

氏名(本籍)	望月 誠 (日本)
専攻	知能機械システム工学専攻
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第 112 号
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当者
学位授与の年月日	平成 27 年 9 月 30 日
学位論文題目	周辺視野の視覚特性を活用した複数の運転支援情報の提示方法に関する研究
論文審査委員	(主査)鈴木 桂輔 (副査)郭 書祥 (副査)澤田 秀之

## 論文内容の要旨

交通事故の発生件数は減少傾向にあるものの、2013 年の交通事故における死者数は 4、373 人に上る (2014 年度事故統計)。発生場所別にみると、49%の死亡事故は交差点付近で発生していることから、交差点における事故を削減するための路車間協調システムの導入に向けて様々な実証実験が行われている。路車間協調システムは、交差点付近の状況を路側センサでセンシングし、無線通信技術を活用して、交差点に接近する車両に対して交差点付近の歩行者や走行車両に関する情報の提供を行うものである。出会い頭衝突防止支援システム(交差車両・自転車)、右折時衝突防止システムなど、多様なサービスが想定されており、交差点事故の未然防止が期待されるが、交差点を通過する際に複数の情報がドライバーに同時、あるいは時間的に近接して提示される場合、片方の情報がマスキングされる、またはドライバーが混乱していずれの情報も正確に理解できないということが懸念される。そこで、運転中のドライバーに複数の運転支援システムからの情報が提示される場合に、双方の情報を確実に伝達するための情報提示手法の提案が必要である。

この課題を解決するため、本研究ではドライバーの周辺視野に着目した。中心視野領域(注視点付近 2 度程度の視力の高い領域)で認知することを想定した情報提示に加え、周辺視野領域(注視点の周囲 180 度程度以内の領域で、視力は低い動きの変化に敏感な視野)で認知可能な情報提示を用いることで、複数の情報提示を分かりやすく伝達できるものと考えた。

上記を踏まえ、本研究の目的は、「ドライバーの周辺視野への情報提示を用いた、複数の運転支援情報を伝達可能な情報提示方法の提案」とする。また、本目的を実現するための取り組みを、以下のように設定した。

- (1) 運転支援システムの導入効果評価手法の提案
- (2) 周辺視野を活用した複数の運転支援情報の提示方法の設計

- (3) 情報提示方法の事故削減効果の定量的評価
- (4) 複数の運転支援情報の提示方法に関する設計指針の提案

本学位論文は以下の7つの章から構成される。

第1章「序論」では、日本の交通事故発生状況を概観するとともに、運転支援システムにおけるドライバへの情報提示手法の課題を整理した。その上で、研究目的および論文の構成を示した。

第2章「運転支援システムの導入効果評価手法の提案」では、時間・コストがかかる実車実験を行うことなく、運転支援システムを導入した際の交通事故の削減効果を推定するため、ドライビングシミュレータ（DS）で計測した運転行動データに基づいて衝突回避シミュレーションを行い、事故削減効果を定量的に評価可能な手法を提案した。（主論文1）

第3章「周辺視野への情報提示の基本特性の分析」では、周辺視野への情報提示を単独で用いた場合の、情報提示の有効性について評価した。運転支援システムのヒューマン・マシン・インタフェースに関する設計においては、システムが期待した効果を得ることだけでなく、正常に作動しなかった場合のドライバへの負の影響を抑制することも必要と考えられていることから、システムが正常に作動する場合に加え、欠報となった場合の影響についても評価した。その結果、周辺視野への情報提示手法の事故削減効果を確認するとともに、欠報時の衝突リスクの増加が抑制できる可能性がある事を明らかにした。（主論文2）

第4章「複数警報を伝達する情報提示方法の設計」では、第3章で得られた周辺視野への情報提示の基本特性に基づき、運転時のドライバの意志決定モデルを用いて、周辺視野へ情報が提示された際の状況認知プロセスを明確にした。また、緊急性・信頼性が高い情報は、ドライバの正面に配置されるヘッドアップディスプレイ（HUD）に、注視して認知することを想定したアイコンと文字を用いて表示し、それ以外の情報は、周辺視野領域へ、注視せずに認知できる低空間周波数のアンビエント表示を用いて、危険の気配として表示することで、複数の情報を、認知負荷を増加させることなく伝達する情報提示方法を設計した。

第5章「複数警報提示の事故削減効果の評価」では、見通しの悪い交差点において、交差車両と歩行者が同時に出現するシーンを例として、第4章で提案した複数の情報の提示手法の有効性の検証を行った。結果、優先度が高い情報（交差車両情報）の事故削減効果に影響を与えず、優先度が低い情報の事故削減効果を、従来手法よりも改善できることを明らかにした。（主論文3）

