

3次元点群データによる仮想空間表現のユーザ体感品質分析に関する検討 A Study on Quality of Experience Analysis of Virtual Space Representation Using 3D Point Cloud Data

楨 優一¹⁾ 阿部 直人¹⁾ 望月 崇由¹⁾
Yuichi Maki Naoto Abe Takayoshi Mochiduki

1 はじめに

日本人の5人に1人が75歳以上の後期高齢者となる2025年を間近に控え、日本は超高齢化社会を迎えつつある。人口の都心回帰も進み、地方・離島を中心とした人口減少・過疎化は今もなお深刻な問題となっている。特に離島地域は、本土の農山漁村と同様、深刻な過疎化・高齢化に悩まされている。令和3年4月1日時点の離島振興法の対象となる全254の有人離島の人口は、昭和30年以降減少し続けており、当時の4割程度にまで落ち込んでいる。高齢化率も高い水準で推移しており、消滅の恐れがある集落も少なくない。

香川県高松市にある男木島も同様の問題を抱える離島の一つである。我々は、このような離島の社会課題解決に向けて、「関係人口」[1]と呼ばれる、対象地域と人々の関わりに着目した取組を行っている。具体的には、男木島を一例に、対象地域のリアルなメタバースを構築し、多くの人にオンラインで対象地域の魅力を気軽に体験してもらうことでその地域への興味関心を促し、さらにはリアルなメタバースを介して対象地域との継続的な関わりを創出するというものである[2]。この営みを「TENGUN Ojijima プロジェクト」と称し、3次元点群データを用いたリアルなメタバースのプロトタイプ[3,4]と、本メタバースを活用したコンテンツやイベントのアイディアソンを通じた、体験者の意識変化に関する調査を実施している[5]。

本プロジェクトでは、リアルなメタバースの構築手段としてLiDARで計測した3次元点群データを用いている。一方、リアル空間を視覚的に再現する手段は他にも様々存在する。3次元点群によって構築されたメタバースが、その他の手法と比較して高い臨場感を生む空間表現になっているかは、これまで十分な検証を行っていなかった。加えて、その地域の魅力を伝え、興味関心を促し、その地域に積極的に関わりたいと感じてもらうためには、その空間表現が与える印象といった感性面の評価分析も特に重要であると考えている。

そこで本研究では、3次元点群データによる空間表現について、感性的側面・空間的側面の両面で評価分析を行った。男木島の一部エリアを対象に、我々がプロトタイプした3次元点群データによるメタバース(以下、点群メタバース)と、360°カメラ画像の遷移によって表現されるGoogleストリートビュー(以下、ストリートビュー)との比較実験を行なった。68名の被験者に、2種類の空間表現に関する感性的側面・空間的側面の主観評価を実施し、それぞれ分析を行った。また、仮想空間表現のユーザ体感品質評価として、感性的側面・空間的側面から評価分析を行なうことの妥当性について考察したので報告する。

1) 日本電信電話株式会社 NTT 人間情報研究所

2 関連研究

2.1 空間の感性的・空間的側面の評価

空間表現が与える印象といった感性的側面、あるいはリアル空間の再現性といった空間的側面の評価に関する関連研究は、建築や都市景観に関する分野で多く報告事例がある。空間や景観の感性的側面に関する評価分析を行った報告では、以下が挙げられる。Yoonらは、リアル空間とそれによく似せた仮想空間について、明るさ感や大きさ感といった印象面の比較を行っている[6]。しかし、この中で実施されたアンケートには「明るさ感」「広さ感」といった、空間の物理的な印象の評価に限定されている。八木らは、実空間とシミュレーションツールによるVR空間の印象評価を行っている[7]。横井らは、モデルルームの実空間と同じ空間をCGで再現したVR空間とを用意し、空間が与える気分・印象、および空間自体の評価を行っている[8]。実験では、初めにVR空間を体験し、その後実際のモデルルームを体験し、再度VR空間を体験した際の気分や印象面の変化についても検証を行っている。また、都市景観の分野において、遠藤らは、街路樹の果たす心理的効果の評価・検証に、スライドやCGで作成された静止画によるスライド評価と現地評価との比較を行っている[9]。

