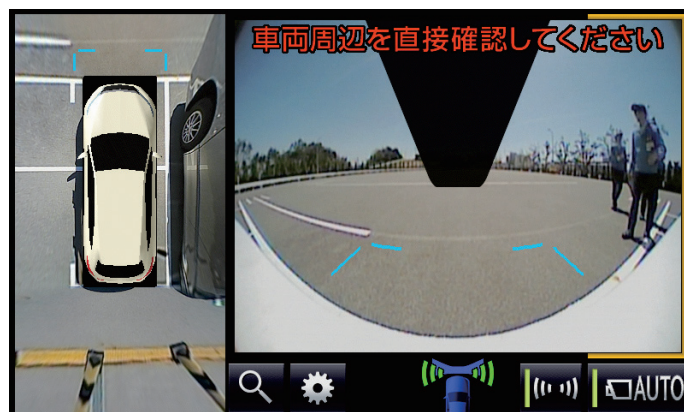


# 接近物確認サポートシステム

Support System to inform Driver of Approaching Objects

山 本 徹 夫 Tetsuo YAMAMOTO  
殿 川 富士夫 Fujio TONOKAWA  
山 下 善 嗣 Yoshitsugu YAMASHITA



## 要 旨

駐車場で発生する事故の大部分を占める要因の1つに、接近する車両や歩行者との接触があるが、従来の視界補助が目的の見せるだけの車載カメラシステムでは防ぐことは難しい。

そこで我々は、接近物検知技術を用い、自車の進行方向近傍に接近する車両や歩行者などを検出して、ドライバに通知するシステムを開発した。

接近物を検出する画像処理技術はオプティカルフロー方式を基本にしており、画像上の特徴点の個数と分布を制御することで、演算量を約99.7%削減した。さらに、異なる時刻の画像から抽出した特徴点近傍の微小領域と現在の画像を比較することで、メモリ量を約92.2%削減した。この技術を既存の車載カメラシステムに組み込むことで、短期間かつ低コストで開発することができた。

また、車載化の課題である「夜間の不要検知」「遠方の過剰検知」「自車旋回時の背景検知」などにも対応している。

## Abstract

One of major factors of accidents happened in a parking lot is collision with an approaching vehicle or a pedestrian, but such an accident is difficult to be prevented by conventional vehicle-mounted camera systems which aim to supplement driver's visual field only by displaying Images.

Then we have developed a new system which detects an approaching vehicle or a pedestrian in the area near driver's vehicle in the traveling direction and informs the driver of possible danger.

The image processing technology of the new system to detect approaching objects is based on optical-flow technique and reduces the calculation amount by about 99.7% by controlling the number and distribution of feature points on images. Moreover, the technology reduces the memory amount by about 92.2% by comparing the image at the present time with micro regions nearby feature points extracted from an image at a different time. Incorporating this technology into the existing vehicle-mounted camera system enables the low-cost development in a short time.

Furthermore, this system also resolves some problems caused when the system is mounted on vehicles, such as "unwanted detection at night time," "excessive detection in the distance" and "background detection at turning."

## 1

## はじめに

車両周辺の視界補助を行い、ドライバの負担を軽減させる車載カメラシステムの普及が急速に進んでいる。特に、車両後方に搭載したカメラの映像を車載ディスプレイに表示するシステムは広く知られている。最近では、支援範囲をより拡大するために、1台のカメラだけでなく、複数のカメラを用いて車両周囲の映像を表示するシステムが登場している<sup>(1)(2)</sup>。さらに、視界補助だけでなく、ドライバに周囲の状況を気付かせる認知支援システムにも注目が集まっている<sup>(3)</sup>。

今回、我々は、自車に接近する物体を検出する接近物検知技術<sup>(4)</sup>を用いて、ドライバの認知支援を行う「接近物確認サポートシステム」を開発した。本論文では、開発したシステムと要素技術、車載化への取り組みについて紹介する。

