

単眼カメラを用いた姿勢検知技術(乗員抽出技術)の開発

Development of a Posture-Sensing Technique Using a Wide Angle Monocular Camera (Occupant Extraction Technique)

藤岡 稔 Minoru FUJIOKA
桑原 大樹 Taiki KUWAHARA
濱上 斉 Itsuki HAMAUE
今宮 隆英 Takahide IMAMIYA



要旨

近年、予防安全技術の高度化に向け、ミリ波レーダやカメラなど走行環境をセンシングする技術開発が盛んである。我々はさらに、ドライバや乗員状態のセンシングを組み合わせることで、ドライバや乗員の状態に応じて安全運転支援を行うことを目的に、車室内に設置されたカメラの映像から乗員の抽出と乗員の姿勢を把握する姿勢検知技術に取り組んでいる。

本稿では、姿勢検知技術のうち、単眼カメラ映像から乗員を抽出する技術について述べる。われわれは、光変動に強い背景差分法であるGraph Cut技術をベースに、背景を動的に更新する手法を乗員抽出技術として構築した。実際の利用シーンを想定し、車外の明るさやシート状態の変動要素を含んだ評価シーンに対して、乗員抽出技術の有効性を確認し、課題が抽出できたので報告する。

Abstract

In recent years there has been a profuse amount of development of technology for sensing driving environments such as millimeter-wave radar and cameras in order to create even more sophisticated collision safety technology. We have been working on a posture detection technique that can extract vehicle occupants and ascertain their postures from images of a camera mounted inside a vehicle in order to support safe driving corresponding to the driver and passenger statuses by combining with 'sensing driving environments' and 'sensing driver and passenger statuses'.

This paper describes a posture-sensing technique capable of extracting vehicle occupants (driver and passengers) from monocular camera images. We have created a dynamic background updating method for use as an occupant extraction technique based on the graph-cut technique, a background subtraction method that functions well even with light fluctuation. In this paper, we explain how we created assumed actual use scenarios, and then checked the effectiveness of this occupant extraction technique in various evaluation scenarios, including those in which elements such as vehicle exterior brightness and seat conditions were varied, as a means to extract corresponding issues.

1

はじめに

全国の交通事故死者は年々減少しており、平成28年は3,904人となり、4千人を下回ったことが警察庁から発表された⁽¹⁾。しかし、依然として年間約50万件もの交通事故が発生している⁽²⁾。交通事故発生件数のさらなる低減に向けては、エアバッグなどの衝突安全技術やミリ波レーダやカメラなど各種センサを用いた予防安全技術の高度化といった研究・開発が盛んに行われている。当社では、安全運転支援に貢献することを目的とし、ミリ波レーダなど走行環境をセンシングする技術を開発している。われわれは、走行環境のセンシングに加え、ドライバや乗員の状態をセンシングする技術を組み合わせることで、ドライバや乗員の状態に応じて回避行動を促すことや情報提供を行うことなど、ユーザーフレンドリーな運転支援システムの実現を目指している。ドライバや乗員の状態の中でも、ドライバや乗員の存在の有無や行動の把握を目的とし、車室内に設置されたカメラの映像から乗員の抽出と乗員の姿勢を把握する姿勢検知技術に取り組んでいる。今回は、姿勢検知技術のうち、単眼カメラ映像から乗員を抽出する技術について報告する。

2

ドライバや乗員の姿勢による状態推定

2.1 既存技術の問題

車室内のドライバや乗員の状態を検知するための既存技術としては、シートの座面に埋め込まれた着座センサ(荷重センサ)にかかる荷重分布や、シートの座面に埋め込まれた静電容量センサにて、人とセンサ電極間に発生する電荷を非接触で測定し、身体的位置を把握している。

これらセンサは、シートに着座している乗員の有無を検知してはいるものの、乗員の状態を表す姿勢までは検知ができない。例えば、頭がヘッドレストの真ん中の位置にあり、身体は真っ直ぐで、腕がハンドルへ

延びて保持しているといったように、より正確な乗員の姿勢までは検知ができない。

2.2 画像認識の活用

われわれは、車室内空間を詳細に見ることができカメラを選定し、画像認識を用いて乗員の抽出と姿勢を検知し、姿勢から乗員の状態を推定することとした。

車室内へのカメラの設置条件としては、複数の乗員の姿勢を検知するために車室内を俯瞰して見渡すことができること、すなわち、カメラの画角が水平および垂直方向に広角であることと小型化が求められる。さらに、実使用を考慮すると、夜間でも検知できることも重要なカメラ要件となる。これら要件が実現できれば、米国衝突安全の法規(FMVSS208)やEuro NCAPのシートベルトリマインダのような法規へも対応ができると考えている。

