

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6943643号
(P6943643)

(45) 発行日 令和3年10月6日(2021.10.6)

(24) 登録日 令和3年9月13日(2021.9.13)

(51) Int. Cl. F I
F O 2 D 21/08 (2006.01)
 F O 2 D 21/08 3 O 1 G
 F O 2 D 21/08 3 O 1 A

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2017-125947 (P2017-125947)	(73) 特許権者	509186579 日立Astemo株式会社
(22) 出願日	平成29年6月28日(2017.6.28)		茨城県ひたちなか市高場2520番地
(65) 公開番号	特開2019-7460 (P2019-7460A)	(74) 代理人	110000350 ポレール特許業務法人
(43) 公開日	平成31年1月17日(2019.1.17)	(72) 発明者	荒川 貴文 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
審査請求日	令和2年4月16日(2020.4.16)	(72) 発明者	鈴木 邦彦 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72) 発明者	飯星 洋一 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃焼室に接続され、吸入空気を前記燃焼室に供給する吸気通路と、前記吸気通路に接続され、排気ガス(以下、EGRガスと表記する)を再循環させる排気ガス再循環通路と、前記吸気通路と前記排気ガス再循環通路の接続部分より後流の前記吸気通路に配置され吸入空気とEGRガスの混合された混合ガスの流量を制御するスロットルバルブを備えた内燃機関に使用され、前記燃焼室に供給される混合ガスとEGRガスの割合(以下、EGR率と表記する)を推定するEGR率推定手段と、推定されたEGR率を用いて前記燃焼室に設けられた燃料噴射弁から噴射される燃料噴射量を制御する燃料噴射制御手段とを有する制御手段を備えた内燃機関の制御装置において、

前記EGR率推定手段は、

前記吸気通路と前記排気ガス再循環通路の接続部分より後流の前記吸気通路の所定の空間を混合ガスが流れる流線に沿って複数に分割した分割空間を形成し、夫々の前記分割空間に対応して混合ガスのEGR率を推定するための移流方程式に基づく物理モデルを構築し、前記物理モデルによって、先頭の前記分割空間からこれに繋がる後続の前記分割空間のEGR率を順番に推定して前記燃焼室に流入する混合ガスの最終的なEGR率を推定するものであり、

更に前記EGR率推定手段は、

前記所定の空間のガス質量を前記分割空間の個数で除算して、前記分割空間の分割空間ガス質量を演算する分割空間ガス質量演算部と、

10

20

前記所定の空間の今回の演算で求めた入口の流入ガス流量と前回の演算で求めた入口の流入ガス流量である出口の流出ガス流量に基づいて、夫々の前記分割空間における中間ガス流量を演算する中間ガス流量演算部と、

前記中間ガス流量演算部で求められた中間ガス流量とEGR率とから、夫々の前記分割空間の分割空間EGRガス質量を求める分割空間EGRガス質量演算部と、

前記分割空間ガス質量演算部で求められた分割空間ガス質量と、前記分割空間EGRガス質量演算部で求められた分割空間EGRガス質量とに基づいて、混合ガスの新たなEGR率を先頭の前記分割空間から順番に演算する分割空間EGR率演算部と
から構成されていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載の内燃機関の制御装置において、
前記所定の空間は、前記吸気通路の断面積が拡大、或いは縮小する断面積変化部分を境にして設定されている
ことを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項3】

請求項1に記載の内燃機関の制御装置において、
前記分割空間の容積は、それぞれ等しい容積に設定されている
ことを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項4】

請求項1に記載の内燃機関の制御装置において、
前記吸気通路の途中にはインタークーラ、或いはサージタンクが設けられており、前記インタークーラ、或いは前記サージタンクは、単独で前記分割空間として設定されるか、或いは複数の前記分割空間として設定される
ことを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項5】

請求項1に記載の内燃機関の制御装置において、
前記分割空間の分割数は、前記吸気通路の前記所定の空間の容積と前記内燃機関に吸入される最大ガス流量に基づいて設定される
ことを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項6】

請求項1に記載の内燃機関の制御装置において、
前記所定の空間は、前記吸気通路に設けられた前記スロットルバルブを境にして、前記スロットルバルブとEGRガスが導入される領域までの上流空間と、前記スロットルバルブと前記燃焼室の入口までの下流空間とに設定されており、
前記上流空間の最後部の前記分割空間のEGR率が、前記下流空間の先頭部の前記分割空間のEGR率として設定される
ことを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項7】

請求項6に記載の内燃機関の制御装置において
前記制御手段は、前記燃焼室の混合気に点火する点火制御手段を有しており、前記点火制御手段は、前記燃焼室に吸入された混合ガスの最終的なEGR率が大きいほど点火時期を最適点火時期に向けて進角し、最終的なEGR率が小さいほど前記点火時期を遅角する
ことを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項8】

請求項7に記載の内燃機関の制御装置において、
前記点火制御手段は、前記スロットルバルブが閉じられ混合ガス流量が減少された場合において、最終的なEGR率が所定の閾値以上であると所定時間だけこの時の前記点火時期を維持し、最終的なEGR率が前記所定の閾値以下であると最終的なEGR率に基づく補正点火時期によって前記点火時期を調整する
ことを特徴とする内燃機関の制御装置。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は内燃機関の制御装置に係り、特に外部EGRシステムを備えた内燃機関の制御装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

自動車の燃料消費量や排気有害成分に関する規制が強化されており、今後もますます厳しくなる傾向にある。特に燃料消費量については、排出される二酸化炭素が地球温暖化へ与える影響が大きいことから、更に低燃費化が求められている。

10

【0003】

そして、この低燃費化を促進するため、最近では過給機を搭載して内燃機関の圧縮比を高くする傾向にある。しかしながら、圧縮比を高くすると内燃機関の出力が比較的大きい運転条件において、ノッキング等の異常燃焼が発生する可能性が増加する。このため、点火時期を遅くすることで、燃焼室内の温度を低減して異常燃焼を回避することが行われている。

【0004】

しかしながら、点火時期を遅くすると、これに伴って燃費が悪化する課題が発生する。そこで、内燃機関に外部EGRシステムを設け、排気管から吸気管に排気ガスを導入して異常燃焼を抑制しながら、点火時期を適切な値に進角することで燃費を向上させるようにしている。そして、最近では更に排気ガスの導入量を多くすることが求められている。

20

【0005】

一方、多くの排気ガスを吸入管に再導入すると、燃焼変動が発生し易くなり、逆に排気ガス有害成分の増加を招くことになる。したがって、吸気管に再導入される排気ガスの導入量、言い換えれば、EGR率を精度良く推定して、内燃機関に与えられる燃料噴射量、点火時期、EGR量を制御する制御出力信号に反映させてやることが重要である。EGR率を推定する方法として、例えば、特開2001-280202号公報(特許文献1)や特開2004-11618号公報(特許文献2)が知られている。

【0006】

特許文献1には、EGRバルブの前後差圧と、EGRバルブ開度とからEGR流量を精度良く推定できるようにして、排気ガス再循環を高精度で制御できる内燃機関の排気ガス再循環システムが示されている。また、特許文献2には、排気ガスを含む混合ガスの圧縮・膨張を加味した上でブランチ内での混合ガスの移送過程を実状に則して模擬し、内燃機関の運転状態に関わらず、燃焼室内に導入される混合ガスのEGR率を正確に推定する内燃機関のEGR率推定システムが示されている。

