

## 運転支援エージェントの形態の違いが

## ドライバの支援受容性に与える影響の分析

—高齢ドライバの運転行動改善を促すドライバエージェント研究—

Analysis of Relationship between Form of Driving Support Agent and Gaze Behavior

- Study on Driver-Agent for Encouraging Safety Driving Behavior of Elderly Drivers -

田中 貴紘<sup>1</sup> 藤掛 和広<sup>1</sup> 米川 隆<sup>1</sup> 稲上 誠<sup>1</sup> 青木 宏文<sup>1</sup> 金森 等<sup>1</sup>

Takahiro Tanaka<sup>1</sup>, Kazuhiro Fujikake<sup>1</sup>, Takashi Noyekawa<sup>1</sup>, Makoto Inagami<sup>1</sup>,

Hirohumi Aoki<sup>1</sup> and Hitoshi Kanamori<sup>1</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学 未来社会創造機構

<sup>1</sup>Institute of Innovation for Future Society, Nagoya University

**Abstract:** 近年、高齢ドライバによる交通事故が増加している。高齢者が安心・安全に運転できるよう、本研究では、運転行動変容を促すドライバエージェントの研究開発を進めている。本論文では、音声・映像・ロボットと異なる形態のエージェントから同様の運転支援を受けた際の、ドライバの支援に対する受容性への影響を主観評価および視線行動から分析する。

### 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、適切な対象に注意を向けられないなど、加齢による認知機能や視覚機能などの変化の影響が指摘されている。一方、高齢者の移動手段として自家用車の比率は最も高く[3]、免許返納等による運転習慣の欠如はQOL低下だけでなく、認知症を発症し易くなるとの報告もある。超高齢化社会を迎えつつある日本において、健康寿命延伸への取り組みは急務と言える。また、加齢による生体機能の変化は個人差が大きいため、適切に運転能力を評価する方法や、個人に合わせた支援方法の検討が課題である。近年注目を集める自動運転車の実現により、高齢ドライバを含む交通事故減少が期待される。しかし、Lv4・5とされる完全自動運転車が実現し普及するまでには20~30年が必要との指摘もあり、また、トロッコ問題に代表される自動制御の倫理的・法的問題の解決も必要である。文部科学省「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、

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COIプロジェクトの下で進められている。我々は、高齢ドライバの人間・運転特性の経時的調査研究として、人間加齢運転特性データベースDahliaの構築に取り組んでおり、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[4]。Dahliaに登録された高齢者を対象に、DSによる一時停止交差点通過実験[5]を行ったところ、認知機能や視機能の低下により衝突率が増加することが確認された。一方、自身の運転能力に対する自己認識の強い高齢者群は、自己認識の弱い高齢者群と比較して、衝突率と生体機能の相関が有意に低下する結果であった。両群の運転行動を比較すると、交差点での安全確認回数が多く、見通しや進行方向などの道路状況で行動が変化し難いなど違いが見られた。認識強群は機能低下を運転行動で補償しており、生体機能と衝突率の相関が弱くなったと推測された。加齢によって低下した機能を向上させることは困難であるが、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にくい運転行動への変容が期待できる。

本研究では、高齢ドライバーの事故率低減に向け、小型コミュニケーションロボットを介して、ドライバーに自身の運転行動を認識させることで安全な運転行動への変容を促すことを目的とした、ドライバーエージェントを提案し、研究を進めている[6]。本報告では、高齢者・非高齢者を対象に、運転支援を行うエージェントの形態（音声、映像、ロボット）の違いがドライバーの支援に対する受容性や運転行動に与える影響を分析する実験を行い、高齢者と非高齢者の間でエージェント形態による受容性・注視行動の違いが見られたため、これを報告する。

## 2. 運転行動改善を促すドライバーエージェント

### 2.1 関連研究

情報提示等による運転支援では、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の試みがある[7]。運転中の情報提示方法に関しては、音は煩わしく、音声や表示の受容性は高いとの報告もある[8]。しかし、現行車両は様々な機能を持つが、情報提供の通知方法が統一されておらず、ドライバーが直ぐに通知を理解することは困難であるため、ドライバーへの情報提示を統合的に行うインタフェースが必要である。一方、自動車関連メーカ[9,10]による車載ロボット（図1上段）を使った情報提供システムのコンセプト提案も行われている。これらは主に運転中に観光情報や店舗情報などをドライバーに伝える「楽しい運転」を目指した試みと言えるが、この目的自体が運転以外にドライバーの注意を向けさせる運転障害に繋がり易く、実現には至っていない。

高齢者を対象に一時停止交差点での音声による注意喚起の効果を検討した研究[11]では、注意喚起の受容性は高く、運転変容効果があるとされたが、運転中の指導による行動変容効果は一時的とも報告されている。Parker[12]らは、運転行動は運転状況とドライバー自身の経験等によって取得されたドライバーモデルに基づくため、ドライバーモデルが変化しない限り、同じ運転行動に回帰すると指摘している。コーチング理論に基づき、ドライバーモデルをより安全に変容させるトレーニング手法[13]では、ドライバーに自己の運転行動を認識させ、運転行動を自己分析し、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、ドライバーモデルの変容を促す。自動車学校のセット教習や職業ドライバー研修等にて類似の取り組みも行われている。しかし、運転行動の

