(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2011 年 8 月 11 日(11.08.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/096092 A1

(51) 国際特許分類:
F02D 45/00 (2006.01) *F02D 43/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/052128

(22) 国際出願日: 2010 年 2 月 8 日(08.02.2010)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA**) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町１番地 Aichi (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 嶋田 真典 (**SHIMADA Masanori**) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町１番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人プロスペック特許事務所 (**PROSPEC PATENT FIRM**); 〒4530801 愛知県名古屋市中村区太閤三丁目１番１８号 名古屋ＫＳビル１２階 Aichi (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

[続葉有]

(54) **Title**: COMBUSTION CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称 : 内燃機関の燃焼制御装置

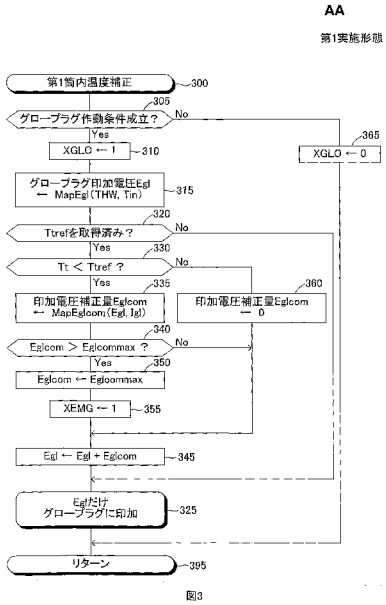


図3

AA First Embodiment
300 Correction of temperature within first cylinder
305 Glow plug operating conditions established?
315 Glow Plug Applied Voltage (Egl) ← MapEgl (THW, Tin)
320 Ttref acquired?
325 Only Egl applied to glow plug
335 Applied Voltage Correction Amount (Eglcom) ← MapEglcom (Egl, Igl)
360 Applied Voltage Correction Amount (Eglcom) ← 0
395 Return

(57) **Abstract**: Disclosed is a combustion control device for internal combustion engines that is applied in internal combustion engines having a glow plug (23) that heats the gas within cylinders, wherein the combustion control device is equipped with a compression end temperature estimation means that estimates the compression end temperature (Tt), which is the temperature of the gas within the aforementioned cylinders when the position of pistons that reciprocate within the aforementioned cylinders is at the compression top dead center, and a compression end temperature adjustment means that, in cases in which the compression end temperature (Tt) estimated by the aforementioned compression end temperature estimation means is lower than a prescribed compression end reference temperature (Ttref) when the aforementioned glow plug is being operated, causes the aforementioned internal combustion engine to perform a compression end temperature raising operation, which raises the aforementioned compression end temperature (Tt) to at least the aforementioned prescribed compression end reference temperature (Ttref).

(57) 要約: 本発明は、気筒内のガスを加熱するグロープラグ２３を有する内燃機関に適用される燃焼制御装置であって、前記気筒内で往復動するピストンの位置が圧縮上死点にあるときの前記気筒内のガスの温度である圧縮端温度Ｔｔを推定する圧縮端温度推定手段と、前記グロープラグが作動されているときに前記圧縮端温度推定手段によって推定される圧縮端温度Ｔｔが所定の圧縮端参照温度Ｔｔｒｅｆよりも低い場合、前記圧縮端温度Ｔｔを前記所定の圧縮端参照温度Ｔｔｒｅｆ以上にする圧縮端温度上昇運転を前記内燃機関に行わせる圧縮端温度調整手段と、を備えた内燃機関の燃焼制御装置を提供する。

WO 2011/096092 A1

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明細書

内燃機関の燃焼制御装置

技術分野

【０００１】

本発明は、気筒内のガスを加熱するグロープラグを有する内燃機関（ディーゼル機関）に適用される燃焼制御装置に関する。

背景技術

【０００２】

従来から、内燃機関の温度が低い状態で内燃機関が始動される冷間始動時において、内燃機関の気筒内の燃料の着火を促進することを目的として、電圧を印加されることによって発熱する抵抗発熱部を有するグロープラグを備えた内燃機関が提案されている。より具体的に述べると、グロープラグは、一般に、その抵抗発熱部が内燃機関の気筒内に突出するように内燃機関に設けられる。そして、例えば、冷間始動時に、グロープラグに電圧が印加されて抵抗発熱部が発熱し、その抵抗発熱部から放出される熱によって気筒内のガスの温度が上昇せしめられる。これにより、冷間始動時において、内燃機関の気筒内の燃料の着火が促進されるようになっている。

【０００３】

一方、内燃機関の運転中、気筒内は高温でかつ高圧となり、グロープラグの抵抗発熱部はこの気筒内に突出している。したがって、グロープラグが長期間に亘って使用されると、その抵抗発熱部が焼損する等の障害が生じる場合がある（以下、このような障害が生じることを「グロープラグが劣化する」とも称呼する。）。グロープラグが劣化した場合、例えば、抵抗発熱部の通電可能断面積が減少するので、その抵抗値が増大する。したがって、この場合、所定の電圧が抵抗発熱部に印加されたとしても、抵抗発熱部を通過する電流の大きさが減少することから、抵抗発熱部において生じる発熱量が減少する。このため、グロープラグから気筒内のガスに単位時間当たりに与えられる熱量も減少し、気筒内のガスの温度が十分には上昇されない。その結果、グロープラグが劣化した場合、グロープラグが正常である場合に比べて、燃料が十分に着火しない可能性がある。

【０００４】

そこで、内燃機関（特に、ディーゼル機関）に適用される従来の燃焼制御装置の一つ（以下、「従来装置」と称呼する。）は、グロープラグが劣化したとき、気筒内に燃料を噴射する時期（以下、「燃料噴射時期」と称呼する。）を、グロープラグが正常であるときの燃料噴射時期よりも進角された時期に変更する（即ち、燃料噴射時期を早める）ように

なっている。ここで、気筒内に噴射された燃料は、気筒内のガスによって加熱されて気化した後、気筒内のガスと混合されながら、分解および低温酸化反応等を含む自着火前反応を行う。この自着火前反応により、燃料は、燃料自身の温度を更に上昇させる。そして、燃料の温度が自着火可能温度に到達すると、燃料は着火する。即ち、燃料の着火は、「気筒内のガスの温度」および「燃料が自着火前反応を行うことができる期間の長さ」の影響を受ける。

【０００５】

上記従来装置は、グロープラグが劣化した場合、燃料噴射時期を早めることにより、「燃料が自着火前反応を行うことができる期間の長さ」を増大させる。これにより、グロープラグが劣化して気筒内のガスの温度が十分に上昇されない場合であっても、燃料自身の自着火前反応によって燃料の温度が上昇せしめられる期間が十分に確保される。したがって、従来装置は、グロープラグが劣化した場合であっても、冷間始動時等における燃料の着火を促進することができる（例えば、特開２００９－６２８３５号公報を参照）。

発明の開示

【０００６】

ところで、上述したように、上記従来装置は、グロープラグが劣化しているとき、燃料噴射時期を早めることによって気筒内の燃料の着火性を向上させようとしている。確かに、グロープラグの劣化は気筒内のガスの温度に影響を及ぼす要因ではあるが、吸気温度、気筒自身の温度、および、気筒内のガスの圧縮比等の他の要因も気筒内のガスの温度に影響を及ぼす。即ち、グロープラグの劣化は、気筒内の燃料の着火に影響を及ぼす一つの要因に過ぎない。したがって、グロープラグが劣化したとき、気筒内の燃料の着火を確実なものとするためには、「気筒内のガスの温度」そのものが考慮されるべきである。

【０００７】

しかしながら、上記従来装置では、この気筒内のガスの温度が何ら考慮されずに、燃料噴射時期が早められている。したがって、上記従来装置において、グロープラグが劣化した場合に燃料噴射時期が早められたとしても、その燃料噴射時期が気筒内の燃料の着火を確実なものとするのに最適な時期であるとは限らない。その結果、上記従来装置には、気筒内の燃料の着火を確実なものとすることができない虞があるという問題がある。

【０００８】

本発明の目的は、上記課題に鑑み、気筒内のガスを加熱するグロープラグを有する内燃機関に適用される燃焼制御装置であって、気筒内の燃料の着火を確実なものとすることができる内燃機関の燃焼制御装置を提供することにある。

【０００９】

上記課題を達成するための本発明による内燃機関の燃焼制御装置は、

気筒内のガスを加熱するグロープラグを有する内燃機関に適用される。

【００１０】

前記グロープラグの構成は、特に制限されない。例えば、前記グロープラグは、電圧が印加されることによって発熱する抵抗発熱部を備えるように構成され得る。更に、前記グロープラグは、その抵抗発熱部の少なくとも一部が機関の気筒内（燃焼室内）に突出するように同機関に配設され得る。

【００１１】

前記機関に適用される本発明の燃焼制御装置は、圧縮端温度推定手段と、圧縮端温度調整手段と、を備える。

【００１２】

より具体的に述べると、圧縮端温度推定手段は、

前記気筒内で往復動するピストンの位置が圧縮上死点にあるときの前記気筒内のガスの温度である「圧縮端温度」を推定するようになっている。

【００１３】

更に、圧縮端温度調整手段は、

前記グロープラグが作動されているときに「前記圧縮端温度推定手段によって推定される圧縮端温度が所定の圧縮端参照温度よりも低い」場合、前記圧縮端温度を前記所定の圧縮端参照温度以上にする「圧縮端温度上昇運転」を前記内燃機関に行わせるようになっている。

【００１４】

内燃機関（ディーゼル機関）においては、一般に、ピストンの位置が圧縮上死点を含む圧縮上死点近傍にあるときに気筒内に燃料が噴射される。したがって、上記圧縮端温度は、上述した「気筒内のガスの温度」に実質的に相当する。本発明の燃焼制御装置においては、この「圧縮端温度」が推定されるとともに、この圧縮端温度が所定の「圧縮端参照温度」よりも低い場合に「圧縮端温度上昇運転」が実行される。

【００１５】

上記圧縮端参照温度は、圧縮端温度がその圧縮端参照温度よりも低い場合に燃料が十分に着火することができない適値とし得る。

【００１６】

このように、本発明の燃焼制御装置は、グロープラグが作動されているとき、燃料の燃焼に影響する「圧縮端温度」そのものを推定するとともに、必要に応じてこの圧縮端温度を上昇させる圧縮端温度上昇運転を実行する。これにより、本発明の燃焼制御装置は、圧縮端温度そのものを制御することができるので、グロープラグが劣化した場合であっても燃料の着火を確実なものとすることができる。

【００１７】

本発明の燃焼制御装置の一の態様として、

上記燃焼制御装置は、

前記気筒内のガスの量である「気筒内ガス量」を取得する気筒内ガス量取得手段と、

前記ピストンの位置が圧縮上死点にあるときの前記気筒内のガスの圧力である「圧縮端気筒内圧力」を取得する圧縮端気筒内圧力取得手段と、

前記ピストンの位置が圧縮上死点にあるときの前記気筒内のガスの体積である「圧縮端気筒内ガス体積」を取得する圧縮端気筒内ガス体積取得手段と、

を備えるように構成され得る。

【００１８】

上記態様の燃焼制御装置において、

前記圧縮端温度推定手段は、

前記気筒内ガス量推定手段によって取得される「前記気筒内ガス量」と、前記圧縮端気筒内圧力取得手段によって取得される「前記圧縮端気筒内圧力」と、前記圧縮端気筒内ガス体積取得手段によって取得される「前記圧縮端気筒内ガス体積」と、前記気筒内のガスの「気体定数」と、を気体の状態方程式に適用することによって前記圧縮端温度を推定するように構成され得る。

【００１９】

内燃機関（ディーゼル機関）の気筒内のガスの温度は、ピストンによる同ガスの圧縮および気筒内に噴射される燃料の燃焼等によって激しく変化する。即ち、気筒内のガスの温度の変化速度および変化幅は非常に大きい。そのため、気筒内のガスの温度を測定するセンサ等を用いても、「圧縮端温度のみ」を簡便に測定することは困難である。

【００２０】

そこで、上記態様の燃焼制御装置は、「気筒内ガス量」、「圧縮端気筒内圧力」、「圧縮端気筒内ガス体積」および「気筒内のガスの気体定数」を気体の状態方程式に適用することにより、上記圧縮端温度を推定する。この「気筒内ガス量」は、例えば、機関に吸入される空気の量等に基づき、容易に取得し得る。更に、「圧縮端気筒内圧力」は、例えば、気筒内に設けられた圧力測定装置等を用いることにより、容易に取得し得る。加えて、「圧縮端気筒内ガス体積」としては、例えば、予め取得されているピストンの位置が圧縮上死点であるときの気筒内の容積を採用し得る。更に加えて、「気筒内のガスの気体定数」としては、例えば、周知の理想気体の気体定数等を採用し得る。したがって、上記態様の燃焼制御装置は、「圧縮端温度のみ」を容易に推定することができる。

【００２１】

本態様においては、圧縮端温度を容易に推定する観点から、気体の状態方程式として「理想気体の状態方程式」が適用されることが好適である。ただし、気体の状態方程式は理想気体の状態方程式に限定されず、気体の状態方程式として、ペン・ロビンソンの状態方程式、ファンデルワールスの状態方程式、および、ビリヤルの式等の実在気体に対応した周知の状態方程式が適用されてもよい。

【００２２】

さらに、本態様においては、圧縮端温度を容易に推定する観点から、気筒内のガスの気体定数として「理想気体の気体定数」が適用されることが好適である。ただし、気筒内のガスの気体定数は理想気体の気体定数に限定されず、気筒内のガスの気体定数として、実際に気筒内に存在する気体（例えば、空気、排ガスおよび未燃焼物質等）を考慮した適値が適用されてもよい。

【００２３】

更に、本発明の燃焼制御装置の他の態様として、

前記内燃機関は、「複数」の気筒を有するように構成され得る。

【００２４】

本態様の燃焼制御装置において、

前記圧縮端温度調整手段は、前記所定の「圧縮端参照温度」として、

（１）各気筒における前記圧縮端温度の平均値よりも所定温度だけ低い温度、

（２）前記圧縮端温度推定手段によって前記圧縮端温度が推定される対象となっている気筒以外の気筒における前記圧縮端温度の平均値よりも所定温度だけ低い温度、

（３）前記圧縮端温度推定手段によって前記圧縮端温度が推定される対象となっている気筒以外の気筒のうちの一の気筒における前記圧縮端温度よりも所定温度だけ低い温度、

（４）各気筒における前記圧縮端温度の平均値、

（５）前記圧縮端温度推定手段によって前記圧縮端温度が推定される対象となっている気筒以外の気筒における前記圧縮端温度の平均値、および、

（６）前記圧縮端温度推定手段によって前記圧縮端温度が推定される対象となっている気筒以外の気筒のうちの一の気筒における前記圧縮端温度、

のうちのいずれか一つを採用するように構成され得る。

【００２５】

このように、本態様の燃焼制御装置は、「圧縮端温度が推定される対象となっている気筒（即ち、グロープラグが劣化しているか否かが確認される気筒）とは異なる他の気筒」の圧縮端温度を考慮して圧縮端参照温度を定める。この圧縮端参照温度に準じて圧縮端温度上昇運転が行われることにより、グロープラグが劣化した場合であっても、各気筒における燃焼のばらつきが抑制される。その結果、各気筒において発生するトルクがばらつくことが防がれるとともに、劣化したグロープラグを備える気筒におけるエミッションが悪化することが防がれる。したがって、本態様の燃焼制御装置は、複数の気筒のうちの一または二以上の気筒におけるグロープラグが劣化した場合であっても、機関のドライバビリティおよびエミッションを良好に維持することができる。

【００２６】

更に、本態様の燃焼制御装置により、例えば、複数の気筒のうちの一の気筒に備えられているグロープラグが製造上のばらつき（製造の際に生じる同一種の部材間における寸法および性能等の差）を有していた場合においても、各気筒における圧縮端温度がばらつく

ことが防がれる。

【００２７】

加えて、本発明の燃焼制御装置の更に他の態様として、

前記燃焼制御装置は、

前記気筒内のガスが前記ピストンによって圧縮される前の時点における同ガスの温度である「圧縮前温度」を取得する圧縮前温度取得手段を備えるように構成され得る。

【００２８】

本態様の燃焼制御装置において、

前記圧縮端温度調整手段は、

前記ピストンによる前記気筒内のガスの圧縮に関与する内燃機関の一または複数の運転パラメータに基づいて同圧縮に起因する同ガスの温度の変化量である「圧縮起因温度変化量」と、

前記グロープラグによる前記気筒内のガスの加熱に関与する内燃機関の一または複数の運転パラメータに基づいて同加熱に起因する同ガスの温度の変化量である「加熱起因温度変化量」と、

前記気筒内のガスの熱損失に関与する内燃機関の一または複数の運転パラメータに基づいて同熱損失に起因する同ガスの温度の変化量である「熱損失起因温度変化量」と、

を推定するとともに、

前記所定の「圧縮端参照温度」として、

（７）前記圧縮前温度と、前記圧縮起因温度変化量と、前記加熱起因温度変化量と、前記熱損失起因温度変化量と、の和よりも所定温度だけ低い温度、および、

（８）前記圧縮前温度と、前記圧縮起因温度変化量と、前記加熱起因温度変化量と、前記熱損失起因温度変化量と、の和、

のうちの一方を採用するように構成され得る。

【００２９】

本態様においては、上述した「圧縮端温度が推定される対象となっている気筒とは異なる他の気筒の圧縮端温度を考慮して圧縮端参照温度を定める態様（上記（１）ないし（６）に示される温度を圧縮端参照温度として採用する態様）」とは異なり、所定の一の気筒内のガスが圧縮される際の熱収支を考慮することにより、圧縮端参照温度が定められる。

【００３０】

具体的に述べると、ピストンの位置が吸気下死点から圧縮上死点に向けて変化すると、気筒内のガスはそのピストンによって圧縮される。そこで、本態様において、圧縮端温度調整手段は、この圧縮を断熱圧縮であると仮定するとともに、気筒内のガスが圧縮されることに起因して生じる温度変化量（圧縮起因温度変化量）を推定する。この圧縮に関与する運転パラメータとして、例えば、圧縮される前の時点における気筒内のガスの体積、ピストンの位置が圧縮上死点であるときの気筒内のガスの体積、および、気筒内のガスの比

熱比等が挙げられる。なお、圧縮起因温度変化量は、一般に、正の値となる。

【００３１】

更に、気筒内のガスは、上述したように圧縮されながらグロープラグによって加熱される。そこで、本態様において、圧縮端温度調整手段は、気筒内のガスがグロープラグによって加熱されることに起因して生じる温度変化量（加熱起因温度変化量）を推定する。この加熱に関与する運転パラメータとして、例えば、グロープラグに印加される電圧の大きさ、機関回転速度、機関の吸気弁が閉弁する時期、気筒内のガスの量、および、気筒内のガスの比熱等が挙げられる。なお、加熱起因温度変化量は、一般に、正の値となる。

【００３２】

加えて、気筒内のガスが上述したように圧縮されている期間、気筒内のガスの有する熱量の一部は、気筒の内壁面およびピストンの上面等を介してそのガスの外部に放出される。即ち、熱損失が生じる。そこで、本態様において、圧縮端温度調整手段は、この熱損失に起因して生じる温度変化量（熱損失起因温度変化量）を推定する。この熱損失に関与する運転パラメータとして、例えば、機関の冷却水の温度、機関回転速度、機関の吸気弁が閉弁する時期、気筒内のガスの量、および、気筒内のガスの比熱等が挙げられる。なお、熱損失起因温度変化量は、一般に、負の値となる。

【００３３】

そして、圧縮端温度調整手段は、圧縮前の気筒内のガスの温度（圧縮前温度）、上記「圧縮起因温度変化量」、上記「加熱起因温度変化量」および上記「熱損失起因温度変化量」に基づいて圧縮端参照温度を定める。

【００３４】

この圧縮端参照温度は、一の気筒における熱収支に基づく画一的な温度（即ち、グロープラグが劣化していない場合に得られるべき圧縮端温度）である。この圧縮端参照温度に準じて圧縮端温度上昇運転が行われることにより、グロープラグが劣化した場合であっても、圧縮端温度がグロープラグが劣化していない場合と同様の温度に維持される。したがって、グロープラグが劣化した場合であっても、燃料の着火を確実なものとすることができる。

【００３５】

上述した各態様の燃焼制御装置において、

前記圧縮端温度調整手段は、前記圧縮端温度上昇運転として、

前記グロープラグが電圧を印加されることによって発熱する場合において前記グロープラグに印加される電圧を所定の補正電圧値だけ増大するグロープラグ印加電圧増大運転、

吸気弁の閉弁時期を所定の第１補正量だけ吸気下死点に近づける吸気弁閉弁時期補正運転、

排気弁の閉弁時期を所定の第２補正量だけ排気上死点から遠ざける排気弁閉弁時期補正運転、

吸気弁の開弁時期を排気上死点よりも所定の第３補正量だけ進角させる吸気弁開弁時期進角運転、

気筒内に主となる燃料を燃料噴射弁から噴射する「主噴射」と同主噴射に先立って気筒内に予備的な燃料を同燃料噴射弁から噴射する「パイロット噴射」とが行われる場合において前記パイロット噴射において噴射される燃料の量を所定の第１補正燃料量だけ増大させるパイロット噴射量増大運転、および、

気筒内に主となる燃料を燃料噴射弁から噴射する「主噴射」と同主噴射に先立って気筒内に予備的な燃料を同燃料噴射弁から噴射する「パイロット噴射」とが行われる場合において前記主噴射において噴射される燃料の量を所定の第２補正燃料量だけ増大する主噴射量増大運転、

のうちの少なくとも一つの運転を行うように構成され得る。

【００３６】

上記「前記グロープラグが電圧を印加されることによって発熱する場合において前記グロープラグに印加される電圧を所定の補正電圧値だけ増大するグロープラグ印加電圧増大運転」が行われると、グロープラグに印加される電圧が増大されるので、グロープラグから放出される熱量が増大される。これにより、圧縮端温度が上昇せしめられる。この際の補正電圧値は、例えば、グロープラグに印加される電圧値、および、その電圧値がグロープラグに印加された際の通過電流値等に応じて決定し得る。

【００３７】

更に、上記「吸気弁の閉弁時期を所定の第１補正量だけ吸気下死点に近づける吸気弁閉弁時期補正運転」が行われると、気筒内に吸入される空気の量が増大されるので、圧縮比が増大する。これにより、圧縮端温度が上昇せしめられる。この際の第１補正量は、例えば、圧縮端温度と圧縮端参照温度との差、および、吸気弁の閉弁時期等に応じて決定し得る。

【００３８】

加えて、上記「排気弁の閉弁時期を所定の第２補正量だけ排気上死点から遠ざける排気弁閉弁時期補正運転」が行われると、燃焼後の高温のガス（排ガス）のうちの気筒内に残留するガスの量（いわゆる、内部ＥＧＲ量）が増大される。これにより、圧縮端温度が上昇せしめられる。この際の第２補正量は、例えば、上記同様、圧縮端温度と圧縮端参照温度との差、および、吸気弁の閉弁時期等に応じて決定し得る。

【００３９】

更に、上記「吸気弁の開弁時期を排気上死点よりも所定の第３補正量だけ進角させる吸気弁開弁時期進角運転」が行われると、上記同様、燃焼後の高温のガス（排ガス）のうちの気筒内に残留するガスの量が増大される。これにより、圧縮端温度が上昇せしめられる。この際の第３補正量は、例えば、上記同様、圧縮端温度と圧縮端参照温度との差、および、吸気弁の閉弁時期等に応じて決定し得る。

【００４０】

更に、上記「気筒内に主となる燃料を燃料噴射弁から噴射する「主噴射」と同主噴射に先立って気筒内に予備的な燃料を同燃料噴射弁から噴射する「パイロット噴射」とが行われる場合において前記パイロット噴射において噴射される燃料の量を所定の第１補正燃料量だけ増大させるパイロット噴射量増大運転」が行われると、パイロット噴射された燃料が自着火前反応することによって発生する熱量が増大する。これにより、圧縮端温度が上昇せしめられる。この際の第１補正燃料量は、例えば、圧縮端温度と圧縮端参照温度との差に応じて決定し得る。

【００４１】

更に、上記「気筒内に主となる燃料を燃料噴射弁から噴射する「主噴射」と同主噴射に先立って気筒内に予備的な燃料を同燃料噴射弁から噴射する「パイロット噴射」とが行われる場合において前記主噴射において噴射される燃料の量を所定の第２補正燃料量だけ増大する主噴射量増大運転」が行われると、主噴射された燃料が燃焼することによって発生する熱量が増大する。このため、気筒を形成している壁面の温度が上昇する。これにより、圧縮端温度 Tt が上昇される。この際の第２補正燃料量は、例えば、上記同様、圧縮端温度と圧縮端参照温度との差に応じて決定し得る。

【００４２】

圧縮端温度調整手段は、圧縮端温度上昇運転として、上述した複数の運転のうちの少なくとも一つの運転を実行する。上述した複数の運転から選ばれる少なくとも一つの運転は、本発明の燃焼制御装置に要求される性能等に応じて決定され得る。

【００４３】

加えて、本発明の燃焼制御装置の更に他の態様として、

前記燃焼制御装置は、

前記主噴射量増大運転が行われるときに前記排気弁閉弁時期補正運転または前記吸気弁開弁時期進角運転が行われるように構成され得る。

【００４４】

本態様において、主噴射量増大運転が行われるときに排気弁閉弁時期補正運転が行われると、主噴射された燃料が燃焼することによって発生する熱量が増大するので、排ガスの温度が上昇するとともに、燃焼後の高温のガス（排ガス）のうちの気筒内に残留するガスの量（いわゆる、内部ＥＧＲ量）が増大される。即ち、温度がさらに上昇せしめられた排ガスが気筒内に多く残留することになる。これにより、圧縮端温度がより確実に上昇せしめられる。

【００４５】

また、本態様において、主噴射量増大運転が行われるときに吸気弁開弁時期進角運転が行われると、主噴射された燃料が燃焼することによって発生する熱量が増大するので、排ガスの温度が上昇するとともに、上記同様、燃焼後の高温のガス（排ガス）のうちの気筒内に残留するガスの量が増大される。即ち、温度がさらに上昇せしめられた排ガスが気筒内に多く残留することにな

る。これにより、圧縮端温度がより確実に上昇せしめられる。

【００４６】

更に、上述した各態様の燃焼制御装置において、

前記燃焼制御装置は、

前記グロープラグ印加電圧増大運転における前記補正電圧値が所定の補正電圧閾値よりも大きいこと、

前記吸気弁閉弁時期補正運転における前記第１補正量が所定の第１補正閾値量よりも大きいこと、

前記排気弁閉弁時期補正運転における前記第２補正量が所定の第２補正閾値量よりも大きいこと、

前記吸気弁開弁時期進角運転における前記第３補正量が所定の第３補正閾値量よりも大きいこと、

前記パイロット噴射量増大運転における前記第１補正燃料量が所定の第１補正燃料閾値量よりも大きいこと、および、

前記主噴射量増大運転における前記第２補正燃料量が所定の第２補正燃料閾値量よりも大きいこと、

のうちの少なくとも一つが成立するとき、前記グロープラグが異常であることを表示する異常表示手段を備えるように構成され得る。

【００４７】

上述した複数の圧縮端温度上昇運転のうちの少なくとも一つの運転を実行することにより、圧縮端温度は上昇せしめられる。ところが、各圧縮端温度上昇運転における補正量（補正電圧閾値、第１補正閾値量、第２補正閾値量、第３補正閾値量、第１補正燃料閾値量、および、第２補正燃料閾値量）が過大であると、機関のドライバビリティおよびエミッション等が悪化する可能性がある。そこで、上述した各補正量が所定の閾値よりも大きくなったとき、グロープラグが異常である旨を所定の表示手段に表示することにより、機関のドライバビリティおよびエミッション等が過剰に悪化することを防ぐことができる。この際の各補正量の閾値は、例えば、各補正量がその閾値よりも大きくなったとき、機関のドライバビリティおよびエミッション等が悪化する虞がある適値とし得る。

【００４８】

これにより、グロープラグが過度に劣化する前の時点においてグロープラグを修理または交換すべきであることを機関の操作者等に通知することができるので、機関のドライバビリティおよびエミッション等を良好に維持することができる。

図面の簡単な説明

【００４９】

図１は、本発明の第１実施形態に係る燃焼制御装置が適用される内燃機関の概略図であ

る。

図２は、本発明の第１実施形態に係る燃焼制御装置が適用される内燃機関の一の気筒の概略断面図である。

図３は、本発明の第１実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図４は、本発明の第１実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図５は、本発明の第１実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図６は、本発明の第１実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図７は、本発明の第１実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図８は、本発明の第１実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図９は、本発明の第２実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図１０は、本発明の第２実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図１１は、本発明の第２実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図１２は、本発明の第３実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図１３は、本発明の第３実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図１４は、本発明の第４実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図１５は、本発明の第４実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図１６は、本発明の第５実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図１７は、本発明の第５実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図１８は、本発明の第６実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

図１９は、本発明の第６実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示

したフローチャートである。

図２０は、本発明の第７実施形態に係る燃焼制御装置のＣＰＵが実行するルーチンを示したフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

【００５０】

以下、本発明による内燃機関の燃焼制御装置の各実施形態について、図面を参照しながら説明する。

【００５１】

（第１実施形態）

＜装置の概要＞

図１は、本発明の第１の実施形態に係る燃焼制御装置（以下、「第１装置」とも称呼する。）を内燃機関１０に適用したシステムの概略構成を示している。機関１０は、第１気筒ないし第４気筒の４つの気筒を有する４気筒ディーゼル機関である。更に、図２は、第１装置が適用された機関１０の一の気筒の概略構成を示す断面図である。なお、図２に示されている一の気筒とは異なる他の気筒も、この一の気筒と同様の構成を有している。

【００５２】

この機関１０は、図１に示すように、燃料供給系統を含むエンジン本体２０、エンジン本体２０に空気を導入するための吸気系統３０、エンジン本体２０からの排ガスを外部に放出するための排気系統４０、排ガスを吸気系統３０側に還流させるためのＥＧＲ装置５０、および、排ガスのエネルギによって駆動されてエンジン本体２０に導入される空気を圧縮する過給装置６０、を備えている。

【００５３】

エンジン本体２０は、吸気系統３０および排気系統４０が連結されたシリンダヘッド２１を有している。このシリンダヘッド２１は、各気筒に対応するように各気筒の上部に設けられた複数の燃料噴射装置２２を有している。各燃料噴射装置２２は、図示しない燃料タンクと接続されており、電気制御装置８０からの指示信号に応じて各気筒の燃焼室内に燃料を噴射するようになっている。

【００５４】

更に、シリンダヘッド２１は、各燃料噴射装置２２に隣接するように各気筒の上部に設けられたグロープラグ２３を有している。各グロープラグ２３は、電気制御装置８０からの指示信号に応じて電圧を印加されることによって発熱し、各気筒の燃焼室内のガスを加熱するようになっている。

【００５５】

加えて、シリンダヘッド２１は、図２に示すように、燃焼室２４に連通した吸気ポート２５、吸気ポート２５を開閉する吸気弁２６、吸気弁２６に接続された周知の可変吸気タ

イミング制御装置２６ａ、燃焼室２４に連通した排気ポート２７、排気ポート２７を開閉する排気弁２８、および、排気弁２８に接続された周知の可変排気タイミング制御装置２８ａ、を有している。エンジン本体２０に吸入された空気Ｉｎは吸気ポート２５を通過して燃焼室２４に導入され、排ガスＥｘは排気ポート２７を通過してエンジン本体２０の外部に排出される。

【００５６】

更に、この気筒内には、所定の圧縮上死点と所定の吸気下死点との間を往復動可能なピストン２９が設けられている。加えて、この気筒を構成する壁部の内部には、冷却水が通流される冷却水通路２９ａが設けられている。

【００５７】

可変吸気タイミング制御装置（可変バルブタイミング機構）２６ａは、電気制御装置８０からの指示信号に応じて、吸気弁２６の開弁時期および閉弁時期を所望の大きさだけ進角または遅角させるようになっている（例えば、特開２００７－３０３４２３号公報および特開２００４－１５０３９７号公報等を参照。）。更に、可変排気タイミング制御装置（可変バルブタイミング機構）２８ａは、可変吸気タイミング制御装置２６ａと同様、電気制御装置８０からの指示信号に応じて、排気弁２８の開弁時期および閉弁時期を所望の大きさだけ進角または遅角させるようになっている。

【００５８】

再び図１を参照すると、吸気系統３０は、シリンダヘッド２１の吸気ポート２５を介して各気筒に連通されたインテークマニホールド３１、インテークマニホールド３１の上流側集合部に接続された吸気管３２、吸気管３２内の吸気通路の開口断面積を可変とするスロットル弁（吸気絞り弁）３３、電気制御装置８０からの指示信号に応じてスロットル弁３３を回転駆動するスロットル弁アクチュエータ３３ａ、スロットル弁３３の上流において吸気管３２に介装されたインタークーラ３４、および、インタークーラ３４の上流に設けられた過給装置６０の上流側であって吸気管３２の端部に配設されたエアクリーナ３５、を有している。インテークマニホールド３１および吸気管３２は、吸気通路を構成している。

