

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：33803

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K15245

研究課題名（和文）運転支援システムの導入による行動変化の心的メカニズムの解明：視覚的注意の観点から

研究課題名（英文）The influence of ADAS on driver's behavior and its psychological mechanism: From the view of visual attention

研究代表者

紀ノ定 保礼 (Kinosada, Yasunori)

静岡理工科大学・情報学部・准教授

研究者番号：00733073

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本課題は運転支援システムの導入が交通参加者の行動に及ぼす影響を、視覚的注意の観点から理解するための心理学的研究であった。採択期間中にコロナ禍が発生し、オンライン会議が急速に社会に浸透した。運転中にオンライン会議に参加するドライバーが存在するため、オンライン会議のアプリケーションには、運転に悪影響を及ぼさないよう機能を制限するメニューが存在するが、それでも運転中のオンライン会議参加はドライバーの視覚的注意を阻害することを実験で検証した。また、レベル3自動運転における運転交替の要請に注目し、運転に復帰したドライバーが交通環境内の危険を検出するために必要な時間を同定するための研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では運転中のオンライン会議という、社会的に新規な行為において、ドライバーの視覚的注意が阻害されることを示した。この知見は、携帯電話の通話に関する従来の知見の概念的追試という学術的意義に加えて、安全教育の観点で社会的意義がある。さらに、交通環境から危険事象を検出するために必要な時間を調べた実験では、先行研究の概念的追試に成功したとともに、新たに信号検出理論を適用した分析により加齢に伴う危険検出成績の低下原因を考察できた。この知見は、レベル3自動運転における運転交替の要請など、瞬間的に交通環境の危険性を判断すべき状況において、アラートを出すタイミングの工学的設計などに応用できる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to understand the impact of driver assistance systems on the road user's behavior from the view of visual attention. During this project, the COVID-19 pandemic emerged, and online meetings rapidly became widespread in society. Due to the fact that some drivers participate in online meetings while driving, applications for online meetings have features to limit functionality to avoid negatively affecting driving. Nonetheless, this study experimentally showed that participation in online meetings while driving impairs drivers' visual attention. Additionally, focusing on the "request to intervene" in Level 3 autonomous driving, this study conducted experiments to identify the time required for drivers to detect hazards within the traffic environment. Older drivers required longer time to observe traffic scenes than younger drivers. Moreover, their eye movements were recorded to understand the characteristics of visual attention during searching hazards.

研究分野：認知心理学

キーワード：運転支援システム 注意

1. 研究開始当初の背景

本課題を計画した当時、ドライバーが運転支援システムを利用することでどのように行動が変容するかについて、多くの研究がおこなわれていた。ドライバーはシステムを「信頼」することで、運転に対する関与が減少し、本来ドライバーに期待される行動が適切に行われない可能性がある。このような負の行動変容は「リスク補償行動」とよばれ、交通行動のみならず、様々なリスク環境下において研究されてきた。例えば、自動的に前方車両を追従する、Adaptive Cruise Control (ACC)を使用することで、ACCが対応できないような事態(急な側方からの割り込み)におけるブレーキ反応が遅延することが報告されている(e.g., Larsson et al., 2014)。運転支援システムは交通事故の発生確率を下げ、安全を向上すると期待されるが、もしリスク補償行動が生じてしまうとすれば、本来期待される安全が割り引かれてしまうことになる。そこで、運転支援システムが導入されることで、道路利用者の行動にどのような変化が及ぶか(例: リスク補償行動)や、その生起メカニズムを理解し、必要に応じて対策を講じることが重要となる。

2. 研究の目的

本課題では、システムに対する信頼により、交通環境に対する視覚的注意(視覚的に環境内の情報を取捨選択する認知的機能)が低下することが、リスク補償行動の主要な原因であると仮説を立て、実験により検証を試みた。すなわちドライバーは、システムが運転の負荷を低下させると期待することで、環境から視覚的に情報を獲得する動機づけが低下し、視覚的注意が低下すると考えた。このようにリスク補償行動の背後の心的メカニズムを理解することで、システムが社会受容される際の適切な広告や安全教育の検討、新たな技術開発につなげられる可能性がある。

