

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4134910号
(P4134910)

(45) 発行日 平成20年8月20日 (2008. 8. 20)

(24) 登録日 平成20年6月13日 (2008. 6. 13)

(51) Int. Cl.

F I

FO2D 41/34 (2006.01)
FO2D 41/02 (2006.01)
FO2D 41/04 (2006.01)
FO2M 63/00 (2006.01)

FO2D 41/34 E
FO2D 41/34 C
FO2D 41/02 325A
FO2D 41/04 330B
FO2D 41/04 335B

請求項の数 5 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-9781 (P2004-9781)
(22) 出願日 平成16年1月16日 (2004. 1. 16)
(65) 公開番号 特開2005-201184 (P2005-201184A)
(43) 公開日 平成17年7月28日 (2005. 7. 28)
審査請求日 平成17年4月20日 (2005. 4. 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 100106150
弁理士 高橋 英樹
(74) 代理人 100082175
弁理士 高田 守
(74) 代理人 100120499
弁理士 平山 淳
(72) 発明者 市瀬 雅春
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 柏倉 利美
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】 内燃機関の燃料噴射制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の運転負荷を検知する運転負荷検知手段と、
ポート噴射用インジェクタと、
筒内噴射用インジェクタと、
前記ポート噴射用インジェクタから噴射すべきポート噴射燃料量と、前記筒内噴射用インジェクタから噴射すべき筒内噴射燃料量の基準値とを、前記運転負荷に基づいて所定の噴射量算出タイミングにおいて算出する噴射量算出手段と、
前記ポート噴射用インジェクタから前記ポート噴射燃料量を噴射させるためのポート噴射を、筒内噴射に先立って開始するポート噴射制御手段と、
前記噴射量算出タイミングの後、筒内噴射により噴射される燃料量を変更し得る反映限界タイミングまでに内燃機関の運転負荷の変化が検知された場合に、その変化に対応する燃料補正量を算出する燃料補正量算出手段と、
前記基準値と前記燃料補正量とに基づいて決められる筒内噴射燃料量を前記筒内噴射用インジェクタから噴射させるための筒内噴射を、前記ポート噴射の開始に遅れて実行する筒内噴射制御手段と、
を備えることを特徴とする内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項2】

前記筒内噴射は、前記基準値がゼロでない値に算出された場合に、その基準値を筒内噴射するための通常筒内噴射を含み、

前記筒内噴射制御手段は、前記通常筒内噴射により噴射される燃料量を変更し得る限界点として前記反映限界タイミングより前の時点に定められた限界タイミング以前に内燃機関の運転負荷の変化が検知された場合に、その変化に対応する前記燃料補正量分だけ、前記通常筒内噴射により噴射される燃料量に増減を施す通常筒内噴射量補正手段を含むことを特徴とする請求項 1 記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 3】

前記筒内噴射は、前記基準値がゼロでない値に算出された場合に、その基準値を筒内噴射するための通常筒内噴射を含み、

前記筒内噴射制御手段は、前記通常筒内噴射により噴射される燃料量を変更し得る限界点として前記反映限界タイミングより前の時点に定められた限界タイミングより後、前記反映限界タイミングまでの間に内燃機関の運転負荷の増加が検知された場合に、その増加に対応する前記燃料補正量を、前記通常筒内噴射のための期間の後に筒内噴射する筒内噴射増量手段と、

を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 4】

前記筒内噴射制御手段は、前記筒内噴射燃料量の基準値がゼロとして算出された後に内燃機関の運転負荷の増加が検知された場合に、その増加に対応する前記燃料補正量を、前記ポート噴射に遅れて筒内噴射するための増加時筒内噴射手段を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 5】

前記噴射量算出手段は、

内燃機関の負荷の変化状況に基づいて、吸気ポートから筒内に流入する現実の燃料量と、その燃料量の理想値との偏差を推定するポート燃料差推定手段と、

前記偏差が相殺されるように前記筒内噴射燃料量の基準値に増減を施す基準値補正手段と、

を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、内燃機関の燃料噴射制御装置に係り、特に、吸気ポートに燃料を噴射するためのポート噴射用インジェクタと、筒内に燃料を噴射するための筒内噴射用インジェクタとを備える内燃機関の燃料噴射制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、例えば特開 2003-13784 号公報に開示されるように、吸気ポートに燃料を噴射するためのポート噴射用インジェクタと、筒内に燃料を噴射するための筒内噴射用インジェクタとを備える内燃機関が知られている。上記従来の内燃機関は、特定の運転条件下では、ポート噴射用インジェクタによるポート噴射と、筒内噴射用インジェクタによる筒内噴射とを併用して、筒内に均質な混合気を導入しつつ、点火プラグの近傍に燃料濃度の高い層を形成する。このような燃料噴射の手法によれば、混合気の空燃比をリーンに制御しつつ、筒内に安定した燃焼を生じさせることができる。以下、このような内燃機関を「デュアルインジェクタタイプの内燃機関」と称す。

【0003】

デュアルインジェクタタイプの内燃機関において、ポート噴射と筒内噴射を併用する場合には、両者の噴射比率を適正值に制御することが必要である。このため、上記従来の内燃機関は、ポート噴射が開始される直前の所定の噴射量算出タイミングにおいて、ポート噴射燃料量と筒内噴射燃料量とを同時に決定することとしている。その後、従来の内燃機関は、決定されたポート噴射燃料量と筒内噴射燃料量とが実現されるように、ポート噴射用インジェクタと筒内噴射用インジェクタとを順次駆動する。このような制御手法によれ

10

20

30

40

50

ば、吸気ポートおよび筒内に適正な比率で燃料を噴射することが可能であり、リーン空燃比で安定した燃焼を得ることができる。

【0004】

【特許文献1】特開2003-13784号公報

【特許文献2】特開平11-182283号公報

【特許文献3】特開平5-231221号公報

【特許文献4】特開平11-303669号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記従来の内燃機関では、ポート噴射燃料量と筒内噴射燃料量が、機関サイクル毎に1回、ポート噴射の開始直前に1回算出されるだけである。このため、内燃機関の負荷変化がその算出の後に生じ、或いは検知された場合には、次の機関サイクルまで負荷変化の内容が燃料噴射量に反映されないこととなる。より具体的には、上記従来の内燃機関においては、ポート噴射の直前（吸気行程の開始前）に燃料噴射量が算出された後、現実には吸気となされる段階で負荷（吸入空気量）に変化が生じて、その変化は燃料噴射量には反映されない。

【0006】

内燃機関の負荷変化が燃料噴射量に反映されなければ、内燃機関のトルクにも大きな変化は生じない。この点、上記従来の内燃機関は、負荷変化に対するレスポンスに関して、更なる改善の余地を残すものであった。

