

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4858397号
(P4858397)

(45) 発行日 平成24年1月18日(2012.1.18)

(24) 登録日 平成23年11月11日(2011.11.11)

(51) Int. Cl.	F I
FO2D 13/02 (2006.01)	FO2D 13/02 K
FO2B 11/00 (2006.01)	FO2D 13/02 J
FO1L 13/00 (2006.01)	FO2B 11/00 B
FO2D 41/02 (2006.01)	FO1L 13/00 3O1Y
FO2D 41/04 (2006.01)	FO1L 13/00 3O1B
請求項の数 7 (全 14 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2007-267498 (P2007-267498)
 (22) 出願日 平成19年10月15日(2007.10.15)
 (65) 公開番号 特開2009-97365 (P2009-97365A)
 (43) 公開日 平成21年5月7日(2009.5.7)
 審査請求日 平成21年12月3日(2009.12.3)

(73) 特許権者 000003218
 株式会社豊田自動織機
 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地
 (74) 代理人 100089196
 弁理士 梶 良之
 (74) 代理人 100104226
 弁理士 須原 誠
 (72) 発明者 葛山 裕史
 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会
 社豊田自動織機内
 審査官 米澤 篤

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 予混合圧縮着火機関

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

火花点火燃焼と予混合圧縮着火燃焼とを切り換えて運転を行い、予混合圧縮着火燃焼運転時に負のオーバーラップ期間を有する予混合圧縮着火機関において、

吸気弁および排気弁と、

前記吸気弁および前記排気弁のバルブリフト量およびバルブ開閉タイミングを変化させる可変バルブ機構と、

を備え、

予混合圧縮着火燃焼時のバルブリフト量は、火花点火燃焼時のバルブリフト量よりも小さいものであり、

火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時において、前記吸気弁の開弁時期が上死点よりも遅くなるように前記排気弁の切り換えに先行して当該吸気弁のバルブリフト量が小さくなるように当該吸気弁のバルブリフト量を切り換えた後、前記排気弁のバルブリフト量が小さくなるように当該排気弁のバルブリフト量を切り換え、かつ前記排気弁の開弁時期が予混合圧縮着火燃焼時の所要時期よりも遅角側となるように当該排気弁のバルブ開閉タイミングを切り換えて内部 EGR を入れる制御を行う制御手段、を備えていることを特徴とする、予混合圧縮着火機関。

【請求項2】

燃焼室へ供給される吸気量を調整するスロットルを備え、

前記制御手段は、前記吸気弁を切り換えた後であって、且つ前記排気弁を切り換える前

に、前記スロットルの開度調整および燃料の供給量調整を行う制御手段であることを特徴とする、請求項 1 に記載の予混合圧縮着火機関。

【請求項 3】

前記燃焼室へ連通する吸気通路を備え、

前記スロットルの開度調整および燃料の供給量調整は、前記スロットルの開度を大きくしていきながら、前記吸気通路へ供給する燃料の供給量が予混合圧縮着火燃焼時の所要量になるように燃料供給量を減少させていく制御であることを特徴とする、請求項 2 に記載の予混合圧縮着火機関。

【請求項 4】

前記制御手段は、前記スロットルの開度調整および燃料の供給量調整を行う際に、前記吸気弁の開弁時期を進角させることを特徴とする、請求項 2 又は請求項 3 に記載の予混合圧縮着火機関。

10

【請求項 5】

前記制御手段は、前記排気弁を切り換えた後、当該排気弁の閉弁時期を、予混合圧縮着火燃焼時の所要時期となるように進角させていくことを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の予混合圧縮着火機関。

【請求項 6】

前記可変バルブ機構は、前記吸気弁を動作させる吸気用カムおよび前記排気弁を動作させる排気用カムを具備し、

前記吸気弁の切り換えおよび前記排気弁の切り換えは、それぞれ前記吸気用カムを切り換える制御および前記排気用カムを切り換える制御であることを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の予混合圧縮着火機関。

20

【請求項 7】

前記制御手段は、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時において、前記吸気弁のバルブリフト量が小さくなるように当該吸気弁のバルブリフト量を切り換えてから、予混合圧縮着火燃焼の 1 サイクルが終了した後に、前記排気弁のバルブリフト量が小さくなるように当該排気弁のバルブリフト量を切り換えることを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の予混合圧縮着火機関。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、火花点火燃焼と予混合圧縮着火燃焼とを切り換えて運転を行い、予混合圧縮着火燃焼運転時に負のオーバーラップ期間を有する予混合圧縮着火機関に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、内燃機関の分野では、良好な燃費及び熱効率が得られる予混合圧縮着火機関が注目されており、様々な研究がなされている。予混合圧縮着火機関は、吸気通路からは空気のみ取り込み、吸気工程時に燃料を直接燃焼室内に噴射して燃焼室内で燃料と空気とを混合する構成をとるものもあるが、大方の予混合圧縮着火機関は、吸気通路上にて燃料と空気とを混合し、生成した混合気を燃焼室に供給する構成をとる。そして、燃焼室内に閉じ込められた混合気は、圧縮行程時、ピストン上昇による高温高圧化に伴い自着火する。このような予混合圧縮着火機関においては、実用化に向けた課題の一つとして、予混合圧縮着火燃焼（HCCI、Homogeneous Charge Compression Ignition）を安定して制御できる運転領域がまだ狭い、ということが知られている。そのため、この問題を回避する目的で、まず、常用される運転領域が比較的狭い定置型エンジン、例えばGHP（ガスヒートポンプ）用ガスエンジン等にて、予混合圧縮着火機関を実用化しようとする動きがある。また、実際の運転において多用される低中回転及び低中負荷領域付近では予混合圧縮着火燃焼を、高回転領域、並びに、極低負荷及び高負荷領域では火花点火燃焼（SI、Spark Ignition）を行うように適宜運転を切り換えるものも提案されている。火花点火燃焼と予混合圧縮着火燃焼とを切り換えて運転を行う予混合圧縮着火機関は、例えば、下記の特許

