

# 小型二輪車電子制御燃料噴射システム用 ECU 統合型 スロットルボデーシステムモジュールの開発

Development of an ECU Integrated Throttle Body System Module for Compact Fuel Injection  
System Used in Small Motorcycles and Scooters

島田 信弘\*  
Nobuhiro SHIMADA  
林 徹\*  
Akira HAYASHI

赤松 俊二\*  
Shunji AKAMATSU  
平方 良明\*  
Yoshiaki HIRAKATA

上田 稔\*  
Minoru UEDA

## 要 旨

## ABSTRACT

昨今の環境問題の高まりに対し、小型二輪車もエミッション低減、燃費向上は重要な課題である。そのため、空燃比を高精度に制御できる電子制御燃料噴射システムが採用されはじめている。今回、小排気量エンジン用の電子制御燃料噴射システムに用いる ECU 統合型スロットルボデーシステムを開発した。本システムの特長は、数種類のボアサイズをシリーズに持つスロットルボデーモジュールと、一つのきょう体に ECU、センサおよびアイドルエアコントロールデバイスを集約した ECU モジュールの二つのモジュールを組み合わせて構成していることである。これにより、複雑な配線、配管を無くして小型化を達成し、排気量 50cm<sup>3</sup> から 250cm<sup>3</sup> の単気筒エンジンに対応できるコンパクトで汎用性のあるシステムを実現した。

Recently, concerns about environmental conservation have been growing, and reducing the exhaust emission and enhancing the fuel economy are being major subjects for small motorcycles. Therefore, electronic control fuel injection systems, which can finely control an air-fuel ratio, have been employing. This time, the ECU integrated throttle body system for the electronic control fuel injection system, which is compact and low-cost, for a small displacement engine was developed. Features of this system are to combine two modules. The modules are throttle body module with several bore sizes in series and ECU module with electronic control unit, sensors, and idling-air-control device. As a result, the complex wiring and piping were minimized, the miniaturization was achieved, and the system with generality that enables to install to the single cylinder engine from 50cm<sup>3</sup> to 250cm<sup>3</sup> was achieved.

## 1. まえがき

近年、環境問題への関心の高まりにつれ、小型二輪車の排ガス・燃費に対する要求はいっそう強くなってきている。例えば、小型二輪車の主な市場の一つであるタイでは、Table 1 に示すように、2003 年から第 5 次エミッション規制の施行が予定されていて、今後、ますます厳しくなることが予想される。昨今、効果的なエミッション低減や燃費向上のために空燃比を高精度に制御できる電子制御燃料噴射システム(以下、FI シス

テムという)の採用が増えている。しかし、これまでの二輪車に搭載されている FI システムは、そのほとんどが多気筒エンジンを搭載した大型二輪車に採用されていただけであった<sup>(1)</sup>、<sup>(2)</sup>。そのため、小型二輪車に搭載する場合は、大きいサイズと高いコストという課題があった<sup>(3)</sup>。本研究では、スロットルボデーと各種センサ類、エンジン・エレクトロニック・コントロール・ユニット(以下、ECU という)を一体のモジュールにすることにより、従来のキャブレタ並みの大きさに機能を集約してコンパクト化と低コスト化を図った。

\*朝霞研究所

## 2. スロットルボデーと ECU の 一体モジュール化のねらい

従来の大型二輪車用 FI システムでは、一般的に ECU は車体にマウントされている。また、制御情報の検知に必要なセンサ類は各々のユニットとして単独で配置されていた。Fig. 1 にその配置例を示す。そのため各種センサ類と ECU を配線するために多くのワイヤハーネスを必要とした。その結果、システムが複雑となり、小型二輪車への適用が難しかった。吸入空気量を制御するスロットルボデーと、エンジン運転状態を制御する ECU モジュールを一体化することで、ワイヤハーネスを不要にした。モジュールの大きさも従来のキャブレタと同等のサイズに小型化した。

## 3. 供試エンジン概要

欧州向けの排気量 125cm<sup>3</sup> 4ストロークエンジンを供試エンジンに適用した例を以下に述べる。その主要諸元を Table 2 に示す。

## 4. システムの概要

開発したスロットルボデー一体 ECU システムモジュールの構成図を Fig. 2 に示す。Fig. 3 に示すように、スロットルボデーと ECU モジュールを2分割の構成にしたことにより、異なった排気量のエンジンに対しても、それに適したボアサイズのスロットルボデーに取り替えることができるので、汎用性、および自由度が高い FI システム構成を可

