

論文内容の要旨

博士論文題目

安全運転支援のための単眼カメラによる運転者状態推定の研究

氏名 松尾 治夫

(論文内容の要旨)

近年、自動車の安全運転支援を目的とした衝突防止、車線逸脱防止、先行車追従走行等の機能を有する先進安全運転支援システムの市販車への搭載が急速に進んでいるが、実用化されているものの多くは、車載センサ・カメラ等で車外の状況を部分的に計測し、運転者への警告や運転補助を行うものに限られており、運転者の状態をリアルタイムに認識して運転支援や情報提示に活かすものは少ない。本論文では、運転者を撮影した車載カメラ映像と運転操作信号を用いて運転者の覚醒低下や視認行動を評価し、安全運転支援に活かす枠組を提案している。本論文は以下の6章から構成されている。

まず第1章では、自動車の安全運転支援を歴史的に概観し、運転者の状態に応じた支援の重要性を示すとともに、運転者の状態推定に関する技術を概観し、本研究の位置づけと本論文の構成について述べている。

第2章では、画像合成により作成した運転者の顔画像を学習データとして顔領域検出器を構成することによって、多様な光源環境下において頑健に運転者の顔領域を検出できる方式を提案している。

第3章では、前章の提案手法で得られる運転者の顔検出結果を用いて、運転者ごとの較正を自動化した視線方向検出と眼の開閉判定の方法を提案し、運転者の不注意の検出と居眠り運転の検出の可能性について述べている。

第4章では、前章で得た運転者の状態を表す顔特徴に加えて、副次行動と運転操作に係る車両信号を用いることにより、運転者の覚醒低下を早期に推定する居眠り運転早期検出方式を提案している。

第5章では、第3章と第4章で推定した運転者状態に地図情報を組み合わせ、車両運転イベントの自動抽出・記録と運転者への提示方法を提案し、運転者状態推定技術が運転者の安全運転評価に有用であることを示している。

最後に第6章では、本研究を総括するとともに、今後の課題と展望について述べている。

(論文審査結果の要旨)

本論文では、運転者の顔を常時撮影する車載カメラ映像と運転操作情報を用い、運転者の居眠りや脇見を早期に検出して安全運転支援を行うことを目的として、顔画像解析に基づく運転者の状態推定法を開発するとともに、車速、操舵といった車両信号を併用することによって車両運転イベントの自動抽出を可能にした。本研究は実験を通して提案方式の有効性・有用性を検証するというアプローチを採っており、ドライビングシミュレータを用いた運転実験と実車走行環境で取得したデータを用いて検証を行っている。本論文の主要な成果は以下の3点に要約される。

1. 車載カメラで撮影した運転者の顔画像の解析では、時刻や天候の変化に伴って時々刻々変化する光源環境と車室内の運転者の顔に生じる影に対して頑健な顔領域抽出が不可欠となるが、多数の運転者について様々な車室内光源環境下で顔画像を取得し学習データを構成するのは現実的でない。この問題に対して、本論文では、少数の運転者について様々な光源環境下で取得した顔画像から影領域を抽出し、インターネット上で公開されている既存の顔画像データベースの顔画像に影を合成することによって得た影付き顔画像を顔画像データベースに追加したものを学習データとして顔検出器を生成する方式を提案している。影合成画像の最適な混合率を実験的に得て顔検出器を生成し、実運転環境下での実験を通して、頑健な顔領域抽出が可能であることを検証している。

2. 顔画像解析によって運転者の状態を推定する上で重要な手掛かりは運転者の視線と眼の開閉である。本論文では、上記1で検出された顔領域から目、鼻、口等の顔部位に対応した特徴点を抽出し、それらの情報から視線方向と眼の開閉状態を推定する手法を提案し、テストコースでの運転映像と車両停止状態での被験者実験を通して精度評価を行っている。

3. 車載カメラ映像からの運転者の顔画像解析結果に加えて、車両信号や地図情報を併用することによって、運転者の覚醒低下を早期に推定する居眠り運転早期検出法と車両運転イベント自動抽出法を開発し、それぞれ、実車での高速道路走行時の計測データと一般道での走行データを用いて、提案方式の検証・評価を行っている。

以上述べたように、本論文では、自動車の安全運転支援を目的とした車載カメラ映像解析による運転者状態推定とその具体的な応用を提案している。本研究の成果は次世代の先進安全運転支援システムでの実利用が期待でき、学術と実用の両面での貢献を認めることができる。本論文の主要部分に相当する内容については、学会論文誌に論文が掲載されるとともに、国際会議等においても公表されている。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。