

高度自動運転における権限委譲方法の基礎的検討（第2報）

—運転以外の作業種類による比較—

Basic Study on Transition to Manual from Highly Automated Driving (Second Report)

—Differences in Types of Non-Driving-Related-Tasks—

本間 亮平 *1

Ryohei HOMMA

若杉 貴志 *2

Takashi WAKASUGI

小高 賢二 *3

Kenji KODAKA

Abstract

In a Level 3 automated driving system, at times a driver must take manual control of driving because of a request from the system. We conducted a driving simulator experiment to investigate a driver's behavior when accepting the system's request for manual driving when in a distracted condition created by non-driving-related tasks. A "radio listening task" and "text input task" were set as non-driving-related tasks; in addition, "no task" was set as a control condition. There was a tollgate where the limit of the automated driving systems was reached because of the vehicle coming to the end of lane markers. The timing of starting to brake was significantly later and maximum brake pedal force was larger in the texting task. Almost all drivers could take control of driving from the system, however one collision occurred in the texting condition. We suggest that the method for generating a system's request to a deeply distracted driver should be considered.

1. はじめに

自動運転に対する社会的関心が高まる中、現状においては技術面だけでなく、法整備など解決すべき課題は多い。また、ドライバとシステムとのインタラクション（相互関係）について、人間工学的課題が指摘されている¹⁾。2014年頃にはSAE²⁾、OICAやNHTSAなどから、自動運転時のシステムとドライバの役割などに応じて、自動車における自動化レベルの定義が提案された。その中で議論の一つとなっているのが、SAEの定義におけるレベル2とレベル3における、権限委譲の方法についてである。レベル2では、前後方向および左右方向の車両制御をシステムが担い、ドライバは交通状況を常に監視することが求められる。状況の変化などによってシステムの機能限界が生じた場合、

ドライバは直ちに運転を替わり安全を担保する責任がある。一方、レベル3では車両制御に加え、状況監視の役割もシステムが担うため、ドライバが常に交通状況を把握する必要はなくなる。しかし、システム機能限界時や故障時にはドライバの対応が求められる。

権限委譲時の人間工学的課題抽出を目的に、筆者らは前稿³⁾において、自動運転システムをドライビングシミュレータ（以下、「DS」という）上に設定し、SAEのレベル3を想定した（ドライバに交通状況の監視が必要ない旨を教示した上で）実験を実施した。その結果、自動運転時は手動運転時に比べ覚醒度の低下が生じやすい可能性やドライバが運転以外の作業へ従事する可能性が示唆された。また、工事に伴い車線変更が必要な機能限界場面を設け、自動運転の解除予告が提示された際のドライバの対応行動を調べたところ、2秒での権限委譲は難しく、5秒および10秒の余裕時間があっても、ドライバへの告知方法を工

*1 一般財団法人日本自動車研究所 安全研究部 博士(人間科学)

*2 一般財団法人日本自動車研究所 安全研究部

*3 一般社団法人日本自動車工業会 制御プリンシプルWG

*本速報はJSAE著作権規則に基づくJSAE20174064の転載である

夫する必要性が示された。当該実験では、ドライバの行動に制限を設けていないため、機能限界場面に遭遇した際、実験参加者によって異なるドライバ状態で解除予告が提示された。権限委譲時のドライバ状態としては、情報処理のリソース（処理資源）が十分な通常状態、リソースが減少した低覚醒状態および運転以外の作業へリソースが割かれているディストラクション状態が想定され、各状態によってドライバの対応への影響が異なると考えられる。また、ディストラクションの種類によっても、その影響度合いに違いが生じると予測される。さらに、適切な権限委譲に必要な時間については、交通状況によって異なると考えられる。

本研究では、権限委譲時のドライバ状態をリソースが十分な通常状態および運転以外の作業へ従事している状態に統制した上で、システムの機能限界によって自動運転から手動運転へ権限委譲の必要が生じた際の、ドライバの対応行動データを取得することを目的にした。また、本研究では料金所への接近という比較的余裕のある交通状況において、適切な権限委譲に必要な余裕時間について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 実験計画および実験参加者

