

(56) 交差点内の走行挙動に機械学習を適用した 異常運転検知に関する基礎的研究

宮内 弘太¹・高田 和幸²

¹ 学生会員 東京電機大学大学院 先端科学技術研究科 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

E-mail: 18uda02@ms.dendai.ac.jp

² 正会員 東京電機大学 理工学部 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

E-mail: takada@g.dendai.ac.jp

近年、我が国では、高齢運転者による交通事故が深刻な社会問題となっている。高齢運転者による交通事故は、加齢による身体能力・認知能力・判断能力の低下が要因で生じる。自動化運転の技術開発は、これらの能力低下を補う可能性を秘めているが、市街地道路での実用化は未だ先であると考えられる。よって、高齢運転者の事故を未然に防ぐ技術の開発が重要である。本研究では、高齢運転者が交差点内での運転の誤操作による交通事故が多いことから、交差点内で起きる異常な走行挙動の検知を試みた。走行挙動の取得は、自動車にスマートフォンセンサーを取り付け、加速度、角速度、位置情報を収集した。走行挙動に、One Class SVM (OCSVM) を適用することで、異常な走行挙動の検知が出来る事を明らかにした。

Key Words: driving behavior, intersection, abnormal detection, smartphone sensors

1. はじめに

近年、我が国では、高齢化社会の進展により、高齢運転者による交通事故が深刻な社会問題となっている。本来、運転の継続が困難な高齢運転者は、運転を控えるべきであるが、我が国では、公共交通機関の空白化や縮小の問題により、自らの運転に頼らなければならない。

内閣府の発表¹⁾によると、高齢運転者による交通事故の主な要因は、加齢による身体能力、認知能力、判断能力の低下によって起きるとされている。これらの原因によって事故が顕著に起こる場所は、交差点内であり、運転者の運転の誤操作によって起きる。

また、人の運転操作を必要としない自動化運転の技術開発が精力的に行われているが、自動化運転の実現は、高齢運転者の事故を減らす可能性を秘めているものの、考慮しなければならないパラメータが多く、市街地道路での実用化は当分先のことになると考えられる。つまり、高齢運転者による交通事故を未然に防ぐ技術の開発が重要である。

事故を未然に防ぐ為には、運転者の走行挙動に注視することが有効であると考えられる。走行挙動に注視することで、運転者が事故を誘発させる運転をした時に自動車が検知し、運転者の運転を制御することが可能である。

そこで本研究では、交差点内の走行挙動から異常な走

行挙動の検知を試みる。尚、走行挙動の取得には、近年、様々な分野でデータの取得に使われているスマートフォンセンサーから取得を試みる。取得した走行挙動は、近年、様々な分野で異常値の検出手法として使われている機械学習の適用を試みる。交差点内の走行挙動から異常運転検知が出来るかどうかを本研究で検証する。

2. 既往研究の整理

近年、異常値検知や外れ検知、変化点検知を行った既往研究は、数多く存在する。これらの検知は、データの種類によって適用する手法が異なる。表-1にこれらの関係をまとめたものを示す。また、表-2に異常検知手法の種類と特徴を示す。例えば、小林ら²⁾は、SVM (Support Vector Machine) を用いて先行車両との車間距離や速度を一定に保つシステムである、ACC (Adaptive Cruise Control) の外れ値を検出するモデルを提案している。SVM を外れ値検知の手法に用いることで、高い精度で検知出来る事を明らかにした。また、栗原ら³⁾は、車両に搭載されたセンサーデータから既知の異常値を学習データとして、新しいデータの異常値検出を行う手法を提案した。自動車のセンサーデータは、複数の異常値が存在するとした上で、基本統計量を用いた特徴量から Random Forest を用

いることで、学習をさせていない、新たなデータでも異常値検知に適用できることを明らかにした。田中と坂東⁹⁾は、運転者の走行挙動から運転者の異常状態を検出する手法を提案した。操舵角やレーンとの位置関係、横方向への加速度から運転者の運転状態が検知される事が多い中で、加減速や先行車両との車間距離、相対速度等の多くの情報を含めて異常検知モデルを構築した方が、道路環境の違いや個人差の影響を受けにくい事を明らかにした。

