

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4882787号
(P4882787)

(45) 発行日 平成24年2月22日(2012.2.22)

(24) 登録日 平成23年12月16日(2011.12.16)

| | |
|--------------|-----------|
| (51) Int.Cl. | F 1 |
| FO2D 21/08 | (2006.01) |
| FO2D 13/02 | (2006.01) |
| FO2D 43/00 | (2006.01) |
| FO2D 45/00 | (2006.01) |
| FO2P 5/15 | (2006.01) |
| FO2D | 21/08 |
| FO2D | 13/02 |
| FO2D | 43/00 |
| FO2D | 45/00 |
| FO2P | 5/15 |
| F O 2 D | 21/08 |
| F O 2 D | 13/02 |
| F O 2 D | 43/00 |
| F O 2 D | 45/00 |
| F O 2 D | 13/02 |
| | |

請求項の数 10 (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-37921 (P2007-37921)
 (22) 出願日 平成19年2月19日 (2007.2.19)
 (65) 公開番号 特開2008-202460 (P2008-202460A)
 (43) 公開日 平成20年9月4日 (2008.9.4)
 審査請求日 平成21年11月24日 (2009.11.24)

(73) 特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 110000213
 特許業務法人プロスペック特許事務所
 (72) 発明者 守谷 栄記
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 (72) 発明者 田所 亮
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 鹿角 剛二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】内燃機関の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の燃焼室内の圧力である筒内圧を検出する筒内圧検出手段と、
 前記検出された筒内圧に基いて、前記燃焼室において燃焼した総ての燃料のうちピストンに対する仕事に寄与した燃料の総量に対する、所定のタイミングまでに同燃焼室において燃焼した燃料のうちピストンに対する仕事に寄与した燃料の積算量の割合である燃焼割合を取得する手段と、

前記取得された燃焼割合が所定の目標燃焼割合に一致するように前記機関の点火時期を制御するとともに同制御された点火時期にて同機関の燃焼室内の混合ガスを点火する点火手段と、

前記点火時期から前記燃焼室内の混合ガスの燃焼が終了する燃焼終了時期までの期間である全燃焼対応期間を前記点火時期と前記取得された燃焼割合とに基いて推定する全燃焼対応期間推定手段と、

前記推定された全燃焼対応期間が目標全燃焼対応期間と一致するように前記混合ガスに含まれる既燃ガスの量を制御する既燃ガス量制御手段と、

を備えた内燃機関の制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置において、

前記既燃ガス量制御手段は、

吸気弁及び排気弁が共に開弁しているオーバーラップ期間を変更するように構成された

内燃機関の制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の内燃機関の制御装置であって、

前記既燃ガス量制御手段は、

少なくとも前記機関の吸気弁の開弁タイミングを変更することにより前記オーバーラップ期間を変更するように構成された内燃機関の制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一つに記載の内燃機関の制御装置であって、

前記全燃焼対応期間推定手段は、

前記燃料の燃焼速度に影響を与えるパラメータを取得する手段と、

10

前記取得されたパラメータに基いて前記全燃焼対応期間を修正する全燃焼対応期間修正手段と、

を備える内燃機関の制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一つに記載の内燃機関の制御装置であって、

前記既燃ガス量制御手段は、

前記燃料の燃焼速度に影響を与えるパラメータを取得する手段と、

前記取得されたパラメータに基いて前記目標全燃焼対応期間を修正する目標修正手段と、

を備える内燃機関の制御装置。

20

【請求項 6】

内燃機関の運転状態に応じた点火時期にて同機関の燃焼室内の混合ガスを点火する点火手段と、

前記点火時期から前記燃焼室内の混合ガスの燃焼が終了する燃焼終了時期までの期間である全燃焼対応期間を推定する全燃焼対応期間推定手段と、

前記推定された全燃焼対応期間が目標全燃焼対応期間と一致するように前記混合ガスに含まれる既燃ガスの量を制御する既燃ガス量制御手段と、

を備えた内燃機関の制御装置であって、

前記燃焼室内の圧力である筒内圧を検出する筒内圧検出手段を備え、

前記全燃焼対応期間推定手段は、

30

前記燃焼室において燃焼した総ての燃料によって発生した熱のうちピストンに対する仕事に変換された熱の総量 Q_{total} に対する、所定のタイミングまでに同燃焼室において燃焼した燃料によって発生した熱のうちピストンに対する仕事に変換された熱の積算量 Q_{sum} の割合 Q_{sum} / Q_{total} に相当する図示熱量の割合を、前記検出された筒内圧に基づいて推定するとともに、同図示熱量の割合 Q_{sum} / Q_{total} の所定クランク角度幅における変化量の最大値を求め、同最大値に基いて前記燃焼終了時期を推定するように構成された内燃機関の制御装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の内燃機関の制御装置であって、

前記全燃焼対応期間推定手段は、

40

前記図示熱量の割合 Q_{sum} / Q_{total} として、前記燃焼室において燃焼した総ての燃料のうちピストンに対する仕事に寄与した燃料の総量に対する、所定のタイミングまでに同燃焼室において燃焼した燃料のうちピストンに対する仕事に寄与した燃料の積算量の割合である燃焼割合をクランク角度に対応させて取得するように構成された内燃機関の制御装置。

【請求項 8】

請求項 6 又は請求項 7 に記載の内燃機関の制御装置であって、

前記全燃焼対応期間推定手段は、

前記燃料の燃焼速度に影響を与えるパラメータを取得する手段と、

前記取得されたパラメータに基いて前記全燃焼対応期間を修正する全燃焼対応期間修正手段と、

50

手段と、

を備える内燃機関の制御装置。

【請求項 9】

請求項 6 又は請求項 7 に記載の内燃機関の制御装置であって、

前記既燃ガス量制御手段は、

前記燃料の燃焼速度に影響を与えるパラメータを取得する手段と、

前記取得されたパラメータに基いて前記目標全燃焼対応期間を修正する目標修正手段と

、
を備える内燃機関の制御装置。

【請求項 10】

請求項 7 に記載の内燃機関の制御装置であって、

前記点火手段は、

予め定められたクランク角度における前記燃焼割合が前記機関の運転状態に応じて定まる目標燃焼割合と一致するように前記点火時期を制御する点火時期制御手段を含む内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の運転状態に応じた点火時期にて燃焼室内の混合ガスを点火して燃焼させる点火手段と、前記混合ガスに含まれる既燃ガスの量を制御する既燃ガス量制御手段と、を備えた内燃機関の制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、筒内圧検出手段により検出される筒内圧（燃焼室内の圧力）に基づいて燃焼割合 MFB (Mass Fraction Burned) を算出し、所定のクランク角度における燃焼割合 MFB が目標燃焼割合と一致するように点火時期（燃焼開始時期）を制御する内燃機関の制御装置が知られている。このような装置の一つは、例えば、圧縮上死点後のクランク角度 8° における燃焼割合 MFB 8 が 50% になるように点火時期 SA を制御するようになっている。これにより、内燃機関の個体差がある場合でも、各機関に対して適切な点火時期が設定される。従って、燃焼効率が改善され、内燃機関の出力トルクを増大させることができる（例えば、特許文献 1 を参照）。

【0003】

ここで、燃焼割合 MFB は図示熱量の割合と実質的に等価な値である。図示熱量の割合は、一回の燃焼行程に関して、「燃焼室において燃焼した総ての燃料によって発生した熱のうちピストンに対する仕事に変換された熱の総量 Q_{total} に対する、所定のタイミングまでに同燃焼室において燃焼した燃料によって発生した熱のうちピストンに対する仕事に変換された熱の積算量 Q_{sum} の割合 Q_{sum} / Q_{total} 」と定義される。燃焼割合 MFB は、「燃焼室において燃焼した総ての燃料のうちピストンに対する仕事に寄与した燃料の総量に対する、所定のタイミングまでに同燃焼室において燃焼した燃料のうちピストンに対する仕事に寄与した燃料の積算量の割合」と定義される。

【特許文献 1】特開 2006-144645 号公報

【0004】

一方、吸気弁及び / 又は排気弁の開弁時期及び閉弁時期を制御することができる可変バルブタイミング装置（VVT）を備えた内燃機関が広く知られている。可変バルブタイミング装置の一つは、吸気弁の開弁時期を進角又は遅角することにより、吸気弁と排気弁とが共に開状態に維持される期間（以下、「バルブオーバーラップ期間」又は「オーバーラップ期間」と称呼する。）を制御する。

【0005】

一般に、オーバーラップ期間が長くなると、燃焼室から吸気ポートに排出され且つその後に燃焼室に再び吸入される既燃ガス（「内部 EGR ガス」又は「自己 EGR ガス」とも

10

20

30

40

50

称呼される。)の量が増大する。換言すると、可変バルブタイミング装置は、既燃ガス量制御装置として機能する。

【0006】

この可変バルブタイミング装置や外部EGR装置等の既燃ガス量制御装置により既燃ガス量が増大させられると、燃焼速度が低下する。即ち、図15に示したように、燃焼室において燃焼した燃料が発生した熱のうちピストンに対する仕事に寄与した熱の量(図示発生熱量)の増加割合は、既燃ガス量が相対的に多い場合(図15の実線により示した曲線の傾き)の方が既燃ガス量が相対的に少ない場合(図15の破線により示した曲線の傾き)よりも小さくなる。即ち、既燃ガス量が多くなるほど燃焼速度が低下する。その結果、燃焼温度が低下するから、NO_xの排出量が低下する。

