

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7652000号
(P7652000)

(45)発行日 令和7年3月27日(2025.3.27)

(24)登録日 令和7年3月18日(2025.3.18)

(51)国際特許分類		F I	
F 0 2 B	19/12 (2006.01)	F 0 2 B	19/12 D
F 0 2 B	1/08 (2006.01)	F 0 2 B	1/08
F 0 2 B	9/00 (2006.01)	F 0 2 B	9/00
F 0 2 P	5/15 (2006.01)	F 0 2 B	19/12 A
F 0 2 P	15/02 (2006.01)	F 0 2 P	5/15 C
請求項の数 4 (全16頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2021-125483(P2021-125483)	(73)特許権者	000003137
(22)出願日	令和3年7月30日(2021.7.30)		マツダ株式会社
(65)公開番号	特開2023-20225(P2023-20225A)		広島県安芸郡府中町新地3番1号
(43)公開日	令和5年2月9日(2023.2.9)	(74)代理人	100115381
審査請求日	令和6年5月21日(2024.5.21)		弁理士 小谷 昌崇
		(74)代理人	100127797
			弁理士 平田 晴洋
		(72)発明者	大野 諒平
			広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツ
			ダ株式会社内
		(72)発明者	原田 雄司
			広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツ
			ダ株式会社内
		(72)発明者	内田 健司
			広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エンジンシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

気筒を形成するシリンダブロックおよびシリンダヘッドと、
前記気筒に往復動可能に収容されたピストンと、
前記シリンダブロック、前記シリンダヘッド、及び前記ピストンにより区画された主燃
焼室と、
前記主燃焼室と隔壁により隔てられ、当該隔壁に形成された連通孔を通して前記主燃焼
室と連通する副室と、
前記主燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射装置と、
前記主燃焼室内の混合気点火する主点火を行う主点火装置と、
前記副室内の混合気点火する副点火を行う副点火装置と、
前記燃料噴射装置、前記主点火装置、及び前記副点火装置に電氣的に接続され、当該各
装置に制御用の電気信号を出力する制御器と、を備え、
エンジン負荷が所定の基準負荷よりも高い高負荷領域でエンジンが運転される場合にお
いて、前記制御器は、
エンジン回転数が所定の基準回転数以下の低回転領域では、前記主点火を実行させた
後に前記副点火を実行させ、
エンジン回転数が前記基準回転数を越える高回転領域では、前記副点火のみを実行さ
せる、若しくは、前記副点火と当該副点火と同時期又はそれ以降の時期に行う前記主点火
とを実行させる、エンジンシステム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のエンジンシステムにおいて、

前記制御器は、前記低回転領域において、エンジン回転数が低回転であるほど、前記副点火の時期を遅角させる、エンジンシステム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のエンジンシステムにおいて、

前記制御器は、前記高回転領域において、エンジン回転数が高回転であるほど、前記副点火の時期を進角させる、エンジンシステム。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のエンジンシステムにおいて、

前記制御器は、前記低回転領域において、エンジン回転数が低回転であるほど、前記副点火と前記主点火との間の点火位相差を大きく設定する、エンジンシステム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、主燃焼室と副室とを備えたエンジンシステムに関する。

【背景技術】**【0002】**

気筒を用いた主燃焼室と、該主燃焼室に連通する副室とを備えたエンジンが知られている。例えば特許文献 1 には、主燃焼室及び副室の双方に燃料噴射装置及び点火プラグを配置したエンジンが開示されている。このエンジンでは、主燃焼室で混合気を燃焼させた後に副室で混合気を燃焼させ、副室の火炎を主燃焼室に噴出させることによって、主燃焼室に存在する未燃混合気を燃焼させる。従って、主燃焼室に未燃混合気が残留することを抑制でき、ひいては燃費性能及び排ガス性能を高めることができる。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【文献】特開 2007 - 255370 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

特許文献 1 のエンジンとは異なり、構造の簡略化等の目的で主燃焼室だけに燃料噴射装置を配置する構成を採用すると、副室内に混合気が導入され難くなる場合がある。例えば、エンジンの低回転高負荷の運転領域では、副室からの火炎の供給が不足して未燃混合気の燃焼が不十分となることがある。また、高回転高負荷の運転領域では、本来的に主燃焼室においてノッキングが生じ易いという問題もある。これらの結果、主燃焼室に加えて副室を設けることで得られる燃費性能及び排ガス性能の向上効果が、十分に発揮されないおそれがある。

【0005】

本発明の目的は、主燃焼室と副室とを備えるエンジンシステムにおいて、燃費性能及び排ガス性能を確実に高めることにある。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

本発明の一局面に係るエンジンシステムは、気筒を形成するシリンダブロックおよびシリンダヘッドと、前記気筒に往復動可能に収容されたピストンと、前記シリンダブロック、前記シリンダヘッド、及び前記ピストンにより区画された主燃焼室と、前記主燃焼室と隔壁により隔てられ、当該隔壁に形成された連通孔を通して前記主燃焼室と連通する副室と、前記主燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射装置と、前記主燃焼室内の混合気に点火する主点火を行う主点火装置と、前記副室内の混合気に点火する副点火を行う副点火装置と、前記燃料噴射装置、前記主点火装置、及び前記副点火装置に電氣的に接続され、当該各装

10

20

30

40

50

置に制御用の電気信号を出力する制御器と、を備え、エンジン負荷が所定の基準負荷よりも高い高負荷領域でエンジンが運転される場合において、前記制御器は、エンジン回転数が所定の基準回転数以下の低回転領域では、前記主点火を実行させた後に前記副点火を実行させ、エンジン回転数が前記基準回転数を越える高回転領域では、前記副点火のみを実行させる、若しくは、前記副点火と当該副点火と同時期又はそれ以降の時期に行う前記主点火とを実行させる。

【 0 0 0 7 】

エンジンが高負荷低回転の運転領域では、ピストンの動きが遅いことに起因して、副室への混合気の圧入力が弱くなる。このため、副室内における混合気の流動が遅くなり、当該副室内の燃焼速度も遅くなり、結果として副室から噴出する火炎が弱くなる傾向が出る。上記のエンジンシステムによれば、高負荷低回転の運転領域では、主点火を実行させた後に副点火が実行される。これにより、副室への混合気の流入が促進される。すなわち、前記主点火により生じる火炎伝搬燃焼の燃焼圧力が、ピストンによる押圧力に重畳されることによって、副室への混合気の押し込み力が増大する。従って、副室内における混合気の流動が速くなり、当該副室内の燃焼速度も速くなる。結果として、副室から強い火炎を噴出させることができ、主燃焼室に残存する未燃混合気を良好に燃焼させることができる。一方、高負荷高回転の運転領域では、本来的に主燃焼室においてノッキングが生じ易い傾向が出る。上記のエンジンシステムでは、高負荷高回転の運転領域においては、前記副点火を先行的に実行させて副室から火炎を噴出させる。これにより、主燃焼室における燃焼が早められ、ノッキングを抑制することができる。

【 0 0 0 8 】

上記のエンジンシステムにおいて、前記制御器は、前記低回転領域において、エンジン回転数が低回転であるほど、前記副点火の時期を遅角させることが望ましい。

【 0 0 0 9 】

エンジン回転数が低回転であるほど、ピストンによる押圧力が弱く、副室へ混合気が導入され難い傾向が出る。上記のエンジンシステムによれば、低回転であるほど副点火の時期が遅角されるので、エンジン回転数に応じて、副室内へ混合気を押し込むための時間を十分に確保することができる。

