

ゾーナルアーキテクチャ： 未来のクルマを実現するために



GREG AVERY : モレックス トランスポーターソリューションズ、ストラテジーディベロップメントマネージャー

JOSH DAWSON : グループプロダクトマネージャー

GUIDO DORNBUSCH : アドバンステクノロジーイノベーション、シニアディレクター

molex

自動車の世界は、今まさに革命を迎えようとしています。電動化推進の潮流よりさらに深い、例えて言えば一つの発電所をまるごと取り替えるような規模にも匹敵するような革命が起きつつあります。この変化は、クルマをはじめその他の車両の製造方法をまさに根底から変えるものになります。あらゆる面で、フォード氏が1913年に動く組立ラインを導入したのと同じくらいの、重大な変化が起きようとしています。

イノベーションによって、自動車業界は大きく前進しました。自動車メーカー各社は、安全性やパフォーマンス、同乗者の快適性の向上を目指し、自社の車両向けに新たなテクノロジーを次々と開発しています。この革新的技術のいくつかは自動車向け専用として開発されたものであり、その他はモータースポーツや航空宇宙業界で開発された技術を採用しています。今後、さらに別の分野で開発された先端技術も、自動車業界で大きな役割を果たすようになるでしょう。Dimensional Research社の協力の下、[モレックスとマウザーが実施した共同調査](#)では、自動車業界で働く専門家500名から様々な声を頂きました。回答者の約43%が、今後は、他の領域発の技術の飛躍的進歩が、自動車の新たな機能を実現し設計を変える主な牽引役の1つとなっていくだろう、と回答しています。その結果、未来のクルマは、多種多様で膨大な機能を搭載した、これまでにないほど高度化した乗り物になるでしょう。

新たなテクノロジーが採用される反面、この数十年の間、自動車の生産方法には大きな変化はありませんでした。最近の自動車は、車体価値の半分以上を電子部品が占め、さらに次々と新しい機能が追加されていますが、電子部品の接続に使用される技術はハードウェアやソフトウェアほど速いスピードで進化しているとは言えません。実際に、今回モレックスとマウザーが実施した調査では、回答者の57%以上が、次世代の自動車アーキテクチャを完成させるために克服すべき最大の障壁の1つには、自動車生産技術の問題があると指摘しています。

生産技術が次世代自動車開発の障壁になる原因は、現在の自動車生産が発展してきた道のりにあります。例えば現在、新しい機能やシステムは、既存の車内配線を基に開発され、既存の配線上に追加されています。各機能は、1個の新しいエレクトリックコントロールユニット (ECU) モジュールとして導入され、このECUには車両に接続するための専用配線を備えています。そのため、最新の車両では、100~150個のECUと付属のワイヤハーネスが必要になっています。新車の設計において、これらすべてのシステムを接続するためのスペース確保が困難になるだけでなく、配線要件の方も飽和状態に近づいてきています。

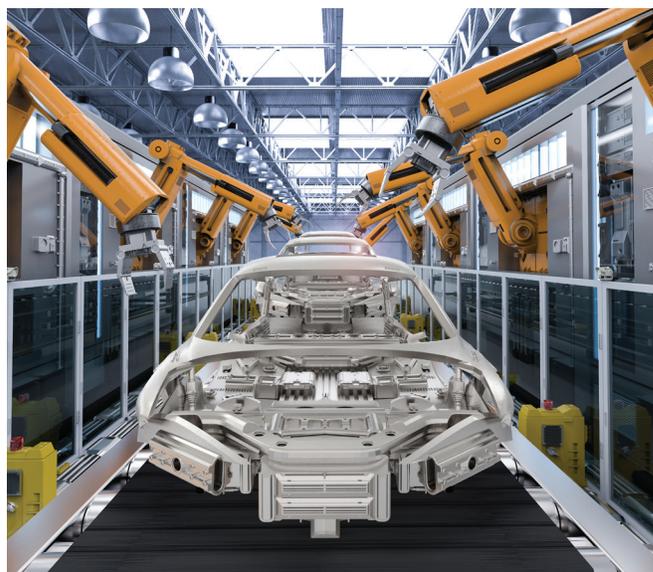
高度な最新コンポーネントの搭載数は、長年かけて少しずつ増えてきたもので、結果として、ワイヤハーネスの配線は複雑化しています。まるで雪玉が斜面を転がり落ちながら太っていくように、今やケーブルハーネスは、自動車の製造において最も複雑なコンポーネントとなっています。

