



コンピューティングの一元化はどこまで可能なのか

消費者が今日の自動車に求めるインテリジェントな機能の数は増大の一途をたどっています。このままでは、機能ごとに専用の電子制御ユニットを構築する手段を維持できなくなることは明らかです。機能ごとに専用の電子制御ユニットを構築した場合、過度な複雑化とコストの上昇を招き、消費電力や重量の増大につながります。何より問題なのは、非常に大きなスペースを占有することです。

そのため、OEM は可能な範囲でソフトウェア定義の機能を一元化されたコンピューティングに統合しようとしています。こうした上流方向への統合はどこまで可能なのでしょうか。このトレンドが続く場合、すべてのコンピューティング機能を 1 つの車載ユニット内で処理するようになるのでしょうか。

上流方向への統合が続いた場合でも、ある段階から集約化の制約となる重要な考慮事項が少なくとも 6 つ存在します。車両設計者は必要なボックス数を削減するメリットを最大限に活かしながら、これらの課題を考慮してアーキテクチャーを最適化する必要があります。

設計上の要因

どの程度上流方向へ統合を行うのが最適かは、車両モデルによって異なります。OEM は、アクティブセーフティ機能、快適性、利便性の機能、全体的な車両設計、消費者向け価格目標に関して、それぞれ異なる目標を持っています。そのため、どの車両の電気および電子アーキテクチャーにも、パッケージング、電源管理、コストなどの要因に関する固有の課題が存在します。言い換えると、「最適化」が意味するものが、OEM やプラットフォームごとに異なるのです。

ただし、一元化されたコンピューティングへ複数の機能を上流統合するには、設計者はベースモデルからプレミアムオプションまでのすべての機能レベルを対象に、一定の共通基準について検討する必要があります。

タイムライン

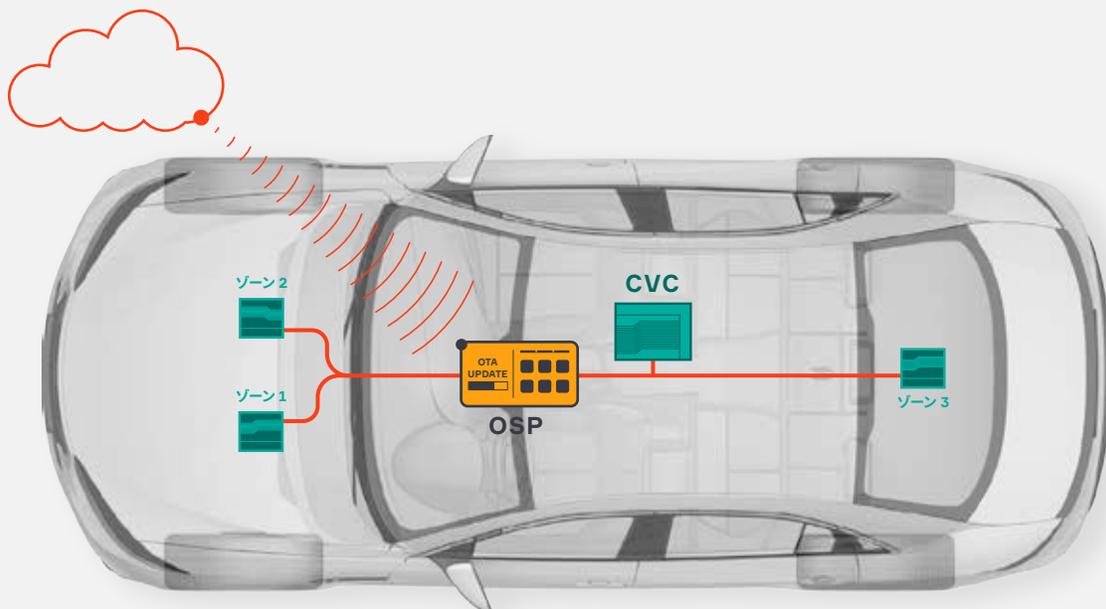
1 つ目の考慮事項は、さまざまな機能の更新タイムラインです。機能によってスケジュールに大きな違いがあります。

たとえば、OEM は車両のユーザーエクスペリエンスソフトウェアや先進運転支援システム (ADAS) を定期的に更新することを望むかもしれません。開発者は、消費者にこれまでと異なるエクスペリエンスを提供する新しいアプリケーションを開発したり、運転操作の判断を的確に行えるように既存のソフトウェアを改良したりして、必要に応じて何度でも OTA (Over the Air) でアップデートをプッシュするかもしれません。

その一方で、5 年以上にわたって大きな変更が見込まれないソフトウェア定義の機能も数多く存在します。室内外の照明、ウィンドウ制御、ドアロック、空調制御、警告灯、車両全体への配電を管理するパワーおよびボディコントローラーなどはその典型的な例です。

