

学 位 論 文 題 名

運転者の視点に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、運転者の視点の測定と評価について新しい手法を考案し、それらの手法を用いて様々な走行現場における運転者の視点と道路の関係を分析した研究をまとめたものである。

道路交通は、道路・車両・人間から構成されている。この道路交通システムにおいて、人間は能動的な意志決定の要素であり、システムのオペレートは人間の行動にかかわってくる。調和のとれたシステム制御を行うには、人間に多くの能力が要求される。例えば、運転者は、道路状況・他の交通の状況・自車の状況を視覚から入力し、適切なコントロール動作に関する意志決定を下し、動作を行い、それによって生じる新しい状況を観察し、反応しなければならない。そして、事故が起こったときはいつも問題になることであるが、その原因の多くを運転者が負わされる。

一方、人間の行動に関する研究は、心理学や医学の分野で過去一世紀にわたって発展をみているが、本論文で扱う眼の動きに関する基礎的、応用的研究も、今世紀初頭以来、個々の学問分野で体系が確立しつつある。しかし、それらの研究成果をそのまま道路交通システムに生かすことは困難である。なぜなら、各分野にはそれぞれの学問体系があり、一つの行動についての研究も、研究者の分野によって体系内の位置づけが異なるためである。

本論文は、この様な道路交通システムの特徴を踏まえ、技術的成果である道路構造とそれを利用する人間との関連性を運転者の視点から分析することを目的として行った研究をまとめたものである。道路と人間の関連性を明らかにすれば、人間の行動を考慮したよりよい機能をもつ安全な道路交通システムが生まれることが期待される。

本論文は10章から構成されている。運転者の視点の測定法・解析法・評価法に関して新たな手法の提案を行った。近年の急速な科学技術の進歩による測定手法を用い解析手法にも最新の技術を注いだ。過去になされた運転者の視点に関する研究は主に定性的な議論に終始したのに対し、運転者の視点の動きを定量的に議論することができるようになった。

第1章は本論文の序論であって、道路交通における運転者の役割を述べるとともに、各章の内容を簡単に記している。

第2章では、眼球運動の生理学的な意味と位置づけについて述べる。後半で、運転者の視点の研究について整理した。運転者の視点とその挙動に関する研究と交通問題におけるそれらの研究の位置付けについて論じる。

第3章では、眼球運動の測定手法について検討した。科学技術の大幅な進歩から近年開発された、“Vision Analyzer”について紹介する。1970年代に使われた眼球運動測定手法から数段進歩した測定装置であることを示した。

第4章は、初めて“Vision Analyzer”を用いて運転者の視点を測定した結果についてである。視点の測定は、信号交差点を多数含む札幌市内中心部の路線と曲線半径の小さいカーブが連続する郊外の路線で行った。視点と道路条件の関係について定性的な検討を行った。視点のリアルタイム処理ができるようになったこと、測定装置が被験者の視野へ与える影響が少なく実験条件が拘束されないこと等から、従来のシステムに比べて格段の進歩から認められた。

第5章では、“Vision Analyzer”を用いて、種々の条件で運転者の眼球運動を測定した。本章の実験は、運転者の眼球運動と走行条件の関係を知ることを目的として実施した。実験には、比較のために大型車も用いた。これらの条件で、昼間と夜間において実験を行った。その結果、同じ被験者で走行条件が類似している場合の視点分布はほぼ同じであった。特に、運転に慣れている運転者は、毎回ほとんど同じ視点分布を示した。一方、走行条件の違いが視点分布に与える影響は、被験者により程度の違いは見られたが、同じ傾向を示した。

第6章では、運転者が見ている道路上の3次元視点位置を求める手法を開発し、運転者の見方を評価した。頭部運動を測定する方法を導入し、眼球運動のデータと合成した。その結果、運転者が見た位置を3次元的に求めることが可能となり、視点と道路空間の関係を計算機内で結び付けられるようになった。また、運転者の情報収集パターンを評価する新しい手法を導入した。運転者の視覚行動は道路環境を情報源とする情報の収集であると仮定し、情報量の期待値であるエントロピーを指標として、情報収集パターンを評価した。その結果、曲線区間において運転者は多くの情報を得ようとしていた。

第7章では、運転者の視点を表示する画像とカメラ映像を実験後に合成することにより、視点とカメラ映像の関係をより明確にできる新しい視点解析システムについて詳細に示した。従来の視点解析システムでは運転者とカメラの視点座標系の一致の定義があいまいであった。また、第6章のシステムは運転者の視点表示画像とカメラ映像を合成するシステムを持たないため、視点が表示視覚対象物の判断が困難であった。新たに開発した視点解析手法では、視点と映像内の視覚対象物の関係を明確に定義した。

