

運転トピック遭遇時における認知機能の分析

Cognitive Function Analysis of Drivers on Driving Topics

○大桃悠生*, 佐藤和人*, 伊藤桃代**, 間所洋和*, 門脇さくら*

○ Yuki Omomo*, Kazuhito Sato*, Momoyo Ito**,
Hirokazu Madokoro*, Sakura Kadowaki*

*秋田県立大学, **徳島大学

*Akita Prefectural University, **Tokushima University

キーワード： 人間工学 (human engineering), 運転行動 (driving act/driving behavior),
行動観察 (behavior observation) ドライビングシミュレータ (driving simulator/DS)

連絡先： 〒 015-0055 由利本荘市土谷字海老ノ口 84-4 秋田県立大学 システム科学技術研究科
機械知能システム学専攻 脳情報工学研究室

大桃悠生, Tel.: (0184)27-2945, Fax.: (018)872-1673, E-mail: M19A005@akita-pu.ac.jp

1. 緒言

日本国内の交通事故による死者数は減少傾向にあるが、近年、高齢者ドライバによる誤操作や高速道路の逆走が原因とされる交通事故が特に問題視されるようになった。交通事故による年齢層別死者は、平成 29 年 6 月時点で、65 歳以上の高齢者が全体構成比の 54.4 % を占め、各年齢層ごとでは、80 歳代 (401 人, 構成比 23.9 %), 70 歳代 (354 人, 構成比 21.1 %), 60 歳代 (267 人, 15.9 %) の順となっており、ドライバーの年齢が高いほど多くの死亡事故が発生しているとわかる。¹⁾ また、過去 10 年の推移をみると、全体的には減少傾向 (平成 17 年の 0.62 倍) にあるものの、高齢者の減少率は低く、自動車等運転者による年齢層別死亡事故件数でも高齢者が 10 年連続で最も多いことが報告されている¹⁾。このように、高齢者ドライ

バによる交通事故は相対的に発生頻度が高く、かつ重度の傷害につながるリスクが高いことから、身近に迫りつつある超高齢化社会の到来に向けた対策が急務である。高齢者ドライバによる交通事故の要因として、認知・判断・操作に関する一連の運転動作の鈍化、複数作業への注意配分や集中力の低下によるハンドルやブレーキの誤操作、不注意や注意散漫による漫然運転など、高齢者特有の共通点の存在が考えられる。最近では、自動運転の取組みに象徴されるように、様々な交通事故予防安全システムが検討され、それらシステムの実用化が加速している。しかし、それらのシステムは車両の外部情報を収集・解析するものが殆どで、個々のドライバの運転特性に適応的に対処できないという問題点を有する。また、標準的な一般ドライバを基準とした予防安全技術では、認知・判断・操作に見られる高齢者特有の運転動作の鈍化等へ

の対応が困難であることから、高齢者ドライバーの運転特性に特化した予防安全システムへのアプローチが不可欠と考える。本研究では、特に致死率が高く、かつ重大事故につながり易い高速道路を対象に、事故を誘発し易い4つの状況（路肩の故障車、小動物の飛び出し、落下物、車線の減少）を運転トピックと定義し、時間帯（昼／夜）と交通流（追い越し車両：有り／無し）を制御した走行実験を行う。具体的には、各運転トピックに対する認知・判断・操作に係る一連の運転行動に着目し、一般ドライバー（若年者ドライバー）と高齢者ドライバーの運転特性を比較分析する。ここでは、運転特性を特徴付ける身体情報としてドライバーへの負担が少なく、かつ非拘束的な手段で取得可能な頭部姿勢・顔向き・視線、生体情報として心拍、操作情報としてハンドル・ブレーキ・アクセルの各操作量を取得し、高速道路で遭遇する運転トピックに対する高齢者ドライバーの特有の運転特性を明らかにする。

