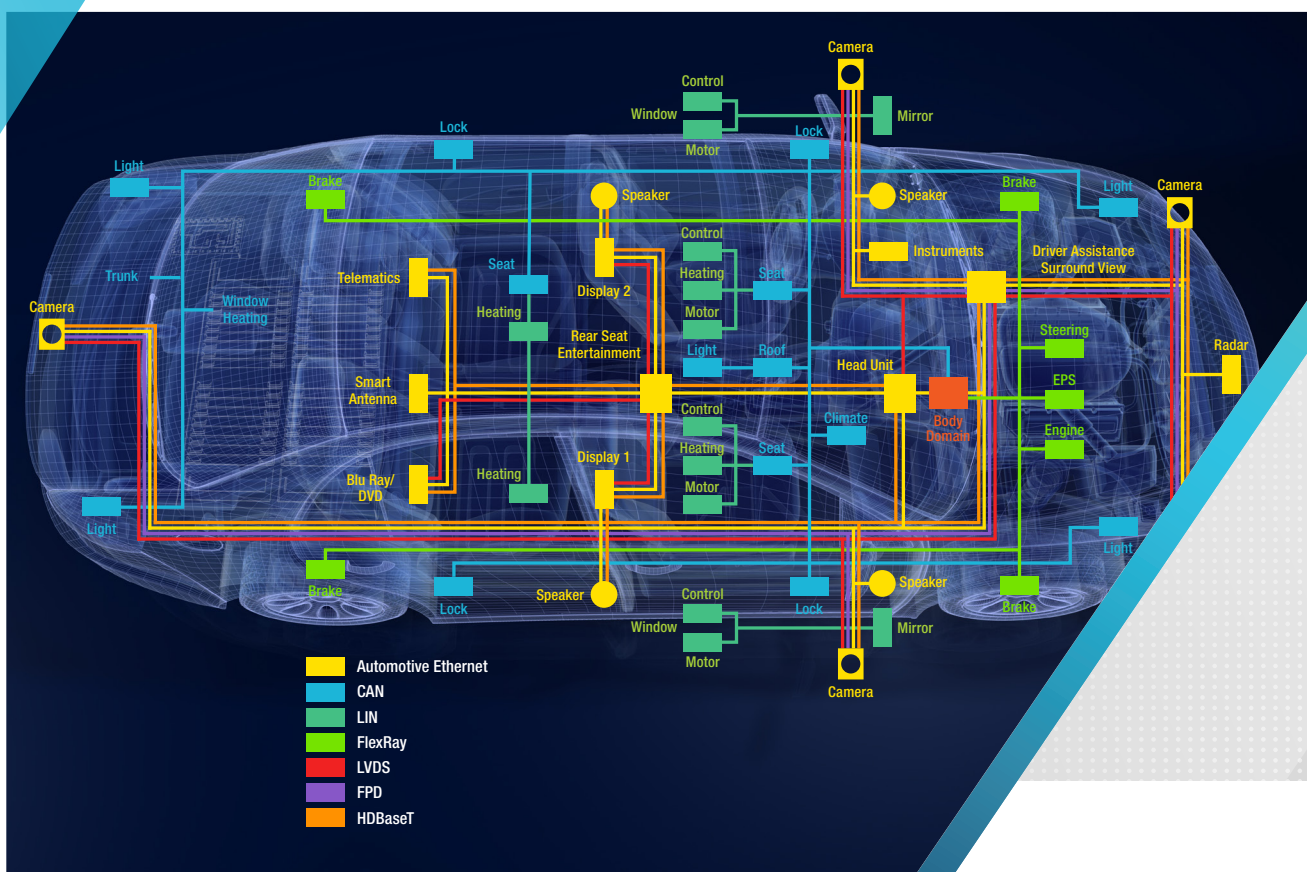


# 次世代自動車のための 車載ネットワークの性能と コンフォーマンス（適合性）の検証

オートモーティブ入門書：車載ネットワーク



昔と現在、将来の自動車を比べた場合、明らかなトレンドがあります。自動車は、車輪の付いたデータ・センターになったということです。自動車における安全システム、車載センサ、ナビゲーション・システムなどからのデータ量とデータ依存性は急速に増加し続けています。

このことは、車載ネットワーク (IVN) の速度、容量、信頼性が重要であることを意味します。その結果の一つとして、CAN (Controller Are Network)、FlexRay、LIN (Local Interconnect Network)、MOST (Media-Oriented Systems Transport)、SENT (Single Edge Nibble Transmission) などの高速、低遅延のアプリケーションのために設計されたバスでは、伝送帯域が不足することがあります。このため、このような従来からある規格では、IT技術による実績のある規格に置き換えられようとしています。

その例の一つが車載用Ethernetであり、IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) の下に4つの規格を展開しています。現在では、車載用Ethernetはさまざまなバスと共存し、数多くのシステム、サブシステムにまで広がりを見せています。このため、設計、検証、デバッグ、トラブルシュート、保守、車両やIVNのサービスにおいて、それぞれの方法でテストしなければなりません。

