

動画画像解析を利用した簡易型キャリブレーションによる B-WIM の実験的検討

山梨大学大学院 正会員 ○竹谷 晃一, 山梨大学大学院 正会員 吉田 純司

1. はじめに

大型車や過積載車両が橋梁の耐力低下に与える影響は大きく、重量車両の交通把握が求められている。Bridge Weigh-in-Motion (B-WIM)は橋梁を通過する車両の重量を計測する手法であり多くの研究が行われてきた¹⁾。B-WIMは重量既知の試験車走行によるキャリブレーションを行い、ひずみやたわみの影響線を利用して車両重量を算出する。しかしながら、試験車の手配などコスト面に課題があることに加え、橋梁の劣化や環境により構造応答が変化するため、定期的なキャリブレーションが必要であるといえる。

技術的な課題としては、多くのB-WIMでは車両の走行速度が一定と仮定して計算するが、スパンの大きい橋梁や一般道路橋などで走行速度が変化する条件では誤差が生じる。また、影響線の算出では、試験車走行時の構造応答から数値解析や梁理論に基づいて近似処理することが多いが、実測ベースの影響線を用いることができればより精度が向上すると考えられる。

そこで本研究では、路線バスや一般車両を利用することでキャリブレーションを行うB-WIMを考案した。特に路線バスは車種の識別が容易であり、比較的重量が大きいことから試験車として扱いやすい。また、動画画像を利用して車両の識別や正確な位置を把握することで、走行速度の変化など多様な交通環境に対応できるシステムが可能となる。本研究では、実橋梁でのたわみ計測と動画画像の分析から軸重の算出を行った。

2. 一般車両を利用した実計測に基づく影響線の算出

(a) 対象橋梁と計測機器の概要

対象橋梁は山梨県甲府市にある9連単純鋼桁RC床板の一般道路橋である。計測を行った第2径間のスパン長は10 mである。図-1に対象橋梁の外観と計測機器の設置の様子を示す。桁中央のたわみ量はレーザー変位計(KEYENCE, LK-500)を三脚に設置して計測した。ビデオカメラ(SONY, FDR-AX55)のフレームサイズは1920×1080 px, フレームレートは30 fpsとした。

(b) 背景差分による車両位置の同定

筆者らは動画画像から車両を追跡し位置の取得を行うシステムをこれまでに構築しており²⁾、本研究もその一部を利用した。手法の概要は以下の通りである。

- 1) 混合ガウスモデル(GMM)による前景の検出
- 2) ノイズ除去(線形収縮, モルフォロジー処理)
- 3) 車両位置の算出

解析結果の一例を図-2に示す。本研究では車両位置を自動抽出した上で、目視で判断した車軸位置の情報と合わせて車軸位置の時刻歴データを取得した。

(c) 実測ベースの影響線の算出

画像処理により取得した車軸位置の時刻歴とたわみの時刻歴を同期させて、たわみの影響線の算出を行う。試験車両のかわりに動画画像から得られる路線バスや一般車両の車種情報を利用する。図-3に示すように、影響線 $L(x)$ を車軸毎に時間軸上に変換し、軸重 W を乗

