

高齢運転者を対象とした安全運転マネジメント の効果検証に関する基礎的研究

荒川 祐太¹・高田 和幸²・宮内 弘太³

¹ 学生非会員 東京電機大学大学院 理工学研究科 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

E-mail: 21rmg01@ms.dendai.ac.jp

² 正会員 東京電機大学理工学部 建築・都市環境学系 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

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

³ 正会員 一般財団法人計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本町 2-9)

E-mail: miyauchi@ibs.or.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。対策として、75 歳以上の運転者には運転免許証の更新時に、高齢者講習の受講を義務化している。しかし、この対策だけでは高齢者の交通事故の発生を防ぐことは困難である。高齢運転者一人一人が自分自身の運転技量を理解し、安全運転に努め、場合によっては自ら運転をあきらめることが必要と考えられる。

そこで本研究では交通安全に対する関心を喚起させる『安全運転マネジメント』を実践した。高齢運転者にとって操作性の高い運転挙動観測アプリを作成し、高齢運転者の走行挙動を観測した。観測データを解析し、解析結果のフィードバックによる安全運転・安全意識への効果について検証した。本研究の成果は自分自身の運転技量を見直し、適切な運転行動に繋がるだけでなく、運転頻度を減らすことや安全運転の啓発にも活用できる。

Key Words: elderly driver, safe driving management, probe data, driver ability

1. はじめに

近年、我が国では、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。警視庁の統計資料¹⁾²⁾によると、2021 年における 65 歳以上の高齢者が第一当事者となる交通事故は全体の 15.8% を占める。また、免許人口 10 万人当たりの死亡事故の件数では、75 歳未満の運転者は 2.6 人であるのに対し、75 歳以上の高齢者運転者は 5.7 人であり、約 2 倍となっている。高齢運転者による交通事故は、加齢に伴う認知機能の低下が原因と考えられ、運転能力に大きな影響を与える。³⁾ 日本では 3 年に 1 回運転免許証を更新する必要がある。警察庁では運転免許更新の際に 75 歳以上の高齢運転者に高齢者講習及び認知機能検査の受診を義務としている。⁴⁾ 高齢運転者は、この認知機能検査の結果に基づいて、運転を継続できるかどうかを判断される。しかし、高齢運転者が認知テストに合格しても、認知機能の低下により交通事故が発生することがある。これは、高齢運転者の認知障害の程度と交通事故の発生との関係がまだ解明されていないためである。

一方、「自動ブレーキ」や「車線逸脱抑制装置」

などの『予防安全技術』や『自動化運転技術』⁴⁾は、この課題の解決に有効な手段と考えられる。しかし、これらの技術が全ての車両に導入されるまでには長期間を要することが考えられる。また、現段階では事故発生を完全に防ぐ技術開発は困難と言われており、今後も運転者への安全運転啓発が必要不可欠と考えられる。

そこで本研究では運転技量の認知レベルの向上を図り、交通安全に対する関心を喚起させ、安全運転について繰り返し考える『安全運転マネジメント』を実践する。独自に開発した高齢運転者にとって操作性の高いスマホアプリを用いた走行挙動の観測、運転技量の評価、評価結果の被験者への定期的フィードバックを通じて、被験者にご自身の運転技量を認知して頂く。運転技量の評価は交通事故の発生箇所が多いとされている交差点部⁵⁾の走行挙動に着目し、認知レベルが高まることで、安全運転への注意・関心が高まり、適切な対応に結びつくことを定量的に確認し、安全運転マネジメントの有効性を検証した。

2. 既往研究の整理

本研究の着眼点である安全運転マネジメントには高齢運転者の運転行動の観測、運転技量の評価、指導・教育について着目する必要がある。そのため、これらに着目することで先行研究を整理し、本研究の位置づけを決定した。

中野ら⁶⁾はドライビングシミュレータでの実験時に衝突警報システムによる影響、称赞・注意フィードバックの効果を調査し、安全運転への意識を高めることを示した。Helena et al.⁷⁾は不適切な運転行動に関する修正フィードバックと適切な運転行動に関する報酬フィードバックによるトレーニングを行い、自己評価能力を向上させる可能性を示した。藤掛ら⁸⁾はリアルタイムでの運転支援及び振り返り機能を有するエージェントシステムを開発し、受容性の検討と運転行動の改善に寄与したかを検証した。振り返り機能にはエージェントが不安全な運転行動の映像記録とともに説明することでフィードバックを行った。運転行動は安全な運転行動への変容が見受けられた。

