

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6488113号
(P6488113)

(45) 発行日 平成31年3月20日(2019.3.20)

(24) 登録日 平成31年3月1日(2019.3.1)

(51) Int. Cl. F 1
FO2D 21/08 (2006.01)
 FO2D 21/08 311B
 FO2D 21/08 301A

請求項の数 6 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2014-240729 (P2014-240729)	(73) 特許権者	509186579 日立オートモティブシステムズ株式会社 茨城県ひたちなか市高場2520番地
(22) 出願日	平成26年11月28日(2014.11.28)	(74) 代理人	100098660 弁理士 戸田 裕二
(65) 公開番号	特開2016-102442 (P2016-102442A)	(72) 発明者	押領司 一浩 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所 内
(43) 公開日	平成28年6月2日(2016.6.2)	(72) 発明者	赤城 好彦 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブ システムズ株式会社内
審査請求日	平成29年9月20日(2017.9.20)	審査官	田合 弘幸

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】

気筒と、前記気筒から排出される排気ガスを前記気筒の吸入側に戻すEGR機構とを備える内燃機関を制御する内燃機関の制御装置であって、

前記気筒に供給される外気の湿度を直接的又は間接的に検出する演算部を備え、

前記演算部は、

検出した外気の湿度に基づいて算出されるEGRガス中の水分量と、EGRガス量と、に基づいて安定燃焼限界気筒質量を算出し、

検出した外気の湿度に基づいて算出される前記気筒に供給される空気中の水分量と前記安定燃焼限界気筒質量とに基づいて目標EGR量を設定し、

前記目標EGR量に基づいて前記EGR機構を制御することを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載の内燃機関の制御装置において、

前記演算部は、前記気筒に供給される外気の湿度を湿度センサにより直接的に検出することを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項3】

請求項1に記載の内燃機関の制御装置において、

前記気筒に供給される空気の相対湿度を100%であるものとして前記気筒に供給される空気の水分量を算出し、算出した空気の水分量に基づいて前記安定燃焼限界気筒質量を

算出することを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置において、

前記内燃機関は、前記気筒を冷却する冷却水温度を検出する冷却水温度検出手段と、過給機と、前記過給機のタービン下流側に配置される触媒とを備え、

前記 E G R 機構は、前記触媒の下流の取り出し孔から前記過給機の圧縮機上流側の取り込み孔に排気ガスを戻す機構であり、

前記演算部は、前記冷却水温度検出手段で検出した冷却水温度に基づき、前記触媒が活性状態ではないと判断した場合に、前記気筒の吸入側に戻す E G R ガス量を増加させるように前記 E G R 機構を制御することを特徴とする内燃機関の制御装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置において、

前記内燃機関は、前記気筒を冷却する冷却水温度を検出する冷却水温度検出手段と、過給機とを備え、

前記 E G R 機構は、前記過給機のタービン上流側の取り出し孔から前記過給機の圧縮機下流側の取り込み孔に排気ガスを戻す機構であり、

前記演算部は、前記冷却水温度検出手段で検出した冷却水温度の上昇に伴い目標 E G R 量が大きくなるように設定し、設定した目標 E G R 量に基づき、前記 E G R 機構を制御することを特徴とする内燃機関の制御装置。

20

【請求項 6】

請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置において、

前記内燃機関は、過給機と、前記過給機のタービン下流側に配置される触媒とを備え、

前記 E G R 機構は、前記過給機のタービン上流側の取り出し孔から前記過給機の圧縮機下流側の取り込み孔に排気ガスを戻す高圧 E G R 機構と、前記触媒の下流側の取り出し孔から前記過給機の圧縮機上流側の取り込み孔に排気ガスを戻す低圧 E G R 機構とを備えて構成され、

前記演算部は、前記低圧 E G R 機構を用いて排気ガスを還流する場合に比べ、前記高圧 E G R 機構を用いて前記気筒の吸入側に排気ガスを戻す場合に、目標 E G R 量が大きくなるように設定し、設定した目標 E G R 量に基づき、前記 E G R 機構を制御することを特徴とする内燃機関の制御装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エンジンの制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車の燃費を低減するため、排気ガスを吸気側に還流する仕組み（E G R : E x h a u s t G a s R e c i r c u l a t i o n）を導入したエンジンが市場に投入されている。排気ガスを還流する狙いは、エンジンの出力が小さい条件における吸気管負圧（吸気行程中の筒内圧と大気圧の差）を減らしピストンが系外に行う仕事（ポンプ損失）を減らすこと、エンジン出力の比較的大きい条件における異常燃焼（ノック）を抑制し排気損失を減らすことである。

40

【0003】

エンジン出力が小さい条件においてポンプ損失を無くすという観点からは、吸気管圧力が大気圧に達する程度まで排気ガスを還流したい。しかし、排気ガスは基本的に不活性ガスとして動くため、還流する排気ガスの増加に伴い火炎が伝播する速度が小さくなり、還流する排気ガス量が一定の水準に達すると燃焼が不安定化することが分かっている。このため、還流する排気ガスの量には燃焼の安定性が確保できる条件から決まる上限値（燃焼安定限界質量）が存在する。この上限値は、エンジンの型式や運転条件により異なる燃焼安定性を考慮し、これを満たすように排気ガスの還流量を定義している。

50

【 0 0 0 4 】

一方、空気中の水分も、排気ガスと同様に不活性ガスとして働き、火炎の伝播する速度を減少させる。このため、空気中の水分を考慮せず還流する排気ガス量を決めると、湿度条件によってはエンジンの燃焼状態が不安定化し、所望の性能を得られない可能性がある。このような課題に対する技術として、特許文献1に記載される内燃機関の制御装置がある。この内燃機関の制御装置は、検出した湿度（相対湿度）とエンジン筒内へ導入される新気目標量から新気中の水分量を算出し、本算出値に応じて、新気中の水分量が増加するにつれ、排気ガス量を減少させる補正を実施する。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

10

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 1 - 0 0 1 8 5 3 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

本発明は、気筒と、前記気筒から排出される排気ガスを前記気筒の吸入側に戻す E G R 機構とを備える内燃機関を制御する内燃機関の制御装置であって、前記気筒に供給される外気の湿度を直接的又は間接的に検出する演算部を備え、前記演算部は、検出した外気の湿度に基づいて算出される E G R ガス中の水分量と、E G R ガス量と、に基づいて安定燃焼限界気筒質量を算出し、検出した外気の湿度に基づいて算出される前記気筒に供給される空気中の水分量と前記安定燃焼限界気筒質量とに基づいて目標 E G R 量を設定し、前記目標 E G R 量に基づいて前記 E G R 機構を制御することを特徴とする。

20

【 0 0 0 7 】

しかし、実際には、新気と排気ガスの混合気中に含まれる各成分（主に、二酸化炭素、窒素、水）が燃焼状態に与える影響が異なる。特許文献1に記載の技術では、排気ガス中の水分は検出していないので、この化学種毎の燃焼状態に与える影響の違いを考慮できないため、条件によっては還流する排気ガスの量が適切に設定できず、燃焼不安定化を招く可能性がある。

【 0 0 0 8 】

そこで、本発明は、還流する排気ガスの量を適切に設定することで、燃焼状態をより安定させ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。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

本発明は、気筒と、前記気筒から排出される排気ガスを気筒の吸入側に戻す E G R 機構とを備える内燃機関を制御する内燃機関の制御装置であって、前記 E G R 機構の E G R 流量を制御する E G R 制御部と、前記気筒に供給される外気の湿度を直接的又は間接的に検出する湿度検出手段とを備え、前記 E G R 制御部は、外気の水分量と、還流される排気ガス中の水分量とを算出し、気筒内の燃焼状態に応じて設定される安定燃焼限界気筒質量と、気筒に導入される空気の質量と、燃料の質量と前記水分量と、に基づいて前記 E G R 機構を制御することを特徴とする。

40

【 発明の効果 】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、還流する排気ガスの量を適切に設定することで、燃焼状態をより安定させ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。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

