

## UAV と SfM を活用した橋梁点検におけるひび割れ幅計測手法の検討

宮崎大学大学院（学）○本多 雅匠，宮崎大学工学教育研究部（正）森田 千尋  
鹿児島工業高等専門学校（正）安井 賢太郎，長崎大学大学院（正）出水 享

## 1. はじめに

我が国の道路橋の老朽化対策を講じるにあたり点検による部材変状の把握が必要である。平成26年3月に改正された道路法施行規則<sup>1)</sup>では、5年に1度の頻度で道路橋全数の定期点検を実施し、近接目視で部材の変状を確認することが義務化された。加えて、平成26年度から平成30年度に実施された1巡目の点検では、人材・財源の不足、点検時の安全性の確保が2巡目に向けた課題となった。このため、平成31年2月に改定された道路橋定期点検要領<sup>2)</sup>では、点検方法の効率化を目的に、道路橋の部材変状を近接目視に加え近接目視と同等の診断ができると判断した方法で確認することが可能となった。このような現状から、UAV (Unmanned Aerial Vehicle: 無人航空機, 以下ドローン) や永久磁石車輪式走行ロボット<sup>3)</sup>などを利用したロボット点検技術が注目されている。著者らは、3Dデータ生成ソフト SfM (Structure from Motion, 以下 SfM) の画像処理技術に着目し、ドローンの撮影画像から3Dモデルを生成し、道路橋部材変状の把握を目指している。

本研究では、コンクリート部材に発生したひび割れ幅の計測を目的に、ドローンで撮影したひび割れ画像をもとに SfM で3Dモデルを生成し、3Dモデルから求めたひび割れ幅と実ひび割れ幅を比較した。

## 2. 室内における模擬ひび割れ検証

## (1) 検証方法

模擬ひび割れは宮崎県県土整備部道路保全課橋りょう点検マニュアル<sup>4)</sup>を基に幅0.2 mmと0.3 mm付近のひび割れに焦点を当て、幅0.15 mm, 0.2 mm, 0.25 mm, 0.3 mm, 0.35 mm, 0.5 mmの6つの直線 (各々長さ100 mm) をA4用紙に印刷することで作製した (図-1)。この用紙をコンクリート供試体に貼り付け、模擬ひび割れの周辺をデジタルカメラとドローンを使用してそれぞれ3回ずつ撮影した (図-2)。画像から SfM で3Dモデルを作製し (図-3)、3Dモデル上の模擬ひび割れに対して長さ5 mm間隔で線の幅を測定した (21箇所/ひび割れ1本あたり)。測定値の比較は、3Dモデル測定値を $N$ 、クラックスケール実測値を $N'$ とし、(1)式を用いて相対誤差を計算した。なお、本実験の条件を表-1に示す。

$$\left| \frac{N-N'}{N'} \right| \times 100 \quad (1)$$

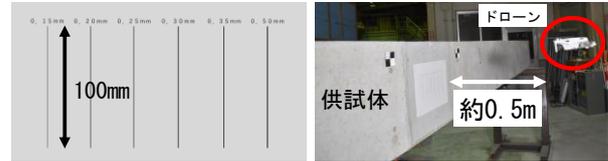


図-1 模擬ひび割れ用紙

図-2 模擬ひび割れ確認



(a) デジタルカメラ



(b) ドローン

図-3 供試体 3D モデル

表-1 模擬ひび割れ及び実ひび割れの撮影条件

使用機器	デジタルカメラ	ドローン	
機器型式	Nikon-D5500	DJI-MAVIC MINI/II	
画素数	2400 万画素	1200 万画素	
撮影場所	室内	室内	橋梁
被写体と機器の距離	約 0.5m	約 0.5m	約 1.5m (全体), 約 0.5m (周辺)
被写体のオーバーラップ率	約 80%		
撮影枚数	54 枚	54 枚	176 枚, 9 枚

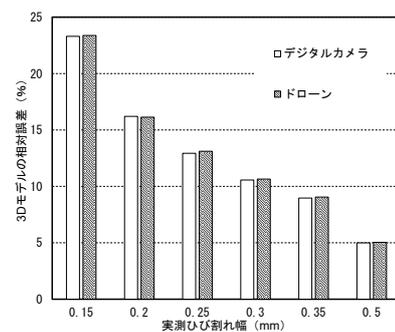


図-4 実測値に対する 3D モデル測定値の相対誤差

## (2) 検証結果

図-4に模擬ひび割れに対するクラックスケール実測値と3Dモデル測定値の相対誤差の平均値を示す。

デジタルカメラとドローンのどちらも各ひび割れ幅においても比較的精度良く測定することができた。また、デジタルカメラとドローンの相対誤差にほとんど差はなかった。加えて、ひび割れ幅が大きくなるにつれて相対誤差は小さくなった。