一方、空間的側面の評価分析も、建築や空間デザイン分野でいくつか報告例がある。林らは、景観評価の実験において、景観が与える印象だけでなく、写真・3次元CG静止画像・3次元CG動画による実空間の表現性の高さを比較し、写真が最もリアル空間をよく表現しているという結果を得ている[10]。小野らは、大型プロジェクタ、液晶テレビ、ノートパソコンといった提示装置の違いによる、空間の現実感や没入感を評価し、空間設計ツールとしての有効性を検証している[11]。また、空間的側面の評価分析において、臨場感の評価分析は非常に重要である。臨場感の評価手法としては主観評価や心理物理実験など様々な手法があるが[12]、体験者の主観に基づいて体験の臨場感を評価する方法として、Witmerらが提案する臨場感質問紙(Presence Questionnaire; PQ)[13]に基づく評価分析がある。

本研究では、上記報告でも行われている、空間が与える印象等の感性的側面と、空間の再現性や臨場感といった空間的側面の両方を対象とした評価を行なう。上記報告で行われている空間の印象評価手法と、臨場感を評価する質問紙法を組み合わせ、リアル空間を視覚的に再現する幾つかの空間表現手法と比較することで、3次元点群データを用いた空間表現がもたらす効果、ひいては「関係人口」創出への効果を検証することを目的とする。

2.2 リアル空間を視覚的に再現する方法

リアル空間を視覚的に仮想空間上に再現する手法には、公開3D都市モデルやテクスチャデータを用いて作成する方法や、フォトグラメトリで3Dポリゴンを作成

する方法、複数 360° 画像を遷移して視聴する方法などがある。公開 3D 都市モデルとしては、国土交通省が整備・公開を主導する Project PLATEAU[14] が有名である。提供されるモデルはリアル空間の管轄自治体によって異なり、詳細度 (Level of Detail; LoD) で分けられている。本研究で対象とした男木島は、LoD2(建物・地形等の高さ情報および建物の屋根形状) までが公開されており、リアル空間を視覚的に再現できるレベルまでのデータは公開されていない (2024 年 6 月 13 日時点)。フォトグラメトリで 3D ポリゴンを作成する方法は多くの研究報告がなされており、近年では商用レベルで利用が普及している [15]。また、複数 360° 画像を遷移して視聴する方法は、代表例として Google ストリートビューが知られている。単なる画像の遷移のみでは仮想空間内での連続的な移動を表現できないため、視点間の補完に機械学習ベースの画像生成モデルである NeRF も提案されている [16]。

本研究では、3次元点群データを用いた我々のプロトタイプと、これらリアル空間を視覚的に再現する複数の手法を比較対象に、感性的・空間的両面での評価分析を行なう。

3 実験内容

3.1 概要

本研究では、点群メタバースおよびストリートビューの2つの空間の感性的側面と空間的側面について評価分析を行なった。感性的側面の評価分析では、各空間表現が体験者にどのような印象をどれだけ与えるのかといった評価構造を明らかにするため、Semantic Differencial(SD)法 [17]を用いた評価分析を行なった。また、空間的側面の評価分析では、その空間表現が体験者に与える空間的な臨場感を評価するため、Witmerらが提案する PQ に基づく評価分析を行なった。以下、それぞれの実験方法および実験環境、本実験に参加した被験者について述べる。

3.2 実験方法

3.2.1 実験 1: SD 法による印象評価

点群メタバース・ストリートビューそれぞれの空間表現の印象について、SD 法による主観評価実験を行なった。提示刺激には、各空間でほぼ同じ場所・同じ画角となる3種類の静止画合計6つと、各空間のほぼ同じ場所を同様の速度で移動する約45秒の動画合計2つを用いた。実験に用いた6枚の静止画を図1に示す。動画は、図1(b)の豊玉姫神社鳥居手前の路地から階段を上り、神社境内を歩行するルートを移動したものをを用いた。

実験は以下の流れで行った。まず、各空間の静止画合計6つをランダムに約30秒間提示し、各画像を見た後に都度アンケートに回答してもらった。その後、各空間の動画合計2つをランダムに約45秒間提示し、各動画を見た後に都度同様のアンケートに回答してもらった。

