

小型二輪車用廉価カードエッジ ECU の開発

Development of Low-cost Card-edge ECU for Small Motorcycles

武田 裕一¹

Yuichi TAKEDA

原田 紀貴¹

Motoki HARADA

猪瀬 幸司¹

Koji INOSE

菅野 清幸¹

Kiyoyuki SUGANO

要 旨

電子制御燃料噴射システムをコントロールする ECU に、半導体制法のトランスファ成形とカードエッジコネクタを適用した。開発品は、エッジコネクタ端子の形成された Printed Circuit Board を一括封止する構造である。これは、ECU 用に開発したエポキシ樹脂を用いて、新たな機構を持つ金型によってトランスファ成形される。

さらに、この ECU とかん合される防水カードエッジコネクタを開発した。安定した接触状態を得るために、新たな端子と振動を抑制するスライダ機構を採用し、従来同等の耐振性と狭い空間での ECU 脱着性を実現した。以上の技術によりカードエッジ ECU は従来に対し 5 倍を超える生産性と 20% のコスト低減を達成した。

ABSTRACT

In the development of ECU this time, the transfer molding of semiconductor manufacturing method and the card edge connector technology were applied to the ECU of electronic fuel injection system. In the ECU, whole components, except for the edge connector terminals, are sealed with resin. This ECU is transfer-molded using an epoxy resin specifically developed and mold die with a new mechanism. Furthermore, we developed a waterproof card edge connector to be mated with this ECU. Multi-contact terminals and vibration suppressing mechanism were applied to get a stable contact state. These enabled the equivalent vibration resistance as before and the detachability to the ECU in narrow space. With those measures, the developed ECU achieved more than five times higher productivity and 20% cost reduction compared to the conventional products.

1. まえがき

地球温暖化低減の取り組みとして、2000 年当初から Honda は小型二輪車に電子制御燃料噴射システムの適用を進め、エミッション低減と燃費向上を実現してきた。今後さらに拡大する小型二輪車の市場に向けて、このシステムの生産性向上とコスト低減が求められている。

Fig. 1 に、従来から採用されている ECU の構造を示す。電子部品やオスコネクタが実装されているプリント回路板 (Printed Circuit Board: PCB) は、プラスチックケース内に充填された熱可塑性樹脂で外部環境から保護されてい

る。この ECU は防水メスコネクタとかん合されて、小型二輪車のエンジンやフレームなどに挟まれたわずかな空間に搭載されている。

二輪車の電子化初期から使われてきたこの構造の構成部品や材料、生産工程を分析した結果、オスコネクタのはんだ付け工程と樹脂充填、硬化工程に生産効率の改善の余地があることを見出した。そしてさらなるコスト低減のためには、これらの機構部の刷新が必要であると考えた。

開発したカードエッジ ECU とコネクタを Fig. 2 に示す。この ECU は、PCB 上に形成されたエッジコネクタ端子を除くすべての部分が、エポキシ樹脂を用いてトランス

¹ 本田技研工業株式会社

ファ成形されている。この構造では、オスコネクタやプラスチックケース、充填樹脂が不要である。オスコネクタの機能はエッジコネクタ端子と成形された ECU のモールドレジンで代替される。

この構造は、生産性向上とコスト低減に有効な、機電一体化が進む車載用 ECU の将来像として認知⁽¹⁾されており、一部で実用化が始まっている⁽²⁾。しかし、これまで二輪車に必要なとされる性能や耐久性を維持しつつ、高い生産性と低コストを実現したものはなかった。そこで、われわれはこうした要件を満たすための開発に着手した。

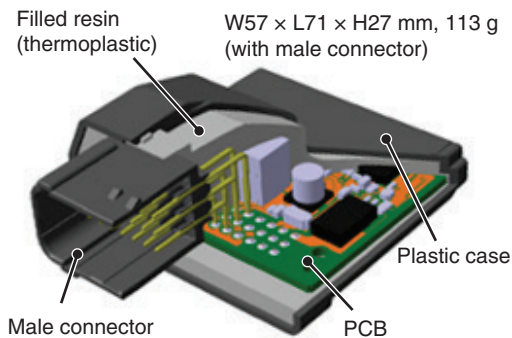


Fig. 1 Conventional ECU

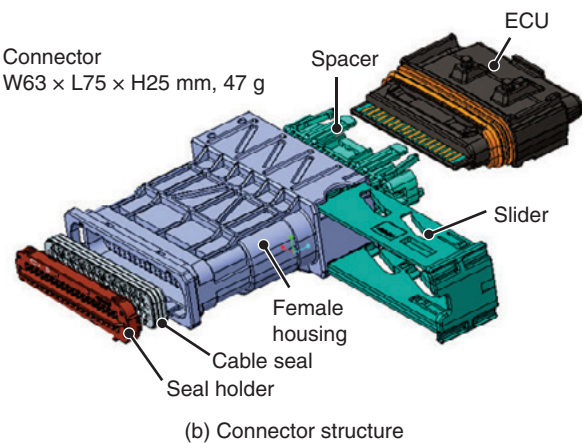
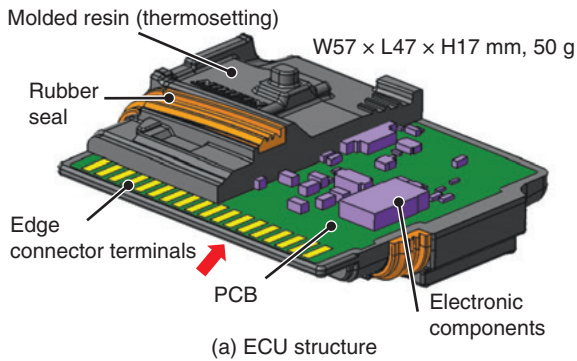