論理的および物理的な分離

オープンサーバープラットフォーム (OSP) およびセントラルビークルコントローラー (CVC) の**ソフトウェア**は、どちらも OTA (Over the Air) で更新できます。両者の違いは、OSP の高レベルなソフトウェアが急速に進化している一方で、CVC のソフトウェアは時間をかけて確立された機能を扱っているため、頻繁に変更される可能性が少ないことです。



Aptiv のスマートビークルアーキテクチャー™のアプローチでは、変更の少ない機能やまったく変更されない機能はセントラルビークルコントローラー (CVC) で処理し、更新頻度の高いソフトウェアはオープンサーバプラットフォーム (OSP) に配置します。このような分離を行うことで、より高機能なプロセッサが提供されるのに合わせて数年ごとに OSP ハードウェアそのものを更新し、今日のスマートフォンで提供されているエクスペリエンスに近いユーザーエクスペリエンスを提供することも可能になります。

また、CVC は、ドアの開錠、エンジンの始動、リアカメラの起動などのように、すばやく起動し、基本的なシグナリングを使って必要不可欠なシステムを速やかに稼働させるように設計されていますが、OSP は複雑なコードを立ち上げ、車載用イーサネットを使って他のシステムと情報のやり取りを行うのに時間がかかります。

スケラビリティ

2 つ目の考慮事項は、OEM が特定の車両プラットフォームの拡張をどの程度見込んでいるかです。つまり、OEM がエントリーレベルから高級モデルまでのすべての車両で共通の基本プラットフォームを利用することを計画している場合は、高級モデル向けに機能を増やすのに合わせて ECU を追加することができます。

同様に、OEM は当面の間は従来のアーキテクチャーをサポートする必要があるため、その設計上の判断がコンポーネントの上流統合を行う判断のタイミングに影響を及ぼします。

クリティシティ

3 つ目の考慮事項は、サポート対象の機能のクリティシティです。システムによって機能の安全要件が異なるため、これらのシステムを同じハードウェアに一体化した場合、効率性の低下につながる可能性があります。

たとえば、車両安定制御装置 (ESP) はアンチロックブレーキやトラクションコントロールなどの機能を制御し、車両の安定性を維持して安全な走行を支援します。このように、ESP はセーフティクリティカルであるため、ESP コントローラーは機能安全上の ASIL-D コンポーネントとして検証を行う必要があります。車載オ

ーディオシステムなどを制御するボックスに ESP を上流統合した場合、オーディオに対して軽微な更新を行うたびに、ASIL-D システムに求められる厳格なレベルでボックス全体を再度検証する必要があります。同様のことは、エアバッグコントローラーなどのすべてのセーフティクリティカルなシステムに当てはまります。

将来的には、仮想化テクノロジーによってシステムオンチップ (SoC) 上のシステムを複数の仮想マシンに論理的に分割し、機能ごとに専用の保護領域を用意して機能同士の干渉を回避できるようになり、ソフトウェアコンテナによって個々のアプリケーションを別々に更新できるようになるかもしれません。

Aptiv では、これらのテクノロジーをサポートし、設計者がソフトウェアを配置する場所を柔軟に選べるようになるためのミドルウェアの開発に取り組んでいます。

冗長性

4 つ目の考慮事項は、冗長性の必要性です。自動運転機能が一般的になるにつれて、車両に搭載されるセーフティクリティカルなシステムの数も増えていきます。これは、車両の走行する場所や速度を決定するのに関わるシステムの数が増えるためです。各コンポーネントには故障時に処理を引き継ぐバックアップも必要です。

これは、車両に搭載するコンポーネントを 2 つずつ用意するというものではありません。つまり、車両の同じゾーンで 2 つのゾーンコントローラーを使用したり、2 つの CVC や 2 つの OSP を使用したりするのではなく、いくつかの追加接続を設置するということです。

たとえば、前方左側のゾーンコントローラーで、前方右側のゾーンにある 1 つ以上のセンサーをサポートすることができます。また、その逆の組み合わせも可能です。こうすることで、いずれかのゾーンコントローラーが機能しなくなった場合に、前方左側または前方右側のセンサー機能が完全に失われることはなくなります。

同様に、CVC と OSP もお互いのバックアップとして使用することができます。OSP に問題が発生した場合、CVC のオーディオや快適性機能のような必須機能以外の機能をオフにして、車両が安全な状況になるまでの間、CVC のプロセッサで OSP の機能の処理を肩代わりすることができます。

