

車載用組み込みソフトウェアの標準化

松井俊憲*
馬場まどか*

Standardization of Automotive Software

Toshinori Matsui, Madoka Baba

要 旨

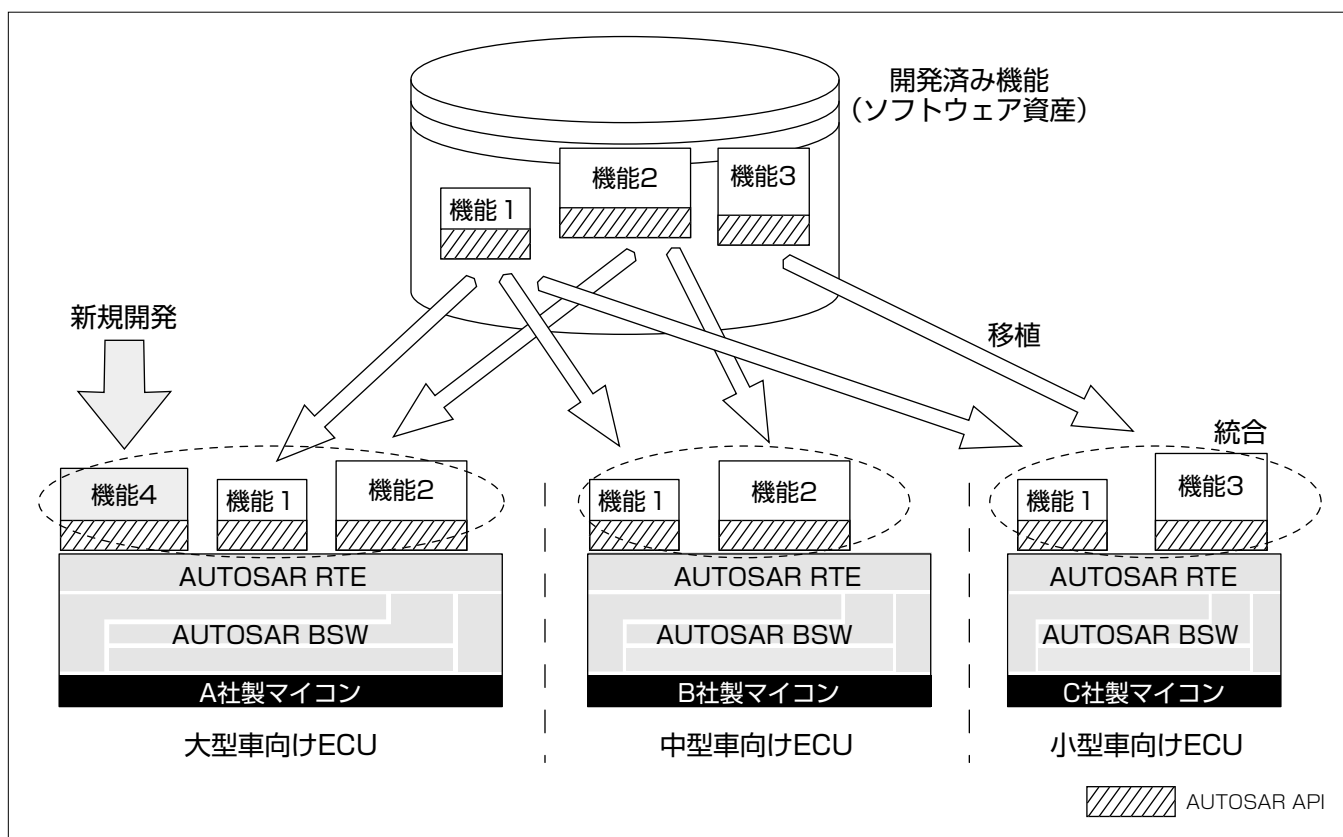
近年、二酸化炭素排出量削減など地球環境への対応や、安全性・快適性向上のため、車載システムの高機能化が進み、車載ソフトウェアが複雑化している。一方で、いち早く市場ニーズにこたえる製品を導入するための開発期間短縮が必要とされる。これらに対処するための車載ソフトウェアの開発効率化・部品化・共通化を目標に、欧州の自動車メーカーが中心となり2003年に標準化団体AUTOSAR (AUTomotive Open System ARchitecture)が設立された。AUTOSARによる標準化の車載ソフトウェア開発への影響として、使用マイコンの変更と選択範囲の制約、品質責任が不明確な状況での他社製アプリケーションとのECU (Electronic Control Unit)内共存、開発ツールに依存した

