



自動運転等に向けた高速伝送 Sub-harness

High-Speed Transmission Sub-Harness for Automated Driving

高橋 和也*
Kazuya Takahashi

石元 健輝
Takeki Ishimoto

松田 基
Motoi Matsuda

山崎 信之
Nobuyuki Yamazaki

仙波 弘之
Hiroyuki Semba

CASEの実現に向け車両に搭載される機器の性能が向上する中、特に自動運転に関してはLiDAR等の大容量情報処理を必要とする機器の増加に伴い、車内データ通信に高速化が要求されている。この大容量データ通信の実現に向け住友電工電子ワイヤー(株)では、新規に設定される通信規格の逐次把握を行い、これに準拠する情報伝送サブハーネスの開発・製造を進めてきた。またサブハーネス加工においては、複数存在するデファクトスタンダードコネクタを効率的に生産できる自動加工設備の開発も行ってきた。本稿では、車載機器及び関連の通信規格の技術動向と機器間を接続する高速通信用サブハーネスの主要特性を占める 電線及び端末加工技術の開発・評価について概説する。

With the advancement of CASE technologies, particularly automated driving, the demand for high-volume information processing devices like LiDAR is increasing, necessitating faster in-vehicle data communication. Sumitomo (SEI) Electronic Wire, Inc. is actively engaged in developing and manufacturing information transmission sub-harnesses that comply with new global communication standards to enable high-capacity data communication. Additionally, the Company has developed automated processing equipment for efficient production of widely-used connectors in sub-harness processing. This paper provides an overview of in-vehicle equipment trends, communication standards, and our wire and terminal processing technology, which are integral to high-speed communication sub-harnesses that connect these devices.

キーワード：自動運転、デファクトスタンダードコネクタ、STP、UTP

1. 緒言

“完全無人自動運転タクシーが街中を走る”、“車内の大画面を利用したカラオケ大会を企画する”、十年前には想像もできなかった時代が到来している。これら車両の技術革新は図1に示す車両搭載機器の性能向上による所が大きい。

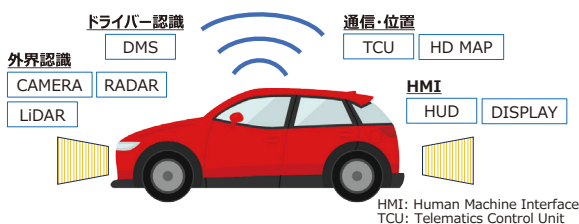


図1 車両に搭載される自動運転関連機器例

自動運転の実現には画像的に周囲を認識するカメラに加え、夜間や悪天候といった外環境にも対応可能なLiDAR^{*1}といったセンサーが多数必要となる。また車内エンターテインメントの充実にはディスプレイの増加・大型化は勿論、HUD^{*2}でのナビ情報の表示、搭乗者の体調等を監視するDMS^{*3}なども欠かせないコア技術となりつつある。

