

(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2012-2076

(P2012-2076A)

(43) 公開日 平成24年1月5日(2012.1.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2D 13/02 (2006.01)	FO2D 13/02 H	3G022
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 312H	3G023
FO2P 5/15 (2006.01)	FO2D 45/00 312R	3G092
FO2B 1/12 (2006.01)	FO2P 5/15 B	3G384
FO2B 11/00 (2006.01)	FO2B 1/12	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-135242 (P2010-135242)
 (22) 出願日 平成22年6月14日 (2010.6.14)

(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 100095566
 弁理士 高橋 友雄
 (72) 発明者 田上 裕
 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 上野 将樹
 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 山田 卓也
 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

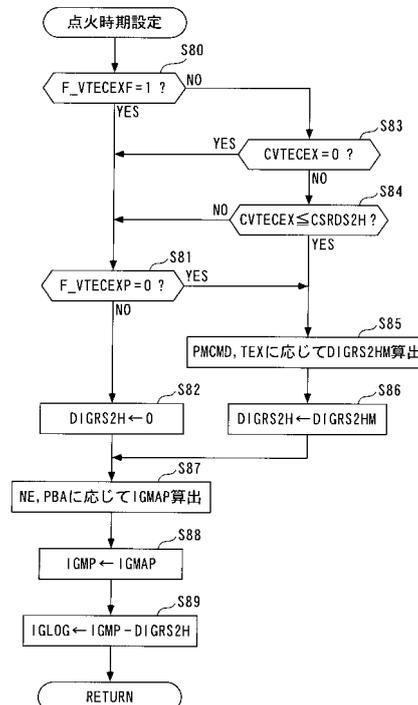
(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 燃焼モードがS I 燃焼モードからH C C I 燃焼モードに切り換えられたときに、圧縮着火による燃焼タイミングを適切に制御でき、それにより、燃焼音を抑制し、商品性を向上させることができる内燃機関の制御装置を提供する。

【解決手段】 この制御装置によれば、選択された燃焼モードがS I 燃焼モードからH C C I 燃焼モードに切り換わったときに、S I 燃焼モードによる運転を、切換時S I 燃焼運転として実行する。この切換時S I 燃焼運転では、点火時期 I G L O G を、基本点火時期 I G M P よりも補正量 D I G R S 2 H だけ遅角側に制御する(ステップ86)。また、切換時S I 燃焼運転後にH C C I 燃焼モードによる運転を実行するとともに、そのときの排気弁5の開弁タイミングをS I 燃焼モード用の開弁タイミングよりも進角側に制御する(ステップ42, 46)。

【選択図】 図12



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃焼モードを、燃焼室内の混合気を火花点火によって燃焼させる S I 燃焼モードと、圧縮着火によって燃焼させる H C C I 燃焼モードとに切り換えて運転されるとともに、排気弁のバルブタイミングが変更可能な内燃機関の制御装置であって、

前記燃焼モードとして、前記 S I 燃焼モードおよび前記 H C C I 燃焼モードの一方を選択する燃焼モード選択手段と、

当該選択された燃焼モードが前記 S I 燃焼モードから前記 H C C I 燃焼モードに切り換わったときに、前記 S I 燃焼モードによる運転を切換時 S I 燃焼運転として実行する切換時 S I 燃焼運転実行手段と、

当該切換時 S I 燃焼運転において、前記内燃機関の点火時期を前記 S I 燃焼モード用の通常の点火時期よりも遅角側に制御する点火時期制御手段と、

前記切換時 S I 燃焼運転の後、前記 H C C I 燃焼モードによる運転を実行するときに、前記排気弁の閉弁タイミングを前記 S I 燃焼モード用の閉弁タイミングよりも進角側に制御する排気バルブタイミング制御手段と、

を備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 2】

前記排気バルブタイミング制御手段による前記閉弁タイミングの進角側への制御の開始時から前記 H C C I 燃焼モード用の閉弁タイミングへの切換の完了までの期間を、前記閉弁タイミングの制御期間として算出する制御期間算出手段をさらに備え、

前記排気バルブタイミング制御手段は、当該算出された閉弁タイミングの制御期間が前記切換時 S I 燃焼運転の実行期間よりも短いときには、前記閉弁タイミングの制御期間の終了時が前記切換時 S I 燃焼運転の実行期間の終了時に一致するように、前記閉弁タイミングの制御を前記切換時 S I 燃焼運転よりも遅れて開始し、

前記切換時 S I 燃焼運転実行手段は、前記切換時 S I 燃焼運転の実行期間が前記閉弁タイミングの制御期間よりも短いときには、前記切換時 S I 燃焼運転の実行期間の終了時が前記閉弁タイミングの制御期間の終了時に一致するように、前記切換時 S I 燃焼運転を前記閉弁タイミングの制御よりも遅れて開始することを特徴とする、請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 3】

前記閉弁タイミングの制御期間に基づいて、前記 H C C I 燃焼モード用の閉弁タイミングへの切換が完了したか否かを判定する第 1 判定手段と、

前記内燃機関の燃焼状態を表す燃焼パラメータを検出する燃焼パラメータ検出手段と、当該検出された燃焼パラメータに基づいて、前記 H C C I 燃焼モード用の閉弁タイミングへの切換が完了したか否かを判定する第 2 判定手段と、をさらに備え、

前記切換時 S I 燃焼運転実行手段は、前記第 1 判定手段により前記閉弁タイミングの切換が完了したと判定された場合において、前記第 2 判定手段により前記閉弁タイミングの切換が完了していないと判定されたときに、前記切換時 S I 燃焼運転を継続することを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 4】

前記内燃機関の回転数を検出する回転数検出手段と、

前記内燃機関の負荷を検出する負荷検出手段と、

前記検出された内燃機関の回転数および負荷に応じて、前記切換時 S I 燃焼運転の実行期間を決定する実行期間決定手段と、をさらに備えることを特徴とする、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 5】

前記内燃機関の負荷を検出する負荷検出手段と、

前記内燃機関の排ガスの温度を検出する排ガス温度検出手段と、をさらに備え、

前記点火時期制御手段は、前記検出された内燃機関の負荷および排ガスの温度に応じて、前記切換時 S I 燃焼運転中の点火時期の遅角量を設定することを特徴とする、請求項 1

10

20

30

40

50

ないし3のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃焼モードを、燃焼室に供給された混合気を火花点火によって燃焼させるS I燃焼モードと、圧縮着火によって燃焼させるH C C I燃焼モードとに切り換えて運転される内燃機関の制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の内燃機関の制御装置として、例えば特許文献1に開示されたものが知られている。この内燃機関では、燃焼室内の混合気を火花点火によって燃焼させるS I燃焼モードと、圧縮着火によって燃焼させるH C C I燃焼モードとに、燃焼モードを切り換えて運転されるとともに、所定の減速運転状態のときに、燃料の供給を停止するフューエルカットが実行される。この制御装置では、フューエルカット後の燃料供給の再開時に、本来ならば内燃機関がH C C I燃焼モードにより運転されるべき運転状態であっても、所定期間は、S I燃焼モードによる運転を実行する。このような制御により、フューエルカットによる燃焼室の温度低下に起因する失火が防止される。

10

【0003】

また、従来他の内燃機関の制御装置として、特許文献2に開示されたものが知られている。この内燃機関は、車両に搭載されており、S I燃焼モードとH C C I燃焼モードに、燃焼モードを切り換えて運転される。吸気管には、吸気管内を流れる吸入空気を過給するための電動式の過給機が設けられている。また、車両は、その動力源として、内燃機関に加えてモータを備えている。この制御装置では、燃焼モードをS I燃焼モードからH C C I燃焼モードに切り換えるべきと判定されたときに、内燃機関を停止させ、モータを駆動した後に、過給機を作動させる。その後、内燃機関を再始動させ、モータを停止し、H C C I燃焼モードによる運転を実行する。このように、H C C I燃焼モードによる運転を実行する前に、過給機を作動させることによって、燃焼室の圧力がH C C I燃焼モードに適した状態に制御される。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0004】

【特許文献1】特開2007-56772号公報

【特許文献2】特開2004-176688号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一般に、内燃機関の燃焼モードがS I燃焼モードとH C C I燃焼モードに切り換えられる場合、混合気の燃焼によって発生する既燃ガスの温度は、S I燃焼モードのときの方がH C C I燃焼モードのときよりも高くなる。このため、特許文献1の制御装置では、燃焼モードがフューエルカット後のS I燃焼モードからH C C I燃焼モードに切り換えられたときに、燃焼室の温度がH C C I燃焼モードに適した温度よりも高くなり、圧縮着火による燃焼タイミングが最適なタイミングよりも早くなりすぎるおそれがある。その場合には、燃焼室の圧力が急激に上昇することで、燃焼音が大きくなり、商品性の低下を招いてしまう。

40

【0006】

また、特許文献2の制御装置では、燃焼モードをH C C I燃焼モードに切り換えるときに内燃機関を停止させるため、それにより燃焼室の温度は低下する結果、特許文献1のような不具合は生じにくい。しかし、内燃機関の停止中、過給機による過給が行われるため、それによる圧力の上昇に伴って燃焼室の温度が上昇する結果、燃焼室の温度を必ずしもH C C I燃焼モードに適した温度に制御することができない。このため、H C C I燃焼モ

