

先進運転支援システムの状態監視をドライバに促す
情報提供の方法と効果の研究

2024年 9月

高橋 昭彦

先進運転支援システムの状態監視をドライバに促す
情報提供の方法と効果の研究

高橋 昭彦

システム情報工学研究科
筑波大学

2024年 9月

目次

1	はじめに.....	1
1.1	研究の背景.....	1
1.2	高度運転支援システム（ADAS）.....	2
1.3	ドライバとシステムの関係から見た現況の ADAS の課題.....	3
1.4	ADAS 利用ドライバの状況認識について.....	7
1.5	情報提示の方法と本研究の目的.....	9
2	ADAS の動作性能に関する走行前教示の効果.....	11
2.1	概要.....	11
2.2	研究の目的.....	11
2.3	研究の背景.....	12
2.4	実験の方法.....	13
2.4.1	実験概要.....	13
2.4.2	実験車両と運転支援システム.....	13
2.4.3	実験協力者.....	15
2.4.4	走行実験のルート.....	15
2.4.5	走行実験の手順.....	17
2.4.6	実験デザイン.....	18
2.4.7	実験参加者の割り付けの妥当性の確認.....	23
2.4.8	従属変数：主観指標.....	23
2.4.9	倫理審査と実験の安全管理.....	25
2.5	実験結果.....	25
2.5.1	精神的負担とトラストに関する主観評価.....	25
2.5.2	走行環境と運転行動.....	28
2.6	考察.....	30
2.6.1	主観量評定の結果について.....	30
2.6.2	行動指標の結果について.....	31
2.6.3	On-the-loop 状態が確立されていないという解釈.....	31
2.7	本章の結論.....	33
3	ADAS の動作に関する走行中の情報提示による効果.....	35
3.1	概要.....	35
3.1	研究の目的.....	36
3.2	研究の背景.....	37

3.3	実験の方法.....	39
3.3.1	実験概要.....	39
3.3.2	ドライビングシミュレータと ADAS 動作の模擬.....	40
3.3.3	走行シナリオとタスク.....	43
3.3.4	実験協力者.....	50
3.3.5	実験の手順.....	60
3.3.6	独立変数：システムからの情報提示.....	61
3.3.7	従属変数：計測項目.....	62
3.3.8	倫理審査と実験の安全管理.....	71
3.4	実験結果.....	72
3.4.1	行動指標.....	72
3.4.2	主観評価.....	78
3.4.3	実験環境の評価.....	95
3.5	考察.....	97
3.5.1	実験結果のまとめ.....	97
3.5.2	考察.....	99
3.6	本章の結論.....	101
4	結論.....	103
4.1	本論文の結論.....	103
4.2	予測情報を提示する効果に関する残された課題.....	104
4.3	応用面から見た本研究の意義.....	105
5	謝辞.....	107
6	参考文献.....	108
7	付録：実験で使用したアンケート用紙.....	113
7.1	運転経験チェックシート.....	113
7.2	人間生活工学研究センター版 運転スタイルチェックシート DSQ.....	114
7.3	人間生活工学研究センター版 負担感受性チェックシート WSQ.....	115
7.4	DSQ (Driving Style Questionnaire; 運転スタイル質問紙)日本語翻訳版.....	116
7.5	運転時の状況認識性向調査.....	117
7.6	情報処理スタイル尺度 IPSI 短縮版.....	118
7.7	Big Five 尺度 (短縮版).....	119
7.8	U'eyes Design クルマとの関わり方尺度.....	120
7.9	シミュレータ操作感と自動運転使用感.....	121
7.10	自覚症しらべ.....	122

1 はじめに

1.1 研究の背景

自動車は社会の隅々まで行きわたっており生活や産業のあらゆる局面でなくてはならない存在である。自動車の量産が開始されてより百年を超えた今日にいたっても未だ、人の手を介さないで機能する真の意味での「自動」車ではなく、人が運転操縦してはじめて機能する道具にとどまっている。道路交通事故の原因もその多くはヒューマンエラーに起因しており、全体の94%という調査も存在する [National Highway Traffic Safety Administration, 2015] [林, 2017]。

その一方で近年では自動車の「自動化」技術の進展もまた著しく、人の手を介さず自動的に目的地に到達できる真の意味での自動運転の実現も期待されるところである。しかし、完全に自動化された自動車の実現は、現在まだ発展途上の将来技術と言わざるを得ない。

高度運転支援システム (Advanced Driver Assistant Systems: ADAS) の技術は急速に一般化しつつある。特定の場面では自動化システムが運転操作 (加減速とハンドル操作) を行うことが事実上可能な技術はすでに存在し実用化されている。しかしその機能は限定的であるため、実装上は、運転自体は人が行い自動化システム側はそれを支援する、もしくはシステムが半ば自律的に運転操作を行っている場合も動作の監視は人が行うというように、必ず人が常になんらかの形で関与する、という形態をとるのが「運転支援システム」である。たとえば、衝突の危険をシステムが察知して、ドライバの運転操作に関わらず自動的に急ブレーキをかける衝突被害軽減ブレーキは既に一般化しつつあり、現在では新車には搭載が義務付けられている (2020年1月31日報道発表「乗用車等の衝突被害軽減ブレーキに関する国際基準を導入し、新車を対象とした義務付けを行います。」 [国土交通省, 2020])。

ここで問題となるのが、運転支援システムの「動作意図」 (動作理由)、とりわけリスク回避の意図を、利用者である人間が理解できるかどうかである。なぜこれが問題になるかということ、システムによる一見意図不明な動作に人間がついていけず、結果的に人が不適切な操作介入を行ってしまう、もしくはシステムの動作に不信感を抱いてしまうということが起こり得、極端な場合は運転支援システムの利用を停止してしまう、などのことが起こりうるからである。自動車以外の分野では、こうした不適切な状況が実際に生じている [稲垣, 1993]。他方、ドライバが運転支援システムに頼り切り、人が責任をもつべき安全確保のための操作や監視を怠る問題も、特に高度な運転支援システムでは懸念されている [稲垣, 2011]。

1.2 高度運転支援システム (ADAS)

自動車の運転支援は、当初は ABS(Anti-lock Braking System)や衝突回避ブレーキ (Autonomous Emergency Braking System: AEBS)などの比較的簡易なものから始まり、2000年代からその社会実装が本格化した。近年の高度運転支援システム(ADAS)の進展は目覚ましく、先に述べたように自動運転の実現も視野に入るようになってきた。ADASの普及は、交通事故の件数や被害の程度の低減の切り札として期待されている [先進安全自動車推進検討会, 2016] [国土交通省, 2021]。

現在では、ADASの自家用乗用車への導入も進んでいる。日本自動車工業会の2020年の調査において、乗用車の車両安全装備として、上記で挙げたABSを含む予防安全のための装備37種、衝突安全のための装備として7種について、それぞれ装着率が生産台数ベースで公開されている。この調査では、ADASに相当する装備としては、「定速走行・車間距離制御装置（高速ACC (Adaptive Cruise Control)）」の装着率が48.5%、「低速度域車間距離制御装置（低速ACC）」が33.4%、「全車速域定速走行・車間距離制御装置（全車速ACC）」が32.6%、「車線維持支援制御装置（Lane Keep Assist: LKA）」が45.7%、となっている [日本自動車工業会, 2021]。

システムが自動車の運転にどの程度関与するかには様々なものがあり得る。その関与の度合は、運転自動化レベル(Levels of Driving Automation)として整理されている。最近では、米国SAE (Society of Automotive Engineers)の定義する運転自動化レベルがデファクトスタンダードとして活用されている。SAEの運転自動化レベルは、完全な手動（レベル0）から、完全な自動（レベル5）の6段階にわけられている [SAE International, 2021]。このうち、レベル2は、加減速およびハンドル操作はADASによって行われるものの、環境状況や機能の制約のためにADAS動作の突然の停止やADASによる障害物などの見落としがあり得ることが使用上の前提であり、ドライバは自分で運転するのと同様に、常時、交通環境やADASの作動状態を監視し、必要に応じていつでも安全確保を手動で行えるように備えなければならない。SAEの定義では、レベル2までが「運転支援」(driving assistance)であり、本節ですでに紹介したADASの例はいずれもレベル1ないし2として位置付けられる。レベル3以上が「自動運転」(automated driving)と位置付けられる。レベル3ではドライバは、レベル3相当の自動化が機能している範囲においては、交通環境やADAS動作の監視を行う必要はない。

市販されているレベル2のADASの事例としては、2016年に日産自動車が自家用自動車「セレナ」のオプションとして、高速道路上の高速走行時の定速・先行車追従走行機能 (Adaptive Cruise Control: ACC)に加えて、渋滞時の前者追従機能としての低速ACC、および車線維持機能 (Lane Keep Assist: LKA)などのシステムを搭載した (2016年7月13日付プレスリリース [日産自動車株式会社, 2016]、取扱説明書 [日産自動車株式会社,

2016])。このシステムは、自動運転に近い走行を可能としており、国内ではこれが運転自動化レベル2のADASの最初期のものである。

今後も当面は、レベル2のADASの高機能化が進むと考えられる。特定の交通条件下でドライバに交通環境の監視を求めないレベル3の自動運転車も既に認可される事例が出てきているが[国土交通省, 2020]、ドライバによる監視を要しない条件は予め定められており、かつその範囲は現時点では例えば時速60km以下に制限されるなど、限定的である¹。センサの高度化・低価格化とソフトウェア技術の進展は、より多様なモビリティへの組み込みを促すことも予想されるが、利用場面の多様化はシステムにより高度な性能を要求すると同時に、実用上、利用者の監視と介入を必要とする余地を残し続けると考えられる。このため以降の議論では、レベル2の運転自動化レベルを主に想定して話を進める。

より高度な機能を有するADASが開発されたとしても、レベル2であるからには、ドライバが交通環境やADAS動作を継続的に監視する必要性はなくなる。

1.3 ドライバとシステムの関係から見た現況のADASの課題

あるADASが対処しきれない交通環境の悪化等が生じた際に、ADAS自身がそれを検知し、ドライバに通知した上でADASの機能を一時的に停止することがある。この際、ADASはドライバに制御の停止の通知を行い、ドライバによる運転操作を要求する。これを、本研究では(Take Over Request: ToR)とよぶ。一般には、ToRはレベル3の自動運転システムがドライバに運転交代を要求する際に提示するものを指すが、本論文では、説明の便宜上レベル2のADASにおけるドライバの介入をシステムが求める際のメッセージをToRと呼ぶことにする。ToR発行の直後にシステムが機能停止に入るとは限らず、数秒のマー진은与えられることもあるが、いずれにせよドライバは素早く手動での運転を開始しなければならない。

レベル2のADASの場合は、素早い運転介入が求められるため、ドライバは普段から交通状況を監視し、システムが対応できなくなる状況も予め想定しておくことが必要である。このためには、ドライバがADASの動作やその特性をある程度理解し、システムの限界を把握しておくことが求められる。しかしADASの動作特性や機能限界は、使用されて

¹ 現状のADASは高速道路上での使用を前提としているものが大半である。例えばここで紹介しており、実車実験で用いた日産セレナの「プロパイロット」では高速道路・自動車専用道路の直線や緩やかなカーブでの使用を想定していると取扱説明書に明記があった[日産自動車株式会社, 2016]。この状況はレベル3車でも同様であり、先に紹介したホンダのレベル3車のODDは、低速走行時の道路状況として中央分離帯が設置された高速自動車国道・都市高速道路を想定している[国土交通省, 2020]。

いるセンサの性能や運転機能を実現させているソフトウェアに依って異なる上に、ドライバにとっては必ずしも単純自明なものとは限らない。今後 ADAS がより多様な環境で利用されるようになり、また車種ごとにその性能が異なることも考え合わせると、ドライバにとってシステムの機能や性能の限界の正確な把握が難しくなる。ドライバがシステム動作の状況を把握できていないことにより、次の2点の問題が生じると考えられる。

1) 必要な操作を行うことができない。例えばシステム動作不全時の緊急回避動作ができない、もしくは操作が著しく遅れる。

2) システムの動作が理解できないことにより、システム自体は正しく動作しているにも関わらず余計な操作をしてしまう。

このうち2)については、例えばシステムの停止や危険な回避動作を行ってしまう、という問題が生じ得る。これらの問題に起因して、ドライバがシステム動作に対する不信や不安を抱くようになれば、本来便利に使えるべき ADAS の機能が使われなくなるという、本末転倒な事態も生じ得る。

上記のように ADAS の動作が把握できずドライバが不適切な操作行動やシステムに対する不信を生ずる問題がとりわけ問題となり得るのは、運転のための訓練等を受ける機会の少ない、普通乗用車を日常生活やレジャーの足として利用する一般のドライバと考えられる。そこで本研究ではこのような非職業ドライバを想定して話を進める（もちろん職業ドライバでも同様な問題は生じ得る）。また、現状の ADAS は、自動車専用道での利用を前提としているものが多いので、本研究でも自動車専用道で起こり得る事象を対象とする。

システム動作について人間が理解できなくなる可能性のある事象は大きく分けて、次の3つに分けて考えることができる。

- 1) システム側のハード・ソフト上の限界により、あらかじめ想定されているもの
- 2) システム自体は対処できない状況であることが検知できていない状況
- 3) システムの不具合による機能停止

このうち1)はマニュアルには記載されているシステム停止条件、たとえば、ACCが雨天時に路況検出用のカメラ性能の限界により適切に作動できない例が挙げられる。システムが降雨時のどの時点で路況の検出が困難になるのかは、ドライバからは直接は見えない情報である。また例えば、ドライバがワイパーを操作したら雨天とみなしてシステムを停止させる車種があるが（日産セレナなど [日産自動車株式会社, 2016]）、ワイパー作動と同時にシステムの停止が生ずるのがドライバにとって理解しやすいかどうかは、検討の余地がある。

2)としては、システムによる車線の見間違いや先行車の見落としなどを挙げる事ができる。この場合、システムは停止しないものの、その動作内容は実際の道路環境には適さないものであり、ドライバはその動作の原因を一瞬理解できず戸惑うこともある。

3)については、これはドライバには動作理由の理解はしようもない。

上記1)-3)は明瞭に切り分けられるものではないが、システム自身が機能低下の可能性を検出しているかどうか、そして検出している場合にドライバにどの段階で通知しているか、で整理される。

これらのうち1)の、設計時点で既に仕様としてシステム側の限界が明確なものについては、ADASのメーカーのマニュアルなどにシステム動作条件、もしくはシステム停止条件が列挙されているのが通常である。その多くはセンサの性能に関するもので、悪天候による視界不良や不明瞭な道路標示によるカメラやLiDARの機能不全が想定される。なおこのようにシステムが機能する範囲が限定されるのはレベル3の自動運転システムでも同様であり、予め設定されたODD（Operational Design Domain; 運行設計領域）の条件が満たされない悪条件下での動作は保証されない。2020年にレベル3の自動運転車が初の型式指定を受けたが、この際に主な環境条件が列挙公開されている（2020年11月11日付国土交通省発表資料「世界初！ 自動運転車（レベル3）の型式指定を行いました」[国土交通省, 2020]）。

上記2)の事例としては、システムの仕様や設計思想の上で、路上障害物（停止車両など）と低速車両の判別、道路工事等判別が困難な事象が想定される。本来はODDの下ではこのような事態は起こらないように設計されているべきものである。現実的には、ドライバがODDの成り立たない悪条件で運転支援システムを使用してしまった（かつシステム自身がODD外であることを検知できていなかった）状況で、このようなドライバの理解とシステム機能の齟齬が生ずると考えられる。

1)の状況では、あらかじめシステムから通知が発出され、それに対応してドライバが運転操作に介入することが求められる。この場合、システムからの通知がなされてから、人が状況を適切に把握するまでの時間余裕としてどの程度必要かが課題となる。

一方、上記2)の状況はより切迫性があり、また既に市販されているレベル2のADASでも実際に問題となる状況である。具体的に想定される状況は数多いが、各報告で検討されている主な対象としては、低速車両への追い付きや道路工事に伴う車線変更、天候悪化による機能停止、等の事例が多いようである。実路走行の上では、急なカーブにおける先行車の見失いや、車線区分線が擦れていることによる見失いなどの事例も発生している

（2.5.2節で実際の事例を報告する）。また、渋滞などによる低速走行時には先行車への追従走行機能が停止する場合があります（駐車車両等への対応と判別が困難であるためと考えられる）、ドライバにとっては判りにくい動作となる場合がある。

さらに、上記3のように、システム自体が動作不良を起こす場合も考えられる。元々ADASのセンサや状況認識ソフトウェアには限界もあるが、突発的な動作不良などはドライバがシステムの状態を理解するのが不可能という意味で、より危険な状況もあり得る。ただしこのような状況は対策のしようがない面もあり、事前に通告が行われてドライバが対応できるだけの時間余裕があれば、上記2の状況と同じとも捉えられる。

ADASの機能の限界に伴い発生し得る危険性は、現時点で既に課題として指摘されているところであり、対策などの検討が行われている領域でもある[先進安全自動車推進検討会, 2016]。その一方で、今後は、ADASが利用される範囲はさらに広くなり、想定される利用環境の複雑化が進むことにより、対処がより困難な状況に頻繁に遭遇するようになることが予想される。例えば現時点でADASが実用的に使用に供されているのは、一般の乗用自家用車では自動車専用道路にほぼ限られている。しかし実用的には一般道でのADASによる運転支援は求められており、高速道路走行が前提であるにも関わらず一般道で利用するドライバも一定数いることが容易に予想されるし、各メーカーとも一般道での利用を目指した開発を進めているものと思われる。一般道では自動車専用道と比較して、想定される交通環境や発生し得る事象の多様性ははるかに多い。この多様な場面々々を適切に処理し安全に運行できるADASも近い将来には実現するかも知れないが、そのような高度なシステムの動作は状況によっては人間には即時に理解できるものではないかも知れない。

その一方で、システムが適切な動作をできなくなる可能性もある。実際の実装では、システムが適切な動作をできなくなる前に、システム側がドライバに通知の上で機能をいったん停止し運転の権限をドライバに引き渡すことになると思われるが、どのような状況でそのような通知が行われるかもまた、人間には理解が難しい場合もあろう。

上記で述べたような、直近の交通環境に対応したADASの動作に加えて、これからは近隣の交通情報など遠隔からの情報サービスによる情報を利用した運転計画を立てるようになることも想定される。運転計画として、長い時間スパンでは周囲の交通情報などを勘案して、車線の選択やルートを選択、渋滞や工事の回避などを行う。他方、短い時間スパンでの運転計画としては、路車間通信や車々間通信により、他車との車線の譲り合いや早い段階での停止車両への対応などを、行うようになるものと考えられる。これら、人間からは直接は見えない情報に基づいたシステムの動作が生ずると、その動作の理由が人間には理解できず困惑させられることもあろう。システム動作の前にどのような情報を提示すれば理解が促されるのかも、課題となると考えられる。

このように考えると上記で2)として示した、システムの利用条件が満たされていた中で突発的に生ずる、システムの限界もしくは限界に近い動作の発生、そしてそれをドライバが把握できなくなる状況は、今後ますます増えることが考えられる。本研究はこのような

事態を避ける上で、特に ADAS からドライバへの情報の提供を行う際の条件について、一つの方向性を示すことを狙いとしている。

1.4 ADAS 利用ドライバの状況認識について

一般に、システムの自動化は人間が行う作業の負担や作業実施に必要な訓練を減らし、作業のパフォーマンスを向上させる、あるいは作業実施にかかるコストを低減させることなどが目的で導入される。その一方で、人間にとっては、本来の対象に対する操作（自動車の運転など）に自動化システムが介在することで、人間が行うべきタスクは、本来のタスクから自動化システムの動作も含めた理解と操作を行うタスクに変質するのみであり、必ずしも期待通りの効果が得られない場合がある（いわゆる「自動化の皮肉」）

[Bainbridge, 1983] [稲垣, 1993]。自動化システムの動作は必ずしも人間にとって判り易いものとは限らず、予想外の動作によるサプライズが発生すると、パフォーマンスの低下やヒューマンエラーの原因となる [Sarter, Woods, & Billings, 1997]。特にモードの数が多い上に互いに独立でない（モード間に干渉がある）場合に問題となることが指摘されており、これは ADAS も相当する問題を抱えている。

ADAS の動作の複雑性ゆえに人間がその動作を正しく把握できない状況、またその帰結として人間が不適切な対応を行ったり、システムに対する不信感を生じさせたりする状況は、一般にはシステムにおけるヒューマンマシンインタフェース（HMI）の問題として捉えられる。このようなシステムと人間との関係を考える枠組みとしては、古くより Norman による行為の 7 段階モデル [ノーマン, 2015]、Rasmussen の SRK モデル [ラスムッセン, 1990]などが提案されており、これらはいずれも行為に対する反応のループの構造を、タイムスケールの違いやメンタルモデルの構造などに関する提案も含めて述べている。本研究ではドライバの認知と判断の構造を想定して論ずるために、Endsley の提案する状況認識（Situation Awareness: SA） [Endsley & Garland, 2000]の立場から、とらえることにする。

Fig. 1.1 は Endsley の SA およびメンタルモデル、目標、注意の関係を示したものである。SA は Perception, Comprehension, Projection の 3 つのレベルで構成され、これに基づいて行動が設定される。メンタルモデルは多様な Schemata および Scripts を内包しており、現時点で選択されているメンタルモデル（Schemata と Scripts）が SA に反映されるという構造になっている。そして SA に基づいて行動の目標が設定され、改めてメンタルモデルが選択され、それに従って注意の誘導が行われるループの構造となっている。

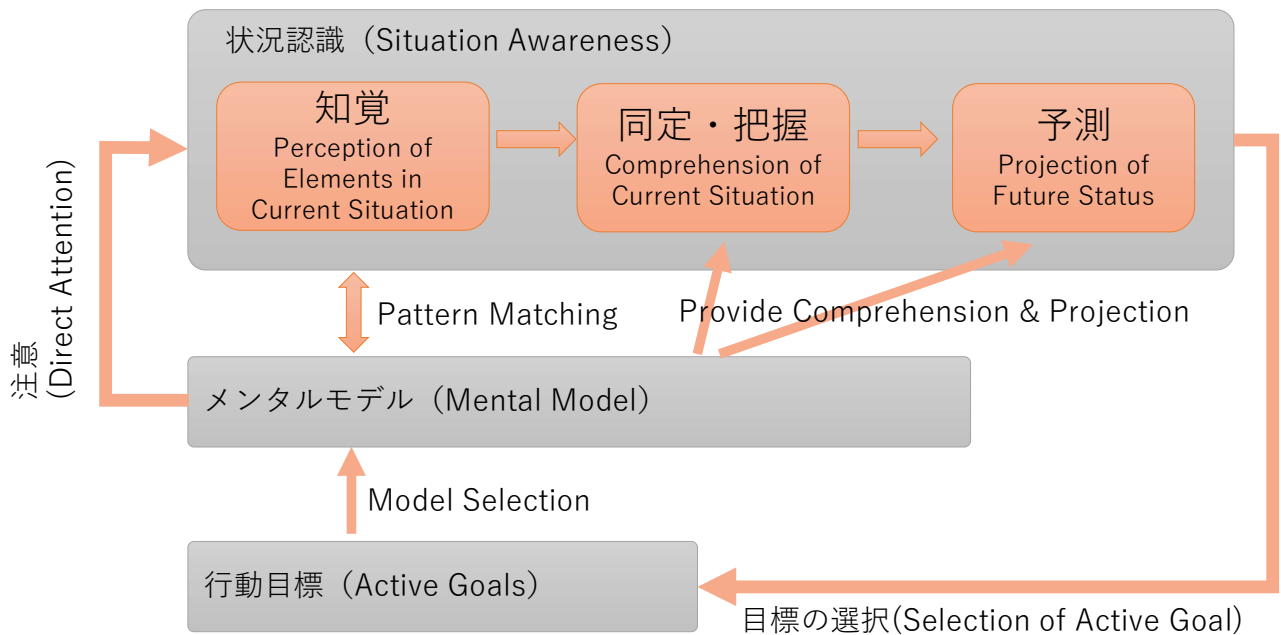


Fig. 1.1 Situation Awareness for interaction with ADAS

(Endsley, M.R. and Garland, D.J. eds(2000). “Situation Awareness Analysis and Measurement” [Endsley & Garland, 2000]の Fig 1.2 および Fig. 1.6 を高橋が編集翻訳)

自動化システムを利用するにあたっての状況認識を適切に保つためには、利用者であるドライバに ADAS システムの動作に関するメンタルモデルが構築できていること、システムからの状態等のフィードバックによりドライバが常にシステム状態を把握していること (human-in-the-loop もしくは human-on-the-loop 状態が ADAS との間に成立・維持されていること) が必要である [Merat et al., 2019]。SA の要素を加えてこのループ関係を単純化したものが Fig. 1.2 である。知覚・同定把握・予測の一連の流れが SA であり、その予測の対象が交友環境およびシステムの動作となることで、ループが構成されている。行動については、ADAS の場合は状況の監視が主なタスクとなるため、ループのアウトプットとして表現した。また、この図では省略されているが、Fig. 1.1 で示されているようにこのループの背景として、知覚・同定・予測のための適切なメンタルモデルが選択されており、これは交通状況に伴い入れ替わるものと考えられる。

交通環境はドライバによって直接知覚されるものであるが、システムの動作はシステムからの情報提示を介して知らせる必要もあるものである。このループを維持するために、システムの状態に関する情報をどのようにドライバに提供するかが重要となってくる。

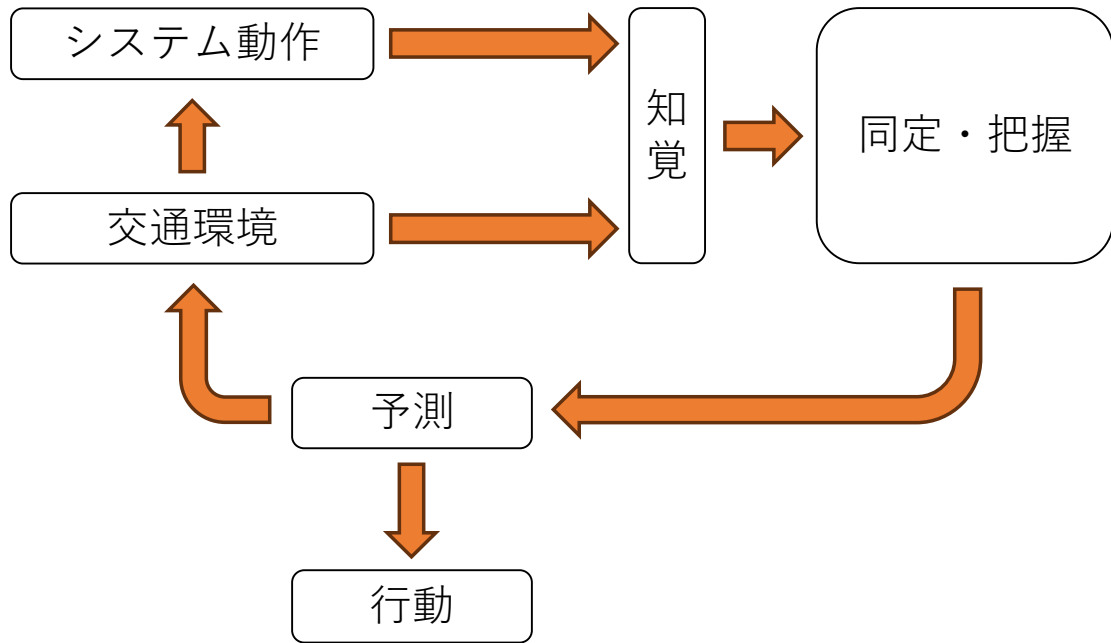


Fig. 1.2 ADAS 利用時の Human-on-the-loop モデル

1.5 情報提示の方法と本研究の目的

システムの安全な利用を確保する情報提供の設計の枠組みとしては、機械安全の考え方が導入できる。機械安全では、本質的な安全設計方策、安全防护と追加保護方策、および使用上の情報提供といういわゆる3ステップメソッドによるリスク低減が推奨されている [ISO 12100, 2010]。使用上の情報提供については、取扱い説明書、警告標識と信号、警報、で構成される。このスリーステップメソッドの考え方に倣うなら、ADASでは、先に述べた ToR が警報にあたるが、その前の前の段階となる取扱い説明書と、警告標識・信号もまた重要である。

そこで本研究ではこの、1) 取扱い説明書段階の情報提示と、2) 走行中で ToR に至る前のシステムからの情報提示に注目し、ドライバの状況認識とメンタルモデルの観点からこれらの情報提示の効果を評価する。

まず、使用開始の段階（自家用乗用車の購入時など）に、ドライバに与えられる ADAS に関する教示について取り組む。これはドライバの ADAS に関するメンタルモデル構築の基盤となり、使用中（走行中）にはシステム動作に関する状況認識に反映されているはずであるが、その効果は初期説明の内容によって異なるであろう。

利用初期の段階では、特性もよく判らない ADAS が自律的に、複雑で変化の多い道路環境に反応しながら動作することになる。ドライバにとっては、利用体験だけで ADAS の動作を正確に予測できるだけのメンタルモデルを構築するのは困難なタスクであり、ADAS 利用初期の教示が重要であることは容易に予想できる。この際に、利用者は ADAS の内部

機構や動作原理は知る必要は必ずしもなく、機能の制約と限界を知っていれば、道路環境の悪化や突発的な事象に対する ADAS の機能停止には対応できるものと期待される。

いずれにせよこの理解は、ADAS の機能限界が近づいているかどうかを利用者が的確に知ることができるという前提がある点で、簡単なタスクではない。実際の ADAS 購入時等の教示は、現状ではほぼこのレベルにとどまるもので、システムが機能停止を起こす可能性のある環境がリストアップされており、センサ機能の限界など簡単な背景事情は示されているものの、詳細な仕様が示されている訳ではなく、またそれは内部のアルゴリズムにも関わることであって説明は不可能であろうし、そのような詳細な情報がもし提示されてもドライバーには全てを把握し運転時にその知識を活かすことはできない可能性は高い。メンタルモデル構築を支援する上では、ADAS の機能を示すに留め、デバイスなども含む仕組みは見せない方が良く、という指摘も存在する（NHTSA による 2018 発行の ADAS レベル 2, 3 人間工学設計ガイダンス [Campbell et al., 2018], 3 章）。レベル 2 の ADAS が世に出たばかりという事情もあり、実車による初期メンタルモデルに関しては知見がないのが現状であるため、本研究では実車実験により、初期教示の有無の影響を評価する。この際に初期メンタルモデルの詳細さの違いが主観的評価およびシステム操作の行動にどのように影響するかについても着目する。

次に、走行中のシステムからの情報提示について取り組む。継続的な SA が成立し

(Fig. 1.1) human-on-the-loop 状態が維持される上では、ドライバーはシステム状態把握に加えて、近い将来のシステムの動作を予測することが求められる。走行中に随時システムから提示される情報は、このような on-the-loop 状態を促進し維持するものであることが望ましい。現時点で既に市販車の ADAS には、先行車の検知状況や車線の検知状況がディスプレイ上で提示されるようになっているが、これらは静的なシステムの状態提示であり、認知・予測のループを回す要素としては情報量が少ないと思われる。一方で予測の支援としては、警報もしくは ToR が既存の ADAS に実装されているが、これはごく短時間で対応を求められる情報であり、on-the-loop の支援と言えるものではない。そこでより進んで、ドライバーの予測を支援するために、システムがシステム自身の動作の将来予測情報（予告）をドライバーに提供することも考えられる。これは一種の未来予測であり現時点での実装事例はないと思われる。ただし将来的には、周辺交通参加者の挙動や ITS から得られる情報を用いて、近い将来の交通環境を予測する技術が、主に ADAS のアルゴリズム改善を目的に実現される可能性はあるので、本論文では近未来の交通環境・ADAS の動作を予測し提示する技術は想定して、走行中のシステムからの情報提示の効果について、論を進めることにする。

2 ADAS の動作性能に関する走行前教示の効果²

2.1 概要

本章では、ADAS 利用者に対して行われる利用前の教示を通して、システム動作をモニタする意識付けをし、その効果を実車による高速道路走行実験によって検証する。システムの動作状態はダッシュボード上のディスプレイなどによって知ることができるが、ADAS 利用初期の時点ではこの内容の理解は必ずしも直感的とは言えず、予め強調教示をすることによりモニタリングが促進され、結果的にドライバの human-on-the-loop 状態が促進されるものと考えられる。その結果は、ADAS 利用における精神的負担の軽減や、オーバーライド行動の変容に現れるものと考えられた。実験の結果は、on-the-loop 状態の促進を示唆するものであり、精神的負担の低減傾向などは見られたが、その一方でドライバは単に、システムから提示されるオーバーライド要求など事象発生直前の警報等に対して反応しているだけで、必ずしも継続的な on-the-loop の状態は成立していないのではないかと、との可能性も考えられるものであった。

2.2 研究の目的

本研究の目的は、ADAS 利用の初期において human-on-the-loop 状態を促進する上で、事前の教示がどのように効果を及ぼすかを示すことである。

ここで想定している“on-the-loop”状態は、ドライバが運転中、常に交通環境を把握し、また同時に ADAS の状態とその推移を把握し、それに基づき交通環境の動静、それに伴う ADAS の動作や応答を予測し、適切な対応を取れることである (Fig. 1.2)。このようなループが継続的に回るとは、状況把握と判断に時間的な余裕を与え、オーバーライドを適切なタイミングで行うことを可能とするほか、急速な対応を迫られることがないため精神的負担も軽減されるものと考えられ、ひいてはヒヤリハットの発生を抑制することができるものと考えられる。

交通状況の把握は、運転支援がない状態の運転でも通常行われていることであるが、ここでシステムが介入してくる ADAS 使用時の環境では、現交通環境において ADAS がどのように反応するかも想定しながらの運転となり、逆説的だがこの面では精神的なタスクは増える、もしくは ADAS の運転の肩代わりに伴う負担軽減の代償として新たなタスクが加

²本章は、高橋ほかによる論文「運転支援システムの理解度がドライバの精神的負担に与える影響—ACC および LKA を搭載した実車での実路走行評価—」[高橋, 佐藤, 北崎, 平尾, 2019]に加筆編集を行ったものである。

わった構造である。このためドライバには、ADASが交通環境に対してどのように対応するのかの特性と、動作状態を確認する手立てが、把握されていなければならない、特に初期段階でのADASに関する説明・教示は重要となる。

このような教示は実際の利用場面では、購入時のディーラーによる説明、車両レンタル時の貸出側の説明、などで行われることになる。ここで、上記のような on-the-loop を確立させるという考え方に基づいて、初期教示の内容の効果を検討し、どのような教示が望ましいかを示すことが、本章の課題となる。

本章では、1.4節の Fig. 1.2 で示したモデルに基づく考えにより、ループを構成する各要素を教示によって強化することによって、ドライバの on-the-loop 状態の確立の程度を評価する手法を取る。実験手法については2.4.6節で後述するが、事前教示により、ADASの動作特性を把握し予測する機能の強化（これだけではループは完結しない）、およびADASの動作状態を把握する機能の強化（これによりループが完結する）によって、行われる。

On-the-loop 状態の評価については、本来はドライバの集中状態や注意の配分を、二重タスクによる方法や視認行動の計測により行う必要があるが、本研究では多くの実験参加者からのデータを収集する観点から、主に主観評定および運転行動に基づく走行全体を通したドライバ状態の評価を行った。

このように、on-the-loop 状態を構成する要素に事前教示による干渉を加えることによる影響が実際に見られるのか、そして上記の考え通りに教示によって on-the-loop 状態が強化されることにより、ADAS使用の上で、特に精神的負担の低減、ADAS使用に関する注意や集中にかかわる精神的負担の増加、および運転行動においてはADASの動作を織り込むことによる変化が見られるかどうか、以上を確認することが本章の目的である。

2.3 研究の背景

実際の車両販売では、ADASの機能に関する情報は取扱説明書としてユーザに提示されている。しかしその分量は相当多いもので、事前に読んで理解しておくものというよりは、必要なときに目を通すものという性格が強い。国外事例であるが、マニュアルが事前に読まれてはいてもADASの機能制約については理解されていないとの報告も複数存在する [Viktorová & Šucha, 2019]。

また車両販売時点においては、搭載されているADASの機能やその性能限界などに関する「重要事項説明書」の説明も行われている。しかし、車両販売時の限られた時間の中で行われる簡単なレクチャーのみで、利用者はどの程度、システムの機能限界や、システムからの情報提示の内容を把握できるであろうか。また、自動車は必ずしも購入者本人のみが使うものではなく、車両購入時の説明には立ち会っていない、家族や知り合いがハンド

ルを握ることもあろう。この場合ドライバは、使用するシステムについて事前に特段の説明を受けずに使用することもあると考えられる。

このような状況に鑑み、ADASの機能と限界に関する初期教示の重要性を再確認することが、本研究の最初の問いである。特に ADAS 利用中に human-on-the-loop の状態を維持する観点から、on-the-loop 状態の構成要素である、ドライバによる ADAS 動作の予測と動作状況確認について、教示の効果がいかほどのものであるかを確認する。

2.4 実験の方法

2.4.1 実験概要

実験参加者を募った実車走行実験を、高速道路で行った。使用した車両は実験開始時に既に市販されていたレベル2の ADAS 車両であり、運転には影響しない形で走行記録を取得する設備を施した実験車両である。実験参加者は3群に分け、各走行前に異なる教示による ADAS の機能の説明を行い、教示の影響が比較検討できるようにした。走行記録には ADAS の動作やドライバによるオーバーライドも記録されており、教示に伴う行動の変容も見ることができる。また走行ごとに終了時にアンケートを行い、ADAS 利用に関する精神的負担を NASA-TLX に準拠した質問項目により回答させ、分析の対象とした。

2.4.2 実験車両と運転支援システム

本研究では、実際に使用するシステムに関する知識の影響を分析する必要があることから、現実に市販されているシステムを用いて実路にて実験を行うこととし、日産自動車の2016年式セレナを実験車両として利用した。セレナにはオプション装備としてプロパイロットと称する Level 2 相当の運転支援機能が提供されており、実験ではこのオプションが装備されたものを用いている。[日産自動車株式会社, 2016]

プロパイロットには、定速走行／先行車追従機能 (Adaptive Cruise Control: ACC) およびレーン維持支援機能 (Lane Keep Assist: LKA) が含まれている。本実験では、これらの支援機能双方を同時に使用させることとした。ACC, LKA のいずれもシステム、機能が作動できる条件には限界がある。ドライバは、システムが対応できる条件の範囲を理解し、必要な場合は制御権を全面的にドライバが取り戻し、ドライバ主体の運転を行わなければならない (オーバーライド)。

ACC は定速走行を行うとともに先行車がある場合は距離を自動的に保ちつつ追従走行する機能であり、今回使用した車種では渋滞にも対応したごく低速の追従、先行車の停止に伴う自動停止も行われる。ただしカーブなどで先行車を一時見失う場合や自車前方への割り込み・先行車の隣車線への車線変更などがあると、新たな状態に対応するための加速・

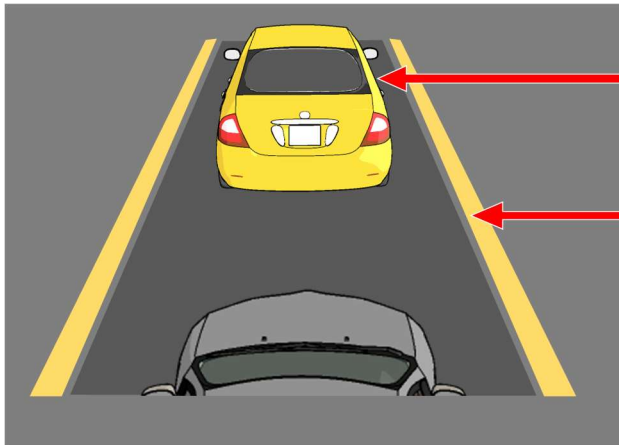
減速が生じる。全く先行車がない（もしくはかなり遠方にいる）場合は、指定した速度で定速走行が行われる（Table 2.1）。システムによる先行車検知の状況はダッシュボード上のディスプレイに表示される（Fig. 2.1）。

LKA はハンドル操作を支援する機能であり、ドライバーがハンドルの操作をしていることを前提としながら、車線の中央付近を走行するように自動補正する。一定速度以上で急なカーブに進入する場合や車線が見えない箇所では機能は一時中断され、ドライバーの主体的なハンドル操作にゆだねる。システムによる車線検知の状況はダッシュボード上のディスプレイにも表示される（Fig. 2.1）。実験車両にはドライブレコーダも搭載し、車両の位置・速度・加速度等を計測したほか、運転支援システムの先行車・車線認識状況やドライバーのハンドル操作、ペダル操作、ブレーキ踏下によるオーバーライドを、時系列で記録した。

Table 2.1 実験車両の ACC および LKA 機能 [日産自動車株式会社, 2016]³

<ul style="list-style-type: none">● 50km/h 未満の動作<ul style="list-style-type: none">● ACC による一定速度走行、先行車がある場合は追従走行を行う。● 先行車がある場合に限り、車線維持および追従のためのオートステアを行う。● 3秒以上の停止がある場合は、これらの機能は一旦停止する。レジュームにより再開させる必要がある。● 50km/h 以上 100km/h 未満<ul style="list-style-type: none">● ACC による一定速度走行、先行車がある場合は追従走行を行う。● アクティブブレーンコントロールにより、車線の維持が行われる。先行車の有無は問わない。● 100km/h 以上（実質的には 114km/h 以上）<ul style="list-style-type: none">● ACC は動作せず、速度調整はドライバーに任される。● HMI: パイロットドライブモードとして統一されている。● 衝突予防ブレーキ<ul style="list-style-type: none">● 前方車両等と衝突の可能性がある場合に、注意喚起の上で緊急ブレーキが作動する。

³ ACC, LKA は日産プロパイロットでは ICC: Intelligent Cruise Control、アクティブブレーンコントロール、と呼称しているが、ここでは ACC, LKA で統一した。



先行車検出時は車両アイコンがハイライトになる。

車線検出時は車線アイコンがハイライトになる。

先行車、車線が検出されない間は、これらのアイコンはグレーのままである。

Fig. 2.1 先行車と車線の検出状態の、ディスプレイ上での表示

2.4.3 実験協力者

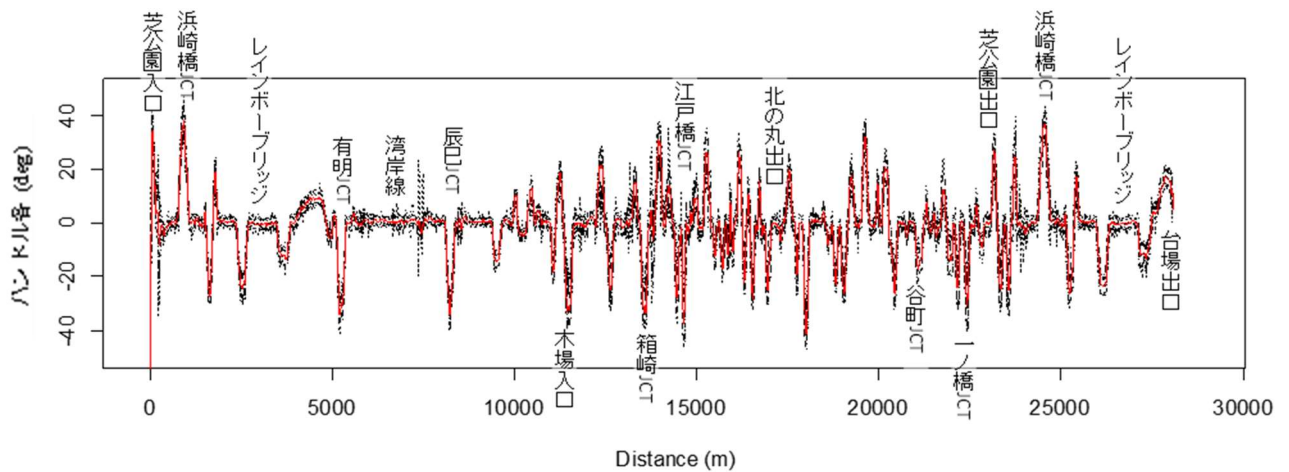
実験協力者は総人数 20 名とし、20,30,40,50,60 代で男女各 2 名以上とした。条件としては、普段定期的に運転しており（週 1 日以上）、モータースポーツ教習や A ライセンス・B ライセンスの訓練など運転技能向上を目的とした講習を受けたことがないことを募集要件とした。また今回の実験では運転支援システムに対する事前の教示の影響を見ることを目的としているため、今回使用する運転支援システムと類似のシステム使用経験がないか、日常的には使用していない（年に数回以下）ことを条件とした。特異なドライバを除くために、運転スタイルチェックシート（DSQ）[石橋, 大桑, 赤松, 2003]による事前チェックを行い、8 つある下位尺度の各 Z スコアが ± 2 を外れる者は予め除くことで 60 名の候補者に対してスクリーニングを行いし、最終的に 20 名による実験を実施した。

