



多面連動デジタルサイネージの映像提示による 臨場感に関する検討

三河祐梨¹⁾, 吹上大樹²⁾, 横坂拓巳²⁾, 久保田祐貴²⁾, 丸谷和史²⁾

1) 東京大学 (〒 113-8654 東京都文京区本郷 7-3-1, yuri.mikawa@gmail.com)

2) NTT 株式会社 コミュニケーション科学基礎研究所 (〒 243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮 3-1)

概要: 駅や広場などの公共の都市空間には多面連動デジタルサイネージがあるが、これは広域空間において不特定多数に対し迫真的体験をもたらさうる、広い意味での VR 映像デバイスと捉えることができる。本研究ではこの構想のもとに、多面連動デジタルサイネージでの映像提示による臨場感に関する被験者実験をヘッドマウントディスプレイを用いて行い、多面サイネージの間隔が狭い場合には、臨場感を高める効果があることが見出された。

キーワード: 多面連動デジタルサイネージ, 臨場感, 空間分散的視覚刺激

1. はじめに

近年、多くの都市部において、駅や広場などの公共空間にデジタルサイネージが設置されており、それも 1 台ではなく複数台設置される事例が多く見受けられる。そこでは迫力のある印象的な映像提示が可能になると考えられていることから、広告提示を中心に活用されている。これらの多数個のサイネージは、セットトップボックス (STB) を用いて同期提示を行うことが多いことから、「多面連動デジタルサイネージ」と呼ばれている (以下多面サイネージと呼ぶ)。多面サイネージは、分散した部分映像ではあるものの、空間的視覚刺激を提示できることから、「五感を情報提示で刺激する」という広い意味でのバーチャルリアリティ (VR) と捉えることができる。これらのサイネージが、駅などの公共施設における視覚的空間上で一定程度の領域を占めており、そこに提示される動的刺激によって、不特定多数の人々の行動や認知に変容をもたらす可能性がある。

不特定多数の体験変容をもたらすための刺激環境の構築におけるポイントの一つとして、臨場感があげられる。本研究では、VR 映像デバイスとしての多面サイネージが持つ特性を評価する足掛かりとして、臨場感に関する基礎的検討を、VR ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を用いて行う。HMD 上では、異なるサイネージの個数をシミュレートして比較評価を行う。なお、VR-HMD あるいは CAVE のような連続的なディスプレイの臨場感に関してはこれまで多数の研究が行われたが、本提案のような空間内で分散する映像における臨場感に関しては初めてとみられる。

2. 評価指標の選定

仮想環境における臨場感 (Presence) に関してはすでにさまざまな国際的な指標が存在する [4, 2, 5]。しかしながらこれらの指標では、連続的な映像に取り囲まれた VR 空間で、ユーザが自ら作業を行うといったインタラクティブな要素を含む状況を仮定した設問が多い。たとえば、Slater-

Usoh-Steed Questionnaire (SUS) [4] の 3 番は “When you think back to the experience, do you think of the virtual environment more as images that you saw or more as somewhere that you visited? (仮想環境の体験は過去にあなたが見た映像, あるいは訪れた場所に近いと感じますか?)”, Igroup Presence Questionnaire (IPQ)[2] の g1 では “コンピュータで作られた世界の中で、私はそこにいるような気がした” といった質問項目があるほか、Presence Questionnaire (PQ)[5] では「関与性」や「インターフェイス品質」などの項目が含まれる。これに対し本研究では、空間内の一部分にのみ映像刺激が提示され、連続的な映像に囲まれる状況ではなく、かつユーザはそれを受容し体験するのみで、ユーザの行動に応じて映像が変化するというインタラクティブな要素を含まないことから、これらの設問は相応しくないと考えられる。

現実と仮想が入り混じる Mixed reality (MR) における臨場感については、近年関心が高まっており、本研究もサイネージによる仮想映像は実空間の一部分を占めることから MR の一つと考えられる。しかし MR での臨場感の評価は、実質的には異なるはずの VR 用の評価手法が転用されているなど、評価手法はいまだ体系化されていない [3]。

他方で、臨場感を表す日本語の研究例があり [7]、ここでは上記の国際的指標とは異なり、インタラクションを含む体験変容よりも、映画館で鑑賞するといった体験の受容そのものに重きを置かれた形容詞対が研究されていた。形容詞対は合計で 26 個あり、そして各形容詞対は、評価性因子・迫力因子・活動性因子・機械性因子に分けられていた。本研究はこの趣旨に適うものであり、かつ本稿では日本人を対象とする実験を行うこともあり、これらの日本語の形容詞対の一部を用いた初期検討を行う。

