

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4148024号
(P4148024)

(45) 発行日 平成20年9月10日 (2008. 9. 10)

(24) 登録日 平成20年7月4日 (2008. 7. 4)

(51) Int. Cl.

F I

F O 2 D 45/00 (2006. 01)

F O 2 D 13/02 (2006. 01)

F O 2 M 25/07 (2006. 01)

F O 2 D 45/00 3 7 2 Z

F O 2 D 45/00 3 6 8 S

F O 2 D 13/02 K

F O 2 M 25/07 5 1 O B

F O 2 M 25/07 5 5 O G

請求項の数 10 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2003-146379 (P2003-146379)
 (22) 出願日 平成15年5月23日 (2003. 5. 23)
 (65) 公開番号 特開2004-346865 (P2004-346865A)
 (43) 公開日 平成16年12月9日 (2004. 12. 9)
 審査請求日 平成18年2月24日 (2006. 2. 24)

(73) 特許権者 000003997
 日産自動車株式会社
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
 (74) 代理人 100075513
 弁理士 後藤 政喜
 (74) 代理人 100114236
 弁理士 藤井 正弘
 (74) 代理人 100120178
 弁理士 三田 康成
 (74) 代理人 100120260
 弁理士 飯田 雅昭
 (72) 発明者 小関 孝尚
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
 自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の排気圧力推定装置及びこれを用いた内部EGR量推定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の排気通路の排気圧力損失を、層流状態を前提とする層流圧力損失項と乱流状態を前提とする乱流圧力損失項との合計としてモデル化し、このモデルにより算出した排気圧力損失と大気圧とに基づいて、排気バルブ付近の排気圧力を算出することを特徴とする内燃機関の排気圧力推定装置。

【請求項 2】

前記内燃機関の排気通路のうち、排気触媒担体内を層流状態と近似し、これ以外を乱流状態と近似することを特徴とする請求項 1 記載の内燃機関の排気圧力推定装置。

【請求項 3】

前記層流圧力損失項は、
 排気ガスの質量流量を算出する排気ガス質量流量算出手段と、
 燃焼空燃比に応じた排気ガス組成のガス定数を算出するガス定数算出手段と、
 排気バルブ閉弁時の排気ガスの温度を算出する排気ガス温度算出手段と、
 層流の特性に応じて決まる所定値を算出する層流特性値算出手段と、に基づいて算出され、

前記乱流圧力損失項は、
 排気ガス質量流量の 2 乗値を算出する 2 乗値算出手段と、
 前記ガス定数算出手段と、
 前記排気ガス温度算出手段と、

10

20

乱流の特性に応じて決まる所定値を算出する乱流特性値算出手段と、に基づいて算出されることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の内燃機関の排気圧力推定装置。

【請求項 4】

前記排気ガス質量流量算出手段は、
吸入新気量を算出する吸入新気量算出手段と、
目標燃焼当量比を算出する目標燃焼当量比算出手段と、
を含んで構成されることを特徴とする請求項 3 記載の内燃機関の排気圧力推定装置。

【請求項 5】

前記排気圧力は、前記排気圧力損失項に前記大気圧力の 2 乗値を加算し、その加算値の平方根で算出することを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 4 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の排気圧力推定装置。

10

【請求項 6】

請求項 1 ～ 請求項 5 のいずれか 1 つに記載の排気圧力推定装置と、
排気圧力装置に基づいて算出された排気圧力により排気バルブ閉弁時の筒内圧力を算出する手段と、
排気バルブ閉弁時の排気ガスの温度を算出する排気ガス温度算出手段と、
燃焼空燃比に応じた排気ガス組成のガス定数を算出するガス定数算出手段と、
少なくとも前記筒内圧力、前記排気ガス温度、及び前記ガス定数に基づいて排気バルブ閉弁時の筒内ガス量を算出する手段と、
排気バルブ開期間と吸気バルブ開期間とのオーバーラップ中の吹き返しガス量を算出する手段と、を備え、
前記筒内ガス量と前記吹き返しガス量とに基づいて、内部 E G R 量を算出することを特徴とする内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

20

【請求項 7】

前記オーバーラップ中吹き返しガス量算出手段は、
前記排気ガス温度算出手段と、
前記筒内圧力算出手段と、
前記ガス定数算出手段と、
吸気圧力を算出する手段と、
排気ガス組成変化に対応した比熱比を算出する手段と、
排気バルブ開期間と吸気バルブ開期間とのオーバーラップ中の積算有効面積を算出する手段と、
機関回転数を算出する手段と、
過給及びチョークの有無を判定する手段と、
を含んで構成され、これらの算出値と、前記排気ガス温度、前記筒内圧力、及び前記ガス定数とに基づいて、オーバーラップ中の吹き返しガス量を算出することを特徴とする請求項 6 記載の内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

30

【請求項 8】

前記過給及びチョークの判定手段は、
前記吸気圧力と前記排気バルブ閉弁時筒内圧力とに基づいて、吸気排気圧力比を算出する手段を備え、
前記排気ガス組成変化に対応した比熱比を、前記過給判定手段が過給有りとした場合に設定することを特徴とする請求項 7 記載の内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

40

【請求項 9】

前記オーバーラップ中積算有効面積算出手段は、
吸気バルブ開閉タイミングを算出する手段と、
排気バルブ開閉タイミングを算出する手段と、
からオーバーラップ量を算出し、
このオーバーラップ量に応じて有効面積の積算値を求めることを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

50

【請求項 10】

前記オーバーラップ中積算有効面積算出手段は、
吸気バルブリフト中の開口面積と排気バルブリフト中の開口面積とのいずれか一方の最小値を積分して、積算有効面積を算出することを特徴とする請求項 7 または請求項 8 記載の内燃機関の内部 E G R 量推定装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、内燃機関の排気圧力推定装置及びこれを用いた内部 E G R 量推定装置に関する。

10

【0002】**【従来の技術】**

従来、内燃機関の排気圧力の検出に関し、特許文献 1 には、排気管に設けた排気圧力センサにて、燃焼室出口に比較的近い箇所の排気圧力を検出することが開示されている。

【0003】**【特許文献 1】**

特開平 11 - 190235 号公報

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、特許文献 1 では、排気圧力センサ付加によりコストが増大してしまう。

20

【0005】

また、内部 E G R 率（1 シリンダ当たりの総ガス量に対する内部 E G R 量の割合）の算出をするため、オーバーラップ中の吹き抜きガス量の算出として混合気体積流量に応じたテーブルを参照値とする場合には、適合工数が増加することや、テーブルの設定格子数により算出精度が悪化してしまうなどの問題があった。

【0006】

ここで、混合気体積流量についても、本来は排気ガスの体積流量と相関があるが、これが計量できないために、エアフロメータの信号、吸気温度、目標燃焼当量比から算出される混合気体積流量に応じて参照することとしていた。

【0007】

30

しかし、実際には、等混合気体積流量でも当量比により排気ガス組成が変化するため、排気ガス密度が変化することや、当量比、点火時期、及び内部 E G R 率により排気温度が変化するために排気ガス密度が変化するなど、これらのパラメータが変化した場合には、誤差が生じてしまう。

【0008】

そして、内部 E G R 量を算出した場合には、誤差が大きくなってしまうため、内部 E G R 量に応じて、点火時期、燃料噴射量、バルブ開閉タイミングなどを設定すると、実際の点火時期などが不十分となる結果、運転性の悪化や燃費・排気悪化を招くおそれがあった。

【0009】

本発明は上記問題を解決するためになされたものであり、排気圧力を簡易に求めること、及びこれを用いて内部 E G R 量を精度良く推定することを目的とする。

40

【0010】**【課題を解決するための手段】**

そのため本発明では、内燃機関の排気通路の排気圧力損失を、層流圧力損失項と乱流圧力損失項との合計としてモデル化し、このモデルにより算出した排気圧力損失と大気圧とに基づいて、排気バルブ付近の排気圧力を算出する。

【0011】

また本発明では、算出された排気圧力に基づいて筒内圧力を算出し、更に排気ガス温度及びガス定数を各々算出して、少なくともこれらに基づいて、排気バルブ閉弁時の筒内ガスを算出する一方、オーバーラップ中の吹き返しガスを算出し、筒内ガス量と吹き返し

50

ガス量とに基づいて、内部 E G R 量を算出する。

【 0 0 1 2 】

【発明の効果】

本発明によれば、排気バルブ付近の排気圧力は、排気圧力損失と大気圧とに基づいて算出されるため、適合工数が削減でき、簡易に算出することができる。そして、算出された排気圧力を用いて、内部 E G R 量をより精度良く算出でき、運転性や排気の改善ができる。

【 0 0 1 3 】

【発明の実施の形態】

以下、図面に基づき本発明の実施形態について説明する。

図 1 は、内燃機関の排気圧力推定装置及びこれを用いた内部 E G R 量推定装置の構成図である。

10

【 0 0 1 4 】

エンジン 1 の各気筒のピストン 2 により画成される燃焼室 3 には、点火プラグ 4 を囲むように、吸気バルブ 5 と排気バルブ 6 とを備える。吸気バルブ 5 及び排気バルブ 6 のリフト特性（開閉時期）は、吸気側及び排気側に設けられた可変動弁ソレノイド 2 2 , 2 3 により、カム軸に対するカムの位相を変化させることで、バルブタイミングの制御が可能である。

【 0 0 1 5 】

吸気通路 7 には、電子制御スロットル弁 1 9 が設けられており、これにより吸入新気量が制御される。燃料の供給は、吸気通路 7 に気筒毎に（または各燃焼室 3 に直接臨ませて）設けたインジェクタ 2 0 によりなされる。燃焼室 3 内で混合気は点火プラグ 4 により点火されて燃焼し、排気通路 8 へ排出される。

20

【 0 0 1 6 】

排気通路 8 には、排気マニホールドからの排気を浄化するハニカム構造の第 1 触媒 2 5 と、これより下流の第 2 触媒 2 6 とがそれぞれ配置されている。そして、第 2 触媒 2 6 の下流側には、大気圧を検出する大気圧センサ 2 7 が配置されている。

【 0 0 1 7 】

ここで、電子制御スロットル弁 1 9、インジェクタ 2 0、点火プラグ 4（パワトラ内蔵点火コイル 2 1）、可変動弁ソレノイド 2 2 , 2 3 の作動は、エンジンコントロールユニット（以下「E C U」と称する）3 0 により制御される。

