

Visual Computing, Devices & Communications

画像電子学会誌

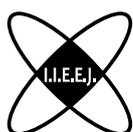
*The Journal of the Institute of
Image Electronics Engineers of*

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

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

ビジュアルコンピューティング論文特集号

- ◆【特集論文】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
- ◆【特集論文】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
- ◆【特集論文】自己相関パターンに着目した画像中点字ブロック認識
- ◆【随想】コンピュータグラフィックスにおける流体映像制作
- ◆【技術解説】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
- ◆【報告】第8回アレキサンダー・ベイン賞 授賞報告
- ◆【報告】2024年度 第52回 画像電子学会年次大会報告
- ◆【グループ紹介】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



一般社団法人

画像電子学会

Vol.53 No.4

2024

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ソリューション株式会社
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53巻 第4号 通巻270号 (2024年10月)

目次

随想

243 コンピュータグラフィックスにおける流体映像制作 佐藤周平

ビジュアルコンピューティング論文特集号

244 ビジュアルコンピューティング論文特集号に寄せて 金井 崇

論文

245 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 渡辺千夏, 張 珏, ナイワラ P. チャンドラシリ

255 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 阿部孝司, 香月 実, 南 昌秀

263 自己相関パターンに着目した画像中点字ブロック認識 新井啓之

技術解説

273 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, 白川 稜, 松本鮎美, 宮田将司, 小林史英

報告

277 第8回アレキサンダー・ベイン賞 授賞報告 ベイン賞選定委員会

279 2024年度 第52回 画像電子学会年次大会報告 佐野睦夫

グループ紹介

283 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 阿倍博信

会告・ニュース

285	理事会だより	296	アレキサンダー・ベイン賞候補推薦募集
287	画像電子学会研究会等予定	288	画像電子技術賞候補の推薦のお願い
288	高臨場感ディスプレイフォーラム2024 (画像電子学会第310回研究会) 開催案内	301	フェロー候補推薦募集
289	画像電子学会 第311回研究会 In 広島 発表募集	303	代議員候補推薦のお願い
291	2025年10月号 ビジュアルコンピューティング論文特集論文募集	304	日本画像学会誌・日本写真学会誌・日本印刷学会誌目次
292	論文投稿の手引き	308	会報
		308	編集後記

**The Journal of
the Institute of Image Electronics Engineers of Japan**
Vo1.53 No.4 October 2024
CONTENTS

Foreword

- 243 Creating Fluid Animation in Computer Graphics Syuhei SATO

Special Issue on Visual Computing

- 244 Introduction to the Special Issue on Visual Computing Takashi KANAI

Contributed Papers

- 245 Construction and Evaluation of a Video Retrieval System Using Animal Recognition and Conceptual Relationship between Family and Species Chinatsu WATANABE, Jue ZHANG, Naiwala P. CHANDRASIRI
- 255 A Method for Removing the Tube Region in Endoscopic Images for the Computer-aided Diagnosis of Internal Hemorrhoids Koji ABE, Minoru KATSUKI, Masahide MINAMI
- 263 Braille Block Recognition by Analyzing Autocorrelation Patterns Hiroyuki ARAI

Technical Survey

- 273 Compressive Spectral Imaging with a Metalens Incorporating Spectrally-Varying PSF Yoko SOGABE, Ryo SHIRAKAWA, Ayumi MATSUMOTO, Masashi MIYATA, Fumihide KOBAYASHI

Reports

- 277 The Report of the Eighth Ceremony of Alexander Bain Award Alexander Bain Award Committee
- 279 The Report of IIEEJ Media Computing Conference 2024 Mutsuo SANO

Research Group Introduction

- 283 Multimedia Computing Lab., Department of Information System Engineering, School of System Design and Technology, Tokyo Denki University Hironobu ABE

コンピュータグラフィックスにおける流体映像制作

佐藤 周平 (副会長, 法政大学)

Creating Fluid Animation in Computer Graphics

Syuhei SATO (Vice President of IEEEJ, Hosei University)



私は学生の頃からこれまで一貫してコンピュータグラフィックス (以下, CG) に関する研究を専門としてきました。本学会では画像に関連する技術として, CG も対象分野とされており, 主に VC (Visual Computing) 研究会において活発に論文発表がなされています。CG の技術は, この 20 年近くの間飛躍的に発達し, ハードウェアの進歩も相まって, 現実と見分けがつかないほどリアルな映像を日常の至る所で目にするようになりました。映画やゲームなどのエンタテインメント分野の映像では, リアルなものからアニメ調のものまで, CG を用いて制作されることがほとんどです。テレビやインターネット上の番組でも CG の技術は頻繁に活用されています。また映像用途以外でも, 工業製品の設計や医療など幅広い対象への利用が進んでいます。このように様々な場面で利用されるようになった CG ですが, 実は CG を制作することは簡単ではありません。近年では, 自然現象を表現するために物理法則に基づいたシミュレーションを利用することも多く, このようなシミュレーションではリアルな映像を制作できる反面, 計算コストが非常に大きく, また専門的な知識も必要となります。そのため, 家庭用の高性能なマシンでも計算に膨大な時間がかかり, また専門的な知識のないユーザが希望の映像を作ることは難しく, 物理シミュレーションを用いた映像制作のハードルは未だに高いのが現状です。これに対し, 映像のリアリティを保ちながら, 計算の高速化や, ユーザが希望する映像を簡単に作成できる方法の研究が 20 年以上前から一貫して行われています。

一言に CG と言っても, その中には様々な分野が含まれており, それぞれの分野に必要な知識も異なります。私は CG の中でも主に流体 (水や煙, 炎など) の映像生成の研究に取り組んでいます。流体の映像でも物理シミュレーションが頻繁に利用されます。流体の物理シミュレーションでは, 流体の運動を記述するナビエ・ストークス方程式 (以下, NS 方程式) を解くことで, その動きや見た目をリアルに表現できます。しかし, 流体のシミュレーションは一般的に膨大な計算時間を必要とします。また, NS 方程式には非線形な項が存在するため, シミュレーション結果を予想するのが困難です。そのため, ユーザの望む映像を作るには, シミュレーションを何度も繰り返しながら, シミュレーションのパラメータを調整していく必要があります。これはとても煩雑な作業であり, この問題を解決するために 20 年以上にわたって数多くの研究が行われてきました。例えば, ユーザの与えた形状になるよう煙や水が制御される方法などがあります。このようなアプローチにより, 繰り返しの作業を減らし, 所望の映像ができるまでの時間を削減できます。私もこのような研究と同様に, リアリティを保ちながらより高速に, より簡単に流体の映像を作成できる方法を研究し, 発表しています。

私の研究を二つ簡単にご紹介します。一つ目は, テキストや画像に対してよく行われるコピー&ペーストの操作を流体シミュレーションに取り入れることで, 流体の流れを簡単に編集するための研究です (図 1)。単に流れをコピーし貼り付けるだけでは, 貼り付けた領域の境界で流れが不連続になってしまいますが, 本研究ではそれを滑らかにする方法を提案しました。二つ目は, ユーザが指定した流れに従うようにシミュレーションをガイドする研究です。これはまず図 2 左のように作りたい流体の形や動きを入力として用意します。この入力には流体シミュレーションで作られている必要はありません。そして, この入力に従うようにシミュレーションを制御し生成した結果が図 2 の右です。全体的な形や動きはそのままに流体らしい動きが追加されています。これらの研究により, 簡単な方法で流体の流れを編集・制御し, 望む流れを高速に生成できます。しかし, まだあらゆる場面において問題を解決できるわけではなく, 現在も継続して研究を進めています。

最後になりましたが, 本年度より本学会の副会長を仰せつかりました。これまで編集理事や VC 研究会の運営委員として本学会の運営に携わってきましたが, 今後は学会全体の運営や他学会との連携など, より広く本学会の発展に貢献できればと考えております。まだまだ若輩者ではございますが, どうぞよろしくお願い申し上げます。

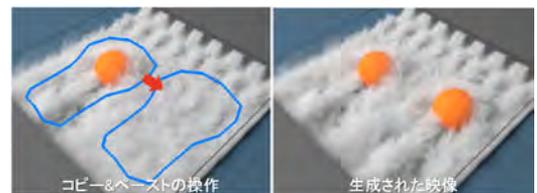


図 1 コピー&ペーストによる流れの編集

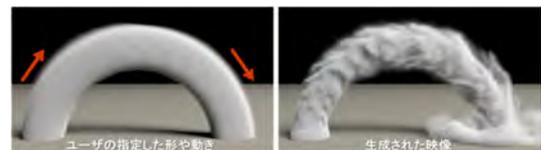


図 2 流体の流れのガイド

ビジュアルコンピューティング論文特集号に寄せて

ゲスト編集委員長

ビジュアルコンピューティング研究会委員長 金井 崇

2024年度のビジュアルコンピューティング（VC）論文特集号をお届けします。VC特集号は、本学会VC研究会のメンバーが中心となり、コンピュータグラフィックスやコンピュータビジョン、画像処理、可視化領域を核とする視覚計算融合領域に広く関わる論文の募集・査読・編集・出版を行うもので、本号で30回目を迎えます。

今年度のVC特集号への投稿件数は9件でした。昨年度の12件と比べると少し減少しましたが、投稿時の3月はちょうど学会シーズンでもあり、ご多忙の中投稿していただいた方々に感謝の意を表します。

今年度の投稿9件から、厳正な審査を経て、3件を一般論文として採択し本号に掲載しました。採択論文のうち、一つ目が、内視鏡画像を用いた内痔診断支援システムの前処理として、内視鏡画像内に存在する内視鏡のチューブ領域を自動除去する手法の提案です。二つ目が、動物認識およ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に関する研究です。三つ目が、視覚障害者の歩行支援を目的とした、点字ブロックのうち警告の意味をもつ点状ブロックを画像から認識する手法の提案です。いずれも、画像処理・画像認識とその応用に関する研究であり、会員の方々には大変興味深い内容であるものと確信しております。一方、今回残念ながら返戻と判定されました論文についても、優れた要素が少なからず含まれており、査読コメントを参考に研究を継続され、是非とも再投稿されますようお願い申し上げます。

VC論文特集号は、日本国内の論文誌としては数少ない、主にビジュアルコンピューティング技術にフォーカスした特集を毎年行っております。しかも、査読は国内の一流の研究者を選定し、しっかりと行っておりますので、掲載される論文はその品質が保証されたものとなっております。また従来から、博士課程の学生が学位取得の対象となる論文を投稿するスケジュールを考慮して、出版時期が設定されております。さらに、VC特集号に掲載された論文は、西田賞、および当然ですが画像電子学会の論文賞の選定対象となります。特に、西田賞は、画像電子学会誌に掲載された過去二年の論文から、ビジュアルコンピューティング関係の論文のみを対象として隔年で選出される表彰で、その受賞の大きな機会となっております。このように、本特集に論文が掲載されますとその特典が非常に多いと考えますので、ぜひお気軽にご投稿いただければ幸いです。

VC研究会の活動としては、他にビジュアルコンピューティングワークショップがあります。これは1泊2日の合宿形式で議論が中心となる会議です。昨年は12月9～10日に神奈川県葉山湘南国際村で開催しましたが、今年は福岡県太宰府にて、11月24～25日に開催予定です。コロナが5類に移行してだいぶ経ちますが、昨年同様感染対策を十分にしておこなう予定です。11月1日に講演申込締め切りを設定しております。ぜひ対面で皆さまにお会いし、ビジュアルコンピューティングの未来について議論できることを楽しみにしております。

最後になりましたが、本論文特集号の出版にあたり、ゲスト編集幹事や編集理事・委員の先生方には、論文の査読に関する作業や校正・編集業務等で献身的にご尽力いただきました。また、学会事務局の皆様にも、論文の募集、編集、校正の過程で大変お世話になりました。この場をお借りして心から御礼申し上げます。

ゲスト編集委員長：金井 崇（東京大学）

ゲスト編集幹事：石川 知一（東洋大学）、古屋 貴彦（山梨大学）

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

渡辺 千夏[†] 張 珏[†] ナイワラ P. チャンドラシリ[†] (正会員)[†]工学院大学大学院 工学研究科 情報学専攻
〒163-8677 東京都新宿区西新宿 1-24-2

Construction and Evaluation of a Video Retrieval System Using Animal Recognition and Conceptual Relationship between Family and Species

Chinatsu WATANABE[†], Jue ZHANG[†], Naiwala P. CHANDRASIRI[†] (Member)[†]Informatics Program, Graduate School of Engineering, Kogakuin University
1-24-2 Nishi-Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 163-8677

〈あらまし〉 近年、多くの人がオンデマンド型の動画共有サービスを利用している。一般的に動画共有サービスのサイト内の検索機能は、動画の作成者が付けたタイトル、タグ、説明などが検索クエリに一致するかを調べ、関連性を評価し、検索結果を出力する。したがって、動画の内容に一致しないタイトルなどが付けられていると、関連性の低い動画がヒットする可能性がある。そこで、我々は画像認識を用いて、動物動画の内容に関連した検索を行う新システムを構築した。ユーザが持つ曖昧な情報でも直観的に検索できるようにするために、動物の科と種の間概念間の関係を記述し、科名からの検索を可能にした。さらに、効率的に検索するために、検索結果をダイジェスト映像としてまとめ、ダイジェスト映像から元の動画の対応するシーンへ移動するアプリケーションを作成し、評価した。ユーザの知識に着目した評価実験では、ユーザが動物の科名を知っているが種名を知らない場合のタスク達成率が0.95となり、ユーザの情報が曖昧な場合でも本システムを用いてシーンを検索できることが示唆された。

キーワード：動画検索システム、動物認識、システム評価、画像認識

<Summary> In recent years, video streaming services have gained widespread popularity. Typically, the search function on such platforms assesses the relevance of a query based on the video's title, tags, description, and other metadata provided by the creator. As a result, if a video's title does not accurately reflect its content, users may encounter irrelevant search results. To address this issue, we developed a novel system that retrieves animal videos based on their content using image recognition technology. To allow users to intuitively search for ambiguous information, we incorporated a hierarchical relationship between animal families and species, enabling searches by family name. We also developed and tested an application that facilitates efficient video retrieval, allowing users to view search results as a digest video and navigate from the digest to the original video. In an evaluation experiment focusing on the user's prior knowledge, the system achieved a task completion rate of 0.95 when the user knew the family name but not the species name, indicating that the system is effective in retrieving relevant scenes even when the user has imprecise information.

Keywords: video retrieval system, animal recognition, system evaluation, image recognition

1. はじめに

近年、多くの人が YouTube などのオンデマンド型の動画共有サービスを利用している。利用率は年々増加傾向にあり、令和4年度の総務省情報通信政策研究所の調査で、全年代におけるオンデマンド型動画共有サービスの利用率は88.5%であることが報告された¹⁾。また、年代別に見ると、10代と20代の利用率はそれぞれ97%を超えている¹⁾。

動画共有サービスでは、見たい動画を探すためにサイト内

の検索機能を用いる。一般的に、動画の作成者が付けたタイトル、タグ、説明などが検索クエリに一致するかを調べ、関連性を評価し、検索結果を出力する²⁾。したがって、動画の内容に一致しないタイトルなどが付けられていると、検索クエリと関連性の低い動画がヒットする可能性がある。また、動画の内容とは全く異なるタイトルやサムネイル画像で視聴者を騙し、再生数を増やそうとする悪質な行為もみられる。検索クエリと関連性の低い動画が検索結果に含まれること

により、ユーザは逐一動画を再生し、動画の中身を確認しながら、目的の動画またはシーンを探す必要が生じる。この作業を減らすには、動画の作成者が付けた情報のみには依存しない方法と、検索結果の表示方法の工夫が求められる。

動画共有サービスのひとつである YouTube において若年層に人気のある主なジャンルは、「音楽」「ゲーム配信・実況」「生活・実用・趣味」「ペット・動物」であることが NHK 放送文化研究所の調査で報告されている³⁾。この中で動物動画は、複数の動物のシーンがまとめられた長時間の動画が多く存在しており、所望のシーンを効率的に検索することが難しい。また、動物動画でユーザが見たいシーンまで簡単にアクセスできるようなシステムは現在見当たらない。

そこで、我々は画像認識を用いて、動物動画の内容に関連した検索を行い、容易に効率よく検索することを目的とする新システムを構築した⁴⁾。我々が提案したシステムでは動物の種名からの検索に加え科名からの検索を可能にした。そのことにより、動物の形や特徴から直観的に検索が行うことができ、目的のシーンまで容易にたどり着けると考えた。また、見たいシーンを探すために動画を逐一再生するという時間のかかる探索作業を省略し、迅速に目的の映像を見つけ出すことを目的に、システムで認識した動画データの中から検索クエリと一致するシーンを抽出し、つなぎ合わせた映像を検索結果として表示するようにした。以前の我々の研究⁴⁾では、識別器の精度向上とシステムの評価が課題であった。したがって、本論文では動物識別器に新たに ResNet-101⁵⁾を追加して識別精度を比較するとともに、システムの評価実験を行った。本論文の評価実験では、曖昧な知識や記憶による検索に着目し、本システムを用いてユーザが覚えている曖昧な情報でも直観的に検索が可能であるかを検証した。

また、本システムでは追加の学習が不要で多種類の動物を認識することができる大規模データセットによる学習済みのニューラルネットワークモデルを動物識別器に用いて、動画に映っている動物を認識した。このため、動画の種類に特化していないモデルを用いた場合に、ユーザは検索精度をどのように感じるのかをユーザの主観評価により調査した。

2. 関連研究

2.1 動物画像認識技術

動物の画像認識については、上原らが深層学習に基づく野生動物認識システムを提案している⁶⁾。カメラトラップ画像から野生動物の在/不在や種、領域を検出し、10種類の動物を識別するシステムである。種認識器には ResNet-50 を用いて、実際のカメラトラップの画像と ImageNet⁷⁾のデータを用いた転移学習を採用している。

また、背景と動物がはっきり分離されていない複雑な場面における動物認識については Chen らの研究がある⁸⁾。この研究では、ドキュメンタリー映像から弱教師あり学習により物

体カテゴリの発見、物体追跡、物体分類を一緒に行うことができるフレームワークを提案している。

そのほかにも野生動物を識別する研究は数多く存在し、転移学習や新しい認識方法により動物を識別する取り組みが行われているが、動物動画についてユーザの検索クエリから目的のシーンを探すシステムの研究は行われていない。本論文では追加の学習が不要で多種類の動物を認識することができる学習済みのニューラルネットワークモデルを用いて、動画中の自然な環境にいる動物の検索が可能なシステムを構築した。動物識別器には、画像認識技術に関するコンペティションである ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC)⁹⁾の画像分類部門で優勝したモデルをベースに、GoogLeNet¹⁰⁾、ResNet-50、ResNet-101 を用いた。

2.2 動画検索結果の出力方法

様々な種類の動画に関する検索システムの研究が行われている。

Liu らはニュース記事の分割、閲覧、検索の機能を持つシステムを提案した¹¹⁾。ニュースの映像特徴と音声特徴を用いてニュース記事を分割し、ニュース映像から抽出したキャプションと関連付けてデータベースに保存したものを検索に使用した。キーワード検索が用いられ、検索結果として、データベースから抽出されたキーワードを含むすべてのキャプションが表示される。ユーザは、キャプションを選択することにより、該当するニュースを閲覧することができる。

そのほかにも、Liu らのスポーツ動画の検索システムについての研究がある¹²⁾。キーフレームが検索結果として並べて表示され、キーフレームをクリックすると、対応する動画が再生されるようなシステムになっている。

本論文では、見たい動物のシーンを探すために動画を逐一再生しなくて済むよう、検索結果をダイジェスト映像としてまとめ、検索結果のダイジェスト映像から元の動画の対応するシーンに移動することができるアプリケーションを作成した。

2.3 動画検索システムの評価方法

望月らは画像に自動でキーワードを付与するための被写体自動認識技術を放送局のアーカイブ検索に導入し、実際のユーザによるモニタ評価と操作ログの解析を行った¹³⁾。モニタ評価では実際にシステムを操作してもらい、ユーザにインタビューを行っている。

Nagata らはパーソナルコンピュータ内の動画ファイルを検索するためのシステムのインタフェース評価を行った¹⁴⁾。日本国内の放送から得た様々なカテゴリのデジタル動画ファイルから、事前に与えられたターゲットの代表的なキーワードまたは概要をもとに特定の動画ファイルやシーンを検索するタスクを行った。タスクの完了時間の測定とユーザの行動の調査を行うことにより、システムのインタフェース評価を行

っている。

Schoeffmann らは、動画プレイヤーを用いてビデオ内で特定のシーンを探す際の行動を調査した¹⁵⁾。対話型動画検索システムを評価する動画検索コンペティションである Video Browser Showdown (VBS)¹⁶⁾で用いられている、Known-Item Search タスクを使用した。検索の前に約 20 秒間の短いシーンを視聴し、1 時間以上の長いビデオの中から視聴した短いシーンを見つけるタスクを行い、ユーザの行動を調査し分析している。

本論文では、動画検索アプリケーションを用いて、提示された特定のシーン（以下、ターゲットシーン）を複数の動画の中から探す Known-Item Search タスクを行い、ユーザの行動の調査と分析を行った。Known-Item Search タスクでは、よく知られている動物や、あまり知られていない動物など、知識レベルの異なるターゲットシーンを設定し、知識レベルによる検索方法や検索時間の違いを調査した。

3. 提案手法

本論文では画像認識を用いて、動物動画の内容に関連した検索を行い、効率よく容易に検索することを目的とする新システムを構築した。動物動画の特徴を活用したシステムにより、容易な検索が可能であると考え、本システムでは種名からの検索に加えて科名からの検索を可能にした。動物の分類階級は、上位から順に「界」「門」「綱」「目」「科」「属」「種」が主に使用され、その中でも「目」と「科」は動物園において動物を紹介するパネルなどに種名と合わせて表示されるなど、使用頻度が高い。また、同じ科に属する動物は一般的に動物の形などの特徴が似ており、動物園の展示における分類の基準とされていることもある¹⁷⁾。したがって、科名からの検索を可能とすることにより、細かな種名を知らなくても動物の形からのイメージにより直観的な検索ができると考えた。さらに、迅速に目的の映像を見つけ出すために、検索結果をダイジェスト映像として表示した。

3.1 システム構造

図 1 に本研究で構築したシステムの構造を示す。本システムは動物識別器に ImageNet を用いて学習させた GoogLeNet, ResNet-50, ResNet-101 を使用した。識別部では、動画から N フレームごとに 1 フレームを抜き出し、動物識別器にかけラベルを取得する。今回は、処理時間を考慮し、N=50 とした。5 秒ごとに最も頻繁に現れるラベルをその区間の種ラベルとする。すべて異なるラベルであった場合、「Reject」とラベル付けし検索結果には使用しない。また、科名からの検索を行うために、科と種の間概念間の関係から科ラベルを決定し、種ラベルと科ラベルをメタデータとして保存する。検索部では、検索クエリとメタデータの照合を行い、一致した区間の動物識別器にかけたフレームをつなぎ合わせて、ダイジェスト映像を作成する。

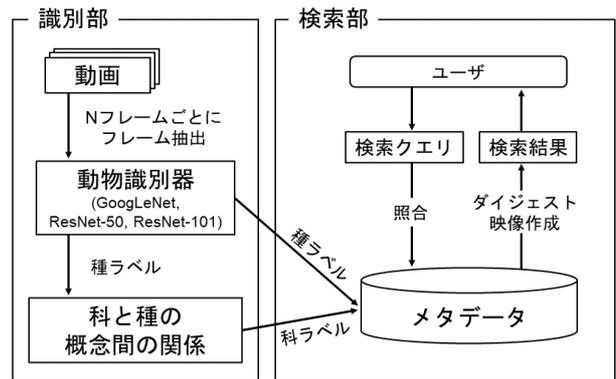


図 1 本システムの構造

Fig.1 System structure

3.2 科の分類

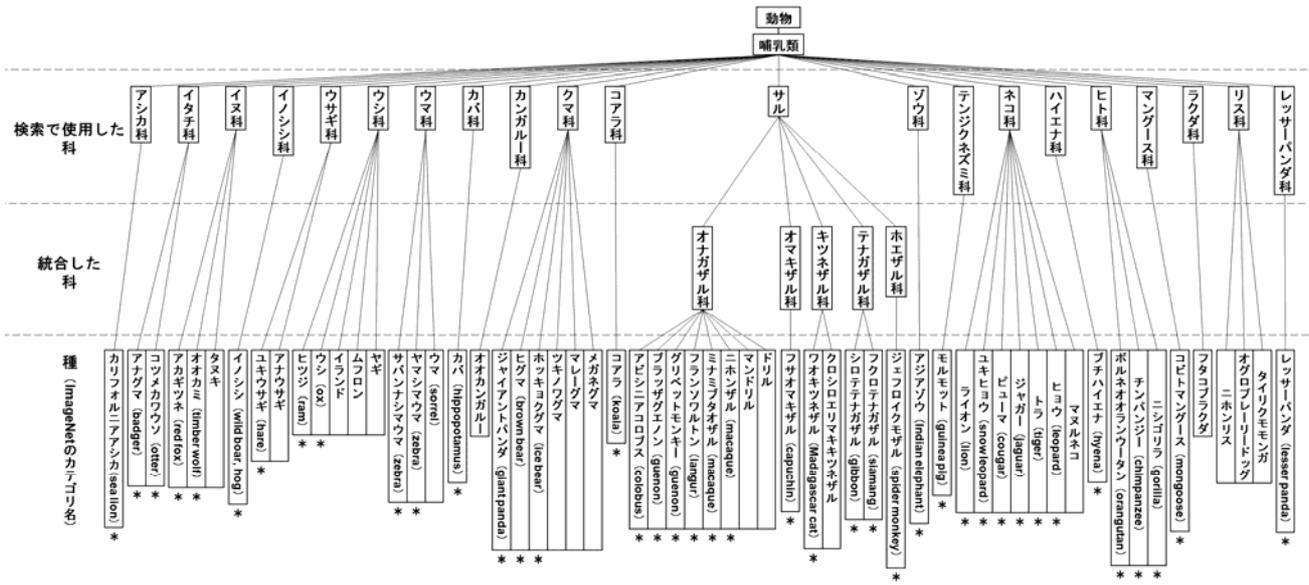
本論文では、ImageNet の 1,000 カテゴリのうち哺乳類の動物であった 218 カテゴリ (33 科) について、科と種の間概念間の関係を記述することにより、識別器で得た種ラベルから科ラベルを得られるようにした。日本哺乳類学会の世界哺乳類標準和名目録¹⁸⁾を使用し、分類を行った。具体的な科と種の間概念間の関係について、実験で使用した動画に出てくる動物を用いて図 2 に示す。

線で結ばれているセル同士は上下位関係を持つ。アスタリスクがついた種は ImageNet の 1,000 カテゴリに含まれている動物であり、カテゴリ名を図 2 の種名の下に括弧に示す。種から検索に使用する科の階層までたどることにより、科ラベルを決定する。テナガザル科やオナガザル科などの科に属する動物は、ユーザの知識や記憶が曖昧な場合、各科から検索するよりも、「サル」として直感的に検索するほうが、目的の動物が映っているシーンを容易に見つけることができると考え、「サル」としてこれらの科を統合し検索に使用した。

科名から検索する機能を加えることによって、学習に含まれなかった動物(図 2 中のアスタリスクがつかない動物)も、一部の種が学習されている科に属する動物であれば、類似した種として分類されるため、科名から正しく検出することができる。その例を図 3 のクマ科の動物を用いて示す。図 3(a) は論文で分類した学習済みの動物のうちクマ科の動物を抜き出した図である。例えば、未学習の種であるツキノワグマ(図 3(b)) は学習済みのアメリカクロクマ(図 3(c)) に見た目が似ているため、そちらに分類され、クマ科で正しく検出することが可能である。

3.3 アプリケーション

目的のシーンに効率よくたどり着けるようにするためのアプリケーションを作成した。図 4(a)に本アプリケーションのメインウィンドウ、図 4(b)にメインウィンドウ上部のボタンを拡大した図を示す。従来の動画検索システムでは複数の