【 0 0 1 0 】

上記のエンジンシステムにおいて、前記制御器は、前記高回転領域において、エンジン回転数が高回転であるほど、前記副点火の時期を進角させることが望ましい。

【 0 0 1 1 】

エンジン回転数が高回転であるほど、ノッキングが生じ易い傾向がある。上記のエンジンシステムによれば、高回転であるほど副点火の時期が進角されるので、燃焼速度を速めることができる。従って、ノッキングを抑制することができる。

【 0 0 1 2 】

上記のエンジンシステムにおいて、前記制御器は、前記低回転領域において、前記副点火を実行させた後に前記主点火を実行させるものであって、エンジン回転数が低回転であるほど、前記副点火と前記主点火との間の点火位相差を大きく設定することが望ましい。

【 0 0 1 3 】

このエンジンシステムによれば、エンジン回転数が低回転であるほど前記点火位相差が大きくなるので、副室内へ混合気を押し込むための時間をエンジン回転数に応じて十分に確保することができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、主燃焼室と副室とを備えるエンジンシステムにおいて、副室からの火炎供給不足やノッキングを抑制し、燃費性能及び排ガス性能を確実に高めることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 5 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明の実施形態に係るエンジンシステムの概略構成図である。

10

20

30

40

50

【図 2】図 2 は、エンジン本体の概略断面図である。

【図 3】図 3 は、副点火ユニットの先端部を側方から見た部分断面図である。

【図 4】図 4 は、副点火ユニットの先端部の平面図である。

【図 5】図 5 は、エンジンシステムの制御構成を示すブロック図である。

【図 6】図 6 は、エンジンの運転領域を示したマップである。

【図 7】図 7 は、運転領域が特定領域であるときに実行される、燃料噴射及び点火制御の一例を示すフローチャートである。

【図 8】図 8 は、前記特定領域内の低回転領域における燃料噴射時期、主点火時期及び副点火時期を示すタイムチャートである。

【図 9】図 9 は、前記特定領域内の高回転領域における燃料噴射時期、主点火時期及び副点火時期を示すタイムチャートである。

【図 10】図 10 は、前記特定領域におけるエンジン回転数と主点火、副点火、及び点火位相差との関係を示すチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、図面に基づいて、本発明の実施形態に係るエンジンシステムを詳細に説明する。本実施形態では、エンジンシステムが、自動車等の車両の走行駆動用の動力源として前記車両に搭載されるエンジンシステムである場合を例示する。

【0017】

[エンジンの全体構成]

図 1 は、本発明の実施形態に係るエンジンシステム 1 の概略構成図である。エンジンシステム 1 は、エンジン本体 2 と、エンジン本体 2 に導入される空気（吸気）が内側を流通する吸気通路 4 と、エンジン本体 2 から導出された排気ガスが内側を流通する排気通路 6 と、EGR 装置 50 とを備える。エンジン本体 2 は、主としてガソリンを燃料とする 4 ストロークのガソリンエンジンであって、ガソリンを含む燃料がエンジン本体 2 に供給される。

【0018】

図 2 は、エンジン本体 2 の概略断面図である。エンジン本体 2 は、複数の気筒 22 を有する多気筒エンジンである。例えば、エンジン本体 2 は、一列に並ぶ（図 1 の紙面と直交する方向に並ぶ）4 つの気筒 22 を有する。エンジン本体 2 は、シリンダブロック 52、シリンダヘッド 54 及び複数のピストン 24 を備える。気筒 22 は、シリンダブロック 52 およびシリンダヘッド 54 によって形成されている。シリンダブロック 52 の内部には、複数の気筒 22 を形成する複数の円筒空間が備えられている。シリンダヘッド 54 は、前記円筒空間の上端開口を塞ぐ底面 54a を有し、シリンダブロック 52 の上面に取り付けられている。ピストン 24 は、各気筒 22 にそれぞれ往復摺動可能に収容されている。なお、本実施形態では、シリンダブロック 52 からシリンダヘッド 54 に向かう側を上、その逆を下として扱う。これらは説明の便宜のためであって、エンジン本体 2 の据付姿勢を限定する趣旨ではない。

【0019】

各気筒 22 のピストン 24 の上方には、主燃焼室 26 となる空間が形成されている。主燃焼室 26 は、シリンダブロック 52 に形成された気筒 22 の内周面 22a と、シリンダヘッド 54 の底面 54a と、ピストン 24 の冠面 24a とによって区画されている。主燃焼室 26 には、後述するインジェクタ 28 からの噴射によって燃料が供給される。供給された燃料と空気との混合気は主燃焼室 26 で燃焼し、当該燃焼による膨張力を受けてピストン 24 は上下方向に往復運動する。

【0020】

シリンダブロック 52 の下部（ピストン 24 の下方）には、エンジン本体 2 の出力軸であるクランク軸 20 が設けられている。クランク軸 20 は、各気筒 22 のピストン 24 とコネクティングロッド 21 を介して連結されており、ピストン 24 の往復運動に応じて中心軸回りに回転する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

シリンダヘッド 5 4 には、吸気ポート 8 及び吸気弁 1 0 と、排気ポート 1 2 及び排気弁 1 4 とが、それぞれ気筒 2 2 ごとに形成されている。吸気ポート 8 は、吸気通路 4 から供給される空気を主燃焼室 2 6 に導入するためのポートである。排気ポート 1 2 は、主燃焼室 2 6 で生成された排気ガスを排気通路 6 に導出するためのポートである。吸気弁 1 0 は、吸気ポート 8 の主燃焼室 2 6 側の開口を開閉する。排気弁 1 4 は、排気ポート 1 2 の主燃焼室 2 6 側の開口を開閉する。本実施形態では、1 つの気筒 2 2 につき、2 つの吸気弁 1 0 及び 2 つの排気弁 1 4 が設けられている。

【 0 0 2 2 】

吸気弁 1 0 及び排気弁 1 4 は、それぞれ、シリンダヘッド 5 4 に配設された動弁機構 1 6、1 8 により、クランク軸 2 0 の回転に連動して開閉駆動される。吸気弁 1 0 用の動弁機構 1 6 には、吸気弁 1 0 のバルブリフト量および開閉タイミングを電動で可変に制御する可変バルブリフト機構（吸気 S - V T）1 6 a が設けられている。同様に、排気弁 1 4 用の動弁機構 1 8 にも、排気弁 1 4 のバルブリフト量および開閉タイミングを電動で可変に制御する可変バルブリフト機構（排気 S - V T）1 8 a が設けられている。

【 0 0 2 3 】

シリンダヘッド 5 4 には、各気筒 2 2 につきそれぞれ 1 組ずつ、インジェクタ 2 8（燃料噴射装置）、主点火プラグ 3 2（主点火装置）及び副点火ユニット 3 0 が設けられている。インジェクタ 2 8 は、主燃焼室 2 6 に燃料を噴射する噴射弁である。インジェクタ 2 8 の先端部 2 8 x には、燃料を噴射する噴射口が形成されている。インジェクタ 2 8 は、その先端部 2 8 x が主燃焼室 2 6 を上方から臨むようにシリンダヘッド 5 4 に取り付けられている。インジェクタ 2 8 は、その先端部 2 8 x が主燃焼室 2 6 の天井面の中央、より詳しくは気筒 2 2 の軸線上に位置するように配設されている。

