



PCIe®は次世代の運転支援と自動運転の鍵 Daniel Leih (Product Marketing Manager)

自動車データ ネットワークのレイテンシ、帯域幅、相互運用性、消費電力はいずれも自動運転の安全かつ効率的な運用に不可欠であるため、PCIe®(PCI Express®)は次世代の運転支援プラットフォームの鍵となります。

2024年5月、Alphabet傘下の [Waymo社は、米国の3つの都市で250台のロボタクシーが週に5万回の有料走行を実施していると発表](#)しました。このレベル4の自動運転には、周囲の状況を把握するために1台につき29個のカメラ、6個のレーダーセンサ、4個のLiDARセンサが搭載されています。これらのセンサが生成するデータは毎秒1.2GBを超え、それを可能な限り最小のレイテンシで送信し、処理する必要があります。同時に、Waymo社は他の多くの企業同様、自動運転トラックにも多額の投資を行っています。米国内での物流および農産物輸送コスト削減を実現できる点がこの技術革新を後押ししています。

自動運転が扱うデータ量について考えてみると、米国の平均的な通勤時間である27分間に2テラバイトのセンサデータが生成され、その全てのデータは可能な限り高速に送信および処理される必要があります。そのため、低レイテンシかつ広帯域幅のデータネットワークが必須となります。

Waymo社は現在、実現可能な技術の最先端にいると考えられますが、[マッキンゼーの予測](#)によれば、2035年までには、販売される新車の4分の1が高速道路の自動運転機能(レベル4)を搭載し、3分の1以上が市街地自動運転機能(レベル3)を搭載するようになることが示されています。

これは重要な動向です。NHTSA(米国運輸省道路交通安全局)がよく引用する[重大事故の94%が人為的ミスによるもの](#)という統計は誤りであるとしても、米国では交通事故によって毎年4万人が命を落としています。2022年に英国と欧州で実施された最近の研究では、ADAS(先進運転支援システム)の使用によって[事故件数が24%減少する](#)事が示唆されています。また、米国の[AAA\(アメリカ自動車協会\)](#)の調査では、6つの主要なADAS技術を導入する事で、衝突事故の40%、負傷の37%、衝突事故による死亡の29%を防止できる可能性があることが示唆されています。つまり、米国のみで年間約11,000人の命を救える可能性があるという事です。

現在、一部の事業用車両は例外的に整備がよく行き届いていますが、今後何百万台という車両がユーザーによって整備されるようになるにつれ、センサの信頼性(冗長性)の必要性は大幅に高まるでしょう。

同時にセンサの解像度も向上するため、生成されるデータ量は大幅に増加すると思われます。これまで、開発の焦点はプロセッサ自体と、データを解釈するために必要なセンサフュー

ジョン処理を可能にする速度の実現に置かれてきました。しかし、重要なのは、そのデータをどうやって中央の AI(人工知能)プロセッサに転送したり、AI プロセッサ間で転送したりするかです。

車載データ ネットワークは、自動運転において最も安全性が重視される構成要素の 1 つであると言っても過言ではありません。しかし、自動車業界で使われている従来の通信インフラストラクチャや規格(Ethernet、CAN(コントローラ エリア ネットワーク)、SerDes)の多くは限界に達しつつあります。車載データ ネットワークに求められる要件を考えると、これらのプロトコルは、ADAS や自動運転に AI や機械学習を組み込むために必要な HPC(高性能コンピューティング) プラットフォームのニーズを満たすのに適したもので補完する必要があります。

ネットワークのレイテンシ、帯域幅、相互運用性、消費電力の全てが自動運転の安全かつ効率的な運用に不可欠です。そのため、PCIe®(PCI Express®)は次世代の運転支援プラットフォームの鍵となります。実際、PCIe 規格は Waymo 社等の自動運転業界のリーダーだけが採用しているわけではなく、データセンター等、同様の課題に直面している分野においても採用されています。

PCIe 規格

自動車と同様、AI およびハイパースケール データセンターでは、レイテンシの悪影響を受け過ぎずに大量のデータを送信する必要があります。サーバを接続するだけでなく、ストレージ、ネットワーク、I/O 周辺モジュールも接続する必要があります。これを実現するため、これらの施設ではポイントツーポイントの双方向バス規格である PCIe が使用されています。

こうした背景から、PCIe バスは既に高性能プロセッサに搭載されており、16 の並列レーンによる送信でさらなる帯域幅の向上を実現しています。PCIe 規格は現在第 6 世代で、2025 年には第 7 世代がリリースされる予定です。

自動車産業におけるデータ転送の需要は現時点では AI データセンターのレベルには達していません。そのため、車載アプリケーションでの使用に向けたロードマップは、SoC メーカーとネットワーク機器メーカーのどちらにおいても、2030 年までは PCIe Gen4 に焦点を置き、それ以降は Gen5 への移行を予定しています。このアプローチにより、帯域幅とコストのトレードオフを最適化しながら、高度な自動運転プラットフォームに必要な高速データを処理できるようになります。

機能	CAN FD	100BASE-T1	1000BASE-T1	10GBASE-T1	SerDes	PCIe 4.0 (16 レーン)	PCIe 5.0 (16 レーン)
帯域幅	5 Mbps	100 Mbps	1 Gbps	10 Gbps	レーンあたり最大 28 Gbps	32 GBps	64 GBps

