

(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2012-154209
(P2012-154209A)

(43) 公開日 平成24年8月16日(2012.8.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2D 43/00 (2006.01)	FO2D 43/00 3O1J	3G022
FO2M 69/00 (2006.01)	FO2M 69/00 32OF	3G384
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 43/00 3O1B	
FO2P 5/15 (2006.01)	FO2D 45/00 3O1H	
	FO2D 43/00 3O1N	
審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 27 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2011-12294 (P2011-12294)	(71) 出願人	509186579
(22) 出願日	平成23年1月24日 (2011.1.24)		日立オートモティブシステムズ株式会社
			茨城県ひたちなか市高場2520番地
		(74) 代理人	100091096
			弁理士 平木 祐輔
		(74) 代理人	100105463
			弁理士 関谷 三男
		(74) 代理人	100102576
			弁理士 渡辺 敏章
		(72) 発明者	助川 義寛
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
			式会社日立製作所日立研究所内
		(72) 発明者	村上 智之
			群馬県伊勢崎市柏川町1671番地1 日
			立オートモティブシステムズ株式会社内
			最終頁に続く

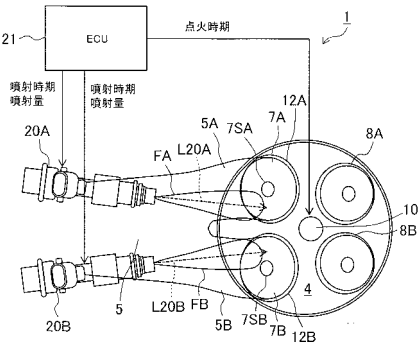
(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置及び内燃機関

(57) 【要約】

【課題】 ポート噴射式火花点火式内燃機関において、成層運転モードと非成層運転モードを容易に切り替えることのできる内燃機関の制御装置を提供する。

【解決手段】 燃料噴射弁20から噴射される噴霧燃料Fの噴射方向L20を2つの吸気弁7A、7Bの中心よりも気筒11の中心側へ向け、排気行程内で燃料噴射を終了する成層運転モードと圧縮行程から排気行程内で燃料噴射を終了する非成層運転モードによって燃料噴射弁20の噴射時期を制御し、成層運転モード時の燃料噴射弁20の噴射終了時期を、燃料噴射期間が成層運転モード時と同じ若しくはそれよりも短い非成層運転モード時の噴射終了時期よりも遅くする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2つの吸気開口部を有する気筒と、該気筒に接続され、前記2つの吸気開口部を介して前記気筒の燃焼室とそれぞれ連通される2つの吸気通路と、該2つの吸気通路内にそれぞれ配されて前記吸気開口部を開閉する2つの吸気弁と、前記2つの吸気通路内に燃料を噴射する1つ以上の燃料噴射弁とを備える内燃機関の制御装置であって、

前記燃料噴射弁は、噴射される噴霧燃料の噴射方向が前記2つの吸気弁の中心よりも該2つの吸気弁の中心を結ぶ線分の中点寄りに設定され、

前記制御装置は、少なくとも排気行程内で燃料噴射を終了する成層運転モードと、圧縮行程から排気行程までの間で燃料噴射を終了する非成層運転モードとで、前記燃料噴射弁の噴射時期を制御しており、

前記成層運転モードにおける前記燃料噴射弁の噴射終了時期は、該燃料噴射弁の燃料噴射期間が該成層運転モードと同じ若しくはそれよりも短い前記非成層運転モードにおける前記燃料噴射弁の噴射終了時期よりも相対的に遅いことを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 2】

前記燃料噴射弁は2つであって、2つの該燃料噴射弁からそれぞれ異なる吸気通路内に前記燃料が噴射され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】

前記燃料噴射弁は、該燃料噴射弁から2つの噴射方向に噴霧燃料を噴射し、前記2つの噴射方向に噴射された噴霧燃料がそれぞれ異なる吸気通路内に供給され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 4】

前記燃料噴射弁は、該燃料噴射弁が備える複数の噴口から旋回した燃料を噴射する噴射ノズルを有することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 5】

燃料噴射弁から噴射される噴霧燃料の噴口での軸方向平均速度を V 、ザウタ平均粒径を d 、噴口から吸気弁までの距離を L 、液相燃料密度を ρ 、空気粘性係数を μ としたときに、これらで定義されるストークス数 $St = \rho d^2 V / (18 \mu L)$ が1以下であることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 6】

点火時期が圧縮行程上死点以降の場合には、成層運転モードで前記燃料噴射弁を制御することを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 7】

内燃機関暖機時には成層運転モードとすると共に点火時期を圧縮行程上死点以降にし、内燃機関暖機終了時には非成層運転モードとすると共に前記点火時期を圧縮行程上死点より早くすることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 8】

前記内燃機関の冷却水温度、排気温度、触媒温度の少なくともいずれか1つが所定の温度よりも低い場合には成層運転モードとすると共に点火時期を圧縮行程上死点以降にし、前記内燃機関の冷却水温度、排気温度、触媒温度の少なくともいずれか1つが所定の温度を越えた場合には非成層運転モードへ移行すると共に前記点火時期を圧縮行程上死点より早くすることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 9】

前記気筒の燃焼室内のEGR率が所定のEGR率より高い側に少なくとも成層運転モードを設け、前記気筒の燃焼室内のEGR率が所定のEGR率より低い側に少なくとも非成層運転モードを設けたことを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 10】

前記内燃機関の制御装置は、前記2つの吸気通路の上流部に設けられたスロットル弁と

10

20

30

40

50

、前記 2 つの吸気通路と排気通路とを繋ぐ E G R 管を流れる排ガス流量を調整するための E G R 弁とをさらに備え、

前記スロットル弁の開度一定において、前記 E G R 弁開度が所定の開度より大きい側に少なくとも成層運転モードを設け、前記 E G R 弁開度が所定の開度より小さい側に少なくとも非成層運転モードを設けたことを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 1 1】

前記内燃機関の制御装置は、前記 2 つの吸気通路の上流部に設けられたスロットル弁と、前記 2 つの吸気通路と排気通路とを繋ぐ E G R 管を流れる排ガス流量を調整するための E G R 弁とをさらに備え、

前記 E G R 弁の開度一定において、前記スロットル弁開度が所定の開度より小さい側に少なくとも成層運転モードを設け、前記スロットル弁開度が所定の開度より大きい側に少なくとも非成層運転モードを設けたことを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 1 2】

前記成層運転モードにおいて、前記吸気弁の開弁開始時期を吸気上死点以降とすることを特徴とする請求項 1 ～ 1 1 のいずれかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 1 3】

前記成層運転モードにおいて、前記吸気弁の開弁開始時期を吸気上死点以降とし、前記非成層運転モードにおいて、前記吸気弁の開弁開始時期を吸気上死点以前とすることを特徴とする請求項 1 ～ 1 1 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 1 4】

2 つの吸気開口部を有する気筒と、該気筒に接続され、前記 2 つの吸気開口部を介して前記気筒の燃焼室とそれぞれ連通される 2 つの吸気通路と、該 2 つの吸気通路内にそれぞれ配されて前記吸気開口部を開閉する 2 つの吸気弁と、前記 2 つの吸気通路内に燃料を噴射する 1 つ以上の燃料噴射弁とを備える内燃機関の制御装置であって、

前記燃料噴射弁は、噴射される噴霧燃料の噴射方向が前記 2 つの吸気弁の中心よりも該 2 つの吸気弁の中心を結ぶ線分の中点寄りに設定され、

前記制御装置は、吸気上死点前に燃料噴射が終了する同一噴射継続時間または同一噴射量における燃料噴射弁の噴射終了時期を、排気行程の後期と該排気行程の後期よりも進角時期に切り替えることで、前記燃料噴射弁の噴射時期を制御することを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 1 5】

前記燃料噴射弁の噴射終了時期を排気行程の後期にしたときに、前記吸気弁の開弁開始時期を排気弁の閉弁時期以降にすることを特徴とする請求項 1 4 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 1 6】

前記燃料噴射弁の噴射終了時期を排気行程の後期より進角時期にしたときに、前記吸気弁の開弁開始時期を前記排気弁の閉弁時期よりも早くすることを特徴とする請求項 1 5 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 1 7】

2 つの吸気開口部を有する気筒と、該気筒に接続され、前記 2 つの吸気開口部を介して前記気筒の燃焼室とそれぞれ連通される 2 つの吸気通路と、該 2 つの吸気通路内にそれぞれ配されて前記吸気開口部を開閉する 2 つの吸気弁と、前記 2 つの吸気通路内に燃料を噴射する 1 つ以上の燃料噴射弁とを備える内燃機関であって、

前記燃料噴射弁は、噴射される噴霧燃料の噴射方向が前記 2 つの吸気弁の中心よりも該 2 つの吸気弁の中心を結ぶ線分の中点寄りに設定されていることを特徴とする内燃機関。

【請求項 1 8】

前記燃料噴射弁は 2 つであって、2 つの該燃料噴射弁からそれぞれ異なる吸気通路内に前記燃料が噴射されることを特徴とする請求項 1 7 に記載の内燃機関。

【請求項 19】

前記燃料噴射弁は、該燃料噴射弁から2つの噴射方向に噴霧燃料を噴射し、前記2つの噴射方向に噴射された噴霧燃料がそれぞれ異なる吸気通路内に供給されることを特徴とする請求項17に記載の内燃機関。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は内燃機関の制御装置及び内燃機関に関し、特に成層燃焼と均質燃焼を容易に切り替えることのできる内燃機関の制御装置及び内燃機関に関する。

【背景技術】

10

【0002】

火花点火式内燃機関においては、燃焼室内での混合気の燃料濃度を均一にして燃焼させる均質運転モードと、点火プラグ周りの燃料濃度を他の部分よりも高くして燃焼させる成層運転モードがあることが知られている。均質燃焼モードでは燃料と空気が良く混じった状態で燃焼するため、不完全燃焼や煤の排出が少ないといった特長がある。その一方で、成層燃焼モードでは混合気への着火性が良く、また初期の火炎伝播速度が早いことから、燃料の着火や初期火炎伝播の不良に伴うサイクル変動を抑制できるといった特長がある。従って、希薄な混合気や大量の排気再循環（EGR）ガスによって希釈された混合気を安定的に燃焼させたい場合にはこの成層燃焼モードが使用されている。また、火花点火式内燃機関では、冷間始動直後において触媒を早く活性化させるために点火時期を膨張行程の初期にまで遅角化する事が知られており、この点火遅角時においても燃焼を安定化させるために前記成層運転モードが使用されている。このように、均質運転モードと成層運転モードにはそれぞれ異なる特長があることから、要求される運転状態に応じて内燃機関の運転モードを均質運転モードと成層運転モードで切り替えることが望ましい。

20

【0003】

ポート噴射式の火花点火式内燃機関において均質運転モードと成層運転モードを切り替える従来技術が、例えば特許文献1に開示されている。この従来技術は、2つの吸気ポートのそれぞれに備えられた燃料噴射弁から噴射された噴霧燃料が燃焼室の内部で交差するようにその噴射方向を設定し、燃焼形態を均質燃焼とする場合には吸気行程以前に燃料を噴射し、燃焼形態を成層燃焼とする場合には吸気行程で燃料を噴射するものである。これにより、吸気行程で2つの燃料噴射弁から噴射された噴霧燃料が燃焼室内で互いに衝突し、燃料が微粒化すると共に燃焼室への燃料の拡散が抑制されることで、燃焼室内で成層混合気が形成される。

30

【0004】

また、ポート噴射式の火花点火式内燃機関において成層混合気を形成する別の従来技術が、特許文献2に開示されている。この従来技術は、着火手段側通路と反着火手段側通路に二分する隔壁を吸気ポートに設けると共に、この隔壁が吸気弁のステムよりも上流側の吸気ポートのほぼ全域に亘るように形成されているものである。このように吸気ポート内に隔壁を設けることで、運転条件に関わらず常に燃焼室内で成層混合気を形成することができる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-216004号公報

