(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5115629号
(P5115629)

(45)発行日　平成25年1月9日(2013.1.9)　(24)登録日　平成24年10月26日(2012.10.26)

(51)Int.Cl.		F I		
F02D 13/02	(2006.01)	F02D	13/02	H
F02D 21/08	(2006.01)	F02D	13/02	J
F02D 23/00	(2006.01)	F02D	21/08	301A
F02D 41/02	(2006.01)	F02D	23/00	K
F02D 41/04	(2006.01)	F02D	41/02	330D

請求項の数 11　(全 23 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2010-540972 (P2010-540972)
(86)(22)出願日　平成21年11月4日 (2009.11.4)
(86)国際出願番号　PCT/JP2009/068841
(87)国際公開番号　WO2011/055431
(87)国際公開日　平成23年5月12日 (2011.5.12)
審査請求日　平成22年10月8日 (2010.10.8)

(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　100106150
弁理士　高橋　英樹
(74)代理人　100082175
弁理士　高田　守
(74)代理人　100113011
弁理士　大西　秀和
(74)代理人　100115543
弁理士　小泉　康男
(72)発明者　勝俣　真知子
愛知県豊田市トヨタ町１番地　トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】内燃機関の制御装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
吸気通路内の空気を圧縮するコンプレッサを有する過給機と、
吸気管圧力を検出または推定する吸気管圧力取得手段と、
吸気弁のバルブタイミングを可変とする吸気可変動弁装置と、
前記吸気弁のバルブタイミングを一定として、前記吸気弁と排気弁とが共に開いているバルブオーバーラップ期間の長さを変えることのできる排気可変動弁装置と、
前記吸気弁のバルブタイミングを一定として前記バルブオーバーラップ期間を長くしたときに前記吸気弁から流入する新気の量が減少する領域と、前記吸気弁のバルブタイミングを一定として前記バルブオーバーラップ期間を長くしたときに前記吸気弁から流入する新気の量が増加する領域との境界の吸気管圧力である基準吸気管圧力に関する情報を記憶した記憶手段と、
前記記憶手段に記憶された情報に基づいて、前記吸気弁のバルブタイミングに対応した基準吸気管圧力を取得する基準吸気管圧力取得手段と、
前記吸気管圧力取得手段により検出または推定された吸気管圧力と、前記基準吸気管圧力取得手段により取得された基準吸気管圧力とを比較した結果に基づいて、排気側への新気の吹き抜けの有無を判定する吹き抜け判定手段と、
を備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。
【請求項２】
前記吹き抜け判定手段により吹き抜けがあると判定された場合に、前記吸気管圧力取得

手段により検出または推定された吸気管圧力に基づいて、排気側へ吹き抜ける新気の量を算出する吹き抜け量算出手段を備えることを特徴とする請求項１記載の内燃機関の制御装置。

【請求項３】

燃料噴射装置と、

前記吹き抜け判定手段により吹き抜けがあると判定された場合に、前記吸気管圧力取得手段により検出または推定された吸気管圧力に基づいて、気筒内に充填される新気の量を算出する筒内新気量算出手段と、

前記筒内新気量算出手段により算出された筒内新気量と、目標空燃比とに基づいて、燃料噴射量を算出する第１の燃料噴射量算出手段と、

前記吹き抜け判定手段により吹き抜けがあると判定された場合に、前記第１の燃料噴射量算出手段により算出された量の燃料を、前記排気弁が閉じた後に前記燃料噴射装置に噴射させる噴射制御手段と、

を備えることを特徴とする請求項１または２記載の内燃機関の制御装置。

【請求項４】

前記燃料噴射装置は、気筒内に直接に燃料を噴射する筒内燃料噴射装置を含み、

前記噴射制御手段は、前記吹き抜け判定手段により吹き抜けがあると判定された場合には、前記第１の燃料噴射量算出手段により算出された量の燃料を前記筒内燃料噴射装置に噴射させることを特徴とする請求項３記載の内燃機関の制御装置。

【請求項５】

前記吸気弁から流入する新気の量を算出する新気流入量算出手段と、

前記新気流入量算出手段により算出された新気流入量と、目標空燃比とに基づいて、燃料噴射量を算出する第２の燃料噴射量算出手段と、

を備え、

前記噴射制御手段は、前記吹き抜け判定手段により吹き抜けがないと判定された場合には、前記第２の燃料噴射量算出手段により算出された量の燃料を前記燃料噴射装置に噴射させることを特徴とする請求項３または４に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項６】

排気ガスの空燃比を一時的にリッチにするリッチスパイク制御を必要時に実行するリッチスパイク制御手段を備え、

前記噴射制御手段は、前記リッチスパイク制御手段によりリッチスパイク制御が実行される場合には、前記吹き抜け判定手段の判定結果にかかわらず、前記第２の燃料噴射量算出手段により算出された量の燃料を前記燃料噴射装置に噴射させることを特徴とする請求項５記載の内燃機関の制御装置。

【請求項７】

前記過給機は、排気ガスの流れによって作動するタービンで前記コンプレッサを駆動するものであり、

過渡運転状態における吸気流量の変化に対する前記過給機の回転数の変化の遅れに関する時定数と、定常運転状態における吸気流量と過給圧との関係を表すマップとを含むコンプレッサモデルに基づいて、前記コンプレッサを通過する新気の流量を推定するコンプレッサ流量推定手段を備え、

前記コンプレッサ流量推定手段は、排気エネルギーの大きさに影響を及ぼすパラメータに基づいて、前記時定数と、前記マップとの少なくとも一方を補正するコンプレッサモデル補正手段を含むことを特徴とする請求項１乃至６の何れか１項記載の内燃機関の制御装置。

【請求項８】

前記吹き抜け判定手段により吹き抜けがあると判定された場合に、前記吸気管圧力取得手段により検出または推定された吸気管圧力に基づいて、排気側へ吹き抜ける新気の量を算出する吹き抜け量算出手段を備え、

前記コンプレッサモデル補正手段は、前記吹き抜け量算出手段により算出された吹き抜

け量を前記パラメータとして、前記時定数および前記マップを補正する手段を含むことを特徴とする請求項７記載の内燃機関の制御装置。
【請求項９】
排気ガス再循環を可能とする排気ガス再循環手段と、
排気ガス再循環量を取得する排気ガス再循環量取得手段と、
を備え、
前記コンプレッサモデル補正手段は、前記排気ガス再循環量取得手段により取得された排気ガス再循環量を前記パラメータとして、前記時定数および前記マップを補正する手段を含むことを特徴とする請求項７記載の内燃機関の制御装置。
【請求項１０】
前記コンプレッサモデル補正手段は、前記排気弁のバルブタイミングを前記パラメータとして、前記時定数および前記マップを補正する手段を含むことを特徴とする請求項７記載の内燃機関の制御装置。
【請求項１１】
実際の点火時期が通常点火時期に対して遅角されている場合に、その点火時期遅角量を取得する点火時期遅角量取得手段を備え、
前記コンプレッサモデル補正手段は、前記点火時期遅角量を前記パラメータとして、前記時定数を補正する手段を含むことを特徴とする請求項７記載の内燃機関の制御装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、内燃機関の制御装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
過給機付き内燃機関においては、吸気圧力が排気圧力より高くなる場合があるので、吸気弁と排気弁とが共に開いたバルブオーバーラップ状態のときに、燃焼室に流入した新気が排気弁を通って排気側へ吹き抜けることがある。過給機付き内燃機関の燃費やエミッションなどを良好にするための適切なエンジン制御の内容は、新気の吹き抜けの有無に応じて異なる。従って、最適なエンジン制御を行うためには、新気の吹き抜けの有無を精度良く検知することが望まれる。
【０００３】
日本特開２００８－７５５４９号公報には、吸気圧力、排気圧力、機関回転速度および吸気バルブの可変バルブ機構の制御状態に基づいて内部ＥＧＲ掃気量を算出し、その内部ＥＧＲ掃気量に基づいて吹き抜けの有無を判定し、吹き抜けがあると判定された場合には、バルブオーバーラップ期間を減じるように制御する装置が開示されている。
【０００４】
また、日本特開昭６３－２９７７４６号公報には、排気側へ吹き抜ける吸気の量を予め実験的に求めて、エンジン回転数およびエンジン負荷の関数としてマップの形でコントロールユニットに記憶しておくことにより、排気側へ吹き抜ける吸気の量を算出する装置が開示されている。この装置では、排気側への吸気の吹き抜けが生ずる場合には、エアフローメータで検出された吸入空気量から、排気側へ吹き抜ける吸気の量を差し引いた値に基づいて、燃料噴射量を演算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】日本特開２００８－７５５４９号公報
【特許文献２】日本特開２００４－３６４０６号公報
【特許文献３】日本特開昭６３－２９７７４６号公報
【特許文献４】日本特開２００５－３２０９３７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、実際には、上記日本特開２００８－７５５４９号公報に開示された方法では、吸気管長や排気管容積（脈動）を考慮したとしても、吹き抜け量の算出精度が良くない。これは、吸排気バルブの流量係数の適合が困難なことなどが原因であると考えられる。更に、吸気圧力や排気圧力をセンサで検出する場合には、センサのコストが増大するという問題も加わる。また、精度面、コスト面以外に、計算負荷が増加するという問題もある。
【０００７】
吹き抜け量はバルブタイミングによって異なる。上記日本特開昭６３－２９７７４６号公報に開示された技術では、バルブタイミングがエンジン回転数およびエンジン負荷の関数であることを前提とすることにより、吹き抜け量も結局はエンジン回転数およびエンジン負荷の関数になると想定して、吹き抜け量をエンジン回転数およびエンジン負荷に対するマップとして記憶するようにしている。しかしながら、実際のエンジン制御において、バルブタイミングは、必ずしもエンジン回転数およびエンジン負荷の関数になるとは限らない。すなわち、過渡運転状態や、他の制御からの要求があった場合などには、予め設定されたバルブタイミングとは異なるバルブタイミングでエンジンが作動する場合がある。このため、上記従来の技術では、吹き抜けの有無を精度良く判定することはできない。また、対象とするエンジンで実現し得るすべてのバルブタイミングにおいて、吹き抜け量をエンジン回転数およびエンジン負荷の関数として表すマップを持つことは、開発段階での適合工数が多くなり過ぎる。特に、吸気弁だけでなく排気弁のバルブタイミングをも変えることのできるエンジンでは、適合工数が過大となる。
【０００８】
本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、過給機を備えた内燃機関における排気通路への新気の吹き抜けの有無を精度良く判定することのできる内燃機関の制御装置を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
第１の発明は、上記の目的を達成するため、内燃機関の制御装置であって、
吸気通路内の空気を圧縮するコンプレッサを有する過給機と、
吸気管圧力を検出または推定する吸気管圧力取得手段と、
吸気弁のバルブタイミングを可変とする吸気可変動弁装置と、
排気弁のバルブタイミングを可変とする排気可変動弁装置と、
前記吸気弁のバルブタイミングに依存する値であって前記排気弁のバルブタイミングには依存しない値である基準吸気管圧力に関する情報を記憶した記憶手段と、
前記記憶手段に記憶された情報に基づいて、前記吸気弁のバルブタイミングに対応した基準吸気管圧力を取得する基準吸気管圧力取得手段と、
前記吸気管圧力取得手段により検出または推定された吸気管圧力と、前記基準吸気管圧力取得手段により取得された基準吸気管圧力とを比較した結果に基づいて、排気側への新気の吹き抜けの有無を判定する吹き抜け判定手段と、
を備えることを特徴とする。
【００１０】
また、第２の発明は、第１の発明において、
前記吹き抜け判定手段により吹き抜けがあると判定された場合に、前記吸気管圧力取得手段により検出または推定された吸気管圧力に基づいて、排気側へ吹き抜ける新気の量を算出する吹き抜け量算出手段を備えることを特徴とする。
【００１１】
また、第３の発明は、第１または第２の発明において、
前記基準吸気管圧力は、前記吸気弁のバルブタイミングを一定として前記排気弁のバルブタイミングを遅角したときに前記吸気弁から流入する新気の量が減少する領域と、前記

