

次世代ワイヤーハーネスシステム

Advanced Wire-Harness System

杉村 竹三*
Takezo Sugimura杉本 薫*
Kaoru Sugimoto

概要 自動車のワイヤーハーネスは車両システムの進化に伴い、年々増加・複雑化の一途を辿ってきている。これにより現在では車両に搭載設計可能な限界を超える回路数のワイヤーハーネスが必要となっており、重量面でも無視できないところまで来ている。これらの問題に対して車載LAN (Local Area Network)の導入による配線数の削減が行われてきた。また、電源系も車両の電源状態(イグニッションオフ、アクセサリ、イグニッションオン)といった各動作条件に応じて複数の電源線が配策されており、今後はこれらの削減対策として高速LANの導入および電源制御の多重化が有効と考えられている。本報では車両電子システムの変遷とそれに対応する次世代ワイヤーハーネスシステムの一例としてエリア制御システムを紹介する。

1. 車両システムの電子化の変遷

1950年代、利便性・快適性向上の手段として、スタータやワイパ、パワーウィンドウ、エアコンのほか、多くのボデー機器の電動化が進んだ。1960年代からトランジスタとIC技術の導入により、レギュレータ、イグナイタなど簡単かつ単機能制御から自動車のエレクトロニクス化が始まった。1970年代にはマイコンの出現により燃料供給制御、エアコン、ABS (Anti-lock Brake System) など複雑な機能の制御が可能となった。1980年代以降は半導体の性能が飛躍的に向上すると共に、低コスト化および小型化が進み、その結果自動車のエレクトロニクス化も急速に進んだ。

その後、個々のシステムの電子、電動化が実現したことで制御の自由度、範囲が拡大し、1990年代後半には、エネルギー回生を可能としたエンジン、ブレーキ、電源の統合制御システムがHEV (Hybrid Electric Vehicle) に搭載された。最近の高級車では、安全・快適性を狙いとしたエンジン、ブレーキ、ステアリングの統合制御による車間・レーンキープや、IT情報などを活用したインフラ協調型の運転支援システムも現れた。

そして、近年は、エンジンの無い電気自動車や燃料電池自動

車、メカニカルバックアップの無いフルBy-Wireシステムの開発が進められている。カーエレクトロニクスは理想的にはフルBy-Wireのシステムを導入することである。現在、By-Wireシステムとして、Throttle-By-Wire, Brake-By-Wire, Shift-By-Wireが実用化されている。しかし、完全なBy-Wireだけで制御するまでには至っていない。例えば、Brake-By-Wireは機械的な伝達機構と併用することで安全性を保持している。Steering-By-Wireにおいては、まだ、実用化もされていない状況にあるが、ステアリング制御に関わるEPS (Electric Power Steering) や前輪タイヤの切れ角を制御するActive-Steeringの電動化が進み、これらが多くの車両に搭載され始めている。完全なSteering-By-Wireには、信頼性の確立が最重要な開発課題となっているが、実用化に向けての法整備や専用通信プロトコルの開発も進んでおり、近い将来の市場導入を期待したい。

By-Wireの導入は、自動車の操作部分から機械的な伝達機構が無くなり、自動車の設計やデザインの自由度が大幅に高まり、スペース削減、消費電力低減、軽量化、燃費向上、コストダウンなど多くのメリットが期待できる。このため、次世代の自動車は完全なBy-Wireだけでシステムを構築するようになるだろう(図1)。