【 図 1 】 本発明の実施形態に係るエンジンの制御装置の構成を示すシステムブロック図。

【 図 2 】 本発明の実施形態に係るエンジンの制御装置の E C U 内で実施される湿度に応じた E G R 量制御ロジックの概要図。

【 図 3 】 本発明の実施形態に係る燃焼安定限界質量のエンジンマップデータの概念図。

50

【図4】実施例1に係るEGR量のエンジンマップデータの概念図。

【図5】実施例1に係るエンジンの制御装置のシステム構成図。

【図6】実施例1に係るエンジンの制御装置の水分量に応じたEGR量制御内容を示すフローチャート。

【図7】実施例1に係るエンジンの制御装置を用いた際の各種アクチュエータや計測値の変化を示すタイムチャート。

【図8】湿度に応じたスロットルバルブ開度の制御内容を示す概念図。

【図9】湿度に応じたEGRバルブ開度の制御内容を示す概念図。

【図10】実施例2に係るエンジンの制御装置の水分量に応じたEGR量制御内容を示すフローチャート。

10

【図11】実施例2に係るエンジンの制御装置を用いた際の各種アクチュエータや計測値の変化を示すタイムチャート。

【図12】実施例3に係るエンジンの制御装置のシステム構成図。

【図13】実施例3に係るエンジンの制御装置の水分量に応じたEGR量制御内容を示すフローチャート。

【図14】実施例4に係るエンジンの制御装置を用いた際の各種アクチュエータや計測値の変化を示すタイムチャート。

【図15】実施例4に係るエンジンの制御装置のシステム構成図。

【図16】実施例4に係るエンジンの制御装置の水分量に応じたEGR量制御内容を示すフローチャート。

20

【図17】実施例4に係るエンジンの制御装置を用いた際の各種アクチュエータや計測値の変化を示すタイムチャート。

【発明を実施するための形態】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明の実施形態に係る内燃機関の制御装置は、還流する排気ガスの量が過大になり、燃焼不安定化を避けるため、直接的又は間接的に検出した新気中の水分量に基づいて、エンジン筒内へ導入される新気、及び、還流される排気ガスの水分量を算出し、本算出値に基づき排気ガス量を制御する。このような構成により、排気ガス、エンジン筒内に吸入されるガスの組成を考慮して排気ガス量の決定ができ、湿度の影響で燃焼安定性を損なうことなくポンプ損失低減の最大化し、低燃費化の最大化が実現

30

【0013】

また、新気中の水分量を直接検知し、還流する排気ガス量の計算値に適用し、還流する排気ガス量を制御するようにすれば、新気中の水分量の絶対値を直接検出することが可能になり、還流する排気ガス量の設定値を正確に算出、制御できるようになる。

【0014】

また、この内燃機関の制御装置は、筒内へ導入される水分量の増減に伴い燃焼安定限界を変更する。この結果、水とその他の成分（窒素や二酸化炭素）の燃焼安定性に与える影響度の違いを考慮して還流する排気ガス量を調整できるため、さらに、燃焼安定限界の変化に伴う燃焼不安定化の回避しながら、ポンプ損失低減による燃費低減量の最大化が図れる。

40

【0015】

ところで、低圧EGRシステムでガスを還流する場合には、触媒の活性化状態により筒内に還流する排気ガス量を変更する。触媒が活性化していない状態では、排気ガスに触媒が活性化している状態に比べて多くのラジカルが存在することから、燃焼が安定しやすい。本発明により、触媒の活性化状態により変化する排気ガスの組成の変化を考慮して、還流する排気ガスの制御が可能となり、より多くの条件で燃費低減量を増加できる。

【0016】

また、高圧EGRシステムで排気ガスを還流する場合には、水温が高い条件で還流する排気ガスの量を増加させるように制御する。水温が低い場合は、還流する排気ガス温度が

50

低くなり、逆に、水温が高い場合は、還流する排気ガス温度が高くなる。還流する排気ガス温度が低い条件では、燃焼速度が低下しやすいため、燃焼安定性を確保するためには、水温が高い条件に比べて還流する排気ガス量を減らす必要がある。本発明により、水温が低い場合と水温が高い場合で還流する排気ガスを制御できるため、水温に応じて低燃費幅を最大化することができる。

【0017】

また、高圧EGRシステムと低圧EGRシステムを備える内燃機関では、高圧EGRシステムを用いる場合には、低圧EGRシステムを用いる場合に比べ、還流する排気ガス量を増加させる。高圧EGRシステムで還流される排気ガスは触媒を通過していないことから、低圧EGRシステムで還流される排気ガスに比べて多くの活性化学種が含まれていることから、高圧EGRシステムで還流される排気ガスのほうが燃焼速度の低下が起こりにくい。この結果、低圧EGRシステムで還流されるガスに比べて高圧EGRシステムで還流されるガスの方が、同等の燃焼安定性を得られた条件で、多量に導入可能である。本発明により、各EGRシステムを用いた際の燃費低減代をそれぞれ最大化できる。

10

【0018】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。まず、以下に示す各実施例に共通の構成を図1、図2、図3を用いて説明する。

【0019】

図1は、エンジンの制御装置の構成を示すシステムブロック図である。エアフローセンサ1、湿度センサ3、アクセル開度センサ12、差圧センサ43、EGR温度センサ44、冷却水温度センサ(図示しない)の出力信号は、ECU20の入力回路20aに入力する。但し、入力信号はこれらだけに限られない。入力された各センサの入力信号は入出力ポート20b内の入力ポートに送られる。入力ポート20bに送られた値は、RAM20cに保管され、CPU20eで演算処理される。演算処理内容を記述した制御プログラムは、ROM20dに予め書き込まれている。

20

【0020】

制御プログラムに従って演算された各アクチュエータの作動量を示す値は、RAM20cに保管された後、入出力ポート20b内の出力ポートに送られ、各駆動回路を経て各アクチュエータに送られる。本実施形態の場合は、駆動回路として、電子スロットル駆動回路20f、EGRバルブ駆動回路20mがある。各回路は、それぞれ、電子制御スロットル2、EGRバルブ41を制御する。本実施形態においては、ECU20内に上記駆動回路を備えた装置であるが、これに限るものではなく、上記駆動回路のいずれかをECU20内に備えるものであってもよい。

30

【0021】

ECU20は、入力信号に基づいてEGR率を推定し、要求される運転条件に応じて、スロットル弁2およびEGRバルブ41を制御する。

【0022】

図2は、エンジンの制御装置のECU20内で実施される還元する排出するガスの制御ロジックの概要を示す図である。アクセル開度センサ12の出力に基づき要求トルク及び要求空気量を算出する要求トルク算出部、エアフロセンサ1の出力、湿度センサ3の出力に基づき算出した新気中の水分量及び排出ガス中の水分量、要求空気量に基づきEGRバルブの制御量を算出するEGRバルブ制御部から構成される。アクセル開度センサ12は要求トルク算出部、エアフロセンサ信号1、湿度センサ信号3はEGRバルブ制御部に入力され、EGRバルブ41及びスロットル弁の制御が実施される。

40

【0023】

図3は、エンジンマップ上での安定燃焼限界質量を既定するマップである。エンジン出力が小さい領域からエンジン出力が大きくなるにつれて安定燃焼限界質量は増加する傾向にある。ここで、本実施形態では安定燃焼限界質量のマップを外気温度 T_{amb} 、相対湿度100%で構築したとする。これは、相対湿度100%において定義しておくことで、いかなる湿度条件においても、燃焼不安定性を引き起こすことなくエンジンを運転するこ

50

とが可能であるためである。なお、安定燃焼限界質量は、各運転条件で燃焼不安定性を引き起こす筒内質量としてもよく、また、各運転条件で燃費が最小になる質量としてもよく、さらに、一つのマップをこれらの定義を混ぜて決めてもよい。

【0024】

図4は、エンジンマップ上でのEGR量を既定するマップである。エンジン出力が小さい領域(領域A)は、ポンプ損失を低減するためにEGRを導入する領域であり、エンジン出力が小さくなるにつれて要求されるEGR量は大きくなる。またエンジン出力が大きい領域(領域B)は、異常燃焼を抑制するためにEGRを導入する領域であり、エンジン出力が大きくなるにつれて要求されるEGR量は大きくなる傾向がある。ここで、実施例1ではマップを外気温度 T_{amb} 、相対湿度100%で構築したとする。これは、相対湿度100%においてEGR量を適合しておけば、いかなる湿度条件においても、燃焼不安定性を引き起こすことなくエンジンを運転することが可能であるためである。

