はそれぞれの分野の専門家の方々に執筆していただきました。このうち、第6編につきましては時代の動向を鑑み、今回もその構成を一部変更しております。また、第5編につきましても一部の内容を変更しました。なお、本学会活動をはじめとして、原稿の記述時点が記事により必ずしも統一されていないことをご了承ください。

さて、この2年間を振り返ってみますと、2020年が明けて間もなく広まり、前々回、前回の年報内容に大きな影響のあった新型コロナウイルス（COVID-19）が少しは勢いを落としたものの、依然その存在は学会活動や様々な暮らしに影響を及ぼしており、まさにウイズコロナの時代に入ったと言えます。コロナ禍の下で、ICT技術は、在宅勤務（テレワーク）、リモート会議、オンライン授業などの新たな生活様式を生み出し、新しい社会インフラとして定着させました。本学会のキー技術であるネットワーク通信技術、映像配信技術、帯域圧縮技術などの画像/映像関連技術が、この逆境において人類に大きく貢献できたことは確かでしょう。今後、コロナの完全な終息、さらには将来のパンデミックの事前予防に向け、医学、薬学に加えて、当学会関連のより広い工学技術が何らかの貢献をなし得ることを、期待したいものです。

本学会は2022年に創設50周年を迎え、記念の年次大会を夏の北海道においてハイブリッド形式で開催し、多数の参加者を得て大きな成功を収めました。年次大会はその後も夏休みに地方で開催しており、今後もその方針を踏襲する見込みです。それに伴い学会のイベントスケジュールを全体的に見直す動きも始まりました。これを機会に本学会の果たすべき役割とその円滑な遂行についても改めて吟味したいと考えております。

変化しつつある技術や市場の一面を定期的に切り取って紹介する本特集が、引き続き多くの読者のご期待に沿い、また今後もお役に立っていただけることを願っております。最後に、ご多忙の中、本特集号にご協力いただきました執筆者の皆様に改めて厚くお礼申し上げます。

(文責：小野文孝・河村尚登)

## 1. 編集委員会の活動

内田 理 (正会員)

東海大学

### 1. Editorial Board Activities

Osamu UCHIDA (Member)

Tokai University

#### 1. 本特集の趣旨と概要

本学会では 1974 年から画像電子関連分野に関する技術動向・標準化動向・装置動向をテーマ別にまとめた解説記事の特集（画像電子技術年報特集）を 2 年に一度、西暦偶数年の最終号に企画・掲載してきた。学会活動のさらなる活性化を図るべく、2015 年からは、編集委員会や年次大会、研究会、国際シンポジウム (IEVC) の内容についても紹介している。

今回の年報特集の内容は、前回 (2023 年 1 月号) とほぼ同様であるが、コモディティ化が進んだ装置の動向を削減するなど、編集委員会での議論によって、若干の変更を行った。

#### 2. 編集委員会の活動

##### 2.1 概要

編集委員会は、学会誌、および英文論文誌 (IEEE Transactions on Image Electronics and Visual Computing) の編集、出版により、会員にとって有益な情報を論文や記事の形で提供する役割を担っている。また 2~3 年に一度開催する国際会議 IEVC (International Conference on Image Electronics and Visual Computing) の企画と運営も編集委員会が行っている。IEVC の CFP や実施報告を学会誌に掲載しているほか、IEVC への論文投稿の際に、併せて英文論文誌にも論文を投稿できる IEVC Journal Track 特集号も企画するなどして、論文投稿数の増加を図っている。

編集委員会の会議は毎月 1 回実施しており、コロナ禍以降は原則 Zoom を利用したオンライン開催としている。この会合時には、投稿論文の査読幹事割り当てや採録判定などを行うほか、論文特集号の企画なども行っている。

##### 2.2 学会誌と英文論文誌の発行

現在、学会誌は年に 4 冊 (発行月:1 月, 4 月, 7 月, 10 月)、英文論文誌は年に 2 冊 (発行月:6 月, 12 月) 発行している。英文論文誌は基本的に論文のみの掲載であるが、学会誌には原著論文のみならず、話題のトピックをタイムリーに詳説する連載技術解説や講座、技術をその誕生の契機から開発の経緯まで紐解き解説するスキニング、ちょっと一息、面白い体験やハプニングなどをカジュアルに取り上げるコーヒープレーク、シンポジウムやセミナーの報告、研究チーム等の研

究活動を紹介するグループ紹介、読者に必要な情報をまとめた会告などが掲載される。

論文の投稿ジャンルは以下の通りである。

- 論文:画像電子技術に関する独創的な研究成果、開発結果、検討結果を学術論文 (フルペーパー) としてまとめたもの。新しいアイデアの提案を目的とする通常論文であり、新規性、有用性、信頼性、了解性に基づいて評価する。原則として刷り上がり 8 ページ以内とする。
- ショートペーパー:研究速報的な性格を持ち、部分的にある程度良好な結果、新しい知見が得られたことを研究報告としてまとめたもの。原則として刷り上がり 4 ページ以内とする。
- システム開発論文:通常論文の新規性、有用性とは別に、既存技術の組み合わせ、或いはそれ自身に新規性があり、開発結果が従来法より優れているか、或いは他システムへ応用可能であり、新しい知見が示されているもの。原則として刷り上がり 8 ページ以内とする。
- 資料論文:試験、運用、製造などの新しい成果をまとめたもの。あるいは現場の新技術紹介や提案などで、必ずしも独創的でなくてもよい。原則として刷り上がり 8 ページ以内とする。
- サーベイ論文:新しい研究の発表を目的とせず、既存の研究・開発をある視点の下に体系付け、比較してその位置づけを明確にし、時代的な変遷を明らかにすること等を目的とする論文。参考文献の網羅、全体像の呈示、客観的評価、特定機関の宣伝に与しないことなどが要求される。また、以下の要件を満たすことが望ましい。その分野に関する状況・課題・及びそれらが、研究者や関係者に与える影響を理解していること。その分野への参入、開発・応用等への進展を促しさらには他分野への展開や新たな研究を触発する可能性を有すること。原則として刷り上がり 8 ページ以内とする。必要に応じて複数パート構成とすること。
- 実践論文:事例 (後述) やフィールドワークに関する発見、工夫、既存技術の新たな組み合わせ等で、事例設計の客観性・相互主観性を有し、個別の事例 (フィールドワークも含む) から、他の事例 (より一般的な事例も含む) への発展可能性 (一般法則化)、利活用・応用可能性などを示せるもの。原則として刷り上がり 6 ページ以内とする。

※ 事例とは、画像関連技術の開発・利活用に関する、フィールドワーク、システム開発、システム導入、ソフトウェア実装、アプリケーション開発、表示・提示方法、入力インタフェース開発、試験・評価方法、サービス、データベース作成等の事例を示す。

このうち、サーベイ論文は2024年に新設されたものであり、早速英文論文誌の2024年12月号に2編が掲載されている。画像電子分野に深い知見を有する会員の皆様によるサーベイ論文の積極的な投稿を期待している。また、実践論文については、とりわけ他の工学系の学会誌・論文誌には投稿が難しい学際的な分野の論文の投稿をお待ちしている。

なお、2023年、2024年の学会誌・論文誌における論文発行状況は以下の通りである。

#### 画像電子学会誌

- 52巻第1号(通巻263号)2023年1月発行  
「年次大会2022 Journal Track 論文特集」  
特集論文7編, 特集実践論文2編, 一般論文1編
- 52巻第2号(通巻264号)2023年4月発行  
「デジタルファブリケーションのための画像電子関連技術論文特集」  
特集論文1編, 特集ショートペーパー1編,  
一般システム開発論文3編, 一般ショートペーパー2編
- 52巻第3号(通巻265号)2023年7月発行  
一般論文1編, 一般システム開発論文1編
- 52巻第4号(通巻266号)2023年10月発行  
「ビジュアルコンピューティング論文特集」  
特集論文3編, 特集ショートペーパー2編, 一般論文1編
- 53巻第1号(通巻267号)2024年1月発行  
「年次大会2023 Journal Track 論文特集」  
特集論文2編, 特集ショートペーパー1編,  
一般ショートペーパー1編
- 53巻第2号(通巻268号)2024年4月発行  
「高臨場感映像の通信・配信を支える設計・実現技術論文小特集」  
特集ショートペーパー1編, 一般論文2編
- 53巻第3号(通巻269号)2024年7月発行  
一般論文2編
- 53巻第4号(通巻270号)2024年10月発行  
「ビジュアルコンピューティング論文特集」  
特集論文3編

#### IEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing

- 11巻第1号(通巻20号)2023年6月発行  
招待論文1編, 一般論文1編
- 11巻第2号(通巻21号)2023年12月発行  
「Special Issue on Journal Track Papers in IIEEJ Annual Conference 2023」  
特集論文1編, 一般ショートペーパー1編
- 12巻第1号(通巻22号)2024年6月発行

「Special Issue on Journal Track Papers in IEVC2024」

特集論文6編

- 12巻第2号(通巻23号)2024年12月発行  
一般論文4編, サーベイ論文2編

#### 2.3 論文賞の選定

2022年・2023年発行の学会誌, および英文論文誌に掲載された論文を対象として, 最優秀論文2件, 優秀論文3件を選出し, 2024年度52回画像電子学会年次大会で表彰した。

##### 最優秀論文賞

- 物理的複製困難な印刷コードを用いた高速真贋判定システムの産業応用(学会誌52巻第1号)
- Mixed Reality環境によるスポーツ連続写真の等身大可視化の検討とその評価(学会誌51巻第1号)

##### 優秀論文賞

- Robust Plane Detection in Terrestrial Laser Scanning Point Clouds Using Efficient Multi-scale Sliding Voxels and Median Plane Weighted PCA(英文論文誌10巻第1号)
- ディップフラワーの制作初心者に向けたデザイン支援システム及び制作支援手法の提案(学会誌52巻第2号)
- CGにおける高粘性流体中の気泡表現(学会誌51巻第1号)

#### 2.4 国際会議 IEVC の開催

国際会議 IEVC は, 第1回(2007年11月オーストラリア・ケアンズで開催)から編集委員会が主体となって企画, 開催してきた。2024年3月には, 台南(台湾)にて第8回の IEVC を開催した。詳細については, 学会誌53巻3号, ならびに本年報特集の2-3をご覧ください。

### 3. むすび

現在, 編集委員会では学会誌, および英文論文誌のオープンアクセス化の議論を行っており, 早ければ2026年からオープンアクセスジャーナルへ移行する予定である。また, 英文論文誌の SCOPUS への搭載を目指し継続して取り組んでいる。しかし, 学会誌, 英文論文誌への論文投稿数は減少の一途である。会員の皆様からのより積極的な論文投稿をお願いすると共に本学会を投稿先に選んでくださった方の期待を裏切らないよう編集委員会としてさらに尽力したい。



内田 理 (正会員)

1995年明治大学理工学部電子通信工学科卒業。1997年北陸先端科学技術大学院大学博士前期課程修了。2000年電気通信大学大学院博士後期課程修了。博士(工学)。同年, 神奈川工科大学助手。2002年 東海大学電子情報学部情報科学科講師。現在, 同情報理工学部情報メディア学科教授。情報理論, 画像処理, 災害情報処理などの研究に従事。IEEE, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 人工知能学会, 日本災害情報学会, 地理情報システム学会各会員。2014年ハワイ大客員研究員。2012年本学会学会活動貢献賞受賞。現在, 本学会副会長兼編集委員長。

## 2.各種大会・イベントの取り組み

### 2-1 年次大会

田中 清<sup>†</sup> (正会員) 佐野 睦夫<sup>††</sup> (正会員)

<sup>†</sup>大妻女子大学 <sup>††</sup>大阪工業大学

## 2. IEEEJ Activities of Conferences and Events

### 2-1 IEEEJ Annual Conferences

Kiyoshi TANAKA<sup>†</sup> (Member), Mutsuo SANNO<sup>††</sup> (Member)

<sup>†</sup>Otsuma Women's University <sup>††</sup>Osaka Institute of Technology

#### 1. はじめに

本報告では2023年度及び2024年度の年次大会の概要、開催内容、開催結果分析、今後の展望等について述べる。まず、2023年度は前年度に続き大学等の夏休み時期に富山で開催し、オンライン参加も含むハイブリッド形式で実施したり。2024年度も同様に大学等の夏休み時期に、長崎で開催し、オンライン参加も含むハイブリッド形式で実施した<sup>2)</sup>。いずれも盛況で、学会創設50周年記念の年次大会を、北海道・知床においてハイブリッド開催した2022年度大会以降、年次大会は夏休みの時期に地方開催という方針を今後も継続するという判断に到っている。以下、それぞれの大会ごとに報告する。

#### 2. 2023年度 年次大会

##### 2.1 概要

2023年度 第51回 画像電子学会年次大会は2023年8月28日(月)～30日(水)の日程で、富山県富山市の富山県民会館にて開催された。本大会は本学会が主催し、日本画像学会、日本写真学会、日本印刷学会の協賛を得た。また、特別協賛として株式会社リズの協力を得た。

本大会では、新型コロナウイルス感染症が5類に移行したこともあり、現地参加を基本とし、オンライン参加も可能なハイブリッド環境を提供した。参加者は123名(現地参加:103名、オンライン参加:20名)に上り、盛況であった。

本大会のテーマは、「自然・文化を守り、未来に繋ぐための画像技術」であり、通常発表としては一般セッション、学生セッション、企画セッション、ポスターセッションを設け、2つの会場(301号室、302号室)で並行して開催した。またそれ以外に特別講演、表彰式・ベイン賞表彰が行われ、大会イベントとして懇親会とエクスカッションが行われた。

通常講演のセッション数と発表件数を以下に示す。企画セッションでは高校生セッションを含む5セッションがそれぞれのテーマで実施された。

- [1] 一般セッション 2セッション 8件
- [2] 学生セッション 6セッション 27件
- [3] ポスターセッション 1セッション 6件
- [4] 企画セッション 5セッション 16件
- (a) 博物館と人文科学のデジタルトランスフォーメーション 4件
- (b) 将来のメタバース利活用に向けた基礎技術から新たな社会の未来創造 4件
- (c) 画像符号化と標準化 –AIとの関わり– 4件
- (d) ドローン空撮映像の社会応用とその技術 3件
- (e) 高校生セッション 1件

特別講演は、2日目の午後、大会テーマに則した内容の「立山カルデラの自然と歴史—知られざるもうひとつの立山～常願寺川の治水と立山砂防の歴史」を富山県立山カルデラ砂防博物館の成瀬龍也館長にお願いした。また、この特別講演と連動する企画として「立山の自然を学ぶ旅」と題したエクスカッションを、大会最終日の午後実施し、チャーターバスを用いて立山カルデラ砂防博物館と常願寺川の支流 称名川にある日本一の落差350mを誇る称名滝を見学した。

本大会発表への投稿に関しては、前回の年次大会の講演募集と同様とし、Conference Trackに加え、Journal Trackを設けた。Journal Trackへの投稿は、大会講演原稿(2～4頁)と共に画像電子学会誌投稿論文として査読対象となる論文(8頁以内)を併せて提出する。学会誌論文として採択された論文は、画像電子学会誌2024年1月号の特集として掲載した。

本大会の実行委員会の体制を表1に示す。

##### 2.2 開催の経緯と使用ツール等

Zoomを用いたオンライン参加への対応については、今回は会場での発表、質疑応答を第一と捉え、会場でのプレゼンテーションをオンライン配信するシステム構成とした。本構成では、発表者が用いるPCのHDMI映像出力をビデオキャプチャし、会場でのプロジェクタ投影とZoomでの発信に用いた。この結果、前回は生じた、会場での画面投影のタイム

ラグを抑制できた。次に音声は会場に設置された音響装置からのライン出力を Zoom への入力とし、Zoom の音声出力を会場の音響装置へ入力した。これにより発表者が用いるマイクで拾った音声を会場とオンラインに流すとともに、オンライン参加者からの質疑音声を会場に流すことも可能となった。

本システム構成でのトラブルとして、発表者が PC でビデオ再生する場合、音声出力が映像出力と一緒に HDMI でビデオキャプチャ装置に出力されるため、再生されたビデオの音声オンラインでは聞こえるものの会場では聞こえないという現象が発生した。本来ならば、PC の音声出力を音響装置へ入力すべき、あるいはキャプチャされた音声を会場で流す構成を取るべきであったが、その系を実現できていなかったこと、PC から音声を再生する場合には Zoom に接続して発表することをお願いしていたものの周知が十分ではなかったことが反省材料といえる。

また、これまでの年次大会では、メールや Google フォームによる参加受付と銀行振込による参加費徴収を行っていたが、事務局の手作業の削減を目的とし、今回からイベント管理サービスである Peatix を利用した。また、発表原稿登録は前回の大会でも利用した投稿システム EasyChair を用いた。

Peatix 利用のメリットとしては、事務局稼働削減以外にも、即時性（申込み状況をリアルタイムで把握可能）、柔軟性（投稿促進のための割引クーポン発行、上限人数や販売期限の設定、返金対応が可能、懇親会等への参加を直前まで受け付けることも可能）が挙げられる。一方、デメリットとしては、コスト（販売実績の 4.9% 程度の手数料がかかること、請求書発行がオプションとなっており手数料がかかること）がある。また、無料招待者管理、会員種別、発表者の参加申込み有無の確認等は自動化できないため、事務局稼働が必ずしもゼロになるわけではないことにも注意が必要である。

### 2.3 分析とまとめ

富山県民会館での第 51 回画像電子学会年次大会は、現地参加を基本とした形で実施され、会場での活発な質疑、休憩時間や懇親会等での交流等、コロナ禍前の年次大会に戻ってきている印象を受けた。世の中の動向を鑑み、会場でのマスク着用についても個人の判断に委ねたが、問題となるような事態は発生しなかった。

## 3. 2024 年度 年次大会

### 3.1 概要

2024 年度 第 52 回 画像電子学会年次大会は 2024 年 8 月 26 日（月）～28 日（水）の日程で、長崎大学文教キャンパスで、開催された。本大会は本学会が主催、国立大学法人長崎大学が共催、日本画像学会、日本写真学会、日本印刷学会の協賛によって開催され、大会スポンサーとしてリコーIT ソリューションズ株式会社、株式会社リズの協力を得た。大会テーマは「生成 AI がもたらす未来と画像電子技術」であった。

本大会は現地開催を基本にオンライン参加も可能なハイブリッド方式とし、参加者は 136 名（現地参加：97 名、オンライン参加：39 名）に上り、盛況であった。ただ、台風の直撃が予想されたため、直前にオンライン参加に切り替えた参加者も多く、オンライン参加者数は昨年と比べ倍増した。

本大会への発表投稿においては、前回の年次大会の講演募集と同様に Conference Track に加え、Journal Track を設けた。Journal Track への投稿では、大会講演原稿（2～4 頁）の提出に加え画像電子学会誌投稿論文（8 頁程度）を査読対象論文として提出する。学会誌論文として採択された論文は、画像電子学会誌 2025 年 1 月号に年次大会 JT 論文特集として掲載を予定している。

通常の講演セッションは、前回と同様、一般セッション、学生セッション、第 2 種研究委員会と企画委員会が提案する企画セッション、ポスターセッションのほか、既存の枠組みに属さない特別企画セッション、企業セッションを新たに設けた。また、特に学生発表のモチベーションを高めるための大会ローカルな表彰として、学生発表奨励賞を創設した。

通常講演のセッション数と発表件数を以下に示す。

- |  |         |      |
|--|---------|------|
| [1] 一般セッション                                  | 2 セッション | 11 件 |
| [2] 学生セッション                                  | 6 セッション | 30 件 |
| [3] ポスターセッション                                | 1 セッション | 2 件  |
| [4] 企画セッション                                  | 4 セッション | 16 件 |
| (a) 障がい者を支援する技術                              | 5 件     |      |
| (b) 画像符号化と標準化—AI の興隆—                        | 3 件     |      |
| (c) デジタルミュージアム・人文学を推進する技術                    | 4 件     |      |
| (d) ドローンの社会応用                                | 4 件     |      |
| [5] 特別企画セッション                                | 11 件    |      |
| (ア) 社会課題を解決する AI やデータサイエンス、<br>メディア技術による社会実装 | 5 件     |      |
| (イ) コンテンツインタラクションの未来                         | 3 件     |      |
| (ウ) 高校生セッション                                 | 3 件     |      |
| [6] 企業セッション                                  | 3 件     |      |

特別講演は、長崎の産業や歴史にちなむ内容で 2 件実施した。特別講演（招待講演）①では、MHI マリンエンジニアリング株式会社の松田和生様をお招きし、「船舶の自動運航システム」と題して、自動航行システムの原理から最新技術までのご講演をいただいた。また、特別講演（招待講演）②では、長崎新聞社の牟田雄一郎様から、「想像力は抑止力—長崎新聞平和企画の取り組み—」と題して、メディアへの伝え方の観点から、ご講演いただいた。

本大会の実行委員会の体制を表 2 に示す。

### 3.2 開催の経緯と使用ツール等

会議は主に 2 部屋（文教スカイホール、G-38 教室）を用いて行い、一部の学生セッションのみ他の教室（G-3A 教室）で行った。また現地出席に加え Zoom を用いたオンライン参加も可能なハイブリッド開催形式では、現地参加者の発表・

質問のオンライン配信に加え、オンライン参加者の発表や質問に対応する必要がある。具体的には、会議会場の映像音響装置とオンライン配信システムとを組み合わせ、現地でもオンラインでも不具合が生じないようにシステム検討を行い、事前に実地テストも行って準備した。

まず、発表者は現地参加でもオンラインでも Zoom に接続して画面共有することとした。これによりオンライン参加者に対しスライドの提示が可能となった。また、会場でプロジェクタ投影する画面は Zoom 経由で受信した映像とすることにより、Zoom に接続しない現地の聴講者もオンラインの聴講者と同じスライドを見ることができるようにした。

音響設備については、使用した全3部屋とも、会場施設として音響装置にオンライン配信用音声出力が用意されており、これを利用して配信を行うことができた。

### 3.3 分析とまとめ

長崎大学文教キャンパスでの第 52 回画像電子学会年次大会は、台風の影響もあったが、これまでのオンライン、ハイブリッドでの開催経験を活かし、無事、大きなトラブルもなく開催できた。また、大会ローカルな学生発表奨励賞の創設、企業セッションの創設などの新たな企画の甲斐があり、発表件数は昨年度から約 3 割増加し、ジャーナルトラックへの投稿件数も大幅に向上し、大きな盛り上がりを生むことができたと考えている。

## 4. むすびと今後の課題

2022 年の学会 50 周年の記念年次大会の開催地は、初の国内開催で進めてきた IEVC2021 が開催直前で全面オンラインとせざるを得なくなったことから、IEVC2021 の想定開催地であった知床にすることがスムーズに決まり、時期と場所の魅力もあって結果的にまれにみる盛況となった。

2023 年、2024 年についても本記事で報告したように、夏休み時期に地方開催で計画し、様々な企画も取り入れてそれなりの集客を実現した。今後も夏休み時期に地方でハイブリッド開催という方針を引き継ぐ予定である。

年次大会の 6 月から 8 月への移動に伴い、これまで夏休み時期に開催していた定例の研究会をこの 2 年は逆に 6 月に移動しており、これも定着する見込みである。また、これまで 2.5 年に 1 回の頻度で開催してきたため IEVC の開催時期は春と、夏または秋の交互となっていたが、頻度を 2 年間隔として春休み開催を原則とすることが検討されている。

このように年次大会の開催時期の移動は学会のイベントスケジュールに大きな影響を及ぼしているが、むしろよい効果をもたらしていると考えている。今後も様々な企画を検討し年次大会より盛り上げていきたいと考えている。

表 3、表 4 に過去 2 年の年次大会の概要を示し、表 5 に 2010 年以降の年次大会の実績をまとめておく。

## 参考文献

- 1) 田中 清：“2023 年度第 51 回画像電子学会年次大会報告” 画像電子学会誌 Vol.52, No.4, pp. 561-565 (2023)
- 2) 佐野睦夫：“2024 年度第 52 回画像電子学会年次大会報告” 画像電子学会誌 Vol.53, No.4, pp. 279-282 (2024)



田中 清 (正会員)

1992 年 大阪大学工学部通信工学科 卒業。  
1994 年 同大学大学院博士前期課程 修了。  
同年日本電信電話株式会社 入社。以来、NTT 研究所にて、ビデオオンデマンドシステム、デジタルサイネージシステムをはじめとする映像システムの研究開発に従事。2010 年から ITU-T SG16, W3C を中心に国際標準化に寄与。NTT サービスエボリューション研究所・主幹研究員を経て、現在大妻女子大学社会情報学部 教授。博士 (工学)。本学会、電子情報通信学会、ヒューマンインタフェース学会、ACM、IEEE 各会員。



佐野 睦夫 (正会員)

1983 年 3 月 京都大学大学院工学研究科修士課程修了。同年 4 月 電電公社 (現 日本電信電話株式会社) 入社。ロボットビジョンやコンテンツ流通の研究開発に従事。2002 年 4 月 大阪工業大学情報科学部情報メディア学科教授。現在に至る。パターン認識・理解技術、生活支援型ロボット、食メディア、認知ケアなどの研究に従事。情報科学部長、副学長などを歴任。202 博士 (工学)。電子情報通信学会、情報処理学会、日本ロボット学会、人工知能学会、IEEE などの各会員。本学会 企画理事。

表1 2023年度年次大会実行委員会体制

実行委員長	谷口 行信 (東京理科大学)
副実行委員長	金田 北洋 (長瀬産業)
	高村 誠之 (法政大学)
	田中 清 (大妻女子大学)
	堀田 裕弘 (富山大学)
プログラム委員長	石川 雅浩 (埼玉医科大学)
プログラム副委員長	内田 理 (東海大学)
	竹島 由里子 (東京工科大学)
企画セッション委員長	高田 英明 (長崎大学)
	平山 亮 (大阪工業大学)
ポスターセッション委員長	駒形 英樹 (埼玉医科大学)
オンライン運営委員長	山本 洋太 (東京理科大学)
実行委員会 顧問	田中 清 (信州大学)

表2 2024年度年次大会実行委員会体制

実行委員長	佐野 睦夫 (大阪工業大学)
副実行委員長	高村 誠之 (法政大学)
	渡部 智樹 (神奈川工科大学)
	高田 英明 (長崎大学)
	堤 公孝 (長崎大学)
プログラム委員長	河合 紀彦 (大阪工業大学)
プログラム副委員長	内田 理 (東海大学)
	竹島 由里子 (東京工科大学)
企画セッション委員長	高田 英明 (長崎大学)
	平山 亮 (大阪工業大学)
ポスターセッション委員長	村木 祐太 (大阪工業大学)
オンライン運営委員長	大井 翔 (大阪工業大学)
実行委員会 顧問	田中 清 (信州大学)
	小林直樹 (埼玉医科大学)

表3 第51回 (2023年)年次大会実績 (VC2023は別途開催)

場所	ハイブリッド (富山県民会館+オンライン; Zoom 利用口頭発表, ポスター有) (懇親会 パレブラン高志会館)
日程	2023年8月28日(月)・29日(火)・30日(水)
テーマ	「自然・文化を守り、未来に繋ぐための画像技術」
セッション構成	特別講演/一般/学生/企画/ポスターセッション
特別講演	8月29日13:00~14:00「立山カルデラの自然と歴史—知られざるもうひとつの立山— ~常願寺川の治水と立山砂防の歴史」成瀬龍也氏 (富山県立山カルデラ砂防博物館 館長)
エクスカージョン	8月30日13:30~18:00「立山の自然を学ぶ旅」
発表形式件数	総発表件数: 58件 特別講演 1件 (60分講演) 一般セッション 8件 (20分講演) 学生セッション 27件 (15分講演) ポスターセッション 6件 企画セッション 16件 (20分講演) 企画委員会(4), DMH(4), SIC(4), DRC(3)各研究会, 高校生 session(1)
参加者数	総参加者数 123名 (有料参加者数 106名) ※基調講演者, 被表彰者は無料招待とした。

表4 第52回 (2024年)年次大会実績 (VC2024は別途開催)

場所	ハイブリッド (長崎大学+オンライン; Zoom 利用口頭発表, ポスター有) (懇親会 フラワーメイト)
日程	2024年8月26日(月)・27日(火)・28日(水)
テーマ	「生成AIがもたらす未来と画像電子技術」
セッション構成	特別講演/一般/学生/企画/特別企画/ポスター/企業 セッション
特別講演	① 8月27日13:00~14:00「船舶の自動運航システム」松田 和生氏 (MHI マリンエンジニアリング株式会社) ② 8月27日17:00~17:40「想像力は抑止力—長崎新聞平和企画の取り組み—」牟田 雄一郎氏 (長崎新聞社)
発表形式件数	総発表件数: 77件 (技術賞講演2件を含む) 特別講演 2件 (60分講演, 50分講演) 一般セッション 11件 (15分講演) 学生セッション 30件 (15分講演) ポスターセッション 2件 企画セッション 16件 (20分講演) DRC(4), DMH(4), VHIS(5), SIC(3)各研究会 特別企画セッション 11件 (15~20分講演) 企業セッション 3件 (20分講演)
参加者数	総参加者数 136名 (有料参加者数 108名) ※特別講演者, 被表彰者, 企業セッション・スポンサーの陪席者等は無料招待とした。



表5 最近の年次大会実績：2021年よりVCは別途開催

年度	開催場所	有料参加者数	総参加者数	一般S講演件数	学生S発表件数	企画S講演件数	OS講演件数	VC講演件数	VCポスター件数	VC招待講演件数
2010	神奈川	191	372	15	30	29		20	30	1
2011	島根	198	238	17	38	28		21	26	2
2012	東京	264	387	26	51	26		23	30	2
2013	青森	203	231	28	32	21		22	30	4
2014	東京	240	336	17	36	23		27	28	5
2015	姫路	142	186	11	19	25		19	17	7
2016	東京	202	324	9	19	39		18	26	6
2017	東京	332	382	11	17	24	6	22	23	9
2018	山形	189	241	13	15	6	23	20	30	21
2019	東京	309	419	9	10	47	11	14	52	12+5
2020	オンライン	212	499	6	13	26	10	36	49	15+2
2021	オンライン	76	134	11	29	15	4	-	-	-
年度	開催場所	有料参加者数	総参加者数	一般S講演件数	学生S講演件数	企画S講演件数	ポスターS件数	特別企画S講演件数	企業S件数	
2022	知床ハイブリッド	193	213	31	62	42	-	-	-	
2023	富山ハイブリッド	106	123	8	27	16	6	-	-	
2024	長崎ハイブリッド	108	136	11	30	16	2	11	3-	



## 2-2 セミナー

平山 亮 (フェロー)

大阪工業大学

## 2-2 Seminar

Makoto J. HIRAYAMA (Fellow)

Osaka Institute of Technology

### 1. はじめに

セミナーは学会として最新技術、最新動向、基本技術に関する情報を参加者に提供するもので学会の企画としても極めて重要な位置づけにあるといえる。本学会ではセミナーとして原則一年に一回、年度の始めに行う AIS (Advanced Image Seminar) と秋に開催する秋期セミナーを実施してきたが 2018 年以降秋期セミナーは中止となっている。なお、第 2 種研究会として発足したドローン(DRC)研究会が 2020 年に第 1 回ドローンセミナー<sup>1)</sup>を、2022 年に第 2 回ドローンセミナー<sup>2)</sup>を、実施している。

本稿ではこの 2 年間のセミナーの実施状況について報告する。2011 年までの学会セミナーの歴史については文献<sup>3)</sup>が詳しいので参照いただきたい。

### 2. 秋期セミナーとドローンセミナー

#### 2.1 秋期セミナーの現況

秋期セミナーは、1976 年より開始されたセミナーである。2 日間にわたる開催で、当初はファクシミリ事業に参入する企業向けの技術教育の意味が大きく、続いてカラー画像機器の開発競争の激化を受けてカラー関係の話題が中心になった。その後、1991 年に学会のセミナーとして AIS (1 日開催) が創設され、時代に応じたトピックス的なものは AIS が、基礎的な内容は秋期セミナーが受け持つという役割分担になった。

その中で 2004 年に画像電子学会の新たな柱である Visual Computing (VC) をテーマとして秋期セミナーを開催したところ、多くの学生の参加が得られたため 2004 年から毎年秋期セミナーは VC 関係のテーマで実施することになった。しかし毎年の開催ではさすがに集客力の維持が困難になり、2010 年からは 1 日のみの開催とし、2011 年の開催以降は 2 年間隔として、西暦奇数年は VC 研究会が担当し、西暦偶数年は主として他の第 2 種研究委員会からセミナー企画を募集することとなった。しかし偶数年については 2012 年は適当な企画が立てられず開催が見送りになり、2014 年についてはその可能性を探るため VMA 研究委員会が 2013 年に試験的にセミナーを開催したが期待通りの集客が得られず、結果的に 2014 年の

秋期セミナーも実施が見送られた。続く 2016 年には国際標準化教育研究会が秋期セミナーを実施したものの収益をあげるには至らず、2018 年も適切な企画が立てられず秋期セミナーの実施を見送った。一方 VC 研究会が担当する気数年の秋期セミナーについても 2017 年度までは開催したものの、その後は聴講者の確保が難しい状況に陥り 2019 年度の開催を見送ることとなった。2020 年度からは新型コロナウイルスの感染拡大もあり、それ以降の秋期セミナーは中止となっている。

表 1 に 2010 年以降の秋期セミナーの概要を示す。

表 1 2010 年以降の秋期セミナーの概要

回数	実施日程	テーマ
34	2010 年 10 月 5 日	ビジュアルコンピューティングの最先端技術とその新展開
35	2011 年 9 月 29 日	ビジュアルコンピューティングの基礎と新展開
36	2013 年 9 月 13 日	「コンピュータグラフィックス」執筆者による最新技術解説
37	2015 年 10 月 12 日	ビジュアルコンピューティングの最先端技術とその新展開
38	2016 年 11 月 11 日	標準化: 研究の出口をこれからのビジネス視点で考える
39	2017 年 11 月 15 日	ビジュアルコンピューティングの新奇性と未来

2018 年以降は実施見送り

#### 2.2 ドローンセミナー

ドローンをこれからの社会インフラに役立てることを目指して発足したドローン (DRC) 研究会が第 1 回ドローンセミナー<sup>1)</sup>を 2020 年度に、第 2 回<sup>2)</sup>を 2022 年度に開催した。その後、2023 年度、2024 年度は開催を見送っている。

## 3. AIS 実施報告

### 3.1 概要

AIS は技術専門理事を中心に企画し、最新技術動向の紹介が主なテーマである。表 2 に 1997 年以降の AIS のテーマ一覧をあげる。計画立案までは進めながら新型コロナウイルスの感染拡大で中止となった 2020 年度を除き、毎年開催している。本稿では、2023 年度と 2024 年度の AIS の実施内容について報告する。

### 3.2 2023 年度の実施内容

2023年度は以下のテーマでオンライン形式でAISセミナーを開催した。講演件数は5件、講演時間は1件50分である。以下に開催案内での紹介文を引用する。

- ・日時：2023年6月23日（金）10:00-15:00
- ・場所：オンライン開催
- ・テーマ：「メタバースの最前線～気鋭の講師陣による最新技術・活用事例・将来展望の徹底解説～」

メタバースとはインターネット上に存在する「3次元仮想空間」であり、オンラインの新たなコミュニケーションツールです。技術の飛躍的な進歩とコロナ禍による我々の生活様式の変化により、近年非常に注目を集めています。ゲームやファッション、教育やビジネス等、様々な分野で盛り上がりつつある一方で、まだまだ黎明期といえる段階です。本セミナーでは、メタバースとは何かという基本的な話題から最新技術や活用事例、将来の展望まで、第一線で活躍されている講師をお招きし、幅広い話題を含めて解説していただきます。

- ・講演内容：
  - 1) 「UX 開発から生成 AI へ～メタバース研究開発におけるユーザ生成コンテンツとコミュニケーション設計」  
講師：REALITY 株式会社 白井 暁彦 氏  
前回のセミナーから大きく成長したスマートフォンを起点としたメタバース「REALITY」の基本やVTuber産業、メタバースソリューション「REALITY XR cloud」事業の成果・事例紹介、世界の最新研究や人材育成など、RとDの両面を押さえつつ、気づきの共有を行います。
  - 2) 「都市連動型メタバースの夜明けとαUの取り組み」  
講師：KDDI 株式会社 事業創造本部 川本 大功 氏  
バーチャル渋谷やバーチャルシティガイドラインなど、都市連動型メタバースの実現に向けたKDDIの取り組みを紹介いたします。
  - 3) 「clusterを支えるバックエンド技術～開発現場から見たメタバースの未来」  
講師：クラスター株式会社 田中 宏樹 氏  
10万人の同時接続を実現し、イベント動員数累計2000万人を記録した日本最大級のメタバースサービスを支えるバックエンド技術について、具体的な事例を用いてご紹介いたします。また、活用事例やメタバースの未来についてお話しします。
  - 4) 「建設業におけるメタバース活用事例ーリコバーチャルワークプレイス」  
講師：株式会社リコ 前鼻 毅 氏  
リコバーチャルワークプレイスはBIM、CIMなどの3Dモデル、点群データ、360ライブ、各種資料などの多様なデータを組み合わせ「現実よりも伝わる場」を構築し、建設業における合意形成を高度化します。本講演ではサービスの概要と活用事例について、デモを交えてご紹介致します。

### 5) 「Web3時代のメタバースの発展」

講師：PwC コンサルティング合同会社/Metaverse Japan  
馬淵 邦美 氏

日本のみならず、世界においてWeb3時代のメタバースの未来とユースケースを巡る議論が勃興しています。2023年に向けてVRデバイスの進化やエンターテイメント分野においては既に大きな胎動が始まっており、その先には、テクノロジーの進化とともに、リアル×バーチャルを融合した産業用マルチバースやコミュニケーションバースと呼ばれる、教育・医療・SDG's・観光・スポーツなどの分野の社会実装が予想されています。この講演ではWeb3時代のメタバースの現在と未来を語ります。

### 3.3 2024 年度の実施内容

2024年度は以下のテーマでオンライン形式でAISセミナーを開催した。講演件数は6件、講演時間は1件50分である。以下に開催案内での紹介文を引用する。

- ・日時：2024年6月7日（金） 10:20-16:30
- ・場所：オンライン開催
- ・テーマ：「生成AIを用いたメディア制作、最新技術や活用事例・将来展望を解説」

Chat GPTの出現を機に生成AI技術の進展が目覚ましく、非常に着目を集めています。特に画像生成や動画生成の分野においても生成AI時代の黎明期といえる状態です。本セミナーでは、生成AIとは何かという基本的な話題から、メディア制作への応用、画像・動画生成AIの最新技術や活用事例、将来の展望など、第一線で活躍されている講師をお招きし、幅広い話題を含めて解説していただきます。

- ・講演内容：
  - 1) 「大規模言語モデルに視覚を持たせるー最新動向とtsuzumiによる視覚読解ー」  
講師：NTT 人間情報研究所 壹岐 太一 氏  
優れた言語理解・生成能力を有する大規模言語モデルにマルチモーダル情報を理解させる手法が学術的・実用的に関心を集めています。今回は、大規模言語モデルに視覚を持たせる技術に焦点を当て、基礎から最新動向までを解説します。また、NTT版大規模言語モデルtsuzumiによる視覚読解技術（レイアウトや図表など視覚情報も含めて文書を理解する技術）についてご紹介いたします。
  - 2) 「深層生成モデルによるセマンティックな画像処理についてー表情生成AIに関する話題を中心にー」  
講師：神奈川工科大学 情報学部教授 辻 裕之 氏  
オートエンコーダによって構成された潜在空間は、しばしば概念的によく構造化されており、そのような空間では簡単なベクトル操作によって言葉の意味や概念を考慮した「セマンティックな画像処理」を実現することが可能である。初期の生成モデルである変分オートエンコーダ（VAE）では再構成画像にボケが生じる等の問題が知られ

ていたが、近年では、高解像度の画像を生成可能な GAN や拡散モデルの生成器を導入することにより、VAE では実現できなかった高品質な画像を生成できるようになった。本講演では、近年提案された Encoder-Generator タイプのオートエンコーダの解説を行うとともに、これらを用いたセマンティックな画像処理について、主に顔画像の表情生成の事例を中心に紹介する。

#### 3) 「生成 AI の現在と未来 -AGI, ASI の登場は間近？」

講師：SAI-Lab 株式会社 代表取締役 我妻 幸長 氏

2024 年も進化を続けている生成 AI は、ヒトと AI の関係をどのように変えていくのでしょうか。現状および AGI, ASI の登場を見据えた未来について語ります。また、そもそも「知能」とは一体何なのでしょう。その起源について、簡単なシミュレーションを交えて可能性を探ります。

#### 4) 「あらゆるビジネスに変革をもたらす生成 AI -社内業務から産業・製造・設計の活用事例まで」

講師：東芝デジタルソリューション株式会社 ICT ソリューション事業部 技監 小山 徳章 氏

急速に注目が集まっている生成 AI。企業では議事録や英文レター作成、書類の下書きなどへの活用をイメージされる方が多いと思いますが、生成 AI の企業での活用可能性はそれだけに留まりません。企業の活動には、社員活動・販売/顧客接点・業務プロセス・モノづくりがあり、それぞれの業務に特化した、実に様々な種類の膨大なデータが企業内に蓄積されています。この多様で膨大なデータを生成 AI に扱わせることで、これまでとは次元が異なるビジネス変革(DX)が推進できると考えます。このセッションでは、当社が進めている、お客様のビジネス変革(DX)をもたらす生成 AI 活用例についてご紹介いたします。

#### 5) 「AI とアートの融合：新たな表現の地平」

講師：東海大学 情報理工学部 准教授 安本 匡佑 氏

画像生成 AI を活用したアート作品の新たな表現手法について解説します。「Resonant Shifts #2 Sunrise」を例に、AI がアーティストの創造性をどう拡張し、ビジョンを実現するかを掘り下げます。最新技術がアートの価値や定義に与える影響に焦点を当て、他のアーティストの作品も参考にしながらメディアアートの可能性と意義を探究します。

#### 6) 「深層生成モデルの基礎と応用」

講師：NTT コミュニケーション科学基礎研究所 特別研究員 金子 卓弘 氏

近年、深層学習を用いた生成モデル（深層生成モデル）の発展は著しく、高解像度でリアリティのある画像が生成できるようになってきています。本講演では、このような深層生成モデルの基礎として、まず、深層生成モデルの代表的なモデルである VAE, GAN, Flow-Based Model, Diffusion Model の仕組みと特徴について解説します。続いて、深層生成モデルの応用として、これらの深層生成モデルの近年の研究動向について紹介いたします。

## 4. まとめ

本稿では、2023-2024 年における Advanced Image Seminar のトピック紹介を行った。これらを通じて、本学会が関係する画像処理関連技術の最新動向や応用についてもご理解いただけたことと思う。新型コロナウイルスの感染拡大は一段落し、セミナーの開催形式としては参加が容易なオンラインより講師との直接的な接触が可能なリアルを望む声も多い。一方で、学会のセミナー全般については本学会に限らず難しい局面を迎えている。受講者のアンケート 結果等を参考に、今後のセミナーのあるべき姿を追い求めたい。

## 参考文献

- 1) 長谷川克也, 長尾喜満: “年報 4-7-2 ドローン研究会”, 画像電子学会誌 Vol.50, No.1, pp.53-55 (2021).
- 2) 長谷川克也, 長尾喜満: “年報 4-7-2 ドローン研究会”, 画像電子学会誌 Vol.52, No.1, pp.54-57 (2023).
- 3) 関沢秀和: “引越し, 断捨離, 電子化そして原点回帰” 画像電子学会誌 Vol.41, No.1, pp.84-87 (2012).



平山 亮 (フェロー)

1985 年 早稲田大学理工学部電気工学科卒業。日本ヒューレット・パッカー、ATR 視聴覚機構研究所、ATR 人間情報通信研究所、ヒューレット・パッカー日本研究所、金沢工業大学情報フロンティア学部メディア情報学科を経て、現在 大阪工業大学情報科学部情報メディア学科教授。博士(工学)。マルチメディア応用研究に従事。

表2 Advanced Image Seminar 過去テーマ一覧(1997年以降)

開催日	開催場所	テーマ
1997年4月25日	工学院大学	マルチメディア符号化国際標準とその応用技術の最新動向
1998年4月24日	工学院大学	マルチメディアコンテンツの最新技術動向
1999年4月23日	工学院大学	臨場感を高める最近の画像処理技術
2000年4月21日	工学院大学	インターネットで生かされる画像処理技術
2001年4月20日	工学院大学	高臨場感を支える最近の画像処理
2002年4月12日	工学院大学	「ブロードバンド時代のデジタルコンテンツ技術」 ー次世代画像メディアの方向性を探るー
2003年4月18日	工学院大学	「ブロードバンド時代のデジタルコンテンツ技術」 ーブロードバンドコンテンツ流通におけるキーテクノロジーー
2004年4月23日	工学院大学	ビジュアル・ネットワークを支える技術 ー画像圧縮と配信の最新技術動向ー
2005年4月22日	工学院大学	ビジュアル・ネットワークを支える技術 ーメディアセキュリティの最新技術動向ー
2006年4月21日	日本印刷会館	IP時代のデジタルコンテンツ ～放送・インターネット・携帯のメディアミックスを支える技術～
2007年4月16日	日本印刷会館	次世代コンテンツサービスをささえるディスプレイ技術
2008年4月18日	凸版印刷	ハイクオリティ・メディアを追求する映像システム技術の最新動向
2009年4月16日	三菱電機	デジタルサイネージの最新動向
2010年4月21日	日本未来科学館	携帯端末向けマルチメディア放送の全貌
2011年5月13日	NTT	3D映像技術の最新動向
2012年5月10日	早稲田大学	スマートフォンの現状と展望
2013年6月3日	早稲田大学	ポストテレビ ー未来の映像プラットフォームー
2014年7月25日	早稲田大学	リアルとバーチャルとの融合：AR技術最前線
2015年6月3日	早稲田大学	画像認識技術の最新動向と応用
2016年6月1日	早稲田大学	次世代人工知能技術の最新動向と応用
2017年7月3日	早稲田大学	VRの実用化と未来
2018年5月22日	早稲田大学	映像セキュリティ技術の最新動向
2019年6月12日	早稲田大学	世の中を変革するAIの最新技術、役に立つAI技術の最新動向
2020年5月12日予定		(中止：新型コロナウイルスの感染拡大のため)
2021年6月16日	オンライン	画像認識技術とヒューマンインタフェースの最新動向
2022年6月16日	オンライン	研究から実用まで、AR/VR ユーザインタフェースの最新動向
2023年6月23日	オンライン	メタバースの最前線 ～気鋭の講師陣による最新技術・活用事例・将来展望の徹底解説～
2024年6月9日	オンライン	生成AIを用いたメディア制作、最新技術や活用事例・将来展望を解説

## 2-3 IEVC

竹島 由里子 (正会員)

東京工科大学

## 2-3 IEVC

Yuriko TAKESHIMA (Member)

Tokyo University of Technology

### 1. まえがき

本稿でとりあげる国際会議 (IEVC) は、本学会創立 35 周年記念事業の一環として創設され、学術界、産業界における画像関連技術の最新成果の国際的な研究発表・討議の場と、若手研究者・開発者・学生等が手軽に国際学会を経験できる機会の提供を目的としている。また、開催後には、英文論文誌において IEVC 特集号を企画発行することにより、初学者の英文論文執筆の取り組みの推進および本学会の国際化の促進を狙いとしている。これまで、第 1 回を 2007 年にオーストラリア・ケアンズで開催し、続いて第 2 回を 2010 年にフランス・ニース、第 3 回を 2012 年にマレーシア・クチン、第 4 回を 2014 年にタイ・サムイ島、第 5 回を 2017 年にベトナム・ダナン、第 6 回を 2019 年にインドネシア・バリ島、第 7 回を 2021 年にオンラインで開催している。第 8 回は台湾・台南にて 2024 年 3 月に開催したり。本報告では前回年報以降に開催した第 8 回の IEVC2024 の開催内容について報告する。

### 2. IEVC2024 開催内容

#### 2.1 カンファレンス概要

本学会の国際カンファレンスとしては第 8 回となる IEVC2024 (The 8<sup>th</sup> IEEE International Conference on Image Electronics and Visual Computing) は 2024 年 3 月 11 日 (月) ~3 月 14 日 (木) の 4 日間、台湾台南市成功大学にて開催された。本学会の国際会議としては、コロナ禍後、初の対面形式であった。台南には、日本が統治していた時代に建てられた建造物が今も数多く残っており、会場である成功大学にも、日本軍が利用していた建物があるほか、昭和天皇が皇太子時代に植樹したガジュマルの樹も現存しているなど、台湾と日本の過去の歴史を知り往時の様子をしのぶことができた。

成功大学は、台鐵台南駅前に 8 つのキャンパス (駅前以外にもさらに 3 つのキャンパス) を有しており IEVC2024 では、その中の自強キャンパスにある電機工程系館 (Electrical Engineering Bldg.) の繁城講堂 (F. C. Room) と靄雲廳 (ATI Room)、および啟端館 (Chi Duan Bldg.) の智慧階梯教室の 3 部屋を使用させていただいた。

投稿カテゴリーは IEVC2019 以来の形態を踏襲して、Journal Track, Conference Track, Late Breaking Papers の 3 種類とし、

募集をした結果、基調講演、Industry Forum を除く発表総件数は 90 件 (口頭発表が 15 セッション 58 件、ポスター発表が 2 セッション 32 件)、総参加者数は 130 名 (Special session: Industry Forum のみの参加者は含めていない) となった。

#### 2.2 IEVC2024 における新たな取り組み

IEVC2024 では、新たな試みとして Special session を企画し、成功大学 Gwo Giun Lee 教授および本学会副会長の法政大学高村誠之教授のご尽力のもと、Industry Forum with APSIPA Industry Relations and Development, IEEE Signal Processing Society, IEEE Circuits and Systems Society, IEEE Solid-State Circuits Society を開催した。本セッションは APSIPA (Asia-Pacific Signal and Information Processing Association)、IEEE Tainan セクションなど複数学会の後援をいただいております。各学会や成功大学の学生などたくさんの聴講者に参加いただいた。講演者は、日本、台湾、韓国の大学や企業に勤務する研究者で構成されており、最新の産業の動向などについての講演がなされた。また、オーガナイザおよび講演者によるパネル討論会も実施され、活発な議論が行われた。

また、今回は日本と台湾の文化交流を行うべく、Excursion を実施し、有名な古跡が多く残っている安平を訪問した。

#### 2.3 会議の詳細

本会議は、表 1 に示す 3 件の基調講演やポスター発表を除き、2~3 セッションの平行開催とした。また、完全対面実施としたが、ビザの関係などでやむを得ない場合は、共著者の責任のもとオンラインでの発表を認めた。

初日 (3 月 11 日) は、13:00 から開会式典を行い、本学会元会長で IEVC2024 Executive Advisor の信州大学田中清教授から開会宣言をいただいた。続いて、General Co-Chair の Gwo Giun Lee 教授のご紹介で成功大学から、Academy of Innovative Semiconductor and Sustainable Manufacturing の Yan-Kuin Su 教授、College of Electrical Engineering and Computer Science の Pau Choo Chung 教授が登壇され、開催へのご祝辞を頂戴した。13:20 からは、最初の基調講演として、台湾大学の Bing-Yu Chen 教授からご講演を賜った。14:35 からは 2 セッション (1A および 1B) の口頭発表を行い、合計 10 件の発表がなされた。

表1 基調講演リスト

番号	題目・講演者
1	“Interactive Tangible Computing” Prof. Bing-Yu Chen (National Taiwan University)
2	“The Principle and Future Prospects of AIGC Generative Models” Dr. James, Jhing-Fa Wang (National Cheng Kung University)
3	“Bringing Generative AI to Your Fingertips” Mr. TY Lin (MediaTek Inc.)

2日目(3月12日)は、9:00から3つのセッション(2A~2C)を平行に実施し、合計11件の口頭発表が行われた。10:35からはポスターセッションのファストフォワードを行い、昼食をはさんでポスターセッションPoster1を開催した。Poster1では、Late Breaking Papersとして投稿された16件の発表が行われ、活発な議論がなされた。14:50および16:25からは、それぞれ3つのセッション(5A~5C, 6A~6C)を実施し、24件の口頭発表があった。

3日目(3月13日)は、9:00から成功大学のJhing-Fa Wang教授に基調講演2を講演いただいた。10:15からは、ポスターセッションPoster2を実施し、Conference Track論文のポスター発表6件、Late Breaking Papersの発表10件が行われた。午後は、13:15よりExcursionとして、赤崁楼、安平樹屋、安平古堡、安平老街を訪れ、台湾の歴史を体感するとともに参加者間の親睦も深められた。その後、バンケット会場である“濃園満漢餐廳(Nong Yuan Man Han Restaurant)”に移動し、美味しい台南料理に舌鼓を打った。バンケット内では、表彰式も実施した。表2に受賞者リストを示す。

最終日(3月14日)は、9:00から2セッション(8A, 8B)で口頭発表8件を実施した後、10:35から、MediaTek Inc.のTY Lin氏に基調講演3を行っていただいた。12:50からは、IEVC2024の初の試みであるIndustry Forumを開催した。また、それと並行して、2つのセッション(9, 10)で5件の発表が行われた。Industry Forumは、成功大学のShouu-Jinn Chang教授の挨拶から始まり、Taiwan Semiconductor Manufacturing Company(TSMC)のKeh-Jeng Chang氏、ソウル大学のDongsuk Jeon教授、NTTのRyo Masumura氏、Media TekのHe Yuan Lin氏にご講演いただいた。口頭発表セッション終了後には、登壇者によるパネルセッションが実施された。17:00からの閉会式では、小林会長から投稿論文数や参加者数などが報告され、閉会の挨拶と共に会議は終了した。

### 3. むすび

IEVC2024は、コロナ禍後では本学会初の対面での国際会議であり、感染状況によっては、参加者が余り集まらないのではないかと懸念があった。しかし、実際にはコロナ禍前とほぼ同様の参加者数が維持でき、大変喜ばしい限りである。また、Industry Forumという新しい試みにより、画像処理

表2 IEVC2024 Awards

Best paper Awards	
2A-2	Kousuke Katayama, Toru Higaki, Kazufumi Kaneda, Bisser Raychev, and Wataru Fukumoto: “Real-Time Intuitive Interaction and Realistic Illumination for CT Volume Rendering”
5B-2	Hiroyoshi Komobuchi and Susumu Maruno: “Stability Enhancement in VR Hand Manipulation through Dynamic Truss Structure Connections”
6A-3	Hidenori Itaya, Tsubasa Hirakawa, Takayoshi Yamashita, and Hironobu Fujiyoshi: “Auxiliary Selection: Optimal Selection of Auxiliary Tasks Using Deep Reinforcement Learning”
Excellent Paper Awards	
1B-3	Yuchen Zhang, Toshiki Tanaka, Kai Lenz, Tomoya Ito, Yuriko Takeshima, and Tsukasa Kikuchi: “Procedural Modeling of Trees with Crown Shyness”
6B-2	Weiyi Xia and Satoru Fujita: “FoodGAN: Realistic Cuisine Image Synthesis with Multi-Scale GANs”
8B-2	Thalita Munique Costa, Yoko Usami, Mai Iwaya, Yuka Takezawa, Yuika Natori, Hernan Aguirre, and Kiyoshi Tanaka: “White Blood Cells Classification with YOLOv7: Single and Cascade Classification Approaches for Images Segmented by Cellavision DM96”
CTP-05	Hiromasa Ohsuka and Shuichi Maeda: “Preparation of Invisible QR Code Using Achromatic Colors by Thin Film Interference”

に関する日本と台湾の企業の実情に触れる機会が得られたことや人材の交流ができたことは、大きな成果であると考え。今後のIEVCにおいても、さまざまな立場の研究者と交流し、それぞれの研究が発展するような場として役割が果たせることを祈念する。なお、本会議は成功大学に多大なご協力をいただくとともに、APSIPA(Asia-Pacific Signal and Information Processing Association)およびIEEE Tainan Sectionからは資金援助もしていただいた。ここに改めて深く感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) “IEVC2024 実施報告”, 画像電子学会誌, Vol.53, No.3, pp. 175-183 (2022).



竹島 由里子 (正会員)

1999年 お茶の水女子大学大学院人間文化研究科博士課程修了。博士(理学)。お茶の水女子大学大学院人間文化研究科助手、東北大学流体科学研究所助手、日本原子力研究所博士研究員、東北大学流体科学研究所助手、講師、東京工科大学准教授を経て、現在同大学教授。ポリアームビジュアル化に関する研究に従事。IEEE CS, ACM, 情報処理学会, 可視化情報学会, 芸術科学会各会員。

## 2-4 画像関連学会連合会傘下イベント

### 2-4-1 FIS 秋季大会

平山亮<sup>†</sup> (フェロー)

大阪工業大学

## 2-4 Events organized by FIS (Federation of Imaging Societies)

### 2-4-1 Fall Meeting of Federation of Imaging Societies

Makoto J. HIRAYAMA (Fellow)

Osaka Institute of Technology

#### 1. 概要とこれまでの活動

2014年4月1日に、日本画像学会、画像電子学会、日本写真学会、日本印刷学会により画像関連学会連合会が設立され、2014年度より4学会合同で画像関連学会連合会秋季大会を開催してきた。その第1回(2014年)～第6回(2019年)については、前々回までの年報<sup>2)4)</sup>を参照いただきたい。

続く2020年度については、画像関連学会連合会の国際会議 International Conference on Advanced Imaging 2020 (ICAI 2020) を ICAI2015 (2015年6月開催)以来5年ぶりに開催することになったが2020年の11月開催としたため、画像関連学会連合会秋季大会を早め、春季大会として2020年6月に早めて実施することになった。ところが、2020年2月頃より、新型コロナが蔓延し始め、第7回画像関連学会連合会春季大会は、予稿集のみ発行し、投稿原稿は発表扱いとして、実開催を見送った。なお、画像電子学会にとって6月は独自開催の年次大会の開催月でもあるため、春季大会への共催は断念し、他3学会の合同開催となり、本学会は協賛となった。また、ICAI2020についても本学会は共催を断念し、他3学会の合同共催、本学会は協賛となった。

この2020年度の動きは前々回の年報<sup>4)</sup>で紹介した。なお、ICAI2020は予稿集のみ発行という形式で成立し、翌年にはICAI2021が改めて2021年10月4日から10月8日まで完全オンライン形式で開催され、本学会はこれに関しても協賛として名を連ねた<sup>5)</sup>。ちなみにICAI2021の参加者数は141名、講演件数はオーラル発表29件、インタラクティブ発表25件、招待講演17件で計71件であった。

2021年度の画像関連学会連合会大会は従来のように秋の開催で計画したがコロナ禍が収まらず、オンライン開催についても、十分な検討が行えなかったため開催自体を断念した。

2022年の第8回秋季大会は2022年11月21日・22日に開催地をこれまでの京都から初めて名古屋に移し、名古屋大学

野依記念学術交流館でオンライン併用のハイブリッド開催とし、画像関連学会連合会と東海国立大学機構 名古屋大学 未来材料・システム研究所との共催という形式で開催の運びとなった。これらの動きについては前回年報<sup>5)</sup>で報告している。今回はその後のFIS関連の活動を報告する。

#### 2. 2023~2024年度の活動

##### 2.1 2023年度秋季大会

2023年度の第9回画像関連学会連合会秋季大会は2023年11月13日(月)～14日(火)に名古屋大学東山キャンパス野依記念学術交流館の1階・2階においてハイブリッド方式で開催された。主催は画像関連学会連合会(画像電子学会・日本写真学会・日本画像学会・日本印刷学会)で東海国立大学機構 名古屋大学 高等研究院との共催であった。名古屋大学での開催は2年連続であり、開催時期はこれまでの11月下旬から10日ほど早い11月上旬とし、紅葉による人出のピークを少しは避けることとした。

当学会からは、平山亮(大阪工業大学)、横山恵理(大阪工業大学)、甲斐隆浩(Plus Project)の3名を実行委員とし、甲斐氏には合同秋季大会実行副委員長をお引き受けいただき、横山先生には画像電子学会プログラム委員長をお引き受けいただいた。

全体の発表件数は67件(基調講演1件、オーラル47件、ポスター19件)で、本学会からは11件(オーラル9件、ポスター2件)の発表があり、本学会からの参加者総数は28名であった。表1に発表件数の一覧を示す。

なお、ポスターセッションは、各学会合同で行われ、ショートプレゼンがポスターセッションに先立ち、11月13日の12:50から30分間にわたり実施された。

ポスターセッション後に、優れたポスターの選定が行われ閉会前の表彰式で以下のように最優秀2件、優秀2件が表彰された。



表1 第9回秋季大会発表件数

Table 1 Presentations in 9<sup>th</sup> FIS Fall Conference

日程	発表内容	件数
13	基調講演	1
14	写真学会オーラル	20
14	画像学会オーラル	11
13	印刷学会オーラル	7
13	画像電子学会オーラル	9
	オーラル小計	47
13	ポスター	19
	総計	67

最優秀ポスター

- P-06 「医療分野での活用を目的とした皮膚の RGB 画像からの分光反射率画像生成」  
千葉崇人, 三好裕樹, 稲村崇, 吉原育実, 吉原成実, 近藤豊, 岡本健
- P-18 「情報コミュニケーションとデザインを両立する次世代加飾パネル」西田知則, 秋山健太郎, 山中直人

優秀ポスター

- P-03 「印刷技術を活用した薄型金属部品賦形技術の検討」平井和彦, 峯 英一, 渡部友太郎, 岩岡拓, 小金井誠司, 伊東洋一,
- P-08 「分散型電界発光素子の発光色変化による湿度変化の可視化」安部 紳一郎, 常安翔太, 佐藤利文

基調講演は「画像の好みを科学する：視覚選好の普遍性と多様性」と題して豊橋技術科学大学副学長・大学院工学研究科情報・知能工学系教授の中内茂樹氏に11月13日16:30よりご講演を賜った。

2.2 2024年度秋季大会

2024年度の第10回画像関連学会連合秋季大会は2024年11月21日(木)～22日(金)に京都工芸繊維大学60周年記念会館の1階・2階においてハイブリッド方式で開催された。主催は画像関連学会連合会(日本写真学会・日本画像学会・日本印刷学会・画像電子学会)で京都工芸繊維大学の協賛を得た。同大学での開催は実に5年ぶりであった。

諸般の事情で当学会の対応が遅れたため、当学会から実行委員は派遣せず、事務局長が窓口業務を務めた。

全体の発表件数は76件(基調講演2件, オーラル52件, ポスター22件)で、本学会からは3件(オーラル3件, ポスター0件)の発表があり、本学会からの参加者数は4名であった。表2に発表件数の学会別一覧を示す。このほかに写真学会主催の京都工芸繊維大学美術工芸資料館ギャラリートーク付き鑑賞会が開催された。

ポスターセッションは、各学会合同で行われ、ショートプレゼンがポスターセッションに先立ち、11月21日の14:20から30分間にわたり実施された。なお、ポスターの各学会別

表2 第10回秋季大会発表件数

Table 2 Presentations in 10<sup>th</sup> FIS Fall Conference

日程	発表内容	件数
21	基調講演	2
21・22	写真学会オーラル	29
22	画像学会オーラル	11
21	印刷学会オーラル	9
22	画像電子学会オーラル	3
	オーラル小計	52
21	ポスター	22
	総計	76

内訳は写真学会13, 画像学会6, 印刷学会3であった。

ポスターセッション後に、優れたポスターの選定が行われ閉会前の表彰式で以下のように最優秀1件, 優秀2件が表彰された。

最優秀ポスター

- P-02 「4色分解モノクロ銀画像からのカラー情報取り出し技術の構築」米山博之, 山田 誠

優秀ポスター

- P-14 「エリアセンサを用いた金属鏡面の粗さ評価」海老澤瑞枝, 藤原千隼, 小出優一郎, 磯田和貴, 小野澤明良
- P-20 「加飾銀鏡膜の緑膿菌に対する抗菌性」兵藤哲, 前田秀一

基調講演は2件行われ、1件目は独立行政法人国立印刷局の川口 泰正氏から「新しい日本銀行券の改刷と偽造防止技術等について」という題目で11月21日13:10よりご講演を賜った。2件目は国土交通省 航空局安全部 無人航空機安全課 課長補佐(総括)の勝間 裕章氏から「無人航空機に係る制度整備の歩みと制度運用の状況」という題目で11月21日16:40よりご講演を賜った。

3. 総括と今後の展望

2014年度に始まった画像関連学会連合会秋季大会は、所属の4学会が合同で実施するイベントの中で中心的なものとなっている。

ポスターセッションは早くから合同で実施しており、2019年の第6回にはオーラルセッションにおいても学会横断的に技術分野別のセッションプログラムが組まれるなど、学会間の連携も次第に強化されてきた。その後コロナの影響により、2020年の第7回は予稿集の発行のみ、2021年は中止となった。2022年の第8回からハイブリッド開催となり、2023年、2024年もハイブリッド開催を踏襲しているが、開催準備の遅れもあって各学会独立のプログラムに戻っている。次回以降は原点に戻って各学会の横断的なプログラムが組まれることを期待したい。

秋季大会が実施される11月後半は、8～9月頃、3月頃の学会集中シーズンの中間的な時期にあたり、この頃に発表の機



表3 第9回秋季大会における本学会からの発表一覧

Table 3 List of papers presented from IIEEJ in 9<sup>th</sup> FIS Fall Conference

発表番号	タイトル	著者
オーラル		
E01	太陽現象による GPS 依存型 UAV の脆弱性と天測航法によるレジリエンスの向上	笠原幹大, 長谷川克也/宇宙航空研究開発機構
E02	MAIA: 漫画のシーンに基づく背景の自動生成システム	木村峻輔, 大井翔/大阪工業大学
E03	Preliminary study on segmentation of epiglottises in videofluorography by use of 3D-Unet and multi channelization	Zhengxuan Zhao 1), Kojiro Mekata 2), Hotaka Takizawa 1), Hiroyuki Kudo 1)/ 1) University of Tsukuba, 2) Shijonawate Gakuen University
E04	MPS 法とバネ結合の併用による粘弾性流体の曳糸性表現	方沿勝, 張英夏, 向井信彦/東京都市大学
E05	映像視聴行為者率に基づいた視聴モデル生成に関する一検討	山根翔太, 児玉 明/広島大学
E06	キャッシュ型映像配信方式におけるキャッシュ効率限界に対する一考察	児玉 明/広島大学
E07	マスク画像を用いた多重クラス複合 3 次元モデルのスケール調整	佐藤大輔, 岩切宗利, 藤原匠/防衛大学校
E08	パーツ変形による等身キャラクターの顔イラストのスーパーデフォルメ化	児玉結菜, 小玉周平, 森谷友昭, 高橋時市郎/東京電機大学
E09	SVP を用いた低重複 3 次元点群レジストレーションの試み	國武千人 1), 岩切宗利 2), 田中清 1) / 1) 信州大学, 2) 防衛大学校
ポスター		
P01	影からの光源環境推定	樋口工, 相馬隆郎/東京都立大学大学院
P02	観光地の撮影スポット検出のための 360 度画像に対する写真構図判定における一考察	田部優一, 神納貴生/大阪工業大学

表4 第10回秋季大会における本学会からの発表一覧

Table 4 List of papers presented from IIEEJ in 10<sup>th</sup> FIS Fall Conference

発表番号	タイトル	著者
オーラル		
E01	3次元点群モデルの歪み補正の基礎検討	村野響, Sandoval Jaime, 岩切宗利, 田中清/信州大学総合理工学研究科
E02	大規模点群からのマーカーに関する初歩的検討	小竹倅成, 村野響, 岩切宗利, 田中清/信州大学総合理工学研究科
E03	ホールド抽出のためのボルダリング壁面解析	吉川雅輝, 村野響, 岩切宗利, 田中清/信州大学総合理工学研究科
ポスター 無		

会があることは有益で、参加費が低く抑えられていることも魅力的である。これまで関西・東海地区の開催となっており、中国・四国地区も含め、学会開催の頻度が少ない中部・西日本地区の学生が発表するよい機会ともなっている。画像電子学会の該当地区の活動の活性化にも貢献できており、今後も継続して秋季大会の実施に協力してゆきたい。

参考文献

- 1) 画像関連学会連合会: 画像関連学会連合会設立趣意書 (2014).
- 2) 平山亮: “FIS 秋季大会”, 画像電子学会誌, **46**(1), pp. 12-15 (2017).
- 3) 平山亮: “FIS 秋季大会”, 画像電子学会誌, **48**(1), pp. 17-19 (2019).
- 4) 平山亮: “FIS 秋季大会”, 画像電子学会誌, **50**(1), pp. 17-19 (2021).
- 5) 平山亮: “FIS 秋季大会”, 画像電子学会誌, **52**(1), pp. 19-21 (2023).



平山 亮 (フェロー)

1985年 早稲田大学理工学部電気工学科卒業。日本ヒューレット・パッカド, ATR 視聴覚機構研究所, ATR 人間情報通信研究所, ヒューレット・パッカド日本研究所, 金沢工業大学情報フロンティア学部メディア情報学科を経て, 現在 大阪工業大学情報科学部情報メディア学科教授。博士(工学)。マルチメディア応用研究に従事。

### 3. 第1種研究会の取り組み

高田英明 (正会員)

長崎大学

### 3. Activities of IIEEJ Regular Conferences

Hideaki TAKADA (Member)

Nagasaki University

#### 1. 第1種研究会の位置づけと概要

第1種研究会は、本学会会員に対して、研究発表並びに討論の場を提供することを目的としたものである。学会全体として行う研究会であり、特に後述の一般の研究会は企画委員会が中心になって企画し実施している。

研究会の目的は、論文誌投稿前の内容を発表し参加者との質疑を経て研究内容を高めることである。最終的には学会誌の原著論文発表に至ることが研究会発表者の目標となる。学会としても、すぐれた原著論文が増えることは最も大きな存在意義の一つである。その意味で、広い分野の研究者と議論できる第1種研究会は学会の中核的な場といえる。

本学会では1972年に第1回研究会が開催され、2024年末までに計310回開催された。かつては年6回程度開催されていたが、近年は国際会議IEVCや画像関連学会連合会秋季大会が新設された影響もあり、年4回程度の開催となっている。

表1に2023年～2024年に開催した第1種研究会の一覧を示す。これらは、関連の幅広い分野から講演を募集する一般の研究会と、テーマを定めたフォーラムの2つに分けられる。後者は複数の他学会との共催で行う研究会であり、「高臨場感ディスプレイフォーラム」と「映像表現・芸術科学フォーラム」が該当する。

#### 2. 一般の研究会

一般の研究会は主に、地方にて年に1回、東京近郊にて年に1回、2月および6月に開催している。

2月開催の回は、本会単独主催で、全国各地での開催を慣例としている。6月開催の回は、映像情報メディア学会コンピュータグラフィックス研究会との共催で東京または東京近郊での開催を慣例としている。

テーマは、画像認識、符号化、画像生成、可視化、各種応用など、本学会がカバーする領域全般に渡る。一般講演が主体であるが、毎回招待講演も行っている。一般講演は企業よりも大学関係者、特に大学院生による講演が多い傾向がある。

第303回研究会を2023年2月に開催した。2020年の頃の完全オンライン開催時期と比べると、新型コロナウイルス感染症も落ち着いてきており、現地開催も多く行われるようになったことから、現地開催に加えてオンラインを併設するハイブリッド形式での開催企画を進め、広島大学東千田キャンパスにて予定通り2日間のハイブリッド開催を実現した。

第305回研究会は映像情報メディア学会との共催で、2023年6月に、東京都市大学世田谷キャンパスにて2日間現地開催+オンラインのハイブリッド形式とした。2022年度より画像電子学会年次大会が8月開催となったため、これまで9月

表1 過去2年間の第1種研究会開催状況

研究会	開催日	開催場所	講演件数	講演件数内訳	参加者数
第303回	2023年2月21日～22日	広島大学 東千田キャンパス +副：オンライン	30	招待1, 一般29	53
第304回 (映像表現)	2023年3月6日	東京工芸大学 中野キャンパス +副：オンライン	91	招待1, 一般90	195
第305回	2023年6月3日～4日	東京都市大学 世田谷キャンパス +副：オンライン	13	招待1, 一般12	35
第306回 (高臨場感)	2023年11月24日	大田区民ホール・アプリコ	6	招待6	33
第307回	2024年2月26日～27日	北陸先端科学技術大学院大学 +副：オンライン	22	招待1, 一般21	41
第308回 (映像表現)	2024年3月5日	東京工科大学 八王子キャンパス) +副：オンライン	112	招待1, 一般111	230
第309回	2024年6月5日	東京情報デザイン専門職大学 +副：オンライン	11	招待1, 一般10	27
第310回 (高臨場感)	2024年11月22日	オンライン	5	招待5	-

に開催していた本研究会の時期を、2021年までの年次大会の実施時期であった6月に変更して開催することとした。

第307回研究会は、2024年2月に、北陸先端科学技術大学院大学にて2日間現地開催+オンライン併用のハイブリッド形式とした。1月に能登で震災があったこと、最寄り駅から会場までの交通が多少不便であることなどの懸念に拘らず、多くの発表応募があったうえ、多くの聴講者も集まり盛況となった。

第309回研究会は、2024年6月に、東京情報デザイン専門職大学にて1日間現地開催+オンライン開催のハイブリッド形式とした。特別講演として新たに設置された専門職大学の位置付けと画像分野に対する取り組みについての講演も頂き、本分野の新たな展開に向け多くの知見を得るに至った。

### 3. 一般の研究会の活性化の試み

論文誌への投稿を促すための施策として「コメント・サービス」を第284回研究会から実施している。発表者の最終予稿提出のタイミングで希望をとり、希望発表者には論文採録のためのアドバイスを講演後に文書で提供するものである。第303回研究会では15件、第305回研究会では7件、第307回研究会で15件、第309回研究会で9件の希望があり、年々希望者が増加してきている。アドバイザー(コメント提供者)には、企画委員、座長、学会理事など学会関係者があたり、各発表1名ずつ担当している。研究発表は論文誌投稿へとつなげるための重要な場であることを発表者に十分周知したうえで、コメント・サービスによって、論文誌投稿への心理的ハードルを下げつつ、論文誌投稿の質と数の向上に繋げることが狙いである。しかし、コメント提供者及び事務局の負担が大きいため、その軽減が課題でもあり、費用対効果も評価して見直しを行う必要があるとも考えている。

研究会発表者増加に向けて、研究会若手奨励賞が2021年度に新設された。この賞は、第1種研究会(一般の研究会)において優れた研究発表を行った若手研究者(研究会における発表登壇時において35歳以下)に対して授与するものである。2023年度は選定委員会を設置し、305回・307回研究会からそれぞれ1名、2名を2023年度研究会若手奨励賞の受賞候補者として選出した。第342回理事会(2024年4月26日)における承認を経て、2024年度第52回年次大会(2024年8月27日)にて表彰式が行われた。

### 4. 高臨場感ディスプレイフォーラム

高臨場感ディスプレイフォーラムは次世代の映像ディスプレイを主たるテーマとした研究会である。本学会のほか、電子情報通信学会、電気学会、映像情報メディア学会、日本バーチャリアリティ学会の各学会が共催し、毎年11月に開催している。原則としてすべて招待講演で構成されており、研

究会というよりもセミナーの性格が強い。第306回研究会は、新型コロナウイルス感染症も落ち着いたことから、これまでオンライン開催していたものを現地開催として実施した。第309回研究会は会場など運営の都合によりオンラインでの開催としている。

### 5. 映像表現・芸術科学フォーラム

映像表現・芸術科学フォーラムは、画像や映像による表現技術ならびにコンテンツ生成に焦点をあてた研究会である。本学会、映像情報メディア学会、芸術科学会、画像情報教育研究会(CG-ARTS)の4団体共催で、毎年3月に開催している。一般講演は口頭発表のほかポスター発表がある。

本フォーラムの発表件数や参加者数は、この数年間、第1種研究会の中でも圧倒的に多く盛況が続いている。主な要因として、企業提供によるローカルアワードが多く設定されていること、卒論・修論が完成したタイミングでもあり多くの学生が発表に集中できること等が挙げられる。第304回、第308回研究会は、これまでオンライン開催していたものを現地開催+オンラインのハイブリッド開催として実施した。

### 6. まとめ

第1種研究会は、学会全体として会員に対する研究発表の場を提供し、研究者の裾野を広げ、研究発表の中から優れた成果を押し上げていくコミュニティである。学部学生から企業のベテラン研究者・エンジニアまで、様々な立場の方から多くの発表をして頂きつつ、聴講にも多数参加して頂くことが本学会の発展につながる。本学会の研究会で発表することで、多くの参加者に聴いてもらえ、有意義な意見を多数頂ける、という評判を定着させることが、本学会会員の満足度向上と、学会誌論文の質と数の向上につながると思っている。

なお、報告者は2年間の任期を終え、2024年6月から企画委員長を石博康雄氏(公立はこだて未来大学)に引き継いだ。新たな委員長の下での一層のご支援をお願いしたい。



高田 英明 (正会員)

1997年 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 博士前期課程修了。同年 日本電信電話株式会社入社。2007年 早稲田大学大学院 国際情報通信研究科 博士後期課程修了。早稲田大学 国際情報通信研究センター 客員研究員、NTT 研究企画部門(OSS)人事育成担当課長、NTT 研究所 主幹研究員/グループリーダーを経て、2020年より長崎大学 情報データ科学部 教授。現在、長崎大学 副学長(情報・DX推進担当)。3D映像、光学デバイス、視覚心理、映像音響メディアに関する研究に従事。2006年 文部科学大臣表彰 科学技術賞、2018年 本学会 画像電子技術賞 受賞。博士(国際情報通信学)。2022年6月から2024年6月まで本学会理事・企画委員長を務める。

## 4. 第2種研究会の取組み

### 4-1 第2種研究会の位置付けと概要

平山 亮<sup>†</sup> (フェロー)

<sup>†</sup> 大阪工業大学

## 4. Activities of IIEEJ SIGs (Special Interest Groups)

### 4-1 Position and Overview of IIEEJ SIGs

Makoto J. HIRAYAMA<sup>†</sup> (Fellow)

<sup>†</sup>Osaka Institute of Technology

#### 1. 位置付け

画像技術には多くの応用分野があり、画像電子学会は第1種研究会とは別に、応用やニーズを切り口とした活動をここに示す第2種研究会やその前身に相当する委員会の下で、以前から行ってきた。たとえば、ビジュアルコンピューティング技術を学会のスコープに取り込むとともに1993年にビジュアルコンピューティング研究委員会を発足させたほか、新規分野のパイロット研究会としてVMA (Versatile Media Appliance) 研究会を1997年に設立し、そこでの議論から幾つもの新分野の研究会の誕生を導いてきている。このように学会として扱う新規分野を模索し、学会のスコープを拡張すると共に、新分野の論文投稿・口頭発表を促すことにより、新たな技術の誕生やその発展を目指してきた。本稿では前回の年報特集号の原稿を再掲しつつ、変化のあった部分を加筆・修正する形で2種研究会の位置付けと概要を説明する。

#### 2. 経緯

##### 2.1 初期の活動

画像電子学会の活動範囲を時代の要請に適合させることを目的として活動していた技術専門委員会の提案によって、1992年12月にメディア統合技術(MIT)研究委員会が設立され、1993年にはビジュアルコンピューティング研究委員会が設立された。メディア統合技術研究委員会は1993年9月に第1回研究会を開催し、ビジュアルコンピューティング研究委員会は1993年6月に最初のVCシンポジウム(Visual Computing '93)を開催した。

通常総会資料によれば、第2種という表記は1994年から

採用され<sup>1)</sup>、メディア統合技術研究委員会とビジュアルコンピューティング研究委員会に加えて、1993年までそれらと共に専門委員会に分類されていた標準化常置委員会、テレマティクス研究専門委員会(その傘下に静止画符号化標準化検討会があった)、3D画像調査専門委員会(1993年7月から3次元画像コンファレンスを開催<sup>2)</sup>)が、第2種委員会を構成した。1994年におけるこれら以外の委員会は、企画委員会、年次大会実行委員会、編集委員会、技術専門委員会(1993年までは専門委員会に分類されている)であり、理事会に直属する第1種委員会を構成していた。

1996年に、標準化常置委員会は標準化委員会に改称され<sup>3)</sup>、1999年からは第1種委員会に分類されることになった<sup>4)</sup>。

メディア統合技術研究委員会は、1997年にVMA (Visual Media Appliance, その後Versatile Media Appliance) 研究会に改組された<sup>5)</sup>。当時、研究委員会と研究会との表記の明確な区別はなく、その後、研究会というイベントを企画・運営する主体を研究委員会と呼んで、区別するようになった。

##### 2.2 2000年以降の動き

3D画像調査専門委員会は、2001年に多次元画像研究委員会に改称された<sup>6)</sup>。2003年には、第2種委員会に画像ミュージアム研究委員会が新設された<sup>7)</sup>。

2005年の第2種委員会の活動として、静止画符号化標準化検討会、テレマティクス国際活動調査委員会、将来型テレマティクス検討会、国際活動委員会、セキュリティ研究委員会、モバイルイメージ研究委員会などの活動が報告されているが、報告の中でそれらの名称に混乱が見られる<sup>8)</sup>。2006年には、テレマティクス国際活動調査委員会、将来型テレマティクス

検討会が解散し、国際活動委員会は国際活動調査委員会と改称された<sup>9)</sup>。

2007年には、国際活動調査委員会、セキュリティ研究委員会がなくなり、国際標準化教育研究委員会および安全な暮らしのための情報技術研究委員会が新設された<sup>10)</sup>。2009年には、モバイルイメージ研究委員会をイメージコミュニケーション研究委員会に改称し、デジタルサイネージとインタラクション研究委員会(2010年設立)を設立するための準備活動が報告された<sup>11)</sup>。2010年には、静止画符号化標準化検討会は静止画符号化標準化研究委員会に呼称を改めた。なお2009年からは第1種委員会、第2種委員会という区分を行っていない<sup>11)</sup>。

年次大会において、研究会(研究委員会)が企画・運営する企画セッションは、1998年のVMA研究会に始まり、1999年にはVMA研究会と3D画像調査専門委員会とが年次大会で企画セッションを企画・運営している。それ以降(2002年だけ年次大会で企画セッションが行われていない)、年次大会で研究会が企画セッションを企画・運営するという研究会の活動形態が定着している。なお、イメージコミュニケーション研究会の2010年の年次大会での発表内容を基にしたプロフェッショナルセミナーが2011年3月に企画されている<sup>12)</sup>。

2012年の時点で、第1種研究会以外の研究会、企画セッション等を企画・運営する主体は、次のようであった。

- VMA(Versatile Media Appliance)研究会
- ビジュアルコンピューティング(VC)研究会
- 静止画符号化標準化(SIC)研究会
- イメージコミュニケーション研究会
- 多次元画像(MDI)研究会
- 画像ミュージアム(MUS)研究会
- 国際標準化教育(STD)研究会
- 安全な暮らしのための情報技術(SSC)研究会
- デジタルサイネージとインタラクション(DSG)研究会

さらに2013年には、

- 視覚・聴覚支援システム(VHIS)研究会
- スマートディスプレイ(SDP)研究会

が加わった。

2014年には、活動が途絶えたイメージコミュニケーション研究会を削除し、

- 画像エンタテインメント(IET)研究会

を追加した。

2015年には

- 建築と画像電子の共通領域(AIM)研究会
- を設立した。

2018年には、国際標準化教育(STD)研究会を

- 国際標準化の活用と教育(STD)研究会

に改称したが2020年8月に活動を休止し、活動終了となった。

2020年に

- ドローン(DRC)研究会

を設立することが第310回理事会で承認された。

2021年には画像ミュージアム(MUS)研究会、画像エンタテインメント(IET)研究会およびデジタルサイネージとインタラクション(DSG)研究会を統廃合して新たに

- デジタルミュージアム・人文学(DMH)研究会
- を発足させた。

2023年度末に

- 多次元画像(MDI)研究会
  - 安全な暮らしのための情報技術(SSC)研究会
- の2研究会の活動終了を理事会で承認した。

## 2.3 運用指針

さて、2012年から活動を開始したセミナー委員会は、上記のように、イベントとしての研究会等を企画・運営する主体も研究会と呼ぶことを明確にし(特に区別する必要がある場合に、研究委員会の呼称を用いる)、これらの研究会の総称を第2種研究会とすることを確認した。さらに活動分野に応じて各研究会を3.に示すようにグループ化し、多岐に富む第2種研究会の活動内容を分りやすくした。

2016年にはセミナー委員会において、第2種研究会の運用指針をまとめ、理事会に提出して承認された。この運用指針は次の項目から成る。

1. 序
2. 定義
3. 第2種研究会運用の基本方針
4. 第2種研究会の設立
5. 第2種研究委員会の構成(推進体制)および運営
  - 5.1 メンバシップ
  - 5.2 Web
  - 5.3 活動計画
  - 5.4 活動報告
  - 5.5 イベントの動画
  - 5.6 イベントのマスコミ対応
  - 5.7 イベントの講演予稿の著作権
6. 研究会の運営
7. セミナーの運営
8. 企画セッションの運営

各研究会は2017年からは、年次大会で従来の企画セッションに加え、オーガナイズドセッション(講演者からのエンタリに基づくセッション)の企画・運営について、検討と試行を開始した。

## 3. 概要

### 3.1 記法

この概要においては、第2種研究会に含まれる研究会(1)~(10)を活動内容に応じて6分野(3.2~3.7)にグループ化し、各研究会の活動概要を示す。その記法は以下とする。

(通番) 研究会名称(短縮表記) 対応英語表記 [活動開始時期~] 活動概要

### 3.2 ビジュアルコンピューティング分野

(1) ビジュアルコンピューティング(VC)研究会 IIEEJ SIG on Visual Computing [1993～]

VC シンポジウム, VC ワークショップ, 秋期セミナー (CG 関連のチュートリアル) を開催している。

(2) 多次元画像(MDI)研究会 IIEEJ SIG on Multi-dimensional Image [2001～2024]

3次元画像コンファレンス, 多次元画像セミナーを開催している。3次元画像コンファレンスの終了に伴い, 2023年度末で本研究会も終了することとなった。

### 3.3 メディア応用分野

(3) VMA(Versatile Media Appliance)研究会 IIEEJ SIG on Versatile Media Appliance [1997-09～]

1992年に発足したメディア統合技術(MIT)研究会を1997年に改組して設立。画像関連技術を広く調査研究して, 学会が進むべき研究分野の開拓を行う。傘下に複数の研究グループをもち, IEC 62251 (AV 評価), IEC 62608 (Net Configuration) などの国際規格も開発している。

(4) デジタルミュージアム・人文学(DMH)研究会 IIEEJ SIG on Digital Museum and Digital Humanities [2021-03～]

「画像ミュージアム(MUS)研究会」で行っていたCG, VR, 3D等の画像ミュージアムへの応用, 博物館情報の画像入力, 横断検索, 流通の調査研究, ならびに, 「画像エンタテイメント(IET)研究会」で実施していた, コミック/アニメ/ゲーム等の画像エンタテイメントの視点からとらえた画像処理・通信, エンタテイメント固有の課題研究, さらには, 「デジタルサイネージとインタラクション(DSG)研究会」で行われていた限られた人数を対象に適応的に対話するマルチメディアプレゼンテーション向けの関連技術を系統的に行う調査研究, 以上3つの研究会を統廃合する形で新たにこの研究会が発足した。

### 3.4 標準化関連分野

(5) 静止画符号化標準化(SIC)研究会 IIEEJ SIG on Still Image Coding Standardization [1986～]

ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1における画像符号化技術の標準化動向を広く紹介して, 関連分野の研究・開発のための情報交換を行う。

なお, かつて本分野に属していた「国際標準化の活用と教育(STD)研究会」は, 2019年度をもって活動を終了した。

### 3.5 生活支援分野

(6) 安全な暮らしのための情報技術(SSC)研究会 IIEEJ SIG of Social Secured Cyber technology [2007-09～]

情報技術の不適切な利用を防ぎ, 社会の安全を確保するために必要な画像情報技術および関連する法的規制を調査研究する。本委員会は2023年度末をもって活動を終了した。

(7) 視覚・聴覚支援システム(VHIS)研究会 IIEEJ SIG on Visual and Hearing Impaired Support [2012-03～]

視覚・聴覚障害をもつ人への情報保障・コミュニケーション支援のための画像情報技術を調査研究する。

### 3.6 表示分野

(8) スマートディスプレイ(SDP)研究会 IIEEJ SIG on Smart Display [2012-10～]

業界/標準化団体での活動が先行しているIPTV, smart TV, スマートディスプレイおよび関連技術に関するアカデミックな視点での議論を深める。

### 3.7 共通領域

(9) 建築と画像電子の共通領域(AIM)研究会 IIEEJ SIG on Architectural Industry Mondiale expected by Image Technology [2015-12～]

日本建築学会と画像電子学会に現在および将来的に共通する学問分野およびその応用としての業界分野に関する議論を深める。

(10) ドローン(DRC)研究会 IIEEJ SIG on Drone Research Committee [2020-10～]

ドローンをこれからの社会インフラに役立てることを目指して研究会を設置する。

## 4. 2種研究会の体制見直し

その時代にあわせ画像電子学会における新分野を多岐にわたり開拓してきた第2種研究会であるが, 1992年の活動開始から30年経った今, 役割を終えて終了した分野, 活動が活発でなくなっている分野, 委員長不在などにより休眠状態のままとなっている研究会が散見されるようになった。このため, 2020年頃から, 2種研究会の体制見直しや存廃の手続きの議論がセミナー委員会, 企画委員会において開始され, 現在も引き続き検討中である。

まず, おおよその方向性としては, セミナー委員会を廃止し, 企画理事が2種研究会の活動を取りまとめていくことで議論が進められている。活動の活発な研究会数が減ってきていること, セミナー委員長に必ずしも理事が就任しているとは限らず理事会との連携を密に保てないこと, セミナー委員会は企画理事が統括する企画委員会と同日に連続で開催されておりほぼ同じメンバーが参加しているため, あえて独立の組織にする必要性がないこと, 企画委員会とセミナー委員会の現状でのすみ分けが必ずしも明確ではないこと, などが主な理由である。また新規分野に関しては時限研究会として設立し, 存続させるかどうかの見直しを定期的に行えるような制度も提案されている。さらに既存の6分野についても見直しが必要と考えられている。今後の議論を経て2025年の総会あたりを目途に新体制での研究会運営方針や新たな位置づけがまとめられるものと考えている。

第2種研究会の活動を通じて, 本学会がこれまで如何に柔軟に, かつタイムリーに画像電子工学の応用分野のニーズに応えてきたかを理解できていただけたことと思う。AIをはじめ



めとする様々な技術が生み出されている現在、今後もさらに新たな応用分野を視野に入れた研究会活動を開始し、その分野の発展に寄与していくことが求められていると考える。

本学会誌の内容に目を通された関係者の皆様には、本学会の活動にさらなる関心をもっていただき、積極的に学会活動に参加していただけることを期待する。

## 5. 年報特集

以下の年報特集においては、多岐にわたる第2種研究会の活動を、主として最近2年間(2023~2024年)の内容を中心に個別に報告する。

各研究会の記述内容は、原則として、次の様式に従う。

4-X(X=2~7:分野)-Y(Y=1 or 2) 研究会名称

1. 研究会の活動趣旨
2. これまでの活動成果

学会誌解説論文、関連規格発行、関連研究会の設立、Webの立上げなど。

3. 2023~2024年の活動概要

企画セッション、オーガナイズドセッション、研究会、セミナーの実施など。

4. 今後の展望

なお、2023年度に活動を終了した研究会のうち、多次元画像(MDI)研究会は前回年報以降の活動について今回も個別に報告いただくが、安全な暮らしのための情報技術(SSC)研究会は、前回年報以降の活動がないため報告を省略する。このため同分野に属する視覚・聴覚支援システム(VHIS)研究会の採番を変更した。

またスマートディスプレイ(SDP)研究会についても前回年報以降は個別の活動を休止しているため、報告を省略し、それに伴い報告がなくなる表示分野に割り当てられていた番号を共通領域に繰り上げることとした。

## 参考文献

- 1) 第24回通常総会資料, 画像電子学会, 1995-06.
- 2) 第25回通常総会資料, 画像電子学会, 1996-06.
- 3) 第26回通常総会資料, 画像電子学会, 1997-06.
- 4) 第29回通常総会資料, 画像電子学会, 2000-06.
- 5) 第27回通常総会資料, 画像電子学会, 1998-06.
- 6) 第30回通常総会資料, 画像電子学会, 2001-06.
- 7) 第32回通常総会資料, 画像電子学会, 2003-06.
- 8) 第35回通常総会資料, 画像電子学会, 2006-06.
- 9) 第36回通常総会資料, 画像電子学会, 2007-06.
- 10) 第37回通常総会資料, 画像電子学会, 2008-06.
- 11) 第39回通常総会資料, 画像電子学会, 2010-06.
- 12) 第40回通常総会資料, 画像電子学会, 2011-06.
- 13) 第49回通常総会資料, 画像電子学会, 2020-06.
- 14) 第50回通常総会資料, 画像電子学会, 2021-06.

- 15) 第51回通常総会資料, 画像電子学会, 2022-06.
- 16) 第52回通常総会資料, 画像電子学会, 2023-06.
- 17) 第53回通常総会資料, 画像電子学会, 2024-06.



平山 亮 (フェロー)

1985年 早稲田大学理工学部電気工学科卒業。日本ヒューレット・パッカート、ATR 視聴覚機構研究所、ATR 人間情報通信研究所、ヒューレット・パッカート日本研究所、金沢工業大学情報フロンティア学部メディア情報学科を経て、現在 大阪工業大学情報科学部情報メディア学科教授。博士(工学)。マルチメディア応用研究に従事。

## 4-2 ビジュアルコンピューティング分野

### 4-2-1 ビジュアルコンピューティング (VC) 研究会

金井 崇 (正会員)

東京大学

## 4-2 Visual Computing

### 4-2-1 IEEEJ SIG on Visual Computing

Takashi KANAI (Member)

The University of Tokyo

#### 1. 研究会の活動趣旨

本研究会は、画像コンテンツの表現・生成や認識・理解に深く関わるビジュアルコンピューティング (VC) 技術に関する研究開発成果の情報交換を目的としている。VC は、コンピュータグラフィックス (CG) を核として視覚計算融合領域を広く網羅しており、画像処理、画像計測、コンピュータビジョン (CV)、ヒューマン・コンピュータ・インタラクション (HCI)、バーチャルリアリティ (VR)、拡張現実 (AR)、可視化、視覚情報とその他のマルチモーダルリティ情報の統合等も含んでいる。

#### 2. 主な活動内容

本研究会は 2024 年現在、委員長・副委員長を含む計 21 名の幹事を擁し、VC ワークショップ (秋～冬開催)、Visual Computing (秋開催)、学会誌 VC 論文特集号 (10 月発行) をその活動の三本柱とする年間の活動サイクルを、関連する研究者や学生に対して提供している。

まず、VC ワークショップでは、伝統的に合宿形式を採用し、個々の発表に比較的長めの時間をとり、進行中の研究を種に、活発な議論と密度の濃い討論を通じて、参加者全員でアイデアを膨らませることを目指している。

Visual Computing は、現在は情報処理学会コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学 (CGVI) 研究会、映像情報メディア学会映像表現&コンピュータグラフィックス研究会との共催で実施されている。このシンポジウムは、議論を重視するという趣旨で、1993 年から年次大会とは別日程でスタートした。当初より発表件数こそ少なかったものの、質疑は大変活発であった。一方、本分野の代表的な国内シンポジウムとして、情報処理学会グラフィックスと CAD シンポジウムが存在しており、1997 年に両者を合同で開催することになった。これが現在の Visual Computing のもととなった、ビジュアルコンピューティング/グラフィックスと CAD 合同シンポジウムである。その後 2010 年からは映像メディア学会映像表現&コンピュータグラフィックス研究会も共催団体に加わり、国内の関連の研究者・学生が一堂に会するレベルの高い

シンポジウムと成長し現在に至っている。本シンポジウムは査読制をとり、ある程度まとまった研究発表を集めて活発な議論を行い、ACM SIGGRAPH をはじめとする有力国際会議にも通用するような、高いレベルの研究に仕立てていくことを目標としている。それと同時に、レベルの高い国際論文誌や有力国際会議に採択された論文を対象にした招待講演セッションを設け、卓越した成果をフィードバックすることで、若手研究者や学生へ強い刺激を与え続けている。

学会誌 VC 特集号では、毎年 3 月初旬締切で、完成レベルに達した原著論文を受け付け、短期間ながら厳正な査読を経て、採択論文を同年 10 月号に掲載している。なお、偶数年次には過去 2 年間の学会誌掲載論文の中で、本特集号に限らず VC 分野に属し、特に優れた内容を持つ論文を選出し、その筆頭著者を西田賞受賞者として、年次大会で表彰している。

これらに加えて、映像メディア学会映像表現&コンピュータグラフィックス研究会、芸術科学会との共催による、映像表現・芸術科学フォーラム (3 月) は、VC 分野の学位論文研究を中心とした成果発表の機会となっており、近年は毎回 200 名以上の学生・若手が集う春季最大の行事になっている。また、毎年開催されている年次大会や、ほぼ隔年で開催されている国際会議 IEVC にも VC セッションが設けられている。さらに、2013 年度からスタートした英文論文誌と併せて、当分野からの研究成果の受け皿は一層拡充されてきている。

さらに秋期セミナーにおいても、本研究会が奇数年次を担当するのが以前は通例となっており、注目度の高い VC 技術をピックアップし、平易に紹介している。

#### 3. 2023～2024 年の活動概要

##### 3.1 2023 年の活動

まず、2023 年の活動は以下の通りである。

2023 年 3 月 6 日に映像表現・芸術科学フォーラム 2023 (画像電子学会第 304 回研究会) が、東京工芸大学 中野キャンパス (ハイブリッド開催) にて開催された。共催は映像情報メディア学会、芸術科学会、画像情報教育研究会(CG-ARTS) で、参加者は計 195 名 (内、画像電子学会から申込を行った



参加者7名), 発表件数が91件(内, 画像電子学会からの発表14件)であった。

Visual Computing 2023 は, 画像電子学会ビジュアルコンピューティング研究会・情報処理学会 CGVI 研究会・映像メディア学会 AIT 研究会の共催で2023年9月17日～9月20日に芝浦工業大学・豊洲キャンパスにて実施された。

プログラム内容は, 査読を経て採択された口頭発表34件, ポスター発表32件, SIGGRAPH, SIGGRAPH ASIA, TOG 採択論文の招待講演9件, CVPR, EG 等の著名国際論文誌・国際会議採択論文の招待講演12件, 特別講演3件である。参加者は計430名であり, 大盛況のうちに終了した。

学会誌 VC 特集号は, 学会誌第52巻4号(2023年10月号)として刊行された。12件の投稿があり, 査読の結果, この中から5件(内ショートペーパー2件)が採択された。

2023年の Visual Computing ワークショップはレクレトレ葉山湘南国際村にて12月9～10日に開催された。知覚やパターン認識, シミュレーション, レンダリングなど幅広い分野からの研究報告が11件発表され, 21名が参加した。

第10回西田賞は, 当委員会の新旧幹事を中心とする選定委員会による厳正な審査を経て, 1件の受賞者を選定した。受賞者を2024年の年次大会で表彰した。

### 3.2 2024年の活動

続いて2024年の活動は以下の通りである。

映像表現・芸術科学フォーラム2024(画像電子学会第308回研究会)が, 2024年3月5日に東京工科大学八王子キャンパス(ハイブリッド開催)にて開催された。共催は映像情報メディア学会, 芸術科学会, 画像情報教育研究会(CG-ARTS)で, 参加者は計230名(内, 画像電子学会から申込を行った参加者11名), 発表件数が111件(内, 画像電子学会からの発表19件), 特別講演1件であった。

Visual Computing 2024 は, 画像電子学会ビジュアルコンピューティング研究会・情報処理学会 CGVI 研究会・映像メディア学会 AIT 研究会の共催で2024年9月10日～9月12日に, 東洋大学赤羽台キャンパスにて開催された。39件の論文投稿があり, Long 発表として13件, Short 発表として20件が採択され, これに加えて, ポスター発表45件, SIGGRAPH 招待講演9件, 国際論文誌・国際会議招待講演11件の発表が行われ, 418名という非常に多くの来場者を迎え, 大盛況となった。

学会誌 VC 特集号は, 学会誌第53巻4号(2024年10月号)として刊行された。6件の投稿(フルペーパー)があり, 査読の結果, この中から3件が採択された。

VC ワークショップ2024 は, 九州・太宰府の「ルートイングランディア太宰府」にて11月24～25日に開催された。シミュレーション, 投影&レンダリング, モデリング, アニメーションなど幅広い分野からの研究報告の発表が11件あり, 15名が参加した。

## 4. まとめ

この2年間は, 新型コロナウイルス感染症に対する行動制限もなくなり, 全ての研究会を現地における対面形式で実施できた。また, オンラインの良さも取り入れ, 多くの研究会をハイブリッド開催としたため, 参加が難しかった遠方からの発表者や聴講のみの参加が容易になるなど, 利便性も高まり, 参加する場所を問わず熱心な議論が繰り広げられるようにできた。今後も, オンライン方式の良い面も取り入れつつ, VC 研究会のイベントをさらに発展させていきたいと考える次第である。

一方で, VC 特集号については, 近年は投稿数の減少が続いており, 締切を延長するなどして一定の投稿数を確保するのに苦労している状況である。今後は, 投稿数をより安定的に確保する仕組みについて検討したい。



金井 崇 (正会員)

1998年 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。工学博士。理化学研究所基礎科学特別研究員, 慶應義塾大学環境情報学部専任講師, 理化学研究所VCAD モデリングチーム研究員を経て, 2006年 東京大学大学院総合文化研究科准教授, 2024年 同教授, 現在に至る。モデリング, レンダリング, アニメーションを含むCG分野の研究に従事。2018年～2020年 本学会副会長。2020年より VC 研究会委員長。

## 4-2-2 多次元画像 (MDI) 研究会

高田英明 (正会員)

長崎大学

## 4-2-2 IEEEJ SIG on Multi-Dimensional Image

Hideaki TAKADA (Member)

Nagasaki University

### 1. 研究会の活動趣旨

画像電子学会は、3D 画像の技術的課題の調査と体系化を通して、学会としての貢献を行うために、1988 年 11 月に「3D 画像調査専門委員会」を設置した。そこに 3D 関連の専門家の参加を求め、現状調査を行ったうえで開発が必要な基盤技術、専門用語の統一等を提言する計画を示したり。

その後 1991~92 年における学会誌への 3 次元画像技術に関する技術解説連載、1993 年からの 3 次元画像コンファレンスの開催・参加、1999 年からの年次大会企画セッションの企画・運営、2000 年における 3 次元画像用語事典の出版等の活動を経て、2001 年には 3D 画像調査専門委員会から「多次元画像研究委員会」に改称した。それと同時に、その活動の趣旨を「日本における 3 次元画像を扱う研究者に討論の場を提供し、3 次元画像処理・通信・表示・DB・作成等の研究を推進することを目的とし、産業界への発展を促進させる。」として活動を推進してきた<sup>2)</sup>。特に、主な活動領域として、3 次元画像技術を学会会員という枠組みを超えて広く議論する 3 次元画像コンファレンスの企画・運営にフォーカスし、国内の 3 次元画像技術の牽引役を果たしてきた。

2020 年頃になると、XR (AR/MR/VR) 技術の発展に伴い、3 次元画像技術は画像技術分野だけでなく、幅広い技術分野にて活発に議論されるようになった。それに伴い、3 次元画像コンファレンスについても 2022 年頃には、改めて本分野の牽引役としての役割に関する議論がなされ、2023 年の開催をもって、コンファレンスを発展的に終了することとした。

3 次元画像コンファレンスの開催が 2023 年で最後となったことにより、本学会においてその企画・運営が主たる担務であった多次元画像 (MDI) 研究会についてもその役割を終えたと考え、2023 年 12 月に廃止することとした。

### 2. これまでの活動成果

#### 2.1 技術解説

学会誌 1991 年 4 月号 (Vol. 20, No. 2) ~1992 年 4 月号 (Vol. 21, No. 2) の 7 号にわたり、3 次元画像技術について連載技術解説を掲載した。詳細は 2016 年度年報<sup>3)</sup>を参照されたい。

#### 2.2 3 次元画像用語事典

1994 年から企画されていた「3 次元画像用語事典」<sup>4)</sup>を、編

集に長期間を要したものの 2000 年 7 月に出版した。

#### 2.3 年次大会企画セッション

本研究会 (3D 画像調査専門委員会を含む) は 1999 年から 2006 年まで年次大会企画セッションを開催している(表 1)。

#### 2.4 3 次元画像コンファレンス

画像関連の多くの学会・研究会の協賛を得て、1993年7月に最初の3次元画像コンファレンスが開催された。その後、本学会の専門委員会においてコンファレンスの継続開催を決め、主担当を協賛学会持ち回りとして<sup>5)</sup>、毎年開催している。なお、2017年までは5つの学会、2018年からは4つの学会で幹事を担当している。表2にこれまでのコンファレンスの主担当学会と開催場所を示す。

### 3. 2023年度の活動概要

#### 3.1 3 次元画像コンファレンス 2023

3次元画像コンファレンス2023 (担当:映像情報メディア学会) は、2023年7月13日~14日に開催された。今回は、ウィズコロナ時代のコンファレンスとして、また、最後の3次元画像コンファレンスとして、kokoka京都市国際交流会館イベントホールにてオンライン併設でのハイブリッド開催とした。

掛谷英紀実行委員長 (筑波大学) の開会の辞で始まり、34 件の研究発表と特別企画、招待講演が行われた。大学や研究機関ではなく、自治体施設での対面開催、かつオンライン併設ということで、事前準備や当日運営にも多くの時間と労力を要したが、今回は最後ということもあり、これまで長きにわたり参加されてきた多くの研究者の出席を得て、参加者76 名による最後に相応しい盛況であった。

まずプログラム構成は以下のとおりである。

- セッション1 (計算機ホログラム (1)) 3件
- 特別企画 1件
- セッション2 (計算機ホログラム (2)) 4件
- セッション3 (3次元データの情報処理と応用) 3件
- ポスターセッション 11件
- セッション4 (入力) 5件
- セッション5 (3Dディスプレイ (1)) 4件
- セッション6 (3Dディスプレイ (2)) 4件
- 招待講演 1件

表1 年次大会企画セッション（開催はいずれも6月）

Table 1 Invited sessions in Media Computing Conferences

開催年	統一テーマ
1999	3D Image and Interaction—3次元画像とインタラクション
2000	使われる！立体映像システム
2001	立体表示への新たな取り組み
2003	多次元入力の研究とその応用
2004	ホログラフィが開花させる立体ディスプレイの世界
2005	多次元画像とVR
2006	バーチャルに噛んで、吸う

表2 3次元画像コンファレンス（開催はいずれも7月）

Table 2 3D Image Conference

開催年	担当学会	開催場所
1993	画像電子学会	工学院大学
1994	テレビジョン学会	工学院大学
1995	日本光学会	工学院大学
1996	電子情報通信学会	工学院大学
1997	日本医用画像工学会	工学院大学
1998	画像電子学会	工学院大学
1999	映像情報メディア学会	工学院大学
2000	日本光学会	工学院大学
2001	電子情報通信学会	工学院大学
2002	日本医用画像工学会	工学院大学
2003	画像電子学会	工学院大学
2004	映像情報メディア学会	工学院大学
2005	日本光学会	東京大学
2006	電子情報通信学会	東京大学
2007	日本医用画像工学会	東京大学
2008	画像電子学会	東京大学
2009	映像情報メディア学会	東京大学
2010	日本光学会	東京大学
2011	電子情報通信学会	京都工芸繊維大学
2012	日本医用画像工学会	早稲田大学
2013	画像電子学会	早稲田大学
2014	映像情報メディア学会	東京大学
2015	ホログラフィック・ディスプレイ研究会	海洋研究開発機構
2016	電子情報通信学会	関西大学
2017	日本医用画像工学会	千葉大学
2018	画像電子学会	北海道大学
2019	映像情報メディア学会	湘南工科大学
2020	ホログラフィック・ディスプレイ研究会	オンライン
2021	電子情報通信学会	オンライン
2022	画像電子学会	長崎大学
2023	映像情報メディア学会	京都市国際交流会館

特別企画では、吉川浩氏（日本大学）、高木康博氏（東京農工大学）、西辻崇氏（東邦大学）、西寛仁氏（関西大学）、信川輝吉氏（NHK）という本分野を牽引する5名の研究者によるパネルディスカッション「3Dとホログラフィーの30年とこれから」が実施され、活発な議論が繰り広げられた。

招待講演は、最後のコンファレンスにふさわしく「3次元画像コンファレンスと画像情報処理の30年」と題し、これまでの3次元画像コンファレンスの歴史を振り返る内容で、藤井俊

彰氏（名古屋大学）にご講演いただいた。

閉会の辞として、各協賛学会代表である映像情報メディア学会 立体メディア技術研究会代表 掛谷英紀氏（筑波大学）、画像電子学会多次元画像研究会代表 高田英明氏（長崎大学）、電子情報通信学会画像工学研究会代表 藤井俊彰氏（名古屋大学）、ホログラフィック・ディスプレイ研究会代表 山本健詞氏（徳島大学）からの本コンファレンスのこれまでについて挨拶が行われ、長年にわたる本コンファレンスの歴史を振り返りつつ幕を閉じた。

#### 4. 今後の展望

当学会における3D関連技術の取り組みは、30年以上の長きにわたる歴史と実績がある。また、1993年に開始され、2023年で31年の歴史に達した3次元画像コンファレンスを嚆矢とし、2014年に当学会・日本画像学会・日本写真学会・日本印刷学会によって設立された画像関連学会連合会など、個々の学会の枠組みを超えた3D技術に関する活動も盛んになった。そして、今やXR分野を筆頭に、3D関連技術はより一般化し広く議論されることとなった。

冒頭で記したように多次元画像（MDI）研究会は2023年12月で解散することになり、今後の本学会での本分野の活動はより広い観点から一般研究会をはじめとする関係研究会に委ねることとなる。歴代の主査をはじめ、関係各位のこれまでのご尽力に謝意を表すると共に今後、3D関連技術の応用がより一層進み、実用化が加速されていくことを期待する。

#### 参考文献

- 1) 第18回通常総会資料, 画像電子学会, 1989-06.
- 2) 第30回通常総会資料, 画像電子学会, 2001-06.
- 3) 筒口拳, 小町祐史: 年報特集 "4-2-2 多次元画像 (MDI) 研究会", 画像電子学会誌, Vol. 46, No. 1, pp. 27-28, 2017.
- 4) 画像電子学会, 3次元画像用語事典, アドコム・メディア, 2000-07.
- 5) 第23回通常総会資料, 画像電子学会, 1994-06.

