

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4353220号
(P4353220)

(45) 発行日 平成21年10月28日 (2009.10.28)

(24) 登録日 平成21年8月7日 (2009.8.7)

(51) Int.Cl.

F I

F O 2 D 41/14 (2006.01)

F O 2 D 41/14 3 3 0 C

F O 2 D 45/00 (2006.01)

F O 2 D 45/00 3 6 8 C

F O 2 D 41/40 (2006.01)

F O 2 D 41/40 N

F O 2 D 21/08 (2006.01)

F O 2 D 45/00 3 0 1 C

F O 2 M 25/07 (2006.01)

F O 2 D 45/00 3 4 0 C

請求項の数 13 (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-232654 (P2006-232654)
 (22) 出願日 平成18年8月29日 (2006.8.29)
 (65) 公開番号 特開2008-57357 (P2008-57357A)
 (43) 公開日 平成20年3月13日 (2008.3.13)
 審査請求日 平成20年8月27日 (2008.8.27)

(73) 特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (74) 代理人 100121821
 弁理士 山田 強
 (72) 発明者 原口 寛
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 (72) 発明者 森本 洋平
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 (72) 発明者 星 真弥
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内

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】

圧縮着火式の多気筒内燃機関の一部の気筒の燃焼室内の圧力を検出する検出手段の検出結果に基づき該内燃機関の燃料噴射弁を操作することで、各気筒における着火時期を目標着火時期に制御する内燃機関の燃料噴射制御装置において、

前記一部の気筒における前記検出手段による検出結果に基づき前記一部の気筒の噴射時期を操作することで、該検出結果に基づき算出される着火時期を目標着火時期にフィードバック制御する一部気筒着火時期制御手段と、

前記一部気筒着火時期制御手段による制御時、前記一部の気筒における燃焼によって生成されるトルクに他の気筒における燃焼によって生成されるトルクを一致させるように前記他の気筒の噴射時期を操作することで、前記他の気筒の着火時期を前記一部の気筒の着火時期と一致するように制御する他気筒着火時期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】

前記噴射時期の微小変化よりも噴射量の微小変化の方が前記内燃機関の出力トルクの変化に支配的な影響を及ぼす運転条件下、各気筒における燃焼によって生成されるトルクを互いに近似させるように気筒毎に実際に噴射される燃料量を補正する噴射量学習値を学習する噴射量学習手段を更に備え、

前記一部気筒着火時期制御手段による制御及び前記他気筒着火時期制御手段による制御に際し、前記燃料噴射弁の操作量のうちの噴射量と相関を有する操作量に前記噴射量学習

値を反映させる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】

前記他気筒着火時期制御手段は、前記一部の気筒における燃焼によって生成されるトルクの変動量よりも前記他の気筒のうち燃焼によって生成されるトルクの変動量が所定以上大きくなる気筒について、前記噴射時期を所定量進角側に操作することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 4】

前記他気筒着火時期制御手段による前記他の気筒の噴射時期の操作に基づき、前記他の気筒の着火時期を前記一部の気筒の着火時期と一致させるための噴射時期学習値を学習する他気筒着火時期学習手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

10

【請求項 5】

前記他気筒着火時期学習手段は、前記噴射時期の微小変化の方が噴射量の微小変化よりも前記内燃機関の出力トルクの変化に支配的な影響を及ぼす運転領域に入ってから、該運転領域に入ってから所定時間経過後に前記学習を行うことを特徴とする請求項 4 記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 6】

前記一部の気筒着火時期制御手段による前記一部の気筒の噴射時期の操作に基づき、前記一部の気筒の着火時期を前記目標着火時期と一致させるための噴射時期学習値を学習する一部の気筒着火時期学習手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

20

【請求項 7】

前記一部の気筒着火時期学習手段は、前記噴射時期の微小変化の方が噴射量の微小変化よりも前記内燃機関の出力トルクの変化に支配的な影響を及ぼす運転領域に入ってから、該運転領域に入ってから所定時間経過後に前記学習を行うことを特徴とする請求項 6 記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 8】

前記各気筒の着火時期を前記目標着火時期とすべく、前記内燃機関の運転領域毎に、噴射時期と相関を有する前記燃料噴射弁のフィードフォワード操作量を設定する設定手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

30

【請求項 9】

前記他気筒着火時期制御手段による前記他の気筒の噴射時期の操作についての前記一部の気筒の噴射時期からの許容ずれ量を、進角側への許容ずれ量の方が遅角側への許容ずれ量よりも大きく設定したことを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 10】

前記多気筒内燃機関は、排気通路内の排気を吸気通路に還流させる排気還流通路を備え、

前記一部の気筒が単一の気筒であって且つ、該単一の気筒は、前記還流される排気の流入量が最も多い気筒であることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

40

【請求項 11】

前記多気筒内燃機関は、排気通路内の排気を吸気通路に還流させる排気還流通路を備え、

前記一部の気筒が複数の気筒であって且つ、該複数の気筒は、前記還流される排気の流入態様が互いに異なる度合いが最も大きくなるように選択されてなることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 12】

前記内燃機関の出力トルクを、各気筒における燃料噴射に伴う前記内燃機関の出力軸の

50

回転上昇量に基づき算出するトルク算出手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれかに記載の内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 13】

前記他気筒着火時期制御手段による制御は、前記噴射時期の微小変化に対する前記内燃機関の出力トルクの変化が所定以上となる運転領域において行われることを特徴とする請求項 1 ~ 12 のいずれかに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、圧縮着火式の多気筒内燃機関の一部の気筒の燃焼室内の圧力を検出する検出手段の検出結果に基づき該内燃機関の燃料噴射弁を操作することで、各気筒における着火時期を目標着火時期に制御する内燃機関の燃料噴射制御装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

例えば下記特許文献 1 に見られるように、排気通路から吸気通路へと還流される排気 (EGR) 量が最も多い気筒にのみ燃焼室内の圧力を検出する筒内圧センサを備え、これに基づき全気筒の噴射開始時期を操作する制御装置が周知である。ここでは、EGR 量が多い気筒は燃焼が不安定化しやすいことに鑑みて、EGR 量が最も多い気筒にのみ筒内圧センサを設けている。これにより、燃焼が最も不安定化しやすい気筒について筒内圧センサの検出結果に基づき着火時期を直接把握することができ、ひいては、全気筒に筒内圧センサを備えることを回避しつつも、失火が生じることのないように全気筒の噴射時期を操作することができる。

20

【0003】

ただし、上記制御装置では、内燃機関の経年変化等により気筒毎の EGR 量の流入態様などが変化すると、上記態様にて全気筒の噴射時期を操作したのでは、気筒によってはその噴射時期が適切なものとならない事態が生じ得る。そして、噴射時期が適切なものとならない気筒が存在すると、内燃機関の排気特性が悪化したり、同内燃機関が搭載される車両のドライバビリティが低下したりする。

【特許文献 1】特許第 3331987 号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、圧縮着火式の多気筒内燃機関の一部の気筒の燃焼室内の圧力を検出する検出手段の検出結果に基づき、全気筒の噴射時期を適切に操作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にある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

以下、上記課題を解決するための手段、及びその作用効果について記載する。

【0006】

40

請求項 1 記載の発明は、前記一部の気筒における前記検出手段による検出結果に基づき前記一部の気筒の噴射時期を操作することで、該検出結果に基づき算出される着火時期を目標着火時期にフィードバック制御する一部気筒着火時期制御手段と、前記一部気筒着火時期制御手段による制御時、前記一部の気筒における燃焼によって生成されるトルクに他の気筒における燃焼によって生成されるトルクを一致させるように前記他の気筒の噴射時期を操作することで、前記他の気筒の着火時期を前記一部の気筒の着火時期と一致するように制御する他気筒着火時期制御手段とを備えることを特徴とする。

【0007】

上記構成では、一部の気筒については、検出手段の検出結果から着火時期を算出することができる。このため、この算出される着火時期を目標着火時期にフィードバック制御す

50

ることができる。これに対し、他の気筒については、着火時期を直接的に把握することはできない。しかし、一部の気筒においては実際の着火時期を目標着火時期に制御できているにもかかわらず、他の気筒においては実際の着火時期が目標着火時期から離間しているときには、これら一部の気筒における燃焼によって生成されるトルクと他の気筒における燃焼によって生成されるトルクとの間にずれが生じる。上記構成では、この点に鑑み、一部気筒着火時期制御手段による制御時、一部の気筒における燃焼によって生成されるトルクに他の気筒における燃焼によって生成されるトルクを一致させるように他の気筒の噴射時期を操作する。これにより、これらトルクが一致するときには、他の気筒の着火時期も目標着火時期と一致すると考えられる。したがって、上記構成では、圧縮着火式の多気筒内燃機関の一部の気筒の燃焼室内の圧力を検出する検出手段の検出結果に基づき、全気筒の噴射時期を適切に操作することができる。

10

【0008】

請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記噴射時期の微小変化よりも噴射量の微小変化の方が前記内燃機関の出力トルクの変化に支配的な影響を及ぼす運転条件下、各気筒における燃焼によって生成されるトルクを互いに近似させるように気筒毎に実際に噴射される燃料量を補正する噴射量学習値を学習する噴射量学習手段を更に備え、前記一部気筒着火時期制御手段による制御及び前記他気筒着火時期制御手段による制御に際し、前記燃料噴射弁の操作量のうちの噴射量と相関を有する操作量に前記噴射量学習値を反映させることを特徴とする。

【0009】

20

上記構成では、噴射時期の微小変化よりも噴射量の微小変化の方が前記内燃機関の出力トルクの変化に支配的な影響を及ぼす運転条件下において、出力トルクに基づき噴射量学習値を学習するために、噴射量学習値を適切に学習することができる。そして、一部気筒着火時期制御手段による制御及び他気筒着火時期制御手段による制御に際し、噴射量学習値を燃料噴射弁の操作量のうちの噴射量と相関を有する操作量に反映させる。これにより、着火時期の制御に際して、燃焼によって生成されるトルクの気筒間のばらつきの要因を、着火時期の制御に特定することができる。このため、出力トルクに基づく着火時期の制御を好適に行うことができる。

【0010】

請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の発明において、前記他気筒着火時期制御手段は、前記一部の気筒における燃焼によって生成されるトルクの変動量よりも前記他の気筒のうち燃焼によって生成されるトルクの変動量が所定以上大きくなる気筒について、前記噴射時期を所定量進角側に操作することを特徴とする。

30

【0011】

検出手段の装着される一部の気筒におけるトルク変動量に対する検出手段の装着されない他気筒におけるトルク変動量が所定以上大きいということは、トルク変動量の大きい気筒において燃焼が不安定化しており、失火の可能性が高いことを意味する。ここで、上記構成では、こうした状況下、失火の生じにくい進角側に噴射時期を操作することで、失火の生じる可能性を好適に回避することができる。