10

【実施例1】

【0025】

以下、実施例1について説明する。図5は、低圧EGR流路を備えた自動車用筒内噴射式ガソリンエンジン構成図である。

【0026】

エンジン100は、火花点火式燃焼を実施する自動車用のガソリンエンジンである。吸入空気量を計測するエアフローセンサ1と、吸気湿度を検出する湿度センサ3と、吸気を過給するための過給機のコンプレッサ4aと、吸気を冷却するためのインタークーラ7と、吸気管圧力を調整する電子制御スロットル2が吸気管の各々の適宜位置に備えられている。ここで、湿度センサ3は相対湿度及び絶対湿度が検出可能なセンサである。また、エンジン100には、各気筒のシリンダ14の中に燃料を噴射する燃料噴射装置(以下、インジェクタ)13と、点火エネルギーを供給する点火プラグ16が気筒ごとに備えられている。また、筒内に流入、または筒内から排出するガスを調整する可変バルブ5が、シリンダヘッドに備えられている。可変バルブ5を調整することにより、全気筒の吸気量および内部EGR量を調整する。また、図示していないが燃料噴射装置13に高圧燃料を供給するための高圧燃料ポンプが燃料配管によって燃料噴射装置13と接続されており、燃料配管中には、燃料噴射圧力を計測するための燃料圧力センサが備えられている。

20

【0027】

さらに、排気エネルギーによって過給機のコンプレッサ4aに回転力を与えるためのタービン4bと、タービンに流れる排気流量を調整するための電子制御ウェイストゲート弁11と、排気を浄化する三元触媒10と、空燃比検出器の一態様であって、三元触媒10の上流側にて排気空燃比を検出する空燃比センサ9と、が排気管15の各々の適宜位置に備えられる。

30

【0028】

さらに、排気管の触媒10の下流から、吸気管のコンプレッサ4aの上流に排気を還流させるためのEGR管40を備えている。また、EGRを冷却するためのEGRクーラ42、EGR流量を制御するためのEGRバルブ(EGR機構)41、EGRバルブ前後の差圧を検出する差圧センサ43、EGR温度を検出するEGR温度センサ44が、EGR管40の各々の適宜位置に、取り付けられている。また、図示していないがエンジンを巡る冷却水の温度を計測する温度センサ45が備えられている。

40

【0029】

エアフローセンサ1と湿度センサ3と空燃比センサ9と差圧センサ43とEGR温度センサ44から得られる信号は、エンジンコントロールユニット(ECU)20に送られる。また、アクセル開度センサ12から得られる信号がECU20に送られる。アクセル開度センサ12は、アクセルペダルの踏み込み量、すなわち、アクセル開度を検出する。ECU20は、アクセル開度センサ12の出力信号に基づいて、要求トルクを演算する。すなわち、アクセル開度センサ12は、エンジンへの要求トルクを検出する要求トルク検出センサとして用いられる。また、ECU20は、クランク角度センサの出力信号に基づい

50

て、エンジンの回転速度を演算する。ECU20は、上記各種センサの出力から得られるエンジンの運転状態に基づき、空気流量、燃料噴射量、点火時期、燃料圧力等のエンジンの主要な作動量を最適に演算する。

【0030】

ECU20で演算された燃料噴射量は開弁パルス信号に変換され、インジェクタ13に送られる。また、ECU20で演算された点火時期で点火されるように、点火信号が点火プラグ17に送られる。また、ECU20で演算されたスロットル開度は、スロットル駆動信号として電子制御スロットル2に送られる。また、ECU20で演算されたEGRバルブ開度は、EGRバルブ開度駆動信号として、EGRバルブ41へ送られる。

【0031】

吸気管から吸気バルブを経てシリンダ14内に流入した空気に対し、燃料が噴射され、混合気を形成する。混合気は所定の点火時期で点火プラグ16から発生される火花により爆発し、その燃焼圧によりピストンを押し下げてエンジンの駆動力となる。更に、爆発後の排気ガスは排気管15を経て、三元触媒10に送りこまれ、排気成分は三元触媒10内で浄化され、外部へと排出される。三元触媒10をEGR管40の入り口上流に備えることで、還流する排気ガスの組成を安定させることが可能となり、結果、任意の運転条件でのEGR量制御において安定して性能を得ることができる。

【0032】

図6には、図2のEGR弁制御部にて実施される演算処理が記載されている。

【0033】

まず、ステップS601にて、筒内に導入される新気中の水分量を計算する。まず、湿度センサの出力で検出される絶対湿度 H_{air} [kg/m³]と空気密度 ρ_{air} [kg/m³]から、空気中の水分の質量分率 $Y_{H_2O,air}$ 、体積分率 α を、以下のように算出する。空気密度はECUに記録しておく。または、検出した情報に基づき推定する。

$$Y_{H_2O,air} = \frac{H_{air}}{H_{air} + \rho_{air}}$$

— (式1-1)

$$\alpha = \frac{\frac{H_{air}}{W_{H_2O}}}{\frac{H_{air}}{W_{H_2O}} + \frac{\rho_{air}}{W_{air}}}$$

— (式2-1)

ここで、 W_{H_2O} 、 W_{air} はそれぞれ水、空気のモル質量 [kg/mol] である。

【0034】

次に、エアフロセンサ1の出力 m_{air} [kg/s]、又は、要求トルク算出部で求められた要求空気量 $M_{air,R}$ [kg/cycle]から以下のように新気中の水分流量及び筒内へ導入される水分量の新気分を算出する。

新気中の水分流量

$$m_{H_2O,air} = Y_{H_2O,air} m_{air}$$

— (式3-1)

又は

$$m_{H_2O,air} = \frac{Y_{H_2O,air} M_{air,R} Ne}{1 - Y_{H_2O,air} 30}$$

— (式3-2)

筒内へ導入される水分量

10

20

30

40

$$M_{H_2O,air} = Y_{H_2O,air} m_{air} \frac{30}{Ne}$$

— (式4-1)

又は

$$M_{H_2O,air} = \frac{Y_{H_2O,air} M_{air,R}}{1 - Y_{H_2O,air}}$$

— (式4-2)

ここで、Neはエンジン回転数[rpm]である。以下に示すように間接的に水分の検出も可能であるが、推定誤差を多く含み得る。このため、湿度センサから水分量の絶対値を検出することで、間接的に水分量を検出する場合に比べて、高精度に水分量の算出が可能になり、精密に各種アクチュエータの制御信号を設定できるようになる。

10

【0035】

また、湿度センサ3が取り付けられていない場合には、間接的に湿度を検出することで代替が可能になる。例えば、一定トルクで走行している際のエアフロセンサ1の出力 m_{air} 、に基づき算出した空気量と要求空気量 $M_{air,R}$ との差から、筒内に流入する水分量を以下のように間接的に検出できる。

$$M_{H_2O,air} = m_{air} \frac{30}{Ne} - M_{air,R}$$

20

— (式3-3)

ここで、質量分率 $Y_{H_2O,air}$ 、体積分率 は以下の通り推定できる。

$$Y_{H_2O,air} = \frac{m_{air} \frac{30}{Ne} - M_{air,R}}{m_{air} \frac{30}{Ne}}$$

— (式1-2)

$$\alpha = \frac{m_{air} \frac{30}{Ne} - M_{air,R}}{m_{air} \frac{30}{Ne}} \frac{W_{air}}{W_{H_2O}}$$

30

— (式2-2)

加えて燃料質量 M_{Fuel} は、 $M_{air,R}$ 又は m_{air} に基づき次のとおり算出する。

$$M_{Fuel} = C M_{air,R}$$

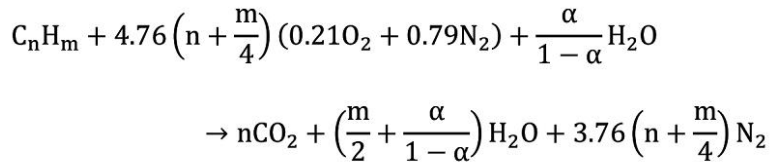
$$M_{Fuel} = C(1 - Y_{H_2O,air}) m_{air} \frac{30}{Ne}$$