Fig. 2 Developed ECU and connector

2. 開発技術の位置づけ

開発品に適用したトランスファ成形技術とカードエッジコネクタ技術の位置づけを、現行技術と比較して述べる。

2.1. 樹脂成形技術

はじめに、電子機器に用いられる主な樹脂成形技術のうち、トランスファ成形と、射出成形について、その特徴を Fig. 3 に示す。

トランスファ成形は、成形後に再加熱しても変形しない熱硬化性樹脂を使う製法である。低粘度のエポキシ樹脂を使い低温、低圧力で成形される半導体パッケージが代表的な電子部品で、その一例を Fig. 4 に示す。パッケージの内

Item	Transfer molding	Injection molding
Outline	Low-viscosity resin is transferred into die while being heated by die	Melting resin, which is heated in cylinder, is molded with high pressure
Schematic of process		
Material properties		
Resin type	Thermosetting resin	Thermoplastic resin
Viscosity	Low	High
Molding conditions		
Pressure	< 10 MPa	30 MPa <
Temperature	< 180°C	250°C <
Cycle time	< 5 minutes	< few minutes
After cure	2-5 hours	None

Fig. 3 Comparison between transfer molding and injection molding

Code	TO220	QFP *	BGA *
External view			

* QFP: Quad Flat Package, BGA: Ball Grid Array package

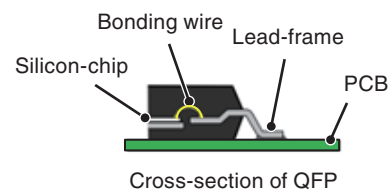


Fig. 4 Example of semiconductor packages (top) and internal structure (bottom)

部には、シリコンチップや直径数 10 ミクロンのボンディングワイヤがあるが、これらの繊細な部位にダメージを発生させずに成形することが可能である。しかし、低粘度の樹脂は金型の合わせ面で漏れが発生しやすい。そのため複雑な形状の成形には課題が多く、上下割りの金型で単純な形状が成形されることが多い。

一方の熱可塑性樹脂を用いる射出成形は、多くの電子機器や工業製品で用いられている。粘度の高い樹脂を使用し複雑な形状も成形可能である。しかし、成形温度や圧力が高いため電子部品を直接成形すると、電子部品そのものや接続箇所のはんだ部がダメージを受けてしまう。これらの特性より、電子部品を直接成形する手法としてトランスファ成形を選択した。

2.2. コネクタ技術

Fig. 5 は、カードエッジコネクタと車載用途で用いられているコネクタの特徴を比較している。

カードエッジコネクタは、1980 年代に IEC603 で規格化され Edge-socket connector として通信機器などの内部の接続用に使用されてきた技術である。スルーホールタイプや表面実装タイプのコネクタと比較して、オス側コネクタの構造が簡易なことが特徴である。オス端子の機能はエッジコネクタ端子に代替され、オスハウジングは ECU ハウジングの一部で代替される。このエッジコネクタ端子は PCB の生産工程で形成されるため、オスコネクタを PCB の上に実装する工程が不要である。さらに、このエッジコネクタ端子が占有する PCB 面積はわずかなため、PCB サイズを 20% 程度小さくすることができる。これらの特徴を持つカードエッジコネクタは、部品点数と生

産性、小型化において優位性が高い。

一方で、その簡易な構造のため耐振性が低く、また防水構造を有するものがこれまでなかった。さらにかん合の際に、メス端子がダメージを受けてしまう課題があった。そのため、 98 m/s^2 を超える振動環境や繰り返し脱着作業が必要な車載用途として使用された事例は少なかった。われわれは、カードエッジコネクタの特徴を生かしたまま、これらの課題を解決した。

3. カードエッジ ECU に適用した新技術

ECU に適用された技術のうち、防水技術、PCB 切断面の封止技術、セラミックコンデンサへの代替技術、多数個成形技術について述べる。

3.1. 防水技術

成形された ECU は、その周囲にラバーシールを設置しカードエッジコネクタとかん合される。この際、ラバーシールが十分に圧縮されることで、エッジコネクタ端子部位の防水性が確保される [Fig. 2 (b)]。

先に述べたように、ECU は上下割りの単純な金型でトランスファ成形される。その際、低粘度のエポキシ樹脂が金型の合わせ面から漏れやすく、成形品側面のパーティングラインにはバリや段差などの隆起部が発生することがある (Fig. 6)。

二輪車の ECU が必要とする IPX7⁽³⁾ 相当の耐水性を確保するには、この高さを数 10 μm 以下に抑制する必要があることを見出した (隆起部高さと防水性の測定結果を Fig. 7 に示す)。一般的な半導体パッケージ単体では防水性が求

