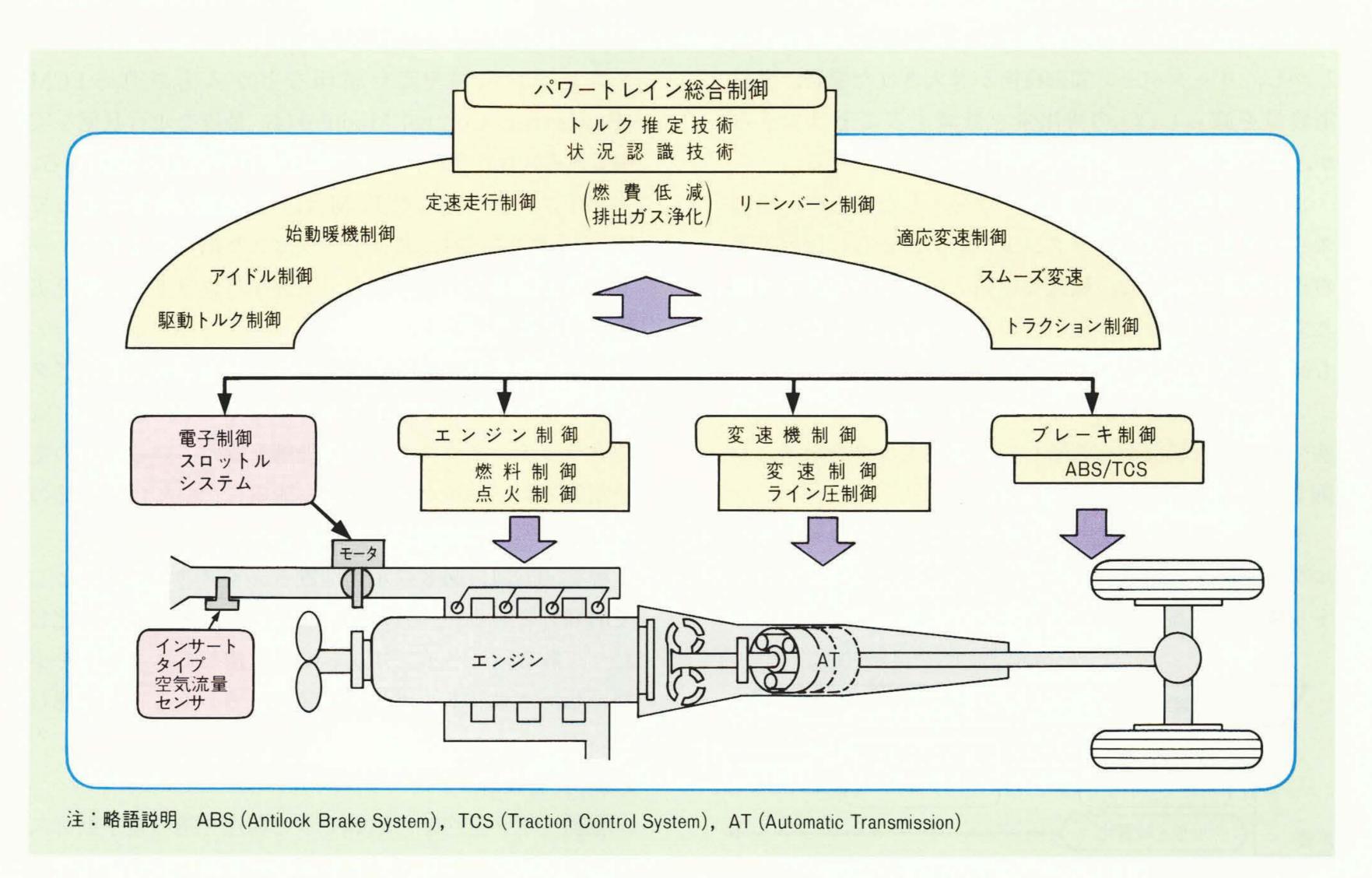
最適な駆動トルクを実現するエンジン吸気量制御システム

一電子制御スロットルシステムとインサートタイプ熱線式空気流量センサの開発—Air Intake Control Systems to Realize the Best Driving Torque

佐々木 靖* Yasushi Sasaki 西村 豊** Yutaka Nishimura 内山 薫* Kaoru Uchiyama 門向裕三*** Yûzô Kadomukai



車社会を支えるパワートレイン総合制御

エンジン制御,変速機制御に加えて,吸気系製品の電子制御化,高精度化が,これからの自動車には必要である。そこで日立製作所は,吸入空気量を的確に制御する電子制御スロットルシステムと,制御された吸入空気量を正確に検出するインサートタイプの熱線式空気流量センサを開発した。

近年,自動車業界を取り巻く環境が大きく変化し, エンジン制御技術の高度化がさらに進んでいる。

今までは、燃料システムと点火システムの最適制御を目指すことにより、エンジンの制御技術の進展が図られてきた。今後は、アクセルワイヤによってスロットルを開閉してエンジン吸入空気量を制御していた従来の技術から、マイコン(マイクロコンピ

