

車載カメラを用いた自転車検出システムの研究

著者	鄭 旭
巻	24
発行年	2014-03-25
学位授与番号	17104甲工第366号
URL	http://hdl.handle.net/10228/5237

氏名	鄭 煒旭
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博甲第366号
学位授与の日付	平成26年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	車載カメラを用いた自転車検出システムの研究
論文審査委員	主査 教授 石川 聖二 教授 森江 隆 教授 黒木 秀一 教授 金 亨燮 准教授 タン ジュークイ

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、一般交通環境で頻繁に発生する自転車事故を減らすために、自車の周囲を走行している自転車を、自車に装着したカメラの映像から検出して運転者に知らせる先進安全自動車システムの開発を目的としている。本論文では以下の3つの自転車検出手法を提案する。

① 物体検出に有効な特徴量を獲得する方法、及び自転車かどうかを判断する有効な識別器を用いた自転車検出手法。

② オクルージョンの問題の対策として、人の上半身と自転車の車輪を部分的に検出して自転車検出を行う手法。

③ 自転車の現在位置を推定するために、自転車検出器と追跡機を両方用いた手法。

本論文は次のように構成されている。

第1章では、本研究の背景と目的、関連研究と従来研究について述べる。近年、物体認識技術は様々な分野に適用されている。エンターテインメント分野では顔認識やカメラコントローラを用いた技術、セキュリティ分野では監視カメラを用いた物体認識技術、ロボット分野では案内ロボット、偵察ロボットなどに用いられている。そして物体検出技術の発展によって車載カメラを用いた先進安全自動車システムが開発され、商用化されている。しかし現在のシステムは、カメラだけでなく他のセンサーも用いたシステムであるため高価であり、また技術的にも解決すべき問題点が多い。またこれらのシステムは、歩行者の検出が中心である。しかし、交通事故を減らすためには人以外の自転車、自動二輪車、車などの検出が必要である。特に多くの交通事故が自転車と関連するものであるにもかかわらず、自転車の自動検出に関する研究がほとんど見られないため本研究は有意義である。

第2章では、人検出に有効な特徴量としてよく用いられているHOG特徴量を改良したMSC-HOG特徴量を用いた自転車検出法について提案する。実際の交通環境での自転車の検出には様々な物体が存在し、検出する物体のオクルージョン現象などの困難点のため高精度かつ高速な検出が要求される。高精度のために自転車がある領域の特徴を効率的に抽出する手法と高速のために、Cascade structureを考慮した識別器を用いて自転車検出を行う。そして提案する方法の有効性を確かめるために、従来手法との比較及び実交通環境下での自転車検出実験を行い、その結果を示す。自転車の画像(positive)と自転車ではない画像(negative)を用いた分類実験では、従来手法と比較した実験により精度と速度面で最も良い結果が得られた。そして実交通環境における自転車の検出実験も従来手法より良い結果が得られた。また提案法は、3つの検出器を用いて自転車走行の3方向(正面、左、右)の検出もできる。

第3章では、円を用いた自転車検出法について述べる。画像を用いて物体認識を行う場合、

一番問題になるのはオクルージョンの発生である。3章では、オクルージョン問題の解決方法として自転車の車輪と人の上半身を各々検出して自転車領域を推定する方法を提案する。自転車の車輪の検出には円／楕円検出を用いる。一般的に円／楕円検出によく用いられる方法としてハフ変換があるが、ハフ変換を用いて円／楕円検出をする場合、複雑な背景ではうまく検出できないため、新しい円／楕円検出手法を提案する。そして上半身の検出には2章で提案したMSC-HOG特徴量とReal AdaBoostを用いる。検出された自転車の車輪領域と自転車に乗っている人の上半身領域の統合処理は、自転車の車輪と上半身の位置関係の解釈により統合処理を行う。提案した手法の有効性を確かめるために自転車の車輪検出、上半身検出、自転車の全体領域検出の三つの実験を行った。自転車輪の検出実験では、提案した円／楕円検出手法は、組合せハフ変換を用いた方法より検出率・処理時間の双方において良い結果が得られた。実交通環境下での自転車検出実験に対して部分検出を行わず2章で提案した手法のみ用いた場合、オクルージョンがない場合は、検出率の差があまりないが、オクルージョンがある場合は3章で提案した手法がもっと有効だった。

第4章では、HOGを用いた自転車検出器とParticle Filterを用いた追跡器を両方利用して、映像の中に自転車がある位置をもっと正確に推定する方法を提案する。近年、提案されている追跡アルゴリズムのみ用いて物体追跡を行う場合、追跡物体の初期位置は未知である。提案手法では、検出器を用いるため自転車の初期位置の検出ができる。自転車を追跡する場合、フレーム毎に検出器の位置情報と追跡器の位置情報を両方用いるため追跡精度を向上できる。提案手法の精度を確かめるために、実交通環境における自転車の位置推定の実験により、提案手法が、検出器のみ用いる手法と追跡器のみ用いる手法より有効性があることを検証した。