【0012】

40

請求項4記載の発明は、請求項1～3のいずれかに記載の発明において、前記他気筒着火時期制御手段による前記他の気筒の噴射時期の操作に基づき、前記他の気筒の着火時期を前記一部の気筒の着火時期と一致させるための噴射時期学習値を学習する他気筒着火時期学習手段を更に備えることを特徴とする。

【0013】

上記構成では、噴射時期学習値を学習するために、他気筒着火時期制御手段による制御に際して噴射時期学習値を用いることができ、ひいては迅速に着火時期を制御することができる。

【0014】

請求項5記載の発明は、請求項4記載の発明において、前記他気筒着火時期学習手段は

50

、前記噴射時期の微小変化の方が噴射量の微小変化よりも前記内燃機関の出力トルクの変化に支配的な影響を及ぼす運転領域に入ってから所定時間経過後に前記学習を行うことを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

上記構成では、噴射時期の微小変化の方が出力トルクの変化に支配的な影響を及ぼす運転領域において噴射時期学習値の学習を行うために、出力トルクの気筒間ばらつきの要因を、着火時期に特定することができる。このため、出力トルクに基づき、噴射時期学習値を好適に学習することができる。しかも、上記構成では、上記運転領域に入ってから所定時間経過後に学習を行うために、過渡的な状態で学習することによる誤学習を好適に回避することができる。

10

【 0 0 1 6 】

請求項 6 記載の発明は、請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の発明において、前記一部気筒着火時期制御手段による前記一部の気筒の噴射時期の操作に基づき、前記一部の気筒の着火時期を前記目標着火時期と一致させるための噴射時期学習値を学習する一部気筒着火時期学習手段を更に備えることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

上記構成では、噴射時期学習値を学習するために、一部気筒着火時期制御手段による制御に際して噴射時期学習値を用いることができ、ひいては迅速に着火時期を制御することができる。

【 0 0 1 8 】

20

請求項 7 記載の発明は、請求項 6 記載の発明において、前記一部気筒着火時期学習手段は、前記噴射時期の微小変化の方が噴射量の微小変化よりも前記内燃機関の出力トルクの変化に支配的な影響を及ぼす運転領域に入ってから所定時間経過後に前記学習を行うことを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

上記構成では、噴射時期の微小変化の方が出力トルクの変化に支配的な影響を及ぼす運転領域において噴射時期学習値の学習を行うために、出力トルクの気筒間ばらつきの要因を、着火時期に特定することができる。このため、出力トルクに基づき、噴射時期学習値を好適に学習することができる。しかも、上記構成では、上記運転領域に入ってから所定時間経過後に学習を行うために、過渡的な状態で学習することによる誤学習を好適に回避することができる。

30

【 0 0 2 0 】

請求項 8 記載の発明は、請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の発明において、前記各気筒の着火時期を前記目標着火時期とすべく、前記内燃機関の運転領域毎に、噴射時期と相関を有する前記燃料噴射弁のフィードフォワード操作量を設定する設定手段を更に備えることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

上記構成では、フィードフォワード操作量を備えるために、噴射時期を目標着火時期に迅速に追従させることが可能となる。

【 0 0 2 2 】

40

請求項 9 記載の発明は、請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の発明において、前記他気筒着火時期制御手段による前記他の気筒の噴射時期の操作についての前記一部の気筒の噴射時期からの許容ずれ量を、進角側への許容ずれ量の方が遅角側への許容ずれ量よりも大きく設定したことを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

内燃機関が消耗すると、ピストン及びシリンダ内壁間のクリアランスが増加する。このため、圧縮着火式の内燃機関にあっては、内燃機関の経年変化によりピストンの上昇に伴う燃焼室内の圧力が低下するため、燃焼が不安定化する。換言すれば、失火が生じやすくなる。この点、上記構成では、一部気筒の噴射時期からの進角側への許容ずれ量を大きくすることで、経年変化にかかわらず、失火を好適に抑制することができる。また、遅角側

50

への許容ずれ量を小さくすることで、過度の遅角による失火の発生を好適に抑制することができる。

【 0 0 2 4 】

請求項 1 0 記載の発明は、請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の発明において、前記多気筒内燃機関は、排気通路内の排気を吸気通路に還流させる排気還流通路を備え、前記一部の気筒が単一の気筒であって且つ、該単一の気筒は、前記還流される排気の流入量が最も多い気筒であることを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

還流される排気（EGRガス）の流入量が最も多い気筒は、燃焼が不安定化する可能性が最も高い気筒である。換言すれば、失火の可能性が最も高い気筒である。この点、上記構成では、こうした気筒に検出手段を設けることで、燃焼状態を直接監視することができ、ひいては、燃焼が不安定となることを好適に抑制することができる。

10

【 0 0 2 6 】

請求項 1 1 記載の発明は、請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の発明において、前記多気筒内燃機関は、排気通路内の排気を吸気通路に還流させる排気還流通路を備え、前記一部の気筒が複数の気筒であって且つ、該複数の気筒は、前記還流される排気の流入態様が互いに異なる度合いが最も大きくなるように選択されてなることを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

上記構成では、任意の他の気筒への還流される排気（EGRガス）の流入態様を、一部の気筒のいずれかにおけるEGRガスの流入態様に極力近似させることができる。このため、他気筒着火時期制御手段によって一部の気筒のうち上記流入態様が最も近似するものにおけるトルクと一致させるように噴射時期を操作することで、着火時期を目標着火時期により高精度に制御することができる。

20

【 0 0 2 8 】

請求項 1 2 記載の発明は、請求項 1 ~ 1 1 のいずれかに記載の発明において、前記内燃機関の出力トルクを、各気筒における燃料噴射に伴う前記内燃機関の出力軸の回転上昇量に基づき算出するトルク算出手段を更に備えることを特徴とする。

【 0 0 2 9 】

上記構成では、出力軸の回転上昇量に基づき出力トルクを算出するために、トルクセンサ等のハードウェアを新たに設けることなく、上記出力トルクに基づく各種処理を行うことができる。

30

【 0 0 3 0 】

請求項 1 3 記載の発明は、請求項 1 ~ 1 2 のいずれかに記載の発明において、前記他気筒着火時期制御手段による制御は、前記噴射時期の微小変化に対する前記内燃機関の出力トルクの変化が所定以上となる運転領域において行われることを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

上記構成では、噴射時期の微小変化によって内燃機関の出力トルクが顕著に変化する領域において他気筒着火時期制御手段による制御がなされるために、他気筒の着火時期の制御を好適に行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【 0 0 3 2 】

（第 1 の実施形態）

以下、本発明にかかる内燃機関の燃料噴射制御装置を車載ディーゼル機関の燃料噴射制御装置に適用した第 1 の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 3 3 】

図 1 に、本実施形態にかかるエンジンシステムの全体構成を示す。

【 0 0 3 4 】

図示されるように、ディーゼル機関 1 0 の吸気通路 1 2 の上流には、エアクリーナ 1 4 、エアフローメータ 1 5 、クーラ 1 6 、スロットルバルブ 1 8 等が設けられている。そして、吸気通路 1 2 は、各気筒（ここでは、1 番気筒 # 1 ~ 4 番気筒 # 4 の 4 気筒を例示）

50

の燃焼室 20 と連通可能とされている。これら燃焼室 20 には、コモンレール 22 に蓄えられた高压の燃料が燃料噴射弁 24 を介して噴射される。これにより、燃焼室 20 内の燃料と空気との混合気が燃焼に供され、ディーゼル機関 10 の回転力が生成される。なお、4 番気筒 # 4 の燃焼室 20 には、その圧力を検出する筒内圧センサ 21 が設けられている。

【0035】

一方、燃焼に供された空気である排気は、排気通路 26 に排出される。排気通路 26 には、酸化触媒 28 や、窒素酸化物 (NOx) を吸蔵及び還元するための NOx 吸蔵還元触媒 30 が設けられている。

【0036】

上記吸気通路 12 と排気通路 26 とには、可変ノズル式ターボチャージャ 36 が設けられている。また、吸気通路 12 と排気通路 26 とには、これらを連通可能とする排気還流通路 (EGR 通路 38) が設けられており、吸気通路 12 と EGR 通路 38 との間の流路面積が EGR バルブ 40 によって調節可能となっている。

【0037】

上記エンジンシステムは、更に、ディーゼル機関 10 のクランク軸の回転角度を検出するクランク角センサ 42 等、ディーゼル機関 10 の運転状態を検出する各種センサを備えている。また、エンジンシステムは、アクセルペダルの操作量を検出するアクセルセンサ 44 等、ユーザによる要求を検出する各種センサを備えている。

【0038】

電子制御装置 (ECU 50) は、中央処理装置や、常時記憶保持メモリ 52 等を備えて構成されている。ここで、常時記憶保持メモリ 52 は、イグニッションスイッチ (ECU 50 の電源スイッチ) の状態にかかわらず常時給電状態が保持されるバックアップ RAM や、給電の有無にかかわらず常時データを保持する不揮発性メモリ等、上記電源スイッチの状態にかかわらずデータを保持する記憶装置である。

【0039】

ECU 50 は、ディーゼル機関 10 の運転状態やユーザの要求を検出する各種センサの検出値に基づき、燃料噴射弁 24 等の各種アクチュエータを操作することで、ディーゼル機関 10 の出力特性 (出力トルク、排気特性) を制御する。特に、ECU 50 は、出力特性を制御すべく、燃料噴射量や燃料噴射時期を操作する燃料噴射制御を行う。例えば、クランク角センサ 42 の検出値に基づく回転速度とアクセルセンサ 44 によって検出されるアクセルペダルの操作量とに基づき、ディーゼル機関 10 の要求噴射量を算出し、これに基づき燃料噴射弁 24 を操作することで、出力トルクをアクセルペダルの操作量に応じた要求トルクに制御する。ただし、この際には、燃料噴射弁 24 の個体差や経年変化に起因する噴射特性のばらつきのために、燃料噴射弁 24 に対する噴射量の指令値 (指令噴射量) を同一としても、実際の噴射量が同一とはならないおそれがある。そこで ECU 50 では、噴射特性のずれを学習することで同ずれを補償するいわゆる学習制御を行う。