【００５９】

排気系統４０は、シリンダヘッド２１の排気ポート２７を介して各気筒に連通されたエキゾーストマニホールド４１、エキゾーストマニホールド４１の下流側集合部に接続された排気管４２、および、排気管４２に設けられた過給装置６０の下流側であって排気管４２に介装された周知の排ガス浄化用触媒（ＤＰＮＲ）４３、を有している。エキゾーストマニホールド４１および排気管４２は、排気通路を構成している。

【００６０】

ＥＧＲ装置５０は、排ガスをエキゾーストマニホールド４１からインテークマニホールド３１へと還流させる通路（ＥＧＲ通路）を構成する排気還流管５１、排気還流管５１に

介装されたＥＧＲガス冷却装置（ＥＧＲクーラ）５２、および、排気還流管５１に介装されたＥＧＲ制御弁５３、を有している。ＥＧＲ制御弁５３は、電気制御装置８０からの指示信号に応じてエキゾーストマニホールド４１からインテークマニホールド３１へと還流させる排ガス量を変更するようになっている。

【００６１】

過給装置６０は、コンプレッサ６１およびタービン６２を有している。コンプレッサ６１は吸気通路（吸気管３２）に配設され、タービン６２は排気通路（排気管４２）に配設されている。コンプレッサ６１とタービン６２とは、図示しないローターシャフトによって同軸回転可能に連結されている。これにより、タービン６２が排ガスによって回転せしめられると、コンプレッサ６１が回転するとともに、コンプレッサ６１に供給される空気が圧縮される（過給が行われる）。

【００６２】

この第１装置は、図１に示すように、熱線式エアフローメータ７１、吸気温度センサ７２、吸気圧センサ７３、クランクポジションセンサ７４、および、アクセル開度センサ７５、を備えている。更に、第１装置は、図２に示すように、筒内圧センサ７６、および、冷却水温度センサ７７、を備えている。

【００６３】

図１を参照すると、熱線式エアフローメータ７１は、吸気通路（吸気管３２）に配設されている。熱線式エアフローメータ７１は、この吸気管３２内を流れる吸入空気の質量流量（機関１０に単位時間あたりに吸入される空気の質量）に応じた信号を出力するようになっている。

【００６４】

吸気温度センサ７２は、吸気通路（吸気管３２）に配設されている。吸気温度センサ７２は、この吸気管３２内を流れる吸入空気の温度（吸気温度）に応じた信号を出力するようになっている。

【００６５】

吸気圧センサ７３は、吸気管３２のスロットル弁３３の下流側に配設されている。吸気圧センサ７４は、それが配設されている部位の排気管４２内の空気の圧力、即ち、機関１０の燃焼室に供給される空気の圧力（過給装置６０によってもたらされる過給圧）を表す信号を出力するようになっている。

【００６６】

クランクポジションセンサ７４は、図示しないクランクシャフト近傍に配設されている。クランクポジションセンサ７４は、このクランクシャフトが１０°回転する毎に幅狭のパルスを有するとともに同クランクシャフトが３６０°回転する毎に幅広のパルスを有する信号を出力するようになっている。本信号に基づき、クランクシャフトの単位時間あたりの回転数（機関回転速度）が算出される。

【００６７】

アクセル開度センサ７５は、機関１０の操作者によって操作されるアクセルペダルＡＰに配設されている。アクセル開度センサ７５は、このアクセルペダルＡＰの開度に応じた信号を出力するようになっている。

【００６８】

図２を参照すると、筒内圧センサ７６は、燃料噴射装置２２に隣接するように気筒の上部に配設されている。筒内圧センサ７６は、気筒内のガスの圧力を表す信号を出力するようになっている。

【００６９】

冷却水温度センサ７７は、機関１０の冷却水通路２９ａに配設されている。冷却水温度センサ７７は、この冷却水通路２９ａ内を流れる冷却水の温度（冷却水温度）を表す信号を出力するようになっている。

【００７０】

再び図１を参照すると、電気制御装置８０は、互いにバスで接続されたＣＰＵ８１、ＣＰＵ８１が実行するプログラム、テーブル（マップ）および定数等を予め記憶したＲＯＭ８２、ＣＰＵ８１が必要に応じて一時的にデータを格納するＲＡＭ８３、電源が投入された状態でデータを格納するとともに格納したデータを電源が遮断されている間も保持するバックアップＲＡＭ８４、ならびに、ＡＤコンバータを含むインターフェース８５、等を有するマイクロコンピュータである。

【００７１】

インターフェース８５は、上記各センサ等と接続され、ＣＰＵ８１に上記各センサ等からの信号を供給するようになっている。更に、インターフェース８５は、ＣＰＵ８１の指示に応じて、燃料噴射装置２２、グロープラグ２３、可変吸気タイミング制御装置２６ａ、可変排気タイミング制御装置２８ａ、および、スロットル弁アクチュエータ３３ａ等に駆動信号（指示信号）を送出するようになっている。

【００７２】

＜装置の作動の概要＞

次いで、上述したように構成された第１装置の作動の概要について説明する。

第１装置は、機関１０の運転状態に基づき、各気筒の燃焼室２４内に噴射する燃料の噴射量（パイロット噴射量 Qp およびメイン噴射量 Qm）、その燃料の噴射時期（パイロット噴射時期 finjp およびメイン噴射時期 finjm）、吸気弁２６の開閉時期（目標開弁時期 Vino および目標閉弁時期 Vinc）、ならびに、排気弁２８の開閉時期（目標開弁時期 Vexo および目標閉弁時期 Vexc）、を取得する。そして、第１装置は、上記取得された開閉時期において吸気弁２６を開閉し、吸気通路から燃焼室２４内に空気を吸入する。次いで、第１装置は、上記取得された噴射時期において上記取得された量の燃料を、燃料噴射装置２２から燃焼室２４内に噴射する。その後、第１装置は、取得された開閉時期におい

て排気弁２８を開閉し、燃焼後のガス（排ガス）を燃焼室２４内から排気通路へ排出する。

【００７３】

更に、第１装置は、所定のグロープラグ作動条件が成立しているとき、グロープラグ２３に機関１０の運転状態に基づいて定められる印加電圧値 Egl の電圧を印加する。これにより、グロープラグ２３が作動され、燃料の着火が促進される。第１装置は、グロープラグ２３が作動されているとき、ピストン２９が圧縮上死点にあるときの気筒内のガスの温度である圧縮端温度 Tt を、各気筒（第１気筒、第２気筒、第３気筒および第４気筒）において推定する。加えて、第１装置は、推定された各気筒における圧縮端温度（Tt1、Tt2、Tt3 および Tt4）の平均値を算出するとともに、この平均値よりも所定温度 ΔTtth1 だけ低い温度を圧縮端参照温度 Ttref として取得する。

【００７４】

加えて、第１装置は、グロープラグ２３の劣化度が確認される対象となる気筒（以下、「確認対象気筒」と称呼する。）の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上であるとき、「確認対象気筒のグロープラグ２３は、劣化していない、または、燃料の着火に影響を与えない程度に劣化している」と確認する。以下、「グロープラグが劣化していないまたは燃料の着火に影響を与えない程度に劣化している」ことを、便宜上、「グロープラグの劣化度は第１段階である」とも称呼する。

【００７５】

一方、第１装置は、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低いとき、「確認対象気筒のグロープラグ２３は、燃料を適切に着火させることができない程度に劣化している」と確認する。以下、「グロープラグが燃料を適切に着火させることができない程度に劣化している」ことを、便宜上、「グロープラグの劣化度は第２段階である」とも称呼する。

【００７６】

第１装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されたとき、上記定められた印加電圧値 Egl の電圧をそのグロープラグ２３に印加する。一方、第１装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、上記定められた印加電圧値 Egl に「グロープラグ２３の劣化度に応じて定められる印加電圧補正量 Eglcom」を加えた電圧（Egl＋Eglcom）を、そのグロープラグ２３に印加する。即ち、印加電圧値 Egl は印加電圧補正量 Eglcom だけ増大される。

【００７７】

ここで、第１装置は、この印加電圧補正量 Eglcom が所定の印加電圧上限補正量 Eglcommax よりも大きい場合、「確認対象気筒のグロープラグ２３は、修理または交換される必要がある程度に劣化している」と確認する。以下、「グロープラグが修理または交換される必要がある程度に劣化している」ことを、便宜上、「グロープラグの劣化度は

第３段階である」とも称呼する。

【００７８】

第１装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき、上記定められた印加電圧値 Egl に上記印加電圧上限補正量 Eglcommax を加えた電圧（Egl＋Eglcommax）をそのグロープラグ２３に印加する。即ち、印加電圧値 Egl は印加電圧上限補正量 Eglcommax だけ増大される。更に、このとき、第１装置は、「グロープラグが異常である」ことを図示しない表示装置等に表示する。以上が第１装置の作動の概要である。

【００７９】

＜燃焼制御方法＞

次いで、第１装置の具体的な作動についての説明を行う前に、第１装置に採用されている燃焼制御方法について説明する。

【００８０】

上述したように、グロープラグ２３が劣化すると、グロープラグ２３から気筒内のガスに対して単位時間当たりに与えられる熱量が減少するので、圧縮端温度 Tt は低下する。そこで、第１装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、グロープラグ２３に印加される印加電圧値 Egl を印加電圧補正量 Eglcom だけ増大させる。この印加電圧補正量 Eglcom は、グロープラグ２３の劣化度に応じて定められる。

【００８１】

グロープラグ２３に印加される印加電圧値 Egl が増大されると、グロープラグ２３を通過する通過電流値 Igl も増大される。そのため、グロープラグ２３において消費される電力が増大され、グロープラグ２３の発熱量が増大される。したがって、グロープラグ２３から気筒内のガスに単位時間当たりに与えられる熱量が増大される。更に、印加電圧補正量 Eglcom はグロープラグ２３の劣化度に応じて定められるので、グロープラグ２３の劣化による圧縮端温度 Tt の低下を補うために必要かつ十分な量だけ印加電圧値 Egl が増大される。その結果、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt は、燃料を適切に着火させることができる温度（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合と同様の温度。圧縮端参照温度 Ttref よりも高い温度）にまで、過不足なく上昇せしめられる。

【００８２】

更に、第１装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき、印加電圧補正量 Eglcom を印加電圧上限補正量 Eglcommax に変更する。即ち、このとき、印加電圧値 Egl は、印加電圧上限補正量 Eglcommax よりも大きくならないように調整される。これにより、グロープラグ２３に過大な電圧が印加されることが回避されるので、グロープラグ２３が破損等することが防がれる。以上が第１装置に採用されている燃焼制御方法である。

【００８３】

以下、上述したように確認対象気筒における圧縮端温度 Tt を上昇させる運転は、便宜上、「圧縮端温度上昇運転」とも称呼される。

【００８４】

＜実際の作動＞

以下、第１装置の実際の作動について説明する。

第１装置において、ＣＰＵ８１は、図３ないし図８にフローチャートによって示した各ルーチンを所定のタイミング毎に実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、これらルーチンにおいて、グロープラグ作動フラグ XGLO、および、異常発生フラグ XEMG を用いる。

【００８５】

グロープラグ作動フラグ XGLO は、その値が「０」であるとき、グロープラグ２３が作動されていないこと（グロープラグ２３に電圧が印加されていないこと）を表す。一方、グロープラグ作動フラグ XGLO は、その値が「１」であるとき、グロープラグ２３が作動されていること（グロープラグ２３に電圧が印加されていること）を表す。

【００８６】

異常発生フラグ XEMG は、その値が「０」であるとき、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であることを表す。一方、異常発生フラグ XEMG は、その値が「１」であるとき、グロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であることを表す。

【００８７】

グロープラグ作動フラグ XGLO および異常発生フラグ XEMG の値は、バックアップＲＡＭ８４に格納される。更に、グロープラグ作動フラグ XGLO の値は、図示しないイグニッション・キー・スイッチがオフからオンに変更されたときに実行されるイニシャルルーチンにおいて「０」に設定されるようになっている。加えて、異常発生フラグ XEMG の値は、機関１０を搭載した車両の工場出荷時およびサービス点検実施時等においてグロープラグ２３に異常がないことが確認された際に電気制御装置８０に対して所定の操作がなされたとき、「０」に設定されるようになっている。

【００８８】

以下、ＣＰＵ８１が実行する各ルーチンについて詳細に説明する。

ＣＰＵ８１は、機関１０が始動されると、各気筒（第１気筒ないし第４気筒のそれぞれ）において、所定時間が経過する毎に図３にフローチャートによって示した「第１筒内温度補正ルーチン」を繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３の劣化度を確認するとともに、その劣化度に応じて「グロープラグ２３への印加電圧値 Egl」を調整する。具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、機関１０の運転状態に応じてグロープラグ２３を作動させるか否かを判定する

。更に、ＣＰＵ８１は、グロープラグ２３が作動されているとき、グロープラグ２３の劣化度に応じて「グロープラグ２３への印加電圧値 Egl」を増大させる。

【００８９】

より具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、各気筒において、所定のタイミングにて図３のステップ３００から処理を開始してステップ３０５に進み、「グロープラグ２３を作動させる条件（グロープラグ作動条件）」が成立しているか否かを判定する。より具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、ステップ３０５にて、以下の条件１および条件２の双方が成立したとき、グロープラグ作動条件が成立したと判定する。換言すると、ＣＰＵ８１は、条件１および条件２のうちの少なくとも１つが成立しないとき、グロープラグ作動条件が成立しないと判定する。

【００９０】

(条件１）冷却水温度 THW が所定の閾値水温 THWth よりも低い。

(条件２）吸気温度 Tin が所定の閾値吸気温度 Tinth よりも低い。

【００９１】

上述したように、燃料の着火は、「気筒内のガスの温度」および「燃料が自着火前反応を行うことができる期間の長さ」の影響を受ける。上記条件１に挙げられる冷却水温度 THW および上記条件２に挙げられる吸気温度 Tin は、この「気筒内のガスの温度」に影響を与える。そこで、ＣＰＵ８１は、上記条件１および上記条件２の双方が成立するとき、気筒内のガスの温度（圧縮端温度 Tt）が燃料を適切に着火させることができない程度に低いと判断し、グロープラグ２３を作動させる。

【００９２】

以下、「グロープラグ作動条件が成立している場合」と「グロープラグ作動条件が成立していない場合」とに場合を分け、より詳細に説明する。

【００９３】

(場合１－１）グロープラグ作動条件が成立している場合

この場合、ＣＰＵ８１は、ステップ３０５にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ３１０に進み、グロープラグ作動フラグ XGLO の値に「１」を格納する。なお、例えば、機関１０が冷間始動されると、グロープラグ作動条件が成立する可能性が大きい。

【００９４】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ３１５に進み、「冷却水温度 THW と、吸気温度 Tin と、グロープラグ２３への印加電圧値 Egl と、の関係」を予め定めたグロープラグ印加電圧テーブル MapEgl（THW，Tin）に、現時点における冷却水温度 THW と吸気温度 Tin とを適用することにより、印加電圧値 Egl を決定・取得する。このグロープラグ印加電圧テーブル MapEgl（THW，Tin）において、印加電圧値 Egl は、冷却水温度 THW が低くなるにつれて大きくなり、かつ、吸気温度 Tin が低くなるにつれて大きくなるように、設計されている。

【００９５】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ３２０に進み、現時点にて圧縮端参照温度 Ttref が取得されているか否かを判定する。現時点にて圧縮端参照温度 Ttref が取得されていなければ、ＣＰＵ８１は、ステップ３２０にて「Ｎｏ」と判定してステップ３２５に進む。なお、現時点は機関１０が始動された直後であるので、圧縮端参照温度 Ttref が取得されていない可能性が大きい。

【００９６】

ＣＰＵ８１は、ステップ３２５にて、印加電圧値 Egl の電圧をグロープラグ２３に印加させる。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ３９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【００９７】

このように、グロープラグ作動条件が成立したときに圧縮端参照温度 Ttref が取得されていなければ、機関１０の運転状態に応じて決定された印加電圧値 Egl の電圧がグロープラグ２３に印加される。これにより、グロープラグ２３が発熱され、気筒内のガスが加熱される。その結果、圧縮端温度 Tt は上昇する。

【００９８】

更に、ＣＰＵ８１は、各気筒において、所定時間が経過する毎に図４にフローチャートによって示した「バルブタイミング制御ルーチン」を繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、機関１０の運転状態に応じて吸気弁２６の目標開弁時期 Vino および目標閉弁時期 Vinc を決定するとともに、吸気弁２６の実際の開弁時期が目標開弁時期 Vino に一致し、かつ、吸気弁２６の実際の閉弁時期が目標閉弁時期 Vinc に一致するように可変吸気タイミング制御装置２６ａを制御する。加えて、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、機関１０の運転状態に応じて排気弁２８の目標開弁時期 Vexo および目標閉弁時期 Vexc を決定するとともに、排気弁２８の実際の開弁時期が目標開弁時期 Vexo に一致し、かつ、排気弁２８の実際の閉弁時期が目標閉弁時期 Vexc に一致するように可変排気タイミング制御装置２８ａを制御する。

【００９９】

具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図４のステップ４００から処理を開始してステップ４１０に進み、クランクポジションセンサ７４の出力値に基づいて機関回転速度 NE を取得し、アクセルペダル開度センサ７５の出力値に基づいてアクセルペダル開度 Accp を取得する。そして、ＣＰＵ８１は、取得したそれらのパラメータを「機関回転速度 NE と、アクセルペダル開度 Accp と、吸気弁２６の目標開閉時期 Vino および Vinc と、の関係」を予め定めた吸気弁目標開閉時期テーブル MapVin（NE, Accp）に適用することにより、吸気弁目標開弁時期 Vino および吸気弁目標閉弁時期 Vinc を決定・取得する。この吸気弁目標開閉時期テーブル MapVin（NE, Accp）において、吸気弁目標開弁時期 Vino および吸気弁目標閉弁時期 Vinc は、機関１０のエミッションおよび出力等を考慮した適切な時期となるように、設計されている。

【０１００】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ４２０に進み、上記ステップ４１０にて取得された機関回転速度 NE およびアクセルペダル開度 Accp を「機関回転速度 NE と、アクセルペダル開度 Accp と、排気弁２８の目標開閉時期 Vexo および Vexc と、の関係」を予め定めた排気弁目標開閉時期テーブル MapVex（NE, Accp）に適用することにより、排気弁目標開弁時期 Vexo および排気弁目標閉弁時期 Vexc を決定・取得する。この排気弁目標開閉時期テーブル MapVex（NE, Accp）において、排気弁目標開弁時期 Vexo および排気弁目標閉弁時期 Vexc は、機関１０のエミッションおよび出力等を考慮した適切な時期となるように、設計されている。

【０１０１】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ４３０に進み、吸気弁２６の実際の開弁時期が目標開弁時期 Vino に一致し、かつ、吸気弁２６の実際の閉弁時期が目標閉弁時期 Vinc に一致するように可変吸気タイミング制御装置２６ａを制御する。

【０１０２】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ４４０に進み、排気弁２８の実際の開弁時期が目標開弁時期 Vexo に一致し、かつ、排気弁２８の実際の閉弁時期が目標閉弁時期 Vexc に一致するように可変排気タイミング制御装置２８ａを制御する。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ４９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０１０３】

このように、ＣＰＵ８１は、各気筒において、機関１０の運転状態（機関回転速度 NE およびアクセルペダル開度 Accp）に応じて吸気弁２６および排気弁２８の開閉時期を調整する。

【０１０４】

更に、ＣＰＵ８１は、各気筒において、所定時間が経過する毎に図５にフローチャートによって示した「圧縮端温度推定ルーチン」を繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３が作動されているとき、圧縮端温度 Tt（即ち、ピストン２９の位置が圧縮上死点であるときの気筒内のガスの温度）を推定する。

【０１０５】

より具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図５のステップ５００から処理を開始してステップ５１０に進み、グロープラグ作動フラグ XGLO の値が「１」であるか否かを判定する。現時点におけるグロープラグ作動フラグ XGLO の値は「１」であるので、ＣＰＵ８１は、ステップ５１０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ５２０に進む。

【０１０６】

ＣＰＵ８１は、ステップ５２０にて、一の気筒における現時点のクランク角度 CA と、

吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc と、が一致するか否かを判定する。現時点におけるクランク角度 CA が吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc に一致しない場合、ＣＰＵ８１は、ステップ５２０にて「Ｎｏ」と判定してステップ５９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。これに対し、現時点におけるクランク角度 CA が吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc に一致する場合、ＣＰＵ８１は、ステップ５２０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ５３０に進む。以下、現時点におけるクランク角度 CA が吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc に「一致する」と仮定して、説明を続ける。

【０１０７】

上記仮定に従えば、ＣＰＵ８１は、ステップ５３０に進み、吸気温度センサ７２の出力値に基づいて吸気温度 Tin を取得するとともに、その吸気温度 Tin を吸気弁閉弁時筒内ガス温度 Tc としてＲＡＭ８３内に格納する。更に、ＣＰＵ８１は、ステップ５３０にて、吸気圧センサ７３の出力値に基づいて吸気圧 Pin を取得し、その吸気圧 Pin を吸気弁閉弁時筒内ガス圧力 Pc としてＲＡＭ８３内に格納する。

【０１０８】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ５４０に進み、上記ステップ５３０にて取得された吸気弁閉弁時筒内ガス温度 Tc および吸気弁閉弁時筒内ガス圧力 Pc、ＲＯＭ８２に予め記憶されている理想気体の気体定数 R、ならびに、ＲＯＭ８２に予め記憶されている「クランク角度 CA と筒内容積 V との関係」に吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc を適用することによって得られる吸気弁閉弁時筒内容積 Vc を、下記（１）式に適用することにより、筒内ガス量 n（モル数）を取得する。

【０１０９】

$$n = (Pc \cdot Vc) / (R \cdot Tc) \quad \cdots (1)$$

【０１１０】

なお、上記（１）式は、下記（２）式に示す周知の「気体の圧力 P、気体が占める体積 V、気体の物質量 n（モル数）、気体定数 R、および、気体の温度 T、の関係を記述する理想気体の状態方程式」から導出される。

【０１１１】

$$PV = nRT \quad \cdots (2)$$

【０１１２】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ５５０に進み、同気筒における現時点のクランク角度 CA が圧縮上死点（以下、「ATDC」とも称呼する。）と一致するか否かを判定する。現時点におけるクランク角度 CA が ATDC に一致しない場合、ＣＰＵ８１は、ステップ５５０にて「Ｎｏ」と判定してステップ５９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。これに対し、現時点におけるクランク角度 CA が ATDC に一致する場合、ＣＰＵ８１は、ステップ５５０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ５６０に進む。以下、現時点におけるクランク角度 CA が ATDC に一致すると仮定して、説明を続ける。

【０１１３】

上記仮定に従えば、ＣＰＵ８１は、ステップ５６０に進み、筒内圧センサ７６の出力値に基づいて筒内圧力 Pcyl を取得するとともに、その筒内圧力 Pcyl を圧縮上死点時筒内ガス圧力 Pt としてＲＡＭ８３に格納する。

【０１１４】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ５７０に進み、上記ステップ５４０にて取得された筒内ガス量 n、上記ステップ５６０にて取得された圧縮上死点時筒内ガス圧力 Pt、ＲＯＭ８２に予め記憶されている気体定数 R、および、ＲＯＭ８２に予め記憶されている「クランク角度 CA と筒内容積との関係」に ATDC を適用することによって得られる圧縮上死点時筒内容積 Vt を下記（３）式に適用することにより、圧縮端温度 Tt を取得する。

【０１１５】

$$Tt = (Pt \cdot Vt) / (n \cdot R) \quad \cdots (3)$$

【０１１６】

このように取得される圧縮端温度 Tt は、「グロープラグ２３の発熱による気筒内のガスの温度の上昇量」を含んでいる。具体的に述べると、この「グロープラグ２３による気筒内のガスの温度の上昇量」は、上記圧縮上死点時筒内ガス圧力 Pt に反映されている。これは、周知の通り、気体が所定の領域内に存在するとき、気体を構成する分子の運動速度は気体の温度に依存するとともに、気体の圧力はその分子が上記領域の境界面に衝突する際にその境界面に与える運動量によって生じているからである。即ち、「グロープラグ２３による気筒内のガスの温度の上昇量」が大きいほど、気筒内のガスを構成する分子の運動速度が大きくなるので、圧縮上死点時筒内ガス圧力 Pt は大きくなる。

【０１１７】

なお、上記（３）式は、上記（１）式と同様、上記（２）式に示す周知の理想気体の状態方程式から導出される。ＣＰＵ８１は、ステップ５７０にて圧縮端温度 Tt を取得した後、ステップ５９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０１１８】

このように、グロープラグ作動条件が成立しているとき、クランク角度 CA が吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc である場合（即ち、吸気弁２６が閉弁する時点）において取得される運転パラメータ（吸気弁閉弁時筒内容積 Vc、吸気弁閉弁時筒内ガス圧力 Pc、および、吸気弁閉弁時筒内ガス温度 Tc）に基づき、一の気筒における筒内ガス量 n が算出される。更に、その算出された筒内ガス量 n、および、クランク角度 CA が ATDC（圧縮上死点）である場合において取得される運転パラメータ（圧縮上死点時筒内容積 Vt、および、圧縮上死点時筒内ガス圧力 Pt）に基づき、同気筒における圧縮端温度 Tt が推定される。

【０１１９】

ＣＰＵ８１は、上述した図５に示すルーチンを、各気筒（第１気筒ないし第４気筒のそ

れぞれ）において実行する。以下、このようにして推定される、第１気筒における圧縮端温度を「第１気筒圧縮端温度 Tt1」と、第２気筒における圧縮端温度を「第２気筒圧縮端温度 Tt2」と、第３気筒における圧縮端温度を「第３気筒圧縮端温度 Tt3」と、第４気筒における圧縮端温度を「第４気筒圧縮端温度 Tt4」と、称呼する。

【０１２０】

更に、ＣＰＵ８１は、所定時間が経過する毎に図６にフローチャートによって示した「第１圧縮端参照温度取得ルーチン」を繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３の劣化度を確認する指標となる圧縮端参照温度 Ttref を取得する。

【０１２１】

具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図６のステップ６００から処理を開始すると、ステップ６１０に進んでグロープラグ作動フラグ XGLO の値が「１」であるか否かを判定する。現時点におけるグロープラグ作動フラグ XGLO の値は「１」であるので、ＣＰＵ８１は、ステップ６１０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ６２０に進む。

【０１２２】

ＣＰＵ８１は、ステップ６２０にて、第１気筒圧縮端温度 Tt1、第２気筒圧縮端温度 Tt2、第３気筒圧縮端温度 Tt3 および第４気筒圧縮端温度 Tt4 を下記（４）式に適用することにより、圧縮端参照温度 Ttref を取得する。下記（４）式において、ΔTtth1 は所定の閾値を示す。この閾値ΔTtth1 は、機関１０が許容することができるグロープラグ２３の劣化度等を考慮した適値とし得る。

【０１２３】

$$Ttref = (Tt1+Tt2+Tt3+Tt4) / 4 - \Delta Ttth1 \quad \cdots (4)$$

【０１２４】

上記（４）式に示すように、第１装置は、圧縮端参照温度 Ttref として、「各気筒における圧縮端温度（Tt1、Tt2、Tt3 および Tt4）の平均値よりも所定温度（上記閾値ΔTtth1）だけ低い温度」を採用している。ＣＰＵ８１は、ステップ６２０にて圧縮端参照温度 Ttref を取得した後、ステップ６９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０１２５】

このように、ＣＰＵ８１は、グロープラグ作動条件が成立しているとき、第１気筒ないし第４気筒のそれぞれにおける圧縮端温度（Tt1、Tt2、Tt3 および Tt4）に基づいて圧縮端参照温度 Ttref を取得する。

【０１２６】

更に、ＣＰＵ８１は、任意の気筒のクランク角が圧縮上死点前の所定クランク角度（例えば、圧縮上死点前９０度クランク角）θｆに一致する毎に、図７にフローチャートによって示した「燃料噴射制御ルーチン」を繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１

は、このルーチンにより、燃料噴射量（パイロット噴射量 Qp およびメイン噴射量 Qm）の算出および燃料噴射の指示を行う。本ルーチンは、グロープラグ作動条件が成立しているか否かに関わらず、実行される。以下、便宜上、このクランク角が圧縮上死点前の所定クランク角θｆに一致する圧縮行程中の気筒を「燃料噴射気筒」とも称呼する。

【０１２７】

具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、燃料噴射気筒のクランク角が上記クランク角度θｆに一致すると、図７のステップ７００から処理を開始してステップ７１０に進み、クランクポジションセンサ７４の出力値に基づいて機関回転速度 NE を取得し、アクセルペダル開度センサ７５の出力値に基づいてアクセルペダル開度 Accp を取得する。そして、ＣＰＵ８１は、取得したそれらのパラメータを「機関回転速度 NE と、アクセルペダル開度 Accp と、燃料噴射量 Q（パイロット噴射量 Qp およびメイン噴射量 Qm）と、の関係」を予め定めた燃料噴射量テーブル MapQ（NE, Accp）に適用することにより、パイロット噴射量 Qp およびメイン噴射量 Qm を決定・取得する。この燃料噴射量テーブル MapQ（NE, Accp）において、パイロット噴射量 Qp およびメイン噴射量 Qm は、機関１０のエミッションおよび出力等を考慮した適切な量となるように、設計されている。

【０１２８】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ７２０に進み、上記ステップ７１０にて取得された機関回転速度 NE およびアクセルペダル開度 Accp を「アクセルペダル開度 Accp と、機関回転速度 NE と、燃料噴射時期 finj（パイロット噴射時期 finjp およびメイン噴射時期 finjm）と、の関係」を予め定めた燃料噴射時期テーブル Mapfinj（NE, Accp）に適用することにより、パイロット噴射時期 finjp およびメイン噴射時期 finjm を決定・取得する。この燃料噴射時期テーブル Mapfinj（NE, Accp）において、パイロット噴射時期 finjp およびメイン噴射時期 finjm は、機関１０のエミッションおよび出力等を考慮した適切な時期となるように、設計されている。

【０１２９】

なお、この燃料噴射時期テーブル Mapfinj（NE, Accp）において、所定の機関回転速度 NE およびアクセルペダル開度 Accp におけるパイロット噴射時期 finjp は、その所定の機関回転速度 NE およびアクセルペダル開度 Accp におけるメイン噴射時期 finjm よりも進角された（早い）時期となるように定められている。

【０１３０】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ７３０に進み、現時点におけるクランク角度 CA と、上述したパイロット噴射時期 finjp と、が一致するか否かを判定する。ここで、現時点は「クランク角度 CA がパイロット噴射時期 finjp に到達する前の時点」であると仮定すると、ＣＰＵ８１は、ステップ７３０にて「Ｎｏ」と判定してステップ７４０に進む。更に、本仮定に従えば、ＣＰＵ８１は、ステップ７４０においても「Ｎｏ」と判定し、ステップ７９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０１３１】

したがって、「クランク角度 CA がパイロット噴射時期 finjp に到達する前の時点」においては、パイロット噴射およびメイン噴射の双方が実行されない。ＣＰＵ８１は、クランク角度 CA がパイロット噴射時期 finjp に到達するまで、ステップ７１０、ステップ７２０、ステップ７３０、ステップ７４０およびステップ７９５の処理を繰り返し実行する。そして、クランク角度 CA が「パイロット噴射時期 finjp」に到達すると、ＣＰＵ８１は、ステップ７３０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ７５０に進む。

【０１３２】

ＣＰＵ８１は、ステップ７５０にて、パイロット噴射量 Qp の燃料を燃料噴射気筒に設けられているインジェクタ２２から噴射するように、そのインジェクタ２２に指示を与える。即ち、このとき、パイロット噴射量 Qp の燃料が燃料噴射気筒に供給（噴射）される。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ７９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０１３３】

その後、ＣＰＵ８１は、クランク角度 CA がパイロット噴射時期 finjp を超えてからメイン噴射時期 finjm に到達するまで、ステップ７１０、ステップ７２０、ステップ７３０、ステップ７４０、および、ステップ７９５の処理を繰り返し実行する。そして、クランク角度 CA が「メイン噴射時期 finjm」に到達すると、ＣＰＵ８１は、ステップ７４０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ７６０に進む。

【０１３４】

ＣＰＵ８１は、ステップ７６０にて、メイン噴射量 Qm の燃料を燃料噴射気筒に設けられているインジェクタ２２から噴射するように、そのインジェクタ２２に指示を与える。即ち、このとき、メイン噴射量 Qm の燃料が燃料噴射気筒に供給（噴射）される。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ７９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０１３５】

このように、ＣＰＵ８１は、グロープラグ作動条件が成立しているか否かに関わらず、機関１０の運転状態に応じて決定される燃料噴射量（パイロット噴射量 Qp およびメイン噴射量 Qm）の燃料を、燃料噴射時期（パイロット噴射時期 finjp およびメイン噴射時期 finjm）において、燃料噴射気筒に設けられているインジェクタ２２から噴射させる。

【０１３６】

更に、ＣＰＵ８１は、所定時間が経過する毎に図８にフローチャートによって示した「異常通知ルーチン」を繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３の劣化度が所定の度合いよりも大きいとき、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置上に警報ランプを点等すること等によって表示する。

