

光変位センシングを活用した過積載車両検知に向けた検討

恩田 康之

関東地方整備局 高崎河川国道事務所 計画課(〒370-0841 群馬県高崎市栄町6-41)

過積載車両は道路の劣化進行を早める主な原因であり、道路の維持管理費の増加を招くものである。また、不安定な積載状態での走行は深刻な事故を引き起こす危険性もある。国土交通省では関係機関との協働のもと、路側における過積載車両の検知と取締り指導を行っているが、全ての車両をチェックするには至っていない。本稿では、より広範囲における常時の過積載車両検知のため技術と現地での試行結果を紹介する。

キーワード 過積載、特殊車両、道路維持管理、光変位センシング

1. 過積載の現状と課題

(1) 全国的な過積載の現状

全国の直轄国道に設置された自動重量計測装置（39箇所）での計測結果によれば、計測を行った車両のうち30%程度が過積載車両と思われる。この傾向は最近10年ほど横ばいで推移しており、道路の劣化進行に深刻な影響を与えている。

(2) 群馬県内の過積載の現状

高崎河川国道事務所では、管内の2箇所にある過積載取締り基地の台貫により、警察と共同で定期的な過積載取締りを実施して



図-1 台貫による重量計測

いる。しかし、台貫での重量計測は、過積載が疑われる大型車の取締り基地への誘導、計測準備、計測等の一連の手続きに時間を要する。このため、一日の取締り時間内に重量を計測できる台数は限定的である。また、計測対象となる大型車は担当職員の目視で選定される。このため、重量計測台数は年間で数台に留まっている現状である。

(3) 過積載対策の課題

a) 過積載車両把握手段の量的不足

図-2はH27センサスによる群馬県内の直轄国道の大型車交通量である。群馬県内の直轄道路は、首都圏と地方部の物流の重要経路を担っている。このため、国道17号上武道路では大型車交通量が8000台/日を超える。その

一方で、過積載車両を把握する手段は国道17号、および国道18号の県境付近に設置された2箇所の取締り基地のみである。さらに、取締り基地における重量計測は通年にわたって実施できるものではない。このため、前述した直轄国道における過積載車両の割合を踏まえれば、群馬県内の道路には多くの過積載車両が走行しているものと思われ、道路の劣化・損傷とこれに伴う維持修繕費の増大に拍車をかけている可能性がある。



図-2 群馬県内直轄国道の大型車交通量（H27センサス）

b) 過積載車両の走行実態の情報不足

図-3は平成29年度に申請のあった国際海上コンテナ通行申請（一般道路通行）の発着地と通行経路を視覚化したものである。発着地は群馬県内の広範囲に分布し、これに伴って、選択される経路の延長も増大している。図-3は国際海上コンテナに限定したものであり、これに、その他大型車が加われば、発着地と走行経路は更に広範囲に拡大することは疑いようがない。このことが意味するのは、過積載抑制対策の難しさである。国土交通省では取締りや道路標示板での掲示等の道路上での過積載対

策の他、広報資料等による啓蒙活動も展開している。対策においては、群馬県内全域を一律に実施することは不可能であり、過積載車両が多い地域や路線を重点的に対策することが必要である。しかし、現状では、群馬県内における過積載車両の発着地や経路、走行時間帯等の詳しい実態が把握できていない。このため、過積載の重点的・効率的な対策実施が実現していない現状である。

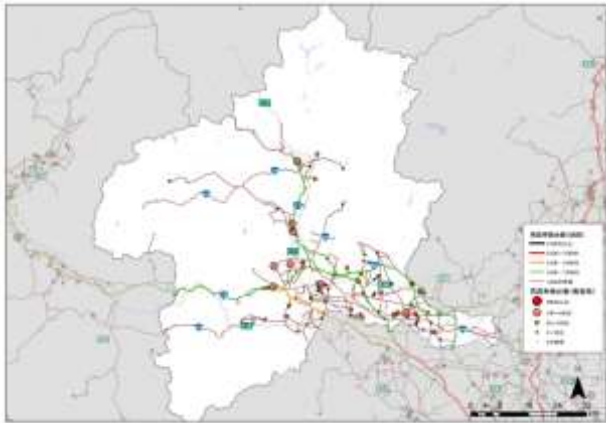


図-3 国際海上コンテナ申請発着地(群馬県)

