

超望遠撮影と高速度動画撮影による構造物の変位計測

名城大学 正会員 ○小塩 達也
大同大学 正会員 木全 博聖

1. はじめに

道路構造物の劣化状況の診断などに際して実挙動の把握が必要なことがある。ひずみ、加速度については、測定点にセンサーを設置することで比較的簡易に測定が可能であるが、変位については、大きな構造物の微小な変位を対象とするため、従来型の接触式変位計、レーザー変位計などの非接触変位計では測定が困難なことが多い。本研究では、構造物から離れた不動点に高速度動画撮影が可能なカメラを設置、構造物の一部を動画撮影し、これを分析することにより動的変位を測定する手法について検討した。

2. 測定方法

従来の変位計の代わりとなるような測定を行うには、理論的には1画素あたりの撮影寸法が十分に小さくなくてはならない。一方で、カメラ専用の長焦点距離のレンズを使用すると、機材のコストは高くなる。本研究では、バードウォッチングなどで用いられる、フィールドスコープをカメラの望遠レンズとして使用する手法、いわゆる「デジスコ」の手法を用い、超望遠撮影を行うようにした。また、撮影対象が相対的に小さくなるため、撮影対象にカメラを向ける際に正確な微動操作が必要となること、三脚上のカメラの強固な固定度が必要となることから、中古のトランシットと木製三脚をカメラの雲台+三脚の代わりに使用するべくトランシット（トプコン AG-20P）の一部を改良、専用のアタッチメントを設計製作した。写真1に撮影機材を示す。カメラは高速度動画撮影、高倍率ズーム、レンズの明るさ等を考慮し、Panasonic の Lumix FZ-200 を使用した。レンズはビクセンの GEOMA II ED52S、接眼レンズは GL20 を用いた。計算上のシステムの焦点距離は、35mm 版カメラ換算で 8,400mm である。測定対象に貼付するターゲットを必要としないよう、ズーム倍率に対する視準距離と撮影領域の寸法の間関係をあらかじめ測定しておき、測定現場での視準距離をレーザー距離計により測定して撮影寸法を割り出すようにした。図-1 にズーム倍率が 24 倍、フレームレート 120fps の場合のキャリブレーション結果の例を示す。20m の視準距離で、水平方向の撮影寸法は約 80mm となる。なお、変位の波形を取得するには、得られた動画ファイルに対して動画処理ソフト PV Studio 2D を用い、動画像追跡（モーショントラッキング）を行って座標時刻歴を算出する。これらの手法により実際に算出される変位は、視準方向を法線とする平面内へ投影された変位となる。



写真-1 使用機材

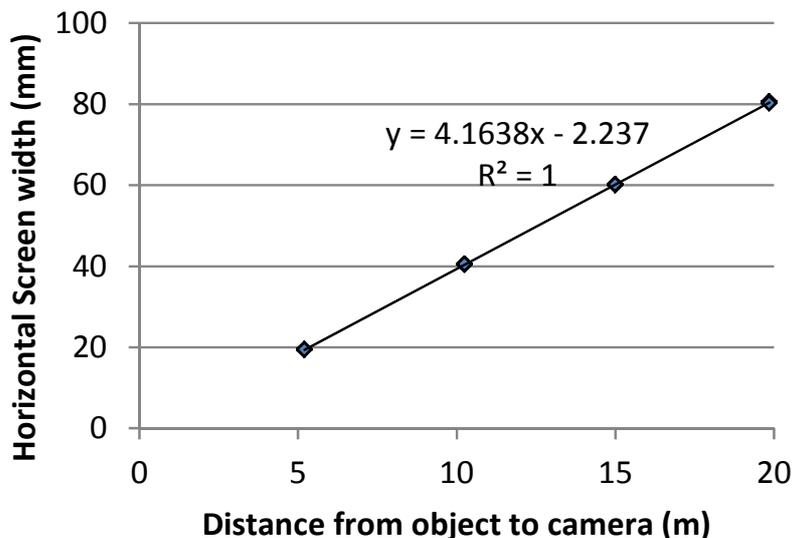


図-1 キャリブレーション結果の例 (24倍, 120fps)

キーワード 診断, 補修, 補強, 変位測定, 画像測定, 非接触測定

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部環境創造学科 052-838-2509

3. 測定事例

鋼鈹桁橋のたわみ測定例を図-2 に示す。検証のため堤防上にある径間(橋長 35m, 単純鈹桁)を対象として、ひずみゲージ式変位計の測定結果との比較を行っている。おおむねの箇所では波形は一致しており、大型車の通過に伴うたわみ波形と振動波形のいずれも双方の波形で確認できる。変位計の波形が滑らかなのは変位計自体の応答性能によるものであると考えられる一方で、画像計測にみられる微小なノイズ状の変化の原因として、三脚の微振動、実際の橋梁の微振動、画面のちらつきによる動点追跡の不安定現象なのか判別は困難である。

図-3 に 50m の視準距離からとらえた鋼トラス橋(橋長約 70m)の変位波形を示す。たわみ・振動のいずれの動的変化もとらえられているが、長周期の変動がみられる。これは、橋梁自体の変位というよりもカメラの固定側の不安定性によるものであることが予想され、カメラの固定度の信頼性向上が必要であると考えられる。

