

投影画像を用いた三次元点群データの生成手法に関する一考察

法政大学大学院 学生会員 ○庄司 康太
法政大学 正 会 員 今井 龍一
大阪経済大学 正 会 員 中村 健二

摂南大学 正 会 員 塚田 義典
摂南大学 正 会 員 梅原 喜政
アジア航測株式会社 非 会 員 新名 恭仁

1. はじめに

近年、i-Construction¹⁾の推進により、土木工事の現場では、点群データの活用が進められている。一般的に点群データは、地上設置型レーザスキャナ（以下、「TLS」とする。）で取得されるが、機材が高価かつ使用にあたっては専門知識が必要となる。そこで、画像を用いて比較的安価かつ容易に高密度点群データを生成できる SfM (Structure from Motion)/MVS (Multi-View Stereo) 技術（以下、単に「SfM」とする。）が注目されている。しかし、SfM によって生成される点群データは、画像内の特徴点の数や画像の解像度などに精度が依存するため、テクスチャの乏しい対象物への適用が困難である。そこで、佐藤ら²⁾は、プロジェクタを用いて対象物に模様を投影して特徴点を増加させる手法を考案し、TLS で取得した点群データと同等の精度の点群データが生成できることを明らかにした。今後の課題として、土木構造物の出来形管理等への適用可能性を検証する必要がある。特に現場適用の際には、土木構造物の形状に依存して投影面が斜めになることで投影模様が変形し、正確に形状を復元できない可能性がある。以上より、本研究の目的は、投影面と撮影方向との角度が SfM によって生成された点群データに与える影響の解明とする。

2. 投影角度の影響調査

(1) 実験方法

本実験では、投影面と撮影方向の角度（以下、「投影角度」とする。）が SfM に与える影響を明らかにする。実験に使用する機材を表-1 に示す。対象物の撮影に 8K 解像度で撮影可能な Canon EOS R5 を使用する。投影に用いたプロジェクタは WXGA 画質で投影可能な EPSON EB-W420 である。SfM 処理ソフトウェアは、Agisoft 社製の Metashape を使用する。Metashape での設定のうち、写真のアライメント処理、高密度クラウド構築処理および深度フィルタの入力パラメータである品質は、初期設定である「中」とする。投影対象として、テ

クスチャが乏しい無地な A3 サイズの白色のスチレンボード（447×600mm）を使用する。投影面とスチレンボードが平行である場合を投影角度 0 度とし、スチレンボードの角度を 0 度から 90 度まで 10 度ずつ変更する。（図-1 参照）。そして、オーバーラップ率が 90% 以上となる間隔で、10 枚の画像を平行撮影する。SfM 処理ソフトウェアによって生成された点群データを無償の点群データ編集ソフトウェアである CloudCompare³⁾を用いて、スチレンボードの縦および横の長さを測定

表-1 実験に使用した機材とソフトウェア

項目	仕様
カメラ	Canon EOS R5
レンズ	RF24-105mm F4 L IS USM
焦点距離	24mm
有効画素数	8,192×5,464ピクセル
プロジェクタ	EPSON EB-W420
投影解像度	1,280×720ピクセル
ソフトウェア	Agisoft Metashape
オーバーラップ率	90%以上
撮影枚数	10枚
投影対象	A3サイズのスチレンボード

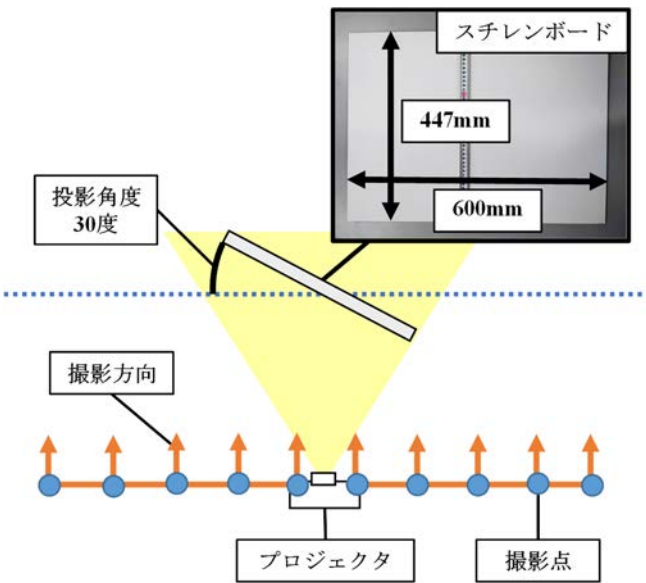


図-1 投影角度が 30 度の場合の実験環境

キーワード：SfM，点群データ，タイポイント，高解像度カメラ，i-Construction
連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学 TEL：03-5228-1347 E-mail：kota.shoji.7h@stu.hosei.ac.jp