【 0 0 2 4 】

主点火プラグ 3 2 は、火花放電によって主燃焼室 2 6 内の混合気に点火する主点火を行う。主点火プラグ 3 2 の先端には、火花を放電するための電極部 3 2 x が設けられている。電極部 3 2 x は、中心電極 3 2 a とアース用の側方電極 3 2 b とを含む。主点火プラグ 3 2 は、その電極部 3 2 x が燃焼室 5 を上方から臨むように、シリンダヘッド 5 4 に取り付けられている。主点火プラグ 3 2 は、電極部 3 2 x が主燃焼室 2 6 の天井面のうちインジェクタ 2 8 の先端部 2 8 x よりも吸気ポート 8 側に位置するように配設されている。

【 0 0 2 5 】

副点火ユニット 3 0 は、主燃焼室 2 6 に火炎を噴射するための装置である。副点火ユニット 3 0 については後記で詳述する。

【 0 0 2 6 】

吸気通路 4 は、各気筒 2 2 の吸気ポート 8 と連通するようにシリンダヘッド 5 4 の一側面に接続されている。吸気通路 4 には、その上流側から順に、吸気中の異物を除去するエアクリーナ 3 4 と、吸気の流量を調整する開閉可能なスロットル弁 3 6 と、サージタンク 3 8 とが設けられている。吸気通路 4 の下流端は、複数の通路に分岐しており、これら各分岐通路がそれぞれ 1 つの吸気ポート 8 に接続されている。各気筒 2 2 において、2 つの吸気ポート 8 の一方に繋がる分岐通路には、これを開閉するスワールバルブ 5 6（図 5 参照）が設けられている。

【 0 0 2 7 】

排気通路 6 は、各気筒 2 2 の排気ポート 1 2 と連通するように、シリンダヘッド 5 4 の一側面（吸気通路 4 と反対側の面）に接続されている。排気通路 6 には、三元触媒等の触媒 4 1 が内蔵された触媒装置 4 0 が設けられている。

【 0 0 2 8 】

E G R 装置 5 0 は、排気ガスの一部を E G R ガスとして吸気通路 4 に還流するための装置である。E G R 装置 0 0 は、排気通路 6 と吸気通路 4 とを連通する E G R 通路 4 2 と、E G R 通路 4 2 にそれぞれ設けられた E G R 弁 4 6 及び E G R クーラ 4 4 とを有する。E G R 通路 4 2 の上流端は、触媒装置 4 0 の下流端であって触媒 4 1 よりも下流側の排気通

10

20

30

40

50

路 6 に接続されている。EGR 通路 4 2 の下流端は、サージタンク 3 8 に接続されている。EGR 弁 4 6 は、EGR 通路 4 2 を開閉して EGR ガスの流量を調整するバルブである。EGR クーラ 4 4 は、EGR ガスを冷却する熱交換器である。EGR クーラ 4 4 は、EGR 弁 4 6 よりも下流側に配設されている。

【0029】

[副点火ユニットの詳細]

図 3 は、副点火ユニット 3 0 の先端部 3 0 x を側方から見た部分断面図、図 4 は、先端部 3 0 x を下方から見た平面図である。副点火ユニット 3 0 は、副点火プラグ 6 2 (副点火装置) と、この副点火プラグ 6 2 の先端に取り付けられたカバー部材 6 4 (隔壁) と、カバー部材 6 4 で覆われた内部空間である副室 6 0 と、を含む。

10

【0030】

副点火プラグ 6 2 は、火花放電によって副室 6 0 内の混合気に点火する副点火を行う。副点火プラグ 6 2 の先端には、火花を放電する電極部 6 2 x が備えられている。電極部 6 2 x は、中心電極 6 2 a と、アース用の側方電極 6 2 b とを含む。カバー部材 6 4 は、副点火ユニット 3 0 の先端部 3 0 x を構成し、副点火プラグ 6 2 の電極部 6 2 x の周囲を覆っている。カバー部材 6 4 は、下方に向けて膨出する半球型の形状を有している。副室 6 0 は、カバー部材 6 4 の内側の空間である。詳しくは副室 6 0 は、副点火プラグ 6 2 の電極部 6 2 x 付近の周囲の空間であって、カバー部材 6 4 で区画された空間である。このような空間であるゆえ、副室 6 0 のサイズは、主燃焼室 2 6 のサイズに比べると狭小である。副点火プラグ 6 2 の電極部 6 2 x は、副室 6 0 に臨むように配設されており、上記副点火が実行可能とされている。

20

【0031】

図 2 に示すように、副点火ユニット 3 0 は、その先端部 3 0 x が主燃焼室 2 6 を上方から臨むようにシリンダヘッド 5 4 に取り付けられている。副点火ユニット 3 0 は、主燃焼室 2 6 の天井面 (シリンダヘッド 5 4 の底面 5 4 a) のうち、インジェクタ 2 8 よりも排気ポート 1 2 側の位置に取り付けられている。この取付状態において、カバー部材 6 4 のほぼ全体が主燃焼室 2 6 内に位置している。結果として、カバー部材 6 4 は、副室 6 0 を主燃焼室 2 6 と隔てる隔壁となっている。

【0032】

カバー部材 6 4 には、その表裏を貫通して主燃焼室 2 6 と連通する複数の連通孔 6 6 が形成されている。カバー部材 6 4 の内側空間である副室 6 0 は、これら連通孔 6 6 を介して主燃焼室 2 6 と連通している。本実施形態では、カバー部材 6 4 に 3 つの連通孔 6 6 が形成された例を示している。図 4 に示すように、3 つの連通孔 6 6 は、カバー部材 6 4 の頂点 A を通るカバー部材 6 4 の軸線回りに 1 2 0 度間隔で配置されている。また、図 3 に示すように、各連通孔 6 6 は、側面視で、頂点 A から約 4 5 度斜め上の位置に配置されている。本実施形態では、カバー部材 6 4 の半径が 5 mm、厚みが 1 mm であり、各連通孔 6 6 の直径が 1 . 2 mm である。

30

【0033】

上記の構成を有する副点火ユニット 3 0 は、主燃焼室 2 6 に火炎を噴射するための装置として機能する。インジェクタ 2 8 から主燃焼室 2 6 内に燃料が噴射されて主燃焼室 2 6 内で空気と燃料の混合気が形成されると、この混合気の一部は連通孔 6 6 を介して副室 6 0 内に導入される。副室 6 0 内に十分な量の混合気が存在する状態で副点火プラグ 6 2 によって火花放電 (副点火) が行われると、副室 6 0 内にて混合気は燃焼を開始し、副点火プラグ 6 2 の電極部 6 2 x 付近から周囲へと火炎が伝播していく。そして、この火炎は連通孔 6 6 を介して主燃焼室 2 6 に噴出され、主燃焼室 2 6 内の混合気に伝搬する。

40

【0034】

ここで、主点火プラグ 3 2 によって主燃焼室 2 6 内の混合気に主点火が行われると、主点火プラグ 3 2 の電極部 3 2 x 付近からも周囲へと火炎が伝播していく。このように、主点火プラグ 3 2 及び副点火プラグ 6 2 の双方により点火が行われ、主燃焼室 2 6 及び副室 6 0 内で適切に混合気が燃焼を開始すれば、主燃焼室 2 6 内の混合気には複数の位置 (電

50

極部 3 2 x 及び各連通孔 6 6 の位置) から火炎が伝搬されることになる。従って、主燃焼室 2 6 内での混合気の燃焼速度が高められ、ひいては燃費性能が高められると共にノッキングの発生が抑制される。

【 0 0 3 5 】

[制御系統]

