

論文・解説

31

## ハーネスコネクタ嵌合作業における工程内品質保証 In-Process Quality Assurance of Wire Harness Connector Mating

久保田 修平\*<sup>1</sup> 戸井 隆史\*<sup>2</sup>

Shuhei Kubota

Takashi Toi

### 要 約

ハーネスコネクタ嵌合作業における工程内品質保証度を向上させるため、マツダでは半嵌合の発生しないコネクタの開発をすすめてきた。更なるコネクタ嵌合品質の向上は車両組立領域の大きな課題である。これまで半嵌合防止構造を持つコネクタを標準コネクタとして全社展開してきたが、嵌合相手側の構造の制約等で現状以上に半嵌合防止コネクタを拡大展開するのは困難である。そこで生産/開発共同で、通常のコネクタに対して作業者が嵌合作業の完了を容易に判断できる3つの要素を定量化したフィーリング新基準を制定し、新型アクセラの量産準備業務ではそれに基づきハーネスコネクタ嵌合作業の工程内保証度の高いフィーリング良好なものを標準コネクタとして選定する活動を行ってきた。そして、机上でのフィーリング新基準評価結果と実車評価結果の相関関係を検証し、今後のコネクタ判断基準の標準化と量産準備段階での評価プロセスへの展開を行った。

### Summary

In order to improve in-process quality assurance of wire harness connector mating, Mazda has been developing the connector having a structure for preventing half lock. Immediate quality improvement in wire harness connection is now critically needed in the trim & final assembly area. We have advanced the connector having an anti-half lock mechanism as standard in the past, but it is effectively difficult to further expand the half-lock-preventive connector because of structural restriction of the mating parts. Therefore, Manufacturing Dept. and Engineering Dept. have jointly established three new quantitative criteria for evaluating the feeling of normal connectors so as to facilitate operator's judgment of connection completion. Based on these criteria, we have selected the connector that assures higher in-process harness connection quality and better feeling of connection completion as standard through launch activity of new Mazda3. We studied correlation between the result of evaluation based on the new connector feeling criteria and that of actual vehicle evaluation, reflecting it in the connector criteria standardization and the launch activity evaluation process.

### 1. はじめに

自動車製造におけるハーネスコネクタの嵌合は、エンジンやその他電装品の電気系統を短い作業時間で結合するために必要不可欠な作業である。近年、安全や環境面で車に対するニーズが多様化し、様々な電装系の新システムが搭載されるようになった。その結果としてコネクタの嵌合数は増加の一途をたどっているが、一方でコネクタをロック

部まで押し込んだという作業完了の判断は、従来と変わらず作業者の感覚に頼るところが大きい。

現在、コネクタ嵌合不良の流出防止として嵌合状態の確認工程の追加や、完成車の手直しによるロスコストを招いており、コネクタ嵌合を組立工程内でいかに確実に保証するかが車両組立領域の大きな課題である。

これまでマツダでは、コネクタを嵌合する際に慣性力を発生させることで半嵌合を防止する「慣性ロックコネクタ」

\*1 車両技術部  
Painting, Trim & Final Assembly Engineering Dept.

\*2 電子開発部  
Electrical & Electronics Development Dept.

や、ロック完了後でしかスライドしない別ピースを設けた「二重ロックコネクタ」等を採用し、部品構造上の改善を実行してきた。しかし、同業他社やマツダ内での電装品流用のために採用できない場合があり、慣性ロックや二重ロックの採用率には限界がある。また、これまで以上に他社部品の流用やフォードとの部品相互使用が進んできた現状では、採用率の更なる向上は困難な状況になっている。

コネクタ嵌合品質保証は自動車業界全体の課題となっているが、同業他社では、慣性ロックという手法は多く採用はされていない。エルゴノミクスの観点からも慣性ロックではない通常のロック構造を持つコネクタ（以下、ノーマルロックコネクタ）で低挿入力化の方向が大勢である。

今後、更なる同業他社間での部品相互利用が進む中で、マツダがこれまで半嵌合防止構造としてきた慣性ロック、二重ロック等にこだわることなく、組立工程内で品質保証ができるように、ノーマルロックコネクタでも嵌合作業完了が作業者に容易に判断できる定量的な指標を設定し、新型アクセラの量産準備業務に折り込んだ評価活動事例を紹介する。

