

高臨場感伝統工芸システムに関する研究

研究代表者 石 田 智 行 福岡工業大学 情報工学部 准教授

1 はじめに

伝統工芸産業は、日本固有の産業として生活文化の発展に大きく貢献してきたものの、近年では衰退の一途を辿っている。その要因として、次のような問題点が挙げられる[1][2]。

- A) 近年の日本人における衣食住の洋風化により、伝統工芸品の代替品が登場し、生活様式や生活空間が大きく変化した。
- B) 大手インテリア会社の日本市場への展開により、安価な輸入品が台頭したことで、日本人の伝統工芸品に対する需要が大きく減少した。
- C) 日本各地の伝統工芸品は、職人の手による小規模手工業生産であり、原材料が有限な自然素材であることから、量産化が難しく、非効率な生産性となっている。
- D) 知名度不足や情報提供不足により、一部のブランド品を除いては、多くの伝統工芸品においてその存在が知られていない。
- E) 1979年の伝統工芸産業従事者は約288千人であったが、2006年には約177千人、更に2012年には約69千人にまで減少しており、後継者の確保が深刻な問題となっている。

これらの問題に対し、経済産業省製造産業局の伝統的工芸品産業室は、次のような施策の方向性を示している。

- A) 地域ブランド・JAPANブランドやICTを活用することによる新商品の開発や販路の開拓
- B) 専門学校での教育や小中学生教育の企画を活用した人材・後継者の確保・育成
- C) 職人の実践的教育や代替原料の確保による生産基盤の確立
- D) 伝産マークや品質表示による伝統工芸品のPR

一方、近年のコンピュータやインターネットの普及により、伝統工芸産業においても市場の展開を目的として、従来のカタログベースではなく、パソコンを利用した情報提示が多く行われるようになってきた。しかしながら、これらの端末を利用した情報提示は平面のディスプレイ上で行われるため、消費者は伝統工芸品の味わい深さや質感、スケール感を想像に頼らなければならない。

そこで、従来研究においては、一般的なパソコンやスマートフォンではなく、バーチャルリアリティ（VR）技術を駆使することで、CAVEやImmersa Deskといった没入型システムや複数の高精細ディスプレイで構成されるタイルドディスプレイシステムにより、高い臨場感と没入感のあるバーチャル伝統工芸システムを実現した。しかしながら、CAVEやタイルドディスプレイシステムを用いたシステムは大規模な設備を必要とし、導入コストやランニングコストも高額であるため、一般のユーザが手軽に利用できるものではなかった。

ここで、VR技術に目を向けると、近年のVR技術の発展に伴い、大規模な設備を必要としないヘッドマウントディスプレイ（Head Mount Display：HMD）が普及し始め、年々高性能化・低価格が進んでいる。こうした流れから、「VR元年」と言われた2016年、Oculus社製の「Oculus VR」やHTC CorporationとValve Corporationが共同開発した「HTC Vive」などの一般ユーザ向けのHMDが発売され、これらのHMD向けのアプリケーションが急速に普及している。これらのアプリケーションには、インテリア展示を対象としたものも数多く存在しているが、洋風インテリアの展示が中心となっており、日本の伝統工芸品に着目したアプリケーションは存在しない。

[1]. 伝統的工芸品産業振興協会，“現状”，<http://kougeihin.jp/association/state/>

[2]. 伝統的工芸産業審議委員会，“21世紀の伝統的工芸品産業施策のあり方について—新たな生活文化創造に向けて—（答申）”，<http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g01117bj.pdf>

2 関連研究

Petar Pejić ら[3]は、AR 技術と VR 技術を用いることにより、ユーザに部屋空間のインテリア配置をプレゼンテーションするシステムを開発した。このシステムでは、タブレットなどのモバイル端末を利用し、AR 技術により生成した部屋空間をユーザに提示する。さらに、部屋のインテリアは VR 技術により 360° パノラマイメージをユーザに提示する。しかしながら、このシステムは、ユーザに提示する部屋空間やインテリアは固定されており、ユーザがインテリアを交換するなどのカスタマイズを行うことはできない。さらに、VR 空間内での移動や空間内のオブジェクトの移動操作なども行うことはできない。

Daeil Seo ら[4]は、WEB 技術と VR 技術を融合したインテリアデザインシステムを開発した。このシステムでは、スマートフォン端末上で WEB ブラウザを立ち上げることにより、データベースから必要なデータを取得し、スマートフォン用 VR ゴーグルを通してインテリア空間をユーザに提示する。また、リープモーションなどのデバイスを利用することで、ユーザに対しジェスチャによる操作を可能としている。しかしながら、このシステムは、スマートフォンを表示端末として使用しているため、リアリティの高い 3D 描画能力に欠けるとともに、没入感のある VR 空間の提示が困難となっている。

Pavol Kaleja ら[5]は、高精度の空間オブジェクトとインテリア製品オブジェクトを作成し、高い没入感を伴ったインテリアデザインシステムを構築した。このシステムでは、ゲームエンジン UNITY で構築したリアリティの高いインテリア空間を、市販の HMD 装置 Oculus Rift を通してユーザに提示する。また、オブジェクトの変更操作を行いながら、自由なインテリアデザインを可能としている。しかしながら、このシステムは、マウスやゲームパッドを用いて VR 空間を操作するため、ユーザは VR 空間を直感的に操作することができない。また、構築された空間はシングルユーザのみに対応しており、複数のユーザで協調作業が行えるシステム構成とはなっていない。

宮田ら[6]は、3 次元コンピュータグラフィックス技術を用い、伝統工芸素材のもつ高品質な質感を表現し、伝統工芸品のデザインを支援するシステムを開発した。このシステムは、3DCG による表現手法を用いることで、伝統工芸品の「作り手」「売り手」「買い手」の間で、互いに求める商品のイメージを明確化・共有化しながら、より効率的な商品開発を行うことを実現した。しかしながら、このシステムでは、3DCG の提示は平面のディスプレイ上で行われるため、消費者は伝統工芸品の質感やスケール感を想像に頼る部分が多い。さらに、このシステムで提示する 3DCG は伝統工芸品のみとなっており、伝統工芸品を部屋空間に配置した際のシミュレーションは行えない。

田中ら[7]は、AR 技術を用いることにより、現実のインテリア空間に仮想の家具オブジェクトを配置した様子をシミュレーション可能なシステムを開発した。このシステムでは、トラッキング用マーカを置いた現実空間の静止画像に、影を含めた仮想の家具オブジェクトを重畳表示することで、高精度な AR インテリアシミュレーション画像の合成を実現した。しかしながら、このシステムには AR 技術により、VR オブジェクトを現実環境に反映できるといった利点はあるものの、利用者に没入感のある空間を提示するまでには至っていない。さらに、このシステムは、現実空間の静止画像の上に VR オブジェクトを重畳表示するため、現実空間と VR オブジェクトとの違和感が生じる。

- [3]. Petar Pejić, Sonja Krasić, Milica Veljković, Srđan Sakan, Taško Rizov, “Augmented and Virtual Reality Application in Traditional Architectural Project Presentation – Case Study of “MH Petra” House”, Faculty of Mechanical Engineering, 2017, Vol. 45, No. 2, pp.227-231
- [4]. Daeil Seo, Byounghyun Yoo, “Webizing Virtual Reality-Based Interactive Interior Design System”, Communications in Computer and Information Science, July.2017
- [5]. Pavol Kaleja, Mária Kozlovská, “Virtual Reality as Innovative Approach to the Interior Designing”, JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING, Vol. 12, Issue 1, 2017, pp.109-116
- [6]. 宮田一乗, 梶井紀孝, 餘久保優子, 加藤直孝, “工芸素材の質感表現手法を活用したデザイン支援システムの開発”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J96-D, No. 10, pp. 2351-2358
- [7]. 田中智己, 中林拓馬, 加戸啓太, 平沢岳人, “Web アプリケーションへ展開した AR インテリアシミュレータへの評価の分析”, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 79, No. 698, pp. 1063-1069, 2014

3 研究目的

従来研究における CAVE 版バーチャル伝統工芸プレゼンテーションシステムや Tiled Display 版バーチャル伝統工芸プレゼンテーションシステムは、高臨場感な没入感の高い VR プレゼンテーションシステムを実現した。しかしながら、CAVE や Tiled Display は大規模なシステム設備を必要とし、導入コストやランニングコストが非常に高額であるため、伝統工芸品の消費者が手軽に利用できるものではない。一方で、モバイル版伝統工芸プレゼンテーションシステムは、大規模な設備を整えることなく、スマートフォンなどのモバイル端末で手軽に利用可能な AR プレゼンテーションシステムを実現したもの、臨場感の高いプレゼンテーション空間を体験するまでには至っていない。

また、先に述べた関連研究においては、市販のHMDに対応したインテリアプレゼンテーションシステムを実現しているものの、複数のユーザが空間を共有する機能は実現されていない。

以上のことから、本研究では、日本の伝統工芸品に着目したHMD用の高臨場感伝統工芸システムを構築する。さらに、消費者の感性に合わせた建具を提示するための感性検索機能を実装する。消費者は、本感性検索機能により、感性に応じた伝統工芸品を直感的に選択することが可能となる。

4 システム構成

本システムは、伝統工芸空間制御機能、マルチユーザ空間共有機能、伝統工芸基礎空間、伝統工芸品・インテリアオブジェクトストレージから構成される。本研究のシステム構成を図1に示す。

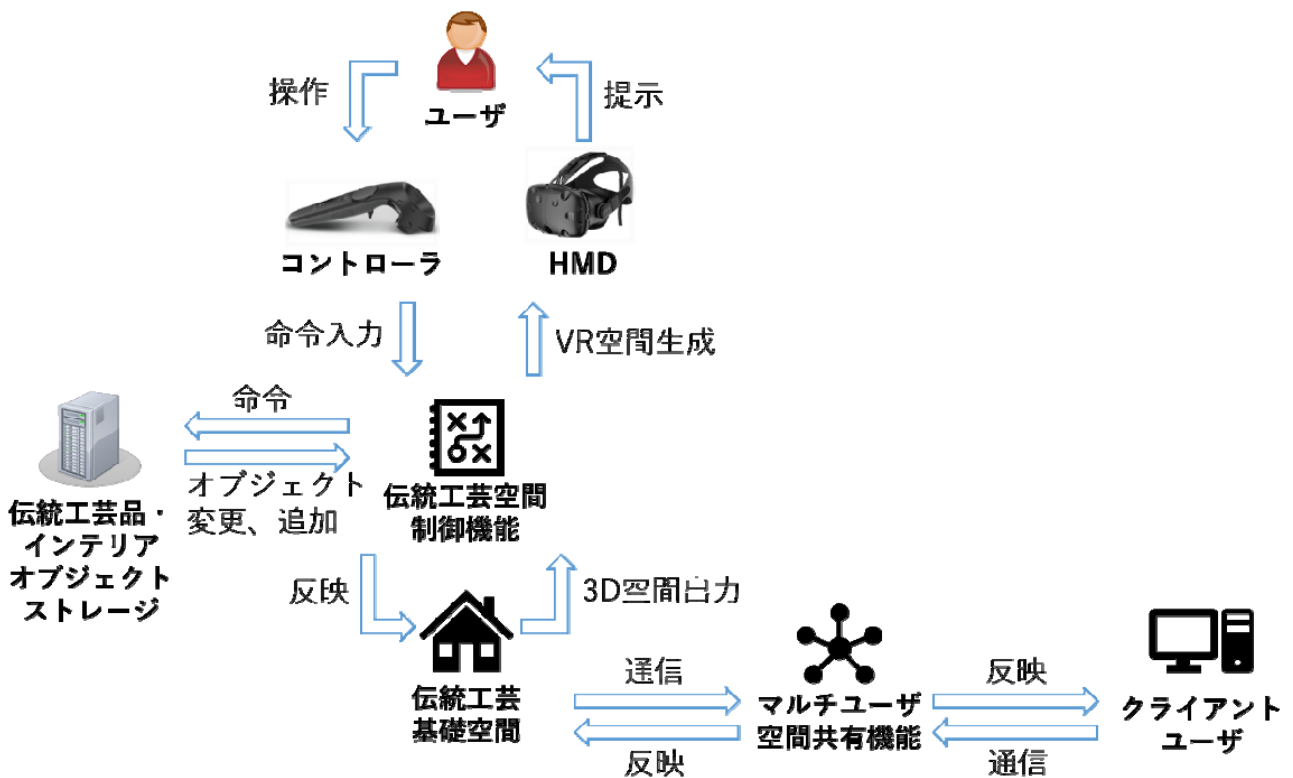


図 1：本研究のシステム構成

● 伝統工芸空間制御機能

伝統工芸空間制御機能は、住宅空間や日本庭園空間などで構成される伝統工芸基礎空間をユーザに提示し、伝統工芸基礎空間内でのオブジェクトの交換や移動といったユーザの操作を伝統工芸規基礎空間に反映させる。この際、生成された空間は、VIVE システムを経由してユーザに提示され、ユーザは VIVE システムのコントローラにより伝統工芸基礎空間内のオブジェクトを操作する。