10

【0007】

更に、既燃ガス量が多くなるほど燃焼が緩慢に進むので燃焼期間が長くなる。従って、より多くの燃料を燃焼させることができる。即ち、図15の期間T1は期間T2よりも長くなり、燃焼した燃料の総量に対応する総熱量Q_{total1}は総熱量Q_{total2}よりも大きくなる。この結果、既燃ガス量が多いほどHC及びCOの排出量は低下する。ところが、既燃ガス量が過大となると燃焼が不安定となる。この結果、HC及びCOが増加する。

【発明の開示】

【0008】

以上のことから、発明者は、混合ガスに含まれる既燃ガス量をHC及びCO等が増加しない範囲内において極力多く設定することができれば、HC及びCOの増加を招くことなくNO_xの排出量を低減することができるとの知見を得た。更に、既燃ガス量の調整をオーバーラップ期間の変更によって行う場合、既燃ガス量をHC及びCO等が増加しない範囲内において極力多く設定することができれば、HC及びCOの増加を招くことなくポンピングロスを低減することができるとの知見も得た。

20

【0009】

そこで、発明者は、圧縮上死点から圧縮上死点後15°(ATDC 15°)までの期間における燃焼割合の変化量(即ち、燃焼速度)がHC及びCOの増加を招かない範囲において出来るだけ小さな所定値に一致するように既燃ガス量を制御すること(オーバーラップ期間を制御すること)を提案した。これによれば、燃焼が不安定になることによりHC及びCOの排出量が増大することを回避しながら、NO_xの排出量を低減することができる。なお、本明細書において、圧縮上死点後のクランク角度X°を「ATDC X°」、又は、ATDC X」と表記し、圧縮上死点前のクランク角度Y°を「BTDC Y°」、又は、BTDC Y」と表記する。

30

【0010】

しかしながら、発明者は更に検討を重ねた結果、圧縮上死点からATDC 15°までの期間における燃焼割合の変化量を前記所定値に維持するように既燃ガス量(オーバーラップ期間)を制御した場合であっても、点火時期が変化するとHC及びCOの排出量が変動する場合があることを見出した。

【0011】

より具体的に説明すると、圧縮上死点からATDC 15°までの期間における燃焼割合の変化量を所定値に維持するということは、点火後において燃焼が実質的に開始してから終了するまでの期間(以下、「実質燃焼期間CPa」と称呼する。)を所定の大きさのクランク角度に維持すること、換言すると、燃焼速度を所定の速度に維持することを意味する。

40

【0012】

そこで、発明者は、点火時期を変化させながら、可変バルブタイミング装置による吸気弁開弁時期の進角量(以下、「VVT進角量」と称呼する。)に対するCO₂及びHCの排出量並びに実質燃焼期間CPaを測定した。VVT進角量は、排気弁の開弁時期及び閉弁時期を一定とした場合での、吸気弁開弁時期が最も遅角側に設定されている場合を基準とした吸気弁開弁時期の進角量である。従って、前述したように、VVT進角量が大きい

50

ほどオーバーラップ期間が長くなり、既燃ガス量は増大する。図3は、この測定の結果を示すグラフである。

【0013】

この測定において、実質燃焼期間CPaは、図16に示したように、クランク角度CA_sからクランク角度CA_eまでの期間とした。クランク角度CA_sは、燃焼開始後の所定のクランク角度幅（例えば、クランク角度幅15°）における燃焼割合の変化量の最大値を求め、その最大値が得られた点を通り且つ傾きがその最大値である直線L_{ext}により燃焼割合の変化を外挿した場合において、直線L_{ext}が燃焼割合0%と交わる点Psに対応するクランク角度である。クランク角度CA_eは、直線L_{ext}が燃焼割合100%と交わる点Peに対応するに対応するクランク角度である。燃焼割合100%に相当する燃料量は、吸気弁閉弁後からATDC 60°までに燃焼室において燃焼した総ての燃料のうちピストンに対する仕事に寄与した燃料の総量である。更に、図3に結果を示した測定において、点火時期は圧縮上死点後のクランク角度8°における燃焼割合MFB8が、20、30、40及び50%となるように変化させられた。図3において、CO₂が減少することはCOが増大することを表す。

【0014】

図3から理解されるように、HC及びCOが増大しない範囲でVVT進角量を最大にしようとした場合（図3における領域Aを参照。）、実質燃焼期間CPaは点火時期が変化すると領域Bに示したように変化する。換言すると、ある点火時期にて点火が行われている状態において実質燃焼期間CPaを最適な目標燃焼期間に一致させるようにVVT進角量をフィードバック制御すれば、その点火時期において既燃ガス量は適切な量に制御され得る。ところが、点火時期が変化した場合にはVVT進角量が過大となってしまうのでHC及びCOの排出量が増大するか、又は、VVT進角量が過小となってしまうので図示しないNO_xの排出量が増大する場合が生じる。

【0015】

以上から、本発明の目的は、点火時期が変化した場合であっても、既燃ガス量を適切に制御することができ、その結果、HC及びCOの排出量を増大させることなくNO_xの排出量を低減することができる内燃機関の制御装置を提供することにある。

【0016】

上記目的を達成する本発明による内燃機関の制御装置は、

内燃機関の燃焼室の圧力である筒内圧を検出する筒内圧検出手段と、

前記検出された筒内圧に基いて、前記燃焼室において燃焼した総ての燃料のうちピストンに対する仕事に寄与した燃料の総量に対する、所定のタイミングまでに同燃焼室において燃焼した燃料のうちピストンに対する仕事に寄与した燃料の積算量の割合である燃焼割合を取得する手段と、

前記取得された燃焼割合が所定の目標燃焼割合に一致するように前記機関の点火時期を制御するとともに同制御された点火時期にて同機関の燃焼室内の混合ガスを点火する点火手段と、

前記点火時期から前記燃焼室内の混合ガスの燃焼が終了する燃焼終了時期までの期間である全燃焼対応期間を前記点火時期と前記取得された燃焼割合とに基いて推定する全燃焼対応期間推定手段と、

前記推定された全燃焼対応期間が目標全燃焼対応期間と一致するように前記混合ガスに含まれる既燃ガスの量を制御する既燃ガス量制御手段と、

を備える。

【0017】

図2及び図16に示したように、前記全燃焼対応期間推定手段が推定する全燃焼対応期間CPは、点火時期SAから燃焼室内の混合ガスの燃焼が実質的に終了する燃焼終了時期CA_eまでの期間である。この全燃焼対応期間CPは、図3に示したように、VVT進角量（即ち、オーバーラップ期間）が一定に維持されることにより既燃ガス量が一定に維持

10

20

30

40

50

されれば、点火時期が変化しても殆ど変化しない。従って、上記構成のように、全燃焼対応期間 C P が所定の目標全燃焼対応期間と一致するように既燃ガス量を制御すれば、点火時期に関わらず既燃ガス量を適切な量に制御することが可能となる。この結果、本発明による制御装置は、H C 及びC O の排出量の増大を招くことなく、且つ、N O x の排出量を低減することができる。

【0018】

この場合、前記既燃ガス量制御手段は、吸気弁及び排気弁が共に開弁しているオーバーラップ期間を変更するように構成されることが好適である。更に、前記既燃ガス量制御手段は、少なくとも前記機関の吸気弁の開弁タイミングを変更することにより前記オーバーラップ期間を変更するように構成されることが望ましい。

10

【0019】

これらによれば、オーバーラップ期間を、H C 及びC O の排出量の増大を招かない範囲であって出来るだけ長い期間に容易に制御することができる。従って、H C 、C O 及びN O x の増大を回避しながら、ポンピングロスを低減することができる。その結果、機関の燃費を改善することができる。

【0020】

更に、

前記全燃焼対応期間推定手段は、前記全燃焼対応期間をクランク角度幅により表すように推定するとともに、

前記既燃ガス量制御手段は、

20

前記推定されたクランク角度幅により表された全燃焼対応期間が前記目標全燃焼対応期間として予め定められた目標クランク角度幅と一致するように前記既燃ガスの量をフィードバック制御することが好適である。

【0021】

先に説明した図3に示したように、クランク角度幅によって表された全燃焼対応期間 C P (クランク角度を単位として表された全燃焼対応期間)は、点火時期に依存することなく既燃ガス量に対応するV V T進角量と一定の関係を維持する。従って、上記構成のように、全燃焼対応期間を予めクランク角度幅によって表し、その全燃焼対応期間が目標全燃焼対応期間として予め定められた目標クランク角度幅と一致するように既燃ガスの量を制御(フィードバック制御)すれば、点火時期に関わらずオーバーラップ期間を適切な期間に容易に設定することができる。

30

【0022】

また、本発明による制御装置は、

前記燃焼室の圧力である筒内圧を検出する筒内圧検出手段を備え、

前記全燃焼対応期間推定手段は、

前記検出された筒内圧に基づいて前記燃焼終了時期を推定するように構成されることが好適である。

【0023】

より具体的には、前記全燃焼対応期間推定手段は、

前記燃焼室において燃焼した総ての燃料によって発生した熱のうちピストンに対する仕事に変換された熱の総量 Q total に対する、所定のタイミングまでに同燃焼室において燃焼した燃料によって発生した熱のうちピストンに対する仕事に変換された熱の積算量 Q sum の割合 Q sum / Q total に相当する図示熱量の割合を、前記検出された筒内圧に基づいて推定するとともに、同図示熱量の割合 Q sum / Q total の所定クランク角度幅における変化量の最大値を求め、同最大値に基いて前記燃焼終了時期を推定するように構成され得る。

