

(60) 交差点部の走行挙動を用いた高齢運転者の 運転技量評価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、高齢運転者が第一当事者となる交通事故の発生が深刻な社会問題となっている。内閣府によると、高齢運転者による交通事故は、加齢による身体機能の低下が原因とされている。我が国では、自動化運転実現への取り組みが精力的に行われているが、未だ多くの課題を有しており、高齢運転者による運転は続くことが予想される。その為、高齢運転者が運転を続けていく為には、自身の運転技量を把握することが重要である。

そこで本研究では、高齢運転者の運転技量の評価手法の開発に関する基礎的研究を行った。運転の中でも、操作が複雑とされている交差点部の走行挙動に着目し、運転技量の定量化を行った。運転技量を評価するにあたり、既存の評価指標だけでなく、著者らが作成した新たな評価指標も加えることで、従来よりも詳細に運転者の運転技量を把握できる可能性が示唆された。

Key Words: elderly driver, driving behavior, driving skill assessment, intersection

1. はじめに

近年、高齢運転者が第一当事者となる交通事故が深刻な社会問題となっている。内閣府の発表¹⁾によると、高齢運転者による交通事故は、加齢による身体機能の低下が原因とされている。

我が国では、運転操作の必要がない「自動化運転へ向けた取り組み」が精力的に行われている。しかし、インフラ整備や人口知能の精度向上、法整備などの考慮すべき要素が多く、一般道路への導入には、未だ多くの時間を要することが予想される。その為、高齢運転者による運転は、これからも続くことが予想されており、高齢運転者が安心して運転を続けていくためには、自身の運転技量を把握することが重要である。

しかし、運転者の運転技量を評価する指標は、未だ多くないのが現状である。例えば、急制動の発生は、加速度の値が $\pm 0.25G$ 以上を越えた時とされている²⁾。また、急ハンドルの発生は、加速度の値が $\pm 0.25G$ 以上を越えた時やロー角（操舵角速度）の値が $\pm 8.5\text{deg/s}$ 以上とされている³⁾。他にも、速度超過の発生有無を用いた評価⁴⁾や停止標識でしっかりと停止できているかの評価⁵⁾がある。これらの評価指標は、丁寧な運転を心がける為の

啓発にはつながる可能性はあるものの、これらの指標で加齢によって身体機能が低下した、高齢運転者の運転技量を評価することは困難であると考えられる。つまり、高齢運転者に適した、評価指標を用いた運転技量評価が必要であると考えられる。

そこで本研究では、従来から用いられている評価指標に著者らが作成した評価指標も加え、高齢運転者の運転技量の評価を試みる。特に、運転操作が複雑で難しいとされている、交差点部の走行挙動に着目する。

2. 観測調査の実施

(1) 観測調査の概要

表-1に本研究で実施した調査概要を示す。本研究では、石川県七尾市中島町に住む、軽度認知症の罹患がない60歳以上の高齢運転者8名を被験者とした。なお、軽度認知症の罹患の有無は、事前に専門家のもと検査を行った上で判断した。表-2に参加者の概要を示す。

本研究では、走行挙動を観測する為の装置の導入にかかるコスト面や労力を考慮して、設置型の加速度センサーでの観測を試みた。表-3に使用した観測機器の概要を

表-1 観測調査の概要

調査期間	2020年2月25日～2020年3月2日
対象者	60歳以上の方で普段から自動車を運転する方.
被験者数	8名
観測項目	・車両速度 (km/h) ・3軸加速度 (G) ・操舵角 (rad) ・緯度経度 (度)
個人属性	・年齢 ・性別 ・使用車種 (AT or MT) ・普段の運転日数

表-2 被験者の運転技量評価の結果

ID	年齢	性別	車種	運転日数
No.1	68	女性	AT	週に4回
No.2	75	女性	AT	週に4回
No.3	69	女性	AT	週に3回
No.4	65	女性	AT	週に3回
No.5	68	男性	AT	週に5回
No.6	77	男性	AT	週に3回
No.7	70	男性	AT	週に3回
No.8	70	男性	AT	週に6回
No.9	74	男性	AT	週に3回

表-3 使用した観測機器の概要

使用する端末	Q-starz GT BL-1000GT
観測に用いるセンサー	・加速度センサー ・ジャイロセンサー ・GPSセンサー
周波数 (観測間隔)	10Hz (0.1秒間隔で観測)
観測の記録方法	運転を開始する前に、ボタンを押してもらい、運転が終了したら再度ボタンを押してもらう。
データの保存方法	端末内のSDカードに保存される