Table 2 Test engine specifications

| Items             |                    | Specifications |
|-------------------|--------------------|----------------|
| Bore × stroke     | (mm)               | 52.4 × 57.8    |
| Displacement      | (cm <sup>3</sup> ) | 124.6          |
| Compression ratio |                    | 11.0           |
| Valve system      |                    | OHC 2 valves   |
| Max power         | (kW/r/min)         | 9.66/9 000     |
| Max torque        | (Nm/r/min)         | 11.4/7 500     |

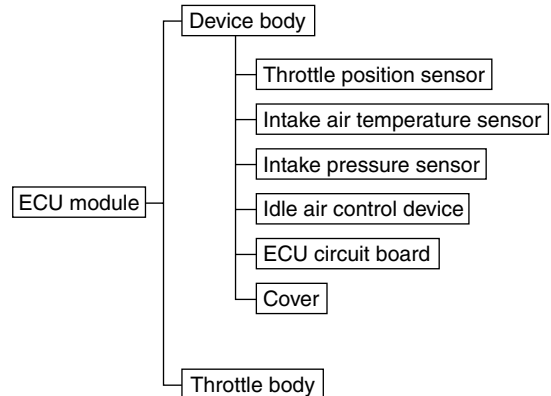


Fig. 2 ECU module components

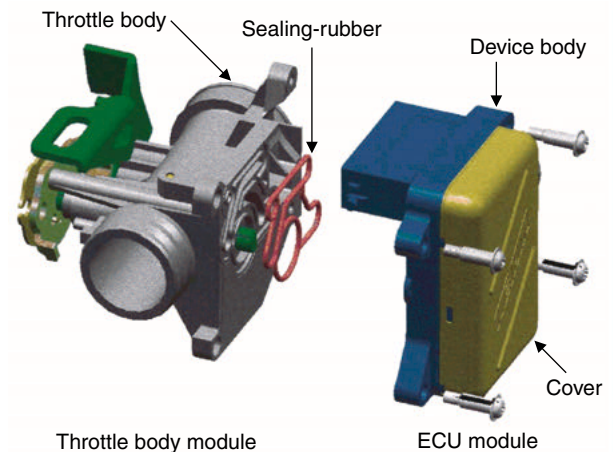


Fig. 3 ECU integrated throttle body system module

Table 1 Current emission limits for motorcycles

|                              | CO<br>(g/km) | HC<br>(g/km) | NOx<br>(g/km) |
|------------------------------|--------------|--------------|---------------|
| Euro-3(<150cm <sup>3</sup> ) | 2.0          | 0.8          | 0.15          |
| Thailand Level 5             | 3.5          | 1.8          |               |

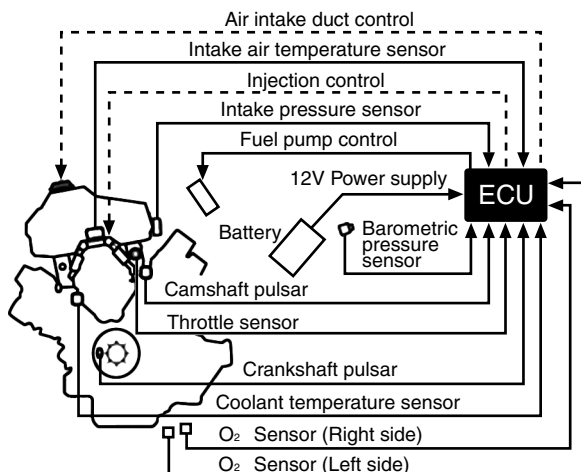


Fig. 1 VFR800FI system

能としている。スロットルボデーと各種センサを内蔵した ECU モジュールは Fig. 3 のように4本のビスで結合されている。Fig. 4に示すようにスロットルボデー側の結合面にはアイドルエアを通すための通路を形成する溝を加工してある。この溝は ECU モジュールとスロットルボデーの合わせ面をラバーでシールすることによりアイドルエアの通路を形成するようになっている。ECUモジュールは樹脂製のきょう体(以下、デバイスボデーという)と ECU 基板とカバーで構成されている。デバイスボデーには各種センサが内蔵され、ECU 基板はそれらの入出力端子に直接つながっている。センサ類、基板などの部品を固定して防水するためにデバイスボデーにカバーをセットしたのち、その内部にポッティング樹脂剤を充てんしている。