40

【0024】

これによれば、より簡便な手法により燃焼終了時期を推定することができる。

【0025】

一方、前記全燃焼対応期間推定手段は、

前記図示熱量の割合 Q sum / Q total として、前記燃焼室において燃焼した総ての燃料の

50

うちピストンに対する仕事に寄与した燃料の総量に対する、所定のタイミングまでに同燃焼室において燃焼した燃料のうちピストンに対する仕事に寄与した燃料の積算量の割合である燃焼割合MFBをクランク角度に対応させて取得するように構成されることができる。

【0026】

図示熱量の割合 Q_{sum} / Q_{total} は燃焼割合MFBと実質的に等価であり、燃焼割合MFBは筒内圧を用いて求めることができるので、上記構成により、より簡易な方法で全燃焼対応期間を推定することができる。

【0027】

更に、前記全燃焼対応期間推定手段は、

10

前記燃料の燃焼速度に影響を与えるパラメータを取得する手段と、

前記取得されたパラメータに基いて前記全燃焼対応期間を修正する修正手段と、を備えることが好適である。

【0028】

燃焼速度は、気筒内に吸入される空気量、空燃比及びシリンダの壁温等の影響を受ける。これらの燃焼速度に影響を与えるパラメータが全燃焼対応期間に及ぼす影響は、既燃ガス量が全燃焼対応期間に及ぼす影響とは独立している。従って、既燃ガス量を全燃焼対応期間及び目標全燃焼対応期間に基いて制御するにあたり、これらパラメータが全燃焼対応期間に及ぼす影響を排除しておく必要がある。そこで、上記構成のように、燃焼速度に影響を与えるパラメータを取得し、その取得されたパラメータに基いて前記推定された前記全燃焼対応期間を修正する。これにより、上記推定される全燃焼対応期間が燃焼速度に影響を与えるパラメータに応じて変動したとしても、目標全燃焼対応期間を補正することなく既燃ガス量をより一層適切に制御することができる。

20

【0029】

代替として、前記既燃ガス量制御手段が、

前記燃料の燃焼速度に影響を与えるパラメータを取得する手段と、

前記取得されたパラメータに基いて前記目標全燃焼対応期間を修正する目標修正手段と

、
を備えていてもよい。

【0030】

30

これによれば、燃焼速度に影響を与えるパラメータに基いて目標全燃焼対応期間が修正されるので、上記推定される全燃焼対応期間が燃焼速度に影響を与えるパラメータに応じて変動したとしても、既燃ガス量をより一層適切に制御することができる。

【0031】

更に、燃焼割合を推定する上記制御装置において、

前記点火手段は、

予め定められたクランク角度における前記燃焼割合が前記機関の運転状態に応じて定まる目標燃焼割合と一致するように前記点火時期を制御する点火時期制御手段を含むことが好適である。

【0032】

40

これによれば、点火時期の制御によって燃焼効率を高く維持しながら、既燃ガス量の制御によってHC及びCOの増加を招くことなく、NOx及び/又はポンピングロスを低減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下、本発明の実施形態に係る内燃機関の制御装置について図面を参照しつつ説明する。

(構成)

図1は、本発明の実施形態に係る制御装置をピストン往復動型の火花点火式多気筒(4気筒)4サイクル内燃機関10に適用したシステムの概略構成を示している。なお、図1

50

は、特定の気筒の断面のみを図示しているが、他の気筒も同様な構成を備えている。

【0034】

この内燃機関10は、シリンダブロック、シリンダブロックロワーケース及びオイルパン等を含むシリンダブロック部20と、シリンダブロック部20の上に固定されるシリンダヘッド部30と、シリンダブロック部20にガソリン混合気を供給するための吸気系統40と、シリンダブロック部20からの排ガスを外部に放出するための排気系統50とを含んでいる。

【0035】

シリンダブロック部20は、シリンダ21、ピストン22、コンロッド23及びクランク軸24を含んでいる。ピストン22はシリンダ21内を往復動し、ピストン22の往復動がコンロッド23を介してクランク軸24に伝達され、これによりクランク軸24が回転するようになっている。シリンダ21とピストン22のヘッドは、シリンダヘッド部30とともに燃焼室25を形成している。

【0036】

シリンダヘッド部30は、燃焼室25に連通した吸気ポート31、吸気ポート31を開閉する吸気弁32、吸気弁32を開閉駆動する吸気弁制御装置33、燃焼室25に連通した排気ポート34、排気ポート34を開閉する排気弁35、排気弁35を駆動するエキゾーストカムシャフト36、点火プラグ37、点火プラグ37に与える高電圧を発生するイグニッショングルーピングを含むイグナイタ38及び燃料を吸気ポート31内に噴射するインジェクタ(燃料噴射手段)39を備えている。

【0037】

吸気弁制御装置33は、インテークカムシャフトとインテークカム(図示せず)との相対回転角度(位相角度)を油圧により調整・制御する周知の構成を備え、吸気弁32の開弁時期(吸気弁開弁時期)を変更することができるようになっている。本例において、吸気弁の開弁期間(開弁クランク角度幅)は一定である。従って、吸気弁開弁時期が所定角度だけ進角又は遅角させられると、吸気弁閉弁時期も同所定角度だけ進角又は遅角させられる。また、排気弁35の開弁時期及び閉弁時期は一定である。従って、吸気弁制御装置33によって吸気弁開弁時期が変更されることに伴ってオーバーラップ期間が変化する。

【0038】

吸気系統40は、吸気ポート31に連通し吸気ポート31とともに吸気通路を形成するインテークマニホールドを含む吸気管41、吸気管41の端部に設けられたエアフィルタ42、吸気管41内にあって吸気通路の開口断面積を可変とするスロットル弁43及びスロットル弁駆動手段を構成するDCモータからなるスロットル弁アクチュエータ43aを備えている。

【0039】

排気系統50は、排気ポート34に連通したエキゾーストマニホールド51、エキゾーストマニホールド51に接続されたエキゾーストパイプ(排気管)52、エキゾーストパイプ52に配設された上流側の三元触媒53及びこの触媒53の下流のエキゾーストパイプ52に配設された下流側の三元触媒54を備えている。排気ポート34、エキゾーストマニホールド51及びエキゾーストパイプ52は、排気通路を構成している。

【0040】

一方、このシステムは、熱線式エアフローメータ61、スロットルポジションセンサ62、カムポジションセンサ63、クランクポジションセンサ64、各気筒に設けられた筒内圧センサ65、冷却水温センサ66、第1触媒53の上流の排気通路に配設された空燃比センサ67、第1触媒53の下流であって第2触媒54の上流の排気通路に配設された空燃比センサ68及びアクセル開度センサ69を備えている。

【0041】

熱線式エアフローメータ61は、吸気管41内を流れる吸入空気の単位時間あたりの質量流量を検出し、質量流量Gaを表す信号を出力するようになっている。スロットルポジションセンサ62は、スロットル弁43の開度を検出し、スロットル弁開度TAを表す信号を

10

20

30

40

50

出力するようになっている。カムポジションセンサ63は、インテークカムシャフトが所定角度から90度、次いで90度、更に180度回転する毎に一つのパルスを出力するようになっている。この信号はG2信号とも称呼される。クランクポジションセンサ64は、クランク軸24が10度回転する毎にパルスを出力するようになっている。クランクポジションセンサ64から出力されるパルスはエンジン回転速度NEを表す信号に変換されるようになっている。筒内圧センサ65は、燃焼室25内の圧力を検出し、筒内圧Pcを表す信号を出力するようになっている。

【0042】

上流側空燃比センサ67及び下流側空燃比センサ68は、触媒53の上下流の空燃比を検出し、その上下流の空燃比を表す信号をそれぞれ出力するようになっている。アクセル開度センサ69は、運転者によって操作されるアクセルペダル81の操作量を検出し、アクセルペダル81の操作量Accpを表す信号を出力するようになっている。

10

【0043】

電気制御装置70は、互いにバスで接続されたCPU71、CPU71が実行するルーチン（プログラム）、テーブル（ルックアップテーブル、マップ）及び定数等を予め記憶したROM72、CPU71が必要に応じてデータを一時的に格納するRAM73、電源が投入された状態でデータを格納するとともに格納したデータを電源が遮断されている間も保持するバックアップRAM74、並びに、ADコンバータを含むインターフェース75等からなるマイクロコンピュータである。インターフェース75は、前記センサ61～69と接続され、CPU71にセンサ61～69からの信号を供給するようになっている。インターフェース75は、CPU71の指示に応じて吸気弁制御装置33、インジェクタ39及びスロットル弁アクチュエータ43aに駆動信号を送出するとともに、イグナイタ38に点火信号を送出するようになっている。

20

【0044】

（制御）

次に、上記のように構成された内燃機関10の制御装置（以下、「本装置」と称呼する。）により行われる、各種の制御内容について説明する。

【0045】

<燃焼割合MFBの推定（取得）>

上述のように定義された燃焼割合MFBは上述のように定義された図示熱量の割合Qsu m / Qtotalを表す値として推定（取得）される。燃焼割合MFBを筒内圧センサ65によって検出された筒内圧Pcから求める手法の詳細は、例えば、特開2006-144645号公報に開示されているので、以下、その概略について述べる。

