

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-169171

(P2015-169171A)

(43) 公開日 平成27年9月28日(2015.9.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F O 2 D 41/34 (2006.01)	F O 2 D 41/34 H	3 G O 1 9
F O 2 D 45/00 (2006.01)	F O 2 D 45/00 3 6 O A	3 G O 2 2
F O 2 P 5/15 (2006.01)	F O 2 P 5/15 B	3 G 3 0 1
F O 2 P 3/00 (2006.01)	F O 2 P 3/00 E	3 G 3 8 4
F O 2 P 15/10 (2006.01)	F O 2 P 15/10 3 O 1 D	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 16 頁)		

(21) 出願番号 特願2014-46309 (P2014-46309)
 (22) 出願日 平成26年3月10日 (2014.3.10)

(71) 出願人 000005326
 本田技研工業株式会社
 東京都港区南青山二丁目1番1号
 (74) 代理人 100105119
 弁理士 新井 孝治
 (74) 代理人 100095566
 弁理士 高橋 友雄
 (74) 代理人 100187805
 弁理士 毛利 弘人
 (72) 発明者 近藤 卓
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内
 (72) 発明者 英 寿
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内

最終頁に続く

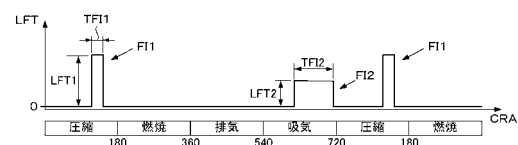
(54) 【発明の名称】 内燃機関の燃焼制御装置

(57) 【要約】

【課題】 燃焼室内において均質希薄混合気を適切に形成し、均質希薄混合気の火花点火燃焼を確実に実現することができる内燃機関の燃焼制御装置を提供する。

【解決手段】 燃料噴射弁6によって微粒化された燃料を吸気通路2内に噴射する。吸気弁21の閉弁期間における第1燃料噴射F I 1及び開弁期間における第2燃料噴射F I 2を行い、第2燃料噴射時間T F I 2を第1燃料噴射時間T F I 1より長く設定するとともに、第2燃料噴射F I 2における第2リフト量L F T 2を第1燃料噴射F I 1における第1リフト量L F T 1より小さく設定する。第1燃料噴射F I 1によって燃焼室1a内に吸入される混合気のうち最初に吸入される混合気を比較的均質度の高いものとし、その後の吸気弁開弁期間において第2燃料噴射F I 2を行うことで、混合気全体としての均質度を高める。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の燃焼室内の混合気の火花点火を行う火花点火手段と、該火花点火手段を制御する点火制御手段と、前記燃焼室内の混合気の空燃比を制御する空燃比制御手段とを備える、内燃機関の燃焼制御装置において、

前記燃焼室内に均質かつ希薄な混合気を形成する均質希薄混合気形成手段を備え、

前記均質希薄混合気形成手段は、燃料を微粒化して噴射可能であって、かつ弁リフト量を変更可能な燃料噴射弁を用いて、前記機関の吸気通路内に燃料を噴射し、

前記空燃比制御手段は、前記空燃比を理論空燃比よりリーン側の所定リーン空燃比よりさらにリーン側の空燃比に制御し、

10

前記均質希薄混合気形成手段は、前記機関の吸気弁の閉弁期間において前記燃料噴射弁による第 1 燃料噴射を実行するとともに、前記吸気弁の開弁期間において前記燃料噴射弁による第 2 燃料噴射を実行し、前記第 2 燃料噴射の第 2 燃料噴射時間は、前記第 1 燃料噴射の第 1 燃料噴射時間より長く設定され、前記第 2 燃料噴射の第 2 リフト量は前記第 1 燃料噴射の第 1 リフト量より小さく設定されることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 2】

前記空燃比制御手段は、前記機関の運転状態及び目標空燃比に応じて総燃料噴射量を算出し、

前記均質希薄混合気形成手段は、

前記機関の吸気弁の温度と相関のある温度パラメータを取得する温度パラメータ取得手段と、

20

前記温度パラメータに応じて前記第 1 燃料噴射における第 1 燃料噴射量を算出する第 1 燃料噴射量算出手段と、

前記総燃料噴射量から前記第 1 燃料噴射量を減算することにより前記第 2 燃料噴射における第 2 燃料噴射量を算出する第 2 燃料噴射量算出手段とを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 3】

前記第 1 燃料噴射量算出手段は、前記温度パラメータが所定温度より低いときは、前記第 1 燃料噴射量を「0」に設定し、前記温度パラメータが前記所定温度以上であるときは、前記温度パラメータが高くなるほど前記第 1 燃料噴射量を増加させることを特徴とする請求項 2 に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

30

【請求項 4】

前記第 1 燃料噴射量算出手段は、前記機関の運転状態に応じて前記第 1 燃料噴射量の上限値を算出し、前記第 1 燃料噴射量を前記上限値以下に制限することを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 5】

前記火花点火手段は、点火プラグと、該点火プラグに放電を発生させるための複数の点火コイル対とを備え、前記点火プラグにおける放電の開始時期及び継続時間を変更可能なものであり、

前記点火制御手段は、前記点火プラグにおける放電開始時期及び前記放電継続時間を制御し、前記放電開始時期を、前記点火プラグ近傍における混合気の空燃比が相対的に小さくなるように形成される成層希薄混合気に点火する場合の放電開始時期より進角側に設定することを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

40

【請求項 6】

前記燃焼室内に吸入された混合気の流動を生成する流動生成手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の燃焼制御装置に関し、特に均質かつ希薄な混合気を火花点火する

50

ことによって燃焼させる燃焼制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

希薄な（空燃比の大きい）混合気を火花点火する希薄混合気燃焼技術は例えば特許文献1に示されるように広く知られている。この希薄混合気燃焼技術においては、排気に含まれる NO_x を三元触媒で浄化することができないため、燃焼限界空燃比を高めることが重要である。特許文献1には、点火プラグ近傍に比較的濃い（空燃比の小さい）混合気を成層配置することにより、燃焼室内全体の混合気の平均空燃比を高くしつつ安定的に燃焼させる技術が示されている。

