

## 車載用新圧接コネクタの開発

今井 裕次郎・齋藤 寧・服部 康弘  
 澤田 和夫・児嶋 映二・樋尾 昌秀  
 青山 雅彦・岡田 肇・塩谷 準

Development of a New IDC Connector for Automotive Use — by Yujiro Imai, Yasushi Saitoh, Yasuhiro Hattori, Kazuo Sawada, Eiji Kojima, Masahide Hio, Masahiko Aoyama, Hajime Okada and Jun Shioya — Wiring harnesses (W/Hs) for automotive use play a critical role in vehicles in the provision of electrical connections between electrical components. As a result of the increase in the number of electrical components, W/H circuit configurations have become more complicated. The current requirement is to reduce that complexity. It is expected that the concept of modularity that consolidates electrical components by function and placement will accelerate. The automated manufacture of W/Hs is also likely to progress, in order to reduce costs and improve quality. The connection technology used to fasten terminals to wires is divided mainly into crimping and press-fitting. To date crimping has been used mostly, with W/H manufacturing performed mainly by hand. For automation, however, press-fitting is more suitable because connection can be achieved by merely pushing the wire into the terminal. Sumitomo Electric's new insulation displacement connection (IDC) connectors are unique in that they are compatible with both crimping and press-fitting, thereby facilitating the automation of W/H manufacturing while still being easily applicable to conventional W/Hs. Furthermore, as these new IDC connectors will be compatible with conventional modules, it is anticipated that these new IDC connectors will become a core technology in W/H manufacturing. In this report we describe their design and features.

### 1. 緒 言

主に電線とコネクタ（端子，ハウジング）で構成される車載用ワイヤーハーネス（写真1，以下W/Hとする）は，自動車内で電装部品間の電氣的接続を担う重要な部品であり，下記の動きの中で大きな変革の時期を迎えている。

W/Hの回路構成や構造は，電装品の増加に伴い複雑化の一途をたどっていた。そこで電装品の機能や配置，W/Hの回路構成等を簡素化する検討が進んでおり，今後，図1(b)に示すように電装品を機能や配置単位でまとめたモジュールの考え方が進むと予測される。このときW/Hは簡単な回路構成となり，最終的には家電製品の内部配線に見ら

れるように複数の電線を平行に配して一括してコネクタに接続する構成に近づいていくとも考えられる。また表1にW/Hのニーズと主な開発アイテムを示すが，低コスト化，高品質化のために生産の自動化も大きな流れとなっている。

W/Hの電線と端子の接続技術は圧着と圧接に大別され，従来は電線の被覆除去が必要な圧着が主に用いられていた。一方，圧接は端子の圧接刃に電線を押し込むだけで複数の配線材の電氣的接続を同時に成立させる技術であり<sup>2)</sup>，上記のような平行に配線された場合の一括接続や自動化に



写真1 車載用ワイヤーハーネス

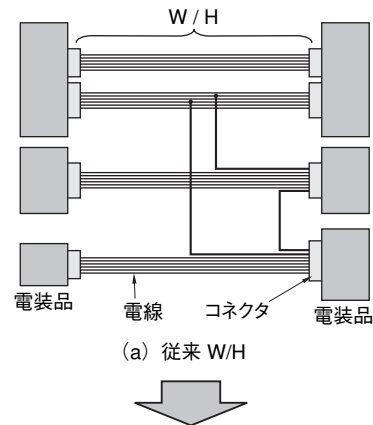


図1(a) モジュール化とW/Hの変化

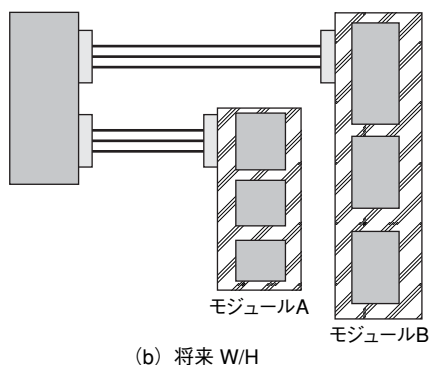


図 1 (b) モジュール化と W/H の変化

表 1 W/H のニーズと開発アイテム

開発アイテム \ ニーズ	システム			製造				部 品	
	モジュール化	多重 LAN	42 V	自動化	コネクタ	小型狭ピッチ	細径化電線	配線材	フラット
低コスト化	○			○				○	○
小型・軽量化	○	○	○	○	○	○	○	○	○
高品質	○			○					
環 境			○		○	○	○	○	○