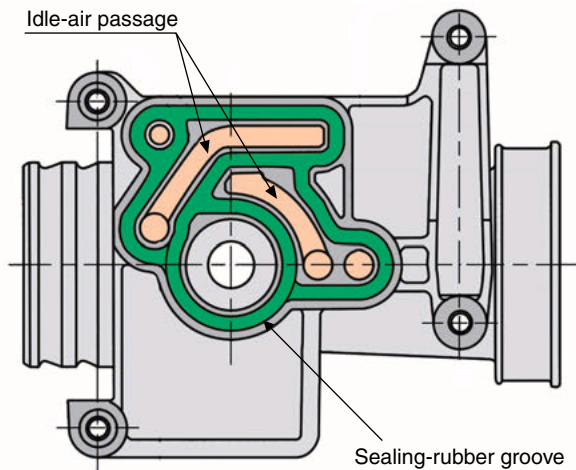


Fig. 4 Throttle body module fitting plane

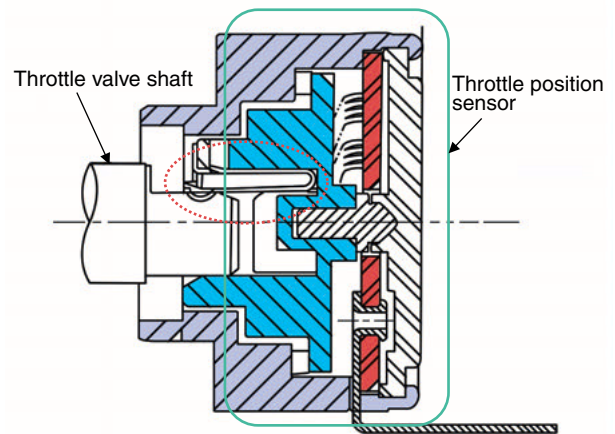


Fig. 6 Structure of throttle position sensor

#### 4.1. センサ類の配置

このスロットルボデーシステムモジュールはデバイスボデー内に三つのセンサを配置している。Fig. 5にセンサの配置を示す。

- (1) 吸入空気温(Ta)センサ：このセンサは吸入空気の温度を測定できるようにセンサの先端センシング部がスロットルバルブ上流の吸気管通路内面から突き出して配置している。センサ端子部は ECU 基板上に直接取り付けすることでコンパクト化を図っている。
- (2) スロットルポジションセンサ(TPS)：Fig. 6 に示すように、このセンサはスロットルシャフト端部に位置し、スロットル開度を直接検出している。スロットルシャフトとセンサ回転子は、結合部のクリアランスによる作動ヒステリシスをなくすために回転の一方に押さえつけるスプリングを介して結合されている。この TPS はデバイスボデーに直接はめこまれ、外部とのシールはポッティングにより確保されている。
- (3) 吸入負圧(Pb)センサ：ECU 基板上にセンサ素子が直接取り付けられており、スロットルボデーのスロットルバルブ下流に設けられた連通孔とつながっている。

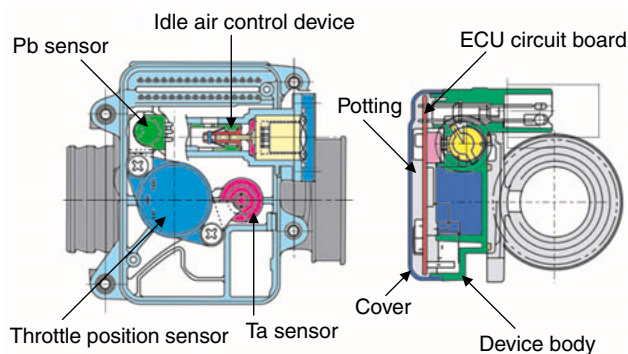


Fig. 5 ECU module components

#### 4.2. ECU 基盤

本システムに採用されている ECU 基板は単シリンダエンジン専用に設計されている。つまり、インジェクタ駆動ドライバ回路と点火系回路を各々 1 シリンダ分としたことにより小型化することができスロットルボデー側面への配置を可能にしている。制御用 CPU には、16bitCPU を用いた。また、電源コンデンサなどの大きな素子は、デバイスボデー内の各種センサ類が配置されたすき間にレイアウトした。これは、全体の幅を従来のキャブレタと同等の寸法に抑えることに寄与している。また、ECU 基板は 3 層構造とし 4 つの面に回路をレイアウトして各素子回路の面積縮小を図った。さらに、従来の ECU では大きなサイズを占めていたハーネス結合用カプラは、端子間ピッチ 2.6mm の 32 ピンとして、Fig. 7 に示すように従来の約 1/2 サイズと小型化されている。端子間ピッチの縮小は、カプラの防水構造を粘着ジェルのシートとすることで可能にした。将来、イモビライザなどの機能が追加された場合でも対応可能とするために端子数は 32 ピンの設定としている。