30

【 0 0 1 8 】

これらの制御のため、E C U 3 0 には、各種センサからの信号が入力されている。クランク角センサ 1 4 は、エンジン回転に同期してクランク角信号を出力し、これによりクランク角位置と共にエンジン回転数を検出可能である。そして、カム角センサ 1 6 , 1 7 は、吸気バルブ 5 及び排気バルブ 6 のカム角を検出可能であり、これにより可変動弁ソレノイド 2 2 , 2 3 の作動状態を検出可能である。

【 0 0 1 9 】

そして、吸気通路 7 にて吸入新気量を検出するエアフロメータ 9、電子制御スロットル弁 1 9 下流にて吸気圧力を検出する吸気圧力センサ 1 0、排気通路 8 にて排気温度を検出する排気温度センサ 1 2、排気通路 8 にて排気中に含まれる酸素量を検出する O 2 センサ（酸素センサ）1 3、エンジン 1 の冷却水温度を検出する水温センサ 1 5、アクセル開度を検出するアクセル開度センサ 1 8 の出力信号なども E C U 3 0 に入力され、これらに基づいて運転状態を検出可能である。

40

【 0 0 2 0 】

次に、排気バルブ 6 付近の排気圧力 P_{EX} の算出について以下に説明する。

図 2 は、排気バルブ 6 付近の排気圧力 P_{EX} を予測するための物理モデルを示す図である。図 3 は、排気圧力 P_{EX} を算出する制御構成図を示している。

【 0 0 2 1 】

図 3 に示す通り、排気ガス質量流量算出手段は、エンジン回転数 $NRPM (rpm)$ 、基本燃料噴射量 $TP (msec)$ 、及び目標燃焼当量比 $TFBYA$ に基づいて排気ガスの質

50

量流量 $M F E X G$ ($g / s e c$) を算出する。排気ガス質量流量 $M F E X G$ の算出については後述する。

【 0 0 2 2 】

エンジン回転数 $N R P M$ は、前述のクランク角センサ 1 4 の信号に基づいて検出される。基本燃料噴射量 $T P$ は、エアフロメータ 9 にて検出された吸入新気量 (新気質量) $M A C Y L$ に対してストイキ (理論空燃比 : 1 4 . 7) となる噴射パルス幅 (燃料噴射量) であり、ストイキにおける係数を K として、以下の式により算出する。

【 0 0 2 3 】

$$T P = K \cdot M A C Y L / N R P M$$

目標燃焼当量比 $T F B Y A$ は、理論空燃比を 1 4 . 7 とすると、目標燃焼空燃比から次式により表され、目標燃焼空燃比がストイキのときに 1 となる。

【 0 0 2 4 】

$$T F B Y A = 1 4 . 7 / \text{目標燃焼空燃比}$$

また、排気ガスガス定数算出手段は、目標燃焼当量比 $T F B Y A$ (または目標燃焼空燃比) に基づいて、図 5 に示すテーブルから排気ガス組成のガス定数 $R E X$ を算出する。

【 0 0 2 5 】

図 5 は、排気ガスガス定数算出テーブルであり、横軸は目標燃焼当量比 $T F B Y A$ 、縦軸は排気ガスガス定数 $R E X$ を示す図である。なお、図中の点線はストイキを示している。

【 0 0 2 6 】

再度図 3 を参照して、排気ガス温度算出手段は、排気温度センサ 1 2 の信号に基づいて排気バルブ閉弁時の排気ガス温度 (筒内温度) $T E V C$ を算出する。

大気圧力算出手段は、大気圧力センサ 2 7 の信号に基づいて大気圧力 $P P A M B$ を算出する。

【 0 0 2 7 】

排気圧力算出手段は、排気圧力 $P E X$ の 2 乗値 $P E X S Q$ ($= P E X^2$) を算出する手段と、この 2 乗値 $P E X S Q$ の平方根 (排気圧力) $P E X$ を算出する手段とで構成されている。排気圧力 2 乗値算出手段は、前述の各手段により算出された値 $M F E X G$ 、 $R E X$ 、 $T E V C$ 、 $P P A M B$ に基づいて、排気圧力 $P E X$ の 2 乗値 $P E X S Q$ を算出する。平方根算出手段は、2 乗値 $P E X S Q$ の平方根 $P E X$ を算出する。

【 0 0 2 8 】

次に、排気バルブ 6 付近の排気圧力 $P E X$ の算出について、図 4 に示す排気圧力 $P E X$ の算出フローチャートを用いて説明する。

図 4 のステップ 1 (図には「 S 1 」と示す。以下同様) では、エンジン 1 から排出される排気ガスの質量流量 $M F E X G$ ($g / s e c$) を算出する。この質量流量 $M F E X G$ の算出には、目標燃焼当量比 $T F B Y A$ と、吸入新気量とに基づいて、以下の式により算出する。

【 0 0 2 9 】

$$M F E X G = T P \times (1 4 . 7 + T F B Y A) \times N R P M \times M I N J P \times C Y L I N D E R / 2 / 6 0$$

ここで、 $M I N J P$ はインジェクタ 2 0 の燃料噴射倍率が 1 倍時のパルス幅当たりの燃料噴射質量 ($g / m s e c$)、すなわち基準燃料圧力、基準燃料温度時に、インジェクタ 2 0 が噴射パルス幅当たりどのくらいの燃料を噴射するかを表す値 (設定値) である。 $C Y L I N D E R$ はエンジン 1 の気筒数を示している。

【 0 0 3 0 】

ステップ 2 では、前述の図 5 に示すテーブルから目標燃焼当量比 $T F B Y A$ に応じた排気ガスのガス定数 $R E X$ ($J / g K$) を算出する。

ステップ 3 では、排気温度センサ 1 2 の信号に基づいて、排気バルブ閉弁時の排気ガスの温度 (筒内温度) $T E V C$ (K) を算出する。なお、排気ガス温度 $T E V C$ は、燃料噴射量に応じた熱量により変化するため、このような特性を利用したテーブルから求めてもよい。

10

20

30

40

50

【0031】

ステップ4では、次式に示す通り、排気圧力 P_{EX} の2乗値 $P_{EX}SQ (= P_{EX}^2)$ を、大気圧 P_{PAMB} (Pa)と、層流圧力損失項および乱流圧力損失項に基づく排気圧力損失との和により算出する。

【0032】

$$P_{EX}SQ = (K_{TBF} \times M_{FEXG}^2 + K_{LMF} \times M_{FEXG}) \times R_{EX} \times T_{EVC} / 1000000 + P_{PAMB}^2$$

ここで、 K_{TBF} ($1/m^4$)は乱流の特性に応じて決まる係数(適合値)、 K_{LMF} (Pa・s/ m^3)は層流の特性に応じて決まる係数(適合値)を示している。なお、乱流特性値 K_{TBF} は、種類毎に、触媒25, 26の入口径と触媒入口の総面積とに応じた値である。層流特性値 K_{LMF} は、触媒25, 26の長さ、セルの径、及び触媒断面積の総和に応じた値である。

10

【0033】

ステップ5では、ステップ4で算出された排気圧力 P_{EX} の2乗値 $P_{EX}SQ$ の平方根を算出することで、排気圧力 P_{EX} を算出する。なお、排気圧力 P_{EX} の算出において、制御構成上、平方根算出が困難であるため、予め2乗値 $P_{EX}SQ$ と平方根 P_{EX} との関係を、図6に示す平方根算出テーブルとして記憶させておき、2乗値 $P_{EX}SQ$ に応じてテーブルを参照することにより排気圧力 P_{EX} を算出してもよい。

【0034】

図6は、平方根算出テーブルであり、横軸は排気圧力 P_{EX} の2乗値 $P_{EX}SQ$ 、縦軸は排気圧力(平方根) P_{EX} を示している。

20

また従来、排気圧力 P_{EX} は、排気系各部の圧力損失の総和で算出される一方、排気ガスが排気系各部の流速の増加に応じて層流状態から乱流状態へ遷移するため、各部の圧力損失は、各状態に応じて算出する必要があり、計算が複雑であった。

【0035】

このため本発明においては、層流が支配的となる触媒内の圧力損失と、乱流が支配的となるその他の排気管の圧力損失とに分けて考えることにより、これら2つの状態の圧力損失の和により、排気系の圧力損失を算出することで簡略的に且つ精度良く算出する。すなわち、排気系(排気バルブ6より下流)を、ほぼ層流状態と近似できる部位(触媒内)と、ほぼ乱流状態と近似できる部位(触媒以外の排気管)とに2分し、各々にて計算した圧力損失値の総計に基づいて排気圧力 P_{EX} を算出する。

30

【0036】

再度図2を用いて、エンジン1の排気通路8に配設された触媒25, 26を通過する排気ガスの圧力損失から排気バルブ6近傍の排気圧力 P_{EX} を算出するための考え方を説明する。

【0037】

図示の通り、排気通路8において、第1触媒25の入口部の圧力損失を ΔP_1 、第1触媒25内の圧力損失を ΔP_2 、第2触媒26内の圧力損失を ΔP_3 、及び大気圧力を P_{PAMB} とする。このようにすると、排気バルブ6付近の排気圧力 P_{EX} は、次式に示す通り、各圧力損失 $\Delta P_1 \sim \Delta P_3$ 及び大気圧力 P_{PAMB} の和で近似することができる。

40

【0038】

$$P_{EX} = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + P_{PAMB}$$

各圧力損失は、排気通路8のうち、触媒25, 26内を層流状態として近似し、これ以外の排気通路8を乱流状態として近似することで、それぞれ分離して算出する。

【0039】

層流域(触媒25, 26内)の圧力損失 ΔP_L (ΔP_2 、 ΔP_3)は、次式に示すハーゲン-ポアズイユの式により算出する。

$$\Delta P_L = 32 \times \mu \times L_{ca} / D_{ca}^2 \times (Q_{ca}' / A_{ca})$$

ここで、 μ は排気ガスの動粘度係数(Pa・s)、 L_{ca} は触媒25, 26の長さ(m)、 D_{ca} は触媒25, 26の直径(m)、 Q_{ca}' は触媒25, 26を通過する排気ガス体積流

50

量 (m^3 / s)、 A_{ca} は触媒 25 , 26 の断面積 (m^2) を示している。

【 0 0 4 0 】

一方、乱流域 (触媒 25 , 26 を除く排気通路 8) の圧力損失 ΔP_T (ΔP_1) は、次式に示すダルシー - ワイバッハの式により算出する。

$$\Delta P_T = \lambda \times (L_{ex} / D_{ex}) \times (\rho / 2) \times (Q_{ex}' / A_{ex})^2$$

ここで、 λ は管摩擦係数、 L_{ex} は排気通路 8 の長さ (m)、 D_{ex} は排気通路 8 の直径 (m)、 ρ は排気ガスの密度 (kg / m^3)、 Q_{ex}' は排気通路 8 を通過する排気ガス体積流量 (m^3 / s)、 A_{ex} は排気通路 8 の断面積 (m^2) を示している。