このようなシミュレータを用いた研究は安全運転を促進するだけでなく、リアルタイム運転支援システムの受容性検証を安全な環境下で実施することができる。一方、普段の自動車による運転とは異なることによる操作酔いを引き起こす可能性が考えられる。

川口ら⁹⁾や蓮花ら¹⁰⁾は教習所内コースの運転走行を装置型センサーにより観測した。高齢運転者の教習所内の走行コースにおいての行動メカニズムの詳細を調査した。また、安全運転教育による効果を検証し、運転行動に改善が見られたことを示した。Martin et al.¹¹⁾はシミュレータと路上コースの運転をビデオカメラで観測し、車線変更時の運転者の行動が適切になる可能性を示唆した。

このような指定されたコースを走行の運転挙動を観測する研究は参加者全員の同じ走行環境での走行挙動の比較をできるだけでなく、実際の自動車を運転することによる日常的な走行に近い感覚の走行挙動を観測できる。また、同乗者がいることで危険な運転が生じた際に対応が可能である。しかし、調査は限られた回数での参加であるため、高齢運転者の日々変化する認知能力や走行挙動の把握をすることが困難である可能性が考えられる。

細川ら¹²⁾は参加者の自家用車にドライブレコーダを設置し、日常運転行動を記録し、支援への応用可能性を示した。Ying et al.¹³⁾は運転行動の観測と安全運転診断機能スマートフォンで行い、高速道路における運転行動の変化を検証した。Brian et al.¹⁴⁾は車内にビデオカメラにより運転映像を記録した。記録された映像より、危険運転個所の抽出及び被験者に対してビデオフィードバックを行い、運転行動の変化を検証した。

観測機器を設置し、運転を計測する研究は高齢運転者の日常的な運転挙動を評価することができる。一方、長期的な観測にはデータを管理するためのコストを要する。

これらより、本研究では被験者の日常的な走行挙

動長期的に観察することで、運転技量の評価及び時系列的な変化を把握する。また、その結果を被験者にフィードバックし、被験者が安全運転行動につながったかを定量的に評価し、検証することを目的とする。

3. 観測調査

(1) 調査概要

表-1 に運転実験の概要を示す。今回の調査では、埼玉県東松山市に住む 65 歳以上の運転者 16 名が参加した。高齢運転者の運転行動は表に示す日付から現在まで継続して観測されている。なお、最初の 3 名の被験者が観測機器の動作確認も兼ねて参加をした。観測期間中は普段通りに運転をしてもらった。

次に運転実験の流れを示す。まず、実験に参加することへの同意の確認を得て、実験を開始した。次に、参加者のヒアリング調査を実施した。このヒアリング調査では、参加者の年齢、性別の調査をした。次に、認知機能検査を実施した。最後に、参加者の車両に観測装置を設置し、運転行動を観察した。

表-1 観測調査の概要

調査対象者	埼玉県東松山市に住む 65 歳以上の方
被験者数	16 名
調査期間	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2022/3/26: 2 名 ・ 2022/5/30: 1 名 ・ 2022/9/18: 13 名 ・ 2022/10/4: 1 名
実験の手順	<ol style="list-style-type: none"> 1. 被験者の同意を得る 2. ヒアリング調査を行う 3. 認知機能テストを行う 4. 運転挙動の観測を行う
観測方法	<p>独自に開発した運転挙動観測アプリを操作する。 iPhone を被験者の車のダッシュボードに設置する。</p>