3. 研究の方法

運転支援システムの開発状況など様々な社会情勢の変化に基づき、本研究課題の申請時の構想よりも、本課題で扱うドライバーの行動を拡張することにした。

(1) 研究1: 運転中のオンライン会議参加がドライバーの視覚的注意に及ぼす影響

2020年から始まったコロナ禍により、社会において急速にオンライン会議が普及した。他者との濃厚接触を避ける必要があったコロナ禍において、任意の環境で会議に参加できることの利便性は極めて高く、スマートフォンやタブレットなどの形態性が高いデバイスでも、アプリケーションをインストールすることでオンライン会議の参加が可能になった。このような事情から、自動車運転中にオンライン会議に参加するユーザが存在している。アプリケーションの中には、運転中に使用した場合に妨害となる可能性を考慮して、デフォルトで機能を制限するモードを備えているものもある。このような状況で運転中にオンライン会議に参加することは、いわばアプリケーションを信頼しながら運転することを指す。

画面を注視することなく、音声情報のやりとりだけであれば、ハンズフリーの携帯電話による通話(以下、通話と略記)と同様の作業を行っていることになるが、通話とオンライン会議の参加(以下、会議と略記)には、次の差異が存在する場合がある。二者が交互に発話を行うことが多い通話と比べて、会議では複数人が参加することが多い関係上、他者の発言を聴取する時間帯と、発話する時間帯が明確に分かれていることが多い。発話中の方が聴取中よりも視覚的注意を低下させやすいが(e.g., Strayer et al, 2015)、聴取し続ける時間が長い会議では、その時間における他者の発言内容を正確に要約して整理し、自身の考えと相対化することが難しくなるため、聴取時でも発話時と同様に視覚的注意が阻害される可能性がある。上記のようなオンライン会議の特徴は、先行研究が検証してきた運転中の通話やオーディオブック聴取の影響とは異なる影響をもたらす可能性があるため、検証を行った。

本研究では、ドライビングシミュレータ(三咲デザイン合同会社製 Sirius)によって仮想的な交通環境の運転を実験参加者に求めた。参加者(n = 16、平均 21.06 歳)は統制条件と会議条件の2条件で実験に参加した。条件の順番はカウンターバランス化した。統制条件では、参加者は12分間運転に専念することができ、前方を走行する2台の車両がブレーキランプを点灯したら、素早く正確にハンドルに装着されたパドルシフトを引くことが求められた。ブレーキランプは、5秒に1回のペースで、2台の車両のうちいずれかがランダムに点灯した。ただし20%の確率でブレーキランプが点灯しない場合もあった。会議条件では、参加者は同様の実験を、運転中のオンライン会議を模した状況で遂行した。12分の走行は事前に3分×4ピリオドに分割されており(以後、ピリオド0~3)、ピリオド0と1では他者の発言を聴取した。ピリオド2では、それまでの聴取内容を要約するとともに、自身の意見を開陳した。ピリオド3では再び他者の意見を聴取した。ピリオド3終了後は、再び聴取内容を要約し、自身の意見を開陳した。会話条件において呈示されたオンライン会議の音声は、事前に予備調査を経たうえで2名の研究協力者が作成した、架空のものであった。実験参加者が大学生であることを前提とし、大学生にとって関心の

高いと考えられる話題である、学費値上げに関して、大学と保護者の間の議論を模した音声を作成した。

(2) 研究 2-1 : ハザード (危険事象) 知覚に必要な時間の推定

レベル 3 自動運転において、特定の条件の下で、ドライバーはシステムに運転を任せ副次的作業に従事できるが、システムから運転交替を要請された場合には、素早く手動での運転に復帰する必要がある。このときドライバーは交通環境に対して視覚的注意を配分し、状況を理解し、適切な行動を遂行する必要がある。ドライバーが高い確率で環境内の危険を検出できる観察時間を推定することで、運転交替の要請を出すタイミングなどの工学的設計や安全教育に知見を活かすことができると考えられる。

