

動画解析による橋梁変位の推定精度向上に関する検討

NTT ドコモ 正会員 ○實成 優馬, 齊藤 隆仁, 小林 基成, 池田 大造

大日本コンサルタント正会員 牧 祐之, 横山 広, 平山 博

京都大学 正会員 金 哲佑, 金沢大学 正会員 榎谷 浩, 富山市 非会員 宇津 徳浩

1. はじめに

国内外問わず道路, 橋梁, トンネルをはじめとした社会インフラの老朽化対策と, それに伴う維持管理コストの低減は喫緊の課題といえる. 現在はセンシングデバイスを点検対象に取り付け実施するモニタリング技術の研究¹⁾が盛んに行われているが, センシングデバイスを取り付けるには, 設置コストや電源確保の課題がある. 加えて, センシングデバイスは取り付けした観測点のみのデータが測定可能であり, 同時に測定できる範囲が限られる. そこで我々は, インフラの維持管理コストのうち点検にかかるコスト低減を目的として, 動画像を用いた構造物のモニタリング手法を検討している. 本研究では, 動画像による桁変位推定において外乱に対する頑強性を維持できる手法を提案し, 提案手法による変位推定の精度については, 変位計の計測値との誤算量に基づき評価を行う.

2. 既存の取組みと課題

インフラ点検にかかるコストを低減する目的で多くの取組みが存在し, たとえば機械学習を用いてひび割れや錆の検知を行う研究²⁾がある. しかし, これらは点検対象の表面状態の異常(ひび割れや腐食等)に着目した技術である. 他にも, カメラの映像から構造物の微小な挙動を測定する研究³⁾も存在するが, 橋梁の点検は屋外で実施するため, カメラを活用する際は光量やカメラ設置位置, カメラ自身の振動等の外乱が変位推定精度に影響を及ぼす可能性を考慮する必要がある. 現状は, 非圧縮カメラをはじめとした特殊なカメラを活用したり, 全ての外乱に対して前処理を施したりするのは高コストである. そのため, 民生用のカメラを用いた場合でも, 外乱に対する頑強性を維持できる変位推定手法が求められる.

3. 提案手法

本研究では, 民生用一眼レフカメラで撮影した橋梁の動画像を活用し, 外乱に対する頑強性を維持しながら, 橋梁に発生する微小な変位を高密度かつ高精度に推定する手法を検討する. 本手法には深層学習を用いた移動量推定技術である Flownet⁴⁾を取り入れた. 具体的には, 対象領域 ROI (Region Of Image) を設定し, Flownet を適用することで各 ROI の各フレーム間の移動量を算出する. Flownet は公開データセットを用いて学習を行った移動量推定モデルで, 注目領域の変位を算出することが可能である. Flownet と特定のドメインへの適用性を向上させる Fine Tuning^{5, 6)}を組み合わせることで微小変位の推定精度向上やノイズに対する頑強性向上が期待できる.

4. 実橋梁実験

実橋梁の桁に変位計を設置し, 約 10m 離れた河川敷からカメラで撮影し, 桁の 3 地点の鉛直方向の変位量を測定および推定した. 重量 12tonf および 27tonf のトレーラーを繰返し走行させ, 対象の径間に対して活



図 1. 桁撮影風景



図 2. マーカー(target)取り付け位置

キーワード 動画解析, 深層学習, 変位量推定, 橋梁主桁

連絡先 〒239-8536 神奈川県横須賀市光の丘3-6 (株) NTT ドコモ 先進技術研究所 TEL 046-840-3320

荷重を与えた。実験は2日に渡って行い、撮影環境が変わる前提の下、変位推定精度の比較を行う。

本手法の有用性を評価するため、実橋梁(図1)を対象に、一眼レフで撮影した動画に対して、(1)画像処理技術 POC(Phase Only Correlation)を用いて推定した変位、(2)本手法で推定した変位の2つを変位計による変位と比較する。また、動画像による変位予測精度を高めることを期待し、変位計設置箇所に最も近い桁側面にマーカーを設置した(図2)。本稿ではマーカーを囲うROIを設定し、各ROIのフレーム間の垂直方向における移動量を変位として扱う。これは、設置した観測点のみしか測定できない変位センサとの値を比較するためである。加えて、点検対象以外の計算を省くことで計算量の削減、ノイズ影響の抑制が可能となる。