2. 関連研究

高齢者ドライバーの死亡事故に至る原因は運転操作不適が最も多く、身体的特性、心理的特性、運転的特性、社会的特性に起因する。身体的特性とは、運動能力といった身体機能の衰えを示す。それらの補助技術としては、ステアリング操作の運転負荷を低減し、運転に余裕を与えるシステムや障害物を認識し、衝突の可能性がある場合に速度を自動で低減し、被害を軽減するシステムが実用化されつつある²⁾。心理的特性とは、高齢者が複数情報の平行処理が苦手なことや自分本位になりがちな傾向をもっていることを指す。運転的特性とは、過去の経験にとらわれた「慣れ」やいわゆる「だろー運転」など運転時の意識や行動のミスマッチのことを指す。また、社会的特性とは、コミュニケーション

ン能力低下やモータリゼーションの影響の有無など、世代による特性の違いを示している³⁾。これら高齢者ドライバーの諸特性への対策として、高齢者一人一人が受け身ではなく、自ら交通安全への取り組みに参加してもらうことで安全運転への意識改革、動機づけを行うことができると提案されている³⁾。また、高齢者ドライバーが標識に対して指差し呼称を行うことで、注意力を向上が可能であること等が報告されている⁴⁾。更に、高齢者ドライバーの認知機能に関する研究として、高原ら⁵⁾は、一時停止場所でのその特徴を示し、音声案内型支援の一時停止支援システムの開発を通して、その有効性を示している。また、飯田ら⁶⁾は、高速道路における高齢者事故の事例として逆走プロセスの仮説構築を行い、逆走が起り易い時の高齢者ドライバーの心理状態や道路構成について確認している。しかしながら、高速道路における事故を誘発し易い状況（運転トピック）に着目した解析には至っていない。本研究では、時間帯と交通流を制御した走行実験を通して、運転トピックに対する認知・判断・操作に係る一連の運転行動を解析することにより、高齢者特有の運転特性について明らかにする。

3. 実験方法

3.1 実験環境

運転行動は多くの人々が毎日行っているが、実環境における道路上での実際の行動から、個人の運転行動特性を明らかにするためには多くの困難が伴う。例えば、運転行動はその時の道路環境や交通状況によって変化するものであり、実際の道路上では、その環境条件や交通状況を一定に保ち再現することができない。そのため、例え行動がばらついていても、それが交通状況の違いによるばらつきなのか、個人の中でのばらつきなのかを明確に区別することは

できない。本研究では、運転行動に影響を与える道路環境や交通状況を自由に設定して、それに対する運転行動を計測可能なドライビングシミュレータ (Driving Simulator : 以後 DS と略記する) を用いる。図 1 に実験システムの構成を示す。実験に用いた DS は、普通車と同程度の操作機器を具備したコンパクトで 6 軸モーション対応のプラットフォーム (SUBARU 型) で、キャビン前方にカラー液晶モニタ 3 画面を有し、水平視野角を自由に設定可能な疑似運転環境が再現できる機能を有する。また、ドライバの身体を拘束せずに頭部・顔向き・視線を計測するために、キャビン前方中央の液晶モニタの左右にカメラヘッドを、キャビン前方計測器の上部に赤外線ポッドを設置した。ここで、左右のカメラヘッドと赤外線ポッドは、頭部・視線追跡装置 (FaceLAB) の入力系センサーである。なお、複数の被験者による予備試験走行を通して、ステレオカメラヘッド及び赤外線ポッドの設置が運転時の妨げにならないことを確認している。さらに、ドライバの表情を撮影するために、キャビン前方中央の液晶モニタの上部に USB カメラ (Xtion pro Live) を設置した。

3.2 被験者と取得データ

本研究における実験プロトコルの詳細を図 2 に示す。初めに、各被験者の個人特性として、運転に取り組む態度、志向、考え方を運転スタイルチェックシート⁷⁾、どのような種類の運転負担を強く感じるかを運転負担感受性チェックシート⁷⁾を用いて質問紙方式の検査を実施する。1 回の走行実験は、生体情報として心拍計 (RS800CX) を被験者に装着し、事前に平常時における 1 分間の瞬時心拍数を計測する。次に、被験者の顔向きと視線の計測精度を向上させるために頭部・視線追跡装置 (FaceLAB) のカメラ校正を行なう。なお、被験者の表情を撮影するための USB カメラ (Xtion pro Live) で運転

