

令和元年5月23日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04424

研究課題名(和文) 運転支援システム動作状況において前方監視を行っているドライバ行動に関する研究

研究課題名(英文) A Study on Drivers Behavior Under Highly Automated Driving Conditions

研究代表者

萩原 亨 (HAGIWARA, TORU)

北海道大学・工学研究院・教授

研究者番号：60172839

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,160,000円

研究成果の概要(和文)：SAEレベル2(以降、システム)の利用時のドライバの運転行動に関する研究を行った。実験参加者は、高齢および一般運転者とした。高齢運転者は、運転中にシステム解除があると戸惑いを感じる場合が多く、システム利用の抵抗感につながっていた。また、高齢運転者はシステムとの協調が一般ドライバよりうまくなく、システム解除などの操作時に不安定な運転行動となる場合が多くみられた。さらに、高速道路でシステムを用いたとき、高齢運転者および一般運転者とも周辺認知レベルが低下した。システムの動作を分かりやすく示すと同時に周辺認知レベルの低下をカバーするヒューマン・マシン・インターフェースの開発が望まれる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

SAEレベル2においてドライバは自動運転に関するシステムの監視タスクを行い、危険と思えるときにはシステムに代わって運転を行う。システムが運転支援を行うことから、交通事故の原因であるドライバの見込み違いが減り、事故の減少に寄与する。特に、高齢運転者の事故減少が期待できるが、高齢運転者がシステムを誤解して利用しないか、運転時にシステムに頼ってしまい周辺認知状況が低下するのではないかなど新しいリスクが懸念される。本研究は、高齢および一般ドライバがシステムを使ったときの運転行動の特徴とその課題に関する基礎的な知見を示した。システム利用時の新しいリスクを防ぐための具体的な対策に貢献するものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The study aims to reveal an effect of driving with automation system in service on potential risk due to system operations and situational awareness. The present paper investigated adaptation level of automation system through actual driving using automation system. Elderly drivers indicated lower adaptation due to sudden system-off of automation system. Through a comparison of non-automated driving and automation system driving, results indicated that driver's situational awareness became down due to low driving task. It might be important to minimize potential risk under driving with the automation system due to improper system operations and low situational awareness of the drivers.

研究分野：土木計画学・交通工学

キーワード：SAEレベル2 運転行動 周辺認知レベル 高齢運転者 受容性

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

SAE レベル 2（以降、システム）を搭載した車両が市販されるようになり、高速道路などでのシステム利用による運転が増えてきている。しかし、システムによる運転にはこれまではなかった新しいリスクがあることが指摘されている。自動航行している航空機は、たとえそれが「安定飛行」であっても、計器類の監視やレーダーなどを監視し続けることが要求される。同様に、システムによる運転時においても、路面状況が急変する、予期しない落下物があるなどシステムでは対応できない異常状況が起こりえる。また、車載センサーなどが故障するかもしれない。おそらく航空機よりも、システムによる運転時に予期しない不具合や事象に遭遇する可能性は高い。このようなシステム利用時のリスクマネジメント時の運動行動が研究されてきている。しかし、実際の高速道路運転時の運転者の周辺監視状況のレベルがどの程度であるのか、高齢ドライバーが正しくシステムを監視しシステム異常に対応できるのかなど、システムによる運転時のリスクマネジメントに関係するドライバーの運転行動についての基礎的な知見を示す研究は少ない。

### 2. 研究の目的

本研究では、システムを使っているときの運転行動を知るため 3 種類の実験を行った。以下に各々の実験の目的を示す。

#### (1) 高齢運転者によるシステムに使われる ACC の受容性に関する研究

本研究では自動運転を構成する要素システムの一例として、また現状において一般車として利用できることを考慮し、ACC システムを評価対象とした。ACC 搭載車の体験走行を通じて、システムに対する高齢運転者の受容性と抵抗感の変化を明らかにすることを試みた。また、高齢者に受け入れやすいシステムとは何かについての基礎的な知見を得ることにトライした。