30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0007】**

【特許文献1】特開2001-280202号公報

【特許文献2】特開2004-11618号公報

40

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

ところで、外部EGRシステムでは、排気管に備えられた過給機のタービンの下流から排気ガスを取り出し、吸気管に備えられた過給機のコンプレッサの上流に導入する低圧EGRシステムが知られている。この低圧EGRシステムでは、排気ガスが吸気管に導入される箇所から燃焼室までに比較的大きな配管上の距離が存在する。更に、この配管には種々の機器、例えば、スロットルバルブ、インタークーラ、サージタンク等が配置されている。そして、吸入空気や排気ガスは、長い配管を移動する間にスロットルバルブ、インタークーラ、サージタンクを通過することになる。

50

【0009】

このため、特許文献1にあるように、EGR弁開度とEGR弁の上下差圧のみでEGR量を求める方法では、内燃機関の動作領域が様々に変化する過渡時のEGR率の推定精度が悪化するという課題を有している。また、特許文献2にあるように、吸気管を分割する方法はEGR率の推定精度の向上を図れるが、EGR率を圧力変化によって補正しながら上流から移動させる場合では、実際の過渡におけるEGR率の推定精度としては不十分であるという課題を有している。

【0010】

本発明の目的は、過渡時のEGR率を高精度に推定することが可能な内燃機関の制御装置を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の特徴は、吸入空気とEGRガスの混合ガスが流れる流線に沿って吸気通路の基準空間を複数に分割して分割空間を形成し、夫々の分割空間に対応して混合ガスのEGR率を推定するための移流方程式に基づく物理モデルを構築し、この物理モデルによって、先頭の分割空間からこれに繋がる分割空間のEGR率を順番に推定して燃焼室に流入するEGR率を推定する、ところにある。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、内燃機関の運転状態が種々変化する過渡状態においても、高精度にEGR率を推定することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明が適用される内燃機関システムの構成を示す構成図である。

【図2】図1に示す制御手段を機能ブロックで示した機能ブロック図である。

【図3】本発明の基礎となる分割空間毎のEGR率を推定する物理モデルを説明する説明図である。

【図4】本発明の第1実施形態になる、EGR率推定の物理モデルの機能ブロックを示すブロック図である。

【図5】図4に示す機能ブロックを実行し、上流基準空間でのEGR率を求める制御フローを示すフローチャート図である。

30

【図6】図4に示す機能ブロックを実行し、下流基準空間でのEGR率を求める制御フローを示すフローチャート図である。

【図7】従来のEGR率推定方法と本実施形態になるEGR率推定方法を比較した比較図である。

【図8】燃料噴射量と点火時期の演算を行う機能ブロックを示すブロック図である。

【図9】本実施形態になるEGR率推定方法を用いて、燃料噴射量を制御する場合の制御フローを示すフローチャート図である。

【図10】本実施形態になるEGR率推定方法を用いて、点火時期を制御する場合の制御フローを示すフローチャート図である。

40

【図11】吸入ガスEGR率と補正点火時期の関係を示すデータテーブルの特性図である。

【図12】過渡時における、EGR率、点火時期、及び燃料噴射量の時間的変化を示す特性図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて詳細に説明するが、本発明は以下の実施形態に限定されることなく、本発明の技術的な概念の中で種々の変形例や応用例をもその範囲に含むものである。

【実施例1】

50

【 0 0 1 5 】

図 1 は本発明が適用される内燃機関システムの構成を示している。図 1 において、内燃機関 1 は火花点火式内燃機関である。図 1 において、空気流量を計測する質量流量計 2 と、吸気圧を調整する圧力調整バルブ 3 と、吸入空気と排気ガスの混合ガスの流量を調整するスロットルバルブ 4 と、混合ガスを圧縮する過給機のコンプレッサ 5 b が、吸気通路 6 の各々の適宜位置に備えられている。

【 0 0 1 6 】

また、燃焼室 7 の中に燃料を噴射する燃料噴射弁 8 と、点火エネルギーを供給する点火プラグ 9 とが、内燃機関 1 の各々の適宜位置に備えられている。更に、排気ガスのエネルギーを利用してコンプレッサ 5 a を駆動するタービン 5 b と、排気ガスを浄化する三元触媒 10 と、空燃比検出器の一態様であって第 1 三元触媒 10 の上流側にて排気ガスの空燃比を検出する空燃比センサ 11 とが排気管 12 の各々の適宜位置に備えられている。尚、空燃比センサ 11 は酸素濃度センサとしても良いものである。

【 0 0 1 7 】

また、第 1 三元触媒 10 の下流には排気通路 13 が接続されており、排気通路 13 には第 2 三元触媒 14 が適宜位置に備えられている。更に、排気通路 13 の第 2 三元触媒 14 より上流から還流用排気ガス(以下、EGR ガスと表記する)を取り出す EGR 配管 15 が分岐している。EGR 配管 15 には、EGR を冷却する EGR クーラ 16 と、EGR ガスを調整する EGR バルブ 17 と、EGR バルブ前後の圧力を計測する圧力センサ 18 が、適宜位置に備えられている。

【 0 0 1 8 】

空燃比センサ 11 から得られる検出信号と、質量流量計 2 から得られる検出信号と、吸気管圧力センサ(図示せず)から得られる検出信号は、コントロールユニット(以下、ECU と表記する) 19 に送られる。同様に、アクセルペダルの踏込量、すなわちアクセル開度を検出するアクセル開度センサ 20 から得られる信号も ECU 19 に送られる。

【 0 0 1 9 】

ECU 19 は、アクセル開度センサ 20 の検出信号や各種センサ信号に基づいて要求トルクを演算する。すなわち、アクセル開度センサ 20 は内燃機関 1 への要求トルクを検出する要求トルク検出センサとして用いられる。ECU 19 は上述した各種センサの出力から得られる内燃機関 1 の運転状態に基づいて、圧力調整バルブ 3 の開度、スロットルバルブ 4 の開度、燃料噴射弁 8 の噴射パルス期間、点火プラグ 9 の点火時期、吸気バルブ 21 a および排気バルブ 21 b の開閉時期、EGR バルブ 17 の開度などの内燃機関 1 の主要な作動量を適切に演算する。

【 0 0 2 0 】

ECU 19 で演算された燃料噴射パルス期間は、燃料噴射弁 8 の開弁パルス信号に変換されて燃料噴射弁 8 に送られる。また、ECU 19 で演算された圧力調整バルブ 3 の開度は、圧力調整バルブ駆動信号として圧力調整バルブ 3 へ送られる。以下、同様にして ECU 19 で演算されたスロットルバルブ 4 の開度は、スロットルバルブ駆動信号としてスロットルバルブ 4 へ送られ、点火プラグ 9 の点火時期信号は、点火プラグ 9 へ送られ、EGR バルブ 17 の開度は、EGR バルブ駆動信号として EGR バルブ 17 へ送られる。

【 0 0 2 1 】

インタークーラ 22、吸気通路 6、サージタンク 23 を通って吸気バルブ 21 a を経て燃焼室 7 内に流入した混合ガスに対して、燃料が燃料タンクから図示していない燃料ポンプを経て燃料噴射弁 8 から噴射され、燃焼室 7 内に混合気を形成する。混合気は所定の点火時期で点火プラグ 9 から発生される火花により着火、燃焼し、その燃焼圧によりピストンを押し下げて内燃機関 1 の駆動力となる。

【 0 0 2 2 】

燃焼後の排気ガスは、排気バルブ 21 b、及び排気管 12、タービン 5 b を経て第 1 三元触媒 10 に送られ、第 1 三元触媒 10 内で NOx、CO、HC 成分が浄化された後、排気通路 13 を経て第 2 三元触媒 14 で再度浄化されて外部に排出される。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

