

# 抵抗溶接型自動車用コネクタ

電子電装開発センター 中村 嘉宏\*1・瀬尾 右文\*2・井出 剛久\*2・野口 貴充\*1  
自動車電装事業部 照沼 一郎\*3・岩永 晋明\*3  
材料技術研究所 山本 和寛\*4・近藤 奈穂子\*5・酒寄 文子\*5  
株式会社コンテック 土肥 昭彦

## Resistance Welding Type Connector for Automobile

Y. Nakamura, S. Seo, T. Ide, T. Noguchi, I. Terunuma, F. Iwanaga,  
K. Yamamoto, N. Kondo, A. Sakayori & A. Doi

自動車の電子装備の増加やモジュール生産方式の導入により、ワイヤハーネスは質量削減、低コスト化および省スペース化が求められている。当社では抵抗溶接を用いたモジュール用接続方法の開発を行い、FPCやFFCといったフラット配線材と抵抗溶接技術をルーフモジュールへ適用することで、上記の課題の解決とともに、ルーフモジュールへの各種機能の統合を達成することができた。

Cause of increasing electronic equipment in automobile, or implementing the module production system, wiring harness is required reduction of mass, space saving and cost. Fujikura developed the terminal connection system using the resistance welding method for wiring harness equips the module units. By applying the system to the roof module with flat wiring material e.g. flexible printed circuit (FPC) or flexible flat cable (FFC), we accomplished requirement noted above and functional integration on the roof module.

### 1. ま え が き

近年、自動車の電子装備の増加にともない、自動車で使用している組電線（以下ワイヤハーネスと表記）は使用電力や回路数の増加によって質量増加やワイヤハーネス自体の外径増大の傾向にある。一方、自動車の車室空間の拡大や燃費向上のための質量削減といった要求から、ワイヤハーネスに対する小型軽量化の要求が高まってきている。

また、日本の自動車メーカーが相次いでモジュール生産方式の導入に踏み切っているなかで、ワイヤハーネスも機能統合が求められ、それによる質量削減、低コスト化および省スペース化も求められている。

当社では以上の要求を満たす方法として、フラット配線材（フレキシブルプリント配線板、以下FPC）およびフレキシブルフラットケーブル（以下FFC）をワイヤハーネスの一部に取り入れる提案を行っている。フラット配線材は一般的に、通常電線と比較して導体断面積あたりの許容電流を大きくとることができること、薄くて曲面にも配線が可能であることから、特に配線スペースが制限されてし

まうルーフ、ドアなどに用いることで、車室空間の拡大と意匠自由度の向上の両立を実現することができる。またFPCにはLEDやスイッチなどの機能部品を実装することが可能であるので、ワイヤハーネス単体はもちろん、モジュール製品全体での軽量化に貢献することができる。

本報ではフラット配線材を用いたモジュール用ワイヤハーネスの製造方法として、抵抗溶接を用いた接続法の開発について報告する。

### 2. 接続方式の検討

車両側ワイヤハーネスとフラット配線材を用いたモジュール用ワイヤハーネスの接続は自動車メーカーの製造ライン上での作業となるため、通常の自動車用コネクタと同様の接続が求められる。このためコネクタ端子とフラット配線材の最適な接続方法について検討をおこなった。表1に端子とフラット配線材の各種接続方法の比較を定性的に示す。この中で、ピアッシング接続は、端子とフラット配線材の接触面積が小さいため、中電流回路以上に対応するのが困難である。はんだ付けに関しては、大型のワイヤハーネスの製造に対して自動はんだ<sup>1)</sup>を適用するには大規模な設備が必要となるため、低コストでの実現が困難である。レーザ溶接の場合は、電線圧着と同等の性能を得るためには10点以上の照射箇所が必要で接合時間が長くなっ

\*1 自動車電装開発部  
\*2 自動車電装開発部グループ長  
\*3 電装品技術部  
\*4 金属材料開発部  
\*5 材料評価センター

表1 端子とフラット配線材の各種接続方法の比較  
The connection method of terminals and flat wiring material