自動運転から手動運転への権限委譲に必要な余裕時間の影響を調べるため、2秒・5秒・10秒の条件、また統制条件として、手動運転の4水準を被験者間計画として設定した。また、権限委譲時のドライバ状態による影響を調べるため、運転以外の作業条件として、付加タスクなし(タスクなし)、ラジオ聴取タスク（ラジオタスク）およびテキスト入力タスク（テキストタスク）の3水準を被験者内計画として設定した。タスクの条件は、順序効果を相殺するようカウンターバランスをとって実施した。なお、手動運転中にテキストタスクを実施することは不可能であるため、条件から除いた。

実験参加者は、通勤などで日常的に運転を行っている20歳から60歳までのドライバ計43名であった。Table 1に、条件ごとの実験参加者の人数構成を示す。実験への参加に際しては、事前に書面と口頭で実験内容や手順、注意事項などを説明し

た上で、任意に参加同意書への署名を求めた。また、本実験は一般財団法人日本自動車研究所の研究倫理審査委員会からの承認を得た上で実施した。

2.2 実験装置および実験コース

安全性の確保と条件統制の観点から、実車による実験は困難なため、本研究はDSを用いて実験を実施した。本実験のDSは、全方位スクリーンによりドライバからの視界を360度に渡って模擬する機能、また6軸動揺装置により車両運動に応じて生じる加減速度を模擬することが可能な装置である。

自動運転システムの走行場面として、本実験では2車線および3車線の高速道路を想定した実験コースを設定した。当該コースは直線、S字カーブおよびジャンクション（分流・合流を含む）による構成とした。直線部分は100 km/h、S字カーブ部分は80 km/h、ジャンクション部分は40 km/hを制限速度とし、これらを目標速度として先行車が走行した。自動運転中の自車は、先行車との車間時間が2秒程度となるように速度調整が行われた。また、自動走行時は直進・カーブともに自車が車線中央を走行するように、自動で操舵制御が行われた。操舵制御中には、操舵角に応じてステアリングが回転するように設定した。分流および合流が必要な状況では、方向指示器の提示を含め、自動で走行できるようにした。自車および先行車は左端の車線を走行し、自車線以外の右側の車線には他車両が相対速度20 km/hで追い越すようにした。また、交通量は流動的に変化するように設定した。なお、手動運転条件のドライバには、先行車に追従して、制限速度を目標に走行するよう教示した。

2.3 システム機能限界場面と解除予告タイミング

システムの機能限界場面として、料金所を設定

Table 1 Number of participants

Condition	2s	5s	10s	Manual
No task	11 (6,5)	12 (6,6)	11 (6,5)	9 (5,4)
Radio task	11 (6,5)	11 (6,5)	11 (6,5)	9 (5,4)
Text task	11 (6,5)	12 (6,6)	11 (6,5)	-

Total (Male,Female)

した。Fig. 1に料金所場面の概要と任意に設定した基準地点（車線が消失するためシステムが機能限界に陥る地点）からのドライバ視点のイメージを示す。当該場面では、2車線の左車線を走行中、料金所へ向けて減速した上で、任意のレーンへ進入することが求められる。自動運転が解除される基準地点に対し、条件ごとに10秒前、5秒前および2秒前から自動運転の解除予告を開始した。解除予告前後、先行車は車間時間2秒程度前を走行しており、右車線の他車両は自車を相対速度20 km/hで追い越して走行した。自車が基準地点を通過すると、先行車は自動的に減速度2.5 m/s²程度で35 km/hまで減速するようにした。基準地点から料金所までは300 mの距離があり、解除予告に気づいたドライバは、先行車と衝突しないよう、減速および操舵をしながら、先行車と同じ料金所レーンへ進入することが求められる。なお、上記レーン以外の通過も可能であるが、本実験で他レーンへ進入したドライバはいなかった。