【0040】

また、燃料噴射制御に際しては、ディーゼル機関 10 の排気特性を制御する必要もある。排気特性の制御は、着火時期の制御によって行うことができる。ここで、着火時期は、噴射時期の操作によって制御可能であるが、噴射時期の変化に対する着火時期の変化は、燃焼制御態様に依存して大きく異なる。図 2 に、本実施形態における燃焼制御態様を示す。図示されるように、本実施形態では、回転速度と負荷 (トルク、噴射量等) とに応じて、燃焼制御態様を切り替える。ここで、通常燃焼領域では、燃料に対して新気が過剰な状態で燃焼を行う燃焼形態である通常燃焼を行う。ここでは、燃焼室 20 に充填される気体に占める EGR 量の割合 (以下、EGR 率) は、所定割合 (例えば「30%」) 以下とされている。また、予混合 / 低温燃焼領域では、EGR 量を過剰にする燃焼形態である低温燃焼等を行う。ここでは、EGR 率は、上記通常燃焼領域よりも多い所定割合 (例えば「40 ~ 50」%) とされている。また、リッチ燃焼領域は、空燃比が所定値 (例えば「14.5」) 以下のリッチな状態で燃焼を行う燃焼形態であるリッチ燃焼を行う。

【 0 0 4 1 】

上記リッチ燃焼は、例えばNOx吸蔵還元触媒30のリッチパージ（NOx吸蔵還元触媒30をリッチ雰囲気にして、吸蔵したNOxを還元すること）時に時々数秒～数十秒程度の時間に限って行われる。このリッチ燃焼は、通常は予混合ノ低温燃焼がなされる領域において行われる。

【 0 0 4 2 】

上記通常燃焼領域においては、燃焼は安定しており、噴射時期の微小変化によっては、着火時期はさほど大きく変化しない。このため、着火時期の操作には、さほど高い精度は要求されない。一方、上記予混合ノ低温燃焼領域やリッチ燃焼領域では、燃焼が不安定化しやすく、噴射時期の微小変化によって、着火時期が大きく変化する。このため、排気特性を良好に制御するためには、着火時期を検出し、噴射時期を高精度に操作することが望まれる。ここで、燃料の着火により燃焼室20内の圧力が上昇することに鑑みれば、筒内圧センサ21によって着火時期を検出することが可能である。しかし、全ての気筒に筒内圧センサを備える場合には、部品点数の増加が生じる。そこで本実施形態では、単一の気筒（4番気筒#4）に筒内圧センサ21を備え、残りの気筒（1番気筒#1～3番気筒#3）については、4番気筒#4における燃焼に伴って生成されるトルクに一致させることで、着火時期を間接的に制御する。

【 0 0 4 3 】

これは、図3に示す特性を根拠とする制御である。図3（a）に示されるように、通常燃焼領域においては、噴射量の微小変化に応じて出力トルクが変化する反面、着火時期の微小変化によっては出力トルクはほとんど変化しない。これに対し、図3（b）に示すように、予混合ノ低温燃焼領域においては、通常燃焼領域と比較して、噴射量の微小変化に対する出力トルクの変化が鈍くなる。そして、このときには、着火時期の微小変化によって出力トルクが変化する。更に図3（c）に示すように、上記リッチ燃焼領域や、EGR率を低温燃焼よりも更に増大させる超大量EGR燃焼領域においては、噴射量の変化によっては出力トルクがほとんど変化しなくなる。そして、このときには、着火時期の微小変化に対する出力トルクの変化度合いが低温燃焼時よりも更に増大する。

【 0 0 4 4 】

上記特性に鑑みれば、予混合ノ低温燃焼領域やリッチ燃焼領域において、図4に示すように、1番気筒#1～3番気筒#3における燃焼によって生成されるトルクを4番気筒#4における燃焼に伴って生成されるトルクに一致させることで、1番気筒#1～3番気筒#3の着火時期についても所望に制御することができると考えられる。

【 0 0 4 5 】

なお、4番気筒#4に筒内圧センサ21を装着したのは、4番気筒#4の燃焼室20に最もEGRガスが流入しやすいためである。EGRガス量が多いときには燃焼が不安定化しやすいため、4番気筒#4は燃焼が最も不安定化しやすい気筒となっている。このため、この気筒に筒内圧センサ21を装着することで、着火時期を直接把握するようにする。

【 0 0 4 6 】

図5に、ECU50の行う処理のうち、燃料噴射制御に関する処理を示す。

【 0 0 4 7 】

フィルタB2は、筒内圧センサ21の出力からノイズ等を除去すべく、フィルタ処理を施す部分である。A/D変換部B4は、フィルタB2の出力であるアナログデータをデジタルデータに変換する部分である。センサ出力校正部B6は、A/D変換部B4の出力を校正することで、筒内圧センサ21の固体差を補償する処理を行う。熱発生率算出部B8は、筒内圧センサ21によって検出される燃焼室20内の圧力に基づき、燃料の燃焼に伴う熱発生率を時系列データとして算出する。

【 0 0 4 8 】

4番気筒噴射時期算出部B10は、回転速度等の各種運転状態を示すパラメータと熱発生率とに基づき、4番気筒の噴射時期を目標噴射時期にフィードバック制御する部分である。一方、4番気筒噴射時期学習値記憶部B12は、4番気筒#4の噴射時期として適切

10

20

30

40

50

な時期についての学習値を記憶する。詳しくは、本実施形態では、上記着火時期のフィードバック制御に際して、運転状態毎に噴射時期についてのフィードフォワード制御を併用しているため、フィードバック補正量を学習値として学習する。なお、4番気筒噴射時期算出部B10は、上記常時記憶保持メモリ52を備えて構成されている。

【0049】

トルク算出部B14は、ディーゼル機関10の回転速度に基づき、出力トルクを定量化した各種物理量を算出する部分である。噴射時期偏差算出部B16は、トルク算出部B14の出力に基づき、1～3番気筒#1～#3における燃焼によって生成されるトルクを4番気筒#4における燃料の燃焼によって生成されるトルクに一致させる上で要求される噴射時期についての4番気筒#4の噴射時期に対する偏差を算出する部分である。こうして算出される偏差と上記4番気筒#4における噴射時期との和が、1～3番気筒#1～#3の噴射時期を指令値となる。偏差学習値記憶部B18は、1～3番気筒#1～#3の上記偏差として適切な値についての学習値を記憶する。詳しくは、本実施形態では、上記噴射時期の偏差に基づく着火時期の制御に際して、運転状態毎に上記偏差についてのフィードフォワード制御を併用しているため、フィードバック補正量を学習値として学習する。なお、偏差学習値記憶部B18は、上記常時記憶保持メモリ52を備えて構成されている。

【0050】

噴射量学習部B20は、トルク算出部B14の出力に基づき、燃焼室20における燃料の燃焼によって生成されるトルクの気筒間でのばらつきを補償する噴射量の学習値を学習する。噴射量学習値記憶部B22は、各気筒の噴射量の学習値を記憶する。なお、噴射量学習値記憶部B22は、上記常時記憶保持メモリ52を備えて構成されている。

【0051】

以下では、上記噴射量の学習にかかる処理、上記着火時期制御にかかる処理の順に、更に説明する。

【0052】

< 噴射量学習処理 >

燃料噴射制御によってクランク軸の回転速度が所望に制御されるが、同回転速度を微小な時間間隔で分析すると、燃焼サイクル内の各行程に同期して回転上昇と回転降下とが繰り返される。すなわち図6(a)に示すように、各気筒の燃焼順序は1番気筒(#1)→3番気筒(#3)→4番気筒(#4)→2番気筒(#2)であり、180°CAごとに燃料噴射が行われてその燃料が燃焼に供される。このとき、1気筒ずつの燃焼周期(180°CA周期)で見ると、燃焼に伴いクランク軸に回転力が付与されて回転速度が上昇するとともに、その後クランク軸等に作用する負荷により回転速度が降下する。かかる場合、回転速度の挙動に応じて気筒ごとの仕事量が推定できると考えられる。

【0053】

ここで、各気筒の燃焼周期の終了時においてその時の回転速度から当該気筒の仕事量を算出することが考えられる。例えば、図6(b)に示すように、1番気筒の燃焼周期の終了時であるタイミングt1で当該1番気筒の仕事量を算出し、次の3番気筒の燃焼周期の終了時であるタイミングt2で当該3番気筒の仕事量を算出する。ところがこの場合、クランク角センサ42の検出信号(NEパルス)により算出される回転速度にはノイズや検出誤差による要因が含まれており、図6(b)に示すように、実際の回転速度(図の破線)に対して回転速度の検出値(図の実線)がばらつく。そのため、タイミングt1, t2等では、正確な仕事量を算出できないという問題が生じる。

【0054】

そこで本実施形態では、図7に示すように、回転速度Neを入力信号として一定の角度周期でフィルタ処理部M1に取り込むとともに、そのフィルタ処理部M1において各時点の回転変動成分のみを抽出して瞬時トルク相当値Ne f l tを算出する。このとき、回転速度Neは、NEパルスの出力周期(本実施形態では30°CA)でサンプリングされる。フィルタ処理部M1は例えばBPF(帯域フィルタ)にて構成され、BPFにより回転速度信号に含まれる高周波成分と低周波成分とが除去される。このフィルタ処理部M1の

出力である瞬時トルク相当値 $N e f l t (i)$ は、例えば以下の式 (1) により表される。

【 0 0 5 5 】

【 数 1 】

$$N e f l t (i) = k 1 \times N e (i) + k 2 \times N e (i - 2) + k 3 \times N e f l t (i - 1) + k 4 \times N e f l t (i - 2) \cdots (1)$$

式 (1) において、 $N e (i)$ は回転速度の今回サンプリング値、 $N e (i - 2)$ は回転速度の 2 回前サンプリング値、 $N e f l t (i - 1)$ は瞬時トルク相当値の前回値、 $N e f l t (i - 2)$ は瞬時トルク相当値の前々回値である。 $k 1 \sim k 4$ は定数である。上式 (1) により、回転速度信号がフィルタ処理部 M 1 に入力される都度、瞬時トルク相当値 $N e f l t (i)$ が算出される。

【 0 0 5 6 】

上式 (1) は、下式 (2) に表す伝達関数 $G (s)$ を離散化したものである。なお、 ζ は減衰係数、 ω は応答周波数である。

【 0 0 5 7 】

【 数 2 】

$$G (s) = \frac{2 \zeta \omega s}{s^2 + 2 \zeta \omega s + \omega^2} \cdots (2)$$

本実施形態では特に、応答周波数 ω をディーゼル機関の燃焼周波数としており、上記の式 (1) では $\omega =$ 燃焼周波数としたことに基づいて定数 $k 1 \sim k 4$ が設定されている。燃焼周波数は単位角度ごとの燃焼頻度を表した角度周波数であり、4 気筒の場合には燃焼周期 (燃焼角度周期) が 180° C A であり、その燃焼周期の逆数により燃焼周波数が決定される。