ュータ)によって最適に、そして高精度に制御する 技術に移行すると思われる。

そのため日立製作所は、蓄積されたメカトロニクス技術を生かしてメカニカル差動機構を備え、吸入空気量を的確に制御する電子制御スロットルシステムと、制御された吸入空気量を正確に検出するインサートタイプの熱線式空気流量センサを開発した。

^{**}日立製作所 日立研究所

11 はじめに

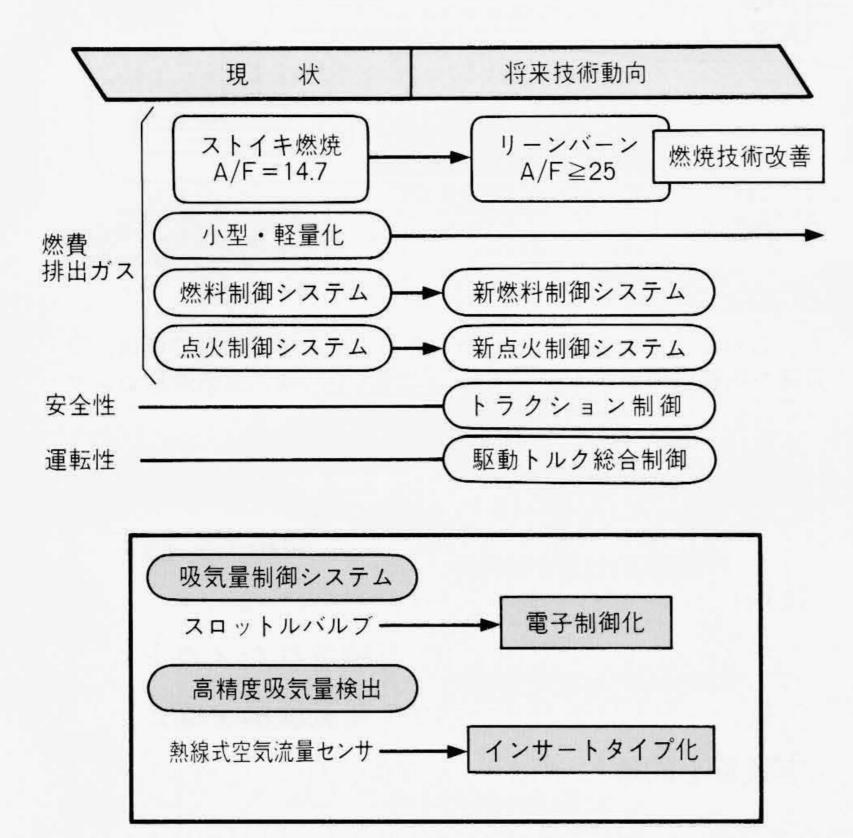
自動車の燃費・排出ガス規制に対応するために、部品の小型・軽量化、さらに、加速・減速走行時の混合比を 最適に制御する燃料制御システムや点火制御システムの 技術が導入されている。

これら規制は、今後さらに強化されていくため、最近では、燃焼技術を改善し空燃比25以上で燃焼させるリーンバーン(希薄燃焼)制御技術が重要視されてきている。しかし、リーンバーン制御技術が導入された場合、燃料消費量を減らしCO₂の排出量を低減することはできるが、エンジンの駆動トルクが低下することになる。

また、必要以上の駆動トルクが発生した場合に、車の スリップを防止するトラクション制御、さらには坂道等 の走行状況に合わせ、最適な駆動トルクでの走行を可能 とする変速制御など、運転性の向上を目的としたニーズ も高まってきている。

これらの課題を解決するためには,エンジンの燃焼状態や車の走行状況から判断して,駆動トルクを最適に制御できるシステムが必要である。

そこで、従来のアクセルワイヤによってスロットルバルブを開閉する機構に代えて、マイコンによってスロットル開度を最適に制御する電子制御スロットルシステム



注:略語説明 A/F (燃焼空燃比; Air Fuel Ratio)

図 | 技術動向

燃費・排出ガスの規制,安全性や運転性向上に対するニーズから,吸気量を制御するシステムとその吸気量を高精度に検出する システムが必要である。 と、吸入空気量を高精度に検出するインサートタイプの 熱線式空気流量センサを開発した(図1参照)。ここでは、 これら新技術について述べる。

2 電子制御スロットルシステム

2.1 システム構成

電子制御スロットルシステムは、**図2**に示すように電子制御スロットルボディとTCM(Throttle Control Module)などによって構成している。

エンジン情報や走行情報などが入力されるPCM (Powertrain Control Module)は、最適な走行状態を実現できるスロットルバルブの開度指令をTCMに伝達する。

マイコンを内蔵したTCMは、この開度指令によって DCモータを駆動し、スロットルセンサ出力によるフィー ドバック制御を行いながら、最適なスロットル開度を実 現することができる。

電子制御スロットルボディには,運転者の意図をアクセルワイヤを介して検出するアクセルセンサのほか,電磁クラッチ,メカニカル差動機構を設けている。この電子制御スロットルボディの基本構成については,次節の「安全設計」で詳細に述べる。

