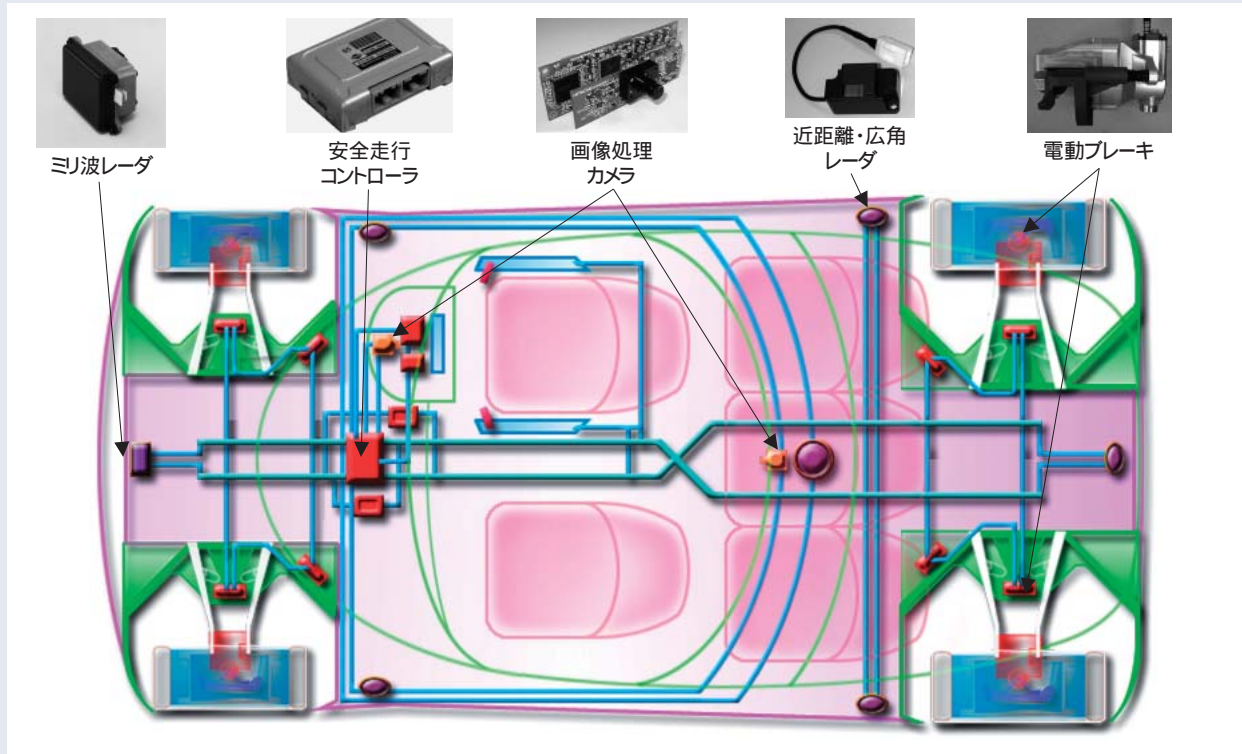


# 自動車の安全走行支援システム

## Adaptive Driver Assistant Systems

吉田 龍也 *Tatsuya Yoshida* 黒田 浩司 *Hiroshi Kuroda* 西垣戸 貴臣 *Takaomi Nishigaito*



### 将来の自動車安全走行支援システムを構成する主要部

ミリ波レーダや画像処理カメラなどの環境認識センサを車両の前後左右に配し、車両の全方位の走行環境状態を検知する。これらが、インフラストラクチャーやナビゲーションシステムからの情報を受けて、安全走行コントローラで電動化されたスロットル、ブレーキ、およびステアリングを制御する。これらの情報のやり取りは、車両内のネットワークを介して行われる。

先行車との車間距離を自動的に制御することによって運転者の疲労の軽減を図るACC(Adaptive Cruise Control: 車間距離制御)システムや、前方車両との車間距離と相対速度を計測し、衝突が避けられない場合にはブレーキを作動させて、衝突時の衝撃を低減するための「プリクラッシュ ブレーキ システム」が実用化されてきた。現在の安全走行支援システムは主に高速道路での使用を前提にしたものであり、将来は、

インフラストラクチャーやナビゲーションの情報などの協調、環境認識技術の進歩とともに、一般道路を含む広範囲な場面で、いっそう安全な運転ができるようになることが期待されている。

