

論 説

欧州における組込みシステムの開発と標準化

— 産業コンソーシアムAUTOSARの標準化活動の考察 —

徳 田 昭 雄

目 次

はじめに

第一章 AUTOSARの目的と組織構造

第二章 AUTOSARの標準化活動の変遷

第三章 市場化の段階に向かうAUTOSAR仕様

第四章 AUTOSARの経済的メリットと自動車産業に与える影響の考察

は じ め に

AUTOSAR (AUTomotive Open System ARchitecture) は自動車メーカー、システムサプライヤ(電装部品メーカー)、半導体メーカー、ソフトウェアハウス、ツールベンダ等によって構成されている世界規模の産業コンソーシアムである。“標準で協調し、実装で競争する”(Cooperate on Standards, Compete on Implementations)をモットーに据え、2003年からオープンな標準ソフトウェア・アーキテクチャ(車載ドメインにおけるE/Eシステムの“真の標準: THE Standard for E/E system in the automotive domain”)の開発とその普及に取り組んできた。2009年末には、AUTOSAR第二期の活動成果であるリリース4.0がAUTOSARメンバーに公開された。また、AUTOSARのコア・パートナーによってAUTOSAR第三期(2010年～2012年)に関する新規契約の締結が完了し、AUTOSAR仕様の保守・管理、成熟化の促進、新規ハードウェア・メカニズムのサポート、既存AUTOSARシステムのさらなる強化が推進されている。

本論は、AUTOSARの標準化活動の把握を主たる目的とする。そこで本論の前半では、AUTOSARの“標準で協調する”側面に着目して、標準化の目的やその実行組織となるコンソーシアムの構造について、AUTOSARの技術コンセプトとソフトウェア・アーキテクチャに関連づけながら説明する。次いで、AUTOSARにおいて策定されたリリース1.0からリリース4.0に至る仕様の内容を確認しながら、標準化の対象範囲とコンソーシアム活動の足跡をたどる。後半では、AUTOSARの“実装で競争する”側面に着目して、市場化の段階に入ったAUTOSAR仕様の各社製品ロールアウトの状況に触れておく。以上を踏まえたうえで、最後に標準化による経済的メリットとAUTOSAR仕様が自動車産業に与える影響を考察する。

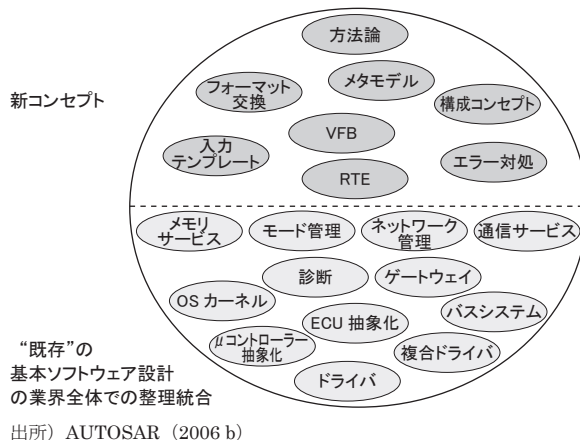
第一章 AUTOSAR の目的と組織構造

(1) 技術コンセプトとソフトウェア・アーキテクチャ

AUTOSAR の目的は、複数の自動車メーカーとサプライヤが協調して車載ソフトウェア・アーキテクチャのオープンな産業標準 (open industry standard) を作り出すことである (Heinecke. et al, 2006; Fürst et al, 2009)。AUTOSAR の標準化の対象には、ソフトウェア・アーキテクチャのほかソフトウェア・コンポーネント間のインターフェイス (AUTOSAR ではアプリケーション・インターフェイスという) 記述を含む (Heinecke. et al, 2006)。

AUTOSAR では、ソフトウェア・コンポーネントの全てが新規に考案されているわけではない。そこでは可能な限り、これまで使いこなされた既存のコンポーネントが業界全体で統合されつつ、新しいコンセプトや機能が追加されている (Heinecke. et al, 2006 ; Helmut. et al, 2006)¹⁾。すなわち、図 1 に示されているように AUTOSAR 仕様はメモリサービス、モード管理など既存のコンポーネント (下部) と、VFB (Virtual Function Bus : 仮想機能バス)、入力テンプレート、RTE (Run Time Environment) など新たに導入されたコンセプト (上部) によって構成されている。たとえば、新しく追加された VFB によって、AUTOSAR の技術コンセプトであるソフトウェア・アーキテクチャの階層化が実現されている²⁾。

図 1 AUTOSAR 仕様の技術スコープ



1) このような業界大の企業横断的な既存コンポーネントの統合や新規追加によって仕上がっていく AUTOSAR 仕様は、最小共通分母 (smallest common denominator: 独語リリースでは kleinste gemeinsame Nenner) による手法でなく、すべてのパートナーが将来の開発プロジェクトをより効率的に取り組めるようにする最大共通分母 (maximum common denominator: 独語リリースでは eine sinnvolle Grundgesamtheit = 効果的な母集団) を目指すものとしている (AUTOSAR, 2006 a)。然るに、そこで生み出される仕様の性質は、最小共通分母による手法よりも各社のニーズが盛り込まれた包括的・冗長的なものになるであろう。「AUTOSAR では、仕様が各社間の最大公約数という形ではなく最小公倍数として決まってくる」と表現される方もいる。

2) RTE は、特定 ECU 上の VFB のランタイム実装と解釈することができる (Helmut. et al, 2006)。

VFB は、アプリケーション層を下位レイヤ（インフラストラクチャ）から分離する役割を果たし、AUTOSAR のアプリケーション・コンポーネントに対して、標準化された通信メカニズムとサービスを提供する。これによって、ハードウェアに依存しないアプリケーションの開発と利用が可能になる。

VFBはこのコンセプトをAUTOSARへ導入した仕掛け人は、元ボッシュ副社長のダイス(Dr. Siegfried Dais) 博士とBMWのフリッシュコーン(Hans-Georg Frischkorn)であった。VFBはAUTOSARが発足する以前に、AUTOSARの前身OSAR(Open Software Architecture)の中で既に確立・導入が固まっていたものであり、複数のコンピューターに分散されたソフトウェア間でデータをやり取りするCORBA仕様と類似性が高いといわれている(徳田, 2010)³⁾。ここではVFBの機能に関わって、AUTOSARのソフトウェア・アーキテクチャを確認しておこう(図2参照)。

AUTOSARのアーキテクチャは、ハードウェア(マイクロコントローラ)と、その上位のソフトウェア部分が明確に分けられている。そして、ソフトウェアが基本ソフトウェア(BSW)、ランタイム環境(RTE)、アプリケーション・ソフトウェアに分けられ、それぞれのインターフェイスが定義されている。BSWは、さらにマイクロコントローラ抽象化層、ECU抽象化層、サービス層といった階層に分けられている。

マイクロコントローラ抽象化層からみていくと、この層はソフトウェア層の最下層に位置し、マイクロコントローラドライバ、メモリドライバ、通信ドライバおよびI/Oドライバによって構成されている。この部分は、ハードウェアに依存する部分である。この階層によってマイクロコントローラのすべての機能と周辺機器が抽象化され、上位の階層はマイクロコントローラから独立する。

ECU抽象化層は、マイクロコントローラ抽象化層の上に位置している。ハードウェアには依存していないがECUには依存している階層であり、主に搭載機器抽象化、メモリハードウェア抽象化、通信ハードウェア抽象化、I/Oハードウェア抽象化からなる。ECU抽象化層の目的は、ECUのすべてのコンポーネントを抽象化することである。

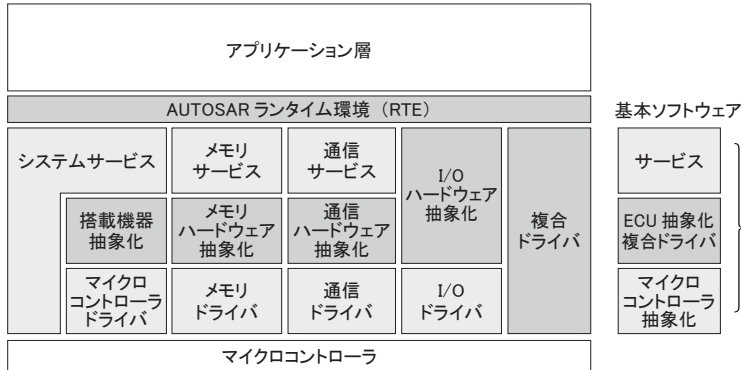
ECU抽象化層の上に位置するのがサービス層である。この階層はシステムサービス、メモリサービス、通信サービスからなり、大部分がハードウェアから独立している。これら3つの階層からなるBSWの上に位置するのがRTEである。RTEは、BSWからアプリケーション層を抽象化し、その間のデータおよび情報通信を処理している。RTEの上に位置するのが自動車OEMにとっての“競争領域”にあたるアプリケーション層である。このレイヤは、RTEによってハードウェアに依存することはない。アプリケーション層は各種ソフトウェア・コン

3) しかし、AUTOSARにおけるVFB担当チームはCORBAとは違う技術としている。

ポーネントによって構成され、ECU の残りの部分と車両とのインターフェイスが明確に定義された環境の下で作動する。

最後に、複合ドライバは特別なタイミング制約を受けるセンサとアクチュエータを制御し、これらコンポーネントをマイクロコントローラへ直接つなげる。複合ドライバは、例えば噴射タイミングやバルブタイミングシステムの制御等に用いられる。

図 2 AUTOSAR のソフトウェア・アーキテクチャ



出所) AUTOSAR (2006 b)