2. 光変位センシングによる過積載車両の検知

国土交通省では自動重量計測装置のほか、荷主対策や啓蒙広報等を並行して実施しているところである。しかし、道路延長に対して過積載を検知する設備が圧倒的に不足している現状であり、過積載の実態が把握できていない。過積載による重大事故の削減はもちろん、将来的な道路の維持管理費の抑制のためには、過積載車両の発着地や経路等の広域的な動きを把握することが重要な一歩である。そして、過積載車両の広域的な動きを把握するには、任意の場所において、低コストで設置可能な過積載の検知技術が必要である。

(1) 光変位センシングの概要と設置施工性

光センシング技術は物質の状態を光によって測定する技術である。この技術は自動運転での歩行者検知等にも使われる精度の高い技術である。本稿では、光センシング技術により開発されたセンサにより、車両通行により発生する橋梁の変位（ひずみ）に着目した。橋梁は車両の通過により、主桁軸方向に引張・圧縮の変位（ひずみ）が発生する。この変位量は微細であるが、光センシング技術によりナノレベルの変位量までの計測が可能である。この技術を活用し、著しく重量の大きい車両の検知の可能性を検証した。図-4に光変位センサの橋梁への設置イメージを示す。センサは橋梁下部に車線毎に設置する。設置は数箇所のボルト打ち込みのみの簡易施工であり、橋梁へダメージも与えない。桁下に設置するため、設置工事のための通行規制は不要である。また、橋梁端

部の変位で計測可能であることも特徴である。橋梁は河川や道路と交差するため、支間中央部へのセンサ設置は、設置工事や維持管理において、交通規制や安全性が課題となるが、橋梁端部であれば、設置が比較的容易であることが多い。

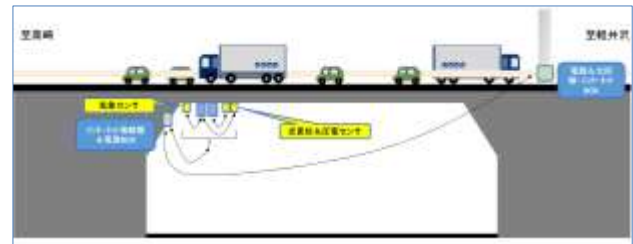


図-4 光変位センサの設置イメージ

(2) 設置可能な橋梁

前述した通り、光変位センサは比較的簡易に施工可能である。ただし、橋梁の構造形式によっては車両通行により生じる変位が複雑となり、検知精度が低下する場合がある。これまでの実地検証により、鋼橋・コンクリート橋の単純桁において、著しい重量の車両通過を橋梁変位量で検知できる可能性を確認している。特に、光センシングの大きな特長として、変位量の少ないコンクリート橋の計測精度も高い点が挙げられる。図-5は群馬県内の直轄国道における、単純桁の鋼橋・コンクリート橋の分布である。コンクリート橋が計測可能にあることで、該当橋梁は路線全体にわたって、満遍なく分布することになる。

このため、センサの検知精度確保のための設置橋梁の制約が、広域的な過積載車両の動きの把握の障害となることはないと考えている。



図-5 単純桁の鋼橋・コンクリート橋分布(群馬県直轄国道)

(3) 変位計測の基本アルゴリズム

図-6に車両通過時に発生する橋梁の変位のイメージを示した。車重により発生した橋梁変位は車両の動きにあわせて移動し、センサ付近で最大値を記録する。車重が大きくなれば、変位量も大きくなる。これに着目し、過積載車両を検知する。車両通過による変位量は橋梁の長

さや車線数等の諸条件により異なる。このため、センサを設置した橋梁毎に試験走行を実施し、各橋梁独自の閾値を設定した。

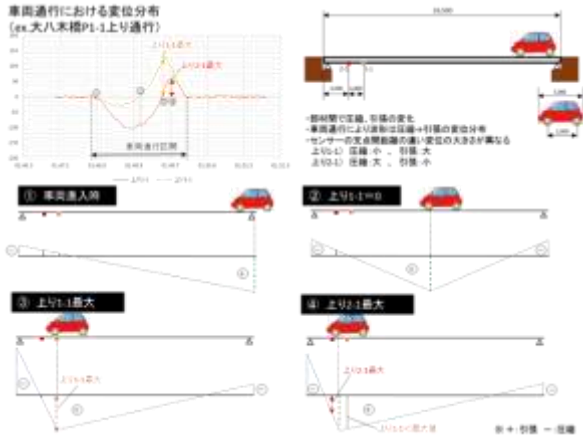


図-6 橋梁の変位の発生イメージ

(4) 光変位センサによる過積載車両検知の検証

国道50号の天雷橋(PC橋、橋長25m、片側1車線)をモデルとし、過積載車両の検知精度を検証した。

a) 過積載車両の検知

国道50号天雷橋に設置した光変位センサにより、2019年9月16日～9月22日の橋梁変位量データを取得した。図-7に9月18日21:00～21:10の10分間の変位量の計測結果を示す。別途実施した過積載の判定変位量を超過する変位が上り線で2回計測された。変位量の波形では、著しい上下の振幅や途切れは発生しておらず、安定した連続計測が行われている。



