

## 審査結果の要旨

本研究は、自動車安全技術としてドライバモニタリングの高度化を目指し、ドライバの生体データを用いて、「運転状態検知の高度化」と「センシング技術の高度化」を行ったものである。

第1章と第2章では、交通事故の現状と、ドライバ起因の事故を減らすための様々なドライバモニタの技術開発について調査検討を行っている。

第3章では、運転行動のモデル化によるドライバ行動予測に関する研究について述べている。運転操作不適による事故を回避するための安全技術の一つとして、ブレーキ操作支援が挙げられる。ブレーキ操作支援は必ずしもドライバが必要としている場合にのみ動作するとは限らないため、支援機能がかえってドライバにとって不快なものになってしまうことがある。ドライバオリエンテッドで考えた場合、ドライバが次に行うであろう運転行動を予測することで支援機能の動作タイミングをアダプティブにすることが可能になり、ドライバにとってより快適に安全を提供することが可能になると考えられる。本研究では車両速度およびペダル操作量から、過去の運転行動を考慮したフィードバック型の運転行動モデルを構築した。そのモデルを用いて運転行動シミュレーションを行い、シミュレーション結果に基づくドライバの運転行動予測を行った。予測する運転行動は事故回避に最も有効である「停止行動」とし、走行中の車両がブレーキ操作によって一定速度まで減速してから何秒後に停止するかの予測を試みている。ドライバ行動予測研究では、AR-HMMを用いて運転行動モデルを構築し、モデルに基づいた停止行動予測を行った。停止確率予測を行った結果、一連の行動を考慮する本手法は高精度で予測が行えることが示され、さらに考慮する過去の運転行動の時間長（最適 CDT 長）が予測精度に影響することを発見した。

第4章では、生体信号解析による注意力低下状態の検出に関する研究について述べている。ドライバが注意散漫な状態（Cognitive Distraction）を検知する従来研究では、通常状態と認知的負荷状態の二種類を判別するだけに止まっており、ドライバがどのような認知的負荷状態であるかを判別することは行っていない。実用システムを考えた場合、認知的負荷状態の種類を正確に検知することができれば、負荷の種類に応じた安全機能を選択することができ、ドライバにとってより適切な運転支援を提供することが可能になると考えられる。パターン認識手法に基づいてドライバの生体情報を分類することで、ドライバの認知的負荷状態を多クラスに識別する手法を提案した。車載環境でのリアルタイム検出を実現するために、パターン認識手法として多値判別が可能であり、計算コ

ストの少ない ECOC 法 (Error-Correcting Output Coding) を採用し、さらに、ECOC 法を拡張した独自手法を考案することで検知精度の向上を図った。ドライブシミュレータを用いた実験において、提案手法による従来の ECOC 法に対する検知性能を比較検証した。ハミング距離を用いる HD-ECOC と、損失関数に基づく LD-ECOC 双方の手法による Cognitive Distraction 検知を行ったところ、LD-ECOC を用いることにより最高で 95.76% の検知精度を実現した。

第 5 章では、脈波からの血圧推定技術の高精度化に関する研究について述べている。運転中のドライバは精神的緊張やストレスを常に感じながら運転操作を行っている。緊張やストレスは交感神経の緊張から血管収縮となり、血圧の上昇を引き起こすことが知られている。運転中における血圧上昇はドライバの潜在的な事故要因と関連することから、運転中の血圧をモニタリングし、ドライバに注意喚起を促すことができれば事故低減に繋がると考えられる。血圧の計測方法は上腕にカフを巻いて測定する方法が最も一般的であるが、拘束性が高く、長時間の計測を行うことが困難である。そこで、比較的簡易に測定ができる脈波を解析することで、血圧値を推定する手法を考案している。これまでの先行研究では推定手法として線形手法を用いているため、非線形性を有する脈波パラメータに対して十分な回帰を行うことができなかった。そこでパラメータの非線形性に対応した回帰手法である非線形重回帰分析、及びサポートベクター回帰を用いて血圧値を推定する手法を考案した。さらに推定精度が比較的悪い低血圧と高血圧データに対して再学習を行うことで、推定精度を向上させることが可能であることを示した。また、精度悪化の要因となる外れ値を除外する方法についても提案し、提案した全てのアルゴリズムを組み合わせることで推定精度は  $SD=7.5749\text{mmHg}$  となり、JIS 規格である  $8\text{mmHg}$  未満を達成した。

第 6 章では、これらの成果を総括している。

これらの結果は自動車安全技術としてドライバモニタリングの高度化ならびに状態推定技術の向上に貢献するものであり、世界規模の課題である交通事故軽減につながる成果であることから、本論文が当該分野に与える影響は大きいと考えられる。以上より、本研究には「運転状態検知の高度化」「センシング技術の高度化」に関する学術ならびに技術の発展に多大の貢献が認められ、今後、予防安全技術開発に応用していく足掛かりになると考えられる。これらの点から、本論文は学位を授与するに十分な内容を持つものであると判断される。