## 2. コネクタの種類と半嵌合防止の考え方

ここでは、慣性ロックコネクタとノーマルロックコネクタ、それぞれのコネクタの特徴を説明し、半嵌合防止に対する考え方を述べる。

### 2.1 慣性ロックコネクタ

一般的にコネクタの嵌合時の挿入力は、ハウジングロック部を乗り越える力と、端子が嵌合する際の摩擦力により発生する。慣性ロックコネクタは、Fig.1に一例を示すように、ハウジングロック部の形状を工夫し、コネクタのロックピークが端子の導通前にかつ端子嵌合の挿入力ピークよりも高くなるような構造にしたものである。そして、ロックピークを超える際に生じる慣性力を利用して、嵌合が完了するまで一気に押し込むことができるようにしている。

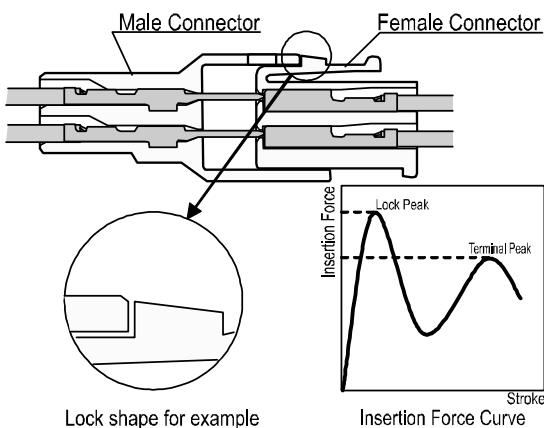


Fig.1 Inertia Lock Connector Concept

### 2.2 ノーマルロックコネクタ

ノーマルロックコネクタの嵌合時の挿入力は、コネクタハウジングのロックを乗り越える力と端子が嵌合する際の力の和でFig.2のように表現できる。ノーマルロックコネクタは慣性ロックコネクタと違い、コネクタの嵌合が完了するまで挿入力が徐々に上がり続ける。

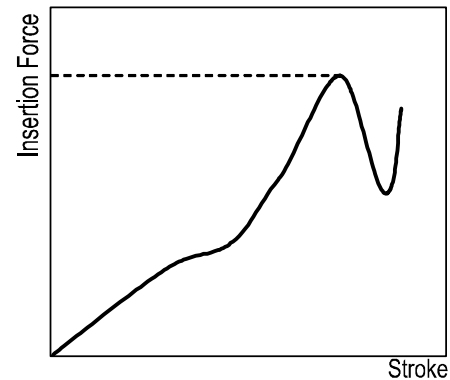


Fig.2 Normal Lock Connector Insertion Force

### 2.3 半嵌合防止の考え方

従来マツダでは、慣性ロックコネクタを代表とする半嵌合防止構造を持つコネクタにより半嵌合防止を行っていた。しかし、慣性ロックコネクタは慣性力を発生させなければならないため、あえて挿入力を高くする必要があり、それが作業者への負担となる場合がある。そこでエルゴノミクスの観点から、作業者にできる限り負担をかけずに半嵌合を防止するコネクタが必要と考えた。そして、低挿入力で嵌合終了の感覚が明確であれば作業者に負担が少なく容易に嵌合終了を判断できるという考え方を持って「嵌合フィーリング良好=半嵌合防止」を今後の方針とし、ノーマルロックコネクタに対して次章に述べるフィーリング基準を定義した。

## 3. 嵌合フィーリング基準

コネクタの嵌合作業時に作業者が感じることでできる要素を、これまでの「挿入力」に「ロック音」、「節度感」を加え嵌合フィーリングを総合的に定量化、そしてその良否を判断できる基準を定めた。これにあたっては、コネクタサプライヤ殿に協力頂き、現存する様々なコネクタの挿入力波形、およびロック音の測定を実施しベンチマークを行っている。それぞれの要素に関してフィーリングの良否を判断する指標をポイントで定義し、総合ポイントで判断できるようにしている。以下にその内容を説明する。