【０１３７】

具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図８のステップ８００から処

理を開始してステップ８１０に進み、異常発生フラグ XEMG の値が「０」であるか否かを判定する。現時点における異常発生フラグ XEMG の値はイニシャルルーチンにて設定された「０」であるので、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ８９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０１３８】

このように、グロープラグ作動条件が成立しているときに「圧縮端参照温度 Ttref が取得されていない」場合、各気筒においてグロープラグ２３が作動されるとともに、各気筒における圧縮端温度（Tt1、Tt2、Tt3 および Tt4）が推定される。更に、この推定された各気筒における圧縮端温度に基づき、圧縮端参照温度 Ttref が取得される。一方、グロープラグ作動条件が成立しているか否かに関わらず、機関１０の運転状態に応じて定められた燃料噴射量（Qp および Qm）の燃料が燃料噴射時期（finjp および finjm）にて燃料噴射気筒に噴射される。

【０１３９】

これに対し、グロープラグ作動条件が成立しているときに「圧縮端参照温度 Ttref が取得されている」場合、ＣＰＵ８１は、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt と圧縮端参照温度 Ttref とを比較することにより、グロープラグ２３の劣化度を確認する（以下、この劣化度の確認を、単に「劣化確認」とも称呼する。）。ＣＰＵ８１は、この劣化確認において「グロープラグ２３の劣化度が第２段階である」と確認すると、そのグロープラグ２３に印加される印加電圧値 Egl をグロープラグ２３の劣化度に応じて増大させる運転である「圧縮端温度上昇運転」を行う。これにより、グロープラグ２３の発熱量が増大されるので、グロープラグ２３が劣化していても、燃料を適切に着火させることができる温度にまで圧縮端温度 Tt を上昇させることができる。

【０１４０】

具体的に述べると、この場合、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図３のステップ３００から処理を開始すると、ステップ３０５、ステップ３１０およびステップ３１５を経由してステップ３２０に進む。現時点において圧縮端参照温度 Ttref は取得されているので、ＣＰＵ８１は、ステップ３２０にて「Ｙｅｓ」と判定し、ステップ３３０に進む。

【０１４１】

ＣＰＵ８１は、ステップ３３０にて、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低いか否かを判定する。そして、ＣＰＵ８１は、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認するとともに、そのグロープラグ２３に印加される印加電圧値 Egl を増大させる。更に、ＣＰＵ８１は、この印加電圧値 Egl の増大量が所定の閾値を超えると、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認するとともに、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置に表示させる。一方、ＣＰＵ８１は、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度

Ttref 以上である場合、その確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第１段階」であると確認するとともに、そのグロープラグ２３に印加される印加電圧値 Egl を増大させない。

【０１４２】

以下、場合を分けてより詳細に説明する。

【０１４３】

（場合１－１－１）確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合

この場合、ＣＰＵ８１は、ステップ３３０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ３３５に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ３３５にて、「印加電圧値 Egl と、通過電流値 Igl と、印加電圧補正量 Eglcom と、の関係」を予め定めた印加電圧補正量テーブル MapEglcom（Egl，Igl）に現時点における印加電圧値 Egl、および、図示しない電流測定装置によって取得される通過電流値 Igl を適用することにより、印加電圧補正量 Eglcom を決定・取得する。この印加電圧補正量テーブル MapEglcom（Egl，Igl）において、印加電圧補正量 Eglcom は、ある印加電圧値 Egl の電圧がグロープラグ２３に印加されたときにそのグロープラグ２３が全く劣化していなければ得られるべき通過電流値（理想値）と、その印加電圧値 Egl の電圧がグロープラグ２３に印加されたときの実際の通過電流値 Igl（実測値）と、の差が大きくなるにつれて大きくなるように、設計されている。換言すると、この印加電圧補正量テーブル MapEglcom（Egl，Igl）において、印加電圧補正量 Eglcom は、グロープラグ２３の劣化の程度が大きくなるほど大きくなるように、設計されている。

【０１４４】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ３４０に進み、印加電圧補正量 Eglcom が印加電圧上限補正量 Eglcommax よりも大きいか否かを判定する。

【０１４５】

印加電圧補正量 Eglcom が印加電圧上限補正量 Eglcommax 以下である場合、ＣＰＵ８１は、ステップ３４０にて「Ｎｏ」と判定してステップ３４５に進み、印加電圧値 Egl に印加電圧補正量 Eglcom を加算して得られる値を印加電圧値 Egl としてＲＡＭ８３に格納（更新）する。これにより、印加電圧値 Egl が印加電圧補正量 Eglcom だけ増大される。

【０１４６】

一方、印加電圧補正量 Eglcom が印加電圧上限補正量 Eglcommax よりも大きい場合、ＣＰＵ８１は、ステップ３４０にて「Ｙｅｓ」と判定し、ステップ３５０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ３５０にて、印加電圧補正量 Eglcom の値に印加電圧上限補正量 Eglcommax を格納する。即ち、印加電圧補正量 Eglcom の値が印加電圧上限補正量 Eglcommax よりも大きい場合、印加電圧補正量 Eglcom の値は印加電圧上限補正量 Eglcommax に変更される。即ち、第１装置において、印加電圧補正量 Eglcom の上限値

は印加電圧上限補正量 Eglcommax に設定されている。

【０１４７】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ３５５に進み、異常発生フラグ XEMG の値に「１」を格納する。そして、ＣＰＵ８１は、ステップ３５５に続くステップ３４５にて、印加電圧値 Egl に印加電圧補正量 Eglcom（実際には、印加電圧上限補正量 Eglcommax）を加算して得られる値を印加電圧値 Egl としてＲＡＭ８３に格納（更新）する。

【０１４８】

（場合１－１－２）確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合

この場合、ＣＰＵ８１は、ステップ３３０にて「Ｎｏ」と判定してステップ３６０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ３６０にて、印加電圧補正量 Eglcom の値にゼロを格納してステップ３４５に進む。

【０１４９】

ＣＰＵ８１は、ステップ３４５にて、印加電圧値 Egl に印加電圧補正量 Eglcom を加算して得られる値を印加電圧値 Egl としてＲＡＭ８３に格納（更新）する。ところが、現時点における印加電圧補正量 Eglcom はゼロであるので、印加電圧値 Egl は増大されない。即ち、印加電圧値 Egl は補正されない。

【０１５０】

以上、「場合１－１－１」と「場合１－１－２」とに場合を分けて説明したように、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第２段階」である場合）、印加電圧値 Egl は、印加電圧値 Egl および通過電流値 Igl に応じて補正される。ただし、この場合、印加電圧補正量 Eglcom が印加電圧上限補正量 Eglcommax を超えると（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると）、印加電圧補正量 Eglcom は印加電圧上限補正量 Eglcommax に変更される。これに対し、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合）、印加電圧値 Egl は補正されない。更に、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であれば異常発生フラグ XEMG の値はイニシャルルーチンにて格納される「０」に維持され、同劣化度が「第３段階」であれば異常発生フラグ XEMG の値に「１」が格納される。

【０１５１】

次いで、上述したように印加電圧値 Egl が決定されると、ＣＰＵ８１は、ステップ３２５に進み、その印加電圧値 Egl の電圧をグロープラグ２３に印加する。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ３９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。これにより、グロープラグ２３に印加される印加電圧値 Egl が増大される圧縮端温度上昇運転が実行される。

【０１５２】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図８のステップ８００から処理を開始すると、ステップ８１０に進む。ここで、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「０」であると（図３のルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であると確認されていると）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ８９５に直接進み、本ルーチンを一旦終了する。

【０１５３】

これに対し、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「１」であると（図３のルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されていると）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｎｏ」と判定してステップ８２０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ８２０にて、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置上に警報ランプを点等すること等によって表示させる。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ８９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。以上がグロープラグ作動条件が成立している場合（即ち、場合１－１）における第１装置の作動である。

【０１５４】

（場合１－２）グロープラグ作動条件が成立していない場合

これに対し、上記グロープラグ作動条件が成立していない場合について、以下に説明する。この場合、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図３のステップ３００から処理を開始してステップ３０５に進むと、ステップ３０５にて「Ｎｏ」と判定してステップ３６５に進む。

【０１５５】

ＣＰＵ８１は、ステップ３６５にて、グロープラグ作動フラグ XGLO の値に「０」を格納する。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ３９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０１５６】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図４のステップ４００から処理を開始すると、上述したようにステップ４１０ないしステップ４４０を経由し、ステップ４９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、グロープラグ作動条件が成立していない場合においても、グロープラグ作動条件が成立している場合と同様、吸気弁２６および排気弁２８の開閉時期が制御される。

【０１５７】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図５のステップ５００から処理を開始してステップ５１０に進むと、グロープラグ作動フラグ XGLO の値は「０」であるので、ステップ５１０にて「Ｎｏ」と判定する。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ５９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、グロープラグ作動条件が成立していないとき、圧縮端温度 Tt は推定されない。

【０１５８】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図６のステップ６００から処理を開始してステップ６１０に進むと、グロープラグ作動フラグ XGLO の値は「０」であるので、ステップ６１０にて「Ｎｏ」と判定する。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ６９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、グロープラグ作動条件が成立していないとき、圧縮端参照温度 Ttref は取得されない。

【０１５９】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図７のステップ７００から処理を開始し、ステップ７１０ないしステップ７６０の処理を実行する。したがって、グロープラグ作動条件が成立していない場合においても、グロープラグ作動条件が成立している場合と同様、所定の燃料噴射量（Qp および Qm）の燃料が所定の燃料噴射時期（finjp および finjm）にて燃料噴射気筒に供給（噴射）される。

【０１６０】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図８のステップ８００から処理を開始してステップ８１０に進むと、異常発生フラグ XEMG の値はイニシャルルーチンにて設定された「０」であるので、ステップ８１０にて「Ｙｅｓ」と判定する。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ８９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、グロープラグ作動条件が成立していないとき、グロープラグ２３の異常通知はなされない。以上がグロープラグ作動条件が成立していない場合（即ち、場合１－２）における第１装置の作動である。

【０１６１】

以上、「場合１－１」と「場合１－２」とに場合を分けて説明したように、グロープラグ作動条件が成立していると、機関１０の運転状態に応じて定められた印加電圧値 Egl の電圧がグロープラグ２３に印加されることにより、グロープラグ２３が作動される。更に、グロープラグ２３が作動されているとき、各気筒における圧縮端温度（Tt1、Tt2、Tt3 および Tt4）が推定されるとともに、推定された各気筒における圧縮端温度の平均値よりも所定温度だけ低い温度が圧縮端参照温度 Ttref として取得される。加えて、この圧縮端参照温度 Ttref と確認対象気筒における圧縮端温度 Tt とが比較されることにより、その確認対象気筒に備えられているグロープラグ２３の劣化度が確認される。

【０１６２】

更に、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されると、上記印加電圧値 Egl の電圧がグロープラグ２３に印加され続ける。一方、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されると、上記印加電圧値 Egl がグロープラグ２３の劣化度に応じて決定される印加電圧補正量 Eglcom だけ増大される「圧縮端温度上昇運転」が実行される。

【０１６３】

更に、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認さ

れると、印加電圧値 Egl は所定の印加電圧上限補正量 Eglcommax だけ増大されるとともに、「グロープラグ２３が異常である」旨が表示装置に表示される。

【０１６４】

これに対し、グロープラグ作動条件が成立していないと、グロープラグ２３は作動されない。しかし、グロープラグ２３が作動されなくとも、吸気弁２６および排気弁２８は機関１０の運転状態に応じた時期に開閉せしめられ、インジェクタ２２は機関１０の運転状態に応じた量の燃料を同運転状態に応じた時期に噴射せしめられる。ただし、グロープラグ２３が作動されていないと圧縮端温度 Tt および圧縮端参照温度 Ttref は取得されないので、グロープラグ２３の劣化確認は行われない。

【０１６５】

＜装置の作用および効果＞

第１装置は、グロープラグ２３が作動されているとき、圧縮端参照温度 Ttref と確認対象気筒の圧縮端温度 Tt とを比較することにより、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度を確認する。更に、第１装置は、その劣化度に応じた量（印加電圧補正量 Eglcom）だけグロープラグ２３への印加電圧値 Egl を増大させる圧縮端温度上昇運転を行う。これにより、第１装置は、グロープラグ２３の劣化度に応じて圧縮端温度 Tt を適切に上昇させることができるので、グロープラグ２３が劣化した場合であっても燃料の着火を確実なものとすることができる。

【０１６６】

更に、第１装置は、各気筒における圧縮端温度の平均値よりも所定温度だけ低い温度を圧縮端参照温度 Ttref として採用しているので、上述した圧縮端温度上昇運転を行うことにより、全ての気筒の圧縮端温度を略同一の温度に維持することができる。これにより、第１装置は、グロープラグが劣化した場合であっても各気筒の燃焼のばらつきを抑制することができる。その結果、第１装置は、機関のドライバビリティおよびエミッションを良好に維持することができる。

【０１６７】

更に、第１装置は、上記印加電圧値 Egl の増大量（印加電圧補正量 Eglcom）が所定の閾値（印加電圧上限補正量 Eglcommax）を超えないように印加電圧値 Egl を制御する。これにより、グロープラグ２３に過大な電圧が印加されることが防がれるので、グロープラグ２３が破損することを回避することができる。

【０１６８】

第１装置においては、圧縮端参照温度 Ttref として、「各気筒における圧縮端温度の平均値よりも所定温度だけ低い温度」が採用されている。しかし、圧縮端参照温度 Ttref はこの温度に限定されない。例えば、第１装置は、圧縮端参照温度 Ttref として、「確認対象気筒以外の気筒における圧縮端温度の平均値よりも所定温度だけ低い温度」、「確認対象気筒以外の気筒のうちの一の気筒における圧縮端温度よりも所定温度だけ低い温度」、

「各気筒における圧縮端温度の平均値」、「確認対象気筒以外の気筒における圧縮端温度の平均値」、および、「確認対象気筒以外の気筒のうちの一の気筒における圧縮端温度」のうちのいずれか一つを採用し得る。

【０１６９】

さらに、第１装置においては、気筒内のガスの気体定数として「理想気体の気体定数 R」が採用されている。しかし、気筒内のガスの気体定数は理想気体の気体定数に限定されず、気筒内のガスの気体定数として、実際に気筒内に存在する気体（例えば、空気、排ガスおよび未燃焼物質等）を考慮した適値が採用されてもよい。

【０１７０】

（第２実施形態）

次に、本発明の第２の実施形態に係る燃焼制御装置（以下、「第２装置」とも称呼する。）について説明する。

【０１７１】

＜装置の概要＞

第２装置は、第１装置が適用される内燃機関１０と同様の内燃機関（図１および図２を参照。）に適用される。したがって、装置の概要についての詳細な説明は省略する。

【０１７２】

＜装置の作動の概要＞

第２装置は、第１装置と同様、各気筒における圧縮端温度（Tt1 ないし Tt4）を取得するとともに、それらの圧縮端温度に基づいて圧縮端参照温度 Ttref を取得する。更に、第２装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt と圧縮端参照温度 Ttref とを比較することにより、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度を確認する。

【０１７３】

第２装置は、上記確認されたグロープラグ２３の劣化度に応じて、「吸気弁２６の開閉時期」を調整する。より具体的に述べると、第２装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上であれば、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第１段階」であると確認する。第２装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されたとき、機関１０の運転状態に応じて定められる目標開弁時期 Vino にて確認対象気筒の吸気弁２６を開弁させるとともに、同様に定められる目標閉弁時期 Vinc にて同吸気弁２６を閉弁させる。

【０１７４】

一方、第２装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低ければ、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第２段階」であると確認する。第２装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、上記定められた「吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc」を、グロープラグ２３の劣化度に応じて定められる吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom だけ吸気下死点に

近づける。

【０１７５】

ここで、第２装置は、この吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom が所定の吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax よりも大きければ、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第３段階」であると確認する。第２装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき、上記定められた「吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc」を、吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax だけ吸気下死点に近づける。更に、このとき、第２装置は、「グロープラグが異常である」ことを図示しない表示装置等に表示する。以上が第２装置の作動の概要である。

【０１７６】

＜燃焼制御方法＞

次いで、第２装置の具体的な作動についての説明を行う前に、第２装置に採用されている燃焼制御方法について説明する。

【０１７７】

上述したように、グロープラグ２３が劣化すると、圧縮端温度 Tt は低下する。そこで、第２装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、「確認対象気筒における吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc を吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom だけ吸気下死点に近づける」ように変更する。この吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom は、グロープラグ２３の劣化度に応じて定められる。

【０１７８】

目標閉弁時期 Vinc が吸気下死点に近づけるように変更されると、確認対象気筒に吸入される空気の量が増大するので、確認対象気筒における圧縮比が増大する。圧縮端温度 Tt は圧縮比が大きくなるほど高くなる。更に、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom はグロープラグ２３の劣化度に応じて定められるので、グロープラグ２３の劣化による圧縮端温度 Tt の低下を補うために必要かつ十分な量だけ目標閉弁時期 Vinc が変更される。その結果、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt は、燃料を適切に着火させることができる温度（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合と同様の温度。圧縮端参照温度 Ttref よりも高い温度）にまで過不足なく上昇せしめられる。

【０１７９】

更に、第２装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom を吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax に変更する。即ち、このとき、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom は、吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax よりも大きくならないように調整される。これにより、確認対象気筒における圧縮比が過剰に増大されることが防がれる。第２装置は、上述したように「吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc を吸気下死点に近づける圧縮端温度上昇運転」を行う。以上が第２装置に採用されている燃焼制御方法である。

【０１８０】

＜実際の作動＞

以下、第２装置の実際の作動について説明する。

第２装置は、第１装置において図３にフローチャートによって示した処理に代えて「図９にフローチャートによって示した処理」を実行する点、および、第１装置において図４にフローチャートによって示した処理に代えて「図１０および図１１にフローチャートによって示した一連の処理」を実行する点においてのみ、第１装置と相違している。そこで、以下、これらの相違点を中心として説明する。

【０１８１】

ＣＰＵ８１は、図５ないし図１１にフローチャートによって示した各ルーチンを所定のタイミング毎に繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、これらルーチンにおいて、第１装置と同様のグロープラグ作動フラグ XGLO および異常発生フラグ XEMG を用いる。したがって、グロープラグ作動フラグ XGLO および異常発生フラグ XEMG についての詳細な説明は、省略する。

【０１８２】

以下、「現時点において、図９に示すグロープラグ作動条件が成立しており、かつ、図５および図６に示すルーチンによって圧縮端参照温度 Ttref が既に取得されている」と仮定して、ＣＰＵ８１が実行する各ルーチンについて詳細に説明する。

【０１８３】

ＣＰＵ８１は、所定時間が経過する毎に図９にフローチャートによって示した「グロープラグ制御ルーチン」を繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、機関１０の運転状態に応じてグロープラグ２３を作動させるか否かを決定する。更に、ＣＰＵ８１は、グロープラグ２３を作動させる場合、機関１０の運転状態に応じて決定される印加電圧値 Egl の電圧をグロープラグ２３に印加させる。

【０１８４】

この図９に示したルーチンは、ステップ３２０ないしステップ３６０が除かれている点においてのみ図３に示したルーチンと相違している。そこで、このルーチンにおいて図３に示したステップと同一の処理を行うためのステップには、図３のそのようなステップに付された符号と同一の符号が付されている。これらステップについての詳細な説明は適宜省略される。

【０１８５】

具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図９のステップ９００から処理を開始してステップ３０５に進み、第１装置と同様の「グロープラグ作動条件」が成立しているか否かを判定する。上記仮定に従えば、現時点にてグロープラグ作動条件は成立しているので、ＣＰＵ８１は、ステップ３０５にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ３１０に進む。

【０１８６】

ＣＰＵ８１は、ステップ３１０にてグロープラグ作動フラグ XGLO の値に「１」を格納してステップ３１５に進み、第１装置と同様のグロープラグ印加電圧テーブル MapEgl（THW，Tin）に現時点における冷却水温度 THW および吸気温度 Tin を適用することにより、印加電圧値 Egl を決定・取得する。

【０１８７】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ３２５に進み、印加電圧値 Egl の電圧をグロープラグ２３に印加させる。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ９９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０１８８】

このように、第２装置においては、グロープラグ作動条件が成立していれば、機関１０の運転状態に応じて決定された印加電圧値 Egl の電圧がグロープラグ２３に印加される。これにより、グロープラグ２３が発熱し、気筒内のガスが加熱される。その結果、圧縮端温度 Tt は上昇する。

【０１８９】

更に、ＣＰＵ８１は、所定時間が経過する毎に図１０および図１１に一連のフローチャートによって示した「第２筒内温度補正ルーチン」を繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３の劣化度を確認するとともに、その劣化度に応じて「吸気弁２６の閉弁時期」を調整する。具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、機関１０の運転状態に応じて吸気弁２６の目標開弁時期 Vino および目標閉弁時期 Vinc を決定するとともに、吸気弁２６の実際の開弁時期が目標開弁時期 Vino に一致し、かつ、吸気弁２６の実際の閉弁時期が目標閉弁時期 Vinc に一致するように可変吸気タイミング制御装置２６ａを制御する。加えて、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、機関１０の運転状態に応じて排気弁２８の目標開弁時期 Vexo および目標閉弁時期 Vexc を決定するとともに、排気弁２８の実際の開弁時期が目標開弁時期 Vexo に一致し、かつ、排気弁２８の実際の閉弁時期が目標閉弁時期 Vexc に一致するように可変排気タイミング制御装置２８ａを制御する。更に、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３が作動されているとき、グロープラグ２３の劣化度に応じて「吸気弁２６の閉弁時期」を吸気下死点に近づける。

【０１９０】

この図１０および図１１に示した一連のルーチンは、ステップ１０１０ないしステップ１０８０が追加されている点においてのみ図４に示したルーチンと相違している。そこで、この一連のルーチンにおいて図４に示したステップと同一の処理を行うためのステップには、図４のそのようなステップに付された符号と同一の符号が付されている。これらステップについての詳細な説明は適宜省略される。

【０１９１】

より具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図１０のステップ１０００から処理を開始すると、ステップ４１０にて吸気弁目標開弁時期 Vino および吸気弁目標閉弁時期 Vinc を取得するとともに、ステップ４２０にて排気弁目標開弁時期 Vexo および排気弁目標閉弁時期 Vexc を取得し、ステップ１０１０に進む。

【０１９２】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１０１０にて、現時点にて圧縮端参照温度 Ttref が取得されているか否かを判定する。上記仮定に従えば、圧縮端参照温度 Ttref は取得されているので、ＣＰＵ８１は、ステップ１０１０にて「Ｙｅｓ」と判定し、ステップ１０２０に進む。

【０１９３】

ＣＰＵ８１は、ステップ１０２０にて、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低いか否かを判定する。そして、ＣＰＵ８１は、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認するとともに、確認対象気筒における吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc を吸気下死点に近づけるように変更する。更に、ＣＰＵ８１は、この目標閉弁時期 Vinc の変更量が所定の閾値を超えると、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認するとともに、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置に表示させる。一方、ＣＰＵ８１は、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合、その確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第１段階」であると確認するとともに、確認対象気筒における吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc を変更しない。

【０１９４】

以下、場合を分けてより詳細に説明する。

【０１９５】

（場合２－１）確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合

この場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１０２０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ１０３０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１０３０にて、「圧縮端参照温度 Ttref と圧縮端温度 Tt との差である温度差ΔT と、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom と、の関係」を予め定めた吸気弁閉弁時期補正量テーブル MapVinccom（ΔT）に、現時点における温度差ΔT を適用することにより、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom を決定・取得する。この吸気弁閉弁時期補正量テーブル MapVinccom（ΔT）において、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom は、温度差ΔT が大きくなるほど大きくなるように、設計されている。換言すると、この吸気弁閉弁時期補正量テーブル MapVinccom（ΔT）において、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom は、グロープラグ２３の劣化の程度が大きくなるほど大きくなるように、設計されている。

【０１９６】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１０４０に進み、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom が吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax よりも大きいか否かを判定する。

【０１９７】

吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom が吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax 以下である場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１０４０にて「Ｎｏ」と判定してステップ１０５０に進み、目標閉弁時期 Vinc が吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom だけ吸気下死点に近づくように目標閉弁時期 Vinc を変更する。

【０１９８】

一方、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom が吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax よりも大きい場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１０４０にて「Ｙｅｓ」と判定し、ステップ１０６０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１０６０にて、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom の値に吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax を格納する。即ち、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom の値が吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax よりも大きい場合、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom の値は吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax に変更される。即ち、第２装置において、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom の上限値は吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax に設定されている。

【０１９９】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１０７０に進み、異常発生フラグ XEMG の値に「１」を格納する。そして、ＣＰＵ８１は、ステップ１０７０に続くステップ１０５０にて、目標閉弁時期 Vinc が吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom（実際には、吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax）だけ吸気下死点に近づくように目標閉弁時期 Vinc を変更する。

【０２００】

（場合２－２）確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合

この場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１０２０にて「Ｎｏ」と判定してステップ１０８０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１０８０にて、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom の値にゼロを格納してステップ１０５０に進む。

【０２０１】

ＣＰＵ８１は、ステップ１０５０にて、目標閉弁時期 Vinc が吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom（実際には、ゼロ）だけ吸気下死点に近づくように目標閉弁時期 Vinc を変更する。ところが、現時点における吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom はゼロであるので、目標閉弁時期 Vinc は吸気下死点に近づけられない。即ち、目標閉弁時期 Vinc は補正されない。

【０２０２】

以上、「場合２－１」と「場合２－２」とに場合を分けて説明したように、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第２段階」である場合）、目標閉弁時期 Vinc は、温度差ΔT に応じて補正さ

れる。ただし、この場合、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom が吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax を超えると（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると）、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom は吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax に変更される。これに対し、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合）、目標閉弁時期 Vinc は補正されない。更に、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であれば異常発生フラグ XEMG の値はイニシャルルーチンにて格納される「０」に維持され、同劣化度が「第３段階」であれば異常発生フラグ XEMG の値に「１」が格納される。

【０２０３】

次いで、ＣＰＵ８１は、図１１のステップ４３０に進んで吸気弁２６を目標開弁時期 Vino および目標閉弁時期 Vinc にて開閉させ、ステップ４４０に進んで排気弁２８を目標開弁時期 Vexo および目標閉弁時期 Vexc にて開閉させ、ステップ１０９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。これにより、吸気弁２６の閉弁時期が吸気下死点に近づけられる圧縮端温度上昇運転が実行される。

【０２０４】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図７のステップ７００から処理を開始し、ステップ７１０ないしステップ７６０の処理を実行する。これにより、第１装置と同様、所定の燃料噴射量（Qp および Qm）の燃料が所定の燃料噴射時期（finjp および finjm）にて燃料噴射気筒に供給（噴射）される。

【０２０５】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図８のステップ８００から処理を開始すると、ステップ８１０に進む。ここで、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「０」であると（図１０および図１１に示す一連のルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であると確認されていると）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ８９５に直接進み、本ルーチンを一旦終了する。

【０２０６】

一方、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「１」であると（図１０および図１１に示す一連のルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されていると）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｎｏ」と判定してステップ８２０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ８２０にて、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置上に警報ランプを点等すること等によって表示させる。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ８９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０２０７】

このように、グロープラグ作動条件が成立しておりかつ圧縮端参照温度 Ttref が取得さ

れている場合、圧縮端参照温度 Ttref と確認対象気筒における圧縮端温度 Tt とが比較されることにより、その確認対象気筒に備えられているグロープラグ２３の劣化度が確認される。

【０２０８】

この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されると、吸気弁２６は、上記目標閉弁時期 Vinc にて閉弁させられる。一方、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されると、吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc をグロープラグ２３の劣化度に応じて決定される吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom だけ吸気下死点に近づける「圧縮端温度上昇運転」が実行される。

【０２０９】

更に、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されると、吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc が所定の吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax だけ吸気下死点に近づけられるとともに、「グロープラグ２３が異常である」旨が表示装置に表示される。

【０２１０】

これに対し、グロープラグ作動条件が成立していない場合、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図９のステップ９００から処理を開始してステップ３０５に進むと、ステップ３０５にて「Ｎｏ」と判定してステップ３６５に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ３６５にて、グロープラグ作動フラグ XGLO の値に「０」を格納する。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ９９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、この場合、グロープラグ２３は作動されない。

【０２１１】

更に、この場合、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図１０のステップ１０００から処理を開始し、ステップ４１０およびステップ４２０を経由してステップ１０１０に進むと、グロープラグ作動フラグ XGLO の値は「０」であるので、ステップ１０１０にて「Ｎｏ」と判定する。そして、ＣＰＵ８１は、ステップ１０８０に進んで吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom の値にゼロを格納し、ステップ１０５０に進む。その後、ＣＰＵ８１は、図１１のステップ４３０およびステップ４４０を経由してステップ１０９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、この場合、目標閉弁時期 Vinc は変更されない。

【０２１２】

更に、この場合、第１装置と同様、圧縮端温度 Tt は推定されず、圧縮端参照温度 Ttref は決定されない。加えて、第１装置と同様、グロープラグ作動条件が成立している場合と同様に所定の燃料噴射量（Qp および Qm）の燃料が所定の燃料噴射時期（finjp および finjm）にて燃料噴射気筒に供給（噴射）される。更に、第１装置と同様、グロープラグ２３の異常通知はなされない。

【０２１３】

＜装置の作用および効果＞

第２装置は、第１装置と同様にグロープラグ２３の劣化度を確認する。そして、第２装置は、グロープラグ２３の劣化度に応じた量（吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom）だけ吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc を吸気下死点に近づける圧縮端温度上昇運転を行う。これにより、第２装置は、グロープラグ２３の劣化度に応じて圧縮端温度 Tt を適切に上昇させることができるので、グロープラグ２３が劣化した場合であっても燃料の着火を確実なものとすることができる。

【０２１４】

更に、第２装置は、上記吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom が所定の閾値（吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax）を超えないように目標閉弁時期 Vinc を制御する。これにより、吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc が吸気下死点に近づき過ぎることが防がれるので、圧縮比が過剰に増大することを回避することができる。

【０２１５】

更に、第２装置は、第１装置と同様、グロープラグが劣化した場合であっても気筒毎の燃焼のばらつきを抑制することができる。その結果、第２装置は、機関のドライバビリティおよびエミッションを良好に維持することができる。

【０２１６】

第２装置においては、圧縮端温度上昇運転として「グロープラグ２３の劣化度に応じた量（吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom）だけ吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc を吸気下死点に近づける運転」が行われている。この運転は、目標開弁時期 Vino が吸気下死点よりも進角した時期である場合にその目標開弁時期 Vino を遅角させる運転、および、目標開弁時期 Vino が吸気下死点よりも遅角した時期である場合にその目標開弁時期 Vino を進角させる運転、を含む。

【０２１７】

（第３実施形態）

次に、本発明の第３の実施形態に係る燃焼制御装置（以下、「第３装置」とも称呼する。）について説明する。

【０２１８】

＜装置の概要＞

第３装置は、第１装置が適用される内燃機関１０と同様の内燃機関（図１および図２を参照。）に適用される。したがって、装置の概要についての詳細な説明は省略する。

【０２１９】

＜装置の作動の概要＞

第３装置は、第１装置と同様、各気筒における圧縮端温度（Tt1 ないし Tt4）を取得するとともに、それらの圧縮端温度に基づいて圧縮端参照温度 Ttref を取得する。更に、第３装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt と圧縮端参照温度 Ttref とを

比較することにより、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度を確認する。

【０２２０】

第３装置は、上記確認されたグロープラグ２３の劣化度に応じて、「排気弁２８の開閉時期」を調整する。より具体的に述べると、第３装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上であれば、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第１段階」であると確認する。第３装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されたとき、機関１０の運転状態に応じて定められる目標開弁時期 Vexo にて確認対象気筒の排気弁２８を開弁させ、同様に定められる目標閉弁時期 Vexc にて同排気弁２８を閉弁させる。

【０２２１】

一方、第３装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低ければ、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第２段階」であると確認する。第２装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、上記定められた「排気弁２８の目標開弁時期 Vexo」を、グロープラグ２３の劣化度に応じて定められる排気弁閉弁時期補正量 Vexccom だけ排気上死点から遠ざける。

【０２２２】

ここで、第３装置は、この排気弁閉弁時期補正量 Vexccom が所定の排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax よりも大きければ、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第３段階」であると確認する。第３装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき、上記定められた「排気弁２８の目標閉弁時期 Vexc」を、排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax だけ排気上死点から遠ざける。更に、このとき、第３装置は、「グロープラグが異常である」ことを図示しない表示装置等に表示する。以上が第３装置の作動の概要である。

【０２２３】

＜燃焼制御方法＞

次いで、第３装置の具体的な作動についての説明を行う前に、第３装置に採用されている燃焼制御方法について説明する。

【０２２４】

上述したように、グロープラグ２３が劣化すると、圧縮端温度 Tt は低下する。そこで、第３装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、「確認対象気筒における排気弁２８の目標閉弁時期 Vexc を排気弁閉弁時期補正量 Vexccom だけ排気上死点から遠ざける」ように変更する。この排気弁閉弁時期補正量 Vexccom は、グロープラグ２３の劣化度に応じて定められる。