時の顔動画を同時に記録する。これら事前準備の後、各計測装置の時間軸を同期させて、3.3 で後述する 4 種類の走行シナリオに沿って走行する。最後に、走行中にランダムに発生する事象に着目した問診表を用いて、運転トピックに遭遇した際の主観評価 (4 段階評価) も実施した。なお、全ての被験者に対して、秋田県立大学研究倫理審査会の承認を得た後、事前に実験内容を十分説明し、被験者の自由意志により書面により実験参加の同意を得た。特定の被験者からは、実験参加の同意と併せて顔画像掲載の許諾に関する同意も得ている。なお、被験者は若年者ドライバ 10 名 (A, B, C, D, E, F, G, H, I, Q : 平均年齢 22 歳), 高齢者 7 名 (J, K, L, M, N, O, P, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z : 平均年齢 64 歳) の計 26 名である。

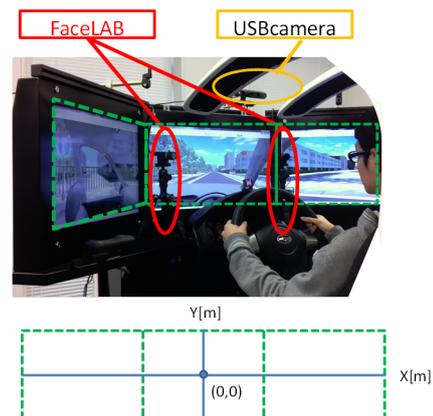


Fig. 1 実験環境

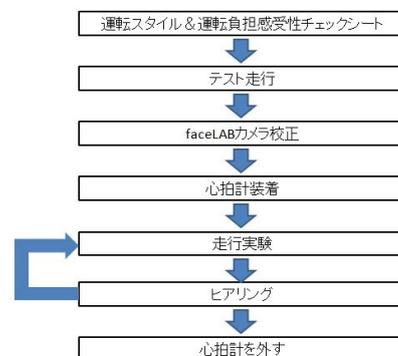


Fig. 2 実験プロトコル

3.3 走行コース・シナリオ

加速車線から高速道路へ合流する運転シーンから走行を開始する。1回の走行で発生する運転トピック（路肩の故障車、小動物の飛び出し、落下物、車線の減少）をランダムに設定し、各運転トピックに対するドライバー反応の計測点をFig7のように設定した。また、各運転トピックの様子をFig3～Fig6に示す。Fig3左の落下物は、走行車線の中央に落下物が設置され、進路を妨害する状態となる。右の小動物の飛び出しは、自車が定点を通過すると自車の前方左側から出現し、自車の進路を塞ぐように右側へと横断するように設定した。Fig4左の故障車は、大型トラックが故障によって路肩に駐車した状態を模擬した。右の車線減少では、追い越し車線が作業中により走行不可で2車線から1車線に減少する。なお、落下物、小動物の飛び出し、及び故障車の各運転トピックと自車が接触した場合は、「衝突」の文字が前方画面に表示されるが、走行実験は継続して実施可能である。次に、走行シナリオの概要を示す。時間帯による視認性の違いを考慮するために昼と夜の2種類の条件を、各運転トピックに遭遇する際の走行条件として、追い越し車両の有無の条件を併せて設定し、Fig5, Fig6に示すように時間帯（昼/夜）と交通流（追い越し車両：有り/無し）を制御した4種類の走行シナリオを定義した。各運転トピックの発生順序は、タイプA（落下物→小動物の飛び出し→故障車→車線減少）とタイプB（故障車→小動物の飛び出し→落下物→車線減少）の2パターンとした。なお、シナリオ1回の走行時間は7～10分程度で、各被験者には制限速度100(km/h)を遵守するよう口頭で指示すると共に、DS側で最高速度を120(km/h)に制限した。

