

三次元空間デジタルアーカイブシステムの開発

三浦 彰人^{1,a)}

概要: 山形県をはじめとした地方都市では、人口減少や自然災害などによる地域資源の喪失が課題となっている。これに対応し、各地でデジタルアーカイブの構築と公開が推進されており、3DCG を用いた記録もおこなわれている。しかし、3DCG による記録の対象となるのは手に取れる大きさのものが主であり、それらが置かれている空間のアーカイブ化については、コスト面など課題が多い。そこで本研究では、深度カメラとトラッキングカメラを用い、低コストで三次元空間データをデジタルアーカイブとして記録するシステムと、記録したデータを PC やスマートフォンなどで閲覧できるシステムを開発した。

1. はじめに

山形県をはじめとする地方都市では、少子高齢化に伴う人口減少や自然災害などによる、文化財など地域資源の喪失が課題となっている。一方、スマートフォンなどの情報通信機器の発達・普及により、多くの人々がさまざまな記録を残す活動を手軽におこなえるようになった。更に、全方位カメラや 3D スキャナ、バーチャルリアリティ技術 (VR) や 3D プリンタなど、三次元 (3D) 情報の記録手法とそれらを用いた表現手法が多数提案され、一般に普及しつつある。これに伴い、3D データを用いたデジタルアーカイブの作成と活用が、小規模でも現実的に実現可能となった。また、これらのデジタルアーカイブをオープン化し、活用に繋げる事例も増加している [1]。地方都市でのデジタルアーカイブ構築の事例として、佐賀デジタルミュージアム [2] などがある。3D データの公開も予定されているようであるが、3D データ化対象は工芸品など手に取れるものが主で、工芸品が使用されている「空間」のデジタルアーカイブ化については、コスト面など課題が多い。

2. 課題

本研究では、低コストで 3D 室内空間データをデジタルアーカイブ化する手法の確立を目指し、デジタルアーカイブ化と活用に際し生じる、下記の課題の解決を試みる。

- デジタルアーカイブ向け 3D 空間データ作成の効率化
3DCG を用いたデジタルアーカイブ作成には多大なコストが掛かる。3D 空間データ作成に安価な深度カメラを用いこれを低減し、多くの人々が 3D 空間データ

アーカイブを構築できるしくみを確立する。

- デジタルアーカイブされた 3D 空間データの応用
3D 空間データをアーカイブするのであれば、それを活用するしくみも必要である。そこで、WebGL や VR 技術などを用いた 3D 空間データならではの活用を容易におこなえるしくみを確立する。

3. システム設計と実装

本システムは、3D 空間データ記録システムと、3D 空間データ閲覧システムのふたつで構成される。記録システムと閲覧システムは、記録用機材の上で動作する。システム全体の構成と、その中のデータの流れを図 1 に示す。

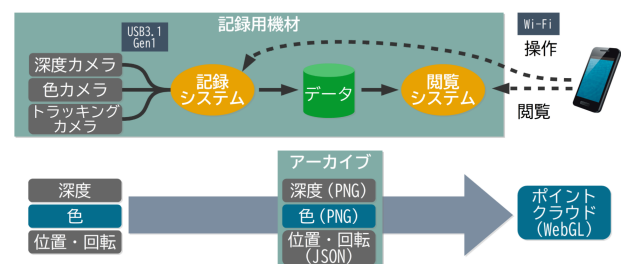


図 1 システム構成とデータの流れ

3.1 記録用機材の設計と実装

空間データの記録には、深度カメラである Intel RealSense D435[3] を用いる。撮影対象空間は主に室内であるが、一度に部屋全体を撮影することはできない。そのため、空間データをどこからどの角度で取得したかも併せて記録・合成し部屋全体のデータとする。トラッキングカメラである Intel RealSense T265 を併せて用い、位置・回転情報を得る。また、RealSense だけでは記録はできないため、データ

¹ 東北公益文科大学
Tohoku University of Community Service and Science
^{a)} miura@koeki-u.ac.jp

を収集し加工、記録するための計算機が必要である。そのため本システムでは、室内を動き回ることを想定し、ワイヤレス化でき、かつ RealSense が接続できるシングルボードコンピュータである、NVIDIA Jetson Nano を用いる。