40

50

文献 1 に開示されているような制御方法により制御される。

【 0 0 0 3 】

従来、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換の際に、火花点火燃焼の状態、空燃比のリーン化と同時に内部 E G R 量を増大させる制御を行う内燃機関の制御装置に関する技術が開示されている（例えば、特許文献 1 参照）。この制御装置は、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換の際に、まず、火花点火燃焼の状態、機関への吸入空気量を増大させて空燃比をリーン化すると同時に内部 E G R 量を増大させ、その後、成層燃焼を経由して、圧縮自己着火燃焼（圧縮着火燃焼）へ切り換える制御を行っている。

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 1 6 6 8 5 号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

ここで、上記特許文献 1 に記載された制御方法によると、火花点火燃焼の状態、すなわち、圧縮着火燃焼がまだ難しい状態で内部 E G R を入れる制御を行っている。この制御によると、高温の内部 E G R ガスの導入により、火花点火燃焼と圧縮着火燃焼とが混在するような状態になる可能性があり、その結果、トルク変動を増す可能性がある。

【 0 0 0 6 】

また、特許文献 1 に記載された制御方法は、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換の際に、一旦、成層燃焼を経由させている。ここで、成層燃焼は、火花点火燃焼時の着火性を向上させるため、空燃比をリーン化させた状態において、スロットル開度を増すには有効な燃焼制御であるが、高圧燃料噴射する筒内直噴インジェクタを有する筒内直噴システムが必要であり、製造コストや駆動ロスなどの問題がある。また、燃焼方式の切換の際、一旦、成層燃焼を経由させるため、直ぐに圧縮着火燃焼に切り換える制御方法に比して、圧縮着火燃焼（HCCI）による燃費向上や排気低減のメリットを一部失うことになる。

20

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであって、その目的は、筒内直噴システムなどの複雑で高価な機構を用いることなく、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ切り換える際に発生するトルク段差を抑制することが可能な予混合圧縮着火機関を提供すること

30

【課題を解決するための手段及び効果】

【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するために、本発明の予混合圧縮着火機関は、火花点火燃焼と予混合圧縮着火燃焼とを切り換えて運転を行い、予混合圧縮着火燃焼運転時に負のオーバーラップ期間を有する予混合圧縮着火機関において、可変バルブ機構を介して制御される吸気弁および排気弁と、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時において、前記吸気弁の開弁時期が上死点よりも遅くなるように前記排気弁の切り換えに先行して当該吸気弁を切り換えた後、前記排気弁の閉弁時期が予混合圧縮着火燃焼時の所要時期よりも遅角側となるように当該排気弁を切り換えて内部 E G R を入れる制御を行う制御手段と、を備えている。

40

【 0 0 0 9 】

この構成によると、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時において、まず、吸気弁の開弁時期が上死点よりも遅くなるように吸気弁を切り換えることで、吸気工程においては、燃焼室内（筒内）が負圧になったところで吸気が始まり、吸入空気が勢いよく燃焼室内に流れ込み、断熱圧縮効果により、燃焼室内ガス温度を上昇させることができ、その結果、圧縮着火燃焼が可能となる。そして、吸気弁が切り換わった後、予混合圧縮着火燃焼時の所要時期よりも遅角側となるように排気弁を切り換えることにより、予混合圧縮着火燃焼時の所要量よりも少ない量の内部 E G R ガスが燃焼室内に入る。これら制御により、燃焼室内の過度な温度上昇を抑えつつ圧縮着火燃焼状態の燃焼室内への内部 E G R

50

ガスの導入が可能となり、火花点火燃焼と圧縮自己着火燃焼とが混在するような状態が防止され、トルク段差を抑制することが可能となる。また、この構成によると、成層燃焼状態を特に必要としないので、筒内直噴システムなどの複雑で高価な機構を用いることを要しない。なお、本発明において、排気弁又は吸気弁の切り換えとは、排気弁又は吸気弁のリフト量（プロフィール）の切り換えのことである。

【0010】

尚、負のオーバーラップ期間とは、排気上死点付近において、排気弁及び吸気弁の両方が閉じている期間であって、排気弁が排気上死点に至る前に閉じているものである。

【0011】

また好適には、本発明において、燃焼室へ供給される吸気量を調整するスロットルを備え、前記制御手段は、前記吸気弁を切り換えた後であって、且つ前記排気弁を切り換える前に、前記スロットルの開度調整および燃料の供給量調整を行う制御手段であることである。

10

【0012】

この構成によると、吸気弁が切り換えられた後、スロットルの開度調整および燃料の供給量調整が行われ、その後、排気弁が切り換えられる。吸気弁の切り換え後であって、排気弁を切り換える前に、スロットルの開度調整により燃焼室内へ供給される吸入空気量の調整を行い、且つ燃料の供給量調整を行うことにより、燃焼状態の制御が可能となり過早着火や失火を抑えつつ予混合圧縮着火燃焼の定常運転へ移行していくことができる。その結果、移行期間におけるトルク変動をより抑制することが可能となる。

20

【0013】

さらに好適には、本発明において、前記燃焼室へ連通する吸気通路を備え、前記スロットルの開度調整および燃料の供給量調整は、前記スロットルの開度を大きくしていきながら、前記吸気通路へ供給する燃料の供給量が予混合圧縮着火燃焼時の所要量になるように燃料供給量を減少させていく制御であることである。この構成によると、スロットルの開度を大きくしていきながら、燃焼室への燃料供給量を減少させていくことにより、過早着火や失火を抑えつつ予混合圧縮着火燃焼の定常運転へ移行していくことができ、移行期間におけるトルク変動をより抑制することができる。