吸気弁のバルブタイミングを一定として前記排気弁のバルブタイミングを遅角したときに前記吸気弁から流入する新気の量が増加する領域との境界の値であることを特徴とする。

【００１２】

また、第４の発明は、第１乃至第３の発明の何れかにおいて、

燃料噴射装置と、

前記吹き抜け判定手段により吹き抜けがあると判定された場合に、前記吸気管圧力取得手段により検出または推定された吸気管圧力に基づいて、気筒内に充填される新気の量を算出する筒内新気量算出手段と、

前記筒内新気量算出手段により算出された筒内新気量と、目標空燃比とに基づいて、燃料噴射量を算出する第１の燃料噴射量算出手段と、

前記吹き抜け判定手段により吹き抜けがあると判定された場合に、前記第１の燃料噴射量算出手段により算出された量の燃料を、前記排気弁が閉じた後に前記燃料噴射装置に噴射させる噴射制御手段と、

を備えることを特徴とする。

【００１３】

また、第５の発明は、第４の発明において、

前記燃料噴射装置は、気筒内に直接に燃料を噴射する筒内燃料噴射装置を含み、

前記噴射制御手段は、前記吹き抜け判定手段により吹き抜けがあると判定された場合には、前記第１の燃料噴射量算出手段により算出された量の燃料を前記筒内燃料噴射装置に噴射させることを特徴とする。

【００１４】

また、第６の発明は、第４または第５の発明において、

前記吸気弁から流入する新気の量を算出する新気流入量算出手段と、

前記新気流入量算出手段により算出された新気流入量と、目標空燃比とに基づいて、燃料噴射量を算出する第２の燃料噴射量算出手段と、

を備え、

前記噴射制御手段は、前記吹き抜け判定手段により吹き抜けがないと判定された場合には、前記第２の燃料噴射量算出手段により算出された量の燃料を前記燃料噴射装置に噴射させることを特徴とする。

【００１５】

また、第７の発明は、第６の発明において、

排気ガスの空燃比を一時的にリッチにするリッチスパイク制御を必要時に実行するリッチスパイク制御手段を備え、

前記噴射制御手段は、前記リッチスパイク制御手段によりリッチスパイク制御が実行される場合には、前記吹き抜け判定手段の判定結果にかかわらず、前記第２の燃料噴射量算出手段により算出された量の燃料を前記燃料噴射装置に噴射させることを特徴とする。

【００１６】

また、第８の発明は、第１乃至第７の発明の何れかにおいて、

前記過給機は、排気ガスの流れによって作動するタービンで前記コンプレッサを駆動するものであり、

過渡運転状態における吸気流量の変化に対する前記過給機の回転数の変化の遅れに関する時定数と、定常運転状態における吸気流量と過給圧との関係を表すマップとを含むコンプレッサモデルに基づいて、前記コンプレッサを通過する新気の流量を推定するコンプレッサ流量推定手段を備え、

前記コンプレッサ流量推定手段は、排気エネルギーの大きさに影響を及ぼすパラメータに基づいて、前記時定数と、前記マップとの少なくとも一方を補正するコンプレッサモデル補正手段を含むことを特徴とする。

【００１７】

また、第９の発明は、第８の発明において、

前記吹き抜け判定手段により吹き抜けがあると判定された場合に、前記吸気管圧力取得

手段により検出または推定された吸気管圧力に基づいて、排気側へ吹き抜ける新気の量を算出する吹き抜け量算出手段を備え、
前記コンプレッサモデル補正手段は、前記吹き抜け量算出手段により算出された吹き抜け量を前記パラメータとして、前記時定数および前記マップを補正する手段を含むことを特徴とする。
【００１８】
また、第１０の発明は、第８の発明において、
排気ガス再循環を可能とする排気ガス再循環手段と、
排気ガス再循環量を取得する排気ガス再循環量取得手段と、
を備え、
前記コンプレッサモデル補正手段は、前記排気ガス再循環量取得手段により取得された排気ガス再循環量を前記パラメータとして、前記時定数および前記マップを補正する手段を含むことを特徴とする。
【００１９】
また、第１１の発明は、第８の発明において、
前記コンプレッサモデル補正手段は、前記排気弁のバルブタイミングを前記パラメータとして、前記時定数および前記マップを補正する手段を含むことを特徴とする。
【００２０】
また、第１２の発明は、第８の発明において、
実際の点火時期が通常点火時期に対して遅角されている場合に、その点火時期遅角量を取得する点火時期遅角量取得手段を備え、
前記コンプレッサモデル補正手段は、前記点火時期遅角量を前記パラメータとして、前記時定数を補正する手段を含むことを特徴とする。
【発明の効果】
【００２１】
第１の発明によれば、吸気管圧力を検出または推定し、その吸気管圧力と、基準吸気管圧力とを比較した結果に基づいて、排気側への新気の吹き抜けの有無を精度良く判定することができる。基準吸気管圧力は、吸気弁のバルブタイミングに依存するが、排気弁のバルブタイミングには依存しない値である。このため、排気可変動弁装置を備えた内燃機関においても、基準吸気管圧力を実験して予め調べることは容易であるので、開発段階での適合工数を少なくすることができる。
【００２２】
第２の発明によれば、排気側へ吹き抜ける新気の量を算出することができるので、排気側への新気の吹き抜けが生じた場合に、燃料噴射量などを補正する制御をより適切に実行することができる。
【００２３】
第３の発明によれば、基準吸気管圧力を、吸気弁のバルブタイミングを一定として排気弁のバルブタイミングを遅角したときに吸気弁から流入する新気の量が減少する領域と、吸気弁のバルブタイミングを一定として排気弁のバルブタイミングを遅角したときに吸気弁から流入する新気の量が増加する領域との境界の値とすることにより、排気側への新気の吹き抜けの有無を精度良く判定することができる。
【００２４】
第４の発明によれば、排気側に吹き抜ける新気の中に未燃燃料が含まれないようにすることができる。すなわち、燃焼せずに無駄に排気側に流れる燃料を確実に無くすことができるので、燃費を改善することができる。また、排気側に新気が吹き抜ける場合であっても、気筒内の空燃比を目標空燃比に正確に一致させることができる。
【００２５】
第５の発明によれば、排気側への新気の吹き抜けがあると判定された場合には、燃料を筒内噴射することができる。これにより、排気側に吹き抜ける新気の中に未燃燃料が含まれることをより確実に防止することができる。