ハザード知覚は交通心理学的研究の主たる関心の一つであり、古くから数多くの研究がハザード知覚に影響を及ぼす要因の推定に取り組んできた。一方で、そもそもヒトはハザード知覚にどの程度の時間がかかるのかに取り組む研究は少なかった。近年、Wolfe et al. (2020) が心理物理学的手法によりこの問いに挑み、高齢者と若年者がハザード知覚に平均的に要する時間を推定した。

本研究では Wolfe et al. (2020) の概念的追試を行い、高齢者と若年者がハザード知覚に平均的に要する時間の推定を試みた。Wolfe et al. (2020) は、階段法により実験参加者に呈示する交通環境の映像の時間を少しずつ操作し、平均的に高齢者は約 400msec、若年者は約 220msec あれば高い確率で映像内にハザードが存在したか否かを正しく知覚できると報告した。もしこの知見が正しければ、映像を 300msec と 500msec 呈示したとき、300msec ではハザード知覚の成績に年齢差が認められるが、500msec では年齢差があるとはいえないと考えられる。

(3) 研究 2-2 : ハザード (危険事象) 知覚に必要な時間の推定に関する再現性の確認と統計モデリング

後述するように、研究 2-1 において仮説を支持する結果が得られたため、その再現性の確認を行った。研究 2-1 との主な違いは次の 2 点である。第一に、研究 2-1 では対面で実験を実施したが、研究 2-2 ではインターネットを通じて実験に参加いただくオンライン実験として遂行した。第二に、研究 2-2 では呈示する映像の本数を倍にした。これは後述する統計モデリングを行う際のパラメータ推定をしやすくするためである。ただしこれにより参加者の疲労が懸念されたため、ハザードの有無に関する回答には時間制限を設けないこととした。

(4) 研究 2-3 : ハザード (危険事象) 知覚における眼球運動の役割に関する探索的検討

後述するように研究 2-2 において、反応バイアス (ハザードがある、または、ないと判断しやすい傾向) ではなく、感度 (ハザードの検出しやすさ) が、高齢者の方が若年者よりもハザードの検出に時間がかかることの原因である可能性が見いだされた。そこで研究 2-3 では、映像観察中の眼球運動を計測することで (Tobii Pro フュージョン 120Hz を使用) 素早いハザード知覚における情報探索の特徴を調べた。交通環境を観察中のドライバーの眼球運動を計測した研究は多いが、本研究のように極めて短時間の映像観察中における眼球運動を計測した例はほとんどなかったため、明確に仮説を設けず探索的に検証を行うこととした。

(5) 研究 3 : 社会経済的地位とギャップアクセプタンス行動の関係

運転支援システムが導入されることによるドライバーの行動変容を調べるためには、そもそもシステムを利用しない状況におけるデフォルトの行動に関する知見を基礎データとして蓄積することが重要である。交通事故の多くは交差点付近で発生しているが (内閣府, 2024) 交差点における安全性を左右するドライバーの行動がギャップアクセプタンスである。ギャップアクセプタンスとは、接近車両が存在する際に交差点や道路を通過する行動を指す。ギャップアクセプタンスを安全に遂行するためには、車両の速度や距離などの環境の物理的情報を正確に知覚する必要があるため、これまで知覚・認知心理学の観点からギャップアクセプタンスの個人差が研究されてきた。一方で、安全な横断が困難なタイミングにおいて接近車両側に道を譲らせることで強引に横断する、社会的行動としてのギャップアクセプタンスの個人差はほとんど研究がおこなわれていない。そこで、将来的に運転支援システムの導入による影響を検証するための基礎データとして、利己的行動との関係が報告されている社会経済的地位とギャップアクセプタンスの関係を検証した。

