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

特許第6879115号
(P6879115)

(45)発行日　令和3年6月2日(2021.6.2)　(24)登録日　令和3年5月7日(2021.5.7)

(51)Int.Cl.		F I		
F02D 41/02	(2006.01)	F02D	41/02	
F01N 3/20	(2006.01)	F01N	3/20	D
F02D 13/02	(2006.01)	F01N	3/20	S
F02D 41/04	(2006.01)	F02D	13/02	H
F02D 43/00	(2006.01)	F02D	13/02	J

請求項の数 5　(全 20 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2017-155399(P2017-155399)
(22)出願日　平成29年8月10日(2017.8.10)
(65)公開番号　特開2019-35334(P2019-35334A)
(43)公開日　平成31年3月7日(2019.3.7)
審査請求日　令和1年12月20日(2019.12.20)

(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　100105957
弁理士　恩田　誠
(74)代理人　100068755
弁理士　恩田　博宣
(72)発明者　野瀬　勇喜
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　明城　啓一
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】
複数の気筒から排出された排気を浄化対象とする触媒と、前記複数の気筒のそれぞれへの燃料供給のために各別に設けられた燃料噴射弁と、を備え、燃焼行程を経ずに酸素が前記触媒に流入しうる内燃機関を制御対象とし、
前記触媒の昇温要求が生じることを条件に、前記燃料噴射弁を操作して、前記複数の気筒のうちの一部の気筒を、空燃比が理論空燃比よりもリーンであるリーン燃焼気筒とし、前記複数の気筒のうちの前記一部の気筒とは別の気筒を、空燃比が理論空燃比よりもリッチであるリッチ燃焼気筒とする期間を設けつつ、該期間を含んだ所定期間における排気空燃比の平均値を目標空燃比に制御するディザ制御処理と、
燃焼行程を経ずに前記触媒に流入する酸素を排気と反応させるべく、前記目標空燃比を理論空燃比よりもリッチとするリッチ処理と、
前記リッチ処理がなされていることを条件に、前記ディザ制御処理を、前記複数の気筒の排気空燃比のうちの最もリッチなもののリッチ化度合いが小さくなる側に制限するリッチ制限処理と、を実行し、
前記内燃機関は、吸気バルブの開弁期間と排気バルブの開弁期間とがオーバーラップしうるものであって、過給機を備え、
前記リッチ処理を、前記過給機によって過給がなされていて且つ前記オーバーラップが生じているときに実行し、
前記オーバーラップが生じている期間に吸気通路から燃焼室に流入した空気が排気通路

に流出する量の前記燃焼室内で燃焼対象となる空気量に対する比率であるスカベンジ率を、前記過給機による過給圧が高い場合に低い場合よりも大きい値に算出するスカベンジ率算出処理を実行し、

前記リッチ処理は、前記スカベンジ率が大きい場合に小さい場合よりも前記目標空燃比をリッチとするものであり、

前記リッチ制限処理は、前記スカベンジ率が規定比率以上である場合、前記規定比率未満である場合と比較して前記リッチ燃焼気筒における空燃比と前記リーン燃焼気筒における空燃比との差を小さくする処理を含む内燃機関の制御装置。

【請求項２】

前記ディザ制御処理は、前記リッチ燃焼気筒における空燃比と前記リーン燃焼気筒における空燃比との差を設定する振幅設定処理を含み、

前記リッチ制限処理は、前記振幅設定処理によって設定された前記差を上限ガード値以下に制限する上限ガード処理を施し、該上限ガード処理がなされた前記差に基づき前記ディザ制御処理を実行させる処理であり、前記上限ガード値を、前記内燃機関の動作点に応じて可変設定する可変設定処理を含む請求項１記載の内燃機関の制御装置。

【請求項３】

前記ディザ制御処理は、前記リッチ燃焼気筒における空燃比と前記リーン燃焼気筒における空燃比との差を設定する振幅設定処理を含み、

前記リッチ制限処理は、前記振幅設定処理によって設定された前記差を上限ガード値以下に制限する上限ガード処理を施し、該上限ガード処理がなされた前記差に基づき前記ディザ制御処理を実行させる処理であり、前記上限ガード値を、前記スカベンジ率算出処理によって算出された前記スカベンジ率に応じて可変設定する可変設定処理を含む請求項１記載の内燃機関の制御装置。

【請求項４】

複数の気筒から排出された排気を浄化対象とする触媒と、前記複数の気筒のそれぞれへの燃料供給のために各別に設けられた燃料噴射弁と、過給機と、吸気バルブの開弁期間と排気バルブの開弁期間とのオーバーラップ量を調整するオーバーラップ調節装置と、を備える内燃機関を制御対象とし、

前記触媒の昇温要求が生じることを条件に、前記燃料噴射弁を操作して、前記複数の気筒のうちの一部の気筒を、空燃比が理論空燃比よりもリーンであるリーン燃焼気筒とし、前記複数の気筒のうちの前記一部の気筒とは別の気筒を、空燃比が理論空燃比よりもリッチであるリッチ燃焼気筒とする期間を設けつつ、該期間を含んだ所定期間における排気空燃比の平均値を目標空燃比に制御するディザ制御処理と、

前記オーバーラップ調節装置を操作して前記オーバーラップ量を制御するオーバーラップ制御処理と、

前記過給機によって過給がなされているとき、前記オーバーラップ量が大きい場合に小さい場合よりも前記目標空燃比をリッチとするリッチ処理と、

前記ディザ制御処理が実行されることを条件に、前記オーバーラップ制御処理を、前記オーバーラップ量が小さくなる側に制限する量制限処理と、を実行する内燃機関の制御装置。

【請求項５】

複数の気筒から排出された排気を浄化対象とする触媒と、前記複数の気筒のそれぞれへの燃料供給のために各別に設けられた燃料噴射弁と、過給機と、前記過給機による過給圧を調節可能な過給圧調節装置と、を備え、吸気バルブの開弁期間と排気バルブの開弁期間とがオーバーラップしうる内燃機関を制御対象とし、

前記触媒の昇温要求が生じることを条件に、前記燃料噴射弁を操作して、前記複数の気筒のうちの一部の気筒を、空燃比が理論空燃比よりもリーンであるリーン燃焼気筒とし、前記複数の気筒のうちの前記一部の気筒とは別の気筒を、空燃比が理論空燃比よりもリッチであるリッチ燃焼気筒とする期間を設けつつ、該期間を含んだ所定期間における排気空燃比の平均値を目標空燃比に制御するディザ制御処理と、

前記過給圧調節装置を操作して前記過給圧を制御する過給圧制御処理と、
前記オーバーラップが生じているとき、前記過給圧が高い場合に低い場合よりも前記目標空燃比をリッチとするリッチ処理と、
前記ディザ制御処理が実行されることを条件に、前記過給圧制御処理を、前記過給圧が小さくなる側に制限する圧力制限処理と、を実行する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、複数の気筒から排出された排気を浄化対象とする触媒と、前記複数の気筒のそれぞれへの燃料供給のために各別に設けられた燃料噴射弁と、を備え、燃焼行程を経ずに酸素が触媒に流入しうる内燃機関を制御対象とする内燃機関の制御装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

たとえば特許文献１には、触媒装置（触媒）の暖機要求（昇温要求）がある場合、一部の気筒における空燃比を理論空燃比よりもリッチとし、残りの気筒における空燃比を理論空燃比よりもリーンとするパータベーション制御（ディザ制御）を実行する制御装置が記載されている。

【０００３】

また、特許文献２には、吸気バルブの開弁期間と排気バルブの開弁期間とのオーバーラップ期間において、吸気通路から燃焼室に流入した空気が排気通路へと吹き抜けるスカベンジが生じる内燃機関が開示されている。また同特許文献２には、スカベンジが生じる場合、燃焼室内において燃焼対象とされる混合気の空燃比を理論空燃比よりもリッチに制御する制御装置が記載されている。これは、スカベンジが生じることにより燃焼行程を経ずに触媒に流入する酸素量に応じて、排気中に未燃燃料成分を含ませることにより、触媒に流入する成分の比率を狙いの比率とするためのものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２０１２－５７４９２号公報
【特許文献２】特開２０１７－５７７６０号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

ところで、スカベンジが生じる場合のように各気筒から排気通路に排出される排気の空燃比（排気空燃比）をリッチとするときにディザ制御を実行する場合、燃焼室内において燃焼対象とされる混合気の空燃比が過度にリッチとなり、燃焼が悪化したり触媒の昇温効果を損なったりするおそれがある。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

以下、上記課題を解決するための手段およびその作用効果について記載する。

１．内燃機関の制御装置は、複数の気筒から排出された排気を浄化対象とする触媒と、前記複数の気筒のそれぞれへの燃料供給のために各別に設けられた燃料噴射弁と、を備え、燃焼行程を経ずに酸素が触媒に流入しうる内燃機関を制御対象とし、前記触媒の昇温要求が生じることを条件に、前記燃料噴射弁を操作して、前記複数の気筒のうちの一部の気筒を、空燃比が理論空燃比よりもリーンであるリーン燃焼気筒とし、前記複数の気筒のうちの前記一部の気筒とは別の気筒を、空燃比が理論空燃比よりもリッチであるリッチ燃焼気筒とする期間を設けつつ、該期間を含んだ所定期間における排気空燃比の平均値を目標空燃比に制御するディザ制御処理と、燃焼行程を経ずに前記触媒に流入する酸素を排気と反応させるべく、前記目標空燃比を理論空燃比よりもリッチとするリッチ処理と、前記リッチ処理がなされていることを条件に、前記ディザ制御処理を、前記複数の気筒の排気空

