

仮想美術館に今後求められる機能とその評価

竹内 晃平[†] 林 正樹[‡] Steven Bachelder* 平山 亮**

[†] **大阪工業大学情報科学部 〒573-0171 大阪府枚方市北山 1-79-1

[‡] *Uppsala 大学人文学部 Cramérgatan 3, 621 57 Visby, スウェーデン

E-mail: [†] ahato361218@gmail.com, [‡] masaki.hayashi@speldesign.uu.se,

* steven.bachelder@gmail.com, ** makoto.hirayama@oit.ac.jp

あらまし 従来のスクリーン型バーチャルミュージアムではスケール感、存在感、実際にユーザーが鑑賞しているという臨場感の欠如の問題がある。実際の美術館の鑑賞に近い感覚で体験できないという問題を解決するために研究を行った。今回の研究ではスクリーンで体験できるバーチャルミュージアムと VR で体験できるバーチャルミュージアムを Unity を使って開発した。この開発したスクリーン型と VR 型のバーチャルミュージアムを 15 人の被験者に体験してもらい、臨場感を評価するアンケート調査を行った。そのアンケート結果からスクリーン型と VR 型の比較評価を行い、仮想美術館に今後求められる機能について検討する

キーワード バーチャルミュージアム, VR, 3DCG

Functions and Evaluation Required for a Virtual Museum

Kohei TAKEUCHI[†] Masaki HAYASHI[‡] STEVEN Bachelder* and Makoto J. HIRAYAMA**

[†] **Faculty of Information Science, Osaka Institute of Technology 1-79-1 Kitayama, Hirakata-shi, Osaka 573-0171
Japan

[‡] *Faculty of Arts, Uppsala University Campus Gotland, Cramérgatan 3, 621 57 Visby, Sweden

E-mail: [†] ahato361218@gmail.com, [‡] masaki.hayashi@speldesign.uu.se,

* steven.bachelder@gmail.com, ** makoto.hirayama@oit.ac.jp

Abstract Conventional screen-based virtual museums have the problem of lacking a sense of scale, a sense of presence, and a sense of realism that the user is actually viewing the museum. The research was conducted to solve the problem of not being able to experience a feeling similar to that of viewing an actual museum. A virtual museum that can be experienced on a screen and a virtual museum that can be experienced in VR were developed using Unity. Fifteen subjects experienced the developed screen-type and VR-type virtual museums. They were then asked to fill out a questionnaire to evaluate the realism of the experience. Based on the results of the questionnaire, we conducted a comparative evaluation of the screen type and VR type and considered the functions that will be required of virtual museums in the future.

Keyword Virtual museum, VR, 3DCG

1. はじめに

インターネット上ではバーチャルミュージアムが普及している。美術館の展示品や会場の構成などの情報を含む宣伝コンテンツとして利用されており、アプリケーション配信サービスでは実際には存在しないオリジナルのバーチャルミュージアムを体験することができる^[1]。バーチャルミュージアムとはインターネット上に構築される美術館の総称で、画像やオブジェクト、動画などをデジタル化しディスプレイ上に表示するサービスである。バーチャルミュージアムは二つのタイプに分類されており、デジタル化された画像や情報を整理し格納しているデータベース型のバーチャルミュージアムと仮想空間の中に作品を展示して実際に

鑑賞を楽しむことができるバーチャルミュージアムが存在する。

バーチャルミュージアムはメリットとして時間や場所の制限なく楽しむことがあげられる。また、展示物はデジタル化されているため、展示品の劣化や紛失を防ぐことができる。しかし、バーチャルミュージアムの欠点として作品表示のクオリティが乏しく、ユーザーが実際に見ているような没入感や臨場感が感じられないという問題点がある^[2]。

我々は今までその問題点を解決するために様々な開発を行ってきた。Oculus Rift DK2 という HMD を用いた二つの液晶パネルと左右の眼で立体映像の視聴を行う「サイドバイサイド」方式のバーチャルミュージアム