このアプローチを容易にする新しい技術も登場しています。SoC には「セーフティアイランド」が導入され始めています。これは、主に ASIL-B 対応チップ上の ASIL-D 対応セクションです。この構成では、設計者は ASIL-B の 2 つの SoC にアルゴリズムを分散配置し、ASIL-D 部にあるスーパーバイザーアルゴリズムを使って両方の結果を照合確認してモニタリングできます。どちらかに障害の兆候が見られた場合は、ASIL-D 部でクリティカルな機能をもう一方の SoC に安全に切り替えることができます。設計にこの技術を幅広く取り入れるのには数年かかりますが、将来的に上流方向への入念な統合を行うことが可能になります。

スペース

5 つ目の考慮事項はスペースです。機能を集約化してボックス数を減らすことでスペースを削減できる場合がありますが、別の課題が生じることもあります。

たとえば、高級モデルの車両のドアには、自動ドアロック、ウィンドウ、サイドミラー、センサーなど、最大 30 の機能が搭載されています。これらの各デバイスを管理するコンピューティングを一元化した場合、これらのデバイスのすべての配線（通信線や電源/接地線など）をドア用グロメットを介してメインシャーシの一元化されたコンピューティングに接続することになります。このような大量の配線を行うのは無駄で、コストの増加につながるだけでなく、配線が損傷するリスクも高まります。

代わりに、各ドアにドアコントローラーを配置して、ドア内のセンサーと作動装置に電源を供給するとともに、各デバイスとの通信を処理することができます。この方法では、メインボディからドアコントローラーへ、電源と接地、信号の送受信、エアバッグ制御モジュール用の独立した配線の 5 つの配線を行うだけで済みます。

シートの場合には、シートコントローラーを使用します。多くの車両の 1 つまたは 2 つのシートには、12 または 14 通りのポジション制御に加えて、シートヒーター、シートベンチレーション、マッサージ機能が付いています。可動式のシートに太い配線の束を引き回すのは現実的ではありません。シートコントローラーをシート内部に設置して、配線の数を最小限に抑えるようにする必要があります。

ルーフについても同様のことが言えます。A ピラー内のスペースは非常に限られています。すでにエアバッグが組み込まれている場合は特にそうです。サンルーフや室内灯などのデバイスを制御するために、ルーフにいくつもの配線を引くのは容易ではありません。

処理能力と熱

6 つ目の設計上の考慮事項は、個々のプロセッサの特性です。車両内のすべてのコンピューティング能力を 1 つのチップに集約することが難しい理由の 1 つは、今日のプロセッサに 1 つのチップで車両全体を動かすだけの能力がないことです。ADAS だけでも OEM の要求は急速に高まっており、半導体開発が対応しきれない状況です。

さらに、処理能力の高い半導体は、膨大な熱を発生します。車両は周辺温度が高い環境などの過酷な環境下でも動かす必要があるため、こうした熱への対策を講じることが設計上の大きな課題になります。水冷は高コストで、ホース用のスペースも必要です。ファンを使ってアクティブ空冷を行うとノイズが発生します。また、ファンはいずれ故障する可能性があります。

可能な場合は複数のプロセッサを使用する方がはるかに容易で、処理能力の高いプロセッサを使用するよりも発熱が少なく済み、さらにヒートシンクのようなシンプルなパッシブ冷却ソリューションを開発する方がはるかに簡単です。

考えられる構成

これらの考慮事項に留意すると、次のように、12 個から 19 個という最適なボックス数が見えてきます。

- ドアコントローラー × 2 ~ 4
- シートコントローラー × 2
- ルーフコントローラー × 1
- ESP モジュール × 1
- エアバッグコントローラー × 1
- パワートレインおよびシャーシコントローラー (PCC) × 1
- CVC × 1
- OSP または ADAS コントローラー × 1 ~ 2
- ゾーンコントローラー × 2 ~ 6

ゾーンコントローラーの数は、車両に搭載されるセンサーと作動装置の数によって変わります。ベースモデルには2つのゾーンコントローラー（前部に1つ、後部に1つ）しかありませんが、完全な自動運転車には、車載レーダー、カメラ、ライダーのすべてを適切にサポートするため、6つのゾーンコントローラーが搭載されます。さらに、電気自動車では、DC-DCコンバーター、インバーター、車載充電器、バッテリー管理システムなどの高電圧コンポーネント用に独立した ECU が追加で必要になります。ただし、短期的には大半の構成に、3つのゾーンコントローラー（前部に2つ、後部に1つ）が搭載されると見込まれています。

