

# ADAS制御機能とボディ制御機能を統合したECU

森 正憲\*  
Masanori Mori  
竹内 佑\*  
Yu Takeuchi  
平出拓也\*  
Takuya Hirude

鴨井亮二\*  
Ryoji Kamoi

Electronic Control Unit Integrating ADAS and Body Control Function

## 要 旨

近年、車の安全性向上のために、先進運転支援システム(Advanced Driver Assistance System: ADAS)の普及が進んでいる。ADAS機能の高度化に伴い、機能を実現するためのECU(Electronic Control Unit)の搭載数は年々増加しており、搭載体積やコストの増加が課題になっている。

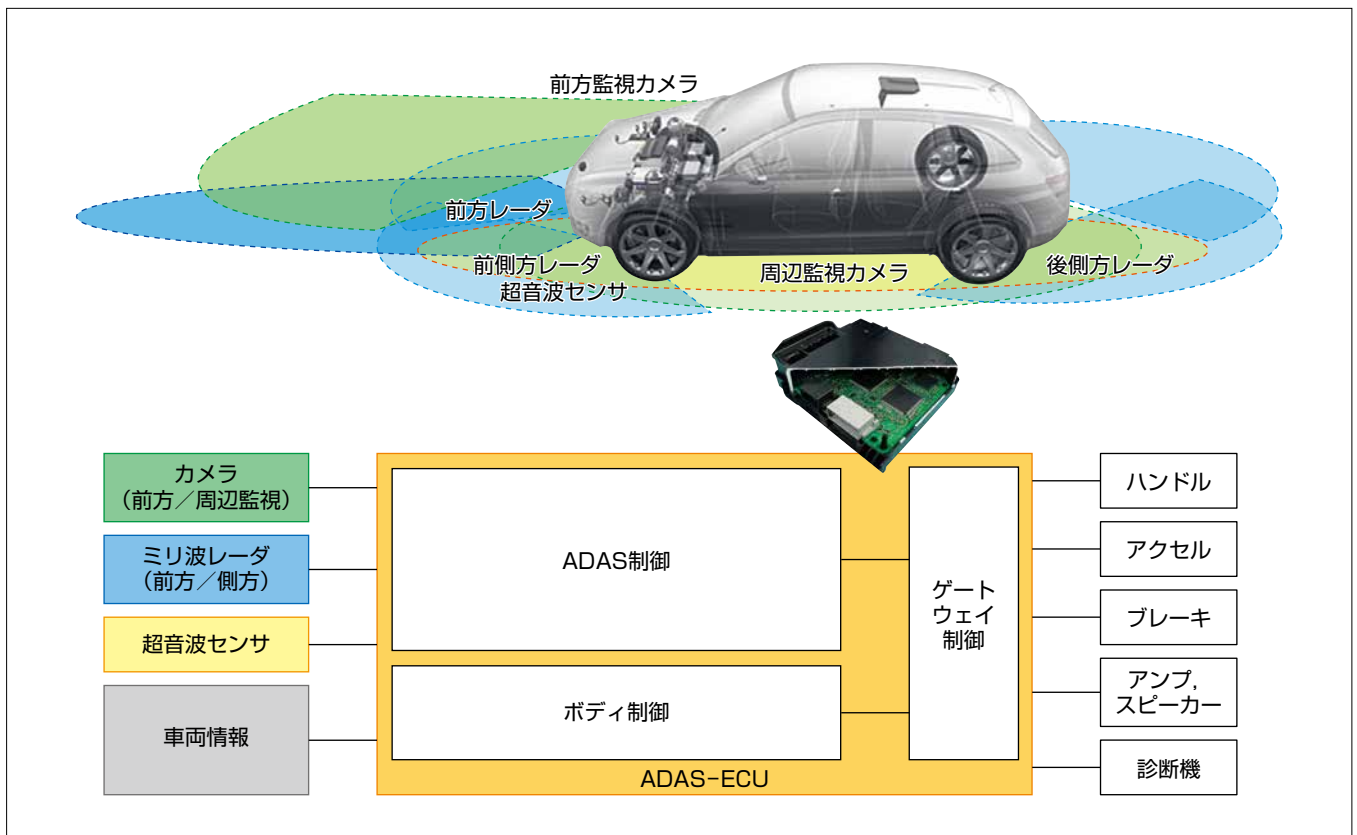
三菱電機では、ボディ制御機能とADAS制御機能を一つのECUに統合した統合ユニット(ADAS-ECU)を量産化した。