【 0 0 5 8 】

また、図 7 の積分処理部 M 2 では、瞬時トルク相当値 $N e f l t$ を取り込み、その瞬時トルク相当値 $N e f l t$ を各気筒の燃焼周期ごとに一定区間積分することにより、各気筒のトルク積算値である気筒別仕事量 $S n e f l t \# 1 \sim S n e f l t \# 4$ を算出する。このとき、 30° C A 周期で出力される N E パルスにはそれぞれ 0 ~ 23 の N E パルス番号が付されており、各気筒の燃焼順序でいうと、1 番気筒の燃焼周期には N E パルス番号の「 0 ~ 5 」が割り当てられ、3 番気筒の燃焼周期にはパルス番号の「 6 ~ 11 」が割り当てられ、4 番気筒の燃焼周期には N E パルス番号の「 12 ~ 17 」が割り当てられ、2 番気筒の燃焼周期には N E パルス番号の「 18 ~ 23 」が割り当てられている。そして、次の式 (3) により、1 ~ 4 番気筒ごとに気筒別仕事量 $S n e f l t \# 1 \sim S n e f l t \# 4$ を算出する。

【 0 0 5 9 】

【 数 3 】

$$\begin{aligned} S n e f l t \# 1 &= N e f l t (0) + N e f l t (1) + N e f l t (2) + N e f l t (3) + N e f l t (4) + N e f l t (5) \\ S n e f l t \# 3 &= N e f l t (6) + N e f l t (7) + N e f l t (8) + N e f l t (9) + N e f l t (10) + N e f l t (11) \\ S n e f l t \# 4 &= N e f l t (12) + N e f l t (13) + N e f l t (14) + N e f l t (15) + N e f l t (16) + N e f l t (17) \\ S n e f l t \# 2 &= N e f l t (18) + N e f l t (19) + N e f l t (20) + N e f l t (21) + N e f l t (22) + N e f l t (23) \\ &\cdots (3) \end{aligned}$$

なお以下の記載では、気筒番号を # i と表し、気筒別仕事量 $S n e f l t \# 1 \sim S n e f l t \# 4$ を気筒別仕事量 $S n e f l t \# i$ とも表記する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

図 8 は、回転速度 N_e 、瞬時トルク相当値 N_{eflt} 及び気筒別仕事量 $S_{neflt\#i}$ の推移を示すタイムチャートである。図 8 において、瞬時トルク相当値 N_{eflt} は基準レベル R_{ef} に対して上下に振幅し、その瞬時トルク相当値 N_{eflt} を気筒毎の燃焼周期内で積分することにより気筒別仕事量 $S_{neflt\#i}$ が算出される。またこのとき、基準レベル R_{ef} よりも正側の瞬時トルク相当値 N_{eflt} の積分値が燃焼トルクに相当し、基準レベル R_{ef} よりも負側の瞬時トルク相当値 N_{eflt} の積分値が負荷トルクに相当する。なお、基準レベル R_{ef} は、各気筒を通じての平均回転速度に応じて決定されるようになっている。

【 0 0 6 1 】

10

この場合、各気筒の燃焼周期では本来燃焼トルクと負荷トルクとの収支が 0 になり、気筒別仕事量 $S_{neflt\#i}$ が 0 (燃焼トルク - 負荷トルク = 0) となるが、気筒ごとの機差や経年変化等により各気筒で燃料噴射弁 24 による噴射特性やフリクション特性などが相違すると、気筒別仕事量 $S_{neflt\#i}$ のばらつきが生じる。例えば、図示のように 1 番気筒では $S_{neflt\#1} > 0$ となり、2 番気筒では $S_{neflt\#2} < 0$ となるなどのばらつきが生じる。

【 0 0 6 2 】

上記のように気筒別仕事量 $S_{neflt\#i}$ を算出することにより、燃料噴射弁 24 の噴射特性等が、各気筒でそれぞれ理想値に対してどれほどの差異を生じているかや、気筒間でどれほどのばらつきが生じているかなどを把握することができる。

20

【 0 0 6 3 】

そこで本実施形態では、気筒別仕事量 $S_{neflt\#i}$ を利用して、燃料噴射弁 24 の噴射特性の気筒間のずれ量を、気筒別仕事量 $S_{neflt\#i}$ の気筒間のずれ量として学習する。図 9 に、上記ずれ量の算出にかかる処理の手順を示す。この処理は、先の図 5 のトルク算出部 B14 や噴射量学習部 B20、噴射量学習値記憶部 B22 の行う処理である。この処理は、NE パルスの立ち上がり時に、ECU30 により実行される。

【 0 0 6 4 】

図 9 において、まずステップ S10 では、今回の NE 割込みの時刻と前回の NE 割込みの時刻とから NE パルスの時間間隔を算出するとともに、その時間間隔の逆数演算により今現在の回転速度 N_e (瞬時回転速度) を算出する。続くステップ S12 では、上記式 (1) を用い、瞬時トルク相当値 $N_{eflt}(i)$ を算出する。

30

【 0 0 6 5 】

続くステップ S14 では、今回の NE パルス番号を判定する。そして、ステップ S16 ~ S22 では、上式 (3) を用い、1 ~ 4 番気筒毎に気筒別仕事量 $S_{neflt\#i}$ を算出する。すなわち、

- ・ NE パルス番号が「0 ~ 5」であれば、1 番気筒の気筒別仕事量 $S_{neflt\#1}$ を算出し (ステップ S16)、
- ・ NE パルス番号が「6 ~ 11」であれば、3 番気筒の気筒別仕事量 $S_{neflt\#3}$ を算出し (ステップ S18)、
- ・ NE パルス番号が「12 ~ 17」であれば、4 番気筒の気筒別仕事量 $S_{neflt\#4}$ を算出し (ステップ S20)、
- ・ NE パルス番号が「18 ~ 23」であれば、2 番気筒の気筒別仕事量 $S_{neflt\#2}$ を算出する (ステップ S22)。

40

【 0 0 6 6 】

その後、ステップ S24 では、学習条件が成立しているか否かを判定する。この学習条件には、全気筒で気筒別仕事量の算出が完了していること、車両の動力伝達装置 (ドライブトレイン) があらかじめ定めた状態にあること、環境条件があらかじめ定めた規定状態にあることなどが含まれており、それら全てが成立している場合に学習条件が成立している旨判定される。なお例えば、動力伝達装置については、動力伝達系のクラッチ装置が半クラッチ状態でないことを条件とすればよい。また例えば、環境条件としては、エンジン

50

水温が所定の暖機完了温度以上であることを条件とすればよい。

【 0 0 6 7 】

学習条件が成立していなければそのまま本処理を終了する。また、学習条件が成立していれば、ステップ S 2 6 に進む。ステップ S 2 6 では、カウンタ $n i t g r$ を 1 インクリメントするとともに、次の式 (4) を用いて気筒ごとの積算量 $Q l p \# i$ を算出する。ここで、積算量 $Q l p \# i$ は、気筒別仕事量 $S n e f l t \# i$ に換算係数 $K a$ を乗算することで算出される噴射特性値についての積算値である。この積算量 $Q l p \# i$ は、上記カウンタ $n i t g r$ が所定回数となるとときに所定回数で平均化处理することで、噴射特性値を算出するためのものである。

10

$$Q l p \# i = Q l p \# i + K a \times S n e f l t \# i \quad \dots (4)$$

なお、上記処理を行なった際には、各気筒の気筒別仕事量 $S n e f l t \# i$ を 0 にクリアする。

【 0 0 6 8 】

その後、ステップ S 2 8 では、カウンタ $n i t g r$ が所定回数 $k i t g r$ に達したか否かを判定する。所定回数 $k i t g r$ は、上記気筒別仕事量 $S n e f l t \# i$ に換算係数 $K a$ を乗算することで得られる噴射特性値の算出に際して、ノイズ等による算出誤差を抑制することのできる値に設定されている。そして、 $n i t g r = k i t g r$ であることを条件にステップ S 3 0 に進む。ステップ S 3 0 では、次の式 (5) を用いて気筒ごとの噴射特性値 $Q l r n \# i$ を算出する。また、積算量 $Q l p \# i$ を 0 にクリアするとともに、カウンタ $n i t g r$ を 0 にクリアする。

20

$$Q l r n \# 1 = Q l r n \# i + K b \times Q l p \# i / k i t g r \quad \dots (5)$$

式 (5) において、所定回数 $k i t g r$ だけ積算された積算量 $Q l p \# i$ が平均化され、その平均化された学習値により噴射特性値 $Q l r n \# i$ が更新される。このとき、積算量 $Q l p \# i$ の平均化により、気筒別仕事量 $S n e f l t \# i$ の毎回の誤差分が吸収されるようになっている。なお、上式 (5) において、係数 $K b$ は、例えば「 $0 < K b \leq 1$ 」の間に設定される。

30

【 0 0 6 9 】

次に、ステップ S 3 2 では、次の式 (6) を用いて噴射量学習値 $\Delta Q l r n \# i$ を算出する。

【 0 0 7 0 】

【 数 4 】

$$\Delta Q l r n \# i = Q l r n \# i - \frac{1}{4} \sum Q l r n \# i \dots (6)$$

40

式 (6) によって、全気筒の噴射特性値 $Q l r n \# i$ の平均値 ($\sum Q l r n \# i / 4$) に対する気筒ごとの噴射特性値 $Q l r n \# i$ のずれ量を算出することができる。

【 0 0 7 1 】

続くステップ S 3 4 においては、噴射量学習値 $\Delta Q l r n \# i$ を、上記常時記憶保持メモリ 5 2 の所定の領域に書き込む。上記常時記憶保持メモリ 5 2 における上記データの記憶領域は、燃料噴射量とコモンレール 2 2 内の燃圧とをパラメータとして分割される複数の領域のそれぞれに割り当てられている。このように噴射量と燃圧とで分割される領域のそれぞれにおいて各別の噴射量学習値 $\Delta Q l r n \# i$ を記憶させるのは、噴射量学習値 $\Delta Q l r n \# i$ が、噴射量と燃圧とに依存して変動するためである。このため、各領域毎に噴射量学習値 $\Delta Q l r n \# i$ を学習することで、噴射量及び燃圧に見合った適切な噴射量

50

学習値 $\Delta Q_{lrn\#i}$ によって燃料噴射弁 24 を操作することができる。

【0072】

そして、噴射量学習値 $\Delta Q_{lrn\#i}$ が算出され記憶されると、次回以降の燃料噴射制御において、この噴射量学習値 $\Delta Q_{lrn\#i}$ を用いて燃料噴射弁 24 が操作される。

【0073】

<着火時期制御>

図 10 に、筒内圧センサ 21 の出力の取得にかかる処理の手順を示す。この処理は、先の図 5 の A/D 変換部 B4 によってなされる処理である。この処理は、所定時間周期又は所定クランク角周期で繰り返し実行される。