示す。機器を設置する際は、ダッシュボードの上などの水平な場所に設け、運転中に機器が動かないよう固定した。また、データ取得後は、機器の傾き等を補正して分析データとして使用する。加速度センサーが観測する加速度と操舵角の向きについて述べる。X軸成分の加速度は、車両の左右の加速度であり、運転者から見て右側が正を示す。Y軸成分の加速度は、車両の前後の加速度であり、運転者から見て前方が正を示す。操舵角は、ハンドルを時計回りに回した時が正を示す。

なお、本研究は、倫理審査委員会の承認を得て実験を実施している。また、被験者に対するインフォームド・コンセント、情報の管理と匿名化等は委員会の規定に従って実施している。

(2) 交差点部の走行挙動の抽出フロー

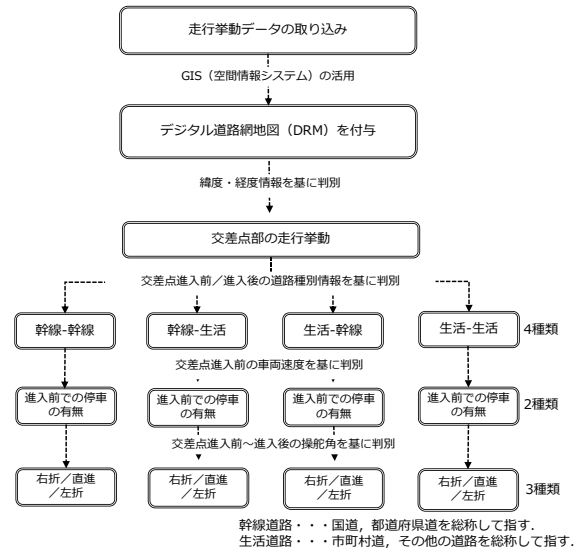


図-1 本研究で分類した交差点部の走行挙動

本研究では、交差点部の走行挙動を 24 ケースに分類する。図-1 に交差点部の走行挙動の分類フローを示す。本フローに従って分類する為には、道路情報（例えば、道路種類や信号の設置有無）が必要となる。本研究では、デジタル道路マップ（DRM）を活用し、走行挙動の分類を行う。

なお、これらの詳細については、宮内ら⁹⁾に記しており、本稿では割愛する。本研究で分類した 24 ケース以外にも、例えば、右折時に対向直進車両の通過を交差点中央部で停車して待つ場合や歩行者等を優先させるために交差点内で停車する場合が考えられる。これらの走行挙動は、データ長から判断して、分析の対象外とした。

3. 交差点部における運転技量の評価指標

(1) 高齢運転者に必要な評価指標の検討

健全な運転者の運転技量の評価には、急制動の発生や、急ハンドルの発生、速度超過の発生有無、停止標識での停止の有無を評価することで、丁寧な運転をする為の啓発につながると考えられる。しかし、高齢運転者の場合、速度超過をする運転者はほとんどいないと考えられる。そこで本研究では、以下の観点から高齢運転者の運転技量を評価する指標を考える。

- 1) 加齢による身体機能の低下を受けた高齢運転者は、同じ交差点を同じように運転することが困難になると考えられる。事故が起こる時は、普段通りの運転ができていないことが多い。つまり、交差点部において、いつも通りの運転ができていないかを評価する指標が必要である。
- 2) 加齢による身体機能の低下を受けた高齢運転者は、自身の運転だけに集中してしまい、周りの

表-3 本研究で設定した評価指標の概要

項目	評価指標	説明	閾値の設定
1	急制動の発生	急なアクセル・ブレーキ操作の発生を検知	Y 軸成分の加速度が $\pm 0.25G$ 以上
2	急ハンドルの発生	急なハンドル操作の発生を検知	X 軸成分の加速度が $\pm 0.25G$ 以上
3	速度超過の発生	速度超過した運転の発生を検知	車両の速度が法定速度+15km/h以上
4	一時停止標識での不停止の発生	不停止運転の発生を検知	車両の速度が1 km/h以下にならなかったとき
5	異常運転の発生	普段の運転通りではない運転の発生を検知（潜在的な特徴から異常を検知）	自身の蓄積された走行挙動データの平均値から、 3σ 以上乖離した時.
6	異常運転の発生	他の運転者とは異なる運転の発生を検知（車両速度から異常を検知）	全被験者から蓄積された走行挙動データの平均値から、 3σ 以上乖離した時.
7	異常運転の発生	他の運転者とは異なる運転の発生を検知（操舵角から異常を検知）	全被験者から蓄積された走行挙動データの平均値から、 3σ 以上乖離した時.

