

高速道路を対象とした運転トピック遭遇時における認知機能の分析 (第 2 報) Analysis of Cognitive Functions in the Encountered State of Driving Topics on Expressways (The Second Report)

佐藤 和人* 大桃 悠生* ウ ハンウル* 伊藤 桃代** 間所 洋和* 門脇 さくら***
Kazuhiro Sato Yuki Oomomo Hanwool Woo Momoyo Ito Hirokazu Madokoro Sakura Kadowaki

1. はじめに

超高齢化社会が身近に感じられるような社会情勢を背景に[1], 高齢者ドライバによる交通事故が目立つようになってきていることから, 早急かつ効果的な対策が望まれている. 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が存在する. 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である.

先行研究 (第 1 報) [2]では, 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通して, 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することにより, 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, 落下物に対する認知・判断・操作に係る反応時間に注目すると, 高齢者ドライバは若年者ドライバより各反応時間が長く, 特に, 認知に関する反応時間が顕著であることが分かった. しかしながら, 解析対象の走行シナリオが限定的 (時間帯: 昼, 追い越し車両: 無し) であったこと, かつ高齢者ドライバの被験者数が少なかったことなどから, 得られた知見の有効性を示すまでには至らなかった. 本研究 (第 2 報) では, 高齢者ドライバの被験者数を増やし, 時間帯 (昼/夜) の変化による視認性の影響や追い越し車両の有無による周辺認知状況の変化を, 若年者ドライバと比較分析することにより, 運転トピック遭遇時における高齢者ドライバの運転特性を明らかにする.

2. 関連研究

高齢者ドライバを対象とした最近の研究では, 文部科学省の革新的イノベーション創出プログラムに採択された名古屋 COI プロジェクトが注目される[3]. 当該プロジェクトの一部として推進された人間加齢運転特性データベース (Dahlia) の構築では, 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ている[4]. ドライブレコーダによる実路走行データやドライビングシミュレータによる走行実験データを収集・分析し, 高齢者の認知機能や視機能と衝突率の相関関係を明らかにしている[5]. また, 高齢者ドライバの運転行

* 秋田県立大学, Akita Prefectural University

** 徳島大学, Tokushima University

*** Smart Design 株式会社, Smart Design Corp.

動改善を促すドライバエージェントを開発し[6][7], エージェントに対する受容性の評価実験を行った結果, 動画によるフィードバックを繰り返し体験することの有効性を示した[8][9].

高齢者ドライバの認知機能に関するこれまでの研究として, 高原ら[10]は, 一時停止場所での特徴を解析し, 音声案内型一時停止支援システムの開発を通して, システムの有効性を示している. また, 飯田ら[11]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の構築を行い, 逆走が発生し易い時の高齢者ドライバの心理状態や道路構成について確認している. 最近注目を集めている戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 自動走行システム研究開発分野では, 高速道路での自動走行や限定領域での無人自動走行を実現するための制度やインフラ整備が推進されつつある[12]. 和田ら[13]は, SAE レベル 2[14]による自動運転時の高速道路における高齢者ドライバと一般ドライバの周辺認知状況を比較検証し, SAE レベル 2 の準自動運転車 (プロパイロット) を利用したときの高齢者ドライバの特徴を分析した結果, 従来研究[15][16]と同様に, 周辺認知レベルが低下することを確認した.

しかしながら, 高速道路における路肩の故障車, 小動物の飛び出し, 落下物, 及び作業中による車線の減少等, 事故を誘発し易い状況 (運転トピックと定義) に着目した解析までは至っていない. 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, これら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, 高齢者ドライバの特有の運転特性を明らかにする.

