

# 自動車制御システムの現状と動向

名古屋大学 大学院情報科学研究科  
TOPPERSプロジェクト

高田 広章

## 1. はじめに

近年、環境負荷の低減、安全性の向上、利便性・娯楽性の向上などを目的とした自動車制御システムの高度化が著しい。新しく発売される自動車のカタログを見ると、自動車に対する新しい付加価値の多くが、電子制御、コンピュータ技術、ソフトウェアで実現されていることがわかる。

自動車制御システムの開発現場は、システムの高度化に伴う数々の課題をかかえており、それらを解決するために様々な技術が求められている。本稿では、自動車制御システムの課題について解説し、それを解決するために必要な技術の1つであるプラットフォーム技術の動向について述べる。

## 2. 自動車制御システムの発展段階

自動車制御システムの現状と課題を理解するためには、自動車制御システムがどのように発展してきたかを知ることが必要である。ここでは、サブシステム同士の統合という観点から、自動車制御システムの発展段階を4段階に分けて説明する。

### ・第0段階

エンジンやブレーキなどの個々の制御システムが個別に電子制御化される段階。各制御システムは、相互に接続されず独立に動作している場合が多いが、協調動作が必要な場合には、1対1のシリアル通信などにより個別に接続されている。この段階では、車載ネットワークは使われない。

### ・第1段階

各制御システムはおおよそ独立に動作しながら、車載ネットワークを通して制御品質を向上

させるために有用なデータを交換する段階。この段階のシステムでは、各制御システムがおおよそ独立に動作することから、ネットワークに対する時間制約は、比較的緩やかである。また、万一ネットワークに障害が生じても、制御品質が下がるものの、致命的な状況にはならない。現在広く使われているCAN (Controller Area Network) は、この段階に向けたネットワーク技術であると捉えることができる。

### ・第2段階

いくつかの制御システムが、車載ネットワークを通して協調動作することで、ミッションクリティカルでないサービスを提供する段階。ここで「ミッションクリティカルでない」とは、自動車の基本機能（走る・止まる・曲がる）に影響しないことを意味する。そのため、万一ネットワークに障害が生じると、そのサービスは機能しなくなるものの、自動車の基本機能は保たれる。

第2段階のシステムの例として、高速道路で車線を認識し、ステアリングを制御してレーンを外れないように走行することを助けるレーンキーピングアシストシステムを挙げることができる。このサービスは、カメラECU ( )、パワーステアリングECU、レーンキーピングアシストECUが、車載ネットワークを通して協調動作することが実現されている。

脚注) ECU : Electronic Control Unit (電子制御ユニット)。自動車制御システムに使われるコンピュータユニットのこと。

### ・第3段階

車載ネットワークを通して、ミッションクリティカルなサービスを提供する段階。1つの制御

システム（例えば、ブレーキ制御システム）が、車載ネットワークで接続された複数のECUで実現されるという捉え方も可能である。ここでは、車載ネットワークに障害が生じると、自動車の基本機能が損なわれるため、極めて高い信頼性が要求される。

第3段階のシステムの例として、ブレーキの制御を（油圧に代えて）ネットワークによって行うbreak-by-wireなどの、いわゆるby-wireシステムを挙げることができる。

現状は、第2段階のシステムの実用化が始まっている一方で、それを構築するための技術は未確立で、様々な課題を抱えている。さらに、第3段階のシステムも視野に入りつつあり、そのため技術開発も急がれる状況にある。例えば、次世代の車載ネットワーク技術として研究開発が進んでいるFlexRayは、元々は第3段階のシステムに向けて開発された技術であるが、まずは第2段階のシステムへの適用が検討されている。

### 3. 自動車制御システムの課題

ここでは、現在の自動車制御システムがかかえる課題の中で、大きいと思われるものを3つ挙げて解説する（大きい順というわけではない）。

#### (1) ECUの数の増加

近い将来に発売される車では、1台の車に最大70～80個のECUが使われると言われており、ECUの数の増大が大きな問題となっている。これは、ECUによって実現される機能（またはサービス）が増えていることに加えて、機能毎にECUが用いられていることが大きな原因である。例えば、上述のレーンキーピングアシストの例でも、それ専用のレーンキーピングアシストECUが使われている。ECUの数の増大がコスト増につながることは言うまでもないが、車内での設置スペース不足も問題となっている。

#### (2) ネットワークの複雑化

車載ネットワークを通して提供されるサービスが増えることにより、車載ネットワークは、物理的にも論理的にも複雑化している。複雑なものでは、1台の車に数系統のネットワークが使

われる場合もあり、ワイヤーハーネスの重量の増加に加えて、最適なネットワーク設計が難しいという問題も大きくなっている。

#### (3) ソフトウェアの大規模化・複雑化

システムの高度化により、ソフトウェアが大規模化・複雑化し、その結果ソフトウェアの品質確保が大きな問題になっている。また、言うまでもなく、ソフトウェア開発費の増大も大きい課題である。この問題は、言うまでもなく、自動車制御システムに固有の問題ではなく、組込みシステム全般に共通の課題である。