以上、運転者の走行挙動から異常な走行挙動の検知を試みた既往研究を整理した。走行挙動の異常検知は、運転支援システムの開発を目的として行われていることが明らかになった。また、近年の開発動向を見ると、機械学習を用いた手法が多い。その理由として、モデルの精度が高く、分析者からでは確認する事の出来ないデータ間の相関性や時系列要素を考慮したモデルが構築出来る為と考えられる。

3. 交差点内の走行挙動の取得

(1) 走行実験の実施

交差点内での異常な走行挙動の検知を行う為には、まず初めに、運転者の運転特性について把握する必要がある。Aoude, G. *et al.*⁹⁾は、運転者は全ての交差点で必ずしも同じ運転操作をしないことを指摘している。これを踏まえて本研究では、交差点内の走行挙動を8つのケースに分類した(図-1(a)-(d)参照)。

次に、8つのケースに分類した交差点内の走行挙動を取得する為に走行実験を実施した。表-3に走行実験の概要を示す。走行実験は、4日間に分け走行挙動の取得を行った。尚、車両の性能が走行挙動に及ぼす影響を無視する為に、被験者全員が同じ自動車を使用した。

被験者は、著者らが所属する大学の生徒で、被験者数は8人である(表4参照)。被験者は、著者らが設定したコースを走行してもらった。尚、走行コースを設定する理由は、被験者全員が同じコースを運転することで、被験者の走行挙動の違いが明らかに出来るからである。コースの概要は、図-2(a)-(d)に示す通りである。

(2) スマートフォンセンサーを用いた走行挙動の取得

本研究では、スマートフォンセンサーを運転者の車両に搭載し、走行挙動を計測した。スマートフォンセンサーから得られるデータは、日時、速度、緯度経度、X軸、Y軸成分の加速度、操舵角(Z軸成分の角速度より算出)である。スマートフォンセンサーはこれらを0.1S間隔で計測する。各成分の向きについて述べる。X軸成分の加

表-1 使用データと検知手法の関係

検知手法の種類	適用する検知手法
距離に基づく検知手法	隣近傍法, K近傍法 部分空間法
密度に基づく検知手法	LOF (局所外れ値因子法), iForest
統計的分布に基づく検知手法	統計的検定, ホテリング理論 ガウス混合分布, カーネル密度推定
角度に基づく検知手法	ABOD
その他の手法	SVM, 情報量 他

表-2 異常検知手法の種類と特徴

機能	入力対象	応用	検出対象
外れ値検知	多次元時系列	不正検知 故障検知	データの外れ値
変化点検知	多次元時系列	外部からの攻撃 検知	前後のデータの 急激な変化
異常行動検知	時系列	なりすまし検知 不審行動検知	異常行動パターン