【0007】

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、負荷変化に対して優れたレスポンスを実現することのできる内燃機関の燃料噴射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】

【0008】

第1の発明は、上記の目的を達成するため、内燃機関の燃料噴射制御装置であって、内燃機関の運転負荷を検知する運転負荷検知手段と、

ポート噴射用インジェクタと、

筒内噴射用インジェクタと、

前記ポート噴射用インジェクタから噴射すべきポート噴射燃料量と、前記筒内噴射用インジェクタから噴射すべき筒内噴射燃料量の基準値とを、前記運転負荷に基づいて所定の噴射量算出タイミングにおいて算出する噴射量算出手段と、

前記ポート噴射用インジェクタから前記ポート噴射燃料量を噴射させるためのポート噴射を、筒内噴射に先立って開始するポート噴射制御手段と、

前記噴射量算出タイミングの後、筒内噴射により噴射される燃料量を変更し得る反映限界タイミングまでに内燃機関の運転負荷の変化が検知された場合に、その変化に対応する燃料補正量を算出する燃料補正量算出手段と、

前記基準値と前記燃料補正量とに基づいて決められる筒内噴射燃料量を前記筒内噴射用インジェクタから噴射させるための筒内噴射を、前記ポート噴射の開始に遅れて実行する筒内噴射制御手段と、

を備えることを特徴とする。

【0009】

また、第2の発明は、第1の発明において、

前記筒内噴射は、前記基準値がゼロでない値に算出された場合に、その基準値を筒内噴射するための通常筒内噴射を含み、

前記筒内噴射制御手段は、前記通常筒内噴射により噴射される燃料量を変更し得る限界点として前記反映限界タイミングより前の時点に定められた限界タイミング以前に内燃機関の運転負荷の変化が検知された場合に、その変化に対応する前記燃料補正量分だけ、前

10

20

30

40

50

記通常筒内噴射により噴射される燃料量に増減を施す通常筒内噴射量補正手段を含むことを特徴とする。

【0010】

また、第3の発明は、第1または第2の発明において、

前記筒内噴射は、前記基準値がゼロでない値に算出された場合に、その基準値を筒内噴射するための通常筒内噴射を含み、

前記筒内噴射制御手段は、前記通常筒内噴射により噴射される燃料量を変更し得る限界点として前記反映限界タイミングより前の時点に定められた限界タイミングより後、前記反映限界タイミングまでの間に内燃機関の運転負荷の増加が検知された場合に、その増加に対応する前記燃料補正量を、前記通常筒内噴射のための期間の後に筒内噴射する筒内噴射増量手段と、

を含むことを特徴とする。

【0011】

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、前記筒内噴射制御手段は、前記筒内噴射燃料量の基準値がゼロとして算出された後に内燃機関の運転負荷の増加が検知された場合に、その増加に対応する前記燃料補正量を、前記ポート噴射に遅れて筒内噴射するための増加時筒内噴射手段を含むことを特徴とする。

【0012】

また、第5の発明は、第1乃至第4の発明の何れかにおいて、

前記噴射量算出手段は、

内燃機関の負荷の変化状況に基づいて、吸気ポートから筒内に流入する現実の燃料量と、その燃料量の理想値との偏差を推定するポート燃料差推定手段と、

前記偏差が相殺されるように前記筒内噴射燃料量の基準値に増減を施す基準値補正手段と、

を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

第1の発明によれば、ポート噴射用インジェクタと筒内噴射用インジェクタとを備える内燃機関において、噴射量算出タイミングの後に内燃機関の運転負荷が変化した場合に、その変化に対応する燃料補正量を算出することができる。そして、その燃料補正量を筒内噴射燃料量に反映させることにより、負荷の変化を迅速に燃料噴射量に反映させることができる。このため、本発明によれば、内燃機関のレスポンスを高めることができる。

【0014】

第2の発明によれば、内燃機関の運転負荷の変化が、噴射量算出タイミングの後、通常筒内噴射により噴射される燃料量を変更し得る限界タイミング以前に検知された場合に、通常筒内噴射により噴射される燃料量を増減することができる。この場合、運転負荷が増えた場合、および減った場合の双方において、運転負荷の変化を燃料噴射量に反映させることができる。

【0015】

第3の発明によれば、通常筒内噴射により噴射される燃料量を変更し得る限界タイミングより後に内燃機関の運転負荷の増加が検知された場合に、通常筒内噴射の後に、その増加に対応する燃料補正量を筒内噴射することができる。このため、本発明によれば、加速時のレスポンスを高めることができる。

【0016】

第4の発明によれば、噴射量算出タイミングにおいて筒内噴射燃料量の基準値がゼロと算出された場合でも、その後に内燃機関の運転負荷の増加が検知された場合には、その増加に対応する燃料補正量を筒内噴射することができる。このため、本発明によれば、加速時のレスポンスを高めることができる。

【0017】

第5の発明によれば、内燃機関の負荷の変化状況に基づいて、吸気ポートから筒内に流

10

20

30

40

50

入する現実の燃料量と、その燃料量の理想値との偏差を推定することができる。そして、その偏差が相殺されるように筒内噴射燃料量の基準値に増減を施すことができる。この場合、ポート噴射された燃料の輸送遅れに起因する筒内流入燃料量の誤差分を筒内噴射燃料量で補償することができる。このため、本発明によれば、過渡時における燃料噴射量を精度良く制御することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

実施の形態1.

[実施の形態1のシステム構成]

図1は、本発明の実施の形態1の構成を説明するための図である。図1に示すように、本実施形態のシステムは、内燃機関10を備えている。内燃機関10には、吸気ポート12および排気ポート14が連通している。吸気ポート12と内燃機関10の筒内空間との間、および排気ポート14と内燃機関10の筒内空間との間には、それぞれ吸気弁16および排気弁18が配置されている。

【0019】

内燃機関10には、また、点火プラグ20、および筒内噴射用インジェクタ(DInj)22が組み付けられている。点火プラグ20の先端は、筒内空間のほぼ中央に露出している。一方、筒内噴射用インジェクタ22の先端は、筒内空間の中央方向に向けられている。内燃機関10のピストン24には、その上面にキャビティ26が設けられている。筒内噴射用インジェクタ22から、所定のタイミングで燃料が噴射されると、噴射された燃料がキャビティ26の壁面で反射して、点火プラグ20の先端部近傍にガス層を形成する。このため、筒内噴射用インジェクタ22によれば、点火プラグ20の近傍にのみリッチな混合気を発生させて、少ない燃料量で安定燃焼を確保する運転、つまり、いわゆる成層運転を実現することができる。