3. 実験手法

3.1 実験プロトコル

本研究では, 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, 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. これら事前準備の後, 各計測装置の時間軸を同期させ, 後述する走行シナリオに沿って走行実験を行う. 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. 被験者の内訳は,

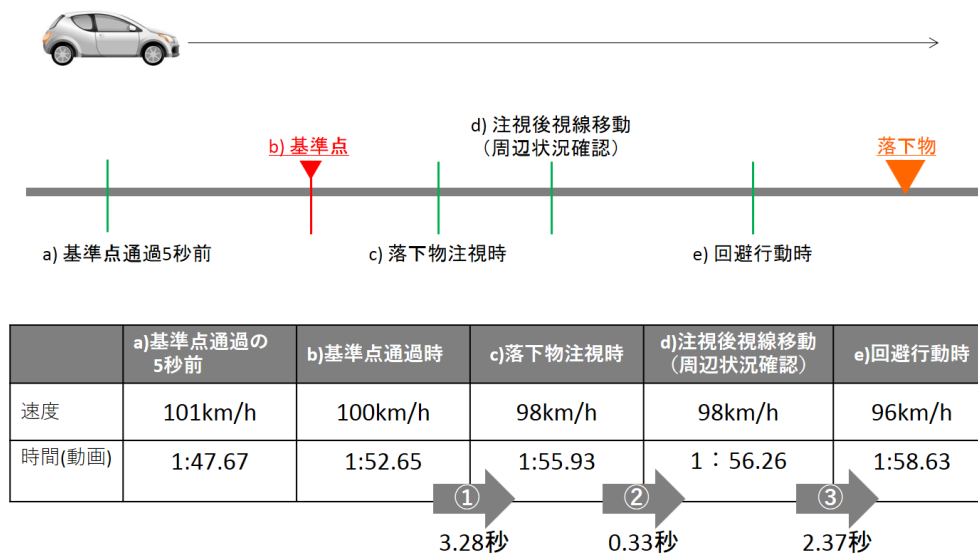


図1 運転トピックに対するドライバ反応の計測点

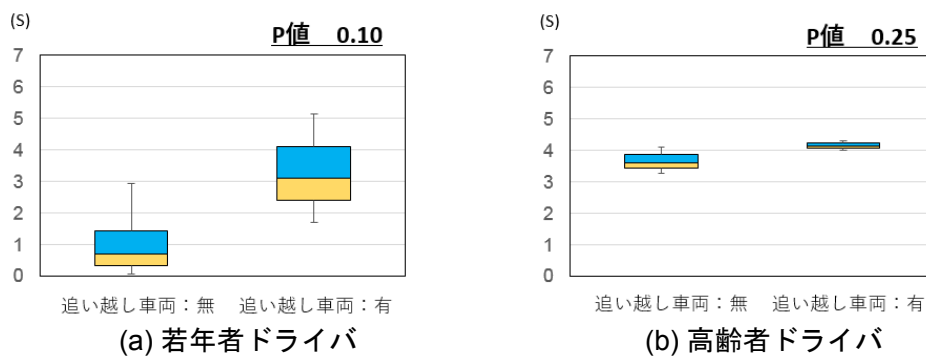


図2 時間帯(昼)における認知の反応時間

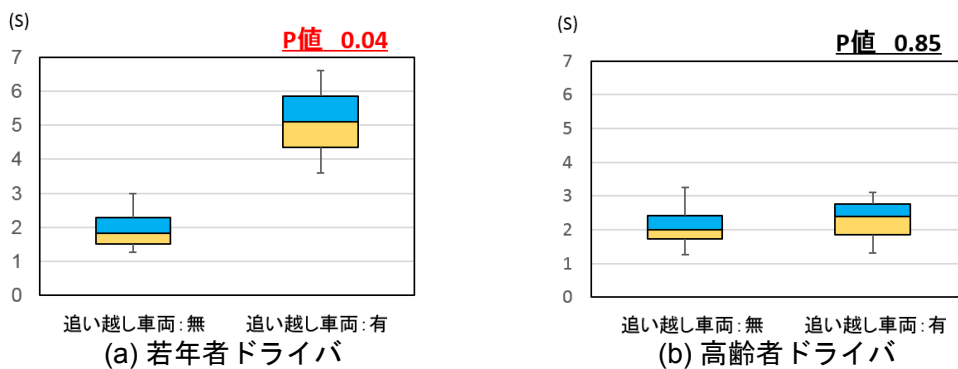


図3 時間帯(夜)における認知の反応時間

若年者ドライバ10名(男9名, 女1名:平均年齢20歳), 高齢者ドライバ16名(男13名, 女3名:平均年齢64歳)の計26名である。

3.2 運転トピックと走行シナリオ