ここでCは予め決定した定数であり、両論混合比での燃焼を実施する場合にはおよそ1/15に設定する。

40

【0036】

次に、ステップS602にて、還流してくる排気ガス中に含まれる水分量を算出する。排気ガス中に含まれる水分量の算出には、検出した空気中の水分量の最新値を用いる。ここで、燃料分子の組成は $C_n H_m$ 、更に空気が窒素79vol%、酸素21vol%の混合気である、燃焼時に完全燃焼し水と二酸化炭素が発生し、窒素は反応せず残る、と仮定すると、以下の関係が反応前後で成立する



— (式5)

ただし、左辺は燃焼前の筒内の状態を示しており、右辺は燃焼後の筒内の状態を示す。ここで C_nH_m は燃料分子、 O_2 は酸素分子、 N_2 は窒素分子、 CO_2 は二酸化炭素分子、 H_2O は水分子、 m は燃料を構成する炭化水素分子中の平均炭素数、 n は燃料を構成する炭化水素分子中の平均炭水素数である。本関係に基づけば、還流されてくる排気ガス中の水分量は、以下のように算出する。

10

$$\beta = \frac{\left(\frac{m}{2} + \frac{\alpha}{1-\alpha} \right) W_{H_2O}}{nW_{CO_2} + \left(\frac{m}{2} + \frac{\alpha}{1-\alpha} \right) W_{H_2O} + 3.76 \left(n + \frac{m}{4} \right) W_{N_2}}$$

— (式6)

ここで、 W_{H_2O} 、 W_{CO_2} 、 W_{N_2} はそれぞれ水、二酸化炭素、窒素のモル質量 [kg / mol] である。

【0037】

次にステップS603にて、安定燃焼限界質量を計算する。これは、図3の安定燃焼限界質量のマップから運転条件に応じた安定燃焼限界質量 $M_{max, map}$ 値を取り出してもよく、また、図4のEGRガス量のマップから、現在の運転条件に応じたEGR量 $M_{EGR, map}$ を読み込み、式7のように計算しても良い。は kg の二酸化炭素や窒素と、1 kg の水が燃焼安定性に対して同等の影響を与えると仮定して設定する係数である。実験計測に基づき決める。

20

$$M_{max, map} = (1 - \beta + \gamma\beta)M_{EGR, map} + \gamma M_{H_2O, air, 100\%} + M_{air} + M_{fuel}$$

— (式7)

ここで M_{air} は空気量であり、

$$M_{air} = (1 - Y_{H_2O, air}) m_{air} \frac{30}{Ne}$$

30

— (式8-1)

又は

$$M_{air} = M_{air, R}$$

— (式8-2)

で求めることができる。

【0038】

ステップS604で、最終的に筒内に導入される水分量を考慮して、還流する排気ガス量を算出する。

40

【0039】

算出方法の説明に当たり、安定燃焼限界質量との関係を説明する。ガソリンエンジンの中では火炎伝播により燃焼が生じるが、火炎伝播に与える影響は二酸化炭素と水で異なる。例えば、当量比1の燃料と空気の混合気に対して、質量比で10%の水を希釈ガスとして加えた場合と、質量比で10%の二酸化炭素を希釈ガスとして加えた場合に、火炎伝播速度の減少量が異なる。排気ガスを還流した場合にエンジンにおける燃焼不安定性が生じるのは、火炎伝播速度の低下が要因であることから、水と二酸化炭素が燃焼の不安定化に与える影響度が異なることを示している。以下では、kg の二酸化炭素や窒素と、1 kg の水が燃焼安定性に対して同等の影響を与えるとみなす。EGRガス量を徐々に増加し

50

、燃焼が不安定化する際の条件における気筒内の実効ガス質量 M_{limit} は以下の式で与えられる。

$$M_{limit} = M_{CO_2,EGR} + M_{N_2,EGR} + \gamma(M_{H_2O,air} + M_{H_2O,EGR}) + M_{fuel} + M_{air} \quad \text{— (式9)}$$

ここで排気ガスの還流量 M_{EGR} とし、式6で定義される β を用いて式9を整理すると式10の通り書ける。

$$M_{limit} = (1 - \beta + \gamma\beta)M_{EGR} + \gamma M_{H_2O,air} + M_{fuel} + M_{air} \quad \text{— (式10)}$$

10

【0040】

式10から、燃焼安定限界における実効ガス質量 M_{limit} が既知の値とできれば、燃焼安定限界におけるEGRガス質量は、式11より求めることができる。

$$M_{EGR} = \frac{M_{limit} - \gamma M_{H_2O,air} - M_{fuel} - M_{air}}{1 - \beta + \gamma\beta} \quad \text{— (式11)}$$

ここで、 M_{limit} を $M_{max,map}$ で置き換えると、式11の右辺はすべて既知であり、目標排気ガス量を決めることが出来る。

$$M_{EGR} = \frac{M_{max,map} - \gamma M_{H_2O,air} - M_{fuel} - M_{air}}{1 - \beta + \gamma\beta} \quad \text{— (式12)}$$

20

なお、 β は予めエンジン試験や、数値シミュレーションによる模擬試験により決定する。

γ は、1～2の間をとることが多いが、これに限られない。

【0041】

また、式12から、目標排気ガス量は、水と二酸化炭素や窒素の反応性が同じと仮定した場合は、以下の式から設定する。

$$M_{EGR} = M_{max,map} - \gamma M_{H_2O,air} - M_{fuel} - M_{air} \quad \text{— (式13)}$$

30

このように目標排気ガス量を設定することで、安定燃焼を維持しつつ、湿度変化に応じてEGR量を最大化し、大きな燃費低減を実現できる。

【0042】

以上の関係から、 $\beta = 1$ の場合には、新気から導入される水分量 ($M_{H_2O,air}$)、排気ガスから導入される水分量 () を算出しEGR量を決定することで、水分量に応じてEGR量を制御することができるため、筒内の水分量に応じてEGR量を設定することができ、結果、空気の湿度に応じて燃費低減を最大化できるように制御ができる。

【0043】

> 1 の場合には、新気から導入される水分量 ($M_{H_2O,air}$)、排気ガスから導入される水分量 () を算出し、水分量の変化に伴う安定燃焼限界質量の変化を考慮できる。この結果、過大なEGR量を避けることができ、燃焼安定性の不安定化を最小限に抑制しつつ吸気負圧低減による燃費低減を最大化するように制御ができる。

40

【0044】

以下で、図3の燃焼安定限界質量 $M_{max,map}$ の最適な定義について説明する。燃焼安定限界質量は、前述の通り、燃焼不安定を起こさせないために、大気温 T_{amb} 、相対湿度 100% で決めることが適切である。この場合、湿度 100% 時の空気中の水質量を $M_{H_2O,air,100\%}$ とすると、燃焼安定限界質量 $M_{max,map}$ については、式12の関係が成り立つ。

$$M_{max,map} = (1 - \beta + \gamma\beta)M_{EGR} + \gamma M_{H_2O,air,100\%} + M_{fuel} + M_{air} \quad \text{— (式14)}$$

ここから、燃焼安定限界質量 $M_{max,map}$ のマップ図3は、式12の右辺で計算される値を持つことが適切である。

【0045】

次に、ステップS605にて、新気中の水分量の影響、還流するEGRガス量の影響を補正し、要求空気量を導入するために必要となるスロットル開度を算出する。スロットル開度は、図8に示すような流量とスロットル開度の関係をマップとしてECUに備えておき、この関係から算出する。ただし、湿度に伴う空気中の水分やEGRガス量が混合していることを考慮し、スロットル開度を制御することで、要求空気量が筒内に導入されるようにする。

10

【0046】

次にS606にて、図9に示すようなEGRバルブ開度とEGR流量の関係に基づきEGRバルブ開度を設定する。まず、目標排気ガス量に応じて、図9に示すマップデータからEGRバルブ開度を設定する。式15で検出した検出値と目標値に差が生じた場合は、検出値の差に応じて開弁量を増減するように設定する。

$$m_{EGR} = \frac{P_a \times A \times C \sqrt{\frac{2 \times \Delta P_{EGR}}{\rho}}}{R_{EGR} T_{EGR}}$$

20

— (式15)

【0047】

検出値が目標値に比べて大きければ、EGRバルブ開度を小さくし、逆に検出値が目標値に比べて小さければ、EGRバルブ開度を大きくする。ここで、 T_{EGR} は、図5に図示しないEGRガス温度センサを用いて計測したEGRガスの温度又は水温に基づき推定したEGRガス温度の推定値である。

