

## 多視点画像解析を用いた橋梁の 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 ○小川 裕棋

宮崎大学

正 会 員 森田 千尋

(株) コスモエンジニアリング

正 会 員 山根 誠一

(株) 大進

正 会 員 濱田 貴光

## 1. 目的

日本では、橋梁の老朽化に伴い、全国の橋長 2m 以上の橋梁を対象に 5 年に 1 度定期点検を実施することが義務付けられている<sup>1)</sup>。しかし、橋梁の維持管理における点検は近接目視を基本とするため、予算不足や技術者不足が問題となっている<sup>2)</sup>。そのため低コストでかつ効率的な点検手法が必要とされている。そこで、橋梁を多視点画像解析の 1 種である SfM(Structure from Motion, 以下 SfM とする)を用いて 3D モデル化することで形状や損傷の様々なデータを管理することにより効率的な点検、維持管理が期待できる。しかし、小規模構造物への検討事例が少なく、モデルの精度が明らかになっていない。そこで本研究では、効率的なインフラ点検手法の検討のため、SfM の精度を明らかにすることを目的とする。今回は鋼材供試体による検証と実橋梁による精度検証を行った。

## 2. SfM の概要

SfM は画像を用いた三次元形状の復元技術であり、異なる位置から撮影された複数の写真をもとに 3D データを取得する(図-1)。基本原理は従来の写真測量と同様だが、SfM は基準座標値を入力する以外、解析はほぼ自動化されており、条件の異なる複数のカメラを用いた解析も可能である。SfM は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った後に、その点と撮影位置の三次元座標を特定する。特徴点とは、画像上のある点で周囲と比較して色彩や濃淡等が異なる点のことである。特徴点などの推定値から生成された粗い点群から各ピクセルの三次元座標を計算し、より高密度な点群を取得する。この点群からメッシュデータを作成し、元画像を貼り付けることによって 3D モデルが構築される。

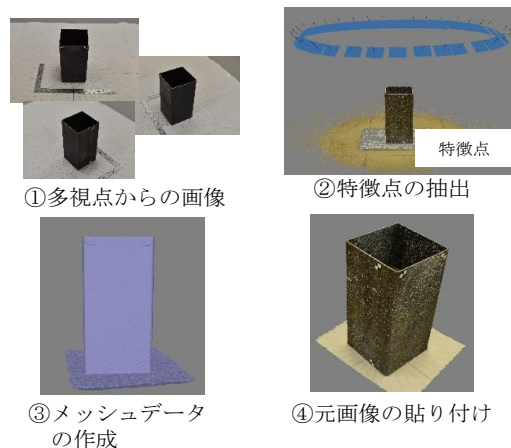


図-1 3D モデル構築の手順

## 3. 鋼材供試体による検証

## (1) 検証方法

鋼材供試体を用いて精度検証を行った。モデル作成に使用したソフトは Agisoft 社の PhotoScan、撮影に用いたカメラは Nikon D5500 である。供試体の 4 面と上部から光を当て、供試体表面の光度を調節して撮影を行った。撮影距離は供試体中心から 50cm とする。また、鋼材表面につや消しのスプレーを施しているものと施していないものとで比較を行った。実測値とモデル上で算出した推定値の誤差を求めることで寸法の再現性を比較するとともに視覚的な再現性の比較も行った。

## (2) 検証結果

スプレーなし使用枚数 18 枚では全てのモデルで形状が十分に再現されなかった。そのため使用枚数を増やした場合とスプレーを施した場合で再度検証を行った。表-1 に鋼材供試体の検証結果の一部を示す。スプレーを施していないモデルを St、施したモデルを Sts で示す。形状が忠実に再現できたモデルを○、形状は再現できたが欠損等が見られたものを△、モデルが再現できなかったものを×とする。スプレーなしのモデルでは使用枚数を増やすと再現性が向上し、300~800Lux で形状が十分に再現され誤差も小さくなった。スプレーを施