#### 高田 英明 (正会員)



1997年 電気通信大学大学院 情報システム学 研究科 博士前期課程修了。同年 日本電信電話株式会社入社。2007年 早稲田大学大学院 国際情報通信研究科 博士後期課程修了。早稲田大学 国際情報通信研究センター 客員研究員, NTT 研究企画部門(OSS)人事育成担当課長, NTT 研究所 主幹研究員/グループリーダーを経て, 2020年より長崎大学 情報データ科学部 教授。現在, 長崎大学 副学長(情報・DX推進担当)。3D映像, 光学デバイス, 視覚心理, 映像音響メディアに関する研究に従事。2006年 文部科学大臣表彰 科学技術賞, 2018年 本学会 画像電子技術賞 受賞。博士(国際情報通信学)。2022年から2024年まで本学会理事・企画委員長を務める。

## 4-3 メディア応用分野

### 4-3-1 VMA(Versatile Media Appliance)研究会

深見 拓史<sup>†</sup> (正会員)

<sup>†</sup>インターメディアジャパン

## 4-3 Media Application

### 4-3-1 IIEEJ SIG on Versatile Media Appliance

Takushi FUKAMI<sup>†</sup> (Member)

<sup>†</sup>Inter Media Japan

#### 1. 研究会の活動趣旨

VMA 研究会は 1992 年 12 月に設立されたメディア統合技術研究委員会を母体としており、1997 年 9 月の画像電子学会理事会でその設立が決議された<sup>1)</sup>。その後、1998 年 2 月に第 1 回の VMA 研究会が開催された。その時点でスコープを拡げると共に、研究会名称を当初の Visual Media Appliance から Versatile Media Appliance に変更した。

VMA 研究会は主として自然画像の撮像、画像の合成・加工・処理、それらの応用、およびそれらの結果として生じる Visual Appliances について論じると共に、その拡張としての Versatile Appliance をも対象とする。扱う主な技術分野を次に示す。

- 画像の符号化、圧縮、復元、および評価
- 画像の表現、伝送、記憶等のためのフォーマット
- 色の表現とモデリング
- 画像およびその他のコンテンツからなるマルチメディア
- 文書画像とフォント
- 画像の認識と理解
- 画像関連の装置と機器
- Web イメージ
- 著作権保護に関する技術
- 画像アーカイブに関する技術
- 画像・情報のアクセシビリティ
- 画像・情報のユニバーサルデザイン

1998 年には年次大会の活性化のため、大会を一般セッションと第 2 種研究会が担当する企画セッションとの複合体とすることになり、同年の企画セッションをまず VMA 研究会が担当した<sup>2)</sup>。その後 VMA 研究会は、毎年の年次大会での企画セッションの担当、年に数回の研究会、セミナー、ワークショップ(WS)等の開催を継続して実施している。

本年報記事ではまず 2. で研究会設立から 2022 年までの活動について簡単な報告を行い、3. で 2022 年度及び 2023 年度の活動報告を行う。

#### 2. これまでの活動成果

本章では設立からこれまでの VMA 研究会の主な活動成果を示す。なお、これらを含む VMA 研究会の活動については、VMA 研究会のウェブ<sup>3)</sup>に報告されている。

##### 2.1 VMA 研究会および VMA セミナー

最新のものを含め、これまでに開催された VMA 研究会および VMA セミナーの一部を、表 1 に示す。

表 1 VMA 研究会および VMA セミナー

Table 1 Conferences and seminars of IIEEJ SIG on VMA

研究会/セミナー	開催日	会場
第 1 回 VMA 研究会	1998-02-20	東京大学
VMA セミナー'98	1998-06-23	東京大学
(途中省略)		
第 1 回 VMA セミナー	2013-10-25	東京ビッグサイト
(途中省略)		
第 43 回 VMA 研究会	2017-10-13	早稲田大学
第 44 回 VMA 研究会	2018-01-25	専修大学向ヶ丘遊園サテライトキャンパス
第 45 回 VMA 研究会	2018-10-12	専修大学神田キャンパス
第 46 回 VMA 研究会	2019-03-16	工学院大学新宿キャンパス
第 47 回 VMA 研究会	2019-10-11	早稲田大学
第 48 回 VMA 研究会	2020-02-29	専修大学神田キャンパス
第 49 回 VMA 研究会	2021-02-17	オンライン
第 50 回 VMA 研究会	2022-02-24	オンライン
第 51 回 VMA 研究会	2023-03-08	オンライン
第 52 回 VMA 研究会	2024-02-28	専修大学神田キャンパス

##### 2.2 年次大会企画セッション

2023 年度までに開催された年次大会での VMA 企画セッションの一部を最新のものも含め、表 2 に示す。

表2 年次大会 VMA 企画セッション

Table 2 Invited sessions on VMA, Media Computing Conferences

年次大会	開催日	会場
1998 年度年次大会	1998-06-13	早稲田大学
1999 年度年次大会	1999-06-25	大阪大学
(途中省略)		
2016 年度年次大会	2016-06-18	早稲田大学
2017 年度年次大会	2017-06-23	一橋講堂
(2018 年度年次大会)	(2018-06-21)	(参加見合せ)
2019 年度年次大会	2019-06-28	早稲田大学
2020 年度年次大会	2020-12-03	オンライン
2021 年度年次大会	2021-06-28	オンライン
(2022 年度年次大会)	(2022-08/09)	(参加見合せ)
(2023 年度年次大会)	(2023-08-28)	(参加見合せ)

### 2.3 ワークショップと研究グループ (SG)

ワークショップと研究グループ(SG)については2019年に活動を終了しており、その活動内容および成果については、すでに2022年度年報特集号で報告済みである<sup>4)</sup>。これらについては関連報告<sup>5)6)</sup>を参照して頂きたい。

### 2.4 新しい研究会の立上げと見直し

これまで、VMA研究会等での議論の中から、継続的な検討が望まれるトピックについては、新たな研究会を設立しその研究会に議論を委ねてきた<sup>7)</sup>。また、新たな研究会活動状況を見て研究会の統廃合などの見直しも行っている。その中で、たとえば「安全な暮らしのための情報技術(SCC)研究会」は廃止され、「ドローン(DRC)研究会」は活動を継続している。「画像ミュージアム(MUS)研究会」と「画像エンターテインメント(IET)研究会」は「デジタルサイネージ(DSG)研究会」と統廃合する形で2021年度には新たに「デジタルミュージアムと人文学(DMH)研究会」を発足させることが出来た。

## 3. 2022 年度～2023 年度の活動概要

VMA研究会および年次大会でのVMA企画セッションについて前回の年報以降での活動を以下に示す。

### 3.1 VMA 研究会

VMA研究会では、新しいテーマ・課題を追求している企業・団体・大学等からホットな活動の話題を提供して頂くと同時に学生の卒業研究発表の場としても当研究会を活用して頂いている。

2022年度と2023年度においては次に示すVMA研究会を開催している。

#### (1) 第51回 VMA 研究会

テーマ：読書バリアフリーを進める (2)

日時：2023-03-08,13:30-17:00

場所：オンライン (ZOOM)

共催：第17回 VHIS 研究会・日本出版学会アクセシビリティ研究部会

協賛：画像関連学会連合会(FIS)

講演課題：

(第1部)

- ・ 著作権キャラクターにおける二次創作の限界を考える  
～二次創作をめぐる諸問題とガイドラインから～
- ・ 公共図書館における性的マイノリティへのアプローチ  
～アンケート調査から見る現状～
- ・ 学習における辞書使用の現状とこれから  
～高校生と大学生の比較を通して～
- ・ 寺院における文化財保護の課題

(第2部)

- ・ アクセシブルライブラリー開発経緯および現状と課題
- ・ 出版・図書館における「読書バリアフリー法」対応の現状と課題 (その2)
- ・ ABSC 設立に向けて

#### (2) 第52回 VMA 研究会

テーマ：アクセシビリティに関する最新動向

日時：2024-02-28,10:45-19:45

場所：専修大学・神田キャンパス 10 号館 6 階 10062 教室  
&オンライン (ZOOM)

共催：第18回 VHIS 研究会

協賛：画像関連学会連合会(FIS)

講演課題：

(第1部)

- ・ 博物館におけるバーチャルツアー開催の現状  
～一都三県の登録博物館・指定施設を対象としたアンケート調査から～
- ・ LGBTQの生徒に対する学校の支援～A市から見る現状～
- ・ アクセシビリティをテーマに雑誌作りをおこなって
- ・ 学術研究団体 WEB ページにおけるアクセシビリティの客観的評価 -2024年4月1日に向けて-

(第2部)

- ・ 図書館における認知症バリアフリーの動向
- ・ 画像表示用ディスプレイ活用の可能性-Dot Pad による触図表示を中心に-
- ・ 読書システムにおける、レイアウト解析およびLLMを用いた機能開発
- ・ 視覚障害者の支援技術と動向-大学における学修と学生の余暇の視点から-
- ・ ろう・難聴者の支援技術と学会における実践
- ・ 直観的 UI をスクリーンリーダーで利用する場合のユーザーの学習コストについて-Web 会議ツールを中心に-
- ・ 画像電子学会における情報保障運用の現状とルール作り

### 3.2 年次大会企画セッション

2022年度、2023年度ともに年次大会 VMA 企画セッションの開催は残念ながら見合わせる事となった。

その理由は大きく二つある。一つ目は、近年、年次大会は地方での開催が多く、企業・団体等で実践的に活動されている講演者の方に気軽に参加して頂くには費用負担が大きいことである。二つ目の理由は、これまで企画セッションは企画する側で講師を選び、依頼するといういわば招待講演のような形式で行ってきたのに対し、学会における、主として財務上の理由から名称もオーガナイズドセッションとなり、講演者にも参加費の負担をお願いする形式に変更になったことである。そのため自由な発表・聴講の場とすることが難しくなり上記の2年間は VMA 企画セッションの開催を断念せざるを得ない状況に陥っている、ただ、後者の問題については年次大会に併設する研究会という開催方法の可能性や、特定のセッションのみの発表・聴講に限定した、年次大会の参加費の設定などの検討が行われており、解決の道が図られている。

### 4. 今後の展望

画像関連技術の応用分野は一層の広がりを示しており、それゆえ学会が進むべき研究分野の開拓を行うという使命を持つ VMA 研究会のスコープにも一層の広がりが求められる。今後も研究会を運営する VMA 研究委員会のコアメンバの充実を図り、この要求に応える必要があると考えている。

### 参考文献

- 1) 第27回通常総会資料, 画像電子学会, 1998-06.
- 2) 第26回年次大会予稿集, 画像電子学会, 1996-06.
- 3) 画像電子学会 <http://y-adagio.com/public/committees/vma.htm>
- 4) 深見拓史:「画像電子学会年報特集“4-3-1 VMA 研究会”」, 画像電子学会誌, Vol. 52, No. 1, pp.33-36 (2023).
- 5) 大野邦夫:“デジタルサイネージとインタラクション(DSG)研究会”, 画像電子学会誌 Vol.44, No.2, pp.233-235, 2015-03.
- 6) 画像電子学会誌「年報特集号」Vol.46, No.1 (2017).
- 7) 小町祐史:“画像電子学会における各種研究会の設立・運営とそこでの幾つかの試み”, 画像電子学会誌, Vol. 41, No. 4, pp.425-427, 2012-07.



深見 拓史 (正会員・参与)

1968年 東京工業大学理工学部卒業。  
1970年 同大学院修士課程修了。1968年 凸版印刷入社。画像情報センター長・本社技術企画部長を経て2000年(株)廣濟堂・専務執行役員, 2004年廣濟堂スピーチオ販売(株)代表取締役。IEC TC 100のメンバとして, マルチメディア機器・システムの国際標準化作業に参加。IEC1906受賞。元千葉大学講師。元専修大学講師。日本印刷学会会員。元本学会セミナー委員長。



## 4-3-2 デジタルミュージアム・人文学(DMH)研究会

平山 亮† (フェロー)

†大阪工業大学

## 4-3-2 IIEEJ SIG on Digital Museum and Humanities

Makoto J. Hirayama† (Fellow)

†Osaka Institute of Technology

### 1. はじめに

画像電子学会の第2種研究会である画像ミュージアム(MUS)研究会, 画像エンタテインメント(IET)研究会, デジタルサイネージとインタラクション(DSG)研究会が統合し, デジタル人文学関連のテーマを含めて, 研究会名称をデジタルミュージアム・人文学研究会(略称はDMH)と改めて, 2021年3月よりリニューアルスタートした。DMH研究会設立の経緯と設立以降の活動について以下に報告する。なお, 本稿では, 設立の経緯など, 過去に報告済みの情報についても直接参照できる方がよいと考える内容については, 以前の年報特集号の文章から再掲している。

### 2. DMH研究会設立の経緯

MUS研究会, IET研究会, DSG研究会が扱っていたテーマは, これからも研究の発展が見込める分野と認識するが, その内MUS, IETは委員長不在で休眠状態となっており, そのままの継続は難しい状態であった。またDSG研究会は, デジタルサイネージのハードウェア技術面より, 人文学的な側面を中心とした研究会に内容がシフトしつつあったため, これらの研究会を統合してDMH研究会としてリニューアルすることとなった。統合した研究会は, デジタルミュージアムを含めたマルチメディアコンテンツ及びデジタル人文学を核とする, 文理融合分野の総合的な研究会と言える。

DMH研究会設立に先立って, 2019年12月には「デジタル人文学と画像情報」をテーマとして第10回DSGワークショップが開催され, 2020年12月には「画像ミュージアムとデジタル人文学」をテーマとして年次大会におけるDSG研究会が担当する企画セッションが開催された。そして, 2021年3月に第1回DMH研究会が開催されて, DMH研究会としての活動がスタートした。第1回DMH研究会については, 文献1)に報告されている。

前身となった研究会の過去の活動について, 簡単に触れて

おく。MUS研究会は2003年1月に第1回研究会が開催され, 以降ほぼ年1回のペースで第13回が2015年9月に開催され, それ以降は開催されていない。また年次大会におけるMUS研究会担当企画セッションが2003年から2016年までで計12回開催された。IET研究会は2013年10月に第1回エンタテインメントセミナーが開催され, 2015年10月まで計4回開催された。また年次大会におけるIET研究会担当企画セッションが2013年と2016年の計2回開催された。デジタルサイネージ(DSG)研究会については, 2010年頃から2020年まで10回のワークショップと10回の年次大会企画セッションが開催された。DSG研究会の活動と今後の展望については文献2)に詳しく報告されている。これらの3つの研究会は, 1997年から継続して活動しているVMA(Versatile Media Appliance)研究会の活動との関連が深くVMA研究会との共催やVMAワークショップとして開催されている回もある。また, VMA研究委員会の傘下にあった博物館・美術館文書の構造記述SG(Study Group)委員会(DTD-SG)は, MUS研究会が設立された後はMUS研究委員会に主管を移している。

### 3. 2023~2024年開催の研究会

表1に2023年1月~2024年12月(歴年)の研究会開催一覧を示す。なお, 年度あたり2回の研究会を開催しているが, 2024年度はいずれも1月~3月に開催を予定しているため, それらの報告は次回の年報特集号となる。

表1 DMH研究会の開催一覧(2023~2024年)

Table 1 Conferences of IIEEJ SIG on DMH (2023-2024)

回	開催日	場所	テーマ	件数
6	2024 01-19	歴史民族博物館 +オンライン	デジタル人文学 と新技術	7
7	2024 03-01	奈良女子大学+ オンライン	デジタルコンテ ンツ作成と展示 技術	6

DMH 研究会では、現地会場とオンラインのハイブリッド実施を原則にしている。現地会場については、なるべくデジタルミュージアムやデジタル人文学の研究に関連が深い会場または地域を選ぶようにしており、研究会前後に見学会を行なうことも多い。第6回研究会は、国立歴史民族博物館（千葉県佐倉市）で行い、研究会は午後開始し、午前中は希望者に対して国立歴史民族博物館のガイド付き観覧を約2時間に渡って実施した。第7回研究会は国立奈良女子大学で行い、見学会は実施しなかったが、国立奈良博物館をはじめとして美術館・博物館、神社仏閣など多くの文化財を有する地域のため、研究会の前後、または泊りがけで前日や翌日に各自で見学された方も多かった。また、各研究会後には、近隣の店などで懇親会を行い、研究者の交流を深める機会としている。

第6回研究会では、ChatGPTなど生成AIの活用、歴史遺産や民話などのデジタルアーカイブやデータベース化、資料の分析、インターネットアクセスの現状分析などの内容で計7件の発表があり、熱心な議論が行われた。

第7回研究会では、奈良女子大の城和貴教授に「近代書籍からの知の抽出と再構築」のタイトルで招待講演をしていただいた。また、VR、AIなどを使ったアプリケーションの開発、過去の資料の分析研究などの発表がなされた。

#### 4. 年次大会企画セッション

年次大会において2023年度、2024年度と企画セッションを企画し実施した（表2）。それぞれ、4件のセッションとして実施した。なお、従来の企画セッションでは発表を公募せず、テーマに合わせて依頼した講演者のみで構成していたが、2023年度、2024年度ともに公募も行い、一般の研究者も発表できるセッションとした。

富山県で開催された第51回年次大会では、セッションテーマを「博物館と人文学のデジタルトランスフォーメーション」とした。招待講演を富山県埋蔵文化財センターの川西健二氏にお願いし、「富山県デジタル文化財ミュージアム」のタイトルで富山県のデジタルミュージアムについて解説いただいた。その他に公募による発表が3件あった。

表2 年次大会 DMH 研究会企画セッション／オーガナイズドセッション(2023～2024年)

Table 2 IIEEJ Annual Conference DMH Special Sessions (2023-2024)

年次大会	開催日	場所	テーマ	件数
51	2023 08-28	富山県民会館	博物館と人文学のデジタルトランスフォーメーション	4
52	2024 08-27	長崎大学	デジタルミュージアム・人文学を推進する技術	4

長崎県で開催された第52回年次大会では、セッションテーマを「デジタルミュージアム・人文学を推進する技術」とした。招待講演は行わず、一般公募による4件の発表があった。

#### 5. その他の活動

情報処理学会の「人文科学とコンピュータ研究会（SIG-CH）」が主催する「人文科学とコンピュータシンポジウム」を2023年度と2024年度で後援し、この分野の研究者の相互交流を推進した。画像電子学会は画像関連研究者が主体であるので学際的な分野の研究を取り扱うために、他学会、博物館・美術館・文化財の研究所との交流や連携を今後も進めて行きたい。

また、DMH 研究会では、活動内容を予稿集原稿も含めてホームページで一般に公開し、過去の発表記録として残すことを心がけている。研究や活動内容に興味のある方は、どなたでも第1回開催以来のすべての情報を、学会ホームページより閲覧することができる。

#### 6. 今後の展望

DMH 研究会は、2021年3月に第1回の研究会を開催以来、研究会を7回、年次大会企画セッションを3回、IEVC Special Sessionを1回、総計11回の企画を実施した。

それぞれのセッションでは、技術系の研究者だけではなく文学系の研究者をはじめとする様々な分野の方々が集まり、デジタルミュージアムとデジタル人文学の関連分野について活発な議論が行われた。今後もさらに色々な分野からの参加者を得て、活動のさらなる活発化と、分野自体の発展を期待している。

#### 参考文献

- 1) 横山恵理：“画像電子学会第1回デジタルミュージアム・人文学（DMH）研究会,” 画像電子学会誌, Vol.50, No.2, pp. 306-307 (2021).
- 2) 大野邦夫：“DSG 研究会の足跡と今後の展望,” 画像電子学会誌, Vol.50, No.3, pp. 431-438 (2021).



平山亮 (フェロー)

1985年 早稲田大学理工学部電気工学科卒業。日本ヒューレット・パッカード、ATR 視聴覚機構研究所、ATR 人間情報通信研究所、ヒューレット・パッカード日本研究所、金沢工業大学情報フロンティア学部メディア情報学科を経て、現在 大阪工業大学情報科学部情報メディア学科教授。博士（工学）。マルチメディア応用研究に従事。

## 4-4 標準化関連分野

### 4-4-1 静止画符号化標準化(SIC)研究会

小野 文孝<sup>†</sup> (名誉会員)

<sup>†</sup>東京大学

## 4-4 Standardization

### 4-4-1 IIEEJ SIG on Still Image Coding Standardization

Fumitaka ONO<sup>†</sup> (Honorary Member)

<sup>†</sup>The University of Tokyo

#### 1. 研究会の活動趣旨と歴史

静止画符号化の国際標準化は 1986 年に ISO/TC/SC2/WG8 と CCITT SGVIII の NIC(New Image Communication) が JPEG (Joint Photographic Experts Group) を設立し、共同作業を開始したのが嚆矢といえる。これに呼応して画像電子学会のテレマティクス研究専門委員会のもとに自然画符号化国際標準化検討会 (NIS: Natural Image Standard) が 1988 年 6 月に設置され JPEG の国内審議の場を提供することとなった。その後 JPEG から 2 値符号化が切り離され 1988 年に JBIG (Joint Bi-level Image Expert Group) が設立されたのを契機にやはり画像電子学会に JBIG 対応の国内組織として二値画符号化国際標準化検討会 (BIS: Bi-level Image Standard) が 1988 年 9 月に設けられ JBIG の国際標準化活動に積極的に寄与していくこととなった。

JPEG と JBIG はその後 1991 年の ISO/IEC JTC 1/SC29 の設立によりそれぞれ SC29/WG10, SC29/WG9 に名称を変更した。これに伴いそれぞれの対応国内委員会として情報処理学会情報規格調査会の下 SC29/WG10 小委員会及び SC29/WG9 小委員会が発足した。また 1993 年 11 月に SC29/WG10 と SC29/WG9 が合併して SC29/WG1 となり、国内対応の小委員会も SC29/WG1 小委員会に衣替えした。本学会の対応組織もそれに呼応して SIS (Still Image Standard) と名称を改めたがその後、SIS は情報規格調査会小委員会と画像電子学会のリエゾンという位置づけに変わり、名称も SIC : Still Image Coding Standardization と変更している。なお、2020 年 6 月の SC29 の再編に伴い情報規格調査会の下 SC29/WG1 小委員会は SC29/JPEG 小委員会と名称を改めている。

#### 2. これまでの活動成果報告

10 年前の年報における本研究会紹介<sup>1)</sup>でこれまでの研究会の活動成果について学会誌での解説記事の一覧、表彰記録に加え、VMA 研究会での 2010 年からの報告題目を紹介した。

その後の年報における本研究会紹介<sup>2)~5)</sup>では遡る 2 年間の SIC の活動の概要を紹介している。今回の報告でも本研究会が過去 2 年間に行った活動を中心に紹介する。

#### 3. 2023~2024 年の活動概要

##### 3.1 年次大会における活動

2017 年から創設された年次大会オーガナイズドセッションに呼応して、SIC は 2017 年度から 2022 年度まで順に「静止画符号化はどこに向かうのか」、「画像イノベーションを牽引する新たな符号化技術」、「XR (VR/AR/MR) の世界と画像符号化」、「画像符号化の新たな潮流」、「新たな検証時期を迎えた画像符号化」、「画像符号化と標準化—その歴史と今後—」というテーマでそれぞれオーガナイズドセッション・企画セッションを開催した。これらについては既に報告済みである。

今回の報告期間である 2023 年度の年次大会では企画セッション「画像符号化と標準化—AI との関わり—」を、2024 年度の年次大会では企画セッション「画像符号化と標準化—AI の興隆—」を実施した。表 1 にこれらの発表題目を示す。

なお、SIC 研究会は、2010 年より VMA 研究会の 7 月研究会を SIC 担当の研究会として、年に一度の報告を行ってきたが年次大会でオーガナイズドセッションの開催を担当するようになった 2017 年からは、VMA 研究会での SIC 研究会の開催は休止している。

##### 3.2 学会誌における活動

2017 年の本学会創立 45 周年を記念し、学会誌における技術史対応コーナーである「スキニング」欄に、SIC 企画による「画像通信今昔」シリーズを掲載した。連載は 2017 年の 1 月号から始まり、2018 年 7 月号まで 7 回、9 報を掲載して完結したが、その後も、関連企画として 2019 年 4 月号スキニング欄に「MPEG 初期の記憶と学んだこと」を、2021 年 1 月号に「大学人が進めた自由視点テレビ FTV の MPEG 標準化」<sup>6)</sup>を、2022 年 1 月号に「MHEG—マルチメディア・ハイ

表1 最近2年の年次大会での発表題目

2023年度 年次大会企画セッション「画像符号化と標準化—AIとの関わり—」 2023-08-30<富山市, ハイブリッド>		
1	JPEG 標準化の最新動向	渡邊 修 (拓殖大学)
2	JPEG Pleno Holography における新たなエントロピー符号化方式	渡邊 修 (拓殖大学)
3	MPEG における AI 関連標準化活動の概況	峯澤 彰 (三菱電機株式会社)
4	多値算術符号の基本検討	小野 文孝 (東京大学)
2024年度 年次大会企画セッション「画像符号化と標準化 —AIの興隆—」 2024-08-28<長崎市, ハイブリッド>		
1	JPEG における標準化活動の最新動向	渡邊 修 (拓殖大学)
2	JPEG DNA: DNA ストレージのためのフォーマット	渡邊 修 (拓殖大学)
3	乗算フリー多値算術符号の概要	小野 文孝 (東京大学)

化」<sup>7)</sup>を, 4月号に「JBIG 2 の完結と JBIG SG の解散」<sup>8)</sup>を, 10月号に「算術型 MELCODE の開発」<sup>9)</sup>を掲載している。

前回の年報以降ではその関連で 2024 年 4 月号スカニング欄に「JPEG 特許問題への反省を踏まえたあるべき技術標準化体制案の一考察」<sup>10)</sup>を掲載した。

また, 最近の SC29/WG1 の標準化状況に関しては, 研究会や年次大会での講演に加え資料としても残すことが重要と考え, 学会誌 2018 年 7 月号と 10 月号の 2 回にわたり, SC29/WG1 の国内委員会の主要メンバーにこれまでの静止画標準化の概要と, 現在の標準化状況を「JPEG ファミリー標準の技術動向」<sup>11)</sup>と題して執筆いただいた。その後も, 関連企画として 2021 年 4 月号に講座「HTJ2K の概要」<sup>12)</sup>を掲載している。

#### 4. 今後の展望

静止画符号化は本学会の設立時の大きな課題の一つであったファクシミリ符号化を引き継いだ研究・開発テーマであり, 本学会の 50 余年の歴史に極めて大きな足跡を残すと共に, 産業面でもファクシミリ市場の後継といえるデジタルカメラ市場の形成に大きく寄与した。今後も本学会の独自性を維持するうえで本研究会の担当分野には大きな期待が寄せられているといえる。また, 国際的にも日本が牽引役を引き受けてきた分野といえるので, 引き続き新たな課題の抽出, 技術の探索・提唱に積極的に取り組んでいきたい。

#### 参考文献

- 1) 小野文孝: 画像電子年報 3-4-1 静止画符号化研究会, 画像電子学会誌 Vol.44, No.2, pp.221-223 (2015).
- 2) 小野文孝: 画像電子年報 4-4-1 静止画符号化研究会, 画像電子学会誌 Vol.46, No.1, pp.37-38 (2017).
- 3) 小野文孝: 画像電子年報 4-4-1 静止画符号化研究会, 画像電子学会誌 Vol.48, No.1, pp.32-33 (2019).
- 4) 小野文孝: 画像電子年報 4-4-1 静止画符号化研究会, 画像電子学会誌 Vol.50, No.1, pp.33-34 (2021).

- 5) 小野文孝: 画像電子年報 4-4-1 静止画符号化研究会, 画像電子学会誌 Vol.52, No.1, pp.39-40 (2023).
- 6) 谷本正幸: 「大学人が進めた自由視点テレビ FTV の MPEG 標準化」 画像電子学会誌 Vol.50, No.1, pp.196-201 (2021).
- 7) 亀山 渉: 「MHEG -マルチメディア・ハイパーメディア符号化標準-」 画像電子学会誌 Vol.51, No.1, pp.51-53 (2022).
- 8) 小野文孝: 「JBIG 2 の完結と JBIG SG の解散」 画像電子学会誌 Vol.51, No.2, pp.172-174 (2022).
- 9) 小野文孝: 「算術型 MELCODE の開発」 画像電子学会誌 Vol.51, No.4, pp.355-358 (2022).
- 10) 大町隆夫: 「JPEG 特許問題への反省を踏まえたあるべき技術標準化体制案の一考察」 画像電子学会誌 Vol.53, No.2, pp.125-127 (2024).
- 11) 原 潤一, 石川孝明, 渡邊 修, 小川茂孝: 「JPEG ファミリー標準の技術動向」 画像電子学会誌 Vol.48, No.3 & 4 (2018).
- 12) 渡邊 修: 「HTJ2K (High Throughput JPEG 2000) の概要」, 画像電子学会誌 Vol.50, No.2 pp. 287-292 (2021).



小野 文孝 (名誉会員)

1971 年 東京大学工学部電子工学科卒業。  
1973 年 同大学院工学研究科修士課程修了。  
同年 三菱電機(株)入社。画像符号化・処理の研究に従事。2000 年 東京工芸大学教授。  
2014 年 同名誉教授。1982 年イリノイ大客員研究員。工博。電子通信学会学術奨励賞, 本学会研究奨励賞, 同技術賞, 同業績賞, 同最優秀論文賞, 情報規格調査会標準化功績賞・貢献賞, 文部科学大臣賞科学技術功労者表彰, 経済産業大臣表彰工業標準化事業功労者, SCAT 会長大賞などを受賞。IEEE Fellow, 電子情報通信学会フェロー。ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1/JBIG ラポータ。本学会フェロー・元会長・元編集長・元企画委員長。現在, 東京大学客員研究員 等。

## 4-5-1 視覚・聴覚支援システム(VHIS)研究会

平山 亮† (フェロー)

†大阪工業大学

### 4-5-1 IIEEJ SIG on Visual and Hearing Impaired Support

Makoto J. Hirayama† (Fellow)

†Osaka Institute of Technology

#### 1. はじめに

視覚・聴覚支援システム(Visual and Hearing Impaired Support; VHIS)研究会は、画像電子学会第2種研究会として2012年度に活動を開始した。視覚障害者に対する情報・通信支援技術、聴覚障害者に対する情報・通信支援技術、およびそれらを用いた支援システムを対象分野としている。

本研究会の2012～2014年の活動については、2015年1月発行の画像電子学会誌年報特集号<sup>1)</sup>に、2015～2016年の活動については、2017年1月発行の画像電子学会誌年報特集号<sup>2)</sup>に、2017～2018年の活動については、2019年1月発行の画像電子学会誌年報特集号<sup>3)</sup>に、2019～2020年の活動については、2021年1月発行の画像電子学会誌年報特集号<sup>4)</sup>に、2021～2022年の活動については、2023年1月発行の画像電子学会誌年報特集号<sup>5)</sup>に報告がある。2025年1月発行となる本稿では、2023～2024年の活動について報告する。

#### 2. 研究会

例年、研究会開催を年2回とし、1回はVMAと共催、もう1回はVHIS単独またはテーマによってはその他の2種研究会との共催という形で計画している。VMA研究会は、ユニバーサルデザイン、図書館のアクセシビリティ、視覚障害者補助を積極的に取り上げており、VHISと近接する領域が多いため、ここ数年は2月開催のVHIS研究会をVMAとの共催の形をとっている。表1に2023年1月～2024年12月の期間での研究会実施一覧を示す。この期間内では、VMA研究会との共催で2回の研究会を開催したものの、VHIS単独での研究会については結局実現できなかった。

VHIS研究会を開催する場合、会員外の視覚障害者、聴覚障害者の参加が多く、参加者の必要に応じて、テキスト提供、要約筆記、手話通訳などの情報保障が必要となるが、オンライン開催、ハイブリッド開催などでこれらの情報保障をする

ためには周到な準備と情報保障予算の確保が必要になる。本来はVHIS研究会こそ、オンライン開催、ハイブリッド開催における情報保障をリードして行っていく研究会であると認識しているが、現在はそれらが実施できる体制にはまだなっていない。

ここ数年では法律改正の影響などもあり、読書バリアフリーを進めるための技術と対応策、学会における情報保障、最新の各種支援機器など、バリアフリーやアクセシビリティ向上のための研究発表が多く行われた。

表1 VHIS研究会の開催一覧(2023～2024年)

Table 1 Conferences of IIEEJ SIG on VHIS (2023-2024)

回	開催日	場所	テーマ	件数
17	2023-3-8	専修大学	読書のバリアフリーを進める ※VMA研究会と共催	7
18	2024-2-28	専修大学	アクセシビリティに関する最新動向 ※VMA研究会と共催	12

#### 3. 年次大会企画セッション

富山で開催した2023年度の年次大会では企画セッションは行えなかったが、長崎で開催した2024年度では、VMAと共催で企画セッション「障がい者を支援する技術」を実施した。公募を含め5件の発表があった。(表2参照)

発表タイトルは次の通りである：

「日本の情報アクセシビリティ関連法をめぐる動向と展望」(野口 武悟)、「視覚障害者における電子書籍等ウェブコンテ

表2 年次大会 VHIS 企画セッション(2023～2024年)

Table 2 IIEEJ Annual Conferences of IIEEJ SIG on VHIS (2023-2024)

回	開催日	場所	テーマ
52	2024-08-26 ～28	長崎大学	障がい者を支援する技術 ※VMA研究会と共催

ンツ利活用方法の可視化に関する試み」(植村 八潮, 野口 武悟), 「学会予稿に適用可能な PDF のアクセシビリティ機能」(平山 亮), 「手話動画認識における部位ごとの適正動作判定に関する一考察」(笹島 和哉, 亀田 凱聖, 川口 大夢, 梅田 芳護, 田中 博, 西村 広光), 「手話復習ツールのための手話動画識別領域と時間区間の検討」(亀田 凱聖, 川口 大夢, 笹島 和哉, 川喜田 佑介, 西村 広光, 田中 博).

#### 4. 今後の展望

障害者差別解消法の一部が改正され, 事業者による社会的障壁 (障害がある者にとって日常生活又は社会生活を営む上で障壁となるような社会における事物, 制度, 慣行, 観念その他一切のもの) の除去の実施に係る, 必要かつ合理的な配慮の提供について, 努力義務から義務へと改められた. 既に猶予期間も過ぎて施行されており, 学会における情報保障も必要性を増してきた. 視覚・聴覚支援システム研究会が対象としている支援技術は, 現在実用レベルで必要とされているものであり, 画像関連技術が活かせる分野でもある. オンラインまたはハイブリッドでの学会開催が一般化し, 発話音声の認識と字幕自動生成など, 情報保障の環境整備も次第に整いつつある. さらに充実した視覚・聴覚支援を目指し, VMA 研究会との連携に加え, 他学会, 障害者支援機関などとの交流も深め, 今後も研究会活動を進めていく予定である.

#### 参考文献

- 1) 平山亮: “視覚・聴覚支援システム(VHIS)研究会,” 画像電子学会誌, Vol.44, No.2, pp. 229-232 (2015).
- 2) 平山亮: “視覚・聴覚支援システム(VHIS)研究会,” 画像電子学会誌, Vol.46, No.1, pp. 45-47 (2017).
- 3) 平山亮: “視覚・聴覚支援システム(VHIS)研究会,” 画像電子学会誌, Vol.48, No.1, pp. 39-41 (2019).

- 4) 平山亮: “視覚・聴覚支援システム(VHIS)研究会,” 画像電子学会誌, Vol.50, No.1, pp. 40-42 (2021).
- 5) 平山亮: “視覚・聴覚支援システム(VHIS)研究会,” 画像電子学会誌, Vol.52, No.1, pp. 44-45 (2023).



平山 亮 (フェロー)

1985 年 早稲田大学理工学部電気工学科卒業. 日本ヒューレット・パッカート, ATR 視聴覚機構研究所, ATR 人間情報通信研究所, ヒューレット・パッカート日本研究所, 金沢工業大学情報フロンティア学部メディア情報学科を経て, 現在 大阪工業大学情報科学部情報メディア学科教授. 博士 (工学). マルチメディア応用研究に従事.



## 4-6 共通領域

### 4-6-1 建築と画像電子の共通領域(AIM)研究会

長尾 嘉満<sup>†</sup>(正会員) 長谷川 克也<sup>§</sup>(正会員) 吉野 勝<sup>‡</sup>(正会員)

<sup>†</sup>早稲田大学 <sup>§</sup>宇宙航空研究開発機構 <sup>‡</sup>ログキャビン

## 4-6 Jointed Fields

### 4-6-1 IIEEJ SIG on Architectural Industry Mondiale Expected by Image Technology

Yoshimitsu NAGAO<sup>†</sup>(Member), Katsuya HASEGAWA<sup>§</sup>(Member), Masaru YOSHINO<sup>‡</sup>(Member)

<sup>†</sup>Waseda University, <sup>§</sup>Japan aerospace eXploration Agency (JAXA), <sup>‡</sup>Log Cabin

#### 1. 研究会の発足と活動趣旨

2015年の画像電子学会第43回年次大会<sup>1)</sup>において、「「建築と画像電子」技術の領域融合を考える」というテーマで、日本建築学会と画像電子学会のパネラーによるパネル討論が行われ、両学会がカバーする分野における共通領域の存在が確認されるとともに、その共通領域での議論を深めることにより、両学会の学問的知見を高めることへの期待が高まった。そこで両学会の共通領域を検討する場として、画像電子学会に新しい第2種研究会を設立することが提言された。

この提言は、画像電子学会のセミナー委員会で審議され、2015年7月の理事会で、新研究会設立の承認を受けた。その正式名称や活動内容は、セミナー委員会でのさらなる審議を経て、新研究会の設立準備会で議論され、建築と画像電子の共通領域研究会(AIM: Architectural Industry Mondiale)として活動を開始している。

AIM研究会は、日本建築学会と画像電子学会に現在および将来的に共通する学問分野およびその応用としての業界分野を研究の対象として議論を深め、次のようなトピックを扱う。

- サステナビリティ視点での協業
- 快適性の基準・評価
- 都市設計、建築設計のVRによる詳細化、評価
- 建造物の安全性データ、チェックデータ等の可視化・評価
- 各種設計データのアーカイブ、クラウドによる長期保存
- 動体解析、立体映像シミュレーション
- 都市計画、建築技術および関連技術の国際標準化
- 遠隔建築支援
- プロジェクションマッピング
- 屋内通信、屋内センサー
- 博物館情報処理、屋内マルチメディア情報処理

なお、AIM研究会の活動(年次大会企画セッション、研究懇談会)記録は、本研究会のウェブ<sup>2)</sup>からも参照できる。

前々回の年報<sup>3)</sup>では本研究会の設立から2020年度までの活動を、前回の年報<sup>4)</sup>では2021年度から2022年12月までの活動を紹介した。今回はこの2年間の活動を報告する。

#### 2. 2023~2024年度の活動成果

##### 2.1 2023年度 第51回 画像電子学会年次大会

AIM研究会はDRC研究会と共同で以下の企画セッションを実施した。

- ・大会開催日：2023年8月28日(月)~8月30日(水)
  - ・開催場所：富山県民会館(〒930-0006 富山市新総曲輪4-18)
  - ・大会テーマ：「自然・文化を守り、未来に繋ぐための画像技術」
- P4 企画【ドローン空撮映像の社会応用とその技術】3件  
8月30日(水) 10:30-11:50 座長：平山亮
- 【P4-1】 UAV 天測航法に向けた精密計測手法の検証： 笠原幹大, 長谷川 克也
- 【P4-2】 アフリカ地域での運用性を考慮した 3D 印刷可能な空撮用 UAV の検討： 金 周会, 矢口 雄大, 土屋 武司
- 【P4-3】 ドローンを用いた写真測量の位置情報による精度向上： 山内 大輝, 平山 亮

##### 2.2 2024年度 第52回 画像電子学会年次大会

AIM研究会はDRC研究会と共同で以下の企画セッションを実施した。

- ・大会開催日：2024年8月26日(月)~8月28日(水)
  - ・大会開催場所：長崎市 長崎大学 文教キャンパス
  - ・大会テーマ：「生成AIがもたらす未来と画像電子技術」
- P2 企画【ドローンの社会応用】4件  
8月26日(月) 16:10-17:40 座長：長谷川克也
- 【P2-1】 ドローンに搭載されたカメラにより獲得される情報を用いた土砂災害箇所を検出に関する検討： 横澤 真子, 星 和希, 加藤 洋一, 大谷 淳, 長谷川 克也

[P2-2] コルゲートプラスチック素材 UAV が警戒監視業務にもたらす運用的便益についての考察 笠原 幹大, 長谷川 克也

[P2-3] eVTOL 向け VR 災害救助シミュレータの検討: 東郷 奏真, 佐野 睦夫

[P2-4] 水都における「しゃべる」ケータリングドローン実装の基礎検討: 佐野 睦夫, 荒木 英

## 2.3 その他の活動

以下の活動に取り組んでおり、今後学会イベントとしての実施を検討している。

### 1) 都市近郊里山の廃業施設の有効活用: フォレストシティへの試み

近年の高齢化と過疎化は地方都市ばかりでなく大都市周囲の自治体にもおよび、都心からさほど離れていない自治体でも様々な事業が廃業に追い込まれている。その多くで建物や生産設備が残されたままになっており有効活用が望まれる。

AIM では DRC と共同で山梨県道志村にある、廃業した畜産施設の有効利用を模索している。約 2 万 m<sup>2</sup> の敷地の中に建物や設備を有し、周囲に障害物も少なくドローン飛行も可能であることから飛行練習、測量実習、その他各種実験設備として利用可能である。飛行規制区域ではないことから、登録された機体であれば航空局への飛行申請の必要がないため、ドローンの飛行練習にも活用が可能である。2025 年度から利用可能の見込みであり、DRC では同地でドローンセミナー、国家試験対策飛行練習会などの開催を予定している。

大都市からのアクセスがよいことから、AIM においてドローン関連だけではなく、農業・林業・建築・土木など各種実験への貸し出しも考えられ、画像電子学会関係者の研究支援に向けて利活用を目指していきたい。

### 2) You Tube を利用したログハウス建築の遠隔授業の試み

ログハウス建築の遠隔授業 (online ログスクール) の試みを実施している。主な計画手順は以下のとおりである。(付録に参考資料掲載)

- ① 動画制作・編集  
木材伐採の仕方、道具の使い方・メンテナンス、法規、図面制作、材料、ログハウス製作などについて録画編集し、項目ごとにアップ
- ② 課金、広告、経営等収益関連の検討
- ③ 実体験ゼミ、イベントプロモーションの開催
- ④ 事業連携計画などへの対応
- ⑤ ユーチューブ登録、リアルタイム動画配信

## 3. 今後の展望

2015 年に設立された AIM 研究会は、2016 年に最初の企画セッションと研究懇談会を開催し、2020 年度と 2022 年度には DRC と共同でドローンセミナーを開催し、ドローンを使用した新しい仕組みによるスマート農業やスマート介護の実現など、更なる画像

技術分野の発展に向け活動している。また、国際標準化活動が開始されたスマートシティのトピックを取り上げ、建築技術と画像情報技術の両視点から本学会としての議論も開始した。

一方で、地域の環境保全を図り持続可能な発展を築くため、好評であった「スマートシティ都留市モデル」との連携も考慮しつつ、フォレストシティと称する山梨県の道志村と山中湖村を実験場所として、様々な目的に応じた有効活用の実証を行い、研究会活動の一環としていく計画である。さらに、「先進 IoT スマートアグリカルチャとスマートハウス/スマートシティ標準化と多様性」をテーマとして、You Tube を利用した Web 建築によるリゾートログハウス建築等遠隔授業を定期的に発信すること、具体的なログハウスの建築も予定している。これらの活動を通し、スマートシティの評価基準、評価項目の測定法、設計モデリング等に関する提案等を行い、国際標準化活動および関連業界活動にも寄与することを目指したい。

## 参考文献

- 1) 第 43 回年次大会予稿集, 画像電子学会, 2015-06.
- 2) <http://y-adagio.com/public/committees/aim/aim.htm>
- 3) 画像電子学会誌年報 2021 年 1 月号 Vol.50, No.1 (2021)
- 4) 画像電子学会誌年報 2023 年 1 月号 Vol.52, No.1 (2023)



長尾 嘉満 (正会員)

2003 年 早稲田大学大学院国際情報通信研究科 GITS, 2005 年 同大学国際情報通信研究センター GITI 招聘研究員。現在 同大学理工学術院基幹理工学部基幹理工研究科・情報理工・情報通信専攻博士課程在学中。2008 年日本建築学会スマート建築モニタリング応用小委員会委員, ログハウス建築設計施工に従事。電子情報通信学会会員, IET 会員, IEEE 会員, 建築と画像電子の共通領域(AIM)研究会委員長。



長谷川 克也 (正会員)

川崎医科大学大学院修了。東京農工大学大学院修了。宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所勤務。国立情報学研究所スーパーバイザー。日本医療科学大学 非常勤講師。帝京科学大学 非常勤講師。



吉野 勝 (正会員)

ログキャビン代表。ワイン残さ再生利活用研究、木材のカスケード利用。ログハウスのウェブ建築講座。山岳形状に応じたドローンの仕組み。人手不足対応スマート牧場経営。平成 8 年 横浜にてログハウス建築、レストラン事業開始。丹沢工場にてログハウススクール開設。平成 16 年大月市エコビレッジにてログハウス加工開始。平成 19 年大月市ウェルネスパークでレストラン開業。同年 ワイン食品加工事業開業。平成 23 年 ワイン食品特許 3 件取得。同年 伊豆松崎町にてログハウスビレッジ分譲。令和 2 年道志村で飲食店開業。ログハウス建築継続中。

付録

ログハウス建築の遠隔授業の資料の一部

You Tube を利用したログハウス建築の  
遠隔授業の試み

吉野 勝  
(ログキャビン)

1988年よりログハウスの製作を行っており、施主と共に工事をご提案しセルフビルドを勧めています。2022年まで週末や夏休み等にログハウススクールを開いていました。遠隔地の木工やログハウス指向の皆様へ技術、情報、材料、人材派遣、ノウハウ提供を目的としています。ではログハウスの紹介から行います。

都会では店舗利用をよく見かけます。ログハウスは正倉院校倉造りに代表されるように木材を横に交差立体積みを行います。組み上げられた壁材は脱着ができスクラップビルドの構築が可能のため材料のリサイクルに貢献します。また増築、室内壁の移動も簡単です。外壁と内壁が一体化され耐久年数も長期的です。



都会に建つログハウス

#1



店舗利用ログハウス

#2



飲食店内装

#3



製造担当  
ログビルダー

#4



平成4年子供達と作るログハウス  
厚木市立玉川小学校  
100周年記念事業  
子供たち、宇校、教育委員会  
行政、森林組合、B3A、地域で、伐採から作るログハウ

#5



複数人で壁面40箇所を作る

#6



#7



手作り多目的教室

#8



国産材、地場材、  
手作りにこだわった製造

#9



チェーンソー製作作業

#10



#11



柱サイズを墨付

#12





#13



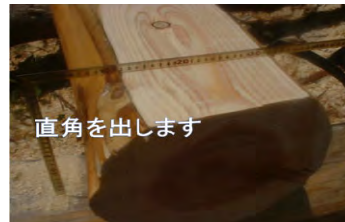
#14



#15



#16



#17



#18



#19



#20



#21



#22

#### 柱の作り方

#12で柱サイズの墨付けを行います。#13で、芯墨を4面に付けます。因みにこの作業は四角ですが、140面以上にし、柱を削ることで神社仏閣の円柱の製造を行います。機械がない時代の知恵と技術です。

## 4-6-2 ドローン (DRC) 研究会

長谷川 克也<sup>†</sup> (正会員) 長尾 嘉満<sup>‡</sup> (正会員)

<sup>†</sup> 宇宙航空研究開発機構 <sup>‡</sup> 早稲田大学

## 4-6-2 IEEEJ SIG on Drone Research

Katsuya HASEGAWA<sup>†</sup> (Member), Yoshimitsu NAGAO<sup>‡</sup> (Member)

<sup>†</sup>Japan aerospace eXploration Agency (JAXA) <sup>‡</sup> Waseda University

### 1. 研究会設立の経緯

ドローンは電子機器の低価格化,強力な磁石によるモーターの性能向上,軽量で高出力バッテリーなどの機材進歩で飛行が可能になり急激に普及した.本学会でも2015年頃から「安全な暮らしのための情報技術 (SSC) 研究会」や「建築と画像電子の共通領域研究会 (AIM)」のもとでドローンが扱う画像情報に注目した活動が行われてきた.

ドローンの活動を本学会の柱の一つとして育てるうえでドローンに特化した研究会の設立が懸案事項とされてきた.その後,ドローン関係の実地指導を含めたドローンセミナーの開催案が具体化し,今後も継続的に関連行事を実施していくうえでそれに適した体制の設立が必須という認識から2020年に新規の第2種委員会設立を図ることとなった.2020年10月に「ドローン研究会 (DRC)」は理事会の承認を得て発足した.

本稿では2章で設立までの活動を3章で活動テーマと体制を,4章で2021年~2022年の活動を述べる.これらは前回りをはじめとする過去の年報記事で紹介済みの内容を含むが参考のため再掲する.5章でこの2年間の活動成果を述べ,6章で今後の展望に触れる.

### 2. 設立までの活動

#### 2.1 学会誌記事

学会誌では2016年3月号より連載技術解説「ドローンの活用と関連3D画像処理技術への応用」(計4回)を連載した.当時急速に注目を浴び始めたドローンの機能やその活用に焦点を当てると共に今後の課題についても紹介している.また,年報では2017年1月号から装置動向の中でDroneを紹介しており,2019年1月号,2021年1月号,2023年1月号並びに本号でも継続して最新動向の報告をしている.

#### 2.2 第2種研究会での活動

第2種研究会である「安全な暮らしのための情報技術 (SSC) 研究会」では第12回研究会 (2016年2月5日開催)及び,第13回研究会 (2016年9月2日開催)でドローンを

テーマに取り上げた.第12回の研究会では「ドローンの今後の応用展開」をテーマとし,「準天頂衛星を利用したマルチコプタ自動飛行による超効率型農業経営のモデル研究」(長谷川克也:JAXA)と,「ITU Kaleidoscope 2015におけるDrone応用に関わる情報Trustに関する発表状況」(中西浩:マレーシア工科大学 MJIT)の講演,及び両講師によるパネル討論「ドローンの今後の応用展開」が実施された.

第13回の研究会は「ドローンの応用」をテーマとし,「ドローン応用に関するSSC研究会のテーマ企画についての自由討論」と題して,榎原茂氏(奈良先端大),小町祐史氏(国士舘大),中西浩氏(MJIT)によるパネル討論が行われた.

年次大会においては2016年の年次大会で「ドローンの応用」というテーマでSSC研究会による企画セッションを実施した.また,2017年の年次大会では「IoT応用の進展」というテーマで実施された企画セッションの中でドローンを取り上げ,【T1-2】「ドローンによる農作物情報収集とIoT」(長谷川克也:宇宙航空研究開発機構)というタイトルの講演が行われた.2019年の年次大会では建築と画像電子の共通領域研究会(AIM)研究会の下で「スマートシティに活かすドローンと宇宙通信の活用1&2」(計11件)という企画セッションを実施している.これについては前々回年報におけるAIM研究会の報告を参照いただきたい.

#### 2.3 その他の活動

その他の活動としては第2回FIS秋季大会(2015年)における画像電子学会講演会でドローン関係の講演を2件実施している.1件は「ドローンの活用と安全に向けて~災害情報収集とドローン検知~」(榎原茂:奈良先端科学技術大学院大学),もう1件は「ドローンによる空撮技術の展望と環境」(上原陽一:ドローン撮影クリエイターズ協会)である.

またIEVC2017ではDroneのspecial sessionを開催し,2A-1 “Study of Precision Agriculture using Unmanned Aerial Vehicles for Japan”(Dr. Katsuya Hasegawa :ISAS/JAXA), 2A-2 “Overview of Technology Progress for Drone Applications”(Prof. Hiroshi Nakanishi :University Technology Malaysia), 2A-3 “Utilization of UAV (Unmanned Aerial Vehicle) for a Smart City Modeling of

Tsuru City” (Dr. Yshimitsu Nagao :Waseda University) の3件の発表が行われた。

### 3. 活動テーマと体制

本章では研究会設立の趣旨と活動テーマ、活動体制等を紹介する。

#### ・研究会名称

ドローン研究会 (Drone Research Committee : DRC)

#### ・設立の趣旨

ドローンをこれからの社会インフラとして役立たせることへの寄与を目指して研究委員会を設立する。

#### ・主たる研究テーマ

- 山腹崩壊メカニズムの解明
- 森林管理で、生育状況や害獣の存在、間伐や除草時期などを画像により判定するスペクトル分析技術
- 野菜の画像スペクトルによる生育管理
- 農薬スポット散布で全体には撒かない環境配慮型ドローン
- 鳥獣・侵入者の見張りと威嚇
- 紙風船ドローン中継機と連動した自然災害対応
- 3次元認識ドローンによる段々畑・棚田での農作業補助
- グランドドローンによるハウス内農作業補助
- ドローン飛行時間のエンドレス化
- 会話や音声作業指示に従うドローン
- 衛星 GPS と連動して精密運用と画像認識による種蒔ドローン
- 搭載フェージングレーダによる人・動物の生体信号検出バイオメトリクス実験
- その他 関連技術

#### ・技術的取組例

- 高精度測位から得られた画像情報に基づき視差方式で3次元地形データを作成し、その時系列変化に着目して地上に発生した異常を高精度に検出する。
- 時系列データから空間変化を抽出するアルゴリズムに基づき、地形データの数理処理によりプログラムを作成する。等

#### ・主な応用分野

- 農業、林業、通信、防犯、輸送、その他あらゆる分野への適用

#### ・イベント等の実施

- ドローンセミナーを年1回程度実施する。その際、地域振興と連動を図るほか、撮影した画像をプロモーション素材等として活用する
- 研究会、年次大会企画セッションの開催

#### ・論文発表

- 研究会やイベントでのディスカッションを通じて成果を論文投稿に繋げる

#### ・委員会構成

- 委員長 長谷川 克也 (JAXA)
- 副委員長 大谷 淳 (早稲田大学)
- 委員 柿本 正憲 (東京工科大学)
- 委員 中西 浩 (佐賀大学)
- 委員 田坂 和之 (KDDI 総合研究所)
- 委員 萩尾 由貴子 (明海大学)
- 委員 長尾 嘉満 (早稲田大学)

### 4. 2021年~2022年の活動成果

#### 4.1 2021年度 第49回画像電子学会年次大会

2021年度の年次大会において関連研究会と共同で以下の企画セッション(T1),(T2),並びに学生セッションを実施した。

- ・企画セッション(T1) : 2021年 6/25, 9:00-9:25
- ・テーマ「サステナブル・スマートシティ 1」(AIM 研究会 /SDP 研究会 /DRC 研究会 合同)

9:00-9:10 座長挨拶 9:10-9:25 講演1件

- 【T1-1】ソフトコンピューティングとその工学分野への応用ー工学的基礎と建築・ロボット・航空宇宙・交通などへの応用ー ○新宮清志(日本大学/総合資格学院)

- ・企画セッション(T2) : 6/25 10:35-11:35

- ・テーマ「ドローン」(AIM/DRC 研究会) 3件

- ・座長:長谷川克也(JAXA)

- 【T2-1】3Dプリント技術を使ったドローン・ロボット開発について:○入江寿弘(日本大学):

- 【T2-2】ドローンに関する話題・技術:○長谷川克也(JAXA)

- 【T2-3】フリーディスカッション

- ・学生セッション(S6) : 2021年 6/25 9:25-10:25

- ・「ドローン」(15分/件) 4件

- ・座長:長谷川克也(JAXA)

- 【S6-1】3Dプリンタを用いたロボット部品の検討ー充填率及び充填構造による強度変化ー:○岩間有利, 原田昌彦, 金子航輝, 入江寿弘(日本大学)

- 【S6-2】ペダル型操縦システムを用いた遠隔操作ロボット:○大野和喜, 入江寿弘(日本大学)

- 【S6-3】遠赤外線カメラと仮想データセットを使用した害獣検出の検討:○塩崎雄晴, 入江寿弘, 小林信明, 新宮清志(日本大学)

- 【S6-4】ロボットの回避動作計画-3D関節位置データの学習による人間の進行方向予測-:○春田隆佑, 入江寿弘(日本大学)

#### 4.2 ドローンセミナー

諸般の状況により、2021年度のドローンセミナーの実施は見送った。

#### 4.3 2022年度 第50回 画像電子学会年次大会 (学会創設50周年記念大会)



2022 年度の第 50 回年次大会は北海道・斜里町において 2022 年 8 月 31 日 (水) ~9 月 2 日 (金) にハイブリッド形式で開催された。DRC 研究会は AIM 研究会と共同で以下の 2 つの企画セッションを実施した。

- ・テーマ：P4「建築と画像電子の共通領域・ドローン(1)」
- ・開催日時：9 月 1 日 9:00~11:50 8 件
- ・座長：入江 寿弘 (日本大学)・Dimitar Kolev (NICT)
- 【P4-1】色を化学と美術の双方の視点から研究した成果を活用する試み:久保田 春姫, 久保山 慈, 篠崎千晴, 田中遙奈, 日比野 穂香, 山崎隆久, 葛谷信治, 黒沼 靖史, 増田 瑞綺
- 【P4-2】3D プリント技術を用いたロボット部品の試作とドローンへの応用可能性：入江 寿弘
- 【P4-3】3D プリント技術を利用した階段昇降ロボットー実大機構モデルの作成と制御方法の検討ー:加茂 雄太,入江寿弘
- 【P4-4】強化学習による自律型アームロボットの商品陳列行動の検討: 岩間 有利, 入江 寿弘
- 【P4-5】仮想環境上の深層強化学習による展開車輪ロボットの昇降制御の検討: 春田 隆佑, 入江 寿弘
- 【P4-6】画像アノテーションの事前分類手法の検討: 塩崎 雄晴, 入江 寿弘, 小林 伸彰, 新宮 清志
- 【P4-7】High-Speed Fiber-Wireless-Fiber Bridge System for Fixed Wireless Link: Pham Tien Dat
- 【P4-8】Trends in the Field of Space Optical Communications Technology in NICT: Dimitar Kolev
- ・テーマ：P7「建築と画像電子の共通領域・ドローン 2」
- ・開催日時：9 月 2 日 10:25~14:40 10 件
- ・座長：長谷川 克也 (JAXA)・松本 充司 (早稲田大学)
- 【P7-1】災害に強いシェル・空間構造の魅力：新宮 清志
- 【P7-2】スマートシティに関する研究と国際標準化の動向：関 洋平
- 【P7-3】画像と音楽 作品の進化と円熟に関して：森 崇
- 【P7-4】歌とお話し：水越 けいこ
- 【P7-5】人を幸せにする IoT スマートハウス：一色 正男
- 【P7-6】ドローンによる感染症対策の最前線：長谷川 克也
- 【P7-7】桂川流域の森と水：河西 悦子
- 【P7-8】風力発電装置について：柴塚 宗良
- 【P7-9】ワインの残渣から作る天然エタノール農薬:吉野 勝
- 【P7-10】農業用ドローンの活用：小林 利壽

#### 4.4 2022 年 第 2 回ドローンセミナー

2022 年 10 月 8 日 (土) に DRC 研究会は AIM 研究会と共同で第 2 回ドローンセミナーを、長谷川克也委員長を中心とし、長尾嘉満 AIM 委員長, TOILE DRONE 小林利壽氏, 他各先生方のご協力により実施した。

「操縦農薬散布技術」と、「農業と画像技術」をテーマとし、日本建築学会・画像電子学会の多くの先生方、関係者の参加を頂いた。

第 1 部

開催場所： おおつきエコの里

- 大型ドローンデモフライト
    - ◇ スマート介護の軸となるドローンによる荷物運搬
    - ◇ 農薬散布
  - 地域住民の方へのドローン操縦体験会
  - ライブ&トーク：アーティスト/水越けいこ 様
- 第 2 部
- 開催場所：大月 東横イン富士山大月駅
- 開会挨拶：新宮清志先生 (日本大学)
- 講演 3 件
    - ・吉野勝先生 (グリーンリパース)：ドローン農薬散布の自然農薬 8 ワインの残渣から作る天然エタノール農薬
    - ・大谷淳研究室・大谷先生, 学生 (早稲田大学)：画像や IMU センサー情報等を用いて,墜落時点を推定する方法の基礎的検討
    - ・小林利壽氏(ETOILE DRONE)：ドローン操縦技術セミナー
  - ライブ&トーク：アーティスト/水越けいこ 様

## 5. 2023 年~2024 年の活動概要

### 5.1 2023 年度 第 51 回 画像電子学会年次大会

- ・大会開催日：2023 年 8 月 28 日 (月) ~8 月 30 日 (水)
- ・開催場所：富山県民会館 (〒930-0006 富山市新総曲輪 4-18)
- ・大会テーマ：「自然・文化を守り、未来に繋ぐための画像技術」
- P4 企画【ドローン空撮映像の社会応用とその技術】3 件
- 8 月 30 日 (水) 10:30-11:50
- 座長：平山 亮
- 【P4-1】UAV 天測航法に向けた精密計測手法の検証：笠原 幹大, 長谷川 克也
- 【P4-2】アフリカ地域での運用性を考慮した 3D 印刷可能な空撮用 UAV の検討：金 周会, 矢口 雄大, 土屋 武司
- 【P4-3】ドローンを用いた写真測量の位置情報による精度向上：山内 大輝, 平山 亮

### 5.2 2024 年度 第 52 回 画像電子学会年次大会

- ・大会開催日：2024 年 8 月 26 日 (月) ~8 月 28 日 (水)
- ・大会開催場所：長崎市 長崎大学 文教キャンパス
- ・大会テーマ：「生成 AI がもたらす未来と画像電子技術」
- P2 企画【ドローンの社会応用】4 件
- 8 月 26 日 (月) 16:10-17:40
- 座長：長谷川 克也
- 【P2-1】ドローンに搭載されたカメラにより獲得される情報を用いた土砂災害箇所の検出に関する検討：横澤 真子, 星 和希, 加藤 洋一, 大谷 淳, 長谷川 克也
- 【P2-2】コルゲートプラスチック素材 UAV が警戒監視業務にもたらす運用的便益についての考察：笠原 幹大, 長谷川 克也
- 【P2-3】eVTOL 向け VR 災害救助シミュレータの検討：東郷 奏真, 佐野 睦夫
- 【P2-4】水都における「しゃべる」ケータリングドローン実装の基礎検討：佐野 睦夫, 荒木 英

なお、ドローンセミナーについては2023年度、2024年度とも開催を見送った。

## 6. 今後の展望

ドローンの利活用は今後さらに発展していくと考えられる。また、利用において一般的なマルチコプターだけではなく活躍場所も陸上、水上、水中、と地球上のあらゆる場所が対象となる。免許制度の導入や機体登録の航空法改正が続いている事から利用に関するセミナーの開催や国家試験対応セミナーの開催など本学会でも実情に沿ったプログラムを検討していきたい。

## 参考文献

- 1) 長谷川克也, 長尾嘉満: ドローン研究会, 画像電子学会誌 Vol. 52, No.1, pp.54-57 (2023).



**長谷川 克也** (正会員)  
川崎医科大学大学院修了  
東京農工大学大学院修了  
宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所  
国立情報学研究所スーパーバイザー  
日本医療科学大学 非常勤講師  
帝京科学大学 非常勤講師



**長尾 嘉満** (正会員)  
2003年 早稲田大学大学院国際情報通信研究科 GITS, 2005年 同大学国際情報通信研究センターGITI 招聘研究員. 現在 同大学理工学術院基幹理工学部基幹理工研究科・情報理工・情報通信専攻博士課程在学中. 2008年日本建築学会スマート建築モニタリング応用小委員会委員, ログハウス建築設計施工に従事. 電子情報通信学会会員, IET 会員, IEEE 会員, 建築と画像電子の共通領域(AIM)研究会委員長.

## 5. 標準化動向

### 5-1 国際照明委員会第8部会 ー画像技術 ー

山口雅浩

東京科学大学

## 5. Trends of Standardization

### 5-1 CIE Division 8: Image Technology

Masahiro YAMAGUCHI

Institute of Science Tokyo

#### 1. はじめに

国際照明委員会 (Commission Internationale de l'Éclairage: CIE) は、光と照明、色と視覚、光生物学、画像技術に関連する分野で国際的な学術協力や情報交換を行う組織である。標準化に関しては、主に基礎的な領域での標準文書や技術報告書の策定・出版を行っており、一部の標準文書は国際標準化機構 ISO/TC274 を通じて ISO/CIE 規格として出版されている。現在、表 1 に示す 6 つの部会のもとで活動を行っている。国内では、一般社団法人日本照明工業会 (JLMA) に設置された CIE 国内委員会<sup>2)</sup> が対応する活動を行っている。

第 8 部会「画像技術 (Image technology)」は、各種アナログおよびデジタル画像装置・記憶媒体・表示媒体を用いた画像の通信・処理・再生に関する手順について検討し、光学的・視覚的・計量的側面に関するガイドや基準を作成することを目的として活動している。本稿では 2023 年から 2024 年における第 8 部会及び関連する活動状況を報告する。

表 1 国際照明委員会の部会の構成

第 1 部会	視覚と色
第 2 部会	光と放射の物理測定
第 3 部会	屋内環境と照明設計
第 4 部会	交通と屋外の照明
第 6 部会	光生物学と光化学
第 8 部会	画像技術

2023 年は 4 年に一度開催される CIE 総会がリュブリャナ (スロベニア) で行われた。会長から最近の動向及び方針として①チュートリアルやワークショップの強化、②CIE データセットの提供、③ SDGs との関係を考慮した戦略の改訂、④標準化団体としての役割強化などの報告がされた。今後は 2025 年にウィーン (オーストリア) で中間大会が、2027 年に南京 (中国) で総会が開催される予定である。

#### 2. CIE 第 8 部会の活動

##### 2.1 概況

第 8 部会の部会長は 2023 年 9 月に洪博哲氏 (アメリカ) から Noël Richard 氏 (フランス) に引き継がれた。同時に、部会幹事は Christine Fernandez-Maloigne 氏 (フランス) から Hermine Chatoux 氏 (フランス)、編集幹事は Ellen Carter 氏 (アメリカ) から Manuel Melgosa 氏 (スペイン) へ交代した。

CIE 部会の主な活動は、技術委員会 (Technical Committee: TC) と部会調査報告 (Division Reportership: DR) として進められる。また、リサーチフォーラム (Research Fora: RF) は、TC として活動を行うには尚早な研究課題・研究領域に関して知識共有や検討を行うことを目的として設置されている。部会を超えた枠組みであるが、実際には関連する部会と連携して運営しているので、本稿では RF の概況と第 8 部会に関連する RF の具体的な活動状況を紹介する。

部会会議は、通常毎年 1 回、関連する国際会議と合わせて対面及びオンラインの併用で行われていたが、2023 年はリュブリャナの CIE 総会の中で 9 月 21 日にハイブリッドでの開催であった。また、パリで開催された国際会議 Color and Imaging Conference に合わせて、非公式な会合がハイブリッドで 11 月 14 日に開催され、別途 TC の進め方等について検討した。2024 年の部会会議は 8 月 30 日に完全なオンラインで実施され、19 名の参加があった。全体としては、COVID-19 の影響で停滞していた活動が動き始め、活動期間の延長を行っていた TC が報告書出版または出版の目途が付きつつあるという状況である。

##### 2.2 技術委員会 (TC)

TC とは、Terms of Reference (ToR) に規定した特定の技術課題に関して検討を行う委員会であり、技術報告書 (Technical Report: TR) または標準 (International Standard) のいずれかの成果文書を発行、または活動の部分的な成果物としてテクニ

カルノート (Technical Note: TN) を発行する。複数の部会を横断して設置される合同 TC (JTC) も活動を行っている。以下に第 8 部会の TC, 関連する JTC の現況を紹介する。

#### 1) TC 8-12 静止画および動画圧縮の画質評価

2007 年に設立された TC で, Pascal Bourdon 氏 (フランス) が委員長を務め, 静止画・動画圧縮に伴う劣化に対して画質評価を行う手法について報告書案がまとめられている。手続き上の問題と CIE の一般的文書とは異なる専門性の内容であるため手続きが数年間停滞していた。そこで CIE 事務局では外部の専門家をアサインすることとなり, レビューの結果を踏まえて最終版の Committee Draft (CD) に取りまとめている。

#### 2) TC 8-14 空間・色における複雑さの定義

2015 年設立。Noël Richard 氏 (フランス) が委員長を務め, 空間一色分布の複雑さを数学的に記述する方法と心理物理的な実験の評価について CD を取りまとめた。現在, CIE 事務局によるレビューを踏まえた修正が完了し, TR 出版に向けた手続きが進んでいる。

#### 3) TC 8-16 単一の再現媒体における色の見えの一貫性

本 TC は, ある画像を異なる色域の印刷物として出力した際に再現色の一貫性を評価する方法について検討しており, Craig Revie 氏 (イギリス) が委員長, 山内泰樹氏 (日本) が共同委員長を務めている。2017 年に設立。複数の研究機関で行われた実験の結果をもとに, 色の見えの一貫性を維持する能力を比較・評価する手法について提示することとしている。現在, Working Draft (WD) が完成し, TC 内での投票などが行われている。

#### 4) TC 8-17 3D 物体における色差評価方法

2017 年に設立された TC で, Kaida Xiao 氏 (イギリス) が委員長を務めている。3D プリンタの色再現性評価を目的として, 3D プリンタで出力されたカラー物体を用いた主観評価方法を検討し, 成果物としての 3D 色差データセットを公開している。また, 3D の形状, 光沢, 材質の違いが色差の知覚に与える影響について検討を行っている。現在 TR 原稿を執筆中である。

#### 5) TC 8-18 高ダイナミックレンジ画像及び画像シーケンスの定義と評価のためのガイドライン

2021 年に設立された TC で, Mekides Assefa Abebe (ノルウェー) が委員長を務め, 精力的に検討が進められている。具体的には, 静止画像および動画像において, 高ダイナミックレンジ (HDR) に関する各種定義 (輝度レベル, コントラスト, 時空間分布など) の提案, 高ダイナミックレンジ画像に関する評価実験における輝度レベル, 観察環境, 採用白色点, 使用する画像の種類などの定義, さらに HDR 画像の主要特性の算出方法の検討を目的としている。2023 年までに多数のオンライン会合が実施され, 現在, その結果をもとに WD 作成作業が開始されている。

#### 6) JTC 12 きらめきと粒状性の測定

第 1, 2, 8 部会の合同で 2018 年に設置された JTC で, 第 1 部会が主担当である。Alejandro Ferrero 氏 (スペイン) が委員長で, 第 2 部会から Francisco Verd 氏 (アメリカ), 第 8 部会から Noël Richard 氏 (フランス) が共同委員長を務めていたが, Noël Richard 氏が部会長となったため交代の必要がある。きらめきと粒状性 (sparkle and graininess) の測定方法と心理物理的なデータと相関のある尺度を開発することを目的としている。現在 WD の作成作業中である。

#### 7) JTC 16 色順応の妥当性

第 1, 8 部会の JTC で主担当の第 1 部会から Minchen Huei 氏 (香港) が委員長, 第 8 部会から Kaida Xiao 氏 (イギリス) が共同委員長を務めている。既存の色順応変換 (CAT) で未考慮であった低い色温度やオフブランクの白色光での色順応に対応するために, 2 段階の変換を含む CAT を検討している。

#### 8) JTC 17 光沢計測と光沢知覚: 光沢への視覚的手がかりの定義と標準化のための枠組み

第 1, 2, 8 部会の JTC で第 1 部会が主担当, 委員長は Frederic Leloup 氏 (ベルギー) である。光沢に関する知覚要因と相関のある指標とその測定方法を提案することを目的として活動している。第 8 部会からの共同委員長が不在の状態になっており, 今後の対応について検討中である。

### 2.3 部会調査報告 (DR)

DR は, 部会長が指名したリポーターが特定のテーマについて調査し, その調査報告を部会に提出するものである。調査報告を対外的に非公開の部会内部文書とするか, TN として出版するかを設立時に規定する。2023 年以降, 第 8 部会で活動している DR は存在しない。

### 2.4 リサーチフォーラム (RF)

2024 年現在, CIE には表 2 に示す 7 つの RF が設置されている。前述の通り主担当の部会が決められており, 第 8 部会は RF-01 の主担当をしている。それ以外にも画像技術と関連が深いと思われるテーマもあるが, 部会レベルでの参加や情報交流などは現時点で行われていない。

表 2 活動中のリサーチフォーラム

RF	テーマ	コンビナー
RF-01	分光イメージング	Masahiro Yamaguchi
RF-02	時間的光変調に関する諸問題	Jennifer Veitch
RF-03	演色に関する諸問題	Jiaye Li
RF-04	AR/VR/MR 機器における照明	Molly Mou
RF-05	CIE 2006 錐体応答の測光及び測色における実装	Tony Bergen
RF-06	非生物 CIE 参照観察者に向けて	Paola Iacomussi
RF-07	障害光と建築物	Peter Thorns

### 1) RF-01 分光イメージング

RF-01は2018年に設置された分光イメージングをテーマとするRFで、筆者がコンビナーを務め、11カ国から25名のメンバーが参加している。マルチスペクトル・ハイパースペクトルを含む分光イメージングに関する課題についてオンラインでの会合で議論し、新たなTCの設置提案を策定した。マルチスペクトル・ハイパースペクトル画像はバンド数や各バンドの意味などが撮影装置によって様々であるが、新たなTCでは、分光画像の共通的な表現空間を提案することを目的としている。これによって、分光画像を非専門の利用者にもより使いやすくし、利用拡大を可能にすることが狙いである。

### 2.5 リエゾン

本部会と関連が深い分野の機関とのリエゾン活動として、ISO/TC130, ISO/TC42, ISO/TC 159/SC4/WG2, ISO/IEC/JTC 1/SC28 及び SC29, IEC/TC100/TA2, ASTM E12, ICC に関して、担当者を決めて情報共有を行っている。2024年度に、リエゾンに関する活動全般のレビューが行われる予定となっている。

### 3. CIE 国内委員会の活動について

JLMAのもとに設置されたCIE国内委員会では、各部会に対応する小委員会において国内対応を行うとともに普及啓蒙活動なども進めている。12月に開催されたCIE国内大会では総会、各部会、ISO/TC274の活動状況の報告が行われた。また、照明学会全国大会ではCIEセッションが開催され、ここでも活動紹介が行われている。

第8部会国内小委員会には企業、大学、研究所などから正副委員長・幹事・専門委員を含めて20名弱のメンバーが参加している。毎年概ね一回、国内小委員会が開催され、各TCの活動状況の共有や今後の方針についての意見交換などが行われている。ただ一部のTCには委員を派遣できていないため、国際の対応強化は課題である。

照明用語に関する国際規格IEC 60050-845 及びCIE S 017は、CIEの全ての部会が参加するJTC-8での検討により策定されたものであるが、2020年に改訂版が発行された<sup>3,4)</sup>。これを受けて、照明学会では国内の関連規格改正のための研究調査委員会が活動を開始している。用語集の原案はCIEで策定されていることから、日本語版作成にはCIE国内委員会も作業分担を行っている。作成された改定案はJIS Z 8113(照明用語)の改正に反映される計画である。

### 4. おわりに

現在、いくつかのTCが文書取りまとめの段階にあり、TRの発行が見込まれる。次のステップの活動についての議論として、色の空間分布やテクスチャー・光沢、HDRに関するより発展的な課題、分光イメージング、VR/ARなど、画像・映像分野で重要なトピックが話題に挙がっている。一方で、検討を行うための人材は不足している状況である。CIEは主に基礎的な領域での課題を扱っているため、画像技術関連で事業に直接的な影響を与えるテーマは少ないかもしれない。しかし、基礎的な技術的課題に対する国際的な共通認識を確立することで、新たな分野の全体的な振興が図られることは、産業界・学会双方にとって有意義と言える。日本からも関連分野の専門家・技術者等のより積極的な参加を期待したい。

### 謝辞

本稿の作成にあたってご協力頂いたJLMA CIE国内委員会事務局ならびに第8部会小委員会関係各位に深く感謝します。

### 参考文献

- 1) <http://cie.co.at/>
- 2) <https://www.jlma.or.jp/jcie/>
- 3) CIE S 017/E:2020 ILV: International Lighting Vocabulary, 2nd edition (2020) DOI: 10.25039/S017.2020
- 4) <https://cie.co.at/e-ilv>



山口 雅浩

1987年 東京工業大学理学部卒業, 1989年 同総合理工学研究科修士課程修了, 同年より同大学像情報工学研究施設助手, 同助教授, 准教授を経て2011年 同大学学術国際情報センター教授, 2016年 同大学工学院教授, 2024年10月より大学名の変更により東京科学大学教授, 副理事. 1994~1995年アリゾナ大学訪問研究員. 博士(工学). 光工学, 画像工学, ホログラフィー, 分光イメージング, 病理画像解析等の研究開発に従事. 2018~ CIE(国際照明委員会) RF-01 "Spectral Imaging" コンビナー. 2020~2022 Optical Review 編集委員長, 2021~2022 電子情報通信学会電子ディスプレイ研究専門委員会委員長, 2017~ 日本光学会理事.

## 5-2 ITU-T SG16 (マルチメディアとデジタルサービス)

### — 第3回及び合同作業部会会合報告 —

山本秀樹 (沖電気工業株式会社)

元 ITU-T SG16 副議長

## 5-2 ITU-T SG16 (Multimedia and digital services) : The Digest of the Third SG16 Meeting and the Joint WP Meeting

Hideki YAMAMOTO (Oki Electric Industry Co., Ltd.)

Former Vice-Chairman, ITU-T SG16

### 1. はじめに

国際電気通信連合 電気通信標準化部門 第16研究委員会 (ITU-T SG16) の今会期第3回目のSG16会合は、2024年4月15日から26日にフランスのレンヌで開催された。その後、SG16配下のすべての作業部会 (Working Party, WP) の合同会議が8月30日にジュネーブのITU本部で開催された。合同作業部会は4月のSG会合以降に開催された課題別会合での新規作業項目提案の承認と勧告草案の承認を目的とする。本稿では2つの会議の結果と10月の世界電気通信作業標準化総会24 (World Telecommunication Standardization Assembly 24, WTSA-24) に向けての次会期 (2025年~2028年) の方向の議論結果を報告する。

第3回目のSG16会合は、現地参加者は221名と前回の199名から増加が見られた。会合の登録者数は、総計430名 (そのうち、現地参加221名、リモート参加209名) であり、前回の416名、前々回388名よりも多かった。今会合で、審議された寄書は228件 (前回199件)、処理された一時文書は510件 (前回476件) であり寄書も一時文書も増えている。合意された(Consent)文書は36件 (前回32件)、前回凍結され各国協議にかけられた後、承認された文書は5件、承認されなかった文書は2件であった。承認されなかった文書は、技術文書として継続検討されることになった。今回凍結された(Determined)文書は1件 (前回5件) であった。勧告以外で承認された文書は技術文書6件と提案募集1件である。合意・凍結後承認・凍結された勧告文書及び承認された文書のリストを、それぞれ表1~4に示す。表5と6には、8月30日の合同作業部会でそれぞれ合意・凍結された文書を示す。削除された勧告はなかった。次回1月のSG会合までに開催される各課題の専門家会合の予定を表7に示す。次会期はSG9と統合され、SG21となる。第1回目の会合は、2025年1月13~24日にジュネーブで開催される。

### 2. 第3回会合の主要な成果

#### 2.1 全体

WTSA-24 に向けたアドホックグループ会合が開催され、

SG16と既存の課題の付託条項 (Terms of Reference : ToR) に関して議論を行い、7月のTSAGへのリエゾンを作成した。各課題はメタバースの取組みを検討し、必要に応じて追加している。2024年1月のTSAGで、次会期のSG16とSG9 (Broadband cable and TV) の統合に向けて両SGのマネジメントによる検討グループが準備を進めることが決まった。この検討グループの検討状況の報告もなされた。

#### 2.2 メタバースについて

1月のTSAGでFG-MV (Focus Group on metaverse) の成果物の3件がSG16のみに割当てられた。これらはQ26 (アクセシビリティ) で議論され、1件はSG16の技術文書として合意された。1件は継続検討、1件はSG16担当外ということでTSAGに戻された。韓国からのメタバースプラットフォーム間の相互接続に関する課題作成の提案は合意に至らなかった。検討結果はTSAGに送付された。次回2025年1月のSG16までの間にメタバースに関する検討を進めるためのアドホックグループの作成が承認された。

#### 2.3 AIと健康に関するFG (FG-AI4H)

健康とAIに関するFG-AI4H (Focus Group on AI for health) の最終レポートが36件の成果文書一覧とともに報告された。FG-AI4Hは2023年9月30日に終了し、成果物はITU, WHO及びWIPOからなるGlobal Initiative on AI for Healthに受け継がれている。今回、Q28 (デジタルヘルス) とQ5 (AIマルチメディア) で成果物をレビューした。

#### 2.4 ビデオ・静止画、音声の符号化 (Q6/WP3)

医用画像の国際規格であるDICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) と共同で、生物医学やそれに関連する一般的な波形信号のコード化を検討するという前回の決定を受けて、今回は提案募集文書を承認した。

JPEG (ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG1) と共同の静止画の圧縮に関して、ITU-T T.800 V4 | ISO/IEC 15444-1 V5 (JPEG2000) の承認プロセスが開始された。動画の圧縮に関しては、JVET との共同作業で、ITU-T H.264 (V15), .265 (V10), H.266.2 (V2), H.273 (V4) の承認プロセスが開始された。



## 2.5 デジタルヘルス (Q28/WP2)

ITUと世界保健機構(WHO)が共同で進めているセーフリスニングに関してはビデオゲームとeスポーツに関する勧告草案(H.SL-ES)をテーマにしたワークショップが開催された。WHO-ITUの共同文書である、場所とイベントにおけるセーフリスニングのガイドラインという技術文書(HSTP-SLD-Venue)の作業が完了した。H.870 V2向けの試験仕様書, HSTP-CONF-H870の改訂版の作業が完了した。

F.780 V2のための試験仕様書 FSTP-CONF-F.780.2の作業が完了した。デジタルヘルスに関しては、2件の勧告と1件の技術文書の作業が完了した。

## 2.6 車載通信と車載マルチメディア (Q27/WP1)

車載マルチメディアの実装に関する勧告草案(H.VM-VMIA)は、郵便投票のコメントに対応し勧告となった。同様に、郵便投票の対象であったF.749.7(過去の名称:車載ゲートウェイプラットフォーム上の遠隔運転サービスの要求条件)は加盟国からの問題提起があり勧告承認はなされなかった。更なる作業のため、技術報告の作業項目(FSTR.VGP-RDSreqs)が設立された。

## 2.7 民間無人航空機 (CUAV) (Q27/WP1)

F.749.17(過去の名称:マシンビジョンに基づく無人航空機アプリケーションの要求条件)もF.749.7同様に加盟国から問題提起があり、勧告承認はなされなかった。更なる更新のため、新たな技術報告(FSTR.CUAV-MVAreqs)の作業項目が設立された。

## 2.8 デジタルカルチャ (Q23/WP2)

今回は、「パノラマビデオと拡張現実を用いる仮想旅行システムのための要求条件とアーキテクチャ」と「IMT-2020モバイルエッジコンピューティングに基づくクラウドゲームプラットフォームの技術要件」の2件が勧告として承認された。

## 2.9 コンテンツ配信, IPTV 及びデジタルサイネージ (Q13/WP1)

最初のプレナリで郵便投票されたH.741.5(ex.H.IPTV-PS)「アプリケーションイベントハンドリング:個人用のIPTVサービスの概要」が勧告として承認された。そのほか3件のAAPの勧告が承認された。

## 2.10 映像監視・知的映像システム (Q12/WP3)

知的映像監視と知的マシンビジョンに関する既存の作業項目の進展があった。また、F.747.14(ex.F.MFSVreqs)「映像のためのマルチモーダルフュージョンシステムの要求とフレームワーク」が承認された。

## 2.11 ユビキタス・マルチメディア・アプリケーション (Q21/WP1)

7件の新規作業項目が承認され、次の6件の作業項目が承認された。すなわち、F.743.25(ex.F.MDAM-PR)「マルチメディアデータアセット管理の処理と要求条件」、F.747.15(ex.F.EVReq)「イベントベースの映像システムの要求条件」、F.748.28(ex.F.DTP-Reqts)「マルチメディアサービスを支援す

るデジタルツインプラットフォームの要求条件と機能アーキテクチャ」、F.748.29(ex.F.MFDreqs)「機械故障診断システムに基づくコンピュータ聴覚システムフレームワークと要求条件」、H.626.7(ex.H.MVSarch)「小規模工場におけるマシンビジョンシステムの機能アーキテクチャ」、H.644.8(ex.H.MPSTech)「メディア処理サービスのための音声・映像システムの機能構成と要求条件」である。

## 2.12 AIとマルチメディア (Q5/WP3)

郵便投票されたF.748.24(ex.F.TCEF-FML)「連邦化された機械学習上の信頼された寄与評価フレームワーク」及びF.748.23(ex.F.ML-ICSMIRreqs)「深層学習によるマルチメディア対話の要求条件とフレームワーク」は承認された。そのほか、1件の凍結と5件のコンセント承認がなされた。新規作業の開始提案は、12件承認された。

## 2.13 分散電子台帳 (DLT) (Q22/WP1)

6件の新規作業項目設立提案は承認された。また9件のコンセント提案と1件の技術文書の承認がなされた。

## 2.14 超臨場感 (Q8/WP3)

今会合では、既存文書の進捗とともに、H.430.8(ex.H.IIS-FA)「対話型超臨場サービスシステムの機能アーキテクチャ」が承認された。また、4件の新規作業の提案が承認された。

## 2.15 アクセシビリティ (Q26/WP2)

新技術文書HSTP-ACC-MV-SUST「持続可能なメタバースにおけるアクセシビリティに関する技術文書」が承認された。これはFGメタバースの出力文書からできた最初のSGのアウトプットである。他のFGメタバースの出力文書HSTP-ACC-MV-INTERPR「メタバースにおける通訳のガイドラインと要求条件」は技術文書として作業を継続して行うことになった。新規作業項目F.ACC-AMCSの開始が承認された。

IRG-AVAとのJ.acc-us-prof「映像音声コンテンツ配信における共通のユーザプロファイル形式」に関する共同作業と、JTC1/SC35との「ユーザ対話」における共同作業の中で、H.ACC-GVP「キャプションとサブタイトルを含む音声情報の視覚提示のガイダンス」(ISO/IEC 20071-23と双子文書)と、F.ACC-AVSL「手話における音声情報の視覚表示」(ISO/IEC 20071-24と双子文書)の共同作業は、継続して実施中である。

## 2.16 知的インタフェース (Q24/WP2)

郵便投票されたF.760.2「緊急応答支援システムにおける最初の応答者のユーザインタフェースの要求条件」は、加盟国からの懸念事項を解決し勧告として承認された。また、F.748.30(ex.F.CSDH)「デジタルヒューマンのためのコミュニケーションサービスの要求条件」がAAP承認された。

## 3. 第3回会合以降から合同作業部会まで

上記2.1で述べたSG16とSG9統合の検討グループは、4月のSG16後も統合後の新SGのToRを検討し7月のTSAGに提出した。7月のTSAGでは様々な意見があったが修正な

して WTSA-24 に送られることになった。その中には既存の SG16 のすべての課題が含まれている。最終決定は 10 月にインドで開催される WTSA-24 で行われる。

上記 2.2 で述べた SG16 配下のメタバース・アドホックグループの第 1 回の会合は 8 月末に実施された。そこでは 6 月に終了した FG-MV の成果物の確認と、7 月の TSAG で決まった FG 成果物の今後の SG での標準化の進め方の確認が行われた。第 2 回は 11 月に実施される。そこでは WTSA-24 で承認予定の新 SG の課題でのメタバースの標準化の進め方を議論する予定である。

#### 4. 合同作業部会

8 月 30 日にジュネーブで開催された合同作業部会は 1 日の間に SG16 配下のメタバース・アドホックグループの報告と、WP 1, 2 及び 3 の配下の中間会合を行った課題の報告を議論した。各課題の報告に基づいて、合同作業部会で合意・凍結した文書をそれぞれ表 5 と 6 に示す。WP3 会合では課題 5 から提案された文書の勧告化が 1 件否決されたが、その他は承認された。WP1 及び WP2 では提案された勧告承認はすべて承認された。否決された文書は次会合で引き続き議論される。

#### 5. おわりに

第 3 回会合は今会期の最後の SG16 会合なのでアソシエートトラポータ以上の役職者に証明書が配られた。なお、2025 年から始まる次会期の会合については既に以下の 2 つがジュネ

ーブで開催されることが決定している。

- 2025 年 1 月 13 日から 24 日
- 2025 年 10 月 6 日から 17 日

WTSA-24 で SG16 と SG9 の統合は承認され、新しい SG21 が誕生することになった。SG21 は上記日程で開催される。SG21 では SG16 と SG9 の両方のテーマが議論される。次会期も今会期同様の活発な活動が行われることが期待される。



山本 秀樹

1984 年 京都大学電気工学科卒業。DB、人工知能、映像配信の研究開発に従事。2001 年に映像配信の事業部門に異動し現在事業責任者として、関連の製品開発・販売・プロモーションを主導している。1995 年 東京大学より博士号を取得。情報処理学会より平成 5 年度研究賞、発明協会より平成 12 年度関東地方発明表彰発明奨励賞、日本 ITU 協会より平成 24 年 協会賞、令和 3 年 功績賞、情報通信技術委員会(TTC)より平成 25 年及び令和 6 年 功労賞を受賞。標準化活動として、TTC ではマルチメディア応用専門委員会と標準化格差解消専門委員会委員長、ASTAP ではマルチメディア専門家グループの議長、ITU-T では 2017 年～2024 年は SG16 副議長を、2025 年からは SG21 作業部会 2 の議長と課題 10 の議長を担務している。IEEE、電子情報通信学会、情報処理学会、人工知能学会 会員。

表 1 第 2 回会合で凍結(determine)され第 3 回で承認(decide)された勧告のリスト

勧告番号 (*)	勧告名	種別	文書番号 (**)	課題番号
ITU-T F.748.24 (ex F.TCEF-FML)	Trusted contribution evaluation framework on federated machine learning services	新規	SG16-R14	Q5
ITU-T H.552 (ex H.VM-VMIA)	Implementation of vehicular multimedia systems	新規	SG16-R20	Q27
ITU-T H.741.5 (ex H.IPTV-PS)	Application event handling: Overall aspects of personalized IPTV services	新規	SG16-R17	Q13
ITU-T F.748.23 (ex F.ML-ICSMIReqs)	Requirements and framework for intelligent crowd sensing multimedia interaction based on deep learning	新規	TD259	Q5
ITU-T F.760.2 (ex F.FR-ERSS)	Guidelines for user interface of first responders in emergency response support systems	新規	TD258	Q24

(\*) 括弧内の ex は勧告草案時の名称を示す。(\*\*) TD???の正式名称は、SG16-TD???/Plen.

表 2 第 3 回会合で合意(consent)された勧告のリスト

勧告番号 (*)	勧告名	種別	文書番号(**)
ITU-T F.740.8 (ex H.XRLVArch)	Requirements and architecture for live virtual tour system using panoramic video and augmented reality	新規	TD255-R1

ITU-T F.743.25 (ex F.MDAM-PR)	Procedures and requirements for multimedia data asset management	新規	TD223-R1
ITU-T F.743.26 (ex F.DC-CGS-TREC)	Technical requirements of cloud gaming platform based on IMT-2020 mobile edge computing	新規	TD249-R1
ITU-T F.746.18 (ex F.ILMTS-Reqs)	Requirements for interactive low-latency multimedia transmission system over the Internet	新規	TD227
ITU-T F.747.14 (ex F.MFSVreqs)	Requirements and capability framework of the multimodal fusion system for vision	新規	TD221-R1
ITU-T F.747.15 (ex F.EVSreqs)	Requirements of event-based vision systems	新規	TD253
ITU-T F.748.28 (ex F.DTP-Reqs)	Requirements and functional architecture of digital twin platform for supporting multimedia services	新規	TD226-R2
ITU-T F.748.29 (ex F.MFDreqs)	Framework and requirements of computer audition based machinery fault diagnosis systems	新規	TD251
ITU-T F.748.30 (ex F.CSDH)	Requirements of communication services for digital humans	新規	TD254
ITU-T F.748.34 (ex F.AI-MKGDS)	Requirements for the construction of multimedia knowledge graph database structure based on artificial intelligence	新規	TD280-R1
ITU-T F.748.35 (ex F.FML-TS-FR)	Requirement and framework of trustworthy federated machine learning based service	新規	TD264
ITU-T F.748.36 (ex	Requirements and framework of multi-algorithm scheduling systems	新規	TD261
ITU-T F.748.37 (ex F.JSQSUDAC)	Requirements and functional architecture of joint semantic query system of unstructured data across clusters	新規	TD281-R1
ITU-T F.748.38 (ex F.AICP-GA)	Technical specification for artificial intelligence cloud platform: General architecture	新規	TD277-R1
ITU-T F.749.18 (ex F.CUAV-ES)	Framework and requirements for emergency services using civilian unmanned aerial vehicles	新規	TD256-R1
ITU-T F.751.14 (ex H.DLT-RECT)	Reference architecture for information tracing of renewable energy consumption based on distributed ledger technology	新規	TD68-R1
ITU-T F.751.15 (ex H.DLT-AMMSP)	Assessment methods for distributed ledger technology (DLT) management service platforms	新規	TD268-R1
ITU-T F.751.16 (ex H.DLT-RFMSP)	Reference framework for distributed ledger technology (DLT) management service platforms	新規	TD269
ITU-T F.751.17 (ex H.DLT-SCLMR)	Smart contract lifecycle management requirements for distributed ledger technology systems	新規	TD270
ITU-T F.751.18 (ex H.DLT-EMDGP)	Framework for DLT-based energy metering data sharing	新規	TD271
ITU-T F.751.19 (ex H.DLT-DST)	Framework and requirements for distributed ledger technology (DLT) based on sharding technique	新規	TD272-R1
ITU-T F.751.20 (ex H.MDDMD-Arch)	Reference architecture for DLT-based multimedia data delivery management systems	新規	TD273-R1
ITU-T F.751.21 (ex F.DLT-TRICI)	Technical Requirements on inter-chain interoperability for permissioned distributed ledger technologies	新規	TD274-R1
ITU-T F.751.22 (ex F.DLT-FIN)	Financial distributed ledger technology application guideline	新規	TD275-R1
ITU-T F.781.1 (ex F.Med-Data-QC)	General framework of quality control of medical images for machine learning applications	新規	TD217

ITU-T F.781.2 (ex H.AI-SaMD-Req)	Quality assessment requirements for artificial intelligence/machine learning-based software as a medical device	新規	TD218
ITU-T H.264 V15	Advanced video coding for generic audiovisual services	改訂	TD276
ITU-T H.265 V10	High efficiency video coding	改訂	TD279
ITU-T H.266.2	Reference software for ITU-T H.266 versatile video coding	改訂	TD278
ITU-T H.273 (V4)	Coding-independent code points for video signal type identification	改訂	TD283
ITU-T H.430.8 (ex H.IIS-FA)	Functional architecture of interactive immersive services (IIS) systems	新規	TD225
ITU-T H.626.7 (ex H.MVSarch)	Functional architecture for machine vision systems in smart manufacturing	新規	TD224-R1
ITU-T H.644.8 (ex H.MPSTech)	Requirements and architecture on audio and video processing of media processing services	新規	TD252-R1
ITU-T H.705.3 (ex H.IPTV-OpMcast)	Requirements and architecture for open IPTV multicast service	新規	TD229
ITU-T H.725 (ex H.IPTV-TDES.6)	IPTV Terminal Device: Virtualized model	新規	TD228-R1
ITU-T T.800 (V4)   ISO/IEC 15444-1 (Ed.5)	Information technology - JPEG 2000 image coding system: Core coding system	改訂	TD257

(\*) 括弧内の ex は勧告草案時の名称を示す. (\*\*) TD???の正式名称は, SG16-TD???/Plen.

表 3 第3回会合で凍結された (Determined) 勧告文書

勧告番号 (*)	勧告名	種別	文書番号 (**)
ITU-T F.748.39 (ex F.AICP-FRRC)	Functional requirements and reference architecture of artificial intelligence cloud platform for smart grid operation and maintenance	新規	TD262-R1

(\*) 括弧内の ex は勧告草案時の名称を示す. (\*\*) TD???の正式名称は, SG16-TD???/Plen.

表 4 第3回会合で承認された(agreed)その他の文書

文書略称	文書名	文書種別	種別	文書番号(*)
ITU-T HSTP.DLT-CG	Technical Paper on construction guidelines for city-level distributed ledger technology infrastructure	技術文書	新規	TD284-R1
ITU-T HSTP.ACC-MV-Sustainable	Technical Paper on accessibility in a sustainable metaverse	技術文書	新規	TD282
ITU-T FSTP.MED-THS	Outline and elements of basic telehealth services	技術文書	新規	TD222
ITU-T FSTP-CONF-F.780.2	Conformance testing specification for ITU-T F.780.2	技術文書	新規	TD250
ITU-T HSTP-CONF-H870	Testing of personal audio systems for compliance with ITU-T H.870	技術文書	改訂	TD220
ITU-T HSTP-SLD-Venue	Guideline on safe listening at venues and events	技術文書	新規	TD219
—	Call for Proposals for a new ITU-T Recommendation H.BWC on the coding of biomedical waveform data [Q6/16]	提案募集	新規	TD286-R1

(\*) TD???の正式名称は, SG16-TD???/Plen

表 5 合同作業部会で承認された (Consent) 勧告文書

勧告番号 (*)	勧告名	種別	文書番号 (**)
ITU-T F.748.42 (ex F.CEMP-DHS)	Requirements and architectures of multimedia platform for digital human services using edge cloud	新規	TD289/WP1
ITU-T H.872 (ex H.SL-ES)	Global standard for safe listening in video gaming and esports	新規	TD205-R1/WP2
ITU-T F.748.31 (ex F.DHSMD)	Technical requirements and evaluation methods of 3D digital human system based on smart mobile devices	新規	TD307-R1/WP3
ITU-T F.748.32 (ex F.ADT4MM)	Requirements and architecture of AI-based detection technologies for multimedia messages	新規	TD308-R1/WP3
ITU-T F.748.33 (ex F.AI-IBRI)	Metrics and evaluation methods for image-based re-identification algorithm	新規	TD309-R2/WP3
ITU-T F.748.40 (ex F.AICP-DA)	Technical specification for artificial intelligence cloud platform: Data annotation	新規	TD310-R1/WP3

(\*) 括弧内の ex は勧告草案時の名称を示す. (\*\*) TD??/WP?の正式名称は, SG16-TD??/WP?.

表 6 合同作業部会で凍結された (Determined) 勧告文書

勧告番号 (*)	勧告名	種別	文書番号 (**)
ITU-T F.743.27 (ex F.IVSP-PGI)	Requirements and framework of intelligent video surveillance platform for power grid infrastructure	新規	TD313-R1/WP3
ITU-T F.743.28 (ex F.RIIS-CEC)	Functional framework and requirements for intelligent inspection system based on cloud-edge-device collaboration in smart grid	新規	TD314-R2/WP3

(\*) 括弧内の ex は勧告草案時の名称を示す. (\*\*) TD??/WP3 の正式名称は, SG16-TD??/WP3.

表 7 2025 年 1 月の SG 会合までに開催予定の専門家会合(\*)

Tentative Dates	Tentative Host/Place	Question
2024年11月13日から15日	E-meeting	27/16
2024年11月	E-meeting	23/16
2024年11月	E-meeting	24/16
2024年11月	E-meeting	28/16
2024年12月	E-meeting	5/16
2024年11月1日から8日	ホスト: ISO/IEC JTC 1/SC 29 場所: トルコ ケメル	6/16 & JVET

(\*) 上記以外に追加で開催される場合や中止の場合もあるので, 詳細は以下を参照.

