

電子制御による燃料噴射システム

— 二輪車への応用 —

Electronic Gasoline Injection System — Applications to Motorcycles —

電子制御式の燃料噴射装置は1970年に西ドイツのBosch社がフォルクスワーゲン車に搭載して以来、電子部品特にマイクロコンピュータの進歩により、そのシェアを広げている。日立製作所でも、このシステムの主要部品であるホットワイヤ式エアフローセンサ、自動車専用のI/O LSI及び電磁駆動式の燃料噴射弁の開発に着手し、それぞれの技術を集約して二輪車用燃料噴射システムの製品化に成功した。特に、本システムではエンジンの性能を十分に引き出すため、燃料噴射弁からの燃料の噴霧と加速時の燃料量の補正法に特色をもたせている。

阿田子武士* Takeshi Atago

吉田龍也* Tatsuya Yoshida

1 緒 言

ガソリン機関用の燃料系は、気化器と燃料噴射装置に大別される。気化器はシステムを安価に構成できる大きな特徴をもっているが、供給燃料量の緻密な制御の点で燃料噴射装置に及ばない。燃料噴射装置は燃料量を電子回路によって制御するため、通常、電子式燃料噴射システムと呼ばれている。この燃料噴射システムは昭和30年代初期にアメリカBendix社が基本原理を考案、その10年後Bosch社が製品化し、我が国では日本電装株式会社、日本電子機器株式会社が生産を行なってきたが、当初はアナログ式の燃料噴射システムであった。日立製作所ではデジタル技術の先行開発によって、マイク

ロコンピュータによる制御回路を開発するとともに、ホットワイヤ式エアフローセンサ、ボール式燃料噴射弁(インジェクタ)など主要部品を開発した。

2 燃料噴射システムの概要

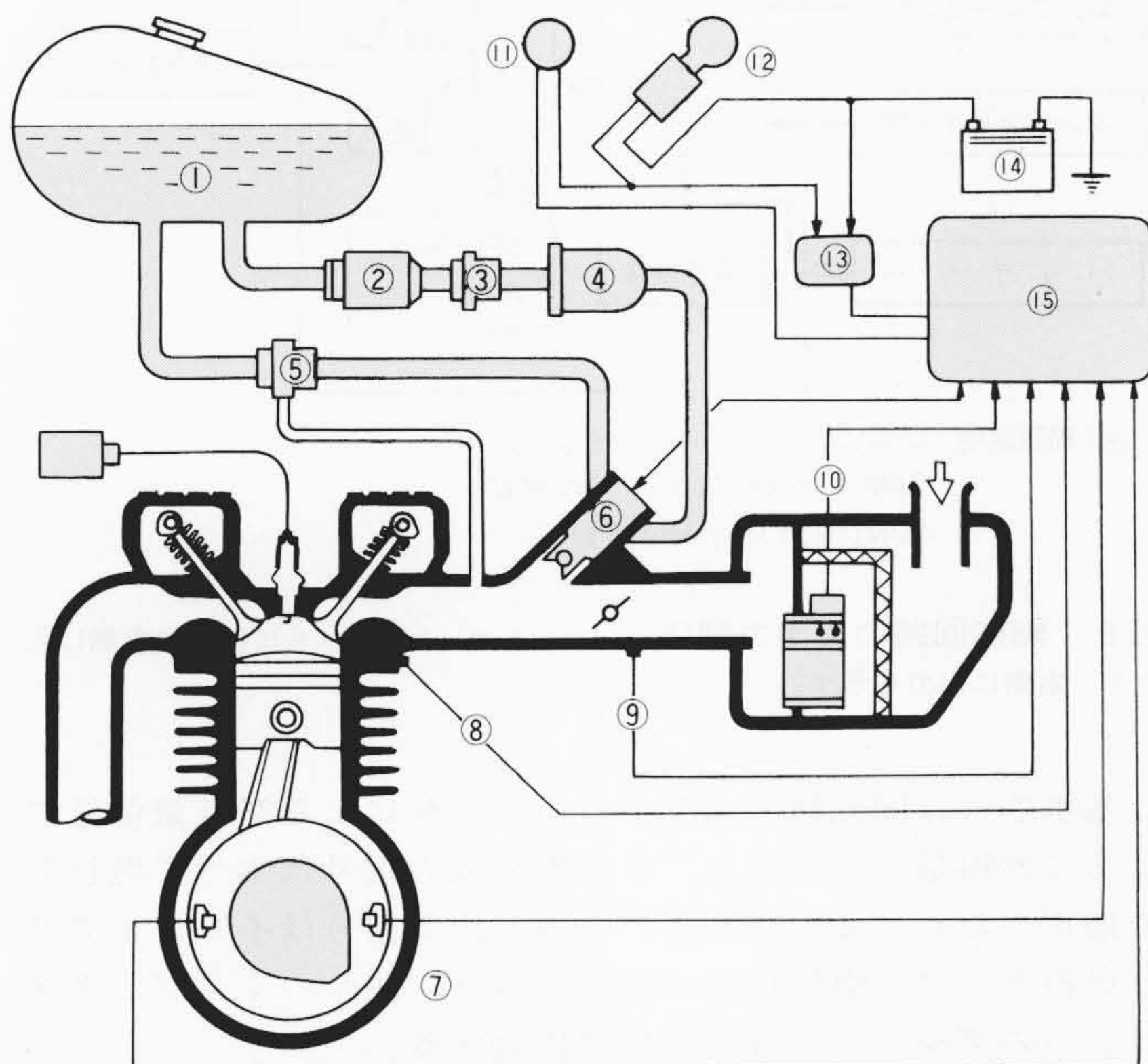
図1は日立製燃料噴射システムの構成図で、その動作を簡単に説明する。

エンジンの吸入空気量はホットワイヤ式エアフローセンサにより、また回転数はパルサにより検出され、コントロールユニットでは単位回転当たりの空気量に見合った燃料を噴射供給するためのインジェクタの開弁時間が決定される。

3 主要部品の構造、作動の説明

3.1 エアフローセンサ

センサの断面を図2に示す。センサはベンチュリ部を形成



No.	名 称	No.	名 称	No.	名 称
①	フュエルタンク	⑥	インジェクタ	⑪	スタータスイッチ
②	フュエルポンプ	⑦	パルサ	⑫	イグニッションスイッチ
③	フュエルダンパ	⑧	温度センサ	⑬	リレー
④	フュエルフィルタ	⑨	スロットルスイッチ	⑭	バッテリー
⑤	プレッシャレギュレータ	⑩	エアフローセンサ	⑮	コントロールユニット