する。また、点群データのばらつきの度合いを比較するため、CloudCompare を用いて RMS を算出する。本研究における RMS は、点群データを近似した平面と個々の点の距離の二乗平均平方根とし、値が小さいほどばらつきが小さい点群データといえる。

(2) 実験結果

SfM で生成した点群データから測定したスチレンボードの縦横の辺長、RMS、点数および点群データの欠損の有無を表-2、投影角度が 0 度、30 度および 60 度の場合の形状の比較結果を表-3 に示す。表-2 より、投影角度が 0 度から 60 度までは、SfM によって点群データを生成できた。しかし、表-3 より、投影角度が 60 度の場合に点群データの右上の箇所に欠損が確認された。また、表-2 より、投影角度が 60 度の場合の点数は約 65,800 点であり、他の投影角度の場合と比べ少ない値であった。投影角度が 70 度以上の場合では、SfM に失敗した。RMS に注目すると、表-2 より、投影角度が 0 度から 40 度の場合では 0.84mm 前後であったが、50 度の場合では 1.10mm、60 度の場合では 1.15mm であり、0 度から 40 度の場合と比較して大きな値であることを確認した。スチレンボードの各辺の長さを測定した結果では、投影角度に関係なく、実際の寸法と比較し、10mm 以内の誤差であることがわかった。

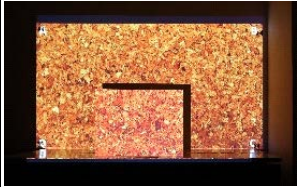
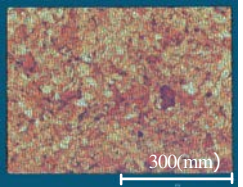
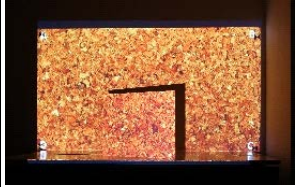
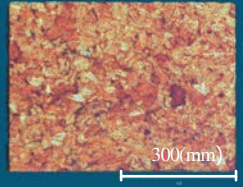
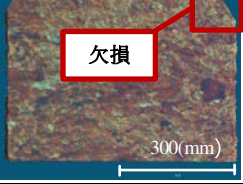
3. 投影角度が SfM に与える影響の解明

実験結果より、投影角度が 70 度以上になると、SfM に失敗することがわかった。これは、投影角度が大きくなるにつれて、スチレンボードの面を十分に撮影できなくなることで特徴点数が減少し、点群データの生成に失敗したと考えられる。また、投影角度が 50 度と 60 度の場合、40 度以下と比べて RMS が大きくなった。これは、投影面が斜めになる現場において、1 ピクセルが表現する単位距離の相対的な増加により、タイポイントを抽出する際の精度が低下し、結果として、点群データの精度が低下すると推測される。そして、スチレンボードの各辺の長さを測定した結果を確認すると、測定の際の手作業による誤差を含んだ上でも、投影角度に関わらず誤差は 10mm 以内であった。以上より、投影角度が 40 度以内の場合に高精度かつ対象物の形状を正しく復元できると考えられる。そのため、現場で投影角度が 40 度以内となるようプロジェクタの位置を調整し、佐藤ら²⁾が考案した手法を適用することで、高品質な点群データを生成できると考えられる。

表-2 実験結果

投影角度 (度)	縦の長さ (mm)	横の長さ (mm)	RMS (mm)	点数 (点)	点群データの 欠損
0	446	596	0.85	83,102	無
10	442	598	0.89	80,127	無
20	438	599	0.83	82,421	無
30	443	593	0.83	97,473	無
40	439	596	0.79	95,484	無
50	440	590	1.10	78,424	無
60	436	590	1.15	65,806	有
70	SfMに失敗				
80	SfMに失敗				
90	SfMに失敗				

表-3 撮影画像と点群データの比較

投影角度 (度)	撮影画像	点群データ
0		
30		
60		

4. おわりに

本研究では、模様の投影角度が SfM によって生成された点群データに与える影響を検証した。その結果、投影角度が 40 度以内であれば、精度が低下せず、欠損のない点群データを生成できることがわかった。また、投影角度に関係なく、対象物を誤差 10mm 以内で高精度に復元可能なことが明らかとなった。今後は、投影角度だけでなく、投影する模様が SfM によって生成された点群データに与える影響を検証する。

参考文献

1) 国土交通省：i-Construction～建設現場の生産性革命～、<<http://www.mlit.go.jp/common/001137123.pdf>>、(入手 2023.3.31)。
2) 佐藤 紗希, 今井 龍一, 中村 健二, 塚田 義典, 新名 恭仁：SfM の特性を活かした高精度点群データの生成実験, 第 77 回土木学会年次学術講演会概要集, Vol77, 2022。
3) CloudCompare : Open Source Project, <<https://www.danieigm.net/cc/release/>>, (入手 2023.3.31)。