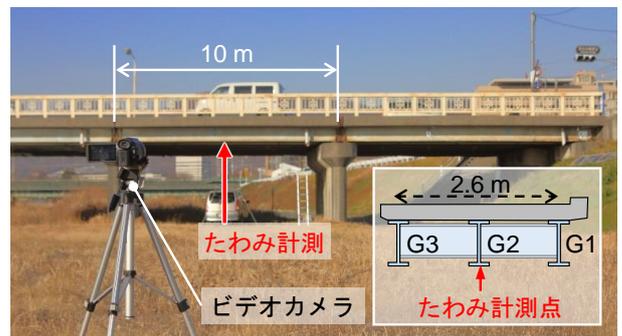


図-1 対象橋梁と計測機器の設置

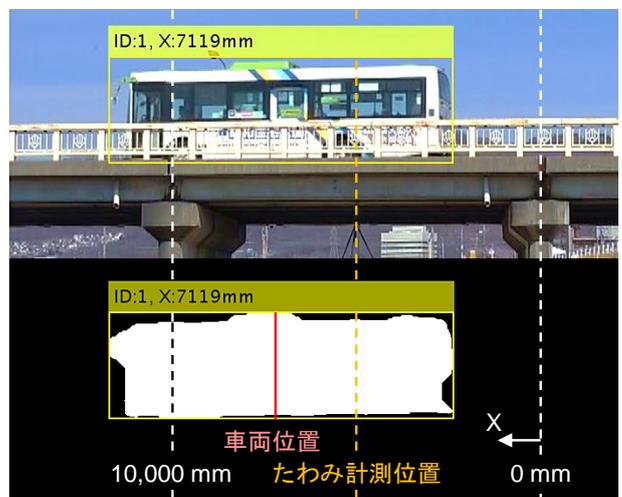


図-2 GMM を利用した車両位置の同定結果の一例

キーワード 橋梁, B-WIM, 画像解析, たわみ, 影響線

連絡先 〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 TEL : 055-220-8519 E-mail : ktakeya@yamanashi.ac.jp

じて重ね合わせた値と計測たわみ $D(t)$ のユークリッド距離 $f(L(x), W, D(t))$ が最も小さくなる影響線の形状 $L^*(x)$ と軸重 W^* を直接探索法により探索した。影響線の初期値は梁理論に基づく値とし、軸重は車両重量を軸数で分割した値を初期値とした。探索の結果得られた影響線を図-4に、軸重を表-1に示す。図-5は影響線と軸重の重ね合わせから得られるたわみの時刻歴である。

3. 車両の軸重推定

算出した影響線と変位計測および画像解析による車両の位置同定を用いて軸重の算出を試みた結果を表-2に示す。図-6に示す車両は渋滞のため橋梁上で速度変化する路線バス(バスB)であるが、軸重から算出した車両重量と公称重量の誤差は1%以下であった。図-7は影響線と軸重の重ね合わせから得られるたわみの時刻歴であり、計測たわみと概ね一致している。