【0074】

この一連の処理では、まずステップ S10 において、4 番気筒 #4 の燃焼室 20 における圧力をサンプリングする区間か否かを判断する。ここで、サンプリング区間は、4 番気筒 #4 の燃焼室 20 において燃料の燃焼が生じ得る区間を包含するようにして設定されている。そして、サンプリング区間であると判断される間、ステップ S12 において、筒内圧センサ 21 の出力するアナログデータを、所定周期でデジタルデータに変換し保存する。なお、サンプリング区間が終了すると、この一連処理を一旦終了する。

【0075】

図 11 に、熱発生率の算出にかかる処理の手順を示す。この処理は、先の図 5 の熱発生率算出部 B8 による処理である。

【0076】

この一連の処理では、まずステップ S20 において、先の図 10 に示した処理による筒内圧データをスムージング処理することで、筒内圧の急激な変化を緩和させる。これは、偶発的なノイズ等の影響を抑制するためのものであり、例えば前回のサンプリング値と今回のサンプリング値との加重平均処理や、移動平均処理等によって実現することができる。続くステップ S22 においては、上記スムージング処理後の筒内圧データに基づき、熱発生率を算出する。ここでは、上記筒内圧 P、燃焼室 20 内の容積 V、及び比熱比 κ を用いて、下記の式にて熱発生率を算出する。

【0077】

$$(V dP + \kappa P dV) / \kappa - 1$$

続くステップ S24 においては、クランク角度毎に、熱発生率を記憶する。なお、上記ステップ S24 の処理を完了すると、この一連の処理を一旦終了する。

【0078】

図 12 に、メイン噴射に伴う燃料の着火時期である主燃焼の着火時期を算出するための処理手順を示す。この処理は、先の図 5 の 4 番気筒噴射時期算出部 B10 によってなされる処理である。この処理は、例えば所定周期で繰り返し実行される。

【0079】

この一連の処理では、まずステップ S30 において、先の図 11 に示した処理にて算出された熱発生率のデータを読み出す。続くステップ S32 においては、熱発生率が閾値未満の状態から閾値を横切るタイミングを着火時期として算出し、記憶する。すなわち、図 13 に示されるように、熱発生率が閾値を横切るタイミングをメイン噴射に伴う燃料の着火時期とする。なお、図 13 では、1 燃焼サイクル内において、1 段のパイロット噴射とメイン噴射との 2 段の噴射がなされる場合を例示している。なお、上記ステップ S32 の処理が完了すると、この一連の処理を一旦終了する。

【0080】

図 14 に、筒内圧センサ 21 の装着された 4 番気筒 #4 の着火時期フィードバック制御の処理手順を示す。この処理は、先の図 5 に示した 4 番気筒噴射時期算出部 B10 や 4 番気筒噴射時期学習値記憶部 B12 の行なう処理である。なお、この処理は、例えば所定周期で繰り返し実行される。

【0081】

この一連の処理では、まずステップ S40 において、回転速度、指令噴射量、及びいか

10

20

30

40

50

なる燃焼制御がなされているか（燃焼パターン）に基づき、噴射時期の基本値（ベース噴射時期）を設定する。ここで、ベース噴射時期は、上記パラメータに基づくフィードフォワード値と、この図 1 4 に示すフィードバック制御によって学習されるフィードフォワード値の補正值である噴射時期学習値との和である。続くステップ S 4 2 においては、回転速度、指令噴射量、及び燃焼パターンに基づき、目標着火時期を設定する。上記パラメータと目標着火時期との関係は、排気特性を良好に制御することできるように予めの適合によって求められたものである。続くステップ S 4 4 においては、先の図 1 2 に示した処理によって算出される筒内圧センサ 2 1 の装着された 4 番気筒 # 4 の着火時期を読み出す。

【 0 0 8 2 】

10

続くステップ S 4 6 においては、着火時期を目標着火時期とするためのフィードバック補正量を算出する。ここでは、例えば着火時期と目標着火時期との差に基づく比例制御を行えばよい。そして、ステップ S 4 8 においては、噴射時期の指令値を、上記ベース噴射時期とフィードバック補正量との和として算出する。この指令値により噴射時期を操作することで、着火時期をフィードバック制御することができる。

【 0 0 8 3 】

なお、上記フィードバック制御のフィードバック補正量が安定して且つ、前回の学習からの走行距離が所定距離となる等の学習条件が成立するときには、ステップ S 5 0 において上記フィードバック補正量によって噴射時期学習値を更新する。そして、ステップ S 4 8 又はステップ S 5 0 の処理が完了するときには、この一連の処理を一旦終了する。

20

【 0 0 8 4 】

図 1 5 に、筒内圧センサ 2 1 の装着されていない気筒 # k ($k = 1 \sim 3$) の着火時期フィードバック制御の処理手順を示す。この処理は、先の図 5 に示したトルク算出部 B 1 4 や噴射時期偏差算出部 B 1 6、偏差学習値記憶部 B 1 8 等によってなされる処理である。この処理は、例えば所定周期で繰り返し実行される。

【 0 0 8 5 】

この一連の処理では、まずステップ S 6 2 において、着火時期の微小変化に対する出力トルクの変化が、噴射量の微小変化に対する出力トルクの変化よりも顕著な運転領域であるか否かを判断する。すなわち、予混合 / 低温燃焼領域か、リッチ燃焼領域にあるかを判断する。そして、上記運転領域であると判断されるときには、ステップ S 6 4 に移行する。ステップ S 6 4 においては、筒内圧センサ 2 1 の装着気筒である 1 番気筒 # 1 の噴射時期に対する各気筒 # k の噴射時期偏差の初期値を設定する。ここで、初期値は、回転速度や指令噴射量、燃焼パターンから定まるフィードフォワード値に、上記噴射時期偏差についての学習値を加算した値である。

30

【 0 0 8 6 】

続くステップ S 6 6 においては、 N 燃焼サイクルにおける各気筒 # i のトルク変動量及びトルク平均値を算出する。ここで、トルク平均値とは、各気筒 # i における燃料の燃焼によって生成されるトルクの N 燃焼サイクルにおける平均値である。また、トルク変動量とは、各気筒 # i における燃料の燃焼によって生成されるトルクの N 燃焼サイクルにおける変動量を定量化したパラメータである。この処理は、図 1 6 に示す処理となる。

40

【 0 0 8 7 】

すなわち、まずステップ S 6 8 1 において、気筒番号を定めるためのパラメータ i を「1」とする。続くステップ S 6 8 2 においては、 N (N : 複数) 燃焼サイクルにわたる i 番気筒の気筒別仕事量 $S_{self\#i}$ を算出する。そして、ステップ S 6 8 3 においては、 i 番気筒のトルク平均値 $T_{A\#i}$ として、 N 燃焼サイクル分の気筒別仕事量 $S_{self\#i}$ の平均値を算出する。続くステップ S 6 8 4 においては、トルク変動量 $\Delta T_{\#i}$ として、気筒別仕事量 $S_{self\#i}$ とトルク平均値 $T_{A\#i}$ との差の 2 乗についての N 燃焼サイクル分の和を算出する。続くステップ S 6 8 5 においては、全気筒について、トルク平均値 $T_{A\#i}$ とトルク変動量 $\Delta T_{\#i}$ とを算出したか否かを判断する。そして、全気筒についての算出が未だ終了していないときには、ステップ S 6 8 6 に移行し、上記

50

パラメータ i をインクリメントしてステップ S 6 8 2 ~ S 6 8 5 の処理を繰り返す。一方、ステップ S 6 8 5 において全気筒終了したと判断されると、先の図 1 5 のステップ S 6 6 の処理が完了する。

【 0 0 8 8 】

ステップ S 6 6 の処理に続いてステップ S 6 8 において、これらトルク変動量及びトルク平均値に基づき、1 番気筒 # 1 ~ 3 番気筒 # 3 の噴射時期偏差の修正値 $OFFSET_k$ を算出する。この修正値 $OFFSET_k$ は、4 番気筒 # 4 の噴射時期に対する 1 番気筒 # 1 ~ 3 番気筒 # 3 の噴射時期の偏差について、上記ステップ S 6 4 において算出される初期値を修正するためのものである。この処理は、図 1 7 の処理となる。

【 0 0 8 9 】

この一連の処理では、まずステップ S 6 8 1 において、気筒番号を定めるパラメータ k を「1」とする。続くステップ S 6 8 2 においては、 k 番気筒 # k のトルク変動量 $\Delta T_A \# k$ が、4 番気筒 # 4 のトルク変動量 $\Delta T \# 4$ よりも所定以上大きいかな否かを、換言すればトルク変動量 $\Delta T_A \# k$ が所定値 $\Delta T \# 4 \times \alpha$ より大きいかな否かを判断する。この処理は、 k 番気筒の燃焼が不安定化し、失火のおそれがある状況にあるかな否かを判断するためのものである。ここでは、4 番気筒 # 4 については、検出される着火時期に基づくフィードバック制御がなされているため、燃焼の不安定化は回避されていることを前提としている。このため、4 番気筒 # 4 のトルク変動量 $\Delta T \# 4$ よりも所定以上変動量が大ききときには、燃焼が不安定化するものと考えられる。上記定数 α は、4 番気筒 # 4 のトルク変動量 $\Delta T \# 4$ を上回る度合いに基づき燃焼が不安定化するかな否かを判断するパラメータである。そして、ステップ S 6 8 2 において所定以上大きいと判断されるときには、ステップ S 6 8 3 において修正値 $OFFSET_k$ に所定量 A を加算することで、噴射時期を進角側に修正する。

【 0 0 9 0 】

一方、ステップ S 6 8 2 において否定判断されるときには、ステップ S 6 8 4 に移行する。ステップ S 6 8 4 ~ S 6 9 1 の処理は、 k 番気筒 # k の燃焼によって生成されるトルクを 4 番気筒 # 4 によって生成されるトルクにフィードバック制御することにより、 k 番気筒 # k の着火時期を 4 番気筒 # 4 の着火時期に間接的に一致させるための処理である。すなわち、ステップ S 6 8 4 では、 k 番気筒 # k のトルク平均値 $T_A \# k$ が、4 番気筒 # 4 のトルク平均値 $T_A \# 4$ よりも所定以上大きいかな否かを、換言すれば、トルク平均値 $T_A \# k$ が所定値 $T_A \# 4 \times \beta$ よりも大きいかな否かを判断する。そして、ステップ S 6 8 4 において肯定判断されるときには、ステップ S 6 8 5 において、修正値 $OFFSET_k$ に所定量 B を加算することで、 k 番気筒 # k の噴射時期を遅角補正する処理を行う。続くステップ S 6 8 6 では、修正値 $OFFSET_k$ が上限値 $OMAX$ よりも大きいかな否かを判断する。この上限値 $OMAX$ は、4 番気筒 # 4 の噴射時期に対する k 番気筒 # k の噴射時期の許容ずれ量を定めるものである。ステップ S 6 8 6 において肯定判断されるときには、ステップ S 6 8 7 において修正値 $OFFSET_k$ を、上限値 $OMAX$ とする。