* 研究開発本部 自動車電装技術研究所

分類		1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	
パワートレイン	動力					電気自動車	メタノール	水素エンジン				
		キャブレター	インジェクション			ハイブリッド		燃料電池車				
	AT	3速メカAT			4速メカAT	CVT		5速メカAT	6速メカAT	7速メカAT		
	スロットル	ワイヤー式				ドライブ by ワイヤ						
	4WD	メカ式				ビスカス		電動4WD		電子制御 前後配分機能		
シャーシ	ステアリング			油圧パワステ	車速感知型パワステ		電子制御 前後配分機能		電子制御 前後左右配分機能			
					EPS (軽)		EPS (大型)					
	サスペンション	メカ式	電子制御エアサス			電子制御油圧		電子制御磁性流体式		リニアモーター式		
	ブレーキ / 車両安定システム					トラクションコントロール		ブレーキアシスト		衝突軽減ブレーキ		車両統合制御
		油圧		ABS		VSC						
	走行支援							ナイトビジョン / パーキングアシスト				
						車間維持		車線 / 車間維持				
	乗員保護				運転席エアバック		助手席エアバック	サイドエアバック	乗員検知機能			
B O D Y	空調	クーラー	エアコン	オートエアコン			可変速化		乗員検知式空調			
	ラジエタファン	メカ式		電動式								
	後席エアコン					ミニバン (冷房)		ミニバン (冷暖房)				
	コンプレッサ	メカ式コンプレッサ				電動コンプレッサ		ハイブリッドコンプレッサ		CO ₂ 対応電動コンプレッサ		
	オーディオ	8トラ	カセット			CD		MD		携帯デジタルプレイヤー		
		AM ラジオ		AM/FM ラジオ					デジタル化			
	ナビ							外部通信機能		リアエンターテインメント		
						CD ナビ		DVD ナビ		HDD ナビ		
	メーター	ケーブル式メーター				電気式メーター		自発光 / 虚像メーター / マルチインフォメーション				
	視界	ヘッドライト	タングステンバルブ		ハロゲンバルブ			AFS (Adaptive Front-Lighting System)		Active-High Beam		
デフォッガー		リアデフォッガー					細線式リアデフォッガー		フロント熱線		LED	
サイドウインド		ハンドル式	パワーウインド		キーオフ動作		挟み込み防止 & 4席オート		EHW (面発熱化)			
その他	ドアロック	メカ式		パワードアロック		キーレス		スマートエントリー				
	ミラー	メカ式		パワーミラー		リトラクタブル		ヒートッドミラー		キー連動自動格納		
	シート	メカ式			パワーシート / ヒートッドシート		メモリーシート		ステアリング (チルトテレスコ) 連動			
	トランク / テールゲート	メカ式					電動スライドドア		電動テールゲート & トランク			

図1 自動車の電子化・電動化の変遷
Transition of electric-powered and electronic automobile.

2. ワイヤーハーネス増加の変遷

図2に1台あたり的高级車に搭載される回路数の変遷を、また図3に1台あたり的高级車に搭載されるワイヤーハーネス重量の変遷を示す。

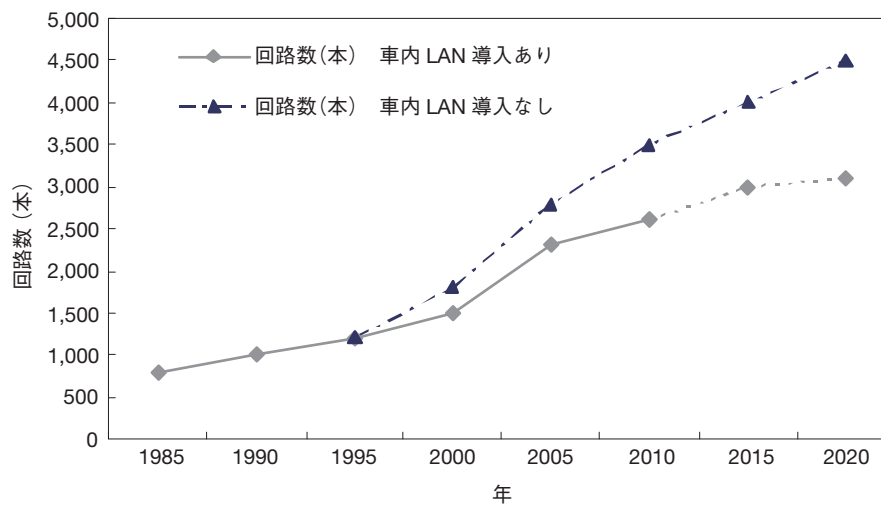


図2 ワイヤーハーネス回路数の変化 (高級車)
Transition of the wire harness circuit number (luxury car).