3.2 記録方式の検討

RealSense によって得られるデータは、深度データ、色データ、位置データ、回転データの4つである。深度データは16bit 符号無し整数の二次元配列、色データはRGB(各色8bit 符号無し整数)の二次元配列、位置データは三次元直交座標、回転データはクォータニオンで得ることができる。これらのデータを再利用可能な形でアーカイブするにあたり考慮すべき点は、ファイルサイズ、圧縮方式、処理速度、扱いやすさなどである。また、深度データは16bit であるため、これに対応する必要もある。そこで、これらの視点から各種記録方式を評価した(表1)。速度の評価は、解像度 848 × 480、毎秒 30 フレームの画像 30 秒分を各記録方式にて 10 回変換した平均値を求めた。また、扱いやすさについては、Web ブラウザ側とサーバ側のいずれにおいても処理がおこないやすいかを基準にした。PNG ファイルは、変換速度は遅いものの、対応しているアプリケーションやライブラリが多く扱いやすい。よって本システムでは、深度データを16bit Grayscale のPNG、色データを24bit RGB のPNG、位置・回転データをJSONとし、フレーム順に時系列でファイルに記録する。

表 1 変換方式の評価

方式	サイズ	圧縮	16bit	FPS	扱い
RAW	126.7 MB	無圧縮	○	-	○
NPY	126.7 MB	無圧縮	○	59.93	△
NPZ	9.0 MB	可逆	○	30.92	△
PNG	8.5 MB	可逆	○	11.43	◎
JPEG	19.7 MB	非可逆	×	43.84	◎
H.264	10.9 MB	非可逆	×	58.65	×

3.3 ユーザインタフェースの設計と実装

RealSense で得たデータを記録するシステムは Jetson Nano 内で動作させる。必要に応じて記録開始・終了したり、撮影状況を確認したりできるよう、何らかのインタフェースが必要となる。本システムでは Web インタフェースにて操作・確認機能を提供する。それに加え、実際にどのようなデータが記録されているのかが一目で分かるよう、深度データと色データ、位置・回転データを合成した形で各フレームごとに閲覧できるシステムを提供する。色データに深度データを加えることで 3D データとするため、WebGL を用い Web ブラウザ上で 3D 空間を表現する。Web ブラウザ上では、サーバから深度データと色データの PNG ファイルを受け取り、これをピクセルごとに取り出し、ピクセルの位置を計算しパーティクルとして表示する。

4. 評価

実際に実機にて室内空間を撮影し、1 分間で何フレーム記録できるか評価をおこなった。その結果、おおよそ毎秒 1~2 フレーム記録できた。各フレームを単体で利用する場合はこれでも問題ないが、複数のフレームを合成し補完、表示するような処理をおこないたい場合、撮影時間を長くとり、慎重に撮影する必要がある。さらに、記録したデータを Web インタフェース上で描画し、どの程度のフレームレートで処理できるか、また、Web ブラウザの負荷がどの程度となるか評価をおこなった。評価機の構成は表 2 の通りである。撮影解像度を 848 × 480 とした場合、フレームレートは毎秒 1 フレーム程度、CPU 使用率は 1 スレッド 100%、メモリ使用量は 1~2GB 程度となった。また、GPU メモリ使用率はほぼ 100%となった。現行の表示方式では閲覧システムの負荷が大きく、比較的新しいノート PC 程度の性能が必要であり、スマートフォンなどで閲覧するのは難しいことが判明した。

表 2 評価機構成

CPU	Ryzen Pro 2500U(GPU 内蔵)
Memory	DDR4-2400 32GB
Disk	NVMe(PCIe 3.0 x2) 128GB
Display	1920x1080
NIC	Realtek 8822BE(802.11ac)
ブラウザ	Firefox 68.2(64bit)

5. 結論

深度カメラを用いて室内空間を記録し、Web ブラウザ上で閲覧できるシステムを開発することができた。しかし、閲覧システムにおいてクライアント側要求性能の低減と描画品質の向上が課題として残った。また、本システムにより記録されたデータの応用についても検討が必要である。

謝辞 本研究は、平成 29 年度私立大学研究ブランディング事業タイプ A 「日本遺産を誇る山形県庄内地方を基盤とした地域文化と IT 技術の融合による伝承環境研究の展開」の助成を受けた成果である。

参考文献

- [1] 小林 巖生. 文化芸術デジタルアーカイブの活用とオープン化 -次世代の文化機関像-. 情報処理, Vol. 55, p458-463, 2014-04-15.
- [2] 河道 威, 古賀 崇朗, 永溪 晃二, 穂屋 下茂, 梅崎 卓哉, 田代 雅美. 佐賀デジタルミュージアムの構築: ~佐賀の遺産を後世に伝えるために~. デジタルアーカイブ学会誌 2018, Vol.2, No.2. p103-106, 2018-03-09.
- [3] Keselman, Leonid and Iselin Woodfill, John and Grunnet-Jepsen, Anders and Bhowmik, Achintya. Intel RealSense Stereoscopic Depth Cameras. The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops, 2017-07.