新圧接コネクタ

適した技術である。筆者らは、圧接技術を小型コネクタ、細径電線やそれらを用いた W/H の自動生産、さらにはフラット配線材やモジュール化を支える重要な要素技術の一つとして位置づけ、その開発に注力している。また圧接を拡大するには、次項に述べるように従来 W/H との互換性も重要な要素となる。本稿ではこのような動向に対応した圧着/圧接互換の新しい圧接コネクタを開発したので報告する。

## 2. 従来 W/H と圧接

W/H の回路構成 (図 1 (a)) は、一対のコネクタ間だけで完結した簡単なものだけでなく、各コネクタ間を行き交った非常に複雑な構成となっている。図 2 に従来の W/H の製造方法を示す。まず電線に圧着した端子を人手作業によりハウジングへ挿入してサブアッシーをつくる。次いで異なるサブアッシー間をつなぐ回路が必要な場合は、後入れ回路を挿入して本結束し、最終的な製品としていた。後入れ回路は別途圧着して組み立てるが、この工程は非常に煩雑なため人手に頼らざるを得ない。一方、比較的単純な構成のサブアッシーの製造については、人手作業による‘誤挿入・半挿入’等の品質の限界、人件費による高コストといった課題を解決するために自動化も一部検討されている。圧着の自動化では、図 3 に示すように電線を治具で把持し、端子をハウジングに挿入する。ところが今後のコネ

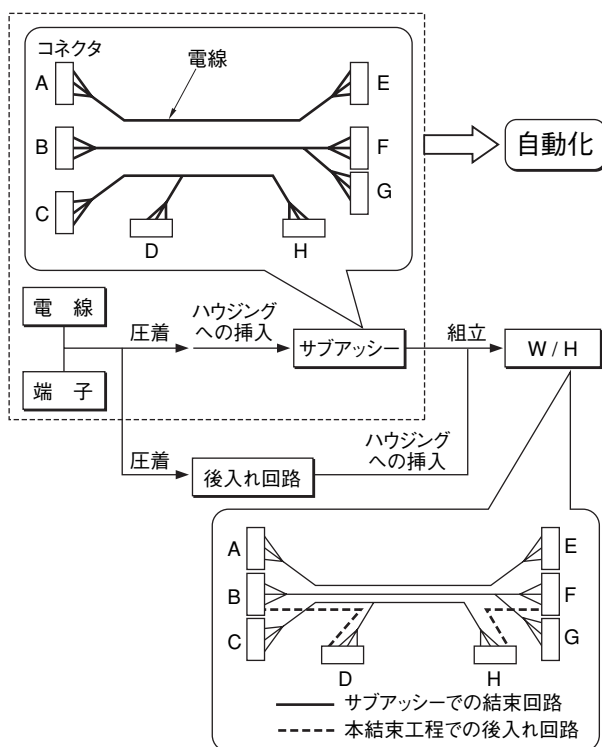


図 2 従来 W/H の製造方法と自動化

クタの狭ピッチ化、電線の細径化が進む中で、図 3 に示すような治具と電線との干渉、細径電線の座屈により端子挿入が困難となることが問題として挙げられる。

これに対し、圧接は電線の被覆を除去する必要が無く、端子の対向する 2 枚の刃の間に電線を押し込むだけで被覆が除去されて芯線と刃が接触し、接続できる (図 4)。圧着に比べ単純な工程で接続できるため自動化に適した技術であるとともに、狭ピッチ化、細径化電線への対応も可能なため、将来の W/H の製造技術として着目されている。

