

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5907012号  
(P5907012)

(45) 発行日 平成28年4月20日(2016.4.20)

(24) 登録日 平成28年4月1日(2016.4.1)

(51) Int.Cl.	F 1
<b>FO2D 41/10 (2006.01)</b>	FO2D 41/10 330S
<b>FO2D 41/12 (2006.01)</b>	FO2D 41/10 330J
<b>FO2D 41/02 (2006.01)</b>	FO2D 41/12 330J
<b>FO2D 43/00 (2006.01)</b>	FO2D 41/02 351
<b>FO2D 45/00 (2006.01)</b>	FO2D 43/00 301A
請求項の数 2 (全 26 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2012-197395 (P2012-197395)  
 (22) 出願日 平成24年9月7日(2012.9.7)  
 (65) 公開番号 特開2014-51934 (P2014-51934A)  
 (43) 公開日 平成26年3月20日(2014.3.20)  
 審査請求日 平成27年3月12日(2015.3.12)

(73) 特許権者 000003137  
 マツダ株式会社  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号  
 (74) 代理人 110001427  
 特許業務法人前田特許事務所  
 (72) 発明者 岩井 浩平  
 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 田賀 淳一  
 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 中川 滋  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
 株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 火花点火式直噴エンジン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

気筒を有するエンジン本体と、  
 前記気筒内に燃料を噴射するように構成された燃料噴射弁と、  
 前記気筒内に臨んで配設され、該気筒内の混合気に点火するように構成された点火プラグと、  
 排気ガスを前記気筒内に導入するように構成された排気還流機構と、  
 少なくとも前記燃料噴射弁、前記点火プラグ及び前記排気還流機構を制御することによって前記エンジン本体を運転するように構成された制御器と、  
 前記気筒に開口する排気ポートを開閉する排気弁と、  
 前記排気弁を駆動する動弁機構とを備え、  
 前記制御器は、

少なくとも前記エンジン本体の運転状態が所定の低負荷領域にあるときに、前記気筒内の混合気を自着火により燃焼させる圧縮着火燃焼を行って前記エンジン本体を運転し、  
 アクセルがオフの状態における前記エンジン本体の減速時に、前記燃料噴射弁からの燃料噴射を停止して燃料カットを実行し、該エンジン本体の回転数が所定値まで低下したときに該燃料噴射弁の燃料噴射を再開させるように構成されており、

前記燃料カット中に、前記排気還流機構を作動させることにより排気ガスを前記気筒内に導入し、

前記燃料噴射弁の燃料噴射を再開させるときには、前記排気還流機構を作動させつつ

前記点火プラグを作動させて火花点火燃焼により前記エンジン本体を運転した後、前記圧縮着火燃焼による該エンジン本体の運転に移行し、

前記燃料カット中に作動させる前記排気還流機構は、前記排気弁及び動弁機構であって、該排気弁を排気行程及び吸気行程のそれぞれにおいて開弁させる排気の二度開きを行う火花点火式直噴エンジン。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の火花点火式直噴エンジンにおいて、

前記排気還流機構は、複数設けられ、

複数の前記排気還流機構は、排気ガスを前記気筒内に導入する方式が互いに異なっており、

前記制御器は、

前記エンジン本体の運転状態が前記所定の低負荷領域にあるときに、前記排気還流機構の少なくとも 1 つを作動させることにより排気ガスを前記気筒内に導入しており、

前記燃料カット中に作動させる前記排気還流機構を、前記所定の低負荷領域で作動させる前記排気還流機構と同じにする火花点火式直噴エンジン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

ここに開示する技術は、火花点火式直噴エンジンに関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献 1 に示すように、排気エミッション性能の向上と熱効率の向上とを両立させる技術として、気筒内の混合気を圧縮着火させる燃焼形態が知られている。この圧縮着火燃焼においては、着火性及び安定性を高めるために、気筒内の温度を或る程度高めしておく必要がある。

【0003】

ところが、減速時に燃料カットを行うエンジンにおいては、燃料カット中に気筒内の温度が低下し、燃料供給を再開する際には、圧縮着火を行うことが困難な程度に気筒内温度が低下してしまう場合がある。

【0004】

そこで、特許文献 1 に係るエンジンにおいては、燃料カットからの復帰時には、火花点火燃焼を実行して気筒内の温度を上昇させた後に、圧縮着火燃焼に移行するようにしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2004 - 316544 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、燃料カットからの復帰時における気筒内温度が低い状況は、火花点火燃焼にとっても好ましいものではなく、改善の余地がある。火花点火燃焼を適切に実行できないと、気筒内温度を十分に上昇させることができず、その後の圧縮着火燃焼の安定化を図ることができない場合も生じ得る。

【0007】

ここに開示された技術は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、燃料カットからの復帰時における火花点火燃焼の着火性を向上させることにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

ここに開示された技術は、気筒を有するエンジン本体と、前記気筒内に燃料を噴射する

10

20

30

40

50

ように構成された燃料噴射弁と、前記気筒内に臨んで配設され、該気筒内の混合気に点火するように構成された点火プラグと、排気ガスを前記気筒内に導入するように構成された排気還流機構と、少なくとも前記燃料噴射弁、前記点火プラグ及び前記排気還流機構を制御することによって前記エンジン本体を運転するように構成された制御器と、前記気筒に開口する排気ポートを開閉する排気弁と、前記排気弁を駆動する動弁機構とを備えた火花点火式直噴エンジンであって、前記制御器は、少なくとも前記エンジン本体の運転状態が所定の低負荷領域にあるときに、前記気筒内の混合気を自着火により燃焼させる圧縮着火燃焼を行って前記エンジン本体を運転し、アクセルがオフの状態における前記エンジン本体の減速時に、前記燃料噴射弁からの燃料噴射を停止して燃料カットを実行し、該エンジン本体の回転数が所定値まで低下したときに該燃料噴射弁の燃料噴射を再開させるように構成されており、前記燃料カット中に、前記排気還流機構を作動させることにより排気ガスを前記気筒内に導入し、前記燃料噴射弁の燃料噴射を再開させるときには、前記排気還流機構を作動させつつ前記点火プラグを作動させて火花点火燃焼により前記エンジン本体を運転した後、前記圧縮着火燃焼による該エンジン本体の運転に移行し、前記燃料カット中に作動させる前記排気還流機構は、前記排気弁及び動弁機構であって、該排気弁を排気行程及び吸気行程のそれぞれにおいて開弁させる排気の二度開きを行うものである。ここで、「低負荷領域」は、運転領域を低負荷、中負荷及び高負荷の3つの領域に区分した場合の低負荷としてもよい。

10

## 【0009】

20

この構成によれば、アクセルがオフの状態におけるエンジン本体の減速時に、燃料カットが実行され、エンジン回転数が所定値まで低下すると燃料噴射が再開される。そして、燃料噴射を再開させるときには、火花点火燃焼により運転した後、圧縮着火燃焼による運転に移行する。

## 【0010】

それに加えて、燃料カット中は気筒内に排気ガスが導入される。これにより、燃料カットによる気筒内の温度低下、特に、燃料カット直後の気筒内の温度低下を抑制することができる。その後、燃料カットと排気ガスの導入とが継続されると、既燃ガスが新たに生成されないことから、気筒内の混合気に含まれる既燃ガスの割合が徐々に低下し、新気の割合が高くなっていく。その結果、燃料噴射を再開して火花点火燃焼を実行するときには、気筒内の新気の割合が高くなった状態となっている。

30

## 【0011】

こうして、燃料カット直後の気筒内の温度低下を抑制し且つ、燃料噴射再開時には或る程度の新気量を確保することによって、火花点火燃焼の着火性を向上させることができる。

## 【0012】

火花点火燃焼の着火性が向上すると、火花点火燃焼を適切に実行することができる。火花点火燃焼を実行するときも排気還流機構が作動しているので、火花点火燃焼による既燃ガスがEGRガスとして気筒内に導入され、気筒内の温度を十分に上昇させることができる。その結果、火花点火燃焼に続いて実行される圧縮着火燃焼を安定的に行うことができる。

40

## 【0013】

排気の二度開きを採用することによって、既燃ガスの熱を気筒の温度維持に有効に活用することができる。つまり、排気還流の方式としては、吸気の二度開きや外部EGRもある。しかし、排気ポートは吸気ポートや外部のEGR通路に比べて高温なので、既燃ガスが気筒から一旦排気されたときに外部へ逃げる熱を低減することができる。

## 【0014】

また、燃料噴射の再開後の吸気の充填効率の点からも排気の二度開きが有利である。つまり、例えば吸気の二度開きを採用すると、吸気ポート及びその周辺を既燃ガスにより加

50

熱することになる。その結果、吸気の充填効率が悪化してしまう。それに対して、排気の二度開きであれば、既燃ガスによる吸気ポートの加熱が生じないので、充填効率の悪化を回避することができる。

【 0 0 1 5 】

また、前記排気還流機構は、複数設けられ、複数の前記排気還流機構は、排気ガスを前記気筒内に導入する方式が互いに異なっており、前記制御器は、前記エンジン本体の運転状態が前記所定の低負荷領域にあるときに、前記排気還流機構の少なくとも1つを作動させることにより排気ガスを前記気筒内に導入しており、前記燃料カット中に作動させる前記排気還流機構を、前記所定の低負荷領域で作動させる前記排気還流機構と同じにしてもよい。

10

【 0 0 1 6 】

この構成によれば、燃料カットを実行する際には、圧縮着火燃焼を行う所定の低負荷領域と同じ方式の排気還流機構により気筒内に排気ガスを導入する。燃料カットを行うと、エンジン負荷が低下し、エンジンの運転状態は前記所定の低負荷領域内に移行する傾向にある。つまり、燃料カット後に燃料噴射を再開するときには、エンジンの運転状態が該所定の低負荷領域にあるときが多い。そこで、燃料カット中に作動させる排気還流機構を、該所定の低負荷領域で作動させる排気還流機構と同じにすることによって、燃料カットから燃料噴射再開に移行するとき、排気ガスを導入する方式が変わらないので、該移行時における排気ガスの導入を円滑に行うことができる。

20

【発明の効果】

【 0 0 2 0 】

前記火花点火式直噴エンジンによれば、燃料カット中に気筒内に排気ガスを導入することによって、燃料カットによる気筒内の温度低下を可及的に低減しつつ燃料噴射再開時の気筒内の新気量を或る程度確保することができるので、燃料噴射再開時の火花点火燃焼の着火性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図1】火花点火式直噴エンジンの構成を示す概略図である。

【図2】火花点火式直噴エンジンの制御に係るブロック図である。

30

【図3】燃焼室を拡大して示す断面図である。

【図4】エンジンの運転領域を例示する図である。

【図5】(a) C I モードにおいて吸気行程噴射を行う場合の燃料噴射時期の一例と、それに伴うC I 燃焼の熱発生率の例示、(b) C I モードにおいて高圧リタード噴射を行う場合の燃料噴射時期の一例と、それに伴うC I 燃焼の熱発生率の例示、(c) S I モードにおいて高圧リタード噴射を行う場合の燃料噴射時期及び点火時期の一例と、それに伴うS I 燃焼の熱発生率の例示、(d) S I モードにおいて吸気行程噴射と高圧リタード噴射との分割噴射を行う場合の燃料噴射時期及び点火時期の一例と、それに伴うS I 燃焼の熱発生率の例示である。

【図6】高圧リタード噴射によるS I 燃焼の状態と、従来のS I 燃焼の状態とを比較する図である。

40

【図7】減速時燃料カットの処理を示すフローチャートである。

【図8】燃料カット前のエンジンの各要素の状態を示す図であり、(A)は、燃料噴射タイミング及び筒内の圧力変化、並びに、火花点火を行う場合には火花点火タイミングを、(B)は、吸気弁のリフト量(破線)及び排気弁のリフト量(実線)を、(C)は、スロットル弁の開度を、(D)は、気筒内の成分を示している。

【図9】燃料カット中のエンジンの各要素の状態を示す図であり、(A)は、燃料噴射タイミング及び筒内の圧力変化、並びに、火花点火を行う場合には火花点火タイミングを、(B)は、吸気弁のリフト量(破線)及び排気弁のリフト量(実線)を、(C)は、スロットル弁の開度を、(D)は、気筒内の成分を示している。