記録や振り返りの実施には専用の設備が必要であるなど、コストと時間が掛かるため、講習の機会は限られている。

また、衝突回避装置等の先進予防安全装置は事故を未然に防ぐのに効果的であるが、その効果はセンサ等の認識精度に依存し、かつ環境による影響を受け易い。また特定条件下（時速20km以下等）のみ有効など、装置の有効性を高めるためにも、平時の運転行動をより安全に変容させることが必要である。

### 2.2. エージェントによる運転行動の改善

著者らはこれまで、ドライバーエ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ー指導記録収集実験と分析[6,14]から、運転指導モデルの抽出を行い、また、教習員の指導による運転行動の改善効果は一時的であること、高齢者にとっては、運転中の指導自体の認知負荷が高く、困難であることが示唆された。指導頻度が高くなると指導の印象評価（煩わしさや適切さ）が低下すること、さらには、配偶者や子供、友人からの運転アドバイスは受容性が低く、クルマやロボットなどの人工物からのアドバイスは受け入れられ易い傾向などが確認された。

本研究では、高齢ドライバーの事故率低減を目標に、“家にあるエージェントを車に持ち込み運転支援を受け、家に持って帰り空き時間に振り返りを行う”コンセプトを提案している。ドライバーエージェントは、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。高齢ドライバーが自身の運転行動に気付き、改善していくことで、支援を必要としない段階に到達することを目的とする。運転支援装置として運転中の不必要な会話を抑制する点で、従来とは異なり、会話に主眼を置かない真逆のアプローチである。



図1. 車載ロボットと市販ロボットの例

本研究ではエージェントの形態として、市販の小型コミュニケーションロボットの使用を想定しており、独自の小型ロボット開発を行わない。近年、複数企業が図 1 下段に示すような小型のコミュニケーションロボットの開発・販売を行っている[15-17]。これら民生品をインタフェースとして対応させることで、ユーザは自身の好みや予算（運転支援に使用するためのロボットは購入され難い）に合ったロボットが使用できる。また、メーカー側も実用的機能（付加価値）を提供することができる。さらには、普段から家庭内で使用することでロボットに対する愛着や信頼感が醸成され、これらを車内に持ち込み使用することで、運転支援の受容性を高める効果も期待できる。提案するドライバエージェントのフレームワークは、運転支援だけでなく、Lv3 自動運転時の Readiness 維持や、生活全般を対象としたパートナーエージェントサービスへのスケールアップを想定している。

### 2.3 ドライバエージェントシステム概要

開発中のドライバエージェントのシステム構成を図 2 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 等により取得し、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、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。

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。ダッシュボード上、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。エージェントの運転支援は、これまでの分析に基づき、注意喚起と運転修正示唆の 2 種類とする。注意喚起の提示は、音声と動きを併用した明示的な表現とし、運転修正示唆はドライバの受容性を考慮し、動きのみのアンビエントな表現とする。運転支援場面は、まずは高齢者の事故率が高い、一時停止交差点、歩行者/駐車車両回避、合流とする。ドライバの受容性を考慮し、継続的に支援場面、および支援方法の検討を行う予定である。

運転行動の振り返りは、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。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び、かつ、任意の場所での閲覧を可能にするため、本研究では、ドライブレコーダ機能を持ったスマートフォンアプリケーションを開発し、振り返り支援を実現する。開発したアプリケーションは、複数カメラ映像の録画と CAN や GPS 等のセンサ情報を記録する。運転後、エージェントによる運転評価記録を元に、録画映像内から良い/悪い場面を切り出し、リスト化してドライバに提示する。提示は、評価とコメント、GPS による場面地図を表示し、当該場面を再生しながらロボットが評価コメントを読み上げることで行う。また、ドライバによる振り返り実施状況を把握するため、場面の既読管理を併せて行う。評価値の傾向や振り返り行動記録など、クラウドに蓄積された情報を用いて、ドライバ分類や、保険料値下げ等のインセンティブ発生の仕組みに応用することも検討している。

### 3. 実験

エージェントによる運転行動変容を行うための前提条件は、ドライバがエージェントを継続して使用することである。エージェントの使用がドライバにとって煩わしさや不快感を与えたり、運転障害を引き起こしたり場合、ドライバは使用を中止し、行動変容を促すことはできない。よって、エージェントの受容性を高めることが第一の関門と考えられる。

実車両内におけるエージェントによる運転支援の形態として、従来のカーナビのような音声による支援、ダッシュボード付近の液晶パネルやスマートフォン、HUD にキャラクタ等を表示する映像エージェントによる支援、そして運転席付近に設置したロボットによる支援の 3 形態が考えられる。これまで、同種の運転支援を異なる形態で行った場合の評価・影響についての検証は行われておらず、高齢者を対象とした実験自体も少ない。そこで本研究では、音声・映像・ロボットの 3 つのエージェント形態にて