従来研究に、この日本語の形容詞対を用いて、テレビの解像度の違いによる臨場感の違いを計測した研究例がある

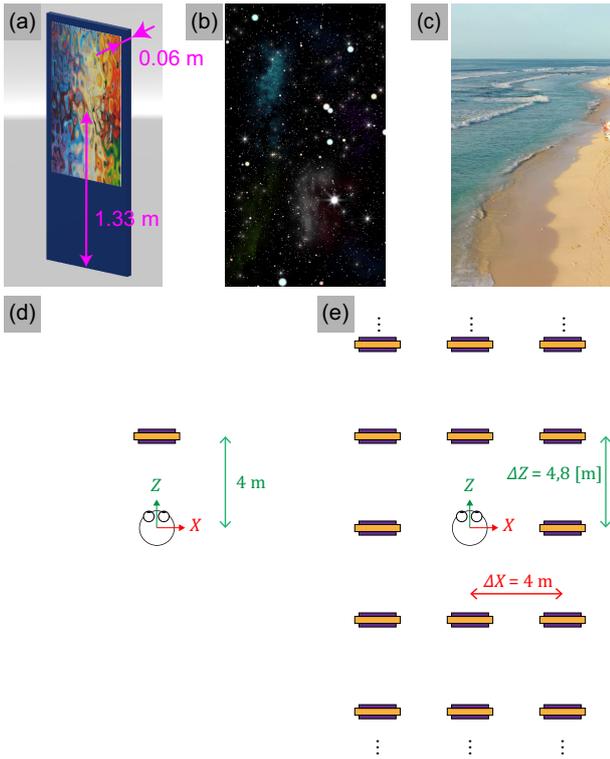


図 1: (a)VR 空間上で使用されたサイネージの外観および寸法. (b,c) 提示刺激である宇宙および海辺の映像の 1 コマ. (d,e)VR 空間における単一あるいは複数サイネージの配置図.

[8]. この従来研究では、各因子ごとに因子負荷量の大きな順に形容詞対が 3 個ずつ抜粋して質問紙が作られていた。本研究は基礎的検討のため、著者らが多面サイネージでの映像体験を評価するのに適切と考えられる形容詞対を抜粋して使用する。

3. 被験者実験

3.1 被験者

被験者は、応募法により無作為に集められた、日本語を母語とする 9 名の日本人（内女性 4 名；20-39 歳；平均 27.0 歳，標準偏差 7.3 歳）であった。全員が 1.0 以上の両眼視力を、裸眼あるいはコンタクトレンズによる視力矯正により有していることを募集要件とし、実験開始に改めて紙面により確認を取った。そして、実験開始前に 3D 眼鏡越しに 3D 映像を観察してもらい両眼立体視が可能であることを口頭で確認した。さらに、すべての被験者から文書によるインフォームド・コンセント（同意書）を取得した。本実験の実施手順は、実施機関の研究倫理委員会によって承認されており、ヘルシンキ宣言の倫理基準に従って実施された。

なお、すべての被験者は本実験の前に、HMD を装着しない別の 3D 映像に関する実験に参加した。

3.2 視覚刺激

HMD には Meta Quest Pro（片目につき 1800×1920px，視野角水平 106°×垂直 96°，リフレッシュレート 90Hz）を用いて、この VR 空間上で単一サイネージあるいは多面サ

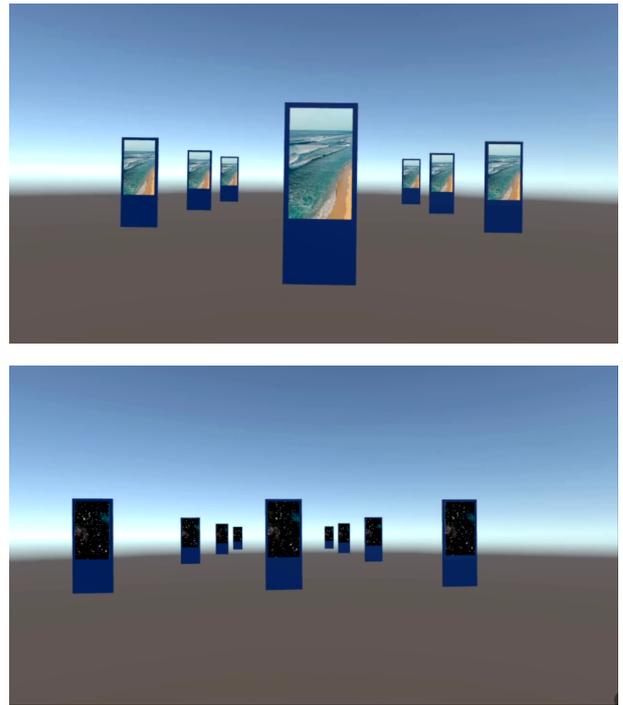


図 2: M4・海辺 (上), および M8・宇宙 (下) を提示した際の HMD での見え方の様子.