【0020】

吸気ポート12には、ポート噴射用インジェクタ28が組み付けられている。ポート噴射用インジェクタ28によれば、吸気ポート12の内部に燃料を噴射することができる。そして、吸気ポート12に燃料を噴射すれば、濃度の均質な混合気を筒内に吸入させることができる。本実施形態のシステムは、特定の運転領域において、ポート噴射用インジェクタ28を用いたポート噴射と、筒内噴射用インジェクタ22を用いた筒内噴射とを組み合わせた燃料噴射を行うことにより、少ない燃料で安定した運転を実現することができる。

【0021】

吸気ポート12の上流には、スロットルバルブ30が設けられている。内燃機関10の吸入空気量 G_a は、スロットルバルブ30の開度に応じて増減する。スロットルバルブ30は、アクセルペダル32と連動して作動するため、吸入空気量 G_a は、アクセル操作により調整することができる。

【0022】

図1に示すように、本実施形態のシステムは、ECU(Electronic Control Unit)40を備えている。ECU40には、クランク角センサ42、回転数センサ44およびエアフロメータ46などのセンサが接続されている。ECU40は、それらのセンサ出力に基づいて、内燃機関10のクランク角 CA 、機関回転数 NE 、および吸入空気量 G_a などを検知することができる。ECU40には、また、上述した筒内噴射用インジェクタ22およびポート噴射用インジェクタ28が接続されている。ECU40は、各種センサにより検出した内燃機関10の運転状態に基づいて、適正なポート噴射燃料量、および適正な筒内噴射燃料量が生ずるように、それらのインジェクタ22、28を駆動することができる。

【0023】

[実施の形態1における燃料噴射パターン]

本実施形態のシステムでは、内燃機関10の運転状態に応じて、ポート噴射と筒内噴射を組み合わせた燃料噴射(「ポート・筒内噴射」と称す)や、ポート噴射のみの燃料噴射

10

20

30

40

50

などが適宜選択される。以下、図2を参照して、本実施形態のシステムにおいて用いられる燃料噴射のパターンについて説明する。

【0024】

図2(A)は、噴射量算出タイミングにおいて、ポート・筒内噴射が要求され、その後、ポート噴射期間中に内燃機関10の運転負荷（つまり、吸入空気量 G_a ）の変化が検知された場合の噴射パターンを説明するための図である。図2(A)中に「噴射量算出タイミング」として示す時点は、内燃機関10において、ポート噴射燃料量および筒内噴射燃料量が算出される時点である。

【0025】

本実施形態では、個々の気筒において爆発・膨張行程が開始される直前の所定時点が気筒毎の噴射量算出タイミングと定められている。ECU40は、その時点で、内燃機関10の運転状態に応じた燃料噴射量を算出し、更に、その燃料噴射量が既定のルールでポート噴射と筒内噴射に分配されるように、ポート噴射燃料量と筒内噴射燃料量とを算出する。以下、このタイミングで算出される筒内噴射燃料量を特に「筒内燃料噴射量の基準値」と称することとする。

【0026】

筒内燃料噴射量の基準値は、ポート噴射のみを行うべき領域では、ゼロとして算出されるものとする。図2(A)に示す例は、ポート・筒内噴射を行うべき領域でのパターン例であるため、ここでは、噴射量算出タイミングにおいて、筒内燃料噴射量の基準値がゼロでない値として算出される。

【0027】

図2(A)に示すように、本実施形態のシステムでは、概ね爆発・膨張行程および排気行程行われるべき期間（圧縮上死点から排気上死点までの360CA°の期間）がポート噴射期間として定められている。ECU40は、内燃機関10の運転状態に応じて、そのポート噴射期間中の適当な時点をポート噴射時期と決定する。そして、上記の如く算出されたポート噴射燃料量を、そのポート噴射時期においてポート噴射用インジェクタ28から噴射させる。

【0028】

また、本実施形態のシステムでは、概ね吸入工程が行われるべき期間（排気上死点から吸入下死点までの180CA°の期間）が通常筒内噴射期間として定められている。ECU40は、内燃機関10の運転状態に応じて、その通常筒内噴射期間中の適当な時点を通常筒内噴射時期と決定する。そして、上記の如く算出された筒内燃料噴射量の基準値を筒内噴射用インジェクタ22から噴射させるための通常筒内噴射を、その通常筒内噴射時期において開始する。

【0029】

ECU40は、噴射量算出タイミングの後でも、通常筒内噴射が開始される直前までは、通常筒内噴射により噴射すべき燃料量を補正することができる。以下、その補正が可能な時期の限界点を「限界タイミング」と称す。図2(A)に示す例では、その限界タイミングより早い時期に負荷変化が検知されているため、通常筒内噴射により噴射すべき燃料量を、その負荷の変化に対応させて補正することが可能である。そして、そのような補正を行うこととすれば、噴射量算出タイミングの後に生じた負荷の変化を、今回の機関サイクルで噴射される燃料の総量に反映させることができ、内燃機関10のレスポンスを高め、かつ、空燃比の制御精度を高めることができる。

【0030】

そこで、本実施形態のシステムは、図2(A)に示すように、噴射量算出タイミングの後、限界タイミング以前に内燃機関10の運転負荷が変化した場合には、筒内燃料噴射量の基準値に、その負荷の変化（増減）に応じた増減補正を施すこととした。図2(A)中に「噴射量増量・減量補正」として示したタイミングは、その補正が行われる時期を例示したものである。本実施形態のシステムでは、以上のような補正が行われるため、噴射量算出タイミングの後、限界タイミング以前に検知されるような負荷変化が生じた場合に、

10

20

30

40

50

優れたレスポンスを示すことができ、また、高い空燃比制御精度を維持することができる。

【0031】

通常筒内噴射により噴射される燃料量を補正することによれば、噴射量算出タイミングにおいて算出された総燃料噴射量を増やすことも減らすこともできる。このため、図2（A）に示す噴射パターンによれば、噴射量算出タイミングの後に運転負荷が増加方向に変化しても、また、減少方向に変化しても、当該負荷の変化が生じた機関サイクルにおいて、変化後の負荷に適合する燃料量を噴射することが可能である。従って、図2（A）に示す噴射パターンは、負荷が増加する場合、および減少する場合の双方に対して有用である。

10

【0032】

図2（B）は、噴射量算出タイミングにおいて、ポート・筒内噴射が要求され、その後、通常筒内噴射の開始後（限界タイミングの後）に内燃機関10の運転負荷の増加が検知された場合の噴射パターンを説明するための図である。内燃機関10の負荷変化が、限界タイミングの後に検知された場合は、通常筒内噴射によって噴射される燃料量に、その変化を反映させることはできない。

