

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6406398号  
(P6406398)

(45) 発行日 平成30年10月17日(2018.10.17)

(24) 登録日 平成30年9月28日(2018.9.28)

(51) Int. Cl.	F 1	
<b>FO2D 41/34 (2006.01)</b>	FO2D 41/34	H
<b>FO2D 41/02 (2006.01)</b>	FO2D 41/02	301A
<b>FO2D 41/04 (2006.01)</b>	FO2D 41/02	301F
<b>FO2D 43/00 (2006.01)</b>	FO2D 41/04	305Z
	FO2D 43/00	301B
請求項の数 5 (全 11 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2017-126799 (P2017-126799)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成29年6月28日(2017.6.28)		株式会社デンソー
(62) 分割の表示	特願2013-140826 (P2013-140826)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
原出願日	平成25年7月4日(2013.7.4)	(74) 代理人	100121821
(65) 公開番号	特開2017-166493 (P2017-166493A)		弁理士 山田 強
(43) 公開日	平成29年9月21日(2017.9.21)	(74) 代理人	100139480
審査請求日	平成29年7月25日(2017.7.25)		弁理士 日野 京子
		(74) 代理人	100125575
			弁理士 松田 洋
		(74) 代理人	100175134
			弁理士 北 裕介
		(72) 発明者	横井 真浩
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 筒内噴射エンジンの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃焼室(23)内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁(21)と、前記燃焼室内において点火火花を生じさせる点火手段(34)とを有し、前記燃料噴射弁から噴射された燃料が前記点火手段の点火により燃焼に供される筒内噴射エンジン(10)の制御装置(40)であって、

前記エンジンの1燃焼サイクルで前記点火手段の点火前に、前記燃焼室内においてそれぞれリーン空燃比の混合気を形成するよう前記燃料噴射弁による複数回の第1噴射を行わせる第1噴射制御手段と、

同じく前記点火手段の点火前で、かつ前記第1噴射よりも後に、前記燃焼室内においてリッチ空燃比の混合気を形成するよう前記燃料噴射弁による第2噴射を行わせる第2噴射制御手段と、  
を備え、

前記第1噴射制御手段は、前記複数回の第1噴射のうち前に実施される第1噴射が後に実施される第1噴射よりも希薄の混合気を形成するようにしてこれら複数回の第1噴射を実施するものであり、かつ、その第1噴射の実施に際し、前記1燃焼サイクルの全噴射量から前記第2噴射の噴射量として分割される燃料分を差し引きその後の残りの分により前記第1噴射の噴射量を算出するようにしており、

前記第2噴射制御手段は、エンジン回転速度が低いほど、又はエンジン負荷が小さいほど、前記全噴射量に対する前記第2噴射での噴射量の比率が大きくなるように当該第2噴

10

20

射での噴射量を設定し、その噴射量により、前記点火手段による点火時期の直前に1回のみ前記第2噴射を実施するものであることを特徴とする筒内噴射エンジンの制御装置。

【請求項2】

燃焼室(23)内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁(21)と、前記燃焼室内において点火火花を生じさせる点火手段(34)とを有し、前記燃料噴射弁から噴射された燃料が前記点火手段の点火により燃焼に供される筒内噴射エンジン(10)の制御装置(40)であって、

前記エンジンの1燃焼サイクルで前記点火手段の点火前に、前記燃焼室内においてそれぞれリーン空燃比の混合気を形成するよう前記燃料噴射弁による複数回の第1噴射を行わせる第1噴射制御手段と、

同じく前記点火手段の点火前で、かつ前記第1噴射よりも後に、前記燃焼室内においてリッチ空燃比の混合気を形成するよう前記燃料噴射弁による第2噴射を行わせる第2噴射制御手段と、

を備え、

前記第1噴射制御手段は、前記複数回の第1噴射のうち前に実施される第1噴射が後に実施される第1噴射よりも希薄の混合気を形成するようにしてこれら複数回の第1噴射を実施するものであり、かつ、その第1噴射の実施に際し、前記1燃焼サイクルの全噴射量から前記第2噴射の噴射量として分割される燃料分を差し引きその後の残りの分により前記第1噴射の噴射量を算出するようにしており、

前記第2噴射制御手段は、前記エンジンの筒内燃焼圧、回転変動又はトルク変動に基づき算出される燃焼ばらつきが大きいほど、前記全噴射量に対する前記第2噴射での噴射量の比率が大きくなるように当該第2噴射での噴射量を設定し、その噴射量により、前記点火手段による点火時期の直前に1回のみ前記第2噴射を実施するものであることを特徴とする筒内噴射エンジンの制御装置。

