

e-STEALTH W/Hに関する構造と技術

Structure and Key Technologies of e-STEALTH W/H

野村 秀樹*
Hideki Nomura

水野 芳正
Hosei Mizuno

黄 強翔
Kyouyou Kou

蒲 拓也
Takuya Kaba

白川 純一
Junichi Shirakawa

自動車は自動運転化等のCASE*1に伴い、高機能化による搭載機器及び回路数の増加が進んでいるが、車室空間は快適性向上に向けて拡大ニーズがあるため、ワイヤーハーネス*2を省スペースで配索できる形態の変革が求められている。一方で従来のワイヤーハーネス製造はその複雑な作業故に自動化が難しく、現在も世界の各拠点で、多くの人員を雇用して製造を行っている。そのため、各製造拠点からの長距離輸送に伴うコスト、CO₂排出という問題を解決できる形態を研究開発する必要があった。我々は自動車の商品力向上に向けた室内空間の拡大、且つ労働集約型から脱却し、地産地消*3を実現できる自動化に向けたワイヤーハーネスを開発し、大手自動車メーカーでの採用を実現した。本稿ではワイヤーハーネスの新規形態となるe-STEALTH W/Hに関する構造と技術を紹介する。

The spread of autonomous driving and the movement toward CASE (connected, autonomous, shared, electric) vehicles has led to an increase in the number of devices and electrical circuits in automobiles. However, in order to improve comfort, there is a need to increase the interior space of vehicles, which requires a change in the wiring harness design to fit into smaller and tighter spaces. Meanwhile, the complex nature of wiring harness manufacturing makes it difficult to automate, resulting in a manual-intensive process that requires a large number of workers across global locations. This presents challenges in terms of cost and carbon emissions associated with long-distance shipping to OEM factories. To address these challenges, we have developed e-STEALTH W/H, a new wiring harness that not only increases interior space in vehicles, but also enables automation, shifting from labor-intensive processes to localized production for local consumption. The successful adoption of our wiring harness by a major automaker underscores its effectiveness. This paper outlines the structure and key technologies of e-STEALTH W/H and provides insights into our innovative wiring harness solution.

キーワード：e-STEALTH W/H、地産地消、自動化、フラット化ワイヤーハーネス

1. 緒言

自動車の自動運転化、高機能化によりワイヤーハーネスは肥大化し続けており、配索スペース拡大による室内空間の縮小化が懸念される。室内空間の拡大のためには、電線の細径化だけでは追い付かず、ワイヤーハーネス形状の変革が必要である。

一方、ワイヤーハーネスの製造は、作業が複雑なため自動化が難しいとされており、現在も世界の各拠点で、多くの人員を雇用して製造を行っている。そのため、コスト競争力の観点から、例えば北米向けのワイヤーハーネスは東南アジア各国の工場で製造される等、製造拠点からの長距離輸送はやむを得ず、それに伴うCO₂排出という問題を避けることはできなかった。そのような中で、新型コロナウイルス感染症や、昨今の世界的な半導体不足の影響を受け、「労働集約型」というビジネスモデルが通用しなくなったため、当社及び当社グループの住友電装(株)及び、(株)オートネットワーク技術研究所の3社(以下、当社)は、この難局を突破するための一つの施策として、「地産地消」の体制構築をめざしている⁽¹⁾。

そこで、「室内空間の拡大」、「地産地消」の実現のために、当社は、フラット化したワイヤーハーネス(以下e-STEALTH W/Hと称す)を開発した。e-STEALTH W/Hは電線位置