2.4.4 走行実験のルート

現在市販されている車に搭載されている運転支援システムの多くは、高速道路走行における利用を想定している。そこで実験走行は昼間の高速道路で行うものとし、特に流れが滞りがちな状況での ACC による先行車追従やカーブ走行における LKA 使用の体験を得るために、首都高速都心環状線および湾岸線をつないで左回りに一周するルートとした。設定したルートの高速道路上の走行距離はおよそ 28100m であり、11 箇所の合流・分流が含まれるほか、曲線半径 460m 以下（道路構造令で定める 100km/h 設計速度の道路の最小半径）のカーブが、右カーブで 14 箇所、左カーブで 19 箇所含まれている（Fig. 2.2）。ルートのうち前半は直線性がよく渋滞にもなりにくい比較的走行がしやすい区間で、ドライバによる車両と運転支援装置への習熟の効果を期待し、一方で後半はカーブが多く運転支援システムの停止が起り易いルートとなっている（Fig. 2.3）。走行は平日の日中に行われたが、このルートでは何度か渋滞区間の通過を経験することになる。

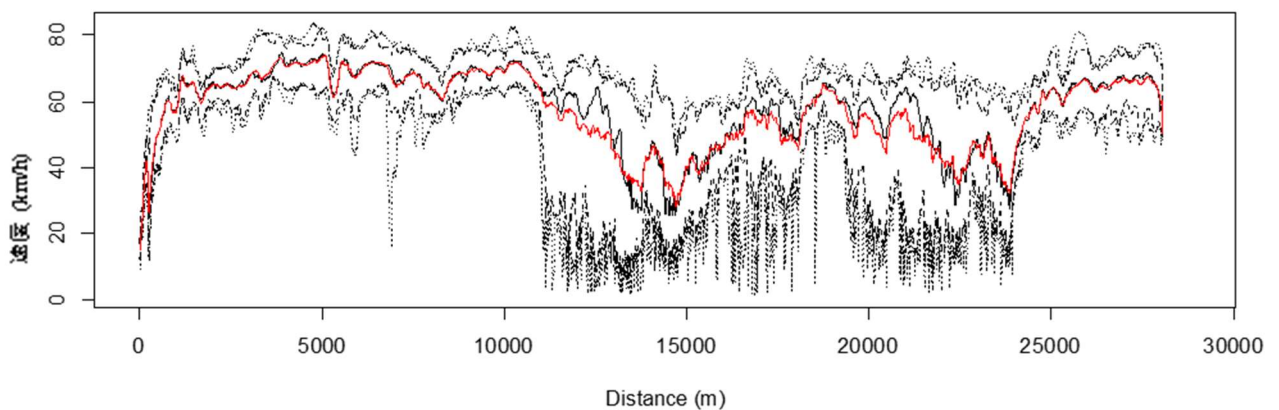


Fig. 2.2 走行コース



(a)ハンドル角

単位は deg であり、正が右カーブ、負が左カーブである。



(b)走行速度分布 (黒は四分位点[0,25,50,75,100%ile 点]、赤は平均)

ただし、運転支援システムを使用した走行である。

Fig. 2.3 地点ごとのハンドル角と走行速度分布

2.4.5 走行実験の手順

走行は一人あたり3回、日を変えて行った。最初の1回は車両そのものの運転感覚に慣れるため運転支援システムは使わない運転とし、2回目および3回目は運転支援システムを使用した。この際、走行の直前には ADAS を利用する上での安全上の注意を書面及び口頭で教示したが、この内容は実験協力者ごとに異なるものであった。走行終了後、実験協力者は主観的負担感を評価するためのチェックシートを記入し、インタビューを受けた。具体的には以下のような手順である。なおチェックシートの内容については 2.4.8 節にて後述する。

- 最初の実験に先立ち実験協力者には、今回の実験趣旨を説明の上、参加同意を書面にて得ておく。実験内容（実験コース、運転支援装置の説明）については実験日までに書面にて示しておく。また実験前に必要なチェックシートの記入を済ませておく。
- 実験当日は予め実験車両のセッティングを行っておき、走行できる状態にしておく。
- 「体調チェックシート」により実験協力者の状態をチェックし、実験可能か否か判断する。
- 走行ルートの渋滞情報・走行規制情報をチェックし、実験可能か否か判断する。
- 最初の走行の前に実験協力者に対し、改めて実験内容に関する説明、および運転支援装置について教示を行う。運転支援装置の教示内容は3通りが用意され、各実験協力者にはそのうちの一つによる教示を行う。実験協力者と教示内容との対応については、当所担当者が別途指示する。
- 実験協力者はドライバとして運転席に座り、実験者は後部座席に座る。実験者の役割は、安全の確保および外部との連絡役、道路状況等を勘案した運行管理、走行コース指示等の実験協力者への指示、計測装置の操作、および実験中に生じた事象の記録である。
- 計測装置が動作していることを確認し、実験協力者には安全運転を心掛けるように教示の上、発進する。
- 指定されたコースを回る。予め決められた右左折・合流・車線変更ポイントでは、早めに指示を出す。
- コース走行終了後、インタビューおよびチェックシートの記入を実施する。各走行終了時に実施するものと、全走行終了時に実施するものがあり、一部は自宅での記入も可能とする。

2.4.6 実験デザイン

走行前の教示については、システムの使用法に関する3通りの説明文を用意し、実験協力者ごとに異なる説明文で教示を行った。運転の安全を損ねることがないように、自動車を販売する際に取り扱い説明書等として与えられるシステム利用手続き等一式は全員に提示するものとし（これらには、ACCおよびLKAの基本機能と操作方法、運転支援システムを過信しない旨の注意喚起、走行環境や先行車挙動に対する機能限界の詳細、ディスプレイ表示と警報音の意味などが含まれている）、これに加えて「安全な実験実施のためのお願ひ」として上記に含まれる情報の一部を再度強調した内容の3通りの異なる教示、「教示C」「教示SI」「教示HMI」を用意した（C群:7名、SI群:7名、HMI群:6名）。これらの文書は事前に郵送して目を通してもらうとともに、教示については実験開始時に実験者が

改めて口頭で読み上げた。教示に用いた用紙本体を Fig. 2.4 に示す。以下に各教示の狙いを述べる。

1) 教示 C [安全に関する注意のみ (対照条件)] : 最小限の注意のみ与える。運転支援システムに頼り切った運転はしないこと、機能の一時停止や自動減速が不十分になる場合があり得ることを説明した。これらは既にシステム使用法の説明の上で示されている内容の念押しである。

2) 教示 SI [走行環境に対する意識付け] : 教示 C の安全運転喚起に加えて、ACC、LKA の機能には限界が設けてあり走行環境によっては一時的に機能停止や、先行車の状況に応じた急な加減速があり得ること、そのためドライバは適宜オーバーライドを行うことが望ましいことを、具体的な想定場面を示して説明した。具体的状況を説明する簡単な図を付した (Fig. 2.4)。

3) 教示 HMI [HMI への意識付け] : 教示 C と教示 SI の内容をそのまま教示した上でこれに加えて、ダッシュボードのディスプレイ上に現在の運転支援システムの動作状態がどのように現れるかを ACC/LKA が動作している場合、ACC が一時停止している場合、LKA が一時停止している場合について説明した。またこれらの状態変化に伴う音響による報知／警報の意味も説明した。ディスプレイ上の表示・報知音の発生状況を説明する図を付した。

これらの教示に加えて走行条件を統制する目的で、走行ルートは実験者の指示に従い車線変更も指示に従うこと、追い越しは基本的には行わないことを指示した。ACC の速度設定は任意としたが、カーブ進入で過度の速度とならない速度設定の上限値として 70km/h を目安として与えた。追従走行時の先行車までの距離設定は任意とした。

安全な実験実施のためのお願い

産業技術総合研究所 研究実施担当者：高橋昭彦

このたびは御多用のところ、本実験にご協力いただき真にありがとうございます。

本実験の主な目的は市販車に搭載されている運転支援機能(プロパイロット)の評価ですが、走行実験を通して使用することを求めるものではありません。走行中に適宜プロパイロットを開始/解除して頂いてかまいません。プロパイロットの性能には限界もあり、製品仕様上、状況によっては自動的に機能を一時停止することや、十分な減速が行われないこともあります。あくまでドライバー支援のための装置であり、運転の主体と責任はドライバーにあります。自然で安全な運転を心がけてください。

安全には留意して、プロパイロットのご利用をお願いいたします。

Fig. 2.4 (a) 走行前教示用いたシート (C 条件)

安全な実験実施のためのお願い

産業技術総合研究所 研究実施担当者：高橋昭彦

このたびは御多用のところ、本実験にご協力いただき真にありがとうございます。

本実験の主な目的は市販車に搭載されている運転支援機能(プロパイロット)の評価ですが、走行実験を通して使用することを求めるものではありません。走行中に適宜プロパイロットを開始/解除して頂いてかまいません。プロパイロットの性能には限界もあり、製品仕様上、状況によっては自動的に機能を一時停止することや、十分な減速が行われないこともあります。あくまでドライバー支援のための装置であり、運転の主体と責任はドライバーにあります。自然で安全な運転を心がけてください。

先行車追従機能には限界があります

- 先行車の急減速や、隣車線からの急な割り込み、そのほか頻繁な加減速により車間距離が保ちにくい交通状況の場合には、アクセルペダル、またはブレーキペダルを踏んで周囲の状況に応じた適切な加速、減速を行ってください。
- 渋滞最後尾につく際に、先行車が完全に停止していると追従動作に入れないことがあります。



車線維持機能には限界があります

- 両側の白線を検知できない場合は、ステアリング制御は作動しなくなります（待機状態）。また、極端に小さなカーブでは車線中央付近の走行を維持できない場合があります。必要に応じてドライバーがハンドルを操作してください。



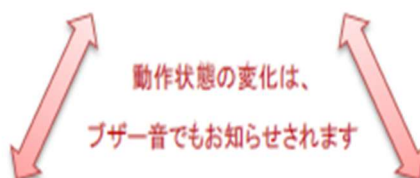
以上、安全には留意して、プロパイロットのご利用をお願いいたします。

Fig. 2.5 (b) 走行前教示に用いたシート (SI条件・HMI条件)

プロパイロットの動作の状態はディスプレイ表示で確認できます



プロパイロットがアクセル・ブレーキ・ステアリングを自動で制御しています



ステアリング制御が一時停止しています
(白線不検出)



追従機能が一時停止しています
(先行車不検出)

以上、安全には留意して、プロパイロットのご利用をお願いいたします。

Fig. 2.5 (c) 走行前教示に用いたシート (HMI 条件)

2.4.7 実験参加者の割り付けの妥当性の確認

3群の年齢と性別はバランスさせたほか、実験協力者の3群への配置に偏りが生じていないことを確認するために、人間生活工学研究センター（HQL）による運転スタイルチェックシート（Driving Style Questionnaire: DSQ、9下位尺度）、運転負担感受性チェックシート（Workload Sensitivity Questionnaire: WSQ、10下位尺度）[石橋, 大桑, 赤松, 2003]、認知要求尺度[神山 藤原, 1991]、Baron-Cohen のシステム化指数（Systemizing Quotient: SQ）[バロン=コーエン, 2005] を実験開始前にチェックシートへ記入させ得点を得た。認知要求尺度およびシステム化指数は、ドライバが運転支援システムを初めて使う際にシステム動作を理解する志向性や能力が結果に影響を与えるものと考え、実験協力者の評価に導入した。認知要求尺度はなんらかの判断の際に情報を収集して態度を決めるか短絡的に態度を決めるかの動機付けの個人差を評価する尺度である[神山 藤原, 1991][認知要求尺度, 2001]。システム化指数は対象のはたらきを理解し予測するためにシステムやルールを分析し構築する能力を評価する尺度である[バロン=コーエン, 2005][Baron-Cohen et al., 2003]。各尺度について教示群間の得点平均差を Welch の方法で検定した結果、DSQ の「几帳面な運転傾向」において HMI 群の方が SI 群より $p=0.04$ で有意に高くなっていた他は、C-SI, C-HMI, SI-HMI 間に 5%水準で有意差は認められず、ほぼ偏りのない配置となっていることを確認した。

2.4.8 従属変数：主観指標

本実験の目的に従い、走行後のアンケートとしては精神的負担に関する主観評価を答えさせたほか、付随する情報として、トラスト（信頼）に関する設問も用意した。なお実際に使用した質問紙は付録に掲載した。

1) 精神的負担に関する主観評価

走行終了後には、運転支援システムの利用における精神的負担感について、各種指標の主観評定を5段階評価で行った。指標としては、メンタルワークロード（作業負担感）の指標として広く用いられている NASA-TLX に基づく下位尺度のうち、「知的・知覚的負荷」「タイムプレッシャー」「作業成績」「努力」「フラストレーション」に準じた質問を用意した[芳賀, 2001][Hart, 2006]。ただし NASA-TLX（およびその日本語版）の質問文は、下位尺度ごとに一つの質問文に評価対象となる複数の単語が提示されており、また質問文自体も一般性・抽象性が高いものであるため、自動車運転やシステム操作のような複雑な内容を内包する作業では質問に多義性が生じそのまま用いることは不適切と考えられた。そこで本研究では6つの下位尺度のうち、「身体的負荷」は明瞭には発生しないもの

と考えられたため除き、残りの5項目に対応した設問を運転支援システムの機能ごと（ACCおよびLKA）に作成した。それぞれ質問は5段階評価とし、負担が大きい方を5、小さい方を1とした（5あてはまる～1あてはまらない）。ただし一部は逆転項目としている。以下で下位尺度ごとに具体的な質問文と意味するところを述べる（質問文はACCとLKAとでほぼ同内容であるため、ACCのみ示す）。

各々の狙いを以下に示す。

- 1) 知的・知覚的負荷（Mental Demand: MD）「追従走行機能の動作を把握することには、精神的な負担を感じた」：システムの動作把握とオーバーライド判断のための、認識・判断全般の複雑さ・理解し難さによってドライバが感ずる負担の主観評価を問う。
- 2) タイムプレッシャー（Temporal Demand: TD）「追従走行中に介入（アクセル・ブレーキ操作）のタイミングを計るのは難しい」：ACC利用における前方割り込みや先行車の急減速、LKAにおける急カーブなど、時間的切迫感のある判断に伴う負荷の主観評価を問う。
- 3) 作業成績（own performance: OP）「追従走行機能を使いこなすことができ、満足している（逆転項目）」：システムの機能を十分に使いこなせたかどうかという主観的な自己評価を問う。
- 4) 努力（Effort: EF）「追従走行機能を安全に利用するのは、精神的集中を必要とした」：精神的集中がどの程度必要であったかを問う。運転という主タスクに対するシステム利用というサブタスクの占める程度を評価しているとも考えられる。
- 5) フラストレーション（Frustration; FR）「追従走行機能を使うのは、楽しい経験だった（逆転項目）」：システム利用に伴う不安感やイライラ感の評価であるが、逆転項目として、利用による楽しさを問う設問としている。

2) トラスト（信頼）に関する主観評価⁴

これら精神的負担の評価に加え、負担の背景の一部を構成しているとも考えられるシステムに対するトラストの程度を見るため、Lee & Moray が提案している自動化システムに対するトラストの4つの次元を評価した [Lee & Moray, 1992]。Lee & Moray は自動化システムに対するトラストの程度によって自動化機能を使うか手動操作にするかが判断されると述べており、4つの次元「基盤 foundation（システムが自然界を支配する法則や社会の秩序に合致していると考える）」「能力 performance（システムに安定的かつ望ましい行動や性能が期待できる）」「方法 process（システム動作を実現するための方法・ルールが理解できる）」「目的 purpose（システム動作の意図・動機が納得できる）」で説明できると

⁴ トラスト（Trust）は「信頼」と訳すことが通例であるが、自動化システムに対する Trust はヒューマンインターフェース研究の分野では特定の研究対象として確立している用語である。そこで本論文では用語であることを明確にするため、「トラスト」と表記する。

している。元々の文献ではプロセス制御を題材としているため、本実験では運転支援システムの評価に直接用いられる評定尺度としてこれら4つの次元に対応する5段階評価の質問紙を作成し、全実験終了後に尋ねた。これにより潜在的な、システムに対する過信・依存が評価できるものと考えられた。以下にACCおよびLKA対応の質問を示す。

ACC:

- 1) 基盤：「追従走行機能により、運転の安全を損なうことはないと思う」
- 2) 能力：「追従走行機能は、安定して追従走行していたと思う」
- 3) 方法：「追従走行機能の動作は、おおよそ予測どおりの動作をしていた」
- 4) 目的：「追従走行機能は、運転負担軽減の目的にかなった機能だと思う」

LKA:

- 1) 基盤：「車線維持機能により、運転の安全を損なうことはないと思う」
- 2) 能力：「車線維持機能は、安定して追従走行していたと思う」
- 3) 方法：「車線維持機能の動作は、おおよそ予測どおりの動作をしていた」
- 4) 目的：「車線維持機能は、運転負担軽減の目的にかなった機能だと思う」

2.4.9 倫理審査と実験の安全管理

本実験は、産業技術総合研究所人間工学実験委員会の倫理審査による承認を得て実施されている。また実験前には体調のチェックを行い、体調不良等の状態での実験は避けるものとした。同乗実験者は走行中の安全の確保に注意を払い、緊急時に外部との連絡を取れる体制とした。以下の状況の場合は実験を中止するものとした。

- (1) 強風、豪雨などにより運転する上で支障があると判断される時
- (2) 降雪、凍結などにより路面状況が危険と判断される時
- (3) 大きな事故などにより予め激しい渋滞が予測される時
- (4) 実験車両の状態不良により計測に支障があると判断される時
- (5) 計測機器の動作不良により計測に支障があると判断される時
- (6) 実験協力者の体調・精神状態が著しく不良な時

2.5 実験結果

2.5.1 精神的負担とトラストに関する主観評価

ACC, LKA および走行実験全体に対する作業負担感は、教示 C, SI, HMI の各群について Fig. 2.5 に示す結果を得た。ここで、逆転項目の回答はあらかじめ尺度を逆転させもつとも

負担が低い状態を 1, 高い状態を 5 とした上で、各回答の平均と標準偏差（各個人の試行を平均した上での個人間差の標準偏差）を示している。各ドライバが 2 回の反復測定を行っていること、教示に加えて個人間差の効果（元々の運転傾向等のほか、教示内容の理解の程度、走行環境の差などを含む）も想定されることから、C-SI, SI-HMI, C-HMI の 3 つの比較対それぞれについて、教示 2 水準、個人間差 6~7 水準の 2 要因（個人内差を誤差項とみなす）分散分析を行った。教示の効果を検証するために各分散分析で得られた p 値に Bonferroni の補正を行い、5% を有意水準とする検定を行った（補正済み p 値をあわせて Fig. 2.5 に記号で示した）。各対のいずれかが有意な場合に、教示の効果があったものと判断した。

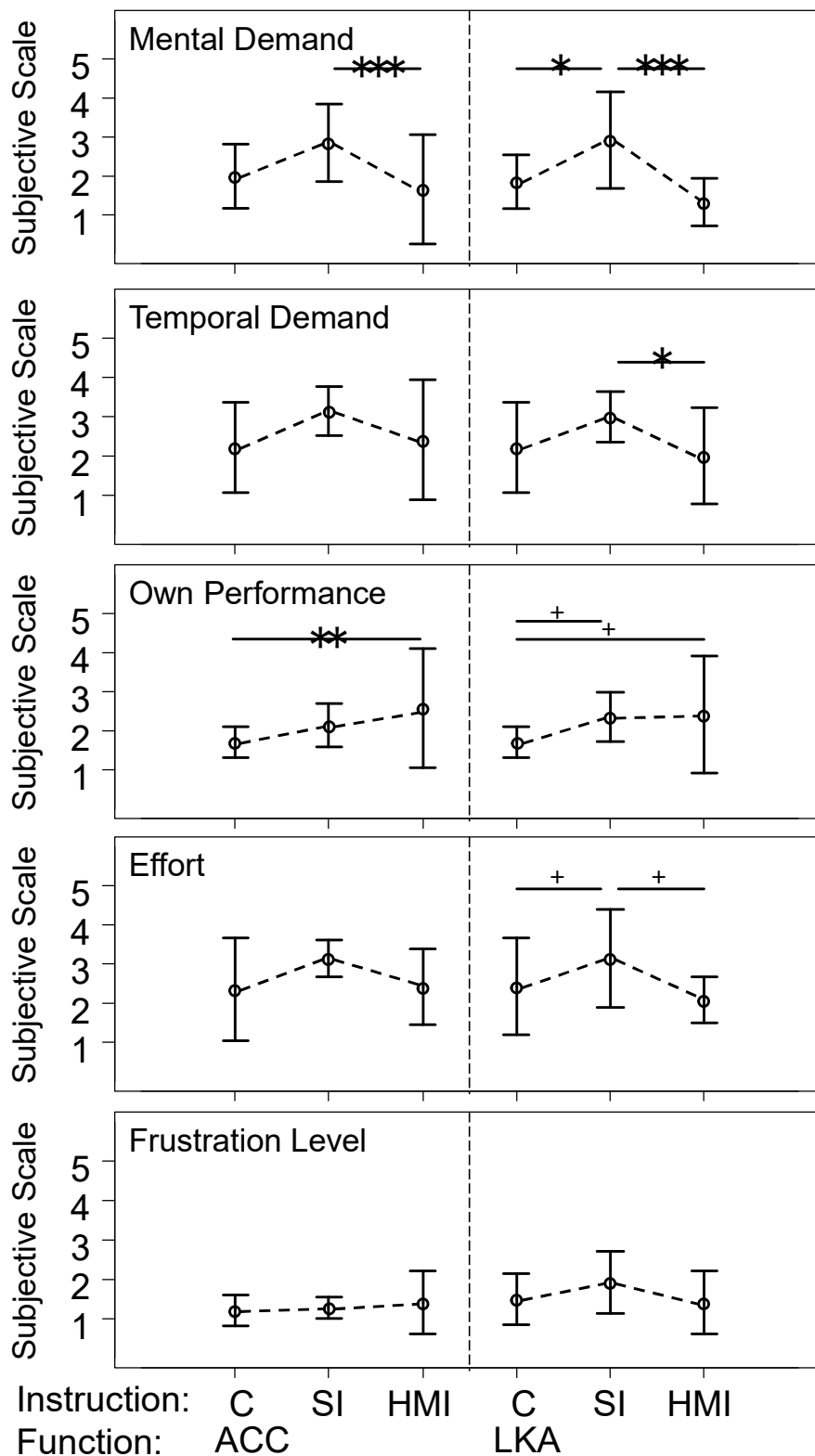


Fig. 2.5 精神的負担の主観評定の結果

ACC, LKA とも似た傾向を示しているが、教示 C, SI, HMI の各群の差が 5%有意とみなされたのは ACC においては「知的・知覚的負荷」、「作業成績」、LKA においては「知

的・知覚的負荷」、「タイムプレッシャー」であった。「知的・知覚的負荷」については教示 SI の群で HMI 群に比して負担が高い傾向がみられ、LKA においては C 群に比しても負担が高い。「タイムプレッシャー」「努力」についても LKA については同様な関係がみられる（教示の効果有意とみなされたのは「タイムプレッシャー」のみ）、ACC についても図の上では同様な関係が見えるが、有意差は得られていない。

一方「作業成績」に関連する負担はこれとは異なる傾向を示し、HMI 群でより負担が増加する傾向が見られた。

「フラストレーション」では教示の効果を検出されなかったが、回答は負担の低い側に集中しており、天井効果が生じて教示の影響が見えにくくなっている可能性もある。

Lee & Moray のトラストの 4 つの次元に対応する、ACC、LKA についての回答結果は、ここでは「基盤理解」のみを図 3 に示すが、他の 3 つの次元もほぼ同じ傾向を示し、教示 C、HMI に比して教示 SI のみトラストが有意に低くなっているという結果となった。

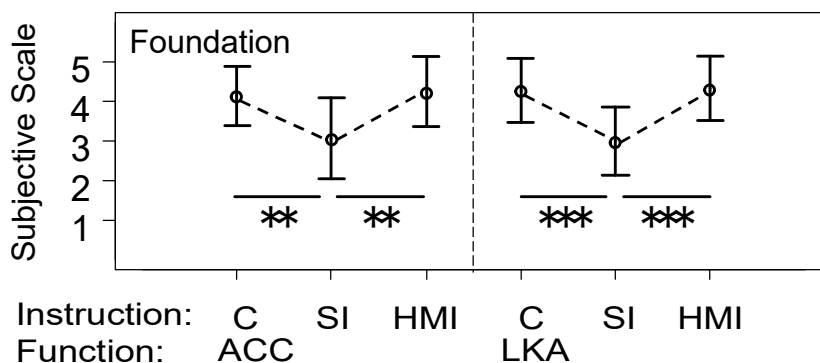


Fig. 2.6 “Dimension of foundation” from Lee & Moray's four dimensions of trust

2.5.2 走行環境と運転行動

実路走行であるため走行ごとに走行環境は異なるが、条件間の比較を行う上では、各条件に含まれる走行環境の傾向は同等であることが必要である。走行中に得られた運転行動の時系列データより運転支援システム使用の上で関連の深いと思われる走行時間、渋滞区間の長さ、およびシステムの動作状況について Table 2.2 に示した。渋滞については走行中に速度が 40km/h 以下となった時間比率で評価し、システム動作についてはシステムの先行車失認およびレーン失認の回数を評価した。いずれも走行ごとの差が大きいが、各条件間の比較を行う上では、特定の条件のみ大きな偏りが生じていることはなく、主観量に関する条件間の比較は可能であると判断した。

運転行動についてはドライバーによるシステムへの介入頻度について、ブレーキオーバーライドの上で教示による効果が見られた。一走行あたりの発生数を教示条件ごとに Fig. 2.7 に示した。C 群に比して、SI 群および HMI 群とも高めであり運転行動が変容している可能

性が考えられる。なおハンドル操作に関しては常にドライバーによる一定量の介入があるため（手を放すと警報が鳴り運転支援が一時停止する仕様である）、今回の分析の対象とはしなかった。

Table 2.2 実験時交通環境と運転支援システムの動作傾向

	Instruction	mean	SD	min	Max
Elapsed time of trip (min)	C	33.8	7.5	27.0	48.9
	SI	36.0	5.7	28.2	44.6
	HMI	32.0	4.2	26.6	38.5
Time ratio of elapsed time under 40km/h (%)	C	27.8	21.6	2.7	60.4
	SI	35.5	13.9	9.0	53.8
	HMI	26.6	16.3	3.4	48.7
System lost of lane painting (count)	C	12.2	3.5	7	19
	SI	14.8	3.3	9	22
	HMI	13.8	4.7	8	27
System lost of preceding car (count)	C	32.8	11.6	16	60
	SI	32.4	8.0	20	50
	HMI	39.8	12.2	26	65

Number of trips: C:14, SI:14 and HMI:12.

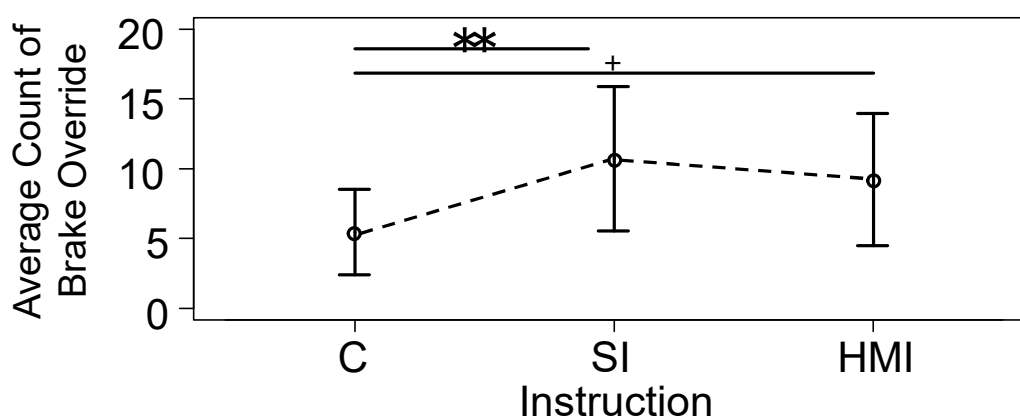


Fig. 2.7 一走行当たりのブレーキテイクオーバーの回数

2.6 考察

本章で得られた実験結果について、主観評定の結果および行動指標の結果については、以下のように解釈できる (Fig. 2.8)。

2.6.1 主観量評定の結果について

走行環境から運転支援システムの動作を予測したオーバーライドの判断を意識付けされた SI 群は、判断の目安となる知識を得た訳であるから、このような目安を強調されなかった対照群である C 群と比して、状況確認や行動判断に関わる精神的負担は低くなるものとも考えられたが、実際には負担は上昇するという結果が特に LKA で多く得られた。SI 群では環境条件とシステム動作限界の対を意識的に覚えた上で、刻々変化する走行環境と記憶した環境条件とのマッチングを行い、オーバーライドのタイミングを図る処理を必要とする。この一連の心的作業が自動化していれば負担は低下するものと予想されるが、本実験では教示の直後に初めてシステム操作を体験する状況であったため、「知的・知覚的負荷」および「努力」の上昇につながったと解釈できる。なお SI 群については「トラスト」も同様な低下を生じているが、利用の上で機能限界を意識する負担を強いることはシステムへの不信にも容易につながると思われ、結果として基盤・能力・方法・目的の各面についてトラストが低い傾向を示したものと解釈できる。

一方で、システム状態の HMI によるモニタリングを意識づけされた HMI 群では、「知的・知覚的要求」「努力」および「タイムプレッシャー」はいずれも低い値を示した。特に「知的・知覚的負荷」での差が顕著であるが、これは運転支援システムの動作状況把握に関する負担を問う設問であるから、HMI 群で負担が低くなるのは妥当に見える。

ただし、HMI 群の教示において強調されているシステム状態のモニタリングは、システムによる先行車の失認にせよレーンの失認にせよ、実際に事象が生じてから初めてディスプレイやサウンドで提示されるのであって、オーバーライドなどの判断を行う上では、時間的には既に余裕があまりない状況である。それにも関わらず精神的負担が軽減されている理由としては、システムからの情報提示をトリガとしてドライバがオーバーライドを機械的に行っている可能性がある。またドライバ本人の予測と現実のシステム状態との整合性が HMI によりの的確に示される効果もあると思われ、このためドライバの予測の技能習得が速やかに行われていることが考えられる。システムによる先行車の失認およびレーンの失認は Table 2.2 に示すように頻繁に生じており、習熟の機会には充分にあった。

作業成績の自己評価は他の精神的負担と異なり、ACC において HMI 群の負担が C 群に比して高く、LKA についても HMI 群は SI 群とともに C 群より高くなっている。これは、ドライバ本人によるシステム動作予測の自己評価がより確実に行えるようになることに伴い、

予測がうまくできなかつた場面もより意識されるようになり、結果的に作業成績に関する自己評価が下がったものと解釈できる。この自己評価は、予測と状況認知のループにネガティブフィードバックのような調整効果を及ぼしている可能性があり、結果としてループの強化や、予測の背景となるメンタルモデルの修正など、ADAS の安定的な利用の上で望ましい効果を示しているとも考えられる。

2.6.2 行動指標の結果について

運転行動については、ブレーキによるオーバーライドの回数が SI 群および HMI 群とも C 群よりも頻度が高くなる結果となった、追加的教示により運転支援システムの動作に積極的に介入するようになった。この結果は、安全上の注意を多く与えられたことにより防衛的な運転になったと同時に、システムに関する情報を多く持つことによりシステムに介入する動機を得たものとも考えられる。これは、HMI を意識させる事前教示による安全への効果を示した結果ともいえる。ただし逆に積極的な介入が結果的に主観的負担を誘発している可能性は残る。

オーバーライドの頻度が SI 群と HMI 群には差が見られない点は精神的負担（「知的・知覚的負荷」「努力」「タイムプレッシャー」）の傾向とは異なっている。Lee & Moray は、自動化システムの使用頻度は使用者の自己の技量に対する自信に影響され、自信のレベルが低いと自動化システムを利用する傾向があることを示している [Lee & Moray, 1994]。精神的負担における「作業成績」は先に述べたようにドライバ自身のシステム利用に対する「自己評価」であるから、この自己評価が低下する（「作業成績」に関する精神的負担が高くなる）と同時にオーバーライド頻度が上昇する現象は、Lee & Moray のいう「自信」とは逆の結果が得られたことになる。これは「作業成績」が Lee & Moray の「自信」とは異なるものを見ているためと考えられる。Lee & Moray の「自信」の対象は、自動化システムの動作ではなくシステムが制御する対象そのものの理解（もしくは操作）に関するものであった。一方で今回の実験では、自動化システム（ADAS）の操作に対する自己評価を問うている。システムの動作予測に対する自信がないためオーバーライドを選択した、と解釈できる。なおトラストは特に HMI 群で高くなっており、システムに対するトラストがそのまま依存的な操作行動となること（オーバーライドの頻度減少）を意味するものではないことも示されている。しかしこれは、習熟によりオーバーライド頻度減少などの変化をもたらすものであるかも知れない。

2.6.3 On-the-loop 状態が確立されていないという解釈

ここまで、ADAS の動作特性を知ること、そして動作状態を把握することを事前教示することにより、on-the-loop 状態が強化されるという観点から、実験結果を解釈してきた。

しかし本実験は実路走行による実車実験であり、交通環境の多様性はもとより、ドライバーの特性、とくに ADAS 利用に関する態度などは必ずしも十分に統制は取れていない恐れがある。特に主観評価については走行後に走行全体の印象を問うものであり、ADAS に関わる個別の現象は捉えられていない。このため、on-the-loop 状態の強化以外の解釈の余地もあるものと考えられる。

特に懸念されるのは、ドライバーが実は継続的に交通環境や ADAS 状態に注意を払っている訳ではなく、安全上の注意点を多く与えられたことにより、特定の交通環境やシステム情報をトリガとして機械的（受動的）な反応をしているだけである可能性である。このような場合においても、SI 群、HMI 群ではオーバーライドの回数は増加すると思われ、実験結果と矛盾はない。またその一方で、on-the-loop 状態が断続的となり交通環境把握に基づく主体的なシステム動作予測を怠る傾向が現れ、そのような状態に自覚的になると、実験結果にみられるように「作業成績の自己評価」は低下するものと予想される。

このように ADAS の導入によってドライバーが継続的な監視を行わなくなる状況は、望ましいものではないが、本実車実験で実際にドライバーにそのような傾向が生じていたかどうかの判別は難しい。また、実車実験においてドライバーが経験する交通環境は多様であり、長時間の運転ではないとしても、継続的な監視・予測の傾向となんらかの事象発生にともなう機械的な反応とは、場面に応じて双方とも起こり得るものであるとも言える。実世界の走行環境では、双方は明確に分離ができるものではない。しかし交通場面においてどちらの側面が強く現れるかは、場面ごとに一定の傾向はあるものと考えられ、そこには異なる形で事前教示の影響も生じているものと予想される。

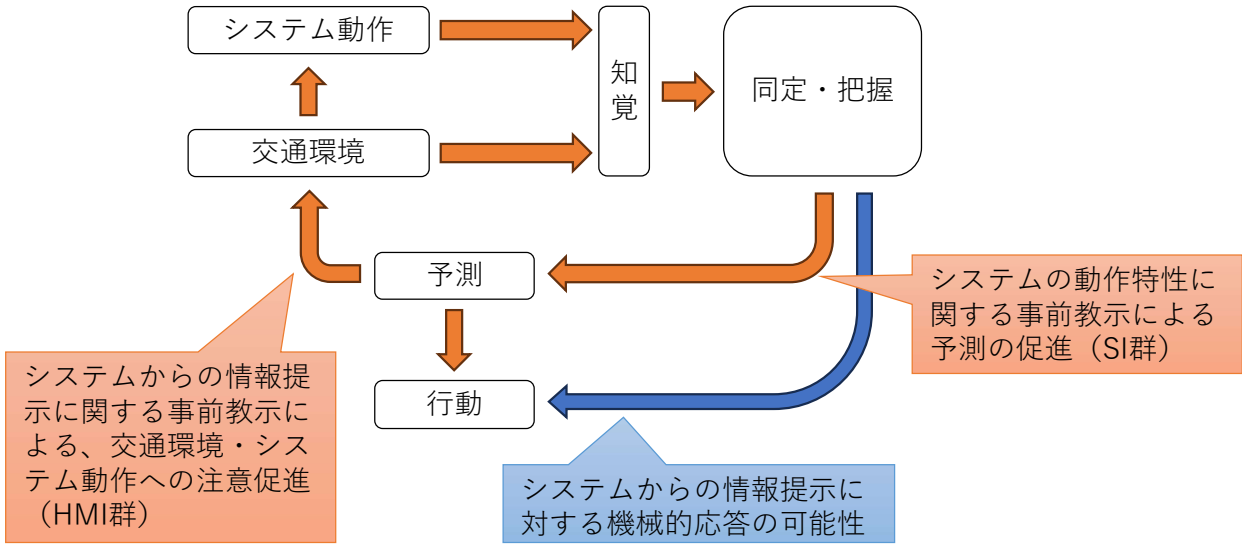


Fig. 2.8 本章で得られた状況認知に関する知見

2.7 本章の結論

運転支援システムを初めて使う際の理解の仕方、主に精神的負担がどのように異なるかを検討した。実験手法としては、運転支援システムに関する異なる教示を与えて差を分析するという方法を用いたが、初期の教示の影響が精神的負担および操作行動に表れることが確認され、特に HMI の意味するところを意識づけすることにより、精神的負担は軽減するが運転支援システムへの積極的な介入が維持されることが示された。

運転支援システム利用においては、今回各条件で提示した教示内容は、最初の使用時から理解しておくべきものであるが、実際の利用では経験を通して習熟し改めて体得される面もある。ただし本研究の結果は、初期段階の理解の仕方により精神的な負担および操作行動ともに差が出ることを示唆しているが、これが将来的にも維持され、場合によっては誤った理解や過信・依存に繋がり得るのか、運転支援システムによる効果的な安全性向上のためにも検討すべき課題である。また初期の意識付けの差の影響がみられるということは、個人による理解力の違いや運転に対する態度などの個人特性が無視できない要因となり得ることを示唆している。実際、Fig. 2.5 において各条件における分散が群間差と同程度以上に大きいことは個人特性の影響が大きいことを示唆している。また一部の下位尺度で HMI 群の分散が C 群・SI 群に比して大きく見られることは、内容の多い教示に対する個人の理解力の違いが影響していることも考えられる。

表示を契機として、精神的負担感の低下とともにシステムの使いこなしに関する自己評価も低下していることには、注目しておきたい。先に述べたようにこれは、交通環境の観察に基づくシステム動作の予測が背景にあることが示唆される。何等かのメンタルモデルに基づくシステム動作の予測と、実際のシステム動作の観測を通して、ドライバ自身が持つメンタルモデルの自己評価が可能になる、という構造があるものと考えられる。ブレーキ踏下によるシステム動作への介入頻度の上昇も、予測に基づく先行的行動が発生している可能性がある。

以上が実験で得られた主な結果であるが、その一方で、実はドライバは継続的な交通環境の監視と ADAS の動作把握を行っている訳ではなく、特定の交通場面や ADAS の提示情報に従って半ば機械的に応答する形で ADAS の使用に適応しただけではないか、という解釈も可能であることを指摘した。実路走行では双方は明確には分離できるものではなく、走行環境によって継続的監視が優勢な場面もあれば、機械的な反応が優勢な場面もあるものと思われる。ドライバに on-the loop 状態維持を促す上では、どのような状況で継続的に監視がなされるか、また教示に効果があるのかを知ることは重要である。このためには、走行場面をより絞った状況でドライバの反応を分析することが望まれる。このような場面ごとの分析を行うために事例を収集するためには、かなりの量の走行データが必要となることが予想される。

また、事前教示により実験条件を与える方法は、ADASの動作に影響を与えるさまざまな状況をドライバーが事前に覚えておき、実走行場面でそれらの複数の知識と現実の場面を比較することを強いる、負担の大きいものである。これは on-the-loop 状態を促進する方法を考察する本研究の目的の上では、不要な負担というべきである。現実にも毎回の走行ごとにシステム挙動に関する教示が行われるという利用法は不自然ではあり、その効果の継続性も疑わしい。そこで次章では、走行中に適時、交通環境とシステム動作の把握を促進する情報提供を行い、その効果を通して on-the-loop 状態の確立の状況、もしくは単純な受動的反応の発生の状況を確認する。その結果は、発生する交通場面や発生事象の種類により異なるものと考えられる。

実験技術の上では、交通場面の統制は先に述べたように実車実験では難しい。また交通場面に応じた情報提示は、実験系に高度な交通環境の認識系を含める必要があり、それは機械的な認識システムであれ同乗実験者によるものであれ、安定した実験は困難である。そこで次章では、ドライビングシミュレータを用いた実験を行う。ドライビングシミュレータでは、交通場面の統制が可能であり、また事象発生前の情報提示を確実に行うことができる。このような実験のセットアップを通して、ドライバーによる監視状態に情報提示が与える影響を、交通場面ごとに確認し、その法則を見出すことを、次章の目的とする。

3 ADAS の動作に関する走行中の情報提示による効果⁵

3.1 概要

前章では、ADAS 利用前の事前教示により、ADAS の特性を意識してその動作を予測し、さらにその状態と交通環境を監視することを促して、ドライバの human-on-the-loop 状態を促進させる効果を、高速道路走行の実車実験によって行った。その結果はドライバの主観報告とオーバーライド頻度によって評価され、予想通り on-the-loop 状態が促進されていることを示唆する結果が得られた。しかし一方で、ドライバは継続的な予測や監視をしておらず、事象発生直前の交通環境および ADAS の警報をトリガとして受動的にオーバーライドなどの反応をする使い方を、習得したにすぎないのではないかと、この可能性も指摘できるものであった。実路走行は多様な交通環境が体験されるため、実際にドライバがどのような態度で ADAS を使っていたかもまた場面によるものであったと考えられるが、実路走行実験で遭遇する場面を統制して分析するには相当数の事例を収集する必要がある、現実的ではない。

そこで本章ではドライビングシミュレータを用いて、ADAS が衝突回避のために動作する特定の場面を模擬し、ドライバに ADAS の動作タイミングを予測させる実験を行った。今回の実験では教示は走行前ではなく、走行中の事象発生のしばらく前に ADAS のマンマシンインターフェースからの情報提示（予告）の形で行うこととし、情報提示の有無および提示の早さにより、予測の精度がどのように影響するかを検証した。事象発生の兆候が現れる前の段階の予告の早さにより、ドライバの on-the-loop 状態が強化される場合と交通環境により機械的に反応する場合の双方が起こり得、またそれは遭遇する場面によっても異なるものと、予想された。

実験の結果はおおよそ予想に沿うものであり、情報提示の早さと発生事象の種類とは、双方ともドライバによる予測の精度に影響を与えている。適切な場面と早さであれば情報提示はドライバの継続的な監視を促進し、ドライバによる予測の精度は向上する。ただし提示が早すぎると効果は得られず、提示が遅すぎると情報提示に直接応答する傾向が現れる。また交通環境が何等か近い将来の事象発生の兆候を見せていない状況では情報提示の効果は現れにくく、交通環境から想定される提示情報の意味がわかりやすいことの重要性が示唆される結果となった。

⁵本章は、Takahashi による論文 “Supporting event prediction for Level 2 ADAS users to prevent automation surprises” [Takahashi, 2021] をベースとして、加筆編集を行ったものである。

3.1 研究の目的

前章では、ADAS 利用に関する初期教示によるドライバの運転行動への効果を、主に ADAS 利用に関する精神的負担の面から、実路走行実験により検証した。その結果として、ADAS の動作特性に加えて ADAS の動作の確認方法を初期教示で理解させることが、ドライバの human-on-the-loop 状態を促進するために有効であることが、主観評価およびオーバーライド頻度の評価により示唆された。しかしその一方で実験結果は、on-the-loop 状態が十分に確立しているとは限らず、ADAS からの警報や危険性の高い交通環境の発生をトリガとして、機械的にオーバーライドなどの反応をしているだけではないか、という解釈もできるものであった。Level 2 の ADAS の使われ方として、後者は好ましいものではない。

前章の結論で述べたように、実路走行ではドライバは多様な交通環境を経験するため、on-the-loop 状態が成立していたのか機械的な反応であるのかは、その時々により異なるものと考えられる。そこで本章はドライビングシミュレータによる実験系を組んで ADAS を模擬した上で、ドライバが遭遇する少数の典型的な場面に限定し、それらについてドライバの状況把握と予測の状態を調べる。それぞれの場面の特性がドライバの ADAS 利用にどのように影響を与えるのかを明らかにすることを目的とする。