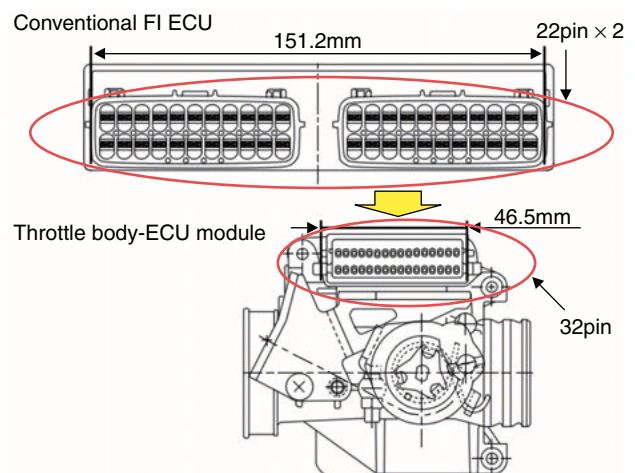


Fig. 7 Comparison of ECU size

#### 4.3. アイドルエアコントロールデバイス

小型二輪車用エンジンでは大型二輪車に比べて、より少量の吸入空気量をコントロールする必要がある。また、さらに厳しい排ガス規制に対応するためには細かな制御能力も必要である。同時に、本システムに採用するためには小型化も重要である。本システムはこれらの要求に対して、ステッピングモータ駆動によるスライドバルブ式エアコントロールバルブ(以下、SACV という)を採用した。Fig. 8 に示すように、従来の直動式では、吸入負圧に対する作動トルクを確保するため径 20mm サイズのステッピングモータが必要であった。今回、バルブをスライド構造としたことでステッピングモータのサイズを径 14mm まで小さくすることができた。SACV は、スライド構造とすることで往復作動による空気量のヒステリシスが発生することが懸念されたが、バルブスラスト方向のクリアランスを無くす構造で対応した。Fig. 9 に SACV の空気量特性を示す。バルブ往復作動時の空気量のヒステリシスは極めて少なく、十分な制御性を有していることが分かる。

### 5. 実機への搭載

供試車の全体レイアウトを Fig. 10 に示す。供試車の車体中央には樹脂製の燃料タンクがあり、その中にはリターンレス方式のインタンクフューエルポンプユニットが取り付けられている。ポンプからは高圧燃料ホースにてインテークマニホールドに取り付けられたインジェクタに 300kPa の圧力で燃料が送られる。スロットルボデーシステムモジュールはシリンダヘッドより後方に伸びたインテークマニホールドにラバー製インシュレータを介して取り付けられている。供試車に採用されているユニットスイング式エンジンマウントはエンジン自身の振動の他に、路面か