【 0 0 9 1 】

一方、ステップ S 6 8 4 において否定判断されるときには、ステップ S 6 8 8 に移行する。ステップ S 6 8 8 においては、 k 番気筒 # k のトルク平均値 $T_A \# k$ が、4 番気筒 # 4 のトルク平均値 $T_A \# 4$ よりも所定以上小さいかな否かを、換言すれば、トルク平均値 $T_A \# k$ が所定値 $T_A \# 4 \times \gamma$ よりも小さいかな否かを判断する。そして、ステップ S 6 8 8 において肯定判断されるときには、ステップ S 6 8 9 において、修正値 $OFFSET_k$ から所定量 C を減算することで、 k 番気筒 # k の噴射時期を進角補正する処理を行う。続くステップ S 6 9 0 では、修正値 $OFFSET_k$ が下限値 $OMIN$ よりも小さいかな否かを判断する。この下限値 $OMIN$ は、4 番気筒 # 4 の噴射時期に対する k 番気筒 # k の噴射時期の許容ずれ量を定めるものである。ステップ S 6 9 0 において肯定判断されるときには、ステップ S 6 9 1 において修正値 $OFFSET_k$ を、下限値 $OMIN$ とする。ちなみに、上限値 $OMAX$ の絶対値は、下限値 $OMIN$ の絶対値よりも小さく設定されている。これは、以下の理由による。

【 0 0 9 2 】

ディーゼル機関 1 0 が消耗すると、ピストン及びシリンダ内壁間のクリアランスが増加する。このため、ディーゼル機関 1 0 にあっては、その経年変化によりピストンの上昇に伴う燃焼室 2 0 内の圧力が低下するため、燃焼が不安定化する。換言すれば、失火が生じやすくなる。この点、進角側への許容ずれ量を大きくすることで、経年変化にかかわらず、失火を好適に抑制することができる。また、遅角側への許容ずれ量を小さくすることで、過度の遅角による失火の発生を好適に抑制することができる。

【 0 0 9 3 】

上記ステップ S 6 8 3、S 6 8 7、S 6 9 1 の処理が完了するときや、ステップ S 6 8 6、S 6 8 8、S 6 9 0 において否定判断されるときには、ステップ S 6 9 2 に移行する。ステップ S 6 9 2 においては、1 番気筒 # 1 ~ 3 番気筒 # 3 の全ての気筒における修正値 O F F S E T k の演算が終了したか否かを判断する。そして、終了していないときには、ステップ S 6 9 3 において、上記パラメータ k をインクリメントし、ステップ S 6 8 2 ~ S 6 9 2 の処理を繰り返す。一方、ステップ S 6 9 2 において全気筒終了したと判断されるときには、先の図 1 5 のステップ S 6 8 の処理が完了する。

10

【 0 0 9 4 】

そして、図 1 5 のステップ S 7 0 においては、k 番気筒 # k の噴射時期を、4 番気筒 # 4 の噴射時期に、初期値と修正値 O F F S E T k とを加算した値として算出する。なお、上記修正値 O F F S E T k が安定して且つ、前回の学習からの走行距離が所定距離となる等の学習条件が成立するときには、ステップ S 7 2 において上記フィードバック補正量によって噴射時期学習値を更新する。そして、ステップ S 7 0 又はステップ S 7 2 の処理が完了するときや、ステップ S 6 2 において否定判断されるときには、この一連の処理を一旦終了する。

20

【 0 0 9 5 】

図 1 8 に、本実施形態における燃料噴射量及び噴射時期の学習及び学習値の反映態様を示す。図示されるように、本実施形態では、通常燃焼に移行してから所定時間経過後以降において噴射量学習が実施されるため、過渡的な状態で学習することによる誤学習を好適に回避することができる。また、本実施形態では、リッチ燃焼等に移行してから所定時間経過後において噴射時期学習が実施されるため、過渡的な状態で学習することによる誤学習を好適に回避することができる。

30

【 0 0 9 6 】

なお、各学習値は全ての燃料状態において反映されているが、特定の燃焼状態において学習された学習値をそのまま用いる代わりに、運転領域の相違を考慮して、適宜補正された学習値を用いることが望ましい。すなわち、例えば通常燃焼によって学習される噴射量学習値をリッチ燃焼時に用いる際には、噴射量学習値の学習された運転状態とリッチ燃焼がなされときの運転状態との相違（燃圧の相違等）を考慮して、リッチ燃焼がなされときの運転状態において適切な値に噴射量学習値を変換して用いることが望ましい。

【 0 0 9 7 】

以上詳述した本実施形態によれば、以下の効果が得られるようになる。

【 0 0 9 8 】

(1) 4 番気筒 # 4 の着火時期を目標着火時期にフィードバック制御しつつ、4 番気筒 # 4 における燃焼によって生成されるトルクに他の気筒 # k における燃焼によって生成されるトルクを一致させるように他の気筒 # k の噴射時期を操作することで、他の気筒 # k の着火時期を 4 番気筒 # 4 の着火時期と一致するように制御した。これにより、ディーゼル機関 1 0 の一部の気筒の燃焼室内の圧力を検出する筒内圧センサ 2 1 の検出結果に基づき、全気筒の噴射時期を適切に操作することができる。

40

【 0 0 9 9 】

(2) 噴射時期の微小変化よりも噴射量の微小変化の方がディーゼル機関 1 0 の出力トルクの変化に支配的な影響を及ぼす運転条件下（通常燃焼時）、各気筒における燃焼によって生成されるトルクを互いに近似させるように気筒毎に実際に噴射される燃料量を補正

50

する噴射量学習値を学習した。これにより、噴射量学習値を適切に学習することができる。また、着火時期の制御に際してこの学習値を用いることで、燃焼によって生成されるトルクの気筒間のばらつきの要因を、着火時期の制御に特定することができる。このため、出力トルクに基づく着火時期の制御を好適に行うことができる。

【0100】

(3) 1番気筒#1～3番気筒#3のうち燃焼によって生成されるトルク変動量 $\Delta t \#k$ が4番気筒#4における燃焼によって生成されるトルク変動量 $\Delta T \#4$ よりも所定以上大きくなる気筒について、噴射時期を所定量進角側に操作した。このように失火の生じにくい進角側に噴射時期を操作することで、失火の生じる可能性を好適に回避することができる。

10

【0101】

(4) 1番気筒#1～3番気筒#3の着火時期を4番気筒#4の着火時期と一致させるための噴射時期学習値を学習した。これにより、これらの気筒の着火時期制御に際して噴射時期学習値を用いることができ、ひいては迅速に着火時期を制御することができる。

【0102】

(5) 噴射時期の微小変化の方が噴射量の微小変化よりもディーゼル機関10の出力トルクの変化に支配的な影響を及ぼす運転領域(リッチ燃焼領域)に入ってから且つ、該運転領域に入ってから所定時間経過後に1番気筒#1～3番気筒#3の噴射時期の学習を行った。これにより、噴射時期学習値を好適に学習することができる。しかも、上記運転領域に入ってから所定時間経過後に学習を行うために、過渡的な状態で学習することによる誤学習を好適に回避することができる。

20

【0103】

(6) 4番気筒#4の着火時期を目標着火時期と一致させるための噴射時期学習値を学習した。これにより、4番気筒#4の着火時期制御に際して噴射時期学習値を用いることができ、ひいては迅速に着火時期を制御することができる。

【0104】

(7) 噴射時期の微小変化の方が噴射量の微小変化よりもディーゼル機関の出力トルクの変化に支配的な影響を及ぼす運転領域(リッチ燃焼領域)に入ってから且つ、該運転領域に入ってから所定時間経過後に4番気筒#4の噴射時期学習を行った。これにより、噴射時期学習値を好適に学習することができる。しかも、上記運転領域に入ってから所定時間経過後に学習を行うために、過渡的な状態で学習することによる誤学習を好適に回避することができる。

30

【0105】

(8) 各気筒の着火時期を目標着火時期とすべく、ディーゼル機関の運転領域毎に、噴射時期と相関を有する燃料噴射弁24のフィードフォワード操作量を設定した。これにより、噴射時期を目標着火時期に迅速に追従させることが可能となる。

【0106】

(9) 1番気筒#1～3番気筒#3の噴射時期の操作についての4番気筒#4の噴射時期からの許容ずれ量を、進角側への許容ずれ量の方が遅角側への許容ずれ量よりも大きく設定した。これにより、経年変化にかかわらず、失火を好適に抑制することができる。

40

【0107】

(10) 還流される排気の流入量が最も多い気筒である4番気筒#4に筒内圧センサ21を設けた。還流される排気(EGRガス)の流入量が最も多い気筒は、燃焼が不安定化する可能性が最も高い気筒である。換言すれば、失火の可能性が最も高い気筒である。この点、こうした気筒に筒内圧センサ21を設けることで、燃焼状態を直接監視することができ、ひいては、燃焼が不安定となることを好適に抑制することができる。

【0108】

(11) ディーゼル機関10の出力トルクを、各気筒における燃料噴射に伴うディーゼル機関の10の出力軸の回転上昇量に基づき算出した。これにより、トルクセンサ等のハードウェアを新たに設けることなく、上記出力トルクに基づく各種処理を行うことができ

50

る。

【 0 1 0 9 】

(1 2) 4 番気筒 # 4 のトルクに基づく 1 番気筒 # 1 ~ 3 番気筒 # 3 の着火時期制御を、噴射時期の微小変化に対するディーゼル機関の出力トルクの変化が所定以上となる運転領域において行った。これにより、これら気筒の着火時期の制御を好適に行うことができる。

【 0 1 1 0 】

(第 2 の実施形態)