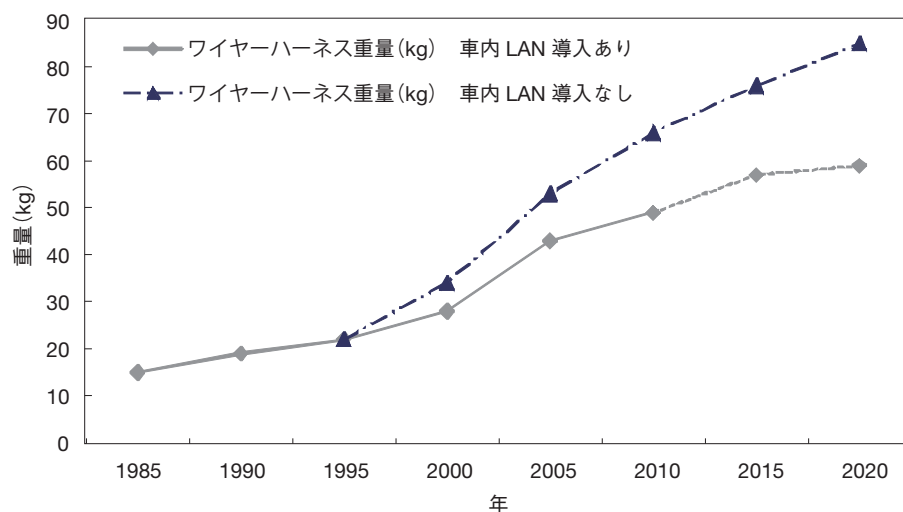


図3 ワイヤーハーネス重量の変化(高級車)
Transition of the wire harness weight (luxury car).

環境、安全、快適性の向上のための自動車の高機能化により、搭載される電装システムが増加し、車1台あたりのワイヤーハーネス回路の使用量も年々増加し続けている。

例えば、新しい電装システムが追加されると、スイッチ、センサ、バルブ、モータなど複数の電装機器やECU (Electronic Control Unit) が1対1で接続されるため、ワイヤーハーネスの本数も増加することになる。

以前は、新しい電装システムが追加されても、多くても十数本の回路数(電線)増加しか生じなかったのに対し、近年の高度な電装システムでは、一つのシステムで30～60本の回路数が増加される。

一方で、車両内にワイヤーハーネスが搭載できる空間が限られているにも関わらず、こうした回路数の増加により、ワイヤーハーネスの搭載場所確保が困難という問題が発生している。

また、ワイヤーハーネス回路数の増加によって、車両への組付け作業性の悪化や車両重量を増やす原因にもなっている。近年の環境への配慮の高まりから自動車の燃費向上が求められており、そのために自動車全体の軽量化が推進されていることから、ワイヤーハーネスにも軽量化が要求されている。

このような諸問題を解決するために、1980年代から車内LAN技術が自動車に導入され始めた。

図2は、車内LAN導入の有無によるワイヤーハーネス回路数を示している。

1990年代と現在(2013年)を比べると、1000回路から2600回路(車内LAN導入あり)に増えているが、車内LANの導入がなければ3500回路程度まで回路数が増加していたと推測される。

図3は、車内LAN導入の有無によるワイヤーハーネス重量を示している。

1990年代と現在を比べると、20 kgから49 kg(車内LAN導入あり)に増えているが、車内LANの導入がなければ66 kg程度までワイヤーハーネス重量が増加していたと推測される。

このように、年々新しい電装システムが追加されたとしても、車内LANを導入することでワイヤーハーネス回路数や重量の

増加を抑制することが可能である。

3. 車載LANの導入

図4にネットワーク導入時期と変遷を示す。

1980年代に車内LAN技術が自動車に導入され始め、多くの自動車メーカーはそれぞれ独自に車内LAN向けインターフェース規格を開発し採用していた。車内LANの自動車への導入は、ボデー系制御システムから始まった。例えば、クライスラーは「C2D」、GMは「J1850VPW」、1990年台に入ると、ダイムラーは「CAN」、BMWは「I-BUS」「K-BUS」、トヨタは「BEAN」、ホンダは「MPCS」、日産は「IVMS」などがある。古河電工もマツダと共同で「PLAMNET」を開発してきた。しばらくはこれらの独自インターフェース規格が共存する状態が続いた。

一方で、自動車に搭載するシステムが増えたことで、ワイヤーハーネス使用量が増え続けること、また、従来採用していた独自インターフェース規格ではデータ伝送速度が不足する問題点があり、2000年頃から世界の自動車メーカーが車内LANの標準インターフェース規格の1つである「CAN (Controller Area Network)」の採用に走り出した。

こうして車内LANの主流はCANとなったが、2000年以降もさまざまな車内LANの標準インターフェース規格が登場している。それらは、1980年代のように各自動車メーカーが独自に策定しているものではない。自動車メーカーやTier 1サプライヤ、半導体メーカーなどが参加する標準化団体が、自動車のシステム別に最適な車内LAN規格を策定している。

図4に示すように、数種類ある車内LANインターフェース規格は、信頼性やデータ伝送速度の違いや用途に応じて使い分けられている。

車内LANをドメイン別に分類すると、制御系、ボデー系、情報系の3つに分かれる。制御系ではCAN, Flex Ray, ボデー系では、CAN, LIN (Local Interconnect Network), 情報系ではMOST (Media Oriented Systems Transport) 25などが代表

