

SfM 処理ツールの開発と 3D データ作成結果及び SfM 処理環境の評価

Development of SfM Processing Tools, and Evaluation of Results of 3D Data Creation Result and SfM Processing Environment

電子・機械技術部 ロボット・制御科 近野裕太 菅野雄大

屋外に設置される構造物等の 3D データを取得する方法として、ハンディタイプの 3D スキャナは高価で導入のハードルが高いため、一般的なカメラ画像から 3D データを作成可能な SfM 手法が有望と考えられる。しかし、SfM 処理には相応性能の PC 環境が求められ、生産活動への導入には処理を行う PC の性能要件の明確化が必要である。本研究では、オープンソースソフトウェアを用いた SfM 処理ツールの開発、また PC 環境の差異が処理時間及び作成 3D データ形状に及ぼす影響を比較評価し、必要な PC 性能要件の検証を行った。

Key words: SfM(Structure from Motion)、フォトグラメトリ、三次元形状、PC 性能要件

1. 緒言

応募企業は、福島県の伝統工芸品である「大堀相馬焼」を生産・販売する窯元である。近年、福島県南地域の狛犬の陶器作成に取り組み、その際は①3D スキャンによる狛犬の 3D データの取得、②3D プリンタによる模型の造形、③模型を参考にした陶器形状の形成という工程により作成が行われた。今後、様々な狛犬の陶器作成を行っていくことを検討しているが、この工程により陶器を作成するためには、基となる狛犬の 3D 形状データが必要になる。しかし、応募企業では現在 3D スキャナを保有していない。一般に狛犬は屋外環境に配置されるため、その形状を 3D スキャナにより測定するにはハンディタイプの 3D スキャナが必要になるが、高価格であり導入が困難である。その他の 3D データを取得する手法の一つとして SfM (Structure from Motion、またはフォトグラメトリ) がある。これは、測定対象物を一般的なカメラで多視点から撮影し、得られた画像を計算処理することにより 3D データを取得する手法である。専用の計測装置が必要ないため低コストで導入可能であるが、本手法は計算負荷が高く、一般的な PC 環境ではメモリ容量や演算性能の制約による処理時間の長大化や、さらに処理の実行自体が困難となる可能性等が考えられる。応募企業が生産活動への本手法の活用を検討するにあたり、実行に必要な PC 性能要件を明確化する必要がある。

そのため本研究では、オープンソースソフトウェアを用いた SfM 処理ツールを開発、当該ツールにより処理を実行する PC 環境の差異による処理時間及び作成した 3D データ形状について比較評価を行い、処理実行に必要な PC 性能要件を検証した。

2. 実験

2. 1. SfM 処理ツールの開発

オープンソースソフトウェアである COLMAP¹⁾ と

OpenMVS²⁾ を組み合わせた処理ツールを開発した。本ツールを用い、①画像中の測定対象物等の特徴点抽出及び多視点画像間での特徴点マッチング、②マッチング結果を用いた各画像のカメラ位置・姿勢推定、特徴点の三次元座標推定及びバンドル調整等による最適化処理を経た疎点群の作成、③疎点群を初期値としたマルチビューステレオ (MVS) による密点群の作成、④密点群を用いた 3D データの作成の大きく 4 つの処理を実行することで、3D データを作成・取得することができる。COLMAP は①、②の処理、OpenMVS は③、④の処理の実行に用いた。

2. 2. PC 環境の差異による処理性能の比較

本実験で使用した PC 構成を表 1 に示す。SfM 処理を実行する PC 環境の差異が、処理時間及び作成される 3D データ形状に及ぼす影響を明らかにするため、処理に使用可能な CPU 論理コア数、メモリ容量、使用する画像解像度及び GPU の使用有無の 4 項目について表 2 に示す条件を設定し、各条件を組み合わせた環境下における処理時間及び作成される 3D データ形状について比較評価を行った。

一般に、SfM 処理に GPU を活用することにより計算時間の大幅な削減が可能であることが広く知られているため、始めに、GPU が使用可能である環境下における CPU 論理コア数、メモリ容量及び画像解像度の全組合せ条件における SfM 処理時間を計測した。

次に、GPU の使用有無の影響を確認するため、使用可能なメモリ容量を 128[GB] に設定した環境下における CPU 論理コア数、画像解像度及び GPU 使用有無の全組合せ条件における SfM 処理時間を計測した。

最後に、使用する画像解像度及び GPU 使用有無の差異が 3D データ形状に及ぼす影響を確認するため、CPU 論理コア数を 32、メモリ容量を 128[GB]、GPU 使用有りに設定した環境下において、複数設定した条件毎に 3D データ形状を作成し、その形状の比較を行った。