しかしこの技術では、点火プラグ近傍における燃焼によって発生する NO_x 量が多いため、 NO_x 排出量をより低減することが求められている。

【0003】

そこで、本発明の発明者は均質かつ希薄な混合気を火花点火することによって燃焼させ、安定した燃焼を確保しつつ NO_x 排出量を低減することができる均質希薄混合気の火花点火燃焼を提案している（非特許文献1）。この非特許文献1では、空燃比「30」程度の均質希薄混合気を確実に燃焼させるための手法として、点火時の混合気温度を所望の温度まで高めるように圧縮比設定を行うこと、微粒化型の燃料噴射弁を使用することなどが提案されている。

【0004】

非特許文献1において提案された均質希薄混合気を火花点火によって確実に燃焼させるためには、燃焼室内における混合気の均質度を高くすることが必要である。このような混合気の均質化に関連する技術として、特許文献2には、1つの気筒に対応して吸気ポート及び吸気弁を2つ設け、2つの吸気ポートにそれぞれ燃料噴射弁を配置し、一方の燃料噴射弁を吸気弁の閉弁中に開弁作動させ、他方の燃料噴射弁を吸気弁の開弁中に開弁作動させることによって、噴射された燃料を確実に霧化させる技術が示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2002-256927号公報

【特許文献2】特開2012-229653号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】自動車技術会学術講演会前刷集，No.121-12(2012/10)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献2が示す制御装置では、1つの気筒に対応して吸気ポート及び吸気弁を2つ設けることが、噴射された燃料の霧化促進のための主たる手段であるため、吸気弁の開弁中の燃料噴射と開弁中の燃料噴射とに分割した燃料噴射方法の具体的な内容（それぞれの燃料噴射時間の設定など）は示されていない。そのため、均質度の高い混合気を形成する上では、特許文献2に示された手法を単純に適用するのみでは不十分であり、改善すべき余地が残されていた。

【0008】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、燃焼室内において均質希薄混合気を適切に形成し、均質希薄混合気の火花点火燃焼を確実に実現することができる内燃機関の燃焼制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するため請求項1に記載の発明は、内燃機関の燃焼室（1）内の混合気の火花点火を行う火花点火手段と、該火花点火手段を制御する点火制御手段と、前記燃焼

10

20

30

40

50

室内の混合気の空燃比を制御する空燃比制御手段とを備える、内燃機関の燃焼制御装置において、前記燃焼室内に均質かつ希薄な混合気を形成する均質希薄混合気形成手段を備え、前記均質希薄混合気形成手段は、燃料を微粒化して噴射可能であって、かつ弁リフト量（L F T）を変更可能な燃料噴射弁（6）を用いて、前記機関の吸気通路（2）内に燃料を噴射し、前記空燃比制御手段は、前記空燃比を理論空燃比よりリーン側の所定リーン空燃比（A F L 1）よりさらにリーン側の空燃比に制御し、前記均質希薄混合気形成手段は、前記機関の吸気弁の閉弁期間において前記燃料噴射弁（6）による第1燃料噴射（F I 1）を実行するとともに、前記吸気弁の開弁期間において前記燃料噴射弁による第2燃料噴射（F I 2）を実行し、前記第2燃料噴射の第2燃料噴射時間（T F I 2）は、前記第1燃料噴射の第1燃料噴射時間（T F I 1）より長く設定され、前記第2燃料噴射の第2
10
リフト量（L F T 2）は前記第1燃料噴射の第1リフト量（L F T 1）より小さく設定されることを特徴とする。

【0010】

この構成によれば、空燃比が理論空燃比よりリーン側の所定リーン空燃比よりさらにリーン側の空燃比に制御され、微粒化された燃料が吸気通路内に噴射されるので、比較的均質な希薄混合気が吸気通路内において形成される。さらに吸気弁の閉弁期間における第1燃料噴射及び開弁期間における第2燃料噴射が行われ、第2燃料噴射時間が第1燃料噴射時間より長く設定され、第2リフト量は第1リフト量より小さく設定されるので、燃焼室内に吸入される混合気のうち最初に吸入される初期吸入混合気を比較的均質度の高いものとし、その後の吸気弁開弁期間において第2燃料噴射を行うことにより、初期吸入混合気
20
に続いて吸入される混合気の均質度を高めることができ、燃焼室内の希薄混合気全体の均質度を高めることができる。したがって、火花点火手段を適切に制御することによって均質希薄混合気の確実な点火及び点火後の安定した燃焼を実現することができる。

【0011】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の内燃機関の燃焼制御装置において、前記空燃比制御手段は、前記機関の運転状態及び目標空燃比（A F C M D）に応じて総燃料噴射量（Q F U E L）を算出し、前記均質希薄混合気形成手段は、前記機関の吸気弁の温度と相関のある温度パラメータ（T V L V E）を取得する温度パラメータ取得手段と、前記温度パラメータ（T V L V E）に応じて前記第1燃料噴射（F I 1）における第1燃料噴射量（Q F I 1）を算出する第1燃料噴射量算出手段と、前記総燃料噴射量（Q F U E L）
30
から前記第1燃料噴射量（Q F I 1）を減算することにより前記第2燃料噴射における第2燃料噴射量（Q F I 2）を算出する第2燃料噴射量算出手段とを備えることを特徴とする。

【0012】

この構成によれば、機関の運転状態及び目標空燃比に応じて総燃料噴射量が算出され、機関の吸気弁の温度と相関のある温度パラメータに応じて第1燃料噴射量が算出され、総燃料噴射量から第1燃料噴射量を減算することにより第2燃料噴射量が算出される。第1燃料噴射によって噴射された燃料は、吸気弁が開弁するまで吸気通路内に留まるため、吸気弁温度と相関のある温度パラメータが高くなるほど気化し易くなる。したがって、第1燃料噴射量を温度パラメータに応じて算出することにより、特に機関の暖機運転中に、吸
40
気弁の閉弁期間における第1燃料噴射量を気化可能な適量に設定することができ、吸気弁の開弁期間における第2燃料噴射により噴射される燃料とともに、燃焼室内に均質度の高い混合気を形成し、未燃燃料成分や煤の排出量を低減することが可能となる。