## 2

## 開発の背景

## 2.1 車載カメラシステムの動向

車載カメラシステムは、米国で後方カメラの搭載を義務付ける“Cameron Gulbransen Kids and Cars Safety Act”（KT法）が施行されるなど、後方カメラを中心にニーズが高まっている。

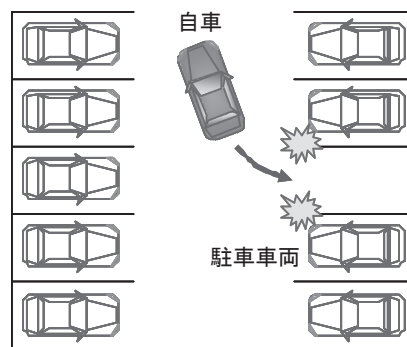
また、技術の進歩に伴って、後方カメラだけでなく、複数のカメラを搭載したシステムや、映像処理によって車両上空から見下ろした映像を表示するシステムなども製品化されている。

当社も2010年に、車両に取り付けた4台のカメラで車両全周囲の映像を立体的に表示し、ドライバの視界補助を行うMulti Angle Vision<sup>TM</sup>システムを開発、製品化している<sup>(1)(2)</sup>。

このような車両周囲の映像を表示して視界補助を行う車載カメラシステムの次の展開として、車両周囲の状況を気付かせて認知支援を行うシステムのニーズも高まっている。

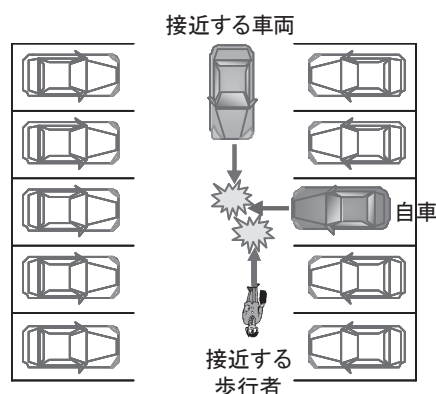
## 2.2 認知支援の必要性

車両事故の約3割が駐車場で発生しており、事故の多くは図1の2つのパターンに分類される。<sup>(5)</sup>



(a) 左右の駐車車両と接触

(a) Collision with vehicle parked on either side



(b) 接近車両・歩行者などと接触

(b) Collision with approaching vehicle, pedestrian, etc.

図1 駐車場で事故のパターン

Fig.1 Accident Patterns in Parking Lot

図1 (a) の駐車車両との接触事故は、ドライバが確認しづらい死角領域で発生する。この死角領域は、前節で紹介した視界補助を行う車載カメラシステムによって、確認することができる。しかし、図1 (b) の車両や歩行者などの接近物との接触事故は、例えば、発進する方向を注視することによって、反対方向から接近する物体を見落とす場合がある。これは、従来の視界補助が目的の見せるだけの車載カメラシステムでは防ぐことは難しい。

そこで、我々は、このようなドライバの見落としを防ぐために、自車の進行方向近傍に接近する車両や歩行者などの接近物を通知することで、ドライバの認知支援を行う「接近物確認サポートシステム」を開発した。

## 3

## システム概要

## 3.1 支援シーン

接近物確認サポートシステムは、駐車場などから発進する際に、ドライバが見落としやすい接近物を通知することで、ヒヤリハットや事故を低減することを目的としたシステムである。

図2に示すように、駐車場から発進するとき、ドライバ

の視界に対して左右側方は死角になりやすい。さらに、ドライバーは周囲を確認しながら発進するため、接近する車両や歩行者などを見落とす可能性がある。そこで、自車の進行方向近傍に対して左右側方から接近する物体を通知対象としている。

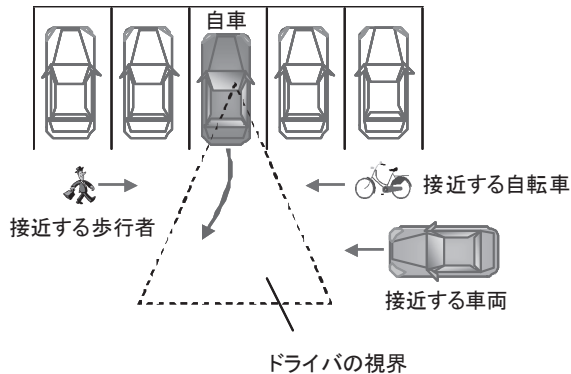


図2 支援シーンの例（後退出庫の場合）

Fig.2 Example of Assist Scene (In Case of Backing out of Lot)

