

次世代自動車用ワイヤハーネス

自動車電装事業部 大庭清嗣¹

Wiring harnesses for Next Generation Automobiles

K. Oba

自動車に搭載されるワイヤハーネスの重量は、新機能の追加により年々増加しており、近年はCO₂削減のためのHybrid Electric Vehicle (HEV)、Electric Vehicle (EV)などの高電圧ハーネスシステムや、燃費向上のための軽量化ハーネスシステムなど、特に環境に対するニーズが高くなっています。われわれは、これらのニーズに対応すべく、高電圧ハーネスシステムの開発や、軽量化ハーネスシステムを実現するための主要部品となる軽量化電線およびその接続技術の開発に取り組んでいます。導体に銅を使用した、車両1台分のワイヤハーネスの総重量は30kg前後ですが、軽量化電線を使用することで30%程度の軽量化が可能です。

The weight of a wiring harness is increasing year by year because of newly added functions. In recent years, there are growing customer demands for environmentally friendly products, such as high-voltage wiring harness systems for Hybrid Electric Vehicles (HEVs) and Electric Vehicles (EVs), and weight-saving wiring harnesses designed to improve fuel efficiency.

In order to satisfy these customer demands, we are developing a high-voltage wiring harness system and weight-saving electric wire and connection technology for a weight-saving wiring harness system.

Although the gross weight of the wiring harness using a conventional electric wire is about 30 kg/car, weight saving of about 30 % is possible by using a weight-saving electric wire.

1. ま え が き

近年の自動車には、環境・安全・快適のための様々な新技術が搭載されています。ワイヤハーネスにおいてはHybrid Electric Vehicle (HEV)、Electric Vehicle (EV)などの高電圧ハーネスシステムや、燃費向上のための軽量化ハーネスシステムなど、特に環境に対するニーズが高く、低炭素化を通じた環境への貢献をめざして研究開発を行っています。ここでは、HEV・EVなどの高電圧ハーネスシステムの開発と、軽量化ハーネスシステムを実現するための主要部品となる軽量化電線の開発について紹介します。

が必要となりますが、当社は顧客の開発初期段階から協力し、この十数年間でカーメーカ殿5社、システムサプライヤ殿10社以上に製品を供給してきました。

2005年には当社の製品が搭載された電気自動車が市場実験を開始し、実績を積んだ上で、2009年には富士重工業株式会社殿のプラグインステラにご採用頂き、市場投入されました(図1)。

2. 高電圧ハーネスシステム

2.1 開発実績

当社は1990年代初めから電気自動車を中心とした環境対応車(エコカー)向けの製品を開発してきました。カーメーカも1990年代後半から次々と市場に新型車を投入しています。エコカーを開発するには、従来の12V系とは異なる、いわゆる高電圧ハーネスシステム



図1 プラグインステラ
Fig. 1. Plug-in STELLA.

¹ 自動車電装開発部次長

略語・専門用語リスト		
略語・専門用語	正式表記	説明
HEV	Hybrid Electric Vehicle	ハイブリッド電気自動車。主として電動機と内燃機関など、複数の動力源を備えた電気自動車。
EV	Electric Vehicle	電気自動車。電気をエネルギー源とし、動力源として電動機を備えた自動車。
ジャンクションボックス	Junction Box	自動車用の電源分配装置。電線同士を結合・分岐・中継する際に用いる端子・端末の保護箱。ヒューズやリレーなども内蔵される。
WH	Wiring Harness	電源供給や信号通信に用いられる複数の電線を束にして集合部品（ASSY）としたもの。自動車の車内配線など、多くの電気配線を必要とする多様な機械装置に用いられる。
CA電線	Copper Clad Aluminum 電線	アルミニウムを銅で被覆した電線。

図 2 はプラグインステラのシステムイメージ、図 3 はプラグインステラ向け高電圧ハーネスです。バッテリーパックの内部配線やジャンクションボックスを含め、車両 1 台分の高電圧ハーネスシステムをトータルに手がけています。

2010 年には、慶應義塾大学、いすゞ自動車株式会社、

神奈川県などの産学連携プロジェクトの「電動フルフラットバスの地域先導的普及モデル策定とシステム化の実証研究」に参加し、高電圧ケーブルの供給などで開発に貢献しています。ここで開発した車両は実用化に向けて 2011 年から神奈川県で現在も実証実験を続けています（図 4、図 5）。