【請求項3】

前記第1噴射制御手段は、前記第1噴射の実施に際し、前記1燃焼サイクルの全噴射量から前記第2噴射の噴射量として分割される燃料分を差し引きその後の残りの分を前記第1噴射の噴射回数に応じて分割することで前記各第1噴射の噴射量を算出する請求項1又は2に記載の筒内噴射エンジンの制御装置。

【請求項4】

前記複数回の第1噴射及び前記第2噴射により、前記1燃焼サイクルで前記燃焼室の全体としてリーンとなる混合気が形成される請求項1乃至3のいずれか一項に記載の筒内噴射エンジンの制御装置。

【請求項5】

前記第1噴射制御手段は、前記複数回の第1噴射を前記エンジンの吸気行程にて実施し、

前記第2噴射制御手段は、前記第2噴射を前記エンジンの圧縮行程にて実施する請求項1乃至4のいずれか一項に記載の筒内噴射エンジンの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、筒内噴射エンジンの制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、省燃費と低排出エミッションとを両立するガソリンエンジンとして、筒内に燃料を直接噴射する構成の筒内噴射エンジンが普及している。この筒内噴射エンジンの特徴としては、従来のポート噴射エンジンに比べて噴射タイミングの自由度、すなわち混合気形成の自由度が向上している点が挙げられる。例えば、エンジンの冷間始動時における触媒

10

20

30

40

50

早期暖機中には、吸気行程に加えて、点火直前（圧縮行程又は膨張行程）に燃料噴射を行って、点火プラグ付近にリッチ（空気過剰率  $< 1.0$ ）な混合気を形成するようにし、さらに、点火時期を通常の点火時期よりも大きく遅角させる。これにより、排気温度を高め、触媒の暖機を早めることが可能になっている。

【0003】

また、筒内噴射エンジンでは、排気エミッションの改善、特に排出PMの低減の重要性が増している。これは、従来のポート噴射エンジンにはない、筒内噴射エンジンならではの課題に起因しており、具体的には、燃焼室内において局部的にリッチな部分が形成されてそのリッチ部分で酸素不足が生じること（原因1）、シリンダ壁面やピストン上面に燃料が付着すること（原因2）に起因してPMが生成される。

10

【0004】

ここで、例えば上記のように点火プラグ付近にリッチな混合気を形成することは、上記原因1からするとPM排出量が増加する。そのため、点火直前の燃料噴射量を、燃焼安定性が維持できる範囲で減らすことが望ましい。ところが、点火直前の燃料噴射量を減らすことは吸気行程の噴射量を増やすことになり、この際にはシリンダ壁面やピストン上面に付着する燃料が増加し、上記原因2から、やはりPMを十分に低減することが困難となる。

【0005】

そこで、こうした問題を解決する技術として、燃料噴射を3回以上に分割して実施し、それにより燃焼室内に層状の混合気を形成することが提案されている（例えば特許文献1参照）。特許文献1においては、燃焼サイクルごとの燃料噴射に際し、第1噴射により、局所的な空燃比（空気過剰率）が1.0より高い希薄混合気を燃焼室内に生成し、その後、第2噴射により、希薄混合気より濃くかつ希薄混合気に組み入れられる、局所的な空燃比が1.0以下である混合気を燃焼室内に生成し、さらに点火時期の直前に、点火プラグの領域で局所的に濃い点火可能な混合気を生成するための第3噴射を行う構成としている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第4782836号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上記の先行技術では、第1噴射に続く第2噴射及び第3噴射においていずれもリッチ空燃比の混合気が生成されるようになっており、燃焼室内においては自ずとリッチ空燃比の混合気比率が大きくなる。この場合、PMはストイキ（理論空燃比）を境に急激に排出量が増加することから、PM排出量の低減を図る上では改善の余地があると考えられる。また他方で、燃焼安定性を確保する観点からすれば、点火プラグ付近を適正にリッチ化することが望ましいと言える。

【0008】

本発明は、排気エミッションの改善と燃焼安定性の確保との両立を可能とすることができる筒内噴射エンジンの制御装置を提供することを主たる目的とするものである。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

以下、上記課題を解決するための手段、及びその作用効果について説明する。

【0010】

本発明は、筒内噴射エンジンの制御装置であって、エンジンの1燃焼サイクルで点火手段の点火前に、燃焼室内においてそれぞれリーン空燃比の混合気を形成するよう燃料噴射弁による複数回の第1噴射を行わせる第1噴射制御手段と、同じく点火手段の点火前で、かつ前記第1噴射よりも後に、燃焼室内においてリッチ空燃比の混合気を形成するよう燃

50

料噴射弁による第2噴射を行わせる第2噴射制御手段と、を備えている。そして、前記第1噴射制御手段は、前記複数回の第1噴射のうち前に実施される第1噴射が後に実施される第1噴射よりも希薄の混合気を形成するようにしてこれら複数回の第1噴射を実施し、前記第2噴射制御手段は、点火手段による点火時期の直前に1回のみ前記第2噴射を実施するものであることを特徴とする。