図 5 は、エンジンシステム 1 の制御系統を示すブロック図である。エンジンシステム 1 は、当該エンジンシステム 1 が具備する各機能部を統括的に制御する ECU 1 0 0 (制御器) を備える。 ECU 1 0 0 は、上述のインジェクタ 2 8 (燃料噴射装置)、主点火プラグ 3 2 (主点火装置) 及び副点火プラグ 6 2 (副点火装置) などと電氣的に接続され、これら装置に制御用の電気信号を出力する。 ECU 1 0 0 は、各種演算処理を行うプロセッサ (CPU) と、 ROM 及び RAM 等のメモリーと、各種の入出力バスとを含むマイクロコンピュータにより構成されている。

10

【 0 0 3 6 】

ECU 1 0 0 には、各種センサによる検出情報が入力される。 ECU 1 0 0 は、各種センサからの入力情報に基づいて種々の判定や演算等を実施してエンジンの各部を制御する。 ECU 1 0 0 には、エンジンシステム 1 に設けられたエアフローセンサ S N 1、吸気温度センサ S N 2、吸気圧センサ S N 3、水温センサ S N 4 およびクランク角センサ S N 5 や、車両に設けられたアクセル開度センサ S N 6 の検出値が入力される。

【 0 0 3 7 】

エアフローセンサ S N 1 は、吸気通路 4 を通過してエンジン本体 2 に導入される吸気の流量を検出する。吸気温度センサ S N 2 及び吸気圧センサ S N 3 は、エンジン本体 2 に導入される吸気の温度及び圧力をそれぞれ検出する。水温センサ S N 4 は、エンジン本体 2 を冷却するエンジン冷却水の温度を検出する。クランク角センサ S N 5 は、クランク軸 2 0 の回転角度であるクランク角及びエンジン回転数を検出する。アクセル開度センサ S N 6 は、車両に備わるアクセルペダル (不図示) の開度であるアクセル開度を検出する。

20

【 0 0 3 8 】

図 6 は、横軸をエンジン回転数、縦軸をエンジン負荷としたエンジンの運転領域を示すマップである。エンジンの運転領域は、インジェクタ 2 8、主点火プラグ 3 2 及び副点火プラグ 6 2 の制御内容に応じて、3つの領域 A 1 ~ A 3 (第 1 領域 A 1、第 2 領域 A 2、第 3 領域 A 3) に大別される。

30

【 0 0 3 9 】

第 1 領域 A 1 は、エンジン回転数が所定の第 1 回転数 N 1 以下且つエンジン負荷が所定の第 1 負荷 T q 1 以下の低回転低負荷領域である。第 3 領域 A 3 は、エンジン回転数が第 1 回転数 N 1 以下且つエンジン負荷が所定の第 2 負荷 T q 2 よりも高い低回転高負荷領域である。第 2 領域 A 2 は、その他の領域、つまり、エンジン回転数が第 1 回転数 N 1 以下の領域のうち、エンジン負荷が第 1 負荷 T q 1 よりも高く第 2 負荷 T q 2 以下の領域と、エンジン回転数が第 1 回転数 N 1 よりも高い領域とからなる領域である。

【 0 0 4 0 】

第 1 領域 A 1 では、HCCI 燃焼 (予混合圧縮着火燃焼、HCCI : Homogeneous Compression Charge Ignition) が実現されるように、インジェクタ 2 8、主点火プラグ 3 2 及び副点火プラグ 6 2 が制御される。具体的に、吸気行程中にインジェクタ 2 8 から燃料が噴射される。また、主点火プラグ 3 2 及び副点火プラグ 6 2 の点火動作が停止される。

40

【 0 0 4 1 】

インジェクタ 2 8 は主燃焼室 2 6 に臨んで配置されており、インジェクタ 2 8 から噴射された燃料は主燃焼室 2 6 の全体に拡散する。これより、第 1 領域 A 1 では、吸気行程中にインジェクタ 2 8 から燃料が噴射されることで、圧縮上死点に到達するまでの間に主燃焼室 2 6 内で燃料と空気とが十分に混合される。第 1 領域 A 1 では、この十分に混合された混合気 (予混合気) が、ピストン 2 4 の圧縮により高温・高圧化されることで圧縮上死点付近において自着火する。HCCI 燃焼では、混合気の空燃比を、火炎伝播が不可能な

50

レベルにまでリーン（高く）にし、燃費性能を高めることができる。従って、第１領域Ａ１では、主燃焼室２６内の混合気の空燃比が理論空燃比（１４．７）よりもリーンになるように、スロットル弁３６の開度が調整される。

【００４２】

第２領域Ａ２では、火炎伝播燃焼（ＳＩ燃焼）が実現されるように、インジェクタ２８、主点火プラグ３２及び副点火プラグ６２が制御される。第２領域Ａ２では、第１領域Ａ１と同様に吸気行程中にインジェクタ２８から燃料が噴射される。一方、第２領域Ａ２では、主点火プラグ３２及び副点火プラグ６２が駆動されて、これら双方の点火プラグ３２、６２により主点火及び副点火が行われる。また、主燃焼室２６内の混合気の空燃比が理論空燃比近傍になるように、スロットル弁３６の開度が調整される。第２領域Ａ２では、主点火プラグ３２による主点火及び副点火プラグ６２による副点火によって、各電極部３２×、６２×回りに火炎核が生成される。これら火炎核から周囲へと火炎が伝搬していくことで、主燃焼室２６及び副室６０の混合気が燃焼する。

10

【００４３】

第３領域Ａ３では、第２領域Ａ２よりも燃料噴射時期を遅角させたリタードＳＩ燃焼が実現されるように、インジェクタ２８、主点火プラグ３２及び副点火プラグ６２が制御される。第３領域Ａ３では、吸気行程ではなく圧縮行程中にインジェクタ２８から燃料が噴射される。これは、低回転高負荷の第３領域Ａ３において吸気行程で燃料噴射を実行させると、主点火前に混合気が自着火するプリイグニッションが生じ得るからである。

【００４４】

本実施形態では、第２領域Ａ２内の特定領域Ａ２Ｈにおいて、特有の点火制御が実行される。特定領域Ａ２Ｈは、エンジン回転数が第１回転数Ｎ１よりも高く且つエンジン負荷が境界負荷Ｔ_{q21}（所定の基準負荷）も高い、高回転高負荷の運転領域である。特定領域Ａ２ＨにおいてＥＣＵ１００は、第１回転数Ｎ１よりも高い所定の第２回転数Ｎ２（所定の基準回転数）を境として、異なる点火制御を実行する。

20

【００４５】

ＥＣＵ１００は、第２回転数Ｎ２以下の低回転領域（例えば図６の運転ポイントＰ１）では、主点火プラグ３２に主点火を実行させた後に副点火プラグ６２に副点火を実行させる。つまり、特定領域Ａ２Ｈの低回転領域では、主点火を副点火よりも先行させる制御が実行される。一方、特定領域Ａ２Ｈの高回転領域（例えば、運転ポイントＰ２）では、副点火を主点火よりも優先的に扱う制御が実行される。具体的には、前記高回転領域においてＥＣＵ１００は、

30

- ・パターンＡ；副点火のみを実行させる、
- ・パターンＢ；副点火と主点火とを同時期に実行させる、若しくは、
- ・パターンＣ；副点火と、当該副点火以降の時期に行う主点火とを実行させる、