【 0 0 4 1 】

また、制御構成上は、排気ガスの体積流量 Q' の算出が困難なため、体積流量 Q' に基づく基本原理式を、層流域と乱流域とのそれぞれについて、以下に示す質量流量 $MFEXG$ に基づく算出式に変形して、制御の入力系の物理量に合うようにする。なお、 P_1 は低压側 (テール側)、 P_2 は高压側 (エンジン側) を示している。

[層流域]

$$P \times dP = 32 \times \mu \times dL / D^2 \times MFEXG \times REX \times TEVC / A$$

$$P_2^2 - P_1^2 = 32 \times \mu \times L / D^2 \times MFEXG \times REX \times TEVC / A$$

$$P_2 = (64 \times \mu \times L / D^2 \times MFEXG \times REX \times TEVC / A + P_1^2)^{1/2}$$

[乱流域]

$$P \times dP = \lambda \times dL / D \times (MFEXG / A)^{1/2} \times REX \times TEVC / 2$$

$$P_2^2 - P_1^2 = \lambda \times L / D \times (MFEXG / A)^{1/2} \times REX \times TEVC / 2$$

$$P_2 = (\lambda \times L / D \times (MFEXG / A)^{1/2} \times REX \times TEVC + P_1^2)^{1/2}$$

また、排気圧力損失に対して、触媒 25 , 26 内では層流が支配的、その他の排気管では乱流が支配的と考えられるので、排気圧力 PEX は、以下の式によって表される。

【 0 0 4 2 】

【 数 1 】

$$PEX = \left(\frac{Lex}{Dex \times Aex^2} \times \lambda \times REX \times TEVC \times MFEXG^2 + \left(\frac{Lmani}{Dmani^2 \times Amani} + \frac{Lpre}{Dpre^2 \times Apre} \right) \times 64 \times \mu \times REX \times TEVC \times MFEXG + PPAMB^2 \right)^{1/2}$$

$$\frac{Lex}{Dex \times Aex^2} : \text{排気通路によって決まる値}$$

$$\frac{Lmani}{Dmani^2 \times Amani} : \text{第1触媒によって決まる値}$$

$$\frac{Lpre}{Dpre^2 \times Apre} : \text{第2触媒によって決まる値}$$

【 0 0 4 3 】

また、管摩擦係数 λ 、動粘度係数 μ は、これらの影響度が大きく現れる領域、すなわち圧力損失が高い領域では、ほぼ一定であるため、前述の式を含めて適合項とすると、以下のように簡略化した式で整理できる。

【 0 0 4 4 】

【 数 2 】

10

20

30

40

$$PEX = \sqrt{(A \times MFEXG^2 + B \times MFEXG) \times REX \times TEVC + PPAMB^2}$$

MFEXG : 排気ガス質量流量 kg/sec

A : 乱流係数 $1/m^4$

$$A = \lambda \times \frac{Lex}{Dex \times Aex^2 \times n^2}$$

B : 層流係数 $Pa \cdot s/m^3$

$$B = 64 \times \mu \times \left(\frac{Lmani}{Dmani^2 \times Amani} + \frac{Lpre}{Dpre^2 \times Apre} \right) / n$$

n: バンク対応、 バンク有=2、 バンク無=1

REX : 排気ガスガス定数 J/gK

TEVC : 排気ガスガス温度 K

PPAMB : 大気圧力 Pa

10

【 0 0 4 5 】

図 7 は、実験結果と前述の排気圧力の算出結果とを比較する図であり、横軸は実験結果の排気圧力 (k P a)、縦軸は計算結果の排気圧力 (k P a) を示している。

【 0 0 4 6 】

図示の通り、高回転 (6 0 0 0 r p m 以上)、高負荷 (ηv 8 0 % 以上) 等の吸入新気流量が大きい領域においては、脈動圧が発生しており、脈動の影響が顕著になるため、排気圧力が低くなっているが、ほぼ直線に近似している。このため、排気圧力 P E X は、排気圧力損失 (乱流及び層流) と大気圧とに基づいて算出する考え方により算出 (近似) することが可能であることが解る。

20

【 0 0 4 7 】

図 8 は、圧力損失と体積流量とを示す図であり、横軸は体積流量 Q' ($m^3 / s e c$)、縦軸は差圧 ΔP (k P a) を示している。(イ)は排気通路 8 のうち触媒 2 5 , 2 6 内での圧力損失 $\Delta P 2$ 、 $\Delta P 3$ を除いた場合、すなわち乱流域における圧力損失 $\Delta P 1$ を示している。(ロ)は第 1 触媒 2 5 内 (層流域)での圧力損失 $\Delta P 2$ を示している。(ハ)は第 2 触媒 2 6 内 (層流域)での圧力損失 $\Delta P 3$ を示している。なお、図中の●は実験値 (排気圧力 ΔP と大気圧力 P P A M B との差圧 : ゲージ圧)、○は (イ)では触媒 2 5 , 2 6 を除いた排気通路 8 での差圧 $\Delta P 1$ 、(ロ)では第 1 触媒 2 5 での差圧 $\Delta P 2$ 、(ハ)では第 2 触媒 2 6 での差圧 $\Delta P 3$ をそれぞれ示している。

30

【 0 0 4 8 】

図 8 (イ)に示す通り、乱流域においては、差圧 $\Delta P 1$ が 2 次曲線となっている (ダルシー - ワイバツハの式参照)。一方、図 8 (ロ)、(ハ)に示す通り、層流域においては、差圧 $\Delta P 2$ 、 $\Delta P 3$ が略直線となっている (ハーゲン - ポアソユの式参照)。

【 0 0 4 9 】

図 9 は、全圧力損失の算出結果を示す図であり、横軸は体積流量 Q' ($m^3 / s e c$)、縦軸は全圧力損失 ΔP (k P a) を示している。なお、図中の●は圧力損失の実験値 (排気圧力 ΔP と大気圧力 P P A M B との差圧 : ゲージ圧)、○は全差圧 ($\Delta P 1 + \Delta P 2 + \Delta P 3$) を示している。

40

【 0 0 5 0 】

図示の通り、計算結果の値と実験値とが近似しているため、圧力損失により排気圧力 P E X を算出可能であることが解る。

また、図 1 0 は、レイノルズ数 R e と体積流量 Q' とを示す図であり、横軸は体積流量 Q' ($m^3 / s e c$)、縦軸はレイノルズ数 R e を示している。図中の太線は臨界レイノルズ数 (約 2 3 0 0) を示している。なお、(イ)は排気通路 8 のうち触媒 2 5 , 2 6 を除いた部分のレイノルズ数 R e 1 を示している。(ロ)は第 1 触媒 2 5 内でのレイノルズ数

50

Re_2 を示している。(ハ)は第2触媒26内でのレイノルズ数 Re_3 を示している。

【0051】

図11は、前述の図8の(イ)～(ハ)及び図9をまとめて示す図である。横軸は体積質量 Q' 、縦軸は差圧 ΔP を示している。図中の●は排気系全体の圧力損失の実験値、○は各圧力損失 $\Delta P_1 \sim \Delta P_3$ の総和($\Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$)、+は第1触媒25の入口部における圧力損失 ΔP_1 、×は第1触媒25内での圧力損失 ΔP_2 、-は第2触媒26内での圧力損失 ΔP_3 を示している。

【0052】

図12は、前述の図10(イ)～(ハ)をまとめて示す図である。横軸は体積質量 Q' (m^3/sec)、縦軸はレイノルズ数 Re を示している。なお、体積流量 Q' を0.001～1までの範囲で示している。図中の+は第1触媒25の入口部におけるレイノルズ数 Re_1 、×は第1触媒25内でのレイノルズ数 Re_2 、-は第2触媒26内でのレイノルズ数 Re_3 を示している。

【0053】

これまで述べたことから、図10(イ)、図12に示す通り、レイノルズ数 Re_1 は、臨界レイノルズ数より大きく、乱流による圧力損失が支配的である。従って、排気通路8のうち、触媒25、26を除いた部分(その他排気管内)においては、ほぼ全域で乱流とみなして、圧力損失 ΔP_1 を前述のダルシー・ワイバッハの式(乱流域における圧力損失 ΔP_T)により算出可能である。

【0054】

一方、図10(ロ)、(ハ)、図12に示す通り、触媒25、26内では、レイノルズ数 Re_2 、 Re_3 が、臨界レイノルズ数より小さく、層流による圧力損失が支配的である。従って、触媒25、26内においては、ほぼ全域で層流とみなして、圧力損失 ΔP_2 、 ΔP_3 を前述のハーゲン・ポアソユの式(層流域における圧力損失 ΔP_L)によりそれぞれ算出可能である。

【0055】

そして、各部位において、層流・乱流状態におけるそれぞれの圧力損失を算出して加算した結果が、図7に示す通り、ほぼ実験値と相関があることが分かり、排気圧力実験値を排気圧力計算値に近似して求めることが可能であることが解る。

【0056】

また図13は、前述の圧力損失 $\Delta P_1 \sim \Delta P_3$ の総和から算出した排気圧力 P_{EX} と、実験値による排気圧力との推定誤差率(絶対圧力)を示す図である。

図示の通り、推定誤差が-0.2～0.2の間の確率(%)が3割に近く、実験値から大きく外れる確率は減少しており、標準偏差0.71%を実現可能である。

【0057】

本実施形態によれば、内燃機関の排気通路8の排気圧力損失(ΔP_1 、 ΔP_2 、 ΔP_3)を、層流状態を前提とする層流圧力損失項と乱流状態を前提とする乱流圧力損失項との合計としてモデル化し、このモデルにより算出した排気圧力損失($\Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$)と大気圧 P_{PAMB} とに基づいて、排気バルブ6付近の排気圧力 P_{EX} を算出する(ステップ4、5)。このため、排気バルブ6付近の排気圧力 P_{EX} は、第1触媒25及び第2触媒26内における圧力損失(ΔP_2 、 ΔP_3)を、層流状態を前提として算出できる一方、その他の排気管(触媒25、26を除いた排気通路8)における圧力損失(ΔP_1)を、乱流状態を前提として算出でき、適合が容易にでき、適合工程数が削減できる。

【0058】

また本実施形態によれば、内燃機関の排気通路8のうち、排気触媒担体内(第1触媒25、第2触媒26)を層流状態と近似し、これ以外を乱流状態と近似する。このため、排気バルブ6付近の排気圧力 P_{EX} を、各排気圧力損失を考慮して簡易に算出することができる。

