

論文審査報告書（課程内）

大学名 早稲田大学
 研究科名 大学院人間科学研究科
 申請者氏名 本間 亮平
 学位の種類 博士（人間科学）
 論文題目（和文） ドライバ特性に基づく運転支援システムの評価と支援方策
 論文題目（英文） Evaluation of systems and strategies for driver assistance based on human characteristics

公開審査会

実施年月日・時間 2015年11月26日・13:00-14:00

実施場所 早稲田大学 100号館 第4会議室

論文審査委員

	所属・職位	氏名	学位（分野）	学位取得大学	専門分野
主査	早稲田大学・教授	石田 敏郎	博士（人間科学）	大阪大学	人間工学
副査	早稲田大学・教授	鈴木 晶夫	博士（人間科学）	早稲田大学	心理学
副査	早稲田大学・教授	藤本 浩志	博士（工学）	早稲田大学	福祉工学

論文審査委員会は、本間亮平氏による博士学位論文「ドライバ特性に基づく運転支援システムの評価と支援方策」について公開審査会を開催し、以下の結論を得たので報告する。

論文概要書、および本論文（一部を含む）が掲載された主な学術論文・業績目録は別添資料の通りである。公開審査会では、まず申請者から博士学位論文について30分間の発表があった。

1 公開審査会における質疑応答の概要

申請者の発表に引き続き、以下の質疑応答があった。

1.1 質問：各章の繋がりや目的が分かりにくい。

回答：目的の章に各研究の関連と実施した項目の図を入れて対応した。

1.2 質問：運転支援システムについて、従来研究でどこまで解明されていて、どこが解明されていないかを述べ、本論文でその部分に着目して明らかにしたという表現にしてほしい。また、関連して博士論文としての目的を明確に表現してほしい。

回答：従来の運転支援システムでは、工学的な視点から評価が行われてきたが、ドライバの心理状態まで考慮されていなかった。危険がわかった上で事故を起こ

すドライバはいないわけで、ハザードの予測が不適切なドライバに支援をしたときの評価が必要であるというのが問題意識である。これを明らかにすることが目的である。

- 1.3 質問：支援情報は実験ではシンプルに実施できるが、現実では複数の支援情報が出てくる可能性があると考えられる。その点についてはどう思うか。

回答：現状では、リスクの高い支援情報を優先的に提示するという考え方で整理されている。ただしドライバの状態や状況によって必要な情報は異なると考えられ、難しい課題である。

- 1.4 質問：第4章において、緩制動とは「ハプティック」と表現されていたが、具体的にどのようなものか。また、緩制動があると成績がよくなるということだが、実験の場面40km/hで1.8秒の警報に対して、ドライバが0.8秒で反応したら止まれるのか。

回答：緩制動とは、ブレーキによって減速度を発生させて、ドライバに警報するシステムである。ドライバのブレーキを補助するブレーキアシスト機能がついている現在の車であれば、1.0G程度の減速度を発生させることが可能であり、回避できる場合もあると考える。

- 1.5 質問：反応時間1.2秒では止まれないのではないかと。止まれないと安全になったと言えないのではないかと。

回答：確かに1.2秒では止まれない。ただし、衝突速度は下がるので被害軽減が見込める。この研究では回避の効果と被害軽減の効果の両方の側面から評価している。

2 公開審査会で出された修正要求の概要

- 2.1 博士学位論文に対して、以下の修正要求が出された。

- 2.1.1 プレゼンテーションでは、各章のはじめにその章で概念図のうちどの変数を扱っているかがわかりやすいが、本文だとわかりにくい。
- 2.1.2 個々の研究については、論文になっている時点である程度のレベルを満たしていると考えられる。ただし、博士論文としての目的と成果が見えにくい。
- 2.1.3 運転支援システムについて、従来の研究と本論文で明らかにする点を明確にすべきである。
- 2.1.4 本論文の明確性と妥当性について、先行研究事例との関連から論文本体でまとめるべきである。
- 2.1.5 工学的な部分はしっかり書かれているが、心理学的、人間科学的な部分が重要なので、しっかり書くよう要望する。
- 2.1.6 略語が多く、読みにくい。
- 2.1.7 図の軸説明に足りないものがある。
- 2.1.8 第3章と第4章の第3節に酷似した表現があり、修正を要望する。
- 2.1.9 各章で用いられている「本研究」という表現は修正が望ましい。