50

ードによる運転の開始時に、圧縮着火による燃焼タイミングが最適なタイミングよりも早くなるおそれがあり、その場合には、商品性が低下してしまう。また、上記のような制御を行うためには、動力源として、内燃機関に加えてモータを備えることが不可欠である。

【0007】

本発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、燃焼モードがS I燃焼モードからH C C I燃焼モードに切り換えられたときに、圧縮着火による燃焼タイミングを適切に制御でき、それにより、燃焼音を抑制し、商品性を向上させることができる内燃機関の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】

【0008】

10

この目的を達成するために、本願の請求項1に係る発明は、燃焼モードを、燃焼室3 d内の混合気を火花点火によって燃焼させるS I燃焼モードと、圧縮着火によって燃焼させるH C C I燃焼モードとに切り換えて運転されるとともに、排気弁5のバルブタイミングが変更可能な内燃機関の制御装置1であって、燃焼モードとして、S I燃焼モードおよびH C C I燃焼モードの一方を選択する燃焼モード選択手段（実施形態における（以下、本項において同じ）E C U 2、図5、図6）と、選択された燃焼モードがS I燃焼モードからH C C I燃焼モードに切り換わったときに、S I燃焼モードによる運転を切換時S I燃焼運転として実行する切換時S I燃焼運転実行手段（E C U 2）と、切換時S I燃焼運転において、内燃機関3の点火時期I G L O GをS I燃焼モード用の通常の点火時期（基本点火時期I G M P）よりも遅角側に制御する点火時期制御手段（E C U 2、図12のステップ86）と、切換時S I燃焼運転の後、H C C I燃焼モードによる運転を実行するとき、排気弁5の閉弁タイミングをS I燃焼モード用の閉弁タイミングよりも進角側に制御する排気バルブタイミング制御手段（E C U 2、図8、図9）と、を備えることを特徴とする。

20

【0009】

この内燃機関は、燃焼室内の混合気を火花点火によって燃焼させるS I燃焼モードと、圧縮着火によって燃焼させるH C C I燃焼モードとに、燃焼モードを切り換えて運転される。また、この制御装置によれば、選択された燃焼モードがS I燃焼モードからH C C I燃焼モードに切り換わったときに、S I燃焼モードによる運転を、切換時S I燃焼運転として実行する。また、この切換時S I燃焼運転において、内燃機関の点火時期をS I燃焼モード用の通常の点火時期よりも遅角側に制御する。このように点火時期を遅角側に制御することによって、燃焼の終了時期および伝播速度が遅くなり、排ガスの温度が高温化する。このため、点火時期の遅角制御を行った直後の排気弁の閉弁タイミングにおいて、燃焼室内に残留する既燃ガスの量が減少する。また、S I燃焼モードは、H C C I燃焼モードと比較して燃焼の安定性が高いため、上記のように点火時期を遅角側に制御しても、燃焼状態の安定性にはほとんど影響を及ぼさない。

30

【0010】

また、この制御装置によれば、切換時S I燃焼運転後にH C C I燃焼モードによる運転を実行するとともに、そのときの排気弁の閉弁タイミングをS I燃焼モード用の閉弁タイミングよりも進角側に制御する。これにより、燃焼室内に残留する既燃ガスの量が増加するため、燃焼室の圧力および温度が上昇する。上述したように、切換時S I燃焼運転中の点火時期の遅角側への制御によって、点火時期の遅角制御を行った直後の排気弁の閉弁タイミングにおいて、燃焼室内に残留する既燃ガスの量が減少し、その後の吸気弁の閉弁タイミングにおける燃焼室内の新気量が増加する。したがって、燃料供給量が同一であれば、空燃比をリーン化でき、それにより、圧縮着火タイミングを遅角側に制御することができる。

40

【0011】

以上により、S I燃焼モードからH C C I燃焼モードへの切換時における燃焼状態の安定性を維持しながら、H C C I燃焼モードにおける圧縮着火による燃焼タイミングを適切に制御でき、それにより、燃焼音を抑制し、商品性を向上させることができる。

50

【0012】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載の内燃機関の制御装置1において、排気バルブタイミング制御手段による閉弁タイミングの進角側への制御の開始時からHCCI燃焼モード用の閉弁タイミングへの切換の完了までの期間を、閉弁タイミングの制御期間（排気VT切換カウンタ値CVTEX）として算出する制御期間算出手段（ECU2、図8のステップ36, 37）をさらに備え、排気バルブタイミング制御手段は、算出された閉弁タイミングの制御期間が切換時SI燃焼運転の実行期間（遅角サイクル数CSRDS2H）よりも短いときには、閉弁タイミングの制御期間の終了時が切換時SI燃焼運転の実行期間の終了時に一致するように、閉弁タイミングの制御を切換時SI燃焼運転よりも遅れて開始し（図8のステップ43~46）、切換時SI燃焼運転実行手段は、切換時SI燃焼運転の実行期間が閉弁タイミングの制御期間よりも短いときには、切換時SI燃焼運転の実行期間の終了時が閉弁タイミングの制御期間の終了時に一致するように、切換時SI燃焼運転を閉弁タイミングの制御よりも遅れて開始する（図12のステップ84）ことを特徴とする。

【0013】

この構成によれば、閉弁タイミングの進角側への制御の開始からHCCI燃焼モード用の閉弁タイミングへの切換の完了までの期間を、閉弁タイミングの制御期間として算出し、算出された閉弁タイミングの制御期間が切換時SI燃焼運転の実行期間よりも短いときには、閉弁タイミングの制御を切換時SI燃焼運転よりも遅れて開始することによって、また、切換時SI燃焼運転の実行期間が閉弁タイミングの制御期間よりも短いときには、切換時SI燃焼運転を前記閉弁タイミングの制御よりも遅れて開始することによって、切換時SI燃焼運転の実行期間の終了時と閉弁タイミングの制御期間の終了時を互いに一致させる。

【0014】

これは以下の理由による。HCCI燃焼モード用の閉弁タイミングへの切換が先に完了した場合には、その後、切換時SI燃焼運転が終了するまでの間、燃焼室内に残留する既燃ガスの量が多い状態で切換時SI燃焼運転が行われる結果、燃焼状態が悪化してしまう。一方、切換時SI燃焼運転の実行期間が閉弁タイミングの制御期間よりも短いときには、その後、閉弁タイミングの進角側への制御が終了するまでの間、遅角制御を伴わない通常のSI燃焼モードによる運転が行われる結果、切換時SI燃焼運転によって一旦、低下した燃焼室の温度が、再び上昇してしまう。したがって、上記のように閉弁タイミングの制御期間の終了時と切換時SI燃焼運転の実行期間の終了時を互いに一致させることによって、切換時SI燃焼運転における燃焼状態を良好に維持しながら、HCCI燃焼モードによる運転の開始時における燃焼室の混合気の状態を、さらに適切に制御することができる。

【0015】

請求項3に係る発明は、請求項1または2に記載の内燃機関の制御装置1において、閉弁タイミングの制御期間に基づいて、前記HCCI燃焼モード用の閉弁タイミングへの切換が完了したか否かを判定する第1判定手段（ECU2、図12のステップ84）と、内燃機関の燃焼状態を表す燃焼パラメータ（筒内圧の最大値PCYLMAX）を検出する燃焼パラメータ検出手段（筒内圧センサ24）と、検出された燃焼パラメータに基づいて、HCCI燃焼モード用の閉弁タイミングへの切換が完了したか否かを判定する第2判定手段（ECU2、図11）と、をさらに備え、切換時SI燃焼運転実行手段は、第1判定手段により閉弁タイミングの切換が完了したと判定された場合において、第2判定手段により閉弁タイミングの切換が完了していないと判定されたときに、切換時SI燃焼運転を継続する（図12のステップ81, 86）ことを特徴とする。

【0016】

この構成によれば、閉弁タイミングの制御期間に基づいて、HCCI燃焼モード用の閉弁タイミングへの切換が完了したか否かを判定する。また、内燃機関の燃焼状態を表す燃焼パラメータに基づいて、HCCI燃焼モード用の閉弁タイミングへの切換が完了したか

否かを判定する。そして、閉弁タイミングの制御期間に基づく判定により閉弁タイミングの切換が完了したと判定された場合において、燃焼パラメータに基づく判定により閉弁タイミングの切換が完了していないと判定されたときに、切換時 S I 燃焼運転を継続する。閉弁タイミングの制御期間は、内燃機関の個体差や経年劣化によって変化する。したがって、上記の 2 つの判定結果が互いに異なる場合には、内燃機関の実際の燃焼状態を表す燃焼パラメータに基づく判定を優先し、この判定により閉弁タイミングの切換が完了していないと判定されたときに、切換時 S I 燃焼運転を継続する。これにより、閉弁タイミングの切換が確実に完了した状態で、H C C I 燃焼モードによる運転を開始することができ、それにより、H C C I 燃焼モードによる運転の開始時における燃焼室の混合気の状態および圧力をより適切に制御することができる。

