

トランスミッション直接搭載コントロールユニットの開発

Development of Transmission-mounted Transmission Control Unit

八 幡 和 樹*

Kazuki YAHATA

井 上 源 太*

Genta INOUE

小 西 康 一*

Koichi KONISHI

茂 木 岳 晴*

Takeharu MOTOKI

要 旨

小型車や中型車への適用を目的として、トランスミッションへの直接搭載が可能な、コントロールユニットを開発した。

直接搭載することで制御デバイスとの距離が近くなり、ハーネス長を削減することができた。また、制御ソフトウェアを階層設計しユニットのソレノイドドライバを共有化することで、さまざまなトランスミッションの制御を可能にした。

直接搭載条件におけるユニット内部の電子部品の温度を、実機確認に加えシミュレーションで詳細に把握し対応することで、従来の車体取り付けユニットに対しユニットの最大動作温度を拡大させた。また、取付ブラケットおよびコネクタターミナルの剛性を向上させることで、保証振動周波数帯域を 2000 Hz まで拡大し、小型車から中型車までの幅広い車種への適用を可能にした。

ABSTRACT

A transmission control unit able to be directly mounted on the transmission has been developed for applications ranging from small to medium-sized vehicles.

Direct mounting of the unit has reduced the distance between the transmission and the control device, making it possible to reduce the length of the harnesses. In addition, hierarchical design of the control software and sharing of the solenoid driver have made it possible to apply the unit to the control of a variety of transmissions.

Vehicle tests and simulations were conducted in order to obtain a detailed understanding of the temperature of the electronic components inside the unit under the conditions it would be exposed to when direct-mounted and implement appropriate responses. As a result, the maximum operating temperature of the unit was increased against conventional body-mounting conditions. The rigidity of the mounting bracket and the connector terminals was also increased, increasing the maximum allowable vibration frequency to 2000 Hz. These measures made it possible to apply the unit to a wide variety of vehicle types, from small to medium-sized.

1. まえがき

自動車の地球環境に対する負荷を低減する観点から、燃費改善は重要な課題である。その課題の達成手法としてエンジンでは直噴インジェクション技術や電動デバイス技術が、トランスミッションでは多段化やDCTの適用が拡大されている。それに伴い、エンジンおよびトランスミッションの組み合わせの多様化が進んでいる。従来はエンジンとトランスミッションの組み合わせが限られていた。そのため、一つのコントロールユニットでエンジンとトランスミッション両方を制御することで、きょう体や電子部品の共通部品を削減してきた (Fig. 1)。しかし、近年のように

エンジンとトランスミッションの組み合わせが多様化してくると一体のユニットはその数だけ必要となる (Fig. 2)。

そこで、エンジンとトランスミッションのコントロール

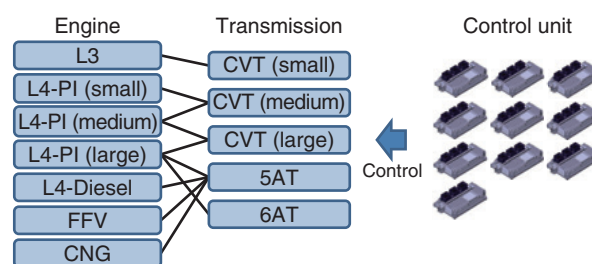


Fig. 1 Former integrated engine and transmission control unit

*四輪 R&D センター

ユニットを分けることにより必要なコントロールユニットの種類を削減することができる⁽¹⁾と考えた (Fig. 3)。

また、トランスミッション制御仕様に関しても、汎用化できる部分と専用設計必要な部分を明確にすることで、異なるトランスミッションにおいてもコントロールユニットを共有化できる。

これまで、パワートレインのトランスミッションコントロールユニット (TCU) の搭載位置は、Honda では車室内やエンジンルーム (Fig. 4) にあり車体に取り付けていた。今回開発した TCU は、トランスミッションへの直接搭載とした。直接搭載には、制御デバイスとの距離が近くなることでハーネス長を削減できるメリットがある (Fig. 5)。