【特許文献2】特開平6-108951号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、吸気行程で燃料を噴射すると、吸気弁の開口部を介して多くの噴霧燃料が直接燃焼室に流入する。一般に、噴霧燃料には様々な粒径の液滴が含まれているため、吸気

50

行程で燃料を噴射すると、比較的粒径の大きな液滴も直接燃焼室に流入することになる。このような粒径の大きな液滴は強い慣性力を有し、燃焼室の壁面に衝突して液膜を形成し易く、燃焼室の壁面で液膜となった燃料は蒸発し難いため、未燃HCや煤となって排出される可能性が高い。特許文献1に開示されている内燃機関においては、噴霧燃料を燃焼室内で衝突させることによって燃焼室壁面まで到達する液滴を減少させることができるものの、衝突によって二次的に飛散した液滴が壁面に付着するという問題がある。また、互いの噴霧燃料を燃焼室内で衝突させるために正確に燃料の噴射方向を規定する必要がある、内燃機関の製作公差が厳しくなるという問題もある。さらに、吸気行程で燃料を噴射すると、噴霧燃料の挙動が吸気行程で生じるガス流動に影響を受け易いため、内燃機関の回転数や負荷に対するロバスト性が低下するという問題もある。

10

【0007】

また、特許文献2に開示されている内燃機関においては、運転条件に関わらず常に成層混合気を形成することができるものの、既述した均質混合気の長所を享受することができない。また、吸気ポート内に隔壁を設けることで吸気ポートの流量係数が小さくなり、内燃機関の出力が低下するという問題や、内燃機関の製作工数が増加するという問題が生じる。

【0008】

本発明は、前記問題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、内燃機関の性能低下を抑制しながら、容易に成層運転モードと非成層運転モード（均質運転モード）を切り替えることのできる内燃機関の制御装置及び内燃機関を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記する課題を解決するために、本発明にかかる内燃機関の制御装置は、2つの吸気開口部を有する気筒と、該気筒に接続され、前記2つの吸気開口部を介して前記気筒の燃焼室とそれぞれ連通される2つの吸気通路と、該2つの吸気通路内にそれぞれ配されて前記吸気開口部を開閉する2つの吸気弁と、前記2つの吸気通路内に燃料を噴射する1つ以上の燃料噴射弁とを備える内燃機関の制御装置であって、前記燃料噴射弁は、噴射される噴霧燃料の噴射方向が前記2つの吸気弁の中心よりも該2つの吸気弁の中心を結ぶ線分の中点寄りに設定されているものである。

【0010】

30

上記する形態によれば、排気行程内で燃料噴射弁から2つの吸気弁の中心よりも前記2つの吸気弁の中心を結ぶ線分の中点寄りに燃料が噴射されることで、吸気弁の気筒中心側の表面近傍で多くの燃料液滴が浮遊する。ここで、噴射終了時期から吸気上死点までの期間が長いと、浮遊液滴が吸気弁表面全体に分散する。この状態で吸気弁が開いて吸気行程が始まると、燃料液滴は燃焼室内に均等に分散して均質混合気が形成されることとなる。一方、噴射終了時期を遅らせて噴射終了時期から吸気上死点までの期間を短くすると、浮遊液滴が吸気弁表面全体に分散する前に吸気行程が開始されて、吸気弁の気筒中心側の開口部からより多くの燃料液滴が燃焼室内に入るため、成層混合気が形成されることとなる。このように、吸気行程が開始する前に燃料を噴射することで、粒径が比較的大きな液滴が吸気弁上に付着し、粒径が比較的小さな液滴が選択的に吸気行程に流入して、未燃HCや煤の排出の原因となる燃焼室壁面への燃料付着を抑制することができる。

40

【発明の効果】

【0011】

以上の説明から理解できるように、本発明によれば、燃料噴射時期によって均質混合気と成層混合気の形成を容易に切り替えることができる。また、吸気ポート内の付加的な隔壁等が不要となると共に、内燃機関の出力や燃費の低下、内燃機関の製作工数の増大を抑制することができる。

【0012】

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

50

【0013】

【図1】本発明に係る内燃機関の制御装置の実施例1が適用される内燃機関全体の縦断面図。

【図2】図1で示す内燃機関の燃料噴射部分の拡大上部平面図。

【図3】図2で示す燃料噴射弁の燃料噴射方向を示した図。

【図4】図2で示す燃料噴射弁から噴射される噴霧燃料の流量フラックス分布を説明した図であり、(a)は燃料噴射弁から噴射される噴霧燃料の定義を説明した図、(b)～(d)はそれぞれ噴霧燃料の形態毎の流量フラックス分布を説明した等高線図。

【図5】図1で示す内燃機関のサイクルと吸気弁及び排気弁の開弁時期との関係を示した図。

10

【図6】図1で示す内燃機関始動後の制御フロー図。

【図7】図6で示す制御フローに基づいた制御操作の推移を時系列で示した図。

【図8】図6で示す制御フローに基づいた燃料噴射時期と燃料点火時期を示した図であり、(a)は暖機モード時(成層運転モード)の燃料噴射時期と燃料点火時期を示した図、(b)は暖機モード終了時(非成層運転モード)の燃料噴射時期と燃料点火時期を示した図。

【図9】実施例1における暖機モード時(成層運転モード)の噴霧燃料の形態を示した図であり、(a)は吸気上死点の噴霧燃料の形態を示した図、(b)は吸気行程初期の噴霧燃料の形態を示した図。

【図10】図9(a)で示す噴霧燃料の形態を排気側から見た模式図。

20

【図11】図1で示す内燃機関における、吸気行程から圧縮行程の燃焼室内の空気流動を模式的に示した斜視図。

【図12】図1で示す内燃機関における、暖機モード時(成層運転モード)の燃料点火時期における燃焼室内の混合気分布を模式的に示した斜視図。

【図13】実施例1における暖機モード終了時(非成層運転モード)の噴霧燃料の形態を示した図であり、(a)は燃料噴射終了と吸気上死点の中間時期の噴霧燃料の形態を示した図、(b)は吸気上死点の噴霧燃料の形態を示した図、(c)は吸気行程初期の噴霧燃料の形態を示した図。

【図14】図13(a)で示す噴霧燃料の形態を排気側から見た模式図。

【図15】図13(b)における吸気弁近傍の空気流動を示した模式図。

30

【図16】ストローク数と燃料の壁面付着率との関係を示した図。

【図17】ストローク数が1の場合の、燃料噴射速度とザウタ平均粒径の関係を示した図。

【図18】実施例1に適した燃料噴射弁のノズル先端部の形態を示した縦断面図。

【図19】図18のB-B矢視図であって、オリフィスプレートと燃料の流動を説明した図。

【図20】図18で示す噴口から噴射される液膜を説明した縦断面図。

【図21】本発明に係る内燃機関の制御装置の実施例2が適用される内燃機関の燃料噴射部分の拡大上部平面図。

【図22】噴霧燃料の形態を説明した図であり、(a)は噴霧燃料の中心軸を説明した図、(b)は噴霧燃料の流量フラックス分布を説明した等高線図、(c)は(b)で示す流量フラックスの積算を説明した図。

40

【図23】本発明に係る内燃機関の制御装置の実施例3が適用される内燃機関の燃料噴射部分の拡大上部平面図。

【図24】図23で示す燃料噴射弁の噴射コーン角を説明した図。

【図25】本発明に係る内燃機関の制御装置の実施例4が適用される内燃機関における、回転数とトルクに対するEGR量の設定を説明した図。

【図26】実施例4におけるEGR運転時の制御フロー図。

【図27】実施例4におけるEGR弁開度とスロットル弁開度に対する成層運転モードと非成層運転モードの設定領域を説明した図。

50

【図 28】実施例 4 における燃料噴射時期と燃料点火時期を示した図であり、(a) は図 27 で示す A 点（非成層運転モード）における燃料噴射時期と燃料点火時期を示した図、(b) は B 点（成層運転モード）における燃料噴射時期と燃料点火時期を示した図。

【図 29】実施例 4 における EGR 弁開度とスロットル弁開度に対する成層運転モードと非成層運転モードの設定領域を説明した図。

【図 30】実施例 4 における燃料噴射時期と燃料点火時期を示した図であり、(a) は図 29 で示す C 点（非成層運転モード）における燃料噴射時期と燃料点火時期を示した図、(b) は D 点（成層運転モード）における燃料噴射時期と燃料点火時期を示した図、(d) は E 点（非成層運転モード）における燃料噴射時期と燃料点火時期を示した図。

【図 31】内燃機関のサイクルに対する吸気弁と排気弁の開閉タイミングを示した図であり、(a) は成層運転モードに適した吸気弁と排気弁の開閉タイミングを示した図、(b) は非成層運転モードに適した吸気弁と排気弁の開閉タイミングを示した図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明に係る内燃機関の制御装置の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0015】

[実施例 1]

まず、図 1～22 を参照して、本発明に係る内燃機関の制御装置の実施例 1 について詳細に説明する。図 1 及び図 2 は、上記する実施例 1 が適用される内燃機関の基本構成を示したものであり、図 1 はその内燃機関全体の縦断面図、図 2 は内燃機関の燃料噴射部分の模式的な拡大上部平面図を示したものである。なお、以下で述べる実施例 1～4 では、内燃機関が備える単一の気筒を抽出して説明するが、それらの実施例は、単気筒及び多気筒の内燃機関に適用することができる。

【0016】

図 1 で示す内燃機関 1 は、シリンダブロック 2 と、シリンダヘッド 9 と、シリンダブロック 2 に挿入されたピストン 3 とを備え、このシリンダブロック 2 とシリンダヘッド 9 から内燃機関 1 の気筒 11 が形成されると共に、気筒 11 内には燃焼室 4 が形成されている。また、吸気ポート 5 と排気ポート 6 とが形成されており、この吸気ポート 5 と排気ポート 6 が気筒 11 に接続され、気筒 11 のシリンダヘッド 9 の吸気開口部 12 と排気開口部 13 を介して燃焼室 4 に開口してこの燃焼室 4 と流体連通されるようになっている。さらに、この吸気開口部 12 と排気開口部 13 を開閉するそれぞれ 2 つの吸気弁 7 と排気弁 8（図 2 参照）が、シリンダヘッド 9 の吸気ポート 5 と排気ポート 6 内に配置されている。なお、図示しない可変バルブタイミング機構（VTC）により、この吸気弁 7 の開弁時期、閉弁時期が変更可能となっている。そして、内燃機関 1 に備えられた燃料噴射弁 20 から吸気ポート 5 内に噴射方向 L20 で噴射された燃料 F は、吸気弁 7 の開弁時には、吸気開口部 12 を介して吸気ポート 5 から燃焼室 4 へ供給されるようになっている。

【0017】

また、吸気ポート 5 の上流部には、燃焼室 4 内に流入する空気の量を調整するためのスロットル弁 26 と空気流量を検出するためのエアフローメータ 27 が設けられている。さらに、排気ポート 6 と吸気ポート 5 とは EGR 管（Exhaust Gas Recirculation：排気ガス再循環装置）28 によって繋がっており、排気ポート 6 の排ガスの一部が EGR 管 28 を通って吸気ポート 5 内へ戻るようになっている。なお、EGR 管 28 を流れる排ガス流量は EGR 弁 29 の開度によって調整される。

【0018】

また、排気ポート 6 の下流部には触媒コンバータ 23 が設けられている。ここで、触媒コンバータ 23 はアルミナやセリアなどの担体に白金やパラジウムなどを塗布した三元触媒システムであり、排ガス中の一酸化炭素（CO）や未燃炭化水素（HC）の酸化反応と窒素酸化物（NO_x）の還元反応によって、これらの有害 3 成分を同時に低減できるものである。なお、触媒コンバータ 23 によって上記排ガスを効率良く浄化するために、触媒