これら要件に基づき、車載向けに利用可能な広角かつ小型であるカメラの調査を行なった結果、表1に示す当社ドライブレコーダに採用している近赤外対応カメラと近赤外ライトユニットを選定し、車室内全体が見渡せる車の天井中央部にあるオーバーヘッドコンソールの位置に配置した。この車室内単眼カメラにより、図1のような映像が取得できる。

表1 カメラ、ライト仕様

近赤外線対応カメラ	
撮像素子	1/4インチカラーCMOS
画素数	31万画素
画角	水平135度 / 垂直105度
近赤外線ライトユニット	
発光ピーク波長	850nm
光出力	12mW/sr
照射角	放射角140度 / 半値角60度



図1 車室内単眼カメラ映像

3 姿勢検知システム

3.1 システム構成

車室内の乗員の抽出や姿勢の検知、そして状態の推定を行うため、図2のようなシステム構成とした。車室内カメラで得られた画像を入力とし、画像認識により、乗員抽出ならびに姿勢検知を行う。今回、STEP1として、車室内カメラの映像から、乗員抽出の技術開発を行ったので報告する。今後、STEP2では、車室内カメラの映像から、抽出した乗員の姿勢を検知する技術を開発し、STEP3にて、姿勢から乗員の状態を推定する技術を開発する予定である。



図2 システム構成

3.2 乗員抽出技術

乗員抽出にはベース技術として、背景差分法を用いる。一般的な背景差分法ではフレーム間の画素の差分を用いて乗員か背景かを判断するが、画素差分は

光変動に弱いという欠点を持つ。そこで、乗員(前景)と背景の判断に、京都大学の橋本らが提唱するGraph Cut技術を適用した⁽³⁾。

Graph Cutは、画像の領域抽出などで使用される手法の一つであり、一般的に光変動に強い技術とされている。あらかじめ取得した背景(画像)に対する前景(画像)を分割するために必要となるエネルギーの総量が最小になるような領域を求め、分割する背景差分法の一つである。

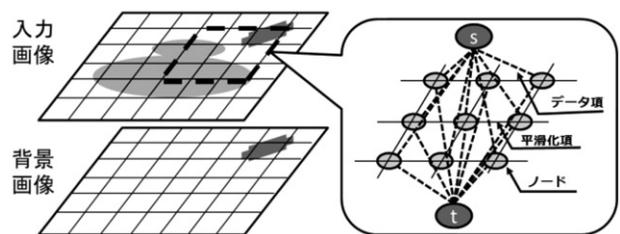


図3 Graph Cutによる領域分割イメージ

図3は、sを前景、tを背景および隣接する各ノード(図3の「○」部)を表しており、これらがパイプでつながったものをカットし、前景と背景を分割する。また、各ノードとsまたはtとのフローをデータ項(図3の破線部)、隣接するノード同士のフローを平滑化項(図3の実線部)と呼び、データ項は、その領域がどれだけ前景(s)らしいか、もしくは、背景(t)らしいかを表し、平滑化項は、その領域がどれだけ隣接する周囲4近傍領域とのつながりがあるのかを表している。これら各ノードのつながりが強固なものほど、分割するために要するエネルギーが大きくなる。

3.3 背景差分法の課題

車室内の光変動に強い背景差分法であるGraph Cut技術を採用する一方で、本手法をそのまま車載で使用した場合、以下の課題が想定される。

車両乗車時、乗員(特にドライバ)は、自身が運転し易いシートポジションやシートリクライニングを使用し、シートを移動させるが、この結果、背景データの一部として取得されていたシートが移動されてしまうため、シートは、背景データの一部ではなく前景データ

の一部として抽出されてしまう。

つまり、シートに着座した乗員とシートが前景データとして処理されてしまうので、乗員抽出の検出精度に影響がでると予想される。

3.4 動的背景更新手法

われわれは、あらかじめ想定した課題に対応するために、二点に着目した。

一つは、シート移動が発生する条件は、乗員の乗車から降車までの期間において頻度が少ないこと、もう一つは、乗員がシートに着座している状態であっても、全く動かないわけではないため、画素値としては同じであっても、図4に示すとおり画素周辺領域のエッジ(テクスチャ)では動きが検出できる点に着目し、背景データ検出時に、動きのあった画素とその周辺を含むテクスチャを登録し、動きがあった場合は、その画素値が一定時間変動なく、かつテクスチャ変動もなかった場合に背景データを更新する技術を開発した。