2.4 システム設計およびHMI

自動運転の開始は、ステアリングに付いている

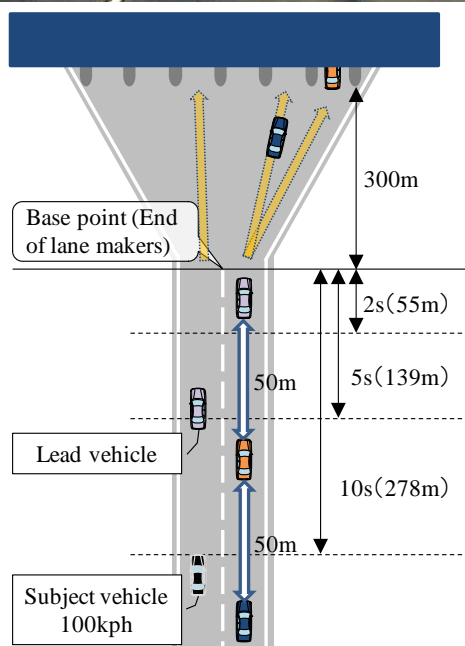


Fig. 1 Image of tollgate

レバーを用いた。自動運転中に、アクセル（ストローク量10%）・ブレーキ（ストローク量5%）・ステアリング（目標舵角±20度）のいずれかを操作する（各閾値を超える）と、即座に自動運転のための制御は解除され、手動運転に切り替わるようにした。なお、上記の操作をした状態で、自動運転開始レバーを引いてもシステムはオンにならない設計とした。

自動運転システムの作動状況や解除をドライバに知らせるためのHMIには、視覚表示および聴覚表示を用いた。視覚表示は、メータクラスタ内の左側に表示した。Fig. 2に示すように、(a)システム正常時は「自動運転中（緑文字）」の他、制限速度情報およびルート情報を表示した。システム機能限界時、すなわち料金所場面に接近し、設定した条件のタイミング（2秒・5秒・10秒）を下回ったときは、解除予告として(b)「自動運転解除（黄文字）」を点滅（1秒周期）で表示した。また解除予告中は、聴覚表示として0.5 kHzの単音（1秒周期）を走行音+10 db(A)程度の音圧で呈示した。なお、解除予告中はシステムによる制御は継続され、基準地点を通過すると解除された。また自動運転中と同様に、解除予告中にドライバが操作介入をすれば、その時点で制御を停止し、(c)手動運転時の表示に切り替わるようにした。

2.5 運転以外の作業タスク

運転以外の作業を模擬するために、本実験ではラジオタスク、テキストタスクおよびタスクなしの条件を設定した。ラジオタスクは、手動運転でも想定される比較的負荷の低いタスクと位置づけ、約2分30秒の時事ニュースを聴くタスクとした。タスクの動機づけとして、直後に内容に関する3つの質問に回答するよう求めた。テキストタスクは、自動運転で想定される比較的負荷の高いタスクと位置づけ、タブレットPCの既存のアプリケーション



(a) Auto-driving (b) Resuming (c) Manual-driving

Fig. 2 Example of HMI (Visual)

ションを用いて、1分間連続してテキスト入力を行うタスクとした。タスクの動機づけとして、1分間で入力できた文字数に基づきフィードバックされる成績を、タスク後に逐次報告するよう事前に求めた。タスクなし条件は、解除予告が呈示される前に前述のタスクを実施することで、覚醒度が低下していない状態でかつディストラクションのない状態と位置づけた。なお、運転以外の作業タスクについては、あくまでも安全にできる範囲で行う（安全の方を優先する）よう教示した。

2.6 実験手順

本実験は、参加者への教示、練習走行、本走行の順で実施した。まず参加者に対して、実験目的や自動運転システムに関する説明を行った。レベル3の自動運転において可能な限り自然な行動を調べるため、手動運転中は普通の運転と同様に安全を最優先にすること、自動運転中はシステムが安全確認を行い制御するためドライバによる操作や安全確認は必要ないこと、ただしシステムから解除予告があった場合には対応が必要であることを教示した。また、本実験における自動運転システムのHMIなどについて、書面と口頭で説明した。

練習走行では、まずDSに慣れるために、直線部分における制限速度での定常走行、カーブ走行および車線変更がスムーズにできるよう求めた。続けて自動運転の練習として、自動運転システムのオン、操作介入による手動運転への切り替え、各交通環境におけるシステム正常時の制御の体験および解除予告の体験を行った。なお、解除予告の体験には本走行と同様の料金所場面を用いた。続けて、自動運転システムに対する習熟（信頼感の形成）を目的に、10分程度の走行を行った。さらに休憩後、25分程度の自動走行を行い、走行の最後に工事による自動運転の解除を経験した³⁾。