【0013】

請求項3に記載の発明は、請求項に記載の内燃機関の燃焼制御装置において、前記第1燃料噴射量算出手段は、前記温度パラメータ（T V L V E）が所定温度（T V L）より低いときは、前記第1燃料噴射量（Q F I 1）を「0」に設定し、前記温度パラメータ（T V L V E）が前記所定温度（T V L）以上であるときは、前記温度パラメータ（T V L V E）が高くなるほど前記第1燃料噴射量（Q F I 1）を増加させることを特徴とする。

【0014】

10

20

30

40

50

この構成によれば、温度パラメータが所定温度より低いときは、第1燃料噴射量が「0」に設定され、温度パラメータが所定温度以上であるときは、温度パラメータが高くなるほど第1燃料噴射量を増加させるように制御されるので、吸気弁の開弁期間において噴射された燃料の気化が適切に行われ、機関運転状態に対応して比較的均質度の高い混合気を吸気通路内で形成することができる。

【0015】

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の内燃機関の燃焼制御装置において、前記第1燃料噴射量算出手段は、前記機関の運転状態に応じて前記第1燃料噴射量（QFI1）の上限値（QFI1HL）を算出し、前記第1燃料噴射量を前記上限値以下に制限することを特徴とする。

10

【0016】

この構成によれば、機関の運転状態に応じて第1燃料噴射量の上限値が算出され、第1燃料噴射量が上限値以下となるようにリミット処理が行われるので、第1燃料噴射量が第2燃料噴射量と比較して大きくなり過ぎることが防止され、吸気弁の開弁中に噴射される第2燃料噴射量が相対的に過少となって、燃焼室内の混合気の均質度が低下することを防止できる。

【0017】

請求項5に記載の発明は、請求項1から4の何れか1項に記載の内燃機関の燃焼制御装置において、前記火花点火手段は、点火プラグ（8）と、該点火プラグに放電を発生させるための複数の点火コイル対（71，72）とを備え、前記点火プラグにおける放電の開

20

【0018】

この構成によれば、点火プラグにおける放電開始時期及び放電継続時間が変更可能であるため、放電開始時期及び放電継続時間を適切に設定することにより、すなわち、成層希薄混合気に点火する場合の放電開始時期より進角側に放電開始時期を設定することによって、放電継続時間を長く設定することを可能とし、均質希薄混合気を確実に着火させるこ

30

【0019】

請求項6に記載の発明は、請求項1から5の何れか1項に記載の内燃機関の燃焼制御装置において、前記燃焼室内において、吸入された混合気の流動を生成する流動生成手段（2a，4）をさらに備えることを特徴とする。

【0020】

この構成によれば、燃焼室内において、吸入された混合気の流動が生成されるので、点火プラグの放電継続時間の設定と混合気流動とによって強力な初期火炎核を形成し、高効率の燃焼を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

40

【0021】

【図1】本発明の一実施形態にかかる内燃機関及びその制御装置の構成を示す図である。

【図2】吸気通路に設けられるタンブル流動制御弁（4）の配置を説明するための図である。

【図3】1つの気筒に対応する点火回路ユニット（7）の構成を示す回路図である。

【図4】燃料噴射弁（6）によって噴射される燃料の噴射状態を説明するための図である。

。

【図5】燃料噴射弁（6）の開弁時期、開弁時間（TFI）、及び開弁時のリフト量（LFT）を示す図である。

【図6】圧縮行程及び燃焼行程における筒内圧（PCYL）の推移を示す図である。

50

【図 7】超希薄混合気の目標空燃比（A F C M D）に応じて点火プラグの放電開始時期（C A I G）及び放電継続時間（T S P K）を設定するテーブルを示す図である。

【図 8】燃料噴射弁（6）による燃料噴射量を算出する処理のフローチャートである。

【図 9】図 8 の処理で参照されるテーブルを示す図である。

【図 10】空気及び噴射された燃料が燃焼室に吸入される過程を模式的に示す図である。

【図 11】エンジン 1 の冷間始動時における制御動作例を示すタイムチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明の一実施形態にかかる内燃機関（以下「エンジン」という）及びその制御装置の構成を示す図であり、例えば 4 気筒のエンジン 1 の吸気通路 2 の途中にはスロットル弁 3 が配置されている。吸気通路 2 のスロットル弁 3 の下流側には、燃料噴射弁 6 が設けられており、その作動は電子制御ユニット（以下「E C U」という）5 により制御される。

【0023】

図 2 に示すように、吸気通路 2 の、吸気弁 2 1 の直ぐ上流側には、隔壁 2 a と、隔壁 2 a によって形成される一方の流路に配置されたタンブル流動制御弁 4 とが設けられており、タンブル流動制御弁 4 はアクチュエータ 4 a によって開閉駆動可能に構成されている。アクチュエータ 4 a は E C U 5 に接続されており、その作動は E C U 5 によって制御される。タンブル流動制御弁 4 によって、燃焼室 1 a 内に混合気のタンブル流動が生成される。

【0024】

エンジン 1 の各気筒には点火プラグ 8 が装着されており、点火プラグ 8 は点火回路ユニット 7 を介して E C U 5 に接続されている。E C U 5 は、後述するように点火プラグ 8 における放電開始時期 C A I G 及び放電継続時間 T S P K の制御を行う。