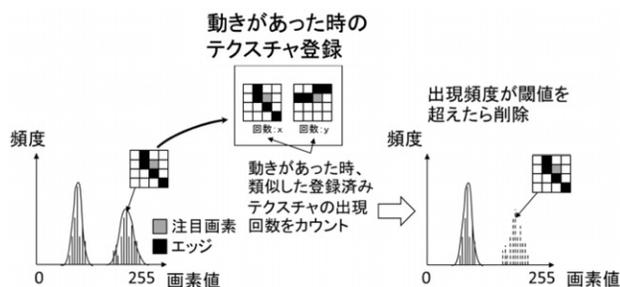


図4 動的背景更新手法

4 動的背景更新による乗員抽出技術の評価

4.1 評価環境構築

動的背景更新による乗員抽出技術の検証、評価をするにあたり、カメラ、LED、シート、ハンドルを図5のように屋内の実験場へ配置し、車室内の環境を想定した評価環境を構築した。

カメラとLEDは、2章で説明した通り、夜間対応が可能な当社製赤外線カメラキット(CMR-4012)の近赤外対応カメラとLEDライトを用いた。シートは、前後のスライドやリクライニング機能を有するシート

(RECARO社製ERGOMED-D)を選定し、ハンドルは、ドライバの運転姿勢や動作を再現できるように、回転機構を持つハンドル装置を準備した。

また、車両は様々な時間での走行をすることを想定し、昼間、夕方、夜間などの光環境を再現できる必要がある。そこで、実験場の蛍光灯点灯数ならびに光量をリニアに変更可能な疑似太陽光照射装置(SOLAX社製XC-500AF)を用いて周辺光量を調節できるようにしている。



図5 評価環境

4.2 評価方法

評価環境にて取得した図6のようなカメラ映像をPCへ読み込み、各映像フレームに対してSTEP1における現状の乗員抽出技術を適用し、図7のように、正しく乗員が抽出できたか否かを目視により判別した。判別基準としては、図8のように抽出した領域が乗員の部位における幅の半分以外外れている場合には誤抽出、未抽出とした。



図6 評価環境で得られるカメラ映像

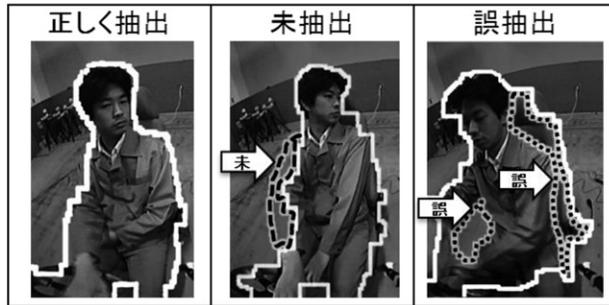


図7 目視により判別した結果

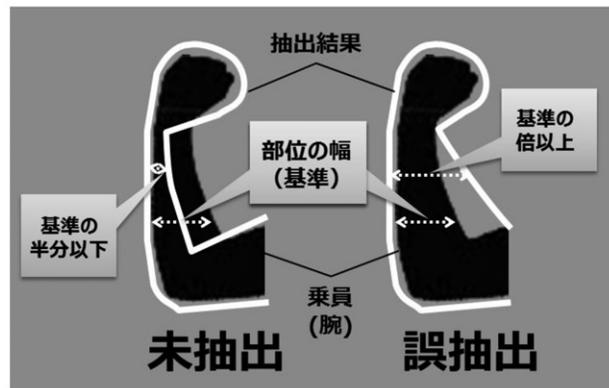


図8 誤抽出・未抽出の判別基準

4.3 評価

評価にあたり、実際の利用シーンを想定すると、車外の明るさ、シート状態(シートポジションやリクライニング)、シートの素材、人の着衣素材や色、乗員の体格(大人/子供)といった変動要素がある。今回は、表2に示す通り、まずは車外の明るさとシートの移動への対策の効果を確認するため、以下の三つのシーンを設定し、取得した映像に対して評価を行った。なお、各シーンは800フレーム(約26秒)程度とした。

- (1) 曇天昼太陽光下レベルの照度(32,000lux)にて、乗員はドライバ席のみとし、着座していない状態から、ドライバが着座し、ハンドルを握り、左右確認やハンドル操作を行うといった通常の運転行動を行った。
- (2) 蛍光灯や疑似太陽光照明装置を調整することで周囲の明るさを暗くし、夜間街灯下レベルの照度(75lux)にて、通常の運転行動を行った。
- (3) 曇天昼太陽光下レベルの照度にて、通常の運転