#### 【0011】

上記構成では、筒内噴射エンジンにおける燃焼サイクルごとの各燃料噴射に際し、燃焼室内にリーン空燃比の混合気を形成するための燃料噴射（第1噴射）が2回以上実施されるとともに、その後であって点火時期の直前に、燃焼室内にリッチ空燃比の混合気を形成するための燃料噴射（第2噴射）が1回のみ実施される。これにより、燃焼室内に三層以上

10

に層状化された混合気が形成される。この場合特に、燃焼室内には、点火手段による点火位置付近に限ってリッチ混合気が形成され、その周りに、外側になるほど（すなわちシリンダ壁面やピストン上面に近づくほど）段階的に希薄となるリーン混合気が形成される。

#### 【0012】

上記のような混合気形成がなされることで、シリンダ壁面やピストン上面の燃料ウエットが生じにくくなり、燃焼室内におけるPM生成の抑制を図ることができる。また、燃焼室の中心（点火手段の点火位置）に近づくほど、混合気が濃化されるため、燃料の着火性及び燃焼性能が確保される。以上により、排気エミッションの改善と燃焼安定性の確保との両立が可能となる。

20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0013】

【図1】 発明の実施の形態におけるエンジン制御システムの概略を示す構成図。

【図2】 3回の分割噴射が実施される場合の各噴射信号を示すタイムチャート。

【図3】 燃焼室内において点火直前の混合気形成の状況を示す概略図。

【図4】 燃料噴射制御の処理手順を示すフローチャート。

【図5】 分割率とNE、負荷との関係を示す図。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0014】

以下、本発明を具体化した一実施形態を図面に基づいて説明する。本実施形態は、車両に搭載される筒内噴射式の多気筒4サイクルガソリンエンジン（内燃機関）を制御対象とし、当該エンジンにおける各種アクチュエータの電子制御を実施するものとしている。まず、図1によりエンジン制御システムの全体概略構成を説明する。

30

#### 【0015】

図1に示す筒内噴射エンジン（以下、エンジン10という）において、吸気管11の上流部には吸入空気量を検出するためのエアフロメータ12が設けられている。エアフロメータ12の下流側には、DCモータ等のスロットルアクチュエータ13によって開度調節されるスロットルバルブ14が設けられており、該スロットルバルブ14の開度（スロットル開度）はスロットルアクチュエータ13に内蔵されたスロットル開度センサにより検出される。スロットルバルブ14の下流側にはサージタンク16が設けられ、このサージ

40

タンク16には吸気管圧力を検出するための吸気管圧力センサ17が設けられている。サージタンク16には、エンジン10の各気筒に空気を導入する吸気マニホールド18が接続されている。

#### 【0016】

シリンダブロック20には気筒ごとに電磁駆動式のインジェクタ21が設けられており、シリンダ内壁とピストン22の上面（頂部）とにより区画形成される燃焼室23内にはインジェクタ21から燃料が直接噴射される。インジェクタ21が筒内噴射用の燃料噴射弁に相当する。インジェクタ21に対しては、高圧ポンプを有してなる高圧燃料システムから高圧燃料が供給されるようになっている。

#### 【0017】

50

高圧燃料システムについて簡単に説明する。本システムは、主たる構成として、燃料タンク 24 内の燃料をくみ上げる低圧ポンプ 25 と、この低圧ポンプ 25 にてくみ上げられた低圧燃料を高圧化する高圧ポンプ 26 と、高圧ポンプ 26 から吐出される高圧燃料を蓄える蓄圧室を構成するデリバリパイプ 27 とを有しており、デリバリパイプ 27 に各気筒のインジェクタ 21 がそれぞれ接続されている。高圧ポンプ 26 により高圧化されデリバリパイプ 27 内に蓄えられた高圧燃料はインジェクタ 21 により燃焼室 23 内（気筒内）に噴射される。また、高圧ポンプ 26 とデリバリパイプ 27 とを接続する高圧燃料配管 28、又はデリバリパイプ 27 には、燃料圧力（燃圧）を検出する燃圧検出手段としての燃圧センサ 29 が設けられている。

【0018】

高圧ポンプ 26 は、機械式の燃料ポンプであり、エンジン 10 のカム軸の回転により駆動される。高圧ポンプ 26 の燃料吐出量は、同ポンプ 26 に設けられた燃圧制御弁 26a の開度により制御され、デリバリパイプ 27 内の燃圧が例えば最大 20 MPa 程度に高圧化される。燃圧制御弁 26a は、高圧ポンプ 26 の燃料加圧室に吸入される燃料の量を調整する吸入調量弁、又は燃料加圧室から吐出される燃料の量を調節する吐出調量弁よりなり、燃圧制御弁 26a の開度調整によりデリバリパイプ 27 内の燃圧が可変に制御される。