10

【0017】

請求項 4 に係る発明は、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置 1 において、内燃機関 3 の回転数（エンジン回転数 N E ）を検出する回転数検出手段（クランク角センサ 2 0 ）と、内燃機関 3 の負荷（要求トルク P M C M D ）を検出する負荷検出手段（クランク角センサ 2 0 、アクセル開度センサ 2 2 ）と、検出された内燃機関 3 の回転数および負荷に応じて、切換時 S I 燃焼運転の実行期間を決定する実行期間決定手段（E C U 2 、図 8 のステップ 3 8 , 3 9 ）と、をさらに備えることを特徴とする。

【0018】

一般に、燃焼室の温度は、内燃機関の回転数および負荷に応じて変化する。この構成によれば、検出された実際の内燃機関の回転数および負荷に応じて、切換時 S I 燃焼運転の実行期間を決定するので、その終了時における燃焼室の温度を適切に低下させることができるとともに、H C C I 燃焼モードによる運転を適切なタイミングで開始することができる。

20

【0019】

請求項 5 に係る発明は、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置 1 において、内燃機関 3 の負荷（要求トルク P M C M D ）を検出する負荷検出手段（クランク角センサ 2 0 、アクセル開度センサ 2 2 ）と、内燃機関 3 の排ガスの温度（排気温 T E X ）を検出する排ガス温度検出手段（排気温センサ 2 3 ）と、をさらに備え、点火時期制御手段は、検出された内燃機関 3 の負荷および排ガスの温度に応じて、切換時 S I 燃焼運転中の点火時期の遅角量（遅角補正量 D I G R S 2 H ）を設定する（図 1 2 のステップ 8 5 , 8 6 ）ことを特徴とする。

30

【0020】

一般に、内燃機関の負荷が異なると、点火時期の遅角量に対する燃焼室の温度変化量が異なるとともに、失火などが生じることなく燃焼状態の安定性を維持することが可能な点火時期の限界遅角量が異なる。また、排ガスの温度は燃焼室の温度を反映するので、排ガスの温度が異なれば、点火時期の遅角量に対する燃焼室の温度変化量も、限界遅角量も異なる。この構成によれば、検出された実際の内燃機関の負荷および排ガスの温度に応じて、切換時 S I 燃焼運転中の点火時期の遅角量を設定するので、切換時 S I 燃焼運転における燃焼状態の安定性を確実に維持しながら、その終了時に燃焼室の温度を適切に低下させることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図 1】本発明の実施形態による内燃機関の制御装置を、内燃機関とともに概略的に示す図である。

【図 2】制御装置のブロック図である。

【図 3】吸気 V T 切換機構および排気 V T 切換機構によるバルブタイミングの変更に応じた吸気弁および排気弁のバルブリフト曲線を示す図である。

【図 4】内燃機関の制御処理を示すフローチャートである。

【図 5】燃焼モード判定処理を示すフローチャートである。

【図 6】運転領域の判定に用いるマップの一例を示す図である。

50

- 【図 7】バルブタイミング制御処理を示すフローチャートである。
- 【図 8】排気バルブタイミング制御処理を示すフローチャートである。
- 【図 9】排気バルブタイミング制御処理の残りの部分を示すフローチャートである。
- 【図 10】排気バルブタイミング判定処理を示すフローチャートである。
- 【図 11】実バルブタイミング判定処理を示すフローチャートである。
- 【図 12】点火時期設定処理を示すフローチャートである。
- 【図 13】図 12 の点火時期設定処理で用いられる点火時期の遅角補正量を算出するためのマップである。
- 【図 14】実施形態による内燃機関の制御処理によって得られる動作例を示す図である。
- 【図 15】実施形態による内燃機関の制御処理によって得られる他の動作例を示す図である。
- 【発明を実施するための形態】

10

【0022】

以下、図面を参照しながら、本発明の好ましい実施形態について説明する。図 1 に示す、本実施形態による燃料噴射制御装置 1 を適用した内燃機関（以下「エンジン」という）3 は、車両（図示せず）に搭載された、例えば 4 気筒のガソリンエンジンである。

【0023】

エンジン 3 のシリンダヘッド 3 c には、気筒 3 a ごとに、吸気管 8 および排気管 13 が接続されるとともに、筒内燃料噴射弁 12 および点火プラグ 10 が、燃焼室 3 d に臨むように取り付けられている（いずれも 1 つのみ図示）。筒内燃料噴射弁 12 は、圧縮着火による燃焼を行う際に、圧縮行程において、燃料を燃焼室 3 d 内の点火プラグ 10 の付近に噴射することにより、混合気を生成するものである。筒内燃料噴射弁 12 の開弁時間および開閉タイミングは、ECU 2 によって制御され、それにより、燃料噴射量および燃料噴射時期が制御される。

20

【0024】

また、エンジン 3 は、気筒 3 a ごとに、吸気弁 4 および排気弁 5 と、吸気弁 4 の開閉およびバルブタイミングの切換を行う吸気 V T 切換機構 6 と、排気弁 5 の開閉およびバルブタイミングの切換を行う排気 V T 切換機構 7 を備えている。

【0025】

吸気 V T 切換機構 6 は、吸気弁 4 のバルブタイミング（以下「吸気バルブタイミング」という）を、高速バルブタイミングと低速バルブタイミングの 2 段階に切り換える周知のものであり、吸気カムシャフトに一体に設けられた低速カムおよび高速カム（いずれも図示せず）と、吸気ロッカアームシャフトに回動自在に取り付けられた低速ロッカアームおよび高速ロッカアーム（いずれも図示せず）などを備えている。

30

【0026】

また、吸気 V T 切換機構 6 は油圧式のものであり、油路（図示せず）および吸気 V T 制御弁 6 a（図 2 参照）を介して、油圧ポンプ（図示せず）に接続されている。この油圧ポンプは、クランクシャフト 3 e に連結されており、エンジン 3 によって駆動され、油圧を吸気 V T 制御弁 6 a および後述する排気 V T 制御弁 7 a（図 2 参照）に供給する。

【0027】

この吸気 V T 切換機構 6 では、油圧が供給されていないときに、吸気バルブタイミングが低速バルブタイミングに設定されるとともに、油圧が供給されているときには、吸気バルブタイミングが高速バルブタイミングに設定される。吸気 V T 制御弁 6 a は常閉式の電磁弁で構成されており、ECU 2 からの制御入力信号によって OFF されたときに閉弁し、油圧ポンプからの吸気 V T 切換機構 6 側への油圧供給を停止するとともに、ON されたときに開弁し、油圧ポンプからの油圧を吸気 V T 切換機構 6 側に供給する。以上の構成により、吸気 V T 制御弁 6 a の ON / OFF に従って、吸気 V T 切換機構 6 の動作モードが、高速バルブタイミングモードと低速バルブタイミングモードに切り換えられる。

40

【0028】

低速バルブタイミングモードでは、吸気カムシャフトの回転に伴い、吸気弁 4 は、低速

50

カムに従って駆動されることで、図 3 に実線で示すバルブリフト曲線に従って開弁し、吸気バルブタイミングが低速バルブタイミングとなる。一方、高速バルブタイミングモードでは、吸気カムシャフトの回転に伴い、吸気弁 4 は、高速カムに従って駆動されることで、図 3 に破線で示すバルブリフト曲線に従って開弁し、吸気バルブタイミングが高速バルブタイミングとなる。同図に示すように、この高速バルブタイミングでは、低速バルブタイミングと比べて、吸気弁 4 の最大揚程が大きくなるとともに、吸気弁 4 の開弁タイミングが早く（進角側に）なり、かつ閉弁タイミングがより遅く（遅角側に）なることで、開弁期間がより長くなる。その結果、空気がより高い充填効率で気筒 3 a 内に吸入される。

【 0 0 2 9 】

また、排気 V T 切換機構 7 は、排気弁 5 のバルブタイミング（以下「排気バルブタイミング」という）を、高速バルブタイミングと低速バルブタイミングの 2 段階に切り換えるものであり、図示しないが上述した吸気 V T 切換機構 6 と同様の構成を有している。このため、排気 V T 切換機構 7 では、排気 V T 制御弁 7 a の ON / OFF 状態に従って、動作モードが、高速バルブタイミングモードと低速バルブタイミングモードに切り換えられる。

10

【 0 0 3 0 】

高速バルブタイミングモードでは、排気カムシャフトの回転に伴い、排気弁 5 は、高速カムに従って駆動されることで、図 3 に破線で示すバルブリフト曲線に従って開弁し、排気バルブタイミングが高速バルブタイミングとなる。一方、低速バルブタイミングモードでは、排気カムシャフトの回転に伴い、排気弁 5 は、低速カムに従って駆動されることで、図 3 に実線で示すバルブリフト曲線に従って開弁し、排気バルブタイミングが低速バルブタイミングとなる。

20

【 0 0 3 1 】

同図に示すように、低速バルブタイミングでは、高速バルブタイミングと比べて、排気弁 5 の最大揚程が小さくなるとともに、排気弁 5 の開弁タイミングが遅く（遅角側に）なり、かつ閉弁タイミングが早く（進角側に）なることで、開弁期間が短くなる。これに加えて、吸気弁 4 とのバルブオーバーラップがなくなり、その結果、燃焼室 3 d 内に残留する既燃ガス量、すなわち内部 E G R 量が増大する。