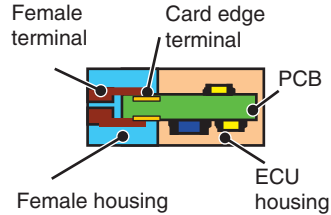
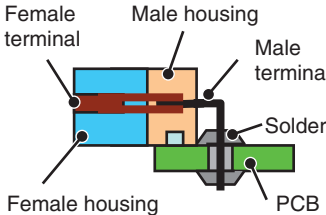
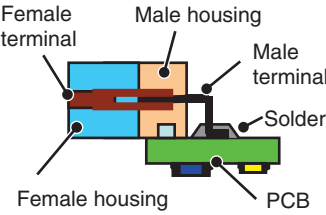
Name		Card edge type	Through hole type	Surface mount type
Structure				
Terminal	Contact type	Pressing	Pinching	Pinching
	Male terminal	Non-existing (PCB)	Copper alloy	Copper alloy
	Connection PCB	Unneeded	Flow soldering	Reflow soldering
	Occupancy area	Small	Large (both-sides)	Medium (single-side)
	Female terminal	Copper alloy	Copper alloy	Copper alloy
Housing	Male side	Non-existing (ECU housing)	Existing	Existing
	Female side	Existing	Existing	Existing
	Height	Low	High	High
Connector cost		Low (male connector less)	Medium	High

Fig. 5 Comparison of automotive connectors

められないため、この精度を実現する技術は、これまでになかった。そのため、半導体製造で使われる金型精度だけでなく金型合わせ精度を高める必要があった。さらに、量産工程では金型劣化などによる隆起部高さの変化が生じるため、この高さを管理する必要があった。そのために、Fig. 6 (b) に示すような隆起部近傍をフラットな形状とし、ここを基準面として高精度な測定と隆起部の除去加工を容易にしている。

また、これに合わせてラバーシールの両サイドもフラットな形状 Fig. 6 (a) にし、幅を増した突起を設けて ECU がかん合される際の捻じれや回転による位置ずれの防止を図っている。一方の ECU 側にはラバーシールの脱落を防ぐリブを設けている。これらにより繰り返し脱着作業がおこなわれても、IPX7 相当の要件を満たす防水性能を確保した。

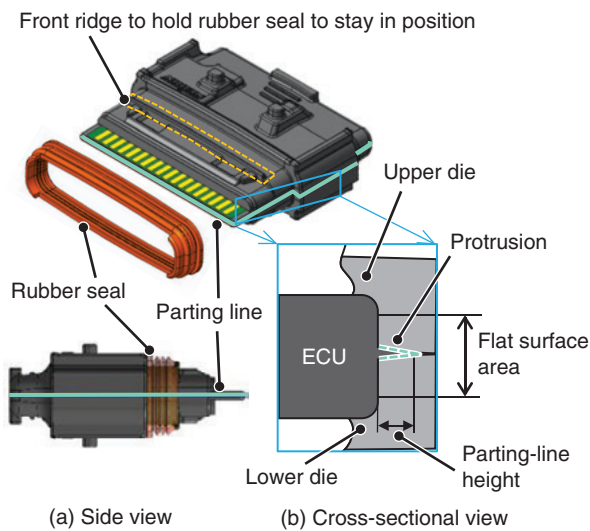


Fig. 6 Rubber seal straddling over parting line

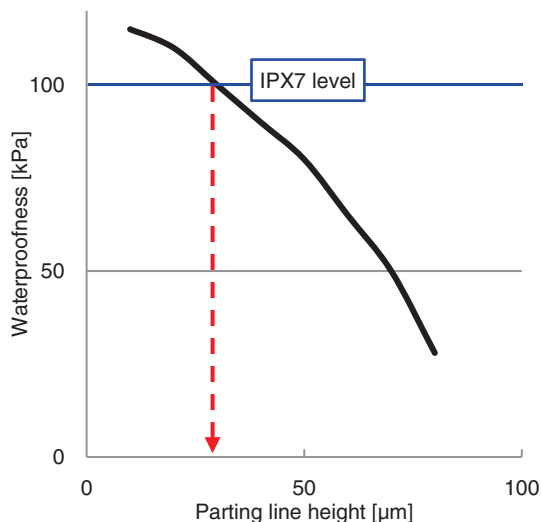


Fig. 7 Parting line height vs. waterproofness

3.2. PCB 切断面の封止技術

次に、二つ目の課題について述べる。ECU の生産性向上のために簡易的な構造を持つカードエッジコネクタ Fig. 8 (a) を採用したが課題も有している。それはエッジコネクタ端子先端に位置する PCB 切断面の露出である [Fig. 8 (b)]。メンテナンスの際に、取り外された ECU のこの箇所には水や油、じんあいなどの不純物が付着すると、やがて PCB の内層に浸潤し ECU の性能劣化につながる可能性がある。

そのため、ECU がコネクタとかん合される前の単体状態で PCB 切断面が外部環境に露出しない構造が必要とされる。われわれは、上下割りの単純なトランスファ成形の金型へ独立した可動機構を追加し、樹脂を切断面まで回り込ませることでこの課題を解決した。トランスファ成形中の様子を Fig. 9 に示す。この図は、PCB が金型内へ設置さ