アンケートは、SD法に基づき、反対の意味をもつ形容詞対を尺度の両端においた評定尺度群を用いた。形容詞対は、空間の印象評価に関する複数の文献で用いられていた形容詞対から25対を選定した。本実験に用いた25対の形容詞対を表1に示す。各形容詞対に対する評定は、1~5の5段階の整数から選択する方式とした。回答時、各評定尺度群は各被験者毎・各提示刺激毎にランダムに提示され、順序による影響を排除するように

した。

3.2.2 実験 2: PQ に基づく臨場感評価

点群メタバース・ストリートビューそれぞれの空間表現がもたらす臨場感を評価するため、臨場感質問紙 PQ を用いた主観評価を行った。Witmer が提案する PQ(Ver.3.0)の29の質問に回答することで、Involvement(関与性)、Sensory Fidelity(感覚的現実感)、AdaptationImmersion(適応性没入性)、Interface Quality(インタフェース品質)の4つの観点で対象となる空間の臨場感を定量的に評価分析することができる。

本実験では以下の流れで行なった。各被験者は、点群メタバース・ストリートビューそれぞれの空間内を2分程度自由に移動・散策し、各体験後に都度アンケートに回答してもらった。2種類の空間表現のどちらから先に実施するかはランダムに決定され、順序による影響を排除するようにした。アンケート内容は、全29項目から、本実験で回答可能と思われる17項目に限定して実施した。本実験に用いた質問項目17項目を、[13]の4つのどの観点に関連するかも含めて表2に記載した。各質問項目に対する評定は、1~5の5段階の整数から選択するリッカート尺度を用いた。この際、実験1と同様、各質問項目は各被験者毎・各提示刺激毎にランダムに配置され、順序による影響を排除するようにした。

3.3 被験者

20代~50代の男女68名を対象に行った。被験者の特性として、メタバースという言葉には馴染みがあり、68名中60名にメタバースサービスの利用経験があった。そのうち月1回以上メタバースサービスを利用するという者は計20名であった。また、3次元点群について「知っている」と回答した者は68人中57人であった。3次元点群データを用いたメタバースについて、本実験の被験者にはある程度の理解や慣れがあることは考慮する必要がある。また、本実験で対象とした男木島について「知っている」と回答した者は22名おり、そのうち「男木島に行ったことがある」と回答した者は2名のみであった。

3.4 実験環境

実験の様子を図2に示す。本実験では、床面からスクリーンの底面までの高さが約90cmの位置に固定された、85インチの大型スクリーンを用いて行った。被験者は、大型スクリーンの前約1mに設置したオフィスチェアに着座して実験を行った。このため、被験者が大型スクリーン全画面に表示された提示刺激を見る際の

形容詞対一覧 (25 対)

安全な-怖い暖かい-冷たい刺激的な-平靜ない
複雑な-単調ない自然な-不自然ない個性的な-平凡ない
住みたい-住みたくない意図的な感じ-無造作な感じ
明るい-暗い魅力がある-魅力がない派手な-地味ない
親しみがある-よそよそしい開放的-閉鎖的
活気のある-活気のない整った-雑然とした
はっきりした-ぼんやりしたおもしろい-つまらない
にぎやかな-さみしい快適な感じ-不快な感じ
洗練された-洗練されていない静かな-騒々しい
落ち着きのある-落ち着きのない立派な-貧弱ない
奥行きがある感じ-奥行きがない感じ好き-嫌い

表 1: 実験に用いた形容詞対一覧



図1: 各空間表現別の静止画提示刺激



図2: 評価実験の様子

平方方向視野角は約 85° 程度となっている。

点群メタバース・ストリートビューの操作感をなるべく揃えるため、両方の空間の移動・回転は PlayStation®DualSense ワイヤレスコントローラーを用いて操作できるようにした。コントローラ左右のジョイスティックを用いて、点群メタバース内は連続的に空間内で移動・回転でき、ストリートビューでは離散的に 360 画像の切替と回転を制御することができる。

また、今回点群メタバースはローカルのデスクトップ PC では描画せず、クラウド上のサーバでレンダリングを行なう環境を利用した。ユーザは Web ブラウザを用いてメタバースアプリケーションを利用し、ユーザのコントローラ操作情報がクラウド上のサーバに伝送され、対応する描画結果が動画ストリーミングとして配信される。これにより、ローカルに 3 次元点群データを高速にレンダリング可能なハイスpekクグラフィック性能を有するマシンを必要とせず、3 次元点群で構築されたメタバースが利用可能となる。加えて、Web ブラウザで Google ストリートビューを利用する際と類似したシステム構成となっているため、ネットワーク遅延による描画の応答性能の影響をなるべく排除した構成となっている。

