

大型貨物車の都市高速道路側壁への擦過痕形成時挙動の 観測システムの構築と安全対策への適用検討

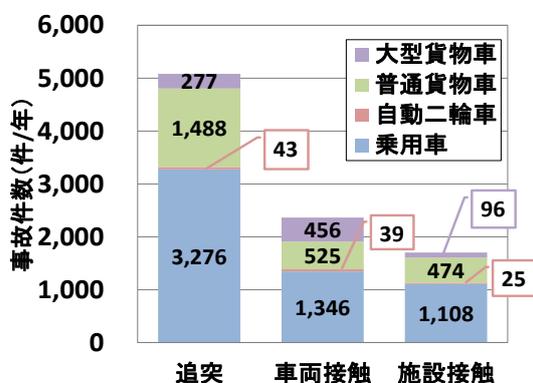
代表研究者 千葉工業大学創造工学部都市環境工学科 教授 赤羽 弘和
共同研究者 東京大学情報学環 准教授 上條 俊介

【まとめ】

約5ヶ月間の路面湿潤時に蓄積された画像データから、側壁への接触が疑われる5シーンを抽出した。しかし、車両の横変移やロール等が明確には確認されず、適用可能な教師画像データの獲得には至っていない。ビデオ撮影時に遭遇した側壁への接触等を伴う単独事故に関し、同事故による擦過痕を特定し、当事車両の最終状況、および衝突時に同車両から落下した部品等の散乱状況から、同事故による一連の擦過痕の形成過程を推定した。

1. 研究の目的

図-1に示すように、平成26年度の首都高速道路における形態別車種別事故件数によると、車両接触事故件数に対する施設接触事故件数の比率が、乗用車82%、普通貨物車90%に対して、大型貨物車は21%と際だって低い。大型車は施設接触後も走行可能なことが多く、さらに関係者以外の乗車が希な大型貨物車は、他車種と比較して未報告のまま立ち去る可能性が高いと想定される。この前提に立つと、大型貨物車の施設接触事故が車両接触事故より実際に少ないのではなく、接触後の立ち去りが多いために、事故として記録されていない可能性が高い。この推定が正しければ、事故データの



注) 集計データはすべて首都高速道路(株)調べ
大型貨物自動車：積載重量5t以上の貨物車、普通貨物自動車：積載重量5t未満の貨物自動車、乗用車（普通乗用自動車と小型乗用自動車の合計）

図-1 形態別車種別事故件数
(平成26年度速報値・首都高速道路)

分析に基づいた当該事故類型対策は、他車種より困難である。

本研究においては、首都高速道路において側壁に擦過痕が集中し、かつ3箇所に隣接設置されたCCTV画像で走行状況を捉えられる区間を観測対象とした。大きな労力が必要な画像データからの走行挙動の抽出に、画像処理によるインシデント自動検出ソフトを適用し、擦過痕と大型貨物車の危険な走行の関係を視覚的かつ定量的に把握し、大型貨物車の転落等による甚大な被害の防止策の企画への寄与を目指した。

1-1 擦過痕多発箇所における走行画像データの蓄積と擦過痕形成時教師画像データの獲得

首都高速道路の中央環状線旧王子線区間において、推定擦過痕形成回数が30件程度の水準で集中している箇所が複数確認されている。これらの中には、CCTVの撮影範囲の箇所がある。これまでの研究に基づき、同箇所における他車種の施設接触事故等が多い、交通量が少なく走行速度が高い夜間を対象とし、後述1-3の走行軌跡推定のための画像データ蓄積に対応させる。蓄積は1カ年を予定しているが、カメラ臨時設置箇所においては教師画像データが得られた時点で、随時下記1-2に反映させる。

1-2 時空間MRFモデルによる画像データからの擦過痕形成走行の検出システムの開発

画像処理によるインシデント検出には、時空間Markov Random Field(MRF)モデルを応用する。同モデルは、走行軌跡の変化および走行速度の変化を自動検出する機能を有し、すでに実用化されている。時空間MRFモデルは、本申請の責任者の一人である上條の開発によるもので、時空間画像を領域分割するための確率モデルである。本研究におけるインシデント検出は、擦過痕形成走行の候補シーンを絞り、目視による確定、下記1-3による微視的走行軌跡の推定、分析につなげる位置づけとなる。したがって、第一種過誤は相当程度許容し、第二種過誤の発生をかなり抑制する検出基準を設定する、検出範囲を走行空間に限定する、車両の前照灯等からの光の側壁等からの反射の影