【0033】

しかしながら、通常筒内噴射は吸入行程中に終了するため、その噴射の終了後、点火が行われるまでには、筒内噴射を再度実行するのに十分な時間が存在する。そして、その時間を利用して再度の筒内噴射を行うこととすれば、当該機関サイクルにおける総燃料噴射量を、噴射量算出タイミングにおいて算出された総燃料量から増量側に補正することは可能である。

20

【0034】

つまり、内燃機関10の負荷が限界タイミングの後に変化した場合であっても、その変化が、点火時期から逆算して筒内噴射が実行可能な時期に検知されたような場合は、その機関サイクルにおける総燃料噴射量を減量側に補正することはできないが、再度の筒内噴射を行うことで、その総燃料噴射量を増量側に補正することは可能である。以下、そのような筒内噴射の実行が可能な時点の限界を「反映限界タイミング」と称す。

【0035】

そこで、本実施形態のシステムは、限界タイミングの後、反映限界タイミング以前に内燃機関の負荷の変化、より具体的には、負荷の増加が認められた場合は、その負荷の増加に見合った燃料補正量を再度の筒内噴射により噴射することとした。以下、このような筒内噴射、つまり、噴射量算出タイミングの後に生じた負荷の増加に見合った燃料補正量をその機関サイクル内で噴射するための筒内噴射を「増加時筒内噴射」と称す。

30

【0036】

図2（B）に示す例では、噴射量算出タイミングにおいてポート・筒内噴射が要求され、その後、吸入行程中に負荷の増加が検知されている。この場合、負荷の増加が反映限界タイミングより前に検知されるため、ECU40は、増加時筒内噴射を行うことができる。図2（B）中に「噴射量増量補正」として示したタイミングは、増加時筒内噴射により噴射すべき補正燃料量をセットするタイミング、つまり、負荷の増加分に見合った補正燃料量をセットするタイミングである。

40

【0037】

また、図2（B）に示すように、本実施形態では、圧縮行程中の所定の期間が、ポート・筒内噴射が要求される機関サイクルでの「増加時筒内噴射期間」として定められている。ECU40は、内燃機関10の運転状態に応じて、その増加時筒内噴射期間中の適当な時点を増加時筒内噴射時期と決定する。そして、その増加時筒内噴射時期において、セット済みの補正燃料量を噴射するべく増加時筒内噴射を実行する。以上の処理によれば、限界タイミングの後、反映限界タイミング以前に内燃機関10の負荷が増えた場合に、その負荷の増加を、今回の機関サイクルで噴射される燃料の総量に反映させることができる。このため、図2（B）に示す噴射パターンによれば、そのような負荷の増加が生じた場合に

50

、優れたレスポンスを実現し、また、優れた空燃比制御精度を維持することができる。

【0038】

図2(C)は、噴射量算出タイミングにおいてポート噴射のみが要求された後、ポート噴射期間中に内燃機関10の運転負荷の増加が検知された場合の噴射パターンを説明するための図である。内燃機関10の負荷変化がこのようなタイミングで検知された場合は、その変化をポート噴射燃料量に反映することはできない。しかしながら、負荷の変化が増加方向に生じている場合は、ポート噴射の後に増加時筒内噴射を行うことで、負荷の増加に見合った補正燃料量を筒内噴射により補うことは可能である。

【0039】

図2(C)中に「噴射量増量補正」として示したタイミングは、検知された負荷の増加分に見合った補正燃料量がセットされるタイミングである。また、図2(C)中に示す「増加時筒内噴射期間」は、実質的には、図2(A)における通常筒内噴射期間と同じ期間である。つまり、本実施形態のシステムは、噴射量算出タイミングにおいてポート噴射のみが要求され、かつ、その後、上述した限界タイミング以前に負荷の増加が検知された場合には、増加時筒内噴射期間が、図2(A)に示す通常筒内噴射期間と同様に設定される。そして、ECU40は、内燃機関10の運転状態に応じて、その増加時筒内噴射期間中の適当な時点を増加時筒内噴射時期と決定して増加時筒内噴射を実行する。

【0040】

以上の処理によれば、噴射量算出タイミングにおいてポート噴射のみが要求され、その後、限界タイミング以前に負荷の増加が検知された場合に、ポート・筒内噴射が要求された場合と同じように、ポート噴射に続けて筒内噴射を行うことができる。このため、図2(C)に示す噴射パターンによれば、ポート噴射のみが要求される状況下で負荷の増加が生じた場合に、優れたレスポンスと、優れた空燃比制御精度とを実現することができる。

【0041】

図2(D)は、噴射量算出タイミングにおいてポート噴射のみが要求された後、吸入行程の途中で運転負荷の増加が検知された場合、換言すると、通常筒内噴射を開始すべき時期の後に運転負荷の増加が検知された場合の噴射パターンを説明するための図である。図2(D)に示すように、この場合は、負荷変化(増加)が検知された直後に、「噴射量増量補正」、つまり、負荷の増加分に見合った補正燃料量のセット処理が行われる。

【0042】

また、この場合は、「噴射量増量補正」が行われた後、反映限界タイミングの直前までの期間が「増加時筒内噴射期間」として設定される。そして、ECU40は、内燃機関10の運転状態に応じて、その増加時筒内噴射期間中の適当な時点を増加時筒内噴射時期と決定して増加時筒内噴射を実行する。

【0043】

以上の処理によれば、噴射量算出タイミングにおいてポート噴射のみが要求され、その後、反映限界タイミング以前に負荷の増加が検知された場合に、ポート噴射燃料量による不足分を筒内噴射で補うことができる。このため、図2(D)に示す噴射パターンによれば、図2(C)に示すパターンの場合と同様、ポート噴射のみが要求される状況下で負荷の増加が生じた場合に、優れたレスポンスと、優れた空燃比制御精度とを実現することができる。

【0044】

[実施の形態1における具体的処理]

ECU40は、図3に示すルーチン、および図4に示すルーチンを実行することで上述した燃料噴射パターンを実現する。以下、それらのルーチンの内容を順に説明する。図3は、ECU40がポート噴射により噴射すべき燃料量、通常筒内噴射により噴射すべき燃料量、および増加時筒内噴射により噴射すべき燃料量を算出するために実行する噴射量算出ルーチンのフローチャートである。

【0045】

図3に示すルーチンは、例えば1msec毎など、所定時間毎に起動される。このルーチン

10

20

30

40

50

が起動されると、先ず、各種のセンサ出力に基づいて、内燃機関10の運転状態、具体的には、機関回転数NEおよび機関負荷が検出される（ステップ100）。次に、現在のタイミングが内燃機関10の行程において如何なるタイミングであるかが検出される。具体的には、現時点における内燃機関10のクランク角CAが検出される（ステップ102）。