これらの機器は図2に示すように自動運転のレベルに呼応する形で搭載数が増加している。そして機器間を接続す

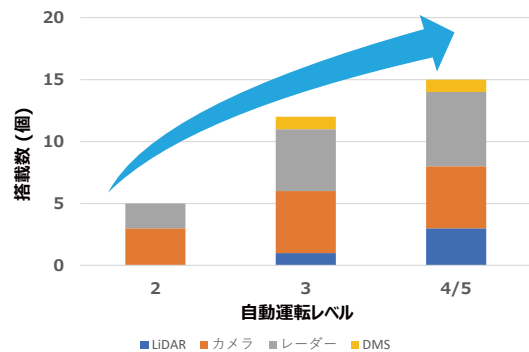


図2 自動運転レベルとセンサー（機器）搭載数

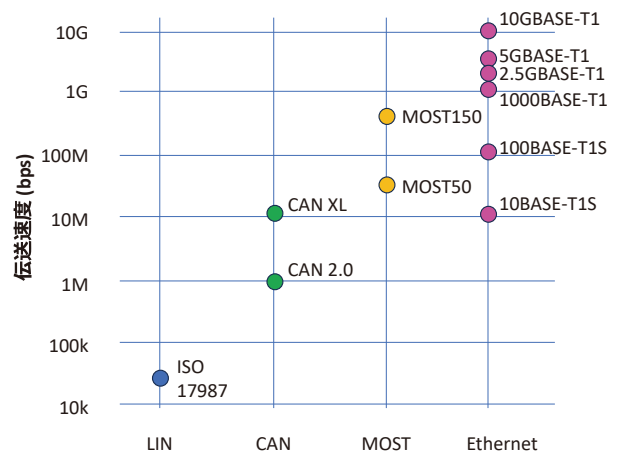


図3 サブハーネスに要求される通信規格

るケーブル（サブハーネス）も必然的に増加傾向にあり、安定且つ効率的にデータ通信することを目的に図3に示すような様々な伝送規格が制定されている。

2. サブハーネスの採用動向

前述の通りサブハーネスは車両内の機器間を接続するケーブルで、機器とサブハーネスを模式化したものがE/Eアーキテクチャであり、その構成もまた進化の途上にある。

過去、図4 (a) に示す『機器-機器』を接続する分散型アーキテクチャが主流であり、この方式で要求される通信速度は機器1台が処理するデータ量をカバーできれば問題なかった。

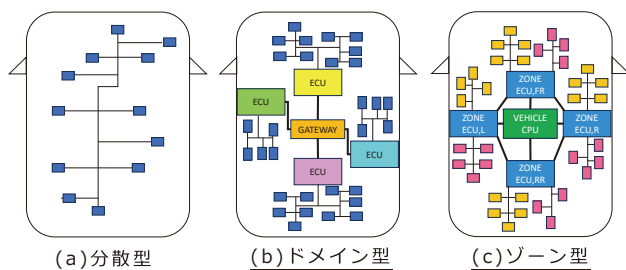


図4 車載E/Eアーキテクチャの進化

近年では前述の機器増加に伴い複雑化されるため、類似機器をまとめてECU (Electronic Control Unit) を介してコントロールする図4 (b) に示すアーキテクチャが多く採用されつつある。各ECUには複数の機器がつながるため、『ECU-ECU』接続部のサブハーネスには機器数台～数十台の情報を伝送する性能が求められる。更に将来的に採用が確実視されている図4 (c) に示すゾーン型アーキテクチャは、車の中心にVEHICLE CPUを、前後左右の計4か所にゾーンECUを配し、ゾーンECUは各エリア (=ゾーン) 内の機器を機能に関係なく一括で制御する方式である。この方式では狭いゾーン内に多数のサブハーネスを密集させる必要がある、且つECUを接続するサブハーネスは機器数十台～最大百台規模の情報量を通信 (イーサネット接続) する必要が出てくると見られている。このように、業界では情報の集中化を図り簡素化に取り組んでいるものの、車載通信用サブハーネスの使用本数は増加の一步をたどっている。以上のことから、サブハーネスには高速通信 (マルチGbps) 性能と、容易な配策を実現する高柔軟性が求められる。

3. サブハーネスの構成と電線開発

写真1に代表的な車載高速通信用サブハーネスの外観図を示す。両端にはデファクトスタンダードコネクタ^{※4}の代表であるHSD (High Speed Data) を有し、電線はシールド付きツイストペア線 (以下STP^{※5}) もしくは、シールドなしツイストペア線 (以下UTP^{※6}) のいずれかを使用する。表1に代表的なSTPとUTPそれぞれの断面と特徴を示す。

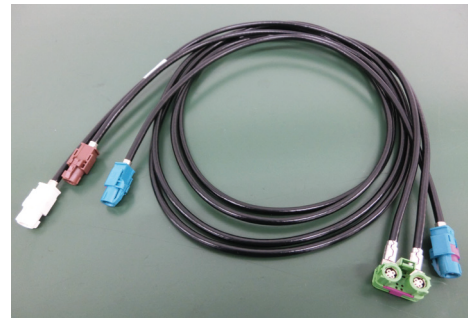


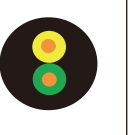


写真1 車載高速通信用サブハーネス

表1 車載高速通信用電線一覧

種類	STP	発泡STP	UTP
導体	0.14SQ (TA)	同左	同左
絶縁体	PP	発泡PP	PP
遮蔽	2重	同左	-
外被	PVC	同左	同左
外径	4.3mm	3.8mm	3.2mm
断面図			
通信速度	100M~2.5Gbps	100M~1Gbps	100Mbps
その他	-	軽量/細径	軽量/細径