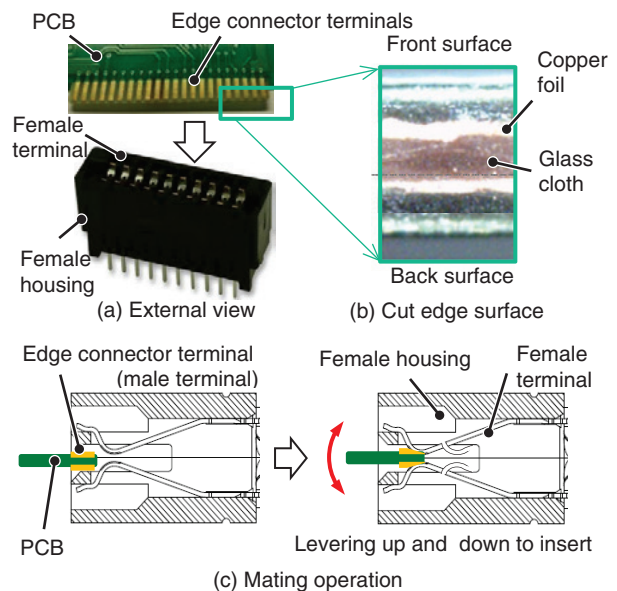


Fig. 8 Overview of card-edge connector

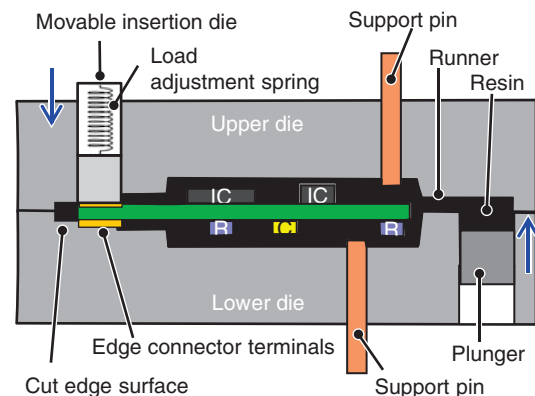


Fig. 9 Transfer molding dies

れた後に、エポキシ樹脂が充填された状態を示している。PCB 切断面近傍は可動式の金型で保持され、ランナに近い PCB はサポートピンで保持されている。プランジャから押し出された樹脂は、エッジコネクタ端子の側面を通り PCB 切断面に流入する (Fig. 10)。

注意すべき点として、この端子接触部はメス端子との電気的な接続に用いられるため、成形中に傷や変形などのダメージを発生させたり、樹脂を流入させたりしてはならない。そのため、成形中は金型で挟み込んで保護する必要がある。また、PCB の板厚には 0.1 mm を超える生産ばらつきがあり、これを吸収するためにエッジコネクタ端子だけを挟み込む金型を設けた。この金型は可動式の入れ子機構を持ち、PCB の板厚に応じて挟み込む荷重を可変させることができる⁽⁴⁾。これらにより PCB 切断面を樹脂封止することができ、ECU 単体の防水性が確保された。

3.3. セラミックコンデンサへの代替技術

トランスファ成形は、電子部品へのダメージが少ないという特徴を有することを 2.1 節で述べたが、電解コンデンサだけは内部にエポキシ樹脂が侵入し、特性変化を生じる可能性があった。Fig. 11 (a) は、成形前の電解コンデンサ

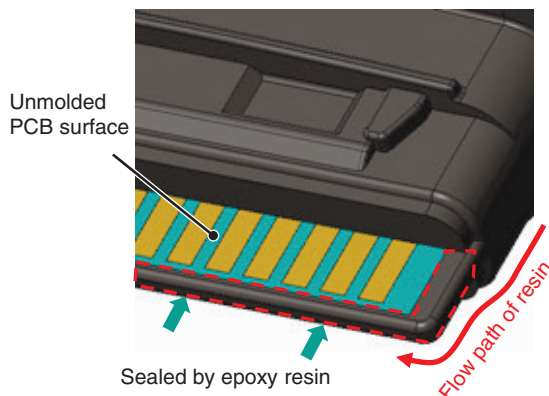


Fig. 10 Sealed PCB cut edge surface

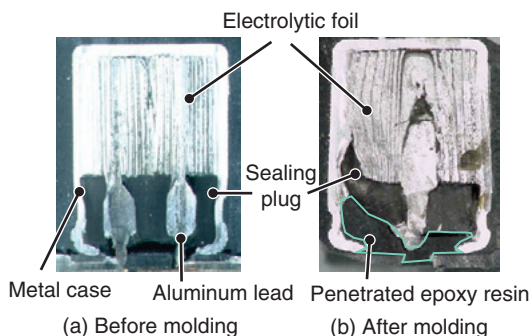


Fig. 11 Electrolytic capacitor deformation

の断面を示している。これに対し、成形後の Fig. 11 (b) では、コンデンサの内部に侵入したエポキシ樹脂が封口栓を持ち上げ、電解フィルムを変形させている。この状態では、電気的な特性を満足することができない。

ここで、電解コンデンサの役割について述べる。

小型二輪車では、バッテリーから ECU に至る電源経路に接点を有するスイッチやコネクタがある。これらの電子機器は、外部から衝撃や振動が加わると接点が瞬間的に離れ、電流が遮断されることがある。電解コンデンサは、この電流の遮断が継続される時間、ECU を動作させるために必要な電気エネルギーを蓄えている。

小型二輪車の電源経路の中では、従来 ECU で使用していたコネクタの瞬断時間が長く、この時間に対応するには電解コンデンサが必要であった。

新たに開発したカードエッジコネクタの瞬断特性は ISO8092 に準拠させたため、瞬断時間を 1 μ s 以下に低減することができた。これにより電解コンデンサより静電容量の小さいセラミックコンデンサに代替することが可能となり、成形の際にダメージを受ける電子部品はなくなった。

3.4. 多数個成形技術

ECU の生産性を向上させるために、最も影響が大きいのは多数個成形技術である。

半導体パッケージの生産に用いられているトランスファ成形は、金型面積内に配置したシリコンチップを、一回の成形で数 100 個を超える Integrated Circuit (IC) を生産する生産性の高い製法である。同様のメリットを ECU に享受するためには、できるだけ多くの数を得られるような、多数個成形技術を成立させることが必要であった。