#### (2) システムの継続が困難なときの運転行動に関する研究

ドライビングシミュレーターで SAE Level2 の自動運転（システム）を再現し、高速道路を走行した際の運転者の運転挙動について分析を行った。システムの作動継続が困難な場合として、衝突タイミングとなる合流車と急な割込車を設定した。これらの場合において、高齢運転者と一般運転者（若年者）の運転行動を明らかとする。

#### (3) 高速道路を長時間システムで運転したときの周辺認知に関する研究

高速道路におけるシステムによる運転時の周辺認知状況低下による新たな事故リスクを知るには、その利用実態に近い状況での具体的な知見が必要となる。そこで、本研究では実車を用いてシステムによる準自動運転時の高速道路における高齢ドライバーと一般ドライバーの周辺認知状況を検証する。供用中の道路で目的地に安全に向かうことをタスクとしたシステム利用時の運転行動と通常時の運転行動を比較することで、システム利用時の周辺認知状況の低下の有無、周辺認知状況低下によるリスクの有無、それらに対する加齢による影響を明らかにする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 高齢運転者によるシステムに使われる ACC の受容性に関する研究

2016 年 9 月、北海道苫小牧市における寒地土木研究所の試験走行路にて、65 歳以上の高齢運転者 32 名を対象とした定速走行・車間距離制御装置（以下、ACC）の体験走行を行った。本体験走行では、通常の道路で先行車を追従しているときの運転環境に近づけるため先頭車、通常車、ACC 車、通常車、ACC 車の車列を構成し、実験参加者は ACC 車と通常車の両方の運転を体験した。ACC 車の ACC システムは、全車速対応可能のものとなっている。ドライバーはブレーキ・アクセルで速度調整を行う必要がなく、ハンドル操舵だけで先行車を追従できる。先頭車は、直線区間を 50 (km/h) で、曲線区間を 20 (km/h) で走行する。通常車のドライバーには、いつもの運転に近い車間距離を維持し先行車を追従するよう教示した。ACC 車の体験走行前と体験走行後に運転支援装置についてドライバーにアンケート調査を行った。

#### (2) システムの継続が困難なときの運転行動に関する研究

本研究では、ドライビングシミュレーター UCwin/Road Ver. 11 を用いて、道央道（苫小牧東 IC～恵庭 IC）のコースを作成した。実験コースは、1. イベントが発生しないパターン、2. 合流車が先に合流するパターン、3. 合流車が自車に接触するタイミングで合流するパターン、4. 合流車が後続で合流するパターン、5. 割込車が発生するパターンを設定している。実験参加者は、これらの 5 パターンについて、自動運転および通常運転のそれぞれで走行を行う。ドライビングシミュレーターでの運転に慣れるために、実験参加者はシミュレーターでの走行に慣れたと自己申告するまで練習走行した。また、自動運転での走行中に危険を感じた場合には、自動運転をボタンで解除し、通常運転にて危険を回避することを実験参加者に指示した。高齢者と若年者の自動運転時の運転行動に着目し、65 歳以上の高齢者 16 名と学生 18 名（若年者）による実験を行った。本実験では、50 インチのモニター 3 枚を用い、運転席を再現した。実験では、走行速度やハンドル角、ブレーキなどのデータが CSV 形式で取得した。それらのデータに加え、実験参加者の走行中の視点を把握するための視線カメラの設置を行った。

#### (3) 高速道路を長時間システムで運転したときの周辺認知に関する研究

道央自動車道・輪厚 PA から札幌自動車道・手稲インター間の約 30 km 区間を実験参加者が日中（午前 9 時から午後 4 時）に実験車で走行した。65 歳以上の高齢ドライバー 15 名と 20 代から 50 代の一般ドライバー 15 名を対象とし、システムによる運転と通常運転による走行を行った。

