

高齢ドライバの運転行動変容を促す ドライバエージェントの開発

Driver Agent for Promoting Driving Behavior Improvement of Elderly

田中 貴紘¹ 藤掛 和広¹ 米川 隆¹ 山岸 未沙子¹

稲上 誠¹ 木下 史也¹ 青木 宏文¹ 金森 等¹

Takahiro Tanaka¹, Kazuhiro Fujikake¹, Takashi Noyekawa¹, Misako Yamagishi¹,

Makoto Inagami¹, Fumiya Kinoshita¹, Hirohumi Aoki¹ and Hitoshi Kanamori¹

¹名古屋大学 未来社会創造機構

¹Institute of Innovation for Future Society, Nagoya University

Abstract: In recent year, the number of traffic accidents caused by elderly drivers has increased. However, the car is one of important transportation for elderly. Therefore, the assistance measure to realize the safety driving for elderly drivers is needed. To overcome the problem, we propose a Driver-Agent system which encourages them to improve their driving behavior in daily driving by the support during and after driving. In this paper, we introduce the prototype system and the analysis of human instructor's teaching records, subject's impression caused by the instructions during driving, and the subjective evaluation of the agent.

1 はじめに

近年、高齢ドライバによる交通事故が増加している。交通事故による死者数は年々減少傾向にあるが、年齢層別事故率では 65 歳-74 歳が最も高く、他の年齢層と比較して事故を起こし易いと報告されている[1,2]。事故の原因の一つとして、加齢による認知機能・視覚機能・身体機能の変化の影響が指摘されている。適切な対象に注意を向けられない、必要な情報を取り出せないなどの変化が報告されている[3]。一方、自動車は高齢者の重要な移動手段の一つである。また、加齢による生体機能の変化は個人差が大きく、年齢に基づく運転能力の判定は不十分である。よって、運転能力の適切な評価方法と個人特性に合わせた支援方法の検討が課題である。

情報提示等による運転支援に関しては、小型ディスプレイやカーナビ、HUD などの情報提示機器の利用や、音や音声、振動等による提示手法などの試みがある[4]。一方、センサ精度や支援へのドライバの負の適応[5]の問題に対し、ドライバの運転行動をより安全に変容させる試みも提案されている[6,7]。また、コミュニケーションロボットの開発[8,9]や、エージェントやロボットを同乗させ同乗者効果を利用する試み[10,11]が挙げられる。しかし、運転中の指

導による行動変容効果は一時的との指摘もある。

本研究では、高齢ドライバの事故率低減に向け、ドライバに自身の運転行動を認識させることで、より安全な運転行動への変容を促すことを目的としたドライバエージェントの研究開発を進めている。本報告では、運転指導員による高齢ドライバ指導分析とドライバエージェントの概要、エージェントによる運転支援デモ体験者を対象としたアンケート調査結果について述べる。

2 生体機能と運転自己認識の影響

2.1 人間加齢運転特性データベース Dahlia

文部科学省が 2013 年後半から最長 9 年間の計画で開始した「革新的イノベーション創出プログラム (COI STREAM)」の研究開発課題の一つとして、「いつまでも生き活きと暮らせる社会とモビリティ社会の実現」を掲げた名古屋 COI 拠点の提案が採択され、本研究テーマを含む多くの研究が名古屋 COI プロジェクトの下で進められている。特に、名古屋 COI では、加齢による認知機能・視覚機能・身体機能の変化が運転に影響を与えるとの指摘から、高齢ドライバの人間・運転特性の経時的調査研究として、人間

