

予防安全の高度化を実現するセンサーフュージョン技術

Sensor Fusion Technology for Advanced Active Safety

西垣戸 貴臣 Takaomi Nishigaito
坂本 博史 Hiroshi Sakamoto

大塚 裕史 Yuji Ohtsuka
大辻 信也 Shinya Ohtsuji

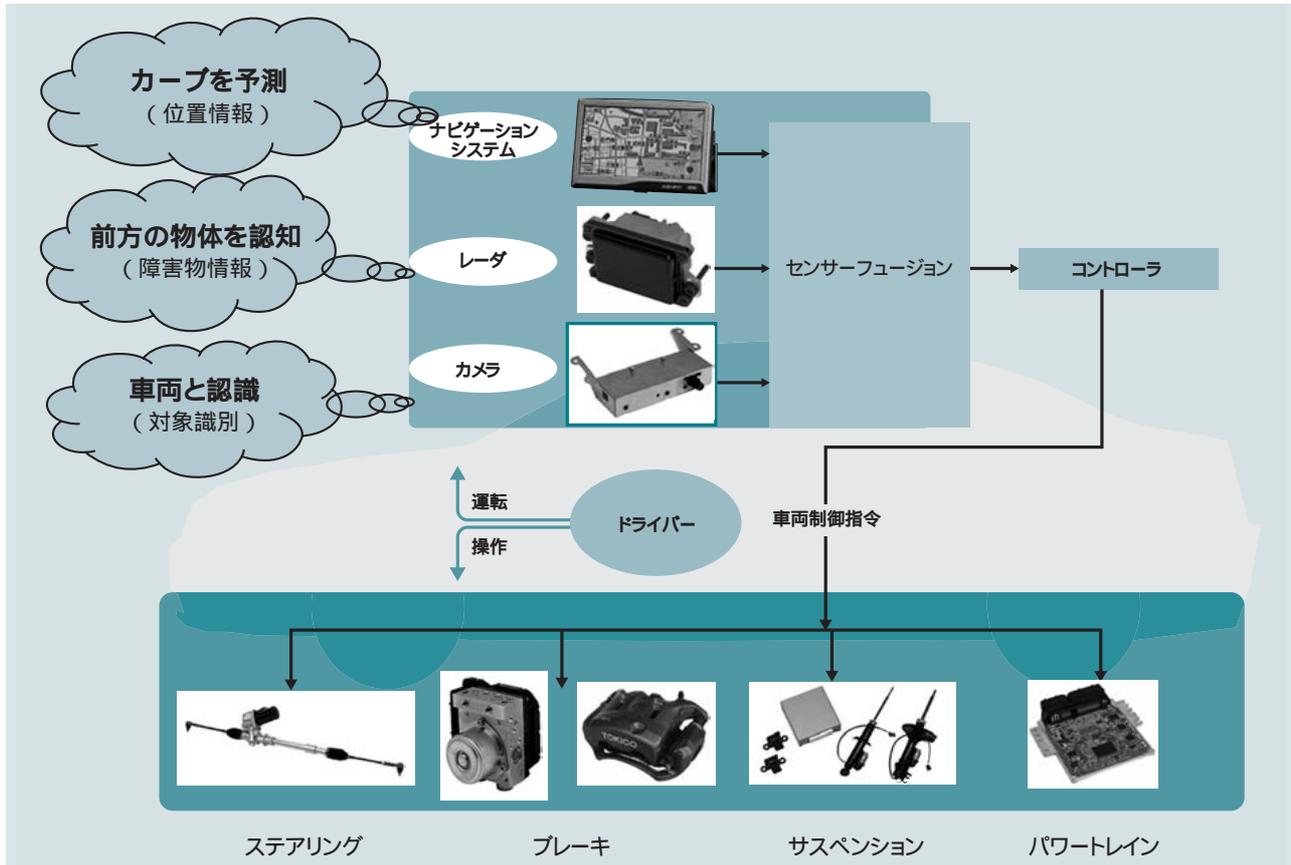


図1 予防安全を支えるセンサーフュージョン技術

より遠くの情報入手し、走行制御アクチュエータを駆動して危険な状態に近寄らないというのが予防安全の本質である。このためには、複数のセンサー情報を融合し、それぞれの特徴を生かして、走行制御のための確実な情報を得るセンサーフュージョン技術がキーとなる。