【0014】

さらに好適には、本発明において、前記制御手段は、前記スロットルの開度調整および燃料の供給量調整を行う際に、前記吸気弁の開弁時期をHCCI所要位置よりも進角させることである。この構成によると、吸気工程において、燃焼室内（筒内）へ流れ込む吸入空気の勢いが減少する。これにより、吸気弁開弁時期を進角させる前に比して、断熱圧縮効果が低下し、燃焼室内の温度が低下する。すなわち、吸気弁の開弁時期を進角させることで、過度な温度上昇を抑制し、過早着火を防ぐ。

30

【0015】

さらに好適には、本発明において、前記制御手段は、前記排気弁を切り換えた後、当該排気弁の開弁時期を、予混合圧縮着火燃焼時の所要時期となるように進角させていくことである。この構成によると、内部EGRガスの導入量を徐々に増加させていくことができ、トルク変動を抑えつつ予混合圧縮着火燃焼の定常運転へ移行していくことができる。

40

【0016】

さらに好適には、本発明において、前記可変バルブ機構は、前記吸気弁を動作させる吸気用カムおよび前記排気弁を動作させる排気用カムを具備し、前記吸気弁の切り換えおよび前記排気弁の切り換えは、それぞれ前記吸気用カムを切り換える制御および前記排気用カムを切り換える制御であることである。この構成によると、カム機構を用いることで電磁駆動方式などの複雑な可変バルブ機構を採用せずに可変バルブ機構を構成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明を実施するための最良の形態について図面を参照しつつ説明する。

50

【 0 0 1 8 】

(全体構成)

まず、図 1 に基づき、本発明の一実施形態に係る予混合圧縮着火機関 1 の全体構成について説明する。図 1 は、本発明の一実施形態に係る予混合圧縮着火機関 1 の全体図である。

【 0 0 1 9 】

図 1 に示すように、本実施形態に係る予混合圧縮着火機関 1 は、燃焼室 1 0、燃焼室 1 0 へ連通する吸気通路 1 1 p、吸気弁 1 1 v、排気弁 1 2 v、排気通路 1 2 p、を有しており、運転条件（負荷及び機関回転数）に応じて、火花点火燃焼と圧縮着火燃焼とを適宜切り換えて運転を行うものである。このように、運転条件に応じて圧縮着火燃焼と火花点

10

【 0 0 2 0 】

また、予混合圧縮着火機関 1 は、吸気通路 1 1 p の途中で混合部 4 を有しており、混合部 4 へは、燃料供給路 2 p を通って燃料が供給される。そして、混合部 4 において空気と燃料とが混合される。尚、燃料としては、ガス燃料（都市ガス、L P G 等）を使用してもよく、ガス燃料以外のガソリン等を使用してもよい。また、混合部 4 としては、具体的には、ミキサ（ガス燃料の場合）、キャブレタ等が用いられる。

【 0 0 2 1 】

また、予混合圧縮着火機関 1 は、吸気通路 1 1 p の途中であって混合部 4 と燃焼室 1 0 との間にスロットル 3、燃料供給路 2 p 中に燃料弁 2 v（燃料供給装置）を有して構成されている。さらに、予混合圧縮着火機関 1 は E C U（Electronic Control Unit、制御手段）5 を有しており、E C U 5 には、燃料弁 2 v、スロットル 3、吸気弁 1 1 v、点火プラグ（点火手段）6 0 c、および排気弁 1 2 v が、それぞれ制御用ケーブル 5 a ~ 5 e を介して電氣的に接続されている。そして、E C U 5 は、燃料弁 2 v、スロットル 3、吸気弁 1 1 v、点火プラグ 6 0 c、および排気弁 1 2 v の動作を制御するように構成されている。点火プラグ 6 0 c は、火花点火燃焼時に用いられると共に、予混合圧縮着火燃焼から火花点火燃焼への移行期間においても燃焼安定化を図るため適宜用いられる。

20

【 0 0 2 2 】

(燃料弁)

燃料弁 2 v は、燃料供給路 2 p の途中に設けられ、E C U 5 が燃料弁 2 v を制御することで、燃料弁 2 v の開度が調整され、それにより、吸気通路 1 1 p へ供給される燃料の供給量が調整される。

30

【 0 0 2 3 】

(スロットル)

スロットル 3 は、図 1 に示すように、軸 3 c、弁部 3 v、軸 3 c を駆動するステップモータ（図示せず）を有して構成され、弁部 3 v は、軸 3 c を中心として回動可能となっている。そして、E C U 5 がステップモータを制御することで、弁部 3 v の開度が調整され、それにより、吸気通路 1 1 p を通って燃焼室 1 0 へ供給される吸入空気量が調整される。尚、本実施形態における燃焼室 1 0 内へ供給される吸入空気とは、吸気通路 1 1 p の混

40

【 0 0 2 4 】

(吸気弁 1 1 v および排気弁 1 2 v)

吸気弁 1 1 v および排気弁 1 2 v は、それぞれ可変バルブ機構の一構成要素である吸気用カム 1 1 c および排気用カム 1 2 c を介して E C U 5 により制御される。可変バルブ機構とは、バルブ（弁）のバルブリフト量およびバルブ開閉タイミングを、運転条件に応じて変更可能とした機構のことをいう。本実施形態の可変バルブ機構は、バルブリフト量を変化させる機構と、バルブ開閉タイミングを変化させる機構と、が別個に設けられている。図 1 には、吸気用カム 1 1 c および排気用カム 1 2 c を簡略化して示しているが、より詳細には、吸気用カム 1 1 c および排気用カム 1 2 c は、バルブリフト量を小さくする低

