

加減速情報が高齢ドライバーの 発進時に与える影響 -一般ドライバーとの比較-

本橋 泰樹¹・松本 修一²

¹非会員 文教大学 情報学部 情報社会学科 (〒253-8550神奈川県茅ヶ崎市行谷1100)

E-mail:b5p41084@shonan.bunkyo.ac.jp

²正会員 文教大学准教授 情報学部 情報社会学科 (〒253-8550 神奈川県茅ヶ崎市行谷1100)

E-mail:shuichi@shonan.bunkyo.ac.jp

自動車の「走る、曲がる、止まる」という機能に加えて、自動車の新たな機能の一つとして「繋がる」に注目が集まり、前方の車両をセンシングした運転支援システムの研究が著しい発展を見せている。一方で、これらの研究は高齢ドライバーを対象にしたものが少なく、一般ドライバーと同じように有用性があるという知見が十分得られていない。本研究では、ドライビングシミュレータを用い、一般ドライバーと高齢ドライバーに発進時において加減速情報を提供することの有効性を検証した。その結果、高齢ドライバーに加減速情報を提供することで、1)アクセル踏み込み量が少なくなるドライバーが増える、2)発進時における発進遅れ時間が減少する、3)一般ドライバーと比較して注視行動が多くなることが確認された。

Key Words :ITS, Driving Simulator, Acceleration and Deceleration Information

1. はじめに

わが国では近年、警察庁と国土交通省が合同で行う道路交通環境の整備¹⁾や、現在実現している先進技術を利用してドライバーの安全運転を支援する先進安全自動車(Advanced Safety Vehicle)の実用化や普及²⁾などにより、交通事故の発生件数は減少傾向にある。

一方で、超高齢社会に伴い高齢者の免許保有率が増加傾向にあり(図-1参照)³⁾、平成28年末の運転免許証保有者数は約8221万人に達し、75歳以上の免許保有者数の平成27年度から約35万人増加している。それに伴い、警察庁は安全な交通社会実現のため、高齢ドライバーの交通安全対策として道路交通環境の整備や、高齢ドライバーに係る運転免許制度の見直し等の取り組みを行っているが、高齢者ドライバーの事故関与率は増加傾向にある⁴⁾。

近年では、高齢ドライバーへの事故対策などの研究が行われているが⁵⁾、運転支援システムに関する研究において高齢者を対象に行っているものは少なく、一般ドライバーにおいて有用性を示すものが高齢ドライバーにも同じように有用であるかどうか精査していく必要がある。超高齢社会を迎えたわが国にとって、高齢ドライバーへの運転

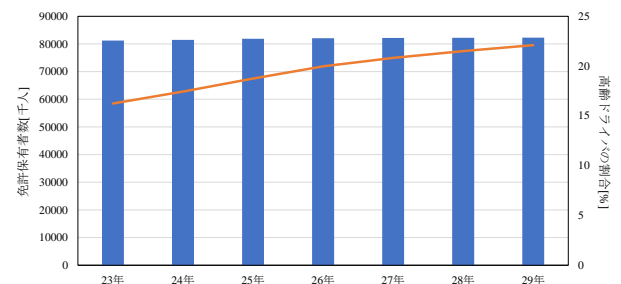


図-1 事故件数と高齢ドライバーの事故関与率

支援システムに関する知見を得ることは大変重要な課題である。

そこで本研究では、前方を走行する車両の情報をドライバーに与える運転支援システムに関して、高齢ドライバーと一般ドライバーの被験者群に分け走行実験を行い、加減速情報の提供をした際に、両被験者群の運転行動にどのような違いがあるのか検証していく。

2. 研究の動向及び本研究の目的

近年、先方を走行する車両を加味したドライバーへの動的な情報提供に関する研究が活発になっている。佐藤らによる実験では、トラックの後方にLEDパネルを設置し、加速や減速などの情報を表示することで、後続車両のドライバーが先方車両の車両挙動を予測し、運転できることで、後続車両の無駄な加減速が減ることを提案した⁹⁾。また、山村らの研究では、前方車両のブレーキランプ点灯、非点灯の差異が後続車の追従挙動に与える影響を把握する実験を行い、点灯時の方が非点灯時と比較して、後続車が早めの減速を示すことが分かっており、速度が低く、車間距離が開くという結果を得ている⁷⁾。