また、車体取り付けの際には、車体フレームにブラケットを介して TCU を固定する必要があった。エンジンとト

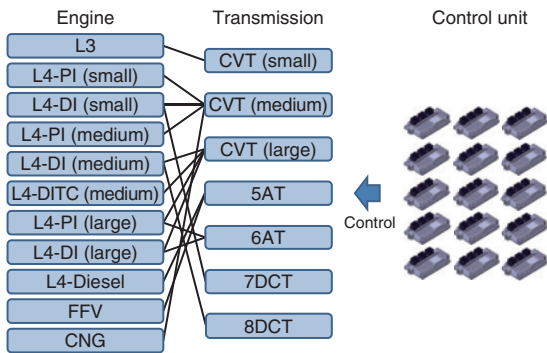


Fig. 2 Current integrated engine and transmission control units

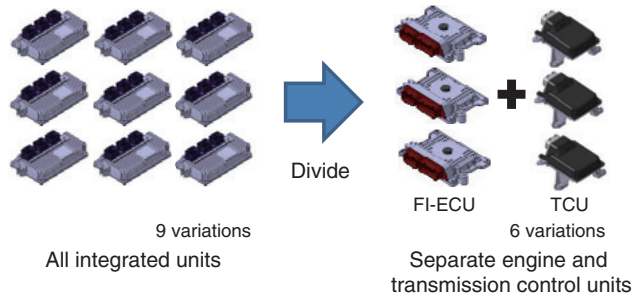


Fig. 3 Change in number of control units

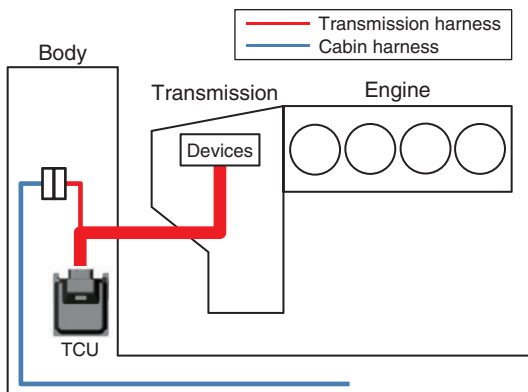


Fig. 4 Body-mounted TCU

ランスミッションの組み合わせが同一で搭載車両が変更になった際に、バッテリーや灯体などの周辺部品の搭載位置の影響により、車両ごとに専用の TCU 搭載用ブラケットが必要となる。トランスミッションへの直接搭載は、搭載位置の固定が可能となる。エンジンルーム搭載と比較し、ブラケットの種類が削減が見込まれる。

一方、トランスミッションへの直接搭載はエンジン、トランスミッションからの熱や振動などの環境条件により、電子部品やきょう体などの構造部品に対策が必要となる。

本稿では、一つのユニットでさまざまなトランスミッションを制御可能とした直接搭載 TCU の開発について紹介する。

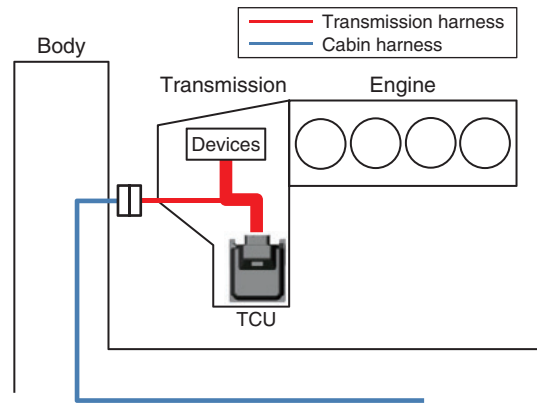


Fig. 5 Transmission-mounted TCU

2. 開発のねらい

今回開発した 1.5 L ターボ対応 CVT に適用したトランスミッション直接搭載 TCU のレイアウトを示す (Fig. 6)。

トランスミッション直接搭載 TCU を設計するにあたって、下記の項目を開発のねらいに定めた。

- (1) 最小限の部品変更で複数のトランスミッションを制御可能である汎用性を持つこと。
- (2) 小型車から中型車までを包含した、振動や熱に対する部品信頼性があること。

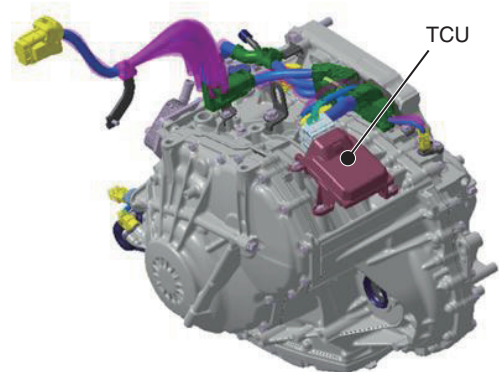


Fig. 6 Layout of transmission-mounted TCU

3. 汎用化設計

TCUに要求される機能として、入出力やリプログラミングなどの基本機能、対象の変速機をどう動かすかのトランスミッション制御機能、メータ表示やエンジン協調などの車両制御機能の三つがある。従来のトランスミッション制御はそれらが明確に分割されておらず、一つの機能を変更する場合でも他の機能の変更が必要となり、TCUとしての汎用性が低かった。