50

リフトカム（圧縮着火燃焼用）とバルブリフト量を大きくする高リフトカム（火花点火燃焼用）とをそれぞれ有して構成され、これらが運転条件によって切り換えられることにより、バルブリフト量が個別に変化し得るようになっている（例えば、特開平5 - 106411、特開平10 - 18826に記載されているような技術が用いられる）。また、吸気用カム11c及び排気用カム12cは、おのおの図示されない吸気用カムシャフト又は排気用カムシャフト上に配置され、クランクシャフトの駆動力が各カムシャフトに伝達されることで回転する。図示されない各カムシャフトの端部には、クランクシャフトの駆動力を各カムシャフトに伝達するカムギヤが設けられると共に、カムギヤとカムシャフト間の位相は、公知の機構により変更可能となっており、ECUの制御に従い差動する。尚、本実施形態においては、簡易な可変バルブ機構である、上記のような吸気用カム11cおよび排気用カム12cを用いているが、例えば電磁駆動方式などの自由にバルブ特性（バルブリフト量及びバルブ開閉タイミング）を変化させる可変バルブ機構を用いてもよい。

10

【0025】

(負のオーバーラップ)

また、予混合圧縮着火機関1は、予混合圧縮着火燃焼運転時に負のオーバーラップ期間を有するよう制御され、内部EGRを利用して予混合圧縮着火燃焼を行う。ここで、負のオーバーラップ期間とは、排気上死点付近において、排気弁12v及び吸気弁11vの両方が閉じている期間であって、排気弁12vが排気上死点に至る前に閉じているものである。これにより、既燃焼ガス（内部EGRガス）の一部を燃焼室10内に残留させ、次回燃焼に持ち越すことができる。負のオーバーラップ期間を設け、内部EGRを利用することで、高温の内部EGRガスが、新たに燃焼室10内に供給された混合気と混合され、筒内温度（燃焼室10内温度）を上昇させるため、予混合圧縮着火燃焼時の着火性が向上する。このため、負のオーバーラップ期間の長さを制御することで、着火時期をある程度制御することが可能となる。

20

【0026】

(予混合圧縮着火機関1の動作（吸気弁の切り換えまで）)

次に、予混合圧縮着火機関1の動作について説明する。図2は、予混合圧縮着火機関におけるSI、HCCIの運転領域の例を示す図である。図3は、図1に示す予混合圧縮着火機関の火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時における、吸気弁リフト量、スロットル開度、燃料供給量、排気弁リフト量、内部EGRガス量、およびトルク変動を示すチャート図である。また、図4および図5は、図1に示す予混合圧縮着火機関1の火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時における、吸排気弁（11v、12v）の切換パターンを示す図である。

30

【0027】

まず、図2に示すように、本発明のような予混合圧縮着火機関においては、エンジン負荷、エンジン回転数によって火花点火燃焼と予混合圧縮着火燃焼とが切り換えられる。したがって、「火花点火燃焼（SI）から予混合圧縮着火燃焼（HCCI）への切換」といっても、図2の矢印のように、その切換のパターンは多様である。すなわち、以下に詳述する図3に示すチャート図や、図4および図5に示す吸排気弁の切換パターン図は、このような多様な燃焼方式切換パターンの中からの、本実施形態における一例であり、吸排気弁のバルブ開閉タイミング、スロットル開度など図3～図5に示すものには限られない。また、本実施形態に係る予混合圧縮着火機関1のECU5は、図3のようなチャートを切換時の制御パターンとして有しているが、図3以外にも、図2に矢印で示すSIからHCCIへの多様な切換パターンに対応する、多様な制御パターンを有している。

40

【0028】

以下、図3～図5に基づき、本実施形態に係る予混合圧縮着火機関1の動作について説明する。まず、図3の横軸は、燃焼サイクル数を示し、縦軸は、吸気弁リフト量、スロットル開度、燃料供給量、排気弁リフト量、内部EGRガス量、およびトルクの値（大小関係）を示している。ここで、吸気弁リフト量、スロットル開度、燃料供給量、および排気弁リフト量は、ECU5による制御状態を表わしており、内部EGRガス量、およびトル

50

クは、その制御によって得られる結果を表わしている。

【 0 0 2 9 】

また、図 4 および図 5 の横軸は、クランク角度を示し、縦軸は、吸排気弁 (1 1 v、 1 2 v) のバルブリフト量を示している。図 4 (a) は、エンジン負荷およびエンジン回転数が所定条件のときの火花点火燃焼での定常運転時における吸排気弁 (1 1 v、 1 2 v) のバルブリフト量及びバルブ開閉タイミングを示し、図 5 (b) は、エンジン負荷およびエンジン回転数が所定条件のときの予混合圧縮着火燃焼での定常運転時における吸排気弁 (1 1 v、 1 2 v) のバルブリフト量及びバルブ開閉タイミングを示す。火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時において、図 4 (a)、図 4 (b)、図 5 (a)、図 5 (b) の順で、吸排気弁 (1 1 v、 1 2 v) のバルブリフト量及びバルブ開閉タイミングが切り換わっていく。

10

【 0 0 3 0 】

まず、エンジン負荷およびエンジン回転数が所定条件のときの火花点火燃焼での定常運転時には、吸気弁 1 1 v、および排気弁 1 2 v は、いずれも火花点火燃焼用のバルブリフト量を大きくする高リフトカムにより動作させられているため、図 4 (a) に実線で示すように、そのバルブリフト量は、圧縮着火燃焼時 (点線で示す) よりも大きい。尚、点線は、吸排気弁 (1 1 v、 1 2 v) が、圧縮着火燃焼用のバルブリフト量を小さくする低リフトカムにより動作させられている場合のバルブリフト量を示している。

