

ステレオカメラによる運転支援システム

富士重工業株式会社

代表取締役社長 吉永 泰之

日立オートモティブシステムズ株式会社

取締役社長 大沼 邦彦

富士重工業(株) スバル技術本部	先進安全PGM	片平	聡
富士重工業(株) スバル技術本部	先進安全PGM	齋藤	徹
富士重工業(株) スバル技術本部	電子商品設計部	高橋	靖
富士重工業(株) スバル技術本部	電子商品設計部	並木	信夫
富士重工業(株) スバル技術本部	電子商品設計部	加藤	哲也
富士重工業(株) スバル技術本部	電子商品設計部	大郷	道夫
富士重工業(株) スバル技術本部	シャシー設計部	野口	裕
日立オートモティブシステムズ(株)技術開発本部開発研究所		門司	竜彦

はじめに

1990年代から産官学一体となって進められてきたASV (Advanced Safety Vehicle) 技術は、今世紀、様々な運転支援システムとして各社で実用化され、同時に前方認識センサの高性能化が進んできた。今後、更なる発展が期待される技術分野である。弊社は、「事故を起こさないクルマ」を究極の安全思想と考え、1999年に世界初のステレオカメラを搭載した運転支援システムを発売した。以降改良を加え、運転支援システムを進化させてきた。

次世代システムの検討に際して、我々が最も重要と考えたことは、「日常の運転で効果を実感できるシステム（支援範囲の拡大）」の実現であり、また「普及拡大のための徹底的なコスト低減」の達成である。本システムは、この基本コンセプトの基に企画・開発されたものであり、システムの核となるステレオカメラも新規

設計を行い、ステレオカメラの認識性能の大幅向上とシステムの統合化を図り、15km/h未満でも作動する衝突被害軽減ブレーキや、ペダルの踏み間違いによる誤発進を抑制するアクセル制御、0～100km/hの広車速域で車間と速度制御するクルーズコントロールなどを実現した。

その結果、渋滞時などの運転負荷が大幅に軽減し、運転支援範囲拡大による快適なドライブを提供することが出来た。また、ステレオカメラが常に前方の状況を監視し、衝突の危険があると判断した場合にはドライバに注意を喚起し、必要に応じてブレーキ制御などを行うことで衝突の回避や被害軽減を実現している。

開発のねらい

図1に運転支援システム開発のねらいを示す。1999年よりステレオカメラを用いた運転支援システムの開発を進め、2008年以降世界で初めてステレオカメラのみで行う全車速追従機能付追従クルーズコントロール機能や、歩行者、

支援範囲の拡大

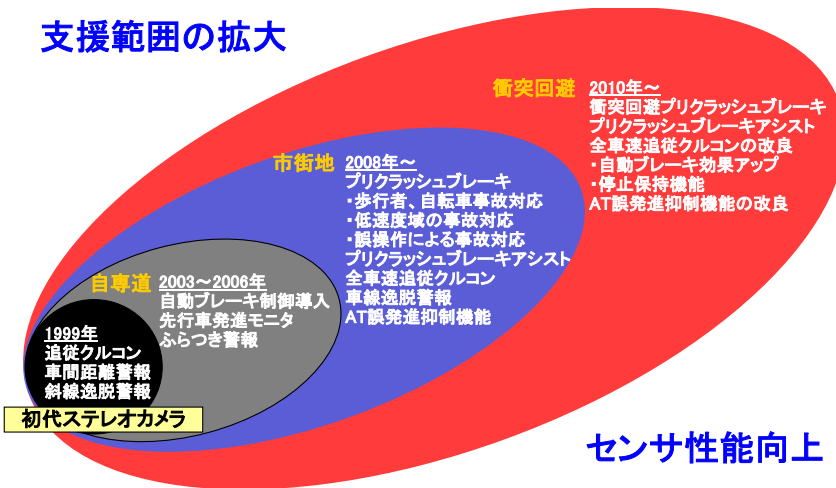
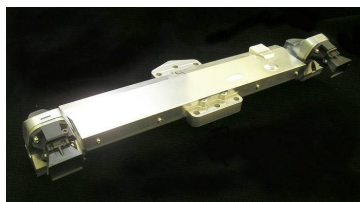
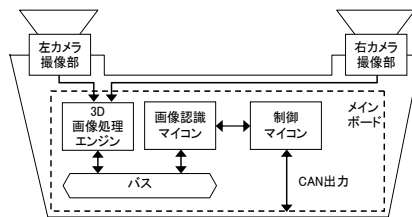