【0046】

次いで、検出されたクランク角CAに基づいて、現在のタイミングが噴射量算出タイミング前であるか否かが判別される（ステップ104）。ECU40は、増加時筒内噴射の実行が可能な時点の限界、つまり、反映限界タイミングに相当するクランク角と、噴射量算出タイミングに相当するクランク角とを記憶している。本ステップ104では、現在のクランク角とそれらのクランク角とを比較することで、現在のタイミングが、反映限界タイミ

10

【0047】

上記ステップ104において、「噴射量算出タイミング前」との判別がなされた場合は、次に、現時点での運転状態に適合するポート噴射燃料量と、筒内噴射燃料量（の基準値）とが算出される（ステップ106）。本ステップ106の処理が終了すると、以後、速やかに今回のルーチンが終了される。以上の処理が繰り返し実行されると、噴射量算出タイミングにおいては、ポート噴射燃料量および筒内噴射燃料量の基準値が、その時点での運転状態に適合する値として算出されることとなる。

【0048】

20

図3に示すルーチン中、上記ステップ104において「噴射量算出タイミング前」の判別が否定された場合は、次に、噴射量算出タイミングにおける要求が、ポート噴射のみであったか否かが判別される（ステップ108）。その結果、今回の機関サイクルに対する要求がポート噴射のみでないと判別された場合は、噴射量算出タイミングにおいてポート・筒内噴射が要求されていたと判断することができる。この場合は、次に、現在のタイミングが限界タイミング前であるか否かが判別される（ステップ110）。

【0049】

上記ステップ110において、「限界タイミング前」の判断が肯定された場合は、内燃機関10の負荷変化を通常筒内噴射により噴射する燃料量に反映させ得ると判断できる。この場合、先ず、噴射量算出タイミングでの負荷に対して現在の負荷が増大しているか否

30

【0050】

上記ステップ112において、負荷の増大が認められなかった場合は、次に、噴射量算出タイミングでの負荷に対して現在の負荷が減少しているか否かが判別される（ステップ116）。本ステップ116では、具体的には、スロットル開度に有意な減少が認められる場合に負荷の増大が認められる。負荷の増大が認められた場合は、通常筒内噴射による燃料噴射量が増量補正される（ステップ114）。

【0051】

上記ステップ108において、噴射量算出タイミングにおける要求がポート噴射のみであったと判別された場合、および、上記ステップ110において、現在のタイミングが既に限界タイミングを過ぎていると判別された場合は、それらのステップに続いて、増加時筒内噴射の必要性が判断される。具体的には、噴射量算出タイミングでの負荷（スロットル開度）に対して現在の負荷（スロットル開度）が有意に増大しているか否かが判別される（ステップ120）。

40

【0052】

上記の判別の結果、負荷の増大が認められた場合は、増加時筒内噴射により噴射すべき補正燃料量の演算処理が行われる（ステップ122）。一方、ステップ120において負

50

荷の増大が認められなかった場合は、増加時筒内噴射の実行が不要であると判断され、噴射燃料を増量するための処理が行われることなく、今回のルーチンが終了される。

【0053】

以上説明した噴射量算出ルーチンによれば、噴射量算出タイミングにおいて、その時点の運転状態に適合するポート噴射燃料量、および筒内噴射燃料量の基準値を算出することができる。また、ポート・筒内噴射が要求されている状況下で、限界タイミング以前に負荷の変化が検知された場合は通常筒内噴射により噴射される燃料量に増減を施し（図2（A）参照）、限界タイミング後に負荷の増加が検知された場合は増加時筒内噴射により噴射すべき補正燃料量を算出することができる（図2（B）参照）。更に、ポート噴射のみが要求されている状況下では、噴射量算出タイミング後の負荷の増加に見合った補正燃料量を増加時筒内噴射により噴射すべき燃料として算出することができる（図2（C）および図2（D）参照）。 10

【0054】

図4は、図3に示すルーチンにより算出された燃料量を現実にはポート噴射或いは筒内噴射するためにECU40が実行するルーチンのフローチャートである。図4に示すルーチンは、その処理が終了する毎に繰り返し起動されるルーチンである。このルーチンが起動されると、まず、各種のセンサ出力に基づいて、機関回転数NEおよび機関負荷が検出される（ステップ130）。 20

【0055】

次いで、機関回転数NEおよび機関負荷に基づいて、ポート噴射時期と通常筒内噴射時期とが設定される（ステップ132、134）。次に、現在のクランク角CAに基づいてポート噴射時期が到来したか否かが判別される（ステップ138）。その結果、ポート噴射時期の到来が判定されると、ポート噴射のための処理が実行される（ステップ138）。ここでは、具体的には、図3に示すルーチンにより算出されたポート噴射燃料量が噴射されるようにポート噴射用インジェクタ28を駆動する処理が行われる。 30

【0056】

次に、通常筒内噴射の要求が生じているか否かが判別される（ステップ140）。本ステップ140では、図3に示すルーチンにより、通常筒内噴射で噴射すべき燃料量にゼロでない値が与えられている場合に、つまり、噴射量算出タイミングにおいて算出された筒内噴射燃料量の基準値（上記ステップ106参照）に、ゼロでない値が与えられている場合に、通常筒内噴射の要求が生じていると判断される。 30

【0057】

上記ステップ140において、通常筒内噴射の要求が認められないと判別された場合は、後述するステップ142および144の処理がジャンプされる。一方、通常筒内噴射の要求が認められると判別された場合は、まず、現在のクランク角に基づいて通常筒内噴射時期が到来したか否かが判別される（ステップ142）。 40

【0058】

その結果、通常筒内噴射時期の到来が判定されると、通常筒内噴射により噴射すべき燃料量を筒内噴射用インジェクタ22から噴射させるための処理が実行される（ステップ144）。具体的には、図3に示すルーチン中、上記ステップ106、114および118の何れかで算出された筒内噴射燃料量の最新値を噴射させるべく筒内噴射用インジェクタ22を駆動する処理が行われる。 40

【0059】

図4に示すルーチンでは、次に、増加時筒内噴射の要求が生じているか否かが判別される（ステップ146）。本ステップ146では、図3に示すルーチン中、ステップ122の処理により増加時筒内噴射で噴射すべき燃料量が算出されている場合に増加時筒内噴射の要求が生じていると判断される。 50

【0060】

増加時筒内噴射の要求が認められた場合は、上記ステップ122において算出された補正燃料量を筒内噴射するべく、筒内噴射用インジェクタ22が駆動される（ステップ14 50

8)。一方、増加時筒内噴射の要求が認められないと判別された場合は、現在のクランク角に基づいて、現在のタイミングが反映限界タイミング前であるか否かが判別される（ステップ150）。

