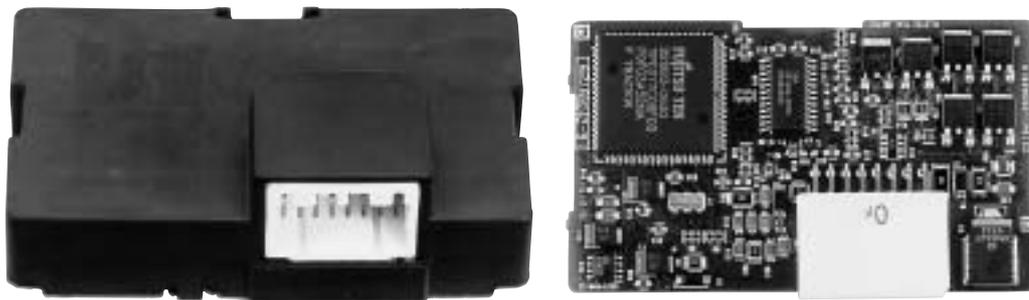


# 統合IC化クルーズコントロール

Cruise Control ECU Adopting Combined ASIC

堀 芳二郎 *Yoshijiro Hori*  
藤本 正彦 *Masahiko Fujimoto*  
佐藤 雅昭 *Masaaki Sato*  
米本 宜司 *Takashi Yonemoto*



## 要 旨

市場環境の変化にとまらぬ、車載電子部品の低価格化は急激に進んでいるが、それに合わせて国内自動車メーカーの海外生産へのシフトも増えてきており、その部品の現地調達に対する要求が高まってきている。

当社のクルーズコントロールECUにおいても、顧客の米国生産に対応すべく '97年度より当社現地工場での生産を開始した。そのECUの開発にあたっては単なる低コスト化だけでなく、いかに容易に物づくりができるかを念頭に進めてきた。その主軸となる技術として、マイコン・電源・出力ドライバを1チップに集積する「統合IC化」を採用し、部品点数の大幅な削減を図った。これにより今までできなかった、片面リフローはんだ付実装や熱かしめなどの技術も取り入れることが出来た。

本稿では、今回開発した統合IC化クルーズコントロールの特徴とその主要技術について説明する。

## Abstract

Considering the circumstance of marketplace, it is taken for granted that we had been required to reduce automotive component cost. In order to reduce vehicle cost, car manufacturers had already started production in its each domestic plant, and started to purchase components from the local suppliers. Therefore in order to meet customers' demand, we had already started cruise control ECU production in US since 1997.

At the development phase of our cruise control ECU, we had two kinds of view point. One is Integration and the other is Simplification. Regarding the integration, we had developed an ASIC on which most of cruise control functions are implemented. The ASIC includes micro processor, A to D converter, voltage regulator and power drivers. Adopting this ASIC to the ECU reduced electrical components more than 50% and made its design simple. As we designed the printed circuit board for a single side reflow soldering process which was enabled by the reduced number of components, we achieved to shorten its assembly line. Additionally, as for chassis assembly technology, adopting Heat Bending technology eliminated screws from the ECU.

This paper describes the features of our cruise control ECU and key technology.

1. はじめに

クルーズコントロールシステムは、運転者がスイッチ操作を行うことで、アクセルペダルを踏まなくても希望の車速に自動的に維持できるシステムである。高速道路を長時間走行する場合、ドライバの疲労軽減に役立つ。

近年、国内の景気の後退と円高の進行などによる影響で、車載電子部品の低価格化は急激に進んでいる。さらに国内自動車メーカーの海外への生産拠点のシフトが増加し、世界規模での部品の最適調達が行われるようになり、部品の現地調達化に対する要望も高まってきた。

当社のクルーズコントロール制御ユニット（ECU）はアナログ電子式から4ビットマイコン式、そして8ビットマイコン式へと、'80年代後半まで制御性能の向上を図ってきた。'90年代に入り低コスト化を進めてきたが、'97年度より当社の米国工場での生産を開始するため、既存の設備を利用して容易に作れるECUの開発に取り組んだ。その開発に当たり主軸の技術となったのが、マイコン・電源・出力ドライバを1チップに集積する統合IC化であった。