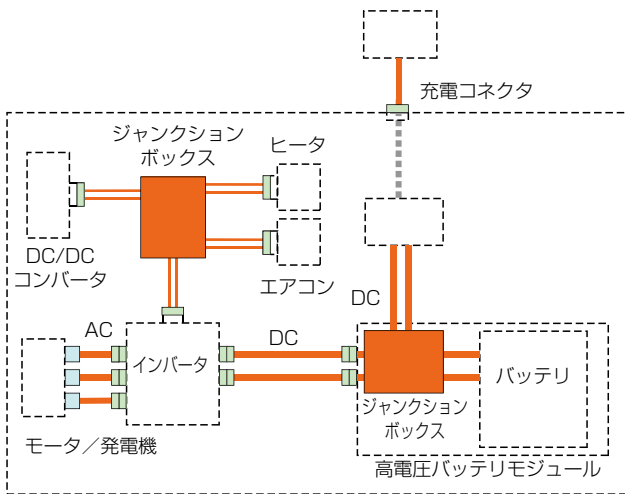


図 2 システムイメージ
Fig. 2. System outline.



図 4 電動低床フルフラットバス
Fig. 4. Full flat floor electric bus.

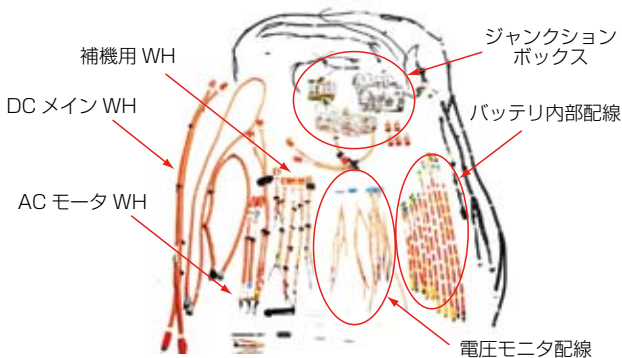


図 3 高電圧ハーネス
Fig. 3. High-voltage wiring harness.



図 5 高電圧ケーブル
Fig. 5. High voltage cable.

2. 2 高電圧ハーネス用コネクタ

様々な顧客ニーズに対応するために、個別シールド線用の個別シールドコネクタ（FHVC-Mark I）と、複数の非シールド電線を編組線でまとめて包んでシールドする共通シールドコネクタ（FHVC-Mark II, FHVC-S）をラインナップしています¹⁾。

さらに個別シールドコネクタは、オスとメスで補機とハーネスを接続するコネクタタイプ（図 6）と、補機の内部で端子をボルトで締結する直付けタイプ（図 7）の 2 種類をラインナップしています。

定格電圧は 600 V、防水性能は 98 kPa、シールド性能は 40 dB 以上を確保しています。コネクタタイプの接点には大電流通電可能な多接点接続方式のメインコンタクトと、シールド編組を接続するための回転可能なシー

ルド接点を採用し、コネクタ自体が自在に回転可能な構造になっています。これにより、太いケーブルを車両に組み付ける際の作業性が向上しています。

共通シールドコネクタ（FHVC-Mark II, FHVC-S）は、複数の非シールド電線を編組線でまとめて包んでシールドすることにより、部品点数を削減し、軽量化と低コスト化に加えて生産性の向上も実現しています。

メインの高電圧システム用の電線サイズ 15～20 sq (mm²) に対応する大電流コネクタ（図 8）と補機用の電線サイズ 3～5 sq に対応する小電流コネクタ（図 9）の 2 種類をラインナップしています。いずれも編組シールドの処理がポイントとなっており、編組とコネクタとの接続部の構造を工夫し、生産性の向上だけでなく、コネクタ自体の小型化も実現しています。



図 6 FHVC-Mark I (コネクタタイプ)
Fig. 6. FHVC-Mark I (Connector type).



図 8 FHVC-Mark II (開発中)
Fig. 8. FHVC-Mark II (Under Development).



図 7 FHVC-Mark I (直付けタイプ)
Fig. 7. FHVC-Mark I (Bolt-on type).



図 9 FHVC-S
Fig. 9. FHVC-S.