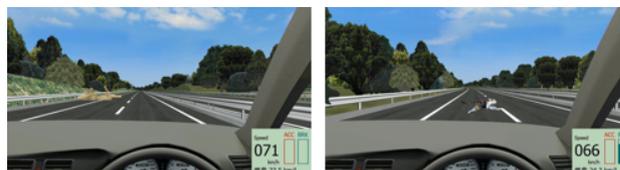


Fig. 3 落下物 (左), 小動物の飛び出し (右)



Fig. 4 故障車 (左), 車線減少 (右)



Fig. 5 昼 追い越し車無し (左)/有り (右)



Fig. 6 夜 追い越し車無し (左)/有り (右)

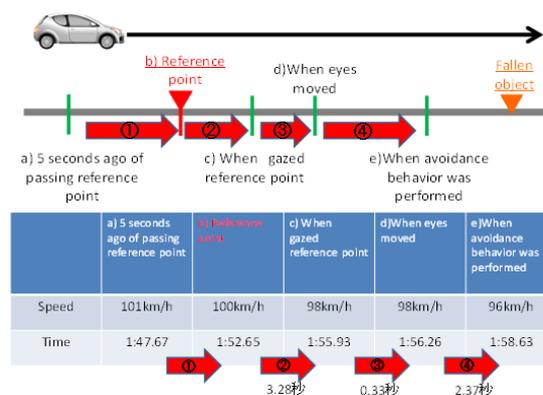


Fig. 7 回避行動分類

4. 実験結果

本研究では、落下物と小動物をデータを解析対象とし、ドライバの運転トピックに対する注視行動や車線変更に伴う安全確認行動に着目し、ドライバ反応の計測点と視線情報（ヒートマップ、サッケード）、運転特性や運転負担感受性の対応関係を検討する。落下物に対する各計測点に対応した運転行動の時系列変化を Fig7 に示す。各区間は、区間1は、a) 基準点通過の5秒前から b) 基準点通過時まで、区間2は、b) 基準点通過から c) 落下物注視時まで、区間3は、c) 落下物注視時から d) 周辺状況確認まで、区間4は、d) 周辺状況確認から e) 回避行動時までの各区間における回避行動区間を表している。この区間分類を基に、ドライバー間の運転行動時間、距離について比較分析を行う。

4.1 区間所要時間比較 若年者 高齢者

落下物における区間2から区間4における高齢者ドライバ、及び若年者ドライバの反応時間の分布をそれぞれの区間ごとに若年者と高齢者を比較すると、区間2では Fig8 左図に示すように、高齢者は大きな値をとり、落下物の認知に時間がかかる傾向が読み取れる。また、右図は左図に示した区間2所要時間と走行時の速度から基準点通過後から「落下物」を認知するまでに被験者が走行した距離を算出し、若年者と高齢者間で比較したものである。この右図においても高齢者は大きな値をとり、落下物の発見に時間がかかり、認知が遅れている傾向が読み取れる。区間3、区間4においては、高齢者、若年者間に大きな差は見られなかった。

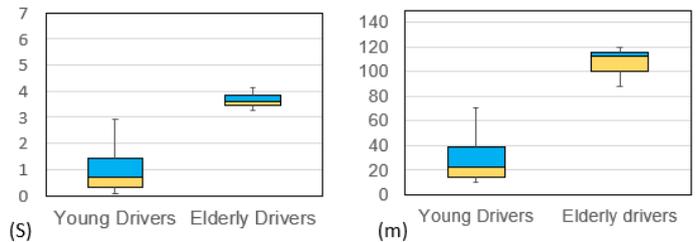


Fig. 8 区間2, 追い越し車無し
時間 (左), 距離 (右)