日立グループは、交通事故の削減に貢献するために、産業や鉄道分野で培ったノウハウを適用しつつ、低コストで高信頼性を実現する走行環境認識技術、走行制御技術、アクチュエーション技術の開発を進めている。

## 1 はじめに

近年、わが国での交通事故による死亡者数は漸減傾向にあるものの、まだ年間約8,000人の上っている。一方、交通事故の件数は増加傾向にあり、年間約100万件である。交通事

故には運転者のヒューマンエラーに起因するものも多くあることから、ヒューマンエラーによる事故を未然に防止したり、事故の直前に車両の制御を行って被害を軽減する安全走行支援システムの研究開発が盛んに行われており、すでに実用化されたシステムもある。

安全走行支援システムは、運転者が行う「認知」、「判断」、

「操作」の支援をすることによって疲労を軽減し、能力の低下防止、「認知」、「判断」、「操作」のエラーによって危険と判断した場合の注意喚起情報の提示、運転者の操作では衝突を回避できない場合の車両の制御などで、安全な運転を支援するものである。

ここでは、安全走行支援システムの開発動向、それに対応する日立グループの開発状況、および将来への展望について述べる。

## 2 安全走行支援システムの開発動向

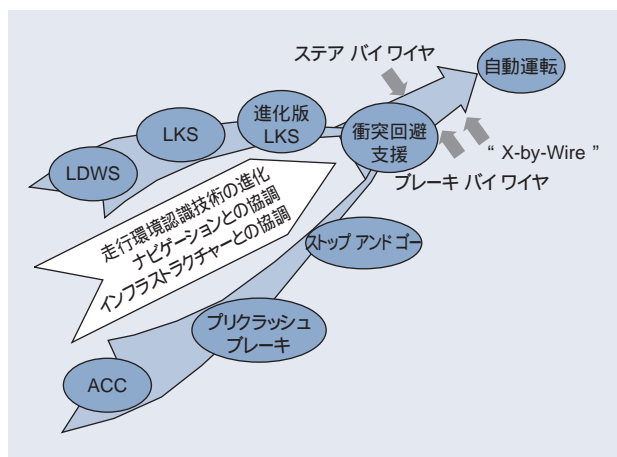
国土交通省の主導により、ASV(Advanced Safety Vehicle：先進安全自動車)計画が推進され、自動車の運転を支援し、事故回避の支援を目的とする各種の安全走行支援システムの研究開発が進められている。

安全走行支援システムの究極の形態であると考えられる「自動運転」に至るには、さまざまな課題を乗り越える必要がある。

自動運転に向かう進化の過程を予想したものを図1に示す。安全走行支援システムには、車両の縦方向運動を支援するシステムと、横方向運動を支援するシステムがある。

縦方向運動支援システムの代表例としては、ACC(Adaptive Cruise Control：車間距離制御)システムがすでに各社で実用化されている。2003年には、衝突被害の低減を目的とした「プリクラッシュ ブレーキ システム」が、トヨタ自動車株式会社、本田技研工業株式会社、および日産自動車株式会社で相次いで実用化された。今後は、現在約40 km/h以上からの制御可能車速領域が拡大され、停止・発進を行う「ストップ アンド ゴー システム」に進化していくものと思われる。

横方向運動支援システムの代表例としては、LDWS



注：略語説明 LDWS( Lane Departure Warning System )  
LSK( Lane Keep Support )  
ACC( Adaptive Cruise Control )

図1 安全走行支援システムの進化の方向

環境認識技術とアクチュエーション技術の進化とともに、自動運転の実現に向かっていく。

( Lane Departure Warning System：車線逸脱警報システム)やLKS( Lane Keep Support：車線維持支援)システムがすでに各社で実用化されている。今後は、車線認識技術の進化とともに、作動可能な道路が拡大していくものと考えられる。

将来は、縦方向運動支援システムと横方向運動支援システムが協調した制御により、衝突回避支援システムに進化し、さらに、ナビゲーションシステムやインフラストラクチャーからの情報などを適用したいっそう高度な安全走行支援システムが出現し、自動運転の実現に向かうものと予想する。