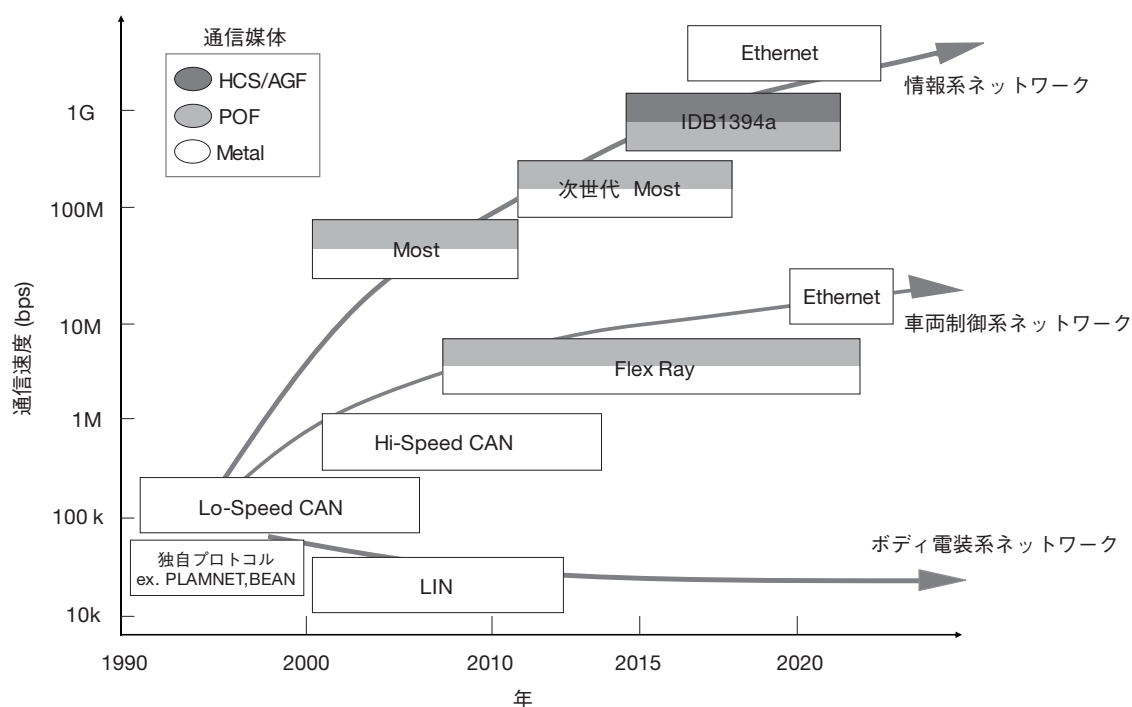


図4 ネットワーク導入時期と変遷
Timing of the introduction of the network and transition.

的な車内LANとして広く利用されている。

これにより、ドメイン別に使い分けている複数のサブネットワークで、車内LANを構成するマルチチャンネル化が進んでいる。現在、高級車では9チャンネルのCANサブネットワークとMOSTサブネットワーク及び複数チャンネルのLINローカルネットワークを持つ車内LANが実現させている。

これらのサブネットワーク間の情報伝達は専用のゲートウェイECUを設定するか、もしくは複数のサブネットワークに繋がる必要のあるECUにゲートウェイ機能を持たせて実現している。

これまでは、自動車の高機能化とともに、ECU間でセンサ情報やアクチュエータ情報を共有して、協調又は統合した制御を行う役割を車内LANが果たしてきた。今後、自動車事故を未然に防ぐための先進安全機能であるプリクラッシュ・セーフティ関連の装備が幅広い車種に搭載され、ITS (Intelligent Transport Systems) による道路交通インフラと自動車の協調制御が実用化の域に到達すれば、各システムのECUをつなぐ車内LANの重要性は一段と進展するものと見込まれる。

一方で、CANやMOST 25は伝送速度に上限があり、それぞれの最大伝送速度は、CANが1 Mbps、MOST 25が25 Mbpsである。

これに対して、ECU数の増加や制御の複雑化が進み、そのデータ量は飛躍的に増加しておりCANやMOST 25で伝送することが困難な状況になってきている。

例えば、自動車の基本機能である走行に関わる制御系は、安全性を高めるために車両の運動制御の向上が求められ、より高速でリアルタイム性と高信頼性に優れた車内LANインターフェースが必要になってきている。また、情報系では、音声や