30

【0046】

本例において、燃焼割合MFBは所定のタイミングを表すクランク角度に対応して求められる。クランク角度における燃焼割合MFBをMFBと表す。クランク角度は圧縮上死点において0となり、圧縮上死点から圧縮上死点前に向って進角するほど絶対値が大きくなる負の値をとり、圧縮上死点から圧縮上死点後に向って遅角するほど絶対値が大きくなる正の値をとるように定義される。例えば、 $s = -1^\circ$ ($1 > 0$) であることは、クランク角度がBTDC 1であることを示す。

40

【0047】

クランク角度における燃焼割合MFBは、下記の(1)式により推定される。(1)式において、クランク角度 s ($s < 0$) は、対象とする燃焼行程（膨張行程）に向う過程において吸気弁32及び排気弁35の両方が閉じた状態にあり且つ点火時期よりも十分に進角した時期（例えば、 $s = -60^\circ$ 、即ち、BTDC 60° ）であり、クランク角度 e ($e > 0$) は、対象とする燃焼行程における燃焼が実質的に終了する最も遅い時期よりも遅い所定の時期且つ排気弁開弁時期よりも進角した時期（例えば、 $e = 60^\circ$ 、即ち、ATDC 60° ）である。

【数1】

$$MFB\theta = \frac{Pc(\theta) \cdot V(\theta)^\kappa - Pc(\theta_s) \cdot V(\theta_s)^\kappa}{Pc(\theta_e) \cdot V(\theta_e)^\kappa - Pc(\theta_s) \cdot V(\theta_s)^\kappa} \quad \dots(1)$$

【0048】

この(1)式は、発生した熱のうちピストンに対する仕事に寄与した熱の積算量Qの変化パターンがPc()V()の変化パターンと概ね一致するという知見に基いている。Pc()はクランク角度における筒内圧、V()はクランク角度における燃焼室25の容積、は混合ガスの比熱比(例えば、1.32)である。なお、(1)式の分母はMFBの100%に相当する値である。

10

【0049】

<点火時期制御>

点火時期SAはMFB8(ATDC 8°における燃焼割合)が所定の目標値(例えば、50%近傍の値)となるようにフィードバック制御される。このMFB8の目標値は、機関の燃焼効率が良く且つノッキング等によるトルク変動等が発生しないように運転状態(例えば、一回の吸気行程における筒内吸入空気量等により表される機関負荷及び/又は機関回転速度等の機関の運転状態を表すパラメータ)に応じて決定される。この結果、点火時期SAは運転状態に応じて変化する。なお、点火時期SA(SA > 0)とは、点火がBTDC SA°において行われることを意味する。

【0050】

<VVV進角量(既燃ガス量、オーバーラップ期間)の制御>

20

本装置は、全燃焼対応期間CPを点火時期SAと燃焼割合MFBとから求め、その全燃焼対応期間CPが所定の目標全燃焼対応期間CPTgtと一致するようにVVV進角量(吸気弁開弁時期)を制御する。換言すると、全燃焼対応期間CPに基いて既燃ガス量が制御される。

【0051】

全燃焼対応期間CPは点火時期SAから燃焼終了時期CAeまでの期間である。燃焼終了時期CAeは燃焼室の混合ガスの燃焼が実質的に終了する時期である。燃焼終了時期CAe及び全燃焼対応期間CPは次のようにして求められる。

【0052】

30

(1)図2に示したように、点火時期SAのうち最も進角した時期よりも進角側の時期(例えば、BTDC 60°)から燃焼が最も遅く終了する時期よりも遅角側の時期(例えば、ATDC 60°)の期間において、所定のクランク角度幅N°(例えば、クランク角度幅15°)における燃焼割合MFBの変化量(増加量)MFBを所定の微小クランク角度が経過する毎に求める。

(2)求められた変化量MFBのうちの最大値MFBmax(燃焼割合最大変化速度)を求める。

【0053】

(3)最大値MFBmaxが求められたクランク角度CAmaxにおける燃焼割合MFB上の点(クランク角, MFB) = (CAmax, MFBcamax)を通り、且つ、傾きが最大値MFBmaxである直線(外挿線)Lextを引く。

40

(4)直線Lextが燃焼割合100%に到達した点Peに対応するクランク角度CAeを燃焼終了時期CAeとして求める。なお、燃焼割合100%は、クランク角度s(BTDC 60°)からクランク角度e(ATDC 60°)までに燃焼室において燃焼した総ての燃料のうちピストンに対する仕事に寄与した燃料の総量に対応する。

(5)点火時期SAから燃焼終了時期CAeまでの期間(クランク角度幅)を全燃焼対応期間CPとして求める。

【0054】

即ち、全燃焼対応期間CPは、下記(2)式により求められる。全燃焼対応期間CPはクランク角度の幅(クランク角度の大きさ、単位(°))によって表される。

50

【数2】

$$CP = SA + CA_{max} + \frac{1 - MFB_{camax}}{(\Delta MFB_{max}/N)} \quad \dots(2)$$

【0055】

図3は、VVT進角量に対する、CO₂及びHCの排出量並びに全燃焼対応期間CPの変化の様子を示している。この測定において、点火時期SAは燃焼割合MFB8が、20、30、40及び50%となるように変化させられた。

【0056】

図3から理解されるように、点火時期SAが変動しても、VVT進角量と全燃焼対応期間CPとは実質的に1:1の関係を維持する。換言すると、VVT進角量（オーバーラップ期間、既燃ガス量）がある一定値であれば、点火時期SAが変化しても、全燃焼対応期間CPは殆ど変化しない。従って、領域Aにより示したように、CO及びHCの排出量が増大しない範囲（CO₂の排出量が減少せず且つHCの排出量が増大しない範囲）においてVVT進角量が出来るだけ大きくなる（オーバーラップ期間が最長となって、既燃ガス量が最大となる）ようにVVT進角量を制御するには、全燃焼対応期間CPが領域Aにおける全燃焼対応期間CP（図3の例では70°）と一致するようにVVT進角量を制御（フィードバック制御）すれば良い。

【0057】

即ち、本装置は、全燃焼対応期間CPが予め定められた目標全燃焼対応期間CPtgtと一致するようにVVT進角量を制御する。目標全燃焼対応期間CPtgtは、CO及びHCの排出量が増大しない範囲においてオーバーラップ期間ができるだけ長くなる期間に設定される。この結果、本装置は、HC及びCOの排出量の増大を招くことなくNOxの排出量を低減し、且つ、ポンピングロスを低減することができる。その結果、排ガスの排出量が小さく、且つ、優れた燃費の内燃機関が提供される。

【0058】

なお、図3は、VVT進角量に対する、前述した実質燃焼期間CPa及び筒内圧に基いて推定される燃焼期間CPpのそれぞれとCO₂及びHCの排出量の関係も示している。実質燃焼期間CPaは、図16に示したように、直線Lextにより求められる「燃焼割合が0から100%」に到達するまでのクランク角度幅である。筒内圧に基いて推定された燃焼期間CPpは、図16に示したように、クランク角度CA_sから筒内圧が最大値となるクランク角度CApまでの期間である。

【0059】

実質燃焼期間CPa及び筒内圧に基いて推定された燃焼期間CPpの何れも、点火時期が変化すると、CO₂及びHCの排出量が増大を開始するVVT進角量に対応する値が変動している（領域Aに対する領域B及び領域C内の各値を参照。）。従って、これらの値をVVT進角量のフィードバック制御に使用することは望ましくないことが理解される。

【0060】

図4は、別の機関10について、本装置の効果を確認するための実験の結果を示すグラフである。図4の(A)は、実質燃焼期間CPaに対するHCの排出量を点火時期SA別に測定した結果を示している。点火時期SAは、8°燃焼割合MFB8が、20、30、40及び50%となるように変化させられている。

【0061】

図4の(A)によれば、8°燃焼割合MFB8が、20、30、40及び50%であるとき、HCの排出量が増大しない範囲における実質燃焼期間CPaの最適値は、直線L1、L2、L3及びL4により示したように、点火時期SAに依存して変化し、ある幅Wを有するように存在している。換言すると、ある点火時期にて点火が行われている状態において実質燃焼期間CPaを最適な目標燃焼期間に一致させるようにVVT進角量をフィードバック制御しても、点火時期が変化した場合にはVVT進角量が過大又は過小になってしまふので、HC及びCOの排出量の増大を招くか、又は、NOxの排出量の増大及びボ

10

20

30

40

50

ンピングロスの低減幅が減少してしまう場合が生じる。

【0062】

図4の(B)は、本装置が推定する全燃焼対応期間CPに対するHCの排出量を点火時期SA別に測定した結果を示している。点火時期SAは、図4(A)に示した場合と同様に変化させられている。

【0063】

図4の(B)によれば、8°燃焼割合MBF8が、20、30、40及び50%に一致するように点火時期SAが変更されても、HCの排出量が増大し始める全燃焼対応期間CPは直線Loptにて示した一点のみとなる。従って、直線Loptにより示される全燃焼対応期間CPを目標全燃焼対応期間CPtgtに設定し、実際に推定される全燃焼対応期間CPがこの目標全燃焼対応期間CPtgtと一致するようにVVT進角量を制御すれば、点火時期SAに関わらずHCの排出量(従って、COの排出量)が増大しない範囲においてオーバーラップ期間をできるだけ長く(既燃ガス量をできるだけ多く)設定することができる。この結果、本装置は、HC及びCOの排出量の増大を招くことなく、NOxの排出量を低減し、且つ、ポンピングロスを低減することができる。