このユニットでは、従来ユニット<sup>(1)</sup>に対するADAS機能の進化に対応するため、ボディ制御、ゲートウェイ制御、ADAS制御の各制御マイコンを高性能化した。これに伴い回路規模の増加と放熱が課題になったため、機能配分を見直して筐体(きょうたい)サイズの維持と放熱対策を両

立した。

また、このユニットのシステム構成では、外部ユニットとの通信の信頼性の確保が重要になるため、機能安全規格に適合するよう各制御マイコンのタスク分離などの安全機構を設計した。さらに、自動車サイバーセキュリティ法規及びプロセスへの適合も実現した。

ADAS制御機能としては、予防安全に関する複数のセンサ情報の融合(センサフュージョン)で時刻同期を不要にする技術によって、搭載センサ数に対する拡張性を確保した。また、最適化問題を高速に解くためのソルバ(数値的に解を求めるプログラム)の開発によって、モデル予測制御のマイコン実装を可能にして、快適で高精度な車両制御を実現した。



## ADAS-ECUアーキテクチャ

ADAS制御機能とボディ制御機能を一体型のADAS-ECUに統合することで搭載体積及びコストを低減する。各制御マイコンの高性能化によって機能高度化を実現するとともに、機能安全、自動車サイバーセキュリティに対応する。複数センサ情報の非同期融合、高速ソルバによるモデル予測制御の実装によって高度なADAS機能を実現した。

\*姫路製作所

## 1. ま え が き

近年、車の安全性を向上させるためのADASの普及が進んでいる。2021年11月以降の国産新型車には自動ブレーキが義務化されており、また2030年には自動運転レベル2の搭載率が全世界で26%になると見込まれている<sup>(2)</sup>。

ADAS機能は、光学カメラやミリ波レーダなどの予防安全に関する車載センサを用いて周囲の状況を認知し、最適な自車運動を判断し、アクセル・ブレーキ・ハンドルを制御するものである。具体的な機能には自動ブレーキ、先行車追従、車線維持支援などがある。ADAS機能の高度化に伴い、これらの機能を実現するためのECUの搭載数は年々増加しており、搭載体積やコストの増加が課題になっている。

そこで、ADAS制御機能と、車両電装品(ライト、ワイパー等)の駆動制御を行うボディ制御機能を一体型のECU(以下“ADAS-ECU”という。)に統合し、搭載体積及びコストを低減する。当社では機能安全規格への適合及び車に対するサイバー攻撃への対策を実装したADAS-ECUを開発し、当社として初めて自動車サイバーセキュリティに対応した製品を量産化した(図1)。

本稿では、開発したADAS-ECUのハードウェア構成、セキュリティ機能及びADAS機能の特長について述べる。

## 2. ADAS-ECUのハードウェア構成

このユニットでは、車両電装品の駆動制御(ライト、ワイパー、室内灯等の制御)を行うボディ制御、車両電装品からの信号に対して調停処理を行うゲートウェイ制御、及びADAS制御を行っている。

従来ユニット<sup>(1)</sup>でもこれらの制御を一つのECUで実現していたが、ADAS機能の進化、各制御の高機能化やサイバーセキュリティに対応するため、それぞれの制御用マイコンを高性能化する必要があった。特にADAS制御



図1. ADAS-ECU

用のマイコンはCPUのコア数や周波数、メモリサイズ等、大幅な性能アップを要求された。一方、車両への取付け構造と外形サイズは従来ユニットと共通であることが求められた。筐体外形の変更ができない制限がある中で、マイコンの高性能化に伴う発熱対策が必要になった。

これらの課題に対応するため、従来ユニットではADAS制御でユーザーへの注意喚起として音での報知をするための音声出力用の回路を搭載していたが、機能配分の見直しを行い、高発熱素子が必要な音声出力用の回路を外部化した。これによって、マイコンの搭載スペースを確保し、高性能化した各制御用マイコンの放熱性と回路規模の増加への対応を成立させるとともに、大型のヒートシンクを廃止し、コストダウンを達成した。

また、ボディ制御、ADAS制御で求められるサイバーセキュリティに対応した回路を搭載した上で、筐体構造、回路構成は可能な限り従来ユニットから踏襲した。これらによって、筐体サイズの維持と放熱対策とを両立できた。