走行実験で使用するコースは, 東北自動車道を模擬した片側2車線の進路変更の無い直進コースで, 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)はランダムに発生し, 各運転トピックに対するドライバ反応の計測点を図1のように設定した。ここで, ①はb)基準点通過からc)落下物注視時まで, ②はc)落下物注視時からd)周辺状況確認まで, ③はd)周辺状況確認からe)回避行動時までの経過時間である。なお, ①は「認知」に係る反応時間, ②は「判断」に係る反応時

間、③は「操作」に係る反応時間に相当する。

における認知の反応時間を示す。図中、(a)は若年者ドライ

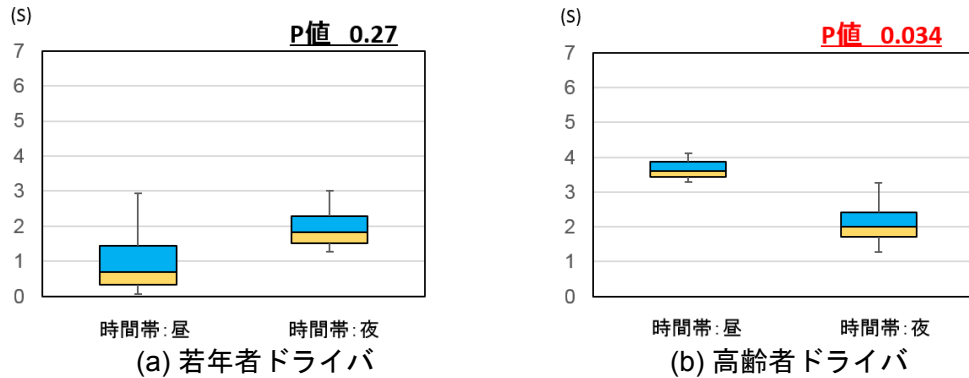


図4 追い越し車両（無）における認知の反応時間

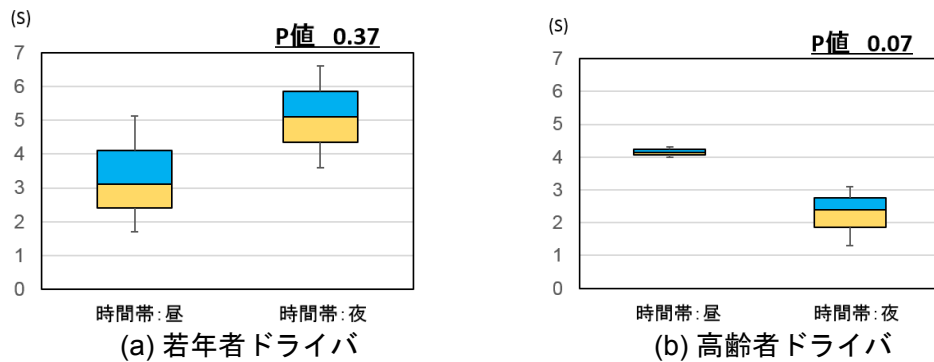


図5 追い越し車両（有）における認知の反応時間

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、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、ドライビングシミュレータ側で最高速度を120 (km/h) に制限した。