【0048】

次にS607にて、S605で求めたスロットル開度に基づき制御する。

【0049】

次にS608にて、S606にて設定したEGRバルブ開度に基づきEGRバルブを制御する。

30

【0050】

以上のステップを経て、エンジンは制御される。

【0051】

図7は、図6に示した制御を実施した際の各アクチュエータの動作及び検出値の変化を示したものである。外部の湿度条件が変化したときを取り上げた。要求トルクは一定であるとする。次に外気の湿度が時間 t_1 から減少を始め、時間 t_2 に検出値の変化が無くなる遷移を考える。この場合、図6のステップS603で計算する安定燃焼限界質量に変化は無い。続いて時間 t_1 以降で湿度が減少していることから、図6ステップS605で計算される目標排気ガス量は時間 t_1 以降に増加する。この結果、EGRバルブ開度の設定値も時間 t_1 から時間 t_2 にかけて徐々に開度が大きくなる。 $\gamma = 1$ を想定した場合は、全体のガス量は変化しないため、スロットル開度はほとんど変更しなくて良い。この結果、筒内に導入される空気量は一定に保たれる。 $\gamma > 1$ を想定した場合は、湿度の低下に伴い筒内に導入するガス量(筒内質量)が増加するため、ステップS605でスロットルバルブ開度を時間 t_1 に比べて大きくするように設定される。この結果、スロットルバルブ開度が増加し、筒内へ導入される空気量が一定値になるように制御される。本制御を実施した結果、導入される排気ガス量は、外気湿度の増加に応じて増加する。これは、ステップS605で実施している算出の中で、水分量を考慮してEGR量を補正しているためである。この結果、 $\gamma = 1$ 、 $\gamma > 1$ の両場合において、吸気管圧力量を水分量の補正を入れ

40

50

ない場合（EGR量マップを用いた場合）に比べて増加させることができ、この結果燃料消費率も低減することができる。また、 $\beta = 1$ の場合は、燃焼安定性が低下する傾向にあり、この結果、 $\beta < 1$ の場合の方が、燃料消費率を上げることができる。

【実施例2】

【0052】

次に、実施例2について説明する。エンジンの構成は図5やECUの構成は図2である。図10には、図2のEGR弁制御部にて実施される演算処理が記載されている。実施例1とステップS1004における処理を除き同じである。ステップS1004において目標排気ガス量の設定する際に、冷却水温度センサを用いて計測した冷却水の温度の上昇や始動からの時間に応じて触媒温度を推定し、推定した触媒活性状態に応じて、目標排気ガス量を設定する。触媒活性前の排気ガスには、低圧EGRシステムにおいては、触媒暖機定常状態に比べ一酸化炭素（CO）や一酸化窒素（NO）といった燃焼安定性に寄与する活性化学種が多く含まれる。こ暖気後の定常状態では、これらの活性化学種は、触媒内での酸化反応や還元反応により、二酸化炭素、水、窒素といった安定化学種に変換される。このため、暖気後に比べて、暖気前の安定燃焼限界質量は大きい。図3で定義する安定燃焼限界質量 $M_{max, map}$ は暖気後の定常状態を用いて決めている。このため、活性化学種を多く含む暖気前の化学種の影響で、 $M_{max, map}$ から決めた目標排気ガス量よりも多くのEGRガスを投入しても燃焼は不安定にならない。そこで、触媒が活性化されていないと判断した場合は、ステップS1004において以下の式で目標排気ガス量を決める。

$$M_{EGR} = \frac{M_{max, map} - \gamma M_{H_2O, air} - M_{fuel} - M_{air}}{1 - \beta + \gamma\beta} + \Delta M_{Rad}$$

— (式16)

ここで M_{Rad} が活性化学種の影響を考慮するための補正項である。低圧EGRシステムの場合、 M_{Rad} は触媒の活性度に応じて変化する。触媒の活性化していない状態では、燃焼で生じたCOやNOが変換されずに残るため、 M_{Rad} は大きな値を持つ。触媒が活性化すると、 M_{Rad} は0となる。水温、エンジン始動からの時間により検出した触媒の活性度に基づき M_{Rad} を変化させることで、目標排気ガス量を適切に変化可能である。触媒の活性度に対する M_{Rad} の変化は、事前にエンジン試験で調査し、ECU内にデータを保存しておく。図10に示した制御を実施した場合のアクチュエータの動きを図11にて説明する。冷却水温度及びエンジン始動からの時間に基づき推定した触媒温度が変化したときを取り上げた。要求トルクは一定であるとする。検出した触媒温度が時間 t_1 から増加を始め、時間 t_2 に触媒が活性化する温度まで上昇する変化を考える。この場合、図10のステップS1003で計算する安定燃焼限界質量のマップ値は時間的に変化しない。ただし、図10ステップS1005にて計算される目標排気ガス量は時間 t_1 から時間 t_2 にかけて減少する。これは、検出した触媒活性化状態（触媒温度）に基づき式16で目標排気ガス量を補正するためである。このため、時間 t_1 から時間 t_2 に掛けて、触媒の温度上昇に応じて、目標排気ガス量が減少するように値が設定される。この結果、EGRバルブ開度の設定値も時間 t_1 から時間 t_2 にかけて、徐々に開度が小さくなるように設定される。要求トルクは変化していないが目標排気ガス量が減少するため、ステップS1005で目標排気ガス量の減少に応じてスロットルバルブ開度を時間 t_1 に比べて小さくするように設定される。この結果、スロットルバルブ開度が減少し、筒内へ導入される空気量が一定値になるように制御される。本制御を実施した結果、導入される排気ガス量は、触媒温度の増加に伴い、減少するように変化する。以上によって、触媒の活性状態に応じて変化する活性化学種の量を反映して目標排気ガス量を設定することが可能になり、低圧EGRシステムを備えるエンジンにおいて触媒が活性化状態にない条件において、より大きな低燃費化を実現することができる。

【0053】

以上から、低圧EGRシステムを用いた際の触媒活性化状態に応じて燃焼不安定性を避けながら触媒活性化前の燃費低減量を最大化することが可能になる。

【実施例 3】

【0054】

次に実施例 3 を説明する。実施例 3 は、図 1 2 にはエンジンの構成、図 1 3 には、図 2 の EGR 弁制御部にて実施される演算処理が記載されている。図 1 2 に示すエンジンの構成は、図 5 に示すエンジンの構成と排気ガスを還流する仕組みを除き同一である。図 1 2 の構成では、排気ガスは、ターボチャージャーのタービン上流から排気ガスを取り出し、コンプレッサ下流へと還流する仕組みになっている。図 1 3 に示す演算処理は、図 6 に示す実施例 1 の演算処理とステップ S 1 3 0 4 を除き同じである。ステップ S 1 3 0 4 において目標排気ガス量の設定する際に、冷却水温度センサを用いて計測した冷却水温度又は検出した EGR ガス温度に応じた目標排気ガス量を設定する。冷却水温度が低い状態では、EGR ガスの温度も低くなる。温度が下がると、燃焼の不安定化が起こり易いため、EGR ガスの温度が高い場合に比べて、安定燃焼限界質量が小さくなる。そこで、式 1 7 を用いた目標排気ガス量の設定を行う。

$$M_{EGR} = \frac{M_{max, map} - \gamma M_{H_2O, air} - M_{fuel} - M_{air}}{1 - \beta + \gamma \beta} + \Delta M_T$$

— (式 1 7)

ここで、 M_T は排気ガス温度を考慮するための補正項である。

【0055】

高圧 EGR システムの場合、冷却水温度に応じて達するエンジン筒内に導入される際の温度に差が生じる。具体的には、エンジン始動に近い状態では、冷却水温度が低い状態のため排気ガス温度は暖機定常状態に比べて温度が低くなり、エンジン始動から十分な時間が経過した後は、排気ガス温度は暖機定常状態と同じ温度（始動時に比べ高い温度）に達する。前述の通り、還流する排気ガス温度が下がると混合気の温度が低くなり、燃焼不安定化が起こり易くなる。このため、EGR ガス温度に応じた補正が、燃費低減を最大化させつつ燃焼を安定化させるために有効である。図 3 で定義する安定燃焼限界質量 $M_{max, map}$ は暖機後の定常状態を用いて決めていることから、 M_T は 0 以下の値で設定される。つまり、水温や EGR ガス温度が低い条件では、安定燃焼限界ガス質量 $M_{max, map}$ から計算した EGR 量よりも少ない目標排気ガス量を設定する。水温が十分に上昇した場合又は EGR ガス温度が十分に上昇した場合は、 M_T を 0 とし、基準条件に基き設定した安定燃焼限界ガス質量から計算した EGR 量と同じ量为目标排気ガス量とする。水温や EGR ガス温度に対する M_T の変化は、事前にエンジン試験で調査し、ECU 内にデータを保存しておく。

