

SfM を用いた 3D モデル化の精度検証に関する研究

宮崎大学大学院 学生会員 ○佐藤 宏紀
 宮崎大学 正 会 員 森田 千尋
 宮崎大学大学院 非 会 員 小川 裕棋
 (株)計測リサーチコンサルタント 非 会 員 大西晋太郎

1. 目的

日本の橋梁の多くは高度経済成長期に建設されており、老朽化が問題となっている¹⁾。これを受け、国土交通省は 5 年に 1 度の近接目視による橋梁の定期点検を義務付けた²⁾。しかし、近接目視点検は専用車両や足場の仮設が必要となるため、時間や費用の負担が大きい³⁾。そのため、効率的な点検手法や維持管理法、データの管理が必要とされている。

そこで本研究では、近年注目されている 3 次元計測技術の一つである SfM (Structure from Motion, 以下 SfM とする) を用いることによる、効率的なインフラ点検手法の検討のため、その精度を明らかにすることを目的としている。過去の研究において鋼材について SfM 解析する場合精度が低くなったため、今回は、鋼材に着目して精度検証を行う。そして、その結果を基に変形したステンレス板で SfM の 3 次元計測を行い、最後に、実際の橋で SfM の 3 次元計測を行う。

2. SfM の概要

SfM 解析は画像を用いた 3 次元形状復元技術であり、異なる位置から撮影された複数の写真をもとに 3D 点群を取得する (図-1)。基本原理は従来の写真測量と同様であるが、SfM 解析ではほとんどの工程が自動化されている。SfM 解析は画像から自動で数百点から数千点の特徴点を抽出し、画像間のマッチングを行い、その点と撮影位置の 3 次元座標を特定する。特徴点とは、画像上で周囲と比較して色彩や濃淡などが異なる画素のことである。特徴点と撮影位置の推定値から生成された粗い点群を用いて画像の各ピクセルについて 3 次元座標を計算し、より高密度な 3D 点群データを取得する。この点群を接点とする三角形要素を構築し、モデルのテクスチャを作成することで対象を再現した 3D モデルが作られる。

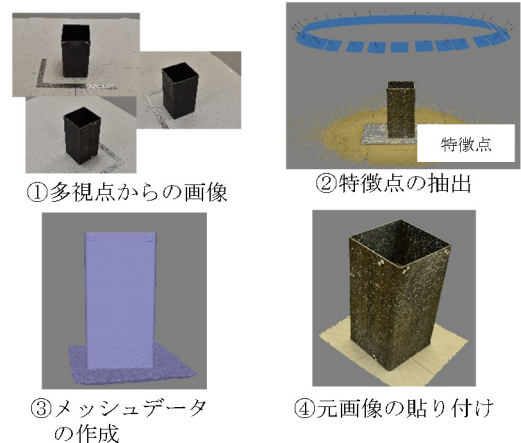


図-1 3D モデル構築の手順

3. 供試体による検証

(1) 鋼材供試体による検証

使用したソフトは Agisoft 社製の photoscan である。撮影に用いたカメラは一眼レフのデジタルカメラ (以下、一眼レフとする)、Nikon D5500 (2400 万画素) である。今回は鋼材表面につや消しスプレー (以下、スプレーとする) を施しているものと施していないもので撮影を行った。10° ずつ 36 枚撮影を行い、その後、それぞれの写真の画素数を落として SfM 解析を行った。実寸と推測値の長さとの誤差計算により寸法の再現性を比較するとともに、視覚的な再現性も比較を行った。

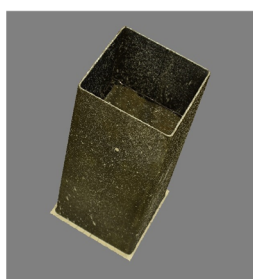
表-1 にスプレー有無の鋼材供試体の検証結果を示す。スプレーを施していないモデルを St、施したモデルを Sts で示した。忠実に再現できたものを○、形状は再現できたが所々凹凸が見られたものを△、再現できなかったものを×としている。図-2 に使用枚数 12 枚で総画素数 2,400 万の画像で解析した鋼材供試体のモデルを示す。スプレーを施した供試体の方が施していないものよりも視覚的な再現性も良くなり、誤差も生じなかった。また、枚数別にみると枚数が多いモデルの方が誤差は小さくなり、視覚的な再現性も良くなった。