図-7 橋梁変位量の計測結果の例 (10分間)

b) 過積載車両検知の妥当性

国道50号天雷橋での光変位センサによる過積載車両検知の妥当性を検証するために通行車両のビデオ撮影を行った。図-7で過積載の可能性のある車両が走行した時間のビデオ映像を図-8に示す。映像では25t級と思われる



図-8 検知した車両の一例

トレーラーが走行している。もちろん、ビデオ映像をもって、明らかな過積載と判定することはできないが、車両総重量が重いことは明白であり、光変位センサの計測精度は信頼できるものと考えられる。

c) 過積載車両の検知結果

2019年9月16(月・祝)～22日(日)の間に国道50号天雷橋を通過し、過積載の可能性のある橋梁変位を記録した車両台数を図-9に示す。特定の時間帯に特出した値が出現することはない、平日は曜日に関わらず、同傾向の波形となっている。時間帯の出現状況で特徴が見られるのは深夜から早朝の台数の多さである。直轄国道は長距離トリップを担う幹線道路であり、国道50号天雷橋周辺に発着地を有さない、長距離通過が検知されていると思われる。このことは、後述のETC2.0による分析で考察する。

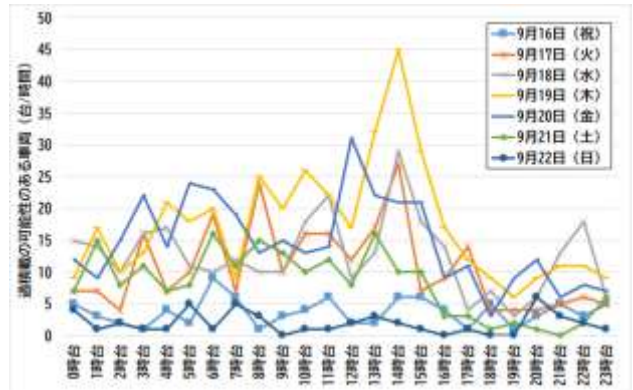


図-9 過積載の可能性ある車両の検知結果 (時間帯別)

H27センサでは天雷橋付近の大型車交通量は約4500台/日であり、今回の試行で最も検知台数の多かった日の417台(9月19日)は全大型車の約9%が過積載の可能性があるとということになる。この数値は本稿前段で述べたWIN計測による約30%の過積載可能性との間に乖離がある。ここで、注意しなければならないのは今回の試行では車両総重量30tを超えるような過度な過積載の判定を試みている点である。厳密には、車両総重量に応じた車両総重量の上限値があり、今回の判定では抽出できない過積載車両もあることに留意が必要である。

3. 過積載車両の移動実態分析の試行

今後の効果的な過積載抑制対策には、路線や区間を絞り込んだ、重点的な取締り・監視の強化が必要である。また、地域を絞り込んだ重点的な啓蒙広報が有効と思われる。そこで、光変位センサにより検知した過積載の可能性のある車両とETC2.0をマッチングし、車両の発着地、走行経路の把握の可能性を検証した。ETC2.0とのマッチングは、2019年9月16日～9月22日の間に天雷橋に設置し

た光変位センサにより過積載の可能性があると判定された1662台を対象とした。

(1) ETC2.0とのマッチング

a) マッチング方法

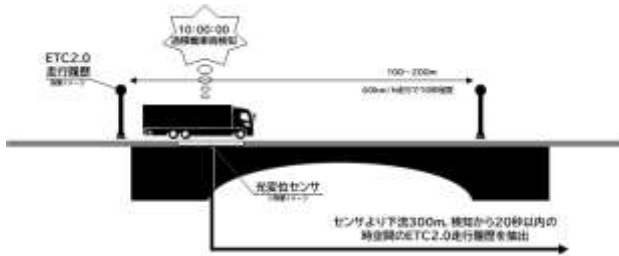


図-10 ETC2.0履歴マッチング方法

マッチングにはETC2.0の走行履歴（位置座標）を使用する。ETC2.0の走行履歴は100～200m間隔で定期的取得される走行履歴と右左折や急ブレーキ等の挙動履歴がある。つまり、両履歴とも天雷橋に設置した光変位センサ付近に必ずしも履歴があるわけではない。そこで、ETC2.0の走行履歴の取得距離間隔と車両の進行距離を考慮し、光変位センサから進行方向下流300m、検知時刻より20秒以内の時空間に存在するETC2.0履歴を検出した車両とみなすこととした。なお、ETC2.0履歴の車種が大型車のものを対象とした。

b) マッチング結果

センサによる検知車両が最も多かった9月19日（417台）とETC2.0をマッチングした結果、24時間で12台の車両がマッチングされた。マッチング率は3%である。このため、ETC2.0での分析を行う際は、できる限り長期間のデータを蓄積することが望ましいと思われる。

