

## デジタル空間の表現方法に適したデータの形式に関する調査 Survey on Data Formats Suitable for Digital Space Representation

久原 巧夢<sup>†</sup> 中原 匡哉<sup>‡</sup>  
Takumu Kuhara Masaya Nakahara

### 1. はじめに

近年，VR や現実空間を計測したデータから構築したデジタルツインやメタバース等の技術に注目が集まっている。デジタルツインとは，現実空間で計測したデータを用いて仮想空間上に再現する技術のことであり，その世界での市場規模[1]は，2024年の約198億米ドルから，2034年には約4,711億1,000万米ドルまで拡大すると予測されている。デジタルツインやメタバースは，都市計画，観光業やゲーム・アミューズメント等の様々な分野で活用が進んでいる。そのため，特にリアリティの高い空間表現が求められており，デジタルツインやメタバースが本格的に利用されるためには，その利用用途に応じて適切なデータ形式や表現方法を選定することが重要である。しかし，利用用途ごとのデータ形式や表現方法を比較する調査は十分には行われていない。そこで，本研究では，デジタルツインやメタバース等のデジタル空間の適切なデータ形式や表現方法を調査することで，今後のデジタル空間の構築における方針を明らかにすることを目的とする。

### 2. 調査方法

#### 2.1 概要

本研究での調査のイメージを図1に示す。本調査では，被験者に対して各データを用いて作成したコンテンツを閲覧させうえて，デジタル空間の表現に関するアンケート調査を行う。以降では，本調査の手順を詳述する。

#### 2.2 各データ形式

本調査で用いる各データ形式を説明する。本調査で評価するデータ形式は，360度動画，点群データ，3Dモデル，ボリュームレンダリングの4つである。360度動画は，全天球動画とも呼ばれ，空間を360度全方位見渡せる動画である。専用の360度カメラで撮影することや180度撮影可能なカメラを複数台利用して作成する場合がある。点群データは，3次元空間内の点の集合体であり，各点が3次元の座標情報や色情報を保持している。点群データは，3Dスキャナで対象物の位置や形状を測定することで作成することができ，構造物の計測等にも利用されている。3Dモデルは，3次元空間内における物体の形状や構造をデジタルデータとして表現したものであり，ゲームやシミュレーション等さまざまな用途に利用されている。ボリュームレンダリングは，3次元空間内の物体の内部構造を可視化する技術で，物体の表面だけでなく内部の情報を透過して描

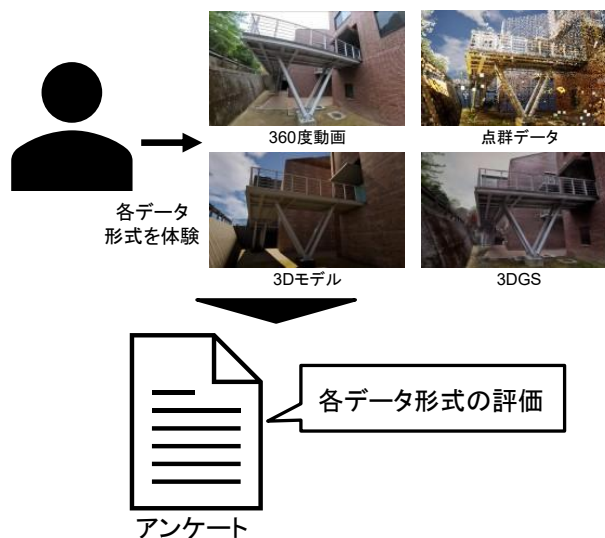


図1 調査イメージ

表2 アンケート項目

問番号	内容
1	実際にその場所に居るよう感じましたか？ データ形式ごとに回答してください。
2	建造物の詳細な特徴(凹凸など)が見てわかりましたか？ データ形式ごとに回答してください。
3	建造物の質感はリアルでしたか？ データ形式ごとに回答してください。
4	空中ノイズや手振れ，逆光による白飛びなどは視覚的に気になりましたか？ データ形式ごとに回答してください。
5	総括して各データ形式に点数を5点満点でつけてください。

画でき，煙や雲，ガラスの表現やCT検査等に利用されている。

#### 2.3 調査方法

本調査では，各データ形式を用いて作成したコンテンツを用いて，被験者がデジタル空間内を走査する体験を行い，表1に示すアンケートに回答する。ただし，体験前にアンケート項目を事前に被験者に確認させておくものとする。各アンケート項目では，5段階評価を行い，その評価理由を記述式で回答させることとした。そして，各データ形式のアンケート調査の結果を比較し，デジタル空間の表現に適したデータ形式，追加すべきアンケート項目の有無や今後改善すべき課題を考察する。

<sup>†</sup> 大阪電気通信大学大学院 総合情報学研究科

Graduate School of Information Science and Arts,  
Graduate School of Osaka Electro-Communication University.

<sup>‡</sup> 大阪電気通信大学 総合情報学部

Faculty of Information Science and Arts,  
Osaka Electro-Communication University.