キーワード 橋梁点検, UAV, SfM, ひび割れ幅計測, 3Dモデル

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

### 3. 橋梁における実ひび割れ検証

#### (1) 小規模橋梁全体の撮影におけるひび割れ幅の確認

##### a) 検証方法

本橋梁は、日南市にある小規模橋梁であり、橋長9.1 m、全幅員3.6 mである。地覆に数箇所のひび割れが確認されたため、長さ80 mm、幅0.5 mm以下の地覆側部から上部のひび割れを対象に検証を行った。はじめに、実ひび割れを含む橋梁全体（下面を除く）を撮影した（図-5）。次に、それらの画像からSfMを用いて3Dモデルを作製し（図-6）、3Dモデル上の実ひび割れに対して長さ5mm間隔でひび割れの幅を測定した（17箇所）。

##### b) 検証結果

図-7に実ひび割れと3Dモデル上のひび割れを示す。

橋梁全体の3Dモデル形状の再現性は高かったが、ひび割れ部分に着目すると、実ひび割れと同じ位置にひび割れの確認はできなかった。これは、モデル化した橋梁全体に対してのひび割れが小さくSfMの画像処理過程でキーポイントに認識されなかったこと、もしくは広範囲のモデル化による写真解像度が低下したことが原因として考えられる。したがって、他の橋梁でも広範囲のモデル化を試みる場合、同様のことが起こるものと考えられる。

#### (2) 実ひび割れ周辺の撮影におけるひび割れ幅の確認

##### a) 検証方法

前節の結果を踏まえ、同じ橋梁において撮影距離を近づけ、実ひび割れを含むひび割れ周辺を撮影した。同様にそれらの画像からSfMを用いて3Dモデルを作製し（図-8）、3Dモデル上の実ひび割れに対し測定した。

##### b) 検証結果

図-9に橋梁の実ひび割れに対するクラックスケール実測値と3Dモデル測定値の相対誤差の平均値、図-10に実ひび割れに対するクラックスケール実測値と3Dモデル測定値をひび割れ幅ごとに色分けして示す。

幅 0.2 mm以上のひび割れにおいて精度良く測定することができ、比較的同じ位置にひび割れを確認することができた。

### 4. まとめ

本研究で得た知見を以下にまとめる。

- 1) SfM かつドローンとの比較に着目した検証では、SfM を用いて幅 0.15 mm から 0.5 mm までのひび割れを確認することができ、デジタルカメラとドローンの各ひび割れにおける精度には、ほとんど差がなかった。また、ひび割れ幅が大きくなるにつれて相対誤差は小さくなった。
- 2) 小規模橋梁全体のモデル化による実ひび割れに着目した検証では、橋梁全体もしくは広範囲をモデル化した画像からひび割れを確認することは困難であると考えられた。
- 3) 実ひび割れ周辺のモデル化による実ひび割れに着目



図-5 橋梁ひび割れ確認



図-6 橋梁 3D モデル



図-7 実ひび割れと 3D モデル上のひび割れ



図-8 実ひび割れ周辺 3D モデル

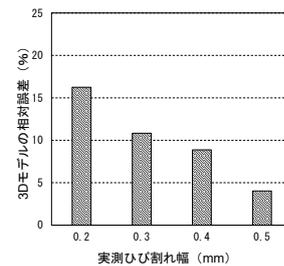


図-9 実測値に対する 3D モデル測定値の相対誤差

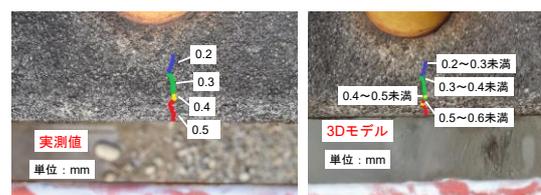


図-10 実測値と 3D モデルのひび割れ分布

した検証では、幅 0.2 mm 以上のひび割れに対する測定精度は良好であった。

今後も、検証データの蓄積は必要ではあるが、ドローンとSfMを活用した本手法の有効性が示唆された。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：道路法施工規則 平成 26 年 3 月
- 2) 国土交通省：道路橋定期点検要領 平成 31 年 2 月
- 3) 永田他：永久磁石車輪式走行ロボットによる橋梁点検システムの開発，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol.74, No.2, 1-11-9, 2018
- 4) 宮崎県県土整備部道路保全課：橋りょう点検マニュアル平成 27 年 3 月