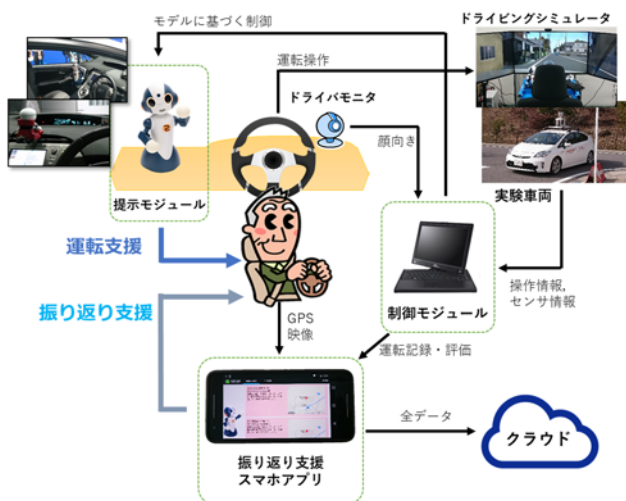


図 2. ドライバエージェントシステムの構成

同様の運転支援を行い、エージェントに対する受容性と運転行動の影響を分析するための実験を行った。

### 3.1 実験方法

実験は、5面モニタを有するDSを用いて被験者に実験コースを走行させ、走行中、エージェントからの運転支援を体験させた。高齢ドライバーによる事故が多い交通場面[2]である、一時停止交差点（直進、右折）、歩行者回避、駐車車両回避、一般道合流を含む、1周約5分の住宅路を模した実験コース（図3）を作成し、走行させた。被験者は、高齢者33名（平均年齢72.5歳、内3名がDS酔いでリタイア）と非高齢者30名（平均50.2歳、内1名がDS酔いでリタイア）とした。

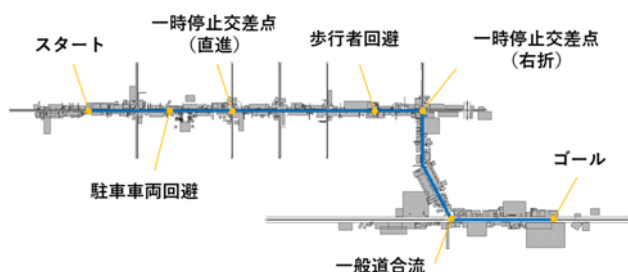


図3.実験コース

### 3.2 車両内におけるエージェント設置位置

実車両内にてエージェントを使用する場合、その設置位置が問題となる。本研究では、次に挙げる2点からドライバーの正面左下に設置することとした。

- (1) 同乗者としてのエージェント：ドライバーがエージェントを見る際に視点移動が最も少ない設置位置として、ドライバー正面下方が考えられた。しかし、この場合、ドライバーがエージェントを自身のアバタとして認識する可能性があり、運転中のエージェントの動き（顔向き追従やジェスチャ）が自身の動きと異なるため違和感や不快感に繋がるのが危惧された。一方、後述する同乗者効果をエージェントにより発揮するためには、同乗者としてイメージされ易い助手席位置、即ちドライバーの左側（右ハンドル車の場合）が適切と考えられた。
- (2) ガイドライン、視覚特性と車載装備：運転中にドライバーがエージェントを注視する可能性があるため、日本自動車工業会が制定した画像表示装置ガイドライン[18]に準拠すると考えられる。主な要件として、運転視界を妨げないようフロントウィンドウ下端より上に置かない、メータ類を隠さない、設置したロボットを注視した際に

周辺視野に前方風景が入る、アイポイントより下側30度以内に設置する、が挙げられる。また高齢者・非高齢者共に正面から左右30度以内の周辺視野の見落とし率は低い[19]こと、運転席右側のAピラーにはサイドエアバッグが装備されていることから、正面左下の位置が適切と考えられた。

### 3.3 実験条件

本実験では、運転支援を行うエージェントの形態として、被験者前方のスピーカからの“音声”エージェント、被験者正面左下の液晶ディスプレイに表示した“映像”エージェント、同様の位置に置いた“ロボット”エージェント（ヴイストン社製 Sota）を設定し、それぞれを実験条件とした（図4）。映像エージェントの表示時の大きさはロボットと同程度とした。

エージェントの行う運転支援は、注意喚起と運転修正示唆の2種類とした。注意喚起は、一時停止交差点・歩行者・駐車車両・一般道合流への接近時の通知（例：“一時停止があります”）とした。運転修正示唆は、一時停止交差点と一般道合流においては、減速と安全確認方向の示唆（確認不十分な方向を促す）とし、歩行者/駐車車両回避では、減速と操舵修正（対象物との幅を開けるよう示唆）、走行中の急加減速修正を意図した反応表出（例：“うわ”等の驚き表現）とした。音声条件では全て音声による支援を行い、映像とロボット条件では動作も使用した。実験条件と提示方法の関係を表1に示す。支援のタイミングや音声は全条件で統一した。