行動から、シートポジションを前へ20cm動かし、リクライニングを前方に33度動かし、シートの調整を行った。

表2 評価シーン

	内容
シーン1	曇天昼太陽光下(32,000lux)、通常の運転行動(左右確認やハンドル操作)
シーン2	夜間街灯下(75lux)、通常の運転行動
シーン3	曇天昼太陽光下、シートポジションならびにシートリクライニング変更

4.4 結果

乗員抽出の結果を表3に示す。評価の結果、2種類の未抽出と3種類の誤抽出を確認した。これら5種類の乗員の未・誤抽出について、原因分析を行った。

表3において、No.1は、参考画像のシーン1,2に示すように右肩とシートの色が類似していたり、No.2は、参考画像のシーン3のように、腕と周辺物との境目の色が類似しているため、胴体や腕が未抽出となっている。これは、Graph Cut技術において、どれだけ前景らしいか、もしくは、背景らしいかを表すデータ項が大きくならず、隣接する周囲4近傍領域とのつながりを表す平滑化項により、周囲の背景が伝搬されて乗員の部位が背景として判定されている。そこで、課題の一つ目として、乗員と背景の色が類似していても、データ項を大きく扱えるように、Graph Cut技術の平滑化項とデータ項から分割を判定する際にデータ項の考慮を大きくするなど、パラメータを最適化する。表3において、No.3は、参考画像のシーン3に示すようにシートを誤抽出したり、No.4は、参考画像のシーン1,2に示すように、ヘッドレストを誤抽出している。これは、人が映り込むことで、カメラの露光が変わったり、ヘッドレストに人の影ができることで、背景の見え方が変化し、背景にも関わらず差分が抽出されている。そこで、課題の二つ目として、これらの条件下でも動的背景更新が行えるようテクスチャ変動を判定するパラメータを最適化する。表3において、No.5は、参考画像のシーン1,2,3に示すように、ハンドルを誤抽出している。これは、ハンドルは回転させると、見え方が

変化するため、背景差分が発生する。そこで、課題の三つ目として、背景差分を行う対象範囲から、ハンドルやシートベルトリトラクター、シフトノブのように稼働する装置の領域を外すことで対応する。

これら三つの課題を解決することで、乗員の未・誤抽出を抑えることができ、後段の複数フレームの抽出結果を用いた時系列処理を組み合わせることで、さらに低減できると考えている。

5

おわりに

われわれは、車室内に設置された広角な単眼カメラを用い、複数の乗員の有無を検知する乗員抽出技術を開発し、課題を抽出した。課題を解決し、まずは一つのカメラを車室内へ装着することで複数の座席の乗員の有無が検知できることを目指す。そして、検知した乗員の画像解析をさらに行うことで、乗員の有無だけでなく、各乗員の姿勢の検知ならびに状態

推定を行う予定である。これにより、例えば自動車のエアバッグ装置で言うと、各席の乗員の体格から開く際のタイミングの調整が可能となるほか、運転中に発作・急病により意識を失ったことを姿勢から認識し、車両の緊急停止を行うデッドマンシステムや、自動運転から手動運転に切り替える際にドライバへ運転権限を移してよい姿勢であるかを判定するなど、今後、姿勢検知技術は様々な製品へ応用可能な技術であると考えている。

6

謝辞

最後に、本技術開発にご協力頂いた、株式会社富士通研究所の村下イノベマネージャーおよび関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

表3 乗員抽出結果

No.	抽出状況	映像内での発生割合			参考画像		
		シーン1	シーン2	シーン3	シーン1	シーン2	シーン3
1	胴体の未抽出	82%	74%	0%			
2	腕の未抽出	56%	48%	10%			
3	腕周囲の背景物の誤抽出	54%	33%	92%			
4	ヘッドレストの誤抽出	69%	55%	0%			
5	ハンドルの誤抽出	27%	16%	55%			

参考文献

1) 警察庁交通局, “平成28年中の交通事故死者数について,” 2017.

http://www.npa.go.jp/pressrelease/2017/01/20170105_01.html

2) 財団法人交通事故総合分析センター, “平成28年中の交通事故発生状況,”

http://www.itarda.or.jp/situation_accident.php.

3) 橋本 敦史、中村 和晃、船富 卓哉、椋木 雅之、美濃 導彦, “TexCut: GraphCutを用いたテクスチャの比較による背景差分の検討,” 著: 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, 2011.

筆者紹介



藤岡 稔
(ふじおか みのる)

VICT技術本部
技術開発室



桑原 大樹
(くわはら たいき)

VICT技術本部
技術開発室



濱上 斉
(はまうえ いつき)

VICT技術本部
技術開発室



今宮 隆英
(いまみや たかひで)

VICT技術本部
技術開発室