5. 実験結果・考察

変位計と2つの手法による推定の誤差量を箱ひげ図で表した(図3, 図4)。縦軸は変位センサとの差分で単位は mm である。両日ともすべてのROIにおいて、POCよりもFlowNetの方が推定誤差は小さく、精度が高いことが分かる。

このことからFlowNetはPOCと比較して撮影環境の違いによる変位推定精度への影響を抑制可能だといえる。動画像に対して、メディアンフィルタなどの前処理を施すと変位推定精度はさらに向上すると考えられる。しかし、これらの処理は撮影環境に応じたパラメータ調整が必要となる。以上より様々な撮影環境が想定される条件で高精度かつノイズに頑強な変位推定を行うにはFlowNetを活用した提案手法の方が適しているといえる。

6. まとめ

実橋梁において民生用一眼レフカメラを用いて撮影を行い、橋梁桁の変位取得精度を検証した。本研究によって、(1)撮影動画像にメディアンフィルタなどの前処理を施さずとも、深層学習技術を用いた変位推定方法は画像処理技術による変位推定方法よりも有効でありノイズへの頑強性が見込めること、(2)特殊なカメラを用いることなく実環境下で動画像から橋梁桁変位の推定が可能であることの、2点が確認できた。

参考文献

- 1) インフラモニタリング市場・技術に関する動向調査, 日経BP社, 2014.
- 2) 龍田斉, 長井宏平, 野村貴律, 平山博, 横山広, 宮川輝幸, 鋼製支承の自動損傷判定に関するDeep Learningの有効性検証, 土木情報学シンポジウム講演集, vol.43, pp.133~136, 2018.
- 3) 今井道男, 太田雅彦, 露木健一郎, 今井浩, 三浦悟, 村田一仁, 高田巡, 高速撮影動画を用いたデジタル画像相関法によるコンクリート構造物の動的挙動把握, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), vol.72, No.1, pp.279~289, 2016.
- 4) Ilg, Eddy, Mayer, Nikolaus, Saikia, Tomoy, Keuper, Margret & Dosovitskiy, Alexey and Brox, Thomas. (2017). FlowNet 2.0: Evolution of Optical Flow Estimation with Deep Networks. 1647-1655. 10.1109/CVPR.2017.179.
- 5) Weiss, Karl and Khoshgoftaar, Taghi and Wang, DingDing. (2016). A survey of transfer learning. Journal of Big Data. 3. 10.1186/s40537-016-0043-6.
- 6) Thrun, S. (1995). Is Learning The n-th Thing Any Easier Than Learning The First? NIPS.

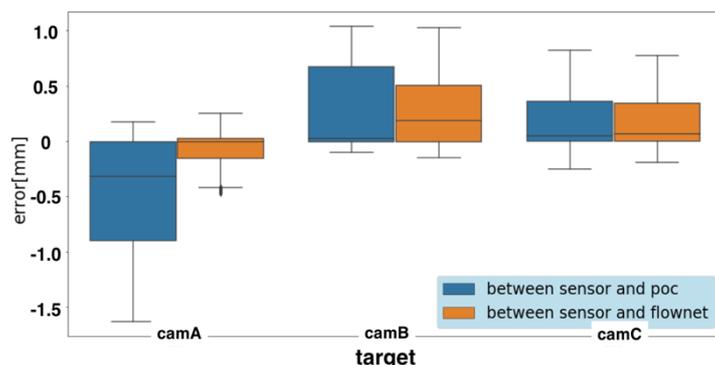


図 3. 1 日目の撮影映像による推定誤差

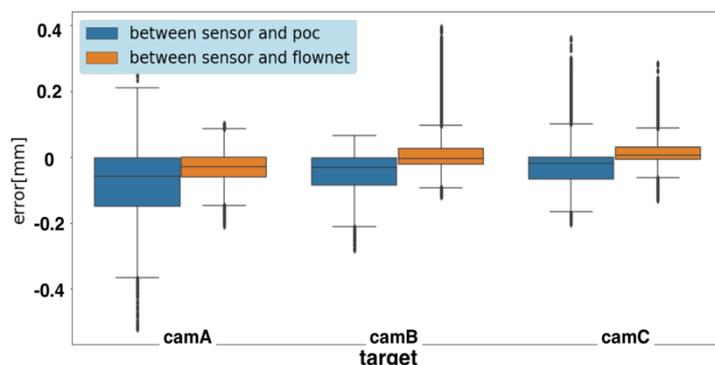


図 4. 2 日目の撮影映像による推定誤差