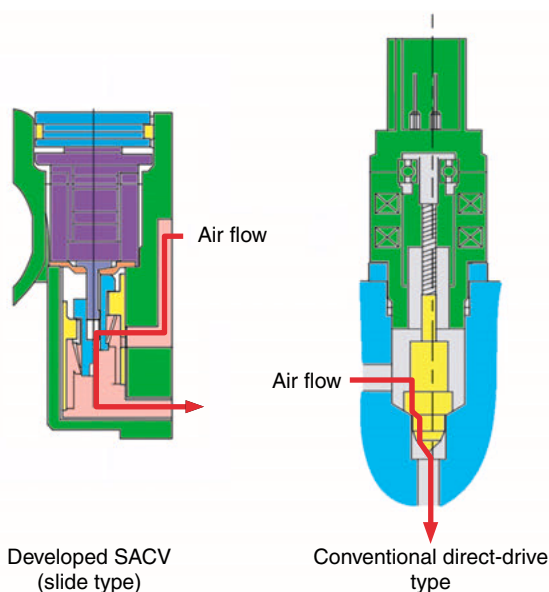


Fig. 8 Comparison of idle-air control valve

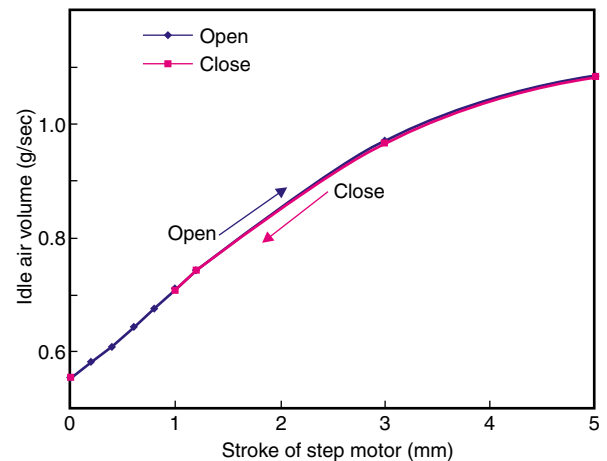


Fig. 9 Characteristics of idle-air volume

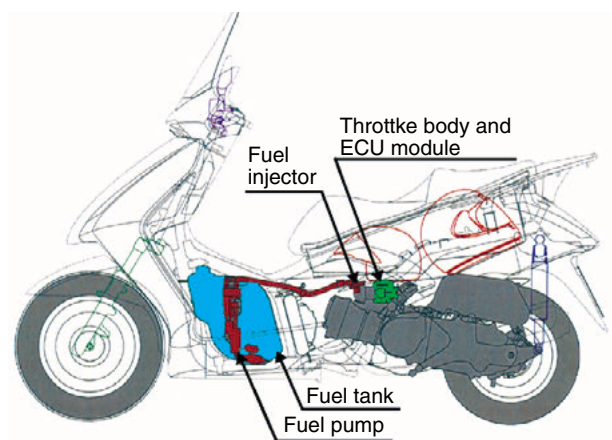


Fig. 10 Location of ECU integrated throttle body system module

らの走行振動も直接加わる。これまでの ECU はばね上の車体にラバーマウントされることがほとんどであり、直接エンジンにマウントすることは無かった。

Fig. 11 にエンジン振動加速度を示す。本 ECU モジュールはデバイスボデー内の ECU 基板、各種センサと SACV ステッピングモータの全体をポッディング樹脂剤で固定することで連続高振動下における高い作動保証と信頼性を確保した。さらに、エンジンにマウントすることの懸案として熱の問題が上げられる。Fig. 12 は走行中のスロットルボデーの周辺温度の測定データを示す。スロットル全開走行後、エンジンをアイドリング状態に戻したときに ECU は最高温度に達している。ECU モジュールの耐熱保証対策は、エンジンとインテークマニホールドの間に断熱性を有する樹脂製インシュレータを挿入することで対応した。また、SACV のステッピングモータの自己発熱によっても ECU 温度が上昇したが、エンジン暖機後に SACV モータへの通電を停止することで自己発熱による影響をなくした。

本供試車は排ガス低減対策として  $O_2$  センサと 3 元触媒を採用して、強化されるエミッション規制に対応した。

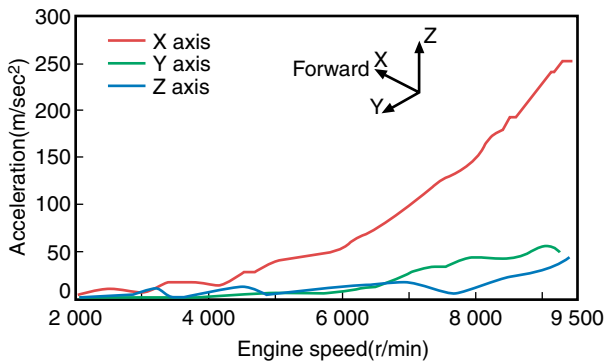


Fig. 11 Vibration acceleration on throttle body during no-load condition

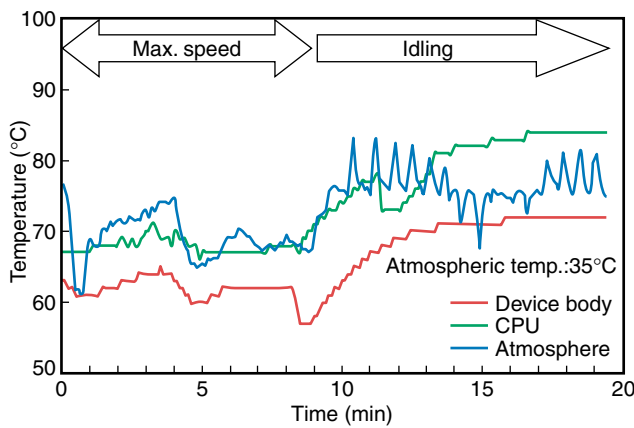


Fig. 12 Temperature rise characteristics (V max. to idle)