4 実験結果

4.1 SD 法による印象評価の結果

SD 法によって得られたアンケート結果は、各提示刺激(各空間表現に対し画像 3 種類、動画 1)ごとに、25 対の形容詞対に対して 1~5 の整数による 5 段階の評定が与えられている。点群メタバース・ストリートビュー 2 種類の空間表現の印象に関する評価構造を把握するため、これら全評定結果を用いて因子分析を行った。本実験ではあらかじめ因子数に関する仮説を持たず探索的な因子分析を行なうため、スクリープロットおよび並行分析による因子数の決定を試みた。分析の結果、本実験においては 3 因子が妥当と判断した。因子分析は、抽出法として最尤法を用い、各因子間で互いに相関が生じることを許容し斜交プロマックス回転 (Power=4) を行い、因子数 3 として分析を行った。なお、全 25 形容詞対を対象として因子分析を行った結果、共通性が著しく低い形容詞対が 2 つ存在したため、当該形容詞対を除く 23 形容詞対を対象に再度因子分析を行った¹⁾。

各形容詞対と各因子の因子負荷量の結果を表 3 に示す。表 3 の各因子に含まれる項目から、負荷量が負の項目を考慮して各因子に対する命名を行った。Factor1 は、「刺激的な」「派手な」「個性的な」「落ち着きのない」「騒々しい」「にぎやかな」「活気のある」といった活動的な様子や、「不自然な」「複雑な」といった雑多な様子を表す形容詞で構成されることから、<活動性>因子と命名した。Factor2 は、「暖かい」「明るい」「親しみがある」「安全な」「快適な感じ」「開放的」「好き」「住みたい」「魅力がある」といった、人と人との関わり合いに関する魅力を表す形容詞で構成されることから、<社会的魅力度>因子と命名した。Factor3 は、「洗練された」「整った」「はっきりとした」「立派な」といった、空間の整然とした様子を表す形容詞で構成されることから、<整序性>と命名した。

また、各因子間の因子間相関の結果を表 4 に示す。活動性因子と社会的魅力度因子、整序性因子と社会的魅力度因子の間の相関係数は、それぞれ .394、.288 と弱い正の相関があることがわかった。反対に、活動性因子と整

1) 「奥行きがある感じ-奥行きがない感じ」の共通性は 0.199、「意図的な感じ-無造作な感じ」の共通性は 0.222 であった。

No.	質問内容
1	1 男木島散策中の操作を自在にコントロールできましたか？
2	2 あなたの操作に対して、仮想の男木島空間は反応が良かったですか？
3	3 あなたと仮想の男木島空間でのインタラクションは自然でしたか？
4	4 仮想の空間の見た目にあなたは夢中になれましたか？
5	6 空間内で動きをコントロールするメカニズムは自然でしたか？
6	8 仮想の男木島散策は、実世界での体験と矛盾のないものでしたか？
7	10 空間内で能動的に何かを観察したり探すことができましたか？
8	14 空間内を違和感なく動き回ることができましたか？
9	15 間近で空間内の事物を観察することができましたか？
10	16 色々な方向から空間内の事物を観察することができましたか？
11	18 仮想の男木島散策の体験に熱中できましたか？
12	19 操作に対して遅延を感じることはありませんでしたか？
13	20 仮想の男木島散策の体験にすぐ慣れましたか？
14	21 仮想の男木島散策で島内を自由に歩いたり観察することについて、体験の最後に上達したと感じましたか？
15	22 操作を行う際、見た目の悪さが作業を妨害したり混乱を招くことはありませんでしたか？
16	24 動き回る操作のメカニズムを意識することなく、仮想の男木島内を動き回ること自体に集中できましたか？
17	25 この仮想の男木島散策に没入できましたか？

臨場感を説明する因子 (4 因子モデル) 質問 No.[13]

Involvement(関与性)	1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 14, 18
Sensory Fidelity(感覚的現実感)	15, 16
Adaptation/Immersion(適応性/没入性)	20, 21, 24, 25
Interface Quality(インタフェース品質)	19, 22