また、田中らは、先行車両より前方の車両の挙動も加味した情報から、早めの加減速を予測した運転の支援を行うことが重要であると指摘している⁸⁾。また、松本らはエコドライブや加減速度に関する情報共有に関する Driving Simulator (以下DS) 実験を行い、先行車両の車両情報を提供することより先々行車両の車両情報を提供の方が効果的であることを確認している⁹⁾。中野らは、先行車両後部への情報提示による予測運転システムの有効性については、自車内の車載表示器による支援と同様に、先々行車両の挙動を予測した追従走行が可能となり、無駄な加減速および、加減速度が抑制されることを示した¹⁰⁾。池田らの研究では、先々行車両の加減速情報を提供することにより、高速道路において、前方車群でショックウェーブが発生する状況下において1)交通を円滑に保つこと、2)自車両の燃費に関して有用であるとの知見が得られている¹¹⁾。

加減速情報に関しては、西元らの研究で、被験者が10代～20代のドライバーを対象としたものである¹²⁾。また、櫻井らの研究では被験者の年齢が20代～50代前半¹³⁾、池田らの研究の被験者の年齢は20代～40代¹¹⁾、佐藤らの研究では年齢が20代～40代⁹⁾というように、高齢ドライバーに対する適応可能性は未着手のテーマである。加減速情報が、高齢ドライバーの運転する追従車両に与える影響は、一般ドライバーに与える影響とどのような違いがあるのかという知見はこれまで研究されてこなかった。そこで、本研究では高齢ドライバーと一般ドライバーの加減速情報提供時における走行データを取り、一般ドライバーとの比較を行い、違いを把握することを目的とする。

3. 実験概要

(1) 実験環境

実験設備の概要を図-2に示す。本実験では、複数の実験参加者が同一走行環境下において運転を行うためにDSを活用し、仮想空間上に直線の高速道路を作成して実験を行う。DSからは、速度、加速度、アクセル踏込

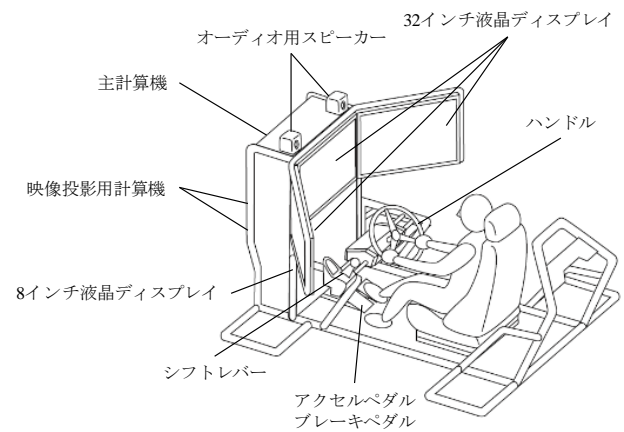


図-2 実験設備



図-3 車両の位置関係

み量、ブレーキ踏込み量、車両の位置などをアウトプットとして得ることが出来る。

DSのシステム構成は、32インチ液晶ディスプレイ3面、主計算機1台、映像発生用計算機2台、情報提供用の8インチ液晶ディスプレイ1台、座席の背後にはコンソール用の計算機などが配置されている。実験では32インチディスプレイ3面からは走行状況が、8インチモニタからは先々行車両の加減速情報が表示される。

さらに、本実験では情報の活用度に一般ドライバーと高齢ドライバーでどのような違いがあるのか調査するために、情報提供を行う8インチディスプレイ横にCCDカメラを設置し、ドライバーの視線を計測した。

実験シナリオでは、5台の車両が同一車線を走行するように設定をした(図-3参照)。なお、先行車両に遮られて、自車両からは先々行車両を見ることができない。前方車群の加減速パターンは、20代の男性(運転取得後年数3年、運転頻度週4～5回)が追従した際の走行データとした。

(2) 情報提供

加減速情報を表-1のように3段階で表示し、ドライバーの左側に設置した8インチ液晶ディスプレイ上に更新周期を1Hzとして情報を提示した。前方車両の加速度が 0.4m/s^2 以上の状態では緑色の三角形、加減速がほとんど無い状態では白い横棒、減速度が -0.4m/s^2 以下の状態では赤色の三角形で表示を行う。

(3) 実験条件

走行実験の前に練習走行として、

1) DSに慣れるために先行車両に追従するシナリオ
 2) 加減速情報を提供するシナリオ
 をそれぞれ1度ずつ走行してもらうことで、DS環境並びに運転操作、加減速情報の提供に慣れてもらった。
 本実験では、各実験参加者が