【0059】

また本実施形態によれば、層流圧力損失項(ΔP_2 、 ΔP_3)は、排気ガスの質量流量 M

F E X Gを算出する排気ガス質量流量算出手段（ステップ１）と、燃焼空燃比に応じた排気ガス組成のガス定数 R E Xを算出するガス定数算出手段（ステップ２）と、排気バルブ閉弁時の排気ガスの温度 T E V Cを算出する排気ガス温度算出手段（ステップ３）と、層流の特性に応じて決まる所定値 K L M Fを算出する層流特性値算出手段と、に基づいて算出され、乱流圧力損失項（ $\Delta P 1$ ）は、排気ガス質量流量 M F E X Gの２乗値 M F E X G²を算出する２乗値算出手段と、ガス定数算出手段（ステップ２）と、排気ガス温度算出手段（ステップ３）と、乱流の特性に応じて決まる所定値 K T B Fを算出する乱流特性値算出手段と、に基づいて算出される。このため、排気ガスの質量流量 M F E X Gに応じて層流と乱流との圧力損失（ $\Delta P 1$ 、 $\Delta P 2$ 、 $\Delta P 3$ ）を算出でき、排気圧力 P E Xを、排気ガスの密度変化に対応して精度良く算出できる。そして、実機運転に基づく適合定数を２点のみとして、運転条件を少なくとも２水準の間（層流と乱流との間）で変えるだけで適合できる。

10

【 0 0 6 0 】

また本実施形態によれば、排気ガス質量流量算出手段（ステップ１）は、吸入新気量 M A C Y Lを算出する吸入新気量算出手段と、目標燃焼当量比 T F B Y Aを算出する目標当量比算出手段と、を含んで構成される。このため、目標燃料当量比 T F B Y A及び吸入新気量 M A C Y Lに応じて算出される基本燃料噴射量 T Pを用いて排気ガス質量流量 M F E X Gを容易に算出できる。

【 0 0 6 1 】

また本実施形態によれば、排気圧力 P E Xは、排気圧力損失項（ $\Delta P 1 + \Delta P 2 + \Delta P 3$ ）に大気圧力 P P A M Bの２乗値 P P A M B²を加算し（ステップ４）、その加算値の平方根で算出する（ステップ５）。このため、排気圧力 P E Xを簡略して算出できる。

20

【 0 0 6 2 】

次に、前述の排気圧力 P E Xを用いた内部 E G R量 M R E Sの推定について説明する。内部 E G R量 M R E Sは、点火時期、燃料噴射量、バルブ開閉タイミングなどを設定するために用いられ、内部 E G R量 M R E Sを算出するために排気圧力 P E Xが必要となる。

【 0 0 6 3 】

図１４は、排気圧力 P E Xに基づく、点火時期・燃料噴射量の制御構成図を示している。図示の通り、排気圧力算出手段（前述の排気圧力推定装置）によりエンジン１の運転状態における排気圧力 P E Xを算出し、これに基づいて内部 E G R率 M R E S F Rおよび外部 E G R率を算出し、これらに基づいて点火時期および燃料噴射量を算出する。

30

【 0 0 6 4 】

ここで、内部 E G R率 M R E S F R（１シリンダ当たりの総ガス量に対する内部 E G R量の割合）の算出について、図１５の内部 E G R率算出手段の制御構成図と、図２１の内部 E G R率 M R E S F R算出フローとを用いて説明する。

【 0 0 6 5 】

図１５に示す吸入新気量算出手段は吸入新気量（新気質量）M A C Y L、目標燃焼当量比算出手段は目標燃焼当量比 T F B Y A、内部 E G R量算出手段は内部 E G R量 M R E Sをそれぞれ算出し、これらの算出値に基づいて、内部 E G R率算出手段は内部 E G R率 M R E S F Rを算出する。

40

【 0 0 6 6 】

図２１のステップ１１では、エアフロメータ９により計測された吸入新気量に基づいて１シリンダ当たりの吸入新気量 M A C Y Lを算出する。

ステップ１２では、クランク角センサ１４の信号に基づいて検出されるエンジン回転数 N R P Mと、アクセル開度センサ１８の信号に基づいて検出されるアクセル開度と、水温センサ１５の信号に基づいて検出される冷却水温度とに応じて決まる目標燃焼当量比 T F B Y Aを算出する。

【 0 0 6 7 】

ステップ１３では、後述する図２２のフローチャートに従って、１シリンダ当たりの内部 E G R量 M R E Sを算出する。

50

ステップ 14 では、内部 EGR 率 MRESFR を次式により算出し、処理を終了する。

【0068】

$$MRESFR = MRES / \{ MRES + MACYL \times (1 + TFBYA / 14.7) \}$$

ここで、ステップ 13 の内部 EGR 量 MRES の算出について、図 16 の内部 EGR 量算出手段の制御構成図と、図 22 の内部 EGR 量算出フローとを用いて説明する。

【0069】

図 16 に示す排気バルブ閉弁時（図には「EVC 時」と示す）筒内ガス量算出手段は筒内ガス量 MRESCYL、吸気バルブ 5 及び排気バルブ 6 のオーバーラップ（図には「O/L」と示す）中吹き返しガス量算出手段は吹き返しガス量 MRESOL をそれぞれ算出し、これらの算出値に基づいて、内部 EGR 量算出手段は内部 EGR 量 MRES を算出する。

10

【0070】

図 22 のステップ 15 では、後述する図 23 のフローチャートに従って、排気バルブ閉弁時においてシリンダ内部に残留しているガス量である排気バルブ閉弁時筒内ガス量 MRESCYL を算出する。

【0071】

ステップ 16 では、後述する図 24 のフローチャートに従って、オーバーラップ中に排気側から吸気側へ吹き返すガス量であるオーバーラップ中吹き返しガス量 MRESOL を算出する。

【0072】

20

ステップ 17 では、次式に示す通り、排気バルブ閉弁時筒内ガス量 MRESCYL とオーバーラップ中吹き返しガス量 MRESOL とを加算して、内部 EGR 量 MRES を算出する。

【0073】

$$MRES = MRESCYL + MRESOL$$

ここで、ステップ 15 の排気バルブ閉弁時筒内ガス量 MRESCYL の算出について、図 17 の排気バルブ閉弁時筒内ガス量算出手段の制御構成図と、図 23 の排気バルブ閉弁時筒内ガス量 MRESCYL 算出フローとを用いて説明する。

【0074】

図 17 に示す目標燃焼当量比算出手段は排気ガスの目標燃焼当量比 TFBYA を算出し、この値に基づき、排気ガスガス定数算出手段はガス定数 REX を算出する。排気バルブ閉弁時筒内容積算出手段は筒内容積 VEV C、排気バルブ閉弁時筒内温度算出手段は筒内温度 TEVC、排気バルブ閉弁時圧力算出手段は筒内圧力 PEVC をそれぞれ算出する。そして、これらの算出値に基づき、排気バルブ閉弁時筒内ガス量算出手段は筒内ガス量 MRESCYL を算出する。

30

【0075】

図 23 のステップ 18 では、図 30 に示すテーブルから排気バルブ閉弁時筒内容積 VEV C を求める。図 30 は、排気バルブ閉弁時筒内容積 VEV C 算出テーブルであり、横軸は排気バルブ開閉タイミング変化量 VTCNOWE、縦軸は排気バルブ閉弁時筒内容積 VEV C を示している。

40

【0076】

ここで、排気バルブ閉弁時期を変化させる機構を有するエンジンにおいては、排気側のカム角センサ 17 の信号に基づいて検出される排気バルブ開閉タイミング変化量 VTCNOWE に応じて、図 30 に示す排気バルブ閉弁時筒内容積 VEV C をテーブルから求める。

【0077】

なお、圧縮比を変化させる機構を有するエンジンにおいては、圧縮比の変化量に応じた排気バルブ閉弁時筒内容積 VEV C をテーブルから求める。

また、排気バルブ閉弁時期と圧縮比とを同時に可変とする機構を有するエンジンにおいては、排気バルブ閉弁時期と圧縮比変化量とに応じた排気バルブ閉弁時筒内容積 VEV C をテーブルから求める。

50

【 0 0 7 8 】

図 2 3 のステップ 1 9 では、前述の図 5 に示すテーブルから目標燃焼当量比 $T F B Y A$ に応じた排気ガスのガス定数 $R E X$ を求める。

ステップ 2 0 では、排気温度センサ 1 2 の信号に基づいて検出した排気温度に基づいて、排気バルブ閉弁時筒内温度 $T E V C$ を推定する。なお、排気バルブ閉弁時筒内温度 $T E V C$ は、インジェクタ 2 0 の燃料噴射量に応じた熱量により変化するため、このような特性を利用したテーブルから求めてもよい。

【 0 0 7 9 】

ステップ 2 1 では、前述の計算により算出された排気圧力 $P E X$ に基づいて、排気バルブ閉弁時筒内圧力 $P E V C$ を算出する。なお、排気圧力 $P E X$ と筒内圧力 $P E V C$ とは、近似しているものとしてもよいし、予め排気圧力 $P E X$ と筒内圧力 $P E V C$ とをマップにより求めて、排気圧力 $P E X$ に対応する筒内圧力 $P E V C$ を参照してもよい。

10

【 0 0 8 0 】

ステップ 2 2 では、ステップ 1 8 ~ ステップ 2 1 において算出された排気バルブ閉弁時筒内容積 $V E V C$ 、排気ガスガス定数 $R E X$ 、排気バルブ閉弁時筒内温度 $T E V C$ 、排気バルブ閉弁時筒内圧力 $P E V C$ の算出値から、排気バルブ閉弁時においてシリンダ内部に残留している排気バルブ閉弁時筒内ガス量 $M R E S C Y L$ を次式により算出する。

【 0 0 8 1 】

$$M R E S C Y L = (P E V C \times V E V C) / (R E X \times T E V C)$$

ここで、図 2 2 のステップ 1 6 のオーバーラップ中に排気側から吸気側へ吹き返すガス量 $M R E S O L$ の算出について、図 1 8 のオーバーラップ中吹き返しガス量算出の制御構成図と、図 2 4 のオーバーラップ中吹き返しガス量 $M R E S O L$ 算出フローとを用いて説明する。

