

## 橋梁点検の効率化に資する3次元モデル活用ソフトウェアの考察

### ～ ロボット点検の一般化を目指して ～

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○服部 達也  
 国立研究開発法人土木研究所 正会員 二宮 建  
 国立研究開発法人土木研究所 下川 光治  
 国立研究開発法人土木研究所 正会員 新田 恭士

#### 1. はじめに

国土交通省では、将来的な担い手不足、インフラの老朽化、維持管理費の増大といった課題への対応として、「i-Construction」を推進しており、さらにこの流れを加速すべく、ロボットによる人の点検作業の効率化を目指して、インフラ分野における AI 研究開発の促進に取り組んでいる。土木研究所では、「AI を活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究」にて、メンテナンスサイクルにおける点検・診断・措置の効率化を進めている。

5年毎の橋梁定期点検は、現地での近接目視と点検報告書の作成に多くの労力（人、時間、費用）を必要とする。国土交通省では、橋梁点検の効率化を目的として、「新技術利用のガイドライン（案）」を公開し、点検ロボットの活用を積極的に推進している。

本稿は、点検ロボットを活用した橋梁点検の効率化に資する3次元モデルを活用するソフトウェアの機能について考察を行ったものである。

#### 2. 橋梁点検用3次元ソフトウェアの現状

土木分野では、UAV やコンピュータビジョンなどの3次元技術が様々な場面で活用されている。その中で、連続撮影した画像より、3次元空間上に撮影位置及び撮影方向を自動推定し、撮影対象物の3次元モデル（点群モデル）を生成する Structure from Motion（以下、SfM）を用いた3次元ソフトウェアに着目した。

SfM の一般的な利用方法は、i-Construction の土工出来形管理のように、3次元モデルから形状を得ることである。一方、橋梁点検においては、橋梁の3

キーワード 橋梁ロボット点検、効率化、3次元モデル、SfM、点群処理、

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6

国立研究開発法人土木研究所 TEL:029-879-6799

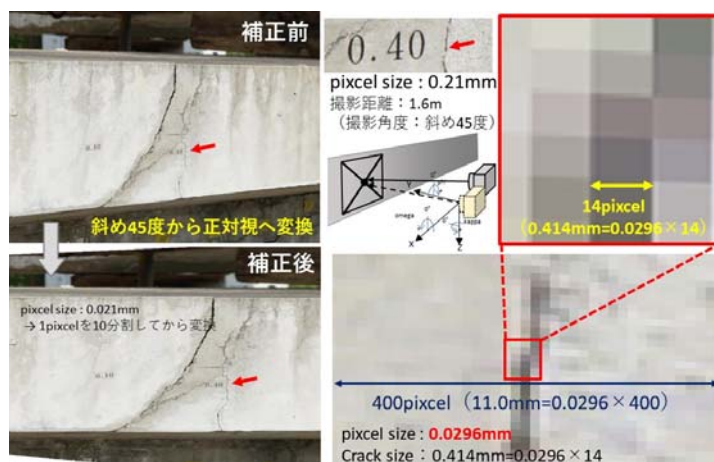
次元モデルの形状取得だけでなく、推定される撮影位置や撮影方向を利用して、①膨大な画像の管理、②画像判読による変状識別、③変状位置の正確な記録を効率的に行う必要がある。しかし、これらを有機的に行えるソフトウェアはない。さらに、橋梁は土工事よりも著しく複雑であるため、3次元モデルを作成するため基本手順が確立されていない。著者らにおいても、ロボットや橋梁毎に試行錯誤と幾度の手戻りをして3次元モデルを作成しているのが現状である。

#### 3. 3次元モデル活用による効果

橋梁点検に3次元モデル作成ソフトウェアを活用することによる効果は、①橋梁の3次元モデル（点群モデル）の作成、②画像の撮影位置・撮影方向の視覚化、③3次元モデルと画像を重ねて表示することによる画像位置の視覚化、④変状状況の把握と3次元モデル上での変状位置の表示、⑤3次元モデルをベ-