を制御しフラット化することで、高さを従来ワイヤーハーネス対比で約50%減、且つ製造コストが高い地域でも容易に製造できるよう自動化率を大幅に向上させた。

当社はe-STEALTH W/Hのルーフハーネスへの適用に成功し、2022年2月より、生産を開始した。図1に採用された自動車の部位及び製品を示す。

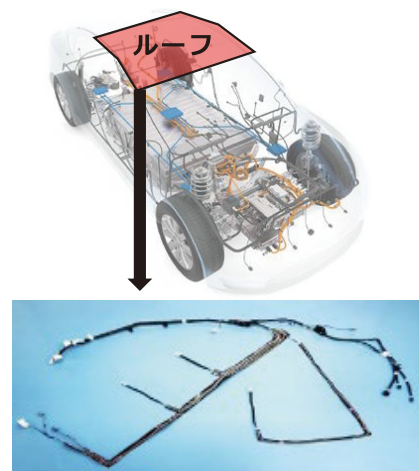


図1 e-STEALTH W/Hの採用部位、外観写真

2. e-STEALTH W/Hの構造

自動車に搭載されているフラット化ワイヤーハーネスとしてフレキシブルフラットケーブル^{*4} (FFC)、フレキシブルプリント基板^{*5} (FPC) があるが、車載要件である接続信頼性と電線バリエーションへの対応及び曲げ・分岐・跨ぎ配線により適用範囲は限定され、広く展開されていない。

そこで当社は車載要件を満足でき、且つ既存フラット化ワイヤーハーネスに対するコスト競争力を持たせるために、自動車用電線と汎用コネクタを使用し、基材に電線を整理し固定させるフラット化構造を考案した (表1)。

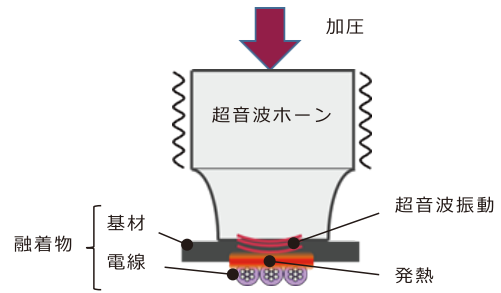


図2 超音波融着原理

表1 e-STEALTH W/H構造と他配線材との比較

		自動化	スペース	コスト	車載要件 接続信頼性 電線バリエーション 曲げ、分岐、跨ぎ
従来	断面図 外装材 電線 電線を束ねる	△	×	○	◎
FFC・FPC	断面図 絶縁体 FFC 導体	◎	◎	×	△
e-STEALTH W/H	断面図 フラット構造 電線 基材 電線を基材に整理して固定	◎	○	○	◎

接合界面で軟化溶融現象^{*7}が起きて融着物同士を溶融接合させる。

超音波振動は伝達距離が長くなるにつれ減衰するため、超音波ホーンに近い方が発熱しやすい。そのため、電線側から超音波振動を与えると、基材と電線間の発熱よりも超音波ホーンと電線間の方が発熱し高温になるため、基材と電線が融着される前に電線が変形してしまう。基材側から超音波振動を与えることで、超音波ホーンと基材間は発熱するが基材の融点が高く熱影響はないため、電線を変形させずに基材と接合することができる。

超音波融着は超音波ホーンによる荷重と超音波エネルギーで制御を行う。荷重又は超音波エネルギーが高い場合、界面での発熱量が多くなり、電線の被覆全体に熱伝導してしまうことで軟化し電線が変形してしまう。一方、低い場合は電線と基材間で発熱量が少なく、軟化溶融現象が起きず、融着されない。そのため、車両搭載、車両環境下でも性能を満足できる融着強度と電線変形を両立できる超音波エネルギーと荷重を融着条件として設定した (図3)。

従来のワイヤーハーネス製造では自動化率が全工程の約15%に対して、本構造にすることで自動化率を約50%まで飛躍させることができ、地産地消の実現が期待される。

以下にe-STEALTH W/Hの要素技術である電線と基材の固定技術と基材開発について述べる。

3. 電線と基材の固定技術

基材に電線を固定させる技術として、一般的に接着剤や両面テープ等はあるが、電線ごとに追加部材が必要な上、自動化が困難である。我々は部材同士の直接接合及び条件制御だけで電線バリエーションに対応することが可能で、自動化に適した超音波融着を選定した。図2に超音波融着の原理を示す。