設計に陥る危険性などが考えられる。

一方、AUTOSAR以外にも注目すべき標準化として、次世代制御系通信プロトコルFlexRay^(注1)、国内における車載システムの標準化団体JasPar (Japan Automotive Software Platform Architecture)による標準化がある。

三菱電機では、これら標準化への準備として、AUTOSARに対してはツールベンダー製AUTOSAR BSW (Basic Software)の設定内容による機能面、性能面での課題を抽出し、その解決方法を確立するとともに、必要な機能だけに限定することで処理負荷と使用メモリ量を減少させた内製AUTOSAR BSWを開発した。

(注1) FlexRayは、Daimler AGの登録商標である。



AUTOSARのソフトウェア構成

向け先の異なるECUのソフトウェア構成を示す。各ECUの基盤ソフトウェア (Software Platform) にはAUTOSAR BSWを実装している。各アプリケーションでは、AUTOSAR API (Application Interface) をもつ開発済みの機能1、機能2、機能3と新規開発の機能4を統合し、異なる仕様を実現させている。このようにAUTOSAR BSWとAUTOSAR API、この間を接続するAUTOSAR RTE (Runtime Environment)を使用することで、機能の統合と移植が容易となる。

1. ま え が き

近年、自動車部品の電子化は加速の度合いを強めている。二酸化炭素排出量削減など地球環境への対応や、より高度な車両制御を実現して安全性・快適性を向上させるために、複数のECUがネットワークを介して接続され、車載システムは複雑化の一途をたどっている。車載システムが複雑化するに伴い、自動車の開発コストや品質などに与えるソフトウェアの影響が高くなっている。例えば、自動車におけるECUのコストは約2割、ハイブリッド車では約4割を占めると言われている。このうち一般に組み込み機器開発の約6割がソフトウェア開発費とも言われている⁽¹⁾。また複雑化したことは、ソフトウェアの十分な検証が難しいといった品質低下に結びつく要因となる恐れもある。さらに、複雑化によって開発規模が増える中でも、いち早く市場ニーズにこたえる製品を導入するために開発期間の短縮が必要とされている。そこで、自動車業界では、自動車メーカー／部品サプライヤー／ツールベンダー／半導体メーカー／ソフトウェアハウスなどの関連する会社が団体を結成し、次世代の車載システム開発にかかわる標準仕様を作成することと標準仕様の適用を推進することにより、こうした状況に対応する動きが見られる。

本稿では、欧米の主要自動車メーカーを中心に広がりを見せる標準化団体AUTOSARの活動と標準仕様の内容とともに、車載ソフトウェア開発に与える影響について述べる。そして国内外でのAUTOSARに関連する標準化の動き、及び当社での標準化への準備状況について述べる。

2. AUTOSAR⁽²⁾

2.1 AUTOSARの活動内容

欧州ではドイツを中心として標準化に対する活動が盛んであり、様々な規格が策定されてきている。AUTOSARもこのうちの1つで、欧州の自動車メーカー、サプライヤーを中心として2003年に設立された車載システムの標準化団体(開発パートナーシップ)である。

2.1.1 登場の背景

AUTOSAR登場の背景として、車載システムを取り巻く次の問題が顕著になってきたことが挙げられる。

- (1) 車載システムの複雑化が進むことで、ソフトウェアの開発工数と費用が増加するとともに、品質が不安定となりやすい。
- (2) 各社独自基盤ソフトウェアを使用しているため、サプライヤー(ECU)間でのアプリケーション移植が困難である。

2.1.2 目 標

2.1.1項に挙げた問題への対処としてAUTOSARでは、“容易な機能統合と機能移植性”“柔軟なメンテナンス性”“拡大縮小できる機能性”“高基準なシステム信頼性”“ソフ