### 3.4 仮説

エージェントによる運転支援においては、支援が分かりやすく有用であることは重要であるが、支援自体が運転を阻害せず、支援の受容性も重要である。

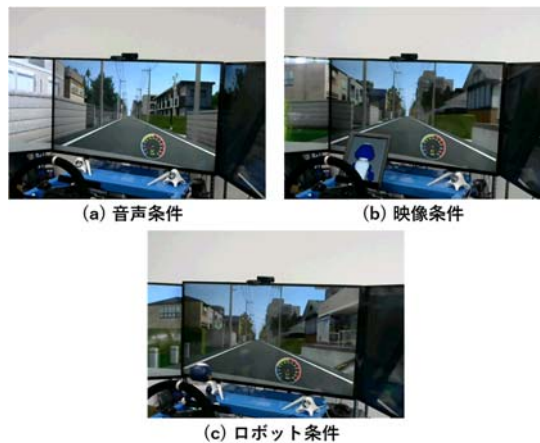


図4.実験条件

表 1. 実験条件ごとの提示方法

運転支援		音声条件	映像/ロボット条件
注意喚起		音声通知 「歩行者がいます」	音声通知と動作 (前方を左腕で差しドラ イバへ少し振返り発話)
運 転 修 正 示 唆	減速	音声通知 「もう少し減速して 下さい」	動作 (右腕を上から下に2回 動かす)
	操舵	音声通知 「もう少し右によっ て下さい」	動作 (両腕を左から右に2回 動かす)
	確認	音声通知 「右側を確認してく ださい」	動作 (確認すべき方向へ向 き、正面へ戻る)
	加減速	音声通知 「わっ」と発話	音声通知と動作 (例：わっと発話し、両 腕を少し上げる)

音声条件は、常に音声で情報を伝えるため支援の気づき易さは最も高いと予想される。一方、毎回の音声通知は煩わしさに繋がり易く、他の2条件よりも受容性に関して低い評価になると予想される。ロボットや映像条件は、音声と動作の併用による支援のため、直感的で分かり易いと予想される。また、エージェントの設置位置はドライバの周辺視野となるため、運転障害に繋がり難いと考えられることから、煩わしさの評価は音声条件と映像・ロボット条件の差は小さくなると考えられる。特に、ロボットは動作音が発生し存在感が映像よりも強い[20]ため、注視せずとも支援発生タイミングが分かり易いため、映像に比べ受容性が高いと考えられる。

### 3.5 実験手順

実験は被験者間実験にて行い、各条件につき10名の被験者が参加した。実験手順は、練習コースを走行しDSに習熟した後、エージェントのない状態で実験コースを1回練習走行する。その後、3条件のうち1つを3回繰り返し体験する。最後に、再度エージェントのない状態で走行し終了する。実験により取得するデータは、走行中のDSログ(車速、ペダル操作、操舵、走行位置、物体(停止線、歩行者、駐車車両)との相対距離)と、ドライバの注視点(TobiiX2-30, 30fps)とした。被験者によるエージェントの評価は、1回の条件走行毎に主に受容性に関する走行後評価と実験後に行う総合評価の2種類とし、7段階の主観評価として行った。また、被験者は事前にOD式安全性テスト(株式会社電脳)、道具的依存度テスト[21]を回答させた。

## 4. 実験結果

### 4.1 走行後評価および総合評価

図5に高齢者の3回目の走行後評価結果、図6に高齢者の総合評価結果を示す。同様に、図7に非高齢者の走行後評価結果、図8に総合評価結果を示す。

高齢者における走行後評価では、ほぼ全ての項目でロボット条件の評価が最も高く、音声条件が最も低い結果となった。特にロボットと音声の評価には有意差が確認された。また、ロボットと映像条件は走行毎に評価が有意に高くなったが、音声では変化がなかった。総合評価も同様に、やはりロボット条件の評価は高く、次いで映像、音声という順であった。特に注意喚起の分かり易さに関する評価では、音声が平均4.3に対し、ロボットが平均5.8となったが、評価4は中央値(どちらでもない)であった。「動きがあると分かり易い」が評価理由として挙げられた。高齢者にとって音声のみによる注意喚起では正しく情報が提示できていないと言える。

非高齢者における走行後評価も、高齢者と同様にロボットが最も高く、次に音声が評価されたが、一方で映像が最も低い結果となった。また、ロボット条件では走行毎に評価が高くなった。総合評価では、気づき易さは音声条件の評価も高く、煩わしさや使用意欲はロボット条件が高い評価となった。走行後評価と同様に、映像条件の評価は最も低いものとなった。特に使用意欲評価が低く、受容性の低い形態と評価された。評価の理由として、音声やロボットに関して「音声だけでも分かる」「自分はまだ支援はなくても大丈夫」「ロボットは自分の代わりに親の車に載せたい」との回答が多く、映像に関しては「見ないと分からず煩わしい」が挙げられた。