図－1 3次元モデルの活用イメージ



図－2 斜め方向からの寸法計測の例

スとして画像、変状を関連付けて保存すること、が想定される（図-1 参照）。さらに、②画像の撮影位置、④変状位置により、画像と変状の相対的な位置関係（角度と距離）が明確になる。この情報により、斜め方向から撮影した画像であっても、幾何学的に変換した正対画像を作り、画像中のピクセル数と色調からひび割れ寸法の計測が可能となる（図-2 参照）。また、⑤では標準化が重要である。

4. 3次元ソフトウェアに期待する機能

3次元ソフトウェアの利用するなかで数々の課題を得た。橋梁点検の効率化に向けて、課題への対応策を3次元モデル活用ソフトウェアに期待する機能として整理した（表-1 参照）。この中には実用化されていない機能を含んでいる。

SfMによって作成される3次元モデルの形状が崩れた場合には、手戻りとならずにモデル化を継続するために、任意部分でのブロック分け機能が有効と考えられる(図-3 参照)。ハイピア橋の橋脚の場合 SfMによって得られる3次元モデルが平面にならない場合があるため、レーザ一点群の形状を参照して同じ形で3次元モデルが作れると有効と考えられる(図-4 参照)。損傷幅の計測には、正対処理や仮想クラックスケールが有効と考えられる(図-5 参照)。

5. 結論

本稿では、3次元モデル活用による効果を整理した。さらに、これらの実現に向けてソフトウェアに期待する機能を整理した。橋梁点検効率化に有効なソフトウェアの開発を促すために、ソフトウェアへ期待する要求事項の精度を高めるとともに、保存ルールなどの標準化を進めていきたい。

謝辞

本研究の一部は、共同研究であるイリノイ大学が開発する SfM ソフトウェア「Reconstruct」を使用した。ここに感謝の意を表す。

表-1 3次元モデル活用ソフトウェアへの期待したいこと

|                        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ① 3次元モデル(点群モデル)の作成     | 基本機能     | <ul style="list-style-type: none"><li>○ 橋梁撮影画像から、橋梁3次元モデル(点群モデル)作成機能</li><li>○ SfM作成時の写真EXIF位置情報(位置・方向)を利用する機能</li><li>○ 日本測系での点群管理機能</li><li>○ 3次元モデルor画像上での標定座標の入力機能</li><li>○ 任意視点・任意方向からの3次元モデルの表示機能</li><li>○ 任意表示状態の保存機能</li><li>○ 3次元モデル上の不要点群の削除</li></ul> | 図3 |
|                        | ブロック分け機能 | <ul style="list-style-type: none"><li>△ SfMによって作成される3次元モデルの形状が崩れた場合に、3次元表示の画面上で、3次元モデルを任意の箇所までブロック分けする機能。</li><li>△ ブロック分け時には、該当する写真もグループ分けする機能</li><li>○ ブロック分けされた3次元モデル(部分的に作成した3次元モデルを含む)を、3次元モデル上で、任意に組み合わせる機能(微小移動・標定点を利用した固定など)</li></ul>                    |    |
|                        | 既存モデルの利用 | <ul style="list-style-type: none"><li>△ 既存点群の形状を利用して3次元モデルを作成する機能(レーザースキャナにより作成した点群、過去にSfMで作成した点群を対象とする)</li><li>△ BIM/CIMモデルなど3次元モデルの形状を利用した3次元モデル作成機能</li></ul>                                                                                                  |    |
| ② 画像の撮影位置・撮影方向の視覚化     | 基本機能     | <ul style="list-style-type: none"><li>○ 画像撮影位置の推定機能</li><li>○ 3次元モデル上で、撮影位置の表示機能</li></ul>                                                                                                                                                                         | 図4 |
|                        | 個別画像追加機能 | <ul style="list-style-type: none"><li>△ スポットで撮影した画像や、SfMに利用されなかった画像を、3次元モデル上で撮影箇所の近くに持っていき、過去の画像や3次元形状と照らし合わせて正しい位置を推定して登録してくれる機能</li></ul>                                                                                                                        |    |
| ③ 3次元モデル上で画像の視覚化       | 基本機能     | <ul style="list-style-type: none"><li>○ 3次元モデルと、画像を重ねて表示する機能</li><li>○ 3次元モデル上で表示する画像を、任意の方向へ変更する機能</li><li>△ 任意の方向へ変更する際に、3次元モデル上の上下方向を守るため、画像を回転させる機能</li><li>△ 低縮尺の3次元モデル上で、表示している画像の位置を示す機能</li></ul>                                                          | 図5 |
|                        |          | <ul style="list-style-type: none"><li>△ 画像上の変状を確認して、長さ・幅を計測する機能</li><li>△ 確認した変状情報を3次元モデル上で表示する機能</li><li>△ 変状計測の補助として、仮想クラックスケールの表示や、正対画像表示をする機能</li><li>△ 変状箇所の時間変化写真を表現する機能</li></ul>                                                                           |    |
| ⑤ 3次元モデル、画像、変状を関連付けた保存 | 基本機能     | <ul style="list-style-type: none"><li>△ 3次元モデル・撮影位置・変状情報を、共通形式で保存する機能</li><li>△ 共通形式で保存された、3次元モデル・撮影位置・変状情報を表示する機能</li></ul>                                                                                                                                       | 図5 |
|                        |          | <ul style="list-style-type: none"><li>△ 橋梁点検調査の様式出力機能(様式9: 損傷図、様式10: 損傷写真、様式11: 損傷程度の評価記入表)</li></ul>                                                                                                                                                              |    |