50

【図10】燃料噴射再開時のエンジンの各要素の状態を示す図であり、(A)は、燃料噴射タイミング及び筒内の圧力変化、並びに、火花点火を行う場合には火花点火タイミングを、(B)は、吸気弁のリフト量(破線)及び排気弁のリフト量(実線)を、(C)は、スロットル弁の開度を、(D)は、気筒内の成分を示している。

【図11】C Iモード移行後のエンジンの各要素の状態を示す図であり、(A)は、燃料噴射タイミング及び筒内の圧力変化、並びに、火花点火を行う場合には火花点火タイミングを、(B)は、吸気弁のリフト量(破線)及び排気弁のリフト量(実線)を、(C)は、スロットル弁の開度を、(D)は、気筒内の成分を示している。

【図12】参考形態に係るエンジンの、燃料カット前の各要素の状態を示す図であり、(A)は、燃料噴射タイミング及び筒内の圧力変化、並びに、火花点火を行う場合には火花点火タイミングを、(B)は、吸気弁のリフト量(破線)及び排気弁のリフト量(実線)を、(C)は、スロットル弁の開度を、(D)は、気筒内の成分を、(E)は、EGR弁の開度を、(F)は、EGRクーラバイパス弁の開度を示している。

10

【図13】参考形態に係るエンジンの、燃料カット中の各要素の状態を示す図であり、(A)は、燃料噴射タイミング及び筒内の圧力変化、並びに、火花点火を行う場合には火花点火タイミングを、(B)は、吸気弁のリフト量(破線)及び排気弁のリフト量(実線)を、(C)は、スロットル弁の開度を、(D)は、気筒内の成分を、(E)は、EGR弁の開度を、(F)は、EGRクーラバイパス弁の開度を示している。

【図14】参考形態に係るエンジンの、燃料噴射再開時の各要素の状態を示す図であり、(A)は、燃料噴射タイミング及び筒内の圧力変化、並びに、火花点火を行う場合には火花点火タイミングを、(B)は、吸気弁のリフト量(破線)及び排気弁のリフト量(実線)を、(C)は、スロットル弁の開度を、(D)は、気筒内の成分を、(E)は、EGR弁の開度を、(F)は、EGRクーラバイパス弁の開度を示している。

20

【図15】参考形態に係るエンジンの、C Iモード移行後の各要素の状態を示す図であり、(A)は、燃料噴射タイミング及び筒内の圧力変化、並びに、火花点火を行う場合には火花点火タイミングを、(B)は、吸気弁のリフト量(破線)及び排気弁のリフト量(実線)を、(C)は、スロットル弁の開度を、(D)は、気筒内の成分を、(E)は、EGR弁の開度を、(F)は、EGRクーラバイパス弁の開度を示している。

【発明を実施するための形態】

【0022】

30

以下、火花点火式直噴エンジンの実施形態を図面に基づいて説明する。以下の好ましい実施形態の説明は、例示である。

【0023】

《実施形態1》

図1, 2は、実施形態1に係るエンジン(エンジン本体)1の概略構成を示す。このエンジン1は、車両に搭載されると共に、少なくともガソリンを含有する燃料が供給される火花点火式ガソリンエンジンである。エンジン1は、複数の気筒18が設けられたシリンダブロック11(尚、図1では、1つの気筒のみを図示するが、例えば4つの気筒が直列に設けられる)と、このシリンダブロック11上に配設されたシリンダヘッド12と、シリンダブロック11の下側に配設され、潤滑油が貯留されたオイルパン13とを有している。各気筒18内には、コンロッド142を介してクランクシャフト15と連結されているピストン14が往復動可能に嵌挿されている。ピストン14の頂面には、図3に拡大して示すように、ディーゼルエンジンでのリエントラント型のようなキャビティ141が形成されている。キャビティ141は、ピストン14が圧縮上死点付近に位置するときには、後述するインジェクタ67に相対する。シリンダヘッド12と、気筒18と、キャビティ141を有するピストン14とは、燃燒室19を区画する。尚、燃燒室19の形状は、図示する形状に限定されるものではない。例えばキャビティ141の形状、ピストン14の頂面形状、及び、燃燒室19の天井部の形状等は、適宜変更することが可能である。

40

【0024】

このエンジン1は、理論熱効率の向上や、後述する圧縮着火燃焼の安定化等を目的とし

50

て、15以上の比較的高い幾何学的圧縮比に設定されている。尚、幾何学的圧縮比は15以上20以下程度の範囲で、適宜設定すればよい。

【0025】

シリンダヘッド12には、気筒18毎に、吸気ポート16及び排気ポート17が形成されていると共に、これら吸気ポート16及び排気ポート17には、燃焼室19側の開口を開閉する吸気弁21及び排気弁22がそれぞれ配設されている。

【0026】

吸気弁21及び排気弁22をそれぞれ駆動する動弁系の内、排気側には、排気弁22の作動モードを通常モードと特殊モードとに切り替える、例えば油圧作動式の可変機構(図2参照。以下、VVL(Variable Valve Lift)と称する)71が設けられている。VVL71は、その構成の詳細な図示は省略するが、カム山を一つ有する第1カムとカム山を2つ有する第2カムとの、カムプロファイルの異なる2種類のカム、及び、その第1及び第2カムのいずれか一方のカムの作動状態を選択的に排気弁22に伝達するロストモーション機構を含んで構成されている。第1カムの作動状態を排気弁22に伝達しているときには、排気弁22は、排気行程中において一度だけ開弁される通常モードで作動するのに対し、第2カムの作動状態を排気弁22に伝達しているときには、排気弁22が、排気行程中において開弁すると共に、吸気行程中においても開弁するような、いわゆる排気の二度開きを行う特殊モードで作動する。VVL71の通常モードと特殊モードとは、エンジンの運転状態に応じて切り替えられる。具体的に、特殊モードは、内部EGRに係る制御の際に利用される。つまり、排気弁22及びVVL71は、排気還流機構の1つ、例えば、第1排気還流機構を構成する。また、VVL71が動弁機構を構成する。

【0027】

以下の説明においては、VVL71を通常モードで作動させ、排気二度開きを行わないことを、「VVL71をオフにする」といい、VVL71を特殊モードで作動させ、排気二度開きを行うことを、「VVL71をオンにする」という場合がある。尚、こうした通常モードと特殊モードとの切り替えを可能にする上で、排気弁22を電磁アクチュエータによって駆動する電磁駆動式の動弁系を採用してもよい。また、内部EGRの実行は、排気二度開きのみによって実現されるのではない。例えば吸気弁21を二回開く、吸気の二度開きによって内部EGR制御を行ってもよいし、排気行程乃至吸気行程において吸気弁21及び排気弁22の双方を閉じるネガティブオーバーラップ期間を設けて既燃ガスを気筒18内に残留させる内部EGR制御を行ってもよい。

【0028】

VVL71を備えた排気側の動弁系に対し、吸気側には、図2に示すように、クランクシャフト15に対する吸気カムシャフトの回転位相を変更することが可能な位相可変機構(以下、VVT(Variable Valve Timing)と称する)72と、吸気弁21のリフト量を連続的に変更することが可能なリフト量可変機構(以下、CVVL(Continuously Variable Valve Lift)と称する)73とが設けられている。VVT72は、液圧式、電磁式又は機械式の公知の構造を適宜採用すればよく、その詳細な構造についての図示は省略する。また、CVVL73も、公知の種々の構造を適宜採用することが可能であり、その詳細な構造についての図示は省略する。VVT72及びCVVL73によって、吸気弁21はその開弁タイミング及び閉弁タイミング、並びに、リフト量をそれぞれ変更することが可能である。

【0029】

シリンダヘッド12にはまた、気筒18毎に、気筒18内に燃料を直接噴射するインジェクタ67が取り付けられている。インジェクタ67は、図3に拡大して示すように、その噴口が燃焼室19の天井面の中央部分から、その燃焼室19内に臨むように配設されている。インジェクタ67は、エンジン1の運転状態に応じて設定された噴射タイミングでかつ、エンジン1の運転状態に応じた量の燃料を、燃焼室19内に直接噴射する。この例において、インジェクタ67は、詳細な図示は省略するが、複数の噴口を有する多噴口型のインジェクタである。これによって、インジェクタ67は、燃料噴霧が、燃焼室19の

10

20

30

40

50

中心位置から放射状に広がるように、燃料を噴射する。インジェクタ67が燃料噴射弁を構成する。

【0030】

図3に矢印で示すように、ピストン14が圧縮上死点付近に位置するタイミングで、燃焼室19の中央部分から放射状に広がるように噴射された燃料噴霧は、ピストン頂面に形成されたキャビティ141の壁面に沿って流動する。キャビティ141は、ピストン14が圧縮上死点付近に位置するタイミングで噴射された燃料噴霧を、その内部に収めるように形成されている、と言い換えることが可能である。この多噴口型のインジェクタ67とキャビティ141との組み合わせは、燃料の噴射後、混合気形成期間を短くすると共に、燃焼期間を短くする上で有利な構成である。尚、インジェクタ67は、多噴口型のインジェクタに限定されず、外開弁タイプのインジェクタを採用してもよい。

10

【0031】

図外の燃料タンクとインジェクタ67との間は、燃料供給経路によって互いに連結されている。この燃料供給経路上には、燃料ポンプ63とコモンレール64とを含みかつ、インジェクタ67に、比較的高い燃料圧力で燃料を供給することが可能な燃料供給システム62が介設されている。燃料ポンプ63は、燃料タンクからコモンレール64に燃料を圧送し、コモンレール64は圧送された燃料を、比較的高い燃料圧力で蓄えることが可能である。インジェクタ67が開弁することによって、コモンレール64に蓄えられている燃料がインジェクタ67の噴口から噴射される。ここで、燃料ポンプ63は、図示は省略するが、プランジャー式のポンプであり、エンジン1によって駆動される。このエンジン駆動のポンプを含む構成の燃料供給システム62は、30MPa以上の高い燃料圧力の燃料を、インジェクタ67に供給することを可能にする。燃料圧力は、最大で120MPa程度に設定してもよい。インジェクタ67に供給される燃料の圧力は、後述するように、エンジン1の運転状態に応じて変更される。尚、燃料供給システム62は、この構成に限定されるものではない。

20

【0032】

シリンダヘッド12にはまた、図3に示すように、燃焼室19内の混合気に点火する点火プラグ25が取り付けられている。点火プラグ25は、この例では、エンジン1の排気側から斜め下向きに延びるように、シリンダヘッド12内を貫通して配置されている。図3に示すように、点火プラグ25の先端は、圧縮上死点に位置するピストン14のキャビティ141内に臨んで配置される。

30

【0033】

エンジン1の一側面には、図1に示すように、各気筒18の吸気ポート16に連通するように吸気通路30が接続されている。一方、エンジン1の他側面には、各気筒18の燃焼室19からの既燃ガス(排気ガス)を排出する排気通路40が接続されている。

【0034】

吸気通路30の上流端部には、吸入空気を濾過するエアクリーナ31が配設されている。また、吸気通路30における下流端近傍には、サージタンク33が配設されている。このサージタンク33よりも下流側の吸気通路30は、各気筒18毎に分岐する独立通路とされ、これら各独立通路の下流端が各気筒18の吸気ポート16にそれぞれ接続されている。

40

【0035】

吸気通路30におけるエアクリーナ31とサージタンク33との間には、空気を冷却又は加熱する、水冷式のインタークーラ/ウォーマ34と、各気筒18への吸入空気量を調節するスロットル弁36とが配設されている。吸気通路30にはまた、インタークーラ/ウォーマ34をバイパスするインタークーラバイパス通路35が接続されており、このインタークーラバイパス通路35には、当該通路35を通過する空気流量を調整するためのインタークーラバイパス弁351が配設されている。インタークーラバイパス弁351の開度調整を通じて、インタークーラバイパス通路35の通過流量とインタークーラ/ウォーマ34の通過流量との割合を調整することにより、気筒18に導入する新気の温度を調

50

整することが可能である。

【 0 0 3 6 】

排気通路 4 0 の上流側の部分は、各気筒 1 8 毎に分岐して排気ポート 1 7 の外側端に接続された独立通路と該各独立通路が集合する集合部とを有する排気マニホールドによって構成されている。この排気通路 4 0 における排気マニホールドよりも下流側には、排気ガス中の有害成分を浄化する排気浄化装置として、直キャタリスト 4 1 とアンダーフットキャタリスト 4 2 とがそれぞれ接続されている。直キャタリスト 4 1 及びアンダーフットキャタリスト 4 2 はそれぞれ、筒状ケースと、そのケース内の流路に配置した、例えば三元触媒とを備えて構成されている。