ドライバーの基本動作である「認知」、「判断」、「行動」のうち、「認知」のミスによる事故が占める割合が約50%と最も多い。この認知ミスによる事故を未然に防止するため、ドライバーに警告したり、場合によっては車両を制御して事故を回避するためのシステムが実用化されてきた。こうしたシステムを実現するキーとなるのはセンシングによる交通状況認識である。ドライバーは、視覚/聴覚から取り入れる現在の外界情報に加えて、道路形状に関する記憶や過去の経験からこの先に発生する交通状況を予測して運転操作を行っている。

日立グループは、カメラ、レーダ、ナビゲーションシステムなどの複数のセンサー情報を融合し、ドライバーの複雑な認知を模擬して事故を防止するために、センサーフュージョン技術の開発を進めている。

1.はじめに

環境についての日本、米国、欧州の規制が出そろった今、次の大きな課題である安全に関する注目度が高まっており、世界各国で、事故ゼロをめざした取り組みが加速している。これまでの安全分野は、エアバッグや衝突安全ボディなどのパッシブセーフティが主流であったが、電子化/電動化の進展が著しい今日、アクティブセーフティ、あるいは予防安全と呼ばれる新しい取り組みが主流となっている。高度なセンシング技術を駆使して交通状況を把握し、電子化されたアクチュエータにより、車両を制御して危険に近づかないというのが予防安全の基本的なコンセプトである。危険に近づかないためには、より遠くの情報入手し、将来の交通状況を推定することが重要である。また、実際に車両を制御する場合、間違

いがあるとはならない。例えば、安全に曲線を走行している状態で誤って急ブレーキをかけてしまった場合、車両がスピンして事故を招くことになりかねない。

「より遠くの情報」を「より確実」に入手することは容易ではない。一つのセンサーではおのずと限界がある。

ここでは、複数のセンサーの特徴を生かし、これらの情報を融合することによって自動車の安全、安心を実現するため、日立グループが取り組んでいるセンサーフュージョン技術について述べる(図1参照)。

2. センサーフュージョンに利用するセンサー群

一般的に自動車に使われるセンサーを図2に示す¹⁾²⁾。レーダは従来から車両用センサーとして使われている。レーザーレーダはレーザー光を照射し、反射までの時間から距離を計測する。車両のテールランプなどに敷設されているリフレクタからの強い反射を捕らえることができるため、車両追従のためのレーダとして多用されてきた。ミリ波レーダはレーザに比べて波長の長いミリ波を使用するため、雨や霧でも計測が可能な点でレーザーレーダより優れているが、現状ではレーザーレーダに比べて若干コスト高になっている。いずれも、大きな物体、あるいは車両のように反射強度の高い物体からの反射波を捕らえる方式であるため、障害物の存在とその位置を正確に知るには適切なセンサーである。一方で、反射強度のみで対象物を識別する方式であるため、路面上のキャッツアイや路面ペイント、あるいはマンホールなど、走行上障害にならない対象物からの強い反射を受け、これを障害物として誤認識するという欠点もある。

この欠点を補うものとして期待されるのがカメラである。画像認識処理を施すことにより、捕らえられた画像中に車両が

存在する、もしくは歩行者が存在するなどの対象物認識が可能となる。しかし、画像認識性能は車載カメラに搭載されたCPU(Central Processing Unit)の能力によって決まるため、人間のようあらゆる対象物を正確に認識することは困難である。そこで、レーダによってある程度領域を絞り込み、選択的に画像処理を施し、対象物を認識する手法がとられることが多い。