表 2: 本実験に用いた PQ(Ver. 3.0) の各質問項目と関連する 4 因子の対応

序性因子の間には、-0.339 と弱い負の相関があることもわかった。この結果から、ある空間の活動性・整序性がそれぞれ高まると社会的魅力が高まる傾向にあるが、活動性が高まると整序性が下がる傾向にあることが伺える。しかし、各因子間の相関係数は比較的低いため、各因子間は互いに異なる側面を計測する指標となっていることがこの結果から伺える。

さらに、因子分析から得られた各空間別・提示刺激別の因子得点の平均値をグラフにまとめたものを図 3 に示す。全評定を対象とした因子得点の平均値の結果を「全評定」に、各空間それぞれ静止画 3 種類を対象とした因子得点の平均値の結果を「静止画: 3 種類全評定」に、各空間それぞれ動画 1 種類を対象とした因子得点の平均値の結果を「動画: 1 種類全評定」に、各空間の静止画 1 種類を対象とした因子得点の平均値の結果を、それぞれ「静止画: (a) 男木港」「静止画: (b) 神社前」「静止画: (c) 路地」に示している。各空間別の因子得点の平均値に関して、平均値の差の検定 (対応のある 2 標本 t 検定) を実施した。 $p < 0.05$ を有意水準としている。全評定、静止画 3 種類全評定を対象とした因子得点の平均値の比較では、全ての因子で有意な差が認められた ($p < 0.001$)。この結果から、点群メタバースの空間表現は、ストリートビューと比較して、活動性・社会的魅力が高く、一方で整序性が低いということがわかった。また、動画 1 種類の評定を対象にした因子得点の平均値の比較では、社会的魅力度の因子得点の平均値に有意な差は認められなかった。点群メタバース・ストリートビューどちらの表現でも、動きを伴う場合は社会的魅力度に大きな違いがないことが示唆された。しかし、今回動画の提示刺激は神社付近の 1 種類のみであったため、提示刺激による影響が含まれる可能性があることを考慮する必要がある。また、静止画 3 種類の個別の評定を対象にした因子得点

の平均値については、男木港の提示刺激のみ社会的魅力度の因子得点の平均値に有意な差が認められなかった。これは、図 1 のストリートビュー: (a) 男木港の提示刺激が、撮影されたストリートビューの 360° カメラの画角と日照の関係で、他の 2 静止画より明るい印象となっている。社会的魅力度因子は、「明るい」「暖かい」といった形容詞を説明する因子構造となっていることから、点群メタバースとストリートビューの表現の差が出にくい提示刺激になっていることが伺える。

4.2 PQ に基づく臨場感評価の結果

PQ に基づいて作成した 17 項目の臨場感質問紙のアンケート結果は、各項目 1~5 の整数による 5 段階の評定が与えられている。3.2.2 節で述べたとおり、PQ の各質問項目は 4 つの観点にそれぞれ分類することができる。そこで、各空間毎に評定結果を 4 つの観点毎に集計して平均点を算出し、各観点毎の比較を行った。

図 4 に各空間毎の平均値の結果のグラフを示す。各観点別の平均点は以下のとおりであった。Involvement(関与性)は、点群メタバースが 3.119(標準偏差 0.206)、ストリートビューが 3.013(標準偏差 0.190)となった。Sensory Fidelity(感覚の迫真性)は、点群メタバースが 3.349(標準偏差 0.163)、ストリートビューが 3.267(標準偏差 0.012)となった。Adaptation/Immersion(適応性没入性)は、点群メタバースが 3.331(標準偏差 0.304)、ストリートビューが 3.360(標準偏差 0.138)となった。Interface Quality(インタフェース品質)は、点群メタバースが 3.186(標準偏差 0.326)、ストリートビューが 3.012(標準偏差 0.222)となった。また、臨場感の各観点毎に平均値の差の検定 (対応のある 2 標本 t 検定) を実施したところ、関与性のみ $p < 0.05$ で有意差を認めた。Involvement(関与性)は、「その空間を違和感なく受け入れ、没頭し夢中にな