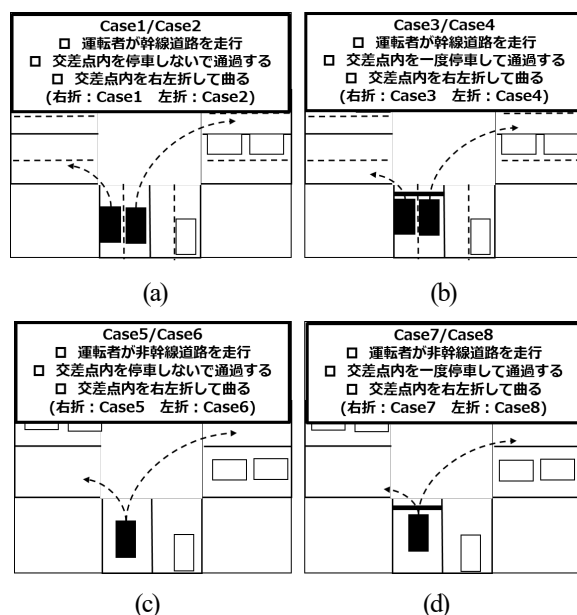


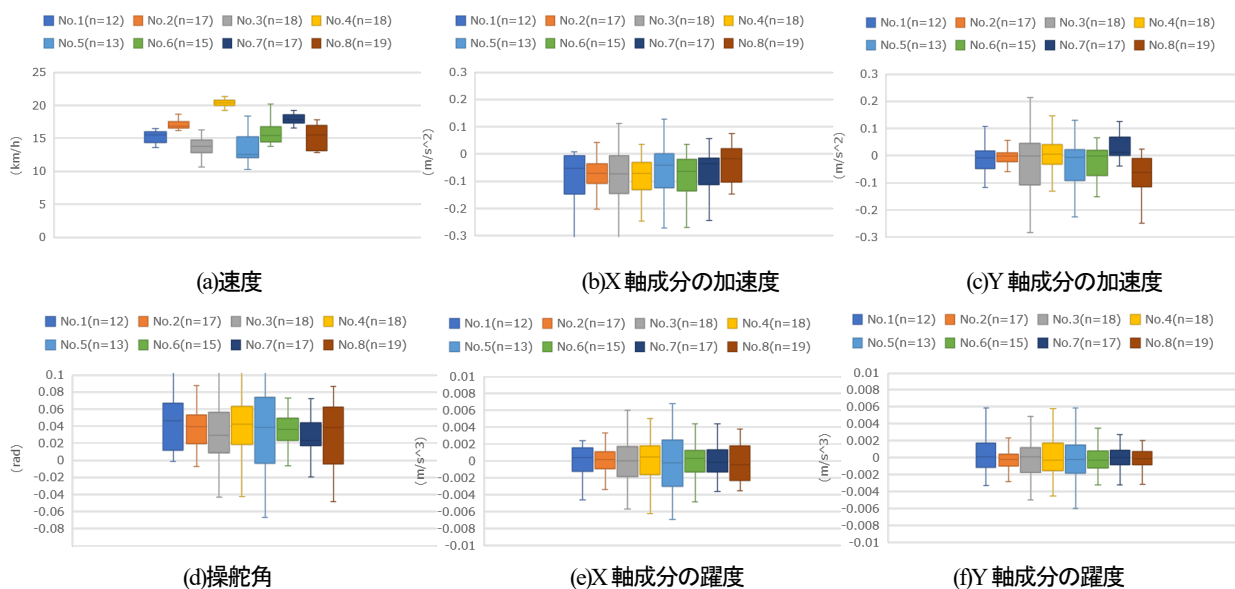
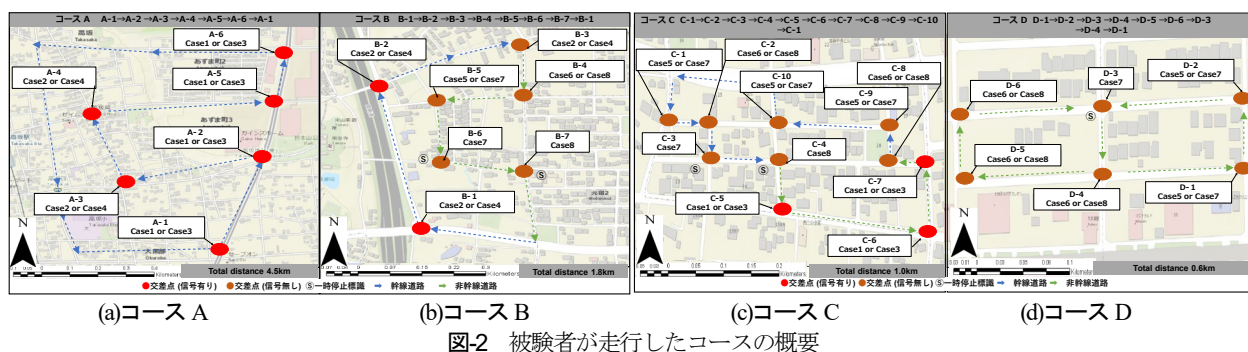
図-1 本研究で定義した交差点内の走行挙動

表-3 走行実験の概要

走行実験	第1回	第2回	第3回	第4回
日時	2018/10/5 PM	2018/11/17 PM	2018/12/5 AM	2018/12/5 AM
コース	コース A	コース B	コース C	コース D
使用車種	軽自動車	軽自動車	軽自動車	軽自動車
被験者数	8人	8人	8人	8人
走行数	1人3周	1人3周	1人3周	1人3周