温度を活性化温度（例えば 250℃）以上にすることがある。

【0019】

内燃機関制御ユニット（ECU）21は、マイコンと読み出し専用メモリ（ROM）を主体に構成され、ROM内に記憶された内燃機関制御プログラムを実行することで、燃料噴射弁20による燃料噴射時期や燃料噴射量、点火プラグ10による点火時期、スロットル弁26の開度、EGR弁29の開度、VTC位相角等を制御することができる。また、ECU21は冷却水温度センサ25によって検出された内燃機関の冷却水温度や、触媒温度センサ24によって検出された触媒温度、エアフローメータ27によって検出された空気流量、図示しないアクセルペダルの踏み込み量等を読み込み、これらの読み込み情報は、燃料噴射弁20による燃料噴射時期や燃料噴射量、点火プラグ10による点火時期、スロットル弁26開度、EGR弁29開度、VTC位相角などの制御に利用される。

10

【0020】

また、図2に示すように、実施例1では、分岐吸気ポート（吸気通路）5A、5Bの上流側であって、該分岐吸気ポート5A、5Bが一体となった吸気ポート5に2つの燃料噴射弁20A、20Bが配置されている。そして、燃料噴射弁20Aは吸気開口部12Aの吸気弁7A、燃料噴射弁20Bは吸気開口部12Bの吸気弁7Bに向けて燃料の噴射が可能な位置に配置され、燃焼室4の中心上部には点火プラグ10が設けられている。すなわち、燃料噴射弁20Aから噴射される噴霧燃料FAの噴射方向L20Aは吸気弁7A方向、燃料噴射弁20Bから噴射される噴霧燃料FBの噴射方向L20Bは吸気弁7B方向にそれぞれ指向されている。また、燃料噴射弁20A、20Bから噴射される噴霧燃料FA、FBの液滴の粒径が充分に小さくなるように（例えば、ザウタ平均粒径SMDが20μm程度になるように）、燃料噴射弁20A、20Bのノズル形状や燃料噴射圧力が定められている。なお、吸気弁7A、7Bの中心部には、この吸気弁7A、7Bを軸方向に可動させるための吸気弁ステム7SA、7SBがそれぞれ設けられていると共に、燃料噴霧方向に対して吸気弁7A、7Bの下流側には、吸気弁7A、7Bと同数の排気弁8A、8Bが設けられている。

20

【0021】

次いで、図3及び図4を参照して、燃料噴射弁20によって噴射される噴霧燃料の噴射方向と噴霧形態についてより具体的に説明する。

【0022】

図3は、2つの吸気弁7A、7Bと2つの燃料噴射弁20A、20Bから噴射される噴霧燃料FA、FBの位置関係を模式的に示したものである。図示する実施例1では、2つの吸気弁7A、7Bの中心7AC、7BCを結ぶ線分の中点をCとすると、吸気弁7Aの中心よりも概ね $R/2$ （Rは吸気弁7Aの半径）だけ中点C側に寄った点TAを噴霧燃料FAの中心軸L20Aが通るように燃料噴射弁20Aが取り付けられており、また、吸気弁7Bの中心よりも概ね $R/2$ （Rは吸気弁7Bの半径）だけ中点C側に寄った点TBを噴霧燃料FBの中心軸L20Bが通るように燃料噴射弁20Bが取り付けられている。なお、燃料噴射弁20A、20Bの噴射方向L20A、L20Bが対応する吸気弁7A、7Bの中心7AC、7BCよりも中点C側へ向くように燃料噴射弁20A、20Bが内燃機関1に取り付けられていれば、以下で述べる効果と同様の効果を得ることができる。

30

40

【0023】

図4は、燃料噴射弁20から噴射される噴霧燃料Fの例を示したものであり、図4（a）は燃料噴射弁20から噴射される噴霧燃料Fの定義を説明したものであり、（b）～（d）はそれぞれ噴霧燃料Fの図4（a）におけるA-A矢視図の燃料流量フラックス（単位面積当たりの燃料流量）分布の例を示したものである。ここで、A-A断面は、燃料噴射弁20を内燃機関1に取り付けた際の、燃料噴射弁20のノズルから吸気弁7表面までの距離における断面位置であり、例えばノズル下50～100mmの断面である。

【0024】

図4（a）に示すように、噴霧燃料Fは燃料噴射弁20から噴霧コーン角 θ の角度で噴射され、A-A断面では幅Wを有している。図4（b）はその噴霧燃料Fの形態の一例を

50

示したものであり、A-A断面では噴霧燃料Fの中心で流量の極大値を取り、中心から半径方向外側に向かって直径Wまで同心円状に流量が低下している。なお、A-A断面における噴霧燃料の断面形状はこのような真円に限定するものではなく、例えば図4(c)に示すように、噴霧断面形状は楕円形状であっても良い。また、図4(d)に示すように、噴霧断面内に複数の流量極大値を有する分布であっても良い。また、図示しないが、中空ホロコーン噴霧のように、噴霧燃料の中央部の流量フラックスが周縁部の流量フラックスに比べ小さい噴霧形態であっても良い。さらに、図4(a)に示す噴霧コーン角 θ は、吸気弁位置での噴霧幅Wが吸気弁の半径Rと概ね等しくなるように設定するのが望ましい(図3参照)。

【0025】

ここで、内燃機関1は図5に示すような4サイクル機関であり、吸気、圧縮、膨張、排気の各行程がクランク角180°毎に切り替わるものである。代表的な運転条件(例えば、暖機完了後の低負荷条件時)においては、吸気弁7は吸気行程開始時に開弁し、圧縮行程の初期に閉弁する。また、排気弁8は膨張行程後期に開弁し、排気行程終期に閉弁する。

【0026】

この内燃機関1においては、燃料Fは主に排気行程中に噴射され、点火は主に圧縮行程の後期に行われる。また、燃料噴射弁20からの燃料噴射量は噴射期間(T_i)によって調整されるようになっている。すなわち、燃料噴射量は T_i にほぼ比例し、燃料噴射量が少ない場合には T_i は短く、燃料噴射量が多い場合には T_i は長くなる。例えば全負荷運転時などの燃料噴射量が多い場合には、 T_i は排気行程内に納まらず、燃料噴射弁20からの噴射開始時期は排気行程であっても噴射終了時期は吸気行程内になる場合がある。また、その噴射開始時期は必ずしも排気行程内に限るものではなく、圧縮行程や膨張行程に設定される場合もある。このように、圧縮行程や膨張行程に噴射開始時期を設定すると、排気行程内に燃料噴射を開始する場合と比較して、燃料Fが噴射されてから燃焼室4内に流入するまでの期間が相対的に長くなるため、吸気ポート5内での燃料Fの気化や混合を促進することができる。

【0027】

また、燃料Fを主に排気行程に噴射すると、吸気弁7の熱によって燃料Fの気化を促進することができ、燃焼室4内の壁面への噴霧燃料Fの付着を防止することができる。しかしながら、吸気弁7が開弁している吸気行程で燃料Fを噴射すると、吸気弁7の吸気開口部12を通して燃焼室4内に噴霧燃料Fが直接流入し、その噴霧燃料Fが燃焼室4内の壁面に付着する。特に、噴霧燃料Fの中で粒径が比較的大きな液滴は慣性力が大きく、吸気行程で燃料Fを噴射すると燃焼室4内の壁面に付着し易い。また、吸気行程に燃料噴射すると、吸気ポート5を通して燃焼室4内に流入する空気の流れによって噴霧燃料Fの速度が加速されるため、燃焼室4内の壁面に付着し易くなってしまう。このように、燃焼室4内の壁面に噴霧燃料Fが付着すると、未燃炭化水素(HC)や煤の排出量が増大したり、燃焼室4内面の潤滑オイルが燃料Fによって希釈されてピストン3が焼き付いたりする可能性がある。

【0028】

次に、図6及び図7を参照して、ECU21内の制御プログラムによって実行される内燃機関1の始動後の制御シーケンスについて説明する。

【0029】

図6は、ECU21によって実行される内燃機関1の始動後の制御フローを示したものである。まず始めに、内燃機関1が始動される(S601)。内燃機関1の始動は、セルモータ等によって内燃機関1のクランク軸(不図示)を所定の速度で回転させ、吸気ポート5内に所定量の燃料Fを噴射することで行われる。次いで、ECU21は触媒温度 T_c を触媒温度センサ24の出力から読み込み(S602)、触媒温度 T_c を予め定められた温度 T_a と比較する(S603)。ここで、 T_a は三元触媒の活性化状態を判定するための温度であり、例えば250℃に設定されている。触媒温度 T_c が T_a よりも低い場合に

10

20

30

40

50

は、ECU 21は三元触媒が活性化していないと判断し、暖機モードで内燃機関1を運転する(S604)と共に、S602に戻る。また、触媒温度 T_c が T_a よりも高い場合には、ECU 21は三元触媒が活性化したと判断し、非暖機切り替えを実施する(S605)と共に、その後は非暖機モードで内燃機関1を運転する(S606)。

【0030】

なお、暖機モードか否かの判定については、触媒温度 T_c を用いる以外に、内燃機関1の冷却水温や排気温度を用いても良い。例えば、内燃機関1の冷却水温や排気温度が予め定めた温度よりも低い場合には暖機モードとし、内燃機関1の冷却水温や排気温度が予め定めた温度よりも高い場合には非暖機切り替えを実施してもよい。

【0031】

また、内燃機関1始動からの経過時間を用いて暖機モードか否かの判定を実施してもよい。例えば、経過時間が予め定めた所定時間よりも短い場合には暖機モードとし、経過時間が予め定めた所定時間を超えた場合には非暖機切り替えを実施してもよい。ここで、前記所定時間は、内燃機関1始動時の冷却水温や吸気温度に基づいて定めてもよい。

【0032】

図7は、内燃機関1の始動から非暖機モードまでのアクセル操作(踏み込み)量、そのアクセル操作に対応した内燃機関1の状態、図6に示した制御フローに基づいた制御操作の推移の一例を示したものである。

【0033】

本実施例1では、図7を用いて、時刻 t_0 で内燃機関1を始動し、時刻 $t_0 \sim t_3$ までアクセル踏み込み無し(アクセルOFF)を維持した後、時刻 t_3 でアクセルを一定量踏み込んだ(アクセルON)場合の内燃機関1の運転状態を想定して、この場合の内燃機関トルク、触媒温度 T_c 、燃料噴射終了時期、燃料の点火時期の時間推移の一例について説明する。

【0034】

触媒温度 T_c が活性化判定温度 T_a よりも低い時刻 $t_0 \sim t_1$ では、内燃機関1は暖機モードで運転される。そして、触媒温度 T_c が活性化判定温度 T_a を超えた時刻 $t_1 \sim t_2$ では、内燃機関1は非暖機切り替えを実施し、時刻 t_2 で暖機モードが終了する。したがって、時刻 t_2 以降は内燃機関1は非暖機モードで運転されることとなる。

【0035】

図8は、図6で示す制御フローに基づいた、暖機モード時(時刻 $t_0 \sim t_1$)及び暖機モード終了時(時刻 t_2)における燃料噴射時期と燃料点火時期を示したものであり、図8(a)は暖機モード時の燃料噴射時期と燃料点火時期を示した図、図8(b)は暖機モード終了時の燃料噴射時期と燃料点火時期を示した図である。なお、以下で述べるように、暖機モード時を成層運転モード、暖機モード終了時を非成層運転モードと称することができる。

【0036】

図8(a)に示す暖機モード時(時刻 $t_0 \sim t_1$)においては、燃料噴射 T_{i1} の噴射終了時期 $\theta - IT1$ は排気行程の後期(例えば吸気上死点前 10°)に設定される。また、暖機モード時の点火時期 $\theta - IG1$ は圧縮行程の上死点以降(例えば圧縮上死点后 10°)に設定される。このように、暖機モード時において点火時期を圧縮行程の上死点以降にすることで、燃焼による熱発生時期を遅らせて排気温度を高くすることができ、触媒の昇温を迅速に行って、冷間始動直後の排気有害成分の排出を抑制することができる。

