

博士論文要旨

ドライバモニタリングからの取得情報を活用した

運転状態推定アルゴリズムの開発

情報科学研究科博士後期課程 2013841001 今井 章博

第1章 序論

交通事故を未然に防ぐことを目的とした予防安全に関する分野において、ドライバの運転中の状態(眠気の有無, 疲労度合い等)を推定する技術は必須である。運転中の状態を推定するためには、運転中の情報(生体情報, 挙動情報)を計測するドライバモニタリング技術と、取得情報を活用し運転状態を推定する状態推定技術の2つの技術を用いる必要がある。近年では、センサ性能の向上に伴いドライバモニタリング技術は飛躍的に発展しており、日常的に騒音や振動が発生する車内環境においても、実用する上で十分な精度で情報を取得することが可能になってきている。しかし、状態推定技術についてはその精度が十分とは言えず、改善の余地が残されている。このような背景から本論文では、ドライバの運転中の状態を高精度で推定するアルゴリズムを提案する。推定する運転状態については、事故要因の上位を占める”居眠り運転状態”と”運転以外の動作している状態”とした。

第2章 安全技術による事故防止への取り組み

自動車安全技術による事故防止への取り組みについての調査結果をまとめた。はじめに事故低減のための安全技術についてとりまとめた後、安全技術の動向について運転支援システム, 予防安全システム, 衝突安全システムに分類した上で取りまとめ、欧州と日本における安全技術比較も実施した。さらにドライバモニタリングに関する技術動向についても、特に居眠り運転検知と姿勢推定技術に関する研究動向を調査し体系的にこれをまとめた。

第3章 ドライバの眠気レベル推定アルゴリズムの開発

本論文における居眠り運転状態推定では、ドライバの眠気の進行度を瞼開閉情報, 心拍情報, 呼吸情報, 座面圧力情報を入力情報として **Low, Middle, High** の3つのレベルへの判別を行う。推定を行う際の課題は、3つのレベルを常時明確に判別できる特徴量が発見

されておらず推定精度が低いことである。この課題が生じる要因は、運転中に取得する情報の変動は眠気のみには依存しておらず、疲労に代表される他の状態からの影響を大きく受けるからである。従って、眠気レベルを明確に判別するためには、入力情報は眠気レベルの判別面ごとに重複する可能性があり、かつ安定的に取得できないことを前提として推定方法を考える必要がある。本論文ではこの課題を複雑度の高い多値判別問題として捉えて解決に向けたアプローチを実施した。まず、入力情報が判別面ごとに重複する問題に対しては判別基準ごとに判別器を設け、入力情報を判別器ごとに特徴量選択法により最適な特徴量抽出を実施した。次に入力情報を安定的に取得できない問題に対しては、現時点での入力情報に依存せず推定を実施するため、数秒前～数十秒前までの過去の入力情報を現時点の推定に用いた。過去の入力情報に関しては、数学的な観点から情報の信頼度を算出した上で、高い信頼度を持つ情報のみを現時点での推定に反映した。そしてドライビングシミュレータを用いた効果実証実験において、この手法により高い効果を導いた。さらに、これらのアプローチの中で、判別基準ごとに最適な判別を行う判別器を用意する考え方と、過去情報からの信頼度算出法は新規性のある手法であり、安定した入力情報を取得することが困難な推定対象に対し汎用的に活用できるものであることを示した。

第4章 ドライバの運転姿勢推定アルゴリズムの開発

本論文における運転以外の動作とは、運転の妨げとなり事故を誘発すると考えられるカーナビの操作など、運転パフォーマンスに影響を与える動作を指す。ドライバの運転姿勢をモニタリングする先行研究においては、シートに座面圧力分布センサを設置し、運転パフォーマンスに影響を与える4つ動作を推定する手法が試みられた。しかし、最終的な姿勢がよく似た2つの動作について推定が困難であることと、座り直し(一度シートから離れ改めて座ること)を行った際に推定率が大きく変化することが問題として挙げられている。そこで本論文では、上記問題を解決する手法として3つの固定点で位置決めされることにより、シートと比べ座り直しを行った際の初期着座位置の変化が少ないと考えられるシートベルトに着目し、体圧変化情報による運転姿勢推定を実施した。シートベルトにかかる圧力の測定には、人体への影響を考慮し、電気抵抗や静電容量の変化を利用するセンサは避け、パット状の空気流量センサを使用した。初期着座位置に依存しない推定を実施するためには、空気流量センサの配置は一考すべき事項であり、ドライバの動きを最も効率よく安定的に取得できる配置を検討する必要がある。本論文では実験的にセンサの最適配置検討を行い、最適なセンサの形状・配置を明らかにした。そして、先行研究で用いられた線形判別分析法を空気流量センサからの出力情報に対し適用し姿勢推定を行った。結果として、先行研究の推定結果を精度、座り直しの際の安定度の2つの観点から上回ることができ、シートベルトからの体圧変化情報を用いた手法の有効性を示すことができた。この結果に加え、判別手法を非線形な判別空間を構成する手法に変更することで、更なる精度向上を図ることができた。

第5章 結論

ドライビングシミュレータを用い居眠り運転模擬実験を実施し、居眠り運転時の各情報を元に、3段階の顔表情評定値を正解値とした眠気レベル推定アルゴリズムを開発した。

本研究では眠気には独特な変化の過程があり、それを手法に組み込むことにより精度が向上するのでは無いかという仮説をたて、眠気の変動について考察を行い眠気レベルの段階変化を考慮した手法を提案した。本手法を用いた実験による推定結果として相関0.8を達成し、2段階誤差を3.8%まで低減させることができた。

次に運転姿勢推定について、シートベルトから体圧情報を取得し、それらから抽出した特徴量からパターン認識手法により判別を行うことでドライバの運転姿勢推定を行った。パターン認識手法には、先行研究と比較を行うため線形判別分析法を適用した。結果として、問題点とされていた座り直しを行った際の姿勢推定率の変化を抑制することができた。また、パターン認識手法に非線形な判別空間を構成し、多クラス判別を行うことが可能なECOC法を採用した結果、座り直しを行った際に平均で95.3%の姿勢推定率を得ることができた。シートベルトでの姿勢推定は、カメラからの撮影画像に基づいた手法において問題視されていた車外環境変化への対応や、撮影可能範囲を逸脱した場合の対応にも対応できており、ドライバの運転姿勢を推定する手法としての有効性を示すことができた。