現在、TCMは図3に示す別置きタイプのユニットとして開発している。さらに将来は、TCMをPCMに一体化したり、あるいはハイブリッドICを採用してユニットを小型にし、スロットルボディへ装着していくことも予想している。

2.2 安全設計

駆動トルクを的確に制御できる利点を持つ電子制御スロットルボディには、アクチュエータ系に異常が発生した場合を考慮した安全設計が必要である。

安全設計は、(1) 高信頼性設計、(2) フェイルセイフ設 計に大別される。

(1) 高信頼性設計

製品の信頼性設計には、信頼性を確保できる部品の設計仕様を決定することと、十分な品質確認を実施することが重要である。

今回開発したDCモータ,電磁クラッチ,およびメカニカル差動機構では,使用環境条件を考慮した信頼性設計を行っている。

(2) フェイルセイフ設計

部品・製品の信頼性を十分に確保した場合でも,万一, アクチュエータ系などに異常が発生したときのことを考 え,安全設計を図っておくことが必要である。

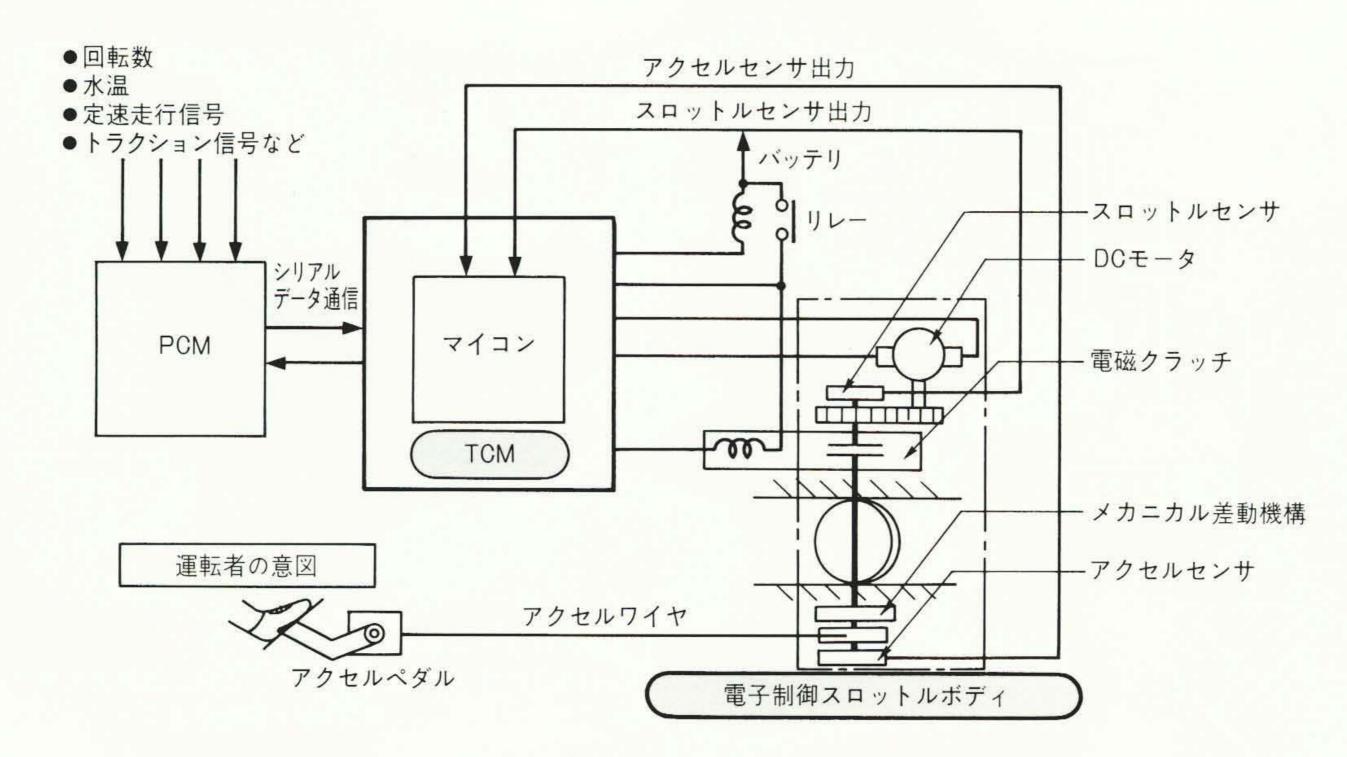


図2 電子制御スロットル システム構成

最適な走行状態を実現する スロットル開度指令がPCM からTCMにシリアル通信で送 信され, スロットル開度のフィ ードバック制御が行われる。

この点から,一重故障(一つの部品に異常が生じるこ と)時には,運転者が不安を感じるようなエンジン回転数 とならないようにし, また従来方式の吸入空気量制御機 能が確保できるようにした。

すなわち異常発生時には、モータ制御を止め、スロッ トル開度をアクセル位置に戻し、アクセルワイヤによる 吸入空気量制御機能を維持すること, さらに自動車を安 全な場所, または修理場へ移動できることなどの機能保 全性を考慮した設計とした(図4参照)。