アムを開発した^[3]。また、開発した VR 型と従来のバーチャルミュージアムを4つの観点から観測する比較評価を行った^[4]。次に Oculus Go という HMD を用いたバーチャルミュージアムの開発を行った^[5]。スタンドアロン型と呼ばれる接続ケーブルなどが不要な HMD であり、鑑賞中の自由度が高い HMD である。また、操作性の問題点から Oculus Go の操作インターフェースの改良^[6]などの研究も行った。

本研究ではこの没入感に関する問題点を解決するために、VR に対応したバーチャルミュージアムを開発する。VR では、2つのレンズを使って2眼式立体視による立体的な 3D 映像を作成する。この機能を利用することで、ユーザーは没入感または臨場感を感じることができると考えている。また、VR ならではの操作方法は、マウスやキーボードの操作よりも実際の動きに近い操作を行うため、より実際の鑑賞に近づけることができると考えている。そして今回開発した VR に対応したバーチャルミュージアムと従来のバーチャルミュージアムを比較評価し VR を活用したバーチャルミュージアムの有用性を探る。比較方法としてスウェーデンで我々が行った没入感を測定する実験で使われたアンケートを日本語に訳し、同じ実験方法で日本で比較評価を行った。

2. 開発

今回の研究では、ディスプレイ上で体験するスクリーン型と HMD で体験する VR 型のバーチャルミュージアムの開発を行った。仮想空間の構成、展示物は全く同じデータを使って開発している。図1にバーチャルミュージアムの内装を示す。



図1 バーチャルミュージアムの内装

2.1. スクリーン型バーチャルミュージアム

スクリーン型バーチャルミュージアムは PC のディスプレイで出力が可能であり、今回の実験では、4K の液晶ディスプレイに出力し実験を行った。入力操作は、パソコンのマウスで行うことができ、マウスホイール

を使って視線の方向を変えたり、カメラを前後に移動させたりする制御が可能である。キーボードでは、WASD キーや十字キーを用いて、自身の位置を前後左右に移動させることができる。図2に実際の体験形式を示す。



図2 スクリーン型体験形式

2.2. VR 型バーチャルミュージアム

今回の VR 型のバーチャルミュージアムの開発では、Oculus Quest を採用した。Oculus Quest は本体のみで動作するスタンドアロン型の HMD で、一度出力を行えばどこでも鑑賞が可能である。

Oculus Quest を Unity で使用するためには、Oculus Integration という VR のサポートアプリをダウンロードし、コンテンツ内のカメラやコントローラを Unity で設定する。Oculus Quest でサポートされている Oculus Touch コントローラを使用することで、仮想博物館内を移動したり、展示物や解説を閲覧したりすることができる。仮想博物館内の移動は左コントローラのアナログスティックで行い、移動速度は人間の実際の歩行速度に近いように調整されている。視点の変更は右コントローラのアナログスティックで行い、左右に30度ずつ視点を変えることができる。しかし、HMD による直感的な操作での視点変更も可能で、上下左右のスムーズな視点変更が可能である。また、Oculus がサポートしている OVRGazePointer を採用しており、VR 上でのオブジェクトの操作を可能にしている。これにより、参加者はバーチャルミュージアムに表示されている各絵画の下にあるボタンを選択することができる。ボタンの切り替えによって作品の解説の表示を有効化や無効化することができる。図3に Oculus Quest の HMD を示す。



図 3 Oculus Quest の HMD

3. 実験概要

今回実験方法として、スウェーデンのウプサラ大学で行われた実験と、日本の大阪工業大学で行われた実験から評価を行う。日本ではスクリーン型のバーチャルミュージアムと VR 型のバーチャルミュージアムを開発し、ユーザーに体験してもらい、その後 IPQ と PQ の評価を取り入れたアンケートを解答する。IPQ