4. 実験結果と考察

先行研究（第1報）[2]の分析を更に発展させ、走行時間帯（昼/夜）の変化による視認性の影響や追い越し車両の有無による周辺認知状況の変化を、認知に係る反応時間と判断・操作に係る反応時間に着目して、高齢者ドライバと若年者ドライバの運転特性を比較分析する。

4.1 認知に係るドライバ反応の分析

認知に係るドライバ反応時間に関して、追い越し車両の有無による周辺認知の観点から分析を試みる。図2に「時間帯：昼」における認知の反応時間、図3に「時間帯：夜」

における認知の反応時間を示す。図中、(a)は若年者ドライバ、(b)は高齢者ドライバの結果で、追い越し車両の有無による反応時間の違いを表わしている。図2及び図3の若年者ドライバに着目すると、時間帯が昼夜共に、「追い越し車両：無」に比べて「追い越し車両：有」の反応時間が長く、特に「時間帯：夜」では統計的有意差（p値：0.04）が認められる。また、一般的な特性として、視認性が劣る夜間における反応時間が長い傾向が確認できる。一方、高齢者ドライバの場合、追い越し車両の有無による反応時間に差がほとんど認められず、かつ「時間帯：昼」に比べて「時間帯：夜」の反応時間が短くなる傾向が有る。

次に、走行時間帯の違い（昼/夜）による視認性の観点から分析を試みる。図4に「追い越し車両：無」における認知の反応時間、図5に「追い越し車両：有」における認知の反応時間を示す。図中、(a)は若年者ドライバ、(b)は高齢者ドライバの結果で、走行時間帯の昼夜による反応時間の違いを表わしている。図4及び図5の高齢者ドライバに着目すると、追い越し車両の有無に係らず、「時間帯：昼」に比べて「時間帯：夜」の反応時間が短く、特に「追い越し車両：無」では統計的有意差（p値：0.034）が認められる。一方、若年者ドライバの場合、走行時間帯の昼夜による反応時間に統計的有意差は認められないものの、「追い越し車両：無」に比べて「追い越し車両：有」の反応時間が長くなる傾向が有る。