この入門書では、IVNにおいて将来期待される技術革新に関連した、トレンド、課題、ソリューションの概要について説明します。<sup>1</sup> この入門書の目的は、ここに書かれている内容のエキスパートになってもらうことではなく、IVNテストをより良く理解していただくための基礎力をつけていただくことです。これにより、読者およびそのチームが新しい設計の生産までの時間を加速し、検証テストを簡素化し、適合性テストを強化し、製造試験を最適化し、サービスおよび修理後のテストを簡素化することが可能になります。

## トレンド：より多くのデータ、Ethernet、標準化、ライフサイクルへの対処

今日では、多くの自動車において、80個以上のECU (Electronic Control Unit) が使用されています。CAN、LIN、FlexRay、MOST、SENTは、これらのECUと、エンジン、パワートレイン、トランスミッション、ブレーキ、車体、サスペンション、インフォテインメントなど、さまざまな車載システムと情報をやりとりしています (表1参照)。さらに、携帯および非携帯無線技術 (Bluetooth®, WLAN、GNSSなど) により、外部からのデータ・ストリームをインフォテインメント、ナビゲーション、渋滞情報システムに提供しています。

<sup>1</sup> 入門書は、主題の基本を紹介するものです。

機能、データ・レート	車載システム			
	安全性	インフォテインメント、テレマティクス	パワートレイン	ボディ・エレクトロニクス
センサ 25~400kbps	DSI3 (エアバッグ) PSI5 (エアバッグ)		SENT	
ロースピード制御 20kbps	LIN、CXPI			LIN、CXPI
マルチマスタ制御 1~5Mbps	CAN、CAN-FD	CAN、CAN-FD	CAN、CAN-FD	CAN、CAN-FD
セイフティ・クリティカル 10Mbps	FlexRay		FlexRay	
コネクティビティ 100Mbps~1Gbps	100/1000BASE-T1	100/1000BASE-T1、Apix GVIF、GMSL	100/1000BASE-T1	
ハイスピード・センサ 1~3Gbps	FPD-Link、LVDS NGBASE-T1、A-PHY	NGBASE-T1、A-PHY HDBaseT		

表1. 主要な車載システムでは、さまざまなバス、データ・レートで必要な通信を行っている

## 膨大なデータへの対応

近い将来、1台の車に100個以上のECUが搭載され、車載ネットワークで接続されて1日にテラバイトのデータがやりとりされることが見込まれています。自動車は今後もCAN、CAN-FD、LIN、FlexRay、SENT、MOSTを利用すると見込まれますが、現状における最速のデータ・レートはFlexRayで10Mbps、MOSTで150Mbpsです。単にもっと速くという願いは、それほど簡単なことではありません。普及しているCANバスは、求められるスピード、セキュリティ、後方互換性を実現するためには大幅な再設計が必要です。

センサの数は増え、より感度が高くなるため、膨大な量のデータを生成します。カメラの数は10～20になり、360°ビューになり、データはすべて1080p（現在）または4K（将来）HDストリームになり、ピクセル深度は16から20に、24ビットになることすらあります。数値は急速に大きくなり、24ビットのピクセル深度を持った4Kカメラは、10～30フレーム／秒のレートではフレーム当たり199Mbのデータを生成します。<sup>2</sup> 現状、1Gbpsで十分であっても、すぐに10Gbpsが必要になります（図1）。