これに対して、機能領域の明確化をおこなった。具体的には Systems Modeling Language⁽²⁾を用い、機能領域を AUTOSAR 規格にもとづきプラットフォーム (PF) 領域、アプリケーション (APL) 領域、その構造間インタフェース (I/F) 領域の三つに分割した (Fig. 7)。これより各機能の独立性を高め、異なるトランスミッションでも APL 領域のみ変更すれば使用できる構成とした。

また、従来のユニットではトランスミッションの油圧回路をコントロールするソレノイドの電流制御を、ドライバ IC 内で電流フィードバック制御をおこなっていた (Fig. 8)。ドライバ IC でのフィードバック制御は、電子部品点数の削減や製造工程での無調整化などのメリットが

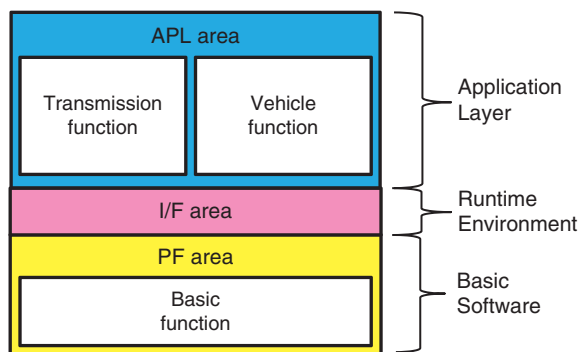


Fig. 7 Diagram of enhanced software system

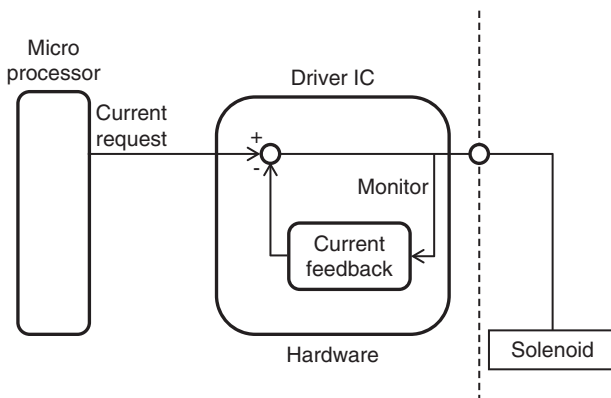


Fig. 8 Design of conventional solenoid current feedback control

ある⁽³⁾。しかし、電流フィードバック制御は変速応答性や耐久信頼性に影響を与えるため、トランスミッションの種類によって制御の設定を変更する必要がある。一方で、ソフトウェアを持たないドライバ IC はフィードバックゲイン等の設定の変更範囲が狭い。そのため、これまで異なる種類のトランスミッションに同一のドライバ IC を適用することは難しかった。今回構築した手法では、ドライバ IC は電流の計測だけおこない、電流フィードバック制御をマイコン内のソフトウェアプログラムに構成した (Fig. 9)。このことにより、マイコン内のプログラムを変更することで、異なるトランスミッションへの適用が可能になった。

以上のことから、ハードウェアの基本構成を変えることなく、機能領域を階層設計し、ソレノイドドライバを共有化することにより異なるトランスミッションを制御できる TCU を構築した。

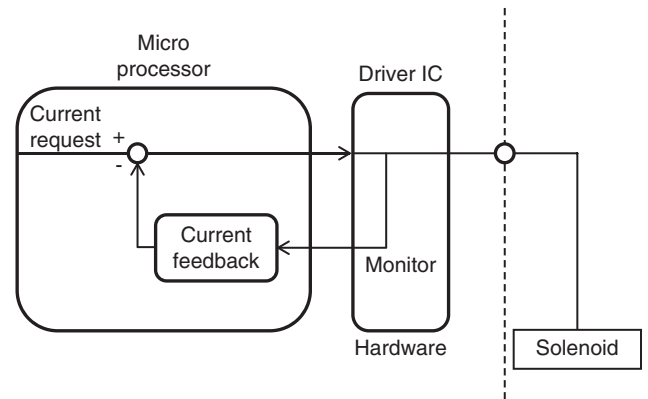


Fig. 9 Current design for solenoid current feedback control

4. 振動環境における部品信頼性

4.1. 振動環境

パワートレインの振動はエンジンマウントを介して減衰し、車体フレームに伝わる。そのため、従来の車体取付のユニットは、エンジンの回転 2 次振動である 400 Hz までの周波数領域に対応した設計をおこなっていた。