イネージを提示した。空間映像は Unity 6（6000.0.44f1）を用いて生成され、背景はデフォルトの Skybox が設定された。各サイネージは、直方体でできたサイネージの前後に縦型の 55 インチのディスプレイ（縦 1218mm，横 685mm）であり、図 1 (a) に示す寸法で構成され、ディスプレイ中心は床面から 1.33m の高さであり、ディスプレイの厚さは 0.06m であった。

各サイネージで提示される映像のうち 1 コマを図 1 (b),(c) に示す。これらはインターネットから無料かつライセンスフリーで取得できる宇宙および海辺の映像とした。図 1 (b) の宇宙は、多数の星が奥から手前にゆっくりと動くもので、いわゆるベクシオンを誘起する動く点群に類似する映像である。図 1 (c) の海辺は、波が左から右へ押し寄せる一方で、まるでドローンによる空撮のように、高所の視点位置が手前から奥に移動するような映像である。

3.3 サイネージの配置

サイネージの配置条件を図 1 (d),(e) に示す。サイネージが 1 台の場合は、図 1 (d) に示すように、ユーザの前方 4m 先 ($P' = (0, 0, 4)$ [m]) の位置に設置された。多数個の場合は、図 1 (e) に示すように、 $P_{ij} = (i\Delta X, 0, j\Delta Z)$ [m]; $-1 \leq i \leq 1, -5 \leq j \leq 4$ の位置に設置された。なお P_{00} の位置のサイネージは、座標系の原点にあるユーザの位置と一致し視界を妨害することから非表示とされた。したがってサイネージは 29 台あった。また $\Delta X, \Delta Z$ に関しては、駅などの実空間の典型的なサイネージの間隔と考えられる幅として $\Delta X = 4$ [m], $\Delta Z = 4, 8$ [m] と設定された。なお、各条件の呼称として、単数のサイネージ (Single) を S, 多数個のサイネージ (Multiple) かつ $\Delta Z = 4, 8$ [m] の各条件を

M4, M8 と呼ぶ。

なお、M4, M8 の各条件での HMD 上での見え方は図 2 に示すとおりである。いずれも Meta Horizon のスマートフォンアプリを介したスクリーンショットで撮影を行った。

3.4 提示条件

実験はブロックデザインとし、各ブロックでは 2 種類の視覚刺激、3 種類のサイネージ配置条件に対して計 6 試行をランダム順で試行を行った。参加者ごとに 2 ブロック、計 12 試行を実施した。

3.5 実験手続き

実験は、幅 3m × 奥行 8m の実験室内で実施された。被験者は HMD を装着し、VR 空間内で、単一あるいは複数台のサイネージを 20 秒間鑑賞した。その間、被験者は、普段の駅などの公共空間内を歩くときのように、空間内を自由に動き回るように促された。20 秒経過後、すべてのサイネージが消えて回答ウィンドウが現れ、本実験に関する回答を付属のコントローラを用いて回答した。最低回答時間は 30 秒とすることで、時間をかけて回答を行えるよう促した。30 秒の経過ののちボタンが現れ、回答完了を申告できた。その後、2 秒間のインターバルののちに、次の施行が行われた。なお、被験者は回答中あるいは 2 秒のインターバルの間に、最初にいた座標原点に戻るよう指示された。各被験者はまず 3 回の練習を行い、被験者からの実験手続きに関する質疑・確認を行ったのちに、12 回の本番実験を実施した。

回答項目は表 1 左 3 列に示す 9 個の形容詞対で、7 段階のリッカート尺度により回答させた。臨場感を表す日本語として相応しいと研究された 26 個の用語 [7] のうち、本研究の趣旨に合致すると考えられる 9 個を選定した。

3.6 結果

条件毎の質問への回答スコアのグラフを図 3 に示す。得られた回答は 7 段階のリッカート尺度で通常は分散分析に必要なデータの正規性を満たさないが、このようなノンパラメトリックデータに対し整列ランク変換 (Aligned Rank Transform; ART) [6] を行うことで正規性を満たすデータに変換した上で、二元配置分散分析を行った。なお、一連の統計解析は R4.4.1 を用いて行った。その結果を表 1 に示す。

