

## 振動の影響を考慮した動画による橋梁の3次元点群データ構築精度向上の試み

東京工業大学 正会員 ○阿久津 絢子, 非会員 林 靖, 正会員 佐々木 栄一

### 1. はじめに

橋梁において近年, 遠距離からでも情報取得が可能なカメラを用いた点検に注目が集まっている. 本研究では, カメラによる画像や動画から3次元化することが可能な点群データの技術に着眼した. 一方で, 橋梁は交通や風等により常に振動している. 画像を用いた点群データは3次元モデルを構築するために多くの画像を取得する必要がある. 取得画像にはそれぞれ異なる振動情報が含まれ, 各画像特徴点に与える影響が3次元化の際の誤差要因となる可能性がある. そこで本研究では動画をを用いた点群データの構築において振動の影響を考慮し, 点群データ構築精度向上を試みる.

### 2. 振動の影響を考慮した動画による3次元点群データ構築精度向上方法の提案

動画をを用いた3次元点群データは, カメラによる画像を用いた場合と同様に対象物に対して様々な角度, 距離から撮影した動画の中のフレームを組合せて特徴点を合成することにより構築する. 本研究ではそれぞれの位置で撮影した動画を分析することにより橋梁の振動状態を把握し, 振動の節となるタイミングのフレームを抽出していくことにより, 振動の影響を低減させる方法を提案する. 橋梁振動は, 動画の任意のフレームを初期状態(参照フレーム)とし, 参照フレームとそれぞれのフレームの位置ずれを取得する方法を適用した. 位置ずれは屋外での動画撮影を前提として, 画像の輝度情報を用いずに分析が可能な位相限定相関法を活用し, 分析領域の時刻歴の移動量を算出して取得した. 本研究で提案する手法は, 各動画に対して上記のように分析して得られた振動の節となる位置(振動中心またはゼロクロス点)を取得し, 対応するフレームを用いて3次元点群データを構築することにより, 橋梁の振動による影響を低減させる方法である.

### 3. 振動の影響を考慮した動画による3次元点群データ構築の実験的検討

ここでは提案手法の適用性を確認するため, 振動試験機と鋼試験体を用いた実験および実橋梁での適用実

験について示す. 使用したカメラは SONY 製の 35mm フルサイズ CMOS センサを有するデジタル一眼カメラ, 動画撮影は 4K24p とした. 画像の位置ずれ量は pixel 値として取得しており, サブピクセル解析により 1 pixel 以下の極微小な位置ずれにも適用可能である.

#### (1) 鋼試験体を用いた提案手法の適用実験

図-1 に適用実験の様子を示す. 試験体は, 振動している橋梁を模擬したものであり, 鋼角パイプを用い, 1Hz で振動させた. また同図右に撮影位置を示す. レンズ位置が試験体中心から 0.3m, 0.5m, 0.75m, 1m となるように調整し, 角度も試験体正面を 0°としてそこから 15°刻みで 90°の位置まで動かした. さらに, カメラの高さを 4 つ設定し, 合計 112 ヶ所から撮影を行った. 本実験では精度検証のため, 鉛直変位が最もゼロ点

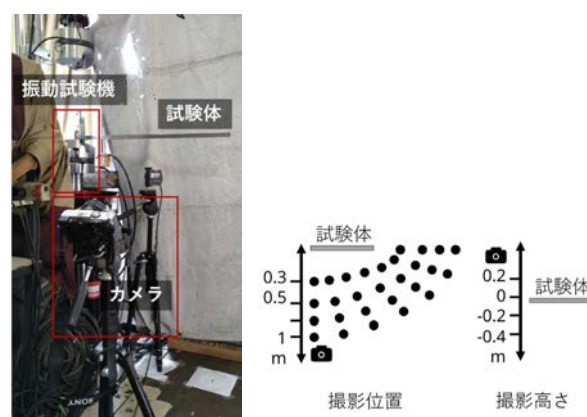


図-1 振動試験機を用いた適用実験の様子

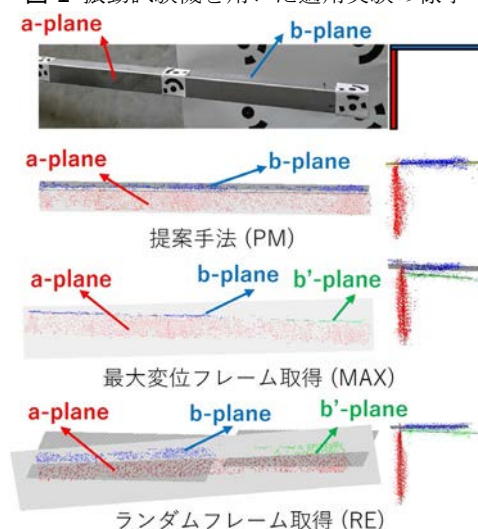


図-2 構築された3次元点群データ

キーワード 3次元点群データ, 動画, 橋梁, 振動, 汎用カメラ

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 緑ヶ丘 1 号館 TEL03-5734-3478

に近いフレームを取得する提案手法 (PM) の他に振動中心から最も離れたフレームを取得した場合 (MAX) とランダムにフレームを取得した場合 (RE) の 3 つの方法で 3 次元点群データを構築し、検討を行った。