### 3.1 挿入力ポイント

従来は挿入力に対して、その上限値のみを基準として定めていた。フィーリングという観点からは、挿入力が小さいほど良好で、その上限値以下を4つの範囲に分けてポイントを定義した（Fig.3）。同じ挿入力でも、その嵌合ストロークの長短によりフィーリングは異なるとし、このポイ

ントにストロークによる係数掛けをすることとした。これは、(仕事量) = (力) × (距離) の考え方に基づき、仕事量が少ないほど作業者の負担が軽いという意味を持っている。またストロークを考慮する理由には、それが短いほど半嵌合の機会が少ない、つまり作業者が嵌合作業を始めればすぐにロックするというコネクタを良好なものと定義したいからである。ただし、低挿入力コネクタが低い係数にならないように、ストロークとしてカウントする領域は挿入力が10Nを超えたところからとした。

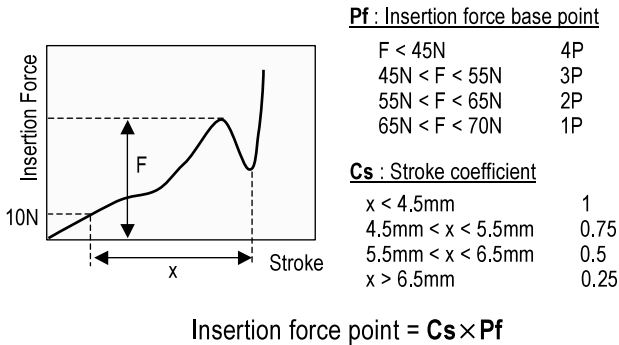


Fig.3 Insertion Force Point

3.2 節度感ポイント

コネクタの半嵌合は、あと一押しすればロックするという位置で止まっている状態が多い。これは、作業者自身がロックしたと思っていても実際はしていない、言い換えればロック完了したことを明確に認識できていないということである。そこで、ロック完了時に作業者が感じる「節度感」を定量化することを考え、それを挿入力ピークからロック完了に至るまでの挿入力の落ち込み割合で定義した。様々なコネクタの嵌合時に感じる節度感を段階評価し、その挿入力波形から読み取れる落ち込み割合から、ポイントを定義したものをFig.4に示す。

前述の挿入力ポイント、およびこの節度感ポイントは等速スタンド、フォースゲージという機器を用いて、コネクタ嵌合時の挿入力波形を測定することで得られる。

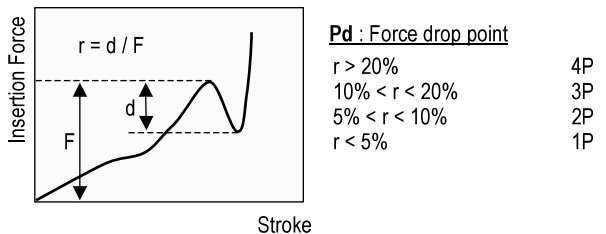


Fig.4 Force Drop Point

3.3 ロック音ポイント

作業者がロック完了を認識できるもうひとつの要素として、「ロック音」を判断基準に加える。音は周波数と音圧で表すことができる。音圧は大きいほど良く聞こえるとい

えるが、周波数は人の耳に聞こえやすい領域がある(フレッチャー & マンソンの等ラウドネス曲線によると3~4kHz)。ただしコネクタの嵌合作業は工場の騒音の中で行われるため、その周波数域では打ち消される可能性がある。実際に組立工場内での騒音を測定した結果、聞こえやすいとされる3~4kHzでは最も音圧が大きくなる領域であり、それ以上の周波数では下がる傾向にあることがわかった。したがって、ロック音は5kHz以上の領域でのピーク音圧で判断することとした (Fig.5)。

ロック音は市販の音圧計で、作業者が腕を伸ばした状態での手元から耳までの距離を模擬し、コネクタから600mm離れた位置で測定する(A特性 / Fast)。音圧データは1/3オクターブ解析で処理された各周波数でのレベルを記録する。