以上に示した結果を基に、走行時間帯の昼夜と追い越し

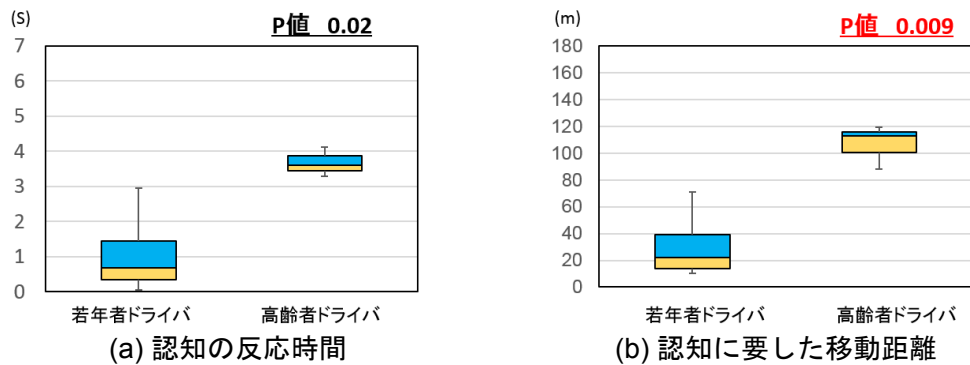


図6 時間帯(昼)かつ追い越し車両(無)における認知の反応時間と移動距離

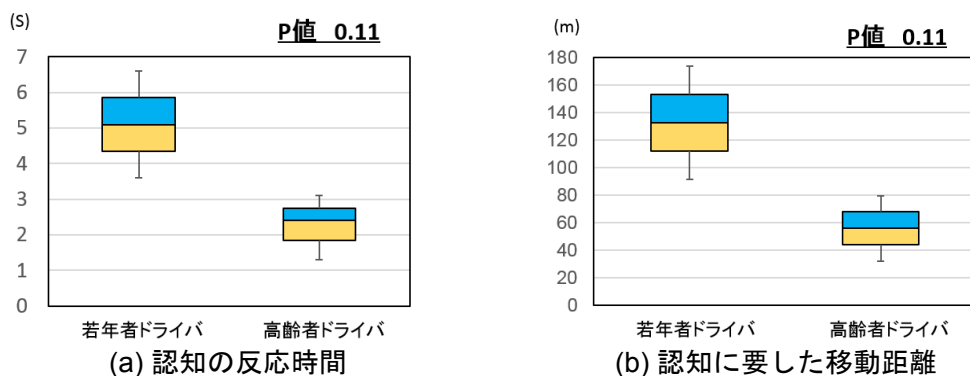


図7 時間帯(夜)かつ追い越し車両(有)における認知の反応時間と移動距離

車両の有無に関する条件を整理し、高齢者ドライバと若年者ドライバの認知に係る反応時間と認知に要した移動距離を比較分析する。図6に「時間帯: 昼」かつ「追い越し車両: 無」の結果、図7に「時間帯: 夜」かつ「追い越し車両: 有」の結果を示す。図中、(a)は認知の反応時間、(b)は認知に要した移動距離で、高齢者ドライバと若年者ドライバの違いを表わしている。図6の結果を分析すると、若年者ドライバに比べて高齢者ドライバの反応時間と移動距離が長く、特に移動距離には統計的有意差 (p 値: 0.09) が認められる。一方、図7の結果ではその傾向が逆転し、若年者ドライバに比べて高齢者ドライバの反応時間と移動距離が短くなっている。図6と図7の若年者ドライバに注目すると、日中に比べて夜間での反応時間と移動距離が長いことが確認できる。一般的には、日中に比べて夜間での視認性は悪くなるため、若年者ドライバの結果には妥当性が認められる。しかしながら、図6と図7の高齢者ドライバの結果では、同様の傾向が認められず、日中に比べて夜間での反応時間と移動距離が短くなっている。なお、走行試験終了後のアンケート調査によると、「夜間コースの方が落下物を確認し易かった」という意見が高齢者ドライバでは大多数を占めていた。その理由として、夜間走行時の注視対象領域が限定的に作用したことが一因と考えられる。

4.2 判断・操作に係るドライバ反応の分析

判断・操作に係るドライバ反応時間に関して、視認性の影響と追い越し車両の有無による周辺認知の観点から分析

を試みる。図8に「時間帯: 昼」における判断・操作の反応時間、図9に「時間帯: 夜」における判断・操作の反応時間を示す。図中、(a)は若年者ドライバ、(b)は高齢者ドライバの結果で、追い越し車両の有無による反応時間の違いを表わしている。図8及び図9の若年者ドライバに着目すると、「時間帯: 昼」では追い越し車両の有無による反応時間の差は認められないものの、「時間帯: 夜」では「追い越し車両: 無」に比べて「追い越し車両: 有」の反応時間が長く、統計的有意差 (p 値: 0.007) が認められる。一方、高齢者ドライバの場合、「時間帯: 昼」では「追い越し車両: 無」に比べて「追い越し車両: 有」の反応時間が長く、統計的有意差 (p 値: 0.024) が認められる。しかし、「時間帯: 夜」では追い越し車両の有無による反応時間に差がほとんど認められず、かつ「時間帯: 昼」に比べて「時間帯: 夜」の反応時間が短くなる傾向が有る。

次に、各ドライバにとって走行条件が一番厳しい環境（「時間帯: 夜」かつ「追い越し車両: 有」）に焦点を絞り、高齢者ドライバと若年者ドライバの判断・操作に係る反応時間と判断・操作に要した移動距離を比較分析する。図10は「時間帯: 夜」かつ「追い越し車両: 有」の結果で、図中、(a)は判断・操作の反応時間、(b)は判断・操作に要した移動距離で、高齢者ドライバと若年者ドライバの違いを表わしている。若年者ドライバに比べて高齢者ドライバの反応時間と移動距離が短く、かつ移動距離では統計的有意差 (p 値: 0.012) が認められる。これは、若年者ドライバに比べて高齢者ドライバは運転経験が豊富であることから、