### 4.2 注視行動

エージェントがドライバ前方に存在するため、ドライバがエージェントを注視する可能性がある。注視頻度が高くなるほど、エージェントを煩わしく感じ、また、運転障害へ繋がる懸念された。しかし、主観評価結果では、高齢者にとってロボット条件は最も分かり易く受容性が高い形態であり、音声条件が最も分かりにくい形態であった。一方、非高齢者にとっては音声・ロボット条件の評価が高く、映像条件が最も評価の低い形態であった。そこで、形態ごとに高齢者・非高齢者の運転中の注視点の分析を行った。仮説として、運転中の注視点分布を3形態で比較した場合、エージェントが存在しない音声条件で最も収束し、注視しないと動作を認識し辛い映像条件で最も発散すると考えられた。

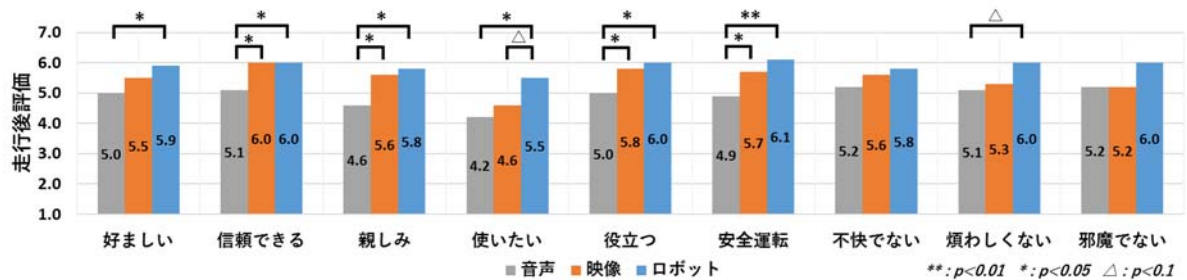


図 5. 高齢者：走行後評価結果

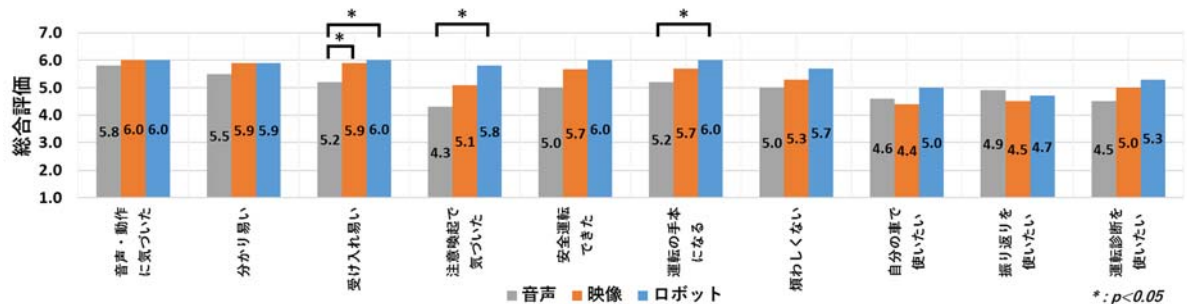


図 6. 高齢者：総合評価結果

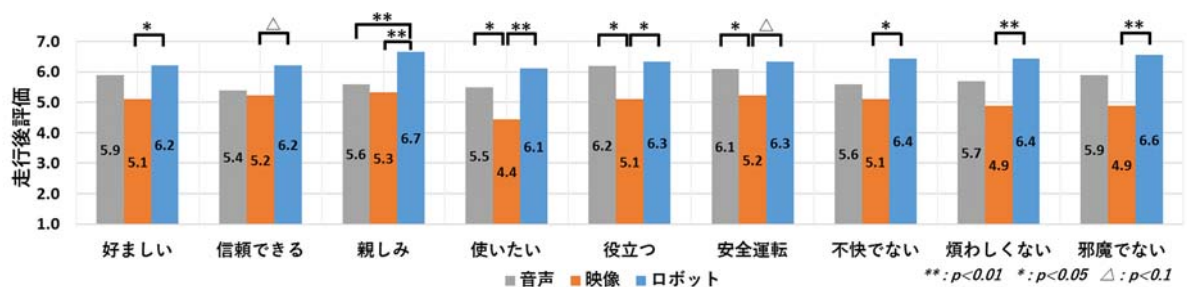


図 7. 非高齢者：走行後評価結果

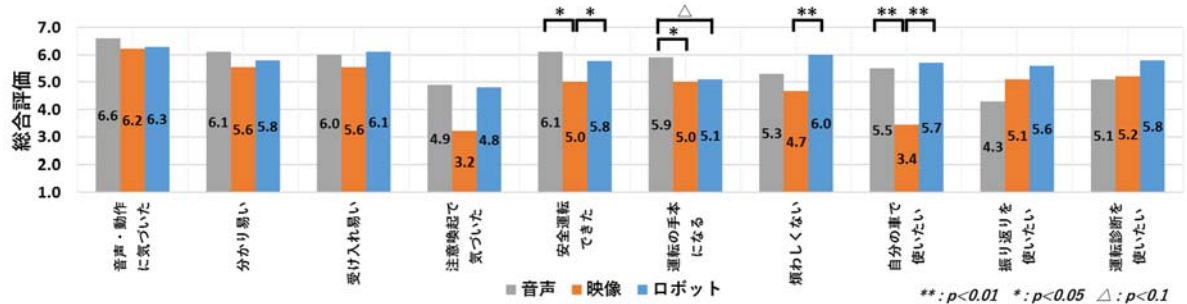


図 8. 非高齢者：総合評価結果

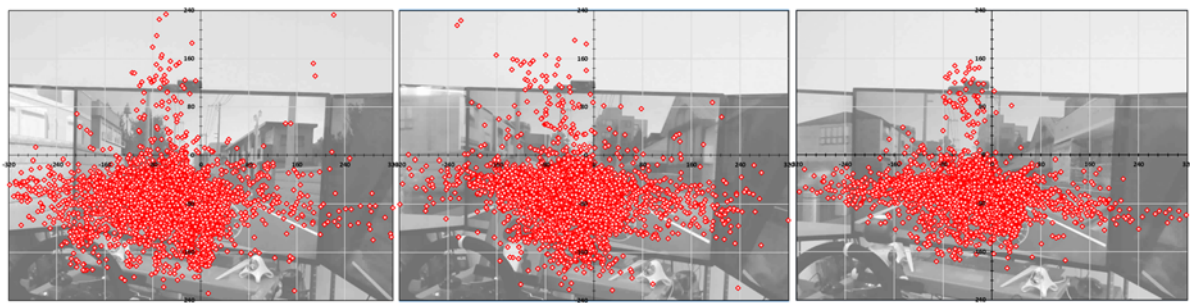
注視点が取得可能であった高齢者 24 名（音声 7 名，映像 10 名，ロボット 7 名）と非高齢者 26 名（音声 8 名，映像 9 名，ロボット 9 名）を対象に運転席右後方に設置したシーンカメラ映像（640x480）内の注視点を対象とした。なお，記録開始後と終了前 1 分間のデータをノイズとして省いた。

#### 4.2.1 運転中の注視点分布

図 9 に高齢者，図 10 に非高齢者の条件ごとの注視