(2) パートナーシップと組織構造

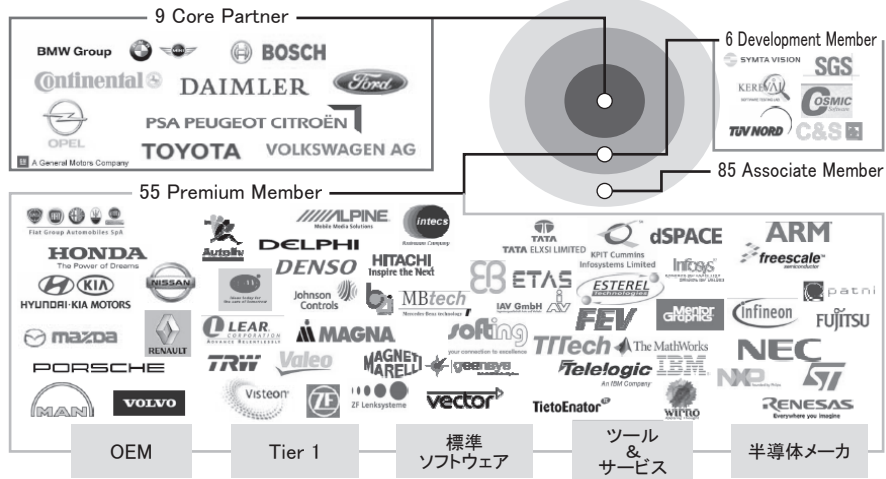
① AUTOSAR のパートナーシップ

2002 年にダイムラー・クライスラー、ボッシュ、コンチネンタルの 3 社がコンソーシアムの立ち上げ方針を示した。その後、BMW、VW、シーメンス VDO が順次参加を表明、翌年 2003 年にバーデン・バーデンで開催された VDA (ドイツ自動車工業会) の会議にて正式に AUTOSAR が発足した。以降、2004 年にはフォード、PSA Peugeot Citroën、トヨタが加入し、2010 年の第三期開始時点で欧州、米国、アジアから自動車メーカ、ECU サプライヤ、半導体メーカ、ツールベンダ、ソフトウェアハウス等合わせて約 170 社以上 (大学等研究機関含む) が参画している (図 3 参照)。ここでは、AUTOSAR のパートナーシップと組織構造の特徴を把握しておこう⁴⁾。

まずパートナーシップの種別について、AUTOSAR のパートナーシップは、会費制のコア・パートナー、プレミアム・メンバー、アソシエイツ・メンバーと、会費を必要としないディベロップメント・メンバー、アテンディ (attendee) に分けられている。2010 年第三期開始時点におけるメンバー 177 社の内訳は、コア・パートナー 9 社、プレミアム・メンバー 57 社、アソシエイツ・メンバー 89 社、ディベロップメント・メンバー 11 社、アテンディ 11 社である。

4) パートナーシップの説明は、AUTOSAR の HP および徳田 (2007) に基づく。

図 3 AUTOSAR のパートナーシップと主要企業



出所) Fürst (2008)

日本企業もコア・パートナーのトヨタをはじめ、30社以上が参画している⁵⁾。

AUTOSAR パートナーシップはコア・パートナー間では「開発協定 (Development Agreement)」, プレミアム・メンバーとは「プレミアム・メンバー協定 (Premium Member Agreement)」, アソシエイト・メンバーとは「アソシエイト・メンバー協定 (Associate Member Agreement)」がそれぞれ結ばれる。このほか、サポート役のディベロップメント・メンバーとは「ディベロップ・メンバー協定 (Development Member Agreement)」を結んでいる。それぞれの協定には、AUTOSAR の WG の参加条件、権利・義務関係、知的所有権の取り扱い、WG における活動情報へのアクセス・タイミングなどが規定されている。

プロジェクトを運営し、組織および管理に対し責任を持ち統制をとるのがコア・パートナーである。コア・パートナーは、AUTOSAR の戦略策定を行う理事会や、メンバー承認・広報活動および契約上の管理を取り仕切る運営委員会において議席並びに投票権を有する。また、コンソーシアムの運営・管理、仕様策定のための技術的貢献、外部向けの情報開示 (プレスリリース、ウェブ上のリリース) を担っている。AUTOSAR の顔というべきスポークスマンもコア・パートナーの中から選出される⁶⁾ (現スポークスマンは 2009 年 7 月より BMW の Simon Fürst : サイモン・フェルスト国際標準化機関 ISO 26262 プロジェクト・マネージャ、代理スポークスマンは VW の Klaus Lange : クラウス・ランゲ)。以上のように、コア・パートナーの業務量は凡そ本務の片手間で済むようなものではない。たとえばコア・パートナーであるボッシュは、AUTOSAR 第二期 (2007 - 2009 年) に専任として 13 名の人的リソースを AUTOSAR の活動に割り、コン

5) AUTOSAR HP (<http://www.autosar.org/> 2010 年 1 月 16 日アクセス)。

6) 現在は 9 ヶ月毎にコア・パートナーの間で持ち回り担当。

チネンタルは 10 名を AUTOSAR 専属にしていた⁷⁾。

プレミアム・メンバーは、WG への参加権利、WG のリーダー (主査) になれる権利、策定中の仕様の関連情報にアクセスする権利を有する。一方、年会費 17,500 ユーロ⁸⁾ の支払い義務や、「人的要件」として専任者を 2 名つけることが要求されている。AUTOSAR は様々な WP (working package) によって構成されているが、少なくとも専任者 2 名が異なる WP に参画することが求められている。その他、プレミアム・メンバーとしての参画にあたっては、「物的要件」として自動車メーカーに対する部品の提供の経験の有無、技術保有する技術やノウハウ、あるいは IP 技術などをどの程度持ち出すことが出来るか等が点数化され、AUTOSAR への貢献度が総合的に判定されるようになってきている。最終的に、コア・パートナーに対するプレゼンテーションがあり、その結果によってプレミアム・メンバーとしての AUTOSAR への参画の是非が決まってくる (Tokuda, 2007)⁹⁾。

会員数でみると最大のマジョリティとなるアソシエイト・メンバーには、進捗中の仕様関連情報へのアクセス権がない。しかし、仕様の最終ドキュメントにアクセスする権利と策定された仕様を利用する権利が与えられている。年会費は 10,000 ユーロである。

ディベロップメント・メンバーには、AUTOSAR の技術を自動車アプリケーション向けに無償で利用する権利が認められている。また、策定中の仕様関連情報へのアクセス権、WG で協働する権利、無償で他の AUTOSAR メンバーの仕様関連知財へアクセスできる権利を有する。また、会費は支払う必要がない。一方、これらの権利を有するがゆえに、具体的な貢献として WG における具体的な開発活動を担うスタッフの派遣が求められる。

アテンディは、進捗中の情報や仕様にアクセスできる権利や WG で協働する権利を有するが、パートナーシップに関わる投票権はない。会費は支払う必要がない。

② AUTOSAR の組織構造と運営

次に AUTOSAR の組織構造とその運営を概観しておこう。AUTOSAR は、理事会 (年 2 回開催)、運営委員会 (月 1 回開催)、プロジェクト・リーダー・チーム、WG、アドミニストレーション、スポークスパーソンで構成される。AUTOSAR のコア・パートナーによって組織される理事会は、コンソーシアム全体の戦略やパートナーシップの方針等を策定している。運営委員会は、プロジェクトの統括、新規メンバーの承認および報道・出版対応、契約関連などの業務を行っている。プロジェクト・リーダー・チームは、仕様の定義など技術的事項を担当し

7) 筆者インタビュー (2007 年 11 月 30 日 ボッシュの元スポークスパーソン及び J. Moessinger 氏, W. Grote 氏) に基づく。

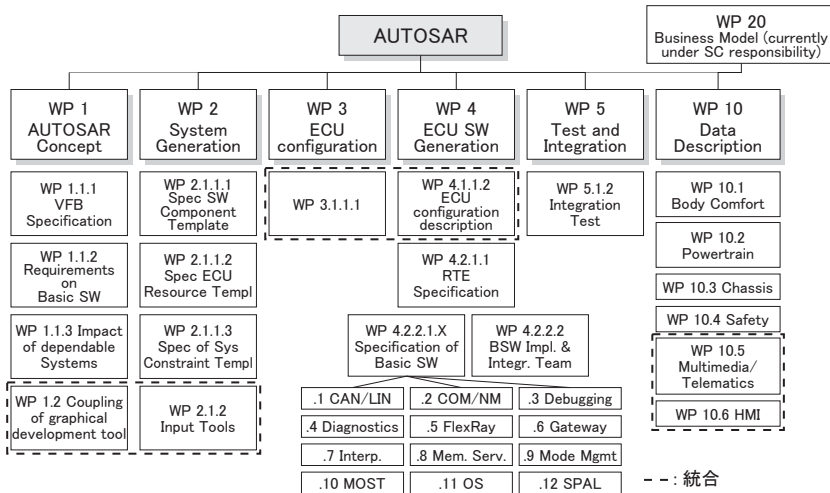
8) 15,000€ から値上がりしている。

9) 知的財産権の取り扱いについての詳細は、AUTOSAR (2006 c) を参照。

たり、各WGの活動の調整を行ったりしている。アドミニストレーションはAUTOSARパートナーシップのサポートを、スポークスパーソンは主として広報活動を担っている。

仕様策定に向けたAUTOSARの具体的な活動は、プロジェクトごとに設けられたWGが担っている。WGはいくつかのワーキング・パッケージ（WP）に分かれている。WPの下には更に専門的なサブWP作られている（図4参照）。