この目的のために、本実験では on-the-loop 状態を統制するための介入を走行中に行う。方法としては、走行中の事象発生前の早い段階で、システムから近い将来の事象発生を予告する情報提示を行う。これによりドライバは事象発生を見込んだ交通環境監視とシステム動作の監視が促され、on-the-loop 状態に誘導されることが予想される。On-the-loop 状態が維持されている場合と必ずしもされていない場合の条件づけの効果を通して on-the-loop 状態の確立の状況、もしくは単純な受動的反応の発生の状況を確認する。

ただし、この予告情報提示の効果は、情報が提示される状況（交通環境）およびタイミングによりその効果の大きさが異なると考えられる。そこで、本実験の付随的な目的として、このような予告情報提示がドライバの on-the-loop 状態に与える効果の範囲を確認する。

まず、ドライバは交通環境からも情報を得て、予測を行っている。このため交通環境の違いにより、予告情報提示の効果は高くも低くもなりうると考えられる。例えば先行車の動向からは事象発生の兆候が得られない状況・場面では、情報提示の効果が現れやすいことが予想される。

また、このような予告情報提示には、ドライバの予測に資する上での適切な早さの範囲があるものとも考えられる。介入の効果には持続時間があると思われ、情報提示が早すぎると効果が現れないことが予想される。逆に提示が遅すぎると、予測を伴わない単純な刺激応答反応の誘発にとどまり、これも介入の効果が現れないことが予想される。

3.2 研究の背景

前章で指摘した通り、事前教示で与えられる各種状況ごとの ADAS の特性に関する情報を動作予測のために記憶し続けることは困難である。システムに関するメンタルモデルは経験によって更新されることから、経験しない事象に関してはメンタルモデルが失われるとの実験的報告も存在している [Beggiato, Preira, Petzoldt, & Krems, 2015]。

このため、事前教示ではなく走行中の情報提供により、現前している交通環境の下で ADAS から情報提供を受けられる。その際の知覚された状況に伴って適切な交通状況およびそれに対応する ADAS の動作に関する適切な SA を構成するためのメンタルモデルが選定され、安定した on-the-loop 状態を促進させるために重要な役割を果たしていると考えられる (1.4 節)。現在市販されている ADAS では、稼働中にもダッシュボード等に設置されたディスプレイの表示や音声を通して、稼働中か否かの表示のほか、先行車の検知状況、衝突回避のためのシステムの動作に先行する警報、そしてシステムが動作を継続できない状況になった時の運転交代要求 (ToR) がサウンドや表示で行われている [Campbell et al., 2018]。前章で実験に用いた日産自動車のセレナでは、先行車や前方障害物の検知状態、ADAS の作動状態と設定状態 (定速走行・車間距離制御 (ACC) の作動状態、車線維持支援制御 (LKA) の作動状態、車線の検出表示、設定車速) がダッシュボードのディスプレイに表示されるが、これらは Level 2 の ADAS では標準的なものである。

なお、ToR は単なる情報の通知ではなく、システムが対応できない状況でドライバーが運転を交代するための要求であって、ドライバーがそれを受けて運転操作を行うことが必須である。どれくらい早い段階でこの要求をシステムが出すべきかについては、この実験当時はまだ明確な合意はなかったと考えるが [Campbell et al., 2018]、例えば Gold et al. はドライビングシミュレータによる実験で、ToR 発出時の衝突余裕時間 (Time To Collision: TTC) が 5 秒では不要な急ブレーキ操作やハンドル操作の逸脱が生じ、7 秒では生じない、と報告している (高速道路に事故車がありブレーキによる停止かハンドル操作で回避する状況を想定している) [Gold, Damböck, Lorenz, & Bengler, 2013]。いずれにせよ ToR は警報であり、ToR が発出されたらドライバーは即応しなければならない。

一般的には、これらのような非連続的な情報提示でシステム利用者に指示を与えるインタフェースよりは、継続的にシステムの状態をフィードバックさせるインタフェースの方が望ましいと考えられる [Norman, 1990] [ノーマン, 2015]。ドライバーが常に交通環境と ADAS の稼働状態を監視できるように継続的に情報を提示する方法は、市販車に実装されているもの、提案にとどまるものも含めて、各種提案されている。例えば、TTC や車間時

間⁶を ACC の機能限界と重ね合わせて常時提示する提案や [Seppelt & Lee, 2007]、走行環境が ACC の機能限界に近いかどうかをレベル表示する提案 [Helldin, Falkman, Riveiro, & Davidsson, 2013]、ACC による減速状況と ACC の限界を事後的に示す提案 [伊藤, 2008]などがなされている。

以上の提案で提示されている情報は、基本的には TTC などから得られる確定的な情報であるが、それゆえに実際に ADAS による ToR や衝突回避動作が発生するような状況では、事象発生と比較的間近な時点（もしくは直後）での提示になる。

これに対し本章では、より早い段階から情報提供して注意を喚起し、確定的ではないものの近い将来に生じる可能性の高い事象もしくはそれに伴う ADAS の動作内容を、あらかじめシステム側が予測し予告として提示する、という情報の提示法により、実験的な介入を行う⁷。

このような、まだ事象発生が不確定な時点でドライバに予告的な情報提示をすることは、ドライバにこれから発生する可能性のある事象に関する ADAS の動作と機能を思い起こさせ、交通環境に注意を向け、来る事象への対処の準備をさせる効果があると考えられる。これに伴い、実際の事象発生時には交通環境の動静やシステムの反応（ToR や衝突回避動作）が的確に予測でき、また予測と注意の対象および時間が絞り込まれることはタスクの簡易化につながる。これらはドライバの的確な操作行動を誘導する。

なお運転自動化レベル3のシステムにおいては、システムから運転交代の要請があるまではドライバは運転作業（DDT: Dynamic Driving Task）にも道路環境・交通環境の監視（OEDR: Object and Event Detection and Response）にも関与していないため、このような先行的な情報提供は有効であると考えられている [Louw, et al., 2017] [Louw, Madigan, Carsten, & Merat, 2017] [Lu, et al., 2019]。ただし、本論文ではレベル2の ADAS を対象としており、ドライバは常に交通環境の監視を求められている点では、性格が異なる状況である。

「予測」の情報は「検知」や「通報」と異なり、まだ生ずるかどうかが決まっていないう早い段階で情報を提示することになる。このため敢えて実用的に考えると、提示情報の信頼性、情報提示の早さ、およびドライバ自身の予測とどの程度合致しているか、等の影響が考慮される必要があり、これらの条件がそろふことにより、注意配分の適正化により精神的負担の軽減やシステム停止時等の対応の早さなどの効果が現れることが期待される。

⁶ 車間時間（車頭時間） Time Headway: 現時点の障害物・先行車後尾の位置に自車両が到達するまでの時間（車間距離／自車速度）。先行車の車速を考慮し車速差から衝突までの時間を求める TTC とは異なる。

⁷ システムからの予測情報の提示について、本章の実験では必ず発生する不確定性はない情報としてドライバに提示される。このため以降では、「予測」ではなく「予告」と表現することがある。ただし提示タイミングについては不確定性がある。

一方で情報の信頼性が低くそのことがドライバにも知られている場合、情報提示が早すぎて欠報と紛らわしい場合、ドライバにとって自明な情報、などの場合は有効性が失われることも考えられる。

3.3 実験の方法

3.3.1 実験概要

本実験では、ドライバから直接は予兆が見えない早い段階で、予備的な情報を提示する。その後先行車への急接近事象が発生し、接近検知の情報が提示され、約3秒後にADASにより衝突回避ブレーキが発生する。この際に、急接近事象としては、3通りの事象をシナリオに含めた。

第1に、追従している先行車が急減速を行う事象である。この場合、ドライバからは、直前まで事象発生の前兆を認知することができない。

第2に、低速車への追いつきともなう急接近事象である。この事象では、先行車は視認できるのでドライバは予兆を知ることができるが、タイミングは捉えにくい。

第3は、隣接するレーンから自車の前方に、強引な割り込みが行われた場合である。ここでは隣接車両は早い段階から視認ができており、また割り込み前にはウインカの点滅が行われるなど、実際の急減速が発生するまでのプロセスが理解し易い条件となっている。

これらの状況において、事象発生より早い段階で、予測情報（予告）の提示が行われるが、その提示のタイミング（早さ）は、ADASの急減速（ブレーキ）の約15秒前および10秒未満の2通りとした。

評価すべき目的変数としては、行動指標としてシステム動作の的確な予測と、主観指標として精神的負担の低減効果としている。前者については、ドライバにADASの動作を予測させボタンを押させるタスクを課し、その時間的正確さを評価の対象とした。

一方で、主観指標としては、NASA-TLXを援用したメンタルワークロードの評価用紙を用いたほか、予備的なデータとしてシステムに対するトラスト、行為主体感等についても質問を行っている。

従って、実験デザインとしては、急減速事象が3種（急減速、追いつき、割り込み）で、これは実験参加者が全員体験する。また情報提示方法は4通り（提示なし、予告の提示のみ、急接近検知情報の提示のみ、双方提示）とし、これは実験参加者を4群に分けて行った。また予告提示のタイミングには、早い提示／遅い提示の2条件を用意し、これは全員に体験させた。

3.3.2 ドライビングシミュレータと ADAS 動作の模擬

1) ドライビングシミュレータ

実験では、三菱プレジジョン製の定置型ドライビングシミュレータ D3-Sim (Fig. 3.1, Fig. 3.2) を用いた。正面に大型のディスプレイ (60 インチ) が置かれ、PC ゲーム用に市販されているハンドルとペダルのセット (ロジクール社製 Driving Force GT : 反力付きハンドル、アクセルペダル、ブレーキペダルで構成) を設置した。ディスプレイは実験協力者の視線がおおよそ画面中央となる高さに調整した。画面中央は、画面上に投影される道路の消失点とほぼ同じ高さである。実験協力者の目からの水平距離はおおよそ 80cm となるようにした。椅子の位置は実験の前に実験協力者自身に調整させ、ディスプレイが見やすい位置、ペダルが踏みやすい位置、ハンドルが操作しやすい位置となるようにした。椅子の位置は、運転中は再調整はしないように教示した。

ディスプレイには走行中の道路映像が表示されるほか、画面中央最下部に速度メータおよび情報提示用のウィンドウを配した (Fig. 3.3)。速度メータには、ブレーキ動作のインジケータが併せて表示される。情報提示用のウィンドウは、市販の ADAS に類似した先行車検出表示、矢印アイコンで実験条件に応じて提示される各種情報を表示する。音響はディスプレイのスピーカを使用し、エンジン音やロードノイズを提示した。音量は低めに設定し、運転に関する情報はもっぱら視覚的に得られる設定とした。ただし急ブレーキによるタイヤのスリップ音は明瞭に聞き取れるレベルである。

ドライバによる入力操作ができるデバイスとしては、アクセルペダル、ブレーキペダル、およびハンドルに備え付けられた各種の押しボタン (ウインカやライトなどの機能を有している) がある。また、本実験ではハンドルの右親指の近くにあたるボタンを実験タスクの入力用として利用した。

なおドライビングシミュレータの動作中には、車両位置、車速、先行車までの距離、ドライバの操作行動、各種表示時点などは、120Hz の時系列で記録された。

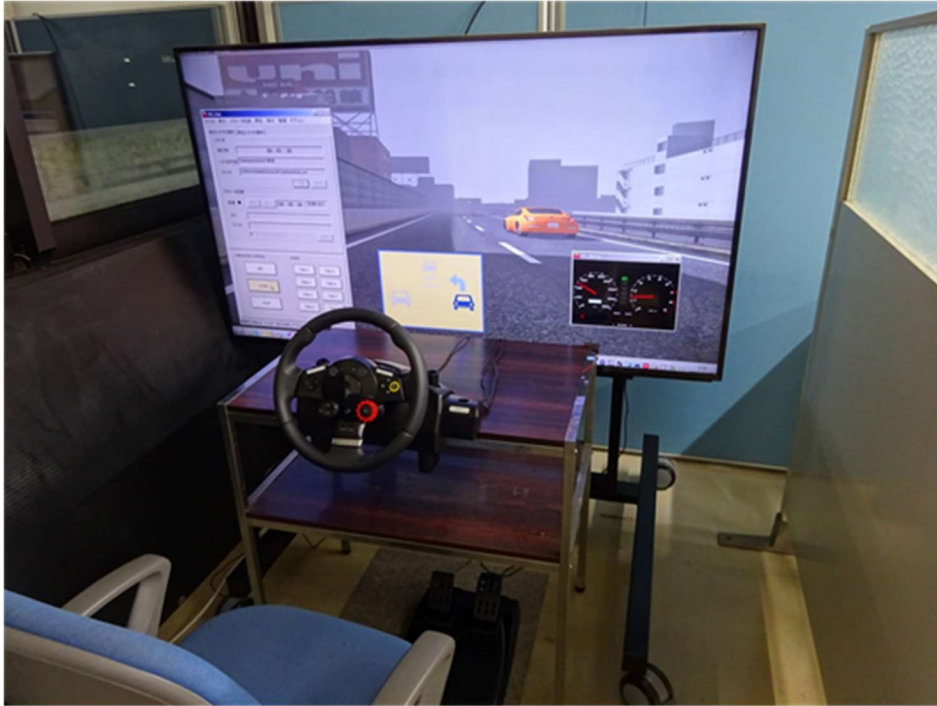


Fig. 3.1 定置型ドライビングシミュレータ

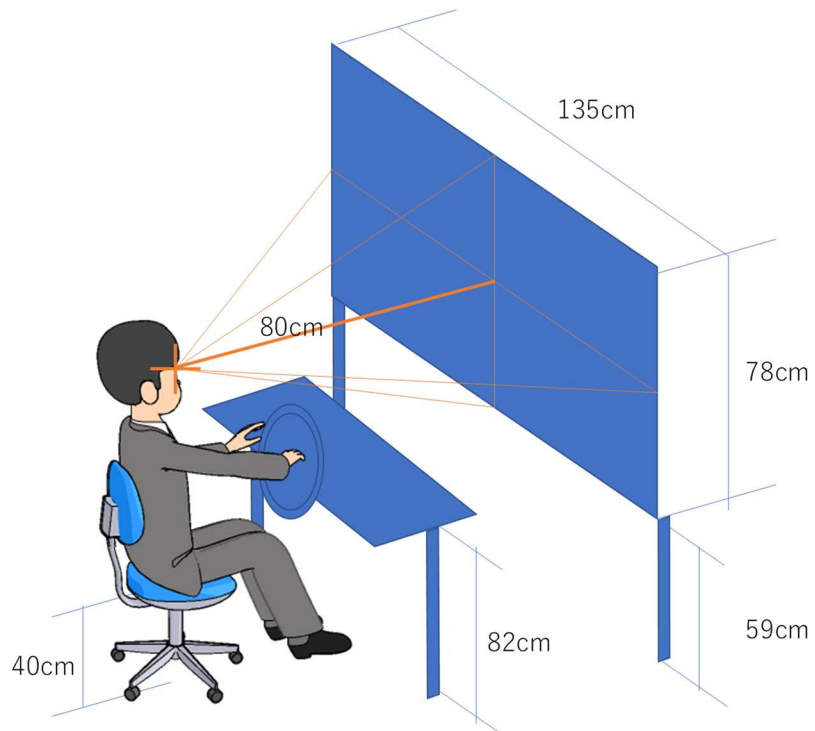


Fig. 3.2 ドライビングシミュレータ設置寸法図

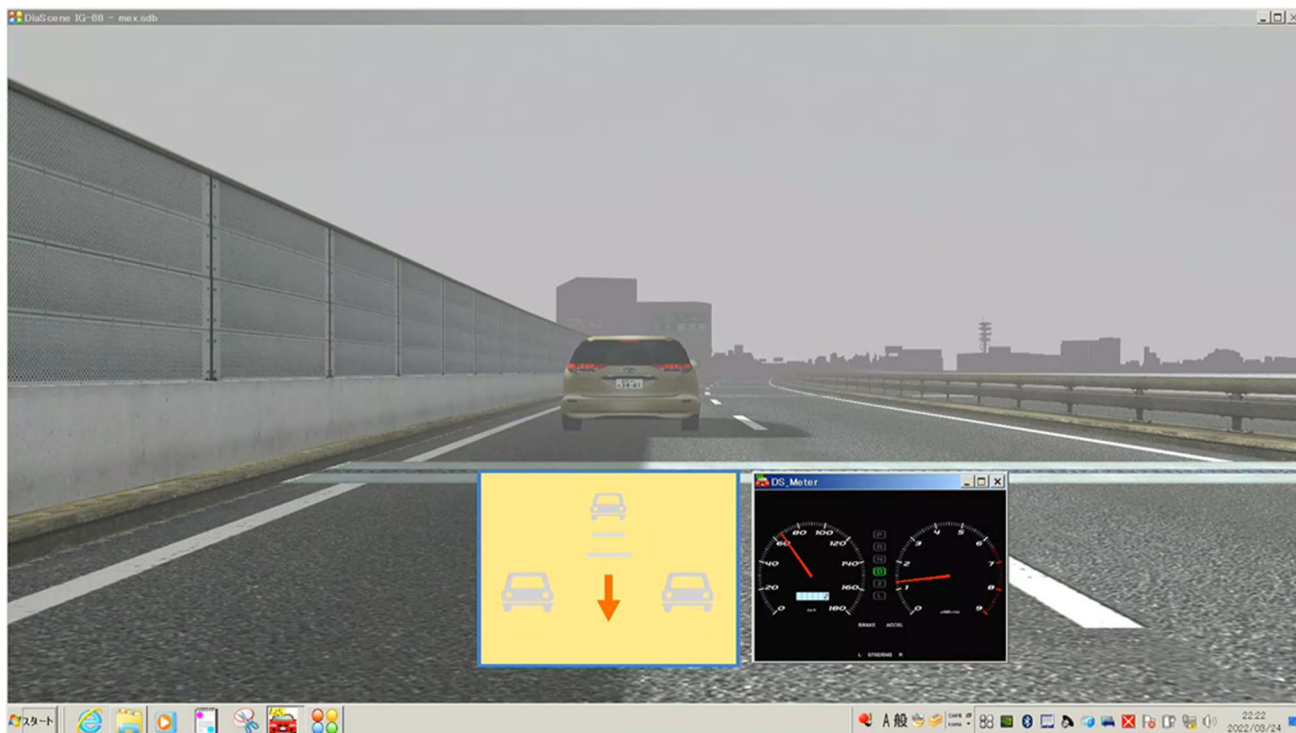


Fig. 3.3 表示画像例



Fig. 3.4 ハンドルと手元の押しボタン

2) 模擬される走行環境 ADAS の動作特性

走行環境としては、直線性の高い高速道路において、ADAS を利用して定速度走行もしくは先行車追従走行を行う状況を想定した。道路環境は良好であり、視界に特段の妨害を与える要素（悪天候などの視界不良や注意を誘引する地物）はない。

走行中の ADAS の動作を予測させることが本実験でドライバーに与えられるタスクである。走行中に発生し得る急な事象は現実には多々考えられるが、本実験では走行条件と情

報提示内容を実験的に統制するため、走行中に発生する事象は先行車の急減速に限定している。

実験の走行ルートは首都高向島線の上り方向を模擬した片側二車線の道路を用いた。この走行で模擬された ADAS 機能は、先行車がない時は走行場面の制限速度 + 10km/h の定速走行を行うように設定した。模擬した走行路である首都高向島線の制限速度が実際の走行速度よりも低いことからこのような速度超過の設定としたが、これで最高速度がおおよそ 70km/h となり、これは前章の実路走行実験で与えた定常走行時の速度設定 70km/h とほぼ一致する。この走行ルートは区間の大半は制限速度が 60km/h であったため、定速走行時の車速はおおよそ 70km/h となった。一方先行車がある場合は、ADAS は追従走行を行った。この際の先行車との追従距離間隔は 10m に設定した。現実の車間距離よりは短い設定距離であるが、シミュレーションによる高速道路走行の模擬では前方シーンの単調さのためかなり低速に感じられてしまうため、敢えて接近間が得られるように調整している。いずれの場合も操舵・加減速は自動的に行われ、通常ドライバーは運転操作をする必要はない。シナリオ中では先行車の急減速による衝突回避動作が必要となる場面が数回あり、この場合は衝突回避のために ADAS は急減速（急ブレーキ）を発生させる。

この際の ADAS の動作特性は、以下のとおりである。

- 先行車の急接近にともない、ADAS が衝突回避相当の急減速を行う。なお ADAS の進路変更による回避はなく、接近にとまらう急減速のみである。
- 衝突回避の急減速は、先行車への TTC が 3 秒未満となった時点で衝突回避の急ブレーキを発生させ、減速度は 7m/s^2 とした。これは強い減速であり、ADAS による衝突回避の急ブレーキの発生をドライバーが十分認識できるものである。自車で発生する急ブレーキは、ダッシュボード上の表示に現れるインジケータの赤い表示および急減速に伴うタイヤのスリップ音で知ることができる。ブレーキ音は聞き落とさない程度の小音量とし、通常の車両で想定される以上の強制的提示は行っていない。
- 普段の ADAS の動作としては、前方に他車両がない場合は定速度の走行を行い、前方先行車に追いついた場合は追従走行を行う。これは市販されている ACC とほぼ同じ動作である。ドライバー自身は運転操作を行わず、交通環境と ADAS の動作の監視のみを行う。

3.3.3 走行シナリオとタスク

シナリオでは、3 種類の事象が発生する。この際、事象の発生前に、実験条件により予告情報が提示される。以下で、シナリオの構成を説明する。

1) 実験シナリオ中で発生する事象

急減速場面としてはいくつかのバリエーションを用意し、交通環境から自然に得られる情報の影響の大きさは評価できるようにした。発生する事象は、低速先行車への急接近、追従している先行車の急減速、隣車線を走行している車両の急な割り込み、の3種類である。いずれも ADAS は急減速で対応する。

これらはそれぞれドライバにとっては、事象の発生が予見しやすさが異なっている。

(1)追従している先行車の急減速（ドライバからは発生予兆が見えない事例）

- シーケンス：先行車の急減速とブレーキランプ→急接近

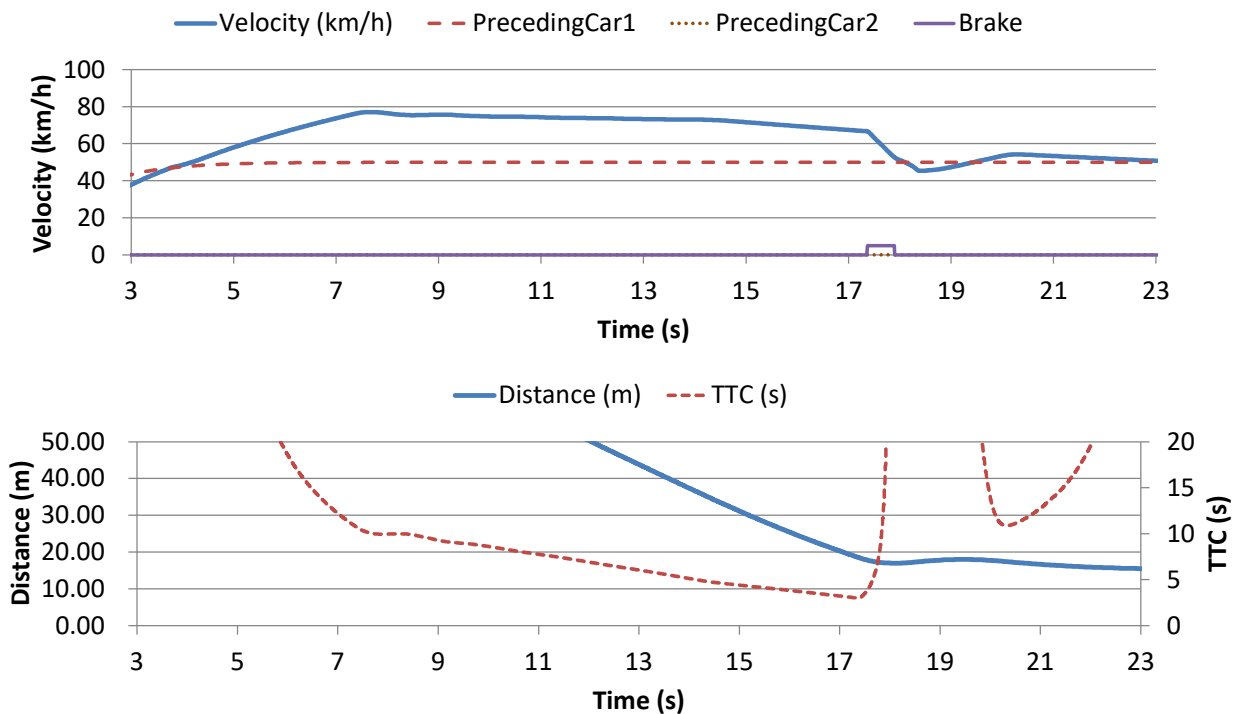
(2)低速走行車への急速な追い付き急接近（発生予兆は見えるがタイミングが捉えにくい事例）

- シーケンス：視程の低い状況で先行車が見えだす→先行車は遠方にある→極めて低速で走行しているため急接近

(3)隣レーンから自車前方への強引な割り込み（予兆も事態の推移も見える事例）

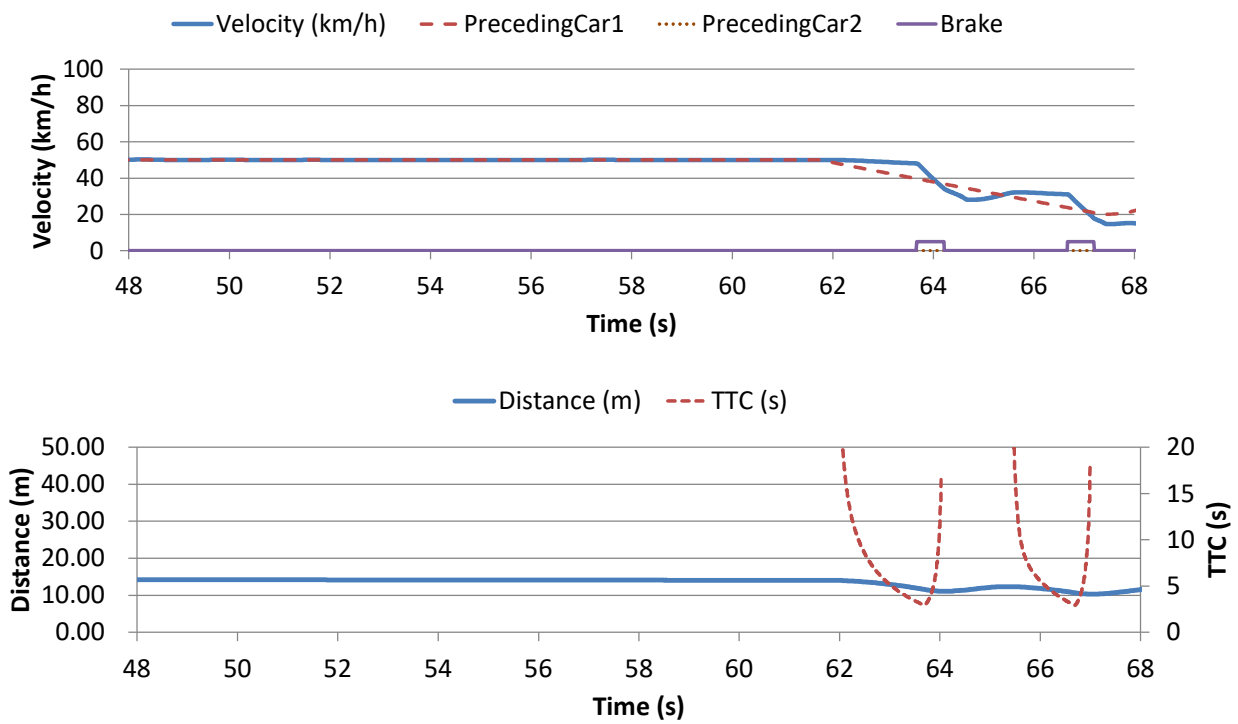
- シーケンス：隣レーンで並走開始（30秒以上前）→ウインカ点滅→割り込み→急接近

これらについて、事象発生の際の速度および TTC の時間変化を Fig. 3.5 に示す。

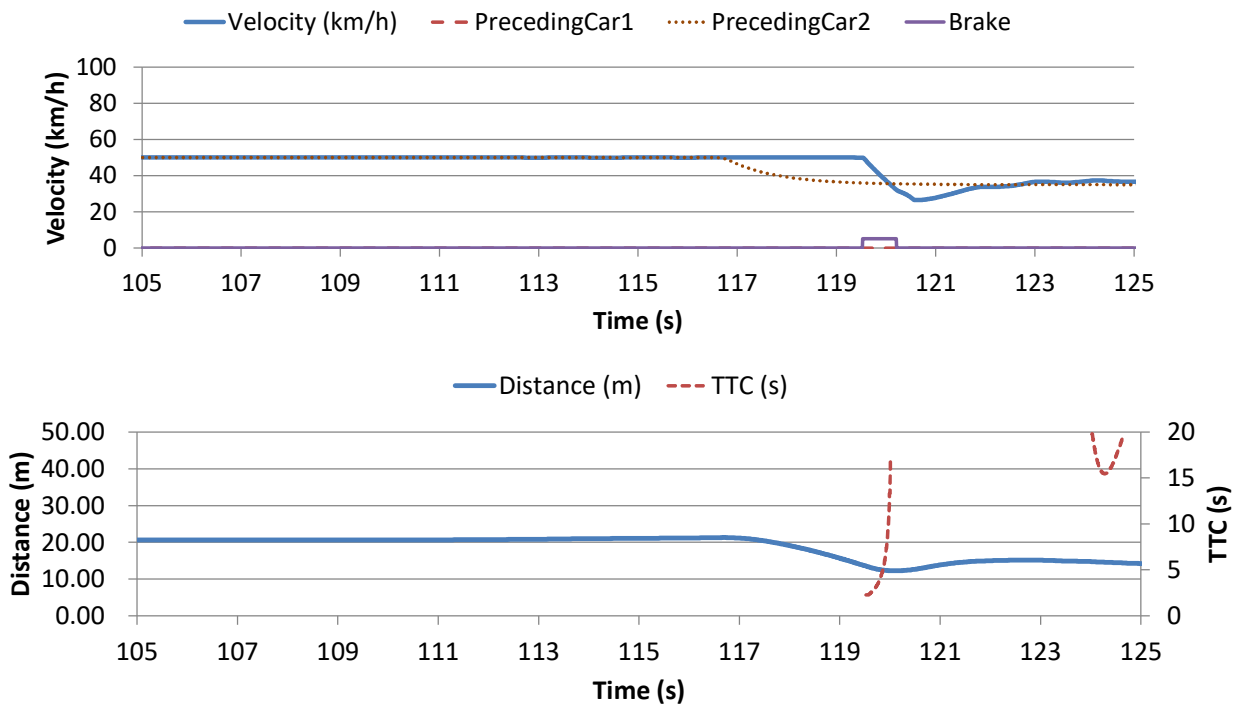


(a) 低速車両への追いつき

Fig. 3.5 ADAS による追従走行・急減速の速度・車間距離・TTC プロファイル



(b) 先行車の急減速



(c) 隣レーンからの急な割り込み

Fig. 3.5 (続き) ADAS による追従走行・急減速の速度・車間距離・TTC プロファイル

実験においては2種の異なるシナリオを用意し、それぞれのシナリオにおいてこれら3通りの、先行車の挙動により自車が減速を強いられる場面を約1分の間を置いて6回生じさせた。いずれのシナリオも、一走行にかかる時間はおおよそ6~8分である。実際のシーケンスを Fig. 3.6 に示す。シナリオ A とシナリオ B で予告提示の早さが異なっており、シナリオ A が遅め（Late 条件）、シナリオ B は早め（Early 条件）である。

各シナリオの走行区間は首都高向島線のおおよそ同じ区間であるが、出発地点と終了地点、事象の発生個所は異なる。このため、繰り返しの走行で路上構造物等を覚えてタスクに影響することを避けるようにしている。

予告情報提示のタイミング（早さ）はドライバには知らされず、また一定ではないためドライバが察することはできないが、シナリオとしては、急ブレーキ事象が発生する急減速の発生前の10秒以上前（13~18s, Early 条件）に提示がある走行と、10秒未満（5~9s, Late 条件）の走行の、2通りを用意した。

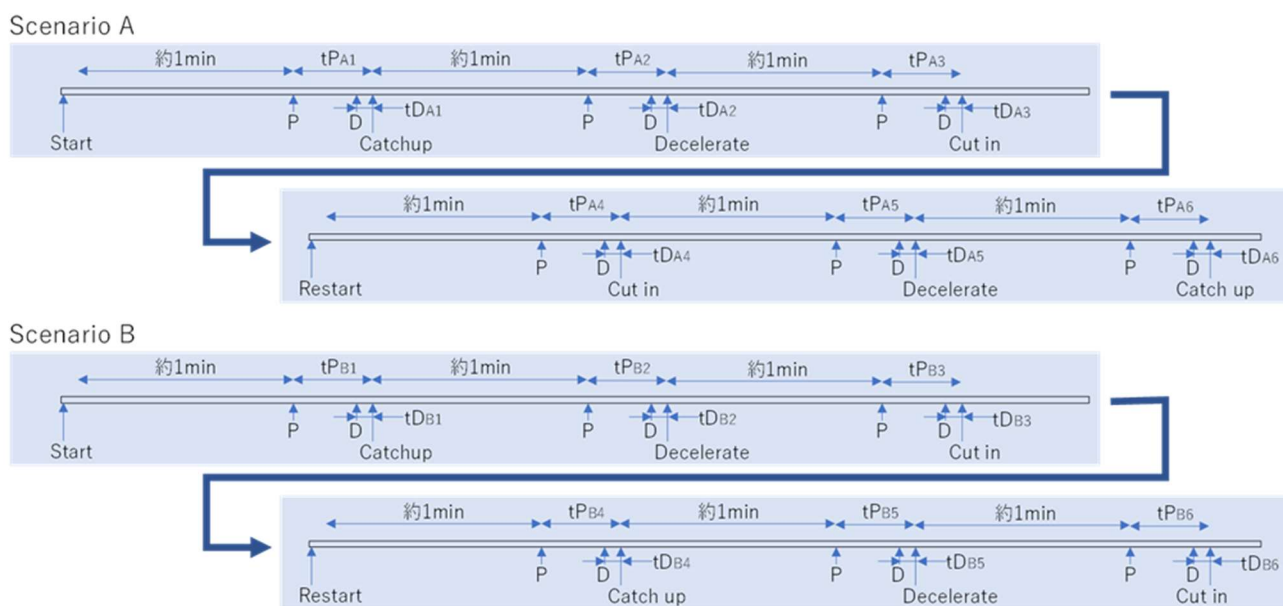


Fig. 3.6 シナリオ中の事象発生シーケンス

予測情報が提示される場合は、シナリオ A では事象発生前の10秒以降の情報提示とし、シナリオ B では事象発生前の10~20秒前の提示としている。また各シナリオでは走行場所の切り替えのため、事象3回目と4回目の間に短い中断を入れている（太い矢印で表示）。

2) ADAS からの情報の提示

A) 先行車検知・急接近検知・急減速の情報提示

ADAS からの情報の提示については、先行車の検知、先行車への急接近検知（警報）、および急減速の発生（ブレーキの動作）である。実験の目的のため、これに、事象発生前の

予告情報の提示が加わる。急減速の発生を示すインジケータは、先に述べた通り速度メータに付随するものである。

実験走行におけるドライバーのタスクは、この急減速の発生タイミングを事前に予測することであり、そのために ADAS からの予告情報の提示と接近検知情報の提示、および交通環境から得られる情報を用いることができる。これらの情報提示のために、ドライビングシミュレータのスクリーンの下部に表示のためのウィンドウを置いた (Fig. 3.7)。

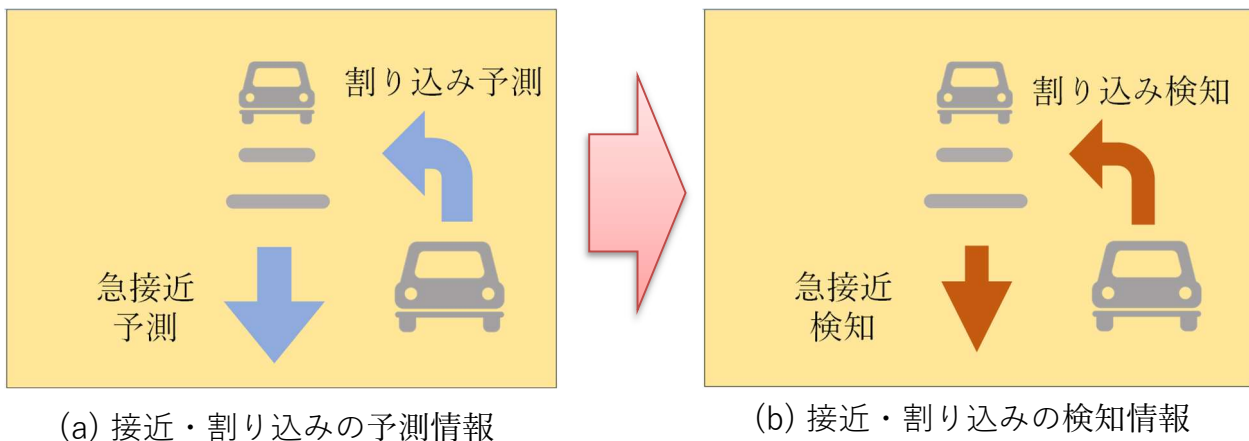


Fig. 3.7 ADAS からの情報提示ディスプレイ

先行車の検知と急接近検知情報、および急減速の情報提示は、市販されている運転支援装置にも見られるものであり、本実験に特有な特徴は与えていない。ここで急接近検知情報は本実験では、先行車までの TTC が 20 秒を切った時点で、赤い矢印として表示させた。ただし実際には先行車の減速や続いているため、TTC は急速に短くなり、情報提示からおおよそ 3 秒ほどで ADAS による急ブレーキが発生する。実験協力者にとって、ここで提示される情報自体は先行車の行動を見れば自明なものであるが、TTC を勘案した接近情報は交通環境把握を助ける効果を持つ。

B) 事象発生の予告情報提示

予告情報の提示は本実験独自のものである。接近検知情報の提示よりも早く、まだ実験協力者にとって目視によっては事象発生の兆候が見えない段階で、近い将来の急接近の可能性を示す。現実の車両では現時点ではこのような予告情報提示は簡単ではなく、もとより市販車レベルでは実装されていないため、これはドライビングシミュレータを使わなければ不可能な実験設定である。

システムから提供されることが想定できる予告情報のあり方としては、

- 1) 将来発生する可能性のある事象の種類、
- 2) ハザードの深刻さ、
- 3) 発生の頻度・生起可能性の高さなどリスクに関する不確定性、

- 4) 提供される予測情報のエラー率（発生事象の種類の違い、False Positive/False Negative）、
- 5) 予測情報発出からどれくらいのタイミングで発生するかという時間の不確定性、以上5通りが提示できる。

ここでは先行車への急接近に伴う衝突回避の急減速のみ想定しているため、近い将来この事象が発生することを示すのみである。情報の信頼性については、この実験では確実な情報を提示することにして不確定性はなくし、予告情報提示後はどこかの時点で必ず急減速事象は発生するものとした。

ただし、いつ発生するかについては不定性があり、ドライバは知ることができない。特に提示のタイミングが早すぎる場合は、ドライバにとっては一種の誤報（false alarm）に感じられる効果を想定した。なお本実験ではその後かならず事象は発生するので誤報ではないものの、事象の直前に情報が提供されなかった訳であるから、ドライバにとっては欠報（false alarm）となる可能性がある。

いずれにしても、予告情報のドライバに与える on-the-loop 状態維持の効果は長期間は続かず、早すぎる情報提示はドライバのタスクに影響を与えない可能性がある。

一方で予告情報が直前すぎれば、ドライバにとっては予告ではなく、単なる警報と捉えられるものとも考えられる。この場合ドライバは、on-the-loop 状態にのっとった予測はせず、単純にシステムからの情報提供に反応するだけであろう。

具体的な予告情報提示の方法としては、急接近接近検知と類似の情報であることから、ほぼ同じ位置に青い矢印で提示し、ドライバが意味を取りやすいデザインとした（Fig. 3.7）。実験時には実験協力者には提示情報の意味は事前教示される。

予告情報提示の後では、時間をおいて急接近が始まり、急接近の検知情報の提示、自車の急減速とインジケータ表示、という形で推移する（Fig. 3.8）。なお、隣接車線からの急な割り込みについては、これは単純な接近ではないため割り込みに関する情報も加え、割り込みの予告、割り込みの検知、（割り込み後の）急接近の検知、急減速、という表示の流れとした。

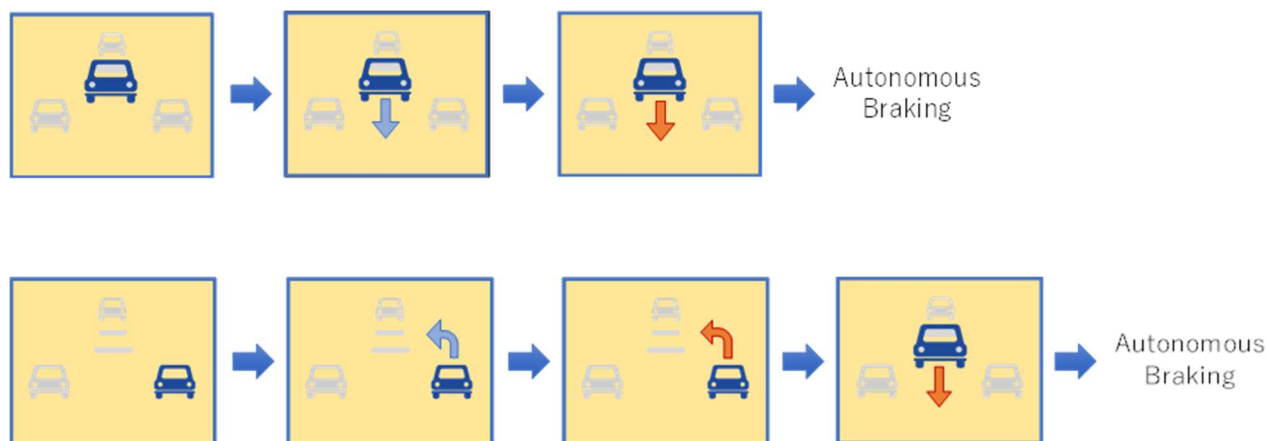


Fig. 3.8 提示情報の表示内容の推移

3) タスク

本研究の目的は、ADAS 利用の上での事前および走行中の情報提示により、human-on-the-loop 状態を維持もしくは促進できるかどうかを検討することである。On-the-loop の状態ではドライバーは、交通環境および ADAS の状態を継続的に監視し予測するために、注意リソースを割いている。この割合を高め、より実効性のあるものにできるかどうかを検証の対象である。

そこで本実験ではまず実効性の確認として、交通環境により生ずる ADAS の応答を予測できているかを評価することにした。この場合評価の対象としては、ADAS の応答（先行車の急減速に対しては急ブレーキ）の発生の有無の予測と、応答特性を理解した上でのタイミングの予測の、2段階が考えられる。ただし本実験では走行中に急ブレーキ事象が何度か発生することは教示した上での運転となるため、応答発生の有無の的中率はほぼ 100% であり、またそれを前提とした実験系とした。

従って評価対象は、ドライバーによる ADAS 応答タイミングの予測のみとしている。ドライバーが ADAS の状況を継続的に把握しており、かつ ADAS 特性を理解した予測を継続させていれば、この応答タイミングの正確さも向上するであろうと考えられる。

このような考えに基づき、実験協力者に課されたタスクは以下のようなものである。

求められたタスクは、ADAS による衝突回避の急ブレーキ作動の予測である。

実験協力者は ADAS による急ブレーキを事前に予測し、ブレーキがかかると思われるタイミングで一度だけ、ハンドルに配されたボタン (Fig. 3.4) を押すことを求められた。この際、できるだけ実際のブレーキの直前に押すよう努力することを求めた。この、ボタンを押してから実際のブレーキが発生するまでの時間間隔が短いほど、予測が正確であると

評価するものとした (Fig. 3.9)。なお、ボタン押しはあくまでタイミング入力のための操作であり、ボタンを押すことによって ADAS が何等かの応答を示すものではない。