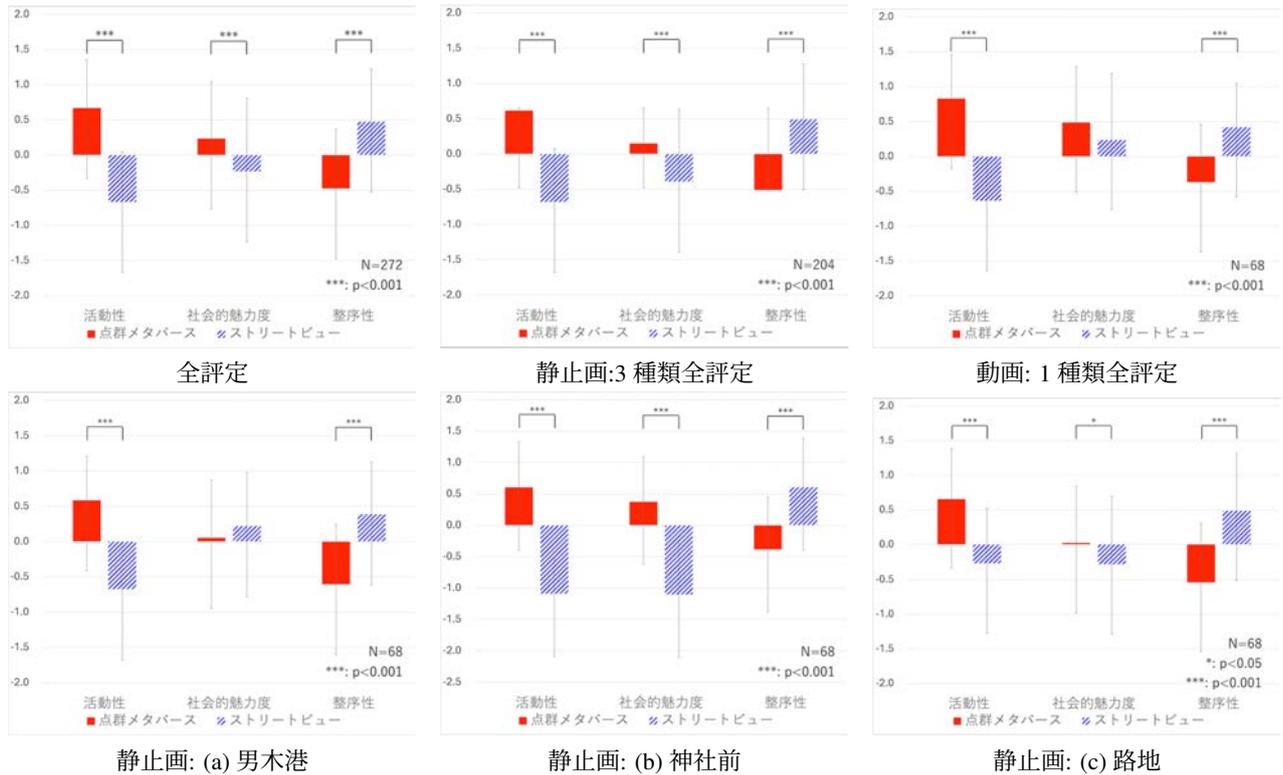


図3: 各空間・各提示刺激毎の因子得点グラフの結果

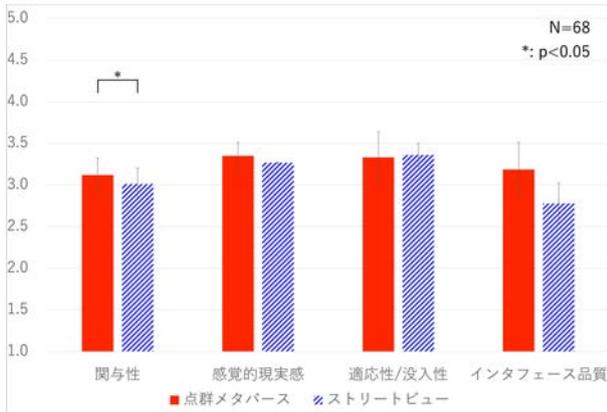


図4: PQ アンケートの各空間毎の平均値結果

れる」要素であることから、点群メタバースがストリートビューと比較してより空間に自然に入り込み、その空間内の活動に夢中になりやすいことが示唆されている。

5 考察

前節の実験結果に基づき、空間表現のユーザ体感品質評価として、本研究で用いた感性的側面・空間的側面から評価分析を行なう方法の妥当性について考察する。

SD法による印象評価では、活動性・社会的魅力度・整序性という3つの因子が抽出され、点群メタバースによる空間表現は、活動性および社会的魅力度が有意に高い表現であることが示唆された。また、各因子間の相関係数は0.3~0.4と比較的小さいため、今回用いた形容詞対によってある程度互いに独立した因子が抽出できたことが伺える。本研究の目標は、フォトリアルなメタバースを通じて「交流人口」「関係人口」が増えることである。評価因子の中に「活動性」「社会的魅力度」といっ