直接搭載を検討するにあたり、まず振動環境の把握をおこなった。さまざまな車種、排気量の 4 気筒エンジンの振動周波数に対する、ユニット取付部位に発生する振動加速度の計測をおこなった (Fig. 10)。

200 Hz 近傍以下では、エンジンの回転 2 次振動に比例した高い振動加速度が発生している。

それ以上の周波数領域については、パワートレインの共振によるピークを持った振動加速度が不規則に発生しているが、いずれもエンジンの回転 2 次振動の半分以下の振

動加速度である。また、部品へのストレスの原因となる変位量は周波数の2乗に反比例して減少することから、直接搭載TCU取付点における加速度の入力条件をエンジンの2次振動をベースに設定し、周波数帯域を2000 Hz以下と定めた。

4.2. 耐振動対策

基板上の電子部品の破損を防ぐためには、各部に発生するストレスを部品材料の許容耐力以下にする必要がある。そこでTCUアセンブリ3Dモデルを作成し、周波数応答解析をおこなった。

エンジンの回転2次振動をベースとした振動加速度をTCU取付点に入力し、2000 Hz以下の周波数帯域における共振周波数と応答加速度の確認をおこなった。

共振に対して、ブラケットはトランスミッション取付ボス間にリブ形状を追加することで剛性向上をおこなった。リブ形状については固有値解析を用いてパラメータスタディをおこない、重量と剛性のバランスが最適になる仕様とした (Fig. 11)。

基板とコネクタケーシングの接続にはタッピングスクリュを採用し結合剛性を向上させた。

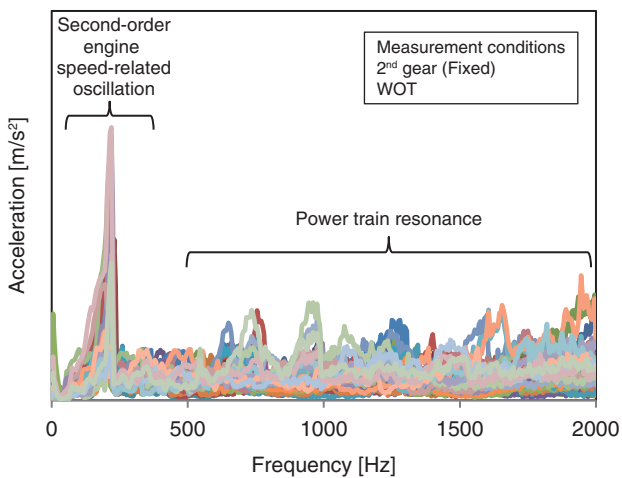


Fig. 10 Vibration acceleration at unit mounting point

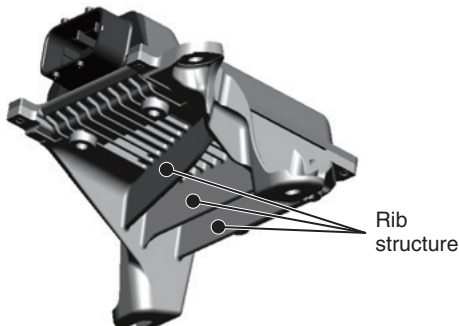


Fig. 11 Realization of enhanced unit rigidity

またコネクタターミナルはターミナル自体の剛性を向上させて、共振周波数をパワートレイン共振領域外の2000 Hz以上に設定した。

これらの対策をシミュレーションで確認した結果、690 Hz付近の共振周波数が740 Hzに上がり、全体の加速度レベルを低下させることができた (Fig. 12)。

4.3. 耐振動性能の確認

車両にてコネクタ部の振動加速度の計測をおこない、耐振動対策前後でのユニット取付点に対するコネクタ部の加速度の変化率の比較をおこなった (Fig. 13)。

ブラケットとコネクタの結合剛性向上により700 Hz付近の共振レベルが低減しており、本仕様による対策効果を確認できた。

また直接搭載入力条件による振動耐久試験を実施した結果、電子部品の脱落やコネクタターミナル破損などの不具合の発生はなく、試験後の電気的特性についてもユニット要求仕様を満足していることを確認した。