映像の同時ストリーミングが必須になることや周辺監視カメラの搭載増加に伴って大容量のデータと通信速度を重視した車内LANインターフェース規格が必要になってきている。

このような要件や弱点を補うために、さまざまな次世代車内LANインターフェース規格の策定が進められている。

制御系では、「CAN」の次世代インターフェース規格に相当するのが、より優れた高速性と信頼性を備え、応答時間などのレスポンスを保証する規格である最大伝送速度が10 Mbpsの「Flex Ray」があり、高級車の一部に採用が始まっている。その他、長期的な施策として、「Ethernet」の規格化検討がJasPar、OPEN Alliance SIGなどの規格団体で進められている。

情報系では、「MOST」の次世代インターフェース規格に相当するのが、音声データや映像データを伝送するための規格である最大伝送速度が150 Mbpsの「MOST 150」や最大伝送速度が800 Mbpsの「IDB 1394」や最大伝送速度が1 Gbpsの「Ethernet」がある。

この中で、「Ethernet」は制御系と情報系の両方を包含する規格として策定が進められている。

このように、次世代車内LANインターフェース規格の伝送速度は、高速化/通信大容量化の方向に進んでいる。また、これらの次世代車内LANインターフェース規格の利用により、より高速でより多くの情報をやり取りできるようになるが、ECU数が劇的に減らない限りは、複数サブネットワークによるマルチチャンネル化は続く見込みである。

そのため、CAN、LIN、MOST、Ethernetなどでドメイン別に階層化されたマルチチャンネル化が、将来の車内LAN構成になると考えられる。

4. 電源の課題

同様に、電源系ハーネスシステムについての課題は各システム毎・各電源状態毎の配線が複雑に交錯することにある。更に、今後は低燃費化・安全機能の進化などにより電気・電子システムが増加し、電源品質の維持向上という新たな課題も浮上して

くる。これらについて課題・対策などをまとめると図5に挙げた項目となり、これらの実現が必要と考えられる。

この課題の解決策としては図6に概念を示したようになり、電力供給源(電池・発電機)と電力消費側(モータ、電子機器など)の状態によりアクティブに制御を行い、低消費電力化・電源品質確保の仕組みが必要となる。

現状の課題	将来のあるべき姿	キーワード
重要装備の電源信頼性	冗長電源の設定 及び フェールセーフ制御による電力確保	冗長電源システム 電源マネジメントシステム 電源 1 系統化 エリア給電
バッテリー充放電回数増加による寿命低下 (アイドリングストップ、充電制御)	バッテリー容量管理/制御による劣化防止	
暗電流増加によるバッテリー容量低下	暗電流カット 及び 駐車時システム動作制限 によるバッテリー上がり防止	
・消費電流値の増加 ・電源電圧変動/低下	安定化電源の設定 及び 負荷制御による電力安定化	
回生発電エネルギーの回収	蓄電デバイスの設定 及び 回生エネルギー制御による省電力化	
W/Hや電源部品の 小型化/軽量化/低コスト化	複数電源線の統合による省線化 (電源ポジションの多重信号化) W/Hの最短距離給電による軽量化 (機能別給電⇒エリア別給電)	

図5 電源システムの課題
Issues of the power supply system.