<sup>2</sup> 4Kと呼ばれる解像度は実際には3840×2160であるため、3840×2160×24=199Mビットになります。

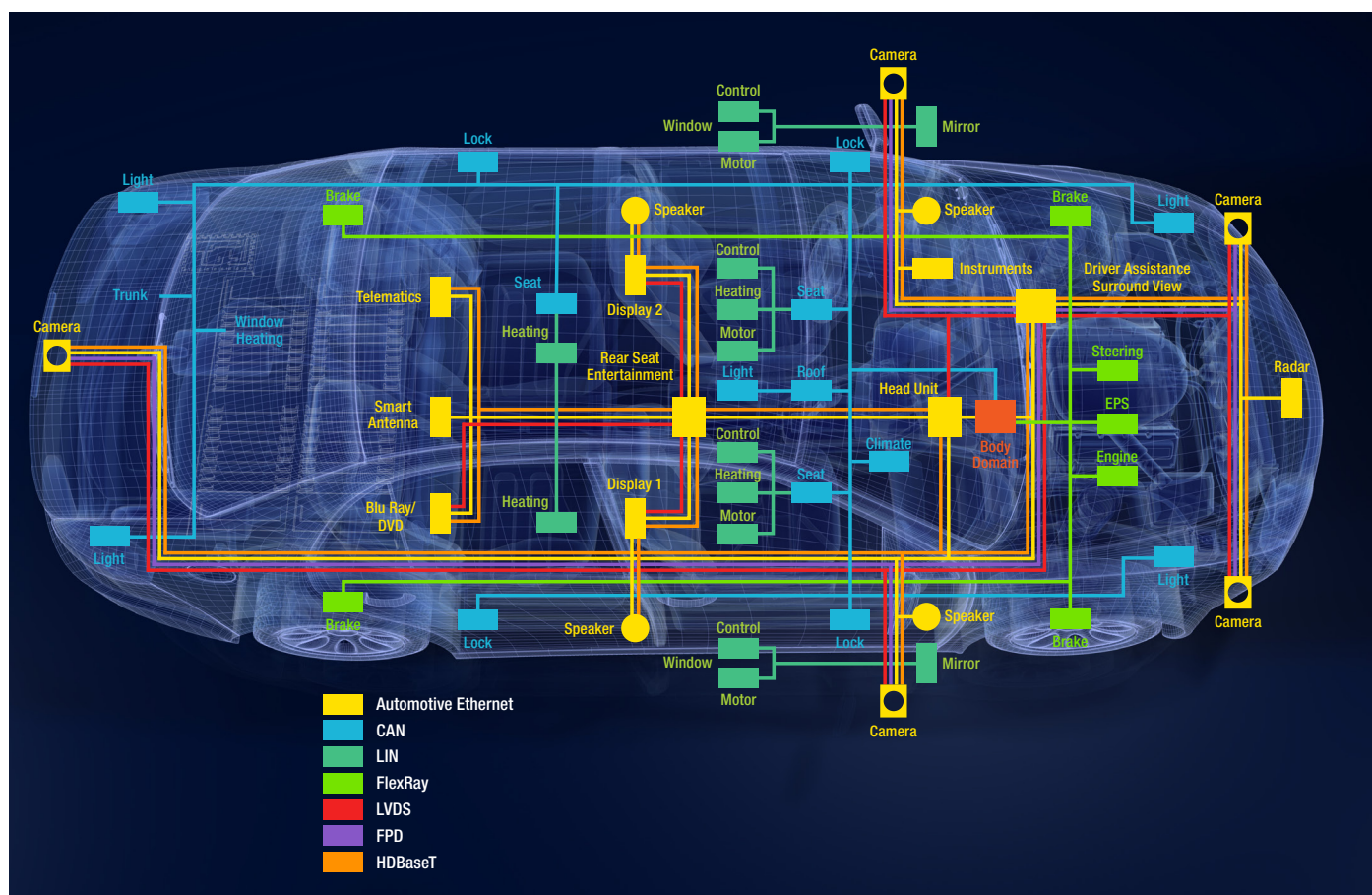


図1. より多くのシステムがより多くのオンボード・データを生成することで、より高速なデータ・レート、さらに増えるセンサとECU間の広帯域が必要になっている

現在、IVNはプリプロセス・ハードウェアを使用してセンサにおけるデータ抑制（圧縮など）を行っています。残念なことに、これによってレイテンシが生じ、応答時間に影響を及ぼす一方、画質が低下するために有効な検出距離が制約されます。最新のソリューションの一つが、2～8Gbpsのロー・データを集中型のSoC（システム・オン・チップ）またはGPU（汎用処理ユニット）にストリーミングすることであり、入力の実タイム・データを高速に処理することが可能です。IVNはフラットなアーキテクチャからドメイン制御アーキテクチャに移行しており、センサはロー・データをCPUにストリーミングします。

必要なコミュニケーション・フローはV2I（Vehicle-to-Infrastructure）、V2V（Vehicle-to-Vehicle）、V2X（Vehicle-to-Everything）へと拡張、進化しています。そのすべてが車両動作、人間との相互作用において重要な役割を果たします。

車載用Ethernetへのシフト

自動車のアプリケーションでは、データを最適に有効利用するためには、高速なスループット、低レイテンシ、優れた信頼性、より優れたQoS（サービス品質）が求められており、これによって自動車の安全生、信頼性の高い動作が確保されます。10Gbpsまでの速度では、高速のデータ通信において、車載用Ethernet（IEEE 802.3cg、10BASE-T1、10Mbps；IEEE 802.3bw、100BASE-T1、100Mbps；IEEE 802.3bp、1000BASE-T1、1Gbps；IEEE 802.3ch、10GBASE-T1、2.5/5/10Gbps）が重要な役割を果たすことになります。

利用可能なデータ・レートとその必要性の高まりや、さらにケーブル重量の削減要求においても、多くの業界ウォッチャは車載用Ethernetおよび接続される車内ノードの数において楽観的な予測を立てています。

標準化：新しいビジネスのアドバンテージ

自動車産業の歴史において、長期にわたって成功し続けたものがあります。それが標準化です。企業間における競争が高まり、部品のコストが下がり、相互運用性が確保されるなど、重要な恩恵が得られるため、このような状況は今後も続くでしょう。

バス・トポロジとデータ・レートの比較

さまざまなバスにおいて、最高データ・レートと、対応するネットワーク・トポロジのタイプを比較することは有益なことです。その比較を表2に示します。

バス	最高データ・レート	有効なトポロジ
CAN ロースピード	125kbps	リニア・バス、スター・バス、 または2つの組合せ（複数のスターと リニア・バスの接続など）
CAN ハイスピード	CAN: 1Mbps CAN-FD: 5Mbps	リニア・バス
FlexRay	10Mbps	リニア・バス、スター・バス、 または2つの組合せ（複数のスターと リニア・バスの接続など）
LIN	20kbps	1つのマスタ・ノードと最大15の スレーブ・ノードによるリニア・バス
MOST	25/50/150Mbps	最大64のデバイスによるディジー・ チェーン、リングまたは仮想スター
Automotive Ethernet	100/1000BASE-T1	リニア、スター、リングまたは メッシュ