## 6. FI システム制御

### 6.1. 制御概要

本 FI システムは ECU モジュール内に配置した TPS と Pb センサ、回転角を検出するクランクアングルセンサの信号を元に燃料噴射量と噴射タイミングおよび点火時期の制御を行っている。さらに、燃料噴射量と噴射タイミングおよび点火時期は冷却水温、吸気温および大気圧による補正を行って環境条件の変化に対して最適になるよう制御している。

### 6.2. 燃料噴射制御

燃料噴射量の制御は 2 種類の噴射量マップをスロットル開度とエンジン回転数により切り替えて制御する方法とした。

- (1) 低負荷時には、スロットル開度の微少な変化をエンジン吸入負圧で検出し、エンジン吸入負圧とエンジン回転数により決定されるエンジン吸入負圧噴射量マップを使用する。
- (2) 高負荷時には、スロットル開度とエンジン回転数により決定されるスロットル噴射量マップを使用する。

### 6.3. 点火時期制御

点火時期は、スロットル開度とエンジン回転数により決定されるマップ制御を行い、最適な点火時期に制御している。

### 6.4. O<sub>2</sub> フィードバック制御

エキゾーストマフラ内に取り付けられた 3 元触媒の性能を効率よく利用するために、O<sub>2</sub> センサを用いたフィードバックシステムを採用して混合気を理論空燃比に制御している。

### 6.5. アイドルエアコントロールデバイス制御

SACV は、始動、暖機、アイドルの各運転条件に合わせて吸入空気量の制御を行っている。始動時には、Fig. 13 に示すように、エンジン冷却水温に応じてアイドルエアコントロールバルブを開くことで吸入空気量を増加させて始動性を向上させている。そして、エンジン冷却温度の上昇に合わせて開度を調整し吸入空気量を最適値に制御している。

エンジン冷却水温が設定値に達した後は、回転数フィードバック制御により、アイドル回転数を一定にするように吸入空気量を制御している。このフィードバック制御を行うことで従来は調整が必要であったアイドル回転数について、経年変化に対するメンテナンスを不要としている。

## 7. 新 FI システムの採用による効果

新 FI システムを使用した供試車は従来のキャブレタ、排気ポートへの二次空気導入、および排気触媒システムを採用したモデルに対して、以下に示す効果を得た。

- (1) 排ガスエミッション：Fig. 14 に示すように、CO、および HC 排出量の約 50% 低減を達成した。
- (2) 燃費向上：Fig. 15 に示すように従来のモデル比で約 10 % の向上を達成した。
- (3) 低温始動・暖機性：Fig. 16 に示すように、新 FI システム制御とエアコントロールデバイス制御により低温時においても良好なエンジンの始動・暖機性を達成した。