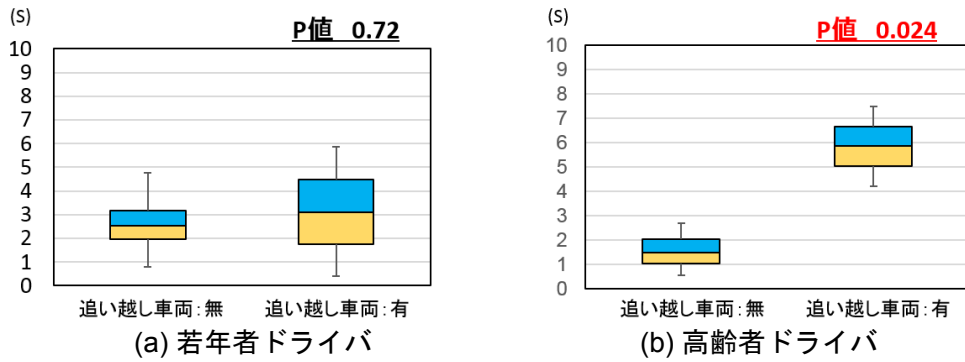


図8 時間帯（昼）における判断・操作の反応時間

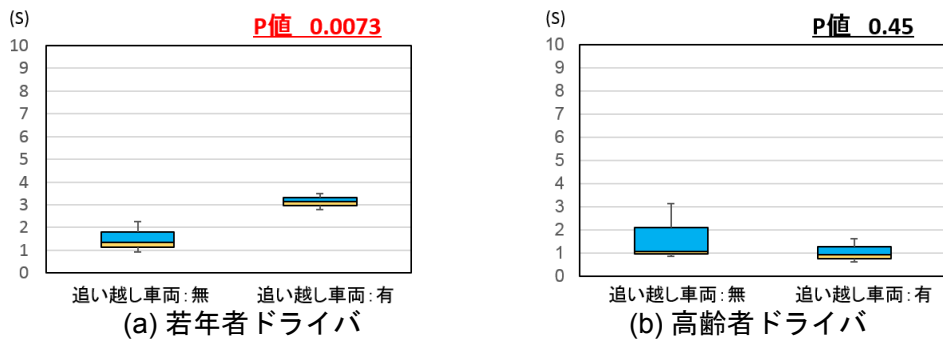


図9 時間帯（夜）における判断・操作の反応時間

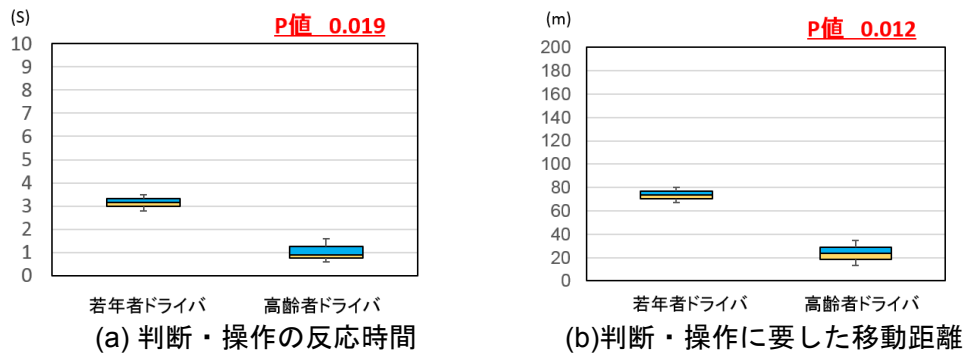


図10 時間帯（夜）かつ追い越し車両（有）における判断・操作の反応時間と移動距離

その経験知の差により認知後の判断・操作の一連の行動に違いが出たものと推察できる。

最後に、各ドライバの周辺認知の状態を定量的に評価するために、走行時間帯の違い（昼／夜）によるサッケードの発生回数に注目し、高齢者ドライバと若年者ドライバを比較分析する。図11は判断・操作に係る単位時間当たりのサッケード発生回数で、図中、(a)は「時間帯：昼」の発生回数、(b)は「時間帯：夜」の発生回数で、高齢者ドライバと若年者ドライバの違いを表わしている。ただし、(a) (b)共に追い越し車両の有無データを含む。「時間帯：昼」では若年者ドライバに比べて高齢者ドライバのサッケード発生回数が多い。しかし、「時間帯：夜」ではその差が認め