【 0 0 3 2 】

後述するように、本実施形態では、排気バルブタイミングが、H C C I 燃焼モードのときには低速バルブタイミングに、S I 燃焼モードのときには高速バルブタイミングにそれぞれ設定されるので、以下の説明では、排気バルブタイミングにおいて、低速バルブタイミングを「H C C I 用タイミング」といい、高速バルブタイミングを「S I 用タイミング」という。

30

【 0 0 3 3 】

また、点火プラグ 1 0 は、筒内燃料噴射弁 1 2 からの燃料によって生成された混合気を火花点火することにより、圧縮着火を生じさせるための火種を生成する。点火プラグ 1 0 の点火時期は、E C U 2 によって制御される。

【 0 0 3 4 】

また、筒内燃料噴射弁 1 2 には、筒内圧センサ 2 4 が一体に取り付けられている。この筒内圧センサ 2 4 は、リング状の圧電素子で構成されており、気筒 3 a 内の圧力の変化量を表す検出信号を E C U 2 に出力する。E C U 2 は、この検出信号に基づき、気筒 3 a 内の圧力（以下「筒内圧」という）P C Y L を算出する。

40

【 0 0 3 5 】

一方、エンジン 3 のクランクシャフト 3 e には、クランク角センサ 2 0 が設けられている。クランク角センサ 2 0 は、クランクシャフト 3 e の回転に伴い、パルス信号である C R K 信号および T D C 信号を、E C U 2 に出力する。

【 0 0 3 6 】

この C R K 信号は、所定のクランク角（例えば 30° ）ごとに出力される。E C U 2 は、C R K 信号に基づき、エンジン 3 の回転数（以下「エンジン回転数」という）N E を算

50

出する。TDC信号は、いずれかの気筒3 aにおいてピストン3 bが吸気行程開始時のTDC（上死点）付近の所定のクランク角度位置にあることを表す信号であり、4気筒タイプの本例では、クランク角180°ごとに出力される。

【0037】

また、吸気管8の吸気マニホールドには、ポート燃料噴射弁11が気筒3 aごとに設けられている。ポート燃料噴射弁11は、圧縮着火による燃焼を行う際に、吸気行程において、燃料を吸気ポート8 aに向かって噴射する。また、ポート燃料噴射弁11の開弁時間および開閉タイミングは、ECU2によって制御され、それにより、燃料噴射量および燃料噴射時期が制御される。

【0038】

また、吸気管8には、スロットル弁9が設けられている。スロットル弁9の開度は、ECU2からの制御信号により、THアクチュエータ（図示せず）を駆動することによって制御され、それにより、エンジン3に吸入される吸気量が制御される。

【0039】

また、吸気管8のスロットル弁9よりも下流側には、吸気圧センサ25が設けられている。吸気圧センサ25は、吸気管8内の圧力（以下「吸気圧」という）PBAを検出し、その検出信号をECU2に出力する。

【0040】

さらに、ECU2には、水温センサ21からエンジン3の冷却水の温度（以下「エンジン水温」という）TWを表す検出信号が、アクセル開度センサ22から、アクセルペダル（図示せず）の開度（以下「アクセル開度」という）APを表す検出信号が、排気温センサ23から気筒3 aから排出される排ガスの温度（以下「排気温」という）TEXを表す検出信号が、それぞれ出力される。

【0041】

ECU2は、I/Oインターフェース、CPU、RAMおよびROM（いずれも図示せず）などから成るマイクロコンピュータで構成されている。また、ECU2は、前述した各種のセンサ20～25からの検出信号に応じ、エンジン3の運転状態を判定するとともに、その判定結果に応じて、エンジン3の各種の制御処理を実行する。なお、本実施形態では、ECU2が、燃焼モード選択手段、切替時SI燃焼運転実行手段、点火時期制御手段、排気バルブタイミング制御手段、制御期間算出手段、第1判定手段、第2判定手段および実行期間決定手段に相当する。

【0042】

図4は、ECU2で実行されるエンジン3の制御処理を示す。本処理は、TDC信号の発生に同期して実行される。本処理ではまず、ステップ1（「S1」と図示。以下同じ）において、エンジン回転数NEおよびアクセル開度APに応じ、所定のマップ（図示せず）を検索することによって、要求トルクPMCMDを算出する。

【0043】

次に、ステップ2において、燃焼モード判定処理を実行する。この燃焼モード判定処理は、実行すべき燃焼モードとして、HCCI燃焼モードまたはSI燃焼モードのいずれかを選択するものであり、図5はそのサブルーチンを示す。

【0044】

本処理ではまず、ステップ10において、エンジン水温TWが所定温度TWHCCIよりも高いか否かを判別する。この所定温度TWHCCIは、HCCI燃焼モードを実行可能なエンジン水温TWの下限値に設定されている。この答がYESのときには、ステップ11において、要求トルクPMCMDおよびエンジン回転数NEに応じ、図6に示すマップを検索することによって、エンジン3がHCCI燃焼モードを実行すべきHCCI領域（図中にハッチングで示す領域）にあるか否かを判別する。

【0045】

この答がYESで、エンジン3がHCCI領域にあるときには、HCCI燃焼モードの実行条件が成立しており、HCCI燃焼モードを実行すべきと判定し、そのことを表すた

10

20

30

40

50

めに、ステップ 12 において、HCCI 燃焼モードフラグ F_HCCI を「1」にセットし、本処理を終了する。

【0046】

一方、上記ステップ 10 の答が NO で、TW TWHCCI のとき、または上記ステップ 11 の答が NO で、エンジン 3 が SI 領域にあるときには、HCCI 燃焼モードの実行条件が成立しておらず、SI 燃焼モードを実行すべきと判定し、そのことを表すために、ステップ 13 において、HCCI 燃焼モードフラグ F_HCCI を「0」にセットし、本処理を終了する。

【0047】

図 4 に戻り、ステップ 2 に続くステップ 3 では、バルブタイミング制御処理を実行する。このバルブタイミング制御処理は、上記のように選択された燃焼モードに応じて、吸気バルブタイミングおよび排気バルブタイミングを制御するものであり、その詳細については後述する。

10

【0048】

次に、ステップ 4 において、排気バルブタイミング（排気 VT）判定処理を実行する。この排気バルブタイミング判定処理は、選択された燃焼モードとそれらの推移などに応じて、排気バルブタイミングを判定するものであり、その詳細については後述する。

【0049】

次に、ステップ 5 において、点火時期設定処理を実行し、本処理を終了する。点火時期設定処理の詳細については後述する。

20

【0050】

以下、図 7 を参照しながら、図 4 のステップ 3 において実行されるバルブタイミング制御処理について説明する。本処理ではまず、ステップ 20 において、吸気バルブタイミング（吸気 VT）制御処理を実行する。この吸気バルブタイミング制御処理では、エンジン回転数 NE および要求トルク PMCMD などに応じて、吸気 VT 制御弁 6a の ON/OFF 状態が制御され、それにより、吸気バルブタイミングが SI 用タイミングおよび HCCI 用タイミングの一方に制御される。

【0051】

次に、ステップ 21 において、排気バルブタイミング制御処理を実行する。図 8 はそのサブルーチンを示す。本処理ではまず、ステップ 30 において、前回時にセットされ、記憶された排気 VT 設定フラグ F_VTECES をその前回値 F_VTECESZ にシフトする。

30

【0052】

次に、ステップ 31 において、HCCI 燃焼モードフラグ F_HCCI が「1」であるか否かを判別する。この答が NO で、SI 燃焼モードが選択されているときには、後述する点火時期の遅角サイクル数 CSRDS2H および遅角補正量 DIGRS2H をいずれも 0 にリセットする（ステップ 32, 33）とともに、排気 VT 設定フラグ F_VTECES を「0」にセットし（ステップ 34）、本処理を終了する。このように排気 VT 設定フラグ F_VTECES が「0」にセットされると、排気 VT 制御弁 7a が OFF され、それにより、排気バルブタイミングが SI 用タイミングに制御される。

40

【0053】

一方、上記ステップ 31 の答が YES で、HCCI 燃焼モードが選択されているときには、ステップ 35 において、HCCI 燃焼モードフラグの前回値 F_HCCIZ が「0」であるか否かを判別する。この答が YES で、選択された燃焼モードが SI 燃焼モードから HCCI 燃焼モードに切り換わった直後のときには、ステップ 36 において、エンジン回転数 NE およびエンジン水温 TW に応じ、所定のマップ（図示せず）を検索することによって、マップ値 CVTECEHM を算出するとともに、ステップ 37 において、算出されたマップ値 CVTECEHM を排気 VT 切換カウンタ値 CVTECEX として設定する。この排気 VT 切換カウンタ値 CVTECEX は、排気バルブタイミングの切換に要する時間に相当するものである。このマップでは、マップ値 CVTECEHM は、エンジン回