図-2 側壁のビデオ撮影区間

表-1 ビデオ撮影日

年	月	日	曜
2016	8	15	月
2017	8	15	火
2017	11	29	水

響を抑制するなどの改修を、蓄積データに基づいて委託実施する。1-1 による教師画像データ獲得後には、それに対して検出パラメータを最適化して、検出

精度を確認する。

1-3 複数ビデオカメラによる擦過痕形成走行時の微視的走行軌跡の推定と分析

研究代表者が開発済みの走行軌跡推定システムを、1-1 で取得した擦過痕形成シーンの画像データに適用し、ビデオフレームレートで走行車両の位置、速度、加速度を推定し、同シーンにおける走行軌跡と、道路線形、高架橋ジョイント等との関係性を分析する。さらに、この結果の大型貨物車の安全対策への適用可能性を検討する。

2. 研究方法と経過

2-1 ビデオ観測とデータベースの構築

図-2 に示す区間の側壁上の擦過痕をビデオ撮影した。撮影日程については、過年度分も含め、表-1 に示す。擦過痕の位置は、キロポストの撮影時刻から推定し、緯度経度形式に変換して電子地図上に表示できるようにした。これらと車両各部の寸法、各部の形状、素材(ゴム、金属)の情報を照合し、擦過痕の形成過程を分類した。



図-3 ビデオ撮影の画角

図-3 に示すように、ビデオカメラは車両前方、左前方と左右側面に各 1 台の計 4 台設置し、時計回り、反時計回りで走行車線、追い越し車線を 2 周走行し、左右を同時に撮影した。

2-2 擦過痕画像の正対化処理

図-4 左に、撮影時のカメラアングルを示す。擦過痕から車両挙動を分析する際に、擦過痕の高さ・長さ、詳細な擦過形状に関する一定精度の情報が必要となる。そのため、同図右に示すように、幾何補正しビデオ画像を正対化した。

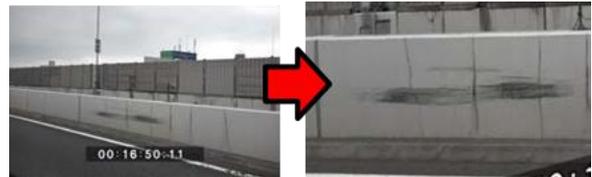


図-4 擦過痕画像の正対化処理

2-3 事故発生時の擦過痕形成情報の獲得

2017 年 8 月 15 日(火) 16 時 45 分ごろ、図-2 に示す区間の周回ビデオ撮影時の 1 周目と 2 周目の間に、板橋 JCT 付近で側壁への接触、衝突を伴う単独事故が発生した。2 周目に新たに増えた擦過痕を特定し、同時に事故当事車両の最終状況のビデオ画像、および衝突時に同車両から落下した部品等の路面への散乱状況を確認することにより、上記事故による一連の側壁への接触、衝突の過程を推定することとした。通常の擦過痕のみの情報からは、一回の危険走行により複数の擦過痕が形成されても、それらに関連付けた分析は著しく困難である。そのため、両者による擦過痕の形成過程の推定結果の相違も評価することとした。

3. 研究の成果

3-1 事故状況を含めた車両挙動の分析

2-3 の収集情報により、事故当時車両の車種、モデルを特定し、車両の破損部位を推定した。次に、車両各部の寸法、各部の形状、素材情報を照合し、擦過痕のデータベースに登録した。図-5 に、これらの情報による事故発生時の車両挙動の推定結果を示す。

この結果より、車両の危険走行の原因となる区間は擦過痕の形成区間より手前の、タイヤの摩擦力をより多く必要とするカーブ区間や、タイヤと路面との摩擦係数が小さいジョイント部分であると推測された。

1 度目の側壁への接触で形成されたと推測される擦過痕、および 2 度目の接触で形成されたと推定される擦過痕に関して、タイヤ痕の角度と擦過痕の深さより、当事車両による擦過痕の連続した形成過程が推定された。一方、第 2 擦過痕と第 3 擦過痕の関連に関して