表-4 若年運転者の運転に関する個人属性

ID	性別	運転経験年数 (年)	運転頻度 (回/月)	運転距離 (km/回)
No.1	男性	-	-	-
No.2	男性	2	24	46
No.3	男性	4	12	4.3
No.4	男性	3	22	17
No.5	男性	-	-	-
No.6	男性	3	14	20
No.7	男性	4	24	60
No.8	男性	-	-	-



速度は、自動車に対して左右の方向の加速度を示し、運転者から見て右側が正の方向である。Y 軸成分の加速度は、自動車に対して前後の方向の加速度を示し、運転者から見て前方側が正の方向である。尚、本研究で、Z 軸成分の加速度を計測しなかった理由は、上下方向の車の加速度は変化量が小さく、無視できると判断したからである。次に、スマートフォンセンサーで取得した走行挙動から交差点内の走行挙動だけを抽出する。この抽出過程は、宮内と高田⁹⁾に書かれている。図-3 に、走行実験で得られた交差点内の走行挙動を 8 つのケースに分類した時の運転者の運転特性を示す。尚、ここでは、ケース 1 で観測した被験者の運転特性の平均値と標準偏差を記載する。特筆すべき点として、運転者によって、同じケースでも平均値と標準偏差の値が大きく異なっていることが読み取れる。これは、運転特性に異質性がある事を表している。

4. 異常な走行挙動の検知手法の構築

(1) 多変量時系列を考慮した異常検知手法の提案

本章では、走行実験で取得したデータを用いて、異常

な走行挙動の検知を試みる。以下の三点を留意した。

- 1) 走行挙動は、一定間隔でデータが取得されており、データの前後で統計的相互性を持つ時系列データであること。
- 2) 異常な走行挙動とは、必ずしも一つの変数から決定されている訳では無い。つまり、複数の変数が閾値を超えた時に異常な走行挙動と定義できる。
- 3) 走行実験で得られた交差点内の走行挙動は、明確な異常な走行挙動というのが無い。その為、教師無し学習による外れ値検知を行う。

以上の観点を考慮した結果、本研究では、交差点内の異常な走行挙動の検知方法として、One Class Support Vector Machine (OCSVM) を提案する。OCSVM は、そのデータが異常かどうかの二値を判断する手法である。OCSVM を用いて、てんかん発作を検知するアルゴリズム⁷⁾や高齢者の日常生活行動の状態検知⁸⁾にも使われており、応用例が多い。

本研究では、個々の運転者に適した異常な走行挙動の検知手法を提案している。そこで各ケースで計測した被験者の走行挙動の内、約 8 割のデータを学習用データとし、残りの 2 割のデータをテストデータとして、異常な走行挙動の検知を行った。今回の推定では 3 σ 離れた時