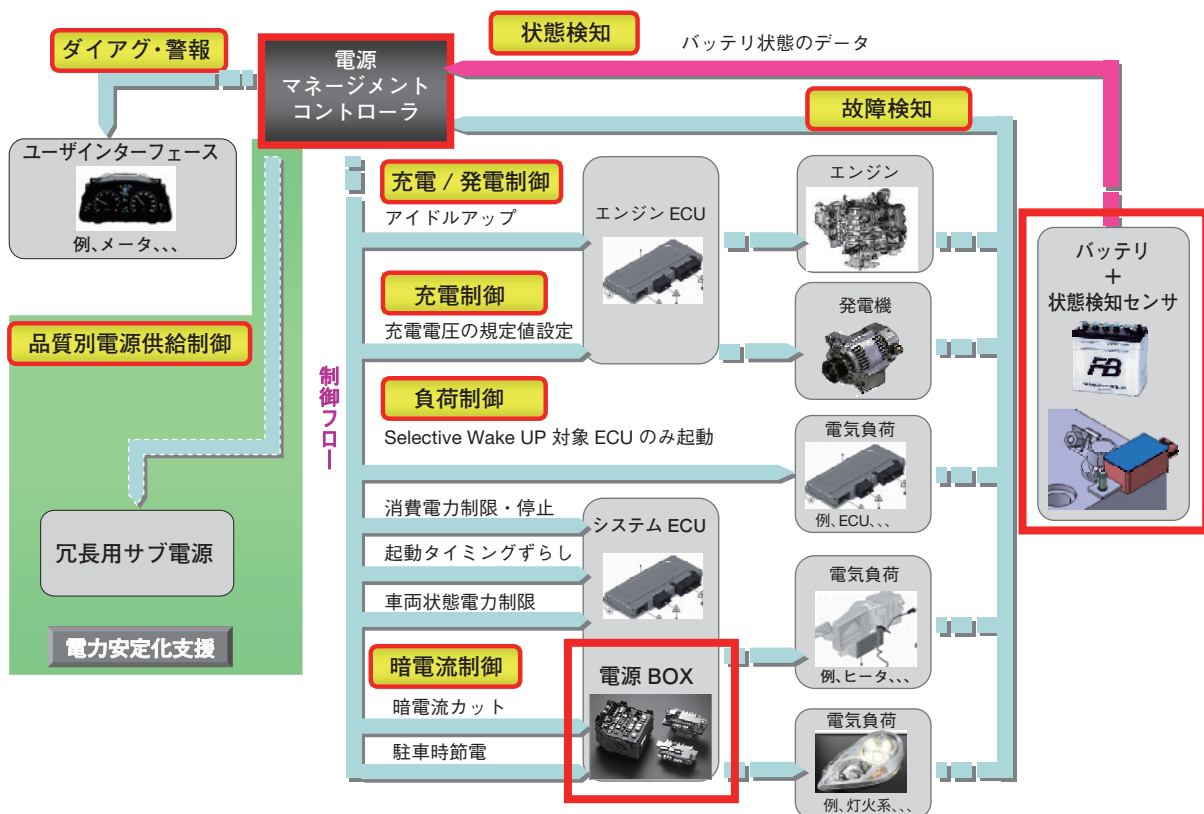


図6 電源マネジメント機能概念図
Power management function conceptual diagram.

5. 次世代ワイヤーハーネスシステム

これまで述べてきたような変遷を経て成立してきたハーネスシステムであるが、現在でもその肥大化の抑制・削減は大きな課題である。まず、通信系についてであるが、主流となっているCAN通信の通信量の制約から、1回線あたりの接続ECU数は6～10程度に制限され、結果として大型車両においては6回線ものCANバスが必要となっており、これが車両内を複雑

に交錯している。また情報系バスでも衝突予防などの周辺監視システムから非圧縮画像データ伝送(数百M～1 Gbps)の要求もあり、より大きな通信容量が求められている。この対策として車載Ethernetの導入が有力であり、従来のCAN通信の上限1 Mbpsを大きく越え100 Mbps～1 Gbpsを実現するものである。パワトレ・シャシ系などの基幹バスにはメタル媒体の100 Mbpsが、情報系バスにはメタルまたは光媒体の1 Gbps通信の適用が有力と考えられる。(図7)