【0056】

図 1 4 に、図 1 3 の制御フローチャートに従い処理した場合の各種アクチュエータの処理を示す。要求トルクが一定の条件であるとする。運転中に冷却水温度センサにて検出した冷却水温度又は EGR 温度センサ 4 4 で検出した EGR ガス温度が時間 t_1 から増加を始め、時間 t_2 に定常状態に達する変化を考える。この場合、図 1 3 のステップ S 1 3 0 3 で計算する安定燃焼限界質量の値は時間的に変化しない。ただし、図 1 3 のステップ S 1 3 0 5 にて計算される目標排気ガス量は時間 t_1 から時間 t_2 にかけて増加する。これは、冷却水温度又は排気ガス温度に基づき式 1 7 で目標排気ガス量を計算するためである。このため、時間 t_1 から時間 t_2 に掛けての冷却水温度又は排気ガス温度の上昇に伴い、目標排気ガス量が冷却水温度又は排気ガス温度が徐々に増加している。この結果、EGR バルブ開度の設定値も時間 t_1 から時間 t_2 にかけて、徐々に開度が大きくなるように設定される。要求トルクは変化していないが目標排気ガス量が増加するため、ステップ S 1 3 0 5 で目標排気ガス量の減少に応じてスロットルバルブ開度を時間 t_1 に比べて大きくするように設定される。この結果、スロットルバルブ開度が増加し、筒内へ導入される空気量が一定値になるように制御される。本制御を実施した結果、導入される排気ガス量は、冷却水温度又は排気ガス温度の増加に伴い、増加するように変化する。この結果、冷却水温度又は排気ガス温度が低い条件における燃焼安定性悪化を避けることができる。燃

10

20

30

40

50

焼が不安定化すると燃費性能も悪化するため、実施例 1 で検討した制御に比べて燃料消費率も小さくすることが可能である。

【 0 0 5 7 】

以上から、高圧 E G R システムを用いた際の冷却水又は E G R ガス温度の低い条件における燃焼不安定性を避けながら燃費低減を最大化することが可能になる。

【実施例 4】

【 0 0 5 8 】

次に実施例 4 を説明する。図 1 5 にエンジンの構成、図 1 6 には、図 2 の E G R 弁制御部にて実施される演算処理が記載されている。図 1 5 の構成は、図 5 に示す構成と排気ガスを還流する仕組みを除き同一である。図 1 5 の構成は、図 5 の構成に、排気ガスをターボチャージャーのタービン上流から排気ガスを取り出し、コンプレッサ下流へと排気ガスを還流する仕組みを組み合わせたものである。図 1 6 に示す演算処理は、図 6 に示す実施例 1 の演算処理と図 1 6 のステップ S 1 6 0 9、ステップ S 1 6 1 0 を除き同じである。ステップ S 1 6 0 9 では、還流する排気ガスを高圧 E G R システムとするか低圧 E G R システムとするかを定める。例えば、要求トルクの急変動があり高い排気ガスの応答性が必要な状況では、高圧排気ガスを利用する、過給する条件であり高圧 E G R システムでは必要となる排気ガスを還流できない場合は、低圧 E G R を利用する、ように判断する。その他、水温やエンジン起動からの時間、触媒活性化状況に基づき選択する E G R システムを決めてよい。ステップ S 1 6 0 9 にて高圧 E G R システムを選択するとした場合は、ステップ S 1 6 1 0 にすすむ。ステップ S 1 6 1 0 においては、目標排気ガス量を式 (1 8) を用いた目標排気ガス量に変更する。

$$M_{EGR} = \frac{M_{max, map} - \gamma M_{H_2O, air} - M_{fuel} - M_{air}}{1 - \beta + \gamma \beta} + \Delta M_{high}$$

— (式 1 8)

ここで、 M_{high} が高圧 E G R システムを用いる際の補正項である。高圧 E G R システムの場合、排気ガスは触媒を通過することなく吸気側に戻るため、一酸化炭素や窒素酸化物等の活性化学種を多く含む。一方、低圧 E G R システムの場合、排気ガスは触媒を通過した後、吸気側に戻るため、活性化学種は殆ど無く、安定化学種で構成される。活性化学種は、燃焼速度を加速する効果があるため、活性化学種が多い場合は、安定化学種を想定して決めた場合に比べて、安定燃焼限界質量が大きくなる。このため、より多くの排気ガスを還流できる可能性がある。 M_{high} は、事前にエンジン試験で調査し決める必要がある。本実施例では、低圧 E G R システムを用いた際の暖機定常で安定燃焼質量限界 $M_{max, map}$ を決定し、次に M_{high} を決めたとする。この場合、 M_{high} は正の値を持つ。つまり、高圧 E G R システムを用いる場合は、低圧 E G R システムを用いる場合に比べて、より大きな目標排気ガス量を設定できる。ここで、低圧 E G R システムと高圧 E G R システムのそれぞれを用いた場合に還流できる E G R 量の差 M_{high} は、事前にエンジン試験で調査し、ECU 内にデータを保存しておく。

【 0 0 5 9 】

図 1 7 に、図 1 6 の演算処理に従い処理した場合の各種アクチュエータの処理を示す。要求トルクが一定の条件であるとする。時間 t_1 において、フローチャートにおけるステップ S 1 6 0 9 にて高圧 E G R システムを用いると設定する場合を考える。この場合、図 1 5 のステップ S 1 6 0 3 で読み込む安定燃焼限界質量のマッピング値に変化は無い。ただし、時間 t_1 以降は、図 1 5 ステップ S 1 6 1 0 を経て目標排気ガス量が増えるため、目標排気ガス量が増加する。この結果、時間 t_1 以降では E G R バルブ開度も大きくなる。要求トルクは変化していないが目標排気ガス量が増加するため、ステップ S 1 6 0 5 で目標排気ガス量の増加に応じてスロットルバルブ開度を時間 t_1 に比べて大きくするように設定される。この結果、スロットルバルブ開度が増加し、筒内へ導入される空気量が一定値になるように制御される。本制御を実施した結果、導入される排気ガス量は、低圧 E G R システムを用いた場合に比べ、高圧 E G R システムを用いた場合に大きくなる。実施

例 4 の場合、高圧 EGR に切り替えた際に導入する EGR 量が増加したため、ポンプ損失が低減され、これにともない燃費が低減する。

【 0 0 6 0 】

この結果、燃焼安定性を確保しながら、低圧 EGR システム及び高圧 EGR システムに応じた適切な EGR 量を設定でき、それぞれのシステムを切り替えた際に燃焼安定性悪化を避けながら燃費性能を最大化することが出来る。

【 符号の説明 】

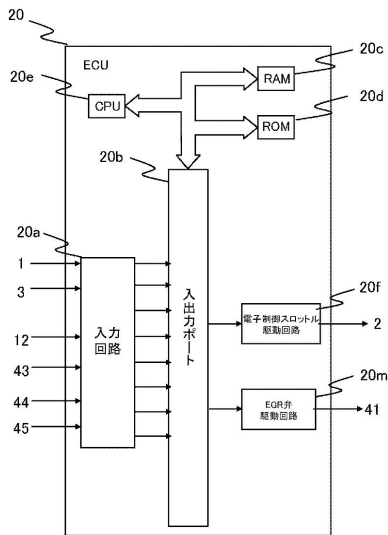
【 0 0 6 1 】

1 ... エアフローセンサ、2 ... 電子制御スロットル、3 ... 湿度センサ、4 ... 過給機、4 a ... コンプレッサ、4 b ... タービン、5 ... 可変バルブ、6 ... 吸気マニホールド、7 ... インタークーラ、9 ... 空燃比センサ、10 ... 三元触媒、11 ... ウェイストゲート弁、12 ... アクセル開度センサ、13 ... 筒内直接噴射用インジェクタ、14 ... シリンダ、15 ... 排気管、16 ... 点火プラグ、20 ... ECU、20 a ... 入力回路、20 b ... 入出力ポート、20 c ... RAM、20 d ... ROM、20 e ... CPU、20 f ... 電子制御スロットル駆動回路、20 g ... インジェクタ駆動回路、20 h ... ウェイストゲート弁駆動回路、20 j ... インタークーラ冷却水弁駆動回路、20 k ... 変速機駆動回路、20 m ... EGR バルブ駆動回路、30 ... 変速機、40 ... EGR 管、41 ... EGR バルブ、42 ... EGR クーラ、43 ... 差圧センサ、44 ... EGR 温度センサ、100 ... エンジン