また、排気ガスの一部は、EGRガスとしてEGR配管15、EGRクーラ16、EGRバルブ17を経て吸気通路6に導入され、この導入領域で吸入空気とEGRガスとが合流される。吸入空気とEGRガスからなる混合ガスは、吸気通路6の形状に倣った流線に沿って流れて燃焼室7の入口に到達して燃焼室に吸入されるようになる。

【 0 0 2 4 】

図2は、本実施形態に用いられるECU19の機能ブロックを示している。質量流量計2、空燃比センサ11、及びアクセル開度センサ20等の各センサの検出信号は、ECU19の入力回路19aに入力される。但し、入力信号はこれらに限定されるものではない。入力された各センサからの検出信号は、入出力ポート19b内の入力ポートに送られる。入出力ポート19bに送られた検出信号の値は、ランダムアクセスメモリ(RAM)19cに一時記憶され、CPU19eで演算処理される。このとき、入力回路19aに送られる検出信号のうち、アナログ信号で入力される検出信号は、入力回路19aに設けられたA/D変換器によりデジタル信号に変換される。

10

【 0 0 2 5 】

演算処理内容を記述した制御プログラムは、リードオンリーメモリ(ROM)19dに予め書き込まれている。制御プログラムに従って演算された各アクチュエータの作動量を示す値は、RAM19cに一次記憶された後、入出力ポート19bの出力ポートに送られ、各駆動回路を経て各アクチュエータに送られる。

20

【 0 0 2 6 】

本実施形態の場合は、駆動回路として圧力調整バルブ駆動回路19f、スロットルバルブ駆動回路19g、可変バルブ機構(VTC)駆動回路19h、燃料噴射弁駆動回路19i、点火信号出力回路19j、及びEGRバルブ駆動回路19kが備えられている。各駆動回路は、圧力調整バルブ3、スロットルバルブ4、燃料噴射弁8、点火プラグ9、EGRバルブ17、及び吸、排気バルブ21a、21b等を制御する。本実施形態のECU19は、内部に上述した駆動回路を備えているが、本実施形態はこれに限るものではなく、駆動回路のいずれか或いは全てをECU19とは別に、各アクチュエータ等に一体化して外部に設けても良いものである。

【 0 0 2 7 】

以上のような構成を備える内燃機関の制御装置において、次に本発明の第1の実施形態の具体的な構成等について説明する。図3は、本実施形態におけるEGR率を高精度に推定する考え方を説明するための概要を示している。

30

【 0 0 2 8 】

本実施形態の基礎となる考え方は、EGRガスが吸気通路6を流れる際のEGRガスの移送状態を、吸気通路6の分割空間毎に物理モデルで記述してEGR率を推定するものであり、その物理モデルは、移流方程式を基礎として構築されている。

【 0 0 2 9 】

図3において、本実施形態では、まずスロットルバルブ4を境にして上流側空間と下流空間の2つに分割した演算領域を設定している(演算領域を形成する空間は、後述するように複数に分割された空間(分割空間)を形成する基準となるので、以下では基準空間と表記する)。そして、この2つの領域を、それぞれ上流基準空間BSuと、下流基準空間BSdとする。上流基準空間BSuは、基本的にはEGRガスの合流部からスロットルバルブ4までに設定されるが、図3では便宜的にコンプレッサ5aからスロットルバルブ4までとしている。したがって、EGRガスの合流部からコンプレッサ5aまでの領域を新たな基準空間として追加しても良いものである。更に、下流基準空間BSdは、基本的にはスロットルバルブ4から燃焼室7の入口までに設定されている。

40

【 0 0 3 0 】

そして、それぞれの基準空間BSu、BSdに存在する混合ガスのガス圧力、ガス温度、ガス質量を演算し、それぞれの基準空間BSu、BSdの各演算領域から流出する混合ガス流量を演算する。ここで求めた基準空間BSu、BSdに存在する混合ガスのガス圧

50

力、ガス温度、ガス質量は以下に説明する中間ガス流量とEGR率を求めるのに使用されるパラメータである。

【0031】

更に、本実施形態では、それぞれの基準空間BSu、BSdを、複数個の分割空間USu1~USun、分割空間USd1~USdn、に分割して設定する。そして、それぞれの基準空間BSu、BSdの分割空間USu1~USun、分割空間USd1~USdnの間を通過する混合ガスの中間流量とEGR率を、基準上流空間BSuの先頭分割空間USu1から順番に演算することで、EGRガスが燃焼室7まで到達する遅れを推定する。尚、図3に示した分割空間の境に示す「白抜き矢印」は、分割空間毎の中間ガス流量を示し、また、分割空間に示す「格子模様」は、或る時刻でのEGR率を示している。

10

【0032】

図3に示す、「R1LDIV[k]」、「R2LDIV[k]」はEGR率を示し、「R1LDIV[k]」は上流基準空間BSu、「R2LDIV[k]」は下流基準空間BSdの各分割空間のEGR率を示している。同様に、「DG1LDIV[k]」、「DG2LDIV[k]」は中間ガス流量を示し、「DG1LDIV[k]」は上流基準空間BSu、「DG2LDIV[k]」は下流基準空間BSdの各分割空間の中間ガス流量を示している。ここで、[k]は、上流側から付与した分割空間の分割位置を示す番号である。また、「DGCYL」は、最終的に燃焼室に吸入される燃焼室吸入ガス流量を示している。

【0033】

ここで、EGRガスが流れるのは、EGR配管15と吸気通路6の合流領域から燃焼室7の入口(吸気バルブの配置位置)の間である。したがって、この範囲で基準空間BS、分割空間USを分割すれば良いものである。

20

【0034】

そして、基準空間BSの分割位置は、スロットルバルブ4、インタークーラ22、サージタンク23等の境界を分割位置とすることができる。スロットルバルブ4の配置領域では、吸気通路6の断面積が可变的に調整され、インタークーラ22、サージタンク23の配置領域では、吸気通路6の断面積が拡大されるので、これらを境として基準空間を分割すれば、演算精度が向上して望ましいものである。つまり、吸気通路6の断面積が拡大、或いは縮小する「断面積変化部分」を分割点とすれば良いものである。このように、実際の吸気通路6の形状に合わせて分割を行うことで、実際のEGR率の変動状況を模擬することができ、EGR率を高精度に推定することが可能となる。

30

【0035】

更に、基準空間を分割空間に分割する場合は、基本的には夫々の分割空間を等しい容積(等容積)にして分割するのが望ましい。ただ、インタークーラ22は、単一の分割空間として取り扱うのが望ましく、また、サージタンク23は複数の分割空間として取り扱うのが望ましい。ただ、これらは、吸気通路6の形態によって変わるので、インタークーラ22を複数の分割空間としたり、サージタンク23を単一の分割空間として取り扱っても良いものである。

【0036】

また、分割空間の分割数は、吸気通路6の容積と、内燃機関に吸入される最大ガス流量に基づいて設定することも可能である。例えば、吸気通路6の容積が大きく、且つ最大ガス流量が多いほど分割空間の分割数が多く設定されるものである

40

次に、これらの考え方を基に、本実施形態の具体的なEGR率の推定方法を図4~図7に基づき説明する。

【0037】

図4は、本実施形態における演算ブロックを示しており、特にスロットルバルブ4の上流の上流基準空間BSuにおける演算ブロックを示している。図4に示す演算ブロックにおける各演算の詳細は、図5に示す制御フローで説明するので、図4においては、簡単に演算ブロックの説明を行なう。ここで、図4でガス流量やEGR率に「z」の符号を付しているのは、前回の演算周期で求められることを意味している。