図1 燃料噴射システムの構成図 エンジンに対して構成部品は図のように配置されている。

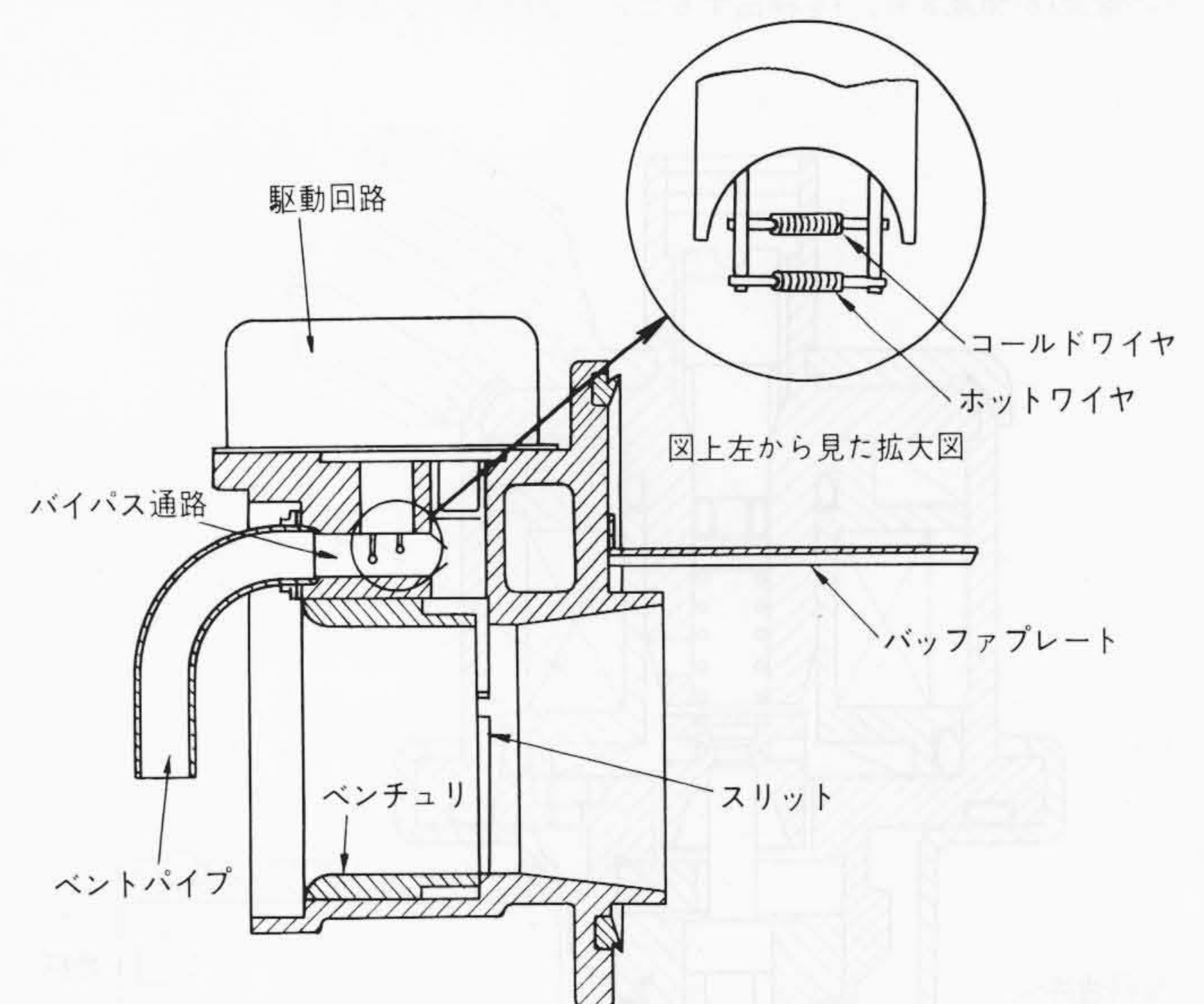


図2 エアフローセンサの断面構造 バイパス通路に熱線式流速計が取り付けられており、バイパス空気がベントパイプによってベンチュリ部のスリットに流れる。

* 日立製作所佐和工場

した主通路と熱線式風速計が設けられた副(バイパス)通路から構成され、空気流量はバイパス通路を流れる空気の流速として間接的に測定される。なお、右上はバイパス部の拡大図であり、風速計はホットワイヤ、コールドワイヤ及びその駆動回路から構成されている。また、図3はホットワイヤの駆動回路でセンサに一体に組み込まれており、ホットワイヤ部を流れる電流 I によって空気流量 Qa を検出する。空気流量の換算式は下記に示すとおりである。

$$I^2 = A + B \sqrt{Qa}$$

ここに I : ホットワイヤを流れる電流

A, B : 定数

Qa : 空気流量

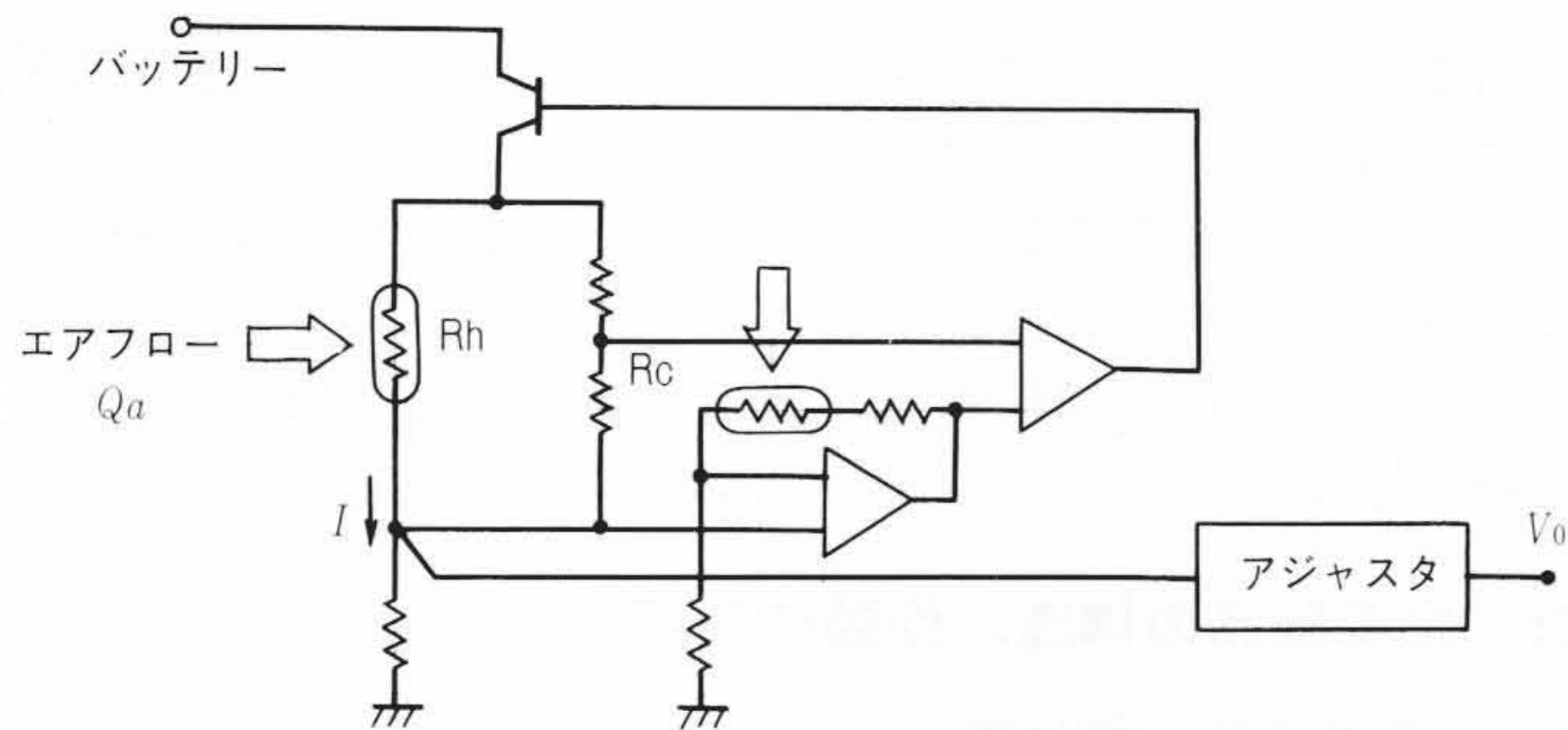
3.2 インジェクタ

図4にインジェクタの断面図を示す。日立製インジェクタは、
(1) 噴射口の近傍に燃料の供給口を配置したボトムフィード形
(2) シート部にボールを使用したボールバルブ形
(3) 噴霧を改善した旋回形ノズル

などの特徴点があり、それぞれ耐熱性、シート性及びエンジンの回転数の安定性を増す効果がある。また、図5に代表的な噴霧の写真を示す。

3.3 制御回路及び制御内容

図6に制御回路の入出力関係を示す。燃料噴射システムで



注：略語説明 Rh(ホットワイヤ), Rc(コールドワイヤ)