【 0 0 3 1 】

次に、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換を行う際には、ECU 5 (制御手段) は、まず、吸気弁 1 1 v の開弁時期が上死点 (T D C) よりも遅くなるように排気弁 1 2 v の切り換えに先行して吸気弁 1 1 v を切り換える。図 4 (b) は、吸気弁 1 1 v を切り換えた直後における吸排気弁 (1 1 v、 1 2 v) のバルブリフト量及びバルブ開閉タイミングを示している。ここで、吸気弁 1 1 v の切換は、可変バルブ機構により、吸気用カム 1 1 c を、バルブリフト量を大きくする高リフトカム (火花点火燃焼用) から、バルブリフト量を小さくする低リフトカム (圧縮着火燃焼用) へ切り換える制御であり、これにより、図 4 (b) に示したように吸気弁 1 1 v のバルブリフト量が減少すると共に、バルブ開閉タイミングが変化する (バルブ作用角が小さくなる) (後述する排気弁 1 2 v の切換も同様である)。尚、本実施形態においては、切り換え直後の吸気弁 1 1 v の開弁時期を、切り換え後の予混合圧縮着火燃焼におけるエンジン負荷およびエンジン回転数の条件に対応する所要時期 (予混合圧縮着火燃焼時の所要時期) となるようにしているが、切り換え前の火花点火燃焼における運転状態 (エンジン負荷、エンジン回転数) によっては、切り換え直後の吸気弁 1 1 v の開弁時期を、図 4 (b) に示した開弁時期よりも進角側としてもよい (後述する吸気弁遅開きによる断熱圧縮効果を低下させることにより燃焼室内の過度な温度上昇を抑えるためである)。吸気弁 1 1 v の開弁時期を進角側とすると、吸気弁 1 1 v の開弁時期を、上死点 (T D C) に近づけることである。

20

30

【 0 0 3 2 】

吸気弁 1 1 v の開弁時期が上死点 (T D C) よりも遅くなるように吸気弁 1 1 v を切り換えることにより、吸気工程において、燃焼室 1 0 内 (筒内) が負圧になったところで吸気が始まり、吸入空気が勢いよく燃焼室 1 0 内に流れ込む。これにより、吸気弁遅開きによる断熱圧縮効果が高まり、燃焼室 1 0 内温度を効率よく上昇させることができ、その結果、点火プラグ 6 0 c による火花点火を行わない圧縮着火燃焼が可能となる。また、ECU 5 は、吸気弁 1 1 v を切り換えるとともに、点火プラグ 6 0 c による火花点火を停止し燃焼方式を圧縮着火燃焼に切り換える。

40

【 0 0 3 3 】

吸気弁遅開きによる断熱圧縮効果を利用することにより圧縮着火燃焼が可能となり、圧縮着火燃焼状態での内部 E G R ガスの導入が可能となる。そのため、圧縮着火燃焼がまだ難しい状態での内部 E G R を入れる制御を回避し得、火花点火燃焼と圧縮自己着火燃焼とが混在するような状態を防止することができ、図 3 にトルク変動を実線で示すように、予混合圧縮着火機関 1 のトルク段差を抑制することが可能となる。尚、ECU 5 は、吸排気

50

用カム（11c、12c）の切換とは関係なく、火花点火制御できるように構成されており、燃焼が不安定になる場合は、点火プラグ60cによる火花点火を補助的に行う。尚、図3に点線で示したトルク曲線は、吸気弁11vおよび排気弁12vを同時に切り換えた制御結果を示すものであり、この制御によると、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時において、吸気弁11vの切り換えと同時に内部EGRを入れる制御となり、スロットルがHCCI所要開度よりも少ない為、吸気混合気量が減少し、トルク段差を生じる。

【0034】

（負のオーバーラップに切り換わったときの過早着火防止）

詳しくは後述するが、ECU5は、上述したように吸気弁11vを切り換え、燃焼方式を圧縮着火燃焼とした後、スロットル3の開度調整および燃料の供給量調整を行い、その後、排気弁12vの閉弁時期が予混合圧縮着火燃焼時の所要時期よりも遅角側となるように排気弁12vを切り換えて負のオーバーラップとする。これに対し、吸気弁11vを切り換えた後、例えば、吸気弁11vを切り換えた燃焼サイクルの次の燃焼サイクルで、排気弁12vを、その閉弁時期が予混合圧縮着火燃焼時の所要時期となるように排気弁12vを切り換えて負のオーバーラップとすると、過早着火を発生させる場合がある。この過早着火について、図6を参照しつつ説明する。図6は、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時において、吸気弁11vを切り換えた燃焼サイクルの次の燃焼サイクルで、予混合圧縮着火燃焼時の所要開弁時期となるように排気弁12vを切り換えた場合の筒内圧（燃焼室10内圧）を示すグラフである。図6の横軸は、クランク角度であり、0度となるところが圧縮上死点に相当する。

【0035】

また、図6に示す“SI”の曲線は、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切り換える際の、火花点火燃焼（SI）の最後の燃焼サイクルにおける筒内圧を示し、“HCCI 1サイクル”の曲線は、吸気弁11vのみ切り換えた圧縮着火燃焼（HCCI）の最初の燃焼サイクル（SI最後の燃焼サイクルの、次の燃焼サイクル）における筒内圧を示す。また、“HCCI 2サイクル”の曲線は、“HCCI 1サイクル”の次の燃焼サイクルにおける筒内圧を示し、この燃焼サイクルで、排気弁12vを、その閉弁時期が予混合圧縮着火燃焼時の所要時期となるように切り換えている。つまり、“HCCI 2サイクル”で、予混合圧縮着火燃焼時の所要量の内部EGRを入れている。