しかし、ECU 体積が半導体パッケージに比べてはるかに大きいため、半導体生産で使用されている従来製法を、そのまま適用するには課題があった。

そのため、パワーデバイスなどの大型 IC の成形で使用されるマルチキャビティ成形方式の採用を検討した。これは、1 個取りの金型をプレス面内に複数個設置する方式で、個々の金型にポットとプランジャが設けられている。この方式を基本として大きな ECU を成形するのに十分なポッドを増設し、これを金型面積内に並列に配置した金型を採用した⁽⁵⁾。

Fig. 12 は、個々の金型にある二つのポッドで溶融した樹脂が、ランナから供給され充填される途中の状態を示している。開発中に設定した 1 個取りの成形条件をそのまま適用し、新たなエポキシ樹脂⁽⁶⁾を使用して、高品質で生産性の高い成形を実現した。

カードエッジコネクタ化により 20% 小型化された PCB をプレス面内に 10 個を超えて配置し、従来構造の ECU に対し 5 倍を超える生産性を達成した。

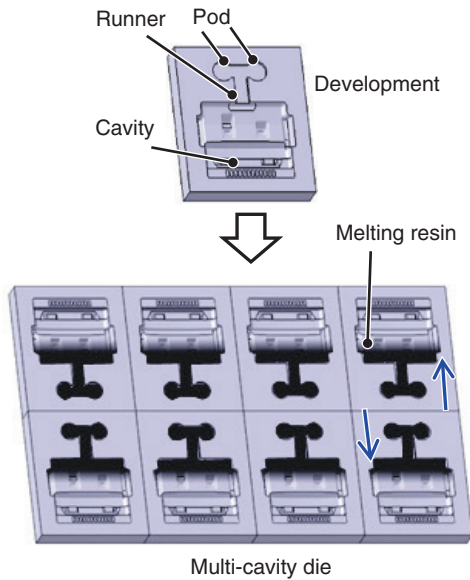


Fig. 12 Multi-cavity molding dies arrangement

4. カードエッジコネクタに適用した新技術

ここでは、カードエッジコネクタに新たに適用した技術のうち、挿抜耐久性の向上、接触安定化技術、振動抑制技術について述べる。

4.1. 挿抜耐久性の向上

先に示した Fig. 8 (c) では、一般的なカードエッジコネクタのかん合動作の状態を模式的に示している。この際 PCB の切断面により、メス端子表面に傷やめつき剥がれが発生することを述べた。開発品の ECU では、防水性の観点より、この切断面をエポキシ樹脂で封止している。しかし、このエポキシ樹脂にはシリカなどの硬いフィラが配合されており、それが端子表面に付着するとダメージを助長してしまう。

われわれは、コネクタと ECU のかん合動作中には、封止された PCB 切断面がメス端子に接触しないフローティング挿抜機構を開発した。それを実現しているのは、メスハウジングの内部に設けられているスペーサである [Fig. 2 (b)]。その詳細動作を Fig. 13 に示す。

図中の (1) は ECU がコネクタにかん合される前の状態を示している。この時点では、ECU がメスハウジングの中に挿入され始めているが、スペーサはメスハウジングの初期位置に固定されたままである。そのため、ECU、スペーサ、メス端子、エッジコネクタ端子はそれぞれ互いに接していない。

(2) は ECU がコネクタにかん合されている途中の状態を示している。ECU が徐々に挿入されるとスペーサと接して、これをハウジングの奥に押していく。そしてスペー

サとメス端子が (a) 部で接する。

(3) は ECU がコネクタに完全にかん合された状態を示している。ECU がさらに挿入されるとスペーサはハウジングの奥まで押されて、(b) 部で接するメス端子を図の下方向に変形させる。同時に (c) 部ではメス端子とエッジコネクタ端子が、はじめて接触状態となる。

ECU を取り外す際は、ECU の抜去動作と共にスペーサが反対方向に戻り、メス端子への押圧が開放されてからコネクタから外れる構造となっている。このようにスペーサは ECU の挿抜に伴い動作する。これにより、二輪車がメンテナンスされる際、繰り返し ECU の脱着作業がおこなわれても、メス端子にダメージを発生させることのない機構を確立した。