また異常を検出する手段として、TCMに自己診断機能 を持たせた。これによって電子制御スロットルボディの モータ, 電磁クラッチ, センサ, スロットル機能などの 異常を診断し、モータ制御を止め、アクセルワイヤ制御 に切り換える機能を備えた。

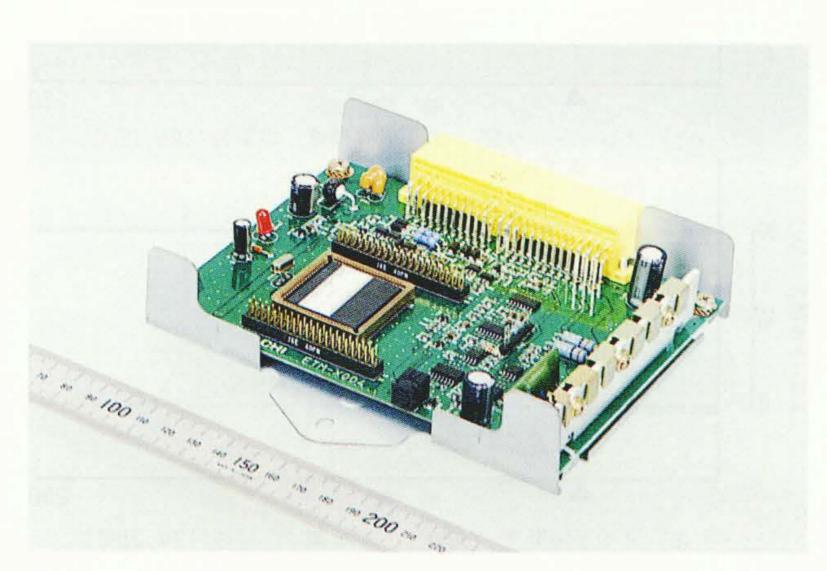


図3 TCMの外観

別置きタイプのユニットである。さらに、PCMとの一体化、ある いはハイブリッドICの採用によるスロットルボディへの装着化に も取り組んでいる。

2.3 電子制御スロットルボディの基本原理および動作

以上述べた観点から,製品設計した電子制御スロット ルボディの基本原理図を図5に示す。

モータ側には電磁クラッチを、アクセル側には、アク セルドラムとコントロールレバーおよびこれらの間に逆 方向に取り付けられた2本のスプリングから成るメカニ カル差動機構を装着している。

駆動トルクを最適に制御する場合には、電磁クラッチ を励磁状態にして、モータがスロットルバルブの開度を 制御する。この場合、アクセルドラムとコントロールレ バーの動作変位は、2本のスプリングによって吸収され るので、スロットルバルブの開度を制御することが可能 となっている。

また、TCMによって異常が検出された場合、TCMが モータと電磁クラッチの電源をOFFにすることで、コン

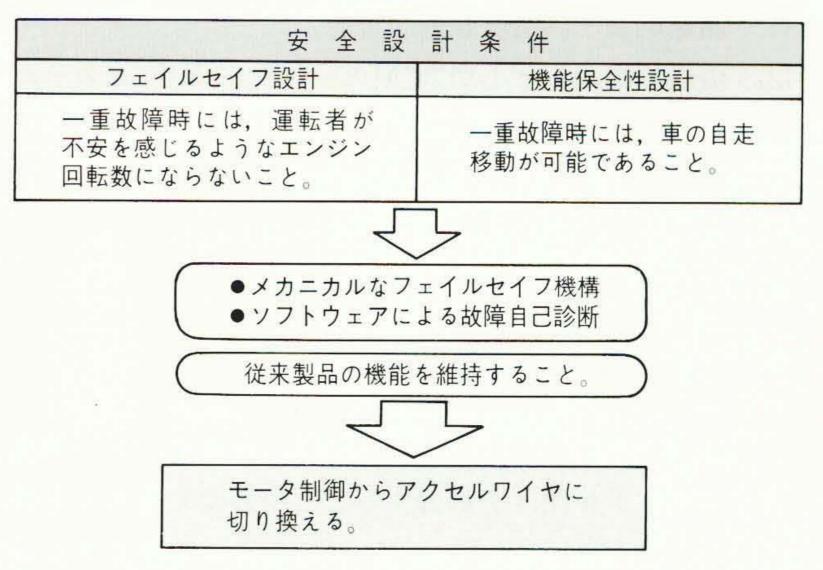
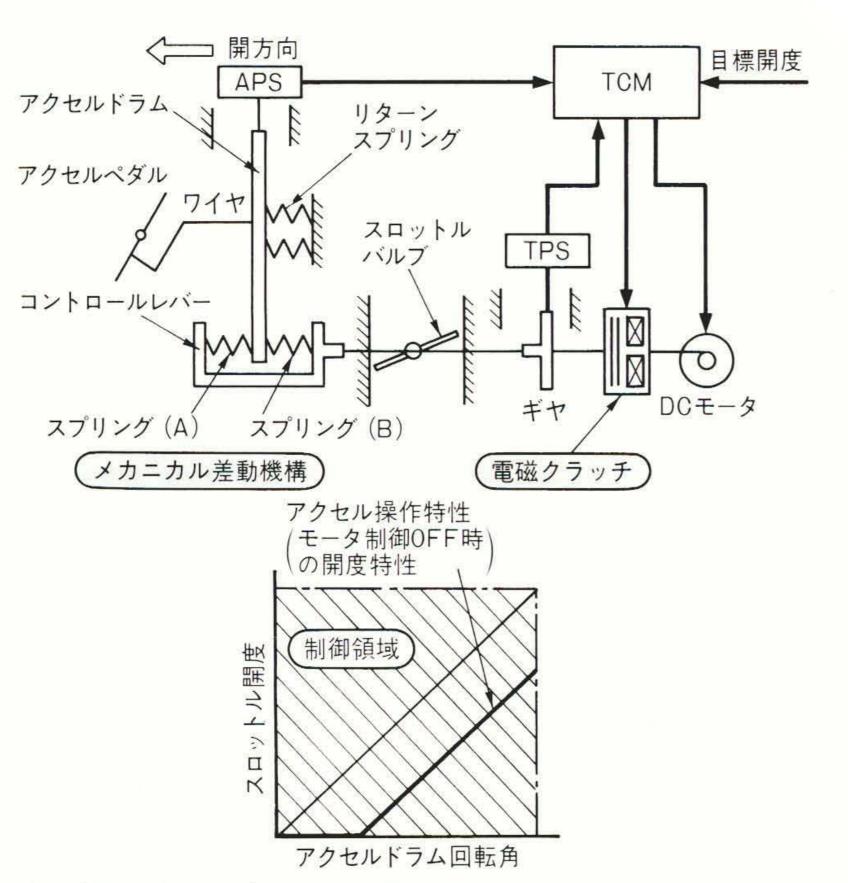