その後休憩と教示として、運転以外の作業のタスクの方法について追加説明を行った。本走行では、2種のタスクをランダムに1~2分おきに実施しながら走行し、10分程度で料金所場面へ遭遇し、自動運転から手動運転に移行する際のドライバの対応行動を調べた。なお、ラジオ聴取タスクおよびテキスト入力タスクの条件では、各タスクを実施している最中に解除予告が提示されるようにした。

2.7 計測指標および解析方法

計測項目は、アクセル操作量、ブレーキ踏力、操舵角などの運転行動データと、自車速度、前後加速度などの車両挙動データを120 Hzで記録した。また、料金所場面での前方や視覚表示への注視などを調べるために、顔面映像や足元映像などの映像データを30 Hzで録画した。その他、解除予告に対する内省報告への回答、ドライバ属性に関する質問項目（年齢、性別、運転歴など）を併せて取得した。

システム機能限界場面におけるドライバ対応行動を調べるため、本走行の料金所場面を解析した。Fig. 3は、状況認識（SA: Situation Awareness）の概念⁴⁾を参考に作成した、自動運転から手動運転への移行時のフローを示す。なお、SAは主に航空分野で用いられ、意思決定前を異常の知覚（L1）、状況の理解（L2）、予測（L3）の3段階に分類した概念である。まず、システム機能限界をドライバに知らせるための解除予告が開始されたときのドライバ状態が、その後の対応に影響すると仮定した。次に、解除予告に気づき（SAのL1相当）、解除を理解し、交通状況の認識および予測するフェーズ（SAのL2/L3相当）を経て、必要な回避操作が行われたかを解析した。さらに結果として衝突が生じなかったか、料金所への進入速度が高くなかったかを評価した。

3. 実験結果および考察

3.1 解除予告開始時のドライバ状態

解除予告を開始する時点でのドライバの状態は、その後の対応に影響すると考えられる。レベル3

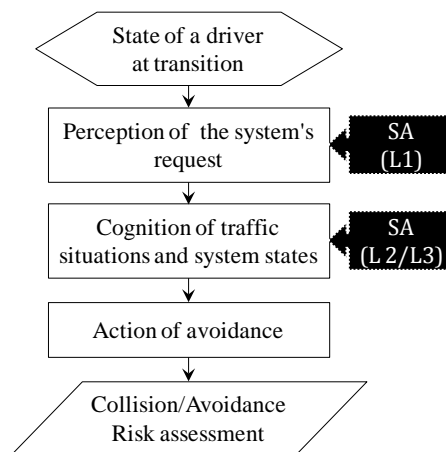


Fig. 3 Flowchart of transition to manual

の自動運転では、覚醒度が低下している場合も考えられるが、本実験では運転以外の作業を想定したタスクを課しているため、ドライバ状態がある程度保たれていたと考えられる。解除予告開始時の視線を解析したところ、手動運転条件では94%（18名中17名）、タスクなし条件では79%（34名中27名）、ラジオ条件では88%（33名中29名）のドライバが車外前方を見ていたが、テキスト条件では全ドライバがタブレットを見ていた。

3.2 解除予告に対する知覚

解除予告が開始された際、ドライバは告知に気づき、その後の対応を開始する。本実験では、視覚および聴覚表示によって解除予告を行っており、解除場面遭遇直後のインタビューでこれらの視聴覚表示に気づいたか否かの回答を求めた。その結果、聴覚表示に関しては全ドライバが気づいたと回答した。一方、視覚表示に関してはラジオ条件で1名（33名中）、テキスト条件の3名（34名中）が気づかなかったと回答した。

Fig. 4に、解除予告開始から、視覚表示へ向けて視線を動かし始めるまでの時間を条件ごとに示す。なお、上記の視覚表示に気づかなかったドライバ3名は、解除予告（聴覚表示および視覚表示）の提示が終わってから視線を動かし始めていたため、当該分析から除いた。余裕時間（3水準）とタスク種類（3水準）の二要因分散分析を行った結果、タスク種類による主効果が有意（ $F(2,58)=26.62$, $p<.01$ ）であった。多重比較の結果、テキスト条件は他の2条件に比べて視覚表示を見に行くまでの時間が有意（ $p<.01$ ）に遅かった。