【0037】

図8(b)に示す暖機モード終了時(時刻 t_2)においては、燃料噴射 T_{i2} の噴射終了時期 $\theta - IT2$ は暖機モード時(時刻 $t_0 \sim t_1$)の噴射終了時期 $\theta - IT1$ よりも進角側の排気行程内(例えば吸気上死点前 90°)に設定される。また、暖機モード終了時の点火時期 $\theta - IG2$ は最高トルク発生点火時期(MBT)に設定される。点火時期 $\theta - IG2$ は通常、圧縮行程の後期となり、例えば圧縮上死点前 10° に設定される。ここで、暖機モード終了時の燃料噴射量は内燃機関トルクが暖機モード時と同じになるように設

10

20

30

40

50

定されている。なお、暖機モード終了時の燃料噴射終了時期 $\theta - I T 2$ は排気行程内に限定されるものではなく、圧縮行程または膨張行程内であってもよく、この場合の噴射終了時期 $\theta - I T 2$ が暖機モード時の噴射終了時期 $\theta - I T 1$ よりも進角していることは自明である。

【0038】

ここで、図8(a)と図8(b)を比較すると、暖機モード終了時の燃料噴射期間 $T i 2$ は暖機モードにおける燃料噴射期間 $T i 1$ よりも相対的に短くなっている。これは、暖機モード終了時には既述するようにMBTで内燃機関1が運転され、点火時期をMBTより遅角化した暖機モードよりも燃費が良くなるために、要求燃料噴射量が少なくなること

10

【0039】

なお、図8(a)と図8(b)の間の非暖機切り替え(時刻 $t_1 \sim t_2$)においては、燃料噴射終了時期は図8(a)で示す $\theta - I T 1$ から図8(b)で示す $\theta - I T 2$ に向かって滑らかに進角され、点火時期も $\theta - I G 1$ から $\theta - I G 2$ に向かって滑らかに進角される。また、非暖機切り替え時の燃料噴射量は、暖機モード時の内燃機関トルクが維持されるように燃料噴射時期や点火時期の変化に応じて適宜調整されるようになっている。これらの調整によって、暖機モードから暖機モード終了に移行する際のトルク段差の発生が効果的に防止される。

【0040】

既述するように、本実施例1においては、噴霧燃料Fが2つの吸気弁7の内側に向かうように燃料噴射弁20及び噴射方向L20が設定されると共に、暖機モード時の燃料噴射弁20の噴射終了時期 $\theta - I T 1$ が排気行程内で、かつ暖機モード終了時の燃料噴射弁20の噴射終了時期 $\theta - I T 2$ に対して遅角側に設定されている。以下、このように燃料噴射L20方向を規定し、噴射時期を暖機モードと暖機終了時とで変更することによる作用と効果について説明する。

20

【0041】

まず、図9は、実施例1における暖機モード時の噴霧燃料の形態を示したものであり、図9(a)は吸気上死点の噴霧燃料の形態を示した図、図9(b)は吸気行程初期の噴霧燃料の形態を示した図である。

【0042】

図9(a)に示すように、吸気上死点では、燃料噴射弁20A、20Bから噴射された噴霧燃料FA、FBは、それぞれ分岐吸気ポート5A、5Bを通して吸気弁7A、7Bの中心(吸気弁ステム7SA、7SBの中心)よりも内側(中点C側)に向かう。暖機モード時においては、燃料噴射の終了時期 $\theta - I T 1$ が排気行程後期に設定されているため(図8(a)参照)、噴射終了から吸気上死点までの時間が短く、噴霧燃料FA、FBは吸気弁7A、7Bの内側に偏って分布することになる。図10に示すように、図9(a)における噴霧状態を内燃機関1の排気側から見ると、噴霧燃料FA、FBの粒径が小さいために(例えばザウタ平均粒径が $20 \mu m$)、噴射された噴霧燃料FA、FBは分岐吸気ポート5A、5B内の空気から受ける抵抗力によってその速度が減衰する。そして、噴射された噴霧燃料FA、FBの中で比較的粒径が大きな液滴DLARGEA、DLARGEBは液滴の慣性力が強い

30

40

【0043】

次いで、図9(b)に示すように、吸気行程の初期においては、図9(a)に示す吸気弁7A、7Bの内側に偏って浮遊していた液滴FA、FBが、吸気開口部12A、12Bにおける吸気弁7A、7Bの内側の開口部を通して燃焼室4内へ流入する。ここで、既述

50

したように、噴霧燃料 F A, F B の中で粒径が比較的大きな液滴 D L A R G E A, D L A R G E B は吸気弁 7 A, 7 B の表面に付着するため燃焼室 4 内には流入されず、慣性力が弱い比較的小さな液滴 D S M A L L A, D S M A L L B が燃焼室 4 内に流入する。その結果、燃焼室 4 に入った液滴は燃焼室 4 の壁面には付着し難い。その一方で、図 9 (a) に示すように、吸気弁 7 A, 7 B の外側には燃料液滴が存在しないため、吸気開口部 1 2 A, 1 2 B における吸気弁 7 A, 7 B の外側の開口部を通して燃焼室 4 内へ流入する液滴は殆ど存在しない。その結果、この吸気行程初期においては、燃焼室 4 の中心寄り (点火プラグ 1 0 近傍) に多くの燃料液滴が存在することとなる。

【0044】

図 1 1 は、吸気行程から圧縮行程にかけての燃焼室 4 内の代表的な空気流動を示したものである。図示するように、燃焼室 4 内には、吸気弁 7 A, 7 B の開口部から流入した空気流れによって縦渦 (タンブル流ともいう) T F A, T F B が生じる。縦渦 T F A, T F B はその回転軸 T C に沿った方向のガス速度成分を殆ど有していないため、燃焼室 4 の中央寄りに集まった噴霧燃料とこの噴霧燃料から気化した燃料蒸気は、燃焼室 4 の外側 (縦渦の回転軸 T C 方向) には殆ど分散せず、圧縮行程の後期においても燃焼室 4 の中央部に留まる。その結果、図 1 2 に示すように、この暖機モード時の点火時期である膨張行程 (圧縮行程後の行程) の初期においても、点火プラグ 1 0 周りの燃料濃度が他の部分の濃度と比較して相対的に高くなり、所謂成層混合気が形成され、これによって、混合気への着火性が良くなり、点火時期を膨張行程の初期にまで遅らせてもサイクル変動の少ない安定的な燃焼が可能となる。また、既述するように、燃焼室 4 の壁面へ燃料が付着し難いため、未燃 H C や煤の排出を効果的に抑制することができる。

【0045】

図 9 で示す暖機モード時に対して、図 1 3 は、実施例 1 における暖機モード終了時の噴霧燃料の形態を示したものであり、図 1 3 (a) は燃料噴射終了と吸気上死点の中間時期の噴霧燃料の形態を示した図、図 1 3 (b) は吸気行程上死点の噴霧燃料の形態を示した図、図 1 3 (c) は吸気行程初期の噴霧燃料の形態を示した図である。

【0046】

図 1 3 (a) に示すように、噴射終了と吸気上死点の中間程度の時期では、燃料噴射弁 2 0 A, 2 0 B から噴射された噴霧燃料 F A, F B は、それぞれ分岐吸気ポート 5 A, 5 B を通って吸気弁 7 A, 7 B の中心 (吸気弁ステム 7 S A, 7 S B の中心) よりも内側 (中点 C 側) に向かい、噴霧燃料 F A, F B は吸気弁 7 A, 7 B の内側に偏って分布することとなる。ここで、暖機モード時と同様に、比較的小さい噴霧燃料が吸気弁 7 A, 7 B の表面に付着することなく吸気弁 7 A, 7 B の表面近傍で浮遊する。暖機モード終了時においては、燃料噴射の終了時期が暖機モード時よりも進角側に設定されているため (図 8 (b) 参照)、噴射終了から吸気上死点までの時間は暖機モードと比較して相対的に長くなっている。したがって、図 1 3 (b) に示すように、吸気上死点においては、吸気弁 7 A, 7 B の内側に偏って浮遊していた燃料液滴が吸気弁 7 A, 7 B の表面全体に分散する。すなわち、図 1 4 に示すように、図 1 3 (a) における噴霧状態を内燃機関 1 の排気側から見ると、噴霧によって生じたガス流れ F L 1 A, F L 1 B が吸気弁 7 A, 7 B 表面に衝突することで、衝突部分のガスの圧力は上昇する。図 1 5 は、図 1 3 (b) で示す吸気上死点付近での吸気弁 7 A, 7 B 表面のガス流れを示したものであり、既述するように吸気弁 7 A, 7 B の内側のガス圧力が上昇することで、吸気弁 7 A, 7 B の内側から外側に向かう流れ F L 2 A, F L 2 B が生成され、この流れ F L 2 A, F L 2 B によって、吸気弁 7 A, 7 B の内側で浮遊していた燃料液滴 F A, F B が吸気弁 7 A, 7 B の表面に沿って吸気弁 7 A, 7 B の外側へそれぞれ運ばれ、吸気上死点で燃料液滴が吸気弁 7 A, 7 B の表面全体に分散することとなる。

【0047】

次いで、図 1 3 (c) に示すように、吸気行程の初期においては、吸気弁 7 A, 7 B の表面近傍に浮遊していた液滴 F A, F B が、吸気弁 7 A, 7 B が開弁する吸気開口部 1 2 A, 1 2 B からほぼ均等に燃焼室 4 内へ流入する。このように、噴霧燃料 F A, F B がほ

ば均等に燃焼室 4 内に入ること、点火が行われる圧縮行程の後期において、燃焼室 4 内には燃料濃度のばらつきが小さい非成層混合気が形成されることとなる。この非成層混合気は成層混合気と比較して燃料と空気（酸素）とがより良好に混ざっているため、燃料の燃え残りが少なく、効率の高い燃焼が行われる。また、局所的な燃料リッチが生じないため、煤や未燃 H C の排出やノックの発生が抑制される。

【0048】

このように、本実施例 1 では、暖機モードにおいて吸気弁 7 A、7 B の内側表面近傍に浮遊した燃料液滴が分散する前に吸気を行うことで、点火プラグ 10 周りに成層混合気を形成することができると共に、暖機モード終了時には、吸気弁 7 A、7 B の内側表面近傍に浮遊した燃料液滴が吸気弁 7 A、7 B 全体に分散するのを待って吸気を行うことで、容易に燃焼室 4 内に非成層混合気を形成することができる。

【0049】

ところで、吸気ポート 5 内に噴射された燃料液滴が吸気弁 7 や吸気ポート 5 の壁面に多く付着すると、上記のように噴射時期を変更して成層混合気の形成と非成層混合気の形成を容易に切り替えることが困難となる。それは、壁面に付着した燃料の移動速度が極めて遅いために、燃料噴射時期を早めたとしても付着した燃料を吸気弁 7 全体に分散させることができず、また、燃料の壁面付着量が多いと吸気弁 7 表面近傍で浮遊する液滴が少なくなるために、燃料噴射時期を早めたとしても吸気弁 7 全体に分散する燃料量が減少してしまうことに起因する。すなわち、このような場合には、吸気弁 7 の開弁時において、燃料の噴射時期に関わらず吸気弁 7 の内側近傍に多くの燃料が存在することになり、燃焼室 4 内での非成層混合気の形成が困難となる。

【0050】

したがって、吸気弁 7 の内側表面近傍に浮遊した燃料液滴が分散する前に吸気を行うことで点火プラグ 10 周りに成層混合気を形成すると共に、吸気弁 7 の内側表面近傍に浮遊した燃料液滴が吸気弁 7 全体に分散するのを待って吸気を行うことで燃焼室 4 内に非成層混合気を形成するという作用を効果的に得るためには、より多くの量の液滴を吸気弁 7 表面近傍で浮遊させることが望ましい。