【 0 0 3 7 】

吸気通路 3 0 におけるサージタンク 3 3 とスロットル弁 3 6 との間の部分と、排気通路 4 0 における直キャタリスト 4 1 よりも上流側の部分とは、排気ガスの一部 ( E G R ガス ) を吸気通路 3 0 に還流するための E G R 通路 5 0 を介して接続されている。この E G R 通路 5 0 は、排気ガスをエンジン冷却水によって冷却するための E G R クーラ 5 2 が配設された主通路 5 1 と、 E G R クーラ 5 2 をバイパスするための E G R クーラバイパス通路 5 3 と、を含んで構成されている。主通路 5 1 には、排気ガスの吸気通路 3 0 への還流量を調整するための E G R 弁 5 1 1 が配設され、 E G R クーラバイパス通路 5 3 には、 E G R クーラバイパス通路 5 3 を流通する排気ガスの流量を調整するための E G R クーラバイパス弁 5 3 1 が配設されている。これら E G R 通路 5 0 、主通路 5 1 、 E G R 弁 5 1 1 、 E G R クーラ 5 2 、 E G R クーラバイパス通路 5 3 及び E G R クーラバイパス弁 5 3 1 が排気還流機構の 1 つ、例えば、第 2 排気還流機構を構成する。

【 0 0 3 8 】

また、エンジン 1 は、減速回生システム 8 0 を備えている。減速回生システム 8 0 は、エンジン 1 により駆動されて発電する発電機 ( オルタネータ ) 8 1 と、発電機 8 1 が接続されたバッテリー 8 2 とを有している。この発電機 8 1 は、エンジン 1 の運転中は、エンジン 1 のクランク軸によりベルトを介して回転駆動される。ただし、発電機 8 1 は、エンジン 1 により駆動されて発電する発電状態と、エンジン 1 により駆動されても発電しない非発電状態とを切換え可能に構成されている。発電機 8 1 の発電電力は、バッテリー 8 2 に蓄電されたり、車両電気負荷 ( 図示省略 ) に供給されたりする。尚、バッテリー 8 2 の代わりにキャパシタ等の蓄電装置を用いてもよい。

【 0 0 3 9 】

このように構成されたエンジン 1 は、パワートレイン・コントロール・モジュール ( 以下、 P C M という ) 1 0 によって制御される。 P C M 1 0 は、 C P U 、メモリ、カウンタタイマ群、インターフェース及びこれらのユニットを接続するバスを有するマイクロプロセッサで構成されている。この P C M 1 0 が制御器を構成する。

【 0 0 4 0 】

P C M 1 0 には、図 1 , 2 に示すように、各種のセンサ S W 1 ~ S W 1 6 の検出信号が入力される。この各種のセンサには、次のセンサが含まれる。すなわち、エアクリーナ 3 1 の下流側で、新気の流量を検出するエアフローセンサ S W 1 及び新気の温度を検出する吸気温度センサ S W 2 、インタークーラ / ウォーマ 3 4 の下流側に配置されかつ、インタークーラ / ウォーマ 3 4 を通過した後の新気の温度を検出する、第 2 吸気温度センサ S W 3 、 E G R 通路 5 0 における吸気通路 3 0 との接続部近傍に配置されかつ、外部 E G R ガスの温度を検出する E G R ガス温センサ S W 4 、吸気ポート 1 6 に取り付けられかつ、気筒 1 8 内に流入する直前の吸気の温度を検出する吸気ポート温度センサ S W 5 、シリンダヘッド 1 2 に取り付けられかつ、気筒 1 8 内の圧力を検出する筒内圧センサ S W 6 、排気通路 4 0 における E G R 通路 5 0 の接続部近傍に配置されかつ、それぞれ排気温度及び排気圧力を検出する排気温センサ S W 7 及び排気圧センサ S W 8 、直キャタリスト 4 1 の上流側に配置されかつ、排気中の酸素濃度を検出するリニア O<sub>2</sub> センサ S W 9 、直キャタリスト 4 1 とアンダーフットキャタリスト 4 2 との間に配置されかつ、排気中の酸素濃度を検出するラムダ O<sub>2</sub> センサ S W 1 0 、エンジン冷却水の温度を検出する水温センサ S W 1

10

20

30

40

50



1、クランクシャフト15の回転角を検出するクランク角センサSW12、車両のアクセルペダル(図示省略)の操作量に対応したアクセル開度を検出するアクセル開度センサSW13、吸気側及び排気側のカム角センサSW14、SW15、及び、燃料供給システム62のコモンレール64に取り付けられかつ、インジェクタ67に供給する燃料圧を検出する燃圧センサSW16である。

【0041】

PCM10は、これらの検出信号に基づいて種々の演算を行うことによってエンジン1や車両の状態を判定し、これに応じてインジェクタ67、点火プラグ25、吸気弁側のVVT72及びCVVL73、排気弁側のVVL71、燃料供給システム62、発電機81並びに、各種の弁(スロットル弁36、インタークーラバイパス弁351、EGR弁511、及びEGRクーラバイパス弁531)のアクチュエータへ制御信号を出力する。こうしてPCM10は、エンジン1を運転する。

10

【0042】

図4は、エンジン1の運転領域の一例を示している。このエンジン1は、燃費の向上や排気エミッション性能の向上を目的として、エンジン負荷が相対的に低い低負荷域では、点火プラグ25による点火を行わずに、圧縮自己着火によって燃焼を行う圧縮着火燃焼を行う。しかしながら、エンジン1の負荷が高くなるに従って、圧縮着火燃焼では、燃焼が急峻になりすぎてしまい、例えば燃焼騒音等の問題を引き起こすことになる。そのため、このエンジン1では、エンジン負荷が相対的に高い高負荷域では、圧縮着火燃焼を止めて、点火プラグ25を利用した火花点火燃焼に切り替える。このように、このエンジン1は、エンジン1の運転状態、特にエンジン1の負荷に応じて、圧縮着火燃焼を行うCI(Compression Ignition)モードと、火花点火燃焼を行うSI(Spark Ignition)モードとを切り替えるように構成されている。但し、モード切り替えの境界線は、図例に限定されるものではない。

20

【0043】

CIモードはさらに、エンジン負荷の高低に応じて3つの領域に分けられている。具体的に、CIモードにおいて負荷が最も低い領域(1)では、圧縮着火燃焼の着火性及び安定性を高めるために、相対的に温度の高いEGRガス(以下、ホットEGRガスともいう)を気筒18内に導入する。これは、VVL71をオンにして、排気弁22を吸気行程中に開弁する排気の二度開きを行うことによる。ホットEGRガスの導入は、気筒18内の圧縮端温度を高め、軽負荷である領域(1)において、圧縮着火燃焼の着火性及び安定性を高める上で有利になる。領域(1)ではまた、図5(a)に示すように、少なくとも吸気行程から圧縮行程中期までの期間内において、インジェクタ67が気筒18内に燃料を噴射することにより、均質なリーン混合気を形成する。混合気の空気過剰率は、例えば2.4以上に設定してもよく、こうすることで、RawNOxの生成を抑制して、排気エミッション性能を高めることが可能になる。そうして、そのリーン混合気は、図5(a)に示すように、圧縮上死点付近において圧縮自己着火する。

30

【0044】

詳細は後述するが、領域(1)における負荷の高い領域、具体的には、領域(1)と領域(2)との境界を含む領域では、少なくとも吸気行程から圧縮行程中期までの期間内において、気筒18内に燃料を噴射するものの、混合気の空燃比を理論空燃比(1)に設定する。理論空燃比にすることにより、三元触媒が利用可能になると共に、SIモードとCIモードとの間の切り替え時の制御が簡素化し、さらに、CIモードを高負荷側へ拡大可能にすることにも寄与する。

40

【0045】

CIモードにおいて、領域(1)よりも負荷の高い領域(2)では、領域(1)の高負荷側と同様に、少なくとも吸気行程から圧縮行程中期までの期間内において、気筒18内に燃料を噴射し(図5(a)参照)、均質な理論空燃比(1)の混合気を形成する。

【0046】

領域(2)ではまた、エンジン負荷の上昇に伴い気筒18内の温度が自然と高まること

50

から、過早着火を回避するためにホットEGRガスを低下させる。これは、気筒18内に導入する内部EGRガス量の調整による。

【0047】

領域(2)ではさらに、相対的に温度の低いEGRガス(以下、クールドEGRガスともいう)を気筒18内に導入する。こうして高温のホットEGRガスと低温のクールドEGRガスを適宜の割合で気筒18内に導入することにより、気筒18内の圧縮端温度を適切にし、圧縮着火の着火性を確保しつつも急激な燃焼を回避して、圧縮着火燃焼の安定化を図る。尚、ホットEGRガス及びクールドEGRガスを合わせた、気筒18内に導入されるEGRガスの割合としてのEGR率は、混合気の空気過剰率を1に設定する条件下で可能な限り高いEGR率に設定される。従って、領域(2)においては、エンジン

10

【0048】

CIモードとSIモードとの切り替え境界線を含む、CIモードにおいて最も負荷の高い領域(3)では、気筒18内の圧縮端温度がさらに高くなるため、領域(1)や領域(2)のように、吸気行程から圧縮行程中期までの期間内で気筒18内に燃料を噴射してしまうと、過早着火等の異常燃焼が生じるようになる。一方、温度の低いクールドEGRガスを大量に導入して気筒内の圧縮端温度を低下させようとする、今度は、圧縮着火の着火性が悪化してしまう。つまり、気筒18内の温度制御だけでは、圧縮着火燃焼を安定して行い得ないため、この領域(3)では、気筒18内の温度制御に加えて、燃料噴射形態を工夫することによって過早着火等の異常燃焼を回避しつつ、圧縮着火燃焼の安定化を図る。具体的に、この燃料噴射形態は、従来と比較して大幅に高圧化した燃料圧力でもって、図5(b)に示すように、少なくとも圧縮行程後期から膨張行程初期までの期間(以下、この期間をリタード期間と呼ぶ)内で、気筒18内に燃料噴射を実行するものである。この特徴的な燃料噴射形態を、以下においては「高圧リタード噴射」又は単に「リタード噴射」と呼ぶ。このような高圧リタード噴射により、領域(3)での異常燃焼を回避しつつ、圧縮着火燃焼の安定化が図られる。この高圧リタード噴射に詳細については、後述する。

20

【0049】

領域(3)では、領域(2)と同様に、高温のホットEGRガスと低温のクールドEGRガスを適宜の割合で気筒18内に導入する。このことにより、気筒18内の圧縮端温度を適切にして圧縮着火燃焼の安定化を図る。

30

【0050】

エンジン負荷の高低に応じて3つの領域に分けられたCIモードに対して、SIモードは、エンジン回転数の高低に応じて、領域(4)と領域(5)との2つの領域に分けられている。領域(4)は、図例においては、エンジン1の運転領域を低速、高速の2つに区分したときの低速域に相当し、領域(5)は高速域に相当する。領域(4)と領域(5)との境界はまた、図4に示す運転領域において、負荷の高低に対して回転数方向に傾いているが、領域(4)と領域(5)との境界は図例に限定されるものではない。

【0051】

領域(4)及び領域(5)のそれぞれにおいて、混合気は、領域(2)及び領域(3)と同等に、理論空燃比(1)に設定される。従って、混合気の空燃比は、CIモードとSIモードとの境界を跨って理論空燃比(1)で一定にされる。これは、三元触媒の利用を可能にする。また、領域(4)及び領域(5)では、基本的にはスロットル弁36を全開にする一方で、EGR弁511の開度調整により、気筒18内に導入する新気量及び外部EGRガスを調整する。こうして気筒18内に導入するガス割合を調整することは、ポンプ損失の低減と共に、大量のEGRガスを気筒18内に導入することにより、火花点火燃焼の燃焼温度が低く抑えられ冷却損失の低減も図られる。領域(4)及び領域(5)では、主にEGRクーラ52を通じて冷却した外部EGRガスを、気筒18に導入する。このことによって、異常燃焼の回避に有利になると共に、RawNOxの生成を抑制するという利点もある。EGR弁511の開度及びEGRクーラバイパス弁531の

40

50

開度は、エンジン負荷の増大に伴い減少していく。このとき、EGR弁511の開度の方がEGRクーラバイパス弁531の開度よりも相対的に大きく、つまり、クールドEGRガスの方がホットEGRガスよりも多い。そして、エンジン負荷の増大に伴い、EGRクーラバイパス弁531の方がEGR弁511よりも先に全閉状態となる。尚、全開負荷域では、EGR弁511を閉弁することにより、外部EGRをゼロにする。