レベル3の自動運転の定義に従えば、ドライバ

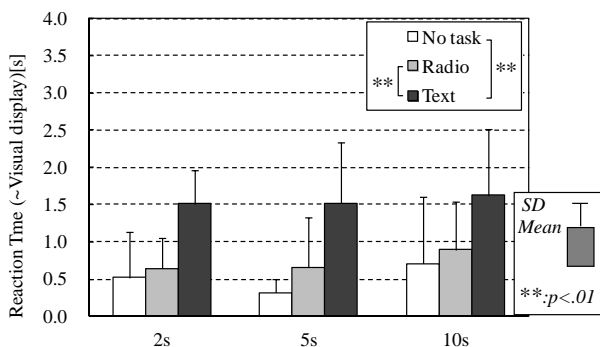


Fig. 4 Reaction time from resumption to visual display

は常に交通状況を監視する必要がなくなるため、テキスト入力タスクのような作業が許容される可能性がある。本実験で設定したテキスト条件は、ゲーム感覚という動機づけが強く、かつリソースを多く要する作業と考えられる。実験の結果、テキスト条件では、視覚表示への視線移動に遅れが生じるため、作業への強い動機づけやリソースの多くを配分した状態では、解除予告の知覚（SAのL1）の遅延に繋がるのが推察される。従って、解除予告を提示する際に、十分な時間的余裕が必要であることが考えられる。

3.3 解除予告後の状況理解

解除予告を知覚しても、それがシステム解除の予告であることを理解できないと、その後の適切な対応ができない。解除場面遭遇直後のインタビューで、「解除」であることを理解できたか否かを回答してもらった結果、テキスト条件の2名（34名中）以外のドライバは「解除」であることを理解することができたと回答した。またこの2名も、ブレーキを踏んで減速した上で料金所を通過しており、テキスト入力タスクによる認知的な負荷の影響で、インタビュー時に「解除を理解できた」と回答できなかったと推測される。

Fig. 5に、解除予告開始時点から、前方方向へと視線を動かし始めるまでの時間を条件ごとに示す。なお、解除予告の開始時点において、視線が前方を向いていた場合には、時間をゼロとした。解除予告開始時点において、全ドライバがタブレ

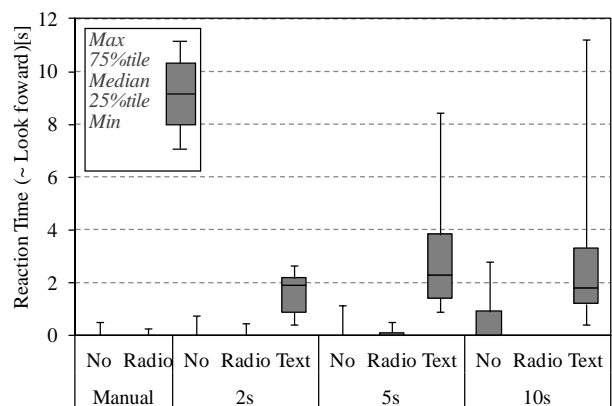


Fig. 5 Reaction time from resumption to look forward

ットを見ていたテキスト条件では、前方を見にいくまでの時間、すなわち交通状況の認知を開始するのが中央値で2秒程度と、他の条件に比べて遅かった。また、テキスト条件では、前方よりも先に表示を注視したドライバーが56% (34名中19名)であったが、タスクなし条件では18% (34名中6名)、ラジオ条件では3% (33名中1名)であり、テキスト条件のような視認を伴う運転以外の作業を行っている場合、解除予告表示に対する知覚に加え、交通状況の認識開始にも遅れが生じる結果となった。

本実験において、ドライバーは少なくとも2度 (うち1度は練習走行における料金所場面) 解除予告を経験していたため、一部のドライバーからは視覚表示を見なくても聴覚表示のみで解除予告が発せられたと理解できたとの内省報告があった。このように、料金所のように定期的に経験する可能性のある (突発的でない) 機能限界場面に関しては、解除予告の経験が蓄積されるため、解除予告の理解 (SAのL2) や、先の状況の予測 (SAのL3) が容易であると推察される。