最新のケーブルハーネスは、電源、データ、制御信号を車両全体に送達する役割を持ち、複雑な外観からもわかるように生産にはかなりのコストがかかります。自動車産業では高度に自動化された生産ラインの導入が進んだとはいえ、ケーブルハーネス等の一部の車載システムでは、大部分が人の手で生産されているものがあります。このことは、メーカーにとっていくつかの重要な結果をもたらします。

手作業による組み立てには高いコストがかかりますが、特に大型化、複雑化した自動車用のワイヤハーネスの組立には、特に高額なコストを要します。手作業は、品質にも大きく影響します。自動車製造ロボットを生産ラインの導入する主なメリットの1つは、品質管理に優れている点です。ロボットは、ほぼ完璧な精度で作業を繰り返すよう設計されています。

しかし現在、それらのロボットは、複雑で柔らかい自動車用のケーブルハーネスの生産には使用されていません。例えばワイヤハーネスは、剛性が低く、しなる、ねじる、自由に動くといった性質を持つため、ロボットで加工することは困難です。

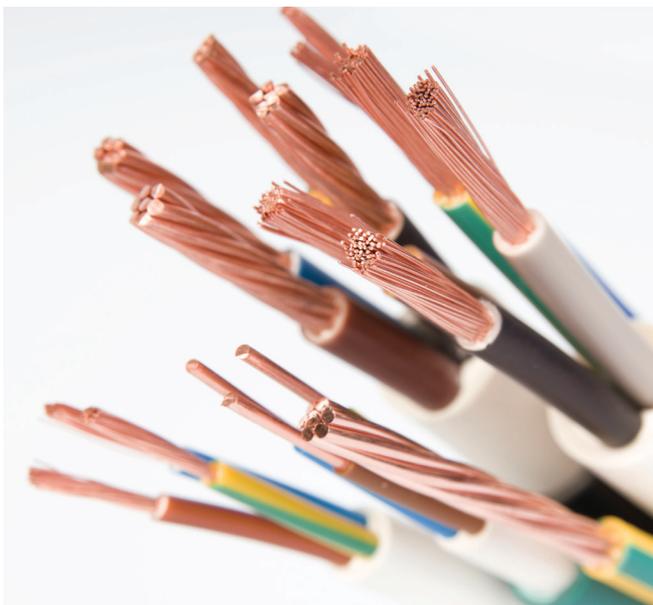
1台の自動車には、数キロメートル分のケーブルと数百個のコネクターが搭載されているのですが、保証修理が必要になる故障の多くが、ワイヤハーネスが人の手で組み立てられているために生じています。保証修理には材料コストの負担やメーカーの評判の低下といった悪影響を伴い、軽く見積もって済むものではありません。



雪玉が斜面を転がり落ちながら太っていくように巨大化して、車両のかなりの部分を占めるケーブルハーネスは今や、自動車製造における最も複雑なコンポーネントとなっています。

銅ケーブルもまた、特により小型で効率的な輸送が推奨される場面において、自動車の性能を左右する重要な役割を担っています。銅ケーブルを大量に使用すると重量がかさみ、自動車およびその他車両の航続距離やパフォーマンスの抑制要因になります。

自動車業界で新しいテクノロジーが採用されるのに伴って、次世代のクルマにはより多くの電氣的接続が求められるようになるでしょう。安全性とユーザー体験向上を目指す自動車メーカー各社は、最新の5G無線通信技術の活用に積極的です。クルマは初めて、他の道路使用者や交通管制インフラとの間でも情報を共有する動的なネットワークに入ろうとしています。これが果たされたとき、移動はもっと安全で効率的なものになる可能性があります。車車間・路車間 (V2X) 通信として知られるこのテクノロジーでは、クルマに搭載されるセンサーやコントローラの数が増え、これまでよりも大きなコンピューティングパワーを要求されるようになります。