<https://www.itu.int/netITU-T/listsrgm.aspx?Group=16>

## 5-3 ISO/IEC JTC 1/SC 27 —セキュリティ技術—

中尾 康二†

†国立研究開発法人 情報通信研究機構 (NICT)

### 5-3 ISO/IEC JTC 1/SC 27: Security Technology

Koji NAKAO†

†National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

#### 1. はじめに

情報ネットワークの広域化、分散化、高速化、利便性の向上、及び情報システムの高度化、大容量化、高機能化などを背景に、通信の信頼性はもとより、情報システム及び企業における情報セキュリティ技術およびサイバーセキュリティ技術の重要性が増している。情報セキュリティ技術およびサイバーセキュリティ技術の標準化は、広範な分野に関係することもあり、多くの標準化団体によって議論されている。その中で、ISO/IEC JTC1/SC 27 は具体的な応用や利用形態に依存しない、汎用性の高いセキュリティ技術について検討を進めており、現在の総合的なセキュリティ技術の国際標準化を見通す上で、重要で参考となる活動を展開している。以下に、2023 年~2024 年に開催された会議の結果をベースに ISO/IEC JTC1/SC 27 のセキュリティ技術の標準化動向について、特にホットトピックを中心に概観する。

#### 2. ISO/IEC JTC1/SC 27 の役割および分担

当初、SC 27 は情報セキュリティを主要なセキュリティ技術の対象として掲げていたが、近年のサイバーセキュリティを含むセキュリティ技術の重要性に鑑み、方向性を修正し、SC 27 の名称は正式に「情報セキュリティ、サイバーセキュリティ、及びプライバシー保護」と改められた。その中でも、情報セキュリティには引き続き重点が置かれており、情報が無許可で読まれたり書換えられたりすることを防ぎ、機密性（情報が漏洩しないこと）、完全性（情報が改ざんされないこと）、可用性（情報が常に利用可能であること）などの技術を確保することを追求している。特に、本 SC 27 におけるセキュリティ標準化は、以下の観点から重要である。① グローバルな通信環境において普及が容易で安全な相互接続技術を提供すること、② 世界中どこでも同等に保証された安全性レベルで情報処理と通信の環境を提供すること。

SC 27 の標準化活動は、1981 年に暗号の標準化審議から始まり、その後対象を年々拡大し、現在では以下の 5 つの WG に分かれて標準化が行われている。WG 1 (情報セキュリティ

マネジメントシステム : ISMS) は ISMS に直接関連する課題を規格化の対象としている。WG 2 (暗号とセキュリティメカニズム) では、暗号アルゴリズムそのものの標準化や、暗号を基盤としたセキュリティメカニズム (認証、署名など) の検討を行っている。特に暗号アルゴリズムの標準化については、米国 NIST、欧州 NESSIE、日本 CRYPTREC などの暗号アルゴリズム標準化団体等と連携して作業を進めている。WG 3 (セキュリティの評価・試験・仕様) では、主にセキュリティ評価の基準 (ISO/IEC 15408 など) の策定を中心に検討を進めている。

一方、WG 4 と WG 5 は後発で設立された WG であり、WG 4 (セキュリティコントロールとサービス) では、WG 1 における ISMS と関連する具体的な技術案件を中心に、関連する最新技術 (例えば AI 技術など) を含めた技術内容を担当し、例えば、ネットワークセキュリティ、サイバーセキュリティ、インシデント対応、事業継続性、AI セキュリティなどに関わる広範な技術案件を扱っている。また、WG 5 (アイデンティティ管理とプライバシー技術) では、アイデンティティ管理技術、プライバシー管理技術、バイオメトリクス技術に関する規格化を推進している。例えば、プライバシーに関する影響評価方法 (ISO/IEC 29134) やプライバシー保護のための対策や実施ガイド (ISO/IEC 29151) などの審議・検討が行われている。以下に、筆者の活動の中心である WG 1、WG 2、および WG 4 における最近のホットトピックを中心に概説する。

#### 3. WG1 の活動概要 (ISMS 関連)

ISO/IEC JTC 1/SC 27/WG 1 では、情報セキュリティマネジメントシステム (ISMS) に関連する審議案件についての議論がなされており、ISO/IEC 27000 シリーズ (現在、27000~27028) の規格化を進めている。また、情報セキュリティと密接に関係するサイバーセキュリティについては、ISO/IEC 27100 シリーズ (現在、27100~27110) の初版をそれぞれ出版し、サイバーセキュリティについて様々な認識がある状況に対して、共通理解の基礎となる概念を規定している。



### 3.1 ISMS 関連規格の状況

ISMS 関連規格は、ISMS の要求事項を定める ISO/IEC 27001 及び情報セキュリティ管理策集である ISO/IEC 27002 と、これらを支援する関連文書群で構成されている。ISO/IEC 27001 及び ISO/IEC 27002 が 2013 年に出版された後、関連文書群が順次整備されてきた。2022 年には、数年に渡る ISO/IEC 27002 改定検討が終わり、2月に ISO/IEC 27002:2022 が発行された。この改定では、11 の管理策を新たに加えたほか、一部では複数の管理策を統合してより一般的な管理策を提示している。また、管理策の分類をより柔軟なものにして、規格利用者の関心に応じた管理策体系に基づく活用を可能にしている。ISO/IEC 27002 で定めた管理策は、ISO/IEC 27001 に附属書として取り込み、ISMS における情報セキュリティリスク対応において活用することになる。このための ISO/IEC 27001 の改定版が、2022 年 10 月に出版された。ISO/IEC 27001 は、ISO 9001 (品質マネジメントシステム)、ISO 14001 (環境マネジメントシステム) 等と並ぶ ISO マネジメントシステム規格の一つである。ISO/IEC 27001 旧版を 2013 年に出版した後に ISO マネジメントシステム規格の共通テキストに加えられた若干の変更も、今回の ISO/IEC 27001 の改定に反映している。さらに、2024 年 2 月には、ISO における気候変動対応施策の一環で、ISO/IEC 27001 を含むそれぞれの ISO マネジメントシステム規格に気候変動への対応を求める追補を加えている。

ISO/IEC 27000 シリーズの多くの規格は、ISO/IEC 27001 及び ISO/IEC 27002 を前提にして、その説明や手引を提供している。ISO/IEC 27001 及び ISO/IEC 27002 の 2022 年版への改定を受けて、ISO/IEC 27000 シリーズの多くの規格について改定の検討が進められている。

ISO/IEC 27001 及び ISO/IEC 27002 が汎用の ISMS に関する規格であるのに対し、個別分野に固有の ISMS 関連規格として、ISO/IEC 27011 (通信事業者)、ISO/IEC 27017 (クラウドサービス)、ISO/IEC 27019 (エネルギー産業の制御システム) 等の文書がある。

### 3.2 サイバーセキュリティに関する規格化の状況

サイバーセキュリティへの関心の高まりを受けて、SC 27 では、WG 1 及び WG 4 において、2016 年にサイバーセキュリティをテーマとした規格化の検討に着手した。その後、サイバーセキュリティの共通事項については WG 1 において ISO/IEC 27100 シリーズとして、また、IoT におけるセキュリティ及びプライバシーについては WG 4 において ISO/IEC 27400 シリーズとして、それぞれ規格化を進めてきた。

サイバーセキュリティ関連文書群の基礎となる文書が、サイバーセキュリティの概要及び概念を解説する ISO/IEC TS 27100:2020 である。この文書は、サイバーセキュリティと情報セキュリティの関係、及びサイバーセキュリティと ISMS の関係も説明している点に特徴がある。ここで、TS (Technical

Specification : 技術仕様書)とは国際規格としての出版の1つの形態で、国際規格 (IS) になる前段階文書として位置づけられている。

サイバー保険は、情報セキュリティインシデントによる損害を対象とする保険として、従来から ISMS におけるリスク対応の一形態として認識されてきた。サイバー保険についての指針である ISO/IEC 27102:2019 も、サイバーセキュリティの規格の一つとして出版されている。

また、今後、国や業界団体が業種等に向けた指針としてサイバーセキュリティのフレームワークを示すことを想定し、フレームワーク策定者のための指針である ISO/IEC TS 27110:2021 を出版した。関連する ISO/IEC TR 27103:2018 は、フレームワークと既存の ISO/IEC 規格類がそれぞれの体系に従って定めた管理策等の要素を比較し、対応関係を示す文書である。ここで、TR (Technical Reports : 技術文書)とは、標準に関連する情報類として、標準化の推進に役立つと判断され、公表される標準文書のことである。

以上によって、2016 年からの検討において計画したサイバーセキュリティ関連の初期文書群が揃ったことになる。

### 3.3 WG1 における関連規格の審議内容

- 1) 情報セキュリティマネジメントシステム (ISMS) - 概要と用語 (ISO/IEC 27000)
- 2) 情報セキュリティマネジメントシステム (ISMS) - 要求事項 (ISO/IEC 27001)
- 3) 情報セキュリティ管理策 (ISO/IEC 27002)
- 4) 情報セキュリティマネジメントシステム (ISMS) のための実施の手引 (ISO/IEC 27003)
- 5) 情報セキュリティマネジメントのための有効性測定 (ISO/IEC 27004)
- 6) 情報セキュリティリスクマネジメント (ISO/IEC 27005)
- 7) ISMS 監査、認証提供者のための要求事項 (ISO/IEC 27006-1)
- 8) ISMS 監査のための指針 (ISO/IEC 27007)
- 9) ISMS の技術的管理策に関する監査の指針 (ISO/IEC TS 27008)
- 10) セクター間・組織間情報交換のための情報セキュリティマネジメント (ISO/IEC 27010)
- 11) 通信事業者のための情報セキュリティ管理策 (ISO/IEC 27011)
- 12) ISO/IEC 20000-1 及び ISO/IEC 27001 の統合的実施の手引 (ISO/IEC 27013)
- 13) 情報セキュリティガバナンス (ISO/IEC 27014)
- 14) 情報セキュリティマネジメントにおける組織の経済 (ISO/IEC 27016)
- 15) クラウドサービスのための情報セキュリティ管理策 (ISO/IEC 27017)
- 16) エネルギー業界の制御システムのための情報セキュリティ管理策 (ISO/IEC 27019)

- 17) 情報セキュリティマネジメントシステム専門家に求める力量の要求事項 (ISO/IEC 27021)
- 18) ISMS プロセスの手引 (ISO/IEC TS 27022)
- 19) 各国の政府機関等における ISO/IEC 27001, ISO/IEC 27002 及び関連規格の活用例 (ISO/IEC TR 27024) (策定中)
- 20) ISO/IEC 27002 管理策の属性についての解説 (ISO/IEC 27028:DIS) (策定中)
- 21) サイバーセキュリティの概要及び概念 (ISO/IEC TS 27100)
- 22) サイバー保険の指針 (ISO/IEC 27102)
- 23) サイバーセキュリティフレームワークと ISO/IEC 標準の対照 (ISO/IEC TR 27103)
- 24) サイバーセキュリティフレームワーク策定指針 (ISO/IEC TS 27110)

#### 4. WG 2 の活動概要 (暗号関連)

ISO/SC 27/WG 2 では、セキュリティ基盤技術である暗号アルゴリズム、ハッシュ関数、デジタル署名、認証プロトコル、暗号鍵管理メカニズムなどのような汎用的かつ基本的な暗号プロトコル等の規格策定を主に進めている。2023 年度は、新しい規格である ISO/IEC 4922-1 (秘密マルチパーティ計算 第 1 部: 総論) と ISO/IEC 4922-2 (秘密マルチパーティ計算 第 2 部: 秘密分散に基づくメカニズム) の 2 件、及び既存規格 2 件の改訂版 (追補) が発行された。以下に最近のトピックとして、耐量子暗号、及び完全準同型暗号に関する検討の状況を紹介する。

##### 4.1 Post-Quantum Cryptography (耐量子暗号)

現在普及して広く使われている RSA 暗号や DSA 署名等は量子計算機が登場すると破られるとされているため、現在、WG 2 では量子計算機にも強い暗号方式である耐量子暗号の標準化について議論が進められている。

本案件は 2015 年 5 月の会合時に議論開始が決定されて寄書募集が行われ、2015 年 10 月の会合から本格的な議論が開始された。耐量子暗号技術はまだ十分に成熟していない技術もあるものの、標準化自体は進めるべきとの合意形成がなされている。標準化案件の事前審議(PWI: Preliminary Work Item)を経て、耐量子暗号の適用範囲や標準化文書のパート構成などの検討を進め、標準化文書案の作成に向けた成熟度を持つ技術の抽出が実施された。その結果、現在は以下のパート構成の Standing Document (SD) 8 が作成されている。SD とは、各 WG で定めた可変要素のあるドキュメント群を指し、一般的な規格文書と区別している。

- Part 1: General
- Part 2: Hash-based signatures
- Part 3: Lattice-based Mechanisms
- Part 4: Coding-based Mechanism
- Part 5: Multivariate Mechanisms
- Part 6: Supersingular Elliptic Curve Isogeny Cryptography

Part 1 (General) は 2020 年 5 月に発行された。Part 2 (Hash-based signatures) に関わる内容は、2018 年 10 月の会合で発行され、2020 年 5 月に更新された。また、Part 3 (Lattice-based Mechanisms) は 2019 年春の会合で発行され、2020 年春の会合で更新された。Part 4 (Code-Based Cryptography), Part 5 (Multivariate Cryptography), Part 6 (Supersingular Elliptic Curve Isogeny Cryptography) は 2020 年 5 月に発行されている。

また、上記の SD の後に、現在 ISO/IEC 18033-2:2006/DAmD 2 (Information technology — Security techniques — Encryption algorithms — Part 2: Asymmetric ciphers Draft Amendment 2) の策定が進められている。ここで、DAmD 2 とは、2<sup>nd</sup> Draft Amendment (修正案第 2 版) のことである。

##### 4.2 完全準同型暗号

完全準同型暗号は 2021 年に ISO/IEC 18033-8 として規格化が開始されたが、2023 年に、完全準同型暗号を ISO/IEC 28033 として単独の規格化(アルゴリズムタイプ毎に分割)が承認されたことにより、規格化が進捗した。現在、ISO/IEC 28033-1 (総論), ISO/IEC 28033-2 (BGV/BFV 系), ISO/IEC 28033-3 (CKKS 系), ISO/IEC 28033-4 (CGGI 系)として審議が進んでいる。

##### 4.3 暗号アルゴリズムに関連する審議内容

- 1) エンティティ認証 (ISO/IEC 9798) (対称暗号, デジタル署名, ゼロ知識等)
- 2) メッセージ認証符号 (ISO/IEC 9797) (ブロック暗号用, 専用汎用ハッシュ関数用)
- 3) ハッシュ関数 (ISO/IEC 10118) (専用ハッシュ関数)
- 4) 鍵管理 (ISO/IEC 11770) (共通鍵, ウィークシークレット, グループ鍵等)
- 5) 否認防止 (ISO/IEC 13888) (一般, 非対称暗号)
- 6) 添付型デジタル署名 (ISO/IEC 14888) (離散対数)
- 7) タイムスタンプサービス (ISO/IEC 18014)
- 8) 素数生成 (ISO/IEC 18032)
- 9) 暗号アルゴリズム (ISO/IEC 18033) (一般, ブロック暗号, 準同型暗号)
- 10) 認証付き暗号化 (ISO/IEC 19772)
- 11) 匿名電子署名 (ISO/IEC 20008) (グループ公開鍵)
- 12) 匿名エンティティ認証 (ISO/IEC 20009) (プライド署名ベース)
- 13) 真正データの墨消し (Redaction of authentic data) (ISO/IEC 23264)
- 14) 完全準同型暗号 (ISO/IEC 28033) (パート 1 からパート 4)
- 15) 軽量暗号 (ISO/IEC 29192) (ブロック暗号, MAC, 放送型暗号)
- 16) チェック文字方式 (IS 7064: 1983)
- 17) 楕円曲線に基づく暗号技術 (ISO/IEC 15946)

- 18) タイムスタンプサービス (ISO/IEC 18014)
- 19) 署名付き暗号化 (ISO/IEC 29150)
- 20) ブラインド署名 (ISO/IEC 18370)
- 21) 暗号利用モード (ISO/IEC 10116)
- 22) 乱数生成 (ISO/IEC 18031)
- 23) 秘密分散 (ISO/IEC 19592)
- 24) メッセージの復元を可能にするデジタル署名 (ISO/IEC 9796)
- 25) 秘密マルチパーティ計算 (ISO/IEC 4922) (パート1, パート2)

## 5. WG4の活動概要 (セキュリティ対策関連)

WG4では、WG1が対象とするISMSを実施・運用する際に必要となる具体的なセキュリティ対策、及びセキュリティサービスの標準化を行っている。以下に、2023年から2024年のWG4における主な成果、活動を紹介する。

### 5.1 IoTセキュリティとプライバシーのための標準化活動

#### 1) IoTセキュリティに関連する国際規格策定の背景

近年、産業界や学界、省庁でIoTの安全な利用が話題になっており、医療、農業、制御系、交通などの重要インフラ産業や家庭・個人でも広く活用されている。特に、IoT機器が一般のネットワークと接続され、プライバシーに関わる情報がクラウドコンピュータなどのバックエンドシステムとやりとりされている。また、一部のIoT機器がマルウェアに感染している現状もあり、IoT環境のセキュリティとプライバシーの検討が急務となっている。

SC27/WG4では、このような背景を踏まえ、IoTの「セキュリティとプライバシー」に関する規格の策定に取り組んでおり、以下の4つの活動を進めている。

- ISO/IEC 27400: Cybersecurity – IoT security and privacy – Guidelines
- ISO/IEC 27402: Cybersecurity – IoT security and privacy – Device baseline requirements
- ISO/IEC 27403: Cybersecurity – IoT security and privacy – Guidelines for IoT-domotics
- ISO/IEC DIS 27404: Cybersecurity – IoT security and privacy – Cybersecurity labelling framework for consumer IoT

#### 2) ISO/IEC 27400: Cybersecurity - IoT security and privacy - Guidelines

この規格は、日本のIoT推進コンソーシアム、経済産業省、総務省による「IoTセキュリティガイドライン」に基づき、2022年6月にISO/IEC 27400として発行された。本規格におけるIoTシステムは、IoTユーザ、IoTサービス開発者(機器の開発者を含む)、IoTサービスプロバイダーの3つの利害関係者によって構成され、規格の第5章では利害関係者とIoT参照体系との関係を図1で示すように整理している。

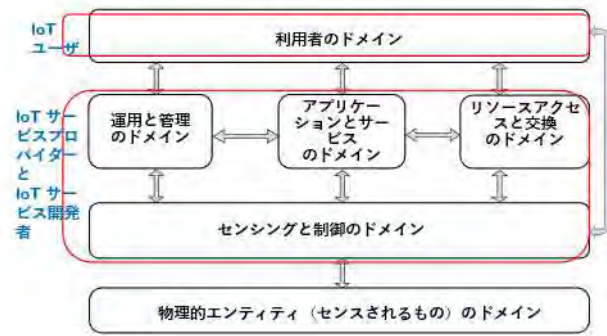


図1 ドメインに基づく参照モデル

第6章では、IoTシステムのリスク源について言及しており、第7章では、各利害関係者の立場から見たセキュリティ対策とプライバシー対策をガイドラインとして記載している。具体的な対策には、セキュリティポリシー、セキュアな設計原則、安全な開発環境、ネットワークの利用、機器の設定と管理、認証、ソフトウェアのアップデート、ライフサイクルに応じた対策、脆弱な機器の管理、サポートサービス、初期設定、安全な廃棄などが含まれる。

この規格には強制力はないが、利害関係者がこれに基づいてIoTシステムを設計・運用・管理することが推奨されている。また、本規格は他のIoT関連規格(ISO/IEC 27402, ISO/IEC 27403, ISO/IEC 27404)からも参照されている。

#### 3) ISO/IEC 27402: Cybersecurity – IoT security and privacy – Device baseline requirements

本規格は、NIST及びETSI(European Telecommunications Standards Institute: 欧州電気通信標準化機構)の既存のガイドラインを下敷きに米国主導で規格案が作成され、2023年11月に発行された。本規格は以下の構成となっている。

- 第1章～3章：スコープ、参照、用語等
- 第4章：概要
- 第5章：要求事項

##### 5.1 IoT機器のポリシーと文書化の要求事項

- 5.1.1 リスクマネジメント
- 5.1.2 情報公開
- 5.1.3 脆弱性開示と対応プロセス

##### 5.2 IoT機器のための要求事項

- 5.2.1 一般
- 5.2.2 構成
- 5.2.3 ソフトウェアリセット
- 5.2.4 利用者データの削除
- 5.2.5 データの保護
- 5.2.6 インターフェースアクセス
- 5.2.7 ソフトウェア/ファームウェアのアップデート

本規格の位置付けは、図2に示すように、規格の基本要求事項が水平方向の基本ベースラインとなり、その上に垂直市場(健康、金融サービス、産業、家電、輸送等)や様々なセ

クター（民間／工業，公共，防衛，国家安全保障等）のアプリケーションで想定される IoT 機器の使用とリスクに対する追加要件を構築できるというものになっている。

セクター A	セクター B	セクター C	セクター D	垂直市場 A	垂直市場 B	垂直市場 C	垂直市場 D
IoT機器のためのICTセキュリティの基本要件							

図 2 特定セクターや垂直市場による潜在的な追加要件との関係

4) ISO/IEC 27403: Cybersecurity – IoT security and privacy – Guidelines for IoT-domotics

この規格は、2019年4月のテルアビブ会議で中国から提案され、同年10月のパリ会議でプロジェクトとして承認された。2022年10月にDIS、2024年3月にFDISを経て、同年6月に発行された。「IoT-domotics」とは、家庭内での娯楽、機器制御、監視などの用途で使われるIoTサービスを指す。

この規格は、ISO/IEC 27400と重なる部分が多いが、IoT-domoticsの特性を抽出し、ISO/IEC 27400の枠組みに沿って追加的なセキュリティとプライバシーのガイドラインを整理している。具体的には、簡単なIoT機器の設定、フェイルセーフ、子供への配慮など、IoT-domoticsに特有の内容が含まれている。また、IoT-domoticsを構成するサブシステムやIoTゲートウェイのためのセキュリティとプライバシーのガイドラインも提供している。

5) ISO/IEC 27404: Cybersecurity – IoT security and privacy – Cybersecurity labelling framework for consumer IoT

本規格は、2021年10月にシンガポールから提案されたもので、ユーザが活用するIoT機器にセキュリティラベルを付与し、機器にどの程度セキュリティ機能が装備されているかを、IoT機器のユーザが把握できるようにする目的（「サイバーセキュリティラベリング」と呼ぶ）で検討が開始された。

現在、CDの審議を終え、DISの段階にあり、2025年を目途に規格化を完了する予定である。

以下に本規格案の概要を示す。

<規格案の範囲>

消費者向けIoT製品のサイバーセキュリティラベリングプログラムを開発・実施するためのサイバーセキュリティラベリングフレームワーク(枠組み)を定義し、以下のトピックに関するガイダンスを含む。

- 消費者向けIoT製品に関連するリスクと脅威
- 利害関係者、役割、責任

- 関連規格とガイダンス文書
- 適合性評価の選択肢
- ラベリング発行及び保守要件
- 相互承認の考慮事項

本規格の対象範囲は、複数の機器が接続されるIoTゲートウェイ、基地局、ハブ、スマートカメラ、テレビ、スピーカー、ウェアラブルデバイス、コネクテッド煙探知機、ドアロック、窓センサー、コネクテッドホームオートメーション、アラームシステム、洗濯機や冷蔵庫等のコネクテッド家電、スマートホームアシスタント、コネクテッド子供用玩具及びベビーモニター等の消費者向けIoT製品に限定される。消費者向けではない製品は、この規格から除外される。除外される機器の例としては、主に製造、ヘルスケア、その他の産業用途を目的としたものがある。

本規格案は、消費者、開発者、サイバーセキュリティラベル発行機関、独立試験機関に適用されるもので、以下の背景、達成の側面、保証の限界等が枠組みとして示されており、最後に日本のIoT製品の適合性評価制度との関連にも触れる。

<規格案策定の背景>

- IoTの脅威状況: 世界的にIoT製品が急増しており、消費者向け製品は市場投入が早く、セキュリティ対策が不十分なことが多い。これにより、広範な攻撃サーフェスが生まれ、サイバーセキュリティリスクが増大している。
- ラベリングの枠組みの必要性: 消費者向けIoTラベリング制度は地域ごとに異なり、国際市場での混乱を招く可能性がある。統一されたラベリング枠組みが必要である。
- 枠組みの意義: このフレームワーク(枠組み)は既存の規格(ETSI EN 303 645, NIST IR 8259など)を整合させ、相互認証を簡素化している。追加の特殊性を提供するラベリングスキームも補完する意義がある。

<成果達成の側面>

- 消費者(IoT製品の利用者): ラベリングにより、消費者はIoT製品のサイバーセキュリティを理解しやすくなる。
- 開発者: ラベリングは製品の差別化とブランド価値の向上に寄与する。
- 経済/エコシステム: ラベリングの互換性により、国際市場でのテスト重複を減らし、コスト削減と市場アクセスの向上を図る。

<保証の限界>

消費者向けIoT製品のラベリングは正式なセキュリティ保証を提供するものではない。高いセキュリティ保証を求めるユーザは、ISO/IEC 15408-1:2022などの正式な評価・認証スキームを検討することが推奨されている。

<日本のIoT製品の適合性評価制度>

日本におけるIoT機器を対象に含む認証制度としては、CC(Common Criteria)認証、産業用認証制度(IEC 62443-4-2に基づくCSA(Component Security Assurance))、CCDSサーティフィケーションプログラムが存在するが、これらの認証制度では、現状のIoT製品のセキュリティ確保が十分に達成で

きない恐れが以下のような視点等から認識されていた。

- 製造者がIoT製品のセキュリティ対策を利用者にアピールできないこと
- セキュリティ対策の担保が不明なIoT製品が国内に広く販売されてしまうこと
- 我が国のIoT製品がグローバルマーケットから弾き出されること

従って、経済産業省としては、我が国における「IoT製品の適合性評価制度構築」に向けて検討を始め、日本版のIoT製品のサイバースキームを構築した。結果、独立行政法人情報処理推進機構（IPA）がスキームオーナーとして2024年9月末にIoTセキュリティ適合性評価及びラベリング制度（JC-STAR）を公開した（2025年春より運用開始予定）。日本におけるラベリングスキーム構築の進捗を受け、SC27/WG4では、日本のスキームをISO/IEC 27404にAnnex B.3 (Cybersecurity Labelling Scheme of Japan)として追記した。

## 5.2 人工知能システムのセキュリティ脅威に対処するためのガイダンス

本項では、AIシステムのセキュリティ脅威に対処するためのガイダンスを提供する新しい規格であるISO/IEC 27090 (Cybersecurity – Artificial Intelligence – Guidance for addressing security threats to artificial intelligence systems) について解説する。

### 1) 規格の背景

AIシステムのセキュリティ脅威に迅速に対処することは、組織の信頼性向上に繋がる。また、技術の進歩に伴い、新たな脆弱性を考慮し、セキュリティ目標を継続的に見直す必要がある。AIシステムには、データポイズニング攻撃やモデルインバージョン攻撃などの特有の脅威が存在し、これらの脅威に対する認識と理解は、AIシステムを保護するために不可欠である。

### 2) AIシステムに対する攻撃の例

- データポイズニング攻撃: 学習データに不要なデータを注入し、望ましくない学習結果を引き起こす攻撃。
- モデルインバージョン攻撃: 学習データの再構成により情報漏えいを促す攻撃。

### 3) 規格のスコープと目次

本規格は、AIシステムに特有のセキュリティ脅威に対処するためのガイダンスを提供する。なお、公共および民間の企業、政府機関、非営利団体など、あらゆる組織に適用可能である。

#### 目次

1. Scope
2. Normative References
3. Terms and definitions
4. Abbreviated terms
5. Application of information security

## 6. Threats to AI systems

- 6.1 General
- 6.2 Data poisoning attack
- 6.3 Evasion attack
- 6.4 Membership inference
- 6.5 Model exfiltration
- 6.6 Model inversion
- 6.7 Direct model poisoning
- 6.8 Direct model theft
- 6.9 Direct training data leak
- 6.10 Model input leak
- 6.11 Sensitive model output
- 6.12 Prompt injection
- 6.13 Output contains injection attacks

## 7. Mitigations and their interactions with threats and other mitigations

- 7.1 Overview
- 7.2 Conflicting interactions of mitigations
- 7.3 Continuity of mitigations across the AI life cycle
- 7.3 Model and Mitigation Deterioration Over Time
- 7.4 Logging and monitoring
- 7.5 Development environment protection
- 7.6 Malicious input detection and filtering
- 7.7 Throttling model use
- 7.8 Obscuring confidence
- 7.9 Attaining a sufficiently small model.

この規格案は現在DISの段階に移行中であり、審議は最終段階となっている。

## 5.3 サイバーフィジカルシステムのためのセキュリティの枠組み

本技術仕様（TS）は、経済産業省で構築した「サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワーク（CPSF）」に基づいて、日本の提案により2020年4月にPWI 5689として議論を開始した。規格策定に貢献する国の数が不足していることが理由で1度目の投票は否決されたが、タイトルを「Security frameworks and use cases for cyber physical systems（サイバーフィジカルシステムのためのセキュリティの枠組とユースケース）」として、再度PWIの審議を行い、2023年10月にNP（新規提案）がTS（技術仕様）として承認され、現在WD3の審議を進めている段階である。

## 5.4 WG4に関連するその他の規格群

WG4では、前述のIoT、AI、CPSに関連する課題以外についても、多数の重要な審議を進めている。以下にそれらの審議課題項目、規格の番号、及び審議状況を示す。

- 修正システムのアップデート(4983) :PWI
- クラウドコンピューティング サービスレベルアグリーメント



(SLA)の枠組み, パート4 PIIのセキュリティと保護の構成要素 (19086-4):PWI

- 機密コンピューティング パート1 (概要と概念) (25093-1):WD (Working Draft:作業草案)
- ビジネス継続のための ICT 準備技術(27031):発行決定
- インターネットセキュリティガイドライン(27032):規格化完了
- ネットワークセキュリティ(27033-7):ネットワーク仮想化セキュリティのガイドライン. 規格化完了
- インシデントマネジメント(27035):パート1, パート2, パート3は規格化完了. また, パート4(Coordination)は, 2024年に規格化完了
- サプライヤー関連セキュリティ(27036):パート3の改版作業完了
- デジタルエビデンスの識別, 収集, 確保, 保全(27037):改版作業なし
- リダクション(墨消し技術)(27038):改版作業なし
- IDPS(侵入検知システム)(27039):改版作業なし
- ストレージセキュリティ(27040):規格化完了
- 仮想化サーバーの設計/実装のためのセキュリティガイドライン(21878):改版作業なし
- 産業用インターネット基盤のためのセキュリティ参照体系(24392):規格化完了
- 仮想化された信頼のルートのためのセキュリティ要件(27070):規格化完了
- 機器とサービス間の信頼接続の構築のためのセキュリティ推奨(27071):規格化完了
- 公開鍵基盤における実践とポリシーの枠組み(27099):規格化完了
- 安全な配備, アップデート, 及びアップグレード(4983):PWI
- データの起源—参照モデル(データ追跡のため)(5181):CD (Committee Draft:コミッティ草案)
- ビックデータセキュリティ・プライバシー, データセキュリティマネジメントの枠組みのためのガイドライン:PWI(中国による NP 提案中)
- ビックデータセキュリティ・プライバシー, マルチデータソースを対象としたセキュリティとプライバシー保持のためのガイドライン(7709):PWI
- エッジコンピューティングセキュリティのためのガイドライン(番号未配布):PWI

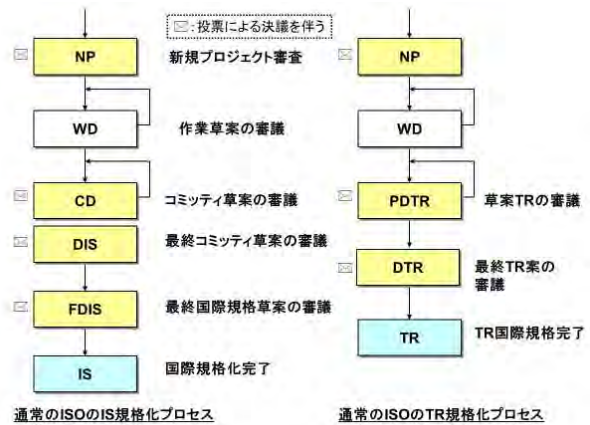
## 6. おわりに

ISO/IEC JTC1/SC 27におけるセキュリティ技術の標準化動向について, 特に ISMS とサイバーセキュリティに関する規格(WG1), 耐量子暗号などの暗号関連の規格(WG2), IoTなどのセキュリティ対策関連規格(WG4)を概観した. 近年のICTの浸透により, セキュリティ技術は広範囲の分野や領域に深く関連している. また, 業界特化型(例えば, 金融や制御系)のセキュリティ技術や, クラウドなど共通基盤とし

て利用されるセキュリティ技術の規格検討が進んでおり, さらに AI, CPS (サイバーフィジカルシステム), ビッグデータなどの環境を想定したセキュリティ規格化活動も活性化している. SC 27における標準化活動が広くビジネスに浸透し, 日本での活用が促進されることを期待したい.

## 附録

規格化の流れを附図1に示し, 本稿で用いた用語の一覧を下記に掲げる. なお, NP (New Project)の前に PWI (Preliminary Work Item)として事前審議を行い, 規格化の内容の精査検討を実施している.



附図1 ISOにおけるIS規格化, TR規格化の流れ

### ・用語一覧

- NP : New Project
- WD : Working Draft
- CD : Committee Draft
- FCD : Final Committee Draft
- FDIS : Final Draft International Standard
- IS : International Standard
- PDTR : Proposed Draft Technical Report
- DTR : Draft Technical Report
- TR : Technical Report



### 中尾 康二

1979年早稲田大学卒業後, 国際電信電話(株)に入社. KDD研究所, KDDI(株)を経て, 現在国立研究法人 情報通信研究機構(NICT)サイバーセキュリティ研究所 主管研究員, 横浜国大 客員教授. ネットワーク及びシステムを中心とした情報セキュリティ技術に関わる技術開発に従事. 電子情報通信学会フェロー, 情報処理学会などの会員.



## 5-4 ISO/IEC JTC 1/SC 28 –オフィス機器–

濱田 信明

(一社) ビジネス機械・情報システム産業協会

### 5-4 ISO/IEC JTC 1/SC 28: Office equipment

Nobuaki HAMADA

Japan Business Machine and Information System Industries Association

#### 1. はじめに

一般的なプリンタ、コピー、プロジェクタなどのオフィス機器に関連した国際標準化は、ISO（国際標準化機構）とIEC（国際電気標準会議）との合同委員会である JTC 1 (Joint Technical Committee 1. Information Technology) /Sub-Committee 28 (以下 SC 28) の担当となっている。SC 28 のスコープ（適応範囲）は Office equipment とされており、複写機・プリンタ・スキャナ・ファクシミリ、プロジェクタ、複合機等、通常のオフィス環境で使用される事務機械およびこれらの組み合わせにより構成されるシステムの用語、基本特性・試験方法、その他これらに関連する事項の標準化を担当している。2015年には、SC 28 の Scope 変更を行い、3D のプリンタ/スキャナも対象に含めることとなった。オフィス機器であるプロジェクタの分野においても、ISO/IEC 21118 「データプロジェクタの仕様書様式」の改訂版が 2020 年に改版された。さらに、サステイナブル要件への対応として、SC 28 下に WG 6 を 2021 年に新規に設立、同年の総会(Plenary meeting)にて承認され、そのスコープを Sustainability requirement, サステイナブル要件として、まずはネット環境下にある事務機器のセキュリティ自己認証に関する標準化の開発を開始した。

Participating member, いわゆる P メンバーとしては、2024 年 9 月現在で合計 11 カ国、Observing member (O メンバー) は 20 カ国で、SC 28 を構成している。また、現在のリエゾン関係については、現状を文末の表 2 に示す。

SC 28 は AG (Advisory Group), WG 2 (Consumables), WG 3 (Productivity), WG 4 (Image Quality Assessment), WG 5 (Office Colour), WG 6 (Sustainability requirement) で構成されており、前述のプロジェクタ等に関する開発は、SC 28 直下で行われている。

SC 28 の幹事国は日本であり、経済産業省の受託事業として、(一社) ビジネス機械・情報システム産業協会 (JB Mia) が事務局を務めている。よって、JB Mia の管轄で ISO や IEC のミラーコミッティとして、SC 28 国内委員会が組織されており、小澁弘明委員長のもと、AGJ (戦略検討とロードマップ)、WG 2J (消耗品)、WG 3J (生産性)、WG 4J (画質評価)、

WG 5J (オフィスカラー) 及び WG 6J (サステイナブル要件) の 6 つの WG を編成して活動している。それぞれのスコープで表されている通り、事務機器自身の性能やパフォーマンスに直接関係する内容を担当しており、いわゆるイールド、プリントスピード、画質評価等について、ユーザーが比較評価できる環境を提供している。

本稿では 2023 年、2024 年の活動を中心に報告する。

#### 2. 各 WG の活動状況

関連国際規格の現状と今後の計画(見通し)を表 1 に示す。

##### 2.1 AG “Advisory Group” (Convenor: Dr. Kwangwoo Lee / Korea)

AG の活動は、SC 28 の中期計画を作成する役割と、SC 28 全体に係わる課題を整理するという活動に分けられる。前者としては、現在と将来のマーケットニーズを分析・予測し、SC 28 の短期・中期ロードマップの策定を行い、新たな標準化課題を発掘することに取り組んでいる。その作業と連携し、後者においては、SC 28 に関連する委員会とリエゾン関係を結び、関連分野の情報収集、調整業務も AG の管轄で実施されている。

2024 年 5 月の AG 及び総会 (Plenary meeting) において、Convenor が Prof. Choon-Woo Kim (INHA 大学) から、Dr. Kwangwoo Lee (韓国 HP 社) へ交代する案が挙げられ、全員から合意を得た。

##### 2.2 WG 2 “Consumables 消耗品” (Convenor: Mr. Paul Jeran / USA)

WG 2 ではインクやトナーカートリッジのイールド (印字可能枚数) 測定方法に関する標準等を策定している。区分けすると、モノクロ及びカラーのインク及びトナー印刷されたカートリッジ毎のイールド (印刷可能枚数) の測定及びそのテストチャートに関する標準化を作成、改訂している。また、一般の印刷とその印刷頻度や印刷する紙の違いから、カラーフォトイールド (ISO/IEC 29102) 及びそのテストチャート (ISO/IEC 29013) も作成、維持管理している。これらはすでに

発行後の定期見直し (Systematic review) を経ており、よって用語やそれぞれの標準の整合性にアップデートが必要とされるため、日本が主体となり改訂への作業を進めている。

また、コピー、プリンタ自身の大容量化、高速化などの仕様の変化に伴い、新規案件として CISS 向けイールド測定に関する検討も始まっている。また、梱包箱や同梱の仕様書などの複雑化への対応として、QR コードの採用も検討開始している。前述の2件は未だに NP 投票前であるが、ユーザーの利便性を考慮し合意形成に向けた話し合いを期待している。

2024年5月のWG2及び総会 (Plenary meeting) において、ConvenorがMr.Paul JeranからMs.Michelle Pangborn (双方ともHP社)へ交代案が挙げられ、全員から合意を得た。

### 2.3 WG 3 “Productivity 生産性” (Convenor: Mr. Brian Mayer / USA)

WG 3では印字速度、スキャン速度などの生産性測定標準のように事務機器本体に関連する標準化の開発、その測定及び表記方法、テストチャートの開発などを担当している。本カテゴリの標準はすでに完成し、技術や仕様の改善に合わせて改版されるものが多い。例として、ISO/IEC 29183 ed.2 : 2021 (単票片面複写生産性)、ISO/IEC 24735 ed.3 : 2021 (複写生産性)、ISO/IEC 24734 ed.3 : 2021 (プリンタ生産性) ISO/IEC 17991 ed.2 : 2021 (Scan 生産性)、ISO/IEC 11160-2 ed.3 : 2021 (クラス3, 4プリンタの仕様書)、ISO/IEC 23385 : 2022 (Single photo printing time) などが挙げられる。また、ISO/IEC CD17629 (First Print Out Time)も現在改訂中である。

### 2.4 WG 4 “Image Quality Assessment 画質評価” (Convenor: 井出 収/日本)

WG4は、主に事務機の画質評価 (Image quality evaluation) に関わる国際標準の報告・審議を実施している。3件の新規国際規格プロジェクト、ISO/IEC 22592-1「カラープリントの画質評価方法」、ISO/IEC 22592-2「カラープリントの幾何特性評価方法」、ISO/IEC 22592-3「カラープリントの耐久性評価方法」の開発、及び発行済み国際規格の定期見直し対応などの活動をおこなっている。上記3つの新規国際規格はいずれも日本が提案国である。ISO/IEC 22592-1及び2については、それぞれ2024年1月24日に発行されISO/IEC 22592-3については、DISが終了した段階となっている。

### 2.5 WG 5 “Office Colour オフィスカラー” (Convenor: 仲谷 文雄/日本)

WG5は、プリンタ、スキャナ、複写機等のオフィス機器にオフィス機器におけるカラーマネジメントに関するISO/IEC規格をしんぎしている。現在活動中の案件として、ISO/IEC 17823 改定 - “Colour terminology for office colour equipment” Revisionは、日本がエディターを担当し2015年に発行された初版の改定作業を進めている。6月締め切りで

実施されたDIS投票の結果、反対票なしで承認されたため、ISとして出版される運びとなった。また、ISO/IEC PWI 18733 - “Method of specifying charts for testing reproduction of multifunction imaging devices”は、2022年6月のSC28総会にてPWIプロジェクトとして登録が承認され、日本がエディターを担当しNP提案に向けた準備を進めている。

### 2.6 WG 6 “Sustainability requirements サステイナブル要件” (Convenor: 大泉 政浩氏)

WG6Jは、セキュリティガイドラインの国際標準化 (ISO/IEC 7184)においてJBMIA情報セキュリティ委員会と緊密に連携し中心的な役割を担ってきた。2024/2/2に国際標準としてISが発行された。

AGJからのサーキュラーエコノミーに関する新規議論の始動提案にWG6Jも参画。WG6Jから吉田氏がプロジェクトエディターとしてアサインされ、米国とともにWG6でTS22983を進めることになった。一旦WDまで進んだが、方向性を再度確認する為に、2024年5月のWG及び総会では、一旦PWIまで戻すことで各国から合意された。

## 3. おわりに

これまでSC28では製品性能の比較を可能にする標準化 (印刷可能枚数、印刷スピード、画質評価などの領域)を進めてきたが、その分野もほぼ満たされつつあり、現状では技術の進歩に合わせた語句の更新や補足といった作業、並行してそのJIS化に向かいつつある。また一方で先述のWG6の立ち上げにみられる通り、産業界としても協調領域であるサステイナブル要件への対応が求められている。よって今後はオフィス機器における協調領域への対応、具体的にはセキュリティや環境といった社会課題への解決の一助となる標準化開発を進めたいと考えている。



濱田 信明

慶応義塾大学法学部政治学科卒業。  
1990年 セイコーエプソン (株) 入社。  
現在 (一社) ビジネス機会・情報システム産業協会へ出向中。2020年よりISO/IEC JTC 1/SC 28の国際幹事に就任。

表 1 発行済の関連国際規格の現状 (2024年3月時点)

規格番号	発行	規格名称	対応 JIS
ISO/IEC 7184 :2024	2024年2月	Office equipment — Security requirements for hard copy devices (HCD) — Part 1: Definition of the basic requirements	
ISO/IEC 10561:1999	2009年5月	Information technology -- Office equipment -- Printing devices -- Method for measuring throughput -- Class 1 and Class 2 printers	
ISO/IEC 10779:2020	2020年5月	Information technology -- Office equipment accessibility guidelines for elderly persons and persons with disabilities	X 8341-5
ISO/IEC 11160-1:1996	1996年8月	Information technology -- Office equipment -- Minimum information to be included in specification sheets -- Printers -- Part 1: Class 1 and Class 2 printers	
ISO/IEC 11160-2:2021	2021年7月	Information technology -- Office equipment -- Minimum information to be included in specification sheets -- Printers -- Part 2: Class 3 and Class 4 printers	B 9527
ISO/IEC 14473:1999	1999年4月	Information technology -- Office equipment -- Minimum information to be specified for image scanners	
ISO/IEC 15404:2000	2000年7月	Information technology -- Office machines -- Minimum information to be included in specification sheets -- Facsimile equipment	
ISO/IEC 15775:2022	2022年12月	Information technology -- Office machines -- Method of specifying image reproduction of colour copying machines and multifunction devices with copying modes by printed test charts	X 6933
ISO/IEC 17629:2014	2014年6月	Information technology -- Office equipment -- Method for measuring first print out time for digital printing devices	
ISO/IEC 17823:2015	2015年9月	Information technology -- Office equipment -- Colour terminology for office colour equipment	
ISO/IEC 17991:2021	2021年1月	Information technology -- Office equipment -- Method for measuring scanning productivity of digital scanning devices	
ISO/IEC 18050:2006	2006年2月	Information technology -- Office equipment -- Print quality attributes for machine readable Digital Postage Marks	
ISO/IEC 19752:2017	2017年1月	Information technology -- Office equipment -- Method for the determination of toner cartridge yield for monochromatic electrophotographic printers and multi-function devices that contain printer components	X 6931
ISO/IEC 19798:2017	2017年1月	Information technology -- Office equipment -- Method for the determination of toner cartridge yield for colour printers and multi-function devices that contain printer components	X 6932
ISO/IEC 19799:2007	2007年3月	Information technology -- Method of measuring gloss uniformity on printed pages	
ISO/IEC 21117:2012	2012年6月	Information technology -- Office equipment -- Copying machines and multi-function devices -- Information to be included in specification sheets and related test methods	
ISO/IEC 21118:2020	2020年2月	Information technology -- Office equipment -- Information to be included in specification sheets -- Data projectors	X 6911
ISO/IEC TR 21565 :2018	2018年2月	Information technology -- Office equipment -- Viewing environment guideline for office equipment	
ISO/IEC 22505:2019	2019年12月	Information technology — Method for the determination of ink cartridge yield for monochrome inkjet printers and multi-function devices that contain inkjet printer components	
ISO/IEC 22592-1 :2024	2024年1月	Office equipment — Print quality measurement methods for colour prints — Part 1: Image quality measurement methods	
ISO/IEC 22592-2 :2024	2024年1月	Office equipment — Print quality measurement methods for colour prints — Part 2: Registration and magnification accuracy	

ISO/IEC 22954:2022	2022 年 5 月	Information Technology - Office Equipment - Automated Colour Profile Distribution	
ISO/IEC TR 22981 :2020	2020 年 6 月	Information technology — Office equipment — Guidelines for the development of an ontology (vocabulary, components and relationships) for office equipment	
ISO/IEC 23385:2022	2022 年 7 月	Information technology — Office equipment — Method for measuring single photo printing time for digital printing devices	
ISO/IEC 24700:2005	2005 年 7 月	Quality and performance of office equipment that contains reused components	X 6912
ISO/IEC 24711:2021	2021 年 1 月	Method for the determination of ink cartridge yield for colour inkjet printers and multi-function devices that contain printer components	X 6937
ISO/IEC 24712:2007	2007 年 12 月	Colour test pages for measurement of office equipment consumable yield	X 6938
ISO/IEC 24734:2021	2021 年 4 月	Information technology -- Office equipment -- Method for measuring digital printing productivity	X 6940
ISO/IEC 24735:2021	2021 年 4 月	Information technology -- Office equipment -- Method for measuring digital copying productivity	X 6939
ISO/IEC 24790:2017	2017 年 2 月	Information technology -- Office equipment -- Measurement of image quality attributes for hardcopy output -- Monochrome text and graphic images	
ISO/IEC 24790:2017/Amd1 :2022	2022 年 10 月	Information technology — Office equipment — Measurement of image quality attributes for hardcopy output — Monochrome text and graphic images — Amendment 1	
ISO/IEC 29102 :2023	2023 年 10 月	Information technology -- Office equipment -- Method for the determination of ink cartridge photo yield for colour printing with inkjet printers and multi-function devices that contain inkjet printer components	
ISO/IEC 29103:2011	2011 年 4 月	Information technology -- Office equipment -- Colour photo test pages for measurement of ink cartridge yield for colour photo printing	
ISO/IEC 29112:2018	2018 年 11 月	Information technology -- Office equipment -- Test charts and methods for measuring monochrome printer resolution	
ISO/IEC 29142-1 :2021	2021 年 8 月	Information technology -- Print cartridge characterization -- Part 1: General: terms, symbols, notations and cartridge characterization framework	
ISO/IEC 29142-2 :2013	2013 年 3 月	Information technology -- Print cartridge characterization -- Part 2: Cartridge characterization data reporting	
ISO/IEC 29142-3 :2013	2013 年 2 月	Information technology -- Print cartridge characterization -- Part 3: Environment	
ISO/IEC 29183: 2021	2021 年 4 月	Information technology -- Office equipment -- Method for measuring digital copying productivity of a single one-sided original	
ISO/IEC TR 29186 :2012	2012 年 7 月	Information technology -- Office equipment -- Test method of colour gamut mapping algorithm for office colour softcopy and hardcopy	

表 2 JTC 1/SC 28 と Liaison 関係にある組織一覧 (2024 年 3 月時点)

Liaison Committees from ISO/IEC JTC 1/SC 28	
Reference	Title
IEC/TC 100	Audio, video and multimedia systems and equipment
ISO/IEC JTC 1	Information technology
ISO/IEC JTC 1/SC 27	Information security, cybersecurity and privacy protection
ISO/IEC JTC 1/SC 41	Internet of things and digital twin
ISO/TC 42	Photography
ISO/TC 46/SC 10	Requirements for document storage and conditions for preservation
ISO/TC 130	Graphic technology
ISO/TC 171	Document management applications
ISO/TC 171/SC 1	Quality, preservation and integrity of information
ISO/TC 171/SC 2	Document file formats, EDMS systems and authenticity of information

Liaison Committees to ISO/IEC JTC 1/SC 28	
Reference	Title
IEC/TC 100	Audio, video and multimedia systems and equipment
ISO/IEC JTC 1/SC 27	Information security, cybersecurity and privacy protection
ISO/TC 6	Paper, board and pulps
ISO/TC 42	Photography
ISO/TC 130	Graphic technology
ISO/TC 171/SC 2	Document file formats, EDMS systems and authenticity of information

## 5-5 ISO/IEC JTC 1/SC 29 —マルチメディア符号化—

渡邊 修

拓殖大学

### 5-5 ISO/IEC JTC 1/SC29: Multi-media Coding

Osamu WATANABE

Takushoku University

#### 1. はじめに

ISO/IEC JTC 1/SC 29 は Coding of Audio, Picture, Multimedia and Hypermedia Information というタイトルのもとで、音声、画像、マルチメディア・ハイパーメディア情報の符号化を研究対象とする標準化機関であり、最新の高性能符号化標準の作成や、様々な用途に応じた付加機能の導入により、幅広いアプリケーションに対応できる標準の策定を行っている。

1991年にSC 2の画像符号化関連WGが、SC 29として独立した時点では、WG 9(JBIG)、WG 10(JPEG)、WG 11(MPEG)、WG 12(MHEG)の4つのWorking Groupで構成されていた。1993年11月にWG 9、WG 10が合併してWG 1となり、2001年にMHEGが活動を停止して、WG 1(JPEG)とWG 11(MPEG)の2WGとなったが、2020年6月の第36回SC29総会でSC29内のWGの再編が行われ、MPEGはWG 2~WG 8の7WGに分割され、JPEGを含め8つのWG、4つのAG(Advisory Group)という新体制へと移行した。本稿では、2023年以降の2年間についてSC29の活動を紹介する。なお、以下では規格タイトル先頭の“Information technology”を省略する。

#### 2. SC 29 レベルの活動

SC 29は2024年12月現在P(Participating)-メンバ 30カ国、O(Observing)-メンバ 18カ国で構成されている。2022年以降、Oメンバが2カ国増加している。1991年の設立以来、幹事国を日本が継続して担当しており、コミッティーマネージャも幹事国である日本が担当している。その主な参加国は日本、米国、英国、ドイツ、フランス、オランダ、スイス、イタリア、オーストラリア、ベルギー、ポルトガル、中国、韓国などである。最近のSC29のプレナリ会合は年2回の頻度で行われている。現在、日本からは延べ11名がプロジェクトエディタを引き受けている。

#### 3. WG 1の活動

##### 3.1 概況

2020年初頭より始まった新型コロナウイルス流行の影響を受け、2020年4月会合から、2022年10月会合まで全ての会議がVirtual開催となっていたが、2023年1月のシドニー会合より対面での開催が再開された。

2023年以降の2年間での大きなニュースは、深層学習を要素技術とする静止画像符号化方式であるJPEG AI (ISO/IEC 6048) および、生成AIを取り巻くデジタルメディアの真正性を担保するためのフレームワークを規定するJPEG Trust (ISO/IEC 21617)の標準化が完了したことである。

##### 3.2 JPEG AI

JPEG AIは深層学習をベースに、単に画像データを圧縮するだけでなく、その中間表現を超解像やノイズ除去、物体認識等のコンピュータビジョン(CV)タスクへの入力として利用可能にすることを目標に掲げている。本原稿執筆時点では、基本的な圧縮機能のみがversion 1として標準化完了の段階にあり、超解像、ノイズ除去、CVタスクとの連携は、version 2として作業が進められる予定である。JPEG AIの標準化開始当初は、end-to-endで現実的な演算量に収まるのかという疑問があったが、関係各位の努力により、現在ではスマートフォンを用いたデモが動作するところまで、低演算量が進んでいる。なお、標準化が完了したのは基本方式となるPart 1であり、現在、Part 2(プロファイルとレベル)、Part 3(参照ソフトウェア)、Part 4(適合性試験)、およびPart 5(ファイルフォーマット)がそれぞれ審議中である。

##### 3.3 JPEG Trust

生成AIを用いた様々なサービスが展開されている現在、デジタルメディアの真正性を、その内容から人間が判断することが困難になりつつある。この問題について、フェイクメディアに代表されるような深刻な社会問題を招く恐れが指摘されている。JPEG Trustは、静止画像を中心とするデジタルメディアの流通において、真正性を担保するためのフレームワークを規定する国際標準である。JPEG Trustでは、コンテンツの出自情報(Provenance)と、コンテンツに関連する各種メタデータ、さらにコンテンツそのものからTrust Indicatorを抽出し、Trust Profilesとして定義される真正性のための諸条件に照らし合わせてTrust Reportを出力する。各処理には、JUMBF(JPEG Universal Metadata Box Format, ISO/IEC 19566-5)フォーマットが用いられる。また、出自情報の形式はコンテンツの出自情報・来歴に関する技術の標準化団体であるC2PA(Coalition for Content Provenance and Authenticity)との互換性を有する。C2PAには、Adobe、Sony、Qualcom、



Meta, Leica, OpenAI 等, 業界をリードする企業が参画しており, C2PA との互換性を有することが, JPEG Trust にとっても大きな意味を持っている. さらに, 真正性担保のための情報は, JPEG Privacy and Security (ISO/IEC 19566-4) に準拠した方法(暗号化など)で適切なセキュリティが付与される. JPEG Trust に準拠した出自情報の埋め込みは, 各カメラメーカーがサポートを表明しており, 将来の製品に搭載の予定である.

### 3.4 その他

ここでは, WG 1 内におけるその他の規格について概説する. JPEG 2000 (ISO/IEC 15444) では, JPEG 2000 コードストリームのインタラクティブな通信プロトコルを規定する Part 9 (JPIP, ISO/IEC 15444-9) の第3版として, HTTP/3 プロトコルのサポートの追加が承認され, 現在審議中である. JPEG XL (ISO/IEC 18181) は, 2024 年に Apple 社の各種製品でサポートが開始された. 現在は, HDR 画像のための Gain map 方式のサポート追加が議論されている. ライトフィールド, ポイントクラウド, ホログラフィといった新しいモダリティに対応する JPEG Pleno 規格群においては, ホログラフィ (ISO/IEC 21794-5) が出版され, また, ポイントクラウド (ISO/IEC 21794-6) は FDIS 段階に到達した. ポイントクラウドへの技術提案は, 学習ベースであったため, 規格化作業は JPEG AI と同期するスケジュールを取っている. 現在, ライトフィールド (ISO/IEC 21794-2) の第2版, およびこれらのモダリティに対する品質評価方法が審議中である. また, 画質評価指標および評価手法を規定する AIC (Advance Image Coding and Evaluation, ISO/IEC 29170) では, Part 3, 4 としてそれぞれ主観・客観評価手法の議論が行われている.

### 3.5 探索プロジェクト

WG 1 には, 正式に承認されたプロジェクトとは別に, 将来の課題を探索する目的で, いくつかの探索プロジェクトが存在する. 2024 年12月現在の探索プロジェクトは JPEG DNA, JPEG XE, JPEG RF の3つである.

JPEG DNA は, デジタル画像の超長期保存 (コールドストレージ) 向けに, DNA を利用した記録方式の実用可能性の探索のためのプロジェクトである. DNA の構成要素はアデニン(A), グアニン(G), シトシン(C), チミン(T)の4種のたんぱく質からなる2重らせん構造の塩基配列である. これを4値で情報記録するシステムとして利用することにより, DNA は, HDD や SSD などと比較して優れた記録密度と圧倒的な安定性をもつ記録メディアと考えることができ, その記録密度は数百 Pbytes/g にもなるとの報告がある<sup>1)</sup>. 一方で, DNA へのデータの書き出しや DNA からのデータの読み取りのコストが高いこと, 人工 DNA であることによる倫理的な問題など, クリアすべき課題が山積している. JPEG DNA は, 2025 年1月に正式プロジェクト (ISO/IEC 25508) として認められ, Part 1 (Core Coding System) が CD 段階を迎えている. Part 1 では, バイナリ領域でのデータ圧縮方法を規定せず, DNA の生化学

プロセスで生じるノイズへの耐性を備えるための各種符号化方法が規定される予定である.

JPEG XE は, イベントベースビジョンセンサ (Event based Vision Sensor: EVS) からの信号を効果的に圧縮するための方式を探索するプロジェクトである. EVS は, 従来の CCD/CMOS センサと異なり, ピクセルの輝度が変化したことを「イベント」として捉え, その輝度変化量, 座標, 時刻を出力するセンサであり, 非常に高いフレームレートの特徴とする. EVS の出力データの性質は, 従来のイメージセンサのそれとは根本から異なるため, その符号化にも異なるアプローチが要求される. 現在, 第1段階として, ロスレス符号化に絞った議論が行われている.

2020 年に, NeRF (Neural Radiance Fields)<sup>2)</sup>が, 異なる角度から撮影された複数枚の画像から, 深層学習を用いて自由視点映像を構成する技術として発表された. 2023 年には, 同様の技術として 3D Gaussian Splatting が発表された<sup>3)</sup>. JPEG RF は, これらの技術が共通して扱うモダリティである Radiance Fields について, その効果的な符号化手法を探索するためのプロジェクトである. 現在, ユースケースや関連技術の調査, 共通実験条件の策定について議論が行われている.

## 4. MPEG 関連 WGs (WG2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) の活動

### 4.1 歴史と概況

MPEG では当初, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 という一連の符号化シリーズを標準化し, 続いて, 画像検索を対象とする MPEG-7 の標準化, 知的財産権の保護や, 各種オブジェクトへのアクセスが可能なデジタルマルチメディアフレームワークを実現する MPEG-21 などの標準化を進めた. その後, これらと並行して MPEG 規格の各種ツールを組合せた MPEG 標準のアプリケーションフォーマット(AF)を規定する MPEG-A (マルチメディアアプリケーションフォーマット: 23000 シリーズ), 各種の MPEG 規格で共通して利用可能な MPEG 標準のシステムツールを規定する MPEG-B (MPEG システム技術:23001 シリーズ), ビデオツールを規定する MPEG-C (MPEG ビデオ技術:23002 シリーズ), オーディオツールを規定する MPEG-D (MPEG オーディオ技術:23003 シリーズ)を規定し, これまでの MPEG 標準に共通な改訂をこれらの規格に集約することを狙った. さらにその後, MPEG-E (MPEG マルチメディアミドルウェア: 23004 シリーズ), MPEG-V (MPEG メディアコンテキストと制御: 23005 シリーズ), MPEG-M (第1版 MPEG extensible middleware; 第2版 Multimedia service platform technologies: 23006 シリーズ), MPEG-U (リッチメディアユーザーインタフェース: 23007 シリーズ), MPEG-H (High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments: 23008 シリーズ), MPEG-DASH (Dynamic adaptive streaming over HTTP: 23009 シリーズ), MPEG-I (Coded Representation of Immersive Media: 23090 シリーズ), MPEG-CICP (Coding-independent code points:

23091 シリーズ), MPEG-G (Coded Representation of Genomic Information: 23092 シリーズ), MPEG-IoMT (Internet of Media Things: 23093 シリーズ), MPEG-5 (General video coding: 23094 シリーズ) を規定している。

第1章で述べた SC29 の再編により, 従来の MPEG (WG 11) は, WG 2~WG 8 の7つの WG に分割され, 上記の各プロジェクトも関連する WG による作業体制へと移行した。各 WG のタイトルを表 1 に示す。WG5 については 2023 年にタイトルの修正が行われた。以下では SC29 の国内委員会報告<sup>4)</sup>を参照し, 最近の活動の概要を報告する。

#### 4.2 ビデオ符号化 (WG4, 5)

MPEG-1, MPEG-2, AVC(ISO/IEC 14496-10), HEVC(ISO/IEC 23008-2)と続いてきたビデオ符号化については HEVC の性能をさらに上回る符号化方式をめざし ITU-T SG16/WP3 と ISO/IEC SC29 WG11 (当時)とが設立した, Joint Video Experts Team (JVET) の下で VVC (Versatile Video Coding) の検討が 2018 年 4 月から開始された。現在は WG 5 が担当している。

VVC は 2020 年 7 月に version 1 の FDIS が発行され, 2022 年 1 月に version 2 が完了し, その後, ISO/IEC 23090-3:2024 (Coded representation of immersive media Part 3: Versatile video coding)が発行されている。VVC は HEVC に対し 4K 動画像を使用した客観画質評価で 40%, 主観画質による評価ではほぼ 2 倍の性能向上を果たしており, する HEVC に対演算量の目安はエンコード時間が約 8.1 倍, デコード時間が約 1.5 倍とされている。HEVC はスマートフォンでの採用が進んでいるほか, UHD TV (4K 画像以上かつ広色域の超高精細テレビ) などでも使用の見込みである。VVC (H.266) は 2023 年 7 月に, 総務省による『次世代地デジ放送』仕様策定で採用され, UHD8K や 5G での応用も期待されている。

WG 4 では, MPEG-I Visual Technology として, 3DoF (Degree of Freedom)+, 6DoF, 高密度光線空間 (Lenslet Video Coding: LVC) に関わる標準化作業を行っている。3DoF+, 6DoF に関しては, 多数のテクスチャとデプスから構成される多視点映像において, 視点削減や画素のブルーニング等, データ削減の前処理を伴うフレームワークを前提に, 前処理に関わる復号・合成に必要とされるメタデータの規格化を行っている。現在 ISO/IEC 23090-12: Edition 1, 2023 (Coded representation of immersive media Part 12: MPEG immersive video)が発行されているが, 続いて新 Edition の ISO/IEC 23090-12 DIS の発行が予定されている。また, MPEG-5 General Video Coding では, Part 1: Essential Video Coding (EVC: HEVC を採用できないユーザ向けの代替規格)に関して ISO/IEC 23094-1:2020 (General video coding Part 1: Essential video coding)と, その Amd 1: 2023 (Green metadata supplemental enhancement information)が発行されている。また Part 2: Low Complexity Enhancement Video Coding (LCEVC: 既存コーデックに対し空間スケーラビリティを実現する拡張レイヤの標準)に関しては ISO/IEC

表 1 MPEG の WGs

WG #	Title
WG 2	MPEG Technical requirements
WG 3	MPEG Systems
WG 4	MPEG Video coding
WG 5	MPEG Joint Video Experts Team with ITU-T SG 16
WG 6	MPEG Audio coding
WG 7	MPEG 3D Graphics coding
WG 8	MPEG Genomic coding

23094-2:2021 (General video coding Part 2: Low complexity enhancement video coding)とその Amd 1: 2024 (Additional levels)が発行されている。

#### 4.3 システム (WG 3)

WG 3 では既存の MPEG 標準に関するファイルフォーマットのメンテナンスや, MPEG Media Transport (MMT), Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH)などのトランスポート, AR/VR 市場のためのシーン記述, ハプティクス (触覚フィードバック) などに関する標準化を担当している。

まず, AR/VR/XR の市場拡大, IoT やクラウドサービスの興隆などに呼応し, 米国の非営利団体である Khronos や W3C などと連携して Immersive Media (ISO/IEC 23090)の規格化が進められている<sup>4)</sup>。3D CG のシーン記述は Khronos の glTF をベースに vendor extension として規格化が進められ, ISO/IEC 23090-14:2023 (Coded representation of immersive media Part 14: Scene description) が発行された。ゲームエンジンを利用したアーキテクチャの検討も進められており ISO/IEC DTR 23090-27 (Coded representation of immersive media Part 27: Media and architectures for render-based systems and applications)が審議中である。Haptics の符号化やゲームエンジンの利用についても ISO/IEC 23090-31 (Coded representation of immersive media Part 31: Haptics coding) が出版準備中である。MPEG-7 関係ではマルチメディア向けディープニューラルネットワーク (DNN) パラメータを圧縮符号化しネットワーク上で伝送しやすくするための規格 ISO/IEC 15938-17: Edition 2, 2024 (Multimedia content description interface Part 17: Compression of neural networks for multimedia content description and analysis SO/IEC 15938-17)が発行され, ISO/IEC 15938-18:2023 (Multimedia content description interface Part 18: Conformance and reference software for compression of neural networks)が発行された。

#### 4.4 オーディオ符号化 (WG 6)

WG 6 では, 従来のステレオ音声 (2D Audio, MPEG-I Layer 3 や AAC 等) に加え, より臨場感のある音場再生のための 3D Audio (MPEG-H 3D audio) に関する標準化が進められている。現在 ISO/IEC 23008-3:2022: Edition 3 (High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments Part 3: 3D audio)が

発行されているが ISO/IEC DIS 23008-3 が間もなく発行予定である。MPEG-H 3D audio は、欧州やアジア、南米の放送規格での採用が進んでおり、国内でも、ARIB において高度地上デジタルテレビジョン放送規格の音声符号化方式の候補として、検討が進められている。

VR/AR などを活用した仮想空間における視聴者の自由な移動に対応した音再生については ISO/IEC DIS 23090-4(Coded representation of immersive media Part 4: MPEG-I immersive audio) の規格化が進められている。また、ISO/IEC 14496-3 MPEG-4 Audio の ALS (Audio lossless coding) の新レベル (最大 8 チャンネル・192kHz サンプリング) に対応した ISO/IEC 14496-26:2024 (Coding of audio-visual objects Part 26: Audio conformance) が発行された。さらに、ISO/IEC 23003-4 MPEG-D DRC 第 2 版と、その Amd 1・Amd 2 を統合し、新たに第 3 版が発行された。

また、機械による音響解析に用いる Audio Coding for Machine について Work plan が作成された。今後 Call for Evidence を発行し、想定するユースケースや技術のフレームワークの妥当性を検証していく予定である。

#### 4.5 その他 (WG 7, 8)

WG 7 では主に 3 次元の点群 (Point Cloud) あるいは Mesh データからなる空間映像 (Volumetric Video) の符号化 (ISO/IEC 23090 シリーズ) について標準化を行っている。2D ビデオへの投影による空間映像伝送方式である Part 5: Visual Volumetric Video-based Coding (V3C) and Video-based Point Cloud Compression (V-PCC) は 2023 年に Edition 1 が発行され、間もなく Edition 2 が発行予定である。任意の点群映像に対する圧縮伝送方式である Part 9: Geometry-based Point Cloud Compression (G-PCC) は 2023 年に発行され、V3C を拡張し視差付き全天周映像をサポートする Part 12: MPEG Immersive Video は、2023 年に発行され次の Edition が DIS 段階である。

近年、物体の 3 次元構造を伴った動画データデータの取得が容易になりつつある。このようなデータとして、Point Cloud に加え、カメラアレイから時系列データとして生成された Dynamic Mesh がある。既存の Video coding を用いた Dynamic Mesh 符号化の規格化である ISO/IEC 23090-29 Video-based dynamic mesh coding (V-DMC) は現在 DIS 段階にあり、Part 30: Low-latency Low-complexity LiDAR Coding も DIS 段階にある。

WG 8 では遺伝子情報表現の高効率符号化のための標準化 (MPEG-G, ISO/IEC 23092) を行っている。遺伝子情報の保存、伝送、セキュリティ保護について、MPEG がこれまで蓄積してきた符号化技術群と Know-How が活用できるとの見込みから、標準化作業は遺伝子情報処理関係の ISO 内の TC 276 (Biotechnology) および TC 215 (Health Informatics) と連携しつつ進められている。ISO/IEC 23092-3:2022 (MPEG-G, Metadata and application programming interfaces (APIs)) が発行されたが ISO/IEC FDIS 23092-3 が間もなく発行予定である。

## 5. むすび

AI の有用性が、研究レベルから実用レベルに達し、JPEG、MPEG とも、AI 利用を前提とする標準化に取り組みざるを得ない状況となった。本来、技術の標準化は、その技術の互換性・相互運用性を担保する代わりに、ある時点での技術仕様凍結をもたらす。AI、すなわち「学習」の真価は、想定外の入力に対しても然るべき出力が期待できるロバスト性にあるが、そこにモデルの動的な更新が伴う点で、技術の凍結を意味する標準化との相性が良いとは言えない。それ故、AI ベースの画像符号化技術の標準化では、何をどこまで標準化するかという問いに、従来とは別の視点からの議論が必要となる。また、NeRF や 3DGS のように、AI ベースの技術が用いられる分野は拡大の一途をたどっているが、AI に基づくシステムは計算複雑性が高く、大量の電力消費が想定される。標準化プロジェクトにおいては、これまでも提案方式の複雑度を評価には加えていたが、マルチメディア分野の持続的な発展のためには、採用製品に要求される電力に対する評価の優先順位を上げるべき時期にさしかかっているとみえよう。

### 参考文献

- 1) Y. Erlich and D. Zielinski, "DNA Fountain enables a robust and efficient storage architecture," Science, 03, Mar. 2017, Vol.355, Issue 6238, pp.950–954 (2017).
- 2) Mildenhall, Ben, et al. "Nerf: Representing scenes as neural radiance fields for view synthesis." Communications of the ACM 65.1 (2021): 99-106.
- 3) Kerbl, Bernhard, et al. "3D Gaussian splatting for real-time radiance field rendering." ACM Trans. Graph. 42.4 (2023): 139-1.
- 4) <https://itsecj.ipsj.or.jp/committee-activities/report/SC29-2023.html>



渡邊 修

1999 年 東京都立大学工学部卒業。2004 年同大学大学院電気工学専攻博士課程修了。博士 (工学)。同年 拓殖大学工学部助手。現在 同教授。2010 年 2 月より情報規格調査会 WG1 小委員会 (現 JPEG 小委員会) 委員。2020 年 7 月より同主査。ISO/IEC 15444-1 (JPEG 2000 Part 1) 4th Edition, ISO/IEC 15444-2 (JPEG 2000 Part 2 Extensions) 3rd Edition, ISO/IEC 15444-4 (JPEG 2000 Part 4, Conformance Testing) 4th Edition, ISO/IEC 15444-5 (JPEG 2000 Part 5, Reference Software) 3rd Edition, ISO/IEC 15444-15 (JPEG 2000 Part 15, High-Throughput JPEG 2000), ISO/IEC 19566-9 (JPEG Systems Part 9) co editor。2018 年 9 月 Vrije Universiteit Brussels (ベルギー) 客員研究員 (～2019 年 9 月)。2019 年、2024 年情報規格調査会 国際規格開発賞、2020 年 同会 標準化貢献賞受賞。

## 5-6 ISO/TC42/WG18, 20, 23, 26, 28 —デジタル写真分野—

永田 徹

ISO/TC 42/WG18・JWG23・WG28 エクスパート, WG18 コンビナーサポートチーム

### 5-6 ISO/TC42/WG18, 20, 23, 26, 28 : Digital Photography

Toru NAGATA

ISO/TC 42/WG18, JWG23, WG28 Expert, WG18 Convenor Support Team member

#### 1. はじめに

ISO/TC42 - Photography は 1947 年の ISO 発足と同時に作られた写真技術を対象とする技術委員会である。傘下の作業部会 (Working Group: WG) は、銀塩写真関連に始まりデジタル写真関連に至るまで複数存在する。

デジタル写真分野では、WG18 がカメラを含むデジタル写真に関する規格を、Joint Working Group (JWG) 20, 23 が画像用の色に関する規格を、更に JWG26 が美術品などのデジタルアーカイブに関する規格をそれぞれ取り扱う。更に、マシンビジョン用カメラの仕様・測定方法を扱う WG28 が 2024 年に設立された。

WG18 および WG28 は TC42 内の単独 WG としてデジタル写真全般を審議し、JWG20 は IEC/TC100 と、JWG23 は ISO/TC130 と、JWG26 は ISO/TC46/SC11, ISO/TC171 とそれぞれ共同で審議を行う。

本稿では、これらの WG で審議されている規格の中から主要な規格について最近 2 年間の進捗概要をレビューし、規格化動向を紹介する。

#### 2. 進捗概要

ISO の規格制定は、NP (New work item Proposal) → WD (Working Draft) → CD (Committee Draft) → DIS (Draft International Standard) → FDIS (Final Draft International Standard) → IS (International Standard) → SR (Systematic Review : 5 年毎に確認・廃止・改訂の選択) のプロセスを経る。また発行文書には、国際標準 (IS) 以外に、標準規格ではない技術仕様書 (TS, Technical Specification)、および、技術報告書 (TR, Technical Report) 等があり、短縮された審議プロセスが用いられる。

前回報告において主たる進捗として報告した案件の多くがその後の 2 年間に発行された。それらを以下に列記する。

**ISO 12231-1 用語 (改訂)**

**ISO 12233 解像度測定方法 (改訂)**

**ISO 15739 ノイズ測定方法 (改訂)**

**ISO TS 17321-4 可変光源 (改訂)**

**ISO TS 20490 AF 繰り返し精度測定方法 (新規)**

**ISO 22028-3 RIMM RGB (改訂)**

**ISO 22028-4 eciRGB (改訂)**

**ISO TS 22028-5 スチル画像用 HDR カラー符号化**

スマートフォン搭載カメラを中心として拡大する撮影方法をカバーする新規提案と、発行済の現行測定標準の改訂提案は現在進行中の技術審議の中心を占めている。特にデバイスやソフトウェアへの実装が進む、実シーンの広い輝度域を撮影・表示するための High Dynamic Range (HDR) 画像に関する案件に対して技術提案が数多く行われている。この分野では、2023 年以後、中国 National Body (NB) から多数のエクスパートが審議参加を開始している。

この間に新規及び改訂の審議開始投票により以下のプロジェクトが ISO に登録されている。

**ISO 12231-1 用語 (改訂)**

**ISO 12234-1 画像ファイル参照モデル (改訂)**

**ISO 12234-4 ISO DNG (新規)**

**ISO 18383 Digital Still Camera (DSC) 仕様基準 (改訂)**

**ISO 18844-2 点光源による有害光測定方法 (新規)**

**ISO 22028-5 スチル画像用 HDR カラー符号化 (改訂)**

**ISO 21496-1 HDR Gain map (新規)**

**ISO 24942 マシンビジョン用カメラの仕様・測定方法 (新規)**

さらに、新規案件投票以前の段階として基礎的な技術検討・審議を行っているプロジェクトが 5 件進行中である

#### 2.1 デジタル写真関連 (WG18, 28)

##### 2.1.1 ISO 12231-1 用語 (改訂)

デジタルフォト分野で用いられる用語定義を集めた規格である。歴史的に WG18, JWG20, JWG23 等で開発された標準類の Terms and Definition 項の内容を集める形で文書化されてきた。ISO ウェブサイト上に ISO からの発行文書に関する詳細ルールとして ISO House Style が公開されているが、今回の改訂では長く規格内容とこの House Style 間に乖離があったものを訂正する。2020 年 12 月 9 日改訂規格発行後 現在改訂作業中。2024 年 9 月時点で DIS 文書が入手可能。

##### 2.1.2 ISO 12233 解像度測定方法 (改訂)

2017 年発行の Edition 3 以後の技術的進展を標準に反映するための改訂プロジェクトである。特に Spatial Frequency Response 測定方法の改良を中心に技術内容改訂が行われた。2023 年 2 月に Edition 4 が発行されたのち、発行段階で生じた編集上のエラー訂正のため 2024 年 9 月に Edition 5 が発行された。

### 2.1.3 ISO 12234-1 画像ファイル参照モデル(改訂)

CD 段階. 元はメモリーカード上への画像ファイル記録の参照モデルとして規格化されたが, デバイス内蔵メモリーへの記録も含む形に改訂するもの. CIPA 規格 Exif 3.0 によるメタデータ項目のクラス分けと後段利用時の改変ランクの定義を取り込み, メタデータ利用の指針を与えている. 現在 DIS 移行を審議中である.

### 2.1.4 ISO 12234-4 ISO DNG (新規)

CD 段階. カメラのセンサ出力画像を記録するための Raw 画像フォーマットの一つである Adobe 社の Digital Negative (DNG) 規格を ISO 規格化するものである. 当初の提案から 15 年以上を経てようやく技術審議が軌道に乗ったもの.

### 2.1.5 ISO 15739 ノイズ測定方法(改訂)

デジタルカメラのノイズ特性の測定方法規格である. 2013 年版以後の技術の進展, 特に大規模な実験によって確認された, 目視ノイズを表す実験式の改良を主眼に行われてきた. Covid 環境下順調に文書開発が進み, 2023 年 4 月 Edition 4 が発行された.

### 2.1.6 ISO 18383 DSC 仕様基準(改訂)

DIS 段階. カメラの技術仕様と測定方法を定義する CIPA 規格を ISO 規格化したもの. 画素数定義の拡充と CIPA 規格のアップデートを盛り込んだ改訂を行うものである.

### 2.1.7 ISO 18844-2 点光源による有害光測定方法(新規)

WD 段階. カメラの画角内外にある点光源による有害光の測定方法である. 画面中心から画角外にかけて, 角度的な位置に対する発生状況を測定するものである. 2024 年 9 月新規案件投票可決.

### 2.1.8 ISO TS 20490 AF 繰り返し精度(新規)

AF を繰り返し行ったときにどの程度合焦する距離がばらつくかを撮影画像の先鋭度により測定する規格である. 本規格ではさらに遅れ時間のばらつきを人間の場面転換時の反応時間に対照する形で測定することを企図したもの. 2024 年 3 月 TS 発行.

### 2.1.9 ISO 24942 マシンビジョン用カメラ仕様・測定方法(新規)

WD 段階. 当初スペイン NB から WG18 における開発案件として提案され新規案件投票が成立したもの. カメラセンサーへの光子到達数からデジタル出力値への変換性能を基本とするもの. 新規案件可決後 TC42 内投票により新規 WG 設立が支持され, WG28 が設立された.

## 2.2 カラー関係 (JWG 20, 23)

### 2.2.1 ISO TS 17321-4 可変光源(改訂)

2016 年 6 月 2 日発行の TS の改訂. 多チャンネルの LED の様な発光光源を用いて所与のスペクトルもしくは色度で発光する光源の最適化と制御方法に関する TS である. 2022 年 11 月 Edition 2 が発行された.

### 2.2.2 ISO 22028-3 RIMM RGB(改訂)

被写体空間の広色域をカバーする RGB 符号. TS として発行されていた文書を, 文化財記録分野に普及させることを目的に IS として改訂するもの. 2023 年 1 月に IS 発行.

### 2.2.3 ISO 22028-4 eciRGB(改訂)

欧州において印刷に用いる RGB 符号である. TS として発行されていた文書であったが, 使用エリアの国際的な広がりを受けて IS として改訂するもの. 2023 年 9 月に IS 発行.

### 2.2.4 ISO 22028-5 静止画 HDR 画像用カラーエンコーディング(改訂)

WD 段階. 4K および 8K TV 画像伝送規格としてカラーエンコーディングが ITU Recommendation として規格化されている. これを静止画像目的として最適化したカラーエンコーディング定義する TS を改訂し IS とするもの.

### 2.2.5 ISO 21496-1 HDR Gain map(新規)

DIS 段階. 現在, スマートフォンや画像処理ソフトウェアで実装が進む, HDR 画像とこれまでの Standard Dynamic Range 画像の両者を記録可能とする画像記録方式の基本的概念を IS 化するものである. JPEG 画像の場合のファイルフォーマットが CIPA Multi Picture Format (MPF) 規格を利用している.

## 3. おわりに

ISO/TC42 幹事国はその発足以来米国 (ANSI) であるが, 2013 年に議長が米国から日本に移動し, TC 総会を 4 度経たのち, 2021 年一杯をもって 9 年の任期が終了した. 2022 年からの議長職は英国 (BSI) に移行した.

2021 年までの旧体制による委員会運営では, デジタルフォトの包含分野であるスマートフォンや車載用カメラなど他の画像利用分野への拡大を行ったが, 新体制においてもこれは継続及び更なる拡大を目指している.

WG18 系の活動においては上記に対応して中国・スペイン等からの技術的参画が開始され, 特に中国 NB からは, スマートフォン製造を中心とした技術分野を背景とする多数のエキスパートが審議参加している.

TC42 のデジタルフォト分野へ日本の貢献は, 継続しており, 多くのエキスパートが案件のプロジェクトリーダー及び共同プロジェクトリーダーとして活躍している. その範囲は日本からの提案にとどまらず, 他メンバー国からの提案の実現に対しても大きく寄与している状況である.



永田 徹

1980 年 東京大学精密機械工学科卒業. 同年 キヤノン株式会社入社. 以来防振レンズ機構技術開発, Advanced Photo System 規格開発, 入力系画像処理技術開発などに従事. 2017 年 キヤノン株式会社退職. フリーランス. 2013 年から 2021 年まで ISO/TC 42 議長. 現在 WG18 Convenor Support Team メンバー, WG18, 28, JWG23 エクスパート

## 5-7 IEC TC 100

### — オーディオ・ビデオ・マルチメディアシステムおよび機器 —

上原 まひる

ソニーグループ株式会社

## 5-7 IEC TC 100: Audio, Video and Multimedia Systems and Equipment

Mahiru UEHARA

Sony Group Corporation

### 1. IEC TC 100 の概要

IEC TC 100 は、マルチメディア関連技術の標準化を担当する技術委員会として 1995 年 10 月に設立され、2004 年 1 月からは日本が幹事国を務めている。2024 年 9 月現在、TC 100 は投票権を有する P メンバー 22 カ国、オブザーバーとして参加する O メンバー 24 カ国によって構成されている。IEC TC 100 に関する過去の年報記事を参考文献 1) から 4) に掲げる。

#### 1.1 TC 100 の担当範囲

IEC TC 100 はオーディオ、ビデオ、マルチメディアシステムおよび機器の技術分野に関連する国際標準化を行っており、民生用分野・業務用分野の機器の性能、測定方法およびマルチメディアシステムの応用、システムと機器間のインターオペラビリティなどの規格化を推進している。

#### 1.2 TC 100 の構成

TC 100 では、新規分野の技術を多く扱うことを考慮し、設立当初から、他の技術委員会 (TC: Technical Committee) のような分科会 (SC: Sub Committee) ではなく、設立と廃止の手続きを通常の SC より簡素化した関連プロジェクトの集合からなる Technical Area (TA) による運営を行っている。これまで TA 運営の柔軟性を活かして何度か再編を行っており、現在 TA は以下の構成となっている。

TA 1: 音声・映像・データサービス・コンテンツ用端末  
TA 2: 色彩計測および管理  
TA 5: ケーブルネットワーク  
TA 6: ストレージ  
TA 15: ワイヤレス給電

TA 17: 車載機器、マルチメディアシステムおよび機器

TA 18: エンドユーザーネットワーク

TA 19: 環境

TA 20: オーディオ

どの TA にも分類されないプロジェクトは TC 100 直下に位置づけられ、その活動は TC 100 に直接報告される。また、2021 年以降、オーディオ、ビデオ、マルチメディアシステムおよび機器に関連した特定のテーマを扱う以下の 2 つの作業グループ (WG) が TC 100 直下に設置されている。

WG 11: User's Quality of Experience (QoE) on Multimedia Conferencing Services

WG 12: Multimedia systems and equipment for metaverse

このうち、WG 11 は COVID-19 のパンデミックによってビジネスや教育の場におけるオンライン化が進む中で設置され、マルチメディア会議サービスに対するユーザーの QoE の測定および評価に関する統一されたフレームワークの提供をめざしている。

### 2. Chair's Advisory Group (CAG)

2023 年 9 月の総会において、これまで TC 100 の戦略および運営に関する諮問を行ってきた AGS (戦略諮問グループ) と AGM (運営諮問グループ) を解散し、以下の項目に関する諮問を行う CAG (議長諮問グループ) を設立することが承認された。

- 組織と調整
  - TC 100 の内部組織
  - 業務の調整
  - TA の設立と解散



- 新業務項目提案 (NP) の割り当て
- 業務計画案 (programme of work) の有効性の評価
- TA/WG/MT (Maintenance Team) /PT (Project Team) の業務計画案における重複/競合/ギャップの可能性に関する助言
- コミュニケーションとプロモーション
  - 他の IEC TC および他のリエゾン機関と関連がある業務の調整
  - 地理的多様性の確保と、より多くの NC (National Committee) に対するプロジェクト参加促進
  - TC 100 の業務に対する認知度の向上
- 長期戦略
  - TC 100 の長期戦略の設計・推進
  - 長期戦略計画および方向性の検討
  - 戦略的事業計画の更新

2024年1月に活動を開始して以来、CAGによるNPや予備業務項目(PWI)の事前確認制度を導入し、また、TC 100の技術分野に関する用語について調査・分析を行う諮問グループ(Advisory Group on Terminology)の設立勧告を行うなど、活発な活動を続けている。

### 3. 最近の主なトピック

TC 100の最近の活動として、2024年5月に開催されたシンガポール会議でのトピックについて紹介する。

#### 3.1 メタバース関連

WG 12では、メタバースに関連する下記のPWIが登録されており、CD(委員会原案)またはNPの提出に向けた議論が行われている。

PWI TR 100-49: Multimedia Systems and Equipment for Metaverse - Part 1: General

PWI 100-58: Multimedia Systems and Equipment for Metaverse - Part 2: Classification

PWI TR 100-59: Multimedia Systems and Equipment for Metaverse - Part 3: Gap Analysis

またTA 18では、TR開発のためのプロジェクト「Alignment of Heterogenous Media Data Streams」が日本から提案され、TC 100によりPWIの設置が承認された。同PWIでは、今後開発する国際標準規格の標準化項目を特定すべく、ユースケースの調査、コンセプトの説明、標準化項目の提案に取り組む予定である。

#### 3.2 Haptics

2023年の年報特集<sup>4)</sup>で紹介した、多様で広範囲なHapticsの事業・機能を分類するための記述子を色々な視点から定義し、Haptics Systemでの互換性、相互関連性、性能、評価、計

測方法などの標準化項目を検討できるようにするための技術仕様(Technical Specification)に関してはCDの回覧が終了し、Pメンバーから寄せられたコメントへの対応が行われている。

#### 3.3 AR/VR

##### (1) リモートワーク/サポート&コントロールシステム

AR/VR技術を用いた家庭内やローカルワークプレイスにおける遠隔操作・遠隔支援システムについて検討し、ユーザー側から利用するための一般的な情報やTC 100における標準化項目をまとめたTechnical Report (TR)の発行を目指すプロジェクトは、草案(DTR)の回覧に向けた準備が進められている。

##### (2) VR/AR/MR

韓国の提案によりVR/AR/MR端末に関する標準化項目を検討するPWIが設置され、2024年9月現在、VR/AR/MR端末の用語、民生用VR/AR/MR機器の参照モデルを規定するNPが回覧されている。

#### 3.4 Energy Efficiency

TA 19ではポータブルマルチメディア機器の電池持続時間の測定方法をシリーズとして規格化している。現在は電池で動作するウェアラブルパワードスピーカ装置の連続音楽再生について、定義された音圧レベルにおける電池持続時間の測定方法を規定する規格のCDが回覧されている。

### 4. 今後の課題

TC 100の設立から間もなく30年を迎えるが、その間にオーディオ・ビデオ・マルチメディアシステムおよび機器を取り巻く技術・ビジネス・社会環境は大きく変化しており、従来のAudio/Visual製品を中心とした標準化活動だけではアクティブに活動する参加国にも偏りがでてきている。新たなメンバーを獲得しTC 100の活動を活性化していくためにはこれまでの機器中心のイメージから脱却し、社会や技術のトレンドに則した活動へと視野を広げ、社会課題解決に資する「マルチメディアシステム」といった観点を積極的に視野に入れていく必要がある。また、多くの技術分野でデジタル化、インターネット化が進み、既存のTCのスコープに収まりきらなくなっているため、他分野の規格がTC 100のスコープを含むことがあり、またその逆も起こっている。こうした課題への対応こそがCAGが設立された理由であるため、前述した「組織・コミュニケーション/プロモーション・長期戦略」について引き続き議論し課題の解決につなげていく。

#### 参考文献

- 1) 小町祐史：“5-7 IEC TC 100 –オーディオ・ビデオ・マルチメディアのシステムおよび機器–”，画像電子学会誌，Vo46. No.1, PP.78-81 (2017).
- 2) 由雄淳一：“5-7 IEC TC 100 –オーディオ・ビデオ・マルチメ

ィアのシステムおよび機器”，画像電子学会誌，Vol.48，No.1，  
PP.76-78 (2019).

- 3) 寺崎 智：“5-7 IEC TC 100 -オーディオ・ビデオ・マルチメディアのシステムおよび機器”，画像電子学会誌，Vol.50，No.1，  
PP.80-82 (2021).
- 4) 寺崎 智：“5-7 IEC TC 100 -オーディオ・ビデオ・マルチメディアのシステムおよび機器”，画像電子学会誌，Vol.52，No.1，  
PP.82-83 (2023).



**上原 まひる**

ソニーグループ(株)勤務. 2011年11月から社内外の国際標準化推進業務に従事. 2020年1月TC 100国際副幹事, 2023年8月よりTC 100国際幹事.

## 5 - 8 ISO TC130 —印刷技術—

佐藤 利文 (ISO/TC130 国内審議委員会委員長)

東京工芸大学

### 5-8 ISO TC130 : Graphic technology

Toshifumi SATOH (Chairperson of the Japanese Committee for ISO/TC130)

Tokyo Polytechnic University

#### 1. はじめに

TC130 は、活動の主となる P メンバー (Participating Members) 21 カ国 (Australia, Austria, Belgium, Brazil, Canada, China, France, Germany, India, Indonesia, Israel, Italy, Japan, Republic of Korea, Netherlands, Romania, Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom, United States) に加え、O メンバー (Observing Members) 23 カ国で構成されている。幹事国は中国で、議長は 2021 年 1 月より China Academy of Printing Technology (中国印刷科学技術研究院) の Pengfei Zhao 氏が担当している。

TC130 は 8 つの Working Group (WG) から構成され、それぞれの WG は WG1 : Terminology (用語), WG2 : Prepress data exchange (製版データ交換), WG3 : Process control and related metrology (工程制御と関連計測), WG4 : Media and materials (印刷メディアと材料), WG5 : Ergonomics – Safety (機械の安全), WG10 : Management of security printing processes (セキュリティ印刷), WG11 : Sustainability of Graphics Technology (環境影響), WG12 : Postpress (ポストプレス) を担当している。WG13 : Printing conformity assessment requirements (印刷適合性評価) は現在休眠中である。他の TC 等と協働しているものは、ICC (International Color Consortium) と連携する JWG7, JTC1/SC28 (事務機), TC42 (写真) と画質規定を開発する JWG14 他が活動している。これまで毎年春に WG meeting, 秋に WG meeting と Plenary meeting が開催されていたが、COVID-19 の影響で 2020 年春の WG meeting 以降オンライン会議となっていた。2023 年秋の東京での総会は 3 年ぶりの対面での開催となった。日本国内では、2012 年から NPO 法人日本印刷産業技術標準化推進協議会のもとで、ISO/TC130 国内審議委員会及びその傘下の各対応 WG を中心に活動している。本稿では、デジタルワークフロー関連の WG2, WG3 および JWG14 の活動について、2024 年 6 月の時点における規格状況を概説する。

#### 2. WG2 製版データ交換

WG2 の活動範囲は、「グラフィックアーツや印刷物制作で使用されるデジタルデータの交換のための標準を開発する」と定義し

ている。データ様式が主なターゲットとなるため、規格開発の範囲も PDF/X シリーズの仕様から測色用カラーパッチの定義までと比較的広いものとなる。

##### ◆15930-6:2020 PDF/X-6

現在印刷業界で標準として多用されている PDF/X-4 に対し改定 PDF2.0 で追加される黒点補正、ページ単位のアウトプットインテントなどを追加サポートしたものである。発行後修正すべき点が見つかり、改訂作業が行われている。7 月以後に DIS ドラフトが提出される予定である。

##### ◆ISO 20616-2:2020 PQX (Printer quality Exchange)

XML タグを用いて測色データ、レジ精度、バーコード精度など品質検査レポートを格納するフォーマットである。サブセットのスキーマがないと運用時に混乱がおきるとの懸念が示され、データ交換を円滑に行うための文書を White Paper としてまとめ、公開することが提案された。White Paper の内容が機能すれば、本文の Annex に盛り込むことが見込まれている。

##### ◆CMYK-OGV の 7 色印刷の各地域での利用

7 色印刷のキャラクタライゼーション用入力データの標準化が望まれる。技術内容は、現在 Part1~Part3 がある 12642 シリーズに該当するが、同シリーズは 4 色を前提としたタイトルである。そのため、同規格にそのまま 7 色用のパートは作成できない。12642 シリーズのタイトル変更の可否が探られる予定である。

##### ◆ISO 19593-1:2018

PDF (Portable Document Format) に後加工データ (ダイカット、ニス塗りなど) を付加する規格である。2018 年に発行、2023 年 12 月に SR が終わっているが、各所より多数の修正提案がされている。このため制限緩和、制限追加等を盛り込んだ改訂を行うこととなり、NWI/CD の手続きが取られる予定である。

#### 3. WG3 工程制御と関連計測

WG3 は、印刷工程制御と関連計測に関する規格を担当しており、WG 会議には、21 カ国から約 50 名が参加して規格開発を行っている。

◆ISO/DIS 15339-1

様々な技術を駆使し、デジタルデータから印刷する手法に関する 15339 規格 (Graphic technology - Printing from digital data across multiple technologies) の “Part1: 原理” である。投票の結果、IS としての発行が決定したことが報告された。2024 年 6 月に、ISO 15339-1:2024 として発行された。

◆ISO/CD 15339-2

同 15339 規格の “Part2:参照印刷条件 1~7” である。一旦 withdraw(廃案)となっていたが、投票の結果、CD ステージから再スタートすることが決定した、との報告があった。

◆ISO/AWI 19307

光を吸収および散乱する平らな材料の半透明度の大きさを近似する 1 次元パラメータの測定手順と定義に関する規格である。AWI から CD に進み、プロジェクトリーダーが原案ドキュメントを準備して配布することが合意された。

◆ISO/PWITS 19310

高速インクジェット用紙特性のモデル化に関する規格で、現在 PWI (Preliminary Work Item) であるが、関連する規格(ISO/TR 19312)に関する議論が WG4 で開始されることがアナウンスされた。

◆ISO/DIS 12647-2

印刷のプロセス制御に関する 12647 シリーズ(Graphic technology - Process control for the production of half-tone colour separations, proofs and production prints) のうち、オフセット印刷に関する規格である。2016 年より改定案について議論されているが、期限である 2024 年 6 月までの発行が間に合わないので、9 ヶ月間延長(～2025 年 3 月)することが東京会議で決定された。ベルリン会議では、従来の TVI (Tone Value Increase : CMYK 単色による中間調の管理方法、いわゆるドットゲイン管理) に加えて、新たに追加される NNC (Near Neutral Calibration : 3 色グレーと墨単色による中間調の管理方法) の詳細について議論されたが、本手法の提案国である米国が全員欠席だったこともあり、結論を出すに至らなかった。今後、関係者で調整した後、WG3 のオンライン会議を開催して結論を出す。

◆ISO/PWI 12647-10

12647 シリーズのうち、包装グラビア印刷に関する規格である。東京会議にて Scope と目次が示されたが、ベルリン会議では進捗が無かった。次回会議までに WD を作成して配布して欲しいとプロジェクトリーダーに要請された。

◆ISO/CD 3664

印刷物の観察条件に関する規格であり、TC42/JWG24 にて議論されているが、WG3 では進捗が報告された。日本からの提案で、紫外線あり(P1, P2)・なし(P3, P4)の両環境が定義されることが

大きな変更点である。2024 年 6 月までに DIS 投票が実施されることが報告された。

#### 4. JWG14 印刷品質測定方法

JWG14 は TC130(印刷), JTC1/SC28(事務機器), TC42(写真)の合同作業グループで、印刷品質測定方法の規格開発を担当している。2024 年春の Berlin 会議は 4 月 24 日に開催、9 ヶ国 18 名が現地とオンラインで参加した。現在、ISO/DTS18621「Graphic Technology - Image quality evaluation methods for printed matter」を検討中である。

◆Part 22: Evaluation of colour graininess

印刷物のカラー粒状性評価を規定したものである。2023 年 10 月 31 日開催の東京会議で、更新された draft を DTS 投票に回すことが合意された。2024 年 2 月 21 日締め切りで DTS 投票が実施され、賛成 13 票、反対 0 票で可決された。日本から出したコメントの一部、JP02(4.2 の測定装置規定の修正)と、600dpi より高い解像度時の解像度変換に関する Note を再投票なしで追加することが認められた。

◆Part 31: Evaluation of the perceived resolution of printing systems with the Contrast - Resolution chart

印刷物の解像性を規定したものである。前回の東京会議で ed.2 発行後、ed.3 のプロジェクトを開始することが決議された。ed.2 は 2024 年 1 月 12 日に発行されたが、JWG14 の親委員会の TC42, JTC1/SC28 でも賛成多数で決議され、4 月 29 日に NP として登録された。東京会議で Round robin test の実施が提案され、今回 task group で検討したテスト計画が説明され、多数の候補チャートが準備された。既に ed.2 を実使用している日本は、ed.2 との互換性が確認されるまで ed.3 への置き換えには賛成できないと意思表示をしている。

#### 5. むすび

ISO/TC130 印刷技術の標準化動向の内、デジタルワークフロー関連の WG2, WG3 および JWG14 の活動について、国内審議委員会委員の協力を得てまとめさせていただいた。動向把握の参考としていただければ幸いである。関係各位に感謝の意を表する。



佐藤 利文

1989 年 明治大学大学院工学研究科機械工学専攻博士後期課程 単位取得退学。同年 松下電器産業 (株) (現 パナソニック (株)) 入社。同社 中央研究所、ディスプレイデバイス開発センターを経て、1998 年 東京工芸大学に着任。助教授を経て現在教授。博士 (工学)。ISO/TC130 国内審議委員会委員長、日本画像学会 理事・フェロー、日本印刷学会 理事・標準化委員会委員長、照明学会 光源・照明システム分科会 幹事。

## 5-9 IEC SyC Smart Cities

平川秀治 (正会員)

日本規格協会 / 東京電機大学

## 5-9 IEC SyC Smart Cities

Shuji HIRAKAWA (Member)

Japanese Standards Association / Tokyo Denki University

### 1. Systems Committee(SyC)とは

以前の年報で紹介したように、IECではそれぞれの特定分野の国際規格を作成している複数の専門委員会(TC: Technical Committee), 分科委員会(SC: Subcommittee)に跨がる標準化活動が重要であるとして「システムアプローチ」を検討、その成果を2013年6月の技術管理評議会(SMB: Standardization Management Board)が「システム委員会(SyC: Systems Committee)活動に関する業務指針」としてまとめ、現在、ISO/IEC専門業務指針第一部IEC補則指針Annex SOに収録されている。

SyCが他のTC/SC/PCと異なる点が二つある。一つ目は特別の例外を除いて国際標準(IS: International Standard)を作成せず、その代替としてSRD(Systems Reference Deliverable)を作成することである。SRDは技術仕様書(TS: Technical Specification)と同じプロセスで開発され、ISの最終承認段階であるFDIS(Final Draft International Standard)投票は不要である。本文の内容によりshallを含む規範文書(normative document)となり得る。また、内容によりshallを含まない技術報告書(TR: Technical Report)でも良いが、手続きはPメンバーの2/3以上の賛成が必要なDTS投票が必要となる。

二つ目は、通常の委員会ではIECメンバーに割り当てられる幹事国業務(Secretariat)が、SyCではIEC Secretariatとなることであったが、SyC SMとSyC SETは発足当初から、発足後では最初のケースとしてSyC AALは2023年9月に日本NCが幹事国業務を引き受けることになった。近い将来、SyC Smart Citiesの幹事国業務もIEC SecretariatからIECメンバーに移される可能性が高い。

なお、最新のISO/IEC専門業務指針第一部2024年版とIEC補則指針の合本バージョンは  
[https://www.iec.ch/system/files/2024-05/consolidated\\_iso-iec\\_part-1\\_iecsupplement\\_2024.pdf](https://www.iec.ch/system/files/2024-05/consolidated_iso-iec_part-1_iecsupplement_2024.pdf) から入手できる。

### 2. SyC Smart Citiesの現状

IEC SyC Smart Cities (SyC SmC) はIECで三番目に設立されたSyCである。以下に前回の年報以降の活動を紹介する。  
まず、現在のSyC SmCの構成を以下に示す。

- 議長: 英国 (3年延長が認められ2027年09月まで)
- 副議長: 中国, インド, 日本 (下地達哉)
- 幹事国: IEC Secretariat
- Pメンバー数: 18 (日本NC含む, 前回報告と同数), Oメンバー数: 17 (前回より2増)
- リエゾン: TC 1, 23, 62 (+SC 62A), 105, 111; SyC AAL, COMM, LVDC, SET, Smart Energy; JTC 1, JTC 1/SC 7, 25, 27, 32, 40, 41, 42; ISO/TC 147, 204, 207, 211, 224, 268 (+SC 1, 2), 292, 323; Liaison A: INCOSE; ITU-D/SG 2; ITU-T SG 17, 20. (下線は前回より増加)
- 日本国内委員会: (一財)日本規格協会

前回2022年10月時点での本年報作成以降、IECは2022年10月にCOVID-19以降初めて対面でサンフランシスコ総会を開催した。SyC SCは2023年3月と10月の総会を招待NCの関係から対面開催できずRemoteで開催した。その後、2024年6月に対面会合を中国・済南で開催。2019年12月Guadalajara会合以来4年6ヶ月ぶりの対面会合となった。報告者は議長をしているTC 124総会と重なり対面、Remoteとも参加できなかった。

### 3. 下位組織の活動状況

SyC SmCの下部組織として、現在ISO/TC 268と共同で規格開発を行うJWG 14, ISO/IEC JTC 1とのJWG 16を含む5つのWG, TC 1他とのJPT 3, 5つのahG, 日本がコンビナのMT 15, 副議長関連の3つのAG, 議長諮問グループ(CAG)が活動している。

#### 3.1 MT 15 (63152 シリーズのメンテナンス, 日本がコンビナ)

日本提案の第二弾である63152-2は

- SRD 63152-2Ed.1: City service continuity – Implementation guideline and city service cases
- のタイトルで2022年12月に初版を発行した。

その後PTを解散、現在MT 15としてIEC 63152 City Service Continuity against disasters, the role of the electrical supplyの改訂作業を2024年9月に着手、2025年8月にCD発行を目指して準備を進めている。

### 3.2 WG 1: Terminology (中国と米国が共同コンビナ)

共同コンビナの1名がインドから米国に交替した。

WG 1は2件の発行済み規格がある。1件目は2021年3月に発行されたSRD 63235:2021 Smart city system - Methodology for concepts building, この規格をTC 1に送付しIEV 731として審議, 1/2614/FDISが2024年5月に承認された。現在, IEV Part 731として出版待ち。2件目は2024年7月に発行されたSRD 63476-1:2024: Smart city system ontology - Part 1: Gap analysis である。

開発中のプロジェクトとして

- SRD 63520 ED1 Smart cities - Application of IEC SRD 63235 - Concept system building for energy challenge

が審議中, SRDなのでDTS承認が終わり, 出版準備中とている。また, 関連するPWIが1件。

- PWI SYCSMARTCITIES-3: Terminology & ontology repository (e-glossary) of IEC SyC Smart Cities 現在検討中のPWI準備段階での項目は下記の通り:
- SRD Smart city system ontology – Part 3 Common terminology and ontology building for minimal semantic interoperability: Case of Positive Energy Districts (PED)”.
- Progress report of Terminology & ontology repository (e-glossary) of IEC SyC Smart Cities on expert testing feedback results and improvement.
- “SRD Smart city system ontology – Part 2 Common terminology and ontology building for minimal semantic interoperability: Methodology”. Report on relationships between terminology, ontology, and semantic interoperability for the Part 2 work.