- マルチユーザ空間共有機能

マルチユーザ空間共有機能は、ホストユーザが体験している伝統工芸基礎空間を複数のユーザ間で協調作業を行うための機能であり、ネットワーク通信により遠隔ユーザの空間への参加も可能としている。

- 伝統工芸基礎空間

伝統工芸基礎空間は、本伝統工芸プレゼンテーションシステム全体を構成する住宅空間や日本庭園空間などの 3D 空間であり、ユーザがオブジェクトの交換や移動といった操作を可能にした伝統工芸品オブジェクトやインテリアオブジェクト、また、空間上のレイアウトが固定されている家屋オブジェクトや背景オブジェクトで構成される。

- 伝統工芸品・インテリアオブジェクトストレージ

伝統工芸品・インテリアオブジェクトストレージには、伝統工芸空間においてユーザが操作可能な伝統工芸品オブジェクトやインテリアオブジェクトが格納される。伝統工芸空間制御機能の命令に従い、対応するオブジェクトの交換や追加・削除を伝統工芸基礎空間に反映する。

5 システムアーキテクチャ

本システムのアーキテクチャを図 2 に示す。本システムのシステムアーキテクチャは、Traditional Crafting Space Control Function, Multi-user Space Sharing Function, Traditional Crafting Basic Space, Traditional Crafting Products / Interior Objects Storage から構成される。

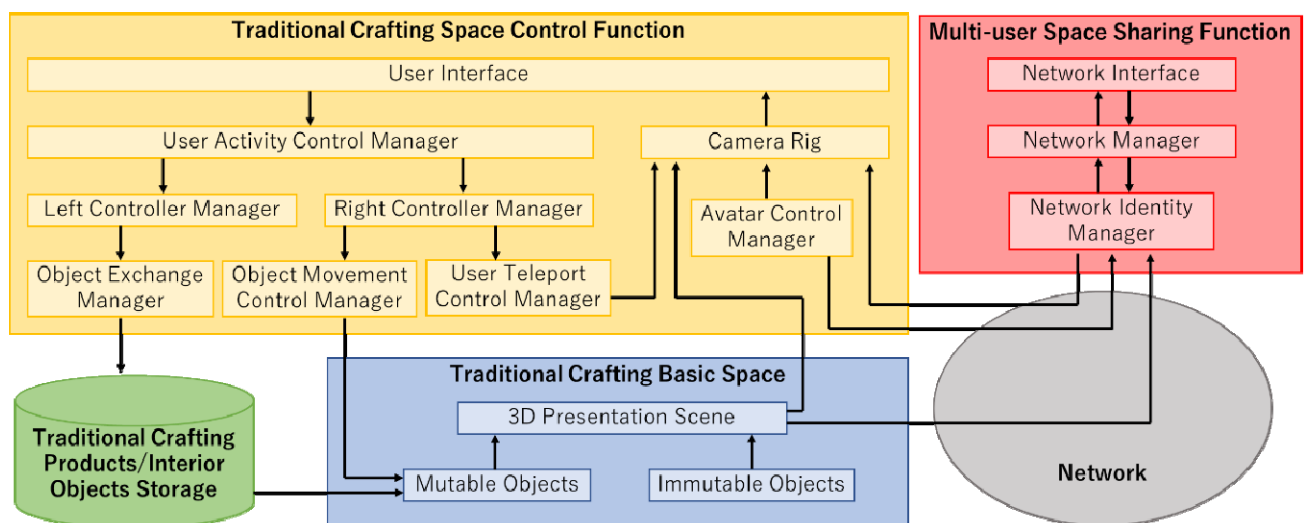


図 2：本研究のシステムアーキテクチャ

6 オブジェクトの分類

本研究で扱うオブジェクトは、伝統工芸品オブジェクト、インテリアオブジェクト、背景・環境オブジェクトに分類される。

- 伝統工芸品オブジェクト

日本の伝統工芸品には、建具、着物、染物、織物、漆器といった様々な工芸品が存在するが、本研究では石川県七尾市の建具を取り扱う。本研究で取り扱う建具は、障子、襖、板戸、ガラス戸、欄間の 5 種類に分類される。本システムを構成する伝統工芸品オブジェクトを図 3 に示す。

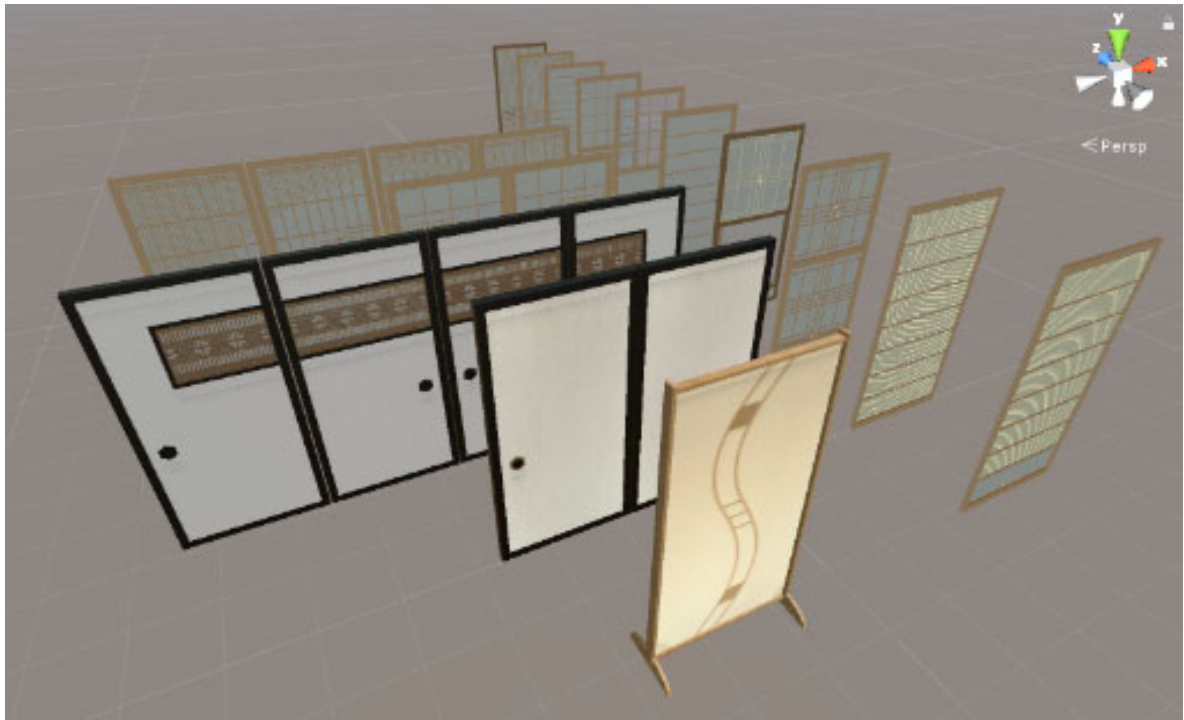


図 3：本システムを構成する伝統工芸品オブジェクト

● インテリアオブジェクト

インテリアオブジェクトは、主に現代の家具や家電、システムキッチンといった洋風のインテリアオブジェクトと、日本のテーブルや座布団、雑貨といった和風のインテリアオブジェクトで構成される。本システムを構成するインテリアオブジェクトを図 4 に示す。



図 4：本システムを構成するインテリアオブジェクト

- 背景・環境オブジェクト

背景・環境オブジェクトは、主に壁、畳、柱、階段、フローリング、瓦といった家屋内部を表現するオブジェクト、塀、門、池、倉、草木、庭石、灯籠といった日本庭園を表現するオブジェクト、および空、地形、光源といった空間のベースとなるオブジェクトから構成される。本システムを構成する背景・環境オブジェクトを図5に示す。

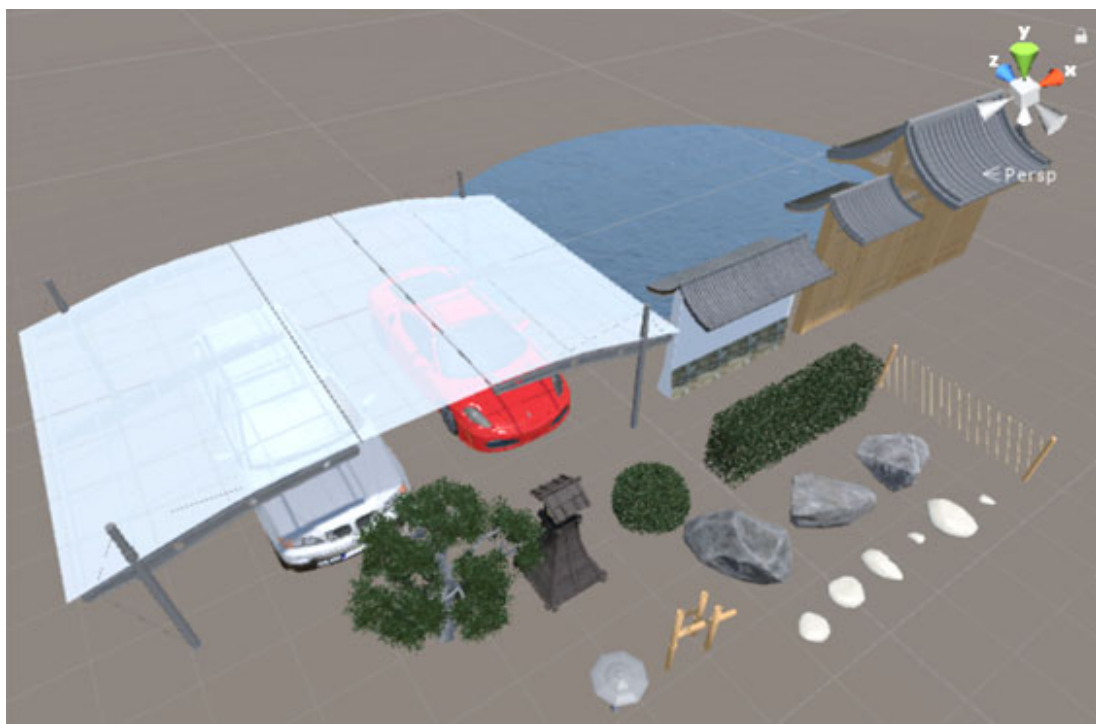


図5：本システムを構成する背景・環境オブジェクト

7 プロトタイプシステム

7.1 システム開始画面

高臨場感伝統工芸システムを起動後、Unity のロゴが最初に表示され、4 秒後にシステム開始画面が表示される。システム開始画面には、「伝統工芸展示」と「EXIT」の2つのボタンが表示され、「伝統工芸展示」ボタンを選択することで、ネットワーク接続画面へ遷移する。また、「EXIT」ボタンを選択することで、本システムが終了する。システム開始画面を図6に示す。



図 6：システム開始画面

7.2 ヘルプ機能

本システムでは、VR 空間提示画面での各ボタンに対応する操作をユーザに提供するためヘルプ機能を実装した。ユーザは、右コントローラの「メニューボタン」を押下することにより、「HELP」パネルを表示させることが可能となっている。ユーザが「HELP」パネルを表示させた際の様子を図 7 に示す。また、全てのヘルプ画面を図 8 に示す。



図 7：「HELP」パネル



図 8 : 「HELP」 パネルの構成

7.3 ミニマップ表示機能

本システムでは、ユーザに伝統工芸空間内の位置情報を提供するため、俯瞰視点でリアルタイムに「Map」パネルを表示するミニマップ表示機能を実装した。「Map」パネルは、ユーザ自身のアバタと家屋内部の平面透視構造をユーザに提供する。ユーザは、「空間移動・オブジェクト追加」パネル内の「Map」ボタンを押下することにより、「Map」パネルを表示させることが可能となっている。「Map」パネルを図 9 に示す。

