

# 自動運転レベル2のシステム作動下における ドライバの主観的評価及び周辺認知行動

和田 脩平<sup>1</sup>・萩原 亨<sup>2</sup>・浜岡 秀勝<sup>3</sup>・二宮 芳樹<sup>4</sup>・多田 昌裕<sup>5</sup>・大廣 智則<sup>6</sup>

<sup>1</sup>学生会員 北海道大学大学院工学院(〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: shuheiwada@eis.hokudai.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 北海道大学大学院工学院 教授 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

<sup>3</sup>正会員 秋田大学理工学研究科 教授

<sup>4</sup>非会員 名古屋大学 未来社会創造機構 寄附研究部門 教授

<sup>5</sup>非会員 近畿大学 理工学部・大学院総合理工学研究科 准教授

<sup>6</sup>正会員 株式会社ネクスコエンジニアリング北海道

自動運転レベル2による周辺認知行動への影響を明らかにするために、高速道路で実車走行実験を行った。一般ドライバ15名と高齢ドライバ15名が自動運転レベル2と通常運転で高速道路上を25分間走行した。また、その時の周辺認知行動とドライバの主観評価値、オーバーライド状況について分析した。分析結果より、一般ドライバは自動運転レベル2を使用したことで、安全確認や周辺の交通状況への意識の維持の難しさについて懸念していた。高齢ドライバは自動運転レベル2を使用したことで周辺認知行動が減少していた。年齢の差異によって合流部のオーバーライド状況に違いがあることも明らかとなった。オーバーライドへの準備状態及び周辺認知行動の低下について継続的に調査し、道路側および自動車側からの対策について追及していくことが必要である。

**Key Words :** Expressway, Situational Awareness, Driver's Behavior, Automated Driving, Override

## 1. はじめに

近年、自動運転の技術革新が進んでいる。市販の車両にもAdaptive Cruise Control (ACC)やLane Keeping Assistant System (LKAS)が普及され始めている。ACCとLKASを同時に作動させることで、システムがアクセル・ブレーキとステアリング操作を支援するSAE自動運転レベル2相当の走行が可能となっている<sup>1)</sup>(以降、ACCとLKASを同時に作動させた運転を自動運転レベル2と表記)。高速道路において自動運転レベル2の利用が広まりつつある。

自動運転レベル2の利用は、運転負荷軽減や一部の事故削減に対する効果が期待できる。高齢ドライバの運転負荷軽減や事故削減につながるといった報告<sup>2)</sup>、自動ブレーキシステムによる大幅な追突事故削減の効果があるといった報告<sup>3)</sup>、高齢運転者固有の困難な状況での運転を容易にする可能性があるといった報告<sup>4)</sup>などが国内外でなされている。

一方、自動運転レベル2を使用することでドライバの周辺認知行動が低下するといった報告も数多く存在している<sup>5)</sup>。M.Blancoらは自動運転レベル2で走行しているときのドライバ特性を調査した。25名の実験参加者がテス

トトラックを30[min]走行した結果、自動運転レベル2への過信によってドライバのイベントへの反応に対する準備状態が下がることをM.Blancoらは明らかにした<sup>6)</sup>。M.R.EndsleyとE.O.Kirisらはドライバが自動運転を使用した時にドライバの心理状態が能動的から受動的に変化するためにドライバの周辺認知行動が低下すると報告している<sup>7)</sup>。加齢による周辺認知行動低下の報告もされており、Lisa J.Molnarは高齢ドライバが自動運転を使用することで一般ドライバよりも目線動きの周辺認知行動が低下することを明らかにした<sup>8)</sup>。

既往研究は実験環境としてドライビングシミュレータやテストコースを使用しているものが多く、実走行環境を実験対象とした研究は少ない。周辺認知行動に関するドライバの主観的意識、周辺認知行動の低下レベル、周辺認知行動の低下によるドライバ行動の変化、高齢ドライバと一般ドライバにはそれぞれどのような特徴があるのかなどの具体的な内容について知る必要がある。

高速道路における自動運転レベル2の使用による周辺認知行動に関するドライバの主観的意識、周辺認知行動やドライバ行動の変化を知るにはその利用実態に近い状

況での実験が必要になる。本研究では、高速道路における自動運転レベル2の実車走行実験を実施し、一般ドライバーと高齢ドライバーそれぞれの周辺認知行動とその意識をミラー注視行動や主観評価値の分析によって検証する。また、合流部でのオーバーライドの分析から、周辺認知行動の低下による合流部のドライバ行動の変化について議論する。以上の内容について、年齢による差異についても明らかにする。

## 2. 実験方法

### (1) 実験走行環境

本実験の走行コースを図-1に示す。朝9時から夕方4時の日中に実験を実施した。実験区間の日平均交通量は約30,000 [台/日]であり、大型車混入率は10%である。札幌南料金所から札幌西料金所までの約25[km]区間は都市高速道路となっている。実験区間内にはインターチェンジ(IC)が6か所、ジャンクション(JCT)が1か所、料金所が2か所ある。輪厚パーキングエリア(PA)から札幌南料金所までの区間の制限速度は100[km/h]であり、札幌南料金所から手稲ICまでの制限速度は80[km/h]である。

実験参加者は輪厚PAから手稲IC間の約34[km]を自動運転レベル2で走行した。自動運転レベル2の車間距離の設定は前方車両との秒数差2.1[sec]に設定した。実験参加者は手稲ICから札幌南ICまでの約25[km]を自動運転レベル2で作動させない運転（以降、通常運転と表記）で走行した。一回の走行で2人のドライバ（1名の一般ドライバと1名の高齢ドライバ）が実験を行い、一日に3回の走行実験を行った。実験は5日間に渡って実施された。実験期間中は乾燥路面であり、天候も良好であった。