表2. 主要な車載用バスは特定の範囲のタスクには適しているが、Ethernetベースのネットワークに比べると汎用性に欠ける

車載用Ethernetは、LAN（ローカル・エリア・ネットワーク）において効率的な性能を可能にする、「スイッチド・ファブリック」の機能を追加します。ハードウェアとソフトウェアを組み合わせることで、複数のEthernetスイッチを使用してネットワーク・ノードとの間のトラフィックを制御することでこれを実現しています。ファブリック・ネットワークは、これらすべてのバス、ノード、要件、リソースを認識しています。このフレームワーク内で、224の利用可能なアドレス空間により、最大1600万のノードまたはデバイスの接続が可能です。

新しい世代であるIVNの領域では、車載用Ethernet、MIPI A-PHY、HDBaseT Automotiveなどがその例です。将来の自動車は車輪の付いたデータ・センターになるのですから、ITの世界における実績のある技術を利用することで、自動車業界は大きな、新しいビジネス・アドバンテージを得ることになります。

## ライフサイクル：開発から保守におけるテスト

自動車がハイレベルな自律性を達成するようになると、システム障害による影響は深刻なものになります。このようなシステムの安全で信頼性の高い操作を確実にするためには、自動車のすべてのライフサイクルにおける、車載ネットワークのテストはますます重要になります（図2）。このため、自動車のライフサイクルのさまざまな段階におけるニーズに対応したシステム設計ツール、IVNテスト・ソリューションを慎重に選ぶことが、大手のサプライヤ、OEMメーカ、自動車のエンドユーザにとって広範囲な利益につながります。



図2. ライフサイクル全段階での一貫性のあるテストにより、システム障害を容易に防ぐことができ、結果としてますます増える自律走行車の安全で信頼性の高い操作が可能になる

## 課題：複数のバスの動作を並べてテストする

今日では、自動車は数多くの通信バスを持っており、同時に動作しています。このため、システムの最適化とデバッグは困難であり、時間がかかります。これらすべての技術を並列に、しかも車内の限られたスペースで使用することで、EMI（電磁障害）、劣悪な信号品質の原因となり、重要なシステム障害を引き起こすことにもつながります。

車内のネットワーク・テストでは、インターオペラビリティ、ノイズ・イミュニティ、クロストーク、干渉源など、車内および自動車全体における信頼性チェックが必要になります。動作機能と通信の検証は、車内にある、ECUが管理するすべてのシステム、バスに接続されたシステムにまで及びます。自動車がよりデータ中心になると、自動車の開発、検証、製造、保守、サービスのすべてのライフサイクルにおいて、テストは安全で信頼性の高い動作を確認する上で欠かせないものになります。

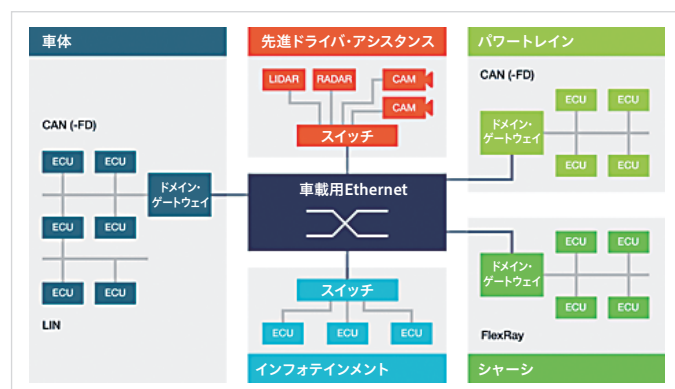


図3. 目的に応じた様々なバスを用いている各種システムからの通信のためのセントラルハブとして、車載用Ethernetを使用しているネットワーク・アーキテクチャの例

## テスト課題 1：バス問題のデバッグ

CAN、LIN、FlexRayは比較的成熟したバス・プロトコルであり、強固で統合しやすく設定されています。たとえそうであったとしても、ノイズ、基板レイアウト、電源のオン／オフのタイミングで車内の通信は影響を受けることがあります。具体的には、許容を超えるバス・エラーやロックアップといった問題があり得ます。

CAN、LIN、FlexRayでは、信号不良のトラブルシュート、デコードされたプロトコルのデバッグ、複数のチャンネル、センサ、アクチュエータの意味を理解することなどが代表的な課題です。SENTでは、高速および低速のチャンネルのSENTメッセージをデコードし、次にデコードされた情報でトリガするよう、オシロスコープを設定するのが困難です。

先にも説明したように、車内の狭いエリアで複数のバスが同時に動作するために、信号品質が劣化するようなEMIが発生することがあります。プリコンプライアンス・テストは、信号品質問題、バス性能問題の原因を検出・特定するのに役立ちます。また、プリコンプライアンス・テストを実施することで、CISPR 12、CISPR 25、EN 55013、EN 55022（EN 55032に代わる）、CFR Title 47, Part 15などの関連規格のEMI、EMC（Electromagnetic Compatibility、電磁適合性）の正式な試験に合格する可能性が高くなります。