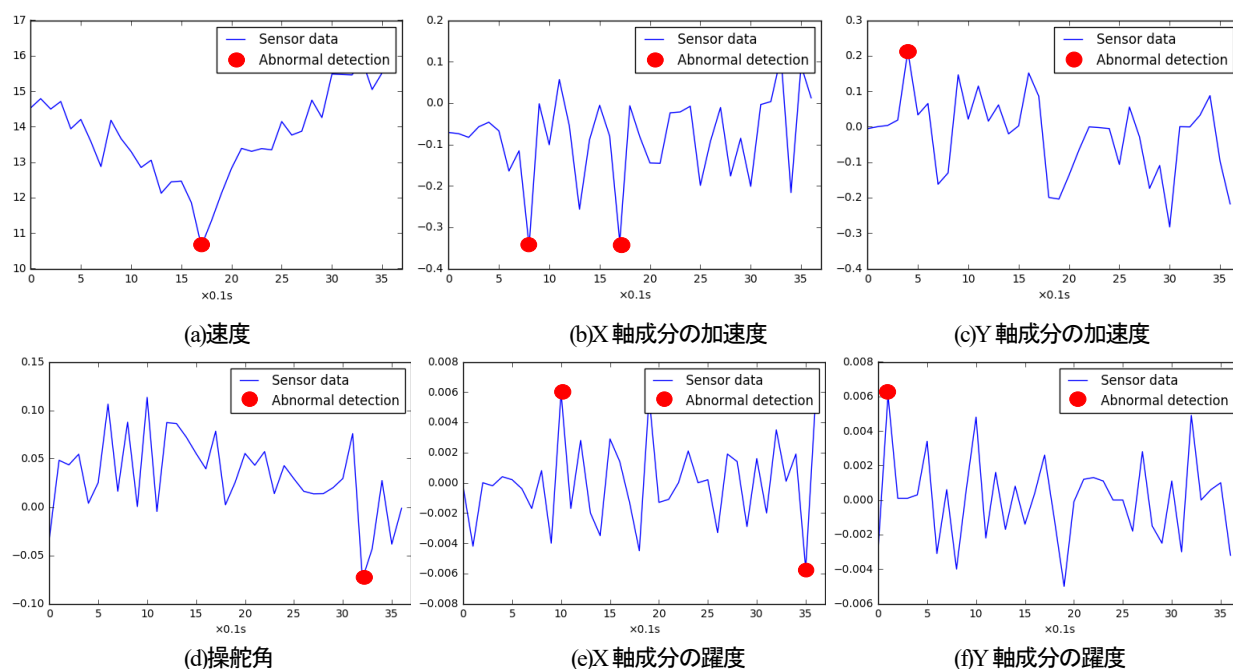


図4 OCSVMを用いた被験者 No.1 の交差点内の走行挙動の異常運転検知 (ケース 1)

に異常な走行挙動であると検知するように設定した。

た。

(2) 推定結果

図4 (a)~(f) にスマートフォンセンサーから取得した交差点内の走行挙動に OCSVM を適用した結果 (被験者 No.1, ケース 1 で計測した走行挙動) を示す。図からも読み取れるように外れ値が検出されていることが確認できた。今回設定した外れ値の閾値は、1 つ 1 つのデータに対する判断が厳しい条件で行った。今回の推定結果からは、これらの外れ値が運転の誤操作によって検出されているのかは確認できなかった。今後は、運転時の様子を撮影する等の対応を行う。また、どの運転特性が運転の誤操作に影響を及ぼしているのかについても確認していく。高齢運転者を対象に交差点内の走行挙動を取得し、今回の走行実験で得られた結果と比較等を行い、高齢運転者が交差点内で運転の誤操作による事故が多いメカニズムを明らかにする。

5. まとめ

本研究では、我が国で深刻な社会問題となっている、高齢運転者による交通事故を未然に防ぐ事を目的とした、運転支援システムを開発する為の基礎的研究を行った。運転の誤操作による事故が多いことから、交差点内での走行挙動の取得を目的とした走行実験を実施した。得られた走行挙動に OCSVM を適用することで、交差点内を曲る時の異常な走行挙動の検知が出来ることが確認出来

参考文献

- 1) 特集「高齢者に係る交通事故防止」, 平成 29 年交通安全白書, 2017 年.
- 2) 小椋翔太, 尾坂啓宏, 伊藤信行, 梶克彦, 内藤克浩, 水野忠則, 中條直也: 運転支援システムのための SVM を用いた外れ値検出の検討, *Information Processing Society of Japan*, Vol. 79, pp. 401-402, 2017.
- 3) 栗原慶典, 根山亮, 三宮千尋, 那和一成: 機械学習によるセンサー異常値検出, *Processing Society of Japan and The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers*, Vol.14, pp. 179- 182, 2015.
- 4) 田中雄介, 坂東誉司: 車両挙動に基づくドライバの異常状態推定技術の開発, 自動車技術会論文集, Vol.44, No.2, pp. 685-690, 2013.
- 5) Aoude, G., Desaraju, V., Stephens, L. H., How, J. P. : Driver Behavior Classification at Intersections and Validation on Large Naturalistic Data Set, *IEEE TITS*, Vol. 13, pp. 724-736, 2012.
- 6) 宮内弘太, 高田和幸: 交差点内の走行挙動にニューラルネットワークを適用した自動車運転者の特定手法に関する研究, 交通工学研究会発表論文集, Vol. 39, 2019.
- 7) 藤原幸一, 鈴木陽子, 宮島美穂, 山川俊貴, 加納学 : One Class SVM を用いたてんかん発作兆候監視アルゴリズムの開発, 自動車制御連合講演会, Vol. 57, pp. 1565-1570, 2014.
- 8) 関 弘和, 堀 洋一: 高齢者モニタリングのためのカメラ画像を用いた異常動作検出, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, Vol.122, 2000.