車載用カメラは単眼カメラとステレオカメラに大別される。単眼カメラは文字どおり一つのカメラによって構成される。ステレオカメラは二つのカメラで構成され、視差によって距離を計測することができる。単眼カメラでは、認識された対象物が路面上に描かれた走行上障害とならない平面物体なのか、走行上障害となる立体物なのかといった区別をすることが困難である。これに比べて、ステレオカメラでは距離計測が可能であるため、路面上に描かれたものであればその奥行きから平面物であることが認識でき、同一距離地点に立っているものは立体物として認識することができる。このように障害物認識の観点ではステレオカメラが優れているが、現状では単眼カメラに比べて若干コスト高になっている。

ここではナビゲーションシステム(以下、ナビと言う)。先一つのセンサーとして考える。ナビは車輪速センサーとヨーレートジャイロを用いた自律航法やGPS(Global Positioning System)情報により、自車の位置をある程度正確に地図上にマッピングしている。またルート案内中であれば、みずからの進路上に存在するカーブや交差点の情報を事前に知ることができる。原理上、目に見えない遠方の道路状態をも知ることができるが、もちろん、地図が古くなっていたり、道路工事などで道路形状が変化していたりする可能性もあるので、ナビの情報だけで車両を制御することは考えにくい。しかしドライバーは、「この先にカーブがあるはず」、「ここを曲がれば交差点があるはず」といった、ある程度あいまいな情報を有効活用して将来の交通状況を予測している。こうした情報をうまく活用することによって、遠くの情報効率よく利用することができる。

3. センサーフュージョンの活用例

3.1 車両検知

車両検知にセンサーフュージョンを活用する例について述べる。国内の死傷事故の第1位は追突事故であり、全体の約 $\frac{1}{3}$ を占める(図3参照)。

これを防止するため、前方の停止車両の存在をドライバーに知らせる警報システムや、自動ブレーキによって衝突時の衝撃を緩和するプリクラッシュブレーキシステムが実用化されている。プリクラッシュブレーキシステムには車両追従で使われているレーダが流用されることが多い。しかし、前方を走行する車両と停止車両ではその認識の難しさには雲泥の差があ

	レーダ		カメラ		ナビゲーションシステム
	レーザー	ミリ波	単眼	ステレオ	
対象識別					×
位置情報					
遠距離情報					
対候性					
コスト					

図2 車載センサーの特性比較

それぞれのセンサーには利点と欠点がある。これらをうまく組み合わせてプラスアルファの性能を引き出す技術がセンサーフュージョン技術である。

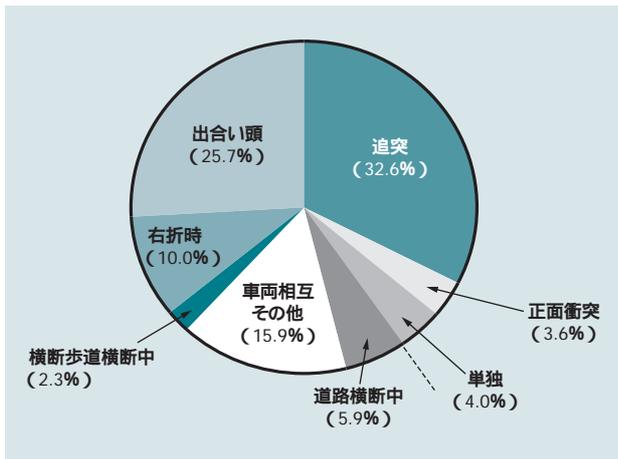


図3 交通事故原因
交通事故の原因は追突が約 $\frac{1}{3}$ を占めている³⁾。この防止が事故ゼロを実現するための重要なターゲットになる。

る。前方を走行する車両は自車と同等の速度を持っている。したがって、レーダで検知した対象物のうち自車と同等の速度を持っているものだけを選択すればよい。このため、キャッツアイやマンホールなどの非障害物を誤認識することはない。しかし、停止車両は非障害物と同じく速度ゼロであるため、レーダだけの識別は難しい。このための一つの解がカメラとのフュージョンである(図4参照)。