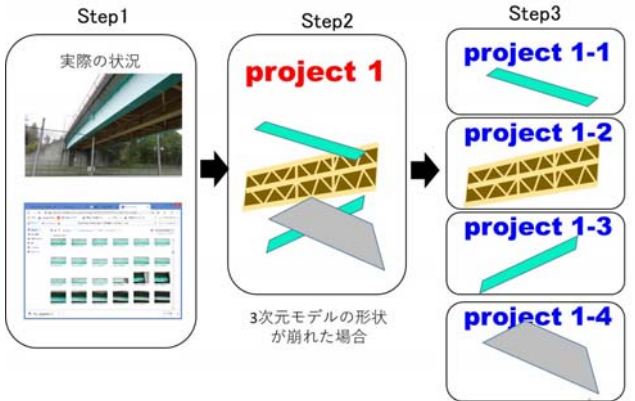


図-3 ブロック分け機能

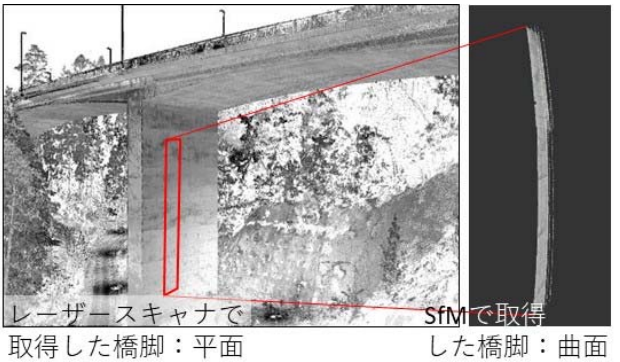


図-4 既存モデルの利用

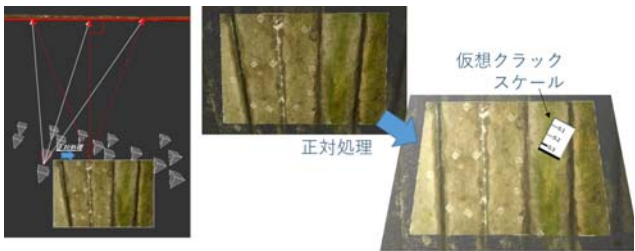


図-5 ひび幅計測の補助機能