【０２２５】

目標閉弁時期 Vexc が排気上死点から遠ざかるように変更されると、燃焼後の高温のガ

ス（排ガス）のうちの気筒内に残留するガスの量（いわゆる、内部ＥＧＲ量）が増大する。更に、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom はグロープラグ２３の劣化度に応じて定められるので、グロープラグ２３の劣化による圧縮端温度 Tt の低下を補うために必要かつ十分な量だけ目標閉弁時期 Vexc が変更される。その結果、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt は、燃料を適切に着火させることができる温度（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合と同様の温度。圧縮端参照温度 Ttref よりも高い温度）にまで過不足なく上昇せしめられる。

【０２２６】

更に、第３装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom を排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax に変更する。即ち、このとき、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom は、排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax よりも大きくならないように調整される。これにより、確認対象気筒における内部ＥＧＲ量が過剰に増大されることが防がれる。第３装置は、上述したように「排気弁２８の目標閉弁時期 Vexc を排気上死点から遠ざける圧縮端温度上昇運転」を行う。以上が第３装置に採用されている燃焼制御方法である。

【０２２７】

＜実際の作動＞

以下、第３装置の実際の作動について説明する。

第３装置は、第２装置と同様に第１装置において図３にフローチャートによって示した処理に代えて「図９にフローチャートによって示した処理」を実行する点、および、第１装置において図４にフローチャートによって示した処理に代えて「図１２および図１３にフローチャートによって示した一連の処理」を実行する点においてのみ、第１装置と相違している。そこで、以下、これらの相違点を中心として説明する。

【０２２８】

ＣＰＵ８１は、図５ないし図９、および、図１２および図１３にフローチャートによって示した各ルーチンを所定のタイミング毎に繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、これらルーチンにおいて、第１装置と同様のグロープラグ作動フラグ XGLO および異常発生フラグ XEMG を用いる。したがって、グロープラグ作動フラグ XGLO および異常発生フラグ XEMG についての詳細な説明は、省略する。

【０２２９】

以下、「現時点において、図９に示すグロープラグ作動条件が成立しており、かつ、図５および図６に示すルーチンによって圧縮端参照温度 Ttref が既に取得されている」と仮定して、ＣＰＵ８１が実行する各ルーチンについて詳細に説明する。

【０２３０】

ＣＰＵ８１は、第２装置と同様、所定のタイミングにて図９のステップ９００から処理を開始すると、上記仮定に従って現時点にてグロープラグ作動条件は成立しているので、

本ルーチンによって印加電圧値 Egl を決定・取得するとともに、その印加電圧値 Egl の電圧をグロープラグ２３に印加する。これにより、グロープラグ２３が発熱し、気筒内のガスが加熱される。その結果、圧縮端温度 Tt は上昇する。

【０２３１】

更に、ＣＰＵ８１は、所定時間が経過する毎に図１２および図１３に一連のフローチャートによって示した「第３筒内温度補正ルーチン」を繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３の劣化度を確認するとともに、その劣化度に応じて「排気弁２８の閉弁時期」を調整する。具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、機関１０の運転状態に応じて吸気弁２６の目標開弁時期 Vino および目標閉弁時期 Vinc を決定するとともに、吸気弁２６の実際の開弁時期が目標開弁時期 Vino に一致し、かつ、吸気弁２６の実際の閉弁時期が目標閉弁時期 Vinc に一致するように可変吸気タイミング制御装置２６ａを制御する。加えて、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、機関１０の運転状態に応じて排気弁２８の目標開弁時期 Vexo および目標閉弁時期 Vexc を決定するとともに、排気弁２８の実際の開弁時期が目標開弁時期 Vexo に一致し、かつ、排気弁２８の実際の閉弁時期が目標閉弁時期 Vexc に一致するように可変排気タイミング制御装置２８ａを制御する。更に、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３が作動されているとき、グロープラグ２３の劣化度に応じて「排気弁２８の閉弁時期」を排気上死点から遠ざける。

【０２３２】

この図１２および図１３に示した一連のルーチンは、ステップ１２１０ないしステップ１２８０が追加されている点においてのみ図４に示したルーチンと相違している。そこで、この一連のルーチンにおいて図４に示したステップと同一の処理を行うためのステップには、図４のそのようなステップに付された符号と同一の符号が付されている。これらステップについての詳細な説明は適宜省略される。

【０２３３】

より具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図１２のステップ１２００から処理を開始すると、ステップ４１０にて吸気弁目標開弁時期 Vino および吸気弁目標閉弁時期 Vinc を取得するとともに、ステップ４２０にて排気弁目標開弁時期 Vexo および排気弁目標閉弁時期 Vexc を取得し、ステップ１２１０に進む。

【０２３４】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１２１０にて、現時点にて圧縮端参照温度 Ttref が取得されているか否かを判定する。上記仮定に従えば、圧縮端参照温度 Ttref は取得されているので、ＣＰＵ８１は、ステップ１２１０にて「Ｙｅｓ」と判定し、ステップ１２２０に進む。

【０２３５】

ＣＰＵ８１は、ステップ１２２０にて、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端

参照温度 Ttref よりも低いか否かを判定する。そして、ＣＰＵ８１は、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認するとともに、確認対象気筒における排気弁２８の目標閉弁時期 Vexc を排気上死点から遠ざけるように変更する。更に、ＣＰＵ８１は、この目標閉弁時期 Vexc の変更量が所定の閾値を超えると、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認するとともに、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置に表示させる。一方、ＣＰＵ８１は、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合、その確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第１段階」であると確認するとともに、確認対象気筒における排気弁２８の目標閉弁時期 Vexc を変更しない。

【０２３６】

以下、場合を分けてより詳細に説明する。

【０２３７】

（場合３－１）確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合

この場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１２２０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ１２３０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１２３０にて、「圧縮端参照温度 Ttref と圧縮端温度 Tt との差である温度差ΔT と、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom と、の関係」を予め定めた排気弁閉弁時期補正量テーブル MapVexccom（ΔT）に、現時点における温度差ΔT を適用することにより、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom を決定・取得する。この排気弁閉弁時期補正量テーブル MapVexccom（ΔT）において、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom は、温度差ΔT が大きくなるにつれて大きくなるように、設計されている。換言すると、この排気弁閉弁時期補正量テーブル MapVexccom（ΔT）において、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom は、グロープラグ２３の劣化の程度が大きくなるほど大きくなるように、設計されている。

【０２３８】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１２４０に進み、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom が排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax よりも大きいか否かを判定する。

【０２３９】

排気弁閉弁時期補正量 Vexccom が排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax 以下である場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１２４０にて「Ｎｏ」と判定してステップ１２５０に進み、目標閉弁時期 Vexc を排気弁閉弁時期補正量 Vexccom だけ排気上死点から遠ざけるように目標閉弁時期 Vexc を変更する。

【０２４０】

一方、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom が排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax よりも大きい場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１２４０にて「Ｙｅｓ」と判定し、ステップ１２６０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１２６０にて、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom の

値に排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax を格納する。即ち、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom の値が排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax よりも大きい場合、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom の値は排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax に変更される。即ち、第３装置において、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom の上限値は排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax に設定されている。

【０２４１】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１２７０に進み、異常発生フラグ XEMG の値に「１」を格納する。そして、ＣＰＵ８１は、ステップ１２７０に続くステップ１２５０にて、目標閉弁時期 Vexc を排気弁閉弁時期補正量 Vexccom（実際には、排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax）だけ排気上死点から遠ざけるように目標閉弁時期 Vexc を変更する。

【０２４２】

（場合３－２）確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合

この場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１２２０にて「Ｎｏ」と判定してステップ１２８０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１２８０にて、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom の値にゼロを格納してステップ１２５０に進む。

【０２４３】

ＣＰＵ８１は、ステップ１２５０にて、目標閉弁時期 Vexc を排気弁閉弁時期補正量 Vexccom（実際には、ゼロ）だけ排気上死点から遠ざけるように目標閉弁時期 Vexc を変更する。ところが、現時点における排気弁閉弁時期補正量 Vexccom はゼロであるので、目標閉弁時期 Vexc は排気上死点から遠ざけられない。即ち、目標閉弁時期 Vexc は変更されない。

【０２４４】

以上、「場合３－１」と「場合３－２」とに場合を分けて説明したように、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第２段階」である場合）、目標閉弁時期 Vexc は、温度差ΔT に応じて補正される。ただし、この場合、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom が吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax を超えると（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると）、吸気弁閉弁時期補正量 Vinccom は吸気弁閉弁時期上限補正量 Vinccommax に変更される。これに対し、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合）、目標閉弁時期 Vexc は補正されない。更に、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であれば異常発生フラグ XEMG の値はイニシャルルーチンにて格納される「０」に維持され、同劣化度が「第３段階」であれば異常発生フラグ XEMG の値に「１」が格納される。

【０２４５】

次いで、ＣＰＵ８１は、図１３のステップ４３０に進んで吸気弁２６を目標開弁時期

Vino および目標閉弁時期 Vinc にて開閉させ、ステップ４４０に進んで排気弁２８を目標開弁時期 Vexo および目標閉弁時期 Vexc にて開閉させ、ステップ１２９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。これにより、排気弁２８の閉弁時期が排気上死点から遠ざけられる圧縮端温度上昇運転が実行される。

【０２４６】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図７のステップ７００から処理を開始し、ステップ７１０ないしステップ７６０の処理を実行する。これにより、第１装置と同様、所定の燃料噴射量（Qp および Qm）の燃料が所定の燃料噴射時期（finjp および finjm）にて燃料噴射気筒に供給（噴射）される。

【０２４７】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図８のステップ８００から処理を開始すると、ステップ８１０に進む。ここで、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「０」であると（図１２および図１３に示す一連のルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であると確認されていると）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ８９５に直接進み、本ルーチンを一旦終了する。

【０２４８】

一方、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「１」であると（図１２および図１３に示す一連のルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されていると）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｎｏ」と判定してステップ８２０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ８２０にて、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置上に警報ランプを点等すること等によって表示させる。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ８９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０２４９】

このように、グロープラグ作動条件が成立しておりかつ圧縮端参照温度 Ttref が取得されている場合、圧縮端参照温度 Ttref と確認対象気筒における圧縮端温度 Tt とが比較されることにより、その確認対象気筒に備えられているグロープラグ２３の劣化度が確認される。

【０２５０】

この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されると、排気弁２８は、上記目標閉弁時期 Vexc にて閉弁させられる。一方、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されると、排気弁２８の目標閉弁時期 Vexc をグロープラグ２３の劣化度に応じて決定される排気弁閉弁時期補正量 Vexccom だけ排気上死点から遠ざける「圧縮端温度上昇運転」が実行される。

【０２５１】

更に、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認さ

れると、排気弁２８の目標閉弁時期 Vexc は所定の排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax だけ排気上死点から遠ざけられるとともに、「グロープラグ２３が異常である」旨が表示装置に表示される。

【０２５２】

これに対し、グロープラグ作動条件が成立していない場合、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図９のステップ９００から処理を開始してステップ３０５に進むと、ステップ３０５にて「Ｎｏ」と判定してステップ３６５に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ３６５にて、グロープラグ作動フラグ XGLO の値に「０」を格納する。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ９９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、この場合、グロープラグ２３は作動されない。

【０２５３】

更に、この場合、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図１２のステップ１２００から処理を開始し、ステップ４１０およびステップ４２０を経由してステップ１２１０に進むと、グロープラグ作動フラグ XGLO の値は「０」であるので、ステップ１２１０にて「Ｎｏ」と判定する。そして、ＣＰＵ８１は、ステップ１２８０に進んで排気弁閉弁時期補正量 Vexccom の値にゼロを格納し、ステップ１２５０に進む。その後、ＣＰＵ８１は、図１３のステップ４３０およびステップ４４０を経由してステップ１２９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、この場合、目標閉弁時期 Vexc は変更されない。

【０２５４】

更に、この場合、第１装置と同様、圧縮端温度 Tt は推定されず、圧縮端参照温度 Ttref は決定されない。加えて、第１装置と同様、グロープラグ作動条件が成立している場合と同様に所定の燃料噴射量（Qp および Qm）の燃料が所定の燃料噴射時期（finjp および finjm）にて燃料噴射気筒に供給（噴射）される。更に、第１装置と同様、グロープラグ２３の異常通知はなされない。

【０２５５】

＜装置の作用および効果＞

第３装置は、第１装置と同様にグロープラグ２３の劣化度を確認する。そして、第３装置は、グロープラグ２３の劣化度に応じた量（排気弁閉弁時期補正量 Vexccom）だけ排気弁２８の目標閉弁時期 Vexc を排気上死点から遠ざける圧縮端温度上昇運転を行う。これにより、第３装置は、グロープラグ２３の劣化度に応じて圧縮端温度 Tt を適切に上昇させることができるので、グロープラグ２３が劣化した場合であっても燃料の着火を確実なものとすることができる。

【０２５６】

更に、第３装置は、上記排気弁閉弁時期補正量 Vexccom が所定の閾値（排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax）を超えないように目標閉弁時期 Vexc を制御する。これにより、排気弁２８の目標閉弁時期 Vexc が排気上死点から離れ過ぎることが防がれるので、

内部ＥＧＲ量が過剰に増大することを回避することができる。

【０２５７】

更に、第３装置は、第１装置と同様、グロープラグが劣化した場合であっても気筒毎の燃焼のばらつきを抑制することができる。その結果、第３装置は、機関のドライバビリティおよびエミッションを良好に維持することができる。

【０２５８】

第３装置においては、圧縮端温度上昇運転として「グロープラグ２３の劣化度に応じた量（排気弁閉弁時期補正量 Vexccom）だけ排気弁２８の目標閉弁時期 Vexc を排気上死点から遠ざける運転」が行われている。この運転は、目標閉弁時期 Vexc が排気上死点よりも進角した時期である場合に目標閉弁時期 Vexc を進角させる運転、目標閉弁時期 Vexc が排気上死点よりも遅角した時期である場合に目標閉弁時期 Vexc を遅角させる運転、目標閉弁時期 Vexc が排気上死点よりも進角した時期である場合に目標閉弁時期 Vexc を排気上死点を超えて遅角させる運転、および、目標閉弁時期 Vexc が排気上死点よりも遅角した時期である場合に目標閉弁時期 Vexc を排気上死点を超えて進角させる運転、を含む。

【０２５９】

（第４実施形態）

次に、本発明の第４の実施形態に係る燃焼制御装置（以下、「第４装置」とも称呼する。）について説明する。

【０２６０】

＜装置の概要＞

第４装置は、第１装置が適用される内燃機関１０と同様の内燃機関（図１および図２を参照。）に適用される。したがって、装置の概要についての詳細な説明は省略する。

【０２６１】

＜装置の作動の概要＞

第４装置は、第１装置と同様、各気筒における圧縮端温度（Tt1 ないし Tt4）を取得するとともに、それらの圧縮端温度に基づいて圧縮端参照温度 Ttref を取得する。更に、第４装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt と圧縮端参照温度 Ttref とを比較することにより、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度を確認する。

【０２６２】

第４装置は、上記確認されたグロープラグ２３の劣化度に応じて、「吸気弁２６の開閉時期」を調整する。より具体的に述べると、第４装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上であれば、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第１段階」であると確認する。第４装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されたとき、機関１０の運転状態に応じて定められる目標開弁時期 Vino にて確認対象気筒の吸気弁２６を開弁させるとともに、同様に

定められる目標閉弁時期 Vinc にて同吸気弁２６を閉弁させる。

【０２６３】

一方、第４装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低ければ、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第２段階」であると確認する。第４装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、上記定められた「吸気弁２６の目標開弁時期 Vino」を、グロープラグ２３の劣化度に応じて定められる吸気弁開弁時期補正量 Vinocom だけ排気上死点よりも進角させる。

【０２６４】

ここで、第４装置は、この吸気弁開弁時期補正量 Vinocom が所定の吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax よりも大きければ、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第３段階」であると確認する。第４装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき、上記定められた吸気弁２６の目標開弁時期 Vino を、吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax だけ排気上死点よりも進角させる。更に、このとき、第４装置は、「グロープラグが異常である」ことを図示しない表示装置等に表示する。以上が第４装置の作動の概要である。

【０２６５】

＜燃焼制御方法＞

次いで、第４装置の具体的な作動についての説明を行う前に、第４装置に採用されている燃焼制御方法について説明する。

【０２６６】

上述したように、グロープラグ２３が劣化すると、圧縮端温度 Tt は低下する。そこで、第４装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、「確認対象気筒における排気弁２８の目標開弁時期 Vino を吸気弁開弁時期補正量 Vinocom だけ排気上死点よりも進角させる」ように変更する。この吸気弁開弁時期補正量 Vinocom は、グロープラグ２３の劣化度に応じて定められる。

【０２６７】

目標開弁時期 Vino が排気上死点よりも進角されるように変更されると、吸気弁２６が開弁してから気筒内のピストンが排気上死点に到達するまでの期間（即ち、排気行程）において、燃焼後の高温のガス（排ガス）が吸気通路に向けて押し出される。この吸気通路に押し出される排ガスの量は、吸気弁２６の開弁時期が排気上死点よりも進角される量が大きくなるほど大きくなる。吸気通路に押し出された排ガスは、吸気行程において、空気（新気）とともに気筒内に吸入される。その結果、上記第３装置と同様、高温の排ガスの一部が気筒内に残留させられる。更に、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom はグロープラグ２３の劣化度に応じて定められるので、グロープラグ２３の劣化による圧縮端温度 Tt の低下を補うために必要かつ十分な量だけ目標開弁時期 Vino が変更される。その結果、確

認対象気筒における圧縮端温度Ttは、燃料を適切に着火させることができる温度（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合と同様の温度。圧縮端参照温度Ttrefよりも高い温度）にまで過不足なく上昇せしめられる。

【０２６８】

更に、第４装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom を吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax に変更する。即ち、このとき、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom は、吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax よりも大きくならないように調整される。これにより、確認対象気筒内に残留させられる排ガスの量が過剰に増大されることが防がれる。第４装置は、上述したように「吸気弁２６の目標開弁時期 Vino を排気上死点よりも進角させる圧縮端温度上昇運転」を行う。以上が第４装置に採用されている燃焼制御方法である。

【０２６９】

＜実際の作動＞

以下、第４装置の実際の作動について説明する。

第４装置は、第２装置と同様に第１装置において図３にフローチャートによって示した処理に代えて「図９にフローチャートによって示した処理」を実行する点、および、第１装置において図４にフローチャートによって示した処理に代えて「図１４および図１５にフローチャートによって示した一連の処理」を実行する点においてのみ、第１装置と相違している。そこで、以下、これらの相違点を中心として説明する。

【０２７０】

ＣＰＵ８１は、図５ないし図９、および、図１４および図１５にフローチャートによって示した各ルーチンを所定のタイミング毎に繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、これらルーチンにおいて、第１装置と同様のグロープラグ作動フラグ XGLO および異常発生フラグ XEMG を用いる。したがって、グロープラグ作動フラグ XGLO および異常発生フラグXEMGについての詳細な説明は、省略する。

【０２７１】

以下、「現時点において、図９に示すグロープラグ作動条件が成立しており、かつ、図５および図６に示すルーチンによって圧縮端参照温度Ttrefが既に取得されている」と仮定して、ＣＰＵ８１が実行する各ルーチンについて詳細に説明する。

【０２７２】

ＣＰＵ８１は、第２装置と同様、所定のタイミングにて図９のステップ９００から処理を開始すると、上記仮定に従って現時点にてグロープラグ作動条件は成立しているので、本ルーチンによって印加電圧値 Egl を決定・取得するとともに、その印加電圧値 Egl の電圧をグロープラグ２３に印加する。これにより、グロープラグ２３が発熱し、気筒内のガスが加熱される。その結果、圧縮端温度Ttは上昇する。

【０２７３】

更に、ＣＰＵ８１は、所定時間が経過する毎に図１４および図１５に一連のフローチャートによって示した「第４筒内温度補正ルーチン」を繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３の劣化度を確認するとともに、その劣化度に応じて「吸気弁２６の開弁時期」を調整する。具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、機関１０の運転状態に応じて吸気弁２６の目標開弁時期 Vino および目標閉弁時期 Vinc を決定するとともに、吸気弁２６の実際の開弁時期が目標開弁時期 Vino に一致し、かつ、吸気弁２６の実際の閉弁時期が目標閉弁時期 Vinc に一致するように可変吸気タイミング制御装置２６ａを制御する。加えて、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、機関１０の運転状態に応じて排気弁２８の目標開弁時期 Vexo および目標閉弁時期 Vexc を決定するとともに、排気弁２８の実際の開弁時期が目標開弁時期 Vexo に一致し、かつ、排気弁２８の実際の閉弁時期が目標閉弁時期 Vexc に一致するように可変排気タイミング制御装置２８ａを制御する。更に、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３が作動されているとき、グロープラグ２３の劣化度に応じて「吸気弁２６の開弁時期」を排気上死点よりも進角させる。

【０２７４】

この図１４および図１５に示した一連のルーチンは、ステップ１４１０ないしステップ１４７０が追加されている点においてのみ図４に示したルーチンと相違している。そこで、この一連のルーチンにおいて図４に示したステップと同一の処理を行うためのステップには、図４のそのようなステップに付された符号と同一の符号が付されている。これらステップについての詳細な説明は適宜省略される。

【０２７５】

より具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図１４のステップ１４００から処理を開始すると、ステップ４１０にて吸気弁目標開弁時期 Vino および吸気弁目標閉弁時期 Vinc を取得するとともに、ステップ４２０にて排気弁目標開弁時期 Vexo および排気弁目標閉弁時期 Vexc を取得し、ステップ１４１０に進む。

【０２７６】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１４１０にて、現時点にて圧縮端参照温度 Ttref が取得されているか否かを判定する。上記仮定に従えば、既に圧縮端参照温度 Ttref は取得されているので、ＣＰＵ８１は、ステップ１４１０にて「Ｙｅｓ」と判定し、ステップ１４２０に進む。

【０２７７】

ＣＰＵ８１は、ステップ１４２０にて、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低いか否かを判定する。そして、ＣＰＵ８１は、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認するとともに、確認対象気筒における吸気弁２６の目標開弁時期 Vino を排気上死点よりも進角させるように変更する。更に、ＣＰＵ

８１は、この目標開弁時期 Vino の変更量が所定の閾値を超えると、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認するとともに、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置に表示させる。一方、ＣＰＵ８１は、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合、その確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第１段階」であると確認するとともに、確認対象気筒における吸気弁２６の目標開弁時期 Vino を変更しない。

【０２７８】

確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１４２０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ１４３０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１４３０にて、「圧縮端参照温度 Ttref と圧縮端温度 Tt との差である温度差ΔT と、目標開弁時期 Vino と、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom と、の関係」を予め定めた吸気弁開弁時期補正量テーブル MapVinocom（ΔT，Vino）に、現時点における温度差ΔT および目標開弁時期 Vino を適用することにより、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom を決定・取得する。この吸気弁開弁時期補正量テーブル MapVinocom（ΔT，Vino）において、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom は、以下の要件４－１ないし要件４－３を満たすように、設計されている。

【０２７９】

（要件４－１）吸気弁開弁時期補正量 Vinocom は、温度差ΔT が大きくなるにつれて大きくなる。

（要件４－２）目標開弁時期 Vino が排気上死点よりも進角された時期である場合、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom は、その目標開弁時期 Vino よりも進角された時期であって上記要件１を満たす時期となる。

（要件４－３）目標開弁時期 Vino が排気上死点よりも遅角された時期である場合、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom は、排気上死点よりも進角された時期であって上記要件１を満たす時期となる。

【０２８０】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１４４０に進み、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom が吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax よりも大きいか否かを判定する。

【０２８１】

吸気弁開弁時期補正量 Vinocom が吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax 以下である場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１４４０にて「Ｎｏ」と判定してステップ１４５０に進み、目標開弁時期 Vino を吸気弁開弁時期補正量 Vinocom だけ排気上死点よりも進角させるように目標開弁時期 Vino を変更する。

【０２８２】

一方、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom が吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax よりも大きい場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１４４０にて「Ｙｅｓ」と判定し、ステップ１４

６０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１４６０にて、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom の値に吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax を格納する。即ち、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom の値が吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax よりも大きい場合、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom の値は吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax に変更される。即ち、第４装置において、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom の上限値は吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax に設定されている。

【０２８３】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１４７０に進み、異常発生フラグ XEMG の値に「１」を格納する。そして、ＣＰＵ８１は、ステップ１４７０に続くステップ１４５０にて、目標開弁時期 Vino を吸気弁開弁時期補正量 Vinocom（実際には、吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax）だけ排気上死点よりも進角させるように目標開弁時期 Vino を変更する。その後、ＣＰＵ８１は、図１５のステップ４３０に進む。

【０２８４】

一方、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１４２０にて「Ｎｏ」と判定し、図１５のステップ４３０に直接進む。

【０２８５】

以上、説明したように、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第２段階」である場合）、目標開弁時期 Vino は、温度差ΔT および目標開弁時期 Vino に応じて補正される。ただし、この場合、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom が吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax を超えると（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると）、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom は吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax に変更される。これに対し、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合）、目標開弁時期 Vino は補正されない。更に、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であれば異常発生フラグ XEMG の値はイニシャルルーチンにて格納される「０」に維持され、同劣化度が「第３段階」であれば異常発生フラグ XEMG の値に「１」が格納される。

【０２８６】

次いで、ＣＰＵ８１は、図１５のステップ４３０にて吸気弁２６を目標開弁時期 Vino および目標閉弁時期 Vinc にて開閉させ、ステップ４４０に進んで排気弁２８を目標開弁時期 Vexo および目標閉弁時期 Vexc にて開閉させ、ステップ１４９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。これにより、吸気弁２６の開弁時期が排気上死点よりも進角される圧縮端温度上昇運転が実行される。

【０２８７】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図７のステップ７００から処理を開始し、ステップ７１０ないしステップ７６０の処理を実行する。これにより、第１装置と同様、

所定の燃料噴射量（Qp および Qm）の燃料が所定の燃料噴射時期（finjp および finjm）にて燃料噴射気筒に供給（噴射）される。

【０２８８】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図８のステップ８００から処理を開始すると、ステップ８１０に進む。ここで、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「０」であると（図１４および図１５に示す一連のルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であると確認されていると）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ８９５に直接進み、本ルーチンを一旦終了する。

【０２８９】

一方、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「１」であると（図１４および図１５に示す一連のルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されていると）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｎｏ」と判定してステップ８２０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ８２０にて、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置上に警報ランプを点等すること等によって表示させる。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ８９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０２９０】

このように、グロープラグ作動条件が成立しておりかつ圧縮端参照温度 Ttref が取得されている場合、圧縮端参照温度 Ttref と確認対象気筒における圧縮端温度 Tt とが比較されることにより、その確認対象気筒に備えられているグロープラグ２３の劣化度が確認される。

【０２９１】

この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されると、吸気弁２６は、上記目標開弁時期 Vino にて閉弁させられる。一方、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されると、吸気弁２６の開弁時期をグロープラグ２３の劣化度に応じて決定される吸気弁開弁時期補正量 Vinocom だけ排気上死点よりも進角させる「圧縮端温度上昇運転」が実行される。

【０２９２】

更に、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されると、吸気弁２６の開弁時期は、所定の吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax だけ排気上死点よりも進角されるとともに、「グロープラグ２３が異常である」旨が表示装置に表示される。

【０２９３】

これに対し、グロープラグ作動条件が成立していない場合、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図９のステップ９００から処理を開始してステップ３０５に進むと、ステップ３０５にて「Ｎｏ」と判定してステップ３６５に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ３６５に

て、グロープラグ作動フラグ XGLO の値に「０」を格納する。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ９９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、この場合、グロープラグ２３は作動されない。

【０２９４】

更に、この場合、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図１４のステップ１２００から処理を開始し、ステップ４１０およびステップ４２０を経由してステップ１４１０に進むと、グロープラグ作動フラグ XGLO の値は「０」であるので、ステップ１４１０にて「Ｎｏ」と判定する。そして、ＣＰＵ８１は、図１５のステップ４３０およびステップ４４０を経由してステップ１４９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、この場合、目標開弁時期 Vino は変更されない。

【０２９５】

更に、この場合、第１装置と同様、圧縮端温度 Tt は推定されず、圧縮端参照温度 Ttref は決定されない。加えて、第１装置と同様、グロープラグ作動条件が成立している場合と同様に所定の燃料噴射量（Qp および Qm）の燃料が所定の燃料噴射時期（finjp および finjm）にて燃料噴射気筒に供給（噴射）される。更に、第１装置と同様、グロープラグ２３の異常通知はなされない。

【０２９６】

＜装置の作用および効果＞

第４装置は、第１装置と同様にグロープラグ２３の劣化度を確認する。そして、第４装置は、グロープラグ２３の劣化度に応じた量（吸気弁開弁時期補正量 Vinocom）だけ吸気弁２６の目標開弁時期 Vino を排気上死点よりも進角させる圧縮端温度上昇運転を行う。これにより、第４装置は、グロープラグ２３の劣化度に応じて圧縮端温度 Tt を適切に上昇させることができるので、グロープラグ２３が劣化した場合であっても燃料の着火を確実なものとすることができる。

【０２９７】

更に、第４装置は、上記吸気弁開弁時期補正量 Vinocom が所定の閾値（吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax）を超えないように目標開弁時期 Vino を制御する。これにより、吸気弁２６の目標開弁時期 Vino が排気上死点よりも進角され過ぎることが防がれるので、気筒内に残留する排ガスの量が過剰に増大することを回避することができる。

【０２９８】

更に、第４装置は、第１装置と同様、グロープラグが劣化した場合であっても気筒毎の燃焼のばらつきを抑制することができる。その結果、第４装置は、機関のドライバビリティおよびエミッションを良好に維持することができる。

【０２９９】

第４装置においては、圧縮端温度上昇運転として「グロープラグ２３の劣化度に応じた量（吸気弁開弁時期補正量 Vinocom）だけ吸気弁２６の目標開弁時期 Vino を排気上死点

よりも進角させる運転」

【０３００】

第４装置においては、圧縮端温度上昇運転として「グロープラグ２３の劣化度に応じた量（吸気弁開弁時期補正量 Vinocom）だけ吸気弁２６の目標開弁時期 Vino を排気上死点よりも進角させる運転」が行われている。この運転は、目標開弁時期 Vino が排気上死点よりも進角した時期である場合にその目標開弁時期 Vino を進角させる運転、および、目標開弁時期 Vino が排気上死点よりも遅角した時期である場合にその目標開弁時期 Vino を進角させる運転、を含む。

【０３０１】

（第５実施形態）

次に、本発明の第５の実施形態に係る燃焼制御装置（以下、「第５装置」とも称呼する。）について説明する。

【０３０２】

＜装置の概要＞

第５装置は、第１装置が適用される内燃機関１０と同様の内燃機関（図１および図２を参照。）に適用される。したがって、装置の概要についての詳細な説明は省略する。

【０３０３】

＜装置の作動の概要＞

第５装置は、第１装置と同様、各気筒における圧縮端温度（Tt1 ないし Tt4）を取得するとともに、それらの圧縮端温度に基づいて圧縮端参照温度 Ttref を取得する。更に、第５装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt と圧縮端参照温度 Ttref とを比較することにより、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度を確認する。

【０３０４】

第５装置は、上記確認されたグロープラグ２３の劣化度に応じて、「パイロット噴射量 Qp」を調整する。より具体的に述べると、第５装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上であれば、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第１段階」であると確認する。第５装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されたとき、機関１０の運転状態に応じて定められる噴射量（パイロット噴射量 Qp およびメイン噴射量 Qm）の燃料を、同様に定められる噴射時期（パイロット噴射時期 finjp およびメイン噴射時期 finjm）にて確認対象気筒内に噴射させる。

【０３０５】

一方、第５装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低ければ、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第２段階」であると確認する。第２装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、上記定められた「パイロット噴射量 Qp」を、グロープラグ２３の

劣化度に応じて定められるパイロット噴射補正量Qpcomだけ増大させる。

【０３０６】

ここで、第５装置は、このパイロット噴射補正量Qpcomが所定のパイロット噴射上限補正量Qpcommaxよりも大きければ、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第３段階」であると確認する。第５装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき、上記定められた「パイロット噴射量Qp」を、パイロット噴射上限補正量Qpcommaxだけ増大させる。更に、このとき、第５装置は、「グロープラグが異常である」ことを図示しない表示装置等に表示する。以上が第５装置の作動の概要である。

【０３０７】

＜燃焼制御方法＞

次いで、第５装置の具体的な作動についての説明を行う前に、第５装置に採用されている燃焼制御方法について説明する。

【０３０８】

上述したように、グロープラグ２３が劣化すると、圧縮端温度Ttは低下する。そこで、第５装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、「確認対象気筒におけるパイロット噴射量Qpをパイロット噴射補正量Qpcomだけ増大する」ように変更する。このパイロット噴射補正量Qpcomは、グロープラグ２３の劣化度に応じて定められる。