(igroup presence questionnaire) は、臨場感を評価するための項目で、全体的な臨場感、仮想空間における臨場感、外界に対する意識、現実感の 4 つの項目で評価される^[7]。PQ (presence questionnaire) は、バーチャルリアリティなどのコンピュータが作り出した仮想環境の中で、被験者が感じる臨場感を測る尺度である^[8]。実験の評価方法として、各設問に 7 点のリッカート尺度を設けた。IPQ と PQ の各質問には、最高評価から 7, 6, 5 とスコアが割り当てられている。このスコアからそれぞれのバーチャルミュージアムを評価する。

スウェーデンで行った実験では、ウプサラ大学ゴットランドキャンパスにあるゲームデザイン学部の 13 名が参加した。このグループは、男性 9 名、女性 3 名、性別を答えていない被験者 1 名で構成されている。参加者の平均年齢は 24.2 歳で、年齢の幅は 19 歳から 51 歳までとなっている。

日本で行った実験では、大阪工業大学情報科学部と大阪工業大学大学院情報科学研究科の開発者である男性の計 14 名が実験に協力した。参加者の平均年齢は 20.9 歳で、年齢の幅は 20 歳から 29 歳までとなっている。

実験手順として、各被験者にスクリーン型のバーチャルミュージアムと VR 型のバーチャルミュージアムを 6 分間体験してもらい、アンケートに回答してもらった。このアンケートはスウェーデンで行った実験と日本で行った実験で同じ内容のアンケートを使用している。また、順序の影響を打ち消すために、スクリーンベースの体験と VR ベースの体験を交互に行った。今回使用したアンケートの質問内容を図 4 に示す

IPQ 評価の質問
1. コンピュータが作り出した空間内で、自分がそこにいるという感覚を持った。
2. 仮想世界が自分の周りを取り巻いていると感じた。
3. 実際に絵を鑑賞している気がした。
4. 仮想空間の中に自分がいる感じはしなかった。
5. 外からなにかを操作しているというより、仮想空間内で操作している感覚があった。
6. 仮想空間の中に自分がいるように感じた。
7. 仮想世界の中にいるとき、実際に自分を取り巻く現実世界にどの程度気づきましたか？
8. 現実世界を意識しなかった。
9. まだ現実世界に注意を向けていた。
10. 仮想空間の完全に虜（とりこ）になった。
11. オブジェクト（絵画など）に対してどの程度詳しく調べることができましたか？
12. 仮想空間での経験は、実際の経験とどの程度一致していましたか？
13. あなたにとって、仮想世界はどれほどリアルに見えましたか？
14. 仮想世界は現実世界よりもリアルに見えた。
PQ 評価の質問
1. コンテンツ内操作をどれだけ制御できましたか？
2. 開始（または実行）したコンテンツ内操作に対する環境の反応はどうでしたか？
3. 環境との相互作用はどの程度自然でしたか？
4. 仮想環境の視覚的な側面にどの程度夢中になりましたか？
5. コンテンツの動きを制御するシステムはどの程度自然でしたか？
6. 仮想空間の中のオブジェクトを動かす感じは良好でしたか？
7. 仮想環境での体験は、実際の体験とどの程度一致しているように見えましたか？
8. 実行した動作に応じて、次に何が起こるかを予測できましたか？
9. HMD を使用してどの程度うまく環境を調査または探索できましたか？
10. 仮想環境内を移動する感覚は良好でしたか？
11. オブジェクトをどれだけ詳しく調べることができましたか？
12. 複数の視点からオブジェクトをそれだけよく鑑賞できましたか？
13. 仮想環境の体験にどの程度没頭できましたか？
14. 行動と動作結果との間にどのくらいの遅延が発生しましたか？
15. どのくらい早く仮想環境に適応できましたか？
16. 体験後に、仮想環境を移動したり操作したりすることにどれくらい慣れたと思いますか？
17. 与えられた動作や行動をするときに、画質はどの程度それらを妨害しましたか？
18. 与えられた動作や行動をするときに、コントローラはどの程度それを妨げましたか？
19. 与えられた動作や行動をコントローラの操作で行うときに、それにどれくらい集中できましたか？