【0036】

図6に示すように、圧縮上死点付近における筒内圧は、火花点火燃焼（SI）の最後の燃焼サイクル、圧縮着火燃焼（HCCI）の1、2、3、4サイクルと、燃焼サイクルが増加するにしたがって高くなっている。これは、スロットル開度がHCCI所要よりも閉じた状態にあるため、吸入ガス量が不足するためであり、トルク低下をまねく。

そして、図6に示す制御では、吸気弁11vを切り換えた直後の燃焼サイクルで、排気弁12vの切り換えにより予混合圧縮着火燃焼時における所要量の断熱圧縮効果で高温となった内部EGRを入れているため、図6に点線で示したA部の燃焼サイクル（“HCCI 2、3、4サイクル”）では、筒内の過度な温度上昇により、過早着火やノッキングが発生する可能性が高くなるしたがって、本実施形態においてECU5は、詳しくは後述するが、吸気弁11v切り換え直後の筒内の過度な温度上昇を抑えるため（内部EGRガスを調整するため）<このためだけでなく、ガス量不足をさけるため>、吸気弁11vを切り換えた後、排気弁12vの閉弁時期が予混合圧縮着火燃焼時の所要時期よりも遅角側となるように排気弁12vを切り換えている。

【0037】

（予混合圧縮着火機関1の動作（吸気弁の切り換え以降））

図3に戻り、吸気弁11vの切り換え以降の制御について以下詳述する。ECU5は、上述したように吸気弁11vを切り換えた後、スロットル3の開度調整および燃料の供給量調整を行う。図3に示すように、スロットル3の開度調整は、スロットル3の開度が全開となるようにスロットル開度を大きくしていく制御であり、燃料の供給量調整は、燃料

10

20

30

40

50

弁 2 v により吸気通路 1 1 p へ供給する燃流の供給量が予混合圧縮着火燃焼時の所要量になるように燃料供給量を減少させていく制御である。スロットル 3 の開度を大きくしていきながら、燃焼室 1 0 への燃料供給量を減少させていくことにより、燃焼室 1 0 内は徐々にリーンになっていき、燃焼室 1 0 内の過度な温度上昇を抑えつつ予混合圧縮着火燃焼の定常運転へ移行していき、移行期間におけるトルク変動をより抑制することができる。

【 0 0 3 8 】

尚、燃焼が激しくなりそうなときは、図 4 (b) に一点鎖線で示すように、吸気弁 1 1 v の開弁時期を進角させるように、適宜バルブ開閉タイミングを調整する。吸気弁 1 1 v の開弁時期を進角させることにより、吸気工程において、燃焼室 1 0 内へ流れ込む吸入空気の勢いが減少する。これにより、吸気弁開弁時期を進角させる前に比して、吸気弁遅開きによる断熱圧縮効果が低下し、燃焼室内の温度が低下する。すなわち、吸気弁の開弁時期を進角させることで、過度の激しい燃焼を抑えることができる。吸気弁 1 1 v の開弁時期を進角させるとは、吸気弁 1 1 v の開弁時期を、上死点 (T D C) に近づけることである。

10

【 0 0 3 9 】

次に、E C U 5 は、図 3 および図 5 (a) に示すように、排気弁 1 2 v の閉弁時期が、予混合圧縮着火燃焼におけるエンジン負荷およびエンジン回転数の条件に対応する所要時期 (予混合圧縮着火燃焼時の所要時期) よりも遅角側となるように排気弁 1 2 v を切り換えて燃焼室 1 0 内に内部 E G R ガスを入れる制御を行う。これにより、予混合圧縮着火燃焼時の所要量よりも少ない量の内部 E G R ガスが燃焼室 1 0 内に入り、燃焼室 1 0 内の過度な温度上昇を抑えることができる。排気弁 1 2 v の閉弁時期が予混合圧縮着火燃焼時の所要時期よりも遅角側となるように排気弁 1 2 v を切り換えるとは、排気弁 1 2 v の閉弁時期が、図 5 (a) に一点鎖線で示す予混合圧縮着火燃焼時の所要時期よりも上死点 (T D C) 側となるように、排気弁 1 2 v を切り換えることである。

20

【 0 0 4 0 】

その後、E C U 5 は、図 5 (a) に矢印で示すように、排気弁 1 2 v の閉弁時期を、予混合圧縮着火燃焼時の所要時期となるように進角させていく。一方、図 3 に示したように、E C U 5 により、スロットル 3 の開度調整および燃料の供給量調整も並行して行われている。排気弁 1 2 v の閉弁時期を、予混合圧縮着火燃焼時の所要時期となるように進角させていくとは、予混合圧縮着火燃焼時の所要時期よりも上死点 (T D C) 側であった排気弁 1 2 v の閉弁時期を、図 5 (a) に矢印で示す方向に、つまり上死点 (T D C) から離れる方向にバルブ開閉タイミングを変更していくことである。図 5 (b) に示す排気弁 1 2 v のバルブ開閉タイミングが、変更後の、つまり予混合圧縮着火燃焼時の所要時期のバルブ開閉タイミングである。これにより、内部 E G R ガスの導入量を予混合圧縮着火燃焼時の所要量まで徐々に増加させていくことができ、トルク変動を抑えつつ燃焼方式は予混合圧縮着火燃焼の定常運転へ移行していく。また、排気弁 1 2 v の切り換えに先行して吸気弁 1 1 v を切り換えているので、排気弁 1 2 v 閉弁時期の進角時に発生するポンピングロスも低減することもできる。尚、吸気弁 1 1 v の開弁時期を進角させている場合には、吸気弁 1 1 v の開弁時期が、予混合圧縮着火燃焼時の所要時期となるように、吸気弁 1 1 v の開弁時期を遅角させていき所要時期となるように調整する。以上説明したように、本実施形態によると、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切り換えを、トルク段差を抑制しつつ確実にに行えることができる。また、筒内直噴システムなどの複雑で高価な機構を備えない内燃機関であっても、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時におけるトルク段差抑制効果を得ることができ、過早着火などの異常燃焼も防止することができる。また、燃焼方式の切換の際、成層燃焼などを経由させずに、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼へ直接切り換えるため、圧縮着火燃焼 (H C C I) による燃費向上や排気低減のメリットを最大限に得ることができる。