* : ImageNetの1000カテゴリに含まれている動物

図2 動物の科と種の間関係 (実験で使用した動物を一部抜粋)

Fig.2 Relationships between the concepts of animal family and species (selected animals used in the experiment)



(a) クマ科に属する動物 (学習済み)

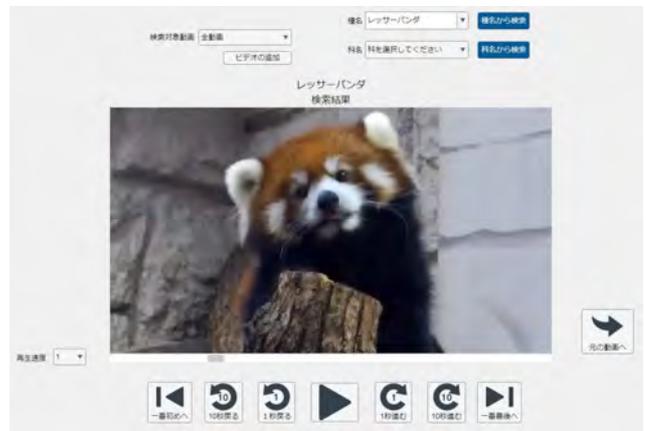


(b) ツキノワグマ (学習済み) ※1 (c) アメリカクロクマ (未学習) ※1

※1 日本大百科全書(ニッポニカ)[小学館]より引用

図3 クマ科の動物

Fig.3 Animals of the family Ursidae



(a) メインウィンドウ



(b) メインウィンドウ上部のボタン

図4 アプリケーション画面

Fig.4 Application window

候補が検索クエリとの関連度順に表示されるインタフェースが一般的であるが、本システムでは迅速に目的の映像を見つけ出し、表示することを目的に、システムで認識した動画データの中から検索クエリと一致するシーンを抽出し、つなぎ合わせたダイジェスト映像を検索結果として表示した。メインウィンドウの右上にあるドロップダウンリストから選択し、科名または種名から検索を行う。ドロップダウンリストを用いて検索クエリの選択肢を提示することにより、曖昧な知識や記憶でも、動物名の予想や想起が容易になると考える。種名からの検索については、選択肢が多くなるため、テキスト入力も可とし、入力した文字列を含む候補だけが表示される。認識されたシーンが多いカテゴリから順にドロップダウンリストに並べられ、選択肢は ImageNet のカテゴリ名を日本語 WordNet¹⁹⁾を使用して日本語に変換したものを表示した。日本語 WordNet に日本語名が掲載されていないカテゴリについては、最も当てはまる日本語名を採用した。

検索結果のダイジェスト映像は再生・一時停止ボタン、1秒または10秒前後に移動するボタン、最初または最後に移動するボタンで操作することができる。再生スピードはスライダーで8段階に変更することができ、シークバー(再生バー)での操作も可能である。

「元の動画へ」というボタンを押すことにより、ダイジェスト映像のシーンから元の動画の対応シーンへ移動する。その際に、メインウィンドウとは別の元動画再生ウィンドウが開き、再生される。

また、アプリケーション内で動画を追加することを可能にした。任意の動画を選択し、追加すると図1の識別部の処理が行われ、検索候補のドロップダウンリストに追加される仕組みである。

4. 評価実験

本論文で提案した動画検索システムを用いて、ユーザが曖昧な知識や記憶を持っている場合においても、効率よく容易に検索できるかを検証するために、Known-Item Search タスクを行ったのち、ユーザによる主観評価を行った。

4.1 データ

評価実験を行うために、YouTube にアップロードされた日本の動物園にいる動物を紹介している動画4本²⁰⁻²³⁾をシステムに認識させた。より多くの種類の動物が登場し、正解データを付与するため動物の種名が判別できる動画を使用した。使用した動画のフレームレートはすべて30fpsであった。表1に各動画の全体の時間、哺乳類の動物が映っている時間、動画内で登場する動物の種類数、及びそれらの合計を示す。科名からの検索が可能な動物は3.2節で示した図2中の動物であり、種名からの検索が可能な動物は図2中のアスタリスクがついた動物である。

これらのデータを本システムの識別部でラベル付けを行

った精度を表2に示す。識別精度の算出は、本システムで認識可能な種または科に属する種が1区間に1種の動物のみ登場する区間を対象とし、評価に用いた区間数は科の分類では824、種での分類のカテゴリ数は40であった。本システムではImageNetの1,000カテゴリのうち哺乳類の動物であった218カテゴリ(33科)の動物について構造化を行ったが、本稿では実験で用いた動画に登場する動物に絞り識別器の評価とした。本論文では評価指標として、平均再現率、平均適合率、及び平均F値を用いた。平均値はマクロ平均法を用いて計算した。GoogLeNet, ResNet-50, ResNet-101の平均F値を比較した結果、種名及び科名での分類においてResNet-101が最も高い値となった。したがって、評価実験では動物識別器にResNet-101を用いた。なお、本システムでは、動画から等間隔にフレームを抜き出しているため、動物の顔がきちんと映っていない画像や体の一部が遮蔽されている画像などの鮮明でないものもテスト画像に含まれる。したがって、これらのモデルのImageNetにおける認識精度よりも下回る結果になったと考える。本システムでは、5秒ごとにその区間のラベルを決定しているため、一部の区間が誤認識されてもほかの区間が正しく認識されていれば、検索結果よりシーンを探し出すことが可能である。

表1 評価実験で用いた動画の詳細

Table 1 Details of the videos used in the evaluation experiment

	時間[分]	哺乳類動物	
		登場時間[分]	動物種類 (検索可能)
Video1 ²⁰⁾	68.41	58.61	20科 (15科) 39種 (22種)
Video2 ²¹⁾	9.88	6.23	8科 (7科) 11種 (8種)
Video3 ²²⁾	17.27	11.17	12科 (9科) 14種 (7種)
Video4 ²³⁾	20.15	8.19	20科 (12科) 34種 (24種)
合計	115.72	84.21	36科 (21科) 72種 (40種)

表2 識別器の精度^{*2}

Table 2 Classifier accuracy

モデル	平均再現率		平均適合率		平均F値	
	科	種	科	種	科	種
GoogLeNet	0.609	0.610	0.817	0.729	0.671	0.639
ResNet-50	0.596	0.597	0.695	0.666	0.624	0.605
ResNet-101	0.664	0.688	0.838	0.782	0.719	0.713

*2 動画を一定時間ごとにフレームを抽出しているため、ランダムに抽出されたフレームの中には動物の顔、胴体などがきちんと映っていない画像もテスト画像に含まれる

4.2 方法

4.2.1 参加者

実験参加者は20代の大学生と大学院生の男女計30名である。参加者には、事前に研究目的と実験方法を説明し、実験参加への自由意思による同意を得た。また本研究を通して取得したデータは、個人が特定できないように処理した。

4.2.2 装置

実験には Windows 11 を搭載したデスクトップパーソナルコンピュータを使用し、開発環境は MATLAB R2022a を用いた。アプリケーションはマウスとキーボードを用いて操作した。

4.2.3 刺激

知識レベルによる検索方法や検索時間の違いを調査するために、科名及び種名がよく知られているかどうかの知名度を想定し、それらの組み合わせに基づいて、評価実験で用いた動画に登場する動物の中からターゲットシーンとなる動物を選択した。表3にターゲットシーンとして提示した約2秒から18秒の8つのシーンの詳細、図5に実際のターゲットシーンのキャプチャを示す。各ターゲットシーンには、1種の動物のみが登場する。表3の想定知名度は、アンケートを基準とし、よく知られていると考えるものを○、あまり知られていないと考えるものを×で示した。また、本システムに不足している情報があるかどうかを知るために、検索の条件として Web 検索の利用を許可する試行を1試行設定した。Web ブラウザは Google Chrome を使用した。

4.2.4 手続き

まず初めに、ターゲットシーンとなる動物の写真を見て、動物の種名と科名を回答する動物に関する知識調査を行い、アプリケーションの使用方法を説明した。知識調査について、

種名はテキスト入力、科名は選択式で回答を得た。その後、ターゲットシーンを提示し、動画検索アプリケーションを用いて、ターゲットシーンを4本の動画の中から探すタスクを計8回行い、順番は無作為に決定した。ターゲットシーンは検索開始前に2回まで見ることができる。ターゲットシーンを見つけたらスペースキーを押し、提示したターゲットシーン内であった場合はタスク達成として次の試行に移り、間違っていたシーンの位置であった場合は再度検索を続けるように指示した。5分以内にターゲットシーンを見つけられなかった場合、タスク失敗として扱い、自動的に次の試行に移行する。全試行が終了した後、ユーザの属性を調査する質問とユーザによる主観評価を行った。評価項目は以下の4項目である。項目2から項目4については、5段階評価を行った。

- 項目 1. 検索結果のダイジェスト映像に選択した種/科に属さない動物が含まれていたと感じた (はいいいえ)
- 項目 2. 各種機能について操作方法が簡単である (1.難しい-5.簡単)
- 項目 3. 科名から検索する方法は動物動画を探すのに便利である (1.便利ではない-5.便利)
- 項目 4. このアプリケーションを用いて、目的のシーンを効率よく見つけることができたと思う (1.そう思わない-5.そう思う)

4.3 結果と考察

本節ではタスク別に動物に関する知識調査の結果及び実験タスクの結果を分析したのち、実験前に実施した動物の知識調査の結果に基づき、各参加者の実験タスクの結果を複数のタスクタイプに分類して分析した結果を示す。また、全試行が終了した後に得たユーザの主観評価の結果を示したのち、識別器の精度とタスク達成率の関係について考察した。

4.3.1 タスク別分析

表4に実験前に実施したターゲットシーンとなる動物の科名と種名についての知識調査結果とタスクの達成率を示す。タスク達成率は実験参加者のうち5分以内にターゲットシーンを見つけれられた割合である。知識調査結果について、表3で示した実験前にターゲットシーンとなる動物を決めるために用いた想定知名度とおおよそ同一の傾向が見られた。タスク達成率は、モルモットがターゲットシーンとなるタスクが最も高く、タヌキがターゲットシーンとなるタスクが最も低い結果になった。表4の知識調査の結果よりタヌキとモルモットは知名度が同程度の動物であるとわかるが、モルモットと比較してタヌキは ImageNet のカテゴリに含まれない動物であるため、種名の知名度が一定以上あるにもかかわらず種名から検索することができないことによりタスク達成率が低くなったと考えられる。

表3 ターゲットシーンの詳細

Table 3 Details of target scenes		
種 (属する科)	想定	Web
*: ImageNet のカテゴリに含まれている動物	知名度	検索
	科	種
Task 1 ライオン* (ネコ科)	○ ○	-
Task 2 レッサーパンダ* (レッサーパンダ科)	○ ○	-
Task 3 モルモット* (テンジクネズミ科)	× ○	-
Task 4 タヌキ (イヌ科)	× ○	-
Task 5 フサオマキザル* (サル)	○ ×	-
Task 6 ツキノワグマ (クマ科)	○ ×	-
Task 7 コビトマンゲース* (マンゲース科)	× ×	-
Task 8 エランド (ウシ科)	× ×	許可



図5 ターゲットシーンのキャプチャ

Fig.5 Captures of target scenes

表4 動物に関する知識調査の結果とタスクの達成率

Table4 Results of animal knowledge survey and task accomplishment rates

	ライオン	レッサーパンダ	モルモット	タヌキ	フサオマキザル	ツキノワグマ	コビトマンゲース	エランド
科名正答率 ^{※3}	1.00	0.72	0.14	0.14	1.00	1.00	0.21	0.21
種名正答率 ^{※3}	0.93	0.83	0.48	0.59	0.00	0.24	0.00	0.00
タスク達成率	0.90	0.93	1.00	0.53	0.97	0.97	0.73	0.67
(タスク達成数)	(27)	(28)	(30)	(16)	(29)	(29)	(22)	(20)

※3 実験参加者のうち1名の知識調査の取得に失敗したため、回答数は29

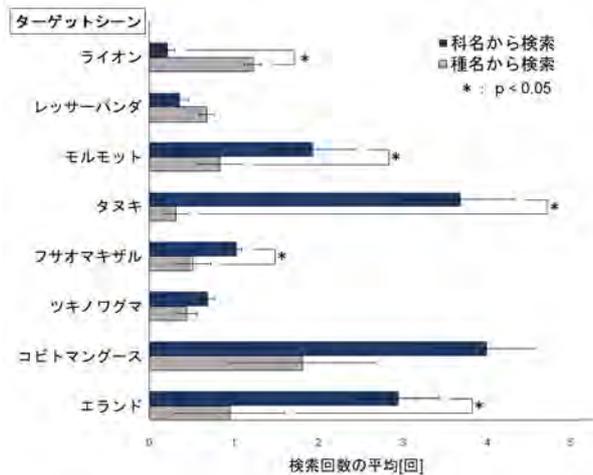


図6 科名または種名から検索した回数の平均値 (タスク別)

Fig.6 Average of times retrieved by animal family or species name by task

図6にタスクを達成した試行における科名または種名から検索した回数の平均値をタスク別に示す。図中のエラーバーは標準誤差である。科名から検索した回数の平均値と種名から検索した回数の平均値の間に差があるか調べるため、対応

のあるt検定を行った。その結果、図6のタスク別では、ターゲットシーンがライオン、モルモット、タヌキ、フサオマキザル、エランドのタスクにおいて、有意水準0.05で有意差が認められた。ライオンのタスクは種名からの検索の方が多く、モルモット、タヌキ、フサオマキザル、及びエランドのタスクは科名からの検索の方が多結果となった。ライオンは表4に示す実験前の調査で種名の知名度がほかの動物と比べて高かったため、種名からの検索の方が有意に多くなったと考えられる。さらに、実験で用いた動画にライオンのシーンが多く含まれており、検索候補となるドロップダウンリストの上位に表示されていたことも種名からの検索が多くなった原因に挙げられる。一方、科名からの検索が有意に多かった動物のうちフサオマキザルは表4の科名の知名度が種名の知名度を大きく上回ったためと考えられる。そのほかの科名からの検索が有意に多かった動物では、科名の知名度のほうが高いにもかかわらず科名からの検索が上回るという結果となった。モルモットは科名の方が種名より知名度が低いにもかかわらず、科名からの検索が有意に多く利用された例であり、その理由として、検索候補となるドロップダウンリストの下位に表示されていたことが考えられる。種名を知っていても候補が多くなると、リストから探すことに手数がかかり、候

補の少ない科名から検索を行った参加者が多くなったと考える。Web 検索の利用が許可されたターゲットシーンがエランド (図 5(h)) のタスクでは、実験参加者の 70%がターゲットシーンを探するために Web 検索を用いた。Web 検索の方法として、「角を持つ動物 科」「シカ 何科」など科名を調べてから、本システムで科名から検索する実験参加者が多く、科名からの検索を選んで使用していることを確認した。

4.3.2 タスクタイプ別分析

実験前に実施した動物の知識調査の結果に基づき、各参加者の Task1 から Task7 の結果を以下の 4 つのタイプに分けた。

- Type1. 科名と種名の両方を知っている
- Type2. 種名は知っているが、科名は知らない
- Type3. 科名は知っているが、種名は知らない
- Type4. 科名と種名の両方を知らない

タイプに分けた後の試行数とタスク達成率を表 5 に示す。タスク達成率は各タスクタイプに振り分けられた試行のうち 5 分以内にターゲットシーンを見つけられた割合である。タスク達成率は全タスクタイプにおいて 0.7 を超え、その中でも Type1 と Type3 のタスク達成率が 0.95 と高い値になった。したがって、種名を知らなくても科名を知っていれば、科名と種名の両方を知っている動物と同様に、本システムを用いての検索が可能であることが示唆された。

図 7 と図 8 にタスクを達成した試行における科名または種名で検索された回数の平均値とタスク達成時間の平均値をタスクのタイプ別に示す。図中のエラーバーは標準誤差である。図 7 の科名から検索した回数の平均値と種名から検索した回数の平均値の間に差があるかを調べるため、対応のある t 検定を行った。Type1 の科名と種名の両方を知っている場合と Type4 の科名と種名の両方を知らない場合に、有意水準 0.05 で有意差が認められた。科名と種名の両方を知っている場合は種名から検索する回数の方が多く、両方とも知らない場合は科名から検索される回数の方が多い結果となった。したがって、科名や種名は知らないが、過去に見たことがある動物のシーンを探したいなどといった際に、本システムでの科名からの検索が有用であると考えられる。

図 8 の各タイプのタスク達成時間の平均値に差があるかを調べるために、Welch の t 検定を行ったが、科名及び種名の知識の有無による検索時間に有意な差は認められなかった。なお、多重比較を行うにあたり、Bonferroni の方法を用いて有意水準を $0.05/6=0.0083$ に調整した。

4.3.3 ユーザの主観評価

評価項目 1 の動物識別器の精度については、実験参加者の 53.3%が検索結果のダイジェスト映像に選択した種/科に属さない動物が含まれていたと感じたと回答した。なお、本評価はすべての試行終了後に行ったものであるため、全試行のうち 1 回でも誤認識を感じたら、「はい」という回答になり、半

表 5 タスクタイプ別のタスクの達成率

Table 5 Task accomplishment rate by task type

タスクタイプ	タスク達成率 (達成した試行数/分類された試行数)
Type 1	0.95 (58/61)
Type 2	0.71 (20/28)
Type 3	0.95 (58/61)
Type 4	0.74 (39/53)

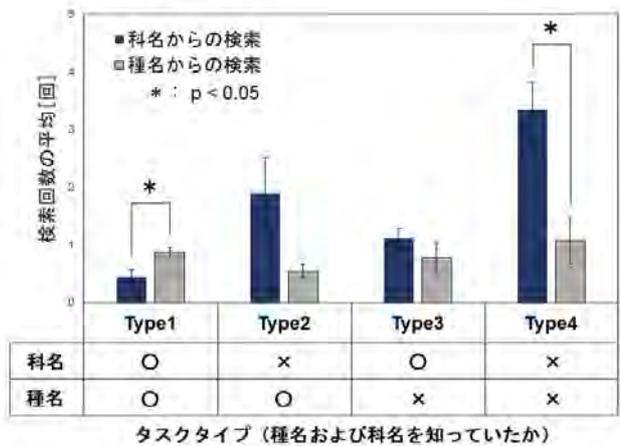


図 7 科名または種名から検索した回数の平均値 (タスクタイプ別)

Fig.7 Average of times retrieved by animal family or species name by task type

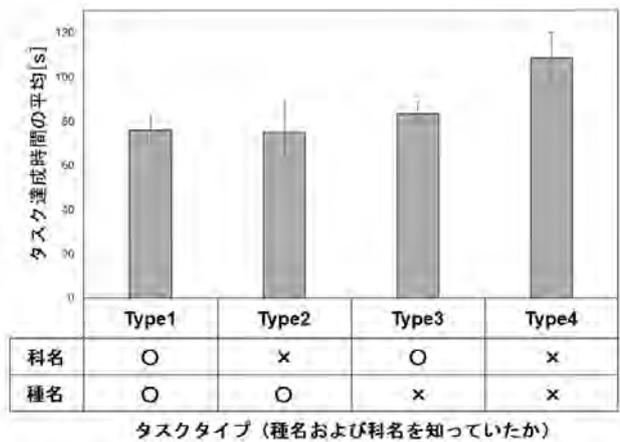


図 8 タスク達成時間の平均値

Fig.8 Average time to accomplish tasks

数以上の参加者が誤認識を感じたという結果になったと考える。また、誤認識を感じた場面の回答を得たところ、ImageNet のカテゴリに含まれない動物であるキリンがほかの種や科に交じっていたという声が複数挙がった。したがって、一般的に広く知れ渡る動物が未学習であると誤認識を感じやすくなると考えられる。本システムでは学習済みのニューラルネッ

表6 主観評価の平均値と標準誤差

Table 6 Mean and standard error of subjective evaluation

項目	平均値	標準誤差
操作性 (項目 2)	4.50	0.12
科名からの検索の有用性 (項目 3)	4.63	0.13
検索効率 (項目 4)	4.27	0.15

トワークのモデルを使用した。ニューラルネットワークが出力する確率に応じた処理や認識カテゴリの拡充、他の識別器の検討などを行い、精度向上に取り組む必要がある。

表6に評価項目2から項目4の評価の平均値と標準誤差を示す。各項目は1から5の5段階で評価され、5に近づくほどその項目についてユーザから高く評価されていることを意味する。操作性、科名からの検索の有用性、システムを用いた検索効率について、すべての項目で平均値が4.2点を上回る結果になった。ユーザの主観評価から、科名からの検索の有用性の高さや本システムを用いて検索することによる効率の良さを確認できた。

4.3.4 識別器の精度とタスク達成率の関係

識別器の精度算出について、4.1節で述べたように、動画から一定時間ごとにフレームを抽出しているため、ランダムに抽出されたフレームの中には動物の顔、胴体などがきちんと映ってない画像もテスト画像に含まれる。より厳しい条件のテスト画像を使っているため、従来の静止画像認識モデルの精度と比較すると低い精度となっている。また、ユーザの主観評価でも半数以上の参加者が一回でも誤認識を感じたと回答している。しかし、実際の動画検索システム全体の検索効率についてはユーザの主観評価で高く評価され、タスク達成率についても動物の科名は知っている場合 (Type 1,3) は0.95、全タスクの平均は0.838となった。その理由として、すべての対象フレームを拾い上げることができなくても、動物の顔、胴体などがきちんと映ったフレームが正しく認識されれば、元の動画の対象区分がダイジェスト映像の作成に用いられるためであると考えられる。識別可能な動物の種と数を増加させ、識別精度を向上させることにより、多くの参加者が一回でも感じた誤認識を減らすことができるであろうと考える。その結果、検索のさらなる効率化とタスク達成率の向上が期待できる。

5. 結論

本論文では画像認識を用いて、動物動画について動画の内容に関連した検索を行う新システムを構築し、評価した。動物の科と種の間概念間の関係を用いて、動物の種名からの検索に加えて科名からの検索を行うことにより、ユーザが覚えている曖昧な情報でも直観的に、目的のシーンまでにたどり着くことができるシステムを目指した。さらに、迅速に目的の

映像を見つけ出すために検索結果はダイジェスト映像として出力し、元の動画の同シーンへ移動することができるボタンなどを備え付けたアプリケーションを作成した。本システムを用いて行ったタスクの結果と、ユーザによる主観評価の結果から、科名からの検索の効果と本システムの検索の有用性を確認した。また、ターゲットシーンになる動物についてのユーザの知識に着目して分析を行ったところ、科名と種名の両方を知っている場合と科名は知っているが、種名は知らない場合のタスク達成率が0.95となった。したがって、種名を知らなくても科名を知っていれば、本システムを用いて高精度の検索が可能であり、曖昧な知識を持つ場合でも検索が可能であることが示唆された。

今後の課題として、識別部では識別精度をより向上させることと未学習の動物へのアプローチが挙げられる。ショット検出を行いシーンごとにラベルを持たせることや、マルチモーダル大規模言語モデルなどの新たな学習アルゴリズムの利用が有用であると考えられる。また、検索効率について詳しく調査するために、関連研究^{11),12)}で提案された別の検索結果出力方法との比較を行うことが望ましい。

さらに、データ数が増加した場合の検索速度の向上が課題として残されている。事前に検索される可能性が高い動物については、あらかじめデータベースに追加しておくなどの対策が考えられる。

参考文献

- 1) 総務省, 令和4年度 情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査報告書, https://www.soumu.go.jp/main_content/000887660.pdf (2024).
- 2) YouTube, YouTube 検索, https://www.youtube.com/intl/ALL_jp/howyoutubeworks/product-features/search/#overview (2024).
- 3) 斉藤孝信, 平田明裕, 内堀諒太: “多メディア時代における人々のメディア利用と意識～「全国メディア意識世論調査・2020」の結果から～”, 放送研究と調査, Vol.71, No.9, pp.2-41 (2021).
- 4) C. Watanabe, M. Kaneko, N. P. Chandrasiri: “Animal Video Retrieval System using Image Recognition and Relationships between Concepts of Animal Families and Species”, Proc. of the IEEE 5th International Conference on Image Processing Applications and Systems, pp.1-4 (2022).
- 5) K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun: “Deep Residual Learning for Image Recognition”, Proc. of the IEEE conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.770-778 (2016).
- 6) 上原祐介, 大谷直也, 西本圭佑, 川崎邦将, 松井康浩, 長田茂美, 北村俊平, 矢田豊: “深層学習に基づく野生動物認識システム”, 中部森林研究, Vol.68, pp.25-30 (2020).
- 7) J. Deng, W. Dong, R. Socher, L.-J. Li, K. Li, L. Fei-Fei: “ImageNet: A Large-Scale Hierarchical Image Database”, Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.248-255 (2009).

- 8) K. Chen, H. Song, C.-C. Loy, D. Lin: "Discover and Learn New Objects from Documentaries", Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.3087-3096 (2017).
- 9) ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC), <https://www.image-net.org/challenges/LSVRC/> (2024).
- 10) C. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet, S. Reed, D. Anguelov, A. Rabinovich: "Going Deeper with Convolutions", Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.1-9 (2015).
- 11) W. Liu, G. Yang: "Semantic Features Based News Stories Segmentation for News Retrieval", Proc. of the International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, pp. 258-265 (2009).
- 12) H.-Y. Liu, H. Zhang: "A Sports Video Browsing and Retrieval System Based on Multimodal Analysis: SportsBR", Proc. of the International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Vol.8, pp.5077-5081 (2005).
- 13) 望月貴裕, 河合吉彦, 佐野雅規, 住吉英樹: "放送局アーカイブ検索における画像解析技術の実用化に向けた検証実験", 映像情報メディア学会誌, Vol.70, No.10, pp.J238-J248 (2016).
- 14) H. Nagata, D. Mikami, S. Azuma, M. Morimoto: "VideoPot: Indexing-Based Desktop Video Search System", Proc. of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo, pp.373-376 (2006).
- 15) K. Schoeffmann, C. Cobârzan: "An Evaluation of Interactive Search with Modern Video Players", Proc. of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops, pp.1-4 (2013).
- 16) Video Browser Showdown, <https://videobrowsershowdown.org/>.
- 17) NHK for School, 分類の基準を決めるものは..., https://www2.nhk.or.jp/school/watch/clip/?das_id=D0005302151_00000 (2024).
- 18) 川田伸一郎, 岩佐真宏, 福井大, 新宅勇太, 天野雅男, 下稲葉さやか, 樽創, 姉崎智子, 横畑泰志: "世界哺乳類標準と名目録, 哺乳類科学", Vol.58, No.Supplement, pp.S1-S53 (2018).
- 19) F. Bond, H. Isahara, S. Fujita, K. Uchimoto, T. Kuribayashi, K. Kanzaki: "Enhancing the Japanese WordNet", Proc. of the 7th Workshop on Asian Language Resources, pp.1-8 (2009).
- 20) YouTube, 天王寺動物園 Part1 (動画で見る癒し動物 約 40 種動画) TENNOJI ZOO 2018.12.18, <https://youtu.be/NL8yM1EmS4I?si=kNJS3jLQf3Od0TaB> (2024).
- 21) YouTube, 上野動物園の動画 東園編 クマ ゾウ トラ パンダなど Ueno Zoo, https://youtu.be/ER5knOdoMpl?si=TU_-E9dPhR21DiNC (2024).
- 22) YouTube, 【上野動物園】お家で見る動物園！生き物を見て癒されよう, <https://youtu.be/XXAgqdA-PMk?si=3GZvKHZf8cGBUf7l> (2024).
- 23) YouTube, おでかけ旭山動物園 紅葉する園内めぐり全 100 種以上の動物に会えるか?, https://youtu.be/HPEg_23U5wE?si=3QPzT2wHljAW_ZWk (2024).

(2024年3月7日 受付)

(2024年7月6日 再受付)



渡辺 千夏

2022年 工学院大学情報学部情報デザイン学科卒業, 2024年 工学院大学大学院工学研究科情報学専攻修士課程修了. 在学中, 画像認識に関する研究に従事.