81%

レベル4の自動運転は今後10年でスタンダードになると考えるケーブル配線とパフォーマンスへのプレッシャー増

自動運転あるいは「自律走行」する自動車への移行において、この車載コンピューティングは重要性をさらに増していくでしょう。[モレックスとマウザーが共同で実施した調査](#)によると、調査に参加した業界関係者の81%が、今後10年以内にはレベル4の自動運転機能がスタンダードになるだろうと回答しています。現在、すでに先進運転支援システム (ADAS) が、高度な路上安全ソリューションを提供しています。他の道路使用者との相互のやりとりは、周囲情報を最小限の遅延時間内に収集、分析、動作するシステムによって処理されます。

このような革新的技術は、代替エネルギーへの移行と同時進行で進んでいます。すでにハイブリッド車が一般的ですが、多くのメーカーが、最終的には内燃エンジンを動力源とした車両の生産を終了させると宣言しています。バッテリー電源や水素燃料電池は、未来に向けたサステナブルなエネルギー源とみなされています。動力源としての電気と高速通信は、次世代自動車におけるケーブルハーネスの必要量をさらに増やしていくことになるでしょう。自動車メーカー各社はこれを、車両をいかに設計し、生産するかという根本的な問題に取り組む機会と捉えています。

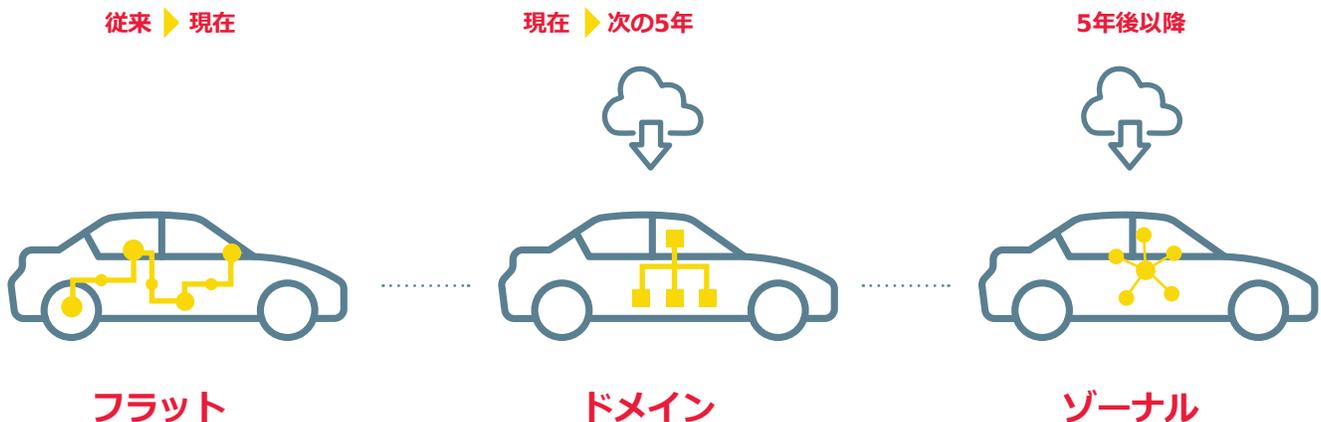
大手自動車メーカー各社は、過去数十年分における自動車生産の経験を持っています。つまり、大手メーカーが生産する自動車のアーキテクチャは、長い年月をかけて新しいシステムを追加しながら育ってきました。車載デバイスからECUそして車両への接続は、新たなデバイスが出来るたびに計画なしに追加されたため、車両の配線構造は重なり合った複雑なものになっています。結果的に、車両上の配線構造は「フラット」な構造となり、きわめて複雑に絡み合い重ね合わされた結果、ケーブルの量は膨大となって、その組立工程は非効率で労働集約的なものになってしまっています。

このようなフラットな構造は、自動車業界が求める未来の新しいシステムには適応できません。多くのメーカーが、より立体的なアーキテクチャに移行していますが、このようなアーキテクチャ設計をドメイン型と呼びます。このアーキテクチャでは、自動車のシステム構造を機能別にグループ化した上で、車両全体を制御します。パワートレイン、セーフティシステム、インフォテインメントといったドメインごとに専用のコントローラを持ちます。そしてドメインコントローラ同士がゲートウェイを介して通信し、全車で統一されたシステムを構成します。