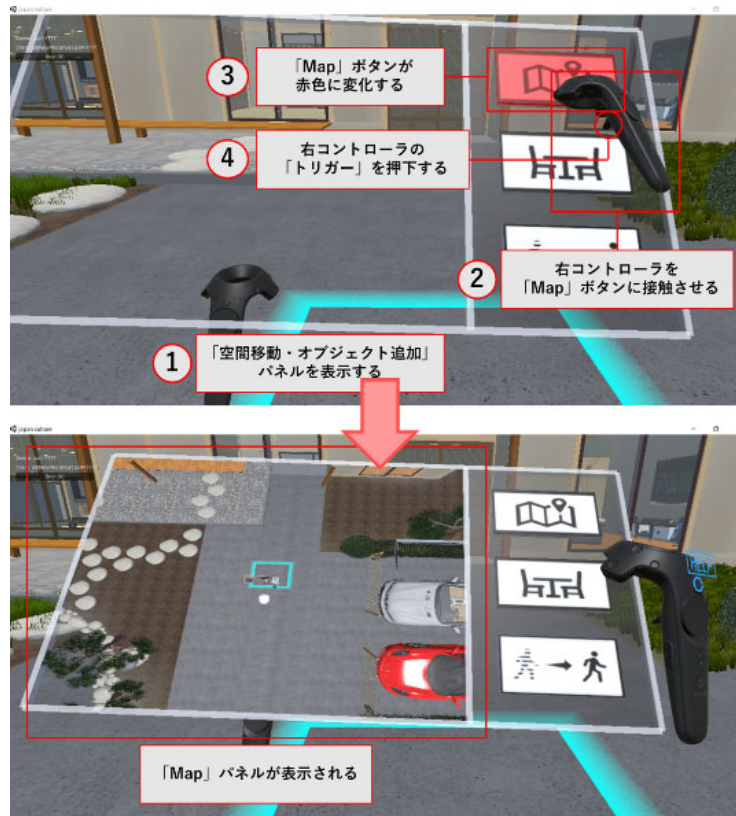


図 9 : 「Map」 パネル

7.4 ユーザ自身の移動による視点移動

ユーザが Vive HMD を装着しかつトラッキング範囲内にいる場合は、LightHouse ベースステーションが HMD の位置と回転情報を取得することで、リアルタイムに空間とユーザの視点が同期される。これにより、ユーザの実際の歩行や頭部の回転といった動作は、リアルタイムに空間に反映される。ユーザ自身が実際の歩行した際の視点移動および頭部を回転させた際の視点移動を図 10 に示す。

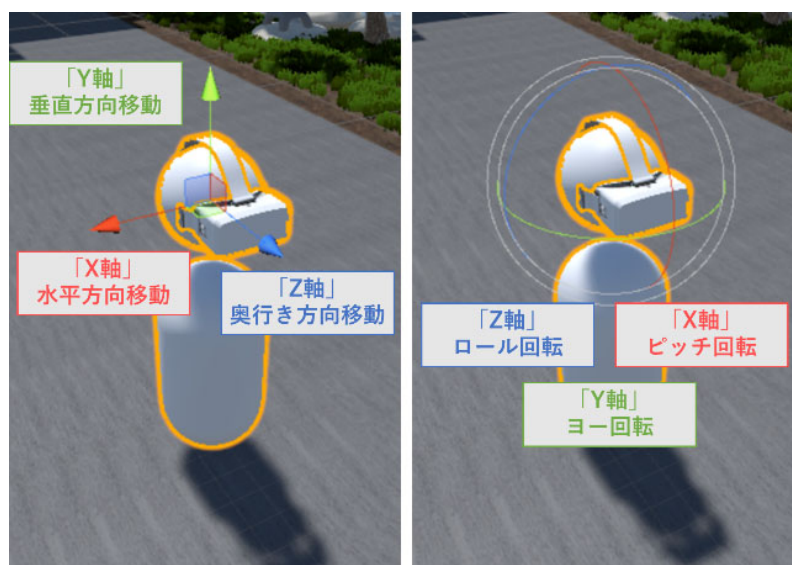


図 10 : ユーザ自身の移動による視点移動

7.5 伝統工芸オブジェクトの交換

ユーザは、空間内に配置された伝統工芸オブジェクトを交換することが可能となっている。ユーザが伝統工芸オブジェクトを交換するためには、交換したい伝統工芸オブジェクトを左コントローラで指した状態にし、左コントローラの「トラックパッド」を押下することにより、「オブジェクト交換」パネルを表示させる。その後、ユーザは交換したい任意の伝統工芸オブジェクトを選択することにより、伝統工芸オブジェクトが交換される。伝統工芸オブジェクトの交換を図 11 に示す。

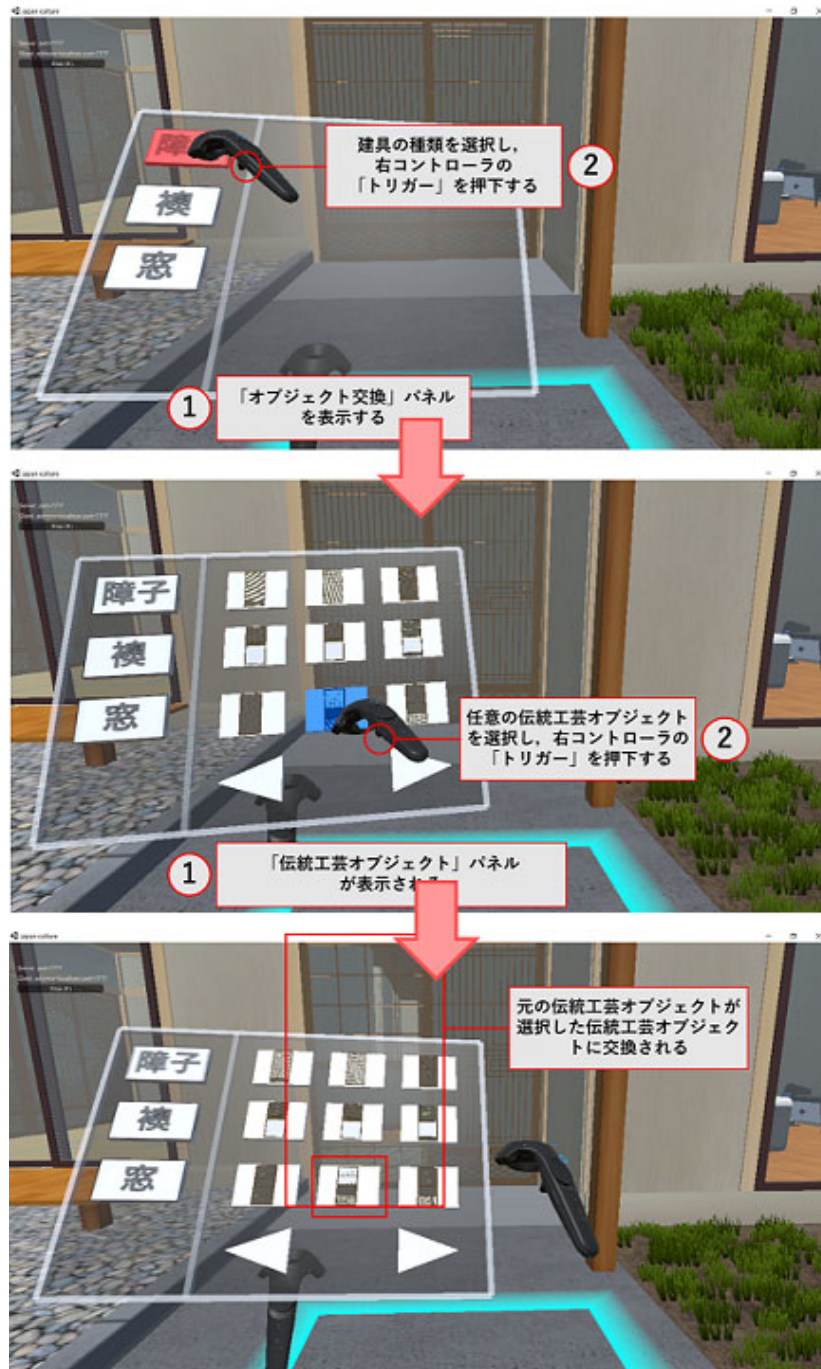


図 11：伝統工芸オブジェクトの交換

7.6 伝統工芸オブジェクトの開閉操作

ユーザは、空間内に配置された伝統工芸オブジェクトの開閉操作を行うことが可能となっている。ユーザが伝統工芸オブジェクトを開閉させるためには、開閉したい伝統工芸オブジェクトをコントローラで指した状態にし、コントローラの「Trigger」を押し続けながら、実際の扉を開閉させる要領でコントローラを左右へスライドさせることにより、伝統工芸オブジェクトを開閉させることが可能となっている。伝統工芸オブジェクトの開閉操作を図 12 に示す。

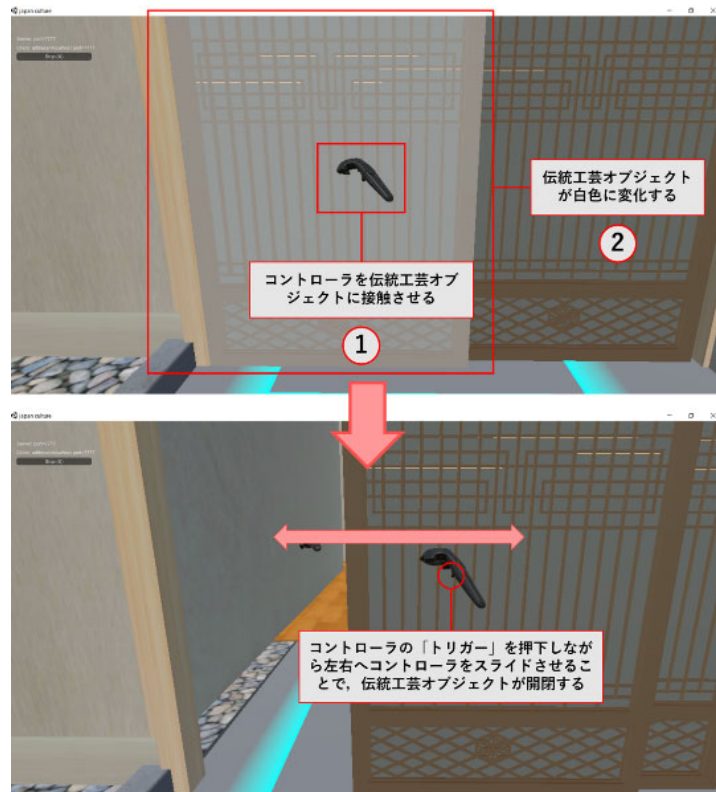


図 12：伝統工芸オブジェクトの開閉

8 感性検索法

本研究で導入する感性検索法では、感性語と建具との関連性を利用し感性語から建具の検索を行う。この関連性として、視覚的特徴と物理的特徴量を利用する。視覚的特徴とは人間が認識可能な特徴であり、色や素材といった建具のデザインパターンとなる部分である。物理的特徴量とは電子的に処理可能で客観的な特徴量であり、パターン認識手法で得られる特徴量となる部分である。

ユーザからの入力となる感性語を知識ベースで視覚的特徴へ変換し、視覚的特徴に対応する物理的特徴量へと変換する。知識ベースから得た物理的特徴量を元にデータベースで建具の検索を行う（図 13）。