項目	シリーズ抵抗溶接	ピアッシング	はんだ付け	レーザ溶接
許容電流	○	△	○	○
接合信頼性	○	○	△	△
端子コスト	○	○	○	○
接合時間	○	○	○	×
接合コスト	○	○	△	△
総合	○	△	△	×

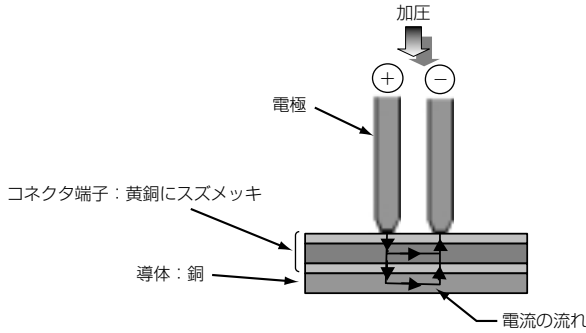


図1 シリーズ抵抗溶接  
Series resistance welding

てしまう。以上より、中電流以上に対応することができ、さらに、自動接合が可能であり接合時間が短いことによってコスト削減が可能な抵抗溶接を採用することにした。

### 3. 抵抗溶接

フラット配線材とコネクタ端子の接続には図1に示すシリーズ抵抗溶接を採用している。

一般的に抵抗溶接では金属の固有抵抗発熱と接触抵抗発熱を使用して接続を行うために、母材には固有抵抗値の高い金属が適している。しかしながら、ケーブルと端子の接続は固有抵抗値の低い銅-銅合金となるので、抵抗発熱の利用が難しい。そこでインサート金属としてスズを用い、また、電極にはタングステンをを用いて溶接を行う。

ケーブルと端子の接合界面の光学顕微鏡による断面画像と電子線マイクロアナライザ (EPMA) による線分析結果を図2に示す。接合界面では端子メッキ層のスズ (以下 Sn) が拡散し、端子の銅合金とフラット配線材の導体 (銅) 界面で銅 (以下 Cu) レベルが低下していない。これにより、Snを拡散材として、端子と導体間の直接接合面が形成されていることがわかる。また、ピール試験後の溶接部外観を図3に示す。溶接部が剥がれることなくFPC導体やFFC導体が破断したことにより、溶接部には合金層が形成されていることが確認でき、強度も十分であった。

抵抗溶接方式はフラット配線材とコネクタ端子間の接続のみならず、FPCとFFC間など、フラット配線材同士の接続にも使用することができる。詳細は7節に述べるが、今回開発したルーフモジュールではFPC、FFC間の接続にコネクタを用いず、抵抗溶接による直接接続を採用することで、軽量化と部品点数の削減を達成した。

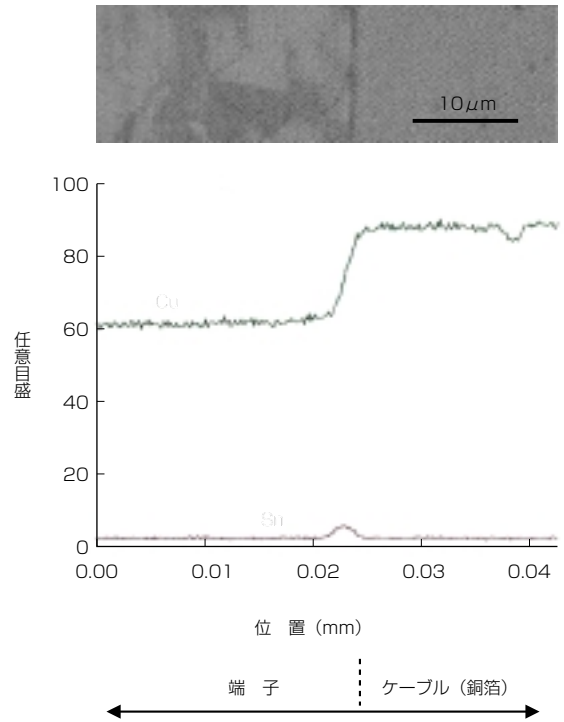


図2 光学顕微鏡による溶接部の断面画像およびEPMA線分析結果  
Cross section and TEM analysis

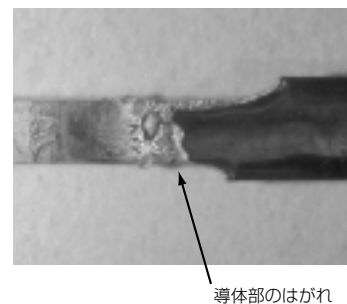


図3 ピール試験後の溶接部外観  
Appearance of welding point after peel examination

### 4. 溶接設備

当社では、量産化検討として、抵抗溶接設備についても並行して開発を行った。図4に抵抗溶接設備の外観を示す。本設備の特徴として、小型化 (卓上サイズ) と簡易な操作による作業性の向上があげられる。また溶接部形成中