3.4 解除予告後の対応

(1) ステアリングを握るまでの時間

解除を把握したドライバーは、システムから運転を引き継ぐために、ステアリングを離した状態から握る動作をとる。そこで、解除予告からステアリングを握るまでの時間を映像データから解析した (Fig. 6)。余裕時間 (3水準) とタスク種類 (3水準) の二要因分散分析を行った結果、タスク種類による主効果が有意 ($F(2,61)=14.67, p<.01$) であった。多重比較の結果、テキスト条件は他の

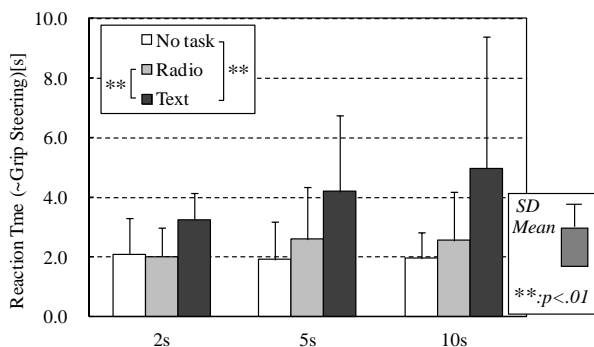


Fig. 6 Reaction time from resumption to take the steering wheel

2条件に比べて、ステアリングを握るまでの時間が有意 ($p<.01$) に遅かった。

ドライバーは解除予告を知覚、理解した上で対応を開始すると考えられ、テキスト条件における知覚や状況理解の遅れが、対応への遅れとなったと推察される。加えて、テキスト条件ではタブレットPCを手を持ってタスクを行っているため、対応に遅れが生じたと考えられる。

(2) ブレーキ開始時の到達時間

本実験で設定した料金所場面では、解除予告が提示されてから減速を行い、料金所を通過することが求められる。そこで、ドライバーがブレーキを踏み始めた (ブレーキ踏力10N以上) 時点における速度と基準地点 (白線がなくなる地点で、料金所ゲートの約300m手前) までの距離から到達時間を計算した。すなわち、基準地点に対するブレーキ開始ポイントを、時間で表現した指標である。Fig. 7に、条件ごとにブレーキ開始時の到達時間を示す。テキスト条件のない手動条件を除き、余裕時間 (3水準) とタスク種類 (3水準) の二要因分散分析を行ったところ、余裕時間 ($F(2,31)=23.11, p<.01$) およびタスク種類 ($F(2,61)=10.86, p<.01$) の主効果が有意であった。多重比較の結果、余裕時間については「2秒」条件より「5秒」条件 ($p<.05$)、「2秒」条件より「10秒」条件 ($p<.01$) および「5秒」条件より「10秒」条件 ($p<.01$) でそれぞれブレーキ開始が早かった。またタスク種類では、タスクなし条件に比べてテキスト条件で有意 ($p<.05$) にブレーキ開始が遅かった。

テキスト条件では、解除予告の知覚や状況理解を含めて対応が遅れる傾向があり、ブレーキ反応

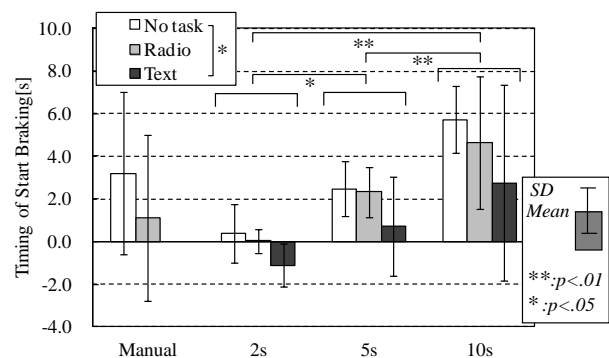


Fig. 7 Timing of start braking

においても同様の傾向と考えられる。一方、ブレーキ開始時の到達時間は、解除予告の余裕時間の影響も大きく、テキスト条件においても5秒あるいは10秒条件では、手動運転と同等の状況でブレーキを開始できていることがわかる。従って、運転以外の作業を行っているドライバーに対しても、適切な余裕時間を設定することで、手動運転と同様の対応が可能になると推測される。