(2) 観測機器と観測方法

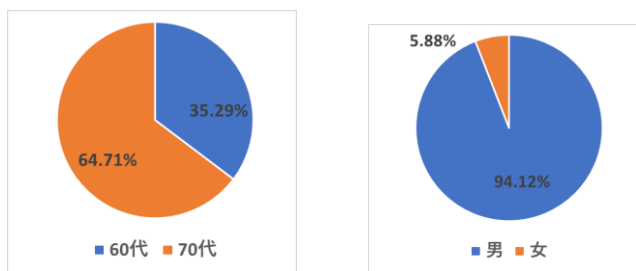
表-2 に本研究で使用する観測装置の概要を示す。本研究では観測機器を車両に設置する方法で運転挙動を観測した。観測機器には iPhone を使用した。iPhone に搭載されているセンサーを利用して運転挙動を観測するために、高齢運転者にとって操作性の高い運転挙動観測アプリ（以下、スマホアプリ）を開発した。スマホアプリは、3 軸加速度、3 軸角速度、3 軸姿勢角を 0.1 秒ごとに計測する。緯度経度、車両速度は 1 秒ごとに記録される。運転挙動を観察する流れを説明する。アプリ操作画面の中央のボタンを被験者が操作することで運転挙動の観測を行う。中央のボタンが緑色で計測中と表示されている間は絶えず運転挙動は計測され、クラウド上に csv 形式で保存される。

表-2 観測機器の概要

使用した観測機器	iPhone
内臓センサー	加速度センサー ジャイロセンサー 地磁気センサー GPS センサー
観測項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3 軸加速度 (G) ※1 ・ 3 軸角速度 (m/s) ※1 ・ 3 軸姿勢角 (度) ※1 ・ 緯度経度 (度) ※2 ・ 車両速度 (m/s) ※2
観測周期 (観測間隔)	※1 : 10Hz (0.1 秒間隔で計測) ※2 : 1Hz (1 秒間隔で計測)
運転挙動の観測順序	① 運転開始前に運転挙動観測アプリを起動する ② 運転終了後に運転挙動観測アプリを終了する
記録方法	リアルタイムでクラウド上に csv 形式で保存される.



図-1 運転挙動観測アプリの操作画面



(a) 年齢 (c) 性別
図-2 個人属性(N = 16)

(3) 被験者の個人属性

本節では被験者の個人属性と認知機能検査の結果、観測された運転挙動から算出した運転状況について説明する。なお、本原稿の執筆時までには1名の参加者の認知機能検査と観測調査の実施がされていないため、すべての結果の公表は発表時に行うこととする。

まず、被験者の個人属性について説明する。図-2に被験者の個人属性を示す。半数以上が70代であり、性別では大半を男性が占めることが明らかになった。

次に実施した認知機能検査について説明する。被験者は Mini Mental State Examination (以下、MMSE) の認知機能検査を受けていただいた。MMSE は、オリエンテーション、登録、注意、計算、想起、言語、視空間知覚をカバーする 11 の質問で構成されている。MMSE のスコア範囲は 0 から 30 である。23 点以下の場合には、認知障害があるとされ、運転能力に大きな影響が及んでいると考えられる。図-3 に MMSE の結果を示す。MMSE の正解数が 23 点以下である認知症のリスクを持った被験者は見受けられなかった。

最後に被験者の調査期間中の運転状況について説明する。図-4 に参加者の運転状況と年齢の関係を示す。図-4 (a)は、運転頻度を示す。運転頻度は観測開始から現在までに運転した日数から算出した。運転頻度が 1 を示すほど毎日欠かさず運転していることを示す。参加者全員が 3 日に 1 回は運転していることが明らかになった。図-4 (b)と(c)にそれぞれ 1 日あたりの平均運転時間と平均運転距離を示す。これ