4.2. 接触安定化技術

次に、カードエッジコネクタの端子接触状態を安定化させた技術について述べる。

Fig. 14 は、一般的なコネクタとカードエッジコネクタ

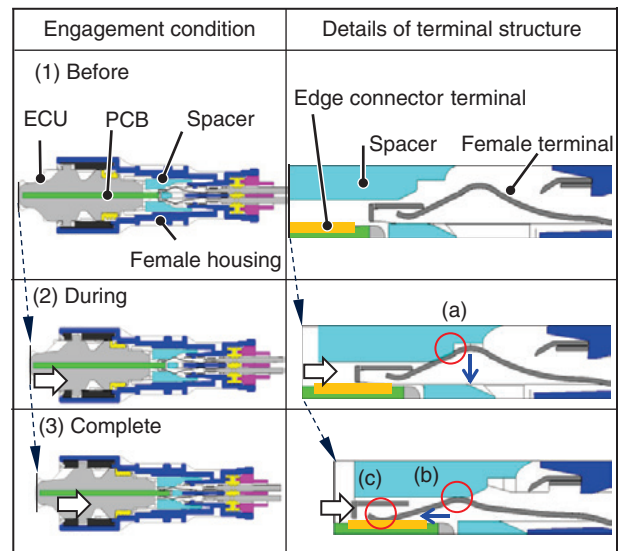


Fig. 13 Mating operation with spacer

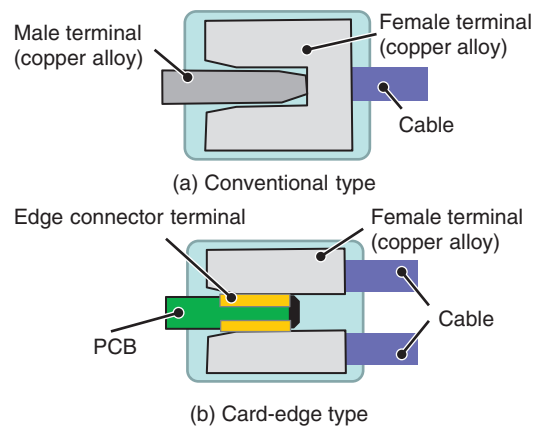


Fig. 14 Terminal contact structure

の端子接触部の模式図を示している。一般的なコネクタはメス端子がオス端子を挟み込む構造で、いずれも同種の銅合金で構成されている。

カードエッジコネクタの場合は、PCB上に形成されているオス端子に銅合金製のメス端子が荷重をかける構造である。PCBは端子接触を目的に設計されていないため、強い荷重をかけると変形してしまう。さらに、高温環境下ではPCBの曲げ剛性が低下するため、変形が大きくなり、接触状態は不安定になる。

この課題を解決するために、メス端子形状とPCBのそれぞれに新たな技術を採用した。

Fig. 15にカードエッジコネクタの端子接触部の断面模式図を示す。Fig. 15 (a)は、一般的なカードエッジコネクタの接触構造を示し、マクロ的にはメス端子とエッジコネクタ端子は端子断面内の1点だけで接触している。そのため、印加荷重はこの1点に集中し、強い荷重をかけるとPCBの変形につながってしまう。

Fig. 15 (b)に示す開発したメス端子は、凸形状を複数持ち、端子断面内の2箇所がエッジコネクタ端子に接触する構造である。すなわち、メス端子と接続される車体側のハーネスが揺動した場合にも、凸部のいずれかの2点が必ずエッジコネクタ端子と接触している。この凸形状はメス端子先端の1.5 mm幅に精密プレスで成形されている[Fig. 5 (d)]。この端子により荷重が分散されるため、PCBの変形は抑制される。また、導電経路が複数並列に確保されるため、端子接触抵抗を従来の2分の1以下とすることができた⁽⁷⁾。

次にPCBの剛性変化について述べる。Fig. 16に一般用PCBと開発したPCBの曲げ剛性温度特性を示す。

一般用のPCBは、150°Cになると25°C時の半分以下の剛性に低下してしまう。これは、カードエッジコネクタにとって、メス端子の印加荷重の半分がPCBを変形させ、端子に加えられる実質の荷重が半分に低下することに相当する。

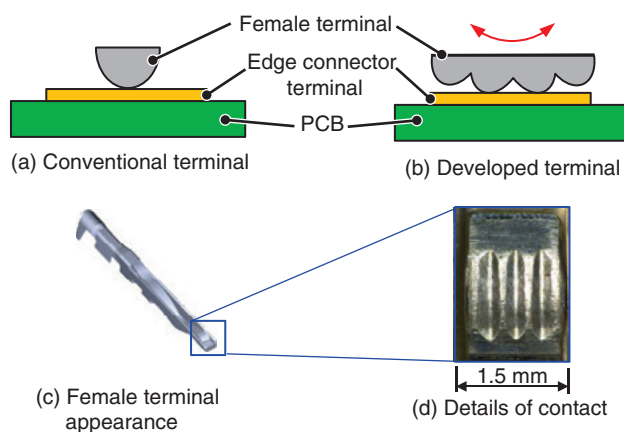


Fig. 15 Card-edge terminal contact structure

新たなPCBには、ガラス転移温度の高い樹脂材料を採用し、内層には剛性変化を抑制する構造を採用した。これにより、150°Cにおいても25°C時の80%の剛性を確保できた。

上記2点の技術を適用することで、安定した接触構造を実現することができた。

4.3. 振動抑制技術

カードエッジコネクタの最後の課題は耐振性であった。

この課題を、高耐振コネクタで使用されているスライダ機構⁽⁸⁾を応用することで解決した。Fig. 17にこれを適用した防水カードエッジコネクタと、かん合されたECUの断面図を示す。

