

予防安全統合制御システム

Advanced Vehicle Safety Control System

黒田 浩司

Kuroda Hiroshi

谷道 太雪

Tanimichi Taisetsu

横山 篤

Yokoyama Atsushi

大塚 裕史

Otsuka Yuji

日立グループは、1990年代後半から、自動車の予防安全統合制御システムの開発に取り組んでいる。

これまでに、外界を認識するステレオカメラや各種センサーからの情報を基に車両を制御するアプリケーションを搭載したADASコントローラを製品化してきた。ステレオカメラの開発では、高精度化や高速化の課題解決に取り組んできた。また、ADASコントローラの開発では、多種類の機能を、車種や仕向け地に合わせて容易に実装可能なアーキテクチャを実現した。

現在は、これらの開発とともに、将来の360度ぶつからない車の実現に向けて、車両の統合制御技術や使いやすいヒューマンマシンインタフェースの開発に取り組み、より安全で快適な自動車の実現をめざしている。

1. はじめに

自動車に搭載された外界認識センサーを用いて、車間距離を制御するACC (Adaptive Cruise Control) システムが、1999年にダイムラー社から製品化された。その後、車両制御システムは、衝突が避けられなくなったときに自動的にブレーキを掛けて被害の軽減を図るシステムへと発展し、低速域では衝突を未然に防ぐことも可能なシステムが実用化されている。また、車線などを検知して車両の横方向の動きを支援する機能も実現されている。

このようなシステムは予防安全システムと呼ばれ、自動車の外界を認識するセンサー技術とともに、各種センサーからの情報を処理する制御技術、アクチュエータを使って車両の運動を制御する技術の融合が必要である。

ここでは、車両の外界を認識するセンサーであるステレオカメラとADAS (Advanced Driver Assistance System) コントローラ、および予防安全統合制御システムについて述べる。

2. ステレオカメラ

まず、富士重工業株式会社と共同開発したステレオカメラを中心に述べる。

2.1 ステレオカメラの概要

ステレオカメラは、左右2台のカメラで物体を同時に撮像し、左右のカメラで得られた物体の画像上での位置の違い(視差)からその物体の位置や立体形状を認識することができる外界認識センサーである¹⁾。外界認識センサーには、レーザレーダ、ミリ波レーダ、単眼カメラなどもあるが、ステレオカメラには、物体の材質や形状によらず検出できること、縦横の空間分解能が高いことなど外界認識センサーとしての原理的な強みがある。しかし、車載用のセンサーとして成立させるためには、経年劣化まで考慮した左右光軸のエーミングやキャリブレーション、高精度かつ高速な視差マッチングなどステレオカメラならではの技術課題も多い。

日立オートモティブシステムズ株式会社は、長年にわたってステレオカメラの研究開発を行ってきた富士重工業と2004年から連携し、ステレオカメラの共同開発を進めながら上記課題を解決してきた。開発したステレオカメラは、2008年5月に同社「レガシィ」に採用されて以来、多くの車種に搭載されている¹⁾。

2.2 ステレオカメラの構成

ステレオカメラは、左右カメラ部と、映像を信号処理するメイン処理部に分かれている(図1参照)。

左右のカメラで得られた映像は、画像処理用のASIC (Application Specific Integrated Circuit) に送られる。ASICでは、レンズの周辺減光補正や歪(ひずみ)補正を行った後に視差マッチングをして視差画像を生成する。視差画像