以下、第 2 の実施形態について、先の第 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。

【 0 1 1 1 】

図 1 9 に、本実施形態にかかるエンジンシステムの全体構成を示す。図示されるように、本実施形態では、E G R 量が最も多くなる 4 番気筒 # 4 に加えて、E G R 量が最も少なくなる 1 番気筒 # 1 にも筒内圧センサ 2 1 を設ける。そして、3 番気筒 # 3 における燃料の燃焼による出力トルクを 4 番気筒 # 4 における燃料の燃焼による出力トルクと一致させることで、3 番気筒 # 3 の着火時期を制御する。すなわち、3 番気筒 # 3 への E G R ガスの流入態様と近似する気筒である 4 番気筒 # 4 の出力トルクと一致させることで、着火時期を制御する。また、2 番気筒 # 2 における燃料の燃焼による出力トルクを 1 番気筒 # 1 における燃料の燃焼による出力トルクと一致させることで、2 番気筒 # 2 の着火時期を制御する。すなわち、2 番気筒 # 2 への E G R ガスの流入態様と近似する気筒である 1 番気筒 # 1 の出力トルクと一致させることで、着火時期を制御する。これにより、筒内圧センサ 2 1 の装着されない 2 番気筒及び 3 番気筒については、E G R ガスの流入態様が互いに近似し着火の態様が互いに近似すると考えられる気筒との比較に基づき着火時期を制御することができる。

【 0 1 1 2 】

以上説明した本実施形態によれば、先の第 1 の実施形態の上記 (1) ~ (9)、(1 1)、(1 2) の効果に加えて、更に以下の効果が得られるようになる。

【 0 1 1 3 】

(1 3) 筒内圧センサ 2 1 の装着される複数の気筒が、還流される排気の流入態様が互いに異なる度合いが最も大きくなるように設定した。これにより、噴射時期を目標噴射時期により高精度に制御することができる。

【 0 1 1 4 】

(その他の実施形態)

なお、上記各実施形態は、以下のように変更して実施してもよい。

【 0 1 1 5 】

・上記各実施形態では、噴射時期の学習を、リッチ燃焼時に制限したが、噴射量学習が完了しているなら、予混合 / 低温燃焼においても高精度の学習を行うことができる。

【 0 1 1 6 】

・各気筒における燃料噴射に伴うディーゼル機関の 1 0 出力軸の回転上昇量に基づく各気筒の燃焼によって生成される出力トルクの算出手法としては、上記実施形態で例示したものに限らない。要は、各気筒の燃料噴射直前の回転速度に対する各気筒の燃料噴射の上昇量が出力トルクと相関を有するパラメータであるため、これに基づく適宜の手法によって出力トルクを定量化すればよい。

【 0 1 1 7 】

・トルク変動量としては、上記各実施形態で例示した手法により定量化されるものに限らない。例えば N 燃焼サイクルのうちの任意の燃焼サイクルにおけるトルク及びその相当値のいずれかに対する他の燃焼サイクルにおける上記いずれかの量の偏差に基づき定量化してもよい。

【 0 1 1 8 】

・また、各気筒における燃料噴射に伴うディーゼル機関 1 0 の出力軸の回転上昇量に基

10

20

30

40

50

づく各気筒の燃焼によって生成される出力トルクを算出する代わりに、トルクセンサを備えて出力トルクを検出してもよい。

【 0 1 1 9 】

・筒内圧センサ 2 1 の装着される気筒の選択手法としては、上記各実施形態で例示したものに限らない。例えば V 型気筒において、各枝の気筒群毎に 1 つずつ筒内圧センサ 2 1 を装着してもよい。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 2 0 】

【図 1】第 1 の実施形態にかかるエンジンシステムの全体構成を示す図。

【図 2】同実施形態にかかるディーゼル機関の運転領域と燃焼状態との関係を示す図。

10

【図 3】各燃焼状態における噴射量及び着火時期と出力トルクとの関係を示す図。

【図 4】上記実施形態にかかる着火時期制御手法を示す図。

【図 5】同実施形態にかかる燃料噴射制御に関する処理を示す図。

【図 6】各気筒の回転速度の推移を示すタイムチャート。

【図 7】気筒別仕事量を算出するための制御ブロックを示すブロック図。

【図 8】回転速度、瞬時トルク相当値及び気筒別仕事量の推移を示すタイムチャート。

【図 9】上記実施形態にかかる噴射量学習値の学習にかかる処理手順を示すフローチャート。

【図 1 0】同実施形態にかかる筒内圧センサの出力の取得処理の手順を示すフローチャート。

20

【図 1 1】同実施形態にかかる熱発生率の算出処理の手順を示すフローチャート。

【図 1 2】同実施形態にかかる主燃焼の着火時期の算出処理の手順を示すフローチャート。

【図 1 3】上記着火時期の算出態様を示すタイムチャート。

【図 1 4】上記実施形態にかかる筒内圧センサ装着気筒の着火時期フィードバック制御の手順を示すフローチャート。

【図 1 5】同実施形態にかかる筒内圧センサ未装着気筒の着火時期フィードバック制御の手順を示すフローチャート。

【図 1 6】同実施形態にかかるトルク変動及びトルク平均値の算出処理の手順を示すフローチャート。

30

【図 1 7】同実施形態にかかる筒内圧センサ未装着気筒の噴射時期の修正値の算出処理の手順を示すフローチャート。

【図 1 8】同実施形態にかかる学習値の学習及び反映態様を示すタイムチャート。

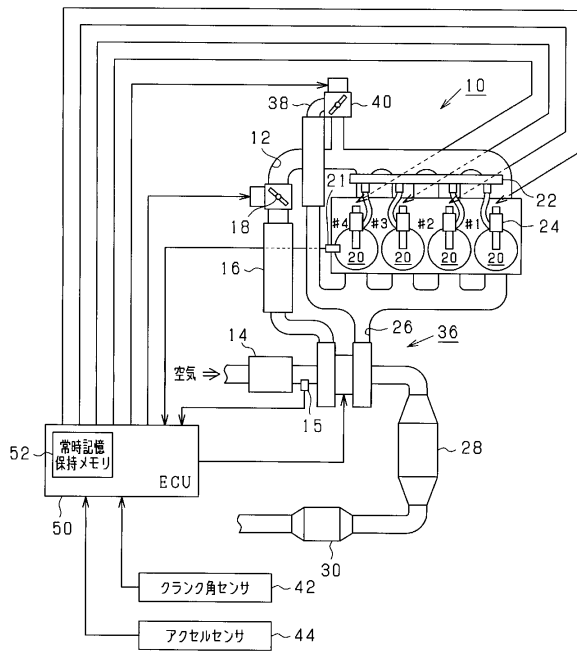
【図 1 9】第 2 の実施形態にかかるエンジンシステムの全体構成を示す図。

【符号の説明】

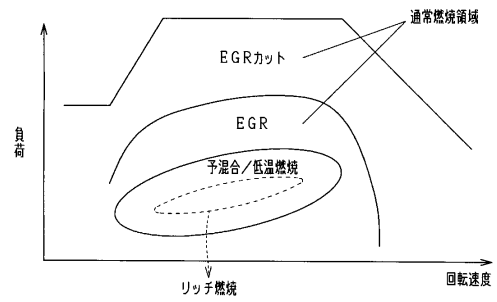
【 0 1 2 1 】

1 0 ... ディーゼル機関、1 2 ... 吸気通路、2 0 ... 燃焼室、2 1 ... 筒内圧センサ、2 4 ... 燃料噴射弁、2 6 ... 排気通路、3 8 ... E G R 通路、5 0 ... E C U (燃料噴射制御装置の一実施形態) 。