【0019】

また、エンジン 10 の吸気ポート及び排気ポートには、それぞれ図示しないカム軸の回転に応じて開閉動作する吸気弁 31 及び排気弁 32 が設けられている。吸気弁 31 の開動作により吸入空気が燃焼室 23 内に導入され、排気弁 32 の開動作により燃焼後の排気が排気管 33 に排出される。吸気弁 31 及び排気弁 32 には、それら各弁の開閉タイミングを可変とする可変動弁機構 31A、32A が設けられている。可変動弁機構 31A、32A は、エンジン 10 のクランク軸と吸気カム軸との相対回転位相を調整するものであり、所定の基準位置に対して進角側及び遅角側への位相調整が可能となっている。可変動弁機構 31A、32A としては、油圧駆動式又は電動式の可変動弁機構が用いられる。

【0020】

エンジン 10 のシリンダヘッドには気筒ごとに点火手段としての点火プラグ 34 が取り付けられており、点火プラグ 34 には、図示しない点火コイル等を通じて、所望とする点火時期において高電圧が印加される。この高電圧の印加により、各点火プラグ 34 の対向電極間に火花放電が発生し、燃焼室 23 内において燃料が着火されて燃焼に供される。

【0021】

排気管 33 には、排気を浄化するための触媒 35 が設けられている。触媒 35 は、例えば排気中の CO、HC、NOx を浄化する三元触媒である。また、排気管 33 において触媒 35 の上流側には、排気を検出対象として混合気空燃比を検出する空燃比センサ 36 が設けられている。

【0022】

その他に、シリンダブロック 20 には、エンジン水温（エンジン温度に相当）を検出する水温センサ 37 や、エンジンの所定クランク角ごとに（例えば 10 ° CA 周期で）矩形状のクランク角信号を出力するクランク角度センサ 38 が取り付けられている。

【0023】

上述した各種センサの出力は、エンジン制御を司る電子制御ユニット（以下、ECU 40 という）に入力される。ECU 40 は、CPU、ROM、RAM 等よりなるマイクロコンピュータを有して構成され、ROM に記憶された各種の制御プログラムを実行することで、エンジン運転状態に応じてインジェクタ 21 の燃料噴射量を制御したり、点火プラグ 34 の点火時期等を制御したりする。ECU 40 は、第 1 噴射制御手段、第 2 噴射制御手段及び点火制御手段（点火遅角手段）を構成する。

【0024】

燃料噴射の基本制御について具体的には、ECU 40 は、エンジン負荷（例えば吸入気量）とエンジン回転速度とをパラメータとしてこれらに基づいて基本噴射量を算出する

10

20

30

40

50

とともに、その基本噴射量に対して水温補正や空燃比補正等を適宜実施して最終の燃料噴射量（全噴射量）を算出する。また、エンジン運転状態に応じて噴射時期を決定するとともに、噴射信号を生成し、その噴射信号によりインジェクタ 2 1 を駆動する。

#### 【 0 0 2 5 】

また本実施形態では、燃焼サイクルごとの各燃料噴射に際して、複数回に分割して燃料を噴射する分割噴射を実施可能にしており、吸気行程から点火直前（圧縮行程又は膨張行程）までの期間に少なくとも 3 回の分割噴射を実施するようにしている。すなわち、ECU 4 0 は、燃焼室 2 3 内においてそれぞれリーン空燃比の混合気が形成されるよう複数回の「第 1 噴射」を実施するとともに、その第 1 噴射の実施後に、燃焼室 2 3 内においてリッチ空燃比の混合気が形成されるよう「第 2 噴射」を実施する。そしてこの場合特に、ECU 4 0 は、複数回の第 1 噴射のうち前に実施される第 1 噴射が後に実施される第 1 噴射よりも希薄の混合気を形成するようにしてこれら複数回の第 1 噴射を実施するとともに、点火時期の直前に 1 回のみ第 2 噴射を実施する。

10

#### 【 0 0 2 6 】

図 2 は、3 回の分割噴射が実施される場合の各噴射信号を示すタイムチャートである。なおここでは、エンジン 1 0 の低温始動時に触媒暖機を図るべく点火遅角の制御を実施した事例を示している。

#### 【 0 0 2 7 】

図 2 では、吸気行程において 2 回のリーン噴射（第 1 噴射）が実施され、その後、圧縮行程で 1 回のリッチ噴射（第 2 噴射）が実施される。そして、リッチ噴射の後（直後）に、点火プラグ 3 4 による点火が行われ、その点火により燃焼室 2 3 内の混合気が燃焼に供される。なお、最後のリッチ噴射は、遅角化された点火時期に合わせて膨張行程（すなわち圧縮 T D C 後）に実施されてもよい。