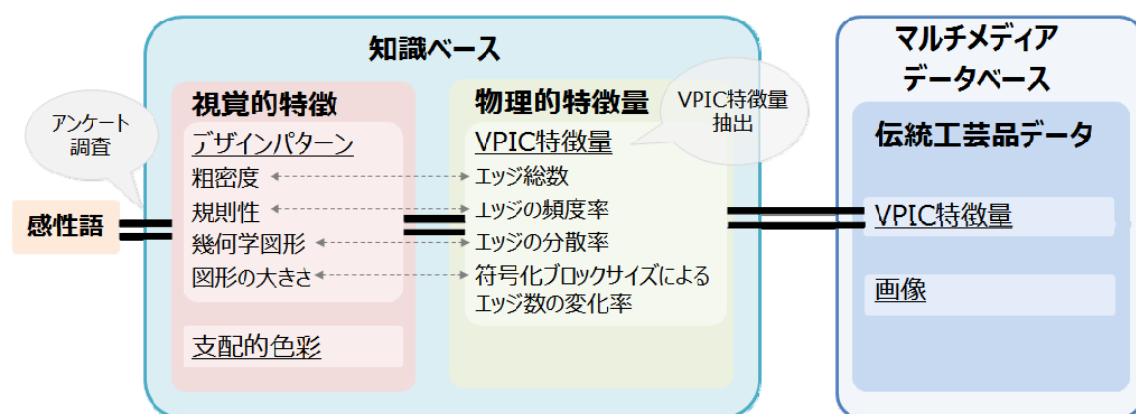


図 13：感性検索法

表 1 は各建具から受ける印象の評価得点の平均値を感性語対毎にまとめ、評価得点の平均値を降順に建具の順位付けをしたものである。

評価得点の見方については、中央値の 3 を境に、得点が低いほどアンケートの左側の感性語に強く影響を及ぼし、逆に高いほど右側の感性語に影響を与えていることを示す。例えば表 3 で感性語「重厚な - 軽快な」の列を見ると、評価得点の平均値が高い順に建具番号 20, 6, 21, ... と続くが、これらの建具は「軽快な」に強く影響を示し、逆に得点が低い建具番号 13, 12, 15, ... は「重厚な」に強く影響を示していることを表す。

表 1：評価得点の平均値による順位付け

感性語	重厚な- 軽快な	豪華な- 簡素な	落ち着いた- 派手な	個性的な- 伝統的な	モダンな- クラシックな	あっさり- 繊細な	硬い- やわらかい	野暮ったい- スマートな	暖かい- 涼しい	好き- 嫌い
順位	建具番号	評価得点	建具番号	評価得点	建具番号	評価得点	建具番号	評価得点	建具番号	評価得点
1	20	4.11	7	4.14	15	4.22	7	4.04	24	3.92
2	6	4.02	6	4.1	23	4.05	11	3.97	7	3.9
3	21	3.99	11	4.03	19	3.7	24	3.96	12	3.76
4	7	3.91	20	3.96	12	3.7	6	3.96	11	3.75
5	23	3.76	22	3.83	13	3.64	1	3.88	6	3.72
6	22	3.6	21	3.75	17	3.62	12	3.67	1	3.66
7	14	3.36	1	3.26	8	3.45	19	3.47	19	3.59
8	2	3.3	23	2.95	4	3.4	3	3.38	13	3.48
9	11	3.18	10	2.83	2	3.38	22	3.33	16	3.45
10	1	3.06	3	2.71	5	3.34	18	3.26	10	3.27
11	5	3.03	9	2.7	14	3.21	14	3.24	22	3.26
12	3	2.75	2	2.6	16	3.18	16	3.24	9	3.21
13	8	2.72	5	2.54	18	3.12	13	3.2	14	3.2
14	10	2.7	4	2.51	9	2.87	10	3.17	3	3.18
15	9	2.48	8	2.45	3	2.75	17	3.13	17	3.17
16	16	2.23	18	2.15	24	2.75	9	2.96	15	3.14
17	18	2.23	19	2.08	10	2.75	2	2.71	18	3.11
18	17	2.21	13	2.05	21	2.41	8	2.65	5	3.03
19	4	2.17	24	2.03	20	2.3	15	2.64	8	2.84
20	19	1.94	17	1.93	22	2.27	5	2.6	2	2.71
21	24	1.9	16	1.84	7	2.02	21	2.5	21	2.67
22	15	1.79	14	1.82	1	1.97	20	2.4	4	2.63
23	12	1.62	15	1.66	6	1.92	4	2.2	20	2.5
24	13	1.55	12	1.48	11	1.87	23	2	23	2.36

本研究では、建具の物理的特徴量として VPIC(Visual Pattern Image Coding)特徴量を抽出し、建具の視覚的特徴と関連付けた。エッジ総数について図 14 を見ると建具番号 14, 15, 17, 23, 24 が 128 分割の場合に高い値を示していることが分かる。エッジ総数は緻密な組子細工を用いたデザインの建具で高い値を示すことが分かった。

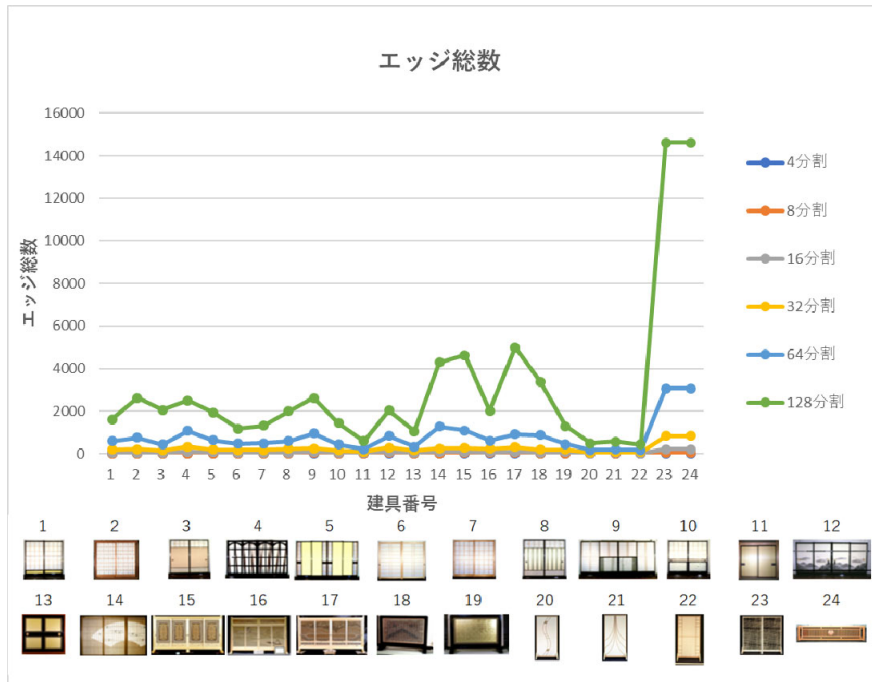


図 14：物理的特徴量抽出結果 - エッジ総数

次にエッジ変化率（図 15）について、建具番号 3, 17, 15, 23, 24 のような全体的に緻密な組子細工や細かなデザインがあらわれている建具の値が低いことがわかる．一方で、建具番号 4, 12, 22 といった大柄なデザインパターンの建具が高い値を示していることが分かる．

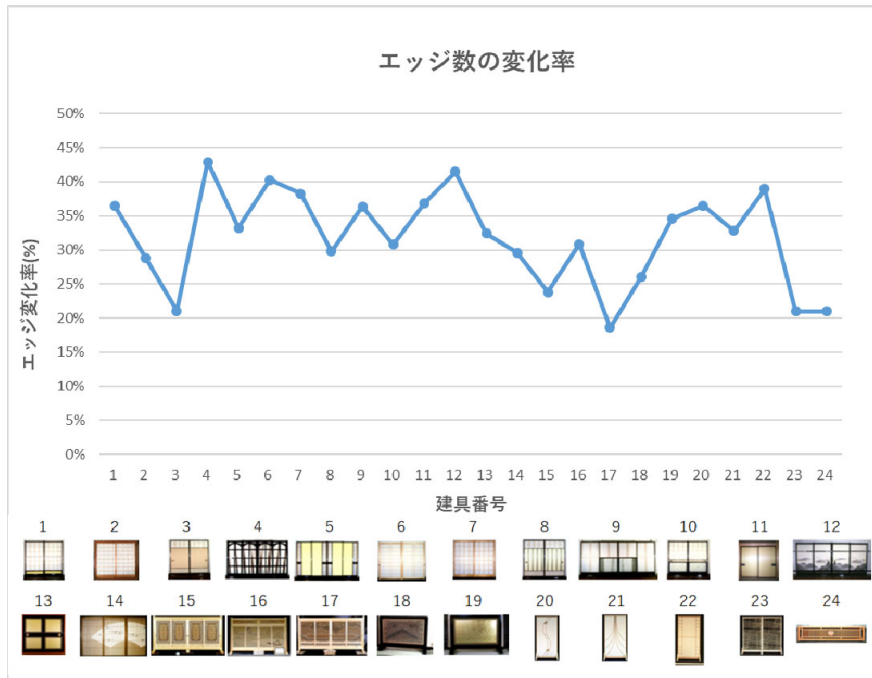


図 15：物理的特徴量抽出結果 - エッジ数の変化率

次に水平・垂直方向エッジ頻度率（図 16）について、規則性の高いデザインの建具の頻度率が高いことがわかる．

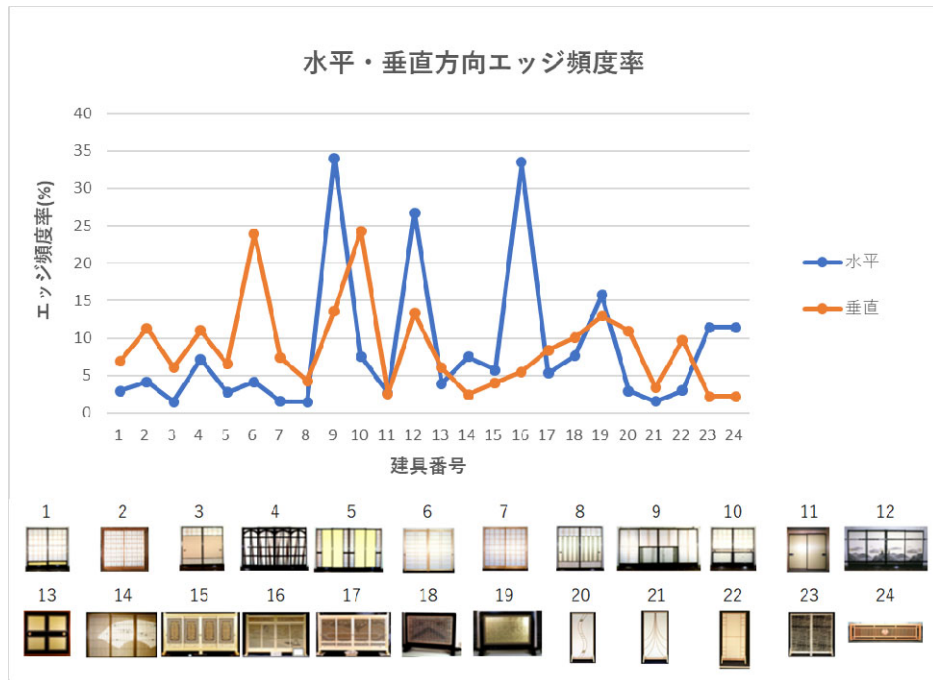


図 16：物理的特徴量抽出結果 - 水平・垂直方向エッジ頻度率

次にエッジ分散率（図 17）について、建具番号 2, 8, 14, 23, 24 といった粗密度が密な建具や四角形のパターンの建具の値が高いことが分かる。また、建具番号 19, 20, 21, 22 のような粗密度が粗な建具や曲線が主なデザインの建具の値が低いこともわかる。

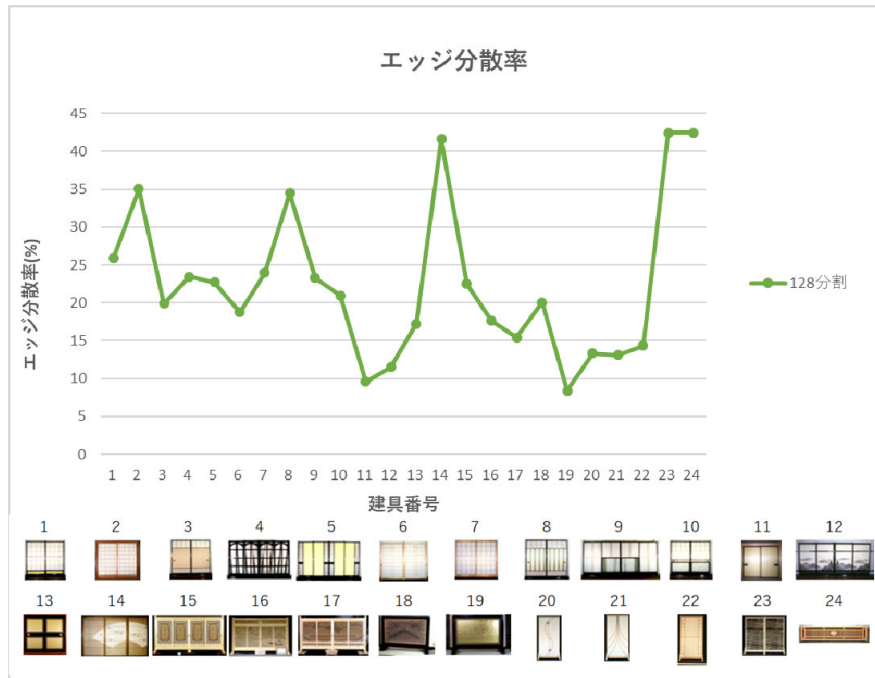


図 17：物理的特徴量抽出結果 - エッジ分散率

9 評価

本研究で開発した高臨場感伝統工芸システムについて、操作性、機能性、必要性、伝統工芸品の購入を想定した場合の有効性、伝統工芸品の認知度向上における有効性、応用性、没入感を評価するため、アンケート調査を実施した。実施したアンケート内容を図 18 に示す。