- 2.2 修正要求の各項目について、本論文最終版では以下の通りの修正が施され、修正要求を満たしているとは判断された。
- 2.2.1 目的の章に各研究の関連と何を実施したかの概念図を入れて対応した。
 - 2.2.2 本論文の目的である、ドライバのハザードに対する予測を考慮した上で、運転支援システムの介入によるドライバの心理的変化や行動変化を明らかにすることを2章に明記した上で、それに対する各章での成果および全体としての成果を8章に明記した。
 - 2.2.3 第1章の中で、ドライバの心理的な側面までを考慮した運転支援システム関連の先行研究例を加え、従来研究で解明されていない部分をより明確化した上で、2章の本研究の目的につなげるように修正した。
 - 2.2.4 上記2.2.2の修正により対応した。
 - 2.2.5 第8章の本論文の成果の部分において、心理学（人間科学）的な側面を強調する表現に修正した。特に第7章の結果が重要なのでその部分を強調した。
 - 2.2.6 略語の説明一覧表を掲載した。
 - 2.2.7 図に加筆および修正を行った。
 - 2.2.8 第4章の効果予測の節に関して、第3章と重複した説明がなくなるように修正した。
 - 2.2.9 各章に関する「本研究」という表現は、「本章」に修正した。

3 本論文の評価

- 3.1 本論文の研究目的の明確性・妥当性：交通心理学研究で重要視されていたドライバの心理的側面に関して、従来の運転支援システム研究であまり検討されていなかったことから、ドライバのハザードに対する予測という心理的側面に着目して、支援がドライバに与える効果や影響を明らかにすることを目的として明確化している。また、研究対象として事故発生件数の多い追突と出会い頭事故に対する運転支援システムを提案しているが、事故低減の目的からも妥当であると考えられる。
- 3.2 本論文の方法論（研究計画・分析方法等）の明確性・妥当性：複雑な要因による影響が考えられるドライバの心理的側面について、重要な要因を選択し統制された実験計画が明確に策定され、実験参加数や実験手順への配慮がなされている。ハザードに対する予測の高低などによる層別した分析により、目的に対する妥当な分析がなされている。なお、本博士学位論文の内容を構成する研究の一部については、日本自動車研究所の実験倫理委員会の承認を得ている。
- 3.3 本論文の成果の明確性・妥当性：交通事故件数の多い追突事故および出会い頭事故防止支援システムについて、ドライバのハザードに対する予測を考慮した支援の効果やドライバの行動変化が研究成果として明確にまとめられている。また、各事故形態の事故要因に基づき、影響が大きい条件に対しての妥当な成果が得られていると判断できる。

- 3.4 本論文の独創性・新規性：本論文は、以下の点において独創的である。
- 3.4.1 本論文は、交通心理学の研究分野では重要視されていたが、従来の運転支援システムに関する研究でほとんど検討されてこなかったドライバの心理面までを考慮して評価をしている点において新規性が高いと考えられる。
- 3.4.2 特に、ドライバから見えないハザードに対する支援情報について、ドライバ自身が交通状況から評価したハザード性の違いによって、情報に対する受け止め方やその後の対応を調べた点は独創性が高いと考えられる。
- 3.5 本論文の学術的意義・社会的意義：本論文は以下の点において学術的・社会的意義がある。
- 3.5.1 本論文は、前項の独創性・新規性でも述べた通り、交通事故の先進技術による予防安全対策領域の研究として、ドライバの心理的側面を実験的に取り込んでいる点に研究のオリジナリティーが認められ、学術的な意義があると考えられる。
- 3.5.2 本論文では、研究結果を採用することによる対象類型事故の低減率を示している。このことから、得られた知見が、今後の運転支援システムの開発に活用されることによって交通事故低減への寄与が期待できる点で、社会的意義が高いと考えられる。
- 3.6 本論文の人間科学に対する貢献：本論文は、以下の点において、人間科学に対する貢献がある。
- 3.6.1 将来運転支援システムは交通事故の低減に寄与することが期待されている。しかし、従来の運転支援システムに関する研究の中心は工学的な開発であり、主体となるのは機械的なメカニズムと言える。それに対し、本研究ではユーザーである人間側の心理面に着目し、ドライバのハザード出現の予測に影響する脇見や眠気などの要因といった諸特性へ切り込んでおり、当該システムの研究に於いて、人間科学に対する貢献が高いと考えられる。
- 3.6.2 本論文では自動車分野を研究対象としているが、今後は情報通信機器や介護支援ロボットなどの他分野においても、人間とシステムとの相互関係が深まっていくと予想される。本論文の成果は、こうした分野においても人間の心理面を考慮することの重要性を示唆しており、人間科学のさらなる発展に貢献するものと期待される。