という３つのパターンから選ばれるいずれかの制御を行う。

【００４６】

高負荷の特定領域Ａ２Ｈにおける比較的低回転の運転領域（運転ポイントＰ１）では、ピストン２４の往復動が比較的遅いことに起因して、副室６０への混合気の圧入力が弱くなる。このため、副室６０内における混合気の流動が遅くなり、当該副室６０内の燃焼速度も遅くなる。結果として副室６０から噴出する火炎が弱くなる傾向が出る。この点に鑑み、ＥＣＵ１００は、高負荷低回転の運転領域では、主点火を実行させた後に副点火が実行させる。これにより、副室６０への混合気の流入が促進される。すなわち、前記主点火により生じる火炎伝播燃焼の燃焼圧力が、ピストン２４による押圧力に重畳されることによって、副室６０への混合気の押し込み力が増大する。従って、副室６０内における混合気の流動が速くなり、当該副室６０内の燃焼速度も速くなる。結果として、連通孔６６を通して副室６０から強い火炎を噴出させることができ、主燃焼室２６に残存する未燃混合気を良好に燃焼させることができる。

40

【００４７】

これに対し、特定領域Ａ２Ｈにおける比較的高回転の運転領域（運転ポイントＰ２）で

50

は、本来的に主燃焼室 26 においてノッキングが生じ易い傾向が出る。この点に鑑み、ECU 100 は、高負荷高回転の運転領域においては、副点火を先行的に実行させて副室 60 から火炎を噴出させる。例えば、副点火のみを所定の時期に実行させて（パターン A）、副室 60 から噴出する火炎で主燃焼室 26 内の混合気を全て SI 燃焼させる。若しくは、副点火と共に主点火を同時期に実行させ（パターン B）、副室 60 から火炎を噴出させると共に、主点火プラグ 32 の電極部 32x の周囲に火炎核を形成させ、主燃焼室 26 内の混合気を SI 燃焼させる。或いは、副点火を先行した後に主点火を実行させ（パターン C）、主燃焼室 26 内の混合気を副室 60 からの火炎で先行して SI 燃焼させると共に、残りの混合気を主点火プラグ 32 の主点火で燃焼させる。これらのいずれかの制御により、主燃焼室 26 における燃焼が早められ、ノッキングを抑制することができる。

10

【0048】

〔特定領域における具体的な制御例〕

続いて、上述の特定領域 A2H における具体的な制御例について説明する。図 7 は、運転領域が特定領域 A2H であるとき ECU 100 が実行する、インジェクタ 28 の燃料噴射制御、並びに、主点火プラグ 32 及び副点火プラグ 62 の点火制御の一例を示すフローチャートである。ここでは、特定領域 A2H の高回転領域（運転ポイント P2）において、上掲の「パターン C」の制御が実行される例を示す。

【0049】

ECU 100 は、所定のサンプリング周期が到来すると、図 5 に示す各種センサ SN1～6 及び他のセンサから各種情報を読み込む（ステップ S1）。上記の燃料噴射制御及び点火制御のために、ECU 100 は、クランク角センサ SN5 により検出されるエンジン回転数、及び、アクセル開度センサ SN6 により検出されたアクセルペダルの開度を読み込む。

20

【0050】

次に、ECU 100 は、エンジン本体 2 に要求されているトルクである要求トルク、つまりエンジン負荷を算出する（ステップ S2）。ECU 100 は、ステップ S1 で読み込んだエンジン回転数及びアクセルペダルの開度に基づいて、要求トルク（エンジン負荷）を算出する。

【0051】

続いて ECU 100 は、エンジン本体 2 の運転ポイントが第 2 領域 A2 内の特定領域 A2H（図 6 の運転マップ参照）であるか否かを判定する（ステップ S3）。具体的には ECU 100 は、ステップ S1 で読み込んだエンジン回転数と、ステップ S2 で算出したエンジン負荷とに基づいて、現在のエンジンの運転ポイントが特定領域 A2H 内のポイントであるか否かを判定する。

30

【0052】

エンジン本体 2 の運転ポイントが特定領域 A2H 内のポイントではない場合（ステップ S3 で NO）、ECU 100 は他の運転領域に応じた制御、すなわち第 1 領域 A1、第 3 領域 A3、若しくは第 2 領域 A2 の特定領域 A2H 以外の領域について、予め設定されている燃料噴射制御及び点火制御を実行する（ステップ S8）。一方、エンジン本体 2 の運転ポイントが特定領域 A2H 内のポイントである場合（ステップ S3 で YES）、ECU 100 は、ステップ S4～S7 の処理を実行する。これらの処理により、インジェクタ 28 に燃料噴射を開始させる時期である燃料噴射時期、主点火プラグ 32 が点火（火花放電）を行う時期である主点火時期、及び副点火プラグ 62 が点火（火花放電）を行う時期である副点火時期が設定される。

40

【0053】

ステップ S4 において ECU 100 は、エンジン本体 2 の運転ポイントが特定領域 A2H 内の低回転領域であるか否かを判定する（ステップ S4）。運転ポイントが特定領域 A2H 内において第 2 回転数 N2 以下の低回転領域（例えば運転ポイント P1）である場合（ステップ S4 で YES）、ECU 100 は、主点火を実行させた後に副点火を実行するよう、主点火時期及び副点火時期を設定する（ステップ S5）。

50

【 0 0 5 4 】

これに対し、運転ポイントが特定領域 A 2 H 内において第 2 回転数 N 2 を越える高回転領域（例えば運転ポイント P 2）である場合（ステップ S 4 で N O）、E C U 1 0 0 は、副点火を実行させた後に主点火を実行するよう、主点火時期及び副点火時期を設定する（ステップ S 6）。なお、上記低回転領域及び高回転領域のいずれでも、燃料噴射時期は吸気行程の所定時期に設定される。

【 0 0 5 5 】

しかる後、E C U 1 0 0 は、設定された燃料噴射時期に燃料の噴射が開始されるようにインジェクタ 2 8 を駆動する。また、E C U 1 0 0 は、ステップ S 5 又は S 6 にて設定した主点火時期に主点火行われるように主点火プラグ 3 2 を駆動し、ステップ S 5 又は S 6 にて設定した副点火時期に副点火が行われるように副点火プラグ 6 2 を駆動する（ステップ S 7）。なお、実際の制御では、エンジン負荷及びエンジン回転数に対して、燃料噴射時期、主点火時期及び副点火時期を紐付けて形成された制御マップを予め E C U 1 0 0 の記憶領域に格納しておき、前記制御マップを参照して燃料噴射時期及び点火時期が設定される。

10

【 0 0 5 6 】

図 8 は、特定領域 A 2 H 内の低回転領域の運転ポイント P 1 における燃料噴射時期、主点火時期 t_m 及び副点火時期 t_s を示すタイムチャートである。低回転領域の燃料噴射時期は、吸気行程中である。詳しくは、インジェクタ 2 8 からの燃料噴射開始時期及びその終了時期が、吸気行程に含まれるように設定される。これは、特定領域 A 2 H では、第 3 領域 A 3 のように、プリイグニッションを抑止のため燃料噴射時期をリタードさせる要請が少ないためである。なお、燃料噴射終了時期は、圧縮行程に差し掛かっていても良い。