VR伝統工芸システムの評価について、アンケートにご協力ください。

当てはまる項目に○をつけてください。

性別（ 男 ・ 女 ）

年代（ 10代 ・ 20代 ・ 30代 ・ 40代 ・ 50代 ・ 60代 ・ 70代以上 ）

伝統工芸品の購入経歴（ あり なし ）

1. 【操作性】システムの操作性を次の5つの選択肢から回答してください。
☐ 簡単 ☐ やや簡単 ☐ どちらともいえない ☐ やや難しい ☐ 難しい
2. 【機能性】システムの機能性（空間の歩行やオブジェクトの開閉など）を次の5つの選択肢から回答してください。
☐ 満足 ☐ やや満足 ☐ どちらともいえない ☐ やや不満足 ☐ 不満足
3. 【必要性】伝統工芸品を体験できるシステムとしての必要性を次の5つの選択肢から回答してください。
☐ 必要 ☐ やや必要 ☐ どちらともいえない ☐ やや不必要 ☐ 不必要
4. 【有効性】伝統工芸品の購入を想定した場合、システムの有効性を次の5つの選択肢から回答してください。
☐ 有効 ☐ やや有効 ☐ どちらともいえない ☐ やや有効でない ☐ 有効でない
5. 【有効性】伝統工芸品の認知度向上について、システムの有効性を次の5つの選択肢から回答してください。
☐ 有効 ☐ やや有効 ☐ どちらともいえない ☐ やや有効でない ☐ 有効でない
6. 【応用性】本システムを伝統工芸分野以外（たとえば、教育分野や医療分野など）にも適用させた場合、システムの応用性を次の5つの選択肢から回答してください。
☐ 高い ☐ やや高い ☐ どちらともいえない ☐ やや低い ☐ 低い
7. 【没入感】あたかもシステムの空間内に実際に身をおいている感覚（没入感）について、次の5つの選択肢から回答してください。
☐ 高い ☐ やや高い ☐ どちらともいえない ☐ やや低い ☐ 低い

このシステムに関してご意見・ご感想などございましたら、自由に記入してください。

ご協力、有難うございました。

図 18：アンケート調査内容

9.1 高臨場感伝統工芸システムの操作性

高臨場感伝統工芸システムの操作性に係る評価結果を図 19 に示す。「簡単」もしくは「やや簡単」と回答

した被験者が 79%となっており、高臨場感伝統工芸システムの高い操作性を確認することができた。一方で、「やや難しい」もしくは「難しい」と回答した被験者が 14%となった。これは、HMD を使用した VR システムを初めて体験した被験者が多く、VR 空間の操作に慣れていないためと考えられる。今後高臨場感伝統工芸システムのユーザインターフェイスを含めた操作性を向上させる必要がある。

また、年代別の高臨場感伝統工芸システムの操作性に係る評価結果を図 20 に示す。年代別においても、多くの年代において「簡単」もしくは「やや簡単」と回答した被験者が多い結果となった。

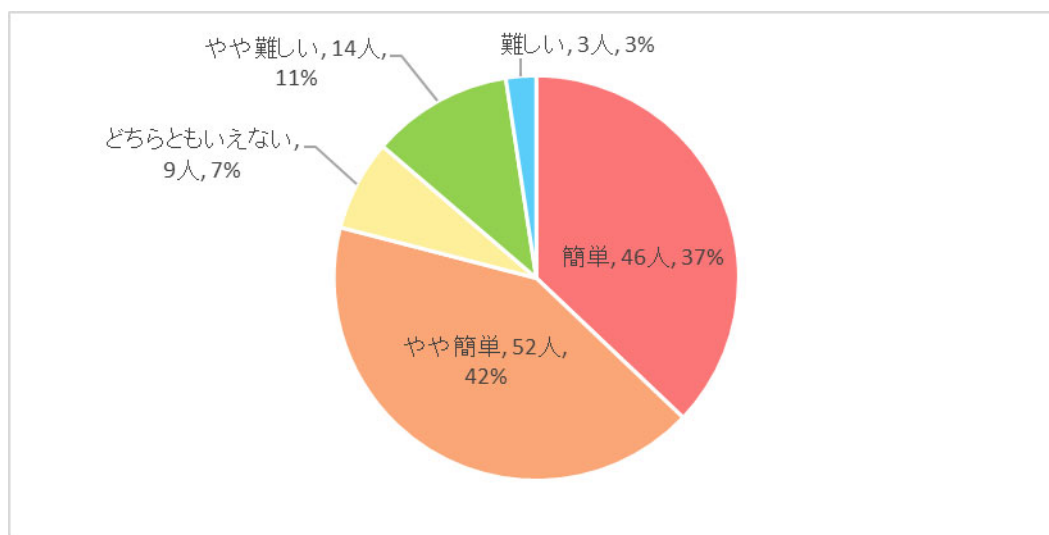


図 19：高臨場感伝統工芸システムの操作性 (n=124)

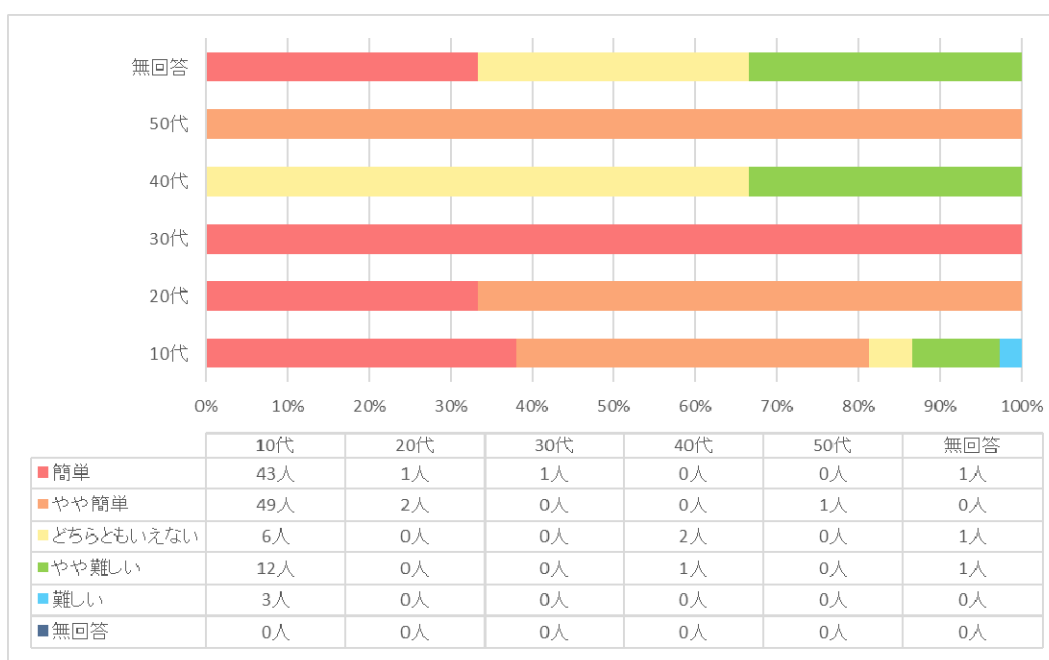


図 20：年代別における高臨場感伝統工芸システムの操作性 (n=124)

9.2 高臨場感伝統工芸システムの機能性

高臨場感伝統工芸システムの機能性に係る評価結果を図 21 に示す。「満足」もしくは「やや満足」と回答した被験者が 85%となっており、高臨場感伝統工芸システムの高い機能性を確認することができた。

また、年代別の高臨場感伝統工芸システムの機能性に係る評価結果を図 22 に示す。年代別においても、多

くの年代において「満足」もしくは「やや満足」と回答した被験者が多い結果となった。

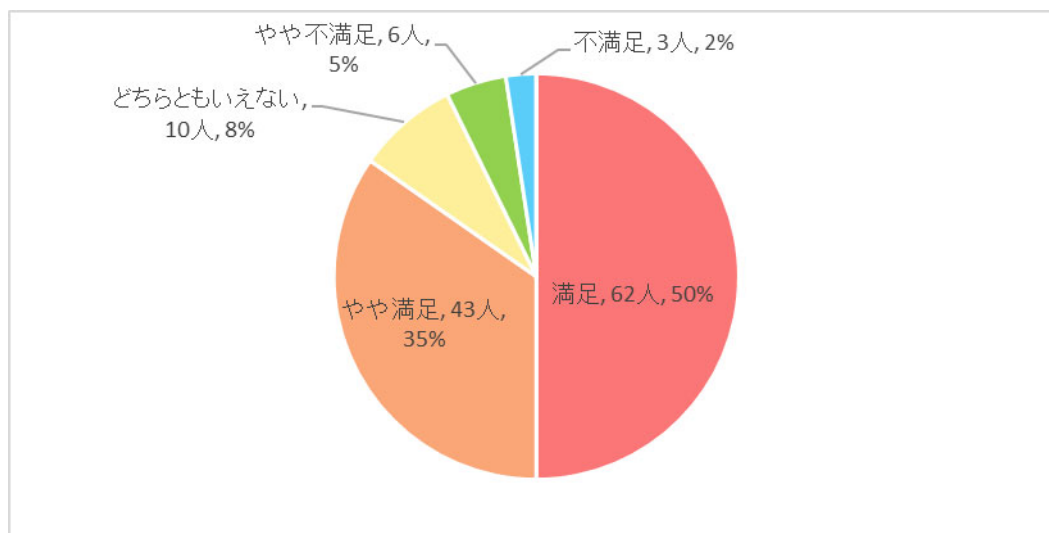


図 21：高臨場感伝統工芸システムの機能性（ $n=124$ ）

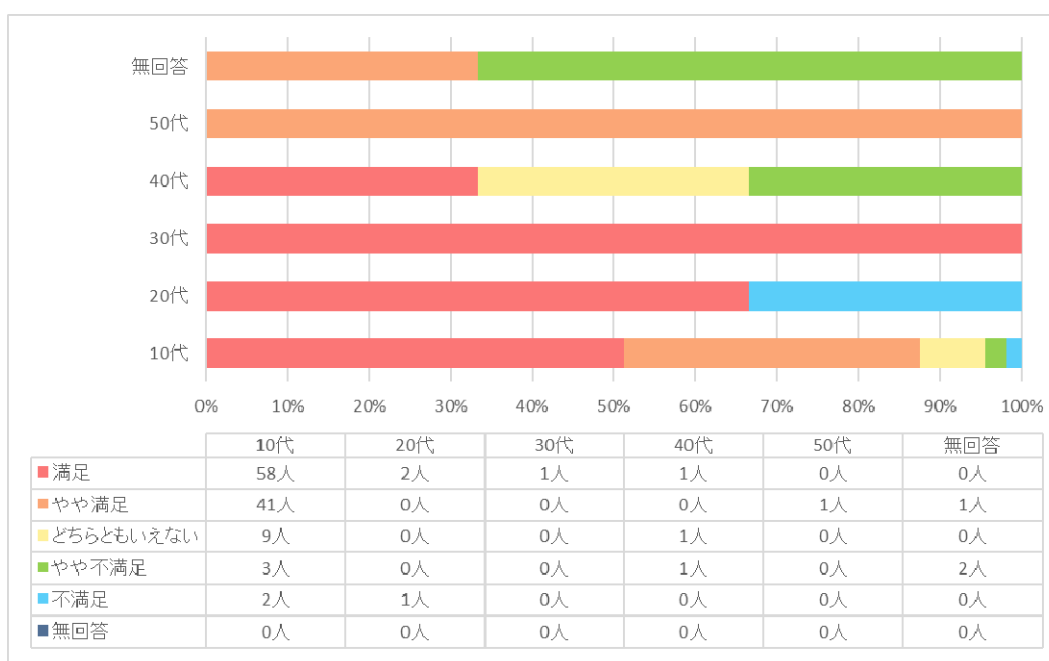


図 22：年代別における高臨場感伝統工芸システムの機能性（ $n=124$ ）

9.3 高臨場感伝統工芸システムの必要性

高臨場感伝統工芸システムの必要性に係る評価結果を図 23 に示す。「必要」もしくは「やや必要」と回答した被験者が 70%となっており、高臨場感伝統工芸システムの高い必要性を確認することができた。一方で、「どちらともいえない」と回答した被験者が 24%となった。これは、被験者の年齢層が若いこともあり、生活様式の欧米化に慣れていること、また、伝統工芸品に触れる機会が少ないことなどから、伝統工芸を題材としたシステムの必要性をそれほど感じていないものと考えられる。