## 3 安全走行支援システム

### 3.1 日立グループの開発状況

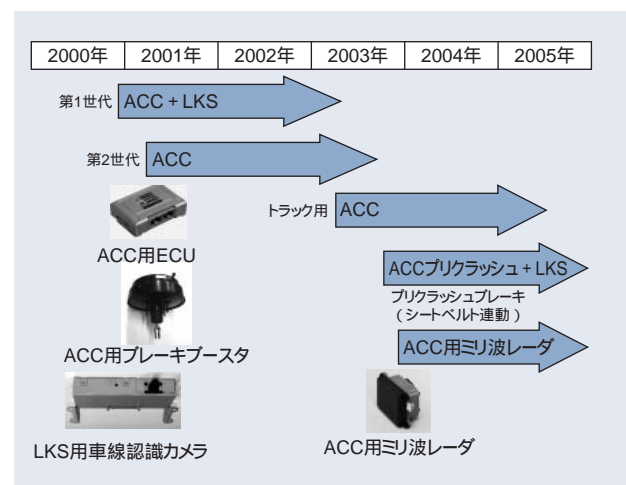
日立グループは、グループ内のさまざまな分野の技術を総合的に活用して、安全走行支援システムの開発に取り組んでいる<sup>1)-4)</sup>。

日立グループの安全走行支援システムの製品化の状況を図2に示す。2001年からACCシステム用コントロールユニットとブレーキブースタ、およびLKS用の画像処理カメラを、2003年にはトラック用ACCシステムをそれぞれ製品化し、乗用車用ACCにはプリクラッシュ ブレーキ システムを追加したほか、ACC用ミリ波レーダを製品化している。

プリクラッシュ ブレーキ システム機能付きACCシステムの構成を図3に示す。

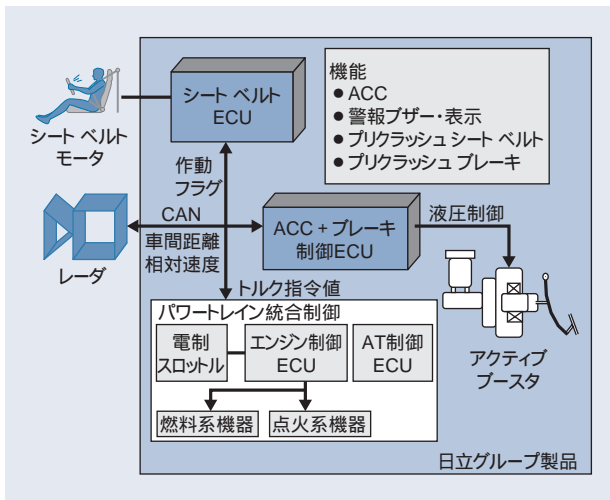
### 3.2 ACC(車間距離制御)

ACCは縦方向支援システムであり、アクセル操作とブレーキ操作を支援することによって運転操作の負荷を軽減するものである。前方車両との車間距離をレーダで計測し、運転者が設定した車間距離を保つように加減速を自動的に行い、



注：略語説明 ECU( Electronic Control Unit )

図2 日立グループの安全走行支援システムの製品化状況  
日立グループは、2001年から安全走行支援システムを製品化してきた。



注：略語説明 CAN( Controller Area Network )

図3 プリクラッシュブレーキ機能付きACCシステムの構成

日産自動車株式会社の2003年「シマ」用ACCには、衝突時の被害を軽減するプリクラッシュブレーキ機能が追加された。

追従走行を行う。また、前方に車両がない場合には、設定した車速で定速走行ができる。

日立グループは、ACCシステムを構成する「認知」機能の環境認識センサ(ミリ波レーダなど)、「判断」機能のACCコントロールユニット、「操作」機能のブレーキシステム、パワートレイン(動力伝達列)制御システムのすべてを開発し、製品化している。

システムの開発には、車両運動を計算する計算機と、実機のコントローラやアクチュエータ(ハードウェア)とを結合し、リアルタイムでシミュレーションを行うことによって実機を組み込んだ制御ループを形成し、実車の完成前にサブシステムの仮想走行試験ができる「ハードウェアインザループシミュレーション技術」を活用して、動作検証やサブシステム制御の開発を加速している。

### 3.3 プリクラッシュブレーキシステム

レーダによって前方車両との車間距離と相対速度を計測し、衝突の危険性がある場合には運転者にブザーなどで警報を提示し、運転者の回避操作が不適切で衝突を避けられない場合にはブレーキを作動させて、衝突時の衝撃を軽減するためのシステムである。このシステムの構成部品はACCと同じであることから、ACCとセットで搭載されることが多い。