20

【 0 0 8 2 】

図 1 8 に示す排気バルブと吸気バルブとの開閉タイミング変化量算出手段は吸気バルブと排気バルブとの開閉タイミング変化量 $V T C N O W$ 、 $V T C N O W E$ からオーバーラップ変化量 $V T C O L$ を算出し、この算出値に基づいて、オーバーラップ中積算有効面積算出手段は積算有効面積 $A S U M O L$ を算出する。目標燃焼当量比算出手段は当量比 $T F B Y A$ を算出し、この算出値に基づいて、排気ガスガス定数算出手段はガス定数 $R E X$ を算出する。そして、これらの算出値と、エンジン回転数算出手段、排気ガス比熱比算出手段、排気バルブ閉弁時筒内温度算出手段、排気バルブ閉弁時筒内圧力算出手段、吸気圧力算出手段、チョーク過給判定算出手段による各算出値とに基づいて、オーバーラップ中吹き返しガス量算出手段は吹き返しガス量 $M R E S O L$ を算出する。

30

【 0 0 8 3 】

図 2 4 のステップ 2 3 では、吸気側カムの位相を検出するカム角センサ 1 6 の信号に基づいて検出される吸気バルブ開閉タイミング変化量 $V T C N O W$ と、排気側カムの位相を検出するカム角センサ 1 7 の信号に基づいて検出される排気バルブ開閉タイミング変化量 $V T C N O W E$ とを加算して、オーバーラップ変化量 $V T C O L$ を算出する。

【 0 0 8 4 】

$$V T C O L = V T C N O W + V T C N O W E$$

40

ステップ 2 4 では、オーバーラップ変化量 $V T C O L$ に応じて、図 3 1 に示すテーブルからオーバーラップ中の積算有効面積 $A S U M O L$ を求める。

【 0 0 8 5 】

図 3 1 は、オーバーラップ中の積算有効面積を算出するテーブルであり、横軸はオーバーラップ変化量 $V T C O L$ 、縦軸はオーバーラップ中の積算有効面積 $A S U M O L$ を示している。オーバーラップ変化量 $V T C O L$ が大きくなると、積算有効面積 $A S U M O L$ が大きくなる。

【 0 0 8 6 】

ここで、図 3 2 は、オーバーラップ中の積算有効面積 $A S U M O L$ の説明図であり、横軸はクランク角度、縦軸は吸気バルブ 5 と排気バルブ 6 とのそれぞれの開口面積を示してい

50

る。そして、オーバーラップ中の或る時点における有効な開口面積は、排気バルブ開口面積と吸気バルブ開口面積とのうち小さい方とする。すなわち、オーバーラップ中の全期間における積算有効面積 $A S U M O L$ は、吸気バルブ 5 及び排気バルブ 6 が開いている期間の積分値（図中の斜線部）として示される。

【 0 0 8 7 】

このようにしてオーバーラップ中積算有効面積 $A S U M O L$ を算出することで、吸気バルブ 5 と排気バルブ 6 とのオーバーラップ量を 1 つのオリフィス（流出孔）と疑似でき、排気系の状態と吸気系の状態とからこのオリフィスを通過する流量を簡略的に算出する。

【 0 0 8 8 】

図 2 4 のステップ 2 5 では、クランク角センサ 1 4 の信号に基づいてエンジン回転数 $N R P M$ を算出する。

10

ステップ 2 6 では、図 3 3 に示すマップから排気ガス比熱比 $S H E A T R$ を算出する。この制御構成は図 1 9 に示す。

【 0 0 8 9 】

図 1 9 に示す目標燃焼当量比算出手段は目標燃焼当量比 $T F B Y A$ 、排気バルブ閉弁時筒内温度算出手段は筒内温度 $T E V C$ をそれぞれ算出し、これらの算出値に基づき、排気ガス比熱比算出手段は排気ガス比熱比 $S H E A T R$ を算出する。

【 0 0 9 0 】

図 3 3 は、排気ガス比熱比算出マップであり、横軸は目標燃焼当量比 $T F B Y A$ 、縦軸は排気ガス比熱比 $S H E A T R$ を示している。なお、図中の点線はストイキの位置を示しており、目標燃焼当量比 $T F B Y A$ がストイキ近傍にあるときは排気ガス比熱比 $S H E A T R$ が小さくなり、リッチ側またはリーン側になると比熱比 $S H E A T R$ が大きくなる。そして、排気バルブ閉弁時の筒内温度 $T E V C$ が変化した場合を太線矢印で示す。ここで、図 2 1 のステップ 1 2 で算出した目標燃焼当量比 $T F B Y A$ と、図 2 3 のステップ 2 0 で算出した排気バルブ閉弁時筒内温度 $T E V C$ とに応じて、排気ガス比熱比 $S H E A T R$ を求める。

20

【 0 0 9 1 】

再度図 2 4 を参照して、ステップ 2 7 では、後述する図 2 0 の過給・チョーク判定手段の制御構成図と、図 2 5 の過給判定 $T B C R G$ ・チョーク判定 $C H O K E$ フローとにより、過給判定 $T B C R G$ 及びチョーク判定 $C H O K E$ を行う。

30

【 0 0 9 2 】

ステップ 2 8 では、ステップ 2 7 での過給判定フラグ $T B C R G$ が 0 であるか否か、すなわち過給状態を判断する。過給判定フラグ $T B C R G$ が 0 の場合は、ステップ 2 9 へ進み、過給判定フラグ $T B C R G$ が 0 でない場合は、ステップ 3 2 へ進む。

【 0 0 9 3 】

ステップ 2 9 では、ステップ 2 7 でのチョーク判定フラグ $C H O K E$ が 0 であるか否か、すなわちチョーク状態を判断する。

チョーク判定フラグ $C H O K E$ が 0 の場合は、ステップ 3 0 へ進み、後述する図 2 6 のフローから、過給無し且つチョーク無し時のオーバーラップ中の平均吹き返しガス流量 $M R E S O L t m p$ を算出する。

40

【 0 0 9 4 】

一方、ステップ 2 9 で、ステップ 2 7 でのチョーク判定フラグ $C H O K E$ が 0 でない場合には、ステップ 3 1 へ進み、後述する図 2 7 のフローから、過給無し且つチョーク有り時のオーバーラップ中の吹き返しガス流量 $M R E S O L t m p$ を算出する。

【 0 0 9 5 】

また、ステップ 2 8 で、ステップ 2 7 での過給判定フラグ $T B C R G$ が 1、すなわち過給状態であり、且つステップ 3 2 でチョーク判定フラグ $C H O K E$ が 0 の場合は、ステップ 3 3 へ進み、後述する図 2 8 のフローから、過給有り且つチョーク無し時のオーバーラップ中の平均吹き返しガス流量 $M R E S O L t m p$ を算出する。

【 0 0 9 6 】

50

一方、ステップ 32 で、ステップ 27 でのチョーク判定フラグ $CHOK E$ が 1 の場合は、ステップ 34 へ進み、後述する図 19 のフローから、過給有り且つチョーク有り時の吹き返しガス流量 $MRESOL t m p$ を算出する。

【0097】

ステップ 30, 31, 33, 34 で吹き返しガス流量 $MRESOL t m p$ を算出した後は、ステップ 35 へ進む。

ステップ 35 では、過給の有無とチョークの有無との状態に応じて、吹き返しガス流量 $MRESOL t m p$ とオーバーラップ期間中の積算有効面積 $ASUMOL$ とを積算することで、オーバーラップ中の吹き返しガス量 $MRESOL$ を次式により算出する。

【0098】

$MRESOL = (MRESOL t m p \times ASUMOL \times 60) / (NRPM \times 360)$

ここで、ステップ 27 における過給・チョーク判定について、図 20 の過給・チョーク判定手段の制御構成図と、図 25 の過給判定 $TBCRG$ ・チョーク判定 $CHOK E$ フローとを用いて説明する。

【0099】

図 20 に示す通り、排気ガス比熱比算出手段、排気バルブ閉弁時筒内圧力算出手段、吸気圧力算出手段の各算出値に基づき、過給・チョーク判定手段は過給判定 $TBCRG$ とチョーク判定 $CHOK E$ とを行う。

【0100】

図 25 のステップ 36 では、吸気圧力センサ 10 の信号に基づいて検出された吸気圧力 PIN と、図 23 のステップ 21 で算出された排気バルブ閉弁時筒内圧力 $PEVC$ との比、すなわち吸気排気圧力比 $PINBYEX$ を次式により算出する。

【0101】

$PINBYEX = PIN / PEVC$

ステップ 37 では、吸気排気圧力比 $PINBYEX$ が 1 以下 ($PINBYEX \leq 1$) であるか否か、すなわち過給状態を判断する。

【0102】

吸気排気圧力比 $PINBYEX$ が 1 以下 ($PINBYEX \leq 1$) の場合、すなわち過給無しの場合は、ステップ 38 へ進み、過給判定フラグ $TBCRG = 0$ を 0 に設定し、ステップ 41 へ進む。

【0103】

一方、吸気排気圧力比 $PINBYEX$ が 1 より大きい ($PINBYEX > 1$) 場合、すなわち過給有りの場合は、ステップ 39 へ進み、過給判定フラグ $TBCRG$ を 1 に設定し、ステップ 40 へ進み、図 24 のステップ 26 で算出した排気ガス比熱比 $SHEATR$ を、図 34 に示すテーブルから求めた空気及び燃料の混合気比熱比 $MIXAIRSHR$ とする。

【0104】

図 34 は、混合気比熱比 $MIXAIRSHR$ 算出テーブルであり、横軸は目標燃焼当量比 $TFBYA$ 、縦軸は混合気比熱比 $MIXAIRSHR$ を示している。なお、図中の点線はストイキを示し、比熱比 $MIXAIRSHR$ は、リーン側のときは大きく、リッチ側のときは小さくなる。そして、図 21 のステップ 12 で算出した目標燃焼当量比 $TFBYA$ に対応する混合気比熱比 $MIXAIRSHR$ をテーブルから求める。

【0105】

そして、ステップ 40 において、排気ガス比熱比 $SHEATR$ を混合気比熱比 $MIXAIRSHR$ に置き換えることで、ターボ過給や慣性過給等の過給時におけるオーバーラップ中のガス流れが吸気系から排気系へ向かう（吹き抜ける）ときにおいても、オリフィスを通過するガスの比熱比を排気ガスの比熱比から吸気混合気の比熱比に変更することにより、吹き抜けるガス量を精度良く推定し、内部 EGR 量を精度良く算出する。

【0106】

ステップ 41 では、ステップ 26 またはステップ 40 で算出した排気ガス比熱比 $SHEA$

10

20

30

40

50

TRに基づき、最小と最大とのチョーク判定しきい値SLCHOKEL, SLCHOKEHを次式により算出する。

【0107】

$$SLCHOKEL = \{ 2 / (SHEATR + 1) \} ^ \{ SHEATR / (SHEATR - 1) \}$$

$$SLCHOKEH = \{ 2 / (SHEATR + 1) \} ^ \{ -SHEATR / (SHEATR - 1) \}$$

このチョーク判定しきい値SLCHOKEL, SLCHOKEHは、チョークする限界値を算出している。

【0108】

また、ステップ41において、制御構成上、累乗計算が困難な場合には、予めこれらの計算結果を、最小チョーク判定しきい値SLCHOKELテーブルと最大チョーク判定しきい値SLCHOKEHテーブルとして記憶しておき、排気ガス比熱比SHEATRに応じて求めてもよい。