その他, TC 1 主導のJPT 3: IEV part on terminology relating to systems, smart and digitalがWG 1に関連する。SystemsとDigitalに関連する‘Smart’の定義が終わった。残りのtermについてもWDとして審議が終わり, 1/2622/NPが発行された。

### 3.3 WG 2 Market Relationship (中国とドイツがコンビナ)

米国の共同コンビナが退任して空席となっていたが, ドイツから共同コンビナが出ることになった。

WG2は前回報告時から大きな進捗があり, 6つのSRDを出版した。

- SRD 63233-1:2022: Smart city standards inventory and mapping - Part 1: Methodology
- SRD 63233-2:2023: Smart city standards inventory and mapping - Part 2 : Standards inventory
- SRD 63233-4:2024: Smart city standards inventory and mapping - Part 4: Guidance on standards for public health emergencies
- SRD 63273-1:2023: Smart city use case collection and analysis - City information modelling - Part 1: High-level analysis
- SRD 63273-2:2024: Smart city use case collection and analysis - City information modelling - Part 2: Use case analysis

- SRD 63320-1:2023: Smart city use case collection and analysis - Smart urban planning for smart cities - Part 1: High-level analysis

現時点では下記に示す8プロジェクトが動いている。

- SRD 63301-1 ED1: Smart city use case collection and analysis - Water systems in smart cities - Part 1: High-level analysis 2<sup>nd</sup> DTSとして再配布
- SRD 63301-2 ED1: Smart city use case collection and analysis - Water systems in smart cities - Part 2 : Use case analysis
- SRD 63302-1 ED1: Smart city use case collection and analysis - Intelligent operations centre for smart cities - Part 1: High-level analysis
- SRD 63302-2 ED1: Smart city use case collection and analysis - Intelligent operations center for smart cities - Part 2 : Use Case Analysis
- SRD 63326 ED1: City Needs Analysis Framework
- SRD 63347-1 ED1: Smart city use case collection and analysis - Management of Public Health Emergencies in Smart Cities - Part 1: High Level Analysis
- SRD 63347-2 ED: Smart city use case collection and analysis - Management of Public Health Emergencies in Smart Cities - Part 2 : Use Case Analysis

総て中国提案である。ドイツからの共同コンビナが参加したので, 今後どの様に中国色が薄まってくるのか, 期待している。

### 3.4 WG 3 Reference Architecture (中国, メキシコが共同コンビナ)

スイスの共同コンビナが退任し, メキシコから次の共同コンビナが選出された。WG 3には2022年7月発行のIEC SRD 63233-1:2022 ED1: Smart city standards inventory and mapping - Part 1: Methodologyと2022年9月発行のIEC SRD 63188:2022 ED1: Smart Cities Reference Architecture Methodology (SCRAM)の2件の発行済み規格がある。現在, アクティブなプロジェクトはない。JWG 14: Smart Cities Reference ArchitectureがWG 3活動と関連が深い。SyC SmCがSRD 63188: SCRAMを発行したのでIEC 63205 ED1: Smart Cities Reference Architecture (SCRA)の審議を開始できる様になった。このNP承認から5年経過したのでSyCSmC/300/NPを再度承認し, ISO/TC268とのJWGの進行が可能となる条件を整えることができた。

### 3.5 新しいプロジェクト

2024年6月のSyC SmC 済南会合で, ahG 18: Smart Lamp Postの設立が承認された。コンビナはドイツから選出された。PWI “Smart Lamp Post”の規格開発を推進する。

## 4. 活動の特徴

IECのSyCは, 複数のTC/SCを跨がる標準化活動をまとめることで, Smart Citiesに関連した標準化の方向を定め, 関連するTC/SCが必要な規格を作成するのがSyCとして望まし



い、4年前に較べてSyC SmCはリエゾン関係を拡充した。JWG 14ではSCRA規格をISO/TC 268とそのSC 1と共同開発する仕組みで、SyC活動として本来の姿である。

ISO/IEC JTC 1はSmart Cities関連したInformation Technologyはcommittee直下のWG 11 (Smart Cities)で審議を進めてきたが、これを発展的に拡大して新SC 44を提案した。これを契機にISOとIECでのSmart Cities関連標準化活動を再編する動きが始まった。2024年6月のSMB会合では

- SMB Decision 180/13 – Proposal from ISO/IEC JTC 1 for a new SC on Information Technology for Smart Cities

を決議してISO/TMBとIEC/SMBから選出したメンバで、今後のSmart Cities関連標準化活動の見直しを行っている。

## 5. まとめ

日本から提案の63152シリーズの二つのプロジェクトが終了し、国内運営委員会では、次のプロジェクトを準備が始まった。MT 15としてIEC 63152Ed.1の改訂作業を開始した。

WG 1ではSmart Cities関連用語のOntologyについて議論が進んでいるが、どの様な活用ができるのか現時点では不明確である。

WG 3は独自のプロジェクトがなく、今後の動きに注目する必要がある。関連するJWG 14のSmart Cities Reference Architecture (SCRA)についても動きが見えにくくなっている。

WG 2は、ドイツから共同コンピナが選出されたので、中国から提案のプロジェクトに偏った標準化活動から改善されることを期待している。

Smart Lamp Post標準化など、中国以外からの提案が増えることで国際標準化活動としてのバランスが良くなるであろう。

また、TMB/SMBの見直しahGでの動きが気になる。さらには、SyC SmCの幹事国業務がIEC事務局からメンバ国に移るときには日本のポジションが今以上に良くなる方向で活動できることを期待している。

## 参考文献

- 1) 平川秀治：“5-9 IEC SyC Smart Cities”，画像電子学会誌 Vol.50, No.1, pp.86-88 (2021)
- 2) 平川秀治：“5-9 IEC SyC Smart Cities”，画像電子学会誌 Vol.52, No.1, pp.87-89 (2023)



平川 秀治 (正会員)

1973年 横浜国立大学電気工学科卒業。1975年同大学院工学研究科電気工学専攻修了。1978年 東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻博士課程修了。1978年4月東京芝浦電気(株)(現(株)東芝)入社。2016年12月同社退社。2017年7月から2021年6月まで(一財)日本規格協会理事。2021年7月同協会技術顧問に就任。現在に至る。1997年9月から2015年10月までITU-R WP6M等の副議長。2004年より2016年までIEC/TC 100国際幹事。2011年より2016年までIEC/SMB日本代表委員。2017年6月からIEC/TC 124国際議長。1998年8月IEEE Information Theory Society Golden Jubilee Paper Award (Shannon理論50周年記念特別賞)。2017年9月電子情報通信学会マイルストーン受賞(符号化変調方式の基礎を考案)。2007年10月工業標準化事業表彰経済大臣表彰受賞。2014年11月IEC Lord Kelvin賞受賞。2018年10月工業標準化事業表彰総理大臣表彰受賞。工学博士。IEEE Life Fellow, IEEE Broadcast Technology Society Administrative Committee Member, 同 Transactions Associate Editor, 映像情報メディア学会エグゼクティブ会員, 本学会前総務理事。

## 6. 装置動向

### 6-1 タブレット端末

児玉 明 (フェロー)

広島大学

#### 6-1 Tablet Device

Mei KODAMA (Fellow)

Hiroshima University

#### 1. はじめに

本稿では、2023~2024年におけるタブレット端末の主な製品の仕様例と出荷状況について紹介する。本稿では、公開情報に基づき一部暫定データを用いている。なお、商標登録に関する registration symbol®, trade mark ™の表記は省略する。

#### 2. 仕様

国内で販売されている対象期間内の主要な製品の仕様<sup>1)~5)</sup>を表1~表4に示す。なお、2023年以降の発売日の製品を示し、一部タブレットPCにも属するものも表に含めている。

表1 タブレット端末の仕様例 (Apple, aiwa)

メーカー、型	寸法、質量	OS, CPU, コア数, メモリ, 補助記憶装置等	ディスプレイ (画素数)	Web カメラ (前面, 背面), センサ	ワイヤレス通信, 電源	発売日
Apple, 11 インチ iPad Air	178.5 × 247.6 × 6.1 mm, 462 g	iPadOS 18, M2 チップ, 8 コア CPU, 9 コア GPU, 16 コア Neural Engine, 8GB RAM, ストージ 128GB/256GB/512GB/1TB	11 インチ, Liquid Retina ディスプレイ, 2,360 × 1,640 ピクセル, 264ppi	12MP 超広角フロントカメラ (横向き) /F 値 2.0, 12MP 広角カメラ/F 値 1.8, センサ: 3 軸ジャイロ, 加速度センサー, 気圧計, 環境光センサー	2×2 MIMO 対応 Wi-Fi 6E (802.11ax), Bluetooth 5.3, 28.93Wh リチウムポリマーバッテリー, インターネット利用, ビデオ再生: 最大 10 時間	2024/5/15
Apple, 13 インチ iPad Air	214.9 × 280.6 × 6.1 mm, 617g	iPadOS 18, M2 チップ, 8 コア CPU, 9 コア GPU, 16 コア Neural Engine, 8GB RAM, ストージ 128GB/256GB/512GB/1TB	13 インチ, Liquid Retina ディスプレイ, 2,732 × 2,048 ピクセル, 264ppi	12MP 超広角フロントカメラ (横向き) /F 値 2.0, 12MP 広角カメラ/F 値 1.8, センサ: 3 軸ジャイロ, 加速度センサー, 気圧計, 環境光センサー	2×2 MIMO 対応 Wi-Fi 6E (802.11ax), Bluetooth 5.3, 36.59Wh リチウムポリマーバッテリー, インターネット利用, ビデオ再生: 最大 10 時間	2024/5/15
Apple, 11 インチ iPad Pro	177.5 × 249.7 × 5.3 mm, 444 g	iPadOS 18, M4 チップ, 9 コア CPU/ 10 コア GPU, 16 コア Neural Engine, 8GB RAM, ストージ 256GB/512GB	11 インチ, Ultra Retina XDR ディスプレイ, タンデム OLED3, 2,420 × 1,668 ピクセル, 64ppi	12MP 超広角カメラ (横向き) /F 値 2.0, 12MP 広角カメラ/F 値 1.8, センサ: LiDAR スキャナ, 3 軸ジャイロ, 加速度センサー, 気圧計, 環境光センサー	2×2 MIMO 対応 Wi-Fi 6E (802.11ax), Bluetooth 5.3, 31.29Wh リチウムポリマーバッテリー, インターネット利用, ビデオ再生: 最大 10 時間	2024/5/15
Apple, 13 インチ iPad Pro	215.5 × 281.6 × 5.1 mm, 579 g	iPadOS 18, M4 チップ, 10 コア CPU/ 10 コア GPU, 16 コア Neural Engine, 16GB RAM, ストージ 1TB/2TB,	13 インチ, Ultra Retina XDR ディスプレイ, タンデム OLED3, 2,752 × 2,064 ピクセル, 64ppi	12MP 超広角カメラ (横向き) /F 値 2.0, 12MP 広角カメラ/F 値 1.8, センサ: LiDAR スキャナ, 3 軸ジャイロ, 加速度センサー, 気圧計, 環境光センサー	2×2 MIMO 対応 Wi-Fi 6E (802.11ax), Bluetooth 5.3, 38.99Wh リチウムポリマーバッテリー, インターネット利用, ビデオ再生: 最大 10 時間	2024/5/15
Apple, iPad mini	195.4 × 134.8 × 6.3 mm, 293 g	iPadOS 18, A17 Pro チップ, 6 コア CPU/5 コア GPU/ 16 コア Neural Engine, ストージ 128GB/256GB/512GB	8.3 インチ, Liquid Retina ディスプレイ, 2,266 × 1,488 ピクセル, 326ppi	12MP 超広角フロントカメラ/F 値 2.4, 12MP 広角カメラ/F 値 1.8, センサ: 3 軸ジャイロ, 加速度センサー, 気圧計, 環境光センサー	2×2 MIMO 対応 Wi-Fi 6E (802.11ax), Bluetooth 5.3, 19.3Wh リチウムポリマーバッテリー, インターネット利用, ビデオ再生: 最大 10 時間	2024/10/23
aiwa tab AB8, JA3-TBA0802	約 124 × 約 208 × 約 9mm (突起部除く), 約 330g,	Android 12, Mediatek MT8183 Octa core (Cortex-A73 Quad core 2GHz + Cortex-A53 Quad core 2GHz), ARM Mali-G72 MP3, メモリ 4GB, ストージ 64GB	8 インチ IPS 液晶モニター, 800 × 1,280px	フロント: 500 万画素, リア: 800 万画素 (AF), センサ: 加速度センサー	無線 LAN: IEEE 802.11 ac/a/b/g/n, Bluetooth 5.0, 4,400mAh, 連続使用可能時間: 最大約 6 時間	2023/6/16

表2 タブレット端末の仕様例 (aiwa, Fujitsu, NEC)

メーカー, 型	寸法, 質量	OS, CPU 動作周波数, コア数, メモリ, 補助記憶装置等	ディスプレイ (画素数)	Web カメラ (前面, 背面), センサ	ワイヤレス通信, 電源	発売日
aiwa tab AB10L, JA3-TBA1005	約 244 × 約 163 × 約 9.8mm (突起部除く), 約 480g	Android 13, Mediatek MT8766 Quad core (Cortex-A53 1.8~2GHz), IMG GE8300, メモリ 3GB, ストレージ 32GB	10.1 インチ液晶モニター, 1,280×800px	フロント: 200 万画素, リア: 500 万画素 (AF), センサ: 加速度 センサ	無線 LAN: IEEE 802.11 ac/a/b/g/n, Bluetooth 5.0, リチウムポリマー充電池: 5,000mAh, 連続使用可能時間: 最大約 5 時間	2023/7/25
aiwa tab AB10L-2 JA3-TBA1007	約 241.6 × 約 170.5 × 約 10.2mm (突起部除く), 約 460g	Android 13, Mediatek MT8766 Quad core (Cortex-A53 1.8~2GHz), IMG GE8300, メモリ 4GB, ストレージ 64GB	10.1 インチ液晶モニター, 1,920×1,200px	フロント: 500 万画素, リア: 1,300 万画素 (AF), センサ: 加速度 センサ	無線 LAN: IEEE 802.11 ac/a/b/g/n, Bluetooth: 5.0, リチウムポリマー充電池: 5,000mAh, 連続使用可能時間: 最大約 5 時間	2024/2/8
aiwa tab AS10-2(4): JA3-TBA1006-4	約 243.3 × 約 161.8 × 約 9.7mm (突起部除く), 約 500g,	Android 13, Mediatek MT8788 Octa core (Cortex-A73 2GHz ×4 + Cortex-A53 2GHz ×4), ARM Mali-G72, メモリ 4GB, ストレージ 64GB	10.1 インチ IPS 液晶モニター, 1,920×1,200px	フロント: 500 万画素, リア: 800 万画素 (AF), センサ: 加速度 センサ	無線 LAN: IEEE 802.11 ac/a/b/g/n, Bluetooth: 5.0, リチウムポリマー充電池: 5,200mAh, 連続使用可能時間: 最大約 4.5 時間	2024/2/8
aiwa tab AS10-2(6), JA3-TBA1006-6	約 243.3 × 約 161.8 × 約 9.7mm (突起部除く), 約 500g	Android 13, Mediatek MT8788 Octa core (Cortex-A73 2GHz ×4 + Cortex-A53 2GHz ×4), ARM Mali-G72, メモリ 6GB, ストレージ 128GB	10.1 インチ IPS 液晶モニター, 1,920×1,200px	フロント: 500 万画素, リア: 800 万画素 (AF), センサ: 加速度 センサ	無線 LAN: IEEE 802.11 ac/a/b/g/n, Bluetooth: 5.0, リチウムポリマー充電池 5,200mAh, 連続使用可能時間: 最大約 4.5 時間	2024/2/8
aiwa tab AG10 JA3-TBA1003	約 246.8 × 約 156.5 × 約 7.5mm (突起部除く), 約 433g	Android 13, MediaTek Helio G99 MT8781, Octa Core (Cortex-A76 2.2GHz ×2, Cortex-A55 2.0GHz ×6), Mali-G57 MC2, メモリ 6GB, ストレージ 128GB	10.3 インチ IPS 液晶モニター, 2,000×1,200px	フロント: 500 万画素, リア: 1,300 万画素 (AF), センサ: 加速度 センサ, ジャイロ センサ	無線 LAN: IEEE 802.11 ac/a/b/g/n, Bluetooth: 5.2, リチウムポリマー充電池: 5,600mAh, 連続使用可能時間: 最大約 6 時間	2024/3/14
Fujitsu, STYLISTIC WQ2/H3	262.8×168.7 ×12.3mm, 約 610g (ペン非搭載時)	Windows 11 Pro 64 ビット, インテル Celeron プロ セッサー N5100, 1.10GHz (インテル バースト・テクノロジー対応: 最大 2.80GHz), 4 コア / 4 スレッド, キャッシュメモリ 4MB, Intel UHD グラフィックス, メモリ: 8GB (LPDDR4X-2933), ストレージ 約 256GB/約 128GB/約 64GB	LED バックライト付 TFT カラーLCD 液晶 (アンチグレア処理), 10.1 型ワイド, 1,920×1,200 ドット	フロント: 約 200 万画素, リア: 約 800 万画素 (ライト付)	無線 LAN: Wi-Fi 6 (2.4Gbps) 対応, IEEE 802.11ax/ac/a/b/g/n 準拠, Bluetooth 5.1 準拠, リチウムポリマー 31Wh, バッテリー駆動時間, JEITA3.0 (動画再生時) 約 5.5 時間, JEITA3.0 (アイドル時) 約 14.5 時間, JEITA2.0 約 13.0 時間	2023/11/14
NEC, LAVIE Tab T11, T1195/FAS	263.66×166.67×6.8mm, 約 480g	Android 12, Media Tek Kompanio 1300T 2.6GHz(4 コア) + 2.0GHz(4 コア)(計 8 コア), メモリ 8GB (LPDDR4X), ストレージ 約 256GB	11.2 型ワイド有機 EL ディスプレイ, 2,560×1,536 ドット	フロント: 約 800 万画素, CMOS カメラ, リア: 約 1300 万画素, CMOS カメラ, センサ: GPS, 加速度 センサ, E-コンパス, 照度 センサ, ジャイロ センサ, Hall センサ, 防水(防滴): 未対応, 防塵: 未対応	無線 LAN: IEEE802.11ax/ac/a/b/g/n 準拠, Bluetooth 5.1, 8000mAh, 駆動時間: 約 15 時間(Web 閲覧時)	2023/2/16
NEC, LAVIE Tab T11, T1175/FAS	269.1×169.4 ×7.4mm, 約 520g	Android 12L, MediaTek Helio G99 2.2GHz(2 コア)+ 2.0GHz(6 コア)(計 8 コア), メモリ 6GB (LPDDR4X), ストレージ 約 128GB	11.5 型ワイド LED 広視野角液晶, 2,000×1,200 ドット	フロント: 約 800 万画素, CMOS カメラ, リア: 約 1300 万画素, CMOS カメラ, センサ: 加速度 センサ, 照度 センサ, 近接 センサ, ジャイロ センサ, Hall センサ, 防滴: IPX2, 防塵: IP5X	無線 LAN: IEEE802.11ax/ac/a/b/g/n 準拠, Bluetooth 5.2, 7700mAh, 駆動時間 約 12 時間(Web 閲覧時)	2023/4/13

表3 タブレット端末の仕様例 (NEC, Microsoft)

メーカー、型	寸法、質量	CPU 動作周波数, コア数, メモリ, 補助記憶装置, OS 等	ディスプレイ (画素数)	Web カメラ (前面, 背面), センサ	ワイヤレス通信, 電源	発売日
NEC, LAVIE Tab T8, T0855/GAS	119.8×198.0×9.0 mm, 約 318g	Android 12, プロセッサ MediaTek A22 2.0GHz(4 コア), メモリ 4GB (LPDDR4X), ストレージ約 64GB	8 型ワイド LED 広視野角液晶, 1,280×800 ドット	フロント:約 200 万画素, CMOS カメラ, リア:約 500 万画素, CMOS カメラ, センサ: GPS, 加速度センサ, 照度センサ, 防水(防滴): 未対応, 防塵: 対応(IP5X)	無線 LAN: IEEE 802.11ac/a/b/g/n 準拠, Bluetooth 5.0, 5100mAh, 駆動時間 約 15 時間(Web 閲覧時)	2023/6/8
NEC, LAVIE Tab T9, T0975/GAS	136.8×215.4×8.0 mm, 約 344g	Android 12, プロセッサ MediaTek Helio G80 2.0GHz (2 コア)+ 1.8GHz (6 コア)(計 8 コア), メモリ 4GB (LPDDR4X), ストレージ 約 128GB	9 型ワイド LED 広視野角液晶, 1,340×800 ドット	フロント: 約 200 万画素, CMOS カメラ, リア: 約 800 万画素, CMOS カメラ, センサ: GPS, 加速度センサ, 照度センサ, Hall センサ, 防水(防滴): 未対応, 防塵: 未対応	無線 LAN: IEEE 802.11ac/a/b/g/n 準拠, Bluetooth 5.1, 5100mAh, 駆動時間 約 10 時間(Web 閲覧時)	2023/6/22
NEC, LAVIE Tab T9, T0995/HAS	129.5×208.5×7.6 mm, 約 365g	Android 13, プロセッサ Qualcomm SM8475P (8 コア), メモリ 8GB (LPDDR5X), ストレージ 約 128GB	8.8 型ワイド 広視野角液晶, 2,560×1,600 ドット	フロント: 約 800 万画素, CMOS カメラ, リア: 約 200 万画素, CMOS カメラ, フラッシュ付き+約 1300 万画素, CMOS カメラ, センサ: 加速度センサ, E-コンパス, 照度センサ, 近接センサ, ジャイロセンサ, Hall センサ, 防水(防滴): 未対応, 防塵: 未対応	無線 LAN: IEEE 802.11ax/ac/a/b/g/n 準拠, Bluetooth 5.3, 6550mAh, 駆動時間 約 10 時間(Web 閲覧時)	2024/2/15
NEC, LAVIE Tab T14, T1495/HAS	327.8×210.8×5.9 mm, 約 735g	Android 13, プロセッサ MediaTek Dimensity 9000 (8 コア), メモリ 12GB (LPDDR5X), ストレージ約 256GB	14.5 型ワイド 有機 EL, 3,000×1,876 ドット	フロント: 約 1300 万画素, CMOS カメラ, リア: 約 500 万画素, CMOS カメラ, フラッシュ付き+約 1300 万画素, CMOS カメラ, センサ: 指紋認証センサ, GPS, 加速度センサ, E-コンパス, 照度センサ, ジャイロセンサ, TOF センサ, Hall センサ, 防水(防滴): 対応 (IPX2), 防塵: 対応(IP5X)	無線 LAN: IEEE 802.11ax/ac/a/b/g/n 準拠, Bluetooth 5.3, 12300mAh, 駆動時間 約 6 時間(Web 閲覧時)	2024/2/15
NEC, LAVIE Tab T11, T1155/HAS	255.3×166.9×7.2 mm, 約 465g	Android 13, プロセッサ MediaTek Helio G88(8 コア), メモリ 4GB (LPDDR4X), ストレージ約 128GB	11 型ワイド LED 広視野角液晶, 1,920×1,200 ドット	フロント:約 800 万画素, CMOS カメラ, リア:約 800 万画素, CMOS カメラ, センサ: GPS, 加速度センサ, 照度センサ, ジャイロセンサ, Hall センサ, 防水 (防滴): 対応 (IPX2), 防塵: 対応 (IP5X)	無線 LAN: IEEE 802.11ac/a/b/g/n 準拠, Bluetooth 5.1, 7040mAh, 駆動時間 約 10 時間(Web 閲覧時)	2024/7/11
Surface Pro 11	287×209×9.3 mm, 895g	Windows 11 Home, LCD ディスプレイ搭載 Snapdragon X Plus (10 コア)/ OLED ディスプレイ搭載 Snapdragon X Elite (12 コア), Qualcomm Hexagon, Qualcomm Adreno GPU, メモリ 16GB/ 32GB/ 64GB RAM, ストレージ 256GB/ 512GB/ 1TB	OLED ディスプレイ搭載 13 インチ PixelSense Flow ディスプレイ, 2,880 × 1,920 (267 PPI), LCD ディスプレイ搭載 13 インチ PixelSense Flow ディスプレイ, 2,880 × 1,920 (267 PPI)	クアッド HD フロント Surface Studio カメラ, 超広角 1440p クアッド HD カメラ, 10MP Ultra HD リア カメラ, センサ: 加速度計, ジャイロスコープ, 磁力計, アンビエント カラー センサ	無線 LAN: Wi-Fi 7, Bluetooth 5.4, バッテリー駆動時間: 最大 14 時間のローカルビデオ再生, Web 使用時間は最大 10 時間, LCD ディスプレイ搭載 48 (WH), OLED ディスプレイ搭載 53 (WH)	2024/6/18

### 3. 状 況

2023 年～2024 年の世界のタブレット端末の出荷状況について紹介する。

IDC<sup>6)~8)</sup>によると, 2023 年では, 世界のタブレット出荷台数は合計 1 億 2,850 万台で, 2022 年と比較して 20.5% 減少し, 2011 年以來の最低の年間出荷台数となった。IDC の世界のタブレット出荷台数の発表における上位 5 位の全世界出荷台数 (市場シェア [前年 (前年市場シェア)] (前年比成長率) (暫定版)<sup>6)</sup> では, (1) Apple が 48.5 百万台 (37.8%) [前年 60.5

百万台 (37.4%) ] (前年比成長率-19.8%), (2) Samsung が 26.2 百万台 (20.4%) [前年 30.4 百万台 (18.8%) ] (前年比成長率-13.9%), (3) Lenovo が 9.3 百万台 (7.2%) [前年 11.6 百万台 (7.1%) ] (前年比成長率-19.7%), (4) Huawei が 8.7 百万台 6.8% [前年 9.1 百万台 (5.6%) ] (前年比成長率 -4.0%), (5) Amazon.com が 5.5 百万台 4.2% [前年 16.0 百万台 (9.9%) ] (前年比成長率-65.9%) であった。

表4 タブレット端末の仕様例 (Samsung)

メーカー、型	寸法、質量	CPU 動作周波数, コア数, メモリ, 補助記憶装置, OS 等	ディスプレイ (画素数)	Web カメラ (前面, 背面), センサ	ワイヤレス通信, 電源	発売日
Samsung, Galaxy Tab S9	165.8 × 254.3 × 5.9 mm, 498 g	Android x, Snapdragon 8 Gen 2 Mobile Platform for Galaxy, 3.36GHz, 2.8GHz, 2GHz, オクタコア, メモリ 8GB, ストレージ 128GB	11.0 インチ (278.1mm), 2560 × 1600 (WQXGA), Dynamic AMOLED 2X (有機 EL)	イン (サブ) カメラ: 12.0 MP, アウト (メイン) カメラ: 13.0 MP, センサ: 加速度センサ, 指紋センサ, ジャイロセンサ, 地磁気センサ, ホールセンサ, RGB 照度センサ, 防水防塵: IP68 規格	無線 LAN: IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax 2.4GHz + 5GHz + 6GHz, HE160, MIMO, 1024-QAM, Bluetooth 5.3, 8,400mAh, インターネット使用 最大 10 時間, ビデオ再生 最大 15 時間	2023/9/1
Samsung, Galaxy Tab S9+	185.4 × 285.4 × 5.7 mm, 581 g	Android x, Snapdragon 8 Gen 2 Mobile Platform for Galaxy, 3.36GHz, 2.8GHz, 2GHz, オクタコア, メモリ 12GB, ストレージ 256GB	12.4 インチ (315.0mm), 2800 × 1752 (WQXGA+), Dynamic AMOLED 2X (有機 EL)	イン (サブ) カメラ: 12.0 MP, アウト (メイン) カメラ: 13.0 MP + 8.0 MP, センサ: 加速度センサ, 指紋センサ, ジャイロセンサ, 地磁気センサ, ホールセンサ, RGB 照度センサ, 防水防塵: IP68 規格	無線 LAN: IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax 2.4GHz + 5GHz + 6GHz, HE160, MIMO, 1024-QAM, Bluetooth 5.3, 10,090 mAh, インターネット使用 最大 10 時間, ビデオ再生 最大 16 時間	2023/9/1
Samsung, Galaxy Tab S9 Ultra	208.6 × 326.4 × 5.5 mm, 732 g	Android x, Snapdragon 8 Gen 2 Mobile Platform for Galaxy, 3.36GHz, 2.8GHz, 2GHz, オクタコア, メモリ 12GB, ストレージ 512GB	14.6 インチ (369.9mm), 2960 × 1848 (WQXGA+), Dynamic AMOLED 2X (有機 EL)	イン (サブ) カメラ: 12.0 MP + 12.0 MP, アウト (メイン) カメラ: 13.0 MP + 8.0 MP, センサ: 加速度センサ, 指紋センサ, ジャイロセンサ, 地磁気センサ, ホールセンサ, 照度センサ, 防水防塵: IP68 規格	無線 LAN: IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax 2.4GHz + 5GHz + 6GHz, HE160, MIMO, 1024-QAM, Bluetooth 5.3, 11,200 mAh, インターネット使用 最大 10 時間, ビデオ再生 最大 16 時間	2023/9/1
Samsung, Galaxy Tab S9 FE	165.8 × 254.3 × 6.5 mm, 523 g	Android 13, Exynos 1380, Arm Cortex-A78 2.4GHz × 4, Arm Cortex-A55 2.0GHz × 4, Arm Mali-G68 MP5, オクタコア, メモリ 6GB, ストレージ 128GB	10.9 インチ (277.0mm), 2304 × 1440 (WUXGA+), TFT	アウト (メイン) カメラ: 8.0 MP, イン (サブ) カメラ: 12.0 MP, センサ: 加速度センサ, 指紋センサ, ジャイロセンサ, 地磁気センサ, ホールセンサ, 照度センサ, 防水防塵: IP68 規格	無線 LAN: IEEE 802.11 a/b/g/n/ac/ax 2.4G+5GHz, HE80, MIMO, 1024-QAM, Bluetooth 5.3, 8,000mAh, インターネット使用 最大 16 時間, ビデオ再生 最大 18 時間	2023/10/19
Samsung, Galaxy Tab S10+	185.4 × 285.4 × 5.6mm, 571g	Android 14, Media Tek Dimensity 9300+, Cortex-X4 3.4GHz × 1, Cortex-X4 2.85GHz × 3, Cortex-A720 2.0GHz × 4, オクタコア, Immortalis-G720 MC12, メモリ 12GB, ストレージ 256GB/512GB	12.4 インチ (315.0mm), 2800 × 1752 (WQXGA+), Dynamic AMOLED 2X (有機 EL)	イン (サブ) カメラ: 12.0 MP, アウト (メイン) カメラ: 13.0 MP + 8.0 MP, センサ: 加速度センサ, 指紋センサ, ジャイロセンサ, 地磁気センサ, ホールセンサ, RGB 照度センサ, 防水防塵: IP68 規格	無線 LAN: IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax 2.4GHz + 5GHz + 6GHz, HE160, MIMO, 1024-QAM, Bluetooth 5.3, 10,090mAh, インターネット使用 最大 11 時間, ビデオ再生 時間 最大 16 時間	2024/10/3
Samsung, Galaxy Tab S10 Ultra	208.6 × 326.4 × 5.4mm, 718g	Android 14, Media Tek Dimensity 9300+, Cortex-X4 3.4GHz × 1, Cortex-X4 2.85GHz × 3, Cortex-A720 2.0GHz × 4, オクタコア, Immortalis-G720 MC12, メモリ 12GB/16GB, ストレージ 256GB/512GB/1TB	14.6 インチ (369.9mm), 2960 × 1848 (WQXGA+), Dynamic AMOLED 2X (有機 EL)	イン (サブ) カメラ: 12.0 MP + 12.0 MP, アウト (メイン) カメラ: 13.0 MP + 8.0 MP, センサ: 加速度センサ, 指紋センサ, ジャイロセンサ, 地磁気センサ, ホールセンサ, 照度センサ, 防水防塵: IP68 規格	無線 LAN: IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax/be 2.4GHz + 5GHz + 6GHz, EHT320, MIMO, 4096-QAM, Bluetooth 5.3, 11,200mAh, インターネット使用 最大 10 時間, ビデオ再生 時間最大 16 時間	2024/10/3

また、IDC の 2024 年第一四半期<sup>7)</sup>では、(1) Apple が 9.9 百万台 (32.0%) [前年 10.8 百万台 (35.2%)] 前年比成長率 -8.5%, (2) Samsung が 6.7 百万台 (21.7%) [前年 7.1 百万台 (23.2%)] 前年比成長率 -5.8%, (3) Huawei が 2.9 百万台 (9.4%) [前年 2.0 百万台 (6.6%)] 前年比成長率 +43.6%, (4) Lenovo が 2.1 百万台 (7.0%) [前年 1.9 百万台 (6.2%)]

前年比成長率+13.2%, (5) Xiaomi が 1.8 百万台 (5.9%) [前年 0.9 百万台 (3.1%)] 前年比成長率+92.6%であった。続いて、IDC の 2024 年第二四半期<sup>8)</sup>では、(1) Apple が 12.3 百万台 (35.8%) [前年 10.4 百万台 (37.0%)] 前年比成長率 +18.2%, (2) Samsung が 6.9 百万台 (20.1%) [前年 5.8 百万台 (20.6%)] 前年比成長率 +18.6%, (3) Lenovo が 2.5 百万台

(7.3%) [前年 2.1 百万台 (7.6%)] 前年比成長率 +16.7%, (4) Huawei が 2.3 百万台 (6.8%) [前年 1.7 百万台 (5.9%)] 前年比成長率 +40.3%, (5) Xiaomi が 2.0 百万台 (5.8%) [前年 1.0 百万台 (3.7%)] 前年比成長率 +94.7% であり, これまでの減少状況から増加に変化している。

次に, 国内の出荷台数について紹介する。JEITA (一般社団法人 電子情報技術産業協会) の 2023 年度タブレット端末国内出荷実績<sup>9)</sup>によると, 出荷台数及び前年比は, 第 1 四半期 (4-6 月) 173 千台 (前年比 51.9%), 第 2 四半期 (7-9 月) 143 千台 (前年比 47.5%), 上半期 (4-9 月) 316 千台 (前年比 49.8%), 第 3 四半期 (10-12 月) 198 千台 (前年比 69.2%), 第 4 四半期 (1-3 月) 246 千台 (前年比 123.0%), 下半期 (10-3 月) 444 千台 (前年比 91.3%), 年度合計 760 千台 (前年比 67.8%) である。ただし, 調査対象は, 7 社: NEC パーソナルコンピュータ (株), シャープ (株), Dynabook (株), パナソニック コネクト (株), 富士通クライアントコンピューティング (株), (株) ユニットコム, レノボ・ジャパン (同) である。

また, 2024 年度タブレット端末国内出荷実績(9 月まで)によると, 出荷台数及び前年比は, 第 1 四半期 (4-6 月) 133 千台 (前年比 77.3%), 第 2 四半期 (7-9 月) 161 千台 (前年比 99.9%), 上半期 (4-9 月) 295 千台 (前年比 88.2%) である。ただし, 調査対象は 2023 年度と同一である。2023 年度合計の出荷実績は, 656 千台 (前年比 86.4%) であり, ピーク時の 2020 年度の出荷実績 1,454 千台と比較すると半分以下と減少が続いている。また, Apple の iPad シリーズがトップの出荷台数を継続している。なお, 2024 年の iPad の iOS18 において, 新たな計算機アプリでは Apple pencil と併用し数学ノートを書くとき自動計算したり, 手書き文字を機械学習モデルで読みやすい文字に修正してくれる機能を有している。更に, Samsung Galaxy でも S10 から AI 対応デバイスとなっており, ペンを使った「かこって検索」やリアルタイム通訳・AI による写真編集等デバイスの利便性が向上しており, タブレット端末においても AI 強化が進んでおり, 今後の AI 競争がどこまで進むか興味深い。

#### 4. ま と め

タブレット出荷台数が 2023 年では, 2020 年のピーク時の半減となっていたが, 2024 年に入って増加に転じ, 更に安価なモデルに対して, AI 対応端末が発売されたのが注目できる。価格幅が大きい中で, 様々なユーザの利便性に対応した端末

開発が進んでいることにより, タブレットデバイス買い替えの促進や新たな購買層が拡大するの否か, 今後の市場規模回復・拡大の鍵となるか目が離せない。

#### 参 考 文 献

- 1) Apple, iPad, <https://www.apple.com/jp/ipad/> (2024).
- 2) aiwa, タブレット, <https://aiwa.net/products/> (2024).
- 3) 富士通 WeB MART, QH シリーズ, <https://www.fmv.com/store/pc/tablet/stylistic-qh> (2024).
- 4) LAVIE, Android タブレット, [https://www.nec-lavie.jp/products/tablet/?ipromoID=top\\_search\\_tablet](https://www.nec-lavie.jp/products/tablet/?ipromoID=top_search_tablet) (2024).
- 5) Samsung, Galaxy tab, <https://www.samsung.com/jp/> (2024).
- 6) Worldwide Tablet Shipments Hit Their Lowest Level Since 2011 in 2023, According to IDC, IDC, <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS51842524> (2024).
- 7) Tablet Shipments Show Signs of Recovery in Q1 2024, According to IDC, IDC, <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS52105224> (2024).
- 8) Tablet Market Finally Moves Past the Pandemic Era with Solid Growth in Q2 2024, According to IDC, IDC, <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS52500024> (2024).
- 9) 2024 年度タブレット端末国内出荷実績, 電子情報技術産業協会, <https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/tablet/2024/> (2024).



児玉 明 (フェロー)

1992 年 早稲田大学理工学部電子通信学科卒業。1994 年 同大学大学院理工学研究科前期修士課程修了。1997 年 早稲田大学大学院理工学研究科後期博士課程修了。1995 年 早稲田大学理工学部助手, 1998 年 広島大学地域共同研究センター助教授を経て, 現在, 広島大学大学院先端理工系科学研究科/総合科学部/情報メディア教育研究センター准教授。主に, 画像通信, 動画像符号化, スケーラブル符号化, 画像検索方式, マルチメディア情報構造化などマルチメディア通信サービスの研究に従事。工学博士, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 映像情報メディア学会, 電気学会, IEEE, ACM 各会員。本学会, 元副会長, 前編集委員長。



## 6-2 電子書籍端末

植村 八潮 (正会員)

専修大学

## 6-2 eBook Reader

Yashio UEMURA (Member)

Senshu University

### 1. 最新の話題

「電子書籍端末」に関する、2024年における表示装置としての最大のトピックはカラー電子ペーパー搭載の専用端末が登場したことであり、アプリケーションとしては音声読み上げなどアクセシビリティ機能の向上を指摘できる。

5月にRakuten Koboが世界で初めてカラー電子ペーパーを搭載した7型ディスプレイの電子書籍専用端末「Kobo Libra Colour」を発売した。これまでカラー電子ペーパー搭載端末としては、Androidタブレットの「BOOX」が発売されていたが、専用端末としては初めての製品である。一方、長年、電子書籍専用端末を牽引してきた米国アマゾンには、Rakuten Koboに遅れること5ヵ月、10月に7型ディスプレイの「Kindle Colorsoft Signature Edition」を米国で発売した。ただし、日本ではカラー電子ペーパー搭載機は発売されておらず、代わりにモノクロディスプレイの「Kindle Paperwhite シグニチャーエディション」が発売されている。

一方、2019年6月、「視覚障害者等の読書環境の整備の推進に関する法律」(以下「読書バリアフリー法」)が施行され、翌年7月には同法第7条に基づき、「視覚障害者等の読書環境の整備の推進に関する基本的な計画」(以下「基本計画」)が策定された。視覚障害者等の読書環境として電子書店や電子図書館などウェブを利用したサービスへの情報保障がこれまで以上に求められることとなった。

実際、基本計画では、「アクセシブルな電子書籍等の販売が促進されるようにするため、昨今の新たな技術(特にICT)の動向と視覚障害者等の多様なニーズを分析し、視覚障害者等の読書環境の整備に向けた取組を検討する」として、「アクセシブルな電子書籍等の販売等の促進等」が目標とされている。しかし、国内で音声読み上げ機能(TTS)に対応したアクセシブルな電子書籍専用端末や電子書籍ストアは、公式にはアマゾン Kindleのみである(公表はされていないがOSのアクセシビリティ機能を用いて、TTS対応が可能な電子書籍ストアは存在する)。社会的な機運も高まってきており、近いうちに日本のすべての電子書籍ストアでTTS対応可能となることが期待されることである。

### 2. 電子書籍端末と電子書籍

「電子書籍端末」とは、電子書籍を閲覧するための端末装置のことで、狭義には表示装置に電子ペーパーを用いた専用端末を指す。一方、拡大する電子書籍市場で読書端末として活用されているのは、スマートフォンやタブレットPCなどの汎用端末である。その場合、電子書籍ストアが提供するアプリをインストールすることで電子書籍の読書端末となる。したがって広義には何らかのアプリを用いて電子書籍を閲覧する装置のすべてを指すことになる。ただし、本稿では、前者の電子書籍専用端末について取り上げることにする。

電子書籍端末は、表示装置の技術的発展に大きく寄与を受けている。電子コミックや電子雑誌の表示においては、高精細で視野角が広く、美しいカラー再現性が求められ、装置としては軽量で低消費電力の駆動が追求されてきた。このため液晶ディスプレイを搭載した汎用端末が用いられている。後述するように、現在の電子書籍市場は、電子コミックが9割超を占めて市場の急激な拡大を実現している。このためオリジナル作品はモノクロであってもカラー化して発売される作品も増えている。このことがカラー電子ペーパー搭載の電子書籍専用端末の発売が期待された理由とも言えよう。

一方、小説など文字主体の電子書籍を読むには、カラーや動画再生を必要としない。このことから、これまで専用端末では軽量、低電力消費に加え、紙同様に反射光により表示するグレースケールの電子ペーパーが採用されてきた。実装されている製品は、マイクロカプセル型電気泳動方式によるイー Ink社製が独占している。

電子書籍端末で読む「電子書籍」とはコンテンツを指しており、電子機器のディスプレイで閲覧する出版コンテンツである。技術的にはビューワー(アプリ)で読む、なんらかのファイル形式(EPUBが標準)にフォーマットされたデータ(コンテンツ)である。電子書籍の読書には、コンテンツ以外に、端末と閲覧用のビューアが必要となる。これまでは印刷書籍として発売された出版物の電子化が主流であったが、最近ではデジタルファーストとも呼ばれるボーンデジタルコンテンツが増えている。

### 3. 電子出版市場の動向

長年にわたり、出版市場の統計調査を行っている公益社団法人全国出版協会・出版科学研究所が電子出版市場の発表を始めたのは2014年からである。この年の電子出版市場は、1,144億円で、その内訳は電子コミックが882億円、(文字系)電子書籍が192億円、電子雑誌が70億円であった。印刷出版物も含む出版全体の市場は1兆7,208億円であったので、電子出版が出版市場に占める割合は6.6%であった。

2023年の紙と電子を合算した出版市場は、対前年比2.1%減の1兆5,963億円で2022年に続き2年連続で前年割れとなった。紙の書籍・雑誌の販売金額が同6.0%減の1兆612億円に対し、電子出版市場は同6.7%増の5,351億円と引き続き拡大した。出版市場全体における電子のシェアは2014年の6.6%から10年間で約3分の1の33.5%まで拡大するに至った。電子コミックは引き続き市場を牽引しており同7.8%増の4,830億円である。一方、文字系電子書籍は440億円(同1.3%減)、雑誌は81億円(同8.0%減)と減少傾向であり、その結果、電子コミックは電子出版市場の90.3%を占めるまでになった。

なお、2024年上半期(1~6月期)の出版市場(紙と電子)はさらに縮小し、前年同期比3.7%減の8,024億円となった。電子コミックが引き続きプラス成長で電子出版は同7.1%増の2,542億円だったが、紙市場の落ち込みが大きく前年同期比8.0%減の5,482億円と減少した。

### 4. 電子書籍端末と電子ペーパーの開発

電子ペーパーを用いた本格的な電子書籍端末といえば、2004年に発売された松下電器(現在のパナソニック)製「Σブック(シグマブック)」とソニー製「LIBRIé(リブリエ)」になる。なかでも、LIBRIéは、イーインク社の電子ペーパーを用いており、Kindleをはじめとする今日の電子書籍端末に直接つながるオリジナルなモデルを提示した。

2007年に米国アマゾンがイーインク社の電子ペーパーを用いたKindle初代機を発売した。3G無線通信機能を内蔵したことで、パーソナルコンピュータを用いることなく電子書籍の購入を可能とした。2009年、設計を一新したKindle2が発売され、全米での電子書籍ブームを引き起こした。史上初めて商業的成功を収めた電子書籍端末といえよう。

2010年にはアップルが「iPad」を発売したが、当初、タブレットPCという新しいコンセプトが理解されないこともあって電子書籍端末として注目されることになり、Kindle2とともに空前の電子書籍ブームを引き起こした。国内ではシャープ、KDDI、ソニーが電子書籍専用端末を発売し、2012年には東芝、BookLiveが続いた。しかし、アマゾンによる電子書籍端末の寡占化が急速に進んだことで、まず電子書籍ストアが撤退し、各メーカーによる端末の販売も短命に終わった。簡易型の電子書籍端末として、大日本印刷が2014年12月から発売した「honto pocket」も、2017年3月末日で販売終了となった。

電子書籍端末が採用してきたイーインク社のディスプレイには、第2世代のPearl以降、解像度とコントラストを向上させたCarta、さらにCarta HDと品質の向上が続いている。Cartaは、2013年9月に発表された第4世代のディスプレイで、6インチ、768×1024の解像度である。それまで採用されていたPearlと比較してコントラスト比で50%、反射率で20%アップしている。また、リーガル波形技術と呼ばれる、それまで数ページごとに必要とされていたページリフレッシュの頻度を減少させる技術を採用している。Kindle Paperwhite(2013)で初めて採用され、その後、KoboがKobo Libra H2O(2017)、Kobo forma(2018)、Kobo Nia(2020)で採用している。

2014年に改良されたCarta HDは、300ppiの6インチ画面で1080×1440の解像度を備えている。Kindle Voyage(2014)、Kindle Paperwhiteの第3世代(2015)、第4世代(2018)、Kindle Oasis(2016)で採用された。2021年にCarta 1200、2024年にCarta 1300と改良が進み、そのたびに応答時間と表示コントラストが向上した。

カラー電子ペーパーは、2010年に発表されたTritonから始まり、グレースケールディスプレイをベースにカラーフィルターによってカラー表示を実現したものである。改良されたTriton2を搭載した電子書籍リーダーが2013年に海外で登場したが国内で販売されることはなかった。

アドバンスドカラー電子ペーパー(ACeP)は、カラーフィルターを用いるのではなく、シアン、マゼンタ、イエロー、ホワイトの4色の顔料を用いることで最大32,000色のカラー表示を実現したものである。海外では、サイネージ市場をターゲットに販売され、その後電子書籍専用端末の製品企画もあったが発売に至らなかった模様である。

Kaleidoは、2019年12月に「Print Color」として発表されたカラーフィルター層を備えたディスプレイで4,096色のカラー表示が可能である。Tritonで使用されたガラスフィルター層ではなく、プラスチックのカラーフィルター層を使用した新世代のカラー電子ペーパーである。2024年10月に発売されたKindle初のカラー電子書籍端末「Kindle Colorsoft」や、10.3型のカラー電子ペーパーを搭載するAndroidタブレット「BOOX NoteAir4C」がKaleido3を搭載している。

### 5. 電子書籍端末の最新動向

2024年10月現在、電子ペーパーによる専用端末を日本国内で販売しているのは、主にアマゾンと楽天の子会社であるRakuten Koboである。

ここに至る背景として、アマゾンによる寡占化も一つの理由であるが、それ以上の要因に、電子書籍を閲覧する装置として、スマートフォンが普及したことが挙げられる。先に述べたように日本では電子書籍の売上げの9割超が電子コミックであり、電子ペーパーによる文字の読みやすさより、カラー対応やページめくりの応答速度が求められているといえる。電子書籍端末の共通機能としては、「フロントライト」設計

と「防水仕様」である。フロントライトはタブレットPCのように目に向かって後ろから光を照射するバックライトではなく、内部の光源がスクリーン表面を通してディスプレイ全体を照らす設計である。また、防水仕様は、風呂場でも読書が可能なIPX8等級である。

2017年に発売された高級機から順次、フロントライト設計と防水仕様となった。2019年に発売された廉価版機種でもフロントライトが導入されるようになったが、廉価版タイプは現在でも防水仕様とはなっていない。

表1に現在、国内で発売されている主な電子書籍端末をまとめた。アマゾン Kindle は、2024年10月にすべてのモデルを一新した。現在、発売されているのは、廉価版エントリーモデル「Kindle」(6型)、「Kindle Paperwhite」(7型)、「Kindle Paperwhite シグニチャーエディション (7型)」の4タイプで、さらにキッズモデルがある。

一方、Rakuten Kobo は現在、5タイプを発売しており、最新機種はカラー電子ペーパーを搭載した7型モデル「Kobo Libra Colour」と6型の「Kobo clara Colour」である。このほか、従来より発売されていた廉価版モデルのモノクロ電子ペーパー6型「Kobo clara」に、上級機種としてペン入力に対応した8型「Kobo sage」と10.3型「Kobo elipsa」がある。

国内で販売されているイー Ink 電子書籍端末で、アマゾンと Rakuten Kobo 以外の製品としては、中国系企業の Onyx

Box が発売する Android 端末 BOOX シリーズがある。これまでの電子書籍端末が Linux OS であったのに対し、BOOX 端末は Android の OS を搭載している。これによって Google Play からアプリを入手し、インストールして利用が可能である。また、電子書籍端末としてだけでなく、附属のスタイラスペンによりデジタルペーパーとして利用することもできる。現在、7.8 インチカラー電子ペーパー搭載の「BOOX Nova Air C」などが発売されている。



植村 八潮 (正会員)

1956年生まれ、東京電機大学工学部卒業。東京経済大学院博士課程修了。博士(コミュニケーション学)。1978年東京電機大学出版局勤務、同局長を経て、2012年より専修大学文学部教授、現在に至る。2012年、出版デジタル機構代表取締役役に就任、2014年6月出版デジタル機構取締役会長を退任。2023年より日本図書館協会常務理事。専門は出版学で日本の電子書籍の研究・普及・標準化に長らく従事。主な著作として『電子出版の構図：実体のない書物の行方』(印刷学会出版部、2010年)、『電子書籍制作・流通の基礎テキスト』(ポット出版、2014年、編著)、『図書館のアクセシビリティ：「合理的配慮」の提供に向けて』(樹村房、2016年、編著)、『電子図書館・電子書籍サービス調査報告 2023—誰もが利用できる読書環境をめざして』(樹村房、2023年、編著)他

表 1 主な電子書籍専用端末

モデル	Kindle (第11世代)	KindlePaperWhite (第12世代)	KindlePaperWhite シグニチャーエディション (第12世代)	Kindle Scribe Notebook Design (第1世代)	Kobo Libra Colour	kobo Sage
表示	6 インチ	7 インチ	7 インチ	10.2 インチ	7 インチ	8 インチ
解像度	300 ppi 16 階調グレースケール	300 ppi 16 階調グレースケール	300 ppi 16 階調グレースケール	300 ppi 16 階調グレースケール	1680×1264 カラー150ppi/白黒300ppi	1920×1440 300ppi
容量	16GB	16 GB	32 GB	16/ 32 / 64 GB	32GB	32GB
ライト	LED 4 個	LED 17 個	LED 17 個	LED 35 個	内蔵 (自動調整)	あり
通信	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi
サイズ mm	157.8×108.6×8.0	176.7×127.6×7.8	176.7×127.6×7.8	196×230×5.7	161.0×144.6×8.3	181.4×160.5×7.6
防水機能	なし	IPX8 等級	IPX8 等級	なし	IPX8 等級	IPX8 等級
ペン入力	なし	なし	なし	附属	対応	対応
重量	158g	211 g	214g	433g	199.5g	240.8g
発売	2024 年 10 月	2024 年 10 月	2024 年 10 月	2024 年 10 月	2024 年 4 月	2021 年 10 月

## 6-3 ディスプレイ・表示装置

河村 尚登 (フェロー)

カワムラ・テクノラボ

### 6-3 Display

Naoto KAWAMURA (Fellow)

Kawamura Techno Lab

#### 1. 市場動向

表 1 に PC に対応した国内の FPD (Flat Panel Display) 出荷台数の推移を示す<sup>1)</sup>。なお、このカテゴリーでの統計は 2023 年第 2 四半期実績をもって JEITA でのデータの更新は終了となった。技術の進展によりカテゴリーがそぐわなくなったと思われる。

表 2 に薄型テレビの国内出荷台数の推移を示す<sup>1)</sup>。台数ベースでは 2021 年の東京五輪以降、やや減少してきているものの、大型パネルの占める割合は増加し、2023 年末時点で 50 型以上は 56%となっている。2024 年は 1-8 月のデータで、前年同期比で 102.9%である。パリ五輪特需が期待されたが、若者のテレビ離れや PC テレビの普及などから思ったほどの伸びはなかったようである。薄型テレビのうち、有機 EL の占める割合は、11~13%で年度ごとに大きな変動はない。また、4K 対応は、台数ベースでは略 50 数%でこれも大きな変動はないが、金額ベースでは 2023 年で 83.2%を占めるに至っている。

8K テレビは前回の調査<sup>2)</sup>と同様、まだ低い普及率である。NHK が BS で放送を実施しているのみで、コンテン

ツの供給と、受像機価格の面で普及を妨げていると思える。

しかし、B2B、特に医療分野での応用が進行し、装置の低コスト化が進み、少しずつ伸びている。世界的にみると 2023 年の市場規模は 164 億米ドルであったが、2032 年には 3807 億米ドル、市場成長率は年 41.78%と予測している<sup>3)</sup>。成長の要因としてホームエンターテインメントやゲーム、医療、デザイン、エンジニアリングなどが牽引すると見られている。

プロジェクタについては第 3 章で述べる。

#### 2. テレビの技術動向

主要メーカ各社の新製品を見ると、高画質化、高音質化、スマート化がより一層進んでいる。高画質化では、スーパーハイビジョンテレビの国際規格 ITU-R 勧告 BT.2020, BT.2100 の色域や HDR (High Dynamic Range) に対応すべくパネルの広色域・高輝度化が進行し、映像処理エンジンでは、ディープラーニング (深層学習) による AI を活用した高画質化処理が進行している。

##### 2.1 パネルの高解像度化及び広色域・高輝度化

2018 年 12 月から BS/CS (110°) で 4K/8K の実用放送が始まったものの、地上波での放送は 2024 年にも未だに始まっていないが、ケーブルテレビ、光回線、IPTV およびストリーミングサービスの普及などで 4K 対応機の導入が順調に進んでいる。このため、大半の 4K 機では地上波の 2K 映像をアップコンバートして高画質な 4K に変換する高解像化 (超解像) 映像エンジンを搭載し 4K 映像再現を得ている。また、BT.2020, BT.2100 規格<sup>4)-8)</sup>に準拠するため、パネルの広色域・高輝度化が進行している。パネルの素材は、液晶から OLED (有機 EL) という流れであったが、OLED は高輝度発光すると焼き付けを起こしやすい。このため、バックライトの高輝度化による液晶タイプが見直されている。しかし、OLED でも量子ドットやマイクロレンズアレイを置くことで高輝度化を達成するなど様々な改良が進行し、パネルの高度化競争が過熱している。

##### 2.2 ミニ LED バックライト液晶テレビ

ミニ LED は、従来の LED バックライトよりも小型で多数の LED

表 1 FPD の年度別国内出荷台数の推移 (千台)<sup>1)</sup>

	2021	2022	2023	2024
液晶モニタ	2192	2435	*	*
ノート PC	5396	3293	*	*
デスクトップ/オールインワン	193	*	*	*
パブリックディスプレイ	388	365	*	*

\* JEITA でのデータの更新が終了

表 2 薄型テレビの年度別国内出荷台数の推移 (千台)<sup>1)</sup>

	2021	2022	2023	2024*
薄型 TV	5387	4867	4373	2818
内 4K 対応	3063	2709	2431	1448
内 有機 EL	634	629	538	315

\* 1-8 月期

を配置でき、高輝度と局所的な調光(ローカルディミング)が可能である。中国 TCL やサムソンが早い段階で製品を発表したが、今や多くのメーカーでミニ LED 搭載液晶テレビを製品化している。

サムソンのミニ LED は、青色ミニ LED バックライトに量子ドットを組み合わせることにより、広色域・高輝度の液晶テレビ Neo QLED(新世代 Quantum Dot LED)を実現している<sup>9)</sup>(図 1)。

また、LG は量子ドットとナノセル技術を組み合わせた GL QNED(Quantum Dot Nano Cell LED)を用いたミニ LED 液晶ディスプレイを発表している<sup>10)</sup>。量子ドット技術とナノセル技術を組み合わせて、バックライトの効率を向上させ、広色域、高コントラストを実現している。

国内では、Sony が Bravia 9(XR90 シリーズ)に青色ミニ LED と量子ドットを搭載した液晶テレビを発売している。4K Bravia 史上最大の輝度を実現し、同社のフラッグシップ機と位置付けている<sup>11)</sup>。独自のバックライト制御技術により、消費電力の低減にも貢献している。

また、TVS Regza の Z970N シリーズもミニ LED 搭載で同社の最も高輝度なハイエンドモデルとしている<sup>12)</sup>。

その他、多くのメーカーがミニ LED 搭載液晶テレビを発売している。

### 2.3 マイクロ LED テレビ

一方、マイクロ LED はさらに小型の LED を使用し、バックライトでなく自己発光型の LED ディスプレイである。状態が安定した無機物を使用し、発光効率が高く高輝度で焼け付きなどの劣化がなく長寿命であり、次世代ディスプレイと言われている。半導体プロセスで製造された非常に小さな LED チップを一個一個ウェーファーから切り離し、基板に転送されてモジュールを作り、このモジュールを組み合わせてスケーラブルで多様な用途のディスプレイが作られる。各チップは画素ピッチ約 0.8 mm~1.6mm(用途による)で配列され、モジュールを画素単位で正確に配置する必要があり、モジュールの結合にはメーカー独自のノウハウを有す。主に大型デジタルサイネージに用いられている。

サムソンは "The Wall" というブランド名でマイクロ LED ディスプレイを展開しており、商業用や高級家庭用に利用されている<sup>13)</sup>。また、Sony は、Crystal LED というマイク

ロ LED 技術を用いたディスプレイを提供しており、プロフェッショナル向けの用途に特化している<sup>14)</sup>。

一方、マイクロ LED を使った世界初の 76, 89 インチの 4K テレビをサムソンが発表した<sup>15)</sup>。すでに 110 インチの 4K マイクロ LED を発表しているが、小インチのものは画素ピッチが小さくなり製造が難しくなる。今のところ中国、南アフリカ向けに価格も 1,000 万円以上するが、マイクロ LED テレビの将来方向を示すものとして注目されている。

LG ディスプレイはシリコン素材を用いた高反発のフィルム状基板にマイクロ LED を配置した伸縮可能なディスプレイを発表したことを前回報告した<sup>16)</sup>が、2024 年、ソウルファッションウィークにて、ファッションの一部として披露した。ウェアラブル技術を一変させる可能性があるとして注目されている<sup>17)</sup>。

### 2.4 有機 EL (OLED) テレビ

前回報告<sup>16)</sup>に引き続き、有機EL(OLED)テレビの需要は伸びており、2023年度には薄型TV全体の12.3%までになった。液晶と比べてバックライトが不要なため薄くでき、自己発光のため高コントラストで、かつ高速の応答可能で残像現象も無いなどの利点が後押ししている。ほとんどのパネルが白色OLEDに赤緑青白の色フィルタを用いたRGBW型が主流である。Wを入れることで輝度を稼いでいるが、色純度が下がるという問題がある。

RGB型で高輝度化の取り組みとして、LGが開発したマイクロレンズOLEDを搭載したテレビが現れた<sup>17)</sup>。従来のOLEDパネルの上にマイクロレンズアレー (MLA) を搭載することで高輝度化を実現する(図2)。MLAは、1画素当たり数千個の小さなレンズで構成され、明るさと指向性を向上させる。このMLA-OLEDをパネルとしたテレビとして、Panasonicは、2023年6月に4K有機ELビエラ NEW Z95Aを発売した<sup>18)</sup>。明るさやコントラストを向上させ、より高品質な映像を提供している。また、2024年発売のTVS Regza X9900Nシリーズは、MLAで高輝度化図った同社のフラッグシップ機である<sup>19)</sup>。OLEDの熱劣化を防ぐため、多層のアルミ層で放熱するハイブリッド高冷却システムを搭載し、高輝度と引き締まった黒の高コントラストを実現している。

また、LG Display は、OLED素子の水素原子を重水素に変え熱劣化を防ぎ、ピクセルあたり約5,000個のマイクロレンズパターンを形成した後OLED発光層を蒸着する進化したMLA+システムをMETA Technologyと称して第3世代のディスプレイ技術として発表した<sup>20)</sup>。

一方、サムソンは、青色OLEDと量子ドットを用いて、狭帯域で

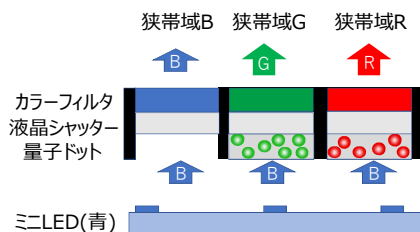


図1 サムソンの NeoQLED<sup>11)</sup>: ミニ LED をバックライトに量子ドットで波長変換し広色域・高輝度を実現

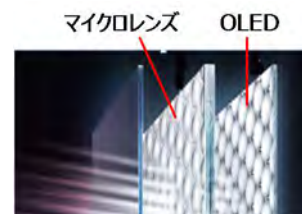


図2 マイクロレンズアレー搭載の有機 EL テレビ<sup>16)</sup>



高輝度のRGB型QD-OLED(Quantum Dot OLED) パネルを搭載したテレビを同社の主力商品として発売している(図3)。青色OLEDを用い、量子ドットと色フィルタにより色分離して狭帯域のRGB発光させる。量子ドットは波長変換すると同時に、高輝度化も達成する。同社は、QD-OLEDを次節で述べるSamsung QNEDへの基盤とみているものと思われる。QD-OLEDの具体的なモデルとしては、サムソンのS95B, SonyのBravia A95Lなどがある。

## 2.5 インクジェット印刷 OLED

現在、市場で流通しているOLEDパネルは、主に真空蒸着によるドライプロセスで作成される。一方、印刷OLEDは、材料をインクジェット方式で製作できるため真空装置も不要で、装置の大幅なコストダウンが可能である。

前回報告<sup>16)</sup>でJOLEDが印刷方式の量産化に成功したと報告したが、JOLEDは2023年上半期に倒産し、ジャパンディスプレイ(JDI)が引き継いだ<sup>21)</sup>。倒産の原因は、歩留まりが悪く価格が高かったためと報じられている。JOLEDへの出資者であった中国のTCLとCSOTは、CES2024にインクジェット印刷方式のゲーム用4Kディスプレイを発表した<sup>22)</sup>。2025年後半にインクジェット印刷OLEDを量産するとしている。

一方、サムソンは、QD-OLEDのOLEDをインクジェット印刷で製作するSamsung QNED(Quantum Dot Nano Rod LED)を発表した<sup>23), 24)</sup>。QNEDは、長い棒状のナノロッドLEDをインク状態でパネルに投入し、その後電場などを利用してナノロッドを配列する。一つの画素の中には、数十個のナノロッドLEDが配置される。QNEDはQD-OLEDの有機物蒸着プロセスを無機物インクジェット印刷プロセスに変えることで量産が可能である。QNEDのナノロッドLEDもQD-OLEDのように青色発光源であり、QD色変換層で赤と緑色を発光する。Samsung QNEDの量産は、2025~2026年になるとしている。

## 2.6 量子ドットの動向

量子ドット(QD: Quantum Dot)は、ナノメートルサイズの粒子による波長変換素子である。青色の光を照射してナノ粒子のサイズに応じてより長波長の狭帯域の光に変換する。1980年代にQDが発見されて以来(発見者らは2023年のノーベル化学賞を受賞)、サムソンがQDVision社を買収するなどして、QDの研究開発を強力に進め、QD-OLED, NeoQLEDなどを商品化してきた。最初はナノ粒子をシートにしてパネル全面を覆うものであったが、各画素へインクジェットで書き込むタイプに進化した。さらにモニシックのマイクロLEDのフルカラー化や、発光体としてLED内に組み込みフルカラー化を目指した研究開発が進んでいる<sup>25)</sup>。

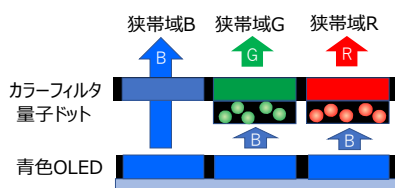


図3 QD-OLED方式:RGB3色の自己発光型

## 2.7 映像エンジン

ディスプレイのハードウェアの改良と並行し、映像エンジンも、前回報告<sup>16)</sup>から引き続き進化しており、高品質な映像作りを各社が競っている。

中でも超解像技術は、地上波の2K映像を4Kへアップコンバートするため、各社の4Kパネルの映像エンジンに組み込まれている。Sony Braviaには4K X-Reality PROエンジンが搭載されている<sup>26)</sup>。超解像処理は、データをカテゴリー/パターン分類しデータベースから高精細画像を求めて4K映像へ変換する。データベースはパターンを機械学習により事前に求めておく。アップコンバートのみならずノイズ低減、色調・階調・コントラストなどの高画質化処理を合わせて行うことが出来る。TVS REGZAに搭載されているRegzaエンジンZRαの超解像技術は、再構成型超解像技術と呼ばれ、入力映像を高解像度化してから低解像度に落とし、入力映像との差分をニューラルネットで学習させることで4K映像を得ている<sup>27)</sup>。フォーカスの合った領域に強くかけることで奥行きのある被写体に対して自然な奥行き感・立体感を醸し出している。

Panasonicのビエラエンジンに搭載されている超解像技術は、アップコンバートによる超解像映像とラインアートの近い画像を高解像にする数値モデル3次元超解像の「デュアル超解像」技術により、シーンに合わせて映像を自動で最適化している<sup>28)</sup>。その他の高画質化処理として、色・階調補正、環境光補正、HDR処理、美肌処理など、多くの高画質化処理が行われる。環境光補正とは、部屋の明るさや照明の色などの環境光によるカラーアピランスを補正するものである。

このように、各社とも映像エンジンに独自のAI画像処理を組み込み、高精細映像再現を競っている。

## 3. プロジェクタの動向

### 3.1 プロジェクタの技術動向

プロジェクタもFPD同様、4K対応、高輝度、HDR、広色域化が進行している。ホーム用はコンパクトながらも超短焦点レンズにより短距離で大画面の投写ができるものが増えてきた。また、FPDと同じようにローカルディミングを組み込んだものも提案されている。

### 3.2 超短焦点プロジェクタ

超短焦点プロジェクタは、大画面の投写をスクリーンの直下わずか20cmほどで行なうことができ、その専用スクリーンも進化した(図4)。ALR(Ambient Light Rejection: 環境光除去)型スクリーンと呼ばれるもので、タイプとしては、レンチキュラーレンズを組み込んだもの、フレネルレンズを組み込んだもの、プリズムを組み込んだもの等がある<sup>29)</sup>。環境光を吸収しプロジェクタの光を直接視聴者に導く明るいスクリーンである。

### 3.3 DLS技術搭載プロジェクタ

プロジェクタでもHDR対応すべくローカルディミングを搭



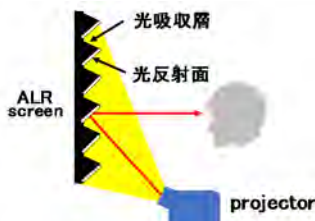


図4 ALR スクリーン<sup>25)</sup>

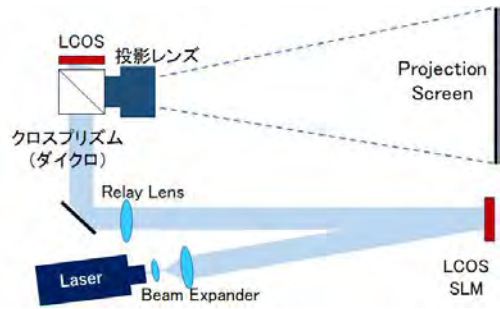


図5 プロジェクタのローカルディミング<sup>26)</sup>: Relay レンズで LCOS 間  
が共役になっている(図では1色分のみ示す)。

載する技術が登場した。CES2024において、中国ハイセンスがDLS (Dynamic Light Steering) 技術を搭載したプロジェクタを発表した<sup>30)</sup>。図5に示すようにLCOS(Liquid Crystal On Silicon)をSLM(Spatial Light Modulator:空間光変調器)として用いることによりローカルディミングによるHDRプロジェクションが可能となる。カラープロジェクションのためには3つのSLMおよび光学系が必要でコスト的には高価になるが、屋外でのプロジェクションや業務用大型機に期待される。

#### 4. 今後の動向

ディスプレイ、プロジェクタともに4K対応が進行している。ディスプレイでは、高輝度、HDR、広色域化が進行し、液晶、有機EL、量子ドット、ナノセル、ミニLEDなどの技術が融合かつ競い合っており、今後さらに進化すると思われる。大画面化が進み、熾烈な価格競争が予想される中で、生産コストに優れたインクジェット印刷方式の行方が注目される。プロジェクタでは、明るいとこでも利用できるレーザー光源方式に推移している。ともに高画質化が進み、テレビ以外にも医療分野や教育分野をはじめ、様々な分野での利用が活発化し、さらに市場が広がるものと思われる。

#### 参考文献

- 1) JEITA 情報産業システム部会:民生用電子機器国内出荷統計 <https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/shipment/index.htm> (2024).
- 2) Deloitte レポート:日本における8K市場の展望 <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/jp/Documents/technology-media-telecommunications/jp-tmt-predictions-2021-8k-jp.pdf> (2021).
- 3) 8K 技術市場レポート: <https://www.imarcgroup.com/report/ja/>

8k-technology-market (2024).

- 4) SMPTE ST 2084: “High dynamic range electro-optical transfer function of mastering reference displays” (2014).
- 5) ITU-R BT.2020: “Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange” (2012).
- 6) ITU-R BT.2100: “Image parameter values for high dynamic range television for use in production and international programme exchange” (2016).
- 7) ITU-R BT.1886: “Reference electro-optical transfer function for flat panel display used in HDTV studio production” (2011).
- 8) 河村尚登: “次世代カメラのデジタル画像処理”, 22 世紀アート, Amazon 電子出版 (2019).
- 9) サムソン: <https://www.samsung.com/us/tvs/neoqled-tv/>
- 10) LG: <https://www.lg.com/jp/tvs-soundbars/lcd-tvs/86qned90tja/>
- 11) Sony Bravia: <https://www.sony.jp/bravia/> (2024).
- 12) TVS Regza: <https://www.regza.com/tv/lineup/z875l-z870l> (2024).
- 13) サムソン“The Wall”: <https://www.ngc.co.jp/thewall/>
- 14) Sony “Crystal LED”: <https://www.sony.jp/crystal-led/> (2024).
- 15) サムソン: <https://www.youtube.com/watch?v=d0rhgmrR85I> (2024).
- 16) 河村尚登: “6.3 ディスプレイ・表示装置”, 画像電子学会誌, Vol.52, No.1, pp. 97-101 (2023).
- 17) LG Display: <https://tech-gadget.reinforz.co.jp/2896> (2024).
- 18) Panasonic MLA-OLED: <https://panasonic.jp/viera/Z95A.html>
- 19) TVS Regza: <https://www.regza.com/tv/lineup/x9900n> (2024).
- 20) Meta Technology: <https://www.oledspace.com/jp/products/oled-meta-technology/> (2024).
- 21) 有機ELのJOLEDが経営破綻 <https://36kr.jp/227170/> (2024)
- 22) <https://jpn.olednet.com/> (2024).
- 23) QNED: <https://japan.ajunews.com/view/20201115100924806>
- 24) サムソン QNED: <https://www.bunsekik.com/> (2024).
- 25) 量子ドットのディスプレイ応用技術開発: <https://jpn.olednet.com/> (2024).
- 26) Sony 超解像技術: [https://www.sony.com/ja/SonyInfo/research/technologies/super-resolution\\_technology/](https://www.sony.com/ja/SonyInfo/research/technologies/super-resolution_technology/) (2024).
- 27) TVS Regza: [https://online.stereosound.co.jp/\\_ct/17511356](https://online.stereosound.co.jp/_ct/17511356)
- 28) Panasonic: <https://panasonic.jp/viera/feature/2024/picture/common.html> (2024).
- 29) <https://av.watch.impress.co.jp/docs/series/dg/1569658.html>
- 30) <https://av.watch.impress.co.jp/docs/series/dg/718099.html> (2024).

#### 河村 尚登 (フェロー)

1971年九州大学理学部物理学科大学院修士課程修了。同年キヤノン(株)入社。光学設計、レーザービームプリンタ、カラーレーザーコピーなどの画像装置開発、画像処理、画像符号化などの研究開発を行う。1990年キヤノン豪州研究会社取締役。1998年キヤノン画像技術研究所所長。現在、技術コンサルタント。工学博士。日本画像学会会員、本学会編集委員



## 6-4 3D スキャナ (3D 入力装置)

坂本 静生 (正会員)

日本電気株式会社

### 6-4 3D Scanner (3D Input Device)

Shizuo SAKAMOTO (Member)

NEC Corporation

#### 1. はじめに

低価格で高機能な 3D スキャナとして、Microsoft は Azure Kinect DK を 2019 年 7 月から販売し、並行して Body Tracking SDK, Vision サービス API といったユーティリティもリリースして利用拡大に努めている<sup>1)</sup>。コンシューマ用途では、Apple は iPhone Pro 及び iPad Pro に最新機種でも継続して LiDAR を搭載する一方、Android 陣営では SONY が Xperia 1 III に、Samsung が Galaxy S20+ に搭載したものの、後継機種では搭載を見送っている。趣味性は高いものの、廉価な 3D スキャナキット販売は継続している。

サービスビジネスでは Preferred Networks が、ディープラーニング技術に基づく企業向け 3D 計測サービス、PFN 3D Scan を 2022 年 6 月から開始した<sup>2)</sup>。自動運転用途の LiDAR は、複数の会社による開発競争が熾烈<sup>3)</sup>であるが、安全性に悪影響を及ぼす攻撃手法<sup>4)</sup>が発表されるなど、脆弱性への対応を新たに意識せざるを得ない状況も生まれつつある。

本稿ではこれら 3D スキャン技術について、その最新動向を紹介する。

#### 2. 3D スキャン技術とは

3D スキャナは物体の形状を計測する技術であり、より高い計測精度・より短い計測時間といった性能向上を求めるとともに、応用場面では自立走行など周囲の環境や人などを認識するための入力デバイスとして研究開発が進んでいる。技術及び応用全般についてはサーベイ論文<sup>5)6)</sup>を参照されたい。

非接触 3D スキャン手法として、主に次の 3 方式が知られる：①異なる視点に配置した 2 台以上のカメラを用いる、三角測量の原理による方式 (ステレオとも)。追加的に計測対象へランダムパターン等を投影し、対象表面にテクスチャをもたなくても計測が可能な手法や、異なる視点からの画像を 1 台のカメラを動かしながら撮影する手法もある。②プロジェクタ等で正弦波などの光パターンを投影し、カメラとの間の三角測量の原理による方式。③光源から光を照射、物体から

反射して戻るまでの時間を計測し、距離を算出する方式 (TOF (Time of Flight) と呼ぶ)。

#### 3. ディープラーニングによる 3D スキャン

ディープラーニングは ILSVRC 2012 で衝撃的な結果を残した後<sup>7)</sup>、その応用は様々な分野に広がり、3D スキャンでも活用されている<sup>8)</sup>。特に従来技術では非常に困難であった、単眼カメラからの奥行き推定へのチャレンジが活発である<sup>9)10)</sup>。これまでの 3D スキャナとしては、ステレオカメラ対や光パターンのプロジェクタとカメラあるいは LiDAR など、ある程度の大きさ、コストと消費電力が想定されてきた。このような装置は小型ロボットや、積載量が限定されるドローンへの搭載において課題となり得ることもあり、単一カメラだけで 3D が推定できる技術が活発に検討されている。

教師あり学習では、学習データに正解となる 3D データが必要となる。ディープラーニングは推定するパラメータ数が非常に多くなることから大量の学習データが必要であり、3D スキャナを利用しやすくなったとはいえ、2D 画像と比較すると収集には時間と費用が必要となる。そのために、近年は研究の重心が半教師あり学習や教師なし学習へと移りつつある。但し教師なし学習は達成できる計測精度が低いことと、物体の大きさ (スケール) が単独では決定できない問題を抱えることから、半教師あり学習が注目されている。

今後は 3D 推定精度の向上に加えて、学習データ収集の場面とは異なる状況における計測精度の低下という機械学習一般に通じる課題をどのように解決するか、また重くなりがちな処理をリアルタイムで実行するにはどうすればよいか等について、研究開発が進んでいくものと思われる。

#### 4. スマートフォン・タブレットによる 3D スキャン

iPhone X とその後継にあたる Face ID 搭載機には TrueDepth と呼ばれる 3D スキャナが内向きに搭載されており<sup>12)</sup>、30,000 点以上の赤外ドットを測定対象に投射して深度マップを作成する。TrueDepth を利用する顔認証機能 Face ID は、iPhone を

顔から 25~50 cm 程度離れた位置で機能するとされていることから、TrueDepth の可動範囲もこれに準じると推察される。Apple ストアに、この TrueDepth による計測アプリがあり、手軽な 3D スキャンが可能である。

また、iPhone Pro 及び iPad Pro には LiDAR が搭載されている<sup>13)</sup>。この LiDAR は最大 5m までの対象物をスキャンすることができる。Apple ストアでは、理学療法士用の人体視覚化、造園設計視覚化、拡張現実による家具配置シミュレーションなどの種々のアプリケーションを入手して利用できる<sup>14)</sup>。

## 5. DIY 3D スキャナ

一般的に 3D スキャナは高価なものとなるが、100~300 米ドル程度で購入可能な DIY キットが発売されている。参考文献 15) が挙げる 7 種の 3D スキャナは、DIY キットであるために多分に趣味的であること、組み立てや調整に時間がかかると思われるものの、その 3D 計測精度は 3D プリント用途として許容レベルに達しつつあると評価されており、3D データの活用場面が広がりつつあることを実感させる。

## 6. おわりに

3D スキャナに関する技術動向を紹介した。近年は、ディープラーニングによる単眼カメラで 3D スキャン技術が開発されつつあり、小型ロボットやドローンなどへと搭載が検討できるようになってきた。スマートフォンやタブレットを利用し、一般消費者でも手軽に 3D スキャンが可能である。また、廉価な DIY 3D スキャナも継続して入手可能である。

3D スキャナ事業を巡っては、試行錯誤の状況が続く分野、あるいは自動運転のように激しい生き残り競争が生じる分野などまだら模様であり、この状況はしばらく続くものと思われる。

## 参考文献

- 1) “Azure Kinect DK について,” Microsoft corporation. <https://learn.microsoft.com/ja-jp/azure/Kinect-dk/about-azure-kinect-dk>
- 2) “深層学習を活用した高品質 3D スキャン代行サービス PFN 3D Scan を企業向けに提供開始,” Preferred Networks (2022). <https://www.preferred.jp/ja/news/pr20220620/>
- 3) “LiDAR (ライダー) とは? 「自動運転」 向けセンサーとして注目,” 自動運転ラボ, (2024). [https://jidouten-lab.com/y\\_lidar-toha-matome-eye](https://jidouten-lab.com/y_lidar-toha-matome-eye)
- 4) T. Sato et al.: “LiDAR Spoofing Meets the New-Gen: Capability Improvements, Broken Assumptions, and New Attack Strategies,” NDSS Symposium, (2024). <https://www.ndss-symposium.org/wp-content/uploads/2024-350-paper.pdf>
- 5) M. Daneshmand et al.: “3D Scanning: A Comprehensive Survey,” (2018). <https://arxiv.org/abs/1801.08863>
- 6) M. Javaid et al.: “Industrial perspectives of 3D scanning: Features, roles and it's analytical applications,” Sensors International, Vol.2, (2021). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666351121000358>
- 7) “IMAGENET Large Scale Visual Recognition Challenge 2012 (ILSVRC 2012),” (2012). <http://image-net.org/challenges/LSVRC/2012/> (2012).
- 8) H. Laga: “A Survey on Deep Learning Architectures for Image-based Depth Reconstruction,” (2019). <https://arxiv.org/abs/1906.06113>
- 9) Y. Ming et al.: “Deep learning for monocular depth estimation: A review,” (2021). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925231220320014>
- 10) A. Masoumian et al.: “Monocular Depth Estimation Using Deep Learning: A Review,” Sensors, vol.22, issue 14, (2022). <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/14/5353>
- 11) D. Wang et al.: “Monocular Depth Estimation: A Survey,” IECON 2023- 49th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, (2023). <https://ieeexplore.ieee.org/document/10311687>
- 12) “iPhone や iPad Pro で Face ID を使う”, Apple, <https://support.apple.com/ja-jp/108411>.
- 13) G. Kelly: “iPhone 15 Pro はソニー製 LiDAR スキャナで「AR 機能」強化へ”, Forbes Japan, (2023). <https://forbesjapan.com/articles/detail/61581>
- 14) 拡張現実 最高の AR 体験を、いくつか紹介します, Apple. <https://www.apple.com/jp/augmented-reality/>
- 15) “7 DIY 3D Scanners You Can Print At Home (2024),” 3D Sourced, (2024). <https://www.3dsourced.com/rankings/best-diy-3d-scanner/>

本稿記載の URL は全て、2024 年 8 月 31 日に閲覧確認済である。



坂本 静生 (正会員)

1985 年 大阪大学理学部物理学科卒業。1988 年 同大学大学院理学研究科物理学専攻博士後期課程中退。2011 年~2013 年 早稲田大学基幹理工学研究科修了, 工学博士。1989 年 日本電気株式会社入社。2024 年現在 同社パブリックビジネスユニット主席サイエンティスト。画像処理・画像計測・画像認識・パターン認識, 特にバイオメトリクス技術や機械学習全般, セキュリティ技術の研究開発及び, プライバシーに関わる法制度を含んだ社会受容性の研究, 並びに事業化活動に従事。他に ISO/IEC JTC1/SC37 (生体認証) 委員長, 同 SC42 (人工知能) /WG5・JWG5 主査等。著書に, ゼロからわかる 3 次元計測 (オーム社) 等。

## 6-5 ウェアラブル機器

児玉 明 (フェロー)

広島大学

## 6-5 Wearable Device

Mei KODAMA (Fellow)

Hiroshima University

### 1. はじめに

本稿では、2023～2024年におけるウェアラブル機器の動向について紹介する。ウェアラブル機器は、リストバンド型 (Wristband)、腕時計型スマートウォッチ (Watch)、耳装着型 (Earwear/Hearables)、眼鏡型 (Glasses)、クリップ型 (Clips)、靴・衣類型 (Shoes/Clothes) 等があり、近年はスマートリングも注目されている。本稿では主にスマートウォッチとリストバンド型の2タイプの機器に着目し、販売台数の推移および主な製品例を示す。各種販売台数の詳細情報は年々有料化が進んでおり、本稿では一般的に公開されている販売台数を利用することとする。これらタイプには、装着者の活動、健康、環境に関するデータを収集するためのセンサーが搭載されており、当該データは、フィットネスや健康指標の追跡、慢性疾患の監視、リアルタイムのフィードバックの提供や他のデバイスとの通信や対話等に使用できるものである。また、日常生活の健康管理に加えて、スポーツやトレーニングに特化したものもある。なお、商標登録に関する registration symbol®, trade mark ™の表記は省略する。

### 2. 動 向

まずウェアラブル機器の市場動向について紹介する。IDC Japan<sup>1)</sup>によると2023年通年の国内ウェアラブル端末出荷台数は前年比5.4%減となる1,119万台であり、スマートウォッチ/リストバンド市場は対前年比15.5%減となったと報告されている。これは、トップシェアであるAppleが対前年比30.2%減となった結果が影響している。

日本国内のウェアラブル機器市場全体で2023年と2022年を比較すると、2023年では、1位から順に(1) Apple, (2) Sony, (3) Samsung, (4) Bose, (5) Xiaomiであり、出荷量はそれぞれ328万台、161万台、105万台、41万台、39万台で、市場シェアはそれぞれ27.5%、13.4%、8.8%、3.4%、3.3%であり、対前年成長率はそれぞれ、-26.0%、-35.7%、+129.2%、+62.2%、+15.7%となっている。スマートウォッチ・リストバンド市場では、上位から順に(1) Apple, (2) Xiaomi, (3) Garmin, (4) Huawei, (5) Googleであり、出荷台数は107万台、33万台、28万台、27万台、19万台で、市場シェアはそれぞれ44.4%、13.7%、11.7%、

11.1%、7.9%であり、対前年成長率はそれぞれ、-30.2%、+6.5%、-8.3%、+92.9%、-38.1%となっている。その他の情報として、耳装着型デバイス市場では、上位から順に(1) Apple, (2) Sony, (3) Samsung, (4) Bose, (5) GN Groupで、出荷台数はそれぞれ222万台、161万台、102万台、40万台、8万台、市場シェアはそれぞれ23.6%、17.1%、10.9%、4.3%、0.9%であり、対前年成長率はそれぞれ-23.3%、-34.9%、+146.1%、+63.2%、+43.4%となっており、上位2社が大幅減となっている。低価格帯の製品も販売されており、購入しやすい製品の需要が高まるとも考えられる。

また、IDC<sup>3)</sup>による世界の2024年第1四半期におけるウェアラブル機器の出荷量、市場シェア、対前年成長率によるトップ5は、1位 Apple, 2位 Xiaomi, 3位 Huawei, 4位 Samsung, 5位 Imagine Marketingであり、出荷台数<百万台> (市場シェア)・前年第1四半期出荷台数<百万台> (市場シェア) はそれぞれ、(1) 20.6 (18.2%)・25.4 (24.5%)、(2) 11.8 (10.5%)・8.2 (7.9%)、(3) 10.9 (9.6%)・6.3 (6.1%)、(4) 10.6 (9.3%)・9.4 (9.0%)、(5) 6.1 (5.4%)・6.4 (6.2%)である。Appleの1位は変わらないが、若干市場シェアを落としており、用途別による製品の選択が進んでいると考えられる。

加えて、国内の市場として注目されるのは、2021年にGoogleはFitbitを買収し、現在はGoogle Fitbitブランドとして販売していることである。スマートフォンとの連携も考え、Watch製品と合わせて国内販売しており、Appleを意識した状況である。

更に、ウェアラブルデバイス市場の予測<sup>3,4)</sup>では、キーワードとして挙げられるのが、健康意識の高まり、遠隔患者モニタリング、スポーツ・フィットネス業界における需要、ファッションにおける普及、研究開発の促進やデザイン開発により市場の需要を牽引している。一方で、懸念されているのが、データのプライバシー・セキュリティ問題や標準化の課題である。これらの動向について今後も見ていく必要がある。

次に、2023年～2024年に日本国内で販売しているウェアラブル機器の中で、腕時計型、リストバンド型の機器の主な製品例<sup>6~9)</sup>を表1～表5に示す。

表 1 ウェアラブル機器の製品例 (1)

メーカー	型	サイズ (縦×横×厚さ mm) / 重量 g	OS	チップ	ディスプレイ	センサー	通信/電源	用途・機能	発売日
Apple <sup>6)</sup>	Ultra 2 (2023)	49×44×14.4 mm, 61.4g/61.8g	watchOS 11	S9 SiP (64 ビットデュアルコアプロセッサ搭載), 4 コア Neural Engine, 64GB	LTPO2 OLED 常時表示 Retina ディスプレイ, 410×502pixel	電気心拍センサー, 第3世代の光学式心拍センサー, 皮膚温センサー, 血中酸素ウェルネスセンサー, 水深計, 水温センサー, コンパス, 常時計測の高度計, 高重力加速度センサー, ハイダイナミックレンジジャイロスコープ, 環境光センサー	LTE, UMTS14 L1/L5 高精度 2 周波 GPS (GPS, GLONASS, Galileo, QZSS, BeiDou), Wi-Fi 4:802.11n, Bluetooth 5.3	ハイキング, サイクリング, スイミング, ダイビング, 水深計, 水温センサー, スキー/スノーボード, 屋外ローイング, パドリング, ゴルフ, ウォーキング, エリプティカル, ローイング, ステアステッパー, HIIT, ヨガ, 機能的筋力トレーニング, ダンス, クールダウン, コアトレーニング, ピラティス, 太極拳, 車椅子, キックボクシング, マルチスポーツ	2023/9/22
Apple	Series 9	41×35×10.7 mm/31.9g, 45×38×10.7 mm/38.7g	watchOS 11	S9 SiP(64 ビットデュアルコアプロセッサ搭載), 4 コア Neural Engine, 64GB	LTPO OLED 常時表示 Retina ディスプレイ, 326ppi	電気心拍センサー, 第3世代の光学式心拍センサー, 皮膚温センサー, コンパス, 常時計測の高度計, 高重力加速度センサー, ハイダイナミックレンジジャイロスコープ, 環境光センサー, 常時計測の高度計, 50 メートルの耐水性能, IP6X 等級認証の防塵性能, 第3世代の光学式心拍センサー, 高重力加速度センサー, 環境光センサー	L1 GPS, GNSS, Galileo, BeiDou, Wi-Fi4 802.11n, Bluetooth 5.3/リチャージャブルリチウムイオンバッテリー内蔵, 通常使用時最大 18 時間, 低電力モード最大 36 時間	ランニング, ハイキング, サイクリング, スイミング, ウォーキング, エリプティカル, ローイング, ステッパー, HIIT, ヨガ, 機能的筋力トレーニング, ダンス, クールダウン, コアトレーニング, ピラティス, 太極拳, 車椅子, キックボクシング, マルチスポーツ/心電図アプリ, 過去の排卵を推定できる周期記録アプリ, 心拍数アプリ, 高心拍数と低心拍数の通知, 不規則な心拍リズムの通知, 服薬アプリ, マインドフルネスアプリ, ノイズアプリ, 睡眠ステージ対応の睡眠アプリ	2023/9/22
Apple	Series 10	46×39×9.7 mm /GPS モデル 36.4g, GPS+Cellular モデル 35.3g, チタニウム 41.7g, 42×36×9.7 mm/ GPS モデル 30g, GPS+Cellular モデル 29.3g, チタニウム 34.4g	watchOS 11	S10 SiP (64 ビットデュアルコアプロセッサ搭載), 4 コア Neural Engine, 64GB	LTPO3 常時表示 Retina ディスプレイ 広視野角 OLED, 416×496, 374×446	電気心拍センサー, 第3世代の光学式心拍センサー, 皮膚温センサー, 血中酸素ウェルネスセンサー, コンパス, 常時計測の高度計, 高重力加速度センサー, ハイダイナミックレンジジャイロスコープ, 環境光センサー, 水深計, 水温センサー, 50 メートルの耐水性能 (泳げる耐水性能), IP6X 等級の防塵性能	L1 GPS, GLONASS, Galileo, QZSS, BeiDou LTE, UMTS13 Wi-Fi 4 802.11n, Bluetooth 5.3, リチャージャブルリチウムイオンバッテリー内蔵, 通常使用時最大 18 時間, 低電力モードで最大 36 時間	ランニング, ハイキング, サイクリング, スイミング, スキー, スノーボード, 屋外ローイング, パドリング, ゴルフ, ウォーキング, エリプティカル, ローイング, ステッパー, HIIT, ヨガ, 機能的筋力トレーニング, ダンス, クールダウン, コアトレーニング, ピラティス, 太極拳, 車椅子, キックボクシング, マルチスポーツ/血中酸素ウェルネスアプリ, 心電図アプリ, 過去の排卵を推定できる周期記録アプリ, 心拍数アプリ, 高心拍数と低心拍数の通知, 不規則な心拍リズムの通知, 服薬アプリ, 心の状態を記録できるマインドフルネスアプリ, ノイズアプリ, 睡眠ステージ対応の睡眠アプリ, 睡眠時無呼吸の通知	2024/9/20
Apple	Ultra 2 (2023)	49×44×14.4 mm, 61.4g/61.8g	watchOS 11	S9 SiP (64 ビットデュアルコアプロセッサ搭載), 4 コア Neural Engine, 64GB	LTPO2 OLED 常時表示 Retina ディスプレイ, 410×502 pixel	電気心拍センサー, 第3世代の光学式心拍センサー, 皮膚温センサー, 血中酸素ウェルネスセンサー, 水深計, 水温センサー, コンパス, 常時計測の高度計, 高重力加速度センサー, ハイダイナミックレンジジャイロスコープ, 環境光センサー	LTE, UMTS14 L1/L5 高精度 2 周波 GPS (GPS, GLONASS, Galileo, QZSS, BeiDou), Wi-Fi 4:802.11n, Bluetooth 5.3	ハイキング, サイクリング, スイミング, ダイビング, 水深計, 水温センサー, スキー/スノーボード, 屋外ローイング, パドリング, ゴルフ, ウォーキング, エリプティカル, ローイング, ステアステッパー, HIIT, ヨガ, 機能的筋力トレーニング, ダンス, クールダウン, コアトレーニング, ピラティス, 太極拳, 車椅子, キックボクシング, マルチスポーツ	2023/9/22

表2 ウェアラブル機器の製品例 (2)

メーカー	型	サイズ (縦×横×厚さ mm) / 重量 g	OS	チップ	ディスプレイ	センサー	通信/電源	用途・機能	発売日
Google <sup>7)</sup>	Pixel Watch 2	直径 41 × 12.3mm, 31g	Wear OS 4.0	Snapdragon W5 Gen 1, Cortex-M33, 32 GB eMMC 型フラッシュ 2 GB SDRAM	カスタム 3D Coming Gorilla Glass 5, 320 ppi AMOLED ディスプレイ (DCI-P3 カラー)	コンパス, 高度計, 酸素飽和度 (血中酸素ウェルネス) モニタリング用の赤色及び赤外線センサー, 心電図アプリに対応する多目的電気センサー, マルチパス光学式心拍数センサー, 3 軸加速度計, ジャイロスコープ, 周囲光センサー, 皮膚コンダクタンスを測定する電気センサー (cEDA) が身体反応を計測, 皮膚温センサー, 気圧計, 磁力計, カスタム 3D Coming Gorilla Glass 5, 5 ATM	4G LTE and UMTS, Bluetooth 5.0, Wi-Fi 802.11 b/g/n 2.4GHz, NFC, FeliCa, GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, Quasi-Zenith Satellite, 常に表示状態のディスプレイで 24 時間 4 使用可能	消費カロリー, アクティブな心拍ゾーン, 睡眠パターン等の正確な情報, 安静時の心拍数, 高 / 低心拍数の通知機能, 心拍変動, ストレスに対する身体反応を終日測定し, 通知でお知らせ, ストレスマネジメントスコア, リラックス呼吸セッション, 気分, 血中酸素ウェルネスの測定, 呼吸数, 皮膚温の検知, 睡眠スコア, 睡眠プロフィール, 月経周期トラッキング/自動ワークアウト モード: 7 種類のエクササイズ (ランニング, ウォーキング, 屋外サイクリング, 室内サイクリング, トレッドミル, ボート漕ぎ, クロストレーナー), ペーストレーニング, アクティブな心拍ゾーン (分数), 今日のエナジースコア, エクササイズ モード: ランニング, サイクリング, ウェイトトレーニング, ヨガ等エクササイズを計測表示, 有酸素運動のフィットネススコア, スマートフォンでワークアウト/Fitbit アプリ/Premium, YouTube Music Premium	2023/11/21
Google	Pixel Watch 3	直径 41 × 12.3mm, 31g / 直径 45 × 12.3mm, 37g	Wear OS 5.0	Snapdragon W5 Gen 1, Cortex M33 コプロセッサ, 32 GB eMMC 型フラッシュ 2 GB SDRAM	Actua ディスプレイ, カスタム 3D Coming Gorilla Glass 5, 320 ppi AMOLED LTPO ディスプレイ (DCI-P3 カラー)	コンパス, 高度計, 酸素飽和度 (血中酸素ウェルネス) モニタリング用の赤色光および赤外線センサー, 多目的電気センサー, マルチパス光学式心拍数センサー, 3 軸加速度計, ジャイロスコープ, 周囲光センサー, 皮膚コンダクタンス (cEDA) 測定用電気センサー, 皮膚温センサー, 気圧計, カスタム 3D Coming Gorilla Glass 5, 5 ATM, IP68	4G LTE および UMTS3, Bluetooth 5.3, Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac/ax 2.4 GHz, 5 GHz, NFC, 超広帯域無線, FeliCa, GPS, Galileo, Glonass, Beidou, QZSS, 常に表示状態のディスプレイで最長 24 時間使用可能, バッテリーセーバーモードで最長 36 時間使用可能	ランニング等 40 を超えるエクササイズをトラッキング, Fitbit アプリ/Premium	2024/9/10
Google (Fitbit) <sup>8)</sup>	Fitbit Charge 6	36.73 × 23.09 × 11.20mm, 30.00g	--	--	AMOLED ディスプレイ, Coming Gorilla Glass 3	光学式心拍数モニター, 3 軸加速度計, GPS 搭載 + GLONASS, 血中酸素ウェルネス測定用の赤色および赤外線センサー, デバイスの温度センサー, 振動モーター, 環境光センサー, NFC, 多目的電気センサー, 耐水性能水深 50m	最大 7 日間のバッテリーライフ	心拍数表示, 今日のエナジースコア, 40 種類以上のエクササイズモード: ランニング, サイクリング, ウェイトトレーニング, ヨガ等のエクササイズを計測, 睡眠ステージ, 安静時心拍数, 心肺機能のフィットネススコア, 一日を通してアクティビティを記録, ワークアウトの強度マップ, タイマー&ストップウォッチ, 高 / 低心拍数の通知, 血中酸素ウェルネスの記録, 推定, 睡眠時皮膚温の変動, 安静時の心拍数, 呼吸数, 月経に関する記録, 健康管理リマインダー, ストレスマネジメント, 皮膚電気活動, スキャンアプリ, 睡眠スコア, 睡眠プロフィール, スマートアラーム, 睡眠の記録&睡眠ステージ/YouTube Music, Google マップ, Google ウォレット等	



表3 ウェアラブル機器の製品例 (3)

メーカー	型	サイズ (縦×横 ×厚さ mm) / 重量 g	OS	チップ	ディスプレイ pixel	センサー	通信/電源	用途・機能	発売 日
Garmin <sup>9)</sup>	Vivo mov e Tren d	40.4× 40.4× 11.9 mm, ケースの み: 28.3 g, シリコン ストラッ プ付: 43.3 g	--	--, 内蔵メモ リ/履歴: 10回のアク ティビ ティデー タ, 14日 間のアク ティビテ ィトラッ キングデー タ	1.01 インチ × 0.74 インチ (25.6 mm × 18.8 mm), 254 × 346 pixel, ディス プレイタイプ モノクロ LCD	armin Elevate リス ト型心拍計, 気圧 高度計, 加速度計, 環境光センサー, 血中酸素トラッキ ング, 防水等級 5 ATM	Bluetooth Smart, ANT+, ス マートウォッチモード: 約 5 日間, 時計モード: 追加 で約 1 日	時計機能, 健康モニタ リング, デイリースマ ート機能, 安全および 追跡機能, ライフログ 機能, ジム&フィット ネスアクティビティ, トレーニング, 計画, 分析機能, ランニング 機能, サイクリング機 能, スイム機能	2023/ 2/9
Garmin	Fore runn er 265/ 265 S	46.1 × 46.1 × 12.9 mm, 47 g	--	--, 内蔵メモ リ/履歴 8 GB	直径 1.3 インチ (32.5 mm), 416 × 416 pixel, ディス プレイタイプ AMOLED	GPS, GLONASS, Galileo, みちびき (補完信号), GNSS マルチバンド, SatIQ (衛星自動選択モ ード) 機能, Garmin Elevate リスト型心 拍計, 気圧高度計, コンパス, ジャイロ センサー, 加速度 計, 温度計, 環境光 センサー, 血中酸素 トラッキング, 防水 等級 5 ATM	Bluetooth, ANT+, Wi-Fi, ス マートウォッチモード: 約 13 日間, GPS モード: 約 20 時間, SatIQ (衛星自 動選択モード) モード: 約 16 時間, マルチ GNSS マル チバンドモード: 約 14 時 間, GPS+音楽再生モード: 約 7 時間, SatIQ (衛星自動 選択モード)+音楽再生モ ード: 約 6.5 時間, マルチ GNSS マルチバンド+音楽 再生モード: 約 6 時間	時計機能, 健康モニタ リング, デイリースマ ート機能, セーフティ &トラッキング機能, ラ イフログ機能, ジム& フィットネスアクティ ビティ, トレーニング, 計画, 分析機能, ラン ニング機能, アウトド アレクリエーション機 能, サイクリング機能, スイム機能	2023/ 3/2
Garmin	Fore runn er 965	47.2 × 47.2 × 13.2 mm, 53 g	--	--, 内蔵メモ リ/履歴 32 GB	直径 1.4 インチ (35.4 mm), 454 × 454 pixel, ディス プレイタイプ AMOLED	GPS, GLONASS, Galileo, みちびき (補完信号) GNSS マルチバンド, SatIQ (衛星自動選択モ ード) 機能, Garmin Elevate リスト型心 拍計, 気圧高度計, コンパス, ジャイロ センサー, 加速度 計, 温度計, 環境光 センサー, 血中酸素 トラッキング, 防水 等級 5 ATM	Bluetooth, ANT+, Wi-Fi, ス マートウォッチモード: 約 23 日間, GPS モード: 約 31 時間, SatIQ (衛星自 動選択モード) モード: 約 22 時間, マルチ GNSS マル チバンドモード: 約 19 時 間, GPS+音楽再生モード: 約 10.5 時間, SatIQ (衛星自 動選択モード)+音楽再生モ ード: 約 9.5 時間, マルチ GNSS マルチバンド+音 楽再生モード: 約 8.5 時 間	時計機能, 健康モニタ リング, デイリースマ ート機能, セーフティ &トラッキング機能, ラ イフログ機能, ジム& フィットネスアクティ ビティ, トレーニング, 計画, 分析機能, ラン ニング機能, ゴルフ機 能, アウトドアレクリ エーション機能, サイ クリング機能, スイム 機能	--
Garmin	MA RQ	直径 46 ×15 mm, ナイロン バンド込 み: 87 g, シリコン バンド込 み: 84 g	--	--, 内蔵メモ リ/履歴 32 GB	直径 1.2 インチ (30.4 mm), 390 × 390 pixel, ディス プレイ タイプ AMOLED	GPS, GLONASS, Galileo, みちびき (補完信号), GNSS マルチバン ド, SatIQ (衛星自動 選択モード) 機能, Garmin Elevate リス ト型心拍計, 気圧 高度計, コンパス, ジャイロセンサー, 加速度計, 温度計, 環境光センサー, 血中酸素トラッキ ング, 防水等級 10 ATM	Bluetooth, ANT+, Wi-Fi, ス マートウォッチモード: 約 16 日間 (常時表示: 6 日 間), バッテリー節約ウォ ッチモード: 約 21 日間, GPS モード: 約 42 時間 (常時 表示: 30 時間), マルチ GNSS モード: 約 32 時間 (常時表示: 24 時間), マルチ GNSS マルチバンド モード: 約 28 時間 (常時 表示: 22 時間), マルチ GNSS+音楽再生モード: 約 10 時間 (常時表示: 9 時間), バッテリー最長モ ード: 約 75 時間, Expedition モード: 約 14 日間	時計機能, 健康モニタ リング, デイリースマ ート機能, セーフティ &トラッキング機能, タ クティカル機能, ライ フログ機能, ジム & フィットネスアクティ ビティ, トレーニング, 計画, 分析機能, ラン ニング機能, ゴルフ機 能, アウトドアレクリ エーション機能, サイ クリング機能, スイム 機能	2023/ 3/10
Garmin	Insti nct 2X	45 × 45 × 14.5mm, 52g	--	--, 内蔵メモ リ/履歴 32 GB	2 ウィンドウデ ザイン, 23 × 23 mm (0.9 インチ× 0.9 インチ), 176 × 176 pixel, ディス プレイタイプ モノクロ半透 過メモリン pixel (MIP)	GPS, GLONASS, Galileo, みちびき (補完信号), Garmin Elevate リス ト型心拍計, 気圧 高度計, コンパス, 加速度計, 温度計, 血中酸素トラッキ ング, 防水等級 10 ATM	Bluetooth, ANT+, 稼働時間 (ソーラー充電): スマート ウォッチモード: 約 28 日 間+無制限, バッテリー節 約ウォッチモード: 約 65 日間+無制限, GPS+光学 心拍計モード: 約 30 時間 +18 時間, バッテリー最長 GPS モード: 約 70 時間+ 300 時間, Expedition モ ード: 約 32 日間+無制限	時計機能, 健康モニタ リング, デイリースマ ート機能, 安全および 追跡機能, ライフログ 機能, ジム&フィット ネスアクティビティ, トレーニング, 計画, 分析機能, ランニング 機能, ゴルフ機能, ア ウトドアレクリエーシ ョン機能, サイクリン グ機能, スイム機能	2023/ 5/12

表4 ウェアラブル機器の製品例 (4)

メーカー	型	サイズ (縦×横×厚 さ mm) /重量 g	OS	チップ	ディスプレ イ pixel	センサー	通信/電源	用途・機能	発売 日
Garmin	Approach S70	47×47×14 mm, 56 g	--	--, 内蔵メモリ/履歴 32 GB	直径 1.4 インチ (35.41 mm), 454×454 pixel, ディ스플레이タイプ AMOLED	GPS, GLONASS, Galileo, みちびき (LIS 信号対応), GNSS マルチバンド, SatIQ (衛星自動選択モード) 機能, Garmin Elevate リスト型心拍計, 気圧ジャイロセンサー, 加速度計, 環境光センサー, 血中酸素トラッキング, 防水等級 5 ATM, 高度計, コンパス	Bluetooth, ANT+, Wi-Fi, 稼働時間: スマートウォッチモード: 約 16 日間, GPS モード: 約 20 時間	時計機能, 健康モニタリング, デイリースマート機能, セーフティ&トラッキング機能, ライフログ機能, ジム&フィットネス アクティビティ, トレーニング, 計画, 分析機能, ランニング機能, ゴルフ機能, アウトドアレクリエーション機能, サイクリング機能, スイム機能	2023/5/31
Garmin	Venu 3/ 3S	45×45×12 mm, 30 g (標準付属バンド込み: 47 g)	--	--, 内蔵メモリ/履歴 8 GB	直径 1.4 インチ (35.4 mm), 454×454 pixel, ディ스플레이タイプ AMOLED	GPS, GLONASS, Galileo, みちびき (補完信号), Garmin Elevate リスト型心拍計, 気圧高度計, コンパス, ジャイロセンサー, 加速度計, 温度計, 環境光センサー, 血中酸素トラッキング, 防水等級 5 ATM	Bluetooth, ANT+, Wi-Fi, スマートウォッチモード: 約 14 日間, バッテリー節約スマートウォッチモード: 約 26 日間, GPS モード: 約 26 時間, マルチ GNSS モード: 約 20 時間, マルチ GNSS+音楽再生モード: 約 11 時間	時計機能, ヘルス&ウェルネスモニタリング, デイリースマート機能, セーフティ&トラッキング機能, ライフログ機能, ジム&フィットネスアクティビティ, トレーニング, 計画, 分析機能, ランニング機能, ゴルフ機能, アウトドアレクリエーション機能, サイクリング機能, スイム機能	2023/9/7
Garmin <sup>9)</sup>	Vivoactive 5	45×45×12 mm, 30 g (標準付属バンド込み: 47 g)	--	--, 内蔵メモリ/履歴 8 GB	直径 1.4 インチ (35.4 mm), 454×454 pixel, ディ스플레이タイプ AMOLED	GPS, GLONASS, Galileo, みちびき (補完信号), Garmin Elevate リスト型心拍計, 気圧高度計, コンパス, ジャイロセンサー, 加速度計, 温度計, 環境光センサー, 血中酸素トラッキング, 防水等級 5 ATM	Bluetooth, ANT+, Wi-Fi, スマートウォッチモード: 約 14 日間, バッテリー節約スマートウォッチモード: 約 26 日間, GPS モード: 約 26 時間, マルチ GNSS モード: 約 20 時間, マルチ GNSS+音楽再生モード: 約 11 時間	時計機能, ヘルス&ウェルネスモニタリング, デイリースマート機能, セーフティ&トラッキング機能, ライフログ機能, ジム&フィットネスアクティビティ, トレーニング, 計画, 分析機能, ランニング機能, ゴルフ機能, アウトドアレクリエーション機能, サイクリング機能, スイム機能	2023/10/11
Garmin	Descent Mk3	51×51×16.4 mm, ケースのみ s: 77.8 g, シリコンバンド込み: 105.6 g, チタンバンド込み: 165.9 g,	--	--, 内蔵メモリ/履歴 32 GB	直径 1.4 インチ (35.56 mm), 454×454 pixel, ディ스플레이タイプ AMOLED	GPS, GLONASS, Galileo, みちびき (補完信号), SatIQ (衛星自動選択モード) 機能, Garmin Elevate リスト型心拍計, 気圧高度計, コンパス, ジャイロセンサー, 加速度計, 温度計, 環境光センサー, 深度センサー	Bluetooth, ANT+, Wi-Fi, SubWave, スマートウォッチモード: 約 25 日間 (常時表示: 約 10 日間), バッテリー節約ウォッチモード: 約 31 日間, GPS モード: 約 76 時間 (常時表示: 約 56 時間), マルチ GNSS モード: 約 55 時間 (常時表示: 約 43 時間), マルチ GNSS マルチバンドモード: 約 48 時間 (常時表示: 約 38 時間), マルチ GNSS+音楽再生モード: 約 17 時間, バッテリー最長モード: 約 118 時間, Expedition モード: 約 24 日間, ダイビングモード: 約 66 時間, ダイビングモード (T2 使用時): 約 40 時間	時計機能, ヘルス&ウェルネスモニタリング, デイリースマート機能, ダイビング機能, アクティビティプロフィール: ジム, マルチスポーツ, ウェルネス, 屋内ラン, 屋外ラン, アウトドアレクリエーション, サイクリング, スイム, ウォーターアクティビティ, モータースポーツ, ラケットスポーツ, スノー&ウィンター, チームスポーツ, リング競技, ジャンプマスター, タクティカル, セーフティ&トラッキング機能, タクティカル機能, ゲーム機能, ポート機能, ライフログ機能, ジム & フィットネスアクティビティ, トレーニング, 計画, 分析機能, ランニング機能, ゴルフ機能, アウトドアレクリエーション機能, サイクリング機能, スイム機能	2023/12/22

表5 ウェアラブル機器の製品例 (5)

メーカー	型	サイズ (縦×横×厚さ mm) /重量 g	OS	チップ	ディスプレイ pixel	センサー	通信/電源	用途・機能	発売日
Garmin	Quatix 7 Pro AMOLED	47×47×14.6 mm, 70 g (47 g, ケースのみ)	--	--, 内蔵メモリ/履歴 32 GB	直径 1.3 インチ (33.0 mm), 416×416 pixel, デイスタイプ AMOLED	GPS, GLONASS, Galileo, みちびき (補完信号), SatIQ (衛星自動選択モード) 機能, Garmin Elevate リスト型心拍計, 血中酸素トラッキング, 気圧高度計, コンパス, ジャイロセンサー, 加速度計, 温度計, 環境光センサー, 防水等級 10 ATM	Bluetooth, ANT+, Wi-Fi, スマートウォッチモード: 約 16 日間 (常時表示: 約 6 日間), バッテリー節約ウォッチモード: 約 21 日間, GPS モード: 約 42 時間 (常時表示: 約 30 時間), マルチ GNSS モード: 約 32 時間 (常時表示: 約 24 時間), マルチ GNSS マルチバンドモード: 約 20 時間 (常時表示: 約 15 時間), マルチ GNSS+音楽再生モード: 約 10 時間, バッテリー最長モード: 約 75 時間, Expedition モード: 約 14 日間	時計機能, ヘルス&ウェルネスモニタリング, デイリースマート機能, アクティビティプロフィール: ジム, マルチスポーツ, ウェルネス, 屋内ラン, 屋外ラン, アウトドアレクリエーション機能, サイクリング, スイム, ウォーターアクティビティ, モータースポーツ, ラケットスポーツ, スノー&ウィンター, チームスポーツ, リング競技, ジャンプマスター, タクティカル, セーフティ&トラッキング機能, タクティカル機能, ゲーム機能, ボート機能, ライフログ機能, ジム&フィットネスアクティビティ, トレーニング, 計画, 分析機能, ランニング機能, ゴルフ機能, アウトドアレクリエーション機能, サイクリング機能, スイム機能	2023/12/14
Garmin	Enduro 3	51×51×15.7 mm, 63 g (ケースのみ: 57 g)	--	--, 内蔵メモリ/履歴 32 GB	直径 1.4 インチ (35.56 mm), 280×280 pixel	GPS, GLONASS, Galileo, みちびき (補完信号), BeiDou, SatIQ (衛星自動選択モード) 機能, Garmin Elevate 光学式心拍計 (第5世代), 血中酸素トラッキング, 気圧高度計, コンパス, ジャイロセンサー, 加速度計, 温度計, 環境光センサー, 防水等級 10 ATM	Bluetooth, ANT+, Wi-Fi, 稼働時間(ソーラー充電): スマートウォッチモード: 約 36 日間+54 日間*, バッテリー節約ウォッチモード: 約 92 日間+無制限, GPS モード: 約 120 時間+200 時間, マルチ GNSS モード: 約 80 時間+64 時間, マルチ GNSS マルチバンドモード: 約 60 時間+30 時間, マルチ GNSS+音楽再生モード: 約 22 時間, バッテリー最長モード: 約 210 時間+無制限, Expedition モード: 約 77 日間+無制限	時計機能, ヘルス&ウェルネスモニタリング, デイリースマート機能, アクティビティプロフィール: ジム, マルチスポーツ, ウェルネス, 屋内ラン, 屋外ラン, アウトドアレクリエーション, サイクリング, スイム, ウォーターアクティビティ, モータースポーツ, スノー&ウィンター, チームスポーツ, リング競技, インラインスケート, セーフティ&トラッキング機能, ボート機能, ライフログ機能, ジム&フィットネスアクティビティ, トレーニング, 計画, 分析機能, ランニング機能, ゴルフ機能, アウトドアレクリエーション機能, サイクリング機能, スイム機能	2024/8/29
Garmin	Fenix 8	47×47×13.8 mm, シリコンバンドモデル: 73g, メタルバンドモデル: 132 g	--	--, 内蔵メモリ/履歴 32 GB	直径 1.4 インチ (35.56 mm), 454×454 pixel, デイスタイプ AMOLED	GPS, GLONASS, Galileo, みちびき (補完信号), BeiDou, SatIQ (衛星自動選択モード) 機能, Garmin Elevate 光学式心拍計 (第5世代), 血中酸素トラッキング, 気圧高度計, コンパス, ジャイロセンサー, 加速度計, 温度計, 環境光センサー, 深度センサー (40m まで), 防水等級 10 ATM	Bluetooth, ANT+, Wi-Fi, スマートウォッチモード: 約 16 日間 (常時表示: 7 日間), バッテリー節約ウォッチモード: 約 23 日間, GPS モード: 約 47 時間 (常時表示: 37 時間), マルチ GNSS モード: 約 38 時間 (常時表示: 30 時間), マルチ GNSS マルチバンドモード: 約 35 時間 (常時表示: 28 時間), マルチ GNSS+音楽再生モード: 約 10 時間, バッテリー最長モード: 約 81 時間, Expedition モード: 約 17 日間	時計機能, ヘルス & ウェルネスモニタリング, デイリースマート機能, アクティビティ, プロフィール: ジム, マルチスポーツ, ウェルネス, 屋内ラン, 屋外ラン, アウトドアレクリエーション, サイクリング, スイム, ウォーターアクティビティ, モータースポーツ, ラケットスポーツ, スノー&ウィンター, チームスポーツ, インラインスケート, セーフティ&トラッキング機能, ダイビング機能, ボート機能, ライフログ機能, ジム & フィットネスアクティビティ, トレーニング, 計画, 分析機能, ランニング機能, ゴルフ機能, アウトドアレクリエーション機能, サイクリング機能, スイム機能等	2024/8/29

表 1～表 5 を見ると, 4 年前と比較し, リストバンド機器の新製品の発売が減っており, 一方で Apple や Google のスマートウォッチと比較し, Garmin は様々なスポーツに特化した製品を発売しているのが興味深いと言える。また, 高価格帯の製品が多く, 手軽に購入可能なものと合わせて様々な需要に対応した製品開発が進んでいると考える。健康意識が高まる中で, ウェアラブル機器の必携化は今後益々進んでいくと予測される。

### 3. ま と め

2023～2024 年において, ウェアラブル機器は, 販売台数の減少が見られた。しかし, これはある程度顧客の購入が進んだ結果であり, コロナ禍での在宅勤務や個人の健康意識の高まりによる需要の拡大の傾向は維持していると考えられる。また, 各種ウェアラブル端末の価格上昇もあり, 今後, どういった種類のウェアラブル端末の販売台数が伸びるかについても興味深く見ていきたいと考える。

## 参考文献

- 1) 2023年通年の国内ウェアラブルデバイス市場実績値を発表, IDC Japan 株式会社 (2024).
- 2) IDC Quarterly Wearable Device Tracker, 2023Q4 (2024).
- 3) Worldwide Shipments of Wearable Devices Grew 8.8% Year Over Year in Q1 2024 While Average Selling Prices Continue to Decline, According to IDC, IDC (2024).
- 4) 世界のウェアラブルデバイス市場年までの業界動向と予測, Data Bridge Market Research (2024).
- 5) ウェアラブル技術 - 市場シェア分析, 産業動向・統計, 2024年~2029年成長予測, 株式会社グローバルインフォメーション (2024).
- 6) Apple Watch, <https://www.apple.com/jp/watch/> (2024).
- 7) Google スマートウォッチ, [https://store.google.com/jp/category/watches\\_trackers?hl=ja](https://store.google.com/jp/category/watches_trackers?hl=ja) (2024).
- 8) Google トラッカー, <https://store.google.com/jp/category/trackers?hl=ja> (2024).
- 9) GARMIN, <https://www.garmin.co.jp> (2024).



児玉 明 (フェロー)

1992年 早稲田大学工学部電子通信学科卒業. 1994年 同大学大学院理工学研究科前期修士課程修了. 1997年 早稲田大学大学院理工学研究科後期博士課程修了. 1995年 早稲田大学工学部助手, 1998年 広島大学地域共同研究センター助教授を経て, 現在, 広島大学大学院先端理工系科学研究科/総合科学部/情報メディア教育研究センター准教授. 主に, 画像通信, 動画符号化, スケーラブル符号化, 画像検索方式, マルチメディア情報構造化等マルチメディア通信サービスの研究に従事. 工学博士. 電子情報通信学会, 情報処理学会, 映像情報メディア学会, 電気学会, IEEE, ACM各会員. 本学会, 元副会長, 前編集委員長.