以上は、上述の第2段階のシステムがかかえる課題であると捉えている。これらの課題をクリアすることで、その先の第3段階のシステムに向けての課題が見えてくるものと予想している。

### 4. 電子プラットフォーム

このような課題を解決（ないしは軽減）するためのアプローチの1つが、標準化された電子プラットフォームの導入である。

ここでいう電子プラットフォームとは、アプリケーションソフトウェアを構築する基盤のことで、ハードウェアと基本ソフトウェア（RTOS+ミドルウェア）で構成される（ ）。ここまで述べてきたように、自動車制御システムの場合には車載ネットワークが極めて重要な技術要素となっており、ネットワークまで含めて電子プラットフォームと呼ぶのが妥当であろう。

脚注）他の分野では単にプラットフォームと呼ばれていることが多いが、自動車分野では「車台」と区別するために、電子プラットフォームと呼ぶ。

これまでの車両開発においては、まず個々の機能を実現するECUが開発され、それを組み合わせさせてシステムが開発されている。ECUを開発する部品メーカーは、各ECUのハードウェアとソフトウェアの両者を独立に開発しており、ECUに使われるプロセッサやOSはECU毎に異なっている。そのため、前述したECUの数の増大に加

えて、システム構成の変更・最適化の困難化や、部品メーカー間の設計思想・仕様の不整合といった問題を引き起こしている。

標準化された電子プラットフォームを導入することで、1つのECUで複数のアプリケーションを動作させることや、あるECUで動作するアプリケーションを他のECUに（静的に）移し変えるといったことが容易になり、設計の柔軟性を増すことができる。また、多くのECUで共通の電子プラットフォームを用いることで、コストの低減や、品質を上げやすいという利点がある。

なお、このようなプラットフォームの標準化の流れは、自動車制御システムの分野に限らず、大規模化・複雑化の進む組み込みシステムの各分野で共通に見られる。

### 5. 業界標準化の流れ

上で述べた電子プラットフォームは、1つの自動車メーカー内で標準化するだけでも有効と考えられるが、自動車業界全体で標準化するとさらに大きい効果がある。多くの自動車メーカーは、自動車制御システムの電子プラットフォーム技術については非競争領域とみなしており、標準化が進めやすいという背景もある。

そのため、欧州の自動車メーカーや自動車部品メーカーを中心に、日米の企業や半導体メーカーなども参加する国際的な標準化団体として、2003年9月にAUTOSAR (<http://www.autosar.org/>) が結成され、電子プラットフォーム技術を含む自動車制御システムの設計・開発技術の標準化に取り組んでいる。

また国内では、トヨタ自動車、日産自動車、本田技術研究所を中心とするJASPAR (<http://www.jaspar.jp/>) が、2004年9月に結成された。JASPARの目的は、「車載LAN要素技術、ミドルウェア、ソフトウェア基盤等の非競争領域を、日本メーカー各社で協調して開発することにより、技術開発コストの削減及び技術開発の促進を図る」とされている。また、日本メーカーの国際標準に対する意見のワンボイス化も狙っている。

### 6. 我々の取組み

このような電子プラットフォームの標準化の流れの中で、我々の研究室においても、これまでの研究成果である技術シーズを活かして、業界標準技術の確立に貢献していきたいと考えている。

その最初のステップとして、自動車制御システム向けの国際標準のリアルタイムOS仕様であるOSEK/VDX OS仕様に準拠した、TOPPERS/OSEKカーネルを開発した。TOPPERS/OSEKカーネルは、これまでの $\mu$ ITRON仕様OSの実装技術を活用して開発したもので、2004年11月からオープンソースソフトウェアとして配付している。

この成果をもとに、2005年度には、経済産業省の平成17年度地域新生コンソーシアム研究開発事業（中部地区）の採択テーマとして、自動車統合制御用組み込みOSの開発を開始した。この開発プロジェクトでは、2年間の計画で、保護機能（メモリ保護、時間保護）を持った組み込みリアルタイムOS、車両通信ミドルウェア（CANおよびLIN）、検証スイートの3つのサブテーマで開発を行うことになっている。このプロジェクトで開発した成果は、TOPPERSプロジェクトからオープンソースソフトウェアとして配付する計画である。さらに我々は、FlexRay関連のソフトウェア開発にも取り組んでいる。

### 7. おわりに

本稿では、自動車制御システムの課題について解説し、電子プラットフォーム技術の必要性と、それに対する我々の取組みについて紹介した。

本稿では電子プラットフォーム技術を中心に紹介したが、電子プラットフォームの上に構築するアプリケーションソフトウェアの設計手法も、もう1つの重要な研究開発分野である。この分野でも我々は、分散システムの設計手法とコンポーネント技術の2つの面から研究・開発を進めている。言うまでもなくこの分野では、設計手法をサポートする支援ツールの開発が重要になる。組み込みシステム設計支援ツールのメーカ

であるキャッツさんには、この分野でも重要な役割を果たしていただけるものと期待している。