タイミング入力の方法として、実際の運転に近くてより自然とも考えられるブレーキ踏下も検討した。しかし、テイクオーバーとは異なる操作でありタスクの趣旨の理解が紛らわしいこと、動作が大きいためタイムラグが生じやすいこと、実験協力者の身体特性に左右されることなどの懸念があった。このため、ボタン押しの操作とした。

本実験は ADAS レベル 2 を想定した実験であり、実験協力者は運転操作自体は行わず、テイクオーバーも行わない。交通環境と ADAS 動作を監視しつつボタンを押すのみのタスクではあるため、on-the-loop 状態を維持するためには、ドライバーが双方を意識し続けなければならない実験設定にした。

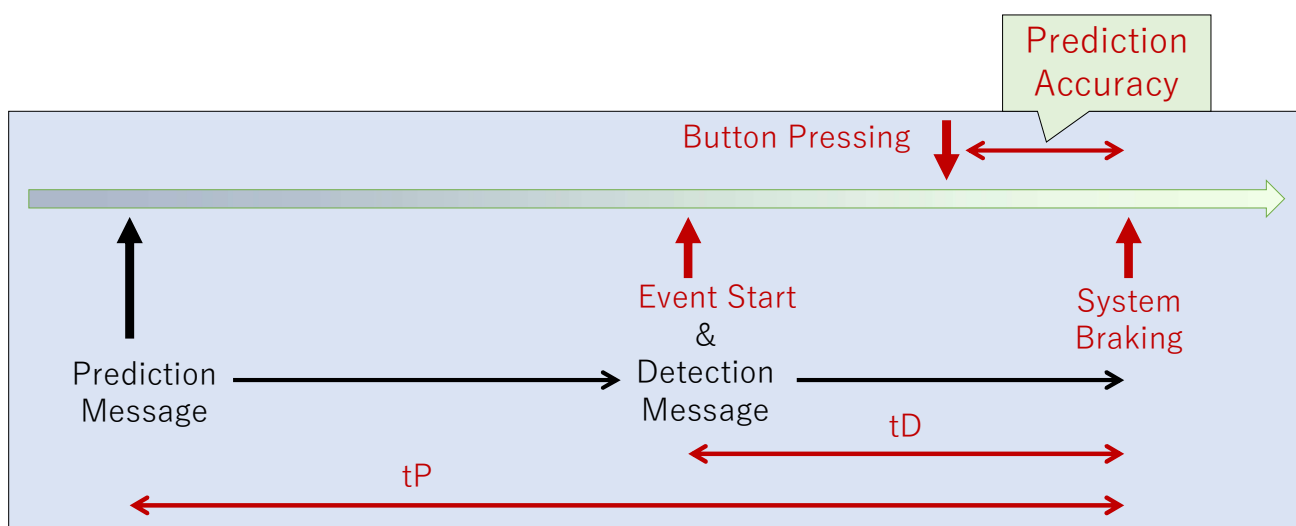


Fig. 3.9 情報提示・急減速の時間推移とドライバーによる予測タイミング精度の評価

3.3.4 実験協力者

本実験における実験協力者は 12 名である。年齢は、20 代 1 名、40 代 3 名、50 代 3 名、60 代 5 名であり、性別は、男性 5 名、女性 7 名 (20 代を除き各世代男女 1 名以上含む) であった。いずれも週 1 日以上運転している運転経験者である。なお実験協力者の募集は外部業者による公募もしくは機縁法とし、ただし業者の関係者は除外するものとしてパワーハラスメントが生じないように配慮した。

実験実施に先立ち、実験協力者からは、個人特性の評定のためのチェックシートを、タブレットにより自身で入力させる形で回答させた。一部の質問紙については、全国調査などによって得られた平均と標準偏差が公開されており、これらについては、本実験の結果に影響する特異な実験協力者が含まれていないかどうかを確認する目的に用いた。また、

今回の実験協力者のサンプルに偏りや特異性がないかを判断することにも、使うことができるものと考えた。平均などの統計量が入手できない尺度についても、タスク成績に関連することが考えられる個人特性を得ておくことにより、事後的に結果の考察に反映させることも意図した。

使用した質問紙は、以下の通りである。これらの多くは第2章の実路走行実験でも用いたものである。本章の実験においては、実験時の時間短縮のために、2章の実路走行実験の際に有効な結果が得られなかったものは採用せず、全質問数の削減を行った。

- 運転経験チェックシート（独自に作成）
- ACC 使用経験（独自に作成）
- 人間生活工学研究センター版 運転スタイルチェックシート DSQ [石橋, 大桑, 赤松, HQL 式 運転スタイルチェックシート 解説書, 2003]
- 人間生活工学研究センター版 負担感受性チェックシート WSQ [石橋, 大桑, 赤松, HQL 式 運転スタイルチェックシート 解説書, 2003]
- DSQ (Driving Style Questionnaire; 運転スタイル質問紙)日本語翻訳版 (French らにより開発された DSQ [French, West, Elander, Wilding, 1993]を高橋が日本語試訳)
- 運転時の状況認識性向調査（独自に作成）
- 情報処理スタイル尺度 IPSI 短縮版 [神山 藤原, 1991]
- Big Five 尺度（短縮版） [並川, ほか, 2012] [和田, 1996]
- U'eyes Design クルマとの関わり方尺度 [U'eyes Design, 2015]

以下、各チェックシートの概要と導入趣旨を示す。結果も併せて示した。チェックシート本体は付録に掲載した。

1) 運転経験チェックシート

フェースシートとして年齢性別等を回答させるチェックシートにおいて、実験協力者の自動車利用状況および経験の事情を把握する目的で、質問を設定した。これらの質問は、独自に作成した。このチェックシートの内容は、自動車の運転に関するなんらかの職能を経験として有するか（輸送業、自動車産業関係者、モータースポーツ等経験者）、これまでの運転経歴（免許取得期間および運転経験の長さ）と現時点での自動車利用状況（運転頻度・走行距離、用途、車種）、運転への積極性、である。

実験協力者の募集の際には、日常的に運転をしていること（目安は週に1度以上）を条件としており、これに抵触する実験協力者はいなかったほか、自動車運転の特殊な職能を有する実験協力者が含まれていないことも確認された。特記事項としては、全員ドライビングシミュレータ実験に参加した経験があるほか、衝突回避ブレーキを搭載した自動車の運転経験者が4名含まれた。

2) 人間生活工学研究センター版 運転スタイルチェックシート DSQ/負担感受性チェックシート WSQ

ドライバを対象とした自動車人間工学研究のデータ収集で行われているアンケート調査・チェックシート調査において、通常取得される性別・年齢などのデモグラフィック情報や運転経験では研究上のドライバ特性の記述としては不十分である場合が多い。これらのチェックシートは、より運転行動に関連したドライバ属性を得る目的で、社団法人人間生活工学研究センターが開発し頒布しているものである。これらのチェックシートは、ドライバの個人特性の2つの側面に注目し、それぞれ独立に開発され、それぞれの下位尺度の得点分布（平均および標準偏差）も公開されている [石橋, 大桑, 赤松, 2002] [石橋, 2009]。

なお、これらのチェックシートは、いずれも、下位尺度の全国平均と標準偏差が評価され公開されており、その平均値・標準偏差を用いて z-score を得ることにより、各実験協力者について国内の標準的なドライバからどの程度離れているかを見積もることができる。実際の分布は Fig. 3.10、Fig. 3.11 に示す。本実験の協力者については、全体としておおよそ平均値 $\pm 2\sigma$ 以内におさまり、特段のバイアスも認められないことから、偏ったサンプルにはなっていないことが確認された。

A) HQL 式 運転スタイルチェックシート DSQ (Driving Style Questionnaire)

「個々のドライバーが運転に取り組む態度や志向、考え方」（運転スタイル）を、日常的な運転行動に関する設問から評価し定量化することを目的として、開発されたチェックシートである [石橋, 大桑, 赤松, 2003]。4件法による18の質問で構成される。下位尺度は8個あり、以下の通りである。

「運転スキルへの自信」

「運転に対する消極性」

「せっかちな運転傾向」

「几帳面な運転傾向」

「信号に対する事前準備的な運転」

「ステイタスシンボルとしての車」

「不安定な運転傾向」

「心配性的傾向」

また、社会的望ましさの視点によるバイアスのかかった回答者をチェックするため、2つの質問で構成される「虚偽発見尺度」が追加されている。

B) HQL 式 運転負担感受性チェックシート WSQ (Workload Sensitivity Questionnaire)

「個々のドライバーがどのような種類の運転負担を強く感じるか」（運転負担感受性）を、日常的な運転行動に関する設問から評価し定量化することを目的に、開発されたものである [石橋, 大桑, 赤松, 2003]。対象となる負担は、瞬時のものではなく持続的なものが想定されている。5 件法による 38 の質問で構成される。下位尺度は 10 個あり、以下の通りである。

- 「交通状況把握」（周囲交通との関わり合いや情報取り込みの複雑さ）
- 「道路環境把握」（車外環境の変化、複雑さ、悪さ）
- 「運転への集中阻害」（車内の人やモノに対する配慮）
- 「身体的活動度の低下」（運転に際しての心身状態の悪さ）
- 「運転ペース阻害」（自分に合った運転ペースの阻害）
- 「身体的苦痛」（身体的苦痛の発生、長時間拘束）
- 「経路把握や探索」（自車位置や行先情報の取り込み、位置関係の把握）
- 「車内環境」（車室内環境の悪さ）
- 「制御操作」（運転操作の煩雑さ）
- 「運転姿勢」（シートやレイアウトのフィット性の悪さ）

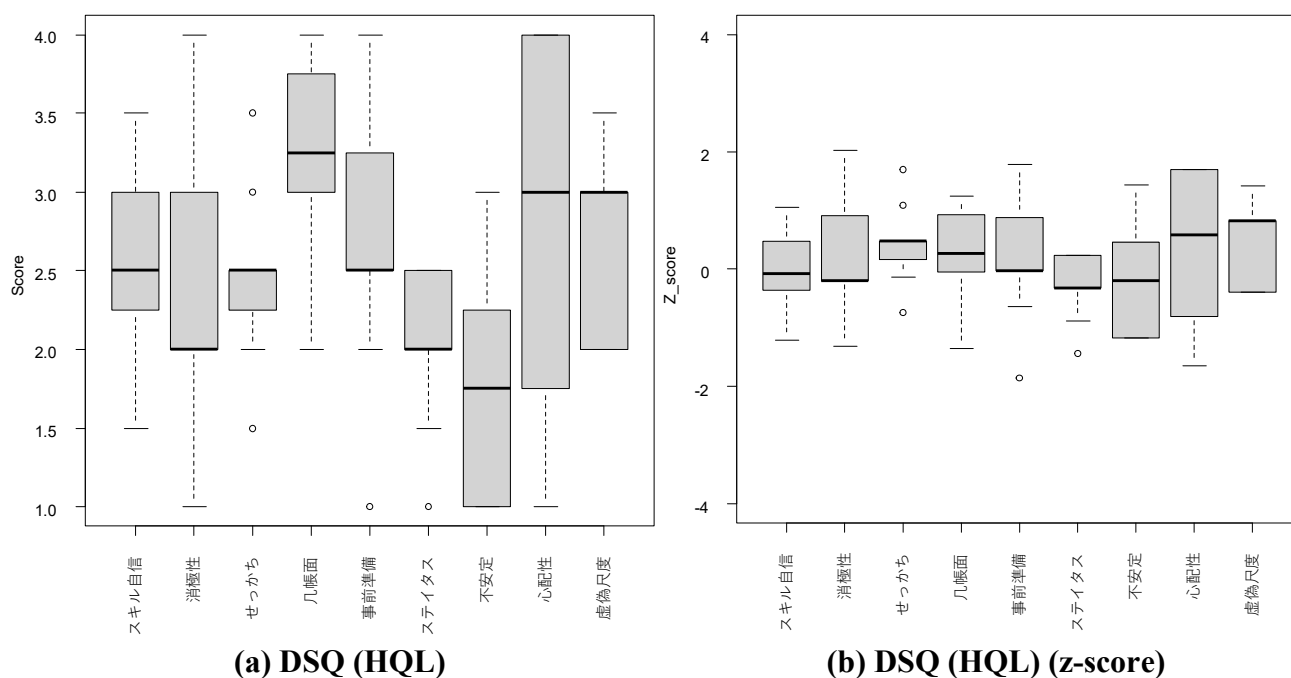


Fig. 3.10 DSQ(HQL)

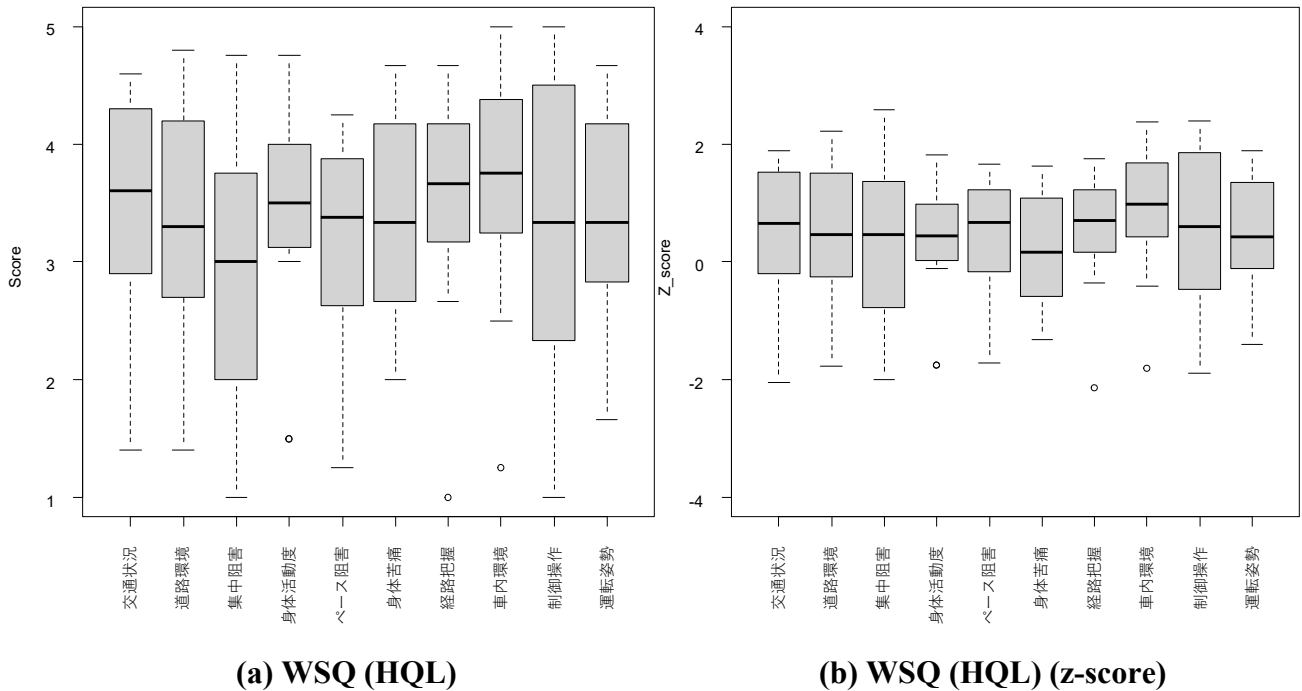


Fig. 3.11 WSQ(HQL)

3) DSQ (Driving Style Questionnaire; 運転スタイル質問紙)日本語翻訳版

これは、事故の要因と考えられるドライバの意思決定にかかわる個人特性を明らかにする目的で、ドライバの普段の運転態度を質問紙法により評価するために開発された、運転スタイルの質問紙である [French, West, Elander, Wilding, 1993] [West, French, Kemp, & Elander, 1993]。6件法 15問からなり、Speed, Calmness, Social resistance, Focus, Planning, Deviance の 6 因子を評価する。これら 6 因子は、質問項目の内容に照らし合わせるに、それぞれ、速度超過傾向、状況急変時の冷静さの維持、運転指導への忌避、運転への集中の維持、事前計画性、逸脱的行動の傾向、と解釈できる。

この質問紙は国際的に広く使われているため、本実験でも採用した。ただし実験当時日本語版が見いだせなかったため、筆者が仮訳を行い使用した。またこれらの因子は French et al.(1993)で平均と標準偏差が男女別に公開されているため（それぞれサンプルサイズは 343 名および 366 名で広い年齢層が参加している）、これを用いることで今回の実験協力者の分布に大きなバイアスがないか確認する傍証とできると考えた。なお今回の実験では男女差は説明要因とは捉えていないため、平均・標準偏差についてはそれぞれのサンプルサイズを勘案して算出した。

DSQ は因子により最大得点が異なり因子単独では評価がしにくいいため、z-score で示した (Fig. 3.12(b))。Calmness と Deviance の分布にやや偏りが見られたため、以降の分析では留意しておく（日本語訳の問題等で設問の意図が伝わっていなかった可能性がある）。

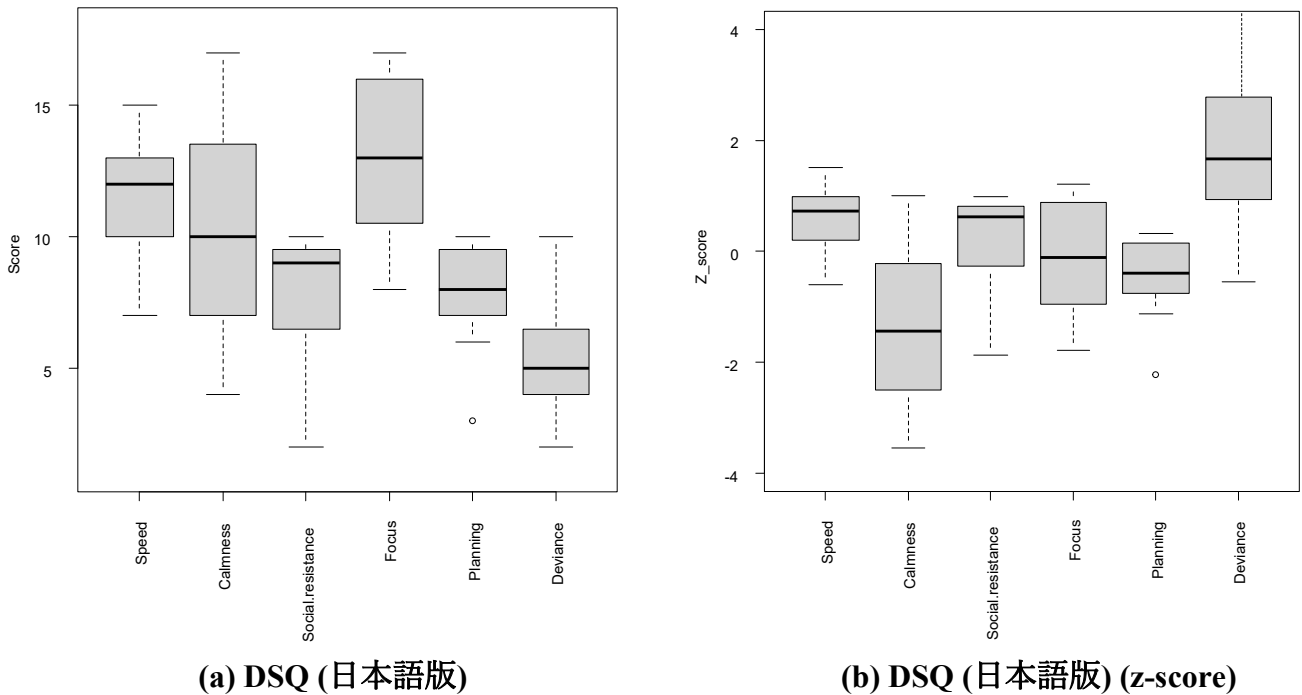


Fig. 3.12 DSQ(日本語版)

4) 運転時の状況認識性向調査

この調査用紙は、今回の実験のために独自に作成したものである。

本研究では、ADAS に対するドライバの状況認識に注目している。この目的のために ADAS および交通環境に関する予測情報を与えてその効果を見るアプローチをとっているが、システムや交通環境の把握や、提示情報の利用の程度は、状況認識に対する態度や背景となるメンタルモデルの構築能力が影響しているものと思われる。そこで、これらに関連すると思われる要素をドライバ属性として追加し、探索的にその影響を分析できるように質問を設定した。網羅的な質問群とするために、おおよそ想定される状況認識態度として「状況認識への意識」「状況予測への意識」「主体的な運転態度」「システム情報取得の積極性」「システム動作予測の態度」「主体的システム利用の態度」「複雑システムの忌避」「タイムプレッシャーの忌避」を想定し、これらに関連すると思われる状況を設問として作成した。

「1.全くあてはまらない～5.あてはまる」の5件法による32問で、以下の項目が網羅されるように質問文を作成している。逆転項目はアスタリスクで示した。また、結果も併せて表示した (Table 3.1 および Fig. 3.13)。

Table 3.1 運転時の状況認識性向

質問内容	n	mean	sd
状況認識への意識			
「エンジンルームから普段と異なる音がすれば、すぐに気づく方だ。」	15	3.9	1.0
「車室内のどこかで普段と異なる音がすれば、すぐに気づく方だ。」	15	4.3	0.7
「ハンドルの感触で、走っている状態や路面の状態を感じている。」	15	3.3	1.2
「ブレーキを踏む感触で、路面の状態を感じている。(凍結の不安がない状態で)」	15	2.9	1.1
「速度メーターを頻繁に見て運転する方だ。」	15	4.1	0.8
「タコメータ(エンジン回転数)の表示を意識して運転することがある。」	15	3.2	1.5
「自動車の状態が良いか悪いか意識しながら運転することがある。」	15	3.6	1.3
「初めて/久しぶりに乗る車種では、加減速やハンドルの感覚が違うので、慎重にならざるを得ないと感じる。」	15	4.1	1.1
「後続車が接近してついでくと、ついそちらに気をとられてしまう。」	15	3.3	1.1
「高速道路走行中、後方間近に後続車が接近して来たら、すぐに気づく方だ。」	15	4.2	0.9
状況予測への意識			
「挙動がわかりにくい先行車の後ろは、避けるようにしている。」	15	4.5	0.6
「先行車が右折・左折するか、ウインカーを出す前に挙動でわかることがある。」	15	2.7	1.3
「先行車の急減速でブレーキを踏むとき、後続車には気を配る方だ。」	15	4.0	0.8
主体的な運転操作の態度			
「加減速はスムーズになるように、こころがけている方だ。」	15	4.4	0.6
「高速道路走行中、走行速度を何キロにするかは、意識しながら運転している。」	15	4.5	0.8
「高速道路走行中、先行車までの距離はいつも気にかけて調整している。」	15	4.5	0.6
「高速道路走行中、隣レーンの車と並走するのを避けるように加減速している。」	15	4.0	1.2
「カーブに進入するとき、車線幅内のどこを走るか(左寄りか中央か右寄りか)は意識している。」	15	3.6	1.1
「回りにたくさん車がいる道路では、運転を誰かに替わってもらいたいと思う。(*)」	15	3.7	1.5
「特に疲れていなくても、面倒なので運転を誰かに替わってもらいたいと思うことがある。(*)」	15	3.9	1.3
「自分が運転するよりも、慣れている人に運転してもらった方が安心できる。(*)」	15	2.9	1.6
システム情報取得の積極性			
「初めて/久しぶりに乗る車種でも、発進・停止・ウインカー・ライトなどの基本機能の使い方は、説明を受けなくても運転すればわかると思う。」	15	3.9	1.0
「普段運転する車の、コンソールに並んでいる警告ランプの意味は、一通り把握している。」	15	3.8	1.3
「コンソールにいろいろな表示のある車の方が好みである。」	15	2.1	1.1
「自動車のマニュアルの分量が多いと、いつでも確認できる安心感がある。」	15	2.4	1.4
「自動車の機能や性能が気になり、マニュアルで確認することがある。」	15	1.9	1.1
システム動作の予測の態度			
「走行しながら、そろそろ燃料警告ランプがつくころだと、予想して気になることがある。」	15	3.5	1.4
「オートマ車での走行時、アクセルをどの程度踏み込んだらシフトアップするかは、予測できる。」	15	3.9	1.0
主体的システム利用の態度			
「オートマ車での走行時、アクセル操作で意識的にシフトアップすることがある。」	15	3.1	1.2
複雑システムの忌避			
「走行中にエアコンを操作することがよくある。(*)」	15	2.7	1.2
タイムプレッシャーの忌避			
「初めて/久しぶりに乗る車種では、加速が弱い車だと流れに乗れないので不安になる。」	15	2.9	1.4
「右左折に先立つ車線変更は、早めに行っておきたいと思う。」	15	4.1	0.6

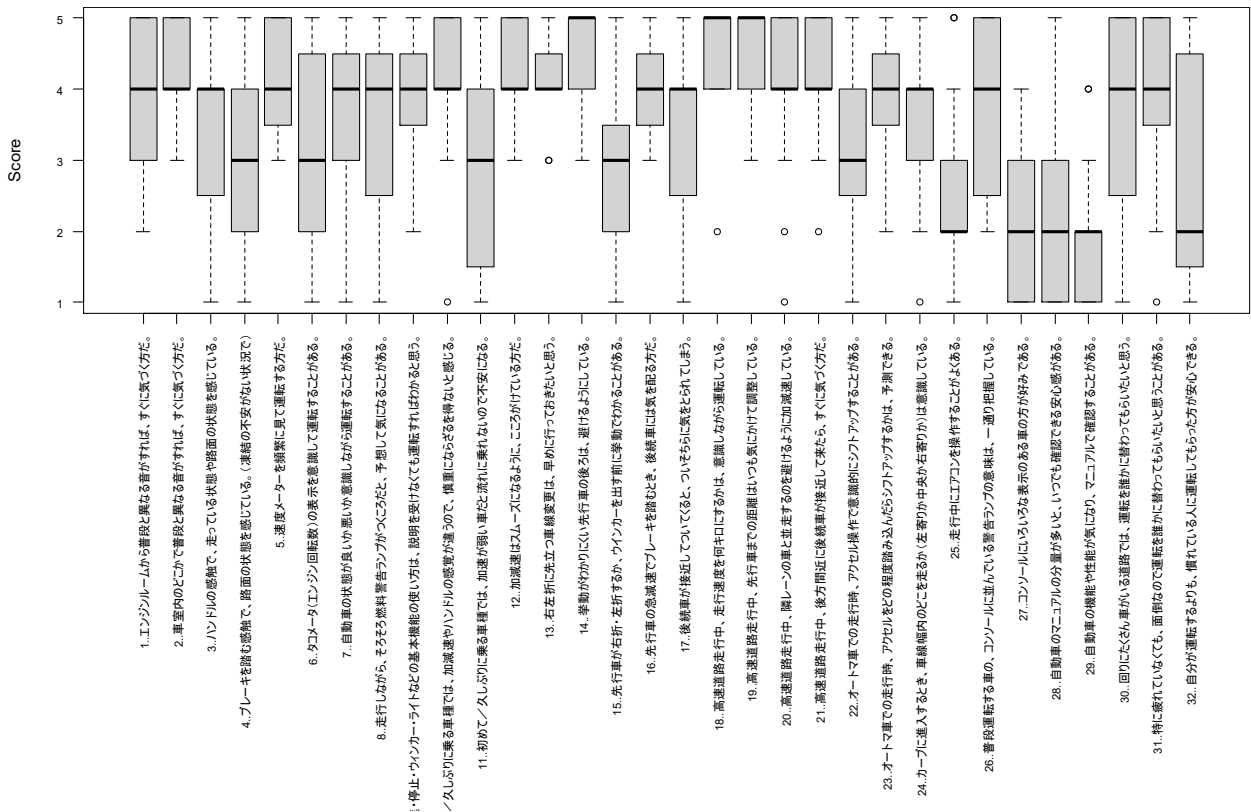


Fig. 3.13 運転時の状況認識性向

5) 情報処理スタイル尺度 IPSI 短縮版

1)-4)に挙げた質問紙はいずれも運転行動に関連した個人特性を評価するものであった。国内 HQL による DSQ, WSQ, French et al.による DSQ は、実際この目的のために自動車人間工学では頻繁に使用されている。これらの評定尺度は自動車の運転行動、運転態度に特化したものである。その一方で本研究の関心は単なる自動車運転態度とは異なり、ドライバによる交通環境と ADAS 双方の動作の把握と予測に焦点を当てている。このためドライバ属性としては自動車運転に絞らない、より一般的な傾向も確認しておきたいと考えた。

そこで本研究では、パーソナリティ研究などで一般的に使われている質問紙も併用して、ドライバの特性を確認しておくことにした。これらの質問紙はそれぞれ背景としているパーソナリティ研究上の仮説やモデルがあるため、これらのモデルに従って実験の結果を解釈する分析も可能であるが、本研究の実験ではこの目的のための十分なサンプルサイズは得られないので、実験参加者に際立ったばらつきがないことを確認することを主目的とするにとどめている。

情報処理スタイル尺度 IPSI は、個人の認知過程を直観的過程と合理的過程の二重の過程として理解する「二重過程モデル」に基づく主観評定尺度である。「二重過程モデル」は、社会学など幅広い分野で採用されているが [Stoltz, et al., 2018]、パーソナリティ理論の分野においては「認知的経験的自己理論」が知られており、内藤らはこの考えに基づいた

「情報処理スタイル尺度（Information-Processing Style Inventory: IPSI）」およびその短縮版を提案している [内藤, 鈴木, 坂元, 2004]。これは、2種の過程の使用の背景となる個人特性として「合理性」と「直観性」の二要因を置き、さらにその下位項目「能力」と「態度」を置いた質問紙である。なお「能力」と「態度」はそれぞれ、各過程を使用するにあたっての自己の能力の態度に関する自己評価である。この質問紙は、5件法 24項目で構成される。

二重過程モデルに照らし合わせると、自動車の運転そのものは、運転経験のあるドライバーであれば運転操作等はほぼ直感的・自動的に行うことができるものと考えられる。ただし、ADASの利用は当初は普段の運転とは異なる体験であり、特に ADAS による事故回避動作の発生や ADAS に対してオーバーライドを行わなければならない場面では、直感的な反応・対応だけではなく、ADASの動作を合理的に把握した上での判断・操作が求められる。このような直感的な把握の傾向と合理的な把握の傾向とは、個人ごとにその軽重が異なるものと考えられ、ADASを的確に利用するためには直感に強く頼る性向は望ましくないと考えられる。また、ADASの機能に関するメンタルモデルの形成のためには、合理的な把握の性向が強い方が形成が早く行われることも予想される。このため本実験においても、直観的反応の傾向と合理的な反応の傾向の個人差がタスク遂行に伴う精神的負担やシステム動作の予測の成績にも現れることが予想され、これらの傾向は、二重過程モデルに基づく IPSI で傍証が得られるものと期待される。

今回の実験協力者について、結果を Fig. 3.14 に示す。こと今回の実験協力者については、一部の設問と実験協力者を除きスコアは 3 に集中しておりばらつきは小さく、分析や解釈の際に個人特性として扱うのは、今回の結果からは注意が必要と思われた。

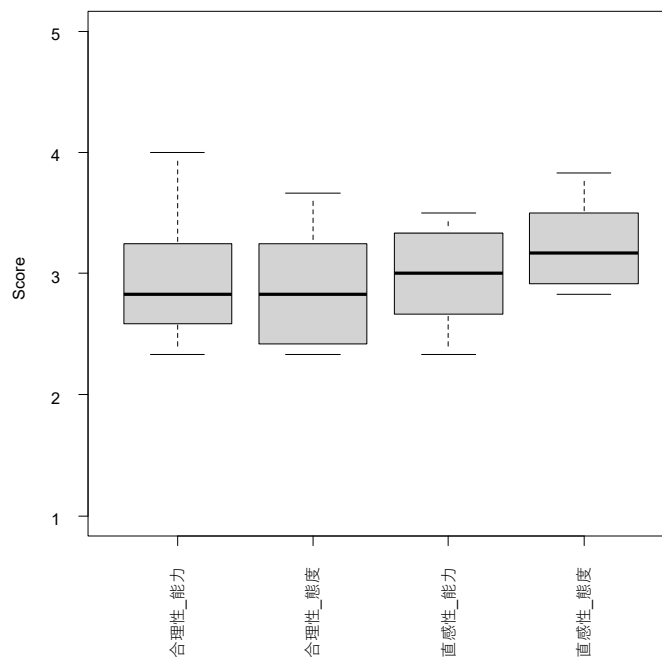


Fig. 3.14 IPSI 日本語版

6) Big Five 尺度 (短縮版)

パーソナリティ特性をいわゆる Big Five とされる 5 因子 (“情緒不安定性”, “外向性”, “開放性”, “調和性”, “誠実性”) で説明する Five-Factor Model は、パーソナリティ研究の枠を超えて応用的にも広く使われているものである。そこでここでは、ADAS 利用の態度の説明の傍証として使うことを想定して、Big Five の評価も併せておこなった。

Big Five 評価のための主観評定尺度としては和田らが日本語の形容詞を用いた 7 件法 65 項目の質問紙を開発しているほか [和田, 1996]、並川らはこれを縮約して 7 件法 29 問とした Big Five 尺度短縮版を開発している [並川, ほか, 2012]。今回の実験では Big Five 尺度短縮版を用いた。結果は Fig. 3.15 であり、今回の実験協力者についてはいずれの因子も比較的集中度の高い分布を示しているが、情緒不安定性にばらつきが見られる。情緒不安定性は質問項目に「心配性」「緊張しやすい」なども含む尺度であり、HQL 式 DSQ の「心配性的傾向」などについて検討する際の傍証として検討に加えることができるものと考えられる。

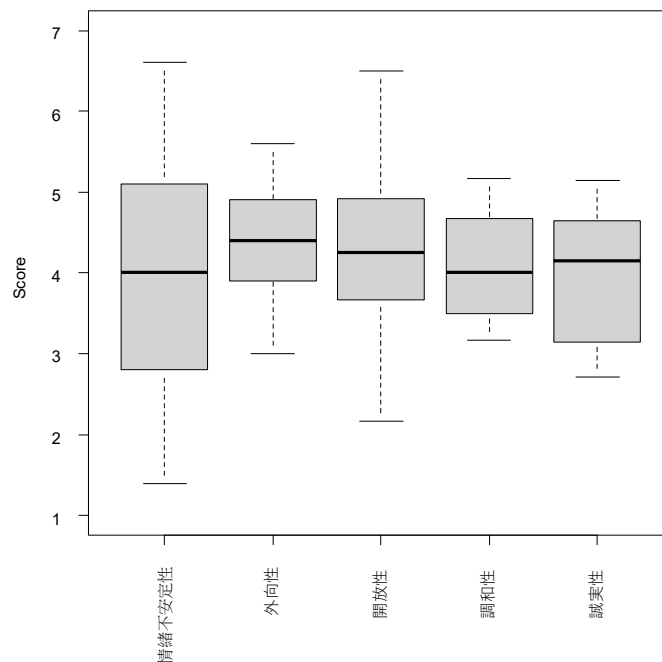


Fig. 3.15 Big Five 尺度 (短縮版)

7) U'eyes Design クルマとの関わり方尺度

「クルマとの関わり方尺度」は U'eyes Design 社により開発されたもので、自動車や運転に対する態度 (自動車利用に対する考え方) を評価する質問 70 問をウェブアンケートにより分析し、代表質問 9 問を抽出したものである [U'eyes Design, 2015]。それぞれ「路上への注意」「運転好き具合」「エコカーの受容性」「アンチ機能過多」「車体への設備投資」「自動運転の受容性」「多重操作能力」「公共交通の優先度」「スキル不安」を評価して

いる。なお開発元の U'eyes Design では、この 9 問からドライバの自動車利用の態度評価に基づき、マーケティング等を目的にドライバのタイプを 6 分類することを提案している。本チェックシートは、開発経緯の詳細については公開されていないが、全国調査による各設問の平均と分散は公開されており、今回の実験協力者の傾向をある程度絶対的に評価することが可能である。

ドライバが自動車の何に価値を置くかは運転支援システムへの評価にもつながる事項と考えられるため、本研究においてはもっぱら実験協力者の分布に偏りがないかどうかを確認するために、質問項目として追加した。結果を Fig. 3.16 に示す。Z-score の分布で見た上では、特異的なサンプルにはなっていないものと判断できる。

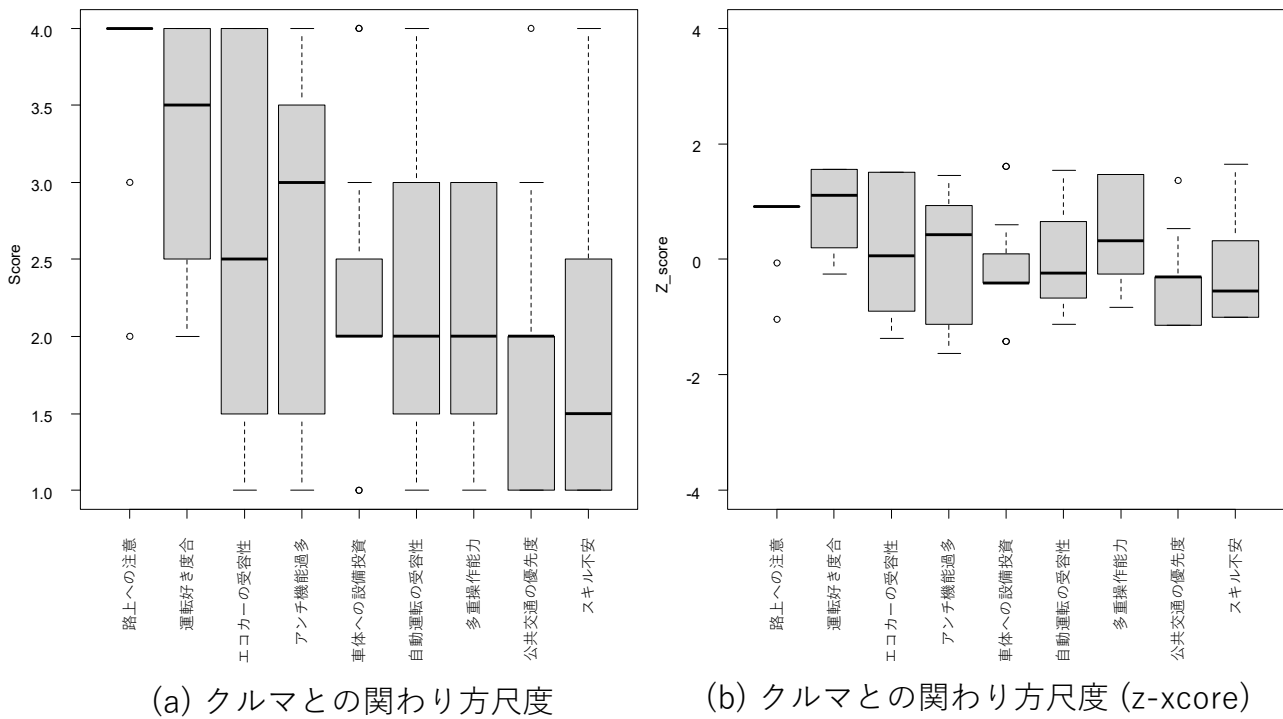


Fig. 3.16 クルマとの関わり方尺度

3.3.5 実験の手順

実験の手続きは Fig. 3.17 のとおりである。実験に先立って、実験協力者には実験の趣旨内容と想定される不利益（シミュレータ酔い等）および本人の意思による実験の中断・中止が可能であることを説明の上、インフォームドコンセントを得た。最初に実験協力者のドライバ属性を確認するためのアンケートを行った。

次いで、体調を確認の上で、シミュレータに搭乗し、まずシミュレータに慣れる目的で、3分ほどの自由走行を体験させた。

以降は ADAS 機能を用いた運転となり、最初にタスク説明のための走行を体験させたあと、4トリップの走行を行った。最初は情報提示がない走行とし、これはタスクへの習熟

が目的である。続く2回が条件づけられた走行であり群ごとに提示情報とシナリオの順序が異なる。最後に一回、情報提示のない走行を体験させた。最後の走行は情報提示影響を個人内差で分析することを目的としたが、今回の研究では用いていない。各走行のあとには、情報提示の効果を評価する主観評定のための、チェックシート方式のアンケートを実施した。

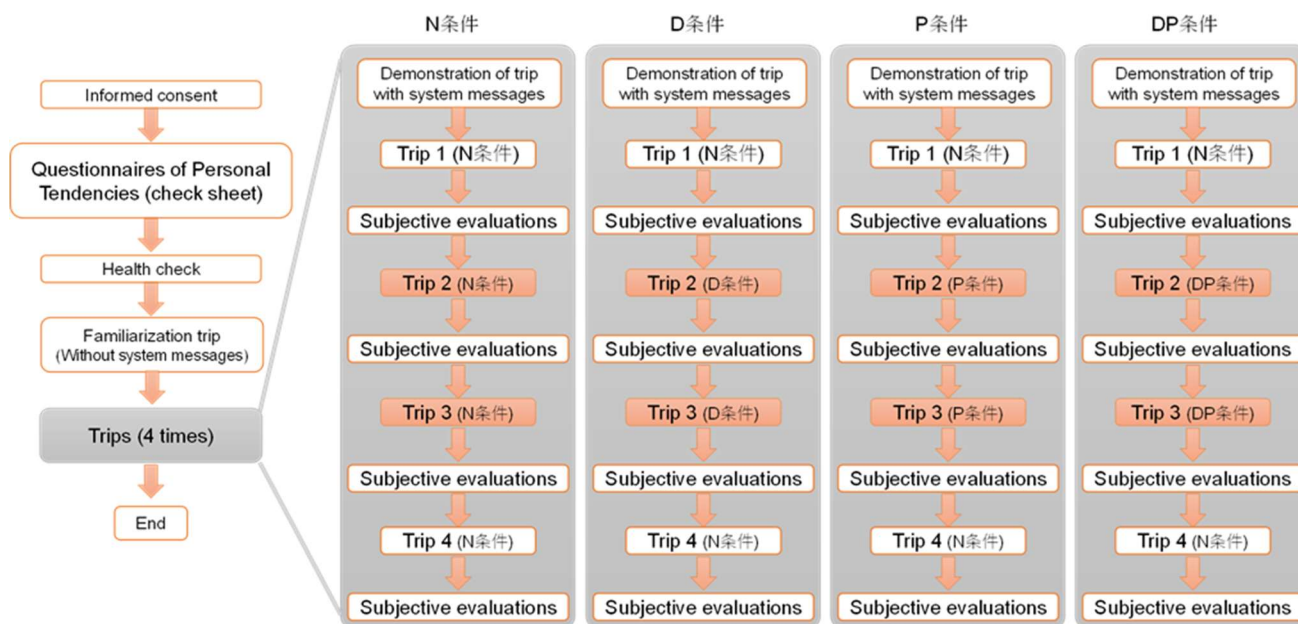


Fig. 3.17 実験手順

Trip2 と Trip3 を条件づけして分析対象としている。なお順序効果を避けるために、Trip2 と Trip3 はそれぞれシナリオ A→B と割り当てた群と B→A と割り当てた群を用意し、実験協力者は都合8通りの群に割り当てられた。

3.3.6 独立変数：システムからの情報提示

実験の目的は予告情報提示のドライバーへの影響を見ることであった。そこで本実験では、予告情報の提示の有無を独立変数とした。この場合に比較対象としては、予告情報のない接近検知情報の提示のみの条件が想定されるが、併せて検知情報もなく事前の情報は一切提示されない条件とも比較することにした。具体的には次の4条件を、被験者間差として評価できるように実験計画を立てた。

- a) 情報提示なし (N条件)
- b) 先行車の挙動 (割り込み・急接近) の検知情報提示 (D条件)
- c) 事象発生前の予告情報の提示 (P条件)
- d) 検知情報と予告情報双方提示 (DP条件)

またもう一つの独立変数として、予告情報の提示タイミング (早さ) の影響を検討している。先述のように予告情報提示の早さは以下の2通りである。

- シナリオ A：急減速の発生前 10 秒未満（5～9 秒）（遅い提示：Late 条件）
- シナリオ B：急減速の発生 10 秒以上前（13～18 秒）（早い提示：Early 条件）

予告情報提示の早さは被験者内計画で評価することとし、走行ごとにいずれかの早さで提示し、全ての実験協力者について双方を体験させた。ドライバーにはセッション開始前に予告情報の提示の有無のみ教示し、提示の早さは知らせない。提示が早い条件・遅い条件の中でもタイミングも固定ではなく、それぞれの範囲内でシナリオごとに変化させた（Table 3.2）。

なお、提示の早さの条件については、体験するシナリオの順序に伴う順序効果が懸念されるため、遅いタイミングの予告情報提示（シナリオ A）を先に体験させる群と早い提示（シナリオ B）を先に体験させる群の、2 群に振り分け、順序の効果を確認できる実験デザインとした。