20

#### 【 0 0 2 8 】

また、燃焼室 2 3 内において点火直前の混合気形成の状況を図 3 に示す。図 3 では、先の 2 回のリーン噴射（第 1 噴射）のうち前の噴射により 1 の混合気が形成され、後の噴射により 2 の混合気が形成されるようになっている。また、リッチ噴射（第 2 噴射）により 3 の混合気が形成されるようになっている。これにより、燃焼室 2 3 内に三層に層状化された混合気が形成されている。この場合、 $1 > 2 > 1.0$  であり、図 3 において 1, 2 で示す領域はいずれもリーン雰囲気となっている。また、 $3 < 1.0$  であり、図 3 において 3 で示す領域はリッチ雰囲気となっている。ただし、燃焼室 2 3 内の全体では平均  $> 1.0$  となっている。言い加えると、燃焼室 2 3 内には、点火プラグ 3 4 による点火位置付近のみにリッチ混合気が形成され、その周りに、外側になるほど（すなわちシリンダ壁面やピストン上面に近づくほど）段階的に希薄となるリーン混合気が形成されている。

30

#### 【 0 0 2 9 】

次に、ECU 4 0 により実施される燃料噴射制御について詳しく説明する。図 4 は、燃料噴射制御の処理手順を示すフローチャートであり、本処理は ECU 4 0 により所定周期で繰り返し実施される。

#### 【 0 0 3 0 】

図 4 において、ステップ S 1 1 では、各種センサの検出や演算により求められたエンジン運転状態（エンジン回転速度、エンジン負荷、水温等）を読み込む。続くステップ S 1 2 では、今現在、分割噴射を実施する所定の実施条件が成立しているか否かを判定する。具体的には、触媒 3 5 が未暖機状態であること、定常運転状態であること、燃料噴射系や点火系、センサ系に異常がないことを全て満たす場合に実施条件が成立すると判定する。そして、実施条件が成立していなければステップ S 1 3 に進み、実施条件が成立していればステップ S 1 4 に進む。ステップ S 1 3 では、従前どおりの通常処理を実施する。なお、この通常処理では、エンジン運転状態（エンジン回転速度やエンジン負荷等）に基づいて今回の燃料噴射における全噴射量を算出し、さらに同エンジン運転状態に基づいて決定した噴射時期にて 1 回の燃料噴射を実施する。ただし、後述のステップ S 1 4 ~ S 1 7 と

40

50

は異なる態様、例えば燃焼室 2 3 内においていずれも同じ空燃比の混合気が形成されるようにして複数回の燃料噴射を実施することも可能である。

【 0 0 3 1 】

また、ステップ S 1 4 では、エンジン運転状態（エンジン回転速度やエンジン負荷等）に基づいて今回の分割噴射での全噴射量を算出する。このとき、今回の燃焼に供される混合気がストイキ又は弱リーン（例えば  $= 1.05$ ）になるように、すなわち筒内全体として弱リーンの混合気が形成されるように全噴射量が算出される。

【 0 0 3 2 】

その後、ステップ S 1 5 では、エンジン運転状態（エンジン回転速度やエンジン負荷等）に基づいて、分割噴射を実施する場合における各噴射の分割率を算出する。ここでは、例えば 3 回の噴射を実施することとし、その 3 回の噴射について図 5 に示す関係を用いて分割率を算出する。図 5 では、計 3 回の噴射のうち 1 回目噴射の分割率を  $Q_1$ 、2 回目噴射の分割率を  $Q_2$ 、3 回目噴射の分割率を  $Q_3$  としている。なお、1 回目噴射及び 2 回目噴射がリーン噴射（第 1 噴射）であり、3 回目噴射がリッチ噴射（第 2 噴射）である。

10

【 0 0 3 3 】

図 5 の関係によれば、エンジン回転速度  $NE$  が低いほど、3 回目噴射の分割率  $Q_3$  を大きくするようにしている。また、エンジン負荷との関係を言えば、エンジン負荷が小さいほど 3 回目噴射の分割率  $Q_3$  を大きくするようにしている。1 回目噴射の分割率  $Q_1$  と 2 回目噴射の分割率  $Q_2$  とは、3 回目噴射の分割率  $Q_3$  を除いた上で、互いに所定比率になるようにして定められている。要するに、燃焼安定性が低い条件下であるほど、3 回目噴射の燃料量を増量すべく 3 回目噴射の分割率  $Q_3$  を大きくするようにしている。

20

【 0 0 3 4 】

また、分割率の算出に際しては各種のパラメータに基づく補正が実施されるようになっている。ここでは、点火時期の遅角量とエンジン水温とに基づいて分割率の補正を実施する。具体的には、点火時期の遅角量が大きいほど 3 回目噴射の分割率  $Q_3$  が大きくなるように、また、エンジン水温が低いほど 3 回目噴射の分割率  $Q_3$  が大きくなるように分割率の補正を実施する。この場合にもやはり、燃焼安定性が低い条件下であるほど、3 回目噴射の燃料量が増量されるように補正が実施されればよい。