の電流波形などのモニタリングを行い、溶接の良否判別と電極管理を行っている。

#### 4.1 電極の安定性

量産への課題として、電極の耐久性を確認するため耐久試験を行った。図5に1,000ショット毎のピール強度を、図6に溶接部の外観を示す。当面の目標値とした15,000ショットでもピール強度は安定しており、また端子溶接部の外観はスプラッシュがなく良好であることを確認した。今後さらにショット数を増やすことで、量産時の電極管理条件を明確にしてゆく。

#### 4.2 作業性

今回開発した抵抗溶接設備は、シーケンサによる制御により簡易な操作のみで溶接が可能である。図7に運転中の電極部の外観を示す。端子を挿入したコネクタとフラット配線材をワークセット台に設置すれば、スイッチを押すのみで自動的に溶接が行われる。

安全性についても、作業時の感電防止のために保護カバーを設けている。また、保護カバーを閉めなければ溶接がスタートしない、スタートボタンを両手押しにして挟み

込みを防止するなど、フルプーフを各所に取り入れている。

#### 4.3 モニタリング

溶接の良否判別と電極管理として、溶接時に加圧力と電流値、溶接ショット数のモニタリングを行っている。異物等が混入した場合や製品違いにより端子やフラット配線材サイズが異なった場合は、抵抗値が大きく変動するため電流値にも変動がみられる。それぞれの設定範囲を越えた場合は、アラームにより不良であることを知らせる。また、電極交換時期は、溶接部電圧降下が良好かつ溶接部ピール強度が劣化しない標準打点回数<sup>2)</sup>を定め、溶接カウント数が標準打点回数に到達した場合にアラームにより電極の清掃や交換を知らせる方式とした。

### 5. 抵抗溶接型コネクタ

図8に抵抗溶接法を適用したFPCコネクタとFFCコネクタを示す。端子の溶接部の幅と厚さは抵抗溶接条件に合わせて最適化を図っている。また、コネクタハウジングにストレインリリーフ構造を採用してFPCやFFCを保持することで、溶接部の引張り力、ピール力に対する保護を行っている。