50

【 0 0 3 8 】

尚、スロットルバルブ 4 の下流の下流基準空間 B S d における演算ブロックは、図 4 に示す流入ガス流量を圧縮機通過流量から燃焼室吸入ガス流量に変更し、第 n 分割空間 E G R 率演算部で演算した E G R 率の適用先を、スロットルバルブ上流 E G R 率から吸入ガス E G R 率に変更したものであり、内部の演算処理は同一のため省略している。

【 0 0 3 9 】

図 4 において、スロットル上流流入ガス流量演算部 2 5 は、質量流量計 2 によって計測された空気流量と、E G R バルブ 1 7 を通過する E G R ガス流量から流入ガス流量を演算する。この流入ガス流量はスロットル上流圧力/温度/質量演算部 2 6 に入力され、スロットル上流圧力/温度/質量演算部 2 6 によって、上流基準空間のガス圧力、ガス温度、ガス質量が演算される。更に、ガス圧力、ガス温度、ガス質量はスロットルガス流量演算部 2 7 に入力されて、スロットルバルブ 4 を通過するスロットルガス流量が演算される。以上は、図 5 に示すステップ S 5 0 5 ~ ステップ S 5 0 7 に対応している。

10

【 0 0 4 0 】

また、スロットル上流流入ガス流量演算部 2 5 で演算された流入ガス流量と、先の演算タイミングで求められたスロットルガス流量は流出ガス流量として、中間ガス流量演算部 2 8 に入力される。中間ガス流量演算部 2 8 では、分割空間毎の中間ガス流量を演算している。以上は、図 5 に示すステップ S 5 0 8 に対応している。

【 0 0 4 1 】

中間ガス流量演算部 2 8 からの中間ガス流量は、第 1 分割空間 E G R 質量演算部 2 9、第 2 分割空間 E G R 質量演算部 3 0、第 n 分割空間 E G R 質量演算部 3 1 に順次入力されていき、混合ガスの移動方向に沿って分割空間毎の E G R ガス質量が順番に演算される。夫々の分割空間 E G R 質量演算部 2 9 ~ 3 1 には、先の演算タイミングで求められた夫々の分割空間 E G R 率が入力され、中間ガス流量に E G R 率を乗算して E G R 質量を演算している。以上は、図 5 に示すステップ S 5 0 9 に対応している。

20

【 0 0 4 2 】

夫々の分割空間 E G R 質量演算部 2 9 ~ 3 1 からの E G R ガス質量は、第 1 分割空間 E G R 率演算部 3 2、第 2 分割空間 E G R 率演算部 3 3、第 n 分割空間 E G R 率演算部 3 4 に順次入力されて、混合ガスの移動方向に沿って分割空間毎の新たな E G R 率が順番に演算される。夫々の分割空間 E G R 率演算部 3 2 ~ 3 4 には、スロットル上流圧力/温度/質量演算部 2 6 に求められた、ガス圧力、ガス温度、ガス質量が入力され、現在の混合ガス質量と E G R ガス質量から E G R 率を演算している。

30

【 0 0 4 3 】

そして、最終的に第 n 分割空間 E G R 率演算部 3 3 で演算された E G R 率が、スロットルバルブ上流の現在の E G R 率として確定されるようになる。以上は、図 5 に示すステップ S 5 1 0 ~ S 5 1 3 に対応している。

【 0 0 4 4 】

以上に述べた演算ブロックは、実際にはマイクロコンピュータで実行されるものであり、次にこの具体的な制御フローを図 5 に基づき説明する。図 5 に示す制御フローは、過給機のコンプレッサ 5 a からスロットルバルブ 4 に至るまでの吸気通路 6 における、上流基準空間 B S u の E G R 率の推定方法について示している。尚、演算に使用するパラメータの表示において、「 1 」を付与しているのは、上流基準空間であることを表している。これに対して、図 6 においては、下流基準空間であるので「 2 」を付与している。

40

【 0 0 4 5 】

まず、ステップ S 5 0 1 では、E G R 制御実行フラグが「 O N 」かどうかの判定を行う。E G R 制御実行フラグが「 O F F 」の場合、ステップ S 5 0 2 に進み、最下流の分割空間の E G R 率「 R 1 L D I V n 」を「 0 」に設定し、ステップ S 5 1 3 に移行する。一方、E G R 制御実行フラグが「 O N 」の場合、ステップ S 5 0 3 に移行する。

【 0 0 4 6 】

ステップ S 5 0 3 では、E G R バルブ開度「 E G R S T M 」と E G R バルブ前後圧「 L

50

「PDP1PMS」からEGRバルブ通過EGR流量「DGEGRV」を演算する。EGRバルブ通過EGRガス流量が求まると、ステップS504に移行する。

【0047】

ステップS504では、質量流量計2を用いて圧力調整バルブ3を通過する空気流量「DGAFS」を計測する。空気流量が求まると、ステップS505に移行する。

【0048】

ステップS505では、EGRバルブ通過EGRガス流量「DGEGRV」と空気流量「DGAFS」を合計し、圧力調整バルブ3の上流の流入ガス流量(=圧縮機通過ガス流量)「DGIN1」を算出する。流入ガス流量「DGIN1」が求まると、ステップS506に移行する。

10

【0049】

ステップS506では、流入ガス流量「DGIN1」と先の演算周期で演算したスロットルバルブ4の通過ガス流量「DGTHVZ」を用いて、過給機のコンプレッサ5aとスロットルバルブ4の間の吸気通路6(以下、上流基準空間)における、ガス圧力「PTHVU」、ガス温度「TTHVU」、ガス質量「MTHVU」を演算する。ガス圧力「PTHVU」、ガス温度「TTHVU」、ガス質量「MTHVU」が求まると、ステップS507に移行する。

【0050】

ステップS507では、ガス圧力「PTHVU」、ガス温度「TTHVU」、ガス質量「MTHVU」を用いて現在のスロットルバルブ4の通過ガス流量「DGTHV」を演算する。尚、ステップS506、S507の演算は公知の方法で良いため、詳細な説明は省略する。スロットルバルブ4の通過ガス流量「DGTHV」が求まると、ステップS508に移行する。

20

【0051】

ステップS508では、以下の(1)式に基づき、流入ガス流量「DGIN1」、スロットルバルブ4の通過ガス流量「DGTHV」を用いて、上流基準空間の分割空間の中間ガス流量「DGILDIV[k]」を演算する。

【0052】

【数1】

$$DGILDIV[k] = \frac{(n-k)}{n} DGIN1 + \frac{k}{n} DGTHV \dots\dots\dots(1)$$

30

【0053】

ここで、(1)式中の「n」は分割空間の分割数、「k」は各分割空間の分割位置を示す番号である。つまり、(1)式は、k=1~nまでの各分割空間の現在の中間ガス流量「DGILDIV[k]」の演算を順番に実行するものである。中間ガス流量「DGILDIV[k]」が求まると、ステップS509に移行する。

【0054】

ステップS509では、以下の(2)式に基づき、中間ガス流量「DGILDIV[k]」と先の演算周期で演算した分割空間のEGR率「RILDIVZ[k]」を用いて、現在の分割空間のEGR質量「MEGRILDIV[k]」を演算する。尚、上述のパラメータの「Z」は、前回の演算周期での演算値であることを示し、また、(2)式の[k-1]は、演算対象の分割空間の上流の分割空間の値を意味するものである。