### (2) 実験参加者

実験参加者は15名の一般ドライバと15名の高齢ドライバの計30名とした。両グループの簡易なドライバ属性を以下に記す。

なお、北海道大学工学系ヒトを対象とする研究倫理審査委員会に実験内容の審査を依頼し、実験内容・安全性・倫理などについて実験実施前に承認を受けた（海大工第254号、2017年7月4日）。

a) 一般ドライバ(平均:40.9歳, 標準偏差:8.6歳, 男性13名, 女性2名)

一般ドライバは週数回以上運転しており、年間走行距離は3000km以上であった。高速道路の運転頻度は年数回が7名、月数回が6名、週数回が2名であった。運転支援装置が搭載された車を運転したことがあるドライバが6名だった。

b) 高齢ドライバ(平均:71.5歳, 標準偏差:3.6歳, 男性10名, 女性5名)

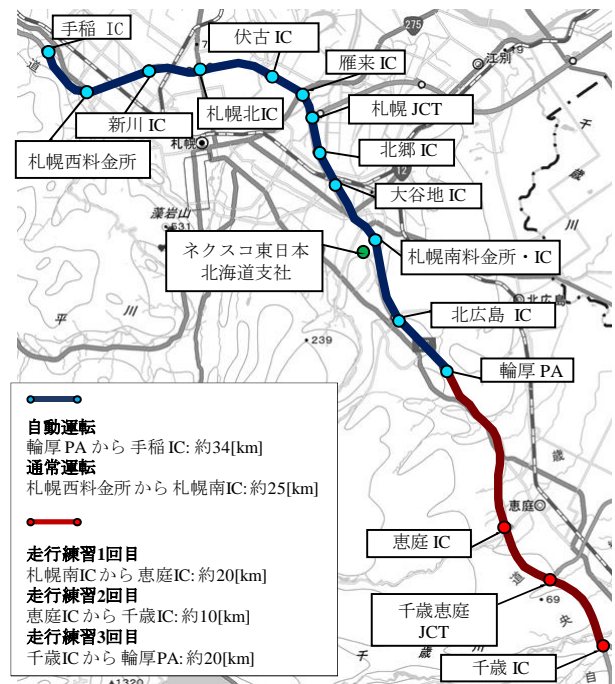


図-1 実験コース

高齢ドライバは毎日運転しており、年間走行距離は3000km以上であった。高速道路の運転頻度は年数回が6名、月数回が8名、ほとんどなしが1名であった。運転支援装置が搭載された車を運転したことがあるドライバが1名だった。

### (3) 実験車両

実験車両として自動運転レベル2での走行が可能な同じ2台の車両を用意した。1台を高齢ドライバ、もう1台を一般ドライバが使用した。ドライバは自動運転レベル2と通常運転時、同じ車両を使って走行した。ドライバはハンドルに取り付けられたボタンを操作することで自動運転レベル2の開始や終了を行う。また、ドライバはメータクラスタ内の表示を見て自動運転レベル2が動作しているかどうかを確認できる。

3人の実験スタッフが一台の実験車両に同席した。助手席に乗った実験スタッフが実験の安全管理を担当した。緊急時のために、実験スタッフが助手席からブレーキを踏めるシステムを実験車両に取り付けた。高齢ドライバの安全管理については、自動車学校の教官が担当した。残りの2名の実験スタッフは後方座席に座り、機材の管理やオーバーライドの記録などを行った。

### (4) 計測

#### a) ドライバの主観評価について

自動運転レベル2の走行実験終了後、実験参加者は以下の3つのトピックについて主観的に評価した。通常運転での走行実験後、実験参加者は“トピック3の運転時の周辺認知行動に関する主観評価”を回答した。すべて

の質問の回答は7段階尺度として、解析時に1から7点の点数を付与した。主観評価の項目は以下である。

トピック1. 自動運転レベル2の機能に関する主観評価

質問1.1自動運転レベル2の運転を信頼できたか

信頼できなかった1 信頼できた7

質問1.2車線維持の支援によって運転が楽になったか

楽にならなかった1 楽になった7

質問1.3進行方向の支援によって運転が楽になったか

楽にならなかった1 楽になった7

質問1.4自動運転レベル2の加速への違和感

違和感を感じた1 違和感を感じなかった7

質問1.5自動運転レベル2の減速への違和感

違和感を感じた1 違和感を感じなかった7

質問1.6自動運転レベル2の車間距離

近く感じた1 遠く感じた7

質問1.7自動運転レベル2のハンドル操作への抵抗感

抵抗を感じなかった1 抵抗を感じた7

トピック2. 自動運転レベル2の作動方法や動作状態に関する主観評価

質問2.1自動運転レベル2の作動に関する難易度

難しかった1 簡単だった7

質問2.2自動運転レベル2の作動状態の分かり易さ

わかりづらかった1 わかりやすかった7

質問2.3自動運転レベル2の動作を示すモニタの確認頻度

見なかった1 頻繁に見た7

トピック3. 運転時の周辺認知行動に関する主観評価

質問3.1後方への確認頻度

確認しなかった1 頻繁に確認した7

質問3.2後方車への意識

意識しなかった1 意識した7

質問3.3追い越し車線への確認頻度

確認しなかった1 頻繁に確認した7

質問3.4側方車への意識

意識しなかった1 意識した7

質問3.5前方車への意識

意識しなかった1 意識した7

質問3.6合流してくる車の確認ができたか

できなかった1 できた7

質問3.7分流していく車の確認ができたか

できなかった1 できた7

質問3.8安全確認への意識の維持

維持できなかった1 維持できた7

質問3.9周りの交通状況への意識の維持

維持できなかった1 維持できた7

b) ドライバの視線映像を用いた周辺認知行動計測

ドライバモニタリングセンサー（オムロン(株)）を用いて、自動運転レベル2と通常運転のドライバの視線を記録した。後方・側方車両に対する周辺認知行動としてルームミラー及び右サイドミラーへの注視行動を計測した。計測方法として、ドライバの眼球がルームミラー及び右サイドミラーに対し完全に止まった瞬間から離れた瞬間（1/30秒間隔）を計測した。ドライバが周辺認知行動に費やした時間を知るために、ルームミラー及び右サイドミラーへの注視時間の総和を全走行時間で除した（以下、ミラー注視時間割合と定義する）。逆光の影響などで視線映像を取得できなかった実験参加者を除き、高齢ドライバ12名、一般ドライバ15名の自動運転レベル2と通常運転のミラー注視時間割合のデータを取得した。