第6章「複数情報提示の設計指針の提案」では、本研究を通じて得た知見に基づき、複数の情報提示を行う際の処理フロー及び情報提示仕様について、設計指針案としてまとめた。

第7章「結論」は、本研究で得た結果を総括した上で、実用化に向けた課題と、今後の展望として、実現が期待される自動運転時のHMIへの適用可能性について述べた。

以上の構成からなる本学位論文の新規性は、複数の運転支援情報をドライバに伝達するという課題に対し、注視して認知することを想定した情報提示と、周辺視で認知可能な情報提示を併用した新たな情報提示手法を提案し、衝突予測シミュレーションモデルを用いて事故削減効果を検証したことにある。

今後は、個人差による影響、高齢ドライバの運転行動に与える影響を評価するとともに、提案する情報提示を実環境に適用した際の課題を抽出することが必要である。

## 審査結果の要旨

交通事故の発生件数は減少傾向にあるものの、2013年の交通事故における死者数は4,373人に上る(2014年度事故統計)。発生場所別にみると、49%の死亡事故は交差点付近で発生していることから、交差点における事故を削減するための路車間協調システムの導入に向けて様々な実証実験が行われている。路車間協調システムは、交差点付近の状況を路側センサでセンシングし、無線通信技術を活用して、交差点に接近する車両に対して交差点付近の歩行者や走行車両に関する情報の提供を行うものである。出会い頭防止衝突支援システム(交差車両・自転車)、右折時衝突防止システムなど、多様なサービスが想定されており、交差点事故の未然防止が期待されるが、交差点を通過する際に複数の情報がドライバに同時、あるいは時間的に近接して提示される場合、片方の情報がマスキングされる、またはドライバが混乱していずれの情報も正確に理解できないということが懸念される。そこで、運転中のドライバに複数の運転支援システムからの情報が提示される場合に、双方の情報を確実に伝達するための情報提示手法の提案が必要である。

この課題を解決するため、本研究ではドライバの周辺視野に着目した。中心視野領域(注視点付近2度程度の視力の高い領域)で認知することを想定した情報提示に加え、周辺視野領域(注視点の周囲180度程度以内の領域で、視力は低い動きの変化に敏感な視野)で認知可能な情報提示を用いることで、複数の情報提示を分かりやすく伝達できるものと考えた。

上記を踏まえ、本研究の目的は、「ドライバの周辺視野への情報提示を用いた、複数の運転支援情報を伝達可能な情報提示方法の提案」とする。また、本目的を実現するための取り組みを、以下のように設定した。

- (1) 運転支援システムの導入効果評価手法の提案(2章)
- (2) 周辺視野を活用した複数情報の提示方法の設計(3、4章)
- (3) 複数情報の提示方法の事故削減効果の定量的評価(5章)
- (4) 複数情報の提示方法に関する設計指針の提案(6章)

本学位論文は以下の7つの章から構成される。

第1章「序論」では、日本の交通事故発生状況を概観するとともに、運転支援システムにおけるドライバへの情報提示手法の課題を整理した。その上で、研究目的および論文の構

成を示した。

第2章「運転支援システムの導入効果評価手法の提案」では、時間・コストがかかる実車実験を行うことなく、運転支援システムを導入した際の交通事故の削減効果を推定するため、ドライビングシミュレータ（DS）で計測した運転行動データに基づいて衝突回避シミュレーションを行い、事故削減効果を定量的に評価可能な手法を提案した。（主論文1）

第3章「周辺視野への情報提示の基本特性の分析」では、周辺視野への情報提示を単独で用いた場合の、情報提示の有効性について評価した。運転支援システムのヒューマン・マシン・インタフェースに関する設計においては、システムが期待した効果を得ることだけでなく、正常に作動しなかった場合のドライバへの負の影響を抑制することも必要と考えられていることから、システムが正常に作動する場合に加え、欠報となった場合の影響についても評価した。その結果、周辺視野への情報提示手法の事故削減効果を確認するとともに、欠報時の衝突リスクの増加が抑制できる可能性がある事を明らかにした。（主論文2）

第4章「複数警報を伝達する情報提示方法の設計」では、第3章で得られた周辺視野への情報提示の基本特性を踏まえ、緊急性・信頼性が高い情報は、ドライバの正面に配置されるヘッドアップディスプレイ（HUD）に、注視して認知することを想定したアイコンと文字を用いて表示し、それ以外の情報は、周辺視野領域へ、注視せずに認知できる低空間周波数のアンビエント表示を用いて、危険の気配として表示することで、複数の情報を、認知負荷を増加させることなく伝達する情報提示方法を設計した。