### 6. 評価試験

抵抗溶接を適用した090サイズ4極FFCコネクタに関する評価試験結果を下記に示す。

図9に接続部の電圧降下を示す。開発品は、コネクタ端子の接続部の初期の特性において現行の電線圧着方式と比

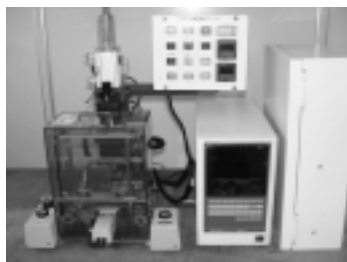


図4 抵抗溶接設備外観  
Resistance welding machine

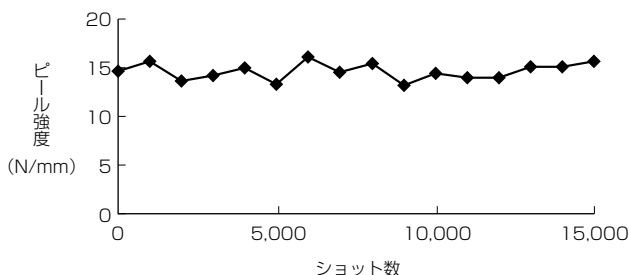


図5 1,000ショット毎のピール強度  
Result of peel examination



図6 端子溶接部外観  
Appearance of welding point

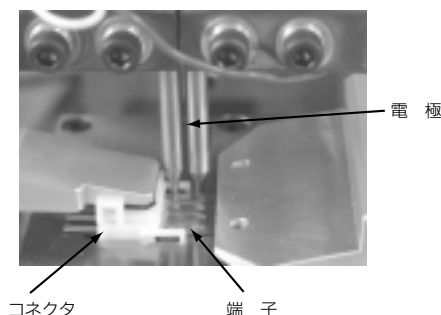


図7 運転中の電極部の外観  
Appearance of electrode under operation

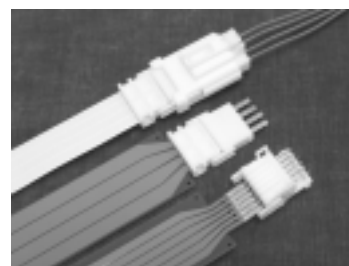


図8 FPC, FFCコネクタ  
FPC, FFC connector

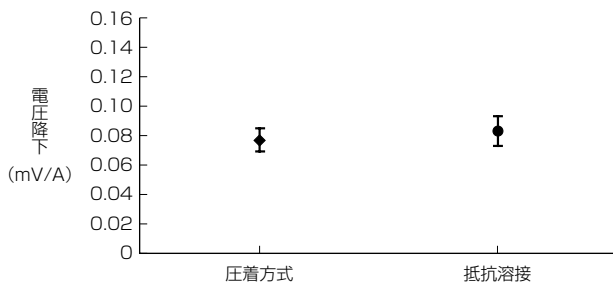


図9 圧着方式と抵抗溶接の電圧降下 (初期値)  
Resistance of wire-crimp method and series resistance welding