図 4 IPQ 評価と PQ 評価の質問

また今回の実験では新たに日本で二つのバーチャルミュージアムに対して、IPQ と PQ の観点で比較評価を行った。この比較評価の有意差があるかどうかを検証するために T 検定を行った。有意水準は 0.05 と

し、質問ごとに得られたスコアの合計点数を対象とする。

この合計点を使い、IPQ 評価と PQ 評価ごとに T 検定を行う。データの分析には Microsoft Excel for Windows 2019 を用いており、帰無仮説は「VR 型はスクリーン型より没入感の評価が低い」とする。T 検定による算出される値が優位水準の 0.05 より低い場合、帰無仮説が棄却され「VR 型はスクリーン型より没入感の評価が低い」ことが立証される。スコアから検定統計量 t_0 と等価自由度 $f(2)$ を算出し p 値を求める。 p 値は同じ実験を行った際に結果の差が覆る確率であり、自由度 f において、 $|t|$ 以上の値が発生する確立である。この値が有意水準である 0.05 を下回る場合、有意差があると判定ができる。分散が V 、グループの要素数が n 、独立変数として x を使用する。

$$t_0 = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{\sqrt{\frac{V_A}{n_A} + \frac{V_B}{n_B}}} \quad (1)$$

$$f = \frac{\left(\frac{V_A}{n_A} + \frac{V_B}{n_B}\right)^2}{\left(\frac{V_A}{n_A}\right)^2 \frac{1}{n_A - 1} + \left(\frac{V_B}{n_B}\right)^2 \frac{1}{n_B - 1}} \quad (2)$$

4. 実験結果

スウェーデンで行ったアンケート結果と日本で行ったアンケート結果を示す。それぞれのアンケートを集計し、質問ごとの平均点を割り出した。

4.1. スウェーデンのスクリーン型の評価

スウェーデンで行われたスクリーン型バーチャルミュージアムの IPQ 評価の結果を図 5 に示す。

スウェーデン スクリーン型 IPQ 評価	質問
平均点が高い質問	実際に絵を鑑賞している気がした
平均点が低い質問	仮想世界は現実世界よりもリアルに見えた

図 5 スウェーデンのスクリーン型の IPQ 評価

一番平均点が高かった質問は「実際に絵を鑑賞している気がした」という質問で平均 6 点。一番平均点が低かった質問が「仮想正解は現実世界よりもリアルに見えた」という質問で平均 1 点という結果が示された。

次にスウェーデンで行われたスクリーン型バーチャルミュージアムの PQ 評価の結果を図 6 に示す。

スウェーデン スクリーン型 PQ 評価	質問
平均点が高い質問	オブジェクトをどれだけ詳しく調べることができましたか？
平均点が低い質問	コンテンツの動きを制御するシステムはどの程度自然でしたか？
	行動と動作結果との間にどのくらいの遅延が発生しましたか？

図 6 スウェーデンのスクリーン型の PQ 評価

アンケート結果の全ての得点の平均点は 4.3 点。一番平均点が高かった質問は「オブジェクトをどれだけ詳しく調べることができましたか？」という質問で平均 7 点。一番平均点が低かった質問が「行動と動作結果との間にどのくらいの遅延が発生しましたか？」「コンテンツの動きを制御するシステムはどの程度自然でしたか？」という質問で平均 3 点という結果が示された。