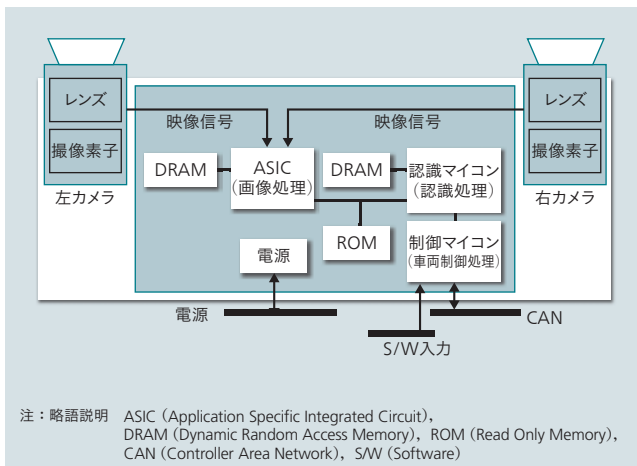


図1 | ステレオカメラ構成図

富士重工業株式会社と共同開発したステレオカメラでは、計算処理量の大きい視差計算などをASIC部で高速に処理する。

とは、視差をそのまま濃度化した画像であり、画素ごとに距離が分かるようになっている。視差画像を含む認識に必要な情報は、認識マイコンを通じてDRAM (Dynamic Random Access Memory) に格納される。DRAMに格納された情報を基に、認識マイコンは車両や歩行者などの障害物の検知や白線の検知を行う。制御マイコンは、認識された情報を基に警報やブレーキの要否を判断して制御指令を出力する。

2.3 今後の展開

ステレオカメラを幅広い車種へ展開するためには、小型軽量化が必須になるが、小型化のために基線長(左右のカメラ間の長さ)を短くすると、検知可能距離が短くなるなどの課題が発生する。

そこで、日立グループは小型ステレオカメラの実現に向けて、遠距離の先行車を安定的に検知できる新しい画像処理技術の開発にも取り組んでいる。

3. ADASコントローラ

次に、日産自動車株式会社に採用されているADASコントローラ的设计思想・技術について述べる。

3.1 ADASコントローラの概要

ADASコントローラは、近年、毎年のように増加する予防安全制御アプリケーションの車両への搭載を、容易にするために設けられた予防安全制御アプリケーション専用のECU (Electronic Control Unit) である (図2参照)。

予防安全制御アプリケーションは1999年ごろから導入され始めたが、当時はACCのみであった。その後プリクラッシュセーフティシステムが導入され、2005年ごろから、LDP (Lane Departure Prevention), LDW (Lane



図2 | ADAS ECUハードウェアの外観

ADAS (Advanced Driver Assistance System) 専用のECU (Electronic Control Unit) によって車両を制御する。

表1 | アプリケーションと搭載ECU

各種の予防安全制御アプリケーションが、別々のECUに搭載されてきた。

アプリケーション	搭載ECU
ACC, FCW プリクラッシュセーフティシステム	レーダ
LDP, LDW, LKS, TSR, IHC	単眼カメラ
COP	ESC

注：略語説明 ACC (Adaptive Cruise Control), FCW (Forward Collision Warning), LDP (Lane Departure Prevention), LDW (Lane Departure Warning), LKS (Lane Keeping System), TSR (Traffic Sign Recognition), IHC (Intelligent Head Lamp Control), COP (Carve Overshoot Prevention), ESC (Electric Stability Control)

Departure Warning), LKS (Lane Keep Assist), FCW (Forward Collision Warning), TSR (Traffic Sign Recognition), IHC (Intelligent Head Lamp Control), COP (Carve Overshoot Prevention) などと新たなアプリケーションが追加されてきた。当初、これらのアプリケーションは、表1に示すように別々のECUに搭載されていた。

これらのアプリケーションソフトウェアは車種、仕向けによらず共通のソフトウェアを使うが、搭載ECUは、車種や仕向け、量産開始時期によって変更になる場合が多い。搭載ECUの変更には、アプリケーションソフトウェアの移植が伴うが、その場合、移植前と移植後のソフトウェアに変更がなかったとしても、移植後の搭載ECUでの再テストが必要となるため、工数と費用の増大が発生していた。この課題を軽減し、車両で使用するセンサーやアクチュエータの選択の自由度を上げるため、ADASコントローラが開発された。

3.2 ADASコントローラの開発

ADASコントローラに搭載するアプリケーションソフトウェアは、時期を異にして開発された経緯や、いろいろな種類のセンサーやアクチュエータの使用を前提に開発されてきた経緯がある。このため、アプリケーションソフトウェアどうしや、センサーやアクチュエータとの相互依存

関係が複雑な構造となっていた。

そこで機能分析を行い、ADASコントローラで実現すべき機能を分析した(図3参照)。ドライバーを含めた自動車の動きをつかさどる機能をクラス図にまとめ、普遍的機能を抽出するとともに、機能の優先度を明確化した。