本稿では上記の取り組みにより '97年春より量産を開始した、統合IC化クルーズコントロールECUの制御ロジック・回路構成・実装形態・筐体構造について述べる。

エータを図-3に示す<sup>2)3)</sup>。従来のクルーズコントロールシステムではアクチュエータにポテンシオメータがあり、アクチュエータの動きをECUが監視していたが、今回のシステムでは削除されている（図-1の点線部）。ポテンシオメータ信号が削除されたことによるシステムへの影響と、制御ロジックによるその対応策については第4章で説明する。

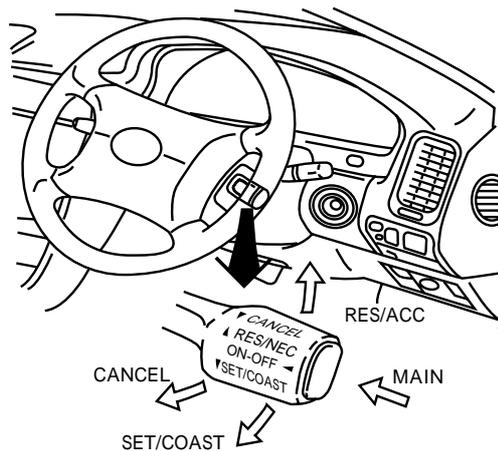


図-2 コントロールスイッチ  
Fig.2 Control switch

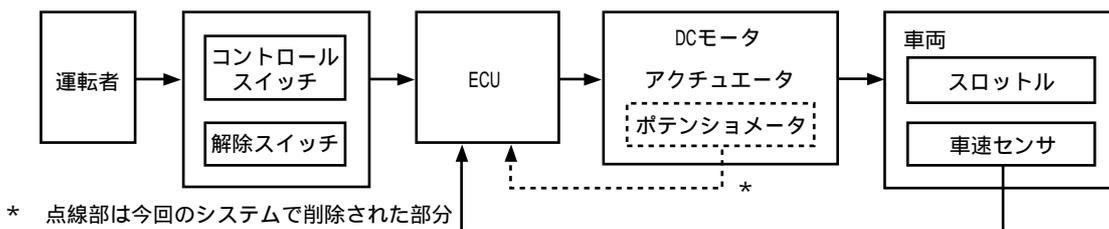
2. クルーズコントロールシステムの概要

2.1 システム構成

クルーズコントロールシステムの構成図を図-1に示す。運転者がコントロールスイッチや解除スイッチ等を操作すると室内に搭載されたECUはその信号を受けて、車両の車速センサからのパルス信号とスイッチ操作に応じてエンジンルームに搭載されたアクチュエータを駆動して制御を行う。アクチュエータはリンクを介して、エンジンのスロットル弁の開閉制御を行う。システム構成品のコントロールスイッチを図-2に示し、DCモータアクチュ



図-3 DCモータアクチュエータ  
Fig.3 DC motor actuator



\* 点線部は今回のシステムで削除された部分

図-1 クルーズコントロールシステム構成図  
Fig.1 Configuration of Cruise control system

2.2 システムの機能

以下に、クルーズコントロールシステムの基本機能を説明する。

セット機能：運転者は希望の車速でSET/COASTスイッチを操作すると、そのときの車速で定速走行制御を開始する。

キャンセル機能：前方の道路が混雑して、定速走行を解除したい場合などにはCANCELスイッチを操作するか、またはブレーキペダルを踏む。

リジューム機能：キャンセル後、ふたたび前方の車両が離れて解除前の車速で定速走行したい場合は、RES/ACCスイッチを操作する。

オーバライド機能：定速走行中、前方車両が遅く追い越すためにアクセルペダルを踏んで増速した場合などでも、アクセルペダルを放せばもとの車速に復帰する。

アクセル機能：定速走行車速を上げたいときは、RES/ACCスイッチを操作している間増速させることができる。

タップアップ機能：RES/ACCスイッチを短い時間だけ操作する毎に約1.5km/hづつ増速ができる。

コースト機能：車速を下げたいときは、SET/COASTスイッチを操作している間減速ができる。

タップダウン機能：短い時間だけSET/COASTスイッチを操作することで約1.5km/hづつ減速ができる。

3. 開発品の特徴

従来のECUと、開発ECUの比較を図-4に示す。

開発品は、低コストの要求と最適調達に達した構造を目的に、顧客とともにシステムの再構築を行い、システムとして、入出力の見直しと新制御ロジックの開発を行ったことで、コネクタの端子数の削減によるコネクタの小型化ができた。また、回路設計として統合IC化により部品点数の大幅な削減ができた。これら部品の小型化と削減により、基板面積が収縮し、ECUの容積・質量とも従来の1/2以下まで小型・軽量化することができた。