## 3. ADAS-ECUのソフトウェア構成

### 3.1 システム構成と機能安全及びセキュリティ

このユニットのシステム構成を図2に示す。基本的な構成として、ADAS機能に関連する通信はADAS制御用マイコン、ボディ制御やキーレス制御等に関する通信はボディ制御用マイコン、他のシステムやダイアグ通信のような外部通信はゲートウェイを介して接続する。また、2章で述べたとおり、従来ユニットと異なり音声出力用の回路は外部に配置し、このユニットとは通信によって接続する。なお、実装に当たっては車両のネットワーク構成に合わせたカスタマイズを行っている。

このユニットは機能安全規格ISO 26262に適合して開発を行っている。従来ユニットでも同規格に適合しており、マイコンを三つ搭載する基本構成が同じであるため、従来ユニットでの安全設計を大きく変更することなく実現している。

このユニットでは多くの機能を統合しているが、図2に示すように各機能が制御するアクチュエータ(ハンドル、アクセル、ブレーキなど)は直接駆動するのではなく、バスを介した通信で駆動指示を出力するものが多い。安全に関連する機能についても同様であり、例としてヘッドライト、ワイパーなど、運転手の視界確保という安全面で重要な機能では、運転手が操作するスイッチ入力を別の制御ユニットが行い、このユニットは通信で受け取る。出力についても、ヘッドライト駆動を担当する制御ユニットに通信で指示を出す。このため、安全設計では通信の信頼性確保

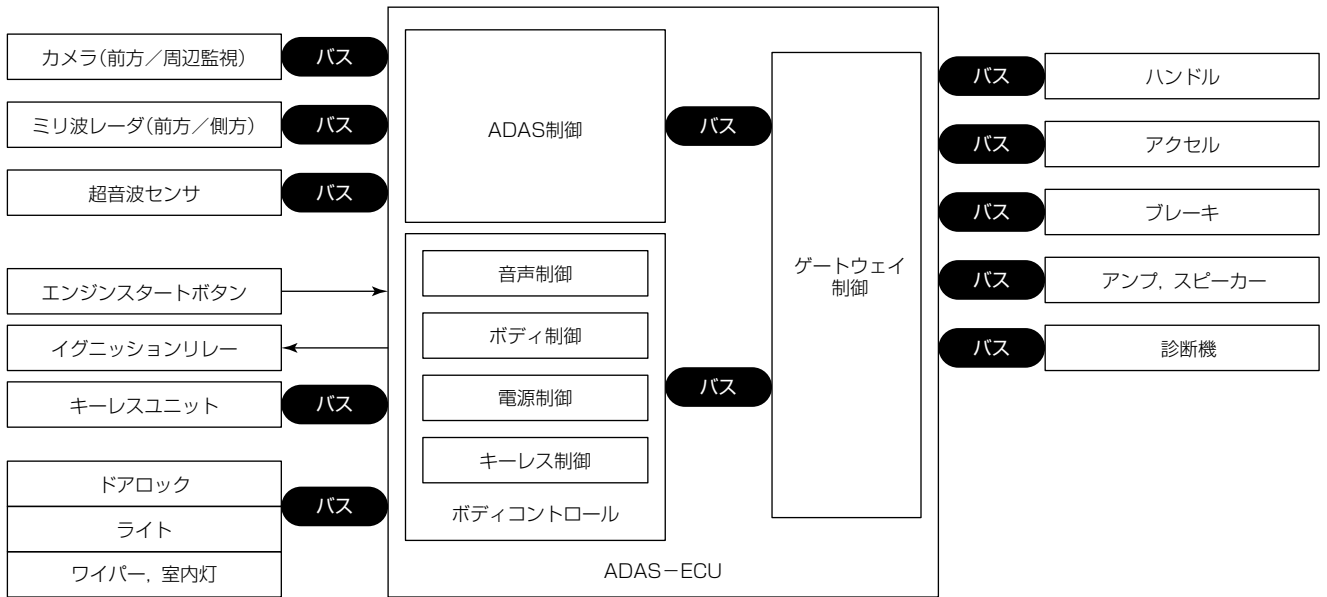


図2. ユニットのシステム構成

が重要になる。

そこで、通信の信頼性を担保する安全機構が確実に動作するように、タスク分離などを考慮した安全設計を実施した。さらに、マイコン自体に異常が発生した場合に対処するため、マイコン外部監視を行っている。このユニットで複数のマイコンを搭載している特徴を活用して、マイコン間での相互監視を行い、異常時にリセットする機構を実装した。