10

【0064】

<全燃焼対応期間CPの修正(正規化)>

ところで、燃焼速度は既燃ガス量に強く依存するものの、他にも燃焼速度に影響を与えるパラメータ(物理量)が存在する。燃焼速度に影響を与えるパラメータの代表例は、燃料噴射量TAU、冷却水温THWによって推定される(表される)シリンダ壁温及び混合気の空燃比等である。以下、これらのパラメータが全燃焼対応期間CPに与える影響と、本装置による全燃焼対応期間CPの修正(正規化)手法について順に説明を加える。

20

【0065】

(燃料噴射量TAUによる修正)

図5は、燃料噴射量TAUが変化した場合における燃焼割合MBFの変化の様子を示したグラフである。この図に示したように、燃料噴射量TAUが大きくなるほど燃焼室内における混合気の濃度及び圧力等が増大するので燃焼速度が大きくなる。その結果、燃料噴射量TAUが大きくなるほど全燃焼対応期間CPは短くなる。従って、全燃焼対応期間CP及び目標全燃焼対応期間CPtgtに基いて既燃ガス量を適量に制御するためには、燃料噴射量TAUが全燃焼対応期間CPに及ぼす影響を排除してやる必要がある。

30

【0066】

そこで、本装置は、燃料噴射量TAUがある一定の値(本例では、TAU=0)であるとの前提の下で設定されている目標全燃焼対応期間CPtgtをフィードバックの目標値としてそのまま使用できるように、下記(3)式に応じて全燃焼対応期間を修正する。CP_{mdf}は修正後の全燃焼対応期間である。

【数3】

$$CP_{mdf} = CP \cdot \left(1 + \frac{TAU}{10000} \right) \quad \dots(3)$$

TAU(μs)

40

【0067】

図6は、機関10について、上記燃料噴射量TAUによる全燃焼対応期間CPの修正の効果を確認するための実験の結果を示すグラフである。図6の(A)は、修正前の全燃焼対応期間CPに対するHCの排出量を燃料噴射量TAU別に測定した結果を示している。この実験において、燃料噴射量(実際には、燃料噴射量TAUと略比例する燃料噴射時間)は、2700、3900及び5200μsに設定された。

【0068】

図6の(A)によれば、各燃料噴射量TAUに対してHCの排出量が増大し始める全燃焼対応期間CPは、直線L1、L2及びL3に示したように一定しない。換言すると、最

50

適な全燃焼対応期間 C P がある幅 W を有するように存在している。

【 0 0 6 9 】

図 6 の (B) は、上記燃料噴射量 T A U による修正後の全燃焼対応期間 C P mfd に対する H C の排出量を燃料噴射量 T A U 別に測定した結果を示している。燃料噴射量 T A U は、図 6 (A) に示した場合と同様に変化させられている。

【 0 0 7 0 】

図 6 の (B) によれば、燃料噴射量 T A U が変化しても、H C の排出量が増大し始める修正後の全燃焼対応期間 C P mfd は直線 L opt にて示した一点のみとなることが理解される。従って、修正後の全燃焼対応期間 C P mfd が目標全燃焼対応期間 C P t g t と一致するように V V T 進角量を制御すれば、燃料噴射量 T A U に関わらず H C の排出量 (従って、CO の排出量) が増大しない範囲においてオーバーラップ期間をできるだけ長く設定することができる。

【 0 0 7 1 】

(シリンダ壁温 (冷却水温 T H W) による修正)

シリンダ壁温は冷却水温 T H W が低いほど低くなる。図 7 は、冷却水温 T H W が変化した場合における燃焼割合 M F B の変化の様子を示したグラフである。この図に示したように、冷却水温 T H W が低くなるほど燃焼室内において発生した熱がシリンダ壁に奪われ (即ち、冷却損失が大きくなる) ので、燃焼速度は小さくなる。その結果、冷却水温 T H W が低くなるほど全燃焼対応期間 C P は長くなる。従って、全燃焼対応期間 C P 及び目標全燃焼対応期間 C P t g t に基いて既燃ガス量を適量に制御するためには、シリンダ壁温 (冷却水温 T H W) が全燃焼対応期間 C P に及ぼす影響を排除してやる必要がある。

【 0 0 7 2 】

そこで、本装置は、冷却水温 T H W がある一定の値 (本例では、暖機完了後の 86) であるとの前提の下で設定されている目標全燃焼対応期間 C P t g t をフィードバックの目標値としてそのまま使用できるように、下記 (4) 式に応じて全燃焼対応期間を修正する。

【 数 4 】

$$CP_{mfd} = CP \cdot \left(1 - \frac{86 - THW}{800} \right) \quad \dots(4)$$

THW(°C)

10

20

30

【 0 0 7 3 】

図 8 は、機関 10 について、上記冷却水温 T H W による全燃焼対応期間 C P の修正の効果を確認するための実験の結果を示すグラフである。図 8 の (A) は、修正前の全燃焼対応期間 C P に対する H C の排出量を冷却水温 T H W 別に測定した結果を示している。この実験において、冷却水温 T H W は、20、50 及び 86 に設定された。

【 0 0 7 4 】

図 8 の (A) によれば、各冷却水温 T H W に対して H C の排出量が増大し始める全燃焼対応期間 C P は、直線 L 1、L 2 及び L 3 に示したように一定しない。換言すると、最適な全燃焼対応期間 C P がある幅 W を有するように存在している。

【 0 0 7 5 】

図 8 の (B) は、上記冷却水温 T H W による修正後の全燃焼対応期間 C P mfd に対する H C の排出量を冷却水温 T H W 別に測定した結果を示している。冷却水温 T H W は、図 8 (A) に示した場合と同様に変化させられている。

【 0 0 7 6 】

図 8 の (B) によれば、冷却水温 T H W が変化しても、H C の排出量が増大し始める修正後の全燃焼対応期間 C P mfd は直線 L opt にて示した一点のみとなることが理解される。従って、修正後の全燃焼対応期間 C P mfd が目標全燃焼対応期間 C P t g t と一致するように V V T 進角量を制御すれば、冷却水温 T H W に関わらず H C の排出量 (従って、CO

40

50

の排出量)が増大しない範囲においてオーバーラップ期間をできるだけ長く設定することができる。

【0077】

(空燃比 A / F による修正)

図9は、空燃比 A / F が変化した場合における燃焼割合 MFB の変化の様子を示したグラフである。この図に示したように、空燃比 A / F が大きくなるほど(リーンな空燃比になるほど)燃焼が不安定となるので、全燃焼対応期間 CP は長くなる。従って、全燃焼対応期間 CP 及び目標全燃焼対応期間 CP tgt に基いて既燃ガス量を適量に制御するためには、空燃比 A / F が全燃焼対応期間 CP に及ぼす影響を排除してやる必要がある。

【0078】

そこで、本装置は、空燃比 A / F がある一定の値(本例では、理論空燃比)であるとの前提の下で設定されている目標全燃焼対応期間 CP tgt をフィードバックの目標値としてそのまま使用できるように、下記(5)式に応じて全燃焼対応期間を修正する。

【数5】

$$\begin{aligned}
 CP_{mfd} &= CP \cdot \frac{Q_{stoich}}{Q_{total}} & \cdots(5) \\
 Q_{total} &= P_c(\theta_e) \cdot V(\theta_e)^\kappa - P_c(\theta_s) \cdot V(\theta_s)^\kappa \\
 Q_{stoich} &= 0.19 \cdot TAU & TAU(\mu s)
 \end{aligned}$$

【0079】

(5)式において、Q total は上記(1)の分母と同じ式により求められる量であり、燃焼室において燃焼した総ての燃料によって発生した熱のうちピストンに対する仕事に変換された熱の総量 Q total である。Q stoich は、空燃比が理論空燃比である場合の熱の総量 Q total であって、推定(近似)式(Q stoich = 0.19 · TAU)によって求められる。

【0080】

図10は、機関10について、上記空燃比 A / F による全燃焼対応期間 CP の修正の効果を確認するための実験の結果を示すグラフである。図10の(A)は、修正前の全燃焼対応期間 CP に対する HC の排出量を空燃比 A / F 別に測定した結果を示している。この実験において、空燃比 A / F は、14.5(理論空燃比)、17及び19に設定された。

【0081】

図10の(A)によれば、各空燃比 A / F に対して HC の排出量が増大し始める全燃焼対応期間 CP は、直線 L1、L2 及び L3 に示したように一定しない。換言すると、最適な全燃焼対応期間 CP がある幅 W を有するように存在している。

【0082】

図10の(B)は、上記空燃比 A / F による修正後の全燃焼対応期間 CP mfd に対する HC の排出量を空燃比 A / F 別に測定した結果を示している。空燃比 A / F は、図10(A)に示した場合と同様に変化させられている。

【0083】

図10の(B)によれば、空燃比 A / F が変化しても、HC の排出量が増大し始める修正後の全燃焼対応期間 CP mfd は直線 L opt にて示した一点のみとなることが理解される。従って、修正後の全燃焼対応期間 CP mfd が目標全燃焼対応期間 CP tgt と一致するように VVT 進角量を制御すれば、空燃比 A / F に関わらず HC の排出量(従って、CO の排出量)が増大しない範囲においてオーバーラップ期間をできるだけ長く設定することができる。

【0084】

本装置は、以上の燃料噴射量 TAU 、冷却水温 THW 及び空燃比 A / F の修正を下記(

10

20

30

40

50

6) 式によって行う。

【数6】

$$CP_{mfd} = CP \cdot \left(1 + \frac{TAU}{10000}\right) \cdot \left(1 - \frac{86 - THW}{800}\right) \cdot \frac{Q_{stoich}}{Q_{total}} \quad \dots(6)$$