られない。その理由として、視認性が良好な昼の場合、高齢者ドライバはこれまでの経験知を基に安全確認のための周辺認知を若年者ドライバに比べて多く行ったためと推察する。一方、視認性が劣る夜間では、各ドライバの有効視野が狭くなることでサッケードの発生回数が抑制され、特に、高齢者ドライバに対してその影響が大きく作用したためと考える。

以上の結果を総合的に分析すると、一連の運転行動の中でも「認知」に係る反応時間は高齢化に伴い長くなるものの、その後の「判断・操作」に係る運転行動では、高齢者ドライバは経験知を有効活用した運転傾向が認められる。しかしながら、視認性が劣る夜間では、高齢者の有効視野

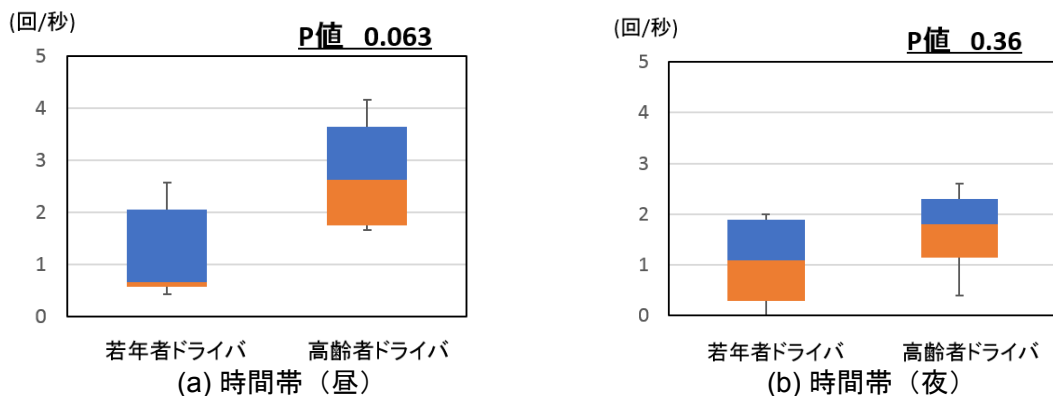


図11 判断・操作におけるサッケード発生回数

が狭くなるため安全確認のための周辺認知が阻害され易くなるものと推察する。

5. まとめ

高齢者ドライバの被験者数を増やし、時間帯(昼/夜)の変化による視認性の影響や追い越し車両の有無による周辺認知状況の変化を、若年者ドライバと比較分析することにより、運転トピック遭遇時における高齢者ドライバの運転特性を分析した。その結果、以下の点が明らかとなった。