サイネージ配置の要因については、「迫力のある-迫力のない」、「全体的な-部分的な」、「大きい-小さい」、「動的な-静的な」の回答項目で有意差 ($p < 0.05$) がみられた。提示映像の要因に関しては「気持ちの良い-気持ちの悪い」、「迫力のある-迫力のない」、「リアリティのある-リアリティのない」、「動的な-静的な」で有意差 ($p < 0.05$) があり、いずれも海辺が宇宙を上回っていた。交互作用については、いずれの回答項目も有意差はみられなかった。

ディスプレイ配置に対し、下位検定として ART-C [1] による多重比較 (Bonferroni 補正あり) を実施した。その結果、「全体的な-部分的な」の項目に対し、サイネージ 1 個 (S) とサイネージ多数 (M4; $\Delta Z = 4$) 間で $t(94) = -4.08, p = 0.00$, サイネージ 1 個 (S)・サイネージ多数 (M8; $\Delta Z = 8$) 間で

$t(94) = -4.12, p = 0.00$ の有意差があった ($S < M4, M8$)。また、「大きい-小さい」および「動的な-静的な」の項目について、多数個のサイネージにおいて異なる奥行方向の間隔 (M4 と M8; $\Delta Z = 4 \cdot \Delta Z = 8$) 間で各々、 $t(94) = 2.51, p = 0.04$ および $t(94) = 2.64, p = 0.03$ と有意差があった ($M8 < M4$)。その他の項目については有意差はみられなかった。

3.7 考察

「全体的-部分的」の項目に対して評定スコアの有意差が見られたことから、多面サイネージでは、単一のサイネージとは異なり、映像が「部分的」というよりも「全体的」と感じられることがわかった。これは、多面サイネージでは物理的には非連続で分散して配置されていることを考慮すると驚くべきことである。さらに多面サイネージにおいて、間隔が広すぎない ($\Delta Z = 4$) とときに、迫力因子である「大きい」、「動的な」が感じられることがわかった。同じ多数個のサイネージであっても、これらの 2 項目について、間隔が広すぎると ($\Delta Z = 8$) 単一のサイネージと同じ臨場感に陥ることがわかった。

また提示映像によっても、「気持ちの良い」「迫力のある」「リアリティのある」「動的な」の各項目で有意な差 ($p \leq 0.01$) がみられ、かついずれも海辺が宇宙を上回っていた。

4. むすび

VR-HMD を用いた VR 空間上において、同じ映像を単一のサイネージあるいは多面サイネージにより提示した場合の各々で受け取る臨場感について、過去に臨場感の高低をよく表すことが報告されている日本語の形容詞対 [7] のうち 9 個を用いて評価を行った。その結果、「迫力のある」「全体的な」「大きい」「動的な」といった項目で有意差 ($p < 0.05$) が現れた。特に多面サイネージで奥行間隔の狭い場合 ($\Delta Z = 4$; M4) が、複数の形容詞対で有意な結果をもたらした。臨場感の演出に有効である可能性が示された。他方で、間隔が広い場合 ($\Delta Z = 8$; M8) では、「大きい」以外の項目は単一のサイネージの場合の結果と有意差がなく、臨場感の演出できない可能性が示唆された。また、使用する映像によって効果が異なることも示された。

一方で、本研究では HMD を用いた実験環境のため、輻輳調節矛盾による減退する奥行き知覚や、低い空間解像度により、実際の多面サイネージにおける体験と異なる評価結果となっている可能性がある。これらの問題点を解決するためには、実際のサイネージを用いた実験と同様の結果が得られるかを確かめる必要がある。これについては今後の課題である。

謝辞 本研究は、第 28 回バーチャルリアリティ学会大会で主著者が技術芸術展示を行った際に、来場者から頂いたコメントから着想したものであり、本研究の発展を支えたものとしてその方に感謝の意を表したい。