下の模式図で示しているECUの重心位置は、端子接触部と離れて配置されている。そのため、外部振動が加わるとECUの先端が揺動し、端子接触部が影響を受け摺動磨

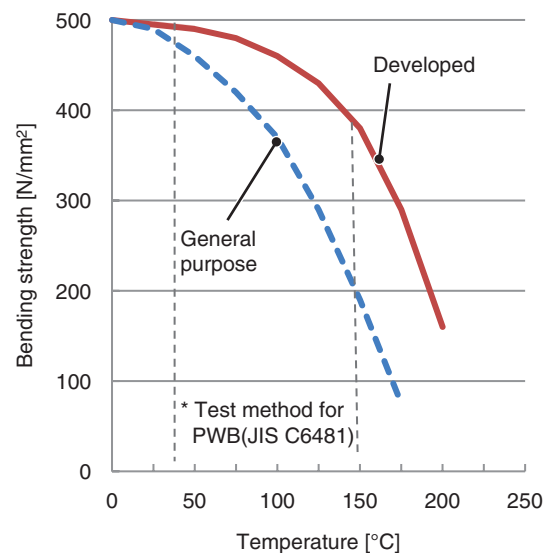


Fig. 16 Bending strength of PCB

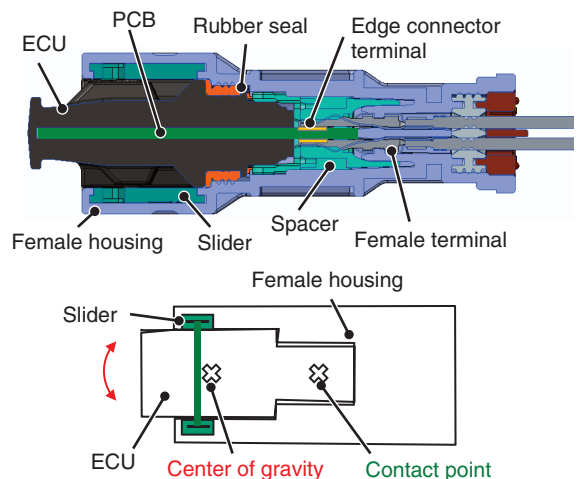


Fig. 17 Cross section of developed vibration-resistant connector with slider

耗を発生させてしまう。

これは、カードエッジコネクタ独特の構造によるもので、耐振性を向上させるためには ECU とメスハウジング間の相対的な振動を抑制する必要があった。

そのため、ECU の重心近くで ECU とメスハウジングをスライダによって強固に固定する構造とした。Fig. 18 は、この技術を適用した場合の振動抑制効果の一例を示している。スライダを適用していない Fig. 18 (a) では、ECU の先端の加速度とメスハウジングの根元の加速度に位相差 θ が発生している。これに対しスライダを適用した Fig. 18 (b) では位相差がみられない。これは、ECU とメスハウジングが一体化され、二つの間の結合部の剛性が向上したことを示している。

また、このスライダ機構の基本技術を前後、左右方向にも応用し、ECU とメスハウジングの結合剛性を向上させた。

この状態での振動解析の結果の一例を Fig. 19 に示す。スライダのない Fig. 19 (a) は、ECU の先端にあたる赤色の部分の振動振幅が大きいことを示している。一方、緑色で示されるメスハウジングは振動振幅が小さく、これら二

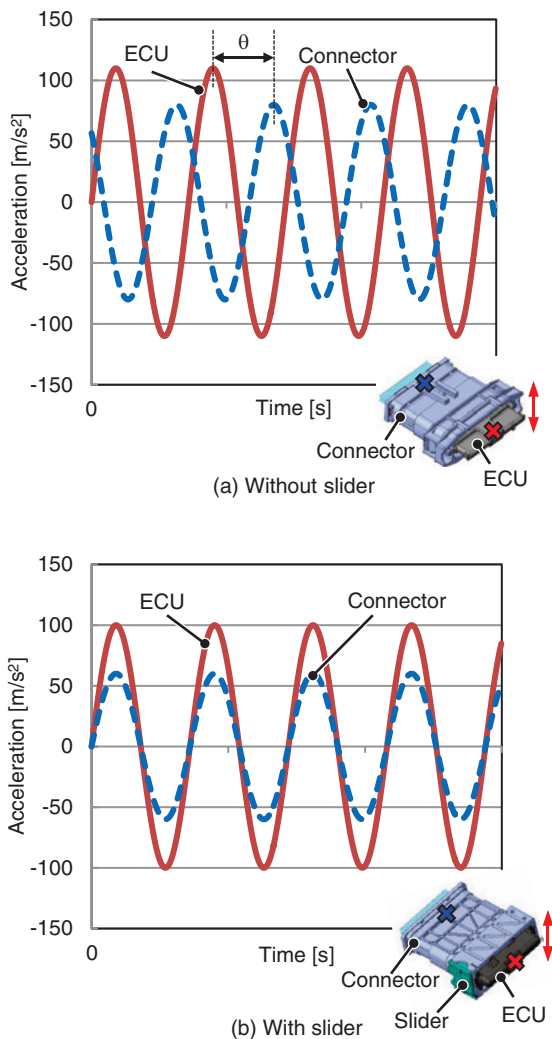


Fig. 18 Vibration suppression effect by slider

つの間に相対的な変位が発生していることがわかる。これに対しスライダを適用した Fig. 19 (b) では、ECU とメスハウジングが同じ緑色を示している。これにより、すべての方向において二つの間に相対的な変位が発生していないことがわかる。

また、このスライダ機構はメンテナンス性にも寄与している。Fig. 20 に ECU の脱着作業の様子を示している。ECU の側面に 20 mm のスペースがあればスライダを引き出すことが可能である。これにより、従来よりも狭い空間で ECU の脱着が可能となった。