3. 軽量化電線

これまでの自動車用電線の軽量化・細径化は、AV→AVS→AVSS→CAVUS (CHFUS, CIVUS) と、主に絶縁体の薄肉化と円形圧縮を含む導体構成の工夫によってなされてきました²⁾。しかし、この手法はもはや限界に近く、新たな手法が必要になっています。われわれは用途別に導体を低比重化・高強度化する手法により、さらなる軽量化・細径化が可能な3つの新規電線を開発しました。ひとつは高強度・高導電率の自動車用アルミ合金電線、ひとつは銅とアルミニウムの複合材でバッテリーケーブルなどの大サイズに適したCopper clad Aluminum (CA) 電線、そしてもうひとつは信号線に適する、現行の軟銅線の1/4の断面積で同等の強度を有する極細高強度電線です。それぞれの導体材料は最適領域があり、表1のように使い分けることで、効果的に軽量化・細径化を実現できます。

3.1 自動車用アルミ合金電線

2.5 sq (mm²) 以下の小サイズ電源回路には、低比重材としてアルミ合金電線が適しています。開発に際しては、電線としての目標性能を「軟銅線と同等以上の電気的特性および機械的特性を有すること」としました。自動車用電線に求められる性能として、電気的特性に加えて端末接続強度も重視しています。目標性能を満足するための主な材料特性は、引張強さ 140 Mpa 以上、伸び 10 % 以上、導電率 58 % 以上で、この目標に対して、当社の持つアルミ合金材料のデータを基に、最適な強化方法を選定することにより、最終的に目標以上の材料性能を得ることに成功しました(表2)。また、アルミ合金電線は、その性能を発揮するためには線材化についても、これまでの軟銅線とは違った工程が必要なが知られていますが、製造部門との連携により目標を達成す

表1 電線サイズと適合電線
Table 1. Current wire and suitable light weight electric wire size.

現行電線サイズ sq (mm ²)	開発電線サイズ sq (mm ²)	適合電線	特徴
0.13	0.08	極細高強度電線	高強度/高導電率
0.5 ~ 2	0.75 ~ 2	アルミ合金電線	低比重/高強度
3 以上	5 ~ 100	CA電線	高導電率/低比重

表2 アルミ合金電線の諸特性
Table 2. Characteristics of aluminum alloy wire.

	引張強さ (MPa)	伸び (%)	導電率 (% IACS)
目標値	140 以上	10 以上	58 以上
開発電線	145.9	13	59.4

ることに成功しています。これらの工夫により得られた開発品の性能は、自動車用アルミ線材として強度・伸び・導電率のバランスにおいて、世界トップレベルにあります。図10は開発品の断面写真です。

3.2 自動車用CA電線

低比重導体材料として、2.5 sqを超えるサイズにはCA電線が適しています。CA電線は図11に示すように、アルミ材を銅で被覆した構造となっており、銅の良好な電気的接続性と、アルミニウムの高い比重-導電率比の両方の長を合わせもつ線材です。また、純アルミ電線では加工が難しい0.18 mmの細い素線径でも問題なく製造可能です。加えて、アルミ合金電線では末端の接続性が課題となりますが、CA電線は表面が銅なので

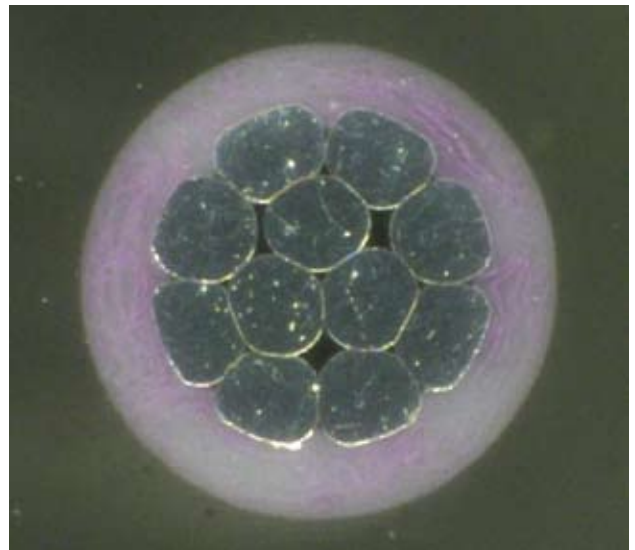


図10 自動車用アルミ合金電線断面
Fig. 10. Cross section of Aluminum alloy wire.