張 瑤

2007年 筑波大学大学院人間総合科学研究科感性認知脳科学博士課程修了. 工学院大学情報学部講師を経て, 2016年 同情報学部准教授, 現在に至る. 主に感性情報学, デザイン学, コンテンツ設計に関する研究に従事. 日本感性工学会, 日本デザイン学会, ヒューマンインタフェース学会, IEEE等の各会員. 博士(感性科学).



ナイワラ P. チャンドラシリ (正会員)

1996年 豊橋技術科学大学情報工学科卒業. 2001年 東京大学大学院工学研究科電子情報工学専攻 博士後期課程修了(工学博士). 現在, 工学院大学 情報学部教授. コンピュータビジョン, 機械学習, ヒューマンコンピュータインタラクション研究に従事. IEEE 会員.

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

阿部 孝司[†](正会員) 香月 実^{††} 南 昌秀^{†††}[†]近畿大学情報学部, 東大阪市, ^{††}近畿大学大学院, 東大阪市, ^{†††}東京大学大学院, 文京区

A Method for Removing the Tube Region in Endoscopic Images for the Computer-aided Diagnosis of Internal Hemorrhoids

Koji ABE[†] (Member), Minoru KATSUKI^{††}, Masahide MINAMI^{†††}[†] Faculty of Informatics, Kindai University, 3-4-1 Kowakae, Higashiosaka-shi, 577-8502 Japan,^{††} Graduate School of Engineering, Kindai University, 3-4-1 Kowakae, Higashiosaka-shi, 577-8502 Japan,^{†††} Graduate School of Medicine, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, 113-0033 Japan

〈あらまし〉 既存の内視鏡画像を用いた内痔診断支援システムの前処理にあたる、内視鏡画像内に存在する内視鏡のチューブ領域を自動除去する手法を提案する。チューブ領域は被写体の状態やライトの反射によって映り方が異なり、既存システムでは、診断に至る処理過程で内視鏡画像のチューブ領域を手動で除去する必要があった。提案手法では、画像内のチューブ領域の位置や画素値の特徴に着目し、画像を分割統合して複数の候補領域を作り各々の領域に対しチューブ領域の一部かどうかを判別する。統合処理では、チューブ候補領域とその周辺領域を統合するか別領域とするかを判別する条件をごく少数の標準的なサンプル画像を用いて決定する。精度評価実験では、健常と内痔の内視鏡画像それぞれ 96 枚からなる 192 枚に対して本手法を適用し目視でチューブ除去の精度を評価した。また、本手法でチューブ領域除去を行なった画像集合を用いて、既存システムの特徴量を変数として種々の判別器それぞれで健常・異常判別実験を行った。実験の結果、172 枚が正しく除去され、判別実験では各判別器での平均 F 値は 79.1%となり、約 80%の精度で正しく診断できることを確認した。

キーワード：コンピュータ支援診断, 医用画像処理, 内痔, うっ血, 内視鏡画像

<Summary> This paper presents a method for removing the tube region in endoscopic images used for the diagnosis of internal hemorrhoids. This method can work for a preprocessing in the existing computer-aided diagnosis system of the hemorrhoids. Since the appearance of the tube region depends on the lighting and the condition of the subject, the region had to be removed by hand in the existing system. Utilizing characteristics of pixel values in the region and the location of the region, the proposed method segments the image into plural candidates of the tube region, and discriminates whether each candidate could be a part of the tube region. In the experiments of the proposed method for 192 images (96 normal and 96 abnormal cases), we confirmed the performance of the tube removal. Besides, after applying the removal to the images, they were tried in the existing CAD system, which discriminates the images between normal and abnormal cases. In the experiments, we confirmed the tube region was correctly removed in 172 images. And, in the trials by the existing CAD system, the accuracy averaged 79.1%, i.e., we confirmed that automatic diagnosis of internal hemorrhoids can be conducted with approximately 80% by using the proposed method.

Keywords: computer-aided diagnosis, medical image processing, internal hemorrhoids, object extraction, endoscopic image

1. ま え が き

内痔は、長時間のデスクワークなどの影響で大腸が圧迫されることで血液の循環が悪化して発症する肛門疾患である。内痔の症状は、初期症状であるうっ血症状から始まり、突起症状、しわ症状と病気の進行に伴い病状が変化する。内痔は

痛みなどで自覚症状が現れたときには既に症状が深刻化している場合が多いため、うっ血症状は、早期発見や病状観察の観点から最も重要な症状といえる。通常、内痔診断を行う際、医師は患者の肛門から内視鏡を挿入し、患者の直腸内をモニター経由で観察する。内痔の症状を確認した場合、医師は患

者の今後の医療方針に関わるデータとして患部を撮影した内視鏡画像を保存する。しかし、内痔の診断は医師の経験に大きく依存することから、医師へのセカンドオピニオンの提供を目的とした内痔症状の定量評価が求められている。また、内痔症状の定量評価は診断経験の乏しい若手医師のみならず非専門の医師に対する診断教育支援にも役立つ。

現在、内視鏡画像を対象とした類似研究として、病変部位の特定^{1),2)}、臓器及び出血部位の抽出^{3)~6)}などが報告されている。また、内痔診断に関する研究としては、内視鏡画像を用いた内痔のうっ血度合いを測定する複数の特徴量⁷⁾が提案されている。この特徴量は、画像内に存在するうっ血領域のサイズやRGB値の特徴を用いて提案されており、これらを変量とした機械学習によりうっ血症状と健常を高い精度で判別することが確認されている。しかし、特徴量を抽出するためにはタブレットPC等の機器を用いて、内視鏡画像内に映る内視鏡のチューブ領域の輪郭周辺に線を描画し手動でチューブ領域を除去する必要がある。これは、内視鏡画像内のチューブは被写体の状態や撮影者の違い、内視鏡のライトなどの影響によって映り方が著しく異なるため、単純な画像処理では抽出が難しいからである。当システムは医師が操作することを想定して開発されているため、医師がタブレットを用いて描画することが処理過程に入っても医師には労力にならない。しかし、小型カメラをスマートフォンやタブレット端末につないで一般の人間でも診断支援システム⁷⁾を使用することを想定した場合においては全て自動で実行できるほうが都合がよい。加えて、その症状に応じて端末からインターネットで自動に適当な薬を提示することや、または通院の必要性も知らせるシステムへの拡張も期待できる。

オブジェクトの検出手法に関して、近年では、Unsupervised Segmentationなどの深層学習による領域抽出も存在する。しかし、内視鏡画像では、同一画像であってもチューブ領域とその背景領域を視認できる場所と難しい場所が混在する。抽出対象のオブジェクトとその背景領域の境界のコントラストが鮮明な部分と非常に不鮮明な部分とが混在しているケースに対し精度よくオブジェクト抽出を行うことを想定した場合、オブジェクトのサイズ、形、位置に関する情報も組み込んでさまざまなケースの教師データが必要となる。しかし、健常・異常（内痔うっ血症状）ともに症例データを大量に集めることは医用画像を対象にする研究では現実的に困難であり、また、内痔うっ血症状の画像だけを集めたベンチマークは無い上、内視鏡画像内に映るチューブ領域のサイズ、場所、形、エッジの鮮明さは一様でなく、深層学習を用いて高い精度でチューブ領域を抽出することは難しい。

そこで本論文では、内痔診断支援システムの自動化を目的として、内視鏡画像内からチューブ領域を自動除去する手法を提案する。本手法は既存の内痔診断支援システム⁷⁾における前処理にあたるものである。本手法は、チューブ領域とその背景領域とが鮮明に区別できるようなケースでは大域的領

域で境界を求め、不鮮明な境界は大域的領域を徐々に局所領域に画像を細かく分割し微小領域内でのわずかな濃度の違いから求めるものであり、精度の高いチューブ領域の抽出を試みる。また、本論文では、提案手法により内視鏡画像内からチューブ領域を除去し、処理後の画像を既存システムに用いてうっ血度合いの特徴量を算出し異常・健常の判別精度を調べたのでその結果についても示す。

2. 内視鏡画像のチューブ領域

本研究では、図1のような内痔診断を行う際に撮影される内視鏡画像を用いる（以降、単に内視鏡画像と呼ぶ）。画像サイズは512pixel平方であり24bitフルカラー画像である。図1内の上部に存在する、被写体と黒背景の円境界に接している黒い物体が内視鏡のチューブであり、画像中央付近の変色している部分がうっ血症状が現れている領域である。一般的に、医師が内視鏡検査を実施し被写体を静止画で撮影するときには、必ずチューブの一部はフレーム内に入る。

チューブ領域は内痔診断に不要な領域であるだけでなく、次の場合、内痔診断の際にノイズとなるため内痔自動診断の際にはチューブ領域を除去する必要がある。図2(a)のチューブ領域である図2(b)枠内のように、チューブ表面にハレーションが現れるケース、図3(a)のチューブ領域である図3(b)枠内とうっ血領域である図3(c)枠内との接触部分のように、うっ血領域の写り方によってチューブ領域と腸壁領域との境界が著しく不鮮明になるケースがあり、これらの出現頻度は被写体の状態や撮影者に依存する。チューブ領域を除去することに対し単純な画像処理で対応することは難しく、既存研究⁷⁾では、作業者がタブレットペンを使用し画像切り抜き手法「Lazy Snapping」⁸⁾を適用してチューブ領域を手動で除去している。図4(a)はチューブ領域を含む内視鏡画像内に存在する主な領域の種類を示しており、1は無症状の健常領域、2はうっ血領域、3はチューブ領域である。図4(b)は、図4(a)を $L^*a^*b^*$ 色空間の画像に変換し、図4(a)で示されている各方形領域(50×50画素)での各成分の画素値の平均と標準偏差を示したグラフである。 $L^*a^*b^*$ 色空間への変換にはopenCVを使用し、 L は255/100倍、 a と b はそれぞれ+128された値を用いている。図4(b)において、チューブ領域の画素値は $L^*a^*b^*$ 色空間のすべての成分においてほかの領域より低い傾向にあることがわかる。さらに、どの領域においても L^* 成分の標準偏差は他の2つの成分に比べ大きいことがわかる。これはハレーションの影響を最も大きく受けるからであると考えられる。また、図5は左から、図2(b)枠内の領域、図3(b)枠内の領域、図3(c)枠内の領域、における各成分の画素値の平均と標準偏差を示したグラフである。図5で示されているように、まず図2(b)のチューブ領域は、ハレーションの影響で図4(a)右のチューブ領域に比べて L^* 成分の平均画素値と標準偏差が顕著に高いことがわかる。そして、図3(c)のうっ血領域は、影領域と重なっている影響

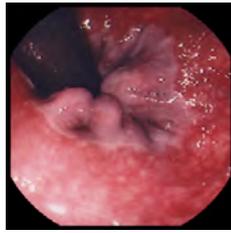
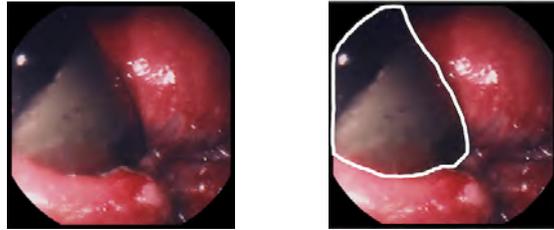


図 1 内痔診断において撮影される内視鏡画像

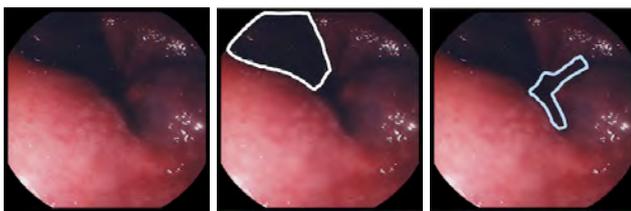
Fig. 1 An endoscopic image taken in the diagnosis of internal hemorrhoids



(a) Original image (b) The tube area

図 2 チューブ領域の映り方 1 (ハレーションの発生)

Fig. 2 An appearance of the tube area in endoscopic images (Halation occurrence)



(a) Original image (b) Tube area (c) Congestion area

図 3 チューブ領域の映り方 2 (境界不鮮明)

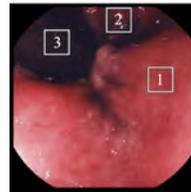
Fig. 3 An appearance of the tube area in endoscopic images (Indistinct boundary between the tube and congestion areas)

で図 3(b) のチューブ領域に酷似した値であることがわかる。このようなケースでは、チューブ領域と腸壁領域の境界が不鮮明であるため、チューブ領域の輪郭抽出は難しく、その輪郭や形状を手掛かりとしたチューブ領域の認識は困難であるといえる。そこで、提案手法では、チューブ領域の位置と画素値の特徴に着目し、主に a^* 成分及び b^* 成分を用いて内視鏡画像内のチューブ領域を判別・除去する。

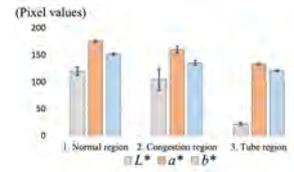
なお、内視鏡検査では、どのメーカーの内視鏡であってもホワイトバランスは自動調整されて被写体は撮影される。加えて、外光が入らない体内を撮影している、内視鏡がメーカーにより被写体の見え方に著しい有意差が生じると誤診のリスクが高くなることから、撮影される被写体の見え方が内視鏡の機種に有意に依存することは無いと示唆される。

3. 提案手法

チューブの自動除去を行うためには腸壁の領域とチューブの領域の境界を探す必要がある。しかし、前述のとおり、画



(a) A sample



(b) The mean values of each of L^* , a^* , b^* values in each box shown in (a)

図 4 L^* , a^* , b^* 色空間での各領域の平均画素値 (1. 健常領域, 2. うっ血領域, 3. チューブ領域)

Fig. 4 The mean values of each of L^* , a^* , b^* values in each box which shows normal area, congestion area, and the tube area

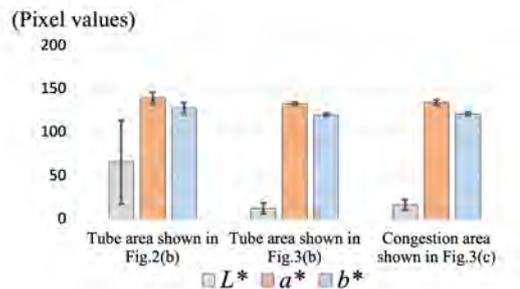


図 5 図 2(b), 図 3(b), 図 3(c) での枠内の平均画素値

Fig. 5 The mean value of each of L^* , a^* , b^* values inside the handwritten frame in Fig. 2(b), Fig. 3(b), and Fig. 3(c)

像内にはハレーション領域や影領域、内痔のうっ血領域などが混在するため、領域間の境界があいまいになる場合や領域内の画素値の分散が高くなる場合がある。そのため 1 画素毎の画素値を見るのではなく、局所領域毎に画素値を見て領域判別を行う必要がある。本手法では、内視鏡画像の a^* 成分のヒストグラムの山の数を分割条件、分割後の各領域の a^* 成分の平均値の差またはヒストグラムのチューブ領域を表す山の範囲を統合条件とし、分割・統合法⁹⁾を用いて、画像を細かい領域に分割し、画素値の近い領域同士を同じ領域と判断して統合する。領域分割統合処理を繰り返すことでチューブ領域と腸壁領域の境界を探し、各領域の位置や画素値の特徴を評価してチューブ領域を特定して除去する。

本手法では、内視鏡画像を入力後、チューブ領域が特定され、元画像からチューブ領域が削除された画像が出力される。その画像は内痔診断支援システム⁷⁾への入力となり、当システムは内痔うっ血症状の度合いを複数の特徴量として算出し出力するものである。そして、本手法は、1.〈領域分割〉, 2.〈領域統合 1〉, 3.〈領域統合 2〉, 4.〈統合過多画像の判別〉, 5.〈チューブ領域の特定及び除去〉, の手順で実行される。なお、本手法では、領域統合 1 と領域統合 2 を実行するために、3.2 節で述べる方法により選ばれる標準的なサンプル画像 16 枚、3.4 節で使用するチューブ領域周辺に影領域やうっ血領域が密集していると視認できたサンプル画像枚数 (本手法では実

験的に 11 枚) が必要となる。

3.1 領域分割

画像をまず細かい小領域にメッシュ分割する。この分割処理を行う理由は、最初にチューブ領域と腸壁領域を確実に分離するためである。本研究で扱う内視鏡画像は、 a^* 成分の値に変換してヒストグラムを算出した場合、図 6 で示されているようにチューブ領域が構成する山と腸壁領域が構成する山の 2 つが現れる傾向がある。この特徴を利用してチューブ領域と腸壁領域を分離できるまで以下の手順で領域分割を行う。

1. 対象画像を $L^*a^*b^*$ 表色系に変換し、 a^* 成分についてヒストグラムを算出する。
2. そのヒストグラムが多峰性であれば、画像内に複数の領域が混在していると判断し、画像を 4 つのメッシュ領域に分割する。
3. 分割された各領域に対して 1 と 2 の処理を分割不能になるまで繰り返す。

ここで、最小分割面積は 4×4 画素とした。また、本手法ではヒストグラムの最頻値の階級から両端の階級に向かって探索し、度数が減少から増加に転じた階級の範囲内にある度数の合計が全度数の 95% 以上であれば単峰性、そうでなければ多峰性と定義する。図 7 に領域分割の例を示す。

3.2 領域統合 1

領域統合 1 は、近い画素値を持つ領域同士を統合することを目的としている。処理は以下の流れで行われる。

1. 対象画像において、領域分割後の各領域の a^* 成分の平均値を算出する。
2. 各領域とその隣接領域との領域組の平均値の差を算出し、閾値 α 以下であった場合は同じ領域であると判断し領域組を統合する。
3. 上記 1. と 2. の処理を統合できる領域が無くなるまで繰り返す。

ここで、サンプル画像を用いて α の決定を行う。用いるサンプル画像は、健常画像集合と異常画像集合の各々から特徴の隔たり無く選ばれることが望ましい。そこで、各集合の画像をベクトル空間に配置したとき、サンプル画像が空間上で広く分散するように選択されるように、以下のように主成分分析を用いてサンプル画像を選択する。全画像集合に対し、 L^* 成分、 a^* 成分、 b^* 成分を変数とした主成分分析を行う。これにより、画像データは 3 次元空間上に第 1 主成分、第 2 主成分、第 3 主成分の 3 つの変数を用いて表されることになる。8 象限からなる 3 次元空間の各象限において、健常画像集合、異常画像集合の 2 集合それぞれで平均ベクトルを求め、平均ベクトルから最も近い画像をそれぞれの集合から選択する。1 象限から健常・異常それぞれ 1 個ずつ画像が選択されるので、空間全体からは健常画像 8 枚、異常画像 8 枚の 16 枚がサンプル画像として選択される。選択されたサンプル画像に

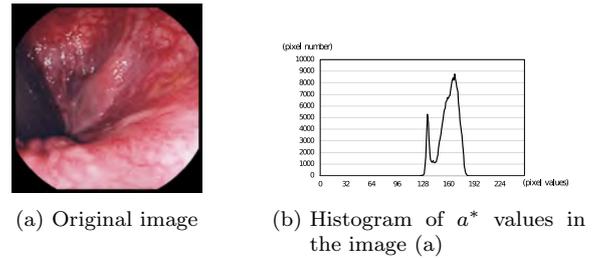


図 6 内視鏡画像の a^* 成分のヒストグラム
Fig. 6 Histogram of a^* values in an endoscopic image

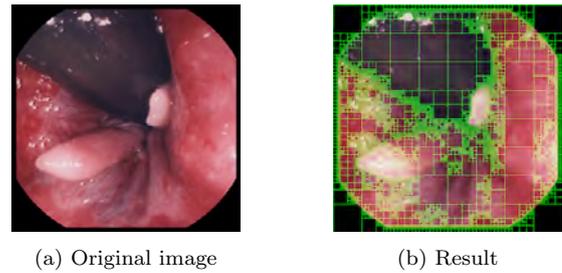


図 7 領域分割例
Fig. 7 Example of the image segmentation

対して画像切り抜き手法「Lazy Snapping」⁸⁾を用いてチューブ領域の自動除去を行うことでチューブ領域の輪郭を特定する。そして、領域分割の最小単位が 4×4 画素であるため、チューブ領域の輪郭の内側 4 画素内の a^* 成分の平均を取得する。同様にチューブ領域の輪郭の外側 4 画素内の a^* 成分での値の平均も取得する。本手法ではチューブ領域の内側にある領域と外側にある領域が統合されることは望ましくないため、外側の値の平均と内側の値の平均の差を閾値 α とする。その結果、閾値 α は 7.2 となった。この領域統合 1 を行うことで、画素値の近い隣接領域組がある程度統合できる。図 8 に領域統合 1 の例を示す。

3.3 領域統合 2

領域統合 2 はチューブ領域内に存在する未統合領域を統合しきるために行う。内視鏡画像の a^* 成分から得られる濃度ヒストグラムにはチューブ領域が構成する山と腸壁領域が構成する山があると想定できる。そのうちチューブ領域が構成する山を調べ、その画素値の範囲を取得すれば、チューブ領域の画素値がどの範囲に存在するかを推定することができ、チューブ領域内に存在する未統合領域を探すことができると考えられる。そこで以下の手順で領域統合 2 を行う。

1. 領域統合 1 の後の画像において、各領域の b^* 成分の平均値を取得する。
2. チューブ領域は必ず画像枠 (画像内の被写体と黒背景の円境界) に接しており b^* 成分が有意に低いという特徴があるため、画像枠に接する領域のうち、平均値が最も低い領域を、 A_{bmin} とする。
3. A_{bmin} の a^* 成分の平均値をチューブ濃度として取得

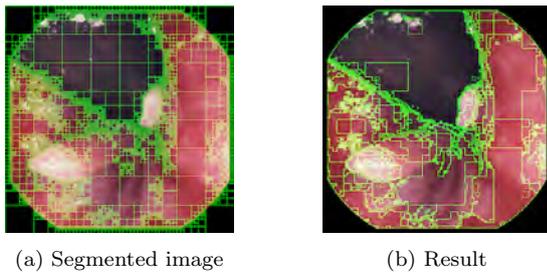


図 8 領域統合 1 の例
Fig. 8 Example of the first integration for the segmented regions

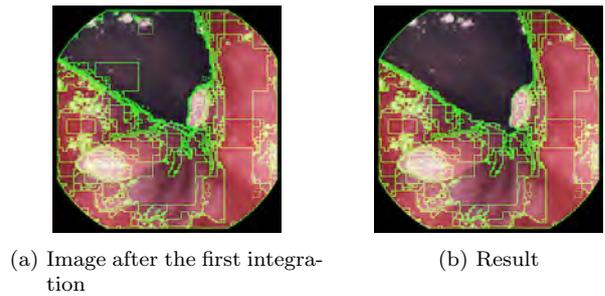


図 9 領域統合 2 の例
Fig. 9 Example of the second integration

する。

4. 画像の a^* 成分のヒストグラムを作成し、 1×5 の平均化フィルタをかける。
5. ヒストグラム内の山のうちチューブ濃度の階級が含まれている山の最頻値の階級を取得する。
6. 最頻値の階級から両端の階級に向かって探索し、度数が減少から増加に転じるまでの階級範囲を、チューブ領域の画素が存在する階級の範囲と判断し、領域統合 2 の範囲として取得する。
7. 各領域で a^* 成分の平均値を取得し、隣接領域組の両方の平均値が領域統合 2 の範囲内であれば両方ともチューブ領域であると判断して統合する。

A_{bmin} を特定する際に a^* 成分ではなく b^* 成分の値を用いた理由は、 b^* 成分は a^* 成分よりもハレーションの影響を受けにくいからである。図 9 に領域統合 2 の例を示す。図 9 のうち、 A_{bmin} を含む領域をチューブ候補領域とする。

3.4 統合過多画像の判別

対象画像のチューブ領域周辺にうっ血領域や影領域が集中している場合、ここまでの 2 回の統合処理によって、腸壁とチューブ領域が統合されてしまう統合過多が発生することも想定できる。そこで統合過多画像の判別を行い、統合過多の場合は領域統合 1 の時点の統合画像を用いることで統合過多を防ぐ。統合過多になりやすい画像は図 10(a) のように影領域やうっ血領域など明度の低い領域が多く含まれているという特徴がある。また、統合過多になる画像は、図 10(b) のような統合過多にならない画像に比べて、領域統合 2 で取得したチューブ候補領域を含む領域の面積に対し、その領域の画像枠との接点数の割合が増える特徴がある。これらの特徴を踏まえて以下の処理で統合過多画像を判別する。

1. チューブ候補領域の面積 $size$ と画像枠との接点数 arc を取得する。
2. 画像の L^* 成分のヒストグラムを算出し、最頻値の階級 $vMode$ を取得する。
3. 式 (1) または式 (2) を満たす場合は統合過多と判断し、領域統合 1 の時点の統合画像を用いることとする。

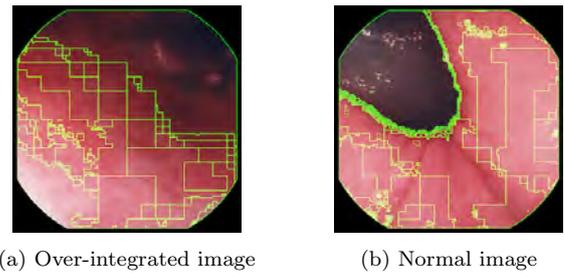


図 10 統合過多になる画像例と統合過多にならない画像例
Fig. 10 An over-integration and a success case

$$\frac{arc}{size} > \beta \quad (1)$$

$$arc > \gamma \& vMode < \delta \quad (2)$$

閾値 β を決定するために閾値 α の決定に用いた 16 枚の内視鏡画像に対して画像切り抜き手法「Lazy Snapping」⁸⁾を用いてチューブ領域の手動除去を行い、除去されたチューブ領域の面積 $size$ と画像枠との接点数 arc を取得する。16 枚の内視鏡画像に対して $size$ に対する arc の割合を算出した結果、最大値が 0.016 であったため、閾値 β は 0.016 に設定した。また閾値 γ は、同じく算出した arc の最大値が 563 であったため、563 に設定した。そして閾値 δ を決定するために、チューブ領域周辺に影領域やうっ血領域が密集していると視認できた別のサンプル画像 11 枚から $vMode$ を取得し、その平均値である 106 に設定した。

3.5 チューブ領域の特定及び除去

領域統合 2 の際に取得した A_{bmin} を内包している領域はチューブ領域と考えられるため、黒画素に置き換えて除去する。図 11 にチューブ領域の除去例を示す。

4. 実験結果

4.1 実験試料

実験試料には、提案手法で用いたサンプル画像を除いて、健常画像 96 枚、異常画像 96 枚の計 192 枚を用いた。3.2 節と 3.4 節で使用したサンプル画像は含まれていない。画像サイズは、2 章で示したとおり、512pixel 平方であり 24bit フルカラー画像である。異常つまり内痔の画像は、内視鏡検査の

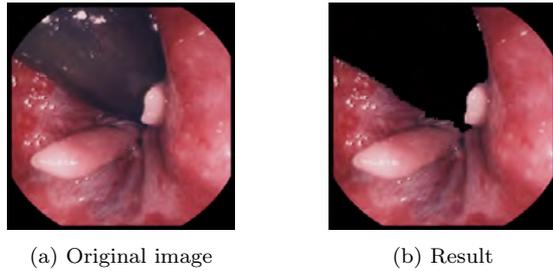


図 11 チューブ領域除去例

Fig. 11 A tube removal by the proposed method

受診者のうち、専門医 1 名が内痔と診断したものだけを正解の異常データとして用いた。健常画像も同医師が診断したものを異常画像の数に合わせて用意した。なお、実験試料 192 枚は、192 名分の画像でデータセットを作成している（同一人物で複数の画像を用いてはいない）。すべての実験試料は 1997 年に撮影され、2000 年に本研究用に提供されたものである。提供前に受診者の個人情報はずべて医師が消去し、画像と診断結果のみ提供された。撮影に用いた内視鏡検査器は、オリンパス製で電荷結合素子 (CCD) を使ったビデオカメラを内視鏡に組み込んだビデオスコープ、特に S 字状結腸の検査に使用される機種である。