参考文献

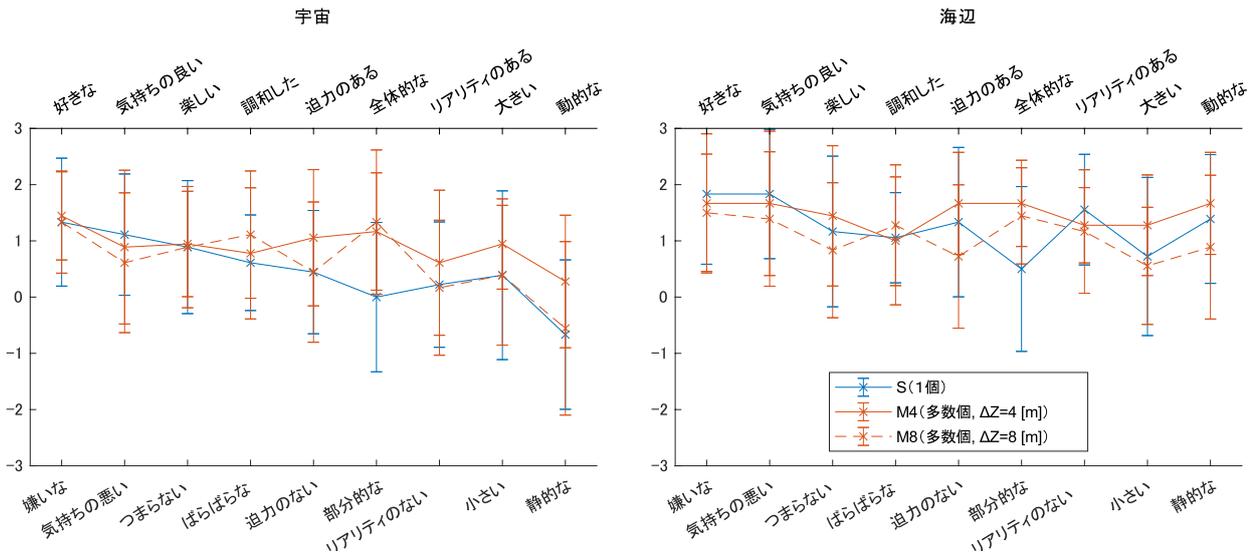


図 3: 被験者実験の結果のグラフ。エラーバーは標準偏差 (±1SD) を表す。

表 1: 二元配置分散分析の結果。*, + はそれぞれ $p < 0.001$, $p < 0.05$ の有意差レベルを示す。

		サイネージの配置 (S/M4/M8)		映像 (宇宙/海辺)		交互作用	
		F(2,94)	p	F(1,94)	p	F(2,94)	p
評価性因子	好きな-嫌いな	0.835	0.437	4.005	0.048 ⁺	0.494	0.612
	気持ちの良い-気持ちの悪い	1.967	0.146	13.244	0.000 *	0.162	0.851
	楽しい-つまらない	1.677	0.192	2.098	0.151	1.005	0.370
	調和した-ばらばらな	1.997	0.141	2.323	0.131	0.118	0.889
迫力因子	迫力のある-迫力のない	4.821	0.010 ⁺	6.671	0.011 ⁺	0.515	0.599
	全体的な-部分的な	11.214	0.000 *	2.888	0.093	0.580	0.562
	リアリティのある-リアリティのない	0.946	0.392	25.199	0.000 *	1.730	0.183
活動性因子	大きい-小さい	3.700	0.028 ⁺	0.557	0.457	0.197	0.822
	動的な-静的な	3.871	0.024 ⁺	66.576	0.000 *	0.489	0.615

[1] Lisa A Elkin, Matthew Kay, James J Higgins, and Jacob O Wobbrock. An aligned rank transform procedure for multifactor contrast tests. In *The 34th annual ACM symposium on user interface software and technology*, pp. 754–768, 2021.

[2] Holger Regenbrecht and Thomas Schubert. Real and illusory interactions enhance presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, Vol. 11, No. 4, pp. 425–434, 2002.

[3] Tanh Quang Tran, Tobias Langlotz, and Holger Regenbrecht. A survey on measuring presence in mixed reality. In *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–38, 2024.

[4] Martin Usoh, Ernest Catena, Sima Arman, and Mel Slater. Using presence questionnaires in reality. *Presence*, Vol. 9, No. 5, pp. 497–503, 2000.

[5] Bob G Witmer, Christian J Jerome, and Michael J

Singer. The factor structure of the presence questionnaire. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, Vol. 14, No. 3, pp. 298–312, 2005.

[6] Jacob O Wobbrock, Leah Findlater, Darren Gergle, and James J Higgins. The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only anova procedures. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, pp. 143–146, 2011.

[7] 寺本渉, 吉田和博, 浅井暢子, 日高聡太, 行場次朗, 鈴木陽一. 臨場感の素朴な理解 (特集 VR 心理学 4). *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 15, No. 1, pp. 7–16, 2010.

[8] 池田華子, 田中智明, 日高聡太, 石山智弘, 宮崎弦太. 動画像の解像度の違いが感性的印象へ及ぼす影響—撮影対象と提示方法に着目して—. *認知科学*, Vol. 23, No. 2, pp. 101–117, 2016.