これらの結果の理論的な、すなわち画素単位での変位分解能は、図-2 のケースでは約 0.1mm、図-3 のケースでは約 0.18mm であるが、動点追跡のアルゴリズムの特徴として、理論的分解能よりも小さい分解能、いわゆるサブピクセル単位の分析が行われており、理論的分解能の 10 分 1 程度の変位分解能は確保できている模様である。

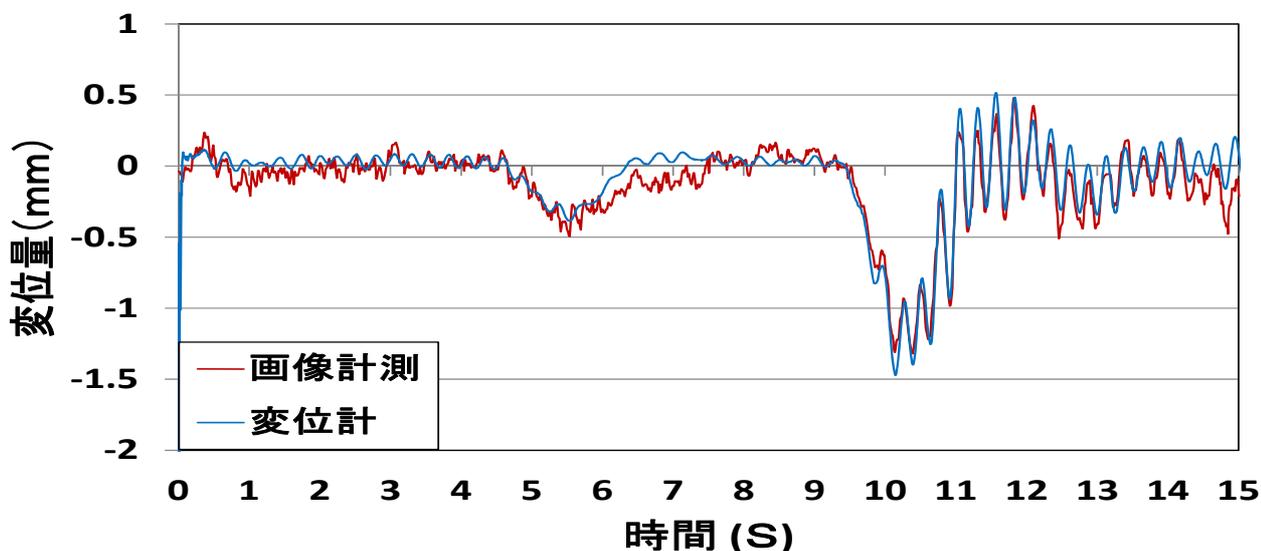


図-2 鋼鈹桁橋における計測事例： 視準距離 30m, ズーム倍率 24 倍, フレームレート 120fps

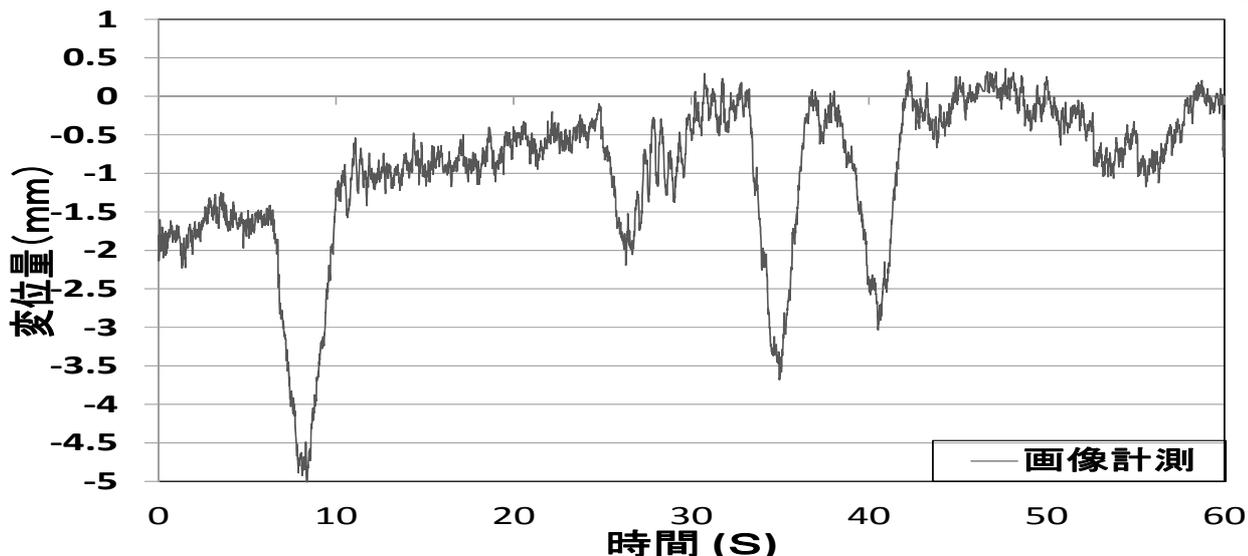


図-3 鋼トラスにおける計測事例： 視準距離 50m, ズーム倍率 24 倍, フレームレート 120fps

4. まとめ

構造物の微小変位を対象とした非接触測定方法について検討し、計測例を示した。カメラの固定方法、キャリブレーションの精度、複数カメラの同期、その他の計測器との同期などの課題はあるものの、従来の変位測定に比して低コストで現場適用が容易であるため、実用性が期待できる。