図1 運転支援システムの開発のねらい



- ・撮像素子: 30万画素 白黒CCD
- ・カメラ基線長: 350mm
- ・画角: 26° × 10°
- ・外形: 350mm × 150mm × 70mm
- ・露出制御: 電子シャッタ&アンプ制御



- ・画像処理LSI(3D画像処理エンジン)
- ・画像校正、距離計算、カメラ制御、メモリインターフェース他
- ・マイクロプロセッサ×2 画像処理用×1

図2 カメラ及び画像処理装置

自転車をも対象とした自動ブレーキによる衝突被害軽減を行うプリクラッシュブレーキ機能を実現した。2010年から展開したシステムは、2008年から展開したシステムをベースに、最新の智能化技術を盛り込み、プリクラッシュブレーキ機能を進化させ、前方障害物に対する衝突被害の軽減に加え、条件により衝突回避も実現した。その結果、渋滞時などの運転負荷が大幅に軽減し、運転支援範囲拡大による快適なドライブを実現できた。

装置の概要

図2にステレオカメラと3次元(3D)画像処理エンジンの構成を示す。市街地のような複雑な交通環境下で、車両以外の対象にブレーキ、ア

クセル制御を行うには、物体との距離だけでなく横幅も正確に計測する必要がある。代表的な前方認識センサであるレーダと比較した場合、ステレオカメラは、物体の横方向の検知精度/分解能、近距離の検知能力に優れており、前方障害物とのオフセット量を考慮した衝突予測に適したセンサである。また、白線、路側壁類、および先行車両との位置関係など交通環境全体を認識して進行路を推定できる利点がある。その特徴を活かし、停止～低速度での機能を高め、先行車無し時でも自車が停止している状態から全車速追従機能付クルーズコントロールのセットを可能にしている。新開

発の3次元(3D)画像処理エンジンは、ステレオカメラ内部に撮像・認識・制御演算部を全て集約することでシステムコストが低減し、かつ精度が向上している。左右カメラからの映像信号は、デジタル化された後、3D画像処理エンジン(ASIC)において、感度補正・座標補正処理を経てステレオ処理が実行される。そして、3D画像処理エンジンで生成された距離画像と右カメラの画像から、視野内の立体物と左右白線、壁及び歩行者などの検出が行われる。

ステレオ画像処理は、グレースケールでのエリアベース法によって行われており、左カメラ画像(図3)と右カメラ画像(図4)の視差から画面領域全体に渡って距離分布(図5 距離画像)を求める。右カメラ画像を128×64個の小領



図3 左カメラ画像



図4 右カメラ画像

域に分割し、一つの小領域に対し同じ画像特徴部位を左カメラから検索してその視差を距離情報として得る。一致検索のための評価指標として、画素輝度差の絶対値和SAD (the sum-of-absolute difference) を用いている。得られた距離画像と元画像から認識ソフトウェアにより、画面内の複数の立体物、歩行者、自転車、左右の白線、壁などが検出できる(図6)。

技術上の特徴

図7にステレオカメラ運転システムを示す。本システムは、低速走行でも作動する衝突被害軽減ブレーキ制御など、図7に示すような多くの先進安全機能を実現している。また、図8にシステム構成を示す。左右カメラからの映像信号は、デジタル化された後、3D画像処理エンジン(ASIC)において、感度補正・座標補正処理を経てステレオ処理が実行される。3D画像処理エンジンで生成された距離画像と右カメラの画像から、視野内の立体物と左右白線、壁及び歩行者などの検出を行う。ステレオカメラは常に前方の状況を監視し、必要に応じて種々の指示を車に出し、衝突の危険があると判断した場合には、ブレーキ制御を行うことで衝突を回避している。また、AT誤発進制御を行っている。自車が停車時または10km/h以下の極低速時に障害物検知状態で必要以上のアクセルペダルの踏み込みを検出した場合、警報と共にエンジントルクを