図3 ホットワイヤの駆動回路 RhとRcとの抵抗関係を一定に保つように電流 I が加減され、 I を検出することで Qa が測定される。

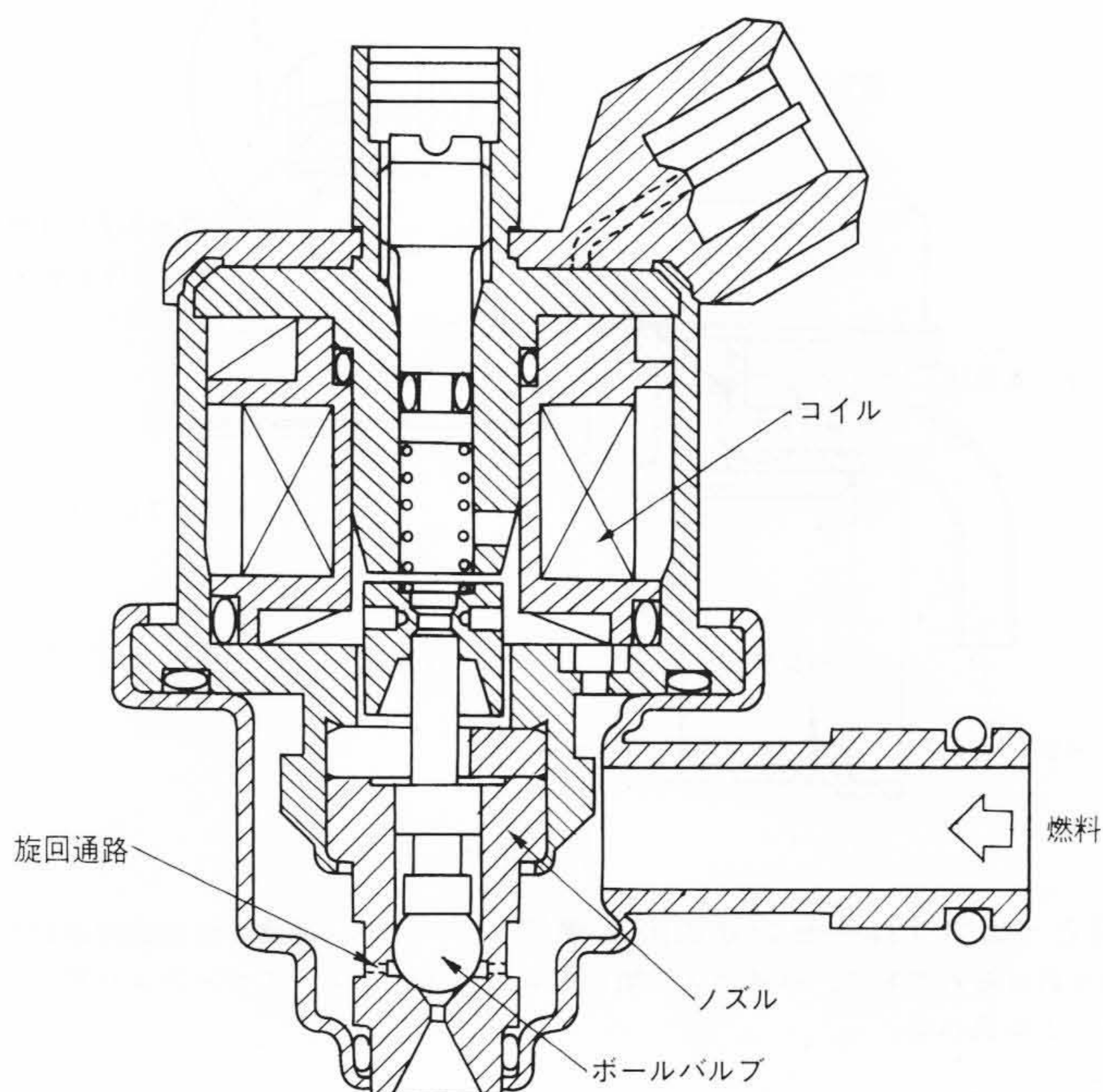


図4 インジェクタの構造 噴射燃料は、旋回通路によって旋回力が与えられ、微粒化される。

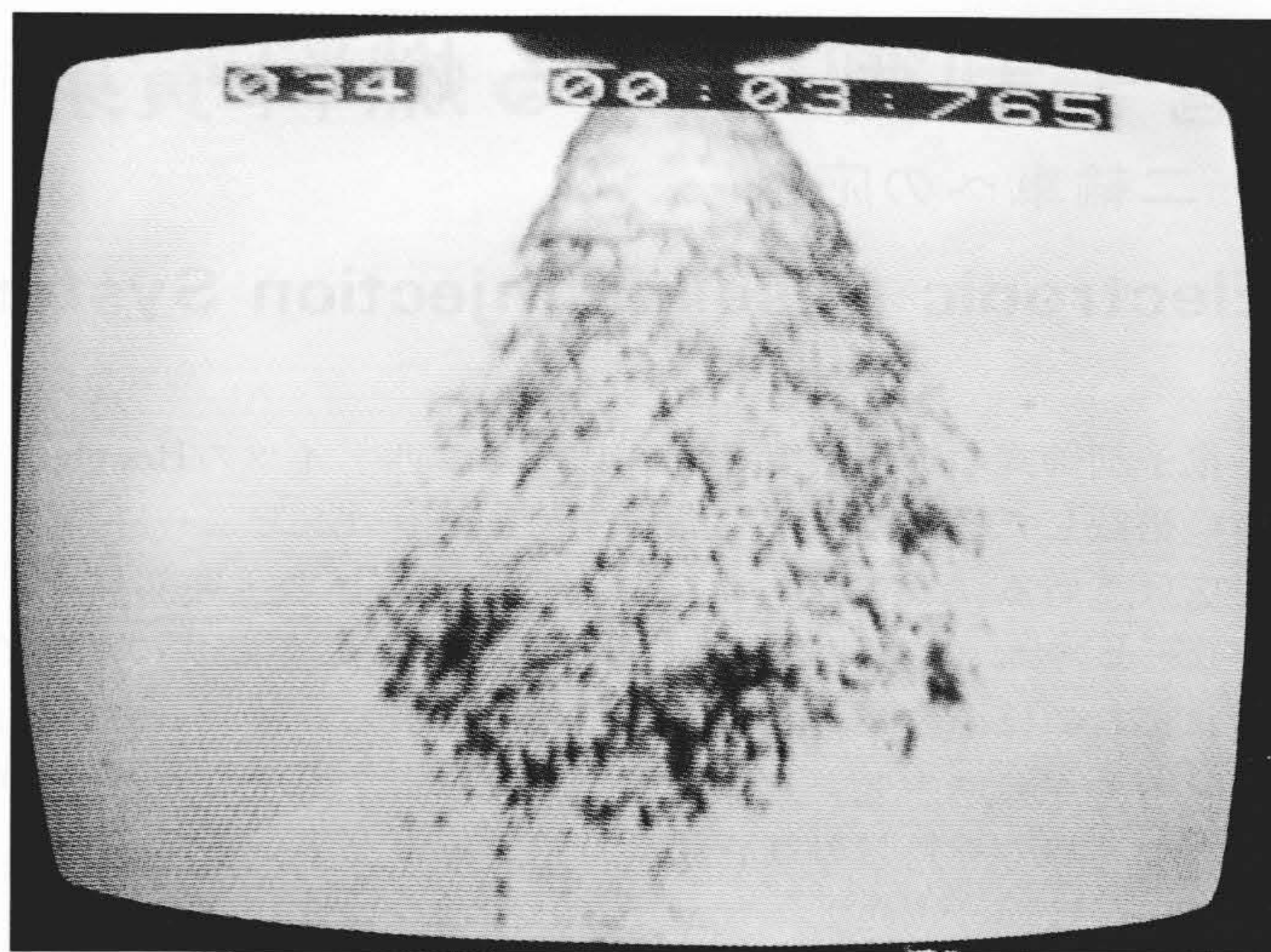
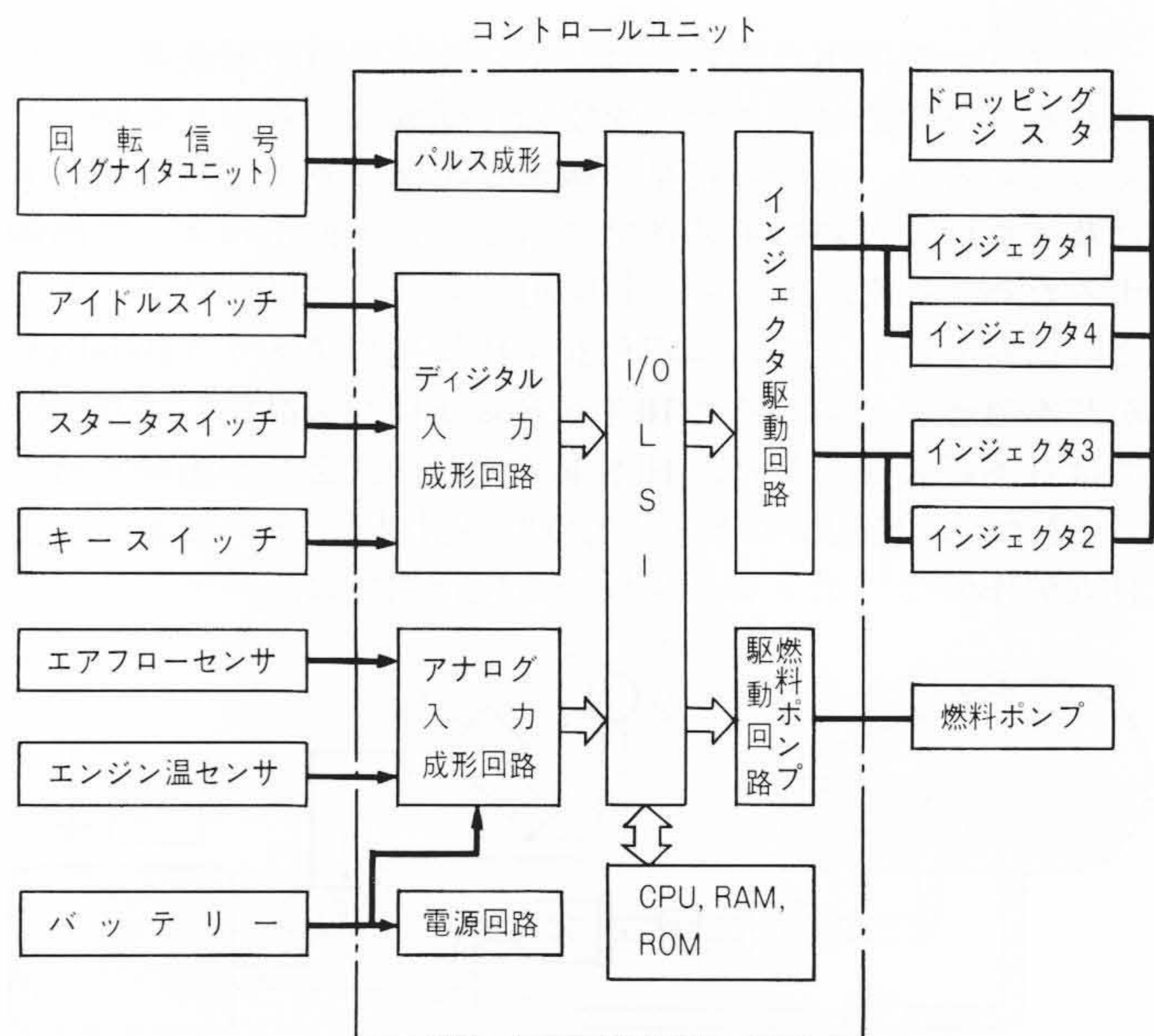