トウェアのハードウェア非依存性”を実現する車載システム／ソフトウェア開発の標準化を目標としている⁽³⁾。AUTOSARの標準化では、車載ソフトウェアのアプリケーションにはAUTOSAR API、基盤ソフトウェアにはAUTOSAR BSW、AUTOSAR APIとAUTOSAR BSWの接続部にはAUTOSAR RTEを用いる。これによって、各社独自の基盤ソフトウェアを用いた開発、マイコンやハードウェアに依存した開発から、共通の基盤ソフトウェアを用いた開発、マイコンやハードウェアに依存しない開発へ移行できる。また、これら以外にもAUTOSARの標準化には、車載システムからソフトウェア開発までを通して使用される設計データの表現形式も含まれる。

2.1.3 組織体制

AUTOSARの組織体制は、組織運営と仕様策定活動に分類される。参画企業は表1に示す五段階のメンバーシップに分類され、与えられる権利や、課せられる義務が異なる。

AUTOSARには、仕様策定活動PhaseⅡ終了時(2010年3月)には約160社、PhaseⅢ開始時(2010年4月)には、約110社が参画している。参画している会社は、欧州だけではなく全世界におよんでいる。

2.1.4 仕様策定活動

AUTOSARでは、Phaseと呼ばれる仕様策定活動を実施している。PhaseⅠ(2003～2006年)では、AUTOSAR仕様の基礎となるRelease 2.0(2006年6月)仕様が策定された。PhaseⅡ(2007～2009年)では、PhaseⅠ仕様の拡張と新規仕様を追加したRelease 3.0(2007年12月)／3.1(2008年8月)／4.0(2009年9月)仕様が順次策定された。PhaseⅢ(2010年1月～)では、PhaseⅡ仕様の更なる拡張とメンテナンス、新規コンセプトの追加が実施されている。

2.2 AUTOSAR策定仕様

2.2.1 AUTOSAR BSW仕様

AUTOSARでは、AUTOSAR BSWと呼ばれる基本機能を実現するソフトウェアによって標準化された基盤ソフトウェア(ソフトウェアプラットフォームとも呼ばれる)が構築される。このAUTOSAR BSWを使うことでアプリケーションに対して、ハードウェアやECU構成の違いを抽象化することができる。AUTOSAR BSWは、図1に示す四つのレイヤで定義される。

(1) Service Layer

OS(Operating System)やスケジューラなどのシステムサービスを実施する部分

表1. AUTOSARのメンバーシップ

	組織運営	仕様策定活動への参加	仕様の早期入手 (会員向けリリース)
Core Partners	○	○	○
Premium Members	×	○	○
Associate Members	×	×	○
Development Members	×	○	○
Attendees	×	×	不明

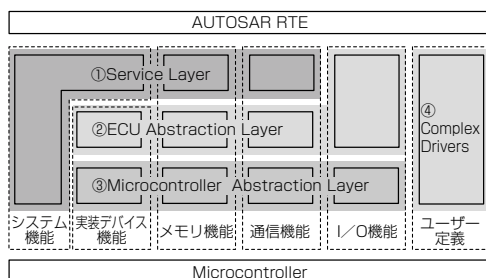


図 1. AUTOSAR BSWのレイヤ構成

(2) ECU Abstraction Layer

上位層へのECU構成を抽象化する部分

(3) Microcontroller Abstraction Layer

上位層へのマイコン機能を抽象化する部分

(4) Complex Drivers

マイコン固有機能、ユーザー定義仕様を実現する部分

AUTOSAR BSWは、機能分野ごとに分割することもできる。例えば、システム機能、実装デバイス機能、メモリ機能、通信機能、I/O(Input/Output)機能ごとに可能である。さらに、機能分野内は機能単位ごとに分割することもできる。例えば、通信機能(FlexRay, CAN(Controller Area Network), LIN(Local Interconnect Network)), メモリ機能(EEPROM(Electrically Erasable and Programmable ROM), Flash memory), I/O機能(汎用(はんよう)Port, A/D(Analogue/Digital)入力, PWM(Pulse Width Modulation)出力)等ごとに可能である。これらすべての機能を使う必要はなく、要求仕様や必要性に合わせて選択すればよい。

2.2.2 AUTOSAR API仕様

AUTOSARでは、各社の独自アプリケーション仕様を吸収するため、開発環境(Cコード, C++コード, モデル開発)の差異を包含するために標準化されたAUTOSAR APIが提供される。APIの種類として、機能名、機能への入出力名、使用するデータ型、データ単位などがある。適用されるアプリケーションの分野は、Release3.xまでは、ボディ系が中心であったが、以降の仕様ではシャシー系、パワートレイン系、情報系、安全系と適用範囲が広がられている。