【００２６】
第６の発明によれば、排気側への新気の吹き抜けがないと判定された場合には、吸気弁から流入する新気の量と、目標空燃比とに基づいて、燃料噴射量を算出する。これにより、気筒内の空燃比を目標空燃比に一致させることができる。
【００２７】
第７の発明によれば、リッチスパイク制御が実行される場合には、吹き抜けの有無にかかわらず、吸気弁から流入する新気の量と目標空燃比とに基づいて算出された量の燃料を噴射することができる。これにより、リッチスパイクの実行中は、吹き抜けの有無にかかわらず、排気ガスの空燃比を目標とするリッチ空燃比に正確に一致させることができるので、優れた排気浄化率が得られる。
【００２８】
第８の発明によれば、コンプレッサモデルによるコンプレッサ流量の推定精度を向上することができる。
【００２９】
第９の発明によれば、排気側への新気の吹き抜けの影響をコンプレッサモデルに適切に反映させることができるので、コンプレッサ流量の推定精度を向上することができる。
【００３０】
第１０の発明によれば、排気ガス再循環の影響をコンプレッサモデルに適切に反映させることができるので、コンプレッサ流量の推定精度を向上することができる。
【００３１】
第１１の発明によれば、排気弁のバルブタイミングの影響をコンプレッサモデルに適切に反映させることができるので、コンプレッサ流量の推定精度を向上することができる。
【００３２】
第１２の発明によれば、点火時期遅角制御の影響をコンプレッサモデルに適切に反映させることができるので、コンプレッサ流量の推定精度を向上することができる。
【図面の簡単な説明】
【００３３】
【図１】本発明の実施の形態１のシステム構成を説明するための図である。
【図２】吸気バルブタイミングＩｎＶＴを固定して排気バルブタイミングＥｘＶＴを異ならせた場合のＰｍ－Ｍｃ関係を表すグラフである。
【図３】本発明の実施の形態１において実行されるルーチンのフローチャートである。
【図４】本発明の実施の形態２において実行されるルーチンのフローチャートである。
【図５】本発明の実施の形態３において実行されるルーチンのフローチャートである。
【図６】本発明の実施の形態４で用いられるコンプレッサモデルを示すブロック線図である。
【図７】図６に示すコンプレッサモデルによるコンプレッサ流量Ｍｃｐの算出方法を表す図である。
【図８】本発明の実施の形態４において実行されるルーチンのフローチャートである。
【図９】本発明の実施の形態５において実行されるルーチンのフローチャートである。
【図１０】本発明の実施の形態６において実行されるルーチンのフローチャートである。
【図１１】本発明の実施の形態７において実行されるルーチンのフローチャートである。
【発明を実施するための最良の形態】
【００３４】
以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。なお、各図において共通する要素には、同一の符号を付して、重複する説明を省略する。
【００３５】
実施の形態１．
図１は、本発明の実施の形態１のシステム構成を説明するための図である。図１に示すように、本発明の実施の形態１のシステムは、内燃機関１０を備えている。本実施形態の内燃機関１０は、火花点火式で、且つリーンバーン運転が可能なものとする。内燃機関１

０の気筒数および気筒配置は特に限定されない。図１には、一つの気筒のみが代表して描かれている。

【００３６】

内燃機関１０の各気筒には、ピストン１２と、吸気弁１４と、排気弁１６と、点火プラグ１８と、気筒内（燃焼室内）に直接に燃料を噴射する筒内インジェクタ２０とが設けられている。吸気弁１４は、吸気管３８を介して、吸気通路２２（サージタンク３６）に連通している。排気弁１６は、排気管４０を介して、排気通路２４に連通している。

【００３７】

また、本実施形態の内燃機関１０には、ターボ過給機２６と、吸気可変動弁装置４４と、排気可変動弁装置４６とが備えられている。

【００３８】

ターボ過給機２６は、コンプレッサ２６ａとタービン２６ｂとを有している。タービン２６ｂは、排気通路２４の途中に配置されており、排気通路２４を流れる排気ガスのエネルギーによって回転する。コンプレッサ２６ａは、吸気通路２２の途中に配置されており、タービン２６ｂに駆動されて回転することにより、吸気通路２２内の空気を圧縮する。以下、ターボ過給機２６の回転数を「ターボ回転数」と称する。

【００３９】

コンプレッサ２６ａより上流側の吸気通路２２には、エアクリーナ２８と、吸入空気量を検出するエアフローメータ３０とが設置されている。コンプレッサ２６ａより下流側の吸気通路２２には、インタークーラ３２と、スロットル弁３４と、サージタンク３６とが設けられている。

【００４０】

タービン２６ｂより下流側の排気通路２４には、ＮＯｘ吸蔵還元型三元触媒４２が設置されている。ＮＯｘ吸蔵還元型三元触媒４２は、流入する排気ガスの空燃比がリーンであるときにはＮＯｘを吸蔵し、流入する排気ガスの空燃比がリッチであるときには吸蔵したＮＯｘをN_2に還元浄化して放出することができる。

【００４１】

吸気可変動弁装置４４は、吸気弁１４のバルブタイミング（以下、「吸気バルブタイミング」と称する）ＩｎＶＴを変化させることのできる装置である。吸気可変動弁装置４４としては、例えば、内燃機関１０のクランクシャフト（図示せず）の回転位相に対する、吸気弁１４を駆動するカムシャフトの回転位相をアクチュエータによって相対的に変化させる機構を用いることができる。吸気弁１４を駆動するカムシャフトの回転角は、カムポジションセンサ４８によって検出される。このカムポジションセンサ４８の信号に基づいて、実際の（現在の）吸気バルブタイミングＩｎＶＴを検出することができる。

【００４２】

排気可変動弁装置４６は、排気弁１６のバルブタイミング（以下、「排気バルブタイミング」と称する）ＥｘＶＴを変化させることのできる装置である。排気可変動弁装置４６としては、例えば、内燃機関１０のクランクシャフト（図示せず）の回転位相に対する、排気弁１６を駆動するカムシャフトの回転位相をアクチュエータによって相対的に変化させる機構を用いることができる。排気弁１６を駆動するカムシャフトの回転角は、カムポジションセンサ５０によって検出される。このカムポジションセンサ５０の信号に基づいて、実際の（現在の）排気バルブタイミングＥｘＶＴを検出することができる。

【００４３】

なお、本発明では、吸気可変動弁装置４４あるいは排気可変動弁装置４６の構成は上記の構成に限定されるものではない。すなわち、吸気可変動弁装置４４あるいは排気可変動弁装置４６は、例えば、吸気弁１４あるいは排気弁１６の作用角を変化させることができる機構や、吸気弁１４あるいは排気弁１６を任意の時期に電磁的に開閉することのできる機構など、いかなる機構であってもよい。

【００４４】

以下、吸気バルブタイミングＩｎＶＴあるいは排気バルブタイミングＥｘＶＴを早くす

ることを「進角」と称し、遅くすることを「遅角」と称する。

【００４５】

本実施形態のシステムは、更に、ＥＣＵ（Electronic Control Unit）６０を備えている。ＥＣＵ６０には、上述した各種のセンサおよびアクチュエータのほか、内燃機関１０のクランクシャフトの回転角を検出するクランク角センサ６２と、吸気管３８内の圧力（以下、「吸気管圧力」と称する）Ｐｍを検出する吸気管圧力センサ６４とが電気的に接続されている。

【００４６】

吸気弁１４を通って燃焼室へ流入する新気の量（以下、「吸気弁通過新気量」と称する）Ｍｃは、吸気管圧力Ｐｍに応じて定まる。この関係を以下「Ｐｍ－Ｍｃ関係」と称する。図２は、吸気バルブタイミングＩｎＶＴを固定して排気バルブタイミングＥｘＶＴを異ならせた場合のＰｍ－Ｍｃ関係を表すグラフである。図２において、実線で示すグラフは、排気バルブタイミングＥｘＶＴの遅角量がゼロの状態、すなわち排気バルブタイミングＥｘＶＴを最も進角させた状態におけるＰｍ－Ｍｃ関係のグラフである。この状態から、排気バルブタイミングＥｘＶＴを遅角するにつれて、Ｐｍ－Ｍｃ関係のグラフは、細い破線で示すグラフへ、更には太い破線で示すグラフへと移行する。すなわち、図２には、吸気バルブタイミングＩｎＶＴが同じで排気バルブタイミングＥｘＶＴが異なる三本のＰｍ－Ｍｃ関係のグラフが示されており、これら三本のグラフは一点（Ｐｍ_ｔ，Ｍｃ_ｔ）で交わっている。このように、本発明者が実験によって得た知見によれば、過給エンジンにおけるＰｍ－Ｍｃ関係のグラフは、吸気バルブタイミングＩｎＶＴが同じであれば、排気バルブタイミングＥｘＶＴの値に関係なく、ある一点（Ｐｍ_ｔ，Ｍｃ_ｔ）を通過することが判明した。この点の圧力Ｐｍ_ｔを以下「基準吸気管圧力」と称する。

【００４７】

吸気バルブタイミングＩｎＶＴが一定である場合には、排気バルブタイミングＥｘＶＴを遅角するほど、排気弁１６と吸気弁１４とが共に開いている期間、すなわちバルブオーバーラップ期間が長くなる。排気圧力が吸気管圧力Ｐｍに比して大きい場合には、バルブオーバーラップのときに排気ポート内の排気ガスが排気弁１６を逆流することにより、内部ＥＧＲ（Exhaust Gas Recirculation）が生ずる。内部ＥＧＲが生じている場合には、バルブオーバーラップ期間が長いほど、内部ＥＧＲ量（内部ＥＧＲによって気筒内に残留する排気ガスの量）が増える。内部ＥＧＲ量が増えると、その分だけ吸気弁通過新気量Ｍｃが減少する。

【００４８】

内部ＥＧＲが生じている場合、内部ＥＧＲ量をＭｅとすると、気筒内に充填されるガスの量は、吸気弁通過新気量Ｍｃと内部ＥＧＲ量Ｍｅとの和になる。吸気弁１４が閉じた時点における気筒内圧力Ｐｃが吸気管圧力Ｐｍに等しいことを考えると、吸気弁１４が閉じた時点での気筒内の気体の状態方程式は、次式で表すことができる。