【0085】

図11は、負荷（実際には空気充填率K_L：1気筒当たりの吸入空気量に比例した値）を変化させた場合における、修正（正規化）された全燃焼対応期間C_P_{mfd}、ポンピングロス及び排ガス（H_C、CO₂及びNO_x）の排出量の関係を示している。この図11から、排ガスの排出量が増大を開始する全燃焼対応期間C_P_{mfd}が略一点に集中していることが理解される（図11の破線帯部により示した領域を参照。）。即ち、修正された全燃焼対応期間C_P_{mfd}がある目標全燃焼対応期間C_P_{tgt}（図11に示した例においては、約85°）に一致させるようにVVT進角量を制御すれば、排ガスの排出量の増大を招くことなくポンピングロスを低減することができる。

【0086】

（実際の作動）

次に、本装置の実際の作動について説明する。なお、以下に説明するルーチンは電気制御装置70のC_P_U71が特定気筒に対して実行するルーチンである。C_P_U71は他の気筒に対しても同様なルーチンを実行するようになっている。

【0087】

C_P_U71は、図示しない筒内圧取得ルーチンを微小クランク角度が経過する毎に実行し、そのルーチンが実行された時点のクランク角度と筒内圧P_c（）とをRAM73に格納している。

【0088】

更に、C_P_U71は図12に示したルーチンを、クランク角度が「燃焼行程が実質的に終了した後の所定クランク角度（例えば、ATDC160度）」に一致する毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、C_P_U71は図12のルーチンの処理をステップ1200から開始し、ステップ1210～ステップ1260にて以下の処理を行い、ステップ1295に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0089】

ステップ1210：各クランク角度（前記微小クランク角度が経過する毎のクランク角度）に対して上記（1）式を用いて燃焼割合M_F_Bを算出する。算出される燃焼割合M_F_Bには、8°燃焼割合M_F_B8が含まれている。

ステップ1220：ステップ1210にて算出された燃焼割合M_F_Bを用いてN°（ここではクランク角度15°）幅における燃焼割合M_F_Bの変化量M_F_Bを各クランク角度に対して算出する。即ち、M_F_B = M_F_B（） = M_F_B - M_F_B_b（ただし、b = -N）によって変化量M_F_Bが計算される。

【0090】

ステップ1230：ステップ1220にて算出された燃焼割合変化量M_F_Bの中から最大値（燃焼割合最大変化速度）M_F_B_{max}を取得する。更に、その燃焼割合最大変化速度M_F_B_{max}に対するクランク角度をクランク角度C_A_{max}として取得するとともに、クランク角度C_A_{max}における燃焼割合M_F_B（=M_F_B（C_A_{max}））をM_F_B_{camax}として取得する（図2を参照。）。

【0091】

ステップ1240：ステップ1230にて求めた各値と直前の燃焼に対する点火時期S_Aを上記（2）式に適用することにより、全燃焼対応期間C_Pを推定（算出）する。

ステップ1250：ステップ1240にて推定された全燃焼対応期間C_Pを上記（6）式を用いて修正する。なお、Q_{total}及びQ_{stoich}は（5）式により算出される。冷却水温T_H_Wは冷却水温センサ66から取得される。燃料噴射量T_A_Uは前回の燃焼行程に提供された混合気を形成した燃料噴射量であり、RAM73内に格納されている。

10

20

30

40

50

ステップ1260：ステップ1250にて求められた修正後の全燃焼対応期間 $C_P mfd$ をフィードバック制御用の全燃焼対応期間 C_P として格納する。

【0092】

一方、 $C_P U 71$ は図13に示したルーチンを、クランク角度が所定のクランク角度（例えば、BTDC 90°）に一致する毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、 $C_P U 71$ は図13のルーチンの処理をステップ1300から開始してステップ1310に進み、運転状態（機関10の運転状態を表すパラメータ）に基づいて8°目標燃焼割合 $MFB 8 t g t$ を決定する。運転状態を表すパラメータは、吸入空気量 G_a （又は、アクセルペダル操作量 $Accp$ 、即ち、エンジン負荷）及びエンジン回転速度 NE である。運転状態を表すパラメータとして、冷却水温 THW 等の他のパラメータを加えてよい。

【0093】

次に、 $C_P U 71$ はステップ1320に進み、先に説明した図12のステップ1210にて算出された8°燃焼割合 $MFB 8$ が8°目標燃焼割合 $MFB 8 t g t$ よりも進角側であるか否かを判定する。このとき、8°燃焼割合 $MFB 8$ が8°目標燃焼割合 $MFB 8 t g t$ よりも進角側にあれば、 $C_P U 71$ はステップ1320からステップ1330に進み、点火時期 SA を微小角度 SA だけ遅角する。一方、8°燃焼割合 $MFB 8$ が8°目標燃焼割合 $MFB 8 t g t$ よりも遅角側にあると、 $C_P U 71$ はステップ1320からステップ1340に進み、点火時期 SA を微小角度 SA だけ進角する。

【0094】

その後、 $C_P U 71$ はステップ1350に進み、上記ステップ1330又はステップ1340にて決定された点火時期 SA にて点火が実行されるように設定を行う。次いで、 $C_P U 71$ はステップ1395に進んで本ルーチンを一旦終了する。以上により、点火時期 SA は、8°燃焼割合 $MFB 8$ が8°目標燃焼割合 $MFB 8 t g t$ と一致するようにフィードバック制御される。

【0095】

加えて、 $C_P U 71$ は図14に示したルーチンを、クランク角度が所定のクランク角度（例えば、燃焼行程が実質的に終了した後の所定クランク角度（例えば、BTDC 90°）に一致する毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、 $C_P U 71$ は図14のルーチンの処理をステップ1400から開始してステップ1410に進み、先に説明したステップ1260にて求めた全燃焼対応期間 C_P （フィードバック制御用全燃焼対応期間 $C_P =$ 修正後の全燃焼対応期間 $C_P mfd$ ）が目標全燃焼対応期間 $C_P t g t$ より大きいか否かを判定する。

【0096】

目標全燃焼対応期間 $C_P t g t$ は、燃料噴射量 TAU が標準燃料噴射量 TAU_0 （例えば、0 μs）であり、冷却水温 THW が標準水温 THW_0 （例えば、86）であり、空燃比 A/F が標準空燃比 A/F_0 （例えば、理論空燃比）である場合において、 HC 及び CO の排出量が増加しない範囲内であって最も長いオーバーラップ期間（最も進角側の VVT 進角量）に対応する全燃焼対応期間 C_P となるように予め定められている。

【0097】

このとき、全燃焼対応期間 C_P が目標全燃焼対応期間 $C_P t g t$ より大きければ、燃焼速度が小さすぎる（既燃ガス量が過大である）ことを意味する。従って、 $C_P U 71$ はステップ1420に進んでオーバーラップ期間を短くして燃焼速度が増大するように吸気弁開弁時期 IO を所定角度 IO だけ遅角する。即ち、 VVT 進角量を減少する。一方、全燃焼対応期間 C_P が目標全燃焼対応期間 $C_P t g t$ より小さければ、燃焼速度が大きすぎる（既燃ガス量が過小である）ことを意味する。従って、 $C_P U 71$ はステップ1430に進んでオーバーラップ期間を長くして燃焼速度が減少するように吸気弁開弁時期 IO を所定角度 IO だけ進角する。即ち、 VVT 進角量を増大する。

【0098】

その後、 $C_P U 71$ はステップ1440に進み、上記ステップ1420又はステップ1

10

20

30

40

50

430にて決定された吸気弁開弁時期 I O にて吸気弁 32 が開弁するように、吸気弁開弁時期 I O を設定する。この結果、吸気弁制御装置 33 が吸気弁 32 を設定された吸気弁開弁時期 I O にて開弁させる。なお、吸気弁制御装置 33 は、吸気弁開示弁時期 I O に一定の吸気弁開弁角度 I O₁ を加えた時期が吸気弁閉弁時期 I C となるように、吸気弁 32 を閉弁させる。

【0099】

以上の処理の結果、オーバーラップ量が適切となり、既燃ガス量が適量となる。従って、H C 及び C O₂ の排出量の増大を招くことなく N O_x の排出量を低減し、且つ、ポンピングロスを低減することができる。従って、機関 10 の燃費が改善される。また、8°燃焼割合 M F B 8 が 8° 目標燃焼割合 M F B 8 t g t と一致するように点火時期 S A が変更されるので、燃焼効率が増大し、機関 10 のトルクを上昇させ且つ燃費を改善することができる。

10

【0100】

本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、上記実施形態においては、吸気弁制御装置 33 は吸気弁 32 の開弁時期及び閉弁時期のみを調整するように構成されているが、更に吸気弁 32 の開弁期間における最大リフト量を調整できるように構成されていてもよい。また、吸気弁制御装置 33 は、吸気弁 32 の開弁時期及び閉弁時期を互いに独立して調整することができるよう構成されていてもよい。更に、上記実施形態において、吸気弁制御装置 33 に加え、排気弁 35 の閉弁時期、開弁時期、開弁期間中のリフト量等を独立して調整する排気弁制御装置が備えられてもよい。

20

【0101】

また、上記実施形態においては、燃焼速度に影響を与えるパラメータとして、燃料噴射量 T A U、冷却水温 T H W 及び空燃比 A / F を採用し、これら総てを用いて全燃焼対応期間 C P を修正していたが（（6）式を参照。）、これらの何れか一つ、又は、これらのうちの任意の二つの組み合わせによって全燃焼対応期間 C P を修正してもよい。更に、燃焼速度に影響を与えるパラメータとして、燃料性状、燃料液滴の大きさ及び燃料中のアルコール量等の何れか一つ又は任意の組み合わせに基いて全燃焼対応期間 C P を修正してもよい。