(3) 最大ブレーキ踏力

ブレーキを開始したドライバーの最大ブレーキ踏力について、条件ごとに比較した結果をFig. 8に示す。テキスト条件のない手動条件を除き、余裕時間（3水準）とタスク種類（3水準）の二要因分散分析を行ったところ、余裕時間の主効果に有意傾向（ $F(2,31)=2.68, p<.1$ ）、またタスク種類の主効果が有意（ $F(2,61)=3.40, p<.05$ ）であった。多重比較の結果、タスクなし条件に比べ、テキスト条件で最大ブレーキ踏力が大きい傾向（ $p<.1$ ）がみられた。

テキスト条件では、タスクなし条件に比べ料金所に対するブレーキ開始タイミングが遅れるため、ブレーキを強く踏むことで減速度を高めたと推察される。

3.5 車両挙動および衝突有無

(1) 速度

料金所の通過におけるリスク評価として、基準地点および料金所での速度を調べた。Fig. 9に基準地点における速度、Fig. 10に料金所における速度を示す。テキスト条件のない手動条件を除き、余裕時間（3水準）とタスク種類（3水準）の二要因分散分析を行ったところ、基準地点における速度に関して、余裕時間の主効果が有意（ $F(2,31)=11.21, p<.01$ ）であった。多重比較の結果、「2秒」条件に比べ、「5秒」条件および「10秒」条件で速度が有意（ $p<.01$ ）に高かった。一方、料金所での速度に関して、有意差は認められなかった。

本実験で設定した料金所場面では、白線がなくなる基準地点から料金所までの間に約300mの余裕距離があった。基準地点の直前で解除予告が開始された「2秒」条件では、基準地点での速度が他の条件に比べて高かったものの、料金所までの

間で速度を調整することで、通常と同様の速度で料金所を通過できたと考えられる。

(2) 衝突の有無

料金所場面における衝突リスクとして、先行車への追突および料金所ブースへの衝突有無について調べた。まず、先行車への追突リスクに関しては、10秒のテキスト条件で、 $TTC=0.5s$ 程度まで接近したケースが1例みられたものの、衝突に至ったケースはみられなかった。一方、料金所への衝突に関しては、10秒のテキスト条件で1例みられた。