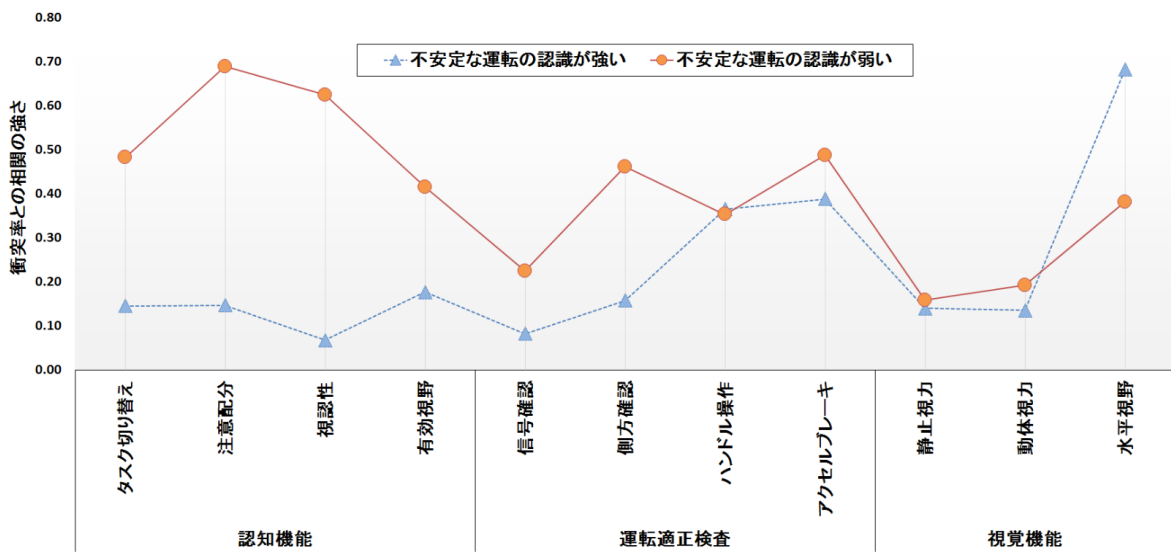


図 1. “不安定な運転”自己認識の強さによる生体計測結果と衝突率の相関比較

加齢運転特性データベース Dahlia の構築に取り組んでいる[12,13]. 年間 300 名の高齢者を対象に、認知機能検査、運転適性検査、視機能検査、運転特性調査等を実施し、また、自家用車に取り付けたドライブレコーダによる実路走行データ、ドライビングシミュレータ (DS) による走行実験データを収集している。これにより、生体機能と走行記録・運転行動を合わせた分析が可能である。これまでの分析から、低下した生体機能と関連するヒヤリハット事例も確認されている[14].

2.2 交差点衝突率と生体機能の関係分析

Dahlia に登録されている 50 歳から 76 歳の男女 33 名 (平均年齢 66 歳) を対象に、40 インチ 3 面モニタを有した 6 軸モーション付 DS (Forum8 社製) を用いた一時停止交差点通過時の運転行動収集実験 [15] では、注意機能、注意配分機能、有効視野、水平視野といった視覚情報処理能力が、交差点通過時の衝突率に影響することが分かった。即ち、加齢によるこれら機能の低下が、交差点での事故に繋がる可能性が示唆された。一方、運転特性調査 (運転スタイルチェックシート, DSQ) と衝突率の分析では、「不安定な運転」の認識と相関が見られた。そこで、参加者を不安定との認識が強い群 (強群) と認識が弱い群 (弱群) に分類した上で相関分析を行ったところ、図 1 に示すように、強群は弱群と比較し、生体機能の影響を有意に受け難くなることが確認された ($p < .01$)。自己認識の強弱によって運転行動が変容している可能性が考えられたため、交差点通過前の安全確認回数を比較したところ、強群の安全確認回数は弱群を上回り、左右の確認回数の偏りも小さい

ことが分かった。即ち、強群は機能低下を運転行動で補償しているため、生体機能と衝突率の相関が弱くなったと推測された。加齢により低下した生体機能を向上させることは容易ではないが、自身の運転行動・運転能力への自己認識を促すことで、機能低下の影響を受け難い運転行動への変容が期待できると言える。

3 高齢ドライバ指導記録の分析

近年、運転免許更新時の高齢者講習等、運転指導員による高齢ドライバの運転評価や指導が実施されている。そこで、高齢ドライバの運転指導方法、および、運転行動変容方法の検討のため、自動車教習所の運転指導員による高齢ドライバの指導記録を収集し、分析を行った。