図4 第一期のAUTOSARのWG構成



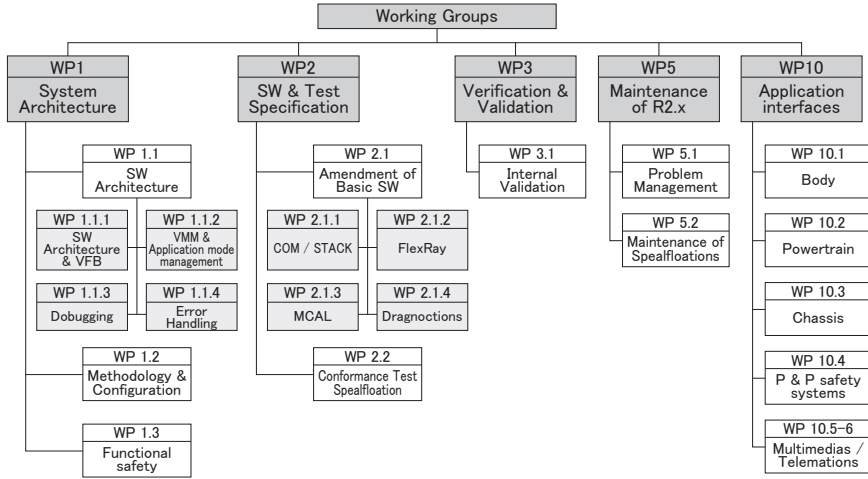
出所) 各種資料より筆者作成。

AUTOSAR 第一期（2004年－2006年）では、標準化の対象領域として、アーキテクチャ、メソッドロジ、テンプレートに重点が置かれ、それを実行するためのWPが7つ設けられた。すなわち、AUTOSARのコンセプト設計を担うWP1、SWコンポーネントやECUリソースのテンプレートの作成を担うWP2、ECUコンフィギュレーションの作成を担うWP3、BSWを構成する各種コンポーネントの仕様作成を担うWP4、テスト仕様の作成を担うWP5、アプリケーション・インターフェイスの仕様策定を担うWP10、そして運営委員会が主体となってAUTOSARのビジネスモデルの立案に携わるWP20である。また、それぞれのWPは作業ごとに複数のWPを傘下に収めていた。

第一期の活動では、BSWに関しては一定の成果が出たとの評価が多く聞かれた。その一方で、現状とのコンパティビリティを考慮したものから新しい機能の追加に至るまで、パートナー各社での機能の絞り込みに向けた調整が必ずしも上手くいかなかったがために、使用するにはオーバーヘッドが大きく機能が包括的なソフトウェアになったという評価もあった。また、BSWの上位層の標準化に関しては、第一期では標準化の対象についての考え方に各社間で開きがあることが起因して、WP10.Xから具体的な成果物は出てこなかった（徳田編，2008）。

第二期（2007年－2009年）の前半では、第一期の成果の活用とメンテナンス、および仕様の

図 5 第二期前半の AUTOSAR の WG 構成

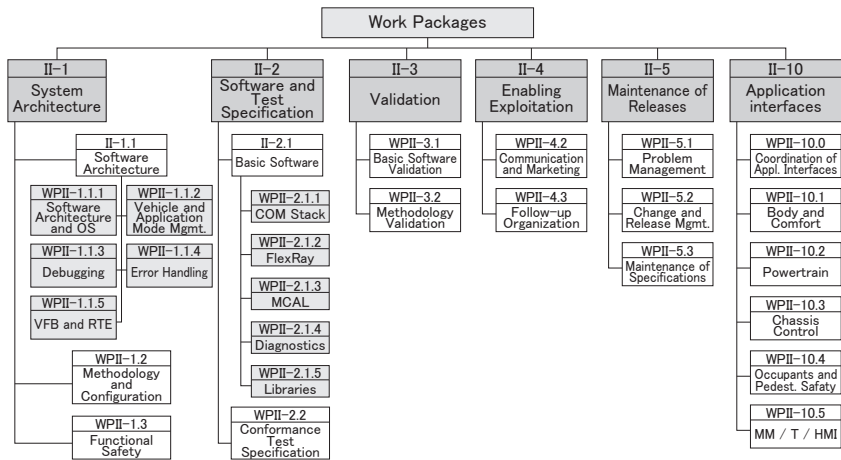


出所) AUTOSAR (2006 a)

更なる開発,そしてコンフォーマンステスト仕様の定義に焦点が当てられた。それに合わせて, WP の統合や追加がなされるなど組織構造も様変わりした (図 5 参照)。第二期の各 WP の役割は, WP1 がソフトウェア・アーキテクチャとメソドロジー&コンフィギュレーション, 機能安全に関わる仕様策定, WP2 が BSW の補正やコンフォーマンステスト仕様の策定, WP3 が検証・妥当性検査仕様の策定, WP5 がリリース (2.Xバージョン) のメンテナンス, WP10 がアプリケーション・インターフェイスの仕様策定であった (第一期の WP10.5 と 10.6 は統合)。

つづいて, 第二期後半の組織構造の変更点を確認しておこう。第二期後半では, それまで穴が開いていた WP4 が再び設置された。また, それぞれの WP にサブ WP が追加された。すな

図 6 第二期後半の AUTOSAR の WG 構成

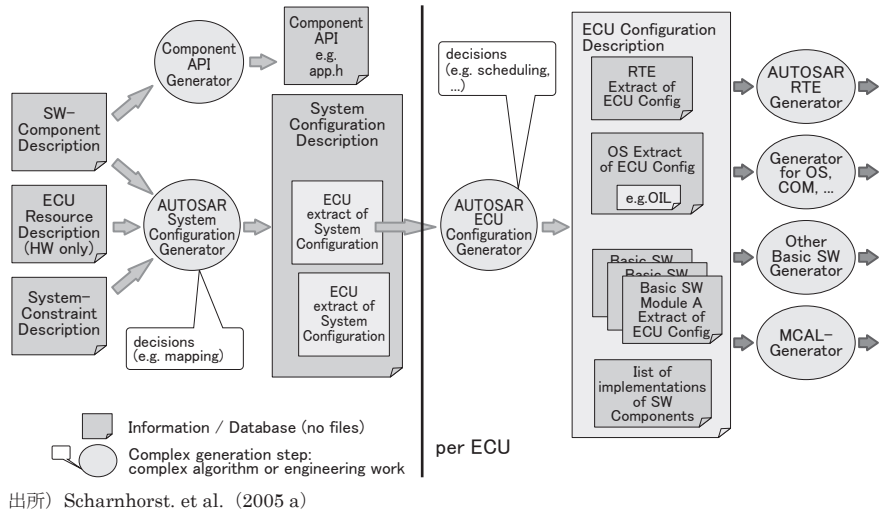


出所) Fürst (2008)

わち, WP1, WP2, WP5, WP10 にはそれぞれ WP II -1.1.5 (VFBおよび RTE), WP II -2.1.5 (ライブラリ), WP II -5.2 (変更およびリリース管理), WP II -10.0 (アプリケーション・インターフェースの調整) の設置である。WP3 では, WP3.1 (内部バリデーション) が WP II -3.1 (BSW バリデーション) と WP II -3.2 (メソドロジ, バリデーション) に分割された。また, WP4 として新たに AUTOSAR 仕様の市場化に対応した WP が設置された (図 6 参照)。

こうして各 WP で検討された AUTOSAR 仕様は, システム情報を 3 つのフォーマット (ソフトウェア・コンポーネント, システム制約, ECU リソース) で記述され, 設計から実装までのプロセスが実行されていった (図 7 参照)。

図 7 システム設計から実装までのプロセス



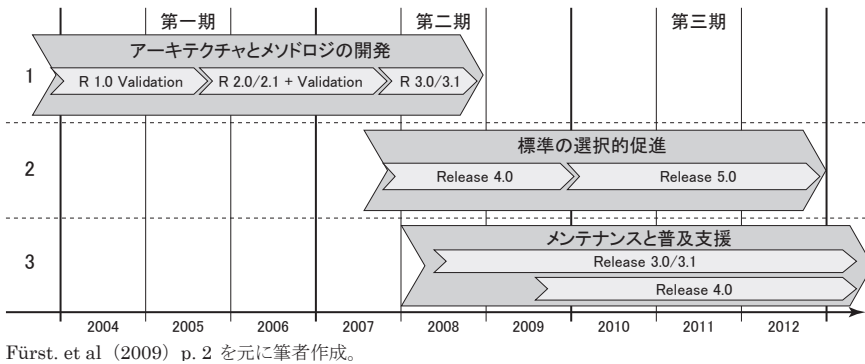
第二章 AUTOSAR の標準化活動の変遷

2003 年の設立以来, AUTOSAR はその共同開発活動の成果として 6 つのリリースを公開してきた (図 8 参照)。AUTOSAR の基本コンセプトは 2004 年 9 月に作られ, 2005 年 5 月に AUTOSAR 仕様のリリース 1.0 が公開された。その後, BSW モジュール, RTE 実装, AUTOSAR 構成コンセプトの実現に集中し, 2006 年 5 月にリリース 2.0 を公開した。次いで第一期の集大成として, 2007 年 3 月に実用化に足る初めての仕様リリース 2.1 が公開された。

第二期のリリース 3.0 と 3.1 では, 仕様が選択的に追加されると同時に仕様の成熟化も促進された (Fürst. et al, 2009)。そして, 最新のリリース 4.0 には多くの新機能が追加された。現在, AUTOSAR は第三期を迎え, さらなる追加機能の開発と既存のリリースのメンテナンスが継続的に行われている。ここでは, AUTOSAR にて策定されたリリース 1.0 からリリース 4.0 に至る仕様の仕上がりを確認しながら, AUTOSAR における標準化の対象領域とその活動の

足跡をたどっていく。

図 8 AUTOSAR が公開した各リリースと今後の計画



(1) 第一期 (リリース 1.0, 2.0, 2.1)

第一期の主要な目的は、AUTOSAR のアーキテクチャ、メソッドロジ、テンプレートの完全な仕様を作り上げることにあり、リリース 1.0, 2.0, 2.1 の 3 つの仕様が策定された。第一期に AUTOSAR が対象とした標準化の範囲をインフラストラクチャのレベルで示したものが図 9 である。