30

40

【 0 0 4 1 】

ここで、図 7 は、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時において、本実施形

50

態に係る制御を行った場合と、比較対象としての他の制御を行った場合のIMEP（図示平均有効圧力）を示すグラフである。IMEP（図示平均有効圧力）とは、膨張行程において、ピストン20が上死点から下死点まで一定のガス圧がかかったと想定し、刻々と変化するガス圧を平均化して算出した圧力をいう。図6の横軸は、燃焼サイクル数である。

【0042】

図7に示す実線（印を結んだ線）は、前記した本実施形態の制御を行った結果であり、点線（印を結んだ線）は、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時において、吸気弁11vおよび排気弁12vを同時に切り換える制御を行った結果である。具体的には、SI最後の燃焼サイクルの、次の燃焼サイクルである”HCCI 1サイクル”で

10

吸気弁11vおよび排気弁12vを同時に切り換えている。また、図7に示す一点鎖線（印を結んだ線）は、火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時において、吸気弁11vを切り換えた後、予混合圧縮着火燃焼時の所要開弁時期となるように排気弁12vを切り換える制御を行った結果である。具体的には、SI最後の燃焼サイクルの、次の燃焼サイクルである”HCCI 1サイクル”で吸気弁11vを切り換え、その次の”HCCI 2サイクル”で予混合圧縮着火燃焼時の所要開弁時期となるように排気弁12vを切り換えている。

【0043】

図7に示すように、本実施形態の制御を行った場合は、吸気弁11vおよび排気弁12vを同時に切り換える制御を行った場合よりも、且つ、吸気弁11vを切り換えた後、予混合圧縮着火燃焼時の所要開弁時期となるように排気弁12vを切り換える制御を行った場合よりも、明らかにトルク段差が抑えられていることがわかる。

20

【0044】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した限りにおいて様々に変更して実施することが可能なものである。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明の一実施形態に係る予混合圧縮着火機関の全体図である。

【図2】予混合圧縮着火機関におけるSI、HCCIの運転領域の例を示す図である。

30

【図3】図1に示す予混合圧縮着火機関の火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時における、吸気弁リフト量、スロットル開度、燃料供給量、排気弁リフト量、内部EGRガス量、およびトルク変動を示すチャート図である。

【図4】図1に示す予混合圧縮着火機関の火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時における、吸排気弁の切換パターンを示す図である。

【図5】図1に示す予混合圧縮着火機関の火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時における、吸排気弁の切換パターンを示す図である。

【図6】火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時において、吸気弁を切り換えた燃焼サイクルの次の燃焼サイクルで、予混合圧縮着火燃焼時の所要開弁時期となるように排気弁を切り換えた場合の筒内圧を示すグラフである。

40

【図7】火花点火燃焼から予混合圧縮着火燃焼への切換時において、本実施形態に係る制御を行った場合と、比較対象としての他の制御を行った場合のIMEP（図示平均有効圧力）を示すグラフである。

【符号の説明】

【0046】

1：予混合圧縮着火機関

3：スロットル

11c：吸気用カム

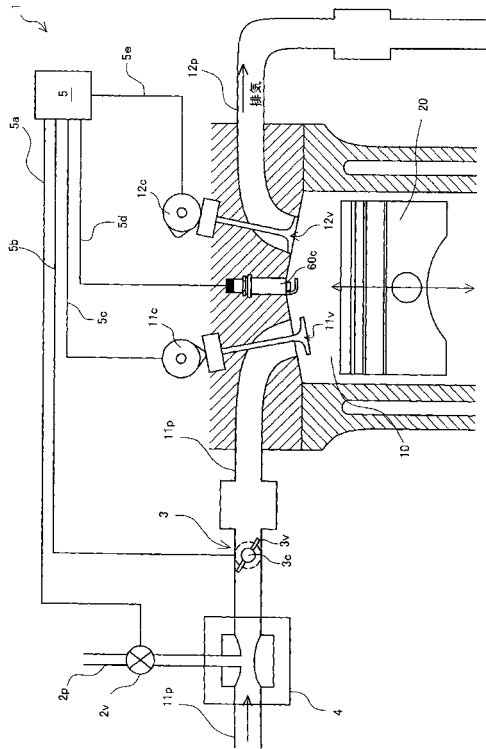
12c：排気用カム

11v：吸気弁

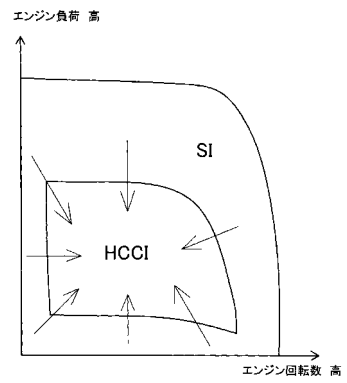
50

1 2 v : 排気弁
5 : ECU (制御手段)