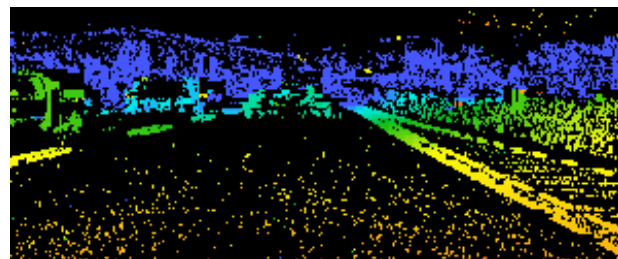


図5 距離画像

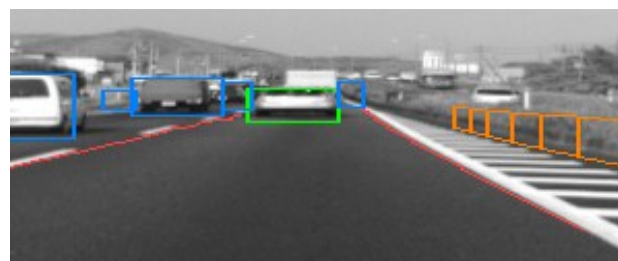


図6 障害物検知結果

抑制(急発進抑制)し、衝突危険性を回避している。

技術上の特徴をまとめると以下の通りとなる。

■予防安全機能

<衝突回避プリクラッシュブレーキ>

従来技術では極低速でしか衝突回避機能を実現できなかったが、ステレオカメラのみで、ほぼ全車速域に対応するプリクラッシュブレーキを実現。高速走行時から極低速走行時まで幅広い走行状況において衝突被害軽減効果を発揮する(世界初)。ブレーキ操作時はフルブレーキまでアシスト。

<AT誤発進抑制機能>

前方障害物を検知、AT誤操作による急発進加速を抑制し事故被害を軽減する機能(世界初)。



- ・車、歩行者、自転車、白線、側壁を検知
- ・物体形状、距離、速度を検知
- ・極近距離から遠方(80m)まで検知

8つの運転支援機能を新設計したステレオカメラの追加だけで実現し、低価格化(10万円)を達成した。

衝突回避・被害軽減制御	AT誤発進抑制制御
	プリクラッシュブレーキ (Ver.2から衝突回避) プリクラッシュブレーキアシスト
警報	車線逸脱警報
	車線逸脱警報
	ふらつき警報
運転負荷軽減	全車速追従機能付クルーズコントロール
	先行車発進のお知らせ

図7 ステレオカメラによる運転システム

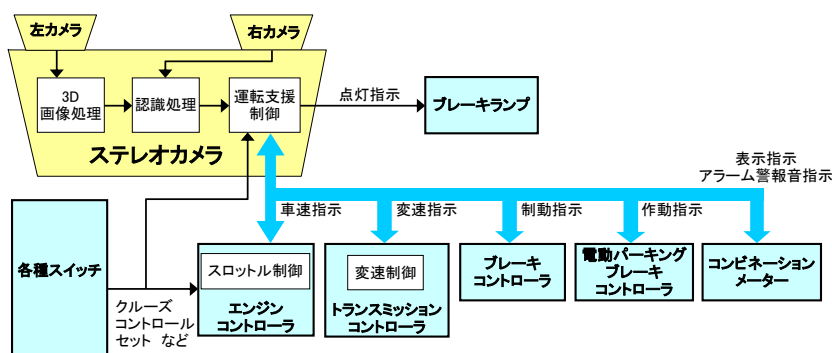


図8 運転支援システム構成

<車間距離警報>

前方障害物を検知、衝突警報により危険性をドライバーに知らせる。

<車線逸脱警報>

車線を検知し車両が逸脱しそうになった場合、警報により危険性をドライバーに知らせる。

■運転負荷軽減機能

<全車速追従機能付クルーズコントロール>

ステレオカメラのみで全車速追従クルーズコントロールを実現。

<先行車発進お知らせ機能>

先行車が発進した際、ドライバーに告知音で知らせる。

実用上の効果

本開発の予防安全機能、運転付加軽減機能により、ドライバーの運転に関する負荷を減らすことで衝突の回避あるいは被害軽減に寄与している。

知的財産権の状況

本開発の装置に関する主要な特許登録は、以下のものを含め193件である。

① 日本国特許第3452075号

名称：「車両用距離検出装置」

概要：ステレオ画像による距離計測に際し、距離分布の空間分解能を向上してより高度な画像認識を可能にする方法。

② 日本国特許第4914234号

名称：先行車両検出装置

概要：夜雨での認識性能の低下を補完処理して、テールランプ検出による先行車両を認識する技術。

むすび

今後も本システムのグレード展開を広げ、人々の暮らしの安全に貢献するよう開発を進めて行く予定である。更に低価格で使い易いシステムへ改良もしていく所存である。