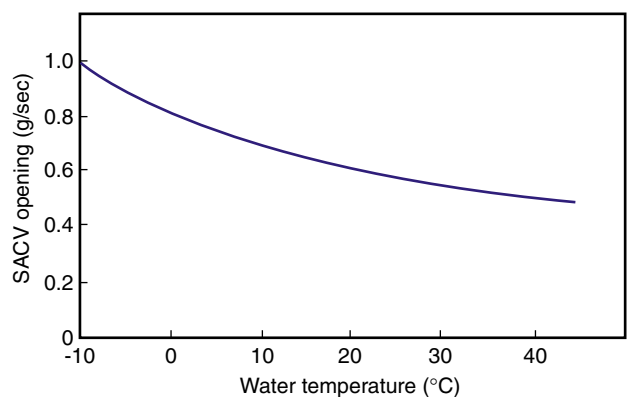


Fig. 13 SACV opening characteristics

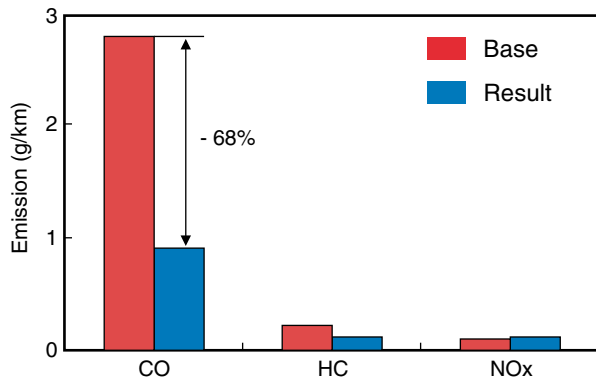


Fig. 14 Test results of ECE40 mode emission

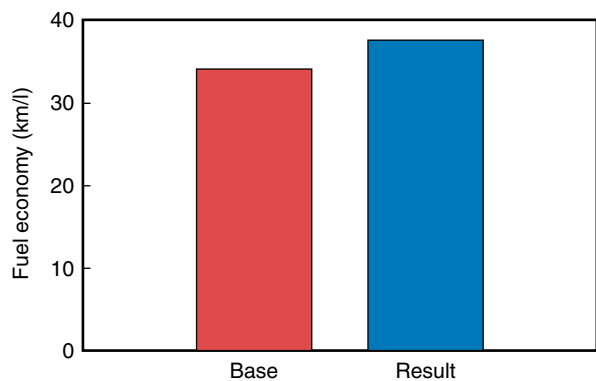


Fig. 15 Test results of fuel economy by ECE40 mode

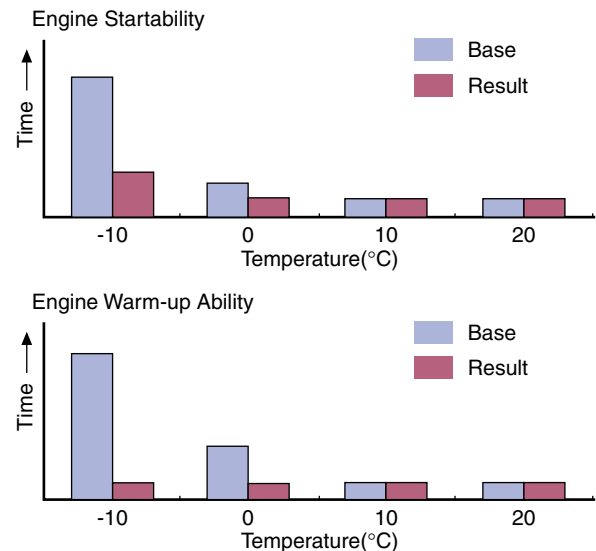


Fig. 16 Result of engine startability and warm-up ability

## 8. まとめ

本 ECU 統合型スロットルボデーシステムモジュールの開発により以下のことを実現した。

- (1)モジュール化することにより、近年ますます複雑になってきている各種センサ、ECU等のワイヤハーネス

が省略でき、かつ ECU を含むモジュールの大きさを従来のキャブレタと同等のサイズに小型化できた。またシステムコストについてもほぼ同等にすることができた。

- (2)CO, およびHCの排出量を従来のキャブレタシステムに対して約 1/2 に低減した。燃費は約 10%の向上を達成した。

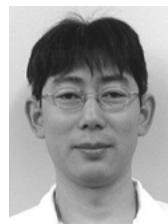
- (3)モジュールに組み込まれた新開発の小型 SACV の採用により安定した良好な低温始動・暖機性を達成した。

本技術を採用することにより、市場で大多数を占める小型二輪車に対して、大幅なレイアウト変更をしないでFIシステムを採用することが可能となった。これにより小型二輪車へのFIシステムの適用が加速され、排ガス浄化と燃費の更なる向上が期待される。

## 参考文献

- (1)堀池達ほか：「VFR800FI」の排気エミッションの低減技術, HONDA R&D Technical Review, Vol.10, 1998
- (2)Horike, S., et al.:Exhaust emission reduction for the VFR800FI, International Motorcycle Conference "Safty and Environment, Future II " p. 459-475, 1998
- (3)Akamatsu, S., et al.: Research of an Emission Reduction System for Small Motorcycles, International Motorcycle Conference: Safety, Environment and Future III , p. 291-309, 1998

## ■ 著 者 ■



島田 信弘



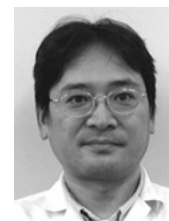
赤松 俊二



上田 稔



林 徹



平方 良明