【 0 0 3 5 】

なお、1 回目～3 回目の各噴射の分割率  $Q_1 \sim Q_3$  はトータルで 100% であり、補正等により分割率  $Q_3$  を増減した場合にはその分、分割率  $Q_1$ 、 $Q_2$  を増減するとよい。また、図 5 の関係を用いエンジン回転速度  $NE$  やエンジン負荷に基づいて分割率  $Q_3$  を算出し、さらにその  $Q_3$  を適宜補正した後に、分割率  $Q_1$ 、 $Q_2$  を「 $(100 - Q_3) / 2$ 」としてそれぞれ算出する構成であってもよい（ただし  $Q_1 = Q_2$  とする場合）。

30

【 0 0 3 6 】

その後、ステップ S 1 6 では、上記のごとく算出した各噴射の分割率と全噴射量との乗算により各噴射（1 回目噴射～3 回目噴射）の燃料量を算出する。

【 0 0 3 7 】

その後、ステップ S 1 7 では、各噴射について噴射時期（燃料噴射の開始時期）を設定する。ここで、1 回目噴射及び 2 回目噴射については、共に吸気行程で燃料噴射が行われること（吸気行程内で燃料噴射が終了すること）、燃焼室 2 3 内においてそれぞれリーン空燃比の混合気を形成可能であること、2 回目噴射よりも 1 回目噴射の方が希薄の混合気を形成可能であること、といった条件を満たすように噴射時期を設定する。具体的には、各噴射の燃料量と、各噴射の前後における燃焼室 2 3 内への流入空気量との関係に基づいて、所望の空燃比の混合気が形成されるように噴射時期を設定する。この関係は、例えば適合等によりあらかじめ定められているとよい。

40

【 0 0 3 8 】

また、3 回目噴射については、都度の点火時期に基づいて噴射時期を設定する。このとき、点火時期の直前となるように、具体的には点火時期前  $10^\circ CA$  程度までの範囲に燃料噴射が終了するようにして噴射時期を設定する。

50

## 【 0 0 3 9 】

その後、ステップ S 1 8 では、噴射ごとに、各噴射時期に応じて生成された噴射信号をセットする。これにより、所望のタイミングでインジェクタ 2 1 が駆動されて燃料噴射が実施される。

## 【 0 0 4 0 】

以上詳述した本実施形態によれば、以下の優れた効果が得られる。

## 【 0 0 4 1 】

燃焼サイクルごとの各燃料噴射に際し、燃焼室 2 3 内にリーン空燃比の混合気を形成するための燃料噴射（第 1 噴射）を複数回実施するとともに、その後であって点火時期の直前に、燃焼室 2 3 内にリッチ空燃比の混合気を形成するための燃料噴射（第 2 噴射）を 1 回のみ実施する構成とした。また特に、燃焼室 2 3 内に、点火プラグ 3 4 の点火位置付近に限ってリッチ混合気を形成し、その周りに、外側になるほど（すなわちシリンダ壁面やピストン上面に近づくほど）段階的に希薄となるリーン混合気を形成するようにした。これにより、シリンダ壁面やピストン上面の燃料ウエットが生じにくくなり、燃焼室 2 3 内における P M 生成の抑制を図ることができる。また、燃焼室 2 3 の中心（点火プラグ 3 4 の点火位置）に近づくほど、混合気が濃化されるため、燃料の着火性及び燃焼性能が確保される。以上により、排気エミッションの改善と燃焼安定性の確保との両立が可能となる。

10

## 【 0 0 4 2 】

また、エンジン 1 0 の低温始動時に触媒暖機のために実施される点火遅角制御に際し、その点火時期に応じた点火直前にリッチ空燃比の燃料噴射（本実施形態では 3 回目噴射）を行う場合において、P M の生成を抑えつつも所望とする燃焼を実現できる。

20

## 【 0 0 4 3 】

複数回の第 1 噴射（本実施形態では 1 回目噴射及び 2 回目噴射）を、エンジン 1 0 の吸気行程にて実施する構成とした。これにより、燃焼室 2 3 内にリーン空燃比の混合気を形成するために実施される各第 1 噴射について、吸気流動により燃料と空気との混合を良くし、それぞれ均質な混合気層を形成できる。