図 4 安全設計上の条件

冗長性設計およびハードウェア,ソフトウェアの両面からなるフ ェイルセイフ機構により、信頼性向上を図ることが必要である。



注:略語説明 APS (Accelerator Position Sensor) TPS (Throttle Position Sensor)

図5 電子制御スロットルボディの基本原理および動作 メカニカル差動機構を採用し、アクセルドラムとコントロール レバーの動作変位を吸収できるため、モータはスロットルバルブの 開度を自由に制御することができる。

トロールレバーは、2本のスプリングの荷重がバランスを保つポイントに移動し、その後、アクセルドラムと一体になってスロットルバルブをアクセルワイヤで開閉することができる。

3 電子制御スロットルボディ

開発した電子制御スロットルボディの外観を図6に示す。この製品の特徴は次のとおりである。

- (1) 高速応答・高精度制御が可能
- (2) 機能の集約化と小型TCMの一体化により,システムがスリム化
- (3) 標準化により、開発工数が低減
- (4) 小型・軽量化によって搭載性が向上
- (5) フェイルセイフ機構を採用 主要項目について以下に述べる。

3.1 高速応答・高精度制御

駆動トルクを最適化するためには、高速で、かつ精度よくスロットル開度を制御することが必要である。その制御性能を向上するためには、メカニカルなフリクションを低減することが重要な課題である。