テスト課題 2：電気コンプライアンスの検証

車内において信頼性がある低遅延のデータ・フローは、システム全体の安全な動作に欠かせません。CAN、LINなどと違い、車載用EthernetはIEEE、OPEN Allianceで規定された複雑なテストがあり、電気要件によって規格適合性を確かめます。このテストは、設計、検証、製造のそれぞれの段階で実施されることがあります。

車載用Ethernetの場合、PHY（物理）層電気テストには表3のようなトランスミッタ／レシーバ（トランシーバ）性能の属性が含まれています。明確な目標は、さまざまな電気パラメータに対するPMA（Physical Media Attachment）の適合性をテストすることです。

測定項目	テスト番号
最大トランスミッタ出力ドループ	5.1.1
トランスミッタ歪	5.1.2
トランスミッタ・タイミング・ジッタ (マスタ／スレーブ・モード)	5.1.3
トランスミッタ・パワー・スペクトラム密度	5.1.4
トランスミッタ・クロック周波数	5.1.5
MDI (Media Dependent Interface) リターン損失	5.1.6
MDIモード変換損失	5.1.7
トランスミッタ・ピーク差動出力	5.1.8

表3. 一般的な車載用Ethernetは1本のUTPケーブルで伝送するため、信号品質の特性を評価する電気測定項目が含まれる

図4は、マスタ・トランスミッタ・タイミング・ジッタ・テストの例を示しています。<sup>3</sup> マスタとスレーブのジッタ測定は、厳しいコンプライアンス・テストへの適合性の必要性、またランダム・ジッタまたはデターミニスティック・ジッタの可能性となる要因を抑える必要性から、特に難しい測定です。

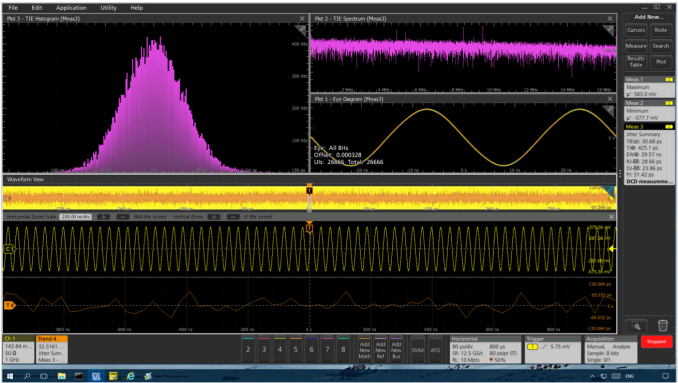


図4. テクトロニクスの5/6シリーズMSOオシロスコープ、オプションの5-DJA/6-DJAで測定したマスタ・トランスミッタ・タイミング・ジッタであり、30.68psのTIE（タイムインターバル・エラー）が測定されている

テスト課題 3：プロトコルの適合性とシステム性能の検

デジタル信号の一般的なイメージは、1または0の2つのレベルを持った、単純な方形波のようなパルス列です。実際には、多くの単位時間当たりの情報量を増やすために、デジタル通信ネットワークは、複数のレベルを使ってエンコードしています。その代表的な手法が、パルス振幅変調（PAM）です。

車載用Ethernetでは、3値レベルPAM（PAM3）と呼ばれる手法により、同じクロック周波数で高速のデータ・レートを実現しています。PAM3では、各レベルは特定の電圧レベル、相対的に厳しいトレランス内で動作しなければなりません。

この信号は非常に複雑ですが、アイ・ダイアグラムと呼ばれるオシロスコープベースの測定は、プロトコル・テストなどの信号エンコード要件に対する信号性能を視覚的に検証できます。アイ・ダイアグラムの要素は、高さ、幅、直線性、厚みです（図5を参照）。この要素を総合的に判断することで、信号がどの程度確実に伝送できるかという、有益な情報が得られます。

3. ジッタは、真の、または期待される周期的なデジタル信号からの逸脱と定義され、バスの動作に同期するリファレンス・クロック信号の重要な特性です。

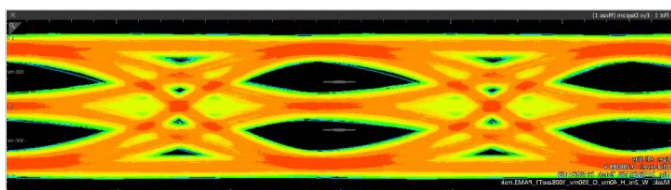


図5. 重ね書きされたアイ・ダイアグラムは、複数の周期におけるマルチレベルの信号の特性を効率的に表示できる

また、注意すべきこととして、車載用Ethernetは全二重動作です。すなわち、これはリンクする2つのデバイスはデータを同時に送受信しているということを意味します。このことは、従来の共有ネットワークに比べて3つの大きな利点をもたらします。まず、両方のデバイスは順番を待つことなく、同時に送受信が行えます。次に、システムは総体的に広い周波数帯域を持ちます。さらに、全二重により、異なったペアのデバイス（マスタとスレーブなど）が同時に通信できる点があります。

このような複雑さゆえに、自動車エンジニアは別の課題を抱えることになります。すなわち、PAM3信号による全二重通信では、車載用Ethernetのトラフィックの表示、信号忠実度の十分な評価が難しくなります。オシロスコープでリンク上のシグナル・インテグリティを解析し、実際のシステム環境におけるプロトコル・デコードを行うには、それぞれのリンクを別々に観測する必要があります。このためには、解析の前に信号を分離しておかなければなりません。この様子を図6、図7に示します。図7では、信号に余計な介入をしない、テクトロニクスの革新的なSignal Separationソリューションを使用しています。