【0109】

ステップ42では、ステップ36で算出した吸気排気圧力比PINBYEXが、最小チョーク判定しきい値SLCHOKEL以上で且つ最大チョーク判定しきい値SLCHOKEH以下の範囲内にあるか否か、すなわちチョーク状態を判定する。

【0110】

吸気排気圧力比PINBYEXが範囲内にある場合、すなわちチョーク無しと判断した場合は、ステップ43へ進み、チョーク判定フラグCHOKEを0に設定する。

【0111】

一方、吸気排気圧力比PINBYEXが範囲内にない場合、すなわちチョーク有りと判断した場合は、ステップ44へ進み、チョーク判定フラグCHOKEを1に設定する。

【0112】

また、図24のステップ30の吹き返しガス流量MRESOLtmpの算出について、図26の過給無し且つチョーク無し時オーバーラップ中吹き返しガス流量算出フローを用いて説明する。

【0113】

ステップ45では、図23のステップ19で算出された排気ガスのガス定数REXと、ステップ20で算出された排気バルブ閉弁時の筒内温度TEVCとに基づき、ガス流量算出式密度項MRSOLDを次式により算出する。

【0114】

$$MRSOLD = SQRT \{ 1 / (REX \times TEVC) \}$$

ここで、SQRTは温度及びガス定数に関する係数である。なお、制御構成上、ガス流量算出式密度項MRSOLDの算出が困難な場合は、予めこの計算結果をマップとして記憶しておき、排気ガスガス定数REXと筒内温度TEVCとに応じて求めてもよい。

【0115】

ステップ46では、図24のステップ26で算出された排気ガス比熱比SHEATRと、図25のステップ36で算出された吸気排気圧力比PINBYEXとに基づき、ガス流量算出式圧力差項MRSOLPを次式により算出する。

【0116】

$$MRSOLP = SQRT [SHEATR / (SHEATR - 1) \times \{ PINBYEX ^ (2 / SHEATR) - PINBYEX ^ ((SHEATR + 1) / SHEATR) \}]$$

ステップ47では、図23のステップ21で算出された排気バルブ閉弁時筒内圧力PEVCと、図26のステップ45とステップ46とで算出されたガス流量算出式密度項MRSOLDとガス流量算出式圧力差項MRSOLPとに基づいて、過給無し・チョーク無し時のオーバーラップ中の吹き返し流量MRESOLtmpを次式により算出する。

【0117】

$$MRESOLtmp = 1.4 \times PEVC \times MRSOLD \times MRSOLP$$

10

20

30

40

50

また、ステップ 31 の吹き返しガス流量 $MRESOLtmp$ について、図 27 の過給無し且つチョーク有り時の吹き返しガス流量算出フローを用いて説明する。

【0118】

ステップ 48 では、図 26 のステップ 45 と同じく、ガス流量算出式密度項 $MRSOLD$ を前述の式より算出する。

ステップ 49 では、図 24 のステップ 26 で算出された排気ガス比熱比 $SHEATR$ に基づき、ガス流量算出式チョーク時圧力差項 $MRSOLPC$ を次式により求める。

【0119】

$$MRSOLPC = \text{SQRT} [SHEATR \times \{ 2 / (SHEATR + 1) \} ^ \{ (SHEATR + 1) / (SHEATR - 1) \}]$$

10

なお、制御構成上、累乗計算が困難な場合には、予めこの式の計算結果を、ガス流量算出式チョーク時圧力差項 $MRSOLPC$ マップとして記憶しておき、排気ガス比熱比 $SHEATR$ に応じて求めてもよい。

【0120】

ステップ 50 では、図 23 のステップ 21 で算出された排気バルブ閉弁時筒内圧力 $PEVC$ と、図 27 のステップ 48 で算出されたガス流量算出式密度項 $MRSOLD$ と、ステップ 49 で算出されたチョーク時圧力差項 $MRSOLPC$ に基づいて、過給無し・チョーク有り時のオーバーラップ中吹き返し流量 $MRESOLtmp$ を次式により算出する。

【0121】

$$MRESOLtmp = PEVC \times MRSOLD \times MRSOLPC$$

20

また、ステップ 33 のオーバーラップ中の平均吹き返しガス流量 $MRESOLtmp$ の算出について、図 28 の過給有り・チョーク無し時の吹き返しガス流量算出フローを用いて説明する。

【0122】

ステップ 51 では、図 25 のステップ 40 で算出された排気ガス比熱比 $SHEATR$ と、ステップ 36 で算出された吸気排気圧力比 $PINBYEX$ とに基づき、ガス流量算出式過給時圧力差項 $MRSOLPT$ を次式により求める。

【0123】

$$MRSOLPT = \text{SQRT} [SHEATR / (SHEATR - 1) \times \{ PINBYEX ^ (- 2 / SHEATR) - PINBYEX ^ (- (SHEATR + 1) / SHEATR) \}]$$

30

なお、制御の構成上、累乗計算が困難な場合は、予めこの式の計算結果を、ガス流量算出式過給時圧力差項 $MRSOLPT$ マップとして記憶しておき、排気ガス比熱比 $SHEATR$ と吸気排気圧力比 $PINBYEX$ とに応じて求めてもよい。

【0124】

ステップ 52 では、吸気圧力センサ 10 の信号に基づいて検出された吸気圧力 PIN と、ステップ 51 で算出された過給時圧力差項 $MRSOLPT$ とに基づいて、過給有り・チョーク無し時オーバーラップ中吹き返しガス流量 $MRESOLtmp$ を次式により算出する。

【0125】

$$MRESOLtmp = - 0.152 \times PIN \times MRSOLPT$$

40

ここで、吹き返しガス流量 $MRESOLtmp$ は負の値を示すことで、オーバーラップ中に吸気系から排気系へ吹き抜けるガス流量を表すことができ、これに基づいて内部 EGR 量を減じる。

【0126】

また、ステップ 34 の吹き返しガス流量 $MRESOLtmp$ の算出について、図 29 の過給有り・チョーク有り時オーバーラップ中吹き返しガス流量算出フローを用いて説明する。

【0127】

ステップ 53 では、図 27 のステップ 49 と同じく、ガス流量算出式チョーク時圧力差項

50

M R S O L P C を前述の式またはマップから求める。

ステップ 54 では、吸気圧力 P I N と、ガス流量算出式チョーク時圧力差項 M R S O L P C とに基づいて、過給有り・チョーク有り時のオーバーラップ中吹き返しガス流量 M R E S O L t m p を次式により算出する。

【 0 1 2 8 】

$$M R E S O L t m p = - 0 . 1 0 8 \times P I N \times M R S O L P C$$

ここで、吹き返しガス流量 M R E S O L t m p は負の値を示すことで、オーバーラップ中に吸気側から排気側へ吹き抜けるガス流量を表すことができ、内部 E G R 量を減じることとなる。

【 0 1 2 9 】

ここで、ステップ 30, 31, 33, 34 で、過給の有無とチョークの有無との状態に応じて、吹き返しガス流量 M R E S O L t m p を算出する。そして、前述のステップ 35 でオーバーラップ中吹き返しガス量 M R E S O L を算出した後は、図 22 のステップ 16 からステップ 17 へ進み、前述のステップ 17 で内部 E G R 量 M R E S を算出する。そして、図 21 のステップ 13 からステップ 14 へ進み、前述の内部 E G R 率 M R E S F R を算出して、処理を終了する。

【 0 1 3 0 】

本実施形態によれば、前述の排気圧力推定装置と、この装置に基づいて算出された排気圧力 P E X により排気バルブ閉弁時の筒内圧力 P E V C を算出する手段（ステップ 21）と、排気バルブ閉弁時の排気ガスの温度 T E V C を算出する排気ガス温度算出手段（ステップ 20）と、燃焼空燃比に応じた排気ガス組成のガス定数 R E X を算出するガス定数算出手段（ステップ 19）と、少なくとも筒内圧力 P E V C、排気ガス温度 T E V C、及びガス定数 R E X に基づいて排気バルブ閉弁時の筒内ガス量 M R E S C Y L を算出する手段（ステップ 22）と、排気バルブ開期間と吸気バルブ開期間とのオーバーラップ中の吹き返しガス量 M R E S O L を算出する手段（ステップ 35）と、を備え、筒内ガス量 M R E S C Y L と吹き返しガス量 M R E S O L とに基づいて、内部 E G R 量 M R E S を算出する（ステップ 17）。このため、算出された排気圧力 P E X を用いて、内部 E G R 量 M R E S をより精度良く算出でき、運転性や排気の改善ができる。そして、多次元パラメータを含む制御構築においても、各パラメータに応じて物理式に基づき内部 E G R 量 M R E S を算出するため、容易に構築でき、適合が容易となる。

【 0 1 3 1 】

また本実施形態によれば、オーバーラップ中吹き返しガス量算出手段は、排気ガス温度算出手段（ステップ 20）と、筒内圧力算出手段（ステップ 21）と、ガス定数算出手段（ステップ 19）と、吸気圧力 P I N を算出する手段（ステップ 36）と、排気ガス組成変化に対応した比熱比 S H E A T R を算出する手段（ステップ 26）と、排気バルブ開期間と吸気バルブ開期間とのオーバーラップ中の積算有効面積 A S U M O L を算出する手段（ステップ 24）と、機関回転数 N R P M を算出する手段（ステップ 25）と、過給及びチョークの有無を判定する手段（ステップ 27）と、を含んで構成され、これらの算出値と、排気ガス温度 T E V C、筒内圧力 P E V C、及びガス定数 R E X とに基づいて、オーバーラップ中の吹き返しガス量 M R E S O L を算出する（ステップ 35）。このため、状態量の变化による密度変化やオリフィス通過体積流量変化に対応でき、あらゆる運転状態において精度良く内部 E G R 量 M R E S を算出できる。

【 0 1 3 2 】

また本実施形態によれば、過給及びチョークの判定手段（ステップ 37, 42）は、吸気圧力 P I N と排気バルブ閉弁時筒内圧力 P E V C とに基づいて、吸気排気圧力比 P I N B Y E X を算出する手段（ステップ 36）を備え、排気ガス組成変化に対応した比熱比 S H E A T R を、過給判定手段（ステップ 48）が過給有りとした場合に設定する。このため、全開運転における慣性過給時や、過給機による過給時でも精度良くオーバーラップ中の吹き返しガス量 M R E S O L を算出でき、アイドル運転時などにおいてチョークが発生した場合でも精度良く内部 E G R 量 M R E S を算出できる。