ただし、ドメインの機能別によるグループ化では、まだ完全には大量のワイヤハーネスの問題を解決できません。単一ドメインの段階ではまだ、車両全体に多種類のデバイスが散在し、個々のデバイスからコントローラへの個別接続が必要です。古いアーキテクチャよりも未来の自動車になじみやすいとは言え、このドメイン型によるアプローチは未来向けの理想的なソリューションからはほど遠いのです。しかしながら、自動車の全体的な機能だけでなく、自動車の組み立てやアップデート、メンテナンスの方法までも変える、自動車のまったく新しい電子制御方式につながる一歩を担っている方式であることは間違いありません。

古いアーキテクチャよりも未来の自動車になじみやすいとは言え、このドメイン方式は未来向けの理想的なソリューションからはほど遠い。

アーキテクチャの進化



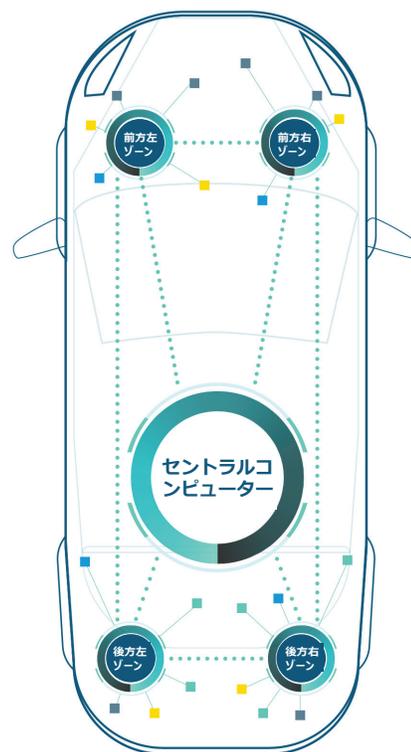
ゾーナルアーキテクチャとは、自動車の新たな電子制御方式に付けられた名前です。車載システムが機能別にグループ化されるドメインアーキテクチャに対し、ゾーナルアーキテクチャは、さらに効率的なソリューションを提供します。車両内の各機能は、場所ごとに、複数のゾーンに分けられます。車両をいくつかのセクションに分けてゾーン単位でデバイスを制御するのですが、各ゾーンには個別のコントローラつまりゲートウェイが搭載されています。ゾーンゲートウェイは、制御対象のデバイスとの距離が近いいため、配線距離は短くて済みます。

各ゾーンのゲートウェイは、車両の中心にあるセントラルコンピューティングクラスタに接続されています。このアーキテクチャの重要な違いの1つが、ゾーンのゲートウェイと中央コンピューター間の通信が、自動車のケーブルハーネス接続によるものではなく、コンピューターネットワークに似た通信形態となっている点です。結果、ゾーン間の通信は、小型の高速ネットワークケーブルを介して実行できるため、車両内に配線するケーブルの本数も寸法も、大きく削減することが可能になります。

この新しい手法では、開発されたばかりの高性能プロセッサと高速通信を利用しますが、いずれも、要求されるデータ処理量が格段に増える次世代の車両にとって、必要不可欠なテクノロジーです。最新のADASおよび自動走行システムでは、自動車の目や耳の役割を果たす各種センサーが、かつてないほど大量の情報を生成し、車両はこの情報を高速で処理しなければなりません。未来の車両ネットワークの通信速度は、1秒あたり10ギガビット (Gbps) 以上になるとみられています。ゾーナルアーキテクチャを搭載した自動車には、ハイエンドのデスクトップコンピューターと等しい高い処理性能が要求され、これが未来の自動車が「走るデータセンター」などと呼ばれる所以となっています。

設計者は、車両における配線のコンセプトを考え直しながら、車両の電源回路の見直しも同時に進めています。1つ1つのデバイス、モーターやセンサー、ECUには、電源が必要です。従来の自動車の電源には12Vが使用されていますが、設計者は今、最大で48Vまでの高電圧電源の採用も検討しています。電圧を高くすると、デバイスに同量のエネルギーを送達するための電流値を下げることができます。高電流を流すためにはゲージ数の大きな電線が必要ですが、新しいアーキテクチャでは電流値を下げることで、同様にこの電源ケーブル寸法も小さくすることが可能になります。