50

転数 NE が低いほど、またエンジン水温 TW が低いほど、より大きな値に設定されている。

【0054】

次に、ステップ38において、エンジン回転数 NE および要求トルク $PMCMD$ に応じ、所定のマップ（図示せず）を検索することによって、マップ値 $CSRDS2HM$ を算出するとともに、ステップ39において、算出されたマップ値 $CSRDS2HM$ を遅角サイクル数 $CSRDS2H$ として設定する。この遅角サイクル数 $CSRDS2H$ は、後述する点火時期の遅角補正制御の実行期間に相当する。このマップでは、マップ値 $CSRDS2HM$ は、エンジン回転数 NE が高いほど、また要求トルク $PMCMD$ が大きいほど、より大きな値に設定されている。

10

【0055】

次に、ステップ40において、排気 VT 切換カウンタ値 $CVTECEX$ が遅角サイクル数 $CSRDS2H$ 以上であるか否かを判別する。この答が YES のときには、排気バルブタイミングの $HCCI$ 用タイミングへの制御を開始すべきと判定し、ステップ41において、排気 VT 切換ディレイ $DVTECEX$ を0に設定し、ステップ42において、排気 VT 設定フラグ F_VTCEXS を「1」にセットし、本処理を終了する。この排気 VT 設定フラグ F_VTCEXS が「1」にセットされると、排気 VT 制御弁 $7a$ が ON され、それにより、排気バルブタイミングが $HCCI$ 用タイミングに制御される。

【0056】

一方、上記ステップ40の答が NO で、 $CVTECEX < CSRDS2H$ のときには、排気バルブタイミングの $HCCI$ 用タイミングへの制御を開始しないものと判定し、ステップ43において、排気 VT 切換ディレイ $DVTECEX$ を、遅角サイクル数 $CSRDS2H$ と排気 VT 切換カウンタ値 $CVTECEX$ との差（ $= CSRDS2H - CVTECEX$ ）に設定し、本処理を終了する。

20

【0057】

一方、前記ステップ35の答が NO で、選択された燃焼モードが SI 燃焼モードから $HCCI$ 燃焼モードに切り換わった直後でないときには、ステップ44において、排気 VT 切換ディレイ $DVTECEX$ が0であるか否かを判別する。この答が NO のときには、排気バルブタイミングの $HCCI$ 用タイミングへの制御をまだ開始しないものと判定し、ステップ45において、排気 VT 切換ディレイ $DVTECEX$ をデクリメントし、本処理を終了する。

30

【0058】

一方、上記ステップ44の答が YES で、 $DVTECEX = 0$ になったときには、排気バルブタイミングの $HCCI$ 用タイミングへの制御を開始すべきと判定し、ステップ46において、排気 VT 設定フラグ F_VTCEXS を「1」にセットすることで、排気バルブタイミングを $HCCI$ 用タイミングに制御し、本処理を終了する。

【0059】

次に、図10を参照しながら、図4のステップ4で実行される排気バルブタイミング判定処理について説明する。本処理ではまず、ステップ50において、排気 VT 設定フラグ F_VTCEXS が「0」であるか否かを判別する。この答が YES のときには、ステップ51において、排気 VT 設定フラグの前回値 $F_VTCEXSZ$ が「1」であるか否かを判別する。

40

【0060】

この答が YES で、排気バルブタイミングの SI 用タイミングへの制御が開始された直後のときには、ステップ52において、エンジン回転数 NE およびエンジン水温 TW に応じ、所定の SI 用マップ（図示せず）を検索することによって、マップ値 $CVTECESM$ を算出するとともに、ステップ53において、算出されたマップ値 $CVTECESM$ を排気 VT 切換カウンタ値 $CVTECEX$ として設定し、ステップ54に進む。

【0061】

一方、ステップ51の答が NO で、排気バルブタイミングの SI 用タイミングへの制御

50

が開始された直後でないときには、上記ステップ 5 2 および 5 3 をスキップし、ステップ 5 4 に進む。

【 0 0 6 2 】

このステップ 5 4 では、排気 V T 切換カウンタ値 C V T E C E X が 0 であるか否かを判別する。この答が N O のときには、ステップ 5 5 において、排気 V T 切換カウンタ値 C V T E C E X をデクリメントするとともに、排気バルブタイミングが実際にはまだ S I 用タイミングに切り換わっていないとして、ステップ 5 6 において、排気 V T 判定フラグ F _ V T E C E X F を「 1 」にセットし、後述するステップ 6 4 に進む。

【 0 0 6 3 】

一方、ステップ 5 4 の答が Y E S で、排気 V T 切換カウンタ値 C V T E C E X = 0 になったときには、排気バルブタイミングが S I 用タイミングに実際に切り換わったとして、ステップ 5 7 において、排気 V T 判定フラグ F _ V T E C E X F を「 0 」にセットし、ステップ 6 4 に進む。

10

【 0 0 6 4 】

以上のように、排気バルブタイミングの S I 用タイミングへの制御が開始されてから、ステップ 5 2 で算出されたマップ値 C V T E C E S M に対応する時間が経過したときに、排気バルブタイミングの S I 用タイミングへの切換が完了したと判定し、そのことを表すために、排気 V T 判定フラグ F _ V T E C E X F が「 0 」にセットされる。

【 0 0 6 5 】

一方、前記ステップ 5 0 の答が N O のときには、ステップ 5 8 において、排気 V T 設定フラグの前回値 F _ V T E C E X S Z が「 0 」であるか否かを判別する。この答が Y E S で、排気バルブタイミングの H C C I 用タイミングへの制御が開始された直後のときには、ステップ 5 9 において、エンジン回転数 N E およびエンジン水温 T W に応じ、所定の H C C I 用マップ（図示せず）を検索することによって、マップ値 C V T E C E H M を算出するとともに、ステップ 6 0 において、算出されたマップ値 C V T E C E H M を排気 V T 切換カウンタ値 C V T E C E X として設定し、ステップ 6 1 に進む。

20

【 0 0 6 6 】

一方、ステップ 5 8 の答が N O で、排気バルブタイミングの H C C I 用タイミングへの制御が開始された直後でないときには、上記ステップ 5 9 および 6 0 をスキップし、ステップ 6 1 に進む。

30

【 0 0 6 7 】

このステップ 6 1 では、排気 V T 切換カウンタ値 C V T E C E X が 0 であるか否かを判別する。この答が N O のときには、ステップ 6 2 において、排気 V T 切換カウンタ値 C V T E C E X をデクリメントするとともに、排気バルブタイミングが実際にはまだ H C C I 用タイミングに切り換わっていないとして、ステップ 6 3 において、排気 V T 判定フラグ F _ V T E C E X F を「 0 」にセットし、ステップ 6 4 に進む。

【 0 0 6 8 】

一方、ステップ 6 1 の答が Y E S で、排気 V T 切換カウンタ値 C V T E C E X = 0 になったときには、排気バルブタイミングが H C C I 用タイミングに実際に切り換わったとして、前述したステップ 5 6 を実行し、排気 V T 判定フラグ F _ V T E C E X F を「 1 」にセットする。このように、排気バルブタイミングの H C C I 用タイミングへの制御が開始されてから、ステップ 5 9 で算出されたマップ値 C V T E C E H M に対応する時間が経過したときに、排気バルブタイミングの H C C I 用タイミングへの切換が完了したと判定し、そのことを表すために、排気 V T 判定フラグ F _ V T E C E X F が「 1 」にセットされる。

40

【 0 0 6 9 】

ステップ 5 6、5 7 または 6 3 に続くステップ 6 4 では、実バルブタイミング（実 V T ）判定処理を実行し、本処理を終了する。上述した制御では、排気 V T 切換カウンタ値 C V T E C E X に基づいて排気バルブタイミングが実際に切り換わったか否かが判定されるのに対し、この実バルブタイミング判定処理は、検出された筒内圧 P C Y L に基づいて、

50

実際の排気バルブタイミングを確認的に判定するものである。図 1 1 はそのサブルーチンを示す。

【 0 0 7 0 】

本処理ではまず、ステップ 7 0 において、排気行程において検出された筒内圧 P C Y L の最大値 P C Y L M A X が所定値 P R E F 以上であるか否かを判別する。この答が Y E S のときには、最大値 P C Y L M A X が大きいため、排気弁 5 の閉弁タイミングが早いと推定されることから、実際の排気バルブタイミングが H C C I 用タイミングであると判定し、ステップ 7 1 において、実 V T 判定フラグ F _ V T E C E X P を「 1 」にセットし、本処理を終了する。

【 0 0 7 1 】

一方、上記ステップ 7 0 の答が N O で、P C Y L M A X < P R E F のときには、実際の排気バルブタイミングが S I 用タイミングであると判定し、ステップ 7 2 において、実 V T 判定フラグ F _ V T E C E X P を「 0 」にセットし、本処理を終了する。

【 0 0 7 2 】

次に、図 1 2 を参照しながら、点火時期設定処理について説明する。本処理ではまず、ステップ 8 0 において、排気 V T 判定フラグ F _ V T E C E X F が「 1 」であるか否かを判別する。この答が N O のときには、ステップ 8 3 において、排気 V T 切換カウンタ値 C V T E C E X が 0 であるか否かを判別する。この答が N O のときには、ステップ 8 4 において、排気 V T 切換カウンタ値 C V T E C E X が遅角サイクル数 C S R D S 2 H 以下であるか否かを判別する。