4.2 チューブ除去精度の検証実験

本手法でチューブ領域除去を行った画像に対し目視で評価を行った。文献 7) では Lazy Snapping により手動でチューブ領域が除去されているが、手動除去の場合、有意な違いは生じないにせよ、同画像に対し 1 人が描画するごとに異なるチューブ輪郭になること、描画する人間が代われば異なるチューブ輪郭になること、そして、チューブとその背景の境界が不鮮明なケースに対し必ずしも正解の描画をしていることは保証できないことから、手動除去の結果と本手法の結果を比較評価するのは適切ではないので目視で評価することとした。評価基準としては、チューブ領域全体のみを除去できていれば成功、チューブ領域の除去不足がある場合や腸壁領域までの除去過多が存在していれば失敗とした。実験試料 192 枚に対するチューブ除去成功枚数を表 1、失敗原因の内訳を表 2 に示す。表 1 括弧内の数値は全画像数と成功した画像数を示す。

本実験では、CPU:Ryzen7 PRO 1700x (8 コア, 3.4GHz), メモリ容量 32GB の計算機で実行し、全実験試料に本手法を適用しチューブ除去を実行した結果、画像 1 枚あたりの平均処理時間は 1.882[s] (標準偏差 0.370) であった。文献 7) では手動除去に要した時間は示されていないが、現実的に考えれば、本手法に対する実行時間は手動除去に比べ有意に速いと示唆される。

4.3 内痔の健常・異常判別実験

提案手法で自動除去を行った結果により文献 7) の定量評価が正しく行われるか調べるために、提案手法でチューブを除

表 1 チューブ除去精度確認実験の結果

Table 1 Experimental results for the tube removal

成功失敗の内訳 Success or Failure	枚数 Number of images
成功 Removal success	172
除去不足 Insufficient removal (failure)	9
除去過多 Excessive removal (failure)	8
除去不足と過多の両方 Both of the two failures	3

表 2 除去失敗原因の内訳

Table 2 Causes of tube removal failures

失敗原因 Cause of failures	枚数 Number of images
赤色反射 Red reflection	7
影・うっ血 Unclear of the boundary	13

去した画像に対し文献 7) の特徴量を変数として内痔の健常・異常判別実験を行った。判別器には線形判別分析 (LDA), 線形のサポートベクタマシン (SVM-L), 非線形のサポートベクターマシン (SVM-N) の計 3 種類を用いた。SVM-N では、Gaussian カーネルを使用し、 $\sigma = 1.5$ とした。なお、特徴量の値は平均 0, 分散 1, に正規化されている。全ての判別実験において、テストデータと実験データは leave-one-out による交差確認法¹⁰⁾により選択された。文献 8) を用いて手動でチューブ除去した画像の判別結果を表 3、提案手法を用いてチューブ除去した画像の判別結果を表 4 に示す。判別結果の評価に用いる認識率は再現率 (R), 適合率 (P), F 値 (F) の 3 つを用いて表している。これらはそれぞれ式 (3)(4)(5) により算出される。

$$R = \frac{X_{h \cap c}}{X_c} \times 100 \quad (3)$$

$$P = \frac{X_{h \cap c}}{X_h} \times 100 \quad (4)$$

$$F = \frac{2RP}{R + P} \quad (5)$$

ここで、 X_h は判別を行う母集団 h におけるデータ数、 X_c は提案手法により判定された母集団 c のデータ数、 $X_{h \cap c}$ は $h \cap c$ に属するデータ数である。実験の結果、平均 F 値は健常画像が 80.5%, 異常画像が 77.7% となり、文献 8) を用いて手動で除去した場合より認識率は低下したものの、著しい優位差は無いことが確認できる。

5. 考 察

まず、表 3 と表 4 から、本手法でチューブ除去した画像を用いた健常異常判別の精度は、手動で除去したケースよりも若干低下したものの、両クラスにおいて約 80% の判別精度で

表 3 文献 8) を用いた健常・異常の判別実験の結果

Table 3 Experimental results for the discriminations between normal and abnormal images obtained by applying the tube removal by hand⁸⁾

method	normal			abnormal		
	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>F</i>
LDA	85.4%	79.6%	82.4%	78.1%	84.3%	81.1%
SVM-L	86.5%	79.8%	83.0%	78.1%	85.2%	81.5%
SVM-N	87.5%	83.2%	85.3%	82.3%	86.8%	84.5%

表 4 提案手法を用いた健常・異常の判別実験の結果

Table 4 Experimental results for the discriminations after applying the tube removal by the proposed method

method	normal			abnormal		
	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>F</i>
LDA	86.5%	74.1%	79.8%	70.0%	83.8%	76.1%
SVM-L	85.4%	76.6%	80.8%	74.0%	83.5%	78.5%
SVM-N	85.4%	76.6%	80.8%	74.0%	83.5%	78.5%

あることから十分有用性はあると示唆され、また、健常そして異常クラスの両方において、本手法によるチューブ除去を用いた健常異常判別の精度は手動により除去したものとほとんど有意差が無いことがわかる。

次に、表 1 で示したように、チューブ除去精度の検証実験では 192 枚中 172 枚が成功したが、表 2 に示す 2 つの特徴がある画像の場合は失敗が発生した。原因別に失敗例を考察する。まず、赤色反射が原因の失敗画像について考察する。図 12(a) はチューブ領域の端に腸壁の色が反射して赤みがかっている例である。この画像の領域統合 2 の範囲は 117-147 であるが、除去不足になっているチューブの a^* 成分は 152 となり統合範囲外であったため、図 12(b) のようにチューブ領域を正しく統合することができず図 12(c) のように除去不足となった。このことから除去不足の原因は画像のチューブ領域に腸壁の赤色が反射して a^* 成分の値が腸壁領域に近付いたことだと考えられる。図 13(a) は図 12(a) のチューブ領域を白線で示した画像であり、図 13(b) は図 13(a) の白線で囲まれているチューブ領域の画素値の平均と標準偏差を示したグラフである。図 13(b) から、図 13(a) のチューブ領域は図 5 左 (図 2(a) のチューブ領域) と比較して、 L^* 成分、 a^* 成分、 b^* 成分のそれぞれで画素値の平均と標準偏差に有意差は無く、赤色反射が起こっているケースとハレーションのみが現れるケースとで違いは見られなかった。本手法はチューブ領域の位置とチューブ領域や腸壁領域の色に着目した手法であり、このように腸壁領域とチューブ領域の色が類似するケースに対応することは難しい。そのため、今後の課題としてチューブ領域に腸壁の赤色が反射しないような撮影マニュアルの策定が挙げられる。

次に、影・うっ血が原因の失敗画像について考察する。図 14(a) は、チューブ領域周辺に影領域やうっ血領域が集中しているためチューブの輪郭が曖昧になっている例である。この画像は、図 14(b) のように領域統合 2 でチューブ領域とそ

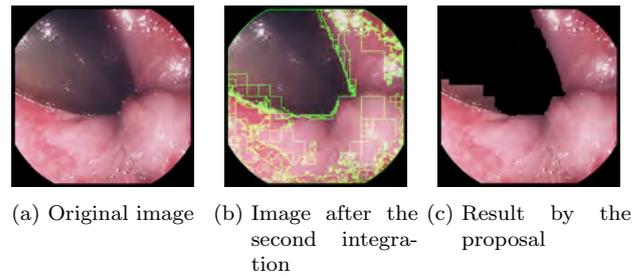


図 12 赤色反射が原因の除去失敗例

Fig. 12 A failure case due to the red reflection

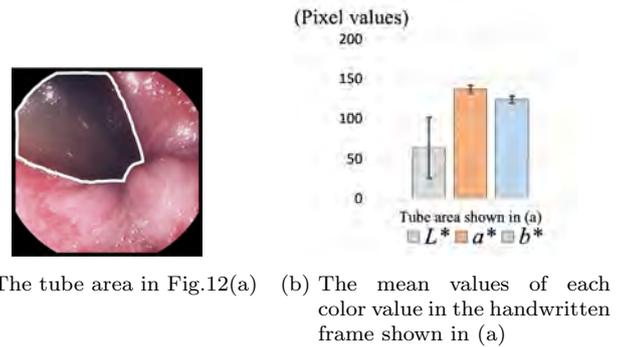


図 13 図 12(a) のチューブ領域の平均画素値

Fig. 13 The mean values of each color value in the tube area shown in Fig.12(a)

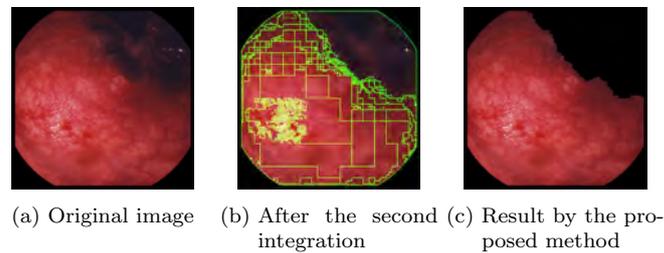


図 14 影・うっ血が原因の除去失敗例

Fig. 14 A failure case due to the indistinction between the tube and the congestion areas

の周辺の影領域やうっ血領域を統合してしまい、図 14(c) のように除去過多となった。除去過多の原因は、式 (1)(2) の閾値 β と γ にあると考えられる。 β はチューブ領域の面積に対する画像枠との接点数の割合、 γ はチューブ領域と画像枠との接点数であり、それぞれ正しくチューブ領域が統合されていればこれらの値より大きな値にはならない。しかし、これらの値は平均的なサンプル画像からそれぞれ算出しているため、図 14(b) のように領域統合 2 で統合過多となっても式 (1)(2) のどちらも満たさず統合過多と判別されない画像が存在した。

6. む す び

本論文では内痔診断支援システムの自動化を目的として、内視鏡画像内からチューブ領域を自動除去する手法を提案し

た。本手法はチューブ領域の位置や画素値の特徴に着目した除去を行う手法であり、本手法を用いたチューブ領域除去の精度を目視で評価したところ 89.6%が除去に成功した。しかし、チューブ領域に腸壁の赤色が反射している場合や、チューブ領域周辺に影・うっ血領域が密集している場合は除去に失敗するケースがあることが分かった。また、本手法でチューブ領域を除去した画像を実験試料として3種類の判別器それぞれを用いた内痔の健常・異常判別実験を行った結果、各判別器のF値の平均は健常画像が80.5%、異常画像が77.7%となり、文献7)でチューブを手動で除去した場合との著しい優位差はなく、ごく少数の標準的なサンプル画像を用いた本手法によるチューブの自動除去が実用的なものであると確認した。

今後の課題として、1)チューブ領域に腸壁の赤色が反射しないような撮影マニュアルの策定、2)チューブ領域の面積に対する画像枠との接点数の割合、チューブ領域と画像枠との接点数がそれぞれ全画像集合で最大となる値を算出するサンプル画像の選定が挙げられる。

なお、本論文内容に関連する著者の利益相反はない。

謝 辞

データ提供をして頂いた全国社会保険連合会鳴和総合病院に深謝する。

参 考 文 献

- 1) F. Vilarino, P. Spyridonos, F. Deiorio, J. Vitria, F. Azpiroz, P. Radeva: "Intestinal Motility Assessment With Video Capsule Endoscopy: Automatic of Phasic Intestinal Contractions", IEEE Trans. on Medical Imaging, Vol.29, No.2, pp.246-259 (2009).
- 2) K. -B. Kim, S. Kim, G. -H. Kim: "Analysis System of Endoscopic Image of Early Gastric Cancer", IEICE Trans. on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol.E89-A, No.10, pp.2662-2669 (2006).
- 3) H. Tian, T. Srikanthan, K. V. Asari: "Automatic Segmentation Algorithm for the Lumen Region and Boundary from Endoscopic Images", Medical Biological Engineering Computing, Vol.39, No.1, pp.8-14 (2001).
- 4) B. Li, M. Q. Meng: "Computer-Aided Detection of Bleeding Regions for Capsule Endoscopy Images", IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol.56, No.4, pp.1032-1039 (2009).
- 5) M. P. Tjoa, S. M. Krishinan, C. Kugean, P. Wang, R. Doraiswami: "Segmentation of Clinical Endoscopic Image Based on Homogeneity and Hue", Proc. of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Vol.3, pp.2665-2668 (2001).
- 6) M. Xiao, S. Xia, S. Wang: "Geometric Active Contour Model with Color and Intensity Priors for Medical Image Segmentation", Proc. of the 27th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp.6496-6499 (2005).
- 7) 阿部孝司, 高木秀典, 南昌秀, 田海燕: "内視鏡画像を用いた内痔コンピュータ画像診断に有効なうっ血特徴量", 画像電子学会誌, Vol.44, No.3, pp.493-501 (2015).
- 8) Y. Li, J. Sun, C. -K. Tang, H. -Y. Shum: "Lazy Snapping", ACM Trans. on Graphics, Vol.23, No.3, pp.303-308 (2004).

- 9) 南敏, 中村納, 画像工学 (増補), コロナ社 (2000).
- 10) F. Mosteller: "A K-Sample Slippage Test for an Extreme Population", The Annals of Mathematical Statistics, Vol.19, No.1, pp.58-65 (1948).

(2024年3月26日受付)

(2024年7月31日再受付)



阿部 孝 司 (正会員)

1996年 工学院大学電子工学科卒業。2001年金沢大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了。同年、同大工学部附属電磁場制御実験施設講師。2002年 英国ノーザンブリア大学画像データ研究所研究員。2003年 金沢工業大学講師。2006年 近畿大学講師。2010年 同大理工学部情報学科准教授。パターン認識、医用画像処理、マルチメディア情報検索に関する研究に従事。2015年 本学会最優秀論文賞受賞。電子情報通信学会、電気学会各会員。博士(工学)。



香 月 実

2023年 近畿大学理工学部情報学科卒業。同年、同大学院総合理工学研究科博士前期課程入学。現在に至る。主に、画像処理、パターン認識に関する研究に従事。電子情報通信学会会員。



南 昌 秀

1989年 筑波大学医学群卒業。1990年金沢大学医学部第二外科医員。1996年金沢社会保険病院医師。2002年 早稲田大学大学院法学研究科修了。2007年(株)小松製作所粟津工場健康管理室長。2010年 東京大学大学院医学系研究科博士課程単位取得後退学。現在、東京大学大学院客員研究員。がん診断治療、公衆衛生、労働衛生に関する研究に従事。日本外科学会、日本がん学会、日本産業衛生学会各会員。医師。医博。法修。

自己相関パターンに着目した画像中点字ブロック認識

新井 啓之[†](正会員)[†]日本工業大学

Braille Block Recognition by Analyzing Autocorrelation Patterns

Hiroyuki ARAI[†] (Member)[†]Nippon Institute of Technology

<あらまし> 本研究では視覚障がい者の歩行支援を目的として、歩道や通路などに設置された点字ブロックのうち警告の意味を持つ点字ブロックを画像から認識する手法を提案する。点字ブロック上には円形の突起（ドット）が周期的に配列されているが、ブロック自体やドット部分の材質や色、サイズ、立体形状、汚れや褪色などの状態には多様性があり、その見え方も多様であるため、個々のドットを画像から精度良く検出することは難しい。これに対し本研究では、自己相関画像において現れるドットパターンの周期性を捉えることで点字ブロックを認識する方法を提案する。点字ブロックに対する自己相関画像はその周期性を把握する際に有効な様々な特性を持っている。本研究では、その特性を利用しながら、自己相関画像上でドットを検出し、それらが格子状に配置されていることを評価することで点字ブロックであるか否かを判定する。実画像を用いた実験の結果、提案手法が多様な点字ブロックの認識に有効であることを確認した。

キーワード：点字ブロック、自己相関、ドットパターン、周期性、画像分類

<Summary> We propose a method for detecting Braille blocks with dot-pattern from images, aimed at assisting the mobility of visually impaired individuals. Braille blocks, installed on sidewalks and pathways, consist of circular protrusions (dots) arranged periodically. By detecting the dots in an image and assessing whether they are regularly spaced, it seems possible to selectively detect dot-pattern blocks. However, accurately detecting each dot from an image is challenging due to the diversity in the material, size, and three-dimensional shape of the dots. In this study, we utilize these characteristics to detect dots on the autocorrelation image and assess whether they are arranged in a grid pattern to determine if they are dot-pattern blocks. Experimental results using real images confirmed that the proposed method is effective in recognizing various types of dotted blocks.

Keywords: Braille block detection, autocorrelation, dot pattern, periodicity analysis, image classification

1. はじめに

視覚障がい者は点字ブロックや白杖を利用して進路の情報を得ながら歩行する。点字ブロックには大きく分けて進行方向を示す線状ブロック（誘導ブロック）と危険箇所や誘導対象施設などの位置を示す点状ブロック（警告ブロック）の2種類があり、その場所に応じた形で歩行者を誘導する。しかしながら白杖や足の裏で得られる情報は狭い範囲に限られているため、移動には危険や不安が伴う。本研究は視覚障がい者の歩行支援を目的とし、周辺を撮影した画像から点字ブロックを認識する技術を確立することを目的とする。

点字ブロックの画像認識に関しては、既に様々な手法が提

案されている。吉田らが提案したレーザーセンサとカメラを組合せた手法¹⁾を始めとし、点字ブロックの内部や輪郭の形状に着目した方法、色に着目した方法など、様々な手法が提案されている。特に近年はCNN(Convolutional Neural Networks)などの深層学習ベースの手法により良好な認識結果が得られるようになってきている。比較的シンプルなCNNを利用したもの^{2),3)}や、SSDやYOLOといった物体検出(object detection)で良好な性能が確認されている学習済のモデルを転用したもの^{4),5)}などがあるが、これらの成功は、CNNの被写体形状とテクスチャを分析し分類する能力の高さを示している。またCNNにより領域抽出(semantic segmentation)を行うことで点字ブロックを始めとした歩道

上にあるものを抽出，分類する手法⁶⁾においても良好な結果が得られている。

一方で，点字ブロックを正しく検出できないケースや，レンガやタイルのような周期模様を誤認識してしまうといった問題点が複数の研究において指摘されている。学習データのアノテーション時に点字ブロックを含む周囲のブロックやタイルなどを巻き込んだ形で学習させたためではないかとの予想があるものの，現時点では明確にはなっていない。また点字ブロックの材質，形状，色，または褪色や汚れなどの状態が極めて多様であることもその認識を難しくしている本質的な要因の一つであると考えられる。今後一層の精度向上を目指す場合，上記のような多様性を踏まえつつ，従来の深層学習モデルのままで良いのか，何らかのモデル改良が必要なのかといった点については検討の余地が残されている。このような状況を鑑み本研究では，点字ブロックの幾何学的な性質を丁寧に捉え直し，多様なバリエーションが存在する点字ブロックをボトムアップに認識する新たな手法を具体化し，その有効性を検証する。本研究は提案手法そのものの有効性のみならず深層学習のモデル選択やモデル改良のヒントとしても寄与できるものと考えられる。

なお，点字ブロックの認識においては，点字ブロックそのものが持つ個々の形状や表面のテクスチャに加え，複数ブロックが連続的に配置されたときの全体形状，さらには周囲のテクスチャなどに情報が含まれていると考えられる。中でも線状ブロックは，歩行可能な経路に沿って連続的に配置されるため，ブロック内部の特徴に加え複数ブロックの配置形状を捉えることで精度良く認識できる可能性がある⁷⁾。一方，点状ブロックは施設内の段差の縁などに限定的に配置されることも多く，その配置のされ方はより多様である。点字ブロックの見落としは深刻な事故につながりかねないこともあり，複数ブロックの配置形状に頼らない形でも精度良く検出することが望ましい。このような中で本研究では点状ブロックを対象として，その認識手法を提案する。

2. 提案手法の着眼点

2.1 前提条件

本研究が想定する利用場面，及び認識手法を考える上での前提条件を明らかにしておく。本研究では利用者が身体の一部にカメラを装着し，そのカメラ画像を認識することで音声や振動などにより周囲の状況を伝達するようなアプリケーションを想定している。撮像デバイスとしてはメガネ状のカメラデバイスや胸ポケットなどにセットしたスマートフォンを想定している。また利用者が数歩の移動を安心して行えるよう，足元直下から概ね3~4メートル程度の範囲までを対象とする。このような場合，カメラの装着位置（地面からの高さ）はおおよそ固定されており，一方でカメラ方向は変動する。カメラ方向を検知すること，または撮影された画像を認識することで利用者とは画像内の被写体の位置関係を推定す

ることが必要となるが，この点は本研究の対象外とする。本研究は，被写体までのおおよその距離と角度が限定される中で点状ブロックの認識（画像分類）について考える。この場合，カメラから地面までの距離（例：1~1.5m）と比べ，ブロック内のドット間隔（数cm）が小さいことを踏まえると，撮影される点状ブロックは射影変換の影響を受けつつも，近接するドットの画像上での間隔は大きく変化しないものと考えられる。

2.2 着眼点：自己相関画像の特性

一般に，点状ブロックの認識を考える場合，個々のドットを検出するアプローチが考えられる。しかし図1の例のように実際のドットの見えは多様であり，その検出は容易ではない。本研究では，前述の前提条件を踏まえつつ，自己相関画像に着目する⁸⁾。前述したように点状ブロックのドットの見え方は多様であるが，一方で同一画像内の近い位置にあるドットはその見え方において極めて高い類似性を持っている（図1）。そこで元画像の一部分，具体的には中央部分の小矩形をテンプレートとして画像全体と相関を取りその結果を画像化した自己相関画像を考える。

図2は自己相関画像の例であり，左の矩形領域がテンプレート，中央（左から2番目）が自己相関画像である。点状ブロックの自己相関画像では，元画像のドットと同様の周期性を持つピークが観測されるが，さらに，以下に述べるような3つの重要な特性を持っている。

元画像におけるドットは周囲より明るい場合，暗い場合，影により明暗の両方がある場合など，その見えは多様であるが，自己相関画像ではその見えによらず元のドットパターンに応じた周期的な極大（ピーク）が観測される（特性1）。

また，対象画像の中心部分をテンプレートとした場合，こ



図1 点状ブロックのドットの多様性
Fig.1 Various dots on Braille blocks

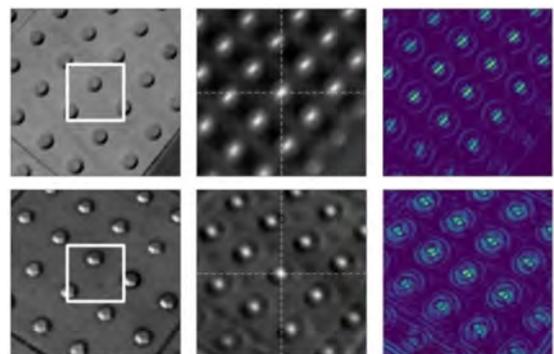


図2 自己相関画像の例
Fig.2 Examples of autocorrelation images

のテンプレートのどこにドットがあっても、自己相関画像の中央を起点とする形でピークが観測される(特性2)。

元画像のドットの形状特徴は自己相関画像の中にも反映されている。図2右図は自己相関画像の各画素に対してヘッセ行列を算出、その第1・第2固有値の絶対値 λ_1, λ_2 を求め、その差分 $\lambda_1 - \lambda_2$ を疑似カラー表示したものである(以下、曲率差分画像と呼ぶ)。ヘッセ行列の固有値は曲面の最大曲率とそれに直交する方向の曲率に相当する。自己相関画像そのものでは視認しにくい、その曲率を分析することで、いわば埋め込まれている元画像のドットの見えや形状に関する情報を顕在化させることができる(特性3)。

自己相関画像の解析においては直線成分の影響に注意を払う必要がある。図3上はテンプレート内に点状ブロックの境界部分が含まれている場合の例である。ブロックの境界部分が高いコントラストを持っているため境界の直線が重なる場合に際立って相関値が高くなり、一方でドット部分の重なりによる相関値は相対的に小さくなる。高いコントラストを持つ直線はドットパターンの解析を困難にすると予想されるため、その影響を除去する工夫が必要となる。

また図3下のようにレンガの境界などの交点部分は点状ブロックのドット同様に格子状の周期性を持っており、周期性のみからではこれらを区別することは難しい。一方、図2右と図3右下を比較するとそのテクスチャには明確な差異が存在している。点状ブロックとレンガなどの交点はこの曲率のテクスチャの違いに着目することで区別できる可能性がある。

3. 自己相関画像を用いた点状ブロック認識手法

自己相関画像の特性を利用しながら被写体が点状ブロックであるかを判定する処理の概要について述べる。図4に提案手法の処理の流れを示す。このうち、自己相関画像の作成、ピーク検出、周期性の評価の3ステップにより、二次元格子状のドットパターンが形成されているかどうかを判定することが提案手法の基本アルゴリズムとなる。

この基本アルゴリズムに、直線成分の影響を除外するための3つの処理が追加されている。まず1つ目として、高いコントラストを持つ直線成分の影響を除外するため、前処理と

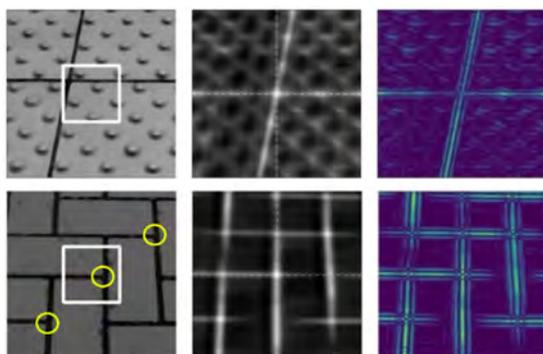


図3 直線成分を含む場合の自己相関画像
Fig. 3 Line structure and autocorrelation

して直線領域を検出する。検出された直線領域を除外した形で自己相関画像を算出することで、コントラストが高い直線成分の影響を除外することができる。

しかし上記処理のみでは、部分的にコントラストが低く検出されない直線成分や、レンガやタイルの配色といった低周波の周期成分が残存し、ドットの周期性とこれら残存している周期性が混在した形で観測されるケースが考えられる。これを考慮し、2つ目の処理として、抽出された直線成分の自己相関画像を作成、同様にピークを検出し、上記の非直線成分の自己相関画像で検出されたピークのうち直線領域の自己相関画像で検出されたピークと近い位置にあるものを除外する。直線領域画像で観測された周期性を除外することで、自己相関画像にそれ以外の周期性が存在するかどうかを評価できる。これを定量的に評価した結果を指標1とする。

さらに直線成分の影響に対応するための3つ目の処理として、自己相関画像の主要な成分が元画像のドットパターンによるものかブロック境界などのラインパターンによるものを区別するためのテクスチャ特徴を、前述の曲率差分画像から算出する。これを指標2とする。

指標1と指標2の両方が所定の条件を満たした場合に点状ブロックであると判定する。以下、詳細に説明する。

3.1 Step 1: 直線領域の検出

Step 1では、入力画像を対象として直線領域の検出を行う。この際、図5右図で白く示された領域のように、直線部分を包含する領域として検出するものとする。直線の検出には様々な手法があるが、ここではCannyオペレータとHough変換を組合せた手法を利用する。この際、ブロック表面の微細なテクスチャや砂利などの影響で誤った直線を検出することを抑制するため、前処理としてメディアンフィルタを用いた平滑化を行う。上記方法により、図5中央の白線のように画像中の直線成分の付近に多数の直線が折り重なるように検出される。これにモルフォロジーフィルタを利用した膨張処