3.1 運転指導員による指導記録収集実験

名古屋大学周辺の住宅街路を周回走行し、補助席に同席した運転指導員が、ナビゲーション・補助ブレーキ等を含む運転指導を行う、指導記録収集実験を行った。被験者は Dahlia に登録されている男性 9 名、女性 7 名の計 16 名の高齢者 (平均年齢 77 歳) とし、4 名の指導員が、4 名ずつ指導した。実験中は、市販のドライブレコーダを用いて、車外前方と車内の撮影を行った。実験後、運転指導員には、被験者の運転に対し、自動車学校で使用される運転診断表を用いた運転評価 (5 段階) と、高齢ドライバの事故率が高い交通場面における運転行動と加減速・操舵等の運転スキルに関する運転評価シート (表 1) を採

表 1. 運転評価シート

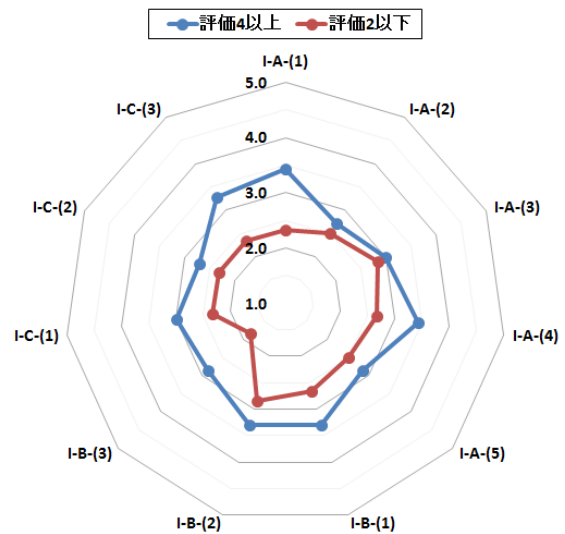
I. 安全運転 行動評価 (1-5)	A. 一時停止交差点
	(1) 減速や徐行
	(2) 停止線での確実な停止
	(3) 停止線に対する停止位置
	(4) 安全確認
	(5) ハンドル操作
	B. 一時停止ではない交差点
	(1) 減速や徐行
	(2) 安全確認
	(3) ハンドル操作
	C. 歩行者/駐車車両の回避
	(1) 減速や徐行
	(2) 安全確認
	(3) ハンドル操作
	II. 運転スキ ル評価 (1-5)
(2) ブレーキの強さ	
(3) ブレーキのスムーズさ	
(4) アクセルのスムーズさ	
(5) ハンドル操作のスムーズさ	
(6) 走行速度の適切さ	
(7) 運転指導に対する対応力	

点させた。また、被験者には指導の印象についてのアンケート評価と、指導を受けた回数と内容について回答させた。なお、本実験は名古屋大学倫理審査の承認を得て行った。

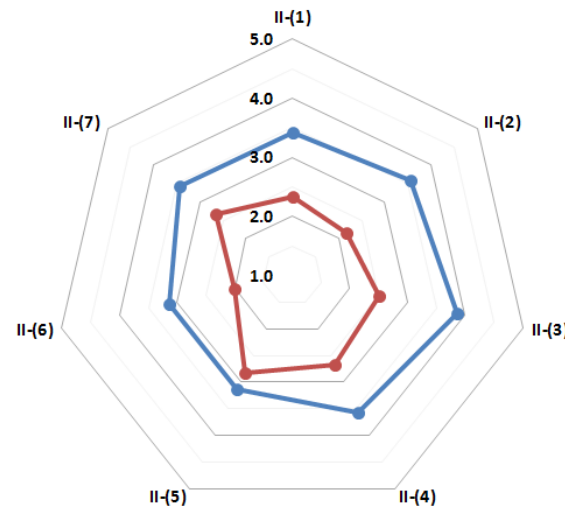
3.2 分析結果

3.2.1 運転指導員による高齢ドライバーの運転評価

運転診断表による5段階評価の結果、被験者16名の評価内訳は、評価1:2名、評価2:5名、評価3:3名、評価4:6名、評価5:0名となり、2以下の低評価が7名、4以上の高評価が6名であった。被験者を運転診断結果の低評価(低群)と高評価(高群)に分け、運転評価シートの評価結果と比較を行った。結果を図2に示す。群と運転評価シートの各項目の2要因分散分析の結果、高群は有意に低群より運転評価シートの評価が高いことが分かった($F(1,198)=44.1, p<.01$)。交通場面に焦点を当てた運転評価シートの評価は、指導員による運転診断を反映し妥当と考えられる。高群と低群の運転評価シートの結果のうち、運転行動評価に関しては、一時停止交差点での減速・徐行と安全確認、一時停止なし交差点での減速と操舵、歩行者等回避での減速・徐行と安全確認に関して、両群に特に差が見られた。一方、一時停止交差点での停止と停止位置に差は見られなかったが、これは指導員の同乗が影響したと