## 3. 新圧接コネクタ

3-1 特徴 今回開発した新しい圧接コネクタおよび端子を写真 2 に示す。このコネクタは本結束工程で圧着された後入れ回路を挿入できる、すなわち圧着/圧接互換システムとすることを基本的なコンセプトとした。互換性を持たせることで、図 2 に示すコネクタ A-E 間の回路のような完結したサブアッシー以外にも、後入れ回路の必要なサブアッシー (B-F-G 回路, C-D-H 回路) も圧接でつくれるようになり、W/H への圧接の適用範囲を拡大できる。後入れ回路をなくす検討も進められているが、現状では完全になくすことは困難であり、圧着/圧接互換システムという考え方が非常に重要となる。

新しい圧接コネクタを用いた W/H の製造は、図 4 に示すように剛性が高い治具上で圧接し、端子を押し出してハウジングへ一括挿入する工法とした。これにより圧着の自動化での課題を解決でき、狭ピッチコネクタや細径化電線にも対応できる。さらに接触抵抗に影響を与える圧接高さ

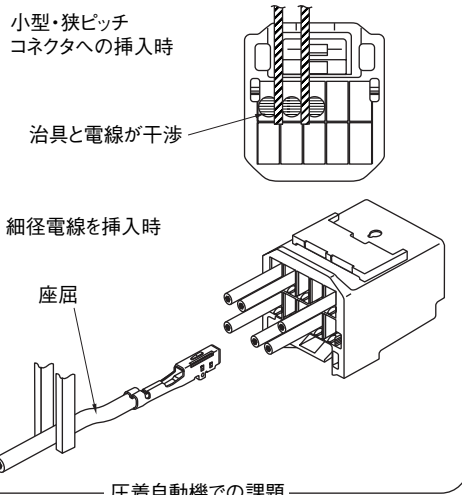
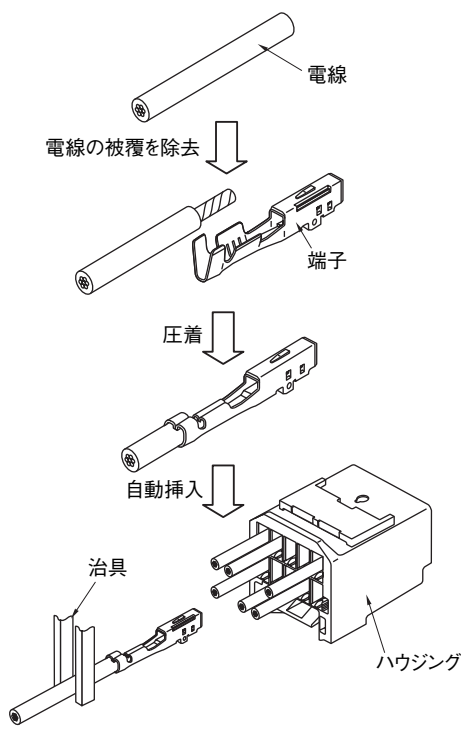


図3 圧着の自動化と課題

のばらつきを減少することが可能で、接続信頼性を向上できるメリットもある。

**3-2 圧接の接続機構** 圧接での端子/電線間の接続機構を図5に示す。電線を対向する2枚の刃の間に挿入した際、芯線が塑性変形をして接触面を形成する。一方、端子は電線によりたわみ、変位することにより反力Fを発生し、電線と電氣的に接続をする。端子の開発においては端子/電線間の接触抵抗を低く安定させる、すなわち接続信頼性を確保した条件設定を行っている。

接触抵抗は集中抵抗と被膜抵抗の和として考えられ<sup>3)</sup>、図6に示す式で表される。この式はホルム式<sup>4)</sup>から導出され、接触抵抗が反力Fの影響を大きく受けることがわかる。