20

【 0 0 5 7 】

特定領域 A 2 H 内の低回転領域では、図 7 のステップ S 5 で説明した通り、主点火時期 t_m が副点火時期 t_s よりも進角側の時期に設定される。すなわち、まず主点火プラグ 3 2 による主点火が行われ、その後、副点火プラグ 6 2 による副点火が行われる。主点火時期 t_m は、圧縮上死点 T D C よりも僅かに進角側の圧縮行程に、副点火時期 t_s は膨張行程の前半に設定される。T D C 付近で行われる先行の主点火により、主燃焼室 2 6 の混合気の S I 燃焼が始まる。低回転領域では、ピストン 2 4 の往復動が比較的遅いことから、副室 6 0 への混合気の圧入力が弱い。しかし、前記 S I 燃焼に伴う圧力上昇のアシストによって、主燃焼室 2 6 内に残存する未燃の混合気が、連通孔 6 6 を通して副室 6 0 内に押し込まれる。これにより、速い流動を伴った十分な量の混合気が、副室 6 0 内に導入される。

30

【 0 0 5 8 】

主点火に続く副点火によって、副室 6 0 内に導入された混合気が燃焼する。上述の通り、副室 6 0 内での混合気の流動が速いため、その副点火後の混合気の燃焼速度も速くなる。その結果、複数の連通孔 6 6 から強い火炎を噴出させることができる。これら火炎は、主燃焼室 2 6 内の未燃混合気を一気に燃焼させる。従って、燃費性能及び排ガス性能を高めることができる。

【 0 0 5 9 】

図 9 は、特定領域 A 2 H 内の高回転領域の運転ポイント P 2 における燃料噴射時期、主点火時期 t_m 及び副点火時期 t_s を示すタイムチャートである。高回転領域の燃料噴射時期は、上述の低回転領域と同様に、吸気行程中である。高回転領域の点火時期は、図 7 のステップ S 6 で説明した通り、副点火時期 t_s が主点火時期 t_m よりも進角側の時期に設定される。すなわち、上述の低回転領域とは逆に、まず副点火プラグ 6 2 による副点火が行われ、その後、主点火プラグ 3 2 による主点火が行われる。副点火時期 t_s は圧縮行程の圧縮上死点 T D C に近い時期であり、主点火時期 t_m は膨張行程の T D C に近い時期である。

40

【 0 0 6 0 】

高回転領域では、ピストン 2 4 の往復動が比較的速いことから、副室 6 0 へ混合気が導入され易い。このため、先行して副点火を実行しても、失火は生じ難い。副点火によって

50

副室 60 内の混合気が燃焼し、その火炎が複数の連通孔 66 から噴き出す。これらの火炎を着火点として、主燃焼室 26 内の混合気が S I 燃焼を開始する。この副点火に続く主点火によって、主燃焼室 26 内に残存する混合気が一気に燃焼する。従って、主燃焼室 26 内の混合気の燃焼速度が早められ、高回転領域において生じがちなノッキングを抑制することができる。

【 0061 】

[エンジン回転数と点火制御の関係]

図 10 は、特定領域 A 2 H におけるエンジン回転数と主点火時期（図 10 の上段）、副点火時期（中段）、及び点火位相差（下段）との関係を示すチャートである。図 10 では、第 2 回転数 N_2 （所定の基準回転数）を基準回転数として、低回転領域と高回転領域とが区分されている。各チャートの縦軸はクランク角であり、TDC より進角側が圧縮行程、遅角側が膨張行程である。図 8、図 9 では、低回転領域内の特定の運転ポイント P 1、高回転領域内の特定の運転ポイント P 2 における点火制御例を各々示した。図 10 では、ECU 100 が実行する、特定領域 A 2 H の全回転領域における点火制御の傾向を示す。なお、図 10 のチャートは、エンジン負荷一定での各パラメータとエンジン回転数との関係を示したものである。

【 0062 】

主点火時期は、低回転領域においては先行点火となるため圧縮行程に設定される。低回転領域の主点火時期は、エンジン回転数が高くなるほど、TDC から緩く進角側にシフトするよう制御される。この制御は、エンジン回転数が高くなるほど速く S I 燃焼を開始させて、主燃焼室 26 で自着火の発生を抑制する意図を含む。

【 0063 】

高回転領域において主点火時期は、後行点火となるため膨張行程に設定される。すなわち主点火時期は、点火制御の反転ポイントとなる第 2 回転数 N_2 において、TDC よりも進角側から遅角側へステップワイズにシフトする。高回転領域の主点火時期は、第 2 回転数 N_2 のポイントにおいて最も遅角し、エンジン回転数が高くなるほど TDC に近づくよう、進角側にシフトする。

【 0064 】

副点火時期は、低回転領域においては後行点火となるため膨張行程に設定される。当該低回転領域において、ECU 100 は、エンジン回転数が低回転であるほど副点火時期を遅角させる制御を行う。具体的には副点火時期は、第 2 回転数 N_2 では TDC 付近とされ、エンジン回転数が低くなるほど遅角側にシフトするよう制御される。エンジン回転数が低回転であるほど、ピストン 24 による押圧力が弱く、副室 60 へ混合気が導入され難い傾向が出る。そこで、低回転であるほど副点火の時期を遅角させることで、主点火が行われてから副点火が行われるまでの期間をより長くすることができる。これにより、副室 60 内へ混合気を押し込むための時間を十分に確保することができ、複数の連通孔 66 から確実に火炎を噴出させることができる。

【 0065 】

副点火時期は、高回転領域においては先行点火となるため圧縮行程に設定される。当該高回転領域において、ECU 100 は、エンジン回転数が高回転であるほど副点火時期を進角させる制御を行う。具体的には副点火時期は、第 2 回転数 N_2 では TDC 付近とされ、エンジン回転数が高くなるほど進角側にシフトするよう制御される。エンジン回転数が高回転であるほど、ノッキングが生じ易い傾向が出る。従って、本制御例のように、エンジン回転数で高回転であるほど副点火時期を進角させるようにすれば、副室 60 から噴出する火炎に基づく S I 燃焼を速い時期から開始させ得る。従って、主燃焼室 26 の混合気の燃焼速度をより速めることができ、ノッキングの抑制に寄与することができる。

【 0066 】

図 8、図 9 に示しているように、点火位相差 d_t は、主点火時期 t_m と副点火時期 t_s との間のクランク角上の位相差である。点火位相差 d_t は、特定領域 A 2 H の低回転領域において、エンジン回転数が低回転であるほど大きく設定される。低回転領域において、

10

20

30

40

50

副点火時期 t_s は、エンジン回転数が低回転であるほど遅角される。主点火時期 t_m も、低回転領域ではエンジン回転数が低くなるほど遅角側にシフトしているが、そのシフト度合いは副点火時期 t_s よりも小さい。従って、点火位相差 d_t は、エンジン回転数が低回転であるほど大きくなる。なお、高回転領域においては、点火位相差 d_t は略一定となる。

【 0 0 6 7 】

上記の通り、エンジン回転数が低回転であるほど点火位相差 d_t を大きく設定することで、副室 6 0 内へ混合気を押し込むための時間をエンジン回転数に応じて十分に確保することができる。つまり、点火位相差 d_t を大きくするということは、低回転領域においては先行点火となる主点火と、後行点火となる副点火との間の期間を長くすることに繋がる。従って、主燃焼室 2 6 での燃焼に伴う副室 6 0 への混合気の導入効果を得やすくすることができる。

10

【 0 0 6 8 】

[変形例]