日常的に自動車を運転するドライバーを対象としたオンラインアンケート調査において、回答者の社会経済的地位を測定した。また無信号交差点で待機するドライバーの映像を呈示し、横断を断念する時点で動画の停止を求め、社会経済的地位と横断タイミングの遅速との関係を検証した。さらに紀ノ定・清水 (2017) や、志水・清水・紀ノ定 (2021) に基づき、社会経済的地位は心理的特権意識を媒介して横断を断念する時点を遅くするかどうかを検証した。

4. 研究成果

(1) 研究1: 運転中のオンライン会議参加がドライバーの視覚的注意に及ぼす影響

ピリオド0~3のうち、実験開始直後のピリオド0は、ドライビングシミュレータの慣熟走行期間として設定されたため、ピリオド3水準(1, 2, 3)×2条件(統制、会議)の各組合せについて成績を求めた。この際、16名の実験参加者のうち、1名はチャンスレベルである50%を下回った条件が存在したため除外し、15名について分析を行った。

会議条件では統制条件よりも、ブレーキランプが点灯した際の反応時間が長く、運転中のオンライン会議参加によりドライバーの視覚的注意が阻害され、追突リスクが上昇する可能性が示された。運転中のオーディオブックの聴取は発話に比べて認知的負荷が小さいことが報告されているが(Strayer et al., 2015) 会議という性質上、聴取中に内容の整理や要約を行う必要があると認知的な負担が増加する可能性がある。また、会議の有無にかかわらず、運転を継続することによって、走行位置の水平方向への逸脱距離(すなわち、走行位置が車線中央からどれだけ左右にずれていたか)が大きくなることが判明した(紀ノ定, 2022)。

(2) 研究2-1: ハザード(危険事象)知覚に必要な時間の推定

若年者・高齢者それぞれ10名が実験に参加した。仮説通り、映像を300msec呈示した場合には高齢者は若年者よりもハザードを正しく検出できた割合が低かった。一方、映像を500msec呈示した場合は、高齢者の検出率は若年者に追いついた。以上より、Wolfe et al. (2020)の概念的追試に成功したと考えられ、ハザードの検出には平均的に高齢者は約400msec、若年者は約220msecの観察が最低でも必要だと考えられる。

(3) 研究2-2: ハザード(危険事象)知覚に必要な時間の推定に関する再現性の確認と統計モデリング

若年者25名・高齢者26名の有効データを分析した。交通環境の映像を500msec以上観察すれば、高齢者と若年者のハザード検出率に差はないと仮説を立てたが、帰無仮説検定に基づく分析では、この仮説を積極的に支持することはできない。そこで(a)帰無モデル(全呈示時間条件において若年者と高齢者の平均検出率が等しいモデル)、(b)仮説モデル(映像を300msec観察する条件においてのみ高齢者は若年者より平均検出率が低く、500msec以上観察する条件では若年者と高齢者の平均検出率は等しいモデル)、(c)飽和モデル(全映像観察時間の条件において、平均検出率に年齢差が認められるモデル)の3つのモデルのパラメータをベイズ推定し、ベイズファクターを計算することでどのモデルが最もデータと整合的か評価した。その結果、仮説モデルが相対的に支持され、やはりWolfe et al. (2020)の概念的追試や、研究2-1の直接的追試に成功したといえる。

また信号検出理論のベイズ統計モデリング(Lee & Wagenmakers, 2013)を援用し、感度と反応バイアスのどちら(あるいは両方)が、300msec条件において高齢者が若年者よりハザード検出率が低いことの原因かを探索的に検討した。300msec条件において高齢者と若年者の(a)感度のみが異なる、(b)反応バイアスのみが異なる、(c)感度と反応バイアスの両方が異なる、という3つのモデルを立て、パラメータをベイズ推定し、ベイズファクターを計算したところ、感度のみが異なるモデルが最もデータと整合的であり、加齢に伴い、環境の物理的特徴に関する知覚が低下することが、短時間のハザード検出成績の低下の原因である可能性が示唆された(紀ノ定・山泉・川島, 2024)。