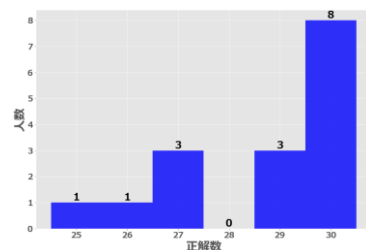
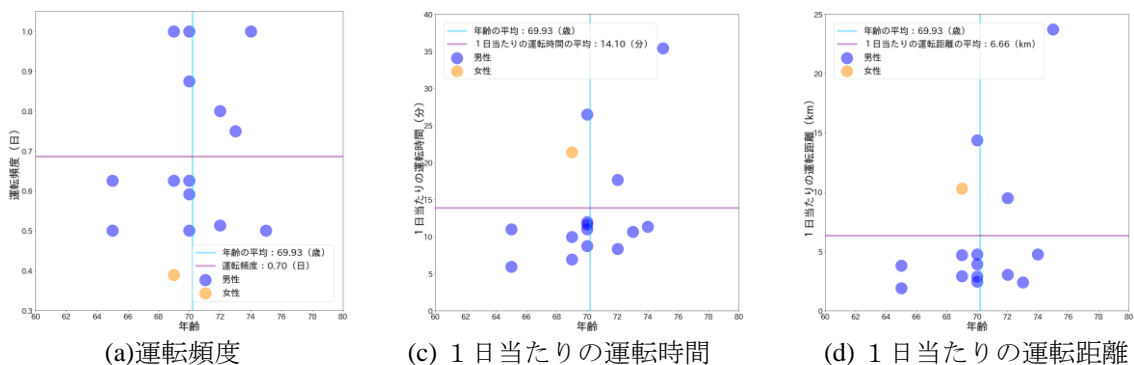


図-3 MMSE の結果(N = 15)



(a) 運転頻度 (c) 1日当たりの運転時間 (d) 1日当たりの運転距離
図-4 運転状況(N = 15)

らは調査期間中の運転時間と運転距離の平均値から算出した。すべての被験者は、1 日あたりの運転時間が 1 時間未満かつ 30 km 以下出ることが明らかになった。

4. データセットの作成

(1) 交差点の運転挙動の抽出

ここでは観測された運転データから交差点通過時の走行挙動の抽出方法について説明する。図-5 にデータセット作成の流れを示す。

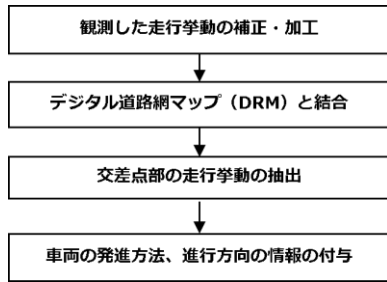


図-5 データセット作成の流れ

まず初めに、観測した走行挙動の加速度について補正を行う。車両に設置した観測機器が傾いた場合を想定する。この場合、機器の傾きは加速度に影響を及ぼす。本研究では、観測した観測機器の 3 軸姿勢角から傾きの補正を行った。¹⁵⁾被験者が観測機器をダッシュボードに設置した直後の観測機器の傾きを 3 軸姿勢角から抽出し、3 軸成分の加速度の補正を行った。

次に位置情報と車両速度の加工を行う。位置情報と車両速度は 1 秒間隔で計測がされている。そのため、前後で 10 点のデータから移動平均を求めることで 0.1 秒間隔の位置情報と車両速度を算出した。また、算出された車両速度から車両の発進・停止行動の情報を付与する。観測点ごとに一つ前の車両速度と比較し、正の符号の場合は発進行動、負の符号の場合は停止行動とした。

次に観測された運転データにデジタル道路網マップ (以下、DRM) の情報を付与する。本研究では宮内ら¹⁶⁾の交差点行動の抽出方法を参考にした。DRM のノードデータは、交差点部の情報を持つ。この情報から、交差点部の走行挙動かどうかを判別する。なお、ノードデータの情報は、ノードデータから半径 30m に含まれる走行挙動に付与する。デジタル道路網マップのリンクデータは、道路情報を持つ。この情報から、通過する交差点部の規模を把握する。なお、リンクデータは最も近くに位置する走行挙動に付与する。