【0025】

E C U 5 には、エンジン 1 の吸入空気流量 G A I R を検出する吸入空気流量センサ 1 1、吸気温 T A を検出する吸気温センサ 1 2、スロットル弁開度 T H を検出するスロットル弁開度センサ 1 3、吸気圧 P B A を検出する吸気圧センサ 1 4、エンジン冷却水温 T W を検出する冷却水温センサ 1 5、及び図示しない他のセンサ（例えばエンジン 1 により駆動される車両のアクセルペダル操作量 A P を検出するアクセルセンサ、車速センサなど）が接続されており、これらのセンサの検出信号が E C U 5 に供給される。

【0026】

E C U 5 には、エンジン 1 のクランク軸（図示せず）の回転角度を検出するクランク角度位置センサ 1 6 が接続されており、クランク軸の回転角度に応じたパルス信号が E C U 5 に供給される。クランク角度位置センサ 1 6 は、クランク角度位置を示す複数のパルス信号を出力するものであり、このパルス信号は、燃料噴射時期、点火時期（点火プラグ 8 の放電開始時期）等の各種タイミング制御、及びエンジン回転数 N E の検出に使用される。

【0027】

排気通路 9 には排気浄化用の三元触媒 10 が設けられている。三元触媒 10 の上流側であって各気筒に連通する排気マニホールドの集合部より下流側には、比例型酸素濃度センサ 1 7（以下「L A F センサ 1 7」という）が装着されており、この L A F センサ 1 7 は排気中の酸素濃度（空燃比 A F）にほぼ比例した検出信号を出力し、E C U 5 に供給する。

【0028】

E C U 5 は、各種センサからの入力信号波形を整形し、電圧レベルを所定レベルに修正し、アナログ信号値をデジタル信号値に変換する等の機能を有する入力回路、中央演算処理ユニット（C P U）、該 C P U で実行される各種演算プログラム及び演算結果等を記憶する記憶回路、燃料噴射弁 6、点火回路ユニット 7、アクチュエータ 4 a などに駆動信号

10

20

30

40

50

を供給する出力回路等から構成される。

【0029】

燃料噴射弁6による燃料噴射量は、吸入空気流量G A I Rに応じて算出される基本燃料量を、L A Fセンサ17により検出される空燃比A Fに応じた空燃比補正係数K A Fによって補正することによって制御される。空燃比補正係数K A Fは、検出される空燃比A Fが目標空燃比A F C M Dと一致するように算出される。

【0030】

図3は、1つの気筒に対応する点火回路ユニット7の構成を示す回路図であり、点火回路ユニット7は、一次コイル71a及び二次コイル71bからなる第1コイル対71と、一次コイル72a及び二次コイル72bからなる第2コイル対72と、バッテリー30の出力電圧V B A Tを昇圧して昇圧電圧V U Pを出力する昇圧回路73と、一次コイル71a、72aの通電制御を行うトランジスタQ1、Q2と、二次コイル71b、72bと点火プラグ8との間に接続されたダイオードD1、D2とを備えている。

【0031】

トランジスタQ1、Q2のベースはE C U 5に接続されており、E C U 5によってオンオフ制御（一次コイルの通電制御）が行われる。2つの一次コイルの通電期間の一部を重複させてつつ交互に通電を行うことによって、点火プラグ8における放電の継続時間（放電継続時間）T S P Kをエンジン1の運転状態に応じて変更することができる。また一次コイルの最初の通電終了時期が放電開始時期C A I Gに相当し、放電開始時期C A I Gもエンジン1の運転状態に応じて変更可能である。

【0032】

燃料噴射弁6は、燃料を微粒化して噴射可能なものであり、S M D（Sauter Mean Diameter：ザウター平均直径）が35 μ m程度（燃圧350 k P aで噴射し、噴射口からの50 mm下におけるS M D）の特性を有し、弁の開度（リフト量）を少なくとも2段階に変更可能なものを使用する。図4（a）は、この燃料噴射弁6による燃料の噴射状態（噴射された燃料の拡散状態）を模式的に示し、図4（b）は比較のために示す通常の燃料噴射弁による燃料の噴射状態を示す。通常の燃料噴射弁では、円錐状に分布する燃料の周辺部の燃料濃度が高くなるのに対し、燃料噴射弁6では微粒化した燃料の到達距離が短くなり、かつ拡散領域内における濃度分布の均質度が高く（濃度差が少なく）なる。

【0033】

図5は、燃料噴射弁6の開弁時期、開弁時間T F I及び開弁時のリフト量L F Tを示す図であり、横軸はクランク角度C R Aである。本実施形態では、1燃焼サイクル内の圧縮行程で第1燃料噴射F I 1を実行するとともに吸気行程で第2燃料噴射F I 2を実行する。しかも第1燃料噴射F I 1は、リフト量L F T 1が比較的大きく、かつ開弁時間T F I 1が比較的短い燃料噴射とし、第2燃料噴射F I 2は、リフト量L F T 2をリフト量L F T 1より小さく、かつ開弁時間T F I 2を開弁時間T F I 1より長く設定した燃料噴射とする。第1及び第2燃料噴射F I 1、F I 2における合計の燃料噴射量が目標空燃比A F C M Dに対応する燃料噴射量となるように、リフト量L F T 1、L F T 2及び開弁時間（燃料噴射時間）T F I 1、T F I 2が設定される。

【0034】

燃料を微粒化して噴射可能な燃料噴射弁6を、図5に示すように開弁作動させることにより、まず第1燃料噴射F I 1によって吸気通路2内で比較的均質な混合気を形成し、さらに第2燃料噴射F I 2を実行することによって、検出空燃比A Fを目標空燃比A F C M Dと一致させるために必要とされる量の燃料を燃焼室に供給し、しかも燃焼室内における空燃比分布がほぼ一様な（均質度の高い）均質希薄混合気を形成することができる。

【0035】

なお、第1燃料噴射F I 1は、対象気筒の圧縮行程において実行し、第2燃料噴射F I 2は、その終了時期を吸気行程の終了時期の直前に設定することが望ましい。

【0036】

本実施形態では、暖機完了後の目標空燃比A F C M Dは、例えば「24」から「35」

程度の範囲（以下「超希薄空燃比範囲」という）に設定される。空燃比「24」（リーン側所定空燃比）は、エンジン1からのNO_x排出量が許容上限値（例えば120ppm）以下となるように設定される。空燃比「35」は、必要なエンジン出力を得るための限界値として設定される空燃比である。