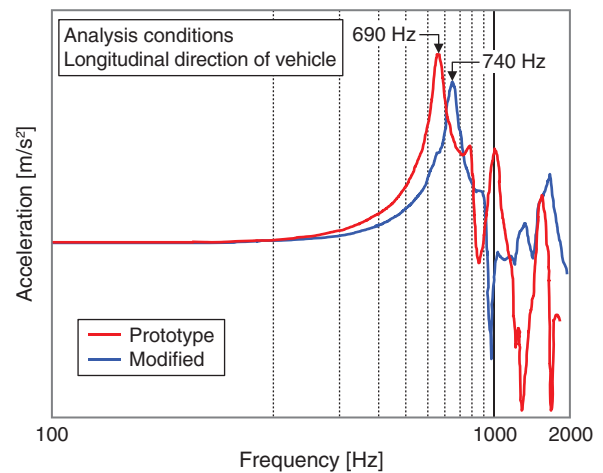


Fig. 12 Frequency response characteristic

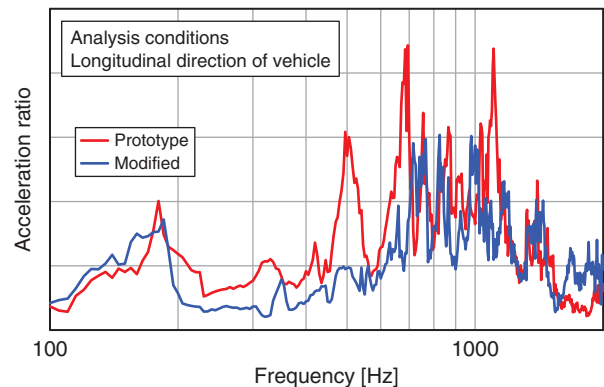


Fig. 13 Comparison of rate of change in vibration acceleration of connector in vehicle

5. 熱環境における部品信頼性

5.1. 温度環境

エンジンルーム内の温度は、車両の走行停止から一定時間経過した後に最大となる。TCU 搭載位置であるトランスミッションケースの温度は、高負荷走行中に発熱するトランスミッションフルードからの受熱影響により、車両の走行停止直後に最大となる。また、TCU の温度を上昇させる要因としては、ソレノイドなどのアクチュエータを駆動するための電力損失による自己発熱がある。

従来のエンジンルーム配置では、エンジンルーム内温度のみを考慮して設計していたが、直接搭載とすることで、トランスミッションケースからの受熱影響や TCU の自己発熱など複数の温度上昇要因を考慮する必要がある。

外部環境温度と走行風などの外的要因と、TCU の電力損失による内的要因に分割し、それぞれの条件を以下のように設定した。その際、小型車から中型車までの車両への搭載を想定し、各条件は最も厳しい条件を適用した。

- (1) エンジンルーム内温度が最大となる走行モード
- (2) トランスミッションケース温度が最大となる走行モード
- (3) 走行風は無風状態
- (4) ソレノイドの消費電流量が最大となる走行モード

登坂走行後のソーク状態におけるエンジンルーム内の温度分布について、熱シミュレーションを実施した (Fig. 14)。エンジンルーム内で最も温度が高い箇所は、輻射熱の影響を受ける排気系周辺である。

これらの結果から、トランスミッション直接搭載 TCU の最大保証温度を、従来のエンジンルームと比較して、10% 上昇させた (Fig. 15)。

5.2. 耐温度対応

走行モードにおける各電子部品の発熱量について、熱シミュレーションをおこなった。トランスミッションケースからの受熱影響を考慮し、TCU 単体モデルだけではなく、トランスミッションケースのモデルを含めてシミュレーションをおこなった。また、特定の電子部品に電力量が集中することを避けるため、複数の電子部品に機能を分

割し、それぞれの電力量を減らすよう分散設計をおこなった。例として、発熱部品である FET を 4 個から 6 個に増やし、素子一つ当たりの電力量を減らした。また、発熱部品を基板放熱面に集中配置し、放熱しやすい構造を実現した。その結果、各電子部品の許容温度以下にできた (Fig. 16)。

5.3. 耐温度性能の確認

エンジンルーム内温度とトランスミッションケース温度が最大となる走行モードを含む複数の走行モードにて、実車温度測定試験をおこなった。その結果、全てのモードにおいて、各電子部品の最大温度が電子部品許容温度以下に収まっていることが確認できた (Fig. 17)。