【0061】

現在のタイミングが反映限界タイミング前であると判別された場合は、今回の機関サイクル中に増加時筒内噴射の要求が生ずる可能性が残されているため、再び上記ステップ146の処理が実行される。そして、増加時筒内噴射の要求が生ずることなく反映限界タイミングが到来すると、ステップ150の判定が否定され、今回のルーチンが終了される。

【0062】

以上説明したように、図4に示すルーチンによれば、通常筒内噴射の実行が要求されている場合には、ポート噴射に次いで通常筒内噴射を行うことができる。図3に示すルーチンによれば、通常筒内噴射の開始時点では、そこで噴射すべき燃料量に負荷の変動が反映されている。このため、本実施形態のシステムによれば、図2（A）に示す噴射パターンを実現することができる。

10

【0063】

また、本実施形態のシステムによれば、ポート噴射および通常筒内噴射を実行した後、反映限界タイミングが到来するまでに機関負荷の増加が検知されると、その増加に見合った補正燃料量が図3中ステップ120において算出される。そして、このようにして補正燃料量が算出されると、図4に示すルーチンにより、その補正燃料量を噴射するための増加時筒内噴射が実行される。このため、本実施形態のシステムによれば、図2（B）に示す噴射パターンを実現することができる。

20

【0064】

更に、本実施形態のシステムによれば、噴射量算出タイミングにおいてポート噴射のみが要求されていた場合には、図4に示すルーチンにより、通常筒内噴射の必要性が否定され、ポート噴射の後、即座に増加時筒内噴射の必要性を判断し始めることができる。そして、この場合も、反映限界タイミングが到来するまでに機関負荷の増加が検知されると、その増加に見合った補正燃料量が図3中ステップ120において算出され、図4に示すルーチンにより、その補正燃料量を噴射するための増加時筒内噴射を実行することができる。このため、本実施形態のシステムによれば、図2（C）および図2（D）に示す噴射パターンを実現することができる。

30

【0065】

以上説明した通り、本実施形態のシステムによれば、噴射量算出タイミングにおいて要求された噴射パターン、および、その後に負荷の変化が検知されたタイミングに応じて、図2（A）乃至図2（D）に示す噴射パターンを、適宜選択的に実現することができる。その結果、本実施形態のシステムによれば、負荷に変化に対して優れたレスポンスを示し、かつ、常に優れた精度で空燃比を制御することのできる内燃機関10を実現することができる。

【0066】

ところで、上述した実施の形態1においては、内燃機関10の負荷変化が認められた場合に、その負荷変化に見合った補正を燃料噴射量に施し、レスポンスの向上と共に空燃比の制御精度向上をも実現することとしているが、燃料噴射量の補正の仕方はこれに限定されるものではない。例えば、負荷の増加が検出された場合に、レスポンスの向上を重視して、意図的に空燃比をリッチにするような補正を行っても良い。

40

【0067】

尚、上述した実施の形態1においては、ECU40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「運転負荷検知手段」が、上記ステップ106の処理を実行することにより前記第1の発明における「噴射量算出手段」が、上記ステップ138の処理を実行することにより前記第1の発明における「ポート噴射制御手段」が、上記ステップ114、118および122の何れかを実行することにより前記第1の発明における「燃料補正量算出手段」が、上記ステップ144および148の少なくとも一方

50

を実行することにより前記第 1 の発明における「筒内噴射制御手段」が、それぞれ実現されている。

【0068】

また、上述した実施の形態 1 においては、ECU 40 が、上記ステップ 114 および 118 の少なくとも一方を実行することにより前記第 2 の発明における「通常筒内噴射量補正手段」が、上記ステップ 122 の処理実行することにより前記第 3 の発明における「筒内噴射増量手段」が、それぞれ実現されている。

【0069】

また、上述した実施の形態 1 においては、噴射量算出タイミングにおいてポート噴射のみが要求されている状況下で、ECU 40 が、上記ステップ 122 の処理を実行することにより前記第 4 の発明における「増加時筒内噴射手段」が実現されている。

【0070】

実施の形態 2.

次に、図 5 および図 6 を参照して、本発明の実施の形態 2 について説明する。本実施形態のシステムは、実施の形態 1 の場合と同様のハードウェア構成を有している。つまり、本実施形態のシステムは、実施の形態 1 の場合と同様に、筒内噴射用インジェクタ 22 とポート噴射用インジェクタ 28 の双方を備えている。

【0071】

[実施の形態 2 の特徴]

内燃機関 10 において、ポート噴射用インジェクタ 28 から噴射された燃料は、ある程度の輸送遅れを伴って筒内に吸入される。このため、機関負荷の変化に対して、ポート噴射燃料量を増減させても、吸気ポート 12 から筒内に流入する燃料量には、その増減が即座には反映されない。その結果、負荷が増大する過渡時においては、吸気ポート 12 から筒内に流入する燃料量が理想値に対して不足する減少が生じ、一方、負荷が減少する過渡時においては、吸気ポート 12 から筒内に流入する燃料量が理想値に対して過剰となる減少が生ずる。

【0072】

これに対して、筒内噴射用インジェクタ 22 から噴射される燃料は、輸送遅れを伴うことなく筒内に提供される。このため、吸気ポート 12 から筒内に流入する燃料量が不足する場合に、その不足分を補うように筒内噴射燃料量を増量し、また、吸気ポート 12 から筒内に流入する燃料量が過剰となる場合に、その過剰分が相殺されるように筒内噴射燃料量を減量することとすれば、過渡時においても、機関サイクル毎の総燃料噴射量を理想的な値に制御することが可能である。

【0073】

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用いられる筒内噴射燃料量の算出手法を説明するためのタイミングチャートである。より具体的には、図 5 (A) は負荷変化に対応する総噴射量の要求値の波形を示す。また、図 5 (B) は、その要求値の変化に対するポート噴射量の波形を示す。そして、図 5 (C) は、総噴射量の要求値の変化に追従して筒内噴射量に生ずるべき変化（破線）と、その変化に、更に燃料の輸送遅れの影響を排除するための補正燃料量を重畳させた場合の波形（実線）とを示す。

【0074】

吸気ポート 12 から筒内に流入する燃料量には、総噴射量の要求値が変化した直後において最も大きく輸送遅れの影響が生ずる。そして、輸送遅れの影響は、その変化が生じた後時間が経過するに伴って小さくなる。このため、本実施形態のシステムは、図 5 (B) に示すように、総噴射量の要求値に変化が生じた時点で筒内噴射量に最大の補正燃料量を重畳させ、その後、時間の経過に伴って、その補正燃料量を徐々に小さくすることとしている。