また、年代別の高臨場感伝統工芸システムの必要性に係る評価結果を図 24 に示す。年代別においても、多くの年代において「必要」もしくは「やや必要」と回答した被験者が多い結果となった。一方で、「どちらともいえない」、「やや不必要」、「不必要」と回答した被験者の年齢層は 10 代が多い結果となった。

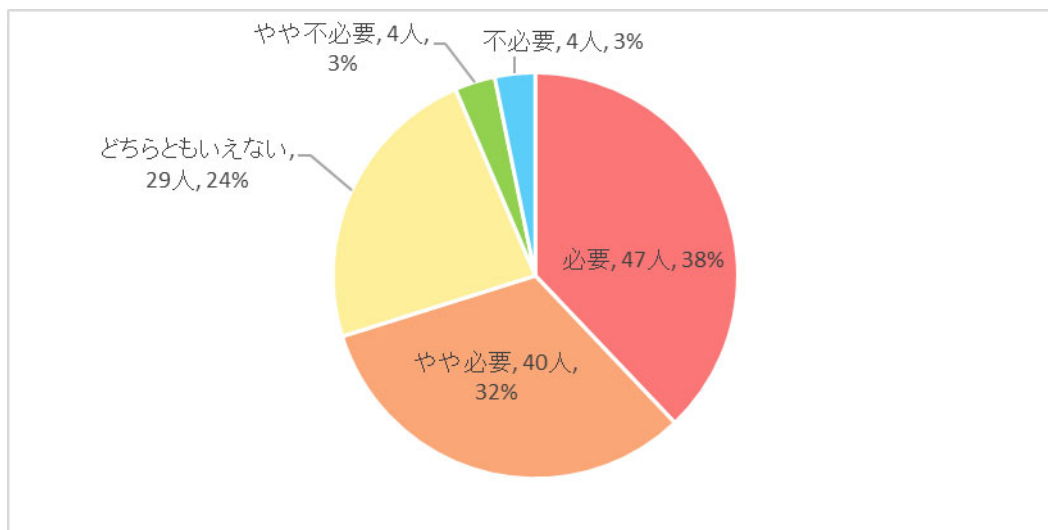


図 23：高臨場感伝統工芸システムの必要性（ $n=124$ ）

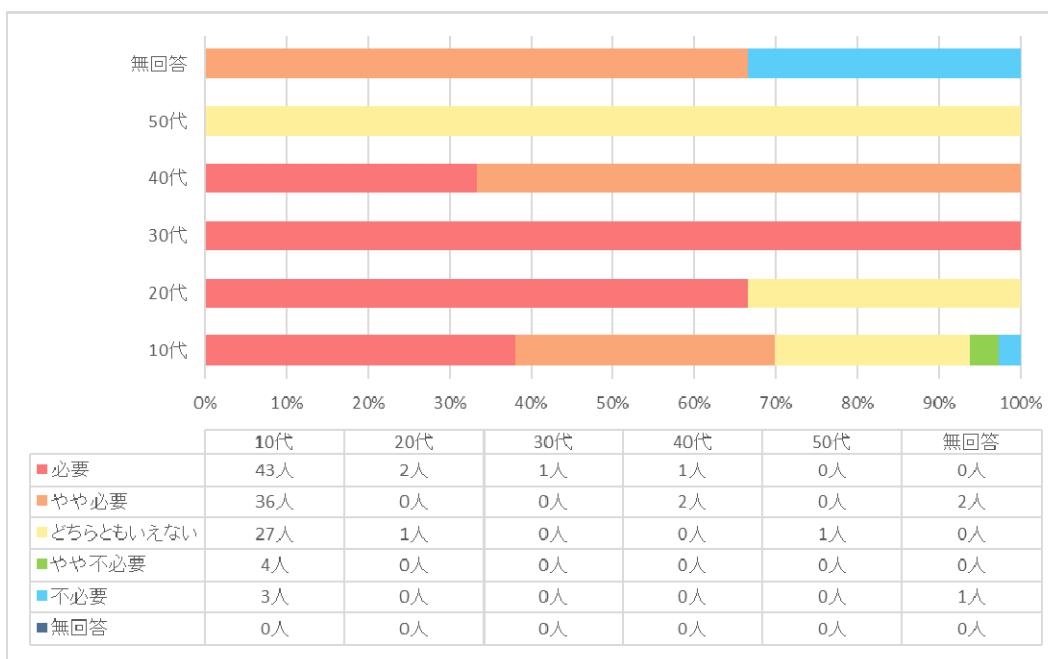


図 24：年代別における高臨場感伝統工芸システムの必要性（ $n=124$ ）

9.4 伝統工芸品の購入を想定した場合の高臨場感伝統工芸システムの有効性

伝統工芸品の購入を想定した場合の高臨場感伝統工芸システムの有効性に係る評価結果を図 25 に示す。「有効」もしくは「やや有効」と回答した被験者が 69%となっており、伝統工芸品の購入を想定した場合の高臨場感伝統工芸システムの高い有効性を確認することができた。一方で、「やや有効でない」、「有効でない」と回答した被験者は 9%、「どちらともいえない」と回答した被験者が 23%となった。これは、必要性の評価結果同様、被験者の年齢層が若いこともあり、生活様式の欧米化に慣れていること、また、伝統工芸品に触れる機会が少ないことなどから、伝統工芸品の購入を想定した場合の伝統工芸を題材としたシステムの有効性をそれほど感じていないものと考えられる。

また、年代別における伝統工芸品の購入を想定した場合の高臨場感伝統工芸システムの有効性に係る評価結果を図 26 に示す。多くの年代において「有効」もしくは「やや有効」と回答した被験者が多い結果となっ

た。一方で、「どちらともいえない」、「やや不必要」、「不必要」と回答した被験者の年齢層は10代が多い結果となった。

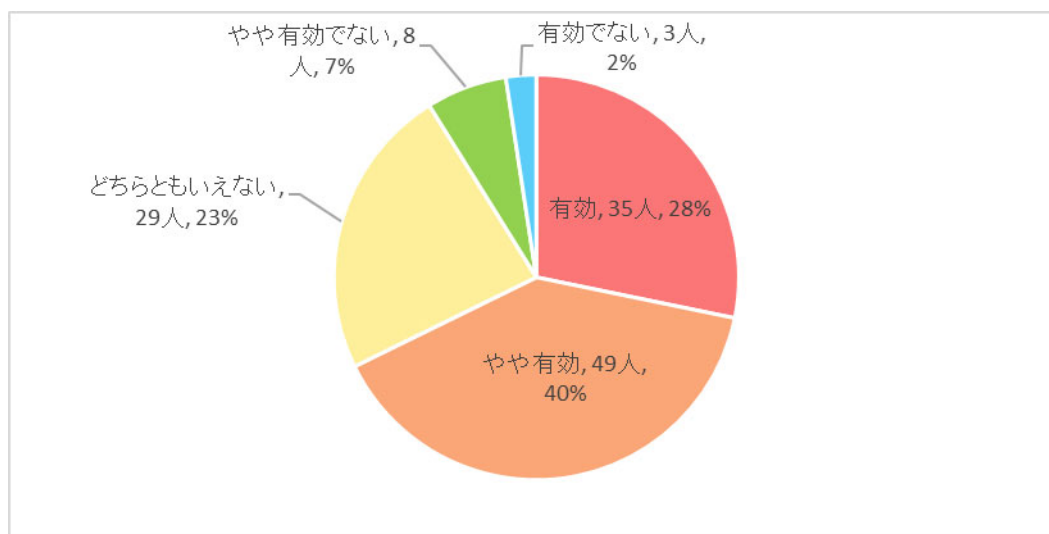


図 25：伝統工芸品の購入を想定した場合の高臨場感伝統工芸システムの有効性（ $n=124$ ）

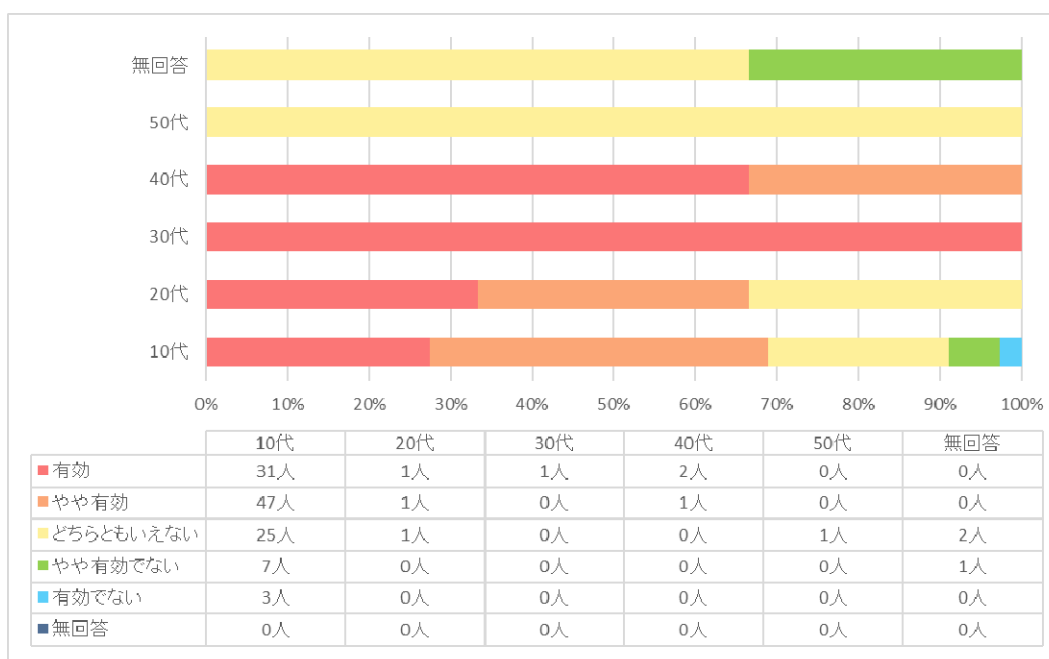


図 26：年代別における伝統工芸品の購入を想定した場合の高臨場感伝統工芸システムの有効性（ $n=124$ ）

9.5 伝統工芸品の認知度向上における高臨場感伝統工芸システムの有効性

伝統工芸品の認知度向上における高臨場感伝統工芸システムの操作性に係る評価結果を図 27 に示す。「有効」もしくは「やや有効」と回答した被験者が 84%となっており、伝統工芸品の認知度向上における高臨場感伝統工芸システムの高い有効性を確認することができた。

また、伝統工芸品の認知度向上における高臨場感伝統工芸システムの有効性に係る年代別の評価結果を図 28 に示す。年代別においても、多くの年代において「有効」もしくは「やや有効」と回答した被験者が多い結果となった。