また、自動車でのサイバーセキュリティに関する法規UN-R155が2021年に施行され、サイバーセキュリティ管理プロセスを持つことが求められている。その具体的なプロセスとしてISO/SAE(Society of Automotive Engineers) 21434が発行されている。これらに適合するためのプロセスを整備し、このユニットの開発に適用した。

### 3.2 センサフュージョン機能

ADAS機能には自車周囲の状況認識が不可欠である。夜間や雨天、追越し・合流・交差点などといった多様な運転シーンに対応することが求められ、これには単独のセンサでは限界がある。このため、ミリ波レーダや光学カメラなどの複数のセンサ情報を融合するセンサフュージョンを用いることで、単独のセンサではなしえない認識精度や認識範囲を達成する。

センサフュージョンは、各センサが検出した車両や歩行者などのオブジェクトを同定した融合オブジェクトを生成し、それらの位置や速度などを推定する。ここで、センサは各々独立に観測を行うため、ADAS-ECUでのセンサデータの受信が非同期になる。センサの観測時刻がずれていると同定に誤りがあったり、融合オブジェクトの推定精度が劣化したりするため、観測時刻差を解消する必要がある。

また、単純にセンサオブジェクト同士を直接組み合わせると同定する場合、その処理時間はセンサオブジェクト数の総乗に比例するため、搭載センサ数が増えると処理負荷が問題になる。

そこで図3に示すように、各センサからデータを受信するごとに、同センサの観測時刻での融合オブジェクトを予測し、センサオブジェクトと融合オブジェクトとを同定する。この方法では、融合オブジェクトの予測によってセンサの観測時刻差を解消することで、時刻同期を不要にする。また、処理時間はセンサオブジェクト数の総和に比例しており、搭載センサ数に対する処理負荷を軽減する。

図4に自車前方の先行車をセンサフュージョンした結果の例を示す。ここで、縦方向距離はカメラよりもレーダが高精度である誤差評価結果を反映し、非同期のセンサデータに対して融合オブジェクトは真値に近い精度を達成している。

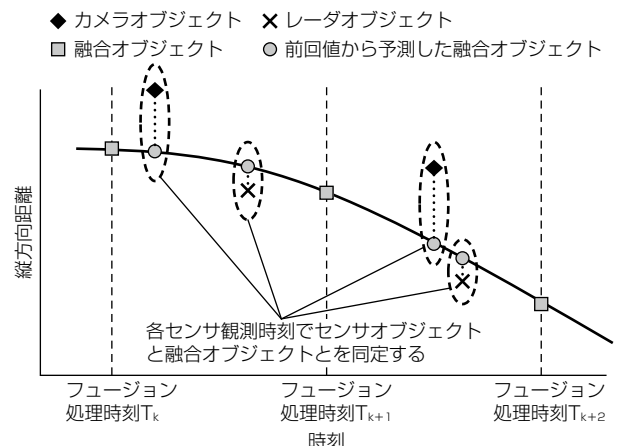


図3. 非同期データ融合によるセンサフュージョン

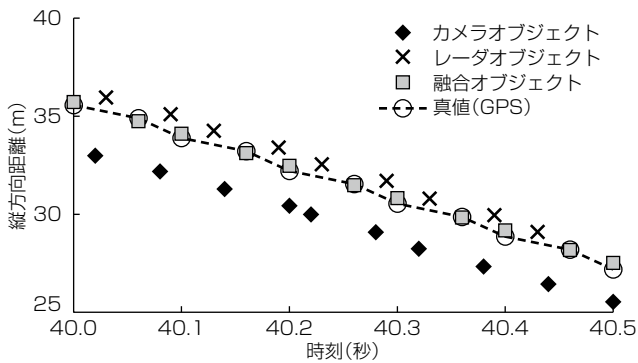


図4. センサフュージョン結果

### 3.3 モデル予測制御によるADAS制御機能

ADAS制御の高度化のため、モデル予測制御技術の開発に取り組んでいる。モデル予測制御では、モデル化された制御対象の未来の挙動を予測し、その予測挙動に対して最適な制御入力を演算する。この予測で多様な制約条件を考慮することで制御を高性能化できるため、複雑な条件下で最適な動作を実現できる。