### 3.2 システム構成

接近物確認サポートシステムは、既に製品化されている Multi Angle Vision™ システムに組み込むことで、短期間に低コストで開発を行うことができた。

本システムの構成を図3に示す。本システムでは、まず、前後左右4台のカメラのうち、前後2台のカメラ映像から、映像処理ASICによって接近物の検出処理を行う。次に、CANを通して取得した車速などの車両情報から、制御用マイコンによって自車の状態を判定する。この自車の状態が車速や舵角などの作動条件を満たしている場合にのみ、接近物として、図4のようにディスプレイ上の枠の表示と音によってドライバーに通知する。

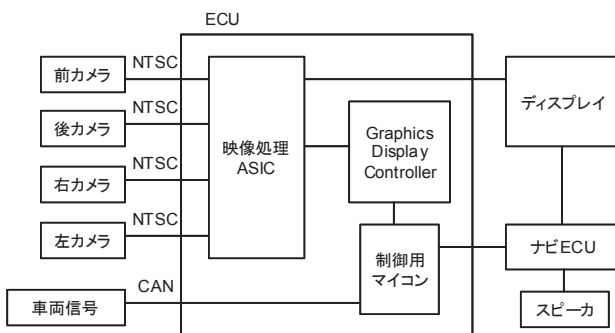


図3 システム構成

Fig.3 System Configuration

枠の表示と音によって接近物を通知する

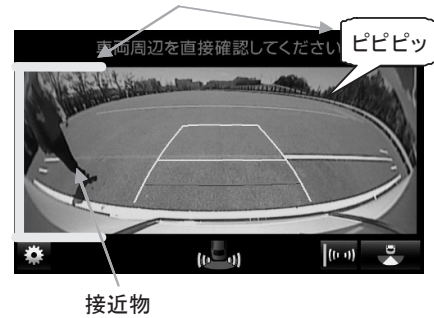


図4 通知方法の例

Fig.4 Example of Informing Means

## 4

### 要素技術

接近物を検出する画像処理技術として、富士通研究所と共同で開発した接近物検知方式を用いている。この方式は、異なる時刻の2枚の画像において各画素の動きを検出するオプティカルフロー方式を基本にしており、図5の流れで検出処理を行っている。



図5 接近物検知方式の処理の流れ

Fig.5 Processing Flow of Approaching-Object Detection Method

#### (1) 特徴点抽出

オプティカルフロー（以下、フロー）の演算を入力画像の全領域で行うと、膨大な演算量が必要になる。また、図6のような本システムの入力画像では、空や自車の車体が映り込んだ上側や下側の領域は、対象物が現れないため、フローの演算は不要である。そこで、接近物が現れる中央の領域を監視領域として設定する。

監視領域内の空や路面などの領域は、車両や歩行者などの対象物と比べて濃淡が少ないため、フローの演算精度が低くなる。また、そのような領域でフローの演算を行うことは、演算量を無駄に消費することになる。そこで、物体の角を特徴点として抽出する<sup>(6)</sup>ことで、フローの演算精度向上と演算量削減を行う。