4 結論

以上に鑑みて、申請者は、博士（人間科学）の学位を授与するに十分値するものと認める。

以上

論文概要書

第1章 研究の背景

追突事故および出会い頭事故は、日本国内の交通事故件数の多くを占める代表的な車両相互事故であり、対策が求められている。本章では、まず各事故形態ごとに事故統計データの分析的研究例や観察研究例の調査を行い、事故実態やドライバ要因についての知見を整理した。また、交通事故対策として、1990年代から開発がはじまった運転支援システムの位置づけを明確化した上で、上記の事故形態に対応する運転支援システムの現在の技術レベルや、その支援効果に関する先行研究例をまとめた。従来の運転支援システムに関する研究では、工学的観点からのシステム評価などが中心に行われてきた。一方、事故の発生にはドライバの心理的要因の影響が大きいと言われている。例えば顕在（ドライバが視認可能な）ハザードとの衝突において、ドライバは交通状況などからハザードとの衝突リスクを低く予測（注意水準が低下など）していることが多い。また、潜在（ドライバが視認不可能な）ハザードとの衝突においては、ドライバは当該ハザードの出現可能性を低く予測している。しかしながら、運転支援システムの支援効果を検討する上で、ドライバのハザードに対する予測までを考慮した研究例はあまりみられない。

第2章 目的

本論文は、従来の運転支援システムに関する研究で検討されてこなかった、ドライバのハザードに対する予測という心理的な視点から、運転支援システムから提示された警報や支援情報などが、ドライバの反応特性、運転行動の変化および支援効果に与える影響を明らかにすることを目的とした。さらに得られた知見から、今後の運転支援システムによる支援方策への提案を目指した。

第3章 追突防止支援システムによる事故低減効果の推定

追突事故防止支援システムは、前方車両との車間距離や相対速度などをセンサにより検知し、衝突可能性が高まったときにドライバへ警報を提示することで回避操作を促し、さらに衝突可能性が高まった場合には車両が自動的に減速制御を行う装置である。当該装置による事故低減効果を推定するために、ドライバが追突場面への遭遇（警報の提示）を予測しにくいような配慮を行って実験を行い、衝突警報に対するドライバ反応特性を調査した。実験の結果、警報に気づいたものの対応しないドライバや、警報に気づいてブレーキを踏んだものの対応が遅れたドライバが散見され、ハザードを予測していない影響と示唆された。実験データに基づいて、システムが導入された場合のドライバによるブレーキと車両による減速制御による衝突速度低減量を計算し、一般的な仕様のシステムが100%普及したと仮定した、追突事故件数と追突事故による死亡重傷事故件数を試算したところ、ともに半減が期待できると推定された。

第4章 追突防止支援システムの効果向上に関する検証

第3章において、ハザードを予測していないドライバは、一般的なシステム仕様である視聴覚表示の警報に対して適切に反応できない場合があることが明らかになった。そこで、システムによる効果をさらに高めるために、異なるモダリティの警報を付加することの効果を検証した。コスト面や容易性の点から、「緩制動」（減速感によってドライバへ警告）を付加した条件を設定し、ドライビングシミュレータによる実験を実施した。実験の結果、視聴

覚表示のみの警報に比べ、緩制動を付加することで警報への反応が促進され、かつブレーキ反応時間の短縮が確認された。特に非高齢層に効果的で、緩制動の付加により事故低減効果が3割程度向上することが見込まれた。また高齢層でも、1割程度の効果向上が期待できると推定された。

第5章 ドライバ状態と交通環境がドライバの視覚的注意に与える影響

第4章までの衝突直前の支援に対して、衝突まで比較的余裕がある状況での支援は、ドライバが対応する時間的余裕が増える一方で、ドライバにとって不要な支援にならないよう配慮が必要となる。そこで本章では、余裕がある状況でも支援が必要になると考えられる、ドライバの注意水準が低下（ハザードの出現を低く予測）しやすいドライバの状態と交通状況の検討を行った。運転中のドライバに対し、光点に対するボタン押し反応タスクを課す実験を実施し、タスク成績から覚醒度と交通状況ごとのドライバの視覚的注意の範囲を評価した。実験の結果、覚醒度が低下した場合においても先行車がいる状況では注意が維持されやすく、単独走行時に注意が低下する傾向が明らかになり、ハザードの出現を低く予測しがちな当該交通状況下において、支援の必要性が高まることが示唆された。