40

【0055】

【数2】

$$MEGRILDIV[k] = \sum (DGILDIV[k-1] \times RILDIVZ[k-1] - DGILDIV[k] \times RILDIVZ[k]) \dots\dots(2)$$

【0056】

分割空間のEGR質量「MEGRILDIV[k]」が求まると、ステップS510に移

50

行する。

【 0 0 5 7 】

ステップ S 5 1 0 では、以下の(3)式に基づき、ステップ S 5 0 6 で求めたガス質量「M T H V U」を分割数「n」で分割(= 除算)して、分割空間のガス質量「M A L L 1 L D I V」を演算する。

【 0 0 5 8 】

【 数 3 】

$$MALLILDIV = MTHVU \div n \dots \dots (3)$$

10

【 0 0 5 9 】

分割空間のガス質量「M A L L 1 L D I V」が求まると、ステップ S 5 1 1 に移行する。

【 0 0 6 0 】

ステップ S 5 1 1 では、分割空間の E G R 質量「M E G R 1 L D I V」と分割空間のガス質量「M A L L 1 L D I V」を用いて、分割空間の E G R 率「R 1 L D I V [k]」を演算する。分割空間の E G R 率「R 1 L D I V [k]」が求まると、ステップ S 5 1 2 に移行する。

【 0 0 6 1 】

ステップ S 5 1 2 では、すべての分割空間における E G R 率「R 1 L D I V [k]」が演算されたか判定を行う。すなわち「k = 1」から「k = n」までの分割空間の E G R 率「R 1 L D I V [k]」がすべて演算されていれば処理を終了する。演算されていない分割空間が存在すれば、該当の分割空間でステップ S 5 0 8 から S 5 1 1 の処理を実行する。上述したステップ S 5 0 2、又はステップ S S 5 1 2 の処理が終了すると、ステップ S 5 1 3 に移行する。

20

【 0 0 6 2 】

ステップ S 5 1 3 では、最下流の分割空間の E G R 率「R 1 L D I V 「n」」をスロットルバルブ 4 の上流基準空間の E G R 率「R T H V」として、今回の演算周期での処理を終了し、次の演算周期以降、同様の処理を E C U 1 9 が停止するまで繰り返すことになる。

30

【 0 0 6 3 】

以上の説明は、スロットルバルブ 4 より上流の上流基準空間 B S u に関するものであるが、次にスロットルバルブ 4 より下流の下流基準空間 B S d に関する説明を行なうことにする。図 6 に示す制御フローは、スロットルバルブ 4 から燃焼室 7 に至るまでの吸気通路 6 における、下流基準空間 B S d の E G R 率の推定方法について示している。尚、演算に使用するパラメータの表示において、上述した通り「2」を付与しているのは、下流基準空間であることを表している。

【 0 0 6 4 】

ステップ S 6 0 1 では、図 5 のステップ S 5 0 1 と同じ判定処理を実行する。E G R 実行フラグが「O F F」の場合は、ステップ S 6 0 2 に移行して E G R 率を「0」としてステップ S 6 1 1 に移行する。一方、E G R 制御実行フラグが「O N」の場合は、ステップ S 6 0 3 に移行する。

40

【 0 0 6 5 】

ステップ S 6 0 3 では、先の演算周期に演算したスロットルバルブ通過ガス流量「D G T H V Z」、燃焼室吸入ガス流量「D G C Y L Z」を読み出し、ステップ S 6 0 4 に移行する。尚、上述のパラメータの「Z」は、前回の演算周期での演算値であることを示している。

【 0 0 6 6 】

そして、ステップ S 6 0 4 からステップ S 6 1 0 は、図 5 のステップ S 5 0 6 からステップ S 5 1 2 の演算における、流入ガス流量「D G I N 1」をスロットルバルブ通過ガス

50

流量「D G T H V Z」に変更し、スロットルバルブ通過ガス流量「D G T H V Z」を燃焼室吸入ガス流量「D G C Y L」に変更した処理と同じのため、詳細な説明は省略する。

【0067】

尚、ステップS605では、ステップS604で求めたガス圧力「P I M A N I」、ガス温度「T I M A N I」、ガス質量「M I M A N I」、吸気バルブ開時期「I V T C」、排気バルブ開時期「E V T C」、回転数「N E」から燃焼室吸入ガス流量「D G C Y L」を算出している。尚、ステップS604、S605の演算は公知の方法で良いため、詳細な説明は省略する。上述したステップS602、又はステップS S 6 1 0の処理が終了すると、ステップS611に移行する。

【0068】

ステップS611では、最下流の分割空間のEGR率「R 2 L D I V 「n」」をスロットルバルブ4の下流基準空間の燃焼室7に吸入される吸入ガスEGR率「R C Y L」として、今回の演算周期での処理を終了し、次の演算周期以降、同様の処理をE C Uが停止するまで繰り返すことになる。

【0069】

図5、図6からわかるように、吸気通路を複数に分割し、分割空間の中間ガス流量と基準空間の流量から演算して、順番にEGR率を演算することで、EGR率の過渡応答を高精度に推定することが可能となる。

【0070】

図7は、従来のEGR率推定方法と本実施形態になるEGR率推定方法による推定結果を比較したものである。図7の(A)、及び(B)は、従来の推定方法でEGR率を推定した結果を示し、図7の(C)は、本実施形態の推定方法でEGR率を推定した結果を示している。

【0071】

尚、それぞれの図の上側はEGR率の変化を示し、実線が実際のEGR率を示し、破線が推定EGR率を示している。また、下側はスロットルバルブ及びEGRバルブの開度変化を示している。実際は異なるバルブだが、ここでは同時に閉じた場合を示すため、重ねて1本の実線で示している。

【0072】

図7の(A)、(B)、(C)において、EGRバルブが開かれると、EGRガスが遅れを伴い基準空間の出口に到達する。このため、EGR率は基準空間の入口と出口で異なる変化となる。更に、出口ではEGRガスが滞留してEGR率の上昇が生じる等の入口とは異なる変化となっている。

【0073】

そして、図7の(A)では、基準空間の代表EGR率を推定するものであるため、入口と出口の区別がなく応答の遅れを模擬することができないものである。そこで、図7の(B)では、遅れを時定数で設定したものであるが、この場合は、出口での滞留状態を推定することができないものである。

【0074】

一方、本実施形態のEGR率推定方法においては、移流方程式を利用して、基準空間のガス流量から中間ガス流量を演算し、その結果を用いてEGR率の推定演算を行うことで、実際のEGR率の遅れの挙動を模擬することが可能となり、正確なEGR率を推定することができるようになる。

【実施例2】

【0075】

上述した第1の実施形態は、正確なEGR率の推定を行なう推定方法を提案したものであるが、本発明の第2の実施形態では、演算した燃焼室吸入ガス流量「D G C Y L」と吸入ガスEGR率「R C Y L」を用いて燃料噴射量、及び点火時期を補正する制御を提案するものである。

【0076】

10

20

30

40

50

図 8 は、燃料噴射量と点火時期の演算を行う機能ブロックを示しており、燃焼室吸入ガス流量「DGCYL」と吸入ガスEGR率「RCYL」が、吸入空気流量演算部 40 に入力され、燃焼室内の吸入空気量を演算する。求められた吸入空気量は、燃料噴射量演算部 41 と基準点火時期演算部 42 に入力される。