た、地域の活力や人と人とのつながりに関連した項目が抽出されたことは、評価方法としてある程度の妥当性があったと考えられる。一方で、今回実施した実験は、空間の視覚的印象のみを対象としている。そのため、提示刺激も静止画・動画のみを扱った実験を行った。後述するPQによる臨場感評価では、各空間の視覚的な表現だけでなく、空間内のオブジェクトとのインタラクションや、視覚以外の感覚の臨場感も対象としている。提示刺激として、各空間内である特定のタスクを実施したり、他の感覚情報を含んだ刺激を用意し、総合的な印象評価を行っていく必要があると考えている。

PQに基づく臨場感評価では、2つの空間表現について臨場感の4つの観点での比較を行ったが、有意な差が認められたのはInvolvement(関与性)のみであった。この理由として、今回実施したアンケートでは、全29項目のうち17項目のみを用いており、全項目を対象としたアンケートを実施できていないことが挙げられる。例えば、「Sensory Fidelity(感覚の迫真性)」の観点に関する質問は全部で6項目あるが、本実験では2項目しか採用していない。これは、点群メタバースもストリートビューも音の表現が不十分であり、被験者が回答できない可能性があるためである。前述したとおり、臨場感を構成する要素には、空間の視覚的な再現性の高さだけでなく、空間内のオブジェクトとのインタラクションや視覚以外の感覚の臨場感も含まれている。視覚的な再現性の高さのみを評価する主観評価法を適用するか、各空間が提供する体験を高いレベルで作り込んだ上でPQを用いた評価分析を行なう必要があると考えている。

項目	Factor1	Factor2	Factor3	共通性
刺激的な	.933	-.176	.149	.685
派手な	.865	-.048	.088	.672
個性的な	.838	-.073	.155	.589
落ち着きのある	-.651	.254	.327	.657
静かな	-.615	.007	.287	.578
にぎやかな	.594	.270	-.072	.575
自然な	-.565	.236	.392	.627
複雑な	.554	.061	-.004	.338
活気のある	.524	.365	.003	.558
おもしろい	.491	.383	.104	.535
暖かい	.156	.779	-.342	.726
明るい	.196	.755	-.360	.746
親しみがある	-.218	.746	.044	.503
安全な	-.289	.738	.042	.488
快適な感じ	-.189	.635	.337	.625
開放的	.026	.611	-.152	.358
好き	.082	.588	.366	.628
住みたい	.106	.533	.305	.505
魅力がある	.365	.449	.410	.637
洗練された	.145	.001	.669	.403
整った	-.152	-.035	.583	.416
はっきりした	-.340	-.032	.506	.489
立派な	.391	.186	.410	.348

表 3: 全評定による因子分析結果 (因子パターン)

	活動性	社会的魅力度	整序性
活動性	1.000	***	***
社会的魅力度	.394	1.000	***
整序性	-.339	.288	1.000

表 4: 因子間相関

6 おわりに

本研究では、離島の社会課題の解決を試みる「TENGUN Ogijima プロジェクト」において、3次元点群データによる空間表現の感性的側面・空間的側面での評価分析を行った。ストリートビューを比較対象に、感性的側面の評価としてSD法による印象評価を、空間的側面の評価としてPQに基づく臨場感評価を行った。印象評価では、「活動性」「社会的魅力度」「整序性」の3因子が抽出され、3次元点群データによる空間表現が「活動性」「社会的魅力度」の観点でストリートビューよりも有意に高く、「整序性」が有意に低い表現であることが確認された。この結果は、今回用いた提示刺激による結果であり、両者の提示刺激や、対象とするリアル空間が異なればまた異なる結果になることが予想される。臨場感評価では「Involvement(関与性)」の観点がストリートビューよりも有意に高く、3次元点群データによる空間のほうがより自然に空間に入り込めて、夢中になれることが示唆された。また、仮想空間表現のユーザ体感品質評価として、感性的側面・空間的側面から評価分析を行なうことの妥当性について考察した。