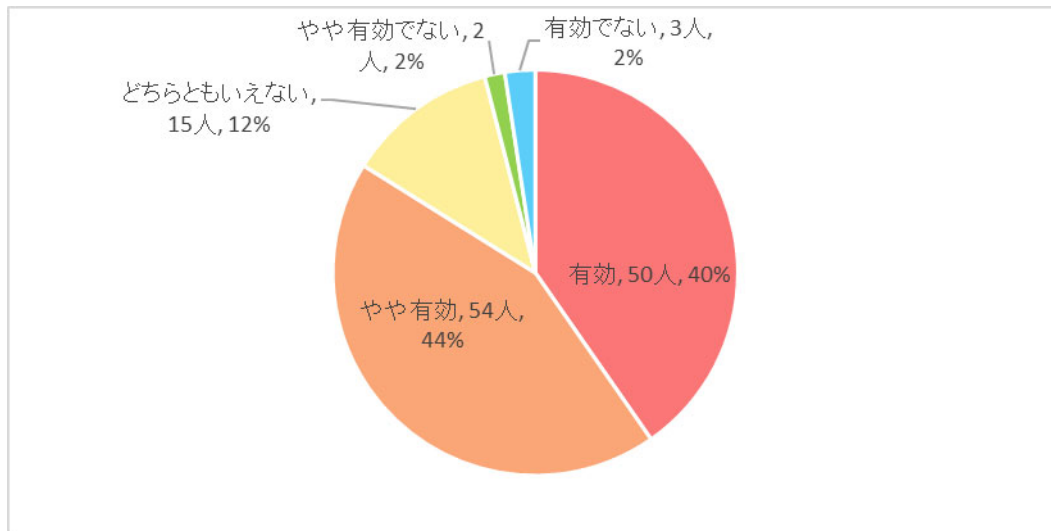


図 27：伝統工芸品の認知度向上における高臨場感伝統工芸システムの有効性（ $n=124$ ）

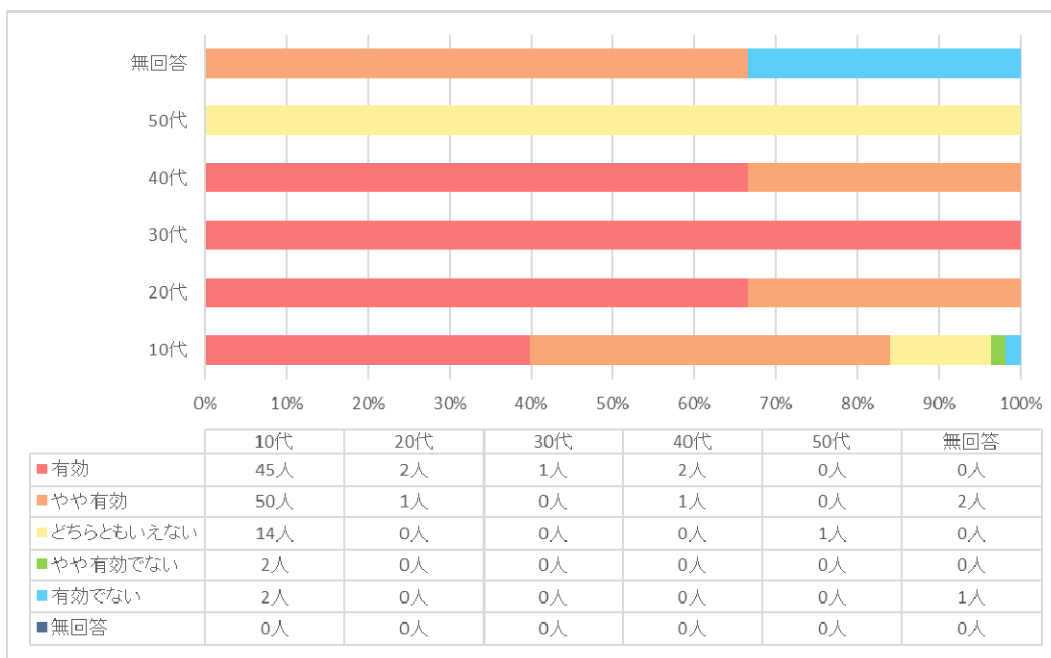


図 28：年代別における伝統工芸品の認知度向上における高臨場感伝統工芸システムの有効性（ $n=124$ ）

9.6 高臨場感伝統工芸システムの応用性

高臨場感伝統工芸システムを伝統工芸分野以外にも適用させた場合の応用性に係る評価結果を図 29 に示す。「高い」もしくは「やや高い」と回答した被験者が 88%となっており、高臨場感伝統工芸システムを伝統工芸分野以外にも適用させた場合の高い応用性を確認することができた。

また、年代別の高臨場感伝統工芸システムを伝統工芸分野以外にも適用させた場合の応用性に係る評価結果を図 30 に示す。年代別においても、多くの年代において「高い」もしくは「やや高い」と回答した被験者が多い結果となった。被験者からのコメントとしては、「医学部、看護学部などの実習に使用できると良い」や「より多くの目的に使える気がする」といった意見を頂いた。

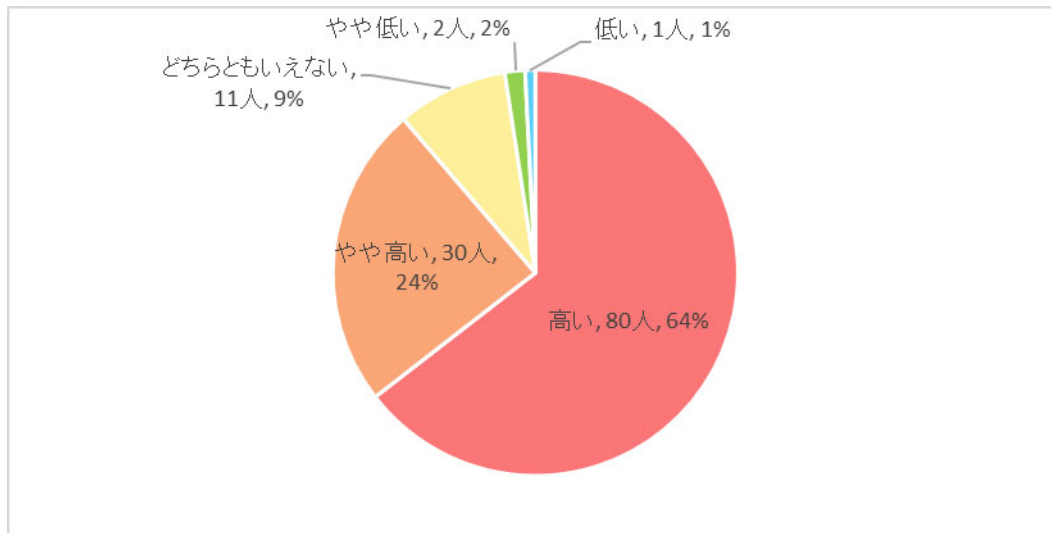


図 29：高臨場感伝統工芸システムを伝統工芸分野以外にも適用させた場合の応用性（ $n=124$ ）

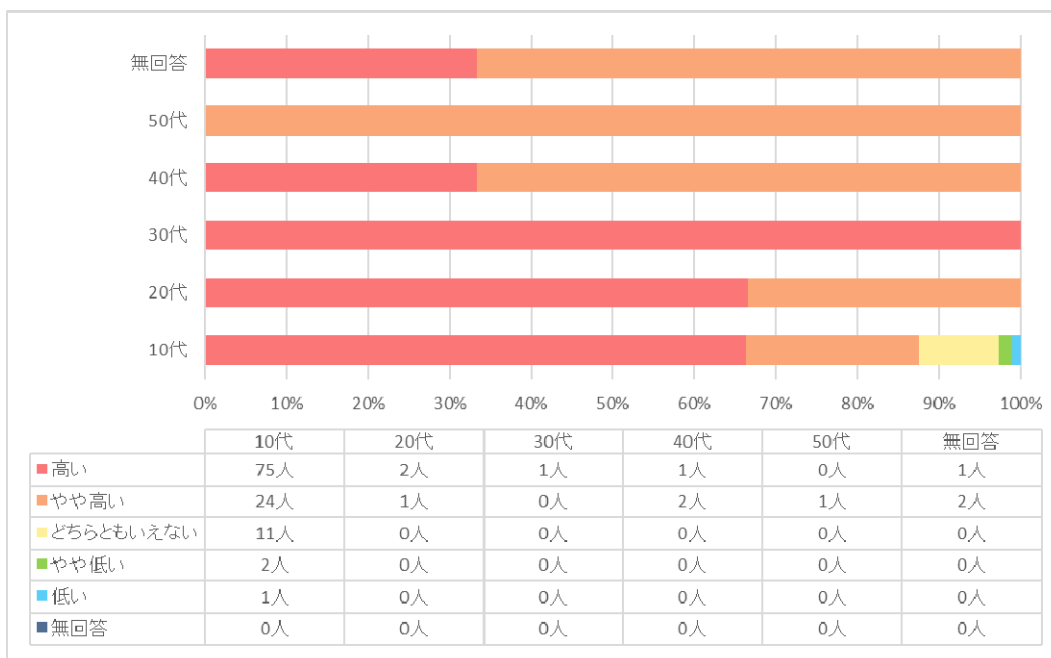


図 30：年代別における高臨場感伝統工芸システムを伝統工芸分野以外にも適用させた場合の応用性（ $n=124$ ）

9.7 高臨場感伝統工芸システムの没入感

高臨場感伝統工芸システムの没入感に係る評価結果を図 31 に示す。「高い」もしくは「やや高い」と回答した被験者が 92% となっており、高臨場感伝統工芸システムの高い没入感を確認することができた。

また、年代別の高臨場感伝統工芸システムの没入感に係る評価結果を図 32 に示す。年代別においても、多くの年代において「高い」もしくは「やや高い」と回答した被験者が多い結果となった。被験者からのコメントとしては、「本当にその場にいるような体験ができる」、「まるで画面の中の世界にいるようだ」、「リアルに家の中にいるようだ」といった意見を頂いた。

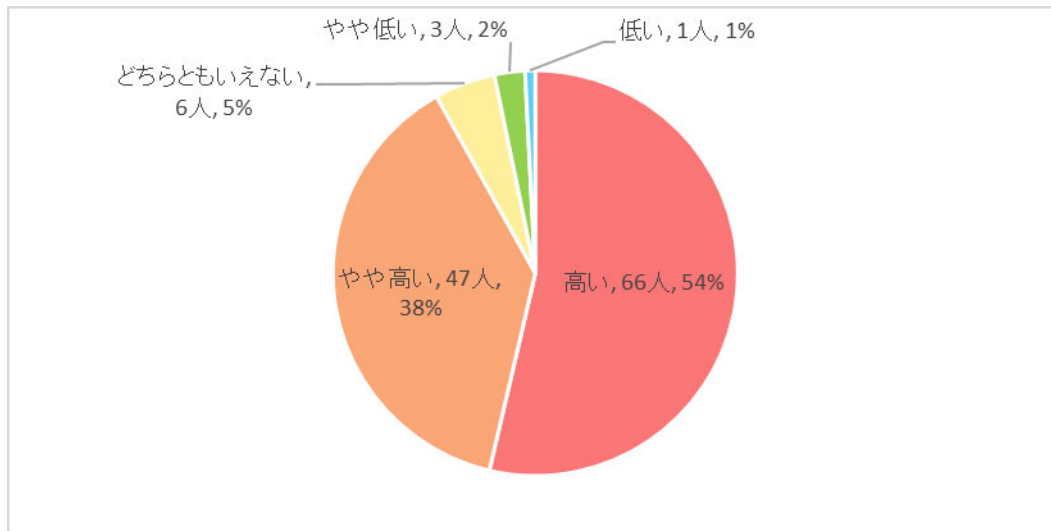


図 31：高臨場感伝統工芸システムの没入感（ $n=124$ ）

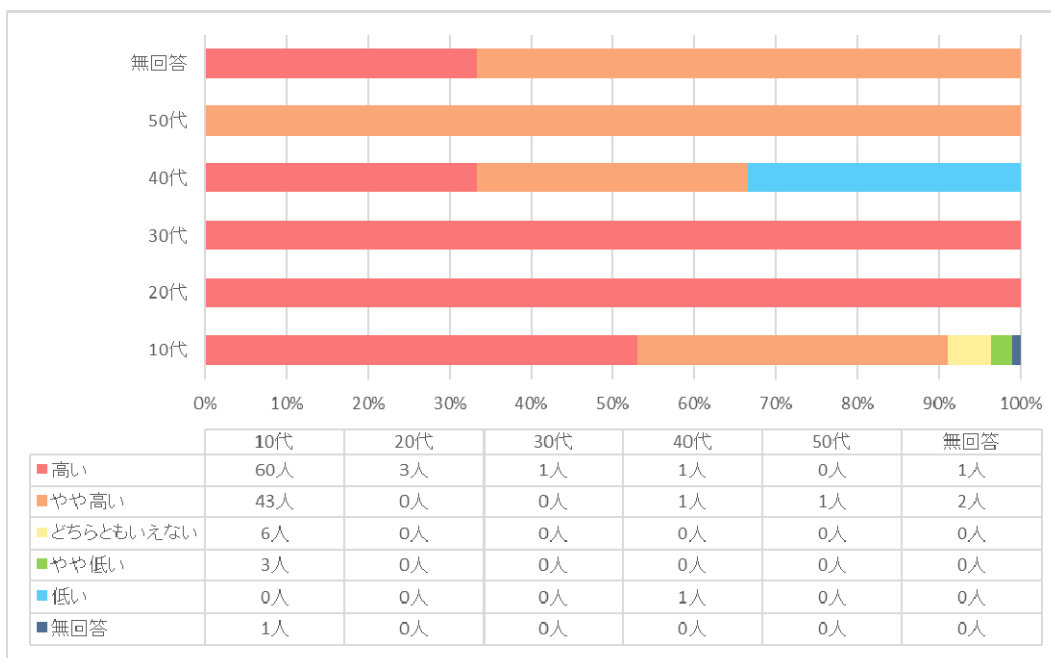


図 32：年代別における高臨場感伝統工芸システムの没入感（ $n=124$ ）

9.8 評価結果の平均値と標準偏差

本研究では、開発した高臨場感伝統工芸システムの各項目に対して5段階のリッカート尺度を用いた評価を行った。評価の結果は良い順から4, 3, 2, 1, 0の5段階の点数を付け、結果の点数に基づき計算した平均値と標準偏差を表2に示す。

