

単眼カメラによる障害物検知

Obstacle Detection by Monocular Camera

三野 敦 Atsushi MINO
松本 裕生 Yuki MATSUMOTO
村角 周樹 Hiroki MURASUMI
笠目 知秀 Tomohide KASAME

要旨

近年、ドライバーの安全運転を支援する機器として車載カメラの装着率が拡大しており、なかでもバックカメラは、装着の義務化に関する動きが活発になっている。さらに、バックカメラの役割は、単に視覚補助を行うだけでなく、よりドライバーの運転に安心感を与え、補助する機能を付加したものへと発展しつつある。

しかし、バックカメラによる安心機能は、メーカーオプションで提供されることが多く、既販車への装着ができないことが多いのが現状である。

今回、既販車にでも取付けやすい安心システムとして、車両信号を使用せずバックカメラの映像のみで自車両の移動量を高い精度で推定する障害物検知技術を開発したので、紹介する。

なお、本技術は、2016年12月に当社より発売を開始したパーキングアシスト「カメラ機能拡張BOX (BSG17)」に搭載している。

Abstract

Recently, the mounting rate of in-vehicle camera has been increased as an assistance device of safe driving for driver. Above all, the movement which makes installation of rear camera compulsory is active. Moreover the role of rear camera is not only visual assistance but also giving driver's feeling of security for driving, so that it is developing into assistance function.

However secure function by rear camera is mainly provided as a line option, then it isn't mostly possible to be installed in existing cars in the market. We have developed obstacle detection technology which can accurately estimate moving amount of host vehicle only by the image of rear camera without use of vehicle sensor signal, as a secure system which is easily installed in existing cars. We would like to introduce this technology. Also, this technology is introduced to parking assist "Expansion Box for camera function (BSG17)" which was released in December, 2016 by FUJITSU TEN.

1 はじめに

近年、ドライバーの安全運転を支援する機器として車載カメラの装着率が拡大してきている。なかでもバックカメラは、装着の義務化に関する動きが活発になっており、2020年には装着率が約二倍(2014年比)になると予測されている。また、車両事故のうち、車両後退時の事故が全体の二割程度を占めていると言われており、バックカメラの役割は単に視覚補助を行うだけでなく、よりドライバーの運転に安心感を与え、補助する機能を付加したものへと発展しつつある。

2 開発の狙い

前述のような状況にあるなか、バックカメラによる安心機能、例えば駐車支援システムはメーカーオプションで提供されることが多く、既販車への装着ができない。今回当社では、既販車にでも取付けやすい安心システムの提供を目指し、バックカメラ映像による障害物検知技術を開発した。

映像による障害物検知は、自車移動量を求める必要があるが、車両から車輪速パルスやハンドル舵角信号を取得すると、取付け性としては課題が残る。そこで今回、車両信号を使用せずバックカメラの映像のみで自車移動量を高い精度で推定する独自の画像処理技術を開発し、取付け面で優位な障害物検知機能を提供することを可能とした。

3 処理方式概要(基本原理)

単眼のカメラを使って障害物を検知する方法としては移動ステレオによるものが知られている。これは自車両が移動することで得られた異なる視点位置での画面上の差分(視差)から、障害物までの距離を求める手法である。視差が少ない(画面上での移動が少ない)ものは、カメラの視点位置から遠く、視差が大きい(画面上での移動が大きい)ものほど近い位置にある。バックカメラでこの原理を使用する場合を図1

に示す。図1は、車両が後退する際、対象物の高い位置と低い位置(路面)に着目し、カメラ視点との距離の差で画面上を動く大きさの差分が変わる様子を示した図である。対象物の高い位置に着目するほどカメラ視点との距離が近く、カメラ画面上を大きく動くことがわかる。ここで、検知したい対象物は路面より高いものであるため、路面の画面上の動きの大きさ、つまりは自車移動量の動きの大きさを求めることで、それよりも大きな動きのものを路面より高さのある障害物として判定することが可能となる。