## 【 0 0 4 4 】

分割噴射の実施に際し、エンジン回転速度が低いほど 3 回目噴射の分割率 Q 3 を大きくする処理、エンジン負荷が小さいほど 3 回目噴射の分割率 Q 3 を大きくする処理、点火時期の遅角量が大きいほど 3 回目噴射の分割率 Q 3 を大きくする処理、水温が低いほど 3 回目噴射の分割率 Q 3 を大きくする処理を実施する構成とした（図 4 のステップ S 1 5）。この場合、燃焼安定性が低くなると考えられるエンジン運転状態下で 3 回目噴射（第 2 噴射）の燃料量を増量し、ひいては燃焼安定性を高めることができる。これにより、種々の環境変化等のばらつき要因に対してロバストな混合気の形成を実現できる。

30

## 【 0 0 4 5 】

（他の実施形態）

上記実施形態を例えば次のように変更してもよい。

## 【 0 0 4 6 】

・分割噴射の実施に際して、以下に基づいて 3 回目噴射の分割率 Q 3 を算出する（すなわち、第 2 噴射の燃料量を増量する）構成としてもよい。E C U 4 0 が、エンジン 1 0 の実圧縮比を可変とする圧縮比可変手段を備え、その実圧縮比が低いほど、3 回目噴射の分割率 Q 3 を大きくする。圧縮比可変手段は、いわゆるアトキンソンサイクル運転を実施する際に吸気弁 3 1 の閉じタイミングを圧縮 T D C に対して遅角させる制御（吸気遅閉じ制御）を実施することで実現される。この場合、吸気弁 3 1 の閉じタイミングを遅角させるほど実圧縮比が低くなるため、3 回目噴射の分割率 Q 3 を大きくする。

40

## 【 0 0 4 7 】

また、E C U 4 0 が、エンジン 1 0 において既燃ガスの残留量（筒内残留量 + 吸気側吹き戻し量）である内部 E G R 量を算出する手段を備え、その内部 E G R 量が多いほど、3 回目噴射の分割率 Q 3 を大きくする。内部 E G R 量は、吸気弁 3 1 及び排気弁 3 2 の開弁

50



オーバーラップ量に応じて変化するものであり、吸排気側各々の可変動弁機構 3 1 A , 3 2 A の制御量から算出される開弁オーバーラップ量に基づいて内部 E G R 量が算出されるとよい。この場合、開弁オーバーラップ量が大きいほど内部 E G R 量が多くなるため、3 回目噴射の分割率 Q 3 を大きくする。

【 0 0 4 8 】

さらに、E C U 4 0 が、エンジン 1 0 の筒内燃焼圧、回転変動又はトルク変動に基づいて燃焼ばらつきを算出する手段を備え、その燃焼ばらつきが大きいほど、3 回目噴射の分割率 Q 3 を大きくする。この場合、エンジン 1 0 の筒内燃焼圧は例えば筒内圧センサの検出結果から求められるとよい。また、エンジン 1 0 の回転変動又はトルク変動はクランク角度センサ 3 8 の検出結果から求められるとよい。これら筒内燃焼圧、回転変動又はトルク変動について気筒間のばらつきや基準値からの乖離度合いを求めることにより、エンジンの燃焼ばらつきが算出される。

10

【 0 0 4 9 】

その他、E C U 4 0 が、燃焼性状を判定する判定手段を備え、燃料が重質系であるほど（すなわち揮発性が低いほど）、3 回目噴射の分割率 Q 3 を大きくする構成であってもよい。

【 0 0 5 0 】

なお、3 回目噴射の分割率 Q 3 を決定する（第 2 噴射の燃料量を増量する）ための演算パラメータとしては、エンジン回転速度、エンジン負荷、点火時期の遅角量、水温、実圧縮比、内部 E G R 量、燃焼ばらつき、燃料性状の少なくともいずれか 1 つが用いられればよく、又は任意の組み合わせによる少なくとも 2 つが用いられればよい。いずれにしても、3 回目噴射の分割率 Q 3 は、上述した図 4 のステップ S 1 5 において実施される。

20

【 0 0 5 1 】

・上記実施形態では、噴射回数を 3 回として分割噴射を実施する場合を例示したが、これに限らず、噴射回数は 4 回以上であってもよい。例えば、エンジン運転状態（エンジン回転速度やエンジン負荷）に応じて噴射回数を決定する構成であってもよい。ただし、いずれにしる、燃焼サイクルごとに複数回の「第 1 噴射（リーン噴射）」を実施し、その複数回の「第 1 噴射」が、前に実施される第 1 噴射が後に実施される第 1 噴射よりも希薄の混合気を形成するものであるとともに、「第 2 噴射（リッチ噴射）」を、点火時期の直前に 1 回のみ実施するものであればよい。例えば計 4 回（第 1 噴射 = 3 回、第 2 噴射 = 1 回）の噴射を行う場合、1 回目 ~ 4 回目の各噴射により形成される混合気の空気過剰率  $1$  ,  $2$  ,  $3$  ,  $4$  は、 $1 > 2 > 3 > 1.0$  で、かつ  $4 < 1.0$  となる。3 回の第 1 噴射はいずれも吸気行程で実施されるとよい。