【0077】

また、燃料噴射量演算部 41 には、回転数やこれ以外の種々の補正情報も入力されており、これらを基に燃料噴射量が演算される。また、基準点火時期演算部 42 には、回転数が入力されており、これを基に基準点火時期が演算される。また、吸入ガスEGR率「RCYL」と回転数が進角点火時期演算部 43 に入力され、点火時期の補正点火時期を演算する。基準点火時期と補正点火時期は点火時期演算部 44 に入力されて、最終的な点火時期が演算される。尚、燃料噴射量や点火時期は、上述した入力情報だけでなく、種々の補正情報によって補正されることはいうまでもない。

10

【0078】

次に、以上に述べた演算ブロックの具体的な制御フローを図 9、図 10 に基づき説明する。図 9 は、燃料噴射量を制御する場合の制御フローを示しており、図 10 は、点火時期を制御する場合の制御フローを示している。まず、燃料噴射量を制御する場合の制御フローを説明する。

【0079】

ステップ S901 では、以下の(4)式に基づいて、吸入ガスEGR率「RCYL」と、燃焼室吸入ガス流量「DGCYL」を用いて吸入空気流量「DGCYL AIR」を演算する。

20

【0080】

【数 4】

$$DGCYL AIR = DGCYL \times (1 - RCYL) \dots \dots \dots (4)$$

【0081】

吸入空気流量「DGCYL AIR」が求まると、ステップ S902 に移行する。

【0082】

ステップ S902 では、以下の(5)式に基づいて、吸入空気流量「DGCYL AIR」から燃料噴射量「MFUEL」を演算する。

30

【0083】

【数 5】

$$MFUEL = DGCYL AIR \div TABFC \dots \dots \dots (5)$$

【0084】

この燃料噴射量「MFUEL」は、図示しない演算ブロックで演算された目標当量比「TABFC」を用いて演算されている。燃料噴射量「MFUEL」が求まると、ステップ S903 に移行する。

40

【0085】

ステップ S903 では、燃料噴射量「MFUEL」をインジェクタ駆動回路から燃料噴射弁 8 に送信して実際の燃料噴射を実行する。尚、実際に燃料噴射弁に送信する信号は、燃料噴射弁 8 の開弁期間であるが、燃料噴射量「MFUEL」から開弁期間への変換は公知であるため、説明は省略する。

【0086】

次に、図 10 に基づき点火時期を制御する場合の制御フローを説明する。

【0087】

ステップ S1001 では、吸入空気量「DGCYL AIR」に基づいて基準点火時期「STD」を演算する。ここでは、吸入空気量「DGCYL AIR」と基準点火時期「ST

50

D」を事前に対応づけた、データテーブルを用いて読み出すように構成されている。基準点火時期「STD」が求まると、ステップS1002に移行する。

【0088】

ステップS1002では、吸入ガスEGR率「RCYL」から補正点火時期「EGRADV」を演算する。尚、補正点火時期「EGRADV」も図11に示すように、吸入ガスEGR率「RCYL」と対応づけた、データテーブルから読み取ることによって演算される。このテーブルでは、燃焼室に吸入される混合ガスのEGR率が高いほど、点火時期を最適時期（例えば、MBT）に向けて進角される特性とされている。つまり、吸入ガスEGR率が大きいほど点火時期を最適点火時期に向けて進角し、吸入ガスEGR率が小さいほど点火時期を遅角するように構成されている。補正点火時期「EGRADV」が求まると、ステップS1003に移行する。

10

【0089】

ステップS1003では、減速中で、かつ吸入ガスEGR率「RCYL」が閾値以上であるかどうかの判定を実行する。減速中で、かつ吸入ガスEGR率「RCYL」が閾値以上である場合はステップS1004に移行する。一方、減速中で、かつ吸入ガスEGR率「RCYL」が閾値以上でない場合はステップS1005に移行する。

【0090】

ステップS1004では、点火時期を所定時間だけ遅角しないようにするため、前回の演算周期の補正点火時期「EGRADV」を保持して補正点火時期「EGRADV」とする。一方、ステップS1005では、ステップS1001で演算した基準点火時期「STD」に補正点火時期「EGRADV」を加算して最終点火時期「FADVS」を演算する。更に、ステップS1006では、最終点火時期「FADVS」に基づき、それぞれの燃焼周期毎に点火信号出力回路から点火プラグに点火信号を送信する。

20

【0091】

図12は、本実施形態における吸入ガスEGR率「RCYL」に合わせた点火時期及び燃料噴射量の制御状態を示している。

【0092】

減速時において、スロットルバルブ4及びEGRバルブ17を閉じたとすると、吸入空気流量とEGRガス流量が低下する。これに伴って、燃焼室内への燃焼室吸入ガス流量、及び吸入空気流量も減少する。ここでEGR率の変化と空気流量の変化の応答性に差があるため、空気とEGRガスの混合気体の流量である燃焼室吸入ガス流量から、EGRガス流量を減算することで、実際の吸入空気流量を演算することができ、燃料噴射量は、この空気流量を基に目標空燃比を反映させて算出することができる。

30

【0093】

一方、EGR率は、推定した吸入ガスEGR率「RCYL」に加えて内部EGR率（残留ガス率）との組み合わせで高いEGR率となるため、点火時期を急速に遅角すると失火する可能性がある。そのため、ステップS1004にある通り、所定時間、又はEGR率が一定量以下になるまで、点火時期を進角状態で所定期間Tだけ維持する。この所定期間Tを経過すると、吸入ガスEGR率「RCYL」に合わせて徐々に点火時期を遅角方向に移行させていくようにする。

40

【0094】

本実施形態の燃料噴射制御によれば、適切な空燃比を実現でき、EGRガスが導入されても排気有害成分の増大を防止することが可能となる。また、本実施形態の点火時期制御によれば、通常時はEGR率に合わせて点火時期を設定することで異常燃焼を避けながら低燃費化を図ることができ、更に、減速時は推定が困難な内部EGR率の増加による失火を避けることができるようになる。

【0095】

以上述べた通り、本発明によれば、吸入空気とEGRガスの混合ガスが流れる流線に沿って吸気通路の基準空間を複数に分割して分割空間を形成し、夫々の分割空間に対応して混合ガスのEGR率を推定するための移流方程式に基づく物理モデルを構築し、この物理

50

モデルによって、先頭の分割空間からこれに繋がる分割空間のEGR率を順番に推定して燃焼室に流入するEGR率を推定する構成とした。これによれば、内燃機関の運転状態が種々変化する過渡状態においても、高精度にEGR率を推定することができる。