図5 インジェクタの噴霧 噴射パルス幅4ms(最大出力時相当)のときの噴霧を示す。



注：略語説明 CPU(Central Processing Unit)
RAM(Random Access Memory)
ROM(Read Only Memory)

図6 制御回路の入出力関係 コントロールユニットに対して左側に入力を、右側に出力を示す。

は基本的には回転数とエアフローセンサによる空気量信号によって燃料量が制御され、その他の入力信号はすべて燃料量の補正のために使用される。一方、出力信号はインジェクタと燃料ポンプの駆動信号の二つであり、四つのインジェクタは二つのグループに分けられて作動する。

次に、図7に燃料量の制御の内容を図式化して示す。基本の燃料量は基本パルス Te としてエンジンの吸入空気量と回転数によって決定され、エンジンの温度に関する補正と加減速補正が加えられる。

4 二輪車への適用

図8に示す写真は以上の状況のもとに、ヤマハ発動機株式会社の750cc二輪車用として燃料噴射システムを適用し装着したXJ750D車である。本車両は全体にカウリング(風防)を施した高級車であり、燃料噴射システム以外にもドライブコンピ

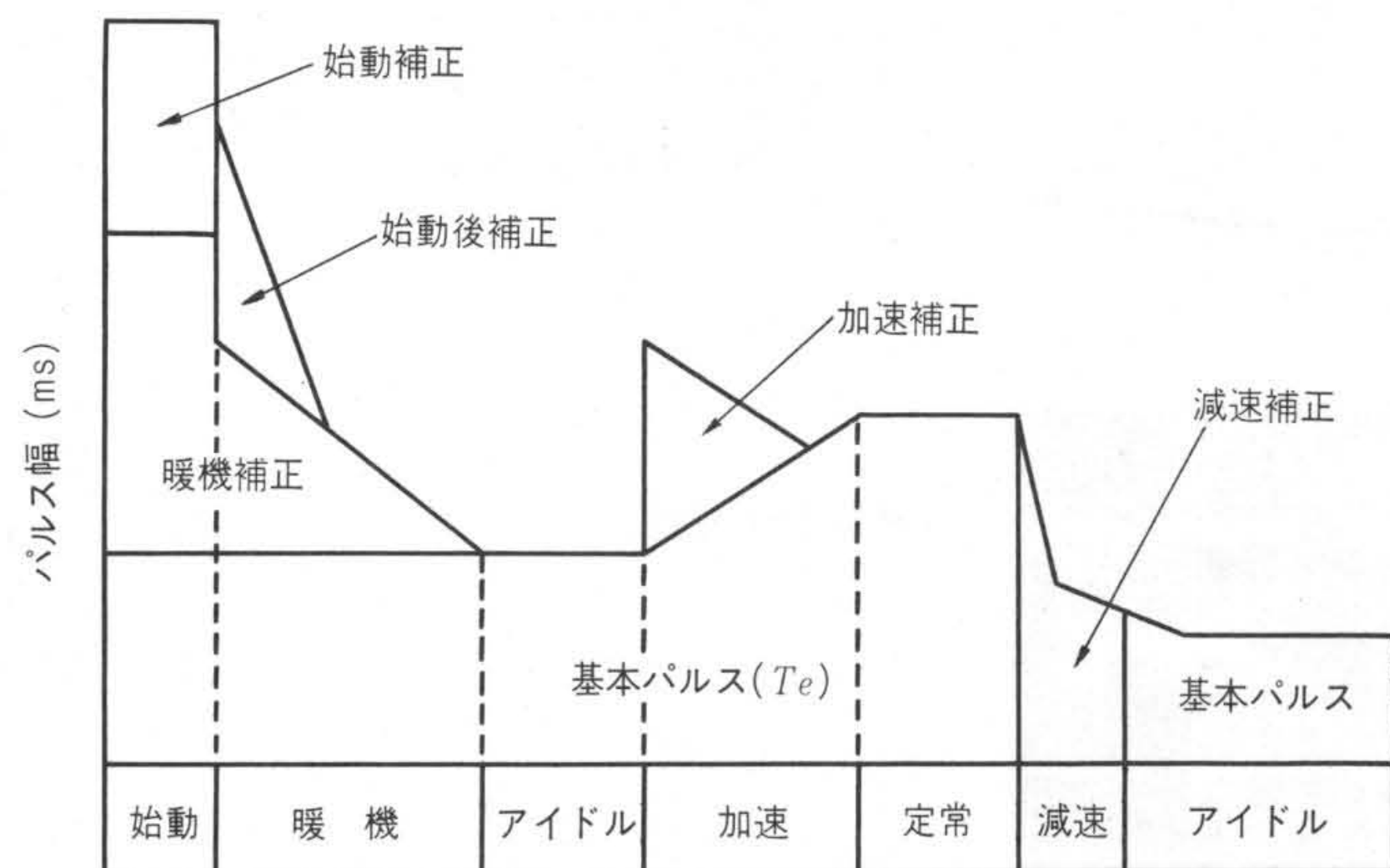


図7 EGI(Electron Gasoline Injection)の制御内容の説明図 各運転条件に対して燃料を噴射するパルス幅が決められる。

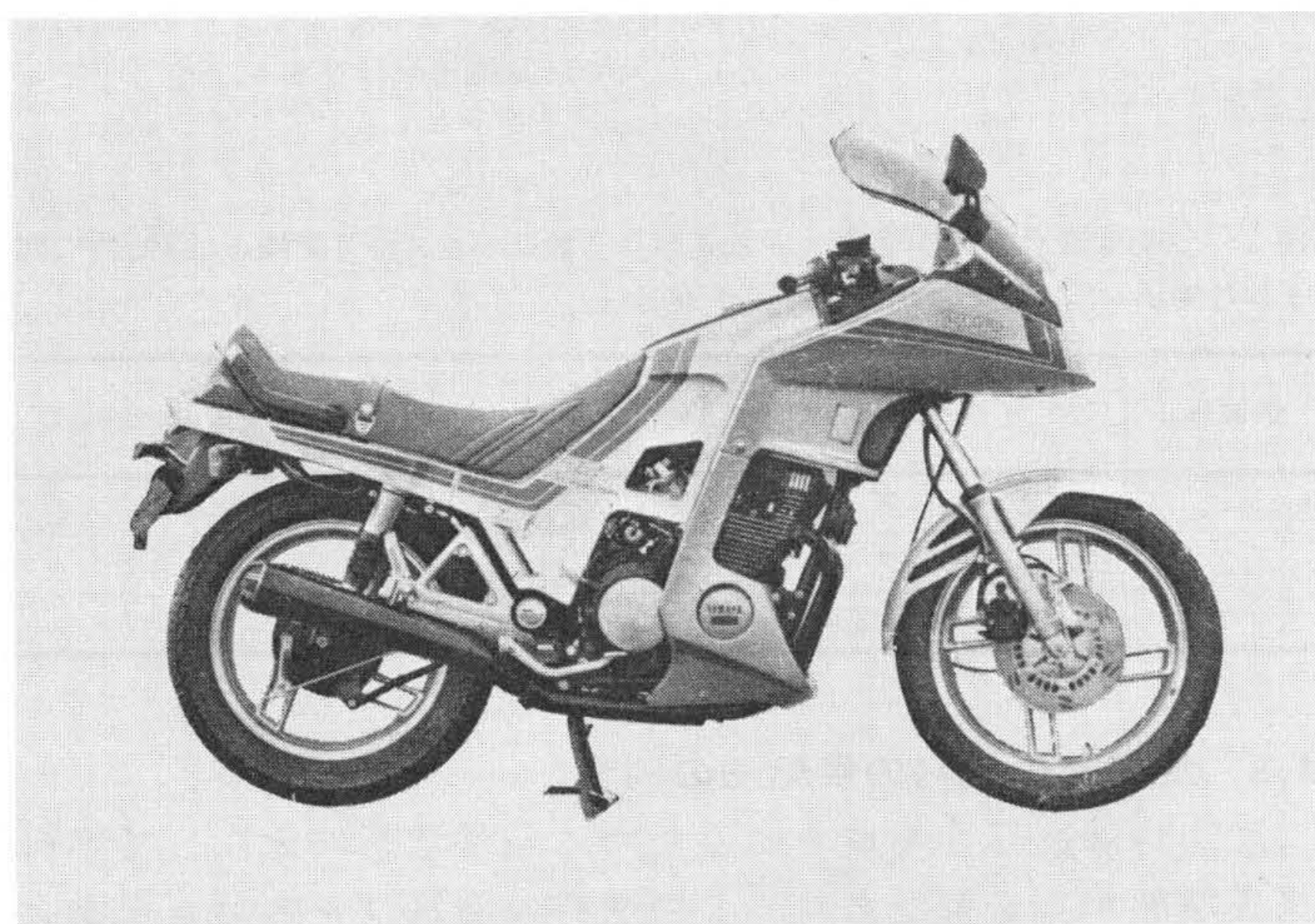


図8 XJ750D車 日立製燃料噴射装置を装着したXJ750D車の外観を示す（エンジン仕様：空冷4サイクル4気筒、70馬力）。

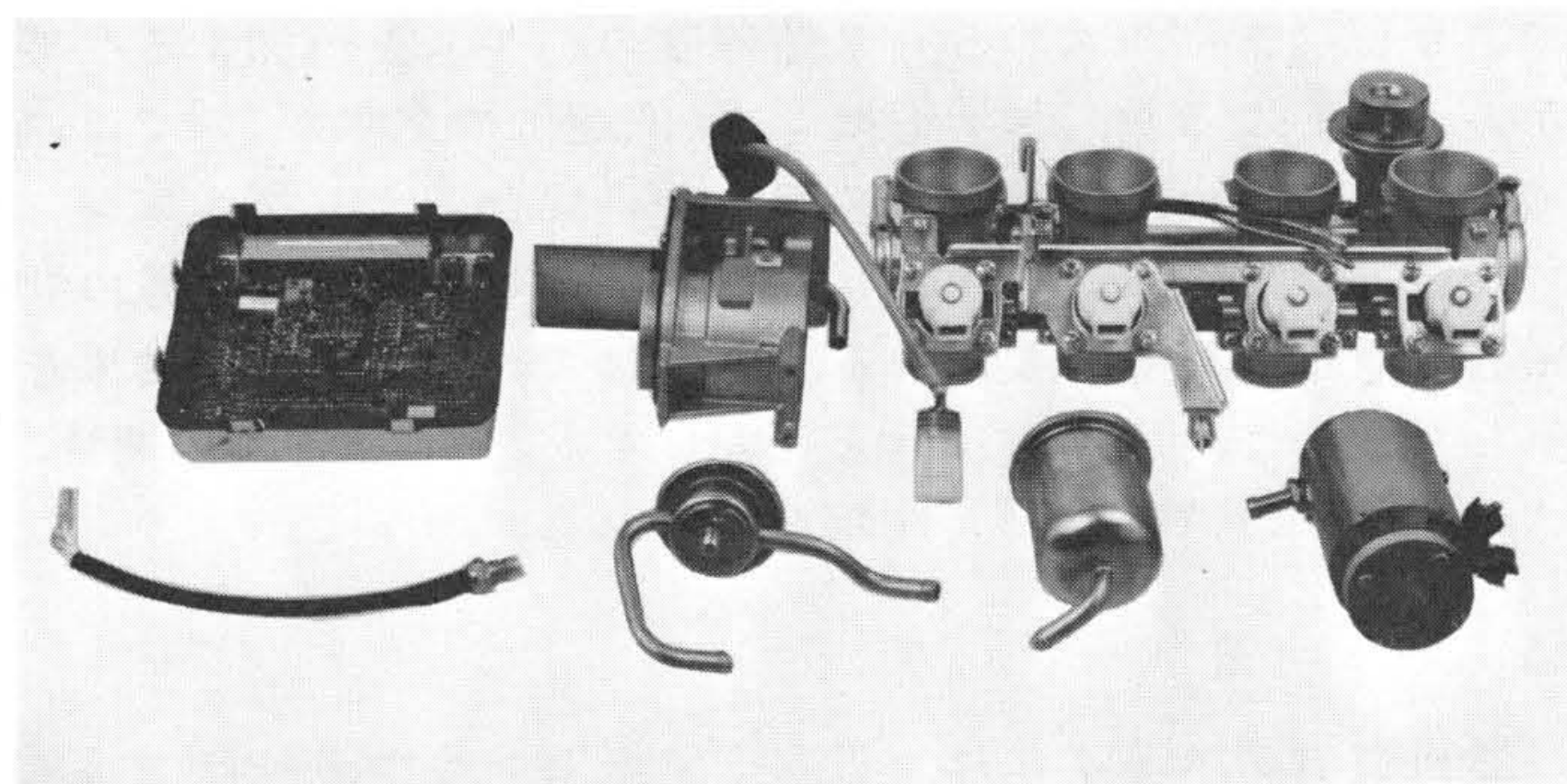
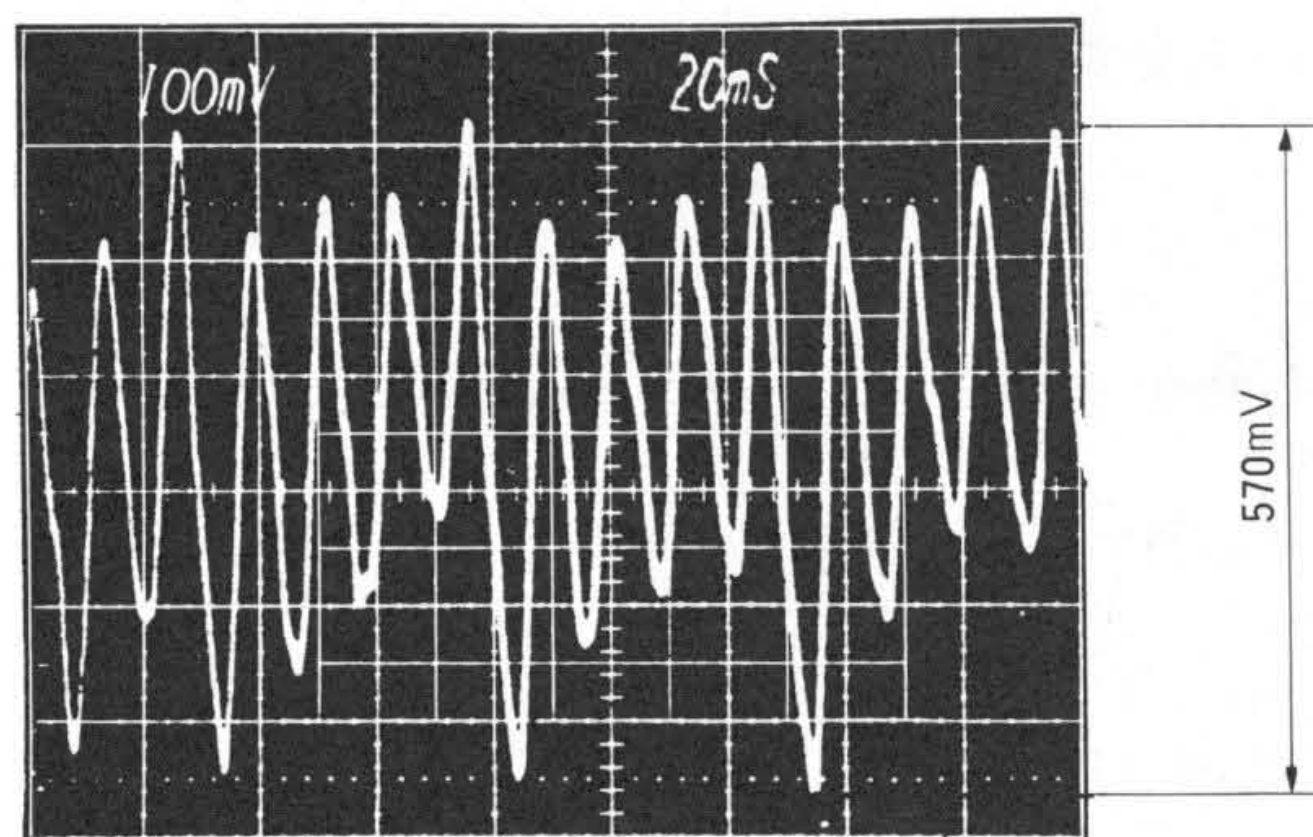
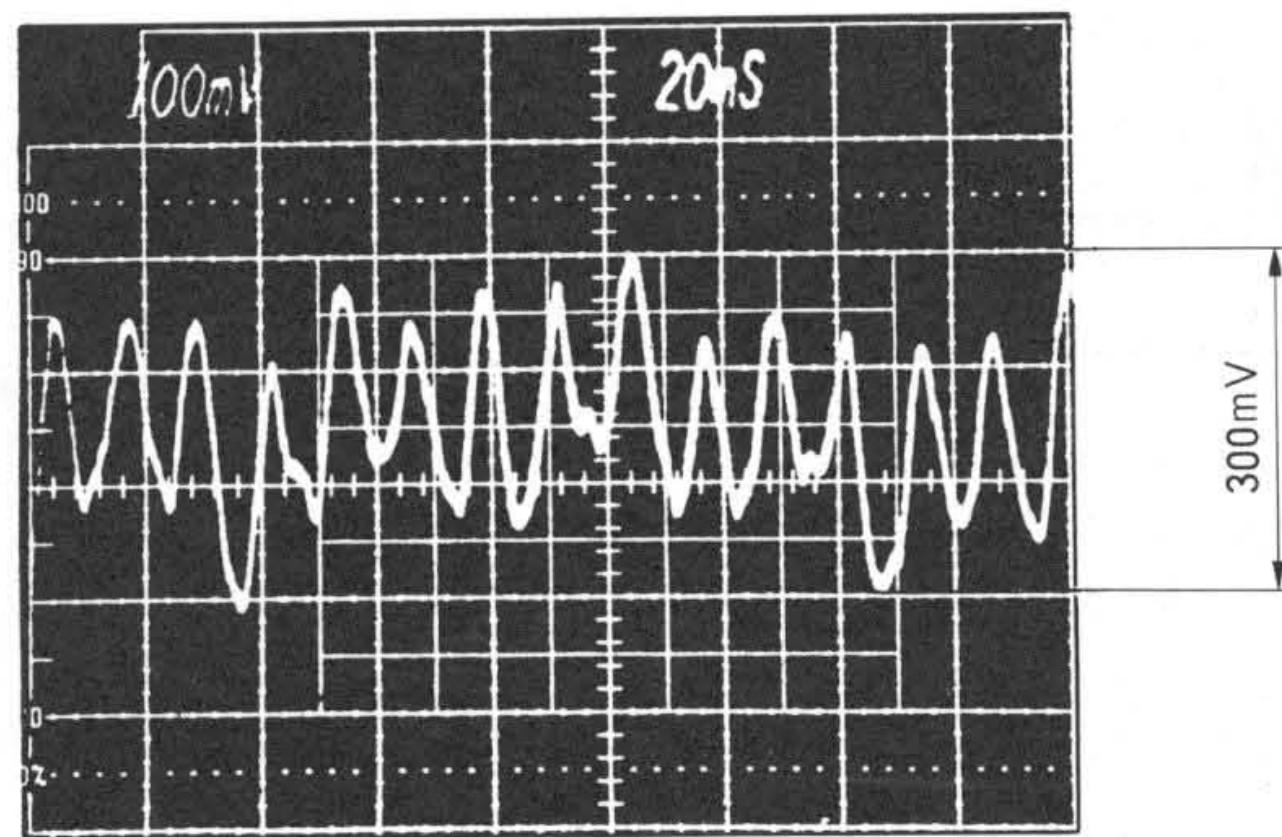


図9 主要構成部品の外観 上段左からコントロールユニット、エアフローセンサ及びインジェクタ（4個組み）、並びに下段左から温度センサ、ダンパ、フィルタ及び燃料ポンプの外観を示す。



(a) ベントパイプ・バッファプレートなし



(b) ベントパイプ・バッファプレートあり

図10 エアフローセンサ出力の脈動波形 左図(a)に比較して右図(b)では、センサの出入口にベントパイプ、バッファプレートを設けることで脈動を減少できる。

表1 構成部品の仕様 構成部品は表に示すように8種類であり、二輪車用としてはインジェクタはスロットルチャンバに取り付けられる。

部 品 名	仕 様
スロットルチャンバ	口径32並列4気筒
インジェクタ	1.5mm ³ /回～12mm ³ /回 ボトムフィード形ボールバルブ式 スロットルチャンバに組み込み
プレッシャレギュレータ	調整圧2.55kg/cm ² (40l/h吸気負圧補正付き)
ダンパ	圧力の減衰率75%以上
フィルタ	汙過能力15μ以上
燃料ポンプ	12V, 2.5A 流量60l/h以上 (2.65kg/cm ²)
コントロールユニット	6801+専用I/O LSI ROM容量2Kバイト
ヘッド温センサ	250℃Max. 高温サーミスタ
エアフローセンサ	空気流量10～300kg/h エアクリーナ内蔵、ホットワイヤ式