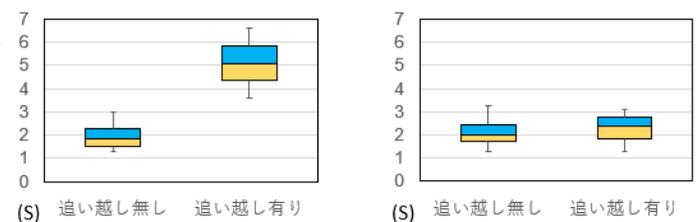


Fig. 9 区間2, 追い越し車無し/有り
若年者ドライバ (左), 高齢者ドライバ (右)

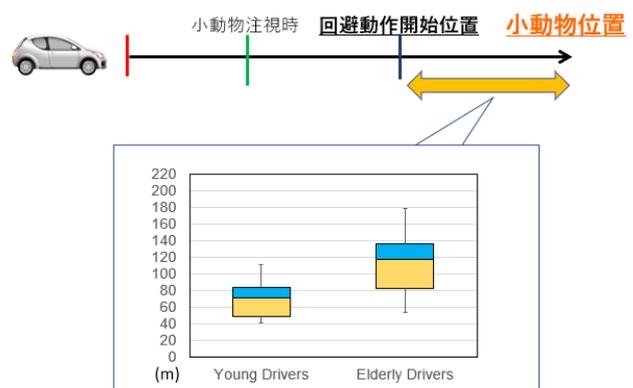


Fig. 10 小動物追い越しにおける回避行動
開始距離

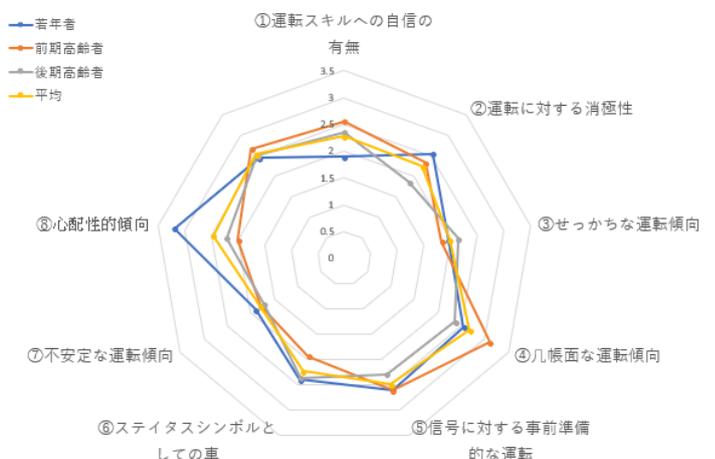


Fig. 11 運転特性

4.2 追い越し車有無による所要時間比較

区間2から区間4における追い越しの有無による反応時間の平均、ばらつきを区間ごとに同一被験者群間で比較を行った。その結果、視認性が悪い夜の時間帯での区間2において追い越し車の有無によって若年者、高齢者間に傾向に差が見られた。その結果を Fig9 に示す。若年者は追い越し車がある場合、無い場合に比べて、大きな値を示した。これは追い越し車の影響により、落下物の発見に時間がかかってしまったためだと考えられる。また高齢者は、追い越し車の有無による反応時間の大きな変化はなく、追い越し車による認知行動への影響はあまりないことが読み取れる。

4.3 小動物回避距離比較

小動物に対する回避行動と区間分類を Fig10 に示す。小動物を認知後、アクセル操作やハンドル操作等の回避行動を開始した地点を計測し、その地点を回避行動時位置とし、回避行動時位置と小動物との距離から被験者が何 m 手前から回避行動を開始したかを算出し、若年者、高齢者間で比較した結果を Fig10 に示す。また、視認性が悪い時間帯・夜、追い越し車両無しの条件において比較分析を行った。その結果、高齢者の方が小動物との距離を十分にとって回避行動に移行することが確認された。これは、高齢者は長年の運転経験によって小動物認知後、迅速に回避行動への判断が行われたためであると考えられる。

4.4 運転特性

運転特性として算出される尺度を用いて、チェックシートを元に分析を行った。各被験者の運転特性の解析結果を説明する。運転特性の値は、最小 1.00 から最大 4.00 までの値として算出され、数値が大きいほど傾向が強いことを意