10

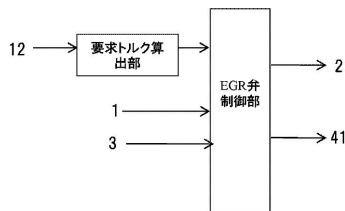
【 図 1 】

図 1



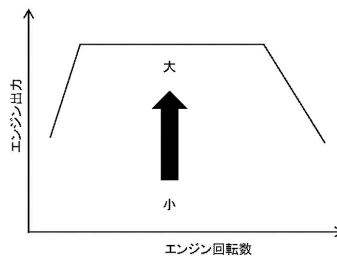
【 図 2 】

図 2



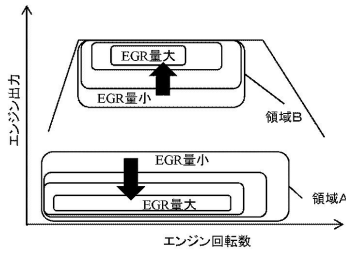
【 図 3 】

図 3



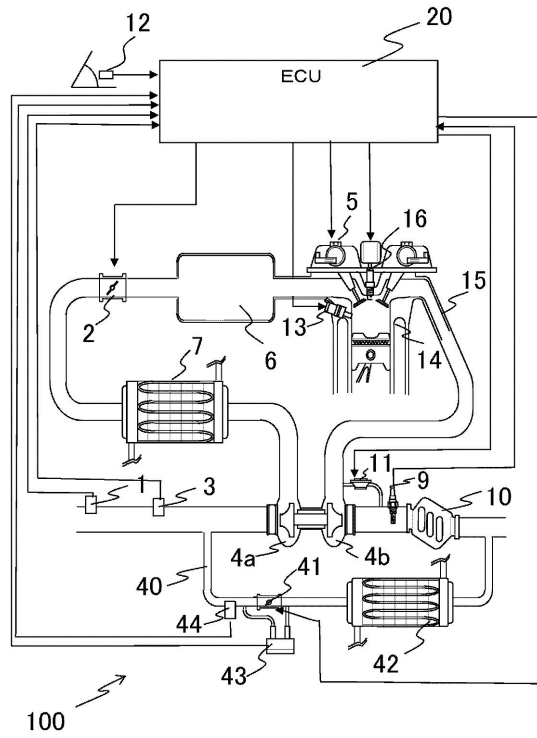
【図4】

図4



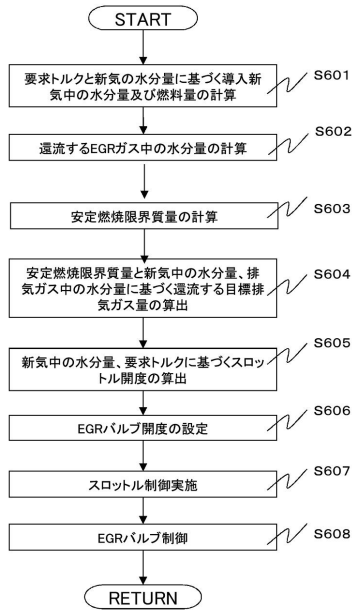
【図5】

図5



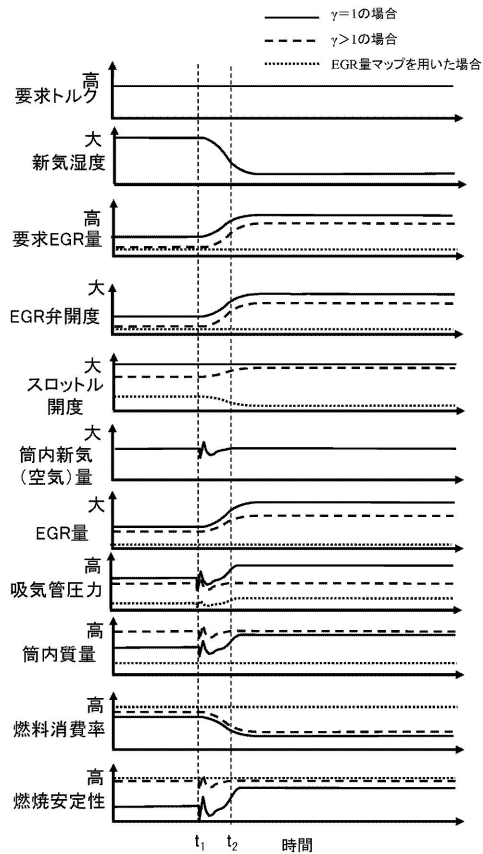
【図6】

図6



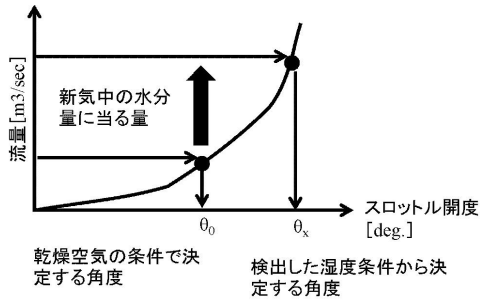
【図7】

図7



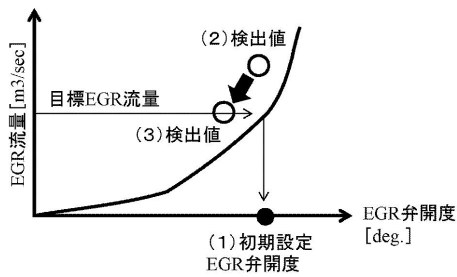
【図8】

図8



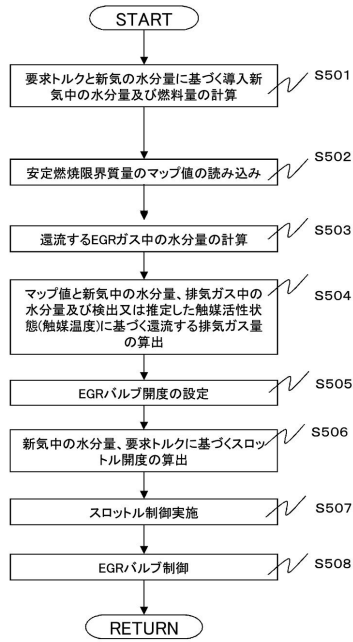
【図9】

図9



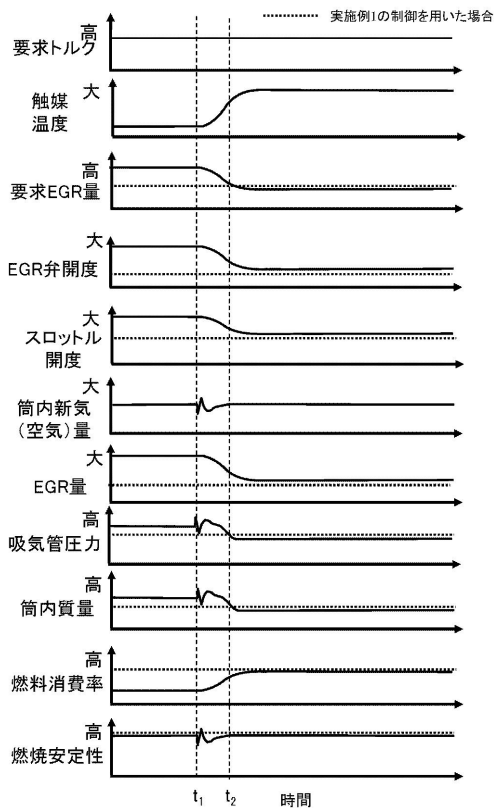
【図10】

図10