また実装工法においても部品点数の削減により基板片面のみの実装とすることが可能となり、コネクタを除いてすべてリフローはんだ付部品を選定したことで、部品実装工程を簡素化することができた。基板が縮小された

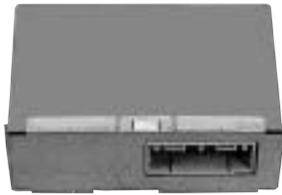
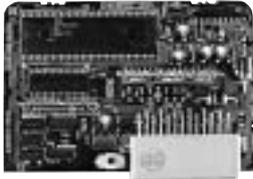
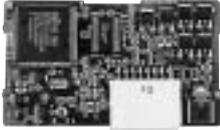
	従来ECU	開発ECU
本体外観		
基板外観		
サイズ	110 × 80 × 32 (mm)	100 × 60 × 20 (mm)
容積	280cc	120cc
重量	200g	80g
部品点数	150点	70点
コネクタ端子数	26	16
実装工法	両面基板・両面実装・70-はんだ付	両面基板・片面実装・70-はんだ付
筐体構造	アルミダイカストケース・ネジ締め固定	樹脂ケース・熱かしめ固定

図-4 従来ECUと開発ECUの比較

Fig.4 Comparison between conventional ECU and developed one

ことで筐体への基板保持構造も熟かしめで対応可能となり、組み立て用のネジをなくし組み立て工程の自動化が図れるようになった。

これらの方策により、低コストで製造が容易なECUの開発を実現することができた。

新制御ロジックは第4章で、統合ICは第5章、および実装・構造設計については第6章で詳しく説明する。

#### 4. ポテンシヨ信号レス制御

ここでは、システムの見直しによりアクチュエータのポテンシヨ信号が削除されたことによるシステムへの影響と、どのような制御方式で従来システムと同等の性能を維持させることができたかを説明する。

##### 4.1 従来品の制御方式

従来品の制御方式は、目標車速と実際の車速（実車速）との差に応じた比例・積分制御および加減速に応じた微分制御を組み合わせたPID制御である。図-5に従来品の制御システムのブロック図を示す。クルーズコントロールのシステムにおいては、制御開始直後のアンダースhootやオーバースhootが小さく、早く安定するなど応答性が高く、また持続振動が発生しにくい制御が要求される<sup>4)</sup>。

##### 4.2 ポテンシヨ信号の役割

アクチュエータの駆動力は内蔵のDCモータにより得られる。DCモータはステップモータなどに比べ高いトルクを発生させることができるが、その反面、位置制御性に劣る。ECUがDCモータに同じ駆動出力を送っても、アクチュエータの動作量は、その時のバッテリー電圧、周囲温度、アクチュエータの負荷の大きさなどで異なってくる。ポテンシヨ信号は、そのようなDCモータの位置制御

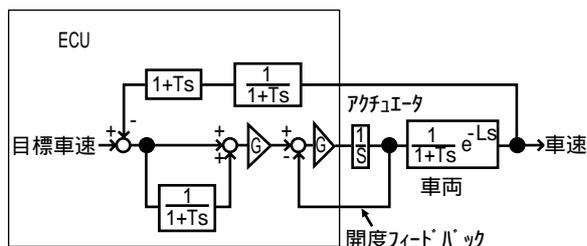


図-5 従来品の制御システムのブロック図  
Fig.5 Blockdiagram of conventional system

性を補うため、ECUへアクチュエータのアーム開度をフィードバックすることでアクチュエータの動作遅れを相殺し、システムの位相遅れを小さくする役割を持っている。したがって従来の制御方式でポテンシヨ信号が無くなると、システムの位相遅れが発生し応答性が低下する。また、それを防ぐためにシステムゲインを上げると今度は持続振動が発生しやすくなり、いづれにしても運転者のフィーリングの悪いシステムとなってしまう。