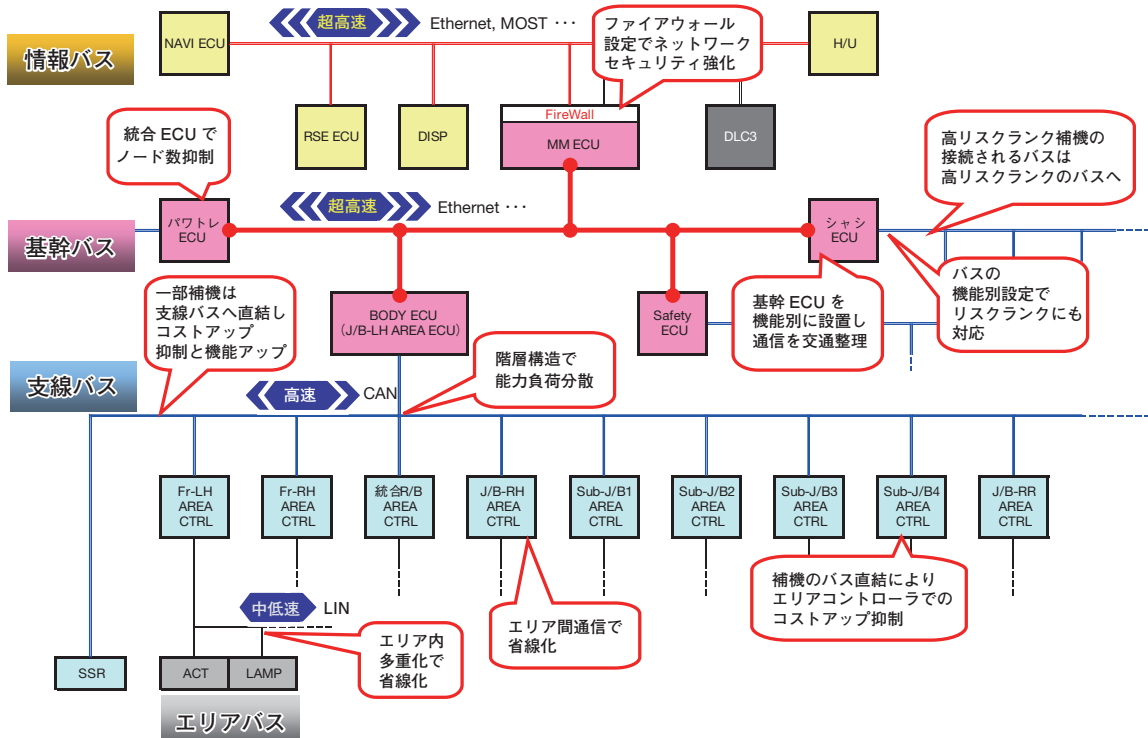


図7 次世代通信システム
Advanced communication network system.

同様に電源系システムについての課題は各システム毎・各電源状態毎の配線が複雑に交錯することにある。この対策として、図8に示すような電源1系統化+エリア別制御システムが有効と考えられる。このシステムでは、各電源状態(イグニッションオフ、アクセサリ、イグニッションオン)毎に分離していた配線を通信制御と合わせることで1系統化して配線の簡素化が

実現される。また図9に示すように、現状は遠方のECUや配電BOXから各補機へ長い電線で接続されているものが、車両の各部位毎に配置されたエリアECUから最短で配線することで電線長の短縮が実現される。また、これらは機能的には第4章で述べた電源マネジメント機能を取り込んだ動作を行い、省電力化・電源品質向上の働きも併せ持つことになる。

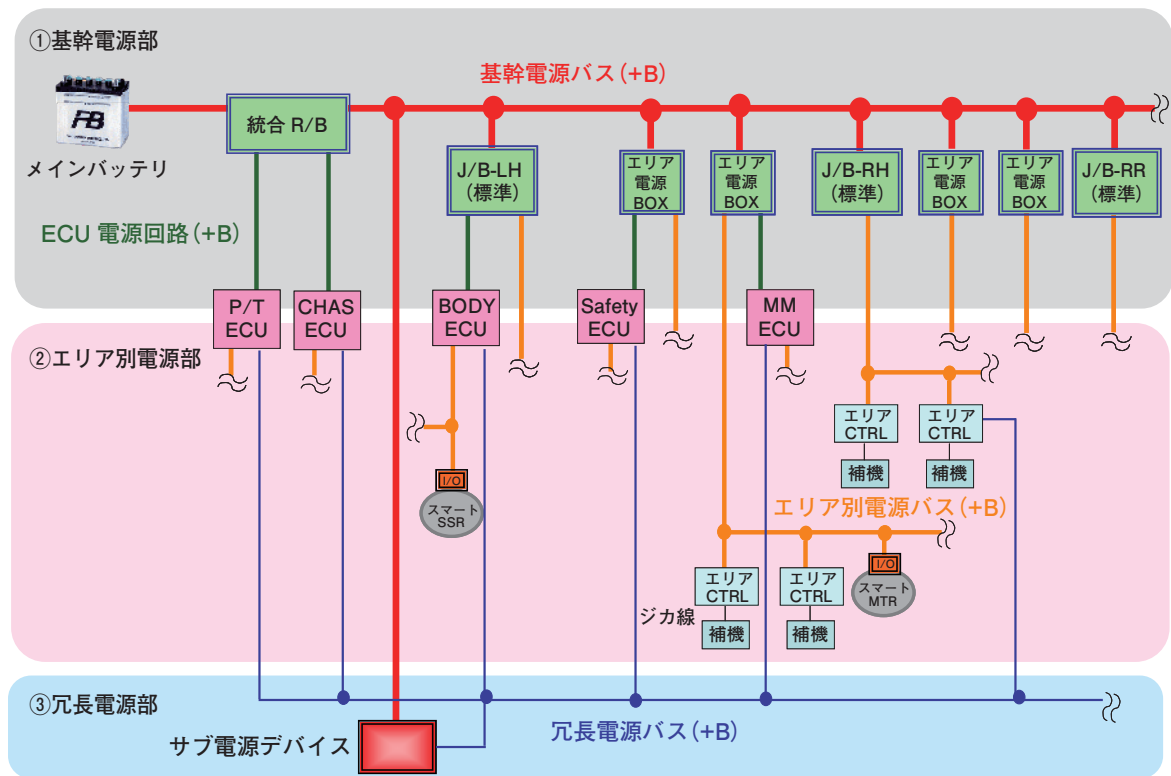


図8 次世代電源系システム
Advanced power supply system.