燃比のうちの最もリッチなもののリッチ化度合いが小さくなる側に制限するリッチ制限処理と、を実行する。

【０００７】

上記構成では、リッチ処理がなされていることを条件に、リッチ制限処理によって、ディザ制御処理を、複数の気筒の排気空燃比のうち最もリッチなもののリッチ化度合いが小さくなる側に制限する。これにより、燃焼対象とされる混合気の空燃比が過度にリッチとなることを抑制することができる。

【０００８】

２．上記１記載の内燃機関の制御装置において、前記内燃機関は、吸気バルブの開弁期間と排気バルブの開弁期間とがオーバーラップしうるものであって、過給機を備え、前記リッチ処理を、前記過給機によって過給がなされていて且つ前記オーバーラップが生じているときに実行する。

【０００９】

過給機によって過給がなされていて且つオーバーラップが生じているときには、吸気通路内の圧力が高いために、燃焼行程以外の期間において、吸気通路から燃焼室に流入した空気が触媒に流入する、いわゆるスカベンジが生じることがある。そしてこの場合にはリッチ処理をすることに起因してリッチ制限処理をすることの利用価値が特に高い。

【００１０】

３．上記２記載の内燃機関の制御装置において、前記オーバーラップが生じている期間に吸気通路から燃焼室に流入した空気が排気通路に流出する量の前記燃焼室内で燃焼対象となる空気量に対する比率であるスカベンジ率を、前記過給機による過給圧が高い場合に低い場合よりも大きい値に算出するスカベンジ率算出処理を実行し、前記リッチ処理は、前記スカベンジ率が大きい場合に小さい場合よりも前記目標空燃比をリッチとするものであり、前記リッチ制限処理は、前記スカベンジ率が所定比率以上である場合、前記ディザ制御処理を禁止する処理を含む。

【００１１】

スカベンジ率が大きい場合に小さい場合よりも、リッチ処理により燃焼対象となる混合気の空燃比がリッチとされるため、スカベンジ率が大きいほど、ディザ制御を実行することにより空燃比が過度にリッチとなりやすい。そこで上記構成では、スカベンジ率が所定比率以上である場合、ディザ制御処理を禁止することにより、燃焼対象とされる混合気の空燃比が過度にリッチとなることを確実に抑制することができる。

【００１２】

４．上記２記載の内燃機関の制御装置において、前記オーバーラップが生じている期間に吸気通路から燃焼室に流入した空気が排気通路に流出する量の前記燃焼室内で燃焼対象となる空気量に対する比率であるスカベンジ率を、前記過給機による過給圧が高い場合に低い場合よりも大きい値に算出するスカベンジ率算出処理を実行し、前記リッチ処理は、前記スカベンジ率が大きい場合に小さい場合よりも前記目標空燃比をリッチとするものであり、前記リッチ制限処理は、前記スカベンジ率が規定比率以上である場合、前記規定比率未満である場合と比較して前記リッチ燃焼気筒における空燃比と前記リーン燃焼気筒における空燃比との差を小さくする処理を含む。

【００１３】

スカベンジ率が大きい場合に小さい場合よりも、リッチ処理により燃焼対象となる混合気の空燃比がリッチとされる構成の場合、スカベンジ率が大きいほど、ディザ制御を実行することにより空燃比が過度にリッチとなりやすい。そこで上記構成では、リッチ制限処理によって、スカベンジ率が規定比率未満である場合と比較して規定比率以上である場合にリッチ燃焼気筒における空燃比とリーン燃焼気筒における空燃比との差を小さくする。これにより、ディザ制御を実行することによりリッチ燃焼気筒における空燃比が過度にリッチとなることを抑制できる。

【００１４】

５．上記４記載の内燃機関の制御装置において、前記ディザ制御処理は、前記リッチ燃

焼気筒における空燃比と前記リーン燃焼気筒における空燃比との差を設定する振幅設定処理を含み、前記リッチ制限処理は、前記振幅設定処理によって設定された前記差を上限ガード値以下に制限する上限ガード処理を施し、該上限ガード処理がなされた前記差に基づき前記ディザ制御処理を実行させる処理であり、前記上限ガード値を、前記内燃機関の動作点に応じて可変設定する可変設定処理を含む。

【００１５】

ディザ制御によって燃焼が不安定化する度合いは、内燃機関の動作点に応じて異なる。そこで上記構成では、内燃機関の動作点に応じて上限ガード値を可変設定することにより、上限ガード値を固定値とする場合と比較して、上限ガード値を動作点に応じた適切な値とすることができる。

【００１６】

６．上記４記載の内燃機関の制御装置において、前記ディザ制御処理は、前記リッチ燃焼気筒における空燃比と前記リーン燃焼気筒における空燃比との差を設定する振幅設定処理を含み、前記リッチ制限処理は、前記振幅設定処理によって設定された前記差を上限ガード値以下に制限する上限ガード処理を施し、該上限ガード処理がなされた前記差に基づき前記ディザ制御処理を実行させる処理であり、前記上限ガード値を、前記スカベンジ率に応じて可変設定する可変設定処理を含む。

【００１７】

スカベンジ率が大きい場合には小さい場合よりもリッチ処理に起因してリッチ燃焼気筒における空燃比が過度にリッチになりやすい一方、リーン燃焼気筒における空燃比が理論空燃比よりもリーンとなりにくくなる。そこで上記構成では、スカベンジ率に応じて上限ガード値を可変設定することにより、上限ガード値を固定値とする場合と比較して、上限ガード値をスカベンジ率に応じた適切な値とすることができる。

【００１８】

７．内燃機関の制御装置において、複数の気筒から排出された排気を浄化対象とする触媒と、前記複数の気筒のそれぞれへの燃料供給のために各別に設けられた燃料噴射弁と、過給機と、吸気バルブの開弁期間と排気バルブの開弁期間とのオーバーラップ量を調整するオーバーラップ調節装置と、を備える内燃機関を制御対象とし、前記触媒の昇温要求が生じることを条件に、前記燃料噴射弁を操作して、前記複数の気筒のうちの一部の気筒を、空燃比が理論空燃比よりもリーンであるリーン燃焼気筒とし、前記複数の気筒のうちの前記一部の気筒とは別の気筒を、空燃比が理論空燃比よりもリッチであるリッチ燃焼気筒とする期間を設けつつ、該期間を含んだ所定期間における排気空燃比の平均値を目標空燃比に制御するディザ制御処理と、前記オーバーラップ調節装置を操作してオーバーラップ量を制御するオーバーラップ制御処理と、前記過給機によって過給がなされているとき、前記オーバーラップ量が大きい場合に小さい場合よりも前記目標空燃比をリッチとするリッチ処理と、前記ディザ制御処理が実行されることを条件に、前記オーバーラップ制御処理を、前記オーバーラップ量が小さくなる側に制限する量制限処理と、を実行する。

【００１９】

上記構成では、ディザ制御が実行されることを条件に、量制限処理により、オーバーラップ量が小さくなる側に制限される。このため、リッチ処理によって目標空燃比がリッチとされることを抑制することができることから、燃焼対象とされる混合気の空燃比が過度にリッチとなることを抑制することができる。

【００２０】

８．内燃機関の制御装置において、複数の気筒から排出された排気を浄化対象とする触媒と、前記複数の気筒のそれぞれへの燃料供給のために各別に設けられた燃料噴射弁と、過給機と、過給機による過給圧を調節可能な過給圧調節装置と、を備え、吸気バルブの開弁期間と排気バルブの開弁期間とがオーバーラップしうる内燃機関を制御対象とし、前記触媒の昇温要求が生じることを条件に、前記燃料噴射弁を操作して、前記複数の気筒のうちの一部の気筒を、空燃比が理論空燃比よりもリーンであるリーン燃焼気筒とし、前記複数の気筒のうちの前記一部の気筒とは別の気筒を、空燃比が理論空燃比よりもリッチであ

るリッチ燃焼気筒とする期間を設けつつ、該期間を含んだ所定期間における排気空燃比の平均値を目標空燃比に制御するディザ制御処理と、前記過給圧調節装置を操作して前記過給圧を制御する過給圧制御処理と、前記オーバーラップが生じているとき、前記過給圧が高い場合に低い場合よりも前記目標空燃比をリッチとするリッチ処理と、前記ディザ制御処理が実行されることを条件に、前記過給圧制御処理を、前記過給圧が小さくなる側に制限する圧力制限処理と、を実行する。

【００２１】

上記構成では、ディザ制御が実行されることを条件に、圧力制限処理により、過給圧が小さくなる側に制限される。このため、リッチ処理によって目標空燃比がリッチとされることを抑制することができることから、燃焼対象とされる混合気の空燃比が過度にリッチとなることを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２２】