ゾーンゲートウェイとセントラルコンピューターの通信は、自動車のハーネス構成よりもむしろコンピューターネットワークに似ている。



様々な利点を持つゾーナルアーキテクチャは、 自動車のデザインそのものも完全に変わってしまうでしょう。

様々な利点を持つゾーナルアーキテクチャは、自動車のデザインそのものも完全に変わってしまうでしょう。自動車の制御をゾーン型に変えることの最大の要点は、本数が膨大で配線距離も非常に長い、複雑なケーブルハーネスからの解放です。デバイスのゲートウェイとの接続に関しては、デバイス付近で接続可能なため、配線距離は最小限に抑えられます。ゲートウェイはデータ処理用のハブとしてだけではなく電源も通す配電モジュールでもあるため、データ用とパワー用ケーブルの両方の配線長を短くすることが可能です。

ゾーンのゲートウェイとセントラルコンピューティングクラスタ間の通信リンクは、おそらく数本のツイストペア線を使用した高速ネットワーク接続でまかなえるでしょう。安全性が特に重要なシステムに必要な冗長性さえも確保しながら、車両に必要な銅線の本数も大幅に少なくすることができます。

自動車の生産にも、大きな影響が及ぶと考えられます。銅線の使用量が少なくなるだけでなく、ケーブル自身も細くなることで、ケーブルハーネスの取り付け作業も大幅に簡素化されます。ハーネスは、自動車の中をくまなく這わせるものではなく、モジュールを取り付けるような形でゾーン単位で搭載することが可能になります。新たなケーブルシステムは重量も軽量化されるため、電気自動車の航続距離を延ばす、動力性能を向上する等、自動車の効率にも良い影響をおよぼしてくれます。

このような機能のモジュール化によって、標準化も新たな時代に入ります。自動車の型式ごとに、あるいは同型でも搭載オプションが異なる場合にはオプションごとに専用のワイヤハーネスが必要な現在のアーキテクチャに対し、ゾーンアーキテクチャで使うハーネスは汎用性が高いものになります。自動車の型式が異なっても、セントラルコンピューティングクラスタとゾ



ーンゲートウェイ間の接続形態は変わらないため、モジュールを後付けするように新しいデバイスを後から搭載して、クルマのバリエーションを出していく、というイメージです。

このような柔軟性の元となるのが、ゾーナルアーキテクチャを基にソフトウェアが自動車を定義するクルマ(ソフトウェア・ディファインド・ビークル: SDV)を動かしている、セントラルコンピューティングクラスタです。従来の、1つの機能のみを実行するよう設計されたECUとは異なり、ソフトウェアで動かす機能であれば、ゾーンゲートウェイを調整したりアップデートしたりすることで新たな機能を追加することができます。ゾーナルアーキテクチャが実現すれば、このように機能を効率良く自動車に搭載していくことが可能になるのです。センサーやモーターといった個々のコンポーネントは、プラグアンドプレイで簡単に交換できます。これにより自動車の修理やアップデートは、工場に入庫して複雑な作業をしなくても、自動車ディーラーで容易に行えるようになります。一部のメーカーではすでに採用されていますが、車両が5Gセルラー通信ネットワークにつながることで、システムのリモートアップデートも可能になります。



ゾーナルアーキテクチャを自動車設計に組み入れることについては、検討が急がれますが、このアーキテクチャの実装にはいくつかの課題もあります。まず、自動車の使用環境は、特にゾーナルアーキテクチャで採用される繊細な電子部品をはじめとする各種コンポーネントにとって、過酷な環境です。日常的な条件だけを考えてみても、雨、風といった天気の変化や、路面の泥や塵に常にさらされます。これと合わせて、消費者は自動車にこれでもかというほどの高い信頼性を求めます。ドライバーは、ちょい乗りでも遠距離ドライブでも、常時すべての機能がわずかの狂いもなく機能することを期待します。