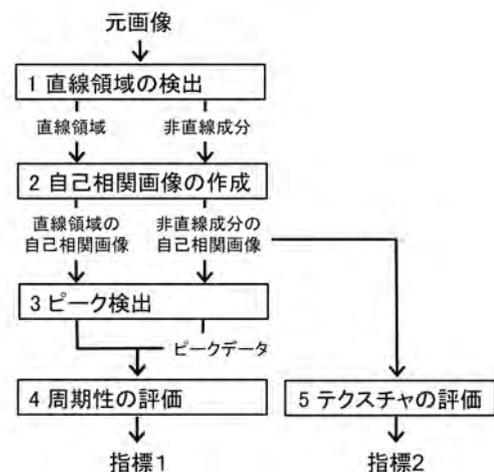


図4 提案手法の処理の流れ
Fig. 4 Flow of the proposed method

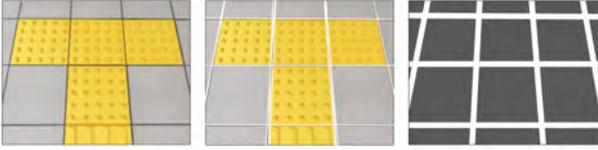


図5 直線成分の検出
Fig. 5 Detection of line-region

理 (dilation) を加えることで、元画像の直線部分を概ね包含した領域を得る。直線領域の画素値を 1、それ以外を 0 とする画像を直線領域画像 $L(x, y)$ と呼ぶものとする。式 (1) にその定義を示す。

$$L(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{直線領域の場合} \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases} \quad (1)$$

3.2 Step 2: 自己相関画像の作成

Step 2 では 2 種類の自己相関画像を算出する。1 つは元画像から直線成分を取り除いて算出するもの、もう 1 つは直線領域画像 $L(x, y)$ に対して算出するものである。画像同士の相関を算出する方法には様々なアルゴリズムが存在しているが、本研究は屋外環境での利用を想定していることから、明るさの変動やオフセット性の画素値の変動の両方に対してロバストなゼロ平均正規化相互相関を利用する。画像の中央の座標 (x_c, y_c) を中心とする幅、高さがともに N 画素の矩形 (正方形) 領域をテンプレートとすると、自己相関画像 $C(x, y)$ は、式 (2) により算出される。

$$C(x, y) = \frac{\sum M_{xyij} (I_{x+i, y+j} - \bar{I}_{xy}) (I_{x_c+i, y_c+j} - \bar{I}_{x_c y_c})}{\sqrt{\sum M_{xyij} (I_{x+i, y+j} - \bar{I}_{xy})^2}} \times \frac{1}{\sqrt{\sum M_{xyij} (I_{x_c+i, y_c+j} - \bar{I}_{x_c y_c})^2}}$$

$$M_{xyij} = (1 - L_{x+i, y+j}) (1 - L_{x_c+i, y_c+j})$$

$$\bar{I}_{xy} = \frac{\sum M_{xyij} I_{x+i, y+j}}{\sum M_{xyij}}$$

$$\bar{I}_{x_c y_c} = \frac{\sum M_{xyij} I_{x_c+i, y_c+j}}{\sum M_{xyij}} \quad (2)$$

ここで Σ は i 及び j の $-N/2$ から $N/2$ までの和であり、 M_{xyij} は画像中央 (x_c, y_c) を中心とするテンプレート画像及び座標 (x, y) を中心とする対象画像のいずれにおいても直線領域ではない画素で 1、どちらかまたは両方の画像において直線領域にある画素で 0 となり、直線領域を計算から除外するマスクとして機能する。一見複雑に見えるが、上記のマスク以外は一般的なゼロ平均正規化相互相関を自己相関の計算に適用した形である。また直線領域画像 $L(x, y)$ に対してはゼロ平均正規化相互相関の一般的な定義にしたがい自己相関画像 $C_L(x, y)$ を算出する。自己相関画像 $C(x, y)$ は元画像から顕著な直線成分を除外した状態で算出されており、点状

ブロックがある場合にはその周期性が反映されたパターンが現れる。また直線領域画像の自己相関画像 $C_L(x, y)$ は、その直線成分自体が周期性を持っている場合、その周期性が反映されたパターンが現れる。

3.3 Step 3: 自己相関画像からのピーク検出

2 章で説明した自己相関画像の特性を利用しながらピークを検出していく。ピーク検出の精度は後段の処理及び最終的な判定精度に大きな影響を与えるため、できる限り元画像のドットの周期性に起因するものに限定する形で検出することが望ましい。以下ピーク検出の詳細な手順を説明する。

3.3.1 自己相関画像上ピークの一次検出

自己相関画像 $C(x, y)$ は -1.0 から 1.0 の値をとり、特にその中央においてはテンプレートと対象画像が同一であるため必ず最大値 1.0 をとる。元画像にドットパターンが存在する場合には、その周囲に格子状の配置で多数のピーク (極大) が観測される。ピーク位置の画素値は基本的に正の大きい値をとるが、そのピーク値はドットの見え方を含む画像の様々な状況によって変動する。これを踏まえ、周期性を評価するために十分な数のピークを検出できるよう、しきい値を動的に変更しながらピーク検出を行う。事前に、最低でも検出すべきピーク数 N_{min} 及びピークとして検出して良い相関値の下限 C_{low} を設定しておく。検出の際にはピーク値に対するしきい値を高め (0.8 など) から開始し、検出されたピークが N_{min} 未満である場合には、しきい値を段階的に下げていく。そして N_{min} を超える数のピークが検出された時点でピーク検出を終了する。この際、しきい値が C_{low} より小さくなる場合には、その時点でピーク検出を終了する。なお最終的なピーク数が N_{min} を超えなかった場合はこの時点でドットパターンは存在しないと判定される。

3.3.2 尾根状のピークの除去

テンプレート画像内に何らか線状の被写体やテクスチャが存在すると相関画像上に尾根状の輝度分布が発生することがあり、この尾根状の分布からはしばしば複数、状況によっては多数のピークが検出される⁸⁾。点状ブロックの検出を目的とする場合、このような尾根状のピークが多数検出されることは好ましくないため、検出された全てのピークについて、その周囲の全方向に対して明確に高い差分を持つピークであるのか、それとも尾根上のピークであるのかを判定する。これはピークにおける輝度分布のヘッセ行列を求め、その固有値を調べることで判定できる。一般にヘッセ行列は 2 次元座標系 (x, y) における輝度分布 $I = I(x, y)$ に対して、式 (3) で計算される。

$$H = \begin{pmatrix} I_{xx} & I_{xy} \\ I_{yx} & I_{yy} \end{pmatrix}$$

$$I_{pq} = \frac{\partial I}{\partial p \partial q} \quad (3)$$

式 (3) における偏微分は差分フィルタ、例えば x 方向の偏微

分であれば x 方向の差分フィルタ $[-1/2, 0, 1/2]$ などを用いて計算できる。次にヘッセ行列の二つの固有値を求め、その絶対値の大きい方を λ_1 、もう一方を λ_2 とする。 λ_1 は勾配が最大になる方向の勾配の大きさに対応し、 λ_2 はそれに直交する方向の勾配に対応する。ドット状の周期パターンによるピークにおいては λ_1, λ_2 はともに大きな値を持つと考えられるが、線状の被写体に起因するピークでは λ_2 が相対的に小さな値となる。このことを踏まえ、式 (4) を満たすピークを尾根上のピークと判断し除外する。

$$\lambda_1 > \gamma \cdot \lambda_2 \quad (4)$$

ここで γ はあらかじめ設定するパラメータである。

3.3.3 曲率の類似性によるピークの絞り込み

検出したピークにはドット以外の被写体の組合せにより偶然に高い値となって検出されたものも含まれている可能性があるが、2章で述べたようにピーク付近の曲率に着目することで、これらを区別し除外することができる。具体的には、前述の曲率差分画像を利用し、 $C(x, y)$ 上で検出されたピークに対して、そのピークを中心とする所定サイズの矩形領域に対し曲率差分画像の勾配特徴量を算出する。本研究ではSIFTで用いられている128次元の勾配特徴量を利用する。各ピークにおいて算出された特徴量と、中央のピークの特徴量との距離を算出し、その距離が外れ値になるようなピークを除外する。この際、極端な値の外れ値があっても安定的な判定を行える中央値絶対偏差を利用する。中央のピークを1番目とし、その他の i 番目のピークと特徴量間の距離 D_{1i} を求め、その中間値 M_d を求める。さらに D_{1i} と M_d の差分の中間値 ΔM_d を求める。これを用い、式 (5) の条件を満たすピークは周辺の曲率が類似していないと判断し除外する。

$$D_{1i} > M_d + \alpha \cdot \Delta M_d \quad (5)$$

ここで α は外れ値の程度を決めるパラメータである。以上の処理により点状ブロックが被写体となっている場合には、そのドットの周期性に対応するピークの多くを残しつつ、それ以外の要因で発生したピークを除外することができる。

3.3.4 直線領域の自己相関画像からのピーク検出と除外

3.2節で求めた直線領域画像 $L(x, y)$ に対する自己相関画像 $C_L(x, y)$ についても、3.3.1~3.3.3項と同様の手順でピーク検出を行う。重複するためここでの説明は割愛する。前述したように自己相関画像 $C(x, y)$ にはドット以外の周期パターン、具体的にはブロックやタイルなどの影響が部分的に残っている可能性があるため、自己相関画像 $C(x, y)$ 上で検出されたピークのうち、直線領域の自己相関画像 $C_L(x, y)$ から得られたピークと近接する（距離がしきい値 d_{min} 以下の）ピークを除外する。なお、以下の説明においては、「自己相関画像 $C(x, y)$ 上で検出されたピーク」は、この除外後のものを指すものとする。

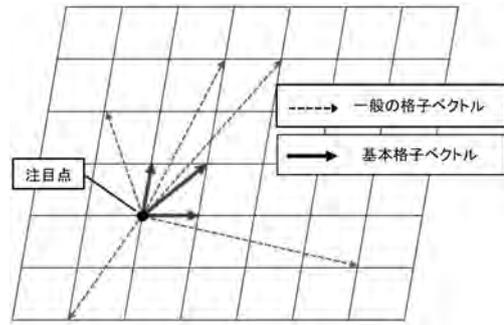


図6 格子ベクトルと基本格子ベクトル
Fig. 6 Lattice vectors and lattice basis

3.4 Step 4: 周期性の評価

元画像の被写体が点状ブロックである場合、自己相関画像 $C(x, y)$ 上で検出されたピークは二次元格子状に並んでいることが期待される。一方で、明確な周期性を持たない被写体から検出されたピークにはこのような周期性、規則性はないと考えられる。以下、検出されたピークが二次元格子状に並んでいるかどうかを判定する手順の概略を説明する。まず $C(x, y)$ 上で検出された複数のピークから、二次元格子の二つの基底を推定する。次にその基底に応じて生成された格子点とピークの座標との誤差を評価することで、ピークの配置が二次元格子状であるかどうかを判定する。

3.4.1 基本格子ベクトルの推定

ここでは図6のような斜交座標系の二次元格子を考える。その一つの格子点から他の各格子点までを結ぶベクトル（座標値の差分）を格子ベクトルと呼ぶこととする。また、これらの格子ベクトルのうち一つの格子点からその8近傍の格子点までの格子ベクトルを基本格子ベクトルと呼ぶこととする。基本格子ベクトルのうち4近傍で格子点を結ぶ最短の平行（逆向き）ではないものの2つ、または4近傍のベクトル1つと8近傍のベクトル1つの組合せを考えると、全ての格子ベクトルは、それらの整数倍のベクトル和として表現することができる。この性質を利用し、検出されたピークから基本格子ベクトルを推定する。

自己相関画像における i 番目のピークの座標を (x_i, y_i) 、検出されたピーク数を P_{num} として、 $i \neq j, 1 \leq i \leq P_{num}, 1 \leq j \leq P_{num}$ である全ての i と j について差分値 $d_x = x_i - x_j, d_y = y_i - y_j$ を求め、二次元の投票テーブル $V_1(d_x, d_y)$ に一票ずつ投票（加算）していく。自己相関画像 $C(x, y)$ から検出されたピークが二次元格子状に並んでいる場合、投票テーブルには格子ベクトルに相当する位置に複数の票が入ることになる。投票後、投票テーブル V_1 に対して平滑化処理を施した後、ピーク（極大）を検出する。一定値以上の投票値があった点を格子ベクトルとして抽出する。次に抽出された格子ベクトルの投票値を初期値としその他を0に初期化した投票テーブル V_2 において以下の処理を行う。投票値が正の値を持つ全ての格子ベクトルについて、全ての3つの組合せを選びながら、そのいずれか2つのベクトル和と、もう1つの

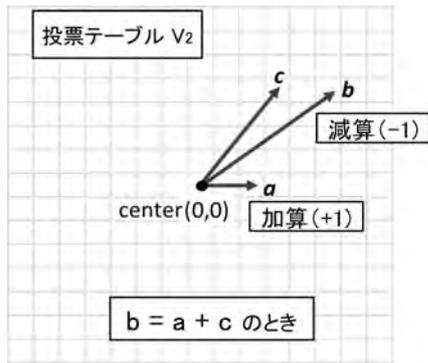


図7 基本格子ベクトル推定のための投票方法
Fig.7 Voting rule to estimate lattice basis

ベクトルが一致する場合に、最も短いベクトルが基本格子ベクトルである可能性が高いと判断し投票テーブル $V_2(d_x, d_y)$ に1票加算し、その際、最も長いベクトルは1票減算していく(図7)。この投票の後、投票値最上位のベクトル1つとそれと平行ではない2位以下の最上位のベクトルを1つ抽出する。この2つが基本格子ベクトルとなる。

3.4.2 射影変換を考慮した周期性の評価

次に推定された基本格子ベクトルを基底とし、その整数倍の和として求めた格子点を自己相関画像 $C(x, y)$ 上の中央を起点にして配置する。3.3節で検出された全てのピークについてそれぞれ最近傍にある格子点を一つ選ぶことで自己相関画像 $C(x, y)$ 上のピークと格子点とが対応した点列データを得る。元画像におけるドットは射影変換された状態で写っており、自己相関画像上のピークの配置も2次元格子が射影変換の影響を受けた状態になっている。この時点では、生成された格子点と対応付けられたピークの位置に射影変換によるズレが生じている。そこで、格子点とピークの対応関係から、その座標の誤差を最小とする射影変換を求め、それにしたがって格子点を再投影した後、ピークと格子点を再度最近傍で対応付けた上で、座標値の誤差を評価する。なおこの際、元画像中の被写体の大きさがカメラからの距離によって変動することを踏まえると、画像座標の誤差としてこれを評価することは適切ではない。ここでは、被写体サイズの変動を考慮し、ピークと格子点の誤差は基本格子ベクトルの長さを基準として規格化する。

また射影変換は実質的に8自由度であり、4点の二次元座標の組合せにより8つの方程式が得られることから実質的な誤差としては5点目以降の寄与が意味を持つてくると考えることができる。また検出されるピークには周期性とは関係のないものも含まれている可能性があり、ピーク数が十分に確保できている場合には周期性と関係のないピークを除外したほうがドットパターンの周期性を正確に評価できると考えられる。これらのことを踏まえ射影変換後の格子点とピークの誤差を以下の方法で評価する。まず2つの基本格子ベクトルの二乗和 l_0^2 を求める。そして合計 P_{num} 個のピークと射影変換後の最近傍の格子点までの距離の2乗を l_0^2 で規格化し、

その値を昇順に並べたものを $e_i(i = 1 \sim P_{num})$ とする。ピークと格子点との誤差 E を式(6)により算出する。

$$\begin{aligned} \text{指標 1: } E &= \frac{\sum_{i=1}^{n_1} e_i}{n_2} \\ n_2 &= n_1 - 4 \\ n_1 &= P_{num} - \text{floor}[\beta(P_{num} - 4)] \end{aligned} \quad (6)$$

ここで $\text{floor}[]$ は小数点以下を切り捨てる箱関数、 β は誤差の大きいピークを一定の割合で評価から除外するためのパラメータである。この E を指標1とし、この値が所定のしきい値 thr_1 以下である場合にピークが二次元格子状に並んでいると判定する。

3.5 Step 5: 自己相関画像のテクスチャ評価

自己相関画像 $C(x, y)$ 上のヘッセ行列固有値の絶対値の差を画像化した曲率差分画像において勾配強度を勾配方向別に加算した勾配ヒストグラムを算出し、その平均と最大値の比(最大値/平均値)を求める。具体的には角度別の勾配ヒストグラムを $H(\theta)$ とするとき、式(7)により算出する。

$$\text{指標 2: } \frac{\max(H(\theta))}{\text{avg}(H(\theta))} \quad (7)$$

ここで $\max()$ は最大値、 $\text{avg}()$ は平均値を求める演算である。この指標2は自己相関画像における勾配分布の偏りを簡潔に表しており、レンガなど直線的な構造が支配的である場合に高値となり、一方で点状ブロック画像では低値となる。この指標2が所定の閾値 thr_2 を超える場合には点状ブロックではないと判断される。

4. 評価実験

4.1 実験方法

提案手法の有効性を確認するため、図8のような点状ブロック画像200枚と歩道や構造物などの周囲の被写体が撮影されている画像529枚をテスト画像として、点状ブロックであるか否かを判定する実験を行った。撮影角度は水平を0、真下を90度とする場合、およそ20°~90度の範囲(※1.5mの高さから約4mの位置を撮影した場合に相当)となっている。以下、詳細な条件を示す。画像は短辺が480画素になるように拡大または縮小し画像の中央を中心とする480×480の範囲(図9青)を対象範囲、テンプレートは同じ中心を持つ120×120の正方形とした(図9白実線)。この場合、自己相関を計算できるのは360×360の範囲(図9点線)となる。これ以降の結果画像はこの360×360の範囲を図示している。また以下のパラメータは経験的に決定している。直線領域抽出時の膨張処理は11×11の円形カーネル、ピーク検出時のメディアンフィルタは9×9の正方カーネル、検出すべきピーク数の下限 N_{min} は12、ピーク検出時の相関値下限 C_{low} は0.2、尾根状のピークを除外するしきい値 γ は、 $C_L(x, y)$ では16、 $C(x, y)$ では12、 $C_L(x, y)$ のピーク

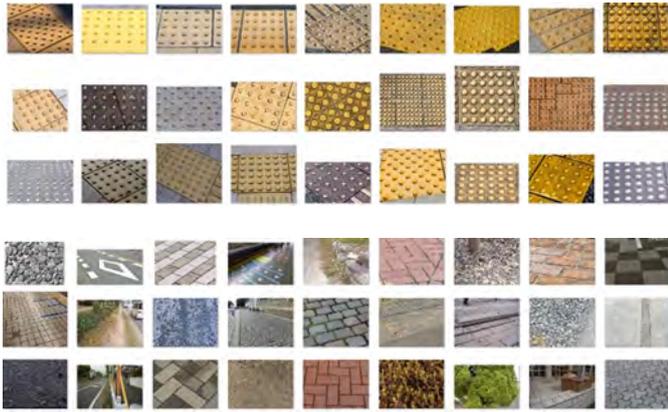


図8 評価に用いた画像の例
Fig. 8 Examples of images used in the experiment

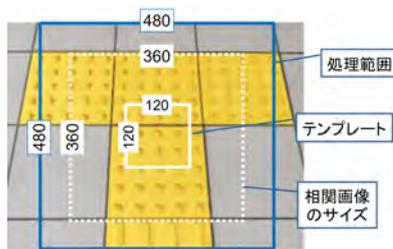


図9 画像サイズと処理範囲
Fig. 9 Image size and processing area in the image

と近接するピーク除外のための距離しきい値 d_{min} は 20 画素、ピーク類似性判定時の α は 1.25、指標 1 評価式のパラメータ β は 0.2 とした。最終的に、指標 1 がしきい値 $thr_1 = 0.01$ 以下、かつ指標 2 がしきい値 $thr_2 = 5.0$ 以下の場合に点状ブロックであると判定した。

また提案手法の有効性や特長を明らかにするため深層学習による画像分類技術との比較を行った。従来手法⁵⁾では、深層学習技術を用いた点字ブロック検出を行っているが、物体検出器である SSD (Single Shot MultiBox Detector)⁹⁾のバックボーン (特徴抽出器) として、一般的に用いられる VGG16¹⁰⁾の代わりに、より高速な処理が期待される MobileNet¹¹⁾を適用している。これを踏まえ、今回は VGG-16 と MobileNet の二つを対象に評価を行った。テストデータは上記同様で、これとは別にトレーニングデータとして国内で撮影した点状ブロック画像 377 枚と、それ以外の周囲の被写体の画像 726 枚を利用した。いずれのモデルにおいても、大規模画像 DB (ImageNet) を用いて一般物体認識 (画像分類) 用にプレトレーニングされたものをベースに 2 クラス分類器となるように全結合層を置き換え、転移学習を行った。精度は点状ブロックを正例として算出した Recall, Precision, 及び F1 スコアにより評価した。また、実際の画像を見ながら提案手法の長所と短所について考察を行う。

4.2 実験結果の概要

表 1 に評価結果を示す。なお提案手法に関しては、部分的なアルゴリズムの有効性を確認するため、直線領域の抽出、

表 1 点状ブロックの判定精度
Table 1 Classification accuracy of dot-pattern blocks

評価値	TP	FN	TN	FP	Precision	Recall	F1
提案手法	186	14	509	20	0.903	0.930	0.916
(直線領域抽出無し)	165	35	509	20	0.892	0.825	0.857
(ピーク絞り込み無し)	177	23	517	12	0.937	0.885	0.910
VGG-16 転移学習	179	21	513	16	0.918	0.895	0.906
MobileNet 転移学習	187	13	505	24	0.886	0.935	0.910

分離を行わなかった場合と、ピーク類似度の評価によるピークの絞り込みを行わなかった場合も記載している。ブロックの種類や見えが多様である中、提案手法は、総合的な評価値である F1 スコアが 0.916 となっている。また点状ブロックでは検出漏れが少なく網羅性が高いことが重要となるが、その指標となる Recall は 0.930 となっている。これらを踏まえると提案手法は MobileNet と概ね同等、VGG-16 とは同等以上の良好な精度を実現しているといえる。また直線領域の抽出と分離は性能を大きく改善させること、ピークの類似度による絞り込みは FN (検出漏れ) を有意に減少させることが確認された。

4.3 考察：正しく判定された例

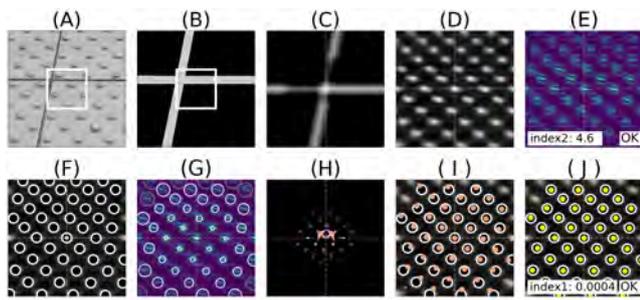
以下、実際の画像に対する提案手法の処理状況を確認しながらその長所、短所について考察していく。まず図 10 13 の見方を説明する。(A) は元画像、(B) は直線領域画像 $L(x, y)$ 、(C) は $L(x, y)$ の自己相関画像 $C_L(x, y)$ 、(D) は元画像から $L(x, y)$ をマスク除外して算出した自己相関画像 $C(x, y)$ 、(E) は $C(x, y)$ から算出した曲率差分画像を疑似カラー表示したもの、(F) は $C(x, y)$ から検出されたピーク (白円) と $C_L(x, y)$ から検出されたピーク (水色点)、(G) は中央のピークとの類似度を円の大ききで示したもの (注: 円が小さいほど類似度が高い。また中央のピークは自身との類似度であるため小さな点が描画されている) (グレー円は外れ値として除外されたもの)、(H) はピーク間の差分を投票した投票テーブル V_1 と推定された基本格子ベクトル (朱矢印)、(I) は基本格子ベクトルから生成された格子点 (朱点) とピーク (白円)、(J) は射影変換後の格子点 (黄点) とピーク (白円) である。また指標 1 の値と判定結果を (J) の下部に、指標 2 の値と判定結果を (E) の下部にそれぞれ表記している。

図 10 に提案手法により点状ブロックとして正しく判定された例を示す。10-(1) ではテンプレート内の直線成分が (B) のように検出され、その影響を除外する形で自己相関画像が算出されており明確なドットパターンが形成されている (D)。この結果、指標 1, 2 ともに点状ブロックの条件を満たしている。なおこの画像は深層学習においても正しく判定されている。10-(2) では、元画像における個々のドットの見えが不明瞭であるが、自己相関を取ることでドットパターンの抽出に成功している (D)。この例は深層学習では点状ブロックと認識されなかった。10-(2) の元画像 (A) を見ると白黒の粒子状

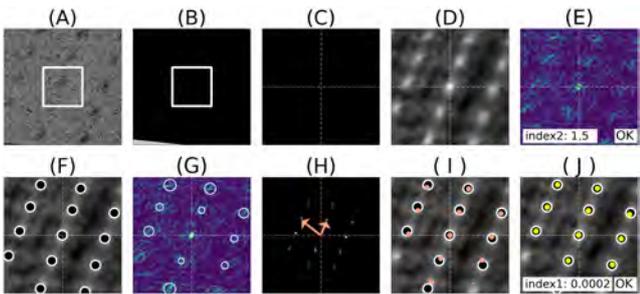
のテクスチャが存在しており、これが個々のドットの特徴を捉えにくくしているものと思われる。この例以外にも、ドット自体の濃淡よりも粒子状のテクスチャが目立つ画像において深層学習による検出漏れが発生していた。深層学習、特に畳み込みニューラルネットワークは、画像の局所から全体に向かって特徴量を組み上げていくプロセスであるため、最初に広い範囲で相関を計算する提案手法のほうが、粒子状のテクスチャの影響に対してロバストである可能性が考えられる。10-(3)の(F)ではイレギュラーなピークが3つ検出されているが、これらはピークの類似性を評価することにより外れ値

として除外されており(Gのグレーの円)、ピークの類似性を評価する処理が有効に動作していることがわかる。なおこの例は深層学習でも正しく判定されている。10-(4)はドットの周期性とブロック境界の周期性が混在しているケースであるが(B)の直線領域をマスクして自己相関を算出した(D)においてドットに起因すると考えられるピークが観測されている。また(B)の直線領域の自己相関画像(C)においてはブロック境界に起因すると思われるピークが観測されている。(D)上のピーク(Fの白円)のうち、(C)上のピーク(Fの水色)に近い位置にあるものを除外しても(I)の白円のようにドットに起因する周期性を持つピークが残るため点状ブロックであると判定された。これは(D)で検出されたピークのうち、直線成分の周期性により生成された可能性のあるピークを除外して判定したと考えることができる。なおこのピークの除外の効果については後述の11-(2)も参照されたい。

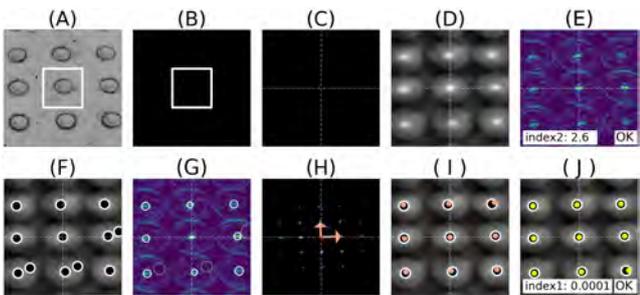
図11に点状ブロックではないと正しく判定された例を示す。11-(1)は細かい砂利の画像であり周期性が観測されず点状ブロックではないと判定されている。11-(2)はレンガでありT字部分が2次元格子状の周期性を持っている。(B)のようにレンガの境界の直線のほとんどが検出されているが、この直線部分をマスクして自己相関を取った(D)においてはレンガの配色の濃淡に起因する周期性が表れている。このように境界の直線成分をマスクして算出した自己相関画像にその周期性が残存してしまうことがある。一方、(C)の直線領域の自己相関画像にはレンガ境界の周期性に起因するピークが検出されている。(D)で検出されたピーク(Fの白円)のうち、(C)で観測されたピーク(Fの水色)が近くにあるもの



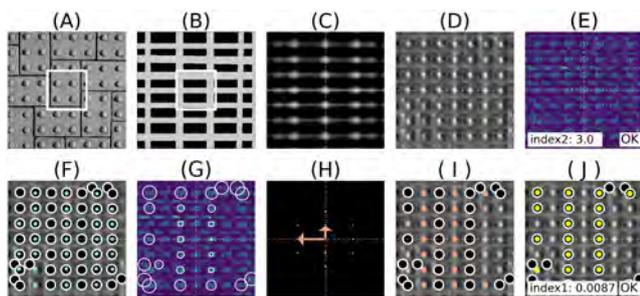
10-(1)