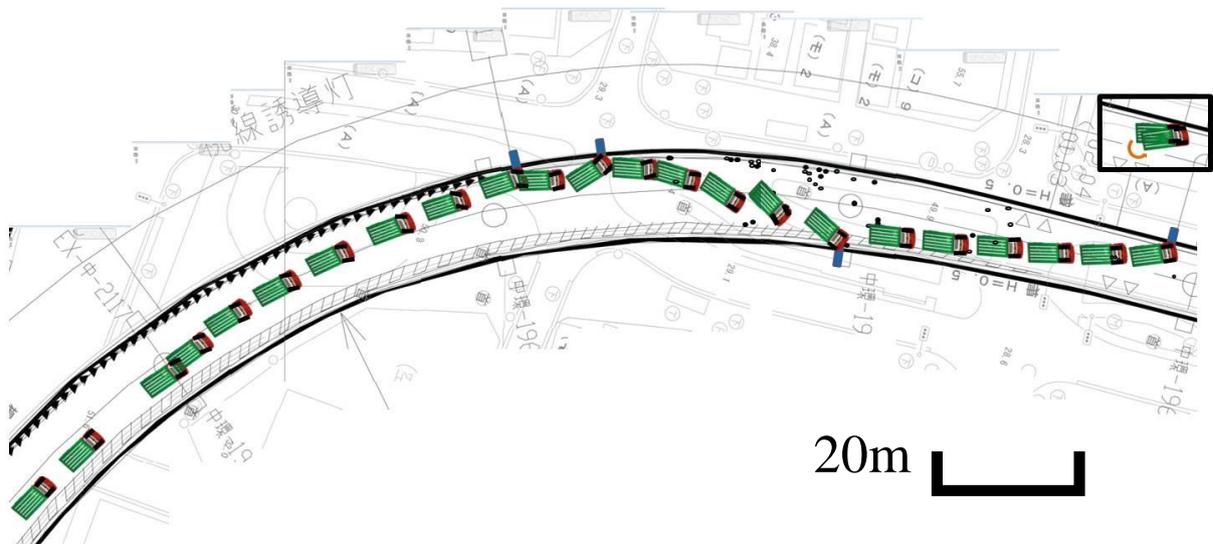


図-5 側壁接触事故時の車両挙動の推定結果

は、擦過痕の形状や色により同一の車種が残したものと推定されるが、同一車両によるものかはかなり不確定であった。

今回の車両の推定結果の比較として、擦過痕のみでは全ての擦過痕の連携の確認は行えなかった。しかし、車両の初期挙動を観測できれば、擦過痕の一連の形成過程、車両挙動の推定を、より詳細に実行できることを確認した。

3-2 擦過痕の分析と過年度との比較

過年度の研究で擦過痕数が多いにも関わらず事故件数が記録されていない箇所が危険箇所であると推定した。この区間について過年度の研究に引き続き、擦過痕の解析を進めた。

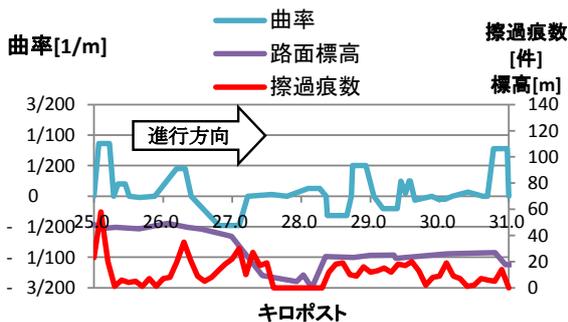


図-6 旧王子線の幾何構造と擦過痕の分布

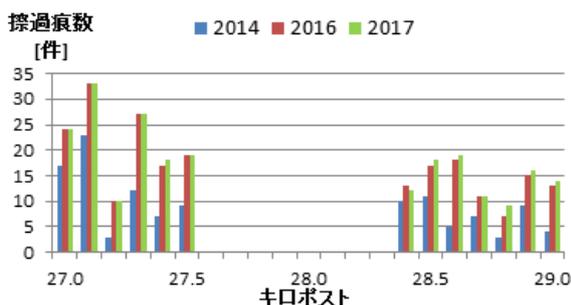


図-7 中央環状線外回り旧王子線区間

過年度の研究で、幾何構造が側壁接触に至る車両挙動と関係していることが推定された。幾何構造については図-6 に示す。データを使用する CCTV が設置されている区間についての擦過痕数の変動を、図-7 に示す。