以上をまとめると、実験協力者の実験条件による振り分けは、提示情報 4 条件×提示順序 2 条件の、8 群に振り分けることになる。12 名の実験協力者は、これらの 8 つのいずれかに、年齢がバランスするように、可能な限り無作為に割り当てられた。

Table 3.2 シナリオにおける予告情報提示のタイミング（早さ）

	予測情報提示タイミング	tP1 (s)	tD1 (s)	tP2 (s)	tD2 (s)	tP3 (s)	tD3 (s)	tP4 (s)	tD4 (s)	tP5 (s)	tD5 (s)	tP6 (s)	tD6 (s)
N 条件 (ルートA)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N 条件 (ルートB)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
D 条件 (ルートA)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
D 条件 (ルートB)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P 条件 (ルートA)	遅い (10秒未満)	8	—	5	—	9	—	6	—	6	—	9	—
P 条件 (ルートB)	早い (10秒以上)	18	—	17	—	14	—	13	—	18	—	16	—
DP 条件 (ルートA)	遅い (10秒未満)	8	—	5	—	9	—	6	—	6	—	9	—
DP 条件 (ルートB)	早い (10秒以上)	18	—	17	—	14	—	13	—	18	—	16	—

予測情報が提示される場合は、シナリオ A では事象発生の 10 秒前以降の情報提示とし、シナリオ B では事象発生の 10～20 秒前の提示としている。提示タイミングは実験協力者にとって不定と見えるように、上記のように 5～9 秒、13～18 秒と幅を持たせた。

3.3.7 従属変数：計測項目

本実験では、システムからの予告情報の提示による、ドライバーの精神的負担への効果、およびシステム動作の予測への影響を評価することを目的としている。

前章の実車実験においては、これらの効果は必ずしも一様ではなく、たとえばドライバーの精神的負担についても NASA-TLX の要素によっては増大するという結果が得られている。NASA-TLX のうち、注意や集中に関連する Mental Demand (MD) および Effect (EF) については、ADAS からの情報提示が負担を低減するという結果がえられている。その一方で、ドライバー自身の ADAS の利用のスキル評価（動作把握や適切な操作）に伴う負担につ

いては、情報提示がある方が増大する（自身のスキルを否定的にとらえる・自信を失う）との結果であった。この結果について先の実験結果の考察では、ADASからの情報をよく捉えることにより「ADASに関するメンタルモデル」の確立が促進され、それに基づいて動作評価や自身の操作行動を客観視するようになったと考えられた。

ただし実車実験における主観的な負担の評定は、各セッション終了時の一回のみの評価であったため、各セッションに複数含まれる個別の事象における増大もしくは減少との関連は不明であった。そのため、ADASの情報提示のどのような要因（提示情報および提示の早さ）が精神的負担への影響要因になっているかは判らなかった。

行動指標については、前章の実験は実車によるものであるためブレーキ踏下の回数を評価したが、今回はシミュレーション実験であるため、ドライバの反応のタイミングの計測も可能であり、評価対象に加えることができる。ADASからの情報提示の内容が豊富であるほど、動作の把握と予測が容易になり、タイミングとして適切なブレーキ踏下、および不要な操作の回数低減が明らかになることが、効果として予想される。

各走行では、行動指標として実験協力者によるボタン押し（自車のADASによる急ブレーキの発生タイミングの予測、さらには適切なブレーキ踏下等）のタイミングを記録する。また、システムにより運行されている自車の運行情報（速度、加速度、自動ブレーキなど）、先行車の走行情報（速度、ブレーキタイミング、割り込みタイミングなど）を記録した。

また主観指標を得る目的で、2～3走行ごとに、自動運転の動作および情報提示に関し、動作の予測可能性、受容性、精神的負担、トラストに関する側面、主観的な依存感、行為主体感に関するアンケートに回答させた。

これらの計測項目については、もしシステムの予告情報提示が精神的負担の低減と動作予測の正確さ向上に効果があるのであれば、次のような結果が得られることが期待される。

すなわち仮説は、N条件とP条件、もしくはD条件とDP条件で比較することにより、

- 予告情報の提示の効果として、ドライバによる交通環境およびシステム動作の監視が促進される。
- その際、on-the-loop状態が活性化することによって、システムの動作に関する予測の正確さが向上する。
- そして、主観的にもトラストやフラストレーション、行為主体感や違和感に関連する項目は向上する。
- 一方で注意に関する負担感は上昇する。

となる。

本研究において、ドライバによるシステム動作予測の「精度」は、ADASによる急減速のタイミングの予測の時間精度としてする。すなわち、ドライバのボタン押しのタイミングと、ADASによる急減速のタイミングとの差として、精度を評価する。急減速の発生そのものの予測の精度（急減速事象発生の見逃し）については、今回の実験では情報提示後に必ず発生することがわかっている状況であるため、有効な結果は得られないものと判断した。

1) 行動指標

ドライバにはADASの急減速のタイミングを予測し、その予測した瞬間に手元のボタンを押すように教示している。

このボタン押しタイミングの評価は、システムによる急ブレーキと、その直前に行われるボタン押しの時間差で行っている。

2) 主観指標

先に行った実路走行実験で用いた主観評定のためのアンケートを、本実験でも採用することにした。実路走行実験と異なりシミュレーション実験では、短いセッションを繰り返す実験方法が可能であるから、セッションごとにアンケートを取ることで条件による差異を評価することも可能である。

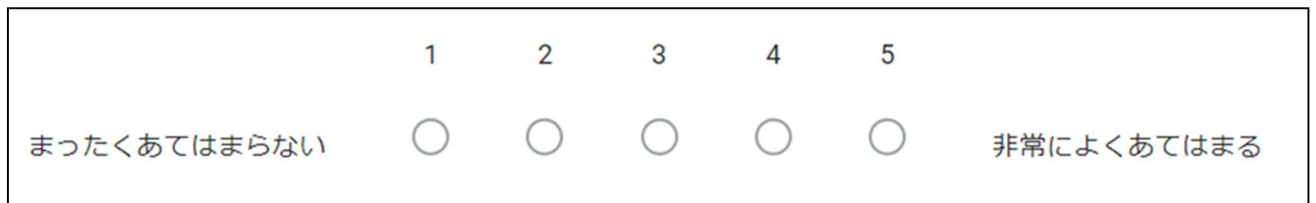
その一方で、多くのセッションをこなすためにはアンケートにかかる時間は手短にすませる必要があったため、実路走行で用いた設問のうち趣旨が重複する設問は除き、少ない質問数で実施することにした。最終的には45件の質問に絞り、設問もあまり説明的ではない短文とした。具体的には、以下の質問群である。

- 主観的な予測の容易性（5問）
- 精神的負担（13問）
- 自動化システムに対するトラストと依存（11問）
- 自動化システムに対する受容性（4問）
- ドライバのADAS操作における行為主体感（1問）
- 実験系の評価（12問）

ここで、質問の設計においては実路走行実験と同じく、主観評定の内容に多様性を持たせることにより、ADASの使用及び情報の提示により生じる現象を探索的にとらえることも企図した。各設問はなんらかの仮定に基づいて設計しているが、その際にほぼ同趣旨の質問でもやや視点の異なるものを複数用意し、現象の取りこぼしをできるだけ防ぐようにしている。上記の各グループの設問の結果の評価では質問群ごとに内部整合性を確認するCronbachの α を計算しているが、これは整合性評価で質問群の妥当性を検証する、もしくは質問の取捨選択により整合性を高めることが目的というよりは、むしろ、設問趣旨の多様性を確認することを目的としている。

各質問とも5段階評価のリッカートスケールで、Google Formを用いて「まったくあてはまらない12345非常によくあてはまる」と表示したタブレットを用いて回答させた(Fig. 3.18 実験で用いた入力画面)。具体的な質問一覧は付録に示した。

なお通常は、5段階のそれぞれに「まったくあてはまらない、あてはまらない、どちらでもない、あてはまる、非常によくあてはまる」などと文言を付すのが通例であるが、Google Formの機能の制約により、両端のみの文言表示となった。従って質問の形態としてはVAS (Visual Analogue Scale)に近いとも言えるが、大きな問題は生じないものと判断した。



	1	2	3	4	5	
まったくあてはまらない	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	非常によくあてはまる

Fig. 3.18 実験で用いた入力画面

A) 主観的な予測の容易性

予告情報の効果を評価することが目的の実験であり、直截的に予測の容易性を主観評価させる設問を5つ用意した。質問文は以下の5つである(アスタリスクは逆転項目)。

- 「運転支援システムの動作は予想の範囲内だった」
- 「運転支援システムが意外な動作をして、驚いたことがあった(*)」
- 「運転支援システムの動作に、違和感を感じた(*)」
- 「運転支援システムの動作の予想はむずかしい(*)」
- 「状態表示で、運転支援システムの動作の予想がついた」

このうち2番目はオートメーションサプライズ (Sarter, Woods, & Billings, 1997)にもつながる設問であり、また5番目は状態表示の関与を感じたかどうかを問う設問となっている。

B) 精神的負担に関する主観評価

予告情報の提示により精神的負担は低減するという仮説のもとに、2章の実路実験と同様に、NASA-TLXに基づく下位尺度のうち、「知的・知覚的負荷 (MD)」「タイムプレッシャー (TD)」「作業成績 (OP)」「努力 (EF)」「フラストレーション (FR)」に準じた質問を用意した。これらはいずれも負担そのものというよりは負担の量に関する自己評価であることに注意して解釈する必要がある。

第2章における実路実験では、MD, TD, EF では表示されている情報に意識を向けさせることによる負担の軽減が認められ、その一方で OP では提示情報によりむしろ負担が上昇する傾向が見られた（ただし個人差が大きい）。ADAS を使う上での負担軽減が示唆されたと同時に、システムの状況とドライバによる予測とのずれが明確化され、作業成績に対する自己評価が下がったものと解釈し、ADAS に対する自己のメンタルモデルの精度を客観的に評価するようになったという点では望ましいと論じている。

本実験では実路実験の際の質問紙を修正して使用しているが、実路走行実験においてはシステムの動作に対する精神的負担を問うことが主目的であったが、本実験では予告情報の提示効果の評価も追加する。

先に述べたように、今回の実験では主観評価をセッションごとに行うため一回あたりの設問数を減らす必要があった。そこで実路実験の際に用いた質問項目を減らしつつ、HMI による予告情報提示に関する精神的負担を問う質問を追加している。

以下、HMI に関する設問は“(+)”で示している。アスタリスクは逆転項目である。

● **知的・知覚的負荷 (MD)**

- 「運転支援システムの動作を予想するのは、負担を感じた」
- 「状態表示の意味を理解することに、負担を感じた(+)
- 「状態表示を見て運転支援システムの動作を予想するのは、負担だった(+)

● **タイムプレッシャー (TD)**

- 「いつボタンを押すか判断することが、負担だった」
- 「運転支援システムの動作の先読みは、素早くやる必要があると感じた」

● **努力 (EF)**

- 「運転支援システムの動作を予測することは、精神的集中を要した」
- 「状態表示の内容が運転支援システムの動作とどう関連するのか、考える必要があった(+)
- 「走行環境を把握するために、精神的集中を要した」

● **作業成績 (OP)**

- 「運転支援システムの動作を、よく予測できたと思う(*)」
- 「状態表示の情報は、役にたったと思う(*)(+)

● **フラストレーション (FR)**

- 「不安を感じながら、運転支援システムを使っていた」
- 「運転支援システムの動作が予想と違い、いらいらした」
- 「運転支援システムを使えば、リラックスして運転できる(*)」

C) ADAS に対するトラストと依存

自動化システムに対するトラストと依存については、前章の計測項目に精神的負担の背景要素を解釈する目的で質問項目に導入した（2.4.6 節参照）。同じ目的で、本章の実験でも設問として加えた。

自動化システムに対するトラストは、システムの利用者がシステムに対してもつメンタルモデルの精度（もしくは粒度——モデルの構造の精緻さ）と密接に関係しているものと考えられる。実際、自動化システムに対するトラストを構成している要素としてこれまでに提案されているものは、[Lee & Moray, 1992] による「Purpose」「Process」

「Performance」「Foundation」をはじめとして、対象の動作目的や機能に関する理解そのものと関連しており、メンタルモデルの形成状況と表裏一体の関係にあるものも含まれるように見受けられる。本研究ではトラストとメンタルモデルの関係については深くは論じないが、ドライバの ADAS 理解の様態、例えばシステム動作の不確定性まで含めた理解、自己の理解の程度に関する自己評価、などを反映した結果が得られるものと考えられる。

ただし当然ながら、システムの理解とトラストとは、あくまでも別の概念である。例えば、機能はよく理解したが使えないと判断する場合や、逆に、性能は疑わしいが便利に使う、という相対立した状況は想定できる（ただしこれらはトラストではなくむしろ受容性の面から論ずるべき事項とも考えらえる）。本実験に即していえば、提示される予告情報は信頼するがタスクの参考にはしない、という様態はあり得る。

本実験では実路走行実験で用いた質問項目を見直し、各質問の対象を具体化して曖昧さを除き必要に応じて具体的項目を追加した。基本的には [Lee See, 2004] によるトラストの 3 つの dimension 「目的 Purpose」「方法 Process」「能力 Performance」を参考として質問文を作成しているが、実験趣旨に従い、それぞれを「システムの動作目的」「システム動作の方法と機能範囲」「システム動作の一貫性・安定性」と読み替えた。実路走行実験では含まれていた「基盤 Foundation」相当の質問はドライビングシミュレータ実験では明確な質問意図を構成できないので除いた。また、実路走行実験においてはシステムの動作自体に対するトラストを問う質問を設定したが、本実験では予告情報提示の効果を評価する目的から、HMI による予告情報提示に対するトラストに関する設問を追加した。精神的負担と同様、これらは“(†)”で示している。

- 「目的」の dimension を参考とした質問：
 - 「この運転支援システムは、事故防止に役立つと思う」
 - 「この運転支援システムは、運転の負担軽減に役立つと思う」
 - 「状態表示と運転支援システムの動作に矛盾は感じなかった(†)」
 - 「運転支援システムが何をしようとしているのか、判らないことがあった」
- 「方法」の dimension を参考とした質問：

- 「状態表示がされる場面は、実際の走行場面と矛盾しない妥当なものであった(†)」
- 「運転支援システムが安定して動作する範囲は、おおよそ理解できた」
- 「能力」の dimension を参考とした質問：
 - 「運転支援システムの動作のしかたは一貫していると感じた」
 - 「状態表示のしかた（タイミング）は一貫していると感じた(†)」
 - 「状態表示の内容は適切であると感じた(†)」
 - 「運転支援システムの動作は適切であると感じた」
- 依存の発生：
 - 「運転支援システムに任せてしまっている感が強い」

D) ADAS に対する受容性

本実験では情報提示の効果として、有用／不要もしくは有害との判断を下される可能性とその理由を検討するために、実車運転の実験と同様に、受容性の主観評価を測定することとした。前節のトラストがシステムの理解の内容に関する視点であるとするれば、受容性はその理解の上での利用者の判断を示すものと考えられる。

Van der Laan et al.は、Osgood et al.が開発した受容性に関する質問紙⁸がテレマティックスシステム（速度違反等の警告システム、ACC、衝突回避支援システム）の受容性評価で使用された6件の研究事例でメタ解析を行い、回答結果の統計値からPCAにより Usefulness と Satisfying の2軸を抽出している [van der Laan, Heino, & de Waard, 1997]。

一方国内では細川らが、一時停止交差点接近時の支援システム（アドバイザー情報、警報、制動介入）のシステム受容性に関する研究において、進入速度と停止位置、不停止の有無などの行動指標のほか、有益か煩わしいか、の主観報告を評価している [細川, 橋本, 平松, 寸田, 吉田, 2016] [細川, 橋本, 平松, 寸田, 吉田, 2017]。有益性と煩わしさは Van der Laan らの設問にも含まれているものであり、これに照らし合わせると、Usefulness と Satisfying（の逆転項目）を一つの評価項目の両極としたモデルを採用しているとも考えられる。

これらのように、先行研究でも受容性の理解には多様性があり、目的に応じて重視すべき視点も変わるものと考えられる。本研究ではドライバのシステム理解に基づく受容性を

⁸ Osgoodらにより開発された、利用者のシステムに対する態度 (attitude) を評価する質問紙で、9つの単語対 (useful/useless, pleasant/unpleasant, bad/good, nice/annoying, effective/superfluous, irritating/likeable, assisting/worthless, undesirable/desirable, raising-alertness/sleep-inducing) を5件法で回答させるものである (Osgood, C. E., Suci, G. J. and Tannenbaum, P. H. (1957) "The Measurement of Meaning," University of Illinois Press, Urbana.)。Van der Laan らはこのうち、アンダーラインが Usefulness、それ以外が Satisfying に相当するものとした。

重視しているため、Usefulness に相当する設問で受容性を評価することとした。ただし実験の上では Usefulness の内容として実験特有の多義性は含まれると考えられたため、受容の対象となるシステム自体の動作と情報提示、ドライバ自身にとっての利便性と自己の使用能力も加味した要素なども網羅できる形で、以下の4つの設問を用意した。

- 「このようなシステムであれば、しばらく使えば使いこなせると思う」
- 「システム情報表示の内容は、しばらく使えば便利に使えるようになると思う」
- 「実際にこのような運転支援システムと状態表示があれば使いたい」
- 「実際にこのような運転支援システムと状態表示があれば、安全に使えると思う」

E) ADAS 操作におけるドライバの行為主体感

トラストと受容性は、ドライバがシステムの挙動を評価する、いわば On-the-loop (ドライバによるシステムのモニタリングを継続している) 状態の強さ、もしくはその際のドライバによるシステムの評価と、考えられる。それに対し、in-the-loop (ドライバが自動車もしくはシステムを主体的に操作している状態) の主観的な評価として、行為主体感に関する設問として「自分も運転に参加している気分になれた」を一問加えた。

行為主体感 (sense of agency, 運動主体感ともいう) は、自己が身体を自らの意思で動かそうとして実際にその通りに動くという主体感のことである。認知心理学においては、自己認識の要素と捉えられている概念である。統合失調症に典型的に現れる症状の説明原理として、モデル化と機序の研究が盛んにおこなわれているほか [佐藤, 2011]、工学的には最近、バーチャルリアリティにおける身体拡張の原理としても注目されている ([北崎, 2021])。現象および機序を説明する運動制御のモデルとして「運動指令→動作と実際の結果→感覚によるフィードバック」と「運動指令→予測される結果 (predictor)」が比較される構造が仮定されており、その差分が解消されないと行為主体感が失われる。統合失調の場合は作為体験 (自分の行動が自分のものではなく操られている感覚を持つ) として見られるものである ([佐藤, 2011]に、Firth et al.によるこの一連の制御モデルと行為主体感の関係 [Frith, Blakmore, & Wolpert, 2000] に関する、解説がある。Fig. 3.19 も参照)。

本実験では実際にはドライバは運転操作を行わず、交通環境と ADAS の挙動を監視しているだけであるから、この条件下で行為主体感を評価することは本来は妥当ではないかも知れない。しかし先行車への急接近とそれに伴う ADAS の反応は比較的短い時間スパンの現象であり、ドライバ自身の操作行動は伴わないものの in-the-loop に類似した心理的課程は想定が可能であり、またそれは必要なことであろうと考えられる。このため本実験では敢えて行為主体感の評価を追加することにした。

統合失調型パーソナリティ評価の立場から「自己主体感」の評定尺度を開発した事例がある。これは質問数 22 問で「精神的活動における誤帰属性」「身体的活動における制御不能性」「社会的活動における自己の主張性」の 3 つの因子を下位尺度としている [浅井, 高

野, 杉森, 丹野, 2009]。ただし質問は社会的態度に関するものが大半であり、行為に関する主体感に直接つながるものではなく、時間スケールも長いものなので、これをそのまま導入することはできないと判断した。

より短時間の、行為主体感を観測する主観評定の方法は、実験当時の時点で一般的に確立されたものが見いだされなかったため、本研究では設問を試作した。

前章の実路走行実験では、「システム動作中でも、自分も運転に参加している気分になれる」「システムの運転する車に、乗せてもらっている感じが強い」という逆転関係にある2つの設問を用いたが、今回の実験では前者のみを用いた。

- 「自分も運転に参加している気分になれる」

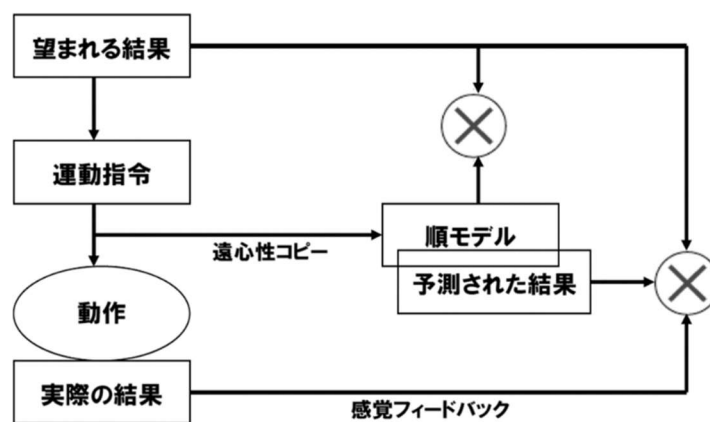


Fig. 3.19 運動制御の内部モデル (佐藤 2011 より引用、Firth et al.2000 の図を佐藤が改変)

F) 実験系の評価

実験系の妥当性を確認するために、表示が見やすかったかどうか、シナリオが自然に感じられたかどうか、合わせて回答させた。同時に体調確認のために、日本産業衛生学会産業疲労研究会で開発された自覚症状しらべ [産業疲労研究会, 2002] も回答させた。

なお実験系の評価の基準は特に設けないが、おおよその評価視点を以下では括弧書きで併記した。

- 「表示方法評価」
 - 「状態表示はあまり見なかった」
(全く見られていない場合、実験の条件づけ効果が得られなくなる)
 - 「状態表示のタイミングが早すぎる」 (受容性の傍証とする)
 - 「状態表示のタイミングが遅すぎる」 (受容性の傍証とする)
- 「ディスプレイ評価」

- 「ディスプレイの位置が離れすぎている」
(見えにくいと実験条件の効果が得られない)
- 「ディスプレイの表示が小さくて見にくい」
(見えにくいと実験条件の効果が得られない)
- 「シナリオ評価」
 - 「実際の走行でも、頻繁に起こる事例だと思った」
(リアリティの評価とともに、主観的な事象の発生確率はドライバの主観的リスク評価の観点から実験結果の解釈にも反映できる)
 - 「このような走行場面は、実際には滅多に起こるものではないと思う」
(同上、逆転項目)
 - 「このような走行事例が実際に起こると、かなり危ないと思う」
(リアリティの評価とともに、主観的な事象の危害の程度はドライバの主観的リスク評価の観点から実験結果の解釈にも反映できる)
 - 「自分の運転とは違うと感じた」
(強い違和感はリアリティの欠如となり実験の妥当性が失われる可能性がある)
- 「ドライビングシミュレータのリアリティ」
 - 「実際の道路で使っても、この運転支援システムは同じような利用感になると思う」
(DS実験でありリアリティの確保は実験趣旨の上で重要である)
 - 「ドライビングシミュレータの運転は、現実の運転とはかなり違うものだった」(同上、逆転項目)
- 「自覚症しらべ」
 - 全 25 問で、不快感, 不安定感, ぼやけ感, だるさ感, ねむけ感、を下位尺度として評価している。付録参照。

3.3.8 倫理審査と実験の安全管理

本実験は、産業技術総合研究所人間工学実験委員会の倫理審査による承認を得て（2020年1月21日承認、承認番号人2019-1007）、2020年1月から～3月にかけて実施された。また実験中には定期的にシミュレータ酔いをはじめとする体調のチェックを行い、実験協力者の自己申告に関わらず、体調不良等と判断された状態での実験は避けるものとした。

3.4 実験結果

3.4.1 行動指標

予告情報提示のドライバへの効果を確認する上で、行動指標としてはドライバによる衝突回避ブレーキ作動のタイミング予測の正確さもしくは傾向を観察する手法を採用している。この際、予告情報提示がある方が ADAS 動作に関するドライバのメンタルモデルが呼び起こされ、タイミング予測の正確さが向上するとの仮定を立てた。これに対し実際の実験結果の概要は次のとおりである。行動指標は発生事象の種類により異なる結果が得られており、割り込み場面では予告情報提示の P 条件および DP 条件でボタン押しの精度が有意に向上した。また追いつき場面では、予告が早い方が衝突回避ブレーキ発生タイミングのドライバによる予測の精度が高い傾向が見られた。このように得られた結果は断片的であるが、発生する事象により予告情報が異なる使われ方をされていることが示唆される結果が得られている。

ドライバによるタイミング予測に関する行動指標として、ボタン押しのタイミングを評価している。タイミングの正確さは急ブレーキ発生時点からの時間差として計測した。発生事象は 3 種類で、先行車両の急な減速、低速車両への急速な追いつき、および隣車線からの急な割り込みであった。これら 3 種の発生事象それぞれについて、情報提示の仕方、シナリオの種類（予告情報提示の早さ）、および順序効果を独立変数とした ANOVA により分析を行った。また個人間差を変量効果とした（固定効果 3、変量効果 1 の 4 要因混合モデル）。

情報提示の仕方の影響が有意水準 5% で有意となった場合は情報提示方法間を比較する下位検定を行い、これは ${}_4C_2$ の 6 通りの組み合わせの検定による多重比較の構造を持つため、Bonferoni の補正を行った（得られた p 値に 6 を乗じて危険率を評価した）。分散分析の結果を Table 3.3 および Fig. 3.20 に示す。

なお、この分析では、三要因を独立と仮定した統計モデルを採用していることになるが、実際にはシナリオの種類の影響は予告情報提示時に顕著に現れる可能性がある（提示情報とシナリオに交絡があり得る）。

Table 3.3 ボタン押しタイミングへの実験条件の効果

(a) 急減速事象

Analysis of Deviance Table (Type III tests)

Response: ボタン押しのタイミング

	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
(Intercept)	5.78	1	0.016 *
情報提示の方法	1.50	3	0.683
シナリオの種類	4.15	1	0.042 *
シナリオ提示順序	2.25	1	0.134

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(b) 追いつき事象

Analysis of Deviance Table (Type III tests)

Response: ボタン押しのタイミング

	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
(Intercept)	0.27	1	0.605
情報提示の方法	1.18	3	0.759
シナリオの種類	8.37	1	0.004 **
シナリオ提示順序	5.61	1	0.018 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(c) 割り込み事象

Analysis of Deviance Table (Type III tests)

Response: ボタン押しのタイミング

	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
(Intercept)	0.40	1	0.53
情報提示の方法	9.18	3	0.03 *
シナリオの種類	2.24	1	0.13
シナリオ提示順序	0.87	1	0.35

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

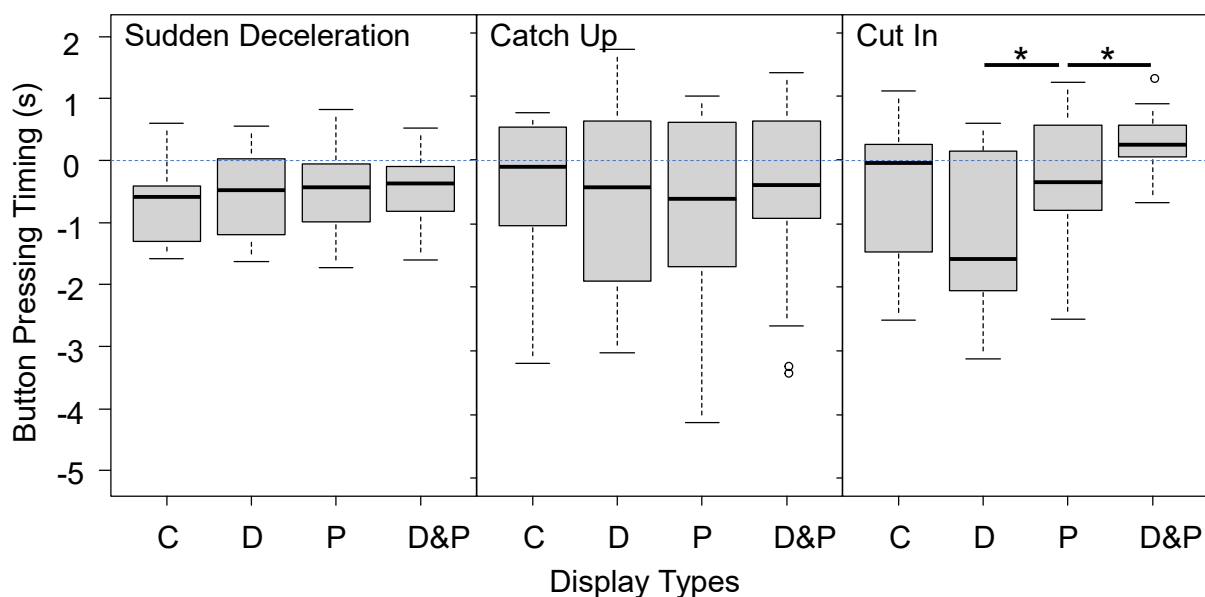


Fig. 3.20 情報提示の種類のボタン押しタイミングへの効果（事象ごと）

1) 情報提示の種類による効果

ANOVAの結果からは、情報提示の種類による効果は事象の種類により異なっていた。急減速場面および追いつき場面では情報提示の効果は見られなかった一方、割り込み場面では情報提示の種類の主効果が有意であり、下位検定の結果、条件P（予告情報のみ提示）が有意に条件D（検知情報のみ）より正確さが高いことがわかった。また分布の幅については、情報提示にかかわらず急減速場面で分布の集中が見られた（Fig. 3.20）。これらの結果は、事象ごとに異なる現象が起こっていると考えるのが妥当であろう。以下、それぞれの事象ごとに確認する。

予告提示情報の影響については、割り込み場面のみ有意な効果が認められ、予告情報があるとタイミングの精度がよいとの結果が得られた。これを実験前の仮説に沿って解釈すると、予告情報により事象発生前のドライバの注意を誘発させ、事象発生の際に適切に意識が向けられたものと考えられる。ただし割り込みの開始から急ブレーキの発生までは状況の展開が複雑であり、これが先に述べたボタン押しタイミングの分散につながっているものと思われる。なおグラフの上で、DP条件のみボタン押しのタイミングがさらに遅くなっているが、予告情報により先行車とADASに注意が向けられている状況下で、検知情報が手がかり情報として有用であったと解釈可能である。

その一方で、追いつき場面では、予告情報提示の効果が有意には見られなかった。追いつき場面では接近開始が目視できる時点から急ブレーキが必要になるまでの過程に時間がかかる。このため予告情報が使われにくかったとも考えられる。ただし次節で述べるように、予告情報提示の早さにより応答に差が出ることもわかっており、予告情報の効果が全くない訳ではない。

ここで、ボタン押しタイミングの時間分布の集中の度合いについても確認しておく。

Fig. 3.20 で見られるように、急減速場面ではいずれの情報提示条件でも、ボタン押しは 0s の直前の 1 秒程度の範囲にほぼ収まっており、他の事象よりも集中している。これは急減速場面では、事象の発生兆候が直前まで得にくいことが関連しているものと解釈できる。3.3.3 節で述べたように、先行車急減速の状況ではドライバーは、先行車のブレーキランプが点灯するまでは先行車の挙動から急減速発生に関する情報を得ることはできないから、本タスクを実行する上ではブレーキランプ点灯の瞬間を捉えることに強く注意を振り向け、反応しているものと考えられる。予告情報の提示の条件ではより早い段階で注意を振り向けることは可能と考えられるが、行動の上では現れなかった。

同様の現象は割り込み事象でも、条件 D のみで見られている。分布が早いタイミングに偏っているのは、接近検知情報の提示に直接反応してボタンを押している事例が多く含まれることを示唆している。

これに対し追いつき事象と割り込み事象では、先行車のブレーキランプ以外にも遠方先行車への接近や隣車線の車両のウインカなど、近い将来生じ得る事象の手掛かり情報を得ることが可能である。このためドライバーは早い段階で交通環境と ADAS 動作の監視を開始し将来生ずる事象を予測することにより、予測をベースとしたボタン押し反応をしたものと考えられる。これは結果的に、予測の精度がタイミングに現れ、接近情報提示等の情報に基づく反応よりも反応の時間幅が広がったものと解釈できる。

2) 予告情報提示のタイミング（早さ）の効果

本実験で効果を確かめたいのは、発生事象の種類による違いと、予告情報提示のタイミングの影響であるが、以上のように、シナリオの種類（道路環境の違い）および、習熟に起因すると思われる効果が検出された。今回採用している ANOVA ではこれらも要因に含まれているのであるから、以降の、発生事象の種類・予告情報タイミングの議論においては除いた形で進めることになった。

シナリオの効果については、シナリオ A とシナリオ B で予告情報の提示タイミング（早さ）を変えている影響が想定される。そこで、予告情報のみを提示している条件 P を対象として、情報提示の早さおよびセッションの順序を独立変数とした ANOVA を改めて行った。ただし個人間差を変量効果として分析に加えた（固定効果 2、変量効果 1 の 3 要因混合モデル）。結果を Table 3.4 および Fig. 3.21 に示す。先の分析では急減速および追いつき場面において情報提示の早さの違いに有意差が出ていたが、ここでは追いつき場面のみに有意差傾向が認められた（グラフ中では '+' で表示）。情報提示のタイミングが早い場合はボタン押しのタイミングはより遅く、システムの急減速動作により近い（予測の正確な）タイミングでのボタン押しになっている。このような差が生じた原因としては、早め

の予告情報提示がドライバの注意を喚起したのに対し、遅い予告情報は単に事象発生の手掛かりとしてボタン押し反応を誘発したのではないかと考えられる。

一方でシナリオ A,B 間で有意差がみとめられない割り込み場面では、前の分析で予告情報提示自体の効果は認められており、予告情報による注意は喚起されるがその情報提示の早さは影響しないということである。より早い段階で注意が喚起された場合の方が、事象発生時の注意レベルは低下していると想定できるが、隣車線の車両のウインカ点灯以降の展開はより複雑で情報が多く、注意のレベルは関係しなかったものと解釈される。ただし急ブレーキ発生前の事象が多いことは、実質的に予告情報提示の早さが遅かった（情報提示後に早い段階でウインカ点灯など先行した事象が発生する）のと等価であり、注意レベル低下の効果は薄かったものとも考えられる。

先行車急減速場面については、反応時間の分散の狭さをかんがみるに、先に述べたように先行車のブレーキランプ等を手掛かり情報とした反応の側面が強く、予告情報の影響自体が表れにくいものと考えられる。

Table 3.4 予告情報提示タイミング（早さ）のボタン押しタイミングへの効果

(a) 急減速事象

Analysis of Deviance Table (Type III tests)

Response: ボタン押しのタイミング

	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
(Intercept)	10.24	1	0.001 **
情報提示のタイミング	0.03	1	0.858
情報提示の方法	2.35	1	0.126

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(b) 追いつき事象

Analysis of Deviance Table (Type III tests)

Response: ボタン押しのタイミング

	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
(Intercept)	0.73	1	0.392
情報提示のタイミング	3.75	1	0.053 .
情報提示の方法	1.22	1	0.269

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(c) 割り込み事象

Analysis of Deviance Table (Type III tests)

Response: ボタン押しのタイミング

	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
(Intercept)	1.18	1	0.276
情報提示のタイミング	0.09	1	0.762
情報提示の方法	0.12	1	0.731

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

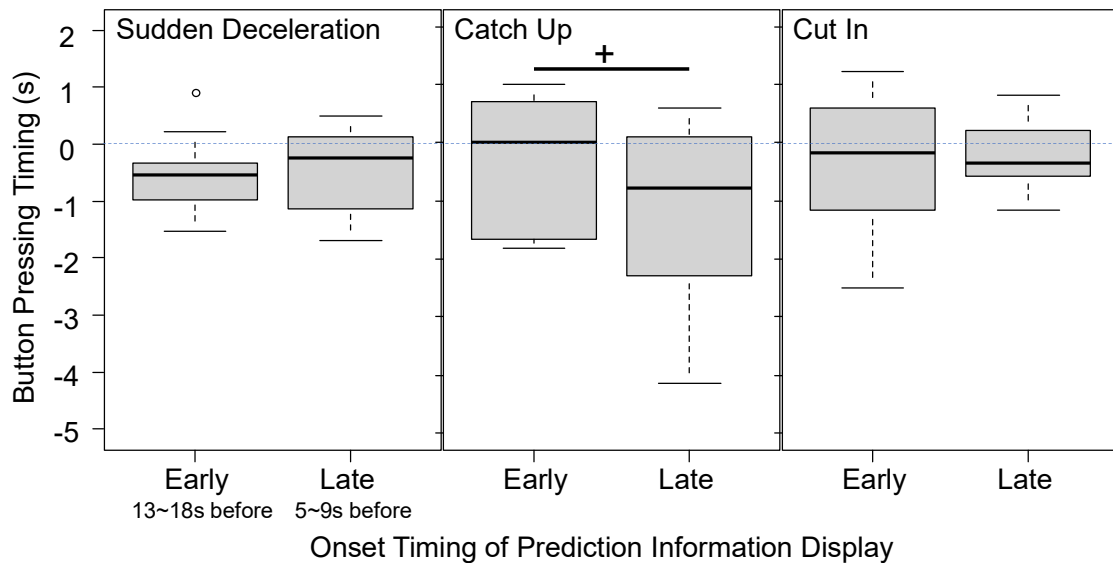


Fig. 3.21 予告情報提示タイミング（早さ）のボタン押しタイミングへの効果（事象ごと）

3.4.2 主観評価

セッション終了後に行ったアンケートの結果を示す。全45項目の設問それぞれについて、情報提示の方法ごとに分布をグラフとして示し、比較した。ボックスプロットとして表示すると同時に、“+”表示で実現値を示している（重なりを避けるため位置はわずかに散らせてある）。セッション単位で回答させているため、発生した事象ごとの分離はできていない回答であるが、情報提示の方法はひとつのセッション内では共通させているため、情報提示方法についての比較が可能である。

なお、逆転項目については、調整済のものを示した。すなわち、回答が1,2,3,4,5のところを5,4,3,2,1に反転してある。この調整を行った設問はキャプションに「逆転項目の処理済み」と記載してあり、質問文と逆の結果がグラフ表示されている。例えば予測性の評価において「運転支援システムが意外な動作をして驚いた」という設問であれば、スコアが高い方が予測性が高かった（驚かなかった）という意味である。

各質問項目の回答については、情報提示の仕方が回答に与える効果を分散分析により評価し、主効果が認められたものについてはさらに下位検定を行った。すなわち、各情報提示の方法の一对比較を試みた。

その結果として、有意差が認められた組み合わせについてはグラフ中で、有意水準ごとに+(0.05~0.10)、*(0.01~0.05)、**(0.001~0.01)などとして示した。なお、6通りの組み合わせの検定による多重比較の構造を持つため、Bonferoniの補正を行っている。

個人内差の影響を低減するため、いくつかの設問は同趣旨の内容を用意し平均をとるなど統合してスコアを得ることを想定していたが、それら複数の設問の内的整合性が必要となるため、Cronbachの α 係数で評価した。これが0.8以上であれば内的整合性があると判

断できるが、実際には 0.8 を超えるものは少なかった。これは、質問が必ずしも同趣旨ではなくそれぞれ異なる事項に関する質問であったとみなせるので、以下では個別に検討している。

なお、実験条件によっては回答がばらつくものが多く見られており、特に検知情報のみを提示した実験条件 D ではばらつきが大きい結果が頻繁に得られた。この理由としては個人間差のほか、シナリオ（走行ルート）の違いの影響、個人内差（個人の反応の不安定もしくは非一貫性）が想定される。

1) 主観的な予測の容易性

主観的な予測の容易性については、ほぼ同趣旨と思われる設問を 4 つ用意し回答させた。Cronbach の α 係数は 0.67 であって内部整合性にはやや乏しく、予測の容易性は内包しつつ互いに独立な要素を含む設問であったか、もしくは回答がしにくく結果的に回答が安定しない設問群であったものと考えられる。

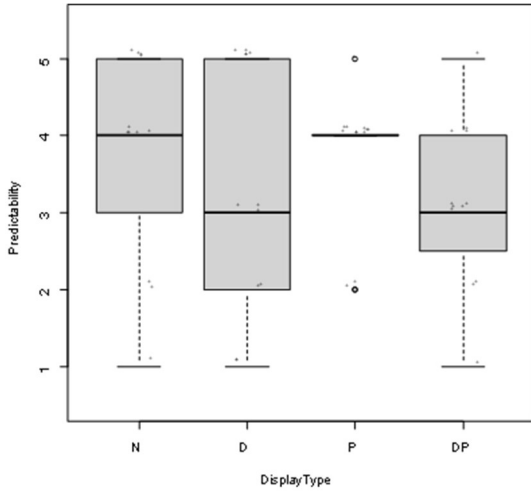
またこれに加えて、情報提示の効果としての予測の容易性を問う設問を 1 つ追加している。

これら 5 つの設問に対する結果を Fig. 3.22 に示す。質問 2,3,4 は逆転項目を調整済であり、グラフの上では質問 1 から 5 までいずれも、スコアが高いほど主観的には予測しやすかったことを示す。

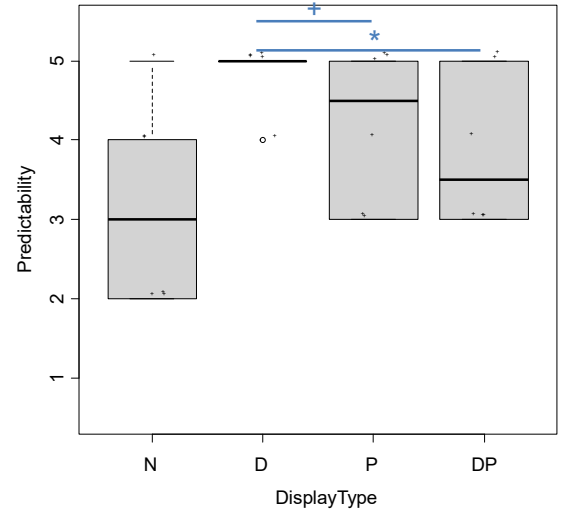
質問 2 で有意差が見られ、検知情報（警報）のみの D 条件より予告情報が提示された P 条件、DP 条件の方が「システムが意外な動作をして驚いた」という結果であり、予告情報の影響と考えられる。予告情報の提示がない D 条件において回答のスコアが 5 に集中していることは特徴的であって、検知情報提示が急ブレーキと関連することが明瞭であることが、予測の容易さに表れたものとも考えられ、むしろシステムからの予告情報提示がこの効果を薄れさせたとも解釈できる。ただし検知情報により直後のブレーキが予測できるのは当然ではあり、本研究の狙いとするある程度ロングスパンの予測を問う設問にはなっていないものとも考えられる。

その一方で、質問 1, 3, 4 では D 条件は集中を見せていない。これは設問が多義的であったことが疑われ、例えば質問 1 「動作は予想の範囲内であった」という質問文は情報提示まで含めた評価と捉えた可能性があり、一方で質問 2 の設問は多義性なくブレーキ動作の意味と捉えられる可能性が高い。

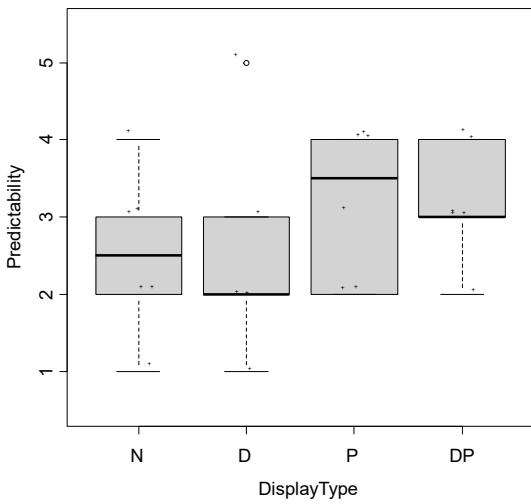
システムからの予告情報提示がドライバーの予測に及ぼす効果を明示的に訊ねた設問 5 では、D 条件のスコアが高く P 条件、DP 条件で低い点は質問 2 と同様であるが、P 条件より DP 条件の方がスコアが高い有意差傾向が見られ、ここでは予告情報と検知情報の相乗効果が示唆される。