#### 【0052】

このエンジン1の幾何学的圧縮比は、前述の通り、15以上（例えば18）に設定されている。高い圧縮比は、圧縮端温度及び圧縮端圧力を高くするため、CIモードの、特に低負荷の領域（例えば領域（1））では、圧縮着火燃焼の安定化に有利になる。一方で、この高圧縮比エンジン1は、高負荷域であるSIモードにおいては、過早着火やノッキングといった異常燃焼が生じやすくなるという問題がある。

10

#### 【0053】

そこでこのエンジン1では、SIモードの領域（4）や領域（5）においては、前述した高圧リタード噴射を行うことにより、異常燃焼を回避するようにしている。より詳細には、領域（4）においては、30MPa以上の高い燃料圧力でもって、図5（c）に示すように、圧縮行程後期から膨張行程初期にかけてリタード期間内で、気筒18内に燃料噴射を実行する高圧リタード噴射のみを行う。これに対し、領域（5）においては、図5（d）に示すように、噴射する燃料の一部を、吸気弁21が開弁している吸気行程期間内で気筒18内に噴射すると共に、残りの燃料をリタード期間内で気筒18内に噴射する。つまり、領域（5）では、燃料の分割噴射を行う。ここで、吸気弁21が開弁している吸気行程期間とは、ピストン位置に基づいて定義した期間ではなく、吸気弁の開閉に基づいて定義した期間であり、ここで言う吸気行程は、VVT72やCVVL73によって変更される吸気弁21の開弁時期によって、ピストンが吸気下死点に到達した時点に対しずれる場合がある。

20

#### 【0054】

次に、図6を参照しながら、SIモードにおける高圧リタード噴射について説明する。図6は、前述した高圧リタード噴射によるSI燃焼（実線）と、吸気行程中に燃料噴射を実行する従来のSI燃焼（破線）とにおける、熱発生率（上図）及び未燃混合気反応進行度（下図）の違いを比較する図である。図6の横軸はクランク角である。この比較の前提として、エンジン1の運転状態は共に高負荷の低速域（つまり、領域（4））であり、噴射する燃料量は、高圧リタード噴射によるSI燃焼と従来のSI燃焼との場合で互いに同じである。

30

#### 【0055】

まず、従来のSI燃焼では、吸気行程中に気筒18内に所定量の燃料噴射を実行する（上図の破線）。気筒18内では、その燃料の噴射後、ピストン14が圧縮上死点に至るまでの間に、比較的均質な混合気が形成される。そして、この例では、圧縮上死点以降の、白丸で示す所定タイミングで点火が実行され、それによって燃焼が開始する。燃焼の開始後は、図6の上図に破線で示すように、熱発生率のピークを経て燃焼が終了する。燃料噴射の開始から燃焼の終了までの間が未燃混合気の反応可能時間（以下、単に反応可能時間という場合がある）に相当し、図6の下図に破線で示すように、この間に未燃混合気の反応は次第に進行する。同図における点線は、未燃混合気が着火に至る反応度である、着火しきい値を示しており、従来のSI燃焼は、低速域であることと相俟って、反応可能時間が非常に長く、その間、未燃混合気の反応が進行し続けてしまうことから、点火の前後に未燃混合気の反応度が着火しきい値を超えてしまい、過早着火又はノッキングといった異常燃焼を引き起こす。

40

#### 【0056】

これに対し、高圧リタード噴射は反応可能時間の短縮を図り、そのことによって異常燃焼を回避することを目的とする。すなわち、反応可能時間は、図6にも示しているように、インジェクタ67が燃料を噴射する期間（（1）噴射期間）と、噴射終了後、点火プラグ25の周りに可燃混合気が形成されるまでの期間（（2）混合気形成期間）と、点火に

50

よって開始された燃焼が終了するまでの期間（（３）燃焼期間）と、を足し合わせた時間、つまり、（１）＋（２）＋（３）である。高圧リタード噴射は、噴射期間、混合気形成期間及び燃焼期間をそれぞれ短縮し、それによって、反応可能時間を短くする。このことについて、順に説明する。

【 0 0 5 7 】

先ず、高い燃料圧力は、単位時間あたりにインジェクタ 6 7 から噴射される燃料量を相対的に多くする。このため、燃料噴射量を一定とした場合に、燃料圧力と燃料の噴射期間との関係は概ね、燃料圧力が低いほど噴射期間は長くなり、燃料圧力が高いほど噴射期間は短くなる。従って、燃料圧力が従来に比べて大幅に高く設定された高圧リタード噴射は、噴射期間を短縮する。

10

【 0 0 5 8 】

また、高い燃料圧力は、気筒 1 8 内に噴射する燃料噴霧の微粒化に有利になると共に、燃料噴霧の飛翔距離を、より長くする。このため、燃料圧力と燃料蒸発時間との関係は概ね、燃料圧力が低いほど燃料蒸発時間は長くなり、燃料圧力が高いほど燃料蒸発時間は短くなる。また、燃料圧力と点火プラグ 2 5 の周りに燃料噴霧が到達するまでの時間は概ね、燃料圧力が低いほど到達までの時間は長くなり、燃料圧力が高いほど到達までの時間は短くなる。混合気形成期間は、燃料蒸発時間と、点火プラグ 2 5 の周りへの燃料噴霧到達時間とを足し合わせた時間であるから、燃料圧力が高いほど混合気形成期間は短くなる。従って、燃料圧力が従来に比べて大幅に高く設定された高圧リタード噴射は、燃料蒸発時間及び点火プラグ 2 5 の周りへの燃料噴霧到達時間がそれぞれ短くなる結果、混合気形成期間を短縮する。これに対し、同図に白丸で示すように、従来の、低い燃料圧力での吸気行程噴射は、混合気形成期間が大幅に長くなる。尚、多噴口型のインジェクタ 6 7 とキャピティ 1 4 1 との組み合わせは、S I モードにおいては、燃料の噴射後、点火プラグ 2 5 の周りに燃料噴霧が到達するまでの時間を短くする結果、混合気形成期間の短縮に有効である。

20

【 0 0 5 9 】

このように、噴射期間及び混合気形成期間を短縮することは、燃料の噴射タイミング、より正確には、噴射開始タイミングを、比較的遅いタイミングにすることを可能にする。そこで、高圧リタード噴射では、図 6 の上図に示すように、圧縮行程後期から膨張行程初期にかけてのリタード期間内に燃料噴射を行う。高い燃料圧力で気筒 1 8 内に燃料を噴射することに伴い、その気筒内の乱れが強くなり、気筒 1 8 内の乱れエネルギーが高まるが、この高い乱れエネルギーは、燃料噴射のタイミングが比較的遅いタイミングに設定されることと相俟って、燃焼期間の短縮に有利になる。

30

【 0 0 6 0 】

すなわち、燃料噴射をリタード期間内に行った場合、燃料圧力と燃焼期間内での乱流エネルギーとの関係は概ね、燃料圧力が低いほど乱流エネルギーが低くなり、燃料圧力が高いほど乱流エネルギーは高くなる。ここで、仮に高い燃料圧力で気筒 1 8 内に燃料を噴射するとしても、その噴射タイミングが吸気行程中にある場合は、点火タイミングまでの時間が長いことや、吸気行程後の圧縮行程において気筒 1 8 内が圧縮されることに起因して、気筒 1 8 内の乱れは減衰してしまう。その結果、吸気行程中に燃料噴射を行った場合、燃焼期間内での乱流エネルギーは、燃料圧力の高低に拘わらず比較的低くなってしまふ。

40

【 0 0 6 1 】

燃焼期間での乱流エネルギーと燃焼期間との関係は概ね、乱流エネルギーが低いほど燃焼期間が長くなり、乱流エネルギーが高いほど燃焼期間が短くなる。従って、燃料圧力と燃焼期間との関係は、燃料圧力が低いほど燃焼期間は長くなり、燃料圧力が高いほど燃焼期間は短くなる。すなわち、高圧リタード噴射は、燃焼期間を短縮する。これに対し、従来の、低い燃料圧力での吸気行程噴射は、燃焼期間が長くなる。尚、多噴口型のインジェクタ 6 7 は、気筒 1 8 内の乱れエネルギーの向上に有利であって、燃焼期間の短縮に有効であると共に、その多噴口型のインジェクタ 6 7 とキャピティ 1 4 1 との組み合わせによって、燃料噴霧をキャピティ 1 4 1 内に収めることもまた、燃焼期間の短縮に有効である。

50

## 【 0 0 6 2 】

このように高圧リタード噴射は、噴射期間、混合気形成期間、及び、燃焼期間をそれぞれ短縮し、その結果、図6に示すように、燃料の噴射開始タイミングSOIから燃焼終了時期endまでの、未燃混合気の反応可能時間を、従来の吸気行程中での燃料噴射の場合と比較して大幅に短くすることを可能にする。この反応可能時間を短縮する結果、図6の上段に示す図のように、従来の低い燃料圧力での吸気行程噴射では、白丸で示すように、燃焼終了時における未燃混合気の反応進行度が、着火しきい値を超えてしまい、異常燃焼が発生してしまうところ、高圧リタード噴射は、黒丸で示すように、燃焼終了時における未燃混合気の反応の進行を抑制し、異常燃焼を回避することが可能になる。尚、図6の上図における白丸と黒丸とで、点火タイミングは互いに同じタイミングに設定している。

10

## 【 0 0 6 3 】

燃料圧力は、例えば30MPa以上に設定することによって、燃焼期間を効果的に短縮化することが可能である。また、30MPa以上の燃料圧力は、噴射期間及び混合気形成期間も、それぞれ有効に短縮化することが可能である。尚、燃料圧力は、少なくともガソリンを含有する、使用燃料の性状に応じて適宜設定するのが好ましい。その上限値は、一例として、120MPaとしてもよい。

## 【 0 0 6 4 】

高圧リタード噴射は、気筒18内への燃料噴射の形態を工夫することによってSIモードにおける異常燃焼の発生を回避する。これとは異なり、異常燃焼の回避を目的として点火タイミングを遅角することが、従来から知られている。点火タイミングの遅角化は、未燃混合気の温度及び圧力の上昇を抑制することによって、その反応の進行を抑制する。しかしながら、点火タイミングの遅角化は熱効率及びトルクの低下を招くのに対し、高圧リタード噴射を行う場合は、燃料噴射の形態の工夫によって異常燃焼を回避する分、点火タイミングを進角させることが可能であるから、熱効率及びトルクが向上する。つまり、高圧リタード噴射は、異常燃焼を回避するだけでなく、その回避可能な分だけ、点火タイミングを進角することを可能にして、燃費の向上に有利になる。

20

## 【 0 0 6 5 】

以上説明したように、SIモードでの高圧リタード噴射は、噴射期間、混合気形成期間及び燃焼期間をそれぞれ短縮することが可能であるが、CIモードの領域(3)で行う高圧リタード噴射は、噴射期間及び混合気形成期間をそれぞれ短縮することが可能である。つまり、気筒18内に高い燃料圧力で燃料を噴射することにより気筒18内の乱れが強くなることで、微粒化した燃料のミキシング性が高まり、圧縮上死点付近の遅いタイミングで燃料を噴射しても、比較的均質な混合気を速やかに形成することが可能になるのである。

30

## 【 0 0 6 6 】

CIモードでの高圧リタード噴射は、比較的負荷の高い領域において、圧縮上死点付近の遅いタイミングで燃料を噴射することにより、例えば圧縮行程期間中の過早着火を防止しつつ、前述の通り、概ね均質な混合気が速やかに形成されるため、圧縮上死点以降において、確実に圧縮着火させることが可能になる。そうして、モータリングにより気筒18内の圧力が次第に低下する膨張行程期間において、圧縮着火燃焼が行われることで、燃焼が緩慢になり、圧縮着火燃焼に伴う気筒18内の圧力上昇( $dP/dt$ )が急峻になってしまうことが回避される。こうして、NVHの制約が解消される結果、CIモードの領域が高負荷側に拡大する。

40

## 【 0 0 6 7 】

SIモードの説明に戻り、前述の通り、SIモードの高圧リタード噴射は、燃料噴射をリタード期間内に行うことによって未燃混合気の反応可能時間を短縮させるものの、この反応可能時間の短縮は、エンジン1の回転数が比較的低い低速域においては、クランク角変化に対する実時間が長いため、有効であるのに対し、エンジン1の回転数が比較的高い高速域においては、クランク角変化に対する実時間が短いため、それほど有効でない。逆に、リタード噴射では、燃料噴射時期を圧縮上死点付近に設定するため、圧縮行程におい