図 9 第一期における標準化の範囲



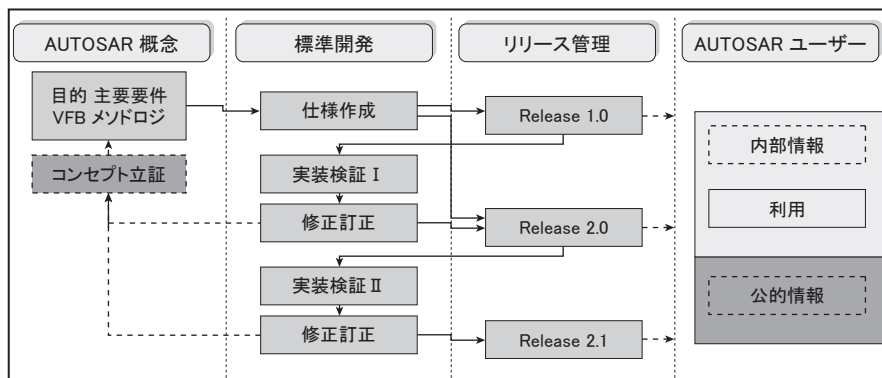
出所) Helmut, F. et al (2006) を元に筆者作成。

AUTOSAR のアーキテクチャには、ECU 向けの基本または環境ソフトウェアスタックがすべて含まれる。これは、AUTOSAR の BSW と呼ばれ、ハードウェアに依存しないソフトウェア・アプリケーションの統合型プラットフォームである。また、メソッドロジは BSW スタックのシームレスな構成プロセスや、ECU でのアプリケーションの統合を可能にする交換形式または記述テンプレートのことである。このフレームワークを利用するための実現方法もここに含まれる。

つづいて図 10 は、AUTOSAR 仕様の標準化に向けた実装アプローチをフローチャートで表したものである。リリース 1.0 は、主に RTE レベル以下の BSW の標準化に関連している。「コンセプト立証 (proof of concept)」プロセスを経ることによって、BSW を構成する標準化された個別のモジュール¹⁰⁾の実装が行われていった。具体的には、14 社が 33 の異なる BSW モジュールで 55 の実装を行い、評価ボードとなる 2 つの異なるハードウェア・プラットフォームのプロトタイプ (16 / 32 ビット) に 55 すべての実装が統合された。ここでプラットフォームの構成は、フリースケールの Star12 もしくはインフィニオンの TriCore を載せたマイコンと、フィリップスのコントローラ・ドライバであった (徳田, 2007 a)。そして、これら実装・統合の結果が仕様の改良に向けてフィードバックされていった。

リリース 2.0 と 2.1 の焦点は、BSW モジュール、RTE 実装と AUTOSAR 構成概念の実現であった。リリース 2.1 は、コンフィギュレーションの概念を含んだ完全な仕様である。それは、ハードウェア・プラットフォーム上に BSW モジュールを実装・検証した結果が反映されたリリース 2.0 のアップデート版である。ここでは、リリース 2.0 で構築されたモジュールが 2 つのハードウェア・プラットフォームで統合され、これらの検証結果が欠如したすべてのアーキテクチャ要素とともにリリース 2.1 の改良に向けてフィードバックされていった。このように「コンセプト立証」プロセスでは、WP において策定された仕様案の検証を重ねながら、随時必要な追加・訂正が施されていく。このプロセスは、リリース 3.0, 3.1, 4.0 の公開にあたって同様に繰り返されていった (Fürst. et al, 2009)。

図 10 標準化に向けた実装アプローチ



出所) Heinecke. et al (2006) を元に筆者作成。

(2) 第二期 (リリース 3.0, 3.1, 4.0)

第一期で開発された仕様の継続的な改善と新たなコンセプトの導入が図られた AUTOSAR

10) モジュールは BSW を構成する大きさの決まった機能単位のことであり、ソフトウェア・コンポーネントはある機能を持った部品のこと (大きさは大小まちまち)。

第二期では、3つのリリースが策定された。2008年初頭に公開されたリリース 3.0 では、リリース 2.1 の数多くの改善と修正が反映された。リリース 3.1 では、車載故障診断装置 (OBD) II 規格をサポートするメカニズムが統合された。また、第二期の最終成果となるリリース 4.0 では、安全や通信に関する新たな機能やコンFORMANCEテスト仕様が追加された。定義されたコンFORMANCEテスト仕様の確立は、市場化段階における AUTOSAR 準拠製品の信頼性の保証にとって非常に重要であり、コンポーネント間、階層間、モジュール間のインターフェイスの質に影響を及ぼすものである。Fürst (2009) に基づいて、各リリースの成果を振り返っておこう。

第二期の主要な開発・標準化の分野は、AUTOSAR のアーキテクチャ、メソドロジ、アプリケーション・インターフェイス (AI) であった。全ての分野に適用できる典型的な車載アプリケーションのインターフェイス仕様は、共通のシンタックスやセマンティックスに基づいており、これらはアプリケーションの作成基準として供される。

リリース 3.0 の仕様は、158 のドキュメントによって構成されている。その多くはリリース 2.1 と変わらないが、仕様全体の 30% については大幅な改善がなされ、10% は全く新しい内容を含んだものになっていた。リリース 3.0 では、パワートレイン、シャーシ領域で標準化されたアプリケーション・インターフェイス仕様を利用可能である。また、ボディ領域においても標準化されたアプリケーション・インターフェイスの数が増え、全領域の解説書も用意された。そのほか、標準の品質を改善するために仕様全体で 500 以上の変更要求が検討・処理された。それでは、AUTOSAR リリース 3.0 の到達点をアーキテクチャ、メソドロジ、アプリケーション・インターフェイスの順にみていこう。

①リリース 3.0

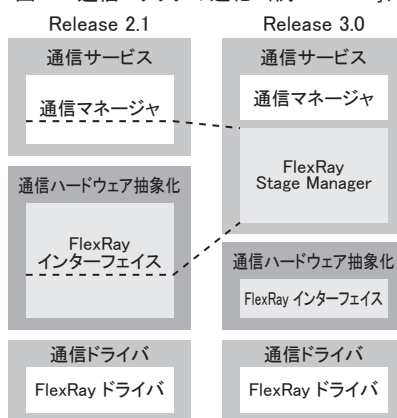
BSW と RTE からなる AUTOSAR アーキテクチャにおける成果は、以下の 4 点である。

- ・ AUTOSAR 階層アーキテクチャを 49 のモジュールに分割
- ・ アーキテクチャと機能の高い安定性の実現
- ・ BSW スタックの商用版のリリース
- ・ ウェイクアップおよびバスステート管理のコンセプト提示

これらの成果によって、アーキテクチャは高いレベルの成熟度に到達した。また、ECU のウェイク

アップとスタートアップに大幅な改善が施され、ネットワーク起動の構想を標準化して CAN や LIN, FlexRay のステートマネージャの導入が可能になった (図 11 参照)。

図 11 通信スタックの進化 (例: FlexRay)



Fürst et al. (2009) p. 5 を元に筆者作成。

つづいて、AUTOSAR メソドロジに関してリリース 3.0 の到達点は、

- ・ システム・アーキテクチャ、設計、ソフトウェア・コンポーネントなどのテンプレートとして、E/E システム・アーキテクチャを記述できるようにしたこと
- ・ 新しい BSW モジュール記述テンプレートを作り、実装 / 構成方法を改善したこと
- ・ システムテンプレートがすぐに使用できるように、FIBEX (Field Bus Exchange Format) Format に統合を進めていること

である。

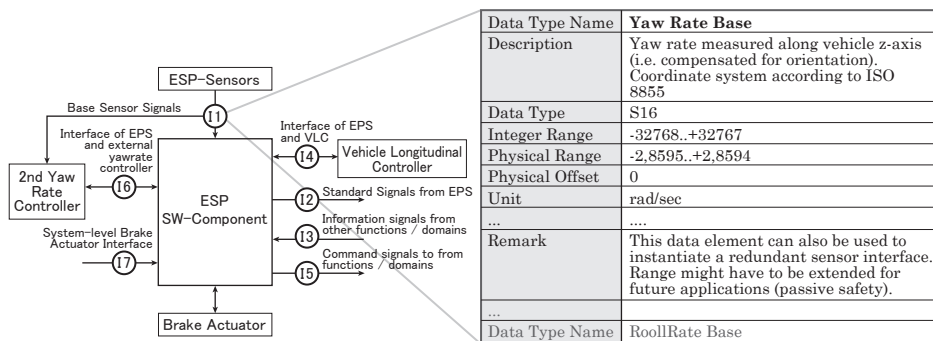
最後に、AUTOSAR のアプリケーション・インターフェイスに関してリリース 3.0 の到達点は、

- ・ ボディ、シャーシ、パワートレイン、HMI およびマルチメディアの分野で、アプリケーション・インターフェイスを初めて車両全体で統合したこと
- ・ 追加のインターフェイス仕様に対応する統合手順が作成されたこと
- ・ 800 ポートおよび 300 インターフェイス以上の標準化が図られたこと¹¹⁾

である。自動車のすべての機能性を網羅するために、第二期において AUTOSAR では標準化の対象となるアプリケーション・インターフェイスの領域に二つの新しいドメインが加えられた。すなわち、テレマティクス / マルチメディア / HMI 及び乗員と歩行者の安全性のドメインである。さらに、パワートレイン、シャーシ、そしてボディと快適性のドメインを持つアプリケーション・インターフェイスは、統合の第一段階を成し遂げた。

AUTOSAR では、ソフトウェア・コンポーネントのすべてのインターフェイスではなく、一般によく使用されているものだけが標準化される。複数の自動車メーカにまたがるソフト

図 12 アプリケーション・インターフェイスの標準化



システムレベルでのアプリケーションインタフェースの標準化 (ESP システム、シャーシドメイン)

出所) Mössinger (2008)

11) ここで言うポートとは SW コンポーネント間のデータを送受信する「口」、インターフェイスとは SW コンポーネント間の「データ」を意味する。

ウェア・コンポーネントの再利用を容易にするため、パートナー間で合意されたアプリケーション・インターフェイスについてのみ標準化が進められているのである (例 : 図 12 参照)。