##### 4.3 開発品の制御方式

今回開発した制御方式は、上記のような持続振動の問題を回避しながら高い応答性を得るために、二つの基本制御方式を採用した。

ひとつは、速度・加速度・アクチュエータへの駆動出力量などから制御および負荷の状態の推定をおこない、これに応じてゲインを可変する方式である。もう一つは、目標車速の変更時などにフィードフォワード制御を積極的に採用する方式とした。つまり、過渡応答帯域でのみゲインを大きくすることで、従来品の制御方式と同様の高い応答性を得ながら、安定性も確保することができた。図-6に開発品の制御システムのブロック図を示す。また、登坂路でのタップアップ操作時の制御性能を図-7に示し、開発制御方式の効果の説明する。

登坂路の開発制御方式を採用していないシステムでは、持続振動を発生させないために全領域で制御ゲインを小さくしているため応答性が悪く、希望の車速に安定するまでに時間がかかってしまう。また、オーバースhootも大きくなり運転者は不快感を覚える。一方、開発制御方式を採用したシステムではタップアップ操作直後にフィードフォワード制御を、増速後にフィードフォワード制御とゲイン可変制御を行うことで応答性も良く、速く希望車速に安定する。また、オーバースhootも小さくなり快適な制御となる。

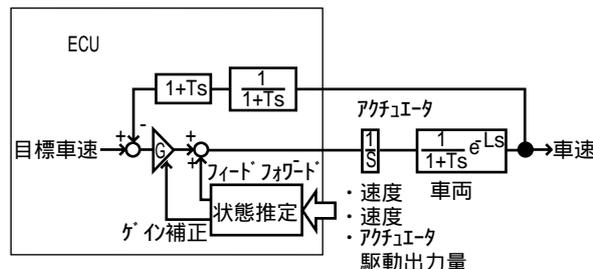


図-6 開発品の制御システムのブロック図  
Fig.6 Blockdiagram of developed system

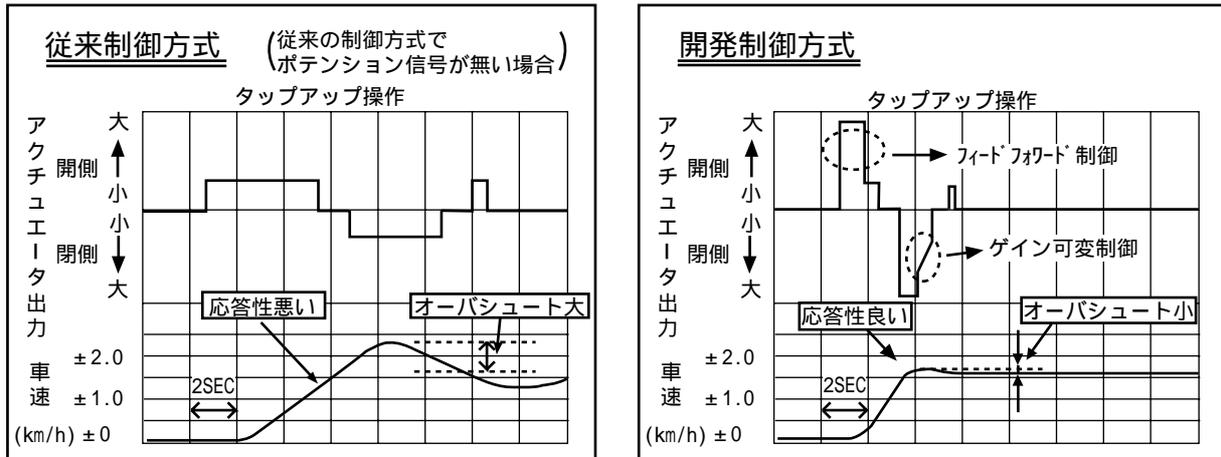


図-7 登坂路でのタップアップ操作時の制御性能  
Fig.7 Control performance in climbing up the slope road when tap up is operated

5. 開発品の回路構成

5.1 ECUの回路構成

ECUは、制御演算処理をおこなう8ビットマイコン、バッテリーの12V系電圧を5Vに定電圧化する電源回路、ECU外部からの信号をマイコンが扱える信号に変換する入力回路、マイコンの信号をアクチュエータが駆動できる信号に変換する出力回路、およびそれらの信号を監視してシステムが異常な動作とならないかを監視しているフェールセーフ回路から構成されている。従来品はこれらの各回路を別々の部品で構成していたが、開発品では、フェールセーフ回路を除く大部分の回路部を1チップに集積化しPLCCのパッケージにおさめた「統合IC」を日本テキサス・インスツルメンツ株式会社殿の協力により開発し採用した。図-8、図-9に従来品と開発品の回路構成を示す。