第5章「複数警報提示の事故削減効果の評価」では、見通しの悪い交差点において、交差車両と歩行者が同時に出現するシーンを例として、第4章で提案した複数の情報の提示手法の有効性の検証を行った。この結果、優先度が高い情報（交差車両情報）の事故削減効果に影響を与えず、優先度が低い情報の事故削減効果を、従来手法よりも改善できることを明らかにした。（主論文3）

第6章「複数情報提示の設計指針の提案」では、本研究を通じて得た知見に基づき、複数の情報提示を行う際の処理フロー及び情報提示仕様について、設計指針案としてまとめた。

第7章「結論」は、本研究で得た結果を総括した上で、今後の課題と展望について述べた。

以上の構成からなる本学位論文の成果は、以下のように集約される。

- 1) 複数の情報をドライバに伝達する情報提示手法として、注視して認知することを想定したHUDへの情報提示と、メータ部分のディスプレイを用いた周辺視で認知可能な情報提示を併用した情報提示手法を提案し、DS実験及び衝突予測シミュレーションにより、事故削減効果を検証した。
- 2) 本研究から得た知見を、複数情報の提示手法に関する設計ガイドライン案としてまとめることで、複数の運転支援システムの情報を、情報間の干渉を防ぎ、双方の情報を迅速

に伝達可能な情報提示手法を、他の研究者あるいは技術者が容易に設計できるように提示した。

今後の課題として、個人差による影響、高齢ドライバの運転行動に与える影響を評価するとともに、提案する情報提示を実環境に適用した際の課題を抽出することが必要である。

以上より、本論文はその新規性、発展性を高く評価できる。本審査委員会は、申請者が香川大学大学院の博士（工学）の学位授与に値するものであると判定した。なお、本学位論文の作成にあたり、学会論文誌への掲載論文 3 編が掲載された。研究成果はいずれも独自に完成したものである。

## 最終試験の結果の要旨

平成 27 年 7 月 28 日に公聴会ならびに最終試験を実施した。公聴会では審査申請者に学位論文の内容に関する発表を課した（1 時間）。その後、口述試験として学位論文の内容に関わる審査委員の質疑に対して的確に答えることを求め、学位論文に関連した分野の専門知識を確認した（1 時間）。いずれの審査員の質疑に対しても適切に回答がなされた。主たる質疑に対する回答を以下に示す。

1) 周辺視を活用した、アンビエント表示によるドライバへの情報提示について、中心視の領域での情報提示と比較した場合の優位性を説明する、ドライバの意思決定モデルが提案されているが、そのモデルの妥当性の検証は行っているのか？

【回答】この意志決定モデルのベースは、Endsley が 1995 年に発表した、航空機のパイロットや大型プラントのオペレータを対象とした、認知・判断・操作の過程を説明する意思決定モデルである。このベースとなるモデルは、従来研究で、その妥当性が検証されている。ドライバへの情報提示を例としたヒューマン・マシン・インタフェースの最適化に適用するために、自らが新たに提案した部分については、ドライビングシミュレータを用いた実験を実施しており、妥当性を検証している。また、この妥当性の検証に関わる分析も、学位論文に追記したい。

2) 今回の研究は、自動運転に至る課程でのドライバが運転の主権者である場合の、ドライバへの事故防止支援を目的とした情報提示のあり方を検討しているが、今後、自動運転が実用化される段階まで技術開発が進んだ場合、今回の知見は適用できるのか？

【回答】米国の NHTSA（国家道路交通安全局）が、運転の自動化レベルを、5 段階のフェーズに分けて整理しており、当該分野のシステム開発において国際標準的に用いられている。最も自動化が進んだフェーズにおいても、ドライバがシステムの作動状態を監視する義務は残されている。つまり、情報の優先度や情報の信頼度に応じて、中心視を用いた情報提示と周辺視を用いた情報提示を、うまく使い分けることで、システムの作動状態をより的確に把握することが可能となる。

3) 実験に参加した被験者の特性をより詳細に記載すべきでは？

【回答】3種類のドライビングシミュレータ実験を実施している。それぞれの実験における被験者について、年齢や性別のみでなく、運転経験などの詳細なデータも記載したい。

4) 周辺視を活用したアンビエント表示を用いた情報提示の事故低減効果の定量値について、統計的な信頼性を示すためにも、有効数字をより厳密に精査すべきでは？

【回答】事故低減効果の定量化手法の妥当性の検証において、実環境での事故確率と、本研究で提案している事故確率を推定するシミュレーションモデルによる事故確率の定量値を比較している。その過程における有効数字を精査して、修正したい。

本審査委員会における審査は、学位論文の内容、研究方法について審査、確認しようとするものである。本審査委員会は、提出された博士学位請求論文が博士（工学）の学位に値するものであり、かつ審査申請者は専門領域に関する十分な学識と研究能力を有するものと判断した。以上より、本最終試験の評価を合格とする。