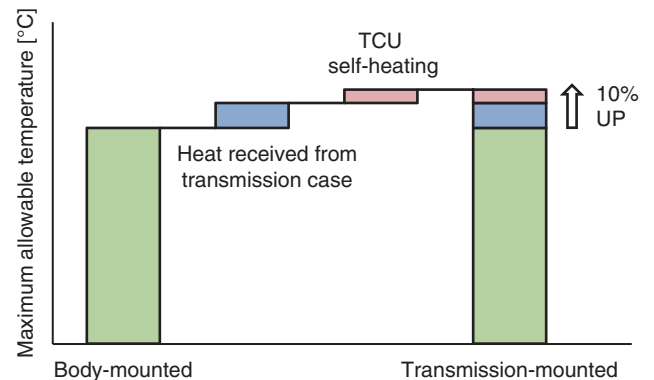


Fig. 15 Maximum allowable temperature

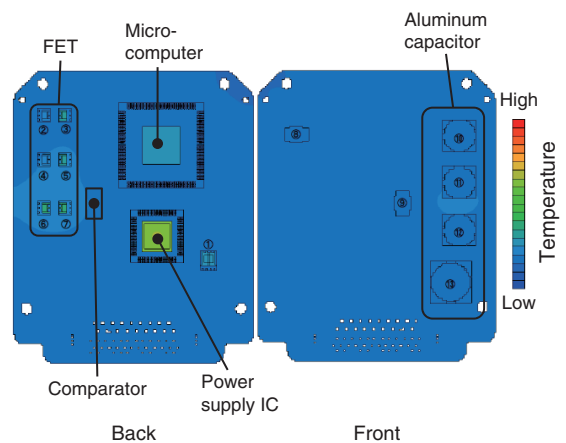


Fig. 16 Temperature distribution

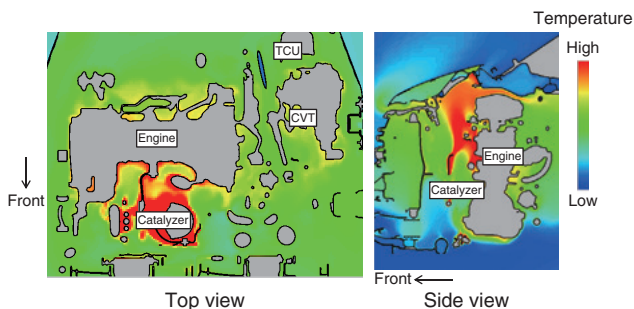


Fig. 14 Results of heat simulation

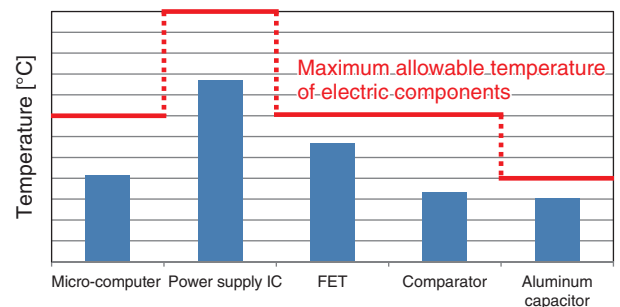


Fig. 17 Heat generation

6. まとめ

トランスミッション直接搭載コントロールユニット開発にあたり、振動環境における課題であった接合部の補強、汎用化設計のための制御ソフトウェアの階層設計をおこない、以下の結果を得た。

- (1) 機能領域の階層設計とソレノイドドライバICの役割最適化により、さまざまなトランスミッションを制御可能にした。
- (2) 取付ブラケットおよびコネクタターミナルの剛性向上と、電子部品の分散設計により、小型車から中型車までの搭載環境(熱、振動)に対する電子部品信頼性を確保した。

参考文献

- (1) 村上真, 山中竜夫, 貝谷泰正: 次世代直列4気筒エンジン用高機能ECUの開発, Honda R&D Technical Review, Vol.26, No.1, p.17-21
- (2) 荒木秀和, 齋藤佳奈子, 大口良輔, 船越允維, 山本健介: パワートレインシステムの複雑化に対応するモデルベース開発技術, Honda R&D Technical Review, Vol.26, No.2, p.102-110
- (3) 坂井雄大, 岡原章雄, 山川靖弘, 藤本正彦: 新リニアソレノイド駆動ICの開発, 富士通テン技報, Vol.16, No.2, p.21-28(1998)

■ 著 者 ■



八幡和樹



小西康一



井上源太



茂木岳晴