【図１】第１の実施形態にかかる制御装置および内燃機関を示す図。

【図２】同実施形態にかかる制御装置が実行する処理の一部を示すブロック図。

【図３】同実施形態にかかる要求値出力処理部の処理の手順を示す流れ図。

【図４】（ａ）および（ｂ）は、同実施形態の解決課題を示す図。

【図５】同実施形態にかかるディザ制御の制限の推移を示すタイムチャート。

【図６】第２の実施形態にかかる要求値出力処理部の処理の手順を示す流れ図。

【図７】第３の実施形態にかかるオーバーラップ量の制限に関する処理の手順を示す流れ図。

【図８】第４の実施形態にかかる過給圧の制限に関する処理の手順を示す流れ図。

【発明を実施するための形態】

【００２３】

＜第１の実施形態＞

以下、内燃機関の制御装置にかかる第１の実施形態について図面を参照しつつ説明する。

【００２４】

図１に示す内燃機関１０において、吸気通路１２から吸入された空気は、過給機１４のコンプレッサホイール１４ａおよび吸気バルブ１６を介して各気筒の燃焼室１８に流入する。燃焼室１８には、燃料を噴射する燃料噴射弁２０と、火花放電を生じさせる点火装置２２とが突出している。燃焼室１８において、空気と燃料との混合気は、燃焼に供され、燃焼に供された混合気は、排気バルブ２４の開弁に伴って、排気として、排気通路３０に排出される。排気通路３０のうちの過給機１４のタービンホイール１４ｂの下流には、酸素吸蔵能力を有した三元触媒３４が設けられている。なお、排気通路３０には、タービンホイール１４ｂを迂回する経路の流路断面積を調整するウェストゲートバルブ３２が設けられている。なお、吸気カム軸４０とクランク軸４２との相対的な回転位相差は、クランク軸４２の動力を吸気カム軸４０に伝達させる吸気側可変装置４４によって変更される。また、排気カム軸４６とクランク軸４２との相対的な回転位相差は、クランク軸４２の動力を排気カム軸４６に伝達させる排気側可変装置４８によって変更される。

【００２５】

制御装置５０は、内燃機関１０を制御対象とし、その制御量（トルク、排気成分等）を制御するために、燃料噴射弁２０や点火装置２２、ウェストゲートバルブ３２、吸気側可変装置４４、排気側可変装置４８等の内燃機関１０の操作部を操作する。この際、制御装置５０は、三元触媒３４の上流側の空燃比センサ６０によって検出される空燃比Ａｆや、吸気カム軸４０の回転角度を検出する吸気側カム角センサ６２の出力信号Ｃａｉｎ、クランク角センサ６４の出力信号Ｓｃｒ、排気カム軸４６の回転角度を検出する排気側カム角センサ６６の出力信号Ｃａｅｘを参照する。また、制御装置５０は、エアフローメータ６８によって検出される吸入空気量Ｇａ、過給圧センサ７０によって検出される過給圧Ｐａを参照する。制御装置５０は、ＣＰＵ５２、ＲＯＭ５４、およびＲＡＭ５６を備えており

、ＲＯＭ５４に記憶されたプログラムをＣＰＵ５２が実行することにより上記制御量の制御を実行する。

【００２６】

図２に、ＲＯＭ５４に記憶されたプログラムをＣＰＵ５２が実行することにより実現される処理の一部を示す。

ベース噴射量算出処理部Ｍ１０は、クランク角センサ６４の出力信号Ｓｃｒに基づき算出された回転速度ＮＥと吸入空気量Ｇａとに基づき、燃焼室１８における混合気の空燃比を目標空燃比に開ループ制御するための操作量である開ループ操作量として、ベース噴射量Ｑｂを算出する。

【００２７】

目標値設定処理部Ｍ１２は、燃焼室１８において燃焼対象とされる混合気の空燃比を上記目標空燃比等に制御するためのフィードバック制御量の目標値Ａｆ＊を設定する。フィードバック制御処理部Ｍ１４は、フィードバック制御量としての空燃比Ａｆを目標値Ａｆ＊にフィードバック制御するための操作量であるフィードバック操作量ＫＡＦを算出する。本実施形態では、目標値Ａｆ＊と空燃比Ａｆとの差を入力とする比例要素、積分要素、および微分要素の各出力値の和を、フィードバック操作量ＫＡＦとする。

【００２８】

フィードバック補正処理部Ｍ１６は、ベース噴射量Ｑｂにフィードバック操作量ＫＡＦを乗算した要求噴射量Ｑｄを算出して出力する。

要求値出力処理部Ｍ１８は、内燃機関１０の各気筒＃１～＃４からの排気の空燃比（排気空燃比）の平均値を目標空燃比としつつも、気筒間で燃焼対象とする混合気の空燃比を異ならせるディザ制御の噴射量補正要求値αを算出する。ここで、本実施形態にかかるディザ制御では、第１の気筒＃１～第４の気筒＃４のうちの１つの気筒を、混合気の空燃比を理論空燃比よりもリッチとするリッチ燃焼気筒とし、残りの３つの気筒を、混合気の空燃比を理論空燃比よりもリーンとするリーン燃焼気筒とする。そして、リッチ燃焼気筒における噴射量を、要求噴射量Ｑｄの「１＋α」倍とし、リーン燃焼気筒における噴射量を、要求噴射量Ｑｄの「１－（α／３）」倍とする。

【００２９】

なお、対象排気の排気空燃比は、仮想混合気を用いて定義される。すなわち、仮想混合気を、新気および燃料のみからなって且つ燃焼させた場合に生成される排気の未燃燃料濃度（たとえばＨＣ）、不完全燃焼成分濃度（たとえばＣＯ）および酸素濃度が対象排気の未燃燃料濃度、不完全燃焼成分濃度および酸素濃度と同一となる混合気と定義し、排気空燃比を、仮想混合気の空燃比と定義する。ただし、ここで仮想混合気の燃焼には、未燃燃料濃度および不完全燃焼成分濃度と酸素濃度との少なくとも一方がゼロまたはゼロと見なせる値となる燃焼に限らず、未燃燃料濃度および不完全燃焼成分濃度と酸素濃度との双方がゼロよりも大きい状態となる燃焼も含まれることとする。また、複数の気筒の排気空燃比の平均値とは、複数の気筒から排出される排気全体を対象排気とした場合の排気空燃比のこととする。リーン燃焼気筒とリッチ燃焼気筒との上記噴射量の設定によれば、各気筒において燃焼対象とされる混合気の燃空比の平均値を目標燃空比とすることによって、排気空燃比の平均値を目標空燃比とすることができる。なお、燃空比とは、空燃比の逆数のことである。

【００３０】

補正係数算出処理部Ｍ２０では、「１」に、噴射量補正要求値αを加算して、リッチ燃焼気筒に関し、要求噴射量Ｑｄの補正係数を算出する。ディザ補正処理部Ｍ２２は、要求噴射量Ｑｄに補正係数「１＋α」を乗算することによって、リッチ燃焼気筒の噴射量指令値Ｑｒ＊を算出する。

【００３１】

乗算処理部Ｍ２４では、噴射量補正要求値αを「－１／３」倍し、補正係数算出処理部Ｍ２６では、「１」に、乗算処理部Ｍ２４の出力値を加算して、リーン燃焼気筒に関し、要求噴射量Ｑｄの補正係数を算出する。ディザ補正処理部Ｍ２８は、要求噴射量Ｑｄに補

正係数「１－（α／３）」を乗算することによって、リーン燃焼気筒の噴射量指令値Ｑｌ＊を算出する。

【００３２】

噴射量操作処理部Ｍ３０は、噴射量指令値Ｑｒ＊に基づき、リッチ燃焼気筒の燃料噴射弁２０の操作信号ＭＳ１を生成して、同燃料噴射弁２０に出力し、同燃料噴射弁２０から噴射される燃料量が噴射量指令値Ｑｒ＊に応じた量となるように燃料噴射弁２０を操作する。また、噴射量操作処理部Ｍ３０は、噴射量指令値Ｑｌ＊に基づき、リーン燃焼気筒の燃料噴射弁２０の操作信号ＭＳ１を生成して、同燃料噴射弁２０に出力し、同燃料噴射弁２０から噴射される燃料量が噴射量指令値Ｑｌ＊に応じた量となるように燃料噴射弁２０を操作する。なお、気筒＃１～＃４のうちリッチ燃焼気筒となる気筒は、１燃焼サイクルよりも長い周期で変更されることが望ましい。また、噴射量補正要求値αがゼロの場合、各気筒＃１～＃４のそれぞれの噴射量指令値が要求噴射量Ｑｄとなるが、図２では、ディザ制御時の噴射量指令値Ｑｌ＊，Ｑｒ＊を便宜上図示している。なお、噴射量補正要求値αがゼロの場合、操作信号ＭＳ２は、要求噴射量Ｑｄから算出される。

【００３３】

吸気側指令値設定処理部Ｍ４０は、回転速度ＮＥおよび吸入空気量Ｇａに基づき、吸気バルブ１６の開弁タイミングの指令値である吸気側指令値ＩＮＶＶＴ＊を設定する。吸気側タイミング算出処理部Ｍ４２は、クランク角センサ６４による出力信号Ｓｃｒと吸気側カム角センサ６２による出力信号Ｃａｉｎとに基づき、吸気バルブ１６の開弁タイミングである吸気側タイミングＩＮＶＶＴを算出する。吸気ＶＶＴ操作処理部Ｍ４４は、吸気側タイミングＩＮＶＶＴを吸気側指令値ＩＮＶＶＴ＊にフィードバック制御するために、吸気側可変装置４４に操作信号ＭＳ４を出力して、吸気側可変装置４４を操作する。

【００３４】

排気側指令値設定処理部Ｍ５０は、回転速度ＮＥ、吸入空気量Ｇａおよび吸気側指令値ＩＮＶＶＴ＊に基づき、排気バルブ２４の開弁タイミングの指令値である排気側指令値ＥＸＶＶＴ＊を設定する。排気側タイミング算出処理部Ｍ５２は、クランク角センサ６４の出力信号Ｓｃｒと排気側カム角センサ６６の出力信号Ｃａｅｘとに基づき、排気バルブ２４の開弁タイミングである排気側タイミングＥＸＶＶＴを算出する。排気ＶＶＴ操作処理部Ｍ５４は、排気側タイミングＥＸＶＶＴを排気側指令値ＥＸＶＶＴ＊にフィードバック制御するために、排気側可変装置４８に操作信号ＭＳ５を出力して、排気側可変装置４８を操作する。