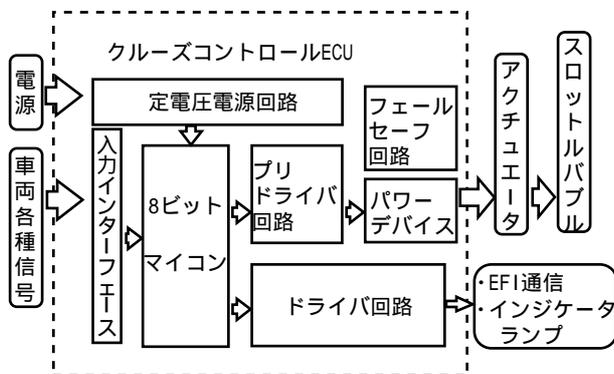


図-8 従来品の回路構成  
Fig.8 Circuit diagram of conventional ECU

5.2 統合ICの概要

5.2.1 統合ICの機能

統合ICのマイコン部はROM容量8Kバイト、RAM容量256バイトで、ADコンバータとシリアル通信などのリソース機能も合わせて持っている。5Vの定電圧電源回路はブーストトランジスタも内蔵しており、最大75mAまで供給が可能である。また、バッテリー12V系の電圧入力が必要な入力インターフェース回路を8ch持っており、直列に抵抗を挿入することで高電圧にも耐えうる設計とした。出力回路は、1.5Wのランプ負荷をICから直接駆動できるローサイドドライバ回路とN-chMOSトランジスタのゲートを昇圧できるハイサイドプリドライバ回路を内蔵している。このハイサイドプリドライバによりP-chのMOSを使うことなく、低コストなN-chのMOSでアクチュエータの駆動を可能とした。

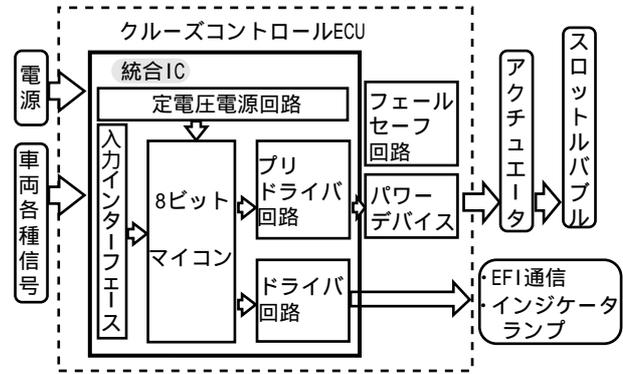


図-9 開発品の回路構成  
Fig.9 Circuit diagram of developed ECU



図-10 統合ICの外観  
Fig.10 External of the ASIC

### 5.2.2 統合ICのプロセス

統合ICの開発はシステム企画段階からシステム開発と工程開発をコンカレントに実施した。今回のIC統合化の最大の目的は部品点数の削減であり、それにより小型・軽量化、部品実装工程の簡素化を達成することである。また開発期間の短期化による市場への早期投入も重要な要素となった。部品点数の最小化を狙いIC化する回路ブロックを最大限にした結果、安全保安上のフェールセーフ回路以外のすべての回路ブロックをワンチップ上に構成できた。このために

- マイクロコントローラ (5V系)
- 電源回路 (12V系)
- 入出力インターフェース回路 (12V系)
- 出力インターフェース (12V系)
- FETブリドドライバ (12V系, チャージポンプ含む)
- ADコンバータ (5V系)

を同一チップに混在させることが必要となり、プロセスとしてはCMOS、DMOS混在プロセスを採用し、プロセスメーカーとしてデジアナ混在プロセスを早くから商品化し実回路ライブラリも充実している日本テキサス・インスツルメンツ株式会社殿に開発の協力をお願いした。図-10に本ICのチップ写真、図-11に絶対最大定格を示す。

本ICの開発は企画段階から初品 (エンジニアリング サンプル) まで7ヶ月を要したが、既存モジュール (回路ブロック) を有効利用したためフルカスタム開発に比べ開発期間を半減できた。この開発期間にはマスクマイコン仕様、EPROM(OTP)マイコン仕様、評価用ICEチップの3種類のチップの開発期間を含む。