点の分布を示す。なお，画面上部への注視が 3 条件に共通して見られるが，モニタ上部に設置したカメラへの注視と画面上部に表示される運転指示（スタートする，右折するなど）によるものと考えられる。

高齢者の音声条件では，他の 2 条件と比較し，注視点が発散する結果となった。特に，進行方向に対しての注視点はまとまっておらず，集中して運転できていなかったと推測される。映像条件では，音声条件よりも前方と左右に注視のまとまりが見られる。

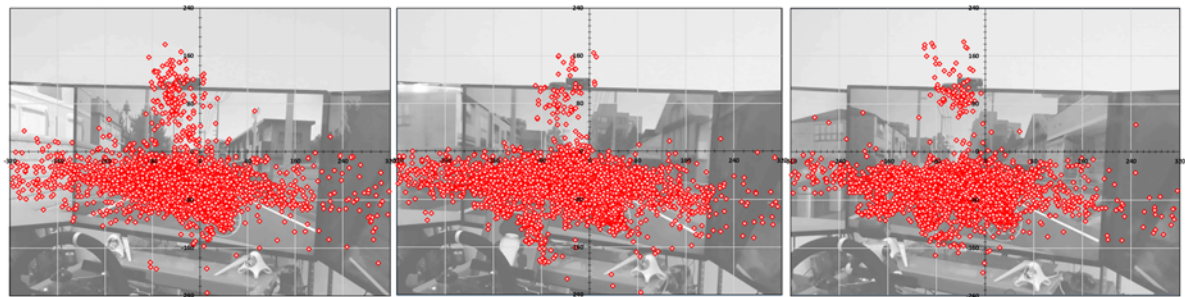


(a) 音声条件

(b) 映像条件

(c) ロボット条件

図 9. 高齢者：運転時注視点分布



(a) 音声条件

(b) 映像条件

(c) ロボット条件

図 10. 非高齢者：運転時注視点分布

エージェントが表示されているモニタ上にも注視点が存在し、被験者がエージェントを運転中に見ていたことが分かる。ロボット条件では、他の2条件よりも注視点の発散が少なくなった。非高齢者の注視点分布をみると、音声条件での分布が最も収束しており、ロボット条件ではロボット付近に注視が増えているが、音声条件に似た分布となっている。映像条件でも分布自体はそれほど発散していないが、エージェント上に注視点が多く分布する結果となった。即ち、高齢者・非高齢者の3形態の主観評価順位と類似する結果となった。

カメラ映像の内、映像条件を基準に、エージェントが表示されている領域をエージェント領域 ( $X < -80, Y < -80$ ) とし、領域内の注視点数を計数した。図11に高齢者と非高齢者の映像条件・ロボット条件ごとの走行時間における領域内の注視比率を示す。高齢者・非高齢者ともに、映像よりもロボット条件時の注視率は低い結果となった。高齢者・映像条件では注視点が検出可能であった時間のうち、領域内注視時間率は2.6%、高齢者・ロボット条件では0.6%であった。同様に、非高齢者・映像条件では2.1%、ロボット条件では375秒で1.3%であった。