その結果、センサー依存部分を吸収する「センサーインタフェース部」、アプリケーションの制御機能部分を搭載する「アプリケーション部」、アプリケーション間の相互依存関係を調停する「調停部」、アクチュエータ依存部分を搭載する「出力インタフェース部」に分類することができた。

この分析結果を基にアプリケーションソフトウェアを機能分類して構造化し、ADASコントローラに再実装した(図4参照)。この構造化により、各ソフトウェアの依存関係を少なくすることができ、各種のアプリケーションや、さまざまなセンサーやアクチュエータの組み合わせへの対応も容易に実現可能となった。

3.3 ADASコントローラの今後

ADASコントローラは、今後ドライバーに代わる車両の頭脳として発展していくと予想され、最終的には自動運転用のコントローラとなることが期待されている。そのため

に、今後は、(1) 車両周辺の多くの情報をリアルタイムに取得するための通信ネットワーク高速化への対応、(2) 自動車から見えないエリアの状態を取得するためのインフラ通信系との接続機能の拡充、(3) 前述の(1)、(2)から必要な情報だけをリアルタイムに取得するためのリアルタイムデータベースの内蔵が必要であり、その開発を行っている。

4. 予防安全統合制御

予防安全統合制御システムは、外界認識センサー・コントローラ・アクチュエータを統合することで、「認知・判断・操作」という人間の機能を一部代替し、運転操作を支援する。日立グループは、ステレオカメラとADASコントローラを中心に、予防安全システムの多機能化を図ってきた。

これまでの予防安全システムは、ステレオカメラのような前方認識センサーとエンジン・ブレーキ・ステアリングの組み合わせが中心であった。今後は、レーダやビューカメラを組み合わせた全方位センシングシステムや、モーター・インバータ、サスペンションなどの多様なアクチュエータとの統合が必要となる。