特徴点の最大数を1024点に抑えた場合、図7に示すように、フローの演算量は入力画像の全領域でフローの演算を

行う場合と比べて、約99.7%削減することができる。



図6 監視領域設定と接近物検出結果の例

Fig.6 Example of Setup of Monitoring Area and Approaching-Object Detection

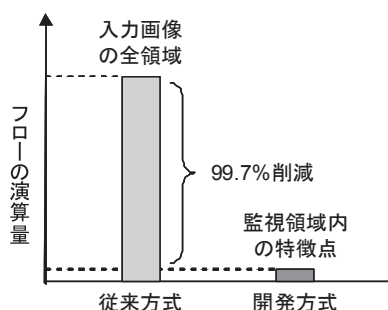


図7 オプティカルフローの演算量

Fig.7 Calculation Amount of Optical Flow

## (2) 特徴点追跡

次に、抽出された特徴点についてフローを算出して、特徴点の追跡を行う。本システムは、主に駐車場での利用を想定しており、対象物は、低速で接近する車両や歩行者などである。これらの対象物は、高速で接近する物体と比べると、画像上では小さい動きになる。画像上の小さい動きを検出するためには、従来のオプティカルフロー方式では、複数の過去の画像を保持する必要があり、多くのメモリ量が必要になる。富士通研究所が開発した方式<sup>(4)</sup>では、特徴点ごとに過去の異なる時刻のフレームから抽出した特徴点近傍の微小領域と、現フレームとを比較するフロー演算を行うことで、メモリ量の削減と検知性能の両立を実現した。

これによって、図8に示すように、高い検知性能を得るために32フレーム間の追跡を行う場合も、従来の方式よりも、メモリ量が約92.2%削減可能である。

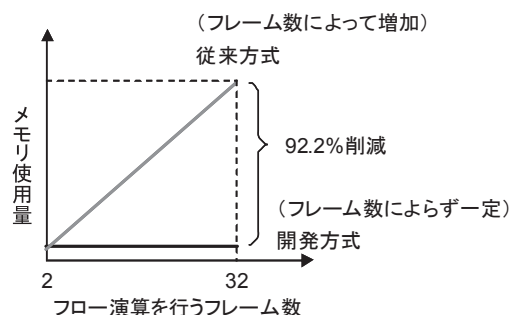


図8 オプティカルフロー演算に必要なメモリ量

Fig.8 Amount of Memory Needed for Optical Flow Calculation

## (3) 接近物検出

本システムでは、自車の進行方向近傍に対して左右側方から接近する物体を検出する必要がある。この対象物は、画像上では外側から中央に向かってくる。逆に、背景や遠ざかる物体は、画像上では中央から外側に向かう。そのため、画像の中央に対して内向きのフローを持った特徴点をグループ化することで、対象物の領域を特定し、図6のように接近物として検出する。

我々は、この接近物検知方式の機能を図3の映像処理ASICに内蔵した。前述のようにメモリ量の削減によって、外部メモリを必要としないため、低コストを実現している。また、演算量の削減により、30フレーム/秒の入力映像に対して、1フレーム時間内に検出処理が可能であるため、検出処理の遅延によって通知が遅れるという検知性能への影響はない。

# 5

## 車載化への取り組み

### 5.1 課題

接近物検知方式を車両に搭載した場合に想定される具体的な支援シーンに適用するためには、次のような課題があった。

- ①夜間などの暗所で動作するときに不要な検知が発生してわずらわしい。
- ②検知対象ではない遠方の移動物を過剰に検知してわずらわしい。
- ③自車が旋回するときに接近物ではない背景を検知してわずらわしい。

### 5.2 取り組み内容

これらの車載化への課題を解決する手法の検討を行った。

#### ①夜間時のわずらわしさへの対応

本システムは駐車場での出庫時の利用を想定している

が、駐車時も出庫時と同様に動作する。駐車時はハザードを点滅させることがあるが、夜間や屋内の駐車場などの暗所では、このハザード点滅による明暗変動や、カメラのゲインが上がったことで発生する高感度ノイズによって、特徴点を内向きに追跡し、図9のように不要な検知が多発する。暗所で発生する不要検知は、一定の照度以下で増加するため、照度センサの情報を取得して動作を停止することも可能であるが、システムの利便性が低下してしまう。そこで、我々は、暗所の不要検知の新たな対策を検討した。