## 6-6 スマートフォン

児玉 明 (フェロー)

広島大学

### 6-6 Smart Phone

Mei KODAMA (Fellow)

Hiroshima University

#### 1. はじめに

本稿では、2023年～2024年においてスマートフォンとして発売された製品の仕様例及び出荷動向について紹介する。ただし、本稿での世界におけるスマートフォン市場では公開情報として暫定データに基づいた報告を活用している。なお、商標登録に関する registration symbol®, trade mark ™の表記は省略する。

#### 2. 主な仕様

2023年～2024年に発売されたスマートフォンとして、国内の通信事業者（docomo）から発売されたものに焦点を当て、仕様例<sup>1)~43)</sup>を表1～8に示す。

#### 3. 動向

2023年から2024年のスマートフォンの出荷状況について紹介する。

まず国内のスマートフォン市場から見ていく。IDC Japanによる国内の従来型携帯電話およびスマートフォン端末の2023年通年の出荷台数の発表<sup>44)</sup>によると、前年比11.0%減の3,001万台であり、1位から順に出荷台数(シェア%)で示すと、(1) Appleが1,558万台(51.9%)、(2) Sharpが326万台(10.9%)、(3)位はGoogleが322万台(10.7%)、(4) Samsungが188万台(6.3%)、(5) Kyoceraが163万台(5.4%)、(5) Lenovoが162万台出荷(5.4%)であった。なおIDCでは、出荷シェアの差が0.1%以下の場合、統計的に同率と発表している。特に、2023年第4四半期のみで800万台超の出荷数となり、増加している。また、Googleは2023年に急速に日本市場でのシェアを伸ばしている。2023年はGoogleが急成長を果たした一方で、FCNTが民事再生を申請し、京セラがコンシューマー向けデバイスからの撤退を発表した。また、ソニーやサムスはそれぞれ対前年で100万台以上の出荷数を減らし、国内でのシェアを落とした。従って、近年は日本でのスマートフォンメーカーは、ソニー、シャープ、FCNT、京セラの4社体制となっていたが、日本メーカーで一般ユーザ向けスマートフォン開発を行っているのはソニーのみという状況になって

いる<sup>45)</sup>。なお、FCNTは2024年5月よりレノボ傘下でFCNT合同会社として再スタートしている<sup>46)</sup>。

また、IDC Japanによる2024年第1四半期における国内市場の従来型携帯電話およびスマートフォン端末の合計出荷台数<sup>47)</sup>は、前年同期比9.7%減の700.7万台であり、スマートフォンの出荷は697.6万台(前年同期比8.2%減)であった。1位から順に出荷台数(シェア%)で示すと、(1) Appleが373.6万台(53.6%)、(2) SHARPが80.7万台(11.6%)、(3) Googleが60.5万台(8.7%)、(4) Samsungが50.0万台(7.2%)、(5) 京セラが41.0万台(5.9%)となっている。また、2023年12月末に適用された総務省によるスマートフォン価格の値引き規制の影響で、2023年第4四半期に家電量販店などで駆け込み需要があったことが、2024年第1四半期の出荷減に影響したと報告されている。

更に、IDC Japanによる2024年第2四半期における国内市場の従来型携帯電話およびスマートフォン端末の合計出荷台数<sup>48)</sup>は、前年同期比5.6%減の690万台であり、スマートフォンの出荷は685万台(前年同期比5.5%減)であった。1位から順に出荷台数(シェア%)で示すと、(1) Appleが361万台(52.4%)、(2) Sharpが74万台(10.8%)、(3) Googleが58万台(8.5%)、(4) Xiaomiが49万台(7.2%)、(4) Samsungが49万台(7.2%)であった。合計で700万台を下回ったのは新型コロナウイルス感染症の影響を強く受けた2020年第3四半期以来であった。また、中国系グローバルベンダーが国内市場でTop5にランクインするのは2018年第2四半期のファーウェイ以来であった。

次に、世界市場では、IDC Worldwide Quarterly Mobile Phone Tracker(暫定データ)<sup>49)</sup>によると、2023年の世界のスマートフォン出荷台数は前年比3.2%減の11億7,000万台となった。IDCトラッカーによると、市場全体が3.2%減少しているにもかかわらず、Appleは2023年にスマートフォン市場でトップとなった。サムスン以外の企業がスマートフォン市場のトップに立ったのは2010年が最後であった。市場トップのランキングの全体的な変化は、スマートフォン市場における競争の激しさを表わしており、Android市場全体が多様化していると報告されている。

表1 スマートフォンの仕様例1

メーカー、型	サイズ(縦×横×厚さ mm), 重量 g	CPU, OS, メモリ, SIM	ディスプレイ	カメラ(有効画素数/F 値), 電池	通信・通話	発売日
FCNT, arrows N F-51C	約 155×72×8.6mm, 約 171g	Snapdragon 695, 2.2GHz+1.8GHz オクタコア, Android 12, 内蔵メモリ RAM 8GB/ROM 128GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSDXC (1TB), nanoSIM/ eSIM	約 6.24 吋有機 EL, Full HD+, 1080×2400	アウト 約 5030 万画素 /1.88, 約 810 万画素/2.2, イン 約 1240 万画素/2.24, 4600mAh	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G: 2.1Gbps/ 218Mbps, 4G(LTE): 800Mbps/ 75Mbps, Bluetooth 5.1, 海外: 4G(LTE)/ 3G/ GSM, 防水/ 防塵	2023/2/10
京セラ, KY-41C	約 107×54×13.4mm, 約 109g	CPU -, OS -, 内蔵メモリ RAM 1GB/ ROM 8GB, eSIM	約 3.4 吋, TFT, FWVGA, 480×854	アウト 約 500 万画素/2.2, イン 約 500 万画素/2.4, 1500mAh,	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 4G(LTE): 150Mbps/50Mbps, Bluetooth 5.1, 海外: -, 防水/ 防塵,	2023/2/24
京セラ, KY-42C	約 112×51×18.1mm, 約 125g,	Helio A22, 2.0GHz クアドコア, OS -, 内蔵メモリ RAM 1GB/ ROM8GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSDHC (32GB), nanoSIM,	約 3.4 吋, TFT, FWVGA, 480×854	アウト 約 800 万画素/2.4, イン - 1500mAh,	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 4G(LTE): 150Mbps/ 50Mbps, 4G(LTE)/ 3G/ GSM, Bluetooth 5.1, 海外: -, 防水/防塵	2023/3/10
Samsung, Galaxy S23 SC-51D,	約 146×約 71×約 7.6mm, 約 168g	Snapdragon 8 Gen 2 Mobile Platform for Galaxy, 3.36GHz + 2.8GHz + 2GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 8GB, ROM 256GB, nanoSIM/eSIM,	Dynamic AMOLED(有機 EL), 約 6.1 吋, Full HD+	アウト 1: 型式 裏面照射型, CMOS, 約 1200 万画素/F 値 2.2, サイズ 1/2.5 吋, 超広角/ アウト 2: 型式 裏面照射型, CMOS, 約 5000 万画素/F 値 1.8, サイズ 1/1.5 吋, 広角/ アウト 3: 型式 裏面照射型, CMOS, 約 1000 万画素/F 値 2.4, サイズ 1/3.9 吋, 望遠/ イン 1: 型式 裏面照射型, CMOS, 約 1200 万画素/ F 値 2.2, サイズ 1/3.2 吋, 広角, 3900mAh, ワイヤレス充電(Qi)	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G(SA): 4.9Gbps/ 1Gbps, 5G(NSA): 4.9Gbps/ 480Mbps, 4G (LTE): 1.7Gbps/ 75Mbps, 防水/防塵: IPX5/IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5)/ ax (Wi-Fi 6) (Wi-Fi 6E), 2x2 MIMO, IEEE802.11n/ac/ax, MU-MIMO(クライアント)対応, IEEE802.11ac/ax, 受信時最大通信速度 2402Mbps, 海外: 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.3	2023/4/20
Samsung, Galaxy S23 Ultra SC-52D	約 163× 約 78× 約 8.9mm, 約 234g	Snapdragon 8 Gen 2 Mobile Platform for Galaxy, 3.36GHz + 2.8GHz + 2GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 12GB, ROM 256GB/512GB, nanoSIM/eSIM	Dynamic AMOLED(有機 EL), 約 6.8 吋, Quad HD+,	アウト 1: 裏面照射型, CMOS, 約 1200 万画素/F 値 2.2, 1/2.5 吋, 超広角/ アウト 2: 裏面照射型, CMOS, 約 2 億画素/F 値 1.7, 1/1.3 吋, 広角/ アウト 3: 裏面照射型, CMOS, 約 1000 万画素/F 値 4.9, 1/3.5 吋, 望遠/ アウト 4: 裏面照射型, CMOS, 約 1000 万画素/F 値 2.4, 1/3.5 吋, 望遠/ イン 1: 裏面照射型, CMOS, 約 1200 万画素/F 値 2.2, 1/3.2 吋, 広角 5000mAh, ワイヤレス充電(Qi)	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G(SA): 4.9Gbps/ 1Gbps, 5G(NSA): 4.9Gbps/ 480Mbps, 4G(LTE): 1.7Gbps/ 75Mbps, 防水/防塵: IPX5/IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4) , /ac (Wi-Fi 5)/ax (Wi-Fi 6) (Wi-Fi 6E), 2×2 MIMO, IEEE802.11n/ ac/ ax, MU-MIMO(クライアント)対応, IEEE802.11ac/ax, 受信時最大通信速度 2402Mbps, 海外: 5G(SA)/ 5G(NSA)/ 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.3	2023/4/20



表2 スマートフォンの仕様例2

メーカー、型	サイズ(縦×横×厚さmm), 重量g	CPU, OS, メモリ, SIM	ディスプレイ	カメラ(有効画素数/F値), 電池	通信・通話	発売日
Sharp, AQUOS R8 pro SH-51D	約161×約77×約9.3mm, 約203g	Snapdragon 8 Gen 2, 3.18GHz + 2.8GHz + 2.0GHz, オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 12GB, ROM 256GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSD 2GB, microSDHC 32GB, microSDXC 1TB, nanoSIM/eSIM	Pro IGZO OLED, 有機EL, サイズ約 6.6 吋, WUXGA+	アウト1: 裏面照射積層型, CMOS, 約4720万/F値 1.9, 1/1.0 吋, 標準 / アウト2: 表面照射型(モノクロ), CMOS, 約190万/F値 2.5, 1/5.0 吋, 深度測位カメラ / イン1: 裏面照射積層型, CMOS, 約1260万/F値 2.3, 1/3.0 吋, 標準, 5000mAh, ワイヤレス充電(Qi)	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G(SA): 4.9Gbps/ 1.1Gbps, 5G(NSA): 4.9Gbps/ 480Mbps, 4G(LTE): 1.7Gbps/131.3Mbps, 防水 / 防塵: IPX5/IPX8, IP6X, Wi-Fi IEEE802.11a/b/g/n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5) / ax (Wi-Fi 6) (Wi-Fi 6E), 2×2MIMO, IEEE802.11n ac/ ax, MU-MIMO(クライアント)対応, IEEE802.11ac/ ax, 受信時最大通信速度 2882Mbps, 海外: 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.3,	2023/7/20
Sharp, AQUOS wish 3 SH-53D	約147×約70×約8.9mm, 約161g	Dimensity 700, 2.2GHz + 2.0GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 4GB, ROM 64GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSD 2GB, microSDHC 32GB, microSDXC 1TB, nanoSIM/eSIM	TFT, サイズ約5.7吋, HD+	アウト1: 裏面照射型, CMOS, 約1300万/F値 2.0, 1/3.0 吋, 標準 / イン1: 裏面照射型, CMOS, 約500万/F値 2.2, 1/5.0 吋, 標準, 3730mAh,	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G(NSA): 1.9Gbps/ 218Mbps, 4G(LTE): 400Mbps/ 75Mbps, 防水/防塵: IPX5/7, IP6X, Wi-Fi IEEE802.11a/b/g/n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5), MU-MIMO(クライアント)対応, IEEE802.11ac, 受信時最大通信速度 433Mbps, 海外: 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.3, MIL規格: mil-std-810H, 耐衝撃(落下)/防水(浸漬)/防水(雨滴)/防塵/防塵(風塵)/耐振動/防湿/高温保管(固定)/高温保管(変動)/高温動作(固定)/高温動作(変動)/低温動作/低温保管/温度耐久(温度衝撃)/低圧保管/低圧動作/氷結(結露)/氷結(氷結)	2023/8/30
Google, Pixel 7a	約152×約72.9×約9.0mm, 約193.5g	Google Tensor G2, Titan M2 セキュリティ コプロセッサ, Android 13, 内蔵メモリ RAM 8GB, ROM 128GB, nanoSIM/ eSIM	6.1 吋 (155mm) ディスプレイ /OLED, FHD + (1,080 x 2,400) OLED, 429 ppi	アウトカメラ: 約6400万画素/F値 1.89, 約1300万画素/F値 2.2, インカメラ: 約1300万画素/F値 2.2, 4,385 mAh, ワイヤレス充電(Qi)	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G 3.7Gbps/ 218Mbps, 4G(LTE): 1.4Gbps/ 75Mbps, 防水/防塵: IPX7, IP6X, Wi-Fi IEEE802.11a/b/g/n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5) / ax (Wi-Fi 6), 海外: 4G(LTE)/ 3G/GSM, Bluetooth 5.3	2023/5/11
Sony, Xperia 1 V SO-51D	約165×約71×約8.3mm, 約187g	Snapdragon 8 Gen 2, 3.18GHz + 2.8GHz + 2.0GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 12GB, ROM 256GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSD 2GB, microSDHC 32GB, microSDXC 1TB, nanoSIM/eSIM	有機EL 21:9 ワイドディスプレイ, 約6.5 吋, 4K	アウト1: 積層型, CMOS, 約1200万/F値 2.2, 1/2.5 吋, 超広角/ アウト2: 2層トランジスタ画素積層型, CMOS, 約4800万/F値 1.9, 1/1.3 吋, 広角/ アウト3: 積層型, CMOS, 約1200万/F値 2.3 (85mm), 2.8 (125mm) (自動切替), 1/3.5 吋, 望遠 / イン1: 積層型, タイプ CMOS, 約1200万/F値 2.0, 1/2.9 吋, 広角, 5000mAh, ワイヤレス充電(Qi)	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G(SA): 4.9Gbps/ 1.1Gbps, 5G(NSA): 4.9Gbps/ 480Mbps, 4G(LTE): 1.7Gbps/ 131.3Mbps, 防水/防塵: IPX5/IPX8, IP6X, Wi-Fi IEEE802.11a/b/g/n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5) / ax (Wi-Fi 6), 2×2MIMO, IEEE802.11n/ ac/ ax, MU-MIMO(クライアント)対応 IEEE802.11ac/ax, 受信時最大通信速度 2402Mbps, 海外: 5G/ 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.3,	2023/6/16
Sony, Xperia 10 V SO-52D	約155×約68×約8.3mm, 約159g	Snapdragon 695 5G, 2.2GHz+1.8GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 6GB, ROM 128GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSD 2GB, microSDHC 32GB, microSDXC 1TB, nanoSIM/eSIM	有機EL トリルミナスディスプレイ for mobile, 約6.1 吋, Full HD+,	アウト1: 裏面照射型, CMOS, 約800万/F値 2.2, 1/4 吋, 超広角/ アウト2: 積層型, CMOS, 約4800万/F値 1.8, 1/2 吋, 広角/ アウト3: 裏面照射型, CMOS, 約800万/F値 2.2, 1/4.4 吋, 望遠 / イン1: 裏面照射型, CMOS, 約800万/F値 2.0, 1/4 吋, 広角, 5000mAh	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G(NSA): 2.1 Gbps/ 218Mbps, 4G(LTE): 800 Mbps/ 75Mbps, 防水/防塵: IPX5/IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE802.11a/b/g/n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5), MU-MIMO(クライアント) 対応 IEEE802.11ac, 受信時最大通信速度 433Mbps, 海外: 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.1	2023/7/6

表 3 スマートフォンの仕様例 3

メーカー、型	サイズ(縦×横×厚さ mm), 重量 g	CPU, OS, メモリ, SIM	ディスプレイ	カメラ(有効画素数/F 値), 電池	通信・通話	発売日
Samsung, Galaxy Z Flip5 SC-54D	Open: 約 165×約 72×約 6.9mm / Close: 約 85×約 72×約 15.1mm, 約 187g	CPU Snapdragon® 8 Gen 2 Mobile Platform for Galaxy, 3.36GHz + 2.8GHz + 2GHz オクタコア OS Android 14 内蔵メモリ RAM 8, ROM 256 nanoSIM/eSIM,	Dynamic AMOLED (有機 EL), 約 6.7 吋, FHD+/ Super AMOLED (有機 EL), 約 3.4 吋, 748 x 720,	アウト 1: 約 1200 万画素/F 値 1.8, 1/1.76 吋, 広角/ アウト 2: 約 1200 万画素/F 値 2.2, 1/3.2 吋, 超広角/ イン 1: 約 1000 万画素/F 値 2.2, 1/3.吋, 広角, 3700mAh, ワイヤレス充電(Qi)	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G(SA): 4.9Gbps/ 1Gbps, 5G(NSA): 4.9Gbps/ 480Mbps, 4G(LTE): 1.7Gbps/ 75Mbps, 防水: IPX8, Wi-Fi IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4)/ ac (Wi-Fi 5)/ ax (Wi-Fi 6), 2×2 MIMO, IEEE202.11n/ ac/ ax, MU-MIMO(クライアント)対応 IEEE802.11ac/ax, 受信時最大通信速度 2402Mbps, 海外: 5G(NSA)/ 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.3	2023/9/1
Samsung, Galaxy Z Fold5 SC-55D	Open: 約 155×約 130×約 6.1mm / Close: 約 155×約 67×約 13.4mm, 約 253g	Snapdragon 8 Gen 2 Mobile Platform for Galaxy, 3.36GHz + 2.8GHz + 2GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 12 ROM 256/512, nanoSIM/eSIM	Dynamic AMOLED (有機 EL), 約 7.6 吋, QXGA+/ Dynamic AMOLED (有機 EL), 約 6.2 吋, HD+ (904 × 2316)	アウト 1: 約 5000 万画素/F 値 1.8, 1/1.5 吋, 広角/ アウト 2: 約 1200 万画素/F 値 2.2, 1/3.2 吋, 超広角/ アウト 3: 約 1000 万画素/F 値 2.4, 1/3.9 吋, 望遠/ イン 1: 約 1000 万画素/F 値 2.2, 1/3.2 吋, 広角/ イン 2: 約 400 万画素/F 値 1.8, 1/3.1 吋, 広角, 4400mAh, ワイヤレス充電 (Qi)	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G(SA): 4.9Gbps/ 1Gbps, 5G(NSA): 4.9Gbps/ 480Mbps, 4G(LTE): 1.7Gbps/ 75Mbps, 防水 IPX8, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5)/ ax (Wi-Fi 6), 2×2 MIMO, IEEE802.11n/ ac/ ax, MU-MIMO(クライアント)対応 IEEE802.11ac/ ax, 受信時最大通信速度 2402Mbps, 海外: 5G NSA, 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.3	2023/9/1
Apple, iPhone 15	147.6×71.6×7.80mm, 171g	A16 Bionic チップ 6 コア CPU, 5 コア GPU, 16 コア Neural Engine, 容量 128GB/ 256GB/ 512GB, nanoSIM/eSIM	6.1 吋, Super Retina XDR, OLED, 2,556 × 1,179 ピクセル, 460ppi	48MP メイン/F 値 1.6, 超広角 12MP/F 値 2.4, 最大 20 時間のビデオ再生, ワイヤレス充電(MagSafe, Qi2, Qi)	GSM/EDGE, UMTS/ HSPA+, DC-HSDPA, 4x4 MIMO 対応 5G, ギガビット LTE, Wi-Fi 6, Bluetooth 5.3, 防水/防塵: IP68	2023/9/13
Apple, iPhone 15 Plus	160.9×77.8×7.80mm, 201g	A16 Bionic チップ 6 コア CPU, 5 コア GPU, 16 コア Neural Engine, 容量 128GB/ 256GB/ 512GB, nanoSIM/eSIM	6.7 吋, Super Retina XDR, OLED, 2,796 × 1,290 ピクセル, 460ppi	48MP メイン/F 値 1.6, 超広角 12MP/F 値 2.4, 最大 26 時間のビデオ再生, ワイヤレス充電(MagSafe, Qi2, Qi)	GSM/EDGE, UMTS/ HSPA+, DC-HSDPA, 4x4 MIMO 対応 5G, ギガビット LTE, Wi-Fi 6, Bluetooth 5.3, 防水/防塵: IP68	2023/9/13
Apple, iPhone 15 Pro	146.6×70.6×8.25mm, 187g	A17 Pro チップ 6 コア CPU, 6 コア GPU, 16 コア Neural Engine, 容量 128GB/ 256GB/ 512GB, nanoSIM/eSIM	6.1 吋, Super Retina XDR, OLED, 2,556 × 1,179 ピクセル, 460ppi	48MP メイン/F 値 1.78, 超広角 12MP/F 値 2.2, 望遠 12MP/F 値 2.8, 最大 23 時間のビデオ再生, ワイヤレス充電(MagSafe, Qi2, Qi)	GSM/EDGE, UMTS/ HSPA+, DC-HSDPA, 4x4 MIMO 対応 5G, ギガビット LTE, Wi-Fi 6E, Bluetooth 5.3, 防水/防塵: IP68	2023/9/13
Apple, iPhone Pro Max	159.9×76.7×8.25mm, 221g	A17 Pro チップ 6 コア CPU, 6 コア GPU, 16 コア Neural Engine, 容量 256GB/ 512GB/ 1TB, nanoSIM/eSIM	6.7 吋, Super Retina XDR, OLED, 2,796 × 1,290 ピクセル, 460ppi	48MP メイン/F 値 1.78, 超広角 12MP/F 値 2.2, 望遠 12MP/F 値 2.8, 最大 29 時間のビデオ再生, ワイヤレス充電(MagSafe, Qi2, Qi)	GSM/EDGE, UMTS/ HSPA+, DC-HSDPA, 4x4 MIMO 対応 5G, ギガビット LTE, Wi-Fi 6E, Bluetooth 5.3, 防水/防塵: IP68	2023/9/13
Sony, Xperia 5V SO-53D	約 154×約 68×約 8.6mm, 約 182g	Snapdragon 8 Gen 2, 3.18GHz + 2.8GHz + 2.0GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 8GB, ROM 128GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSD 2GB, microSDHC 32GB, microSDXC 1TB, nanoSIM/eSIM	有機 EL 21:9 フォイドディスプレイ, 約 6.1 吋, Full HD+	アウト 1: 約 1200 万/F 値 2.2, 1/2.5 吋, 超広角/ アウト 2: 約 4800 万/F 値 1.9, 1/1.3 吋, 広角/ イン 1: 約 1200 万/F 値 2.0, 1/2.9 吋, 広角, 5000mAh, ワイヤレス充電(Qi)	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G(NSA): 4.2Gbps/ 218Mbps, 4G(LTE): 1.7Gbps/ 131.3Mbps, 防水/防塵: IPX5/IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4)/ ac (Wi-Fi 5)/ ax (Wi-Fi 6), 2×2MIMO, IEEE802.11n/ ac/ ax, MU-MIMO(クライアント)対応 IEEE802.11ac/ ax, 受信時最大通信速度 2402Mbps, 海外: 5G/ 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.3,	2023/10/13

表4 スマートフォンの仕様例4

メーカー、型	サイズ(縦×横×厚さ mm), 重量 g	CPU, OS, メモリ, SIM	ディスプレイ	カメラ(有効画素数/F値), 電池	通信・通話	発売日
Sharp, AQUOS sense8 SH-54D	約153×約71×約8.4mm, 約159g	Snapdragon 6 Gen 1 Mobile Platform, 2.20GHz + 1.8GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 6GB, ROM 128GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSD 2GB, microSDHC 32GB, microSDXC 1TB, nanoSIM/eSIM	有機EL IGZO OLED, 約6.1吋, FHD+,	アウト1: 5030万/F値 1.9, 1/1.55吋, 標準/ アウト2: 800万/F値 2.4, 1/4.0吋, 広角/ イン1: 800万/F値 2.0, 1/4.0吋, 標準, 5000mAh	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G(NSA): 2.1Gbps/ 218Mbps, 4G(LTE): 788Mbps/ 90Mbps, 防水/防塵: IPX5/IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE802.11a/b/g/n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5), SU-MIMO対応, MU-MIMO(クライアント) IEEE802.11ac, 受信時最大通信速度 433Mbps, 海外: 4G(LTE)/ 3G/GSM/ GPRS, Bluetooth 5.1, MIL規格: mil-std-810H, 防水(浸漬)/防水(雨滴)/耐振動/防湿/高温保管(固定)/高温保管(変動)/高温動作(固定)/高温動作(変動)/低温動作/低温保管/温度耐久(温度衝撃)/低圧保管/低圧動作/氷結(結露)/氷結(氷結), mil-std-810G, 耐衝撃(落下)	2023/11/9
Google, Pixel 8,	150.5×70.8×8.9mm, 187g	Google Tensor G3, Titan M2 セキュリティ コプロセッサ, Android 14, RAM 8GB, 容量 128GB / 256GB, nanoSIM/eSIM	Actua ディスプレイ, 6.2吋 フルスクリーン ディスプレイ, アスペクト比 20:9, 1080×2400, OLED, 428ppi	50メガピクセル Octa PD 広角カメラ/F値 1.68, 1/1.31吋 / 12メガピクセル ウルトラワイドカメラ/F値 2.2/ 前面カメラ: 10.5メガピクセル Dual PD 自撮りカメラ/F値 2.2, 標準, 4,575mAh, ワイヤレス充電	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G 4.2Gbps/ 218Mbps, 4G(LTE): 1.7Gbps/ 75Mbps, 防水/防塵: IPX8, IP6X, IEEE802.11ax(Wi-Fi 6E), 2×2+2×2 MIMO, Bluetooth 5.3	2023/10/12
Google, Pixel 8 Pro	162.6×76.5×8.8mm, 213g	Google Tensor G3, Titan M2 セキュリティ コプロセッサ, Android 14, RAM 12GB, 容量 256GB / 512GB, nanoSIM/eSIM	Super Actua ディスプレイ, 6.7吋 フルスクリーン ディスプレイ, アスペクト比 20:9, 1,344×2,992, LTPO OLED, 489ppi	50メガピクセル Octa PD 広角カメラ/F値 1.68, 1/1.31吋 / 48メガピクセル Quad PD ウルトラワイドカメラ/F値 1.95/48メガピクセル Quad PD 望遠カメラ/F値 2.8/前面カメラ: 10.5メガピクセル Dual PD 自撮りカメラ/F値 2.2, 標準, 5,050mAh, ワイヤレス充電	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 5G 4.2Gbps/ 218Mbps, 4G(LTE): 1.7Gbps/ 75Mbps, 防水/防塵: IPX8, IP6X, IEEE802.11ax(Wi-Fi 6E), 2×2+2×2 MIMO, Bluetooth 5.3	2023/10/12
Samsung, Galaxy S24 SC-51E	約147×約71×約7.6mm, 約167g	CPU Snapdragon 8 Gen 3 Mobile Platform for Galaxy, 3.39GHz + 3.1GHz + 2.9GHz + 2.2GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 8GB, ROM 256GB, nanoSIM/eSIM,	Dynamic AMOLED 2X(有機EL), 約6.2吋, Full HD+,	アウト1: 約1200万画素/F値 2.2, 1/2.5吋, 超広角/ アウト2: 約5000万/F値 1.8, 1/1.5吋, 広角/ アウト3: 約1000万/F値 2.4, 1/3.9吋, 望遠/ イン1: 約1200万/F値 2.2, 1/3.2吋, 広角, 4000mAh, ワイヤレス充電(Qi)	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 4.2Gbps/ 218Mbps, 防水/防塵: IPX5/IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5) / ax (Wi-Fi 6), 2×2 MIMO, IEEE802.11n/ ac/ ax, MU-MIMO(クライアント)対応 IEEE802.11ac/ ax, 受信時最大通信速度 2402Mbps, 国内: 5G SA/ 5G NSA/ 4G(LTE), 海外: 5G NSA/ 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.3	2024/4/11
Samsung, Galaxy S24 Ultra SC-52E	約162×約79×約8.6mm, 約233g	Snapdragon 8 Gen 3 Mobile Platform for Galaxy, 3.39GHz + 3.1GHz + 2.9GHz + 2.2GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 12GB, ROM 256GB, 512GB, 1TB, nanoSIM/eSIM	Dynamic AMOLED 2X(有機EL), 約6.8吋, Quad HD+,	アウト1: 約1200万画素/F値 2.2, 1/2.5吋, 超広角/ アウト2: 約2億画素/F値 1.7, 1/1.3吋, 広角/ アウト3: 約5000万/F値 3.4, 1/2.5吋, 望遠/ アウト4: 約1000万/F値 2.4, 1/3.5吋, 望遠/ イン1: 約1200万/F値 2.2, 1/3.2吋, 広角, 5000mAh, ワイヤレス充電(Qi)	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 6.6Gbps/ 1Gbps, 防水/防塵: IPX5/IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE 802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5) / ax (Wi-Fi 6), 2x2 MIMO, IEEE 802.11n/ ac/ ax, MU-MIMO(クライアント)対応 IEEE802.11ac/ ax, 受信時最大通信速度 2402Mbps, 国内: 5G SA/ 5G NSA/ 4G(LTE), 海外: 5G NSA/ 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.3	2024/4/11

表5 スマートフォンの仕様例5

メーカー、型	サイズ(縦×横×厚さ mm), 重量 g	CPU, OS, メモリ, SIM	ディスプレイ	カメラ(有効画素数/F値), 電池	通信・通話	発売日
Google Pixel 8a	152.1×72.7×8.9 mm, 189 g	Google Tensor G3, Titan M2 セキュリティ コプロセッサ, Android 14, RAM 8 GB, 容量 128 GB, nanoSIM/eSIM	6.1 吋 Actua ディスプレイ, アスペクト比 20:9, 1080×2400, OLED, 430 ppi	64 メガピクセル Quad PD 広角カメラ/F 値 1.89, 1/1.73 吋/ 13 メガピクセル ウルトラワイド カメラ/F 値 2.2/ 前面カメラ: 13 メガピクセル/F 値 2.2, 標準 4,492 mAh, ワイヤレス充電	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 3.7Gbps/ 218Mbps, 防水/防塵: IPX8, IP6X, IEEE802.11ax(Wi-Fi 6E), MIMO, Bluetooth 5.3	2024/5/14
Samsung, Galaxy A55 5G SC-53E	約 161×約 77×約 8.2mm, 約 213g	Exynos 1480, 2.75GHz+2.0GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 8GB, ROM 128GB, 外部メモリ 最大対応容量, microSDXC (1TB), nanoSIM/eSIM	Super AMOLED(有機 EL), 約 6.6 吋, Full HD+	アウト 1: 約 5000 万/F 値 1.8, 1/1.56 吋, 広角 / アウト 2: 約 1200 万/F 値 2.2, 1/3.0 吋, 超広角 / アウト 3: 約 500 万/F 値 2.4, 1/5.0 吋, マクロ / イン 1: 約 3200 万/F 値 2.2, 1/2.7, 広角, 5000mAh	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 3.4Gbps/ 218 Mbps, 防水/防塵: IPX5/ IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n(Wi-Fi 4)/ ac (Wi-Fi 5) / ax (Wi-Fi 6), 2x2MIMO, IEEE802.11ax, MU-MIMO(クライアント)対応 IEEE 802.11ax, 受信時最大通信速度 1201Mbps, 国内: 5G SA/ 5G NSA/ 4G(LTE), 海外: 5G NSA/ 4G(LTE)/ 3G/GSM/GPRS, Bluetooth 5.3	2024/5/30
Sharp, AQUOS wish4 SH-52E	約 167×約 76×約 8.8mm, 約 190g	Dimensity 700, 2.2GHz+2.0GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM4GB, ROM 64GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSDXC 1TB, nanoSIM/eSIM	TFT,約 6.6 吋, HD+	アウト 1: 5010 万/F 値 1.8, 1/2.76 吋, 標準/ アウト 2: 800 万/F 値 2.0, 1/4 吋, 標準, 5000mAh	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 1.9Gbps/ 218Mbps, 防水/防塵: IPX5/ IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5), MU-MIMO(クライアント) IEEE802.11ac, 受信時最大通信速度 433Mbps, 国内: 5G NSA/ 4G (LTE), 海外: 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.3, MIL 規格: mil-std-810H, 耐衝撃(落下)/防水(浸漬)/防水(雨滴)/防塵/防塵(風塵)/耐振動/防湿/高温保管(固定)/高温保管(変動)/高温動作(固定)/高温動作(変動)/低温動作/低温保管/温度耐久(温度衝撃)/低圧保管/低圧動作/氷結(結露)/氷結(氷結)	2024/7/4
Sharp, AQUOS R9 SH-51E	約 156×約 75×約 8.9mm, 約 195g	Snapdragon 7+ Gen 3 Mobile Platform, 2.8GHz+2.6GHz+1.9GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM12GB, ROM 256GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSDXC 1TB, nanoSIM/eSIM	Pro IGZO OLED 有機 EL, 約 6.5 吋, Full HD+	アウト 1: 5030 万/F 値 1.9, 1/1.5 吋, 標準/ アウト 2: 5030 万/F 値 2.2, 1/2.5 吋, 広角/院 1: 約 5030 万/F 値 2.2, 1/2.8 吋, 標準, 5000mAh	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 3.4Gbps/ 286Mbps, 防水/防塵: IPX5/ IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5)/ be(Wi-Fi 7), 2x2MIMO, IEEE802.11n/ ax/ be, MU-MIMO(クライアント) IEEE 802.11ac/ ax/ be, 受信時最大通信速度 5764Mbps, 国内: 5G SA/ 5G NSA/ 4G(LTE), 海外: 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ 2G, Bluetooth 5.4, MIL 規格: mil-std-810G, 耐衝撃(落下), mil-std-810H, 防水(浸漬)/防水(雨滴)/耐振動/防湿/高温保管(固定)/高温保管(変動)/高温動作(固定)/高温動作(変動)/低温動作/低温保管/温度耐久(温度衝撃)/低圧保管/低圧動作/氷結(結露)/氷結(氷結)	2024/7/12
Sony, Xperia 1 VI SO-51E	約 162×約 74×約 8.2mm, 約 192g	Snapdragon 8 Gen 3, 3.3GHz+3.2GHz+3.0GHz+2.3GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 12GB, ROM 256GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSDXC(1.5TB), nanoSIM/eSIM	有機 EL 19.5:9 ディスプレイ, 約 6.5 吋, FHD+	アウト 1: 約 1200 万/F 値 2.2, 1/2.5 吋, 超広角/ アウト 2: 約 4800 万/F 値 1.9, 1/1.3 吋, 広角/ アウト 3: 約 1200 万/F 値 2.3 (85mm), 3.5 (170mm) (自動切替), 1/3.5 吋, 望遠/ イン 1: 約 1200 万/F 値 2.0, 1/2.9 吋, 広角, 5000mAh, ワイヤレス充電(Qi)	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 6.6Gbps/ 1.1Gbps, 防水/防塵: IPX5/IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4)/ ac (Wi-Fi 5)/ ax (Wi-Fi 6), 2x2MIMO, IEEE802.11n/ ac/ ax, MU-MIMO(クライアント)対応 IEEE802.11ac/ ax, 受信時最大通信速度 2402Mbps, 国内: 5G SA/ 5G NSA/ 4G(LTE), 海外: 5G NSA/ 4G(LTE)/ 3G/GSM/GPRS, Bluetooth 5.4,	2024/6/7

表 6 スマートフォンの仕様例 6

メーカー、型	サイズ(縦×横×厚さ mm), 重量 g	CPU, OS, メモリ, SIM	ディスプレイ	カメラ(有効画素数/F 値), 電池	通信・通話	発売日
Sony, Xperia 10 VI SO-52E	約 155×約 68×約 8.3mm, 約 164g	Snapdragon 6 Gen 1, 2.2GHz+1.8GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 6GB, ROM 128GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSDXC(1.5TB), nanoSIM/eSIM	有機 EL 21:9 ワイドディスプレイ, 約 6.1 吋, Full HD+	アウト 1: 約 800 万/F 値 2.2, サイズ 1/4 吋, 超広角/ アウト 2: 約 4800 万/F 値 1.8, サイズ 1/2 吋, 広角/ イン 1: 約 800 万/F 値 2.0, サイズ 1/4 吋, 広角, 5000mAh,	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 2.1Gbps/ 218Mbps, 防水/防塵: IPX5/ IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5) , 2×2MIMO, IEEE802.11n/ ac, MU-MIMO(クライアント)対応 IEEE802.11ac, 受信時最大通信速度 867Mbps, 国内: 5G SA/ 5G NSA/ 4G(LTE), 海外: 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.2	2024/7/5
FCNT 合同会社, arrows We2 Plus F-51E	約 162×約 75×約 8.5mm, 約 182g	Snapdragon 7s Gen 2, 2.4GHz+1.9GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 8GB, ROM 256GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSDXC(1TB), nanoSIM/eSIM	有機 EL, 約 6.6 吋, Full HD+	アウト 1: 約 5010 万/F 値 1.8, 1/2.7 吋, 広角/ アウト 2: 約 800 万/F 値 2.2, 1/4.0 吋, 超広角/ イン 1: 約 1610 万/F 値 2.45, 1/3.1 吋, 広角, 5000mAh	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 2.1Gbps/ 218Mbps, 防水/防塵: IPX5/IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5) / ax (Wi-Fi 6) , 2×2 MIMO, IEEE802.11n, MU-MIMO(クライアント)対応 IEEE802.11ax, 受信時最大通信速度 2402Mbps, 国内: 5G SA/ 5G NSA/ 4G(LTE), 海外: 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.2, MIL 規格: mil-std-810H, 落下, 耐衝撃, 防水(浸漬), 防塵(6 時間風速有り), 防塵(脆弱面 90 分), 塩水耐久, 防湿, 耐日射(連続), 耐日射(変化), 耐振動, 防水(風雨), 雨滴, 熱衝撃, 高温動作(60℃固定), 高温動作(32~49℃変化), 高温保管(70℃固定), 高温保管(30~60℃変化), 低温動作(-20℃固定), 低温保管(-30℃固定), 低圧動作, 低圧保管, 氷結(-10℃氷結)	2024/8/9
FCNT 合同会社, arrows We2 F-52E	約 155×約 73×約 8.9mm, 約 179g	Dimensity 7025, 2.5GHz+2.0GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 4GB, ROM 64GB, 外部メモリ 最大対応容量 microSDXC(1TB), nanoSIM/eSIM,	TFT, 約 6.1 吋, HD+	アウト 1: 約 5010 万/F 値 1.8, 1/2.7 吋, 広角/ アウト 2: 約 190 万/F 値 2.4, 1/5.1 吋, マクロ/ イン 1: 約 800 万/F 値 2.0, 1/4.0 吋, 広角, 4500mAh	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 2.1Gbps/ 218Mbps, 防水/防塵: IPX5/IPX8, IP6X, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5) , MU-MIMO(クライアント)対応 IEEE802.11ac, 受信時最大通信速度 433Mbps, 国内: 5G NSA/ 4G(LTE), 海外: 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.2, MIL 規格: mil-std-810H, 落下, 耐衝撃, 防水(浸漬), 防塵(6 時間風速有り), 防塵(脆弱面 90 分), 塩水耐久, 防湿, 耐日射(連続), 耐日射(変化), 耐振動, 防水(風雨), 雨滴, 熱衝撃, 高温動作 (60℃固定), 高温動作(32~49℃変化), 高温保管(70℃固定), 高温保管(30~60℃変化), 低温動作(-20℃固定), 低温保管(-30℃固定), 低圧動作, 低圧保管, 氷結(-10℃氷結)	2024/8/16
Galaxy Z Flip6 SC-54E,	Open: 約 165×約 72×約 6.9mm, Close: 約 85×約 72×約 14.9mm, 約 187g	Snapdragon 8 Gen 3 Mobile Platform for Galaxy, 3.39GHz + 3.1GHz + 2.9GHz + 2.2GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 12GB, ROM 256GB, nanoSIM/eSIM	Dynamic AMOLED 2X 有機 EL, 約 6.7 吋, Full HD+/ Super AMOLED 有機 EL, 約 3.4 吋, 748x720	アウト 1: 約 1200 万/F 値 2.2, 1/3.2 吋, 超広角 / アウト 2: 約 5000 万/F 値 1.8, 1/1.5 吋, 広角 / イン 1: 約 1000 万画素/F 値 2.2, 1/3.2 吋, 広角 , 4000mAh, ワイヤレス充電(Qi)	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 4.2Gbps/ 218Mbps, 防水/防塵: IPX8, IP4X, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5) / ax (Wi-Fi 6) , 2x2 MIMO, IEEE802.11n/ ac/ ax, MU-MIMO(クライアント)対応 IEEE 802.11ac/ ax, 受信時最大通信速度 2402Mbps, 国内: 5G SA/ 5G NSA/ 4G(LTE), 海外: 5G NSA/ 4G(LTE)/ 3G/ GSM/ GPRS, Bluetooth 5.3	2024/7/31

表 7 スマートフォンの仕様例 7

メーカー、型	サイズ(縦×横×厚さ mm), 重量 g	CPU, OS, メモリ, SIM	ディスプレイ	カメラ(有効画素数/F 値), 電池	通信・通話	発売日
Galaxy Z Fold6 SC-55E	Open: 約 154mm×約 133mm×約 5.6mm, Close: 約 154mm×約 68mm×約 12.1mm, 約 239g	Snapdragon 8 Gen 3 Mobile Platform for Galaxy, 3.39GHz + 3.1GHz + 2.9GHz + 2.2GHz オクタコア, Android 14, 内蔵メモリ RAM 12GB, ROM 256GB/512GB, nanoSIM/eSIM	Dynamic AMOLED 2X 有機 EL, 約 7.6 吋, QXGA +/Dynamic AMOLED 2X 有機 EL, 約 6.3 吋, HD+(968×2376)	アウト 1: 約 1200 万画素/F 値 2.2, 1/3.2 吋, 超広角/ アウト 2: 約 5000 万画素/F 値 1.8, 1/1.5 吋, 広角/ アウト 3: 約 1000 万画素/F 値 2.4, 1/3.9 吋, 望遠/ イン 1: 約 1000 万画素/F 値 2.2, 1/3.2 吋, 広角/ イン 2: 約 400 万画素/F 値 1.8, 1/3.1 吋, 広角, 4400mAh, ワイヤレス充電 (Qi)	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 6.6Gbps/ 1Gbps, 防水/防塵: IPX8, IP4X, Wi-Fi: IEEE802.11a/ b/ g/ n (Wi-Fi 4) / ac (Wi-Fi 5)/ ax (Wi-Fi 6), 2×2 MIMO, IEEE802.11n/ ac/ ax, MU-MIMO(クライアント)対応 IEEE802.11ac/ ax, 受信時最大通信速度 2402Mbps, 国内: 5G SA/ 5G NSA/ 4G(LTE), 海外: 5G NSA/ 4G(LTE)/ 3G/GSM/ GPRS, Bluetooth 5.3	2024/7/31
Google Pixel 9	152.8×72.0 × 8.5 mm, 198 g	Google Tensor G4, Titan M2 セキュリティ コプロセッサ, Android 14, RAM 12 GB, 容量 128 GB/256GB, nanoSIM/eSIM	6.3 吋, Actua ディスプレイ, アスペクト比 20:9, 1080×2424, OLED, 422 ppi	背面カメラ: 50 メガピクセル Octa PD 広角カメラ/F 値 1.68, 1/1.31 吋, 48 メガピクセル Quad PD ウルトラワイド カメラ/F 値 1.7, 1/2.55 吋/ 前面カメラ: 10.5 メガピクセル Dual PD 自撮りカメラ /F 値 2.2, 4,700 mAh, ワイヤレス充電	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 4.2Gbps/ 286Mbps, 防水/防塵: IPX8, IP6X, IEEE802.11be(Wi-Fi 7), 2×2+2×2MIMO, Bluetooth 5.3, 5G / GSM/ EDGE/ UMTS/ HSPA+/ HSDPA/ LTE	2024/8/22
Google Pixel 9 Pro	152.8×72.0 × 8.5 mm, 199 g	Google Tensor G4, Titan M2 セキュリティ コプロセッサ, Android 14, RAM 16 GB, 容量 128 GB/ 256GB/ 512GB, nanoSIM/eSIM	6.3 吋, Super Actua ディスプレイ, アスペクト比 20:9, 1280×2856, OLED, 495 ppi	背面カメラ: 50 メガピクセル Octa PD 広角カメラ/F 値 1.68, 1/1.31 吋/ 48 メガピクセル Quad PD ウルトラワイド カメラ/F 値 1.7, 1/2.55 吋/ 48 メガピクセル Quad PD 望遠カメラ/F 値 2.8, 1/2.55 吋/ 前面カメラ: 10.5 メガピクセル Dual PD 自撮りカメラ /F 値 2.2, 4,700 mAh, ワイヤレス充電	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 4.2Gbps/ 286Mbps, 防水/防塵: IPX8, IP6X, IEEE802.11be(Wi-Fi 7), 2×2+2×2MIMO, Bluetooth 5.3, 5G / GSM/ EDGE/ UMTS/ HSPA+/ HSDPA/ LTE	2024/9/4
Google Pixel 9 Pro XL	162.8×76.6 × 8.5 mm, 221 g	Google Tensor G4, Titan M2 セキュリティ コプロセッサ, Android 14, RAM 16 GB, 容量 128 GB/ 256GB/ 512GB, nanoSIM/eSIM	6.3 吋, Super Actua ディスプレイ, アスペクト比 20:9, 1344×2992, OLED, 486 ppi	背面カメラ: 50 メガピクセル Octa PD 広角カメラ/F 値 1.68, 1/1.31 吋, 48 メガピクセル Quad PD ウルトラワイド カメラ/F 値 1.7, 1/2.55 吋/ 48 メガピクセル Quad PD 望遠カメラ/F 値 2.8, 1/2.55 吋/ 前面カメラ: 10.5 メガピクセル Dual PD 自撮りカメラ /F 値 2.2, 5,060 mAh, ワイヤレス充電	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 4.2Gbps/ 286Mbps, 防水/防塵: IPX8, IP6X, IEEE802.11be(Wi-Fi 7), 2×2+2×2MIMO, Bluetooth 5.3, 5G / GSM/ EDGE/ UMTS/ HSPA+/ HSDPA/ LTE	2024/9/10
Google Pixel 9 Pro Fold	Open: 155.2×150.2× 5.1 mm/ Close: 155.2×77.1 × 10.5 mm, 257 g	Google Tensor G4, Titan M2 セキュリティ コプロセッサ, Android 14, RAM 16 GB, 容量 256GB/ 512GB, nanoSIM/eSIM	Actua フルスクリーン ディスプレイ, アスペクト比 20:9, 1,080 × 2,424 OLED, 422ppi / 6.3 吋, Super Actua Flex ディスプレイ, 2076×2152, OLED, 373 ppi	背面カメラ: 48 メガピクセル Quad PD 広角カメラ/F 値 1.7, 1/2 吋, 10.5 メガピクセル Dual PD ウルトラワイド カメラ/F 値 2.2, 1/3.4 吋/ 10.8 メガピクセルの Dual PD 望遠カメラ/F 値 3.1, 1/3.2 吋/ 前面カメラ: 10 メガピクセル Dual PD/F 値 2.2/ 10 メガピクセルの Dual PD カメラ /F 値 2.2, 4,650 mAh, ワイヤレス充電	通信速度(最大受信速度/最大送信速度): 4.2Gbps/ 286Mbps, 防水/防塵: IPX8, IP6X, IEEE802.11be(Wi-Fi 7), 2×2+2×2MIMO, Bluetooth 5.3, 5G / GSM/ EDGE/ UMTS/ HSPA+/ HSDPA/ LTE	2024/9/26



表 8 スマートフォンの仕様例 8

メーカー、型	サイズ(縦×横×厚さ mm), 重量 g	CPU, OS, メモリ, SIM	ディスプレイ	カメラ(有効画素数/F 値), 電池	通信・通話	発売日
Apple, iPhone16	147.6×71.6×7.80mm, 170g	A18 チップ 6 コア CPU, 5 コア GPU, 16 コア Neural Engine, 容量 128GB/ 256GB/ 512GB, nanoSIM/eSIM	Super Retina XDR ディスプレイ, 6.1 吋 OLED ディスプレイ, 2,556 × 1,179 ピクセル, 460ppi	48MP Fusion/F 値 1.6, 12MP 超広角/F 値 2.2, フロントカメラ: 12MP/F 値 1.9, 最大22時間, ワイヤレス充電(MagSafe, Qi2, Qi)	GSM/EDGE, UMTS/HSPA+, DC-HSDPA, 4×4 MIMO 対応 5G, ギガビット LTE, 2x2 MIMO 対応 Wi-Fi 7 (802.11be), Bluetooth 5.3 防水/防塵: IP68	2024/9/20
Apple, iPhone 16 Plus	160.9×77.8×7.80mm, 199g	A18 チップ 6 コア CPU, 5 コア GPU, 16 コア Neural Engine, iOS 18, 容量 128GB/ 256GB/ 512GB, nanoSIM/eSIM	Super Retina XDR ディスプレイ, 6.7 吋 OLED ディスプレイ, 2,796 × 1,290 ピクセル, 460ppi	48MP Fusion/F 値 1.6, 12MP 超広角/F 値 2.2, フロントカメラ: 12MP/F 値 1.9, 最大27時間, ワイヤレス充電(MagSafe, Qi2, Qi)	GSM/EDGE, UMTS/HSPA+, DC-HSDPA, 4×4 MIMO 対応 5G, ギガビット LTE, 2x2 MIMO 対応 Wi-Fi 7 (802.11be), Bluetooth 5.3 防水/防塵: IP68	2024/9/20
Apple, iPhone 16 Pro	149.6×71.5×8.25mm, 199g	A18 Pro チップ 6 コア CPU, 6 コア GPU, 16 コア Neural Engine, iOS 18, 容量 128GB/ 256GB/ 512GB/ 1TB, nanoSIM/eSIM	Super Retina XDR ディスプレイ, 6.3 吋 OLED ディスプレイ, 2,622 × 1,206 ピクセル, 460ppi	48MP Fusion/F 値 1.6, 48MP 超広角/F 値 2.2, 12MP 望遠/F 値 2.8, フロントカメラ: 12MP/F 値 1.9, 最大 27 時間, ワイヤレス充電(MagSafe, Qi2, Qi)	GSM/EDGE, UMTS/HSPA+, DC-HSDPA, 4×4 MIMO 対応 5G, ギガビット LTE, 2x2 MIMO 対応 Wi-Fi 7 (802.11be), Bluetooth 5.3 防水/防塵: IP68	2024/9/20
Apple, iPhone 16 Pro Max	163.0×77.6×8.25mm, 227g	A18 Pro チップ 6 コア CPU, 6 コア GPU, 16 コア Neural Engine, iOS 18, 容量 256GB/ 512GB/ 1TB, nanoSIM/eSIM	Super Retina XDR ディスプレイ, 6.9 吋 OLED ディスプレイ, 2,868 × 1,320 ピクセル, 460ppi	48MP Fusion/F 値 1.6, 12MP 超広角/F 値 2.2, 12MP 望遠/F 値 2.8, フロントカメラ: 12MP/F 値 1.9, 最大 33 時間, ワイヤレス充電(MagSafe, Qi2, Qi)	GSM/EDGE, UMTS/HSPA+, DC-HSDPA, 4×4 MIMO 対応 5G, ギガビット LTE, 2x2 MIMO 対応 Wi-Fi 7 (802.11be), Bluetooth 5.3 防水/防塵: IP68	2024/9/20

出荷台数(シェア%)の上位 5 位を見ると, (1) Apple : 234.6 百万台 (20.1%) [前年 226.3 (18.8%)] (前年比+3.7%), (2) Samsung : 226.6 百万台 (19.4%) [前年:262.2 (21.7%)] (前年比 -13.6%), (3) Xiaomi: 145.9 百万台 (12.5%) [前年:153.2 (12.7%)] (前年比-4.7%), (4) OPPO : 103.1 百万台 (8.8%) [前年:114.4 (9.5%)] (前年比-9.9%), (5) Transsion : 94.9 百万台 (8.1%) [前年:72.6 (6.0%)] (前年比+30.8%)である。

IDC Worldwide Quarterly Mobile Phone Tracker(暫定データ)<sup>50)</sup>によると, 2024 年第 1 四半期の世界のスマートフォン出荷台数は前年比 7.8%増の 2 億 8,940 万台となり, 出荷台数の増加は 3 四半期連続で回復している。Apple が 2023 年末にトップに立ったが, Samsung が第 1 四半期にトップの座に返り咲いた。また, 中国での Huawei, Xiaomi, Transsion, OPPO/OnePlus, vivo の顕著な成長が見られた。本四半期の出荷台数(シェア%)の上位 5 位を見ると, (1) Samsung : 60.1 百万台 (20.8%) [前年:60.5 百万台 (22.5%)] (前年比-0.7%), (2) Apple : 50.1 百万台 (17.3%) [前年:55.4 百万台 (20.7%)] (前年比-9.6%), (3) Xiaomi : 40.8 百万台 (14.1%) [前年:30.5 百万台 (11.4%)] (前年比+33.8%), (4) Transsion : 28.5 百万台 (9.9%) [前年:15.4 百万台 (5.7%)] (前年比+84.9%), (5) OPPO : 25.2 百万台 (8.7%) [前

年:27.6 百万台 (10.3%)] (前年比-8.5%)である。

IDC Worldwide Quarterly Mobile Phone Tracker(暫定データ)<sup>51)</sup>によると, 世界のスマートフォン市場は 2024 年第 2 四半期に 6.5%成長し, 増加している。2024 年第 2 四半期の世界のスマートフォン出荷台数は前年比 6.5%増の 2 億 8,540 万台となった。出荷台数の増加は 4 四半期連続となり, 回復傾向を継続している。本四半期の出荷台数(シェア%)の上位 5 位を見ると, (1) Samsung : 53.9 百万台 (18.9%) [前年:53.5 百万台 (20.0%)] (前年比+0.7%), (2) Apple : 45.2 百万台 (15.8%) [前年:44.5 百万台 (16.6%)] (前年比+1.5%), (3) Xiaomi : 42.3 百万台 (14.8%) [前年:33.2 百万台 (12.4%)] (前年比+27.4%), (4) vivo : 25.9 百万台 (9.1%) [前年:21.3 百万台 (7.9%)] (前年比+21.9%), (5) OPPO : 25.8 百万台 (9.0%) [前年:25.4 百万台 (9.5%)] (前年比+1.8%)である。なお, IDC では, 2 社以上で出荷シェアの差が 0.1%以下の場合, 世界スマートフォン市場において統計的に同位としている。同報告によると, サムスンが主力製品への戦略的注力と強力な AI 戦略により, 2024 年第 2 四半期に出荷シェア 18.9%でトップであり, Apple は中国及びその他の主要地域でシェアが伸び 15.8%のシェアで 2 位となっている。また, Xiaomi と vivo はどちらも新興市場

と中国での好調さにより2桁の成長を遂げ、OPPOの1.8%の成長は中国国外での継続的な拡大によるものであった。

例えば、使用する5G利用プランにより、自宅・外出時を問わず大容量・高速通信による映像視聴も進んでおり、スマホ利用の連絡・通話使用(通信量抑制)と、動画も含んだ大容量通信に基づいた様々なアプリケーション使用の二極化が進んでいるとも考えられる。本稿では、主にハイスペック使用に対応する機種を仕様例として整理した。例えば、表1のiPhoneでは、ディスプレイの高精細化・カメラの性能向上が進んでおり、更に高速処理対応のコア数を増強したCPUとなっている。一方で、円安や世界的な半導体不足の影響もあり、販売価格が高騰しているのが気掛かりである。

また、表2,3に、Sony, Samsung, HONOR, SHARPの機種を示したが、Samsungの発売数が多いことと折り畳みタイプの販売が目につく。

#### 4. ま と め

この2年間でのスマートフォン製品を見ると、簡易モデルからハイスペックモデルまで、一般ユーザのニーズを受け、幅広いモデルが販売されている。例えば、GoogleのAIスマホ販売強化に加えて、Appleの新型スマホでもAI対応のA18/A18プロチップを搭載しており、今後の動向が注目される。加えて、ハイスペックモデルの高性能化・高価格化も進んでおり、一般ユーザがどのタイプのスマホを望むのかについても見ていく必要がある。一方で、5Gサービスにおいて、5G NSA サービスに加えて5G SA サービスが2022年よりdocomoが開始し、auやソフトバンクも2023年より開始しており、各メーカーから5G SAに対応した機器が販売されているのも興味深い。なお、NSA(ノンスタンドアロン)方式は、4G用のコア装置(EPC)を利用し4Gと5G基地局の電波を併用しているが、SA方式(スタンドアロン)は5G専用のコア装置(5GC)と5G基地局の構成で直接5Gネットワークが利用でき、高速大容量、高信頼、低遅延通信、多数同時接続を実現できる。特に、ネットワークスライシング技術により、サービスごとにネットワークを仮想的に分割(スライス)して、様々な品質要求に対応できる。

これまでのCPU性能、ディスプレイ性能、カメラ性能、電池寿命性能などの端末性能向上に加えて、5G SAやWi-Fi 7への対応など通信速度向上に対応したモデルが販売され始めており、引き続きスマートフォンの開発動向に刮目したいと考える。

#### 参 考 文 献

- 1) arrows N F-51C, <https://www.docomo.ne.jp/product/f51c/> (2023).
- 2) KY-41C, <https://www.docomo.ne.jp/product/ky41c/> (2023).
- 3) KY-42C, <https://www.docomo.ne.jp/product/ky42c/> (2023).
- 4) Galaxy S23 SC-51D, <https://www.docomo.ne.jp/product/sc51d/> (2023).
- 5) Galaxy S23 Ultra SC-52D, <https://www.docomo.ne.jp/product/sc52d/> (2023).
- 6) AQUOS R8 pro SH-51D, <https://www.docomo.ne.jp/product/sh51d/> (2023).
- 7) AQUOS R8 pro SH-51D, <https://www.docomo.ne.jp/product/sh51d/> (2023).
- 8) AQUOS wish 3 SH-53D, <https://www.docomo.ne.jp/product/sh53d/> (2023).
- 9) Pixel 7a, <https://www.docomo.ne.jp/product/pixel7a/> (2023).
- 10) Xperia 1 V SO-51D, <https://www.docomo.ne.jp/product/so51d/> (2023).
- 11) Xperia 10 V SO-52D, <https://www.docomo.ne.jp/product/so52d/> (2023).
- 12) Galaxy Z Flip5 SC-54D, <https://www.docomo.ne.jp/product/sc54d/> (2023).
- 13) Galaxy Z Fold5 SC-55D, <https://www.docomo.ne.jp/product/sc55d/> (2023).
- 14) iPhone 15, iPhone 15 Plus, Apple, <https://www.apple.com/jp/iphone-15/specs/> (2023).
- 15) iPhone 15, iPhone 15 Plus, docomo, <https://www.docomo.ne.jp/iphone/15/> (2023).
- 16) iPhone 15 Pro, iPhone 15 Max, docomo, <https://www.docomo.ne.jp/iphone/15-pro/> (2023).
- 17) iPhone 15 Pro, Apple, <https://support.apple.com/ja-jp/111829> (2023).
- 18) iPhone Pro Max, Apple, <https://support.apple.com/ja-jp/111828> (2023).
- 19) Xperia 5V SO-53D, <https://www.docomo.ne.jp/product/so53d/> (2023).
- 20) AQUOS sense8 SH-54D, <https://www.docomo.ne.jp/product/sh54d/> (2023).
- 21) Pixel 8, <https://www.docomo.ne.jp/product/pixel8/> (2023).
- 22) Pixel 8 Pro, <https://www.docomo.ne.jp/product/pixel8pro/> (2023).
- 23) Galaxy S24 SC-51E, <https://www.docomo.ne.jp/product/sc51e/> (2023).
- 24) Galaxy S24 Ultra SC-52E, <https://www.docomo.ne.jp/product/sc52e/> (2024).
- 25) Pixel 8a, <https://www.docomo.ne.jp/product/pixel8a/> (2024).
- 26) Galaxy A55 5G SC-53E, <https://www.docomo.ne.jp/product/sc53e/> (2024).
- 27) AQUOS wish4 SH-52E, <https://www.docomo.ne.jp/product/sh52e/> (2024).

- 28) AQUOS R9 SH-51E, <https://www.docomo.ne.jp/product/sh51e/> (2024).
- 29) Xperia 1 VI SO-51E, <https://www.docomo.ne.jp/product/so51e/> (2024).
- 30) Xperia 10 VI SO-52E, <https://www.docomo.ne.jp/product/so52e/> (2024).
- 31) arrows We2 Plus F-51E, <https://www.docomo.ne.jp/product/f51e/> (2024).
- 32) arrows We2 F-52E, <https://www.docomo.ne.jp/product/f52e/> (2024).
- 33) Galaxy Z Flip6 SC-54E, <https://www.docomo.ne.jp/product/sc54e/> (2024).
- 34) Galaxy Z Fold6 SC-55E, <https://www.docomo.ne.jp/product/sc55e/> (2024).
- 35) Pixel 9, <https://www.docomo.ne.jp/product/pixel9/> (2024).
- 36) Pixel 9 Pro, <https://www.docomo.ne.jp/product/pixel9pro/> (2024).
- 37) Pixel 9 Pro XL, <https://www.docomo.ne.jp/product/pixel9proxl/> (2024).
- 38) Pixel 9 Pro Fold, <https://www.docomo.ne.jp/product/pixel9profold/> (2024).
- 39) iPhone16, Apple, <https://www.apple.com/jp/iphone-16/> (2023).
- 40) iPhone16, docomo, <https://www.docomo.ne.jp/iphone/16/> (2024).
- 41) iPhone 16 Plus, <https://www.docomo.ne.jp/iphone/16/> (2024).
- 42) iPhone 16 Pro, Apple, <https://www.apple.com/jp/iphone-16-pro/> (2024).
- 43) iPhone 16 Pro, docomo, <https://www.docomo.ne.jp/iphone/16-pro/> (2024).
- 44) 2023年第4四半期および通年の国内携帯電話／スマートフォン市場実績値を発表, IDC Japan (2024).
- 45) 破綻の FCNT 救済決定も、日本の一般向けスマホメーカーは「あの1社」だけに――本当に良かったのか?, CNET Japan (2023).
- 46) FCNT が再始動, 「らくらく」シリーズ維持と巻き返しへ鍵握るレノボとのシナジー, 日経 XTECH (2024).
- 47) 2024年第1四半期の国内携帯電話／スマートフォン市場実績値を発表, IDC Japan (2024).
- 48) 2024年第2四半期の国内携帯電話／スマートフォン市場実績値を発表, IDC Japan (2023).
- 49) Apple Grabs the Top Spot in the Smartphone Market in 2023 along with Record High Market Share Despite the Overall Market Dropping 3.2%, According to IDC Tracker, IDC (2024).
- 50) Worldwide Smartphone Market Up 7.8% in the First Quarter of 2024 as Samsung Moves Back into the Top Position, According to IDC Tracker, IDC (2024).
- 51) Worldwide Smartphone Market Grew 6.5% in the Second Quarter of 2024 as Momentum Continues to Build, According to IDC Tracker, IDC (2024).
- 52) 田中優多, 荒川雅矢, 奥田兼三, 清水和人, 國友宏一郎: “5G SA方式を実現する5Gコアネットワーク技術概要”, NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル, Vol. 30, No. 4 pp. 6-17 (2023).



児玉 明 (フェロー)

1992年 早稲田大学理工学部電子通信学科卒業, 1994年 同大学大学院理工学研究科前期修士課程修了, 1997年 早稲田大学大学院理工学研究科後期博士課程修了, 1995年 早稲田大学理工学部助手, 1998年 広島大学地域共同研究センター助教授を経て, 現在, 広島大学大学院先端理工系科学研究科／総合科学部／情報メディア教育研究センター准教授. 主に, 画像通信, 動画符号化, スケーラブル符号化, 画像検索方式, マルチメディア情報構造化などマルチメディア通信サービスの研究に従事. 工学博士. 電子情報通信学会, 情報処理学会, 映像情報メディア学会, 電気学会, IEEE, ACM 各会員. 本学会 元副会長, 前編集委員長.

## 6-7 3D ディスプレイ

陶山 史朗

宇都宮大学

## 6-7 3D Display

Shiro SUYAMA

Utsunomiya University

### 1. はじめに

3D 表示／空中表示においては、近年、幾つかの新しい試みが提案されてきており、再び新たな段階に入りつつあるように感じている。本稿では、それらの中から、特に3つのテーマに絞って、最新動向を述べる。

### 2. 二眼／多眼，ライトフィールド

古くて新しい技術として二眼／多眼表示技術があり、また最近ではライトフィールド技術がある。さらに、これまで各社がトライしてきたものの市場を掴むまでには至っていない過去の歴史があるが、最近、幾つかの企業が新たなトライを開始しており、3D ディスプレイの新たな波が来るかもしれないと期待される。

Looking Glass Factory 社<sup>1)</sup>の方式は、詳細は明らかにされていないが、3D ディスプレイの前に、分厚いアクリル板を配することにより、空気との屈折率差による浮き上がり効果を利用して、立体感を上手く助長／演出していると考えられる。さらに、最近では、眼数を、これまでのコンシューマーレベルを超える10以上とすることにより、きれいな立体感の演出を可能にしていると考えられる。次に、ソニー（株）が新たにこの分野に乗り出してきたことは特筆すべきである<sup>2)</sup>。これまでは、体積型の3D ディスプレイなどを、展示会などで紹介するレベルであったのに対して、今回は、技術的な詳細は明らかではないが、裸眼3D ディスプレイを製品として市場に投入しようとしている。推測であるが、3D ディスプレイの精細度や自然さが、ようやくコンシューマーレベルとして受け入れられるレベルになったとの判断かも知れない。

さらに、新たにベンチャー企業として、そうそうたるメンバーによる（株）RealImage<sup>3)</sup>が、実用化に向けた新たな展開を行おうとしていることは注目に値する<sup>4)</sup>。創立メンバーは、小池崇文氏、高橋秀也氏、濱岸五郎氏、加納裕氏であり、3D ディスプレイ業界ではよく知られた方々である。現状で販売している裸眼3D ディスプレイは、パララックスバリア方式で、高精度なヘッドトラックを搭載したものとなっている。原理は従来から存在する方式ではあるが、そのブラッシュアップ結果が一段階上のレベルにあり、観察者の位置に依らずに、広い視域で、高精細な3D 表示を鑑賞することができる。

また、コンテンツ制作にもこれまでのノウハウがふんだんに盛り込まれており、より自然な立体感を得られるように上手く工夫されていることは特筆すべきと考える。今後の事業展開が楽しみである。

### 3. 電子ホログラフィ

電子的に書き換え可能な電子ホログラフィにおける最も大きな課題は、空間光変調器 SLM (Spatial Light Modulator) の画素の大きさをミクロンオーダーにすることであり、技術的に困難であると考えられてきた。ところが、最近、この課題の解決に向けて、実用的な試みが進みつつあることは驚きである。本来、ホログラフィでは、ミクロンオーダーでの光の制御が求められるが、現状で手に入る空間光変調器の画素の大きさは最小でも  $10\mu\text{m}$  内外であり、これが電子ホログラフィの進展を阻んできていた。これは、液晶素子においては、隣接画素からの漏れ電界や液晶分子配列の連続性によりこれ以上に微細化しても実際の駆動が困難となるためであり、DMD (Digital Micromirror Device) においては、複雑な機械的駆動機構が必要なため、ミクロンオーダーの構造は、実質上困難なためである。

これに対して、NHK 技研<sup>5)</sup>では、新たな光制御の手段として、ミクロンオーダーの構造と駆動が可能な磁気光学式空間光変調器 (MOSLM, Magneto-Optical Spatial Light Modulator) を採用し、画素の最小化への試みを進めている<sup>6)</sup>。MOSLM は超微小な磁石で、その磁化の方向により、磁気光学効果で反射光の偏光の回転方向を制御できるデバイスであり、電流注入による磁壁移動で磁化を反転させて駆動する。すでに、世界最小画素サイズ ( $1\mu\text{m} \times 4\mu\text{m}$ ) の MOSLM ( $10,000 \times 5,000$  画素) を開発しており、水平視域 30 度の 3D 像の表示に成功している。また、画素選択トランジスタを内蔵しているため、書き換えを可能としている (現状では動画は困難)。また、磁気光学効果による偏光方向の回転角が非常に小さく、ON/OFF のコントラストをとることが難しいなどの課題は残っているが、わくわくするほどに、今後が楽しみである。

また、東北大学藤掛研究室では、上記のように微細な構造ではこれまで困難であった液晶の駆動を可能にする技術の研究を進めている<sup>7)</sup>。ミクロンオーダーの画素間に、樹脂の隔

壁を光ナノインプリント法により高精度に形成して独立駆動を可能にするとともに、微小な間仕切りを挿入して液晶領域を長方形にすることにより、乱れやすい画素内の液晶配列を長軸方向に制御することに成功している。まだ道半ばではあるが、液晶の均一な初期配列が実現されたことで、これまで困難とされてきた超高解像度の画素駆動への道を開いたと考える。液晶は屈折率差が比較的大きいため、ON/OFF のコントラストを得やすい面があり、今後の進展が望まれる。

次に、ホログラフィの応用展開も含めた新たなプロジェクトとして、ホログラフィックコンタクトレンズディスプレイのプロジェクト<sup>8)</sup>が立ち上がったことは特筆すべきと考える。東京農工大学の高木康博教授を中心として、徳島大学、早稲田大学、シチズンファインデバイス(株)、(株)シードによるメンバーとなっており、情報通信研究機構(NICT)のBeyond 5G 事業によるプロジェクトとなる。文字通り、コンタクトレンズにホログラフィックディスプレイを実装しようという極めて野心的な目標を掲げている。もし、コンタクトレンズにホログラフィックディスプレイが実装できれば、多種多様なAR/VR 環境が構築可能であり、応用範囲は計り知れないものとなると予想される。もちろん、実現へのハードルは極めて高いが、東京農工大：超薄型ホログラム光学素子、徳島大：視機能への影響評価、早稲田大：超小型電子デバイス、シチズンファインデバイス：超小型・超薄型空間光変調素子、シード：コンタクトレンズ内蔵技術と、各々の得意分野を分担する構成となっているため、今後、各分野で多くのブレークスルーが生まれることが期待される。

#### 4. 空中像ディスプレイ

2D 像や 3D 像を問わず、何もない空間に像を浮かべることができれば、空中像ディスプレイとして色々なアプリケーションに広く適用できると期待できる。特に、コロナ禍以降においては、非接触性などの利点が注目されたのを機に研究開発が盛んになってきている。

(株)アスカネット<sup>9)</sup>では、短冊状のミラーを直交して積層することにより、2面コーナリフレクターを構成し、このプレートを挟んで 2D ディスプレイと対称な位置に空中像を浮遊させる技術で事業を展開している<sup>10)</sup>。最近では、複数枚のプレートの張り合わせではあるが、展示会で等身大の空中像を形成して、そのポテンシャルを示している。また、最近、この方式の大きな欠点であった不要なゴースト像の除去にほぼ成功しており、今後の事業展開が期待される。

(株)パリティ・イノベーションズ<sup>11)</sup>でも、樹脂製の 30 cm 角のパリティミラーの販売を開始しており、大型化に向けての検討の素地が徐々に出来つつあるといえる。パリティミラーは、90 度でクロスするロッド構造を基本としており、これにより 2面コーナリフレクタを構成している<sup>12)</sup>。垂直なロッド構造のため製造が難しい面を持っているが、比較的きれいな空中像が期待できる。近年は、上記のように、金型か

ら大型の樹脂製パリティミラーの製造に成功しており、今後の進展が期待される。

次に、再帰反射材とハーフミラーを用いて、実像を空中に浮遊させる AIRR (Aerial Imaging by Retro-Reflection) に対しても、精力的な研究展開がなされている<sup>13)</sup>。再帰反射材は道路標識などに使われているもので、入射光と同じ方向に光を返す特性を有しているため、光源に戻る光をハーフミラーで分離することにより、これと対称な位置に光源の空中像を結像できる。再帰反射材が、曲がりや傾きにはロバストでかつ市販されていることもあり、タイル張りの構成で大型化も容易にできるという特徴がある。その性質を利用して、光源に LED を使用し、道路標識用に数 m 以上の大きな飛び出し距離の空中像を形成しようという試みも行われており、一定の成果を得ている<sup>14)</sup>。

また、大型化も容易であることを受け、水中に浮遊像を形成しようという試みも行われている。水槽に飼われている魚などに浮遊像を見せる試み、及び水中に浮遊像を形成してこれを色々な用途に利用しようとする試みである。通常のディスプレイや網などの実物とは異なり、浮遊像は、魚などの行動を物理的に制限することはないという利点がある。前者の魚に浮遊像を見せる目的としては、動物行動学的に魚の行動を制御するためのツールとして使うことが考えられる。例えば、水槽中のめだかに、同種のめだかの浮遊像を提示し、これを移動させると、水槽中のめだかは浮遊像に追従して運動することが観測されており、魚の行動を制御するツールとしての有用性が示されている<sup>15)</sup>。次に、後者としては、水中にスケールとなり得る浮遊像を実物の近傍に表示することにより、水中の物体の長さなどを簡単に計測できることが検証されている<sup>16)</sup>。水槽の外から中にある物体を撮影しても、奥行きがあることに加え、水と空気の屈折率差により、物体の長さなどを正確に計測することは実際には困難である。これに対して、浮遊像により水中スケールを直接に物体近傍に提示しておけば、簡単な撮影により計測することが可能になるわけである。

ここで、空中像全般にいえることであるが、解像度の低下が課題となっている。特に、各装置から空中像の位置が離れるにしたがい、空中像の解像度が大きく劣化することが知られている。この解決策として、AIRR において、ハーフミラーと再帰反射材との間にレンズを配置することが提案されている<sup>17)</sup>。これにより、大幅な解像度の改善が見られることが実証されている。レンズに入射した光線は、再帰反射材により再びレンズを逆方向に進むことから、疑似的な共役系となり、歪等が打ち消せることも一つの利点である。但し、視域角はレンズの大きさなどにより決まることになるため、解像度の向上と視域の拡大をどう両立させていくかが課題ではあるが、今後の進展に眼が離せない技術の一つであることは明らかである。

別の空中像の形態として、円弧状の線刻群への単一照明の

照射で、空中 3D 像を提示できるアーク 3D 表示に関しても、応用まで見通した研究が行われるようになってきた。例えば、道路標識への応用に向けて、空中 3D 像の数  $m$  以上の飛び出しの実現を目指すとともに、車のように観察者と光源が同時に移動するような場合に、両者の移動に応じて、空中 3D 像の位置を、観察者と基板との間の適切な位置に自動的に変化させることができることが実証されている<sup>18)</sup>。また、デジタルサイネージなどに向けて、観察距離に依らずかつ全周からでも観察可能で、文字通りにどこからでも見える 3D 表示として、全周型アーク 3D 表示も提案されている<sup>19)</sup>。アーク 3D 基板とこれに垂直な単一照明だけという簡単な構成で実現可能なため、低コストで提供可能であるという利点がある。このように、アーク 3D 表示に関しても、今後の大画面・遠距離・全周表示に向け、さらなる研究が期待される。

このように、空中像に関しては、色々な側面からの研究が積極的に行われてきており、今後の応用展開なども含めて、大いに期待される場所である。

## 5. むすび

新型コロナウイルスの 5 類移行後も、新型コロナの登場により新たな働き方として普及したテレワークやオンライン会議がかなりの規模で維持されており、このスタイルは今後も継続するものと予想される。このような機会において自然なコミュニケーションを確立することの必要性に基づき、映像や音声などのメディア技術のさらなる進歩が社会から期待されると考えられる。空中映像を含む 3D 映像、立体音響などの立体メディア技術は、その重要なパーツの一つになりうると考えられ、さらに一段階上を目指した進歩が今後も大いに期待される。

## 参考文献

- 1) <https://lookingglassfactory.com/https://jp.gamesindustry.biz/article/1809/18092002/>
- 2) <https://www.sony.jp/spatial-reality-display/products/ELF-SR1/?srsltid=AfmBOooOamK43wsDt3cRc2mjbOB1gmmh2aL4ISAeQrZs0MCFkFDkmR3i>
- 3) <https://www.realimage.co.jp/products/>
- 4) 小池崇文, 加納 裕, 濱岸五郎, 高橋秀也, “世界一美しい裸眼 3D ディスプレイを目指して”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 47, No. 36, IDY2023-35, pp. 1-4 (2023).
- 5) <https://www.nhk.or.jp/str/>
- 6) 町田賢司, “ホログラフィックディスプレイ用磁気光学空間光変調器の開発 ~ 自然な 3 次元映像の再生に向けて ~”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 47, No. 36, AIT2023-150, pp. 10-15 (2023). <https://www.nhk.or.jp/str/news/2023/5.html>
- 7) 藤掛英夫, 中谷誠和, “液晶空間光変調素子の超高解像度化と電子ホログラフィの画質改善技術”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 47, No. 36, 3DMT2023-62, pp. 23-30 (2023). <https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2019/05/press20190521-03-denshi.html>
- 8) ホログラフィック・コンタクトレンズディスプレイの基盤技術に関するシンポジウム [https://www.ite.or.jp/ken/form/index.php?tgs\\_regid=31710379fc67de6a5035cc03b4d3ecbaf9999799ede06456c00a5fb49118f03&cmd=info&lang=](https://www.ite.or.jp/ken/form/index.php?tgs_regid=31710379fc67de6a5035cc03b4d3ecbaf9999799ede06456c00a5fb49118f03&cmd=info&lang=)
- 9) 高木康博, “プロジェクト全体説明”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 48, No. 22, 3DMT2024-25, pp. 1-10(2024). [https://www.tuat.ac.jp/outline/disclosure/pressrelease/2024/20240415\\_01.html](https://www.tuat.ac.jp/outline/disclosure/pressrelease/2024/20240415_01.html)
- 10) [https://aska3d.com/ja/?\\_ga=2.171206816.1444215618.1727662184-381531340.1727502700](https://aska3d.com/ja/?_ga=2.171206816.1444215618.1727662184-381531340.1727502700)
- 11) 大坪誠, “空中ディスプレイの原理と応用例、及び今後の展望”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 47, No. 36, 3DMT2023-61, pp. 18-22(2023).
- 12) <https://www.piq.co.jp/>
- 13) 前田有希, “2 面コーナリフレクタアレイによる空中ディスプレイ”, 映像情報メディア学会誌, Vol. 75, No. 2, pp. 194-197 (2021). <https://sensait.jp/23423/>
- 14) H. Yamamoto, “Recent Developments and Applications of Aerial Display”, IDW'20, 3D2-1, pp. 455-458(2020).
- 15) S. Sakane, S. Suyama & H. Yamamoto, “Reducing thickness of long-distance aerial display system in AIRR using Fresnel lens”, Optical Review, Vol. 30, pp. 657-663 (2023).
- 16) E. Abe, M. Yasugi, H. Takeuchi, E. Watanabe, Y. Kamei, H. Yamamoto, “Development of omnidirectional aerial display with aerial imaging by retro-reflection (AIRR) for behavioral biology experiments”, Optical Review, Vol. 26, No. 1, pp. 221-229 (2019).
- 17) E. Abe, H. Yamamoto, “Immersive Reaction of Medaka to Omnidirectional Aerial Display”, Proc. IDW'19, 3DSAp2/3Dp2-7, pp. 142-145 (2019).
- 18) A. Sekine, R. Ichikawa, H. Takatsuka, T. Iwane, S. Suyama, M. Ishikawa, H. Yamamoto, “Size Measuring Method of Underwater Object by Use of Floating Aquatic Scale Formed With AIRR”, Proc. of IDW'24, FMCp1-13 (2024).
- 19) K. Takiyama, T. Iwane, S. Suyama, K. Masaoka, H. Yamamoto, “High-Resolution Aerial Imaging Without Aberration Using a Lens to Reduce Diffraction and Ray Shift by a Retro-Reflector”, Proc. of IDW'24, FMC5-3, (2024). 滝山和晃, 岩根 透, 陶山史朗, 山本裕紹, “再帰反射による空中結像(AIRR)への凸レンズ導入による解像度の向上”, VR 学会大会, 2E2-03/2G-27, (2024).
- 20) H. Oishi, S. Suyama, H. Yamamoto, “Autonomous Motion of Arc-3D-Generated Image Floating in Front of an Observer Moving With an Illumination Light”, Proc. of IDW'24, PRJ5-2, (2024).
- 21) S. Suyama, “Full-viewing or Underwater Arc 3D display and Aerial-image DFD display for VR biology”, IWOB2023, P-7, (2023).



陶山 史朗

1979 年 九州大学理学部物理学科 卒業。1981 年 同大学院工学研究科応用物理学専攻修士課程 修了。同年 日本電信電話公社 (現 NTT) 入社。武蔵野電気通信研究所配属。2007 年 徳島大学 教授。2021 年 宇都宮大学 特任教授。3D 映像入出力技術, 立体知覚評価, 脳内補充技術の研究に従事。工学博士。



## 6-8 ファクシミリ

川畑 広隆 藤井 秀樹 渡邊 哲次 和田 学 副島 秀樹

富士フイルム ビジネスイノベーション株式会社

### 6-8 Facsimile

Hiroataka KAWABATA, Hideki FUJII, Satoshi WATANABE, Manabu WADA, Hideki SOEJIMA

FUJIFILM Business Innovation Corporation

#### 1. はじめに

2020年の新型コロナウイルスの感染拡大をきっかけとして、リモートワークが急速に普及した。国土交通省による「テレワーク人口実態調査」<sup>1)</sup>によると、2021年をピークにリモートワークの実施率は減少しているものの、雇用型就業者のおよそ25%（首都圏に限定すると38%）がリモートワークを実施しており、オフィスワークとリモートワークを併用したハイブリット型のワークスタイルが定着してきている。

感染拡大による緊急事態宣言期間中でもオフィスに行かなければならない理由の1つとしてファクス受信文書への対応が取り上げられ、先進国でまだファクスを利用している国は日本だけのような報道もみられた。

一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会（CIAJ）では、2020年度より継続的に国内のファクス利用状況調査を実施しており、加えて2022年に米国、2023年にドイツの利用状況の調査も実施した。

東日本電信電話株式会社、西日本電信電話株式会社（NTT東西）は、2024年1月より固定電話（加入電話・INS ネット）の局内設備に関してIP網への移行を開始した。

OAB-J型のIP電話は電気通信事業法によりファクシミリの正常通信が規定されているため、CIAJ画像情報ファクシミリ委員会では、固定電話のIP網移行後もファクシミリ利用者の利便性が継承されることの確認を目的として、2019年度にNTT東西が提供する試験環境において通信試験を実施し、ファクシミリ通信に問題が生じないことを確認した。

2024年3月末時点で特定のサービスへの通話を除いてIP網への移行作業が終了したことがNTT東西よりアナウンスされ、ほぼ全てのファクシミリ通信がIP網に移行しているが、CIAJおよび会員各社に対する大きなトラブル発生への報告はない。

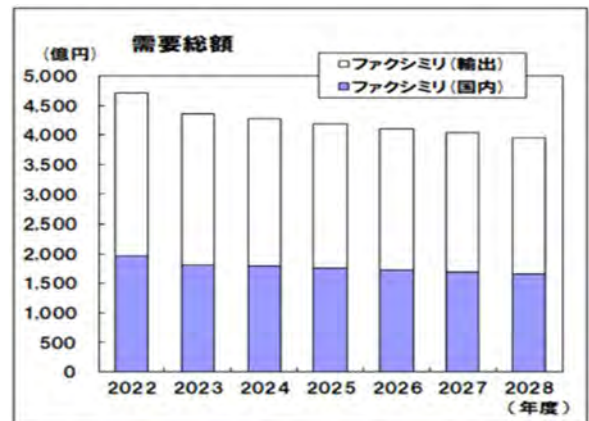
従来の固定電話サービスはメタルケーブルや光ファイバによる有線網に構築されていたが、移動体通信各社による移動体通信網を利用した固定電話サービス（OAB-J型電話番号）が開始され、NTT東西でも移動体通信会社の設備を利用したワイヤレス固定電話サービスを2024年4月より開始した。

以降、『市場動向』で、今後の需要予測と国内・米国・ドイツにおけるファクシミリ利用率の調査結果について、『技術動向』で、NTT東西のワイヤレス固定電話サービスに対するCIAJ画像情報ファクシミリ委員会の取り組みについて報告する。

#### 2. 市場動向と調査

##### 2.1 市場動向

CIAJ発行の通信機器中期需要予測【2023-2028年度】<sup>2)</sup>によると、ビジネス関連機器におけるファクシミリ複合機の国内需要は、今後も徐々に減少すると見込まれている（図1）。これはワークスタイルの変化、企業や省庁のデジタル化推進の方向性が需要動向に影響している。また、需要金額の多くを占めている輸出も、国内要因と同様にワークスタイルの変化がマイナス要因になると見込んでいる。しかしながら需要は減少しているとはいえ、多くのビジネスシーンではファクシミリが活用されており、業務フローの中で利用されている。

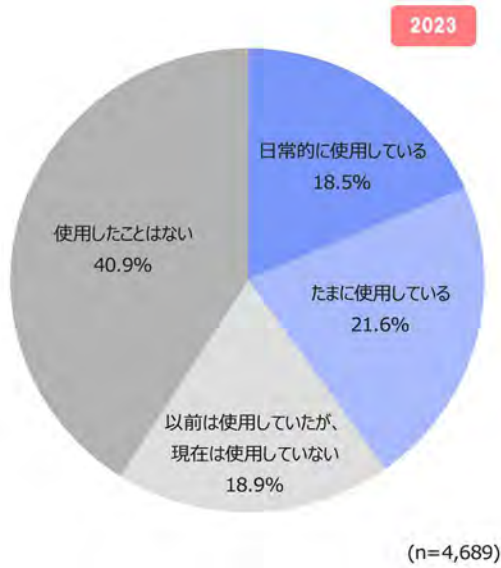


出典：一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会(CIAJ)  
「通信機器中期需要予測【2023-2028年度】」

図1 ファクシミリ需要総額

##### 2.2 ファクシミリ利用率の調査結果

CIAJ発行の「ファクシミリの利用調査結果」(2023年度調査)<sup>3)</sup>やCIAJプレスリリースによると、日本におけるファクス利用率は徐々に減少しているが、2023年の調査時点においても40.1%の人が業務で利用していると回答している。文書の送受信業務を行う人の約55%がファクスを利用しており、現在も文書通信手段の1つととらえている。簡単確実に送受信でき、手書き原稿を送ることが出来ることや、受信した原稿が紙で出力されることにファクスの利便性を感じているようである。2022年に電子帳簿保存法が改正されたため、ファクス受信文書の保管方法を変更した人が35.3%に上ったようだが、調査時点で約8割の人が印刷して利用している。



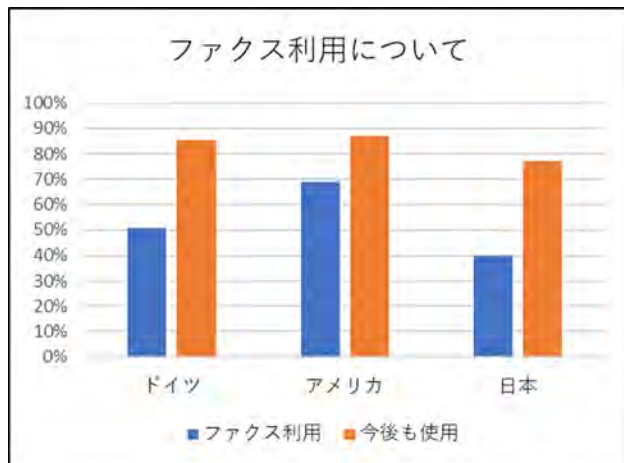
出典：一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会(CIAJ)

図2「ファクシミリの利用調査結果」

業種別のファクス使用有無の状況を見ると、官公庁・団体、金融・保険、不動産・住宅での使用率が高く、ファクシミリが安全で確実な通信手段として考えられていることがうかがえる。一方で、自動車・輸送、情報・広告、外食・サービスでのファクシミリ使用率が低く、ビジネススピードに応じた通信手段の選択が表れている。

また、会社や家庭に設置したファクシミリではなく、コンビニのマルチメディア端末等からのファクス送信や、スマートフォンなどの情報端末からクラウドサービスを利用したファクス送受信も増加しており、利用方法の多様化が見られる。

日本以外の国の利用状況について、CIAJ 発行の「ドイツにおけるファクシミリの利用調査結果」(2023 年度調査)<sup>4)</sup>、「アメリカにおけるファクシミリの利用調査結果」(2022 年度調査)<sup>5)</sup> や CIAJ プレスリリースによると、ドイツでは約 5 割、アメリカでは約 7 割の人が今でもファクスを利用している。そして両国共に利用者の 8 割以上が今後も利用すると回答しており、この割合は日本よりも高い。



出典：一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会(CIAJ)

図3「ドイツにおけるファクシミリの利用調査結果」

ファクシミリを使い続ける理由は、「ファクスを使う取引先が多い」、「簡単に使える」、「確実に届く」、「受信文書が紙で出力される」が多いという結果になっており、ファクシミリ以外の通信手段に置き換えるという考えは未だ薄い。

ドイツの業種別ファクス利用状況を見ると、金融・保険、雑貨・医薬、精密・家電のファクス利用率が高くなっており、やはり、安全で確実な通信手段であることのとらえ方は各国同様と推測される。

ドイツ、アメリカでは利用頻度の調査も行われているが、1日1回以上ファクスを使用する人は6割以上となっており、利用頻度としても高い状況となっている。

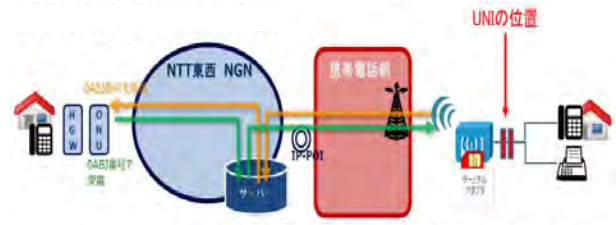
### 3. ワイヤレス固定電話の技術動向

NTT 東西は 2024 年 4 月 1 日よりワイヤレス固定電話のサービス提供を開始した。本サービスは移動体通信網(モバイル回線)を利用した固定電話サービスである。

NTT 東西における加入電話の加入者数減少に伴い収支が悪化しており、効率化努力も頭打ちの中、メタルケーブルの再敷設コストの削減等により赤字拡大を回避していく狙いがある。

利用者にできる限り負担をかけずに固定電話サービスを維持していくために、山間・離島エリア等においてはモバイル網を活用した無線による固定電話「ワイヤレス固定電話」サービスを提供した。電話網構成例を図 4 に示す。NTT 東西のひかり電話網(NGN 網)と携帯電話網を通じてターミナルアダプタ(TA)と接続し構成される。

0AB-J 型の電話番号を用いた電話サービスであり、緊急通報は固定電話と同様に、緊急通報受理機関へ優先的に接続、発信者の位置情報等についても NTT 東西ひかり電話網が固定電話と同じ情報を通知する。



出典：総務省 IP ネットワーク設備委員会 (第 61 回) 資料 61-1<sup>6)</sup>

図4 ワイヤレス固定電話との提供方式のイメージ

ワイヤレス固定電話もファクシミリの正常通信が義務付けられており、その実現手段としては、ひかり電話網側からファクス送信する場合、ワイヤレス固定電話端末へのファクシミリ通信を検出した際に FAX 蓄積サーバーでファクスを受信し、ITU-T T.37 プロトコルに変換して TA へ転送する。その後 TA からワイヤレス固定電話端末へ ITU-T T.30 プロトコルによる G3 ファクシミリ通信を行う。逆にワイヤレス固定電話側からファクス送信の場合は TA の「FAX ボタン」を押下もしくはダイヤルする電話番号の頭に「0009」のプレフィックスを付ければ、上記の逆の手順でファクス送信を行う。

CIAJ ではファクシミリ利用者の利便性が継承されていることを確認するために、2020 年頃より NTT 東西との情報交換を開始した。そして、サービス提供前に通信確認試験を要望し、2024 年 1 月～2 月に試験を実施し、試験結果

について NTT 東西と意見交換などを行い、4月にサービスが開始された。試験の際に把握した制約や制限等について理解し、ファクシミリを継続して利用して頂くため、保守部門等への情報共有を目的に「NTT 東西提供のワイヤレス固定電話のファクシミリ対応ガイドライン」としてまとめ2024年5月に CIAJ 画像情報ファクシミリ委員会のホームページに公開した。この一連の活動は『ユニバーサルサービスの維持に必要な「ワイヤレス固定電話(NTT)」の導入における技術的課題解決へ貢献』として CIAJ 会長章を受賞している。

#### 4. 今後の活動

情報通信手段として、多種多様な方法がある中、いまだにファクシミリのニーズが存在している。その理由としては、「今まで通りに使いたい」、「置き換えが面倒」、「費用面で見合わない」等、色々な背景があると思われると同時に、「簡単な操作」、「紙をそのまま送れる」、「リアルタイムで印刷される」といったファクシミリならではの利点により継続利用されているのではと思われる。

各社複合機には、リモートからのファクス送信機能、受信データをクラウドやパソコンへのデータ転送、メール転送等の機能が搭載され、受信文書を自宅でスマートフォンの画面で確認することが可能である。このような受信転送機能は、利用調査結果から、近年のリモートワークの拡大によって利用率は増加しているものの「あったらいい機能」として取り上げられる程、認知度は低い。

ファクス利用率は減少しているとはいえ、少しでも簡単に、便利にファクシミリを利用してもらえるよう、CIAJ 画像情報ファクシミリ委員会の活動の中で、CEATEC の HATS フォーラムの出展等により、リモートでのファクシミリ利用の啓蒙活動を進めていく。

ドイツ(欧州)やアメリカ(北米)でのファクス利用も依然とあり、DX が謳われている世の中ではあるが、海外でもファクス通信による情報交換が行われており、引き続き安定した通信品質を維持していかななくてはならない。

国内においては、通信インフラが IP 網に移行され、モバイル通信網を利用した固定電話サービスも増えているが、環境が変わってもファクス通信の接続性確保、通信品質の確保は継続して実現しなければならない。

セキュリティ面に目を向けると、10桁程の数字入力で行なわれるファクス送信の利便性は、同時に誤操作(誤送信)の危うさも同居する。CIAJ では、2008年から FASEC1 としてファクシミリのセキュリティガイドラインを発信しているが、近年のセキュリティ要求の高まりにより、誤操作による誤送信だけでなく、悪意のある第三者による情報漏洩(盗難)への対策も求められている。

HCD cPP(collaborative Protection Profile for Hardcopy Devices)規格では、複合機の主要基板から独立したファクス基板上の Firmware も含めたシステムとしての改竄検知が定義され、当社では改竄検知機能と正常 Firmware への自動復旧機能に対応した機種を販売開始している。

我々メーカーは、販売上で機能搭載の価値判断に左右されてしまうものの、ファクス機能が搭載される限り、便利(操作性)、確実(通信品質)、安全(セキュリティ要件)にファクス機能を提供し続けることに変わりはない。

#### 参考文献

- 1) 令和5年度テレワーク人口実態調査 - 調査結果(概要)  
国土交通省 令和6年
- 2) 通信機器中期需要予測[2023-2028年度]  
CIAJ 令和5年
- 3) 【報告書】ファクシミリに関する調査(2023年)  
CIAJ 画像情報ファクシミリ委員会 令和6年
- 4) 【報告書】ファクシミリに関するアンケート(2023年度)【ドイツ】  
CIAJ 画像情報ファクシミリ委員会 令和6年
- 5) 【報告書】ファクシミリに関するアンケート(アメリカ合衆国)  
CIAJ 画像情報ファクシミリ委員会 令和5年
- 6) 総務省 IP ネットワーク設備委員会(第61回)資料61-1 情報通信審議会 情報通信技術分科会 IP ネットワーク設備委員会 ワイヤレス固定電話検討作業班 令和2年



川畑 広隆

富士フイルムビジネスイノベーション株式会社 DT 事業本部 システム商品開発部 所属 複合機開発に携わる。  
CIAJ 画像情報ファクシミリ委員会 参画



藤井 秀樹

富士フイルムビジネスイノベーション株式会社 DT 事業本部 システム商品開発部 所属 複合機開発に携わる。  
CIAJ 画像情報ファクシミリ委員会 委員長



渡邊 哲次

富士フイルムビジネスイノベーション株式会社 DT 事業本部 システム商品開発部 所属 複合機開発に携わる。  
CIAJ 画像情報ファクシミリ委員会 技術小委員会参画



和田 学

富士フイルムビジネスイノベーション株式会社 DT 事業本部 システム商品開発部 所属 複合機開発に携わる。



副島 秀樹

富士フイルムビジネスイノベーション株式会社 DT 事業本部 システム商品開発部 所属 複合機開発に携わる。



## 6-9 ドローン

長谷川 克也 (正会員)

宇宙航空研究開発機構

### 6-9 Drone

Katsuya HASEGAWA† (Member)

Japan Aerospace eXploration Agency (JAXA)

#### 1. はじめに

日本においてドローンは4枚の羽根を持つ「マルチコプター」として始まり、ラジオコントロール (以後 RC と記す) で動作する趣味目的の飛行体を指していた。その後ドローンという名称が普及し定着していった。現在ドローンという言葉は無人航空機をさす一般名称として広く浸透し、撮影、検査、測量、農業などに広く用いられている。図1は一般的なドローンである。

ドローンが普及し始めた当初は他の RC 飛行機と同様に空港周辺など特別な規制がある場所以外では自由に飛ばせたが、後述する航空法の改正、免許制度の導入などにより、現在では大きな飛行制限が行われている。

国土交通省は「ドローン」という名称を一般に認識されている図1のようなマルチコプターだけに用いるのではなく、固定翼機 (飛行機)、回転翼機 (ヘリコプター、マルチコプター)、飛行船、グライダー (動力を持たない固定翼滑空機)、気球など無人で飛行するすべてのものを含めて「ドローン」と呼称している。



図1 一般的なドローン (無人航空機)

#### 2. 無人機の運用事例

ドローンという言葉は無人航空機として定着しているため運用域が空だけと思われることが多いが、無人機は空だけではなく、陸上、海上 (海中) でも多く運用されている。

陸上に目を向けると多くの無人走行車両が試験運用され、さらに実用化されている。その中で一般生活に身近な例として運転席を持たない無人バスがある。既に実用化運用されている代表例が図2に示す茨城県境町の自動運転バスである。道路上の車両自動運転技術には、レベル0~5までの6段階があり完全無人による自律運転の実現はレベル4からである。図2の例はレベル2という運転者が必要なシステムであり、オペレータを必要とするが、オペレータが不要となるレベル4の実証事件も各地で行われており、バスの運転手不足などの社会問題も加味され急速に普及すると思われる。

#### 3. 兵器としてのドローン

2022年2月に始まったウクライナとロシアの戦争では多くのドローンが投入され戦争の在り方を変えたと言われている。GPS、ジャイロ、搭載カメラ、デジタル無線などドローンに必要な電子機器のコストが下がり、安価かつ大量生産



図2 茨城県境町 自動運転バス (境町 HP より)



図3 段ボールドローン (SYPAQ社 HPより)

が可能となったことに加え、カーボンファイバーなどの強く軽い機体素材の発達、バッテリーとモーターが小型高性能化したことで総合性能が飛躍的に伸び、運用の幅も偵察から攻撃まで広がり、費用対効果の高い兵器として使用されている。開戦初期には比較的大型の無人航空機が運用されていたが、急速に進歩を遂げ、現在は段ボールでできた小型のドローン(図3参照)が多く投入されている。小型の段ボールドローンは機体素材の値段が安い大量投入が可能であり、素材の特性からレーダに探知されにくく初期の対ドローン対策を回避できることなど、戦場におけるドローンの性能向上と運用の変化により、兵器ドローンを取り巻く環境には大きな変化が生じている。

また、ドローンの兵器としては専ら無人航空機が注目されているが、水上ドローンも多く運用されており、ウクライナ軍水上ドローンによるロシア大型艦の撃沈や重要橋梁の破壊なども報告されている。

#### 4. ドローンの免許制度

2022年12月よりドローンの免許制度の国家資格として無人航空機の操縦者技能証明制度が施行された。免許は、一等無人航空機操縦士と二等無人航空機操縦士に分かれ、それぞれに運用できる機体や飛行地域に差があるので、詳細は国土交通省航空局HPを参照してもらいたい。

無人航空機の操縦に国家資格は必ずしも必須ではなく、図4に示す空域のうち斜線が施されていない場所では資格を持たなくとも自由に飛行させて良い。しかし、飛行禁止区域でなくとも第三者上空での飛行、夜間飛行、目視外飛行などの免許要件にある飛行においては免許が必要である。

2024年1月時点での無人航空機操縦士資格者数は

- ・ 1等無人航空機操縦士 923件
  - ・ 2等無人航空機操縦士 6,860件
- となっている。

また、免許による飛行と飛行させる機体の登録は別であり100g(バッテリーを含む)を超える無人航空機の飛行には無人航空機登録が必要である。登録されていない無人航空機は屋内などを除き飛行させることができない。登録機体には

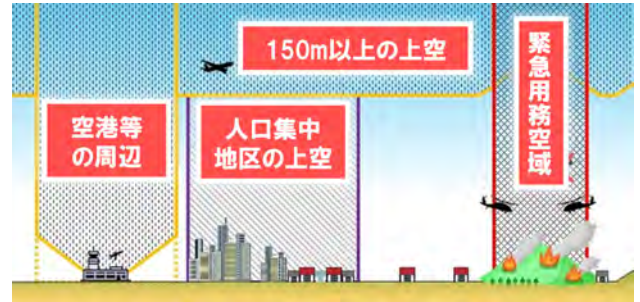


図4 無人航空機の飛行禁止エリア概念図

モートIDタグの搭載が必須となっており、地上から飛行中の機体の登録状態を確認できる。

#### 5. まとめ

当研究室ではマルチコプターが日本の空を飛び始めた頃から研究を行ってきた。マルチコプターは普及につれて呼び方がドローンに変わり、航空法が改正され免許制度が導入されるなど無人航空機を取り巻く社会は急速に変化した。また、ウクライナとロシアの戦争では、安価なドローンが急速な進化を遂げ、これまでの飛行機、戦車などの高価で高性能な兵器を主役から降ろし、戦場の主役となってしまった。その結果として民生ドローンの性能向上も果たされているというのが現実である。

本稿では免許制度と機体登録の必要性も紹介したが、短期間に改正が多く行われているため、ドローンを飛ばす際は業務か趣味かに関わらず最新の航空法と制度を調べ、適法な状態で飛行させなければならない。実際に航空法違反で多くの逮捕者が出ているので、遵法を心がけドローンの運用を行う必要がある。

#### 参考文献

- 1) <https://www.town.ibaraki-sakai.lg.jp/>
- 2) <https://www.sypaq.com.au/sector/defence-security/>
- 3) <https://www.mlit.go.jp/koku/drone/>



**長谷川 克也** (正会員)  
宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所勤務。川崎医科大学大学院修了。東京農工大学大学院修了。帝京科学大学非常勤講師。日本医療科学大学非常勤講師。国立情報学研究所。

## 6-10 ノン・インパクト・プリンタ

松木 眞  
(元 NTT印刷)

### 6-10 Non-Impact Printing

Makoto MATSUKI  
(Former NTT Printing)

#### 1. まえがき

本稿ではノンインパクトプリンタの動向を前回りと同様に、以下の4種に分類して述べる。

- 第1：家庭用やSOHOを対象とした小型機
- 第2：ビジネス用を中心とした中型機
- 第3：印刷関連等の大判機
- 第4：生産機

なお、(一社)ビジネス機械・情報システム産業協会(JBMIA)の技術委員会が毎年プリンタ関係の動向<sup>2)</sup>をまとめているので参考とされたい。業界の大きな動きとしては、印刷関連の国際展示会DRUPAが2024年5月から6月にかけて開催され、デジタル印刷機が主で、通常の印刷機は数えるほどとデジタル印刷への移行が鮮明で、紙以外への対応が高まってきているとのことであった<sup>3)</sup>。

#### 2. 家庭用やSOHOを対象とした小型機

この領域はサーマルとピエゾのインクジェットプリンタと、小型、低価格の電子写真プリンタが主流である。

インクジェットのインク滴サイズや解像度等は、ある程度の品質が達成されたため大きな変化はなく、家庭用ではインク滴サイズ等は記載されなくなっている。なお、ビジネス用のピエゾタイプでは、耐刷性とプリント速度の関係からドット排出の最適化を行い、最小インク滴サイズを大きくしている例<sup>4)</sup>があり、シリーズとして継続的に販売されている。

ピエゾタイプでのスクリーニングやカラー処理に関しては、その初期からの発達の詳しい解説が発表<sup>5)</sup>されており参考となる。

写真再現を主とした染料系はC、M、Y、Kの4色か、それに淡色のC、Mやグレーを追加したり、Kを顔料系で置き換えたり追加したものが中心であるが、グレーの代わりに淡色ブルーを用いるキヤノンのXK500<sup>6)</sup>は継続して販売されている。CMYKにグレーと赤を追加したエプソンEP-50V<sup>7)</sup>も継続されている。ビジネス用は、顔料系のCMYK4色が中心である。ハイアマチュア用の8~10色系は前回と同様である。

従来は大型機などでしか使用されなかった、出力したテストパターンをスキャナで読み取って画質調整を半自動で行う機種EP-887A<sup>8)</sup>などがエプソンから出てきている。

大容量タンク、大型インクカートリッジ、インクバッグの使用は本格化しており、ビジネス用も含め機種を拡大している。インクも、染料4色やKを顔料系で置き換えるか追加した基本的な構成の他に写真再現を狙いにグレーを追加したエプソンのEW-M973A3T<sup>9)</sup>や、ビジネス用の顔料4色や黒単色が継続的に販売されている。HPもインクタンク式<sup>10)</sup>を2023年3月から国内販売した。

A4判より小さい年賀状や写真プリントをねらいとしたA5判の家庭用インクジェットプリンタ<sup>11)</sup>は引き続き販売されている。スマホ用などのフォトプリンタとして昇華転写やZINK(Zero Ink Technology)方式などの小型の感熱プリンタが種々の会社から出てくるようになった。銀塩インスタントカメラの技術を用いたスマートフォン用プリンタ<sup>12)</sup>も継続的に販売されている。また、インクジェットを用いた小型ユニットを手で走査して直接記録するハンディプリンタは、簡易な物から、段ボール箱にバーコードをプリントするプロ用<sup>13)</sup>まで種々の会社から出るようになってきた。レシートやラベル、さらにはケーブル識別用ラベルなど専用利用のインクジェットや感熱などの小型プリンタが各種出てきており、小型の記録系を用いる各種応用に興味を引かれる。

ビジネス用のインクジェットは単色機を含め一定の地位を確立したと考える。エプソンのラインヘッドを用いるシングルパス機はLXシリーズより1クラス下の40~60枚分のLMシリーズ<sup>14)</sup>をスマートチャージ対応機として追加している。HPのPageWideヘッドを用いたシングルパス機は販売が中止され、電子写真との住み分けが進んでいる様に見える。

小型のレーザやLEDを用いた電子写真方式ページプリンタはあまり大きな変化は無いが少しずつ高速化や省エネ化が進められている。インクジェットの小型ビジネス機を含めて窓口業務などでの利用を想定して小型化、コンパクト化、ラベルなどの小サイズへの対応<sup>15)</sup>、A4用紙をA5サイズへカットしての出力機能<sup>16)</sup>など使い勝手を工夫した機種も出てきており、今後が注目される。

家庭での写真プリントや年賀状印刷などが減少する中、コロナ禍による在宅ワークの普及や、医療機関窓口業務などでの利用から、ビジネスに近い領域でのプリンタ利用が進んでいる様に思われる。



### 3. ビジネス用を中心とした中型機

この領域はレーザやLEDを用いた電子写真記録方式ページプリンタが主流であったが、上で述べたようにビジネス用インクジェットの動きが大きいと感じる。

電子写真系は前回と同様、単色とカラーがほぼ同速のタンデム型が主流となり、4回転プロセス型は生産機のHP Indigoを除くと無くなった。

記録解像度、定着は前回報告同様で、600dpiをベースに階調処理により主走査を1200dpi~9600dpi相当とした機種と、主副とも1200dpiや2400dpiとした高速機や生産機に近い機種があり、これら高速な機種では、面発光多チャンネルレーザ（VCSEL）や2400dpiのLED<sup>17)</sup>などを用いている。オフィス用複写機と同一の基本構成で、グラフィックアート関連での利用やバリエーション印刷への対応を可能としたのをシリーズとして出ている例<sup>17,18)</sup>があり、目的に合わせた作り込みに興味を持たれる。

電子写真方式での多色化は、第5胴を追加してホワイトやクリアトナーに対応する沖電気のVINCI C941dn<sup>19)</sup>は継続して販売されているが、金、銀、白の特色3色と黒の4色専用とした富士フイルムビジネスイノベーションの機種は終了し、金、銀等を含む出力は生産機へ移行している。

ネットワークやクラウドを通しての利用の進展からセキュリティの強化が各社で進められている。在宅ワークや、書類の電子化の進展などにより、この領域のプリンタ、複写機がどのような影響を受けるか今後の動向が注目される。

### 4. 印刷関連等の大判機

印刷関連のブルーファやポスター、POPの製作、CADの出力などに使われる大判インクジェットプリンタと共に、電子写真系の幅広プリンタについて述べる。

大判のインクジェットプリンタでは、デジタルブルーファ等に使われるハイエンド機は従来と同様9-12色インクを用いて高い色再現性を確保するのは従来通りである。ハイエンドでは、ブルーファでの特色対応などから、2次色のR、G、Bなどを追加して色域を広げている。また、透明基材等への対応でホワイトを追加可能としている例がラテックス、ソルベント、UVインクなどの機種で販売されている。銀インクはソルベントインクで出ている<sup>20)</sup>。キヤノンの10色と5色に蛍光ピンクを追加したGPシリーズ<sup>21)</sup>は継続して販売されている。HPの8色機6色機やエプソンの6色機での2次色追加は赤となっている。

4-6色機は、CADの出力、ポスターやPOPの製作、学校での教材の作成などに使われている。A1+対応の卓上型が各社<sup>22-24)</sup>から出ており、今後の動向が注目される。

キヤノンのソリッドインクジェット方式はColorWave3600、3800<sup>25)</sup>に引き継がれ、HPのPageWideヘッドを用いたPageWide XLシリーズ<sup>26)</sup>は継続して販売されている。

電子写真方式の幅広機はCAD用などのモノクロ利用が主で、A2サイズ程度のデジタル複写機から発展した機種や、それ以上

のLED書き込みを利用したA0判までの機種が中心であったが、カラー化に伴い、スキャナとインクジェット大判機を組み合わせた複合機が多くなっている。

### 5. 生産機

生産機として印刷関連のトランスザクションデータを扱うデータプリント系、印刷に近い品質をねらいとしたプリントオンデマンド、パブリッシング系、テキスタイルやラベル、パッケージ、工業生産などに対応した機種を取り上げる。

印刷関連では、HP Indigoなどのハイエンド系はその品質の高さから、引続きフォトブックなどの高品質な印刷物で使われている。湿式電子写真のIndigoでは、単色プロセスを繰り返してカラー化する構成を生かして7色に対応する例や、6ユニット搭載して12色対応を行うパッケージ用の幅狭機<sup>27)</sup>が提供されている。また生産性の向上のためB2サイズへの対応が進んでいる。なお、IndigoではCMYK4色をCMY3色で印刷することで、印刷速度を1.3倍にするオプションがあり、原稿に応じて自動で3色、4色出力に変換するカラーサーバー<sup>28)</sup>なども提供されている。

一方、乾式電子写真系でもB2対応機<sup>29)</sup>が発表され、プロダクションプリントへの対応が高まっている。また、5胴、6胴目に白、クリアーや金、銀、蛍光色、紫外光で光る赤<sup>30)</sup>などのトナーが追加され、金、銀トナーとカラートナーによるメタリック再現なども行われている。新しいトナーとして圧力により接着機能を発揮する圧着トナー<sup>31)</sup>があり、ワンパスで印字と糊付けを行ない、折り加工後に圧力をかけて接着する。今後どこまでオフセット印刷の特色再現などを置き換えていけるか、またどこまで生産性を上げて行くかが興味のあるところと言える。レーザ書き込み系は、高解像度と高速性からVCSELを使うものが多くなっており、モノクロ機でも利用され始めている。また、用紙対応を広げる方向にある。

プロダクション用のインクジェット機では輪転機や枚葉機が引き続き各社から販売され、各種用紙への対応が行われている。また、LandaのナノグラフィーはLanda<sup>32)</sup>やコモリ<sup>33)</sup>から引き続き販売されている。

一般の印刷用紙に高速のインクジェットで記録を行うには、コート紙では乾燥性、非コート紙ではインクのにじみが問題となり、種々の技術が適用されている。水性インクでは、定着ヒーターの改良、各種プレコートの利用、新開発の高乾燥性やゾルゲル変化を利用したインクの適用などが行われている。また、ゾルゲルにUV定着を組み合わせるインクも使われており、どのような記録定着方法が主流になるのか、あるいは用紙の改良が進むのか興味のあるところである。

写真ラボ用のプリンタとしてインクジェットや昇華プリンタが一定領域を占めるようになってきた動向は従来と同様である。

ラベル関係では、インクジェットのシングルパスを含む小型機や大型機、電子写真方式の専用機<sup>34)</sup>が継続して販売され、対応が本格化してきていると感じる。

軟包装などのパッケージ関係を対象としたインクジェット輸送機が種々発表されている。利用目的に合わせ UV や水性顔料インクなどが使われ、食品パッケージ対応のインクの開発が進むなど、ある意味これらの領域が今後重要になる可能性が高い。

サインディスプレイや、内外壁の装飾、車両のラッピング関係などの大判の生産機では、フィルム等の吸収性の低い物に印刷するため、白や銀などを含むソルベント型、UV 定着型や、ラテックスインクが用いられる。キヤノンは加熱したインクを常温のメディア上でジェル化させ、それを UV で固定する UVgel を用いた Colorado シリーズ<sup>35)</sup> を継続している。

熱発泡性の各種メディア、発泡をコントロールするインクと CMYK インクを使用して、立体的なエンボス表現の可能なプリンタ<sup>36)</sup>をローランドディー・ジーがインテリアデコレーション市場を対象として発表している。

大判化やリジッドな材料を含む各種メディアに対応する大判機の今後の動向が注目される。

## 6. むすび

プリンタを大きく 4 種に分けて、前回(2022 年)からの変化を中心に現状を報告した。前回同様ビジネス、生産機、そして大判機領域でインクジェットが着実に使われているのを感じる。

## 参考文献

- 1) 松木：“6-10 ノン・インパクト・プリンタ”，画像電子学会誌，50 巻 1 号 pp.121-123(2023)。
- 2) JBMIA：2023 年度「ビジネス機器関連技術調査報告書」第 III 章 [https://gijutsu.jbmia.or.jp/rep\\_res/2023/](https://gijutsu.jbmia.or.jp/rep_res/2023/)
- 3) 日本グラフィックコミュニケーションズ工業組合連合会：“出展社による drupa2024 レポート”  
<https://www.gcj-page.or.jp/gcj/monthly-report/monthly-report-2408/>
- 4) <https://www.brother.co.jp/product/printer/inkjet/hlj7010cdw/index.aspx> 他
- 5) 角谷：“エプソンのカラーインクジェット画像処理開発の歴史”，日本画像学会誌，63 巻 5 号，pp.550-559(2024)。
- 6) <https://personal.canon.jp/product/printer/pixus/lineup/xk500>
- 7) <https://www.epson.jp/products/colorio/ep50v/>
- 8) <https://www.epson.jp/products/colorio/ep887a/>
- 9) <https://www.epson.jp/products/ecotank/ewm973a3t/>
- 10) [https://jp.ext.hp.com/printers/personal/inkjet/special/hp\\_smart-tank/](https://jp.ext.hp.com/printers/personal/inkjet/special/hp_smart-tank/)
- 11) <https://www.epson.jp/products/colorio/ptf71/>
- 12) <https://www.fujifilm.com/jp/ja/consumer/instax/printers/link3>
- 13) <https://www.webshiro.com/syouthinsetumei10/M1477JB-371W.html>
- 14) [https://www.epson.jp/products/bizprinter/smartcharge/lmc6000\\_c5000\\_c4000/](https://www.epson.jp/products/bizprinter/smartcharge/lmc6000_c5000_c4000/)
- 15) <https://personal.canon.jp/product/printer/maxify/lineup/gx5530>
- 16) [https://www.brother.co.jp/product/printer/inkjet/dcpj1800n/index.aspx](https://www.brother.co.jp/product/printer/inkjet/dcpj1800n/)
- 17) [https://www.fujifilm.com/fb/product/multifunction/apeos\\_c8180?lnk=cmtop](https://www.fujifilm.com/fb/product/multifunction/apeos_c8180?lnk=cmtop)
- 18) [https://www.fujifilm.com/fb/product/publishing/apro\\_c810?lnk=pstop](https://www.fujifilm.com/fb/product/publishing/apro_c810?lnk=pstop)
- 19) <https://www.oki.com/jp/printing/products/color/c941dn/index.html>
- 20) <https://japan.mimaki.com/special/silver/>
- 21) <https://canon.jp/business/solution/pro-printer/imageprograf/lineup/gp4000-2000-300-200>
- 22) <https://canon.jp/business/solution/pro-printer/imageprograf/lineup/tc20>
- 23) <https://www.epson.jp/products/largeprinter/sct3150x/> 他
- 24) <https://jp.ext.hp.com/printers/large-format-printers/designjet/t250/>
- 25) <https://canon.jp/biz/product/printer/wfp/pwcv-lineup/color-model/colorwave3600-3800>
- 26) <https://jp.ext.hp.com/printers/large-format-printers/pagewide/>
- 27) [https://jp.ext.hp.com/printers/digital-presses/indigo/products/indigo\\_v12/](https://jp.ext.hp.com/printers/digital-presses/indigo/products/indigo_v12/)
- 28) <https://alwancolor.com/wp-content/uploads/2024/07/HighProductivityModeHPM-Brochure-2024.pdf>
- 29) <https://fujifilmprint.eu/wp-content/uploads/2024/06/Fujifilm-Revoria-Press-GC12500-product-brochure-EN.pdf>
- 30) [https://www.ricoh.co.jp/pp/pod/pro\\_c/7210s\\_7200s/](https://www.ricoh.co.jp/pp/pod/pro_c/7210s_7200s/)
- 31) [https://www.fujifilm.com/fb/product/publishing/rev\\_pc1120?lnk=pstop](https://www.fujifilm.com/fb/product/publishing/rev_pc1120?lnk=pstop)
- 32) <https://landanano.com/products/>
- 33) [https://www.komori.com/ja/jp/product/press/digital/impremia\\_ns40.html](https://www.komori.com/ja/jp/product/press/digital/impremia_ns40.html)
- 34) <https://www.oki.com/jp/printing/products/label/index.html> 等
- 35) <https://canon.jp/biz/product/commercial-printing/industry-printer/lineup>
- 36) <https://www.rolanddg.com/ja/news/2024/240122-dimense-dimensor-s>



松木 眞 (フェロー)

1974 年 東京工業大学物理情報工学専攻修士課程修了。同年 日本電信電話公社入社。電気通信研究所、ヒューマンインタフェース研究所などにおいてファクシミリ記録技術、カラー電送技術の研究開発、標準化に従事。1995 年より NTT プリンテック (現 NTT 印刷) へ出向・転籍し、印刷、カラー再現管理などの技術開発に従事。2010 年退職。当学会フェロー、同テストチャート委員会主査、日本画像学会、日本印刷学会会員。

## 6-11 ゲーム機, ゲームソフト

今給黎 隆

東京工芸大学

### 6-11 Gaming Platform and Game Software

Takashi IMAGIRE

Tokyo Polytechnic University

#### 1. はじめに

本稿では, ここ 1~2 年におけるゲーム機及びゲームソフトウェアや業界の変化に関する出来事を紹介する。

#### 2.ゲーミングプラットフォーム

据え置き型ゲーム, もしくはコンソールゲームはハードウェア構成が固定されるという意味で開発しやすく, ゲームを遊ぶための主な環境の一つとなっている。据え置き型ゲーム機は, 近年では期間が長くなりつつあるものの 5 年程度で新しい機種がリリースされることが知られている。任天堂のゲーム機の場合は, Nintendo Switch が 2017 年に発売されてから 2024 年で 7 年目を迎えており, 2025 年 1 月 16 日に後継機の Nintendo Switch 2 がアナウンスされた<sup>1)</sup>。据え置き型ゲーム機は, このような「世代」を変えながら新しい体験を提供しているが, PlayStation 4 の第 8 世代からは, 同じアーキテクチャで CPU や GPU の性能を向上させた同世代のハイエンドモデルを中継ぎとしてリリースするビジネスモデルが現れた。新たなハードウェアで遊ぶとプレイする際の解像度が高くなったり画面のフレームレート(更新周期)が安定したりする。ただし, ハイエンドモデルだけでしか遊べないゲームソフトは原則存在しない。本質的な遊びの広がりはないが, より高い品質でゲームを遊ぶという提案となる。ソニーの PlayStation 5 は 2020 年 11 月 20 日に発売されたが, 性能を向上させた PlayStation 5 Pro が 2024 年 11 月 7 日に発売された。

ゲーミングプラットフォームとしての HMD(ヘッドマウントディスプレイ)による VR は落ち着きを見せている。PlayStation 5 用の HMD である PlayStation VR2 は 2023 年 2 月にリリースされ, 最初の 6 週間では前世代機を上回るリリースを記録したことが発表されている<sup>2)</sup>が, その後, 大きな販売台数の発表はない。PlayStation VR2 は, 2024 年 8 月 7 日に PlayStation VR2 PC アダプターが発売され, PC に接続できるようになった。PC がゲーミングプラットフォームとしてより力を持ってきているといえる。

PC は, VR 外でもゲーミングプラットフォームとして力を増している。2023 年の国内オンラインプラットフォームにおける PC ゲームの市場規模は前年比 24.9%増<sup>3)</sup>であり, モバイ

ルゲームのアプリ市場が前年から下がったことと比較すると大きく成長している。

開発環境としては, 市販のゲームエンジンの利用がさらに増えている。よく知られている FPS シリーズの Halo は, 以前は内製の SlipSpace Engine で作成されていたが, 今後は Unreal Engine 5 で開発されることがアナウンスされた<sup>4)</sup>。以前からゲームエンジンを開発しており, 乗り換えるコストが大きな開発会社以外は, ほとんどが市販のゲームエンジンを使用している。ただし, 大規模なゲームエンジンには金銭的なトラブルが見うけられる。Unity Technologies 社は, 2023 年に一定規模以上の Unity 製ゲームのインストールごとに掛かる利用料「Unity Runtime Fee」の導入を発表した<sup>5)</sup>。これは, 大きな売り上げを持つ開発会社に影響を与える変更であったが, 小規模ゲームの開発者からも懸念が寄せられ, 一年後に Runtime Fee は撤回された<sup>6)</sup>。Unity 社はゲーム開発技術の民主化を訴えていたこともあり, 開発者に対する影響は大きく, Godot エンジン等の他のオープンソースのゲームエンジンに乗り換える動きが起きており, 他のゲームエンジンでのユーザー数増加に伴うサポートの増大が懸念されている<sup>7)</sup>。一方, Unreal Engine を開発している Epic Games 社も, 独自の決済を使えるように Apple を提訴し, それは実現されたものの<sup>8)</sup>, Apple 社に同程度の仲介手数料を支払うことは続けられ, Epic Games 社の決済機能の提供は大きな収入の増加に結び付いていないように見られる。

#### 3. 深層学習

生成 AI の商業的な利用に関しては, 著作権の問題がクリアになっていないため, 他で学習された AI を用いてデータ等作成するのは, 少なくとも日本では積極的に展開されていない。各社で手に入るデータを用いた深層学習が研究・開発されている。もともと, ゲームでは敵や自動的に行動するキャラクターの制御に AI が用いられてきた。SAMURAI SPIRITS では, ゴーストというキャラクターがプレイヤーの動き(入力)とゲームの状況を学習し, プレイヤーのプレイスタイルを模倣する AI が構築された<sup>9)</sup>。また, Naruto Mobile では, 自己対戦した AI が人間との対戦で使用されている<sup>10)</sup>。

開発プロセスでの深層学習の利用も進んでいる。自動的にプレイするテストにおいて、レンダリング結果を認識して行動を決定する生成 AI が導入されている<sup>11)</sup>。

描画の観点でいえば、深層学習はリアルタイムレンダリングの高品質化に使われている。ゲームでは、超解像技術において、深層学習が用いられてきた<sup>12)</sup>。超解像画像の生成ではレンダリング画像を低解像度化することで、容易に学習データを作成することができる。同様に、時間を掛けてリファレンス画像を作成して、その結果を学習データとして評価することで深層学習に用いることができる。Iwanicki<sup>13)</sup>は、イラディアンズボリュームのボリューム光源のデータを作成する機構に深層学習を用いた。ボリュームの光源要素毎にニューラルネットワークのパラメータを用意し、ランタイムでは学習されたパラメータを用いてボリューム周辺の各所での光源の影響を推定している。

#### 4. レンダリング

現在のゲームのレンダリングは、不透明物体にタイルベースのディファードシェーディング、半透明物体に FORWARD+等のタイルベースの描画を行い、間接光はイラディアンズボリュームによるライトプローブ、鏡面反射のような鋭い反射はレイトレーシング等で計算すると共に、デノイザーを使ってざらつきを抑える手法が定着している。現在のゲームでは、数百 km<sup>2</sup>を超えるオープンワールドが普通となっているため、配置するオブジェクトを人力で詳細に作ることが困難になっている。一方、物理ベースレンダリングへの理解も深まってきている。現実に近いマテリアルを作成することで、作成者によるざらつきを防ぎ、コストを下げた制作が行われている。例えば、ホグワーツ・レガシー<sup>14)</sup>では、オープンワールドにおいて一つのアセットで昼夜や季節の変化という動的な環境変化に対応している。

広い世界を表現する際の問題の一つは、データ数や容量である。Call of Duty: Modern Warfare II では、初期にインストールする容量を削減するため、半数以上のテクチャが CDN からストリームデータとして読み込まれている。転送された容量は、全体で 812.5PB にも達している<sup>15)</sup>。また、Horizon Forbidden West では、数百万ファイルのデータが使われたが、開発の際に必要なデータをサーバーからストリーミングすることで、整合性を持ちつつ応答性を上げた体制が整えられていたとのことである<sup>16)</sup>。

マテリアルの作成としては、微分可能レンダリングを用いたアセットの最適化を実用レベルで実現している試みが知られている。グランツーリスモシリーズでは、物理的に計測された反射率データが用いられているが、ゲーム中の描画に用いられる BRDF パラメータを生成するのに、微分可能レンダリングを用いたパラメータの最適化が行われている<sup>17)</sup>。また、Tencent 社は、3 人称視点のゲームにおいて、マテリアル（質感）のパラメータだけではなく、メッシュデータや大気散乱

を描画する際のパラメータの最適化にも微分可能レンダリングを用いている<sup>18)</sup>。

#### 5. グラフィックス API

リアルタイムグラフィックス API の近代の大きな変更の一つはジオメトリ処理の整理である。以前は、頂点シェーダの他にジオメトリシェーダ、ハルシェーダ、ドメインシェーダ等の個別のそれぞれの目的に関するプログラマブルシェーダが特定の構成で並べられてきた。近年ではそれらラスタライズ前のシェーダがアンプリフィケーションシェーダとメッシュシェーダの 2 つに統合された。これにより、より汎用的な形式でリアルタイムなジオメトリ操作が可能となってきた。具体的には、Catmull-Clark 細分割が固定機能のテッセレーターを用いずに、ソフトウェア的なテッセレーションでリアルタイムに実現できるようになっている<sup>19)</sup>。

また、近年導入された機能が WorkGraph<sup>20)</sup>である。GPU への命令は CPU からのディスパッチによって発行されるが、GPU で計算した結果を他の GPU 処理で使用するには、途中で CPU からの指示が必要であった。GPU が処理をした後に GPU の処理を切り替える機能としては、ExecuteIndirect が存在していたが、これは無駄な処理の発行を抑えるような機能であった。他の GPU の処理を呼び出すより自由度の高い機能が Work Graph である。Work Graph を用いることで、CPU に頼らない GPU の処理の切り替えが可能となり、使用するメモリがビデオメモリ内だけで収まったり、キャッシュに載りやすくなることでの高速化が期待される。本機能は GPU 駆動レンダリングを推進するものであるが、まだ公開されたばかりであり、今後の具体的なタイトルでの利用が期待される。

#### 参考文献

- 1) 任天堂株式会社（企業広報・IR），<https://www.nintendo.co.jp/corporate/release/2025/250116.html>（最終確認日：2025年1月21日）。
- 2) Ryan Dinsdale (2023) “Sony Expects PS5 Sales to Begin Outpacing PS4 by End of 2023.” IGN, Retrieved May 24, 2023. <https://jp.ign.com/playstation-5/68033/news/ps52023ps4>.
- 3) ファミ通ゲーム白書 2024, 株式会社角川アスキー総合研究所. 2023年8月29日発売.
- 4) Joe Skrebels (2024) “Halo Studios: New Name, New Engine, New Games, New Philosophy.” Xbox Wire, Retrieved Oct. 6, 2024. <https://news.xbox.com/en-us/2024/10/06/halo-studios-unreal-engine-interview/>.
- 5) Unity Technologies (2023) “Unity plan pricing and packaging updates.” Unity Blog. Retrieved Sep. 12, 2023. <https://blog.unity.com/news/plan-pricing-and-packaging-updates>.