キーワード SfM, 三次元計測技術, 鋼材, 橋梁, 点検手法

連絡先 〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1 丁目 1 番地 TEL. 0985-58-7324

表-1 鋼材供試体の検証結果

モデル名	画素数 (万)	使用枚数 (ラップ率)	誤差	形状	欠損	モデル名	画素数 (万)	使用枚数 (ラップ率)	誤差	形状	欠損
St-1	2,400	36(94.4)	基準	△	なし	Sts-1	2,400	36(94.4)	基準	○	なし
St-2		18(88.9)	0%	△	なし	Sts-2		18(88.9)	0%	○	なし
St-3		12(83.3)	0%	△	なし	Sts-3		12(83.3)	0%	○	なし
St-10	1,176	36(94.4)	0.54%	△	なし	Sts-10	1,176	36(94.4)	0%	○	なし
St-11		18(88.9)	0.54%	△	なし	Sts-11		18(88.9)	0%	○	なし
St-12		12(83.3)		×		Sts-12		12(83.3)	0.54%	○	なし
St-16	600	36(94.4)	0.54%	△	なし	Sts-16	600	36(94.4)	0%	○	なし
St-17		18(88.9)	1.08%	△	なし	Sts-17		18(88.9)	0.54%	○	なし
St-18		12(83.3)		×		Sts-18		12(83.3)	0.54%	△	なし
St-22	216	36(94.4)	1.61%	△	なし	Sts-22	216	36(94.4)	0%	△	なし
St-23		18(88.9)		×		Sts-23		18(88.9)	0.54%	△	なし
St-24		12(83.3)		×		Sts-24		12(83.3)	0.54%	△	あり



a)スプレーあり



b)スプレーなし

図-2 鋼材供試体のモデル



図-3 橋梁 A のモデル

考えられる。図-3 に作成した橋梁 A のモデルを示す。

(2) 変形したステンレス板による検証

次に、変形したステンレス板を対象に SfM 解析を行った。使用したカメラとソフトは供試体検証の際に使用したものと同一のものである。ステンレス板の変形が SfM 解析されたモデル上でも確認できるのかを目的として行った。条件として①スプレーの有無、②日向と日陰での撮影で比較を行った。あらゆる角度から撮影を行い写真の使用枚数は 50 枚とした。

検証結果の詳細は、当日説明するが、日向と日陰では、日陰の方が精度が良い。

4. 実際の橋梁での検証

実橋梁 A の SfM 解析を行った。対象橋梁は橋長 8.7m、幅員 4.3m である。使用したカメラとソフトは供試体検証の際に使用したものと同一のものである。192 枚の写真を用いてモデル化した。コンクリート床板部分については欠損のない再現性の高いモデルを作成することができた。しかし、H 鋼桁やガードレールについては、穴などの欠損が多くみられた。これは、鋼材の様な塗装と光沢が SfM での特徴点抽出を困難にしているものと

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 表面にスプレーを施すと誤差が生じにくくなり見た目の再現性も向上する。
- (2) スプレーを施すと 1,000 万画素以上で概ね誤差が生じなかったが、施さない場合は 2,000 万画素以上なければ誤差が生じてしまった。
- (3) 日向と日陰では、日陰の方が精度が良い。
- (4) 実橋梁の検証では、コンクリート部分は再現性が高く問題なかったが H 鋼桁といった鋼材部分は再現性が低くなり、今後実橋梁での再現性向上についての検証が必要である。

参考文献

- 1) 国土交通省：道路局集計，2013。
- 2) 国土交通省：橋梁定期点検要領，2014。
- 3) 小沼恵太郎，西村正三：多視点画像 3D モデル構築システムの橋梁調査への適用性について，土木学会第 69 回年次学術講演会，2014。