【0037】

点火プラグ8における放電開始時期CAIGは、超希薄空燃比範囲における目標空燃比AFCMDに対応して、上死点前50度から15度の範囲に設定され、放電継続時間TSPKは均質希薄混合気を確実に着火させるべく、1.8～3msecに設定される。このように放電継続時間TSPKを設定したときの放電エネルギーが150～600mJとなるように昇圧電圧VUPが設定されている。従来の火花点火による希薄混合気燃焼は、点火プラグ近傍の空燃比が相対的に小さくなるように燃焼室内の流動を生成することによって実現される成層混合気燃焼であるのに対し、本実施形態の均質希薄混合気燃焼は、放電継続時間TSPKを比較的長く設定し、その放電継続時間TSPKを確保できるように放電開始時期CAIGは、成層混合気燃焼の点火時期（例えば8.0度）より進角側に設定されている。

【0038】

さらにエンジン1の幾何学的圧縮比（ピストンが下死点に位置するときの燃焼室容積と、上死点に位置するときの燃焼室容積との比）は、最低実効圧縮比が9.0程度となるように、通常の火花点火エンジンの幾何学的圧縮比より若干大きく設定されている。

【0039】

またタンブル流動制御弁4の開度を変更することによって、流速5～15m/sec程度（エンジン回転数NEが1500rpmであるとき流速）のタンブル流動を発生させるタンブル流動生成制御が行われる。

放電継続時間TSPKを比較的長く設定するとともに、燃焼室内にタンブル流動を生成することによって、強力な初期火炎核を形成し、火炎核を成長させることによって、圧縮上死点における未燃混合気の温度を1000度K以上の温度まで高めて、燃焼層流速を支配する素反応を、過酸化水素が分解してOHラジカルを生成する反応に変化させ、圧縮上死点後において燃焼を確実に完結させることが可能となる。

【0040】

図6は、圧縮行程及び燃焼行程における筒内圧PCYLの推移を示す図であり、実線L1が本実施形態に対応し、太い破線L2がHCCI（均質混合気圧縮着火）燃焼に対応し、細い破線がストイキ燃焼（空燃比を理論空燃比に設定した場合の燃焼）に対応する。この図において、クランク角度CRAの0度が圧縮上死点に対応する。なお、ストイキ燃焼の場合の点火時期は、圧縮上死点より若干進角側（例えばクランク角度10度以内の範囲）に設定される。

本実施形態の均質希薄混合気の火花点火による燃焼によって、高効率の安定した燃焼が得られることが確認できる。

【0041】

また本実施形態では、エンジン1の暖機完了後は、エンジン1の要求トルクに応じて超希薄空燃比範囲内に目標空燃比AFCMDを設定し、目標空燃比AFCMDに応じて点火プラグ8の放電開始時期CAIG及び放電継続時間TSPKを設定する。

【0042】

具体的には、放電開始時期CAIG（圧縮上死点からの進角量で定義される）は、図7（a）に示すように、目標空燃比AFCMDが増加するほど進角するように設定され、放電継続時間TSPKは、図7（b）に示すように目標空燃比AFCMDが増加するほど長くなるように設定される。図7に示すAFL1及びAFL2は、それぞれ例えば「24」及び「35」に設定される所定空燃比であり、図7（a）に示すCAIG1、CAIG2は、それぞれ例えば「15度」及び「50度」に設定される所定進角量であり、図7（b）に示すTSPK1、TSPK2は、それぞれ例えば「1.8msec」及び「3msec」に設定される所定放電時間である。

【0043】

なお、放電開始時期CAIGは、上記のように目標空燃比AF CMDに応じて設定するとともに、エンジン回転数NEが高くなるほど進角させることが望ましい。エンジン回転数NEが高くなるほど、放電継続時間TSPKに対応するクランク角度CRAは増加するので、放電開始時期CAIGを進角させることによって、高回転状態においても放電継続時間TSPKを確保し、安定した燃焼を得ることができる。

【0044】

図8は、上述した第1燃料噴射F I 1における第1燃料噴射量Q F I 1及び第2燃料噴射における第2燃料噴射量Q F I 2を算出する処理のフローチャートである。この処理は、ECU5において所定クランク角度（例えば180度）毎に実行される。この処理では、吸気弁21の温度と相関のある温度パラメータとして、推定吸気弁温度TVLVEを使用する。またエンジン1の要求トルクTRQEは、検出されるアクセルペダル操作量APに応じて算出される。

【0045】

ステップS11では、エンジン運転状態及び目標空燃比AF CMDに応じて公知の手法で総燃料噴射量QFUELを算出する。ステップS12では、エンジン運転状態に応じて吸気弁21の温度推定値である推定吸気弁温度TVLVEを算出する。推定吸気弁温度TVLVEは、例えば特開2007-64008号公報に示される手法を用いて、エンジン1の吸入空気流量GAIR、エンジン回転数NE、エンジン冷却水温TW、及び目標空燃比AF CMDに応じて算出される。

【0046】

ステップS13では、エンジン1の要求トルクTRQE及び推定吸気弁温度TVLVEに応じて第1燃料噴射量Q F I 1を算出する。具体的には、図9に示すQ F I 1 Bテーブルを検索して基本値Q F I 1 Bを算出し、基本値Q F I 1 Bにトルク係数KTRQを乗算することにより、第1燃料噴射量Q F I 1を算出する。トルク係数KTRQは、エンジン1の要求トルクTRQEにほぼ比例するように設定され、エンジン1のアイドル運転状態では「0」に設定される。Q F I 1 Bテーブルは、推定吸気弁温度TVLVEが第1所定温度TVL（例えば70℃）より低いときは、基本値Q F I 1 Bが「0」に設定され、第1所定温度TVL以上の範囲では推定吸気弁温度TVLVEが高くなるほど、基本値Q F I 1 Bが増加するように設定されている。なお、図9に示す第2所定温度TVM及び第3所定温度TVHは、それぞれ例えば100℃及び150℃に設定される。