これらにより、スライダ機構を適用された防水カードエッジコネクタは、従来同等の高い耐振性と良好なメンテナンス性を実現した。

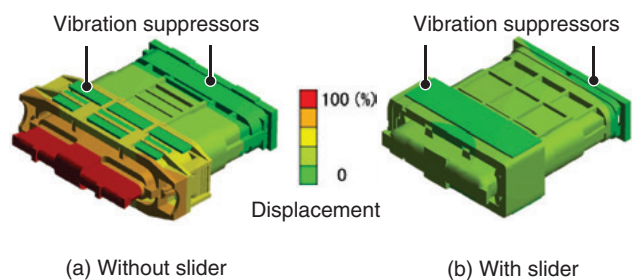


Fig. 19 Vibration analysis result by slider

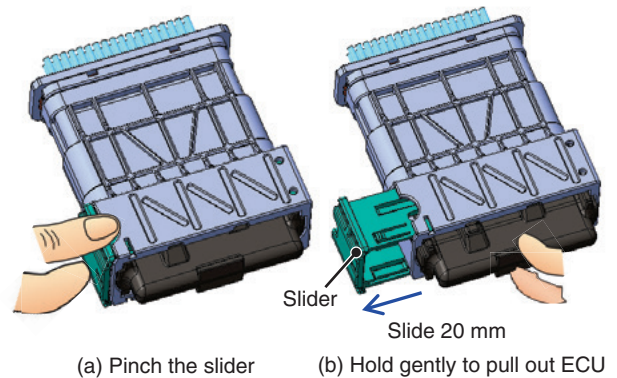


Fig. 20 Good workability by slider

5. 耐久性とコスト低減効果

最後に耐久性とコスト低減効果について述べる。

5.1. 耐久性

耐久テストは、ECU とコネクタを定められたかん合条件でおこなった単体テストと実車走行にておこなった。

単体耐久テストのうち、最も厳しい複合耐久テストについて述べる。このテストは二輪車が使用される外部環境を模擬したテストで、温湿度、通電、振動の環境を周期的に

繰り返す条件でおこなわれる。耐久テスト終了後に、電気的特性や防水性の異常は確認されなかった。

実車走行テストでは、設定された条件を走行し要件を満足した。さらに、新たな ECU とコネクタの故障モードを把握するために、要件の 5 倍にあたる距離を走行した。走行中すべての端子に接触不良がなく、耐久後の ECU 特性検査でも異常がないことが確認された。

5.2. コスト低減効果

コスト低減の概要を Fig. 21 に示す。開発した ECU は従来 ECU と比べて、オスコネクタとケースを廃止し部品点数を削減している。これに伴い、生産工程においてはオスコネクタのはんだ付け、樹脂充填、硬化工程が不要となっている⁽⁹⁾。これらにより、新たな ECU は従来比 5 倍を超える生産性を実現し、コネクタを合わせた製品コストは、従来比 20% の低減を達成している。

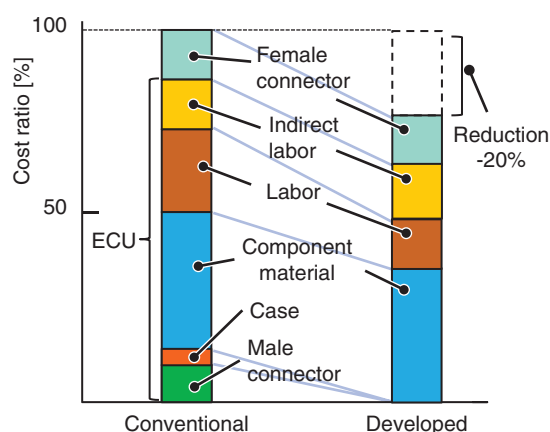


Fig. 21 Cost reduction result and contributing factor

6. まとめ

小型二輪車用 ECU に、トランスファ成形技術とカードエッジコネクタを適用し以下の技術を確立した。

上下割り金型で成形される ECU のパーティングライン高さを規定値以下に抑制し、カードエッジコネクタとのかん合状態で IPX7 相当の防水性を実現した。

新たに可動機構を追加した金型で成形されたカードエッジ ECU は、単体として世界初の防水構造を実用化した。

優れた瞬断耐性を持つカードエッジコネクタにより、電解コンデンサをセラミックコンデンサに代替でき、ECU の小型化とコスト低減に寄与した。

ECU 用に開発したエポキシ樹脂を使い、マルチキャビティ方式の成形設備を適用することで、目標とする生産性を達成した。

防水カードエッジコネクタに接触安定化と振動抑制機構を採用し、耐振性の要件を満たすと同時に優れたメンテナ

ンス性を確保した。

これらにより、ECU は従来比 5 倍を超える生産性を実現した。また、コネクタと合わせたコストは 20% 低減できた。開発品は、2018 年モデルからの単気筒小型二輪車に量産適用を開始している。

参考文献

- (1) 社団法人 電子情報技術産業協会, Automotive Electronics ECU in engine room, 日本実装技術ロードマップ, p.94, (2009)
- (2) <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/two-wheeler-and-powersports/powertrain-systems/engine-management-systems/engine-control-unit-for-small-bikes/2018/11/13>
- (3) JIS D5020:2016, 自動車部品—保護等級 (IP コード)—外来物、水及び接近に対する電気装置の保護
- (4) Takeda, Y., Sugio, D., Inose, K., Takioka, S.: Development of High Productivity and Low Cost card-edge Type ECU for Motorcycles, Small Engine Technology Conference, (2019)
- (5) アピックヤマダ株式会社:デュアルマルチポット技術, 技術・製品紹介 p.4, (2018)
- (6) 特許番号, 第 5994961 号, (2016)
- (7) Michael Leidner: LITEFORCE CONTACT TECHNOLOGY, 9 p. TE Automotive, (2017)
- (8) TE connectivity: Heavy Duty Sealed Connector Series catalogue1654326-1, (2013)
- (9) Takioka, S., Kuboki, T., Kosuge, T., Sato, Y., Nozaki, S.: ECU for Small Motorcycles Produced by Transfer molding, Keihin Technical Digests, (2018)

■ 著 者 ■



武田 裕一



猪瀬 幸司



原田 紀貴



菅野 清幸