Ｐｍ・Ｖｃ＝（Ｍｃ＋Ｍｅ）Ｒｃ・Ｔｃ　・・・（１）

【００４９】

ただし、Ｖｃは、吸気弁１４が閉じた時点での気筒内容積であり、吸気バルブタイミングＩｎＶＴに基づいて算出することができる。Ｒｃは気体定数であり、Ｔｃは吸気温度である。上記（１）式を変形すると、次式が得られる。

Ｍｃ＝｛Ｖｃ／（Ｒｃ・Ｔｃ）｝Ｐｍ－Ｍｅ　・・・（２）

【００５０】

図２に示すように、吸気管圧力Ｐｍが基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔより低い領域では、排気バルブタイミングＥｘＶＴを遅角するほど吸気弁通過新気量Ｍｃが減る傾向がある。この原因は、排気バルブタイミングＥｘＶＴを遅角するほど、バルブオーバーラップ期間が長くなり、内部ＥＧＲ量が増加するためであると考えられる。

【００５１】

これに対し、吸気管圧力Ｐｍが基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔより高い領域では、上記の傾向とは逆に、排気バルブタイミングＥｘＶＴを遅角するほど吸気弁通過新気量Ｍｃが増える

傾向がある。このように、排気バルブタイミングＥｘＶＴの変化に対して吸気弁通過新気量Ｍｃの変化する方向が、基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔを境にして逆になるのは、過給による新気の吹き抜けの影響であると考えられる。

【００５２】

過給によって吸気管圧力Ｐｍが高くなった状態では、バルブオーバーラップのときに、吸気弁１４から燃焼室に流入した新気の一部が、排気弁１６を通って排気側（排気管４０側）へ抜け出てしまう場合がある。このことを「吹き抜け」という。新気の吹き抜けが生じている場合には、バルブオーバーラップ期間が長いほど、排気側に吹き抜ける新気の量（以下、「吹き抜け量」と称する）Ｍｅｘが多くなる。このことに鑑みれば、吸気管圧力Ｐｍが基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔより高い領域において、排気バルブタイミングＥｘＶＴを遅角するほど吸気弁通過新気量Ｍｃが増える原因は、バルブオーバーラップ期間が長くなることによって吹き抜け量Ｍｅｘが増加するためであると考えることができる。

【００５３】

以上のことから、基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔを境として、それより吸気管圧力Ｐｍが高い領域（つまりＰｍ＞Ｐｍ_ｔが成り立つ領域）が、新気の吹き抜けが生ずる領域であると結論することができる。従って、吸気管圧力Ｐｍを基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔと比較することにより、新気の吹き抜けの有無を精度良く判定することができる。

【００５４】

吸気バルブタイミングＩｎＶＴが変化すれば、基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔも変化する。しかしながら、前述した通り、吸気バルブタイミングＩｎＶＴが同じであれば、排気バルブタイミングＥｘＶＴが変化しても、基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔは一定である。このため、予め実験を行って基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔを調べ、マップ化してＥＣＵ６０に記憶させておくことは容易である。

【００５５】

新気の吹き抜けが生じる場合には、バルブオーバーラップのときに排気ガスが排気弁１６を逆流することはないので、内部ＥＧＲ量Ｍｅはゼロになると言える。従って、新気の吹き抜けが生じる場合には、気筒内に充填されるガスは、１００％新気であると考えることができる。また、新気の吹き抜けが生じる場合も、吸気弁１４が閉じた時点における気筒内圧力Ｐｃは吸気管圧力Ｐｍに等しい。従って、新気の吹き抜けが生じる場合において、気筒内に充填される新気の量（以下、「筒内新気量」と称する）を$M_{cylinder}$とすると、吸気弁１４が閉じた時点での気筒内の気体の状態方程式は、次式で表すことができる。

$$Pm \cdot Vc = M_{cylinder} \cdot Rc \cdot Tc \quad \cdots (3)$$

【００５６】

従って、新気の吹き抜けが生じる場合の筒内新気量$M_{cylinder}$は、上記（３）式を変形した次式によって算出することができる。

$$M_{cylinder} = \{Vc / (Rc \cdot Tc)\} Pm \quad \cdots (4)$$

【００５７】

上記（４）式から分かるように、新気の吹き抜けが生じる領域、つまりＰｍ＞Ｐｍ_ｔが成立する領域では、吸気管圧力Ｐｍが同じならば、排気バルブタイミングＥｘＶＴにかかわらず、筒内新気量$M_{cylinder}$は一定になる。

【００５８】

新気の吹き抜けが生じる場合の吸気弁通過新気量Ｍｃは、筒内新気量$M_{cylinder}$と吹き抜け量Ｍｅｘとの和であると考えることができる。すなわち、吹き抜け量Ｍｅｘは、吸気弁通過新気量Ｍｃから筒内新気量$M_{cylinder}$を差し引いた値であると考えることができる。従って、吹き抜け量Ｍｅｘは、次式によって算出することができる。

$$Mex = Mc - M_{cylinder} \quad \cdots (5)$$

【００５９】

本実施形態では、上述した原理に基づいて、内燃機関１０における新気の吹き抜けの有無を判定する。図３は、その判定を行うためにＥＣＵ６０が実行するルーチンのフローチャートである。図３に示すルーチンによれば、まず、現在の吸気バルブタイミングＩｎＶ

Ｔに対応した基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔが取得される（ステップ１００）。前述したように、基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔは、吸気バルブタイミングＩｎＶＴに応じて変化するが、排気バルブタイミングＥｘＶＴには依存しない。ＥＣＵ６０には、実験によって予め調べられた吸気バルブタイミングＩｎＶＴと基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔとの関係を表すマップが記憶されている。ステップ１００では、そのマップと、カムポジションセンサ４８によって検出される現在の吸気バルブタイミングＩｎＶＴとに基づいて、基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔが算出される。

【００６０】

なお、機関回転速度に応じて基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔを補正することが必要である場合には、機関回転速度との関係を含めた形で基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔのマップを作成しておき、クランク角センサ６２によって検出される現在の機関回転速度も加味して、基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔを算出すればよい。

【００６１】

上記ステップ１００の処理に続いて、現在の吸気管圧力Ｐｍが取得される（ステップ１０２）。本実施形態では、吸気管圧力センサ６４により、現在の吸気管圧力Ｐｍを検出することができる。しかしながら、本発明では、吸気系の物理モデルなどを用いた公知の推定手法によって現在の吸気管圧力Ｐｍを取得するようにしてもよい。吸気系の物理モデルの一例については、後述する実施の形態４で説明する。

【００６２】

続いて、上記ステップ１００で取得された基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔと、上記ステップ１０２で取得された吸気管圧力Ｐｍとが比較される（ステップ１０４）。その比較の結果、吸気管圧力Ｐｍが基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔ以下であった場合には、新気の吹き抜けは生じていないと判定される（ステップ１０６）。これに対し、吸気管圧力Ｐｍが基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔより高い場合には、新気の吹き抜けが生じていると判定される（ステップ１０８）。

【００６３】

新気の吹き抜けが生じていると判定された場合には、吹き抜け量Ｍｅｘが算出される（ステップ１１０）。このステップ１１０では、まず、筒内新気量$M_{cylinder}$が算出される。筒内新気量$M_{cylinder}$は、吸気管圧力Ｐｍと、吸気バルブタイミングＩｎＶＴに応じて定まる吸気弁閉弁時の筒内容積Ｖｃと、吸気温度Ｔｃとに基づき、上記（４）式に従って算出することができる。吸気温度Ｔｃは、図示しない吸気温センサで検出した値、または公知の推定手法によって推定した値を用いればよい。続いて、吸気弁通過新気量Ｍｃが次のようにして算出される。ＥＣＵ６０には、図２に示すようなマップを異なる吸気バルブタイミングＩｎＶＴ毎に集めたＰｍ－Ｍｃ関係マップが予め記憶されている。そのＰｍ－Ｍｃ関係マップを用いれば、現在の吸気バルブタイミングＩｎＶＴおよび排気バルブタイミングＥｘＶＴに対応したＰｍ－Ｍｃ関係を求めることができる。そして、その求められたＰｍ－Ｍｃ関係に現在の吸気管圧力Ｐｍを代入することにより、吸気弁通過新気量Ｍｃを算出することができる。ステップ１１０では、以上のようにして算出された筒内新気量$M_{cylinder}$および吸気弁通過新気量Ｍｃに基づき、上記（５）式に従って、吹き抜け量Ｍｅｘを算出することができる。

【００６４】

以上説明したように、本実施形態によれば、新気の吹き抜けの有無を簡単な構成で精度良く判定することができ、また、吹き抜け量Ｍｅｘを正確に算出することができる。このため、その判定結果や、吹き抜け量Ｍｅｘの算出値に応じて、内燃機関１０に対する制御の内容を補正するようにすれば、燃費、エミッションなどの諸特性を改善することが可能となる。

【００６５】

上述した実施の形態１においては、吸気管圧力センサ６４が前記第１の発明における「吸気管圧力取得手段」に、ＥＣＵ６０が前記第１の発明における「記憶手段」に、それぞれ相当している。また、ＥＣＵ６０が、上記ステップ１００の処理を実行することにより

前記第１の発明における「基準吸気管圧力取得手段」が、上記ステップ１０４，１０６および１０８の処理を実行することにより前記第１の発明における「吹き抜け判定手段」が、上記ステップ１１０の処理を実行することにより前記第２の発明における「吹き抜け量算出手段」が、それぞれ実現されている。