c) 合流部におけるオーバーライドの計測

自動運転レベル2の走行中の合流部におけるオーバーライドを計測した。自動運転レベル2から通常運転に戻る運転行動はオーバーライドと呼ばれる。高速道路でオーバーライドが見込まれる場面として、合流部・工事区間・料金所などの道路区間や追い越し車線からの割り込みや先行車の急ブレーキなどの交通状況が考えられる。このようなドライバによるオーバーライド発生のタイミングと理由を計測するため、車内の同乗実験担当者によるメモ、ドライバのブレーキおよびウインカー操作の記録、メータクラスタに表示される自動運転レベル2の撮影映像を用いた。実験車周辺の交通状況を記録するため、実験車の前方の映像と後方の映像を実験車の車内に設置した2台の小型ビデオカメラ（Sony HDR-AS300, GPSによる位置計測付属）で撮影した。合流部における合流車への対応を自動運転レベル2と比較するため、通常運転においても同じ方法で計測した。

(5) 実験手順

a) 実験説明

実験開始前に実験参加者に対して実験目的や内容を最初に説明した。実験手順として、自動運転レベル2に慣れるための練習を行ってから自動運転レベル2で輪厚PAから手稲ICまで走行することを説明した。自動運転レベル2の走行後、通常運転で手稲ICから札幌南ICまで走行することを説明した。自動運転レベル2と通常運転それぞれの走行後に主観評価を実施することも伝えた。その後、運転の注意点、起こりうる危険とその対応方法、計測情報の取り扱い、練習走行の方法を説明した。最後に自動運転レベル2の使い方について口頭と自作による10[min]のビデオを用いて詳しく説明した。

b) 練習走行

実験説明後、実験参加者は自動運転レベル2の練習走行を行った。最初に、札幌南ICから恵庭ICまでの約

10[km]を実験スタッフが運転し、自動運転レベル2を実際に使って見せる形で実験参加者に対してデモンストレーションを行った。デモンストレーションの間、実験参加者は助手席に座り自動運転レベル2の作動方法などを学んだ。この時、質問などにも対応した。デモンストレーション終了後、実験参加者は運転席に座り、恵庭ICから千歳ICまでの約10[km]を自動運転レベル2で走行した。自動運転レベル2に関する習熟をはかるために、実験参加者は自動運転レベル2の作動方法を何度も繰り返し練習した。最後に、実験参加者は千歳ICから輪厚PAまでの約20[km]を自動運転レベル2で走行し、車線変更やシステムの再設定などを繰り返し練習した。安全確保のため練習中に、合流・分流部での合流・分流車との衝突の危険性、料金所やIC周辺でシステムをOFFにしなければならないこと、緊急時のオーバーライドの重要性についてしっかり説明した。

c) 実験走行

練習後、実験参加者は輪厚PAから手稲ICまでを自動運転レベル2で走行した。普段の運転と同じように安全運転で目的地向かって走行することを実験担当者から指示した。実験参加者がより自動運転レベル2に慣れている状態で実験を行うために、自動運転レベル2の走行実験を通常運転の走行実験の前に行った。手稲IC到着後、実験参加者は自動運転レベル2の走行について主観的に評価をした。10[min]の休憩をとった後に、実験参加者は手稲ICから札幌南ICまでを通常運転で走行した。ネクスコ東日本北海道支社に到着後、実験参加者は通常運転の走行について主観的に評価をした。

3. 結果

(1) 主観評価値の分析結果

a) 自動運転レベル2の機能に関する主観評価の結果

一般ドライバーと高齢ドライバーの両グループ共に、自動運転レベル 2 の機能への信頼度、ACC による運転負荷軽減度、LKAS による運転負荷軽減度、ACC による加速への違和感、ACC による減速への違和感に関する主観評価値の平均はそれぞれ 5.0 以上だった（質問 1.1~1.5）。LKAS のハンドル操作への違和感に関する主観評価値は、高齢ドライバーの平均が 4.7、一般ドライバーの平均が 4.6 だった（質問 1.7）。2 つの平均値間には有意な差はなかった。ACC の車間距離に関する主観評価値（質問 1.6）は、高齢ドライバーの平均が 4.9、一般ドライバーの平均が 4.1 であり、2 つの平均値間に有意な差 ( $t = 2.46, df = 28, p < 0.05$ ) が認められた。

高齢ドライバーは一般ドライバーよりも ACC の車間距離を遠く感じていた。実験における ACC の車間距離設定は前方車両との秒数差 2.1[sec]とした。

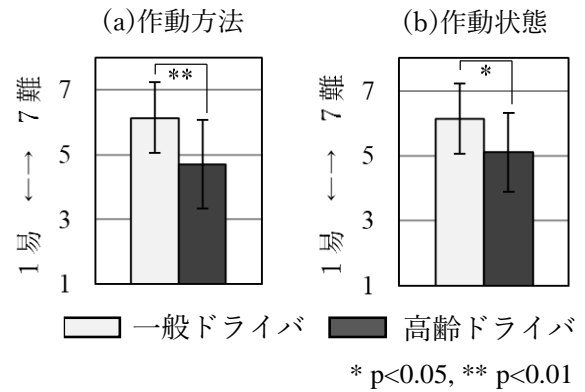


図-2 自動運転レベル2の使い方に関する主観評価

表-1 一般ドライバーの周辺認知行動に対する主観評価値、自動運転レベル2 vs. 通常運転 (n:15)