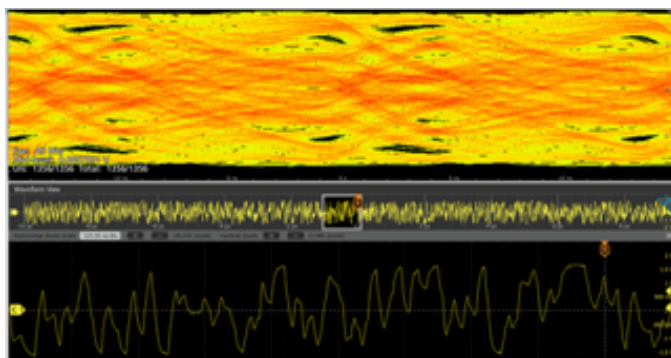


図6. マスタとスレーブの信号が分離できない場合、車載用Ethernet信号のアイ・ダイアグラムは判断が困難

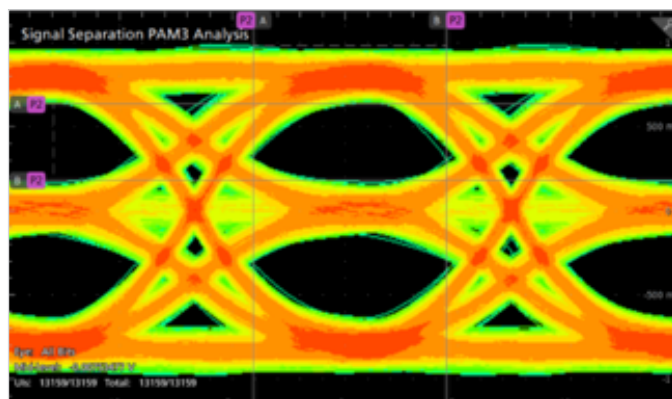


図7. 信号に余計な介入をしない、テクトロニクスのSignal Separationソフトウェアでは、マスタ信号がクリアに表示される

自動車の動作において、信頼性の高い通信は欠かせません。さまざまなケーブル長、注入するノイズなど、さまざまな環境条件でシグナル・インテグリティ、プロトコルをテストすることを強く推奨する理由がここにあります。

#### テスト課題4： トラブルシュート、デバッグで詳細を把握

問題がバス性能、EMI、電気コンプライアンス、あるいはプロトコル適合性にある場合は、振幅とタイミングという2つの重要な属性を調べることで信号品質、すなわちデータ性能がわかります。バスにおける確実なデジタル情報の伝送では、その両方が正確に動作することが必要になります。バス・レートがより高速になり、PAM3などの複雑な信号変調技術になると、さらに検証が難しくなります。

デバッグでは以下の6つの問題が一般的であり、よく知られた原因があります。

- 振幅問題：リングング、ドループ、ラント・パルス
- エッジのアベレーション：基板のレイアウト問題、不適切な終端、回路問題
- 反射：基板のレイアウト問題、不適切な終端
- クロストーク：信号のカップリング、EMI
- グランド・バウンス：大きな電流、電源供給やグランド・リターン経路における抵抗
- ジッタ：ノイズ、クロストーク、タイミングの不安定性

オシロスコープは最適なツールですが、十分な周波数帯域、チャンネル数、適切なアクセサリ、あるいは画面上で利用可能な解析機能がないと、トラブルシュート、デバッグは面倒な作業になり、時間がかかってしまいます。

## ソリューション：標準化の活用

先にも説明したように、標準化は自動車業界において十分に実績のある成功事例です。広い視野で見た場合、IVNをテストするためのソリューション選択にもこの同じコンセプトが適用できます。テストへの統一されたアプローチによる標準化によって、テストにかかるコストを管理することが可能になります。例えば、高速化に容易に対応可能なテスト・プラットフォームを選ぶことで、テストおよび測定ソリューションにかかるコストを効率的に管理できます。

実際には、車両およびオンボード・システムのライフスパンにおいて、組織ごとの責任の切り分けを考える必要があります。統一した戦略がないと、テストのための知見、ハードウェア、ソフトウェアはグループごとに別々に、しかもゆっくりと蓄積されることになります。残念なことに、統合されたシステムまたはサブシステムのエンドツーエンドのテストでは、ばらばらなソリューション構築は有効ではありません。開発チーム内、または開発、検証、製造、保守などの部門において一貫性のある測定結果が得られず、テスト時間ばかり増えることになります。

テストにかかるコストを抑え、車両のライフサイクルにおいて一貫性のある結果が得られるようなソリューションの概要と特長を以下で説明します。

### ソリューションの概要

すべてのIVNにおいて、テスト・ソリューションは、加工されていないリアルタイムの信号とデコードされたバス・トラフィックが観測できなければなりません。CAN、FlexRay、LIN、SENTなどの実績のある規格では、プロトコル・デコード機能を搭載したオシロスコープを使用することで、信号品質、デコードされたバス・トラフィックが観測できます。これにより、システム性能に影響を及ぼすような適合性違反の観測に役立ちます。