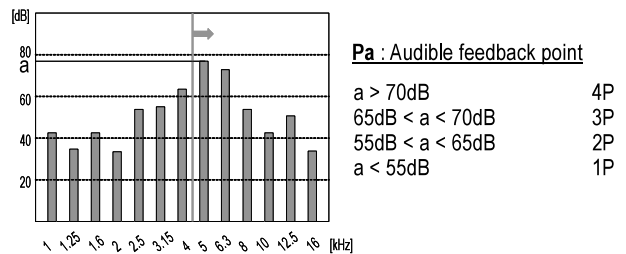


Fig.5 Audible Feedback Point

3.4 嵌合フィーリング総合ポイント

以上のポイントを次式のように加算して、総合ポイントとし嵌合フィーリングの良否を判断する。

$$\text{総合ポイント} = Cs \times Pf + Pd + Pa$$

挿入力、節度感、そしてロック音がそれぞれ4点満点で、総合12点満点となる。

4. 量産準備業務での検証

4.1 正式図前のコネクタ評価

これまで、コネクタ嵌合に関する机上評価は、設定している全ての電装品コネクタを網羅した、Table 1のようなコネクタリストを生産 / 開発で共有しながら行ってきた。

しかし、当コネクタリストでは、コネクタ挿入力がある基準以下であるのを満足しているか、コネクタタイプが慣性ロックや二重ロック等の半嵌合防止コネクタになっているか等の机上評価しかできていなかった。その結果、ノーマルロックコネクタについては実車評価段階で嵌合を行うまで嵌合品質評価ができず、開発段階での大きな手戻りとなっていた。

前章で述べたフィーリング評価の基準を定めたことによって、Table 2のようなコネクタリストにて開発の初期段階からフィーリング評価が可能となり、実車評価前の図面段階でコネクタ改善要否の判定ができる。これは、正式図が出図される前段階で全ての評価をやりきるといふコンセプトの量産準備プロセス改善に繋がる。



が確認できなかった実作業での嵌合フィーリング評価を正式図前検証段階で行うことが可能となる。

以下に3段階の点数付けの基準を示す。

(1) 作業スペース

握りこぶしのハンドスペース生産要件である 100が確保されていれば , ハンドスペースは 100未満だがコネクタを保持した手が周辺部品と干渉しながらでも嵌合できる場合は , 指先でしかコネクタを保持できない場合を×とする。

(2) 嵌合部強度

コネクタを嵌合する際に相手部品がストローク方向に動く量が2mm未満の場合 , 2mm以上5mm未満で動く場合 , 5mm以上動く場合は×とする。

(3) 視認性

直立した作業者が相手部品のコネクタ差込口を目視できる場合は , 作業姿勢を傾ければ結線するコネクタを真っ直ぐ持っていても差込口が見える場合は , 作業姿勢を傾けてかつ結線するコネクタ位置をずらさないと差込口が見えない場合は×とする。

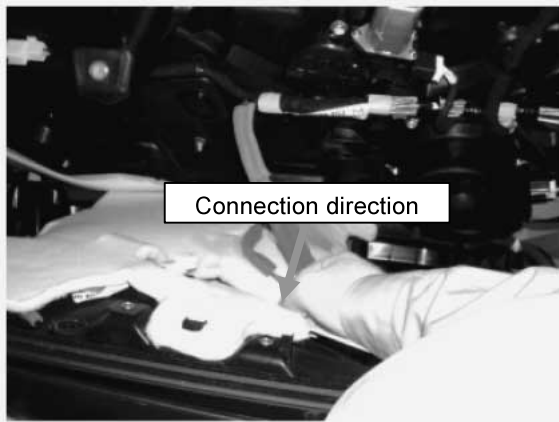


Fig.6 Operation of Door Switch Connection

コネクタの採用率を91%まで高めることができた。しかし、正式図前段階評価で実車嵌合作業OKを確実にするためには、コネクタ単品の評価基準と合わせ、作業性を考慮した評価基準も必要であることがわかった。しかし、9%の構造対策が折り込めていない、もしくはフィーリングに問題のあるコネクタについても半嵌合流出防止を工程内で保証するため、工程内でのコネクタ押し込み確認というダブルチェックの追加加工数をかけることで流出防止の保証を行っている。