質問項目	頻度 後方確認		意識 後方車両		頻度 側方確認	
	自動	通常	自動	通常	自動	通常
運転状況	4.93	4.93	4.80	4.87	4.87	5.07
標準偏差	1.39	1.44	1.51	1.41	1.59	1.24
t値	0.00		-0.13		-0.37	
p値	1.00		0.90		0.72	
質問項目	意識 側方車両		意識 前方		意識 合流車両	
運転状況	4.80	5.07	5.20	5.00	6.53	6.27
標準偏差	1.64	1.24	1.60	1.59	0.62	1.00
t値	-0.47		0.43		1.00	
p値	0.65		0.68		0.33	
質問項目	意識 分流車両		意識の維持 安全確認		意識の維持 交通状況	
運転状況	6.00	6.07	4.53	6.27	5.07	6.27
標準偏差	1.71	1.06	1.82	0.93	1.61	0.93
t値	-0.18		-3.17		-2.28	
p値	0.86		0.007		0.04	

表-2 高齢ドライバーの周辺認知行動に対する主観評価値、自動運転レベル2 vs. 通常運転 (n:15)

質問項目	頻度 後方確認		意識 後方車両		頻度 側方確認	
	自動	通常	自動	通常	自動	通常
運転状況	4.83	5.70	5.10	5.50	5.17	5.77
標準偏差	0.85	0.89	0.79	1.02	0.72	0.87
t値	-2.98		-1.10		-2.55	
p値	0.01		0.29		0.02	
質問項目	意識 側方車両		意識 前方		意識 合流車両	
運転状況	4.83	5.30	5.10	5.03	5.70	6.10
標準偏差	0.89	0.96	1.07	0.87	1.00	0.69
t値	-1.70		0.21		-1.70	
p値	0.11		0.84		0.11	
質問項目	意識 分流車両		意識の維持 安全確認		意識の維持 交通状況	
運転状況	5.63	6.03	5.77	6.03	5.90	5.90
標準偏差	1.10	0.78	1.17	0.83	1.07	0.82
t値	-2.10		-1.17		0.00	
p値	0.05		0.26		1.00	

b) 自動運転レベル 2 の作動方法や動作状態に関する主観評価の結果

自動運転レベル 2 の作動方法の難易度に関する主観評価値は、一般ドライバの平均が 6.1, 高齢ドライバの平均が 4.7 であり, 2 つの平均値間に有意な差 ( $t=3.07, df=28, p<0.01$ ) が認められた (図-2(a)). 自動運転レベル 2 の作動状態のわかりやすさに関する主観評価値は、一般ドライバの平均が 6.1, 高齢ドライバの平均が 5.1 であり, 2 つの平均値間に有意な差 ( $t=2.37, df=28, p<0.05$ ) が認められた (図-2(b)). 高齢ドライバは一般ドライバに比べ自動運転レベル 2 の作動方法を難しく感じ, 自動運転レベル 2 の作動状態がわかりづらいつ感じていた.

c) 周辺認知行動に関する主観評価の結果

一般ドライバの周辺認知行動に関する主観評価値について自動運転レベル 2 と通常運転で比較した (表-1). 安全確認への意識の維持に関する主観評価値 (質問 3.8) の平均は自動運転レベル 2 で 4.53, 通常運転で 6.27 であり, 2 つの平均値間に有意な差 ( $t=3.17, df=14, p<0.01$ ) が認められた. 周辺の交通状況への意識の維持に関する主観評価値 (質問 3.9) の平均は自動運転で 5.07, 通常運転で 6.27 であり, 2 つの平均値間に有意な差 ( $t=2.28, df=14, p<0.05$ ) が認められた.

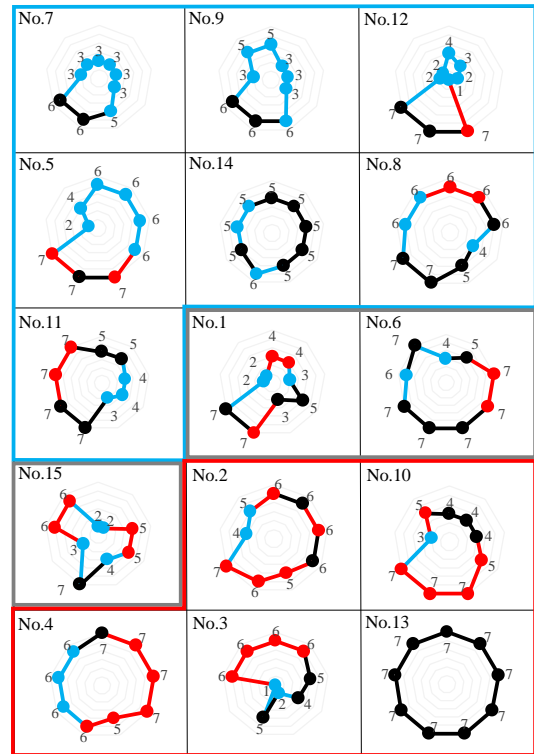
高齢ドライバの周辺認知行動に関する主観評価値について自動運転レベル 2 と通常運転で比較した (表-2). 後方確認の頻度に関する主観評価値 (質問 3.1) の平均は自動運転レベル 2 で 4.83, 通常運転で 5.70 であり, 2 つの平均値間に有意な差 ( $t=2.98, df=14, p<0.05$ ) が認められた. 側方確認の頻度に関する主観評価値 (質問 3.3) の平均は自動運転レベル 2 で 5.17, 通常運転で 5.77 であり, 2 つの平均値間に有意な差 ( $t=2.55, df=14, p<0.05$ ) が認められた.

d) 自動運転レベル 2 の周辺認知行動に関する主観評価の個人別分析

自動運転レベル 2 の周辺認知行動に関する主観評価値について個人別のレーダーチャートを図-3 に示した. 図-3 では, 自動運転レベル 2 の主観評価値が通常運転と比べて低下したものを青点, 増加したものを赤点, 同値であったものを黒点として表現した. 図-3(a) は一般ドライバ 15 名, (b) は高齢ドライバ 15 名のレーダーチャートを表している.