4.2. スウェーデンの VR 型の評価

スウェーデンで行われた VR 型バーチャルミュージアムの IPQ 評価の結果を図 7 に示す。

スウェーデン VR 型 IPQ 評価	質問
平均点が高い質問	コンピュータが作り出した空間内で自分がそこにいるという感覚を持った
	仮想世界が自分の周りを取り巻いていると感じた
	仮想空間の中に自分がいる感じはしたか？
	現実世界を意識しなかった
平均点が低い質問	行動と動作結果との間にどのくらいの遅延が発生しましたか？

図 7 スウェーデンの VR 型の IPQ 評価

アンケート結果の全ての得点の平均点は 4.7 点。一番平均点が高かった質問は「コンピュータが作り出した空間内で、自分がそこにいるという感覚を持った」「仮想世界が自分の周りを取り巻いていると感じた」「仮想空間の中に自分がいるように感じた」「現実世界を意識しなかった」という 4 つの質問で平均 6 点。一番平均点が低かった質問が「仮想世界は現実世界よりもリアルに見えた」という質問で平均 2 点という結果が示された。

次にスウェーデンで行われた VR 型バーチャルミュージアムの PQ 評価の結果を図 8 に示す。

スウェーデン VR 型 PQ 評価	質問
平均点が高い質問	HMD を使用してどの程度うまく環境を調査 どのくらい早く仮想環境に適応できましたか？ 体験後に、仮想環境を移動したり操作したりすることにどれくらい慣れたと思いますか？
平均点が低い質問	行動と動作結果との間にどのくらいの遅延が発生しましたか？

図 8 スウェーデンの VR 型の PQ 評価

アンケート結果の全ての得点の平均点は 5.1 点。一番平均点が高かった質問は「HMD を使用してどの程度うまく環境を調査または探索できましたか？」「どのくらい早く仮想環境に適応できましたか？」「体験後に、仮想環境を移動したり操作したりすることにどれくらい慣れたと思いますか？」という 3 つの質問で平均 7 点。一番平均点が低かった質問が「行動と動作結果との間にどのくらいの遅延が発生しましたか？」という質問で平均 1 点という結果が示された。

4.3. 日本のスクリーン型の評価

日本で行われたスクリーン型バーチャルミュージアムの IPQ 評価の結果を図 9 に示す。

日本 スクリーン型 IPQ 評価	質問
平均点が高い質問	オブジェクトをどれだけ詳しく調べることができましたか？
平均点が低い質問	仮想世界が自分の周りを取り巻いていると感じた 仮想空間の中に自分がいる感じはしなかった 仮想世界は現実世界よりもリアルに見えた

図 9 日本のスクリーン型の IPQ 評価

アンケート結果の全ての得点の平均点は 4.0 点。一番平均点が高かった質問は「オブジェクトに対してどの程度詳しく調べることができましたか？」という質問で平均 5.5 点。一番平均点が低かった質問が「仮想世界が自分の周りを取り巻いていると感じた」「仮想空間の中に自分がいる感じはしなかった」「仮想世界は現

実世界よりもリアルに見えた」という 3 つの質問で平均 3 点という結果が示された。

次に日本で行われたスクリーン型バーチャルミュージアムの PQ 評価の結果を図 10 に示す。

日本 スクリーン型 PQ 評価	質問
平均点が高い質問	与えられた動作や行動をするときにスクリーンの画質はどの程度妨害しましたか？
平均点が低い質問	行動と動作結果との間にどのくらいの遅延が発生しましたか？

図 10 日本のスクリーン型の PQ 評価

アンケート結果の全ての得点の平均点は 4.4 点。一番平均点が高かった質問は「与えられた動作や行動をするときに、スクリーンの画質はどの程度それらを妨害しましたか？」という質問で平均 6 点。一番平均点が低かった質問が「行動と動作結果との間にどのくらいの遅延が発生しましたか？」という質問で平均 2.5 点という結果が示された。