【0047】

Q F I 1 Bテーブルの設定は、吸気弁21の温度が高くなると、燃料噴射弁6によって吸気弁21の閉弁中の噴射された燃料が気化し易くなることを考慮したものである。このように、Q F I 1 Bテーブルを設定することにより、吸気弁21の閉弁期間において噴射された燃料の気化が適切に行われ、エンジン運転状態に対応して均質度の比較的高い混合気を吸気通路内で形成することが可能となる。

【0048】

ステップS14では、エンジン1の要求出力に応じて第1燃料噴射量Q F I 1の上限値Q F I 1 HLを算出する。具体的には、要求トルクTRQEが増加するほど増加するように設定される上限基本値Q F I 1 HL Bに、回転数補正係数KNEを乗算することにより、上限値Q F I 1 HLを算出する。エンジン回転数NEが高くなるほど、噴射された燃料が気化するために許容される時間が短くなることから、回転数補正係数KNEはエンジン回転数NEが高くなるほど減少するように設定される。

【0049】

ステップS15ではステップS13で算出した第1燃料噴射量Q F I 1が上限値Q F I 1 HLより大きいかな否かを判別する。この答が否定（NO）であるときは、直ちにステップS17に進み、肯定（YES）であるときは、第1燃料噴射量Q F I 1を上限値Q F I 1 HLに設定して（ステップS16）、ステップS17に進む。

【0050】

ステップ S 1 7 では、総燃料噴射量 $Q F U E L$ から第 1 燃料噴射量 $Q F I 1$ を減算することにより、第 2 燃料噴射量 $Q F I 2$ を算出する。第 1 及び第 2 燃料噴射量 $Q F I 1$ 、 $Q F I 2$ に応じて、図 5 に示す燃料噴射時間 $T F I 1$ 、 $T F I 2$ が算出される。

【0051】

ステップ S 1 3 ～ S 1 6 によって、エンジン運転状態に応じて第 1 燃料噴射量 $Q F I 1$ 及びその上限値 $Q F I 1 H L$ が算出され、第 1 燃料噴射量 $Q F I 1$ を上限値 $Q F I 1 H L$ 以下に制限するリミット処理が行われるので、第 1 燃料噴射量 $Q F I 1$ が第 2 燃料噴射量 $Q F I 2$ と比較して大きくなり過ぎることが防止される。

【0052】

図 10 は、空気及び噴射された燃料が吸入される過程を模式的に示す図であり、図 10 (a) が本実施形態に対応し、図 10 (b) は吸気弁の開弁中に 1 回のみ燃料噴射を行う従来例を比較のために示す。これらの図において、実線のハッチングを付して示す領域は、空気のための領域または燃料濃度の低い領域に対応し、破線のハッチングを付して示す領域は、燃料濃度の高い領域に対応する。

【0053】

図 10 (a) において、時刻 $t 1$ は第 1 燃料噴射 $F I 1$ が行われた直後の時点に対応し、時刻 $t 2$ は吸気弁 2 1 が開弁され、開弁期間の後半で第 2 燃料噴射が行われた直後の時点に対応し、時刻 $t 3$ は吸気弁の開弁直後の時点に対応する。この図に示すように本実施形態では、時刻 $t 3$ において燃料濃度の高い領域が混合気中に全体的に分布する。

【0054】

図 10 (b) において、時刻 $t 2 a$ は吸気弁の開弁期間の前半において燃料噴射が行われた直後の時点に対応し、時刻 $t 3$ は図 10 (a) の時刻 $t 3$ と同一である。1 回の燃料噴射では、この図に示すように燃料濃度の高い領域に偏りが発生することが確認できる。

【0055】

図 11 は、エンジン 1 の冷間始動時における制御動作例を示すタイムチャートであり、図 11 (a) はエンジン冷却水温 $T W$ の推移を示し、図 11 (b) は第 1 及び第 2 燃料噴射量比率 $R F I 1$ 、 $R F I 2$ の推移を示す。第 1 及び第 2 燃料噴射量比率 $R F I 1$ 、 $R F I 2$ は下記式で定義される。

$$R F I 1 = Q F I 1 / Q F U E L$$

$$R F I 2 = Q F I 2 / Q F U E L$$

【0056】

運転開始 ($t = 0$) から時刻 $t 1 1$ までは、第 1 燃料噴射量 $Q F I 1$ が「0」に設定され、時刻 $t 1 1$ において推定吸気弁温度 $T V L V E$ が第 1 所定温度 $T V L$ に達した後は、徐々に増量される。したがって第 1 燃料噴射量比率 $R F I 1$ が増加するとともに第 2 燃料噴射量比率 $R F I 2$ が減少する。時刻 $t 1 2$ 以後は、第 1 燃料噴射量 $Q F I 1$ は上限値 $Q F I 1 H L$ に設定されるが、上限値 $Q F I 1 H$ はエンジン運転状態に依存して変化するため、第 1 燃料噴射量 $Q F I 1$ もエンジン運転状態に依存して変化している。

【0057】

以上のように本実施形態によれば、超希薄空燃比の均質混合気を燃焼室内に形成し、確実に着火させて、燃焼を完結させることができるので、均質希薄混合気を制御性良好な火花点火火炎伝播燃焼させることが可能となり、高効率でかつ $N O x$ 排出量が少ない燃焼を実現することができる。