これらの追加作業は将来的には全廃すべく、半嵌合防止策を検討し今後の車種に展開していく。

5. 今後の展開

5.1 コネクタ選定ツールの構築

これまで述べてきた量産準備業務でのコネクタ評価はコネクタリストを基にした評価活動となっているが、フィーリングに問題のあるコネクタ自体を選定しないように、歯止めをかけることが必要である。

正式図前検証結果の点数が総合点基準以上で実車での評価結果も良好のノーマルロックコネクタについては、慣性ロック等の半嵌合防止構造コネクタと同様に標準コネクタとしてデータベース登録する。電装品のコネクタ選定はこれらの標準コネクタから選定するよう業務標準を構築していくことで、新型車で問題のあるコネクタが選定されることによる手戻りを撲滅する。今後はコネクタリストで標準コネクタが選定されているかのOK確認を行うことで工程内品質保証度の更なる向上が実現できる。

5.2 周辺レイアウトを考慮したフィーリング評価

新型アクセラのコネクタ実車評価にて、コネクタ単体のフィーリングが良好でも、実際の結線の際に周辺レイアウトによって嵌合フィーリングが机上検証結果と異なる場合があった。

本活動の実車評価結果の分析から、実際に作業者が感じる嵌合フィーリングはコネクタ単体のフィーリング評価のみでは判断できないことが分かった。正式図前段階でより精度の高いコネクタフィーリング評価を行い、コネクタ仕様決定を早期化するためには、Table 3のようなレイアウト条件による補正基準を新たに設定し、Fig.7のような3Dデータ評価を基にコネクタフィーリング総合点を補正するという、レイアウト条件も考慮した机上検証の業務プロセスを構築する必要がある。

Table 3 Correction of Work Condition Requirement

Actual Vehicle Evaluation												
Inserion Force (N)	point	Stroke (mm)	point	Force Drop (N)	point	Lock Sound (dB)	point	Total	space	stiffness	visibility	judge
67.8	1	4.3	1	33.7	4	69.8	2	7	○	△	△	
48.7	3							10	○	○	○	
48.7	3							10	○	○	○	
51.4	3							9	△	○	○	
51.4	3							9	△	○	○	
51.4	3							9	△	○	○	
38.7	4							9	△	○	○	
38.7	4							9	△	○	○	
38.7	4							9	△	○	○	
55	2							7	○	○	○	
47	3	3.1	1	8.8	3	71.6	2	8	○	○	○	
47	3	3.1	1	8.8	3	71.6	2	8	○	○	○	

4.5 量産でのコネクタ嵌合工程内品質保証

新型アクセラの量産準備業務において、フィーリング評価基準を作成して正式図前評価することにより、半嵌合防止構造コネクタおよびフィーリング良好のノーマルロック

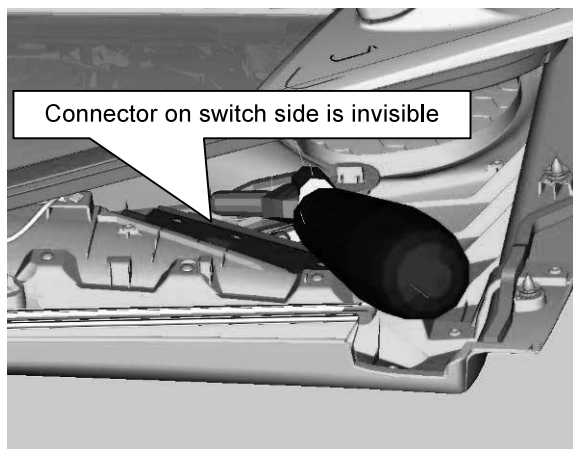


Fig.7 3D Evaluation of Door Switch Connection

## 6. おわりに

今後、前章で述べた標準コネクタの水平展開とレイアウト要件を考慮した精度の高いコネクタ机上検証プロセスにより、机上検証段階で嵌合作業の工程内品質保証が図れるプロセスを構築していく。

また、自動車技術会のコネクタ分科会の中でも「コネクタ嵌合フィーリング評価方法」を統一し、JASO制定への取り組みを行っている。この活動の中で先立つマツダでの取り組み内容を積極的に提案している。

### 著者



久保田修平



戸井隆史