(a) 安全運転行動評価



(b) 運転スキル評価

図 2. 運転指導員による運転評価結果

推測される。また、運転スキル評価では、加減速のタイミング・強さ・スムーズさに大きな差が見られ、低群の運転は、適切に加減速されないメリハリのない運転であったと推測される。以上から、注意喚起による減速タイミングや減速量への気づき、適切な安全確認を行うような指示は、高齢ドライバーの事故率低減に必要と考えられる。

3.2.2 運転指導への印象評価

被験者の運転指導に対する印象(指導頻度の適切さ、タイミングの適切さ、分かり易さ、意図の理解し易さ、運転への反映のし易さ、煩わしさ、今後の運転への反映)の評価結果を図3に示す。評価値3が中間(どちらでもない)を表し、1が最低、5が最高評価となる。頻度項目のみ、3が「ちょうど良い」、

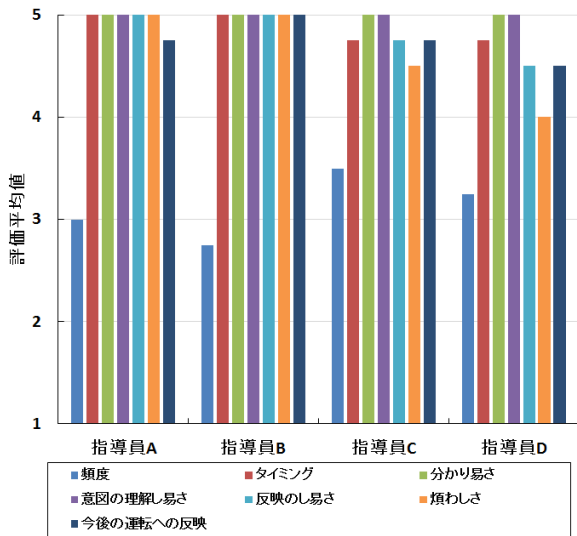


図3. 運転指導に対する評価結果

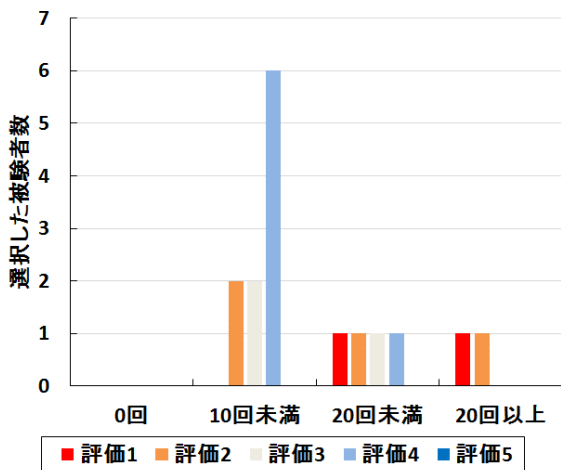


図4. 運転診断結果別指導回数の回答結果

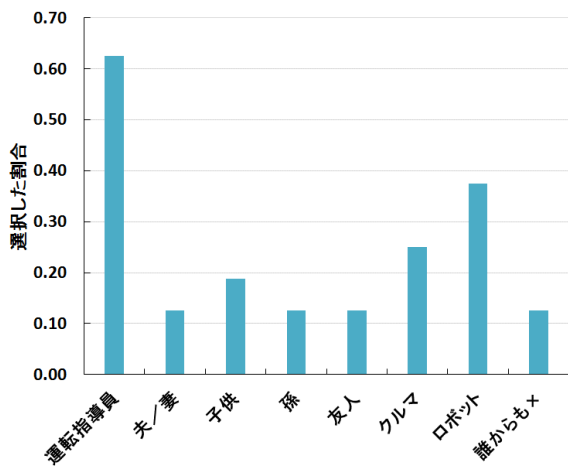


図5. 支援の受け入れ可能な対象選択結果

1が「少ない」、5が「多い」を表す。実験の結果、指導頻度の評価が3を超え、多いという印象を持たれた指導員CとDの評価は、AとBに比べてタイミング・運転への反映・煩わしさの低下が見られた。指導内容の詳細な分析は必要であるが、指導頻度やタイミングの相違が煩わしさの印象に影響を与えた可能性が考えられる。

図4に被験者が運転中に指導を受けたと感じた回数を、指導員の運転診断評価別に示す。指導10回未満が10名と最も多く、20回未満が4名、20回以上が2名となった。通常、走行中の指導回数と運転診断評価結果は反比例すると考えられ、評価4の被験者が10回未満に多く、評価1・2の被験者が20回以上と回答する事は妥当と考えられる。一方で、10回未満・20回未満と回答した低評価の被験者は4名存在する。これらの被験者は、指導直後のアンケート記入時点で、指導内容を既に失念していたと推測され、運転中の指導・支援の行動変容効果が一時的であることを示唆する結果と言える。

また、“誰からの注意喚起・アドバイスであれば受けてたい/受けても良いか”のアンケート結果を図5に示す。「運転指導員、夫/妻、子供、孫、友人、クルマ、ロボット、誰からも受けたくない」の選択肢の中から該当する候補を複数回答させた。なお、被験者には本研究の目的やシステムに関する説明は一切行っていない。アンケートの結果、指導員が63%と最も高く、次いでロボットが38%、クルマが25%となった。カイ二乗検定の結果、選択肢の受容性に有意差が確認された ($\chi^2=19.3, p<.01$)。ロボットやクルマを選択した被験者は、カーナビの発展型のシステムを想像していたことが内観報告で分かった。ロボットかクルマを選択した被験者は56%となり、指導員と同程度であった。人でないことが、かえって支援の受容性を向上させる可能性が考えられる。