キーワード SfM, 多視点画像解析, 精度検証, 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   | 光度<br>(Lux) | 使用枚数<br>(ラップ率) | 誤差    | 形状 |
|------------|--------|-------------|----------------|-------|----|
| スプレー<br>なし | St-1   | 100         | 36(94.4)       | 2.08% | △  |
|            | St-2   | 200         | 36(94.4)       | 2.45% | △  |
|            | St-3   | 300         | 36(94.4)       | 1.07% | ○  |
|            | St-4   | 400         | 36(94.4)       | 1.44% | ○  |
|            | St-5   | 500         | 36(94.4)       | 1.44% | ○  |
|            | St-6   | 600         | 36(94.4)       | 0.75% | ○  |
|            | St-7   | 700         | 36(94.4)       | 0.64% | ○  |
|            | St-8   | 800         | 36(94.4)       | 1.28% | ○  |
|            | St-9   | 900         | 36(94.4)       | 0.43% | △  |
|            | St-10  | 1000        | 36(94.4)       | 2.56% | △  |
| スプレー<br>あり | Sts-1  | 100         | 18(88.9)       | 0.54% | ○  |
|            | Sts-2  | 200         | 18(88.9)       | 0.54% | ○  |
|            | Sts-3  | 300         | 18(88.9)       | 0.00% | ○  |
|            | Sts-8  | 800         | 18(88.9)       | 2.00% | ○  |
|            | Sts-9  | 900         | 18(88.9)       | 0.11% | ○  |
|            | Sts-10 | 1000        | 18(88.9)       | 0.05% | ○  |

とスプレーなしでは再現できなかったモデルも再現可能となり、誤差も全てのモデルにおいて 3%未満に収まった。

4. 実橋梁の地覆厚・床版厚の検証

(1) 検証方法

実橋梁を対象に SfM 解析を行った。橋梁 A は鉄筋コンクリート T 桁橋、橋梁 B は H 型鋼橋である。使用したソフトとカメラは供試体検証の際に使用したものと同じものである。モデル作成後にそれぞれの橋梁で地覆厚を、橋梁 A で床版厚と舗装厚を合わせたもの（以下、床版厚とする）を測定し、現場での計測値との誤差を比較した。床版厚の現場計測は対象橋梁に掘削孔をあけ、棒状スキャナを使用することによって計測を行い、実測値は 230mm であった。地覆圧に関しては、橋梁 A、橋梁 B でそれぞれ 17 箇所ずつ、床版厚に関しては、5 箇所推定値を求めた。使用した写真の枚数は橋梁 A が 356 枚、橋梁 B が 199 枚である。

(2) 検証結果

完成した橋梁 A のモデルの全体像を図-2 に示す。今回の検証では、どちらの橋梁も全体的な形状は再現することができた。橋梁 B に関しては、コンクリート部分の再現にそれほど問題はなかったが、主桁の鋼材部分が所々欠けてしまう結果となった。次に出来上がったモデルから各箇所の厚さを測定した。地覆厚計測の結果を表-2 に示す。表に示されている推定値は数点算出した値の平均値である。どちらの橋梁も誤差は

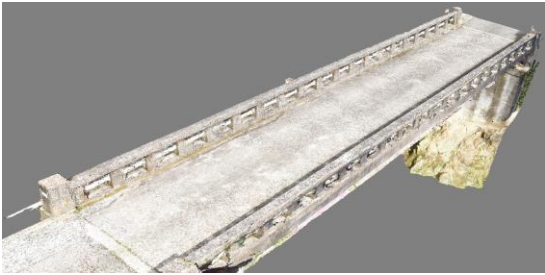


図-2 橋梁 B モデル

表-2 地覆厚計測結果

| (橋梁A)       |             |           | (橋梁B)       |             |           |
|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|
| 推定値<br>(mm) | 計測値<br>(mm) | 差<br>(mm) | 推定値<br>(mm) | 計測値<br>(mm) | 差<br>(mm) |
| 143         | 150         | -7        | 277         | 280         | -3        |

表-3 床版厚計測結果

| NO.     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 平均  |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 推定値(mm) | 247 | 245 | 265 | 232 | 249 | 248 |
| 誤差(mm)  | 17  | 15  | 35  | 2   | 19  | 18  |

10mm 以内に収まった。床版厚計測の結果を表-3 に示す。最大誤差は 35mm、平均誤差は 18mm となった。床版厚の誤差が地覆厚の誤差と比べて大きく出た要因としては、モデル上の長さの基準となるマーカーの位置が計測位置から離れていたことが考えられる。

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- ①鋼材をモデル化する場合、表面にスプレーを施すことによって再現性が向上し、寸法誤差も小さくなる。スプレーを施さない場合は写真の使用枚数を増やし、光度 300~800Lux であればモデル化は可能である。
- ②地覆厚の検証では、2 つの橋梁において誤差が 10mm 以内に収まり、実際の点検においても十分適用可能だと考えられる。
- ③床版厚の検証では、地覆厚に比べると誤差が大きく出た。比較的誤差が大きく出た要因としてマーカーの設置位置があげられるので、今後マーカーの設置位置に関する精度検証を行っていく必要がある。

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。