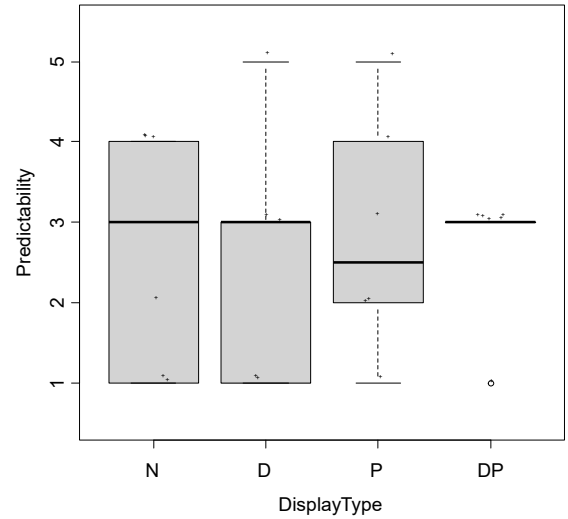
質問文: 1..運転支援システムの動作は予想の範囲内だった



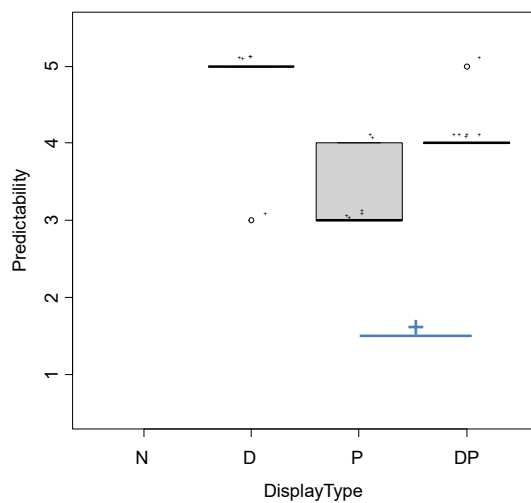
質問文: 2..運転支援システムが意外な動作をして、驚いたことがあった(逆転項目の処理済み)



質問文: 3..運転支援システムの動作に、違和感を感じた(逆転項目の処理済み)



質問文: 4..運転支援システムの動作の予想はむずかしい(逆転項目の処理済み)



質問文: 5..システム情報表示で、運転支援システムの動作の予想がついた。[システム情報表示のある課題のみ回答]

Fig. 3.22 主観的な予測の容易性と情報提示条件

2) 精神的負担に関する主観評価

NASA-TLX に含まれる因子を参考に、知的・知覚的負荷、タイムプレッシャー、努力、作業成績、フラストレーションに関連する設問を、本実験の課題に沿う内容でそれぞれ複数回答させたものである。

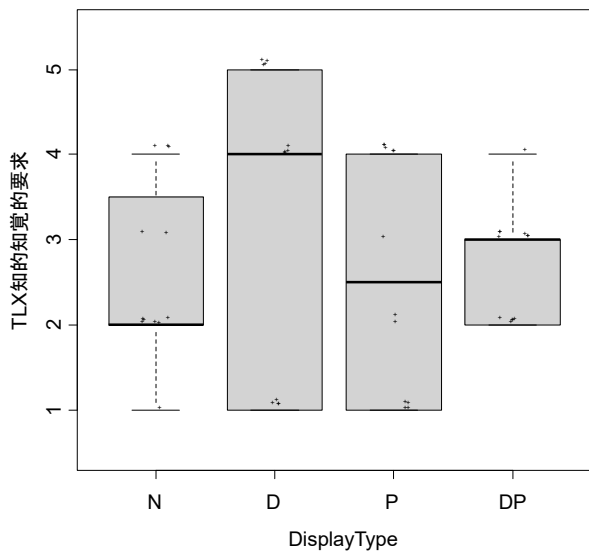
A) 知的・知覚的負荷

知的・知覚的要求 (MD) については、タスクへの集中に対応する負担であるため、情報提示により負担が減少することが予測されていた。実際の結果を以下に示す。

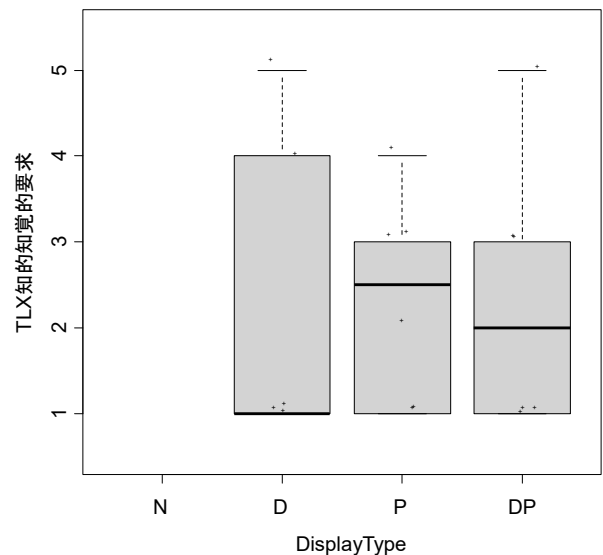
質問 6、8、9 は知的・知覚的負荷に関する、本人が主観的に評価した精神的負担を問う設問である。結果を Fig. 3.23 に示す。なおいずれも各提示条件間で ANOVA による有意な差は認められなかった。

質問 6 はシステム動作を予測することに対する精神的負担を問う一方、質問 8 と 9 は情報提示の効果の把握に関する精神的負担を問うものである (したがって情報提示のない N 条件は含まれない)。この 2 問について Cronbach α は 0.67 であり、内部整合性が高いとは言えず、これらが問うている内容は異なっていたとみなせるが、いずれも D 条件 (検知情報のみ) におけるばらつきが大きい点は共通し、急ブレーキ直前の情報提示に注目する精神的負担には個人差があることが示唆される。一方、質問 9 では予告情報の提示により「予想の負担」が低減する傾向がみられ、予告情報の提示が負担低減に効果がある可能性がある。なお先の質問 8,9 と同じく D 条件では回答のばらつきが目立つ。P 条件および DP 条件で予告情報の提示によりこのばらつきが低減するのは、D 条件で提示される検知情報の使われ方もしくは理解の仕方に個人差等の幅があり、これが予告情報により一定の使われ方に収束していることを示唆している。

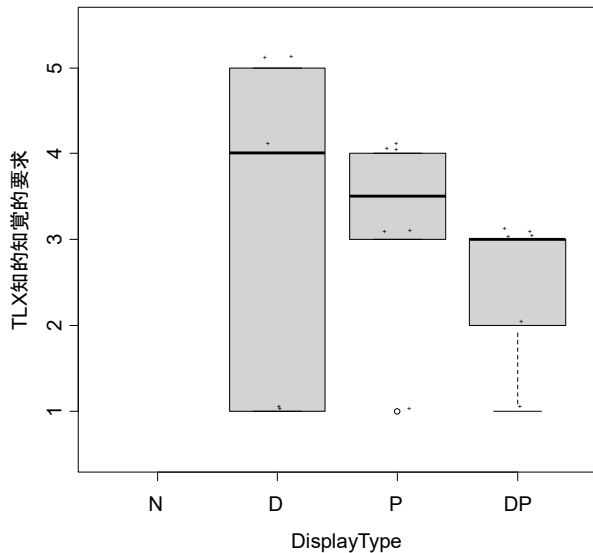
- 質問文 6 「運転支援システムの動作を予想するのは、負担を感じた」
- 質問文 8 「状態表示の意味を理解することに、負担を感じた(†)」
- 質問文 9 「状態表示を見て運転支援システムの動作を予想するのは、負担だった(†)」



質問文: 6..運転支援システムの動作を予想するのは、負担を感じた



質問文: 8..システム情報表示の意味を理解することに、負担を感じた。
[システム情報表示のある課題のみ回答]



質問文: 9..システム情報表示を見て運転支援システムの動作を予想するのは、負担だった。[システム情報表示のある課題のみ回答]

Fig. 3.23 主観的な精神的負担(MD)と情報提示条件

B) タイムプレッシャー

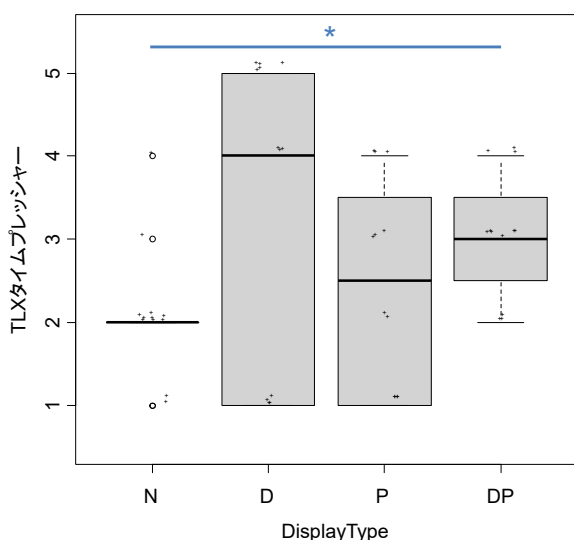
質問7と10はタイムプレッシャー (TD) の主観評価である (Fig. 3.24)。情報提示によるメンタルモデルの確立によりタイミングに対する理解の精度が向上し、その結果負担は増大するとの予測であった。Cronbach α は 0.28 であり、異なる内容の質問になっていたとみなせる。双方とも情報提示方法の違いによる影響が ANOVA では有意な効果が認められた。

質問7では、純粋にタイミングタスクの負担を評価させている。D条件で負担が高いがばらつきも大きく、有意差があったのは提示情報なしのN条件に対するDP条件である。

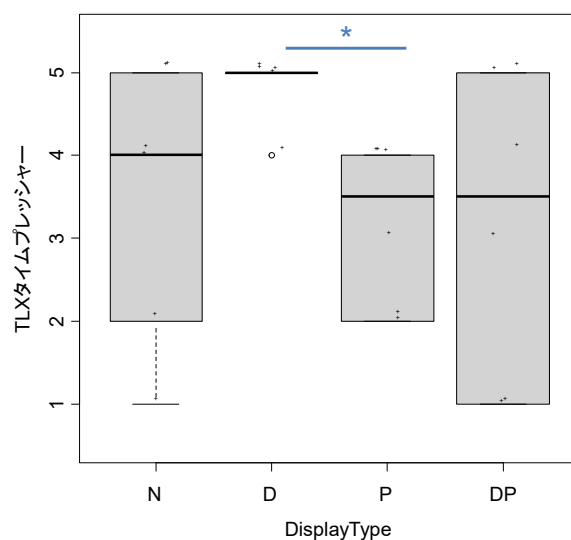
タイミング判断の負担を訊いている質問ではあるが、提示情報の多さが判断をより困難にしている結果ともとれる。

一方で質問 10 においては、D 条件で全ての回答が 4 以上に集中し高い負担を示したことが特徴的である。検知情報の提示を手掛かりとしてタイミングをはかっていることが考えられ。また質問自体もタイミングタスクであることを意識させるものになっていたことがうかがえる。D 条件以外ではばらつきが大きいことも検知情報が手掛かりになっていることを示唆し、P 条件、DP 条件のばらつきは、予告情報の提示がこの手掛かりに誘発される行動に干渉を与え、全般としては負担の低減につながっている（タイミングをはかり易くなっている）ことも意味している。ばらつきが大きいということは、その効果には個人差があるということでもある。

- 質問文 7 「いつボタンを押すか判断することが、負担だった」
- 質問文 10 「運転支援システムの動作の先読みは、素早くやる必要があると感じた」



質問文: 7..いつボタンを押すか(又はハンドル操作やペダル操作するか)判断することが、負担だった



質問文: 10..運転支援システムの動作の先読みは、素早くやる必要があると感じた

Fig. 3.24 主観的な精神的負担(TD)と情報提示条件

C) 努力

本実験では NASA-TLX の「努力 (EF)」について、特に精神的集中の面から設問を設定している。ADAS からの情報提示により、精神的集中を維持すべき時間範囲は限定されるので、負担は軽減するはずであると考えた。

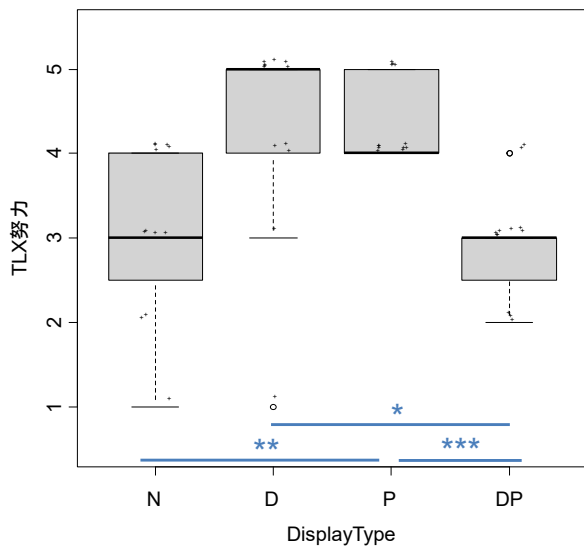
そこで質問 11 は、システム動作予測のための精神的集中に要した努力に読み替えて、その負担を問うた設問としている (Fig. 3.25 質問 11)。検知情報の提示のみの D 条件、予告

情報の提示のみの条件の P 条件で負担が上昇しており、その一方で検知情報と予告情報の双方を提示した DP 条件では負担が大幅に低減している。このタスクを単純にタイピングを図るタスクと捉えると、特に D 条件では検知情報提示の直後にボタン押し操作が行われることが明らかであり、検知情報の提示を発見するための事前の集中、および検知情報提示後にタイピングをはかる集中が明確に意識されるものと考えられる。その一方で DP 条件では、事前に精神的集中が可能となるため、精神的集中の期間自体は長くなるものの分散されることにより強い精神的集中が必要なくなる点で、回答としては負担の低減となったものとも考えられる。

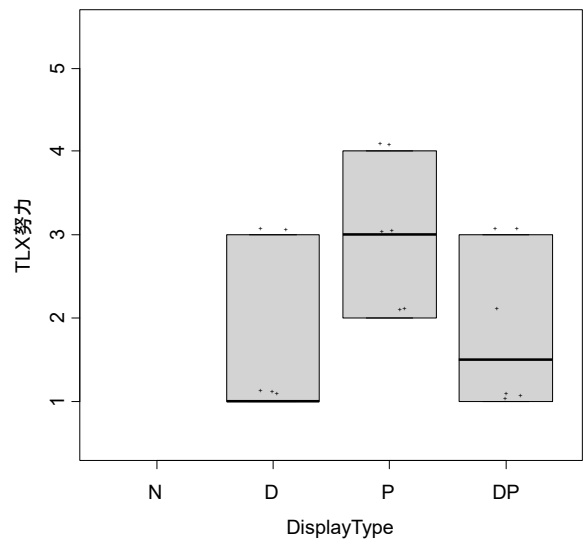
この構造は、質問 13 の結果にも見られる。ただし質問 13 はシステム動作の予測ではなく走行環境の把握に関する集中を問うものであるが、回答者がこの両者を分離して理解した上で回答したかどうかは不明である。なおこれら 3 つの設問の内部整合性は Cronbach $\alpha = 0.81$ であり、結果の上では同質の設問となっていたといえる。

質問 12 はシステムからの情報提示の意味が把握できるかどうかを訊ねているが、P 条件でやや負担が高くなっており、これは予告情報の提示が実際の事象発生より前であることから、事象発生の直前に検知情報が得られる D 条件、DP 条件よりは、事象と直結した理解がしにいのは自然である。

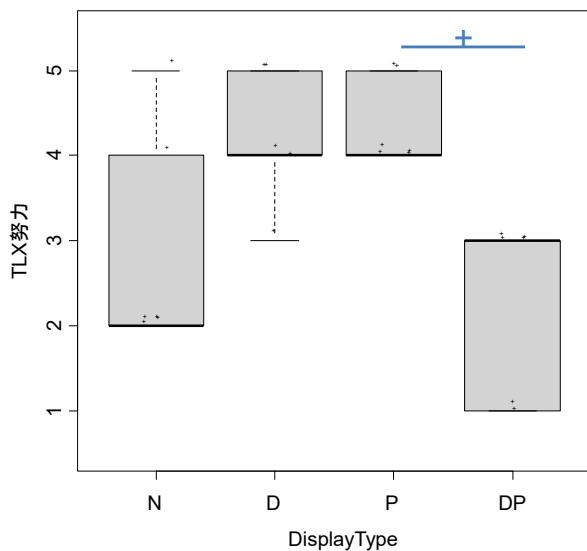
- 質問文 11 「運転支援システムの動作を予測することは、精神的集中を要した」
- 質問文 12 「状態表示の内容が運転支援システムの動作とどう関連するのか、考える必要があった(†)」
- 質問文 13 「走行環境を把握するために、精神的集中を要した」



質問文: 11..運転支援システムの動作を予測することは、精神的集中を要した



質問文: 12..システム情報表示の内容が運転支援システムの動作とどう関連するのか、考える必要があった。[システム情報表示のある課題のみ回答]



質問文: 13..走行環境を把握するために、精神的集中を要した

Fig. 3.25 主観的な精神的負担(EF)と情報提示条件

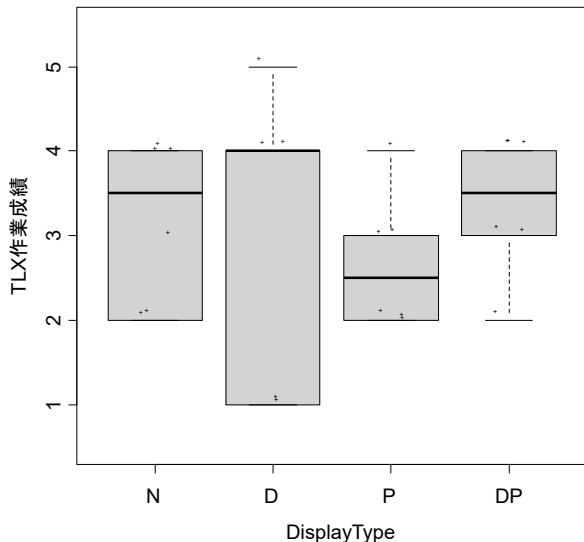
D) 作業成績

作業成績に関する精神的負担 (OP) に相当する設問は、システム動作の予測に関する質問 14 と、提示情報の利用成績に関する質問 15 で、それぞれタスク遂行の成績の自己評価を問うている。質問は双方とも逆転項目であり修正後は自己評価が高いほどスコアが低くなり、精神的負担が低いと解釈する。結果は Fig. 3.26 の通りである。質問 14 ではシステム動作の予測の成績を問うており、予告情報が提示された条件 P より検知情報が併せて提示された条件 DP の方に負担が高く (自己評価が低く) なっている。一方質問 15 は提示情報が適切に使えたかどうかの質問であり、条件 P に対し条件 DP が低い (自己評価が高い) という有意差傾向が得られている。

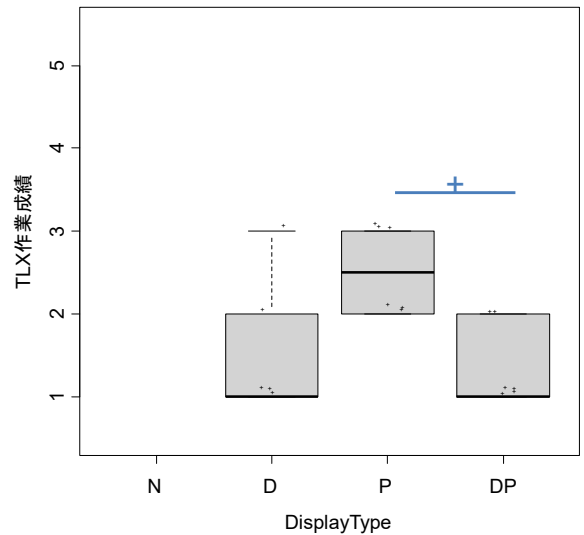
両者を重ね合わせて解釈すると、予告情報のみより検知情報が加わった方が適切な利用ができたと感じているものの、システムの動作の予測タスクとしては成績が低いと感じられた点で、一見矛盾した結果となっている。対して前章の実車実験でも、システム動作に関する情報を利用できることで自己の予測の成績が客観視され、結果的にタスク遂行の評価が厳しくなったものと考察した(2.6節)。この二つの実験で得られた結果は、利用できる情報が増えたことにより自己評価が厳しくなったという構造は共通しており、類似の現象である。

ただし少人数による結果であり有意差も弱いことから、ここでは今後の考察のための一仮説にとどめておく。

- 質問文 14「運転支援システムの動作を、よく予測できたと思う(*)」
- 質問文 15「状態表示の情報は、役にたったと思う(*)」(†)



質問文: 14..運転支援システムの動作を、よく予測できたと思う
(逆転項目の処理済み)



質問文: 15..システム情報表示の情報は、役にたったと思う。
[システム情報表示のある課題のみ回答] (逆転項目の処理済み)

Fig. 3.26 主観的な精神的負担(OP)と情報提示条件

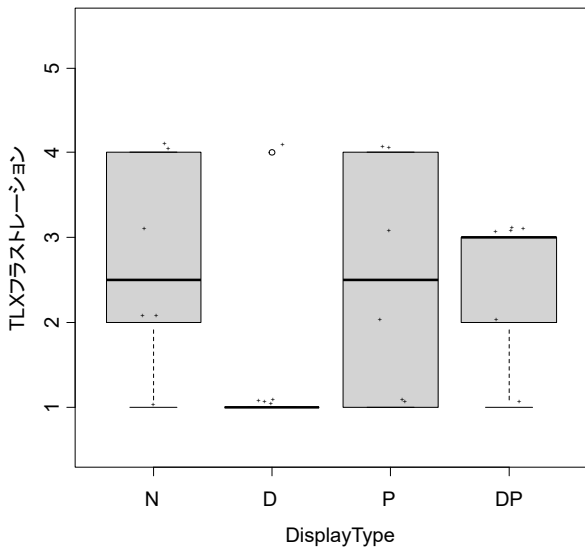
E) フラストレーション

精神的負担のうちフラストレーション (FR) に関する設問は、値が大きい方がフラストレーションに関係する精神的負担が高いことを意味する。結果は Fig. 3.27 に示す通りである。ただしこれら3者の Cronbach α は 0.25 であり、整合性の欠如という点で、それぞれ異なるものを観察しているとみなしてよい。なお質問 18 は逆転項目であり、数値は補正済(逆転済)である。

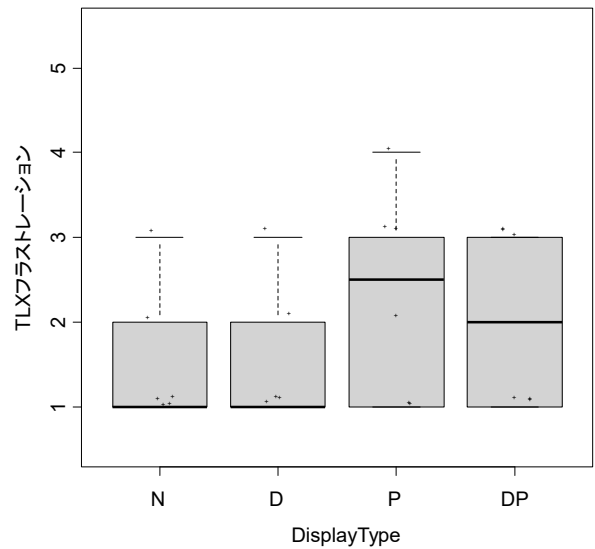
これらそれぞれについて一見しての共通性は認められず、特に D 条件については質問 16 と質問 18 では逆の傾向が表れているようにも見えるが、一方では P 条件では、予告情報に

より精神的負担が上昇する傾向が共通してみられる。それぞれ設問から読み解くと「検知情報により不安は感じなくなったがリラックスできない」「予測情報により不安を感じリラックスもできない」ということになるが、（検知情報という）確定情報が得られる場合は不安は感じないが予測情報は急減速事象がいつおこるかは判らないという点で不確定情報であり不安を感じず、いずれにしても精神の集中などリラックスできない要因となっている、と解釈できる。

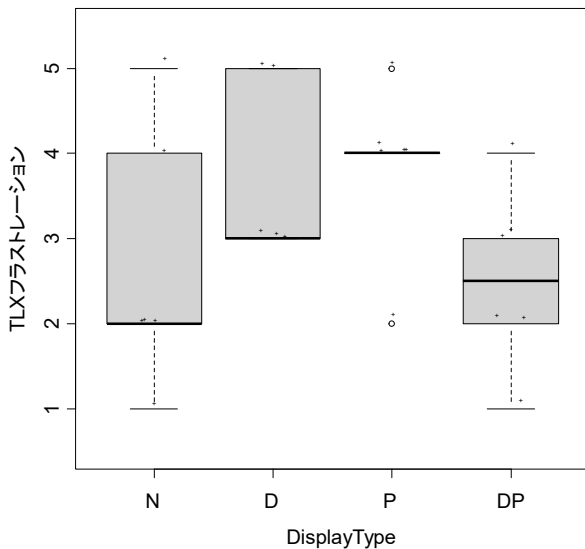
- 質問文 16「不安を感じながら、運転支援システムを使っていた」
- 質問文 17「運転支援システムの動作が予想と違い、いらいらした」
- 質問文 18「運転支援システムを使えば、リラックスして運転できる(*)」



質問文: 16..不安を感じながら、運転支援システムを使っていた



質問文: 17..運転支援システムの動作が予想と違い、いらいらした



質問文: 18..運転支援システムを使えば、リラックスして運転できる
(逆転項目の処理済み)

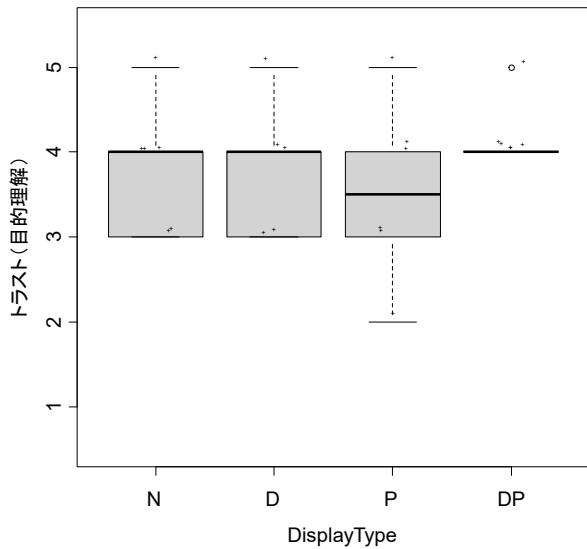
Fig. 3.27 主観的な精神的負担(FR)と情報提示条件

3) 自動化システムに対するトラスト・依存・受容性

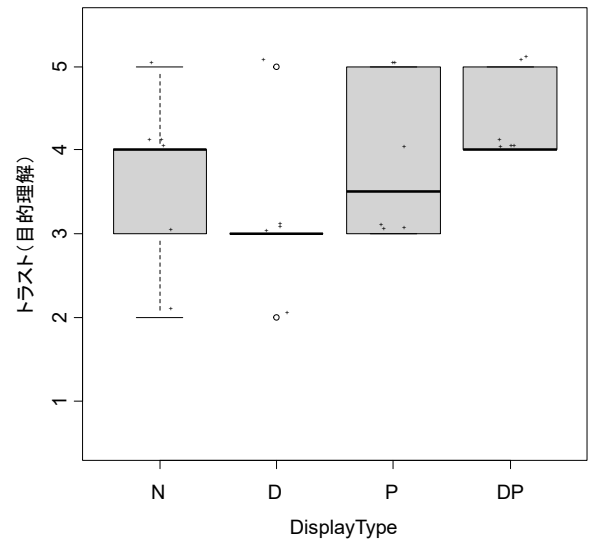
トラストについては、Lee & See の議論 [Lee See, 2004]にならい 3つの dimension、“Purpose”, “Process”, “Performance” について、それぞれを「システムの動作目的」「システム動作の方法と機能範囲」「システム動作の一貫性・安定性」と読み替えて、質問を設定している。

“Purpose”に関する質問は質問 19～22（ただし 21 は表示についての質問）で、それぞれ目的として、事故防止、負担軽減、システム動作の提示、それらの総合としてシステムの動作目的が理解できるものかどうか、に対応している。結果を Fig. 3.28 に示す。いずれも P 条件に対する DP 条件で動作目的に関するスコアが高い傾向にあり、また質問 20 以外では P 条件より D 条件の方にスコアが高い傾向が見られる点で、予告情報の提示がシステム動作の目的をむしろ判りにくくしている。ただしこの質問（質問 20「この運転支援システムは、運転の負担軽減に役立つと思う」）では D 条件も他の質問よりはスコアが低く、負担軽減には役に立たないという評価である。この結果は精神的負担に関する質問 11, 13 でも見られたものであるが、双方は質問の内容が同質であるとも言え、妥当な結果と考えられる。

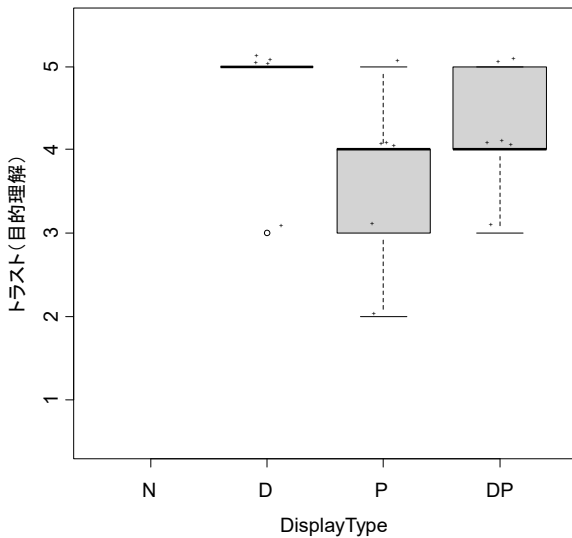
- 質問文 19「この運転支援システムは、事故防止に役立つと思う」
- 質問文 20「この運転支援システムは、運転の負担軽減に役立つと思う」
- 質問文 21「状態表示と運転支援システムの動作に矛盾は感じなかった(†)」
- 質問文 22「運転支援システムが何をしようとしているのか、判らないことがあった」



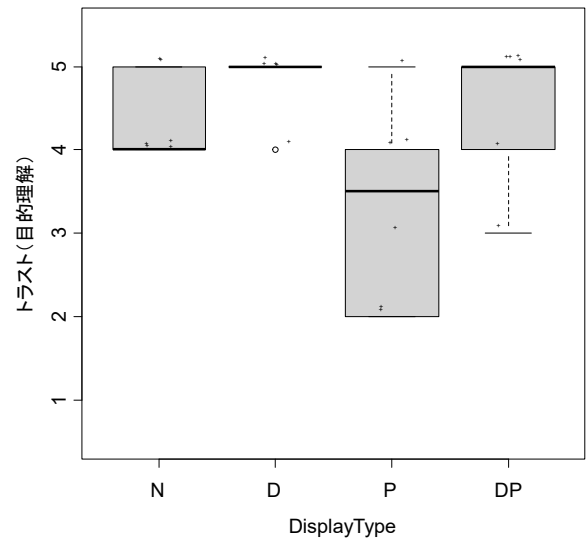
質問文: 19..この運転支援システムは、事故防止に役立つと思う



質問文: 20..この運転支援システムは、運転の負担軽減に役立つと思う



質問文: 21..システム情報表示と運転支援システムの動作に矛盾は感じなかった.[システム情報表示のある課題のみ回答]

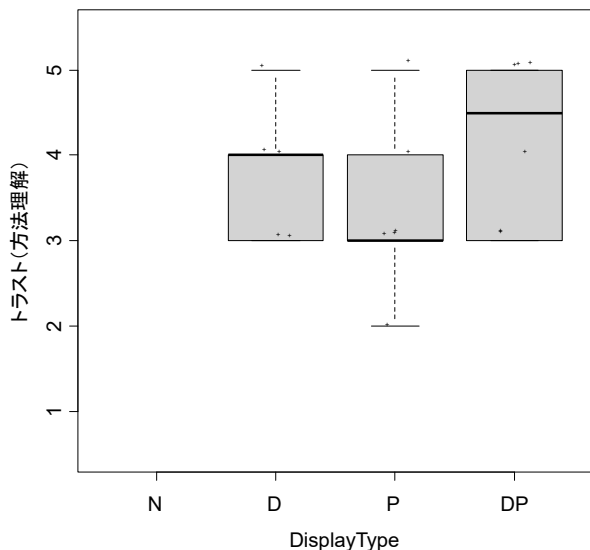


質問文: 22..運転支援システムが何をしようとしているのか、判らないことがあった(逆転項目の処理済み)

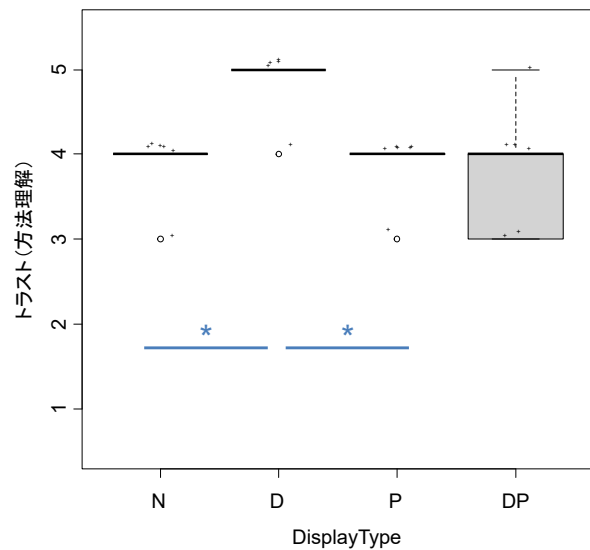
Fig. 3.28 トラスト(Purpose)と情報提示条件

“Process”に関する質問では、質問 23 で情報提示の仕方を、質問 24 でシステム自体の動作について尋ねている。結果を Fig. 3.29 に示す。質問 24 では条件 D で回答のスコアが 5 に集中し、システムの機能（の範囲）が理解できたという結果である。これは検知情報を手掛かりに用いることで急ブレーキまでの一連の流れが見えることからは妥当な結果であるが、むしろ予告情報が提示される条件 P および DP においてスコアが低下していることが、この提示がシステムの動作を理解しにくくさせていることを示唆している。

- 質問文 23 「状態表示がされる場面は、実際の走行場面と矛盾しない妥当なものであった(†)」
- 質問文 24 「運転支援システムが安定して動作する範囲は、おおよそ理解できた」



質問文: 23..システム情報表示がされる場面は、実際の走行場面と矛盾しない妥当なものであった。[システム情報表示のある課題のみ回答]



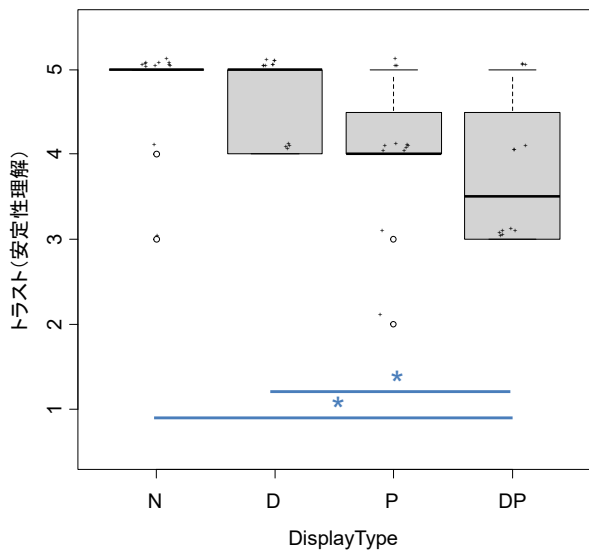
質問文: 24..運転支援システムが安定して動作する範囲は、おおよそ理解できた

Fig. 3.29 トラスト (Process) と情報提示条件

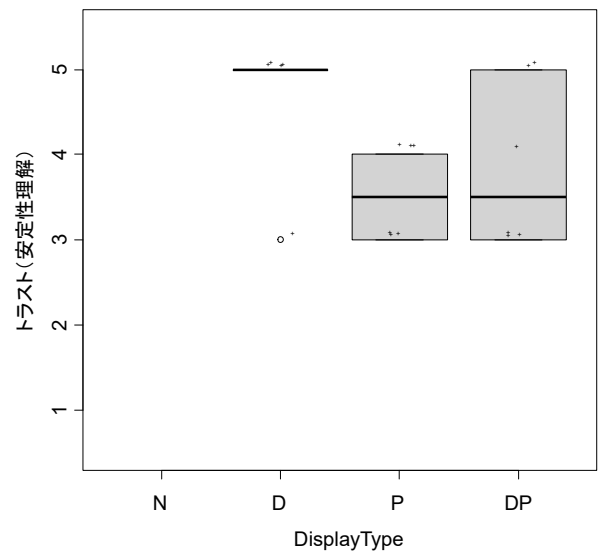
“Performance”に関連する質問としては、動作の一貫性および適切性を、システムの動作自体（質問 25, 28）と表示の内容（質問 26, 27）の双方で問うている。結果を Fig. 3.30 に示す。質問 25 と 28 では双方とも条件 D では高いスコアであり、条件 P、条件 DP と下がっていく傾向がある。予告情報は提示タイミング（早さ）がドライバーにとっては不定であるから、システム動作の一貫性が低下しているように感じるのは妥当である。

情報提示の内容については、質問 26 は提示の早さの一貫性を問うているのに対して、質問 27 は内容の適切性を問うているが、前者で特に DP 条件でスコアが低いのは、このタイミング不定性が直接現れているものと思われる。ただし別の視点から見ると、情報提示から事象発生までの時間が長いことから、提示の早さの一貫性が感じられにくくなるとも考えられる。

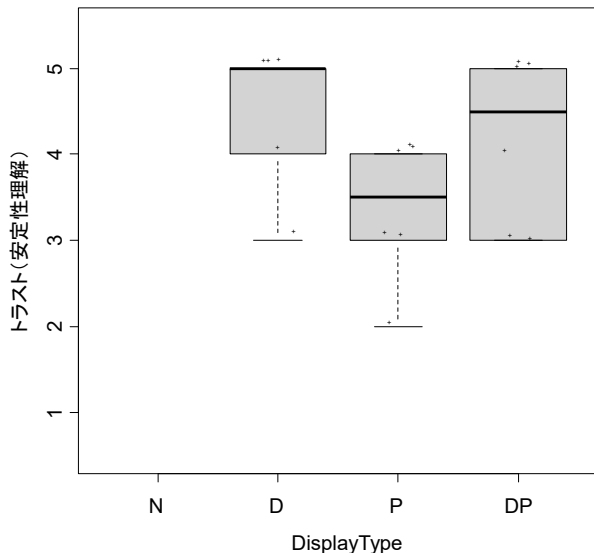
- 質問文 25 「運転支援システムの動作のしかたは一貫していると感じた」
- 質問文 26 「状態表示のしかた（タイミング）は一貫していると感じた(†)」
- 質問文 27 「状態表示の内容は適切であると感じた(†)」
- 質問文 28 「運転支援システムの動作は適切であると感じた」



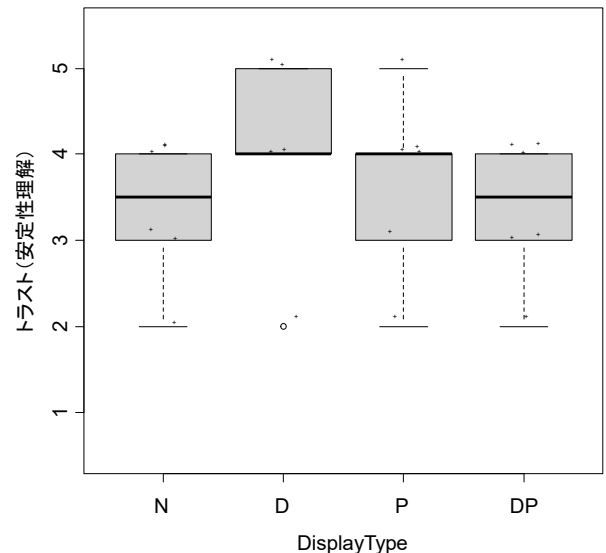
質問文: 25..運転支援システムの動作のしかたは一貫していると感じた



質問文: 26..システム情報表示のしかた(タイミング)は一貫していると感じた.[システム情報表示のある課題のみ回答]



質問文: 27..システム情報表示の内容は適切であると感じた.[システム情報表示のある課題のみ回答]

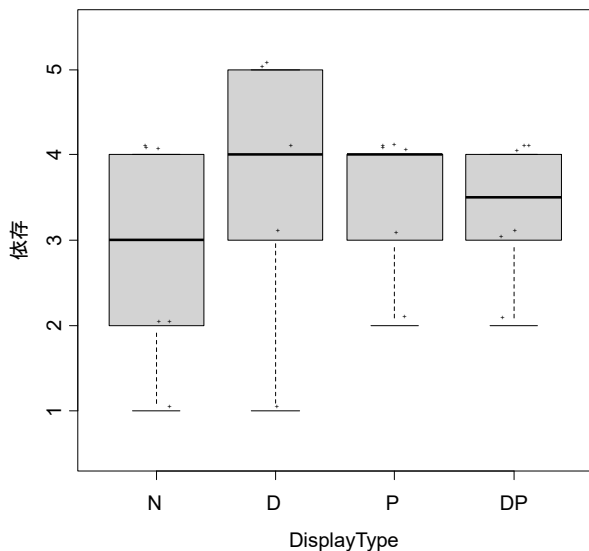


質問文: 28..運転支援システムの動作は適切であると感じた

Fig. 3.30 トラスト(Performance)と情報提示条件

システムへの依存については、質問 34 では直接的に「運転支援システムに任せてしまっている感が強い」と問うたが、Fig. 3.31 に示すように、実験条件間に特段の傾向はみられなかった。強いていうなら、情報提示がない状況より情報提示がある条件の方が依存の程度は高いとは言えるが、質問もしくは実験環境自体が主観的な依存性を誘発させないものであったと理解するのが自然と思われる。

- 質問文 34 「運転支援システムに任せてしまっている感が強い」

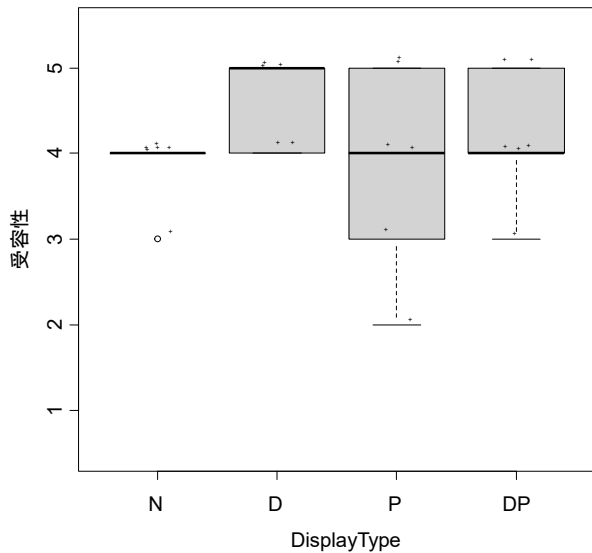


質問文: 34..運転支援システムに任せてしまっている感が強い

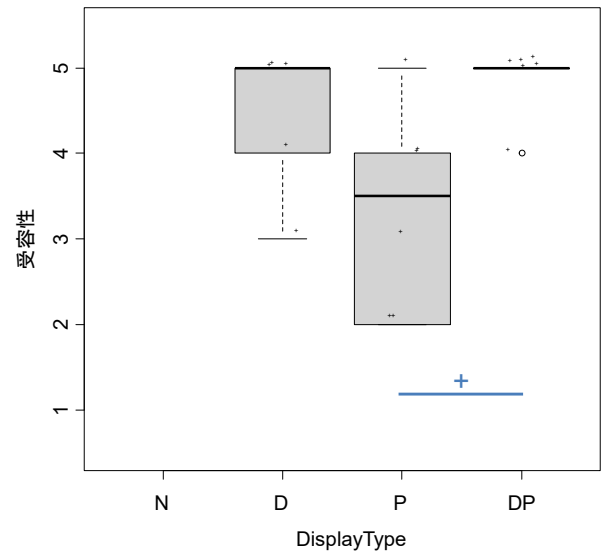
Fig. 3.31 依存と情報提示条件

受容性に関する設問は4つを提示している。結果を Fig. 3.32 に示す。もともと受容性のうち usefulness を注目した上で、実験上の “usefulness” の多義性にかんがみて網羅的に作成した設問であり、Cronbach の α は 0.41 であり内部整合性のない設問群であるが、P 条件に対する DP 条件でスコアが高くなる点では共通している。予告情報と接近検知情報の双方が使いこなせるようになる、という評価であるが、短期の使用の上での評価ではあり、これは受容性を見ているというよりは、むしろ現時点では使いこなせていない、という主観評価が反映された結果であると言えよう。