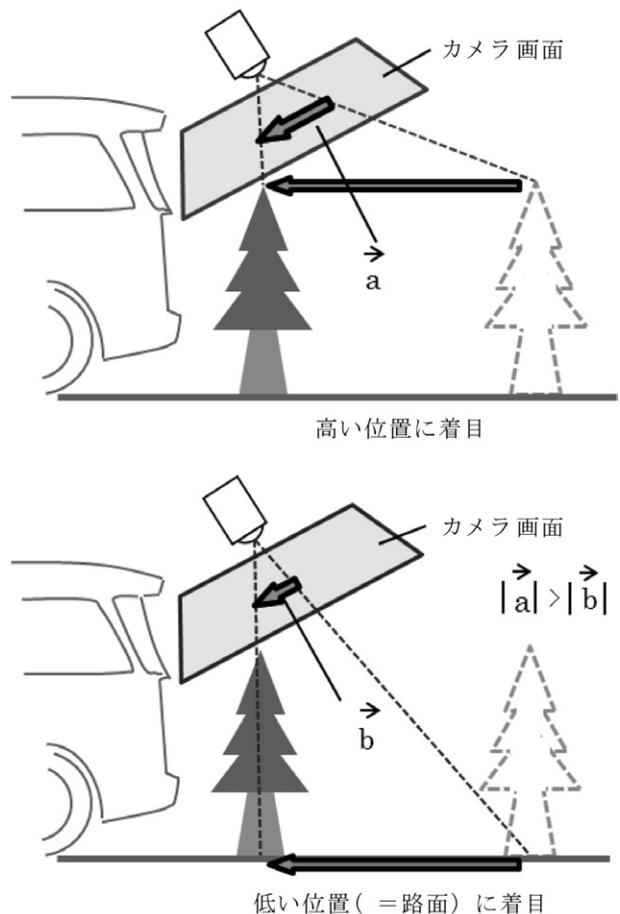


図1 障害物検知の基本原則

4 全体処理の流れ

図2に全体処理のブロック図を示す。

カメラ画像画面上で、被写体のコーナ(角)など特異点(=特徴点)を抽出し“オプティカルフロー”と呼ばれる画像解析の手法を用いて、異なる2時刻間のカメラ

ラ画像面上での動きを、特徴点の動きである方向と大きさ(=ベクトル)として求める。求めたベクトルは、カメラの取付け高さや向きの情報から、実際の空間上でのベクトルに変換することで、実際の自車両の動きとして観測し、自車両の移動量として推定する。その結果から、路面ベクトルが特定され、それよりも大きな動きのものを障害物として判定する。

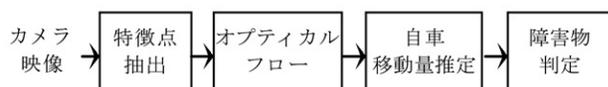


図2 全体処理ブロック

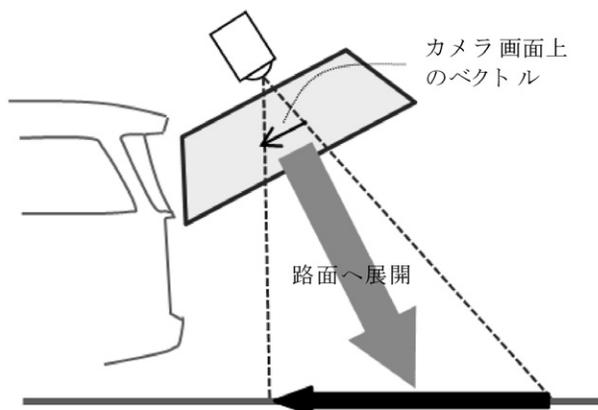


図4 画像面上ベクトルの路面展開と移動量推定

5 自車の移動量推定

今回、自車の移動量推定に、「路面投影ベクトル」を使用した手法の開発を行い、高速化を実現した。これによりリアルタイムでの障害物検知を実現した。

従来、カメラ画像で移動量を推定する方法は、図3のように路面を鉛直真上方向から見た画像(路面画像)に変換し、移動前後の画像をずらし合わせて一致する位置を探す手法がとられている(ずらし量=移動量)。

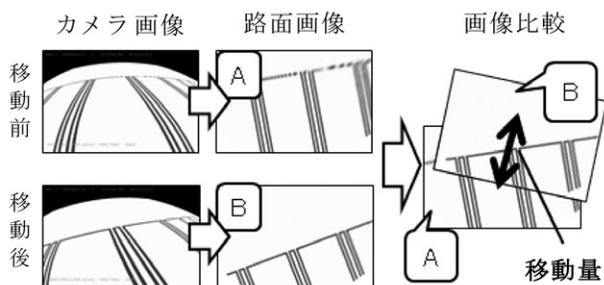


図3 従来方式での移動量推定方法

このような従来技術では、膨大な画像データ処理を行いながら、一致箇所の探索が必要となるため、リアルタイムに処理を行うことが難しい。そこで図4のようにオプティカルフローで求めたカメラ画面上におけるベクトルを路面へ展開(路面投影ベクトル)し、実際の空間上におけるベクトルとして観測する方式を開発した。この方式を用いた場合、扱う画像データ量を最小限に抑えることができ、また移動量を一意に決定することができるため、従来処理に比べ数十倍以上の高速化を可能とした。

6 障害物判定

今回、障害物判定として、近距離の検知に有効な「特徴点方式」と、遠距離の検知に有効な「背景差分方式」を併用することで、遠方から車両近辺まで安定して障害物を検知することを可能とした。

6.1 特徴点方式

障害物が車両近辺にある場合、障害物との距離を正確に把握し、その情報をドライバーに提供することで有益のものとなる。例えば製品仕様では、距離が近づくにつれて段階的に警告方法を変え、ドライバーの注意レベルを上げるよう促している。そこで近距離では、三角測量の原理を用いて、障害物を3次元空間上で認識し、距離を求めるようにした。具体的には図5に示すように、自車ベクトルの大きさ(=視点間距離)と、路面展開した特徴点のベクトルの大きさから、三角測量で用いる幾何学的な関係性で、カメラと障害物までの距離を計測している。ただし、カメラからの距離が遠くなると、計算誤差が大きくなるため検知が難しいという傾向をもつ。また障害物の形状を認識しづらいという問題点もある。