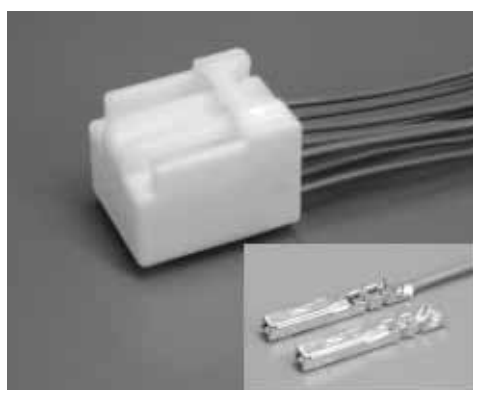


写真2 車載用新圧接コネクタ

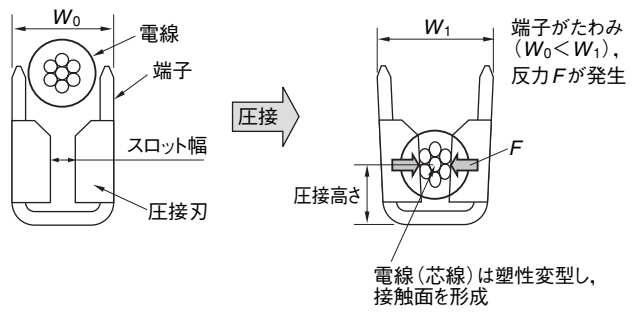


図5 圧接の接続機構

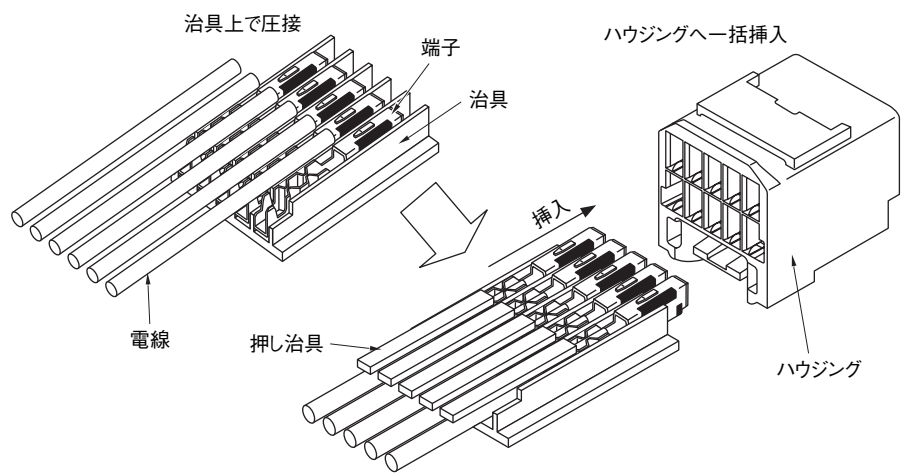


図4 自動機による新圧接コネクタの工法

接触抵抗と反力の相関はグラフに示す通りであり、接触抵抗が十分に低くなるよう反力を大きく設定する必要がある。

圧接において接続特性に影響を及ぼす要因を図7の特性要因図から抽出し、その影響度を実験計画法により検討した結果、スロット幅>電線撚りピッチ>圧接高さ、の順に影響が大きいことが判明した。特にスロット幅の影響が大きく、接続信頼性の高い端子とするには圧接刃のスロット幅の設定がポイントとなる。加えて、電線/端子間の接続信頼性は接触面にメッキが介在することにより向上するため<sup>5)</sup>、メッキの有無もポイントとなる。

### 3-3 新圧接端子の開発

#### a 構造

新しい圧接端子の構造を図8に示す。圧接部は端子側面を打ち出すV字圧接刃とし、端子後部には端子をハウジングへ押し出す工法に対応させるために、治具押し当て部を設けた。圧接刃の形成方法は、単純に板材から打ち抜く工法が広く用いられている。この工法では打ち抜かれた破断面が電線との接触面になるため、より高い接続信頼性を得るには打ち抜き加工後にメッキを施すことが望ましい。こうした加工法はコスト上昇の要因となるが、V字圧接刃は打ち出し加工のため接触面にメッキのある圧接刃を直接形成でき、コスト上昇を招くことなく高い接続信頼性を得る