第5章では本論文の結論について述べる。本論文は今までほとんど見られなかった実交通環境下での自転車の検出法を提案した。提案した3つの自転車検出法について、その有効性を実交通環境で撮影された映像を用いて実験により確かめた。本研究の今後の課題としては、自転車以外の様々な障害物を検出する方法の開発、カメラ(画像処理)のみの技術で先進安全自動車システムができるように、様々な状況でも良い精度を持つ物体認識手法の開発などが挙げられる。

学位論文審査の結果の要旨

自動車の発明と高性能化は近代・現代の科学技術の大きな成果であり、産業界や社会に多大の恩恵・利便性をもたらしているが、反面、自動車事故もいまだに多く、その低減・撲滅は現代社会の喫緊の課題である。自動車事故を防ぐために様々な取り組みがこれまで行われてきたが、近年、コンピュータビジョン分野においても、車載カメラ映像をコンピュータで解析することにより、危険物・危険状況を発見して運転者に通報する等の安全運転支援システムの研究開発が、国内外で盛んに行われるようになってきている。その中で本研究は、特に自転車の検出に着目し、一般交通環境下で頻繁に発生する自転車事故を減らすために、自転車の周囲を走行する自転車を、自転車に装着したカメラの映像から検出して運転者に知らせる、自動車安全運転支援システムの基盤技術の開発を目的としている。

本論文では、カメラの映像から自転車を検出するために、物体検出に有効な特徴量を獲得する方法、及び自転車かどうかを判断する有効な識別器、そしてオクルージョン問題対策として、自転車運転者の上半身と自転車車輪を部分的に検出して自転車検出を行う手法等を提案している。

著者はまず、人検出に有効な特徴量である、HOG(Histogram of Oriented Gradients)特徴量を改

良したMSC(Multiscale Cell)-HOG特徴量を用いた自転車検出法を提案している。実際の交通環境には様々な物体が存在するため、物体特徴の的確な抽出、また高精度かつ高速な検出が要求される。提案法は、高精度のために、自転車画像の特徴を効果的に抽出するMSC-HOG特徴量を導入し、カスケード構造を持つRealAdaBoostによる高速識別を行って自転車を検出するという方法である。

提案法の有効性は、従来法との比較及び実交通環境下における自転車検出実験によって示されている。自転車画像と自転車ではない画像を用いた分類実験では、従来法と比較して精度・速度の両面で最良の結果が得られている。また実交通環境における自転車検出実験でも、従来法より良い結果が得られている。さらに提案法は、三種類の検出器を用いて、正面・左・右の三方向の自転車の向きも判別可能であることを示している。

次に著者は、オクルージョン問題を解決するために、円・楕円を用いた自転車車輪の検出と自転車運転者の上半身検出による自転車検出法を提案している。画像を用いて物体認識を行う場合、困難な問題は、他の物体の陰になり一部が見えなくなるというオクルージョン（遮蔽）の発生である。提案法は、自転車車輪と運転者の上半身をそれぞれ検出して統合することにより、自転車領域を検出する。車輪の検出には、従来のハフ変換による方法よりも有効な円・楕円検出法を提案し、運転者の上半身の検出には、先に提案したMSC-HOG特徴量とRealAdaBoostを用いている。さらに、検出された車輪の領域と運転者の上半身領域の統合処理は、それらの位置関係の解釈によって行う。

提案法の有効性を示すために、自転車車輪検出、運転者の上半身検出、自転車検出の各実験を行い、提案法が従来法より検出率・処理時間の双方において良好な結果を与えることを示している。また特に、実交通環境下での自転車検出実験では、オクルージョンが発生しても本法は正しく自転車検出を行えることを示している。

最後に著者は、自転車検出器と自転車追跡器の両方を用いる自転車認識法を提案している。自転車検出のためにはHOG特徴量を用い、自転車追跡にはパーティクルフィルタを用いるという方法である。実環境における車載カメラ映像を用いて実験を行い、提案法の効果を示している。

以上のように本論文は、画像から自転車を検出する新しい方法を提案し、それを車載カメラ映像に適用して実道路環境下での有効性を示している。本論文の成果は、計測工学、画像計測、特にコンピュータビジョン分野への貢献が大きいものと考えられる。また、交通事故防止が喫緊の課題である昨今、本研究は自転車事故を防止するための方法をコンピュータビジョン分野から提案するものであり、社会的課題を解決するための取り組みとしても意義のある研究である。

なお、本研究に関して、審査委員および公聴会における出席者から、MSC-HOGが有効である理由、処理時間をさらに改善する方法、検出と追跡の関係、今後の展開等に関して質問がなされたが、いずれも著者からの適切な説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、本審査委員会は、学位論文及び最終試験の結果に基づき慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。