第8章では、吹雪時における運転者の視覚挙動について多角的に検討した。吹雪時における安全な走行を確保することは、冬期間の道路交通において大きな課題である。これまで、吹雪が激しくなった状態での運転者の視覚的な評価は車両の挙動や運転者の報告等から間接的に行う以外方法がなかった。第7章で開発した視点解析システムを応用し、吹雪時の測定を行い運転者の視覚挙動の評価を行った。視程距離が200m以下での測定を実施することができた。分析の結果、視界が悪い状況で走行するとき、運転者はとにかく見えるものに視点を集中させていた。また、ファジーエントロピーによる解析から、吹雪時の運転に熟練した被験者は視程距離が短い状況においても多くの情報を得られる視覚挙動を行っていることを定量的に示した。

第9章では、種々の走行条件での測定実験の結果から、走行条件と運転者の情報収集パターンとの関係について細かく分析した。実車実験は、高速道路で実施した。比較を行う走行条件は、速度の高低、昼夜、先行車の有無と道路線形の4つである。評価指標としては、運転者の眼球運動、3次元視点位置と情報処理速度を取り上げた。情報処理速度は、運転者が注視を行っている視覚対象物の画像情報量から求めた。そのため、画像情報を情報量に算定する手法を導入した。分析の結果、眼球運動そのものについては、運転者が最も大きい要因であったが、視点の位置や対象物の選択に関しては道路線形が大きな要因となっていた。また、運転者の情報処理速度は人間のパフォーマンスを越える値となった。

第10章の結論は、前章までに得られた結果を総括し本論文の成果としている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 加 来 照 俊

副 査 教 授 五十嵐 日出夫

副 査 教 授 村 山 正

副 査 教 授 齊 藤 和 雄（医学研究科）

本論文は、道路交通システムにおける運転者の視点の測定と評価についての一連の研究成果をとりまとめたものであり、10章から構成されている。

著者はこの論文において道路交通システムの安全に関する問題として、運転者の視点をその主要なものとして取り上げた。著者は、新しい視点解析システムの開発に取り組むとともに、現場

における走行実験（以下では実車実験と表す）を重ね運転者の視点と道路交通条件との関係について詳細に分析している。

第1章は序論であり、本研究の背景、目的と方法及び内容の概要について述べている。

第2章は、眼球運動の生理学的な意味から出発して、運転者の視点について行われた従来の研究について整理し、交通安全問題における運転者の視点とその挙動に関する研究の位置付けを明らかにしている。

第3章では、眼球運動の測定手法について論じている。本論文で開発された新しい視点解析システムで用いられる眼球運動測定装置である“Vision Analyzer”と“Talk Eye”について紹介し、従来の同様な測定機器との比較を行っている。

第4章は、運転者の視点を実車で測定する手法とその結果について述べている。この結果、眼球運動のリアルタイム・デジタル処理ができるようになったこと、測定装置が被験者の視野へ与える影響が少なく実験条件が拘束されないこと等の面から、“Vision Analyzer”を用いた測定の優位性について述べている。

第5章では、これまで不可能であったような道路交通条件も含めて、様々な道路交通条件で運転者の眼球運動を実車で測定し、走行条件と眼球運動との関係について分析した結果について述べている。

第6章では、運転者が見ている道路上の3次元視点位置を求める手法を開発し、実車実験に応用し、運転者の見方を評価している。眼球運動のみでは運転者の見方と道路空間との関係を評価することはできない。そこで、著者は頭部運動を測定する方法を導入し、眼球運動のデータと合成し、道路空間における視点位置を3次的に求めるシステムを開発した。また、運転者の視覚行動は道路環境を情報源とする情報収集であると仮定し、情報量の平均値であるエントロピーを指標として、その情報収集パターンを評価している。

第7章では、前章での3次元視点位置解析システムの成果を踏まえて、3次的に求めた視点とその軌跡をカメラ映像に実験後に合成する新しい視点解析システムについて論述している。

著者は、この方法の有効性について実車実験を繰り返し行い、その妥当性を立証している。この方法によれば、視点と映像内の視覚対象物の関係が明確に定義されており、映像内で動く視点の軌跡は非常に正確なものとなっている。

第8章は吹雪時における運転者の視覚挙動について述べたものである。吹雪時における安全な走行を確保することは、冬期間の道路交通において大きな課題である。吹雪時の実車実験を行い、前章で開発した視点解析システムを応用し視界不良時の運転者の視覚挙動の評価を行っている。

吹雪の程度による運転者の見方の違いを明確にするとともに、吹雪時の安全な走行を確保するための具体的な対策について言及している。

第9章は、種々の走行条件での測定実験の結果から、走行条件と運転者の見方との関係について細かく分析した結果について論述している。特に、情報処理速度から運転者に要求される視覚処理能力を評価し、運転者の情報処理速度が通常の状態を示される人間の情報処理速度の限界を越えていることを明らかにしている。

第10章は結論であり、各章で得られた多くの成果を整理、要約し、本論文の総括を述べると共に、運転者の視点の測定法と評価法、及びその実用的価値について総合的な見地から展望している。

これを要するに、本論文は道路交通の安全問題について、運転者の視点から取り組むための新しい解析手法を考案し、合理的な評価方法を確立したもので、交通工学、自動車工学ならびに人間工学に寄与するところ多大であり、その実用的価値もまた高く評価される。

よって、著者は、博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。