本実験では、SAE レベル 2 に相当する準自動運転機能を搭載した車両を用いた（以降、システムと呼ぶ）。システムを使った運転時に、Adaptive Cruise Control (ACC)およびステアリング & レーン・コントロール・アシスト (Lane Keeping Assist System (LKAS)) が動作する。また、システム使用時の運転行動と比較するため、システムを使わない状態での通常運転も同じ車両で行った。システム使用時、ドライバはシステムを監視しつつ、周辺の道路交通環境のリスクに合わせて運転に戻る必要がある。システムによる運転からドライバによる運転に戻る運転行動はオーバーライドと呼ばれる。本実験では、システム使用時の走行中のオーバーライド計測として、車内の同乗実験担当者によるメモ、CAN によるブレーキ検出、ダッシュボードのシステムの動作状況を提示するモニタの撮影映像を用いた。

#### 4. 研究成果

##### (1) 高齢運転者によるシステムに使われる ACC の受容性に関する研究

ACC 車の体験走行により、多くの高齢運転者の運転支援装置に対する受容性・安心度は高くなった。その一方で、ACC のシステム OFF が運転支援装置に対して信頼感を持っていない原因となり受容性・安心度が高くならなかった場合が見られた。損保ジャパン日本興和が行った高齢者の自動運転車に関する意識調査において、高齢者による自動運転車に対する不安として支援システムの誤動作とその機能を正しく使えないことという項目が他世代に対して高くなっていた。本研究で発生した ACC のシステム OFF は誤動作ではない。体験走行前に十分なインストラクションを行った。しかし、高齢運転者は誤動作と受け止められたのかもしれない。Dzindolet らは、運転支援装置がエラーとなった後、それがエラーとなること理由を説明されていたとしても、ドライバは運転支援に抵抗性を感じようになることを指摘している。走行体験の機会が受容性を高めることになる可能性を示唆できたが、体験時の運転支援装置を正しくかつエラーなく使ってもらう一層の工夫が必要と言えた。今後、高齢運転者に運転支援装置を普及するため、このような体験走行の機会を増やすことに加え、高齢者であっても操作しやすく使いやすい運転支援装置としていくことが重要となる。

##### (2) システムの継続が困難なときの運転行動に関する研究

システムの継続が困難なときの運転行動をドライビングシミュレータを用いて計測した。どのタイミングで自動運転を解除したのか、ブレーキを踏んだのかについて分析した。本分析では合流車あるいは割込車と自車のタイミングを PET で分類した。PET とは、対象となる車（この場合は流入車、割込車）との距離を、自車の速度で割ったものである。他車が合流してくるとき、PET が小さくなるほど、自動運転解除とブレーキ操作の割合が高くなる傾向にあった。自動運転の解除では、若者の方が、PET が小さいときに自動運転を解除している割合が高かった。また、ブレーキ操作では、PET が最も小さいとき高齢者と若者で共に 100%となっていた。ただし、高齢者では PET が小さいときに自動運転を解除した場合、パニックに陥ることが多かった。一方、他車が割込んできたとき、ブレーキ操作では、高齢者と若者で共に、PET が小さくなるほど割合が高くなった。ただし、高齢者の方が PET が小さいときにブレーキ操作を行えていなかった。また、自動運転解除では、若者は PET が小さくなるほど割合が高いのに対し、高齢者はその傾向になかった。

本研究では、ドライビングシミュレーターを用いて、システム利用時の高速道路における走行実験を行った。高齢者は、他車が急に流入してきたとき、自動運転を解除する割合が若者より低かった。また、他車が急に割込んできたとき、高齢者はブレーキを踏めておらずまた自動運転を解除できない傾向がみられた。左右の確認行動に関する分析では、若者よりも高齢者の方が確認回数が少なかった。以上のことから、システムを用いて運転する場合、危険な事象に対してどのような対応をとるべきか、システムによる運転のメリットデメリットなどを高齢者であっても一目でわかるようなインターフェースを準備する必要があると考えられる。

##### (3) 高速道路を長時間システムで運転したときの周辺認知に関する研究

本研究では、実際の高速道路におけるシステムによる運転時のリスクとそのときのドライバ行動の分析を試みた。主な結果を以下にまとめる。

- ・システム使用時に合流車を回避するためのオーバーライドが一般運転者、高齢運転者とも多く計測された。そのとき、合流車を回避する運転行動として一般運転者は車線変更を選択していたのに対し、高齢運転者はブレーキによる減速を選択した。通常運転時は、両者とも車線変更が多かった。