ュータなどが取り付けられている。

また、図9及び表1に二輪車用として開発した主要部品を示す。二輪車用燃料噴射システムの構成上の特徴となっているのは、エアフローセンサがエアクリーナに内蔵されエンジンに近い部分に取り付けられる点と、各気筒にそれぞれスロットルバルブが設けられ独立吸気となっている点であり、これらについての検討がシステムをまとめる上のポイントとなった。

4.1 エアフローセンサの検討

前述のように、二輪車用エンジン及びエアフローセンサは四輪車用に比較して、

- (1) エアフローセンサはスペースの制約からエンジンの近くに取り付けられる。
- (2) エンジンは出力を出すことを重点に設計されているため、吸排気弁のオーバーラップが大きい。

また四つの気筒の各吸気が独立している。

などの相違点があるため、エンジンの吸気脈動、吹き返しなどによるセンサの出力の乱れが大きくなる傾向にある。これを防止するためバイパス通路入口にベントパイプを、センサの出口にバッファプレートを取り付けた。

図10はベントパイプとバッファプレートの整流効果を確認した結果を示すものであり、同図(a)に示すように570mV発生していた脈動が同図(b)に示すレベルまで減少した。

4.2 燃料の噴射タイミング

先の4.1節で説明したとおり、二輪車用エンジンは吸気が独立であるため、図11(b)に示すように大きな吸気負圧の変動を伴う。同図(a)は4気筒同時噴射として噴射タイミングを変え

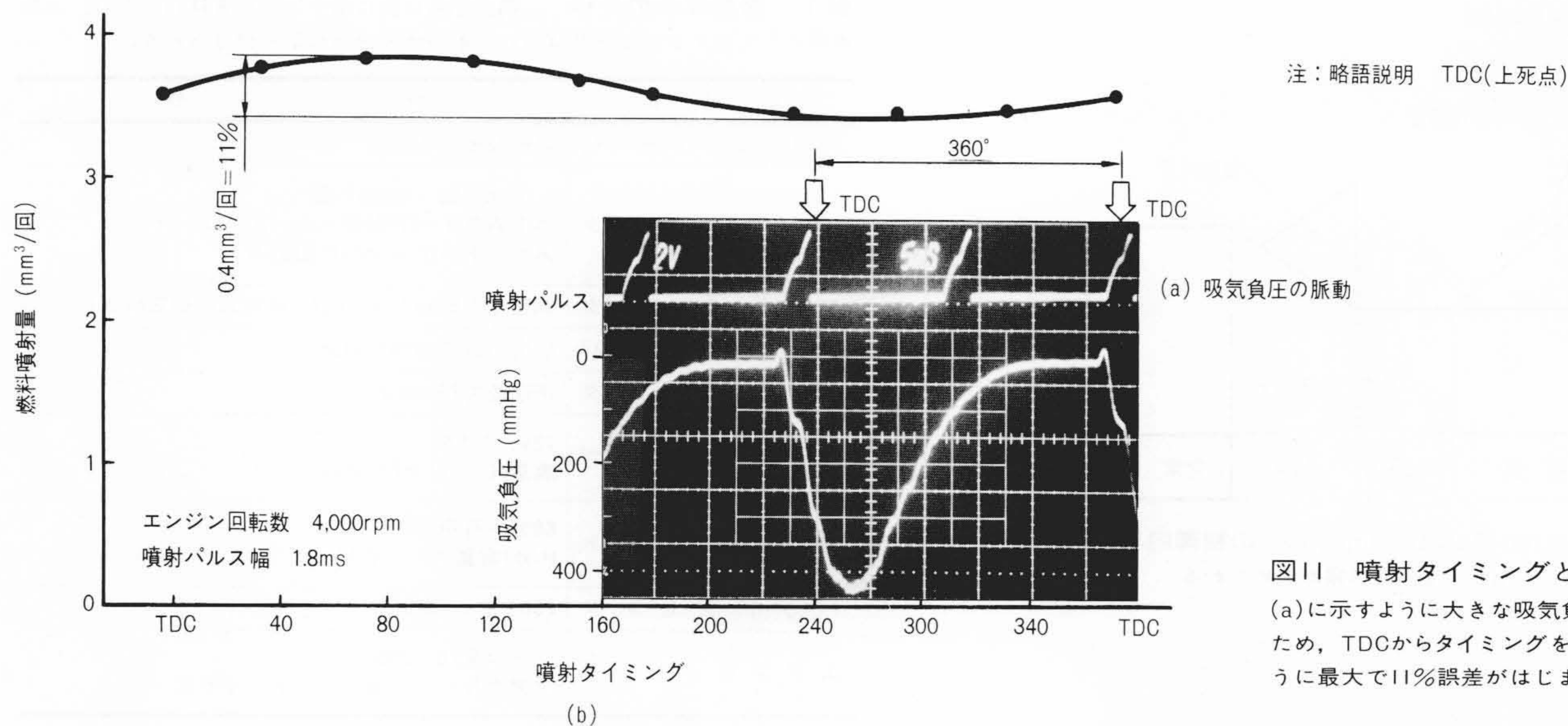


図11 噴射タイミングと噴射量の誤差 (a)に示すように大きな吸気圧の変動を伴うため、TDCからタイミングを変えると(b)のように最大で11%誤差がはじまる。

て燃料噴射量の変化を記録したもので、エンジン回転数4,000rpm、平均吸気圧-180mmHg(噴射パルス幅1.8ms相当)で、最大11%の変化が生じている。これは吸気圧の変動が同図(b)に示したように0～-430mmHgと大きいことに起因している。したがって、各気筒での噴射量をバランスさせるためには、吸気圧が同一となる噴射タイミングを選定する必要がある。

図12は上記の問題点の解決法を示したもので、第1、第4気筒と第2、第3気筒とをグループとして、1サイクルに2回、TDC(上死点)とBDC(下死点)に燃料を噴射することとし、それぞれのグループ間では噴射のタイミングを180度ずらせた。