図-3(a)において, 青点の数が赤点の数よりも多かった一般ドライバは 15 名中 7 名(青点が多い順から No.7, 9, 12, 5, 14, 8, 11) だった. No.1 のドライバは安全確認と周辺の交通状況への意識の維持に関する主観評価値が低下しており, 追い越し車線の確認頻度も低下していた. No.1 以外にも, 安全確認と周辺の交通状況への意識の維持に関する主観評価値が低下し, 同時に後方, 側方, 前方の確認頻度や意識が低下したドライバが数多く存在した.

(a)一般ドライバの周辺認知行動に関する主観評価値



(b)高齢ドライバの周辺認知行動に関する主観評価値

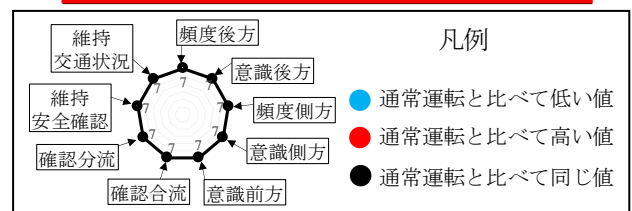
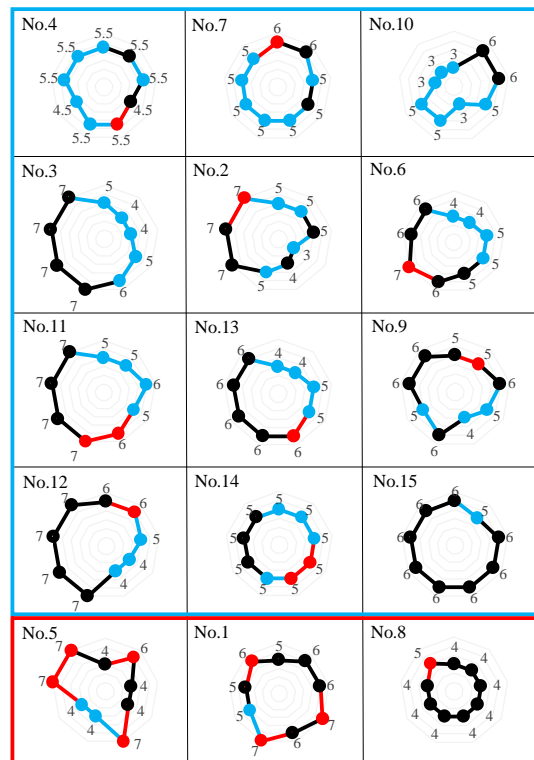


図-3 自動運転レベル 2 の周辺認知行動に関する一般ドライバと高齢ドライバの個人別主観評価値

特に、No.7, 9, 12 のドライバは周辺の交通状況や安全確認の意識の維持だけでなく後方、側方、前方の確認頻度や意識もまた低下していた。No.13 の最も年齢の若い(23歳)ドライバは全体について満点を示した。

図-3(b)において、青点の数が赤点の数よりも多かった高齢ドライバは15名中12名(No.4, 7, 10, 3, 2, 6, 11, 13, 9, 12, 14, 15)だった。自動運転レベル2を使用したことで、80%の高齢ドライバの周辺認知行動に関する主観評価値が低下した。No.3, 6, 11, 13 の高齢ドライバは後方、側方の確認頻度や意識が低下していた。No.4, 5, 10 の高齢ドライバは安全確認と周辺の交通状況への意識の維持に関する主観評価値と分流・合流部への意識が低下していた。No.4, 5, 11, 13, 14 の高齢ドライバは前方車に対して意識が増加した。

自動運転レベル2の高齢ドライバと一般ドライバの主観評価の平均値の差を比較したところ、自動運転レベル2における高齢ドライバの合流車への意識に関する主観評価の平均値は一般ドライバの平均値に比べて有意に低くなった( $t=2.26$ ,  $df=28$ ,  $p<0.05$ )。自動運転レベル2における高齢ドライバの安全確認への意識の維持に関する主観評価の平均値は一般ドライバの平均値に比べて有意に高くなった( $t=2.13$ ,  $df=28$ ,  $p<0.05$ )。

## (2) 視線映像を用いた周辺認知行動計測結果

右サイドミラーとルームミラーへの注視時間の総和を全走行時間で除することによってドライバが周辺認知行動に費やした時間を求め、自動運転レベル2と通常運転を比較した。逆光の影響などで視線映像を取得できなかった実験参加者を除き、高齢ドライバ12名、一般ドライバ15名の自動運転レベル2と通常運転のミラー注視時間割合のデータを取得した。走行時間の長さや料金所でのミラー注視時間割合への影響を防ぐため、計測区間を自動運転レベル2は札幌南料金所から手稲IC、通常運転は札幌西料金所から札幌南ICまでとした。

一般ドライバのミラー注視時間割合は自動運転レベル2を使用したときに5.65%(Std=4.22%)、通常運転のときに4.57%(Std=2.39%)だった。自動運転レベル2を使用することでミラー注視時間割合が低下した一般ドライバの人数は15名中6名だった。そのうち、自動運転レベル2を使用したことでミラー注視時間の割合がほぼ半減に減少した一般ドライバは2名いた。

高齢ドライバのミラー注視時間割合は自動運転レベル2を使用したときに3.17%(Std=1.88%)、通常運転のときに3.40%(Std=2.12%)だった。自動運転レベル2を使用したことでミラー注視時間割合が低下した高齢ドライバの人数は12名中8名だった。自動運転レベル2を使用したことでミラー注視時間割合がほぼ半減に減少した高齢ドライバの数は4/12名となった。