【0102】

30

更に、上記実施形態においては、上記（6）式に基いて推定された全燃焼対応期間 C P を燃焼速度に影響を与えるパラメータによって修正していたが、これに代え、目標全燃焼対応期間 C P t g t を燃焼速度に影響を与えるパラメータによって修正してもよい。また、全燃焼対応期間 C P を時間を単位として求め、その時点のエンジン回転速度 N E によってクランク角度を単位とする値に変換してから制御に使用することもできる。また、燃焼割合 M F B（従って、図示熱量の割合 Q_{sum} / Q_{total}）は、Wiebe 関数と呼ばれる燃焼モデル（例えば、特開 2006-9720 号公報を参照。）により求めるように構成することもできる。加えて、上記実施形態において、既燃ガス量は V V T 進角量（オーバーラップ期間）を変更することにより制御されていたが、これに代え、又は、これに加え、外部 E G R 装置によって既燃ガス量を調整することもできる。

40

【図面の簡単な説明】

【0103】

【図 1】本発明の実施形態に係る制御装置を適用した内燃機関の概略図である。

【図 2】膨張行程（燃焼行程）における燃焼割合のクランク角度に対する変化の様子を示したグラフである。

【図 3】点火時期を変化させた場合における、C O₂ 排出量、H C 排出量、実質燃焼期間、全燃焼対応期間及び筒内圧により求められる燃焼期間の V V T 進角量に対する変化の様子を示したグラフである。

【図 4】図 4 の（A）は実質燃焼期間に対する H C の排出量を点火時期 S A 別に示したグラフであり、図 4 の（B）は本装置が推定する全燃焼対応期間に対する H C の排出量を点

50

火時期 S A 別に示したグラフである。

【図 5】燃料噴射量が変化した場合における燃焼割合の変化の様子を示したグラフである。

【図 6】図 6 の (A) は燃料噴射量による修正前の全燃焼対応期間に対する H C の排出量を示したグラフであり、図 6 の (B) は燃料噴射量による修正後の全燃焼対応期間に対する H C の排出量を示したグラフである。

【図 7】冷却水温が変化した場合における燃焼割合の変化の様子を示したグラフである。

【図 8】図 8 の (A) は冷却水温による修正前の全燃焼対応期間に対する H C の排出量を冷却水温別に示したグラフであり、図 8 の (B) は冷却水温による修正後の全燃焼対応期間に対する H C の排出量を冷却水温別に示したグラフである。

10

【図 9】空燃比が変化した場合における燃焼割合の変化の様子を示したグラフである。

【図 10】図 10 の (A) は空燃比による修正前の全燃焼対応期間に対する H C の排出量を空燃比別に示したグラフであり、図 10 の (B) は空燃比による修正後の全燃焼対応期間に対する H C の排出量を空燃比別に示したグラフである。

【図 11】負荷 (空気充填率 K L) を変化させた場合における、修正後の全燃焼対応期間、ポンピングロス及び排ガス (H C , C O ₂ 及び N O x) の排出量の関係を示したグラフである。

【図 12】図 1 に示した C P U が実行する燃焼割合及び全燃焼対応期間等を取得するためのルーチンを示したフローチャートである。

【図 13】図 1 に示した C P U が実行する点火時期の制御 (M B T 制御) を行うためのルーチンを示したフローチャートである。

20

【図 14】図 1 に示した C P U が実行する V V T 進角量 (吸気弁開弁時期、オーバーラップ期間、既燃ガス量) の制御を行うためのルーチンを示したフローチャートである。

【図 15】燃焼行程における燃焼割合のクランク角度に対する変化の様子を示したグラフである。

【図 16】燃焼行程における燃焼割合及び筒内圧のクランク角度に対する変化の様子を示したグラフである。

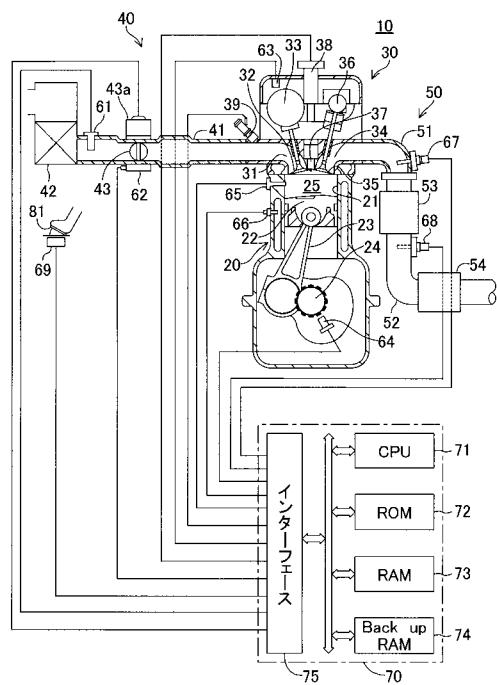
【符号の説明】

【 0 1 0 4 】

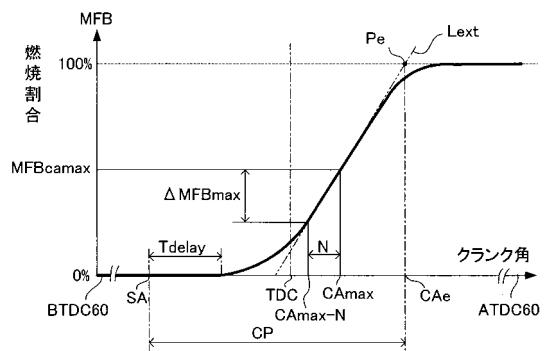
1 0 ... 内燃機関、2 5 ... 燃焼室、3 2 ... 吸気弁、3 3 ... 吸気弁制御装置、3 5 ... 排気弁、3 7 ... 点火プラグ、3 9 ... インジェクタ、6 3 ... カムポジションセンサ、6 5 ... 筒内圧センサ、7 0 ... 電気制御装置、7 1 ... C P U 。