【0075】

[実施の形態 2 における具体的処理]

図 6 は、上記の機能を実現するために、本実施形態において ECU 40 が実行する一連の

処理のフローチャートである。ここに示す一連の処理は、図 3 に示すルーチンにおいて、ステップ 106 の処理に代えて実行されるべき処理である。すなわち、図 6 に示す処理は、図 3 に示すルーチン中、ステップ 104 において、現在のタイミングが「噴射量算出タイミング前」であると判別された場合に実行されるべき処理である。

【0076】

図 6 に示す一連の処理では、まず、現時点での運転状態に基づいて、総噴射量要求値が算出され、更に、その要求値を所定の比率で分配することにより、ポート噴射燃料量 Q_P と、筒内噴射燃料量の基準値 Q_{DB} とが算出される（ステップ 160）。次に、前回のルーチンで算出された総噴射量要求値に対して、今回算出された総噴射量要求値に急増が生じているか（所定値以上の増加が認められるか）が判別される（ステップ 162）。 10

【0077】

その結果、総噴射量要求値の急増が認められた場合は、機関負荷が急増したことを表すべく、要求増フラグがONとされる一方、要求減フラグがOFFとされる（ステップ 164）。この場合、更に、過渡期の始点であることに対応させて、補正カウンタCがクリアされる（ステップ 166）。

【0078】

これに対して、上記ステップ 162 の判別が否定された場合は、次に、前回のルーチンで算出された総噴射量要求値に対して、今回算出された総噴射量要求値に急減が生じているか（所定値以上の減少が認められるか）が判別される（ステップ 168）。その結果、総噴射量要求値の急減が認められた場合は、機関負荷が急減したことを表すべく、要求減 20
フラグがONとされる一方、要求増フラグがOFFとされる（ステップ 170）。更に、この場合も、過渡期の始点であることから、補正カウンタCをクリアすべく、上記ステップ 166 の処理が実行される。

【0079】

一方、上記ステップ 168 において、総噴射要求量に急減が認められないと判別された場合は、要求増フラグおよび要求減フラグの状態が、並びに補正カウンタCの計数値が維持されたまま、ステップ 172 以降の処理が行われる。ステップ 172 では、補正カウンタCの計数値がインクリメントされる。以上の処理によれば、補正カウンタCには、総噴射要求量に急激な変化が生じた後の経過時間が計数されることになる。

【0080】

図 6 に示す処理では、次に、ポート噴射された燃料の輸送遅れの影響を排除するための輸送遅れ補正值 $\Delta Q(c)$ が算出される（ステップ 174）。輸送遅れ補正值 $\Delta Q(c)$ は、総噴射要求量に生じた変化の大きさと、補正カウンタCとの関数である。具体的には、ECU 40 は、補正カウンタCの計数値が「1」であるタイミング、つまり、上記ステップ 162 および 168 において総噴射要求値の急変が判別された直後のタイミングでは、そこで検知された要求値の変化の大きさに基づいて輸送遅れ補正值 $\Delta Q(c)$ の初期値を算出する。この初期値は、要求値の変化が大きいほど大きな値とされる。 30

【0081】

ECU 40 は、また、補正カウンタCに「1」より大きな値が計数されている場合は、本ステップ 174 において、上記の初期値に減衰係数 k を掛け合わせるにより輸送遅れ補 40
正值 $\Delta Q(c)$ を算出する。減衰係数 k は、その初期値が「1.0」であり、下限値「0」に達するまで、補正カウンタCの増加に伴ってほぼ一定の割合で小さな値に更新される。その結果、輸送遅れ補正值 $\Delta Q(c)$ は、総噴射量要求値に急激な変化が生じた後、時間の経過に伴って徐々に「0」まで減少する。

【0082】

輸送遅れ補正值 $\Delta Q(c)$ が算出されると、次に、要求増フラグがONであるか否かが判別される（ステップ 176）。要求増フラグがONであると判別された場合は、輸送遅れの影響が、筒内に流入する燃料を不足させる方向に生じていると判断できる。このため、この場合は、筒内噴射量基準値 Q_{DB} に、輸送遅れ補正值 $\Delta Q(c)$ を加えた値が、通常筒内噴射により噴射されるべき燃料量 Q_D として算出される（ステップ 178）。 50

【0083】

一方、上記ステップ176の処理により、要求増フラグがONでないと判別された場合は、輸送遅れの影響が、筒内に流入する燃料を過剰とする方向に働いていると判断できる。このため、この場合は、筒内噴射量基準値 Q_{DB} から輸送遅れ補正值 $\Delta Q(c)$ を減じた値が、通常筒内噴射により噴射されるべき燃料量 Q_D として算出される（ステップ178）。

【0084】

本実施形態のシステムでは、図6に示す手順で算出された値が、ポート噴射により噴射すべき燃料量（ポート噴射燃料量）、および通常筒内噴射により噴射すべき燃料量（筒内噴射燃料量の基準値）として取り扱われる（図3参照）。そして、以上説明した通り、図6に示す一連の処理によれば、ポート噴射された燃料の輸送遅れの影響を相殺するように、つまり、図5（C）中の実線に沿った値となるように、筒内噴射燃料量の基準値が算出される。このため、本実施形態のシステムによれば、実施の形態1のシステムが有する効果に加えて、燃料の輸送遅れに起因する噴射量制御の精度悪化を有効に阻止し得るという効果をも得ることができる。

10

【0085】

尚、上述した実施の形態2においては、ECU40が、上記ステップ174の処理を実行することにより前記第5の発明における「ポート燃料差推定手段」が、上記ステップ178および180の処理を実行することにより前記第5の発明における「基準値補正手段」が、それぞれ実現されている。

【図面の簡単な説明】

20

【0086】

【図1】本発明の実施の形態1の構成を説明するための図である。

【図2】本発明の実施の形態1のシステムにおいて用いられる燃料噴射のパターンを説明するための図である。

【図3】本発明の実施の形態1において実行される噴射量算出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1において実行される燃料噴射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2における筒内噴射燃料量の算出手法を説明するためのタイミングチャートである。

30

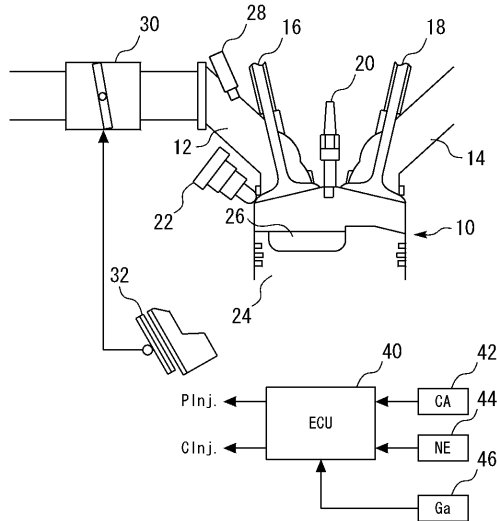
【図6】本発明の実施の形態2において、図3におけるステップ106に代えて実行される一連の処理を説明するためのフローチャートである。