センシング範囲を拡大する技術の1つとして、日立グループではビューカメラに障害物の検知機能を加えるアプローチを進めている。これまでリヤビューカメラ映像や全

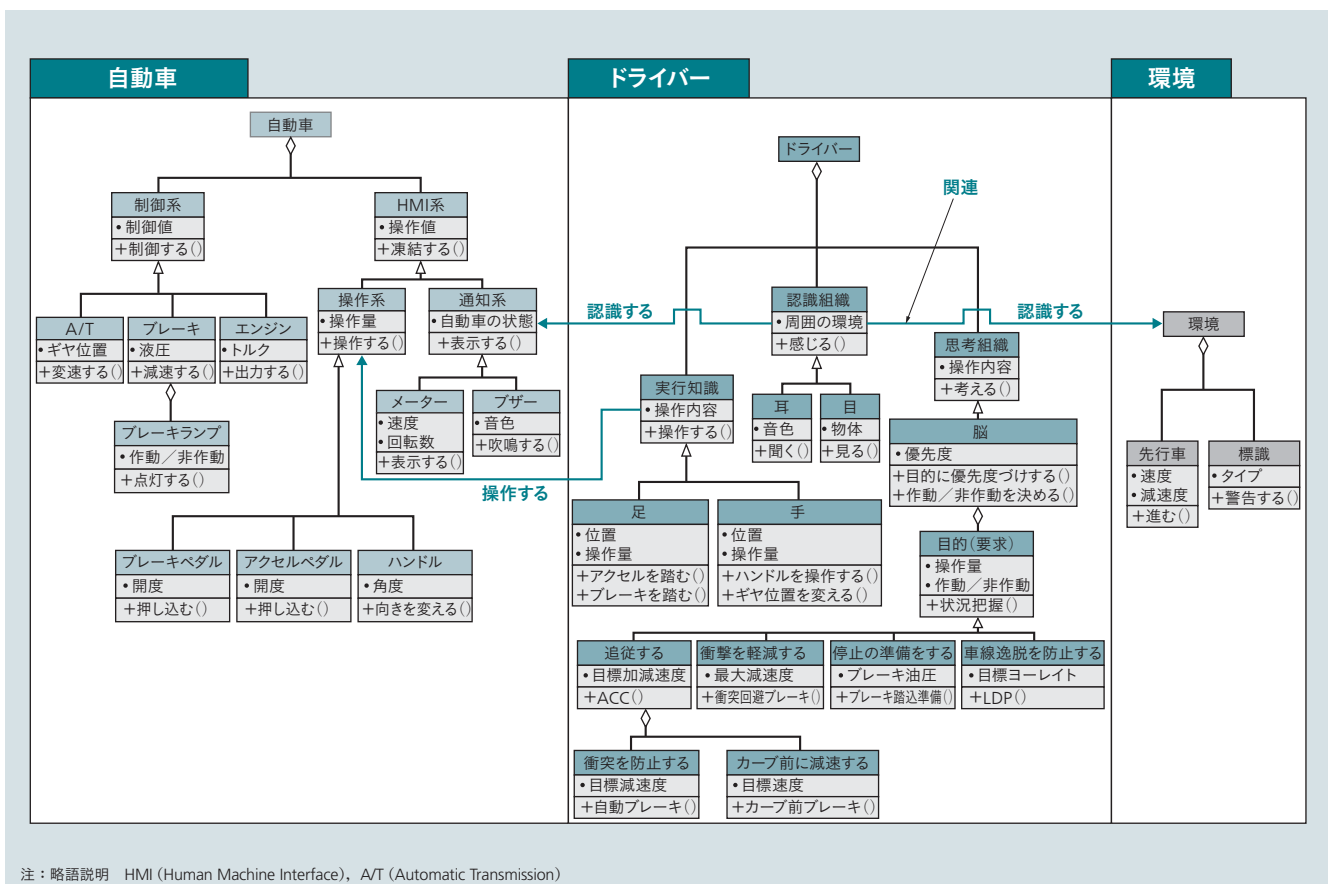


図3 | ADASアプリケーション分析

ドライバーを含めた自動車の動きをつかさどる機能をクラス図にまとめた。

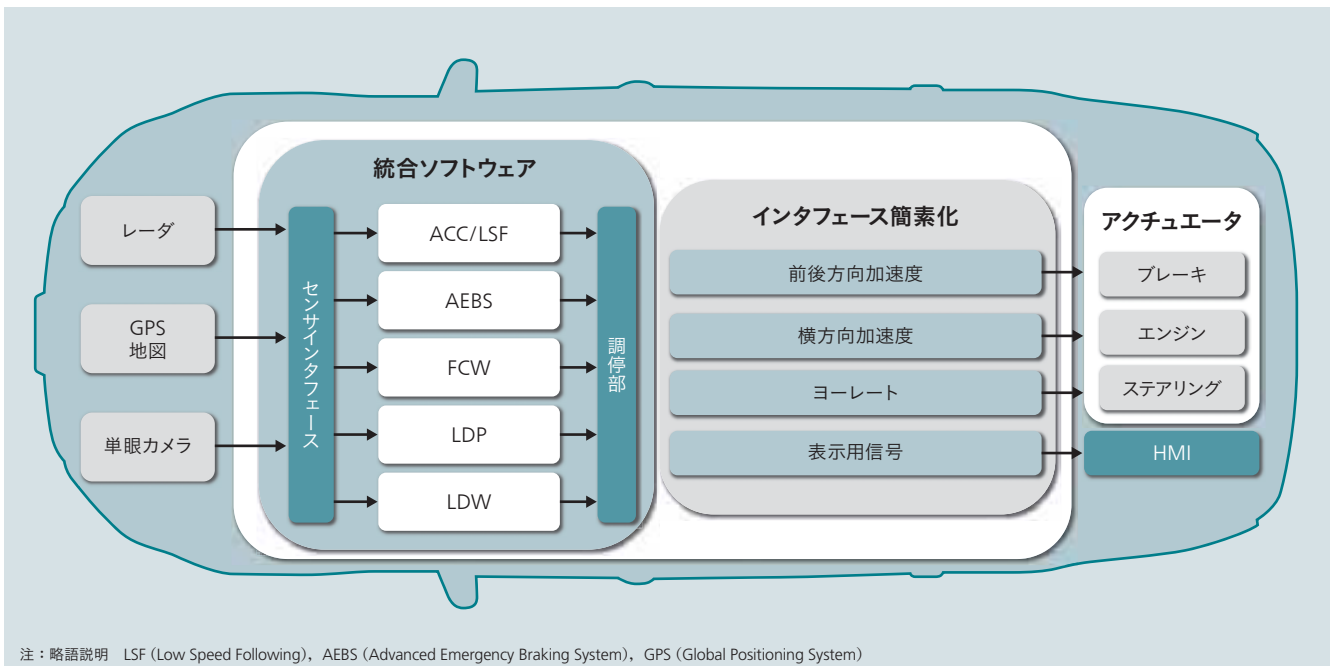


図4 | ADASコントローラ構造

車両内に分散していたソフトウェアを1つのECUに統合し、ADAS ECUを汎用化した。

周囲俯瞰（ふかん）映像に、認識機能を加えた周辺障害物検知機能を製品化し、さらに車線逸脱や後側方からの車両接近を検知・警報するシステムも実用化している²⁾（図5参照）。

さらには、車載センサーによるセンシング範囲の拡大に加え、日立グループでは車々間や路車間の通信技術（C2X: Car-to-X）の開発も進めている。C2X技術を用いれば、見通しの悪い交差点における接近車両など、従来運転者が知りえない情報を入手することができ、より安全な運転支援システムを実現できる。

一方、車両の運動性能を引き出す発展技術として、G-Vectoring制御の開発を進めている。これはカーブ通過時にハンドル操作に合わせて自動減速することで、スムーズで安定したコーナリングを実現する制御である³⁾（図6参照）。現在では地図データからカーブ情報を入手し、カーブの手前から自動ブレーキを加えることができる「Preview

G-Vectoring制御」へと発展を図っている⁴⁾。

予防安全システムの発展形として、自動運転システムの実用化も期待されている。ACCやLKSは「自動運転システム」の1つと捉えることができるが、乗車から降車までの完全自動運転が実現されるまでは、手動運転と自動運転が混在していく。その間は運転の主体が人間であり続けるため、人間の運転状態を常に理解し、適切な情報を提示することが重要となる。日立グループは、ナビゲーションシステムやビューカメラなどで手がけてきたHMI（Human