モデル予測制御をADAS制御に適用する場合、まず車両諸元やアクチュエータの遅れなどの車両動作特性を数理モデル化し、考慮すべき要素の目標値との差分を評価関数として定義する。その上で設定した期間内の車両挙動を予測し、車両挙動に基づいた評価関数が最小になるような制御入力(操舵(そうだ)制御量や車両速度制御量)を算出する。ここで、モデル予測制御は複数の制御入力に対する評価関数を設定できるため、縦方向と横方向の運動の統合制御を適用できる。また、未来の車両挙動を含めて最適化問題を解くことで、設定車速や先行車との車間維持のための車速制御や、道路白線や先行車軌跡などの目標経路に対して車両を制御する経路追従制御などで、従来の制御手法よりも乗り心地性能や目標追従性能を改善し、ADAS機能全体の性能向上を図ることができる。

しかしながら、モデル予測制御はリアルタイムに最適化問題を解く必要があるため、処理負荷が非常に高くなるという課題がある。特にADAS制御では、乗り心地性能や目標追従性能の向上だけでなく、様々な交通環境へ対応する必要があり、考慮すべき制約条件が多くなる。制約条件が多いほど最適解の導出過程が複雑になるため、モデル予測制御を適用するには高価な高性能SoC(System on a Chip)が必要とされた。

この処理負荷の課題に対して、最適化問題を高速に解くためのソルバを開発し、車載向けマイコンへの実装を行った。当社ソルバ<sup>③</sup>は、有効制約法を用いたソルバであり、最適性条件から導かれる連立一次方程式を前処理によって

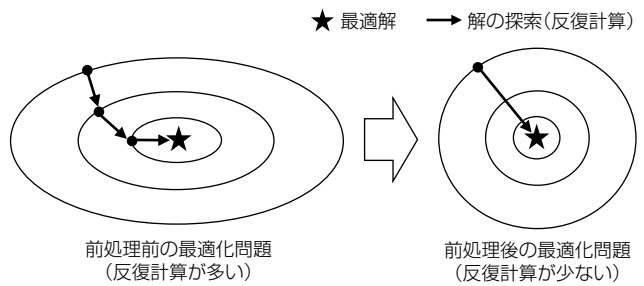


図5. 当社ソルバの前処理のイメージ

効率的に解くことで、最適解を導出する反復回数を抑制する(図5)。その結果、最適化問題を解くための処理負荷を大幅に低減し、汎用の最適化アルゴリズム(オープンソースの最適化ソルバ<sup>④</sup>)よりも高速な求解を達成した。これによって、モデル予測制御を廉価な車載向けマイコンへ適用することが可能になり、高度なADAS制御による車両制御を実現できた。

## 4. む す び

ボディ制御機能とADAS制御機能を統合したADAS-ECUについて述べた。

ハードウェア構成として、従来ユニットに対して筐体サイズを維持しながら機能高度化に対応するため、制御マイコンを高性能化するとともに機能配分を見直すことで放熱対策を行った。

システム構成として、外部ユニットとの通信の信頼性を確保するため、各制御マイコンのタスク分離などで機能安全規格に適合した。併せて自動車サイバーセキュリティのプロセスへの適合を行った。

ADAS機能として、時刻同期を不要にするセンサフュージョン機能によって搭載センサ数に対する拡張性を確保した。また、最適化問題を高速に解くためのソルバを開発し、車載向けマイコンへのモデル予測制御の適用を実現した。

今後、路車間・車車間通信との連携や車室内センサの活用等、より高度な自動運転レベルに対応した製品開発を進めて、安全で快適な交通社会の実現に貢献する。

### 参考文献

- (1) ADAS統合ボディコントロールユニット, 三菱電機技報, 94, No.1, 20 (2020)
- (2) 総合技研(株): 2022年版 自動運転システムの現状と将来予測 (2022)  
<http://www1.odn.ne.jp/sogogiken/jidounten/2022jidounten.mihon.pdf>
- (3) 車両制御向けモデル予測制御技術, 三菱電機技報, 95, No.1, 71 (2021)
- (4) Ferreau, H.J., et al.: qpOASES: A Parametric Active-set Algorithm for Quadratic Programming, Mathematical Programming Computation, 6, 327~363 (2014)