【００６６】

実施の形態２．

次に、図４を参照して、本発明の実施の形態２について説明するが、上述した実施の形態１との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を簡略化または省略する。

【００６７】

排気側に吹き抜けた新気の中に燃料が含まれていた場合、その燃料は機関出力には寄与しないので、無駄になってしまう。このため、吹き抜けが発生する場合には、吹き抜ける新気の中に燃料が含まれないようにすることが望ましい。そこで、本実施形態では、吹き抜けが発生すると判定された場合には、噴射すべき燃料の全量を、排気弁１６が閉じた後に筒内インジェクタ２０によって筒内に直接に噴射することにした。

【００６８】

図４は、上記の機能を実現するために本実施形態においてＥＣＵ６０が実行するルーチンのフローチャートである。図４に示すルーチンによれば、まず、新気の吹き抜けの有無が判定される（ステップ１２０）。このステップ１２０では、前述した図３のステップ１００～１０８と同様の処理を行うことにより、新気の吹き抜けの有無を判定することができる。

【００６９】

上記ステップ１２０で吹き抜けがないと判定された場合には、通常の燃料噴射制御が次のようにして実行される。まず、吸気弁通過新気量Ｍｃを目標空燃比で除算することにより、燃料噴射量が算出される（ステップ１２２）。なお、吸気弁通過新気量Ｍｃは、図３のステップ１１０の説明で述べた方法によって算出される。続いて、上記ステップ１２２で算出された量の燃料が、通常の手順で噴射される（ステップ１２４）。このステップ１２４における噴射タイミングは、予め設定された通常の噴射タイミングである。また、筒内インジェクタ２０のほかに、吸気ポート内に燃料を噴射するポートインジェクタ（図示せず）を備えた内燃機関の場合には、ステップ１２２で算出された量の燃料を筒内インジェクタ２０とポートインジェクタとで分担して噴射してもよいし、あるいは全量をポートインジェクタから噴射してもよい。

【００７０】

吹き抜けがない場合には、気筒内に充填される新気の量は、吸気弁通過新気量Ｍｃに等しい。よって、上記ステップ１２２の手法によって燃料噴射量を算出することにより、気筒内の空燃比を目標空燃比に一致させることができる。

【００７１】

一方、上記ステップ１２０で、吹き抜けがあると判定された場合には、次のような燃料噴射制御が実行される。まず、筒内新気量$M_{cylinder}$を目標空燃比で除算することにより燃料噴射量が算出される（ステップ１２６）。なお、筒内新気量$M_{cylinder}$は、図３のステップ１１０の説明で述べた方法によって算出される。続いて、上記ステップ１２６で算出された量の燃料が、排気弁１６が閉じた後の吸気行程、あるいは圧縮行程において、筒内インジェクタ２０から噴射される（ステップ１２８）。

【００７２】

新気の吹き抜けは、排気弁１６が閉じた時点で完全に止まる。従って、新気の吹き抜けが生ずると判定された場合には、排気弁１６が閉じた後に筒内インジェクタ２０から燃料を噴射するようにすれば、排気側に吹き抜ける新気には燃料が全く含まれないことになる。このため、排気側に燃料が吹き抜けて無駄になることを確実に防止することができ、燃費を改善することができる。

【００７３】

新気の吹き抜けが生ずる場合、吸気弁通過新気量Ｍｃには、筒内新気量$M_{cylinder}$に加えて、吹き抜け量Ｍｅｘが含まれている。このため、吸気弁通過新気量Ｍｃと目標空燃比とから燃料噴射量を計算すると、筒内の空燃比が目標空燃比に対しリッチ側にずれてしまう。これに対し、本実施形態では、新気の吹き抜けが生ずる場合には、筒内新気量$M_{cylinder}$と目標空燃比とから燃料噴射量を計算することにより、気筒内の空燃比を目標空燃比に一致させることができる。

【００７４】

なお、上述した実施の形態２では、新気の吹き抜けが生ずると判定された場合に、排気弁１６が閉じた後に筒内インジェクタ２０から燃料を噴射するようにしているが、ポートインジェクタを備えた内燃機関の場合には、排気弁１６が閉じた後であって吸気弁１４が閉じる前の期間（吸気行程）においてポートインジェクタから燃料を噴射するようにしてもよい。この期間であれば、ポートインジェクタからの噴射であっても、燃料を気筒内に流入させることができる。

【００７５】

上述した実施の形態２においては、筒内インジェクタ２０が前記第４の発明における「燃料噴射装置」および前記第５の発明における「筒内燃料噴射装置」に、吸気弁通過新気量Ｍｃが前記第６の発明における「新気流入量」に、それぞれ相当している。また、ＥＣＵ６０が、上記ステップ１２６の処理を実行することにより前記第４の発明における「筒内新気量算出手段」および「第１の燃料噴射量算出手段」が、上記ステップ１２８の処理を実行することにより前記第４および第５の発明における「噴射制御手段」が、上記ステップ１２２の処理を実行することにより前記第６の発明における「新気流入量算出手段」および「第２の燃料噴射量算出手段」が、上記ステップ１２８の処理を実行することにより前記第６の発明における「噴射制御手段」が、それぞれ実現されている。

【００７６】

実施の形態３．

次に、図５を参照して、本発明の実施の形態３について説明するが、上述した実施の形態１および２との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を簡略化または省略する。

【００７７】

図１に示す本実施形態の内燃機関１０の排気通路２４には、ＮＯｘ吸蔵還元型三元触媒４２が設置されている。内燃機関１０が理論空燃比よりリーンな空燃比で運転されているときには、排気ガス中のＮＯｘをこのＮＯｘ吸蔵還元型三元触媒４２によって捕捉し、吸蔵することができる。ＮＯｘ吸蔵還元型三元触媒４２に吸蔵できるＮＯｘの量には限界がある。ＥＣＵ６０は、ＮＯｘ吸蔵還元型三元触媒４２に吸蔵されているＮＯｘの量を公知の手法によって算出している。そして、ＥＣＵ６０は、その算出されたＮＯｘ吸蔵量が限界値に達する前に、目標空燃比を一時的に理論空燃比以下のリッチ空燃比に設定するリッチスパイク制御を実行する。リッチスパイク制御を実行することにより、ＮＯｘ吸蔵還元型三元触媒４２には、理論空燃比以下のリッチ空燃比の排気ガスが流入する。この排気ガスに含まれるＨＣ、ＣＯ等の未燃成分によって、ＮＯｘ吸蔵還元型三元触媒４２に吸蔵されていたＮＯｘがN_2に還元浄化されて放出される。これにより、ＮＯｘ吸蔵還元型三元触媒４２が再びＮＯｘを捕捉できる状態になり、内燃機関１０をリーンバーン運転に復帰させることができる。

【００７８】

前述したように、実施の形態２では、新気の吹き抜けがあると判定された場合には、筒内新気量$M_{cylinder}$と目標空燃比とから燃料噴射量を算出するとともに、排気弁１６が閉じた後に筒内インジェクタ２０から燃料を噴射するように制御している。しかしながら、リッチスパイクの実行中にこの制御が行われると、燃料を含まないリーンな吹き抜け新気がＮＯｘ吸蔵還元型三元触媒４２に流入するので、ＮＯｘ還元効率が低下する場合がある。また、筒内新気量$M_{cylinder}$と目標空燃比とから燃料噴射量を算出すると、気筒内の空燃比は目標空燃比に一致するが、吹き抜けた新気を含めた全体の排気ガスの空燃比は、目

標空燃比よりリーンになる。つまり、ＮＯｘ吸蔵還元型三元触媒４２に流入する排気ガスの空燃比が、目標空燃比よりリーンになってしまう。このことからも、ＮＯｘ還元効率が低下する。

【００７９】

そこで、本実施形態では、上記のような点を改善するため、リッチスパイクの実行中は、新気の吹き抜けの有無にかかわらず、吸気弁通過新気量Ｍｃと目標空燃比とから燃料噴射量を算出することとした。

【００８０】

図５は、上記の機能を実現するために本実施形態においてＥＣＵ６０が実行するルーチンのフローチャートである。図５に示すルーチンは、図４に示すルーチンと比べ、ステップ１２０の前にステップ１１８が追加されていること以外は同じである。図５に示すルーチンによれば、まず、リッチスパイク制御が実行中であるかどうかが判別される（ステップ１１８）。このステップ１１８において、リッチスパイク制御の実行中ではないと判別された場合には、ステップ１２０以下の処理が実行される。その内容は、前述した実施の形態２と同様である。

【００８１】

これに対し、このステップ１１８において、リッチスパイク制御の実行中であると判別された場合には、ステップ１２２以下の処理が実行される。すなわち、吸気弁通過新気量Ｍｃと目標空燃比とから燃料噴射量が算出され（ステップ１２２）、その算出された量の燃料が通常の手順で噴射される（ステップ１２４）。図５に示すルーチンの処理は、上述した点以外は前述した実施の形態２の図４のルーチンと同じであるため、これ以上の説明は省略する。

【００８２】

上述した本実施形態の制御によれば、リッチスパイク制御の実行中は、新気の吹き抜けが発生している場合であっても、吸気弁通過新気量Ｍｃと目標空燃比とから燃料噴射量を算出するので、吹き抜けた新気を含めた全体の排気ガスの空燃比を目標空燃比に一致させることができる。このため、リッチスパイク制御において設定された所定のリッチ空燃比の排気ガスをＮＯｘ吸蔵還元型三元触媒４２に確実に流入させることができるので、良好なＮＯｘ還元効率が得られる。