30

【 0 0 5 2 】

・上記実施形態では、吸気行程に複数回の「第 1 噴射」を実施する場合において、その複数回の第 1 噴射のいずれもが吸気行程内で燃料噴射が終了するようにしたが、これを変更し、複数回の第 1 噴射のうち最後の第 1 噴射についてはその噴射終了時期が圧縮行程（すなわち吸気 B D C 後）になっていてもよい。

【 0 0 5 3 】

・筒内噴射エンジンにおいて、インジェクタ 2 1 が取り付けられる位置は点火プラグ 3 4 の点火位置に向けての燃料噴射が可能であれば任意でよく、図 1 に示すごとく燃焼室側方にインジェクタ 2 1 を配置する以外に、燃焼室中央（点火プラグ近傍）にインジェクタ 2 1 を配置する構成であってもよい。

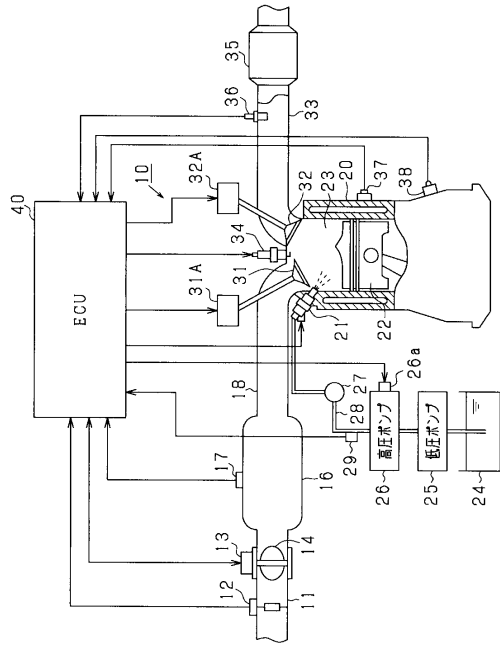
40

【 符号の説明 】

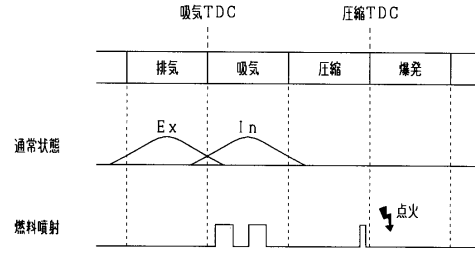
【 0 0 5 4 】

1 0 ... エンジン、2 1 ... インジェクタ（燃料噴射弁）、2 3 ... 燃焼室、3 4 ... 点火プラグ（点火手段）、4 0 ... E C U（第 1 噴射制御手段、第 2 噴射制御手段）。

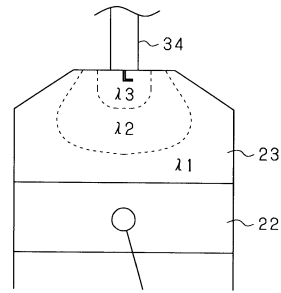
【図1】



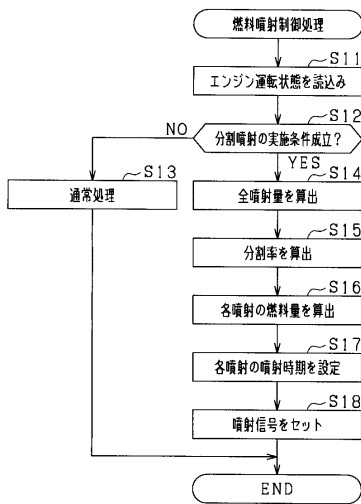
【図2】



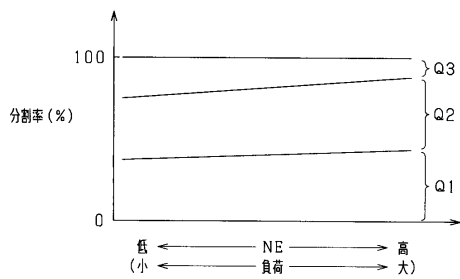
【図3】



【図4】



【図5】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
F 0 2 D 43/00 3 0 1 G  
F 0 2 D 43/00 3 0 1 J

(72)発明者 藤井 宏明  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内  
(72)発明者 鈴木 雄策  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 田村 佳孝

(56)参考文献 特開2010-48212(JP,A)  
特開2006-194098(JP,A)  
特開2004-232575(JP,A)  
特開2005-220857(JP,A)  
特開2012-31735(JP,A)  
特開2012-102654(JP,A)  
特開平4-47142(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
F 0 2 D 4 1 / 0 0 - 4 5 / 0 0