以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、次のような変形実施形態を取ることができる。

【 0 0 6 9 】

(1) 図 9、図 1 0 に示した高回転領域 (P 2) の制御では、上掲の「パターン C」の制御に基づいた例を示した。上掲の「パターン A」の制御 (副点火のみを実行させる) を行う場合は、副点火時期 t_s だけが設定される。この場合、ノッキングを抑制するために、図 1 0 に示す副点火時期を全体的に進角側にシフトさせても良い。また、上掲の「パターン B」の制御 (副点火と主点火とを同時期に実行させる) を行う場合は、主点火時期 t_m と副点火時期 t_s とが同時期 (点火位相差 $d_t = 0$) に設定される。

20

【 0 0 7 0 】

(2) 上記実施形態では、副点火ユニット 3 0 のカバー部材 6 4 として、半円球のドーム型 (図 3) を有し、3つの連通孔 6 6 (図 4) を有する態様を例示した。カバー部材 6 4 の形状は円錐台型、直方体型の形状等、他の形状であっても良い。また、連通孔 6 6 の数やサイズは適宜設定することができる。また、副点火ユニット 3 0 の取り付け位置は、図 2 の態様に限られない。例えば、副点火ユニット 3 0 は、インジェクタ 2 8 の先端部 2 8 x に対して吸気ポート 8 側に設けられてもよい。

【 0 0 7 1 】

30

(3) 上記実施形態では、第 2 領域 A 2 の範囲内 (下限エンジン回転数 = N 1) において、特定領域 A 2 H が設定される例を示した。これに代えて、特定領域 A 2 H の下限エンジン回転数を N 1 よりも低回転側に拡張しても良い。すなわち、図 6 に示す第 3 領域 A 3 の高回転側の一部を特定領域 A 2 H に編入しても良い。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 2 】

- 1 エンジンシステム
- 2 2 気筒
- 2 4 ピストン
- 2 6 主燃焼室
- 2 8 インジェクタ (燃料噴射装置)
- 3 0 副点火ユニット
- 3 2 主点火プラグ (主点火装置)
- 5 2 シリンダブロック
- 5 4 シリンダヘッド
- 6 0 副室
- 6 2 副点火プラグ (副点火装置)
- 6 4 カバー部材 (隔壁)
- 6 6 連通孔
- 1 0 0 ECU (制御器)