②リリース 3.1

2008 年 8 月に発表されたリリース 3.1 は、リリース 3.0 の限定的拡張版である。リリース 3.1 には、AUTOSAR の BSW モジュールに、はじめて車載故障診断装置の実装規定が定義された。車載診断装置は、1980 年代後半にカリフォルニアで初めて導入された。その主要なタスクは、車両走行中のすべての排気ガス関連データを監視し、運転手に基準からのずれを知らせることである。したがって、車載診断装置は車両の全耐用年数を通じて排気ガス規制に準拠するかたちで重要な役割を果たしている。同様の規制は、欧州と日本にも存在するが、リリース 3.1 では、それら多様な OBD 規格 (OBD II, 欧州 OBD, 日本 OBD) が網羅されている。

③リリース 4.0

リリース 4.0 では、アーキテクチャとメソドロジに関する新しいコンセプトが導入された。加えて、BSW のコンフォーマンステスト仕様がモジュールレベルで規定された。

リリース 4.0 に導入された新しいコンセプトは、以下の領域における技術的・機能的改善と拡張の追加であった。すなわち、機能安全、アーキテクチャ、通信スタック、そしてテンプレートの領域である。機能安全について、AUTOSAR が安全関連のアプリケーションをサポートしていることや、それらアプリケーションが策定中の ISO 26262 (自動車分野向けの機能安全規格) と深くかかわってくることから、リリース 4.0 の仕様には機能安全コンセプトが盛り込まれることになった。通信スタックについては、LIN や FlexRay の最新バージョンとの整合が図られることになった。また、メソドロジとテンプレートが重点的に改善された。それは、ECU 設定パラメータの統一、測定およびキャリブレーションの強化、ECU リソース・テンプレートの更新、FIBEX 標準との整合性の向上を図るためである。

リリース 4.0 には、AUTOSAR によって標準化された多数のアプリケーション・インターフェイスが盛り込まれている。具体的には、ボディとコンフォート、パワートレイン、シャーシ、乗員と歩行者の安全、およびヒューマン・マシン・インターフェイス (HMI)、テレマティクスおよびマルチメディアに関する車両に関する 5 つの領域すべてのアプリケーション・インターフェイスが標準化の対象である。標準化されたアプリケーション・インターフェイスの利用は、アプリケーション再利用のカギである。AUTOSAR では、アプリケーションが“競争領域”である。そのため、制御アルゴリズムや最適化などアプリケーションの機能的な内部の振る舞いについては標準化しないが、アプリケーション間で交換されるコンテンツはその限りではない。

最後に、AUTOSAR コンフォーマンステスト仕様を見ておこう。AUTOSAR コンフォーマンステスト仕様は、BSW の実装にあたって AUTOSAR 仕様に対する準拠確認やサプライヤに対する関連証明書類の発行のためにテストを行うエージェントによって利用される。この仕様を満たすことによって AUTOSAR の商標が付与され、商標が付与された製品は、“一定程度”の SW の相互接続性・再利用性・移動性・スケーラビリティを担保し得るものとして市場で流通していくことになる。AUTOSAR で策定されているコンフォーマンステスト仕様は TTCN-3¹²⁾ において部分的に明示されているように、AUTOSAR 単独でコンフォーマンステスト仕様の標準化活動が行われているわけではない。AUTOSAR におけるコンフォーマンステスト仕様の策定は、TTCN-3、ISO17025¹³⁾、ISO/IEC ガイド 65 といった欧州で使いこなされてきた標準との整合を図りながら、それら標準を巻き込む形で進められているのである。

(3) 第三期（リリース 5.0）

第三期では、リリース 5.0 へとつながるリリース 4.0 の品質向上・成熟化と新技術や市場動向に合わせた継続的拡張、そして統合コストを低減するために一連のリリースごとの互換性を高めることが焦点となる。具体的に AUTOSAR では、AUTOSAR 仕様の市場での流通をサポートするための「既存リリースの保守・管理」、既存リリースと新規リリースのメンテナンス力の向上、そして継続的拡張に向けた「標準への新規仕様の選択的追加と既存仕様のアップデート」を活動の 3 つの柱に据えている（図 13 参照）。

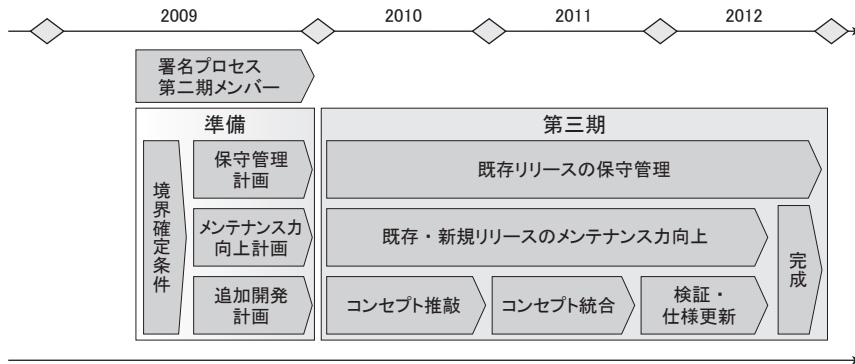
リリース 4.0 の継続的拡張にあたっては、コア・パートナー全社とプレミアム・メンバー、開発メンバーに具体的な追加項目の作成の基となるコンセプトの洗い出しと提案への参加を呼びかけ、2010 年中に合同でコンセプトを策定する。ここでは、可能な限り下位互換性を確保すると共に、コンフォーマンステスト仕様を含む互換性情報が提供・確認できるように追加項目が設定されることになる。

産業化される技術一般がそうであるように、AUTOSAR の仕様に盛り込まれる技術もまた市場動向に適合したものが望まれる。そのため、第三期では AUTOSAR の組織もその影響に柔軟に対応可能なように改編されることになった。すなわち、第三期を通じて継続的に

12) TTCN : Testing and Test Control Notation. テストおよびテスト制御記法は通信プロトコルのテストだけでなく、他のソフトウェアのテストにも使われる。TTCN は、欧州電気通信標準化機構 (ETSI) や国際電気通信連合 (ITU) で通信プロトコルのテストに広く使われている。ETSI では、ISDN, DECT, GSM, EDGE, 第三代携帯電話, DSRC といった標準規格の適合試験のテストケースが TTCN で書かれている。最近では Bluetooth や IP といった他のプロトコル標準のテストにも使われている。

13) ISO17025 とは試験所が試験を行う際に、一般的な能力があることを証明するための国際標準規格。ISO17025 を取得している試験所が行った分析・試験はその品質が第三者機関によって保証されている。ISO9001 との相違は、ISO9001 規格では事業所における品質システムが要求され、試験結果の品質を要求するものではない。これに対して ISO17025 では、分析・試験結果の品質を要求するものとなっている（日本規格協会 2003）。

図 13 第三期のスケジュール



Fürst, et al. (2009) p. 12 を元に筆者作成。

AUTOSAR のアーキテクチャやシステム全般を担当する技術エキスパート・グループ (technical expert group) の常設と、市場の動向に柔軟に対応できるように、特定のモジュール仕様の開発および保守を担当するワーク・パッケージの設置である。

リリース 5.0 に向けた技術上のターゲットは、BSW アーキテクチャとモジュールについて以下の項目が設定されている。

- ・ 新規ハードウェアのサポート、AUTOSAR とマルチメディア系アプリケーション間の相互接続性など新しい機能の追加
- ・ インターネットプロトコルを基盤としたネットワークとの相互接続の促進や MOST のインターフェイスの追加など、既存リリース 4.0 の通信メカニズムの拡張
- ・ ECU および BSW モジュールレベルでの効率的なエネルギーマネジメント手法の開発
- ・ マルチコア・プロセッサのサポート
- ・ 機能安全のサポート
- ・ 診断機能の改善・拡張

メソドロジとテンプレートについては、以下のとおりである。

- ・ 既存のメソドロジとテンプレートを基礎とした新機能の追加
- ・ 既存の機能性の改善
- ・ 開発ツール間の相互接続の簡素化に向けた改善
- ・ BSW 向けに規定される新機能のサポート

また、アプリケーション・インターフェイス仕様やパフォーマンステスト仕様についても、追加的なアプリケーションをサポートするために改善・拡張が継続的に行われる。そのほか、AUTOSAR メンバーの一部が新たに別のコンソーシアムを組織し、AUTOSAR のメソドロジ

とテンプレートを考慮したツールが開発されている（例：ARTOP¹⁴）。米国製に対抗する欧州発のツールチェーン開発も、AUTOSAR の活動と連動しながら進められているのである。







第三章 市場化の段階に向かう AUTOSAR 仕様

前章まで“標準で協調する”側面に着目しながら、AUTOSAR の標準化活動の概要を辿ってきた。本節では、“実装で競争する”側面に着目して、開発段階から市場化の段階に入りつつある AUTOSAR 仕様の動向を把握しておく。

(1) コア・パートナーの動向

図 14 は、コア・パートナー各社の AUTOSAR 仕様の利用計画を示したものである。リリース 2.1 とリリース 3.0, 3.1 について、すべてのパートナーが AUTOSAR を自社の技術ロードマップに位置付けており、すでに AUTOSAR 仕様準拠 ECU の製品化を済ませた企業もある。