### 3. 調査実験

#### 3.1 実験条件

本調査実験で利用するコンテンツは、大阪電気通信大学四條畷キャンパス構内の一部のエリアを対象に作成した。各データ形式を用いて作成したコンテンツを図 1 右上に示す。360 度動画は、Insta360 社の Insta360 X4 を利用して撮影したものを利用する。点群データは、地上設置型レーザスキャナで 16 地点計測し、重畳したデータを利用する。3D モデルは、動画や点群データを参考に Blender を利用して手動で作成した。ボリュームレンダリングのコンテンツは、3D Gaussian Splatting[2] (以下、3DGS) により生成した。3DGS は、現実空間を多数の視点から撮影した動画画像データを入力することで、立体的な 3 次元のシーンを生成できる手法である。本調査では、大学生と大学院生の計 22 人を対象にアンケート調査を行った。具体的には、360 度動画はビューワー上で動画を再生し、被験者が自由に視点を変更可能な形式で行った。点群データ、3D モデルと 3DGS は、Unreal Engine 5 で可視化して作成したフィールドを 1 人称視点で自由に内覧可能な形式で行った。

#### 3.2 結果と考察

アンケートの一部の項目の集計結果を図 2 から図 4 に示す。問 1 で「感じた」、「少し感じた」と回答した被験者の人数の合計は、3DGS が一番多い結果となり、360 度動画が次いで多い結果となった。3DGS をより高く評価した被験者は、現実に近い見方で、自由に移動できることを高く評価していた。360 度動画をより高く評価した被験者では、3DGS では見る位置、角度や距離等によっては鮮明度が低下するため、足元や近くの壁面等を見ると非現実的な印象を受けた等の回答が見られた。3D モデルでは、他のデータでは気になるノイズが無いことを高く評価する一方で、建造物にのっぺりとした印象を受けるといった回答が見られた。点群データでは、概形を確認できるが、空中にノイズがあること、点の密度が薄く描画される時があることやドット絵のように見える等の理由から評価が低かった。問 2 と問 3 においても同様の回答の傾向が得られた。

問 4 では、「気にならなかった」、「あまり気にならなかった」と回答した被験者の人数の合計は、3D モデルが一番多い結果となり、360 度動画が次いで多い結果となった。3D モデルを高く評価した被験者では、点群データや 3DGS には存在する空中ノイズ等が無く、気にならなかった等の回答が見られた。360 度動画を高く評価した被験者では、手振れは多少あるものの空中ノイズ等は無く、気にならなかった等の回答が見られた。点群データと 3DGS では、空中ノイズや視点による歪みが気になる等の理由から評価が低かった。

問 5 では、「5 点」「4 点」と回答した被験者の人数の合計は、360 度動画が一番多い結果となり、3DGS が次いで多い結果となった。360 度動画を高く評価した被験者では、他データと比べて見た目が奇麗であるといった回答が見られた。また、360 度動画で自由に動き回れたら一番リアルだと思うという回答も見られた。3DGS を高く評価した被験者では、鮮明度は 360 度動画に劣るが、見た目がリアルであり、自由に移動できる点が良い等の回答が見られた。

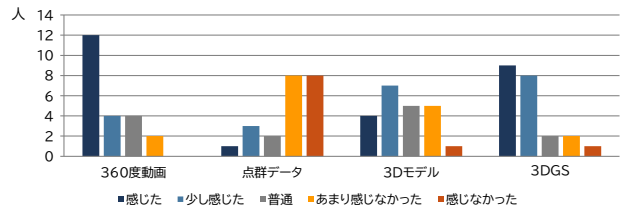


図 2 問 1 のアンケートの結果

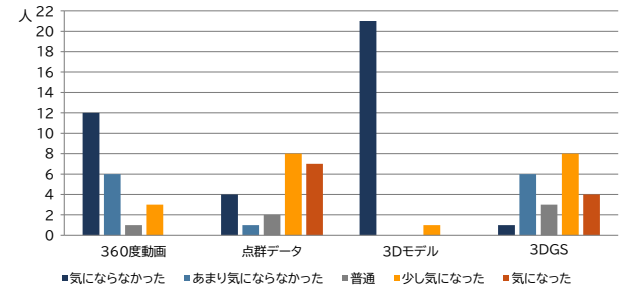


図 3 問 4 のアンケートの結果

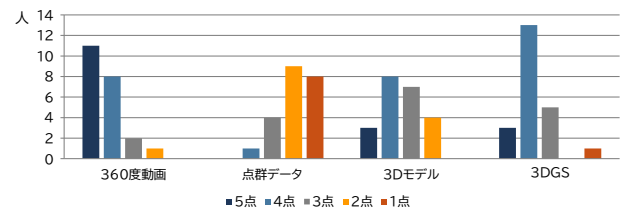


図 4 問 5 のアンケートの結果

これらの結果から、見た目の鮮明度では 360 度動画に劣るものの、3 次元のデータでは現実の見た目に近い 3DGS の評価が高くなった。360 度動画を自由に動き回れたら一番リアルだと思う等の回答から、3DGS の低評価の要因となった視点によるノイズや歪みを低減できれば、より現実に近いデジタル空間の表現に適したデータ形式となると考えられる。

### 4. おわりに

本研究では、デジタルツインやメタバースの等のデジタル空間の適切なデータ形式や表現方法を調査した。調査実験の結果から、見た目の鮮明さは 360 度動画、3 次元データでは、現実の見た目に一番近い 3DGS の評価が高いことがわかった。ただし、本調査では、見た目に関するアンケート項目のみであったため、鮮明度を特に重要視した回答と移動できることを重要視した回答が見られた。そのため、今後の調査では、体験の自由度に関する項目も含めて再調査する必要があると考えられる。一方で、3DGS は、近距離で足元や壁面等を見ると鮮明度が低いという課題が明らかになった。そこで、今後は、3DGS の出力結果の鮮明度を向上させる撮影方法や手法等を調査し、よりリアルな 3 次元データの生成を目指す。

#### 参考文献

- [1] Precedence Research “Digital Twin Market Size, Share, and Trends 2025 to 2034,” <<https://www.precedenceresearch.com/digital-twin-market>> (accessed 2025-06-12).
- [2] Bernhard, K., Georgios, K., Thomas, L., and George, D., “3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering,” ACM Transactions on Graphics, Vol.42, No.4, pp.1-14 (2023).