そこで、スプリング、センサ類の構造を見直し、摺(し

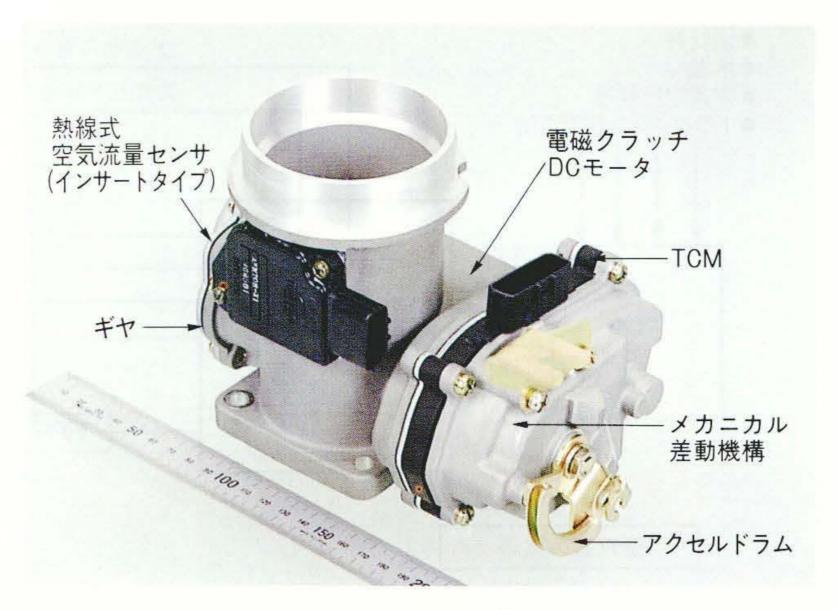


図6 電子制御スロットルボディの外観

現行システムの多くの吸入空気制御機能を集約し、熱線式空気流量センサとTCM(ハイブリッドICを採用)を一体化することで、システムのスリム化が図れる。

ゅう)動する部分の構成を新設計することにより,フリクションの低減を図った。

その結果,アイドル開度とスロットル全開間の応答性は,100 ms以下で制御が可能となり,吸入空気量制御に必要な応答性を十分に実現している(図7参照)。

制御精度や分解能を確認した結果を表1に示す。

3.2 システムのスリム化

カーメーカーでのエンジン組立工数を低減できるよう に製品を設計することは、重要な課題の一つである。

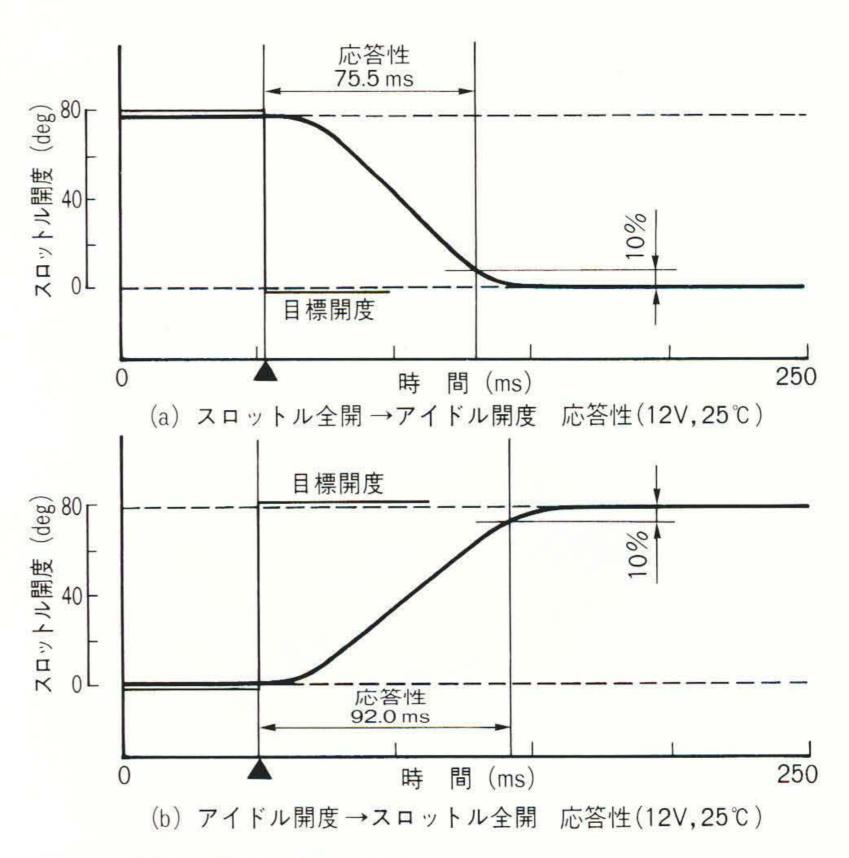


図 7 応答性測定結果(事例)

応答性は100 ms以下で,吸入空気量制御に必要な応答性を十分に実現している(応答性は目標開度変化幅に対する90%到達点で定義)。

電子制御スロットルシステムの機能および性能 機能の集約と高速応答性・高精度制御を実現した。

項目	内 容
機能	アイドル制御 (Idle Speed Control) 始動暖機制御 (Fast Idle Control) 定速走行制御 (Cruise Control) トラクション制御 (Traction Control) 駆動トルク総合制御 (Total Powertrain Control)
電源電圧	5.5~16.5 V
作動温度	電子制御スロットル: -30~120 °C TCM: -30~85 °C
応 答 性 (Idle ↔ WOT)	100 ms以下(12 V, 25 °C)
制御精度	0.2 deg以下
分解能	0.1 deg以下

注:略語説明 WOT(Wide Open Throttle)

電子制御スロットルシステムは, アクセルの踏み込み 量にかかわらず、スロットルバルブの開度を自由に制御 できるので、現行システムの吸入空気量制御デバイス類 に代えることができる。

したがって、このシステムを採用することによってア イドル制御,始動暖機制御,定速走行制御,そしてトラ クション制御などのデバイスを廃止し,システムを大幅 にスリム化することができる(表1,図8参照)。

吸入空気量を計測する熱線式空気流量センサとTCM を一体化した電子制御スロットルボディを先の図6に示 す。この一体化した熱線式空気流量センサは,吸気通路 のどの位置にも装着可能なインサートタイプを採用して いる。