(2) 交通流動分析

2019年9月16（祝）～22日（日）の間に国道50号天雷橋で過積載の可能性があると検出された車両のうち、ETC2.0とマッチングできた車両は43台であった。ここでは、車両の走行経路が追跡可能なETC2.0の特性を活用し、車両の発着地と走行経路を分析した。分析結果を図-11に示す。なお、ETC2.0はエンジンのON・OFF等で走行経路履歴が分割される。このため、今回の分析では、1時間以内の走行履歴は結合処理を行い、独自のトリップを作成している。また、走行経路は一般県道以上が対象であり、厳密には発着地が異なる場合がある。発着地を見ると、群馬県外が多くなっていることがわかる。本稿で前述した、深夜から早朝の多さとあわせて考えれば、広域的な長距離トリップであると思われる。このことから、例えば、群馬県内の過積載抑制対策は県内のみでは不十分であり、図-11の分析結果の場合、栃木や茨城までの範囲拡大を検討する必要があることがわかる。また、

道路種類別の走行台キロでは、直轄国道が74%を占めており、取締りや啓蒙広報等の重点的な対策の必要性が伺える。

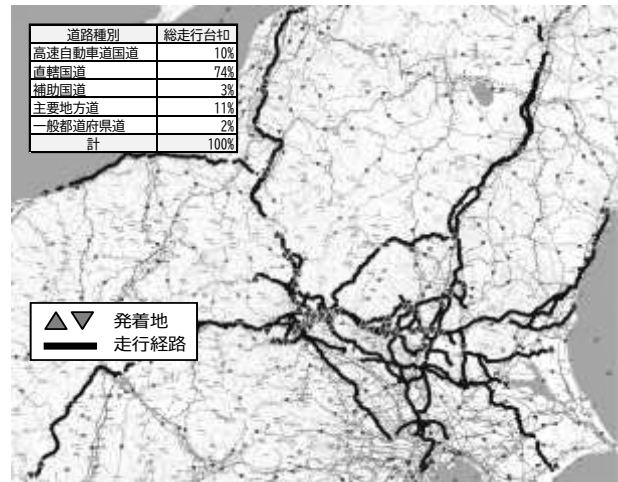


図-11 過積載の可能性のある車両の走行経路

5. 今後の展望

本稿では、橋台下部に設置した光変位センサによる過積載車両の検知可能性を検証した。検証の結果、道路に過度なダメージを与える、車両総重量が30 tを超える過積載の検知精度の可能性を確認した。光変位センサによる過積載の検知はWIMと異なり、車両情報との突合を行わないため、各車両の重量制限に応じたきめ細かな過積載判定はできない。しかし、光変位センサはWIMと比べて安価である。また、全国の至る所にある橋梁に設置できる汎用性を有している。この利点を活かし、光変位センサが広域に設置されれば、現状では明らかになっていない過積載車両の発着や走行経路の把握につながり、重点的な取締り・監視の実施やピンポイントの啓蒙広報など、効果的な対策の実現に寄与する。また、過積載を監視する設備が広範囲に設置されている事実が過積載の抑止力となることも期待できる。さらに、光変位センサでは、センサ通過時の前後輪の時間差より車軸長を算出することが可能である。すなわち、重量と車軸長より車種判定が可能である。この性能を活用すれば、交通量の常時観測も兼ねることが可能である。今後はセンサデータを蓄積し、橋梁の構造形式や橋長、道路の車線数や幅員等の諸条件化における検知精度の検証行っていく。

また、光変位センサにより検知された、過積載の疑いのある車両をETC2.0とマッチングすることにより、発着地や走行経路の集中傾向を把握できる見通しが得られた。一方で、ETC2.0車載器が普及途上段階であることにより生じるバイアスが課題である。このため、民間事業者により整備されている大型車プローブデータの活用による分析サンプル増加等のETC2.0以外のビッグデータを組合わせた分析手法の確立を並行して検討することが望ましい。