● 遠方へ配策される電源・通信線のエリアを跨る部分を、多重などで束ねることで省線化を実現

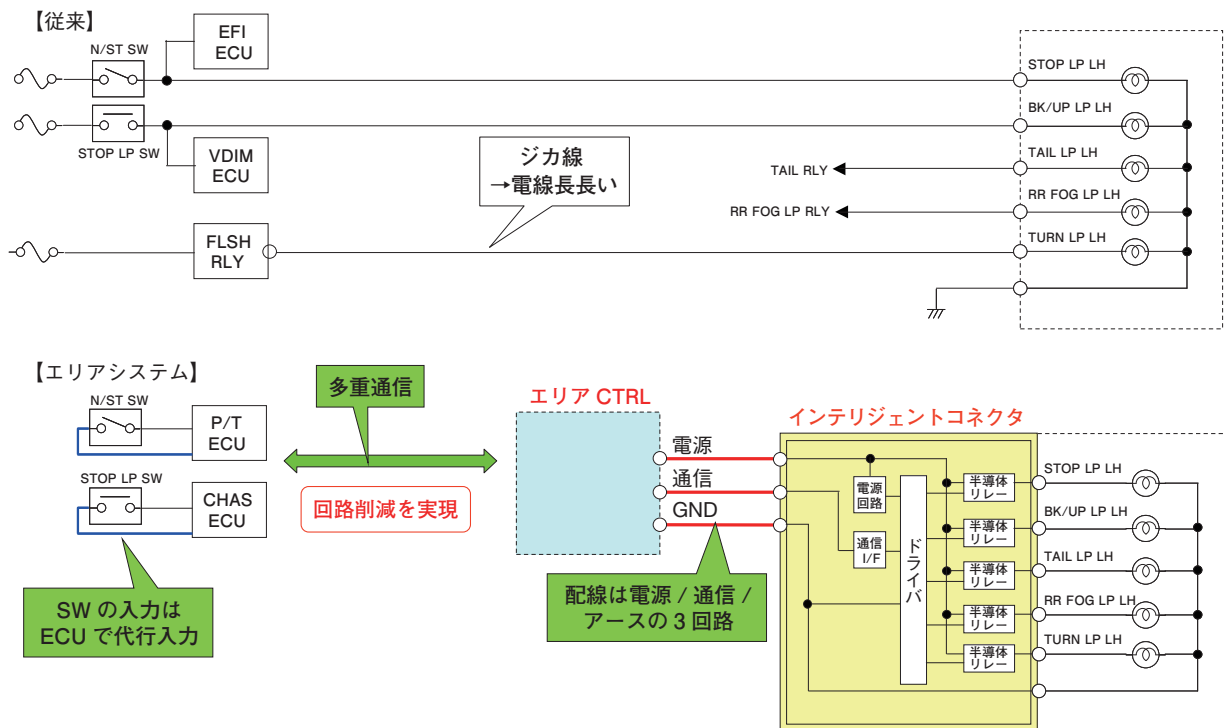


図9 エリア制御システムの概要
Overview of the area control system.

6. まとめ

次世代のハーネスシステムでは肥大化・複雑化するという課題解決のために「高速通信車載LANの導入」と「電源の多重通信制御化」, 「エリア制御システムの導入」が不可欠と予想される。ただし, 自動車における既存システムの置き換えには, コスト増加防止という大きな課題がある。これに対しては, 純粋にシステムコストの低減と新機能の追加による原資確保の両面での取り組みが必要となる。今後とも低コストでのシステム機能実現のための基本的な技術開発・検討とともに電源品質確保・低消費電力化・低燃費化に貢献する新機能の研究開発に取り組んでいくことが重要である。

参考文献

- 1) 電気学会：電気学会技術報告, 第1049号, 自動車用次世代電源システムのロードマップ.
- 2) 田野倉：NIKKEI ELECTRONICS, 2003.5.12.
- 3) 野海：車載LAN開発への取り組み, 富士通テン技報, Vol.25 No.1.
- 4) 田野倉：NIKKEI ELECTRONICS, 2011.6.27.