

# 学位論文要旨

## 生体情報解析によるドライバモニタ技術の 高度化に関する研究

情報科学研究科 情報科学専攻 博士後期課程 2014841004 岸本 圭史

### 第1章～第2章 本論文の導入

近年、ドライバー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が進んでいる。本研究では情報科学を活用することで、ドライバモニタ技術の更なる高度化に取り組んだ。情報科学の一つである信号処理技術を用い、「運転状態検知の高度化」、「センシング技術の高度化」を実現することを目的とした。「運転状態検知の高度化」については、交通死亡事故原因の第一位である「漫然運転」と第二位の「運転操作不適」に着目した。漫然運転は考え事や注意散漫といった「認知行動の遅れ」、または眠気や疲労の蓄積といった「生理的変化」によって発生する。運転操作不適は、停止行動の遅れや急加速といった不適切な運転行動によるものである。本研究ではドライバーの生体データを用いて、これらの事故要因の検知を行った。また「センシング技術の高度化」については、緊張やストレスと関係がある「血圧」のセンシング技術の高度化を行った。

### 第3章 運転行動のモデル化によるドライバー行動予測に関する研究

運転操作不適による事故を回避するための安全技術として、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ー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ーにとって不快なものになってしまうことがある。ドライバーオリエンテッドで考えた場合、ドライバー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、ドライバー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ー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た。

#### 第4章 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

ドライバーが注意散漫な状態 (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、ドライバー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えていない。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、ドライバー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ーの生体情報を分類することで、ドライバーの認知的負荷状態を多クラスに識別する手法を提案する。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) を採用した。さらに、ECOC 法を拡張することで検知精度の向上を図った。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。

#### 第5章 脈波からの血圧推定技術の高精度化に関する研究

運転中のドライバーは精神的緊張やストレスを常を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ー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、ドライバー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。近年、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が多く提案されている。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い。本論文では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し、従来の線形手法による推定値と比較を行った。さらに補正学習手法を適用することで、推定精度を JIS 規格である「誤差標準偏差 (SD) 8mmHg 未満」とすることを目指した。

#### 第6章 本論文の結び

ドライバー行動予測研究では、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が判明した。

Cognitive Distraction 検知研究では、ドライバーの視覚情報および生体情報を特徴量として、パターン認識によるドライバーの負担度を考慮した Cognitive Distraction 検知を行った。パターン認識手法としては多値判別が行える ECOC 法を採用した。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%の検知精度を得ることができた。

脈波からの血圧値推定に関する研究では、線形に変化する特徴量に対応可能な非線形重回帰分析と SVR の両手法を用いて推定を行った。その結果、従来の線形手法と比較して良好な推定精度を得ることができた。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できた。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、推定精度を更に向上させることができた。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  $8\text{mmHg}$  未満を達成することができた。