- ・若年者ドライバは、時間帯が昼夜共に、「追い越し車両：無」に比べて「追い越し車両：有」の認知に係る反応時間が長く、特に「時間帯：夜」では統計的有意差 (p 値：0.04) が認められた。
- ・高齢者ドライバは、追い越し車両の有無に係わらず、「時間帯：昼」に比べて「時間帯：夜」の認知に係る反応時間が短く、特に「追い越し車両：無」では統計的有意差 (p 値：0.034) が認められた。
- ・「時間帯：昼」かつ「追い越し車両：無」の場合、若年者ドライバに比べて高齢者ドライバの認知に係る反応時間と移動距離が長く、特に移動距離には統計的有意差 (p 値：0.09) が認められた。
- ・若年者ドライバは、「時間帯：夜」の場合「追い越し車両：無」に比べて「追い越し車両：有」の判断・操作に係る反応時間が長く、統計的有意差 (p 値：0.007) が認められた。
- ・高齢者ドライバは、「時間帯：昼」の場合「追い越し車両：無」に比べて「追い越し車両：有」の判断・操作に係る反応時間が長く、統計的有意差 (p 値：0.024) が認められた。
- ・「時間帯：夜」かつ「追い越し車両：有」の場合、若年者ドライバに比べて高齢者ドライバの反応時間と移動距離が短く、かつ移動距離では統計的有意差 (p 値：0.012) が認められた。

今後は、本研究で得られた知見を基に、高齢者ドライバを対象とした危険運転予測モデルを構築し、精度向上を目指したい。

謝辞

本研究は、NEXCO 東日本㈱の技術研究助成により実施されました。ここに、深謝致します。

参考文献

- [1] 総務省統計局：平成30年3月人口推移 (2018)
- [2] 佐藤和人, 大桃悠生, 伊藤桃代, 間所洋和, 門脇さくら, 高速道路を対象とした運転トピック遭遇時における認知機能の分析, 第17回情報科学技術フォーラム, M-009, pp.215-220, 2018.
- [3] 田中貴紘他, 運転支援エージェントの形態と注視行動の関与分析—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—, 信学技法, 117(72), pp.13-18, 2017.
- [4] 青木宏文他, 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予稿集 (2015)
- [5] 田中貴紘他, 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, Human-Agent Interaction Symposium 2016, G-4, 2016.
- [6] 田中貴紘他, 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, 48(1), pp.147-154, 2017.
- [7] T. Tanaka et al., “Study on Driver Agent based on Analysis of Driving Instruction Data—Driver Agent for Encouraging Safe Driving Behavior (1)—, IEICE Transactions on Information and Systems, vol. E101-D, No.5, 2018.
- [8] 藤掛和宏他, ドライバエージェントの形態の差異に対する高齢者の主観的評価の比較, 日本人間工学会, 53, pp.214-224, 2017.
- [9] 藤掛和宏他, ドライバエージェントの振り返り支援による運転行動改善の検証—運転寿命延伸を目指したドライバ運転特性研究 (13) —, 自動車技術会 2018 年春季大会学術講演会予稿集 (2018)
- [10] 阿部他, ドライバの視覚的な注意に対する認知負荷の影響, 日本機械学会論文集(C編), Vol.76, No.767, pp.14-20 (2010)
- [11] 本間他, 低覚醒時におけるドライバの視認行動特性, 自動車技術会論文集, Vol.42, No.5, pp.1217-1222 (2011)
- [12] 内閣府政策統括官：戦略的イノベーション創造プログラム SIP 自動走行システム研究開発分野, pp.2, 2017.
- [13] 和田脩平他, 高速道路における準自動運転車利用時の高齢者および一般ドライバの周辺認知に関する研究, 自動車技術会 2018 年春季大会学術講演会予稿集 (2018)
- [14] Society of Automotive Engineers (SAE): Autonomous car driving levels (SAE J3016), Sep. 2016.
- [15] Chiyomi Miyajima, et al., “Analyzing Driver Gaze Behavior and Consistency of Decision Making During Automated Driving,” 2015 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Seoul, Korea, 2015.
- [16] Lisa J. Molnar et al., “Age-Related Differences in Driver Behavior Associated with Automated Vehicles and Transfer of Control between Automated and Manual Control: A Simulator Evaluation. Technical Report, UMTRI 2017-4, University of Michigan Transportation Research Institute, 2017.