【符号の説明】

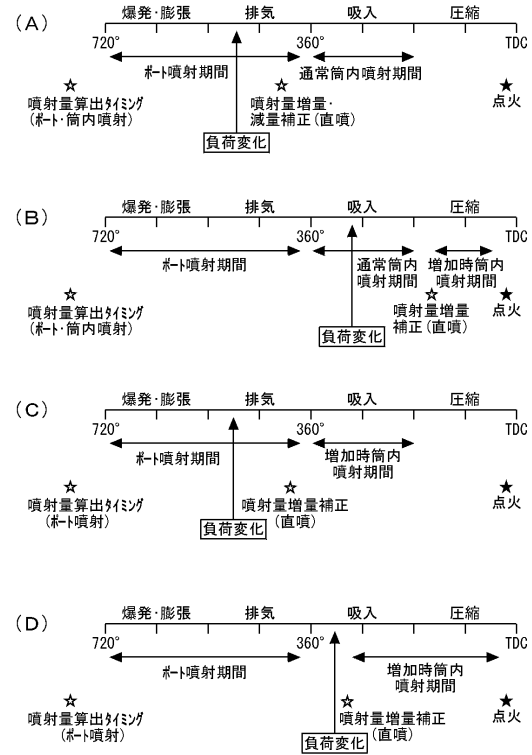
【0087】

- 10 内燃機関
- 12 吸気ポート
- 22 筒内噴射用インジェクタ
- 28 ポート噴射用インジェクタ
- 40 ECU(Electronic Control Unit)

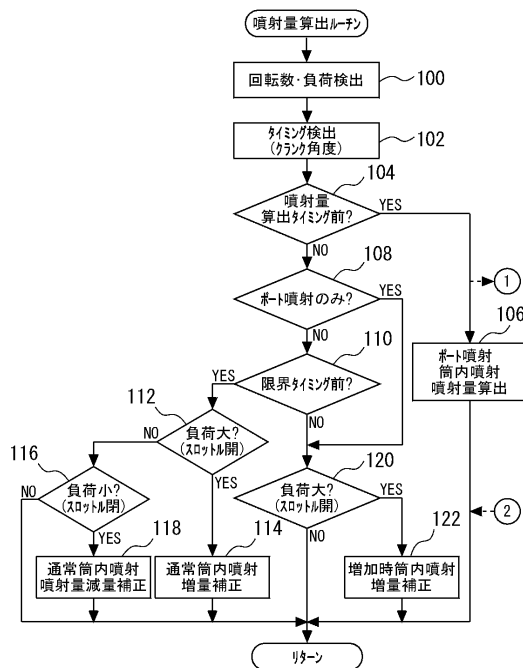
【図 1】



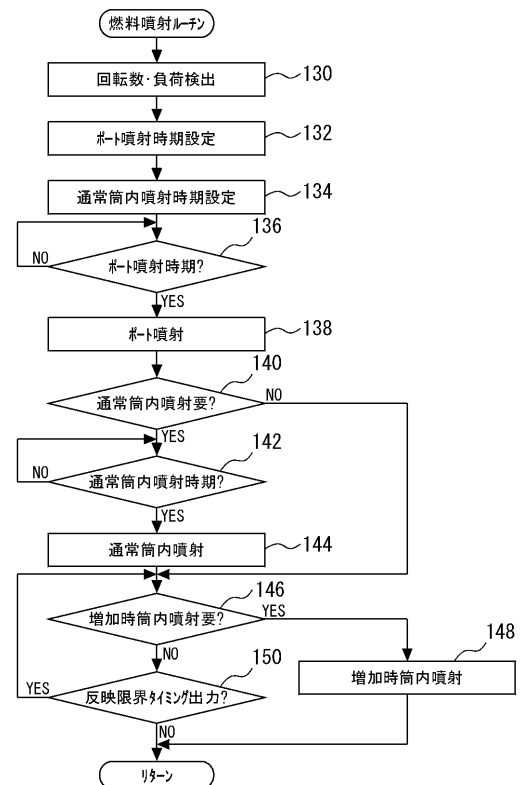
【図 2】



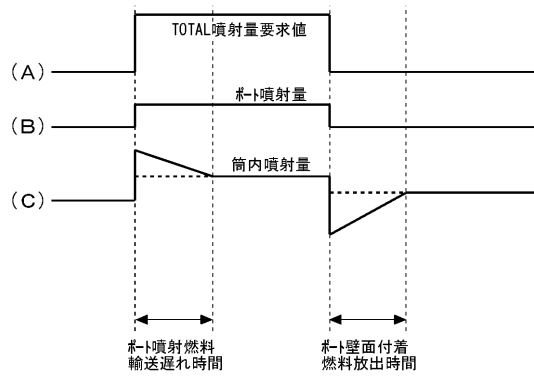
【図 3】



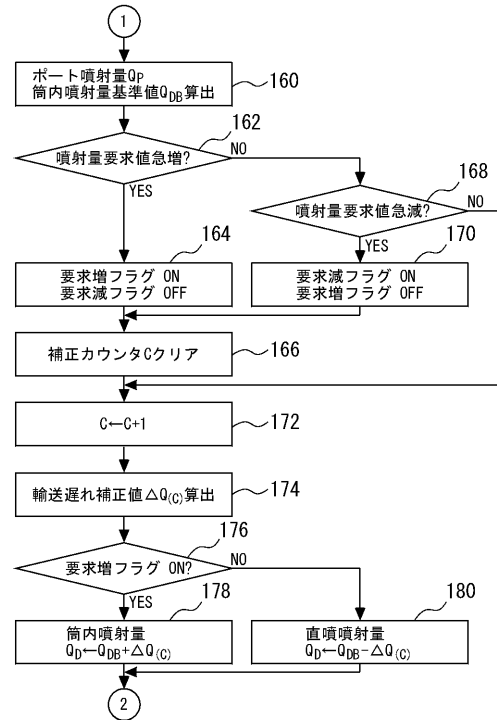
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 M 63/00 P

(72)発明者 能川 真一郎
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 羽島 孝志
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 有賀 信

(56)参考文献 特開平04-203335 (JP, A)
特開平02-119656 (JP, A)
特開2003-013784 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 2 D 41/00-41/40
F 0 2 M 39/00-71/04