超音波融着は超音波ホーン^{*6}で融着物を加圧し超音波を発振することで、超音波ホーン先端から融着物に伝達された超音波振動が融着物内部を伝搬し融着物間を発熱させ、

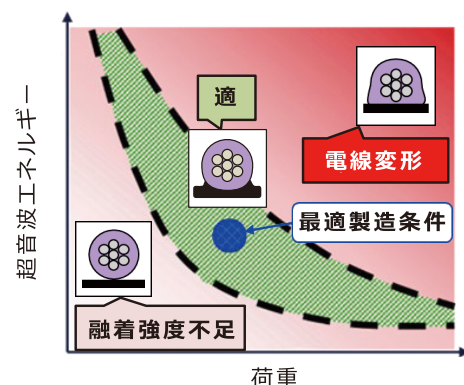


図3 基材と電線の超音波融着特性

我々は超音波融着特性評価を行い、電線バリエーションや本数に応じて融着条件幅を確保することができた。

4. 基材の開発

基材開発では電線との融着性に加えて外装機能付与及び経路形状を維持できることを目指し開発を行った。

以下にそれぞれの詳細について述べる。

4-1 電線と基材の融着性

基材開発では電線との融着時に電線を変形させないことと、ワイヤーハーネスの車両搭載及び車両環境下でも電線が外れない融着強度、且つ品質及び製造安定のために広い融着条件幅の確保が実現できることを要件とした。

電線変形については、融着温度で電線より基材の方が硬いと電線が変形してしまうため、基材は電線より柔らかくなければならない。図4は温度に対する電線被覆の硬さ、即ち貯蔵弾性率^{*8}で、基材に求める融着温度での狙いの貯蔵弾性率を示す。

融着温度で電線と基材の両方が軟化溶解現象を起こし結合できるという観点で、基材は電線被覆と同材質のポリ塩化ビニル (PVC) を選定した。また、電線より貯蔵弾性率を低くするために、可塑剤^{*9}量を調整することにした。貯蔵弾性率は、可塑剤量で下げることが可能であるが、一方で柔らかくなると基材の強度が低下し、融着強度が低下するため、電線変形と融着強度の両立を狙うべく、可塑剤量違いのサンプルを試作し評価を行った (図5)。

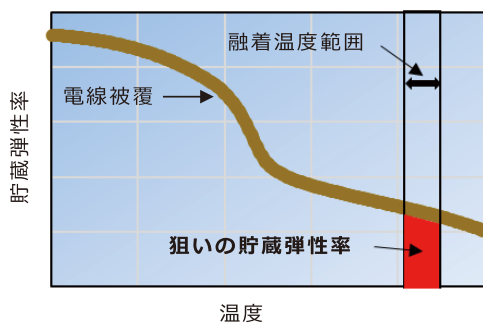


図4 電線被覆及び基材に求める貯蔵弾性率

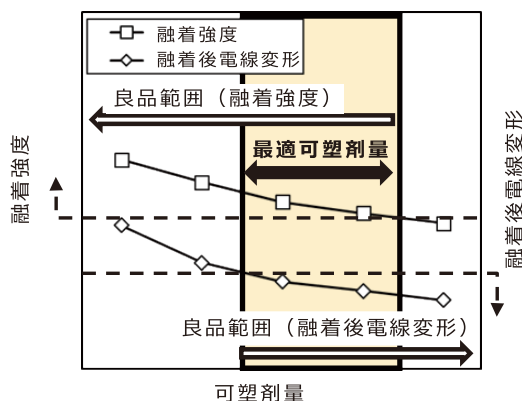


図5 PVCの可塑剤量違いによる融着性

その結果、我々は融着強度と電線変形を両立でき、且つ品質及び製造安定のために広い融着条件幅が確保可能な可塑剤量を見出した。

4-2 基材の機能付与

ワイヤーハーネスの外装機能として、車両搭載時に基材が破れない引張強度と、車載環境による周辺部品との干渉から電線を保護する耐摩耗性及び干渉音を抑制する耐打音性と軽量性が必要である。さらにe-STEALTH W/Hのうれしさとしてワイヤーハーネスを形づくることで組付け工数削減を狙うため、経路の形状維持も要件として開発を行った。