また、TCMは先の図3に示すTCMとは異なり、ハイ ブリッドICを採用することで小型・軽量化を図っている。 これらにより,車両の組立工数を低減することができる。

3.3 製品の標準化

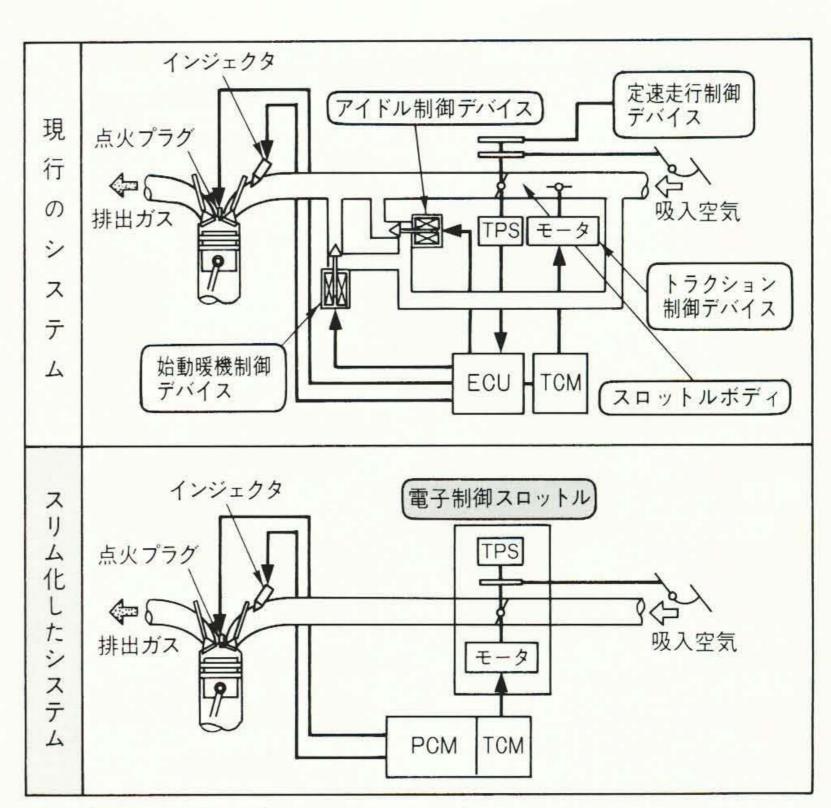
製品の開発にあたっては、市場のニーズ、多様化を考 慮し、徹底した標準化を実施した。

部品類を共有化するなど、標準化を行ったDBW (Drive By Wire)式電子制御スロットルボディの外観を 図 9 に示す。

熱線式空気流量センサ

エンジンの気筒に充てんされる吸入空気量を精度よく 求めるには、空気の質量流量を直接検出する方式が優れ ている。熱線式空気流量センサは、現在、世界的に最も 普及しつつある質量流量を検出するセンサである。

ここでは、図6に示す電子制御スロットルボディに装



注:略語説明 ECU (Engine Control Unit)

図8 吸入空気量制御デバイスの集約

電子制御スロットルシステムの採用により、システムの大幅な スリム化が図れた。

着されたインサートタイプの熱線式空気流量センサにつ いて述べる。

4.1 搭載性の向上

従来の熱線式空気流量センサの装着断面構造を図10に 示す。感温抵抗体には加熱して熱伝達量を測る加熱素子 と吸気温を測る測温素子とがあり、同一形状の素子を2 本段違い平行に並べてバイパス通路に配置してある。バ イパス通路はメイン通路の上流から分流され、下流で合 流している。バイパス通路の構造は、ピストンの往復動



注:略語説明 DBW (Drive by Wire)

図9 DBW式電子制御スロットルボディ

標準化設計は、重要な課題である。電子制御スロットルボディ (図6参照)と標準化を図ったDBW式電子制御スロットルボディを 示す。

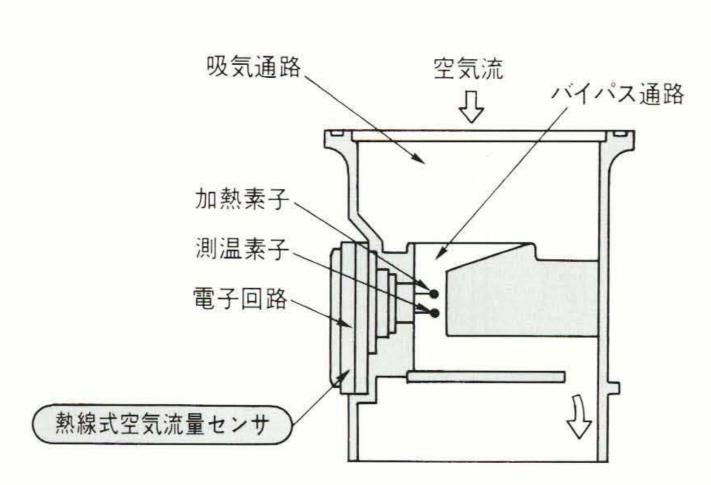


図10 熱線式空気流量センサの装着断面 吸気通路本体にバイパス通路が設けられている。

によって発生する脈動流を緩衝する効果があるため,空 気流量を高精度に測定することができる。

これに対して、インサートタイプの熱線式空気流量センサの装着断面構造を図11(a)に示す。脈動流を緩衝する効果のあるバイパス通路は、このセンサに内蔵するようにした。その結果、センサの装着は、吸気通路のどの位置にも可能となり、汎(はん)用性や装着性が向上した。

4.2 性能•特徵

インサートタイプ熱線式空気流量センサの外観および 仕様を図11(b)に示す。このセンサの特徴は、加熱素子の 白金巻線抵抗体を小型化して応答性を速め、この素子表 面をガラスコーティングして平滑化することにより、耐 塵埃(じんあい)汚損性を高めていることである。