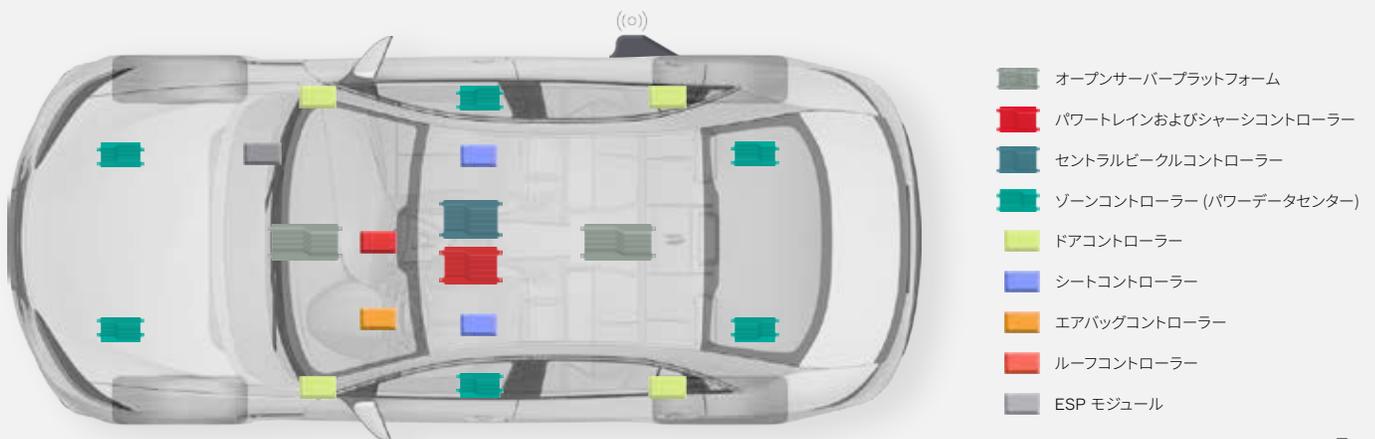
さらに集約化を進めることも可能です。エントリーレベルの車両の場合は、CVC の機能にユーザーエクスペリエンスと ADAS を組み合わせて1つのデバイスに一体化することでコストを削減できます。ただし、この仕組みは単一障害点となり、バックアップとして人間のドライバーが必要になるため、サポートできるのはレベル2の自動運転までです。別の方法として、PCC を CVC に上流統合することもできます。

制限要因はあるものの、車両に搭載される ECU 数を18個以下にすることは、今日の一部の車両に100個以上の ECU が搭載されているのとは大きな違いです。機能を複数のドメインコントローラーに上流統合し、ゾーンアーキテクチャーを採用することは、Aptiv のスマートビークルアーキテクチャー™のアプローチのような次世代型アーキテクチャーに向けた第一歩を踏み出す OEM に良い結果をもたらすはずで、OEM は車両の脳と神経系に関する Aptiv 独自の専門技術を活用することで、それぞれの車両の固有のニーズに最適な設計を実現できます。

成功のための構成要素

将来の車両では、さまざまな先進運転機能と優れた快適性/利便性機能を支えるのに必要な安全性と堅牢性を維持しながら、可能な限りコンピューティングが一元化されます。

高度に自動化された車両に搭載されると考えられるコントローラー:



著者について



Christian Schaefer

先進的車両アーキテクチャー担当バイスプレジデント

Christian Schaefer は技術的な専門知識を活かして、Aptiv のスマートビークルアーキテクチャー™のロードマップの進化と機能の豊富な高度に自動化された車両の実現に取り組んでいます。22 年超にわたって車両アーキテクチャーに携わり、高度な電気アーキテクチャーソリューションの開発 (車両制御、ボディおよびセキュリティ、インフォテインメント、アクティブセーフティ、コネクティビティ向けのネットワーク通信など) や、ケーブル素材やその他のエレクトロニクスハードウェアの開発において責任の大きな職務を担ってきました。Christian は領域横断的な開発アプローチによって、ハードウェアのさらなる最適化、サプライヤーや OEM での生産の自動化、およびソフトウェアデファインドビークルの基盤の形成に向けた可能性を開くことで、革新的な開発プロセスが実現し、消費者にこれまでとまったく異なる体験を提供できるようになると考えています。



Rainer Denkemann

車両 E/E アーキテクチャー担当ディレクター

Rainer Denkemann は、車両アーキテクチャーが自動車産業における新たなイノベーションの推進要因であると確信しています。20 年超にわたって最新の車両アーキテクチャーの定義に携わってきた経験から、コンポーネントレベルではなくシステムレベルでアーキテクチャーを最適化していくためには領域横断的なチームの存在が重要だと考えています。Rainer はこれまでのキャリアを通じて、初期の車両アーキテクチャーからドメイン中心のアプローチ、そして Aptiv のスマートビークルアーキテクチャー™のようなソフトウェアデファインドビークルを可能にするゾーンアーキテクチャーへの進化を支える新しいコンセプトと技術の開発を支援してきました。

詳細については、[APTIV.COM/SVA](https://www.aptiv.com/sva) をご覧ください →