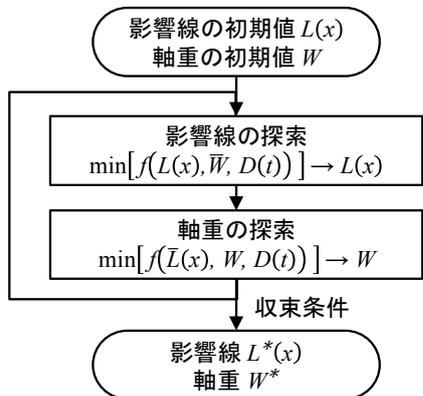


図-3 実測に基づく影響線の探索フロー

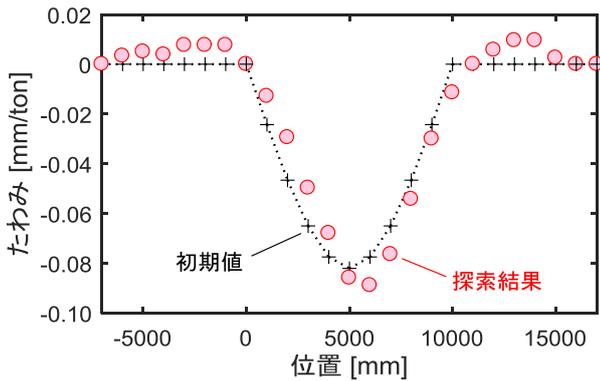


図-4 たわみの影響線の探索結果

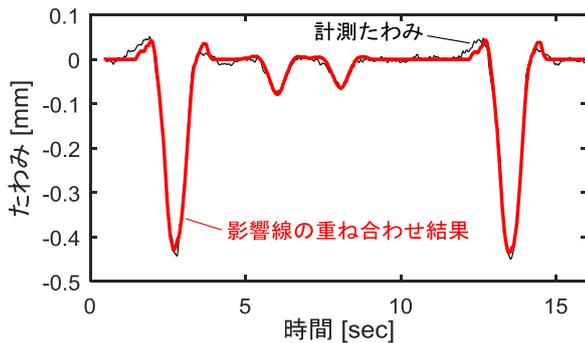


図-5 計測たわみと影響線の重ね合わせ結果の比較

4. まとめ

本研究では画像解析とたわみ計測に基づくB-WIMの検討を行った結果、複数の路線バスや乗用車を用いた実測ベースの影響線の算出方法を構築した。加えて、画像解析により走行速度が変化する車両に対しても高精度で重量を推定できる可能性を示した。

カルマンフィルタや深層学習を利用することで対面交通時の車両の位置同定を行うことができれば、多様な交通環境への対応が期待できる。

【参考文献】

- 1) 小林裕介, 三木千壽, 田辺篤史:リアルタイム全自動処理Weigh-In-Motionによる長期交通荷重モニタリング, 土木学会論文集, 第72号I-69, pp.99-111, 2004.
- 2) 竹谷晃一, 吉田純司, 太田小春, 高木詩歩: 動画をを用いた橋梁の活荷重挙動の分析方法の基礎的検討, 鋼構造年次論文報告集, Vol.26, No.56, pp.380-385, 2018.

表-1 影響線の算出フローにおける軸重の探索結果

車両	初期値 W		探索結果 W^*	
	軸1	軸2	軸1	軸2
バスA	3,650	3,650	3,534	3,699
バスB	3,650	3,650	3,416	3,970
乗用車A	500	500	569	462
乗用車B	400	400	284	537

表-2 走行車両の軸重と総重量の算出結果 (単位: kg)

車両(公称重量)	軸1	軸2	軸3	合計	誤差
バスA (7,315)	2,809	4,090	-	6,899	-5.7%
バスB (10,630)	4,118	6,433	-	10,551	-0.7%
ダンプ (不明)	3,548	4,812	2,692	11,052	-

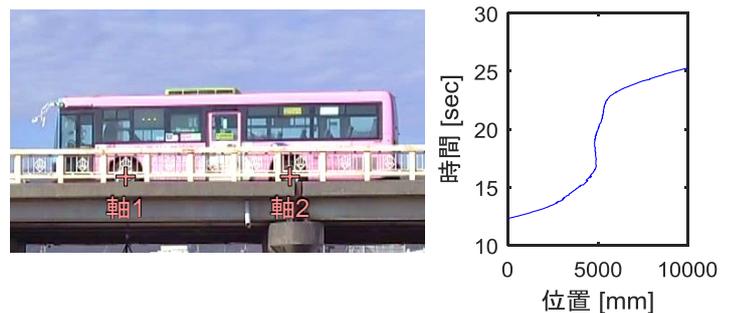


図-6 走行速度が大きく変化する路線バス(バスB)の外観(左)および走行速度と位置の関係(右)

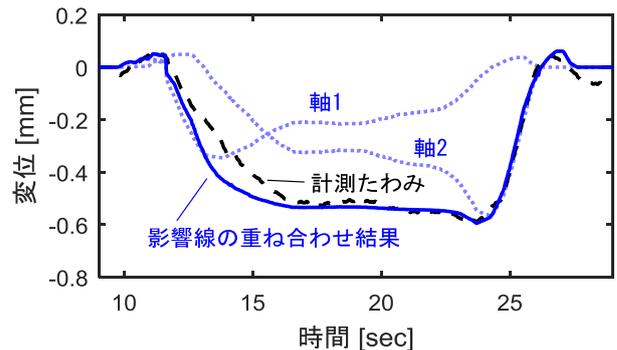


図-7 バスBが通過するときのたわみの時刻歴と推定したそれぞれの軸重によるたわみ成分の時刻歴