#### 4.2.2 運転支援時の注視率

前節では運転全体を通しての注視点分布の分析を行った。エージェントは主に注意喚起と運転修正示

唆を発話と動作にて行う。そこで、運転支援発生時に被験者がエージェントを注視したかどうかを分析した。分析は、高齢者24名・非高齢者26名の全注視点映像を2名のコーダが確認し、前述の2種類の運転支援時に注視点がエージェント上に検出された回数を計数した。運転修正示唆は被験者毎に回数異なるため、支援注視回数を支援回数で除算し、支援時注視率として算出した。結果を図12に示す。

分析の結果、高齢者の支援時注視率は、映像条件で22%、ロボット条件で19%となった。また、非高齢者では、映像条件が34%、ロボット条件で38%となった。共に条件間に有意差は確認されなかった。よって、高齢者・非高齢者共に2条件間の支援時注視率に大きな差は無かった。また、高齢者と非高齢者の支援時注視率に約15%の差が見られた。一般的に、高齢者は加齢により非高齢者よりも有効視野が狭くなると言われている。よって、支援時注視率の差は、高齢者はエージェントの動きを見落とす確率が高いことを示唆する結果とも考えられる。

## 5. 考察

### 5.1 形態の違いと分かり易さ・受容性

実験の結果、高齢者・非高齢者に共通してロボット形態の受容性が最も高い結果となった。一方で、

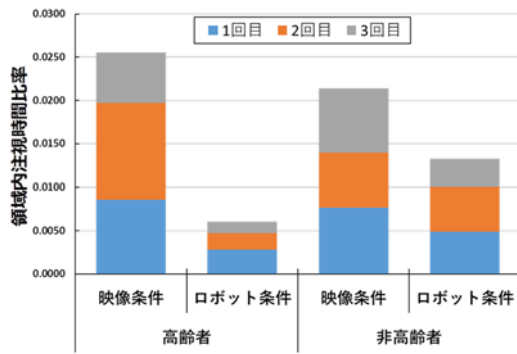


図 11. エージェント領域内注視時間比率

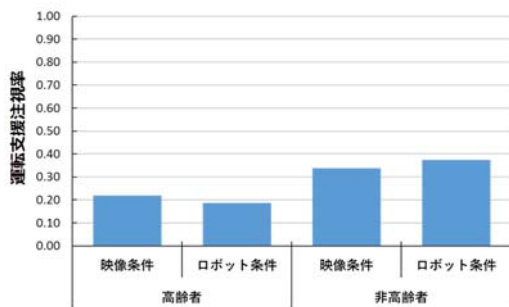


図 12. 高齢者・非高齢者の運転支援注視率

音声と映像の評価は、高齢者と非高齢者で評価が逆転した。高齢者にとっては、音声は突如流れても内容を十分に理解できない可能性が示唆される結果であった。非高齢者にとっては音声による注意喚起を即座に理解することができたため音声条件の高評価に繋がったと言え、加齢による生体機能の変化が評価に影響したと考えられる。作業中の割り込みに関する研究では、割り込み数秒前に割り込みの予告 (Interruption Lag[22]) があると、その後の割り込みへの移行時間が減少することが知られている。映像条件とロボット条件における運転支援は、まず動作を開始し、その後音声流れる。特にロボットでは動作音が発生するため、これが視覚と異なるモードで運転支援の発生の予告となったため、その後の音声に対して注意をスムーズに向けることができたと考えられる。高齢者の運転中の注視点は音声条件で最も発散する結果となったが、音声による運転支援が正しく伝わっていないため、対象を探すような注視行動が発生したことが原因の一つと推測される。非高齢者の音声条件における注視点は高齢者と比較すると収束しており、注視行動からも運転支援に対する反応速度の違いがあったと考えられる。一方でロボットの存在感・動作音は非高齢者にとっても支援予告となったため、映像条件よりも評価が高くなったと考えられる。映像とロボット条件の支援時注視率の結果では、エージェントが動いた際の注視率

は同程度かロボット条件の方が高い結果であった。しかし、領域内注視時間比率から、運転全体では映像条件の注視時間の方が長い結果であった。即ち、映像条件では、支援が発生していないにも関わらず被験者がエージェントを注視している頻度が高いことを示唆すると言え、「見ないと分からず煩わしい」との内観報告を裏付ける結果と考えられる。「見ないと分からない」「見たのに動いてなかった」経験が受容性等の負の評価に繋がったと推測される。以上に加えて、非高齢者はロボット自体に対する「可愛い」「一緒に楽しい」といった声も多く、ポジティブな評価に繋がったと推測される。

## 5.2 支援注視率と道具的依存度欲求

高齢者が運転する車に同乗者がいる場合、事故率が大きく低下する。これは同乗者効果と言われており、同乗者がいることで運転者の注意力や安全運転の意識、緊張感に影響を与えるためとされている。実験では、音声よりも映像、映像よりもロボットと、エージェントの存在がよりはっきりと提示されている方が、運転中の注視点の発散が抑えられた。よって、ロボットのエージェントは、同乗者として捉えられ同乗者効果を発揮する可能性が考えられる。そこで、4.2.2 で述べた高齢者の支援時注視率と道具的依存度欲求テスト[21]の相関分析を行った。