【００８３】

上述した実施の形態３においては、ＥＣＵ６０が、上述したリッチスパイク制御を実行することにより前記第７の発明における「リッチスパイク制御手段」が、図５に示すルーチンの処理を実行することにより前記第７の発明における「噴射制御手段」が、それぞれ実現されている。

【００８４】

実施の形態４．

次に、図６乃至図８を参照して、本発明の実施の形態４について説明するが、上述した実施の形態１および２との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を簡略化または省略する。

【００８５】

前述した実施の形態１乃至３では、吸気管圧力Ｐｍを取得する方法として、吸気管圧力センサ６４を設け、吸気管圧力Ｐｍを直接に検出するようにしている。これに対し、本実施形態では、以下に述べるような吸気系の物理モデル（エアモデル）を用いて吸気管圧力Ｐｍを推定する。

【００８６】

以下の説明では、コンプレッサ２６ａの上流の圧力（以下、「コンプレッサ上流圧力」と称する）をＰａ、インタークーラ３２の下流（スロットル弁３４の上流）の圧力（以下、「過給圧」と称する）をＰｉｃ、コンプレッサ２６ａを通過する新気の流量（以下、「コンプレッサ流量」と称する）Ｍｃｐ、スロットル弁３４を通過する新気の流量（以下、「スロットル流量」と称する）をＭｔとする。

【００８７】
ＥＣＵ６０は、以下に説明するような手順の計算を所定の周期毎に繰り返し実行することにより、吸気管圧力Ｐｍその他の吸気系の物理量の値を更新する。
【００８８】
スロットル流量Ｍｔは、次式によって計算される。
Ｍｔ＝ｆ（Ｐｍ／Ｐｉｃ）　・・・（６）
上記（６）式において、ｆ（ｘ）は、ｘの関数を意味する。また、吸気管圧力Ｐｍ、過給圧Ｐｉｃは、現時点においてメモリに記憶されている値、すなわち、前回の計算で得られた値である。
【００８９】
吸気弁通過新気量Ｍｃは、現時点においてメモリに記憶されている吸気管圧力Ｐｍの値（前回の計算で得られた吸気管圧力Ｐｍの値）と、前述したＰｍ－Ｍｃ関係マップとに基づいて算出される。
【００９０】
過給圧Ｐｉｃの更新には、次式による計算が用いられる。
Ｐｉｃ＝Ｐｉｃ（前回値）＋Ｋ・（Ｍｃｐ－Ｍｔ）　・・・（７）
上記（７）式において、スロットル流量Ｍｔは、先に上記（６）式で計算された値である。コンプレッサ流量Ｍｃｐは、後述するコンプレッサモデルを用いて算出された値である。Ｋは定数である。
【００９１】
吸気管圧力Ｐｍの更新には、以下の（８）式による計算が用いられる。
Ｐｍ＝Ｐｍ（前回値）＋Ｋｍ・（Ｍｔ－Ｍｃ）　・・・（８）
（８）式において、スロットル流量Ｍｔ、先に上記（６）式で計算された値であり、吸気弁通過新気量Ｍｃは、先にＰｍ－Ｍｃ関係マップで計算された値である。Ｋｍは定数である。
【００９２】
次に、コンプレッサ流量Ｍｃｐを推定するためのコンプレッサモデルについて説明する。図６は、本実施形態で用いられるコンプレッサモデルを示すブロック線図である。このコンプレッサモデルでは、吸気弁通過新気量Ｍｃ（前回値）と、過給圧Ｐｉｃ（前回値）と、コンプレッサ上流圧力Ｐａとに基づいて、コンプレッサ流量Ｍｃｐが算出される。なお、コンプレッサ上流圧力Ｐａは、図示しない大気圧センサによって計測される。
【００９３】
図７は、図６に示すコンプレッサモデルによるコンプレッサ流量Ｍｃｐの算出方法を表す図である。図７中の右上がりの曲線ＧＡ－Ｐｉｃは、定常運転状態における吸気流量ＧＡと過給圧Ｐｉｃとの関係を示す曲線である。ＥＣＵ６０には、この関係を実験によって調べた結果がマップとして予め記憶されている。このマップを以下「ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップ」と称する。また、図７中の右下がりの複数の曲線は、それぞれ、同一のターボ回転数におけるコンプレッサ流量曲線である。コンプレッサ流量曲線は、ターボ回転数が高くなるほど、高圧側、高流量側に移行する。
【００９４】
図６に示すように、コンプレッサモデルは、１次遅れ要素Ａと、セクションＢと、セクションＣとを有している。１次遅れ要素Ａは、吸気弁通過新気量Ｍｃ（前回値）を入力とし、Ｍｃ_ｔａｒを出力する。気筒内空気量が変化すると排気エネルギー量はすぐに変化するが、排気エネルギー量が変化してからターボ回転数が変化するまでには遅れが生ずる。１次遅れ要素Ａは、この遅れに対応するためのものである。
【００９５】
コンプレッサモデルのセクションＢでは、まず、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップを用いて、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップ上で上記Ｍｃ_ｔａｒに対応する過給圧の値Ｐｉｃ_ｔａｒが算出される。そして、その算出されたＰｉｃ_ｔａｒと、過給圧Ｐｉｃ（前回値）との差にゲインＧ１を乗じた値が算出される。このセクションＢは、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップからのズ

レによる流量差を補正する補正値を算出するものである。

【００９６】

コンプレッサモデルのセクションＣでは、コンプレッサ上流圧力Ｐａと過給圧Ｐｉｃ（前回値）との差にゲインＧ２を乗じた値が算出される。過給圧Ｐｉｃ（すなわちコンプレッサ下流圧力）がコンプレッサ上流圧力Ｐａより低い領域では、コンプレッサ流量Ｍｃｐは急増する。このセクションＣは、そのようなＰｉｃ＜Ｐａの領域におけるコンプレッサ流量Ｍｃｐの急増に対応するための補正値を算出するものである。

【００９７】

コンプレッサモデルでは、上述したセクションＢで算出された補正値およびセクションＣで算出された補正値を上記Ｍｃ_ｔａｒに加算することにより、コンプレッサ流量Ｍｃｐが算出される。なお、図７中では、１次遅れ要素Ａによる処理が矢印Ａで、セクションＢによる処理が矢印Ｂで、それぞれ示されている。

【００９８】

従来、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップは、一本の線、すなわち一対一対応の関係であるものとされていた。しかしながら、実際には、吸気流量ＧＡが同じであっても、排気エネルギーの大きさが異なる場合があり、その結果として過給圧Ｐｉｃが異なる場合がある。その原因は、定常運転状態において一対一対応の関係になるのは実際には過給圧Ｐｉｃとターボ回転数との関係であり、吸気流量ＧＡが同じであっても排気エネルギーの大きさが異なるとターボ回転数が異なるためであると考えられる。

【００９９】

また、排気エネルギーの大きさが異なると、ターボ回転数が増減する速度も異なるので、１次遅れ要素Ａにおける時定数Ｔの適切な値が異なる。

【０１００】

ところで、排気側への新気の吹き抜けが生じた場合には、気筒内で燃焼に寄与する新気の量が、吹き抜けた新気の分だけ減少する。このため、吹き抜けがない場合と比べて、排気エネルギーが小さくなる結果、ターボ回転数が低くなる。従って、吸気流量ＧＡが同じであっても、排気側への新気の吹き抜けが生じた場合には、吹き抜けがない場合と比べて、過給圧Ｐｉｃが低くなる。また、排気エネルギーが小さくなることにより、ターボ回転数の上昇速度は遅くなり、ターボ回転数の降下速度は速くなる。排気側への新気の吹き抜けが生じた場合には、これらの影響により、コンプレッサモデルによるコンプレッサ流量Ｍｃｐの推定に誤差が生じることが考えられる。

【０１０１】

そこで、本実施形態では、これらの影響をコンプレッサモデルに適切に反映させるために、吹き抜け量Ｍｅｘに応じて、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップおよび１次遅れ要素Ａの時定数Ｔを補正することとした。

【０１０２】

図８は、上記の機能を実現するために本実施形態においてＥＣＵ６０が実行するルーチンのフローチャートである。図８に示すルーチンによれば、まず、新気の吹き抜けの有無が判定される（ステップ１３０）。このステップ１２０では、前述した図３のステップ１００～１０８とほぼ同様の処理を行うことにより、新気の吹き抜けの有無が判定される。ただし、本実施形態では、上述したエアモデルを用いて推定された吸気管圧力Ｐｍを基準吸気管圧力Ｐｍ_ｔと比較することによって吹き抜けの有無を判定する点が、実施の形態１と異なる。本実施形態では、エアモデルを用いて吸気管圧力Ｐｍを推定することにより、吸気管圧力センサ６４を設けなくて済むので、コストの低減が図れる。

【０１０３】

上記ステップ１３０で吹き抜けがあると判定された場合には、次に、吹き抜け量Ｍｅｘが算出される（ステップ１３２）。このステップ１３２では、前述した図３のステップ１１０と同様にして、吹き抜け量Ｍｅｘを算出することができる。続いて、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップにおける過給圧Ｐｉｃが小さくなる方向にＧＡ－Ｐｉｃ定常マップが補正される（ステップ１３４）。すなわち、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップは、例えば図７中のＤで示す曲