最後に、車両の進行方向の判別を行う。車両の発進方法は、右折・左折・直進の 3 通りに分ける。本研究では、姿勢角と加速度から車両の右折・左折・直進を判別した。

これらのフローより抽出された交差点部ごとの走

行挙動は独立したデータとなっている。また、右折、直進、左折によって、観測される値が異なる。

(2) 運転能力指標

ここでは、交差点通過時の運転行動を利用した運転能力の評価について説明する。図-6 に運転評価の項目を示す。本研究では、運転行動を 2 つの観点から考察した。

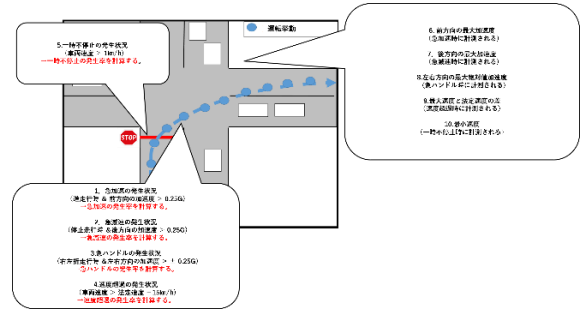


図-6 本研究で定義した運転技量評価の指標

1 つは危険運転の発生率に着目した運転技量評価である。危険運転の発生率が高いということは、交通事故が発生しやすいということを意味する。急制動は加速度が 0.25G を超える運転行動がカウントされる。速度超過は車両速度の最大値が法定速度より 15km/h 超える運転行動がカウントされる。一時不停止は標識のある交差点で車両速度の最小値が 1km/h 超える運転行動がカウントされる。危険運転の発生率は、交差点での急制動の回数を、その日の対象となる走行で交差点を通過した回数で割ることで算出した。

もう 1 つは運転データの値に着目した運転評価である。危険運転が観測された場合にどのくらい危険運転が生じているかを評価した。これは運転データの値が大きいほど事故の影響が大きいことを意味する。

表-3 に、交差点通過時の運転行動を用いた運転能力の評価例を示す。例として、ある被験者が 6 日間運転した際の各運転技量評価指標の平均値と変動係数を算出する。平均値は日々の運転で発生する運転技量評価指標の平均を表す。一方で、変動係数は日々の運転で発生する運転技量評価指標のばらつきを表す。本研究では、20 の項目から運転者の運転技量を評価する。

表-3 運転技量評価の算出例

観測日	1.急アクセ ルの発生割 合 (%)	2.急ブレー キの発生割 合 (%)	3.急ハンド ルの発生割 合 (%)	...
2020/4/6	50.00	50.00	0	...
...				
2020/4/11	0	6.59	3.55	...
平均値	21.47	28.81	20.20	...
変動係数	0.93	0.86	0.17	...

(3) 運転能力の算出結果

ここでは、運転能力指標により算出された結果について説明する。図-7、図-8 にそれぞれ発生頻度に着目した運転能力指標と運転データの値に着目した運転能力指標による算出した結果を示す。

まず、図-7 (a) では加速度に関連する急アクセル・急ブレーキ・急ハンドルの項目のうち急ハンドルが一番多いことが明らかになった。また、全体では一時不停止の項目が多いことが明らかになった。これらの要因の一つにはまだ観測期間が短く、右左折行動や一時停止のある交差点などの対象となる運転行動が少ないことが考えられる。そのため、危険運転が発生することで発生頻度も高くなることが考えられる。また、図-7 (b) では項目ごとの大きさやばらつきは図-7 (a) と類似した分布状況であることが明らかになった。

次に、図-8 (a) では危険運転はおおよそ 0.3 から 0.35G の間で起きていることが明らかになった。図-8 (b) では一時不停止は約 5km/h 以下までに落とされていないことが明らかになった。また、速度超過は法定速度より約 17km/h 超えた場合にカウントさ

れていることが明らかになった。また、図-8 (b) では項目ごとの大きさやばらつきは図-8 (a) と類似した分布状況であることが明らかになった。

5. フィードバックの内容

(1) フィードバックの概要

本章では被験者にフィードバックする内容について説明する。図-9 に本研究で行うフィードバックフローを示す。運転挙動を3週間ほど観測した後、被験者に運転技量のフィードバックを行う。フィードバックを行う目的には被験者に自身の運転行動を認知し、関心を持っていただくことである。また、被験者のみならず家族とともに安全運転について考えていただき、運転行動の改善の動機づけに結び付ける。被験者の動機づけに結び付けるためにフィードバックシート内のコメントを被験者によって変える。動機づけにつながったかの検証には継続的な運転挙動の観測とアンケートから調査を行う。