10-(2)

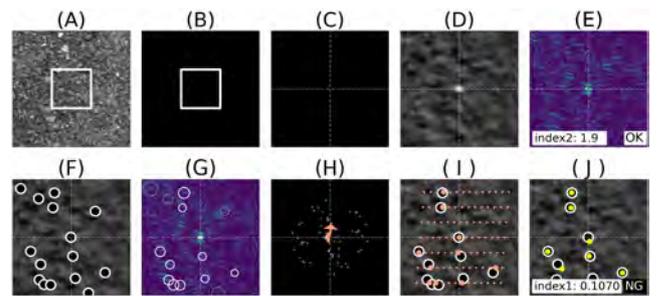


10-(3)

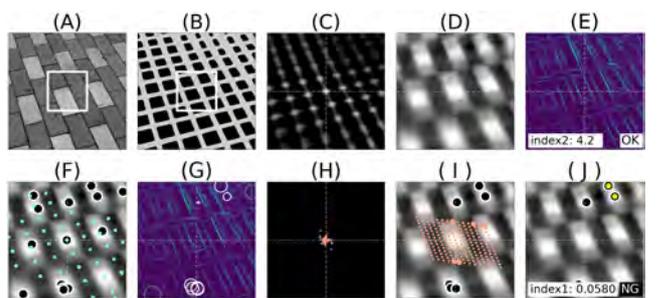


10-(4)

図10 正しく点状ブロックと判定された例 (TP)
Fig. 10 Examples of true positive



11-(1)



11-(2)

図11 正しく非点状ブロックと判定された例 (TN)
Fig. 11 Examples of true negative

は除外され、(G)のように周期的なピークはほぼ除外されている。その結果、この画像は直線成分以外の周期性はないため点状ブロックではないと正しく判定された。

4.4 考察：誤って判定された例

図12は、提案手法が点状ブロックとして判定できなかった例である。このうち12-(1)(2)は深層学習により正しく判定され、12-(3)は提案手法及び深層学習の両方で点状ブロックと判定されなかった。12-(1)ではブロック内部とブロック境界部分とでドット間隔が異なるためドットに起因するピークが不明瞭となっている。また画像内に影と思われる明暗変化が存在しており、その境界に沿った形で相関値が高い緩やかな尾根状のパターン(白い帯状の領域)が見られる。その上に不規則なピークが多数検出された結果、点状ブロックとは判定されなかった。なお、影の境界付近では、相関の値が影の影響を強く受けることが予想される。影の影響を抑制するために、元画像の低周波成分をあらかじめ抑制または除去するなどの前処理が考えられる。12-(2)では、ドット間隔が狭く、かつドットの輪郭の明暗が明瞭であるためにドットの

側面に沿う形で大量の直線が検出されたことで処理が破綻している。12-(3)では画像上のドットパターンが極めて不明瞭であり、自己相関画像上のピークが不明瞭で、ピーク検出に失敗している。前述したように提案手法はドットの見えが不明瞭な場合に対してロバストであることが期待されるものの、この例のように極端に不明瞭な場合には正しく判定できない。

図13は誤検出の例である。13-(1)(2)は周期的に配置されたレンガの画像であり、その境界の直線を適切に検出できなかったことで自己相関画像(D)において格子状の周期性が観測され、さらに(E)のテクスチャ特徴においても直線性が高くないと判定され、点状ブロックと判定された。13-(3)は、乱雑なテクスチャから検出されたピークが周期性を持っていると判定された例である。これらと同様の誤検出は複数の画像において観測されているおり、改善すべきポイントである。

また、提案手法では正しくTNとなったがVGG-16とMobileNetの両方においてFP(点状ブロックとして誤検出)となった画像の例を図14に示す。いずれも点状ブロックと明確な差異が存在しており、負例データを戦略的に拡充するこ

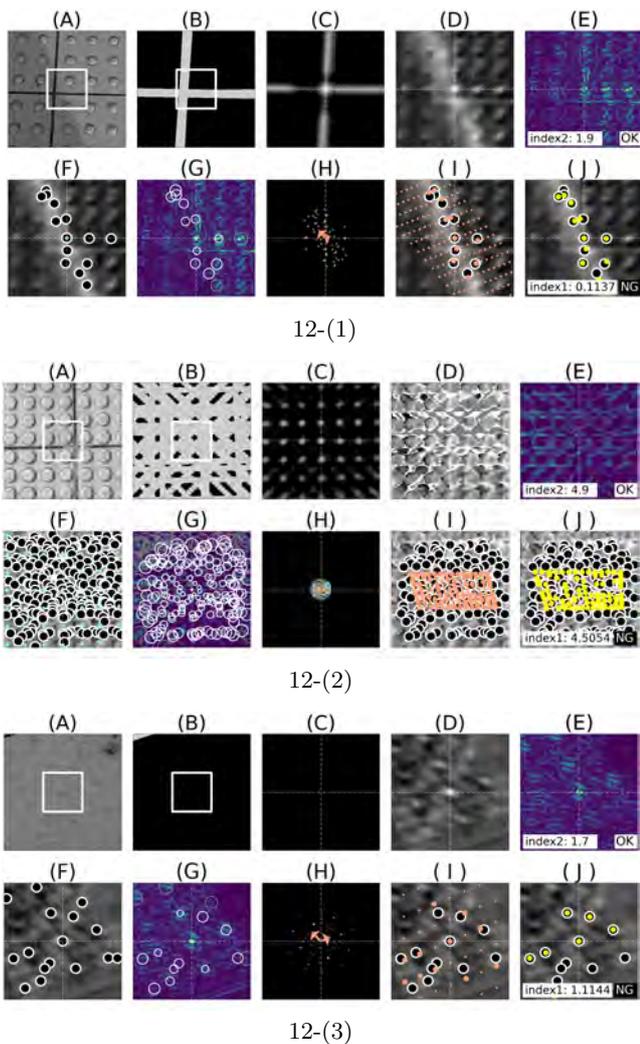


図12 点状ブロックと判定できなかった例 (FN)
Fig. 12 Examples of false negative

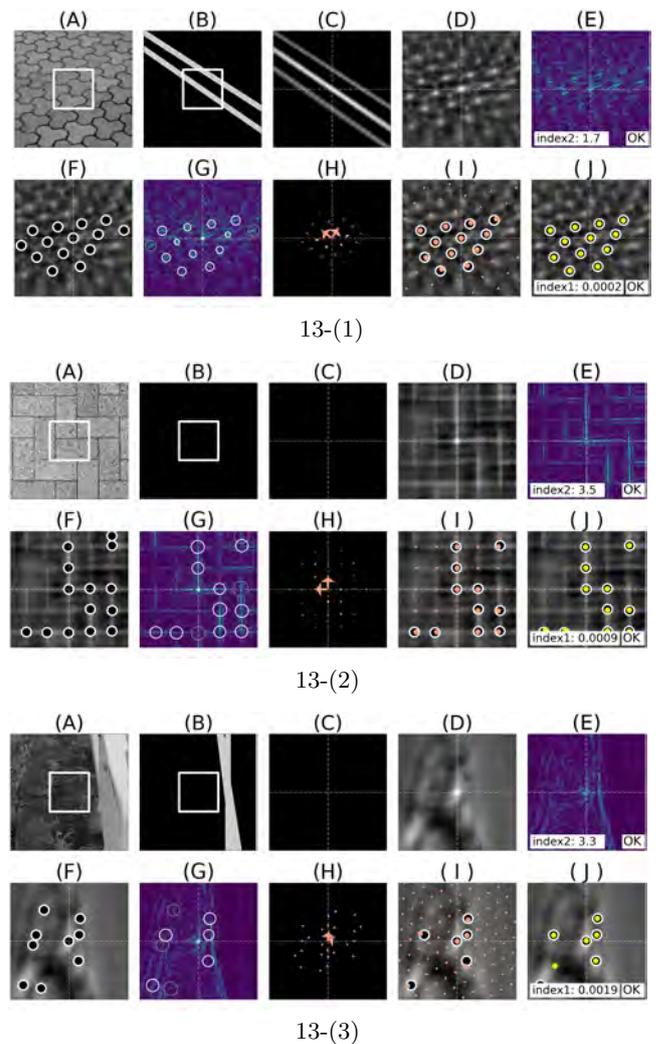


図13 誤って点状ブロックと判定された例 (FP)
Fig. 13 Examples of false positive

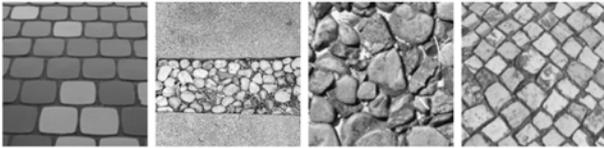


図 14 VGG-16 と MobileNet の両方で FP となった例
Fig. 14 False positives in both VGG-16 and MobileNet

とで精度を改善させる余地が残されているものと思われる。

4.5 実験結果の総括および実用に向けた課題

提案手法は概ね適切に動作していることが確認された。特に個々のドットの見えが不明瞭な場合には自己相関をベースとする提案手法が優れることが確認できた。深層学習と提案手法の長所・短所を踏まえ、これらを補完的に組み合わせることでさらなる精度向上が期待される。撮像環境については、今回実験を行った撮像角度の範囲では、斜めに写ることが原因と考えられる検出漏れは発生しておらず 3~4m 程度の距離までであれば提案手法は適用可能であるといえる。一方、日照時の屋外では 12-(1) での影の問題や、12-(2) でのドット輪郭からの直線誤検出の問題が顕著に表れる可能性があり、さらなる検証が必要である。

この他、実用化に向けては二つの問題が存在している。一つは処理時間である。現時点では (2) 式のような両マスク型の相関を高速に計算するライブラリが存在しないため 4 重ループで単純実装したところ PC 上で 40 秒程度を要し、処理時間の大半を占めている。想定するアプリのリアルタイム性を考慮すると 2 桁程度の高速化が必要である。

二つ目は、パラメータの多さと最適化の問題である。最終的な指標に関するしきい値 thr_1, thr_2 は最終的な精度に直結するため、TP, FP などの比率をアプリの要件に合わせて調整したい場合には、これらを変更すべきである。またフィルタのカーネルサイズ、尾根状ピーク除外のしきい値 γ 、直線領域のピーク除外距離しきい値 d_{min} 、指標 1 評価式の β は、画像サイズとフィルタサイズの関係で変化するため、画像サイズが変更される場合には再設定が必要となる。ピーク数の下限 N_{min} は画像内にブロックが 1 枚から数枚程度存在している前提で設定されているため、これが変わる場合には調整が必要となる。ピーク検出時相関値下限 C_{low} は、乱雑パターンの誤検出を抑制したい場合には上げればよいが、ピークが不明瞭な場合の正検出率が低下することとの相反となる。ピーク類似性判定時の α は他の条件の影響を受けにくいため変更は不要と考えている。いずれにしても現時点で最適である保証はなく、また最終的な実装に応じて細かな再調整が必要となる。

5. ま と め

本研究では、自己相関画像の特性を利用した点状ブロック認識手法を提案し、実験によりその有効性を確認した。ブロックの材質やドットの形状、見えが多様である中、ドットパター

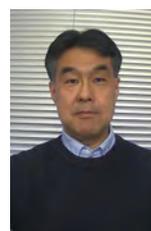
ンの周期性を正確に把握することは有効なアプローチであることが確認された。なおレンガなどの周期パターンの誤認識についてはさらなる改良が必要である。

参考文献

- 1) T. Yoshida, A. Ohya, S. Yuta: "Braille Block Detection for Autonomous Mobile Robot Navigation", *Procs. of Intelligent Robots and Systems (IROS 2000)*, DOI: 10.1109/IROS.2000.894675 (2000).
- 2) 山下晃弘, 松林勝志: "点字ブロック及び障害物の画像認識による視覚障がい者向けナビゲーションシステム", *立石科学技術振興財団 助成研究成果集*, 第 26 号, 2161025 (2017).
- 3) T. Okamoto, T. Shimono, Y. Tsuboi, M. Izumi, Y. Takano: "Braille Block Recognition using Convolutional Neural Network and Guide for Visually Impaired People", *2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, pp. 487-492 (2020).
- 4) Dong-seok Lee, Seung-hu Kim, Soon-kak Kwon: "Guidance for Visually Impaired Person through Braille Block Detection by Deep Learning", *Information System*, Vol. 9, No. 4, pp. 253-260 (2022).
- 5) S. Nakamura, H. Shishido, Y. Kameda: "Braille Block Detection at Shortest Distance by Mobile Devices", *Proceedings of SPIE 12592, International Workshop on Advanced Imaging Technology (IWAIT) 2023*, 125921R (2023).
- 6) C. Sun, J. Su, Z. Shi, Y. Guan: "P-Minder: a CNN based Sidewalk Segmentation Approach for Phubber Safety Applications", *Procs. of 2019 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 4160-4164 (2019).
- 7) T. Takano, T. Nakane, T. Akashi, C. Zhang: "Braille Block Detection via Multi-objective Optimization from an Egocentric Viewpoint", *Sensors*, 14248220, MDPI 2021-04-14, 21, 8, 2775 (2021).
- 8) 新井 啓之, 上野 満晴: "自己相関パターンの解析による点字ブロック認識", *映像情報メディア学会技術報告*, Vol. 43, No. 21, pp. 31-34 (2019).
- 9) W. Liu W., D. Anguelov, D. Erhan, C. Szegedy, S. Reed, C.-Y. Fu, A. C. Berg: "SSD: Single Shot Multibox Detector", *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, pp. 21-37 (2016).
- 10) K. Simonyan, A. Zisserman: "Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition", *Procs. of the International Conference on Learning Representations (ICLR)* (2015).
- 11) A. G. Howard, M. Zhu, B. Chen, D. Kalenichenko, W. Wan, T. Weyand, M. Andreetto, H. Adam: "MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications", *In arXiv preprint arXiv:1704.04861* (2017).

(2024 年 3 月 25 日 受付)

(2024 年 8 月 21 日 再受付)



新井 啓之 (正会員)

1989 年 東京理科大学理工学部物理学科卒業。1991 年 北海道大学大学院理学研究科修士課程修了。同年 日本電信電話(株)入社。図面認識技術、画像認識技術の研究開発と実用化に従事。2017 年より日本工業大学先進工学部情報メディア工学科教授。2001~2006 年 情報通信研究機構(NICT) ナチュラルビジョンプロジェクト特別研究員。博士(情報科学)。

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[†] 白川 稜[†] 松本 鮎美[†] 宮田 将司[‡] 小林 史英[‡][†]日本電信電話株式会社 NTT コンピュータ&データサイエンス研究所[‡]日本電信電話株式会社 NTT 先端集積デバイス研究所

Compressive Spectral Imaging with a Metalens Incorporating Spectrally-Varying PSF

Yoko SOGABE[†], Ryo SHIRAKAWA[†], Ayumi MATSUMOTO[†], Masashi MIYATA[‡], Fumihide KOBAYASHI[‡][†]NTT Computer and Data Science Laboratories, NTT Corporation[‡]NTT Device Technology Laboratories, NTT Corporation

概要

本稿では、著者らが開発している波長依存PSFメタレンズを用いた圧縮スペクトルイメージングについて、その概要を紹介する。本研究では、従来のスペクトルイメージング技術が抱える装置の複雑さや撮像時間の課題に対して、光メタサーフェス技術と深層展開による画像再構成技術を基盤とした解決策を提案している。特に、光メタサーフェスで構築したメタレンズに波長依存PSF特性を持たせることで、シンプルな装置構成でフルHD以上の解像度および動画フレームレート (30fps) を実現する圧縮スペクトルイメージング技術を開発した。この技術により、従来のハイパースペクトルカメラに必要であった大型装置が不要となり、可視光から近赤外光に至る45バンドのハイパースペクトル動画を撮影することが可能である。なお、本技術は2023年度画像電子技術賞を受賞した。

1. はじめに

人間の眼や一般的なカラーカメラは、可視光を波長に基づいて3つのバンド(青・緑・赤)に分離して画像を取得するが、スペクトルイメージングでは、これをさらに多くのバンドに分離し、各波長の画像を記録する。これにより、人の眼では区別が難しい対象や物質を詳細に観測することが可能となり、リモートセンシング、医療、農業など¹⁾、様々な分野での応用が期待されている。

しかし、従来のスペクトルイメージング技術にはいくつかの課題がある。ラインスキャン型の装置(図1左)は、スリットを通過したライン状の光をプリズムやグレーティングで分光し、1ラインずつスペクトル情報を取得する。全ラインの情報を取得するためスリットを稼働させながら撮像するため、装置が複雑で大型化しやすく、撮像に時間がかかる。一方、スナップショット型(図1右)では、撮像素子に配置された分

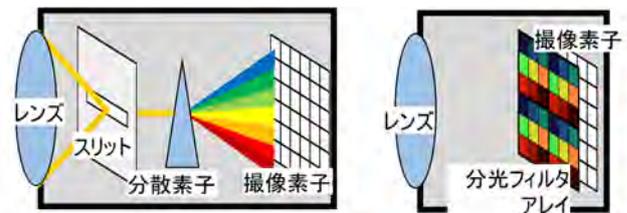


図1 ラインスキャン型(左)とスナップショット型(右)

Fig.1 Line-Scan Type (Left) and Snapshot Type (Right)

光フィルタの数が増加するにつれ、空間解像度や感度が低下しやすい。これらの技術における時間-空間-波長分解能のトレードオフが、リアルタイム性が求められる用途や普及の妨げとなってきた。

圧縮センシング理論²⁾に基づき、時間-空間-波長分解能のトレードオフを大幅に改善する技術として、2009年に圧縮スペクトルイメージング³⁾が提案された。この技術は、光学的に圧縮した低次元な画像(圧縮画像)をカメラのセンサ(モノクロまたはカラー)で撮像し、その圧縮画像からスペクトル画像を再構成する逆問題を解くことで、スペクトル画像を取得するものである。これにより、高フレームレートでの撮影が実現可能となる。代表的な光学的圧縮方法としては、CASSI (Coded Aperture Snapshot Spectral Imager)³⁾があり、プリズム、符号化開口、モノクロカメラから構成されるが、その複雑な装置構成が課題となっていた。さらに、画像再構成にも精度と速度の観点で技術的な課題が存在した。再構成問題には、膨大な計算量とスペクトル画像の統計的性質を定義する困難性という二つの主要な課題があり、これらを両立させることが困難であった。総括すると、ハードウェアの複雑さと再構成性能の問題により、圧縮スペクトルイメージングは実用化に至らなかった。

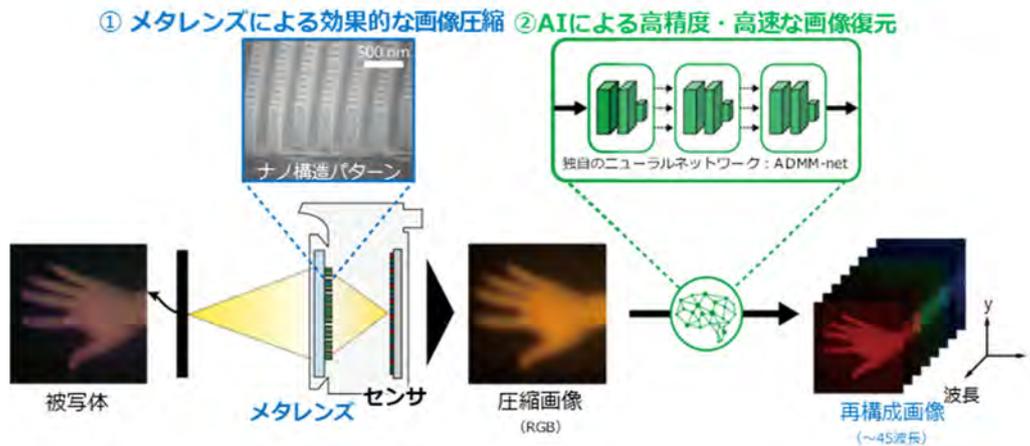


図 2 波長依存 PSF メタレンズを用いた圧縮スペクトルイメージングの概要

Fig.2 Overview of compressive spectral imaging with a metalens incorporating spectrally-varying PSF

圧縮スペクトルイメージングの課題を解決するために、著者らは、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を提案した^{4,5)}。この技術は光メタサーフェス技術で構築したレンズ（メタレンズ）を一般的なカラーカメラに装着し、シンプルな光学系を実現するものである（図2）。さらに、深層展開とデータドリブンな正則化に基づく独自の再構成技術を提案し、本構成において従来の再構成技術と比較して精度・速度ともに最高レベルの性能を実現した。この技術により、シンプルな装置構成で高解像度のハイパースペクトル動画が撮影可能となり、実際に $3,208 \times 2,200$ 解像度・30fpsで可視光から近赤外光（430–870 nm）にわたる45バンドのハイパースペクトル動画の撮影に成功した。以降、2章で本技術の詳細、3章で実験結果、4章でまとめを述べる。

2. 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

本章では、著者らが開発している波長依存 PSF メタレンズを用いた圧縮スペクトルイメージング技術の主要な構成要素であるメタレンズと画像再構成技術に関して順に述べる。

2.1 波長依存 PSF 特性を持たせたメタレンズ

メタレンズは、光メタサーフェス技術に基づく革新的な光学素子であり、従来のレンズや回折光学素子に比べて高い設計自由度を持つ。この特性により、光の波長に応じて異なる点広がり関数（PSF）を実現することが可能であり、従来の圧縮スペクトルイメージング技術が抱えるハードウェアの構成の複雑さの課題を解決する新たなアプローチを提供できる。

メタレンズの基本原理は、光メタサーフェスの微細構造（図3）により、入射光の波長に依存して異なる屈折率を実現する点にある。これにより、メタレンズは光の波長ごとに異なる PSF を生成し（図4）、スペクトル画像の高精度な再構成を可能にする。また、設計には高度な技術が求められるも

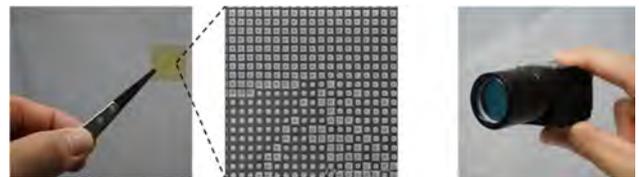


図 3 メタレンズ（左）と装着したカメラ（右）

Fig.3 Metalens (left) and camera equipped with the metalens (right)

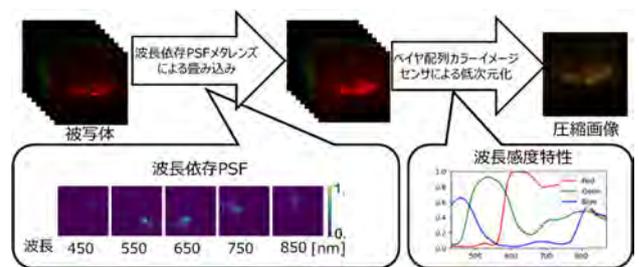


図 4 光学的圧縮過程（波長依存 PSF とセンサ感度）

Fig.4 Optically compressive process (Spectrally-varying PSF and sensor response)

の、製造プロセスは既存の微細加工技術や半導体製造プロセスと親和性が高く、比較的製造しやすいという利点がある。カラーカメラにメタレンズを装着するだけで（図3）、装置は完成する。シンプルな光学系でありながら複雑な圧縮過程を実現し、後述する再構成と合わせることで、従来の装置に比べて大幅に小型化・軽量化されたにもかかわらず、高い精度でスペクトル画像を復元できる。なお、メタレンズの PSF 特性と使用するセンサの波長感度特性は事前に計測し、後述する再構成で用いる。

2.2 ADMM-inspired Reconstruction Network

圧縮スペクトルイメージングにおける再構成技術は、スペ

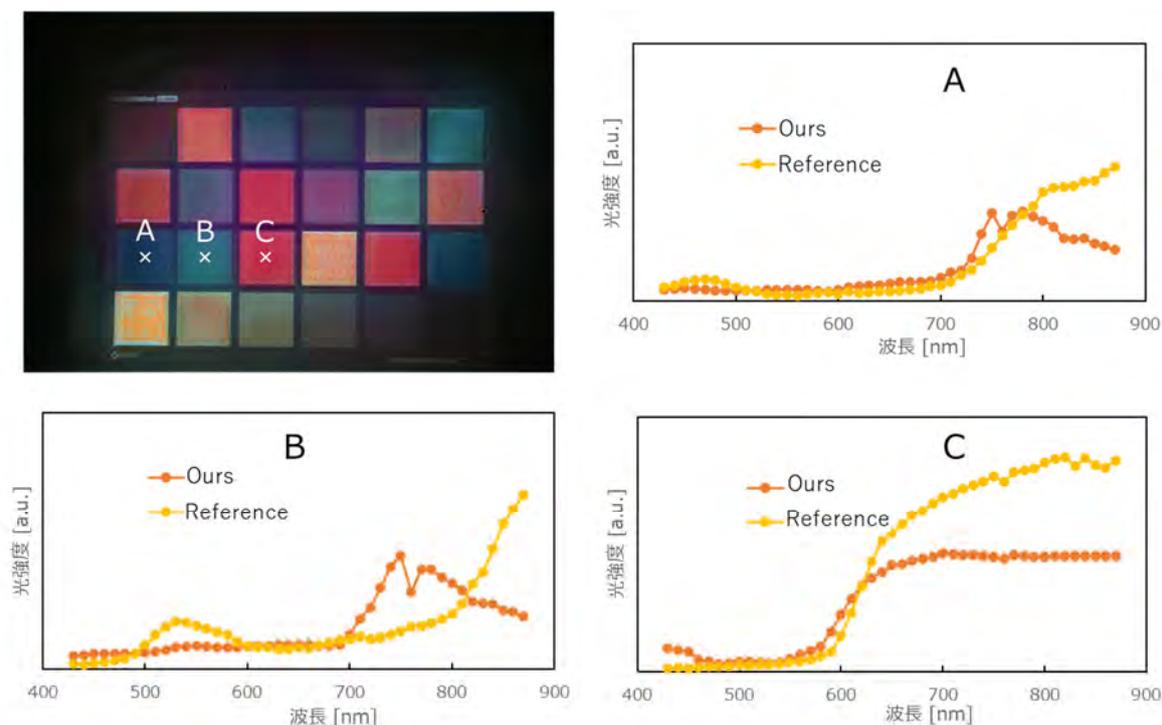


図 5 撮影画像の例 (撮影画像の例 (カラー化した再構成画像, 点 A-C のスペクトル特性))

Fig.5 Example of captured images (Top left: colorized reconstructed image, Spectral characteristics at points A-C)

クトル画像の取得において重要な役割を果たす。従来の再構成手法では、膨大な計算量とスペクトル画像の統計的性質を定義する困難性が課題とされていた。これを解決するために、我々は ADMM (Alternating Direction Method of Multipliers) に着想を得たニューラルネットワーク、ADMM-inspired Reconstruction Network⁵⁻⁶⁾を提案した。

ADMM は凸最適化問題を解決するための反復アルゴリズムであり、これをニューラルネットワークに応用することで、再構成の精度と速度を大幅に改善する。具体的には、深層展開と呼ばれるテクニックに基づき、ADMM の計算手順を模倣したネットワーク構造を持ち、これにより効率的に再構成問題を求解する。正則化については U-NET 構造のモデルを構築し、そのモデルが大量のデータからスペクトル画像の統計的性質を帰納的に学習する。このように、ADMM のアルゴリズムの強みと深層学習の強みを組み合わせることによって、再構成精度と処理速度の最大化を図る。ネットワークの学習には、使用するメタレンズの PSF 特性とセンサの波長感度特性を定めたうえで、スペクトル画像のオープンデータセットを使用して行われ、1 週間程度を要する。

3. 実験

カラーチェックを被写体として撮影実験を行った。取得画像は、解像度：3,208×2,200、露光時間：30msec、可視光か

ら近赤外光 (430–870 nm) に渡る範囲を 10nm 刻みの 45 バンドである。ハロゲン照明下で、被写体までの距離は約 2m である。撮影システムは、作製したメタレンズをソニー製 CMOS カラーイメージセンサ IMX428 搭載の産業用カメラを装着することで構築した。なお、カメラから IR カットフィルタを取り除き、本センサの分光感度特性は図 4 に示す通りになる。撮影した圧縮画像は 3,208×2,200 のベイア配列画像データであり、この圧縮画像及び事前に計測しておいた PSF 形状およびセンサの分光感度特性を再構成モデルに入力することで、3,208×2,200 解像度の 45 バンドの再構成画像が得られる。

再構成結果を図 5 に示す。なお、再構成画像は 430–870 nm の 45 バンドで構成されるが、可視化のためカラー化して表示している。代表する 3 点 (A,B,C) のスペクトル特性を示す。参照データとして、エバ・ジャパン製のラインスキャン型ハイパースペクトルカメラ NH-3 で取得したスペクトル特性もプロットした。提案システムでは、全体の傾向としては参照データと類似しているものの、450nm 以下の短波長及び 700nm 以上の長波長領域では誤差が大きくなった。短波長で誤差が大きくなる理由は、ハロゲン照明の短波長域における強度が弱く、撮影時にノイズが大きくなりやすいためであると考えられる。その結果、再構成後にもノイズの影響が残り、誤差が大きくなったと推測される。一方、長波長で誤差が大きくなる理由としては二つが考えられる。まず、学習データ

の照明条件に偏りがあり、その影響を受けた可能性がある。次に、図4に示すように、センサの感度特性の長波長域ではRGBカラーフィルタの透過率がほぼ同じであるため、他の領域と比べて復元を助ける役割を果たす圧縮過程における摂動が小さくなり、再構成時の誤差が増大した可能性がある。一つ目の理由であれば、データセットの改善によって対応可能であるが、二つ目の理由の場合、メカニズム自体の改善が必要となる可能性がある。これらについては、今後検証予定である。

4. まとめ

本研究では、波長依存PSFメタレンズとADMM-inspired Reconstruction Networkを用いた圧縮スペクトルイメージング技術を提案した。この技術により、従来のスペクトルイメージングのハードウェアの複雑さを解消し、コンパクトで高性能なシステムを実現することができた。これにより、スペクトルイメージング技術の広範な普及と、様々な分野での応用が期待される。

参考文献

- 1) S. V. Panasyuk, et al.: "Medical hyperspectral imaging to facilitate residual tumor identification during surgery," *Cancer biology & therapy* 6(3), 439-446, 2007.
- 2) David L Donoho et al.: "Compressed sensing," *IEEE Trans. on Information Theory*, Vol. 52, No. 4, pp. 1289-1306, 2006.
- 3) Wagadarikar, Ashwin A. et al.: "Video rate spectral imaging using a coded aperture snapshot spectral imager." *Optics express*, 17.8: pp. 6368-6388, 2009.
- 4) 宮田将司 他: "PSF制御メタレンズを用いた圧縮スペクトルイメージング," 応用物理学会春季学術講演会, March, 2021.
- 5) 曾我部陽光 他: "PSF制御メタレンズ型圧縮スペクトルイメージングのための深層学習を利用した再構成の検討," 第49回画像電子学会年次大会, June, 2021.
- 6) Y. Sogabe, et al.: "ADMM-Inspired Reconstruction Network for Compressive Spectral Imaging," *Proc. of ICIP 2021*, Oct. 2020.