線へと補正される。このステップ１３４における補正量は、ステップ１３２で算出された吹き抜け量Ｍｅｘが大きいほど、大きくされる。

【０１０４】

上記ステップ１３４の処理に続いて、１次遅れ要素Ａの時定数Ｔが補正される（ステップ１３６）。前述したように、排気エネルギーが小さくなると、ターボ回転数の上昇速度は遅くなり、ターボ回転数の降下速度は速くなる。このため、このステップ１３６では、ターボ回転数が上昇する内燃機関１０の加速時には１次遅れ要素Ａの時定数Ｔが長くなる方向に補正され、ターボ回転数が降下する内燃機関１０の減速時には１次遅れ要素Ａの時定数Ｔが短くなる方向に補正される。そして、その補正量は、ステップ１３２で算出された吹き抜け量Ｍｅｘが大きいほど、大きくされる。

【０１０５】

以上説明した図８に示すルーチンの処理によれば、新気の吹き抜けによる排気エネルギーの低下の影響をコンプレッサモデルに適切に反映させることができる。このため、新気の吹き抜けが発生している場合であっても、コンプレッサ流量Ｍｃｐを正確に推定することができ、ひいては吸気管圧力Ｐｍを正確に推定することができる。

【０１０６】

上述した実施の形態４においては、時定数Ｔが前記第８および第９の発明における「時定数」に、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップが前記第８および第９の発明における「マップ」に、吹き抜け量Ｍｅｘが前記第８および第９の発明における「パラメータ」に、それぞれ相当している。また、ＥＣＵ６０が、上述したコンプレッサモデルによりコンプレッサ流量Ｍｃｐを算出することにより前記第８の発明における「コンプレッサ流量推定手段」が、ステップ１３２の処理を実行することにより前記第９の発明における「吹き抜け量算出手段」が、ステップ１３４および１３６の処理を実行することにより前記第８および第９の発明における「コンプレッサモデル補正手段」が、それぞれ実現されている。

【０１０７】

実施の形態５．

次に、図９を参照して、本発明の実施の形態５について説明するが、上述した実施の形態４との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を簡略化または省略する。

【０１０８】

前述したように、本実施形態の内燃機関１０では、吸気バルブタイミングＩｎＶＴや排気バルブタイミングＥｘＶＴを変化させることにより、内部ＥＧＲを行うことができる。

【０１０９】

前述した実施の形態４で説明したように、コンプレッサモデルによるコンプレッサ流量Ｍｃｐの推定精度を高めるためには、排気エネルギーの大きさに応じた補正を行うことが望ましい。排気エネルギーの大きさに影響を与えるパラメータとしては、新気の吹き抜け量Ｍｅｘ以外に、ＥＧＲ量（排気ガス再循環量）が挙げられる。吸気流量ＧＡが同じであっても、ＥＧＲ量が多くなるほど、排気エネルギーは小さくなる。これは、ＥＧＲ量が多いほど、気筒内に占める不活性ガスが多くなることにより、燃焼温度が低下するためである。そこで、本実施形態では、ＥＧＲの影響をコンプレッサモデルに適切に反映させるために、ＥＧＲ量に応じて、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップおよび１次遅れ要素Ａの時定数Ｔを補正することとした。

【０１１０】

図９は、上記の機能を実現するために本実施形態においてＥＣＵ６０が実行するルーチンのフローチャートである。図９に示すルーチンによれば、まず、ＥＧＲが実行中であるか否かが判別される（ステップ１４０）。なお、外部ＥＧＲ装置（図示せず）を備えた内燃機関の場合には、このステップ１４０において、外部ＥＧＲと内部ＥＧＲとの少なくとも一方が実行中である場合にはＥＧＲが実行中であると判定される。

【０１１１】

上記ステップ１４０でＥＧＲが実行中であると判定された場合には、次に、ＥＧＲ量が

取得される（ステップ１４２）。外部ＥＧＲ装置を備えた内燃機関の場合には、このステップ１４２において、内部ＥＧＲ量だけでなく外部ＥＧＲ量も含めたＥＧＲ量が取得される。ＥＧＲ量の算出方法は公知であるため、説明を省略する。

【０１１２】

上記ステップ１４２の処理に続いて、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップにおける過給圧Ｐｉｃが小さくなる方向にＧＡ－Ｐｉｃ定常マップが補正される（ステップ１４４）。すなわち、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップは、例えば図７中のＤで示す曲線へと補正される。このステップ１４４における補正量は、ステップ１４２で算出されたＥＧＲ量が大きいほど、大きくされる。

【０１１３】

上記ステップ１４４の処理に続いて、１次遅れ要素Ａの時定数Ｔが補正される（ステップ１４６）。このステップ１４６では、ターボ回転数が上昇する内燃機関１０の加速時には１次遅れ要素Ａの時定数Ｔが長くなる方向に補正され、ターボ回転数が降下する内燃機関１０の減速時には１次遅れ要素Ａの時定数Ｔが短くなる方向に補正される。そして、その補正量は、ステップ１４２で取得されたＥＧＲ量が大きいほど、大きくされる。

【０１１４】

以上説明した図９に示すルーチンの処理によれば、ＥＧＲによる排気エネルギーの低下の影響をコンプレッサモデルに適切に反映させることができる。このため、ＥＧＲの実行中においても、コンプレッサ流量Ｍｃｐを正確に推定することができ、ひいては吸気管圧力Ｐｍを正確に推定することができる。

【０１１５】

上述した実施の形態５においては、内部ＥＧＲを可能とする吸気可変動弁装置４４および排気可変動弁装置４６が前記第１０の発明における「排気ガス再循環手段」に、ＥＧＲ量が前記第１０の発明における「パラメータ」に、それぞれ相当している。また、ＥＣＵ６０が、ステップ１４２の処理を実行することにより前記第１０の発明における「排気ガス再循環量取得手段」が、ステップ１４４および１４６の処理を実行することにより前記第１０の発明における「コンプレッサモデル補正手段」が、それぞれ実現されている。

【０１１６】

実施の形態６．

次に、図１０を参照して、本発明の実施の形態６について説明するが、上述した実施の形態４との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を簡略化または省略する。

【０１１７】

前述した実施の形態４で説明したように、コンプレッサモデルによるコンプレッサ流量Ｍｃｐの推定精度を高めるためには、排気エネルギーの大きさに応じた補正を行うことが望ましい。排気バルブタイミングＥｘＶＴは、排気エネルギーの大きさに影響を与えるパラメータである。排気弁１６が開くタイミングが遅いほど、気筒内の燃焼ガスがピストン１２に対して与える仕事量が多くなる反面で、排気エネルギーは小さくなるからである。そこで、本実施形態では、排気弁１６が開くタイミングの遅角の影響をコンプレッサモデルに適切に反映させるために、排気バルブタイミングＥｘＶＴの遅角量に応じて、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップおよび１次遅れ要素Ａの時定数Ｔを補正することとした。

【０１１８】

図１０は、上記の機能を実現するために本実施形態においてＥＣＵ６０が実行するルーチンのフローチャートである。図１０に示すルーチンによれば、まず、排気バルブタイミングＥｘＶＴが遅角されているか否かが判別される（ステップ１５０）。このステップ１５０で排気バルブタイミングＥｘＶＴが遅角されていると判定された場合には、次に、排気バルブタイミングＥｘＶＴの遅角量が取得される（ステップ１５２）。続いて、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップにおける過給圧Ｐｉｃが小さくなる方向にＧＡ－Ｐｉｃ定常マップが補正される（ステップ１５４）。すなわち、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップは、例えば図７中のＤで示す曲線へと補正される。このステップ１５４における補正量は、ステップ１５２で取

得された排気バルブタイミングＥｘＶＴの遅角量が大きいほど、大きくされる。

【０１１９】

上記ステップ１５４の処理に続いて、１次遅れ要素Ａの時定数Ｔが補正される（ステップ１５６）。このステップ１５６では、ターボ回転数が上昇する内燃機関１０の加速時には１次遅れ要素Ａの時定数Ｔが長くなる方向に補正され、ターボ回転数が降下する内燃機関１０の減速時には１次遅れ要素Ａの時定数Ｔが短くなる方向に補正される。そして、その補正量は、ステップ１５２で算出された排気バルブタイミングＥｘＶＴの遅角量が大きいほど、大きくされる。

【０１２０】

以上説明した図１０に示すルーチンの処理によれば、排気バルブタイミングＥｘＶＴの遅角による排気エネルギーの低下の影響をコンプレッサモデルに適切に反映させることができる。このため、排気バルブタイミングＥｘＶＴが遅角されている場合であっても、コンプレッサ流量Ｍｃｐを正確に推定することができ、ひいては吸気管圧力Ｐｍを正確に推定することができる。

【０１２１】

上述した実施の形態６においては、排気バルブタイミングＥｘＶＴの遅角量が前記第１１の発明における「パラメータ」に相当している。また、ＥＣＵ６０が、ステップ１５４および１５６の処理を実行することにより前記第１１の発明における「コンプレッサモデル補正手段」が実現されている。

【０１２２】

実施の形態７．

次に、図１１を参照して、本発明の実施の形態７について説明するが、上述した実施の形態４との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を簡略化または省略する。

【０１２３】

ＥＣＵ６０は、内燃機関１０の過渡運転時に、ノッキングを防止するため、点火時期を通常の点火時期よりも遅角する点火時期遅角制御を実行する。点火時期遅角制御が実行されている場合の、通常点火時期に対する点火時期の遅角量を以下「点火遅角量」と称する。