運転状況が見えなくなることが予想される．例えば、周りの運転者は 60km/h で運転しているのに対し、自身は 40km/h を厳守して運転する場合が考えられる．つまり、交通の流れに乗れているかを評価する指標が必要である．

- 3) ハンドル操作についても、同様のことが考えられる．曲がることだけに集中してしまい、大きく膨らんで曲がる場合が考えられる．これも速度と同様に、交通の流れに乗れているかを評価する指標が必要である．

本研究では、これらの運転は、通常な運転とは異なる運転（異常運転）であると考え、交差点部の走行挙動から発生の有無を検知する．検知した結果を評価指標として組み込む．

(2) 本研究で定義した評価指標の概要

表-4に、本研究で使用する評価指標の概要を示す．それぞれの評価指標の概要と閾値は表の通りである．なお、項目 1 から 4 については、既存の評価指標であり、閾値も既往研究と同様に設定した．

次に、著者が作成した評価指標について述べる．項目 5 は、車両速度、左右・前後の加速度、操舵角の系列データに LSTM Autoencoder を用いて、異常運転の検知を行う．個々の運転者から蓄積された交差点部の走行挙動データから異常運転を検知する．本手法は運転者が持つ潜在的な特徴を抽出し、過去の自身の運転と著しく乖離している場合は、異常運転と判定する．本評価指標の発生が多い場合は、運転操作のばらつきが大きく、交差点部を通過する際に頻繁に起こり、運転の誤操作が付きやすい可能性がある．なお本手法の詳細は、宮内ら⁷⁾に記載しており、本稿では説明を割愛する．

項目 6 は、車両速度の系列データに OCSVM を用いて、異常運転の検知を行う．高齢運転者全体で蓄積された交

差点部の走行挙動データから異常運転を検知する．本手法は他の運転者と比べて、一般的な速度で運転しているかを判断する．他の運転者と乖離している場合は、異常運転と判定する．本評価指標の発生が多い場合は、周りの運転者と比べて、適切な速度で運転ができていない可能性が考えられる．

項目 7 は、操舵角の系列データに OCSVM を用いて、異常運転の検知を行う．項目 6 と同様に、高齢運転者全体で蓄積された交差点部の走行挙動データから異常運転を検知する．本手法は他の運転者と比べて、一般的なハンドル操作で運転しているかを判断する．他の運転者と乖離している場合は、異常運転と判定する．本評価指標の発生が多い場合は、適切なハンドル操作で運転ができていない可能性が考えられる．なお、項目 6 および項目 7 の詳細は、宮内ら⁸⁾に記載しており、本稿では説明を割愛する．

4. 適用結果

表-5 (a)-(c)に、被験者の運転技量の評価結果を示す．ここでは一例として、表-5 (a)は生活一生活、車両が停車した状態から通過、右折時の走行挙動の結果、表-5 (b)は生活一生活、車両が停車した状態から通過、左折時の走行挙動の結果、表-5 (c)は生活一生活、車両が停車した状態から通過、直進時の走行挙動の結果を示す．

表中の割合は、各項目の発生割合を示している．発生割合は、項目 1~7 が発生した走行挙動の数をそのケースで観測した走行挙動の合計の数で除した値で算出した．

次に算出結果の考察を述べる．同じ被験者でも発生割合は、曲がる方向によって大きく異なる事が明らかになった．例えば、急制動の発生は、直進時に起こりやすく、左折時はほとんど起きていないことが読み取れる．一方

で、急ハンドルの発生は、右折時に起こりやすく、直進時はほとんど起きていないことが読み取れる。

また、従来の評価指標と著者らが作成した評価指標の発生割合を比較すると、後者の発生割合の方がどの被験者でも全体的に高い傾向にある。このことから、著者らが作成した新たな評価指標は、高齢運転者の運転技量を評価するのに適している可能性が考えられる。