暗所で発生する不要検知は、輝度変化やノイズによる特徴点の追跡が原因であるため、特徴点の追跡を行うフローの演算に、輝度変化やノイズに強いブロックマッチング法<sup>7)</sup>を用いることで対策を行う。しかし、これだけでは全ての不要検知を対策することはできないため、残った不要検知を通常の接近物の検知と比較すると、不要検知の検出結果は短い時間で消え、検出結果の大きさも小さいことが分かった。そこで、一定の時間よりも長く検出され、一定の大きさよりも大きく検出された結果を通知することで、さらに暗所の不要検知の対策を行った。

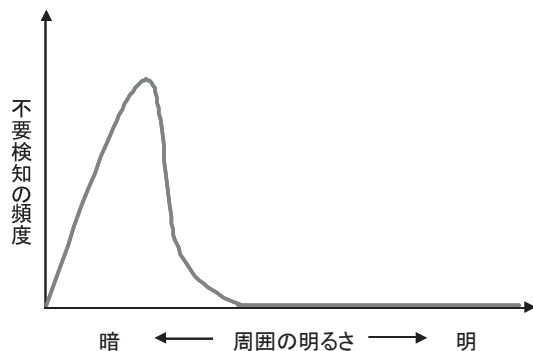


図9 暗所で発生する不要検知の割合  
Fig.9 Degree of Unwanted Detection in the Dark

## ②遠方の接近物のわずらわしさへの対応

本システムは自転車近傍の接近物を検知対象としているが、接近物検知方式は遠方の接近物を検知する性能を有しているため、図10のような画像上で内向きに動いて見える遠方の移動物を検知してしまう。しかし、出庫のシーンでは、これらの遠方の移動物は衝突の恐れもなく、ドライバーにとってはわずらわしい。そこで、我々は、遠方の移動物の過剰な検知を対策する手法を検討した。

近傍の接近物と遠方の移動物に発生するフローは、同じ内向きの成分を有しているため、フローに着目して近傍の接近物と遠方の移動物を分離することは難しい。そこで、図11のように、画像上で近傍領域と遠方領域を設定し、遠方領域で検出された移動物は検知対象としないことで、遠方の移動物の過剰な検知の対策を行った。

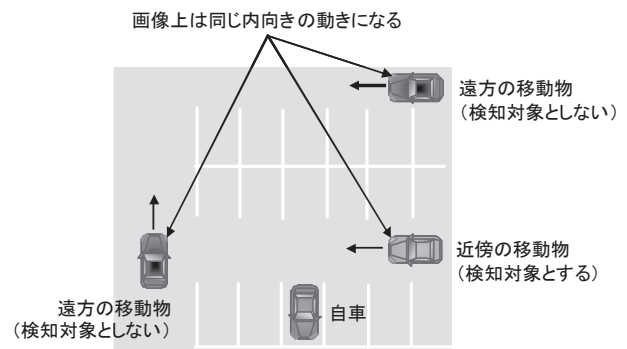


図10 検知対象と非検知対象の移動物  
Fig.10 Moving Objects to be Detected and not to be Detected



図11 近傍移動物と遠方移動物の分離手法  
Fig.11 Separation Method of Objects Moving Nearby from ones in the Distance

## ③自転車旋回時のわずらわしさへの対応

駐車場から出庫するシーンを想定した場合、自転車は停止状態からゆっくりと直進、または、旋回する。自転車が直進する時は、背景は画像上で外向きに動いて見える。しかし、自転車が旋回する時は、旋回方向の背景が、図12のように、画像上で内向きに動いて見えるため、背景の構造物を検知してしまう。背景の構造物は静止物であり、接近物ではないため、不要な検知となる。そこで、我々は、旋回時の不要検知を対策する手法を検討した。

フローの大きさに着目すると、旋回時に発生する接近物と背景のフローは、図13のように分類される。遠方の接近物は、フローが近傍の背景のフローに埋もれてしまうため、背景と分離できない。しかし、近傍の接近物は、フローが近傍の背景のフローよりも大きくなるため、背景と分離でき、検知が可能となる。

