

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

## 主論文の要旨

論文題目 Estimation of Pedestrian Walking Direction for Driver Assistance System  
(安全運転支援システムのための歩行者の歩行方向の推定)

氏名 趙 光哲

## 論文内容の要旨

自動車の発展は移動社会に利便をもたらす一方で、交通事故が人間の尊い命を奪い、大きな代償を支払うことを余儀なくされている。それは世界中の国々にとって看過できない問題であり、事故防止のため継続的に莫大な予算を投じてきた、これまで、事故の影響を低減するための数々の手段が研究開発されてきた。その一つである先端運転支援システムは、交通状況のうち歩行者の命に係わる注意情報を提供したり、運転を補助して搭乗者の安全を守るものである。万一事故が避けられないときのためには、歩行者の怪我の程度を減らすために、衝突の衝撃を低減する装置の開発が行われている。

本論文では、この問題についての実用的なアプローチを提示する。歩行者を事故に遭遇させないことは、運転支援システムの重要な要素の一つである。そこで我々の目的は、画像処理を用いた運転支援システムとして、潜在的に危険な状態を素早く察知して運転手に警告を与えるようなシステムの開発である。本論文では、単眼の車載カメラで撮影した実シーンから、歩行者を検出し、さらに歩く方向を推定することを研究課題として設定する。ここでの困難な課題は、歩行者が様々な見え（衣服、大きさ、形状、姿勢など）で撮影されており、さらに市街地における動画を対象とするという複雑さにある。また、システムは最終的に実時間で処理できかつ高い認識率をもたらす性能が求められる。

衝突の可能性を予測するために使える情報は沢山ある。とりわけ、歩行者がどの向きに面しているかの情報は、将来どちらに移動するかを予測するために重要な手がかりとなる。そこで、本論文の中核として、実シーンにおける歩行者向きの推定方法に焦点をあてることとした。すなわち、まず、各時刻フレーム画像中の歩行者が8分割方向のどちらを向いているかを推定する手法を提案する。この問題に取り組んだ研究は世界で初めてである。その際、頭部の方向を考慮することにより推定精度が格段に向上することを示した。最終的に、提案手法はこの種の8クラス問題としては高い性能である64%の認識率を達成した。さらに、この手法を動画に適用し、歩行の方向を高い認識率で推定する手法を示した。

これらの要素技術をもちいて本論文では、三段階式の歩行者の移動方向推定方法を提案する。すなわち、各フレーム画像に対する（１）歩行者検出、および（２）歩行者の向き推定、さらに複数フレームからの（３）歩行者進行方向の推定の三段階からなる方法である。前二者は、計算コストの低い Haar-like 画像特徴と Adaboost 認識器による手法に基づき、これを拡張して多クラス問題の認識器開発に取り組んだ。その結果得られたシステムは、現在の車載システムにおいてもほぼ実用的な時間での処理性能を発揮できる。

実験遂行にあたっては、我々は実車にカメラを搭載して市中を走行して得られた歩行者画像データを、システムの学習と評価に用いた。本論文で示した手法は、単に歩行者の検出と方向推定技術の提案にとどまらず、移動方向の将来予測と衝突可能性の計算と実践的な運転支援技術に発展することが期待される。

本論文の構成は以下のとおりである。

第一章では、背景と研究の動機をまとめ、高度交通システム（Intelligent Transport System, ITS）の幅広い展開を概観しつつ、運転支援システムにおける問題を提起し、本論文の位置づけと目的を明確化するとともに、各章の位置づけを示す。

第二章では、ITS における課題と関連研究を広く紹介しながら、本論文の焦点である画像処理とパターン認識による人物像処理、とりわけ歩行者検出、姿勢向き推定を中心に関連研究を詳しく述べ、本論文の位置づけと方向性を確認する。なお、一部の詳細は付録にて紹介する。

第三章では、本論文が達成しようとする運転支援システムのアーキテクチャとして三段階からなるピラミッド型のシステムを提示する。第１段階の処理は、良く知られた画像中の顔検出手法を歩行者検出に適用する。具体的には、大量の実世界データセットを用いて Haar-like 画像特徴による Adaboost 認識器を学習させて認識器を設計した。歩行者検出において十分高い性能が得られることを確認した。

第四章は、本論文の中心的課題であり、検出した歩行者領域に対して、身体の 8 方向の向きを 8 クラス問題として推定する第 2 段階の手法とその実験結果を提示し評価する。Adaboost を用いた単純な多クラス問題の認識器の設計と評価からはじめて、誤検出の特性に対処したカスケード型の方向推定手法、とくに頭部方向の推定成功確率をベイズモデルで組み込んだ推定手法を提案し、64%の認識率を達成した。ベースラインとなる他の多クラス認識器との性能比較を行い、その効果を確認した。さらに、現時点で 4 方向認識では最良の性能とみなされる他手法との性能比較を試み、それぞれ特性があるなかで競争できるレベルにあることを確認した。

第五章では、第 3 段階である歩行者の歩行方向の推定問題を取り上げる。ここでは、連続画像系列に対する第 2 段階の身体向き推定結果を用いて、比較的単純な指標を導き、直線的歩行時について 83%から 98%の方向推定が可能であることを実験的に示した。

第六章では、本研究で得られた結果を総括する。画像処理による歩行者移動方向推定の現状の達成点をまとめ、今後の課題と研究方向を短期的、長期的に展望する。