第6章 交差点の視環境による運転行動への影響

無信号交差点における出会い頭事故は、減速せずに交差点に進入して衝突するケースが多いことがわかっている。その一因として、ドライバが潜在ハザードの出現可能性を低く予測していることが考えられる。本章では、ドライバのハザードへの予測が低くなる交通状況として、ハザードは直接見えないもののハザードの存在する交差道路の一部が見えるという視環境や、ドライバから見える衝突リスクの低い交差車両が交差点進行動に与える影響を調べた。実験の結果、交差道路の一部が見えることで、見えないハザードに対するリスクの過小評価が生じ、交差点進入に向けた減速行動が抑制された。また、衝突リスクの低い見える車両が多い場合やその速度が高い場合には、減速が促進され、交差点進入速度が低下することが明らかになった。しかしながら、ドライバによる個人差が大きく、リスクの高いドライバと低いドライバで視線行動に異なる傾向が見出された。リスクの高いドライバは、正面方向への注視割合が高いのに対し、リスクの低いドライバは、遮蔽のある潜在ハザードが出現してくる方向への注視および遮蔽のない方向への注視割合がともに高かった。ドライバはそれまでの運転経験などに応じて、各個人ごとの方略で交通環境から情報を取得し、潜在ハザードの出現可能性を予測することで、交差点への進入に際しての減速行動や安全確認行動を決定していることが示唆された。

第7章 交差点の視環境と支援情報の相互作用

潜在ハザードに対する運転支援は、ハザードに対する予測が低いドライバに有用と考えられるが、当該ドライバに対する支援情報の提供効果について、十分な検討がなされていない。そこで、第6章で対象とした交差点の視環境において、ハザードの出現可能性を高く予測したドライバと低く予測したドライバに対して、ハザード情報を含む安全情報を提供し、ドライバの情報の受け止め方と運転行動を調べた。実験の結果、交通環境からハザードの出現を低く予測したドライバに対して抽象的な情報（事故多発交差点の情報）を提示しても速度が抑制されないことが確認された。一方、具体的な情報を提供すると、情報に対する信頼感は低いものの自己の運転に対する自信が低下するため、速度が抑制されることが明らかになっ

た. さらに, 衝突可能性の高い車両の他に衝突可能性の低い交差車両が見える場合に, 具体性の低い情報(交差車両に注意)を提供すると, 情報の示すハザードは見えているハザードのみであるとの誤解を招くことが明らかになった. 交通視環境の違いなどから形成されるドライバの予測によって, 提供される安全情報の受け止め方やそれに伴う運転行動が異なるものの, 具体的な支援情報の提供によって適切な行動が促されることが示唆された.

第8章 総合討議

本研究では, ドライバのハザードに対する予測に着目し, 効果的な運転支援システムの方策について検討した. 顕在ハザードに対する衝突直前の支援である追突防止支援システムでは, ドライバがハザードへの出現を低く予測している状態(脇見や低覚醒など)から前方のリスクに対して確実にかつ迅速に前方へ注意を向かせることが最重要といえる. 一般的な仕様である視聴覚表示に対し, 異なるモダリティの警報を加えることで改善できることを提案した. 一方, 衝突までに余裕がある状況での支援では, 不要な支援を抑制する必要がある. そこで, ドライバがハザードへの出現を低く予測する(注意が低下する)交通環境やドライバ状態において優先的に支援を行うことを提案した. また, 無信号交差点通過時において, ドライバは交通環境から潜在ハザードの出現を予測して進入行動を決定しており, 予測が低いドライバへの支援の必要性を示すとともに, ドライバに誤解を生じさせない具体的な支援情報が必要であること立証した. 本論文は, 従来あまり検討されてこなかったドライバのハザードに対する予測に着目して運転支援システムを評価検討しており, 今後のシステム開発への活用により交通事故低減への寄与が期待できる.

以上

早稲田大学 博士（人間科学） 学位申請 研究業績書

1. 本間亮平・菊地一範・若杉貴志・宇野章則・浦井芳洋・吉田傑（2014）. 前方車両衝突防止支援システムの効果予測:警報緩制動の有効性 自動車技術会論文集, **45(2)**, 393-398.
2. 本間亮平・大谷亮（2013）. 思い込みが生じたドライバの安全運転情報の受け止め方に関する考察 自動車技術会論文集, **44(2)**, 691-696.
3. 本間亮平・菊地一範・若杉貴志・田坂寿康・吉田傑（2012）. 前方車両衝突防止支援システムの効果予測:危険の予期が低いドライバの衝突予知警報に対する反応特性 自動車技術会論文集, **43(3)**, 769-775.
4. 本間亮平・安部原也・菊地一範・岩城亮・藤井健・福島正夫（2011）. 低覚醒時におけるドライバの視認行動特性 自動車技術会論文集, **42(5)**, 1217-1221.

以上