車載ECUでは、外来電磁環境に対する耐性が要求される。本ICのプロセスは車載用に開発されたものではあるが、我々の要求性能を満たすために更に以下の改善を加えた。

項目	定格	単位
電源電圧	-1.0 ~ 40	V
ハイサイドブリドドライバ 出力電圧	-0.3 ~ 41.5	V
ローサイドドライバ 出力電圧	-0.3 ~ 60	V
ローサイドドライバ 出力電圧	500(DC)	mA
入力インター フェース電圧	-0.5 ~ 40	V
汎用I/O ポート電圧	-0.5 ~ 6	V
動作保証温度範囲	-40 ~ 105	

図-11 統合ICの主な絶対最大定格  
Fig.11 Absolute maximum rating of the ASIC

ESD耐性の向上...静電気に対する誤動作 / 破壊耐性の向上

EMS性能の向上...外部からの電磁環境耐性の向上

EMIの低減...外部への電磁輻射ノイズ特性の低減

ESDについてはチップ上のレイアウト改善と保護素子の改善、EMSについては事前サーベイ、回路検討を重点的に行ない、ECUレベルでそれぞれ25kV、200V/mの耐性性能を確保した。またEMIについてはクロックドライブの最適化、レイアウトの事前検討を行ない十分な輻射ノイズの低減を達成した。フェールセーフ関連では他LSIと同様にFMEAを実施し、端子配列の最適化を行った。

## 6. 実装・構造設計

### 6.1 実装設計

開発したECUは、コネクタを除く全ての部品をSMD化し、かつ片面実装することで、小型化と製造工程の短縮によるコストダウンを実現した。図-12に開発品の部品実装状態を示す。具体的には、基板面積の縮小40%、はんだ付け工程の短縮50%を実現したものである。

以下にこの実装形態の優位性と、検討の経緯を示す。

#### 6.1.1 部品実装のリフロー化のメリット

部品実装の片面リフロー実装化は、フローはんだ付けによる両面実装工法に比べて以下の点で優位である。

(1)はんだ付け工程を半減でき、設備の効率的な利用が可能となる。

具体的に、図-13にはんだ付け工程の比較を示す。

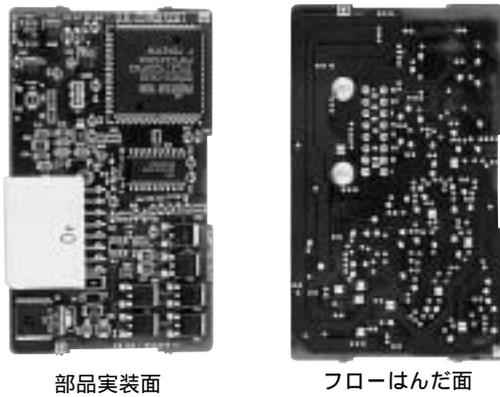


図-12 部品実装状態  
Fig.12 Printed circuit board

リフロー工法による片面実装は、SMD部品・ディスクリート部品混載の両面実装に比べ、フローはんだ面のSMD実装工程とディスクリート部品の搭載工程が削除できる。これによって、工程を1/2に短縮することができ、既存の設備で対応することができた。

- (2)はんだ付けランド寸法や部品間隔を縮小でき、さらにチップ抵抗アレイ等の小型部品採用により、基板サイズを小さくできる。
- (3)はんだを、印刷法により定量塗布できることで、はんだ付け品質の定量的な管理が可能であり、海外への生産移管が容易である。

### 6.2 構造設計

ケース構造は図-14に示す様に、組み付け性に配慮した上下2分割構造とし、これを熱かしめ工法で組み立てるものとした。これにより、従来のアルミインパクト成形ケースに比べ、組み立て用のネジをなくし、かつ組み立ての自動化が図れることで、組み立て工数の低減を実現した。また、熱かしめによる組み立ては、樹脂のツメによるはめ込み構造に比べて、かん合部の寸法公差を緩和できることで、作りやすい設計とした。

以下に本構造のカギとなる熱かしめ技術について紹介する。

#### 6.2.1 熱かしめ工法とは

熱かしめ工法とは、図-15, 16に示す様に樹脂の突起を、金型による圧力と熱により軟化させて曲げ込み、樹脂をかしめる技術である。従来より、他社ではスロットルポジションセンサ等のケーシングに採用されている。この技術を今回の開発品に採用するにあたり、下記開発を行った。