SfM 処理の実行には 3D データ作成対象である狛犬

表 1 実験に使用した PC 構成

構成	型番等	スペック等
OS	Ubuntu 22.04 LTS	-
CPU	AMD Ryzen 9 7950X	16コア/32スレッド
GPU	Gigabyte NVIDIA GeForce RTX5090	VRAM 32[GB]
メモリ	Crucial CT32G48C40U5	DDR5-4800、 128[GB] (32GB × 4)
SSD	Western Digital WD_BLACK SN7100	2[TB]

表 2 実験条件

項目	実験条件
①CPUコア数	4, 8, 16, 32コアの4条件
②メモリ容量	8, 16, 32, 64, 128[GB]の5条件
③画像解像度	6,000×4,000、3,000×2,000、 1,500×1,000の3条件
④GPU使用有無	有、無の2条件



図 1 実験に用いた画像例

を多視点から CANON EOS R100 を用い撮影した JPEG 画像 138 枚を使用した。図 1 に画像例を示す。SfM 処理は、各条件に対応する CPU 論理コア数及びメモリ容量等を割り当てた Docker³⁾ コンテナ環境において実行した。各条件の環境は同一 PC 上で仮想的に構成したものであり、物理的に異なる PC を使用して実験を行ったものではない。

3. 結果

3. 1. CPU 論理コア数、メモリ容量及び画像解像度の差異による処理時間の比較

各条件における処理時間の結果を表 3 に示す。なお、表 3 において処理時間の記載のない箇所は処理が失敗したことを表す。なお、GPU は全条件において使用した。画像解像度が 6,000×4,000 の場合には、CPU 論理

表 3 CPU 論理コア数、メモリ容量及び画像解像度の差異による処理時間の比較結果

CPU 論理コア数	メモリ容量	処理時間		
		画像解像度		
		6,000×4,000	3,000×2,000	1,500×1,000
4	8	-	-	3分29秒
4	16	-	6分37秒	5分27秒
4	32	18分34秒	7分39秒	3分25秒
4	64	18分50秒	6分40秒	3分28秒
4	128	17分59秒	7分50秒	3分16秒
8	8	-	-	3分09秒
8	16	-	5分42秒	2分36秒
8	32	15分02秒	5分50秒	4分49秒
8	64	14分40秒	5分59秒	3分08秒
8	128	14分34秒	5分38秒	3分21秒
16	8	-	-	2分26秒
16	16	-	5分09秒	3分16秒
16	32	13分15秒	5分06秒	2分19秒
16	64	13分46秒	5分09秒	2分03秒
16	128	13分28秒	5分46秒	3分00秒
32	8	-	-	3分00秒
32	16	-	5分05秒	3分42秒
32	32	12分47秒	5分01秒	2分21秒
32	64	12分37秒	5分32秒	2分13秒
32	128	12分31秒	5分02秒	3分04秒

表 4 GPU 使用有無の差異による処理時間の比較結果

画像解像度	CPU 論理コア	処理時間	
		GPU使用無し	GPU使用有り
6,000×4,000	4	418分09秒	17分59秒
	8	217分54秒	14分34秒
	16	116分22秒	13分28秒
	32	66分13秒	12分31秒
3,000×2,000	4	161分51秒	7分50秒
	8	89分20秒	5分38秒
	16	46分58秒	5分46秒
	32	27分01秒	5分02秒
1,500×1,000	4	-	3分16秒
	8	-	3分21秒
	16	-	3分00秒
	32	10分36秒	3分04秒

コア数の増加に伴い処理時間が減少することが確認できたが、それ以外の場合においては有意差を確認することはできなかった。またメモリ容量の比較において、処理が成功した条件では各処理時間に有意差は確認できなかった。

3. 2. GPU 使用有無の差異による処理時間の比較

各条件における処理時間の結果を表 4 に示す。表 4 において処理時間の記載のない部分は処理が失敗したことを表す。なお、使用可能なメモリ容量は全条件において 128[GB] と設定した。

実験の結果、GPU の使用により処理時間が大幅に短縮すること、また GPU 使用無しとした条件では画像解像度が低い程処理時間が短くなることを確認できた。

3. 3. 画像の解像度等の差異による 3D データ形状等の評価

CPU 論理コア数 32、メモリ容量 128[GB]、GPU 使用有りとし、画像解像度 6,000×4,000、3,000×2,000、1,500×1,000 の画像から SfM 処理により作成した 3D データを図 2、3 及び 4 に示す。これより、解像度が