(1) 個人間フィードバック

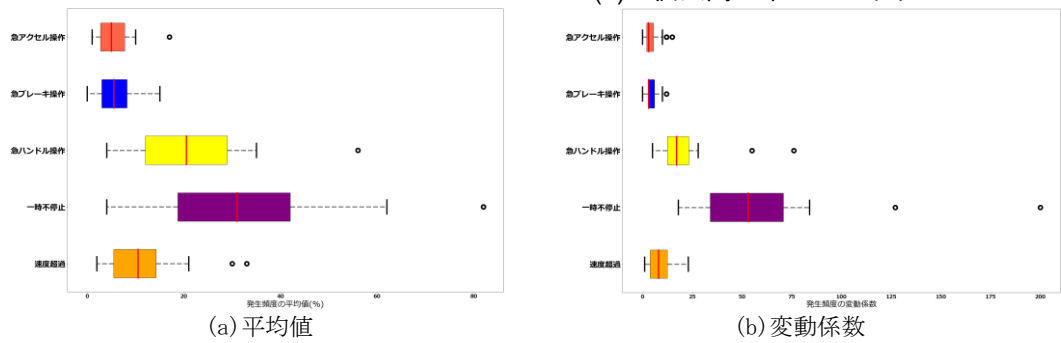


図-7 発生頻度に着目した運転能力指標

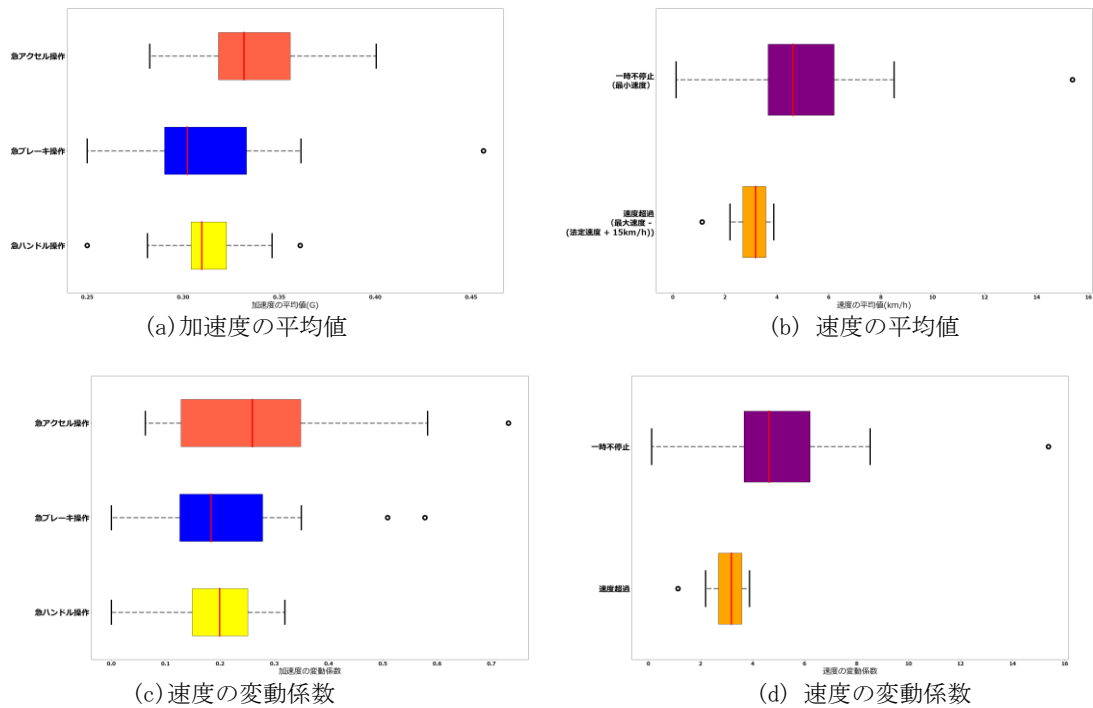


図-8 運転データの値に着目した運転能力指標

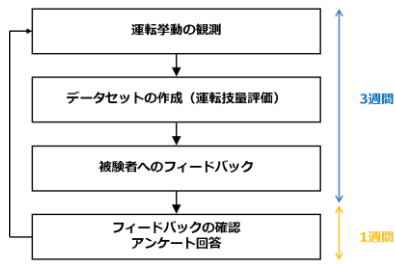


図-9 本研究で行うフィードバックフロー

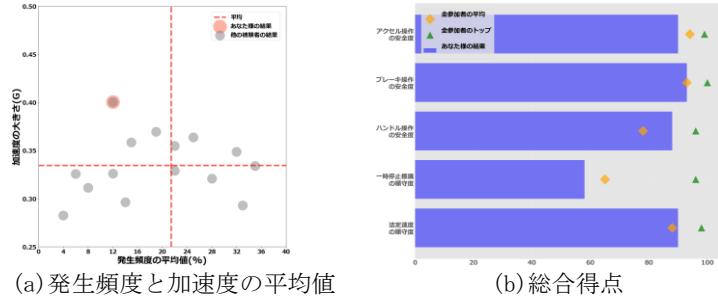
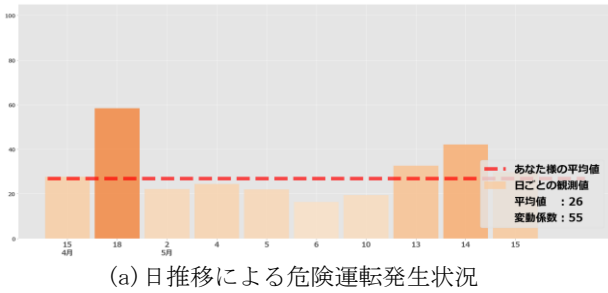


図-10 個人間フィードバックイメージ



(a) 日推移による危険運転発生状況 (b) 危険運転が発生した交差点

図-11 個人内フィードバックイメージ

個人間フィードバックでは自身の運転技量と被験者全体を比較することで現時点どのくらい運転技量であるかを把握する。図-10 に個人間フィードバックイメージを示す。自身の運転技量と被験者全体の運転技量の平均と比較することで苦手とする運転行動の把握が可能である。また、被験者全体の平均点より高いことは運転行動への自信につながり、安全運転を維持する動機づけへとつながることが考えられる。

(2) 個人内フィードバック

図-11 に個人内フィードバックイメージを示す。個人内フィードバックでは自身の運転技量に着目することで、現時点どのような傾向やどの交差点で危険な運転をしているかを把握する。また、危険な運転があった日や地点を確認することは過去の運転行動を振り返り、次の運転で気を付ける意識づけにつながられる。

6. フィードバックによる効果

ここでは、高齢運転者の走行挙動がフィードバックを前後でどのような変化が明らかになったかの効果検証を行う。なお、推定結果の公表は発表時に行うこととする。

7. まとめと今後の課題

本研究では、高齢運転者を対象とした安全運転マネジメントの効果検証に関する基礎的研究を行った。先ず初めに、高齢運転者に認知機能検査と走行挙動の観測調査を行った。認知機能検査は、一般的に認知症かどうかを検査する為に使われているMMSEを