味する。本研究では、高齢者を 65 歳未満を前期高齢者、65 歳以上を後期高齢者とし、若年者と合わせて三つのカテゴリに分類し、項目ごとに各被験者のスコアのばらつきを算出・比較した。結果を Fig11 に示す。運転特性スコアの大小と年齢間、前述の区間所要時間への相関性が見られた「3. せっかちな運転傾向」、「8. 心配性的傾向」の項目に焦点を当て分析を行った。また、社団法人人間生活工学研究センターが行った調査では、「3. せっかちな運転傾向」の平均値は 2.11、「8. 心配性的傾向」の平均値は 2.18 となっている。各運転特性のスコアの大小と先述の区間所要時間を比較すると、Fig12 に示すように「3. せっかちな運転傾向」においてスコアが高い被験者ほど、区間4(回避行動移行)時間が早い傾向を確認できた。次にカテゴリ間の差が最も大きかった「8. 心配性的傾向」において、各カテゴリ間の比較分析を行った結果を Fig13 に示す、これより「8. 心配性的傾向」においては、カテゴリごとに大きく差があり、各スコア群間の統計的有意差も確認できたことから、運転に対する「8. 心配性的傾向」の度合いは年齢によって大きく異なることが確認できた。この結果の理由として、若年者は運転経験の少なさから運転への不安が反映され、後期高齢者は、老化による自身の運転能力低下への不安が反映されたためであると考えられる。

4.5 運転負担感受性

運転負担感受性として算出される尺度を用いて、チェックシートを元に分析を行った。各被験者の運転負担感受性の解析結果を説明する。運転負担感受性の値は、最小 1.00 から最大 4.00 までの値として算出され、数値が大きいほどその項目において負担を感じる傾向が強いことを意味する。本研究では、前述の運転特性と同じく、高齢者においては 65 歳未満を前期高齢者、65 歳以上を後期高齢者とし若年者と合わせて

三つのカテゴリーに分類し、項目ごとに各被験者のスコアを平均値を算出・比較した。結果をFig 14に示す。運転負担感受性のスコアが区間所要時間への相関性が見られた「7. 経路把握や探索」の項目に焦点を当て、分析を行った。また、社団法人人間生活工学研究センターが行った調査では、「7. 経路把握や探索」の平均値は3.01となっている。各運転特性のスコアの大小と先述の区間所要時間を比較すると、Fig 15に示すように「7. 経路把握や探索」においてスコアが高い被験者ほど、区間2（認知）時間がおそい傾向を確認できた。これは経路把握や探索に負担を感じやすいため、運転トピックに対して十分注意を払えないためであると考えられる。

5. 結言

本研究では、高齢者ドライバ特有の認知・行動特性を明らかにするために、高速道路における事故を誘発し易い4つの状況（路肩の故障車、小動物の飛び出し、落下物、車線の減少）を運転トピックと定義し、時間帯（昼／夜）と交通流（追い越し車両：有り／無し）を制御した走行実験を通して、各運転トピックに対する認知・判断・操作に係る若年者ドライバと高齢者ドライバの運転特性を比較分析した。その結果として、一連の運転行動における高齢者の認知の遅れを明らかにできた。条件間の比較からは、若年者への追い越し車両有無の影響や高齢者の小動物への対応の早さから、認知後の安全運転への適切な判断力においては、運転歴の長い高齢者の方が優れていると考えられる。また運転特性や運転負担感受性などの心理的要素が実際の運転行動に影響を与えることが確認できた。今後の課題として、被験者を増やし、運転特性・運転負担感受性に基づいた高齢者・若年者間での分類することなどがあげられる。