【0051】

ここで、噴射された噴霧燃料の壁面への付着しやすさは、式（1）で定義されるストークス数 St で表わされる。

【0052】

【数 1】

$$St = \frac{\rho_p d_p^2 V_p}{18 \mu_g L} \quad \dots (1)$$

【0053】

ここで、 ρ_p は液滴密度、 d_p は噴霧燃料のザウタ平均粒径、 V_p は液滴の噴射軸方向の平均噴射速度（＝単位時間当たりの噴射流量／噴口面積）、 μ_g は大気圧下における常温での空気の粘性係数、 L は燃料噴射弁 20 ノズル先端から吸気弁 7 表面までの距離である。また、ザウタ平均粒径 d_p は燃料噴射弁 20 の噴口（図 18 参照）で形成される液膜の分裂が完了した時点での粒径であり、燃料噴射弁 20 のノズル下 20 ～ 30 mm でのザウタ平均粒径である。すなわち、上記する式（1）で定義されたストークス数 St は、液滴慣性力の大きさを表わす無次元数である。

【0054】

図 16 は、ストークス数 St と噴霧燃料の壁面付着率（＝燃料の壁面付着量／燃料噴射量）との関係を示したものである。なお、本結果は、数値流体シミュレーションを用いて、常温で大気圧の静止空間に噴射した燃料液滴の挙動を計算し、その液滴の噴射口下に配置された平板壁面への付着量を計算したものであり、噴霧燃料のザウタ平均粒径 d_p 、噴射速度 V_p 、噴射点から壁面までの距離 L を種々に変更することで、ストークス数 St を変化させたものである。図示するように、上記計算により、ストークス数 St が小さくな

る（液滴の慣性力が小さくなる）に従い、燃料の壁面付着率は減少し、ストークス数 St が 1 以下になるとその壁面付着はほぼゼロになることが解った。したがって、本実施例 1 による作用を効果的に得るには、式（1）で表わされるストークス数 St が 1 以下になるように、燃料噴射弁 20 から噴射される噴霧燃料の速度、粒径、燃料噴射弁 20 と吸気弁 7 の距離を設定するのが望ましい。

【0055】

なお、ストークス数 St を 1 以下にするためには、式（1）から明らかなように、粒径及び燃料噴射速度の小さい噴霧燃料の形成が要求される。例えば、液滴密度 ρ_p を 750 kg/m^3 （ガソリン）、燃料噴射弁 20 のノズル先端と吸気弁 7 表面の距離 L を 50 mm 、空気粘性係数 μ_g を $19 \mu \text{ Pa}\cdot\text{s}$ （1 気圧、 300 K ）とすると、ストークス数 $St = 1$ となる燃料噴射速度 V_p とザウタ平均粒径 d_p との関係は図 17 に示す関係となる。火花点火式ポート噴射式内燃機関で用いられる燃料噴射弁に供給される燃料の圧力は通常 3 気圧程度であり、噴霧燃料の噴射速度は通常 $20 \sim 30 \text{ m/s}$ 程度であることから、この燃料噴射速度の場合にストークス数 St を 1 以下にするには、図 17 に示すように、ザウタ平均粒径 d_p を概ね $30 \mu \text{ m}$ 以下とする必要がある。しかしながら、火花点火式ポート噴射式内燃機関の燃料噴射弁として一般に用いられる単孔スワール弁や多孔弁（マルチホールインジェクタ）のザウタ平均粒径 d_p は、燃料圧力 3 気圧において $50 \mu \text{ m} \sim 100 \mu \text{ m}$ 程度である。したがって、例えばストークス数 St を 1 以下とするためには、本実施例 1 ではより微粒化の良い燃料噴射弁を使用することが望ましい。一般に、燃料噴射弁に供給する燃料圧力を上げれば粒径を小さくすることは可能であるが、図 17 から明らかなように、燃料噴射速度が上がることで、ストークス数 St を 1 以下にするために、燃料の更に小さな粒径が要求される。また、燃料圧力を上げるとコストが増大してしまうという問題もある。

【0056】

そこで、図 18 及び図 19 を参照して、比較的低燃圧で粒径の細かい噴霧状燃料を形成することができる、本実施例 1 に適した燃料噴射弁の実施例について説明する。

【0057】

図 18 は、燃料噴射弁 20 のノズル先端部の形態を示した縦断面図である。同図において、112 はノズルパイプ、114 はシート部材、111 は弁体、113 はガイド部材、116 はオリフィスプレートを示している。ここで、弁体 111 は図示しないバネ機構によってシート部材 114 に常時押し付けられている。燃料噴射時には、図示しない磁気駆動機構によって弁体 111 が引き上げられ、矢印 110 A で示すように加圧された燃料が弁体 111 とシート部材 114 の隙間を通過して、オリフィスプレート 116 に設けられた燃料流入口 115 へ流入する。そして、燃料流入口 115 に入った燃料は旋回室 118 に入り、その後噴口 119 から噴射される。

【0058】

図 19 は、図 18 における B-B 矢視図であり、同図を参照してオリフィスプレート 116 に設けられた燃料流入口 115 に流入した燃流の流動について説明する。断面略円形状の燃料流入口 115 に入った燃料は、燃料流入口 115 の法線方向に設けられた 3 つの燃料通路 117 を通過して、それぞれの燃料通路 117 と連通した旋回室 118 に入る。燃料通路 117 は旋回室 118 の外壁の接線方向に向いているため、それぞれの旋回室 118 に入った燃料は旋回しながら噴口 119 から噴射されることとなる。なお、オリフィスプレート 116 には、既述のように複数個の噴口 119 が設けられており、それぞれの噴口 119 から旋回した燃料が噴射されるのが好ましい。また、燃料通路 117 や旋回室 118、噴口 119 の基数や燃料流入口 115 等の形状は、上記形態に限定されるものではない。

【0059】

次に、図 20 は、図 19 で示す噴口 119 から噴射された液膜の態様を示した縦断面図である。既述するように、噴口 119 の内壁に沿って旋回しながら燃料 F が流出することで、噴口 119 の出口部ではその遠心力によって中空コーン形状の液膜 120 が形成され

る。液膜 120 は先端に進むにつれて（すなわち、噴口 119 から離れるにつれて）厚みが薄くなり、やがて分裂して微細な液滴 121 が形成される。このように噴口から噴出される燃料を旋回させることで、噴口 119 近傍で薄い液膜を形成して燃料を微粒化させることができ、比較的低い燃料圧力で粒径の細かい噴霧状燃料を生成することができる。また、複数の噴口を設けることで、噴口 1 つあたりの燃料流量を少なくでき、単一の噴口を設ける場合と比較してより薄い液膜を噴口部に形成することができるため、燃料の微粒化を促進することができる。さらに、旋回によって噴口の半径方向に燃料が広がって噴射されるため、噴霧燃料の噴射方向（噴口軸方向）の速度が低下し、軸方向に対して貫徹力の弱い噴霧が形成される。このように、本実施例 1 に適した燃料噴射弁 20 を使用することで、粒径が細かく、軸方向速度の遅い噴霧が得られるため、容易にストークス数 St を 1 以下とすることができ、燃料の壁面付着を効果的に回避することが可能となる。

【0060】

〔実施例 2〕

次に、図 21 及び図 22 を参照して、本発明に係る内燃機関の制御装置の実施例 2 について詳細に説明する。なお、同図において実施例 1 と同様の構成については、同じ符号を付して示している。

【0061】

上記実施例 1 は、内燃機関 1 に設けられた単数あるいは複数の気筒 11 のうち、1 つの気筒 11 に対して 2 本の燃料噴射弁 20 が使用された実施例である。それに対して実施例 2 は、図 21 で示すように、内燃機関 1 に設けられた単数あるいは複数の気筒 11 のうちの 1 つの気筒 11 に対して 1 本の燃料噴射弁 20 を使用した実施例である。図示するように、実施例 2 では、分岐吸気ポート（吸気通路）5A、5B がその上流側で一体となった吸気ポート 5 の略中央部に 1 つの燃料噴射弁 20 が設けられており、燃料噴射弁 20 から 2 方向の噴霧燃料 FA、FB が噴射される。すなわち、燃料噴射弁 20 から吸気弁 7A に向けて噴霧燃料 FA が噴射され、吸気弁 7B に向けて噴霧燃料 FB が噴射される。ここで、噴霧燃料 FA の中心軸（噴射方向）L20A は吸気弁 7A の中心（吸気弁ステム 7SA の中心）よりも 2 つの吸気弁 7A、7B の中点 C 側に寄っており、また、噴霧燃料 FB の中心軸（噴射方向）L20B は吸気弁 7B の中心（吸気弁ステム 7SB の中心）よりも 2 つの吸気弁 7A、7B の中点 C 側に寄っている。なお、燃料噴射弁 20 の噴射時期や燃料噴射量、点火プラグ 10 による燃焼室 4 内の燃料の点火時期が ECU 21 によって制御されるようになっている。

【0062】

図 22 は、図 21 で示す噴霧燃料の形態を説明した図であり、図 22 (a) は噴霧燃料 FA、FB の中心軸 L20A、L20B の定義について説明した図であり、図 22 (b) は、特に燃料噴射弁 20 のノズル先端から距離 H（例えば 50 mm）離れた断面における噴霧燃料の流量フラックス分布を説明した等高線図であり、図 22 (c) は図 22 (b) で示す流量フラックスの積算を説明した図である。なお、図 22 (b) で示す流量フラックス分布は、例えば位相ドップラー粒子計測計（PDPA）やシート受止め法などで計測される。

【0063】

図 22 (a) で示すように、まず、燃料噴射弁 20 のノズル先端から距離 H（例えば 50 mm）離れた断面における噴霧燃料 FA、FB の噴霧中心を、それぞれ（XA、YA）、（XB、YB）とする。そして、燃料噴射弁 20 の先端中心から噴霧中心座標（XA、YA）を結んだ軸を噴霧燃料 FA の中心軸 L20A と定義する。また、燃料噴射弁 20 の先端中心から噴霧中心座標（XB、YB）を結んだ軸を噴霧燃料 FB の中心軸 L20B と定義する。

【0064】

次いで、図 22 (b) で示すように、流量フラックス分布の計測断面を X-Y 平面とすると、例えばそれぞれの噴霧燃料 FA、FB の中心で流量の極大値を取り、中心から半径方向外側に向かって流量が低下する流量フラックス分布を得ることができる。

【0065】

そして、図22(b)で示すX軸方向に流量フラックスを積分した結果が図22(c)である。なお、本実施例2で使用した燃料噴射弁20は、2方向に向けて噴霧燃料FA、FBを噴射するため、図22(c)では各噴霧燃料FA、FBについてそれぞれの流量積算を行った。本実施例2においては、この積算流量がそれぞれ総積算流量の50%になるX座標XA、XBが各噴霧燃料FA、FBのX方向の中心である。同様に、Y方向についても各噴霧燃料FA、FBの中心座標YA、YBを求めることができる。すなわち、上記で求めた座標(XA、YA)は噴霧燃料FAの計測断面内の重心座標であり、座標(XB、YB)は噴霧燃料FBの計測断面内の重心座標を表わすものである。

【0066】

このように、1本の燃料噴射弁20から2方向の噴霧燃料FA、FBを吸気弁7A、7Bの内側に向かって噴射すると共に、燃料噴射弁20の燃料噴射終了時期を変化させることで、実施例1と同様に、運転条件に合わせて成層混合気と非成層混合気の形成を容易に切り替えることができる。

【0067】

[実施例3]

次に、図23及び図24を参照して、本発明に係る内燃機関の制御装置の実施例3について詳細に説明する。なお、同図において実施例1、2と同様の構成については、同じ符号を付して示している。

【0068】

図23は、内燃機関1に設けられた単数あるいは複数の気筒11のうち、1つの気筒11に対して1本の燃料噴射弁20を使用した別の実施例3を示したものである。本実施例3では、燃料噴射弁20から2つの吸気弁7A、7Bに燃料が噴射されるように、1方向の噴霧燃料Fが噴射される。ここで、噴霧燃料Fの中心軸(噴射方向)L20は吸気弁7Aの中心(吸気弁ステム7SAの中心)と吸気弁7Bの中心(吸気弁ステム7SBの中心)を結んだ線分の中点C側を指向している。また、噴霧燃料Fは吸気弁7A、7Bの位置において噴霧燃料の幅W(図24参照)が概ね2つの吸気弁7A、7Bの間隔と等しくなるようにその位置と噴霧コーン角が定められる。吸気ポート5に配置された燃料噴射弁20から噴射された噴霧燃料Fは、分岐部51で2つの分岐吸気ポート(吸気通路)5A、5Bに分岐され、吸気弁7A、7Bの内側に供給されて、吸気弁7A、7Bの開弁時には、吸気開口部12A、12Bを介して燃焼室4内へ流入する。なお、燃料噴射弁20の噴射時期や燃料噴射量、点火プラグ10による燃焼室4内の燃料の点火時期がECU21によって制御されるようになっている。