- ・「加減速情報の提示なし」
- ・「先行車両の加減速情報を提示」
- ・「先々行車両の加減速情報を提示」

の3水準をそれぞれ2回ずつ走行した。走行実験の順序は、順序効果を抑制するために各実験参加者でランダムとした。本実験の実験参加者は、65歳以上のドライバ12名（男性10名、女性2名）と20歳以上のドライバ10名（男性9名、女性1名）であった。高齢ドライバの平均年齢は70.8歳（標準偏差3.87歳）、免許取得平均年数は46.8年（標準偏差6.40年）、一般ドライバの実験参加者の平均年齢は21歳（標準偏差0.77歳）、免許取得平均年数は2.29年（標準偏差0.79年）であった。表-2に一般ドライバと高齢ドライバの実験参加者の属性を示す。

また、各実験参加者の運転特性を把握するため、運転負担感受性チェックシート（WSQ：Workload-Sensitivity Questionnaire）と運転スタイルチェックシート（DSQ：Driving Style Questionnaire）^{14), 15), 16)}の質問に回答してもらった。加えて高齢ドライバには、認知症に関するテストのMMSE（Mini Mental State Examination）の実施を行った¹⁷⁾。テストの結果を図-4に示す。この指標は、21点以下がどちらかという認知症の疑いが強い、22~26点が軽度認知症の疑いもある、27~30点が異常なしであり、今回の被験者は全員27点以上であった。

先行車両、先々行車両の走行シナリオと加減速情報の提示区間はそれぞれ図-5、6のようにになっている。この図の第2軸において情報提供を行っている時間帯を1、情報提供を行っていない時間帯を0として表している。

実験参加者には、各走行ごとに以下のような教示を行った。

- ・ゲーム感覚で運転するのでなく、実際の道路を運転するように運転して下さい。
- ・車線変更を行わず、道なりに走行して下さい。
- ・交通ルールを守り、安全運転を心掛けて下さい。
- ・車間を開けすぎず運転して下さい。
- ・具合が悪くなった場合は、走行中でもすぐに申し出て下さい。
- ・走行開始時、自分の車は停止しています。前方に車両がありますので、それに追従して下さい。

また、先行車両または先々行車両の加減速情報の提供を行う走行では、「走行中、8インチモニタより先行車両（先々行車両）の加減速情報が表示されるので参考

表-1 加減速情報

加速度[m/s ²]	表示
$0.4 \leq a$	
$-0.4 < a < 0.4$	
$A \leq -0.4$	

表-2 被験者属性

	ID	年齢	性別	免許取得年数	運転頻度
	一般 ドライバ	A	22	男	3年4ヶ月
B		21	男	3年	ほぼ毎日
C		21	男	1年9ヶ月	週に1~2回
D		20	男	1年10ヶ月	2ヶ月に1回
E		21	男	1年6ヶ月	月に1回
F		20	女	11ヶ月	週に1~2回
G		22	男	3年	週に1~2回
H		20	男	1年9ヶ月	月に1回
I		21	男	2年10ヶ月	ほぼ毎日
J		22	男	3年	週に3~4回
高齢 ドライバ	M	68	女	50年	週に3~4回
	N	71	男	42年	週に4~5回
	O	78	男	45年4ヶ月	週に1~2回
	P	69	男	46年	月に1回
	Q	69	男	47年	2ヶ月に1回
	R	65	女	28年	2ヶ月に1回
	S	71	男	50年	ほぼ毎日
	T	73	男	50年	週に1~2回
	U	77	男	54年	ほぼ毎日
	V	66	男	48年	ほぼ毎日
W	74	男	50年	週に1~2回	
X	69	男	51年	週に3~4回	

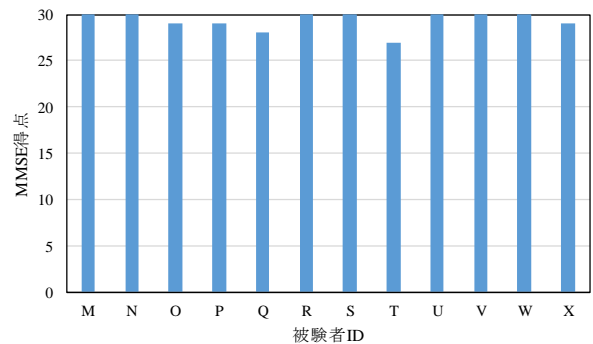


図-4 高齢ドライバのMMSE得点

にして運転して下さい。」と教示を追加して行った。なお、この教示は練習走行でも行っている。

4. 結果・考察

本実験において停止状態からの発進は、31秒と76秒の2回ある。ただし、本解析における「発進時」は自車両

のブレーキ入力値が0の状態から数値が入力され、速度が0km/hに戻ることなく持続的に加速し、20km/hに達するまでと定義した。

(1) アクセル踏み込み量

高齢ドライバーと一般ドライバーの発進時におけるアクセル踏み込み量を図-7に示す。

高齢ドライバーの平均で、先々行車両の加減速情報（以下先々行車両情報）により、情報なしと比較して5.5%、先行車両の加減速情報（以下先行車両情報）と比較して3.0%減少した。3水準で比較すると、被験者別では、情報なしが最もアクセル踏み込み量が少なかった被験者が3名、先行車両情報が3名、先々行車両情報が7名となり全体として約6割の被験者が先々行車両情報によりアクセル踏み込み量が改善された。