コスト	低	低	低	中	中～高	中～高	高
送信距離	40 m	15 m	15 m	15 m	1 m	0.5 m	0.5 m

図 1: 主要な車載データ送信プロトコルの帯域幅、送信距離、コストの比較。Note: PCIe の単位は GBps (1 バイト = 8 ビット: それぞれ 256 Gbps/512 Gbps に相当)

エコシステム

自動車 OEM は、特に SWaP-C(サイズ、重量、電力、コスト)要素の制約を受けます。データセンターと同様、膨大な帯域幅を必要とするタイム クリティカルな通信には PCIe が使用される一方で、それ以外の(クリティカルでない)データには Ethernet が使用されるため、車載ネットワークでもコストと性能のバランスを取るために複数の送信プロトコルを実装する必要があります。これは PCIe が Ethernet、SerDes、CAN と併用される可能性が高い事を意味していません(図 2)。

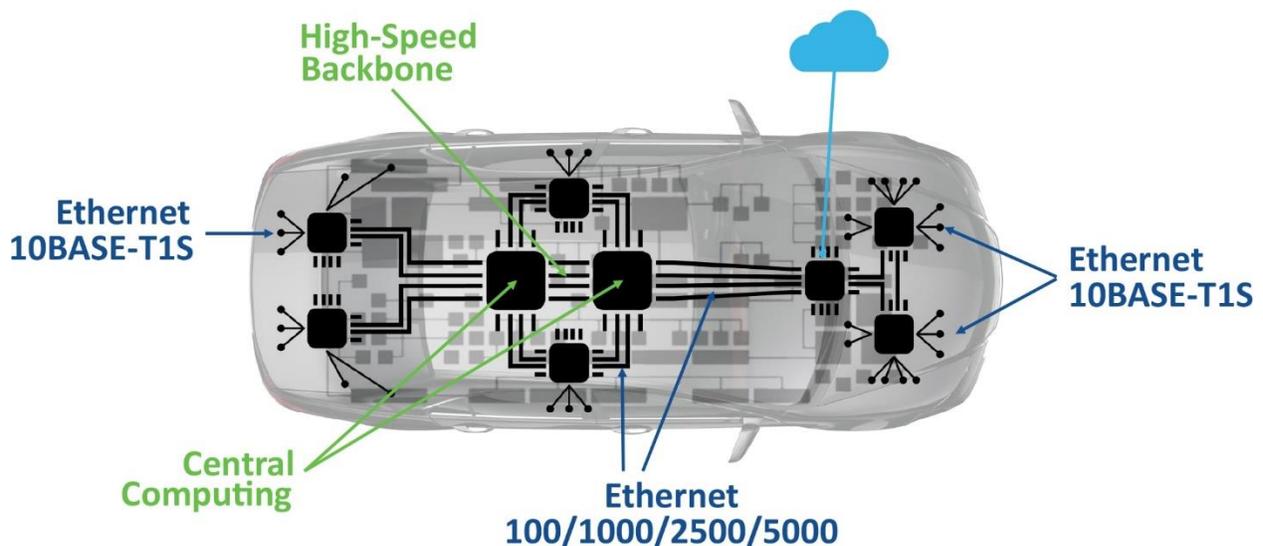


図 2: 自動車は今や走るデータセンターとなりつつあり、SWaP-C の要素のバランスを取る必要があります。そのため、中央プロセッサ間の短距離での大容量かつタイム クリティカルな通信には PCIe を使い、センサとエッジプロセッサ間の接続には Ethernet/SerDes が使われます。

このアーキテクチャにより自動車の SDV(ソフトウェア定義型自動車)化も実現可能になります。SDV では、クラウドからの無線アップデートによって各種機能をアップグレードでき、販売後の追加機能購入も可能です。これは既に Tesla 社によって実施されており、自動車 OEM



に新たなアフターセールスの収益源を生み出すだけでなく、[少なくとも数十億ドル規模のリコールを防ぐ](#)効果がある事が示されています。

車載 PCIe の実装

Ethernet とは異なり、車載用の PCIe 規格は存在しませんが、だからと言って PCIe 規格をセーフティクリティカルなアプリケーションに適用できないわけではありません。同様に、航空宇宙用の PCIe 規格は存在しませんが、PCIe プロトコルは航空用電子機器や防衛 OEM から高い信頼を得ています。そのため、シリコンベンダーは特に過酷な車載環境で使われる PCIe 製品を開発しています。

PCIe の車載認定取得は実現可能であり、Microchip 社では業界初の Gen 4 車載認定済み [PCIe スイッチ](#) (Switchtec™ PFX、PSX、PAX ファミリ) を発表しました。これらの製品は、ADAS アーキテクチャに求められる分散型のリアルタイムでセーフティクリティカルなデータ処理に適した高速相互接続を提供します。

また、Microchip 社では NVMe® コントローラ、NVRAM ドライブ、リタイマ、リドライバ、タイミングソリューション等の PCIe ベースのハードウェアに加え、フラッシュベースの FPGA および SoC も開発しています。

これらの PCIe 技術の詳細は [Microchip 社のウェブページ](#) をご覧ください。