40

50

A 2 H 特定領域（基準負荷よりも高い高負荷領域）

P 1 低回転領域の運転ポイント

P 2 高回転領域の運転ポイント

N 2 第 2 回転数（所定の基準回転数）

T q 2 1 境界負荷（所定の基準負荷）

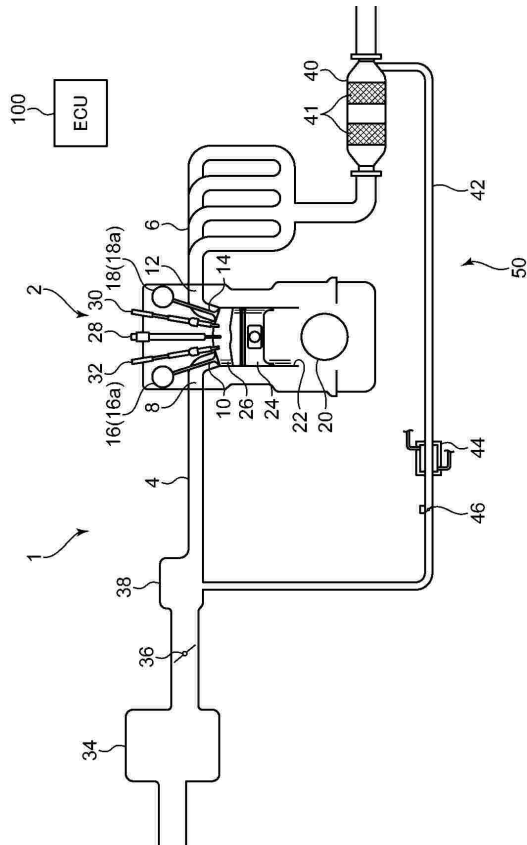
t m 主点火時期

t s 副点火時期

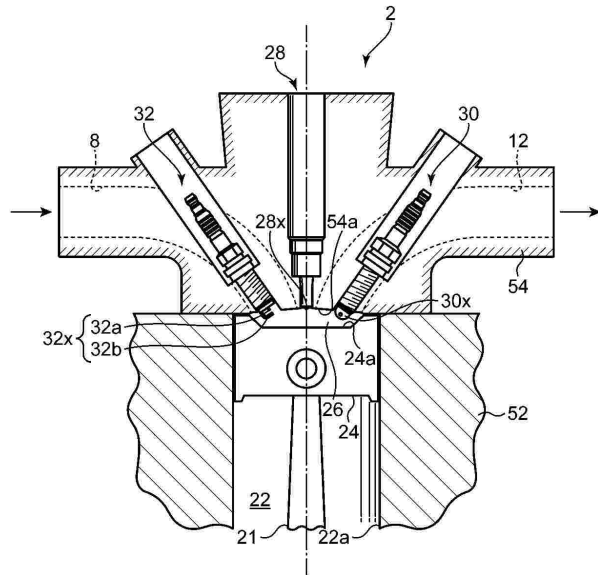
d t 点火位相差

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

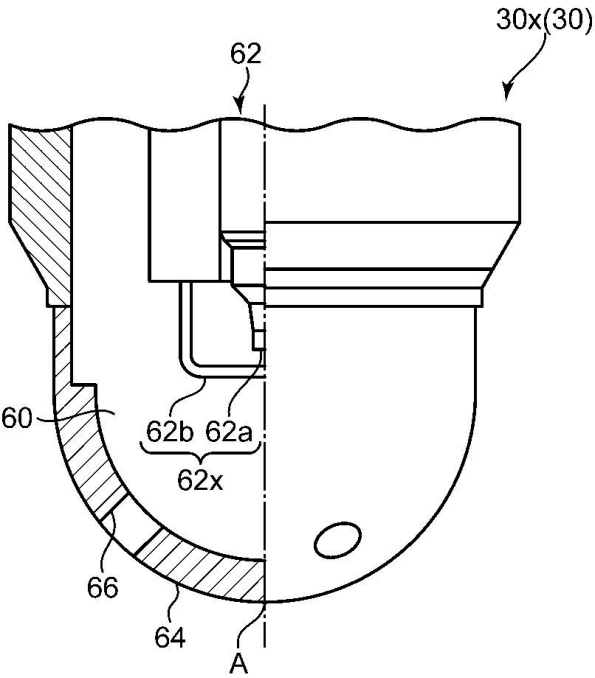
20

30

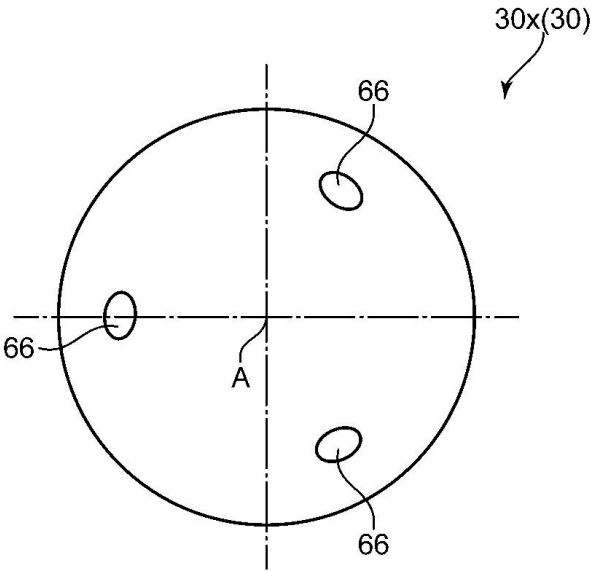
40

50

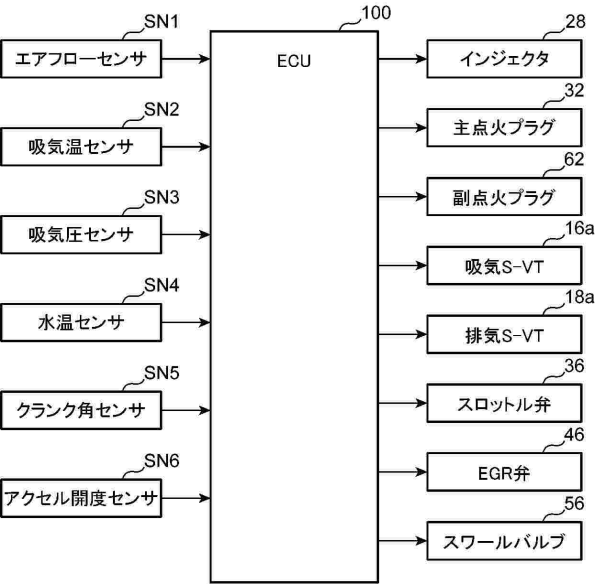
【図 3】



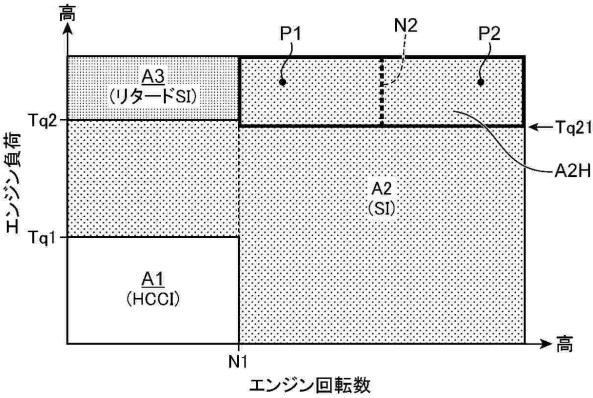
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

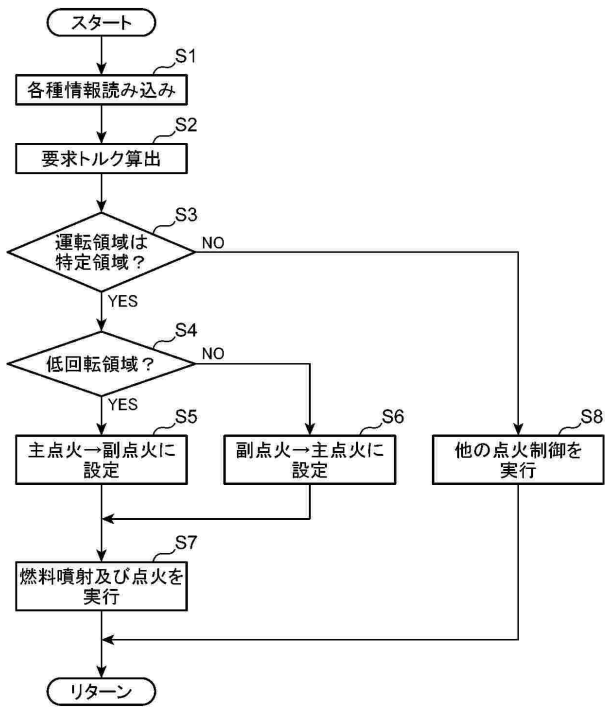
20

30

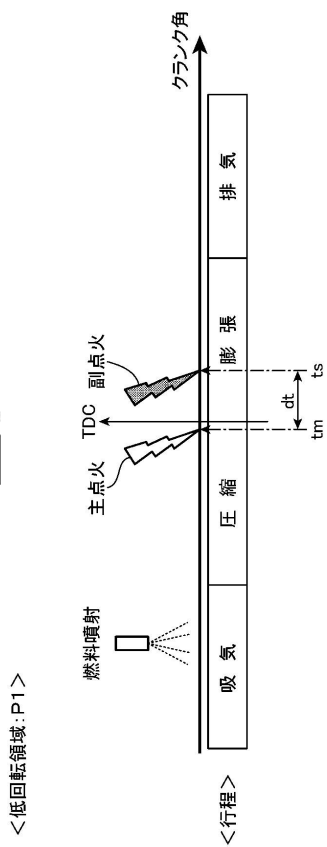
40

50

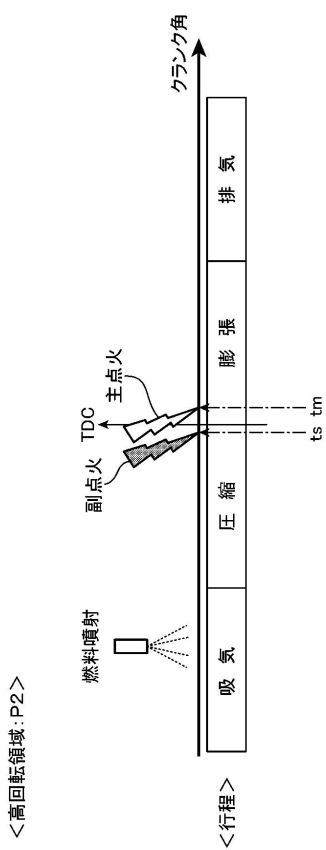
【図 7】



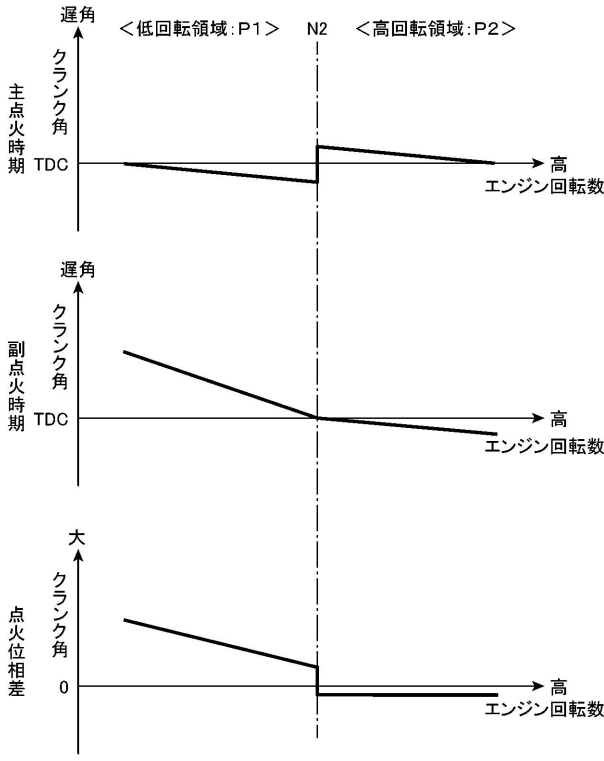
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I
F 0 2 P 15/02

ダ株式会社内

審査官 平井 功

(56)参考文献 欧州特許出願公開第 3 8 5 5 0 0 8 (E P , A 1)
特開 2 0 0 2 - 7 0 5 5 8 (J P , A)
中国特許出願公開第 1 1 0 1 8 5 5 3 4 (C N , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
F 0 2 B 1 / 0 0 - 2 3 / 1 0
F 0 2 P 7 / 0 0 - 1 7 / 1 2
F 0 2 P 5 / 1 4 5 - 5 / 1 5 5