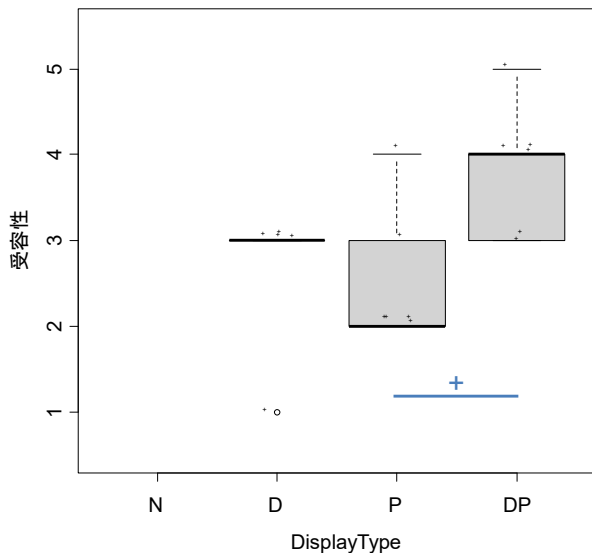
- 質問文 29 「このようなシステムであれば、しばらく使えば使いこなせると思う」
- 質問文 30 「システム情報表示の内容は、しばらく使えば便利に使えるようになると思う」
- 質問文 31 「実際にこのような運転支援システムと状態表示があれば使いたい」
- 質問文 32 「実際にこのような運転支援システムと状態表示があれば、安全に使えると思う」



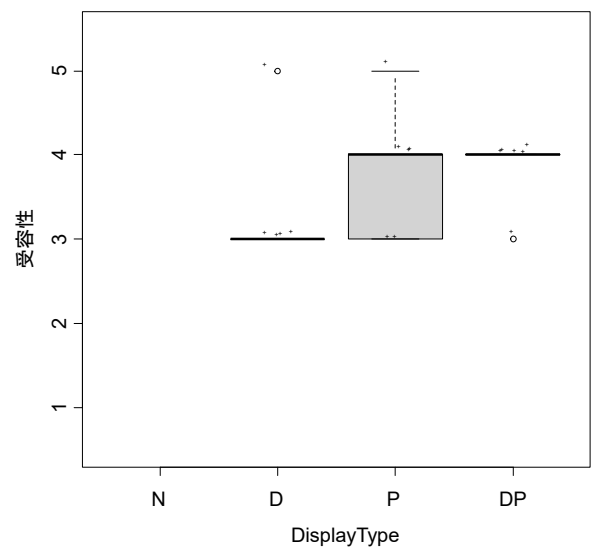
質問文： 29..このようなシステムであれば、しばらく使えば使いこなせると思う



質問文： 30..システム情報表示の内容は、しばらく使えば便利に使えるようになると思う。[システム情報表示のある課題のみ回答]



質問文： 31..実際にこのような運転支援システムとシステム情報表示があれば使いたい。[システム情報表示のある課題のみ回答]



質問文： 32..実際にこのような運転支援システムとシステム情報表示があれば、安全に使えると思う。[システム情報表示のある課題のみ回答]

Fig. 3.32 受容性と情報提示条件

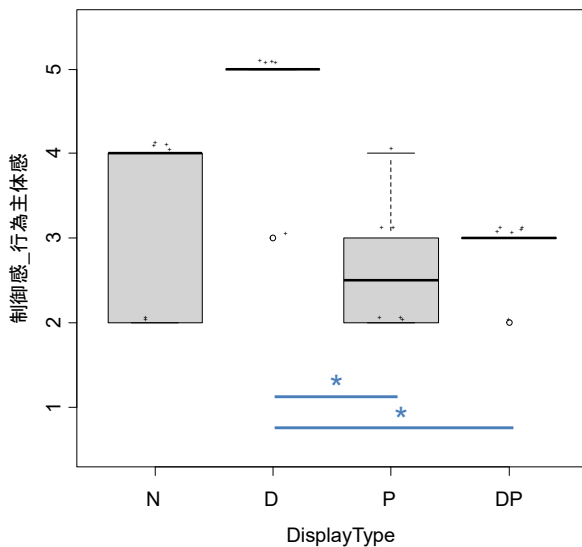
4) 行為主体感

質問は「自分も運転に参加している気分になれた」というものだが、実験条件間に有意な差が表れている。ただし先に述べたように ADAS を想定しているこの実験では、実際にはドライバは走行場面を見ているだけで運転操作には参加していないのであって、行為を伴わないが本来なら運転行為に直結する各種情報を取得し予測することによる、行為主体感と類似の感覚というべきである (Fig. 3.19)。この点では回答はしにくい懸念は生ずるが、特に情報提示のない N 条件でばらつきが大きいのは、実験協力者により質問の解釈に差があった可能性を示唆している。

D条件で特に高いスコアを示すのは、これが接近検知情報を手掛かりとする刺激反応タスクに近い構造を持っているからかも知れない。Wegner & Wheatley (1999)は、直前の行動意志(thought)の後に意志と整合する結果が伴えば、実際のアクションはなくとも自分の意志による結果と認識する(experience of conscious will)と述べており [Wegner & Wheatley, 1999] [佐藤, 2011]、これは一種の錯覚現象であり実験的環境など限定的な環境下でなければ再現しない現象とは考えられるが (Wegner & Wheatley の実験では外力により指を動かして特定の場所で止めるタスクが使われた)、同様の解釈を適用することは可能であろう。なお Wegner らは行動意志を誘導する刺激 (彼らの実験の場合は指を動かす先のヒントとなる単語の提示) を提示するタイミングとして、5秒~1秒前の効果が高いとしており、この点は今回の実験で接近検知情報が5秒程度前に提示されたことと合致し、かつ10秒以上の予告情報ではスコアが低かったことも説明できる。

一方でこの結果からは、当初想定していた予告情報による注意の誘導によってシステム動作や交通環境の把握の効果が表れ行為主体感につながる、という構造は認められず、むしろ予告情報の提示により行為主体感が、情報提示のなかった場合、接近検知情報のみがあった場合より、それぞれ低下する結果となっている。特に前者の場合は、本来あるべき運転に関する行為主体感が阻害されたことになるが、これはシステム動作や環境に関する追加情報により、ドライバ自身が持つ走行の感覚が顧みられたことを示唆する。さきに実路実験において、システムから提供される情報に意識を向けることにより自己のシステム利用に関する「作業成績」の負担が上昇した (システムをうまく利用できていないという自覚が上昇した) 結果が得られ、情報の追加により自己のルールベース化したオーバーライド行動が自覚された、もしくは自己の予測の精度が客観化されたのではないかと論じたが (2.6節)、ここでも同種の現象が発生しているものと解釈できる。システム利用の態度としては、これは悪いことではない。

- 質問文 33 「自分も運転に参加している気分になれた」



質問文: 33..自分も運転に参加している気分になった

Fig. 3.33 行為主体感と情報提示条件

3.4.3 実験環境の評価

実験条件以外の実験環境が均等であったか、およびこのシミュレーション実験が実路走行から大きく乖離していないこと、などを確認するために、他の主観評定と同様に5件法による確認を行った。確認した内容は、情報提示の方法の評価、用いたディスプレイの評価、シナリオの評価、およびシミュレータのリアリティである。結果を Fig. 3.34 に示す。いずれの項目についても実験環境の妥当性は確認されたと考える。

表示方法評価に関しては、「状態表示はあまり見なかった／早すぎる／遅すぎる」という設問であるが、提示情報は先行車の検知、予告情報、接近検知情報と数種類あるため、これは多義的な質問であった。実験趣旨として提示情報が参照されないのは問題であるが、いずれもスコアは低く、明確に参照しなかったという実験協力者はいなかったと判断できる。

ディスプレイのデバイス自体の評価に関しては、そもそもディスプレイが見やすいか、を確認するために、「位置が離れすぎている」「表示が小さくて見にくい」という設問を設けた。これらはスコアが低いほどよく、いずれも1~2に収まっている。

シナリオについては、ここでは説明変数にもなりえる評価として、シナリオで示した発生事象の主観的発生頻度とハザードのレベルを訊く設問を3つ用意した（「実際の走行でも、頻繁に起こる事例だと思った」「このような走行場面は、実際には滅多に起こるものではないと思う」「このような走行事例が実際に起こると、かなり危ないと思う」）。逆転項目の処理を行った上で、スコアが高い方が、頻繁におこる、もしくは危なくないと感じられている。これらは予告情報の利用の仕方に影響するものと考えられ、スコアが低く、

すなわち提示される予告情報が頻度の低い事象に関するものと認識された場合、およびより深刻な事態を予測する情報と捉えられた場合は、提示される予告情報を参照される可能性は高くなると考えられるためである。結果は、頻度は高いが危ない、と感じられているというものであるが、分散は大きい。

なお質問「自分の運転とは違うと感じた」は自動運転に対する違和感の確認である。あまり自分の運転と乖離していると、実験場面のリアリティを得られなくなると考えたものである。大きな違和感が生じていないとの結果であった。

ドライビングシミュレータの実路走行からの乖離（リアリティの欠如）については、2つの面から問うた。逆転項目の補正の上で、スコアが低い方がリアリティが低い。質問「実際の道路で使っても、この運転支援システムは同じような利用感になると思う」では運転支援システムのリアリティを訊ね、低いスコアは現れなかったため、この点では実路走行との大きな乖離はない。質問「ドライビングシミュレータの運転は、現実の運転とはかなり違うものだと思った」は逆転項目であるが、こちらでもやや分散は大きいものの同様な結果であった。

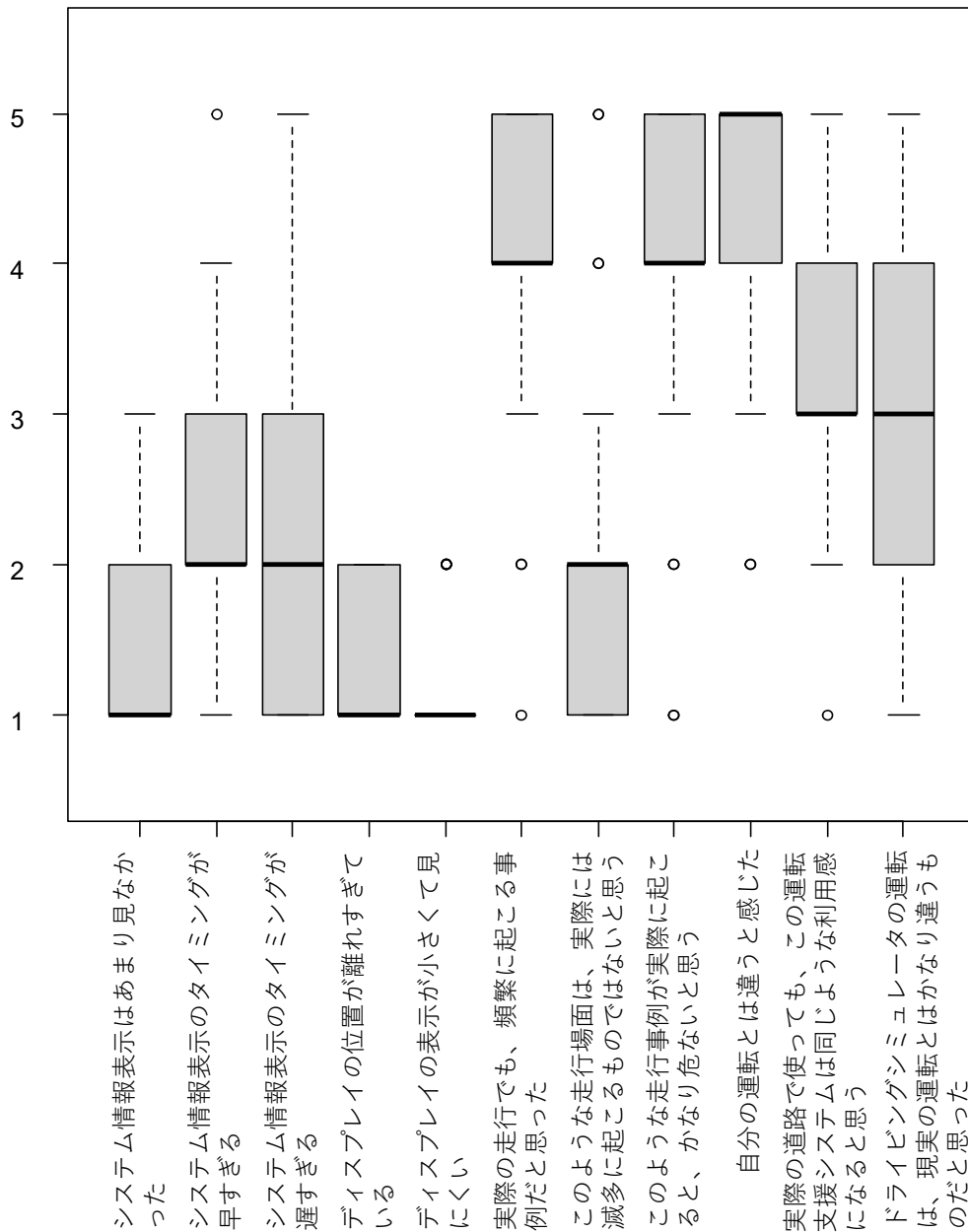


Fig. 3.34 実験系の評価(表示方法)と情報提示条件

3.5 考察

3.5.1 実験結果のまとめ

本実験では予告提示情報の効果について、行動指標と主観指標の双方を評価した。想定される結果は、ADASの動作に関するメンタルモデルが事前の予告提示情報によって確実なものになり、ドライバ自身による予測が正確になるとともに、メンタルモデルの不確定

性が低減することにもない精神的負担が軽減しトラストが向上する、というものであった。測定項目が多岐にわたるため、ここで改めて得られた結果をまとめておく。

タスクの内容はシステムの動作（ブレーキによる急減速）のタイミングを予測させボタンを押すことであった。行動指標として、そのボタン押しと実際の急ブレーキとの時間差で予測の正確さを評価した。これは、予告情報提示によりドライバによる ADAS の動作の予測の精度が向上し、それがタイミング予測の向上にも表れるという仮定の元で設定した評価である。しかし結果は、急減速を生じる事象の種類（先行車の急減速、低速先行車への追いつき、隣車線からの割り込み）ごとの差が大きかった（Fig. 3.20）。そしていずれも、システムから提示された予告情報の効果は見られるものの、急ブレーキ直前に提示される急接近検知情報や先行車のふるまいが手掛かり情報として強く影響していることを示唆していた。

三種の事象のうち特に先行車の急減速場面では、先行車ブレーキや急接近検知情報のみに反応しているボタン押しタスクが行われていると思われる結果が得られている。

予告情報の提示の影響が有意に示されたのは、割り込み場面のみであった（提示情報の種類間で比較）（Fig. 3.21）。その一方で、追いつき場面では提示情報間の比較では予告情報の影響が見えなかったものの、予告情報の提示タイミング（早さ）によると思われる差が現れており、提示が早い場合は予告情報提示の効果が見られた。提示の早さによる差が見られたのは追いつき場面のみである。

主観評価については数度のセッションごとに、予測のしやすさの主観評価、タスクに伴う精神的負担の主観評価、トラストと受容性、行為主体感を質問紙法で評価した。結果は以下のものであった。

予測のしやすさは検知情報の提示の効果が大きいという結果であるが、これは当然といえる（Fig. 3.22）。一方で予告情報提示の効果は、むしろ予測の容易さを低減させる傾向があった。

NASA-TLX にならった主観的な精神的負担の評価では、知的・知覚的負荷（MD）の面では予告情報提示による負担低減の効果が示唆される結果が得られたものの、検知情報の効果に個人差が大きいこともあり、これに対する効果は明瞭には見えない（Fig. 3.23）。

タイムプレッシャー（TD）に関しては、検知情報がタイミングをはかる手掛かりになっていると思われるが、個人間差が大きいこと、予告情報の提示がタイミングタスクとしての負担を低減していること等が示唆された（Fig. 3.24）。精神的集中（EF）の面では、検知情報を手掛かりとするタイミングタスクに精神的集中を要すると同時に、その前に予告情報の提示があると注意のため、時間的に分散され主観的には負担が下がるという仮説が立てられた（Fig. 3.25）。作業成績の評価（OP）については、検知情報と予告情報の双方が利用できることに伴い、タスクの自己評価は厳しくなるという、前章の実路走行実験と

矛盾しない結果が得られている (Fig. 3.26)。フラストレーション評価 (FR) からは、予告情報の提示で不安を感じる傾向が見られ、提示の早さの不確実性が不安の原因ではないかと考察された (Fig. 3.27)。

トラストおよび受容性の面では、予告情報の提示があるとかえってシステムの動作や提示情報の意味がわかりにくくなる傾向が現れた。また予告情報の提示の早さが不定であることが、システム動作・表示の一貫性を疑わせていることも示された (Fig. 3.28, Fig. 3.29, Fig. 3.30, Fig. 3.31, Fig. 3.32)。

行為主体感については、実験参加者は実際には運転操作には参加していないにもかかわらず、接近検知情報によりシステムの動作を自分の行為と感じていることが示唆される結果が得られた。しかし予告情報が提示されるとスコアが下がり、行為主体感の阻害、もしくは自己の予測の客観視が生じているのではと考察された (Fig. 3.33)。

3.5.2 考察

本実験では当初の仮説は、先行的 (予測的) に事象発生情報を予告提示することによる効果は、先行車の動向からは予兆が見えない状況では、高い効果が得られるものと考えられた。一方で、情報の提示が早すぎても効果はなく、遅すぎるとドライバの単純な刺激・応答的な反応を誘発するのみになってしまう。後者の場合は、本来あるべき human-on-the-loop 状態 (ドライバによる交通環境・ADAS の監視と予測) が確立されているとは言えない。以上が仮説であった。

本章における実験では、この構造がある程度明確にされたと言えるが、ボタン押しタスクの予告情報提示の効果が事象の種類ごとに異なるなど、やや込み入った様相を見せた。

まず、予告情報提示の効果 (予告情報が提示されない場合との差) が認められたのは、割り込み事象のみであった。この事象では、隣車線を並走する車両がウインカを出すところから一連の事象が比較的長い時間をかけて生ずる。これは実験で設定した3つの場面の中では、予兆も事態の推移も見えやすい事象と考えられる。

これは表現を変えると、システムからの予告情報は、事象発生の予兆がドライバからも認識されている事例でのみ、受容されたということでもある。今回の実験では事象の種類は3種類のみであり、これだけから一般論を述べることはできないが、予告情報が示された時点で、ドライバが交通環境も含めた予測を既に行っており、その予測に沿った情報提示である場合に、提示情報が受容される、もしくはドライバにとって意味のある情報足り得る、という構造があるものと考えられる。他の2種の事象については、どのような事象が次に生ずるかはドライバに教示されており、予告情報の意味をドライバはよく理解している筈だが、交通環境からドライバが予測できる状況との整合性がなければ受容されない、ということも、同時に示唆されたと言える。

Endsley の状況認識のモデルで考察するならば (Fig. 1.1) 、交通環境から予測できない情報を受容するためには、予測される発生事象のためにメンタルモデルを切り替える必要があり、本実験の設定ではこのメンタルモデルの再選択が速やかに行えなかったものと解釈できる。

追いつき事象では、予告情報提示の効果自体は有意ではなかったが、提示のタイミング (早さ) の影響が見られた。遅い情報提示ではボタン押しの正確さが低下する (ボタン押しが前倒しになる)。この結果は前章で指摘した、on-the-loop 状態が確立しないまま予告情報がボタン押しのトリガとなっていることを示唆するが、情報提示のタイミングが影響していることが示されている。こと事象発生直近の情報提示では、交通環境やシステム動作の状況の事前予測を伴わない、刺激に対する単純な応答となっている、もしくは状況認識を伴わず直接ボタン押しの準備に入っていることが示唆される。

主観評定の上では、検知情報もしくは予告情報の提示により、タスクへの集中に伴う負担感が上昇した。もともと予想された結果は、ADAS の動作に関するメンタルモデルが事前の予告によって確実なものになり、ドライバ自身による予測が正確になるとともに、メンタルモデルの不確実性が低減することを背景に精神的負担が軽減しトラストが向上する、というものであったが、これとは反する結果である。しかし、情報提示により急減速事象発生に備えた状況認識がより強く意識されるようになるという点で、この負担感の発生は妥当である。

一方でこの負担感は、検知情報と予告情報を双方提示することにより軽減されている。この場合は、ドライバによる予測をとまなわれない、検知情報もしくは先行車ブレーキなどに対する直接的な応答タスクとなっているものと解釈できる。

以上の考察をまとめる (Fig. 3.35) 。Human-on-the-loop 状態を維持し、ドライバによる交通環境と ADAS 状態の把握、それに基づく予測のループを回す上で、システム側から事前に予告情報を与えられた場合は、ループ維持の効果は得られるが、ただしそれは次に発生する事象がドライバにとって自明である場合に限られる。これはまた、予告情報を与える際には、その意味がドライバの把握している交通環境と相俟って理解できる形でなければならない、という情報提示の制約も意味するであろう。ドライバにとっての主観的な有用性 (価値) の高さが求められる、と解釈することもできる。

一方で前章で可能性が指摘されていた、システムからの提示情報がそのままボタン押しのきっかけになる、という事例は、事象発生に関する予兆が交通環境からも得にくい場合に見られる、と解釈された。いずれにしても、ドライバは交通環境を把握した上で、予告情報はその補強として使う傾向があったことを示している。

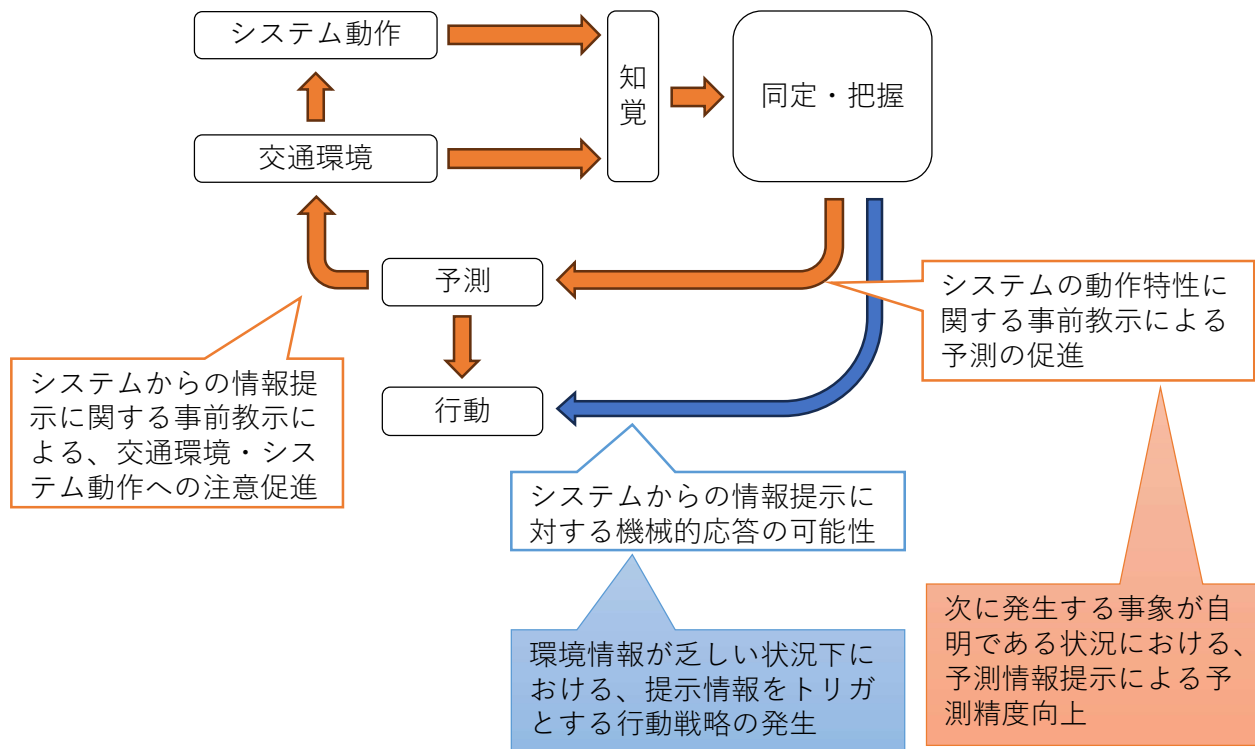


Fig. 3.35 本章で得られた状況認知に関する知見

3.6 本章の結論

前章の実路走行実験では、走行前の教示により ADAS と交通環境に対する状況認識と予測のループが促進される効果を確認したが、単に ADAS からのオーバーライド要求と交通環境から機械的な反応をしているだけである可能性もあった。実際の道路環境・交通環境は複雑であるから、本章ではドライビングシミュレータによる走行実験で、より限定的な交通環境を模擬し、ドライバーによる ADAS 動作の監視・予測の状況を、予測の正確さと主観から評価した。この際、ADAS に関する教示は、走行中に事象発生を予告する形で行うことで、監視・予測のループを促進させる実験手法を用いた。この介入による効果は、発生する事象の特性と、予告情報提示のタイミングの影響を受けるであろうことが予想された。

実験の結果は予想通り、発生事象の種類および情報提示のタイミングの影響を受け、やや複雑な関係性が示された。まず、予告情報の意味付けがドライバーの認識している交通環境と整合し補強するものでありタイミングである場合において、予告情報がドライバーの交通環境監視、ADAS の監視と予測を促進する効果があることが、示された。これは、情報提示内容はドライバーの交通環境認識と照らし合わせて理解できることが、提示方法として要求されることをも示唆している。また、交通環境から事象発生の前兆が得にくい状況で

は、予告情報が有効に利用されているとうよりは、むしろ事象発生を判断するトリガとして機能していることが示唆される結果が得られた。

以上が、本章の結論である。

なお、発生事象の種類は急減速場面の3通りに限定されていることから、一般的な議論は難しい面もある。背景となる、ドライバの状況認知・予測・判断の構造について、より深い理解を得ることにより、ドライバへの情報提示法へのより良い指針を与えることができるようになるものと考えられる。

4 結論

4.1 本論文の結論

本研究では、まず ADAS 利用の前に与えられる事前教示が、ドライバのシステム動作への認識および操作行動に与える影響を実車実験で検証した（2章）。ADAS の状態を常時把握するようドライバに意識づけることによる on-the-loop 状態の促進効果が示された。

具体的には、ADAS の動作状況をドライバが把握することによって精神的負担が低減し、ADAS への介入が増えていた。この背景には、ドライバ自身による積極的なシステム利用と、それに伴う ADAS 動作への予測が背景にあると考えられ、その予測の自己評価と解釈できる主観評価も発生していた。この予測の内容には、ADAS に対するメンタルモデルや交通環境に関する状況認識など複雑な構造があると考えられる。

ここで得られた結果は、ドライバに対する ADAS の機能の事前説明の効果の構造を説明するものとも解釈でき、事前の説明方法の検討や説明方法の開発に寄与する結果である。

その一方で、ドライバは単にシステムからの警報に反応しているだけである可能性も示唆された。ドライバによる交通環境とシステム状態把握の目的は、単に得られた情報に素早く対応できることではなく、近い将来の交通環境とシステム動作を予測することであるから、継続性のない、刺激に対する単純な応答となっていることは、望ましくない。

そこで第二の実験として、ドライバに交通環境・ADAS 動作の監視を呼び起こすことを企図した介入を行った（3章）。すなわち、ドライバから直接には予兆が見えない段階で先行的に予告情報を提示する方法により、ドライバの予測を支援し on-the-loop 状態を促した。このような機能は現実の自動車にはまだ存在しないため、ドライビングシミュレーション実験としている。この介入の有無により、on-the-loop 状態が強化される条件とそうでない場合との比較検討が可能となる。ドライバが遭遇する場面は、先行車両の急減速およびそれに伴う ADAS の衝突回避動作という、単純な（かつ現実の運転で想定され得る）交通事象を対象を絞り、遭遇場面の特徴まで考慮できる分析ができるようにした。

得られた結果は、予告情報の提示の効果が示されるとともに、その受容は遭遇する交通環境の影響を強く受けることが、示唆されるものであった。検討された場面の種類は3通りのみであるため一般論は難しいものの、予告情報は、ドライバが認識している交通環境と整合する意味を持つこと、すなわち今回の事例に即して言えば、既に近い将来に事象が発生する予兆が現れている段階であって、予告がそれを補強する情報である場合に、受容されるものと解釈された。また予告情報が提示されるタイミングも重要であり、事象が発生する間際の情報提示は、ドライバに事象発生への直接的反応を誘発させるもので、継続的な on-the-loop 状態の促進とは異なる、単なる反応へのトリガとしての効果を持つのではないかと考えられた。

これらの解釈がどの程度一般性を持ち得るのかについては、より多様な交通状況を想定した実験を積み重ねることによる検証が、必要と思われる。本論文で、ドライビングシミュレーションも含めて検討した対象事象は、実際の道路環境・交通環境のごく一部を切り取ったに過ぎない。またドライバに提供する情報も、単に先行車の挙動を伝えるのみならず、ドライバのメンタルモデル選択を支援する考えから（1.4節参照）、前方の渋滞情報など想定される原因情報などまで含めて伝えるなど、より詳細な情報を含めた方が良いという考え方もあると思われる。

本論文では、ドライバの認知・判断の構造について深く検討することができなかったが、情報提供の効果を一般的な形で提示するためには、事例の積み上げによる現象からの探求だけではなく、on-the-loop 状態もしくはこのループから離れている状態での、ドライバの内面、認知・予測・判断のループがどのように働いているのかを、知る必要があるとも思われる。これも本論文では深く触れることのできなかつた課題である。

4.2 予測情報を提示する効果に関する残された課題

本論文では3章において、走行中に事象発生の予告情報を提示する効果について、やや詳細に議論したが、本来は検討すべき課題の多いテーマでもあるため、ここで残されている課題を示しておく。いわばドライバにとっての近未来の予測技術であるから、それをどのように実現するかについては後述するとして、実現するとしても予測である以上、必然的に不確実性が含まれてくる。例えば、

- 1) 将来発生する可能性のある事象の種類の不確実性、
- 2) ハザードの深刻さの程度の不確実性、
- 3) 発生頻度・生起可能性の高さなどリスクに関する不確実性、
- 4) 提供される予測情報のエラー率（発生事象の種類の違い、False Positive/False Negative）、
- 5) 予測情報発出からどれくらいのタイミングで発生するかという時間の不確実性、
- 6) 予測される事象のドライバにとっての理解のしやすさ（文脈による自明性・非自明性）、

などが挙げられるが、このような不確定情報をドライバが受容し利用できるかどうか、悪影響はないかについて、検討を深める余地がある。本論文で得られた結果の範囲では、先行車の急減速という場面に絞っても、ドライバの認識に沿う提供情報でなければ受け入れられないことが示唆されていた。

現実の交通現象を考えると、想定されるべき状況は多様である。提示情報のドライバへの受容性については、状況や発生事象の種類ごとにドライバへの情報提示の効果を実験的に確認していくことは、堅実なアプローチである。

一方でこのような多様性に対処するためにはより一般的に、ドライバの認知・判断の構造を踏まえて、予告情報の受容性、もしくはドライバにとっての予告の情報価値について検討を進め、可能であれば定量的評価を可能とすることで、情報提示方法の設計にも役立つ知見が蓄積されるものと考えられる。

なお、予告情報を提示することの技術的現実性について。現実の自動車に即して考えると、これはいわば近い未来を予測する技術であり、従って現時点での実装事例はないと思われる。しかし技術的には、周辺交通参加者の挙動から交通環境を予測することは想定できる。このような予測の技術は、ADAS や自動運転のアルゴリズム改善を目的に、不確定性を織り込みつつ実現される可能性はあると考えられる。これに加えて、ADAS 自体は ITS により車々間、路車間など不可視通信、事故・渋滞情報、また過去の交通現象データベースから予測される情報を取り込むことが可能であり、今後は AI による予測もこれに加わるであろう。このようにドライバからは見えない情報を活用した確度の高い予測も今後は可能となるかもしれない。

4.3 応用面から見た本研究の意義

本研究ではまず 2 章において、ADAS 利用時の human-on-the-loop 状態を確立する上で事前の教示に効果があることを示した。この章における実験では、毎走行ごとに ADAS に関する注意事項を読み上げている。しかし現実的には、たとえ業務としての運転であってもこのような丁寧な運用は考えにくい。自動車販売時点やレンタル時点の最初の一回の説明のみで、効果的に ADAS を利用できるようにする簡明な説明ぶりが求められる。NHTSA の指針では、ADAS の仕組みは述べて機能面に留めた説明にすべきであるとしていた [Campbell et al., 2018]。これに加えて本研究の示すところによれば、ADAS の動作状態を確認する方法を確実に理解させることが効果的であり、機能の理解による動作予測とあいまって動作確認ができることで on-the-loop 状態を促進し、精神的負担を低減し適切な介入（オーバーライド）ができるようになる。しかし ADAS の機能の説明は想定される交通環境や道路状況ごとに説明することになり（ODD の説明が必要になり）、その多岐性はドライバへの負担となるのが問題である。その一方で、ヒューマンインターフェースにより走行時の ADAS の動作状況および環境認識状況が示されることは、ドライバの負担の軽減にもつながり、また on-the-loop 状態促進の上で効果的であることが本研究では示されている。なお、運転席のダッシュボード上の各種表示や警報音は既に全てを把握するには複雑なものになっており（今回実験に使用した車両の表意を例にとると、警告灯アイコンが 13 種以上、状態を表すアイコン全体の数は 30 を超え、さらにインジケータ類が加わる）。これら情報提示の方法を集約するのは簡単ではないと思われるが、車両販売やレンタル時に

車内表示や警報音の意味を重視した教示をすることが望まれるとともに、メーカーや車種間での共通化・標準化を進め、少しでも利用者が覚える負担を下げる必要もあろう。

ADASの動作状況の情報提示については、本論文3章において考察された。これは1.5節で述べたように機械安全のスリーステップメソッドに倣うと、「使用上の情報提供」における「取扱い説明書」と「警報」の間の段階である「警告標識と信号」にあたるものである。機械としての自動車の特徴的な点は、ダイナミックな交通環境の中で運用されるために、信号と警報の重要性がことさら大きくならざるを得ないことであると思われる。そして対象となるハザードの、種類と深刻さ、時間余裕、不確定性など、関連する要因の数も幅も大きい。現状のレベル2のADASでは、機能停止の際の警報（ToR）と交通環境の検知状態のみが提示されているが、警報に対してドライバは即応するのみであるので、これは継続的な動作監視にはつながらない。また交通環境の検知情報（先行車の検知と車線の検知）は先行者の有無など静的な情報しか与えず、監視の対象にはなりにくい。本研究ではADASの動作（衝突回避ブレーキ）を早い段階で予告する情報を提示することで、直前の警報と静的情報の間にあたる情報を提示しすることで、ドライバによる継続的な監視を促進する効果を確認したものである（先述のようにこれは近未来技術を想定している）。その結果は、ドライバ自身によっても目視により認識されている交通環境を補完する情報であれば、受容され on-the-loop 状態を促進できる、というものであった。

本来は、交通環境からは予想しにくい事象に関する予告情報の方がドライバにとっての情報価値は高い筈であるが、そのような情報の提示は効果が薄い（ドライバが受容できない）ということである。3.5.2節で考察したようにドライバは、現在の状況を理解するためのメンタルモデルを持って知覚・同定・予測のループを回しているが、新しい状況の予告を受容するためには、この自身のメンタルモデルを切り換える必要がある。これを支援するために、現時点の交通環境を踏まえつつ予測される発生事象の種類を示唆し受容させる情報追加が望まれる。

予告情報の提示タイミングについても、第3章では検討された。情報提示が遅れると on-the-loop 状態による継続的な予測と監視の促進ではなく、提示に対する直接反応となってしまうことが示唆された。しかしその一方で、情報提示は早すぎても効果が薄いことは明らかである。効果の薄い情報提示は提示情報自体への信頼を失う結果にもなるので、提示タイミングの範囲は発生事象の種類ごとに検討して定める必要がある。

Level2のADASはまだ当面は、広い範囲で使われるであろう。ドライバのエラーを誘発せず快適に運転支援を利用できるように、どのように利用者に情報を提供していくかについて、実用的な意味からも検討を深めていく必要がある。

5 謝辞

本稿は、数年間にわたる「高度運転支援システム使用者の運転状況監視を促進する情報提供に関する研究」に関する一連の研究を積み上げた結果である。その際、技術的な指導もさることながら、意欲や姿勢についても総合的に指導を頂いた指導教官である筑波大学大学院教授伊藤誠先生にお礼を申し上げたい。

また、お忙しいにも関わらず副査の労をお取りくださった筑波大学亀田能成教授、北島創准教授、佐藤稔久准教授、齊藤裕一助教にもお礼を申し上げる。

筑波大学システム情報工学研究群認知システムデザイン研究室の皆さんには、研究上のディスカッション、実験の手続きなど多くの面でお世話を頂いた。御礼を申し上げる。

また、ともに研究の方向性に協力を頂いた産業技術総合研究所の皆さん、その他実験および手続きに協力いただいた方々にお礼を申し上げたい。

論文執筆に関しては、産業技術総合研究所の齊藤浩一キャリアカウンセラーにもご尽力を頂いた。御礼を申し上げる。

総合的に援助を頂き、お世話を頂いた産業技術総合研究所の所属ユニットの皆さんに、御礼を申し上げたい。

6 参考文献

- Bainbridge, L. (1983). Ironies of Automation. In G. Johanssen, & J. E. Runsdorp (Ed.), *Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems* (pp. 129-135). Baden-Baden: Elsevier Ltd. doi:10.1016/B978-0-08-029348-6.50026-9
- Baron-Cohen, S., Ruchler, J., Bisarya, D., Gurunathan, N., & Wheelwright, S. (2003, Jan 17). The systemizing quotient: an investigation of adults with Asperger syndrome or high-functioning autism, and normal sex differences. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, 358(1430), 361-374. doi:10.1098/rstb.2002.1206
- Beggiato, M., & Krems, J. F. (2013). The evolution of mental model, trust and acceptance of adaptive cruise control in relation to initial information. *Transportation Research Part F*, 18, 47-57. doi:10.1016/j.trf.2012.12.006
- Beggiato, M., Preira, M., Petzoldt, T., & Krems, J. (2015). Learning and development of trust, acceptance and the mental model of ACC. A longitudinal on-road study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 35, 75-84. doi:10.1016/j.trf.2015.10.005
- Campbell, J. L., Graving, J. S., Richard, C. M., Lchty, M. G., Bacon, L. P., & Sanquist, T. (2018, August). *Human factors design guidance for level 2 and level 3 automated driving concepts*. National Highway Traffic Safety Administration.
- Childers, T. L., Houston, M. J., & Heckler, S. E. (1985, 9). Measurement of Individual Differences in Visual Versus Verbal Information Processing. *J. Consumer Research*, 12, 125-134.
- Dickie, D. A., & Boyle, L. N. (2009). Driver's understanding of adaptive cruise control limitations. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 33rd annual meeting* (pp. 1806-1810). Human Factors and Ergonomic Inc.
- Endsley, M. R., & Garland, D. J. (2000). *Situation awareness analysis and measurement*. Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- FrenchJ.D., WestJ.R., ElanderJ., WildingM.J. (1993). Decision-making style, driving style, and self-reported involvement in road traffic accidents. *Ergonomics*, 36(6), 627-644. doi:10.1080/00140139308967925
- Frith, C. D., Blakmore, S.-J., & Wolpert, D. M. (2000, 12 29). Abnormalities in the awareness and control of action. *Philosophical Transactions of The Royal Society B*, 355(1404), 1771-1788. doi:10.1098/rstb.2000.0734
- FullerRay. (2000 年 Jan 月 1 日). The task-capability interface model of the driving process. *Recherche-Transports-Sécurité*(66), 47-57.
- Gold, C., Damböck, D., Lorenz, L., & Bengler, K. (2013). "Take over!" How long does it take to get the driver back into the loop? *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 57(1), 1938-1942. doi:10.1177/1541931213571433
- Hart, S. G. (2006, October). Nasa-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. *Proc. Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 50(9), 904-908. doi:10.1177/154193120605000909
- Helldin, T., Falkman, G., Riveiro, M., & Davidsson, S. (2013, October 28). Presenting system uncertainty in automotive UIs for supporting trust calibration in autonomous driving. *Proceedings of the 5th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 210-217. doi:10.1145/2516540.2516554
- Jenness, J. W., Lerner, N. D., Mazor, S., Osberg, S. J., & Tefft, B. C. (2007, August). Use of advanced In-Vehicle technology by young and older early adopters. *DOT-HS 810 828*, 1-179. Springfield, VA: National Technical Information Service.
- Lee, J. D., & Moray, N. (1994, 1). Trust, self-confidence, and operators' adaptation to automation. *International Journal of Humna-Computer Studies*, 40(1), 153-184. doi:10.1006/ijhc.1994.1007

- Lee, J., & Moray, N. (1992). Trust, control strategies and allocation of function in human-machine systems. *Ergonomics*, 35(10), 1243-1270. doi:10.1080/00140139208967392
- Lee D. John, See A. Katrina. (2004 年 Spring 月). Trust in Automation: Designing for Appropriate Reliance. *Human Factors*, 46(1), 55-80.
- Louw, T., Madigan, R., Carsten, O., & Merat, N. (2017). Were they in the loop during automated driving? Links between visual attention and crash potential. *Injury Prevention*, 23(4). doi:10.1136/injuryprev-2016-042155
- Louw, T., Markkula, G., Boer, E., Madigan, R., Carsten, O., & Merat, N. (2017, November). Coming back into the loop: Drivers' perceptual-motor performance in critical events after automated driving. *Accident Analysis and Prevention*, 108, 9-18. doi:10.1016/j.aap.2017.08.011
- Lu, Z., Zhang, B., Feldhütter, A., Happee, R., Martens, M., & de Winter, J. C. (2019, May). Beyond Mere Take-Over Requests: The Effects of Monitoring Requests on Driver Attention, Take-Over Performance, and Acceptance. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 63, 22-37. doi:10.1016/j.trf.2019.03.018
- Merat, N., Seppelt, B., Louw, T., Engström, J., Lee, J. D., Johansson, E., Keinath, A. (2019, February 12). The "Out-of-the-Loop" concept in automated driving: proposed definition, measures and implications. *Cognition, Technology & Work*, 21, 87-98. doi:10.1007/s10111-018-0525-8
- Muir, B. M., & Moray, N. (1996). Trust in automation. Part II. Experimental studies of trust and human intervention in a process control simulation. *Ergonomics*, 39(3), 429-460. doi:10.1080/00140139608964474
- National Highway Traffic Safety Administration. (2015, February). Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey. *Traffic Safety Facts: Crash * Stats, DOT HS 812 115*.
- Norman, D. A. (1990, April 12). The 'Problem' with Automation: Inappropriate Feedback and Interaction, not 'Over-Automation'. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 327(1241), 585-593. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/55330/>
- Rempel K. John, Holmes G. John, Zanna P. Mark. (1985). Trust in colse relationships. *Journal of Personality and Social Psychology*, 49(1), 95-112. doi:10.1037/0022-3514.49.1.95
- SAE International. (2021, April). Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles. *Surface Vehicle Recommended Practice, J3016 APR2021*.
- Sarter, N. B., Woods, D. D., & Billings, C. E. (1997). Automation surprises. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors & Ergonomics, second edition* (pp. 1026-1043). New York: John Wiley & Sons.
- Seppelt, B. D., & Lee, J. D. (2007, March). Making adaptive cruise control (ACC) limits visible. *Int. J. Human-Computer Studies*, 65(3), 192-205. doi:10.1016/j.ijhcs.2006.10.001
- Stoltz, D. S., Lizardo, O., Mowry, R., Sepulvado, B., Van Ness, J., Taylor, M. A., & Wood, M. (2018). What Are Dual Process Models? Implications for Cultural Analysis in Sociology. *SocArXiv, August*(8), 1-41. doi:10.31235/osf.io/sx8b6
- Takahashi, A. (2021, June 27). Supporting event prediction for Level 2 ADAS users to prevent automation surprises. (N. Stanton, Ed.) *Advances in Human Aspects of Transportation. AHFE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*, 270, 238-245. doi:10.1007/978-3-030-80012-3_29
- U'eyes Design. (2015 年 10 月 26 日). ヒトとクルマの調査レポート ～ドライバーの行動原理から見たクルマの今と未来～. Yokohama, Kanagawa pref., Japan: U'eyes Design Inc.