一般ドライバーでは平均で、先々行車両情報により、情報なしと比較して5.8%減少し、先行車両情報と情報なしでは変化はあまり見られなかった。被験者別では、情報なしが最もアクセル踏み込み量が少なかった被験者が2名、先行車両情報が3名、先々行車両情報が5名となり約5割の被験者が先々行車両情報によりアクセル踏み込み量が改善された。

また図-7から、高齢ドライバーの先行車両情報と先々行車両情報では、情報なしの走行データよりも第一四分位数から第二四分位数のデータが下に広がっていることが確認できる。このことは、アクセル踏み込み量が少なくなる被験者がアクセル踏み込み量を少なくする傾向が顕著に表れた。一方で、一般ドライバーではそのようなデータの変化は確認できなかった。

(2) 発進遅れ時間

次に、高齢ドライバーと一般ドライバーの先行車両が発進してから、自車両が発進するまでの時間（以下「発進遅れ」と記す）を図-8に示す。

高齢ドライバーの平均で、先々行車両情報により、情報なしと比較して25.1%、先行車両情報と比較して17.9%減少した。3水準で比較すると、被験者別において、情報なしが最も発進遅れ時間が短かった被験者が2名、先行車両情報が1名、先々行車両情報が9名という結果になり、約8割の被験者が先々行車両情報により発進遅れ時間が改善された。

一般ドライバー全体では平均で、先々行車両情報により、情報なしと比較して38.5%、先行車両情報と比較して19.9%減少した。被験者別では、先行車両情報で最も発進遅れ時間が短かった被験者が1名、先々行車両情報が9名となり全体として9割の被験者が先々行車両情報により発進遅れ時間が改善された。