【 0 0 7 3 】

この答が Y E S のとき、すなわち、排気バルブタイミングの S I 用タイミングから H C C I 用タイミングへの制御中で、かつ、排気 V T 切換カウンタ値 C V T E C E X が遅角サイクル数 C S R D S 2 H 以下のときには、切換時 S I 燃焼運転として、点火時期 I G L O G の遅角補正制御を実行する。

【 0 0 7 4 】

具体的には、ステップ 8 5 において、要求トルク P M C M D および排気温 T E X に応じ、図 1 3 に示すマップを検索することによって、マップ値 D I G R S 2 H M を算出するとともに、ステップ 8 6 において、算出されたマップ値 D I G R S 2 H M を点火時期 I G L O G の遅角補正量 D I G R S 2 H として設定し、後述するステップ 8 7 に進む。このマップでは、マップ値 D I G R S 2 H M は、2 つの要求トルク P M C M D (P M C M D 1 < P M C M D 2) および排気温 T E X に対し、要求トルク B M E P が小さいほど、また排気温 T E X が高いほど、より大きな値に設定されている。なお、要求トルク P M C M D が上記の 2 つの値以外的时候には、マップ値 D I G R S 2 H M は、補間計算によって算出される。

【 0 0 7 5 】

一方、上記以外的时候、具体的には、前記ステップ 8 0 の答が Y E S で、排気 V T 切換カウンタ値 C V T E C E X に基づいて、排気バルブタイミングが H C C I 用タイミングであると判定されているとき、上記ステップ 8 3 の答が Y E S で、排気バルブタイミングの制御中でないとき、または、上記ステップ 8 4 の答が N O で、排気 V T 切換カウンタ値 C V T E C E X が遅角サイクル数 C S R D S 2 H よりも大きいときには、ステップ 8 1 に進む。

【 0 0 7 6 】

このステップ 8 1 では、実 V T 判定フラグ F _ V T E C E X P が「 0 」であるか否かを判別する。この答が N O で、筒内圧 P C Y L に基づいて、実際の排気バルブタイミングが H C C I 用タイミングであると判定されているときには、ステップ 8 2 において、遅角補正量 D I G R S 2 H を 0 に設定し、ステップ 8 7 に進む。

【 0 0 7 7 】

一方、上記ステップ 8 1 の答が Y E S で、実際の排気バルブタイミングが S I 用タイミングであると判定されているときには、前記ステップ 8 5 , 8 6 に進み、点火時期 I G L

10

20

30

40

50

OGの遅角補正量DIGRS2Hをマップ値DIGRS2HMに設定する。

【0078】

ステップ82または86に続くステップ87では、エンジン回転数NEおよび吸気圧PBAに応じ、所定のマップ（図示せず）を検索することによって、マップ値IGMAPを算出するとともに、ステップ88において、算出されたマップ値IGMAPを基本点火時期IGMPとして設定する。

【0079】

次に、ステップ89において、点火時期IGLOGを、基本点火時期IGMPと遅角補正量DIGRS2Hとの差（ $= IGMP - DIGRS2H$ ）に設定し、本処理を終了する。

10

【0080】

図14は、これまでに説明したエンジン3の制御処理によって得られる動作例を、排気VT切換カウンタの設定値（ $=$ マップ値CVTECEHM）が遅角サイクル数CSRDS2Hよりも大きい場合について示している。この例では、時点t1までは、HCCI燃焼モードの実行条件が成立していないため、SI燃焼モードが選択されており、HCCI燃焼モードフラグF_HCCIは「0」にセットされ、SI燃焼モードによる運転が行われている。また、排気バルブタイミングがSI用タイミングに制御されるのに応じて、排気VT設定フラグF_VTECEXSは「0」にセットされており、遅角補正量DIGRS2Hは0に設定されている。

【0081】

この状態からHCCI燃焼モードの実行条件が成立すると（t1）、HCCI燃焼モードが選択されるのに応じて、HCCI燃焼モードフラグF_HCCIが「1」にセットされ（図5のステップ12）、排気VT切換カウンタ値CVTECEXが値CVTECEHMに設定される（図8のステップ37）。また、それと同時に、排気VT設定フラグF_VTECEXSが「1」にセットされ（図8のステップ42）、排気バルブタイミングのHCCI用タイミングへの制御が開始される。

20

【0082】

その後、排気VT切換カウンタ値CVTECEXが減少し、遅角サイクル数CSRDS2Hと等しくなったときに（t2、図12のステップ84：YES）、切換時SI燃焼運転が開始され、遅角補正量DIGRS2Hが値DIGRS2HMに設定される（図12のステップ86）ことで、点火時期IGLOGの遅角側への制御が開始され、点火時期IGLOGは、それまでの基本点火時期IGMPから遅角補正量DIGRS2Hだけ遅角した値（ $= IGMP - DIGRS2H$ ）に設定される（図12のステップ89）。

30

【0083】

その後、排気VT切換カウンタ値CVTECEXが0になり（図12のステップ83：YES）、排気バルブタイミングがHCCI用タイミングに切り換わったときに（t3）、排気VT判定フラグF_VTECEXFが「1」にセットされ（図10のステップ56）、遅角補正量DIGRS2Hが0に戻る（図12のステップ80、82）ことで、点火時期IGLOGの遅角側への制御が終了し、それ以降（t3以降）はHCCI燃焼モードによる運転が行われる。

40

【0084】

図15は、エンジン3の制御処理によって得られる動作例を、排気VT切換カウンタの設定値が遅角サイクル数CSRDS2Hよりも大きい場合について示している。その他の条件は図14の場合と同じである。この例では、HCCI燃焼モードの実行条件が成立し（t11）、HCCI燃焼モードが選択されるのに応じて、HCCI燃焼モードフラグF_HCCIが「1」にセットされても、排気VT切換ディレイDVTECEXが0になるまで（t11～t12）、排気バルブタイミングのHCCI用タイミングへの制御は開始されない（図9のステップ44：NO）。一方、切換時SI燃焼運転としての点火時期IGLOGの遅角側への制御は、HCCI燃焼モードの実行条件の成立と同時に開始される（図12のステップ84：YES）。

50

【 0 0 8 5 】

その後、排気V T切換ディレイD V T E C E Xが0になったときに（t 1 2、図9のステップ4 4：Y E S）、排気V T設定フラグF _ V T E C E X Sが「1」にセットされ（図9のステップ4 6）、排気バルブタイミングのH C C I用タイミングへの制御が開始され、排気V T切換カウンタ値C V T E C E Xが減少し始める（図10のステップ5 5）。その後（t 1 2以降）の動作は、図14の場合（t 2以降）と同じである。

【 0 0 8 6 】

以上のように、本実施形態によれば、S I 燃焼モードによる運転中、H C C I 燃焼モードが選択されたときに、点火時期I G L O Gを、それまでの基本点火時期I G M Pから遅角補正量D I G R S 2 Hだけ遅角側に制御する切換時S I 燃焼運転を実行するので、それまでの通常のS I 燃焼モードによる運転中よりも燃焼室3 dの温度を低下させることができる。また、S I 燃焼モードは、H C C I 燃焼モードと比較して燃焼の安定性が高いため、上記のように点火時期I G L O Gを遅角側に制御しても、燃焼状態の安定性を維持することができる。

10

【 0 0 8 7 】

また、この制御装置によれば、切換時S I 燃焼運転の後、H C C I 燃焼モードによる運転を開始するとともに、そのときの排気バルブタイミングを、S I用タイミングよりも閉弁タイミングが進角側であるH C C I用タイミングに制御する。これにより、筒内圧P C Y Lおよび燃焼室3 dの温度が上昇するとともに、切換時S I 燃焼運転により、H C C I 燃焼による運転の開始時には燃焼室3 dの温度が一旦、低下しているため、燃焼室3 dの温度を、過度に上昇させることなく、適切に制御することができる。したがって、S I 燃焼モードからH C C I 燃焼モードへの切換時における燃焼状態の安定性を維持しながら、H C C I 燃焼モードにおける圧縮着火による燃焼タイミングを適切に制御でき、それにより、燃焼音を抑制し、商品性を向上させることができる。

20

【 0 0 8 8 】

また、検出された実際のエンジン回転数N Eおよび要求トルクP M C M Dに応じて、切換時S I 燃焼運転の実行時間に相当する遅角サイクル数C S R D S 2 Hを算出するので、切換時S I 燃焼運転の終了時における燃焼室3 dの温度を適切に低下させることができるとともに、H C C I 燃焼モードによる運転を適切なタイミングで開始することができる。

30

【 0 0 8 9 】

また、検出された実際の要求トルクP M C M Dおよび排気温T E Xに応じて、点火時期I G L O Gの遅角補正量D I G R S 2 Hを算出するので、点火時期I G L O Gの遅角制御を適切に行うことができ、それにより、切換時S I 燃焼運転における燃焼状態の安定性を確実に維持しながら、その終了時における燃焼室3 dの温度を適切に低下させることができる。