5. まとめ

本研究では、高齢運転者の運転技量の評価手法に関する基礎的研究を行った。運転の中でも操作が複雑な、交差点部の走行挙動を用いて評価を行った。運転技量を評価する指標は、既往研究でも使われているものに加え、著者らが考案した、異常運転かどうかを検知する指標も加えて評価を行った。結論として、高齢運転者の運転技量を評価する指標としての有効性が示唆された。

今後の課題について述べる。今回作成した運転技量評価を被験者にフィードバックし、被験者自身が認知している運転技量との乖離度を測る。また、今回の結果を受け、今後の運転活動の啓発になったかを評価するアンケート調査の実施を行う。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、金沢大学大学院 医薬保健学総合研究科 篠原もえ子氏、自然科学研究科 藤生慎氏、南貴貴大氏、森崎裕磨氏および観測調査に協力して頂いた参加者の方々に多大なご協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。本研究は、東京電機大学総合研究所 研究課題 Q20D-03 (2020031) として行った。

参考文献

- 1) 特集「高齢者に係わる交通事故防止」，平成 29 年交通安全白書，2017.
- 2) 菊地 春海，岡田 朝男，水野 裕彰，絹田 裕一，中村 俊之，萩原 剛，牧村 和彦：“道路交通安全対策事業における急減速挙動データの活用可能性に関する研究”，土木学会論文集 D3, Vol.68, No.5, I_1193-I_1204, 2012.
- 3) 中野 はつ子，諸田 勇：“道路プローブデータの利活用挙動履歴データによるヒヤリハット抽出”，平成 27 年度中部地方整備局管内事業研究発表会，2015.
- 4) 多田昌裕，瀬川誠，野間春生，飯田克弘，蓮花一己：装着型センサを用いた運転技能自動評価システムの開発と広州現場への導入，電子情報通信学会技術研究報告，pp.1-8, 2018.
- 5) 平松真知子，寸田剛司，小林元基，鎌田実：一時停止交差点におけるドライバのヒヤリハット・リスク定量化手法の研究，自動車技術会論文集，vol.45, no.4, pp.717-722, 2014.

表-5 被験者の運転技量評価の結果

(a) 生活—生活，停車状態から通過，右折時

項目	1	2	3	4	5	6	7
ID1	5%	5%	2%	10%	21%	9%	5%
ID2	9%	8%	6%	13%	15%	5%	22%
ID3	6%	7%	0%	5%	9%	32%	6%
ID4	6%	4%	5%	11%	12%	8%	3%
ID5	9%	10%	3%	13%	8%	14%	5%
ID6	5%	4%	6%	11%	11%	10%	25%
ID7	21%	22%	3%	12%	41%	31%	9%
ID8	6%	6%	0%	6%	6%	33%	11%

(b) 生活—生活，停車状態から通過，左折時

項目	1	2	3	4	5	6	7
ID1	0%	0%	0%	10%	11%	5%	5%
ID2	5%	8%	0%	8%	25%	0%	10%
ID3	0%	5%	0%	15%	19%	5%	16%
ID4	0%	0%	5%	6%	8%	0%	13%
ID5	6%	0%	0%	5%	5%	0%	7%
ID6	0%	0%	6%	0%	16%	3%	14%
ID7	10%	14%	0%	10%	20%	0%	13%
ID8	0%	5%	0%	0%	16%	8%	16%

(c) 生活—生活，停車状態から通過，直進時

項目	1	2	3	4	5	6	7
ID1	20%	0%	5%	10%	0%	12%	0%
ID2	15%	0%	0%	18%	0%	15%	0%
ID3	17%	0%	0%	15%	3%	22%	0%
ID4	8%	0%	8%	16%	0%	8%	0%
ID5	16%	0%	0%	25%	5%	14%	0%
ID6	9%	0%	9%	17%	0%	10%	0%
ID7	25%	0%	0%	13%	5%	21%	0%
ID8	20%	0%	5%	9%	0%	33%	0%

- 6) 宮内弘太，高田和幸：交差点内の走行挙動に CNN を適用した自動車運転者の特定手法に関する研究，交通工学論文集特集号 A，vol.6, no.2, pp. 235 - 243, 2020.
- 7) 宮内弘太，高田和幸：深層学習を用いた高齢運転者の異常運転検知に関する研究，交通工学研究会発表論文集，pp. 1 - 8, 2020.
- 8) 宮内弘太，高田和幸：交差点内の走行挙動に OCSVM を用いた高齢運転者の異常運転検知に関する基礎的研究，土木情報学論文集 F3, Vol.75, No.2, pp. II_97 - II_104, 2019.