まず、レーダによって衝突コースにある障害物らしきものを認識する。次にカメラによる近傍の画像から画像処理によって車両の存在を判定する。このように、レーダ情報を使って選択的な画像処理を施すことにより、処理にかかる計算負荷を軽減することができる。さらに、カメラ画像から自車と停止車両との横方向の相対距離を算出する。横方向距離計測に関しては、一般にカメラはレーダより先正確である。この特性を利用し、自車と停止車両の重なり具合であるオフセット量を算出する。これを用いて適切なブレーキ指令を発することが可能となる。

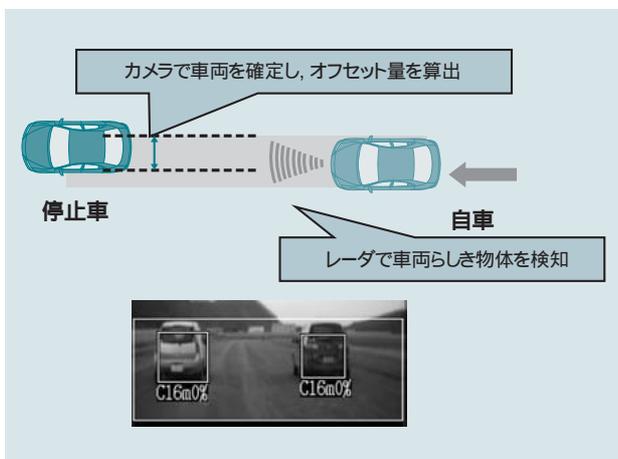


図4 カメラとレーダのフュージョン
レーダで可能性のある障害物を認識し、カメラで障害物を確認するとともに、衝突可能性を判定する。

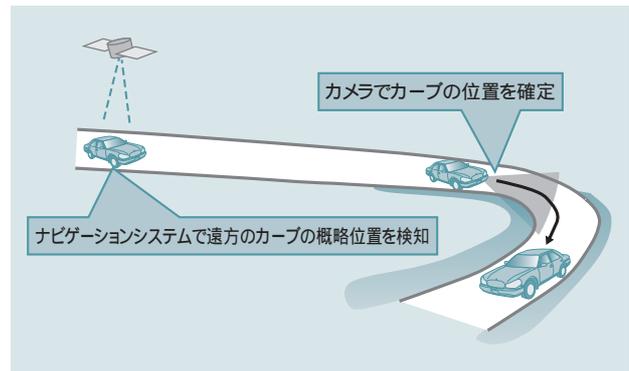


図5 カーブでの自動減速システム
ナビゲーションシステムからカーブの曲率情報を得て、カーブを通過するために安全な速度にまで自動減速する。

3.2 カーブ検知

次に、ナビとカメラによるセンサーフュージョンを、カーブでの自動減速システムに活用する例について述べる。このシステムは、ナビ情報によって遠方のカーブの概略位置を検知し、カーブに接近した際にカメラを使って正確なカーブ位置を確定して、安全な速度でカーブに進入するものである(図5参照)。

例えば、高速道路走行中に100 km/hから70 km/hに減速するためには約150 m手前から減速を開始しなければならない。つまり、150 m先にカーブが存在していることを知る必要がある。ところが、カメラの認識距離は50~100 mであり、150 m遠方のカーブを認識することができないため、減速開始にナビ情報を利用する。一方、ナビの位置推定には10~20 m程度の誤差が含まれることから、仮にカーブの位置を20 m手前であると誤認識した場合、カーブに進入する際には、まだ減速が終了しておらず、危険な状態となる。そこで、カメラの情報を利用する。カメラによって白線を検知し、その横方向変位の変化から曲率変化を検知、カーブ入口の曲線形状である緩和曲線モデルを用いてカーブの入口を正確に予測する。これにより、ブレーキ力を調整して安全にカーブに進入することができる(図6参照)。このように、「遠方から情報入手ができる」ナビと「接近後に正確な情報入手できる」カメラとのフュージョンによって安全な減速制御が可能となる。