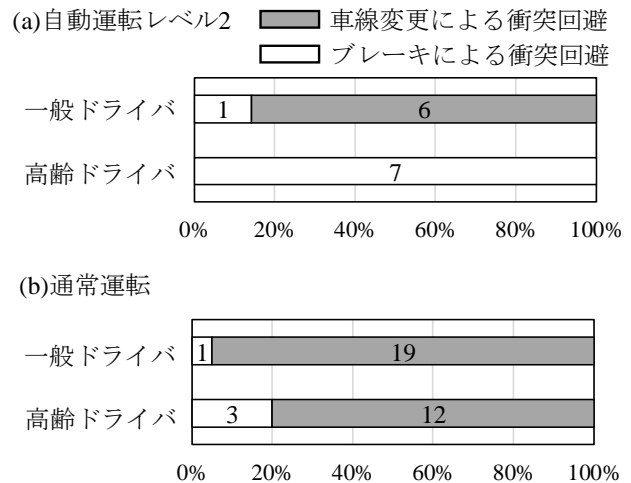


図-4 高齢及び一般ドライバの合流部におけるオーバーライドと通常運転時の合流車への対応について

## (3) 合流部におけるオーバーライドの計測結果

自動運転レベル2を使用中、合流部で合流車を回避するためのオーバーライドが多数計測された。図-4(a)に示すように、高齢ドライバ15名で計測された合流車を回避するためのオーバーライドは7回あった(No.1, 2, 3, 8, 12, 13の6名)。オーバーライドの内容は7回とも減速であった。自車を減速し、合流車を先に行かせる行動をとっていた。一般ドライバ15名で計測された合流車を回避するためのオーバーライドは7回だった。そのうち、事前に追い越し車線に車線変更し合流車を回避したケースは6回あった。減速による回避は1回(No.10)であった。

一方、図-4(b)に示すように、通常運転の高齢ドライバによる合流車への回避行動は15回あり、12回が事前の車線変更による回避行動となった。通常運転の一般ドライバによる合流車への回避行動は20回あり、19回が事前の車線変更による回避行動となった。

高齢ドライバは自動運転レベル2と通常運転で合流車への回避行動が異なる点に特徴がみられた。高齢ドライバは通常運転時に合流車を事前に車線変更で回避していたのに対し、自動運転レベル2ではブレーキによる回避を行っていた。一般ドライバは自動運転レベル2と通常運転ともに、合流車を事前に車線変更で回避していた。

## (4) 周辺認知行動に関する主観評価値とミラー注視時間割合の関係について

それぞれの実験参加者の周辺認知行動に関する主観評価値やミラー注視時間割合が自動運転レベル2と通常運転でどのぐらい差があり、どれほど低下していたかを分析した。自動運転レベル2を使用した時の周辺認知行動に関する主観評価値とミラー注視時間割合の両方の低下を示すために、横軸に周辺認知行動に関する主観評価値の差、縦軸にミラー注視時間割合の差をとり、各ドライ

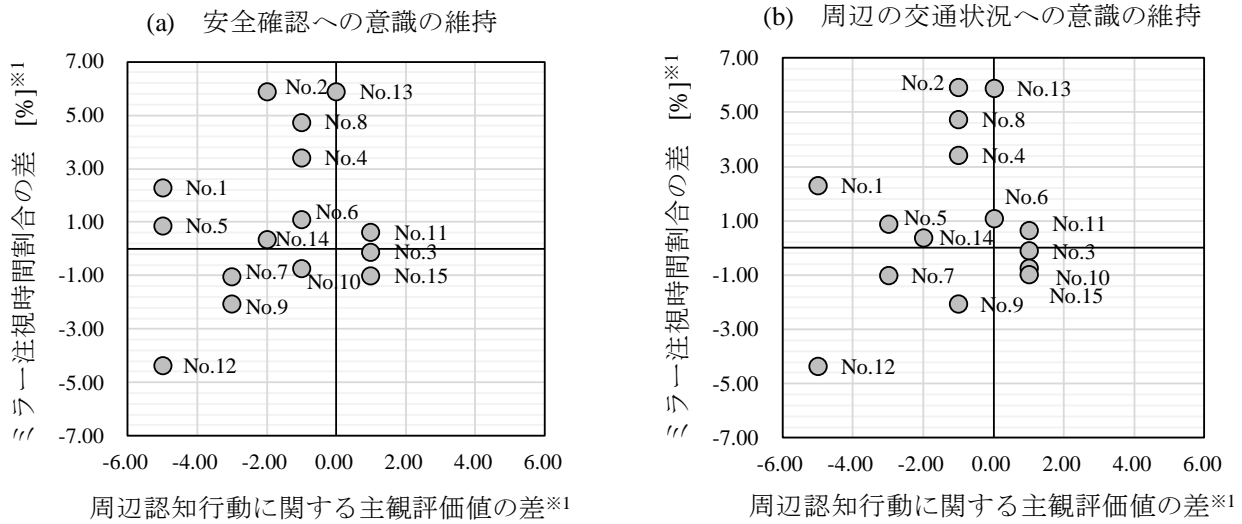
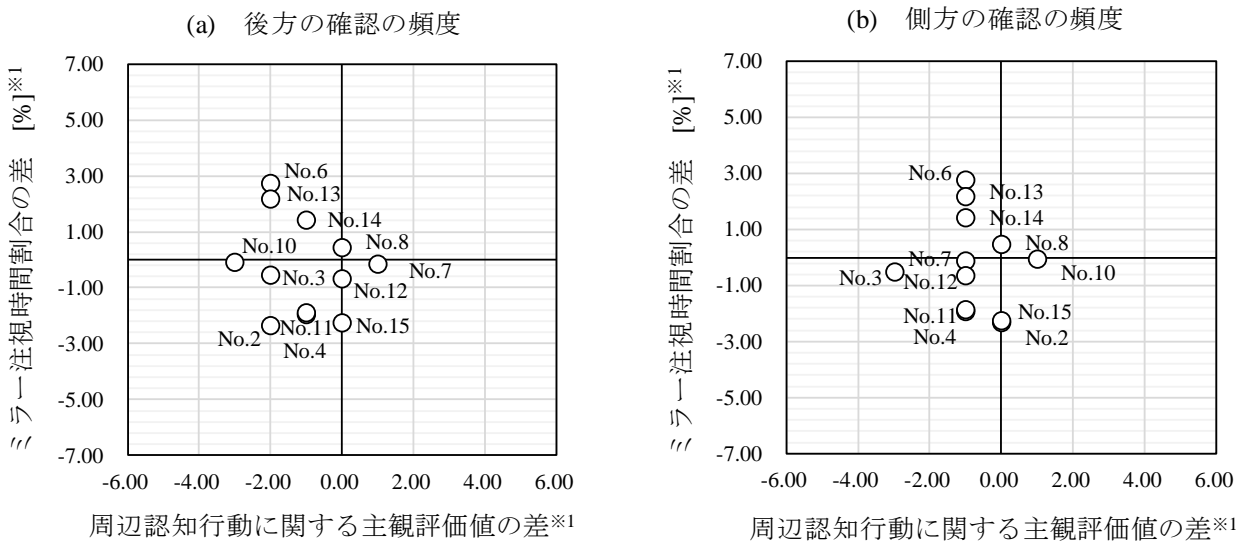