評価結果の平均値において、多くの項目において3.00以上の高い評価を得ることができた。さらに、本システムの応用性にかかる平均が3.50、没入感にかかる平均が3.41であったことから、本システムの伝統工芸分野以外への応用の可能性が確認できたとともに、本システムが臨場感および没入感の高いプレゼンテーション空間をユーザに提供できていることが確認できた。しかしながら、本システムの必要性にかかる平均が2.98、伝統工芸品の購入を想定した場合の有効性が2.85であったことから、伝統工芸品が持つ味わい深さをより伝えられるシステムを構築するとともに、伝統工芸品に興味を抱かせるようなシステムを構築する必要があることが明らかとなった。

また、評価結果の標準偏差においては、本システムの操作性にかかる標準偏差が 1.05、必要性にかかる標準偏差が 1.02 という結果となっており、他の評価項目と比較してばらつきが高い結果となった。これは、被験者が VR に触れる機会が少なく、VR 空間の操作に慣れていないこと、また、生活様式が欧米化している現代において伝統工芸品に触れる機会が少ないため、伝統工芸品の本物の良さを感じる機会がないことなどが理由として考えられる。

表 2：評価結果の平均値と標準偏差

項目	平均値	標準偏差
操作性	3.00	1.05
機能性	3.25	0.96
必要性	2.98	1.02
有効性（購入）	2.85	0.98
有効性（認知）	3.18	0.88
応用性	3.50	0.79
没入感	3.41	0.76

10 まとめ

本報告書では、頭部装着ディスプレイによる協調作業環境を実現した高臨場感伝統工芸システムの構築と評価について述べた。本研究では、石川県七尾市の伝統工芸品を例に取り、安価なヘッドマウントディスプレイ（Head Mounted Display：HMD）をプラットフォームとした高臨場感伝統工芸システムを開発した。

本研究で構築した高臨場感伝統工芸システムは、市販の HMD 端末を用いることで、臨場感・没入感の高い「和」と「洋」を融合させた伝統工芸品プレゼンテーション空間を利用者に提示することが可能とした。また、利用者はウォークスルー移動もしくはテレポート移動により、プレゼンテーション空間内を自由に体験することが可能となっている。さらに、利用者は直感的な操作により、プレゼンテーション空間内に配置された伝統工芸品の交換、ドアの開閉、インテリア製品の移動や追加といったインタラクティブな操作が可能となっている。

本研究の評価として、高臨場感伝統工芸システムの操作性、機能性、必要性、伝統工芸品の購入に当たる有効性、伝統工芸品認知度の向上に当たる有効性、応用性、没入感の 7 項目に関する評価実験を行った。評価の結果、多くの項目において高い評価を得ることができた。一方で、システムの操作性、必要性および伝統工芸品の購入に当たる有効性について、改良の余地が明らかとなった。

11 今後の課題

今後の課題として、高臨場感伝統工芸システムの操作性の改善、コンテンツの充実化、伝統工芸品の認知度向上によるシステムの必要性和有効性の向上、さらに、マルチデバイスへの対応などが挙げられる。

11.1 操作性の改善

高臨場感伝統工芸システムの操作性に係る評価結果において、「やや難しい」もしくは「難しい」と回答した被験者が 14%となった。これは、HMD を使用した VR システムを初めて体験した被験者が多く、VR 空間の操作に慣れていないためと考えられるが、今後、全体的なシステム操作の改善を検討するとともに、特に意見の多かった空間内におけるドア等の開閉操作を改善する必要がある。また、テレポート移動操作において、利用者が意図しない場所にテレポートしてしまうケースが多く見られたことから、テレポート移動における操作性を向上させる必要がある。

11.2 VR 空間の高精細化

システム評価の際、数人の被験者から、VR 空間内における空間全体・オブジェクトの高精細化について改善の余地があると指摘を受けた。高臨場感伝統工芸システム内で取り扱っている伝統工芸品は CAD データを元にした 3D データを用いていることから非常に高精細なオブジェクトとなっているが、現代インテリアや庭空間などは細部まで作り込まれたオブジェクトとはなっていないため、今後 VR 空間内で取り扱う全てのオブジェクトの高精細化を検討する必要がある。

11.3 オーディオ機能の追加

本研究で構築した高臨場感伝統工芸システムでは、現在オーディオデータを取り扱っていない。今後、ドアの開閉音や水の流れる音、オブジェクトを移動させた際の効果音などを実装することにより、より一層の現実感の向上を図っていく必要がある。

11.4 コンテンツの充実化

本研究では、石川県七尾市の伝統工芸品を例に取りシステムを実装したが、日本は数多くの様々な伝統工芸品が存在する。そのため、本高臨場感伝統工芸システムを介して日本全国の伝統工芸品を体験可能なシステムの構築を検討する必要がある。

11.5 提示情報の追加

システム評価の際、数人の被験者から、伝統工芸品に係る 3D データのみではなく、その伝統工芸品の背景や解説、使用されている技術なども提示されると良いとの意見を頂いた。日本の伝統工芸品は地域の文化と特色を表し、様々な技法が用いられていることから、これらの情報を伝統工芸品とともに利用者に提示することにより、利用者に対して伝統工芸品への興味・関心の喚起を促すようなシステムを構築する必要がある。

12 今後の展開

近年の VR 技術の発展に伴い、大規模な設備を必要としない安価なヘッドマウントディスプレイが普及し始めている。本研究においても、高臨場感な伝統工芸プレゼンテーションシステムを利用者に提供するため、HTC 社が開発した VIVE システムを利用した。さらに、本研究で開発した高臨場感バーチャル伝統工芸プレゼンテーションシステムは、マルチユーザ空間共有機能を実装することにより、伝統工芸基礎空間を遠隔ユーザ間で協調作業が行える環境を構築した。しかしながら、本システムに遠隔から接続可能なデバイスは VIVE のみとなっている。そこで、将来的には VIVE システム以外の VR デバイスにも対応させることで、図 33 に示すように高臨場感バーチャル伝統工芸プレゼンテーションシステムを介した伝統工芸品の体験をより多くの利用者に提供する予定である。



図 33 : マルチデバイスによる遠隔強調作業の実現

また、本研究で構築した高臨場感な伝統工芸プレゼンテーションシステムは、石川県七尾市の伝統工芸品のほかに、インテリア製品や生活家電、自動車などの人々の生活に関わる様々な 3D オブジェクトを利用者に提供する。しかしながら、利用者が体験可能な 3D オブジェクトは予めデータベースに登録された 3D オブジェクトのみとなっており、利用者が独自に 3D オブジェクトを追加することはできない。そこで、本システムを伝統工芸分野以外の適用させるためには、図 34 に示すように、利用者による自由な 3D オブジェクトの追加機能が必要であると考え、この機能により、教育分野や医療分野など利用者のニーズに応じてシステムを構築することが可能となる。

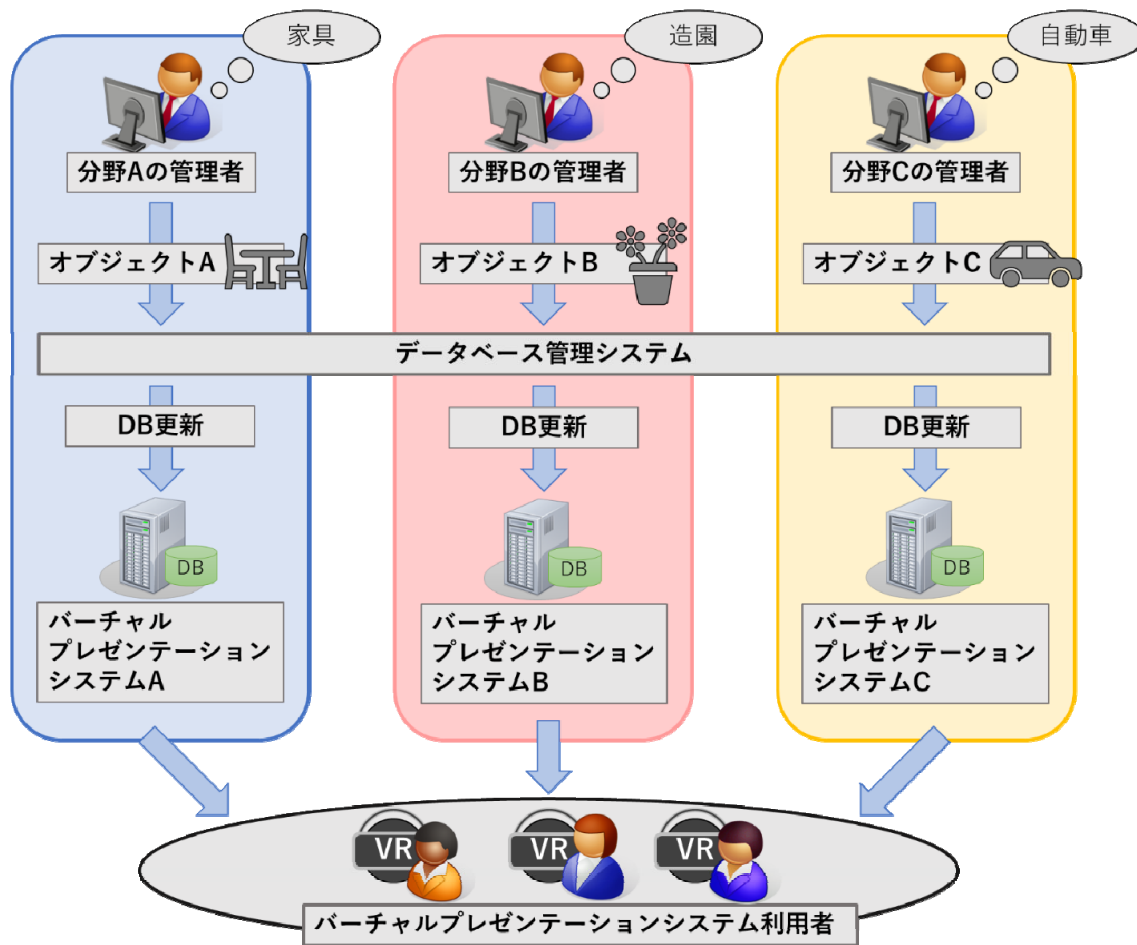


図 34：システムのお分野への応用

〈発表資料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
Implementation of a high presence immersive traditional crafting system with remote collaborative work support	International Journal of Grid and Utility Computing (IJGUC)	Accepted
MR 家具配置シミュレーションシステム	茨城大学第12回学生サステナビリティフォーラム（ポスター発表）	2019年2月
Proposal of a Furniture Layout Simulation System using Mixed Reality Technology	Proc. of the 24th International Symposium on Artificial Life and Robotics	2019年1月
MR 技術を活用した建具配置シミュレーションの検討	日本バーチャルリアリティ学会第36回レイマージョン技術研究会研究会	2018年12月
HMD を活用した伝統工芸体験システムの提案	日本バーチャルリアリティ学会第23回大会	2018年9月
Proposal of a Virtual Traditional Crafting System using Head Mounted Display	Proc. of the 21th Springer International Conference on Network-Based Information Systems	2018年9月 【Best Paper Award 受賞】

なお、国際会議 The 21th Springer International Conference on Network-Based Information Systems で研究発表を行った「Proposal of a Virtual Traditional Crafting System using Head Mounted Display」は、“Best Paper Award”を受賞した。