4.4. 日本の VR 型の評価

日本で行われた VR 型バーチャルミュージアムの IPQ 評価の結果を図 11 に示す。

日本 VR 型 IPQ 評価	質問
平均点が高い質問	コンピュータが作り出した空間内で自分がそこにいるという感覚を持った 仮想世界が自分の周りを取り巻いていると感じた 実際に絵を鑑賞している気がした
平均点が低い質問	外から操作しているというより仮想空間内で操作している感覚があった 仮想空間の中に自分がいる感じはしたか？ オブジェクトに対してどの程度詳しく調べることができましたか？ 仮想世界は現実世界よりもリアルに見えた

図 11 日本の VR 型の IPQ 評価

アンケート結果の全ての得点の平均点は 5.4 点。一番平均点が高かった質問は「コンピュータが作り出した空間内で、自分がそこにいるという感覚を持った」

「仮想世界が自分の周りを取り巻いていると感じた」「実際に絵を鑑賞している気がした」「外からなにかを操作しているというより、仮想空間内で操作している感覚があった」「仮想空間の中に自分がいる感じはしたか?」「オブジェクトに対してどの程度詳しく調べることができましたか?」という質問で平均 6 点、一番平均点が低かった質問が「仮想世界は現実世界よりもリアルに見えた」という質問で平均 4 点という結果が示された。

次に日本で行われた VR 型バーチャルミュージアムの PQ 評価の結果を図 12 に示す。

日本 VR 型 PQ 評価	質問
平均点が高い質問	オブジェクトに対してどの程度詳しく調べることができましたか?
平均点が高い質問	与えられた動作や行動をするときに HMD の画質はどの程度それらを妨害しましたか?

図 12 日本の VR 型の PQ 評価

アンケート結果の全ての得点の平均点は 5.6 点、一番平均点が高かった質問は「オブジェクトをどれだけ詳しく調べることができましたか?」という質問で平均 6.5 点、一番平均点が低かった質問が「与えられた動作や行動をするときに、HMD の画質はどの程度それらを妨害しましたか?」という質問で平均 4.5 点という結果が示された。

4.5. T 検定の結果

アンケート結果のスコアの合計点を IPQ 評価や PQ 評価ごとにまとめたものを図 13 と図 14 に示す。

IPQ 評価	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
スクリーン	60	48	70	48	60	54	49	54	54	55	68	63	64	33
VR	81	83	76	77	77	80	64	77	74	66	79	70	70	51

図 13 IPQ 評価質問ごとの合計スコア

PQ 評価	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
スクリーン	57	54	61	59	49	59	57	67	62	64	64	72	67	65	59	66	32	66	69
VR	81	74	70	78	76	79	65	82	83	77	80	82	79	74	76	86	63	80	81

図 14 PQ 評価質問ごとの合計スコア

今回の検定ではスクリーン型と VR 型の IPQ 評価での有意差、スクリーン型と VR 型の PQ 評価での有意差を検定する。以下の図 15 に IPQ の検定結果、図 16

に PQ の検定結果を示す。

	変数 1	変数 2
平均	55.71428571	73.21428571
分散	92.52747252	72.18131868
観測数	14	14
仮説平均との差異	0	
自由度	31	
t	-6.815847238	
P(T<=t) 片側	0.0000128387	
t 境界値 片側	1.70561791	
P(T<=t) 両側	0.0000256774	
t 境界値 両側	2.055529438	

図 15 IPQ 評価の T 検定結果

	変数 1	変数 2
平均	60.47368421	77.15789473
分散	78.59649122	35.25146198
観測数	19	19
仮説平均との差異	0	
自由度	26	
t	-5.102037854	
P(T<=t) 片側	0.00000006167	
t 境界値 片側	1.6955187825	
P(T<=t) 両側	0.00000016955	
t 境界値 両側	2.0395134463	

図 16 PQ 評価の T 検定結果

スクリーン型と VR 型の IPQ 評価の差である図 4.11 が示す通り、 $P(T \leq t)$ 片側と $P(T \leq t)$ 両側ともに有意水準である 0.05 を下回っているため、同じ実験を行ったとしてもこの比較差が反転するような確率は低いことがわかる。これによりこの比較評価には有意差が存在することがわかる。