【０３０９】

パイロット噴射された燃料は、自着火前反応によって混合気の温度を上昇させる。そのため、パイロット噴射量Qpが増大されるように変更されると、自着火前反応による気筒内のガスの温度の上昇量を増大させることができる。更に、パイロット噴射補正量Qpcomはグロープラグ２３の劣化度に応じて定められるので、グロープラグ２３の劣化による圧縮端温度Ttの低下を補うために必要かつ十分な量だけパイロット噴射量Qpが変更される。その結果、確認対象気筒における圧縮端温度Ttは、燃料を適切に着火させることができる温度（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合と同様の温度。圧縮端参照温度Ttrefよりも高い温度）にまで過不足なく上昇せしめられる。

【０３１０】

更に、第５装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき、パイロット噴射補正量Qpcomをパイロット噴射上限補正量Qpcommaxに変更する。即ち、このとき、パイロット噴射補正量Qpcomは、パイロット噴射上限補正量Qpcommaxよりも大きくならないように調整される。これにより、パイロット噴射量Qpが過剰に増大されることが防がれるので、燃費が悪化することが回避される。第５装置は、このようにパイロット噴射量Qpを増大させる圧縮端温度上昇運転を行う。以上が第５装置に採用されている燃焼制御方法である。

【０３１１】

＜実際の作動＞

以下、第５装置の実際の作動について説明する。

第５装置は、第２装置と同様に第１装置において図３にフローチャートによって示した処理に代えて「図９にフローチャートによって示した処理」を実行する点、および、第１装置において図７にフローチャートによって示した処理に代えて「図１６および図１７にフローチャートによって示した一連の処理」を実行する点においてのみ、第１装置と相違している。そこで、以下、これらの相違点を中心として説明する。

【０３１２】

ＣＰＵ８１は、図４ないし図６、図８および図９、ならびに、図１６および図１７にフローチャートによって示した各ルーチンを所定のタイミング毎に繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、これらルーチンにおいて、第１装置と同様のグロープラグ作動フラグ **XGLO** および異常発生フラグ **XEMG** を用いる。したがって、グロープラグ作動フラグ **XGLO** および異常発生フラグ **XEMG** についての詳細な説明は、省略する。

【０３１３】

以下、「現時点において、図９に示すグロープラグ作動条件が成立しており、かつ、図５および図６に示すルーチンによって圧縮端参照温度 **Ttref** が既に取得されている」と仮定して、ＣＰＵ８１が実行する各ルーチンについて詳細に説明する。

【０３１４】

ＣＰＵ８１は、第１装置と同様、所定のタイミングにて図４のステップ４００から処理を開始すると、吸気弁２６および排気弁２８の目標開閉時期を決定・取得するとともに、その目標開閉時期にて吸気弁２６および排気弁２８が開閉するように、可変吸気タイミング装置２６ａおよび可変排気タイミング装置２８ａを制御する。

【０３１５】

更に、ＣＰＵ８１は、第２装置と同様、所定のタイミングにて図９のステップ９００から処理を開始すると、上記仮定に従って現時点にてグロープラグ作動条件は成立しているので、本ルーチンによって印加電圧値 **Egl** を決定・取得するとともに、その印加電圧値 **Egl** の電圧をグロープラグ２３に印加する。これにより、グロープラグ２３が発熱し、気筒内のガスが加熱される。その結果、圧縮端温度 **Tt** は上昇する。

【０３１６】

更に、ＣＰＵ８１は、所定時間が経過する毎に図１６および図１７に一連のフローチャートによって示した「第５筒内温度補正ルーチン」を繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３の劣化度を確認するとともに、その劣化度に応じて「パイロット噴射量 **Qp**」を調整する。具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、機関１０の運転状態に応じて燃料噴射量（パイロット噴射量 **Qp** およびメイン噴射量 **Qm**）ならびに燃料噴射時期（パイロット噴射時期 **finjp** および

メイン噴射時期 finjm）を決定するとともに、パイロット噴射量 Qp の燃料をパイロット噴射時期 finjp にてインジェクタ２２から噴射し、かつ、メイン噴射量 Qm の燃料をメイン噴射時期 finjm にてインジェクタ２２から噴射させる。更に、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３が作動されているとき、グロープラグ２３の劣化度に応じて「パイロット噴射量 Qp」を増大する。

【０３１７】

この図１６および図１７に示した一連のルーチンは、ステップ１６１０ないしステップ１６８０が追加されている点においてのみ図７に示したルーチンと相違している。そこで、この一連のルーチンにおいて図７に示したステップと同一の処理を行うためのステップには、図７のそのようなステップに付された符号と同一の符号が付されている。これらステップについての詳細な説明は適宜省略される。

【０３１８】

より具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図１６のステップ１６００から処理を開始すると、ステップ７１０にてパイロット噴射量 Qp およびメイン噴射量 Qm を取得するとともに、ステップ７２０にてパイロット噴射時期 finjp およびメイン噴射時期 finjm を取得し、ステップ１６１０に進む。

【０３１９】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１６１０にて、現時点にて圧縮端参照温度 Ttref が取得されているか否かを判定する。上記仮定に従えば、既に圧縮端参照温度 Ttref は取得されているので、ＣＰＵ８１は、ステップ１６１０にて「Ｙｅｓ」と判定し、ステップ１６２０に進む。

【０３２０】

ＣＰＵ８１は、ステップ１６２０にて、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低いか否かを判定する。そして、ＣＰＵ８１は、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認するとともに、確認対象気筒におけるパイロット噴射量 Qp を増大するように変更する。更に、ＣＰＵ８１は、このパイロット噴射量 Qp の変更量が所定の閾値を超えると、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認するとともに、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置に表示させる。一方、ＣＰＵ８１は、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合、その確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第１段階」であると確認するとともに、確認対象気筒におけるパイロット噴射量 Qp を変更しない。

【０３２１】

以下、場合を分けてより詳細に説明する。

【０３２２】

（場合５－１）確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合

この場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１６２０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ１６３０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１６３０にて、「圧縮端参照温度 Ttref と圧縮端温度 Tt との差である温度差ΔT と、パイロット噴射補正量 Qpcom と、の関係」を予め定めたパイロット噴射補正量テーブル MapQpcom（ΔT）に、現時点における温度差ΔT を適用することにより、パイロット噴射補正量 Qpcom を決定・取得する。このパイロット噴射補正量テーブル MapQpcom（ΔT）において、パイロット噴射補正量 Qpcom は、温度差ΔT が大きくなるにつれて大きくなるように、設計されている。換言すると、このパイロット噴射補正量テーブル MapQpcom（ΔT）において、パイロット噴射補正量 Qpcom は、グロープラグ２３の劣化の程度が大きくなるほど大きくなるように、設計されている。

【０３２３】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１６４０に進み、パイロット噴射補正量 Qpcom がパイロット噴射上限補正量 Qpcommax よりも大きいか否かを判定する。

【０３２４】

パイロット噴射補正量 Qpcom がパイロット噴射上限補正量 Qpcommax 以下である場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１６４０にて「Ｎｏ」と判定してステップ１６５０に進み、パイロット噴射量 Qp をパイロット噴射補正量 Qpcom だけ増大するようにパイロット噴射量 Qp を変更する。

【０３２５】

一方、パイロット噴射補正量 Qpcom がパイロット噴射上限補正量 Qpcommax よりも大きい場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１６４０にて「Ｙｅｓ」と判定し、ステップ１６６０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１６６０にて、パイロット噴射補正量 Qpcom の値にパイロット噴射上限補正量 Qpcommax を格納する。即ち、パイロット噴射補正量 Qpcom の値がパイロット噴射上限補正量 Qpcommax よりも大きい場合、パイロット噴射補正量 Qpcom の値はパイロット噴射上限補正量 Qpcommax に変更される。即ち、第５装置において、パイロット噴射補正量 Qpcom の上限値はパイロット噴射上限補正量 Qpcommax に設定されている。

【０３２６】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１６７０に進み、異常発生フラグ XEMG の値に「１」を格納する。そして、ＣＰＵ８１は、ステップ１６７０に続くステップ１６５０にて、パイロット噴射量 Qp をパイロット噴射補正量 Qpcom（実際には、パイロット噴射上限補正量 Qpcommax）だけ増大するようにパイロット噴射量 Qp を変更する。

【０３２７】

（場合５－２）確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合

この場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１６２０にて「Ｎｏ」と判定してステップ１６８０

に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１６８０にて、パイロット噴射補正量 Qpcom の値にゼロを格納してステップ１６５０に進む。

【０３２８】

ＣＰＵ８１は、ステップ１６５０にて、パイロット噴射量 Qp をパイロット噴射補正量 Qpcom（実際には、ゼロ）だけ増大するようにパイロット噴射量 Qp を変更する。ところが、現時点におけるパイロット噴射補正量 Qpcom はゼロであるので、パイロット噴射量 Qp は増大されない。即ち、パイロット噴射量 Qp は変更されない。

【０３２９】

以上、「場合５－１」と「場合５－２」とに場合を分けて説明したように、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第２段階」である場合）、パイロット噴射量 Qp は、温度差ΔT に応じて補正される。ただし、この場合、パイロット噴射補正量 Qpcom がパイロット噴射上限補正量 Qpcommax を超えると（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると）、パイロット噴射補正量 Qpcom はパイロット噴射上限補正量 Qpcommax に変更される。これに対し、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合）、パイロット噴射量 Qp は補正されない。更に、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であれば異常発生フラグ XEMG の値はイニシャルルーチンにて格納される「０」に維持され、同劣化度が「第３段階」であれば異常発生フラグ XEMG の値に「１」が格納される。

【０３３０】

次いで、ＣＰＵ８１は、図１７のステップ７３０ないしステップ７６０の処理を第１装置と同様に実行し、燃料噴射量（パイロット噴射量 Qp およびメイン噴射量 Qm）の燃料を、燃料噴射時期（パイロット噴射時期 finjp およびメイン噴射時期 finjm）において、燃料噴射気筒に設けられているインジェクタ２２から噴射させる。これにより、パイロット噴射量 Qp が増大される圧縮端温度上昇運転が実行される。

【０３３１】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図８のステップ８００から処理を開始すると、ステップ８１０に進む。ここで、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「０」であると（図１６および図１７に示す一連のルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であると確認されていると）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ８９５に直接進み、本ルーチンを一旦終了する。

【０３３２】

一方、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「１」であると（図１６および図１７に示す一連のルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階

」であると確認されていると）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｎｏ」と判定してステップ８２０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ８２０にて、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置上に警報ランプを点等すること等によって表示させる。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ８９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０３３３】

このように、グロープラグ作動条件が成立しておりかつ圧縮端参照温度 Ttref が取得されている場合、圧縮端参照温度 Ttref と確認対象気筒における圧縮端温度 Tt とが比較されることにより、その確認対象気筒に備えられているグロープラグ２３の劣化度が確認される。

【０３３４】

この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されると、パイロット噴射量 Qp は変更されない。一方、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されると、パイロット噴射量 Qp をグロープラグ２３の劣化度に応じて決定されるパイロット噴射補正量 Qpcom だけ増大する「圧縮端温度上昇運転」が実行される。

【０３３５】

更に、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されると、パイロット噴射量 Qp は所定のパイロット噴射上限補正量 Qpcommax だけ増大されるとともに、「グロープラグ２３が異常である」旨が表示装置に表示される。

【０３３６】

これに対し、グロープラグ作動条件が成立していない場合、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図９のステップ９００から処理を開始してステップ３０５に進むと、ステップ３０５にて「Ｎｏ」と判定してステップ３６５に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ３６５にて、グロープラグ作動フラグ XGLO の値に「０」を格納する。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ９９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、この場合、グロープラグ２３は作動されない。

【０３３７】

更に、この場合、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図１６のステップ１６００から処理を開始し、ステップ７１０およびステップ７２０を経由してステップ１６１０に進むと、グロープラグ作動フラグ XGLO の値は「０」であるので、ステップ１６１０にて「Ｎｏ」と判定する。そして、ＣＰＵ８１は、ステップ１６８０に進んでパイロット噴射補正量 Qpcom の値にゼロを格納し、ステップ１６５０に進む。その後、ＣＰＵ８１は、図１７のステップ７３０ないしステップ７６０の処理を実行し、ステップ１６９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、この場合、パイロット噴射量 Qp は変更されない。

【０３３８】

更に、この場合、第１装置と同様、圧縮端温度 Tt は推定されず、圧縮端参照温度 Ttref は決定されない。加えて、第１装置と同様、グロープラグ作動条件が成立している場合と同様に吸気弁２６および排気弁２８が開閉される。更に、第１装置と同様、グロープラグ２３の異常通知はなされない。

【０３３９】

＜装置の作用および効果＞

第５装置は、第１装置と同様にグロープラグ２３の劣化度を確認する。そして、第５装置は、グロープラグ２３の劣化度に応じた量（パイロット噴射補正量 Qpcom）だけパイロット噴射量 Qp を増大する圧縮端温度上昇運転を行う。これにより、第５装置は、グロープラグ２３の劣化度に応じて圧縮端温度 Tt を適切に上昇させることができるので、グロープラグ２３が劣化した場合であっても燃料の着火を確実なものとすることができる。

【０３４０】

更に、第５装置は、上記パイロット噴射補正量 Qpcom が所定の閾値（パイロット噴射上限補正量 Qpcommax）を超えないようにパイロット噴射量 Qp を制御する。これにより、パイロット噴射量 Qp が増大され過ぎることが防がれるので、燃費が過剰に悪化することを回避することができる。

【０３４１】

更に、第５装置は、第１装置と同様、グロープラグが劣化した場合であっても気筒毎の燃焼のばらつきを抑制することができるので、機関のドライバビリティおよびエミッションを良好に維持することができる。

【０３４２】

（第６実施形態）

次に、本発明の第６の実施形態に係る燃焼制御装置（以下、「第６装置」とも称呼する。）について説明する。

【０３４３】

＜装置の概要＞

第６装置は、第１装置が適用される内燃機関１０と同様の内燃機関（図１および図２を参照。）に適用される。したがって、装置の概要についての詳細な説明は省略する。

【０３４４】

＜装置の作動の概要＞

第６装置は、第１装置と同様、各気筒における圧縮端温度（Tt1 ないし Tt4）を取得するとともに、それらの圧縮端温度に基づいて圧縮端参照温度 Ttref を取得する。更に、第６装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt と圧縮端参照温度 Ttref とを比較することにより、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度を確認する。

【０３４５】

第６装置は、上記確認されたグロープラグ２３の劣化度に応じて、「メイン噴射量 Qm

」を調整する。より具体的に述べると、第６装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上であれば、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第１段階」であると確認する。第２装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されたとき、機関１０の運転状態に応じて定められる噴射量（パイロット噴射量 Qp およびメイン噴射量 Qm）の燃料を、同様に定められる噴射時期（パイロット噴射時期 finjp およびメイン噴射時期 finjm）にて確認対象気筒内に噴射させる。

【０３４６】

一方、第６装置は、第１装置と同様、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低ければ、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第２段階」であると確認する。第２装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、上記定められた「メイン噴射量 Qm」を、グロープラグ２３の劣化度に応じて定められるメイン噴射補正量 Qmcom だけ増大させる。

【０３４７】

ここで、第６装置は、このメイン噴射補正量 Qmcom が所定のメイン噴射上限補正量 Qmcommax よりも大きければ、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第３段階」であると確認する。第６装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき、上記定められた「メイン噴射量 Qm」を、メイン噴射上限補正量 Qmcommax だけ増大させる。更に、このとき、第６装置は、「グロープラグが異常である」ことを図示しない表示装置等に表示する。以上が第６装置の作動の概要である。

【０３４８】

＜燃焼制御方法＞

次いで、第６装置の具体的な作動についての説明を行う前に、第６装置に採用されている燃焼制御方法について説明する。

【０３４９】

上述したように、グロープラグ２３が劣化すると、圧縮端温度 Tt は低下する。そこで、第６装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、確認対象気筒におけるメイン噴射量 Qm をメイン噴射補正量 Qmcom だけ増大するように変更する。このメイン噴射補正量 Qmcom は、グロープラグ２３の劣化度に応じて定められる。

【０３５０】

メイン噴射量 Qm が増大された場合、そのメイン噴射された燃料が燃焼することによって発生する熱量が増大する。このため、気筒を形成している壁面の温度が上昇する。加えて、メイン噴射補正量 Qmcom はグロープラグ２３の劣化度に応じて定められるので、グロープラグ２３の劣化による圧縮端温度 Tt の低下を補うために必要かつ十分な量だ

けメイン噴射量 Qm が変更される。その結果、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt は、燃料を適切に着火させることができる温度（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合と同様の温度。圧縮端参照温度 Ttref よりも高い温度）にまで過不足なく上昇せしめられる。

【０３５１】

更に、第６装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき、メイン噴射補正量 Qmcom をメイン噴射上限補正量 Qmcommax に変更する。即ち、このとき、メイン噴射補正量 Qmcom は、メイン噴射上限補正量 Qmcommax よりも大きくならないように調整される。これにより、メイン噴射量 Qm が過剰に増大されることが防がれるので、燃費が悪化することが回避される。第６装置は、このようにメイン噴射量 Qm を増大させる圧縮端温度上昇運転を行う。以上が第６装置に採用されている燃焼制御方法である。

【０３５２】

＜実際の作動＞

以下、第６装置の実際の作動について説明する。

第６装置は、第２装置と同様に第１装置において図３にフローチャートによって示した処理に代えて「図９にフローチャートによって示した処理」を実行する点、および、第１装置において図７にフローチャートによって示した処理に代えて「図１８および図１９にフローチャートによって示した一連の処理」を実行する点においてのみ、第１装置と相違している。そこで、以下、これらの相違点を中心として説明する。

【０３５３】

ＣＰＵ８１は、図４ないし図６、図８および図９、ならびに、図１８および図１９にフローチャートによって示した各ルーチンを所定のタイミング毎に繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、これらルーチンにおいて、第１装置と同様のグロープラグ作動フラグ XGLO および異常発生フラグ XEMG を用いる。したがって、グロープラグ作動フラグ XGLO および異常発生フラグ XEMG についての詳細な説明は、省略する。

【０３５４】

以下、「現時点において、図９に示すグロープラグ作動条件が成立しており、かつ、図５および図６に示すルーチンによって圧縮端参照温度 Ttref が既に取得されている」と仮定して、ＣＰＵ８１が実行する各ルーチンについて詳細に説明する。

【０３５５】

ＣＰＵ８１は、第１装置と同様、所定のタイミングにて図４のステップ４００から処理を開始すると、吸気弁２６および排気弁２８の目標開閉時期を決定・取得するとともに、その目標開閉時期にて吸気弁２６および排気弁２８が開閉するように、可変吸気タイミング装置２６ａおよび可変排気タイミング装置２８ａを制御する。

【０３５６】

更に、ＣＰＵ８１は、第２装置と同様、所定のタイミングにて図９のステップ９００から処理を開始すると、上記仮定に従って現時点にてグロープラグ作動条件は成立しているので、本ルーチンによって印加電圧値 Egl を決定・取得するとともに、その印加電圧値 Egl の電圧をグロープラグ２３に印加する。これにより、グロープラグ２３が発熱し、気筒内のガスが加熱される。その結果、圧縮端温度 Tt は上昇する。

【０３５７】

更に、ＣＰＵ８１は、所定時間が経過する毎に図１８および図１９に一連のフローチャートによって示した「第６筒内温度補正ルーチン」を繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３の劣化度を確認するとともに、その劣化度に応じて「メイン噴射量 Qm」を調整する。具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、機関１０の運転状態に応じて燃料噴射量（パイロット噴射量 Qp およびメイン噴射量 Qm）ならびに燃料噴射時期（パイロット噴射時期 finjp およびメイン噴射時期 finjm）を決定するとともに、パイロット噴射量 Qp の燃料をパイロット噴射時期 finjp にてインジェクタ２２から噴射し、かつ、メイン噴射量 Qm の燃料をメイン噴射時期 finjm にてインジェクタ２２から噴射させる。更に、ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３が作動されているとき、グロープラグ２３の劣化度に応じて「メイン噴射量 Qm」を増大する。

【０３５８】

この図１８および図１９に示した一連のルーチンは、ステップ１８１０ないしステップ１８８０が追加されている点においてのみ図７に示したルーチンと相違している。そこで、この一連のルーチンにおいて図７に示したステップと同一の処理を行うためのステップには、図７のそのようなステップに付された符号と同一の符号が付されている。これらステップについての詳細な説明は適宜省略される。

【０３５９】

より具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図１８のステップ１８００から処理を開始すると、ステップ７１０にてパイロット噴射量 Qp およびメイン噴射量 Qm を取得するとともに、ステップ７２０にてパイロット噴射時期 finjp およびメイン噴射時期 finjm を取得し、ステップ１８１０に進む。

【０３６０】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１８１０にて、現時点にて圧縮端参照温度 Ttref が取得されているか否かを判定する。上記仮定に従えば、既に圧縮端参照温度 Ttref は取得されているので、ＣＰＵ８１は、ステップ１８１０にて「Ｙｅｓ」と判定し、ステップ１８２０に進む。

【０３６１】

ＣＰＵ８１は、ステップ１８２０にて、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低いか否かを判定する。そして、ＣＰＵ８１は、確認対象気筒にお

ける圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認するとともに、確認対象気筒におけるメイン噴射量 Qm を増大するように変更する。更に、ＣＰＵ８１は、このメイン噴射量 Qm の変更量が所定の閾値を超えると、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認するとともに、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置に表示させる。一方、ＣＰＵ８１は、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合、その確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第１段階」であると確認するとともに、確認対象気筒におけるパイロット噴射量 Qp を変更しない。

【０３６２】

以下、場合を分けてより詳細に説明する。

【０３６３】

（場合６－１）確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合

この場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１８２０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ１８３０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１８３０にて、「圧縮端参照温度 Ttref と圧縮端温度 Tt との差である温度差ΔT と、メイン噴射補正量 Qmcom と、の関係」を予め定めたメイン噴射補正量テーブル MapQmcom（ΔT）に、現時点における温度差ΔT を適用することにより、メイン噴射補正量 Qmcom を取得する。このメイン噴射補正量テーブル MapQmcom（ΔT）において、メイン噴射補正量 Qmcom は、温度差ΔT が大きくなるにつれて大きくなるように、設計されている。換言すると、このメイン噴射補正量テーブル MapQmcom（ΔT）において、メイン噴射補正量 Qmcom は、グロープラグ２３の劣化の程度が大きくなるほど大きくなるように、設計されている。

【０３６４】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１８４０に進み、メイン噴射補正量 Qmcom がメイン噴射上限補正量 Qmcommax よりも大きいか否かを判定する。

【０３６５】

メイン噴射補正量 Qmcom がメイン噴射上限補正量 Qmcommax 以下である場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１８４０にて「Ｎｏ」と判定してステップ１８５０に進み、メイン噴射量 Qm をメイン噴射補正量 Qmcom だけ増大するようにメイン噴射量 Qm を変更する。

【０３６６】

一方、メイン噴射補正量 Qmcom がメイン噴射上限補正量 Qmcommax よりも大きい場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１８４０にて「Ｙｅｓ」と判定し、ステップ１８６０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１８６０にて、メイン噴射補正量 Qmcom の値にメイン噴射上限補正量 Qmcommax を格納する。即ち、メイン噴射補正量 Qmcom の値がメイン噴射上限補正量 Qmcommax よりも大きい場合、メイン噴射補正量 Qmcom の値はメイ

ン噴射上限補正量 Qmcommax に変更される。即ち、第６装置において、メイン噴射補正量 Qmcom の上限値はメイン噴射上限補正量 Qmcommax に設定されている。

【０３６７】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ１８７０に進み、異常発生フラグ XEMG の値に「１」を格納する。そして、ＣＰＵ８１は、ステップ１８７０に続くステップ１８５０にて、メイン噴射量 Qm をメイン噴射補正量 Qmcom（実際には、メイン噴射上限補正量 Qmcommax）だけ増大するようにメイン噴射量 Qm を変更する。

【０３６８】

（場合６－２）確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合

この場合、ＣＰＵ８１は、ステップ１８２０にて「Ｎｏ」と判定してステップ１８８０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ１８８０にて、メイン噴射補正量 Qmcom の値にゼロを格納してステップ１８５０に進む。

【０３６９】

ＣＰＵ８１は、ステップ１８５０にて、メイン噴射量 Qm をメイン噴射補正量 Qmcom（実際には、ゼロ）だけ増大するようにメイン噴射量 Qm を変更する。ところが、現時点におけるメイン噴射補正量 Qmcom はゼロであるので、メイン噴射量 Qm は増大されない。即ち、メイン噴射量 Qm は変更されない。

【０３７０】

以上、「場合６－１」と「場合６－２」とに場合を分けて説明したように、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第２段階」である場合）、メイン噴射量 Qm は、温度差ΔT に応じて補正される。ただし、この場合、メイン噴射補正量 Qmcom がメイン噴射上限補正量 Qmcommax を超えると（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると）、メイン噴射補正量 Qmcom はメイン噴射上限補正量 Qmcommax に変更される。これに対し、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上である場合（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合）、メイン噴射量 Qm は補正されない。更に、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であれば異常発生フラグ XEMG の値はイニシャルルーチンにて格納される「０」に維持され、同劣化度が「第３段階」であれば異常発生フラグ XEMG の値に「１」が格納される。

【０３７１】

次いで、ＣＰＵ８１は、図１９のステップ７３０ないしステップ７６０の処理を第１装置と同様に実行し、燃料噴射量（パイロット噴射量 Qp およびメイン噴射量 Qm）の燃料を、燃料噴射時期（パイロット噴射時期 finjp およびメイン噴射時期 finjm）において、燃料噴射気筒に設けられているインジェクタ２２から噴射させる。これにより、メイン噴射量 Qm が増大される圧縮端温度上昇運転が実行される。

【０３７２】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図８のステップ８００から処理を開始すると、ステップ８１０に進む。ここで、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「０」であると（図１８および図１９に示す一連のルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であると確認されていると）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ８９５に直接進み、本ルーチンを一旦終了する。

【０３７３】

一方、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「１」であると（図１８および図１９に示す一連のルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されていると）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｎｏ」と判定してステップ８２０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ８２０にて、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置上に警報ランプを点等すること等によって表示させる。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ８９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０３７４】

このように、グロープラグ作動条件が成立しておりかつ圧縮端参照温度 Ttref が取得されている場合、圧縮端参照温度 Ttref と確認対象気筒における圧縮端温度 Tt とが比較されることにより、その確認対象気筒に備えられているグロープラグ２３の劣化度が確認される。

【０３７５】

この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されると、メイン噴射量 Qm は変更されない。一方、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されると、メイン噴射量 Qm をグロープラグ２３の劣化度に応じて決定されるメイン噴射補正量 Qmcom だけ増大する「圧縮端温度上昇運転」が実行される。

【０３７６】

更に、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されると、メイン噴射量 Qm が所定のメイン噴射上限補正量 Qmcommax だけ増大されるとともに、「グロープラグ２３が異常である」旨が表示装置に表示される。

【０３７７】

これに対し、グロープラグ作動条件が成立していない場合、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図９のステップ９００から処理を開始してステップ３０５に進むと、ステップ３０５にて「Ｎｏ」と判定してステップ３６５に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ３６５にて、グロープラグ作動フラグ XGLO の値に「０」を格納する。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ９９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、この場合、グロープラグ２３は作動されない。

【０３７８】

更に、この場合、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図１８のステップ１８００から処理を開始し、ステップ７１０およびステップ７２０を経由してステップ１８１０に進むと、グロープラグ作動フラグ XGLO の値は「０」であるので、ステップ１８１０にて「Ｎｏ」と判定する。そして、ＣＰＵ８１は、ステップ１８８０に進んでメイン噴射補正量 Qmcom の値にゼロを格納し、ステップ１８５０に進む。その後、ＣＰＵ８１は、図１９のステップ７３０ないしステップ７６０の処理を実行し、ステップ１８９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、この場合、メイン噴射量 Qm は変更されない。

【０３７９】

更に、この場合、第１装置と同様、圧縮端温度 Tt は推定されず、圧縮端参照温度 Ttref は決定されない。加えて、第１装置と同様、グロープラグ作動条件が成立している場合と同様に吸気弁２６および排気弁２８が開閉される。更に、第１装置と同様、グロープラグ２３の異常通知はなされない。

【０３８０】

＜装置の作用および効果＞

第６装置は、第１装置と同様にグロープラグ２３の劣化度を確認する。そして、第６装置は、グロープラグ２３の劣化度に応じた量（メイン噴射補正量 Qmcom）だけメイン噴射補正量 Qmcom を増大する圧縮端温度上昇運転を行う。これにより、第６装置は、グロープラグ２３の劣化度に応じて圧縮端温度 Tt を適切に上昇させることができるので、グロープラグ２３が劣化した場合であっても燃料の着火を確実なものとすることができる。

【０３８１】

更に、第６装置は、上記メイン噴射補正量 Qmcom が所定の閾値（メイン噴射上限補正量 Qmcommax）を超えないようにメイン噴射量 Qm を制御する。これにより、メイン噴射量 Qm が増大され過ぎることが防がれるので、燃費が過剰に悪化することを回避することができる。

【０３８２】

更に、第６装置は、第１装置と同様、グロープラグが劣化した場合であっても気筒毎の燃焼のばらつきを抑制することができるので、機関のドライバビリティおよびエミッションを良好に維持することができる。

【０３８３】

なお、上述したように、第６装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、即ち、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低いとき、確認対象気筒におけるメイン噴射量 Qm をメイン噴射補正量 Qmcom だけ増大するように変更する。しかしながら、第６装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、上述したようにメイン噴

射量 Qm を変更するのに加えて、第３装置のように排気弁２８の目標開弁時期 Vexo をグロープラグ２３の劣化度に応じて定められる排気弁閉弁時期補正量 Vexccom だけ排気上死点から遠ざけるように構成されてもよい。

【０３８４】

これによれば、上述した第６装置において得られる効果に加えて、以下の効果が得られる。即ち、上述したように、メイン噴射量 Qm が増大された場合、そのメイン噴射された燃料が燃焼することによって発生する熱量が増大するので、排ガスの温度が上昇する。一方、排気弁２８の目標開弁時期 Vexo が排気上死点から遠ざけられた場合、燃焼後の高温のガス（排ガス）のうちの気筒内に残留するガスの量（いわゆる、内部ＥＧＲ量）が増大する。したがって、メイン噴射量 Qm が増大されるとともに、排気弁２８の目標開弁時期 Vexo が排気上死点から遠ざけられた場合、メイン噴射量 Qm の増大によって温度を上昇せしめられた排ガスが気筒内に多く残留することになる。このため、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt がより確実に燃料を適切に着火させることができる温度（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合と同様の温度であって圧縮端参照温度 Ttref よりも高い温度）にまで上昇せしめられるという効果が得られる。

【０３８５】

なお、この場合において、メイン噴射補正量 Qmcom が所定のメイン噴射上限補正量 Qmcommax よりも大きいとき（即ち、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき）には、メイン噴射量 Qm がメイン噴射上限補正量 Qmcommax だけ増大されるとともに、グロープラグ２３が異常であることが図示しない表示装置等に表示され、あるいは、排気弁閉弁時期補正量 Vexccom が所定の排気弁閉弁時期上限補正量 Vexccommax よりも大きいとき（即ち、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき）には、排気弁２８の目標開弁時期 Vexo が排気弁閉弁時期上限補正量 Vxccommax だけ排気上死点から遠ざけられるとともに、グロープラグ２３が異常であることが図示しない表示装置等に表示される。

【０３８６】

また、第６装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、即ち、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低いとき、上述したようにメイン噴射量 Qm を変更するのに加えて、第４装置のように吸気弁２６の目標開弁時期 Vino をグロープラグ２３の劣化度に応じて定められる吸気弁開弁時期補正量 Vinocom だけ排気上死点よりも進角されるように構成されてもよい。

【０３８７】

これによれば、上述した第６装置において得られる効果に加えて、以下の効果が得られる。即ち、上述したように、メイン噴射量 Qm が増大された場合、そのメイン噴射された燃料が燃焼することによって発生する熱量が増大するので、排ガスの温度が上昇する。一方、吸気弁２６の目標開弁時期 Vino が排気上死点よりも進角された場合、吸気弁２６

が開弁してから気筒内のピストンが排気上死点に到達するまでの期間（即ち、排気行程）において、燃焼後の高温のガス（排ガス）が吸気通路に向けて押し出される。この吸気通路に押し出される排ガスの量は、吸気弁２６の開弁時期が排気上死点よりも進角される量が大きくなるほど大きくなる。そして、吸気通路に押し出された排ガスは、吸気行程において、空気（新気）とともに気筒内に吸入される。その結果、高温の排ガスの一部が気筒内に残留することになる。このため、確認対象気筒における圧縮端温度がより確実に燃料を適切に着火させることができる温度（即ち、グロープラグ２３の劣化度が「第１段階」である場合と同様の温度であって圧縮端参照温度 Ttref よりも高い温度）にまで上昇せしめられるという効果が得られる。

【０３８８】

なお、この場合において、メイン噴射補正量 Qmcom が所定のメイン噴射上限補正量 Qmcommax よりも大きいとき（即ち、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき）には、メイン噴射量 Qm がメイン噴射上限補正量 Qmcommax だけ増大されるとともに、グロープラグ２３が異常であることが図示しない表示装置等に表示され、あるいは、吸気弁開弁時期補正量 Vinocom が所定の吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax よりも大きいとき（即ち、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき）には、吸気弁２６の目標開弁時期 Vino が吸気弁開弁時期上限補正量 Vinocommax だけ排気上死点よりも進角されるとともに、グロープラグ２３が異常であることが図示しない表示装置等に表示される。