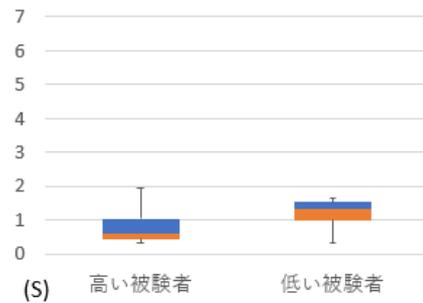


Fig. 12 「3. せっかちな運転傾向」
区間4 昼 追い越し無し

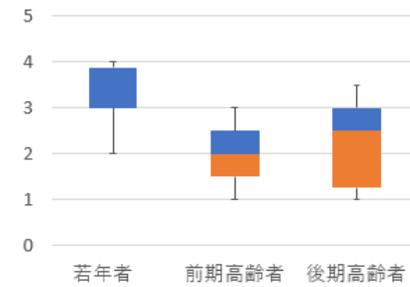


Fig. 13 「8. 心配性的傾向」
カテゴリ間スコア比較

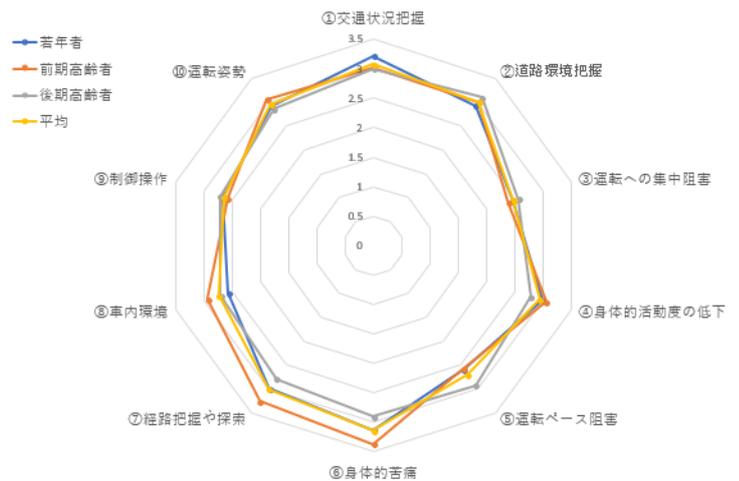


Fig. 14 運転負担感受性

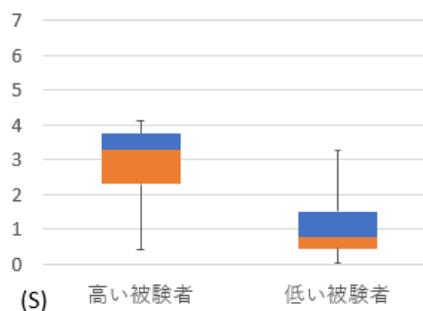


Fig. 15 「7. 経路把握や探索」
区間2 昼 追い越し無し

参考文献

- 1) 警察庁交通局 :平成 27 年上半期の交通死亡事故の特徴及び道路交通法違反取締り状況について, 警察庁交通局, <https://www.npa.go.jp/toukei/koutuu48/toukeipdf.htm> (1983)
- 2) 上地幸一, 高橋信彦:高齢ドライバーに対する安全への取り組み-, IATSS Review, Vol35, No.3, PP80(2011)
- 3) 鈴木春男:高齢ドライバーに対する交通安全の動機づけ-交通社会学的視点-, 国際交通安全学会誌, Vol35, No.3, PP53(2011)
- 4) 中野泰彦, 小島考雄, 河中治樹, 小栗宏次:指差し名称を用いた高齢者ドライバー交通事故削減のための注意力向上方法の検討, 電子情報通信学会論文誌, D 巻, J97-D 号 No.1, PP137(2014)
- 5) 高原美和, 國分三輝, 和田孝弘, 土居俊一: 高齢ドライバーにおける一時停止支援システムの研究, IATSS Review, Vol36, No1, PP10(2011)
- 6) 飯田克弘: 高速道路における逆走発生プロセスに関する仮説構築, タカタ財団助成研究論文, ISSEN2185-8950, PP20(2014)
- 7) 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 2002 年春季大会学術講演会前刷集, No.55-02, PP9-12(2002)