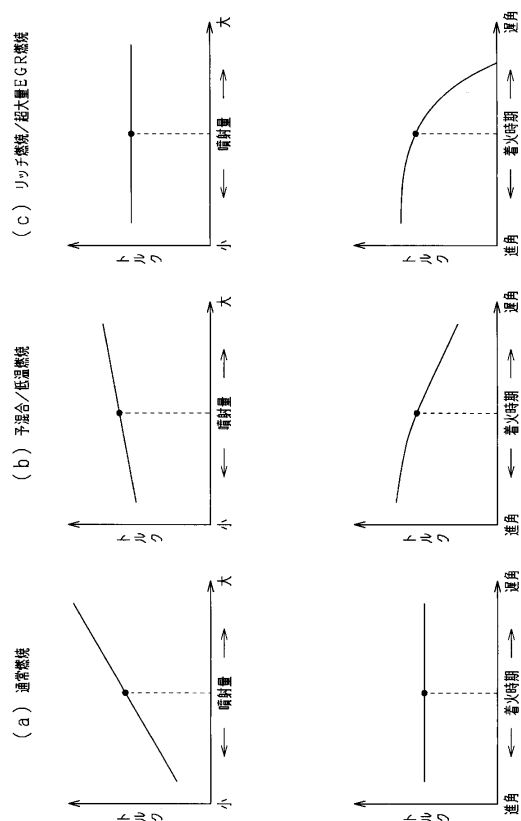
【図 1】



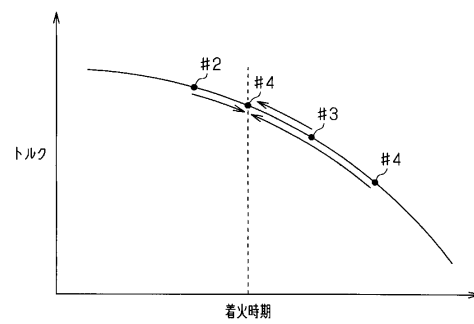
【図 2】



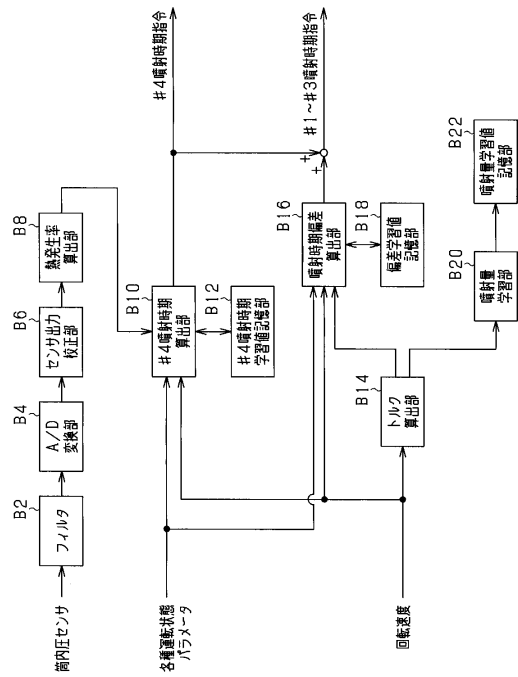
【図 3】



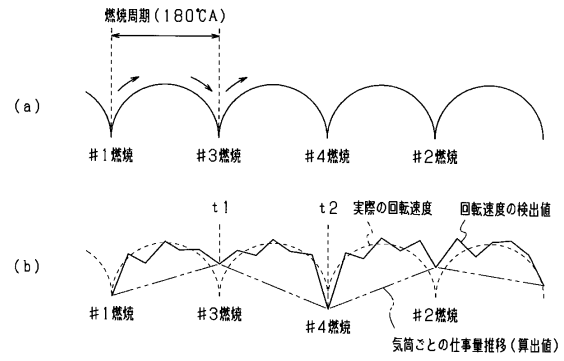
【図 4】



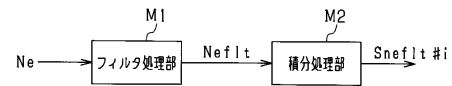
【図5】



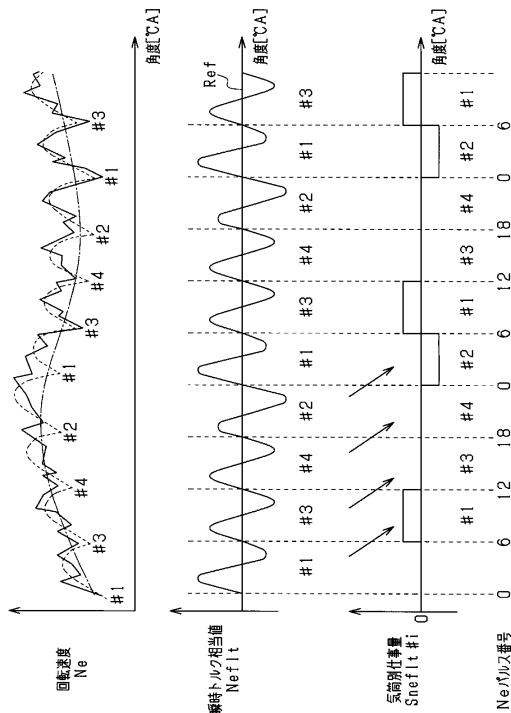
【図6】



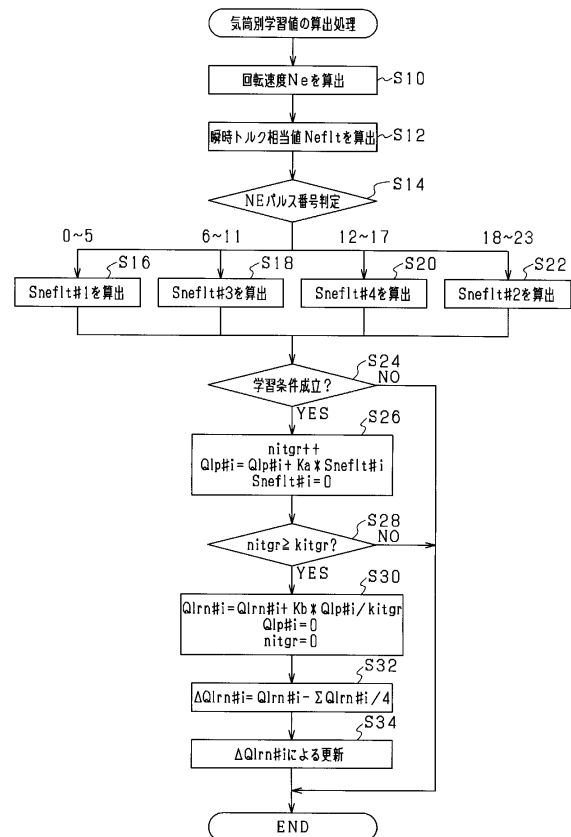
【図7】



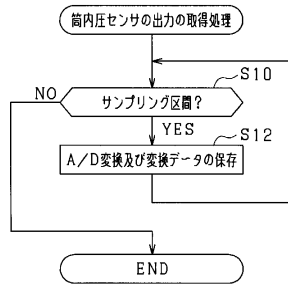
【図8】



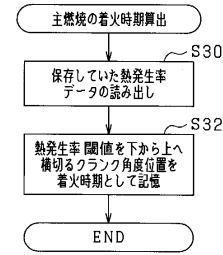
【図9】



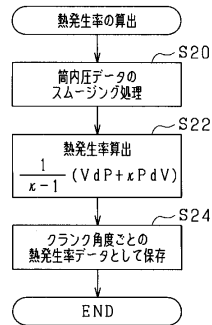
【図 10】



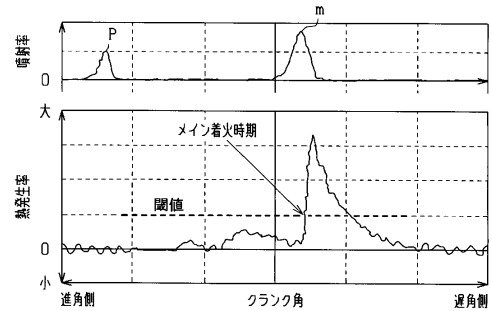
【図 12】



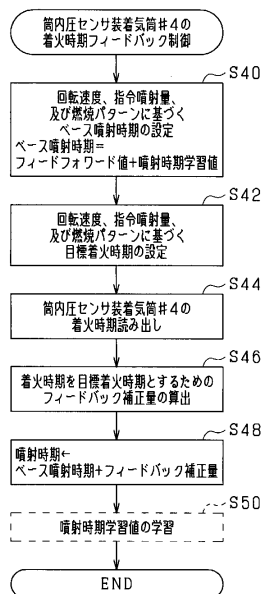
【図 11】



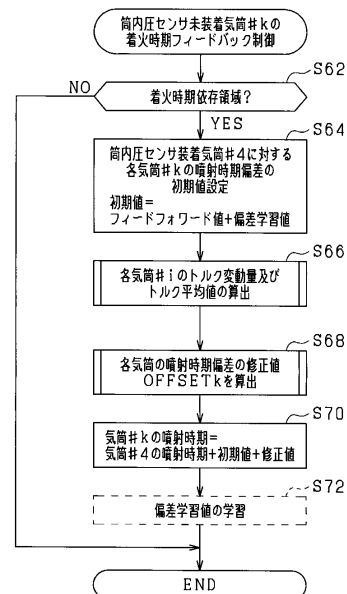
【図 13】



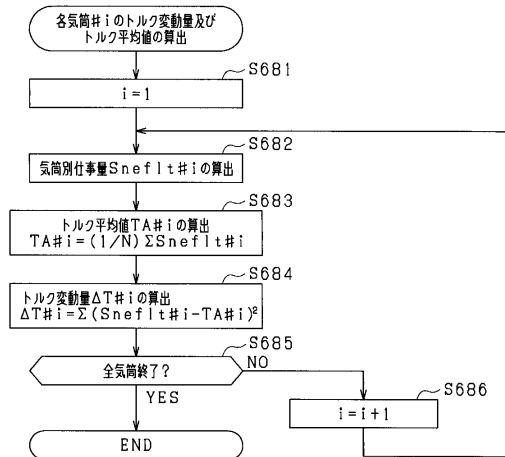
【図 14】



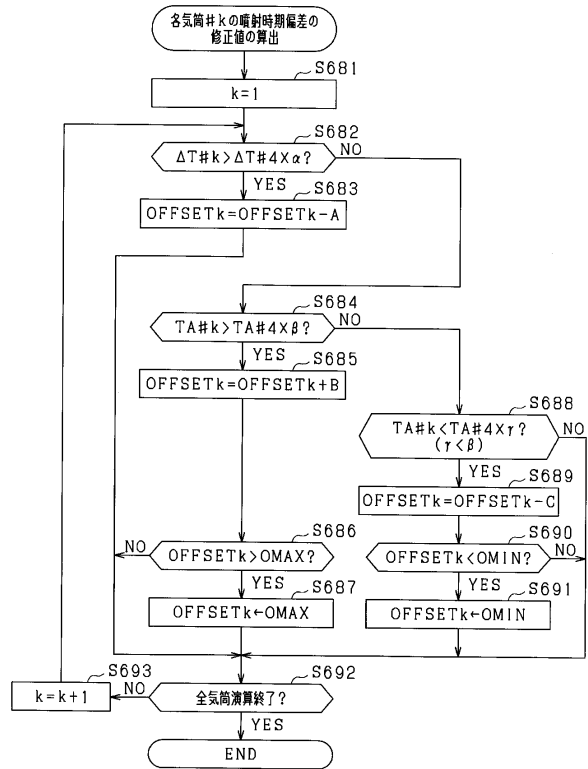
【図 15】



【図 16】

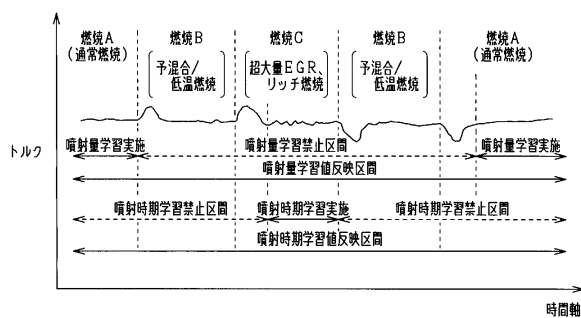


【図 17】

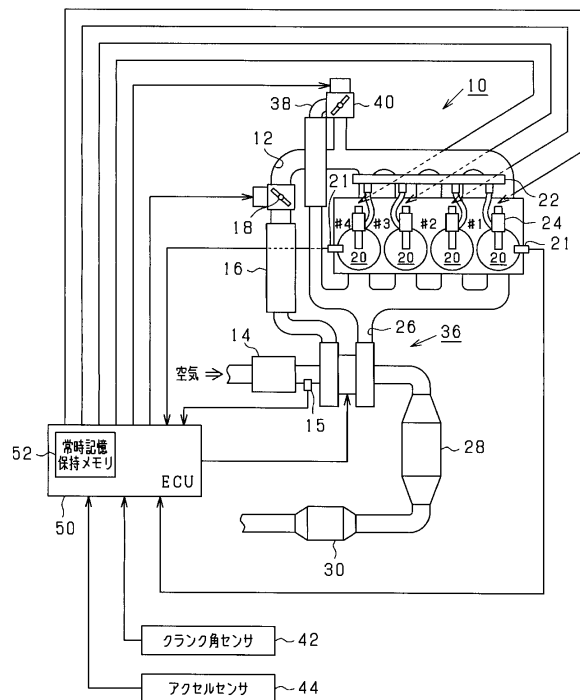


|OMAX| < |OMIN|

【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 D 21/08 3 0 1 D
F 0 2 M 25/07 5 7 0 J
F 0 2 M 25/07 5 7 0 M

審査官 松下 聡

(56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 2 3 4 5 5 8 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 3 0 2 1 5 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 1 4 4 6 3 9 (J P , A)
特許第 3 3 3 1 9 8 7 (J P , B 2)
特開 2 0 0 5 - 1 2 7 3 0 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
F 0 2 D 4 1 / 1 4
F 0 2 D 4 1 / 4 0
F 0 2 D 4 5 / 0 0