特に車載用Ethernetの場合、半導体製造メーカ、ティア1サプライヤサプライヤにとって、適合性テストに合格することは必須です。正式なコンプライアンス・テストの前に詳細な事前テストを行うことで、合格する可能性が高くなります。

必要な周波数帯域を持ったオシロスコープを使用し、適切なプローブ、フィクスチャ、信号源、ソフトウェア（プロトコルのデコード、解析など）があれば、必要な車載用バスは測定できます。例えば、CANバスは差動信号です。シングルエンド・プローブを使用してオシロスコープでバスを取込み、デコードすることもできますが、差動プローブを使用することで信号忠実度が増し、ノイズ耐性が上がります。

一般的なテスト・プロセスでは、ストレス・テストなど、さまざまな動作条件に対して設計し、その性能を評価します。主な測定項目としては、電圧とタイミングの測定、ジッタ解析、PAM3シグナリングのアイ・ダイアグラム解析などがあります。必要に応じて、測定結果を、それぞれのコンプライアンス・テストと相関をとることも容易であり、さらに、半導体製造メーカ、ティア1サプライヤ、OEMなどのサプライ・チェーンで相関をとることもできます。

### テクトロニクスのソリューション

自動車業界のエンジニア、サードパーティのソリューション・プロバイダ、規格団体と協業することで、テクトロニクスは車載用ネットワークの検証、トラブルシュート、適合性のための革新的なソリューションを開発してきました。テクトロニクスのソリューションには、業界トップクラスのオシロスコープ、プローブ、信号源、スペクトラム・アナライザ、ソフトウェアなどが含まれます。アプリケーションに最適化されたソフトウェア・ソリューションにより、CAN、CAN-FD、FlexRay、LIN、SENT、車載用Ethernetなどに対応できます。テクトロニクスのソフトウェア・アプリケーションには優れた解析機能があり、テストの自動化、測定、レポート機能により時間を大幅に短縮できます。

表4には、信号品質、PMAトランスミッタの適合性、目的別バスの3つのエリアに対応した、テクトロニクスのソリューションを示しています。より詳細な情報は、テクトロニクスのWebサイト ([jp.tek.com/automotive](http://jp.tek.com/automotive))、およびオシロスコープ (3/4/5/6シリーズ、70000シリーズ) の製品ページを参照してください。

テスト	オシロスコープ	ソフトウェア	プローブ	信号源	フィクスチャ
システムレベルの シグナル・ インテグリティ、 プロトコル・デコード	5シリーズMSO (Windowsモデルのみ) 6シリーズMSO (Windowsモデルのみ)	Opt. 5/6-AUTOEN-SS、Signal Separation Opt. 5/6-PAM3、車載用Ethernet信号解析 Opt. 5/6-SRAUTOEN1、 100BASE-T1プロトコル・デコード Opt. 5/6-DJA、ジッタ解析	TDP1500型、 差動プローブ TCP0030A型、 AC/DC電流プローブ P6022型、 AC電流プローブ	-	ECUによる (詳細は テクトロニクスまで お問い合わせ ください。)
PMAトランスミッタ・ コンプライアンス (OPENアライアンス)	5シリーズMSO (Windowsモデルのみ) 6シリーズMSO (Windowsモデルのみ)	Opt. 5/6-CMAUTOEN、 1000BASE-T1,100BASE-T1 コンプライアンス	TDP1500型、 差動プローブ TDP3500型、 差動プローブ	AWG5200型、 RLと歪み AFG3152C型、 歪みのみ	TF-XGbt TF-BRR-CFD (詳細は テクトロニクスまで お問い合わせ ください。)
	DPO70000Cシリーズ MSO/DPO70000シリーズ	Opt. BRR、 1000BASE-T1, 100BASE-T1 コンプライアンス Opt. DJA、ジッタ解析			
CAN、LIN、FlexRay、 SENTテスト	3シリーズMDO 4シリーズMSO 5シリーズMSO 6シリーズMSO	Opt. 3/4/5/6-SR AUTO、CAN/CAN-FD/LIN/ FlexRay プロトコル・トリガ/デコード Opt. 4/5/6-SRAUTOSEN、 SENTプロトコル・トリガ/デコード	(オシロスコープの データ・シートを 参照)		
	DPO70000Cシリーズ MSO/DPO70000シリーズ	Opt. SR-AUTO、CAN/CAN-FD/LIN/FlexRay プロトコル・トリガ/デコード			
LVDSプロトコル、 レシーバ・マージン・ テスト		SourceXpress/パターン・ジェネレータ SourceXpress/パルス・ジェネレータ SourceXpress LVDSビデオ		AWG5200シリーズ AWG70000シリーズ	
LVDS電気測定、解析	5シリーズMSO 6シリーズMSO DPO/MSO70000 シリーズ	Opt. 5/6-DBLVDS Opt. 5/6-DJA、ジッタ解析 Opt. 5/6-WIN Opt. LVDSTX (DPO/MSO70000シリーズ) Opt. DJA	TDP7700シリーズ P7700シリーズ (DPO/MSO70000 シリーズ)	AFG31000シリーズ AWG5200シリーズ	