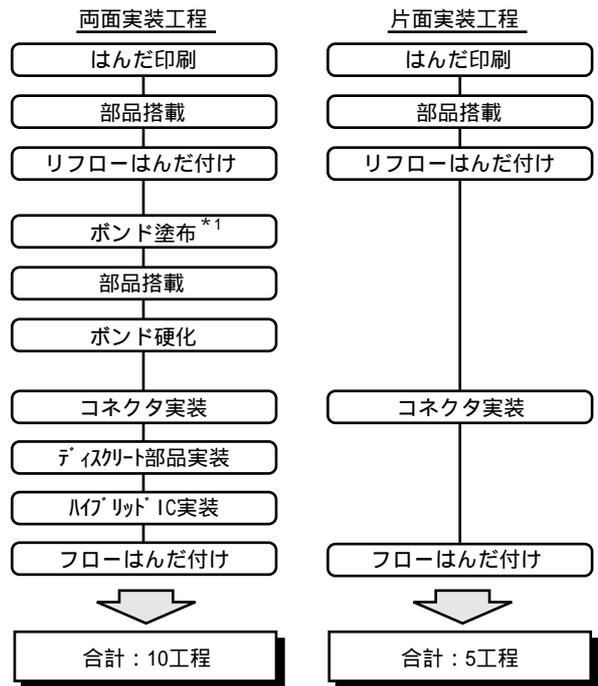


図-13 はんだ付け工程の比較  
Fig.13 Comparison of soldering processes

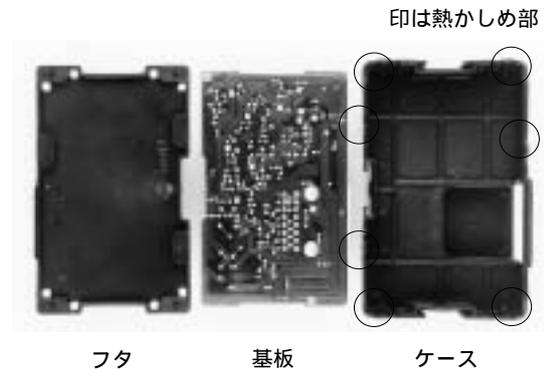


図-14 ECUケース構造  
Fig.14 Chassis structure

#### 6.2.2 ケース材料選定

この工法の安定性は、樹脂材料の選定とかしめ条件に依るところが大きい。そこでまず、図-17に示す項目について基礎検討を行った。その結果、PPは他の材料に比べ、熱かしめ性・コストの点で優れ、ケースとしての耐熱仕様を十分満足できることより、採用を決定した。

#### 6.2.3 かしめ条件の検討

かしめ条件の制御因子は、熱・圧力・時間である。そこでまず、一定圧力の下で、金型温度とかしめ時間の相関を検討した。図-18にその結果を示す。これによると、

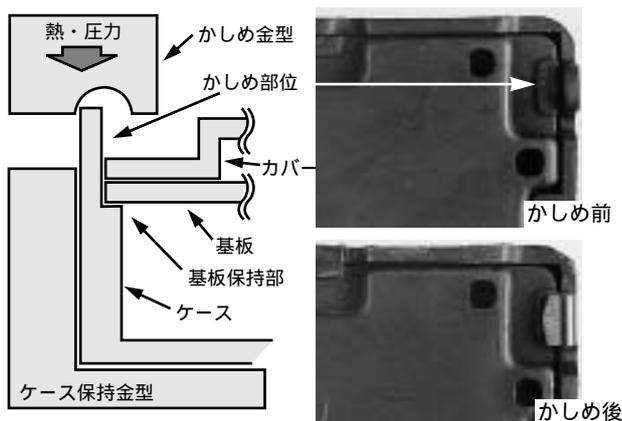


図-15 かしめ部断面  
Fig.15 Cross section of heat bending portion

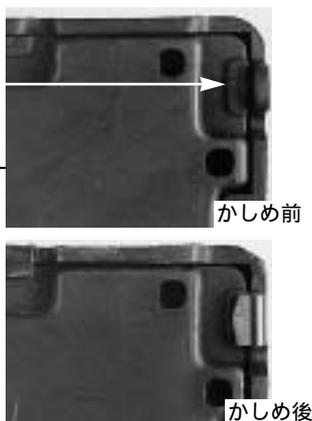


図-16 かしめ部外観  
Fig.16 Heat bending portion

材料系	PP	PPE	ABS	PBT
耐熱仕様 / 熱変形温度	135	120	100	200
ケース形状の成形性				
熱かしめ性	かしめ形状			
	熱変形状態			
	型離れ性			×
	信頼性			-
総合評価			×	