【0096】

尚、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

10

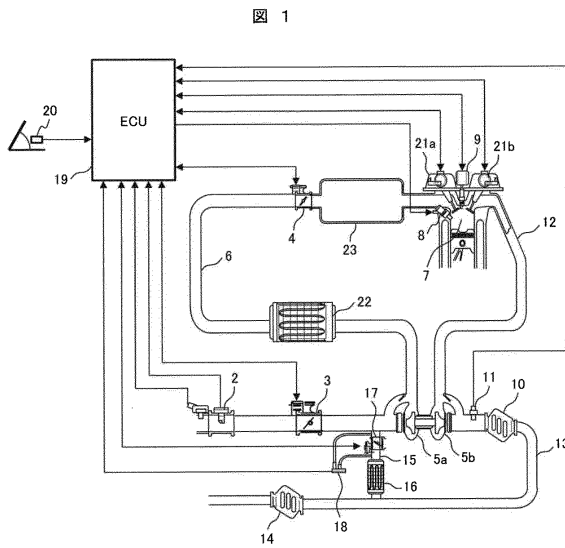
【符号の説明】

【0097】

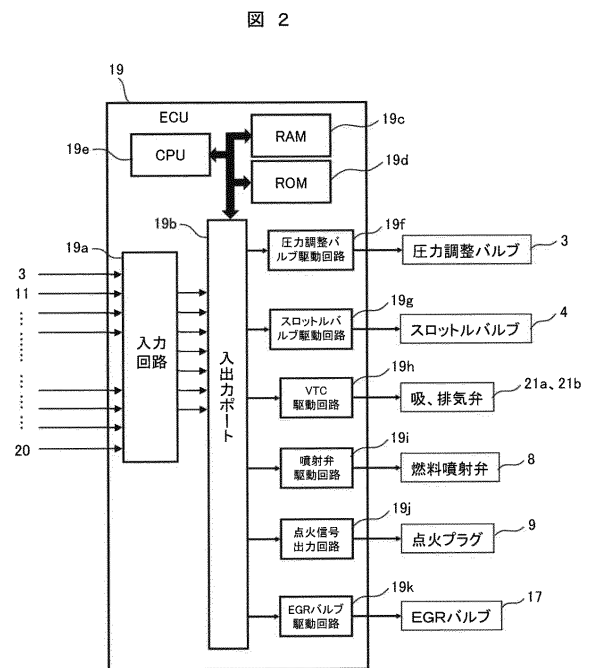
1 ... 内燃機関、2 ... 質量流量計、3 ... 圧力調整バルブ、4 ... スロットルバルブ、5 a ... コンプレッサ、6 ... 吸気通路、7 ... 燃焼室、8 ... 燃料噴射弁、9 ... 点火プラグ、10 ... 三元触媒、11 ... 空燃比センサ、12 ... 排気マニフォールド、13 ... 排気管、14 ... 第2三元触媒、15 ... EGR配管、16 ... EGRクーラ、17 ... EGRバルブ、18 ... 圧力センサ、19 ... コントロールユニット、20 ... アクセル開度センサ、22 ... インタークーラ、23 ... サージタンク、B S u ... 上流基準空間、B S d ... 下流基準空間、U S u 1 ~ U S u n ... 分割空間、U S d 1 ~ U S d n ... 分割空間、25 ... スロットル上流流入ガス流量演算部、26 ... スロットル上流圧力/温度/質量演算部、27 ... スロットルガス流量演算部、28 ... 中間ガス流量演算部、29、30、31 ... 分割空間EGRガス質量演算部、32、33、34 ... 分割空間EGR率演算部。