50

ては、燃料を含まない筒内ガス、言い換えると比熱比の高い空気が圧縮されるようになる。その結果、高速域においては、気筒 18 内の圧縮端温度が高くなり、この高い圧縮端温度がノッキングを招くようになる。そのため、領域 (5) においてリタード噴射のみを行うときには、点火タイミングを遅角化して、ノッキングを回避しなければならない場合も起き得る。

#### 【0068】

そこで、図 4 に示すように、S I モードにおいて相対的に回転数の高い領域 (5) では、図 5 (d) に示すように、噴射する燃料の一部を、吸気行程期間内で気筒 18 内に噴射すると共に、残りの燃料をリタード期間内で気筒 18 内に噴射をする。吸気行程噴射では、圧縮行程中の筒内ガス (つまり、燃料を含む混合気) の比熱比を下げ、それによって圧縮端温度を低く抑えることが可能である。こうして、圧縮端温度が低くなることで、ノッキングを抑制することが可能になるから、点火タイミングを進角させることが可能になる。

10

#### 【0069】

また、高圧リタード噴射を行うことにより、前述の通り、圧縮上死点付近の気筒 18 内 (燃焼室 19 内) において乱れが強くなり、燃焼期間が短くなる。このこともまた、ノッキングの抑制に有利になり、点火タイミングをさらに進角させることが可能になる。そうして、領域 (5) においては、吸気行程噴射と高圧リタード噴射との分割噴射を行うことにより、異常燃焼を回避しつつ、熱効率を向上させることが可能になる。

#### 【0070】

20

尚、領域 (5) において燃焼期間を短縮させるために、高圧リタード噴射を行う代わりに多点点火構成を採用してもよい。つまり、複数の点火プラグを燃焼室内に臨んで配置し、領域 (5) においては、吸気行程噴射を実行すると共に、その複数の点火プラグのそれぞれを駆動することにより、多点点火を行う。こうすることで、燃焼室 19 内の複数の火種のそれぞれから火炎が広がるため、火炎の広がりが早く燃焼期間が短くなる。その結果、高圧リタード噴射を採用した場合と同様に燃焼期間を短くして、熱効率の向上に有利になる。

#### 【0071】

このように、エンジン 1 は、各運転領域に応じた運転を行っている。

#### 【0072】

30

##### 減速時燃料カット

また、エンジン 1 は、減速時にインジェクタ 67 からの燃料供給を停止する、所謂、燃料カットを実行するように制御される。この減速時燃料カットにより、燃費向上を図ることができる。以下に、PCM 10 によるエンジン 1 の減速時燃料カットについて、図 7 ~ 11 を参照しながら詳しく説明する。図 7 は、減速時燃料カット (以下、単に「燃料カット」ともいう) の処理を示すフローチャートである。図 8 ~ 11 は、燃料カット制御中におけるエンジン 1 の各要素の状態を示す図である。図 8 ~ 11 の各図における (A) 図は、燃料噴射タイミング及び気筒 18 内の圧力変化、並びに、火花点火を行う場合には火花点火タイミングを示しており、(B) 図は、吸気弁 21 のリフト量 (破線) 及び排気弁 22 のリフト量 (実線) を示しており、(C) 図は、スロットル弁 36 の開度を示しており、(D) 図は、気筒 18 内の成分を示している。

40

#### 【0073】

以下の説明では、前記領域 (4) において S I モードでエンジン 1 を運転している状態から燃料カットを行う場合について説明する。具体的には、エンジン 1 は、図 8 に示すような運転をしている。つまり、図 8 (B) に示すように、排気行程において排気弁 22 が開かれ、吸気行程において吸気弁 21 が開かれる。そして、図 8 (A) に示すように、圧縮行程後期であって圧縮上死点前に高圧リタード噴射が行われ、圧縮上死点後に点火される。このとき、混合気の空燃比は理論空燃比 ( 1 ) に設定しており、燃料噴射量に見合った新気量となるように、新気量及び EGR ガスの量が調整される。この例では、スロットル弁 36 は、図 8 (C) に示すように、全開である。一方、EGR 弁 511 及び EGR

50

Rクーラバイパス弁531が全開である。そのため、燃焼前後の気筒18内の状態は、燃焼前はほとんどが新気の状態、そこに燃料が噴射され、燃焼後はほとんどが既燃ガスになっている。

【0074】

まず、ステップS1において、PCM10は、燃料カットの実行条件が成立したか否かを判定する。ここで、実行条件は、エンジン回転数が所定値（例えば、1500rpm）以上であって且つアクセル開度が零（即ち、アクセルがオフ）となることである。つまり、アクセル開度が零となることによりアクセルオフによるエンジン1の減速状態を判定することができるが、エンジン回転数が低すぎる場合には、燃料カットを実行しない。尚、この実行条件は一例であり、これに限定されるものではない。実行条件が成立したときには、PCM10はステップS2へ進む一方、実行条件が成立しないときには、PCM10はステップS1を繰り返す。

10

【0075】

ステップS2においては、PCM10は、燃料カットを実行する。すなわち、PCM10は、インジェクタ67の燃料噴射を停止する。このとき、全気筒のインジェクタ67の燃料噴射を一斉に停止する。その後、PCM10はステップS3へ進む。

【0076】

尚、減速時には、PCM10は、発電機81を発電状態とし、車両の運動エネルギーを電気エネルギーに変換し、電力として回収する。このとき、PCM10は、図9(C)に示すように、スロットル弁36を全開にする。こうすることで、ポンプ損失を低減して、エンジン1の運動エネルギーを電気エネルギーに効率良く変換することができる。

20

【0077】

続いて、ステップS3において、PCM10は、EGRガスを気筒18内に導入する。具体的には、PCM10は、VVL71をオンにして、図9(B)に示すように、排気弁22を吸気行程中に開弁する排気の二度開きを行う。これにより、気筒18内にはホットEGRガスが導入され、気筒18内の温度低下が抑制される。特に、前述の如く、ポンプ損失を低減すべくスロットル弁36を全開にしている場合には、気筒18内への新気の導入量が多くなる傾向にあるが、ホットEGRガスを導入することによって、気筒18内への新気の導入量を抑制して、燃料カット直後における気筒18内の温度低下を抑制することができる。

30

【0078】

続いて、ステップS4において、PCM10は、燃料噴射の再開条件が成立したか否かを判定する。ここで、再開条件は、エンジン1が所定の運転状態となることであり、具体的には、エンジン回転数が実行条件のエンジン回転数よりも低い所定値（例えば、800rpm）以下となることである。この所定値は、アイドル回転数よりも少し高い値である。この再開条件を満たす運転状態は、前記領域(1)に含まれている。尚、この再開条件は一例であり、これに限定されるものではない。

【0079】

通常、燃料カットが実行されると、エンジン負荷は急速に低下し、エンジン1の運転状態は前記領域(1)内に入る。そして、エンジン回転数は徐々に低下していく。その結果、エンジン1は、やがて前記所定の運転状態（エンジン回転数が所定値以下）となる。再開条件が成立したときには、PCM10はステップS5へ進む一方、再開条件が成立しないときには、PCM10はステップS4を繰り返す。

40

【0080】

ステップS5においては、PCM10は、燃料噴射及び燃焼を再開する。詳しくは、PCM10は、図10(A)に示すように、SIモードで燃焼を再開する。このとき、高圧リタード噴射が実行される。

【0081】

また、PCM10は、図10(B)に示すように、トルクに応じた低いリフト量となるように、CVVL73を制御する。このとき、PCM10は、排気の二度開きによるEG

50

Rガスの導入を継続している。そして、混合気の空気過剰率を 1 としている。尚、スロットル弁 36 は、図 10 (C) に示すように、全開となっている。本実施形態では、S Iモードは1サイクルのみで、その後、PCM 10 は、ステップ S 6 に進む。

【0082】

この燃料噴射の再開時には、ホット EGR ガスの導入により気筒 18 の温度低下が抑制されていると共に、図 10 (D) に示すように、EGR ガス導入の継続により気筒 18 内の新気の割合が増加しているため、S Iモードでの着火性を向上させることができる。すなわち、燃料カット中は燃焼が行われていないので、EGR ガスが気筒 18 内に再循環されたとしても、その中に含まれる既燃ガスの割合は徐々に低下していく。つまり、時間が経つにつれて、気筒 18 内における既燃ガスの割合が減少し、新気の割合が増加していく。特に、自動変速機のロックアップ機構が作動している場合などは、燃料カットを実行しても、エンジン回転数は急激に低下することなく、徐々に低下していく。そのため、燃料カットを開始してから再開条件を満たすまでの時間が長く、EGR ガスのほとんどが新気となり得る。

10

【0083】

このように燃料カットが或る程度継続すると、気筒 18 内には新気量が或る程度確保された状態となる。気筒 18 内の新気量が増えると、火炎伝播が良くなるので、S Iモードでの着火性が向上する。

【0084】

ただし、燃料噴射の再開時には気筒 18 内における新気の割合が多くなっているため、吸気行程から圧縮行程中期までの期間内に燃料噴射を行うと、過早着火等の異常燃焼が生じる虞がある。そこで、高圧リタード噴射を実行する。これにより、異常燃焼を回避することができる。

20

【0085】

このとき、ステップ S 3 において実行しているホット EGR ガスの導入は、S Iモードにおいても継続される。つまり、S Iモードにおける火花点火燃焼後の既燃ガスは、ホット EGR ガスとして気筒 18 内に還流してくる。その結果、火花点火燃焼後は、気筒 18 内の温度が高温になる。ここで、新気よりもホット EGR ガスの導入量を多くするために、2 度目の排気弁 22 の開弁タイミングを吸気弁 21 の開弁タイミングよりも先にしている。これにより、吸気行程初期に排気弁 22 だけが開いた状態を作ることができるので、ホット EGR ガスを優先的に気筒 18 内へ吸い込むことができる。

30

【0086】

その後、ステップ S 6 において、PCM 10 は、C Iモードに移行する。このとき、気筒 18 内は、図 11 (D) に示すように、先のステップ S 5 における火花点火燃焼後の既燃ガスが気筒 18 内に還流されている。そのため、気筒 18 内は高温となっており、圧縮着火燃焼を実行することができる。尚、吸気弁 21 は、図 11 (B) に示すように、トルクに応じた低いリフト量となるように制御され、スロットル弁 36 は、図 11 (C) に示すように、全開となっている。また、図 11 (B) に示すように、排気の二度開きが継続され、ホット EGR ガスが気筒 18 内に導入されているので、作動ガス燃料比 G/F はリーンになる。混合気の空気過剰率は、例えば 2.4 以上に設定される。

40

【0087】

ただし、気筒 18 内が高温となっているため、過早着火等の異常燃焼を回避すべく、図 11 (A) に示すように、高圧リタード噴射を実行する。これにより、異常燃焼を回避しつつ、圧縮着火燃焼の安定化が図られる。

【0088】

こうして燃料カット制御が終了し、その後は、前述の運転領域に応じた運転モードでエンジン 1 が運転される。

【0089】

したがって、実施形態 1 のエンジン 1 は、気筒 18 を有するエンジン本体と、前記気筒 18 内に燃料を噴射するように構成されたインジェクタ 67 と、前記気筒 18 内に臨んで

50



配設され、該気筒 18 内の混合気に点火するように構成された点火プラグ 25 と、EGR ガスを前記気筒 18 内に導入するように構成された排気還流機構（排気弁 22 及び V V L 71）と、少なくとも前記インジェクタ 67、前記点火プラグ 25 及び前記排気還流機構を制御することによって前記エンジン本体を運転するように構成された P C M 10 とを備え、前記 P C M 10 は、少なくとも前記エンジン本体の運転状態が所定の低負荷領域にあるときに、前記気筒 18 内の混合気を自着火により燃焼させる圧縮着火燃焼を行って前記エンジン本体を運転し、アクセルがオフの状態における前記エンジン本体の減速時に、前記インジェクタ 67 からの燃料噴射を停止して燃料カットを実行し、該エンジン本体の回転数が所定値まで低下したときに該インジェクタ 67 の燃料噴射を再開させるように構成されており、前記燃料カット中に、前記排気還流機構を作動させることにより EGR ガスを前記気筒 18 内に導入し、前記インジェクタ 67 の燃料噴射を再開させるときには、前記排気還流機構を作動させつつ前記点火プラグ 25 を作動させて火花点火燃焼により前記エンジン本体を運転した後、前記圧縮着火燃焼による該エンジン本体の運転に移行する。