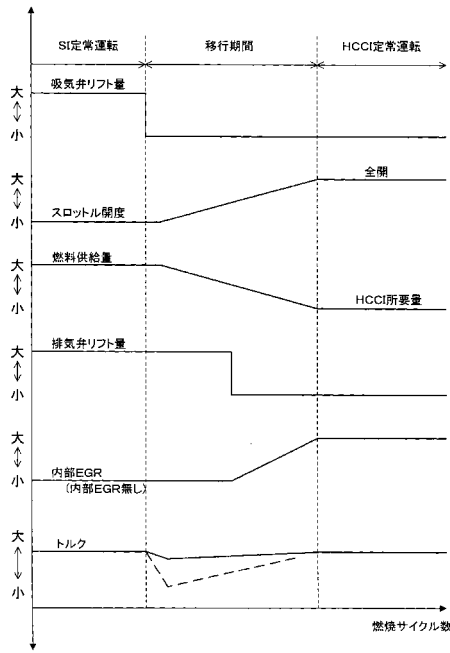
【図1】



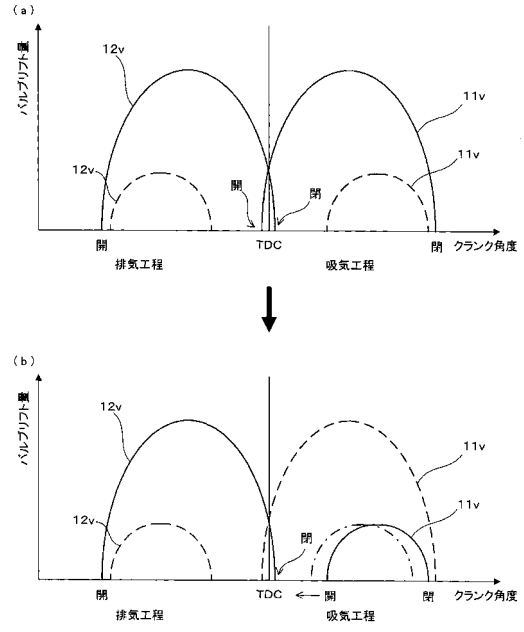
【図2】



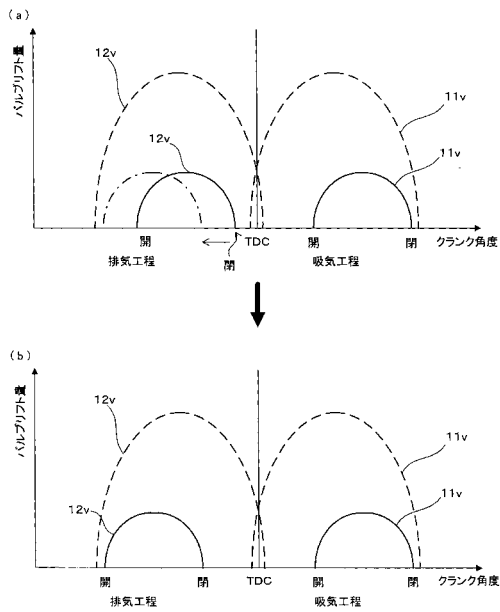
【図3】



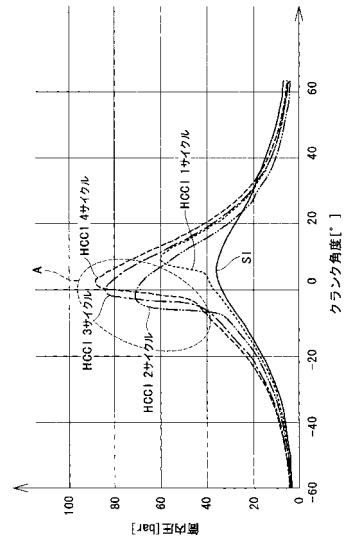
【図4】



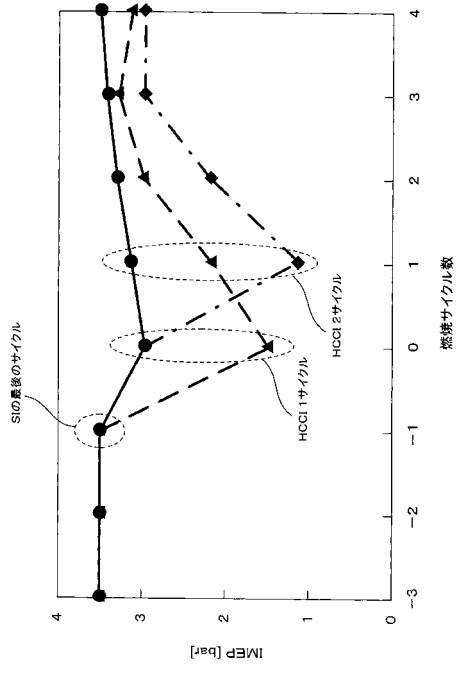
【図5】



【図6】



【 図 7 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
<i>F 0 2 D</i>	<i>21/08</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D</i>	<i>41/02 3 5 1</i>
<i>F 0 2 M</i>	<i>25/07</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D</i>	<i>41/04 3 2 0</i>
			<i>F 0 2 D</i>	<i>41/04 3 1 0 Z</i>
			<i>F 0 2 D</i>	<i>21/08 3 0 1 A</i>
			<i>F 0 2 D</i>	<i>21/08 3 0 1 G</i>
			<i>F 0 2 D</i>	<i>21/08 3 0 1 C</i>
			<i>F 0 2 M</i>	<i>25/07 5 1 0 B</i>

- (56)参考文献 特開2007-247479(JP,A)
 特開2007-100526(JP,A)
 特開平10-252575(JP,A)
 特開2002-089305(JP,A)
 特開2002-188468(JP,A)
 特開2002-004913(JP,A)
 特開2002-256872(JP,A)
 特開2007-016685(JP,A)
 特開平05-106411(JP,A)
 特開平10-018826(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 0 2 D 13/02
F 0 1 L 13/00
F 0 2 B 11/00
F 0 2 D 21/08
F 0 2 D 41/02
F 0 2 D 41/04
F 0 2 M 25/07