図 14 AUTOSAR 仕様の利用予定（2008—2012 年）

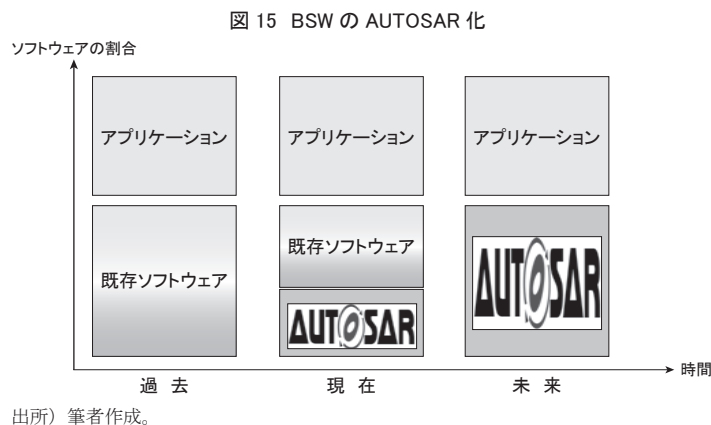
Core Partner	2008	2009	2010	2011	2012
BMW Group 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ≥10 AUTOSAR BSW modules as part of Std Core in vehicles, tool/serial support in place 			<ul style="list-style-type: none"> ■ Powertrain-, Chassis-, Safety-, Body- ECUs use AUTOSAR architecture 	
BOSCH 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Body Computer with subset of AUTOSAR specs incorporated ■ Instrument Cluster with subset of AUTOSAR specs incorporated 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ACC ECU using AUTOSAR architecture. ■ Powertrain EDC/ME(D) 17 ECUs using AUTOSAR architecture ■ Domain Control Unit using AUTOSAR BSW 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Chassis ECU using AUTOSAR architecture ■ Body Computer using AUTOSAR architecture 		
Continental 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Complete BSW Stack as Product ■ AUTOSAR Configuration Tool 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Body ECU using AUTOSAR architecture ■ Powertrain ECUs using AUTOSAR architecture 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Chassis ECU using AUTOSAR architecture 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Engine Systems Platform based on AUTOSAR architecture
DAIMLER			<ul style="list-style-type: none"> ■ First usage of AUTOSAR modules in vehicles 	<ul style="list-style-type: none"> ■ First AUTOSAR compatible ECUs in vehicles 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Introduction of AUTOSAR architecture and methodology in vehicles
Ford 		<ul style="list-style-type: none"> ■ 1-2 AUTOSAR conformant ECUs; first use of conformant tools/methodology 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Continuous roll-out of ECUs into vehicle architecture increased use of conformant tool/methodology 		
GENSYS 			<ul style="list-style-type: none"> ■ First usage of AUTOSAR modules 	<ul style="list-style-type: none"> ■ First use of AUTOSAR architecture ECU 	
PSA PEUGEOT CITROËN 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Powertrain ECU using AUTOSAR architecture 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Body ECU using AUTOSAR architecture 		
TOYOTA			<ul style="list-style-type: none"> ■ First usage of AUTOSAR modules 		<ul style="list-style-type: none"> ■ AUTOSAR architecture ECU
VOLKSWAGEN AG		<ul style="list-style-type: none"> ■ First AUTOSAR modules in series production 		<ul style="list-style-type: none"> ■ First complete ECUs in series production 	

出所) Kinkel (2008 a)

もちろん、“Full AUTOSAR”として BSW モジュールやアプリケーション・インターフェイス全体の AUTOSAR 化が一気に進むというわけではない。既存ソフトウェア資産との整合・干渉を考慮して、特定のドメインに限定して AUTOSAR のアーキテクチャが導入されたり、当初は RTE が限定的に導入され、次いで通信スタックなどのいくつかのモジュールで

14) すでに AUTOSAR の開発プロセスを部分的に網羅するいくつかの開発キットが市場に出回っているが、AUTOSAR メンバーである BMW、コンチネンタル、PSA、Geensys によって、完全なツールチェーン開発を促進するためのユーザグループ ARTOP (AutosAR TOol Platform) が立ち上げられている。Artop とは、AUTOSAR 準拠システムと ECU を設計、コンフィグするための開発ツールで使われる共通な基本機能のプラットフォーム実装のインフラストラクチャである。すでに Geensys が Artop ベース AUTOSAR ツール“AUTOSAR Builder”を開発している。

AUTOSAR の BSW が選択的に利用されたりするなど、その歩みは漸進的なものとなる (図 15 参照)。



また、徐々に AUTOSAR 化が進展していくとしても、その進捗度や程度、利用の仕方は、各社の製品戦略によって大きく変わってくる。たとえば、コア・パートナーである同じドイツの自動車メーカーであっても、“Full AUTOSAR”の時期を明確に定めているものもあればそうでないものもある。同じ“Full AUTOSAR”であっても、その基盤となるリリースのバージョンが異なっている (図 16 参照)。具体的に、BMW は 2011 年モデルの Platform L7 に AUTOSAR Rel.2.1 仕様のソフトプラットフォーム SC7 を採用している。ここで Platform L7 に使われる新規の ECU は、すべて AUTOSAR 仕様となる。また、ダイムラーベンツは、2012 年モデルの SLP9 で AUTOSAR リリース 3.0 を全面的に採用している。

システムサプライヤについても、ボッシュはインド (ボッシュ・インド) において AUTOSAR の BSW (CuBAS:キューバス) を開発済みで、自社のみならず他社への外販も視野に入れている。一方、コンチネンタルもエンジニアリング・サービス部門 (Continental Engineering Services) が AUTOSAR 準拠ソフトウェアの外販やツールの開発ほか、AUTOSAR 対応のエンジニアリング・サービス事業に乗り出している¹⁵⁾。

そのほか AUTOSAR の利用の仕方にかかわって、自動車メーカー、システムサプライヤの別なく、高級車向けのみならず大衆車にも AUTOSAR 仕様の ECU を搭載すべく、メモリ容量が小さくて安価な部品で済む (たとえば 16 ビットマイコンで使える) “ローエンド版”の製品化も同時に進められている。このことは、今後拡大が予想される BRICs の自動車市場への進出をにらんだ場合、AUTOSAR 仕様の適用によって得られるメリットが先進国市場にとどまらずグローバルな規模で発揮される可能性を想起させる。

15) Continental Engineering Services, AUTOSAR Center (2010) “Making AUTOSAR fit for you” Advertisement Material

図 16 ドイツ自動車メーカーによる AUTOSAR 仕様の利用

AUTOSAR 導入予定年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
A 社			Enhanced Some Autosar modules MCAL FlexRay Rel 3.0	Enhanced Some Autosar modules MCAL FlexRay Rel 3.0	Full Autosar Ethernet Flashen MCAL FlexRay CAN, LIN Rel 3.0		
B 社				Full Autosar Rel 2.1	Full Autosar Rel 2.1		
C 社		Some Autosar modules MCAL FlexRay Rel 2.0	Some Autosar modules MCAL Rel 3.0				

出所) ルネサステクノロジ提供

(2) 日本・アジア勢の動向

国内メーカーに目を転じるならば、これまで AUTOSAR 加盟の自動車メーカー各社とも JasPar での活動を通じて AUTOSAR 準拠の SW プラットフォームの開発を進めてきた。具体的には、JasPar のソフトウェア WG が主体となり AUTOSAR の SW プラットフォームの性能を把握するためのベンチマーク SW を作成し、測定基準の標準化を図ってきた¹⁶⁾。また、コントローラ実装時のソフトウェア（リソース、移植性）やソフトウェア開発環境の評価項目について、経済産業省の支援を受けた国プロ WG が主体となって評価基準の標準化が図られてきた¹⁷⁾。そして 2010 年 2 月、それらの活動成果として“JasPar 版 AUTOSAR”を搭載した試作車が発表された¹⁸⁾。これは、AUTOSAR リリース 3.0 の評価・検証をベースに、安全系、ステアリング系、ITS 系のアプリケーションが統合された JasPar 仕様の BSW である。また“JasPar 版 AUTOSAR”対応のソフトウェアを自動生成するツールも同時に開発され、開発に携わったイーソルとチェンジビジョンが 2010 年中に市場に投入する。JasPar が結成されてから 5 年余り、いよいよ国内市場においても AUTOSAR 仕様の市場化の幕が切って落とされたのである。

その他アジアメーカーについては、新興自動車メーカー（韓国や、中国、インドなど）は、既存のソフトウェア資産との整合性や互換性を考慮する必要が少なく、ゼロから自社のアプリケーション構成を始めても問題がない。そのため、先進国メーカーが既存のソフトウェア資産との整合を図りながら（調整コストを伴いながら）“漸進的”に AUTOSAR の導入と市場化を進めてい

16) 評価ガイドラインの作成。

17) AUTOSAR 仕様に基づく BSW および開発ツールの試作評価に基づく実装仕様作成。

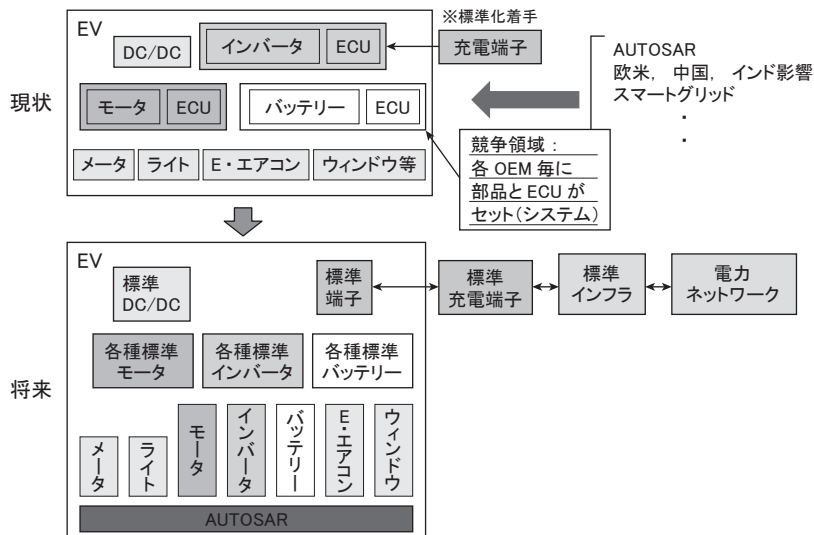
18) 試作車は 3 台。それぞれ、安全制御ではトヨタのレクサス LS460、ITS（高度道路情報システム）系制御ではホンダのレジェンド、ステアリング系制御では日産のフーガを使った評価が行われた。