表4：目的に合った車載用ネットワーク・アプリケーションに最適なソリューションが簡単に構築可能

## 最新の規格：HDBaseTアライアンス

テクトロニクスは将来を見越し、HDBaseTアライアンスへの対応を発表しました。HDBaseTの開発メーカーであるValens社と協業し、コンプライアンス、プロトコル解析のためのソリューションを提供します。

HDBaseT Automotiveは、ハイスピード・トンネルと呼ばれる技術により、音声、ビデオ、Ethernet、USB、PCIeなどを伝送します。実際には、トンネルによってトラフィック・データをデジタル・ラッピングでパッケージにし、専用プロトコルによって宛先まで伝送し、宛先においてラッピングを解除して独自のフォーマットによって処理します。HDBaseT Automotiveは、1本のUTPケーブルにより、最長15mまでのマルチギガビット・レートの伝送能力がある一方、自動車における厳しいEMC要件にも適合しています。

詳細については、Webサイト ([www.hdbaset.org](http://www.hdbaset.org)) をご覧ください。

## まとめ

最新の自動車では、信頼性があり、低遅延のデータ・フローは、システム全体の安全な動作に欠かせません。現在および将来の自動車設計で使用されるバスの数は増えているため、これを実現するのはますます困難になっています。

慎重な計画、統一した戦略がないと、一般に何年もかかる自動車、システム、サブシステムの開発タイムラインにおける、テストのための共通の知見、ハードウェア、ソフトウェアは、グループごとに別々に、しかもゆっくりと蓄積されることになります。残念なことに、統合されたシステムまたはサブシステムのエンドツーエンドのテストでは、ばらばらなソリューション構築は有効ではありません。このようなテスト・ソリューションでは十分な結果が得られず、さらに開発チーム内、または部門間、サプライ・チェーンにおいて一貫性のある測定結果が得られないことになります。

テクトロニクスとソリューション・パートナーが、車載ネットワークのテストに関する統一したアプローチを開発した理由がここにあります。すべての主要なIVN、車両のライフサイクルにおいて、新しい設計の生産までの時間を加速し、検証テストを簡素化し、適合性テストを強化し、製造試験を最適化し、サービスおよび修理後のテストを簡素化することが可能になります。最終的な結果は、コストとスケジュールの目標を達成するために機能強化です。

車載ネットワーク、特に車載用Ethernetのテストを理解する上で、本入門書がお役にたてることを願っています。さらに詳細な情報については、当社営業担当にお問い合わせいただくか、当社Webサイトの自動車のページをご参照ください。

[jp.tek.com/automotive](http://jp.tek.com/automotive)



## お問い合わせ先：

オーストラリア 1 800 709 465  
オーストリア 00800 2255 4835  
バルカン諸国、イスラエル、南アフリカ、その他ISE諸国 +41 52 675 3777  
ベルギー 00800 2255 4835  
ブラジル +55 (11) 3759 7627  
カナダ 1 800 833 9200  
中央／東ヨーロッパ、バルト海諸国 +41 52 675 3777  
中央ヨーロッパ／ギリシャ +41 52 675 3777  
デンマーク +45 80 88 1401  
フィンランド +41 52 675 3777  
フランス 00800 2255 4835  
ドイツ 00800 2255 4835  
香港 400 820 5835  
インド 000 800 650 1835  
インドネシア 007 803 601 5249  
イタリア 00800 2255 4835  
日本 81 (3) 6714 3086  
ルクセンブルク +41 52 675 3777  
マレーシア 1 800 22 55835  
メキシコ、中央／南アメリカ、カリブ海諸国 52 (55) 56 04 50 90  
中東、アジア、北アフリカ +41 52 675 3777  
オランダ 00800 2255 4835  
ニュージーランド 0800 800 238  
ノルウェー 800 16098  
中国 400 820 5835  
フィリピン 1 800 1601 0077  
ポーランド +41 52 675 3777  
ポルトガル 80 08 12370  
韓国 +82 2 6917 5000  
ロシア +7 (495) 6647564  
シンガポール 800 6011 473  
南アフリカ +41 52 675 3777  
スペイン 00800 2255 4835  
スウェーデン 00800 2255 4835  
スイス 00800 2255 4835  
台湾 886 (2) 2656 6688  
タイ 1 800 011 931  
イギリス、アイルランド 00800 2255 4835  
アメリカ 1 800 833 9200  
ベトナム 12060128

2017年4月現在



jp.tek.com

## テクトロニクス／ケースレーインスツルメンツ

お客様コールセンター：技術的な質問、製品の購入、価格・納期、営業への連絡

**TEL: 0120-441-046** ヨッ! 良い オ シ ロ 営業時間／9:00～12:00・13:00～17:00  
(土日祝日および当社休日を除く)

サービス・コールセンター：修理・校正の依頼

**TEL: 0120-741-046** なんと良い オ シ ロ 営業時間／9:00～12:00・13:00～17:00  
(土日祝日および当社休日を除く)

〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階

記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。

Copyright © 2021, Tektronix. All rights reserved. TEKTRONIX およびTEK はTektronix, Inc. の登録商標です。  
記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

2021年2月 48Z-61611-0