【００３５】

過給処理部Ｍ６０は、過給圧を制御すべく、ウェストゲートバルブ３２に操作信号ＭＳ３を出力して、ウェストゲートバルブ３２の開口度を操作する。

スカベンジ率算出処理部Ｍ６２は、過給圧Ｐａと、吸気側指令値ＩＮＶＶＴ＊および排気側指令値ＥＸＶＶＴ＊から定まる吸気バルブ１６と排気バルブ２４とのオーバーラップ量とに基づき、スカベンジ率ＲＳを算出する。ここで、スカベンジ率ＲＳは、オーバーラップが生じている期間に吸気通路１２から燃焼室１８に流入した空気が燃焼室１８において燃焼対象とされることなく排気通路３０に流出する量（スカベンジ量）を、燃焼室１８において燃焼対象となる空気量で割った値である。スカベンジ率算出処理部Ｍ６２は、オーバーラップ量が大きい場合に小さい場合よりもスカベンジ率ＲＳを大きい値に算出する。またスカベンジ率算出処理部Ｍ６２は、過給圧Ｐａが高い場合に低い場合よりもスカベンジ率ＲＳを大きい値に算出する。

【００３６】

なお、ベース噴射量算出処理部Ｍ１０は、原則、目標空燃比を理論空燃比とするものであるが、スカベンジ率ＲＳがゼロよりも大きいことを条件に、スカベンジ量の空気と実際の排気とを仮想的に排気と見なす場合にその排気空燃比が理論空燃比となるように、目標空燃比を理論空燃比よりもリッチとする。この場合、フィードバック制御処理部Ｍ１４は、空燃比Ａｆを理論空燃比に制御すべく、目標値Ａｆ＊を設定する。ちなみに、上記「実際の排気」には、スカベンジ量の空気が含まれないものとしている。

【００３７】
図３に、要求値出力処理部Ｍ１８の処理の手順を示す。図３に示す処理は、ＲＯＭ５４に記憶されたプログラムをＣＰＵ５２がたとえば所定周期で繰り返し実行することにより実現される。なお、以下では、先頭に「Ｓ」を付与した数字によって、ステップ番号を表現する。
【００３８】
図３に示す一連の処理において、ＣＰＵ５２は、まず、ディザ制御を用いた三元触媒３４の昇温要求が生じているか否かを判定する（Ｓ１０）。本実施形態では、昇温要求は、三元触媒３４の暖機要求が生じる場合と、三元触媒３４の硫黄被毒回復処理の実行条件が成立する場合と、に生じるものとする。三元触媒３４の暖機要求は、始動からの積算空気量が規定値以上となることにより、触媒の上流側の端部の温度が活性温度となっていると判定されてから、内燃機関１０の冷却水の温度が所定温度以下且つ積算空気量が所定値（＞規定値）以下である場合に生じるものとする。一方、硫黄被毒回復処理の実行条件は、三元触媒３４の硫黄被毒量が予め定められた値以上となる場合に成立するとすればよく、また硫黄被毒量は、たとえば回転速度ＮＥが高いほど、また充填効率ηが高いほど、被毒量の増加量を多く算出し、増加量を積算することによって算出すればよい。ちなみに、充填効率ηは、負荷を示すパラメータであり、ＣＰＵ５２により、回転速度ＮＥおよび吸入空気量Ｇａに基づき算出される。
【００３９】
次に、ＣＰＵ５２は、回転速度ＮＥおよび充填効率ηに基づき、噴射量補正要求値αのベース値であるベース要求値α０を算出する（Ｓ１２）。ベース要求値α０は、中負荷領域において最大とされる。これは、低負荷領域では中負荷領域と比較して燃焼が不安定なために、低負荷領域では中負荷領域よりもベース要求値α０を大きくしにくいことと、高負荷領域では、ディザ制御を実行しなくても排気温度が高いこととに鑑みたものである。また、ベース要求値α０は、回転速度ＮＥが低い場合よりも高い場合に大きい値とされる。これは、回転速度ＮＥが低い場合よりも高い場合の方が燃焼が安定するために、ベース要求値α０を大きい値としやすいためである。具体的には、ＲＯＭ５４に、入力変数としての回転速度ＮＥおよび充填効率ηと出力変数としてのベース要求値α０との関係を定めたマップデータを記憶しておき、ＣＰＵ５２がこれを用いてベース要求値α０をマップ演算すればよい。なお、マップとは、入力変数の離散的な値と、入力変数の値のそれぞれに対応する出力変数の値と、の組データである。またマップ演算は、たとえば、入力変数の値がマップデータの入力変数の値のいずれかに一致する場合、対応する出力変数の値を演算結果とし、一致しない場合、組データに含まれる複数の出力変数の値の補間によって得られる値を演算結果とする処理とすればよい。
【００４０】
ちなみに、図３には、Ｓ１２の処理において、変数ｎを用いて「α０（ｎ）」と記載している。変数ｎは、ベース要求値α０等の時系列データのうちの特定のデータを指定するためのものであり、以下では、図３の一連の処理の制御周期の今回の制御周期において算出されるデータを「ｎ」とし、前回の制御周期において算出されるデータを「ｎ－１」と記載する。
【００４１】
次に、ＣＰＵ５２は、スカベンジ率ＲＳを取得する（Ｓ１４）。そして、ＣＰＵ５２は、スカベンジ率ＲＳが所定比率ＲＳｔｈよりも小さいか否かを判定する（Ｓ１６）。ここで、所定比率ＲＳｔｈは、ディザ制御を実行すると、目標空燃比が過度にリッチとなるおそれがあるスカベンジ率ＲＳの下限値に設定されている。すなわち、スカベンジ率ＲＳがゼロよりも大きいことを条件に、燃焼室１８において燃焼対象となる混合気の空燃比がリッチとされ、そのリッチ化度合いは、スカベンジ率ＲＳが大きいほど大きくなる。このため、スカベンジ率ＲＳが大きい場合、ディザ制御によるリッチ燃焼気筒における混合気は、過度にリッチとなるおそれがあり、ディザ制御によるリーン燃焼気筒における混合気は、理論空燃比よりもリーンとならないおそれがある。以下、これについて図４を用いて更

に説明する。

【００４２】

図４（ａ）は、理論空燃比とするために必要な燃料量に対してスカベンジ率ＲＳに応じて燃料量を「５％」増加させる場合において、噴射量補正要求値αが「０．３」であり、リッチ燃焼気筒が気筒＃１である場合を例示する。この場合、理論空燃比とするために必要な燃料量に対して、リッチ燃焼気筒では、「３６．５％」の増量がなされ、リーン燃焼気筒では、「５．５％」の減量がなされる。

【００４３】

図４（ｂ）は、理論空燃比とするために必要な燃料量に対してスカベンジ率ＲＳに応じて燃料量を「２０％」増加させる場合において、噴射量補正要求値αが「０．３」であり、リッチ燃焼気筒が気筒＃１である場合を例示する。この場合、理論空燃比とするために必要な燃料量に対して、リッチ燃焼気筒では、「５６％」の増量がなされ、リーン燃焼気筒では、「８％」の増量がなされる。すなわち、図４（ａ）と図４（ｂ）とを比較すると、スカベンジ率ＲＳに起因したリッチ化度合いが大きい図４（ｂ）では、リッチ燃焼気筒の空燃比がディザ制御処理によって理論空燃比よりもリッチとなる度合いに対して、実際のリッチ燃焼気筒のリッチ化度合いが過度に大きくなる。また、図４（ｂ）に示す例では、リーン燃焼気筒とすべき気筒の空燃比は、理論空燃比よりもリッチとなっており、リーン燃焼気筒とならない。

【００４４】

図３に戻り、ＣＰＵ５２は、所定比率ＲＳｔｈよりも小さいと判定する場合（Ｓ１６：ＹＥＳ）、ディザ制御を実行すべく、今回算出したベース要求値α０（ｎ）から、前回の噴射量補正要求値α（ｎ－１）を減算した値が閾値Δよりも大きいか否かを判定する（Ｓ１８）。そしてＣＰＵ５２は、閾値Δよりも大きいと判定する場合（Ｓ１８：ＹＥＳ）、前回の噴射量補正要求値α（ｎ－１）に閾値Δを加算した値を、今回の噴射量補正要求値α（ｎ）に代入する（Ｓ２０）。これに対し、ＣＰＵ５２は、閾値Δ以下であると判定する場合（Ｓ１８：ＮＯ）、前回の噴射量補正要求値α（ｎ－１）から今回算出したベース要求値α０（ｎ）を減算した値が閾値Δよりも大きいか否かを判定する（Ｓ２２）。そしてＣＰＵ５２は、大きいと判定する場合（Ｓ２２：ＹＥＳ）、前回の噴射量補正要求値α（ｎ－１）から閾値Δを減算した値を、今回の噴射量補正要求値α（ｎ）に代入する（Ｓ２４）。また、ＣＰＵ５２は、閾値Δ以下である判定する場合（Ｓ２２：ＮＯ）、今回の噴射量補正要求値α（ｎ）に、今回のベース要求値α０（ｎ）を代入する（Ｓ２６）。

【００４５】

一方、ＣＰＵ５２は、昇温要求が生じていないと判定する場合（Ｓ１０：ＮＯ）や、所定比率ＲＳｔｈ以上であると判定する場合（Ｓ１６：ＮＯ）、今回のベース要求値α０（ｎ）をゼロとし（Ｓ２８）、Ｓ１８の処理に移行する。