電線と基材の融着性のために選定したPVCは軟質のため要件を満たさず、別部材の複合化 (補強材) を実施することにした。そこで補強材は引張強度のある硬質PVCと、耐打音性の観点で空気層を含むと緩衝材のように打音を吸収できると考えポリエチレンテレフタレート不織布 (PET不織布) を選定し評価した結果を表2に示す。その結果、PET不織布の選定とPVCとの貼り合わせ技術の開発と合わせて外装機能及び経路形状維持を満足することができた。

貼り合わせ技術が確立できたため、今後は様々な機能を基材に付与することで付加価値の向上が期待できる。

表2 補強材による外装機能及び経路形状維持

基材構成	外装機能				経路形状維持
	引張強度	耐摩耗	耐打音	質量	
PVCのみ	×	×	×	○	×
PVC+硬質PVC (補強材)	○	○	×	×	○
PVC+PET不織布 (補強材)	○	○	○	○	○

5. e-STEALTH W/Hの車両 (ルーフ) 搭載によるうれしさ

5-1 室内空間の拡大及び配線の最短経路化

従来、ボディとヘッドライニング^{*10}の間の配線スペースはワイヤーハーネスの束が配線されるのに必要なスペースが取られていた。一方、e-STEALTH W/Hは、フラット化構造によりボディとヘッドライニングの間の配線スペースが削減できたため、ヘッドライニングを高さ方向に広くとることによって室内空間の拡大が期待できる。

また、従来ワイヤーハーネスはボディとヘッドライニングの間に配線スペースがない箇所については、スペースがあるところまで迂回し配線させていた。一方、e-STEALTH W/Hは、フラット化により従来ワイヤーハーネスの束径

用語集

※1 CASE

「Connected : コネクテッド」、 「Autonomous : 自動運転」、 「Shared & Service : シェアリング・サービス」、 「Electric : 電動化」 の頭文字をもとにした造語。

※2 ワイヤーハーネス

自動車や複写機・プリンタなどに搭載された電子部品や電装品を電氣的に接続し、相互の電力や情報の伝送を中継する組み電線のこと。電線と保護材・クランプなどで構成されている。ワイヤーハーネスを構成する電線の1本1本の役割としては電源をとるもの・信号を伝達するものなどがある。

※3 地産地消

地域の産物をその地域で消費すること。

※4 フレキシブルフラットケーブル

薄く平たい複数の導体を並べ、上下を絶縁フィルムで挟み込んだ、薄く軽量の平型ケーブル。

※5 フレキシブルプリント基板

薄く柔軟性のある基板上に導電材料をライン状に配置したものの。

※6 超音波ホーン

溶着対象に直接接触して振動を伝達する部品。

※7 軟化溶融現象

超音波による振動エネルギーが融着部の内部を発熱させて融着物同士が接合される現象。

※8 貯蔵弾性率

歪み曲線と同位相の成分から求めた粘弾性体の硬さ。

※9 可塑剤

ある材料に柔軟性や弾性を与えるために添加される物質の総称。

※10 ヘッドライニング

車室内騒音の吸収、遮音、ルーフとの断熱といった機能を持っている天井の内張り。

・ e-STEALTH W/HIは住友電装㈱の商標、または登録商標です。

参考文献

- (1) 住友グループ広報委員会、住友が取り組む社会課題～未来への羅針盤～ 住友電装×地産地消 ワイヤーハーネスの製造を「地産地消」に製造の自動化がもたらすビジネスと社会課題解決の両立
<https://www.sumitomo.gr.jp/act/social-issue/sws/>

執筆者

野村 秀樹* : (株)オートネットワーク技術研究所
主査



水野 芳正 : (株)オートネットワーク技術研究所
グループ長



黄 強翔 : (株)オートネットワーク技術研究所
グループ長補佐



蒲 拓也 : 住友電装㈱ 部長



白川 純一 : 住友電装㈱ 部長



*主執筆者