また、衝突を避けられない場合には、シートベルトを巻き取り、一刻も早く乗員を拘束することで、衝突時の乗員の被害を低減する「プリクラッシュシートベルト」も併用される。

日立グループは、上記のACCシステムの構成部品に加えて、シートベルト駆動ユニットも開発している。

### 3.4 LKS(車線維持支援)

画像処理カメラからの映像を画像処理して路上の白線を認識し、電動パワーステアリングシステムにより、車線を逸脱しないように運転者のステアリング(ハンドル)操作を補助する

横方向支援システムである。

日立グループは、「認知」機能の画像処理カメラ、および「操作」機能の電動ステアリングシステムを開発している。

## 4 将来の展望

馬は騎手の意図を感知し、周囲の状況を判断しながら障害物を避け、みずからの安全と騎手の安全を確保する。これと同様に、突然現れた車や人や動物に対しても、画像処理カメラなどのセンサ群が状況を認識し、コントローラが運転者の回避意図を判断するとともに最適な回避行動を決定し、サスペンション(車体懸架)制御によってタイヤの接地荷重を制御しながらスピン(空転)しないステアリング制御を行い、左右独立したブレーキ制御によって旋回を補助しながら車速を制御し、安全に回避動作を完了する。このような将来の安全走行支援システムの構築には、アクチュエータの電動化の追求のほか、コントローラとセンサの高信頼化がかぎとなることから、日立グループの総合技術を生かせる方向に進みつつあると考える。このような、人馬一体と同様の機能を実現するのに欠かせない技術が、日立グループが開発中の「X-by-Wireシステム」である。

また、インフラストラクチャーとの協調や、安全走行支援システムの介入が、運転者にとって違和感がなく、自然な形で車と人が協調できるためのヒューマンマシンインタフェース技術も自動運転に進化する過程では重要なポイントと考える。

### 4.1 X-by-Wire技術

日立グループが開発中のX-by-Wireシステムは、自動運転の第1世代に当たる。第1世代では、車両は運転者の意思に忠実に従うことが求められる。したがって、操作系とアクチュエータとの機械的な結合を断つといふ「by-Wire化」を実現するためのアクチュエータとコントローラの高信頼化がかぎとなる。また、判断につながるセンサ認識技術の高信頼化も重要となる(アクチュエータとセンサ認識技術については、本号の別論文を参照)。

高信頼コントローラの構成例を図4に示す。ハードウェアを多重化することで、一部に故障が発生しても、コントローラ全体としては動作を可能としている。ソフトウェアの構造では、アプリケーションソフトウェアの資産をソフトウェアの部品として使用し、モデルウェアで通信やI/O(Input-Output)の信頼性の確保ができる構成とした。このように階層構成とすることで、過去に蓄積したソフトウェアの資産を活用することができ、ソフトウェア全体の信頼性の確保も容易な構造としている。

第1世代に続く第2世代では、自律的な判断によって車両をいっそう安全な方向へ導くことが必要となると考えられる。このためには、個々のby-Wireシステムの統合制御による車

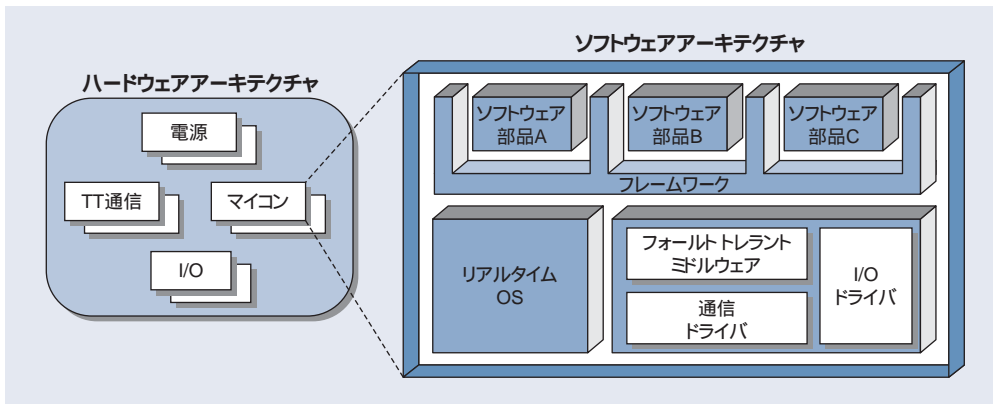


図4 高信頼コントローラの構成例

日立グループは、長年、産業や鉄道分野などで、高信頼のコントローラ開発に取り組んでいる。自動車分野では低コスト化が重要な課題であるため、これらの分野で培ったノウハウを適用しつつ、低コストで高信頼性を実現させる技術開発を推進している。