【００４６】

なお、ＣＰＵ５２は、Ｓ２０，Ｓ２４，Ｓ２６の処理が完了する場合には、変数ｎを更新し（Ｓ３０）、図３に示す一連の処理を一旦終了する。

ここで本実施形態の作用を説明する。

【００４７】

図５に、充填効率η、スカベンジ率ＲＳ、噴射量補正要求値α、燃焼悪化度合い、および三元触媒３４の温度のそれぞれの推移を示す。なお、燃焼悪化度合いは、クランク軸４２の回転速度の変動量が大きいほど大きい量として定量化されたものである。

【００４８】

時刻ｔ１以降、過給圧Ｐａの上昇に伴ってスカベンジ率ＲＳが上昇する。ＣＰＵ５２は、時刻ｔ２に、スカベンジ率ＲＳが所定比率ＲＳｔｈ以上となると、ベース要求値α０をゼロとする。これにより、図３のＳ１８～Ｓ２６による徐変処理によって噴射量補正要求値αがゼロに向けて漸減し、ディザ制御が禁止される。その後、時刻ｔ３においてスカベンジ率ＲＳが所定比率ＲＳｔｈ未満となると、噴射量補正要求値αが、Ｓ１２の処理によって算出されたベース要求値α０に向けて漸増する。なお、時刻ｔ４は、過給圧Ｐａがゼ

ロとなった時点である。

【００４９】

このように、本実施形態では、スカベンジ率ＲＳが所定比率ＲＳｔｈ以上となることにより、ディザ制御を禁止することにより、燃焼室１８において燃焼対象とされる混合気の空燃比が過度にリッチとなることが抑制され、燃焼の悪化を抑制することができる。なお、図５には、２点鎖線にて、時刻ｔ２以前からディザ制御を実行しない場合の三元触媒３４の温度の推移を示している。図５に示すように、ディザ制御を実行する場合には実行しない場合と比較して三元触媒３４の温度上昇速度を大きくすることができる。なお、スカベンジ率ＲＳが大きい場合、スカベンジ量の空気中の酸素と、排気中の未燃燃料との反応による三元触媒３４の温度上昇が大きくなる。このため、ディザ制御の禁止に起因した三元触媒３４の昇温性能の低下が抑制される。

【００５０】

＜第２の実施形態＞

以下、第２の実施形態について、第１の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【００５１】

図６に、本実施形態にかかる要求値出力処理部Ｍ１８の処理の手順を示す。図６に示す処理は、ＲＯＭ５４に記憶されたプログラムをＣＰＵ５２がたとえば所定周期で繰り返し実行することにより実現される。なお、図６において、図３に示した処理に対応する処理については、便宜上同一のステップ番号を付している。

【００５２】

図６に示す一連の処理において、ＣＰＵ５２は、スカベンジ率ＲＳを取得すると（Ｓ１４）、ベース要求値α０の上限ガード値Ｇを、スカベンジ率ＲＳ、回転速度ＮＥおよび充填効率ηに基づき算出する（Ｓ３２）。ここで、ＣＰＵ５２は、スカベンジ率ＲＳが大きい場合に小さい場合よりも上限ガード値Ｇを小さい値に設定する。詳しくは、ＲＯＭ５４に、スカベンジ率ＲＳ、回転速度ＮＥ、充填効率ηおよびスカベンジ率ＲＳを入力変数とし、上限ガード値Ｇを出力変数とするマップデータを記憶しておき、ＣＰＵ５２によりマップ演算を行う。図６には、回転速度ＮＥが与えられたときのマップデータの出力変数ｇｍｐ（ｍ＝１，２，…ｉ：ｐ＝１，２，…ｊ）を記載している。ここで、「ｍ」は、充填効率ηに応じた変数であり、「ｐ」は、スカベンジ率ＲＳに応じた変数である。ここで、スカベンジ率ＲＳが規定比率未満であるときの出力変数の値ｇ１１，ｇ２１，…，ｇｉ１は、ベース要求値α０の最大値以上に設定されている。さらに、たとえば充填効率ηおよび回転速度ＮＥが所定の値である場合、出力変数ｇｋｓは、出力変数ｇｋｔ（ｓ＜ｔ）よりも大きい。特に、スカベンジ率ＲＳが規定比率以上であるときの出力変数ｇ１２，ｇ２２，…，ｇｉ２は、ベース要求値α０の最大値未満となる。

【００５３】

ＣＰＵ５２は、Ｓ１２の処理にて算出したベース要求値α０（ｎ）と、上限ガード値Ｇとのうちの小さい方を、ベース要求値α０（ｎ）に代入する（Ｓ３４）。なお、ＣＰＵ５２は、Ｓ３４の処理が完了する場合、Ｓ１８の処理に移行する。

【００５４】

以上説明した本実施形態によれば、以下の効果が得られる。

（１）上限ガード値Ｇを、内燃機関１０の動作点を定める回転速度ＮＥおよび充填効率ηに応じて可変設定した。ディザ制御によって燃焼が不安定化する度合いは、内燃機関１０の動作点に応じて異なるため、動作点に応じて上限ガード値Ｇを可変設定することにより、上限ガード値Ｇを固定値とする場合と比較して、上限ガード値を動作点に応じた適切な値とすることができる。

【００５５】

（２）上限ガード値Ｇを、スカベンジ率ＲＳが大きい場合に小さい場合よりも小さくした。これにより、リッチ燃焼気筒における空燃比が過度にリッチになりやすい場合ほど、上限ガード値Ｇを小さい値に設定することができることから、上限ガード値Ｇを固定値と

する場合と比較して、上限ガード値を極力大きい値とすることができる。

【００５６】

＜第３の実施形態＞

以下、第３の実施形態について、第１の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【００５７】

上記第１の実施形態では、ディザ制御に起因して空燃比が過度にリッチとなることを抑制すべく、スカベンジ率ＲＳに応じてディザ制御を禁止した。これに対し、本実施形態では、ディザ制御中にスカベンジ率ＲＳが大きくなることを抑制すべく、オーバーラップ量を制限する。このため、要求値出力処理部Ｍ１８では、図３のＳ１６の処理を省いた処理を実行するものとする。

【００５８】

図７に、本実施形態にかかるオーバーラップ量の制限に関する処理の手順を示す。図７に示す処理は、ＲＯＭ５４に記憶されたプログラムをＣＰＵ５２がたとえば所定周期で繰り返し実行することにより実現される。

【００５９】

図７に示す一連の処理において、ＣＰＵ５２は、まずディザ制御の実行条件が成立したか否かを判定する（Ｓ４０）。ＣＰＵ５２は、昇温要求が生じることを条件に、ディザ制御の実行条件が成立したと判定する。そしてＣＰＵ５２は、実行条件が成立したと判定する場合（Ｓ４０：ＹＥＳ）、最新のベース要求値α０を取得する（Ｓ４２）。次にＣＰＵ５２は、ベース要求値α０が所定値αＲＳ以上であるか否かを判定する（Ｓ４４）。この処理は、ディザ制御によるリッチ燃焼気筒のリッチ化度合いが大きいために、スカベンジ率ＲＳが大きいと、リッチ燃焼気筒の空燃比が過度にリッチとなるおそれがあるか否かを判定するものである。そしてＣＰＵ５２は、所定値αＲＳ以上であると判定する場合（Ｓ４４：ＹＥＳ）、オーバーラップ量の上限値を制限する（Ｓ４６）。この処理は、スカベンジ率ＲＳが、リッチ燃焼気筒の空燃比が過度にリッチとなるおそれがある下限比率以上とならないようにオーバーラップ量を小さい値に制限するための処理である。

【００６０】

なお、ＣＰＵ５２は、Ｓ４６の処理が完了する場合や、Ｓ４０，Ｓ４４において否定判定する場合には、図７に示す処理を一旦終了する。

上記処理によれば、図３のＳ１２の処理によって設定されたベース要求値α０を尊重してディザ制御を実行することにより、ディザ制御を禁止したりディザ制御を制限したりする場合と比較して昇温効果を高めることができる。しかも、スカベンジ率ＲＳが大きくなることを制限すべくオーバーラップ量を制限することにより、目標空燃比のリッチ化度合いを制限することができることから、ディザ制御に起因して空燃比が過度にリッチとなることを抑制できる。

【００６１】

＜第４の実施形態＞

以下、第４の実施形態について、第３の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

【００６２】

本実施形態では、ウェストゲートバルブ３２の開口度を制限することによって過給圧を制限し、これによりスカベンジ率ＲＳを制限する。

図８に、本実施形態にかかる過給圧の制限に関する処理の手順を示す。図８に示す処理は、ＲＯＭ５４に記憶されたプログラムをＣＰＵ５２がたとえば所定周期で繰り返し実行することにより実現される。なお、図８において、図７に示した処理に対応する処理については、便宜上、同一のステップ番号を付している。

【００６３】

図８に示す一連の処理において、ＣＰＵ５２は、所定値αＲＳ以上であると判定する場合（Ｓ４４：ＹＥＳ）、ウェストゲートバルブ３２の開口度の下限値を所定値以上に制限

する（Ｓ４６ａ）。この処理は、スカベンジ率ＲＳが、リッチ燃焼気筒の空燃比が過度にリッチとなるおそれがある下限比率以上とならないようにウェストゲートバルブ３２の開口度を大きい値に制限する処理である。なお、ＣＰＵ５２は、Ｓ４６ａの処理が完了する場合、図８に示す一連の処理を一旦終了する。

【００６４】

上記処理によれば、ウェストゲートバルブ３２の開口度を所定値以上に制限することにより、過給圧Ｐａが大きくなることを制限することができ、ひいてはスカベンジ率ＲＳを上記下限比率以上とならないように制限することができる。このため、目標空燃比のリッチ化度合いを制限することができることから、ディザ制御に起因して空燃比が過度にリッチとなることを抑制できる。