20

【図1】



【図2】



【図3】

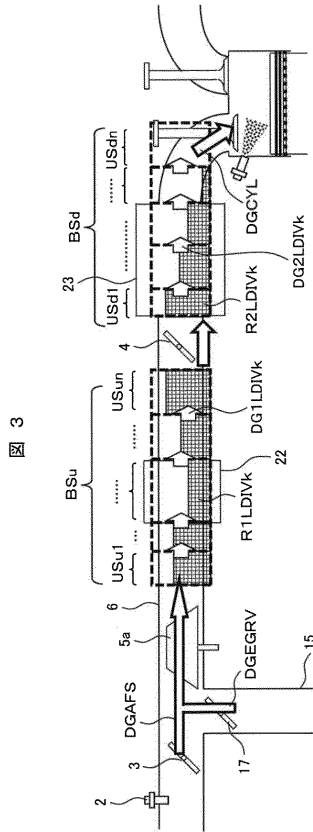


図3

【図4】

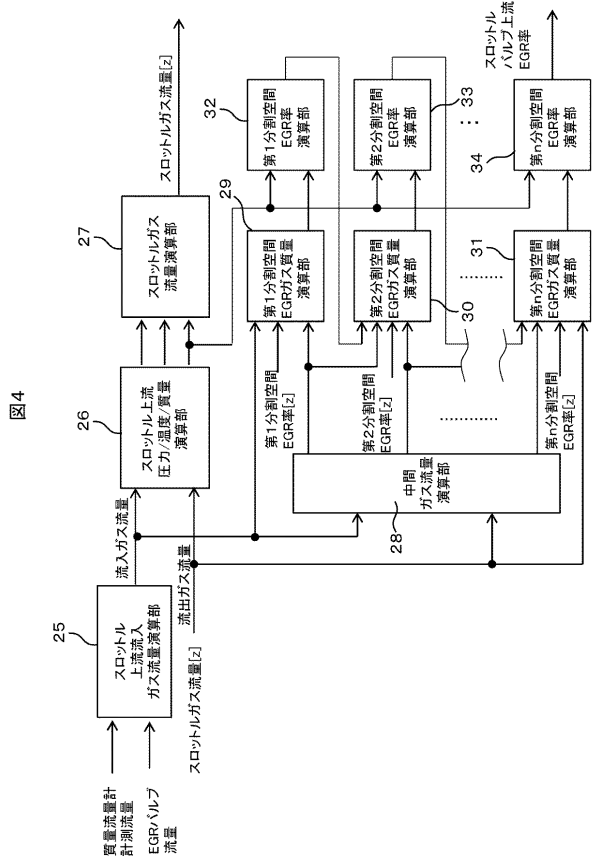


図4

【図5】

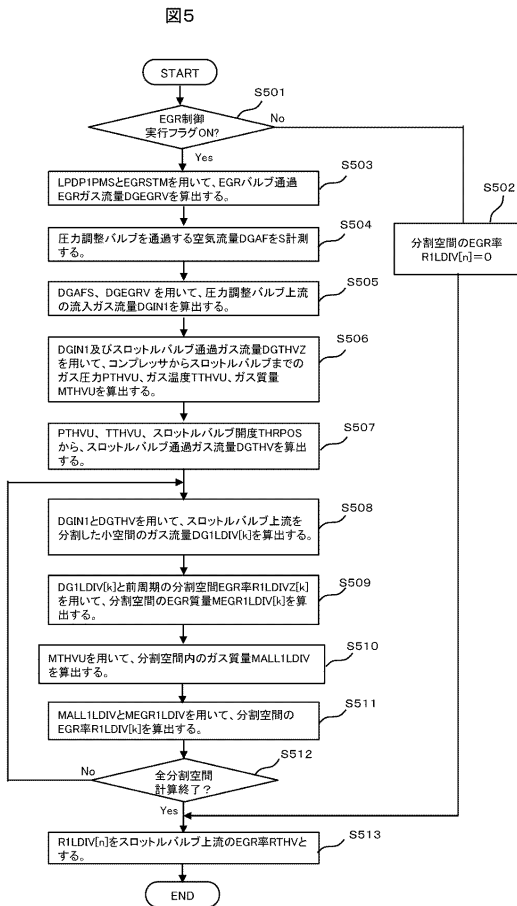


図5

【図6】

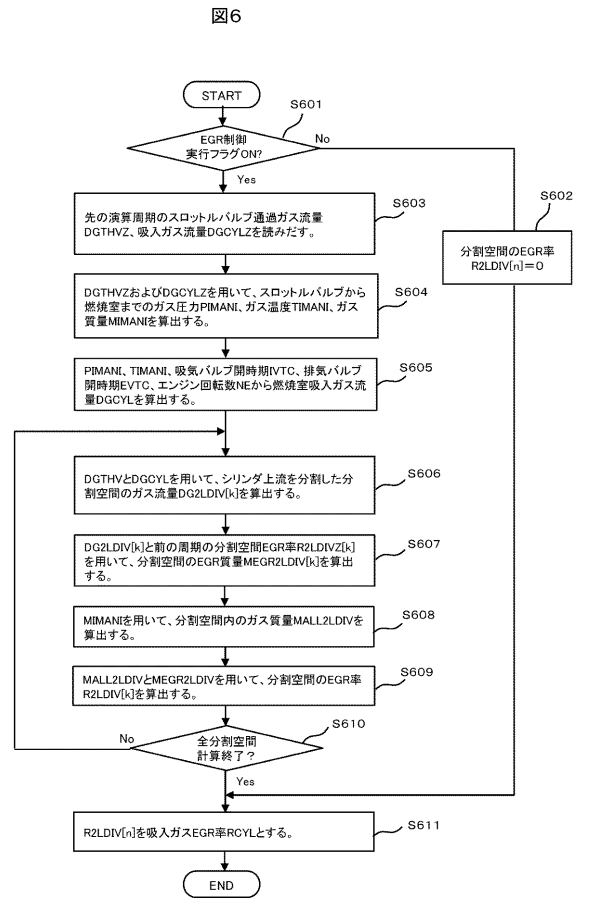
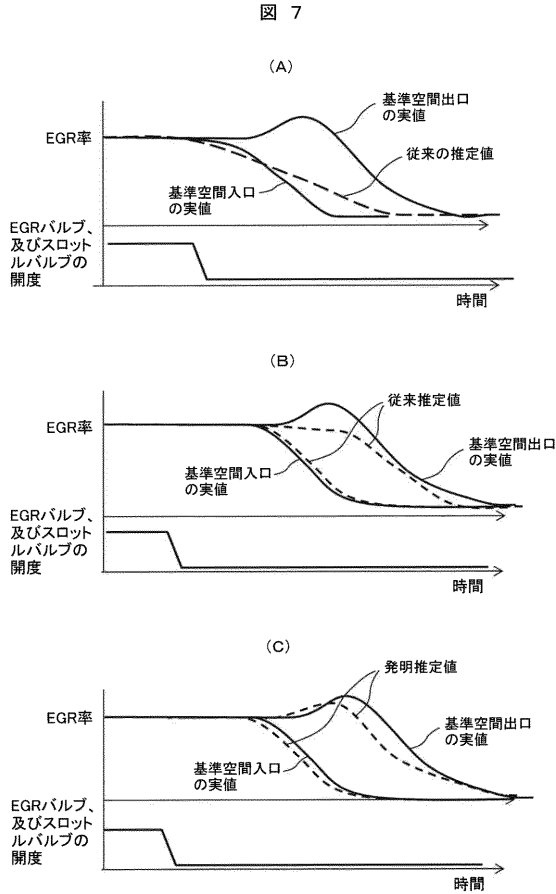
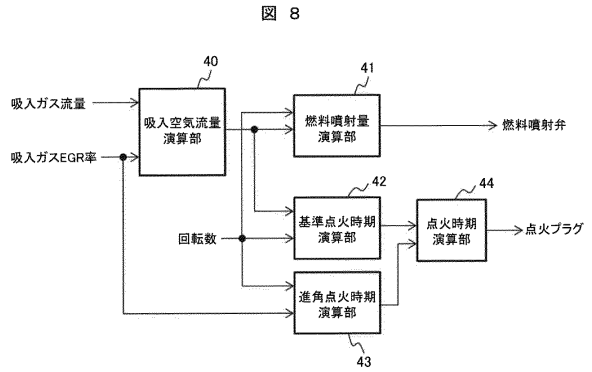


図6

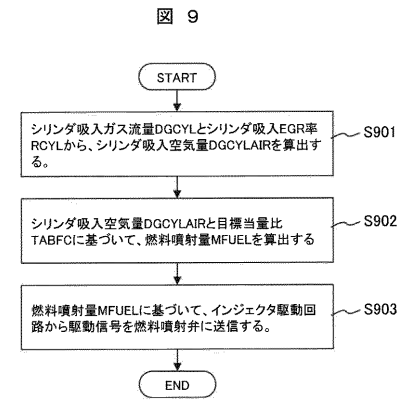
【図7】



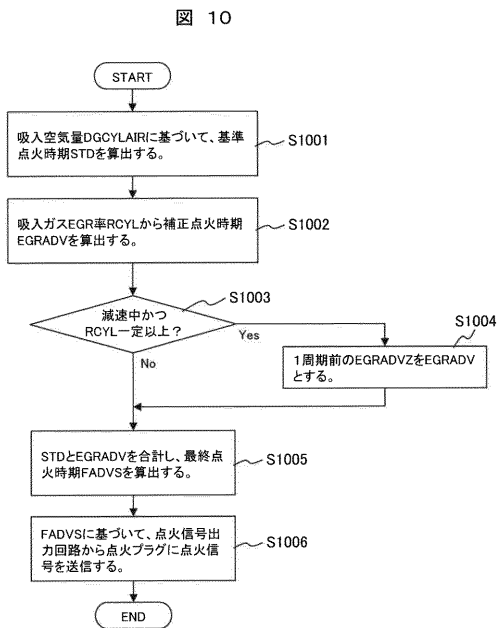
【図8】



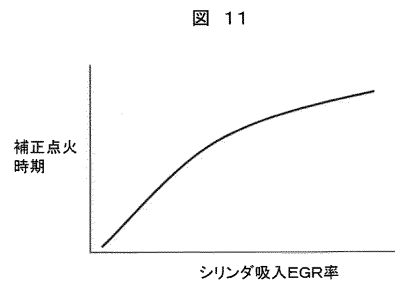
【図9】



【図10】

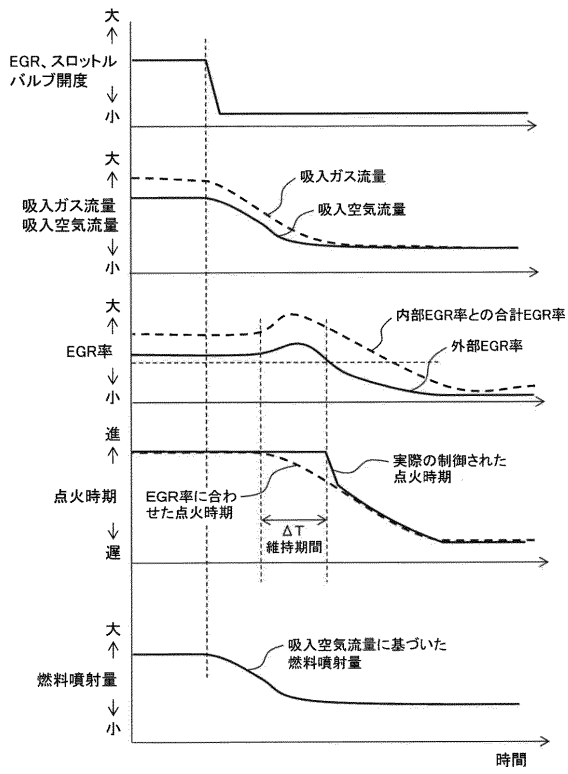


【図11】



【図 12】

図 12



フロントページの続き

- (72)発明者 石 浩雲
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 堀 俊雄
茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内
- (72)発明者 倉島 芳国
茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内

審査官 戸田 耕太郎

- (56)参考文献 特開2015-063967(JP,A)
特開2013-011270(JP,A)
特開2013-011271(JP,A)
特開2012-246849(JP,A)
特開2012-246850(JP,A)
特開2014-211090(JP,A)
特開2010-096060(JP,A)
特開2015-206275(JP,A)
特開2014-001666(JP,A)
特開2001-280202(JP,A)
特開2004-011618(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F02D 21/08