自動車に搭載されている電子部品、特に機能と信頼性を長期間維持することが求められる高速データ接続用部品にとって、日々衝撃や振動にさらされることはたいへんな試練です。データ伝送速度が1 Gbpsを超えると、振動によって生じた瞬間的な接続の遮断も、大量の情報の喪失につながります。安全機能に欠かせないアプリケーションで接続が失われると、大惨事につながるおそれがあるため、コネクタの設計においては振動リスクの克服が不可欠です。最終的に、セントラルコンピューティングクラスターのアーキテクチャには、現在走っている自動車に搭載されているコネクタの何倍もの高速で接続する機能を備える、と同時に振動にも耐える、多種類の基板対基板用コネクタソリューションが必要になります。

コネクタは高速接続機能と同時に、振動への耐性も備えなければならない



ゾーナルアーキテクチャの実装では、コネクターの設計が重要な役割を担います。自動車が直面する環境面での課題と、期待される性能レベルを考え合わせると、既存の自動車用コネクタソリューションではゾーンシステムに十分に対応しきれないことがわかります。デバイスとゾーンゲートウェイ間の接続には、タフな路面コンディション下でも電源と高速信号の両方を伝送可能な、新世代のハイブリッド型あるいは混成型と呼べるようなコネクタが必要です。1個のコネクタに実装される機能の数が増えれば、コネクタの接続作業が必要な箇所が減り、ハーネスの取り付け作業はかなり楽な作業になるでしょう。

セントラルコンピューティングクラスタ用のコネクタは、従来型の基板対基板型ソリューションよりもはるかに高い復元力を備えつつ、ピン数を増やして電源も供給可能なコネクタとする必要があります。生産工程の簡素化と容易なアップグレードの両方を叶えられる、付け外しが簡単なモジュールを使用できるような、標準化された設計も必要になってくるでしょう。

ADASおよび自動運転システムについては、消費者と規制当局が必要とする安全性のレベルを確認するため、様



々な面から十分な検討や精査が進められていくものと考えられます。これに応じて、コネクタの設計も、現在の商用あるいは消費者向けアプリケーションでは滅多に求められることのないような、高水準の品質基準を満たす必要も出てくるでしょう。この新しいテクノロジーの採用に対しては、政府方針が最大の障壁になる可能性もあります。[モレックスとマウザーが実施した調査では](#)、業界関係者の3分の1近くが、自動運転車に関して政府側から出てくる新たな規制が、走るデータセンターとしての自動車の未来を現実にするために克服すべき、大きな課題になるであろうと回答しています。

世界の自動車メーカーの中で、ゾーナルアーキテクチャをリードするのはどのメーカーか？

この新たなテクノロジーの採用においても、各自動車メーカーによって異なってくるでしょう。ヨーロッパやアメリカおよび日本のメーカーであれば、自社が持つ膨大なリソースを新たなソリューションの開発のために活用することもできますが、製品ポートフォリオや確立された生産プロセスが既にあるということは、新しいテクノロジーの迅速な採用が難しいことを意味します。このようなことは、多くのスタートアップ企業にはあてはまらず、彼らは既存の有名メーカーが持っているような業界での影響力は持ち合わせていませんが、その分、既存の顧客や設計哲学に縛られることなく目の前の課題に取り組みやすいと言えるでしょう。

このような、精神的にも物理的にも既存の枠組みとは無縁のスタートアップは、多くが中国に拠点を置き、セルラーおよびネットワーク通信市場でこの国にある豊富な専門知識を活用して、未来の自動車のためのソ

リユースの開発を行っています。ハードウェアの標準化に関しては、地域的な位置の影響も大きいでしょう。アメリカ合衆国では、新しい自動車技術にはUSCAR規制を適用する必要があり、ヨーロッパのメーカーではLV214規格が改訂される可能性があります。中国のメーカーがどのような方針を採るかは、まだ不明です。

多くの大企業は、生産台数の少ない高級車からゾーナルアーキテクチャを導入することを選択しています。歴史の浅いメーカーの中には、ゾーナルアーキテクチャを実装した新たな車種を立ち上げ、業界で力のある親会社の傘の下で余裕のある新車種開発を行っているところもあります。ゾーナルアーキテクチャの実装で、どの自動車メーカーがトップに立つのかは、EV用の充電ステーションや5Gといったインフラ整備に関する各国政府の方針にも、ある程度影響されると考えられます。例えばBloombergによると、電気自動車の需要が高まると予測した中国は、2020年末までに公共充電ステーションを80万か所設置しています。一方で、同時期までに、ヨーロッパには35万か所以上、米国には9万か所弱の充電ステーションが設置されています。[モレックスとマウザーが共同で実施した調査](#)では、回答者の3分の1以上が、このようなインフラへの投資の不足が新しい自動車技術の進歩の足かせになるのではないかと感じている、と回答しています。