また、スクリーン型と VR 型の PQ 評価の差である図 4.12 が示す通り、 $P(T \leq t)$ 片側と $P(T \leq t)$ 両側ともに有意水準である 0.05 を下回っているため、同じ実験を行ったとしてもこの比較差が反転するような確率は低いことがわかった。これによりこの比較評価には有意差が存在することがわかる。

5. 考察

5.1. スクリーン型の IPQ 評価

スウェーデンと日本の IPQ 評価結果から考察を行う。高い評価を受けている質問項目は「実際に絵を鑑賞している気がした」「オブジェクトに対してどの程度詳しく調べることができましたか?」であった。このことからスクリーン型は仮想空間の展示物やオブジェクトに対して現実感や臨場感を感じていることがわかる。また、低い評価を受けている質問項目を取り上げると「仮想世界が自分の周りを取り巻いていると感じた」「仮想空間の中に自分がいる感じはしなかった」「仮

想世界は現実世界よりもリアルに見えた」であった。従来のバーチャルミュージアムにもある問題点のように、仮想空間に対して没入感が感じられていないのではないかと考えられる。またディスプレイに移っている仮想空間よりも操作時にマウスやキーボードなどの操作デバイスを見たり、周りの現実空間が常に視界に入っている状態でプレイをしているので、仮想空間に自分が入っているという感覚が感じにくくなっているのではないかと考えられる。

5.2. スクリーン型の PQ 評価

スウェーデンと日本の PQ 評価結果から考察を行う。高い評価を受けている質問項目は「与えられた動作や行動をするときに、スクリーンの画質はどの程度それらを妨害しましたか?」「オブジェクトをどれだけ詳しく調べることができましたか?」であった。このことから視覚から得られる情報をユーザーが受け取りやすく、鑑賞に問題がないということがわかる。

また、低い評価を受けている質問項目を取り上げると「コンテンツの動きを制御するシステムはどの程度自然でしたか?」「行動と動作結果との間にどのくらいの遅延が発生しましたか?」であった。高い評価であった視覚での操作方法には問題はなかったが、視覚以外の操作デバイスでは、ユーザーにとって操作しにくいように感じたり、感覚的な操作ができないのではないかと考えられる。

5.3. VR 型の IPQ 評価

スウェーデンと日本の IPQ 評価結果から考察を行う。高い評価を受けている質問項目は「コンピュータが作り出した空間内で、自分がそこにいるという感覚を持った」「仮想世界が自分の周りを取り巻いていると感じた」「仮想空間の中に自分がいる感じはしたか?」「現実世界を意識しなかった」「実際に絵を鑑賞している気がした」「外からなにかを操作しているというより、仮想空間内で操作している感覚があった」であった。多くの質問で高い評価を受けており、仮想空間にユーザーがいるという感覚を感じたという評価の平均点が高かった。このことから、ユーザーが没入感を感じられているということがわかる。

また、低い評価を受けている質問項目を取り上げると「仮想世界は現実世界よりもリアルに見えた」であった。この質問はスクリーン型バーチャルミュージアムにも低い評価を受けているため、仮想空間に入っているという没入感の向上はできたが現実世界ほどの現実感を表せていないということが考えられる。

5.4. VR 型の PQ 評価

スウェーデンと日本の PQ 評価結果から考察を行う。高い評価を受けている質問項目は「HMD を使用してどの程度うまく環境を調査または探索できましたか?」「どのくらい早く仮想環境に適応できましたか?」「体験後に、仮想環境を移動したり操作したりすることにどれくらい慣れたと思いますか?」「オブジェクトをどれだけ詳しく調べることができましたか?」であった。このことから VR の操作デバイスはユーザーの適応率が高く、仮想空間での鑑賞の妨げになりにくいということが考えられる。