【０３８９】

（第７実施形態）

次に、本発明の第７の実施形態に係る燃焼制御装置（以下、「第７装置」とも称呼する。）について説明する。

【０３９０】

＜装置の概要＞

第７装置は、第１装置が適用される内燃機関１０と同様の内燃機関（図１および図２を参照。）に適用される。したがって、装置の概要についての詳細な説明は省略する。

【０３９１】

＜装置の作動の概要＞

第７装置は、第１装置と同様、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt を推定する。更に、第１装置は、気筒内のガスが圧縮される前のそのガスの温度に、圧縮行程にて気筒内のガスが圧縮されることに起因して生じる温度変化量（圧縮起因温度変化量ΔTcomp）と、気筒内のガスがグロープラグ２３によって加熱されることに起因して生じる温度変化量（加熱起因温度変化量ΔTgl）と、気筒の壁面等への熱損失に起因して生じる温度変化量（熱損失起因温度変化量ΔTloss）と、を加算した温度よりも所定温度ΔTtth2 だけ低い温度を圧縮端参照温度 Ttref として取得する。そして、第７装置は、第１装置と同様、確

認対象気筒の圧縮端温度 Tt と圧縮端参照温度 Ttref とを比較することにより、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度を確認する。

【０３９２】

第７装置は、第１装置と同様、上記確認されたグロープラグ２３の劣化度に応じて、グロープラグ２３の印加電圧値 Egl を調整する。具体的に述べると、第７装置は、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref 以上であれば、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第１段階」であると確認する。第７装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されたとき、機関１０の運転状態に応じて定められる印加電圧値 Egl の電圧をグロープラグ２３に印加させる。

【０３９３】

一方、第７装置は、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt が圧縮端参照温度 Ttref よりも低ければ、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第２段階」であると確認する。第７装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されたとき、上記定められた印加電圧値 Egl を印加電圧補正量 Eglcom だけ増大させる。

【０３９４】

ここで、第７装置は、この印加電圧補正量 Eglcom が所定の印加電圧上限補正量 Eglcommax よりも大きければ、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度は「第３段階」であると確認する。第７装置は、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されたとき、上記定められた印加電圧値 Egl を印加電圧上限補正量 Eglcommax だけ増大させる。更に、このとき、第７装置は、「グロープラグが異常である」ことを図示しない表示装置等に表示する。以上が第７装置の作動の概要である。

【０３９５】

＜燃焼制御方法＞

第７装置は、上述したように、第１装置と同様の燃焼制御方法を採用している。したがって、燃焼制御方法についての詳細な説明は省略する。

【０３９６】

＜実際の作動＞

以下、第７装置の実際の作動について説明する。

第７装置は、第１装置において図６にフローチャートによって示した処理に代えて「図２０にフローチャートによって示した処理」を実行する点においてのみ、第１装置と相違している。そこで、以下、これらの相違点を中心として説明する。

【０３９７】

ＣＰＵ８１は、図３ないし図５、図７および図８、ならびに、図２０にフローチャートによって示した各ルーチンを所定のタイミング毎に繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、これらルーチンにおいて、第１装置と同様のグロープラグ作動フラグ XGLO および異常発生フラグ XEMG を用いる。そこで、グロープラグ作動フラグ

XGLO および異常発生フラグ XEMG についての詳細な説明は、省略する。

【０３９８】

以下、「現時点において、図３に示すグロープラグ作動条件が成立しており、かつ、圧縮端参照温度 Ttref は未だ取得されていない」と仮定して、ＣＰＵ８１が実行する各ルーチンについて詳細に説明する。

【０３９９】

ＣＰＵ８１は、第１装置と同様、所定のタイミングにて図３のステップ３００から処理を開始すると、上記仮定に従って、ステップ３０５、ステップ３１０、ステップ３１５、ステップ３２０、および、ステップ３２５を経由してステップ３９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。これにより、機関１０の運転状態に応じて決定される印加電圧値 Egl の電圧がグロープラグ２３に印加され、気筒内のガスが加熱される。なお、このとき、ステップ３１０の処理によってグロープラグ作動フラグ XGLO の値は「１」に設定される。

【０４００】

更に、ＣＰＵ８１は、第１装置と同様、所定のタイミングにて図４のステップ４００から処理を開始すると、吸気弁２６および排気弁２８の目標開閉時期を決定・取得するとともに、その目標開閉時期にて吸気弁２６および排気弁２８が開閉するように、可変吸気タイミング装置２６ａおよび可変排気タイミング装置２８ａを制御する。

【０４０１】

更に、ＣＰＵ８１は、第１装置と同様、所定のタイミングにて図５のステップ５００から処理を開始すると、確認対象気筒の圧縮端温度 Tt を推定する。

【０４０２】

更に、ＣＰＵ８１は、所定時間が経過する毎に図２０にフローチャートによって示した「第２圧縮端参照温度取得ルーチン」を繰り返し実行するようになっている。ＣＰＵ８１は、このルーチンにより、グロープラグ２３の劣化度を確認する指標となる圧縮端参照温度 Ttref を取得する。

【０４０３】

具体的に述べると、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図２０のステップ２０００から処理を開始すると、ステップ２０１０に進んでグロープラグ作動フラグ XGLO の値が「１」であるか否かを判定する。上述したように現時点におけるグロープラグ作動フラグ XGLO の値は「１」であるので、ＣＰＵ８１は、ステップ２０１０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ２０２０に進む。

【０４０４】

ＣＰＵ８１は、ステップ２０２０にて、確認対象気筒における現時点のクランク角度 CA と、吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc と、が一致するか否かを判定する。現時点におけるクランク角度 CA が吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc に一致しない場合、ＣＰＵ８１

は、ステップ２０２０にて「Ｎｏ」と判定してステップ２０９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。これに対し、現時点におけるクランク角度CAが吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc に一致する場合、ＣＰＵ８１は、ステップ２０２０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ２０３０に進む。以下、現時点におけるクランク角度CAが吸気弁２６の目標閉弁時期Vincに「一致する」と仮定して、説明を続ける。

【０４０５】

上記仮定に従えば、ＣＰＵ８１は、ステップ２０３０に進み、吸気温度センサ７２の出力値に基づいて吸気温度 Tin を取得するとともに、その吸気温度 Tin を吸気弁閉弁時筒内ガス温度 Tc としてＲＡＭ８３内に格納する。更に、ＣＰＵ８１は、ステップ２０３０にて、吸気圧センサ７３の出力値に基づいて吸気圧 Pin を取得し、その吸気圧 Pin を吸気弁閉弁時筒内ガス圧力 Pc としてＲＡＭ８３内に格納する。

【０４０６】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ２０４０に進み、上記ステップ２０３０にて取得された吸気弁閉弁時筒内ガス温度 Tc および吸気弁閉弁時筒内ガス圧力 Pc、ＲＯＭ８２に予め記憶されている理想気体の気体定数 R、ならびに、ＲＯＭ８２に予め記憶されている「クランク角度 CA と筒内容積 V との関係」に吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc を適用することによって得られる吸気弁閉弁時筒内容積 Vc を、図５のルーチンにおいて採用されている上記（１）式に適用することにより、筒内ガス量 n（モル数）を取得する。

【０４０７】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ２０５０に進み、上記ステップ２０３０にて取得された吸気弁閉弁点時筒内ガス温度 Tc、上記「クランク角度 CA と筒内容積 V との関係」に圧縮上死点を適用することによって得られる圧縮上死点時筒内容積 Vt、上記ステップ２０４０と同様の吸気弁閉弁時筒内容積 Vc、および、ＲＯＭ８２に予め記憶されている空気の比熱比 κ を下記（５）式に適用することにより、圧縮起因温度変化量 ΔTcomp を取得する。

【０４０８】

$$\Delta Tcomp = Tc \cdot \{ (Vt/Vc)^{\kappa - 1} - 1 \} \quad \cdots (5)$$

【０４０９】

なお、上記（５）式は、下記（６）式に示す周知のポアソンの式、および、上記（２）式に示す理想気体の状態方程式から導出される。

【０４１０】

$$P \cdot V^{\kappa} = const. \quad \cdots (6)$$

【０４１１】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ２０６０に進み、「グロープラグ２３への印加電圧値 Egl と、機関回転速度 NE と、吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc と、筒内ガス量 n と、空気の定積比熱 Cv と、加熱起因温度変化量 ΔTgl と、の関係」を予め定めた加熱起因温度

変化量テーブル Map ΔTgl（Egl，NE，Vinc，n，Cv）に、現時点における印加電圧値 Egl、機関回転速度 NE および目標閉弁時期 Vinc、上記ステップ２０４０にて取得した筒内ガス量 n、ならびに、ＲＯＭ８２に予め記憶されている空気の定積比熱 Cv を適用することにより、加熱起因温度変化量 ΔTgl を決定・取得する。この加熱起因温度変化量テーブル Map ΔTgl（Egl，NE，Vinc，n，Cv）において、加熱起因温度変化量 ΔTgl は、以下の要件７－１ないし要件７－３を満たすように、設計されている。

【０４１２】

（要件７－１）機関回転速度 NE と目標閉弁時期 Vinc とに基づき、「吸気弁２６が閉弁されてからピストン２９が圧縮上死点に到達するまでに要する時間（圧縮時間）」を算出する。

（要件７－２）上記要件７－１にて算出された圧縮時間と印加電圧値 Egl とに基づき、「圧縮時間においてグロープラグ２３から気筒内のガスに供給される熱量（供給熱量）」を算出する。

（要件７－３）加熱起因温度変化量 ΔTgl は、上記要件要件７－２にて算出された供給熱量が大きいほど大きく、かつ、筒内ガス量 n および定積比熱 Cv が大きいほど小さくなる。

【０４１３】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ２０７０に進み、「冷却水温度 THW と、機関回転速度 NE と、吸気弁２６の目標閉弁時期 Vinc と、筒内ガス量 n と、空気の定積比熱 Cv と、熱損失起因温度変化量 ΔTloss と、の関係」を予め定めた熱損失起因温度変化量テーブル Map ΔTloss（THW，NE，Vinc，n，Cv）に、現時点における冷却水温度 THW、機関回転速度 NE および目標閉弁時期 Vinc、上記ステップ２０４０にて取得した筒内ガス量 n、ならびに、ＲＯＭ８２に予め記憶されている空気の定積比熱 Cv を適用することにより、熱損失起因温度変化量 ΔTloss を決定・取得する。この熱損失起因温度変化量テーブル Map ΔTloss（THW，NE，Vinc，n，Cv）において、熱損失起因温度変化量 ΔTloss は、以下の要件７－４ないし要件７－７を満たすように、設計されている。

【０４１４】

（要件７－４）熱損失起因温度変化量 ΔTloss は、負の数である。

（要件７－５）機関回転速度 NE と目標閉弁時期 Vinc とに基づき、「吸気弁２６が閉弁されてからピストン２９が圧縮上死点に到達するまでに要する時間（圧縮時間）」を算出する。

（要件７－６）上記要件７－５にて算出された圧縮時間と冷却水温度 THW とに基づき、「圧縮時間において気筒内のガスから気筒の壁面等に放出される熱量（損失熱量）」を算出する。

（要件７－７）熱損失起因温度変化量 ΔTloss は、上記要件７－６にて算出された損失熱量が大きいほど小さく、かつ、筒内ガス量 n および定積比熱 Cv が大きいほど大きくなる

。

【０４１５】

次いで、ＣＰＵ８１は、ステップ２０８０に進み、上述したように取得された吸気弁閉弁時筒内ガス温度 Tc、圧縮起因温度変化量ΔTcomp、加熱起因温度変化量ΔTgl、および、熱損失起因温度変化量ΔTloss を下記（７）式に適用することにより、圧縮端参照温度 Ttref を取得する。下記（７）式において、ΔTtth2 は所定の閾値である。ΔTtth2 は、機関１０が許容することができるグロープラグ２３の劣化度等を考慮した適値とし得る。

【０４１６】

$$Ttref=Tc+(\Delta Tcomp+\Delta Tgl+\Delta Tloss)-\Delta Ttth2 \quad \cdots(7)$$

【０４１７】

上記（７）式に示すように、第７装置は、圧縮端参照温度 Ttref として、「確認対象気筒における吸気弁閉弁時筒内ガス温度 Tc と、圧縮起因温度変化量ΔTcomp と、加熱起因温度変化量ΔTgl と、熱損失起因温度変化量ΔTloss と、の和よりも所定温度（ΔTtth2）だけ低い温度」を採用している。ＣＰＵ８１は、ステップ２０８０にて圧縮端参照温度 Ttref を取得した後、ステップ２０９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０４１８】

このように、ＣＰＵ８１は、グロープラグ作動条件が成立しているとき、気筒内のガスにおける熱収支に基づいて圧縮端参照温度 Ttref を取得する。

【０４１９】

上述したように圧縮端参照温度 Ttref が取得された後、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図３のステップ３００から処理を開始すると、第１装置と同様、確認対象気筒における圧縮端温度 Tt と圧縮端参照温度 Ttref とを比較することにより、グロープラグ２３の劣化度を確認する。更に、ＣＰＵ８１は、グロープラグ２３の劣化度に応じて印加電圧値 Egl を増大させる運転である圧縮端温度上昇運転を実行する。

【０４２０】

更に、ＣＰＵ８１は、第１装置と同様、所定のタイミングにて図７のステップ７００から処理を開始し、ステップ７１０ないしステップ７６０の処理を実行する。これにより、第１装置と同様、所定の燃料噴射量（Qp および Qm）の燃料が所定の燃料噴射時期（finjp および finjm）にて燃料噴射気筒に供給（噴射）される。

【０４２１】

更に、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図８のステップ８００から処理を開始すると、ステップ８１０に進む。ここで、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「０」であると（図３に示すルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」または「第２段階」であると確認されていると）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ８９５に直接進み、本ルーチンを一旦終了する。

【０４２２】

一方、現時点における異常発生フラグ XEMG の値が「１」であると（図３に示すルーチンにて、確認対象気筒のグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されているとと）、ＣＰＵ８１は、ステップ８１０にて「Ｎｏ」と判定してステップ８２０に進む。ＣＰＵ８１は、ステップ８２０にて、「グロープラグ２３が異常である」旨を図示しない表示装置上に警報ランプを点等すること等によって表示させる。その後、ＣＰＵ８１は、ステップ８９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０４２３】

このように、グロープラグ作動条件が成立しておりかつ圧縮端参照温度 Ttref が取得されている場合、圧縮端参照温度 Ttref と確認対象気筒における圧縮端温度 Tt とが比較されることにより、その確認対象気筒に備えられているグロープラグ２３の劣化度が確認される。

【０４２４】

この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第１段階」であると確認されると、印加電圧値 Egl の電圧がグロープラグ２３に印加される。一方、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第２段階」であると確認されると、印加電圧値 Egl をグロープラグ２３の劣化度に応じて決定される印加電圧補正量 Eglcom だけ増大する「圧縮端温度上昇運転」が実行される。

【０４２５】

更に、この劣化確認によってグロープラグ２３の劣化度が「第３段階」であると確認されると、印加電圧値 Egl は所定の印加電圧上限補正量 Eglcommax だけ増大させられるとともに、「グロープラグ２３が異常である」旨が表示装置に表示される。

【０４２６】

更に、この場合、ＣＰＵ８１は、所定のタイミングにて図２０のステップ２０００から処理を開始して２０１０に進むと、グロープラグ作動フラグ XGLO の値は「０」であるので、ステップ２０１０にて「Ｎｏ」と判定してステップ２０９５に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。したがって、この場合、圧縮端参照温度 Ttref は取得されない。加えて、この場合、第１装置と同様、圧縮端温度 Tt は推定されない。そのため、グロープラグ２３の劣化確認は行われない。

【０４２７】

更に、この場合、第１装置と同様、圧縮端温度 Tt は推定されず、圧縮端参照温度 Ttref は決定されない。加えて、第１装置と同様、グロープラグ作動条件が成立している場合と同様に所定の燃料噴射量（Qp および Qm）の燃料が所定の燃料噴射時期（finjp および finjm）にて燃料噴射気筒に供給（噴射）される。更に、第１装置と同様、グロープラグ２３は作動されず、グロープラグ２３の異常通知はなされない。

【０４２８】

＜装置の作用および効果＞

第７装置は、グロープラグ２３が作動されているとき、気筒内のガスの熱収支に基づいて圧縮端参照温度 Ttref を取得する。第７装置は、この圧縮端参照温度 Ttref と確認対象気筒の圧縮端温度 Tt とを比較することによってグロープラグ２３の劣化度を確認するとともに、第１装置と同様、その劣化度に応じた量（印加電圧補正量 Eglcom）だけグロープラグ２３への印加電圧値 Egl を増大させる圧縮端温度上昇運転を行う。これにより、第１装置は、グロープラグ２３の劣化度に応じて圧縮端温度 Tt を適切に上昇させることができるので、グロープラグ２３が劣化した場合であっても燃料の着火を確実なものとすることができる。

【０４２９】

更に、第７装置は、一の気筒内のガスにおける熱収支に基づいて圧縮端参照温度 Ttref を取得している。そのため、全ての気筒のグロープラグ２３が同程度に劣化した場合であっても、各気筒毎に圧縮端温度 Tt を適切に上昇させることができる。

【０４３０】

更に、第７装置は、上記印加電圧値 Egl の増大量（印加電圧補正量 Eglcom）が所定の閾値（印加電圧上限補正量 Eglcommax）を超えないように印加電圧値 Egl を制御する。これにより、グロープラグ２３に過大な電圧が印加されることが防がれるので、グロープラグ２３の破損を回避することができる。

【０４３１】

第７装置においては、圧縮端参照温度 Ttref として、「確認対象気筒における吸気弁閉弁時筒内ガス温度 Tc と、圧縮起因温度変化量ΔTcomp と、加熱起因温度変化量ΔTgl と、熱損失起因温度変化量ΔTloss と、の和よりも所定温度（ΔTtth2）だけ低い温度」が採用されている。しかし、圧縮端参照温度 Ttref はこの温度に限定されない。例えば、圧縮端参照温度 Ttref として、「確認対象気筒における吸気弁閉弁時筒内ガス温度 Tc と、圧縮起因温度変化量ΔTcomp と、加熱起因温度変化量ΔTgl と、熱損失起因温度変化量ΔTloss と、の和」を採用し得る。

【０４３２】

更に、第７装置においては、第１装置と同様の圧縮端温度上昇運転が行われている。しかし、第７装置は、第１装置と同様の圧縮端温度上昇運転以外の圧縮端温度上昇運転を採用し得る。即ち、第７装置は、第１装置と同様の圧縮端温度上昇運転に代えて、第２装置ないし第６装置のうちのいずれと同様の圧縮端温度上昇運転を採用し得る。

【０４３３】

加えて、第７装置においては、加熱起因温度変化量ΔTgl および熱損失起因温度変化量ΔTloss を取得する際に空気の定積比熱 Cv が用いられている。しかし、加熱起因温度変化量ΔTgl および熱損失起因温度変化量Δが取得される際に採用される比熱は、空気の定積比熱 Cv に限られない。例えば、第７装置は、比熱として、気筒内に吸入される空気、パイロット噴射にて気筒内に供給される燃料、および、気筒内に残留する排ガスの量（E

ＧＲ量）等を総合的に考慮した適値を採用し得る。

【０４３４】

＜実施形態の総括＞

以上、第１実施形態ないし第７実施形態にて説明したように、本発明の燃焼制御装置は、

気筒内のガスを加熱するグロープラグ２３を有する内燃機関１０に適用される燃焼制御装置であって、

前記気筒内で往復動するピストン２９の位置が圧縮上死点 ATDC にあるときの前記気筒内のガスの温度である圧縮端温度 Tt を推定する圧縮端温度推定手段（図５のルーチンを参照。）と、

前記グロープラグ２３が作動されているときに前記圧縮端温度推定手段によって推定される圧縮端温度 Tt が所定の圧縮端参照温度 Ttref よりも低い場合、前記圧縮端温度 Tt を前記所定の圧縮端参照温度 Ttref 以上に高くする圧縮端温度上昇運転を前記内燃機関１０に行わせる圧縮端温度調整手段（図３、図１０および図１１、図１２および図１３、図１４および図１５、図１６および図１７、ならびに、図１８および図１９のルーチンを参照。）と、

を備えている。

【０４３５】

本発明の燃焼制御装置の一の態様において、

前記燃焼制御装置は、

前記気筒内のガスの量である気筒内ガス量 n を取得する気筒内ガス量取得手段（図５のステップ５３０）と、

前記ピストン２９の位置が圧縮上死点 ATDC にあるときの前記気筒内のガスの圧力である圧縮端気筒内圧力 Pt を取得する圧縮端気筒内圧力取得手段（図５のステップ５６０）と、

前記ピストン２９の位置が圧縮上死点 ATDC にあるときの前記気筒内のガスの体積である圧縮端気筒内ガス体積 Vt を取得する圧縮端気筒内ガス体積取得手段（図５のステップ５７０）と、を更に備える。

【０４３６】

この態様の燃焼制御装置において、

前記圧縮端温度推定手段は、

前記気筒内ガス量推定手段によって取得される前記気筒内ガス量 n と、前記圧縮端気筒内圧力取得手段によって取得される前記圧縮端気筒内圧力 Pt と、前記圧縮端気筒内ガス体積取得手段によって取得される前記圧縮端気筒内ガス体積 Vt と、前記気筒内のガスの気体定数 R と、を気体の状態方程式（上記（１）式および上記（２）式を参照。）に適用することによって前記圧縮端温度 Tt を推定するようになっている（図５のステップ

５７０）。

【０４３７】

更に、本発明の燃焼制御装置の他の態様において、

前記内燃機関１０は複数の気筒（上記各実施形態においては、第１気筒ないし第４気筒の４気筒）を有する。

【０４３８】

この態様の燃焼制御装置において、

前記圧縮端温度調整手段は、前記所定の圧縮端参照温度Ttrefとして、

各気筒における前記圧縮端温度（Tt1、Tt2、Tt3およびTt4）の平均値よりも所定温度ΔTtth1だけ低い温度（図６のステップ６２０）、

前記圧縮端温度推定手段によって前記圧縮端温度が推定される対象となっている気筒（例えば、第１気筒）以外の気筒（第２気筒ないし第４気筒）における前記圧縮端温度（Tt2、Tt3およびTt4）の平均値よりも所定温度だけ低い温度、

前記圧縮端温度推定手段によって前記圧縮端温度が推定される対象となっている気筒（例えば、第１気筒）以外の気筒のうちの一の気筒（第２気筒ないし第４気筒のうちの１つ）における前記圧縮端温度（Tt2、Tt3およびTt4のいずれか）よりも所定温度だけ低い温度、

各気筒における前記圧縮端温度（Tt1、Tt2、Tt3およびTt4）の平均値、

前記圧縮端温度推定手段によって前記圧縮端温度が推定される対象となっている気筒（例えば、第１気筒）以外の気筒における前記圧縮端温度（Tt2、Tt3およびTt4）の平均値、および、

前記圧縮端温度推定手段によって前記圧縮端温度が推定される対象となっている気筒（例えば、第１気筒）以外の気筒のうちの一の気筒における前記圧縮端温度（Tt2、Tt3およびTt4のいずれか）、

のうちのいずれか一つを採用するようになっている。

【０４３９】

更に、本発明の燃焼制御装置の更に他の態様において、

前記燃焼制御装置は、

前記気筒内のガスが前記ピストン２９によって圧縮される前の時点における同ガスの温度である圧縮前温度 Tc を取得する圧縮前温度取得手段（図２０のステップ２０３０）を備える。

【０４４０】

この態様の燃焼制御装置において、

前記圧縮端温度調整手段は、前記所定の圧縮端参照温度Ttrefとして、

前記ピストン２９による前記気筒内のガスの圧縮に関与する内燃機関１０の一または複数の運転パラメータ（Tc、Vt、Vc およびκ）に基づいて同圧縮に起因する同ガスの温度

の変化量である圧縮起因温度変化量ΔTcompと（図２０のステップ２０５０）、

前記グロープラグ２３による前記気筒内のガスの加熱に関与する内燃機関１０の一または複数の運転パラメータ（Egl、NE、Vinc、n および Cv）に基づいて同加熱に起因する同ガスの温度の変化量である加熱起因温度変化量ΔTgl と（図２０のステップ２０６０）、

前記気筒内のガスの熱損失に関与する内燃機関１０の一または複数の運転パラメータ（THW、NE、Vinc、n および Cv）に基づいて同熱損失に起因する同ガスの温度の変化量である熱損失起因温度変化量ΔTlossと（図２０のステップ２０７０）、

を推定するとともに、

前記所定の圧縮端参照温度 Ttref として、

前記圧縮前温度 Tc と、前記圧縮起因温度変化量ΔTcomp と、前記加熱起因温度変化量ΔTgl と、前記熱損失起因温度変化量ΔTloss と、の和よりも所定温度ΔTtth2 だけ低い温度（Tc＋ΔTcomp＋ΔTgl＋ΔTloss－ΔTtth2）、および、

前記圧縮前温度 Tc と、前記圧縮起因温度変化量ΔTcomp と、前記加熱起因温度変化量ΔTgl と、前記熱損失起因温度変化量ΔTloss と、の和（Tc＋ΔTcomp＋ΔTgl＋ΔTloss）、

のうちの一方を採用するようになっている（図２０のステップ２０８０）。

【０４４１】

更に、上述した各態様の燃焼制御装置において、

前記圧縮端温度調整手段は、前記圧縮端温度上昇運転として、

前記グロープラグ２３が電圧 Egl を印加されることによって発熱する場合において前記グロープラグ２３に印加される電圧 Egl を所定の補正電圧値 Eglcom だけ増大するグロープラグ印加電圧増大運転（図３のルーチンを参照。）、

吸気弁２６の閉弁時期 Vinc を所定の第１補正量 Vinccom だけ吸気下死点に近づける吸気弁閉弁時期補正運転（図１０および図１１のルーチンを参照。）、

排気弁２８の閉弁時期 Vexc を所定の第２補正量 Vexccom だけ排気上死点から遠ざける排気弁閉弁時期補正運転（図１２および図１３のルーチンを参照。）、

吸気弁２６の開弁時期 Vino を排気上死点よりも所定の第３補正量 Vinocom だけ進角させる吸気弁開弁時期進角運転（図１４および図１５のルーチンを参照。）、

気筒内に主となる燃料 Qm を燃料噴射弁２２から噴射する主噴射と同主噴射に先だって気筒内に予備的な燃料 Qp を同燃料噴射弁２２から噴射するパイロット噴射とが行われる場合において前記パイロット噴射において噴射される燃料の量 Qp を所定の第１補正燃料量 Qpcom だけ増大させるパイロット噴射量増大運転（図１６および図１７のルーチンを参照。）、

気筒内に主となる燃料 Qm を燃料噴射弁２２から噴射する主噴射と同主噴射に先だって気筒内に予備的な燃料 Qp を同燃料噴射弁２２から噴射するパイロット噴射とが行われ

る場合において前記主噴射において噴射される燃料の量 Qm を所定の第２補正燃料量 Qmcom だけ増大する主噴射量増大運転（図１８および図１９のルーチンを参照。）、

のうちの少なくとも一つの運転を行うようになっている。

【０４４２】

本発明の燃焼制御装置は、機関１０に要求される性能等を考慮して上述した複数の圧縮端温度上昇運転のうちの少なくとも一つの運転を採用し得る。例えば、燃費を良好に維持する観点からは、上記「前記グロープラグ２３に印加される電圧 Egl を所定の補正電圧値 Eglcom だけ増大する運転」が採用されることが好適である。一方、例えば、圧縮端温度上昇運転が行われる際にトルクが変動することを避ける観点からは、上記「前記グロープラグ２３に印加される電圧 Egl を所定の補正電圧値 Eglcom だけ増大する運転」および上記「前記パイロット噴射において噴射される燃料の量 Qp を所定の第１補正燃料量 Qpcom だけ増大させる運転」等が採用されることが好適である。更に、例えば、劣化したグロープラグ２３への負担を軽減する観点からは、上記「前記グロープラグ２３に印加される電圧 Egl を所定の補正電圧値 Eglcom だけ増大する運転」以外の運転が採用されることが好適である。

【０４４３】

さらに、前記主噴射量増大運転が行われるとき、前記排気弁閉弁時期補正運転または前記吸気弁開弁時期進角運転（即ち、いわゆる内部ＥＧＲが行われる運転）が行われることが好適である。

【０４４４】

更に、この燃焼制御装置は、

前記グロープラグ印加電圧増大運転における前記補正電圧値 Eglcom が所定の補正電圧閾値 Eglcommax よりも大きいこと（図３のステップ３４０にて「Ｙｅｓ」と判定されること）、

前記吸気弁閉弁時期補正運転における前記第１補正量 Vinccom が所定の第１補正閾値量 Vinccommax よりも大きいこと（図１０のステップ１０４０にて「Ｙｅｓ」と判定されること）、

前記排気弁閉弁時期補正運転における前記第２補正量 Vexccom が所定の第２補正閾値量 Vexccommax よりも大きいこと（図１２のステップ１２４０にて「Ｙｅｓ」と判定されること）、

前記吸気弁開弁時期進角運転における前記第３補正量 Vinocom が所定の第３補正閾値量 Vinocommax よりも大きいこと（図１４のステップ１４４０にて「Ｙｅｓ」と判定されること）、

前記パイロット量増大運転における前記第１補正燃料量 Qpcom が所定の第１補正燃料閾値量 Qpcommax よりも大きいこと（図１６のステップ１６４０にて「Ｙｅｓ」と判定されること）、および、

前記主噴射量増大運転における前記第２補正燃料量 Qmcom が所定の第２補正燃料閾値量 Qmcommax よりも大きいこと（図１８のステップ１８４０にて「Ｙｅｓ」と判定されること）、

のうちの少なくとも一つが成立するとき、前記グロープラグ２３が異常であることを表示する異常表示手段（図８のルーチンを参照。）を備えている。

【０４４５】

本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

【０４４６】

例えば、上記各実施形態において、圧縮端温度上昇運転が行われるとき、グロープラグ２３は作動されている。しかし、上記第２実施形態ないし上記第７実施形態においては、圧縮端温度上昇運転が行われるとき、グロープラグ２３は必ずしも作動されていなくてもよい。

請求の範囲

１．気筒内のガスを加熱するグロープラグを有する内燃機関に適用される燃焼制御装置であって、

前記気筒内で往復動するピストンの位置が圧縮上死点にあるときの前記気筒内のガスの温度である圧縮端温度を推定する圧縮端温度推定手段と、

前記グロープラグが作動されているときに前記圧縮端温度推定手段によって推定される圧縮端温度が所定の圧縮端参照温度よりも低い場合、前記圧縮端温度を前記所定の圧縮端参照温度以上にする圧縮端温度上昇運転を前記内燃機関に行わせる圧縮端温度調整手段と、

を備えた内燃機関の燃焼制御装置。

２．請求の範囲１に記載の燃焼制御装置であって、

前記気筒内のガスの量である気筒内ガス量を取得する気筒内ガス量取得手段と、

前記ピストンの位置が圧縮上死点にあるときの前記気筒内のガスの圧力である圧縮端気筒内圧力を取得する圧縮端気筒内圧力取得手段と、

前記ピストンの位置が圧縮上死点にあるときの前記気筒内のガスの体積である圧縮端気筒内ガス体積を取得する圧縮端気筒内ガス体積取得手段と、を備え、

前記圧縮端温度推定手段は、

前記気筒内ガス量推定手段によって取得される前記気筒内ガス量と、前記圧縮端気筒内圧力取得手段によって取得される前記圧縮端気筒内圧力と、前記圧縮端気筒内ガス体積取得手段によって取得される前記圧縮端気筒内ガス体積と、前記気筒内のガスの気体定数と、を気体の状態方程式に適用することによって前記圧縮端温度を推定する燃焼制御装置。