【0069】

図24に示すように、燃料噴射弁20のノズル先端から吸気弁7A、7Bまでの距離をL、2つの吸気弁7A、7Bの中心間の間隔をWとすると、噴霧コーン角 θ_c は概ね式(2)で与えられる角度となるように定められる。

【0070】

【数2】

$$\theta_c = 2 \tan^{-1} \left(\frac{W}{2L} \right) \quad \cdots (2)$$

【0071】

このように、1本の燃料噴射弁20から1方向の噴霧燃料Fを吸気弁7A、7Bの内側に向かって噴射すると共に、燃料噴射弁20の燃料噴射終了時期を変化させることで、実施例1、2と同様に、運転条件に合わせて成層混合気と非成層混合気の形成を容易に切り替えることができる。

【0072】

実施例2、3においては、気筒11当たりの燃料噴射弁20が1つとなるために低廉で、かつ燃料噴射弁20を取り付けるためのスペースを抑制することができる。その一方で

10

20

30

40

50

、1本の燃料噴射弁20から2つの吸気弁7A、7Bの内側に向けて燃料Fを噴射するため、噴霧燃料Fが吸気ポート5の分岐部51に衝突して壁流が形成される可能性がある。これに対して実施例1では、気筒11あたりに2本の燃料噴射弁20を使用することで、実施例2、3よりも吸気ポート5の分岐部51から離れた位置から吸気弁7A、7Bの内側に向かって燃料Fを噴射することができ、分岐部51への噴霧衝突が発生しにくくなり、壁流の形成を抑制して、多くの燃料液滴を吸気ポート5内に浮遊させることができる。

【0073】

上記する実施例1では、特に暖機モード時と暖機モード終了時における成層運転と非成層運転の切り替えの実施例について説明した。しかしながら、成層混合気と非成層混合気との切り替えは、このような暖機モードと暖機モード終了時のみに限定されず、例えば排気再循環（EGR）を行う場合でも要求されるものである。火花点火式内燃機関においては、ポンプ損失を低減するため、また窒素酸化物（NO_x）の排出を低減するために排気の一部を燃焼室内に戻すEGR運転を行う場合がある。ポンプ損失の低減やNO_x排出の低減には、より多くの排気を燃焼室に戻し、高いEGR率（燃焼室内の排ガス質量/燃焼室内の総ガス質量）で内燃機関を運転することが望ましい。しかし、EGR率が高くなると、希釈効果によって初期火炎の伝播速度が低下するために燃料の燃焼が不安定になる傾向がある。そこで、EGR率が高い場合には成層混合気を形成して点火プラグ周りの燃料濃度を高くし、初期の火炎伝播速度を向上させて、燃料の燃焼を安定化させることが考えられる。その一方で、EGR率が低く燃料の燃焼が安定している場合には、非成層混合気を形成して空気と燃料を良く混合して燃焼効率を向上させることが考えられる。

【0074】

〔実施例4〕

そこで、図25～31を参照して、本発明に係る内燃機関の制御装置をEGR運転時へ適用した場合の実施例4について詳細に説明する。なお、本実施例4では、図1～3に示した実施例1と同様の構成を備えた内燃機関1を使用して説明するが、その実施例1に代えて実施例2、3を適用することもできる。また、本実施例4においても実施例1と同様の構成については、同じ符号を付して説明する。

【0075】

図1で説明したように、内燃機関1においては、EGR管28によって排気の一部が吸気ポート5に戻され、新気と共に気筒11の燃焼室4内に吸入される。ここで、EGRの量はEGR弁29の開度及びスロットル弁26の開度によって定められる。例えば、EGR弁29の開度を大きくして、スロットル弁26の開度を小さくすることで、より多くの排ガスを燃焼室4内に吸入できると共に、EGR率（燃焼室内の排ガス質量/燃焼室内の総ガス質量）を高くすることができる。なお、このスロットル弁26開度及びEGR弁29開度はECU21からの指示によって定められるものである。

【0076】

図25は、本実施例4における内燃機関1の回転数とトルクに対するEGR率の設定マップを示したものである。これらのEGR率は、内燃機関1の燃費、排気、出力、運転性（サイクル変動）などを勘案して予め定められており、内燃機関の負荷や回転数に応じて、ECU21でスロットル弁26開度やEGR弁29開度が決められると、図25で示すマップに従って予め定められたEGR率に設定される。ここで、図示するように、非EGR領域または低、中EGR領域では非成層混合気で内燃機関1を運転し、高EGR領域では、燃焼の不安定性を改善するために成層混合気で内燃機関1を運転する。すなわち、本実施例4においては、図26に示すように、ECU21で、現在の回転数やトルクで設定されているEGR率が予め定めたEGR率（EGR_c）よりも大きいと判断した（S2601）場合には成層運転モードで内燃機関1を運転し（S2602）、EGR_cよりも小さいと判断した（S2601）場合には非成層運転モードで内燃機関1を運転する（S2603）。

【0077】

図27は、本実施例4におけるEGR弁29開度とスロットル弁26開度に対するEGR

R率の変化を示したものである。既述したように、EGR率は、EGR弁29の開度が大きく、スロットル弁26の開度が小さいほど高くなるため、図27においては左上から右下に向かうに従ってEGR率が高くなっている。図示する領域E1ではEGR率がEGR_cより大きいために成層運転モードで内燃機関1が運転され、領域E1以外の領域ではEGR率がEGR_cより小さいために非成層運転モードで運転される。なお、スロットル弁26の開度が所定の開度よりも小さい場合には、EGR弁29の開度に関わらず、常に非EGR領域として非成層運転モードで運転されるようになっている。

【0078】

ここで、図28を参照して、図27に示すA点とB点での燃料噴射制御について説明する。A点とB点ではスロットル弁26開度が一定であるものの、EGR弁29開度はB点の方が大きく、A点では中EGR率（EGR率<EGR_c）、B点では高EGR率（EGR率>EGR_c）であるため、A点では非成層運転モード、B点では成層運転モードで内燃機関1が運転されるようになっている。

【0079】

図28（a）に示すように、非成層運転モードで内燃機関1が運転されるA点では、燃料噴射弁20の噴射終了時期 $\theta - IT_A$ は吸気上死点よりも充分前（例えば吸気上死点前 $90^\circ CA$ ）に設定される。また、点火時期 $\theta - IG_A$ は圧縮上死点の後期（例えば圧縮上死点前 $20^\circ CA$ ）に設定される。このように、A点においては、燃料噴射弁20の噴射終了時期 $\theta - IT_A$ を吸気上死点よりも充分前にして、吸気弁7の内側表面近傍に浮遊した燃料液滴を吸気弁7全体に分散させた後に吸気を行うことで、燃焼室4内に非成層混合気を形成することができる。

【0080】

その一方で、図28（b）に示すように、成層運転モードで内燃機関1が運転されるB点では、噴射終了時期 $\theta - IT_B$ はA点の噴射終了時期 $\theta - IT_A$ よりも遅く、排気行程後期（例えば吸気上死点前 $10^\circ CA$ ）に設定される。また、点火時期 $\theta - IG_B$ はA点と同等か、あるいは若干早い時期（例えば圧縮上死点前 $25^\circ CA$ ）に設定される。ここで、B点の点火時期 $\theta - IG_B$ をA点の点火時期 $\theta - IG_A$ よりも若干早くすることで、B点でEGR率の増加によって燃焼速度が低下して熱発生時期が遅れてしまうのを補正することができる。このように、B点においては、燃料噴射弁20の噴射終了時期 $\theta - IT_B$ を排気行程の後期にして、吸気弁7の内側表面近傍に浮遊した燃料液滴が吸気弁7全体に分散する前に吸気を行うことで、燃焼室4内に成層混合気を形成することができる。

【0081】

なお、上記するA点とB点においてはスロットル弁26開度が一定であるため、燃焼室4内に吸入する新気量はほぼ同等である。したがって、A点とB点の燃料噴射量はほぼ同等であり、A点の燃料噴射期間 Ti_A とB点の燃料噴射期間 Ti_B には $Ti_A = Ti_B$ の関係が成立する。

【0082】

このように、EGR率が所定値よりも高い場合には成層運転モードで内燃機関1を運転することで、EGR率が高い時の燃焼不安定を低減することができる。また、EGR率が所定値よりも低い場合には非成層モードで内燃機関1を運転することで、空気と燃料が良く混合して、燃焼効率を向上させることができる。

【0083】

次に、図29に示すスロットル弁26開度とEGR弁29開度のマップ上でのC点、D点、E点における燃料噴射制御について説明する。なお、図示するマップは、図27で示すマップと同じものである。ここで、C点、D点、E点ではEGR弁29開度が一定であるもの、スロットル弁26開度はC点>D点>E点の関係の有していて、C点では中EGR率（EGR率<EGR_c）、D点では高EGR率（EGR率>EGR_c）であるため、C点では非成層運転モード、D点では成層運転モードで内燃機関1が運転されるようになっている。また、E点では、図27で説明したように、スロットル弁26開度が所定値よりも低いために非EGR領域であって、非成層運転モードで内燃機関1が運転されるよう

になっている。

【0084】

図30は、C点、D点、E点における燃料噴射時期と点火時期を示したものである。

【0085】

図30(a), (c)で示すように、非成層運転モードで内燃機関1が運転されるC点及びE点では、燃料噴射弁20の噴射終了時期 $\theta - IT_C$, $\theta - IT_E$ は吸気上死点よりも充分前（例えば吸気上死点前 $90^\circ CA$ ）に設定される。また、点火時期 $\theta - IG_C$, $\theta - IG_E$ は圧縮上死点の後期（例えば圧縮上死点前 $20^\circ CA$ ）に設定される。このように、C点及びE点においては、燃料噴射弁20の噴射終了時期 $\theta - IT_C$, $\theta - IT_E$ を吸気上死点よりも充分前にして、吸気弁7の内側表面近傍に浮遊した燃料液滴を吸気弁7全体に分散させた後に吸気を行うことで、燃焼室4内に非成層混合気を形成することができる。

10

【0086】

その一方で、図30(b)で示すように、成層運転モードで内燃機関1が運転されるD点では、燃料噴射弁20の噴射終了時期 $\theta - IT_D$ は非成層運転モードで運転されるC点及びE点の噴射終了時期 $\theta - IT_C$, $\theta - IT_E$ よりも遅く、排気行程後期（例えば吸気上死点前 $10^\circ CA$ ）に設定される。また、点火時期 $\theta - IG_D$ はC点の点火時期 $\theta - IG_C$ と同等か、あるいは若干早い時期（例えば圧縮上死点前 $25^\circ CA$ ）に設定される。ここで、D点の点火時期 $\theta - IG_D$ をC点の点火時期 $\theta - IG_C$ よりも若干早くすることで、D点でEGR率の増加によって燃焼速度が低下して熱発生時期が遅れてしまうのを補正することができる。このように、D点においては、燃料噴射弁20の噴射終了時期 $\theta - IT_D$ を排気行程の後期にして、吸気弁7の内側表面近傍に浮遊した燃料液滴が吸気弁7全体に分散する前に吸気を行うことで、燃焼室4内に成層混合気を形成することができる。

20

【0087】

なお、スロットル弁26開度はC点>D点>E点の関係があるため、C点の燃料噴射期間 Ti_C とD点の燃料噴射期間 Ti_D とE点の燃料噴射期間 Ti_E の間には $Ti_C > Ti_D > Ti_E$ の関係が成立する。