- van der Laan, J. D., Heino, A., & de Waard, D. (1997, 2). A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 5(1), 1-10. doi:10.1016/S0968-090X(96)00025-3
- Viktorová, L., & Šucha, M. (2019). Learning about advanced driver assistance systems – The case. *Transportation Research Part F*, 65, 576–583. doi:10.1016/j.trf.2018.05.032
- Wegner, D. M., & Wheatley, T. (1999, 7). Apparent mental causation: Sources of the experience of will. *American Psychologist*, 54(7), 480-492. doi:10.1037/0003-066X.54.7.480
- West, R., French, D., Kemp, R., & Elander, J. (1993). Direct observation of driving, self reports of driver behaviour, and accident involvement. *Ergonomics*, 36(5), 557-567. doi:10.1080/00140139308967912
- Zeeb, K., Buchner, A., & Schrauf, M. (2015, May). What determines the take-over time? An integrated model approach of driver take-over after automated driving. *Accident Analysis and Prevention*, 78, 212-221. doi:10.1016/j.aap.2015.02.023
- ノーマン, D. A. (2015, 4 23). *誰のためのデザイン? 増補・改訂版 — 認知科学者のデザイン原論*. 新曜社.
- バロン=コーエンサイモン. (2005). 共感する女脳、システム化する男脳. (三宅真砂子, 訳) NHK 出版.
- ラスムッセン, J. (1990, 3 1). *インタフェースの認知工学—人と機械の知的かかわりの科学*. (博. 海保, 真. 赤井, 隆. 加藤, & 文. 田辺, Trans.) 啓学出版.
- 伊藤誠. (2008). 状況認識の強化と ACC 機能限界の理解支援のための減速度表示. 計測自動制御学会論文集, 44(11), 863-870. doi:10.9746/ve.sicetr1965.44.863
- 伊藤誠. (2009). 負荷軽減のための運転支援システムに対する過信をもたらす要因の探究. 計測自動制御学会論文集, 45(11), 555-561. doi:10.9746/sicetr.45.555
- 伊藤誠. (2011 年 10 月). 技術へのユーザの過信を技術で抑制できるか. 信学技法. 111, ページ: 13-16. 電子情報通信学会.
- 稲垣敏之. (1993 年 3 月). 誰のための自動化? 計測と制御, 32(3), 181-186. doi:10.11499/sicej11962.32.181
- 稲垣敏之. (2011 年 11 月). これからのドライバ主権のありかたと運転支援システムへの過信と依存. 自動車技術会シンポジウム. 02-11, ページ: 18-23. 自動車技術会.
- 高橋昭彦. (2022 年 7 月 30 日). 危険事象発生可能性の事前予測的な情報提示が自動車運転支援システム利用ドライバの注意誘導に与える効果. 人間工学, 58(Supplement(第 36 回大会)), 2F4-02.
- 高橋昭彦, 佐藤稔久, 北崎智之, 平尾章成. (2019 年 March 月). 運転支援システムの理解度がドライバの精神的負担に与える影響—ACC および LKA を搭載した実車での実路走行評価—. 自動車技術会論文集, 50(2), 486-491. doi:10.11351/jsaeronbun.50.486
- 国土交通省. (2020 年 1 月 31 日). 乗用車等の衝突被害軽減ブレーキに関する国際基準を導入し、新車を対象とした義務付けを行います。～道路運送車両の保安基準の細目を定める告示等の一部改正について～. 参照日: 2024 年 6 月 12 日, 参照先: 国土交通省: https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha08_hh_003618.html

- 国土交通省. (2020年11月11日). 世界初！ 自動運転車（レベル3）の型式指定を行いました. 参照日: 2022年11月1日, 参照先: 国土交通省:
https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha08_hh_003888.html
- 国土交通省. (2021). 先進安全自動車. 参照日: 2023年6月15日, 参照先: 自動車総合安全情報:
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/>
- 佐藤徳. (2011年3月). 何が自己を自己たらしめるか？ 運動主体感の研究から. 認知科学, 18(1), 29-40.
- 細川崇, 橋本博, 平松真知子, 寸田剛司, 吉田傑. (2016). 一時停止規制のある交差点における高齢運転者に対する運転支援の効果検討. 自動車技術会論文集, 47(2), 531-536.
doi:10.11351/jsaeronbun.47.531
- 細川崇, 橋本博, 平松真知子, 寸田剛司, 吉田傑. (2017年5月). 一時停止規制のある交差点における高齢運転者を対象とした運転支援の効果と受容性の検討. 自動車技術会論文集, 48(3), 739-744.
- 産業疲労研究会. (2002). 自覚症しらべ. 参照日: 2019, 参照先: 産業疲労研究会:
<https://square.umin.ac.jp/of/service.html>
- 神山貴弥, 藤原武弘. (1991). 認知要求尺度に関する基礎的研究. 社会心理学研究, 6(3), 184-192. doi:10.14966/jssp.KJ00003725148
- 石橋基範. (2009年3月). 自動車運転者の個人特性評価に基づく反応理解手法に関する研究. 香川大学大学院工学研究科.
- 石橋基範, 大桑政幸, 赤松幹之. (2002). 運転者特性把握のための運転スタイル・運転負担感受性チェックシートの開発. 自動車技術会 2002年春季退会学術講演会前刷集. 55-02, ページ: 9-12. 自動車技術会.
- 石橋基範, 大桑政幸, 赤松幹之. (2003年6月). HQL式運転スタイルチェックシート解説書. 人間生活工学研究センター.
- 石橋基範, 大桑政幸, 赤松幹之. (2003年6月). HQL式運転負担感受性チェックシート解説書. 人間生活工学研究センター.
- 先進安全自動車推進検討会. (2016). 先進安全自動車（A S V）推進計画 報告書 - 第5期A S V推進計画における活動成果について -. 国土交通省, 自動車局. 国土交通省. 参照先: <https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/documents.html>
- 浅井智久, 高野慶輔, 杉森絵里子, 丹野義彦. (2009). 自己主体感を測定する尺度の開発と因子構造の探索. 心理学研究, 80(5), 412-421.
- 相馬仁. (2000). 前方自動車自動追従システムに対するドライバの信頼感. 名城大学理工学部研究報告(50), 51-58.
- 内藤まゆみ, 鈴木佳苗, 坂元章. (2004). 情報処理スタイル（合理性一直観性）尺度の作成. パーソナリティ研究, 13(1), 67-78.

- 日産自動車株式会社. (2016年8月). 車両取扱説明書 セレナ 2018/08～. 日産自動車株式会社.
参照日: 2016年10月4日, 参照先: 取扱説明書／簡単早わかりガイド:
<http://www.nissan.co.jp/OPTIONAL-PARTS/NAVIOM/?vehicle=SERENA&year=2016>
- 日本自動車工業会. (2021). 2021年版 日本の自動車工業. 東京: 一般社団法人日本自動車工業会. 参照先: <https://www.jama.or.jp/library/publish/>
- 認知要求尺度. (2001). 著: 堀洋道, 山本真理子 (共同編集), 心理測定尺度集 I (ページ: 203-207). サイエンス社.
- 並川努, 谷伊織, 脇田貴文, 熊谷龍一, 中根愛, 野口裕之. (2012). Big Five 尺度短縮版の開発と信頼性と妥当性の検討. 心理学研究, 83(2), 91-99.
- 芳賀繁. (2001). 日本語版 NASA-TLX の開発. 著: 芳賀繁, メンタルワークロードの理論と測定 (ページ: 77-95). 日本出版サービス.
- 北崎充晃. (2021年10月). 自在化身体 of 身体所有感, 行為主体感, 行動変容. 日本ロボット学会誌, 39(8), 701-707.
- 林哲史. (2017年7月27日). 自動運転の「交通事故削減効果」データで読み解く 自動運転が作る未来 (14) . 日経 BP 電子版. 参照日: 2019年 June 月 17日, 参照先:
<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO18664440Q7A710C1000000/>
- 和田さゆり. (1996). 性格特性用語を用いた Big Five 尺度の作成. 心理学研究, 67(1), 61-67.
doi:10.4992/jjpsy.67.61

7 付録：実験で使用したアンケート用紙

7.1 運転経験チェックシート

運転経験チェックシート

このたびは調査にご協力いただき、ありがとうございます。調査に先立ち、以下の質問にお答えください。

1. はじめに、ご自身のことについてお伺いします。

- (1) 年齢 10代 ・ 20代 ・ 30代 ・ 40代 ・ 50代 ・ 60代 ・ 70代 ・ 80代
- (2) 性別 男性 ・ 女性
- (3) 居住地(区町村まで・番地は不要)
- (5) 現在、または過去のご職業や運転のご体験について、以下にあてはまりますか？(あてはまるもの全てに○)
 - () 人荷輸送の自動車(トラック、バス、タクシー等)運転手の経験がある。
 - () 自動車や自動車部品メーカーでの研究開発職の経験がある
 - () モータースポーツ教習や限界走行体験など、運転に関する特別な訓練を受けた経験がある
- (6) 自動車普通運転免許を取得したのは、いつですか？(何年、または何歳のときですか)

2. 運転経験や習慣について、お伺いします。

- (1) 自動車の運転経験は、何年くらいですか？(1つに○)
1年未満 ・ 1年以上3年未満 ・ 3年以上5年未満 ・ 5年以上10年未満 ・ 10年以上20年未満 ・ 20年以上30年未満 ・ 30年以上
- (2) この1年間の走行距離は、おおよそのくらいですか？(1つに○)
1千km以下 ・ 1千km超～5千km ・ 5千km超～1万km ・ 1万km超～2万km ・ 2万km超～3万km ・ 3万km超～5万km ・ 5万km超 ・ 考えたことがない
- (3) 普段、どのくらいの頻度で運転しますか？(1つに○)
ほぼ毎日 ・ 週3～4日 ・ 週1～2日 ・ 月1～2日 ・ 年間数日 ・ ほとんどなし
- (4) 高速道路・自動車専用道路を、どのくらいの頻度で運転しますか？
ほぼ毎日 ・ 週3～4日 ・ 週1～2日 ・ 月1～2日 ・ 年間数日 ・ ほとんどなし
- (5) 運転することは好きですか？(1つに○)
とても好き ・ まあまあ好き ・ どちらともいえない ・ それほど好きではない ・ 全く好きではない
- (6) 短い距離の移動でも自分で運転することを避けたいですか？(1つに○)
避けたい ・ できれば避けたい ・ どちらともいえない ・ それほど避けたいとは思わない ・ 全く避けたいとは思わない
- (7) 普段、どのような目的で車を使うことが多いですか？(1つに○)
通勤/通学で使う ・ 日常生活の足(日用品の買い物、送迎、通院等)として使う ・ ドライブ・レジャーに使う ・ 仕事(通勤以外で、営業活動などの業務上の移動等)に使う ・ その他
- (8) 普段もっとも運転する機会の多い車種をお教えてください。(1つに○)
軽自動車 ・ コンパクトカー ・ セダン ・ ミニバン ・ ワゴン ・ SUV ・ スポーツカー ・ 軽トラック ・ 貨物自動車 ・ 二輪車 ・ その他
- (9) 最近、試乗以外で運転支援システムを利用した経験はありますか。(あてはまるもの全てに○)
 - () AEB(衝突回避ブレーキ)機能搭載の自動車を運転したことがある。
 - () ACC(先行車自動追従)機能搭載の自動車を運転したことがある。
 - () LKAS(車線逸脱防止)機能搭載の自動車を運転したことがある。
- (10) これまでにドライビングシミュレータ走行実験に参加されたことはありますか。(1つに○)
() 経験がある () 経験なし

以上です。ご協力ありがとうございます。

7.2 人間生活工学研究センター版 運転スタイルチェックシート DSQ

デモグラフィックではない観点から運転行動を理解する上で重要と考えられる「ドライバ個人の特性（運転に取り組む態度や志向、考え方）」を記述する目的で、石橋らによって開発された質問紙である。[石橋, 大桑, 赤松, HQL 式 運転スタイルチェックシート 解説書, 2003]

運転スタイルチェックシートDSQ
S-A

<p>【記入のしかた】 あなたの運転や、車の使い方についてお聞きます。 下にある文章に、あなたはふだんのくらい当てはまりますか？このわくの右側を見て、当てはまる程度をもっともよく表わすように1つ選び、それぞれの文章の右の数字に○をつけていってください。 どれが良いとか悪いとか正解はありませんので、正直に答えてください。また、あまり深く考えこまずに直感で答えてください。</p>	全く当てはまらない	少し当てはまる	かなり当てはまる	非常に当てはまる
1. 渋滞しているときの車線変更は苦手だ	1	2	3	4
2. 所要時間があまり変わらないときは、車よりもバスや電車を使う	1	2	3	4
3. 割り込まれることをあまり気にせず、車間距離を十分にとる	1	2	3	4
4. 徐行、一時停止などの運転操作を確実に行う	1	2	3	4
5. 先の信号を見て、かなり先からスピードを落としたり、速めたりする	1	2	3	4
6. 車は移動手段でとにかく走ればよいと思う	1	2	3	4
7. 悩みなど問題を抱えたとき、運転に身が入らないことがある	1	2	3	4
8. 歩行者をひいてしまわないか、いつも心配している	1	2	3	4
9. 短い時間であっても、駐車禁止の場所に停めるのはさける	1	2	3	4
10. 車幅感覚に自信がある	1	2	3	4
11. 車で移動するとき、裏道ではなく、できるだけ信号のある整備された広い道を選ぶ	1	2	3	4
12. 車線変更してでもできるだけ前に行きたい	1	2	3	4
13. 車線変更や交差点などでは、安全確認を慎重に行う	1	2	3	4
14. 先の信号に引っかからないように速度調節する	1	2	3	4
15. 車が自分のステイタスである(カッコいい車がいい)と思う	1	2	3	4
16. 気分のよし悪しなどによって、車の運転がおろそかになったり飛ばしたりする	1	2	3	4
17. 自分が車の事故を起こすことを気にしている	1	2	3	4
18. 制限速度はいつも必ず守っている	1	2	3	4
記入もれがないか、ご確認ください				

編集・著作 社団法人 人間生活工学研究センター

7.3 人間生活工学研究センター版 負担感受性チェックシート

WSQ

デモグラフィックではない観点から運転行動を理解する上で重要と考えられる「ドライバ個人の特性（運転につきものの負担の中で、どれをどのくらい負担に感じるか）」を記述する目的で、石橋らによって開発された質問紙である。[石橋, 大桑, 赤松, HQL式運転負担感受性チェックシート 解説書, 2003]

負担感受性チェックシートWSQ											W-A
【記入のしかた】 車を運転すると、ときには緊張や無理が続いて負担になり、あとでぐったり疲れることもあるでしょう。ここでは、こんな場面が就くも 負担 になって、 あとで疲れそうかどうか を想像し、負担の程度を教えてください。 日ごろ運転していて、下にある文章の場面を これからしばらく運転することになったとき 、あなたに どのくらい負担に感じますか ？このわくの右側を見て、あなたの負担の感じる程度をもっともよく表わすように 1つだけ 、それぞれの文章の右の数字に○をつけてください。（深く考えずに直感で答えてください）	負担が大きいと感じる					負担が小さいと感じる					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1. バイクのすり抜けや路地からの飛び出しなど、予期せぬ動きの多い道で運転	1	2	3	4	5	20. シートの形(幅、長さ、凹凸の具合など)が体に合わない状態で運転	1	2	3	4	5
2. 夜、街灯が多かったり少なかったりして、明るさがひんぱんに変化する道で運転	1	2	3	4	5	21. 交差点などの一時停止が多く、そのために道路の様子を確認しなければならない道で運転	1	2	3	4	5
3. 運転以外のことが原因で、きげんが悪いときに運転	1	2	3	4	5	22. 例えば都市高速やバイパスの上り、直線・大小カーブ・合流分岐などが組み合わさって、道路の形状がころころ変化する道で運転	1	2	3	4	5
4. 深夜に運転	1	2	3	4	5	23. 上司、先生など目上の人を乗せて運転	1	2	3	4	5
5. 抜け道のない渋滞の中で運転	1	2	3	4	5	24. 体調の悪さ(かぜ、頭痛といった病気など)を感じるときに運転	1	2	3	4	5
6. 運転が原因で、脚、腰、背中などの痛み、こり、しびれを感じる状態で運転	1	2	3	4	5	25. 渋滞が続いて、アクセルやブレーキを細かく操作する運転	1	2	3	4	5
7. 道路標識(行先案内板)や地図を使って、ルートや目的地を探しながら運転	1	2	3	4	5	26. 途中、十分に休息をとれない状態で運転	1	2	3	4	5
8. 夏に冷房がききすぎたり、冬になかなか暖房がきかないなど、車内が寒すぎる時に運転	1	2	3	4	5	27. 目的地までの行先案内板が、分かりにくい道で運転	1	2	3	4	5
9. 山道やカーブの多い道など、細かいハンドル操作や速度調節が必要な道で運転	1	2	3	4	5	28. 車内がまったりい、排ガスでくさいなど、車内の空気が良くない状態で運転	1	2	3	4	5
10. シートが柔らかくて体に合わない状態で運転	1	2	3	4	5	29. アクセルの加速感やブレーキのきき具合など、ペダルを操作する感じが自分にしっくりこない状態で運転	1	2	3	4	5
11. 路上駐車が多い道での運転	1	2	3	4	5	30. シートやハンドル、ペダルなどの位置(レイアウト)が、自分にしっくりこない状態で運転	1	2	3	4	5
12. 夕方や明け方の直射日光で、道路や周囲が見えにくいときに運転	1	2	3	4	5	31. 車両感覚、車幅感覚がつかめない状態で運転	1	2	3	4	5
13. 同乗者を乗せて運転	1	2	3	4	5	32. 右左折専用の車線が複数あったり、自分のいる車線が右左折と直進で不規則に入れ替わったりするなど、車線構成が複雑な道で運転	1	2	3	4	5
14. 不規則な昼夜リズムで生活しているときに運転	1	2	3	4	5	33. 壊れやすい、荷ぐずれしやすい、高価など、気をつかう荷物を載せて運転	1	2	3	4	5
15. 制限速度が遅すぎたり、自分がしっくりくる速度よりも遅い速度で運転	1	2	3	4	5	34. 精神的にきつい仕事の後で運転	1	2	3	4	5
16. 車の乗り降りが少なく、長い時間ずっと座った状態で運転	1	2	3	4	5	35. 目的地にいつ着くのか分からない状態で運転	1	2	3	4	5
17. 道を知らないなどの理由で、自分がどこを走っているのか分かりにくい状態で運転	1	2	3	4	5	36. 車内の騒音がうるさい、または振動が大きい状態で運転	1	2	3	4	5
18. 直射日光などで車内が暑いときに運転	1	2	3	4	5	37. 荷物や乗員がジャマ、窓が汚れているなど、前方や周囲を見通せない状態で運転	1	2	3	4	5
19. 狭い道が続いて、細かいハンドル操作をひんぱんにする運転	1	2	3	4	5	38. 雨が降っているときに運転	1	2	3	4	5
記入もれないや、ご確認ください											

7.4 DSQ (Driving Style Questionnaire; 運転スタイル質問紙) 日本語翻訳版

“Speed”, “Calmness”, “Social resistance”, “Focus”, “Planning”, “Deviance” の各下位尺度について、逆転項目を処理した上で回答を積算して得点とする [French, West, Elander, Wilding, 1993]。なお質問文は高橋による試訳である。

氏名 _____ 年齢 _____ 性別 男性 ・ 女性

ここより右は印刷されません

運転スタイル質問紙(DSQ)

以下の質問について、あなたに当てはまると思う番号に○をつけて下さい。1= 非常にまれ(全くない)、2= まれにしかない、3= あまりない、4= 時々ある、5= よくある、6= 頻繁にある(いつもそうである)。

	非常にまれ(全くない)		頻繁にある(いつもそうである)				因子	逆転項目
1. 高速道路で制限速度を超過することはありますか？	1	2	3	4	5	6	Speed	
2. 運転は速い方ですか？	1	2	3	4	5	6	Speed	
3. 市街地で制限速度を超過することはありますか？	1	2	3	4	5	6	Speed	
4. 運転中に突然危ない場面に直面したら動揺しますか？	1	2	3	4	5	6	Calmness	*
5. 急に状況が変わって考える時間の余裕がない場合でも、冷静ですか？	1	2	3	4	5	6	Calmness	
6. 他車からのプレッシャーで運転が影響されますか？	1	2	3	4	5	6	Calmness	*
7. 自分の運転へのアドバイスがあれば嬉しく思いますか？	1	2	3	4	5	6	Social resistance	*
8. 自分の運転にアドバイスする人をうっとおしいと思いますか？	1	2	3	4	5	6	Social resistance	
9. 慎重に運転していますか？	1	2	3	4	5	6	Focus	
10. 運転中に注意散漫の原因になるものを簡単に無視できますか？	1	2	3	4	5	6	Focus	
11. 速度をもっと速くとせかす同乗者は無視しますか？	1	2	3	4	5	6	Focus	
12. 地図を見ずによく知らない土地へ出かける頻度はどの程度ですか？	1	2	3	4	5	6	Planning	*
13. 立ち寄りや休憩場所を含む長いドライブを計画することはありますか？	1	2	3	4	5	6	Planning	
14. もし2車線の内側から追い越せる場合は追い越しますか？	1	2	3	4	5	6	Deviance	
15. 赤になった信号を通り抜けたことはありますか？	1	2	3	4	5	6	Deviance	

7.5 運転時の状況認識性向調査

実験アンケート

【記入のしかた】
この質問紙では、今回のシミュレータ走行実験で使った運転支援システムがディスプレイ表示で感じることについてお尋ねします。以下の文に書かれたことが自分にどのくらい当てはまるかについて、次の1～5の中から選んで、その番号を○で囲んでお答え下さい。正しい答えや、良い答えなどは特にありませんので、あまり考えこまず、感じたままにお答え下さい。

	あてはまらない	ややあてはまらない	どちらともいえない	ややあてはまる	あてはまる	
1	運転支援システムの動作は予想の範囲内だった (*)	1	2	3	4	5
2	運転支援システムが意外な動作をして、驚いたことがあった	1	2	3	4	5
3	運転支援システムの動作に、違和感を感じた	1	2	3	4	5
4	運転支援システムの動作の予想はむずかしい	1	2	3	4	5
5	状態表示で、運転支援システムの動作の予想がついた	1	2	3	4	5
6	運転支援システムの動作を予想するのは、負担を感じた (*)	1	2	3	4	5
7	いつボタンを押すか判断することが、負担だった (*)	1	2	3	4	5
8	状態表示の意味を理解することに、負担を感じた	1	2	3	4	5
9	状態表示を見て運転支援システムの動作を予想するのは、負担だった	1	2	3	4	5
10	運転支援システムの動作の先読みは、素早くやる必要があると感じた	1	2	3	4	5
11	運転支援システムの動作を予測することは、精神的集中を要した (*)	1	2	3	4	5
12	状態表示の内容が運転支援システムの動作とどう関連するのか、考える必要があった	1	2	3	4	5
13	走行環境を把握するために、精神的集中を要した	1	2	3	4	5
14	運転支援システムの動作を、よく予測できたとと思う	1	2	3	4	5
15	状態表示の情報は、役にたったと思う	1	2	3	4	5
16	不安を感じながら、運転支援システムを使っていた	1	2	3	4	5
17	運転支援システムの動作が予想と違い、いらいらした	1	2	3	4	5
18	運転支援システムを使えば、リラックスして運転できる	1	2	3	4	5
19	この運転支援システムは、事故防止に役立つと思う	1	2	3	4	5
20	この運転支援システムは、運転の負担軽減に役立つと思う	1	2	3	4	5
21	状態表示と運転支援システムの動作に矛盾は感じなかった	1	2	3	4	5
22	運転支援システムが何をしようとしているのか、判らないことがあった	1	2	3	4	5
23	状態表示がされる場面は、実際の走行場面と矛盾しない妥当なものであった	1	2	3	4	5
24	運転支援システムが安定して動作する範囲は、おおよそ理解できた	1	2	3	4	5
25	運転支援システムの動作のしかたは一貫していると感じた (*)	1	2	3	4	5
26	状態表示のしかた(タイミング)は一貫していると感じた	1	2	3	4	5
27	状態表示の内容は適切であると感じた	1	2	3	4	5
28	運転支援システムの動作は適切であると感じた	1	2	3	4	5
29	このようなシステムであれば、しばらく使えば使いこなせると思う	1	2	3	4	5
30	状態表示の内容は、しばらく使えば便利に使えるようになると思う	1	2	3	4	5
31	実際にこのような運転支援システムと状態表示があれば使いたい	1	2	3	4	5
32	実際にこのような運転支援システムと状態表示があれば、安全に使えと思う	1	2	3	4	5
33	自分も運転に参加している気分になった	1	2	3	4	5
34	運転支援システムに任せてしまっている感が強い	1	2	3	4	5
35	状態表示はあまり見なかった	1	2	3	4	5
36	状態表示のタイミングが早すぎる	1	2	3	4	5
37	状態表示のタイミングが遅すぎる	1	2	3	4	5
38	ディスプレイの位置が離れすぎている	1	2	3	4	5
39	ディスプレイの表示が小さくて見にくい	1	2	3	4	5
40	実際の走行でも、頻繁に起こる事例だと思った	1	2	3	4	5
41	このような走行場面は、実際には滅多に起こるものではないと思う。	1	2	3	4	5
42	このような走行事例が実際に起こると、かなり危ないと思う	1	2	3	4	5
43	自分の運転とは違うと感じた	1	2	3	4	5
44	実際の道路で使っても、この運転支援システムは同じような利用感になると思う	1	2	3	4	5
45	ドライビングシミュレータの運転は、現実の運転とはかなり違うものだった	1	2	3	4	5

7.6 情報処理スタイル尺度 IPSI 短縮版

合理的処理および直観的処理における個人差を測定する尺度として内藤らにより開発された質問紙である。[内藤, 鈴木, 坂元, 2004]

情報処理スタイル尺度						ここより右は印刷されません	
【記入のしかた】 この尺度はあなたの個人的傾向を測定するものです。回答に正確・不正確はありませんので、次の各文章を読んで、あなたにあてはまるところ一つに○をつけてください。	全くあてはまらない	あまりあてはまらない	どちらともいえない	少しあてはまる	非常にあてはまる	因子	逆転項目
	1. たいいていの人より、ものごとを論理的に解決するのが上手である。	1	2	3	4	5	合理性・能力
2. 論理的な考えの持ち主だ。	1	2	3	4	5	合理性・能力	
3. ものごとを注意深く理論的に解決するのは、得意ではない。	1	2	3	4	5	合理性・能力	*
4. プレッシャーがあると、論理的に考えることができない。	1	2	3	4	5	合理性・能力	*
5. 注意深くものごとを考え抜くのに、困難を感じない。	1	2	3	4	5	合理性・能力	
6. 分析的に考える方ではない。	1	2	3	4	5	合理性・能力	*
7. 人生や生活上のいろいろな問題を考えるとき、論理的に考えようまいく。	1	2	3	4	5	合理性・能力	
8. なぜ自分がそのような決定をしたのか、明確に説明することができる。	1	2	3	4	5	合理性・能力	
9. 複雑な問題を解決するのは、得意ではない。	1	2	3	4	5	合理性・能力	*
10. 注意深く論理的な分析が必要とされる問題を解決するのは、得意ではない。	1	2	3	4	5	合理性・能力	*
11. 何かについて深く考えなければならない状況を避けようとする。	1	2	3	4	5	合理性・態度	*
12. 簡単な問題より複雑な問題の方が好きだ。	1	2	3	4	5	合理性・態度	
13. 何かについて一生懸命かつ長時間考えても、満足感を得られない。	1	2	3	4	5	合理性・態度	*
14. 答えを知っていれば、その理由が理解できなくてもかまわない。	1	2	3	4	5	合理性・態度	*
15. 考えることは、楽しいことだと思わない。	1	2	3	4	5	合理性・態度	*
16. 私にとって、新しい考え方を学ぶことは、とても魅力的である。	1	2	3	4	5	合理性・態度	
17. 知的な挑戦が好きだ。	1	2	3	4	5	合理性・態度	
18. 一生懸命考えなければならないような問題を解決するのが好きだ。	1	2	3	4	5	合理性・態度	
19. いろいろ考えるのは好きではない。	1	2	3	4	5	合理性・態度	*
20. 自分の予感を信じることにしている。	1	2	3	4	5	直感性・能力	
21. 私のとっさの判断は、たいいていの人より良くないだろう。	1	2	3	4	5	直感性・能力	*
22. たいいていの場合、人を信頼するかどうか、直観に頼って決める。	1	2	3	4	5	直感性・能力	
23. なぜだか理由を説明できないが、その人が正しいか間違っているかを、感じることができる。	1	2	3	4	5	直感性・能力	
24. 私にはすごい直観力はない。	1	2	3	4	5	直感性・能力	*
25. もし私が直観に頼るならば、間違いをおかすことが多くなるだろう。	1	2	3	4	5	直感性・能力	*
26. 答えをみつけるために直観に従って、うまくいかなかったことはほとんどない。	1	2	3	4	5	直感性・能力	
27. 人生や生活上のいろいろな問題を考えるとき、直観的にやろうまいく。	1	2	3	4	5	直感性・能力	
28. 人に対する第一印象を信じる。	1	2	3	4	5	直感性・能力	
29. 自分の直観に頼った方がいい時があると思う。	1	2	3	4	5	直感性・態度	
30. 直観に頼らなければならない状況は好きではない。	1	2	3	4	5	直感性・態度	*
31. 何かについて決定する時に、感情に頼ることはない。	1	2	3	4	5	直感性・態度	*
32. 自分自身を直観的な人間だという人を信頼したくない。	1	2	3	4	5	直感性・態度	*
33. 行動の指針として感情に頼りがちである。	1	2	3	4	5	直感性・態度	
34. 直観は問題を解決するのに役立つ方法だろう。	1	2	3	4	5	直感性・態度	
35. 感情に基づいて重要な決定をするのは、愚かなことだと思う。	1	2	3	4	5	直感性・態度	*
36. 行動を決める時、直観に頼ることが多い。	1	2	3	4	5	直感性・態度	
37. 直観に頼って重要な決定をするのは、いい考えだとは思わない。	1	2	3	4	5	直感性・態度	*
38. 直感的な印象に頼るのが好きだ。	1	2	3	4	5	直感性・態度	

7.7 Big Five 尺度 (短縮版)

パーソナリティ特性の5因子モデルとして知られる Big Five 尺度を日本語化し、さらに並川らによって質問項目が選定されたものである[並川, ほか, 2012] [和田, 1996]。

”情緒不安定性”, “外向性”, “開放性, 調和性”, “誠実性” のそれぞれについては、逆転項目を処理の上で加算して得点とする。

Big Five 尺度 (短縮版)

ここより右は印刷されません

氏名 _____ 年齢 _____ 歳 性別 _____ 男性・女性 _____

【記入のしかた】

この尺度はあなたの個人的な傾向を測定するものです。回答に正解・不正解はありませんので、次の各形容詞について、あなたにあてはまるところ一つに○をつけてください。

No.	項目	尺度							因子	逆転項目
		1	2	3	4	5	6	7		
		い ま つ た く あ て は ま ら な い	い ほ と ん ど あ て は ま ら な い	あ ま り あ て は ま ら な い	ど ち ら と も い え な い	や や あ て は ま る	か な り あ て は ま る	非 常 に あ て は ま る		
1.	不安になりやすい	1	2	3	4	5	6	7	情緒不安定性	
2.	心配性	1	2	3	4	5	6	7	情緒不安定性	
3.	弱気になる	1	2	3	4	5	6	7	情緒不安定性	
4.	緊張しやすい	1	2	3	4	5	6	7	情緒不安定性	
5.	憂鬱な	1	2	3	4	5	6	7	情緒不安定性	
6.	話好き	1	2	3	4	5	6	7	外向性	
7.	陽気な	1	2	3	4	5	6	7	外向性	
8.	外交的	1	2	3	4	5	6	7	外向性	
9.	社交的	1	2	3	4	5	6	7	外向性	
10.	無口な	1	2	3	4	5	6	7	外向性	*
11.	独創的な	1	2	3	4	5	6	7	開放性	
12.	多才の	1	2	3	4	5	6	7	開放性	
13.	進歩的	1	2	3	4	5	6	7	開放性	
14.	頭の回転の速い	1	2	3	4	5	6	7	開放性	
15.	興味の広い	1	2	3	4	5	6	7	開放性	
16.	好奇心が強い	1	2	3	4	5	6	7	開放性	
17.	温和な	1	2	3	4	5	6	7	調和性	
18.	寛大な	1	2	3	4	5	6	7	調和性	
19.	親切な	1	2	3	4	5	6	7	調和性	
20.	短気	1	2	3	4	5	6	7	調和性	*
21.	怒りっぽい	1	2	3	4	5	6	7	調和性	*
22.	自己中心的	1	2	3	4	5	6	7	調和性	*
23.	計画性のある	1	2	3	4	5	6	7	誠実性	
24.	几帳面な	1	2	3	4	5	6	7	誠実性	
25.	いい加減な	1	2	3	4	5	6	7	誠実性	*
26.	ルーズな	1	2	3	4	5	6	7	誠実性	*
27.	怠惰な	1	2	3	4	5	6	7	誠実性	*
28.	成り行きまかせ	1	2	3	4	5	6	7	誠実性	*
29.	軽率な	1	2	3	4	5	6	7	誠実性	*

7.8 U'eyes Design クルマとの関わり方尺度

U'eyes Design 社により開発されたもので、自動車や運転に関する質問 70 問をウェブアンケートにより分析し、代表質問 9 問を抽出したもの（N 数、抽出方法は不明）。それぞれ「路上への注意」「運転好き具合」「エコカーの受容性」「アンチ機能過多」「車体への設備投資」「自動運転の受容性」「多重操作能力」「公共交通の優先度」「スキル不安」を評価している。U'eyes Design ではこの 9 問からドライバを 6 タイプに分類できると主張している [U'eyes Design, 2015]。

なお全国調査 720 人分による各項目各選択肢の回答比率が公開されている。そこで本研究では、これを用いて得られた得点の標準偏差を計算し、平均的なドライバ像からの偏差を評価することを試みた。

氏名 _____ 年齢 _____ 歳 性別 男性・女性

ここより右は印刷されません

【記入のしかた】 クルマの運転に対するあなたの意識や考え、関わり方についてお伺いします。それぞれの設問について、あてはまる程度をお答えください。		あてはまらない	少しだけあてはまる	ある程度あてはまる	あてはまる	全国調査の結果							
						因子	N	1	2	3	4	平均(全国)	分散(全国)
1.	運転中の視界の確保に気を配っている。	1	2	3	4	路上への注意	720	10.3	19.2	25.0	45.6	3.1	1.1
2.	クルマの運転が好きだ。	1	2	3	4	運転好き具合	720	33.9	23.1	24.9	18.2	2.3	1.2
3.	次に買うとしたら、エコカー（低公害車）だ。	1	2	3	4	エコカーの受容性	720	22.4	31.5	26.7	19.4	2.4	1.1
4.	クルマは必要最低限の機能があればいい。	1	2	3	4	アンチ機能過多	720	14.9	31.7	33.1	20.4	2.6	0.9
5.	車検にかかわらず、クルマの整備は怠らない。	1	2	3	4	車体への設備投資	720	20.6	34.4	28.8	16.3	2.4	1.0
6.	いっそのこと、運転はクルマに任せたいくらいだ。	1	2	3	4	自動運転の受容性	720	32.8	29.2	16.7	21.4	2.3	1.3
7.	他のクルマを追い越すことが多い。	1	2	3	4	多重操作能力	720	51.1	30.6	13.6	4.7	1.7	0.8
8.	クルマより、公共交通や自転車を利用するようにしている。	1	2	3	4	公共交通の優先度	720	33.5	23.5	15.8	27.2	2.4	1.4
9.	車線変更が苦手だ。	1	2	3	4	スキル不安	720	39.7	26.5	14.4	19.3	2.1	1.3

7.9 シミュレータ操作感と自動運転使用感

この質問紙は、セッションごとに回答させる目的で高橋が設計したものである。内容は、Predictability、知的・知覚的負荷(NASA-TLX)、タイムプレッシャー(NASA-TLX)、努力(NASA-TLX)、作業成績(NASA-TLX)、フラストレーション(NASA-TLX)、目的(トラスト)、基盤(トラスト)、方法(トラスト)、行動適応、受容性、行為主体感、依存、表示方法評価、ディスプレイ評価、シナリオ評価、DSリアリティ。セッションごとに短時間で答えられるように質問数を絞り込んでいる。

実験アンケート						ここより右は印刷されません						
【記入のしかた】 この質問紙では、今回のシミュレータ走行実験で使った運転支援システムとディスプレイ表示で感じたことについてお尋ねします。以下の文に書かれたこと(自分だけの感想)を添えてはまるかについて、次の1-5の中から選んで、その番号を○で囲んでお答え下さい。正しい答えや、良い答えなどは特にありませんので、あきらまず必ず、感じたままにお答え下さい。						あてはまらない	ややあてはまらない	どちらともいえない	ややあてはまる	あてはまる	下位尺度	運転項目
1	運転支援システムの動作は予想の範囲内だった (*)	1	2	3	4	5	Predictability					
2	運転支援システムが意外な動作をして、驚いたことがあった	1	2	3	4	5	Predictability *					
3	運転支援システムの動作に、違和感を感じた	1	2	3	4	5	Predictability *					
4	運転支援システムの動作の予想はわずかしい	1	2	3	4	5	Predictability *					
5	状態表示で、運転支援システムの動作の予想がついた	1	2	3	4	5	Predictability					
6	運転支援システムの動作を予想するのは、負担を感じた (*)	1	2	3	4	5	知的知覚的要求(TLX)					
7	いつボタンを押すか判断することが、負担だった (*)	1	2	3	4	5	タイムプレッシャー(TLX)					
8	状態表示の意味を理解することに、負担を感じた	1	2	3	4	5	知的知覚的要求(TLX)					
9	状態表示を見て運転支援システムの動作を予想するのは、負担だった	1	2	3	4	5	知的知覚的要求(TLX)					
10	運転支援システムの動作の先読みは、素早くやる必要があると感じた	1	2	3	4	5	タイムプレッシャー(TLX)					
11	運転支援システムの動作を予測することは、精神的集中を要した (*)	1	2	3	4	5	努力(TLX)					
12	状態表示の内容が運転支援システムの動作とどう関連するのか、考える必要があった	1	2	3	4	5	努力(TLX)					
13	走行環境を把握するために、精神的集中を要した	1	2	3	4	5	努力(TLX)					
14	運転支援システムの動作を、よく予測できたと思う	1	2	3	4	5	作業成績(TLX) *					
15	状態表示の情報は、役にたったと思う	1	2	3	4	5	作業成績(TLX) *					
16	不安を感じながら、運転支援システムを使っていた	1	2	3	4	5	フラストレーション(TLX)					
17	運転支援システムの動作が予想と違い、いらいらした	1	2	3	4	5	フラストレーション(TLX)					
18	運転支援システムを使えば、リラックスして運転できる	1	2	3	4	5	フラストレーション(TLX) *					
19	この運転支援システムは、事故防止に役立つと思う	1	2	3	4	5	Trust(Purpose)					
20	この運転支援システムは、運転の負担軽減に役立つと思う	1	2	3	4	5	Trust(Purpose)					
21	状態表示と運転支援システムの動作に矛盾は感じなかった	1	2	3	4	5	Trust(Purpose)					
22	運転支援システムが何をしようとしているのか、判らないことがあった	1	2	3	4	5	Trust(Purpose) *					
23	状態表示がされる場面は、実際の走行場面と矛盾しない妥当なものであった	1	2	3	4	5	Trust(Process)					
24	運転支援システムが安定して動作する範囲は、おおよそ理解できた	1	2	3	4	5	Trust(Process)					
25	運転支援システムの動作のしかたは一貫していると感じた (*)	1	2	3	4	5	Trust(Foundation)					
26	状態表示のしかた(タイミング)は一貫していると感じた	1	2	3	4	5	Trust(Foundation)					
27	状態表示の内容は適切であると感じた	1	2	3	4	5	Trust(Foundation)					
28	運転支援システムの動作は適切であると感じた	1	2	3	4	5	Trust(Foundation)					
29	このようなシステムであれば、しばらく使えば使いこなせると思う	1	2	3	4	5	行動適応					
30	状態表示の内容は、しばらく使えば便利に使えるようになると思う	1	2	3	4	5	行動適応					
31	実際にこのような運転支援システムと状態表示があれば使いたくない	1	2	3	4	5	受容性					
32	実際にこのような運転支援システムと状態表示があれば、安全に使えようと思う	1	2	3	4	5	受容性					
33	自分も運転に参加している気分になれた	1	2	3	4	5	制御感・行為主体感					
34	運転支援システムに任せてしまっている感が強い	1	2	3	4	5	依存					
35	状態表示はあまり見なかった	1	2	3	4	5	表示方法評価					
36	状態表示のタイミングが早すぎる	1	2	3	4	5	表示方法評価					
37	状態表示のタイミングが遅すぎる	1	2	3	4	5	表示方法評価					
38	ディスプレイの位置が離れすぎている	1	2	3	4	5	ディスプレイ評価					
39	ディスプレイの表示が小さくて見にくい	1	2	3	4	5	ディスプレイ評価					
40	実際の走行でも、頻繁に起こる事例だと思った	1	2	3	4	5	シナリオ評価					
41	このような走行場面は、実際には減多に起こるものではないと思う	1	2	3	4	5	シナリオ評価 *					
42	このような走行事例が実際に起こると、かなり危ないと思う	1	2	3	4	5	シナリオ評価					
43	自分の運転とは違うと感じた	1	2	3	4	5	シナリオ評価					
44	実際の道路で使っても、この運転支援システムは同じような利用感になると思う	1	2	3	4	5	DSリアリティ					
45	ドライビングシミュレータの運転は、現実の運転とはかなり違うものだと思った	1	2	3	4	5	DSリアリティ					

7.10 自覚症しらべ

産業衛生管理を目的に、作業に伴う疲労状況の経時的变化をとらえることを目的として開発された調査用紙である[産業疲労研究会, 2002]。

自覚症しらべ

記入日・時刻 _____ 月 _____ 日 午前・午後 _____ 時 _____ 分記入

いまのあなたの状態についてお聞きします。 つぎのようなことについて、どの程度あてはまりますか。すべての項目について、1「まったくあてはまらない」～5「非常によくあてはまる」までの5段階のうち、あてはまる番号1つに○をつけてください。		あ ま つ は た く ま ら な い	あ わ ず は か に る	す こ し あ て は ま る	か な り あ て は ま る	あ 非 常 に よ く あ て は ま る
1.	頭がおもい	1	2	3	4	5
2.	いらいらする	1	2	3	4	5
3.	目がかたく	1	2	3	4	5
4.	気分がわるい	1	2	3	4	5
5.	おちつかない気分だ	1	2	3	4	5
6.	頭がいたい	1	2	3	4	5
7.	目がいたい	1	2	3	4	5
8.	肩がこる	1	2	3	4	5
9.	頭がぼんやりする	1	2	3	4	5
10.	あくびがでる	1	2	3	4	5
11.	手や指がいたい	1	2	3	4	5
12.	めまいがする	1	2	3	4	5
13.	ねむい	1	2	3	4	5
14.	やる気がとぼしい	1	2	3	4	5
15.	不安な感じがする	1	2	3	4	5
16.	ものがぼやける	1	2	3	4	5
17.	全身がだるい	1	2	3	4	5
18.	ゆううつな気分だ	1	2	3	4	5
19.	腕がだるい	1	2	3	4	5
20.	考えがまとまりにくい	1	2	3	4	5
21.	横になりたい	1	2	3	4	5
22.	目がつかれる	1	2	3	4	5
23.	腰がいたい	1	2	3	4	5
24.	目がしょぼつく	1	2	3	4	5
25.	足がだるい	1	2	3	4	5

日本産業衛生学会産業疲労研究会, 2002年

自覚症しらべの使い方

「自覚症しらべ」を利用されるときには、つぎのことに気をつけながらご使用ください。

1) 本調査票は、作業に伴う疲労状況の経時的変化をとらえることを目的としています。したがって、調査は作業の進行に伴って繰り返し行ってください。調査時点は、原則として1時間間隔で行うこととし、最小限の測定点として、作業開始時、昼休みなどの大休憩の前と、大休憩後、定時の終了時、残業があるときは超過勤務終了時に実施することとします。

2) 測定前の作業状況・内容を把握し、調査票データとリンクしてください。

3) 本調査票は5つの群別に評価できますが、群別比較の前に、各設問項目おのをおのを観察し、評価しておいてください。その後、以下の5つの群別に合計スコア(またはそれを5で除した平均値)を求め、群別に疲労状況を評価してください。

I 群 ねむけ感: ねむい、横になりたい、あくびがでる、やる気がとぼしい、全身がだるい

II 群 不安定感: 不安な感じがする、ゆううつな気分だ、おちつかない気分だ、いらいらする、考えがまとまりにくい

III 群 不快感: 頭がいたい、頭がおもい、気分がわるい、頭がぼんやりする、めまいがする

IV 群 だるさ感: 腕がだるい、腰がいたい、手や指がいたい、足がだるい、肩がこる

V 群 ぼやけ感: 目がしょぼつく、目がつかれる、目がいたい、目がかわく、ものがぼやける

4) 本調査票は自由にご活用ください。