道具的依存度欲求テストの項目と高齢者の支援時注視率との相関分析結果を図 13 に示す。被験者はそれぞれの項目に対し、1:「全く当てはまらない」～7:「非常に当てはまる」で回答を行い、数値が高い

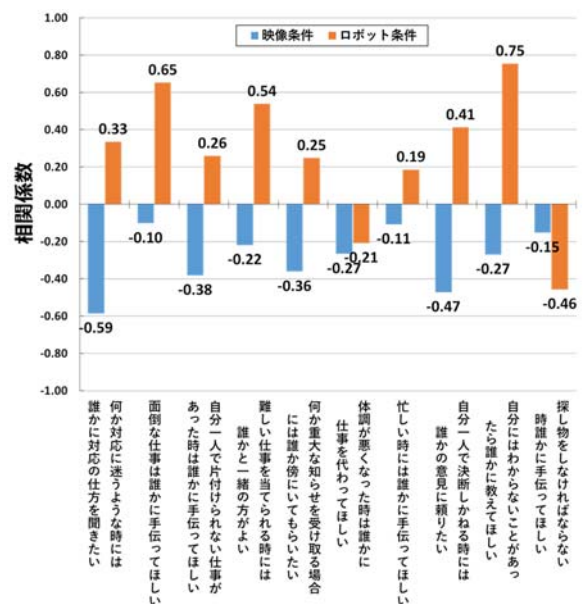


図 13. 支援時注視率と道具的依存度欲求の相関



ほど依存度欲求は高いとされる。分析の結果、ほとんどの質問項目において、映像は負相関、ロボットは正相関を示した。同様の運転支援を行う支援エージェントに対し、映像形態の場合は依存度が高いほど注視せず、ロボット形態では、逆に依存度が高いほど注視する傾向が見られた。より被験者数を増やし検証する必要はあるが、高齢者はロボットとして物理的に存在するエージェントを頼れる存在「運転支援システム」と認知していた可能性があり、同乗者効果を生成する要因となる可能性が示唆された。

## 6. おわりに

本研究では、ドライバをより安全な運転行動へ変容を促すドライバエージェントの実現に向け、エージェントの形態（音声、映像、ロボット）の違いがドライバの受容性や運転行動に与える影響を分析した。その結果、運転支援エージェントの存在が運転阻害に繋がり難いこと、存在感がより強いロボットの方が、認知負荷の点からも高齢者にとって分かり易く煩わしくない支援に繋がり、同乗者効果発揮の可能性も示唆された。非高齢者にとってもロボットの受容性は高く、運転阻害となり難いこと、一方で映像による運転支援は煩わしさに繋がり易いことが分かった。今後の課題は、運転支援と振り返り支援の併用による行動変容効果の検証と、より小型のロボットを用いた実車両内による使用の検討が挙げられる。

## 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。また、佐藤太亮氏と小林悠氏にシステム開発へご協力頂いた。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] 桑田佳奈: 高齢ドライバ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] 内閣府: 平成 27 年度 第 8 回高齢者の生活と意識に関する国際比較調査 (2015)
- [4] 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)
- [5] 田中貴紘ほか: 高齢者を含む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 -, 自動車技術会論文集, Vol.48, No.1, pp.147-154 (2017)
- [6] 田中貴紘ほか: 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, HAI シンポジウム 2016 , G-4 (2016)
- [7] 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)
- [8] 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)
- [9] 日産自動車: コンセプトカー PIVO2, <http://www.nissan-global.com/JP/PIVO2/index.html>
- [10] 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/>
- [11] 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)
- [12] D.Parker and S.Stradling: Influencing Driver Attitudes and Behaviour, DETR Road Safety Research Report No.17, London: DETR (2001)
- [13] Ian Edwards: ドライバー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)
- [14] 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)
- [15] トヨタ自動車: KIROBO mini [http://toyota.jp/kirobo\\_mini/](http://toyota.jp/kirobo_mini/)
- [16] シャープ: RoBoHoN, <https://robohon.com/>
- [17] ヴイストーン: Sota, <https://www.vstone.co.jp/products/sota/>
- [18] 日本自動車工業会: 画像表示装置ガイドライン, <http://www.jama.or.jp/safe/guideline/>
- [19] 宇野宏: 高齢ドライバーの運転特性と支援技術, 高速道路と自動車, Vol.44, 11 号, pp.45-48 (2001)
- [20] T.Kanda: Research Trends towards Social Robots in HRI, Journal of the Robotics Society of Japan, Vol.29, No.1, pp.25, 2011.
- [21] 竹澤みどり, 小玉正博: 青年期後期における依存性の適応的観点からの検討, 教育心理学研究, Vol.52, pp.310-319 (2004)
- [22] J.G.Trafton et.al: Preparing to resume an interrupted task: Effects of prospective goal encoding and retrospective rehearsal, International Journal of Human-Computer Studies, Vol.58, pp.583-603 (2003).