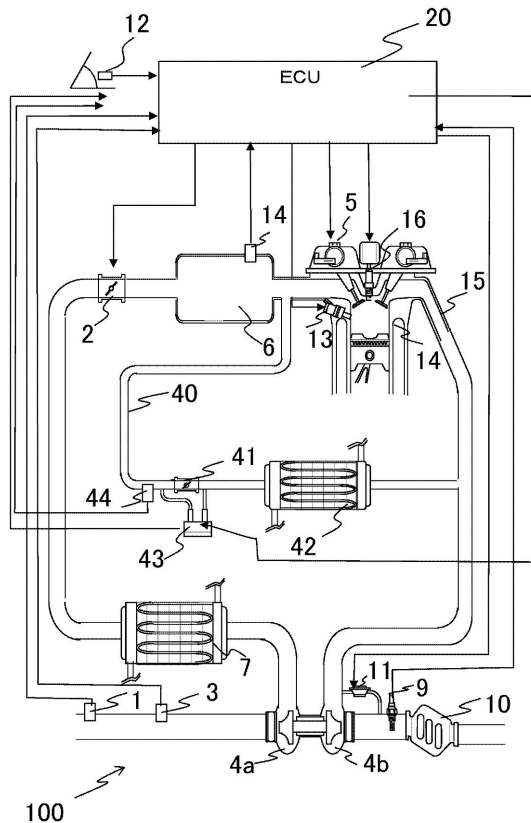
【図11】

図11



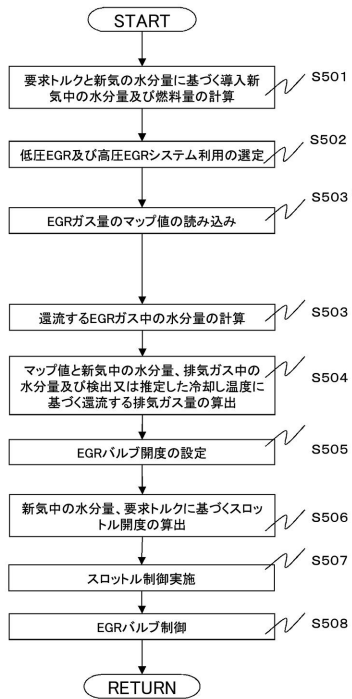
【図12】

図12



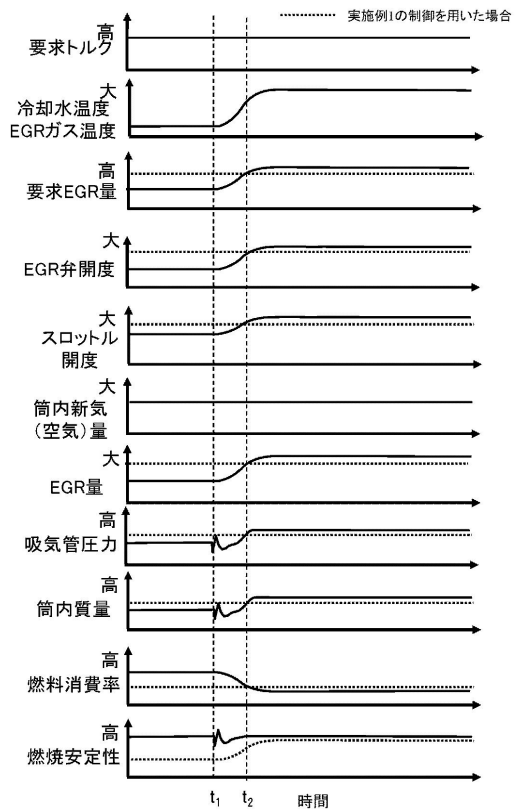
【図13】

図13



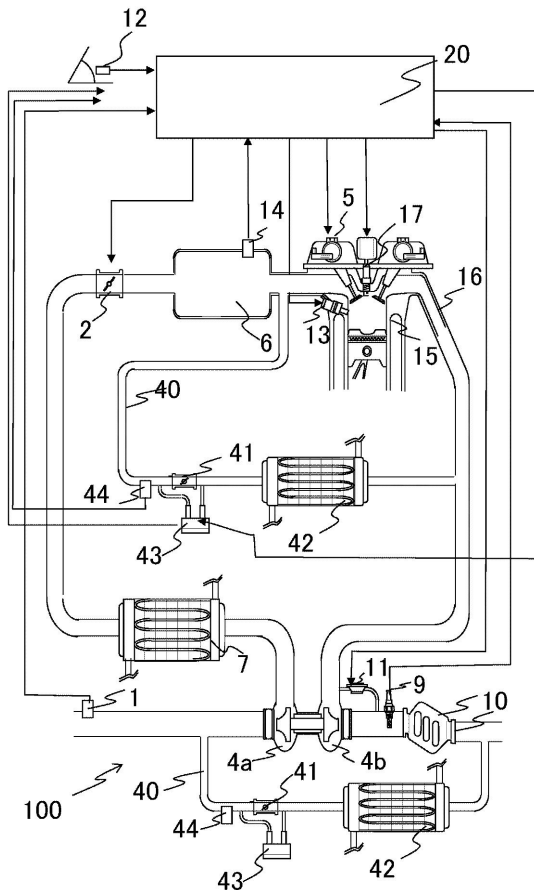
【図14】

図14



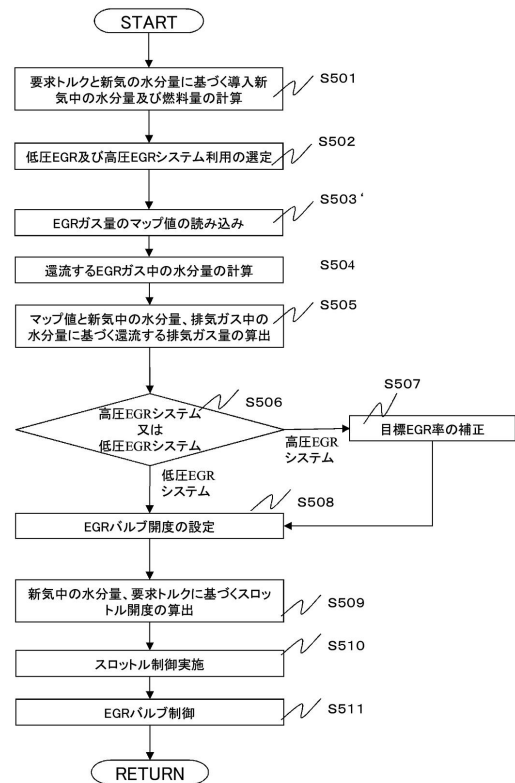
【図15】

図15



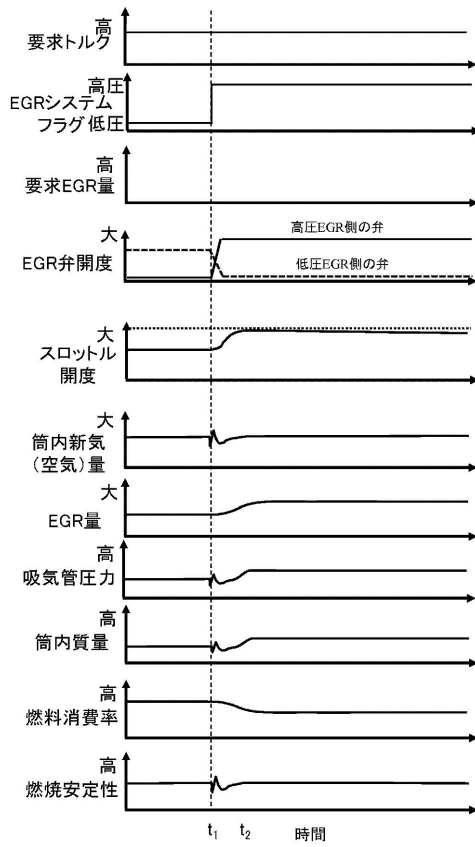
【図16】

図16



【図17】

図17



フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許第07715976(US, B1)
特開2012-163061(JP, A)
米国特許第06062204(US, A)
特開2003-239811(JP, A)
特開2011-001853(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 13/00 - 28/00
F02D 41/00 - 45/00