かざるを得ないのに対し、しがらみが無い分、新興国メーカは“急進的”にその導入と市場化を図っていくことになるであろう。

(3) EV と AUTOSAR

前章でみてきたように、AUTOSAR 第三期のリリース 5.0 に向けた技術上のターゲットには、BSW アーキテクチャとモジュールについて ECU および BSW モジュールレベルでの効率的なエネルギーマネジメント手法の開発が含まれてくる。ここでは将来の自動車の EV 化という観点から、EV のコンポーネント間の各種インターフェースの標準化や、スマートグリッドとの関係で車内外のネットワーク化に伴う EV と社会基盤、生活インフラの間のインターフェースの標準化の影響も考慮しておかなければならない。たとえば、メータ、ライト、エアコン、ウィンドウなど比較的簡易なシステムから、従来のガソリン車やディーゼル車の動力系（エンジン）では難しかったバッテリーやインバータのアプリケーションまでもが AUTOSAR に載ってくるようになるかもしれない（図 17 参照）。そうすると、ECU と構造上セットになっている現在のモータ、インバータ、バッテリーの制御ソフトウェアの開発プロセスは、アプリケーションとハードウェアの分離によって大きな影響が及ぼされる。一方、EV が重電端末や電力ネットワーク、インターネットを介して車外インフラとネットワーク化されていくことになると、社会インフラとのインターフェースのあり様が焦点となってくる。インターフェースが、欧米、日本、アジア等地域レベルで標準化が図られていくのか、あるいはグローバルに標準化されていくのか。標準化の動向によっては、インターフェースが市場を分断する参入障壁になり兼ねない。

図 17 EV の開発と標準化



出所) JARI 自動車電子システム調査 WG 作成。

第四章 AUTOSAR の経済的メリットと自動車産業に与える影響の考察

以上，“標準で協調”“実装で競争”の両側面から AUTOSAR の取り組みを概観してきた。本論の最後に、AUTOSAR 仕様の標準化による経済的メリットと、それが自動車産業に与える影響を考察しておく。

繰り返し言及してきたように、AUTOSAR は使用されるハードウェアに依存しないアプリケーションを開発し、その移植・再利用を容易にする仕様の策定とその標準化を目指している。標準化によるローカル性（各 OEM、各車両、各世代、各ドメイン、各ハードウェアベースのソフトウェア開発）の解放によって、複数の ECU 上でアプリケーションの再利用が期待できるし、BSW やハードウェアが最小限のバリエーションで済む。逆に、ひとつの ECU 上に様々なアプリケーションを載せることが出来るようになれば、理屈の上では複数の異なる機能の実現も自由自在である。その結果、ソフトウェア（あるいは組込みシステム全体として）の開発効率の向上（再開発コストや検証コスト¹⁹⁾の削減）や、省スペースの実現が期待できる。また、標準化によってアプリケーション層とインフラ層を担う企業の分業化を促進する。これにより、分業に基づく専門化のメリットを活かしてアプリケーション層におけるイノベーションの促進やインフラ層の品質の向上が期待できる。加えて、概要設計から検証に至るソフトウェア開発プロセスやメソッドロジの標準化は、たとえば多くのソフトウェアベンダや各種のツールを動員する開発プロセスにおいて、自動車メーカーからの仕様が正確に伝わらないリスクや、開発プロセスの各段階で受け渡される仕様の互換性が担保されず正確に伝達されないリスクを軽減する。その結果、仕様レベルの不具合による手戻りコストや複数サプライヤの ECU を統合する際に生じるコストを削減することが期待できる。ひいては、組込みシステム全体の開発効率や品質の向上につながる。

それでは、AUTOSAR 仕様の導入によって、自動車産業はどのような影響を受けるのだろうか。AUTOSAR は、これら様々な経済的なメリットをもたらすだけではない。それは、様々な経済的メリットをもたらすがゆえに、関係各社の製品市場戦略は言うに及ばず、既存のビジネスモデルやビジネスパートナーとの関係の再構築を迫り、グローバルなレベルでの水平的な市場競争の構造や産業内部における垂直的な利益配分の構造に大きな変容を迫るものである。

(1) “ボトム・オブ・ピラミッド” への対応

まず、製品市場戦略と関わって、前節でみてきたようにアジアの新興自動車メーカーは既存の

19) もちろん、標準化がすなわち検証コストの削減につながるものではない。たとえば、コンフォーマンステスト仕様が満たしていたとしても、実装時に自動車メーカーが求めるレベルの相互接続性が保証されるとは限らないのが現実である（Tokuda, 2009）。

ソフトウェア資産との整合性や互換性を考慮する必要が少ないため、AUTOSAR 仕様を積極的に活用していくことが予想される。この場合の市場セグメントは、いわゆる“ボトムないしミドル・オブ・ピラミッド”と呼ばれるコスト・リーダーシップ戦略がものを言う低価格セグメントとなるであろう。したがって、AUTOSAR 仕様の市場化のシナリオは、高級車よりも中・低級車セグメント、さほどイノベーターでないアプリケーションで事足りる途上国向け大衆車、あるいは車両全体としての精密なインテグリティはさて置き、コンフォーマンステスト仕様を満たしたソフトウェアモジュールを取りあえずは組み合わせてみた程度の仕上がり自動車で拡がっていくのかもしれない。否むしろ、他の産業の経験から導かれるように、オープンな標準ソフトウェア・アーキテクチャを目指す AUTOSAR の本来の目的に照らすのであれば、“そのようなタイプ”の市場セグメントこそ、ソフトウェアビジネスの旨みが発揮されると容易に推察することができる²⁰⁾。

また、AUTOSAR 非加盟の新興諸国自動車メーカーの中には、たとえばボッシュのようなシステムサプライヤから AUTOSAR 準拠 SW プラットフォームの供給を受けて市場に参入する企業も現れてくる。この場合、ボッシュはかつて通信プロトコル CAN でデファクト標準を獲得したように、ボッシュの AUTOSAR 準拠 SW プラットフォームの普及に努めるであろう。というのも、ボッシュは CAN の普及プロセスにおいて ESP (エレクトロニック・スタビリティ・コントロール) をキラーアプリケーションとして「エンジン側も CAN で対応してもらえればボッシュ製品でなくてもかまわない」という売り方をした。「ESP は CAN がなければ動かせない」という手法をとることによって、最初はコンバーターなどをつけて独自の通信プロトコルと組み合わせてきた日本企業が CAN を使用するようになっていったのである (田村・徳田, 2006)。同じように、AUTOSAR でも“同セグメントにとって魅力的”なアプリケーションを投入する際、「我が社の SW プラットフォーム (CUBUS) を使ってくれば、いかなるコンポーネントを繋いでもらってもかまわない」という手法をとることによって、アプリケーションは言うに及ばず SW プラットフォームのプレゼンスを同セグメントで高めていこうと考えるであろう。この場合、ソフトウェアの販売や仕様のコントロール、知財の管理こそが同セグメントにおけるボッシュの主要な仕事になる。然らば、このようなビジネスモデルはソフトウェア開発とハードウェア開発の企業間分業を促進すると同時に、マイコンの標準化が進めばセンサやアクチュエータなどコンポーネントのコモディティ化も促進する可能性がある。

20) 製品アーキテクチャのインテグラルとモジュラーの違い (インテグラル度とモジュラー度の程度の差) は、その製品が追求する機能レベルや性能レベルに依存するであろう。たとえば Christensen= Raynor (2003) は、顧客の持つ性能への満足基準に照らして、製品あるいは製品の一部分が提供する性能が不足している場合には、相互依存アーキテクチャ (インテグラル・アーキテクチャ) が有効であり、提供する性能が十分な場合には、モジュラー・アーキテクチャを選択して製品開発のスピードや応答性、利便性などで競争するものとしている。この立場からすると、「デスクトップ PC は、仕様コンパチ品を調達・組み立てることによって容易に開発されるほどの性能基準で顧客が満足している製品」ともいえる。

同市場セグメントにおいて新興自動車メーカーとの競争にもさらされる AUTOSAR 加盟の先進国自動車メーカーは、メモリ容量が小さくて安価な部品で済む SW プラットフォームを用意し、そこにアプリケーションを選択的に載せていくことになる。この場合（勿論、同市場セグメントに限ったことではないが）、社内で“ヨコの調整”を図りながらどの程度、車種ごとに異なる SW プラットフォームを標準化してアプリケーションの再利用の可能性を高めてスケーラビリティを発揮していくことができるかが、AUTOSAR 導入の効果の大きさを左右するポイントになってくる。また、AUTOSAR 準拠ソフトウェアの成熟化を促進してインターフェイスの安定化が実現されるようになれば、あるいは要件定義がすでに厳格で基本性能を単体で実現するボディやシャーシの領域では、自動車メーカー（特に欧州の自動車メーカー）は概要設計をしっかりとコントロールしつつ、そのほかの設計やコンポーネントの開発は完全にアウトソースする方向に進んでいくことが予想される。しかもそのアウトソース先は、これまでとは全く異色のサプライヤになることもあるであろう。同市場セグメントにおける AUTOSAR の導入は、サプライヤとの“タテの調整”のあり様（対象、力点、プロセス、取引先）を大きく変える可能性がある。