【００６５】

＜対応関係＞

上記実施形態における事項と、上記「課題を解決するための手段」の欄に記載した事項との対応関係は、次の通りである。以下では、「課題を解決するための手段」の欄に記載した解決手段の番号毎に、対応関係を示している。［１］触媒は、三元触媒３４に対応する。ディザ制御処理は、補正係数算出処理部Ｍ２０、ディザ補正処理部Ｍ２２、乗算処理部Ｍ２４、補正係数算出処理部Ｍ２６、ディザ補正処理部Ｍ２８、噴射量操作処理部Ｍ３０の処理、およびＳ１０，Ｓ１２，Ｓ１８～Ｓ２６の処理に対応する。リッチ処理は、ベース噴射量算出処理部Ｍ１０がスカベンジ率ＲＳに応じてベース噴射量Ｑｂを算出することに対応する。リッチ制限処理は、図３においてはＳ１６の処理において否定判定される場合にＳ２８の処理に移行することに対応し、図６においては、Ｓ３２，３４の処理に対応する。［３］スカベンジ率算出処理は、スカベンジ率算出処理部Ｍ６２の処理に対応する。［４］Ｓ３２，Ｓ３４の処理に対応する。［５，６］振幅設定処理は、Ｓ１２の処理に対応し、上限ガード処理は、Ｓ３４の処理に対応し、可変設定処理は、Ｓ３２の処理に対応する。［７］触媒は、三元触媒３４に対応し、オーバーラップ調節装置は、吸気側可変装置４４および排気側可変装置４８に対応する。ディザ制御処理は、要求値出力処理部Ｍ１８、補正係数算出処理部Ｍ２０、ディザ補正処理部Ｍ２２、乗算処理部Ｍ２４、補正係数算出処理部Ｍ２６、ディザ補正処理部Ｍ２８、および噴射量操作処理部Ｍ３０の処理に対応する。リッチ処理は、ベース噴射量算出処理部Ｍ１０がスカベンジ率ＲＳに応じてベース噴射量Ｑｂを算出することに対応する。オーバーラップ制御処理は、吸気側指令値設定処理部Ｍ４０、吸気ＶＶＴ操作処理部Ｍ４４、排気側指令値設定処理部Ｍ５０および排気ＶＶＴ操作処理部Ｍ５４の処理に対応する。量制限処理は、Ｓ４６の処理に対応する。［８］触媒は、三元触媒３４に対応し、過給圧調節装置は、ウェストゲートバルブ３２に対応する。ディザ制御処理は、要求値出力処理部Ｍ１８、補正係数算出処理部Ｍ２０、ディザ補正処理部Ｍ２２、乗算処理部Ｍ２４、補正係数算出処理部Ｍ２６、ディザ補正処理部Ｍ２８、および噴射量操作処理部Ｍ３０の処理に対応する。過給圧制御処理は、過給処理部Ｍ６０の処理に対応し、リッチ処理は、ベース噴射量算出処理部Ｍ１０がスカベンジ率ＲＳに応じてベース噴射量Ｑｂを算出することに対応する。圧力制限処理は、Ｓ４６ａの処理に対応する。

【００６６】

＜その他の実施形態＞

なお、上記実施形態の各事項の少なくとも１つを、以下のように変更してもよい。

・「リッチ処理について」

スカベンジが生じることに起因して吸気通路１２から流入した空気が三元触媒３４に流入する場合に燃焼対象となる混合気中の空燃比をリッチとするものに限らない。たとえば下記「内燃機関」についての欄に記載したように排気通路３０に空気を供給するエアインジェクションを備えるものの場合、エアインジェクションによって排気通路３０に空気を供給する際に混合気中の空燃比をリッチとしてもよい。

【００６７】

・「上限ガード処理について」

上記実施形態では、スカベンジ率ＲＳが大きい場合に小さい場合よりも上限ガード値Ｇを小さい値に設定したが、これに限らない。たとえば、リッチ燃焼気筒の空燃比がある程度リッチとなっても燃焼の悪化が顕在化しにくい動作点を有する場合、当該動作点においては、リーン燃焼気筒の空燃比が理論空燃比よりもリッチとなる事態が生じることを抑制すべく、スカベンジ率ＲＳが大きい場合に小さい場合よりも上限ガード値Ｇを大きい値に設定してもよい。

【００６８】

上記実施形態では、上限ガード値Ｇを内燃機関の動作点に基づき可変設定する際、動作点を定めるパラメータとして、回転速度ＮＥおよび充填効率ηを用いたがこれに限らない。たとえば、負荷を定めるパラメータとして、充填効率ηに代えてアクセルペダルの操作量を用いてもよい。また、動作点を示すパラメータとして、負荷を示すパラメータおよび回転速度ＮＥの双方を用いるものに限らない。たとえば、負荷を示すパラメータに応じて上限ガード値Ｇを可変設定するものの、回転速度ＮＥに応じては可変設定しなくてもよい。またたとえば、回転速度ＮＥに応じて上限ガード値Ｇを可変設定するものの、負荷を示すパラメータに応じては可変設定しなくてもよい。

【００６９】

上記実施形態では、スカベンジ率ＲＳと、内燃機関１０の動作点を示すパラメータとに基づき、上限ガード値Ｇを可変設定したが、これに限らない。たとえば、スカベンジ率ＲＳに応じて上限ガード値Ｇを可変設定するものの、動作点を示すパラメータに応じては可変設定しなくてもよい。またたとえば、動作点を示すパラメータに応じて上限ガード値Ｇを可変設定するものの、スカベンジ率ＲＳに応じては可変設定しなくてもよい。

【００７０】

上限ガード処理の対象となるパラメータとしては、ベース要求値α０に限らない。たとえば、ベース要求値α０に対してＳ１８～Ｓ２６の処理（徐変処理）を施したものを対象としてもよい。

【００７１】

・「リッチ制限処理について」

たとえば図３の処理においてスカベンジ率ＲＳが所定比率ＲＳｔｈよりも小さい場合に、Ｓ３２，Ｓ３４の処理を実行してもよい。

【００７２】

ディザ制御処理を、気筒＃１～＃４のうちの排気空燃比が最もリッチなもののリッチ化度合いを小さい側に制限するリッチ制限処理としては、ディザ制御処理を禁止する処理や、上限ガード処理をするものに限らない。たとえば、上限ガード処理に代えて、ベース要求値α０自体を、スカベンジ率ＲＳに応じて可変設定することとしてもよい。この場合、スカベンジ率ＲＳに応じてベース要求値α０を設定する処理により、リッチ制限処理を構成することができる。またたとえば、リッチ処理がなされない場合のディザ制御処理によって設定されているリーン燃焼気筒の数を小さくするように制限する処理であってもよい。これにより、リッチ処理の未実行時と比較してリッチ燃焼気筒の数が増加するため、リッチ燃焼気筒の数を増加させない場合と比較してリッチ燃焼気筒のリッチ化度合いを小さくすることができる。

【００７３】

・「振幅設定処理について」

上記実施形態では、ベース要求値α０を可変設定するためのパラメータとしての内燃機関の動作点を、回転速度ＮＥおよび充填効率ηによって定めたが、これに限らない。たとえば、充填効率ηのみから定めてもよく、またたとえば吸入空気量Ｇａによって定めてもよい。また、水温を加味してもよい。なお、ベース要求値α０を内燃機関の動作点に基づき可変設定すること自体必須ではない。たとえばベース要求値α０や噴射量補正要求値αを固定値としてもよい。

【００７４】

・「ディザ制御処理について」

上記実施形態では、リッチ燃焼気筒の数よりもリーン燃焼気筒の数を多くしたが、これに限らない。たとえば、リッチ燃焼気筒の数とリーン燃焼気筒の数とを同一としてもよい。またたとえば、全ての気筒＃１～＃４を、リーン燃焼気筒かリッチ燃焼気筒かにするものに限らず、たとえば１つの気筒の空燃比を目標空燃比としてもよい。さらに、１燃焼サイクル内で、排気空燃比の平均値が目標空燃比となることも必須ではない。たとえば、上記実施形態のように４気筒の場合において、５ストロークにおける排気空燃比の平均値が目標値となるようにしてもよく、３ストロークにおける排気空燃比の平均値が目標値となるようにしてもよい。ただし、１燃焼サイクルにおいて、リッチ燃焼気筒とリーン燃焼気筒との双方が存在する期間が少なくとも２燃焼サイクルに１回以上は生じることが望ましい。換言すれば、所定期間における排気空燃比の平均値を目標空燃比とする際、所定期間を２燃焼サイクル以下とすることが望ましい。ここで、たとえば所定期間を２燃焼サイクルとして２燃焼サイクルの間に１度だけリッチ燃焼気筒が存在する場合、リッチ燃焼気筒とリーン燃焼気筒との出現順序は、リッチ燃焼気筒をＲ、リーン燃焼気筒をＬとすると、たとえば「Ｒ，Ｌ，Ｌ，Ｌ，Ｌ，Ｌ，Ｌ，Ｌ」となる。この場合、所定期間よりも短い１燃焼サイクルの期間であって「Ｒ，Ｌ，Ｌ，Ｌ」となる期間が設けられており、この期間において、気筒＃１～＃４のうちの一部がリーン燃焼気筒であり、別の気筒がリッチ燃焼気筒となっている。ちなみに、１燃焼サイクル内における排気空燃比の平均値を目標空燃比としない場合には、内燃機関が吸気行程において一旦吸入した空気の一部を吸気バルブが閉弁するまでに吸気通路に吹き戻す量が無視できることが望ましい。