３．請求の範囲１または請求の範囲２に記載の燃焼制御装置であって、

前記内燃機関が複数の気筒を有し、

前記圧縮端温度調整手段は、前記所定の圧縮端参照温度として、

各気筒における前記圧縮端温度の平均値よりも所定温度だけ低い温度、

前記圧縮端温度推定手段によって前記圧縮端温度が推定される対象となっている気筒以外の気筒における前記圧縮端温度の平均値よりも所定温度だけ低い温度、

前記圧縮端温度推定手段によって前記圧縮端温度が推定される対象となっている気筒以外の気筒のうちの一の気筒における前記圧縮端温度よりも所定温度だけ低い温度、

各気筒における前記圧縮端温度の平均値、

前記圧縮端温度推定手段によって前記圧縮端温度が推定される対象となっている気筒以外の気筒における前記圧縮端温度の平均値、および、

前記圧縮端温度推定手段によって前記圧縮端温度が推定される対象となっている気筒以

外の気筒のうちの一の気筒における前記圧縮端温度、
のうちのいずれか一つを採用する燃焼制御装置。

4．請求の範囲１または請求の範囲２に記載の燃焼制御装置であって、
前記気筒内のガスが前記ピストンによって圧縮される前の時点における同ガスの温度である圧縮前温度を取得する圧縮前温度取得手段を備え、
前記圧縮端温度調整手段は、
前記ピストンによる前記気筒内のガスの圧縮に関与する内燃機関の一または複数の運転パラメータに基づいて同圧縮に起因する同ガスの温度の変化量である圧縮起因温度変化量と、
前記グロープラグによる前記気筒内のガスの加熱に関与する内燃機関の一または複数の運転パラメータに基づいて同加熱に起因する同ガスの温度の変化量である加熱起因温度変化量と、
前記気筒内のガスの熱損失に関与する内燃機関の一または複数の運転パラメータに基づいて同熱損失に起因する同ガスの温度の変化量である熱損失起因温度変化量と、
を推定するとともに、
前記所定の圧縮端参照温度として、
前記圧縮前温度と、前記圧縮起因温度変化量と、前記加熱起因温度変化量と、前記熱損失起因温度変化量と、の和よりも所定温度だけ低い温度、および、
前記圧縮前温度と、前記圧縮起因温度変化量と、前記加熱起因温度変化量と、前記熱損失起因温度変化量と、の和、
のうちの一方を採用する燃焼制御装置。

5．請求の範囲１ないし請求の範囲４のいずれか一項に記載の燃焼制御装置において、
前記圧縮端温度調整手段は、前記圧縮端温度上昇運転として、
前記グロープラグが電圧を印加されることによって発熱する場合において前記グロープラグに印加される電圧を所定の補正電圧値だけ増大するグロープラグ印加電圧増大運転、
吸気弁の閉弁時期を所定の第１補正量だけ吸気下死点に近づける吸気弁閉弁時期補正運転、
排気弁の閉弁時期を所定の第２補正量だけ排気上死点から遠ざける排気弁閉弁時期補正運転、
吸気弁の開弁時期を排気上死点よりも所定の第３補正量だけ進角させる吸気弁開弁時期進角運転、
気筒内に主となる燃料を燃料噴射弁から噴射する主噴射と同主噴射に先立って気筒内に予備的な燃料を同燃料噴射弁から噴射するパイロット噴射とが行われる場合において前記パイロット噴射において噴射される燃料の量を所定の第１補正燃料量だけ増大させるパイ

ロット噴射量増大運転、および、

気筒内に主となる燃料を燃料噴射弁から噴射する主噴射と同主噴射に先立って気筒内に予備的な燃料を同燃料噴射弁から噴射するパイロット噴射とが行われる場合において前記主噴射において噴射される燃料の量を所定の第２補正燃料量だけ増大する主噴射量増大運転、

のうちの少なくとも一つの運転を行う燃焼制御装置。

６．請求の範囲５に記載の燃焼制御装置であって、

前記主噴射量増大運転が行われるときに前記排気弁閉弁時期補正運転または前記吸気弁開弁時期進角運転が行われる燃焼制御装置。

７．請求の範囲５ないし請求の範囲６のいずれか一項に記載の燃焼制御装置であって、

前記グロープラグ印加電圧増大運転における前記補正電圧値が所定の補正電圧閾値よりも大きいこと、

前記吸気弁閉弁時期補正運転における前記第１補正量が所定の第１補正閾値量よりも大きいこと、

前記排気弁閉弁時期補正運転における前記第２補正量が所定の第２補正閾値量よりも大きいこと、

前記吸気弁開弁時期進角運転における前記第３補正量が所定の第３補正閾値量よりも大きいこと、

前記パイロット噴射量増大運転における前記第１補正燃料量が所定の第１補正燃料閾値量よりも大きいこと、および、

前記主噴射量増大運転における前記第２補正燃料量が所定の第２補正燃料閾値量よりも大きいこと、

のうちの少なくとも一つが成立するとき、前記グロープラグが異常であることを表示する異常表示手段を備えた燃焼制御装置。

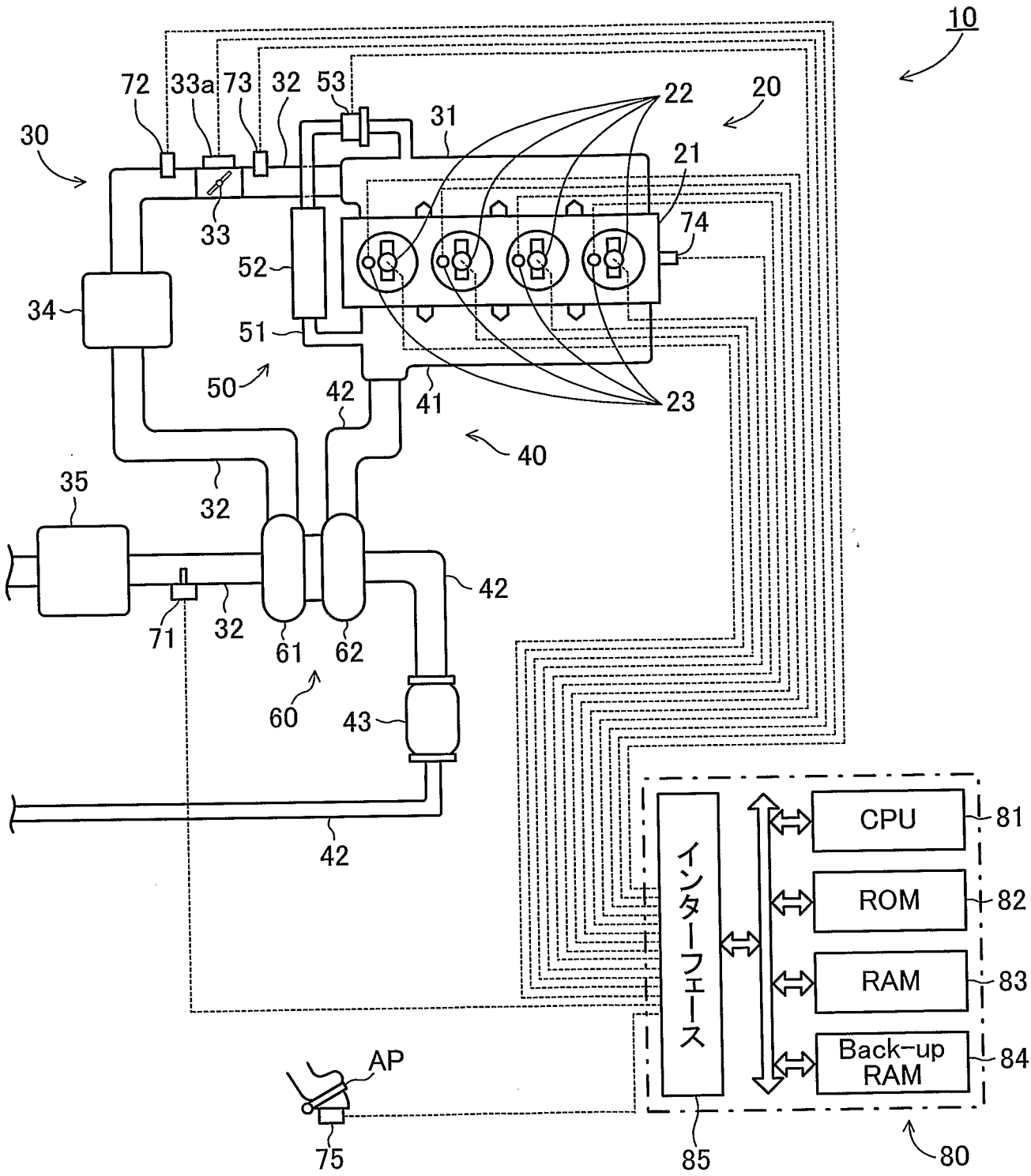

10
72
33a
73
32
53
31
22
20
30
21
74
33
52
34
51
50
42
41
23
40
35
32
42
71
32
61
62
60
43
42
CPU
81
ROM
82
RAM
83
Back-up RAM
84
インターフェース
AP
75
85
80

図1

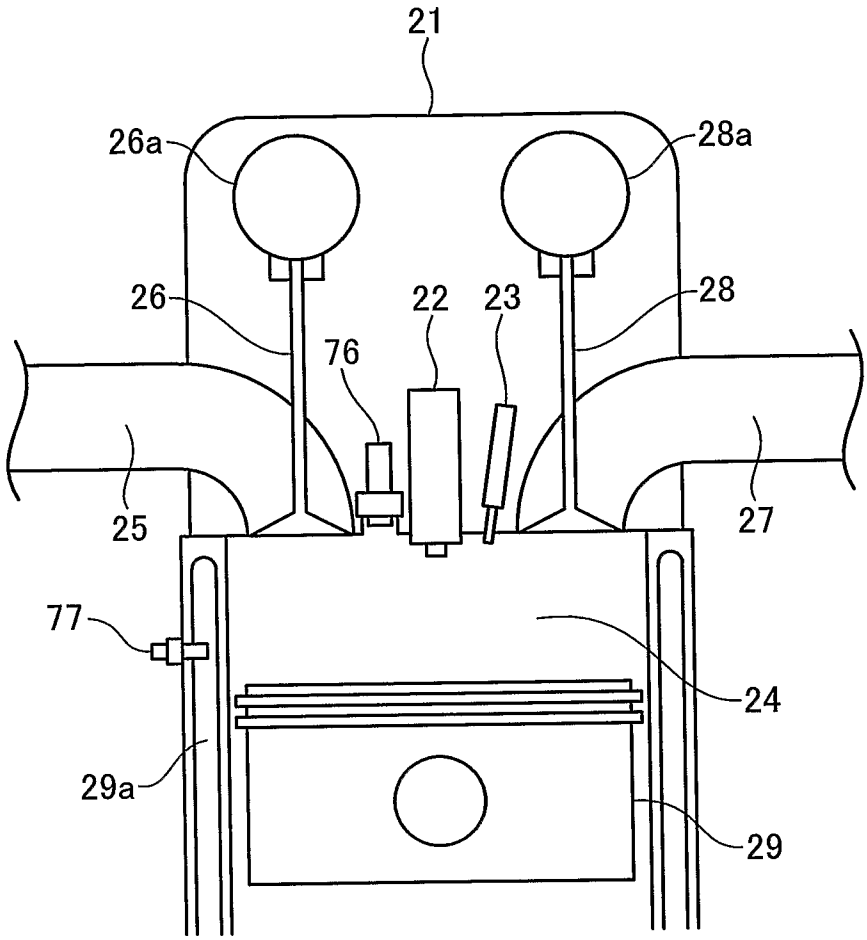


図2

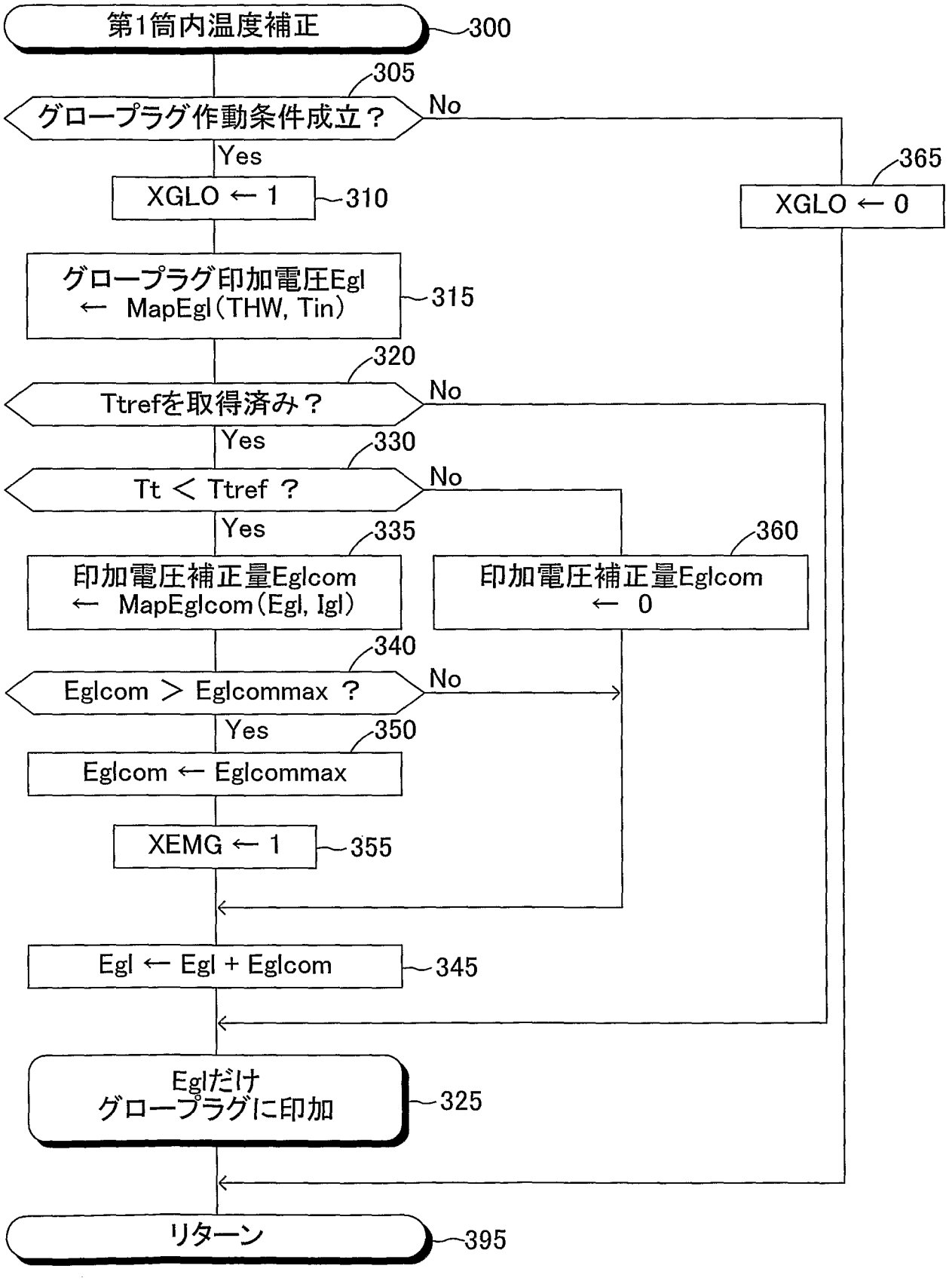

第1筒内温度補正
300
305
グロープラグ作動条件成立？
No
Yes
XGLO ← 1
310
365
XGLO ← 0
グロープラグ印加電圧Egl
← MapEgl(THW, Tin)
315
320
Ttrefを取得済み？
No
Yes
330
Tt ＜ Ttref ？
No
Yes
335
印加電圧補正量Eglcom
← MapEglcom(Egl, Igl)
360
印加電圧補正量Eglcom
← 0
340
Eglcom ＞ Eglcommax ？
No
Yes
350
Eglcom ← Eglcommax
XEMG ← 1
355
Egl ← Egl + Eglcom
345
Eglだけ
グロープラグに印加
325
リターン
395

図3

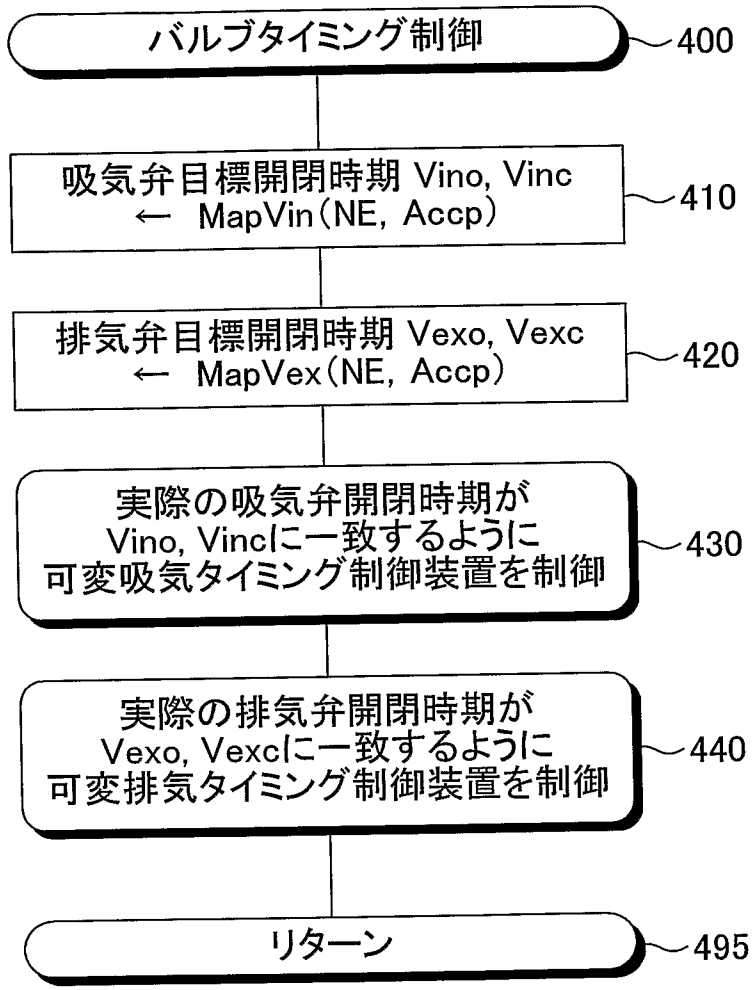

バルブタイミング制御
400
吸気弁目標開閉時期 Vino, Vinc
← MapVin(NE, Accp)
410
排気弁目標開閉時期 Vexo, Vexc
← MapVex(NE, Accp)
420
実際の吸気弁開閉時期が
Vino, Vincに一致するように
可変吸気タイミング制御装置を制御
430
実際の排気弁開閉時期が
Vexo, Vexcに一致するように
可変排気タイミング制御装置を制御
440
リターン
495

図4

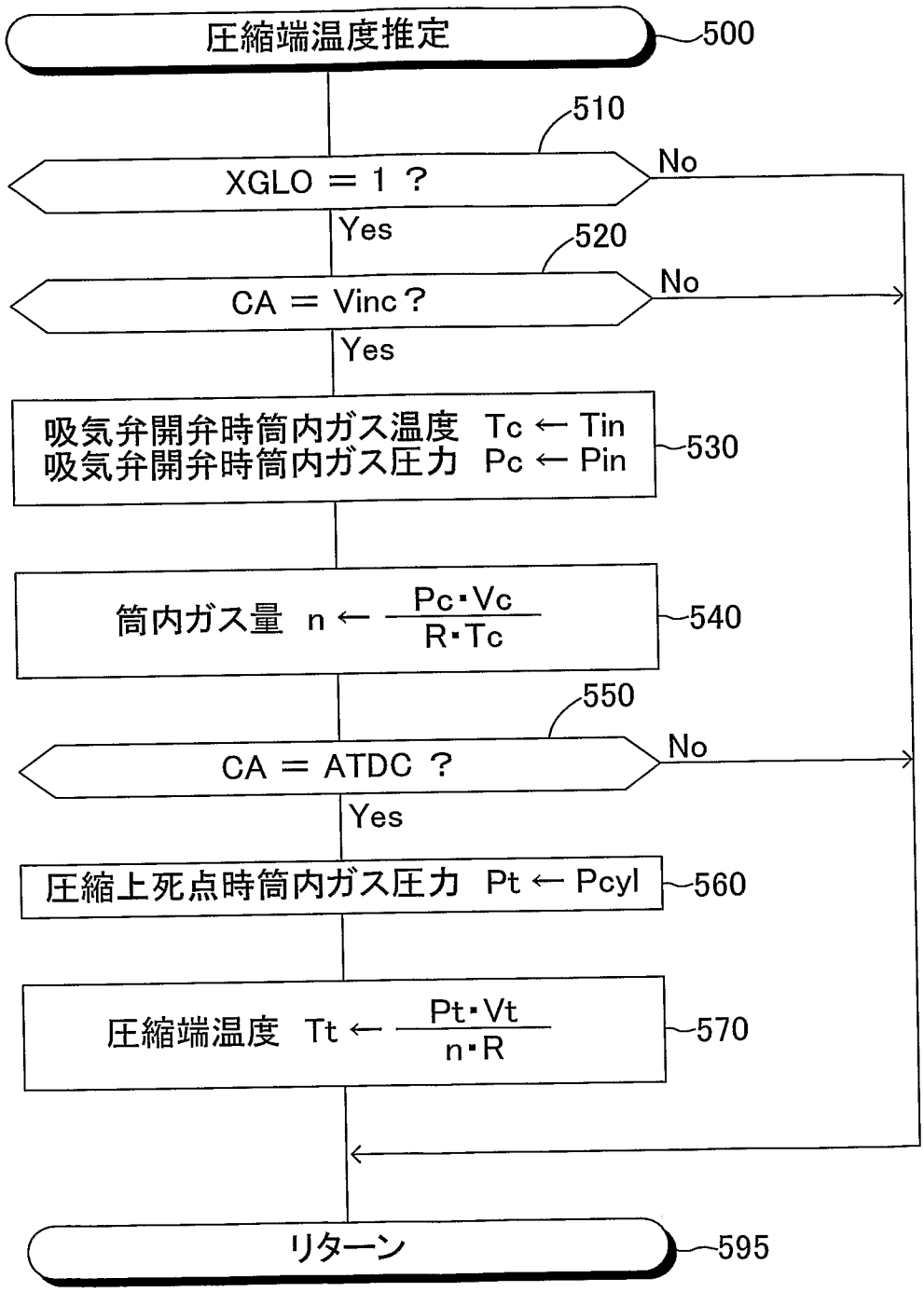

圧縮端温度推定
500
510
XGLO ＝ 1 ？
No
Yes
520
CA ＝ Vinc？
No
Yes
吸気弁開弁時筒内ガス温度 Tc ← Tin
吸気弁開弁時筒内ガス圧力 Pc ← Pin
530
筒内ガス量 n ← Pc・Vc / R・Tc
540
550
CA ＝ ATDC ？
No
Yes
圧縮上死点時筒内ガス圧力 Pt ← Pcyl
560
圧縮端温度 Tt ← Pt・Vt / n・R
570
リターン
595

図5

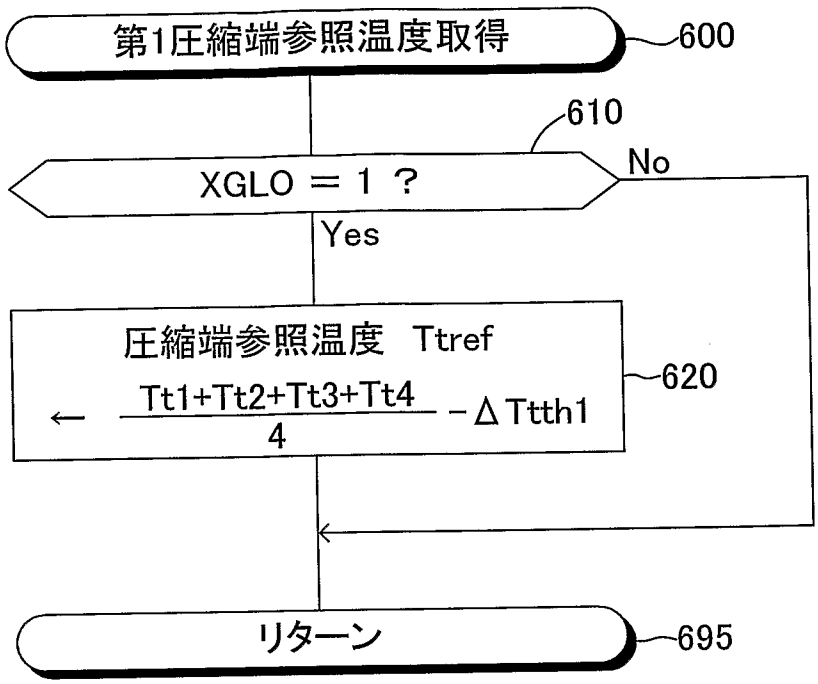

第1圧縮端参照温度取得
600
610
XGLO ＝ 1 ？
No
Yes
圧縮端参照温度 Ttref
← (Tt1+Tt2+Tt3+Tt4)/4 − ΔTtth1
620
リターン
695

図6

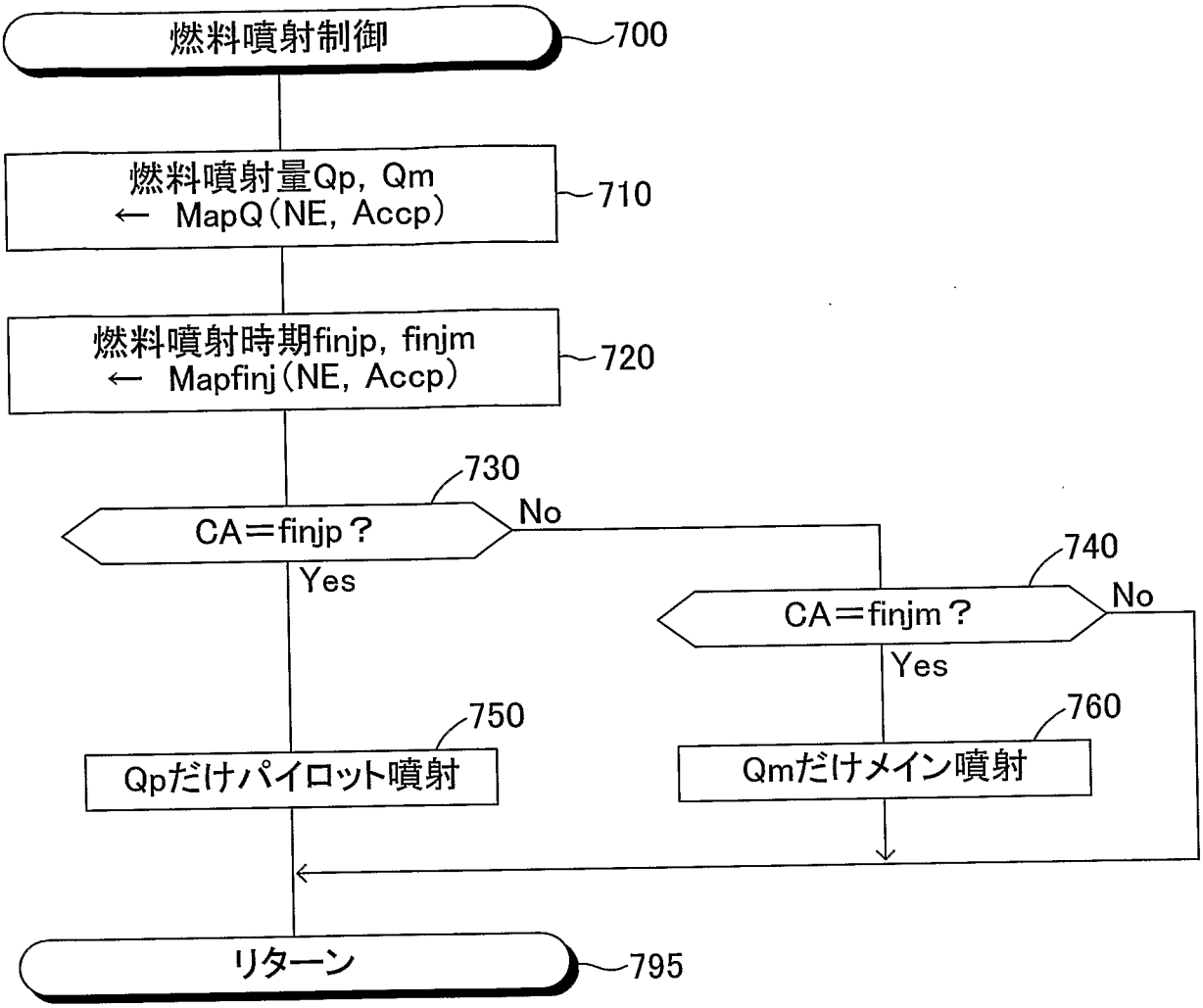

燃料噴射制御
700
燃料噴射量Qp, Qm
← MapQ(NE, Accp)
710
燃料噴射時期finjp, finjm
← Mapfinj(NE, Accp)
720
730
CA=finjp？
No
Yes
740
CA=finjm？
No
Yes
750
Qpだけパイロット噴射
760
Qmだけメイン噴射
リターン
795

図7

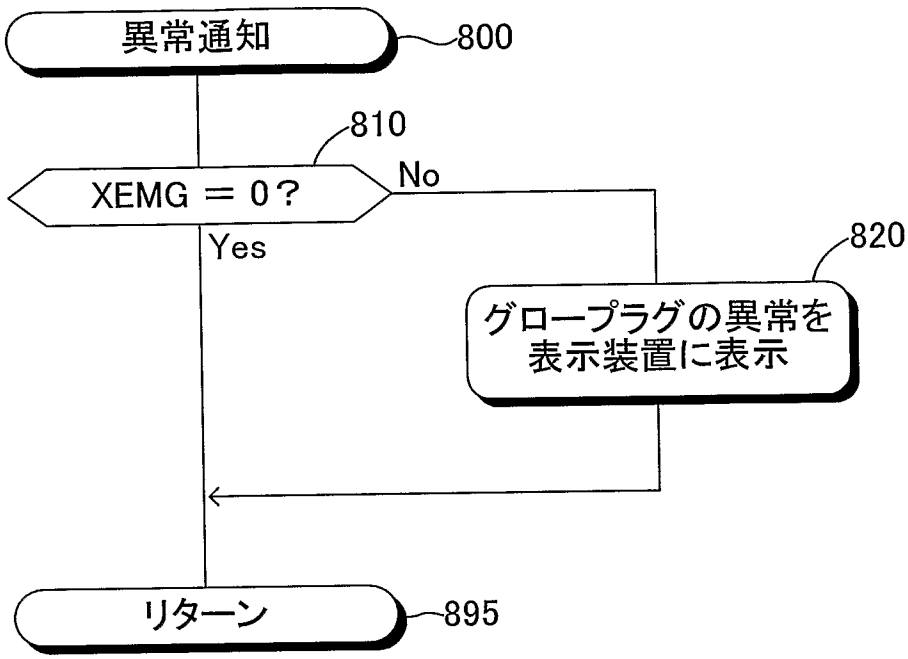


図8

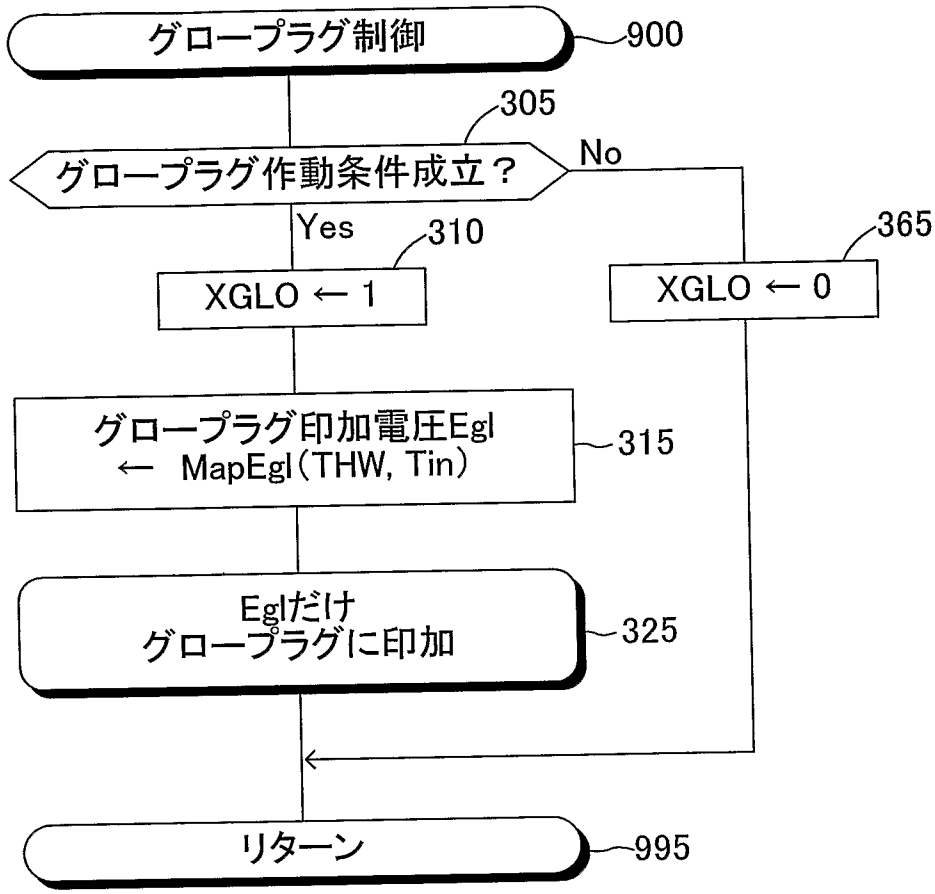

グロープラグ制御
900
305
グロープラグ作動条件成立？
No
Yes
310
365
XGLO ← 1
XGLO ← 0
グロープラグ印加電圧Egl
← MapEgl(THW, Tin)
315
Eglだけ
グロープラグに印加
325
リターン
995