デファクトスタンダードコネクタは嵌合側の形状が規格で統一されている一方、電線接続部は各社の設計コンセプトが異なるため、電線はこれに対応させる必要がある。例えば、中心導体に圧縮導体を採用する、絶縁体を発泡形状にする、電線外被材を複数準備するなどにより各社コネクタに合わせた微調整を施した高速通信用電線を、伝送特性を維持しつつ、異なる外径で製造可能としている。中でも、伝送特性への影響が大きい絶縁線の絶縁材料選定は重要であり、住友電工電子ワイヤー(株)では高温 (85℃) 環境下で低損失且つ高強度で、形状安定性のある架橋ポリエチレン (以下XLPE) 材を従来採用してきた。しかし、エンジンルーム内でも高速通信用途が発生するなど、サブハーネ

スの更なる高耐熱化要求（100℃）が発生したため、近年はXLPEと同等の伝送特性と更なる高耐熱性を有した、ポリプロピレン（以下PP）系の材料を新規に開発し採用している。

図5に信頼性試験の一例として、150℃×6時間高温耐久試験後の挿入損失の測定結果を示す。XLPE材は試験後に挿入損失が1.3倍程度へと増加するのに対し、開発したPP材は試験後の損失増加は見られず、初期値と同等の伝送特性を保っていることが確認できる。

発泡絶縁はPP材をスポンジ状に発泡させ低誘電率化させることで、通常の充実PP絶縁と同等の伝送特性（挿入損

失）を維持しつつ、絶縁線を細径化できる技術である。本技術により、電線全体として通常のSTP電線と比較し外径が約10%、重量は約15%が低減可能である。更にUTP電線はシールドレス構造とすることで、外径が約25%、重量は約50%を低減可能であるが、STP電線と比較し高損失かつシールドレス構造であるためノイズ影響を受けやすく、使用箇所は限定的である。

図6に各電線の伝送特性比較を示す。STP及び発泡STPは、低周波から高周波まで低損失を保っており、かつOABR^{※7} TC9（1Gbps）の規格値を満たしている。またUTPはOABR TC2（100Mbps）の規格値を満足している。

4. 車両搭載に向けたハーネス検証

前項記載の特徴のある電線を活かしつつ、住友電工電子ワイヤー(株)では車両メーカー（以下OEM）でのサブハーネス採用に向け最大限の検証活動も実施してきた。電線やコネクタ単体で業界規格やOEM固有要求を満足することは勿論、Tier1での作業性も考慮したサブハーネスの車両内配策状況を想定し、これを模擬した環境を図7に示すFTAにて一般化した。また各種検証において品質安定性を定量的に評価する手段として、FTA結果に基づき表2に一部例を示す信頼性試験を計画的に実行した。

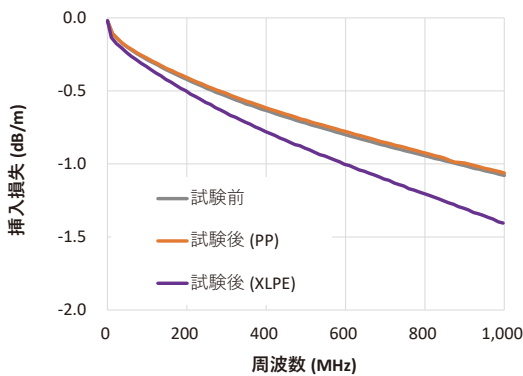
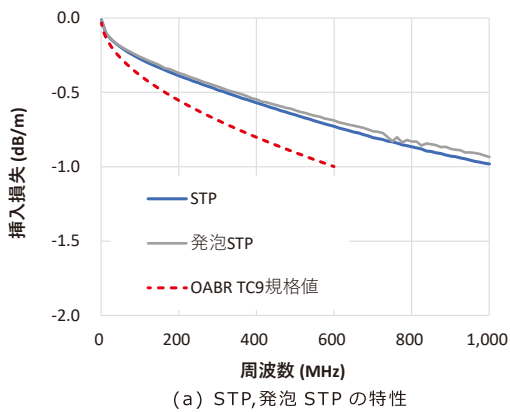
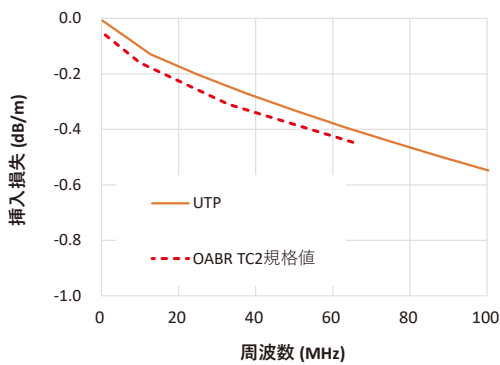