- 6) Unity Technologies (2024) "Changes to Unity subscription plans and pricing." Retrieved Sep. 12, 2024. <https://unity.com/products/pricing-updates>.
- 7) Sayoko Narita (2024) "ゲームエンジン「Godot」主要開発陣、「Unity ユーザー大量流入」を恐れていた。オープンソースゆえの受難." Automation, Retrieved Sep. 7, 2024. <https://automaton-media.com/articles/newsjp/godot-engine-20240907-309725/>.
- 8) Wales, Matt (2024) "Epic's Tim Sweeney pledges more legal action as US Supreme Court rejects Apple lawsuit appeals." Eurogamer, Retrieved Jan. 17, 2024. <https://www.eurogamer.net/epic-boss-pledges-more-legal-action-as-supreme-court-dismisses-apple-lawsuit-appeals>.
- 9) 泊 久信 (2019) "ニューラルネットワークを用いた AI の格闘ゲームへの組み込み." Game Creators Conference '19.
- 10) Elvis Liu (2024) "Machine Learning Summit: 'Naruto Mobile': Optimization for Large-Scale Reinforcement Learning in Fighting Games." GDC 2024.
- 11) 許 信勇, 加納 基晴 (2024) "デバイスファーム「AirLab」による自動 QA テストの実績と機械学習が拓く次世代 QA の可能性." CEDEC 2024.
- 12) NVIDIA. (2020) "NVIDIA DLSS 2.0: A Big Leap in AI Rendering," Retrieved Mar., 23, 2020. <https://www.nvidia.com/engb/geforce/news/nvidia-dlss-2-0-a-big-leap-in-ai-rendering/>.
- 13) Michał Iwanicki (2024) "Neural Light Grid: Modernizing Irradiance Volumes with Machine Learning." Advances in Real-Time Rendering, Part I (ACM SIGGRAPH 2024 Courses).
- 14) Rob Hall (2024) "Open World Rendering Techniques in 'Hogwarts Legacy.'" GDC 2024.
- 15) Chris Fowler(Sledgehammer (2023) "Extending In-Game Textures Using CDNs for 'Call of Duty: Modern Warfare 2.'" GDC 2023.
- 16) David Marcelis (2023) "Scaling Tools for Millions of Assets for 'Horizon Forbidden West.'" GDC 2023.
- 17) 内村 創 (2023) "あのクルマのマテリアルを再現！？微分可能レンダラを用いた計測 BRDF フィッティング." CEDEC 2023.
- 18) 喬 晨 (2024) "微分可能レンダリングを使用したレンダリングパフォーマンスの向上 / Boosting Rendering Performance Using Differentiable Rendering." CEDEC 2024.
- 19) 阿久澤 陽菜, ルフェ マキシム (2024) "Mesh shader を活用したスキニングメッシュに対するサブディビジョンサーフェス." CEDEC 2024.
- 20) Amar, Tex (2024) "D3D12 Work Graphs." Retrieved Mar., 11, 2024. <https://devblogs.microsoft.com/directx/d3d12-work-graphs/>.



**今給黎 隆**

1995年 筑波大学第一学群自然科学類卒業. 1997年 理学修士取得. 1998年 タムソフト入社. 2002年 ナムコ入社. 2006年 東京大学大学院新領域創成科学研究科入学. 2009年 同大学院卒業. 2011年 グリー入社. 2014年 セガ入社. 2016年より東京工芸大学芸術学部ゲーム学科准教授を経て, 2021年より同大学教授. リアルタイムグラフィックス, ゲーム開発手法並びにこれらの応用に関する研究に従事. 情報処理学会コンピュータグラフィックスとデジタル情報学研究会 運営委員, 芸術科学会論文委員会 副委員長, 日本デジタルゲーム学科理事, CEDEC アドバイサリーボード. 博士(科学).

## 6-12 BD レコーダ・プレーヤ

祖田寛貴 川原大弥 六日市正弘

パナソニックエンターテインメント&コミュニケーション株式会社

### 6-12 BD Recorder/Player

Hiroataka SODA, Hiroya KAWAHARA, Masahiro MUIKAICHI

Panasonic Entertainment & Communication Co., Ltd.

#### 1. はじめに

Blu-ray Disc レコーダ(以降 BD レコーダ)は 2004 年の発売以来、様々な進化を遂げてきた。2011 年には全自動録画機能に対応した BD レコーダが登場し、設定したチャンネル・時間帯の番組を録画し続け、従来の 1 番組ごとの録画予約の操作をすることなく、ユーザが後から見たい番組を選んで視聴できるようになった。そして近年では VOD(Video On Demand)サービスが増え、BD レコーダを用いなくても見たい番組を手軽に見られるようになってきている。VOD サービスは録画の予約無しで好きな時間に好きな番組を見られるだけでなく、ユーザが負担なく見たいコンテンツを選べるように、コンテンツのおすすめ機能も充実している。また、タイムパフォーマンス(以降タイパ)を重視したユーザのために、早見再生機能や途中まで見た番組の続きを屋外にてスマホで視聴するといった、スマホとの連携機能も充実している。ただ、配信終了によって突然見たいコンテンツが視聴できなくなるという不安は残る。

一方で BD レコーダは、番組を長期間残すことができる点、編集できる点、放送中の番組を見ることができ点が VOD サービスにはない魅力である。しかし、先述した VOD サービスの長所に対する需要が高まっていることから、対抗策として BD レコーダも様々な機能拡張を行っている。先に述べた全自動録画機能の他にも、VOD サービス同様、早見再生や AI を用いた番組のおすすめ機能、スマホとの連携機能など機能拡張が行われてきた。本稿では、近年搭載されたこれらの BD レコーダの機能について紹介するとともに、現在の BD レコーダ市場の動向についても紹介する。

#### 2. 技術動向と機能

##### 2.1 全自動録画機能

全自動録画機能が搭載された BD レコーダ(以降全録レコーダと呼ぶ)は、設定したチャンネル数に応じて HDD 領域を按

分して割り当て、割り当て領域内に設定したチャンネルの番組を自動で残す仕組みになっている。割り当て領域のサイズを超過した場合は、一番古い番組から順に自動削除されることでユーザが予約と削除の手間を省くことが可能となっている。自動削除されるまでの期間は、設定時の録画するチャンネル数や時間帯、録画画質をカスタマイズすることで調整可能である。全録レコーダが登場して以降搭載 HDD の容量の増加に伴い、8 チャンネルで放送された 28 日間分の番組を自動で録画できる全録レコーダが登場している。

全自動録画番組の視聴時は、設定チャンネルと番組の放送時間からなる番組表の画面から好みの番組を探す場合が多いが、膨大な数になった録画番組から目的の番組を見つけるのには時間がかかる。そこで番組をジャンルなどに分類して表示する GUI 機能が搭載され、嗜好に合った番組をすぐに探し出すことが可能になった。

前述した膨大な全自動録画番組から番組をお勧めする機能も進化しており、ユーザ情報を登録しておくことでユーザごとにお勧めする番組を切り替えられる機能を持った全録レコーダが登場している。使用実態として、家族など複数人で 1 台の全録レコーダを共有するケースが多く存在することが背景にあり、そのようなケースでは使用頻度の高いユーザの嗜好が大きく反映されてしまうため、それよりも使用頻度の少ないユーザにとっては自分の好みに合った番組と出会う機会が減ることになる。ユーザ選択後の画面で個々人の視聴履歴から最適な番組をお勧めすることによりこの問題を解決し、ユーザの視聴体験を向上させる機能となっている。登録したユーザの保持する情報には視聴履歴の他にも再生レジェームの情報もあり、他のユーザが再生しても再生位置が上書きされることなく番組の続きから視聴することができるようになっている。

##### 2.2 タイパ向上に向けた機能

近年の視聴スタイルのキーワードとしてタイパがあげられ



る。TV番組に関わらず様々なコンテンツが溢れる現代で、見たいコンテンツを効率よく視聴することが求められており、これに応じた機能が増えている。

### 2.2.1 倍速再生機能の拡張

映像・音声ともに倍速再生できる機能としては1.3倍速のみが主流であったが、これに加え1.5倍速、1.6倍速、2.0倍速というように再生速度のバリエーションが増えている。倍速再生はデコーダの性能に依存する部分が大きく、高解像度のコンテンツあるいは再生速度が速いほど実現が難しくなるが、デコード時に映像を間引くといった工夫で性能を補うことでこれを可能にしている。

### 2.2.2 サーチ機能の改善

ユーザーが見たいシーンをすぐ見つけられるよう、再生時のサーチ機能も充実してきている。例えば、これまでは見たいシーンを探して再生するためにユーザーは早送りとスキップ操作を駆使して再生していたが、番組から一定の時間間隔で切り取ったサムネイルを選択して再生できるサーチ機能(図1)が搭載されたことで、好みのシーンからすぐに再生できるようになっている。各再生位置の画を動画から抜き出して表示、かつ、その位置を記録しておくことで、サムネイル自体をチャプタのように扱い、従来のスキップ操作のような形でこの動作を実現している。

また、この他にもシーン一覧へのサムネイル追加、各番組のシーンを検索できる機能の搭載などにより従来よりも効率よく視聴することが可能となっている。



図1 サムネイルを活用したサーチ機能

## 2.3 AIを活用した機能

### 2.3.1 番組のおすすめ機能

これまでは、ユーザーが好みのジャンルやタレントを登録することで、それらに合った番組を自動録画して視聴する、あるいは、録画された番組の中から好きなジャンルやタレントを入力し、検索することで見たい番組を見つけて視聴できるという形態であり、ユーザーは見たい番組の特徴を把握し、アプローチする必要があった。しかし近年では、AIを活用することで、ユーザーが意識せずに好みの番組を視聴・録画できる

ようになってきている。具体的には、視聴履歴や録画履歴をAIが解析・学習し、ユーザーが好みのジャンルや出演者を嗜好情報として蓄積することで、ユーザーが見たいと思う番組を録画、あるいはお薦めすることが可能になっている。特に、お薦め機能に関しては全自動録画の機能と合わさることで、番組が勝手に録画されてお薦めされるというプロセスが確立できており、ユーザーが無意識のうちに見たい番組にたどり着ける環境を作り出している。

### 2.3.2 映像の高画質化

テレビのAI機能と連携することで、BDレコーダの出力映像に対する高画質処理の最適化も可能となっている。

視聴している番組のジャンル情報、あるいは、ジャンル情報や画質特性から算出したパラメータをテレビへ送信する。テレビはそれらの情報をもとに画質を調整することで、各番組の特性に適した高画質処理が可能となっている。

## 2.4 スマートフォンとの連携

BDレコーダでは放送中の番組や録画した番組を視聴する機能が提供されているが、これらの番組をスマホからも視聴できるように各社専用のアプリを提供している。このアプリを用いることで、移動中など好きな場所で見たい番組を視聴することが可能となる。また、嗜好の多様化により、家族の中でも見たい番組が各々異なるケースが増えているが、そのような場合にも家の中の好きな部屋で個々のスマホやタブレットで見たい番組を視聴することが可能となる。

スマホやタブレットで放送中の番組や録画番組を見たいというニーズは年々継続的に増加しており、例えば、パナソニック株式会社が提供しているスマホアプリ「どこでもディーガ」は2017年のサービスの提供開始以来、ダウンロード数は累計270万台を超えている(2024年4月時点)。

スマホアプリは、年々、機能や使い勝手が進化している。近年の進化の方向は主に以下の3つである。

### 2.4.1 再生操作改善

近年のタイパ重視の風潮を受け、スマホでの録画番組の再生も最大2.0倍速まで行えるようになってきている。また、スマホの一般的な動画視聴アプリでの操作のように、シークバーによる再生位置の移動時にその位置付近のサムネイルを表示することで、再生開始の位置を選びやすくしている。また、番組再生中、同じシリーズの別の番組や関連する番組を表示することで、見た番組を基点に興味のある番組の範囲を次々と広げていくことを可能としている。

### 2.4.2 視聴予約

スマホは隙間時間で操作することが多く、見たい番組をその場で見られるとは限らない。そこで、録画番組については、

見たいと思った番組を登録し、後から時間のある時にまとめて視聴することができる機能が用意されている。また、放送番組については、視聴予約していた番組の放送が開始したときに通知する仕組みが用意されており、見たいと思った番組をリアルタイムで見逃さずに視聴することを可能としている。

### 2.4.3 テレビを保有しないユーザに向けた対応

テレビを保有しない世帯が増えている一方で、スマホやタブレットを用いて放送中の番組や録画した番組の視聴はしたいというユーザもいる。そのようなユーザのために、テレビが無い環境においてもスマホやタブレットを用いて放送受信やネットワークなどの設定や他のBDレコーダからの番組のダビングができるような機能が提供されている。

## 3. 市場動向

近年ではBDレコーダの需要は低下してきている(図2)。一方で、VODサービスアプリのダウンロード数は増えてきており、いつでもどこでも見たいコンテンツをスマホで視聴するというスタイルが定着しつつある。ただ、Z総研の調査では若年層(Z世代)でも8割以上がテレビドラマを視聴する<sup>1)</sup>というデータが得られていることや、TVerの利用率が年々増加している(図2)ことから、TV番組に対する需要は健在と言える。また、図3から”録画して”後から視聴するという人が”録画せずに”後から視聴するスタイルへシフトしていることが伺える。実際、BDレコーダのみに着目しても、全録レコーダの比率が増えてきており、予約せずに後から見られるという魅力がユーザに評価されてきていると言える。

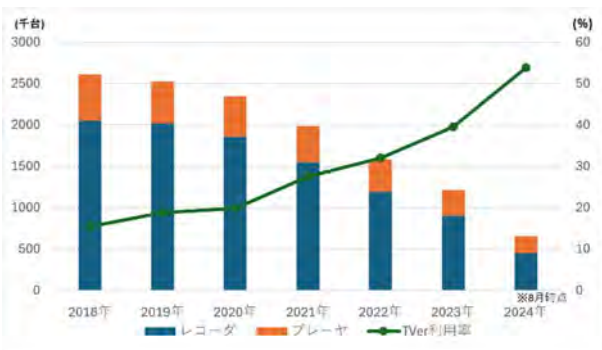


図2 BDレコーダ・プレーヤ需要とTVer利用率

(出典: 一般社団法人電子情報技術産業協会<sup>2)</sup>,  
メディア環境研究所『メディア定点調査』<sup>3)</sup>)

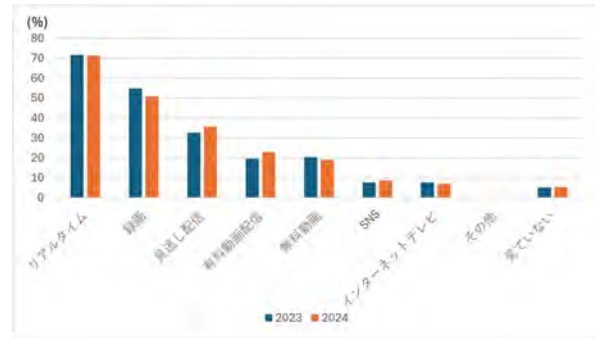


図3 テレビ番組の視聴方法

(出典: メディア環境研究所「テレビ番組視聴意識調査」<sup>4)</sup>)

## 4. まとめ

全録レコーダの比率は増加していくと予測され、その中で如何に録画から視聴までのプロセスを最適化できるかが重要になってくる。先述した内容に加え、さらなるUI/UXの改善、AI技術の活用などに取り組みながら、魅力ある製品を届けられるよう努めていく所存である。

## 参考文献

- 1) Z総研 <https://www.zet.tokyo/>
- 2) 一般社団法人電子情報技術産業協会, <http://www.jeita.or.jp/>
- 3) メディア環境研究所『メディア定点調査』 <https://mekanken.com/>
- 4) メディア環境研究所「テレビ番組視聴意識調査」 <https://mekanken.com/>



祖田 寛貴

2019年 早稲田大学大学院基幹理工学研究科修士課程修了。同年 パナソニック(株)に入社。BDレコーダのミドルウェア開発に従事。主任技師。



川原 大弥

2021年 神戸大学大学院工学研究科修士課程修了。同年 パナソニック(株)に入社。BDレコーダの蓄積メディア制御の開発に従事。



六日市 正弘

1998年 慶応義塾大学理工学研究科修士課程修了。同年 松下電器産業(現パナソニック)(株)に入社。BDレコーダのアプリケーション開発に従事。係長。

## 6-13 各種装置の市場推移

編集委員会

### 6-13 Market Transition of Various Equipment

Editorial Committee

#### 1. まえがき

年報記事の装置編では、技術的変革が必ずしも大きくない装置の動向記事を適宜打ち切っているが、それらの市場規模のデータについては定点観測的な意味から残しておくべきと考え、本項で特定の装置について市場規模を主体で紹介している。この例に倣い今回から動向記事を省略した装置についても本項での市場規模の紹介に加えたので参照いただきたい。

各種装置の市場規模については幸い JEITA により提供されているものが多いので、本項の多くで JEITA のデータを引用させていただくことにした。ここに記し、併せて深謝の意を表す。なお、今回のデータは主に 2020 年から 2023 年までの期間としており、原則として暦年での算出であるが、製品によっては年度での発表となっている。あえて換算はせず、発表データを転載しているのご注意いただきたい。

#### 2. 各種市場統計

##### 2.1 スキャナ

イメージスキャナの最近 4 年間の総出荷実績（台数）を表 1 に示す。全体として輸出が圧倒的である。

スキャナ需要はペーパーレス化、アーカイブ保存、OCR (Optical Character Reader) と RPA (Robotic Process Automation) ツールを連携させたデータ入力自動化による業務効率の向上、セキュリティの強化や危機管理対策などに支えられており、2016 年度の電子帳簿保存法改正<sup>3)</sup>により、2017 年から領収書の電子化が可能となったこともあって、伸びが期待されていた。2020 年から 3 年間は全体の出荷台数が、年間約 300 万台でほぼ横ばいとなったが、2023 年は 2 割近く市場が縮小した。これはオリジナルデータの段階で電子化が進んでいることが大きな理由と思われる。2024 年の上期の速報値としても全体で約 1 割減という状況である。

##### 2.2 プリンタ

プリンタについては 6-10 で動向が紹介されているようにインパクト・ドット型、ノンインパクト・ドット型に分かれ、ノンインパクト・ドットはインクジェットとレーザにほぼ分かれる。従来から本項目では JEITA の統計にしたがいノンインパクト・ドットをインクジェットとページに分類しており、市場規模<sup>2)</sup>を表 2 に掲載するが、インパクト・ドットは 2022 年からゼロになった。

全体市場は 2020 年から 2022 年にかけて順調に市場を拡大

表 1 スキャナ出荷実績<sup>1)</sup> (千台)

年	分類	総出荷数	国内	輸出
2020	全体	2,900	190	2,710
	コンシューマ	931	60	872
	業務用	1,968	130	1,839
2021	全体	3,011	153	2,858
	コンシューマ	656	41	615
	業務用	2,354	111	2,243
2022	全体	3,122	201	2,921
	コンシューマ	775	52	723
	業務用	2,347	149	2,198
2023	全体	2,517	183	2,334
	コンシューマ	632	42	590
	業務用	1,886	141	1,745

表 2 プリンタの年別国内出荷台数の推移 (千台)

	2020	2021	2022	2023
プリンタ	51,584	53,962	59,192	45,792
内 インパクト	43	40	0	0
内 インクジェット	28,898	31,807	34,881	27,058
内 ページ	22,643	22,115	24,310	18,733

してきたが、2023 年は 2 割強の落ち込みとなった。内訳としてはインクジェットもページも同程度に縮小している。なお、2024 年前半の速報値でも 1 割弱の落ち込み傾向となっている。

##### 2.3 ビデオ機器・カーナビゲーション

ビデオ関連機器市場としてデジタルビデオカメラ、BD レコーダ・プレーヤ、並びに DVD ビデオの市場規模<sup>3)</sup>を表 3 に掲載する。残念ながらいずれも市場が縮小している。なお、前回までデジタルビデオカメラの技術動向を独立に報告していたが、今回からは本項目で市場規模のみを報告することとなった。また、BD レコーダ・プレーヤについては引き続き 6-12 で、その動向を掲載している。

前回から技術動向の記事の掲載を休止しているカーナビゲータについても、表 3 にその市場規模<sup>4)</sup>をあわせて掲げておく。スマートフォンとの連携によるカーナビが普及しており、カーナビ画面を利用してワンセグを楽しみたいなど、根強い人気があるものの、市場規模は逡減していることが確認できる。

表3 ビデオ関連機器・カーナビ市場の推移 (千台)

	2020	2021	2022	2023
デジタルビデオカメラ	248	212	207	143
BDレコーダ・プレーヤ	2,344	1,987	1,582	1,215
DVDビデオ	296	241	212	155
カーナビゲーションシステム	5,198	4,762	4,401	3,923

表4 ドライブレコーダ市場 (千台)

年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ドライブレコーダ	3,671	4,839	4,600	5,377	4,258	3,233

## 2.4 ドライブレコーダ

自動車関係では交通事故やあおり運転の記録、さらに駐車中の車へのいたづら行為に対処するため、ドライブレコーダの人気の急増している。ドライブレコーダの出荷統計<sup>5)</sup>を表4に掲載する。これは年度単位での統計である。2020年度に伸びが止まったものの2021年度には勢いを取り戻した。しかし、その後連続して2割程度市場が縮小しており、普及が一巡したことの表れと思われる。

## 2.5 PC

PCの国内出荷台数をノートPCとデスクトップ・オールインワンに分けて表5に示す<sup>6)</sup>。PCは従来同様に年度での統計である。出荷金額については総計のみを同表に掲げる。コロナ禍で在宅勤務が増えた2020年度にノートPCの出荷台数が大きく伸びた。続く2021年度に大きく後退したがその後はほぼ横ばいで金額でもほぼ同様の傾向である。なお、6.3 ディスプレイ・表示装置の表1の分類とは必ずしも一致しない。

## 2.6 デジタルカメラ

デジタルカメラは今回から個別の技術動向の解説を休止しており、本項で市場規模の報告を行う。総出荷金額では2008年に2兆1,640億円を達成しピークを記録した。総出荷台数では2011年に記録した1億2,000万台がピークである。その後長期的に減少傾向を続け、コロナの影響もあって2020年には889万台、4,200億円と激減した。表6に示すようにこの2年では、台数は年間5%弱の減少であるが、金額では2021年から増加に転じ高価格帯の商品にシフトしていることがわかる。

一般的にデジタルカメラは、コンパクトカメラとレンズ交換式カメラに大きく分けられ、レンズ交換式はさらに、一眼レフとミラーレスカメラに分けられる。表7に2021年以降のカメラの出荷台数をそれぞれのカテゴリーに分けたものを示す。2023年は初心者向けのコンパクトカメラの比率の減少が少しゆるみ一眼レフが大きく比率を落とした中でミラーレスの割合が着実に増加していることがわかる。ミラーレスは

表5 PC国内市場

年度	2020	2021	2022	2023	
ノートPC台数	10,775	5,948	5,735	5,670	(千台)
デスクトップ・オールインワン台数	1,308	1,215	1,168	1,012	(千台)
合計出荷台数	12,083	7,163	6,903	6,682	(千台)
合計出荷金額	8,862	6,976	7,617	7,667	(億円)

表6 デジタルカメラの市場規模

年	総出荷台数	前年比	総出荷金額	前年比
2020	8,886,292	58.4%	420,137,706	71.6%
2021	8,361,521	94.1%	488,933,327	116.4%
2022	8,011,598	95.8%	681,232,643	139.3%
2023	7,720,505	96.4%	714,336,952	104.9%

(台)

(千円)

表7 デジタルカメラのカテゴリー別出荷台数 (台)

	2021	2022	2023
レンズ一体	3,013,250	2,084,865	1,721,592
同 占有率	36.0%	26.0%	22.3%
一眼レフ	2,241,772	1,853,222	1,166,100
同 占有率	26.8%	23.1%	15.1%
ミラーレス	3,106,499	4,073,511	4,832,813
同 占有率	37.2%	50.8%	62.6%
全体台数	8,361,521	8,011,598	7,720,505

表8 民生用デジタルビデオカメラの市場規模 (千台)

年	台数	前年比
2020	248	55.4
2021	212	85.4
2022	207	97.8
2023	143	69.0

(千台)

(%)

ミラーがなく小型化が可能であること、ミラーを跳ね上げる音がせずシャッター音が静かであることなどの利点がある。

## 2.7 デジタルビデオカメラ

デジタルビデオカメラについても今回から個別の技術動向の解説を休止したので、本項目で市場規模の報告を行う。

カメラ性能が向上したスマートフォン、高精細動画の撮影が可能でデジタルスティルカメラ(DSC)によりデジタルビデオカメラの市場は大きく浸食されている。本稿で取上げるデジタルビデオカメラとは、民生用のハンディカメラとアクションカメラである。表8に、電子情報技術産業協会(JEITA)の統計<sup>8)</sup>によるデジタルビデオカメラの国内出荷台数の推移を示す。なおJEITAは2014年に、それまでの「ビデオ一体型カメラ」から「デジタルビデオカメラ」に分類名を変更し2016年度からは「デジタルビデオカメラ(アクションカメラを含む)」としている。出荷台数のピークは2012年の186

万台であり、その後は前年比 80%程度で減少し続け、さらにコロナの影響で 2020 年は前年比が 55%に低下した。2023 年の出荷台数は、15 万台を切っており、ピークである 2013 年の出荷台数に対して、約 8%まで低下している。

アクションカメラとは、身体や乗物などに取付け、ハンズフリーで撮影可能な超小型デジタルビデオカメラのことであり、視野角 100° 以上の広角レンズを搭載した製品が多く、目の前の風景や体感しているアクションを撮影・録画出来る点が、ハンディカメラとの大きな違いである。カメラ重量も 100 g 前後と軽量で、カメラ取り付け位置選択の自由度が高い。ハイスピードで走るマウンテンバイク、大波に挑むサーフボードなどに取付けての撮影ができるよう、防水性・耐久性を有している。アウトドアスポーツで自らのプレーを撮影したい人たちに受け入れられたことが普及のきっかけと言え、ソーシャルメディアの利用が後押しをしているといえる。

## 2.8 複写機・複合機

複写機・複合機についても今回から個別の技術動向の解説を休止しており、本項目で市場規模の報告を行う。

デジタル化の趨勢と地球環境の保持という観点からオフィスや教育現場でのペーパーレス化は着実に進んでいるが、一方でディスプレイに勝るハードコピーの直観性・俯瞰性のよさや優れた携帯性は、決して完全なペーパーレスには到達しないことを予感させる。またオフィスにおける効率的な文書保存・検索・呈示サービスの実現という課題は働き方改革とも相俟って、複写機・複合機ビジネスを巻き込み、社会が求める価値を如何に提供するかという観点からの技術開発が進められているといえる。

COVID-19 はオフィス稼働率低下とプリントボリュームの絶対数の減少という衝撃を複写機・複合機業界にもたらし、その影響は今なお続いている。コロナ後もオフィスにおける労働様式の新形態は確実に生き残ることから、プリントボリュームは元の水準には戻らないという見方が強い。

表 9 に、複写機・複合機における 2019 年から 5 年間の出荷台数、金額の推移<sup>9)</sup>を示す。これを見ると台数ベースではコロナ前と比べ国内で約 15%減、海外で約 20%減、金額ベースでは国内で約 10%減、海外ではほぼ同程度まで回復している。また、国内では従来からカラー化が進んでいるが、海外ではようやく台数でもカラーがモノクロを上回ってきた状況である。したがって海外では今後も、カラー機への更新が期待できるといえる。

表 9 2019 年以降の複写機・複合機の出荷実績

台数(千台)		2019	2020	2021	2022	2023
国	モノクロ	73	66	53	52	53
	カラー	455	424	393	443	395
海	モノクロ	2010	1476	1463	1541	1334
	カラー	1998	1435	1685	2031	1812
金額(億円)		2019	2020	2021	2022	2023
国	モノクロ	233	221	179	164	172
	カラー	1909	1767	1617	1870	1718
海	モノクロ	1944	1428	1452	1881	1812
	カラー	4263	3131	3243	4457	4374

## 3. むすび

前回の年報を受け継ぎ、いくつかの装置について市場規模の推移を紹介した。今後も必要に応じ装置を取捨選択し、統計データの紹介を継続してゆく予定である。

## 参考文献

- 1) JEITA 情報産業システム部会:統計データ/情報端末機器 [イメージスキャナ出荷統計]-  
<https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/scanner/index.html>
- 2) JEITA 情報産業システム部会:統計データ/情報端末機器 [プリンター出荷統計]-  
<https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/printer/index.html>
- 3) JEITA 民生用電子機器国内出荷統計 DVD/BD ビデオ, デジタルビデオカメラ  
<https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/shipment/index.htm>
- 4) JEITA 民生用電子機器国内出荷統計カーナビゲーションシステム  
<https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/shipment/index.htm>
- 5) JEITA 統計資料 ドライブレコーダー国内出荷実績  
<https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/drive/index.html>
- 6) JEITA 統計資料 パーソナルコンピューター国内出荷実績  
<https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/pc/index.html>
- 7) CIPA 統計, <https://www.cipa.jp/j/stats/dc.html>
- 8) 民生用電子機器国内出荷統計, JEITA,  
<https://www.jeita.or.jp/japanese/stat/shipment/index.htm>
- 9) 統計データ/JBMIA (一般社団法人 ビジネス機械・情報システム), [https://www.jbmia.or.jp/statistical\\_data/](https://www.jbmia.or.jp/statistical_data/)



## 表情を考慮した全方位カメラによる自撮りシステム

河合 紀彦<sup>†</sup>(正会員) 木内 一隆<sup>††</sup> 今村 真平<sup>†</sup><sup>†</sup>大阪工業大学 情報科学部, <sup>††</sup>大阪工業大学 情報科学研究科

## Selfie System Using Omnidirectional Camera Considering Facial Expression

Norihiro KAWAI<sup>†</sup>(Member), Kazutaka KIUCHI<sup>††</sup>, Shimpei IMAMURA<sup>†</sup><sup>†</sup> Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology,  
<sup>††</sup> Graduate School of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

〈あらまし〉 本論文では、表情を考慮した全方位カメラを用いた撮影対象が複数人でも適用可能な自撮りシステムを提案する。提案システムでは、まずユーザが全方位カメラを用いて数秒間の動画を撮影する。次に、撮影した全ての全方位フレームに対して顔検出を行った後、全フレームでの一貫性を考慮して、顔の誤検出を排除するとともに顔の未検出を補間する。次に、全フレームの顔に対して表情認識を行い、特定の表情が撮影対象者全員で最も現れている1フレームを抽出する。最後に、全ての撮影対象者が画角におさまるような透視投影画像を全方位画像から生成する。実験では様々なシーンを用いて提案手法の有効性を示すとともに、プロトタイプシステム構築によって実用性についても検証する。

キーワード：全方位カメラ, 360度カメラ, 全方位画像, 360度画像, 表情認識, 自撮り, 通常視野, 透視投影画像

<Summary> This paper proposes a selfie system using an omnidirectional camera considering facial expressions. In the proposed system, a user captures a few seconds of video with an omnidirectional camera. Next, face detection is performed on all the captured omnidirectional frames, and false face detections are eliminated and undetected faces are complemented considering consistency across all frames. Next, facial expression recognition is performed on the faces in all the frames, and the frame in which a particular facial expression is most apparent is extracted. Finally, a perspective projection image is generated from the omnidirectional image such that all the target participants are within the angle of view. Experiments demonstrate the effectiveness of the proposed method using a variety of scenes, and a developed prototype system shows the practical feasibility of the proposed system.

**Keywords:** omnidirectional camera, omnidirectional image, 360-degree camera, 360-degree image, facial expression, selfie, normal field of view

## 1. はじめに

デジタルカメラやスマートフォンの普及により、家族や友人と複数人で自分たちを撮影する自撮り（セルフイー）を行う機会が増えている。スマートフォンに搭載されているような一般的なカメラには画角があるため、複数人で自撮りをする場合には、全員が画角内に収まるように人やカメラの位置を試行錯誤することが多い。加えて、複数人で自撮りする場合には全員の表情が望み通りのタイミングで撮影できるとも限らないため、複数枚を撮影した後で最も写りのよいものを選択する場合も多い。

ところで、近年、全方位カメラ（360度カメラ）が小型か

つ安価になり、一般にも普及してきている。文献<sup>1)</sup>にも記されているように、全方位カメラは様々な用途に使用することができるが、その一つとして自撮りも挙げられている。全方位カメラではその周り全てが撮影できるため、一般的なカメラのように自撮りをしたときに画角に収まらないことは起こらない。しかし、後で見返したり共有したりするときには、一般的には見慣れない全方位画像のままより、一般的なカメラで撮影したような透視投影画像（通常視野）に変換することが望まれる。

そこで、本研究では、撮影対象者が複数人の場合にでも可能である自撮りを目的とし、全方位カメラ映像から撮影対象者全員が画角内に収まり、かつ撮影対象者全員が可能な限り



特定の表情となる透視投影画像を生成するシステムを提案する。提案システムでは、まず全方位カメラを用いて数秒間の動画を撮影する。次に、撮影した全ての全方位フレームに対して顔検出を行った後、全フレームで一貫性を考慮して、顔の誤検出を排除するとともに顔の未検出を補間する。次に、全フレームの顔に対して表情認識を行い、特定の表情が最も現れている1フレームを抽出する。最後に、全ての撮影者が画角におさまるような透視投影画像を全方位画像から生成する。以下ではまず、関連研究について述べる。その後、提案システムを述べ、様々なシーンでの実験について述べる。

## 2. 関連研究と本研究の貢献

本章では、自撮りに関する研究と全方位カメラ画像から通常視野を生成する研究それぞれについて述べる。

### 2.1 自撮りに関する研究

自撮りに関連して、自分でカメラ映像のプレビューを見ながら撮影することが難しい視覚障害者の支援を目的として、顔を含む特定の物体の撮影を支援する手法が開発されている。Whiteら<sup>2)</sup>やJayantら<sup>3)</sup>は、対象物体を検出しそれらが画角内に収まるように音声や振動でフィードバックするシステムを開発している。また、品質の高い写真を撮影するための、構図を考慮したフィードバック<sup>4),5)</sup>も提案されている。また、日本視覚障害者 ICT ネットワークの調査<sup>6)</sup>によると、視覚障害者の多くは iOS のアプリである VoiceOver<sup>7)</sup> を使用しており、その機能の一つとして写真撮影時に画角内にいる人物の人数が音声フィードバックされる。しかし、視覚障害者を対象とした自撮りに関する調査<sup>8)</sup>によると、音声による指示が難しかったり振動によるフィードバックが混乱を招いたりすることも述べられており、一般的なカメラで自撮りすることは容易ではないことがわかる。

一方、一般ユーザ向けの自撮り支援システムも提案されている。Liら<sup>9)</sup>は、顔の大きさ・位置・ライティングにより自撮り画像の審美性を評価し、プレビュー画面に審美性が高くなるようなガイド情報を表示している。Fangら<sup>10)</sup>は顔の傾きに着目し、プレビュー画面での矢印の描画と音声により、より美しい顔の傾きに導いている。

以上のように、特定の物体の撮影や自撮りを支援する様々な手法が提案されているが、特に複数人での自撮りに着目して研究が行われた例はない。またこれらの支援を用いても一般的なカメラで全員が画角に収まる自撮りを行うためには訓練が必要となる。

### 2.2 全方位カメラによる撮影に関する研究

全方位カメラで撮影された全方位画像から透視投影（通常視野）の画像に変換して提示する様々な研究が行われている。その中でも全方位動画をを入力し、通常視野の動画を出力する研究が多い。例えば、Huら<sup>11)</sup>は360度のスポーツビデオを対象として人などの物体検出を用いて適切な方向を切り

出している。Suら<sup>12)</sup>は一般的なカメラでの動画の写し方に基づいて求める撮影価値 (capture-worthiness) を用いて360度映像の視線方向を求め、通常視野の動画を生成している。また、入力と同じフレーム数の動画を出力するのではなく、全方位動画から顕著性やセマンティックに基づく特徴のあるフレームを通常視野として切り出しハイパーラプスを生成する研究<sup>13)</sup>も提案されている。

一方で、全方位静止画像から通常視野を生成する研究も行われている。原ら<sup>14)</sup>は、全方位静止画像をビューアを通じて通常視野で閲覧するときの初期の視線方向を顕著性を用いて決定している。岩村ら<sup>15)</sup>は視覚障害者の支援を目的として、全方位画像から物体検出を行い、指定した物体を含む透視投影画像を生成している。また、一方向だけの通常視野を生成することは360度の情報を欠落させるため、キューブマップで展開しつつ、水平方向のキューブマップの各画像の境界に重要な物体が入らないようにする手法<sup>16)</sup>も提案されている。

以上より、様々な目的に応じて、全方位の動画・静止画像から通常視野の動画・静止画像を出力して提示する手法が提案されてきているが、人の有無とは直接関係がない顕著性を利用する、指定した一つの物体のみを含む画像を生成する、画角が固定である、といった特徴を持つそれぞれ従来手法<sup>14)~16)</sup>をそのまま適用するだけでは、複数人での自撮りにおいて適切な通常視野の画像が生成されるとは限らない。このため、適切な通常視野での自撮り画像を生成できる、表情の考慮や誤検出排除・未検出補間などの工夫点を含むシステム全体のフローを提案することが本研究の貢献となる。

## 3. 提案システム

### 3.1 概要

提案システムでは、まず、(i) ユーザが数秒間の全方位動画を撮影する。次に、(ii) 全方位動画の全てのフレームにおいて、全ての人物の顔検出を行う。(iii) 誤検出の顔の排除と未検出の顔の補間を行い、(iv) 全てのフレームで表情認識を行った後、撮影対象者全員の特定の感情値が最も高いフレームを抽出する。最後に、(v) 全ての顔がフレーム内に収まるように透視投影画像上の中心と画角を計算し、全方位画像を透視投影画像に変換する。以下、それぞれの手順を詳述する。

### 3.2 全方位動画の撮影

提案手法では、まず処理 (i) としてユーザが全方位カメラで数秒間の動画撮影により自撮りする。この際、以下の3項目の条件に従って撮影する。

- 腕を伸ばしてカメラの位置を肩とおおよそ同じ高さにする。
- 撮影対象者はカメラから約0.3mから1.5m以内にいる。
- 撮影対象者はカメラから一方向に集まり、撮影中は大きく動かない。

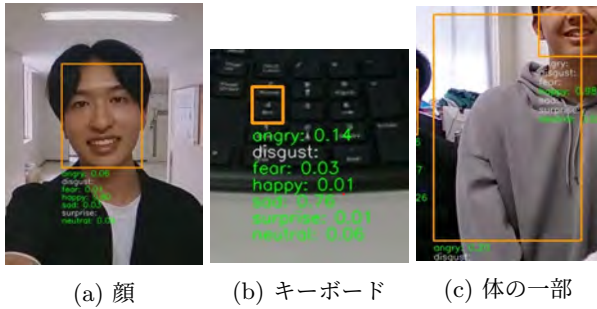


図 1 検出結果の例

Fig. 1 Examples of detection results

また、本研究では、全方位カメラ内部の加速度センサで得られる重力方向を用いて、下方が現実世界の重力方向である正距円筒図法による全方位動画像が得られるものとする。

### 3.3 顔検出と表情認識によるフレーム抽出

#### 3.3.1 顔検出とサイズによる誤検出排除

処理 (ii) として、全方位動画像の全てのフレームから顔を検出する。従来から様々な顔検出手法<sup>17)</sup>があり、提案システムでは任意の顔検出手法を用いることができる。例えば MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Neural Networks)<sup>18)</sup>を用いた場合、図 1(a) に示すように顔の周りにバウンディングボックスが生成され正しく顔検出が行われている。しかし、図 1(b)(c) のようにキーボードや体の一部など顔以外の物体が誤検出されることもある。このため、提案手法ではこれらの誤検出を減らすために、カメラから被写体までの距離が約 0.3m から 1.5m までと仮定し、バウンディングボックスの一辺の最小・最大サイズを設定する。これにより、図 1(b)(c) に示すような小さすぎたり大きすぎたりする誤検出を減らすことが可能になる。しかし、これだけでは全ての誤検出を排除することができない。加えて、顔であるにもかかわらず検出できない未検出も発生する。そこで、次のステップで顔のさらなる誤検出排除および未検出補間を行う。

#### 3.3.2 誤検出排除と未検出補間

処理 (iii) として、さらなる誤検出を排除するとともに、検出されなかった顔の補間を行う。まず、全てのフレームで検出された顔について、バウンディングボックスの中心座標を計算する。次に、全フレームを通して撮影対象者は大きく動かないという前提に基づき、図 2 に示すように、Mean-Shift 法<sup>19)</sup>を用いてバウンディングボックスの中心座標をクラスタリングする。このとき、顔でない箇所で起こる誤検出は全フレームを通じて少ないとの考えから、図 2 の誤検出の例のように、全フレーム数に対する一クラス内の要素数の割合で算出する検出率がある閾値  $T$  未満であれば、そのクラスを削除する。最後に、残存した各クラス内で要素が存在しないフレーム、つまり未検出が起きているフレームにおいて、クラス内のバウンディングボックスの平均中心座標、平均の幅、平均の高さを用いてバウンディングボックスを生成する。こ

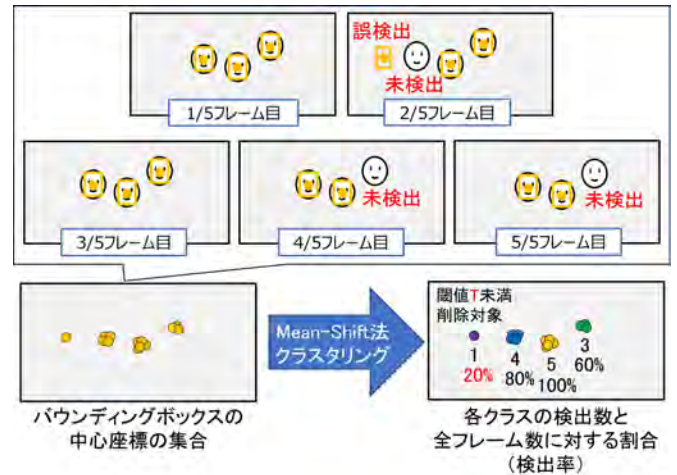


図 2 Mean-Shift 法によるバウンディングボックスのクラスタリング

Fig. 2 Clustering of bounding boxes using Mean-Shift method

れにより、未検出の顔を補間する。誤検出の顔が排除され、未検出の顔が補間された顔検出結果を、次の表情認識で利用する。

#### 3.3.3 表情認識と特定の表情を表すフレームの抽出

処理 (iv) では、画像内の人物の表情認識を行うことができる FER (Face Emotion Recognizer)<sup>20)</sup>を用いる。前項で得た顔検出結果を用いて 1 フレームごとに「怒り」「嫌悪」「恐怖」「幸せ」「悲しみ」「驚き」「無表情」の 7 つのカテゴリで表情認識を行う。FER では 7 つの表情の数値が合計で 1.00 になるように出力し、表情の数値が高ければその表情を強く表している。本研究では、次の式により全方位動画像から撮影対象者全体の特定の表情を最も表すフレームを抽出する。

$$E = M - cV \quad (1)$$

ここで、 $M$  と  $V$  はフレーム内で検出された全ての顔の特定の表情の値の平均と分散を表し、 $c$  は係数である。撮影対象者全体の  $E$  を各フレームで求め、 $E$  が最も大きいフレームを抽出する。本研究では、撮影対象者全員の表情が一様に特定の表情に近いことが理想的であるとの考えに基づき、平均値から分散を引いた値が全体の特定の表情の度合いを表しているとみなす。

### 3.4 透視投影画像の生成

処理 (v) として、 $E$  が最も大きい全方位フレームを撮影対象者全員が画角に入る透視投影画像に変換する。全方位画像は球の中心への光線を球の表面上で記録したものであり、透視投影画像は投影中心への光線を平面上で記録したものである。このことから、全方位画像から透視投影画像への変換を行うには、図 3 に示すような以下の 3 つの対応関係を組み合わせることで、全方位画像と透視投影画像の座標を対応付け、画素値をコピーする。

1. 全方位画像の画素と球表面の 3 次元位置の関係

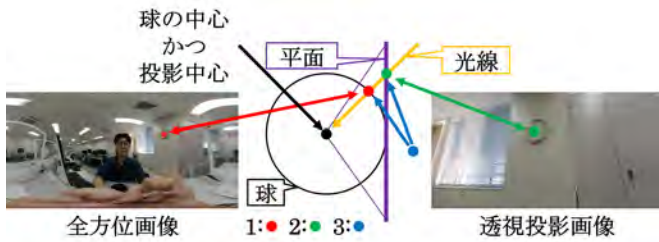


図 3 全方位画像と透視投影画像との関係

Fig. 3 Relationship between omnidirectional and perspective projection images

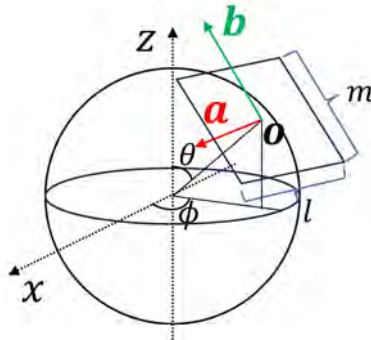


図 4 透視投影画像に対応する平面のパラメータ

Fig. 4 Plane parameters corresponding to a perspective projection image

2. 透視投影画像の画素と平面の 3 次元位置の関係

3. 同一光線が通る球表面と平面の 3 次元位置の関係

なお、球の半径は任意の数値でも一般性が失われないため、以降、球の半径は 1 として手法を説明する。

ここで撮影対象者のみを含む透視投影画像を生成するためには、撮影対象者の顔の位置に応じた平面を決定する必要がある。以下では、図 4 に示す、透視投影画像の中心・回転・画角に対応する、平面の中心位置  $\mathbf{o}$ ・平面を構成する直交する 2 単位ベクトル  $(\mathbf{a}, \mathbf{b})$ ・平面の横縦の長さ  $(l, m)$  の決定方法について順に述べる。

3.4.1 平面の中心位置の決定

本研究では、実際の空間では画像の左右の端が繋がっている全方位画像を扱うため、全方位画像上での顔の左右の位置関係が必ずしも実際の位置関係と合致しているとは限らない。そこで、まず透視投影画像に現れる最も左の顔と右の顔を決定する。具体的には、全方位画像の x 軸の正方向において、ある顔から最も距離が長い顔までの距離を算出する。これを全ての顔について行い、最も距離の短い顔のペアを左の顔および右の顔として決定する。

図 5 を用いて説明すると、A, B, C が 3 つの顔を表している。まず、A を最も左の顔と考え、x 軸の正方向で最も距離の長い顔を探索すると C が該当し、A と C の距離を記録する。同様に、B, C を最も左の顔と考える場合の最も遠い顔の距離を記録する。最後に、それぞれの最も遠い顔の距離の中で最短距離を求める。図 5 の場合、B を最も左の顔とし

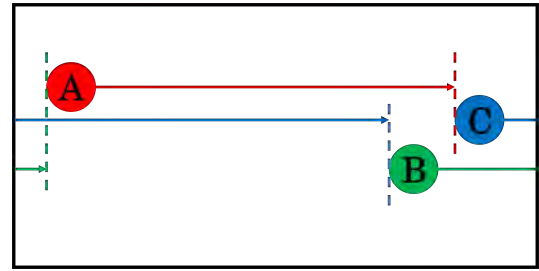


図 5 全方位画像における両端の顔の決定

Fig. 5 Determination of faces of both sides in an omnidirectional image

て見たときに最も距離が遠い A までの距離が全てのペアの中で最も短い。このため、B が最も左の顔、A が最も右の顔と決定する。

次に、透視投影画像の中心に対応する平面上の 3 次元座標  $\mathbf{o}$  を求める。ここでは、まず最も左と右の顔のバウンディングボックスの中心の x 座標をそれぞれ  $x_l, x_r$  とすると、左右の端が繋がる全方位画像であることを考慮してその平均 x 座標  $\bar{x}$  を以下のように計算する。

$$\bar{x} = \begin{cases} \frac{x_l + x_r}{2} & \text{if } x_l < x_r \\ \frac{x_l + x_r + w_o}{2} \pmod{w_o} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

ただし、 $w_o$  は全方位画像の横幅である。次に、全方位画像中の最も上と下に検出されている顔のバウンディングボックスの中心の y 座標の平均  $\bar{y}$  を求める。正距円筒図法により展開された全方位画像の場合、求めた  $(\bar{x}, \bar{y})$  に対応する、図 4 での角度  $(\phi, \theta)$  は、以下の式により対応付けられる。

$$\phi = \frac{2\pi\bar{x}}{w_o}, \theta = \frac{\pi\bar{y}}{h_o} \quad (3)$$

ただし、 $h_o$  は全方位画像の高さである。この  $(\phi, \theta)$  を用いて球面上の 3 次元座標  $\mathbf{o}$  は以下のように求まる。

$$\mathbf{o} = \begin{pmatrix} \sin \theta \cos \phi \\ \sin \theta \sin \phi \\ \cos \theta \end{pmatrix} \quad (4)$$

これを平面の中心の 3 次元座標として決定する。

3.4.2 平面を構成する直交する 2 単位ベクトルの決定

全方位画像の下方向が現実世界の重力方向であるという仮定に基づき、透視投影画像の横方向が実世界の水平方向で上方向が実世界の天頂方向になるように、直交する 2 単位ベクトルを決定する。ここで、前項で求めた 3 次元位置を表す 3 次元ベクトル  $\mathbf{o}$  は平面の単位法線ベクトルと同一であるため、 $\mathbf{o}$  と直交し、かつ現実世界の水平方向と平行になる、つまり、 $\mathbf{a} \cdot \mathbf{o} = 0$  かつ z 成分が 0 となるように  $\mathbf{a}$  を算出する。次に  $\mathbf{o}$  と  $\mathbf{a}$  の外積により  $\mathbf{b}$  を算出する。これにより  $\mathbf{a}, \mathbf{b}$  はそれぞれ以下のように表される。

$$\mathbf{a} = \begin{pmatrix} \sin \phi \\ -\cos \phi \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{pmatrix} -\cos \theta \cos \phi \\ -\cos \theta \sin \phi \\ \sin \theta \end{pmatrix} \quad (5)$$



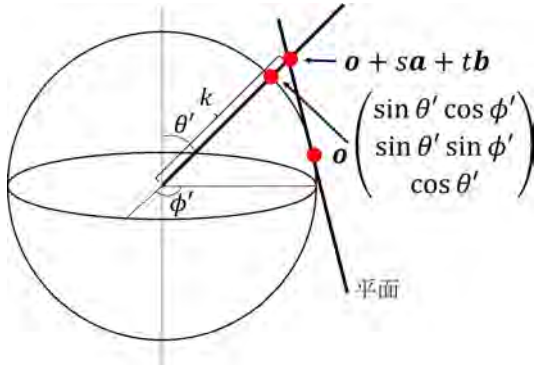


図 6 平面との交点

Fig. 6 Intersection with plane

### 3.4.3 平面の縦横の長さの決定

次に、撮影対象者全員の顔が見切れずに画像に収まる画角を決定する。図 4 の 3 次元平面の横と縦の長さ  $l$  と  $m$  が透視投影画像の画角を決定するため、顔の座標から  $l$  と  $m$  を算出する。具体的にはまず、全方位画像上の全ての顔のバウンディングボックスの角の 4 頂点の  $(x', y')$  座標に対応する  $(\phi', \theta')$  を式 (3) と同様に求める。次に、求めた  $(\phi', \theta')$  に対応する平面上の点を求める。このとき、図 6 に示すように、 $(\phi', \theta')$  に対応する平面上の 3 次元座標  $\mathbf{p}$  は、係数  $k$  を用いて以下のように表すことができる。

$$\mathbf{p} = k \begin{pmatrix} \sin \theta' \cos \phi' \\ \sin \theta' \sin \phi' \\ \cos \theta' \end{pmatrix} \quad (6)$$

一方で、平面上の任意の点  $\mathbf{q}$  は、単位ベクトル  $\mathbf{o}$ ,  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$  および係数  $s$ ,  $t$  を用いて、以下のように表すことができる。

$$\mathbf{q} = \mathbf{o} + s\mathbf{a} + t\mathbf{b} \quad (7)$$

このため、バウンディングボックスの角に関して  $\mathbf{p}$  と  $\mathbf{q}$  が等しくなる  $s$ ,  $t$  を求めることで、点  $\mathbf{o}$  からバウンディングボックスの角の点までの平面上での距離が求まる。これを用いて、全てのバウンディングボックスの角に対応する  $s$ ,  $t$  を求め、それぞれの絶対値が最大となる場合の絶対値をそれぞれ  $s_{max}$ ,  $t_{max}$  とする。ただし、図 1(a) に示すように、バウンディングボックスは髪の毛の領域を含まないことも多いため、縦・横方向それぞれのオフセット  $i$ ,  $j$  を用いて以下のように、 $l$ ,  $m$  を決定することで、全ての顔が余裕をもって画角に収まるような透視投影画像を生成する。

$$\begin{cases} l = 2s_{max} + i \\ m = 2t_{max} + j \end{cases} \quad (8)$$

平面と透視投影画像の画素の関係については、図 7 に示すように全方位画像の  $\theta = 0$  における水平方向の解像度に合わせて透視投影画像の解像度を決めた場合には、以下の式によって、透視投影画像の横幅  $w_p$ , 高さ  $h_p$  を決定する。

$$w_p = \frac{w_o \arctan \frac{l}{2}}{\pi}, h_p = \frac{w_p m}{l} \quad (9)$$

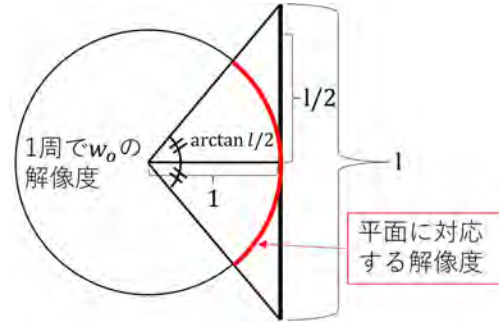


図 7 透視投影画像の解像度の決め方

Fig. 7 Determination of the resolution of a perspective projection image

表 1 提案システムのパラメータ

Table 1 Parameters of the proposed system

バウンディングボックスの最小の長さ	50 画素
バウンディングボックスの最大の長さ	250 画素
誤検出を排除するための閾値 $T$	25 %
全員の幸せ度算出のための係数 $c$	1
平面の長さのオフセット $i$ と $j$	0.3

表 2 実験条件

Table 2 Experimental conditions

シーン	フレーム数	撮影対象者数	無関係な人物数
1	51	6	5
2	223	3	0
3	63	11	0
4	152	2	1

## 4. 透視投影画像生成の比較実験

提案システムの有効性を示すために、ベースライン手法との比較実験を行った。提案・ベースラインの両手法とも顔検出器として MTCNN<sup>18)</sup>を用い、抽出する感情として「幸せ」を用いた。また、提案手法の各種パラメータは表 1 に示すように経験的に設定した。

ベースライン手法として、MTCNN の公開されている実装のデフォルトの設定、つまり、顔検出のバウンディングボックスの一辺の長さの最小値を 20 画素、最大値を定めない設定を用いた。また、最も幸せ値が高いフレームの抽出として、提案手法のような誤検出排除や未検出補間を行わず、誤検出や未検出による幸せ値の誤算出を防ぐために全てのフレームを通じて顔の検出数が最頻値となるフレームをまず抽出し、その中から最も幸せ値  $E$  の高いフレームを抽出した。

実験では 4 種類のシーンの動画像を用いた。RICOH THETA Z1 で撮影した動画像の解像度は全て  $3840 \times 1920$  であり、各動画像におけるフレーム数および、撮影対象者数、無関係な人物の数は表 2 のとおりである。以下では 4 種類のシーンにおいて実験結果を示し、異なる観点で提案手法の有効性について考察する。



図 8 実験 1 での提案手法により選択されたフレームにおける顔検出結果 (上) および透視投影画像 (下)

Fig. 8 Face detection and perspective projection images by the proposed method in Experiment 1

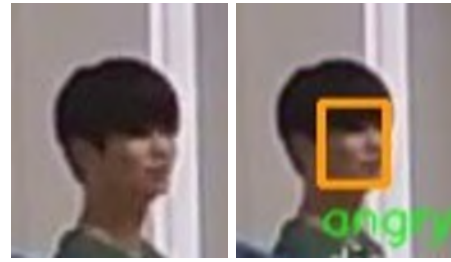
#### 4.1 抽出フレームと表情の値の検証

実験 1 では、6 人の撮影対象者、5 人の無関係な人物がいるシーンを用いて、抽出フレームおよび表情の値  $E$  を検証する。図 8 に提案手法により抽出された全方位フレームにおける顔検出結果およびそれから生成した透視投影画像を示す。提案手法では、誤検出排除・未検出補間が有効に働き、フレーム全体の幸せ値  $E = 0.458$  となるフレームを抽出し、撮影対象者全員が画角内に収まる  $1360 \times 404$  画素の透視投影画像を出力した。一方、ベースライン手法では、全フレームにおける顔検出数の最頻値が 6 となり、撮影対象者全員が画角に収まる透視投影画像は生成できたが、誤検出・未検出を含むフレーム数がそれぞれ 31・38 となり、抽出されたフレームの幸せ値  $E = 0.400$  となった。具体的には、提案手法が抽出したフレームにおいて、図 9 に示すように、ベースライン手法では全方位画像内の中央からやや左に写っている遠くにいる関係ない人物が検出されているため、当該フレームが抽出されなかった。以上より、提案手法の誤検出排除・未検出補間により、表情の点でより適切なフレームが抽出できることを確認した。

#### 4.2 撮影位置と誤検出排除に関する検証

実験 2 では、3 人の撮影対象者がいるシーンを用いて、全方位画像上での撮影対象者の位置および誤検出排除による透視投影画像生成に関して検証する。図 10 に提案手法により抽出された全方位フレームにおける顔検出結果およびそれから生成した透視投影画像を示す。このシーンでは、全方位画像上では左端と右端に撮影対象者が分かれて写っているが、提案手法による実際の左右の顔の位置の決定およびその平均値の算出により、適切な位置でかつ全員を含む透視投影画像が生成されている。

一方、ベースライン手法では、誤検出を含むフレームが 223



(a) 提案手法 (b) ベースライン手法

図 9 実験 1 での提案手法の抽出フレームにおけるベースライン手法による誤検出

Fig. 9 False detection by the baseline method in Experiment 1



図 10 実験 2 での提案手法により選択されたフレームにおける顔検出結果 (上) および透視投影画像 (下)

Fig. 10 Face detection and perspective projection images by the proposed method in Experiment 2

フレーム中 186 フレームとなり、撮影対象者が 3 人にも関わらず最頻値は 4 となった。図 11 に示すように、木の枝のような複雑な模様が顔と検出されることが多く、抽出されたフレームから生成された透視投影画像は、撮影対象者は含まれるものの余計な領域を大きく含む結果となった。またこれにより、顔でない部分の表情の値もフレームの抽出に使用されることになる。以上より、比較的複雑な模様を持つ背景で誤検出が比較的多く発生するシーンにおいても、提案手法では誤検出排除が有効に働き、適切な透視投影画像が生成できることを確認した。

#### 4.3 未検出補間に関する検証

実験 3 では、撮影対象者が 11 人と比較的多いシーンを用いて、未検出補間による透視投影画像生成に関して検証する。図 12 に提案手法により抽出された全方位フレームにおける顔検出結果およびそれから生成した透視投影画像を示す。図より、右から 3 番目の顔のみ検出に失敗していることがわか



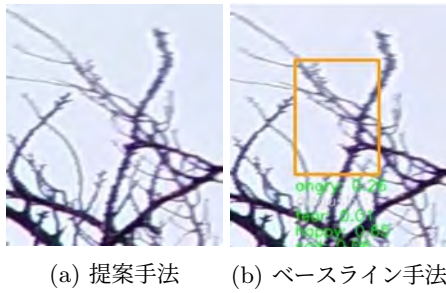


図 11 実験 2 におけるベースライン手法による誤検出例と透視投影画像

Fig. 11 False face detection and perspective projection images by the baseline method in Experiment 2



図 12 実験 3 での提案手法により選択されたフレームにおける顔検出結果 (上) および透視投影画像 (下)

Fig. 12 Face detection and perspective projection images by the proposed method in Experiment 3

る。これは、右から 3 番目の顔が全 63 フレーム中 2 フレームしか検出されず、閾値処理により誤検出と判断されたためである。しかし、上下左右で最も端の顔が検出されているため、結果的には全員が画角に収まる透視投影画像が生成された。

一方、ベースライン手法では、図 13 に示すように、一番右の顔が 62 フレーム中 46 フレームで検出されず、全フレームでの最頻値も 9 となった。その結果、透視投影画像では一番右の顔が含まれない結果となった。提案手法では閾値  $T$  を上回る検出率となったため、未検出補間が行われ、一番右の



(a) 提案手法 (b) ベースライン手法



(c) 透視投影画像

図 13 実験 3 におけるベースライン手法による未検出例と透視投影画像

Fig. 13 Undetected face and perspective projection images by the baseline method in Experiment 3

顔も含む結果となっている。

以上より、提案手法のクラスタリングおよび未検出補間により、未検出が比較的多く起こる場合においても全てのフレームで顔検出が補間され、全てのフレームで顔の表情の数値も計算でき、適切なフレームの選択および適切な画角の透視投影画像生成ができることを確認した。ただし、顔検出器の精度に大きく依存し、顔の特徴によっては検出精度が非常に悪く、提案手法においても補間ができない場合もあることを確認した。

#### 4.4 撮影距離と透視投影画像の歪みに関する検証

実験 4 では、2 人の撮影対象者、1 人の遠くの無関係な人物が写っているシーンで撮影距離と透視投影画像の歪みに関する検証を行った。図 14 に提案手法により抽出された全方位フレームにおける顔検出結果およびそれから生成した透視投影画像を示す。このシーンにおいても、全方位画像上では左端と右端に撮影対象者が分かれて写っているが、適切な透視投影画像が生成されている。

一方、ベースライン手法では、図 15 に示すように、遠くの関係のない人物が検出されており、その結果非常に画角の広い透視投影画像が生成された。図からわかるとおり、透視投影画像の画角が大きすぎる場合には、画像の端において極端にテクスチャが引き伸ばされた画像が生成される。このケースでは誤検出によりこのような画像が生成されているが、撮影対象者が大きく広がって撮影する場合にはこのような極端に画像の端が引き伸ばされた画像が生成されることがわかる。

#### 4.5 考察と提案手法の限界

実験結果からわかるように、多くの場合で提案手法によるクラスタリングに基づく誤検出排除と未検出補間により、適切な画角および適切な表情を持つ透視投影画像を生成できている。ただし、撮影対象者の位置やカメラの持ち方によって、撮影対象者がカメラの上方や下方に位置した場合、全方位画像上では顔が水平位置から離れるため歪みが大きくなり、検





図 14 実験 4 での提案手法により選択されたフレームにおける顔検出結果（上）および透視投影画像（下）

Fig. 14 Face detection and perspective projection images by the proposed method in Experiment 4



(a) 提案手法 (b) ベースライン手法



(c) 透視投影画像

図 15 実験 4 におけるベースライン手法による誤検出例と透視投影画像

Fig. 15 False face detection and perspective projection images by the baseline method in Experiment 4

出率が低下することも考えられる。このため、顔検出の精度に応じて誤検出排除のための閾値  $T$  を適切に設定する方法を検討する必要がある。加えて、歪みによる検出率低下に対しては、歪みも考慮した顔検出器の開発や、正距円筒図法による全方位画像上で顔を検出するのではなく、一旦複数の透視投影画像に変換したうえで検出を行う方法を検討する必要がある。

提案手法では、透視投影画像を生成するが、実験 4 でのベースライン手法による結果だけでなく、実験 1・3 の提案手法による透視投影画像生成結果でも、端に写っている人物はかなり引き伸ばされて、多少違和感が生じている。このため、画角が大きい場合には平面とは異なる形状への投影など

表 3 プロトタイプシステムを動作させた PC のスペック

Table 3 PC specifications for prototype system

CPU	Core i5-1335U 1.30 GHz
RAM	16.0 GB
GPU	なし
OS	Windows 11

表 4 プロトタイプシステムの各ステップの処理時間 (秒)

Table 4 Processing time (sec.) of each step of prototype system

	動画 1	動画 2	動画 3
フレーム数	31	47	106
動画転送	3.76	5.28	10.23
フレーム分割と画像保存	3.15	5.13	11.86
顔検出と表情推定	18.89	27.66	63.91
フレーム抽出	0.11	0.06	0.11
透視投影画像生成と表示	0.37	0.26	0.37
合計	26.27	38.40	77.88

により、比較的違和感のない画像の生成が望まれる。

また、撮影対象者が全員画角内に収まるような透視投影画像を生成することに着目しているが、観光地などで自撮りをする場合には、背景にある観光地特有の建造物やモニュメントと一緒に画角内に収めたい場合も多い。そのような自撮りを実現するためには、顔以外の画像認識や構図を考慮した透視投影画像の生成が必要となる。

## 5. プロトタイプシステムと処理時間

提案システムは現状では市販のカメラ単体では動作しないため、THETA Web API v2.1 を用いて、全方位カメラ THETA Z1 で撮影した映像を PC に転送し、透視投影画像を表示・保存するプロトタイプシステムを構築した。プロトタイプシステムでは、まずユーザが数秒程度の動画を撮影する。その後、python のプログラムを実行することで、2.4GHz の Wi-Fi により動画をカメラからダウンロードし、全フレームに分割・保存した後、顔検出と表情推定を行い、幸せ値の表情の値  $E$  が最も大きいフレームを抽出し、透視投影画像を生成するとともにディスプレイに結果画像を表示する。性能がそれほど高くない表 3 に示すスペックを持つ PC を用いて、撮影対象者が 2 名である 3 種類のフレーム数の異なる動画画像に対して処理を行った。

各処理時間を表 4 に示す。表より、おおよそフレーム数に比例して処理時間が増えていることがわかる。今回は、30fps の動画画像の全フレームに対して処理を行ったが、表情の変化のスピードを考慮すると、フレームレートを下げる、またはフレームをかなり間引いたとしても大きく結果画像が変化しないと考えられる。このため、さらなる高速化も見込め、実用にも耐えうる処理時間であると言える。

## 6. おわりに

本研究では、全方位カメラを用いた複数人を撮影対象とした場合にも適用可能な自撮りシステムを提案した。提案システムでは、全フレームの一貫性を考慮して誤検出の排除と未検出の顔の補間を行い表情認識を行った後、撮影対象者全員の特定の表情が最も現れているフレームを抽出し、全員が画角内に収まる透視投影画像の生成を行う。実験では、提案システムの有効性を示すためにベースライン手法との比較を行った。最頻値を用いたベースライン手法では誤検出・未検出により適切な透視投影画像が得られない場合も多いのに対して、誤検出を排除し未検出を補間した提案手法では、全てのフレームから全員の表情が最も幸せなフレームを抽出し、全員が画角内に収まる透視投影画像の生成に成功した。今後の課題として、撮影対象者の横の広がりに応じた平面への透視投影に限らない通常視野の生成や撮影対象者の背景物体や構図を考慮した透視投影画像の生成が挙げられる。

## 参考文献

- 1) T. Jokela, J. Ojala, K. Väänänen: “How People Use 360-degree Cameras”, Proc. of International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, pp.18:1–18:10 (2019).
- 2) S. White, H. Ji, J.P. Bigham: “Easysnap: Real-time Audio Feedback for Blind Photography”, Adjunct Proc. of annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp.409–410 (2010).
- 3) C. Jayant, H. Ji, S. White, J.P. Bigham: “Supporting Blind Photography”, Proc. of International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, pp.203–210 (2011).
- 4) M. Vázquez, A. Steinfeld: “An Assisted Photography Framework to Help Visually Impaired Users Properly Aim a Camera”, ACM Trans. on Computer-Human Interaction, Vol.21, No.5, pp.1–29 (2014).
- 5) J. Balata, Z. Mikovec, L. Neoproud: “Blindcamera: Central and Golden-ratio Composition for Blind Photographers”, Proc. of Multimedia, Interaction, Design and Innovation, pp.8:1–8:8 (2015).
- 6) 第1回支援技術利用状況調査報告書, <https://jbict.net/survey/at-survey-01> (2024).
- 7) iPhone のアプリで VoiceOver を使用する, <https://support.apple.com/ja-jp/guide/iphone/iphe4ee74be8/ios> (2024).
- 8) R.E. Gonzalez Penuela, P. Vermette, Z. Yan, C. Zhang, K. Vertanen, S. Azenkot: “Understanding How People with Visual Impairments Take Selfies: Experiences and Challenges”, Proc. of International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, pp.63:1–63:4 (2022).
- 9) Q. Li, D. Vogel: “Guided Selfies Using Models of Portrait Aesthetics”, Proc. of Conference on Designing Interactive Systems, pp.179–190 (2017).
- 10) N. Fang, H. Xie, T. Igarashi: “Selfie Guidance System in Good Head Postures”, Proc. of IUI Workshops (2018).
- 11) Y.-C. Lin, Y.-J. Chang, H.-N. Hu, H.-T. Cheng, C.-W. Huang, M. Sun: “Tell Me Where to Look: Investigating Ways for Assisting Focus in 360° Video”, Proc. of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI), pp.2535–2545 (2017).
- 12) Y.-C. Su, D. Jayaraman, K. Grauman: “Pano2vid: Automatic

- Cinematography for Watching 360° Videos”, Proc. of Asian Conference on Computer Vision (ACCV), pp.154–171 (2016).
- 13) W.-S. Lai, Y. Huang, N. Joshi, C. Buehler, M.-H. Yang, S.B. Kang: “Semantic-driven Generation of Hyperlapse from 360 Degree Video”, IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, Vol.24, No.9, pp.2610–2621 (2018).
- 14) 原 崇之, 柿沼明宏: “球面上の重要度分布予測に基づく全天球画像の初期視点生成”, 電子情報通信学会論文誌 (D), Vol.J101-D, No.9, pp.1237–1249 (2018).
- 15) 岩村雅一, 平林直樹, 程 征, 南谷和範, 黄瀬浩一: “全方位カメラでの撮影とその後処理による視覚障害者の写真撮影支援”, 電子情報通信学会論文誌 (D), Vol.J104-D, No.8, pp.663–677 (2021).
- 16) B. Xiong, K. Grauman: “Snap Angle Prediction for 360° Panoramas”, Proc. of European Conference on Computer Vision (ECCV), pp.3–20 (2018).
- 17) M. Wang, W. Deng: “Deep Face Recognition: A Survey”, Neurocomputing, Vol.429, pp.215–244 (2021).
- 18) K. Zhang, Z. Zhang, Z. Li, Y. Qiao: “Joint Face Detection and Alignment Using Multitask Cascaded Convolutional Networks”, IEEE Signal Processing Letters, Vol.23, No.10, pp.1499–1503 (2016).
- 19) D. Comaniciu, P. Meer: “Mean Shift: A Robust Approach toward Feature Space Analysis”, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24, No.5, pp.603–619 (2002).
- 20) J. Shenk, A. CG, O. Arriaga, Owlwasrowk: “justinshenk/fer: Zenodo” (2021).

(2024年5月24日 受付)

(2024年9月11日 再受付)



河合紀彦 (正会員)

2010年 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。同年、日本学術振興会特別研究員 (PD) 兼、カリフォルニア大学バークレー校博士研究員。2011年 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教。センスタイムジャパンを経て、2020年 大阪工業大学情報科学部情報メディア学科准教授、現在に至る。博士 (工学)。コンピュータビジョン、複合現実感、バーチャルリアリティに関する研究に従事。



木内一隆

2022年 大阪工業大学情報科学部情報メディア学科卒業。2024年 大阪工業大学情報科学研究科博士前期課程修了。現在、三菱電機インフォメーションネットワーク株式会社に勤務。



今村真平

2023年 大阪工業大学情報科学部情報メディア学科卒業。現在、大同生命保険株式会社に勤務。

## Super Voxel Patch を用いた低重複点群レジストレーション

國 武 千 人<sup>†</sup>(正会員) 岩 切 宗 利<sup>††</sup>(正会員) 田 中 清<sup>†††</sup>(フェロー)<sup>†</sup>信州大学総合医理工学研究科, <sup>††</sup>防衛大学校 情報工学科, <sup>†††</sup>信州大学学術研究院 (工学系)

## Low Overlap 3D Point Cloud Registration Using Super Voxel Patch

Yukihito KUNITAKE<sup>†</sup>(Member), Munetoshi IWAKIRI<sup>††</sup>(Member), Kiyoshi TANAKA<sup>†††</sup>(Fellow)<sup>†</sup>Graduate School of Medicine, Science and Technology, Shinshu University,  
<sup>††</sup>Department of Computer Science, National Defense Academy of Japan,  
<sup>†††</sup>Academic Assembly (Institute of Engineering), Shinshu University

〈あらまし〉 3次元点群は、LiDAR等の機材によって物体形状を3次元空間上の点の集合として表現する。複数方向から取得したデータの一括した活用には点群間のレジストレーションが必要だが、重複箇所が少ない場合、重複箇所の特定が必要となる。重複箇所を踏まえたレジストレーション手法は複数あるが、点群の特徴に応じた最適化は困難である。本論文では、高精度かつ高速にレジストレーション可能な手法の確立を目指し、SVP(Super Voxel Patch)を用いてパッチ選択に制約を与えた遺伝的アルゴリズムによるレジストレーション手法を提案した。実験の結果、先行研究では局所解に陥り適切な位置合わせができなかった Bunny の3次元点群間のレジストレーションにおいても平均並進誤差が0.05[cm]、平均回転誤差が0.26[deg]の高いレジストレーション精度であることを確認した。

キーワード：3次元点群、レジストレーション、遺伝的アルゴリズム

<Summary> 3D point clouds represent object shapes in 3D space as a collection of points, typically acquired using equipment such as LiDAR. If we use data acquired from multiple directions, we need to registrate between 3D point clouds. However, if overlapping area is small, it is necessary to identify the overlapping areas. There are some methods considered overlapping area, it difficult to optimize according to the features of the 3D point cloud. We aimed to establish the high accurate and speed method to be able to registrate 3D point clouds, and introduced a weighted constraint function during patch selection for registration using genetic algorithm from SVP(Super Voxel Patch). Experimental results confirm the high registration accuracy, with an average translational error of 0.05 [cm] and an average rotational error of 0.26 [deg], even in the registration of 3D point clouds dataset that could not estimate the position of Bunny dataset due to local solutions in previous studies.

**Keywords:** 3D point cloud, registration, genetic algorithm

## 1. はじめに

3次元点群は、物体の形状を3次元空間上の離散的な点の集合により表現したもの<sup>1)</sup>であり、自動車の自動運転<sup>2-4)</sup>や携帯端末を用いた拡張現実への活用<sup>5,6)</sup>が進んでいる。3次元点群は、多くの場合 Light Detection And Ranging(LiDAR)をはじめとする光学機材によって取得される。LiDARは、機材から照射した赤外線等の光の反射波を捉え、物体までの距離を測定する。上記の測定を複数線、複数回に渡り繰り返し、物体の表面を網羅的に測定・統合した結果、物体の形状を点群により表現可能となる。しかし LiDAR による測定では、光の反射波を利用するため、照射位置から物体の影になる領

域の情報が欠損する。また、LiDARと測定する物体までの距離が遠い場合、照射する光線の間隔が広がり、欠落する領域が拡大する<sup>1)</sup>。

3次元点群により欠損領域なくより正確な物体形状を表現するためには、複数の角度から測定した結果を統合する必要がある。複数の3次元点群を1つに統合する手法は、複数提案されている<sup>7,8)</sup>。しかし、重複する点の割合が低い3次元点群の場合、位置の推定精度が低下する。低重複3次元点群のレジストレーション手法も提案されている<sup>9-12)</sup>。ただし、重複箇所の探索手法によっては3次元点群データの組み合わせによって精度を担保できるものの、有する特徴によって精度低下する。また探索方法が精緻になり過ぎ、莫大な処



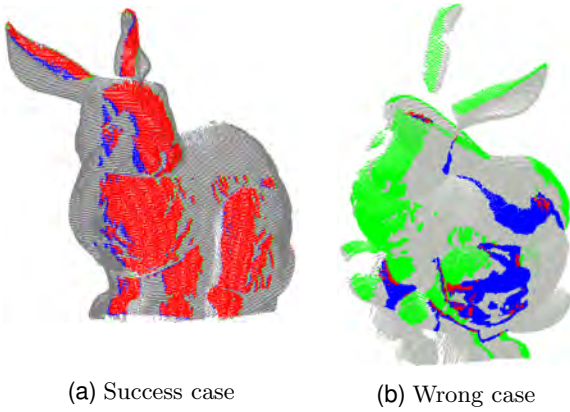


図1 レジストレーション例

Fig. 1 Registration example

理時間を要する課題がある。

図1は、低重複の2つの3次元点群に対してレジストレーションを行った結果の一例であり、図1(a)が正しい位置関係の3次元点群、図1(b)が誤った位置関係の3次元点群である。この際本論文では、本来の位置関係上重複する箇所を重複領域、推定により位置合わせした結果重複した箇所を推定重複領域と呼ぶ。3次元点の内、灰色の点は重複領域以外と推定重複領域以外が一致した点、赤色の点は重複領域と推定重複領域が一致した点、緑色の点は本来重複領域だが推定重複領域とならなかった点、青色の点は本来重複領域ではないが推定重複領域となった点である。レジストレーションに成功した場合、図1(a)の様に点群が灰色の点と赤色の点群のみとなり、物体の形状に破綻がない。失敗した場合、図1(b)の様に点群が灰色と赤色の点群以外に誤った位置の緑色や青色の点が所々にあり、物体の形状が不自然となる。これは、処理時に点群の一部を抜き出して類似の特徴を持つ箇所を探索するため、本来整合を取るべき箇所以外にも同様の持つ箇所が存在する場合、誤って異なる箇所に整合するためである。そのため、3次元点群の形状の特徴及び重複状況に寄らず高精度なレジストレーションを可能とする手法が求められる。

本稿では、重複率によらず高精度かつ高速にレジストレーション可能な手法の確立を目的とした。

本稿の構成は、次のとおりである。2章では、点群間のレジストレーションに関する先行研究について述べる。3章において、提案手法であるSVP及び最適化の詳細について述べる。4章では、提案手法の性能評価のための実験について、結果と考察を述べる。最後に、本稿のまとめと課題を述べる。

## 2. 関連研究

まず点群間のレジストレーションに最も使用されている手法の1つにIterative Closest Point(ICP)<sup>7)</sup>がある。ICPでは、ソース点群  $S = \{p_1, p_2, \dots, p_{N_p}\}$  とターゲット点群  $T = \{p_{T1}, p_{T2}, \dots, p_{TN_T}\}$  内の最近傍点との距離の合計が最小となる並進ベクトル  $t$  及び回転行列  $R$  を探索する。探索時には、

パラメーター  $a = (R, t)$  から得られる損失  $E_{ICP}(a, S, T)$  が最小となるよう計算する。損失  $E_{ICP}(a, S, T)$  は、

$$E_{ICP}(a, S, T) = \sum_i^{N_S} \| (Rp_i + t) - p_{Tj} \|^2 \quad (1)$$

により得られる。ただしICPでは、点群内の全ての点を考慮して処理するため、重複していない領域を持つ点群や欠損を持つ点群間のレジストレーションでは、正確な結果が得られないことが知られている。

重複していない点群、特に低重複3次元点群間レジストレーションが可能な手法は、複数提案されている。Peraltaらは、Super Voxel<sup>13)</sup>を用いて3次元点群を細分化したパッチに分割、パッチごと処理を行い、得られたレジストレーション結果の投票により最も確からしい並進ベクトル及び回転ベクトルを採用する手法を提案した<sup>10)</sup>。しかしPeraltaらの手法では、分割したパッチごとレジストレーションするため、それぞれの点群の遠端部分の点群間の誤差が拡大した。特に重複範囲が広域な場合に影響が大きく、点群全体では正しい結果が得られなかった。また、パッチ生成の基準半径を変化させかつ全パッチの投票が必要であり、推定に時間を要した。

斎藤らは、3次元点群からIntrinsic Shape Signatures(ISS)<sup>14)</sup> キーポイントを中心としたパッチを抽出し、抽出したパッチの中からレジストレーションに適したパッチの組み合わせをGenetic Algorithm(GA)<sup>15)</sup>により最適化する手法を提案した<sup>11)</sup>。しかし斎藤らの手法では、GAによる最適化に依存するため、重複範囲が一定程度を下回った場合、組み合わせ選択時に局所解に陥り精度が低下した。特に、3次元点群内に似通った形状を複数持つ場合に局所解に陥ることが顕著となった。

各手法には長短が存在し、全ての点群のレジストレーションが必ずしも成功しない。点群によらず高いレジストレーション精度を担保する手法の提案が必要である。

## 3. 提案手法

### 3.1 概要

本稿では、Super Voxel Patch(SVP)を用いて適応的に特徴的なパッチを選定し、低重複点群間の位置を合わせる場合にも正しい位置関係にレジストレーション可能なSVP法を提案した。

まずレジストレーション精度向上にあたり、斎藤らの手法の欠点であった局所解へ陥る場合を局限り、レジストレーションの安定した精度確保を考えた。斎藤らの手法では、3次元点群内の特徴点及び特徴点周辺の限られた点群のみに着目した。そのため、同様の特徴点を複数持つ点群をレジストレーションした際には、誤った特徴の組み合わせに最適化され、精度が極端に低下した。

そこで、SVP法では特徴点ではなく面の特徴を基準として分割したパッチを組み合わせによりレジストレーション精

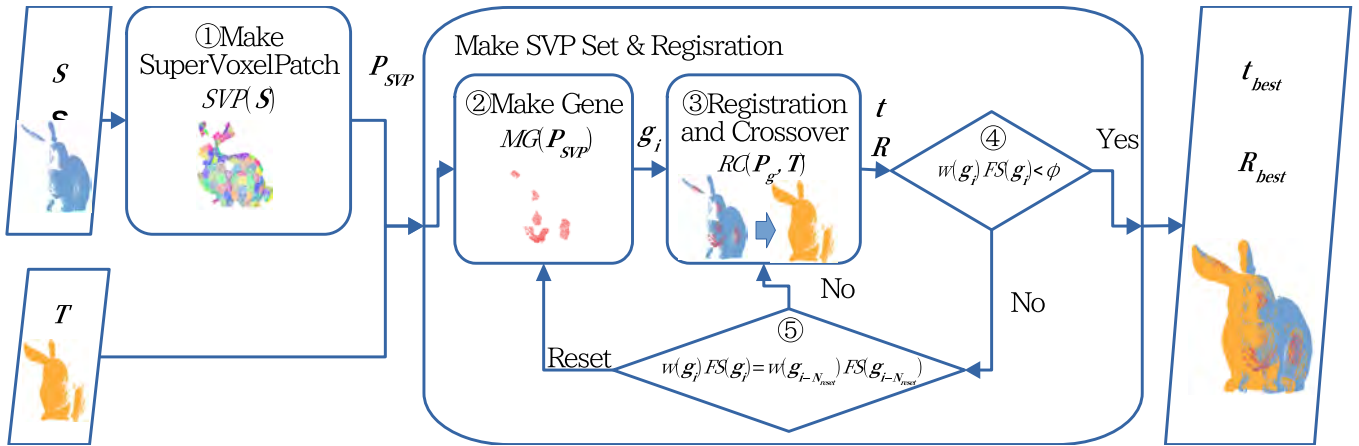


図2 提案手法のフローチャート

Fig. 2 Flow Chart of Proposed method

度が向上すると考えた。SVPは、点群内の各点を周辺の点との位置関係から同様の特徴を持つ点ごとパッチに分割したものである。点群を特徴ごと分割するため、レジストレーションに必要な面の特徴のみの選択に適切と考えた。

図2は、本手法の処理を模式的に示したものである。SVP法では、①SVP(S)を用いてソース点群SからSVPに分割し、パッチ点群 $P_{SVP}$ を作成する。その後②MG( $P_{SVP}$ )を用いて $P_{SVP}$ からランダムなパッチの組み合わせの遺伝子 $g_i$ を作成する。この際、 $i$ は試行回数を示す。得られた $g$ をもとに、③RC( $g$ )遺伝子ごとのパッチ点群 $P_g$ とターゲット点群 $T$ をレジストレーションを行い、結果に基づき遺伝子を交配する。交配終了後、④評価値 $w(g_i)FS(g_i)$ が閾値 $\phi$ 未満となった場合終了して評価値が最も小さいものを最良の結果として採用する。評価値が閾値より大きい場合、試行を継続する。⑤評価値が $N_{reset}$ 回の試行の間に変化がない場合、局所解に陥ったとみなし、選定したパッチ情報を初期化する。

以降にSVP法の細部をSuper Voxel, SVP生成, レジストレーション及びパッチ最適化, 加重制約関数の順に説明する。

### 3.2 Super Voxel

本手法では、まずソース点群を分割してパッチ点群 $P_{SVP}$ を作成する関数SVP(S)を用いた。

SVP(S)では、3次元点群上の物体形状に合わせて分割が可能なSuper Voxel<sup>13)</sup>により点群を分割し、パッチ点群 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_{N_P}\}$ を得た。Super Voxel<sup>13)</sup>では、色付き3次元点群の色情報と法線情報を踏まえて点群を分割する。本提案では形状情報のみを用いて分割するため、点密度及び法線ベクトル情報のみを用いるため、式(2)を用いた。

$$\Delta p = \sqrt{\frac{w_s D_s^2}{3D_{seed}^2} + w_n D_n^2} \quad (2)$$

この際、 $D_s$ は点密度、 $D_n$ は対象点の法線ベクトルと基準となる点の法線ベクトルの角度差、 $D_{seed}$ は基準となる分割

幅、 $w_s$ 、 $w_n$ は点密度、法線の重み付け変数を指す。

### 3.3 SVP生成

生成されたパッチ点群数は、探索半径によって分割量が多大となる。そのため、より効率的な探索を行うため形状の特徴情報が多いパッチのみを本提案手法では用いた。本手法では、ISS<sup>14)</sup> キーポイントとなる点の周辺に所在するパッチのみを選定して用いた。

ISS キーポイントは、探索範囲内の点群から得られる固有値 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ が、

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} < Th_{21} \cap \frac{\lambda_3}{\lambda_2} < Th_{32} \quad (3)$$

を満たすものを選定する。条件を満たした場合、対象の点群の内凸となっている点を選定してキーポイントとする手法である。ISS キーポイントは、 $Th_{21}$ 及び $Th_{32}$ の変更により任意の形状の選定が可能となる。これらのキーポイントから半径 $r_{iss}$ 以内の点群を含む点群を特徴的なSVPとして用いた。

図3は、選定したSuper Voxelの一例を示し、点群の内赤色のものが選定された点群である。黒色で示す点群が、キーポイント及びその周辺の点群を示し、その他の色によって示す点群が分割したそれぞれのパッチ点群である。

次にパッチの中からレジストレーションに適したパッチを選定する関数MG( $P_g$ )を用いた。GAでは、最適化する変数を遺伝子として用い、解をその遺伝子を持つ個体とみなす。本手法では、P内のパッチに番号を割り当て、遺伝子 $G = \{1, 2, \dots, N_P\}$ から一定数を選定した遺伝子 $g$ を作成し、式(4)により最良の組み合わせを選定した。選定したパッチ群をSVPとした。図4は、選定したSVPの例である。

選定したSVPの評価評価には、式(5)を用いた。式(5)では、 $g$ により選定したパッチ群 $P_g$ と $T$ のレジストレーション結果から得られる回転行列 $R_g$ 及び並進ベクトル $t_g$ により位置変換した点群 $p_g$ の内、 $T$ の点群解像度 $\epsilon_T$ 以上となる点の割合を評価した。この際、 $p_T$ はターゲット点群内の点を示す。式(5)は、選定したパッチ群 $P_g$ が $T$ に近いほど

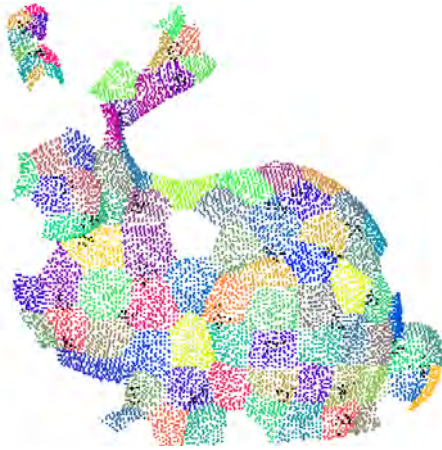


図3 選択した Super Voxel の一例

Fig. 3 Example of Super Voxel selected

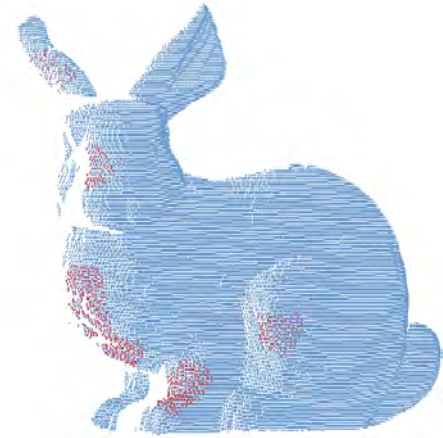


図4 SVP の一例

Fig. 4 Example of SVP

小さな値を示す。また本手法では、点群のレジストレーションにICP<sup>7)</sup>を用いた。

これらの最適化の結果、数値が最小となったSVPを推定結果として出力した。

$$\mathbf{P}_g = \operatorname{argmin} FS(\mathbf{g}) \quad (4)$$

$$FS(\mathbf{g}) = \frac{1}{N_{P_g}} \sum_{\mathbf{p}_g} E(\|\mathbf{R}_g \mathbf{p}_i + \mathbf{t}_g - \mathbf{p}_{T_j}\|) \quad (5)$$

$$E(x) = \begin{cases} 0 & x < \epsilon_T \\ 1 & x \geq \epsilon_T \end{cases}$$

### 3.4 リセット機構

$FS(\mathbf{g}) < \phi$  となった場合、最適化が十分になされたとして試行を打ち切り、 $FS(\mathbf{g})$  の値が  $N_{reset}$  回以上変化が見られなかった場合、局所解に陥ったものとして、 $\mathbf{S}$  の位置・角度をランダムに変更し、 $\mathbf{g}$  の組み合わせを初期化した。

### 3.5 加重制約関数

分割したSVPがそれぞれ特有の特徴を有する場合、誤って別のパッチを当てはめるようなミスは発生しない。しかし、すべてのパッチが異なる形状となるとは限らず、レジストレーション間に本来別のパッチを当てはめる可能性がある。そのため、似通ったパッチが多い場合には選定したSVPによる精度以外の評価値が必要となる。

本提案手法では、選定されたパッチの位置関係に着目した。選択されるパッチが狭い領域に集中した場合、処理時に本来重複する領域の位置情報が加味されずに誤差が拡大する。パッチ選択時により広い領域を選択することが望ましい。そこで、遺伝子  $\mathbf{g}$  によって選択されたパッチ群  $\mathbf{P}_g$  と元の  $\mathbf{S}$  のバウンディングボックスサイズの比を利用する式(6)を用いた。

$$w(\mathbf{g}) = k^{1 - \frac{\lambda_{P_m} \lambda_{P_{min}}}{\lambda_{S_m} \lambda_{S_{min}}}} \quad (6)$$

この際、 $\lambda_{S_m}$ 、 $\lambda_{S_{min}}$  は、ソース点群  $\mathbf{S}$  のバウンディング

ボックスの最大辺及び最小辺長、 $\lambda_{P_m}$ 、 $\lambda_{P_{min}}$  は、 $\mathbf{P}_g$  のバウンディングボックスの最大辺及び最小辺長、 $k$  は加重を定めるウェイト係数を指す。式(6)は、 $1 \leq w(\mathbf{g}) \leq k$  を満たし、ソース点群  $\mathbf{S}$  のバウンディングボックスから決定する  $\lambda_{S_{max}}$   $\lambda_{S_{min}}$  と  $\mathbf{P}_g$  から決定する  $\lambda_{P_{max}}$   $\lambda_{P_{min}}$  の比が大きいほど  $k$  へ漸近し、比が小さいほど  $1$  へ漸近する。すなわち  $k = 1.0$  の時には、常に  $w(\mathbf{g}) = 1.0$  となり荷重制約関数を使用しない場合と同様の値となる。なおパッチ群  $\mathbf{P}_g$  のバウンディングボックスの座標系は、パッチ群固有のローカルなものとし、パッチ群の形状に沿ったものとした。

加重制約関数を用いる場合、最適化は式(7)を用いた。

$$\mathbf{P}_g = \operatorname{argmin} w(\mathbf{g})FS(\mathbf{g}) \quad (7)$$

## 4. 実験

### 4.1 目的

提案手法の各要素の有無による精度及び有用性を検証するため、提案手法、斎藤ら、Peralta らの手法との比較を行った。

### 4.2 実験方法

実験では、各手法から得られた  $\mathbf{t}_b$ 、 $\mathbf{R}_b$  と正解の平行移動ベクトル  $\mathbf{t}_{gt}$ 、回転行列  $\mathbf{R}_{gt}$  からそれぞれの並進誤差  $t_e$  を式(8)、回転誤差  $R_e$  を式(9)<sup>16)</sup>により求めた。

$$t_e = \|\mathbf{t}_{gt} - \mathbf{t}_b\| \quad (8)$$

$$R_e = \left| \arccos \left( \frac{\operatorname{tr}(\mathbf{R}_b^\top \mathbf{R}_{gt}) - 1}{2} \right) \right| \quad (9)$$

試行は各手法30回とし、並進誤差の平均  $\bar{t}_e$ 、回転誤差の平均  $\bar{R}_e$  及び各手法の成功回数を求めた。

本手法では、モデルのバウンディングボックスを用いた評価を行うため、モデル自体の形状の比率が影響を与える。また、形状の複雑性がパッチ形状に与える影響が大である。そこで、アスペクト比及びモデルの複雑性の異なるモデルが必要となるため実験には、Stanford 3D Scanning Repository<sup>17)</sup> 内 Peralta ら<sup>10)</sup> 及び斎藤ら<sup>11)</sup> が用



いた Armadillo, Bunny, DragonStandRight, happyStandRight を用いた。Armadillo 及び happyStandRight はモデルが縦側に長いものであり, Bunny 及び DragonStandRight は横側に長いものである。また Armadillo 及び Bunny は単純な形状を持つモデルであり, DragonStandRight 及び happyStandRight は複雑な部位を持つモデルである。 $S$  及び  $T$  の組み合わせは, 表 1 のとおりである。このとき,  $S$  及び  $T$  に示す数値は各データの取得角度,  $\xi_{gt}$  は  $S$  と  $T$  のオーバーラップ率を示す。表 1 内のバウンディングボックスの各長辺の平均は, 19.6[cm] であった。長辺を踏まえ成功は,  $t_e < 0.5$ [cm] 及び  $R_e < 1.0$ [deg] を満たす場合とした。

また, 実験時に用いたパラメータは表 2 のとおりである。この際,  $r_S$  はソース点群の最近傍点までの平均距離である。表 2 の内 GA 及び ICP に関する変数は, 斎藤らの研究<sup>11)</sup> からの研究に基づいた。またウェイト係数  $k$ , ISS キーポイントのパラメータ及び SVP の基準ボクセルサイズは, 予備実験を行い決定した。

併せて実験時の各手法の平均処理時間  $\bar{S}$  を計測した。使用した計算環境は, 表 3 のとおりである。

### 4.3 提案手法の要素比較

まず, 提案手法の各要素を抜粋したものを前項の実験方法に基づき比較した。比較した手法は, 提案手法の内 SVP に GA を用いてレジストレーションを行った場合の手法, SVP に加えて GA のリセット機構を加えた手法<sup>12)</sup>, GA と加重制約関数  $w(\mathbf{g})$  を用いた手法及び加重制約関数  $w(\mathbf{g})$  を含めた手法の 4 種類である。

実験の結果, 表 4 が得られた。表 4 は, 3 次元点群データごと提案手法の内リセット機構の有無及び  $w(\mathbf{g})$  の有無により記載を分け, 各手法を用いて得られた  $\bar{t}_e$ ,  $\bar{R}_e$  及び成功回数をまとめた。

SVP のみの場合,  $A_1, D_1, H_1$  では  $t_e \leq 0.89$ [cm],  $R_e \leq 0.27$ [deg] であったが,  $B_1$  において成功回数が 14 回かつ  $\bar{t}_e, \bar{R}_e$  が拡大した。リセット機構を含めた手法では, SVP のみの場合に比して  $H_1$  の  $\bar{t}_e$  及び  $\bar{R}_e$  が改善したが,  $B_1$  の成功回数が 15 回と低調であった。 $w(\mathbf{g})$  のみの手法は,  $B_1$  での誤差及び成功回数が改善したが,  $H_1$  の回転誤差が低下して成功回数が 22 回と低調となった。リセット機構及び  $w(\mathbf{g})$  ありの手法は, 全ての 3 次元点群データにて  $t_e \leq 0.21$ [cm],  $R_e \leq 0.27$ [deg] であり, SVP のみを用いた場合及びリセット機構ありの場合と比較した際, すべての 3 次元点群データを用いた場合に同等以下の精度であることがわかった。特に,  $B_1$  では SVP のみの場合及びリセット機構ありの手法に比して回転誤差が改善し, 0.26[deg] 未満となった。また,  $H_1$  においても回転誤差及び成功回数の低下が見られなかった。