2.2.3 AUTOSAR RTE仕様

2.2.2項で紹介したAUTOSAR APIを持つアプリケーションとAUTOSAR BSW間には、AUTOSAR RTEと呼ばれるレイヤが定義される。このAUTOSAR RTEでは、AUTOSARのシステム設計方法の基礎となるVFB(Virtual Functional Bus)による接続が具現化される。

AUTOSARでは、ECUという枠を意識せず、必要とされる機能をVFBで接続し、機能間のデータ送受信とサービス提供/要求を定義することでシステム設計が実施される。そして、機能をアプリケーションとして各ECUに割り当てる。ECUでは、機能を実現するとともに、VFBによる機能の接続先がECU内の機能であればRTEだけで実

現し、機能の接続先がECU外の機能であれば、RTEとAUTOSAR BSWによって実現する。このようにAUTOSAR RTEでは、VFBの具現化として、アプリケーションとして実装された機能間の接続、機能とAUTOSAR BSW間の接続、各機能の起動に要するタスク枠を提供する。

2.3 車載ソフトウェア開発への影響

AUTOSARによる標準化のソフトウェア開発への影響として、次の点が懸念される。

2.3.1 マイコンの選択

AUTOSAR BSWは、2.2.1項で述べたように複数レイヤ構成をなす。そのため、一つの処理の実施に、従来の基盤ソフトウェアよりも多くのレイヤが関連することになる。レイヤをまたぐ数が増えれば、処理のオーバーヘッド、メモリ使用量の増加につながり、従来使用してきたマイコンでは処理時間が間に合わない、メモリ容量が足りないといった点が懸念される。そのため、従来よりもワンランク上のマイコンを選択せざるを得ない可能性が高くなる。また、ツールベンダー製AUTOSAR BSWを使う場合は、AUTOSAR BSW最下層のマイコン依存性が強いMCAL(Microcontroller Abstraction Layer)のソフトウェアは、半導体メーカーから入手することになる。そのため、マイコン選択肢は、半導体メーカーがMCALを準備しているもの、開発するものに限定されてしまう。

2.3.2 AUTOSAR BSWの適用

AUTOSAR BSWを使う場合、既存ソフトウェアがアプリケーションと基盤ソフトウェアを切り離し難い構成では、ソフトウェア資産の大部分が使えなくなり、変更が必要になる可能性が高い。また、ツールベンダー製AUTOSAR BSWを使う場合は、ECUサプライヤーがソフトウェアの品質を確保する必要がある。しかし、ツールベンダー製AUTOSAR BSWは開発ツールで設定した情報から自動でコード生成される場合が多く、生成されたコードは可読性が高いとは言えない。品質確保に従来以上の手間が発生することが懸念される。

2.3.3 AUTOSAR APIの適用

AUTOSAR APIを適用することで、移植性が向上し、AUTOSAR RTE上に他社製アプリケーションを移植することも理論上可能となる。しかし、この共存した場合の品質責任の所在はAUTOSARでは明確にされていない。

2.3.4 ツールを使った開発環境

AUTOSARではAUTOSAR BSWごとに設定項目も標準化されている。その数、範囲は多岐にわたるため、開発には、AUTOSARに準拠した開発ツールが必要となる。しかし、ツールは、便利である半面、実際の動きを見えにくくする面もある。そのため、ECUとして本来実施すべき機能を実現させる設定よりもツールに規定された範囲内でのみ設定するといったツール依存の設計に陥る危険性がある。

3. 標準化団体の動向

3.1 FlexRay⁽⁴⁾

FlexRayは、タイムトリガー型の通信や二重系ネットワークなどを盛り込んだ通信プロトコルである。現在、制御系車載システムではCAN(Controller Area Network)が主流であるが、CANでは車載システムの進化に伴うネットワークへの要求を満たすことが困難となってきた。そこで、この要求を満たす通信プロトコルを開発するため、2000年に欧州の自動車メーカー、半導体メーカーが中心となりFlexRay Consortiumが設立された。2005年12月にはStep 1活動の成果として、高速(10Mbps)・高信頼性(2重系)を満たす通信仕様が公開された。2006年以降は、Step 2活動として仕様拡張を目指し、2009年12月に仕様を更新した。今後は、Step3活動として策定仕様のメンテナンスとISO(International Organization for Standardization)化が実施される。このFlexRayは、AUTOSAR BSWの通信機能の一つとして採用されている。