図-5 一般ドライバーの周辺認知行動に関する主観評価値とミラー注視時間割合との関係



※1 算出方法：自動運転レベル2の値 - 通常運転の値

図-6 高齢ドライバーの周辺認知行動に関する主観評価値とミラー注視時間割合との関係

バのデータをプロットした。一般ドライバーの結果を図-5(a)と(b)、高齢ドライバーの結果を図-6(a)と(b)にそれぞれ示した。差はすべて、自動運転レベル2のときの値から通常運転のときの値を引くことで算出した。一般及び高齢ドライバーが特に懸念を持った周辺認知行動に関する主観評価項目とそのときのミラー注視時間割合との関係を明らかにするために、主観評価値については自動運転レベル2と通常運転の間で有意な差が認められた項目について検討した。

自動運転レベル2のミラー注視時間割合が通常運転と比べ低下した一般ドライバーの人数は15名中6名だった。6名のうち4名のドライバーは周辺の交通状況または安全確認への意識の維持のどちらか一方を困難だったと回答した。自動運転レベル2で周辺の交通状況及び安全確認への意識の維持に関する主観評価が低下し、ミラー注視時

間割合が増加した一般ドライバーは8/15名となった。周辺認知行動に関する過去の研究から、自動運転レベル2作動下では、目線がよく動いていたとしても目でとらえた情報を認識しているとは限らない。自動運転レベル2を使うことで周辺認知行動に対する意識が低下するためである(例えば de Winter, J.C.F.<sup>5) 9), Chung-san Yu<sup>10), J.C.F.Lionel P.Robert<sup>11)より</sup>)。図-5の第2象限の左端に含まれている一般ドライバーは確認行動が増えた一方で、目でとらえた情報の認知力が低下していた可能性がある。</sup></sup>

自動運転レベル2でミラー注視時間割合が減少した高齢ドライバーの数は、6/12名であった。6名のうち4名は、ミラー注視時間割合が半減した。この6名のドライバーは後方確認または側方確認の頻度が低下したと評価していた。周辺認知行動に関する主観評価値もミラー注視時間割合も増加した高齢ドライバーはいなかった。Lisa J.Molnar

らは自動運転レベル 2 を使用中の高齢ドライバーは目線角度の分散が小さくなると報告している<sup>9)</sup>。本実験結果は、既往研究と同様に高齢ドライバーの周辺認知行動の低下に関する特性が表れたものと考えられる。

自動運転レベル 2 の合流部におけるオーバーライドの結果と照らし合わせた結果、図-6 の第 3 象限に含まれている No.2, 3, 12 の高齢ドライバーは合流部において減速によるオーバーライドを行っていた。

#### 4. まとめ

実際の高速道路において一般ドライバー及び高齢ドライバーを対象とした実車実験を行い、周辺認知行動に関する主観評価値、ミラー注視時間割合、合流部におけるオーバーライド状況について分析した。一般ドライバー及び高齢ドライバーを個別に分析し、自動運転レベル 2 の使用が各年齢のドライバーの周辺認知行動に与えた影響を主観的または客観的なデータをもとに明らかにした。

自動運転レベル 2 のとき、一般ドライバーは安全確認への意識や周辺の交通状況への意識の維持が難しくなると評価していた。一方で、自動運転レベル 2 におけるミラー注視時間割合の結果では、ミラー注視時間割合が大幅に減少している一般ドライバーは確認できなかった。一般ドライバーは自動運転レベル 2 のとき、合流車への回避行動として合流部手前で事前に車線変更によるオーバーライドを行っており、通常運転のときも同様の行動をとっていた。

高齢ドライバーは自動運転レベル 2 の作動方法や使い方を難しく感じていた。自動運転レベル 2 のとき、高齢ドライバーは後方と側方の確認頻度が減少したと評価していた。ミラー注視時間割合の分析から、自動運転レベル 2 を使用したことで 5 割の高齢ドライバーのミラー注視時間割合が減少していた。

ミラー注視時間割合及び周辺認知行動への主観評価値が低下していた高齢ドライバーは合流車への回避行動が変化していた。合流車への回避行動として、通常運転では合流部手前で事前に車線変更を行い、自動運転レベル 2 ではブレーキによるオーバーライドを行った。自動運転レベル 2 の高齢ドライバーの合流車に対する回避行動の変化は、ミラー注視時間割合と合流車への意識が低下していたことから合流車の認知が通常運転時に比べて遅くなったこと、それに加えて自動運転レベル 2 の使い方に対する不安から、車線変更よりも早く簡単な回避行動であるブレーキを選択したことが原因と考えられる。

一般ドライバーと高齢ドライバーの周辺認知行動への主観評価値を比較したところ、高齢ドライバーの合流車への意識に関する主観評価値は一般ドライバーに比べて有意に低かった。自動運転レベル 2 のとき、ミラー注視時間割合