【0090】

この構成によれば、燃料カット中は気筒 18 に EGR ガスが導入される。燃料カット中は燃焼が行われないため気筒 18 内の温度が低下する傾向にあるが、EGR ガスを導入することによって燃料カット直後の気筒 18 内の温度低下を抑制することができる。

【0091】

また、燃料カット及び EGR ガスの導入が継続されると、燃料カット中は既燃ガスが生成されないため、気筒 18 内の混合気に含まれる既燃ガスの割合が徐々に低下し、新気の割合が増加していく。その結果、燃料噴射を再開し、火花点火燃焼を実行するときには、新気を或る程度確保することができる。これにより、火花点火燃焼の着火性を向上させることができる。また、前述の如く、EGR ガスの導入により気筒 18 内の温度低下を可及的に抑制していることも、火花点火燃焼の着火性を向上に寄与している。

【0092】

火花点火燃焼の着火性を向上させることができると、火花点火燃焼により気筒 18 内の温度を十分に上昇させることができ、その後続く圧縮着火燃焼を安定的に実行することができる。

【0093】

また、前記排気還流機構は、複数設けられ、複数の前記排気還流機構は、排気ガスを前記気筒 18 内に導入する方式が互いに異なっており、前記 P C M 10 は、前記エンジン本体の運転状態が前記所定の低負荷領域にあるときに、前記排気還流機構の少なくとも 1 つを作動させることにより EGR ガスを前記気筒 18 内に導入しており、前記燃料カット中に作動させる前記排気還流機構を、前記所定の低負荷領域で作動させる前記排気還流機構と同じにする。

【0094】

例えば、前記実施形態では、排気還流機構として、排気弁 22 及び V V L 71 を有し、内部 EGR を行う第 1 排気還流機構と、EGR 通路 50、主通路 51、EGR 弁 511、EGR クーラ 52、EGR クーラバイパス通路 53 及び EGR クーラバイパス弁 531 を有し、外部 EGR を行う第 2 排気還流機構とがある。そして、燃料カット中の排気還流機構を、前記所定の低負荷領域で作動させる排気還流機構と同じにしている。つまり、内部 EGR を行う第 1 排気還流機構で共通にしている。こうすることで、燃料カットから燃焼噴射再開に移行するときに、EGR の方式が変更されないので、EGR ガスの導入を円滑に行うことができ、トルクショック等を抑制することができる。

【0095】

尚、排気還流機構は、前記のものに限られるものではない。例えば、外部 EGR を行う排気還流機構としては、EGR クーラバイパス通路を備えてないものであってもよい。また、内部 EGR を行う排気還流機構としては、吸気弁と該吸気弁の動弁機構とを有し、吸気弁を排気行程及び吸気行程のそれぞれにおいて開弁させる吸気の二度開きを行うものであってもよく、吸気弁と排気弁と該吸気弁及び排気弁をそれぞれ駆動する動弁機構とを有

10

20

30

40

50

し、排気行程乃至吸気行程において吸気弁及び排気弁の双方を閉じるネガティブオーバーラップ期間を設けるものであってもよい。

【 0 0 9 6 】

また、前記エンジン 1 は、前記気筒 1 8 に開口する排気ポート 1 7 を開閉する排気弁 2 2 と、前記排気弁 2 2 を駆動する V V L 7 1 とをさらに備え、前記エンジン本体の運転状態が前記所定の低負荷領域にあるときに作動させる前記排気還流機構は、前記排気弁 2 2 及び V V L 7 1 であって、該排気弁 2 2 を排気行程及び吸気行程のそれぞれにおいて開弁させる排気の二度開きを行うように構成されている。

【 0 0 9 7 】

つまり、このエンジン 1 では、燃料噴射の再開条件を満たすときのエンジン 1 の運転状態は、前記領域 ( 1 ) に含まれ、領域 ( 1 ) において作動させる排気還流機構は、排気弁 2 2 及び V V L 7 1 である。そして、燃料カットを実行するときの排気還流機構も、領域 ( 1 ) と同じ、排気弁 2 2 及び V V L 7 1 である。このように排気の二度開きを採用することによって、既燃ガスの熱を気筒 1 8 の温度維持に有効に活用することができる。つまり、外部 E G R の場合は、既燃ガスが E G R 通路 5 0 や吸気ポート 1 6 を流通し、吸気の二度開きの場合も同様に、既燃ガスが吸気ポート 1 6 に還流される。それに対し、排気の二度開きの場合は、既燃ガスが排気ポート 1 7 に一旦排出される。排気ポート 1 7 は E G R 通路 5 0 や吸気ポート 1 6 に比べて高温なので、既燃ガスから外部へ逃げる熱を低減することができる。さらには、燃料カットが継続すると、E G R ガス中の既燃ガスの割合が減少して、E G R ガスの温度が低下し、E G R ガスの温度が排気ポート 1 7 等よりも低くなる場合もある。ここで、吸気ポート 1 6、排気ポート 1 7 及び E G R 通路 5 0 の中では排気ポート 1 7 の温度が最も高いので、排気の二度開きを採用することによって、混合気の一部が気筒 1 8 から排出され、E G R ガスとして気筒 1 8 内へ戻ってくる間により多くの熱を吸収して気筒 1 8 内へ戻ってくるようになる。

【 0 0 9 8 】

さらに、燃料噴射の再開後の吸気の充填効率の点からも排気の二度開きが有利である。つまり、吸気の二度開きを採用すると、吸気ポート 1 6 及びその周辺を既燃ガスにより加熱することになる。その結果、吸気の充填効率が悪化してしまう。それに対して、排気の二度開きであれば、既燃ガスによる吸気ポート 1 6 の加熱が生じないので、充填効率の悪化を回避することができる。

【 0 0 9 9 】

《参考形態》

続いて、参考形態について説明する。

【 0 1 0 0 】

参考形態は、燃料カット中の E G R の方式が実施形態 1 と異なる。エンジン 1 の構成及び燃料カットの流れは、実施形態 1 と同様である。以下、図 1 2 ~ 1 5 を参照しながら、参考形態に係るエンジン 1 の減速時燃料カットについて説明する。図 1 2 ~ 1 5 は、参考形態に係るエンジンの各要素の状態を示す図である。図 1 2 ~ 1 5 の各図における ( A ) は、燃料噴射タイミング及び筒内の圧力変化、並びに、火花点火を行う場合には火花点火タイミングを、( B ) は、吸気弁のリフト量 ( 破線 ) 及び排気弁のリフト量 ( 実線 ) を、( C ) は、スロットル弁の開度を、( D ) は、気筒内の成分を、( E ) は、E G R 弁の開度を、( F ) は、E G R クーラバイパス弁の開度を示している。

【 0 1 0 1 】

以下の説明では、前記領域 ( 4 ) において S I モードでエンジン 1 を運転している状態から燃料カットを行う場合について説明する。

【 0 1 0 2 】

この説明においては、実行条件成立前は、エンジン 1 は領域 ( 4 ) の比較的低負荷域で運転している。つまり、図 1 2 ( E ) , ( F ) に示すように、E G R 弁 5 1 1 及び E G R クーラバイパス弁 5 3 1 のそれぞれが所定の開度で開かれている。そのため、気筒 1 8 内

10

20

30

40

50

は、図12(D)に示すように、外部EGRによりEGRガスが導入されている。

【0103】

そして、実行条件が成立し、燃料カットを実行した後、外部EGRによりEGRガスを気筒18内に導入する。この処理は、図7のステップS3に相当する。具体的には、PCM10は、図13(E)、(F)に示すように、EGR弁511を全閉にし、EGRクーラバイパス弁531を全開にする。これにより、図13(D)に示すように、気筒18内にはホットEGRガスが導入され、気筒18内の温度低下が抑制される。このとき、実施形態1のような排気の二度開きは実行されない(図13(B)参照)。

【0104】

尚、EGR弁511及びEGRクーラバイパス弁531は、前記の状態に限られるものではない。例えば、EGR弁511を開いていてもよい。EGR弁511を開くと、クールドEGRガスが気筒18内に導入される。クールドEGRガスは新気に比べて高温であるため、EGRガスを気筒18に導入しない構成、即ち、気筒18内に新気だけが導入される構成と比較して、気筒18内の温度の低減を抑制することができる。

【0105】

その後、再開条件が成立すると(ステップS4)、燃料供給及び燃焼を再開する(ステップS5)。詳しくは、PCM10は、図14(A)に示すように、SIモードで燃焼を再開する。このとき、PCM10は、図14(E)、(F)に示すように、外部EGRによるEGRガスの導入を継続している。

【0106】

そして、SIモードを1サイクルだけ実行した後、CIモードに移行する(ステップS6)。このとき、PCM10は、図15(E)、(F)に示すように、外部EGRによるEGRガスの導入を継続している。

【0107】

したがって、参考形態のエンジン1は、気筒18を有するエンジン本体と、前記気筒18内に燃料を噴射するように構成されたインジェクタ67と、前記気筒18内に臨んで配設され、該気筒18内の混合気に点火するように構成された点火プラグ25と、EGRガスを前記気筒18内に導入するように構成された排気還流機構(EGR通路50、EGR弁511及びEGRクーラバイパス弁531)と、少なくとも前記インジェクタ67、前記点火プラグ25及び前記排気還流機構を制御することによって前記エンジン本体を運転するように構成されたPCM10とを備え、前記PCM10は、少なくとも前記エンジン本体の運転状態が所定の低負荷領域にあるときに、前記気筒18内の混合気を自着火により燃焼させる圧縮着火燃焼を行って前記エンジン本体を運転し、アクセルがオフの状態における前記エンジン本体の減速時に、前記インジェクタ67からの燃料噴射を停止して燃料カットを実行し、該エンジン本体の回転数が所定値まで低下したときに該インジェクタ67の燃料噴射を再開させるように構成されており、前記燃料カット中に、前記排気還流機構を作動させることによりEGRガスを前記気筒18内に導入し、前記インジェクタ67の燃料噴射を再開させるときには、前記排気還流機構を作動させつつ前記点火プラグ25を作動させて火花点火燃焼により前記エンジン本体を運転した後、前記圧縮着火燃焼による該エンジン本体の運転に移行する。

【0108】

この構成によれば、実施形態1と同様に、火花点火燃焼の着火性を向上させることができ、ひいては、その後続く圧縮着火燃焼を安定的に実行することができる。

【0109】

また、前記排気還流機構は、複数設けられ、複数の前記排気還流機構は、排気ガスを前記気筒内に導入する方式が互いに異なっており、前記PCM10は、前記燃料カット直前に前記排気還流機構の少なくとも1つを作動させていたときには、前記燃料カット中及び前記燃料噴射を再開させる際に作動させる前記排気還流機構を、前記燃料カット直前に作動させていた前記排気還流機構と同じにする。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 1 0 】

例えば、前記実施形態では、排気還流機構として、排気弁 2 2 及び V V L 7 1 を有し、内部 E G R を行う第 1 排気還流機構と、E G R 通路 5 0、主通路 5 1、E G R 弁 5 1 1、E G R クーラ 5 2、E G R クーラバイパス通路 5 3 及び E G R クーラバイパス弁 5 3 1 を有し、外部 E G R を行う第 2 排気還流機構とがある。そして、燃料カット中の排気還流機構を、燃料カット直前に作動させていた排気還流機構と同じにしている。つまり、燃料カット直前に第 2 排気還流機構を作動させていた場合には、燃料カット中及び燃料噴射を再開させる際にも第 2 排気還流機構を作動させる。こうすることで、燃料カット直前から燃料カットに移行するときに、E G R の方式が変更されないので、E G R ガスの導入を円滑に行うことができ、トルクショック等を抑制することができる。尚、燃料カット直前に第 1 排気還流機構を作動させていた場合には、燃料カット中及び燃料噴射を再開させる際にも第 1 排気還流機構を作動させる。

10

## 《その他の実施形態》

前記実施形態 1, 2 では、燃料カット時に全気筒のインジェクタ 6 7 の燃料噴射を一斉に停止しているが、これに限られるものではない。例えば、まず、半分の気筒のインジェクタ 6 7 の燃料噴射を停止し、続いて、残りの気筒のインジェクタ 6 7 の燃料噴射を停止するように、インジェクタ 6 7 の燃料噴射を段階的に停止させてもよい。これにより、燃料カット時のエンジン 1 のトルクショック等を緩和することができる。