図5 高温環境試験後の挿入損失測定結果



(a) STP, 発泡 STP の特性



(b) UTP の特性

図6 各電線の挿入損失の比較結果

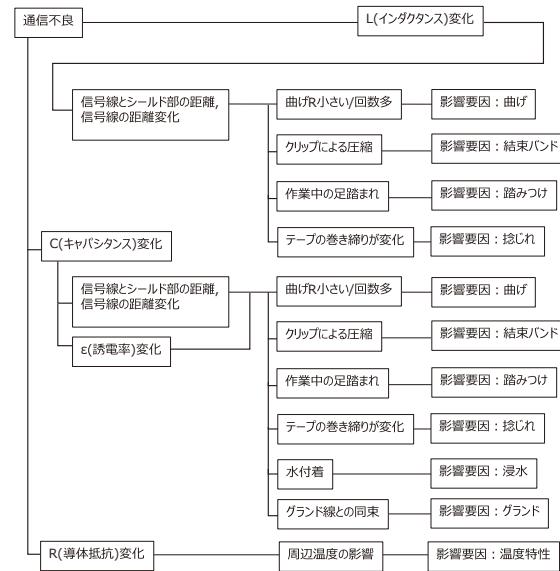


図7 検証項目検討用FTA

特にUTPサブハーネスにおいては「浸水」によるインピーダンス不整合、「グラウンド間距離」バラツキによるノイズ、電装損失を増大させる「温度特性」の3項目が伝送特性に大きく影響を与えることが判明しているが、本稿では代表例として「浸水」の評価結果について記載する。

表2 ハーネス検証項目

試験項目	内容
曲げ	ハーネス配作時の曲げ確認 
結束バンド	メインハーネス同束時の締め付け影響 
踏みつけ	組付け作業中の踏みつけ想定 
捻じれ	組み付け時に捻じって取り付け 
浸水	室外配作時の影響確認 
グラウンド間距離	グラウンド線と同束時の影響 
温度特性	周辺温度変化の影響 

図8にサブハーネスを意図的に水没させた状態で特性インピーダンスの変動を観察した結果を示す。周期的なグラフの変動は、サブハーネスを空気中と水中に交互に繰り返し配策したことによるものであり、水没時には著しく特性インピーダンスが低下していることが見て取れる。本結果より水没リスクのあるエンジンルームでのUTPの使用は推奨できず、水没影響の小さいSTPへの切替をOEMには推奨している。

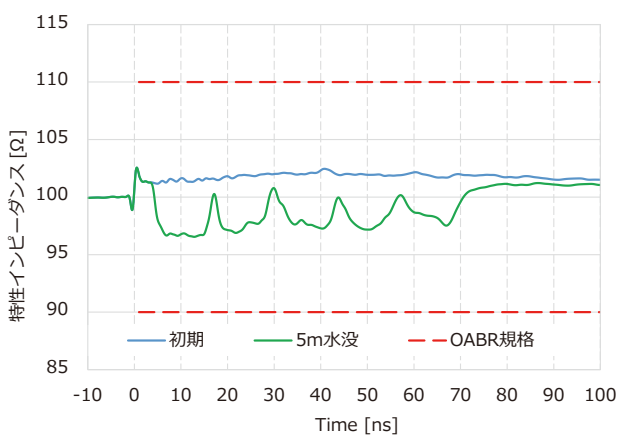



図8 浸水時の特性インピーダンス結果

5. 今後の高速通信用サブハーネス動向予測

マイクロカーや一人乗り専用車両など車の小型化も注目されている昨今、車という限られたスペースに実装される

機器の小型化も重要課題である。一方で、機器数の増加に伴い各機器に搭載されるサブハーネス接続用コネクタは増加するため、機器上のコネクタ専有面積低減を目的としたマルチポート化が進むことが考えられる。表3にシングルポートとマルチポートコネクタの比較を示す。