ことができる。

#### s 圧接刃の詳細設計

3-2で述べたように圧接部の設計において電線との接続信頼性に最も影響を及ぼすのはスロット幅の設定である。これを高精度かつ短期間で決めるために、図9に示すように実際の圧接を模擬した実験とCAE解析から、初期の接触抵抗が十分に小さい領域（初期設定領域）を求め、さらに試作品による耐久評価から耐久後設定可能領域を決め、その範囲内で最終的なスロット幅を設定した。

図10に実際の圧接を模擬した実験方法の概念図を示す。この実験により、使用する各電線が圧接刃間に挿入さ

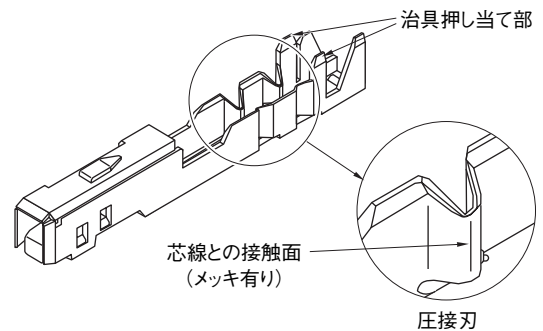


図8 新圧接端子

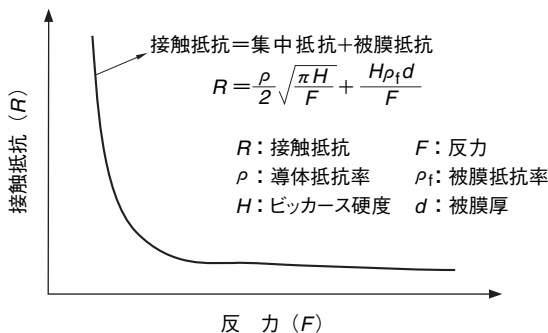


図6 接触抵抗の考え方

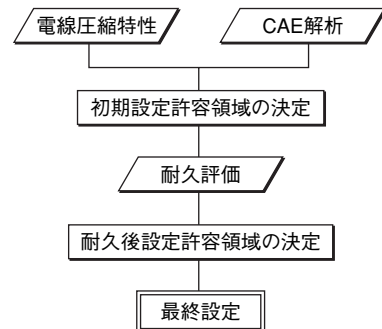


図9 スロット幅設定フローチャート

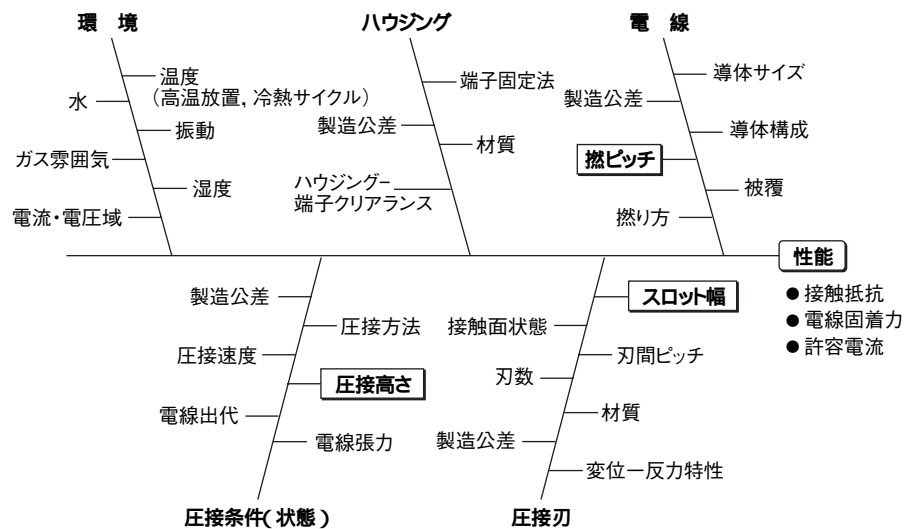


図7 圧接特性要因図

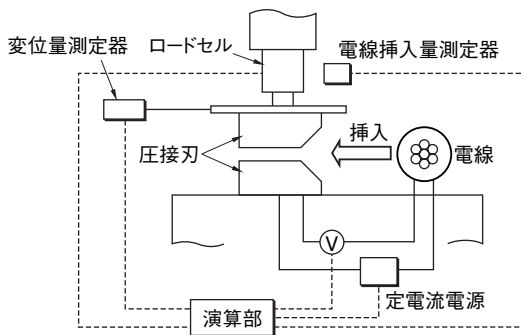


図 10 圧接模擬実験概念図

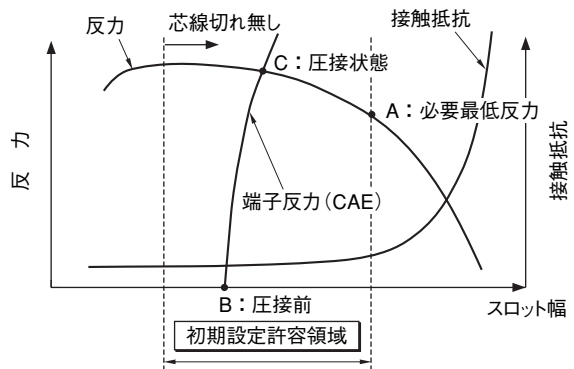
れた時の電線（芯線）の挙動をスロット幅に対する反力、接触抵抗の相関（電線圧縮特性，図 11 (a)）により把握した。スロット幅が広すぎる場合は電線が十分に圧縮されず反力は小さくなり，図 6 に示す考え方に従って接触抵抗は大きな値となる。スロット幅を狭くしていくと電線の圧縮に伴い反力が徐々に増加して接触抵抗は低くなり，反力が A 点の必要最低反力となるスロット幅以下では十分に低い値で安定する。