## 【 0 1 1 1 】

また、前記の説明では、エンジン 1 が領域 ( 4 ) で運転している状態から燃料カットを実行するケースについて説明しているが、これに限られるものではない。例えば、エンジン 1 が領域 ( 3 ) で運転している状態から燃料カットを実行してもよい。

20

## 【 0 1 1 2 】

前記実施形態 1, 2 では、燃料噴射再開時に S I モードを 1 サイクルのみ行って、C I モードに移行しているが、これに限られるものではない。すなわち、S I モードを数サイクル行ってから、C I モードに移行してもよい。例えば、気筒 1 8 内の温度を監視し、S I モードの燃焼により気筒 1 8 内の温度が所定値以上となったときに C I モードに移行するようにしてもよい。

## 【 0 1 1 3 】

前記実施形態 1 では、再開条件を満たす運転状態においては排気の二度開きによって E G R ガスを導入するように構成されているが、これに限られるものではない。再開条件を満たす運転状態において、吸気の二度開きや外部 E G R によって E G R ガスを導入するものであってもよい。その場合、燃料カット中の E G R ガスの導入も、再開条件を満たす運転状態における E G R の方式に一致させる。

30

## 【 0 1 1 4 】

前記参考形態では、燃料カット直前に外部 E G R による E G R ガスの導入を実行している場合について説明したが、これに限られるものではない。燃料カット直前に、排気の二度開きや吸気の二度開き等の内部 E G R を実行しているものであってもよい。その場合、燃料カット中の E G R ガスの導入も、燃料カット直前の E G R の方式に一致させる。

40

## 【 0 1 1 5 】

あるいは、燃料カット中の E G R の方式を、再開条件を満たす運転状態における E G R の方式とも、燃料カット直前の E G R の方式とも異ならせてもよい。

## 【 0 1 1 6 】

尚、前記実施形態 1, 2 では、燃料カットを行った後に、E G R ガスの導入を行っているが、これに限られるものではない。例えば、E G R ガスの導入を行ってから、燃料カットを行ってもよいし、燃料カットと E G R ガスの導入を同時に行ってもよい。

## 【 0 1 1 7 】

また、その他のステップについても、前述の作用効果を奏する限りにおいては、適時順序を変更したり、並列に処理したりしてもよい。

50

## 【 0 1 1 8 】

また、吸気行程期間内における燃料噴射は、気筒 1 8 内に設けたインジェクタ 6 7 ではなく、別途、吸気ポート 1 6 に設けたポートインジェクタを通じて、吸気ポート 1 6 内に燃料を噴射してもよい。

## 【 0 1 1 9 】

また、エンジン 1 は、直列 4 気筒エンジンに限らず、直列 3 気筒、直列 2 気筒、直列 6 気筒エンジン等に適用してもよい。また、V 型 6 気筒、V 型 8 気筒、水平対向 4 気筒等の各種のエンジンに適用可能である。

## 【 0 1 2 0 】

さらに、前記の説明では、所定の運転領域において混合気の空燃比を理論空燃比 ( 1 ) に設定しているが、混合気の空燃比をリーンに設定してもよい。但し、空燃比を理論空燃比に設定することは、三元触媒の利用が可能になるという利点がある。

10

## 【 0 1 2 1 】

図 4 に示す運転領域は例示であり、これ以外にも様々な運転領域を設けることが可能である。

## 【 0 1 2 2 】

また、高圧リタード噴射は、必要に応じて分割噴射にしてもよく、同様に、吸気行程噴射もまた、必要に応じて分割噴射にしてもよい。これらの分割噴射では、吸気行程と圧縮行程とのそれぞれにおいて燃料を噴射してもよい。

## 【 0 1 2 3 】

以上のように、本出願において開示する技術の例示として、前記実施形態を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されず、適宜、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施の形態にも適用可能である。また、上記実施形態で説明した各構成要素を組み合わせて、新たな実施の形態とすることも可能である。また、添付図面および詳細な説明に記載された構成要素の中には、課題解決のために必須な構成要素だけでなく、上記技術を例示するために、課題解決のためには必須でない構成要素も含まれ得る。そのため、それらの必須ではない構成要素が添付図面や詳細な説明に記載されていることをもって、直ちに、それらの必須ではない構成要素が必須であるとの認定をするべきではない。

20

## 【産業上の利用可能性】

30

## 【 0 1 2 4 】

以上説明したように、ここに開示された技術は、火花点火式直噴エンジンについて有用である。

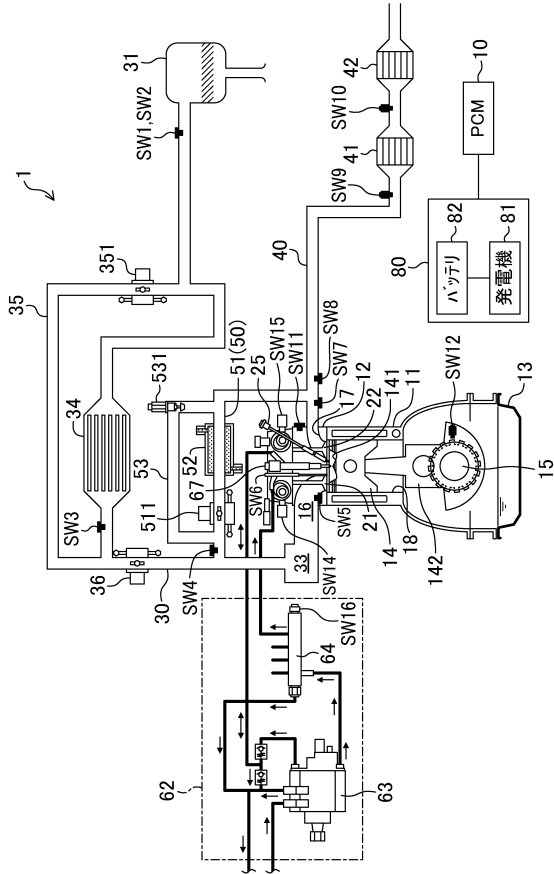
## 【符号の説明】

## 【 0 1 2 5 】

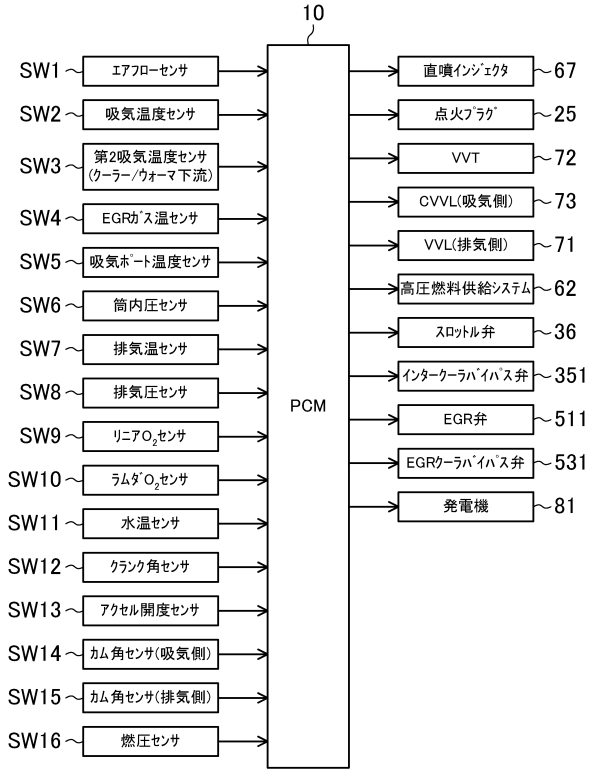
- 1 エンジン ( エンジン本体 )
- 1 0 P C M ( 制御器 )
- 1 7 排気ポート
- 1 8 気筒
- 2 2 排気弁 ( 排気還流機構 )
- 2 5 点火プラグ
- 5 0 E G R 通路 ( 排気還流機構 )
- 5 1 主通路 ( 排気還流機構 )
- 5 1 1 E G R 弁 ( 排気還流機構 )
- 5 2 E G R クーラ ( 排気還流機構 )
- 5 3 E G R クーラバイパス通路 ( 排気還流機構 )
- 5 3 1 E G R クーラバイパス弁 ( 排気還流機構 )
- 6 7 インジェクタ ( 燃料噴射弁 )
- 7 1 V V L ( 排気還流機構 )