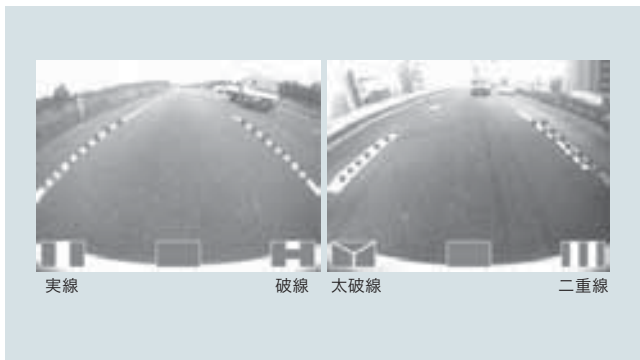


図5 | 後方カメラによる車線検知の例

車線の位置だけでなく、車線の種類も判別可能である。

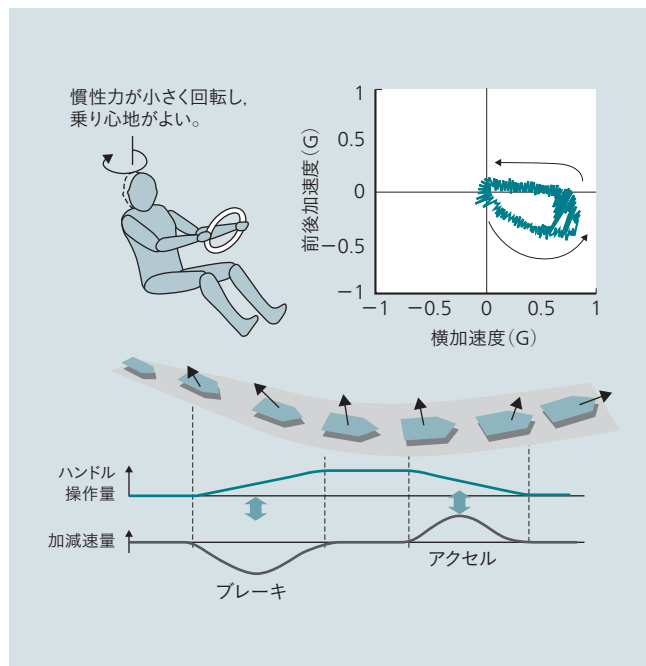


図6 | G-Vectoring制御

車両加速度が円を描くスムーズなコーナリング制御を実現する。

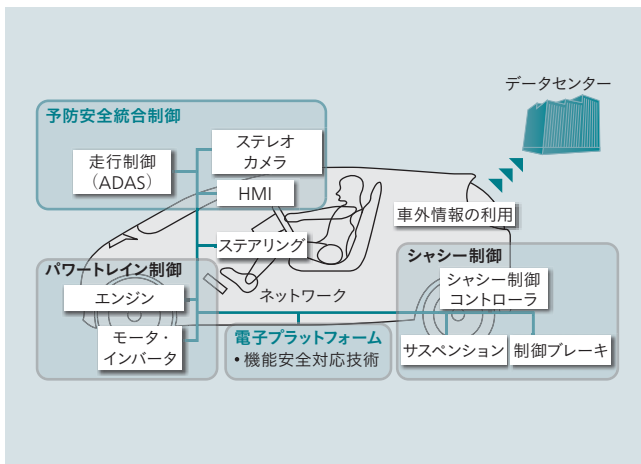


図7 | C2X, HMIを統合した予防安全統合制御システム
C2X (Car-to-X)とHMIの統合制御化により、安全・環境・快適性を高次元で実現していく。

Machine Interface) 技術をベースに、自動運転に向けたHMIの進化を提案していくとともに、総合的な予防安全統合制御システムの実現に取り組んでいく(図7参照)。

5. おわりに

自動運転の実現には、車両の外界を、360度全周囲カバーできるセンサー類の実現や、自動車からは直接見えない遠くの情報を通信を介してやり取りしながら情報を処理し、車両を安全に制御する技術の開発が必要である。これらの技術開発は、運転の主体は人間であることを基本に、人間の「認知・判断・操作」の機能の理解とともに技術開発に取り組む必要がある。

参考文献など

- 1) 片平, 外: ステレオ画像認識運転支援システムのハードウェア開発について, 第14回画像センシングシンポジウム公演論文集, No.IN2-15 (2008.6)
- 2) 竹村, 外: 車載魚眼リアカメラを利用した車線逸脱警報の耐環境性能向上, ビジョン技術の実利用ワークショップ ViEW2012, IS1-B5 (2012.12)
- 3) 山門, 外: 加加速度情報を用いた車両横運動と連係して加減速するドライバモデルの提案, 自動車技術会論文集, Vol.39, No.3, p53~58 (2008.5)
- 4) 高橋, 外: 自車前方コース曲率の時間変化に応じた加減速モデルの検討, 自動車技術会論文集, Vol.43, No.1, p7~14 (2012.1)

執筆者紹介



黒田 浩司

1984年日立製作所入社, 日立オートモティブシステムズ株式会社 技術開発本部 先行開発研究センター 所属
現在, 予防安全システムの開発に従事
工学博士
電子情報通信学会会員, 自動車技術会会員



横山 篤

1997年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御研究センター グリーンモビリティ研究部 所属
現在, 走行制御システムの研究開発に従事
自動車技術会会員



谷道 太雪

1998年日立製作所入社, 日立オートモティブシステムズ株式会社 技術開発本部 先行開発研究センター 所属
現在, ADASのソフトウェア開発に従事
情報処理学会会員, 計測自動制御学会会員



大塚 裕史

1998年日立製作所入社, 日立オートモティブシステムズ株式会社 技術開発本部 先行開発研究センター 所属
現在, 車載用ステレオカメラのソフトウェア開発に従事
電子情報通信学会会員, 自動車技術会会員