図-17 ケース材料特性の比較  
Fig.17 Comparison of chassis materials

樹脂の熱変形温度近傍が最もかしめ条件が安定し、熱変形温度 + 15 までの条件が、熱かしめに有効な領域であることが確認できた。そこで次に、前述の安定な金型温度条件下で、かしめ時間を最も短縮できる金型圧力を検討した。図-19にこれを示す。これらによって、安定してかつ短時間で熱かしめができる、最適条件を設定できた。

## 7. おわりに

開発した統合ICは、今後アクチュエーター体型ECUなど付加価値機能を備えたECUなどに展開し、そのうれしさを活かしていく予定である。実装工法においては、現在コネクタのリフローはんだ付けを行う技術を開発中であり、この技術の展開でコネクタを含むECUの100%リフロー化が可能となる。

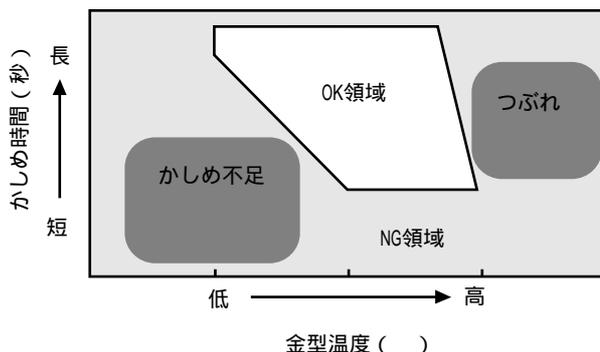


図-18 金型温度とかしめ時間の相関

Fig.18 Correlation between temperature of metal mold and bending time

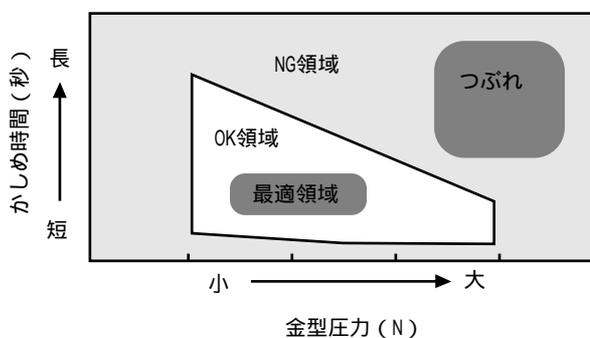


図-19 金型圧力とかしめ時間の相関

Fig.19 Correlation between bending pressure and bending time

今後、車載ECUの生産場所はますます海外拠点へと広がっていくと予想される。そのためには、生産場所を選ばない製品開発で顧客の要求に迅速に対応することが必要であり、今回のように初期の回路設計・部品選定の段階から工法をにらんだ取り組みが重要となる。

最後に開発品の新しい制御ロジックの開発にあたり、ご指導をいただいたトヨタ自動車株式会社殿に深く感謝の意を表します。

### 〔参考文献〕

- 1) 寺谷他：“クルーズコントロールシステムの現状と将来”，自動車技術，Vol.46，No.2（1992）
- 2) 原田：“クルーズコントロール”，TOYOTA Technical Reviews Vol.43，No.1（May 1993）
- 3) 村田他：“クルーズコントロールシステムと小型ECU”，富士通テン技報，Vol.11，No.3（1993）
- 4) 高橋他：“ファジィ制御を用いたクルーズコントロール”，富士通テン技報，Vol.9，No.1（1991）

筆者紹介



堀 芳二郎(ほり よしじろう)

1979年入社。以来クルーズコントロールおよびエンジン・パワートレーン制御システムの開発に従事。現在モトロクス本部第一技術部第13技術課長。



藤本 正彦(ふじもと まさひこ)

1982年入社。以来モトロクス機器の開発に従事。現在LSI開発部プロジェクト課長(デジアナ混載IC担当)。



佐藤 雅昭(さとう まさあき)

1986年入社。以来クルーズコントロールシステムの開発に従事。現在モトロクス本部第一技術部第13技術課在籍。



米本 宜司(よねもと たかし)

1987年入社。以来ハイブリッドICの開発を経て、1995年より自動車用電子機器の実装技術・構造開発に従事。現在モトロクス本部開発部第二開発課在籍。