40

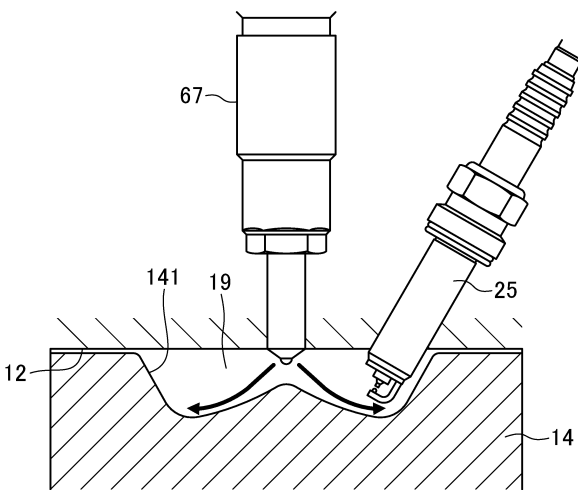
【図1】



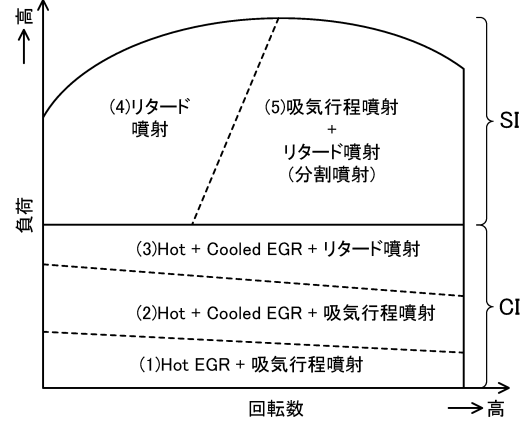
【図2】



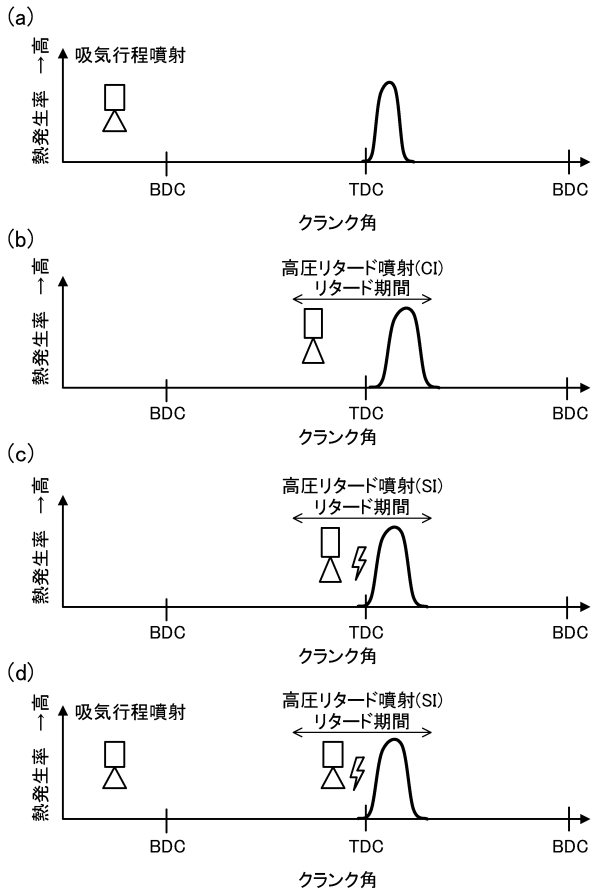
【図3】



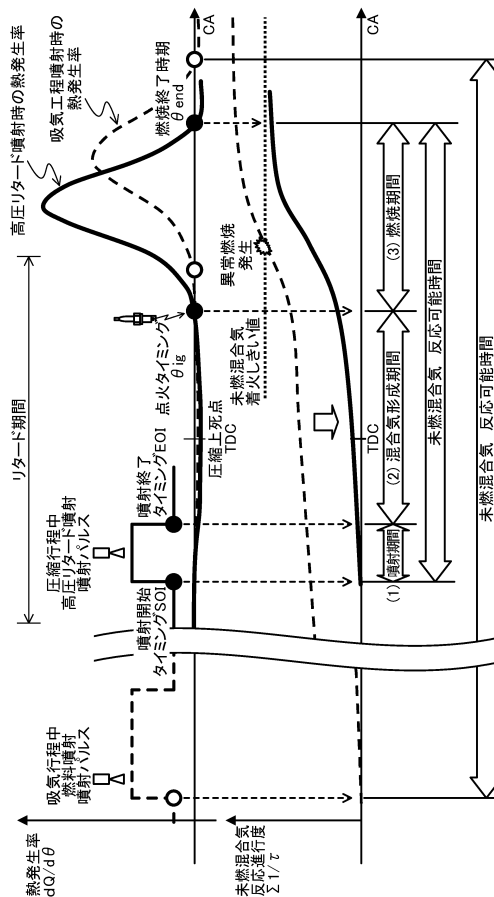
【図4】



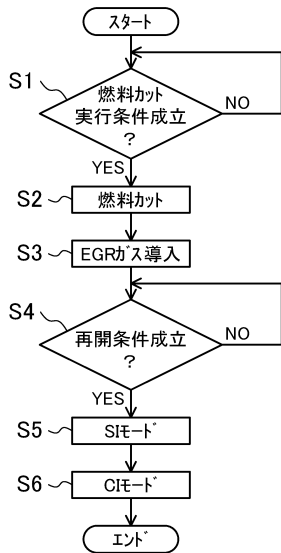
【図 5】



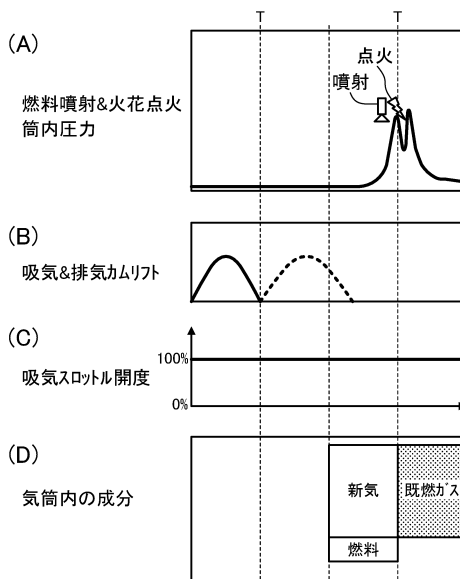
【図 6】



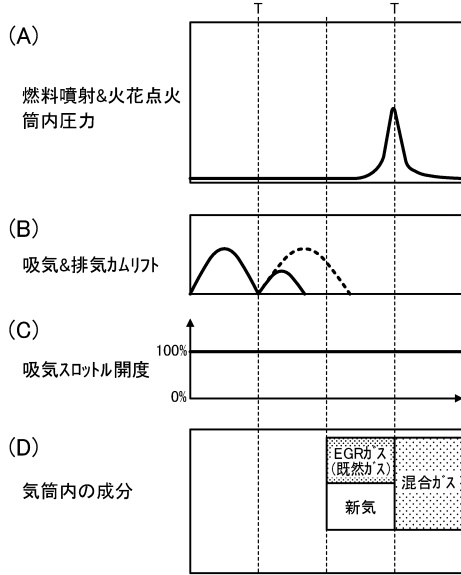
【図 7】



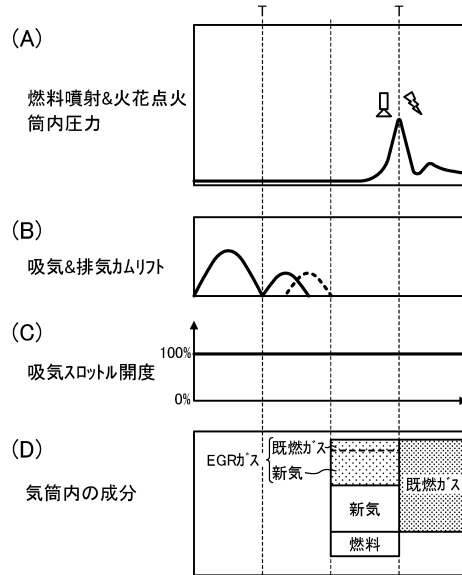
【図 8】



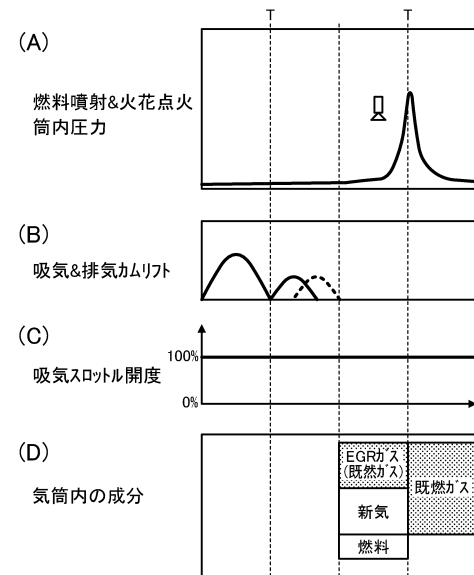
【 図 9 】



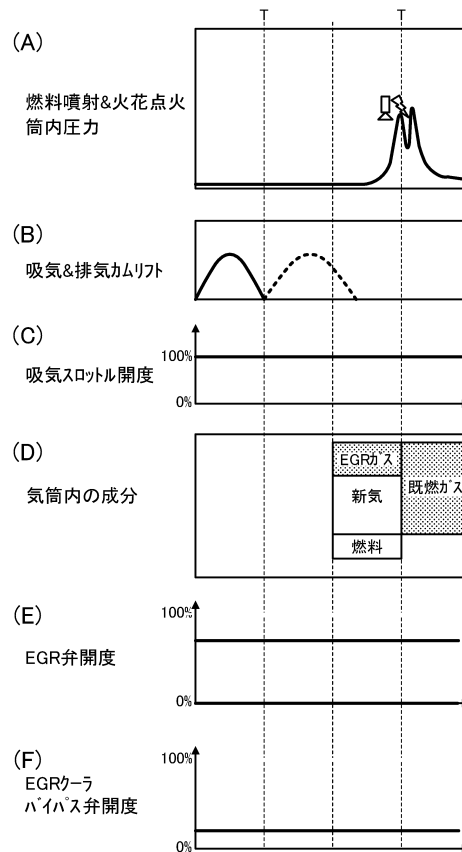
【 図 10 】



【 図 1 1 】

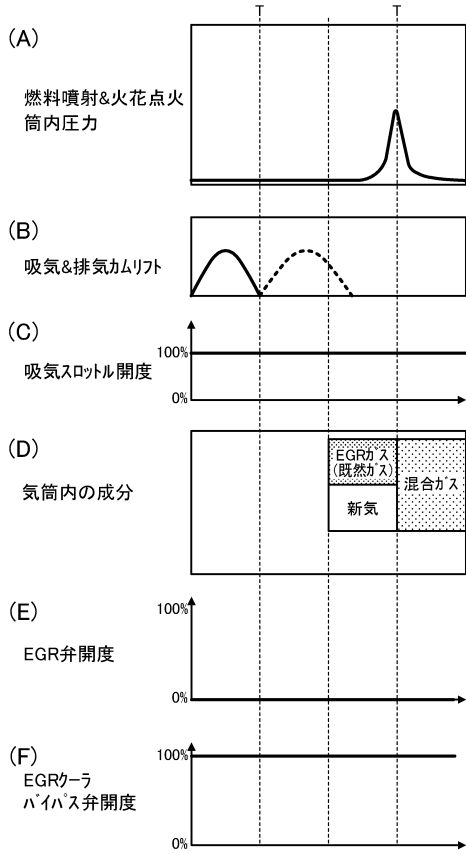


【 図 1 2 】

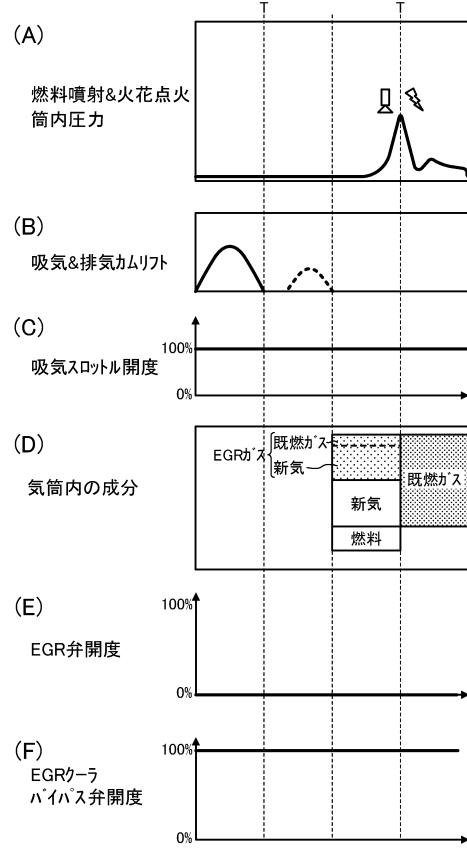




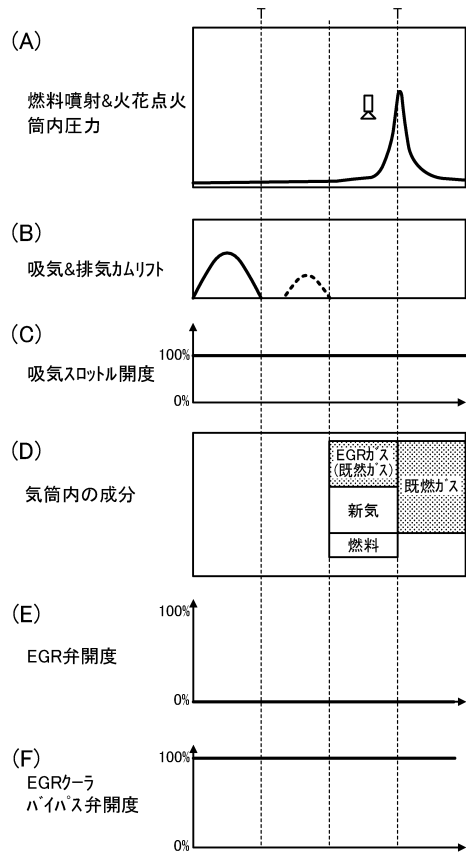
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
<i>F 0 2 D</i>	<i>13/02</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D</i>	<i>43/00</i> <i>3 0 1 H</i>
<i>F 0 2 B</i>	<i>11/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 2 D</i>	<i>43/00</i> <i>3 0 1 N</i>
			<i>F 0 2 D</i>	<i>43/00</i> <i>3 0 1 Z</i>
			<i>F 0 2 D</i>	<i>45/00</i> <i>3 1 2 E</i>
			<i>F 0 2 D</i>	<i>45/00</i> <i>3 1 2 F</i>
			<i>F 0 2 D</i>	<i>45/00</i> <i>3 1 2 J</i>
			<i>F 0 2 D</i>	<i>13/02</i> <i>H</i>
			<i>F 0 2 D</i>	<i>13/02</i> <i>J</i>
			<i>F 0 2 D</i>	<i>13/02</i> <i>K</i>
			<i>F 0 2 B</i>	<i>11/00</i> <i>B</i>

(72)発明者 宮本 浩二  
 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 荒木 啓二  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

審査官 有賀 信

(56)参考文献 特開2009-041540(JP,A)  
 特開2003-148180(JP,A)  
 特開2007-056772(JP,A)  
 特開2004-176637(JP,A)  
 特開2011-185170(JP,A)  
 特開2012-002076(JP,A)  
 米国特許出願公開第2010/0299049(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

<i>F 0 2 D</i>	<i>4 1 / 0 0</i>	<i>4 1 / 4 0</i>
<i>F 0 2 B</i>	<i>1 / 0 0</i>	<i>2 3 / 1 0</i>
<i>F 0 2 D</i>	<i>1 3 / 0 0</i>	<i>2 8 / 0 0</i>
<i>F 0 2 D</i>	<i>4 3 / 0 0</i>	<i>4 5 / 0 0</i>
<i>F 0 2 M</i>	<i>2 5 / 0 6</i>	<i>2 5 / 0 7</i>
<i>F 0 2 B</i>	<i>4 7 / 0 8</i>	<i>4 7 / 1 0</i>