また図-8より、高齢ドライバーのデータは3水準いずれにしても、一般ドライバーのデータに比べてばらつきが多

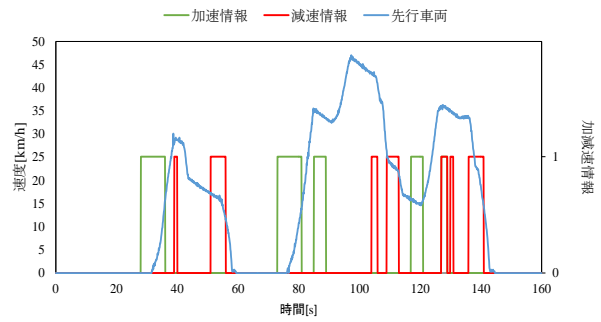


図-5 先行車両の挙動と加減速情報

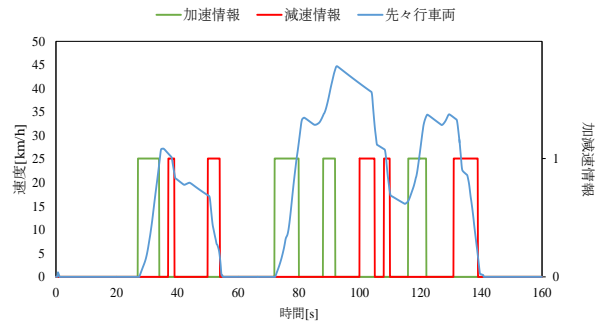


図-6 先々行車両の挙動と加減速情報

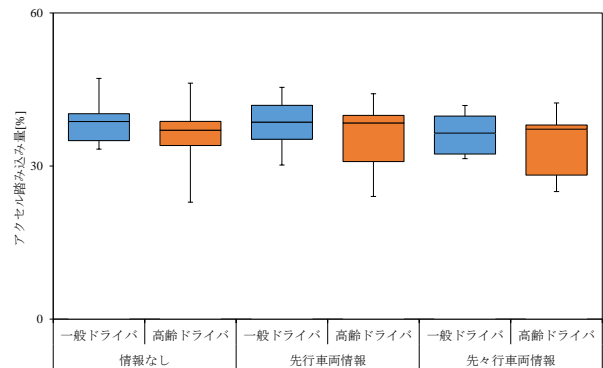


図-7 高齢ドライバーと一般ドライバーの発進時におけるアクセル踏み込み量

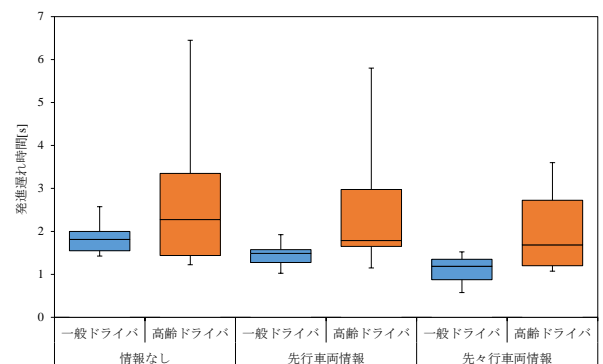


図-8 高齢ドライバーと一般ドライバーの発進時における発進遅れ時間

いことがわかる。さらに、高齢ドライバーの先行車両情報と先々行車両情報の走行では、第二四分位数から第三四分位数の幅が広がる傾向があり、発進遅れ時間のばらつきは中央値よりもより大きく表れた。しかし一般ドライバーでは、データのばらつきに極端な変化は見られなかった。

(3) クリープ走行時間

さらに、停止状態からブレーキをオフにしてから、はじめにアクセルペダルを踏むまでの時間をクリープ走行時間という。高齢ドライバーと一般ドライバーのクリープ走行時間を図-9に示す。

高齢ドライバーでは平均で、先々行車両情報により情報なしと比較して12.7%、先行車両情報と比較して4.3%増加した。被験者別では、情報なしで最もクリープ走行時間が長かった被験者が2名、先行車両情報と先々行車両情報それぞれ5名という結果になった。

一般ドライバーでは、先々行車両情報により情報なしと比較して15.7%増加し、先行車両情報と比較すると7.7%減少した。被験者別における、情報なしで最もクリープ走行時間が長かった被験者が3名、先行車両情報が1名、先々行車両情報が6名という結果になった。

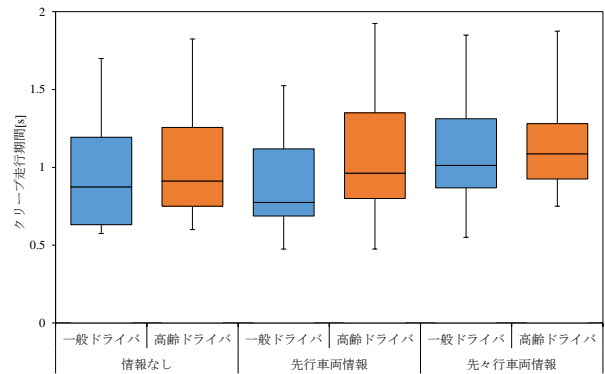


図-9 高齢ドライバーと一般ドライバーの発進時におけるクリープ走行時間

(4) 視認回数

情報提供に対する8インチモニタの平均視認回数を図-10に示す。高齢ドライバーの被験者群が一般ドライバーの被験者群よりも平均で先行車両情報では約3.9回、先々行車両情報では約4.1回多い結果となった。

次に、先行車両情報と先々行車両情報提供時における各被験者群ごとにおける累積視認割合を図-13, 14, 15, 16に示す。各走行別での全体の視認回数は、先行車両情報の走行で一般ドライバーが40回、高齢ドライバーが142回、先々行車両情報では、一般ドライバーが51回、高齢ドライバーが159回であった。また、両被験者群共に先行車両の発進までの停止時に視認割合が集中する結果となった(先行車両情報：一般ドライバー45.0%、高齢ドライバー29.86%、先々行車両情報：一般ドライバー33.33%、高齢ドライバー39.38%)。

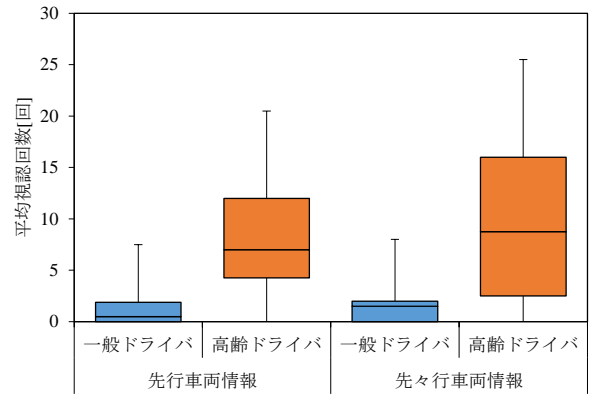


図-10 平均視認回数

(5) 一般ドライバーと高齢ドライバーの発進遅れの比較

発進時の車両挙動に着目すると、情報提供による影響の一つとして、発進遅れ時間の短縮が確認できた(図-8参照)。そこで、発進遅れ時間短縮の原因を探るために、情報提供が発進時の運転行動や車両挙動に与える影響に関して考察する。