これらの結果より、危険区間としての大きな変化は観測されなかった。しかし、擦過痕の増加率は減少傾向にある。これは、板橋 JCT 付近での長期工事の影響でガードレールによる視界の圧迫や、渋滞後の解放感による速度の上昇傾向があったためと考えられる。

工事後は車線が増え、速度の上昇傾向が抑えられると予測された。そのため、CCTV 画像の観測区間に、危険走行の発生箇所が移行すると予測された。危険区間をより詳細に観測し擦過痕との関係を明らかにするためには、CCTV 画像分析との連携が必要であると考えられた。

3-3 擦過痕多発箇所における走行画像データの蓄積と分析結果

過年度分析で中央環状王子線外回りにおいての擦過痕数が 2 番目に多数であった区間を対象に、26.9KP、27.0KP、27.1KP に設置された CCTV カメラ画像から、車両の側壁への接触が疑われるシーン、および側壁に極めて接近したシーンを、表-2 に示すような条件下で

表-2 CCTV 連続録画画像の分析概要

日付	2018年5月13日～10月27日
時間帯	21:00～07:00
観測区間	中央環状王子線 滝野川IC～王子南IC (26.9KP～27.1KP)
3時間降水量	・ 3.0mm～6.0mm以上 ・ 0.0～3.0mm未満
合計観測時間	103時間

表-3 CCTV 連続録画画像から抽出車両

番号	1	2	3	4	5
日付	5月9日	5月24日	8月29日	9月26日	9月26日
時刻	03:42	03:28	22:11	23:28	23:12
3時間 降水量 [mm]	16.5	6.0	0.5	25.0	25.0
車線 変更	有	無	無	無	無



図-8 CCTV 連続録画画像からの抽出シーン
(5月9日)

観測した。交通量が少なく高速走行しやすい時刻で、かつタイヤと路面の摩擦係数が小さくなる路面湿潤時が中心となるように、降水時間帯を分析対象とした。

その結果、表-3 に示す 5 台を抽出した。図-8 に、外側線との位置関係から、最も接触が疑われたシーンを示す。CCTV 画像の例として 27.1KP 近傍の画像を示す。しかし、側壁との接触にともなう車両の明確な横変移やロール

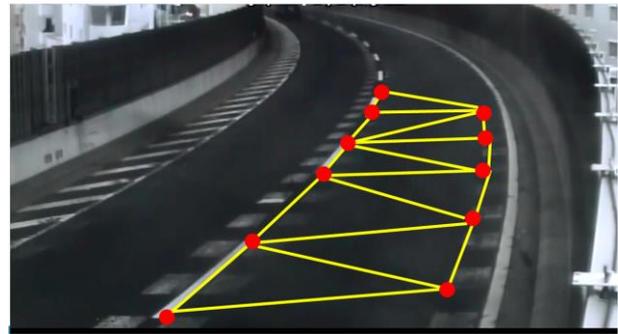


図-9 標定点の CCTV 画像上での設定状況
(中央環状線外回り旧王子線区間 27.1KP 近傍)

等が確認されず、擦過痕形成時の的確な教師画像データの獲得には至っていない。そのため、時空間 MRF モデルによる画像データからの擦過痕形成走行の検出システムの開発は、未委託となった。

3-4 複数ビデオによる車両軌跡の推定状況

画像データ上で、車両の特徴点を画像処理ソフトウェアによりトラッキングし、各フレームの撮影時刻における画面座標値を取得した。

図-9 に、27.1KP 近傍の標定点の CCTV 画像上での設定状況を示す。標定点および CCTV カメラの 3 次元座標値は、首都高速道路(株)が保有する、MMS(Mobile Mapping Sytem)により収集された点群データから取得予定である。

4. 今後の課題

- 1) 標定点および CCTV カメラの 3 次元座標値を取得し、複数ビデオカメラシステムによる走行軌跡推定を実行する。
- 2) 側壁接触車両の自動検出ソフトの開発の基礎データを取得し、ソフトのパラメータ値を調整することで自動的に検出することが可能か検証する。
- 3) CCTV 画像の観測範囲を拡大し、降水量が 0.5mm 未満の時間帯も分析対象とする。

5. 研究成果の公表方法

交通工学研究発表会(主催:(一社)交通工学研究会)において発表するとともに、「交通工学(特集号)」(J-Stage)にも投稿予定である。