【 0 1 3 3 】

また本実施形態によれば、オーバーラップ中積算有効面積算出手段（ステップ 2 4）は、吸気バルブ開閉タイミングを算出する手段と、排気バルブ開閉タイミングを算出する手段と、からオーバーラップ量を算出し、このオーバーラップ量に応じて有効面積の積算値 $ASUMOL$ を求める。このため、オーバーラップ量に基づいて積算有効面積 $ASUMOL$ を算出でき、物理式による計算を簡略化することができる。

【 0 1 3 4 】

また本実施形態によれば、オーバーラップ中積算有効面積算出手段（ステップ 2 4）は、吸気バルブリフト中の開口面積と排気バルブリフト中の開口面積とのいずれか一方の最小値を積分して、積算有効面積 $ASUMOL$ を算出する。このため、オーバーラップ期間の積算有効面積 $ASUMOL$ を 1 つのオリフィスとして疑似でき、排気系の状態と吸気系の状態とからこのオリフィスを通過する流量を簡略的に算出することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図 1】排気圧力推定装置及び内部 EGR 量推定装置の構成図

【図 2】排気圧力推定モデルを示す図

【図 3】排気圧力算出の制御構成図

【図 4】排気圧力の算出フローチャート

【図 5】排気ガスガス定数算出テーブル

【図 6】平方根算出テーブル

【図 7】実験結果と排気圧力の算出結果との比較図

20

【図 8】圧力損失と体積流量とを示す図

【図 9】全圧力損失の算出結果を示す図

【図 10】レイノルズ数と体積流量とを示す図

【図 11】各パラメータを示す図

【図 12】各部位のレイノルズ数を示す図

【図 13】算出した排気圧力と、実験値による排気圧力との推定誤差率を示す図

【図 14】排気圧力に基づく点火時期・燃料噴射量の制御構成図

【図 15】内部 EGR 率算出手段の制御構成図

【図 16】内部 EGR 量算出手段の制御構成図

【図 17】排気バルブ閉弁時筒内ガス流量算出手段の制御構成図

30

【図 18】オーバーラップ中吹き返しガス量算出手段の制御構成図

【図 19】排気ガス比熱比算出手段の制御構成図

【図 20】過給・チョーク判定手段の制御構成図

【図 21】内部 EGR 率算出フローチャート

【図 22】内部 EGR 量算出フローチャート

【図 23】排気バルブ閉弁時筒内ガス量算出フローチャート

【図 24】オーバーラップ中吹き返しガス量算出フローチャート

【図 25】過給判定・チョーク判定フローチャート

【図 26】過給無し・チョーク無し時オーバーラップ中吹き返しガス流量算出フローチャート

40

【図 27】過給無し・チョーク有り時オーバーラップ中吹き返しガス流量算出フローチャート

【図 28】過給有り・チョーク無し時オーバーラップ中吹き返しガス流量算出フローチャート

【図 29】過給有り・チョーク有り時オーバーラップ中吹き返しガス流量算出フローチャート

【図 30】排気バルブ閉弁時筒内容積算出テーブル

【図 31】オーバーラップ中積算有効面積算出テーブル

【図 32】オーバーラップ中積算有効面積の説明図

【図 33】排気ガス比熱比算出テーブル

50

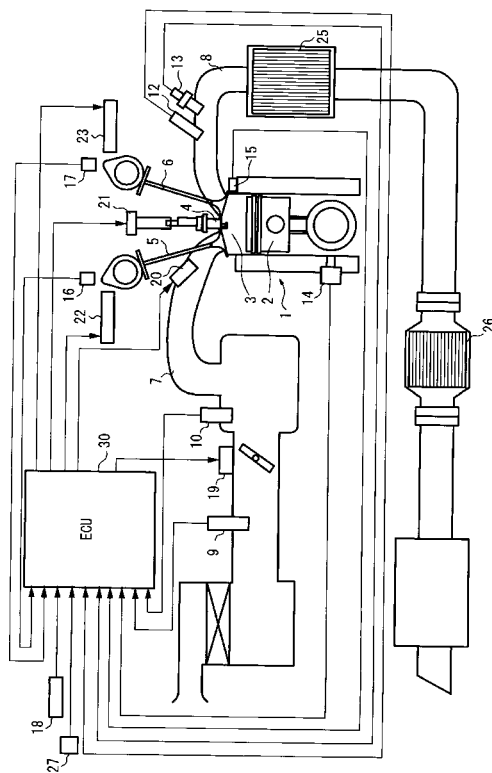
【図 3 4】混合気比熱比算出テーブル

【符号の説明】

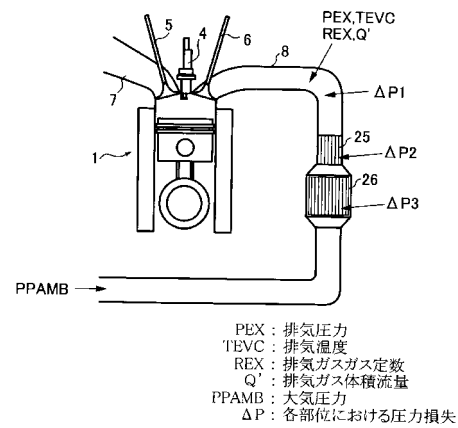
- 1 エンジン
- 5 吸気バルブ
- 6 排気バルブ
- 10 吸気圧力センサ
- 12 排気温度センサ
- 13 O₂ センサ
- 14 クランク角センサ
- 15 水温センサ
- 16 吸気側カム角センサ
- 17 排気側カム角センサ
- 18 アクセル開度センサ
- 25 第 1 触媒
- 26 第 2 触媒
- 27 大気圧力センサ
- 30 ECU