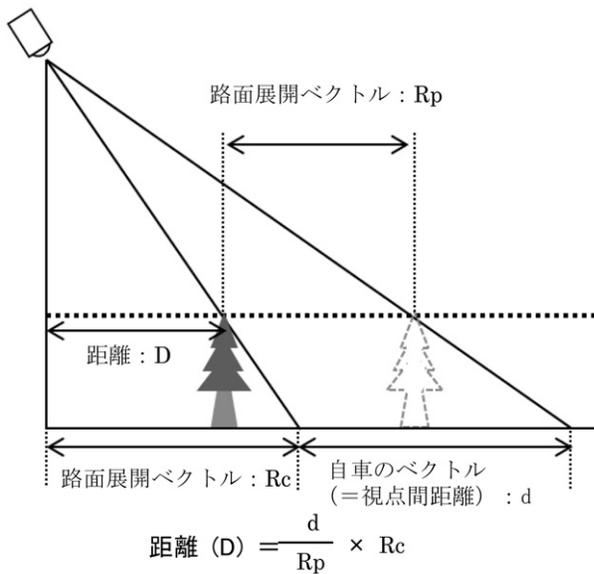


図5 障害物までの距離計測方法

6.2 背景差分方式

今回、特徴点方式の問題点を補うために背景差分方式による障害物検知を併用した。

背景差分方式でも特徴点方式と同様に、自車両の移動により発生する映像上の動きの差分から、高さのある障害物と路面を判別している。

背景差分方式が特徴点方式と大きく異なる点は、前記映像上の動きを「点」ではなく一定の大きさを持った『画素集合』として扱う点である(図6)。特徴点方式では画像上の特定の「点」に対し精度良く移動ベクトルを算出することで障害物を判定していたが、背景差分方式では差分画像に対し所定の閾値より大きな値(差分)の『画素集合』を抽出することで障害物を判定する。このように背景差分方式では、単純に差分のあり/なしで障害物の有無を検出するため、遠方の障害物であっても閾値より大きな差分が抽出できれば検知が可能となる。これにより特徴点方式で課題となっていた遠方の障害物検知にも対応することができ、障害物の形状も把握することを可能としている。ただし、背景差分方式では特徴点方式のように抽出した障害物の動き量(ベクトルの大きさに相当)は算出しないので、三角測量による3次元空間上での距離や高さの算出はできない。

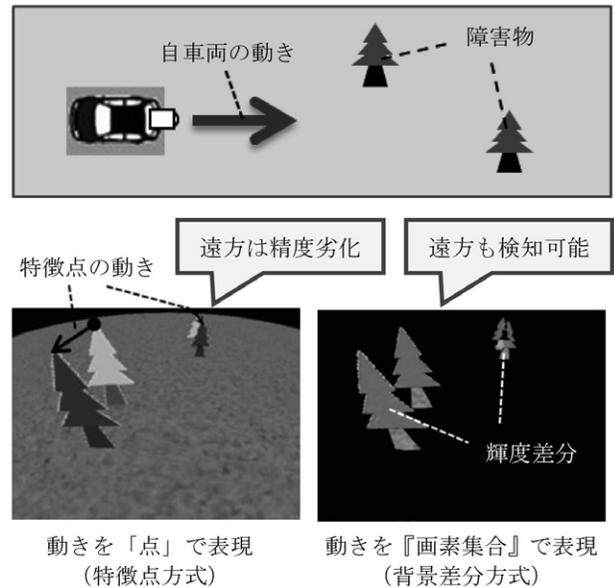


図6 各方式による自車の動き表現方法の違い

7

おわりに

今回開発した「単眼カメラによる障害物検知」技術によって、バックカメラのみで手軽にドライバに安心機能を提供できるようになった。この技術は、2016年12月に当社より発売されたパーキングアシスト「カメラ機能拡張BOX (BSG17)」に搭載されている。

この技術を応用すれば、後方だけでなく前方や側方に対する障害物の検知も可能であり、ドライバにより安心感を提供することができるシーンが増える。

ただし、この技術を高度運転支援システムのセンシング技術として活用するためにはさらなる処理の高精度化が必要と考える。その手段としてカメラの高解像度化や高フレームレート化などへの対応により性能改善し、今後もドライバがより安心できるような運転支援システムの開発に貢献していく。

筆者紹介



三野 敦
(みの あつし)

VICT技術本部
技術開発室



松本 裕生
(まつもと ゆうき)

VICT技術本部
技術開発室



村角 周樹
(むらすみ ひろき)

VICT技術本部
技術開発室



笠目 知秀
(かさめ ともひで)

VICT技術本部
技術開発室