- ・右サイドミラーとルームミラーの運転者の注視回数と注視時間から、一般運転者の方が、システム使用時であっても周囲の交通状況を認知する運転行動を多く行っていた。

- ・主観評価において、一般・高齢の運転者の比較を行ったところ、システムの操作やその動作確認が高齢運転者は一般運転者より難しいと感じていた。また、システムを使った運転時に高齢運転者は合流車への確認意識が低くなっていた。

高速道路におけるシステムを用いた実車による走行調査から、高齢運転者および一般運転者ともシステムを使った走行時に交通状況に関する周辺認知レベルの低下するリスクが懸念される結果となった。また、高齢運転者は、システムの操作に関する抵抗もあり、合流車の回避が通常運転と異なる行動を選択していた。今後、実際の道路におけるシステム使用時のリスク、特に高速道路における合流時のリスクを継続的に調査し、そのリスクが事故として顕在化しないよう自動運転システム側および道路側からの具体的な対策につなげることが重要である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

- ①遠藤 幹大、和田 脩平、萩原 亨、浜岡 秀勝、二宮 芳樹、多田 昌裕、高齢運転者を対象とした定速走行車間距離制御装置(ACC)の受容性に関する研究、自動車技術会論文集、査読有、Vol. 49 No. 1, pp. 66-73、2018. 01、DOI [http://doi.org/10.14954/jste.3.2\\_A\\_84](http://doi.org/10.14954/jste.3.2_A_84)
- ②和田 脩平、萩原 亨、浜岡 秀勝、二宮 芳樹、多田 昌裕、大廣 智則、高速道路における準自動運転車利用時の高齢および一般ドライバの周辺認知に関する研究、2018年自動車技術会春季大会・学術講演会・講演予稿集、査読無、2018. 05.
- ③鈴木雄、浜岡秀勝、萩原亨、多田昌裕、二宮芳樹、ドライビングシミュレーターを用いた自動運転支援システム動作状況におけるドライバー挙動分析、土木計画学研究(秋大会)講演概要集、査読無、Vol. 58、2018. 11

〔学会発表〕(計4件)

- ①日置幸希、多田昌裕、萩原 亨、浜岡秀勝、二宮芳樹、高速道路上での準自動運転機能使用時の運転行動分析の試み、映像情報メディア学会技術報告会、2019. 02
- ②鈴木雄、浜岡秀勝、萩原亨、多田昌裕、二宮芳樹、ドライビングシミュレーターを用いた自動運転支援システム動作状況におけるドライバー挙動分析、土木計画学学術講演会(秋大会)、2018. 10
- ③和田 脩平、萩原 亨、浜岡 秀勝、二宮 芳樹、多田 昌裕、大廣 智則、高速道路における準自動運転車利用時の高齢および一般ドライバの周辺認知に関する研究、2018年自動車技術会春季大会・学術講演会、2018. 05
- ④遠藤 幹大、和田 脩平、萩原 亨、浜岡 秀勝、二宮 芳樹、多田 昌裕、高齢運転者を対象とした先進運転支援装置への受容性に関する研究、2017年自動車技術会春季大会・学術講演会、2017. 05

## 6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：多田 昌裕

ローマ字氏名：(TADA、 masahiro)

所属研究機関名：近畿大学

部局名：理工学部

職名：准教授

研究者番号(8桁)：40418520

研究分担者氏名：濱岡 秀勝

ローマ字氏名：(HAMAOKA、 hidekatsu)

所属研究機関名：秋田大学

部局名：理工学研究科

職名：教授

研究者番号(8桁)：70262269

研究分担者氏名：二宮 芳樹

ローマ字氏名：(NINOMIYA、 yoshiki)

所属研究機関名：名古屋大学

部局名：未来社会創造機構モビリティ領域

職名：特任教授

研究者番号(8桁)：70394525

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。