3.2 JasPar⁽⁵⁾

JasParは国内の自動車メーカー、サプライヤーを中心として2004年に設立された車載システムの標準化団体である。AUTOSAR発足を受けて、国内意見の海外標準化団体への反映と標準化活動への貢献を目的として結成された。設立当初から2008年までは、FlexRayの実用に向けた検証を主に実施してきたが、2009年以降は、AUTOSAR BSWの評価・検証や、情報系通信の実用に向けた検証、機能安全への取り組みなどに活動の主軸をシフトしつつある。

4. 当社の標準化への準備状況

4.1 参画状況

当社は、先に述べたAUTOSAR, FlexRay, JasParすべての標準化団体に会員として参画している。

4.2 開発状況

4.2.1 AUTOSAR

当社では、Release3.0/2.1のAUTOSAR BSWについて二つの側面からECUへの実装準備を完了している。一つは、ツールベンダー製AUTOSAR BSWを使う場合、もう一つは、内製AUTOSAR BSWを使う場合である。

ツールベンダー製AUTOSAR BSWを使った場合の準備として、仮想アプリケーションと組み合わせてECUに実装して評価を実施した。評価では、AUTOSAR設計ツールによるAUTOSAR BSWへの設定や生成されたコードの実装、ECUとしての動作などの一連の開発の流れを通して、機能面、性能面での課題を抽出し、設定内容、実装方法によって抽出した課題を解決する方法を確立した。

他方、内製AUTOSAR BSWに対する準備として、まずは必要性が高い通信機能に限定したAUTOSAR BSWを開

発した。開発は、既存基盤ソフトウェアの通信機能におけるインタフェース部分をAUTOSAR仕様に合わせることで、不足機能を追加することで実施した。ツールベンダー製AUTOSAR BSWには先に述べた評価結果から、必要とされない設定項目・機能が多く含まれ、余分な処理負荷とメモリ消費が発生していると考えられるので、内製AUTOSAR BSWでは、必要性が高い設定項目・機能だけに限定している。これによって処理負荷と使用メモリ量の削減が図れた。

今後は、Release 4.0以降の仕様に対応できるように準備を継続して実施する。

4.2.2 FlexRay

当社では、FlexRayについても通信設定、物理層、アプリケーション層からECUへの実装準備を完了している。通信設定では、FlexRayの特徴である100個近くある通信パラメータの通信への影響や、パラメータ間の相関性を把握するなど、基本性能を評価した。物理層では、ネットワーク形状、ECU回路構成、Bus Driver(通信インタフェース用ドライバIC)や他の構成部品による波形への影響を評価した。アプリケーション層では、既存アプリケーションの実行方法をFlexRayの特徴であるネットワークを通して同期された時間を使っての実行に変更して機能・性能を評価し、既存アプリケーションとFlexRay時間を同期させる方法を確立した。なお、FlexRayの評価では、JasParがFlexRay Consortiumに仕様追加を提案している低速通信仕様(5M/2.5Mbps)についても完了している。

5. むすび

車載システム／ソフトウェアには、AUTOSAR, FlexRay, JasParをはじめ様々な標準化の動きがあり、今後も新たな標準仕様が策定されると予想される。今後標準化が広がる中で、標準仕様に準拠できる柔軟性や、現行のソフトウェア資産と同等のソフトウェア信頼性を確保することは、変わらず重要な市場要求であると考ええる。

参考文献

- (1) 経済産業省 商務情報政策局 情報処理振興課：2009年版組み込みソフトウェア産業実態調査報告書－プロジェクト責任者向け調査－，11（2009）
- (2) AUTOSAR
<http://www.autosar.org/>
- (3) AUTOSAR：AUTOSAR Media Release(LONG VERSION)－EN Munich, October 16th, 2006, 3（2006）
- (4) FlexRay Consortium
<http://www.flexray.com/>
- (5) JasPar
<https://www.jaspar.jp/>