4章の2節で示したように、一般ドライバーでは発進遅れ時間に顕著な差が見られたが、高齢ドライバーでは顕著な差は見られなかった。そこで、情報提供により発進が早

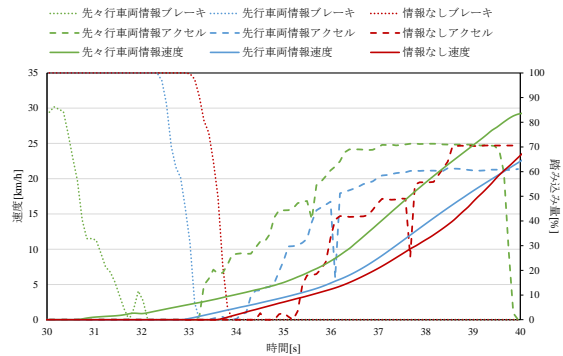


図-11 一般ドライバーの発進時の具体例

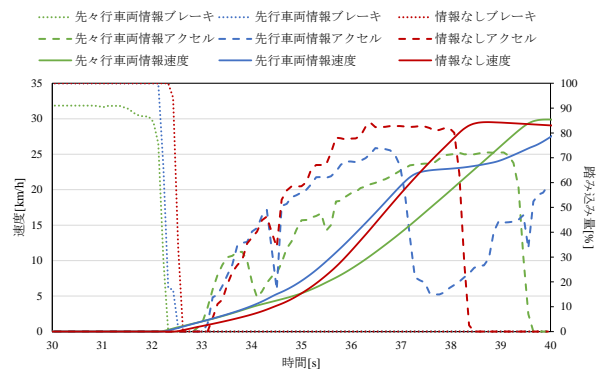


図-12 高齢ドライバーの発進時の具体例

くなった一般ドライバの被験者（運転頻度：月に1回程度）と情報提供による変化が余り見られなかった高齢ドライバの被験者（運転頻度：週に3-4回）の発進時の具体例を図-11, 12に示す。

一般ドライバでは、図-11のように情報提供によりブレーキペダルを離すタイミングが早くなる被験者が多くみられた。これは提供される情報を運転に活用しようとする姿勢が見られる。一方で高齢ドライバでは、図-12に示すように加減速情報の提供をされても、運転行動に変化が見られない走行もあり、高齢ドライバにあった情報提供の方法を模索する必要があると思われる。

また、高齢ドライバは3水準すべてにおいて一般ドライバに比べて発進遅れ時間のデータのばらつきが多かったが、中央値に着目すると先行車両情報で21.4%、先々行車両情報で25.8%発進遅れが減少していることがわかる（図-8）。

5. まとめ

本研究では、先行車両と先々行車両の加減速情報をドライバに提供する運転支援システムが高齢ドライバにも敵用できるのかを、一般ドライバの被験者群と高齢ドライバの被験者群に分け、検証・比較した。走行実験の結果、以下の結果を得た。

- ・発進時におけるアクセル踏み込み量では、高齢ドライ

バでは加減速情報があることにより、情報が無い走行よりも踏み込み量が少なくなるドライバが増加し、第一四分位数から第二四分位数の間にデータがばらついたことから、情報提供によりアクセルの踏み込み量が少なくなったドライバにより効果が出ている。

- ・発進遅れに関しては、9割の高齢ドライバの被験者に改善が見えたことから一定の効果があると思われる。しかし、3水準共に一般ドライバと比較したときに中央値より大きく、第二四分位数から第三四分位数の間にデータのばらつきが確認された。
- ・高齢ドライバの場合、視野範囲が狭いことが考えられるため、一般ドライバより注視回数が多い。

本実験では、先行車両、先々行車両の加減速情報を図形と色の違いだけで表示したが、今後は実装に向け、運転支援システムのインターフェースとして、さらに高齢者向けに見やすく、わかりやすいものを検討していく必要がある。また、注視行動が多くなると、前方不注意での事故発生の原因になりかねないため、音声のみでの運転支援システムや、振動など視覚を必要としない運転支援システムの検討も行っていくと共に、被験者を増やし更なる解析を行う。

謝辞：本研究を行うに際し、(株)JR東日本情報システム 西元崇氏より多大な協力等を得ました。ここに、あらためて感謝の意を表します。なお、本研究は文教大学大学院情報学研究科共同研究費による研究成果の一部である。