【0088】

このように、EGR率が所定値よりも高い場合には成層運転モードで内燃機関1を運転することで、EGR率が高い時の燃焼不安定を低減することができる。また、EGR率が所定値よりも低い場合には非成層運転モードで内燃機関1を運転することで、空気と燃料が良く混合して、燃焼効率を向上させることができる。

30

【0089】

上記するように、本実施例1～4では、暖機モードにおいて吸気弁7の内側表面近傍に浮遊した燃料液滴が分散する前に吸気を行うことで、燃焼室4の点火プラグ10周りに成層混合気を形成することができる。その一方で、暖機モード終了時には吸気弁7の内側表面近傍に浮遊した燃料液滴が吸気弁7全体に分散するのを待って吸気を行うことで、燃焼室4内に非成層混合気を形成することができる。すなわち、本実施例1～4においては、吸気上死点前の吸気ポート5内の噴霧燃料の分布がその後の混合気形成に影響を及ぼしている。

40

【0090】

ところで、吸気ポート5内の噴霧燃料の挙動は、吸気弁7及び排気弁8の開弁及び閉弁タイミングによって変化するものである。そこで、本実施例1～4における最適な吸気弁7及び排気弁8の開弁及び閉弁タイミングについて、図31を参照して説明する。

【0091】

図31(a)は、成層運転モードに適した吸気弁7と排気弁8の開閉タイミングを示したものである。成層運転モードにおいては、吸気弁7の開弁時期を排気弁8の閉弁時期以降にするのが望ましい。すなわち、吸気弁7の開弁時期と排気弁8の開弁時期がオーバーラップしていないことが望ましい。吸気弁7の開弁時期が排気弁8の閉弁時期以降であれば

50

、燃焼室 4 内の燃焼ガスが分岐吸気ポート 5 A, 5 B を含む吸気ポート 5 内へ吹き返すことが無く、2 つの吸気弁 7 A, 7 B の内側に向けて噴射された噴霧燃料 F が吹き返しガスによって分岐吸気ポート 5 A, 5 B を含む吸気ポート 5 内へ分散されるのを防止することができる。

【0092】

図 3 1 (b) は、非成層運転モードに適した吸気弁 7 と排気弁 8 の開閉タイミングを示したものである。非成層モードにおいては、吸気弁 7 の開弁時期を排気弁 8 の閉弁時期よりも早くするのが望ましい。すなわち、吸気弁 7 の開弁時期と排気弁 8 の開弁時期がオーバーラップしていることが望ましい。吸気弁 7 の開弁時期が排気弁 8 の閉弁時期よりも早ければ、燃焼室 4 内の燃焼ガスが分岐吸気ポート 5 A, 5 B を含む吸気ポート 5 内へ吹き返すため、この吹き返しガスによって分岐吸気ポート 5 A, 5 B を含む吸気ポート 5 内での燃料分散と気化を促進することができる。

10

【0093】

以上、本発明の 4 つの実施形態について説明したが、本発明は前記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された発明の精神を逸脱することなく、設計において種々の変更ができるものである。

【0094】

以上の説明から理解できるように、実施例 1 ～ 4 によれば燃料噴射終了時期を排気行程の後期にすることで点火プラグ周りに燃料リッチな成層混合気が形成され、冷機始動直後の暖機モードや高い EGR 率での運転時に発生する燃焼のサイクル変動を抑制することができる。これにより、暖機運転では点火遅角量を大きくすることができ、触媒活性化時間が短縮されて未燃 HC の排出を低減できる。さらに、EGR 率を高くすることができるため、ポンプ損失を低減して燃費効率を向上させることができる。また、燃料噴射終了時期を成層運転モードに比べて進角することで燃焼室内に燃料を分散することができるため、空気と燃料が良く混合して燃焼効率を向上させることができる。このように、燃料の噴射方向を吸気弁の内側に向けて燃料の噴射時期を変更するだけで、成層運転モードと非成層運転モードとを容易に切り替えることができるため、装置の構成や制御の方法が簡便となる。

20

【0095】

なお、本発明は上記した実施例 1 ～ 4 に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例 1 ～ 4 は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例 1 ～ 4 の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

30

【0096】

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

【符号の説明】

40

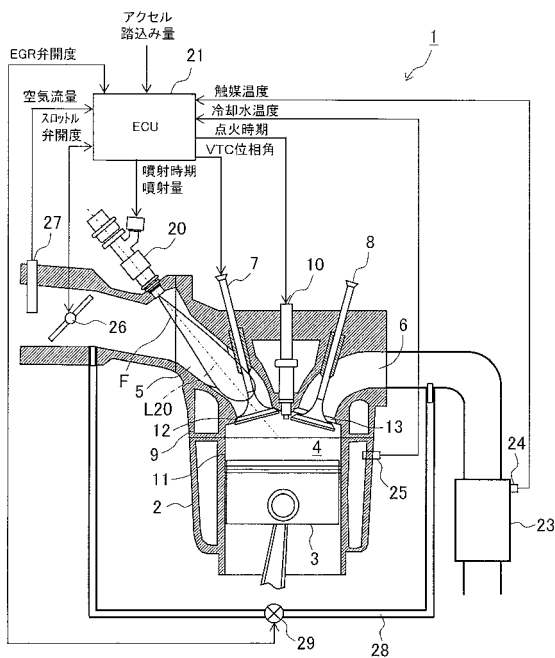
【0097】

1 … 内燃機関、2 … シリンダブロック、3 … ピストン、4 … 燃焼室、5 … 吸気ポート、5 A, 5 B … 分岐吸気ポート (吸気通路)、6 … 排気ポート、7, 7 A, 7 B … 吸気弁、7 S A, 7 S B … 吸気弁ステム、8, 8 A, 8 B … 排気弁、9 … シリンダヘッド、10 … 点火プラグ、11 … 気筒、12, 12 A, 12 B … 吸気開口部、13, 13 A, 13 B … 排気開口部、20, 20 A, 20 B … 燃料噴射弁、21 … ECU (内燃機関制御ユニット)、23 … 触媒コンバータ、24 … 触媒温度センサ、25 … 冷却水温度センサ、26 … スロットル弁、27 … エアフローメータ、28 … EGR 管、29 … EGR 弁、111 … 弁体、112 … ノズルパイプ、113 … ガイド部材、114 … シート部材、115 … 燃料流入口、116 … オリフィスプレート、117 … 燃料通路、118 … 旋回室、119 … 噴口、1

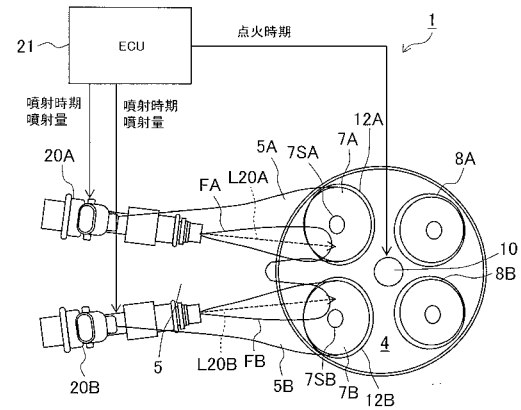
50

20…液膜、121…液滴、C…2つの吸気弁の中心を結んだ線分の中点、 d_p …噴霧燃料のザウタ平均粒径、F, FA, FB…噴霧燃料、L…燃料噴射弁のノズル先端と吸気弁表面までの距離、L20, L20A, L20B…噴霧燃料の中心軸、St…ストークス数、Ti…燃料噴射期間、 V_p …噴射方向の平均噴射速度、W…2つの吸気弁の中心間の距離、 θ_c …噴霧燃料のコーン角度、 μ_g …空気の粘性係数、 ρ_p …液滴密度