4 ドライバージェント

4.1 自己認識による運転行動の改善

著者らはこれまで、ドライバージェントの研究開発に向けて、指導員による高齢ドライバ指導記録収集実験の実施と指導員へのヒアリング調査を行い、運転指導モデルの抽出を行ってきた[16]。その結果、指導によって運転行動は改善するが、その効果は一時的であり、指導前の運転行動へすぐに戻る可能性が高いことが指摘された。運転行動は運転状況とドライバ自身の経験等から形成されてきたドライバモデルに基づき決定されるため、このドライバモデルが変化しない限り、同様の運転行動に回帰するとき

れている。コーチング理論に基づき、ドライバモデルをより安全側へ変容させるトレーニング手法[17]では、ドライバに自己の運転行動を認識(自己認識)させ、運転行動を分析(自己分析)し、運転行動を改善する(自己改善)というプロセスを繰り返すことで、ドライバモデルの変容が可能であるとされている。自動車学校では、セット教習やプロドライバ研修等にて、ドライバの運転時の映像を記録し議論する講習が行われている。自身の運転記録を使用は、指導効果と受容性の向上に効果があると報告されているが、実施には専用の設備が必要など、コスト面の問題も存在する。そこで、本研究では、自己認識による運転行動変容を促すため、日常生活において、簡便に運転支援と振り返り支援を実現するドライバエージェントを提案する。

4.2 システム概要

本研究で提案するドライバエージェントは、運転中の注意喚起や運転修正示唆を受容性の高い形で提供する運転支援と、運転中に運転評価を行い、運転行動の良い/悪い場面をフィードバックする振り返り支援により、より安全な運転行動への変容を促す。高齢ドライバが自身の運転行動に気付き、改善していくことで、やがては支援を必要としない段階に到達するよう支援する。

開発中のドライバエージェントのシステム構成を図6に示す。システムは入力情報として、ドライバの運転操作をCANにより取得し、運転中の顔向きをドライバカメラの映像に顔認識を適用することで取得する。また、車載センサやGPS・地図情報から、検知した歩行者や停止線等との距離を取得する。制御モジュールでは入力情報に基づき、指導員の運転指導モデルをベースに複数種類の支援モデルを組み合わせ、支援内容を決定する。特に、個人の生体機能特性(注意配分能力、有効視野など)による個人適応を行う。