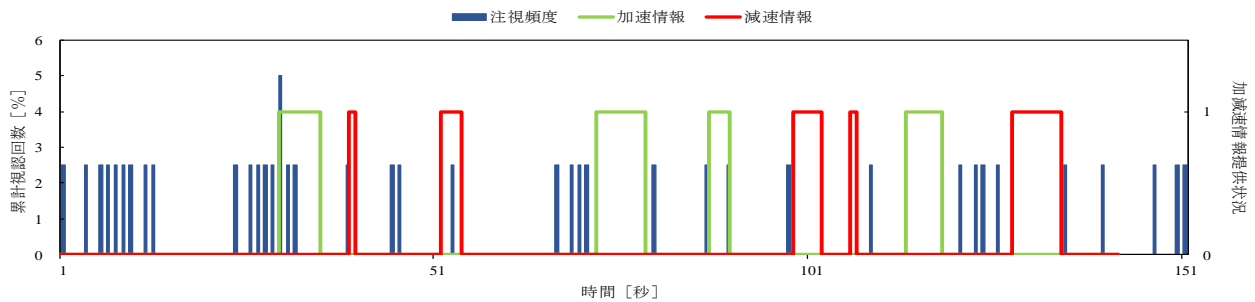


図-13 一般ドライバの先行車両情報の視認タイミングと割合

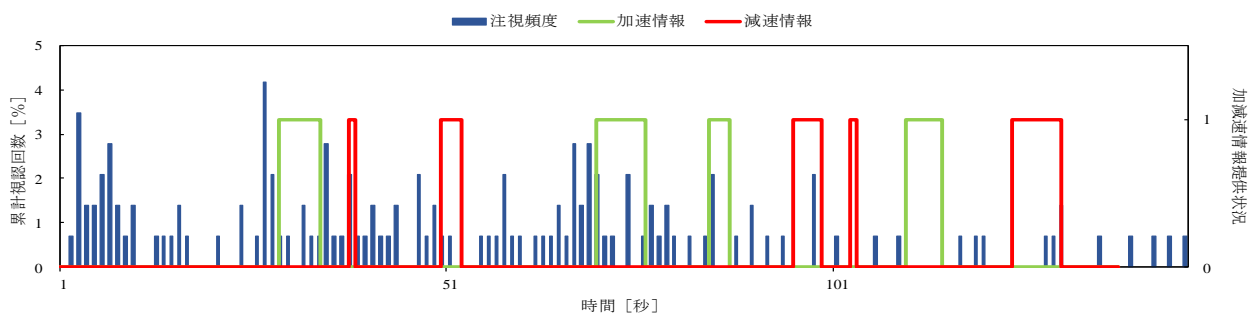


図-14 高齢ドライバの先行車両情報の視認タイミングと割合

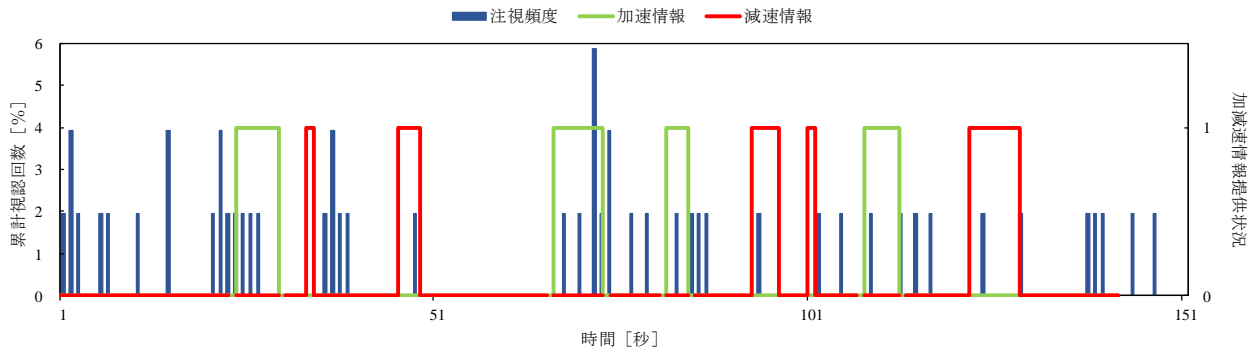


図-15 一般ドライバーの先々行車両情報の視認タイミングと割合

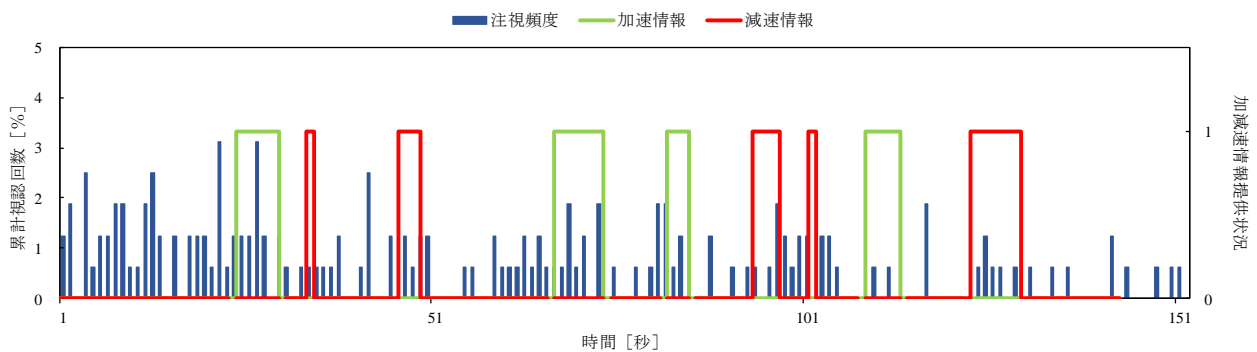


図-16 高齢ドライバーの先々行車両情報の視認タイミングと割合

参考文献

- 1) 国土交通省, 効果的・効率的な交通安全対策の推進 <http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/index.html> [2018, July 2]
- 2) 国土交通省, 自動車総合安全情報_先進安全自動車 <http://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/aboutasv.html> [2018, July 2]
- 3) 内閣府, 特集「高齢者に係る交通事故防止」 http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/h29kou_haku/gaiyo/features/feature01.html[2018, July 2]
- 4) 警視庁, 警察白書_第3節 超高齢化者社会への対応 <https://www.npa.go.jp/hakusyo/h17/hakusho/h17/html/G1030000.html>[2018, July 2]
- 5) 小坂田光, 多田昌裕, 岡田昌也, 蓮華一己: リアルタイム安全アドバイスシステムの高齢運転者講習への応用, 交通工学論文集, Vol.4, No.1, pp.A_187-A_195, 2018.
- 6) 佐藤宏明, 伊丹誠, 斉藤裕一, 橋本尚久, 加藤晋: 追従車両に対する加減速情報の提示効果, 電気学会 ITS 研究会資料, Vol.ITS-12, No.1-10, pp.51-56, 2012.
- 7) 山村啓一, 宇野伸宏, 中村俊之: ブレーキランプの点灯が追従挙動に与える影響の分析, 交通工学研究発表会論文集, Vol.35, pp.389-395, 2015.