30

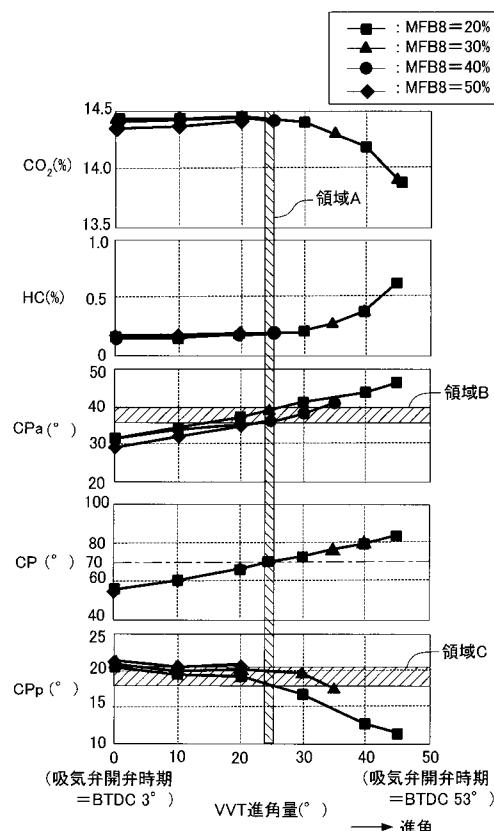
【図1】



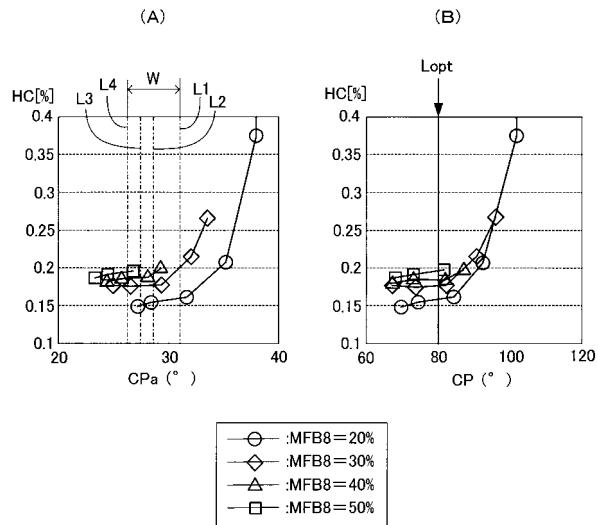
【図2】



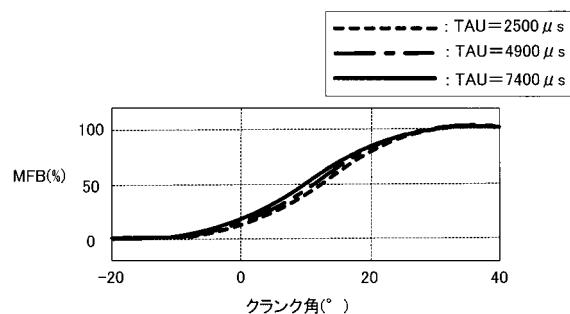
【図3】



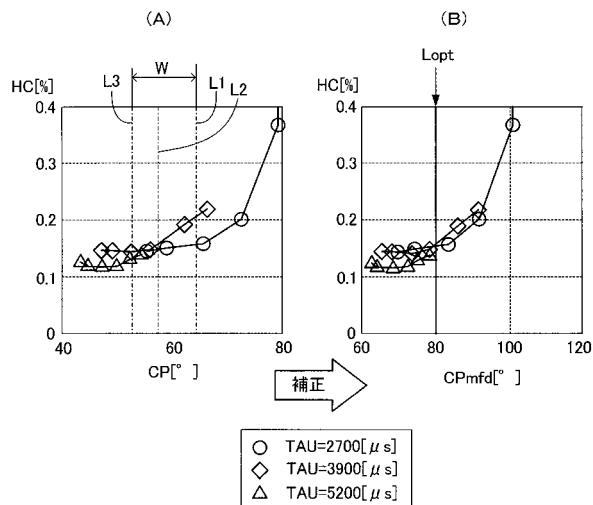
【図4】



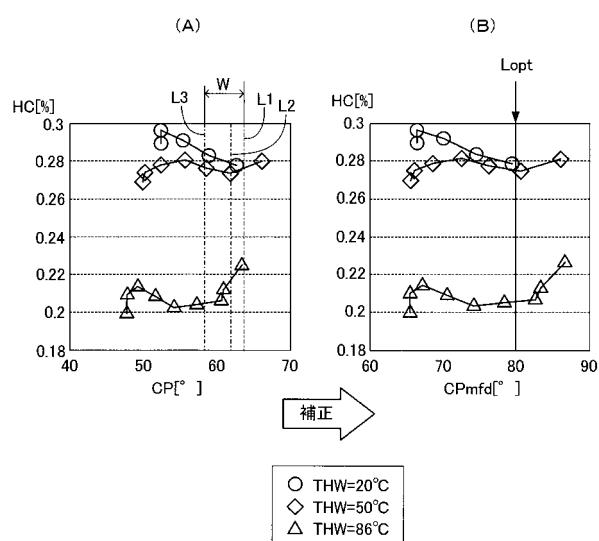
【図5】



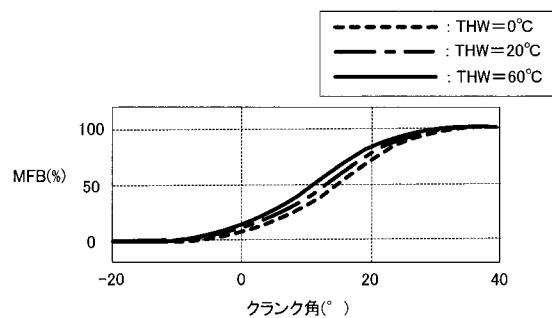
【図6】



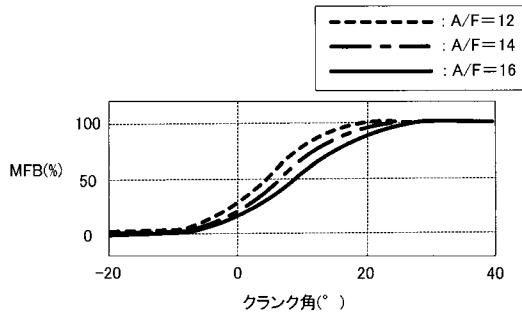
【図8】



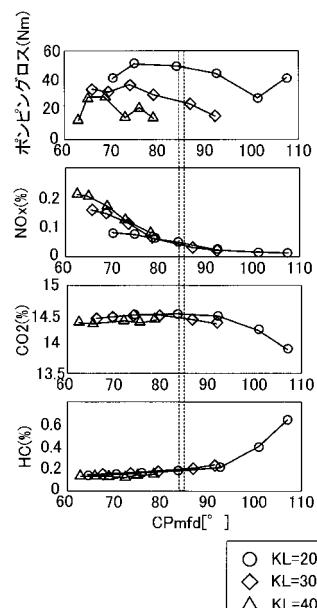
【図7】



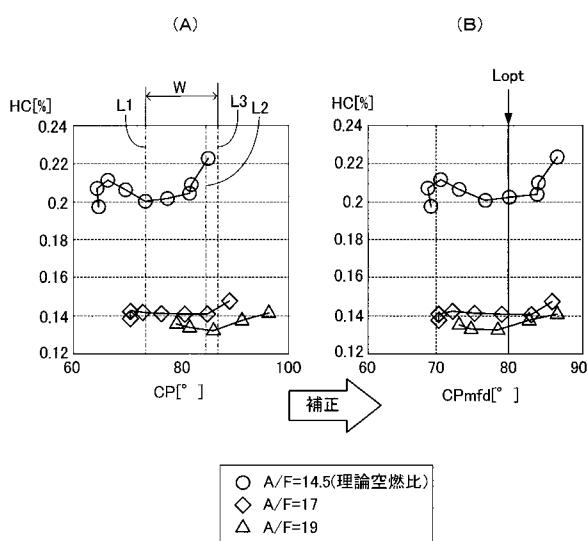
【図9】



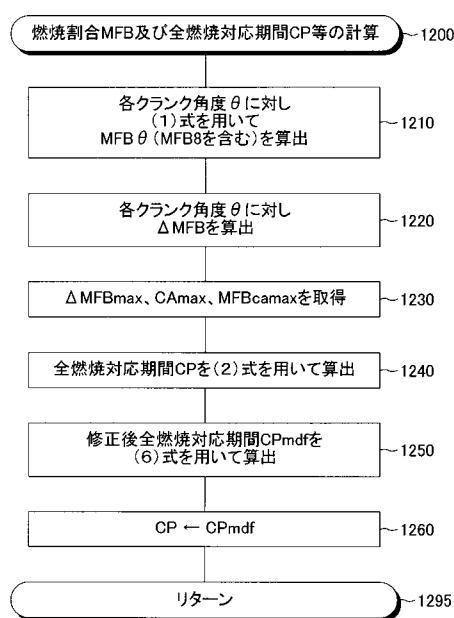
【図11】



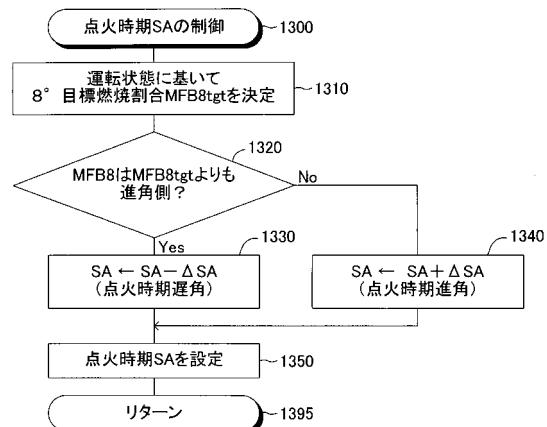
【図10】



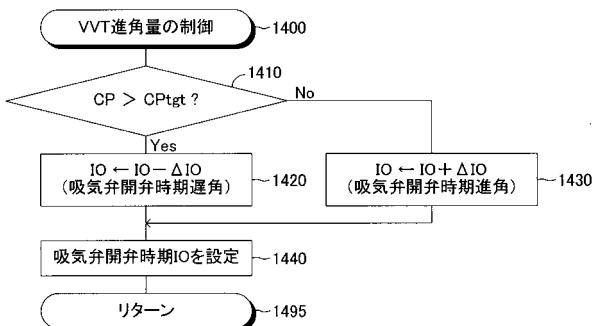
【図12】



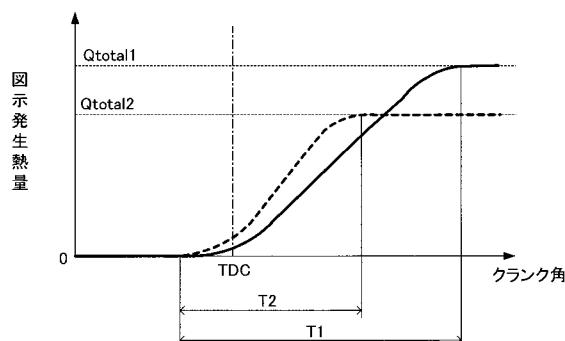
【図13】



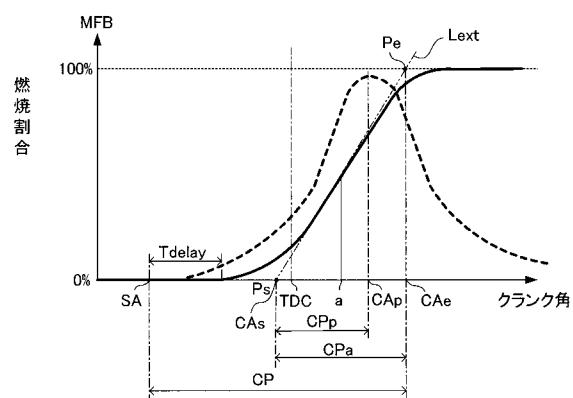
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

| | | |
|---------|-------|---------|
| F 0 2 D | 45/00 | 3 6 8 S |
| F 0 2 D | 45/00 | 3 7 2 Z |
| F 0 2 P | 5/15 | Z |
| F 0 2 D | 21/08 | 3 0 1 G |

(56)参考文献 特開2006-144645 (JP, A)

特開2002-256925 (JP, A)

特開平11-093716 (JP, A)

特開2006-200396 (JP, A)

特開平08-312407 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

| | |
|---------|-----------|
| F 0 2 D | 2 1 / 0 8 |
| F 0 2 D | 1 3 / 0 2 |
| F 0 2 D | 4 3 / 0 0 |
| F 0 2 D | 4 5 / 0 0 |
| F 0 2 P | 5 / 1 5 |