制御モジュールで決定された支援内容は、提示モジュールにてドライバに提示される。本研究の提示方法は、ダッシュボード、または運転席付近に設置した小型ロボットを用いて行う。擬人化された人型のロボットを使用することで、支援内容の直感的な理解を促し、音声・動きの併用による提示強度の自然な制御を可能とする。特に本研究では、近年開発が盛んな個人向け小型会話ロボットの提示デバイスへの利用を想定している。普段使用するロボットを車内に持ち込み、支援を行わせることで、ロボットに対する愛着感や信頼感が支援の受容性を向上させると期待している。詳細な表現方法に関しては、高齢者の受容性を考慮し、検討していく予定である。

運転行動の振り返りでは、自身の運転記録を用いることで行動変容効果の向上が期待できる。また、運転中よりも運転後の方が、記録を客観視できるため受容性も高いと報告されている。ドライバが安全に記録を確認出来るタイミングは、運転後(例えば自宅)と考えられるが、簡便に映像の記録ができ、記録したデータを車外に持ち運ぶことができ、かつ、任意の場所で閲覧することができる必要がある。そこで、本研究では、スマートフォン上で動作するアプリケーションを開発し、振り返り支援を実現する。図7に開発中のアプリケーションの動作例を示す。本アプリケーションは、走行中の映像を記録するドライブレコーダ機能と、運転評価値に基づく振り返り場面リストの作成機能を持つ。振り返り時は、評価とコメント、GPSによる場面地図、また、評価発生時刻の前後数秒間の映像を閲覧することができ、同時にエージェントが評価コメントを読み上げる。ことで振り返りを支援する。受容性や行動変容効果は今後検証していく予定である。

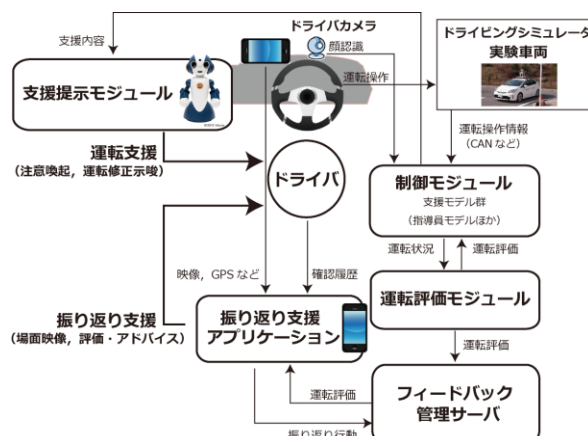


図6. ドライバエージェントシステム構成



図7. 振り返り支援アプリケーション

5 運転支援デモ体験者の印象評価

5.1 運転支援デモの概要

科学技術振興機構が主催する JST フェア 2016 (8 月 25-26 日開催) において、名古屋 COI プロジェクトの研究成果の一つとして、開発中のドライバエージェントシステムを含む体験デモ展示を行った。デモ展示では、体験者は 5 面モニタを有した DS にて住宅路を模したコースを走行する。走行中、一時停止交差点、歩行者/駐車車両回避場面において、エージェントが注意喚起と運転評価、開発中のスマホアプリを使用した振り返り支援を行う。図 8 に運転支援デモの様子を示す。支援デモを体験した 51 名 (男性 40 名、女性 11 名、平均 42.2 歳) を対象に、エージェントの使用意欲、注意喚起の有用性、振り返りの有用性、運転中の支援の受容性、エージェントへの信頼性と親しみ、エージェントの安全運転へ貢献に関するアンケート評価を行った。体験者には前述の評価項目に関して 7 段階の主観評価を回答させた。体験者は主に大学研究機関、企業の開発部門等の所属であった。