行い、被験者の中には認知症の疑いがないことが明らかになった。走行挙動の観測調査では、高齢運転者にとって操作性の高い運転挙動観測アプリを作成し、走行挙動を観測した。

走行挙動の観測結果から、交差点部の走行挙動を抽出し、危険運転の発生割合と危険運転時の運転データの集計を行った。危険運転の項目にはアクセル・ブレーキ・ハンドル操作による車両の安定度、法定速度の遵守度、一時停止の遵守度とした。

算出された運転技量より、フィードバックの作成を行った。

安全運転マネジメントの効果検証の結果は、発表時に公表することとする。

今後の展望について述べる。今後は、フィードバックする内容を変えることでの運転挙動の変化の検証を行う。例としてフィードバックシート内のコメントの内容を称賛や注意に変えた際の被験者の受け入れについて検証を行う。また、長期的な観測を行うことでフィードバックによる効果はどのくらい持続するかの検証を行う。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、観測調査に協力して頂いた参加者および協力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。

参考文献

- 1) 警視庁：防ごう！高齢者の交通事故！，<https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/kotsu/jikoboshi/koreisha/korejiko.html> (最終閲覧日：2022.9.30.)
- 2) 「令和3年における交通事故の発生状況等について」，警察庁交通局，2022.
- 3) 警視庁：認知機能検査と高齢者講習（75歳以上の方の免許更新） ，<https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/menkyo/koshu/k>

oshu/over75.html (最終閲覧日: 2022.9.30.)