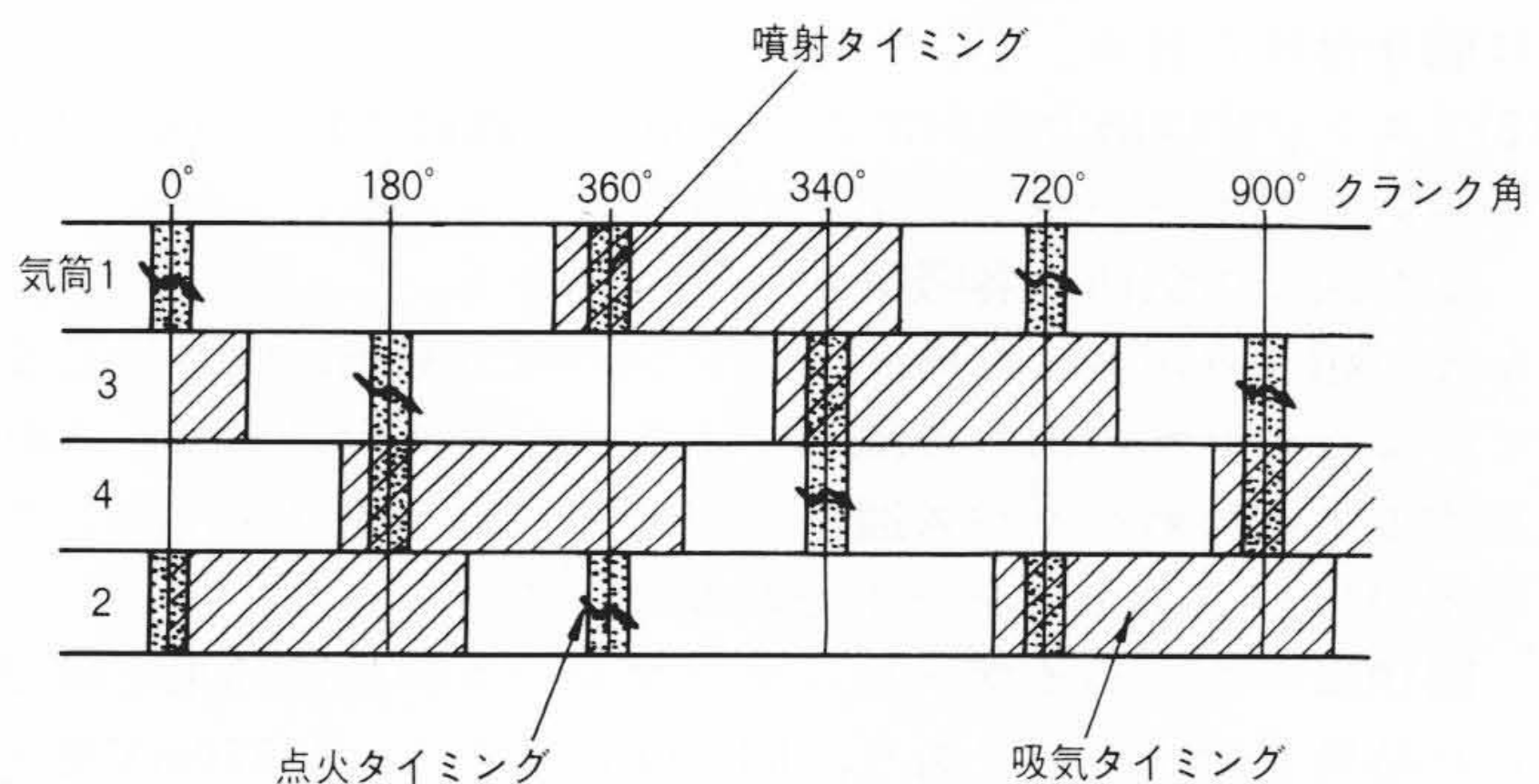


図12 噴射タイミングの説明図 1サイクル(720度)に2回ずつ、第1と第4気筒、第2と第3気筒をグループにして、燃料を噴射することで吸気圧の影響を消すことができる。

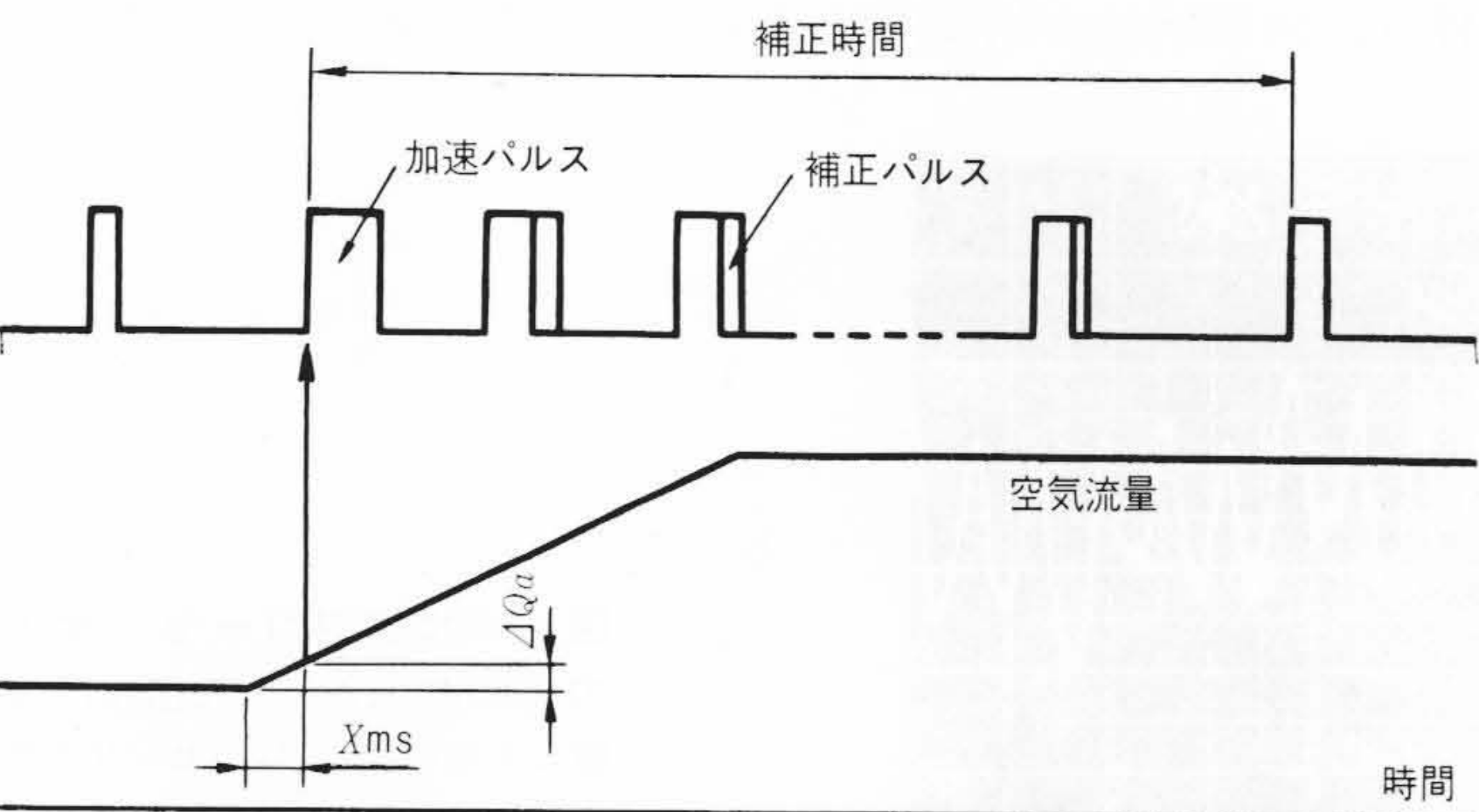


図13 加速時の燃料の補正法 加速の瞬間に生じる加速パルスが、加速性向上に効果が大きい。

表2 加速性の評価結果 加速性は、加速パルスの可変補正(回転数に関係した補正)によって大きく改善できる。

供試No.	加速の補正方法	判定項目		総合判定
		スナップエンジンストップ	加速性	
1	加速パルスなし	○	×	×
2	加速パルスあり	×	◎	◎
3	加速パルス可変補正	○	◎	◎

4.3 加速時の燃料の供給法の検討

加速時は運転性を良くするため、定常状態に比較して燃料量を増加する必要がある、この燃料の増量はシステムをまとめる上での重要なポイントとなる。図13、表2は加速時について示したもので、加速の瞬間に発生する加速パルスが性能を左右する。すなわち、加速性については加速パルスが必要である。ところが、スナッピング(低速での空吹き)では過補正となるため、加速パルスが大きい場合スナップエンジンストップが生じることがあり、加速時のエンジン回転数の要素も考慮に入れる必要がある。表2はこれらのテスト結果を示したもので、加速パルスを可変にすることによって加速性、スナッピング共に良好な性能を得ている。

5 結 言

燃料噴射システムには、吸入空気量センサの違いによって数種の方法があるが、日立製のシステムはホットワイヤ式エアフローセンサや最近のデジタル技術を使用することによって、高出力、低燃費でしかも過渡応答性に優れた特徴をもっている。今回この特徴を生かしたシステムを二輪車用に応用展開し、ヤマハ発動機株式会社のXJ750D二輪車に採用され、好評を博した。

参考文献

1) Hansjörg Manger, et al.: Electronic Fuel Injection, SAE paper 820903
2) 井上, 外: 高性能マイクロコンピュータによるエンジンの電子制御について, 自動車技術, p. 141~145(83, 2)
3) 小野, 外: エンジン制御システム(TCCS), 自動車技術, 82, 1, p. 48~53(82, 1)
4) 黒田: ヤマハXJ750D, ロードライダー, 82, 10, p. 20~25 (82, 10)