図 8. 運転支援デモの様子

5.2 評価結果

全体の評価結果、および男性・女性の評価結果を図 9a に示す。全評価項目にて、平均値が 5 を越える結果となり、有用性から印象まで高い評価が得られた。また、男性と比較して、女性からより高い評価が得られた。女性の運転スキルに対する自信や価値観、使用したロボットに対する好印象が、機能評価にも影響した可能性が考えられる。世代別の結果を図 9b に示す。使用意欲や有用性の評価は、20-40 代と比較して 50-60 代で低く、70 代で再び高くなった。運転に対する経験や自信、新しい技術に対する受容性などの影響から、60 代で最も低い結果となったと推測されるが、70 代では自身の能力の衰えの自覚など、かえって支援に対する期待・受容性が向上

したと考えられる。一方でエージェントに対する印象には、年代間の差は見られなかった。エージェントが個人の特性や経験などに適応することで、年齢によらず受け入れられる可能性が考えられる。

6 おわりに

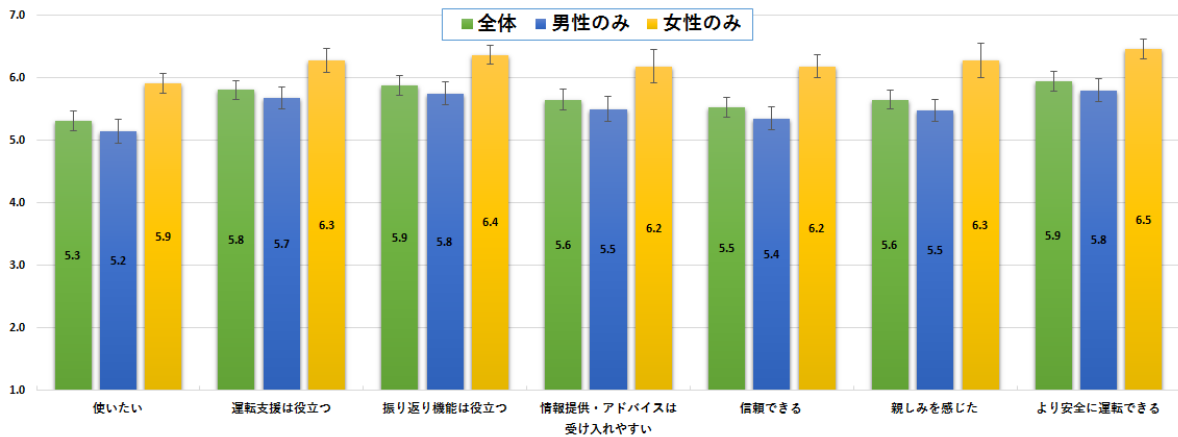
本論文では、高齢ドライバーの事故低減に向け、ドライバーに自身の運転行動を認識させることでより安全な運転行動への変容促進を目的とする、ドライバエージェントの概要と、運転指導員による高齢ドライバー指導記録収集実験の分析結果、および、システム体験者によるアンケート評価結果について報告した。今後の課題は、エージェントの存在が運転支援の受容性・印象に及ぼす影響の検討、および、運転支援・振り返り支援による運転行動変容効果の検証が挙げられる。

謝辞

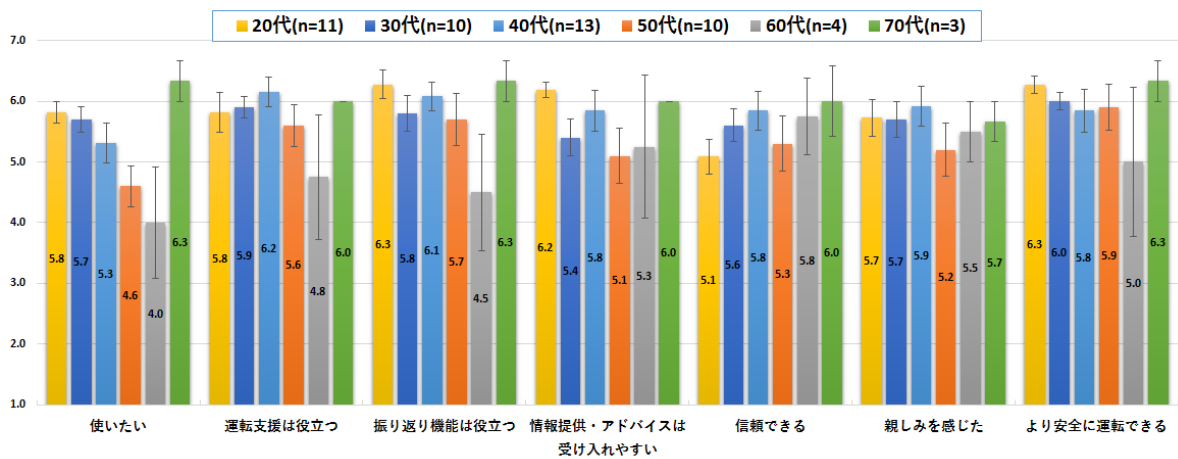
本研究の一部は、文部科学省/JST 研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム」の支援によるものである。ここに記して感謝する。