【 0 0 9 0 】

また、H C C I 燃焼モードによる運転の開始に先立ち、排気バルブタイミングのH C C I用タイミングへの制御を開始するので、実施形態のように本来的に応答性の低い油圧式の排気V T切換機構7を用いた場合でも、H C C I用タイミングへの切換が完了した状態で、H C C I 燃焼モードによる運転を開始することができる。

40

【 0 0 9 1 】

また、排気V T切換カウンタ値C V T E C E Xと遅角サイクル数C S R D S 2 Hとの比較結果に基づいて、排気バルブタイミングのH C C I用タイミングへの切換の終了時と点火時期I G L O Gの遅角制御の終了時が互いに一致するように制御するので、切換時S I 燃焼運転における燃焼状態を良好に維持しながら、H C C I 燃焼モードによる運転の開始時における燃焼室3 dの温度を、さらに適切に制御することができる。

【 0 0 9 2 】

また、排気V T切換カウンタ値C V T E C E Xが0になっても、筒内圧P C Y Lの最大値P C Y L M A Xに基づいて、実際の排気バルブタイミングがH C C I用タイミングであると判定されるまでは、切換時S I 燃焼運転を継続するので、排気バルブタイミングのH

50

C C I用タイミングへの切換が確実に完了した状態で、H C C I 燃焼モードによる運転を開始することができ、それにより、H C C I 燃焼モードによる運転の開始時における燃焼室 3 d の温度や筒内圧 P C Y Lなどをより適切に制御することができる。

【 0 0 9 3 】

なお、本発明は、説明した実施形態に限定されることなく、種々の態様で実施することができる。例えば、実施形態では、遅角補正量 D I G R S 2 Hを一定値に設定しているが、切換時 S I 燃焼運転の開始時からの経過時間に応じて変化させてもよく、例えば、時間の経過につれて、遅角補正量 D I G R S 2 Hを減少させてもよい。

【 0 0 9 4 】

また、実施形態では、排気 V T 切換機構として、油圧式のものを用いているが、それに代えて電気式のものを用いてもよい。さらに、排気 V T 切換機構として、排気カムシャフトのクランクシャフト 3 e に対する位相を変更するものを用いてもよい。

10

【 0 0 9 5 】

また、実施形態では、H C C I 燃焼モード用の閉弁タイミングへの切換が完了したか否かを判定するための燃焼パラメータとして、筒内圧 P C Y L の最大値 P C Y L M A Xを用いているが、これに限らず、エンジン 3 の燃焼状態を表す他の適当なパラメータ、例えば、燃焼室 3 d の温度や排気温 T E Xを用いてもよい。

【 0 0 9 6 】

また、実施形態では、遅角補正量 D I G R S 2 Hを算出するためのパラメータとして、要求トルク P M C M D および排気温 T E Xを用いているが、これらに加えて、燃焼室 3 d の温度に相関する他のパラメータを用いてもよく、例えば、エンジン回転数 N Eを用いてもよい。

20

【 0 0 9 7 】

また、実施形態は、本発明を車両に搭載されたガソリンエンジンに適用した例であるが、本発明は、これに限らず、ガソリンエンジン以外のディーゼルエンジンなどの各種のエンジンに適用してもよく、また、車両用以外のエンジン、例えば、クランク軸を鉛直に配置した船外機などのような船舶推進機用エンジンにも適用可能である。その他、本発明の趣旨の範囲内で、細部の構成を適宜、変更することが可能である。

【 符号の説明 】

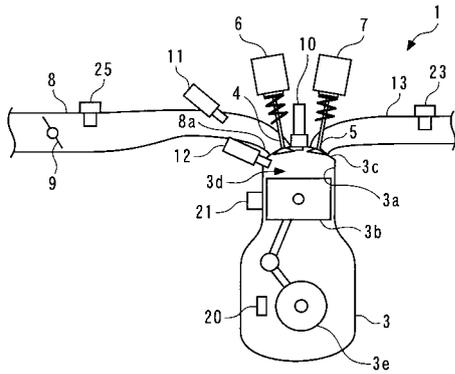
【 0 0 9 8 】

30

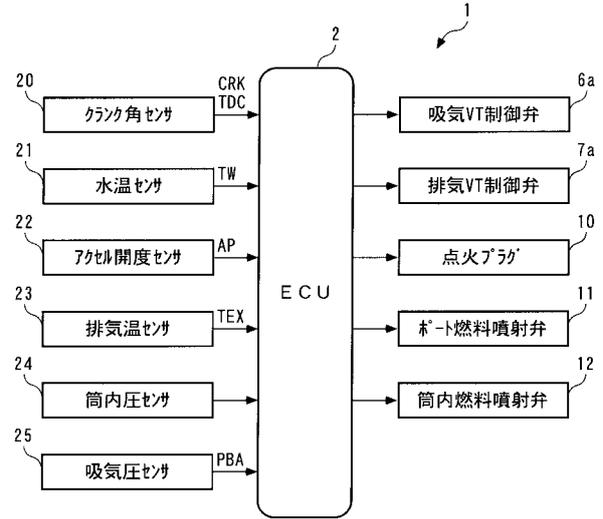
- 1 制御装置
- 2 E C U (燃焼モード選択手段、切換時 S I 燃焼運転実行手段、点火時期制御手段、排気バルブタイミング制御手段、制御期間算出手段、第 1 判定手段、第 2 判定手段、実行期間決定手段)
- 3 エンジン (内燃機関)
- 3 d 燃焼室
- 5 排気弁
- 2 0 クランク角センサ (回転数検出手段、負荷検出手段)
- 2 2 アクセル開度センサ (負荷検出手段)
- 2 3 排気温センサ (排ガス温度検出手段)
- I G L O G 点火時期
- I G M P 基本点火時期 (S I 燃焼モード用の通常の点火時期)
- C V T E C E X 排気 V T 切換カウンタ値 (閉弁タイミングの制御期間)
- P C Y L M A X 筒内圧の最大値 (燃焼パラメータ)
- C S R D S 2 H 遅角サイクル数 (切換時 S I 燃焼運転の実行期間)
- N E エンジン回転数 (内燃機関の回転数)
- P M C M D 要求トルク (内燃機関の負荷)
- T E X 排気温 (排ガスの温度)
- D I G R S 2 H 点火時期の遅角補正量 (点火時期の遅角量)