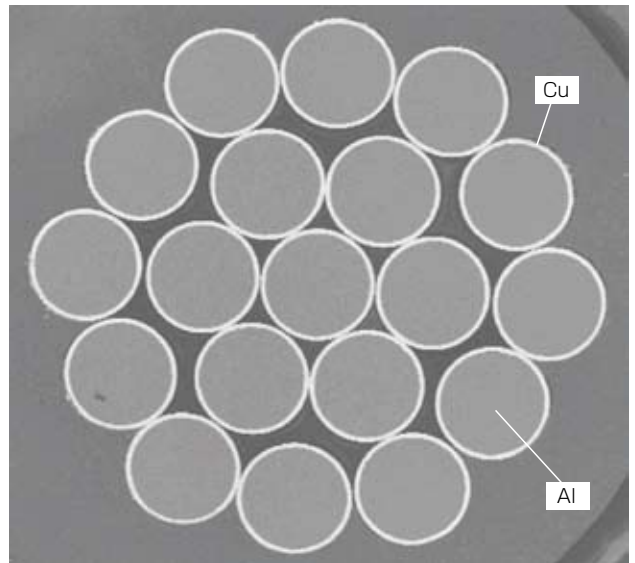


図11 自動車用CA電線断面
Fig. 11. Cross section of CA wire.

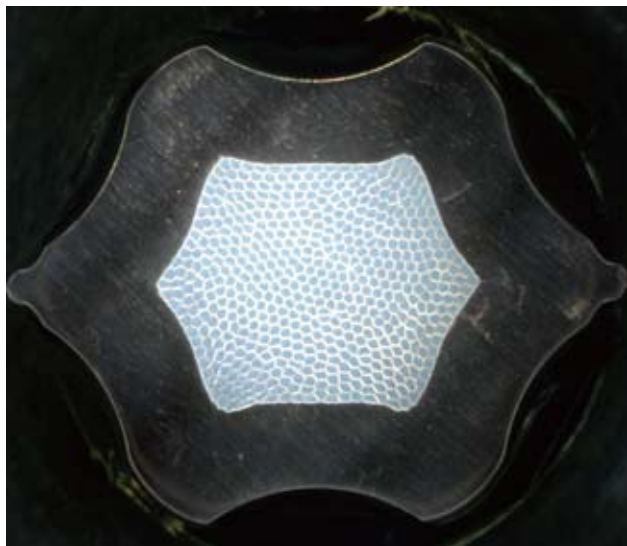


図 12 自動車用CA電線端末断面
Fig. 12. Cross section of CA wire terminal.

電氣的接続において図 12 に示すように、従来の軟銅用端子を用いたかしめによる接続が可能なので、追加投資が必要ありません。太いサイズに適用することで、軽量化効果が大きく、太くても柔軟で、接続信頼性が高いケーブルを実現できます。CA電線は国内では当社のみが製造している線材で、母材製造から導体化まで十分な実績を有しています。

3. 3 自動車用極細高強度電線

主に信号線をターゲットとした細径電線に銅以外の材料を用いる試みはこれまでも行われてきており、近年 0.13 sq において、銅合金線に加え導体レベルで高強度材と複合材料化した導体が実用化されています。これらの高強度化は、圧着部強度を一定の水準に保つのが大き

な目的のひとつであり、軟銅 0.3 sq を基準としてこれよりも低い値にならないことが重要になります。一方、信号線として用いる場合は民生用途で 0.13 sq よりも小さいサイズの電線が使われていることから考えれば、さらに導電率を見極めることによる細径化の余地があります。高強度導体へのアプローチはいくつかありますが、複合材による課題解決をコンセプトとして開発に着手し、研究レベルではありますが 0.08 sq で軟銅 0.3 sq 以上の破断荷重を持つ高強度電線を得ています。

4. む す び

これまでは自動車用ワイヤハーネスに使用される電線の導体材料は銅が主流でしたが、更なる燃費向上のための軽量化要求や、銅価高騰によるコストアップの抑制の観点から、将来はアルミニウムなどの軽量化線材が主流になっていくと考えられます。導体に銅を使用した、車両 1 台分のワイヤハーネスの総重量は 30 kg 前後ですが、軽量化電線を使用することで 30 % 程度の軽量化がみこめます。今後もワイヤハーネスのシステムサプライヤとして、高電圧ハーネスシステムや軽量化ハーネスシステムなどの、環境にやさしいハーネスシステムの開発を推進していきます。

参 考 文 献

- 1) 石川：「ハイブリッド車／電気自動車用高電圧コネクタ (FHVC-Mark II)」, フジクラ技報, 第119号, p. 53, 2010
- 2) 望月：「0.13 mm²電線」, フジクラ技報, 第119号, p. 52, 2010