【0058】

具体的には、燃料噴射弁 6 によって微粒化された燃料が吸気通路 2 内に噴射されるので、比較的均質な希薄混合気が吸気通路 2 内において先ず形成され、さらに燃焼室 1 a 内に吸入されることによって、より均質度の高い希薄混合気を形成することができる。すなわち、吸気弁 2 1 の閉弁期間における第 1 燃料噴射 $F I 1$ 及び吸気弁 2 1 の開弁期間における第 2 燃料噴射 $F I 2$ が行われ、第 2 燃料噴射時間 $T F I 2$ が第 1 燃料噴射時間 $T F I 1$ より長く設定され、第 2 リフト量 $L F T 2$ は第 1 リフト量 $L F T 1$ より小さく設定されるので、燃焼室 2 1 内に吸入される混合気のうち最初に吸入される初期吸入混合気を比較的

均質度の高いものとし、その後の吸気弁開弁期間において第2燃料噴射F I 2を行うことにより、初期吸入混合気に続いて吸入される混合気の均質度を高めることができ、燃焼室1 a内の希薄混合気全体の均質度を高めることができる。したがって、点火プラグ8における放電（開始時期及び継続時間）を適切に制御することによって均質希薄混合気の確実な点火及び点火後の安定した燃焼を実現することができる。

【0059】

またエンジン運転状態及び目標空燃比A F C M Dに応じて総燃料噴射量Q F U E Lが算出され、吸気弁21の温度と相関のある温度パラメータとしての推定吸気弁温度T V L V Eに応じて第1燃料噴射量Q F I 1が算出され、総燃料噴射量Q F U E Lから第1燃料噴射量Q F I 1を減算することにより第2燃料噴射量Q F I 2が算出される。第1燃料噴射F I 1によって噴射された燃料は、吸気弁21が開弁するまで吸気通路2内に留まるため、吸気弁温度と相関のある推定吸気弁温度T V L V Eが高くなるほど気化し易くなる。したがって、第1燃料噴射量Q F I 1を推定吸気弁温度T V L V Eに応じて算出することにより、特にエンジン1の暖機運転中に、吸気弁21の開弁期間における第1燃料噴射量Q F I 1を気化可能な適量に設定し、吸気弁21の開弁期間における第2燃料噴射F I 2により噴射される燃料とともに、燃焼室1 a内に均質度の高い混合気を形成して、未燃燃料成分や煤の排出量を低減することができる。

10

【0060】

また推定吸気弁温度T V L V Eが第1所定温度T V Lより低いときは、第1燃料噴射量Q F I 1が「0」に設定され、推定吸気弁温度T V L V Eが第1所定温度T V L以上であるときは、推定吸気弁温度T V L V Eが高くなるほど第1燃料噴射量Q F I 1を増加させるように制御されるので、吸気弁21の開弁期間において噴射された燃料の気化が適切に行われ、エンジン運転状態に対応して比較的均質度の高い混合気を吸気通路内で形成することができる。

20

【0061】

またエンジン運転状態に応じて第1燃料噴射量Q F I 1の上限値Q F I 1 H Lが算出され、第1燃料噴射量Q F I 1が上限値Q F I 1 H L以下となるようにリミット処理が行われるので、第1燃料噴射量Q F I 1が第2燃料噴射量Q F I 2と比較して大きくなり過ぎることが防止され、吸気弁21の開弁中に噴射される第2燃料噴射量Q F I 2が相対的に過少となって、燃焼室1 a内の混合気の均質度が低下することを防止できる。

30

【0062】

また点火プラグ8における放電開始時期C A I G及び放電継続時間T S P Kが変更可能であるため、放電開始時期C A I G及び放電継続時間T S P Kを適切に設定することにより、すなわち、成層希薄混合気に点火する場合の放電開始時期より進角側に放電開始時期C A I Gを設定することによって、放電継続時間T S P Kを長く設定することを可能とし、均質希薄混合気を確実に着火させることができる。

【0063】

またタンブル流動制御弁4を用いて燃焼室内において混合気の流動が生成されるので、点火プラグ8の放電継続時間T P S Kの設定と混合気流動とによって、強力な初期火炎核、すなわち圧縮上死点における燃焼混合気温度を1000度K以上に高めることができる初期火炎核を形成し、高効率の燃焼を実現することができる。すなわち、本実施形態では、燃焼室内の混合気流動は、点火プラグ近傍の空燃比を相対的に小さくするために生成されるものではなく、燃焼の完結をさせる強力な初期火炎核を形成するために生成されるものである。

40

【0064】

本実施形態では、点火回路ユニット7及び点火プラグ8が火花点火手段に相当し、隔壁2 a及びタンブル流動制御弁4が流動生成手段に相当し、吸入空気流量センサ11、クランク角度位置センサ16、冷却水温センサ15、及びE C U 5が温度パラメータ取得手段を構成する。またE C U 5が点火制御手段、空燃比制御手段、第1燃料噴射量算出手段、及び第2燃料噴射量算出手段を構成し、燃料噴射弁6及びE C U 5が均質希薄混合気形成

50

手段を構成する。

【0065】

なお本発明は上述した実施形態に限るものではなく、種々の変形が可能である。例えば、上述した実施形態では吸気弁21の温度に相関する温度パラメータとして推定吸気弁温度TVLVEを使用した。吸気弁温度はエンジン冷却水温TWとの相関性が最も高いので、エンジン冷却水温TWを吸気弁温度に相関する温度パラメータとして使用するようにしてもよい。そのような変形例では、冷却水温センサ15が温度パラメータ取得手段に相当する。

【0066】

また上述した実施形態では流動生成手段として、タンブル流動を生成する機構を使用した。スワール流動を生成する機構を採用してもよい。また、燃焼室1a及びピストン頂部の形状を、スキッシュ流動が生成されるように構成してもよい。また、点火回路ユニット7のコイル対は、1つの点火プラグに対応して2個設けるようにしたが、3個以上設けるようにしてもよい。

【0067】

また上述した実施形態では4気筒エンジンの例を示したが、本発明は気筒数に関わらず適用可能である。また本発明は、クランク軸を鉛直方向とした船外機などのような船舶推進機用エンジンなどの燃焼制御装置にも適用が可能である。