参考文献

- [1] イタルダ・インフォメーション: 高齢者の四輪運転中の事故、交通事故総合分析センター, No.68 (2007)
- [2] 糸田佳奈: 高齢ドライバーの頻出事故分析手法の検討、自動車技術, Vol.69, No.1, pp.90-95 (2015)
- [3] 北島宗雄ほか: 高齢者を対象とした駅の案内表示のユーザビリティ調査: 認知機能低下と駅内移動行動の関係の分析、人間工学, Vol.44, No.3, pp.131-143 (2008)
- [4] 金丸隆, 桑本英樹: HMI 技術の変遷と車載機器向けの取り組み、自動車技術, Vol.69, No.3, pp.39-42 (2015)
- [5] 芳賀繁: リスク・マネジメントと事故防止、交通安全教育, No.551, pp 6-16, (2012)
- [6] 細川崇ほか: 一時停止規制のある交差点における高齢運転者に対する運転支援の効果検討、自動車技術会 2015 年秋大会学術講演予稿集 (2015)
- [7] 竹本雅憲ほか: 一時停止交差点での確認行動のための即時支援と事後支援の相乗効果、自動車技術会論文集, Vol.43, No.2, pp.605-610 (2012)
- [8] 日産: コンセプトカー PIVO2,



(a) 全体平均, 男性平均, 女性平均



(b) 年代別平均

図9. 運転支援デモ体験者による評価結果

http://www.nissan-global.com/JP/PIVO2/index.html

[9] デンソー: コミュニケーションロボット Hana, <http://www.globaldenso.com/en/newsreleases/events/tokyo-motorshow/2013/booth/>

[10] 片上大輔ほか: 自動車とドライバー間の関係性構築のためのエージェント設計, 第30回ファジィシステムシンポジウム, TA2-3 (2014)

[11] Y.Nakagawa et.al: Driving Assistance with Conversation Robot for Elderly Drivers, Universal Access in Human-Computer Interaction, LNCS, Vol. 8515, pp 750-761 (2014)

[12] 青木宏文ほか: 運転寿命延伸を目指したドライバ運転特性研究(1)-高齢ドライバの人間・加齢・運転特性データベースの構築-, 自動車技術会 2015年春季大会学術講演会講演予稿集 (2015)

[13] 山岸未沙子ほか: 運転寿命延伸を目指したドライバ運転特性研究(2)-高齢ドライバの基礎的人間特性データと運転との関係の分析-, 自動車技術会 2015年春季大会学術講演会講演予稿集 (2015)

[14] 山岸未沙子ほか: 高齢ドライバの基礎的人間特性を考慮したドライブレコーダデータの解析-運転寿命延伸を目指したドライバ運転特性研究(3)-, 自動車技術会 2015年秋季大会学術講演会講演予稿集 (2015)

[15] 田中貴紘ほか: 高齢ドライバの一時停止交差点通過時の運転行動と生体機能の分析-運転寿命延伸を目指したドライバ運転特性研究(6)-, 自動車技術会 2016年春季大会学術講演会講演予稿集 (2016)

[16] 田中貴紘ほか: 高齢ドライバ支援エージェントの提案-運転指導員による指導方法の分析-, 第31回ファジィシステムシンポジウム, TA4-4 (2015)

[17] Ian Edwards: ドライバのための自分づくり教育-コーチングのすすめ, SMA サポート株式会社 (2014)