次に, 得られた結果の内, 各手法の差が大きい  $R_e$  の分布を確認した。図 5 は, 各手法の  $R_e$  の分布を表示したものである。SVP のみ及びリセット機構ありの場合, 半数近く

表 1 実験 3 次元点群データ  
Table 1 Experiment 3D point cloud data

名称	3 次元点群データ名	$S$	$T$	$\xi$ [%]	$\lambda_{S_m}$ [cm]
$A_1$	Armadillo_Stand	330	0	32.7	22.67
$B_1$	Bunny	270	0	33.6	15.57
$D_1$	DragonStandRight	288	0	46.5	22.10
$H_1$	happyStandRight	288	0	20.4	19.74

表 2 使用したパラメータ  
Table 2 Parameters used

関連部分	名称	数値
ウェイト変数	$k$	2.0
GA	最大世代数	400
	打ち切り閾値 $\phi$	0.55
	初期化時回数 $N_{reset}$	50
	遺伝子数	10
	パッチ数	20
ISS	$Th_{12}$	0.925
	$Th_{23}$	0.975
	探索半径	$16.0 \cdot r_S$
ICP	試行回数	30
SVP	基準ボクセルサイズ	35

表 3 計算機環境  
Table 3 Computer environment

項目	環境
CPU	Intel Core i7 8700K
メモリ	32 [GB]
OS	ubuntu22.04
言語	C++ (clang Ver. 10.0.0)
ライブラリ	PCL <sup>18)</sup> (Ver. 1.12)

1.0[deg] 未満の結果が得られたが, 110~120[deg] の間にそれ以外の結果が集中した。図 6 は, リセット機構ありの手法を用いてレジストレーションに失敗した際に選択されたパッチ群の位置である。赤色のパッチ点群位置が  $B_1$  の後ろ足周辺の狭い領域に集中したことがわかった。これは, 得られた SVP の形状が  $B_1$  の胴体部分と後ろ足部分形状の類似により局所的にパッチが集中し, 局所解に陥ったものである。

提案手法は, 全試行において  $R_e$  が 1.0[deg] 未満であり, 安定して高い精度であることがわかった。図 7 は, 提案手法を用いて処理した際に得られたパッチ群の位置である。 $B_1$  の耳周辺から胴体に渡る広い領域からパッチが選定され, 幅・奥行きを確保していることがわかった。これは, 式 (6) により広域のパッチを積極的に選択した効果である。

次に, 選択されたパッチ群とレジストレーション精度の関係を比較した。図 8~10 は,  $B_1$  に対してリセット機構のみの手法を用いた場合及び  $w(\mathbf{g})$  を用いた手法の  $FS(\mathbf{g})$ ,  $t_e$  及

表 4 提案手法の要素による比較

Table 4 Compare of proposed method element

名称	提案手法		$\bar{t}_e$ [cm]	$\bar{R}_e$ [deg]	$\bar{S}$ [s]	成功 回数
	リセット	$w(g)$				
A <sub>1</sub>	×	×	0.06	0.21	29	30/30
	○	×	0.06	0.22	30	30/30
	×	○	0.06	0.21	239	30/30
	○	○	0.06	0.21	237	30/30
B <sub>1</sub>	×	×	4.65	58.59	809	14/30
	○	×	2.72	52.69	845	17/30
	×	○	0.04	0.26	801	30/30
	○	○	0.05	0.26	815	30/30
D <sub>1</sub>	×	×	0.89	6.06	324	30/30
	○	×	0.19	0.11	329	30/30
	×	○	0.20	0.11	320	30/30
	○	○	0.20	0.12	326	30/30
H <sub>1</sub>	×	×	0.29	4.74	687	29/30
	○	×	0.24	1.89	719	30/30
	×	○	0.97	15.0	80	22/30
	○	○	0.21	0.27	794	30/30

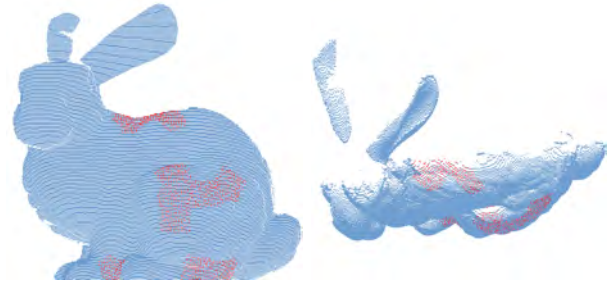


図 6 リセット機構ありの手法のパッチ選定状況

Fig. 6 Select situation of reset structure included method

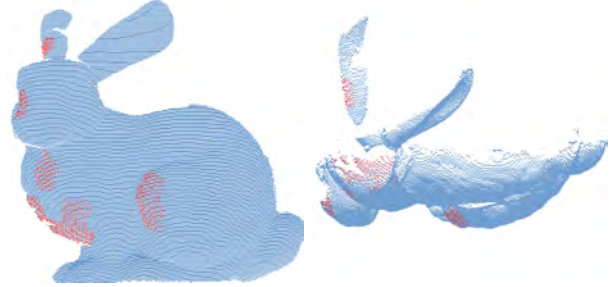


図 7  $w(g)$  ありの手法のパッチ選定状況

Fig. 7 Select situation of  $w(g)$  included method

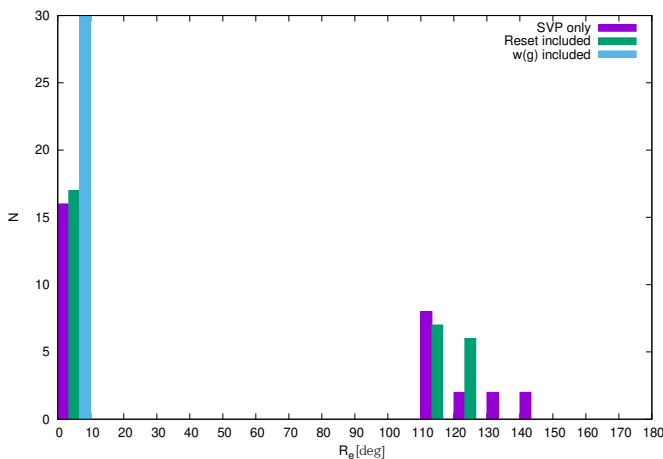


図 5 各手法の  $R_e$  分布

Fig. 5  $R_e$  distribution of each method

び  $R_e$  を 10 世代ごと箱ひげ図を用いて示しており、緑色の箱ひげ図がリセット機構のみを用いた手法、青色の箱ひげ図が  $w(g)$  を用いた手法の結果である。

リセット機構のみの場合、世代を重ねても  $FS(g)$ ,  $t_e$  及び  $R_e$  の中央値に大きな変化は見られなかった。一方、値の分散は世代を重ねるごとに減少しているが、 $FS(g)$ ,  $t_e$ ,  $R_e$  は減少が見られなかった。これは、誤った局所解に収束したため、期待するレジストレーションに適したパッチが選定されなかったためであり、パッチを再選定した場合にも同様の結果となった。ただし、成功した場合には世代を重ねるごとに各数値が低下しており、適切なパッチが選定された場合には効果があると考えられる。

対して  $w(g)$  を用いた場合、リセット機構のみの手法の結果と得られた  $FS(g)$  の比較した場合、世代を重ねるごとに  $FS(g)$  の中央値が低下し、値の分散が拡大した。また得られた  $t_e$  及び  $R_e$  を比較した場合、リセット機構のみと異なり世代を重ねるごとに  $t_e$  及び  $R_e$  の数値が減少し、中央値が  $t_e = 1.0[\text{cm}]$  前後、 $R_e = 5.0[\text{deg}]$  前後に収束した。これは、リセット機構のみの場合と異なり局所解に陥らずにレジストレーションに適したパッチを選定して精度が向上した。

次に、 $H_1$  の結果を比較した。図 11~13 は、 $H_1$  に対して  $w(g)$  のみを用いた手法及び  $w(g)$  及びリセット機構並びに  $w(g)$  を用いた手法の  $FS(g)$ ,  $t_e$  及び  $R_e$  を 10 世代ごと箱ひげ図を用いて示しており、青色の箱ひげ図が  $w(g)$  を用いた手法、紫色の箱ひげ図がリセット機構及び  $w(g)$  を用いた手法の結果である。

$w(g)$  のみを用いた場合、 $FS(g)$  は世代を通じて中央値及び値の分散に変化がなかった。また  $t_e$  及び  $R_e$  は、10~30 世代の間こそ値の減少が見られたが、40 世代以降には中央値が  $t_e = 2.0[\text{cm}]$ ,  $R_e = 40.0[\text{deg}]$  前後に収束し、値の分散に変換が見られなかった。これは、一定程度収束が見られたが、 $R_e = 40.0[\text{deg}]$  前後の局所解に陥り、最適化の過程により良いパッチを選択できなかったためである。

$w(g)$  及びリセット機構を用いた手法の結果と比較した場合、 $FS(g)$  は、中央値が  $FS(g) = 0.96$  前後から変化がないが、世代を重ねるごとに値の分散が拡大して  $FS(g)$  が低下する場合もあった。また  $t_e$  は、0~9 世代の値の分散が大きいのが、10 世代以降では各世代が同等程度の値に集中した。 $R_e$  では、世代を重ねるごとに徐々に中央値及び値の分散が

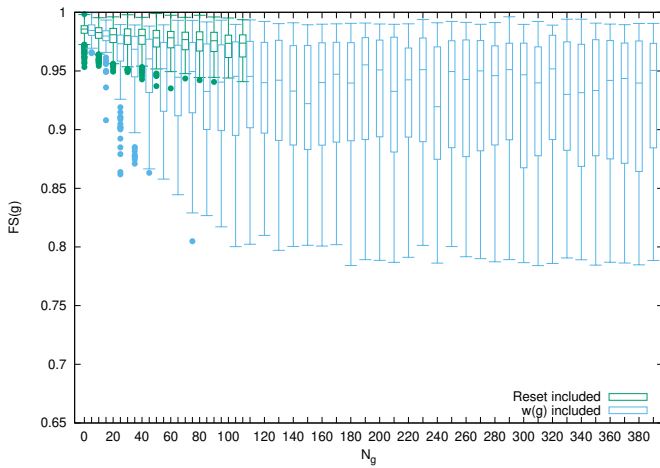


図 8 世代数とリセット機構のみの手法の  $FS(g)$  の関係

Fig. 8 Relationship between number of generations and  $FS(g)$  of reset structure included method

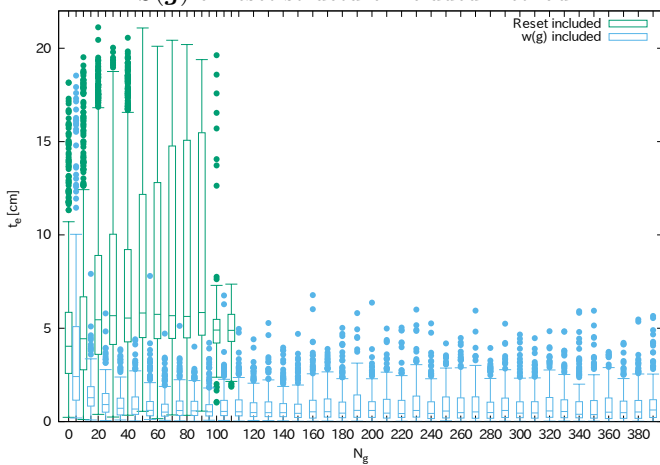


図 9 世代数とリセット機構のみの手法の  $t_e$  の関係

Fig. 9 Relationship between number of generations and  $t_e$  of reset structure included method

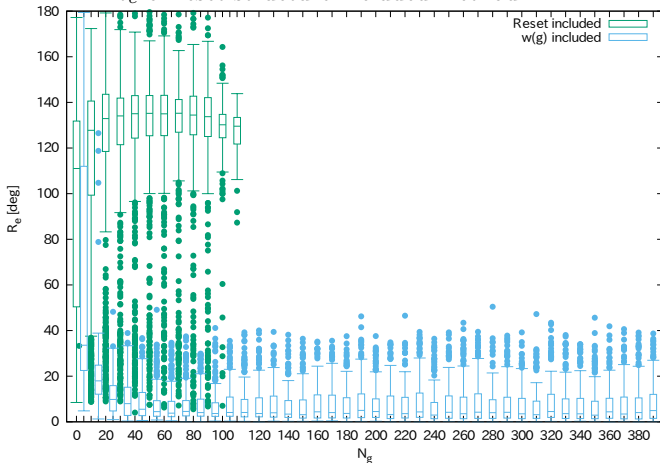


図 10 世代数とリセット機構のみの  $R_e$  の関係

Fig. 10 Relationship between number of generations and  $R_e$  of reset structure included method

低下していた。これは、 $w(g)$  の効果によりより良いパッチが選定され、局所解に陥った場合も一定世代変化が見られなかった場合でも、リセット機構により選定されたパッチを変更して局所解からの脱却が図れたためと考えられる。

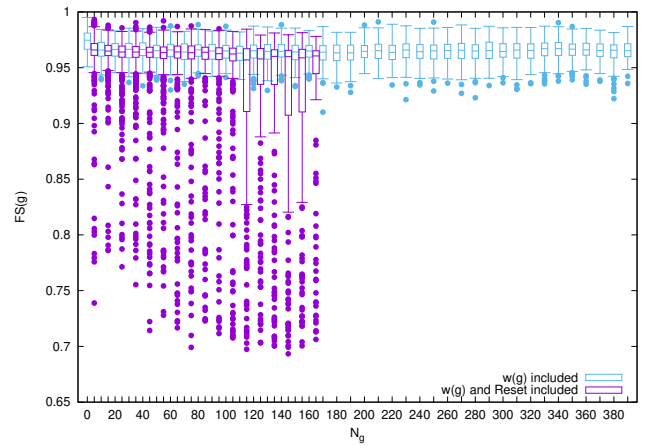


図 11  $H_1$  に用いた際の世代数と  $FS(g)$  の関係

Fig. 11 Relationship between number of generations and  $FS(g)$  when using each method for  $H_1$

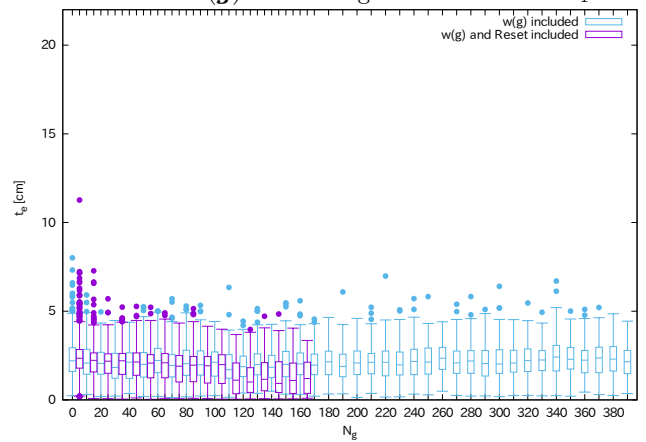


図 12  $H_1$  に用いた際の世代数と  $t_e$  の関係

Fig. 12 Relationship between number of generations and  $t_e$  when using each method for  $H_1$

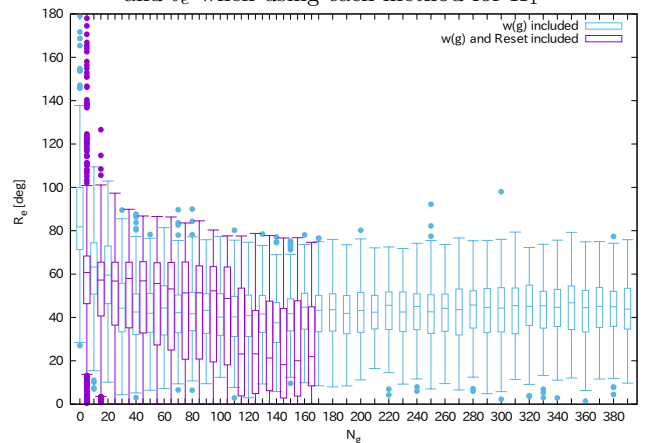


図 13  $H_1$  に用いた際の世代数と  $R_e$  の関係

Fig. 13 Relationship between number of generations and  $R_e$  when using each method for  $H_1$

各 3 次元点群データにおけるレジストレーション結果を比較したところ、リセット機構及び  $w(g)$  を用いた手法が全てのモデルにおいて安定した結果を得られることがわかった。今後提案手法では、リセット機構及び  $w(g)$  を用いた手法を用いることとした。

表 5 先行研究との比較  
Table 5 Compare with previous research

名称	手法	$\bar{t}_e$ [cm]	$\bar{R}_e$ [deg]	$\bar{S}$ [s]
A <sub>1</sub>	斎藤ら	0.07	<b>0.13</b>	<b>6</b>
	Peralta ら	0.09	7.89	3434
	提案手法	<b>0.06</b>	0.21	237
B <sub>1</sub>	斎藤ら	5.56	128.70	<b>120</b>
	Peralta ら	0.42	4.53	3626
	提案手法	<b>0.05</b>	<b>0.26</b>	815
D <sub>1</sub>	斎藤ら	<b>0.13</b>	0.17	<b>19</b>
	Peralta ら	0.21	2.11	3948
	提案手法	0.20	<b>0.12</b>	326
H <sub>1</sub>	斎藤ら	0.28	14.23	<b>139</b>
	Peralta ら	0.26	6.80	10310
	提案手法	<b>0.21</b>	<b>0.27</b>	794

#### 4.4 先行研究との比較

同様の方法を用いて、先行研究との比較を行った。実験に用いた手法は、リセット機構及び  $w(g)$  を加えた提案手法、Peralta らの手法<sup>10)</sup> 及び斎藤らの手法<sup>11)</sup> である。

実験の結果、表 5 が得られた。また図 14 は、提案手法によるレジストレーション結果を示したものである。点群の内、灰色の点群がターゲット点群、青色から赤色に示す点群がソース点群である。この際ソース点群の点の色は、各点とターゲット点群の最近傍点までの距離を示す。青色が間の距離が 0.0[cm] に近いことを示し、青から緑色、赤色に変わることにつれて距離が遠くなり、赤色の場合  $5r_S$  以上の点を示す。

まず提案手法は、A<sub>1</sub>、D<sub>1</sub> では Peralta らの手法及び斎藤らの手法同等の精度を得られることがわかった。また B<sub>1</sub>、H<sub>1</sub> では、Peralta らの手法、斎藤らの手法に比して、高い精度を得られ、斎藤らの手法ではレジストレーションの成功率が低下した B<sub>1</sub> 及び H<sub>1</sub> でも安定して処理可能であった。また処理時間では、全ての 3 次元点群データにおいて斎藤らの手法に及ばないが Peralta らの手法に比して少なくとも約 4 分の 1 の時間により処理可能であることがわかった。

次に、各手法の結果の差が大きい B<sub>1</sub> における各手法の  $R_e$  の分布を確認した。比較の結果、図 15 が得られた。斎藤らの手法は、試行全てが 100~140[deg] の値を取り、処理に失敗したが、提案手法及び Peralta らの手法は試行全て 10[deg] 未満の結果であった。そのため提案手法は、斎藤らの手法では困難であった B<sub>1</sub> のような似通った特徴の多い点群間の処理でも安定して精度を担保できることがわかった。

これは、斎藤らの手法で用いられる KeyPointPatch に比して、より点群形状の特徴を捉えることが可能な SVP の活用により形状特徴を加味しかつ選択されるパッチの位置関係を考慮した処理が可能となったためである。

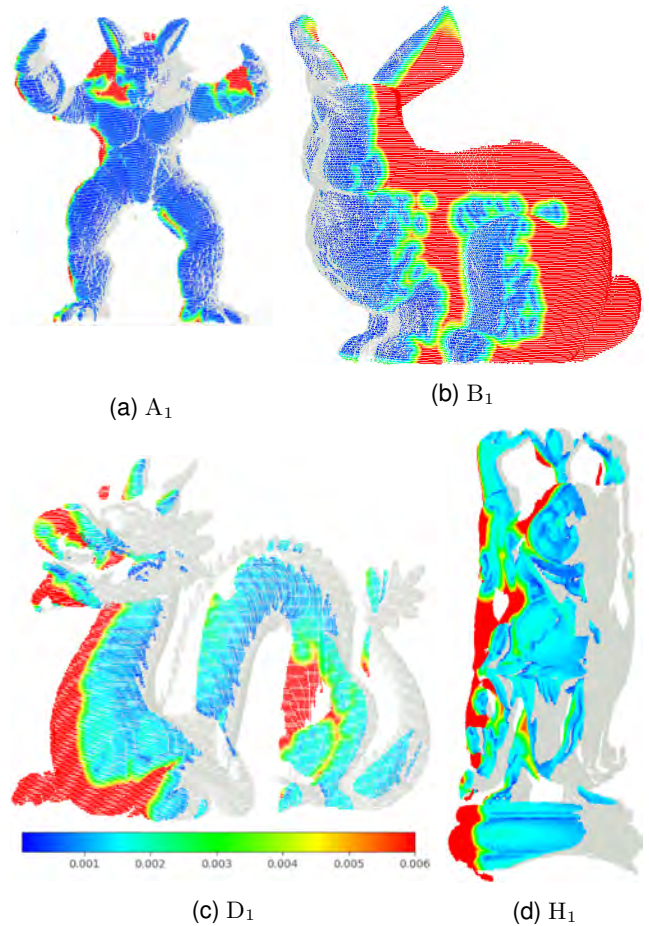


図 14 レジストレーション結果の一例

Fig. 14 Example of registration result

続いて、Peralta らの手法とレジストレーション結果の細部を比較を行った。図 16 は B<sub>1</sub> に Peralta らの手法を用いた結果、図 17 は B<sub>1</sub> に提案手法を用いた結果である。ソース点群及びターゲット点群の点の色は、図 14 と同様である。Peralta の手法を用いた場合、全般及び足部分の位置関係が一致しているが、顔から前足にかけて点間距離が増大した。一方提案手法では、一致箇所となる顔、前足及び後足の点間距離が近い青色の点が多くなることがわかった。

Peralta らの手法では、個々のパッチとターゲット点群とのレジストレーションを行うため、パッチ単位では整合が取れるが、点群全般として見た場合、誤差が拡大した。また Peralta らの手法では、各パッチのレジストレーション結果に基づき投票を行うが、各処理結果は実数ベクトルを取る。一定の閾値を設け投票の枠を作成し、枠内の値となった投票数を用いて最良の値の枠を決定し、最終的には枠内の値の平均値をレジストレーション結果として採用した。そのため、個々の結果が反映されず、誤差を含んだ結果となった。

提案手法は、パッチ群により広範囲からレジストレーションを実施でき、パッチ群の処理結果を直接最良の処理結果に採用するため、より精度の高い結果が得られたと考えられる。

また、提案手法によって取得した  $\bar{t}_e$  は、A<sub>1</sub>、B<sub>1</sub> では各ソ-



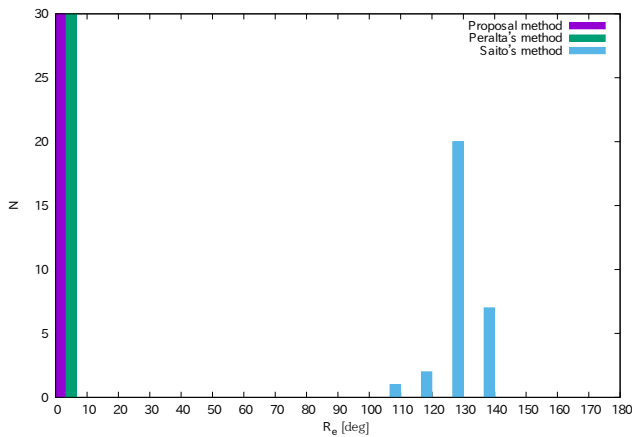


図 15 B<sub>1</sub> での R<sub>e</sub> の分布  
Fig. 15 R<sub>e</sub> Distribution of B<sub>1</sub>

ス点群内の最近傍点までの平均距離とほぼ同等であり、精度は十分に担保できたと考えられる。一方処理時間は、Peralta らの手法の最大 7/100 未満の時間であったが、斎藤らの手法に比して最大約 40 倍の時間を要していた。用いる点数を局限しつつ精度を担保することが今後の課題となる。

#### 4.5 ロバスト性の検証

提案手法のロバスト性を確認するため検証を行った。検証では、表 1 から H<sub>1</sub> の反対側となる組み合わせのものを用い、ロバスト性を検証するためターゲット点群の取得角度を 24[deg] ずつ変化する組み合わせとした。この際、オーバーラップ率  $\xi$  は約 20% ずつ変化した。また検証では、平均並進誤差  $\bar{t}_e$ 、平均回転誤差  $\bar{R}_e$ 、平均処理時間  $\bar{S}$  及び成功回数を比較した。この際、 $k$  以外のパラメータは表 2 を用い、成功の条件は 4.3 と同様とした。

実験の結果、表 6 の結果が得られた。H<sub>2</sub>、H<sub>3</sub> 及び H<sub>4</sub> では、並進誤差及び回転誤差も低く、全ての場合において成功した。また H<sub>2</sub> 及び H<sub>3</sub> では、打ち切り閾値  $\phi$  未満まで収束したため打ち切りとなり、処理時間が短縮された。これは、H<sub>2</sub> 及び H<sub>3</sub> のオーバーラップ率が高いため、レジストレーションに適したパッチの個数が多く、ランダムにパッチを選定した場合でも適したパッチ点群の組み合わせが早期に選定され、処理時間短縮に寄与したためである。

H<sub>5</sub> 及び H<sub>6</sub> では、30 回中全く成功することがなかった。各 30 回の R<sub>e</sub> の内訳を確認したところ、100.0~150.0[deg] に分布しており、レジストレーションの際に局所解に陥り改善が見込めず世代数の上限となったことがわかった。H<sub>1</sub> ではオーバーラップが 20.4% においても安定して成功したが、H<sub>5</sub> 及び H<sub>6</sub> の場合、本提案手法のみではレジストレーションが見込めず、使用するパラメータのチューニング、適したパッチをより効率的に発見する手法または、他の特徴量からレジストレーションを行う手法の検討が必要である。

以上から、本提案手法ではオーバーラップ率が約 40% 以上の場合には安定的にレジストレーション可能だが、約 20% 前

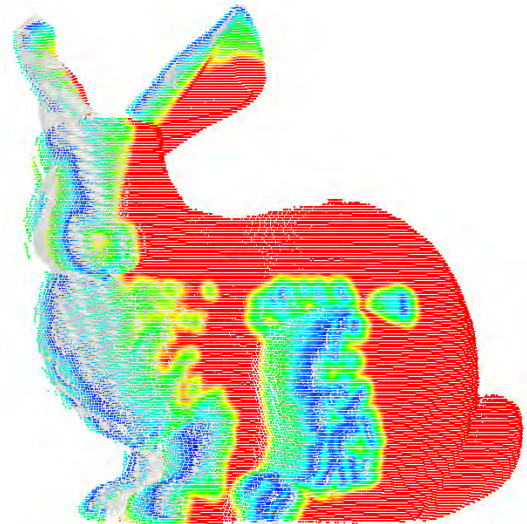


図 16 Peralta らの手法の細部レジストレーション状況  
Fig. 16 Registration situation detail of Peralta's method

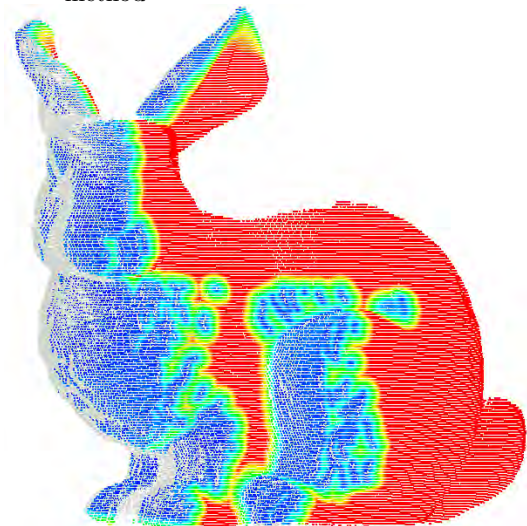


図 17 提案手法の細部レジストレーション状況  
Fig. 17 Registration situation detail of proposed method

表 6 追加実験の 3 次元点群データ及び実験結果  
Table 6 3D point cloud data of additionally experiment and experiment results

名称	$S$	$T$	$\xi$ [%]	$\lambda s_m$ [cm]	$\bar{t}_e$ [cm]	$\bar{R}_e$ [deg]	$\bar{S}$ [s]	成功 回数
H <sub>2</sub>		144	82.6		0.08	0.05	44	30/30
H <sub>3</sub>		168	63.8		0.15	0.15	81	30/30
H <sub>4</sub>	120	192	45.2	19.88	0.22	0.36	676	30/30
H <sub>5</sub>		216	22.7		1.40	122.89	687	0/30
H <sub>6</sub>		240	6.2		1.61	144.44	1181	0/30

後まで低下した場合、レジストレーションが安定的ではなくなり、さらに改善が必要であることがわかった。

#### 4.6 考察のまとめ

提案手法の有効性を検証するため、提案手法を比較した結果、SVP、リセット機構及び加重制約関数を組み合わせた手

法が最も並行誤差，回転誤差が最も低いことがわかった。

提案手法を斎藤ら及びPeraltaらと比較した結果，全ての3次元点群データにおいて安定して高い精度を確保し，Peraltaらの手法に比して高速にレジストレーションを可能とした。

一方，斎藤らの手法に比して処理時間を要し，精度を維持しつつより短時間での処理及びオーバーラップ率が20%前後でのレジストレーション精度安定が今後の課題である。

## 5. おわりに

本稿では，点群形状を考慮したSVP，各パッチの位置関係の評価した荷重制約関数及び局所解放却が可能なりセット機構の利用により効果的なパッチ選択を行い，オーバーラップ率によらず高精度かつ高速なレジストレーションを可能とする手法を提案した。

Stanford 3D Scanning Repository内の3次元点群データを用いて比較実験を行った結果，先行研究の手法ではレジストレーションが失敗する低重複点群においても，本手法ではPeraltaらの手法の7/100の処理時間でも同等以上の精度を確保できることを確認した。しかし，斎藤らの手法と比較すると本手法はより長い処理時間を要しており，さらに短い処理時間での精度担保が今後の課題である。

## 参考文献

- 1) L. Yonghuai, P. Nick, R. Paul L and H. Patrik(eds.), 3D Imaging, Analysis and Applications, Springer London, 2 edition (2020).
- 2) Q. Rui, L. Xin and L. Xirong: "3D Object Detection for Autonomous Driving: A Survey", Pattern Recognition, Vol. 130, p. 108796 (2022).
- 3) Z. Xu, Z. Bai, H. Liu, Q. Lu and S. Fan: "DFC: Deep Feature Consistency for Robust Point Cloud Registration", Vol. abs/2111.07597, CoRR, <https://arxiv.org/abs/2111.07597> (2021).
- 4) C. Christopher, D. Wei and K. Vladlen: "Deep Global Registration", 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), IEEE (2020).
- 5) 植西一馬, ハイメサンドバル, 岩切宗利, 田中 清: "平面尤度を用いたVKOPの再現性評価", 画像電子学会誌, Vol. 50, No. 3, pp. 351-361 (2021).
- 6) L. Deping, W. Hanyun, L. Ning, W. Xiaoming and X. Jin: "3D Object Recognition and Pose Estimation From Point Cloud Using Stably Observed Point Pair Feature", IEEE Access, Vol. 8, p. 44335-44345 (2020).
- 7) A. K.S., H. T.S. and B. Steven: "Least-squares fitting of two 3-D point sets. IEEE T Pattern Anal", Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Vol. PAMI-9, pp. 698 - 700 (1987).
- 8) B. Anders, K. Dirk, K. Joni-Kristian, P. Henrik and K. Norbert: "Pose Estimation using Local Structure-Specific Shape and Appearance Context", Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation, IEEE (2013).
- 9) 植西一馬, サンドバルハイメ, 岩切宗利, 田中 清: "キーポイントパッチ抽出法を用いた高効率な進化計算による3次元点群レジストレーション", 画像電子学会誌, Vol. 47, No. 2, pp. 154-166 (2018).
- 10) L. Peralta, M. Iwakiri and K. Tanaka: "A Registration Method

on Piece-wise Voting for Low Overlapping 3D Point Clouds", IEEE Transactions on Image Electronics and Visual Computing, Vol. 9, No. 2, pp. 58-68 (2021).

- 11) 斎藤陽平, 植西一馬, 岩切宗利, アギレエルナン, 田中 清: "キーポイントパッチ位置を適応的に選択する3次元点群レジストレーション手法", 画像電子学会, Vol. 50, No. 3, pp. 362-369 (2021).
- 12) 國武千人, 岩切宗利, 田中 清: "SVPを用いた低重複3次元点群レジストレーションの試み", 画像関連学会連合会第9回秋季大会要旨集, 画像関連学会連合会, pp. 19-20 (2023).
- 13) J. Papon, A. Abramov, M. Schoeler and F. Worgotter: "Voxel Cloud Connectivity Segmentation - Supervoxels for Point Clouds", 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE, pp. 2027-2034 (2013).
- 14) Z. Yu: "Intrinsic shape signatures: A shape descriptor for 3D object recognition", 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision Workshops, ICCV Workshops, IEEE (2009).
- 15) G. David E. and H. John H.: "Genetic Algorithms and Machine Learning", Machine Learning, Vol. 3, No. 2/3, pp. 95-99 (1988).
- 16) H. Richard, T. Jochen, D. Yuchao and L. Hongdong: "Rotation Averaging", International Journal of Computer Vision, Vol. 103, No. 3, p. 267-305 (2013).
- 17) M. Levoy, J. Gerth, B. Curless and K. Pull: The Stanford 3D Scanning Repository, <http://graphics.stanford.edu/data/3Dscanrep/> (2005).
- 18) R. Radu Bogdan and C. Steve: "3D is here: Point Cloud Library (PCL)", IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), IEEE (2011).

(2024年6月4日 受付)

(2024年12月6日 再受付)



國武千人 (正会員)

2013年 防衛大学校情報工学科卒業。2019年 防衛大学校理工学研究科前期課程情報数理専攻卒業。現在，信州大学大学院総合医理工学研究科博士課程総合理工学専攻在学中。修士（工学）。3次元点群処理に関する研究に従事。



岩切宗利 (正会員)

1993年 防衛大学校情報工学科卒業。1998年 防衛大学校理工学研究科情報数理専門卒業。1999年 防衛大学校情報工学科助手。2005年 同講師。2015年 同准教授。博士（工学）。マルチメディアと情報セキュリティに関する研究に従事。情報処理学会会員。



田中清 (フェロー)

1984年 防衛大学校電気工学科卒業。1989年 防衛大学校理工学研究科オペレーションズリサーチ専攻修了。1992年 防衛大学校情報工学科助手。1995年 信州大学工学部電気電子工学科助教授。2006年 同教授，現在に至る。2015～2021年 信州大学副学長。博士（工学）。画像・映像処理，3次元点群処理，色覚と視機能，情報ハイディング，進化計算，多目的最適化，知的電力網・交通システムなどの研究に従事。IEEE，電子情報通信学会，情報処理学会，日本眼光学学会，日本産業・労働・交通眼科学会などの会員。本学会元会長。



## 画像変換を用いた複合音識別の高精度化とヒトの聴こえによる識別評価

藍原直大<sup>†</sup> 宮崎剛<sup>†</sup> (正会員) 田中博<sup>†</sup> 上田麻理<sup>††</sup><sup>†</sup>神奈川工科大学 情報学部 情報工学科<sup>††</sup>神奈川工科大学 情報学部 情報メディア学科

## Improving Accuracy of Complex Sounds Classification Using Image Transformation and Human Auditory Classification Evaluation

Naohiro AIHARA<sup>†</sup>, Tsuyoshi MIYAZAKI<sup>†</sup>(Member), Hiroshi TANAKA<sup>†</sup>, Mari UEDA<sup>††</sup><sup>†</sup>Dept. of Information and Computer Sciences, Faculty of Information Technology, Kanagawa Institute of Technology<sup>††</sup>Dept. of Information Media, Faculty of Information Technology, Kanagawa Institute of Technology

〈あらまし〉音を画像に変換し、画像情報を用いて音源を識別する方法がすでに提案されている。本論文では複数の音源が同時に鳴動している複合音の識別問題にこの手法を適用し、識別精度の高精度化を図った。従来のスペクトログラム画像に加えてメルスペクトログラム、スカログラム画像を用いた。音源の識別方法として、(1)これらの変換画像を合成したカラー画像を用いた学習モデルによる方法、(2)それぞれの画像から3種の学習モデルを作成し、それらから得られる尤度情報を用いる方法を提案した。音源として室内音4種とそれらが同時に鳴動した合計14クラスの音源識別を行い、最大で90.7%の識別精度を得ることを確認した。さらに、これらの音源に対して15人の実験協力者の聴こえによる主観的な識別を行った。識別率は平均で30%程度であり、識別対象とした音源では提案手法である画像情報による識別がヒトの主観による識別よりも高い結果が得られることを示した。

キーワード：音源識別、複合音、画像変換、転移学習、主観評価

<Summary> A method has already been proposed to classify sound sources by converting sound into images and using the image information. In this paper, the authors applied this method to the problem of classifying complex sounds in which multiple sound sources were sounding simultaneously and attempted to improve the classification accuracy. In addition to conventional spectrogram images as sound features, mel-spectrogram, and scalogram images were used. The authors proposed two methods: (1) a method using a learning model based on a color composite of these images, and (2) a method using three types of learning models created from each image and the likelihood information obtained from them. A total of 14 classes of sound sources were classified, including four types of room sounds and their simultaneous sounds, and it was confirmed that a maximum classification accuracy of 90.7% was achieved. In addition, 15 persons subjectively discriminated against these sound sources by hearing. The classification rate was about 30%, indicating that the performance of the proposed method by image information was higher than that of human auditory performance for the target sound sources.

**Keywords:** sound classification, complex sound, image transformation, transfer learning, subjective classification

## 1. はじめに

音源の識別方法として、従来は特徴量（フーリエ変換による周波数やMFCC（メル周波数ケプストラム）など）を抽出し、SVM（Support Vector Machine）やk-NN（Nearest Neighbor）などを用いる手法があるが、近年は音情報を画像情報に変換し、深層学習を適用する方法も適用されている<sup>1)2)</sup>。音源の識

別の応用研究の例として、聴覚障害者への危険通知を目的としたガス漏洩や施錠破壊検知などのアラーム音を中心にした8種の音源の識別<sup>3)</sup>や14種の楽器音に対する自動分類を対象とした深層学習ネットワークを用いた識別がある<sup>4)</sup>。これらは比較的高い識別性能が得られているが、アラーム音や楽器音という個々に特徴的な単体での音源であるためと考えられ

る。他にも音の識別として多数の研究例があるが<sup>9-7)</sup>、これらの論文は主として学習モデル作成に用いるネットワークの相違による識別性能の比較、データ拡張による高精度化や転移学習の適用によるコスト低減に注力されている。

環境に多数、多種類存在する音源は同時に鳴動する場合も多いが、従来の研究では単一音源の識別であり、複数同時に鳴動している場合は想定していない。本論文では、複数の音源が“同時に鳴動”している場合（以降、複合音とよぶ）を研究対象とする。

複合音の識別という観点では、音源分離技術<sup>8),9)</sup>を適用して各音を分離してその音を個別に識別する方法がある。この分離技術には2つのアプローチがある。1つは空間情報を手掛かりに空間物理モデルから分離する手法、他方は音源の信号としての情報から学習によって分離する手法である。前者は複数のマイクの位置情報をもとに分離するが、基本的には音源数以上のマイクが必要であり、マイクの位置も既知、固定されているという制約がある<sup>10),11)</sup>。後者は学習を通して暗黙的に分離対象の音源の性質を利用するという考え方であり<sup>12),13)</sup>、多くは深層ニューラルネットワークが用いられているが、膨大な学習データが必要となる課題がある。

筆者らは先行研究<sup>14)</sup>において実利用の観点から使用するマイクは1つという条件を設定している。その条件下で上記の2つとは原理的に異なる方法として、複合音の分離は行わず時系列データを画像に変換し、画像の識別問題として複合音の中に含まれている音源を識別する手法を提案した。上記先行研究では複合音は実空間での収録音ではなく、PC内で作成した複合音データを用いた。また、変換画像は短時間フーリエ変換（STFT：Short Time Fourier Transformation）によるスペクトログラム画像のみとしていた。調査論文である文献<sup>15)</sup>では、課題の一つとして、複数の特徴量の組み合わせによる識別精度の向上が挙げられている。本論文では実空間で取得した複合音データを用いるとともに、新たな画像変換と識別結果を得るための処理方法を検討して識別精度の向上の手法を提案した。他方、ヒトが同様に複合音を識別できるか否かを確認するため、ヒトの聴こえによる主観的な識別実験を行った。

本論文の構成として、第2章で識別の対象として選択した音源と識別のための特徴を抽出する複数の画像変換の提案を、第3章でそれらの画像変換を用いた識別方法とその効果を示し、提案手法の有効性を述べる。そして、第4章では上記識別実験で使用したものと同一の音のデータを用いて行なったヒトの聴こえによる識別実験の結果を示す。

## 2. 音源識別の対象と画像変換

本章では本研究の識別対象とした音源、音データの収録方法と特徴抽出のための各種画像変換を述べる。

### 2.1 対象音源と音データの収録

対象音源として、日常生活の中で使用される一般的な家電製品とし、識別が難しくなると考えられる、空気を吸い込む・吐き出す共通の動作があり音の発生メカニズムが類似しているもの、音圧の差が大きいものを含めることを条件に機器を選定した。

音源として用いた機器4種（空調機:AC、髭剃り:ES、ドライヤー:HD、掃除機:VCとその型名）とその複合の組み合わせを表1に示す。合計14クラスの識別問題である。音源データ収録の環境を図1に示す。一般家庭の生活空間を模擬した大学内のモデルルーム内で収録した。収録には騒音計（アコー:TYPE4152N2）の収録機能を用い、14クラスのすべてのケースで実際に機器を鳴動させた状態で収録した。収録時のサンプリング周波数16kHz、量子化は16ビットで、騒音計のマイクの床からの高さは1m、マイクと各機器は1m、2mの2ケースの距離を設定し、それぞれ60秒間取得した。なお、これらの機器4種から1m離れた地点での騒音計による音圧は順に46、55、69、90dB（等価騒音レベル $L_{Aeq}$ として測定）であった。

### 2.2 画像変換による音の特徴抽出

全14クラスの複合音の識別のために、それぞれの音を特徴づけるための変換画像を用いた。画像に変換することにより、進展が著しく、かつ多様な画像処理技術の適用が可能であり高い性能が期待できる。スペクトログラム画像は、声紋とし

表1 対象音源とその組み合わせ

Table 1 Targeted sound sources and their combination

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
空調機: AC (東芝: AIU-AP1604H)	●				●	●	●				●	●	●	
髭剃り: ES (SIS: CB-777)		●			●			●	●		●	●		●
ドライヤー: HD (小泉成器: KHD-9200)			●			●		●		●	●		●	●
掃除機: VC (シャープ: EC-ST20)				●			●		●	●		●	●	●
	単一音			2音複合				3音複合						

注：英略語は図4, 5, 6, 11で使用



図1 音源データ収録環境

Fig. 1 Sound data recording environment

表 2 画像変換時のパラメータ

Table 2 Parameters in transformation to images

	窓関数	窓関数幅	オーバーラップ	ポイント数	メルバンドパス フィルタ数
スペクトログラム	Hann	256	128	1024	128
メルスペクトログラム					
スカログラム	マザーウェーブレットはMorseウェーブレットを使用				

てヒトの声の解析や特定の音に混入した雑音除去などに広く用いられており、音の識別にも適用されている例が散見される<sup>16),17)</sup>。

スペクトログラム以外の他の変換画像として、メルスペクトログラムとスカログラムがある。前者はフーリエ変換後にメルフィルターを通して、音声信号をより人間の聴覚に近い形で表現するために用いられ、後者は時系列信号に対する連続ウェーブレット変換によって得られるもので、それぞれ音の識別問題への適用の事例もある<sup>18)-20)</sup>。これらの3種の画像をRGBチャンネルとしてまとめてカラー画像化した提案もあるが<sup>21)</sup>、個々の画像による識別結果を含め具体的な識別性能への向上の効果は明確にされていない。本論文ではこれらの3種の画像を用いることで識別精度の向上を試みた。

一例として男性の音声に対する上記の3手法による変換画像を図2に示す。ともに音の強度を0~255の輝度値として画像化し、時間変化に対する周波数分布を可視化している。事前に複数の変換時のパラメータを変化させ、目視で画像の相違がより明確に現れるような画像に変換した。変換時のパラメータを表2に示す。なお、それぞれの画像の周波数範囲はスペクトログラム、メルスペクトログラム、スカログラムで[0.00~8.00 kHz], [0.01~7.83 kHz], [0.01~6.95 kHz]である。音が同一であっても各変換手法による画像の相違が顕著に表われている。これらの複数の異なったパターンの画像を使用することで学習モデル作成のための情報量の増加により、識別性が高められると考えられる。3章ではこの3種の画像を用いた識別性能の向上の手法を述べる。

### 3. 音源の識別手法とその結果

本章では複合音に対する識別手法として2章で得られた音源データから学習モデルのための変換画像データ作成及び学習モデルの作成について述べ、そのモデルを用いた2つの識別方法を提案し、その識別精度を比較、評価する。

#### 3.1 学習モデルのための変換画像データ

音源データから学習モデルの作成、識別精度評価のための変換画像データを作成した。取得した全14クラスの音データに対して、2.2節で述べた3つの手法で画像変換を行った。変換パラメータは表2と同一である。識別精度に関する事前検討の結果から3秒の時間間隔で画像を切り出した。GoogLeNetへの入力のために1枚の画像のサイズは703x703の正方形とした。60秒区間を3秒に分割して得られる20個

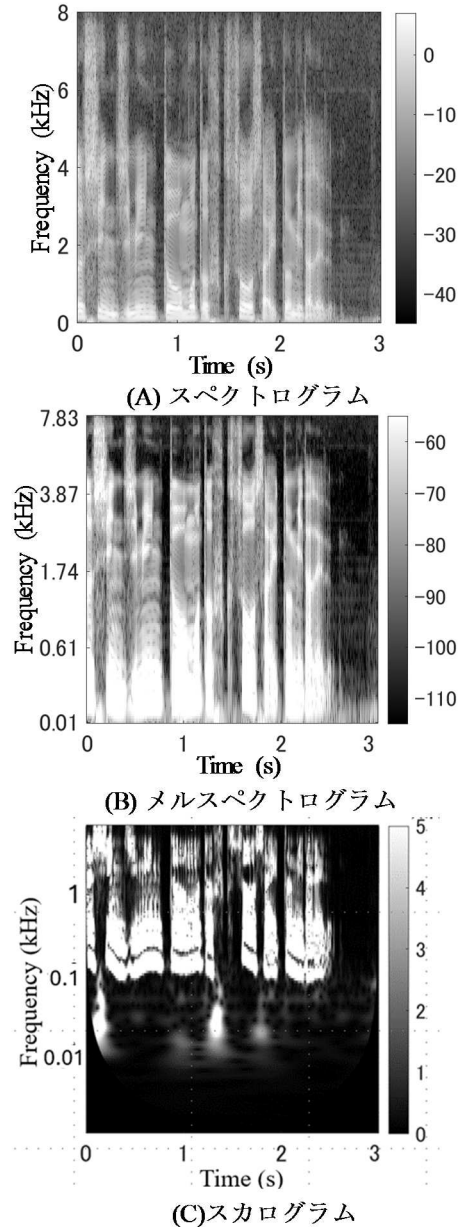


図 2 各手法による変換画像の一例

Fig. 2 Example of transformed image by each method

の画像のうち、15個をランダムに学習モデル作成用、5個を学習時における識別精度の検証用とした。したがって、学習モデル作成のための画像数は1m, 2mのそれぞれ14クラス分の合計420(=14×15×2)である。また、識別精度の評価用データとして、学習データと同じ条件下で収録した別データの合計140(=14×5×2)個の画像を用いた。

### 3.2 学習モデルの作成

識別のための学習モデルの作成には、先行研究<sup>14)</sup>と同じく転移学習と呼ばれる学習済のネットワークモデルを再学習する方法とし、GoogLeNetを用いた。3.3節で述べる識別方法で用いる学習モデルは4種作成した。1つはスペクトログラム、メルスペクトログラム及びスカログラムの各変換画像の輝度情報をRGBの各チャンネルに配置してカラー画像として合成し、この画像を用いて作成した。他の3つのモデルはそれぞれの画像を用いて作成した。

このとき学習モデルはGoogLeNetの全結合層、分離層を、14クラスの識別問題に変更して作成した。学習パラメータはバッチサイズ24、エポック1000、学習率 $1e-5$ 、最適化アルゴリズムSGDM、損失関数はMSEである。学習時間はカラー画像の場合は36~44分、その他では34~40分であり大きな差はなかった。なお、解析ソフトウェアはMATLAB R2023b、実行環境はOS: Windows 11, CPU: Intel Core i7-12700 2.10 GHz, メモリ 16 GB, GPU: NVIDIA GeForce GTX 3060, メモリ 12 GB である。

### 3.3 識別方法

提案した2つの識別手法をモデル作成後の処理方法の相違によって方法1(図3)、方法2(図4)とする。前述のカラー画像を用いて作成した学習モデルはカラーモデル、スペクトログラム画像による学習モデルはSTFTモデル、同様にメルスペクトログラム、スカログラムでのモデルはMelSpecモデル、CWTモデルであり、各モデルのパラメータ数は6,998,552である。したがって3種のモデルを用いる方法2では、パラメータ数の合計はその3倍となる。なお、各モデルのサイズはMATLABのバイナリファイルであるMATファイルで約21,830 KBであった。

ここで、図中の $LC$ ,  $LS$ ,  $LM$ ,  $LW$ は識別対象の変換画像をそれぞれの学習モデルに入力したときに各モデルの出力層(Softmax層)から得られる、識別対象であるクラス数14次元の尤度情報のベクトルである(各要素は0.0から1.0までの確率値であり、その総和は1.0である)。

図3に示す方法1は式(1)に示す、カラー画像で作成した学習モデルによる識別、すなわち、 $LC$ の最大要素となるクラス

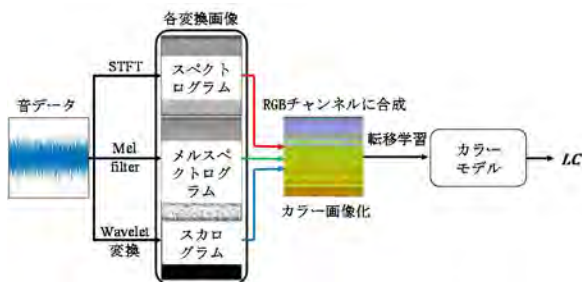


図3 カラーモデルによる識別方法(方法1)

Fig. 3 Classification method by color model (method 1)

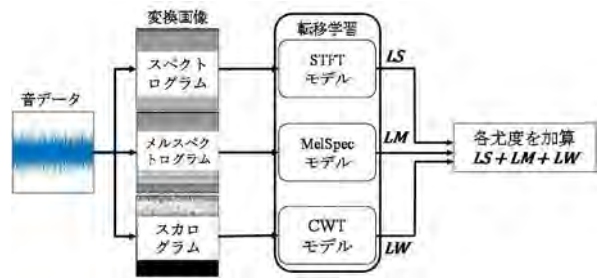


図4 3種のモデルによる識別方法(方法2)

Fig. 4 Classification method by three models (method 2)

$c$ を識別結果とする方法である。一方、図4に示す方法2は式(2)に示す通り、3種のモデルの出力である尤度を加算し、最大値となるクラス $c$ を識別結果とする方法である。

$$c = \arg \max_i (LC_i) \quad (1)$$

$$c = \arg \max_i (LS_i + LM_i + LW_i) \quad (2)$$

### 3.4 識別結果

評価用として準備した合計140個の音源データを用いて提案手法による識別精度を調べた。(A)STFTモデル、(B)MelSpecモデル、(C)CWTモデルによる識別結果の例を図5に示す。それぞれの精度は(A)72.9%、(B)82.9%、(C)78.6%であった。誤識別の発生箇所の違いから各画像の特徴の相違の影響があることも確認した。

方法1のカラー画像を用いた識別結果を図6、方法2の尤度加算による結果を図7に示す。識別精度はそれぞれ81.4%、90.7%であった。方法1による識別では3つの各画像による識別結果の最大値は得られないが、方法2では最大となる識別精度が得られることを確認した。なお、学習モデルは学習用データをランダムに選択して作成しているため毎回異なるモデルとなる。このため、モデル作成を3回行い識別性能の安定性を確認した。その結果を図8に示す。

### 3.5 考察

提案した2つの手法のうち、方法2では学習モデルを3種作成することから約3倍の学習時間を要するが、安定した識別性能の向上が確保できた。文字認識の分野で複数の識別器からの結果を統合して識別精度を向上させる手法の有効性が示された例がある<sup>22)</sup>が、今回の方法2による識別結果の向上はそれと同様のアンサンブル学習による効果があったものと考えられる。

学習に用いた変換画像が異なる各学習モデルにはそれぞれの特徴がある。したがって、本論文とは別の音源を対象とした識別では異なった結果となると予想されるが、多種多様な識別対象音源に対して複数の学習モデルを用いる提案手法は安定した識別性能を確保できると考える。



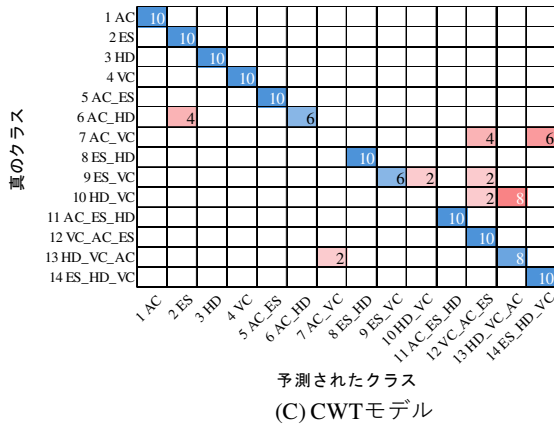
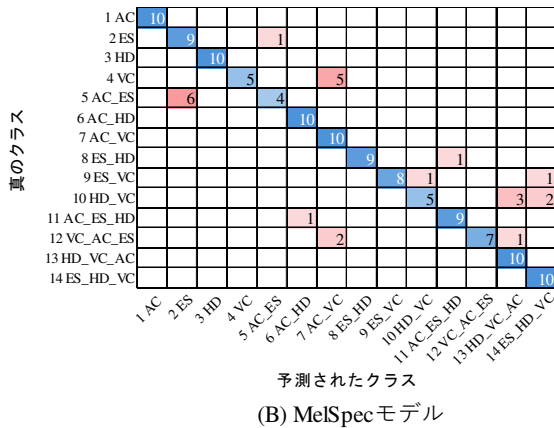
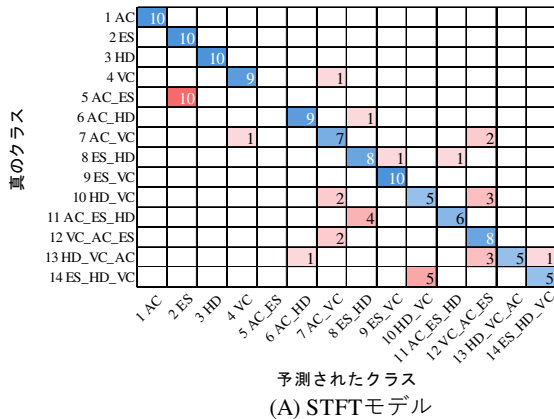


図 5 各モデルによる識別結果

Fig. 5 Classification result by each model

今回の学習モデルの作成に使用した画像数は 420 である。少ない画像数で複合音の識別という観点で良好な精度を得ることができたと考えられる。空間モデルや深層学習による音源分離を用いた方法とは原理的に異なり、複合音の中に含まれている音源を調べるという点では非常に負荷が小さく、かつ簡便な手法で目的を達することができるといえる。

#### 4. ヒトによる識別

3 種の変換画像を用いた提案手法では、14 クラスの音に対して極めて高い識別精度が得られた。他方、ヒトが同様に複

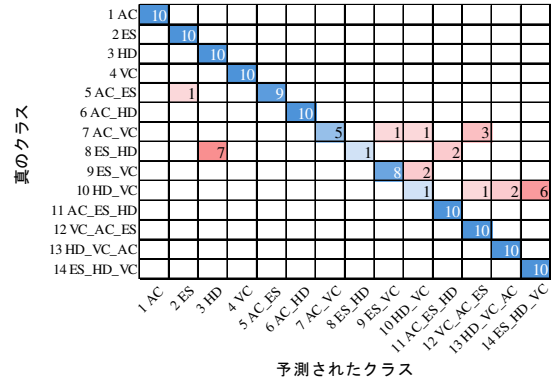


図 6 方法 1 による識別結果

Fig. 6 Classification result by method 1

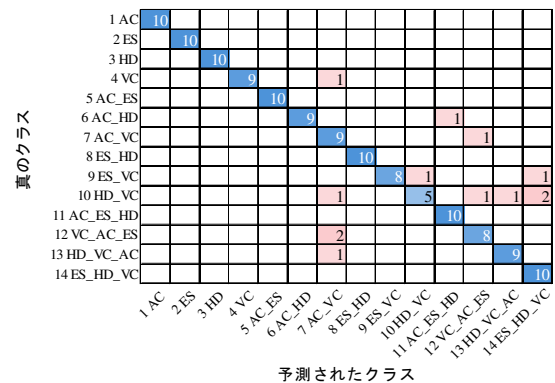


図 7 方法 2 による識別結果

Fig. 7 Classification result by method 2

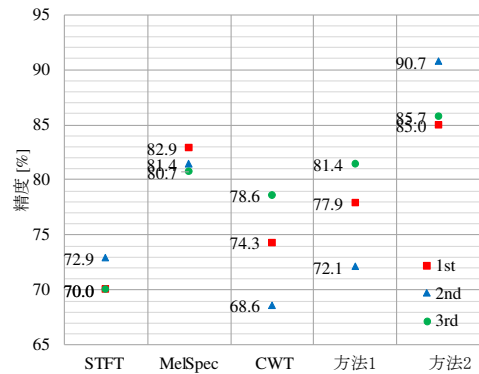


図 8 提案手法による識別結果

Fig. 8 Classification results by proposed methods

合音を識別できるか否かを確認するため、ヒトの聴こえによる主観的な識別実験を行った。ここで、ヒトによる識別結果を識別率とよぶこととし、変換画像による識別精度と区別する。

音に対するヒトの主観実験として、雑音除去に対する評価や、人工的に生成された音の識別実験、複合音の中で最も大きく聞こえた音を調べた事例があるが<sup>23)-26)</sup>、複合音に対して何の音が含まれているか、という観点での実験はなされていない。なお、本実験は学内の「ヒトを対象とした研究に関わ

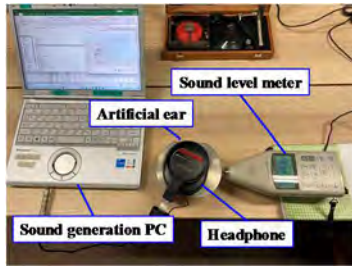


図 9 主観評価における実験構成

Fig. 9 Experimental configuration for subjective evaluation

No.	音声ファイル	選択肢			
1	1.wav	<input type="checkbox"/> 空調機器	<input type="checkbox"/> 髭剃り	<input type="checkbox"/> ドライヤー	<input type="checkbox"/> 掃除機
2	2.wav	<input type="checkbox"/> 空調機器	<input type="checkbox"/> 髭剃り	<input type="checkbox"/> ドライヤー	<input type="checkbox"/> 掃除機
3	3.wav	<input type="checkbox"/> 空調機器	<input type="checkbox"/> 髭剃り	<input type="checkbox"/> ドライヤー	<input type="checkbox"/> 掃除機
・	・.wav	<input type="checkbox"/> 空調機器	<input type="checkbox"/> 髭剃り	<input type="checkbox"/> ドライヤー	<input type="checkbox"/> 掃除機
・	・.wav	<input type="checkbox"/> 空調機器	<input type="checkbox"/> 髭剃り	<input type="checkbox"/> ドライヤー	<input type="checkbox"/> 掃除機
41	41.wav	<input type="checkbox"/> 空調機器	<input type="checkbox"/> 髭剃り	<input type="checkbox"/> ドライヤー	<input type="checkbox"/> 掃除機
42	42.wav	<input type="checkbox"/> 空調機器	<input type="checkbox"/> 髭剃り	<input type="checkbox"/> ドライヤー	<input type="checkbox"/> 掃除機

図 10 主観による識別実験で用いた回答シート

Fig. 10 Answer sheet in subjective classification experiment

る倫理審査規定」に基づき、実験協力者から合意を得て行った。

#### 4.1 実験方法

主観に基づく識別では音圧の影響が考えられるため、音圧レベルを変えた識別実験を行った。その際、実験協力者の聴こえの影響が考えられるため、事前に協力者の聴こえの測定を、オージオメータ (RION: AA-58) を用いて行った。実験構成を図 9 に示す。主観による識別実験として、音源データを PC 経由でヘッドホン (SONY: MDRCD900ST) から再生した。周囲の雑音の影響を避けるために、実験時の騒音レベルが 50 dB 以下の会議室で実施した。呈示音圧レベル ( $L_{Aeq,10s}$ ) は 4 パターンとし、その設定のための音圧校正は人工耳 (B&K: 4153) と騒音計 (小野測器: LA-5111) を用いて行った。なお、識別対象の元とした音源データは 3 章の識別実験で用いた 1m のデータと同一である。

実験協力者は 20 代前半の大学生 14 名 (男性)、60 代の男性 1 名である。協力者ごとに音源 14 クラスを 3 回ずつランダムに呈示し (各パターンで 42 回)、その音に何の音が含まれているかのチェックを依頼した。実験で使用した入力シートを図 10 に示す。含まれている音がすべて一致した場合を正答として識別率を求めた。ここで、実験協力者には事前に空調機器、髭剃り、ドライヤー、掃除機の音のうち 1 つから 3 つまで含まれているという情報は提示した。なお、初回 (1 回目) と 14、28 回目の呈示前には、上記 4 種の単一音を呈示して音の確認を依頼した。実験に要する時間を考慮し、4 パターンの識別実験を 2 日に分けて行った (55、65 dB を 1 日目、50、60 dB を 2 日目)。

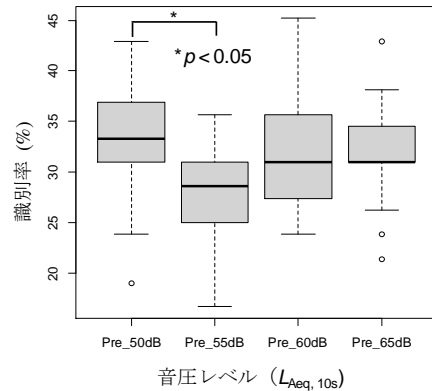


図 11 呈示音圧レベルとヒトによる識別率

Fig. 11 Exposed sound pressure level and classification rate by human

表 3 多重比較の結果

Table 3 Result of multiple comparisons

音圧レベル	p 値
50 dB - 55 dB	0.0293
55 dB - 65 dB	0.0573
55 dB - 60 dB	0.0715
50 dB - 65 dB	0.5704
50 dB - 60 dB	0.6455
60 dB - 65 dB	0.9075

#### 4.2 音圧レベルと識別率

50、55、60、65 dB の 4 パターンの音圧レベルで識別率を調べた結果を図 11 に示す。本図の横軸は各音圧レベル、縦軸は識別率であり、15 人の実験協力者の音圧レベル別の 14 クラスの音に対する識別率の最大・最小値、中央値及び四分位数を表している。多重比較の結果を表 3 に示す。多重比較の結果、50 dB と 55 dB の間に有意な差 ( $p$  値=0.0293 < 0.05) が見られたが、他の音圧間では 5% の有意水準で有意な差はみられなかった。

最も高い識別率が得られた音圧レベル 50 dB における識別の混同行列を図 12 に示す。平均識別率は 32.9% であった。画像変換による学習モデルを用いた識別精度に比べて、主観による識別率は大きく低下していること、音源ごとに識別率が大きく異なることが確認された。

#### 4.3 聴力レベルと識別率

実験協力者ごとにオージオメータを用いて測定した 500 Hz、1000 Hz に対する聴力レベルと識別率 (図中の Score) を示した結果を図 13 に示す。縦軸の第 1 軸は識別率、第 2 軸は聴力レベル (左耳)、すなわちオージオメータの出力を協力者が検知した音圧レベルである。低いレベルほど協力者の聴力レベルが高いことを意味する。Score は各協力者 (1 から 15 まで



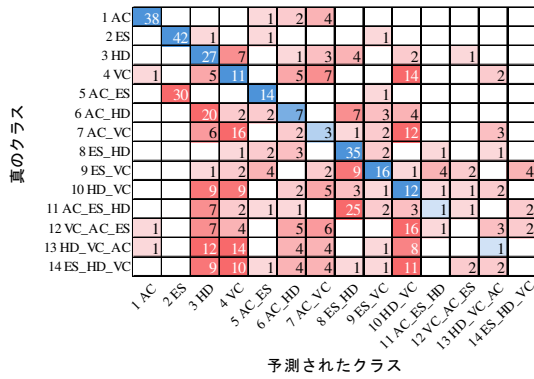


図 12 主観による識別の混同行列

Fig. 12 Confusion matrix of subjective classification

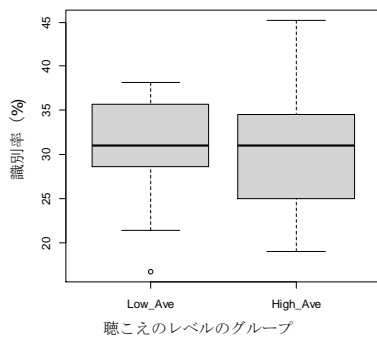


図 14 聴力レベルのグループと識別率

Fig. 14 Hearing level group and classification rate

の番号を付与)の識別率であり、(HL) 500Hz, (HL) 1000Hzはその協力者の2つの周波数による聴力レベルを示している。500 Hzの時の聴力レベルと識別率の相関係数は0.029, 同様に1000 Hzの場合は-0.221であり、個人の聴力レベルと識別率には有意な相関は確認されなかった。

さらに、500 Hz, 1000 Hzに加えて、2000 Hz, 4000 Hzに対する聴力レベルをもとに、レベルが低いグループ(7人)と高いグループ(8人)に分けて識別率の分布を整理した。結果を図14に示す。t検定の結果( $p$ 値 = 0.8459 > 0.05), 今回の音

源と呈示音圧レベルの条件下では、ヒトの聴力レベルと識別率には統計的に有意な差は確認されなかった。

#### 4.4 考察

今回の4パターンの音圧に対するヒトの主観による図11の識別実験結果から、呈示音圧と識別率には有意な関係は確認できなかった。ここで、55 dBにおける低い識別率は実験協力者にとって初回の実験であり、実験に不慣れなことが影響しているためと考えられる。また、図12の混同行列から、単一の音源に関しては比較的高い識別率が確保されるのに対して、傾向として空調機器が含まれる複合音、2音源の複合時よりも3音源の場合の識別率が低下していることも確認できた。これはヒトの複合音の識別に対する直感的な難しさと一致していると思われる。

今回識別対象とした複合音に対して、ヒトの主観による識別性能は画像を用いた学習モデルによる識別性能には及ばない結果となった。ヒトの主観による識別能力と人工知能による性能を比較、結論づけることは今回の実験のみからは困難ではあるものの、ヒトによる識別が難しい領域での本手法の適用、今後の応用の可能性を示すことができたと考えられる。同時に、ヒトの聴こえによる本実験と類似した識別評価の事例はなく、限定された条件下での一試行実験結果としての意義はあると考えている。

#### 5. まとめ

本稿では複合音、特に複数の類似した音源が同時に鳴動している場合を含めた音の識別問題を画像の識別問題に変換して検討した。識別精度の向上のために、従来使用されているスペクトログラム画像に加えて、メルスペクトログラム、スカログラム画像を用いて3種の輝度情報をRGBチャンネルに入力してカラー画像として学習モデルを作成する方法、3種の画像からそれに対応する3種の学習モデルを作成し、その出力である尤度情報から識別結果を求める方法を提案、検証した。その結果、後者の手法によって14クラスの音源に対して最大で90.7%の識別精度が得られることを確認した。

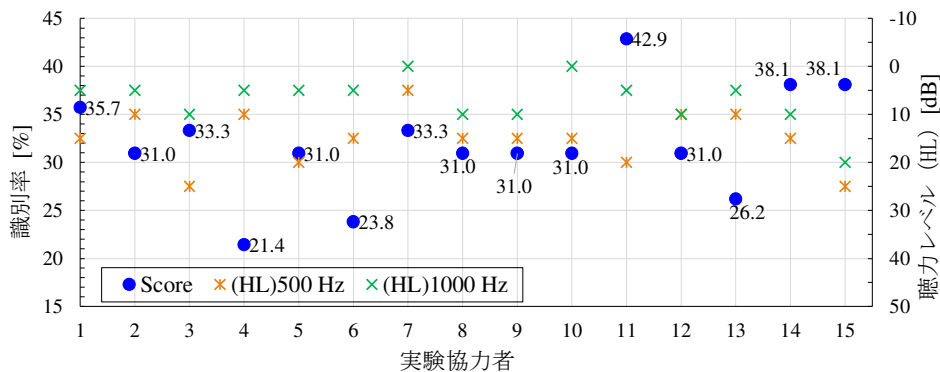


図 13 聴力レベルと識別率

Fig. 13 Hearing level and classification rate

さらに、ヒトの聴こえによる複合音に対する識別実験を行った。15名の実験協力者に4パターンの呈示音圧を与えて識別率を求めた。提案手法の識別精度の評価に用いた1m距離での音源データを用いた識別率は30%程度であり、画像による学習モデルを用いた識別結果に比べて低い値であった。ヒトによる識別が難しい領域での本提案手法の適用の可能性を示すことができたと考えられる。

本論文では複合音としての組み合わせ数が膨大となることを避けるために、各音源がマイクから等距離にあるという条件設定でデータを取得して識別のための学習モデルを作成した。また、識別対象の音も同一条件で取得したデータを用いて手法の評価を行った。実際の利用環境では、音源の位置の自由度は高く、同時にデータ取得環境の音響特性などの影響、マイクの特性の相違の影響もある。多様な環境と条件下での評価が今後の課題であると考えられる。

### 謝辞

本研究はJSPS科研費23K11074の助成を受けたものである。

### 参考文献

- 1) 松井孝典: "研究事例: 深層学習技術による環境音識別", 日本音響学会誌, Vol. 74, No. 7, pp. 407-408 (2018).
- 2) U. S. Liberata, S. K. Khare, V. Bajaj, and G. R. Sinha: "Hybrid Computerized Method for Environmental Sound Classification", IEEE Access 8, 124055-124065 (2020).
- 3) T. Kadokura, K. Watanabe, Y. Yanagiya, Y. Sudo, H. Tanaka: "Initial Investigation of a Notification System for Indoor Alarm Sounds Using a Neural Network", Human-Computer Interaction International, LNCS 11570, pp.219-231 (2019).
- 4) B. S. Anami, V. Kumar Swamy: "A Novel Convolutional Neural Network Model for Musical Instruments' Classification: A Deep Signal Processing Approach", 2021 International Conference on Intelligent Technologies (CONIT), pp.1-5 (2021).
- 5) A. Guzhov, F. Raue, J. Hees, A. Dengel: "ESResNet: Environmental Sound Classification Based on Visual Domain Models", 25<sup>th</sup> Int. Conf. on Pattern Recognition (ICPR), pp. 4933-4940 (2020).
- 6) J. Salamon, J. P. Bello: "Deep Convolutional Neural Networks and Data Augmentation for Environmental Sound Classification", IEEE Signal Processing Letters, Vol. 24, No. 3, pp. 279-283 (2017).
- 7) K. W. Gunawan, A. A. Hidayat, T. W. Cenggoro, B. Pardamean: "A Transfer Learning Strategy for Owl Sound Classification by Using Image Classification Model with Audio Spectrogram", Int. J. on Electrical Engineering and Informatics, Vol. 13, No. 3, pp.546-553 (2021).
- 8) 戸上 真人: "音源分離技術の基礎と動向", 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ Fundamentals Review, Vol.16, No.4, pp.257-271 (2022).
- 9) 亀岡 弘和: "深層学習に基づく音源分離", 日本音響学会誌, Vol.75, No. 9, pp. 525-531(2019).
- 10) X. Lu, L. Xie, F. Wang, T. Gu, C. Wang, W. Wang, S. Lu: "Separating Voices from Multiple Sound Sources Using 2D Microphone Array", IEEE INFOCOM 2022 - IEEE Conf. on Computer Communications, pp. 989-998 (2022).
- 11) R. Hennequin, A. Khlif, F. Voituret, M. Moussallam: "Spleeter: a Fast and Efficient Music Source Separation Tool with Pre-trained Models", Journal of Open Source Software, Vol. 5, No. 50, pp.1-4 (2020).
- 12) Y. Luo, J. Yu: "Music Source Separation with Band-split RNN", Proc. of the Fifth Int. Conf. on Computing Methodologies and Communication, pp.1-10 (2022).
- 13) D. Wang, J. Chen: "Supervised Speech Separation Based on Deep Learning: An Overview", IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, Vol. 26, No. 10, pp. 1702-1726 (2018).
- 14) 佐野 将太, 川喜田 佑介, 宮崎 剛, 田中 博: "スペクトログラム画像を用いた転移学習の適用による室内音識別", 画像電子学会誌, Vol. 52, No. 2, pp.357-363 (2023).
- 15) A. Bansal, N. K. Garg: "Environmental Sound Classification: A Descriptive Review of the Literature", Intelligent Systems with Applications, Vol.16, Nov., 200115, pp. 1-10 (2022).
- 16) F. Demir, D. A. Abdullah, A. Sengur: "A New Deep CNN Model for Environmental Sound Classification", IEEE Access, Vol. 8, April, pp. 66529-66537 (2020).
- 17) Z. Mushtaq, S. F. Su, Q. V. Tran: "Spectral Images Based Environmental Sound Classification Using CNN with Meaningful Data Augmentation", Applied Acoustics, Vol. 172, 107581 (2021).
- 18) J. Wang, S. Li, Y. Sung: "Deformer: Denoising Transformer for Improved Audio Music Genre Classification", Appl. Sci., Vol.13, No.23, 12673 (2023).
- 19) J. Mehta, D. Gandhi, G. Thakur, P. Kanani: "Music Genre Classification using Transfer Learning on log-based MEL Spectrogram", Proc. of the Fifth Int. Conf. on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), pp.1101-1107 (2021).
- 20) 南 弘毅, 陸 慧敏, 金 亨燮, 平野 靖, 間普 真吾, 木戸 尚治: "時間-周波数解析と畳み込みニューラルネットワークを用いた呼吸音の自動分類", Medical Imaging Technology, Vol. 38, No. 1, pp. 40-47 (2020).
- 21) J. Lu, R. Ma, G. Liu, Z. Qin: "Deep Convolutional Neural Network with Transfer Learning for Environmental Sound Classification", 2021 Int. Conf. on Computer, Control and Robotics (ICCCR), pp.242-245 (2021).
- 22) V. E. Merijn, L. Vuurpijl, L. Schomaker: "An Overview and Comparison of Voting Methods for Pattern Recognition", Proc. of eighth int. workshop on frontiers in handwriting recognition, IEEE, pp.195-200 (2002).
- 23) 長谷川 知美, 杉本 岳大, 大久保 洋幸, 小森 智康: "家庭用音響機器へ実装可能な 22.2 マルチチャンネル音響対応 MPEG-4 AAC のデコーダの開発", 映像情報メディア学会誌, Vol. 75, No. 6, pp. 838-843 (2021).
- 24) A. Nogales, J. Caracuel-Cayuela, Á. J. García-Tejedor: "Analyzing the Influence of Diverse Background Noises on Voice Transmission: A Deep

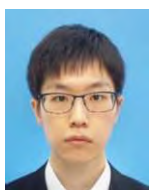
Learning Approach to Noise Suppression", Appl. Sci., Vol. 14, No. 2, 15 pages (2024).

25) Y. Okamoto, K. Imoto, T. Komatsu, S. Takamichi, T. Yagyu, R. Yamanishi, Y. Yamashita: "Overview of Tasks and Investigation of Subjective Evaluation Methods in Environmental Sound Synthesis and Conversion", arXiv preprint, arXiv:1908.10055 (2019).

26) 西尾 翼, 高島 智哉, 松井 利仁, 平松 幸三: "音環境の計測における主観的音源識別の不確かさ", 騒音制御, Vol.36, No.2, pp.179-186 (2012).

(2024年5月30日 受付)

(2024年11月7日 再受付)



### 藍原 直大

2024年 神奈川工科大学情報工学科卒業。  
在学中 転移学習と深層学習を利用した音源  
識別, 特に室内音識別に関する研究に従事。現  
在 東芝情報システム株式会社勤務。



### 宮崎 剛 (正会員)

1995年 名古屋工業大学工学部知能情報シ  
ステム学科卒業。同年 日本電気(株)入社。2000  
年 椛山女学園大学文化情報学部助手。2002年  
神奈川工科大学工学部情報工学科助手。2016  
年より神奈川工科大学情報学部情報工学科教  
授。現在に至る。主に画像情報処理, コンピ  
ュータビジョンに関わる研究に従事。博士(工  
学)。画像電子学会, 情報処理学会, 電子情報  
通信学会各会員。



### 田中 博

1983年 北海道大学工学部精密工学科卒業。  
1985年 同大学大学院工学研究科修士課程修  
了。1994年 同大学院博士(工学)取得。1985年  
日本電信電話(株)入社。1994~1997年 宇宙開  
発事業団(現宇宙航空研究開発機構)出向。  
2006年 神奈川工科大学情報工学科教授, 現  
在に至る。IoTとAIの協調技術・システムと  
その検証に関する研究に従事。電子情報通信  
学会, 情報処理学会, 日本音響学会 各会員,  
AIAA Senior Member, 第36回電波技術協会賞  
受賞(2022)。



### 上田 麻理

2010年3月 九州大学人間環境学府博士後期  
課程修了。博士(工学)。同年日本学術振興会研  
究員(PD)により産業技術総合研究所研究員。  
2013年4月より国交省外郭組織である航空環  
境研究センター研究員。ベルギーアントワープ  
研究員を経て2018年より神川工科大学情報学部  
准教授, 現在に至る。日本音響学会, 日本騒音制  
御工学会, 情報処理学会, 電気学会会員。2021  
年6月より RION 株式会社社外取締役。

## キメラ構造と外郭構造を用いた QR コードのバースト誤り耐性の向上

寺浦 信之<sup>†</sup> (正会員) 越前 功<sup>††</sup> 岩村 恵市<sup>†††</sup><sup>†</sup>テララコード研究所, <sup>††</sup>国立情報学研究所, <sup>†††</sup>東京理科大学

## Improving Burst Error Resilience of QR Code Using Chimera Structure and Shell Structure

Nobuyuki TERAURA<sup>†</sup>(Member), Isao ECHIZEN<sup>††</sup>, Keiichi IWAMURA<sup>†††</sup><sup>†</sup>Terrara Code Research Institute, <sup>††</sup>National Institute of Informatics, <sup>†††</sup>Tokyo University of Science

〈あらまし〉QR コードは誤り訂正機能を具備するために RS 符号を用いており, その訂正限界まで訂正性能を実現している. その最大訂正率は全データコード語の約 30% である. しかし, 訂正率約 30% はデータコード語の訂正に止まっており, データの読取りに不可欠なファインダーパターンや形式情報の誤りに十分には対応できておらず, 広範囲のバースト誤りには対応できていないと言える. そこで, 既存の読取り装置の読取りとの互換性を維持しながら, ファインダーパターンや形式情報を分散して追加して配置する. さらに, データコード語部分については 2 重化を行う. ファインダーパターンと形式情報の追加配置には外郭構造を用いる. データコード語の 2 重化にはキメラ構造を用いる. これにより 2 次元シンボル全体について最大約 60% のバースト誤りに対応可能になる.

キーワード: QR コード, キメラ構造, 外郭構造, バースト誤り, RS 符号, 2 重化, 互換性

<Summary> QR Code uses RS code to provide an error correction function and achieves correction performance up to its correction limit. Its maximum correction rate is about 30% of all data code words. However, the correction rate of about 30% is limited to correcting data code words and does not address errors in finder patterns and format information that are essential for reading data. It cannot handle a wide range of burst errors. Therefore, finder patterns and format information are added and arranged in a dispersed manner while maintaining compatibility with reading by existing reading devices. Furthermore, the data code word portion is duplicated. A shell structure is used for the additional arrangement of finder patterns and format information. A chimera structure is used for duplication of data code words. This makes it possible to handle burst errors of up to about 60% for 2d symbol area.

**Keywords:** QR Code, chimera structure, shell structure, burst errors, RS code, duplication, compatibility

## 1. はじめに

## 1. 1 誤り訂正能力の向上

現在広く用いられている QR コード<sup>1)</sup>は, RS 符号<sup>2)</sup>を用いた誤り訂正機能を具備している. RS 符号はブロック符号であり, バースト誤りに対しては比較的高い訂正能力を有している. その最大訂正能力はデータコード語 (以下, コード語) 全体の 1/3 の誤りコード語を訂正可能である. しかし, データを保持しているコード語以外の各機能を担っている領域も汚損などにみまわれる. これらの機能が失われるとコード語に誤りがなくとも, 復号が不可能となり, データを読み出せない. 2 次元シンボルの領域の 1/3 が汚損されると, 最大訂正能力の範囲内の場合でも, 多くの場合復号が不可能である. また, QR コードは元々工場において用いられる生産管理シ

ステム用の情報媒体を目的として開発されている<sup>3)</sup>. このように, QR コードは一般の生活環境だけでなく, 読取り環境が不良な用途でも用いられている. コード語領域においても, 1/3 を超えるバースト誤りの訂正能力があれば, その適用環境は広がる.

そこで, 2 次元シンボルの広い範囲が汚損されても復号可能とするバースト耐性の向上手法について検討した.

## 1. 2 既存の研究

誤り訂正能力を向上し, 誤り耐性を向上させるためには, そのままの構成では冗長性を上げることはできないので, 新たに未利用の領域を活用するか, 新しい領域を付加することが必要である. そこで, 埋め草領域にコード語を追加して埋め込む方法が提案されている<sup>4)5)</sup>. この方式では, RS 符号の訂正方式の範囲内での訂正能力の拡大であり, ブロック訂

表1 主なマトリックス型2次元シンボル

Table 1 Major matrix type 2D symbols

シンボル名	QRコード	データマトリックス	AZTECコード
シンボル画像			
開発年	1994	1987	1995

正の訂正能力の拡大に留まる。新たな領域を付加する方式として、本論文でも用いている領域分割を用いる手法<sup>6)</sup>が提案されており、その手法を用いた場合の誤り訂正能力の検討が行われている<sup>7)</sup>。

また、通常のRS符号の誤り訂正ではなく、コード語にパリティを付し、誤りのあるコード語をあらかじめ特定して訂正処理を行う消失訂正を行う提案もなされている<sup>8)</sup>。

なお、ブロック訂正ではないが、8色を用いたカラー符号化により、セルを3ビットで符号化して、多数決処理を行うランダム誤り訂正も提案されている<sup>9)</sup>。この提案は円形カラー2次元シンボルを対象としているものの、カラーQRシンボル<sup>10)</sup>についても適用可能である。

## 2. QRコードの構造

QRコードのバースト誤り耐性向上の検討に必要な範囲で、QRコードの構造について述べる。

### 2.1 マトリックス構成

現在、実用されている2次元シンボルには、マトリックス型とスタック型がある。マトリックス型の2次元シンボルの例を表1に示す。

マトリックス型は、正方形の符号化単位であるセルを縦横に正方形形状に並べた構造である(図1)。多くは白黒2色でデータは1ビット符号化される。4色(2ビット)や8色(3ビット)を用いて多ビット符号化されるカラー2次元シンボル<sup>10)</sup>も提案されている。一方、スタック型はバーコードを多段に積み重ねた構造であり、データはバーの幅長に符号化される。

### 2.2 論理的サイズ

QRコードのサイズには、物理的サイズと論理的サイズがある。物理的サイズは、実際のシンボルの面積としてのサイズである。データの収容量とは関係しない。物理的サイズの異なるQRコードを表2に示す。

論理的サイズは、表3に示した縦横のセルの数であり、収容データ量と関係する。この論理的サイズをQRコードではバージョンと呼んでいる<sup>1)</sup>。

表2 物理的サイズ

Table 2 Physical size

シンボル名	物理サイズ1	物理サイズ2	物理サイズ3
シンボル画像			
縦横長(mm)	10 X 10	15 X 15	20 X 20
総コード語数	44	44	44

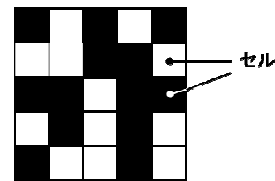


図1 正方形セルのマトリックス構造

Fig. 1 Square cell matrix structure

表3 論理的サイズ

Table 3 Logical size

シンボル名	論理サイズ1	論理サイズ2	論理サイズ3
シンボル画像			
バージョン	V2	V3	V4
セル構成	25 X 25	29 X 29	33 X 33
総コード語数	44	70	100

### 2.3 固定領域

QRコードでは、バージョンに対応して、記録するデータに関係しない機能パターンが定められた位置に設定されている。固定領域のパターンを図2に示し、以下に説明する。

#### ① 位置検出パターン(ファインダーパターン, FP)

位置検出パターン<sup>1)</sup>は、一般的にファインダーパターンと呼ばれており、QRコードの存在を識別するために用いられる。また、セルのサイズ及び2次元シンボルの論理的サイズの特定に用いられる。

#### ② タイミングパターン(TP)

タイミングパターンは、白黒のセルが交互配置されており、シンボル画像の補正やセルの位置合わせに用いられる。

#### ③ アライメントパターン(AP)



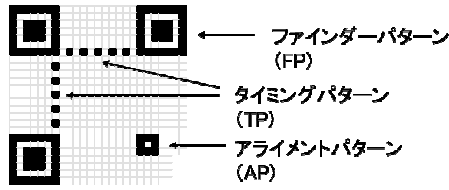


図2 固定領域

Fig. 2 Fixed area

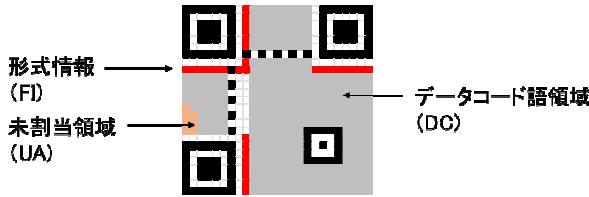


図3 変動領域

Fig. 3 Variable area

アライメントパターンは位置合わせパターンであり、タイミングパターン同様に、シンボル画像の補正やセルの位置合わせに用いられる。バージョンが大きくなると複数配置される。

## 2. 4 変動領域

変動領域には、図3に示すように、記録するデータを保持するコード語領域と誤り訂正レベルなどを記録する形式情報がある。データコード領域は、8ビットのRS符号のデータ部コード語と訂正部コード語が記録される。形式情報は、15ビットBCH符号のデータであり、2式記録される。

## 2. 5 誤り訂正

QRコードなどのマトリックス型2次元シンボルでは、データは白と黒のセル色（明暗）で符号化されている。様々な要因でセルの明暗の識別を誤る。誤識別の要因には、

- ① 2次元シンボルそのもの
- ② 読取り環境
- ③ 読取り方法

がある。

2次元シンボルそのものを要因とする誤りには、汚損や破損に加えて、印刷や表示の色のコントラスト不足がある。2次元シンボルの印刷や表示に白と黒ではなく、白と緑など暗色を黒ではなく明度の低い色を用いる場合である。

読取り環境を要因とする誤りには、照明がある。2次元シンボルに当たる光の照度が足りない場合や物の影などで照度にむらがある場合である。

読取り方法を要因とする誤りには、手振れや焦点が合っていないなどの2次元シンボルの画像の精度が不適切な場合と2次元シンボルと読取り装置との距離が大きく、その結果が2次元シンボルの画像が小さくなり、セル色を識別するために必要な画素数が不足する場合などがある。

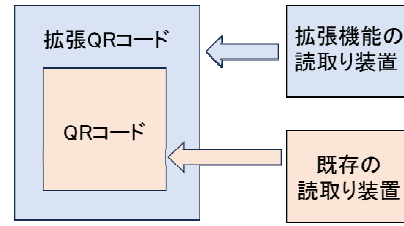


図4 互換性

Fig. 4 Compatibility

これらのセルの明暗の識別誤りに対応するために誤り訂正の機能が具備されている。誤り訂正の符号としてRS符号が用いられている。QRコードでは、使用される環境に適合するために、L、M、Q、Hの4個の誤り訂正レベルが設定されている。RS符号はブロック誤り訂正符号であり、訂正可能なコード語数Sは、誤り訂正データコード語数tについて、

$$S = t/2 \quad (1)$$

である。そこで、最大訂正能力はデータ部コード語の2倍の誤り訂正コード語を有する場合であり、訂正コード語を含む全体のコード語数の1/3が訂正可能である。Hレベルはこの場合に当たる。

## 3. 対応の考え方

### 3. 1 互換性の維持

この論文で提案するのは、QRコードのバースト耐性向上である。既存のQRコードの読取り装置やスマホの読取りソフトで、QRコードとして読める必要があり、互換性を維持する必要がある。従来の読取り装置で読取る場合には、従来のQRコードの性能となる。この関係を図4に示す。

### 3. 2 FPの追加

FPは2次元シンボルの存在を識別するパターンであり、データの復号に不可欠なパターンである。そこで、FPが汚損などで識別できなくなると、データの復元が不可能となる。QRコードでは、3つのFPモジュールが3隅に配置されている。そこで、FPモジュールが配置されていない隅部に新たなFPを配置する。FPは実質2個認識できればその役割を果たすことができるので、FPの追加によって、上部や左側部を汚損などで広範囲に失われた場合にもデータ読取りが可能となる。

### 3. 3 FIの追加

FIは誤り訂正レベルとパターンマスク番号（後述）を記憶しており、FIのデータを1ビットでも誤ればデータの復号は不可能である。そこで、2セットのデータパターンが分散して配置されている。本論文では広範囲な汚損等を想定しているので、FIは2つとも復号不可能になる場合がある。そこで、QRコードでFIが配置されていない右下部に追加配置する。このような配置によって、広範囲の汚損があった場合でもFIが復号可能となる。



図5 外郭構造付き QR コード  
Fig. 5 QR Code with shell structure

### 3. 4 データコード語の 2 重化

QR コードで設定されている最大能力の訂正率は H レベルの約 30%である。この値は、RS 符号の限界である。そこで、これ以上の訂正率を実現するためには、別方式を導入する必要がある。この場合二つの対応方式がある。一つは他の誤り訂正符号を併用する接続符号方式<sup>11)</sup>である。他方はデータの 2 重化である。この方式では、RS 符号の訂正語を含むコード語を、従来分を併せて 2 セットを具備する。本論文ではこの 2 重化方式を検討した。この方式では、前記のように QR コードの最大訂正能力は約 30%であり、RS 符号の 2 重化により、その 2 倍の最大約 60%の訂正能力を期待できる。

### 3. 5 対応バージョン

QR コードでは、バージョン 7 以上の比較的大きなシンボルについては、シンボルサイズを記録したデータが型番情報として、FI と同様に記録されている。

大きなバースト誤りが発生する可能性のある環境で使用される QR コードでは、大容量のデータ受渡しは多くないと考えられる。そこで、バージョン 7 以上を対象とせず、型番情報を考慮しない。また、対応する場合には FI と同様に外郭構造に配置すればよい。

## 4. 外郭構造による FP と FI の多重化

### 4. 1 外郭構造

QR コードでは、2 次元シンボルの内部は正方形のセルで充填されており、新たな FP を内部に追加することは不可能である。そこで、2 次元シンボルの外部に設定する。そこで、互換性を維持し、シンボル形状を正方形に維持するために、図 5 に示す外郭構造を用いる。

### 4. 2 FP と FI の検討

図 5 に示した外郭構造を用いて FP と FI を追加する。FP は第 1 表で示したデータマトリックス<sup>12)</sup>の FP を変形して用いる。QR コードで用いられている FP モジュールを追加することは、既存の読取り装置やスマホソフトの読取り障害となる。また、設置するとすれば、分散の観点から 3 つのモ FP ジュールが配置されていない右下部に配置することになる。そこで、QR コードの FP モジュールが配置されていない右下部にアングル形 FP を配置し、左上部のアングルは白黒セルを交互に

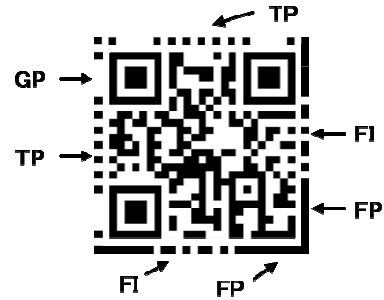


図 6 外郭構造の機能配置  
Fig. 6 Functional layout of the shell structure

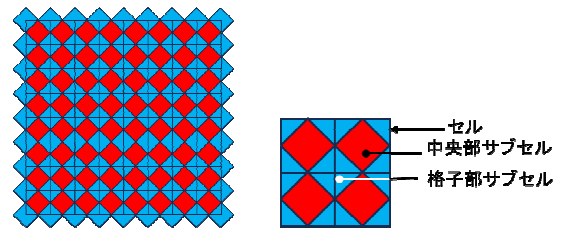


図 7 キメラ構造と 2 次元シンボルモジュールとの対応

Fig. 7 Correspondence between Chimera structure and 2D symbol module

配置して、データマトリックス同様タイミングパターン (TP) とする。また、アングル形 FP の一部に符号化された FI を下部と右側部に計 2 式配置する。

そして、既存の読取り装置の FP 識別に影響を与えないために、既存の FP モジュールの側部及び上部の近傍のタイミングパターンでは、黒セルを配置せず、ガードパターン (GP) とする。追加した FP と FI を図 6 に示す。

## 5. キメラ構造によるデータ 2 重化

本章では、キメラ構造とそれを用いたコード語の 2 重化について述べる。

### 5. 1 キメラ構造

キメラ構造とは、2 つの異なる要素が絡み合って配置される嵌合体構造を意味している。キメラ構造の 2 次元シンボルの構成を図 7 左図に示す。この図において、赤の部分と青の部分が縦横に嵌合して配置されている。

キメラ構造を 2 次元シンボルに適用するために、さらに詳細な拡大図を図 7 右図に示す。ここで、赤部のモジュールは正方形の中央部に配置されており、青部は正方形の中で赤部のモジュール以外の部分が集められて構成されていると考えられる。そして、2 次元シンボルの符号化モジュールとするために、正方形部を QR コードのセル、赤部は QR コードと互換性のある中央部サブセル、青部は追加データを記憶する格子部サブセルとする。



図 8 キメラ構造の 2 次元シンボル

Fig. 8 2D symbol of chimera structure

36	30	24	18	12	6
35	29	23	17	11	5
34	28	22	16	10	4
33	27	21	15	9	3
32	26	20	14	8	2
31	25	19	13	7	1

中央部コード語

1	7	13	19	25	31
2	8	14	20	26	32
3	9	15	21	27	33
4	10	16	22	28	34
5	11	17	23	29	35
6	12	18	24	30	36

格子部コード語

図 9 コード語配置

Fig. 9 Codeword placement

ただし、キメラ構造は変動領域にのみ適用する。QR コードのセル構成を前提としている既存の読取り装置の画像処理に影響を与えないように、互換性維持の観点から固定領域には適用しない。

### 5. 2 キメラ構造の 2 次元シンボル

上記のようにして QR コードの FI を含むコード語領域にキメラ構造を適用した 2 次元シンボルを図 8 に示す。このような構成とする場合には、中央部サブセルで構成される QR コード互換部と格子部サブセルから構成される追加データ部を構成できる。この追加データ部を用いてコード語の 2 重化を行う。

### 5. 3 データの 2 重化

データの 2 重化について説明するために、図 9 左図に示す 36 個のコード語からなるコード語マトリックスを想定する。この図は 8 ビットのコード語の物理的な配置を示しており、右下から順に配置される。この配置は QR コードのコード語配置を模している。そして、もう一つのコード語データセットを図 9 右図のような配置とする。この配置ではコード語が逆順に配置される。

ここで、RS 符号の最大訂正能力を仮定すると、1~12 がデータ部コード語であり、13 から 36 が訂正部コード語となる。

この 2 つのコード語の配置を合体させたキメラ構造のコード語配置を図 10 に示す。このコード語配置の特徴は、同じコード語の組合せが 2 セットあり、その多くのセットが互いに離れており、バースト誤り耐性を有することである。ここで、合体したコード語の単位をキメラ単位と呼ぶ。

例えば、図 11 に示すようなシンボルの半分の面積を汚損される場合においても、全てのコード語が正しく保持される。但し、キメラ単位で誤りが発生すると仮定する。すなわち、

36/1	30/7	24/13	18/19	12/25	6/31
35/2	29/8	23/14	17/20	11/26	5/32
34/3	28/9	22/15	16/21	10/27	4/33
33/4	27/10	21/16	15/22	9/28	3/34
32/5	26/11	20/17	14/23	8/29	2/35
31/6	25/12	19/18	13/24	7/30	1/36

図 10 キメラ単位のコード語配置

Fig. 10 Chimera unit codeword placement

36/1	30/7	24/13	18/19	12/25	6/31
35/2	29/8	23/14	17/20	11/26	5/32
34/3	28/9	22/15	16/21	10/27	4/33
33/4	27/10	21/16	15/22	9/28	3/34
32/5	26/11	20/17	14/23	8/29	2/35
31/6	25/12	19/18	13/24	7/30	1/36

右半分が誤り

36/1	30/7	24/13	18/19	12/25	6/31
35/2	29/8	23/14	17/20	11/26	5/32
34/3	28/9	22/15	16/21	10/27	4/33
33/4	27/10	21/16	15/22	9/28	3/34
32/5	26/11	20/17	14/23	8/29	2/35
31/6	25/12	19/18	13/24	7/30	1/36

下半分が誤り

36/1	30/7	24/13	18/19	12/25	6/31
35/2	29/8	23/14	17/20	11/26	5/32
34/3	28/9	22/15	16/21	10/27	4/33
33/4	27/10	21/16	15/22	9/28	3/34
32/5	26/11	20/17	14/23	8/29	2/35
31/6	25/12	19/18	13/24	7/30	1/36

右下半分が誤り

36/1	30/7	24/13	18/19	12/25	6/31
35/2	29/8	23/14	17/20	11/26	5/32
34/3	28/9	22/15	16/21	10/27	4/33
33/4	27/10	21/16	15/22	9/28	3/34
32/5	26/11	20/17	14/23	8/29	2/35
31/6	25/12	19/18	13/24	7/30	1/36

右上半分が誤り

図 11 半数のキメラ単位に誤りのあるパターン

Fig. 11 Patterns with errors in half of the chimeric units

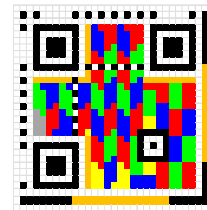


図 12 形式情報、固定パターン及びコード語の配置

Fig. 12 Format information, fixed patterns and codeword placement

QR コード部のコード語に誤りが無い場合には、追加部のコード語にも誤りが無いと仮定する。

そして、半数を超えて 3/2 のコード語に誤りが発生しても、RS 符号の訂正能力で訂正できる可能性がある。

### 5. 4 キメラ単位とコード語配置

図 12 にバージョン 2 の場合の形式情報(FI)、固定パターン及びコード語の配置を示す。コード語は赤緑青黄で示した部分であり、コード語単位で着色した。橙は FI である。白と黒は固定パターンである。

図 13 にキメラ単位のコード語のセル配置の例を示す。ここで、図 13 左図は QR コードの右下角部のキメラ単位のコード語のセル配置を示している。バージョン 2 の場合にはコー

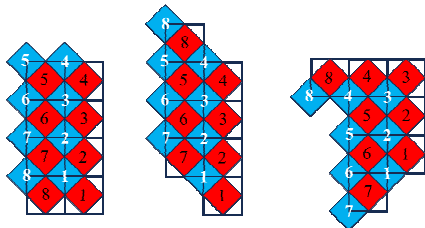


図 13 コード語のビット配置の例

Fig. 13 Example of bit arrangement of codeword

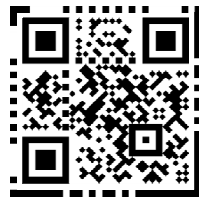


図 14 外郭構造を有するキメラ構造 2次元シンボル

Fig. 14 2D symbol of chimera structure with shell structure

ド語数は 44 であるので、赤部はコード語番号 1、青部はコード語番号 44 の各コードのデータである。

外郭構造を付置したキメラ構造の 2 次元シンボルを図 14 に示す。以後、拡張 QR コードと呼ぶ。

## 5. 5 コード語の選択

### ①キメラ単位で選択

RS 符号を用いた 2 重化では、RS 符号がコード語単位の誤り訂正であることから、誤りのないコード語を選択することが重要である。本論文での 2 重化はキメラ構造のセル配置であるので、キメラ単位でコード語を選択する。そこで、例えばバージョン 2 ではコード語数は 44 であるので、22 個のキメラ単位を選択する。

### ②パターンマスク

QR コードには、パターンマスクが付されている。その目的は、以下の 3 つである。

- (1) コード語領域に FP モジュールと同じパターンが出現しない
- (2) 白と黒の割合がほぼ同じである
- (3) 白または黒が一部領域に偏在しない

### ③パターンマスク処理

あらかじめ用意され、FI で特定される白か黒かのマスクパターンとコード語のパターンと XOR 処理されたパターンが最終パターンである。最終パターンを検査し、上記の条件に当てはまらない場合には、別途のマスクパターンを選択する。そこで、第 1 と第 2 の条件から概ね白と黒は一樣に分布し、キメラ単位には平均的に 8 個ずつ存在する。

### ④選択基準

拡張 QR コードには、同じコード語を含むキメラ単位が

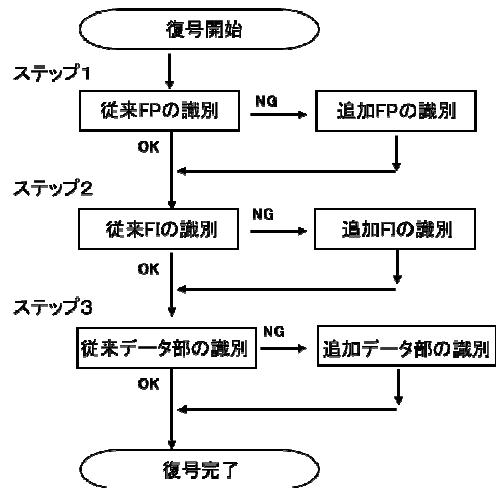


図 15 復号処理の流れ

Fig. 15 Flow of decode process

2 個存在する。そこで、2 個の内どちらを復号処理用のコード語として選択するかが課題となる。

バースト誤りでは、汚損などで白または黒のいずれかで一様に塗布などされて、セル色が同じになると想定される。広範囲にわたるバースト誤りが発生する場合にはその中心部のキメラ単位では 16 個全てのサブセルの全てが白または黒となると考えられる。

よって、対となるキメラ単位で同色であるサブセル数の小さい方のキメラ単位を、より誤りのない可能性が高いとして選択する。

## 6. 復号処理

復号処理の流れ図を図 15 に示す。流れ図にしたがって処理内容を述べる。

### ステップ 1 FP の識別

読取り装置の撮像機能によって、拡張 QR コードを含む画像を撮像する。最初に通常の QR コードの従来の FP モジュール識別処理を行う。2 個以上識別できた場合は、ステップ 2 に移る。従来の FP モジュールを 1 つも識別できない場合は、識別不能として復号処理を終える。従来の FP モジュールを 1 個識別できた場合は、追加したアングル形 FP の識別処理を行う。識別不可の場合は、復号処理を終える。識別できた場合は、右下部のアングル FP の角部の位置を特定する。識別した従来の FP モジュールの位置とアングル FP の相対位置から 3 つの従来の FP モジュールの位置を特定する。

この後の処理は、QR コードの処理と同様である。すなわち、従来の FP からセルの物理サイズを決定し、FP の角セル間の距離とセルサイズからシンボルの縦横のセル数を計算し、元の QR コードのバージョン（論理サイズ）を決定する。そして、各セルのサンプリング位置（セルの中心点）を計算し、サンプリング処理を行い、白または黒の判定を行う。



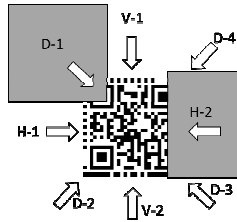


図 16 汚損の発生モデル

Fig. 16 Model of defacement occurrence

ステップ2 FIの復号

FIはBCH符号が用いられているので、誤り訂正処理を行う。2つのFIのいずれかについて、誤りが無い場合や誤り訂正に成功した場合には、FIのデータ復号を完了し、ステップ3に進む。

2つの既存FIの復号が両方行えなかった場合には、外郭構造に追加したFIの復号を行う。外郭構造のセルのサンプリング位置は、QRコードのセルの位置を縦横に外挿して特定する。この追加FIの復号が両方行えなかった場合には、復号不可として復号処理を終える。

ステップ3 コード語の復号

QRコードの復号と同様に、QRコード部のサンプリングデータをRS符号のコード語として構成し、誤り訂正処理を行う。訂正処理に成功すれば、元のデータに復元する。訂正処理に失敗した場合には、追加データ部のサンプリングを行う。そして、カメラ単位で同色の数の比較を行い、数の少ないカメラ単位を選択する。全てのカメラ単位を選択した後、RS符号のコード語の再構成を行う。そして、誤り訂正処理を再度実施する。再度失敗した場合には復号不可として復号処理を終了する。成功した場合には、データの復元を行う。

7. パースト誤り耐性の検証

本論文で提案するパースト誤り耐性向上手法の効果について検証する。効果はQRコードを基準に評価を行う。そこで、QRコードの耐性を検査し、その後拡張QRコードの耐性を検証する。

7.1 QRコードの耐性検査

パースト誤りの原因として1つの拡がりのある汚損を想定する。実際の汚損の形状はさまざまであると考えられる。汚損の等方性を考慮すると、最適な形状は円形である。しかし、円形では、その外縁部において正方形であるセルの一部分を汚損することになるので、その場合の誤りの判定が困難である。そこで、誤り判定の容易な方形の汚損形状を仮定する。

図16に示すように、汚損形状の方形を、上下左右、斜め4方向の都合8方向から順に汚損範囲を拡大させ、有効なFP及びFIの個数、コード語の誤り数を計測し、復号の可能性を検査した。

検査の対象はQRコードのバージョン2、誤り訂正レベル

表3 斜め方向からの汚損

Table 3 Diagonal defacement

汚損列行数	汚損セル数	汚損率 (%)	QRコード				拡張QRコード			
			D-1 左上	D-2 左下	D-3 右下	D-4 右上	D-1 左上	D-2 左下	D-3 右下	D-4 右上
10	100	16	7	6	12	7	0	0	0	0
11	121	19.4	8	9	15	10	0	0	0	0
12	144	23.0	10	12	17	10	0	0	0	0
13	169	27.0	13	15	23	16	0	0	2	0
14	196	31.4	19	18	25	19	0	0	6	0
15	225	36	20	18	29	24	0	0	14	4
16	256	41.0	23	24	31	24	2	4	18	4
17	289	46.2	24	26i	33	26i	4	8	22	8
18	324	51.8	30	29i	33	32i	16	14	22	20
19	361	57.8	30	29i	33	32i	16	14	22	20
20	400	64	31i	31i	35	35i	18	18	26	26

表4 縦横方向からの汚損

Table 4 Vertical and horizontal defacement

汚損列行数	汚損セル数	汚損率 (%)	QRコード				拡張QRコード			
			V-1 上	V-2 下	H-1 左	H-2 右	V-1 上	V-2 下	H-1 左	H-2 右
6	150	24	8	14	6	11	0	0	0	0
7	175	28	8	14	6	14	0	0	0	0
8	200	32	8p	16	8p	14	0	0	0	0
9	225	36	10pi	23	8pi	19	0	2	0	0
10	250	40	19pi	23	14pi	19	0	2	0	0
11	275	44	20pi	23	15pi	25	0	2	0	6
12	300	48	20pi	28	20pi	25	0	12	0	6
13	325	52	25pi	34	21pi	31	6	24	0	18
14	350	56	30pi	36	26pi	31	16	28	8	18
15	375	60	31pi	36	27pi	37	18	28	10	30
16	400	64	31pi	38	32pi	37	18	32	20	30

がHであり、そのFP,FI及びコード語の構成は図12に示した配置と同じである。FPの汚損は、スマホの読取りアプリ<sup>13)</sup>(QRコードの開発元であるデンソーの公式アプリ)を用いた検証に基づき、縦横の7列(行)までの汚損領域の重なりまでは識別可能とした。FIは5ビット誤りまで訂正可能であるので、6セル以上の重なりを復号不可とした。コード語領域については、1セルでも汚損領域と重なった場合には、当該コード語を誤りコード語とカウントした。

QRコードについての検査結果を表3及び表4の左部に示す。ここで、表中の数値は誤りコード語数であり、pはFPが1個となり識別不可となったこと、iはFIが全て復号不可となったことを示す。誤りコード語数が14以下であり、復号可能な場合は白色で、FPまたはFIに起因して復号不可な場合



を緑色で、誤りコード語数が多く復号不可な場合を橙色で示す。この表から、QR コードは汚損領域によって19%から32%の領域の汚損まで耐性を有するとと言える。

## 7.2 拡張 QR コードの耐性検証

拡張 QR コードについての結果を表3及び表4の右部に示す。カメラ単位で汚損を受けると仮定しているため、汚損するコード語数は、QR コードの場合の半数とした。

この表から拡張 QR コードは36%から60%までの領域の汚損まで耐性を有する。また、FP や FI に起因する復号不可の場合は無くなっている。また、FP の7列(行)の汚損まで識別可能であり、バージョン2では28%の領域であるが、バージョン7では15.6%、最大のバージョン40では4.0%であるため、FP 追加の効果も大きい。

これらの結果から、データコード語の2重化から予測されるように、概ね2倍の領域の汚損に堪えることが可能であると結論できる。

## 8. おわりに

QR コードが主としてコード語領域を対象に30%の誤り訂正能力であるのに対して、シンボル全体を対象にバースト誤りの耐性を高める検討を行った。FP や FI の多重化、コード語の2重化を行うことにより、50%以上のバースト誤り、汚損に対応できることを明らかにした。

カメラ単位のコード語対の組合せについて、本論文では単純にコード語番号の逆順で設定したので、コード語の組合せの物理的距離が一樣ではなく最適でない可能性があり、その組合せ設定の最適化の検討が今後の課題である。

## 謝辞

RS 符号の誤り訂正理論について、博士論文研究時に元広島修道大学教授 井上徹先生にご指導いただきました。ここに記して改めて感謝いたします。

## 参考文献

- 1) ISO/IEC 18004: "Information technology -- Automatic identification and data capture techniques -- QR Code bar code symbology specification" (2015).
- 2) 西村芳一, データの符号化技術と誤り訂正の基礎, CQ 出版社 (2010).
- 3) 野村政弘, 澤田善次郎, 星野裕, 増澤 洋一, 藤本 義治: "QR コードの開発と生産管理", 生産管理 8 (2), pp.107-112 (2002).
- 4) 渡辺優平, 遠藤祐介, 森井昌克: "埋め草コード語を利用した QR コードの誤り訂正能力向上について", 情報科学技術フォーラム 2011 (FIT2011) 論文集, pp.511-516 (2011).
- 5) 青山直樹, 渡辺優平, 森井昌克: "埋め草コードを利用した QR コードの高誤り訂正", 情報科学技術フォーラム 2013 (FIT2013) 論文集, pp.509-514 (2013).
- 6) Nobuyuki Teraura, Isao Echizen, Keiichi Iwamura: "Implementation of

Digital Signature on QR Symbol by Area Division Using Rhombic Sub-cells", The 14th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS-2020), pp. 624-638 (2020).