曾我部 陽光

2013年 筑波大学理工学群工学システム学類卒。2015年 同大学院博士前期課程修了。2018年 同大学院博士後期課程修了, 博士(工学)。2016-2018年 日本学術振興会 特別研究員(DC2)。2018年より日本電信電話株式会社勤務, 以降コンピューターショナルイメージングの研究開発に従事。電子情報通信学会画像工学研究会 IE賞, 画像電子学会研究奨励賞等を受賞。IEEE, 電子情報通信学会 各会員。



白川 稜

2018年 北海道大学工学部 情報エレクトロニクス学科 卒業。2020年 北海道大学 情報科学研究科 情報理工学専攻 博士前記課程 修了。同年 日本電信電話株式会社 入社。現在, NTT コンピュータ&データサイエンス研究所 研究員。入社以来, コンピューターショナルイメージングの研究開発に従事。



松本 鮎美

2007年 九州芸術工科大学芸術工学部 音響設計学科 卒業。2009年 九州大学大学院芸術工学府 修士課程 修了。同年 日本電信電話株式会社 入社。現在, NTT コンピュータ&データサイエンス研究所 所属。入社以来, 主に臨場感映像通信, コンピュータービジョン及び人物動作解析等の研究開発に従事。



宮田 将司

2011年 大阪大学基礎工学部 電子物理科学科 卒業。2013-2016年 日本学術振興会 特別研究員(DC1)。2013-2014年 スタンフォード大学 客員学生研究員。2016年 大阪大学大学院工学研究科 精密科学・応用物理学専攻 博士後期課程 修了。博士(工学)。同年 日本電信電話株式会社 入社。現在, NTT 先端集積デバイス研究所 准特別研究員。入社以来, 人工微細構造による光波制御およびそのデバイス応用の研究に従事。2013年 応用物理学会 講演奨励賞受賞。2022年 日本光学会 光学論文賞。応用物理学会, 日本光学会, 電子情報通信学会, Optica 各会員。



小林 史英

2018年 慶應義塾大学理工学部 物理情報工科学科 卒業。2020年 慶應義塾大学大学院理工学研究科 総合デザイン工学専攻 博士前記課程 修了。同年 日本電信電話株式会社 入社。現在, NTT 先端集積デバイス研究所 研究員。入社以来, 人工微細構造による光波制御およびそのデバイス応用の研究に従事。2022年 応用物理学会 講演奨励賞受賞。応用物理学会, Optica 会員。

第 8 回アレキサンダー・ベイン賞 授賞報告

The Report of the Eighth Ceremony of Alexander Bain Award

ベイン賞選定委員会

Alexander Bain Award Committee

1. まえがき

『アレキサンダー・ベイン賞』は今から 11 年前に画像電子学会に創設された本学会で最も権威のある表彰である。その創設の経緯については本学会誌通巻 225 号 (Vol.42, No.4, pp.509~511) の報告記事をご参照いただきたい。また、今回も含めたこれまでの表彰式形式、受賞者のリストを表 1 に掲げる。

本年度は選定委員会において、第 8 回の受賞者として松木眞フェローを選出し、令和 6 年 6 月 21 日の総会で発表した。表彰式は長崎市長崎大学文教キャンパスで開催された年次大会二日目の令和 6 年 8 月 27 日 18 時 30 分より、会場の文教スカイホールとオンラインのハイブリッド形式で行われ、受賞者はオンラインで式典に参加された。受賞者の功績内容 (サイテーション) は以下の通りである。

松木 眞氏：『画像記録技術の開発、そのファクシミリ応用標準化並びにテストチャート事業への貢献』

表 2 に氏のご略歴の抜粋を掲げる。

2. 表彰式次第

当日の表彰式は、佐野年次大会実行委員長の開会挨拶に続き 2023 年度会長の小林 直樹 氏より受賞者の紹介が行われ、オンライン出席の受賞者に向け、表彰状読み上げと記念メダルの呈示が行われた。(写真 1 参照)

次に、本賞の創設にあたってご尽力を賜った松本充司名誉会員がオンラインで出席されていたため、会長からの要請により賞の設立の経緯についての詳細説明が行われた。

その後受賞者よりスライドを用いたご講演を頂戴した。その講演要旨を次頁に掲げる。

最後に佐野年次大会実行委員長より閉会の挨拶があり約 25 分で閉会した。式典には多くの年次大会参加者に列席いただき、オンラインでも年次大会登録者に参加いただいた。

なお、英国科学博物館との肖像画使用契約に対応する第一次記念メダル (10 個) 分は既に 3 年前に終了し、一昨年度より第二次 (追加 20 個) のメダル授与が開始されており、累計の授与メダル数は現在 15 個である。

3. まとめ

これまでの表彰式の形態を振り返ると、表 1 に示すように第 1 回から 4 回までは通常の理事会の終了後に行っている。第 5 回はコロナ禍の下で初の表彰行事となり、オンライン開催となった年次大会のプログラムに本賞の表彰式を組み込み、総会に先立ち、総会と同一会場で実施した。また、受賞者 2 名には総会の会場にご臨席いただき、表彰状・メダルを手渡しし、その場でご挨拶も賜り、オンラインで年次大会参加者にも公開するという形式で行われた。

第 6 回から総会と年次大会とが切り離され、本賞の表彰式は年次大会 (ハイブリッド形式) で行うことになり、第 6 回は受賞者のお一人が現地で、もうお一人がオンラインで参加され、第 7 回は、受賞者お二人とも現地参加いただいた。

今後については、年次大会と総会の分離が続くと想定されており、引き続き多くの参加者が見込める年次大会の場を選ぶことになるであろう。一方で、年次大会は地方開催が定着しており、受賞者が高齢でいらっしゃる可能性が高いこと、今年のように台風の襲来で現地出席が困難になることも考えるとオンラインでの出席を前提とし、より盛り上がる実施形式の検討が望まれるともいえる。

表 1 表彰式と受賞者

	表彰式	併催	受賞者 (敬称略)
第 1 回	2013 年 5 月 17 日	理事会	窪田啓次郎 小林一雄 梶 光雄
第 2 回	2015 年 5 月 15 日	理事会	安田靖彦
第 3 回	2016 年 5 月 13 日	理事会	尾上守夫 南 敏
第 4 回	2018 年 7 月 20 日	理事会	釜江尚彦 富永英義
第 5 回	2021 年 6 月 25 日	オンライン 総会・年次大会	西田友是 小宮一三
第 6 回	2022 年 9 月 1 日	ハイブリッド 年次大会	小野文孝 松本充司
第 7 回	2023 年 8 月 29 日	ハイブリッド 年次大会	羽鳥好律 近藤邦雄
第 8 回	2024 年 8 月 27 日	ハイブリッド 年次大会	松木 眞

写真1 松木 眞氏への表彰状とメダルのオンライン授与



松木 眞氏 ご挨拶要旨

この度は、画像記録技術の開発、そのファクシミリ応用標準化並びにテストチャート事業への貢献という功績内容で、名誉あるアレキサンダー・ペイン賞をいただき有難うございます。

画像記録技術の開発では種々の技術を扱わせていただきましたが、静電記録の電荷像を最初期に走査型電顕で観察したことや、昇華転写プリンタで色変換や熱履歴制御などをほぼ黎明期に取り扱ったことが思い出です。

ファクシミリ応用標準化はカラーファクシミリに関するもので、公衆回線のデジタル化 (ISDN)でカラーも送れるということから G4 ファクシミリで始めました。本学会の委員会として活動を始め、JBIG の小野先生、JPEG の大町さん、カラー符号化の池上さん他多くの方との共同作業でした。最終的には米国などとも協力して G3, G4 共通で標準化しました。その後、技術の進歩と共に、通信容量の飛躍的増大やソフトによる処理などで、かなり複雑なデータ交換が可能な時代となりカラーファクシミリ自体は過去のものとなってしまいましたが、安定なデータ交換の実現という基本は変わらないと思います。私はその延長でその後も PDF/X, RGB Workflow など印刷関連の標準化に関与させていただきました。

テストチャート事業は、大学、新聞社、通信会社や学会事務局他多くの方々の努力により運用されてきました。1968年の白黒チャート、1985年のカラーチャート、その後の材料変更への対応などが行われ学会の収入としてもお役にたちました。標準画像データはその作成に委員として参加させていただき、モデル撮影などの現場も見学させていただきました。これも多くの方が関与され、学会発の標準データが JIS さらには ISO 規格となるなど大きな貢献を果たせたと思います。

この様に標準化やテストチャート事業は多くの方たちとの共同作業や、先輩たちの仕事がメインで、たまたま私が関連の主査を務めた関係で代表として受賞させていただいたものと考えています。学会をベースにこのような仕事を皆様と共有出来たことは大変幸運であったと改めて感謝いたします。

表2 松木 眞氏 ご略歴

1974年	東京工業大学大学院物理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、ヒューマンインターフェース研究所などにおいてファクシミリ記録、カラー電送の研究開発、標準化に従事。
1995年	NTT プリンテック (現 NTT 印刷株) へ出向 (その後転籍)。印刷、カラー再現などの技術開発に従事。
2010年	同 退職
現在	(株)プロバリューを通して印刷関連のコンサルタント業務に従事。
委員会活動歴： ファクシミリの標準化関係では1989～2000年の国際会議 (ITU-T SG8) に出席。印刷関連は1988年より国内委員。2006～2017年の国際会議 (ISO TC130) に出席。	
受賞歴： 1988年本学会論文賞。2011年本学会フェロー。2017年日本画像学会功労賞。	
学会活動： 本学会、日本印刷学会、日本画像学会 各会員。	

2024 年度 第 52 回 画像電子学会年次大会報告

佐野 睦夫 (年次大会 実行委員長)

大阪工業大学

The Report of IIEEJ Media Computing Conference 2024

Mutsuo SANNO (Chair, IIEEJ Annual Conference)

Osaka Institute of Technology

1. はじめに

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 (写真 1) にて、2024 年度 第 52 回 画像電子学会年次大会が開催された。本稿では本年次大会について報告する。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た。また、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。

本大会では、台風の直撃が心配される中、参加者 136 名 (現地参加 : 97 名, オンライン参加 : 39 名) を集め、盛況な会合となった。ただ、台風の影響に備え、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より倍増した。

2. 大会概要

2.1 年次大会会場と配信

本年度の年次大会の会場となった長崎大学文教キャンパスは、JR 長崎駅前から路面電車で 20 分弱、長崎空港からも空港バスで約 45 分のアクセスで、交通や宿泊にも便利な場所にあり、大会を開催する立地条件として絶好であった。また、長崎大学は、日本最古の医学校「医学伝習所」(1857 年開設) を起源としており、長崎駅から大学へ向かう途中に、平和公



写真 1 長崎大学 文教キャンパス

園や浦上天主堂など、長崎の歴史に触れるのに適したスポットも点在している。大会期間中の天候は、結果的には台風の直接的な影響をほとんど受けず、猛暑日の連続であった。

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。また現地での出席が難しい参加者のために Zoom を用いたオンライン参加を可能とした。

本大会は、現地参加に加えオンラインでの参加を可能とするハイブリッド開催形式としたため、現地参加者の発表・質問のオンライン配信に加え、オンラインでの参加者の発表や質問に対応する必要があった。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、発表スライドが見つらい、音声聞き取りづらい、話しづらいなどの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を提示することを可能とした。また、会場でプロジェクタ投影する画面を 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なった。

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いたことから、これを利用して配信を行った。

2.2 講演募集

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、学生の発表を対象とする学生セッション、第 2 種研究委員会と企画委員会が企画した企画セッション、ポスターセッショ

ン、及び既存の枠組みに属さない特別企画セッションとした。また、今回、初めての試みとして企業セッションを企画した。

2.3 参加登録

昨年度の年次大会に引き続き、事務局業務の削減を目的として、イベント管理サービスである Peatix を導入し、発表登録では、外部投稿システムである EasyChair を用いた。

Peatix では、チケット販売代金から差し引く手数料（決済処理費用・振込手数料）は、決済サービスの提供元が米国の Peatix Inc. であるため不課税取引となり、Peatix と主催者の間に消費税は発生しない。また、参加者に、領収書の代替として参加者のアカウント内でダウンロード可能な「領収データ」（受領書）を発行でき、事務作業が軽減できるメリットがある。デメリットとしては、販売実績の 4.9% 程度の手数料がかかり、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挙げられる。Peatix は定着してきているものの、特に、スポンサー企業や企業セッション参加企業とのやりとりを含め、事務局決済で、請求書や領収書の発行を望むケースも多々あり、その場合は事務局に作業を依頼した。

2.4 大会参加者および発表件数

本大会では、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学生発表奨励賞の創設、企業セッションの創設、高校セッションのプロモーションなど、参加者数の増加を狙った様々な企画を行った結果、発表件数は、前回の 51 回大会と比べ、約 3 割（29%）増となった。また、ジャーナルトラックへの投稿件数も 9 件と大幅に向上した。ただ、会期中に台風の直撃が予想されるという不運もあり、総参加者数は、約 1 割（11%）増の総数 136 名に留まった。

参加者の内訳を表 1 に示す。前年と比較すると学生会員はやや減少したが、非会員学生は増加しており、学生参加者総数は約 1 割増加した。また企業セッションを創設したことにより、企業参加者数が増加した。

表 1 参加者の内訳

		人数	前年度 ¹⁾
参加者数		136	123
内訳	会員	43	52
	非会員	15	10
	会員学生	10	14
	非会員学生	37	29
	参与	2	1
企業セッション		2*	-
スポンサー		2*	-
無料参加		28**	17

*: 申込口数に応じた企業セッション参加企業・スポンサーの参加者数

** : 特別講演者、被表彰者、企業セッション・スポンサーの席席者等

2.5 実行委員会の構成

本大会の実行委員会の体制を表 2 に示す。本表の他、以下の企画委員会、セミナー委員会にも実行委員として協力いただいた（重複記載有り）。

- ・実行委員（企画委員会）：駒形英樹（東京情報大学）、馬場雅志（広島市立大学）、謝浩然（北陸先端科学技術大）、窪田陽一（株式会社リコー）、菅野 勝（KDDI）、佐野睦夫（大阪工業大学）
- ・実行委員（セミナー委員会）：平山亮（大阪工業大学）、深見拓史（インターメディアジャパン）、小野文孝（東京工芸大学）、長谷川克也（JAXA）、金井崇（東京大学）、高田英明（長崎大学）、横山恵理（大阪工業大学）、松本充司（早稲田大学）、大野邦夫、植村八潮（専修大学）

表 2 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）

3. 開催状況

3.1 会議構成

大会テーマとして「生成 AI がもたらす未来と画像電子技術」を掲げ、これまでの年次大会同様、最新の画像電子関連技術の研究成果について、一般及び学生セッションの発表を募集した。特に、最近急速な進歩を続ける画像生成 AI をはじめとする企画セッション、AI による社会実装や SDGs に取り組む高校生アイデアコンテストなどの特別企画セッション、企業セッションを実施した。これらのセッションは原則として 2 つの会場（文教スカイホール、G-38 教室）で同時並行開催された。特別講演（招待講演）は開催地にちなんだ講師をお招きして 2 件企画し、文教スカイホールで単独のイベントとして実施した。またそれ以外に表彰式・ペイン賞授賞式、及び、大会イベントとして懇親会を実施した。

大会のタイムテーブルを表 3 に示す。

表3 タイムテーブル

日	時間	文教スカイホール		教室 G-38	
8月26日	14:15~14:30	オープニング			
	14:30~16:00	S1 学生【3D処理・提示】		P1 企画【障がい者を支援する技術】	
	16:10~17:30	S2 学生【画像認識・解析1】		P2 企画【ドローンの社会応用】	
8月27日	9:20~10:50	S3 学生【画像・映像・アプリケーション】		G1 一般【画像編集/生成・光学】	S4 学生【画像認識・解析2】 <教室 G-3A>
	11:00~12:00	企業セッション	PO1 ポスターセッション <文教スカイホール前廊下>		
	12:00~13:00	昼休憩			
	13:00~14:00	特別講演(松田和生氏)			
	14:10~15:30	SPP1 特別企画【社会課題を解決する AI やデータサイエンス、メディア技術による社会実装】		P3 企画【デジタルミュージアム・人文学を推進する技術】	
	15:50~16:50	SPP2 特別企画【高校生セッション】		SPP3 特別企画【コンテンツインタラクションの未来】	
	17:00~17:40	特別講演(牟田雄一郎氏)			
	17:45~18:55	表彰式、アレキサンダー・ベイン賞 授賞式			
	19:10~21:30	懇親会			
8月28日	9:20~10:35	S5 学生【VR・アプリ・支援】		P4 企画【画像符号化と標準化 -AIの興隆-】	
	10:45~12:00	S6 学生【VR構築・影響評価】		G2 一般【CG・画像認識】	
	12:10~12:30	クロージング			

3.2 通常講演

通常講演のセッション数と発表件数を以下に示す。今回は企画セッションとして5セッションがそれぞれのテーマで設けられた。

- [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
 - (ア) 障がい者を支援する技術 5件
 - (イ) 画像符号化と標準化-AIの興隆- 3件
 - (ウ) デジタルミュージアム・人文学を推進する技術 4件
 - (エ) 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、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

一般・学生セッション・高校生セッションの発表1件あたりの持ち時間は15分(発表10分+質疑5分)、企画セッション・特別企画セッションの発表1件あたり20分(発表15分+質疑5分)であった。発表風景を写真2に示す。



写真2 発表風景

3.3 特別講演

今回の年次大会では、長崎の産業や歴史にちなみ、特別講演を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²⁾から最新技術までのご講演をいただいた。写真3はその講演の様である。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（写真4）。



写真3 特別講演①（中央：松田和生様，左：横山直彦様）



写真4 牟田雄一郎様からの特別講演②の様子

3.4 表彰式・ベイン賞授賞式

画像電子学会でこの1年で認められた顕著な業績を表彰する表彰式が恒例により年次大会の中で挙行された。内容はフェロー称号授与、画像電子技術賞、2023年度研究奨励賞・優秀研究賞、研究会若手奨励賞の表彰であり、その対象者は本年7月号の画像電子学会誌（Vol.53, No.3, pp.148-153）をご参照頂きたい。

表彰式に続き、アレキサンダー・ベイン賞授賞式が挙行された（本号で別途紹介記事掲載）。受賞されたのは松木眞氏（画像記録技術の開発、そのファクシミリ応用標準化並びにテストチャート事業への貢献）で、表彰状・メダルのオンライン授与に続き、記念のご講演を裏話を交えて頂戴した。

なお、本大会で企画した大会学生発表奨励賞の表彰は本表

彰式、並びに最終日のクロージングの中で実施した。また、高校セッション奨励賞の表彰式は、高校セッション終了時に行った。受賞者一覧は、本大会ホームページをご覧ください。

3.5 懇親会

本大会参加者の交流を深めるための懇親会が、表彰式・ベイン賞授賞式のあと多くの受賞者を交えて行われた。会場となったのは大会会場の近くにある洋食屋フラワーメイトであり、合計43名の参加者は相互に懇親を深めることができた。

4. 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、コロナ感染症流行時のオンライン、ハイブリッドの経験を活かし、無事、大きなトラブルもなく開催できた。

本大会では、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学生発表奨励賞の創設、企業セッションの創設などの企画の甲斐があり、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感じる事ができたと考えている。

最後に、大会実行委員会の実行委員の皆様、事務局の皆様には企画から運営まで多大なるご協力をいただいた。厚く御礼を申し上げます。特に、開催地の長崎大学の高田英明先生、堤公孝先生には、会場の準備から始まり、懇親会運営に到るまで、献身的なご協力をいただいた。この場を借りて、深謝の意を表します。

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) 松田和生，磨田徹，山口喜美雄，“船舶の運航システム”，特許第3868338(2007).



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を修了。同年4月 電電公社（現日本電信電話株式会社）に入社。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。

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

阿倍 博信 (正会員)

東京電機大学

Multimedia Computing Lab., Department of Information System Engineering,
School of System Design and Technology, Tokyo Denki University

Hironobu ABE (Member)

Tokyo Denki University

1. はじめに

東京電機大学は、1907年に創立した電機学校を前身としており、1949年に東京電機大学として開設され、現在、学部は東京千住キャンパスのシステムデザイン工学部、未来科学部、工学部、工学部第二部、埼玉鳩山キャンパスの理工学部の5学部から構成されている。

筆者の所属するシステムデザイン工学部は千葉ニュータウンキャンパスにあった情報環境学部を前身とし学部改編により2017年に千住に新設された学部であり、現在、情報システム工学科とデザイン工学科の2学科から構成されている。

筆者の所属する情報システム工学科は、ビッグデータ・超高速ネットワークの時代に対応するネットワーク・コンピュータ、データサイエンス、プログラミング分野に関連する最先端の知識と技術を学べるカリキュラムを提供している。その中で、本稿では、筆者の所属するマルチメディアコンピューティング研究室について紹介する。

2. 研究室の概要

筆者は2018年3月まで総合電機メーカーの三菱電機株式会社の研究所に所属し、研究者としてマルチメディア応用技術の研究開発に従事してきた。2018年4月に大学教員に転身した際に、本研究室を開設し、2024年度で7年目となる。

図1に研究室の概要について示す。現在、研究室では、SNS、動画共有サービス、イラスト投稿サービスなどのサービスで扱うマルチメディアコンテンツの生成・解析技術、及び監視カメラやスマートフォンなどのIoTデバイスが生成した映像、音声、テキストなどのマルチメディアデータの収集・蓄積技術、分析・活用技術を中心に研究を行っている。

2024年度現在の研究室の構成メンバーは、教員1名、修士課程の大学院生10名、学部4年生17名の合計28名が在籍しており、比較的大人数の構成となっている。

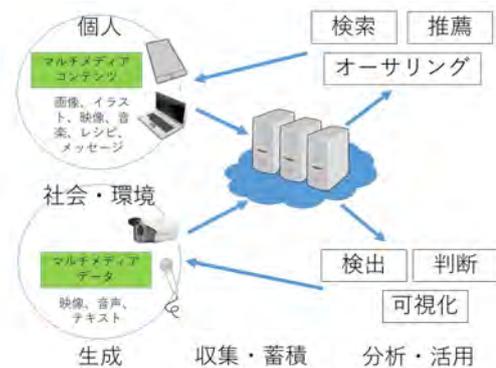


図1 研究室の概要

Fig. 1 Outline of laboratory

3. 研究内容

本稿では、画像電子学会に関連のある当研究室における最新の研究成果についていくつか紹介する。

3.1 pix2pix を用いたデジタルイラスト制作の色塗り工程における自動レイヤ分けシステム¹⁾

デジタルイラスト制作の一工程である色塗り工程では、手作業により線画を髪や肌などのパーツにレイヤ分けする作業が必要であった。本研究では pix2pix と後処理を組み合わせることでレイヤ分け作業を自動化する方式について提案するとともに、提案方式に基づいた自動レイヤ分け作業において誤りが発生した際に誤りを手動で修正する UI を持った自動レイヤ分けシステムを Web アプリケーションとして開発した。システムの有効性について評価を行った結果、既存のグラフィックソフトと比較して、作業時間を 39.8%短縮できるとともに、操作回数を 68.6%削減できることを確認した。図2に、液晶ペンタブレット上で Web アプリケーションとして動作している本システムの外観について示す。

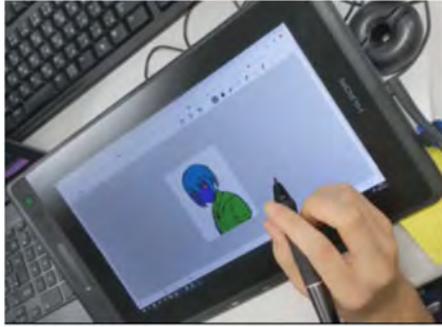
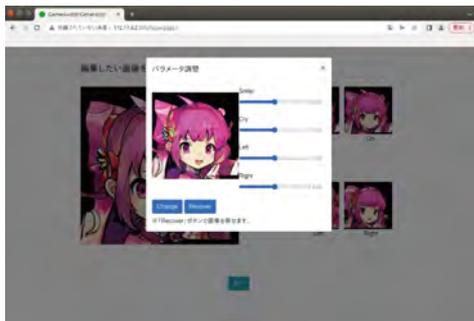


図2 システムの外観¹⁾

Fig. 2 Overview of system¹⁾

3.2 StyleGAN2に基づくゲームキャラクタの表情差分付き顔画像自動生成システム²⁾

ゲーム開発の効率化における課題であった自動生成された顔画像に対して表情や顔向きの異なる表情差分付き画像をあわせて生成できるサービスの実現に向けた取り組みとして、まず、学習済みの StyleGAN2 モデルを転移学習し、オリジナル顔画像を生成できるモデルを構築する。次に、構築したモデルを用いて顔画像を大量に生成し、その顔画像に対してポーズ解析、表情解析を行い、教師あり学習により、潜在空間におけるポーズ及び表情の潜在方向のモデリング処理を行う。生成した顔画像に対してポーズや表情の変化する潜在方向の適用結果に Style Mixing を組み合わせることで、表情差分付きの顔画像を自動生成する方式を提案し、提案方式に基づきオリジナルゲームキャラクタのポーズ・表情差分付きの顔画像の自動生成が可能な Web システムを開発した(図3)。



©2014 CloverLab., Inc.