【００７５】

・「量制限処理について」

図７の処理においては、ベース要求値α０が所定値αＲＳ以上である場合に、オーバーラップ量を制限し、所定値αＲＳを固定値としたが、これに限らない。所定値αＲＳを内燃機関１０の動作点に応じて可変設定してもよい。

【００７６】

図７のＳ４６の処理では、オーバーラップ量の上限値の制限を固定値としたが、これに限らない。たとえば、ベース要求値α０や内燃機関１０の動作点に応じて可変設定してもよい。

【００７７】

・「圧力制限処理について」

図８の処理においては、ベース要求値α０が所定値αＲＳ以上である場合に、ウェストゲートバルブ３２の開口度を制限し、所定値αＲＳを固定値としたが、これに限らない。所定値αＲＳを内燃機関１０の動作点に応じて可変設定してもよい。

【００７８】

図８のＳ４６ａの処理では、ウェストゲートバルブ３２の開口度の下限値を固定値としたが、これに限らない。たとえば、ベース要求値α０や内燃機関１０の動作点に応じて可変設定してもよい。

【００７９】

たとえば下記「内燃機関について」の欄に記載したように、ノズルベーンを備える場合、ノズルベーンの操作を、過給圧が低くなる側に制限してもよい。

・「昇温対象となる触媒について」

昇温要求となる触媒としては、三元触媒３４に限らない。たとえば、三元触媒を備えたガソリンパティキュレートフィルタ（ＧＰＦ）であってもよい。ここで、ＧＰＦを上記三元触媒３４の下流に設けるなら、三元触媒３４において、リーン燃焼気筒の酸素によってリッチ燃焼気筒の未燃燃料成分や不完全燃焼成分を酸化させる際の酸化熱を利用して、ＧＰＦを昇温してもよい。なお、ＧＰＦの上流に酸素吸蔵能力を有した触媒が存在しない場合、ＧＰＦに酸素吸蔵能力を有した触媒を備えることが望ましい。

【００８０】

・「昇温要求について」

昇温要求としては、上記実施形態において例示したものに限らない。たとえば、三元触

媒３４に硫黄が堆積しやすい運転領域（たとえばアイドリング運転領域）である場合に、昇温要求が生じるとしてもよい。また、「昇温対象となる触媒について」の欄に記載したように、ＧＰＦを備える内燃機関１０を制御対象とする場合、ＧＰＦ内の微粒子状物質を燃焼させるためにディザ制御による昇温要求を生じさせてもよい。

【００８１】

・「内燃機関について」

内燃機関としては、４気筒の内燃機関に限らない。たとえば直列６気筒の内燃機関であってもよい。またたとえば、Ｖ型の内燃機関等、第１の触媒と第２の触媒とを備え、それぞれによって排気が浄化される気筒が異なるものであってもよい。

【００８２】

吸気バルブ１６の開弁期間と排気バルブ２４の開弁期間とがオーバーラップしうる内燃機関１０としては、吸気側可変装置４４および排気側可変装置４８の双方を備えるものに限らず、たとえばそれらのうち１つのみを備えるものであってもよい。また、オーバーラップ量を可変とするオーバーラップ調節装置としては、吸気バルブ１６や排気バルブ２４が開弁するクランク軸４２の回転角度間隔を一定に保ちつつも開弁タイミングを変更する装置に限らない。たとえば、吸気バルブや排気バルブのリフト量を可変とするものであってもよい。もっとも、オーバーラップ調節装置を備えることは、吸気バルブ１６の開弁期間と排気バルブ２４の開弁期間とがオーバーラップしうる内燃機関にとって必須ではない。吸気バルブおよび排気バルブの開弁期間が固定されているものであっても、それらがオーバーラップするものであればよい。

【００８３】

過給圧を調節する過給圧調節装置としては、ウェストゲートバルブ３２を備えるものに限らない。たとえば、タービンホイール１４ｂに、排気の流路断面積を電子制御によって調節可能なノズルベーンを備えたものであってもよい。

【００８４】

燃焼行程を経ずに酸素が触媒に流入しうる内燃機関としては、過給機１４を備えて且つ吸気バルブ１６の開弁期間と排気バルブ２４の開弁期間とがオーバーラップしうるものに限らない。たとえば、排気通路３０に空気を供給するエアインジェクションを備えたものであってもよい。

【００８５】

・「制御装置について」

制御装置としては、ＣＰＵ５２とＲＯＭ５４とを備えて、ソフトウェア処理を実行するものに限らない。たとえば、上記実施形態においてソフトウェア処理されたものの少なくとも一部を、ハードウェア処理する専用のハードウェア回路（たとえばＡＳＩＣ等）を備えてもよい。すなわち、制御装置は、以下の（ａ）～（ｃ）のいずれかの構成であればよい。（ａ）上記処理の全てを、プログラムに従って実行する処理装置と、プログラムを記憶するＲＯＭ等のプログラム格納装置とを備える。（ｂ）上記処理の一部をプログラムに従って実行する処理装置およびプログラム格納装置と、残りの処理を実行する専用のハードウェア回路とを備える。（ｃ）上記処理の全てを実行する専用のハードウェア回路を備える。ここで、処理装置およびプログラム格納装置を備えたソフトウェア処理回路や、専用のハードウェア回路は複数であってもよい。すなわち、上記処理は、１または複数のソフトウェア処理回路および１または複数の専用のハードウェア回路の少なくとも一方を備えた処理回路によって実行されればよい。

【００８６】

・「そのほか」

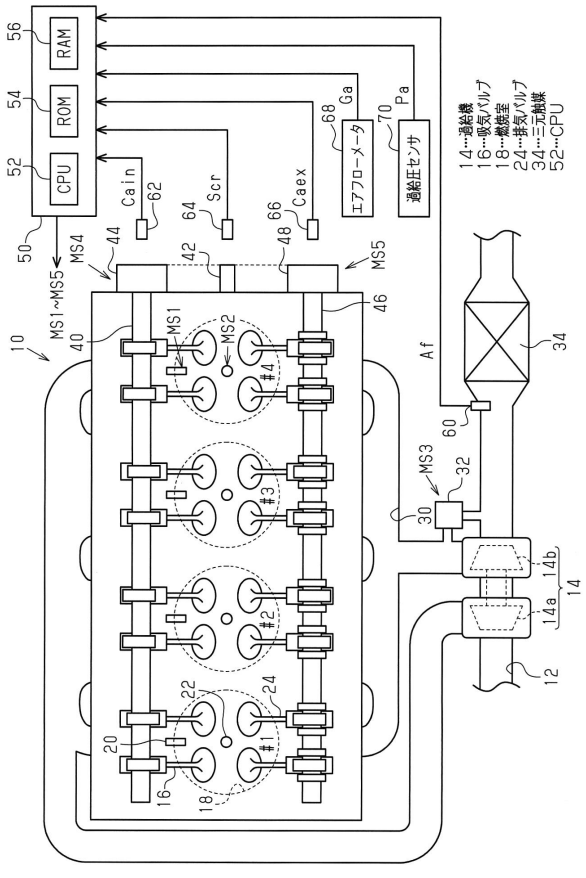
燃料噴射弁としては、燃焼室１８に燃料を噴射するものに限らず、たとえば吸気通路１２に燃料を噴射するものであってもよい。ディザ制御の実行時に空燃比フィードバック制御をすることは必須ではない。

【符号の説明】

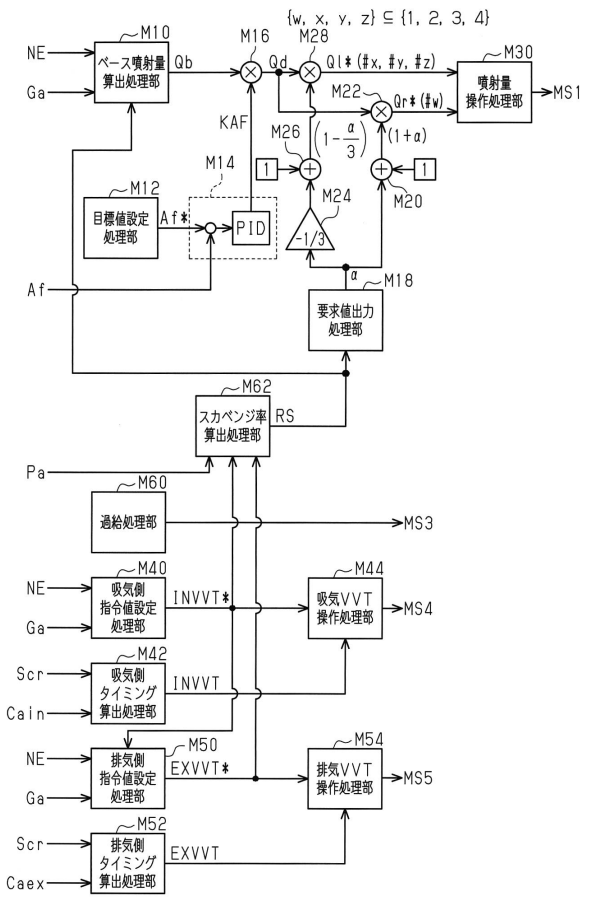
【００８７】

１０…内燃機関、１２…吸気通路、１４…過給機、１４ａ…コンプレッサホイール、１４ｂ…タービンホイール、１６…吸気バルブ、１８…燃焼室、２０…燃料噴射弁、２２…点火装置、２４…排気バルブ、３０…排気通路、３２…ウェストゲートバルブ、３４…三元触媒、３６…キャニスタ、４０…吸気カム軸、４２…クランク軸、４４…吸気側可変装置、４６…排気カム軸、４８…排気側可変装置、５０…制御装置、５２…ＣＰＵ、５４…ＲＯＭ、５６…ＲＡＭ、６０…空燃比センサ、６２…吸気側カム角センサ、６４…クランク角センサ、６６…排気側カム角センサ、６８…エアフローメータ、７０…過給圧センサ。