自動車業界における新しいテクノロジーの受容という点では、消費者の需要も極めて大きな役割を果たします。充電ステーション数が世界トップクラスの中国では、高級車ブランドの需要が旺盛です。したがって中国と、中国同様に成長に勢いのある市場が、新しい自動車テクノロジーの成長の中心となると考えられます。顧客個人のレベルで、ゾーナルアーキテクチャを搭載しているからこのクルマを選ぼう、と判断する可能性は低いものの、このアーキテクチャが対応している各種機能は、彼らの購買判断に影響するでしょう。[この先5年程度の消費者行動にはプロセッサの高性能化が最も強く影響するだろうというのが](#)、モレックスとマウザーの調査に回答した業界関係者に共通した見解です。43%が、クラウドコンピューティングが必須、35%が、車両の外との接続性が今後の消費者の動向を左右する最大要因になると回答していますが、これら2つのテクノロジーはゾーナルアーキテクチャで実現されるものです。

新しいテクノロジーが今後どのような形で車両に搭載されるようになるかは、新世代のユーザーの自動車の利用目的にも影響されると考えられます。長く自動車を所有してきている比較的上の世代の人は、今後も自分の車を購入したいと考えるでしょうが、若い人では、自動車を所有せずサービスとして利用する (TaaS) ことで、自動車を所有する負担を減らしてモビリティの多様化が進むことへの関心が高くなっていくでしょう。ゾーナルアーキテクチャという柔軟なアーキテクチャを採用することで、ユーザーのタイプに応じて、車を完全に所有するか、走行距離に応じて使用料を払うかといった選択もしやすくなるでしょう。