表3 コネクタ比較

	シングルポート	マルチポート
コネクタ		
コネクタ面積	148.5mm ²	370.5mm ²
4箇所接続時の面積	594mm ² (= 148.5 × 4)	シングルポート比 ▲37%

マルチポートコネクタでは一つのコネクタに複数本の電線を取納することができるため、サブハーネスの搭載効率が向上し、各種機器の大型化を回避することが可能となる。また、STPサブハーネスとUTPサブハーネスを一つのコネクタに共存させることも可能となるが、この共存状態による高速通信性能への特性影響は検証段階にあり、前章で示したような確認をOEM/Tier1と協力して実施していく必要がある。

電線についても更なる高速化が要求されると考えられる。住友電工電子ワイヤー(株)では車載分野と比較し、より高速性能が求められる民生分野で培った技術を活かし新たな電線の開発を進めており、その1つとしてSPP (Shielded Parallel Pair) がある。構造としてはSTPと異なり芯線が撚られていない。そのため、STP等で発生するサックアウトと呼ばれる特定の周波数において、減衰量が落ち込む現象が発生しないためより高周波まで使用可能となる。しかし、芯線を撚っていないことによるノイズキャンセル効果が得られないため耐ノイズ性を考慮した配策をする必要がある。

また、SPPになることで加工設備についても今までは異なるアプローチが必要になるため設備開発についても同様に進めていく。

6. 結 言

車両向けの情報通信に使用される高速伝送サブハーネスの開発を行った。デファクトスタンダードコネクタに合わせて住友電工電子ワイヤー(株)の特徴ある電線を開発し、ハーネス採用に向けた各種検証を行った。今後更に高速化が進むと考えられるため対応電線の開発や新規コネクタの加工開発を進めていく。

用語集

※1 LiDAR

Light Detection And Rangingの略称。レーザー光を照射し、反射光の情報をもとに対象部の距離・形状を計測する技術。自動運転レベルが進むに連れ搭載数は増えていくと予想される。

※2 HUD

Head Up Displayの略称。情報を車両のダッシュボード上やフロントガラスに投影する技術で、メーターに表示するよりも視界の移動を減らすことが出来、安全性を向上させることが出来る。

※3 DMS

Driver Monitor Systemの略称。カメラによりドライバーのわき見や居眠りを検知しドライバーに注意喚起を行う安全運転サポート機能。近年ではドライバーだけでなく乗員の監視も行う物も検討されている。

※4 デファクトスタンダードコネクタ

複数の組み合わせでも接続できるよう、コネクタ同士の嵌合側の形状は規格化され統一されているコネクタ。複数社が市場参入を果たしており、各社性能優位性を出すことを目的として異なるコンセプトで設計されている。

※5 STP

Shielded Twisted Pairの略称。電磁干渉から保護されるために金属の編組や箔などのシールド処理が施されている対撚りの電線を示す。高ノイズ環境での信号伝送に使用される。

※6 UTP

Unshielded Twisted Pairの略称。金属編組や箔などのシールド処理が施されていない対撚りの電線を示す。

※7 OABR

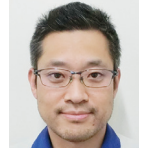
OPEN Alliance BroadR-Reachの略で車載Ethernetに関する標準化団体。100M Ethernetの規格は“TC2”、1Gの規格は“TC9”として呼ばれている。

執筆者

高橋 和也* : 住友電工電子ワイヤー(株) 主査



石元 健輝 : 住友電工電子ワイヤー(株) 主席



松田 基 : 住友電工電子ワイヤー(株) 主席



山崎 信之 : 住友電工電子ワイヤー(株) 課長



仙波 弘之 : 住友電工電子ワイヤー(株) 部長



*主執筆者