(2) “トップ・オブ・ピラミッド” に向けた産業構造の変化

他方、“トップ・オブ・ピラミッド”をターゲットとする高付加価値セグメントにおいては、AUTOSAR を使った様々な先進的アプリケーションの商品性を巡って競争が展開されることになる。特に先進的アプリケーションが複数の ECU やソフトウェア・コンポーネントとの連携によって実現される場合、統合した際の安全性や信頼性確保の観点から、それらインターフェイスの相互接続性を確実なものにすべく、自動車メーカーはサプライヤとの“タテの調整”を強めていくことになる。それは、ソフトウェア開発プロセスを“見える化”するための標準の活用や、検証を含めた下流プロセスへの関与を深めたり上流プロセスへの形式的な手法を導入したりするという形で進んでいくことになる。ここでは、これまで“トップ・オブ・ピラミッド”へ自動車を投入してきた先進諸国の自動車産業が、AUTOSAR 仕様の導入によってどのような影響を受けるのかに着目した考察をおこなう。AUTOSAR 仕様の導入は、自動車産業内部における垂直的なパワーバランスを一変させる可能性がある²¹⁾。

近年、自動車の電子化が急速に進んだことによって、自動車メーカーのシステムサプライヤに対するバーゲニングパワーの相対的低下が懸念されていた（日経 BP 編，2004；徳田編，2008）。自動車全体の開発プロセスに占めるソフトウェア開発の依存度が急上昇したことによって、

21) 日本の自動車メーカーは、欧米のそれらと比較するとサプライヤへの依存度が高く、承認図方式の部品取引が拡大したことによって徐々にサプライヤの技術蓄積が進んでいった（浅沼，1998；Clark = Fujimoto，1991）。

ECUのような組込みシステムのブラックボックス化が懸念されるようになっていたのである。日本では自動車メーカーのほとんどが、ソフトウェアの開発に本腰を入れ始めたのはごく最近である。特に詳細設計から検証プロセスに至っては、完全にサプライヤのケイパビリティに依存している状態である。そのため、組込みシステムに対するコスト査定のみならず、組込みシステム全体の品質管理が機械部品のそれと比較して十分に機能していない。その結果、機械部品の取引がメインであった時代と異なり、自動車メーカーのサプライヤに対するバーゲニングパワーは総体的・相対的に低い状態にある。

このような状況は、ボッシュやコンチネンタルのような独立系システムサプライヤとの取引が多い欧州自動車メーカーにとっても同様である。システムサプライヤを外して HIS (Hersteller Initiative Software) が 2001 年に設立された背景には、設立当初のメンバーであるドイツの自動車メーカー 5 社 (アウディ, BMW, ボルシェ, ダイムラー・クライスラー [現ダイムラー], VW) による技術のブラックボックス化に対する危惧があったことは想像に難くない。だからこそ、このような状況を憂慮した自動車メーカーは、AUTOSAR 仕様を戦略的に活用しながら自らソフトウェアハウスやツールベンダとともに SW プラットフォームを開発してシステムサプライヤの技術のブラックボックス化を抑制しつつ、特定のシステムサプライヤやマイコンメーカーに依存する状況に終止符を打とうとするのである。いわば、RTE 以下のレイヤの“非競争領域化”による付加価値配分の掌握が、自動車メーカーの狙いのひとつである。これが、AUTOSAR がトップダウンかつツール前提の開発メソドロジーを持つ所以である。

他方、自動車メーカーにとって“非競争領域”化してしまいたい RTE 以下のレイヤは、システムサプライヤや半導体メーカー、ツールベンダにとっては“競争領域”にほかならない。もちろん“競争領域”に分け入りキラーアプリケーションをもって付加価値を高める戦略もあるが、“非競争領域”において如何に競争優位を獲得していくことができるのか。“非競争領域”においてサプライヤが競争優位を獲得するには、次の二つのオプションがあり得るだろう。ひとつは、実装局面において「差別化要因を“非競争領域”に確保する」戦略、もうひとつは AUTOSAR で標準化された「“非競争領域”の各種仕様を効率的に使いこなす」戦略である。

前者は、コンプレックスドライバに入れてしまわざるをえないようなモジュール化できない複雑なアーキテクチャを残しておいたり、自動車メーカーの細かいニーズに対応するいわば御用聞きに徹する従来型の差別化戦略である。この場合、“ローカル”な差別化要因のコストを抑える取り組み (アーキテクチャの位置取りとして「中モジュラー・外インテグラル」) がサプライヤにとって必要になってくる。すなわち、産業大では標準化し得ない“コンプレックス”なアーキテクチャであっても、企業内ではできるだけ相互依存するコンポーネント間の複雑性を解放して“中モジュラー”化していく取り組みが必要になってくるであろう。

後者は、例えば AUTOSAR で標準化されているメソドロジーを利用して“非競争領域”を効

率的に構築する戦略である。この場合、シームレスなツールチェーンを構築するために上流の自動車メーカーと連携してタスクの分割とその確実な統合を図ったり、利用するツールと川上・川下で接続されるツール間のインターオペラビリティを確かなものにしたり、設計の上流プロセスにおける欠陥を減らすべく形式的な手法の導入に向けて大学の科学的知識を利用するなど、社内外のビジネスパートナーと垂直的に連携していくことが必要になってくる。また、標準化された仕様をうまく使って開発プロセスを明確に定義し、作成する文書、作業の管理を厳密に行う方法、プロセス管理を効率的に行っていくことが必要である。標準を利用して、均質で汎用性の高いBSWや開発プロセスをいかに効率よく構築することができるかが、競争優位のカギになる。

いずれの戦略をとるにしても、インターフェイスの標準化が進む仕組みの中で、“非競争領域”においていったん競争優位を獲得することが出来れば、従来の取引の枠組みをこえた納入先の拡大が期待できる。とりわけ日本市場への参入を目指す外資サプライヤにとっては、従来の系列の壁をこえて納入先を拡大する絶好の機会と位置づけられる。同様の文脈で、国内のサプライヤにとってもグローバルなレベルで規模と範囲の経済性を実現する機会を拡大することが可能になる²²⁾。

<参考文献>

- AUTOSAR (2006 a), “AUTOSAR – Enabling Technology for Advanced Automotive Electronics,” Media Release, October, 2006
- AUTOSAR (2006 b), “AUTOSAR – Enabling Technology for Advanced Automotive Electronics,” Media Release, Japanese version, October, 2006
- AUTOSAR. (2006 c) “Premium Member Agreement,” Version 12.1 of June 1st
- Bunzel, S. (2006) AUTOSAR Validation Experiences, International Automotive Electronics Congress, Paris, 25. October. 2006
- Continental Engineering Services, AUTOSAR Center (2010) “Making AUTOSAR fit for you” Advertisement Material
- Christensen, C. M., Raynor, M. E. (2003), The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth, Harvard Business School Press.
- Clark, K. B, Fujimoto. T. (1991) Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry, Boston: Harvard Business School Press
- Fürst, S. (2008) AUTOSAR –An open standardized software architecture for the automotive industry, 1st AUTOSAR Open Conference & 8th AUTOSAR Premium Member Conference, October 23rd, 2008, Cobo Center, Detroit, MI, USA
- Fürst, S. et al. (2009) “AUTOSAR – A Worldwide Standard is on the Road”, AUTOSAR: <http://www.autosar.org>, VDI Congress 2009, 8th October
- Heinecke, H. et al (2006) “AUTOSAR – Current results and preparations for exploitation”,

22) たとえば、個別サプライヤの標準化戦略については、徳田・林・佐伯（2009）、徳田（2007 b）、佐伯（2008）参照。

Euroforum conference May 3rd 2006

- Helmut, F. et al (2006): “Achievements and Exploitation of the AUTOSAR Development Partnership”, CTEA, SAE Convergence Congress, Detroit, 2006
- Kinkelin, G. (2008 a) “AUTOSAR Top Level Project View”, 1st AUTOSAR Open Conference & 8th AUTOSAR Premium Member Conference, October 23, Detroit, 2008
- * Kinkelin, G. (2008 b) “AUTOSAR on the Road”, CTEA, <http://www.autosar.org>
- * Mössinger, J. (2008) “AUTOSAR - The Standard for Global Cooperation in Automotive SW Development”, Automotive Technology Day 2008, Tokyo
Ritsumeikan International Affairs. Vol. 5
- Scharnhorst, T. (2005 b) “AUTOSAR - ein wichtiger Beitrag für die Automobilarchitekturen der Zukunft”, Vision Automobil, Handelsblatt Jahrestagung Automobiltechnologien 2005, Munich
- Scharnhorst, T. et al. (2005 a) “AUTOSAR – Challenges and Achievements 2005. Electronic Systems, Vehicles 2005”, VDI Congress, Baden-Baden, 2005
- Tokuda, A (2007) Standardization activity within JasPar: Initiatives of Renesas Technology,
- Tokuda, A (2009) “International Framework for Collaboration between European and Japanese Standard Consortia”, Kai. Jacobs, eds. *Information and Communication Technology Standardization for E-Business Sectors: Integrating Supply and Demand Factors*, IDEA Group Publishing
- 浅沼万里 (1998) 『日本におけるメーカーとサプライヤーとの関係 [関係特殊的技能] の概念の抽出と定式化』有斐閣
- 田村太一・徳田昭雄 (2007) 「車載ネットワーク・システムの発展: FlexRay コンソーシアム」『立命館ビジネスレビュー』vol.1
- 徳田昭雄 編 (2008) 『自動車のエレクトロニクス化と標準化』晃洋書房
- 徳田昭雄 (2007 a) 「車載電子システムの標準化と欧州のコンソーシアム」梶浦雅己編『国際ビジネスと技術標準』文眞堂
- 徳田昭雄 (2007 b) 「村田製作所の標準化戦略」『社会システム研究』第 15 号
- 徳田昭雄・林義弘・佐伯靖雄 (2009) 「カーエレクトロニクス市場におけるルネサステクノロジーの標準化戦略」『社会システム研究』第 17 号徳田昭雄 (2010) 「車載エレクトロニクス分野における欧州の産学連携拠点: カールスルーエ大学産業情報技術研究所」『社会システム研究』Vol.19
- 日経 BP 編 (2004) 『日経エレクトロニクス』10 月 25 日号
- 日本規格協会 (2003) 『対訳 ISO 17025 試験所・校正機関の能力に関する一般要求事項』日本規格協会