今後は、ストリートビュー以外の空間表現との比較実験を行なう必要があると考えている。PLATEAU等の3Dデータとテクスチャ画像による空間やフォトグラメトリによる空間を構築し、同様の評価分析を行なっていく。その上で、空間表現の評価分析手法として、感性的

側面・空間的側面の両方で分析を行なう方法の妥当性について検証を重ねていく。

謝辞

本実験の実施にあたり、株式会社NTTドコモR&Dイノベーション本部クロスステック開発部の皆さまには、実験システムの構築および実験環境の提供で多大なるご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- 橋本行史, “関係人口概念の考察: 観光まちづくりとの関わりを中心として”, 政策創造研究, 原田輝彦教授退職記念号, No. 16, pp. 55–84(2022).
- 望月崇由, “デジタルツインコンピューティング: 6. 3D点群で再現したフォトリアルなメタバースによる関係人口の創出・拡大-TENGUN Ogijima プロジェクト”, 情報処理, Vol. 64, No. 11, pp. e35–e40(2023).
- 松元崇裕, 駒崎掲, 楨優一, 千明裕, 望月崇由, “TENGUN Ogijima: 計測データに基づく視覚・聴覚・触覚を通じた高臨場VRに関する研究”, インタラクシオン 2023 論文集, No. 2B-17, pp. 530–535(2023).
- 松元崇裕, “TENGUN Ogijima プロジェクトの取組紹介とデモンストレーション”, 研究報告コンシューマ・デバイス&システム(CDS), Vol. 2023-CDS-37, No. 4, pp. 1–6(2023).
- 徳永徹郎, 渡邊真由子, 奥田直己, 望月崇由, “関係人口創出に向けた男木島メタバースコンテンツアイデアソン参加者の意識変容調査”, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol. 29, No. CS-1, pp. 27–32(2024).
- J. Yoon, E. Byun and N. S. Chung, “Comparison of Space Perception between a Real Environment and a Virtual Environment”. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, Vol. 44, No. 5, pp. 515–518(2000).
- 八木澄夫, 伊藤正, 掛井秀一, “シミュレーション・ツールを用いた視空間の印象評価の研究”, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 66, No. 541, pp. 57–62(2001).
- 横井梓, 齋藤美穂, “VR空間における心理的影響の評価に関する検討”, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 78, No. 683, pp. 1–7(2013).
- 遠藤裕志, 山田宏之, “街路樹のある街路空間における現地・スライド評価実験による心理評価の比較研究”, ランドスケープ研究, Vol. 71, No. 5, pp. 675–678(2008).
- 林恩美, 本條毅, “VRML画像を景観評価に用いる有効性について”, ランドスケープ研究, Vol. 65, No. 5, pp. 693–696(2002).
- 小野浩史, 青島智恵, 森川泰成, 吉澤望, 平手小太郎, “提示装置の違いによる現実感・没入感・設計ツールとしての有効性の検証: バーチャルリアリティを用いた住環境提示システムにおける実空間再現性の検討 その2”, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 69, NO. 583, pp. 57-63(2004).
- 安藤広志, “2. 人が感じる臨場感の知覚認知メカニズムと評価技術”, 映像情報メディア学会誌, Vol.63, No. 12, pp. 1727–1730(2009).
- B. G. Witmer, C. J. Jerome & M. J. Singer, “The Factor Structure of the Presence Questionnaire”, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 14, No. 3, pp. 298–312(2005).
- 国土交通省, “Project PLATEAU”, <https://www.mlit.go.jp/plateau/>(最終確認日: 2024年6月13日).
- P. Grussenmeyer and O. Al. Khalil, “Solutions for Exterior Orientation in Photogrammetry: a Review”, *The Photogrammetric Record*, Vol. 17, No. 100, pp. 615–634(2002).
- K. Zhang, G. Riegler, N. Snavely and V. Koltun, “Nerf++: Analyzing and improving neural radiance fields”, *Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR)*(2020).
- Osgood C. E., Sugi G. J. & Tannenbaum P. H., “The measurement of meaning”, *University of Illinois Press*, Urbana(1957).