が減少した人数の割合は高齢ドライバーが一般ドライバーに比べて多かった。高齢ドライバーの周辺認知に関する先行研究では、高齢ドライバーは自動運転レベル 2 への過信によって、周辺認知行動に対する低下の影響が一般ドライバーよりも大きいという報告がある<sup>12)13)</sup>。本研究では、主観的にも客観的にも高齢ドライバーは一般ドライバーに比べて周辺認知行動が低下しやすいことを確認できた。また、一般ドライバーの安全確認や周辺の交通状況への意識の維持に関する主観評価値は高齢ドライバーに比べて有意に低かったことから、さらに長時間自動運転レベル 2 を使用した場合、一般ドライバーの周辺認知行動も低下する可能性がある。

高齢ドライバーは一般ドライバーに比べて周辺認知行動が低下しやすく、オーバーライド状況に影響を与えることを明らかにした。オーバーライド状況及び周辺認知行動の低下について継続的に調査し、道路側および自動車側からの対策について追及していくことが必要である。

#### 謝 辞

本研究は、東日本高速道路㈱の研究助成(平成 28 年度)を受けて行った研究の成果です。また、実験実施に多大なご協力をいただいた東日本高速道路㈱北海道支社の皆様、近畿大学と北海道大学の学生諸君に深く謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) Society of Automotive Engineers (SAE) (2016) Autonomous car driving levels (SAE J3016).
- 2) Ragnhild J.DAVIDSE: Older Drivers and ADAS -Which Systems Improve Road Safety-, IATSS RESEARCH, Vol.30, No.1, pp.6-20,2006
- 3) Fildesa B., Keall M., Bos N., Lie A., Page Y., Pastor C., Pennisi L., Rizzi M., Thomas P., Tingvall C.: Effectiveness of low speed autonomous emergency braking in real-world rear-end crash Accident Analysis and Prevention 81, pp.25-29, 2015
- 4) Montamedi S., Reis F.G., and Wang J.H.: Understanding Older Adult Drivers Driving Challenges and Finding In-vehicle Technology to Ease There Challenges, Paper presented at the 97th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2017
- 5) de Winter, J.C.F., Happee R., Martens, M.H., Stanton, N.A.: Effects of adaptive cruise control and highly automated driving on workload and situation awareness: A review of the empirical evidence, Transportation Research Part F, 27, 196-217, 2014
- 6) Blanco, M., Atwood, J., Vasquez, H.M., Trimble, T.E., Fitchett, V.L., Radlbeck, J., ...& Morgan, J.F.: Human Factors Evaluation of Level 2 and Level 3 Automated Driving Concepts: Washington DC: National Highway Traffic Safety Administration Report No.DOT HS 812 182, 2015



- 7) Endsley, Mica R., Kiris, Esin O.: The Out-of-the-Loop Performance Problem and Level of Control in Automation: Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Volume: 37 issue: 2, pages: 381-394.,1995
- 8) Lisa J.Molnar, Anuj K.Pradhan, David W.Eby, Lindsay H.Ryan, Renée M.St.Louis, Jennifer Zakrajsek, Brittany Ross, Brian T.Lin, Chen Liang, Bethany Zalewski, and Liang Zhang: Age-Related Differences in Driver Behavior Associated with Automated Vehicles and the Transfer of Control between Automated and Manual Control: A Simulator Evaluation.Technical Report, UMTRI 2017-4, University of Michigan Transportation Research Institute.,2017
- 9) de Winter, J.C.F., Eisma, Y.B., Cabrall, C.D.D., P.A.Hancock, N.A.Stanton: Situation awareness based on eye movements in relation to the task environment, *Cognition, Technology & Work*, Volume 21, Issue 1, pp 99–111, 2019
- 10) Chung-san Yu, Eric Min-yang Wang, Wen-Chin Li, G.R.Braithwaite: Pilots' Visual Scan Pattern and Situation Awareness in Flight Operations, *Aviation Space and Environmental Medicine*, volume85, Issue 7, pp.708-714,2014
- 11) Petersen, L., Robert, L., Yang, X., and Tilbury, D.: "Situational Awareness, Driver's Trust in Automated Driving Systems and Secondary Task Performance," *SAE Int.J.of CAV* 2(2):2019, doi:10.4271/12-02-02-0009
- 12) Schwarz, C., Gaspar, J.& Brown, The effect of reliability on drivers' trust and behavior in conditional automation, *Cognition, Technology & Work*, Volume 21, Issue 1, pp 41–54, 2019
- 13) Ho, G., Kiff, L.M., Plocher, T., Haigh, K.Z.: A model of trust & reliance of automation technology for older users, *AAAI-2005 Fall Symposium: Caring Machines: AI in Eldercare*, 2005

## A STUDY ON SUBJECTIVE EVALUATION AND DRIVER'S BEHAVIOR FOR SITUATIONAL AWARENESS IN A LEVEL 2 AUTOMATED VEHICLE

Shuhei WADA, Toru HAGIWARA, Hidekatsu HAMAOKA,  
Yoshiki NINOMIYA, Masahiro TADA and Tomonori OHIRO

This research aims to show how driving with Level 2 automation affects situational awareness. The experiment participants drove on an expressway in a Level 2 automated vehicle and in a non-automated vehicle for 25 [min] for each vehicle. Fifteen elderly drivers and 15 middle-aged drivers participated. In the present study, situational awareness was determined from video recordings of the driver's gaze and by a subjective survey of such awareness. The middle aged drivers indicated difficulties subjectively to maintain situational awareness while automated driving. The objective measurements for elderly drivers showed that the gaze duration ratio at the mirrors was shorter for automated driving than for conventional driving. Under automated driving, the elderly driver's avoidance behavior to the merging vehicle was changed. Due to the low situational awareness seen in drivers, it is thought to be important to minimize potential risks by improving traffic systems such that they mitigate losses in drivers' situational awareness.