高い画像を使用した場合は表面のざらざらとした質感を保った 3D データが作成できており、解像度が低い画像を使用した場合は、微細な形状情報は残っておらず、外形のみの単調な質感となっていることが確認できた。例えば、大きな狛犬の画像中央付近の手元の形状については、解像度 $3,000 \times 2,000$ 以上の画像を使用した 3D データは凹凸形状がはっきりと残っているが、解像度 $1,500 \times 1,000$ の画像を使用した 3D データでは凹凸が潰れていることが確認できる。

次に、使用可能なメモリ容量を 128[GB]に設定し、解像度 $6,000 \times 4,000$ の画像を使用する場合における CPU 論理コア数 32、GPU 使用無しとした条件で作成した 3D データを図 5 に、CPU 論理コア数 4、GPU 使用無しとした条件で作成した 3D データを図 6 に示す。図 2、5 及び 6 より、GPU の使用有無は作成される 3D データの形状に影響がないこと、また CPU 論理コア数の違いによる影響がないことが確認できた。多くの CPU 論理コアを持ち、かつ GPU が使用可能な環境に比べ、CPU のコア数が少なく、また GPU が使用できない環境では SfM 処理に多くの時間がかかるものの、高性能ではない PC 環境であっても良好な 3D データ作成が可能であることが確認できた。

4. 考察

GPU 使用有りとした環境下において、使用可能な CPU 論理コア数、メモリ容量、使用する画像解像度の差異による処理時間についての比較実験を行った際、画像解像度が $6,000 \times 4,000$ の場合ではメモリ容量が 8GB、16GB、画像解像度が $3,000 \times 2,000$ の場合ではメモリ容量が 8GB に設定した条件時に処理が失敗した。これは処理の際にメモリ容量が不足したことによりプログラムが処理落ちしたためであると考えられる。

また GPU 使用有無の差異による処理時間についての比較実験を行った際、GPU 使用無し、画像解像度 $1,500 \times 1,000$ 、CPU 論理コア数 4, 8, 16 に設定した条件において処理が失敗した。この原因としては、例えば特徴点抽出のアルゴリズムが GPU 使用時と不使用時とで同一ではなく、低解像度画像から有意な特徴を抽出できていないことなどが考えられる。

作成した 3D データの形状については、画像解像度の高低によりその質感に差異があることが確認された。これは、SfM は画像中から得た特徴点をもとに 3D データを再構成する手法であるため、画像の解像度が低下するほど、特徴点となるピクセル情報が画像から欠落してしまうため、3D データで微細な形状が再現できないことを表していると考えられる。



図 2 解像度 $6,000 \times 4,000$ の画像で作成した 3D データ



図 3 解像度 $3,000 \times 2,000$ の画像で作成した 3D データ



図 4 解像度 $1,500 \times 1,000$ の画像で作成した 3D データ

5. 結言

本研究では、オープンソースソフトウェアを用いた SfM 処理ツールの開発を行うとともに、開発した SfM 処理ツールを用いた処理を実行する PC 環境の差異による処理性能及び本ツールにより作成した 3D データ形状の比較評価を行った。実験結果から以下のことが示唆された。

- SfM の処理時間は GPU の有無により大幅に変わり、GPU が使用可能であれば、画像解像度が高い場合でも高速に処理することが可能である。そのため、GPU が使用可能であることが望ましい。しかし、GPU が使用不可な環境においても処理を実行することは可能であり、良好な 3D データの作成が可能である
- CPU のコア数については、GPU が使用可能な環境であれば処理時間に大きな影響はなく、GPU が使用不可な環境の場合はコア数が多いほど処理時間を短縮することが可能である。
- メモリ容量については、SfM 処理に使用する画像等のデータ容量により必要量が変わり、本研究で用いた画像と同等の枚数の画像を使用する場合には、画像解像度が低い場合は 16GB 程度、画像解像度が高い場合でも 32GB あれば問題なく処理を実行することが可能である。
- SfM 処理に使用する画像の解像度は、SfM の処理時間及び作成する 3D データの品質に影響する。微細形状を再現した 3D データを作成したい場合は、高解像度の画像を使用することが必要となり、外形が凡そ再現できている 3D データで問題ない場合は、低解像度の画像を用いることにより処理時間を短縮ことができ、生産性の向上に寄与する。

参考文献

- 1) COLMAP. <https://github.com/colmap/colmap>. (参照 2026-03-2).
- 2) OpenMVS: open Multi-View Stereo reconstruction library. <https://github.com/cdcseacave/openMVS>(参照 2026-03-2).
- 3) Docker. <https://www.docker.com/ja-jp/>. (参照 2026-03-2).



図5 解像度 6,000×4,000 の画像で作成した 3D データ
(CPU 論理コア数 32、GPU 使用無し)



図6 解像度 6,000×4,000 の画像で作成した 3D データ
(CPU 論理コア数 4、GPU 使用無し)