注：略語説明  
 TT( Time-Triggered )  
 I/O( Input-Output )  
 OS( Operating System )

両運動性能の向上はもちろんであるが、人間との協調、すなわち、運転者の運転意図の抽出、運転者に違和感がない状態での制御領域の拡大が必要となる。

#### 4.2 シミュレーション技術

日立グループは、ヒューマン マシン インタフェース技術の構築やX-by-Wireシステムを実現するため、ドライビングシミュレータと車両運動シミュレータを結合し、ヒューマン インザループシステムによる感覚評価を行うバーチャルカーシステムを開発中である(図5参照)。このシステムにより、運転者の感性や身体の特性を考慮して走行性能をデザインし、これを実現するために最適なアクチュエータや制御システムを構築していく。

安全走行支援システムは、交通事故の低減に寄与することが期待されており、これからの高齢化社会を考えると、ますます必須のアイテムになるものと考えられる。

それを実現するためのかぎは、走行環境認識技術であり、システムの高信頼化である。日立グループは、将来のインフラストラクチャー整備やヒューマン マシン インタフェース技術も視野に入れながら、安全な走行支援システムの実現に努めていく考えである。

#### 参考文献

- 1) S. Kuragaki, et al.: An Adaptive Cruise Control Using Wheel Torque Management Technique : SAE Transactions, 98060 ( Feb. 1998 )
- 2) 竹崎, 外 : 自動車の安全走行支援システム, 日立評論, 82, 9, 599 ~ 604( 2000.9 )
- 3) 黒田, 外 : 自動車の走行制御と情報システム, 日立評論, 84, 8, 541 ~ 546( 2002.8 )
- 4) M. Ichinose, et al. : Development of Hardware-In-the-Loop Simulator for Adaptive Cruise Control System : Proceedings of AVEC '02, 20024513, pp. 207-214( Sept. 2002 )

## 5 おわりに

ここでは、自動車の安全走行支援システムの開発動向、それに対応する日立グループの開発状況、および将来への展望について述べた。

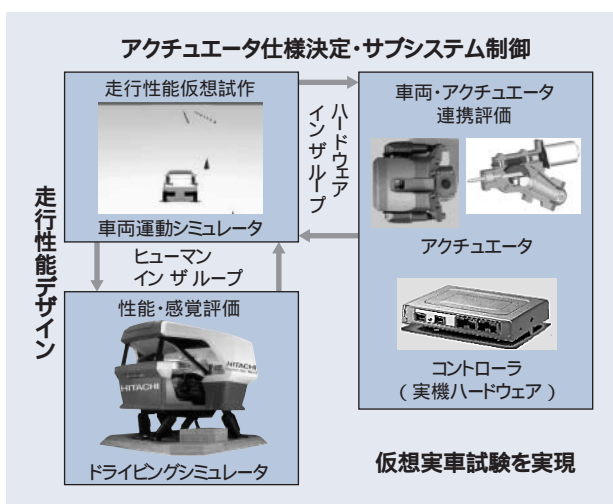


図5 バーチャルカーシステムの概要

実際に走行せずに、運転者の感性に合致した制御システムやヒューマンインタフェースを効率的に開発していくシミュレーション技術である。

#### 執筆者紹介



吉田 龍也

1978年日立製作所入社、オートモティブシステムグループアドバンス・テクニカルセンター所属  
 現在、ACCシステムの開発に従事  
 自動車技術会会員  
 E-mail : t-yos @ cm. jiji. hitachi. co. jp



黒田 浩司

1984年日立製作所入社、オートモティブシステムグループEMS本部 第一電子設計部 所属  
 現在、車両走行制御、ミリ波レーダの開発に従事  
 電子情報通信学会会員、電気学会会員  
 E-mail : h-kuroda @ cm. jiji. hitachi. co. jp



西垣戸貴臣

1986年日立製作所入社、機械研究所 自動車システムプロジェクト 所属  
 現在、車両走行制御、エンジン制御の開発に従事  
 日本機械学会会員、自動車技術会会員  
 E-mail : tn @ gm. merl. hitachi. co. jp