衝突事例において、ドライバーは解除予告に気づ

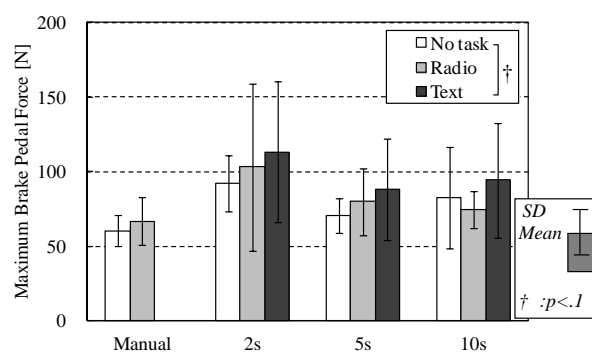


Fig. 8 Maximum brake pedal force

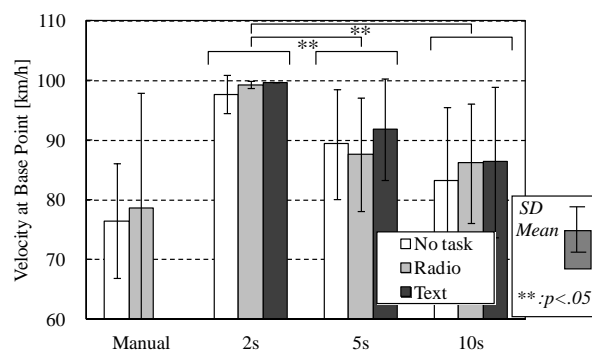


Fig. 9 Velocity at base point

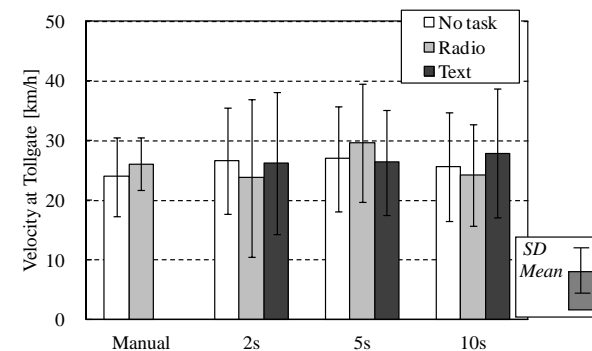


Fig. 10 Velocity at tollgate

き、一度前方および視覚表示を見ているものの、テキスト入力タスクを再開し、タスク画面を見ているため料金所へ気づかず、衝突に至った。手動運転中の運転以外の作業への従事は、従来から問題視されてきたが、自動運転の導入によって、ドライバの担う運転タスクが減少し、運転以外の作業へより没頭しやすくなると推測される。本実験の結果、余裕時間が増加するとドライバの対応に時間的ばらつきが増加する傾向がみられたが、これは一部のドライバが交通状況にあわせて対応しているためと推察される。衝突事例のように、10秒の余裕時間があっても、ブープ音と解除の表示のみの情報で、交通状況として余裕のある場合、ドライバが即座の対応は必要ないと考えて、運転以外の作業へ復帰してしまう懸念が考えられる。従って、時間的余裕とドライバの意識を運転へ向けさせるためのHMIの両面から、技術的な側面による検討が必要と考えられる。また、許容する運転以外の作業に関する法整備など、運用的な側面についても併せて検討すべき課題と考えられる。

4. まとめ

本研究は、自動運転（SAE定義のレベル3相当）中のシステム機能限界に伴う権限委譲方法の基礎的検討を目的に、比較的余裕のある機能限界場面として料金所をDS上に設定し、ドライバの状態（運転以外の作業）と解除予告の余裕時間（2秒、5秒および10秒）ごとのドライバ対応行動を調べた。以下に得られた成果を示す。

- ・ テキスト入力の作業をしている場合、タスクなしやラジオ聴取の場合よりも、解除予告の視覚表示あるいは前方を見に行くまでに時間を要した
- ・ 上記の解除予告に対する視線反応の遅れに加え、手持ち機器を用いた作業であるため、テキスト入力作業においては、ステアリングを握るまでの時間に遅れが生じた
- ・ テキスト条件では、他の条件に比べてブレーキタイミングが遅れた。一方、余裕時間が長いほどブレーキは早まり、本実験で設定した料金所場面においては、「5秒」以上であれば通常と同様のタイミングでブレーキが開始できた
- ・ テキスト条件は、他の条件に比べてブレーキ踏

力の最大値が大きかった。ブレーキ開始タイミングの遅れに対して、ブレーキの踏み方を強めたと推測される

- ・ 「2秒」条件では、他の条件に比べて基準地点での速度が高かったが、料金所通過時には手動を含めた他の条件と同様の速度であった
- ・ 本実験では、衝突事例が1件みられ、テキスト入力タスクに没頭していたことが原因と推察された

本稿の結果から、料金所のような比較的余裕のある機能限界場面では、5秒あるいは10秒で解除予告をすることで、ほとんどのドライバが手動運転と同様に対応できることが示唆された。一方で、ドライバの意識が強く運転以外の作業へ向いた場合には、十分な余裕時間に加え、相応のHMIに関する検討、さらには法整備などを含めた検討の必要性が見出された。また、自動運転中にはドライバの覚醒度の低下も指摘されている^{3),5)}ことから、低覚醒ドライバの適切な権限委譲方法あるいは自動運転中の覚醒度を保つ方策などについても今後検討すべき重要な課題と考える。

本研究は、一般社団法人日本自動車工業会・制御プリンシプルWGからの委託研究として、一般財団法人日本自動車研究所が2014年度に実施した内容の一部をまとめたものである。

参考文献

- 1) 稲垣敏之：人と機械の共生のデザイン，森北出版株式会社，189p. (2012)
- 2) SAE: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems, J3016-201401 (2014)
- 3) 本間亮平ほか：高度自動運転時における権限委譲方法の基礎的検討－自動運転時の覚醒度低下や運転以外の作業と権限委譲時のドライバ対応行動－，自動車技術会論文集，Vol.47, No.2, p.537-542 (2016)
- 4) Endsley, Mica R.: Toward a theory of situation awareness in dynamic systems, Human Factors, Vol.37, No.1, p.32-64 (1995)
- 5) De Winter, J C.F., et al.: 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, p.196-217 (2014)