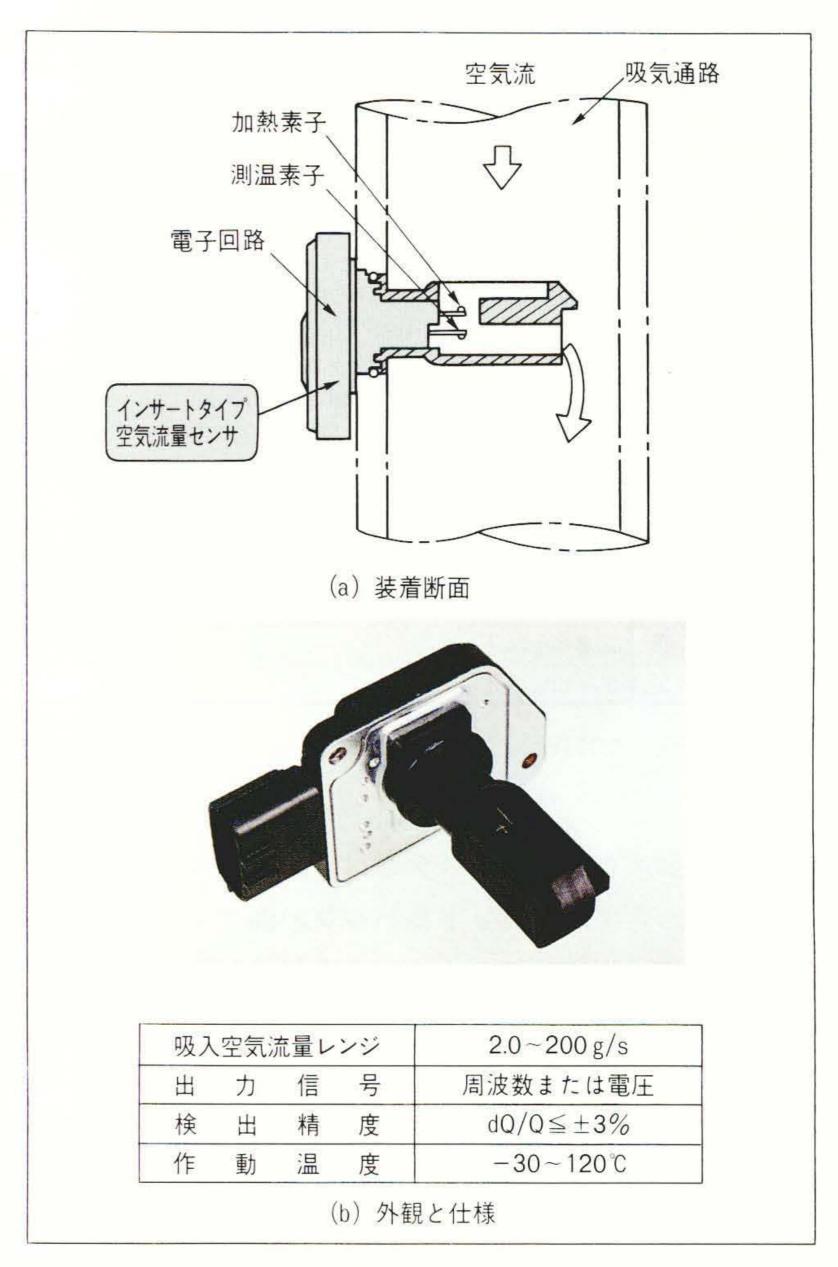
また,バイパス構造を内蔵化するだけでなく,素子と 電子モジュールも一体化し,吸気通路への装着を容易に した。

その特徴は次のとおりである。

- (1) 急加減速時の空気流れに追従する高速応答性
- (2) アイドルから最大回転数までの広域検出
- (3) 吸気抵抗が少なく, 少消費電力
- (4) 小型,軽量,および堅ろうな構造

5 おわりに

ここでは、エンジン吸気制御系システムでの新技術として、電子制御スロットルシステムと熱線式空気流量センサについて述べた。燃費・排出ガス規制の強化に対応



図II インサートタイプ熱線式空気流量センサの装着断面, 外観および仕様

バイパス通路はセンサに内蔵されているので, 吸気通路のどこに でも装着することができる。

する技術,および安全性,運転性向上に対応する技術など,多種多様のニーズがある現在,これら吸入空気量を 精密に制御する製品の課題は多い。

21世紀の車社会を想定して、リーンバーン制御・駆動トルク総合制御システムなど、高度な技術開発を推進しているが、この技術の基盤となるのが吸入空気量を高速、かつ精密に制御できる製品である。

運転者の意図を感知し、走行状況を認識することにより、イージードライブや自動走行運転などが可能となる、新しい車のコンセプトを実現するため、先進技術の開発に積極的に取り組んでいく。

参考文献

- 1) 上野:日立における自動車用センサの概要,内燃機関, Vol. 27, No. 346 (1988)
- 2) E. S. Mausner, et al.: "The VDO Modular Throttle Body Concept for Electronic Engine Control" SAE
- Technical Paper, No. 900782 (1990)
- 3) N. Arai, et al.: "Advanced Design for Bypass Type of Hot-Wire Air Flow Meter" SAE Technical Paper No. 900259 (1990)