図3 Web システムの外観²⁾

Fig. 3 Overview of Web system²⁾

3.3 3D ゲームエンジンを用いたショット型ブラストマシンシミュレータ³⁾

製造業に向けたデジタルツインへの取り組みとして、3D ゲームエンジンである Unity を用いて表面加工機械の一種であるブラストマシンの投射室を再現し、3D スキャンにより3D 化したワークに対するブラスト処理のシミュレーション環境を構築した(図4)。ワークの攪拌を行う投射室は筒形の

モデルで再現し、投射の際は 3D スキャンしたワークに特徴点を付与し、投射室上部に設置した投射ロカメラから各ワークの特徴点を確認することにより、ブラスト処理の進捗状況の可視化を実現した。本シミュレータを用いることで、ブラストマシンの実機を動作させることなく、ブラスト処理における未知のワークに対する動作パラメータの設定作業の効率化が可能になる。



図4 ブラストマシンシミュレータの外観³⁾

Fig. 4 Overview of blast machine simulator³⁾

4. おわりに

本稿では、当研究室の最近の取り組みについて紹介した。当研究室では他機関との連携を積極的に行っており、新たな連携先も広く募集中である。研究室のホームページ⁴⁾には、本報告以外の最新研究成果等も多数掲載しているので、研究内容に興味をお持ちの方はお声掛け頂ければ幸いである。

参考文献

- 1) 渡邊優, 阿倍博信: “Smart Layer Splitter : pix2pix を用いたデジタルイラスト制作の色塗り工程における自動レイヤ分けシステム”, 情報処理学会 論文誌 デジタルコンテンツ, Vol.9, No.1, pp.21-33 (2021).
- 2) H. Abe and Q. Chen: “An automatic face image generation system with pose and facial expression difference for game characters based on StyleGAN2”, 8th IEEE International Conference on Image Electronics and Visual Computing (IEVC2024) CTP-02 (2024).
- 3) 阿倍博信, 吉岡剛: “3D ゲームエンジンを用いたショット型ブラストマシンシミュレータ”, 情報処理学会 マルチメディア、分散、協調とモバイル DICOMO2024 シンポジウム DS-4, pp.1761-1767 (2024).
- 4) 東京電機大学 マルチメディアコンピューティング研究室, URL: <https://mclab.jp/>

阿倍 博信 (正会員)



1988 年 慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業。1990 年 同大学院理工学研究科修士課程修了, 同年 三菱電機株式会社入社。以来, グループウェアシステム, マルチメディア応用システムの研究開発に従事。2018 年 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教授。2005 年 慶應義塾大学理工学研究科後期博士課程修了。博士 (工学)。本学会財務理事。画像電子学会, 情報処理学会, 電子情報通信学会, 映像情報メディア学会, 教育システム情報学会各会員。

理事会だより

第 343 回 理事会

1. 日時：2024 年 5 月 31 日(金)18:30-20:50
2. 場所：会場（京橋区民会館），オンライン(ZOOM)
3. 出席者：理事 21 名

総出席者：26 名

会長	小林 直樹	財務理事	中村 幸博
副会長	内田 理	財務理事	田中 清
副会長	山本 奏	財務理事	渡部 智樹
編集理事	池田 充郎	財務理事	西村 広光
編集理事	吉川 浩	総務理事	志水 信哉
企画理事	高田 英明	総務理事	山内 俊明
企画理事	馬場 雅志	技術専門理事	丸山 充
企画理事	菅野 勝	技術専門理事	北原 正樹
企画理事	佐野 睦夫	技術専門理事	杉田 純一
		技術専門理事	濱田 雅樹

地方理事 甲斐 隆浩

地方理事 横山 恵理

監事 深見 拓史

監事 金盛 恵子

<オブザーバー> 小野元会長 松本元会長

<事務局> 浮ヶ谷事務局長

4. 議題

議題

- | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|
| (1) 議題 1: 年次大会進捗状況 | <佐野実行委員長> | 343-002-01 |
| (2) 議題 2: 終身会員制度について | <小野元会長> | 343-003-01 |
| (3) 議題 3: AIS2024 進捗状況 | <丸山技術専門理事> | 343-004-01 |
| (4) 議題 4: 2023 年度決算について | <事務局> | 343-005-01 |
| (5) 議題 5: セミナー委員会の組織改編案 | <高田企画委員長> | 343-005-01 |
| (6) 議題 6: 2024 年度予算と第 53 回総会資料作成について | <事務局> | 343-006-01 |
| (7) 議題 7: 画像電子技術賞受賞者の選定について | <丸山技術専門理事> | 343-007-01 |

報告

- | | | |
|----------------------|-------------|------------|
| (8) 報告 1: 編集委員会報告 | <内田副会長> | 343-006-01 |
| (9) 報告 2: 企画委員会報告 | <高田企画委員長> | 343-007-01 |
| (10) 報告 3: セミナー委員会報告 | <平山セミナー委員長> | 343-008-01 |
| (11) 報告 4: 改選理事の推薦状況 | <事務局> | 343-009-01 |

5. 議事（司会：内田副会長 議事録：総務理事 志水）

第 344 回 新旧合同理事会

1. 日時：2024 年 6 月 21 日（金）17：50－18：30
2. 場所：会場（京橋区民会館），オンライン(ZOOM)
3. 出席者：理事 29 名

総出席者：32 名

- 【会長】 小林
 【副会長】 高村（旧）、内田（旧）、山本、佐藤（新）
 【編集】 池田（旧）、小池、新田（新）、向井（新）、石川（新）
 【企画】 高田（旧）、謝（旧）、佐野、窪田、菅野、石樽（新）
 【財務】 中村（旧）、田中（旧）、渡部、西村、阿部（新）
 【総務】 志水（旧）、山内（旧）、茂木、鈴木（新）
 【技術専門】 丸山（旧）、北原、杉田、濱田 【地方】
 【監事】 深見、金盛

<オブザーバー>

<事務局> 浮ヶ谷事務局長

4. 議題

報告事項	担当	付番
(1) 総会の報告	<小林会長>	総会資料
(2) 自己紹介（退任・留任・新理事）	<全員>	総会資料
(3) 法人登記書類提出（住民票等）のお願い	<事務局>	

5. 議事（司会：内田副会長、議事録：総務理事 山内）

第 345 回 理事会

1. 日時：2024 年 7 月 29 日(月)17:00-18:20

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 23 名

総出席者 28 名

- 【会長】 高村 【副会長】 山本、佐藤
 【編集】 小池、石川、新田、向井 【企画】 石樽、馬場、佐野、福里、窪田
 【財務】 渡部、西村、阿倍 【総務】 志水、茂木、鈴木
 【技術専門】 北原、杉田、濱田、丸山 【地方】 甲斐
 【監事】 深見、金盛

<事務局> 浮ヶ谷事務局長

<オブザーバ> 小野元会長、松本元会長

4. 議題・資料

	担当	付番
(1) 前回議事録確認	<山本副会長>	342-000-01
議題	担当	付番
(2) 議題 1： 年間スケジュール確認	<高村会長・事務局>	345-002-01
(3) 議題 2： 理事職務内容確認	<高村会長・事務局>	345-003-01
(4) 議題 3： 第 5 2 回年次大会進捗	<佐野実行委員長>	345-004-01
(5) 議題 4： 会員管理の導入について	<事務局>	345-005-01

報告事項

(9) 報告 1： AIS2024 実施報告	<丸山技術専門理事>	345-006-01
(10) 報告 2： 編集委員会報告	<内田副会長>	345-007-01-
(11) 報告 3： 企画・セミナー委員会報告	<石樽企画委員長>	345-008-01
(12) 報告 4： 画像関連学会合同秋季大会について	<事務局>	345-009-01
(13) 報告 5： 法人登記用書類について	<事務局>	345-010-01-

5. 議事 司会：山本副会長、議事録：茂木総務理事

2024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310回研究会-高臨場感ディスプレイフォーラム2024	11月22日(金)	オンライン	エモーショナルディスプレイに向けて	参加申込締切:11/20(水)	
ビジュアルコンピューティングワークショップ2024(VC)	11月24日(日)-25日(月)	ルートイングランティア大宰府		講演登録締切:11/1(金), 参加登録締切:11/8(金) 資料提出締切:11/20(水) 講演要旨提出締切: 12/23(月)	
第8回DMH研究会	開催予定				
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:12/9(月)、 原稿締切:1/20(月)	
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9回DMH研究会	3月予定				
第312回研究会-映像表現/芸術科学フォーラム	3月10日(月)	東京工芸大学 中野キャンパス			

*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>

開催案内

高臨場感ディスプレイフォーラム 2024～エモーショナルディスプレイに向けて～ (画像電子学会第 310 回研究会)

「高臨場感ディスプレイフォーラム」は、ディスプレイやその発展形としての視覚・聴覚・触覚などに関する超臨場感技術について、技術そのものだけでなくコンテンツや応用分野も含む情報交換の場として開催されてきました。本年は、「エモーショナルディスプレイに向けて」と題して、これまで物理的な視覚刺激の伝達を主にしてきたディスプレイデバイスにも、ヒト同士の共感や、ヒトがつくる雰囲気などの情動的な情報の伝達や制御にはどのような方策があり得るのか、という探索の場にしたいという意図で企画しました。皆様、奮ってご参加ください。

■日時：2024年11月22日（金） 13:15～17:00

■場所：オンライン（Zoom）

■参加費(予稿集付)：一般：2,000円，学生：500円

■参加申込フォーム：<https://forms.gle/BLJC8c51AoGU48qZ8>

■申込締切日：2024年11月20日（水）

■お振込先：11/21（木）までに以下のいずれかにお振込みください。

郵便振替：口座番号 00180-3-166232 加入者名：一般社団法人画像電子学会

みずほ銀行 浜松町支店（普）1961408 口座名：一般社団法人画像電子学会

* 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。詳しく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

13:15-13:30 開会挨拶 東芝 佐々木隆

13:30-14:00 名古屋大学 大平英樹：「身体感覚から創発される認知と感情」

14:00-14:40 東北大学 佐々木拓哉：「迷走神経が伝達する情報とその意義の考察」

14:40-15:20 名古屋大学 大平英樹：「迷走神経刺激の認知・感情・生理的効果」

15:30-16:10 MUSVI 株式会社 阪井祐介：「人と世界をつなぐ「窓」- 気配を伝える技術」

16:10-16:50 北海道大学 鈴木啓介：「現実とは何か？：実在感への認知神経科学および計算論的アプローチ」

16:50 17:00 閉会挨拶 徳島大学 山本健詞

※講演タイトルは変更の可能性があります。

■共催/連催

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委員会，情報ディスプレイ研究委員会，立体メディア技術研究委員会），画像電子学会（企画委員会），電気学会（電子デバイス技術委員会），日本バーチャルリアリティ学会，電子情報通信学会（電子ディスプレイ研究専門委員会），超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム（順不同）

■協賛（予定を含む）

映像情報メディア学会（メディア工学研究委員会，ヒューマンインフォメーション研究会），SID 日本支部，電気学会（電子デバイス技術委員会 エモーショナルディスプレイ協同研究委員会），芸術科学会，3Dコンソーシアム，最先端表現技術利用推進協会（三次元映像のフォーラム），照明学会（光源・照明システム分科会），電子情報通信学会（画像工学研究専門委員会），日本映画テレビ技術協会，日本液晶学会，日本光学会（ホログラフィックディスプレイ研究会），日本視覚学会，日本認知心理学会，日本基礎心理学会，日本心理学会，日本バーチャルリアリティ学会 VR 心理学研究委員会（順不同）

画像電子学会 第 311 回研究会 in 広島 発表募集 (2/17 (月) -2/18 (火) 開催)

下記により、画像電子学会 第 311 回研究会の発表論文を募集いたします。ご関係の各位には奮ってご応募ください。今回は現地（広島市立大学）とオンラインによるハイブリッド形式で実施します。画像電子学会の第一種研究会では「コメント・サービス」に加え、優れた研究発表を行った若手研究者に対して「研究会若手奨励賞」を授与する予定です。

—記—

■テーマ：

画像一般（色再現、立体映像、CG、VR、アニメーション技術、画像処理、ME 関係、画像符号化など幅広く扱います。修論、卒論の発表も歓迎します。）

■開催日：

2025 年 2 月 17 日（月）13:30～18:00（予定）、2 月 18 日（火）9:30～17:00（予定）

（*第 2 日目は発表件数によりキャンセルされる可能性があります）

■会場・発表形式：

現地とオンラインのハイブリッド開催、質疑応答含み 1 件当たり 30 分前後

（実施方法や発表時間は、今後の状況により変更になる場合があります。）

■現地での発表・聴講形式：

広島市立大学サテライトキャンパス・セミナールーム（※）

〒730-0051 広島県広島市中区大手町 4-1-1 大手町平和ビル 9 階

<https://www.hiroshima-cu.ac.jp/aboutus/satellite-campus/>

※メインキャンパスではありませんのでご注意ください。

発表者は各自の PC にてビデオ会議システム Zoom の画面共有機能により画面を共有しつつ発表を行っていただきます。発表前日までに発表者に Zoom への接続情報を電子メール等にてお送りします。（接続トラブルなどを想定し、念のため、USB メモリ等にて PowerPoint ファイル等を別途ご持参下さい。）

■オンラインでの発表・聴講形式：

発表者は各自の PC にてビデオ会議システム Zoom の画面共有機能により画面を共有しつつ発表と質疑応答を行っていただきます。各自マイク、カメラ、スピーカーを備えた PC をご用意ください。発表前日までに発表者と参加者に Zoom への接続情報を電子メール等にてお送りします。

■申込締切日：2024 年 12 月 9 日（月）

参加申込フォーム：<https://forms.gle/rEXiRVxohy1MHz479>

よりお申し込みください。申込受付後、原稿の執筆要項と提出方法をお送り致します。

■原稿締切日：2025 年 1 月 20 日（月）

原稿の目安：A4 サイズ 2 段組 2～4 頁

■参加費（予稿集付）：2,000 円（発表数により一日開催の場合は 1,000 円とします）

参加申込、および、参加費の支払い方法は別途ご案内いたします。

■コメント・サービスについて：

研究会（本学会主催/共催の第一種研究会）では、発表内容がその後学会誌論文としての投稿に発展することを促進するため、発表者の希望に基づいて、当学会が指名した研究者が事前に発表者の最終原稿を読んだ上で、当日発表時に質問やコメントをし、さらに後日、コメントを発表者に送付する「コメント・サービス」を実施しています。

このサービスを活用すると、発表に関してより踏み込んだ議論が期待できますので、今回の研究会での発表内容を将来的に学会誌論文として投稿することを検討されている発表者は、発表申し込み時に「コメント・サービスを希望する」をご選択下さい。なお、本サービスの対象発表数には限りがありますので、最終原稿に基づき選抜させていただくことがあります。あらかじめご了承ください。

■研究会若手奨励賞について：

画像電子学会第一種研究会において優れた研究発表を行った若手研究者に対して「研究会若手奨励賞」を毎年若干名授与します。受賞資格は以下のとおりです。研究会奨励賞の対象者（研究会における発表登壇時において 35 歳以下）は発表申込み時に生年月日をご記入ください。

- 本奨励賞の受賞時において本学会会員（学生会員含む）であること。
- 研究会における発表登壇時において 35 歳以下であること。
- 過去に同賞を受賞したことがないこと。

■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 3-35-4 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: kikaku@iieej.org

詳細については学会ホームページで順次掲載いたします。

ホームページ：<https://www.iieej.org/>

■その他：

当学会では研究会予稿を電子化しており、予稿（電子ファイル）の事前配布を可能とするため、予稿の公開日は研究会開催日の 1 週間前となる予定です。

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）

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 5 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, 検討結果を学术论文 (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术紹介や提案などで, 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。
 - 実践論文: 事例^{*}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)

<http://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。
 - 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」通知受領後は、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 なども含

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。

4. その他

(1) 異議申し立て

- ・ 判定結果に不服がある場合は, 通知日より 60 日以内に, 返戻理由に対し具体的な根拠を基に異議申立書を学会事務局に提出することができる。なお, 同一投稿論文に対する異議申し立ては一回のみとする。
- ・ 掲載論文に対して異議がある場合は, 具体的な根拠を基に異議申立書を学会事務局に提出することができる。

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	<北海道大学大学院情報科学研究科>
(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	<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	<名古屋大学大学院工学研究科/日本放送協会>
(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	<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

巻頭言

会長就任の挨拶……………藤井雅彦…330(2)

論 文

湿度変化によって発光色制御可能な分散型電界発光素子の開発
……………安部紳一郎, 常安翔太, 佐藤利文…331(3)

複写機遺産特集

Introduction……………加藤知之, 宮本栄一…337(9)

第 4 回複写機遺産概要……………複写機遺産委員会…338(10)

第 4 回複写機遺産認定機種 of 解説

第 11 号 Xerox 1385……………富士フイルムビジネスイノベーション株式会社…348(20)

第 12 号キヤノン LBP-10……………キヤノン株式会社…352(24)

第 13 号リコーリファクス 600S……………株式会社リコー…356(28)

第 14 号シャープファックス SF-201……………シャープ株式会社…360(32)

Imaging Today

「バイオ, ヘルスケアとプリントの最前線」

Introduction……………高橋茂樹, 朝武 敦, 中山信行, 名越応昇, 宮本栄一…363(35)

デジタルプリントと化粧のつながり……………福田輝幸…364(36)

1 ステップバイオアッセイマイクロデバイスの開発に向けたインクジェットプリンティングによる

試薬固定化技術……………河相優子, 久本秀明…373(45)

インクジェット技術による半定量臨床検査紙基板分析デバイスの開発

……………谷藤遥平, 竹内聡子, チッテリオ ダニエル…380(52)

酵素反応でゲル化するインクを用いるバイオプリント……………宮脇彩里, 境 慎司…388(60)

遠隔見守りに向けた大面積フレキシブル電子皮膚デバイス……………竹井邦晴…397(69)

プリント技術を生かしたヘルスケア用バイオセンシングデバイス……………四反田功…406(78)

Imaging Highlight

写真は夢を写すか?……………久門 易…412(84)

教育講座

画像技術を支える高分子の基礎 (Ⅲ) —半導体ポリマーの合成と応用—……………東原知哉…417(89)

研究室訪問

地方独立行政法人 東京都立産業技術研究センター 研究開発本部 物理応用技術部 機械技術グループ
……………424(96)

2023 年度日本画像学会表彰……………427(99)

一般社団法人 日本画像学会第 67 回定時総会資料……………438(110)

会報……………478(150)

会告……………481(153)

投稿案内……………482(154)

日本写真学会誌の目次……………483(155)

日本印刷学会誌の目次……………484(156)

画像電子学会誌の目次……………485(157)

Journal of Imaging Science and Technology の目次……………486(158)

画像閑話

令和六年編集委員

編集委員長 宮 本 栄 一 (株式会社キヤノンソリューションズ)

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 (株式会社キヤノンソリューションズ)

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 (富士フイルムビジネスイノベーション)

目 次

論 文

- 高粘度液体オンデマンド連続吐出機構の開発および性能評価
 …… 小林和也, 渡部裕也, Yee Jingzu, 鳥居慎士, 栗田雅章, 田川義之…492(2)
- インクジェットプリントにおける微細多孔構造への浸透の X 線 CT 計測
 …… 安部惇哉, 兒玉 学, 佐藤圭将, 倉本信一, 加藤弘一,
 門永雅史, 伏信一慶, 平井秀一郎…504(14)
- 有機 EL プリントヘッドの開発 …… 谷本弘二, 渡辺 猛…512(22)

Imaging Today

「最新の画像処理技術」

- Introduction …… 椿 頼尚, 名越応昇, 山口大地, 山崎 弘…524(34)
- 眼ではなく脳で視ている画像の世界 …… 小寺宏暉…525(35)
- プロダクションプリンティングへ向けた印刷用標準フォーマット PDF/X と
 バリアブル印刷用フォーマットの発達 …… 松木 眞…542(52)
- エプソンのカラーインクジェット画像処理開発の歴史 …… 角谷繁明…550(60)
- 電子写真プリンターの発展と画像処理の関わり …… 坂谷一臣…560(70)
- フルカラー 3D プリンターのためのスライス処理 …… 風穴武亮…572(82)
- デジタルツイン時代の数値最適化 …… 阿部淑人…579(89)
- 画像処理と AI—画像認識技術を中心に— …… 新井啓之…584(94)
- 農業への画像処理応用事例 …… 峰野博史…592(102)

Imaging Highlight

- drupa2024 視察報告 …… 酒井真理…602(112)

教育講座

- 画像技術を支える高分子の基礎 (IV) —コアシェル型ポリマー— …… 森本幸嗣…606(116)

研究室訪問

- 吉田研究室 山口東京理科大学 工学部 機械工学科 …… 612(122)

会報

- …… 617(127)

会告

- …… 623(133)

投稿案内

- …… 624(134)

日本写真学会誌の目次

- …… 625(135)

日本印刷学会誌の目次

- …… 626(136)

画像電子学会誌の目次

- …… 627(137)

Journal of Imaging Science and Technology の目次

- …… 628(138)

画像閑話

令和六年編集委員

- | | | | |
|--------|------------------------|-------|-------------------|
| 編集委員長 | 宮 本 栄 一 (株式会社ソリューションズ) | 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 (株式会社ソリューションズ) |
| 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 (富士フイルムビジネスイノベーション) |

口絵・口絵解説

- 161 「画像からくり」
第 66 回 古い表示を倣う屋外の LED ディスプレイ
桑山 哲郎
- 167 **会告** 日本画像学会誌・日本印刷学会誌・IEEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing・画像電子学会誌
- 169 日本写真学会 2024 年度 学会賞受賞者
- 177 **特集** 2023 年の写真の進歩
- 特集** 2023 年のカメラ
- 216 **解説** キヤノン RF10-20 mm F4 L IS STM の開発
塩野 雅人, 伊藤 瑠美, 中原 誠, 中原 征二
- 221 **解説** ニコン ミラーレスカメラ Z 8 の開発
村田 正樹, 倉橋 利明
- 225 **解説** 歩き撮り / 走り撮りでもブレない, LUMIX の動画手ブレ補正技術の開発
櫻井 幹夫, 岸場 道郎, 中田 周作, 大原 正満
- 特集** 学会創立 100 周年記念特集: 「語り継がれる写真産業史」
- 229 **解説** シグマにおけるレンズ・カメラ産業史
大曾根 康裕
- 238 **解説** コシナにおけるカメラ・レンズ産業史
佐藤 和広
- 245 **解説** HOYA における光学ガラス産業史
蜂谷 洋一
- 249 **解説** コニカミノルタ (六桜社・小西六写真工業・コニカ)
カラーフィルム技術史のひとつコマ
江崎 敦雄
- 257 2024 年度 (一社) 日本写真学会年次大会 講演要旨
- 314 一般社団法人日本写真学会 第 13 回 定時社員総会
- 331 **会報** 理事会抄録, 入会のおすすめ

■ 卷頭言	
失われた30年のふりかえりと今後～自己紹介をかねて	矢島久夫 133
■ 総説 特集「3Dプリンティングの産業応用」	
金属3Dプリンティングの産業応用	柳谷彰彦 134
3Dプリンタ向け高機能樹脂粉末	浅野 到 139
インクジェット技術を利用した3Dプリンターによる 鋳造砂型の造形とその活用	岡根利光・大場好一 143
■ 国際会議報告	佐藤利文 149
■ 印象記	
グラビア研究会 令和6年度 第10回グラビア基礎講座に参加して	田仲ななえ 154
■ Abstract	156
■ 資料	157
■ 学会だより	160
■ 日本印刷学会賛助会員名簿	168

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)		
委員	東 吉彦 (東京工芸大学)	杉山 徹 (大日本印刷 (株))	小泉真一 (共同印刷 (株))
	光本知由 (富士フイルム (株))	前田満穂 ((独) 国立印刷局)	久世康典 (東レ (株))
	矢島久夫 (東洋インキ (株))	伊藤 学 (TOPPAN ホールディングス (株))	
	次田将大 (東海大学)	大場久恵 (東京電機大学)	
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9月30日)

正会員

鈴木 浩 (神奈川工科大学)
新田 高庸 (会津大学)
堤 公孝 (長崎大学)
森沢 幸博 (埼玉工業大学)

学生会員

富岡 昂成 (宇都宮大学)
豊味 諒磨 (大阪工業大学)
菅沼 祐耶 (大阪工業大学)
工藤 聖央 (神奈川工科大学)
加納 一馬 (名古屋大学)
角方 元紀 (大阪工業大学)

○会員現況

名誉会員	17名
正会員	486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6年10月号をお届けします。本号では、ビジュアルコンピューティング特集号として論文3件を掲載しています。本特集は、コンピュータビジョン、コンピュータグラフィクス、および、関連の画像処理に関する幅広い分野を対象として1995年より毎年実施されており、今年は30回目に当たります。採録された論文のタイトルは、「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」、「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」、「自己相関パターンに着目した画像中点ブロック認識」と、多様な分野における実用的な成果が揃いました。また本号には、他にも佐藤周平副会長による随想「コンピュータグラフィクスにおける流体映像制作」、画像電子技術賞受賞を記念した技術解説「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」、東京電機大学マルチメディアコンピューティング研究室のグループ紹介などが掲載され、盛り沢山の内容となっております。楽しみつつ、お読みください。

さて、当学会最大の年次行事である第52回年次大会が令和6年8月26日から28日まで長崎大学文教キャンパスにて開催され、学生セッション30件、一般セッション11件、企画セッション16件、ポスターセッション2件、特別企画セッション11件、企業セッション3件の計73件の発表がなされました。さらに松田和生氏 (MHI マリンエンジニアリング株式会社) と牟田雄一郎氏 (株式会社 長崎新聞社) に特別講演をお願いし、それぞれ「船舶の自動運航システム」と「想像力は抑止力—長崎新聞平和企画の歩み—」の題目で講演いただきました。また、年次大会の中で行われたアレキサンダー・ベイン賞授賞式では、受賞者の松木眞氏から貴重なご講演も頂戴しました。本号には年次大会報告、アレキサンダー・ベイン賞授賞報告も掲載していますので詳細についてはこれらの記事をご覧ください。今後も、大学の夏休み時期に魅力ある地域で年次大会を開催するという形態を踏襲したいと考えております。是非来年度の年次大会も楽しみにしてください。

また、令和6年9月10日から9月12日にかけて、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、Visual Computing 2024が東洋大学赤羽台キャンパスにて実施されました。Visual Computing2024には、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件が採択されました。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件の発表があり、非常に多くの来場者を迎え大盛況となりました。

最近の話題として人工知能研究の成果がノーベル物理学賞・化学賞を受賞し、コンピュータサイエンスの分野が広く注目を浴びることになりました。画像電子学会がターゲットとするコンピュータビジョン・コンピュータグラフィクス・画像処理分野においても今後の盛り上がりが大いに期待されます。学会員諸兄姉におかれましては、健康に留意されつつ、本学会の諸行事に参加いただき、引き続き本学会へのご支援・ご協力を賜りたく、何卒よろしくお願い申し上げます。

(VC研究会幹事 古屋 貴彦)

画像電子学会誌

第53巻 第4号 (通巻270号)

2024(令和6)年10月30日発行 (年4回発行) 〒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

©2024 画像電子学会

E-mail: hensyu@iieej.org

<http://www.iieej.org/>

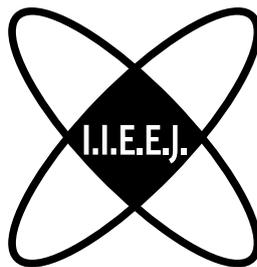
発行所 一般社団法人 画像電子学会

〒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 270
2024 Vol.53 No.4

画像電子学会誌



ビジュアルコンピューティング論文特集号

第53巻 第4号