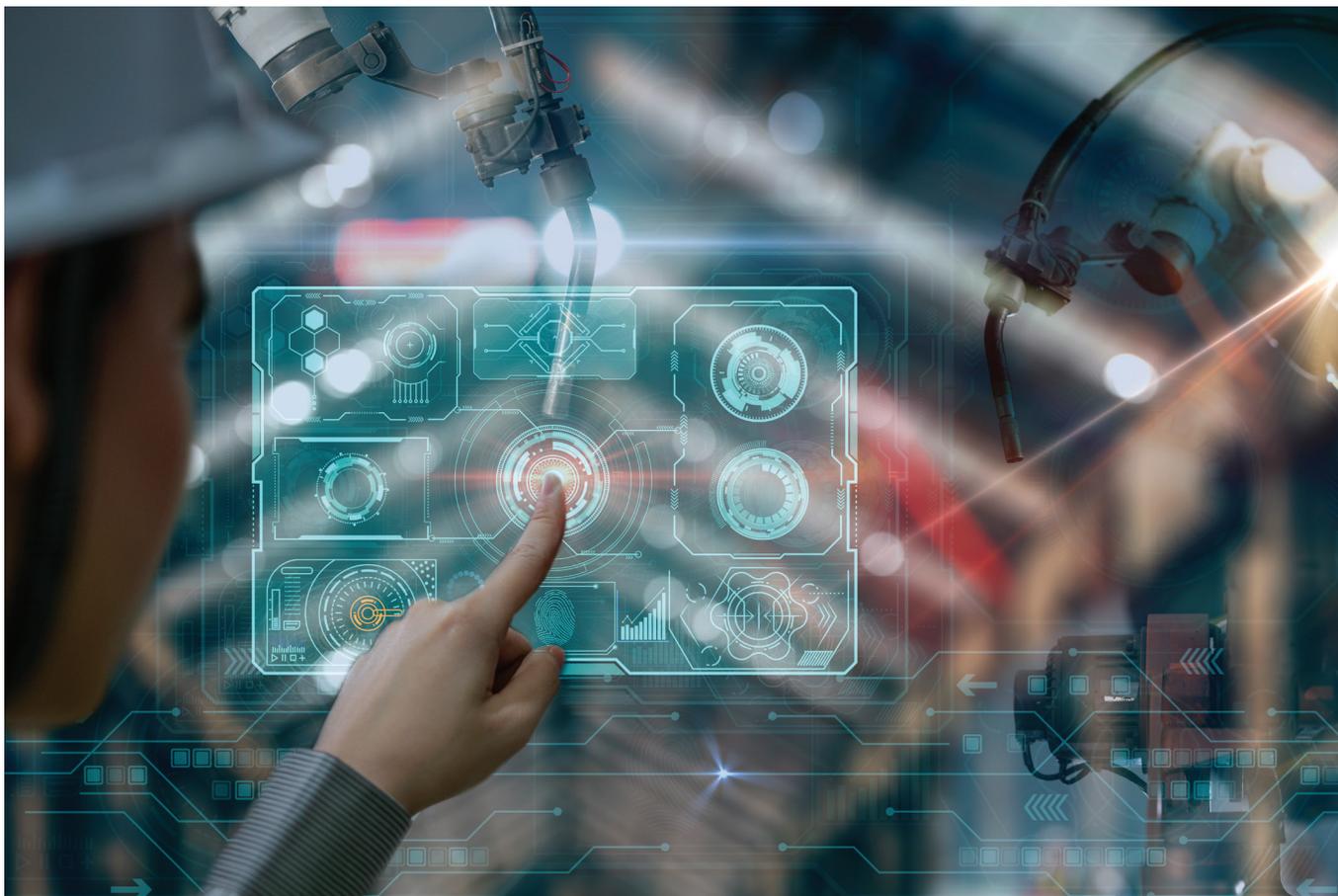
43%

クラウドコンピューティングが重要になる



32%

自動車の外との接続性が今後の市場を左右する大きな要因になる



ゾーナルアーキテクチャへの移行を牽引するのはソフトウェアですが、メーカーの立場からは、このコンセプトを現実化するためには物理的な構造も大きな要素となります。組立の簡素化、軽量化、最先端のモジュール化等はゾーナルアーキテクチャが未来の自動車の生産の現場にもたらすメリットの一部に過ぎません。未来の自動車の設計において、コネクタの存在は重要であり、モレックスではすでに、世界トップクラスのシグナルインテグリティを実現する自社技術を活かして、ハイパワー&ハイスピードのソリューションをこの新たなオートモティブ市場に届けるため、様々な分野の企業と自社ビジネスユニットとの協働を進めています。

弊社が最も注目しているのが、ロボットによる組み立てが可能なコネクタの開発です。ゾーナルアーキテクチャ対応の装置が進歩しても、コネクタを自動組立に対応させない限り、ケーブルやコネクタの取り付けは手作業のままになってしまいます。モレックスは自動車向けコネクタに関する数十年の経験を活かし、ロボットによるハンドリング上の問題を解決してきました。現在弊社では、自動組立向けに設計したコネクタ製品群を展開しています。

結論

ゾーナルアーキテクチャは自動車生産を根本から変えるものです。メーカー、ディーラー、ユーザーにもメリットを提供し、自動車業界がADAS、電動化、シェアリング、TaaSといった未来の様々な移手段を提供していくための下地となるものです。

このような様々なメリットは、コネクタメーカーに解決すべき課題も提供します。自動車業界に求められる信頼性や安全性を確保しながら、電源供給と高速データ通信を可能にする、コネクタソリューションを開発する必要があります。



技術的専門知識



自動車業界の経験



世界各地の拠点

モレックスにはコネクタに関する経験、自動車に関する経験、そして世界各地にゾーナルアーキテクチャ向けコネクタソリューションの開発拠点があります。モレックスは、さまざまな要件を満たし、求められる以上のものを創り出し、未来のクルマづくりに貢献します。

自動車のゾーナルアーキテクチャへの移行をサポートする弊社ソリューションの詳細については、弊社担当までお問い合わせください。今後発売を予定しているハイブリッドコネクタソリューションの詳細は、リンク先をご覧ください。<https://www.japanese.molex.com/molex/products/family/mxdash.html>.