しかし狭すぎる場合は芯線がスロット内に収まりきらず，芯線切れ等の問題が発生する。実際には各電線に対する実験結果より芯線切れがなく接触抵抗が低く安定した圧接状態となるスロット幅の初期設定領域を定めた。さらに CAE 解析により端子の変位－反力特性を計算し，電線圧縮特性に重ね合わせた。圧接前のスロット幅は B 点で示され，電線が圧接刃間に押し込まれるとスロット幅は広げられて反力が発生し，電線からの反力と等しい C 点でつり合い，圧接された状態となる。この時のスロット幅が先に定めた許容領域内になるよう点 B のスロット幅を設定した。

#### d 接続信頼性の確認

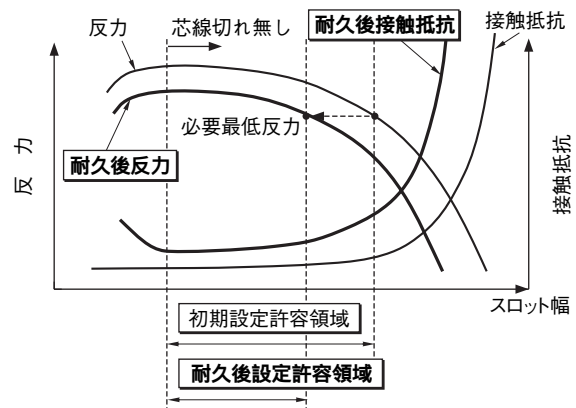
次に接続信頼性確保の考え方を図 12 に示す。十分な接続信頼性を確保するには 3-2 で述べた接続特性に影響を及ぼす主要因であるスロット幅，電線撚りピッチ，圧接高さが全て製造実力値，許容寸法から設定された公差内で，性能に対して最悪条件の組合せとなった場合でも性能を満足し，それぞれが公差内で十分な工程能力を有していることが必要である。

一方コネクタが自動車に搭載された実際の使用を想定すると，熱による応力緩和，振動等により接続性能が劣化することが予想され，耐久性をも設計時に考慮する必要がある。上記の電線圧縮特性は初期状態についてのみ取り扱った。耐久後の電線圧縮特性は図 11 (b) のようになり，スロット幅の設定許容領域は初期に対して狭くなる。この挙動は現状の CAE 技術では完全な予測が困難なため，検証実験として s で設定した初期設定許容領域を基準としてスロット幅を変化させた端子を作製し，耐久評価を行い，耐久後も接触抵抗が低く安定する領域でスロット幅を最終設定した。