- 8) 田中健太, 丸茂喜高, 鈴木宏典: 先々行車の挙動を考慮した評価指標の提示が運転行動に及ぼす影響, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.15, No.2, pp.131-140, 2013.
- 9) 松本修一, 戸澤毅, 平岡敏洋, 山邊茂之, 川嶋弘尚: エコドライブ走行が追従車両に与える影響に関する基礎的研究, 土木学会論文集, Vol.6, No.5, pp.67-72, 2011.
- 10) 中野堯, 丸茂喜高, 鈴木宏典, 先行車後部へ情報を呈示する予測運転支援システム, 日本機械学会論文集 vol.81, No.832, pp.15-00196, 2014.
- 11) 池田佳樹, 松本修一: 高速道路における先々行車両加減速情報が追従挙動と燃費に与える影響, 電気通信学技報, vol.116, No.216, ITS2016-14, pp.45-48, 2016.
- 12) 西元崇, 松本修一, 葛西誠, 長澤俊範, 岩瀬幸一: ドライビングシミュレータを用いた情報提供における車両挙動解析—先行車両と先々行車両情報の比較—土木学会論文集, Vol.72, No.5, pp.1115-1122, 2016.
- 13) 櫻井宏樹, 松本修一, 葛西誠, 平岡敏洋: 先々行車両の加減速情報が追従車両に与える影響, 土木学会論文集, Vol.71, 5, pp.797-804, 2015.
- 14) 石橋基範, 大桑政幸, 赤松幹之: 運転者特性把握のための運転スタイル・運転負担感受性チェックシートの開発, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.55-02, pp.9-12, 2002.
- 15) 社団法人人間生活行動研究センター (HQL): HQL式運転負担感受性チェックシート解説書, 2003.
- 16) 社団法人人間生活行動研究センター (HQL): HQL式運転スタイルチェックシート解説書, 2003.
- 17) Mini-Mental State Examination(MMSE), http://yoshiyaha-segawa.com/life_doctor/mmse.pdf [2018, July 2]

EFFECTIVENESS OF ACCELERATION AND DECELERATION INFORMATION
PROVISION OF PRE-PRECEDING VEHICLE DURING STARTING
-COMPARISON OF YOUNGER DRIVERS WITH ELDERLY DRIVERS-

Hiroki MOTOHASHI, Shuichi MATSUMOTO