10

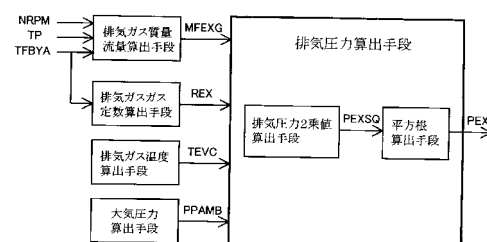
【図 1】



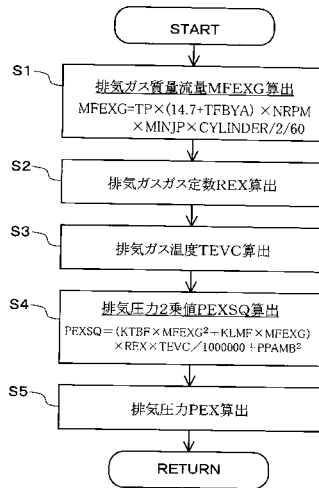
【図 2】



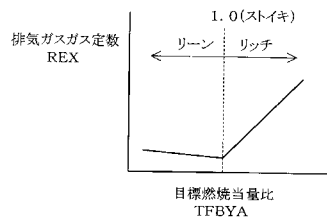
【図 3】



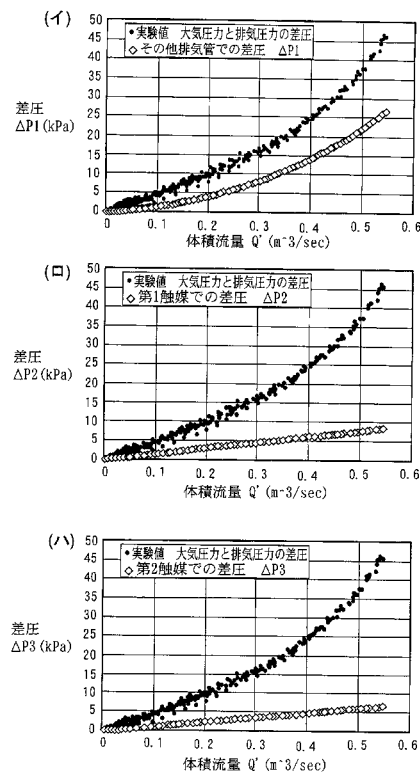
【図 4】



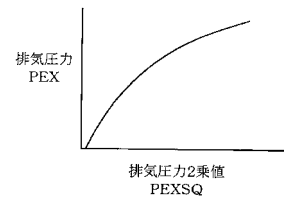
【図 5】



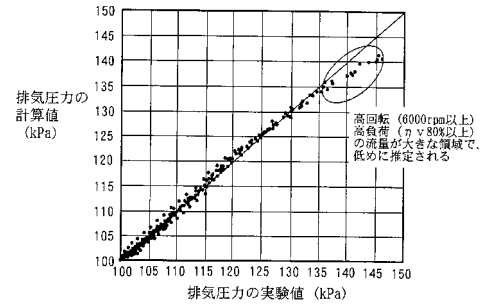
【図 8】



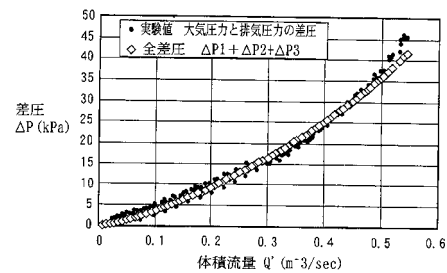
【図 6】



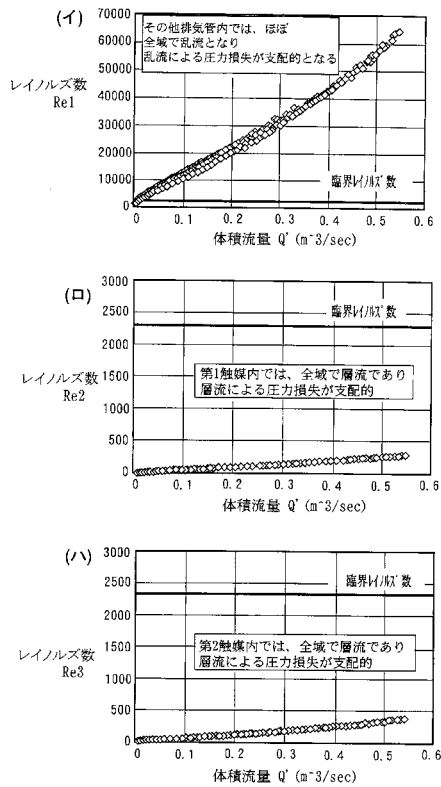
【図 7】



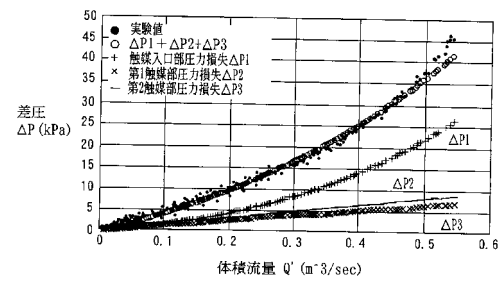
【図 9】



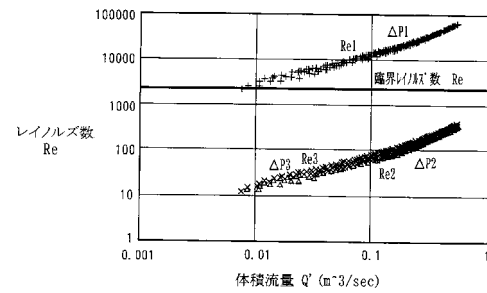
【図10】



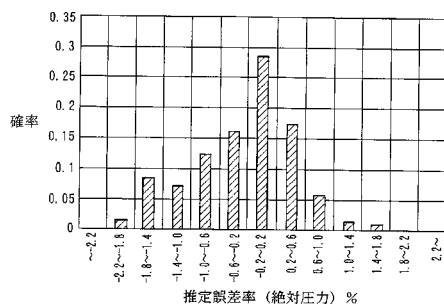
【図11】



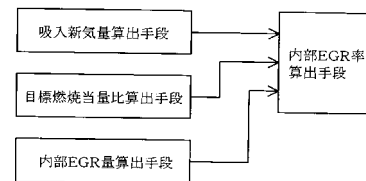
【図12】



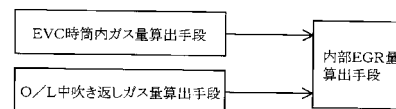
【図13】



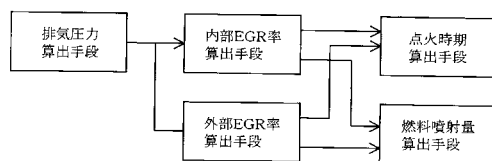
【図15】



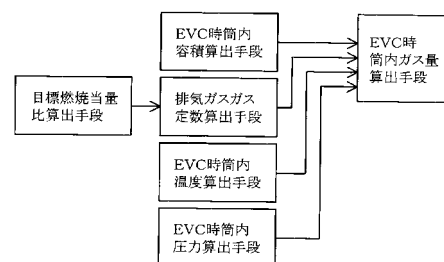
【図16】



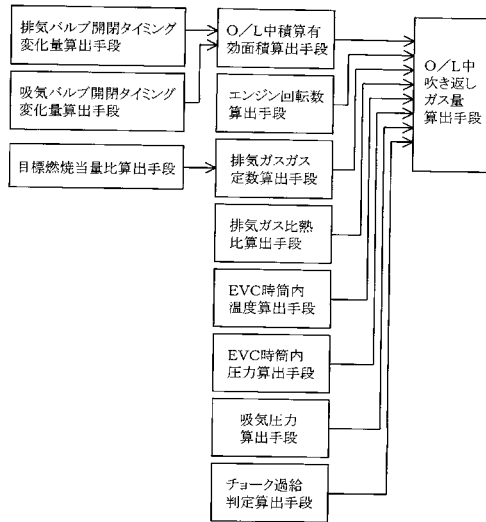
【図14】



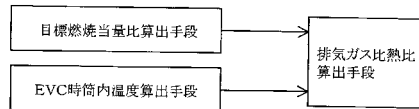
【図17】



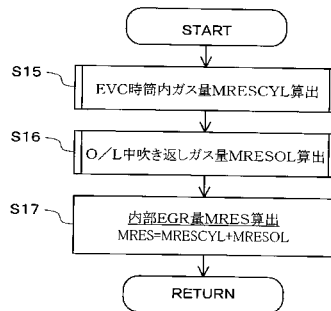
【図 18】



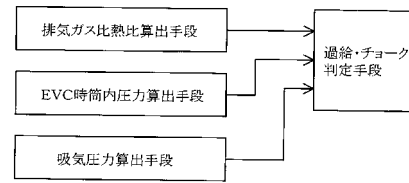
【図 19】



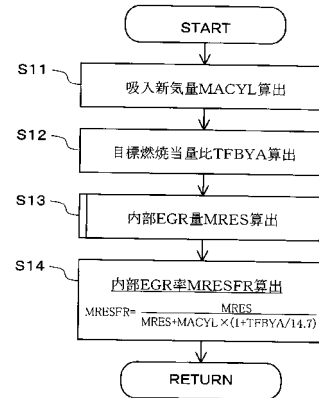
【図 22】



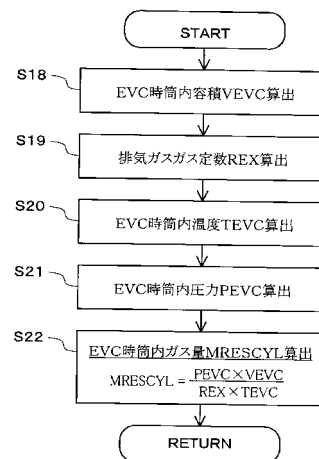
【図 20】



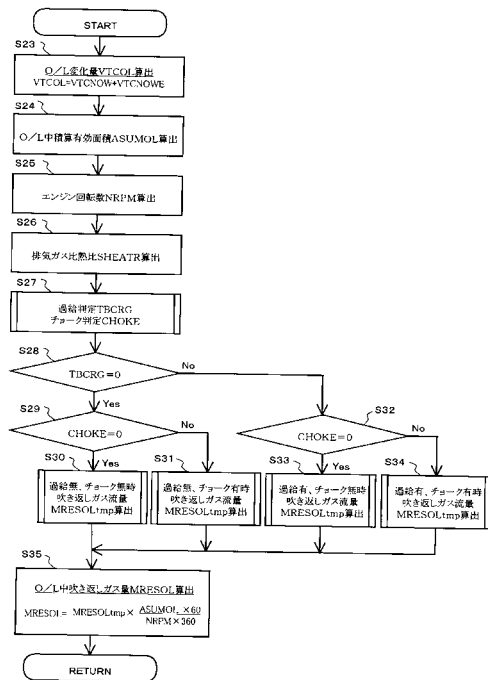
【図 21】



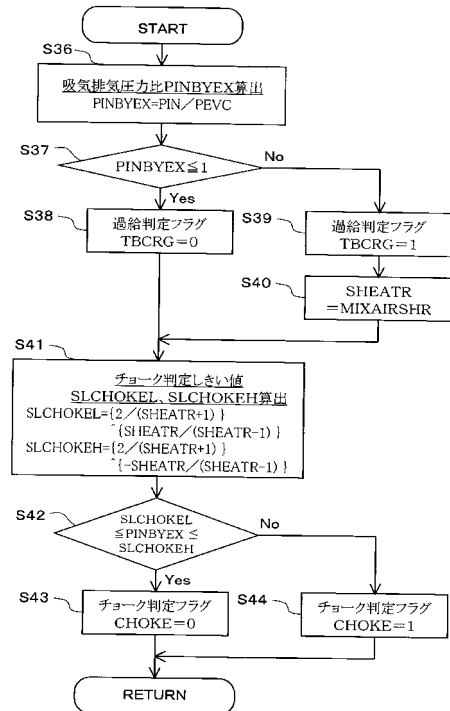
【図 23】



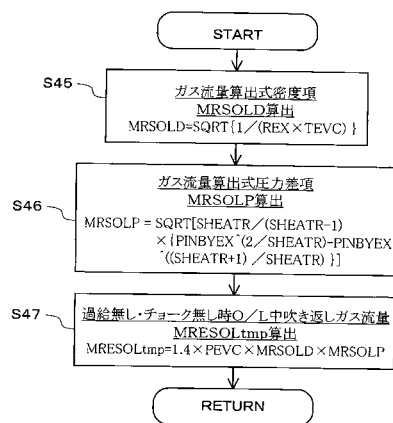
【図24】



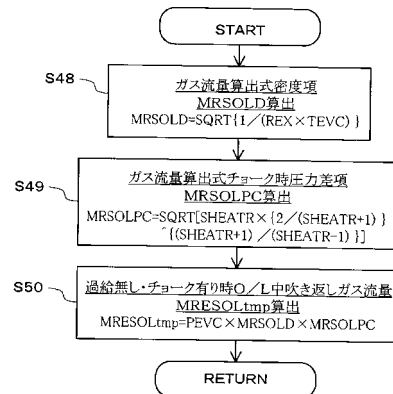
【図25】



【図26】



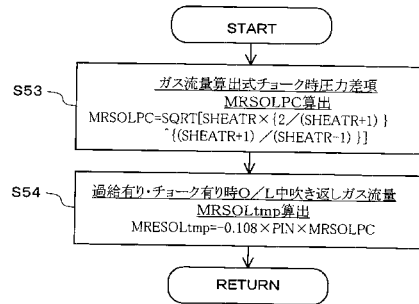
【図27】



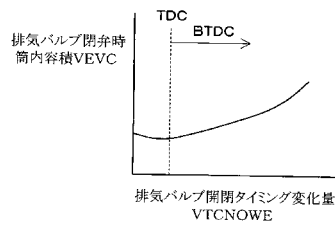
【図28】



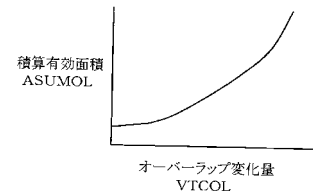
【図 29】



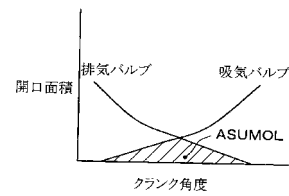
【図 30】



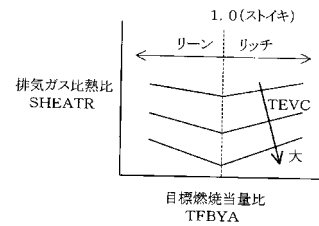
【図 31】



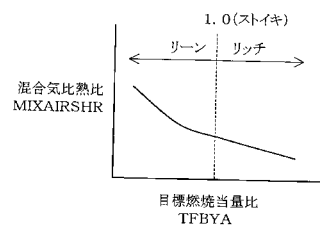
【図 32】



【図 33】



【図 34】



フロントページの続き

審査官 加藤 啓

(56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 3 5 6 1 5 8 (J P , A)
特開平 7 - 3 0 1 1 4 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
F02D 45/00
F02D 13/02