また、低い評価を受けている質問項目を取り上げると「行動と動作結果との間にどのくらいの遅延が発生しましたか?」「与えられた動作や行動をするときに、HMD の画質はどの程度それらを妨害しましたか?」であった。操作において高い評価を受けていた VR 型ミュージアムだが、スウェーデンのアンケートで「行動と動作結果との間にどのくらいの遅延が発生しましたか?」という質問に低い評価が出た。しかし、日本の評価では平均点が 6 点と高い評価が現れている。これは、スウェーデンでは年齢の幅が 19 歳から 51 歳までの間で実験がなされているため VR に操作の慣れの速さにぶれが生じたと考えられる。また HMD の画質に関して低い評価が出ており、視覚情報において VR 型には没入感を感じることに妨げになっていることが考えられる。

6. 結論

本報告では、バーチャルミュージアムに求められる機能を検討するため Oculus Quest を用いて、HMD を用いた VR 型バーチャルミュージアムを開発した。この比較実験では、スクリーン型のバーチャルミュージアムでは、画質や視覚情報の面で没入感が感じられるが、ディスプレイ上での操作性や出力が、仮想空間での操作性や自然さ、没入感を損なうことがわかった。VR 型のバーチャルミュージアムでは、仮想空間における自然な操作性や没入感は、実際の博物館にいるような体験と対応しているように考えられるが、画質の面では視覚情報が損なわれ、実際の鑑賞に近づけることへの妨げになっている。しかし、本報告の結果から、VR に対応させることにより、没入感の向上に成功しており、今後のバーチャルミュージアムにおいて求められる機能であることが分かった。今後の研究では、この 2 つのバーチャルミュージアムの特有の欠点をどのように回避し、没入感や臨場感を向上させることができるのかを探る必要があると考える。

文 献

- [1] Hayashi, Masaki, Steven Bachelder, Nakajima Masayuki and Iguchi Akihiko. "Virtual Museum Equipped with Automatic Video Content Generator", ITE Transactions on Media Technology and Applications, vol.4, no.1, pp.41-48, Jan. 2016.
- [2] 伊熊 元康, 藤澤 陽介, 大森 峰輝, "バーチャルミュージアムの構築と評価", 豊田工業高等専門学校研究紀要, vol.35, pp.77-80, Nov.2002.
- [3] Kohei Takeuchi, Masaki Hayashi, and Makoto J. Hirayama. "Development of VR museum and a comparison with the screen-based virtual museum", International Workshop on Advanced Image Technology 2019, no.106, pp.1-5, Singapore, Singapore, Jan.2019
- [4] Kohei Takeuchi, Masaki Hayashi, and Makoto J. Hirayama. "An Immersive Virtual Museum Using a Head Mounted Display", The 6th IEEE International Conference on Image Electronics and Visual Computing, no.34, pp.1-8, Kuta Bali, Indonesia, Aug.2019
- [5] 竹内晃平, 浅田 哲, 林 正樹, 平山 亮, "バーチャルミュージアムのスタンドアロン型ヘッドマウントディスプレイへの実装" 映像表現・芸術科学フォーラム 2019, no. 9, pp. 169-170, Mar.2019.
- [6] 竹内 晃平, 林 正樹, 平山 亮, "ヘッドマウントディスプレイを用いた仮想美術館のユーザーインタフェース改良", 画像関連学会連合会第6回秋季大会, no. 1, pp. 36, Nov.2020.
- [7] 伴地芳啓, 吉川佳祐, 河合隆史, "HMDを用いた360度動画視聴時の座面の回転がユーザに及ぼす影響", 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.31, no.1, pp.217-227, Sep.2001.
- [8] Bob G. Witmer and Michael J. Singer, "Measuring presence in virtual environments", Teleoperators and Virtual Environments, vol.7, no.3, pp.225-240 July.1998.