4 .おわりに

ビジョンゼロ、あるいはゼロナイズという基本理念がある。自動車関連各社は、このような基本理念の下、交通事故ゼロをめざして取り組んでいる。こうした取り組みのキーとなるのがセンシング技術であることはこれまで述べてきたとおりである。しかし、人間と同等のセンシングを機械が行うのは容易ではない。複数のセンサーを駆使し、それぞれの特性を生かしたセンサーフュージョン技術に対する取り組みが今後ますます盛んなものになるものと思われる。

ここでは、日立グループが取り組んでいるセンサーフュー

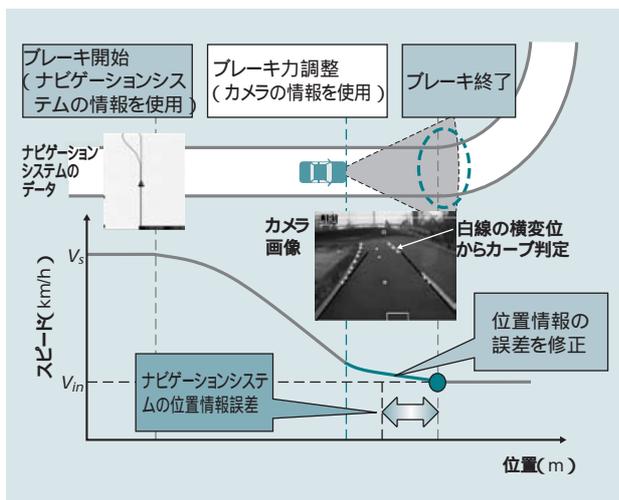


図6 ナビゲーションシステムとカメラのフュージョン

ナビゲーションシステムから遠方のカーブの情報を得て、カーブ直前でカメラを用いて情報を補正する。

フュージョン技術の中から、カーブ検知や車両検知といった比較的わかりやすい例について述べた。

実際の道路には、車両以外にも歩行者や自転車といった移動障害物が多数存在するばかりでなく、道路形状も単純な

カーブだけでなく分岐や交差点などの複雑な道路形状が多数存在する。また、事故例として追突に次いで2番目に多い「出会い頭衝突」を防止するためには、カメラやレーダでも検知できない目視不可の接近物を検知する必要があることから、車車間通信などの今後の発展が期待される。

交通事故ゼロの実現のためには、車両の全周囲をセンシングする技術、遠方の交通状況を監視する技術、車両の走行状態を制御する技術、さらには、これらをつなぐネットワーク技術や電子制御をつかさどるLSIの技術が必須である。日立グループは、これらすべての技術を持ち、ソリューションを提供し得るポテンシャルを有している。今後とも、交通事故のない平和な社会をめざし、研究開発を継続していく所存である。

参考文献

- 1) 高野, 外:安全走行支援システムを支える環境認識技術, 日立評論, 86, 5, 375~378(2004.5)
- 2) 山崎:自動車用センシング技術の現状と将来, 自動車技術61, 2, 4~9 (2007.2)
- 3) 田中:自動車から見たITS 安全な車の実現, 自動車技術55, 11, 4~9 (2001.8)

執筆者紹介



西垣戸 貴臣

1986年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御研究センター 情報制御第三研究部 所属
現在, 車両走行制御, エンジン制御の開発に従事
自動車技術会会員, 日本機械学会会員



大塚 裕史

1998年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御研究センター 情報制御第二研究部 所属
現在, 画像処理技術・システムの開発に従事
電子情報通信学会会員, 自動車技術会会員



坂本 博史

1998年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御研究センター 情報制御第三研究部 所属
現在, 運転支援技術の開発に従事
日本機械学会会員



大辻 信也

1992年日立製作所入社, オートモティブシステムグループ IAS本部 所属
現在, 車両走行制御, センサーフュージョン技術の開発に従事
電子情報通信学会会員