- 7) 王黎: "菱形サブセルを用いる電子署名を追加した安全なQRコードの研究", 明治大学修士論文(2019).
- 8) 依田卓也, "情報コード及び情報コードの生成方法", 特許第5359858号 (2013).
- 9) 寺浦信之, 越前功, 岩村恵市: "多数決処理とRS符号を併用したランダム誤り耐性を持つ円形カラー2次元シンボル", 画像電子学会誌, Vol.52, No.2. pp. 339-347 (2023).
- 10) 寺浦信之, 櫻井幸一: "多値セル型二次元コードでの多分割領域への複数ユーザのアクセス制御", 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 9, pp.1965-1973 (2015).
- 11) 井上徹: "信号の誤り訂正技術", テレビジョン学会誌. Vol. 48, No. 5, pp.570-578 (1994).
- 12) ISO/IEC 16022: "Information technology -- Automatic identification and data capture techniques -- Data Matrix bar code symbology specification" (2024).
- 13) アララ株式会社, <https://m.qrrq.com/>(2024).

(2024年7月7日 受付)

(2024年11月5日 再受付)



寺浦 信之 (正会員)

1976年 名古屋大学工学部原子核工学卒業。1979年 同大学院工学研究科修士課程修了。同年 日本電装(株)入社。2000年から2009年まで日本自動認識システム協会(JAISA)RFID部会部会長。2006年より2013年まで日中韓RFIDラウンドテーブル日本代表。2008年電子取引推進センター(ECOM)RFタグ技術課題検討委員会委員長。現在(株)テララコード研究所にて二次元シンボルの研究に従事。博士(工学)(九州大学)。



越前 功

1997年 東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了(応用物理学)。日立製作所システム開発研究所を経て現在 国立情報学研究所 情報社会関連研究系 研究主幹・教授, 同研究所 シンセティックメディア国際研究センター長。東京大学 大学院情報理工学系研究科電子情報学専攻教授, 総合研究大学院大学教授を併任。マルチメディアセキュリティ, プライバシー保護技術の教育研究に従事。博士(工学)(東京工業大学)。



岩村 恵市

1980年 九州大学工学部情報工学科卒業。1982年 同大学院情報工学研究科修士課程修了。同年 キヤノン(株)入社。現在 東京理科大学名誉教授。主に符号理論, 並列処理, 情報セキュリティ, 電子透かしの研究に従事。IEEE, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 電気学会各会員, 情報処理学会フェロー, 電子情報通信学会フェロー。博士(工学)(東京大学)。

## IEEE CTSoc との Sister Society 契約の締結

高村 誠之 (会長)

### Signing Ceremony for MoU between IEEE CTSoc and IIEEJ

Seishi TAKAMURA (President of IIEEJ)

#### 1. はじめに

画像電子学会と IEEE CTSoc (IEEE Consumer Technology Society) は Sister Society 契約を締結するということがかねてより合意をしていたが、この度契約の締結式が実施されたので報告する。

IEEE は周知のように世界最大の電気電子情報系の学会である。最近ではその守備範囲を広く工学・科学一般へと広げており、当初の電気・電子工学を表す spell out はやめ、正式名称を IEEE としている。Consumer Technology Society は IEEE の Society の一つであり、以前の Consumer Electronics Society から 2020 年に名称を変更し、より広い Consumer 関連技術をターゲットとしている。

CTSoc で取り上げられている具体的課題は映像音響機器、ゲーム・アニメ、自動車関連の映像技術、PC・スマホ応用、家庭内ネットワーク・無線化・省電力化、ヒューマンインタフェース全般など広範囲に及んでおり、FAX・デジタルカメラ等の研究開発から出発し、映像・情報関連メディアの高度化処理やその応用を主たるテーマとしている当学会とは多くの共通領域を有している。

#### 2. 経緯

CTSoc は 2012 年に GCCE (Global Conference on Consumer Electronics) という国際会議を CEATEC (Combined Exhibition of Advanced Technology) と併設する形で創設した。これはやはり CTSoc が毎年 1 月にラスベガスで開催される CES (Consumer Electronics Show) と併設する形で ICCE (International Conference on Consumer Electronics) を長年にわたり開催しているというスタイルに倣ったもので、その後も毎年開催し特にアジアから毎年多くの参加者を集め、今や CTSoc の一大イベントとなっている。最近の時期は秋のままで開催場所を関西や中部、九州など国内の様々な地域にも移動させている。

GCCE には本学会元会長の小野文孝氏が草創期から、前会長の小林直樹氏もその後を受けて committee member と

して継続して参加されてきた。本学会の国際化という課題を考えるうえで、本学会と IEEE CTSoc との交流をこのような個人レベルから組織同士のレベルに高めることが有効ではないかということになり、小野名誉会員が 2022 年から 2024 年まで CTSoc の BoG メンバーであること、地理的にも近い National Taiwan Normal University の Prof. Wen-Chung Kao が 2023 年から 2 年任期で CTSoc の President に就任されることから本学会と CTSoc の間で Sister Society 契約を 2024 年中に結ぶことが計画された。そこで GCCE の Award Chair を 2016 年から務めている小林前会長に 2022 年の GCCE2022 で Sister Society 契約の話 Prof. Wen-Chung Kao に打診いただいた。その結果、Kao 先生の同意が得られ、2023 年 10 月の GCCE2023 において契約文案に関し Kao 先生と基本的な合意に至った。また、画像電子学会では 2023 年 12 月の理事会で本契約の紹介を行い、締結に向け理事の賛同を得た。

具体的な契約文書については、画像電子学会では 2024 年 5 月、CTSoc では 2024 年の 9 月にそれぞれの理事会で承認を得ることができ、2024 年 10 月の GCCE2024 の会場をお借りして契約文書に両組織の代表が署名する式典を行うという運びになった。

#### 3. 契約内容

Sister Society の契約内容については IEEE の雛形があり、基本的にはそれに沿ったものとなった。その内容はそれぞれの組織が主催する国際的イベントへの協賛、参加費における会員資格の相互承認、イベントでの相互的なセッション企画の推奨、イベント実施における代表者間のメッセージ交換などであり、個別のイベントに応じて両者間で詳細を決定することとなっている。また、契約は 2024 年 10 月から 2026 年末までとし、終了時点で更新を協議することとなっている。本学会においては、特に国際コンファレンスである IEVC や英文論文誌 Trans. on IEVC における論文投稿の増加、並びに学会の国際的な知名度向上に本契約の寄与が期待できると考えている。

#### 4. 調印式

GCCE2024は2024年10月29日から11月1日まで北九州市観光コンベンション協会 AIM ビルの3階で行われた。本契約の調印式は10月29日、GCCEの開会式直後の12時40分から13時まで、会場の一室をお借りし挙行了した。

CTSocからはPresidentのProf. Wen-Chung Kaoが出席され、画像電子学会からは2024年6月就任の高村誠之会長が別の国際会議で海外出張中であったため、小林前会長が代理で出席した。調印の後、Presidentメッセージを相互に交換し、式典は無事終了した。調印式の出席者は他にCTSoc AdministratorのMs. Charlotte Kobert, National Taipei University of TechnologyのProf. Yu-Cheng Fan, 本学会元会長でCTSoc BoGメンバーでもある小野文孝氏である。写真1、写真2に調印式の写真を掲げる。

#### 5. むすび

多くの関係者のお力添えを得て、懸案であった Sister Society 契約が締結できた。今後、本学会の会員の皆様には是非本契約を積極的に活用し、ご自身のキャリアアップ、さらには本学会のステータスの向上に役立てていただくようお願いしたい。

最後にCTSoc PresidentのProf. Wen-Chung KaoをはじめとするCTSocの関係各位、本契約締結へのご激励と調印式でのサポートを賜った龍谷大学 長谷智弘名誉教授、湘南工科大学 野中誉子教授に深謝の意を表したい。

なお、本記事の英文版を2024年12月発行のIEEEJ Trans. on IEVCに掲載している。



写真1 調印式の様子



写真2 調印式の参加者

## Visual Computing ワークショップ 2024 (VCWS 2024)報告

画像電子学会 Visual Computing 研究委員会

VC 委員長 金井 崇

VCWS 2024 担当幹事 尾下 真樹, 川田 玄一

2024 年の Visual Computing ワークショップが九州・太宰府の「ルートイングランディア太宰府」にて 11 月 24-25 日に開催された。下記のとおり 11 件の発表があり、15 名が参加した。シミュレーション、投影&レンダリング、モデリング、アニメーションなど幅広い分野からの研究報告があった。本年も例年通り 1 件の発表に 30 分（講演 20 分、質疑応答 10 分）の時間枠を設定し、本ワークショップの特徴である深いところまで踏み込んだ議論を行うことができた。以下にプログラムと講演要旨を掲載する。

### プログラム

---

【セッション 1】 シミュレーション 座長：金井 崇（東京大学）

(1) 絵具への応用を目的とした質量保存を達成する粘性流体の 2.5 次元シミュレーション

○阪口 丈瑠（東京科学大学）、齋藤 豪（東京科学大学）

(2) 切断シミュレーションのための 3D モデル

○菊池 知世（東京大学）、金井 崇（東京大学）

(3) 浅水方程式における剛体カップリングのための浮力計算法の検討

○平江 陽香（早稲田大学）、森島 繁生（早稲田大学理工学術院総合研究所）、安東 遼一（所属無）

【セッション 2】 投影&レンダリング 座長：齋藤 豪（東京科学大学）

(4) 消失点と消失線に着目した背景画における幾何投影関数の対話的決定方法

○秋吉 護（東京科学大学）、齋藤 豪（東京科学大学）

(5) 2 段階アルベド推定に基づく単眼地形画像の再照明

○立川 駿（法政大学）、佐藤 周平（法政大学、プロメテック CG リサーチ）

(6) Microsurface 理論に基づく複数回の反射を考慮した偏光レンダリング

○大羽 英仁（早稲田大学）、谷田川 達也（一橋大学）、森島 繁生（早稲田大学）

【セッション 3】 物理&モデリング 座長：川田 玄一

(7) CLIP を用いたテキスト駆動の樹木モデリング

○市村 侑大（法政大学）、佐藤 周平（法政大学、プロメテック CG リサーチ）

(8) 事前学習による特定カテゴリの任意形状における破壊形状予測

○黄 宇航（東京大学）、金井 崇（東京大学）

(9) 点群の分割と要素の探索による画像からの凝集体のモデリング

○村松 悠太（法政大学）、佐藤 周平（法政大学、プロメテック CG リサーチ）、櫻井 快勢（株式会社サイバーエージェント）



【セッション4】 アニメーション 座長：尾下 真樹（九州工業大学）

(10)少数の参照画を用いたアニメ線画の自動彩色

○高野 悠（早稲田大学），前島 謙宣（オー・エル・エム・デジタル，IMAGICA GROUP），山口 周悟（早稲田大学），森島 繁生（早稲田大学）

(11)Motion Phase Manifold を用いた人間の歩行スタイルの予測に関する研究

○ジョン スンム（東京大学），金井 崇（東京大学）

## Visual Computing ワークショップ 2024 講演要旨

### (1) 絵具への応用を目的とした質量保存を達成する粘性流体の2.5次元シミュレーション

阪口 丈瑠，齋藤 豪

東京科学大学

絵具の発色はその厚みに対して繊細であるため，質量保存は絵具シミュレーションにおける重要な課題である．そこで，絵具への応用を目的とした質量保存を保証する粘性流体の2.5次元シミュレーション手法を報告した．

本手法では，馬場ら<sup>1)</sup>の質量保存を達成する手法と同様に，非圧縮性粘性流体を対象とした浅水方程式によるモデリングを行った．馬場らは表面張力を体積力として導入したが，本手法では自由表面における応力として取り入れた．また，水底面における応力として，速度と粘性率に比例する抗力を導入した．これらの界面における応力は水平方向と垂直方向に分解され，後者の成分は圧力勾配として方程式系に組み込まれる．数値計算においては，流体の形状に強く依存する表面張力を分割し，2回のステップで計算を行う．最初のステップでは表面張力の項を除いた浅水方程式系に対して特性定式化を行い，同値な移流方程式系を導く<sup>2)</sup>．この移流方程式を CIP-CSL 法を用いて解く．CSL 法は水位の空間積分を保存するため，馬場らの手法よりも質量保存を厳密に達成することが可能となる．次のステップでは，表面張力の項のみが含まれる微分方程式を単純な Euler 法により解く．

馬場らの手法では，質量保存を実現するための補正により水位の空間微分が不適切となる問題があったが，本手法では改善され，法線ベクトルのより安定した計算が可能となった．ただし，複雑な形状の場合に数値振動が発生してしまう問題があり，とりわけ低粘性の場合に顕著であった．この問題は馬場らの手法でも観測されており，本手法では

少し緩和されたものの依然として解決できていない．この点については更なる改善が必要である．今後は液滴への応用や混色モデルの構築を目指す予定である．

1) 馬場銀河，齋藤豪：「仮想絵具のための連続関数近似を用いた液滴シミュレーション」，情報処理学会第76回全国大会講演論文集，pp. 4-351-4-352 (2014)．

2) Toda, K., Ogata, Y. and Yabe, T.: "Multi-dimensional conservative semi-Lagrangian method of characteristics CIP for the shallow water equations", Journal of computational physics, Vol. 228, No. 13, pp. 4917-4944 (2009)．

### (2) 切断シミュレーションのための3Dモデル

菊池 知世，金井 崇

東京大学

現実世界では，オブジェクトをスライスやカットすると内部構造が現れるが，3Dモデル生成タスクにおいて十分に研究がなされていない．既存のモデル生成は豊富な表面表現を可能とするが，例えば野菜や果実など，内部構造が外部と大きく異なる例は珍しくなく，内部構造を表面データから補間することは十分でない．また，アーティストが手作業で3Dモデルを作成することは，密着した要素が重なるモデルや，薄い要素を持つモデルの場合，一から行うことは困難である．一方で，現実世界のオブジェクトの内部構造を取得することは難しくない．医療現場や工業製品の解析で度々用いられるCTスキャンはボリウム情報を，分解や破壊なしに取得する．

そこで本研究は，野菜や果実をCTスキャンし，得られたボリウムデータからシミュレーション用の3Dメッシュモデルを生成する手法に焦点を当てる．特に重要な点として，シミュレーションを可能にするために，異なる要素

や層状になった要素を分けてメッシュ化する必要がある。CT データをセグメントし、メッシュ化する技術は医療系や工学系の文脈で多くの提案がなされており、3D スライサーなどのソフトウェアも存在する。本講演では、これら既存ツールや手法を、野菜や果実に適用した結果を共有し、今後の展望について議論を行った。具体的には、アボカド・玉ねぎ・キャベツの結果を示した。アボカドは種と実で CT 値が大きく異なり境界が明確であるため、各要素をわけたメッシュ化が既存手法で十分に対応可能である。一方で、玉ねぎやキャベツは CT 値が同じ要素が層状に隣接しているため、CT 値の閾値で要素を分解する既存手法では対処が難しい。その問題に対処するために、我々は、Segment Anything Model 2 を用いることを検討した。結果として、玉ねぎやキャベツは境界が不明瞭で円環であるため、点やボックスによるプロンプトでは十分に対処できないことがわかった(図 1)。今後は、議論で得られた知見をもとに、さらなる改良と手法の検討を目指していく。

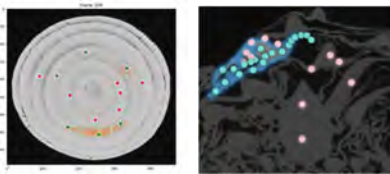


図 1 玉ねぎとキャベツのセグメント結果

積分区間と中点サンプリングにより物理的に厳密な浮力とトルクを数値的に求めた。

二次元の場合、得られた解は区分の分割数 10 以上の場合に、流体工学分野で自明な安定角で安定し、解析解と一致した。一方、三次元の場合はメッシュの異方性が強いとき、メッシュ数を増やしても安定しにくいことが分かった。

メッシュの異方性による不安定さに対処するために、水の高さが変化しにくいものと仮定した上で、浮力とトルクを三角メッシュ上の表面積分として代数的に解いた。

代数的な手法では、メッシュ数や異方性に依存せず流体工学分野で自明な安定角で安定することが分かった。

今後は、境界条件や動水条件を検討し、双方向結合の実現を目指す。

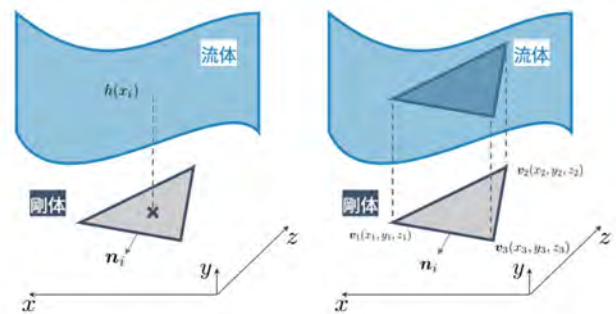


図 1 提案手法の概要図

**(3) 浅水方程式における剛体カップリングのための浮力計算法の検討**

平江 陽香<sup>†</sup>, 森島 繁生<sup>\*\*</sup>, 安東 遼一

<sup>†</sup>早稲田大学大学院, <sup>\*\*</sup>早稲田大学理工学術院総合研究所

本研究では、流体-剛体カップリングをシミュレーションするために必要な浮力とそのトルクを、物理的に厳密に求める方法について検討する。

CG 分野において、水などの流体は、物理ベースの流体シミュレーションによって達成される。大規模な水域を対象とする際には、浅水方程式が使用される。浅水方程式は三次元の流体を二次元の流体表面に近似したもので、計算の複雑性を抑えることができる。

より複雑な物理現象を表現するために、剛体との相互作用を考えることが重要である。しかし、浅水方程式で剛体との相互作用を考える場合、従来は並進運動を加味した単純なモデルしか存在しない。

本研究では、浅水方程式の前提となる静水圧平衡から圧力を構成し、アルキメデスの原理から表面積分を適用した。

**(4) 消失点と消失線に着目した背景画における幾何投影関数の対話的決定方法**

秋吉 護, 齋藤 豪

東京科学大学

現在、日本のアニメーション制作では手描きの絵と 3DCG を組み合わせて制作されることが多く、絵で描かれた背景画に 3D モデルを合成して画面を構成することがある。この時、背景画の描画で使用された投影関数で 3D モデルを投影することで背景画に馴染む合成が可能になる。そこで、背景画から投影関数を推定する方法について報告した。

背景画では透視投影図法とは異なる平行線の消失点が一点とならず複数となる描画がされることがある。このような絵に対応するためには透視投影関数よりも自由度の高い投影関数を用いる必要がある。本手法では、空間上の平行線の消失点が横に並ぶように取られる絵を投影できる統合投影法<sup>1)</sup>を煽りや俯瞰の構図にも適応できるよう

に式に変更を加えて拡張した。また、図1に示すGUIによって消失点や消失線や立方体透視図を操作し、投影関数の係数を推定する仕組みを考案した。

GUIの操作性に一部改善の余地があるため、更なる操作性の向上が今後の課題である。



図1 立方体透視図操作GUIでの投影関数決定の様子

- (1) F. Yoshimura and S. Saito: “Generalized projection for yamato-e and ukiyo-e with projection reference plane,” Proc. of CGI2017, pp. 19:1–19:6.

**(5) 2段階アルベド推定に基づく単眼地形画像の再照明**

立川 駿<sup>†</sup>, 佐藤 周平<sup>†,††</sup>

<sup>†</sup>法政大学, <sup>††</sup>プロメテック CG リサーチ

近年、深層学習を利用した屋外向けの再照明手法がいくつか提案されているが、それらの手法は地形に特化したものではないため、遠景地形のアルベドなどが霧や光の大気散乱によって不自然に推定され、再照明がうまく適用されない場合がある。そこで本研究は、アルベドの推定に適したネットワークアーキテクチャを利用し、霧と照明効果の除去という2つのステップでアルベドを推定する新たな手法を提案する。

提案手法では、入力地形画像が正確なアルベド推定のために霧と照明効果を除去する2段階の複合ネットワークに入力される。このネットワークを訓練するために、本研究では大気散乱モデルを使用したフォトリアルな地形データセットを作成した。モデル内の太陽光や大気成分、地形の元となるノイズにランダム性を与え、数種類のテクスチャと組み合わせてプロシージャルに多様な地形画像データを作成する。次に、入力地形画像は深度推定を目的とするネットワークにも入力され、推定されたアルベドマップ

と深度マップをもとに再構成を行う。図1は、再構成された地形をデータセットと同じく光の大気散乱を考慮した環境で再照明した結果である。提案手法により、テクスチャの細部や形状を保ったまま再照明できていることがわかる。

現状、アルベドや深度に基づく再照明では、植生や水域などの複雑な構造の表現に限界がある。これは、粗さを考慮していないことや、深度だけでは細かな凹凸を表現できないことが原因であると考えられる。そこで今後は、地形画像内の岩や草、水域などをセグメントし、粗さ推定やボリュームレンダリングと組み合わせることでよりフォトリアルな再照明結果を得る手法について検討を進める。

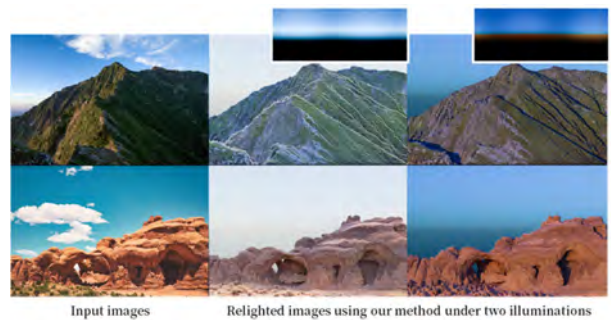


図1 提案手法による再照明結果  
(入力画像出典: <https://www.pakutaso.com/>.)

**(6) Microsurface 理論に基づく複数回の散乱を考慮した偏光レンダリング**

大羽 英仁<sup>†</sup>, 谷田川 達也<sup>††</sup>, 森島 繁生<sup>†††</sup>

<sup>†</sup>早稲田大学, <sup>††</sup>一橋大学ソーシャル・データサイエンス研究科, <sup>†††</sup>早稲田大学理工学総合研究所

本研究は、Microsurface 理論を偏光レンダリングに応用し、複数回反射を考慮したより物理的に忠実なレンダリング手法を提案している。従来の偏光レンダリングでは Microsurface 上における 1 回の反射のみを扱うため、Microsurface 理論を前提にすると、物理的に正確ではない。そこで、この研究では、Heitz らの複数回散乱マイクロファセットモデルを参考にして偏光に応用し、複数回の反射が偏光状態に与える影響を実験的に解析した。

実験では、金属やガラスなどの物質を対象とし、1回反射と複数回反射の偏光画像を比較した。その結果、複数回反射を考慮することで光の強度が増加し、偏光の度合い (DoP) が低下することが確認された。また、偏光角度 (AoP) には大きな変化は見られなかった。

さらに、定量的な分析のためのノイズ除去を目的とした



効率的なレンダリング手法の実装にも取り組んでいる。サンプル数を増やすことなく収束を早めるアプローチを目指し、偏光レンダリングを通して、物質特性の解析や3D形状復元への応用を追求している。今後は定量的な評価や複数回反射を考慮することで得られる定量的なメリットを示していく予定である。

以下に結果を示す。左の6枚が Microsurface 上における1回反射、右が複数回反射を考慮してレンダリングした。Microsurface 上のザラザラの度合いを roughness というパラメータで制御し、DoP は偏光が強いところが赤くなるようにレンダリングしている。

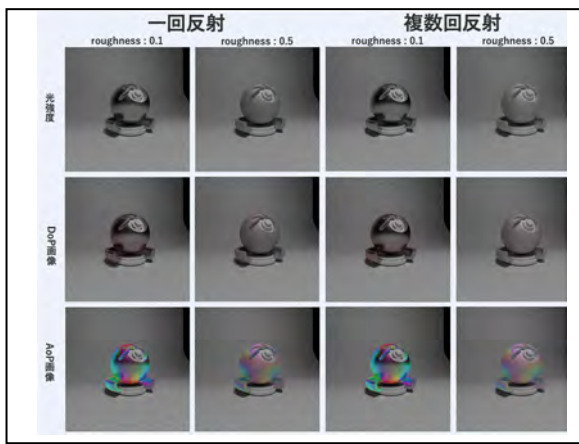


図1 レンダリング結果の比較

**(7) CLIP を用いたテキスト駆動の樹木モデリング**

市村 侑大<sup>†</sup>, 佐藤 周平<sup>†, \*\*</sup>

<sup>†</sup>法政大学, <sup>\*\*</sup>プロメテック CG リサーチ

樹木の3Dモデリングにおいて、複雑な形状を手動で作成するのは時間や労力がかかる。単純な規則から手続き的に樹木の形状を生成する手法である L-System は、規則やパラメータの調整が直感的でなく、知識や経験、試行錯誤を必要とする。そこで本研究では、生成 AI の流行に伴って注目されているテキスト駆動のアプローチを採用し、ユーザの入力テキストに沿った L-System のパラメータを求め、自動で樹木の3Dモデルを生成する手法を提案する。

本手法では、ユーザによってテキストが入力されると、初期個体群がランダムに生成される。それらを L-System のパラメータとして解釈し、樹木のモデルに変換する。このモデルをレンダリングし、得られた画像と入力テキストの類似度を CLIP によって求める。この類似度を遺伝的アルゴリズムの目的関数である適応度として利用する。この適応度を元に変換、交叉、突然変異を施すことで、適応度

が上昇し、個体群がテキストに沿うように進化する。

広範なテキストで学習された事前学習モデルである CLIP を用いることで、追加学習をせずとも最適化が可能である。また、遺伝的アルゴリズムを採用することで、L-System のような複雑なシステムの最適化が可能になる。

樹木の成長パターンは Sympodial, Monopodial, Ternary の3種類でモデル化し、それぞれをパラメトリック L-System として表す。各モデルのパラメータである枝の角度や長さがパラメータとなる。

図1に結果を示す。枝の広がり方や葉の色の指定に対してテキストに沿った樹木を生成できた。一方、Ternary モデルなど、尤もらしいとはいええない樹木も生成された。また、葉が楕円であるため、より表現力を高めるため葉も L-System でモデル化して最適化する予定である。

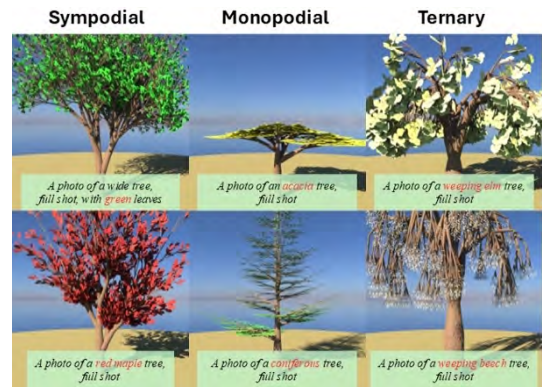


図1 実験結果.

**(8) 事前学習による特定カテゴリの任意形状における破壊形状予測**

黄 宇航, 金井 崇

東京大学

脆性破壊シミュレーションを用いる破壊アニメーション生成に関する研究は多く存在する。学習ベースの脆性破壊アニメーションにおいて、特定の形状に対して再学習し、ランタイム時に高速に破壊形状を予測する研究は提案された。特定の衝突状況に応じて任意の形状に対する破壊形状を短時間で予測することは、これまで取り込まれていない課題である。

本研究では、脆性破壊シミュレーションを用いて特定カテゴリのデータセットを生成し、ランタイムにおいて同カテゴリの任意かつ未知の形状の脆性破壊を予測するための事前学習型生成モデルの学習手法を模索し、提案する。

図1に示した通り、本研究では位置、方向、大きさにお

ける衝突条件の上に、特定のカテゴリの形状をエンコードされた形状コードを加え、破壊形状による特徴量を提案した。本発表では、提案された特徴量コードを学習する際の結果を考察し、制限を示した。

その結果は図2に示した通り、正規分布で生じられた特徴量分布の中に、同じ衝突条件で2つの形状コードを線形変化させた場合、その間に補間された形状における破壊形状は予測することができることがわかった。しかし、現在の提案では、予測された破壊形状に安定性が欠ける。

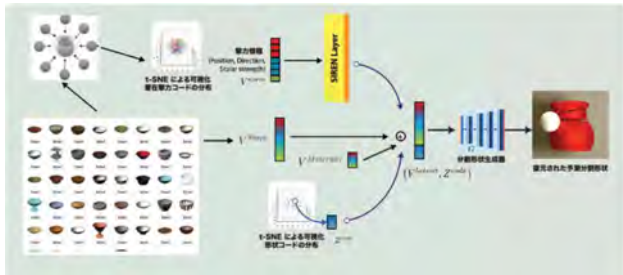


図1 事前学習による特定カテゴリの破壊形状予測の提案

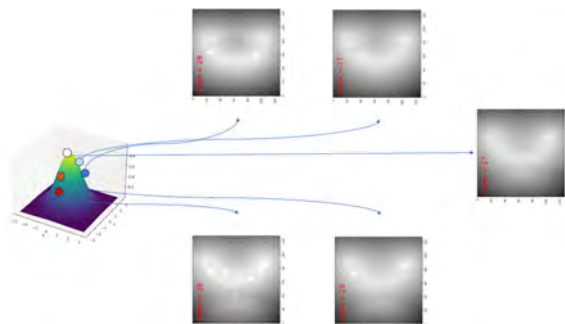


図2 同じ衝突条件における形状コードによる形状変化

提案手法ではまず、基本となる凝集体要素を与える。本実験ではぶどうを対象とするため、球を要素とした。また、ぶどうが写った画像を複数枚入力する。そして、入力画像から生成した点群に対し、クラスタリング、要素のフィッティング、クラスタのマージの3ステップの処理により、各要素を精度よくクラスタに分解する。最後に、各クラスタに対して要素の詳細なフィッティングを行うことで、凝集体の3次元再構成を実現する。

実験結果を図1に示す。入力画像と提案手法による結果を比較すると、ほとんどの要素に対してサイズや位置などが精度よく推定できていることが分かる。しかし、現状の我々の手法は、1つの要素が2つのクラスタに分かれているような場合には要素のクラスタを見つけやすいが、クラスタが要素の形状と大きく異なるような複雑な分布となっていると、うまく機能しない場合があった。そのため、今後の課題として、フィッティングとマージの精度向上、多様な形状への対応が挙げられる。

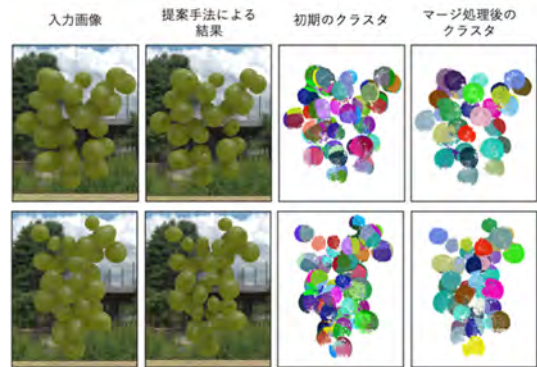


図1 提案手法による実験例

**(9) 点群のクラスタリングとフィッティングによる凝集体の画像ベースのモデリング**

村松 悠太<sup>†</sup>, 佐藤 周平<sup>††</sup>, 櫻井 快勢<sup>†††</sup>

<sup>†</sup>法政大学, <sup>††</sup>プロメテック CG リサーチ, <sup>†††</sup>株式会社サイバーエージェント

本研究では、画像を入力とし、粒などの小さい類似した要素の集合である凝集体を、要素ごとに独立したメッシュモデルとして再構成することを目標としている。このような再構成を実現するためには、入力画像に合うように、独立した要素を配置していく必要がある。これに対し本手法では、既存の3次元再構成によって得られる凝集体表面の点群に対して、クラスタリングと要素探索を組み合わせる。本発表では、凝集体の中でもぶどうに着目し、我々の考案したアプローチが有効かを確認する実験を行い、その結果について報告した。

**(10) 少数の参照画を用いたアニメ線画の自動彩色**

高野 悠<sup>†</sup>, 前島 謙宣<sup>††</sup>, 山口 周悟<sup>†</sup>, 森島繁生<sup>†</sup>

<sup>†</sup>早稲田大学, <sup>††</sup>オー・エル・エム・デジタル, IMAGICA GROUP

アニメ制作効率化のため、線画の自動彩色手法が提案されている。新規作品等に対応するため、シーンの一部を手動で彩色し、それを参照画として残りの線画を自動彩色する。本研究では少数の参照画のみ利用可能という条件で、自動彩色の精度を向上させることを検討する。

既存手法であるインクルージョンマッチング<sup>1)</sup>は、彩色対象と参照画の各パーツの対応関係を推定可能である。この手法はキャラクターの手が体の前に来るような前後関係のあるフレームに強いが、線画は情報量が少ないため、使用するオプティカルフローの精度に問題がある。一方で



別の手法であるパッチベース学習<sup>2)</sup>は、画像をパッチに分割して学習することで自動彩色を可能にする。この手法は細かい部分に強いが、前後関係のあるフレームに弱い。

そこで本研究では、インクルージョンマッチングをベースとして、フロー推定の部分をパッチベース学習に置き換えることを提案する。つまり、パッチベース学習によるセマンティックセグメンテーションの画像と参照画との間で対応関係を推定することで、自動彩色の精度向上を目指す。評価指標として、手作業で彩色した Ground Truth と自動彩色結果とのピクセル単位の一致度を採用した。

図1に各手法の自動彩色結果の画像を示す。このフレームでは、提案手法は体の前に来ている右手に対応でき、かつ、服の柄のような細かい部分にも対応できていることがわかる。

今後は、対応関係を推定する際に参照画を複数枚使用できるように拡張し、オクルージョンに対して頑健にすることを目指す。



図1 自動彩色結果の比較

- 1) Yuekun et al.: “Learning Inclusion Matching for Animation Paint Bucket Colorization”, CVPR2024
- 2) Maejima et al.: “Continual few-shot patch-based learning for anime-style colorization”, CVM2024

タイトルを改善する結果が示された。しかし、関節全体のモーションや非周期性が高いモーションにおいては、スタイルの維持が難しいという課題が残っていた。

本研究では、モーションの位相特徴を復号化する Periodic Autoencoders<sup>2)</sup>を用いることでモーションスタイルの品質について調査を行った。まず、モーションキャプチャーデータセットを用いて Periodic Autoencoders を学習させ、各状態に対して Phase Manifold をラベリングした。その後、Local Motion Phases を用いた手法と比較し、スタイルの維持の性能を評価した。

その結果、Phase Manifold を用いたモーションを予測では、Local Motion Phases を使用した場合よりも、関節全体のモーションスタイルがより良く維持され(例: Left Hop)、非周期的なモーションの再現性も向上した(例: Drunk)。しかし、Phase Manifold を用いた場合、手のモーションの動きが小さくなり、手のモーションスタイルの品質が低下する傾向が見られた。

今後は、手のモーションスタイルの質を向上させるとともに、様々な地形への適応を目指す。

- 1) Ian Mason, Sebastian Starke, Taku Komura, “Real-Time Style Modelling of Human Locomotion via Feature-Wise Transformations and Local Motion Phases”, Proceedings of the ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques, 5(1), Article 6, 1–18. 2022.
- 2) Sebastian Starke, Ian Mason, Taku Komura, “DeepPhase: periodic autoencoders for learning motion phase manifolds”, ACM Trans. on Graph., Vol. 41, No. 4, Article 136, July 2022.

<b>(11) Motion Phase Manifold を用いた人間の歩行スタイルの予測に関する研究</b>
ジョン スンム, 金井 崇
東京大学

リアルタイムアプリケーションにおいて、未来のモーションは常に未知である。また、ユーザーの入力に応じて随時対応する必要があるため、現在の状態に基づいて未来のモーションを予測することは困難な課題とされている。

従来の手法<sup>1)</sup>では、手や足のモーションにおける位相特徴 (Local Motion Phases) を活用することで、モーションのスタイルや可制御性をある程度維持することができた。特に以前の手法では再現が難しかった手のモーションス

## 理事会だより

### 第346回 理事会

1. 日 時：2024年9月20日(金)17:00-17:52
2. 場 所：事務局を主たる場所としてオンライン(ZOOM)で併催
3. 出席者：理事 24名

総出席者 26名

- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 【会長】 高村          | 【副会長】 岩崎、山本、佐藤、内田 |
| 【編集】 小池、石川、新田、向井 | 【企画】 石樽、佐野、馬場、福里  |
| 【財務】 渡部、西村、阿倍、中村 | 【総務】 茂木、志水、鈴木     |
| 【技術専門】 濱田、丸山     | 【地方】 甲斐、横山        |
| 【監事】 深見          |                   |

<事務局> 浮ヶ谷事務局長

<オブザーバ> 小野元会長

#### 4. 議題・資料

	担当	付番
(1) 前回議事録確認	<岩崎副会長>	346-001-01
<b>議題</b>	<b>担当</b>	<b>付番</b>
(2) 議題1：第52回年次大会速報	<佐野実行委員長>	346-002-01
(3) 議題2：第53回年次大会実行委員長について	<高村会長>	346-003-01
(4) 議題3：IEVC2025 実行委員長について	<高村会長>	346-004-01
(5) 議題4：IEEE CTSoc との Sister Society 契約	<高村会長>	346-005-01
<b>報告事項</b>		
(6) 報告1：編集委員会報告	<内田副会長>	346-006-01
(7) 報告2：企画・セミナー委員会報告	<石樽企画委員長・佐野企画理事>	346-007-01-
(8) 報告3：フェロー候補、アレキサンダー・ペイン賞、技術賞の募集について	<事務局>	346-008-01
(9) 報告4：法人登記の進捗について	<事務局>	346-009-01
(10) 報告5：理事会開催年間予定	<事務局>	346-010-01-

5. 議事 司会：岩崎副会長、議事録：志水総務理事

## 【参与制度について】

2013.1.18 制定  
2024.12.19 改定

### 趣旨

企業／大学の定年退職年齢を迎えられた会員の皆様の中で、退職後も専門知識・技術の研鑽を目指す方を対象とし、これまでの学会へのご貢献にお応えし、さらに学会事業にそれを継続して活かしていただくために、各種の関連費用負担を軽減する参与制度を設けました。皆様の積極的なお申込みをお待ちしております。なお、会員種別は正会員のままで、正会員（参与）と呼称します。また、本制度の導入に伴い、従来の「長期継続会員制度」は廃止します。

### 参与の条件と特典

- ・以下の条件をすべて満たす正会員の方が参与の認定対象となります。
  - (1) 満 60 歳以上でフルタイムジョブの無い方
  - (2) 学生会員、正会員の通算期間が 10 年以上の方、もしくは該当年度末にその見込みの方。なお、通算期間が 6 年以上 10 年未満の方でも画像電子学会論文賞、西田賞、画像電子技術賞、画像電子学会活動貢献賞等の学会表彰受賞者については 10 年とみなす
- ・参与には以下の特典があります。
  - (特典 1) 年会費の減免：会費を通常の正会員の 20%に割引。
  - (特典 2) 学会主催行事の参加費・セミナー受講料等の減免：学生会員としての料金を適用。
  - (特典 3) 学会出版物頒布価格の減免：大会予稿集、セミナー予稿集、研究会予稿集、および、それらのバックナンバー等の頒布価格の割引：通常価格の 75%に割引。
  - (特典 4) 論文掲載料の減免：正規価格の半額に割引（但し筆頭者が参与の場合、もしくは学生と参与以外の著者を含まないときに限る）。

### ・備考

- (1) 参与認定を希望する方はメール件名を「参与認定希望」とし、下記必要事項をご記入の上、メール宛先 (kikaku@iieej.org) にお送りください。
  - ①会員番号、氏名、生年月日及び年度末での年齢
  - ②今後の連絡先となるメールアドレス
  - ③今後の連絡先となる住所、電話番号、FAX 番号等
  - ④資格の確認
    1. 学生会員、正会員の通算期間（入会時期など分かる範囲で結構です、学会で確認します）
    2. フルタイムジョブの無い事に関する記載（勤務先・定年退職日などを記載。証明類は不要です）申請内容を事務局で確認し、認定されますと、新年度から上記の特典が適用されます。
- (2) 参与の方には、その専門知識・技術を活かし、編集業務（論文査読、学会誌企画・編集・校正・出版）、企画業務（研究会やセミナーの企画、運営等）、学会 HP 制作・運営などの活動にもご参加いただけます。このため、後日アンケート等によりご希望を調査致します。また、これらのご参加に伴う、さらなるご貢献に報いる方策についても今後検討する予定です。
- (3) 従来の「長期継続会員制度」は廃止し、今後は参与制度に一本化することとします。

以上

### ・2024.12.19 改定内容：

（参与認定条件の 55 歳を 60 歳に、6 年以上を 10 年以上に変更。特典（3）の明記等）

## 趣旨

企業／大学の定年退職年齢を迎えられた会員の皆様の中で、既に長期間本学会を支えていただいた方のご貢献にお応えするために、終身会員制度を設けました。会員種別は正会員のままで正会員（終身）と呼称します。正会員（参与）とは独立でどちらか一方のみの認定になります。

## 終身会員の条件と特典

・以下の条件をすべて満たす方が終身会員の認定対象となります。認定された方は、次年度以降の年会費の支払いを免除します。

- (1) 満 65 歳以上でフルタイムジョブの無い方
- (2) 学生会員、正会員の通算期間が 25 年以上の方、もしくは該当年度末にその見込みの方

## ・備考

(1) 終身会員認定を希望する方はメール件名を「終身会員認定希望」とし、下記必要事項をご記入の上、メール宛先 ([kikaku@iieej.org](mailto:kikaku@iieej.org)) にお送りください。

- ①会員番号、氏名、生年月日及び年度末での年齢
- ②今後の連絡先となるメールアドレス
- ③今後の連絡先となる住所、電話番号、FAX 番号等
- ④資格の確認

1. 学生会員、正会員の通算期間（入会時期など分かる範囲で結構です、学会で確認します）

2. フルタイムジョブの無い事に関する記載（勤務先・定年退職日などを記載。証明類は不要です）

- ・正会員（終身）については本人の申請を受けて理事会で認定する。
- ・事務局は毎年度末に正会員（終身）の方に資格継続の意思の有無を確認する。
- ・正会員（参与）から正会員（終身）に移行する場合も、通常の終身認定と同様の手続きを経る。

(2) 終身会員の方には、その専門知識・技術を活かし、編集業務（論文査読、学会誌企画・編集・校正・出版）、企画業務（研究会やセミナーの企画、運営等）、学会 HP 制作・運営などの活動にもご参加いただけます。このため、後日アンケート等によりご希望を調査致します。また、これらのご参加に伴う、さらなるご貢献に報いる方策についても今後検討する予定です。

## ・特記事項

本規定は 2024 年 12 月 19 日より発効するが、特例として既に 2022 年度から 2024 年度に退会届を提出済みの正会員の方が退会時において終身会員の条件を満たしている場合に限り、退会時に遡って終身会員の認定を希望することができる。その場合の申請受け付けは 2025 年度中までとする。

以上

<お知らせ>

会員各位

画像電子学会

2025 年度会費自動引落としについて

2025 年度会費の自動引落としは、4 月 23 日(水)となりますので、ご承知おきください。

会費自動引落としご協力のお願い

画像電子学会

現在、年会費等を郵便払込にてお振込み頂いている会員の方にお知らせ致します。

当学会では、2000 年度より「会費自動引き落とし」を実施しております。下記の通り、会員に皆様にとってたいへんメリットがありますので、ぜひ会員の皆様のご理解を賜り「口座引落」にご協力をお願い致します。

会員のメリット等

- (1) 振込のために金融機関へ出向く必要がありません。  
…全国 3,700 の金融機関と提携しておりますので、  
会員の皆様の口座をご指定頂けます。
- (2) 郵便振替の手数料負担が無くなります。
- (3) 通帳等に記録が残ります。  
…引落口座の通帳に「MFS (ガゾウデンシ)」と記録され、  
後日の参考になります。  
(但し、一部の金融機関では上記の印字と異なる場合があります。)

お申込み／お問い合わせ先

一般社団法人 画像電子学会

〒116-0002

東京都荒川区荒川 3-35-6 ライオンズマンション三河島第二 101 号

TEL:03-5615-2893 FAX:03-5615-2894

E-mail:kikaku@iieej.org



## 2024-2025年度画像電子学会研究会等予定

研究会等名	開催日	場所	テーマ	締切	記事
第8回DMH研究会	2月14日(金)	大阪工業大学枚方キャンパス(ハイブリッド)	博物館・人文学分野における数理・データサイエンス・AI	申込締切済 原稿締切:2/5(水)	
第311回研究会	2月17日(月) -18日(火)	広島市立大学サテライトキャンパス・セミナールーム(ハイブリッド)	画像一般	申込締切済 原稿締切済	
第53回VMA研究会/第19回 視覚・聴覚支援システム研究会	2~3月 予定				
第312回研究会-映像表現/芸術科学フォーラム2025	3月10日(月)	東京工芸大学 中野キャンパス		申込締切済	
第9回DMH研究会	3月12日(水)	国立歴史民俗博物館(ハイブリッド)	博物館・人文学におけるデジタルデータの作成と活用	申込締切:2/3(月) 原稿締切:3/3(月)	
第313回研究会	5-6月(予定)				
Advanced Image Seminar 2025	6月6日(金)	オンライン開催			
第53回年次大会Media Computing Conference 2025	8月25日(月) -27日(水)	埼玉大学			
Visual Computing2025	9月(予定)				
画像関連学会連合会第12回秋季大会	11月(予定)				
第314回研究会-高臨場感ディスプレイフォーラム2025	11月(予定)				
ビジュアルコンピューティングワークショップ2025	11-12月(予定)				
第10回DMH研究会	2月(予定)				
第315回研究会	2月(予定)				
第54回VMA研究会/第20回 視覚・聴覚支援システム研究会	3月(予定)				
第11回DMH研究会	3月(予定)				
第316回研究会-映像表現/芸術科学フォーラム2026	3月(予定)				

\*研究会の場合、いずれも「画像一般」を含む \*空欄部は未定 \*上記の予定は変更になる場合があります

問合わせ 〒116-0002 東京都荒川区荒川3-35-4-101  
 一般社団法人 画像電子学  
 会  
 TEL:03-5615-2893 FAX:03-5615-2894  
 E-mail:kikaku@iieej.org  
<https://www.iieej.org/>  
<https://www.facebook.com/IIEEJ>

# 画像電子学会 第 311 回研究会 in 広島 開催案内

標記研究会を下記のとおり開催いたします。奮ってご参加下さい。

- ・日時：2025 年 2 月 17 日（月）13:00～17:50、2 月 18 日（火）10:20～15:20
  - ・場所：広島市立大学サテライトキャンパス・セミナールーム 1+オンラインのハイブリッド開催  
<https://www.hiroshima-cu.ac.jp/aboutus/satellite-campus/>
  - ・テーマ：画像一般
  - ・参加費：2,000 円（PDF 予稿集付）
  - ・参加申込フォーム：<https://forms.gle/D7ugX8ZPVnSWW94s9>  
（申込締切：2/12（水）、Zoom 参加 URL 送付：2/14（金）予定）
- \* 資料は研究会開催日の 1 週間前からダウンロードできます。詳細は参加申し込みいただいた方にメールでお知らせいたします。

## 【プログラム】

### 2 月 17 日（月）

13:00-13:10 開会の挨拶 高村誠之（法政大学/画像電子学会会長）

13:10-14:50 セッション 1（エンタメ応用） 座長：馬場雅志（広島市立大）

1. インターロックと移動方向を考慮した立体分割パズルの生成  
○本郷元優（東京農工大学）・北直樹（信州大学）・斎藤隆文（東京農工大学）

2. モアレアニメーションとスリットアニメーションの統合および表現拡大  
○道本実理・斎藤隆文（東京農工大学）

3. ViT を用いた 2D アニメーション制作のための髪パーツの自動分割方式  
○シュカトウ・阿倍博信（東京電機大学）

4. StyleGAN2 に基づくゲームキャラクタ顔画像生成システムのための生成画像の品質制御  
○周逸峰・阿倍博信（東京電機大学）

5. 心拍数の変動を活用したゲームステージ生成  
○村田章悟（東京農工大学）・北直樹（信州大学）・斎藤隆文（東京農工大学）

15:00-16:40 セッション 2（医用/ヘルスケア） 座長：石樽康雄（はこだて未来大学）

6. プロンプト学習を用いた視覚言語モデルによる高精度な病理画像分類  
○侯瑞博・李印豪・陳延偉（立命館大学）

7. Parameter-Efficient Fine-Tuning of SAM for Label-Efficient Interactive Medical Image Segmentation  
○Jihong Hu・Yinhao Li・Yen-wei Chen（立命館大学）

8. 汎用一眼カメラによる血行動態可視化技術開発における撮影条件の検討  
○三ツ井真生・高橋蒼空・市川想来・吉田慧一郎（サレジオ工業高等専門学校）・  
土居裕和・中平勝子（長岡技術科学大学）・島川陽一・中山友紀（サレジオ工業高等専門学校）

9. 感情分析機能と写真からの物語生成機能をもつ中国語チャットボットの作成  
○劉濛・平山亮（大阪工業大学）

10. Computer-Aided Diagnosis of Hepatic Tumors Using Radiomics in Multi-Phase CT Images  
○Okello John Silas（立命館大学）

16:45-17:45 セッション3 (画像認識)

座長：菅野勝 (KDDI)

11. ダンス動画からのフォーメーション自動抽出

○川崎詩織・斎藤隆文 (東京農工大学)

12. 画像解析による羊腸径計測の試み

○石走涼・前原秀明 (福岡工業大学)

13. 解釈可能な画像分類モデルにおける疎な特徴量選択について

○小林祐貴・山口泰 (東京大学)

17:45-17:50 1 日目閉会挨拶

菅野勝 (KDDI)

---

2月18日 (火)

10:20-12:00 セッション4 (3D/XR)

座長：窪田陽一 (リコー)

14. AR グラスを活用した仮想パートナー表示によるランニング動機づけ支援技術の検討

○加藤駿弥・佐藤生馬・石樽康雄 (はこだて未来大学)

15. <発表取り下げ>

16. 3D LiDAR ベース SLAM 手法に関する評価

○内田樹・岩切宗利・藤原匠 (防衛大学校)

17. 3次元画像測量による壁面傾斜推定値の信頼性向上

○杉本満・岩切宗利・藤原匠 (防衛大学校)

18. VR を用いた商店街看板の視覚的影響に関する研究

○鶴田遼人・佐野睦夫・大西翔・岡山敏哉 (大阪工業大学)

19. ボケを考慮した動画からの3次元モデル再構成に関する検討

○大場暖音 (信州大学)・岩切宗利 (防衛大学校)・田中清 (信州大学)

13:15-14:15 【招待講演】

座長：馬場雅志 (広島市立大)

20. 二統流

金田和文 (広島大学大学院)

14:30-15:10 セッション5 (映像配信)

座長：菅野勝 (KDDI)

21. ネット視聴時間延長に対する映像配信トラヒック予測に関する一考察

○児玉明 (広島大学)

22. キャッシュサーバ制御器を用いた映像配信システム消費電力削減法における一考察

○山本亮・児玉明 (広島大学)

15:10-15:20 閉会挨拶

石樽康雄 (はこだて未来大学／画像電子学会企画委員長)

画像電子学会 第8回 デジタルミュージアム・人文学(DMH)研究会

「博物館・人文学分野における数理・データサイエンス・AI」 講演募集

<https://www.iieej.org/events/dmh8bosyu/>

テーマ：博物館・人文学分野における数理・データサイエンス・AI

AI 戦略 2019 では、デジタル社会の「読み・書き・そろばん」として「数理・データサイエンス・AI」を挙げ、文系・理系を問わず初等教育から高等教育そして生涯学習を含めて学ぶ機会を得させ、これらを使った社会問題解決を行える人材を育てていくことを想定しています。高等教育においては、「数理・データサイエンス・AI 教育プログラム」を文部科学省が認定 (Approved Program for Mathematics, Data Science and AI Smart Higher Education; MDASH) することを行い、リテラシーレベルおよび応用基礎レベルについて、大学等がカリキュラムを策定して導入するように仕向けています。

博物館・人文学分野においても、数理モデル、プログラミング、データサイエンス、AIなどを導入し、従来の経験に基づく分類整理やフィールドワーク中心の研究からの変革がみられます。

第8回 DMH 研究会では、博物館・人文学分野における数理・データサイエンス・AI をテーマとして、数理モデル、プログラミング、データサイエンス、AI、それらの教育や課題解決への応用などについて幅広く議論する場を提供します。それ以外にも、デジタルミュージアム・人文学分野一般として、研究、開発、意見、アイデアの提示や、現状報告などの投稿、修士研究・卒業研究の発表も受け付けます。

—記—

第8回 デジタルミュージアム・人文学(DMH)研究会 講演募集

テーマ：博物館・人文学分野における数理・データサイエンス・AI

日時：2025年2月14日(金) 13:30~17:00 (予定)

場所：大阪工業大学枚方キャンパス (1403 教室) + オンライン (Zoom)

[https://www.oit.ac.jp/japanese/access/access\\_hirakata.html](https://www.oit.ac.jp/japanese/access/access_hirakata.html)

協賛：画像関連学会連合会(FIS)

参加費：1,000 円 (PDF 予稿集付)

講演形式:質疑応答を含めて 30 分程度の口頭発表ですが、発表件数により時間調整します。使用言語は原則として日本語とします。これ以外の発表形式(展示発表、ポスター発表、他言語での発表など)をご希望される場合は、事前にご相談ください。障害者への情報保障のために、事前に発表資料を電子媒体でご提供していただく場合もありますのでご協力お願いします。

予稿形式：原則として学会所定の研究会予稿形式にてご執筆ください。分量は 6 ページ程度でお願いします。2 ページ、4 ページでも構いません。最大 12 ページ程度まででお願いします。

研究会原稿用テンプレート [https://www.iieej.org/trans/kenkyukai/template/file-3\\_template\\_7R.doc](https://www.iieej.org/trans/kenkyukai/template/file-3_template_7R.doc)

申込方法：2025年1月24日(金)までに、以下の講演申込フォームよりお申し込みください。

講演申込フォーム：<https://forms.gle/DVcVABewPrY5kbsS6>

予稿〆切：2025年2月5日(水)（厳守）までに学会事務局へE-mailによりご提出ください。

予稿原稿の公開：発表内容・予稿原稿は原則として研究会ウェブページにて公開されます。非公開・一部非公開をご希望の方はお知らせください。

情報保障：視覚、聴覚、その他の障害により、字幕、手話通訳、予稿テキスト事前配布などの情報保障を必要とされる方は事前にご相談ください。個別に対応します。

ご質問・ご相談等:学会事務局([kikaku@iieej.org](mailto:kikaku@iieej.org))または平山亮([makoto.hirayama@oit.ac.jp](mailto:makoto.hirayama@oit.ac.jp))までお願いします。

以上



画像電子学会 第9回 デジタルミュージアム・人文学(DMH)研究会  
「博物館・人文学におけるデジタルデータの作成と活用」 講演募集  
<https://www.iieej.org/events/dmh9bosyu/>

テーマ：博物館・人文学におけるデジタルデータの作成と活用

第9回の DMH 研究会では、博物館・人文学におけるデジタルデータの作成と活用について考えます。いうまでもなく、博物館・人文学におけるデジタル技術応用は、まずデジタルデータを作ることから始まります。1990年代初頭、日本のいくつかの学会で人文学へのデジタル技術応用を考える研究会が作られたときは、ともかくめいめいが独自の視点・書式でデジタルデータを作成し、分析・利用するところから始まりました。標準化といえばようやく SGML や Unicode が知られるようになった頃のことです。それから四半世紀、PC・スマートフォン・タブレットに代表される情報機器の進歩と、オープンサイエンス・シチズンサイエンスの潮流に乗って、データの精密化・大容量化・標準化・国際化・自由な流通が格段に進歩しました。

今回の研究会では、デジタルデータの作成と活用に焦点を当て、最先端の方法でデータを作っている方も、逆にどうやったらよいデジタルデータになるか試行錯誤しておられる方も、また、作る側・利用する側の別を問わず、さまざまな段階・環境にある方々が一堂に会してざっくばらんに交流を図る場としたいと考えます。通常の学会研究会では発表しにくい話題を大いに歓迎いたします。

また本研究会では、人間文化研究機構の大井将生特任准教授 (<https://researchmap.jp/m-oi>) による招待講演を行います(オンラインもしくは事前録画の可能性あり)。大井氏は、公立高校教員の経験をもち、現在は「デジタルアーカイブの教育活用」をテーマとして情報学やデジタルヒューマニティーズの視座から学校教育を対象とした実践的研究に従事しておられます。これまで、デジタルアーカイブ学会学会賞「学術賞(研究論文)」を2度(2021年,2023年)受賞されている他、Linked Open Data Challenge 最優秀賞(2021年)および学術 LOD 賞(2024年)、デジタルアーカイブジャパン・アワード 2022 などを受賞されています。また、内閣府知的財産戦略推進事務局「デジタルアーカイブ推進に関する検討会」のメンバー、文化庁「博物館 DX に関する検討会議」の有識者委員などを歴任され、国の施策にも深くかかわっておられます。

「博物館・人文学におけるデジタルデータの作成と活用」とその関連領域の研究発表を募集します。いわゆる研究成果発表でなくとも、事例紹介、研究紹介、調査報告、意見発表などでも構いません。また卒業研究、修士研究に関連した発表も歓迎です。多数の皆様のご発表、ご参加をお待ちしております。

なお、Zoom によるオンライン参加と会場参加を併用した開催形式となります。

第9回 デジタルミュージアム・人文学(DMH)研究会 講演募集

テーマ：博物館・人文学におけるデジタルデータの作成と活用

日時：2025年3月12日(水) 13:30～17:00 (予定)

場所：Zoomによるオンライン開催＋国立歴史民俗博物館

<https://www.rekihaku.ac.jp>

協賛：画像関連学会連合会(FIS)

参加費：1,000円 (PDF 予稿集付)

講演形式:質疑応答を含めて 30 分程度の口頭発表ですが、発表件数により時間調整します。使用言語は原則として日本語とします。これ以外の発表形式(展示発表、ポスター発表、他言語での発表など)をご希望される場合は、事前にご相談ください。障害者への情報保障のために、事前に発表資料を電子媒体でご提供していただく場合もありますのでご協力をお願いします。

予稿形式：原則として学会所定の研究会予稿形式にてご執筆ください。分量は6ページ程度でお願いします。

研究会原稿用テンプレート [https://www.iieej.org/trans/kenkyukai/template/file-3\\_template\\_7R.doc](https://www.iieej.org/trans/kenkyukai/template/file-3_template_7R.doc)

申込方法：2025年2月3日(月)までに、以下の講演申込フォームよりお申し込みください。

講演申込フォーム：<https://forms.gle/1y82LcByhq7gJtS67>

予稿〆切：2025年3月3日(月) (厳守) までに学会事務局へ E-mail によりご提出ください。

予稿原稿の公開：発表内容・予稿原稿は差し支えなければ後日研究会ウェブページにて公開されます。非公開・一部非公開をご希望の方はお知らせください。

情報保障：視覚、聴覚、その他の障害により、字幕、手話通訳、予稿テキスト事前配布などの情報保障を必要とされる方は事前にご相談ください。個別に対応します。

ご質問・ご相談等:学会事務局([kikaku@iieej.org](mailto:kikaku@iieej.org))または鈴木卓治([suzuki@rekihaku.ac.jp](mailto:suzuki@rekihaku.ac.jp))までお願いします。

以上

## ビジュアルコンピューティング論文特集号 論文募集

画像電子学会編集委員会

ビジョンとグラフィックスの統合を目指したビジュアルコンピューティング研究委員会は1993年に発足し、シンポジウムおよびワークショップを通して活発な活動を行ってきております。そこで本年度も、表記の論文特集号を下記の要領により企画いたしました。採録論文は本学会論文賞、および、西田賞の対象にもなりますので、奮って御応募下さい。

### 1. キーワード

- グラフィックスの基礎（レンダリング、モデリング、形状モデル、シミュレーション）
- グラフィックスシステム（入出力デバイス、GPU、Web/モバイルシステム）
- グラフィックスの応用（マルチメディア、アニメーション、可視化、医療応用、地理情報処理）
- デジタルファブリケーション（3Dプリンタ、建築応用、デジタルエンジニアリング）
- エンタテインメント（ゲーム、エージェント・人工知能応用、インタラクティブ応用）
- VR 基礎・応用（複合/拡張現実、五感インタフェース、視覚心理・認知モデル）
- 画像処理（画像の表示・計測・認識等、ビジョンとグラフィックスの融合技術）
- コンテンツ処理（形状・素材データの検索/編集、異種媒体での表示）

これらに少しでも関連をもつ、より新しいまたより広い分野からの研究成果の投稿を期待しています。

### 2. 論文の種類と取扱い

「論文」「ショートペーパー」を受け付けます。他の種目については、編集幹事が内容を確認した上で、受け付けるかどうかを決定します。

取り扱いは通常の論文投稿と同一です。なお採録決定が特集号に間に合わなかった場合には、通常の投稿として扱います。

3. 特集号発行 画像電子学会誌 2025年10月号予定（電子版）

4. 論文投稿締切日 2025年3月21日(金) 必着

### 5. 論文の投稿方法

論文投稿システムよりご投稿ください。

<http://www.editorialmanager.com/iieej/>

論文投稿にあたっては、下記の論文投稿の手引きをご一読ください。

<https://www.iieej.org/call-for-papers/guide-paper-submission/>

### 6. 問い合わせ先

画像電子学会事務局

〒116-0002 東京都荒川区荒川 3-35-6 ライオンズマンション三河島第二 101号

TEL: 03-5615-2893 FAX: 03-615-2894

事務局 福島 hensyu@iieej.org

<http://www.iieej.org/>（電子投稿）

ゲスト編集委員長 金井 崇（東京大）

ゲスト編集幹事 石川 知一（東洋大） 古屋 貴彦（山梨大） 謝 浩然（北陸先端大）

映像制作・CG・VR・ARを含む映像表現・芸術科学の技術は、エンタテインメントやアートのみならず、医療や工業製品の制作支援、データ可視化など幅広い応用を持つまでに発展しました。また、近年では深層学習に代表される機械学習技術との融合が進み、今まで人間の能力・技術だけでは実現が困難であった、高度な映像・芸術表現も可能となりつつあります。

これら映像表現・芸術科学とその技術応用に関して、毎年3月に「映像表現・芸術科学フォーラム」と称する会議が当学会・映像情報メディア学会・芸術科学会の共催で開催されてきており、毎回若手を中心に興味深い報告がきわめて活発になされています。

本年は当学会誌で表記の論文特集号を下記のとおり企画いたしました。採録論文は、本学会論文賞の対象にもなりますので、奮って御応募ください。

#### 1. 投稿資格

- (1) 「映像表現・芸術科学フォーラム 2025 (Expressive Japan 2025)」での発表論文であること (口頭発表, ポスター発表, 作品上映の発表区分は問わない)
- (2) 著者のうち少なくとも1名は、本学会, 映像情報メディア学会, 芸術科学会のいずれかの正会員であること

#### 2. 論文の種類と取扱い

「論文」だけでなく、「ショートペーパー」も受け付けます。取り扱いは通常の論文投稿と同一です。なお採録決定が特集号に間に合わなかった場合には通常の投稿として扱いますが、その場合の投稿資格に関しては特集号の資格に従うものとします。

#### 3. 特集号発行：画像電子学会誌 2025年10月号予定 (電子版)

#### 4. 論文投稿締切日：2025年 (令和7年) 3月21日(金)

#### 5. 原稿送付先および問合せ先

画像電子学会事務局

〒116-0002 東京都荒川区荒川 3-35-6 ライオンズマンション三河島第二 101号

TEL: 03-5615-2893 FAX: 03-615-2894 Email: hensyu(a)iieej.org

画像電子学会トップページ <http://www.iieej.org/>

学会誌 <https://www.iieej.org/journal-of-the-society/>

投稿ページ (投稿ログイン、新規ユーザ登録) <http://www.editorialmanager.com/iieej/>

※論文種別は下記のいずれかとなります。

映像表現・芸術科学フォーラム 2025 論文特集号 -論文-

映像表現・芸術科学フォーラム 2025 論文特集号 -Short Paper-

ゲスト編集委員長 金井 崇 (東京大)

ゲスト編集幹事 石川 知一 (東洋大) 謝 浩然 (北陸先端大) 古屋 貴彦 (山梨大)

2026年4月号 英文誌6月号 論文特集号 論文募集  
— AI技術と画像電子関連技術特集— (締切2025年10月31日(金)必着)

画像電子学会 編集委員会

近年の AI (人工知能) 技術の急激な進歩は、画像や映像の処理、認識、生成をはじめとするさまざまな画像電子関連技術に飛躍的な進展と向上をもたらしました。応用分野も自動運転、医療画像診断、顔認証システム、工場等での異常検知、監視カメラ/ドローンなどと枚挙に遑がありません。一方で、フェイク画像の作成など、技術の使い方によって生じる社会的問題の対策も大きな課題となることが予想されます。いずれにせよ、今後、画像電子関連分野において AI 技術が益々その重要性を増していくことは間違いのないことでしょう。

本特集では、これら AI 技術と、それによって加速される画像電子関連技術の研究成果や、それらを実際に応用した結果の評価に関する論文、システム論文、実践論文、さらにサーベイ論文等を広く募集いたします。

### 1. 対象トピック

以下に対象となるトピックの例を挙げますが、これらに限らず、AI 技術と画像電子関連技術に関連するものを広く募集します。

- ・画像処理における AI 技術の応用 (認識, 分類, 生成)
- ・機械学習・深層学習を用いた画像認識技術
- ・AI 技術による映像圧縮や伝送技術の向上
- ・AI 技術を用いたコンピュータビジョン技術
- ・生成 AI による画像生成および編集
- ・自然言語処理と画像処理の融合技術
- ・医療画像処理における AI 技術の応用
- ・自動運転における AI 技術
- ・監視カメラやドローンを用いた映像分析における AI 技術応用

### 2. 投稿論文種別 (著者に学会員を含む等の掲載条件は適用されます)

フルペーパー, ショートペーパー, システム開発論文, 実践論文, サーベイ論文

### 3. 論文の取り扱い

投稿様式, 査読プロセスとも通常の投稿論文と同様です。

採録決定が特集号に間に合わなかった場合には, 通常の投稿論文として取り扱います。

英文での投稿も受け付けます

(IEEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing (6月号) への掲載となります)。

### 4. 特集号発行

画像電子学会誌 (電子版) 2026 年 4 月号, 英文論文誌 2026 年 6 月号

### 5. 論文投稿締切日

2025 年 10 月 31 日 (金)

### 6. 投稿方法および問い合わせ先

画像電子学会 <http://www.iieej.org/>

〒116-0002 東京都荒川区荒川三丁目 35 番 4 ライオンズマンション三河島第二 101 号室

TEL : 03-5615-2893, FAX : 03-5615-2894, E-mail : [hensyu@iieej.org](mailto:hensyu@iieej.org)

論文投稿の手引き

<https://www.iieej.org/call-for-papers/guide-paper-submission/>



2017年1月6日改訂

2018年7月6日改訂

2020年10月2日改訂

2024年11月6日改訂

2024年12月4日改訂

## 論文投稿の手引き

### 1. 論文投稿

#### (1) 投稿前

- ・ 著者は「論文投稿の手引き」、「スタイルフォーマット」を学会ホームページの「学会誌」、「英文論文誌」欄からダウンロードして、投稿論文の準備をする。
- ・ 「スタイルフォーマット」は TeX 版、Word 版の 2 種類が準備されており、出版コストおよび出版に至る労力削減のために、TeX 版の利用を推奨している。
- ・ 原稿には以下の 6 種類がある。
  - 論文：画像電子技術に関する独創的な研究成果、開発結果、検討結果を学術論文（フルペーパー）としてまとめたもの。新しいアイデアの提案を目的とする通常論文であり、新規性、有用性、信頼性、了解性に基づいて評価する。原則として刷り上がり 8 ページ以内とする。
  - ショートペーパー：研究速報的な性格を持ち、部分的にある程度良好な結果、新しい知見が得られたことを研究報告としてまとめたもの。原則として刷り上がり 4 ページ以内とする。（論文・システム開発論文のいずれとも組み合わせが可能とする）
  - システム開発論文：通常論文の新規性、有用性とは別に、既存技術の組み合わせ、或いはそれ自身に新規性があり、開発結果が従来法より優れているか、或いは他システムへ応用可能であり、新しい知見が示されているもの。原則として刷り上がり 8 ページ以内とする。
  - 資料論文：試験、運用、製造などの新しい成果をまとめたもの。あるいは現場の新技術紹介や提案などで、必ずしも独創的でなくてもよい。原則として刷り上がり 8 ページ以内とする。
  - サーベイ論文：新しい研究の発表を目的とせず、既存の研究・開発をある視点の下に体系付け、比較してその位置づけを明確にし、時代的な変遷を明らかにすること等を目的とする論文。参考文献の網羅、全体像の呈示、客観的評価、特定機関の宣伝に与しないことなどが要求される。また、以下の要件を満たすことが望ましい。その分野に関する状況・課題・及びそれらが、研究者や関係者に与える影響を理解していること。その分野への参入、開発・応用等への進展を促しさらには他分野への展開や新たな研究を触発する可能性を有すること。原則として刷り上がり 8 ページ以内とする。必要に応じて複数パート構成とすること。
  - 実践論文：事例<sup>\*</sup>やフィールドワークに関する発見、工夫、既存技術の新たな組み合わせ等で、事例設計の客観性・相互主観性を有し、個別の事例（フィールドワークも含む）から、他の事例（より一般的な事例も含む）への発展可能性（一般法則化）、利活用・応用可能性などを示せるもの。原則として刷り上がり 6 ページ以内とする。  
※事例とは、画像関連技術の開発・利活用に関する、フィールドワーク、システム開発、システム導入、ソフトウェア実装、アプリケーション開発、表示・提示方法、入出力インタフェース開発、試験・評価方法、サービス、データベース作成等の実例を示す。
- ・ 原稿の投稿および掲載の条件として、論文、ショートペーパー、資料論文、実践論文のいずれも、著者のうち必ず 1 名以上は本学会の正会員または学生会員であることを必要とする。
- ・ 原稿の二重投稿を禁止する。論文、ショートペーパー、システム開発論文、資料論文、実践論文

のいずれも、その採録決定以前に投稿原稿と同一内容のものが、投稿原稿と同一の著者もしくは少なくともその中の1名を含む著者によって他の公開出版物に掲載または投稿中の場合には、原則として採録としない。公開出版物とは、内外の書籍、雑誌および官公庁、学校、会社等の機関誌、紀要などをいう。ただし、本学会または他学会（国外の学会を含む）等の年次大会、研究会、シンポジウム、コンファレンス、講演会などの予稿、特許公開公報、当学会編集委員会で認めたものなどについてはこの限りではない。また、本会誌にショートペーパーとして採録になったものについて、成果を追加し内容を充実させ、論文として再び投稿したものについては二重投稿とみなさない。

## (2) 投稿

- ・ 投稿原稿では、全ての著者情報を削除すること。ただし、参考文献はこの限りではない。
- ・ 著者は以下の論文投稿のページよりユーザ登録を行った上で、ログインして必要事項の記入と「スタイルフォーマット」を使用し作成した論文原稿のアップロードを行う。論文原稿のファイルはpdf形式（TeXのdviを変換したもの）またはWord形式とする。「スタイルフォーマット」を使用するため、原則として図表等は論文原稿内に組み込む。（査読の参考となる別のファイルを同時にアップロードすることは可能）

<https://www.editorialmanager.com/iieej/>

- ・ 投稿に関して質問がある場合には、学会事務局編集担当者に相談のこと。（連絡先：〒116-0002 東京都荒川区荒川 3-35-4 ライオンズマンション三河島第二 101号 TEL: 03-5615-2893 FAX: 03-5615-2894 E-mail: hensyu@iieej.org 画像電子学会事務局編集担当）

## 2. 論文査読と対応

### (1) 査読

- ・ 論文原稿は該当専門分野に詳しい査読者によって審査され、「採録」、「条件付採録」または「返戻」のいずれかに判定される。査読結果は、学会事務局より連絡著者宛にメールで通知される。なお、最終的な採録判定についてはショートペーパーを除き、いずれのカテゴリーの論文であっても2名以上の査読者の採録を必要とする。
- ・ 評価方法
  - 通常論文は、次の基準で評価する。
    - ✓ 新規性：投稿内容に著者の新規性があること。
    - ✓ 有用性：投稿内容が学術や産業の発展に役立つものであること。
    - ✓ 信頼性：投稿内容が読者から見て信用できるものであること。
    - ✓ 了解性：投稿内容が明確に記述されており、読者が誤解なく理解できるものであること。
    - ✓ 文献調査：投稿内容に関連する文献調査が行われており、必要な比較が行われていること。
  - ショートペーパーは、通常論文の新規性、有用性とは別に、研究内容に速報性があり、斬新性の尺度からある程度良好な結果、部分的にでも新しい知見が得られたことを評価する。
  - システム開発論文は、通常論文の新規性、有用性の代わりに次の基準で評価する。
    - ✓ システム開発の新規性：既存技術の統合であっても、組み合わせの新しさ、システムの新しさ、開発したシステムで得られた知見の新しさなどをシステムの新規性として認める。
    - ✓ システム開発の有用性：類似システムと比較し、総合的或いは部分的に優れていること。システムとして先駆的な新しい応用コンセプトが示されていること。組み合わせが実用化のために合目的最適性を有すること。性能限界や実利用システムの性能事例が示されていること。
  - 資料論文は、通常論文における新規性要件については、試験、運用、製造などの新しい成果、

現場の新技术紹介や提案など、必ずしも独創的でなくても優先性があれば新規性として認める。また、有用性要件については新しい成果が既存技術と比較し優れており、学術や産業の発展に役立つものであればそれを評価する。

- サーベイ論文は、通常論文における新規性に代えて網羅性、俯瞰性、客観性について評価する。信頼性、了解性、及び文献調査においては、基本的に通常論文と共通の観点により評価する。
- 実践論文は、通常論文の新規性、有用性に代えて合目的性、独自性、適応性の基準で評価する。また、信頼性、了解性、及び文献調査においては、基本的に通常論文と共通の観点により評価する。(なお、5段階評価において通常論文の評価項目を流用する場合は通常論文の新規性を「合目的性」に、有用性を「独自性」に、信頼性を「適応性及び信頼性の総合」に読み替えて記入するものとする。)
- ✓ 合目的性：投稿内容に合目的性があること。
- ✓ 独自性：投稿内容に著者の独自性や拡張性があること。
- ✓ 適応性：投稿内容が先行事例より優れていること。また、当該事例の合目的性に対する要求条件及び適用範囲において、当該事例が同一条件下で先行事例と比べ、複数の視点で高い客観性・相互主観性を有し、サービスの向上に貢献するものであること。

これらの具体的な例を以下に示す。

- ✓ 合目的性：当該事例への提案内容の導入が一定の目的にかなった方法であることが示されていること。また、分析結果の適用範囲において高い合目的性を有すること。
- ✓ 独自性：当該事例において先駆的な独自応用コンセプトが示されていること。先行事例の組み合わせであっても組み合わせの独自性、導入事例の適用範囲の独自性、事例構成の独自性、他の事例(システム、サービス)への拡張性、現状の画像電子技術に係るサービスの有効性、得られた知見の独自性などを事例の独自性として認める。
- ✓ 適応性：提案事例のもつ適応性を判断するために十分な導入分析結果及び考察が示されていること。提案事例と先行事例との適応性に関する比較結果が、共通条件下で示されていること。提案事例が先行事例と比較し、総合的或いは複数の部分で性能が優れていること、或いは課題、合目的性に対する要求条件及び適用範囲において、より高い客観性・相互主観性を有していること。

## (2) 査読結果受領後の対応

- ・ 「採録」の場合、著者は最終原稿の準備(3.に記載)に進む。
- ・ 「採録(参考意見有り)」の場合、著者は査読者からの参考意見を考慮して論文を修正し、最終原稿の準備(3.に記載)に進む。
- ・ 「条件付採録」の場合、著者は査読者から示された「採録の条件」に基づき、指定された期日まで(60日以内)に論文を修正し、照会内容への対応を明記した回答書とともに再提出し、再度審査を受ける。修正論文には、修正箇所がわかるように、色を付けるか、下線を引くなどすること。また、回答書は必ず添付し、採録条件全てに対し、修正点、主張点、今後の課題などを丁寧に説明すること。
- ・ 「返戻」の場合、著者は以降のプロセスに進むことができない。査読者から示された「返戻の理由」を吟味して論文内容を再検討し、あらためて投稿することができる。

## (3) 修正原稿査読

- ・ 「条件付採録」で再提出する場合は、回答書・修正清書原稿・修正箇所マーク原稿の修正原稿一

式を投稿ページより再提出する。但し、「条件付採録」で指定された期日を過ぎて提出された場合は、新規の初回投稿論文として取り扱われるので注意すること。

- ・ 再提出された修正原稿は原則として同一の査読者によって再審査され、「採録（参考意見付記を含む）」または「返戻」のいずれかに判定される。
- ・ 以降の対応は（2）と同様である。

### 3. 最終原稿提出から出版まで

#### (1) 最終原稿提出

- ・ 「採録」通知受理後は、事務局から最終原稿作成に関するメールが送付されるので、著者はその指示に従い最終原稿一式（電子データ）を準備し、指定の期日までに、事務局へ送付する。
- ・ 最終原稿一式とは、「スタイルフォーマット」を使用して作成した論文原稿のソースファイル（TeX版または Word 版）、その pdf ファイル、すべての図表の eps ファイル（bmp, jpg, png など含む）、著者紹介用写真（縦横比 3:2, 胸より上, 300dpi 以上の eps ファイル, 或いは, jpg ファイル）であり、これらを zip 等の圧縮ファイルに格納して提出する。
- ・ 最終論文原稿には、著者名・組織名、著者紹介、必要により謝辞を記入する。（スタイルファイル内のマクロのフラグを解除する）
- ・ 採録が決定した著者は、当該論文の掲載料を支払わなければならない。なお、別刷りの購入は任意。（別紙 1 「別刷価格表」参照）

#### (2) ゲラ刷りの校正

- ・ 論文掲載号の発行のおよそ 1 ヶ月前に論文原稿のゲラ刷り（ハードコピー）の確認が依頼される。著者は指定の期日まで（約 1 週間）に校正を行い、修正した原稿をスキャンした pdf ファイルを作成し、事務局へメールにて送付する。この際、「別刷り購入票」および「コピーライトフォーム」を記入し、同様にスキャンした pdf ファイルをアップロードする。
- ・ 本会誌に掲載されるすべての記事については、電子的形態による利用も含め、著作権は原則として本会に帰属する。
- ・ 「別刷申込書」および「コピーライトフォーム」は学会ホームページの「学会誌」欄からダウンロードする。（別紙 2 「別刷申込書」、別紙 3 「コピーライトフォーム」参照）

#### (3) 出版

- ・ 最終校正された論文原稿は学会誌、或いは、英文論文誌（電子ファイル形態）としてオンライン出版されるとともに、学会ホームページに掲載される。
- ・ 著者は、グリーンオープンアクセス（セルフアーカイブ）として、本誌からの出版ののちすぐに、自身の著者最終稿を機関リポジトリなどの公的なオンラインリポジトリから公開することができる。

以上

## アレキサンダー・ベイン賞候補推薦募集

2024年10月25日  
一般社団法人画像電子学会  
会長 高村 誠之

本学会では、画像工学の学術の進展に対して卓越した業績のあった会員、または産業界の発展に特別の功労がありその功績が顕著であった会員へのアレキサンダー・ベイン賞推薦候補を募集します。

別紙の候補者推薦書にご記入の上、2025年2月14日（金）必着で学会事務局までにメール添付で送付ください（推薦書の電子ファイルは上記学会ホームページ（<http://www.iieej.org/>）からダウンロードできます）。

### アレキサンダー・ベイン賞規程（抜粋）

第1条 本会定款第4条に基づく画像工学に関する学術に関し卓越した業績のあった者、または産業界や本学会関連事業に関し特別の功績があった者に対し、本規程による表彰を行う。

第7条 本賞は、10年を超えて本学会会員である者を受賞対象とし、過去に本賞を受賞していない者のうちから、原則として毎年若干名以内を選定し贈呈する。

第8条 各年度に適切な該当者がいない場合は、該当者なしとする。

第9条 本賞として、賞状および記念メダルを贈呈する。

### アレキサンダー・ベイン賞選定手続き規程（抜粋）

#### 第2章 選定委員会選定細則

第5条 アレキサンダー・ベイン賞の一般推薦の推薦状フォーム並びに推薦締め切り期日については期日前にフェロー会員に周知する。

2. 推薦状にはフェロー会員2名の推薦を必要とする。

3. 推薦状フォームは本規程別紙に掲げるものを使用する

#### [贈呈式]

2025年の総会もしくは年次大会で行う予定です。

上記、アレキサンダー・ベイン賞規程等の詳細は当学会ホームページ（<https://www.iieej.org/admission/arexande/>）を参照してください。

以上



別紙

アレキサンダー・ベイン賞 候補者推薦書

受賞候補者名	氏名 会員番号, 在籍年数 所属, 住所, 電話番号, メールアドレス
受賞候補者経歴	学歴, 職歴:
	本学会での活動歴:
	学術的業績, 産業的貢献, 社会的貢献:
推薦理由 (サイテーション)	
主たる功績 (いずれか, または複数に○印) (1) 学術的業績 (2) 産業的貢献 (3) 社会的貢献 (4) 学会活動 推薦理由	
受賞候補者の推薦者 氏名 (フェロー認定 年)	(1) ( ) (2) ( )

## 画像電子技術賞候補の推薦のお願い

画像電子学会では、画像電子に関する極めて優れた製品、システム、デバイスを開発した個人またはグループを毎年若干件選出して画像電子技術賞として表彰します。つきましては、本技術賞に相応しいと思われる候補（個人もしくはグループ）を下記要領に従って、推薦下さるようお願い致します。なお、選定は画像電子技術賞選定委員会で行います。

### 記

- ・推薦者の資格：本学会正会員であること（一人1件に限る）。
- ・候補者の資格：表彰時において、本学会会員であること。
- ・推薦方法：次頁の推薦用紙またはこれをコピーしたものに、
  - (1) 推薦する個人もしくはグループ全員の氏名、所属（連絡先）
  - (2) 推薦する製品名、システム名、デバイス名
  - (3) 推薦理由
  - (4) 推薦者の氏名、所属、住所、電話／FAX番号、e-mail  
を記入の上、学会あてFAX、郵便またはe-mailでお送り下さい。  
尚、推薦理由を裏付ける資料があれば、その案内（論文の場合であれば、  
題目、発表機関、VOL. NOなど）を推薦理由欄に付記して下さい。

- ・推薦の締切：2025年2月14日（金）
- ・送付先：〒116-0002 東京都荒川区荒川三丁目35番4 ライオンズマンション三河島第二 101号  
画像電子学会〈TEL〉03-5615-2893 〈FAX〉03-5615-2894 〈E-mail〉hyoujun@iieej.org
- ・表彰内容：楯及び表彰状を贈呈します。
- ・表彰方法：通常総会もしくは年次大会の席で表彰するとともに、学会誌に解説を掲載します。
- ・技術展示：受賞技術は、2025年の年次大会にて技術展示をお願いします。

### ・画像電子技術賞授賞リスト（最近の例）

受賞年度	受賞技術名もしくは製品・システム名	<受賞者所属先>
2023年	波長依存PSFメタレンズを用いた圧縮スペクトルイメージング <曾我部 陽光 他> 日本電信電話株式会社 コンピュータ&データサイエンス研究所 先端集積デバイス研究所	
2021年	3次元データ空間の歪み検出・補正およびスケール付与システム	<青木 勝彦(株式会社AB.do) 他>
2020年	非エピポーラ光伝搬の計測と解析に基づく皮下血管のリアルタイムイメージング	<久保尋之(東海大学) 他>
2019年	非接触式血中酸素飽和度測定装置	<長尾嘉満(早稲田大学)>
2018年	羽虫の群れの動き生成システム (2件) 展示会見学体験向上を目的とするユニバーサルオブジェクト認識技術を用いたMICEアプリの提供	<北海道大学大学院情報科学研究科> <NTTサービスエボリューション研究所>
2017年	アクティブ照明と多視点カメラ入力による実時間インテグラル立体表示 (2件) 視覚の知覚メカニズムを活用した視点移動対応裸眼3D映像スクリーン技術	<名古屋大学大学院工学研究科/日本放送協会> <日本電信電話株式会社/東北大学>
2016年	24時間連続稼働全天球ライブストリーミングカメラ RICOH R Development Kit	<㈱リコー 技術経営センター>

### 画像電子技術賞表彰規定

2015年9月4日改訂

#### 第1条（目的）

画像電子技術賞は、画像電子に関する極めて顕著な新しい技術、製品、システムを開発した個人またはグループを毎年若干件選出して表彰するものである。

#### 第2条（選定）

画像電子技術賞は、別途定める「画像電子技術賞候補選定手続規定」に従って候補を選出し、理事会で決定するものとする。但し、過去に受賞した個人またはグループは候補から除く。

#### 第3条（表彰）

画像電子技術賞は、楯および表彰状とし、毎年通常総会もしくは年次大会で表彰するとともに、学会誌上で紹介する。なお、年次大会にて技術展示を依頼する。

# 画像電子技術賞候補推薦用紙

<技術・製品または, システム名>		
<受賞候補者> (複数の場合は全員ご記入ください)		
氏 名	所 属	TEL/FAX/ e-mail
<推薦者>		
氏名：		
所属：		
TEL：		
FAX：		

以下の各項目にご記入ください。

・画像電子分野との関連性


・新規性


・有効性


・販売，採用などの実績


・参考となる資料


## 2024年度フェロー候補推薦募集

2024年10月25日

一般社団法人画像電子学会  
会 長 高村 誠之

本学会では、学術上の業績、学会活動の活性化、教育・社会活動への取り組み、標準化活動などにおいて、特に貢献のあった会員に対しフェローの称号を授与する制度を設けています。フェロー称号認定につきましては以下の通り実施致しますので、フェロー候補の推薦をお願いします。なお、本情報は学会ホームページからも参照できます。

### [推薦募集要領]

別紙のフェロー候補推薦書にご記入の上、**2025年2月14日（金）**必着で学会事務局までにメール添付で送付ください（推薦書の電子ファイルは学会ホームページからダウンロードできます）。選定委員会で審査の上、理事会で決定されます。

なお、条件、資格等はフェロー制度規程[pdf] 学会ホームページ (<https://www.iieej.org/admission/fellow/>) に記載されていますので参照して下さい。また、候補者1名に対し推薦者は2名必要ですが、その内少なくとも一人は候補者と同一の機関に属されない方といたします。

### [称号授与]

フェロー称号授与式は**2025年**の総会もしくは年次大会で行う予定です。

以上



画像電子学会フェロー候補推薦書

フェロー候補者	氏名 会員番号, 在籍年数 所属, 住所, 電話番号, メールアドレス
候補者略歴	学歴, 職歴 :
	本学会での活動歴 :
	業績 ; (特に, 本学会分野での業績)
功績内容 (サイテーション) (22文字以内)	
主たる功績 (いずれか, または複数に○印) (1) 工学的・科学的先駆者 (2) 学会活動推進者 (3) 技術開発指導者 (4) 教育者 (5) 標準化・社会活動 推薦理由	
フェロー候補の推薦者 氏名 (会員番号)	(1) ( )印 (2) ( )印

(注) 記入スペースが不足する場合はそのまま行数を増やして書いてください。複数ページでも結構です。

## 代議員候補推薦のお願い

一般社団法人 画像電子学会  
代議員選挙管理委員長

画像電子学会では、2025年度の代議員改選を行います。下記の要領で代議員のご推薦をお願いします。

### 1)代議員とは

毎年1回6月に開催される総会に出席し、予算、決算、役員、事業計画など学会の重要事項につき審議する役割の人です。以前の総会には正会員なら誰でも出席し審議に参加出来たのですが、代議員制では正会員及び名誉会員を代表する形で代議員が総会に出席することになります。

総会は、学会の最高議決機関ですのでそれに正会員及び名誉会員を代表して出席する重要な役割を担うことになります。

### 2)代議員の人数と任期は

30人ぐらいで、任期は2年で（2025年選出の方は、2025.6.総会日～2027.6.総会前日）、2期程度とします。

### 3)選出する方法は

立候補及び学会の正会員、名誉会員などからの推薦により候補を定め、正会員、名誉会員の選挙によって選出します。

### 4)どのような人が代議員になれるのか

代議員は正会員、名誉会員から選出されます。但し役員（理事、監事）に就いている人は代議員になれません。

### 5) 推薦決定及び選挙方法は

ご推薦頂いた方を代議員選挙管理委員会にて資格審査し信任方法で選挙を行います。

学会の発展のためにお尽力頂ける意欲的な方をご推薦下さい。  
勿論自薦でもかまいません。よろしくお願いします。

- ・推薦及び送付方法：添付の推薦書に必要事項を記入しメール又はFAXで事務局 浮ヶ谷宛にお送り下さい。
- ・送り先：FAX；03-5615-2894 E-mail；hyoujun@iieej.org
- ・締め切り日：2025.2.14(金)
- ・推薦の場合は、被推薦者の了解を得ておいてください。（非会員の場合は推薦後正会員に入会頂きます）

氏名	
所属・役職	
住所	
TEL・FAX	
e-mail	

推薦者 \_\_\_\_\_

<参考> 代議員選挙規程（必要な方は、事務局へお申し込み下さい。メールでお送りします）

## 目 次

## 解 説

カラーレーザー複合機 MFC-L9670CDN に搭載の定着器開発

…… 渡邊知範, 田口和奈, 張 明光, 加藤貞治, 福江修平, 今枝寛雄, 植木俊介, 田中訓史…632(2)

## Special Topic

「Green Technology」

Introduction …… Yukihiro TSUGITA, Kazuki NAKAMURA, and Eiichi MIYAMOTO…638(8)

The Future of IoT Devices for the Utilization of E-Paper …… Takashi MORIKAWA…639(9)

Electronic Tile as an Energy Saving Display Component

…… Makoto OMODANI, Hiroyuki YAGUCHI, and Hisae OBA…644(14)

Thermocells for Self-Powered Sensors—From Fundamental Principles to Applications—

…… Qingshuo WEI…651(21)

Organic Thin Film Transistors Using Liquid Crystalline Organic Semiconductor for High Speed and Low Energy Fabrication Process …… Hiroaki IINO…656(26)

## Imaging Highlight

ペロブスカイト太陽電池用ホール輸送材料の現状と今後の展望 …… 東 潤…662(32)

## 教育講座

画像技術を支える高分子の基礎 (V) —感光体用樹脂— …… 森下浩延…673(43)

## 研究室訪問

峰野研究室 静岡大学 情報学部 情報科学科 …… 680(50)

## 会報

…… 685(55)

## 会告

…… 686(56)

## 投稿案内

…… 687(57)

## 日本印刷学会誌の目次

…… 689(59)

## 画像電子学会誌の目次

…… 690(60)

## Journal of Imaging Science and Technology の目次

…… 691(61)

## 画像閑話

## 令和六年編集委員

編集委員長 宮 本 栄 一 (株式会社キヤノン)

編集幹事 石 塚 一 輝 (コニカミノルタ)

編集副委員長 名 越 応 昇 (三菱製紙)

編集副幹事 中 村 一 希 (千葉大学)

山 口 大 地 (リ コ ー)

## 編集委員

新 井 啓 之 (日本工業大学) 黒 沢 俊 晴 (千葉大学) 中 山 信 行 (東京工芸大学)

石 塚 一 輝 (コニカミノルタ) 竹 内 達 夫 (元キヤノン) 名 越 応 昇 (三菱製紙)

岩 田 基 (大阪府立大学) 次 田 将 大 (東海大学) 前 田 秀 一 (東海大学)

梅 津 信 二 郎 (早稲田大学) 椿 頼 尚 (シャープ) 宮 本 栄 一 (株式会社キヤノン)

加 藤 知 之 (東芝テック) 朝 武 敦 (コニカミノルタ) 山 口 大 地 (リ コ ー)

岸 由 美 子 (リ コ ー) 内 藤 裕 義 (大阪公立大学) 山 崎 弘 (元コニカミノルタ)

木 村 正 利 (元富士ゼロックス) 中 村 一 希 (千葉大学) 横 山 優 樹 (株式会社ビジネスイノベーション)

口絵・口絵解説

- 335 「画像からくり」  
第 67 回 3D LED ビジョンの大発展  
桑山 哲郎

私の写真史

- 337 我が写真家人生 / 白鳥 真太郎

- 349 **会告** 日本画像学会誌・日本印刷学会誌・画像電子学会誌

**特集** 学会創立 100 周年記念特集：「語り継がれる写真産業史」

- 356 **解説** OM デジタルソリューションズにおけるカメラ産業史  
高橋 純

- 362 **解説** タムロンにおけるレンズ・カメラ産業史  
安藤 稔

- 369 **解説** カラーラボ興亡史－「カラーラボ産業史」  
菊地 薫

- 374 **解説** 日本の写真館の歩み・営業写真史  
井桜 直美

- 385 **解説** 「日本の大学等における写真関連の研究」：特集にあたって  
山田 勝実

- 386 **解説** 日本の大学等における写真関連の研究 1  
山田 勝実, 白石 幸英, 飯野 裕明

- 391 **会報** 理事会抄録, 入会のおすすめ

■ 卷頭言	
先人から学ぶ	西山有二 177
■ 総説 特集「パッケージ印刷とマーケティング」	
ブランディングから見る「商品価値を創造する」印刷	森 孝幹 178
環境配慮包材の拡がり	武田淳彦 182
■ 印象記	
2024年日本印刷学会夏期セミナー印象記	
「温故知新」～印刷の過去と未来を知る～	須藤 馨 186
2024年度スクリーン印刷技術研究会セミナー	
「スクリーン印刷基礎講座『入門・基本編』」	佐竹保彦 188
2024年日本印刷学会西部支部 見学会	木下広行 189
■ Abstract	191
■ 学会だより	192

## 日本印刷学会誌編集委員

編集委員長	矢口博之 (東京電機大学)	杉山 徹 (大日本印刷 (株))	小泉真一 (共同印刷 (株))
委員	東 吉彦 (東京工芸大学)	前田満穂 ((独) 国立印刷局)	久世康典 (東レ (株))
	光本知由 (富士フイルム (株))	伊藤 学 (TOPPAN ホールディングス (株))	
	矢島久夫 (東洋インキ (株))	大場久恵 (東京電機大学)	
	次田将大 (東海大学)		
幹 事	小関健一		
表紙デザイン	益田宏樹		



■ 卷頭言	
印刷物の価値と可能性	木村尚伸 201
■ 総説 特集「加飾技術と印刷」	
加飾技術の最新動向	伊藤達朗 202
構造色を基盤とする加飾技術の可能性	前島結衣・桑折道済 209
デジタル加飾印刷による潜像付与について	高橋寛行・小篠凌大・木内正人 213
自動車用機能性加飾インク	井上欣彦 220
■ 印象記	
2024年第2回P&I研究会シンポジウム印象記	土子敏昭 224
令和6年度グラビア研究会見学会に参加して —株式会社レゾナック川崎事業所—	久下裕之 225
2024年日本印刷学会秋期セミナー印象記	吾郷裕之 227
2024年度スクリーン印刷技術研究会セミナー 「スクリーン印刷基礎講座『応用・上級編』」	佐竹保彦 229
■ Abstract	230
■ 資料	231
■ 総目次	233
■ 学会だより	235

## 日本印刷学会誌編集委員

編集委員長	矢口博之 (東京電機大学)	杉山 徹 (大日本印刷 (株))	小泉真一 (共同印刷 (株))
委員	東 吉彦 (東京工芸大学)	前田満穂 ((独) 国立印刷局)	久世康典 (東レ (株))
	光本知由 (富士フイルム (株))	伊藤 学 (TOPPAN ホールディングス (株))	
	矢島久夫 (東洋インキ (株))	大場久恵 (東京電機大学)	
	次田将大 (東海大学)		
幹 事	小関健一		
表紙デザイン	益田宏樹		

## 会報

### ○新入会員紹介 (2024年12月31日)

#### 正会員

尾関 智子 (東海大学)  
入山 太嗣 (玉川大学)  
森田 崇文 (東京大学)

#### 学生会員

中西 康介 (徳島大学)  
寺尾 保範 (徳島大学)  
宮崎 彩乃 (名古屋大学)

### ○会員現況

名誉会員	17名
正会員	489名
学生会員	51名
賛助会員	19社 28口
特殊会員	27件

## 編集後記

令和7年1月号をお届けします。本号では、1974年の10月号から開始され2年に一度の周期で実施している年報特集の26回目を掲載しています。内容構成は10年前からほぼ変わらず、学会活動紹介、標準化動向、装置動向を三本柱としています。このうち標準化動向は22年前からスタートしていますが、その最初からずっと寄稿してくださっている方がいらっしゃいます。それだけ長期間、特定の分野の標準化に携わっておられること、そして本学会誌の年報を執筆してくださっていることには本当に頭が下がる思いであり、心より敬意を表する次第です。また、装置動向の分野でもそれ以上の長期間にわたり、記事を執筆していただいている方がおられます。このように本学会誌の年報は多くの皆様の無償のご厚意に支えられていることを改めて記すと共に、本学会としてそのご厚意に報いる方策を自問することも多い日々であることを付け加えます。

新年の“拡大版”随想という位置づけもあって昨年からスタートした「来し方行く末」の2回目を掲載しました。今回は昨年ペイン賞を受賞された松木眞氏と、3月でご定年を迎えられる高橋時市郎先生にご寄稿をお願いしています。永年にわたる研究者人生を通して培われたお二人の含蓄の深い技術論を味わっていただければと存じます。

通常論文は3件、システム開発論文は1件掲載されています。いずれもユニークなアイデアに満ち、実用性の高い成果が報告されておりますので是非お目を通していただければと思います。次に、報告記事ではVCワークショップでの発表内容の概要を掲載しています。VC分野の新たな動きや傾向を知っていただくよい資料であると存じます。また、IEEE CTSocとの姉妹学会契約の締結という嬉しい報告もあります。皆様のキャリアアップなどにこの特典を是非ご活用ください。

さて、学会誌論文の公開に関わる今後の方針、本学会の今後の行事予定などを、内田編集長の年頭の「随想」で紹介いただきました。学会誌・論文誌への投稿、各種学会イベントへの参加など、是非今からご準備いただければと存じます。今年2025年は昭和100年でもあります。雑学になりますが2025は45の二乗で89年ぶりに訪れた平方数の年、100も平方数ですので二重の珍しさといえます。お時間のある方は昭和でも西暦でも平方数になる年が今後いつ巡ってくるかを考えてみられるのも面白いでしょう。

最後に悲しいお知らせになりますが安田浩名誉会員が他界され、酒井先生の追悼記事を掲載させていただきました。誰もが認める、この分野の泰斗でいらっしゃる、ご訃報を受けてまさに「巨星墜つ」という思いがいたしました。これ以上ないお忙しい日々の中で本学会の依頼はいつも快く受けて下さったことが思い出されます。丁度7年前の本誌に掲載された安田浩先生のCTAの殿堂入りの記事の中で、先生は「JPEG・MPEGは永遠に不滅」と仰っています。先生が主導されたこれらの標準と共に安田浩先生への感謝も関係者の心の中に永遠に残ると思います。謹んでご冥福をお祈りします。

(編集顧問 小野 文孝)

画像電子学会誌総目次  
(2024年)

著者名	題名	巻号	ページ	掲載月
随 想				
内田 理	2024年の幕開けにあたって	53-1	1	2024.1
小林直樹	画像電子学会の今後の姿 一次回通常総会に向けて	53-2	97	2024.4
高村誠之	会長就任挨拶ー小さく進化すること	53-3	147	2024.7
佐藤周平	コンピュータグラフィックスにおける流体映像制作	53-4	243	2024.10
来し方行く末				
西田友是	コンピュータグラフィックスと人工知能の進化	53-1	2	2024.1
深見拓史	デジタル化で変容した印刷	53-1	4	2024.1
安田靖彦	戦後教育で育った方々が知らない“戦前日本(大日本帝国)の素晴らしさ”	53-1	6	2024.1
各種表彰・学会役員				
	フェロー, アレキサンダー・ベイン賞, 画像電子技術賞, 論文賞, 西田賞, 研究奨励賞, 優秀研究賞, 研究会若手奨励賞 贈呈	53-3	148	2024.7
	2024年度画像電子学会役員	53-3	154	2024.7
論文 資料論文 ショートペーパー				
[一般論文]				
覚心真友 長谷川克也	高重力飼育により肉質改良された鶏肉の評価のための画像解析ー遠心加速器を用いた高機能鶏肉の作成とその評価基準ー	53-2	104	2024.4
常盤公德 岩下晋治 福江潔也 長 幸平	筆跡のゆらぎに潜む筆跡個性を活用した筆者異同識別	52-2	110	2024.4
高野邦彦 戸塚雄大 高野耀希 原 一晟 琴寄充人 佐藤甲斐 浅井紀久夫	羽根なしファン利用によるホログラフィック投影用ミストスクリーンへの安定性改善に向けた検討	53-3	158	2024.7
竹田詩韻 張 英夏 向井信彦	複数Transformer Encoder の統合による骨格座標ベース手話認識	53-3	166	2024.7
[ショートペーパー]				
味田昌樹 佐治 斉	高所俯瞰映像と直下視画像を用いた車両速度・車両距離推定システム	53-1	33	2024.1
【年次大会 2023 Journal Track 論文特集号】				
編集委員会	年次大会 2023 Journal Track 論文特集号の発行にあたって	53-1	9	2024.1
[論文]				
日比野友博 謝 浩然 宮田一乗	トポロジー非依存の3D データ解析手法を基にしたアニメ調アバター生成システムの提案	53-1	10	2024.1
中村栄太 齋藤康之	絵画芸術における色彩スタイルの文化進化モデルに基づく創作者の影響度推定	53-1	19	2024.1
[ショートペーパー]				
清水雄哉 榎田修一	深層学習による人物再同定における損失関数への重み付け手法	53-1	28	2024.1
【高臨場感映像の通信・配信を支える設計・実現技術論文小特集号】				
編集委員会	高臨場感映像の通信・配信を支える設計・実現技術論文小特集に寄せて	53-2	98	2024.4
[ショートペーパー]				
小嶋優輔 岩崎裕江 江川隆輔	VVCにおけるDCTを用いたCUブロック分割決定手法	53-2	99	2024.4
【ビジュアルコンピューティング論文特集号】				
金井 崇	ビジュアルコンピューティング論文特集号に寄せて	53-4	244	2024.10
[論文]				
渡辺千夏 張 珏 ナイワラ P. チャンドラシ リ	動物認識及び科と種の間概念間の関係を用いた動画検索システムの構築と評価	53-4	245	2024.10
阿部孝司 香月 実 南 昌秀	内痔自動診断に有効な内視鏡画像内のチューブ領域の除去	53-4	255	2024.10
新井啓之	自己相関パターンに着目した画像中点字ブロック認識	53-4	263	2024.10

コーヒーブレイク				
小野文孝	日帰り一万尺登山	53-3	173	2024.7
講座				
宮田一乗	創造活動支援ツールとしてのビジュアルコンピューティング技術	53-2	121	2024.4
技術解説				
曾我部陽光 白川 稜 松本鮎美 宮田将司 小林史英	波長依存PSFメタレンズを用いた圧縮スペクトルイメージング	53-4	273	2024.10
報告				
画像電子学会Visual Computing 研究会	Visual Computing ワークショップ2023 (VCWS 2023)報告	53-1	40	2024.1
IEVC2024 実行委員会	IEVC2024実施報告	53-3	175	2024.7
ベイン賞選定委員会	第8回アレキサンダー・ベイン賞 授賞報告	53-4	277	2024.10
佐野睦夫	2024 年度 第52 回 画像電子学会年次大会報告	53-4	279	2024.10
グループ紹介				
久保尋之	千葉大学 久保研究室	53-1	47	2024.1
阿倍博信	東京電機大学 システムデザイン工学部 情報システム工学科マルチメディアコンピューティング研究室	53-4	283	2024.10
スキヤニング				
長谷川まどか	画像処理技術を用いた養蜂支援システムの開発	53-1	49	2024.1
大町隆夫	JPEG特許問題への反省を踏まえたあるべき技術標準化体制案の一考察	53-2	125	2024.4

IIEEJ Transactions on  
Image Electronics and Visual Computing (2024)

Papers				
<b>【Special Issue on Journal Track Papers in IEVC2024】</b>				
Osamu UCHIDA [Contributed Papers]	Upon the Special Issue on Journal Track Papers in IEVC2024	12-1	1	2024.6
Thalita Munique COSTA Yoko USAMI Mai IWAYA Yuka TAKEZAWA Yuika NATORI Hernan AGUIRRE Kiyoshi TANAKA	Classification of White Blood Cells Using YOLOv7: Single and Cascade Classification Approaches Applied to Images Segmented by CellaVision™ DM96	12-1	2	2024.6
Mayu NAMAI Issei FUJISHIRO	VigNet: Semiautomatic Generation of Vignette Illustrations from Video	12-1	15	2024.6
Hidenori ITAYA Tsubasa HIRAKAWA Takayoshi YAMASHITA Hironobu FUJIYOSHI	Adaptive Selection of Auxiliary Tasks Using Deep Reinforcement Learning for Video Game Strategy	12-1	23	2024.6
Kousuke KATAYAMA Toru HIGAKI Kazufumi KANEDA Bisser RAYTCHEV Wataru FUKUMOTO Hidenori MITANI	Real-Time Intuitive Interaction and Realistic Illumination for CT Volume Rendering	12-1	32	2024.6
Joichiro MURAOKA Kosei TOMIOKA Yusei MURAISHI Naoki HASHIMOTO Mie SATO	An Examination of Motion Analysis During Weight Illusion by Impression Change of the Own Body	12-1	40	2024.6
Shuto KINOSHITA Yasushi YAMAZAKI	Smartphone-Based Continuous Authentication Based on Flick Input Features Using Japanese Free Text	12-1	48	2024.6

**【Regular Section】**

[Contributed Papers]

Pragyan SHRESTHA  
Chun XIE  
Yuichi YOSHII  
Itaru KITAHARA

2D-3D Registration Method for X-Ray Image Using 3D Reconstruction Based on Deep Neural Network

12-2

60

2024.12

Taiyo NAKAGAWA  
Tomoko OZEKI

Jewelry Image-to-Image Translation with Consistency Regularization and Data Augmentations

12-2

68

2024.12

Kai WANG  
Takayuki NAKAMURA

SF-Net: Simultaneous Fusion Network for Semantic Segmentation and Depth Estimation

12-2

76

2024.12

Taishi IRIYAMA  
Yuki WATANABE  
Takashi KOMURO

Bit Depth Enhancement Considering Semantic Contextual Information via Spatial Feature Transform

12-2

87

2024.12

[Survey Papers]

Toshio KOGA

Corporate Efforts for R&amp;D on Video Coding and Its Practical Implementation (Part-1) : R&amp;D Evolution from Delta Modulation through H.320/H.261

12-2

97

2024.12

Toshio KOGA

Corporate Efforts for R&amp;D on Video Coding and Its Practical Implementation (Part-2) : Standardization Activities and Practical Contributions to Video Coding World

12-2

106

2024.12

# 画像電子学会誌

第54巻第1号(通巻271号)  
令和7年1月30日発行(年6回発行)

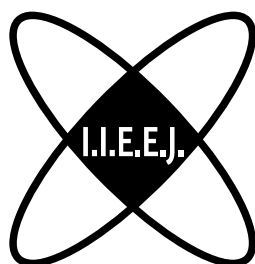
©2025 画像電子学会  
E-mail: hensyu@iieej.org  
<http://www.iieej.org/>

発行所 一般社団法人 画像電子学会  
〒116-0002 東京都荒川区荒川 3-35-4 ライオンズマンション三河島第二 101号  
TEL (03) 5615-2893 FAX (03) 5615-2894 (振替 00180-3-166232)  
編集・発行者 内田 理

Journal of the IIEEJ 2025  
2025 Vol.54 No.1

画像電子学会誌

特集  
画像電子年報



第54巻  
第1号