【符号の説明】

【0068】

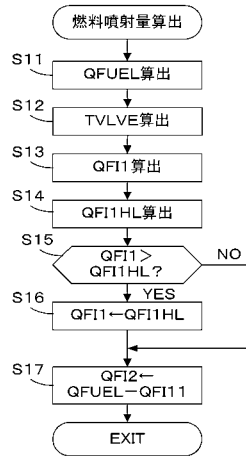
- 1 内燃機関
- 2 吸気通路
- 2b 隔壁（流動生成手段）
- 4 タンブル流動制御弁（流動生成手段）
- 5 電子制御ユニット（点火制御手段、空燃比制御手段、均質希薄混合気形成手段、温度パラメータ取得手段）
- 6 燃料噴射弁（均質希薄混合気形成手段）
- 7 点火回路ユニット（火花点火手段）
- 8 点火プラグ（火花点火手段）
- 11 吸入空気流量センサ（温度パラメータ取得手段）
- 15 冷却水温センサ（温度パラメータ取得手段）
- 16 クランク角度位置センサ（温度パラメータ取得手段）
- QFI1 第1燃料噴射量
- QFI2 第2燃料噴射量
- QFUEL 総燃料噴射量
- QFI1HL 上限値
- TVLVE 推定吸気弁温度（温度パラメータ）
- C A I G 放電開始時期
- T S P K 放電継続時間

10

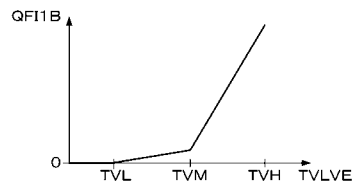
20

30

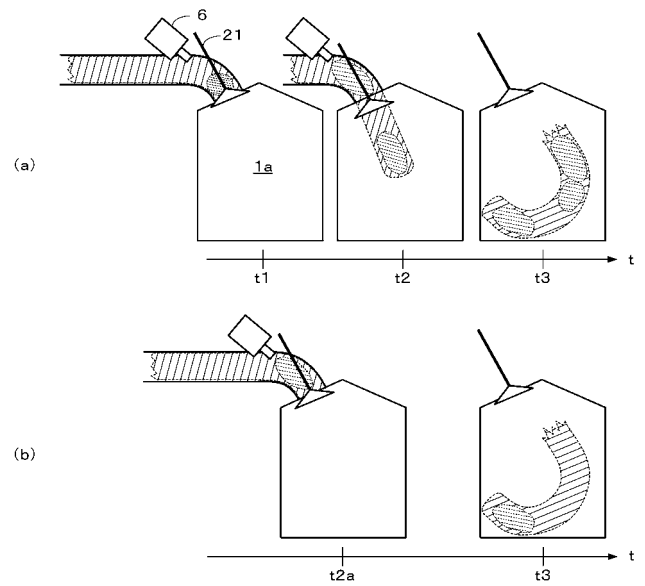
【図 8】



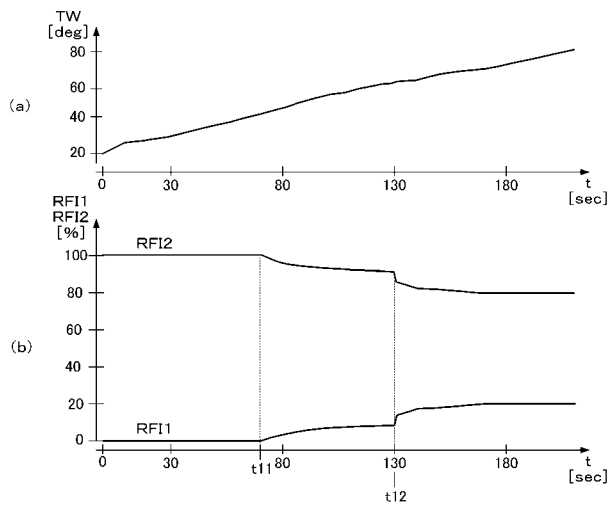
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【手続補正書】

【提出日】平成26年4月17日(2014.4.17)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項6】

前記燃焼室内に吸入された混合気の流動を生成する流動生成手段をさらに備えることを特徴とする請求項1から5の何れか1項に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の内燃機関の燃焼制御装置において、前記第1燃料噴射量算出手段は、前記温度パラメータ(TVLVE)が所定温度(TVL)より低いときは、前記第1燃料噴射量(QFI1)を「0」に設定し、前記温度パラメータ(TVLVE)が前記所定温度(TVL)以上であるときは、前記温度パラメータ(TVLVE)が高くなるほど前記第1燃料噴射量(QFI1)を増加させることを特徴とする。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0068

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0068】

1 内燃機関

2 吸気通路

2 a 隔壁(流動生成手段)

4 タンブル流動制御弁(流動生成手段)

5 電子制御ユニット(点火制御手段、空燃比制御手段、均質希薄混合気形成手段、温度パラメータ取得手段)

6 燃料噴射弁(均質希薄混合気形成手段)

7 点火回路ユニット(火花点火手段)

8 点火プラグ(火花点火手段)

11 吸入空気流量センサ(温度パラメータ取得手段)

15 冷却水温センサ(温度パラメータ取得手段)

16 クランク角度位置センサ(温度パラメータ取得手段)

QFI1 第1燃料噴射量

QFI2 第2燃料噴射量

QFUEL 総燃料噴射量

QFI1HL 上限値

TVLVE 推定吸気弁温度(温度パラメータ)

CAIG 放電開始時期

TSPK 放電継続時間

フロントページの続き

Fターム(参考) 3G019 AA07 AB01 BA01 BB03
3G022 AA06 DA01 GA01 GA05 GA06 GA07 GA08 GA09 GA19
3G301 HA01 HA15 JA04 JA11 LB01 LC01 LC10 MA06 MA19 MA21
MA26 MA27 NA08 NE15 PB06 PE10
3G384 AA01 AA09 BA09 BA18 BA19 DA14 DA15 EB07 EB08 EG10
FA16 FA37 FA52