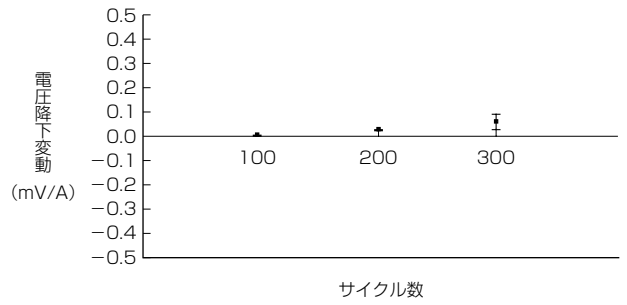


図12 複合環境試験結果  
Result of combined environmental reliability test

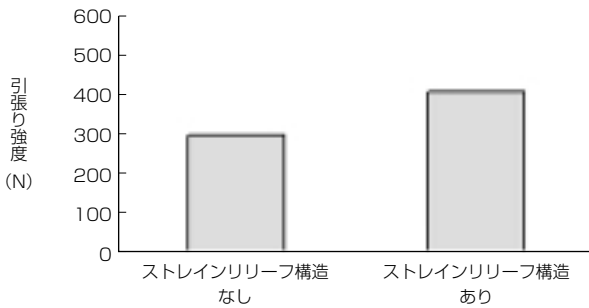


図10 コネクタとFFCの引張り強度  
Mechanical strength of welded contact

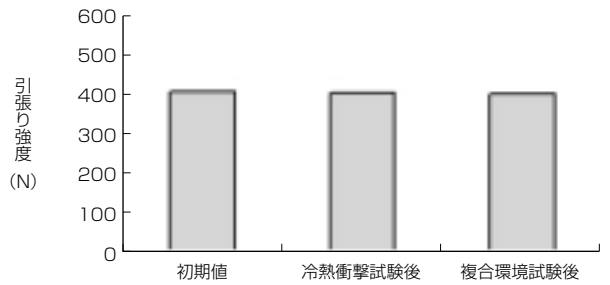


図13 耐久試験後の引張り強度  
Mechanical strength of welded contact after endurance test

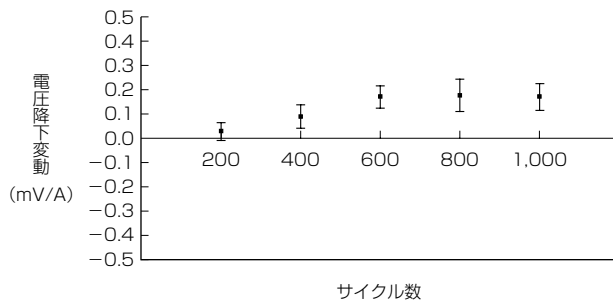


図11 冷熱衝撃試験結果  
Result of heat shock test

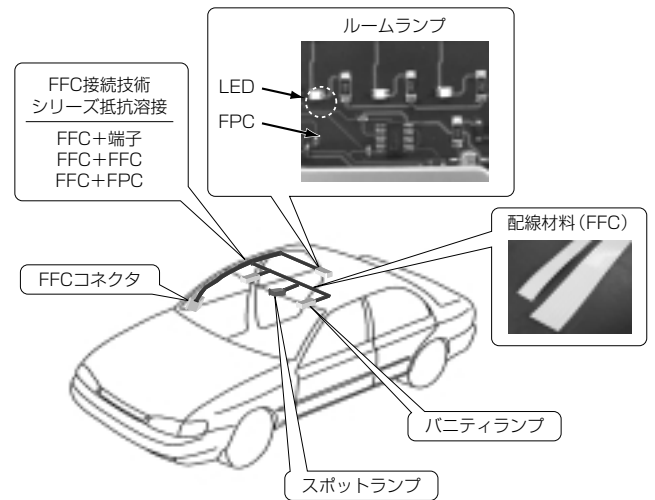


図14 ルーフモジュール  
Roof module

較して同等の電圧降下であることを確認した。また、コネクタハウジングのストレインリリーフ構造の評価として、コネクタハウジングとFFC間の引っ張り試験を行った。結果を図10に示す。開発品の引っ張り強度は、ストレインリリーフ構造のない場合よりも約27%向上し、溶接部の保護機能としての効果を確認することができた。

耐久試験の一例として、図11に冷熱衝撃試験時の初期値に対するコネクタの電圧降下の変動を示す。また、図12に複合環境試験時の初期値に対するコネクタの電圧降下の変動を示す。評価試験結果より、試験期間中に電圧降下の大きな変動や劣化傾向が見られなかったことから、開発品の電気性能の長期耐久性に問題のないことがわかった。また、図13に耐久試験後のコネクタハウジングとFFC間の引っ張り強度を示す。耐久試験後も初期値と同等の強度を維持している。また、耐久試験後の解体調査においても、

溶接部には劣化による亀裂が見られず、引っ張り強度測定時でも溶接部ではなくFFC側導体が破断したことから、溶接部の長期耐久性は機械的にも十分な性能を有していると考えられる。

このほか、コネクタとしての代表的な評価試験項目（通電温度上昇試験、機械的試験、その他の耐久試験など）についても、自動車規格（JASO-D605-96）に基づき評価を実施したが、開発品は試験のスペックを十分に満足しており溶接部の信頼性を確認することができた。なお、フラット配線材にFPCを用いた場合についても同様の試験

を行い、問題のないことを確認している。

## 7. 適用アプリケーション

フラット配線材および抵抗溶接型コネクタを用いたアプリケーションとして、図14に当社が開発したルーフモジュールを示す。質量削減と省スペース化という課題に対して、FFCを主配線に用い、ランプ、スイッチおよび制御回路を実装したFPCを抵抗溶接によって直結する構造を採用することで、従来品に対して70%の軽量化を達成することができた。また、ランプ部については、40%の薄形化を達成している。

車体側ワイヤハーネスとの接続は今回開発を行ったFFC用抵抗溶接型コネクタを使用し、Aピラー部で車両側ハーネスと結合を行っている。

## 8. むすび

今回、現行の電線圧着方式と同等以上の性能を有し、通常の自動車用コネクタとかん合可能な抵抗溶接型自動車用コネクタを開発した。またフラット配線材同士の直接接合に抵抗溶接法を適用することで、モジュール内ワイヤハーネスにフラット配線材を使用し、モジュールの機能統合、軽量化に寄与できる目処をつけることができた。

今後はモジュール製品の一環としてコネクタの極数展開を図り、様々なケーブルと端子における抵抗溶接法の適合性の検討を行う予定である。

## 参考文献

- 1) 大沢 直：はんだ付けの基礎と応用，pp.323-336，1986
- 2) 奥田滝夫：スポット溶接入門，pp.140-141，2000