このコネクタについて自動圧接機での加工性，接続特性



(a) 初期電線圧縮特性と端子反力



(b) 耐久後電線圧縮特性

図 11 電線圧縮特性と端子反力

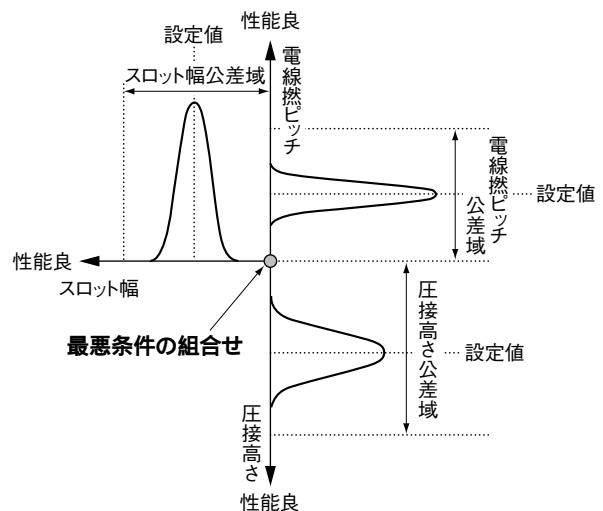


図 12 接続信頼性の考え方

を総合的に確認し，圧接条件の最適化も行い，量産へ移行した。

## 4. 新圧接コネクタの適用性

導体断面積が  $0 \pm 22 \text{ mm}^2 \sim 0 \pm 5 \text{ mm}^2$  である電線用の 040 型（オス端子幅  $0 \pm 04$  インチ）端子のみであっても，上述のように圧着/圧接互換とすることにより，自動車用インス

トルメントパネル W/H において、回路の約 30 % に圧接を適用でき、W/H 製造の自動化による高品質化、低コスト化に寄与できた。なお圧着/圧接の互換性がない場合では、10 % 程しか圧接を適用できず、このことから互換性の重要さがわかる。

今後、他サイズの電線、コネクタへ展開することにより、さらに圧接の適用範囲を拡大し、W/H 製造の自動化、低コスト化、高品質化を推進できる。現在、より導体断面積の大きい電線や  $0.13 \text{ mm}^2$  電線用の、090 型、040 型、025 型コネクタを開発しており、完成するとインストルメントパネル W/H の約 70 % まで圧接を適用できる見込みである。

## 5. 結 言

本稿では車載用 W/H に適した新しい圧接コネクタの開発について報告した。このコネクタは圧着/圧接互換システムであることが最大の特徴であり、このことにより W/H 製造の自動化が推進でき高品質化、低コスト化に寄与できる。また今回の開発により、モジュール化への移行期から最終的な形態になるまで W/H 製造の中核となる圧接技術の基礎を確立でき、今後、広く展開されると期待している。

## 参 考 文 献 -----

- a 藤堂：「クルマのモジュール化」，日経メカニカル，No. 550，2000年7月.
- s 朝倉 他：コネクタ最新技術，p. 45，総合技術出版，1987.
- d 朝倉 他：コネクタ最新技術，p. 1，総合技術出版，1987.
- f R. Holm：Electric Contacts, 4th ed., Springer (1967).
- g 深町 他：銅および銅合金の基礎と工業技術，p. 340，日本伸銅協会，(1994).

## 執 筆 者

- 今井裕次郎：1 オートネットワーク技術研究所 回路接続研究部
- 齋藤 寧：1 オートネットワーク技術研究所 回路接続研究部
- 服部 康弘：1 オートネットワーク技術研究所 回路接続研究部  
主任研究員
- 澤田 和夫：1 オートネットワーク技術研究所 副所長
- 児嶋 映二：住友電装 1 部品第一事業部
- 樋尾 昌秀：住友電装 1 部品第一事業部
- 青山 雅彦：住友電装 1 部品第一事業部 課長職
- 岡田 肇：住友電装 1 部品第一事業部 グループ長
- 塩谷 準：住友電装 1 部品第一事業部 部長職