- 4) 「車両安全対策の実施状況」, 国土交通省, 2022.
- 5) 「平成 29 年における交通死亡事故の特徴等について」, 警察庁交通局, 2017 年.
- 6) 中野一成, 田中健次, 宮地由芽子, 山本佳世子: 称賛・注意フィードバックがドライバの意識に与える効果に関する研究, 電気通信大学大学院情報システム学研究科修士論文 (未公開), 2014.
- 7) Helena Selander, Christina Stave, Tania Dukic Willstrand, Björn Peters: Driving simulator-based training to improve self-rating ability of driving performance in older adults – a pilot study, *European Transport Research Review*, Vol. 11, No.35, p.23 - p.59, 2019.
- 8) 鳥居耕太, 河中治樹, 小栗宏次: 高齢ドライバに対する運転能力評価シミュレータ走行後のリプレイ指示による能力向上効果検証, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol.139, No.12, p.1400- p.1406, 2020.
- 9) 川口祐平, 多田昌裕, 蓮花一己: 運転支援自動評価システムを用いた高齢者安全運転教育の効果検証の試み, 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.79, No.4, p.405 - p.406, 2017.
- 10) 蓮花一己, 太田博雄, 向井希宏, 小川和久: コーチング技法を用いた高齢ドライバーへの教育プログラムの効果, 自動車技術会論文集, Vol.26, No.1, p.1 - p.13, 2010.
- 11) Martin Lavallière, Martin Simoneau, Mathieu Tremblay, Denis Laurendeau, Normand Teasdale: Active training and driving-specific feedback improve older drivers' visual search prior to lane changes: *BMC Geriatrics*, Vol.12, No.5, 2012.
- 12) 細川崇, 小竹元基, 鎌田実, 金森等, 不破本義孝, 梅村祥之: 高齢運転者の日常運転行動記録を基にした右折時不安全行動の把握とその評価, 自動車技術会論文集, Vol.39, No.4, p. 4_141-4_146, 2008.
- 13) Ying Jiang, Junyi Zhang: Influence of Smartphone Apps with Driving Safety Related Diagnosis Functions on Expressway Driving Speed Changes, *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, Vol.144, No.1, 2018.
- 14) Ying Jiang, Junyi Zhang: Video Feedback Intervention to Enhance the Safety of Older Drivers With Cognitive Impairment, *The American Journal of Occupational Therapy*, Vol.72, No.2, 7102260020p1-7102260020p7, 2017.
- 15) 木山昇, 高橋利光, 祖父江恒夫, 相川哲盛: 傾斜したスマートフォンによる自動車の 3 軸加速度算出手法, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2014 論文集, Vol.2014, No.4, p. 16 - 23, 2014.
- 16) 宮内弘太, 高田和幸, 篠原もえ子, 藤生慎: 交差点部の走行挙動に深層学習を用いた異常運転検知に関する研究, 交通工学論文集, 第 7 巻, 2 号, p. A_19-A_28, 2021.

(?受付)

Research on the Effectiveness of Safe Driving Management for Elderly Drivers

Yuta Arakawa and Kazuyuki TAKADA and Kota MIYAUCHI

In recent years, traffic accidents caused by elderly drivers have become a serious social problem in Japan. As a countermeasure, drivers aged 75 or older are required to take a training course for the elderly when they renew their driver's license. However, it is difficult to prevent the occurrence of traffic accidents involving elderly drivers by these measures alone. It is considered necessary for each elderly driver to understand his or her own driving skills, to make efforts to drive safely, and in some cases, to give up driving on his or her own.

Therefore, in this study, "safe driving management" was implemented to arouse interest in traffic safety. We created a driving behavior observation application that is easy for elderly drivers to use, and observed the driving behavior of elderly drivers. The observed data was analyzed, and the effect of the feedback of the analysis results on safe driving and safety awareness was verified. The results of this study can be used not only to review one's own driving skills and lead to appropriate driving behavior, but also to reduce the frequency of driving and to raise awareness of safe driving.