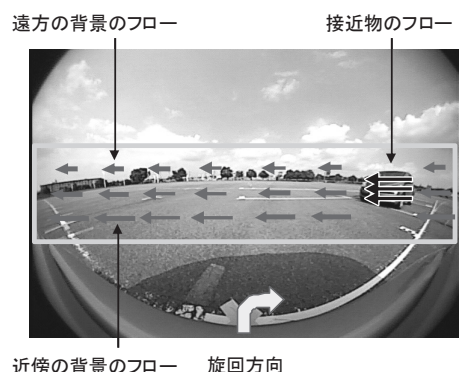


図12 旋回時に発生するオプティカルフロー  
Fig.12 Optical Flows Generated at Turning

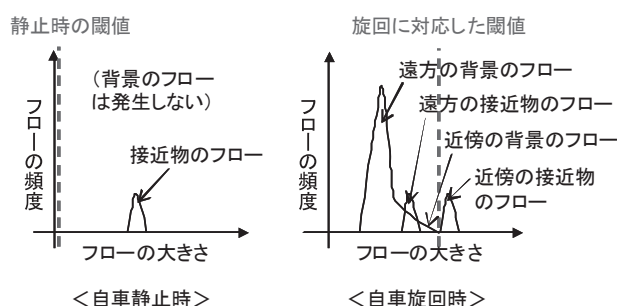


図13 接近物と背景のオプティカルフローの分離手法  
Fig.13 Separation Method of Optical Flows between Approaching Object and Background

これらの車載化への課題の解決によって、本システムが想定する支援シーンへの適用を行うことができた。

## 6

## おわりに

我々は、既存の車載カメラシステムと接近物検知技術を組み合わせ、ドライバーの認知支援を行う「接近物確認サポートシステム」を開発した。本システムによって、駐車場などからの発進時のヒヤリハットや事故を低減することが期待される。また、既存システムに組み込むことで、短期間で低コストで開発することができた。開発したシステムは、2013年12月にトヨタ自動車株式会社から発売された新型ハリアーのPREMIUM “Advanced Package” に標準搭載された。

本システムは、停車時や低速時の利用を想定しており、今後の対応としては、作動条件の拡大や検知性能の向上への対応が必要である。また、さらなる事故低減のために、接近物だけでなく静止した障害物の検知への対応も必要と考える。これらの機能向上に取り組み、より一層の利便性を提供できるシステムの開発を目指す。また、接近物検知方式のソフトウェア化によるコストダウンや、現在最もニーズの高いバックカメラシステムへの組み込みなどを行い、本機能の普及を目指す。

## 7

## 謝 辞

最後に、本システムの開発にあたり、接近物検知技術の提供などにご協力頂いた、株式会社富士通研究所の水谷主任研究員、村下主任研究員および関係者の皆様に心より感謝致します。また、本システムの製品化に向けてご尽力頂いた、トヨタ自動車株式会社制御システム開発部第4制御システム開発室の関係者の皆様に心より感謝致します。

### 参考文献

- 1) 清水誠也ほか：ドライバーの視界補助を行うMulti Angle Vision™システム，富士通テン技報56号，Vol.28 No.2，pp.12～18，2010
- 2) 貴傳名忠司ほか：新型Multi Angle Vision™システム，富士通テン技報58号，Vol.30 No.1，pp.26～29，2012
- 3) 日産自動車：移動物検知，<http://www.nissan-global.com/JP/TECHNOLOGY/OVERVIEW/mod.html>
- 4) 水谷政美ほか：画像認識技術のドライバ死角支援への応用，雑誌FJITSU，Vol.59 No.4，pp.397～402，2008
- 5) 日本損害保険協会東北支部：駐車場事故の実態
- 6) C.Harrisほか：A combined corner and edge detector，In Alvey Vision Conference，pp.147～152，1998
- 7) 東京大学出版会：新編画像解析ハンドブック，1991

### 筆者紹介



山本 徹夫  
(やまもと てつお)  
AS技術本部  
Viewシステム技術室



殿川 富士夫  
(とのかわ ふじお)  
AS技術本部  
Viewシステム技術室



山下 善嗣  
(やました よしつぐ)  
AS技術本部  
Viewシステム技術室  
チームリーダー