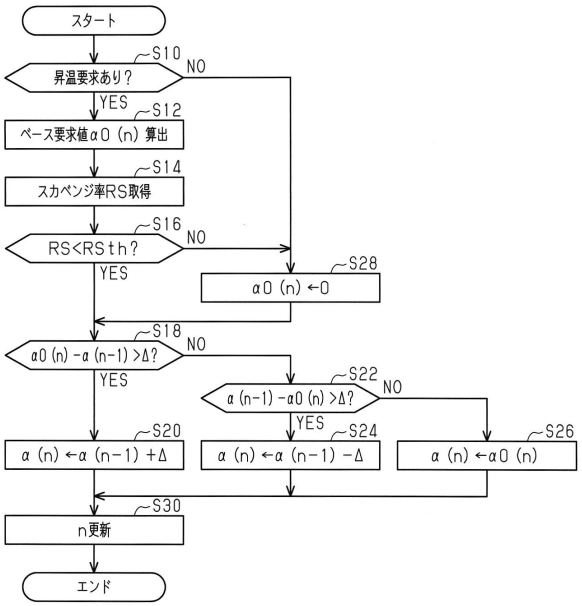
【図１】



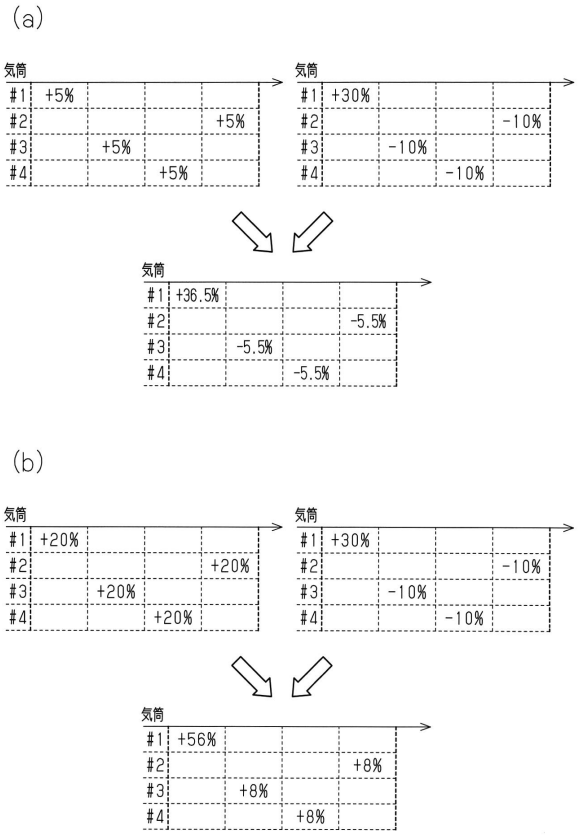
【図２】



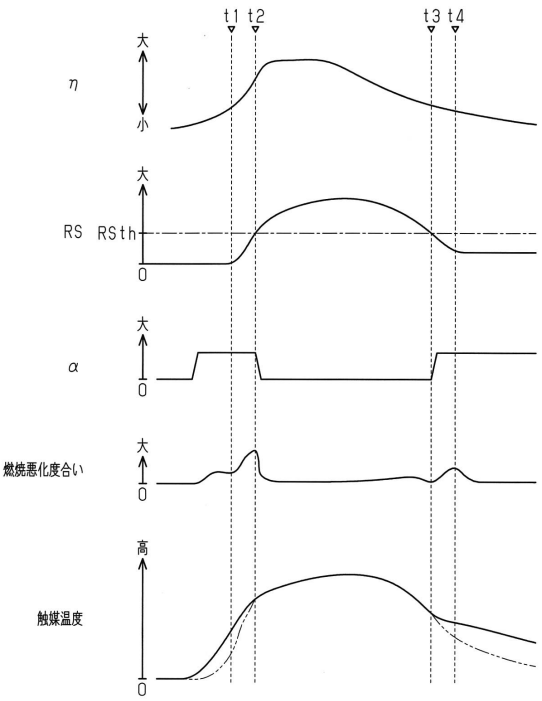
【図３】


スタート
S10
昇温要求あり？
NO
YES
S12
ベース要求値α0 (n) 算出
S14
スカベンジ率RS取得
S16
RS<RSth？
NO
YES
S28
α0 (n) ←0
S18
α0 (n) -α (n-1) >Δ？
NO
YES
S22
α (n-1) -α0 (n) >Δ？
NO
YES
S20
α (n) ←α (n-1) +Δ
S24
α (n) ←α (n-1) -Δ
S26
α (n) ←α0 (n)
S30
n更新
エンド

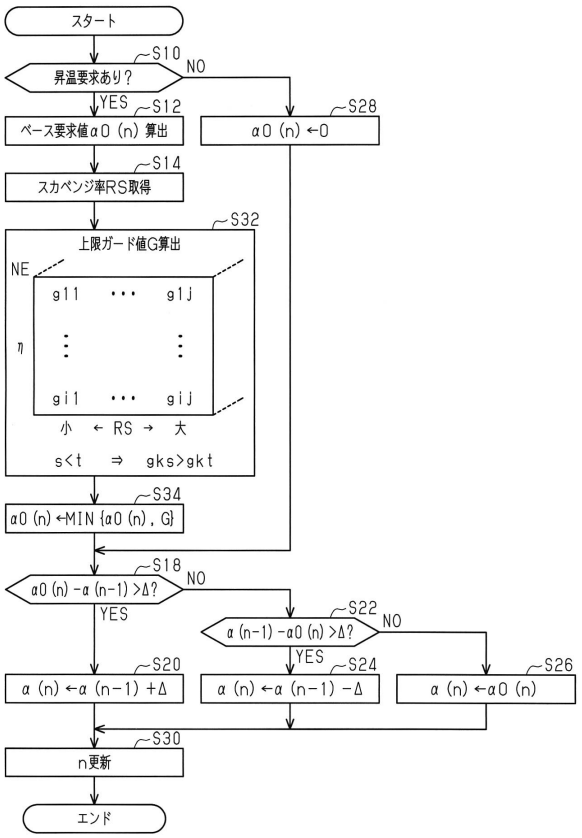
【図４】


(a)
気筒
#1 +5%
#2 +5%
#3 +5%
#4 +5%
気筒
#1 +30%
#2 -10%
#3 -10%
#4 -10%
気筒
#1 +36.5%
#2 -5.5%
#3 -5.5%
#4 -5.5%
(b)
気筒
#1 +20%
#2 +20%
#3 +20%
#4 +20%
気筒
#1 +30%
#2 -10%
#3 -10%
#4 -10%
気筒
#1 +56%
#2 +8%
#3 +8%
#4 +8%

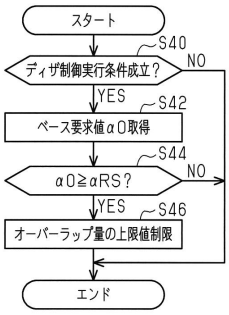
【図５】


t1 t2
t3 t4
η
大
小
RS RSth
0
α
燃焼悪化度合い
触媒温度
高

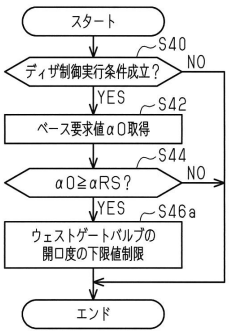
【図６】


スタート
S10
昇温要求あり？
NO
YES
S12
ベース要求値α0 (n) 算出
S28
α0 (n) ←0
S14
スカベンジ率RS取得
S32
上限ガード値G算出
NE
η
g11 ・・・ g1j
gi1 ・・・ gij
小 ← RS → 大
s<t ⇒ gks>gkt
S34
α0 (n) ←MIN {α0 (n), G}
S18
α0 (n) -α (n-1) >Δ？
NO
YES
S22
α (n-1) -α0 (n) >Δ？
NO
YES
S20
α (n) ←α (n-1) +Δ
S24
α (n) ←α (n-1) -Δ
S26
α (n) ←α0 (n)
S30
n更新
エンド

【図７】


スタート
S40
ディザ制御実行条件成立？
NO
YES
S42
ベース要求値α０取得
S44
α０≧αRS？
NO
YES
S46
オーバーラップ量の上限値制限
エンド

【図８】


スタート
S40
ディザ制御実行条件成立？
NO
YES
S42
ベース要求値α０取得
S44
α０≧αRS？
NO
YES
S46a
ウェストゲートバルブの
開口度の下限値制限
エンド

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	FI		
	Ｆ０２Ｄ	41/04	
	Ｆ０２Ｄ	43/00	３０１Ｅ
	Ｆ０２Ｄ	43/00	３０１Ｚ
	Ｆ０２Ｄ	43/00	３０１Ｔ

(72)発明者　正源寺　良行
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　生田　英二
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　沼生　泰伸

(56)参考文献　特開２０１７－０５７７３５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－００８７７０（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－３２２３３５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－０５７４９２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－０２５３５５（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－０７５４９２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ０２Ｄ　４１／０２
Ｆ０１Ｎ　３／２０
Ｆ０２Ｄ　１３／０２
Ｆ０２Ｄ　４１／０４
Ｆ０２Ｄ　４３／００