40

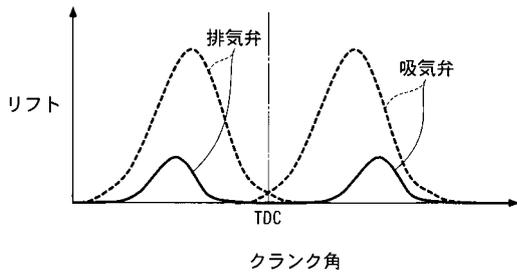
【図1】



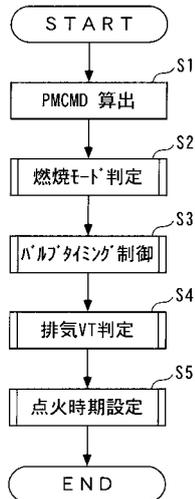
【図2】



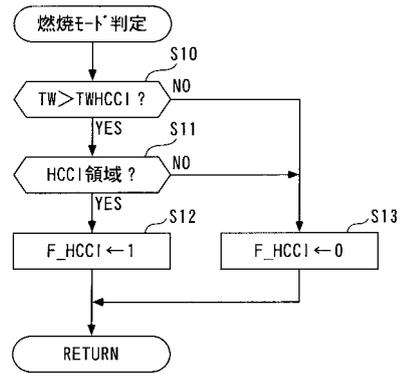
【図3】



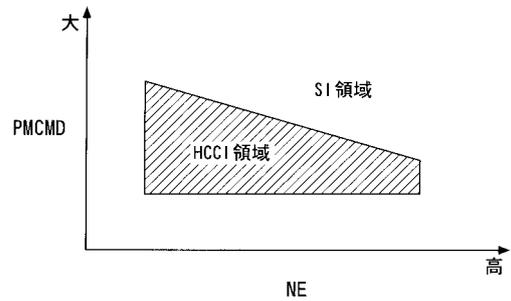
【図4】



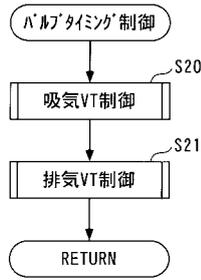
【図5】



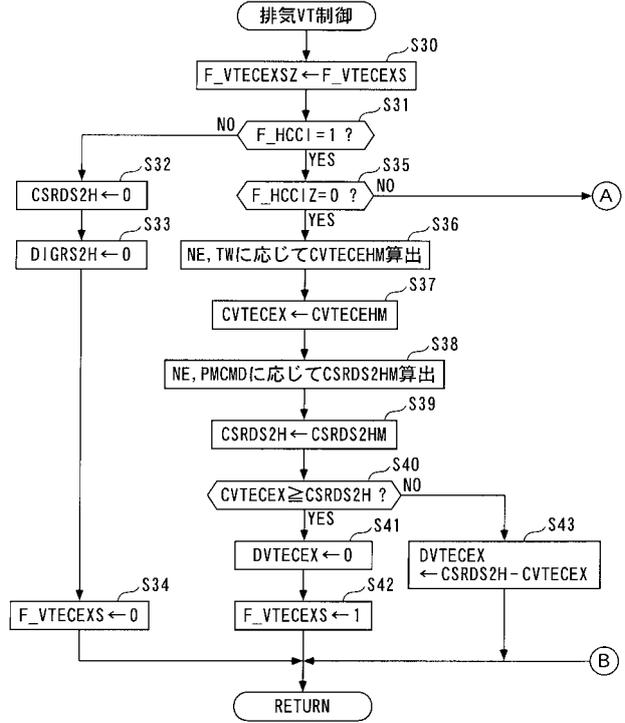
【図6】



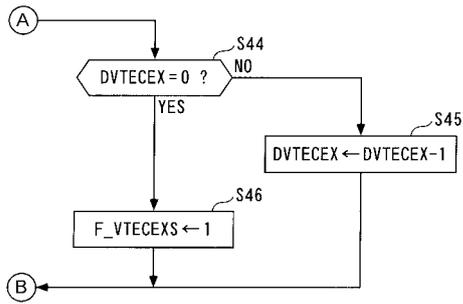
【 図 7 】



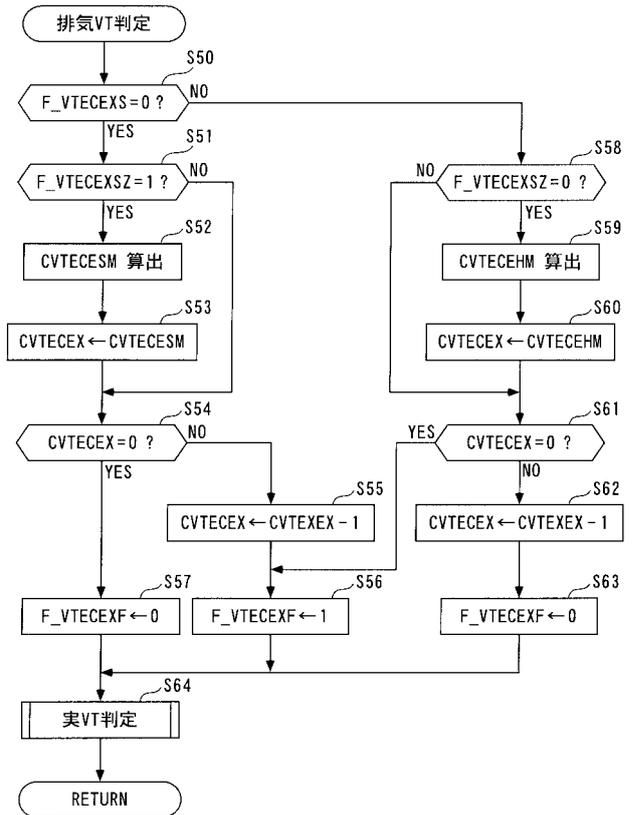
【 図 8 】



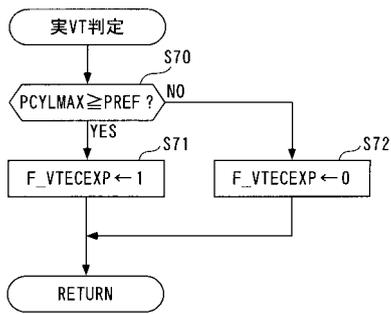
【 図 9 】



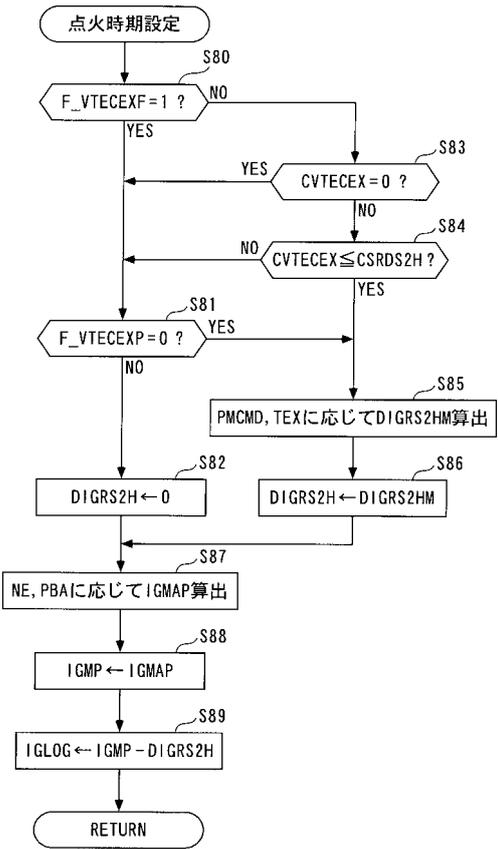
【 図 10 】



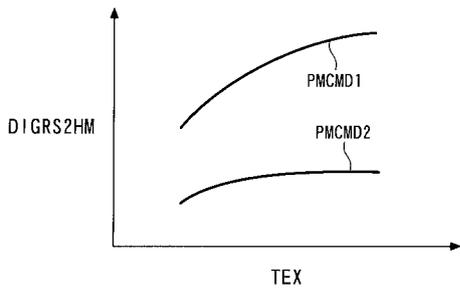
【 図 1 1 】



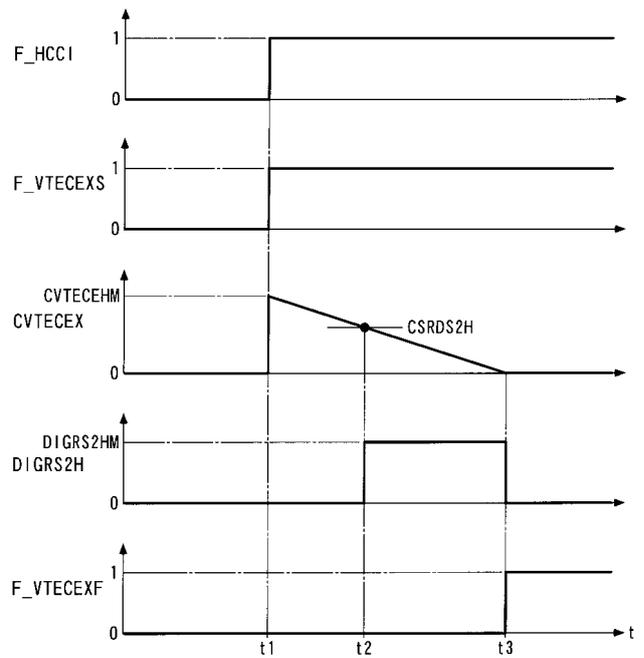
【 図 1 2 】



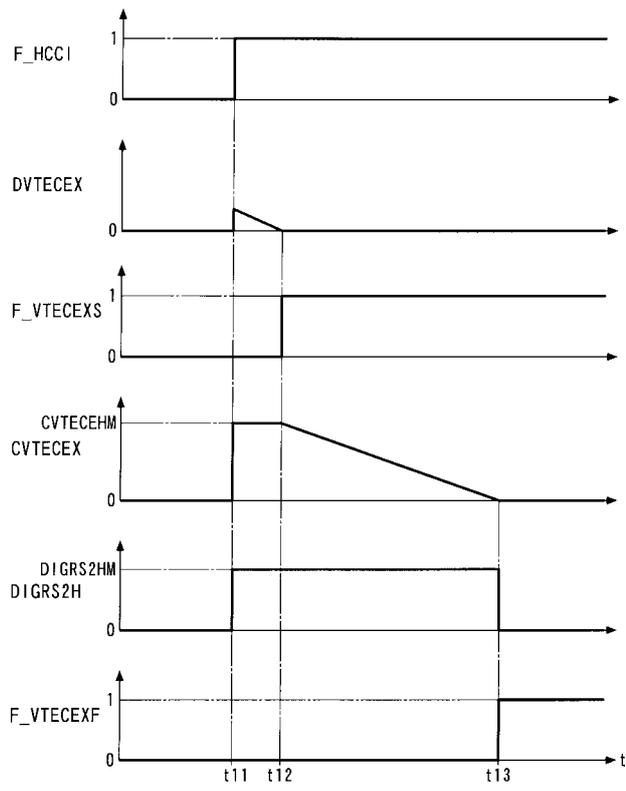
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
F 0 2 B 23/10 (2006.01)	F 0 2 B 11/00	A
	F 0 2 B 11/00	B
	F 0 2 B 23/10	3 2 0

(72)発明者 藤本 二郎

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

Fターム(参考) 3G022 DA02 DA06 DA10 FA06 GA01 GA05 GA07 GA08 GA09 GA10
 3G023 AA01 AB06 AC02 AC04 AD02 AG05
 3G092 AA01 AA02 AA05 AA06 BA09 BB01 DA01 DA02 DA03 EA03
 EA04 EA09 EA11 EA16 EC09 FA14 HA05Z HA11Z HC01Z HD01Z
 HE01Z HE03Z HE08Z HF08Z
 3G384 AA01 AA02 BA13 BA24 BA26 CA27 DA56 EB03 EB04 EB08
 EB12 EB17 ED07 EE31 FA06Z FA08Z FA26Z FA28Z FA29Z FA45Z
 FA56Z FA58Z