【０１２４】

前述した実施の形態４で説明したように、コンプレッサモデルによるコンプレッサ流量Ｍｃｐの推定精度を高めるためには、排気エネルギーの大きさに応じた補正を行うことが望ましい。点火遅角量は、排気エネルギーの大きさに影響を与えるパラメータである。点火遅角量が大きいほど、排気温度が高くなり、排気エネルギーが大きくなるからである。点火遅角によって、排気エネルギーが大きくなると、ターボ回転数の上昇速度は速くなり、ターボ回転数の降下速度は遅くなる。そこで、本実施形態では、点火遅角の影響をコンプレッサモデルに適切に反映させるために、点火遅角量に応じて、１次遅れ要素Ａの時定数Ｔを補正することとした。なお、本実施形態における点火時期遅角制御は、過渡運転時にのみ実行される制御であるため、ＧＡ－Ｐｉｃ定常マップの補正は不要である。

【０１２５】

図１１は、上記の機能を実現するために本実施形態においてＥＣＵ６０が実行するルーチンのフローチャートである。図１１に示すルーチンによれば、まず、点火時期遅角制御が実行中であるか否かが判別される（ステップ１６０）。このステップ１６０で点火時期遅角制御が実行中であると判定された場合には、次に、点火遅角量が取得される（ステップ１６２）。続いて、１次遅れ要素Ａの時定数Ｔが補正される（ステップ１６４）。このステップ１６４では、ターボ回転数が上昇する内燃機関１０の加速時には１次遅れ要素Ａの時定数Ｔが短くなる方向に補正され、ターボ回転数が降下する内燃機関１０の減速時には１次遅れ要素Ａの時定数Ｔが長くなる方向に補正される。そして、その補正量は、ステップ１６２で算出された点火遅角量の遅角量が大きいほど、大きくされる。

【０１２６】

以上説明した図１１に示すルーチンの処理によれば、点火遅角による排気エネルギーの増加の影響をコンプレッサモデルに適切に反映させることができる。このため、点火時期遅角制御が実行されている場合であっても、コンプレッサ流量Ｍｃｐを正確に推定することができ、ひいては吸気管圧力Ｐｍを正確に推定することができる。

【０１２７】

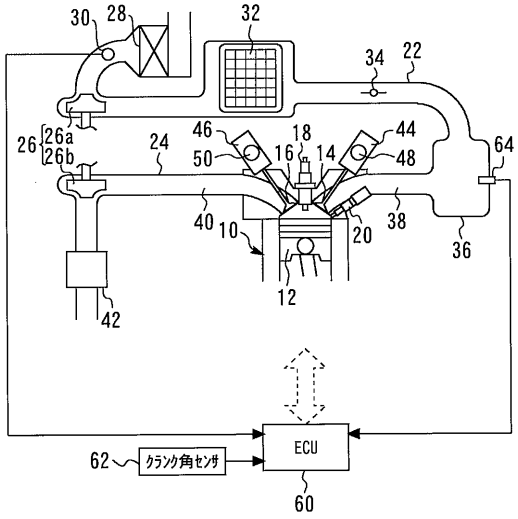
上述した実施の形態７においては、点火遅角量が前記第１１の発明における「パラメータ」に相当している。また、ＥＣＵ６０が、ステップ１６２の処理を実行することにより前記第１１の発明における「点火時期遅角量取得手段」が、ステップ１６４の処理を実行することにより前記第１１の発明における「コンプレッサモデル補正手段」が、それぞれ実現されている。

【符号の説明】

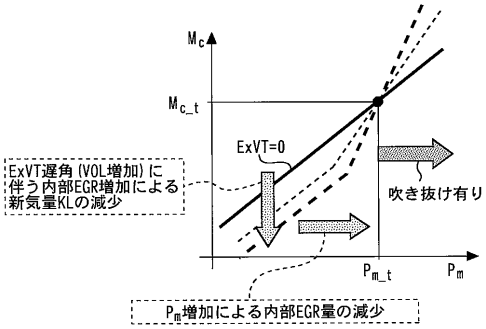
【０１２８】

１０　内燃機関
１２　ピストン
１４　吸気バルブ
１６　排気バルブ
１８　点火プラグ
２０　筒内インジェクタ
２２　吸気通路
２４　排気通路
２６　ターボ過給機
２６ａ　吸気圧縮機
２６ｂ　排気タービン
３０　エアフローメータ
３２　インタークーラ
３４　スロットル弁
３６　サージタンク
４２　ＮＯｘ触媒
４４　吸気可変動弁装置
４６　排気可変動弁装置
４８，５０　カムポジションセンサ
６０　ＥＣＵ

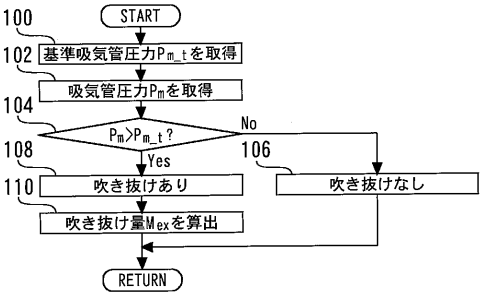
【図１】



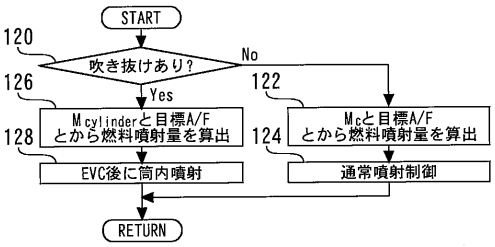
【図２】



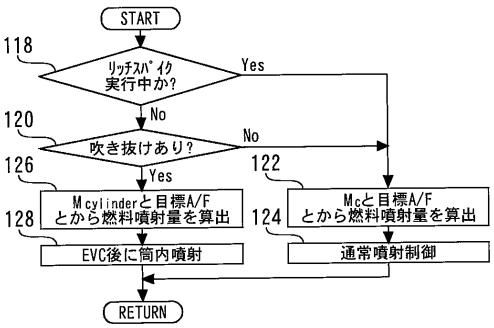
【図３】



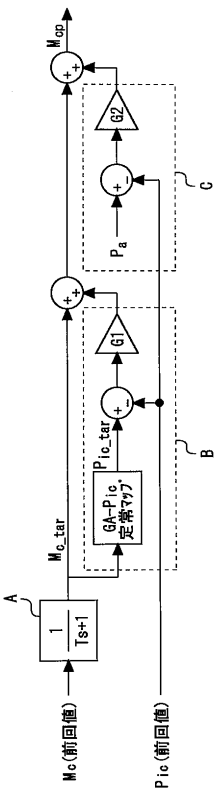
【図４】



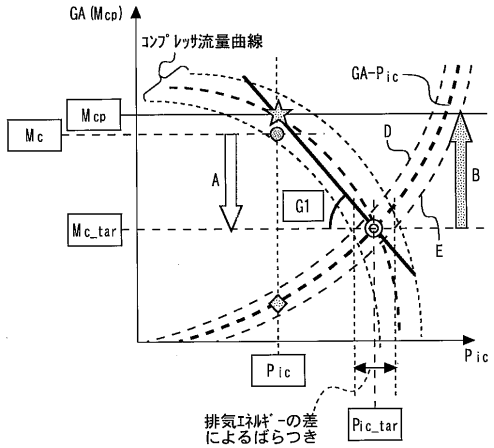
【図５】



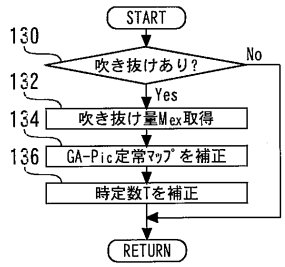
【図６】



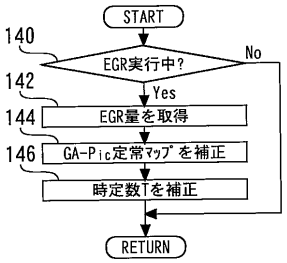
【図７】



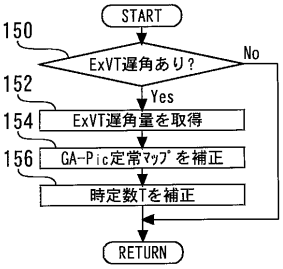
【図８】



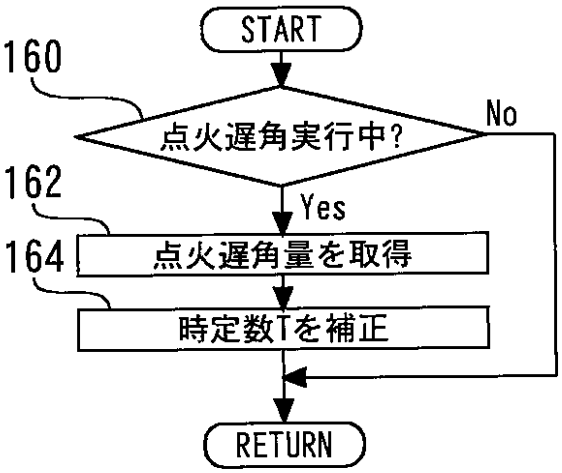
【図９】



【図１０】



【図１１】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			FI		
F02B	***37/00***	***(2006.01)***	F02D	41/04	305A
F02M	***25/07***	***(2006.01)***	F02B	37/00	302A
			F02B	37/00	302G
			F02B	37/00	302F
			F02M	25/07	550C
			F02M	25/07	550R

審査官　鹿角　剛二

(56)参考文献　特開昭63－297746（JP，A）
特開2009－085014（JP，A）
特開2006－194112（JP，A）
特開2008－025511（JP，A）
特開2005－133632（JP，A）
特開2006－017053（JP，A）
特開2003－293821（JP，A）

(58)調査した分野(Int.Cl.，DB名)
F02D 13/02
F02B 37/00
F02D 21/08
F02D 23/00
F02D 41/02
F02D 41/04
F02M 25/07