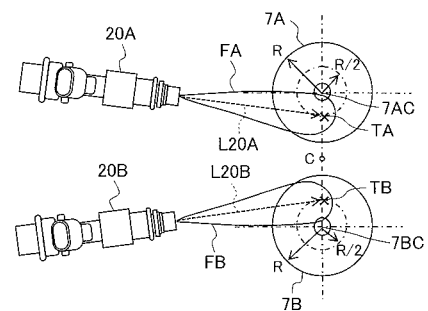
【図1】



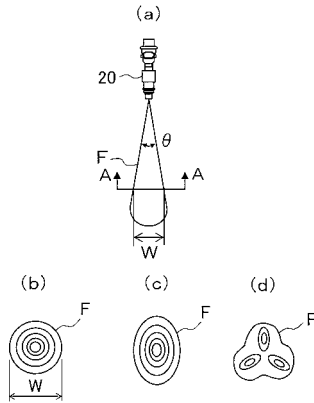
【図2】



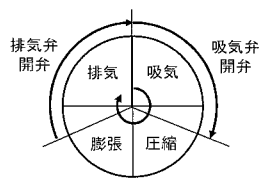
【図3】



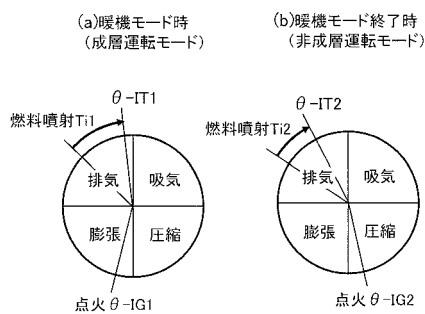
【図 4】



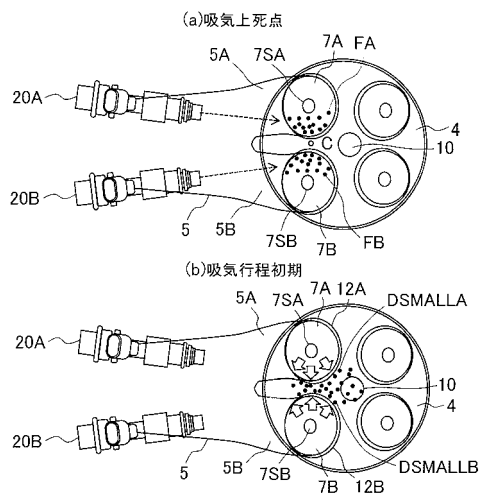
【図 5】



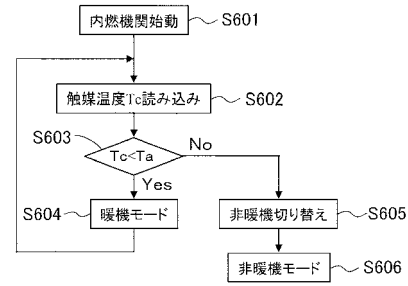
【図 8】



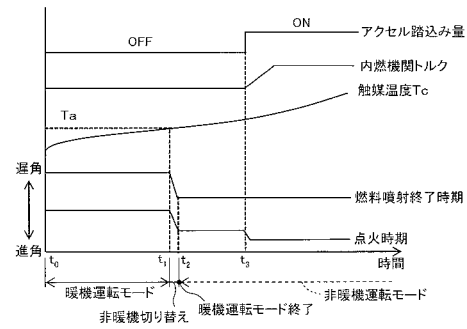
【図 9】



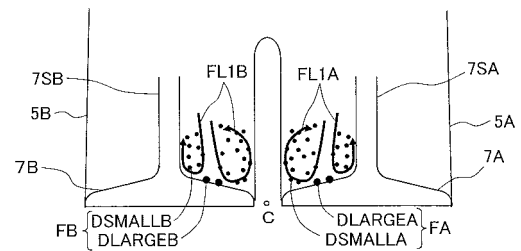
【図 6】



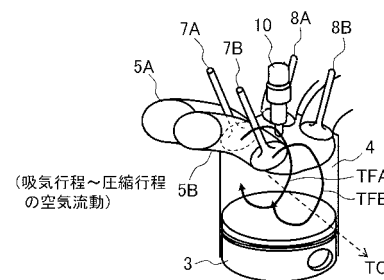
【図 7】



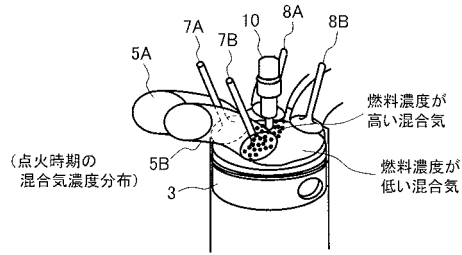
【図 10】



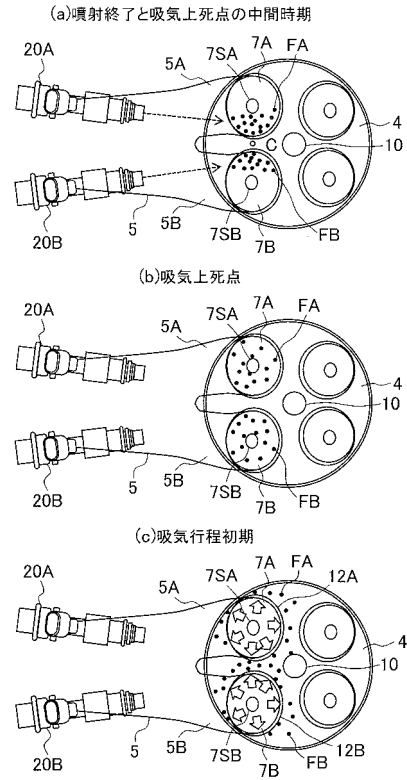
【図 11】



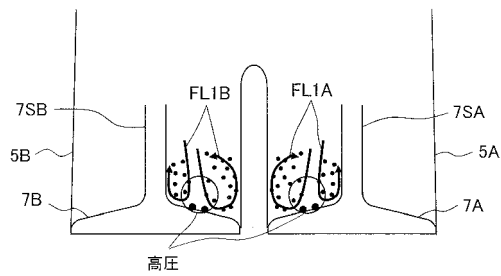
【図 1 2】



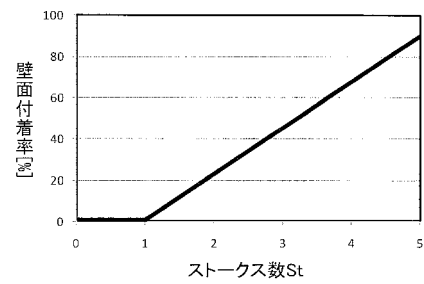
【図 1 3】



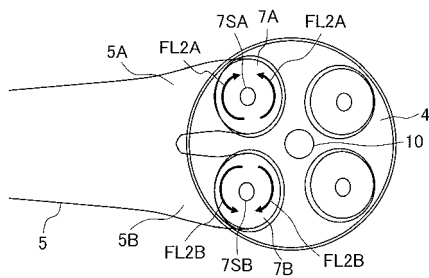
【図 1 4】



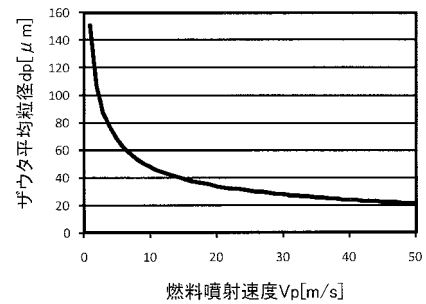
【図 1 6】



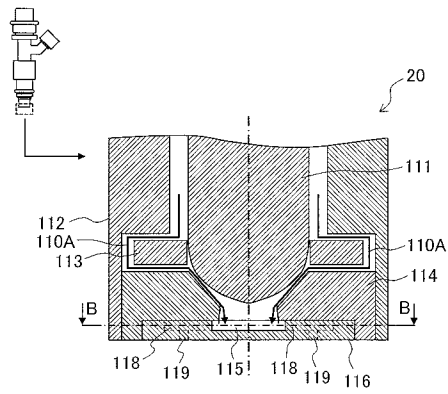
【図 1 5】



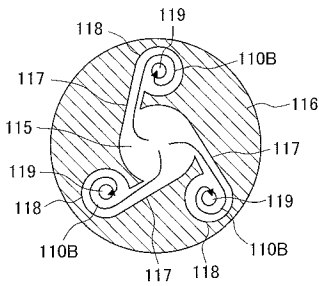
【図 1 7】



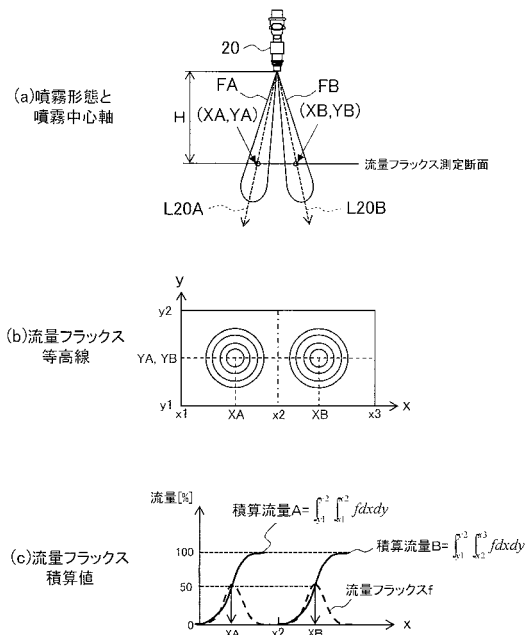
【図 18】



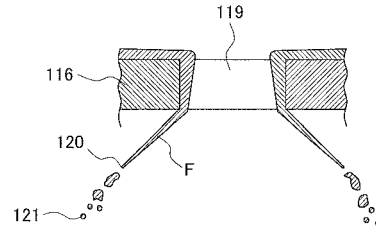
【図 19】



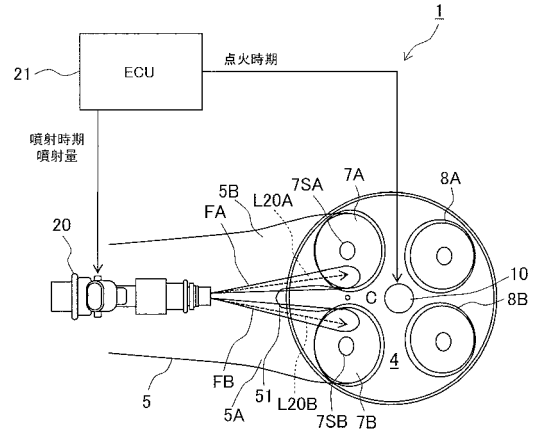
【図 22】



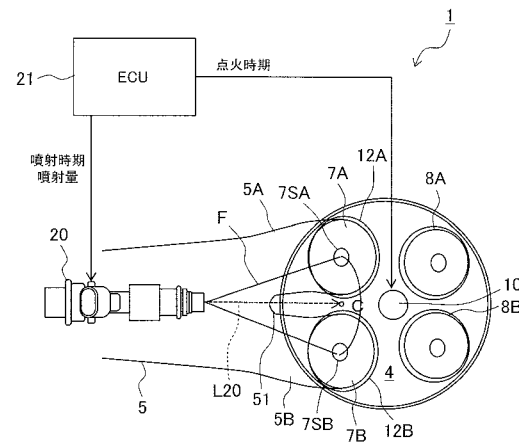
【図 20】



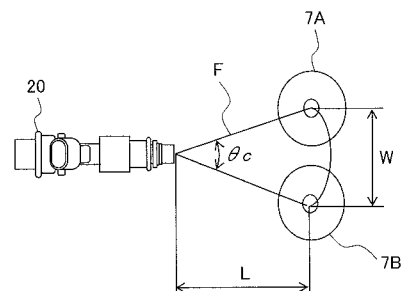
【図 21】



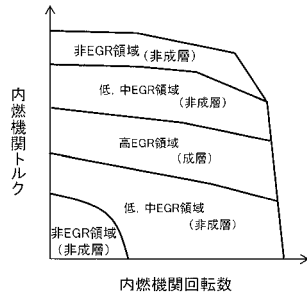
【図 23】



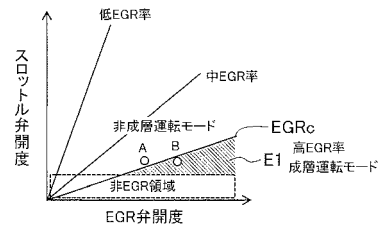
【図 24】



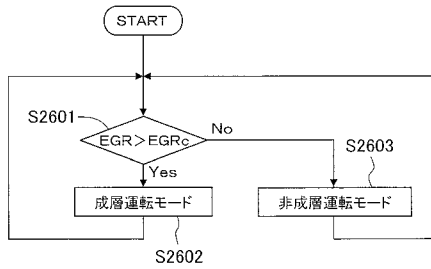
【図 25】



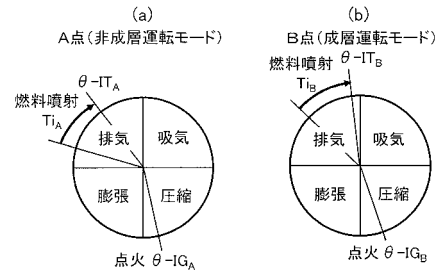
【図 27】



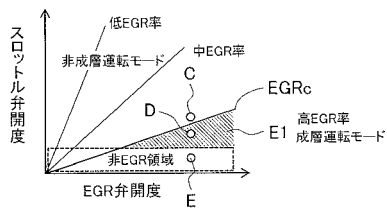
【図 26】



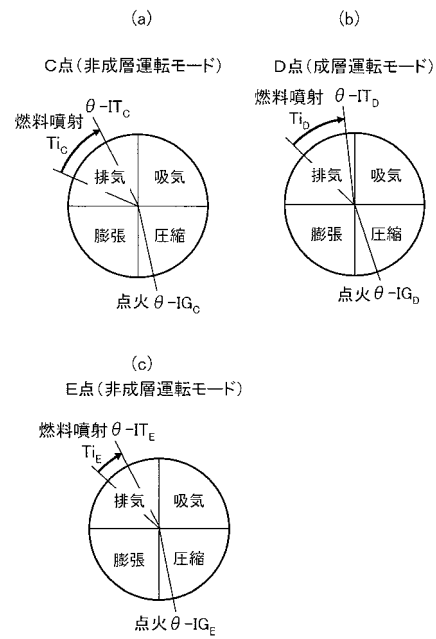
【図 28】



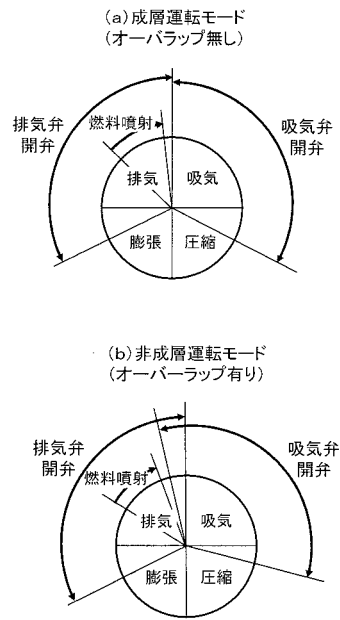
【図 29】



【図 30】



【図 3 1】



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 D 45/00	3 1 0 B
	F 0 2 D 45/00	3 1 0 H
	F 0 2 D 43/00	3 0 1 Z
	F 0 2 M 69/00	3 5 0 P
	F 0 2 P 5/15	B
	F 0 2 P 5/15	G

(72)発明者 猿渡 匡行
群馬県伊勢崎市粕川町 1 6 7 1 番地 1 日立オートモティブシステムズ株式会社内

(72)発明者 神田 高輔
群馬県伊勢崎市粕川町 1 6 7 1 番地 1 日立オートモティブシステムズ株式会社内

F ターム(参考) 3G022 AA07 CA02 CA09 DA02 EA07 FA06 GA06 GA08 GA09 GA10
3G384 BA13 BA18 BA24 BA26 BA27 CA03 CA04 FA01Z FA04Z FA06Z
FA28Z FA46Z FA49Z