(4) 研究2-3: ハザード(危険事象)知覚における眼球運動の役割に関する探索的検討

研究2-3を踏まえて、映像観察中のドライバーの眼球運動を計測することで、若年者と高齢者の視覚的注意の特性を探索的に検証した。日常的に自動車を運転する若年者13名と、比較対象として高齢者3名の協力を得た。まず映像中のハザード位置をAOI(Area of Interest)と定義し、AOI内に注視点が入った割合を年齢間で比較を試みた。しかし解析を行った結果、AOI内に注視点が入ることが非常に少なく、ほとんどの場合において、ドライバーは周辺視でハザードを検出していることが判明した。そこで注視点がAOIに入ったか否かにかかわらず、映像観察中における水平方向の眼球運動の標準偏差を年齢間で比較した。探索的実験であったため、特に高齢者の実験参加者数が少ないことに留意が必要ではあるが、平均的に若年者の方が水平方向の眼球運動の標準偏差が大きく、短時間の観察であってもより広い範囲を探索していた。研究2-1や研究2-2の知見と総合すると、若年者は短時間の観察であっても高い確率で交通環境内のハザードを検出することができ、ハザードの付近(ただし同位置ではない)へ素早く視線を移動させることが可能と考えられる。

(5) 研究3: 社会経済的地位とギャップアクセプタンス行動の関係

273名の有効データを分析した。仮説通り、主観的な社会経済的地位が高いドライバーほど、心理的特権意識を媒介して、より遅いタイミングでも横断可能と判断していた。この知見は運転支援システムを利用しない状況を想定したプロセスであったため、今後は運転システムの導入

がどのような調整効果をもたらすか(例:自車両が運転支援システムを搭載していると、システムによる自動制御を想定したうえで横断可否を判断する必要があるため、横断を断念するタイミングが変化する)を調べる意義がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 紀ノ定保礼	4. 巻 52
2. 論文標題 自転車利用者の道を譲られる期待と横断意図の関係 - 若年者と高齢者の比較 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 交通科学	6. 最初と最後の頁 13-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.34398/kokaken.52.1_13	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 紀ノ定保礼	4. 巻 38
2. 論文標題 運転支援システムとどのように付き合うか - 道路利用者の注意と信頼 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本ロボット学会誌	6. 最初と最後の頁 28-31
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 紀ノ定保礼・山泉健・川島朋也
2. 発表標題 高齢期におけるハザード知覚の低下に関するベイズ統計モデリング
3. 学会等名 日本認知心理学会第22回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 紀ノ定保礼
2. 発表標題 運転中のオンライン会議参加がドライバーの視覚的注意に及ぼす影響
3. 学会等名 日本心理学会 第86回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川島朋也・木村司・紀ノ定保礼・篠原一光
2. 発表標題 車載機器の通知を模した刺激の提示による注意の妨害
3. 学会等名 一般社団法人交通科学研究会 令和4年度研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 紀ノ定保礼
2. 発表標題 運転中における認知的負荷が視覚的注意に及ぼす影響のモデリング
3. 学会等名 日本計算機統計学会 第35回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 紀ノ定保礼
2. 発表標題 目標の切替がレベル1自動運転車両に乗車中の視覚的注意に及ぼす影響
3. 学会等名 日本交通心理学会第86回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 紀ノ定保礼
2. 発表標題 課題目標の切替が運転中のヴィジランス低下に及ぼす影響
3. 学会等名 日本心理学会 第83回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 紀ノ定保礼
2. 発表標題 運転支援システムの有無が周囲のドライバーの注意や行動に及ぼす影響
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------