図-2 に構築された 3 次元点群データを示す。ここでは、試験体の前面を a-plane (赤色)、上面を b-plane (青色) として表現しており、振動中心またはゼロクロッシングする位置のフレームを抽出する提案手法 PM ではきれいに a-plane と b-plane に特徴点に乗っているが、MAX や RE では特に上面にノイズが多く発生し、特徴点の一つの面に収まらず、緑色で示す b'-plane のように異なる位置に面が生成されていることが確認できる。点群データの生成には SOR filter<sup>2)</sup>や RANSAC shape detection method 等により特徴点同士の位置関係からノイズを低減する方法を適用している。また、上述の方法で除去されたノイズ、すなわち特徴点の外れ点の数や割合は提案手法 (PM) を用いた場合がその他の場合に比べて少ないことも確認された。

## (2) 実橋梁での適用実験

図-3 に対象橋梁および実橋梁での適用実験の様子を示す。対象橋梁は大学内の木製歩道橋であり、本実験では振動状態を正確に把握すべく、起振機を歩道部に設置し強制振動を与えた。同図左下に示すように橋梁下部から 3~12m 離れた位置において 27 地点、カメラ高さを 2m, 2.5m, 3m として合計 81 ヶ所から撮影を行った。

図-4 に提案手法で構築した 3 次元点群データを示す。橋梁を鉛直方向に強制振動させていたことから本実験では図-3 の赤枠で示す部分に着目して特徴点の誤差を検討した。振動実験と同様に提案手法 PM では一つの平面に特徴点がきれいに乗っており、例えば SOR filter を適用した場合には、PM, MAX, RE において着目部にはそれぞれ 263 万個、260 万個、255 万個の特徴点が存在し、そのうち外れ値として除去された割合は、PM が最も少なく 0.64%、MAX, RE では 0.68%程度であった。また、最初に選ばれる特徴点の個数も PM が最も多く、振動による誤差の影響が低減され、点群データ構築精度の向上可能性が確認できる。

以上より振動している計測対象に対して振動を考慮せずに 3 次元点群データを構築する (本研究における RE の場合) と特に振動方向について大きな誤差が生じることが確認された。また、本研究で提案する振動の影響を考慮した 3 次元点群データ構築方法を適用するこ

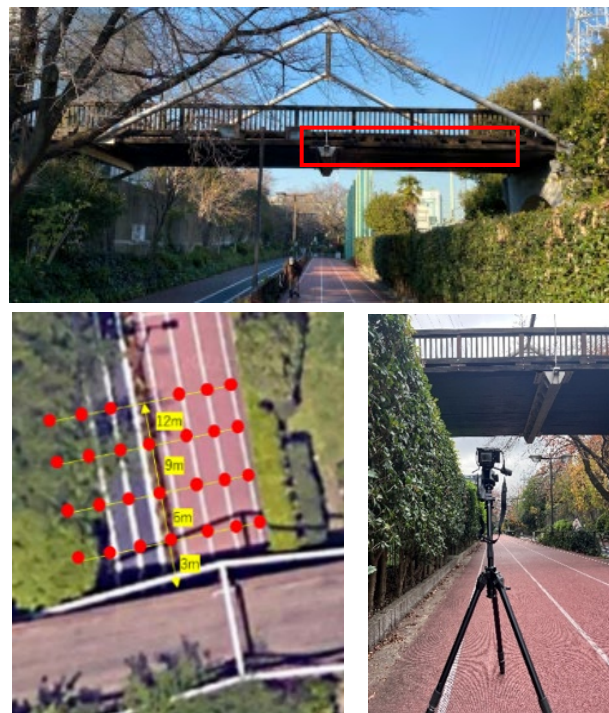


図-3 実橋梁での適用実験の様子



図-4 提案手法 PM により構築した 3 次元点群データ

とにより誤差を低減できていることが確認できた。

## 4. まとめ

本研究では、振動の影響を考慮した動画による 3 次元点群データ構築精度向上方法について検討を行った。位相限定相関法を用いて動画の各フレームにおける位置ずれを算出して得た振動情報から振動中心またはゼロクロッシング点を取得し、その点に対応するフレームを用いて 3 次元点群データを構築する方法を提案した。提案手法により、振動の影響が低減された特徴点を抽出して点群データを構築可能であることを、橋梁を模擬した鋼角パイプの振動実験および実橋梁での適用実験により確認した。

## 参考文献

- 1) 窪田諭, 何啓源, 黄瀬勇太: ビデオカメラ映像を基にする道路空間の 3 次元データの生成; 第 34 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.746-747, 2018.
- 2) Rusu, R. B., Blodow, N., Marton, Z., Soos, A., and Beetz, M.: Towards 3D object maps for autonomous household robots, International Conference on Intelligent Robots and Systems, IEEE, pp.3191-3198, San Diego, CA, USA, 2007.10.