図9

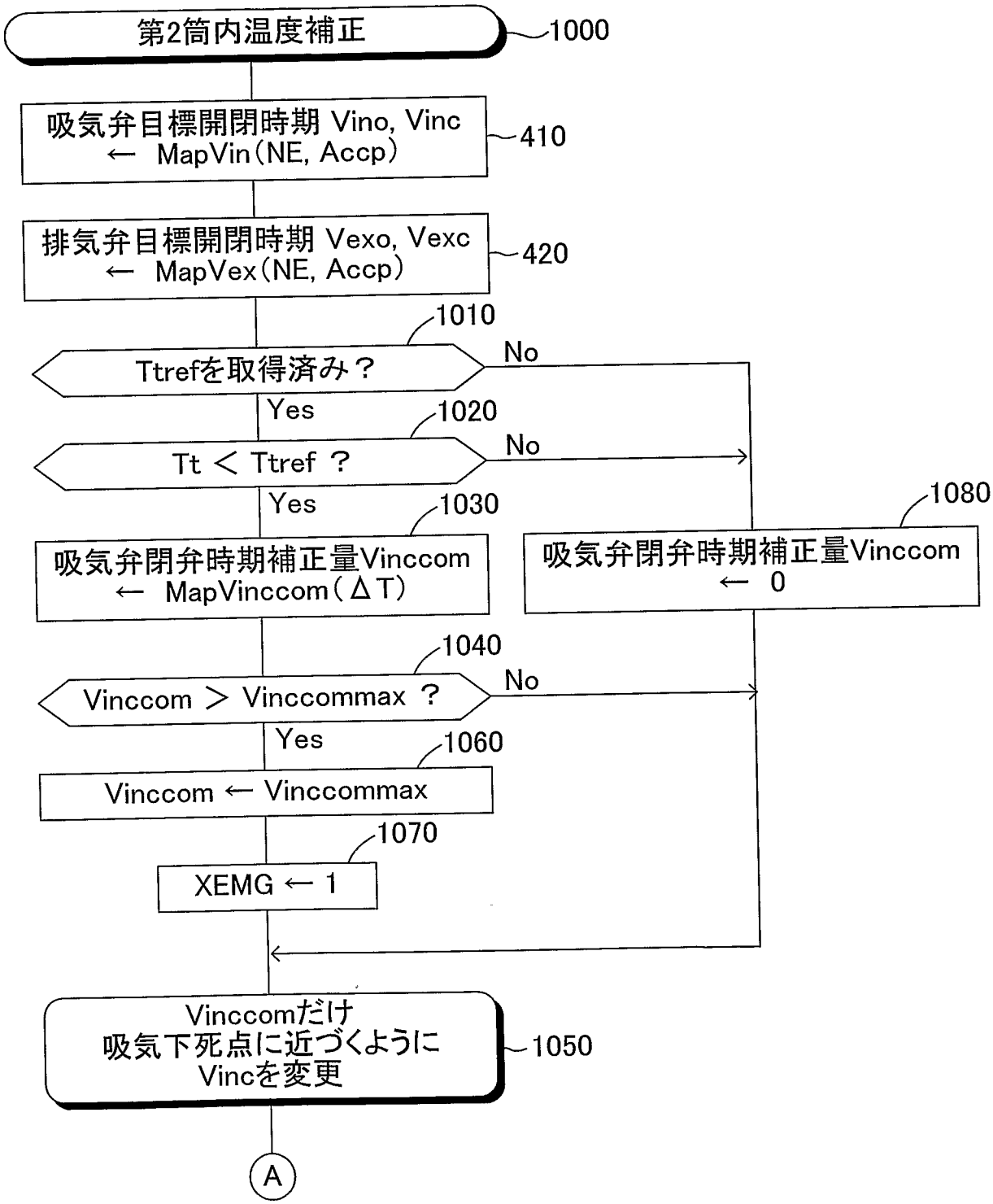

第2筒内温度補正
1000
吸気弁目標開閉時期 Vino, Vinc
← MapVin(NE, Accp)
410
排気弁目標開閉時期 Vexo, Vexc
← MapVex(NE, Accp)
420
1010
Ttrefを取得済み？
No
Yes
1020
Tt ＜ Ttref ？
No
Yes
1030
吸気弁閉弁時期補正量Vinccom
← MapVinccom(ΔT)
1080
吸気弁閉弁時期補正量Vinccom
← 0
1040
Vinccom ＞ Vinccommax ？
No
Yes
1060
Vinccom ← Vinccommax
1070
XEMG ← 1
Vinccomだけ
吸気下死点に近づくように
Vincを変更
1050
A

図10

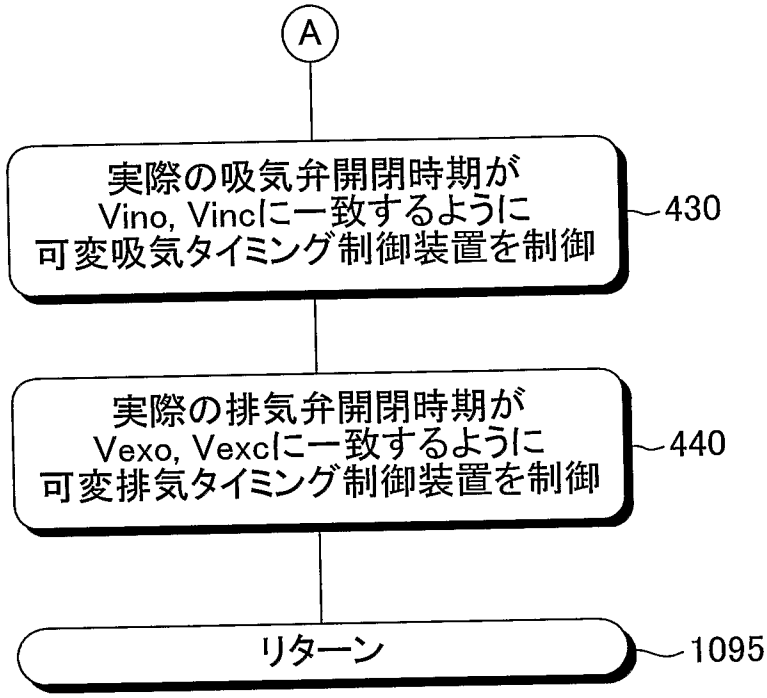

A
実際の吸気弁開閉時期が
Vino, Vincに一致するように
可変吸気タイミング制御装置を制御
430
実際の排気弁開閉時期が
Vexo, Vexcに一致するように
可変排気タイミング制御装置を制御
440
リターン
1095

図11

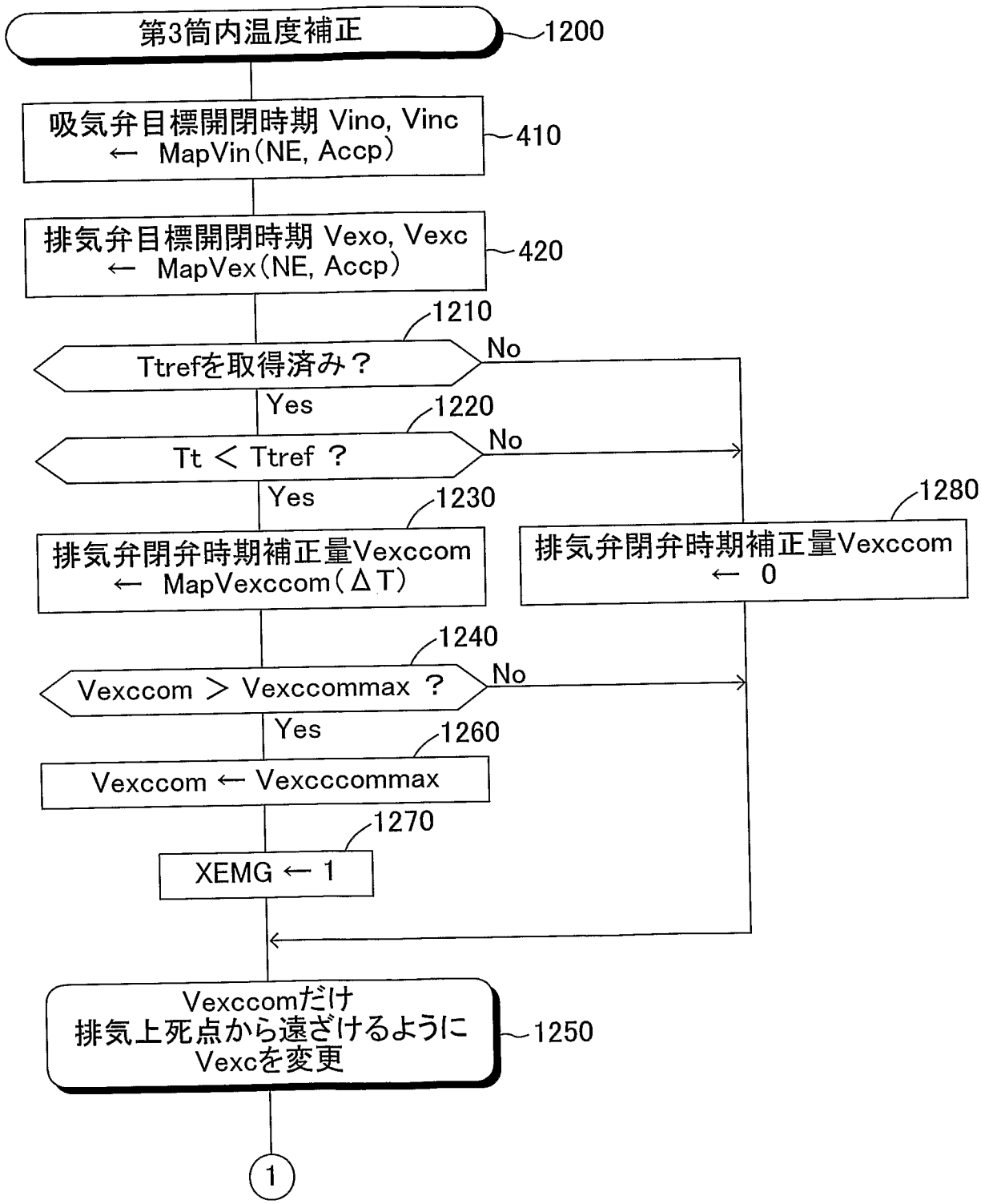

第3筒内温度補正
1200
吸気弁目標開閉時期 Vino, Vinc
← MapVin(NE, Accp)
410
排気弁目標開閉時期 Vexo, Vexc
← MapVex(NE, Accp)
420
1210
Ttrefを取得済み？
No
Yes
1220
Tt ＜ Ttref ？
No
Yes
1230
排気弁閉弁時期補正量Vexccom
← MapVexccom(ΔT)
1280
排気弁閉弁時期補正量Vexccom
← 0
1240
Vexccom ＞ Vexccommax ？
No
Yes
1260
Vexccom ← Vexcccommax
1270
XEMG ← 1
Vexccomだけ
排気上死点から遠ざけるように
Vexcを変更
1250
1

図12

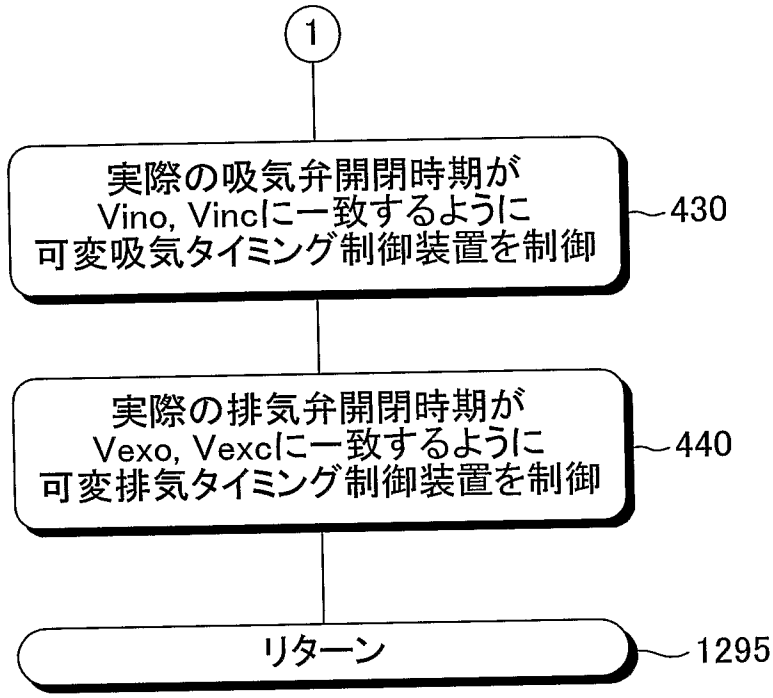

1
実際の吸気弁開閉時期が
Vino, Vincに一致するように
可変吸気タイミング制御装置を制御
430
実際の排気弁開閉時期が
Vexo, Vexcに一致するように
可変排気タイミング制御装置を制御
440
リターン
1295

図13

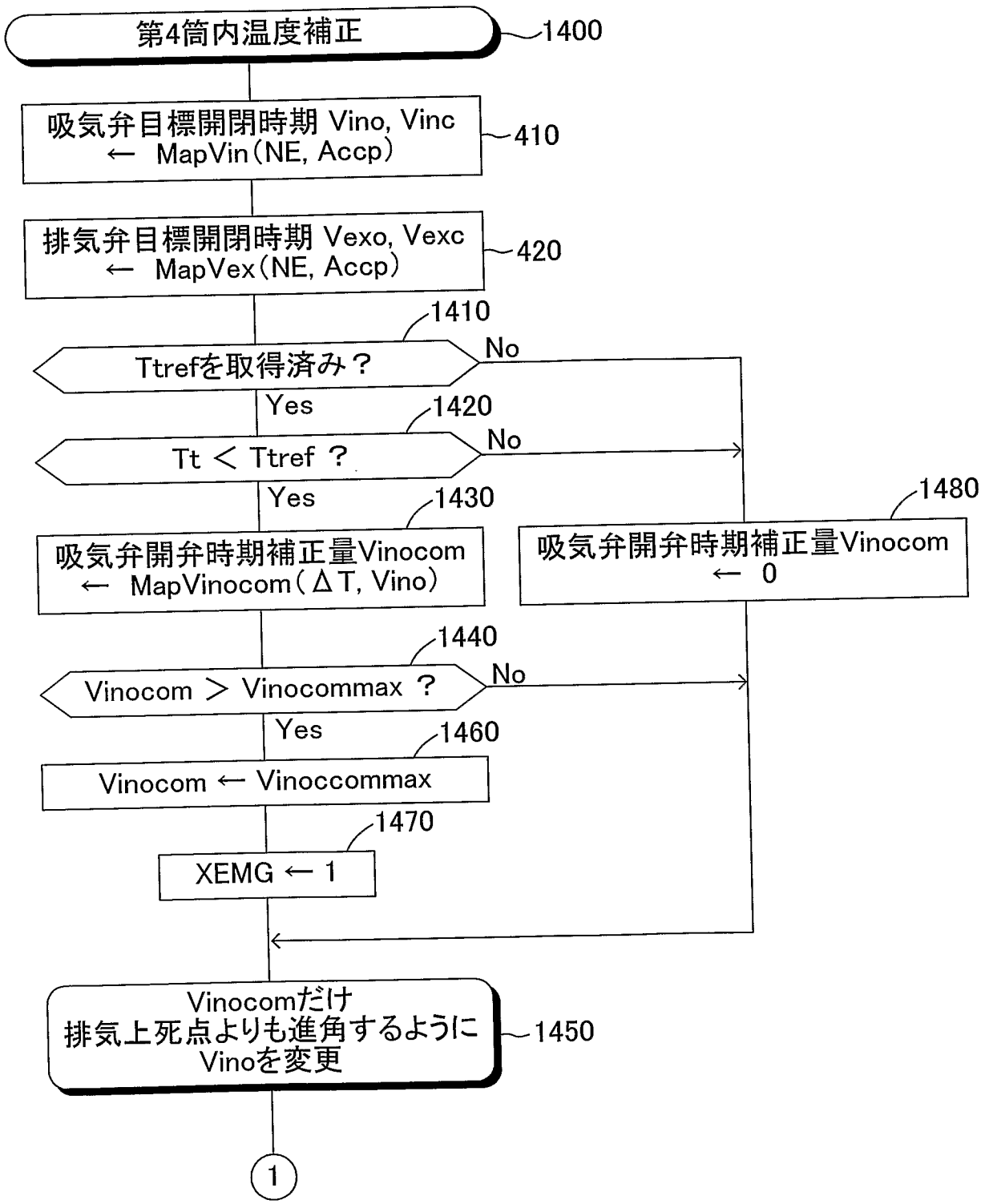

第4筒内温度補正
1400
吸気弁目標開閉時期 Vino, Vinc
← MapVin(NE, Accp)
410
排気弁目標開閉時期 Vexo, Vexc
← MapVex(NE, Accp)
420
1410
Ttrefを取得済み？
No
Yes
1420
Tt ＜ Ttref ？
No
Yes
1430
吸気弁開弁時期補正量Vinocom
← MapVinocom(ΔT, Vino)
1480
吸気弁開弁時期補正量Vinocom
← 0
1440
Vinocom ＞ Vinocommax ？
No
Yes
1460
Vinocom ← Vinoccommax
1470
XEMG ← 1
Vinocomだけ
排気上死点よりも進角するように
Vinoを変更
1450
1

図14

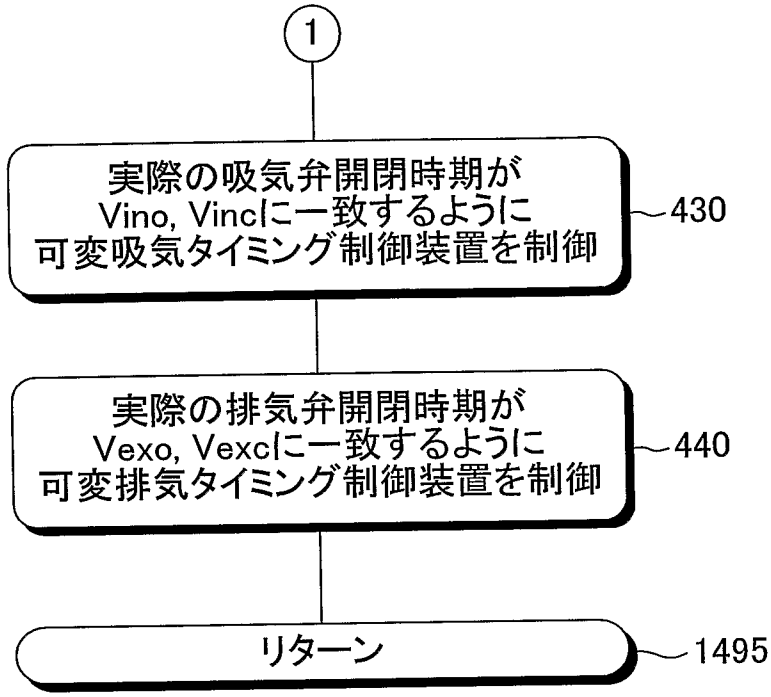

1
実際の吸気弁開閉時期が
Vino, Vincに一致するように
可変吸気タイミング制御装置を制御
430
実際の排気弁開閉時期が
Vexo, Vexcに一致するように
可変排気タイミング制御装置を制御
440
リターン
1495

図15

第5実施形態

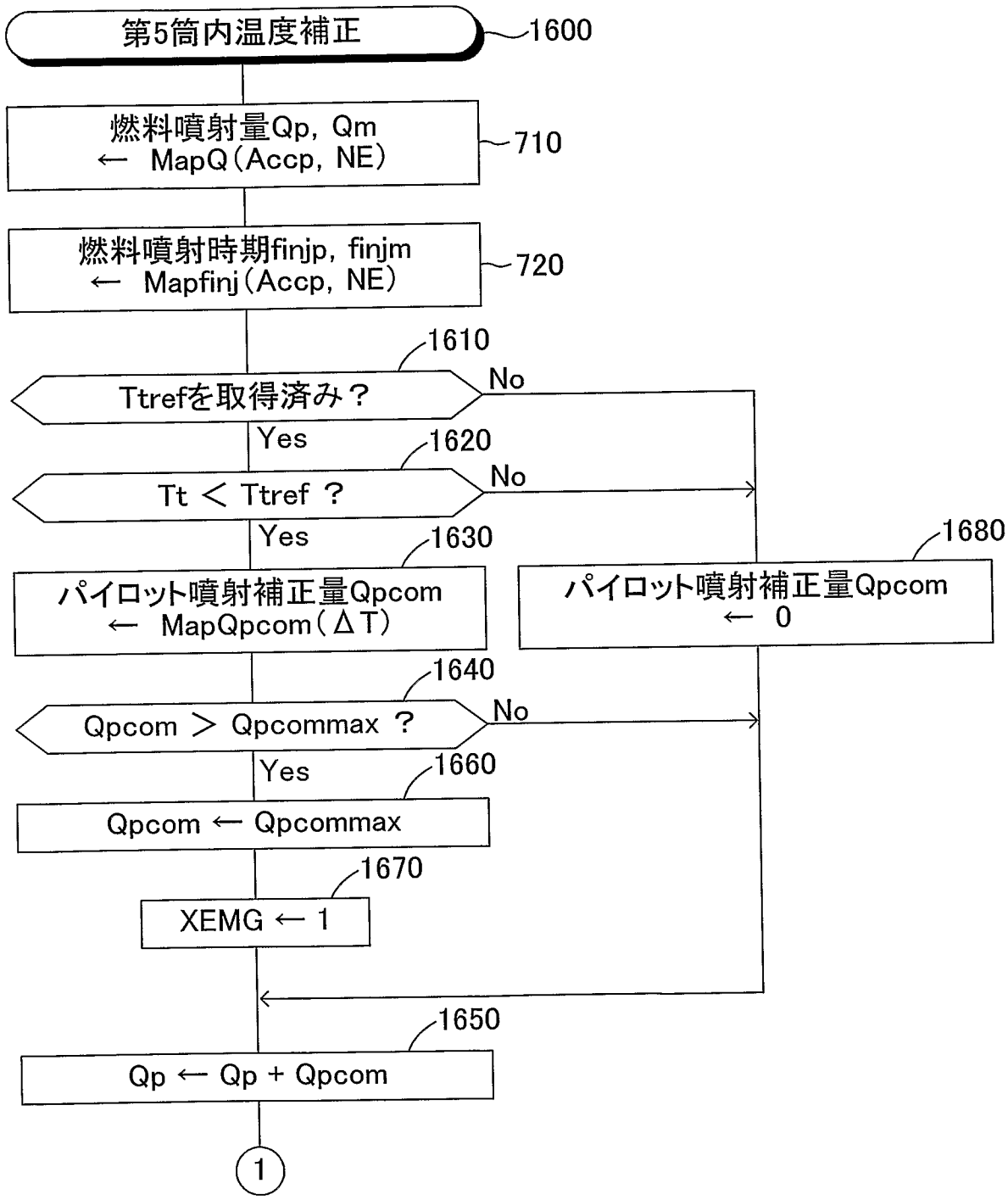

第5筒内温度補正
1600
燃料噴射量Qp, Qm
← MapQ(Accp, NE)
710
燃料噴射時期finjp, finjm
← Mapfinj(Accp, NE)
720
1610
Ttrefを取得済み？
No
Yes
1620
Tt ＜ Ttref ？
No
Yes
1630
パイロット噴射補正量Qpcom
← MapQpcom(ΔT)
1680
パイロット噴射補正量Qpcom
← 0
1640
Qpcom ＞ Qpcommax ？
No
Yes
1660
Qpcom ← Qpcommax
1670
XEMG ← 1
1650
Qp ← Qp + Qpcom
1

図16

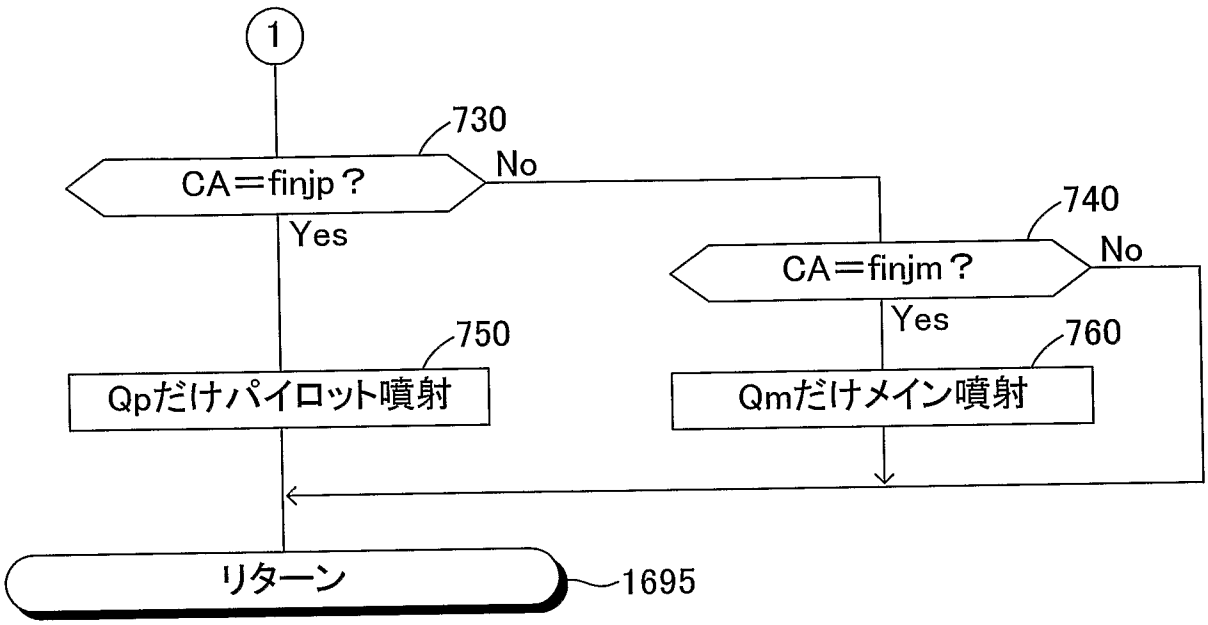

1
730
CA＝finjp？
No
Yes
740
CA＝finjm？
No
Yes
750
Qpだけパイロット噴射
760
Qmだけメイン噴射
リターン
1695

図17

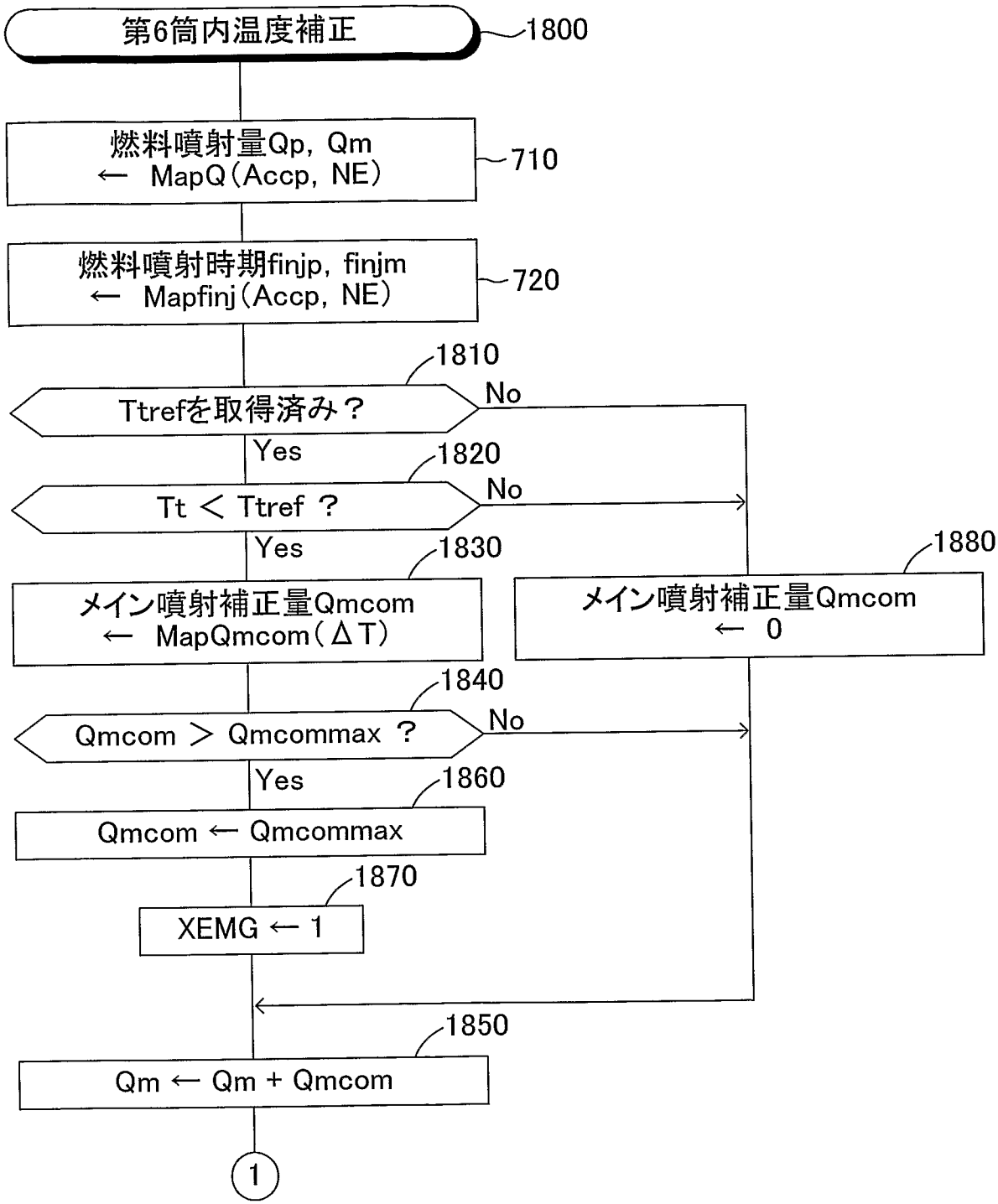

第6筒内温度補正
1800
燃料噴射量Qp, Qm
← MapQ(Accp, NE)
710
燃料噴射時期finjp, finjm
← Mapfinj(Accp, NE)
720
1810
Ttrefを取得済み？
No
Yes
1820
Tt ＜ Ttref ？
No
Yes
1830
メイン噴射補正量Qmcom
← MapQmcom(ΔT)
1880
メイン噴射補正量Qmcom
← 0
1840
Qmcom ＞ Qmcommax ？
No
Yes
1860
Qmcom ← Qmcommax
1870
XEMG ← 1
1850
Qm ← Qm + Qmcom
1

図18

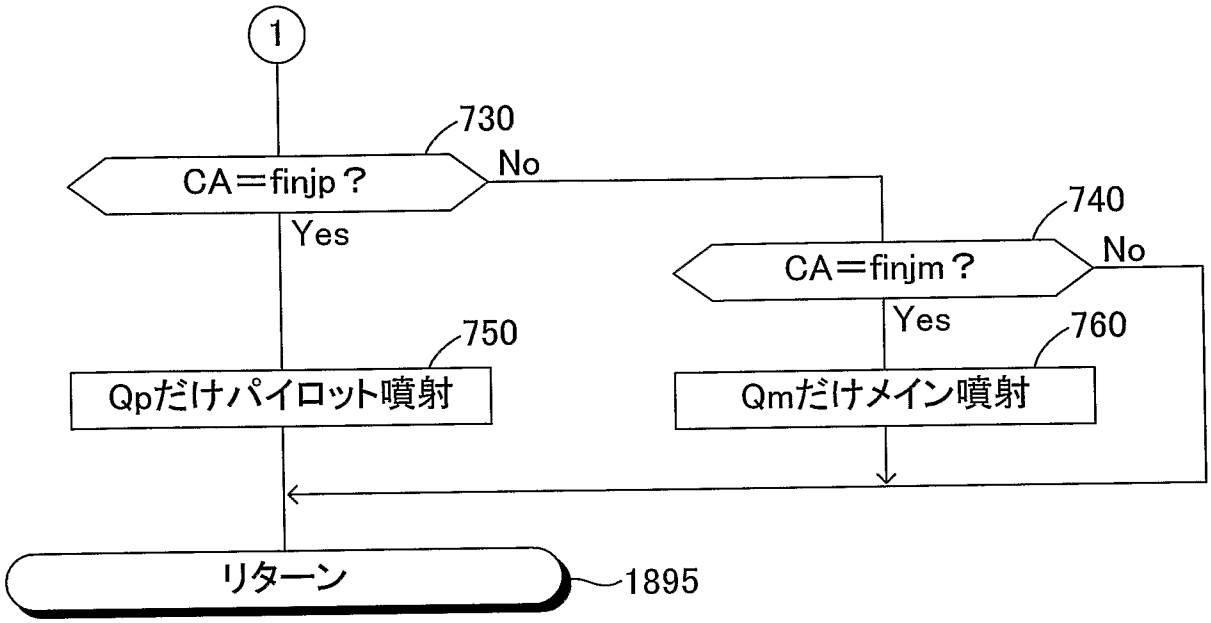

1
730
CA＝finjp？
No
Yes
740
CA＝finjm？
No
Yes
750
Qpだけパイロット噴射
760
Qmだけメイン噴射
リターン
1895

図19

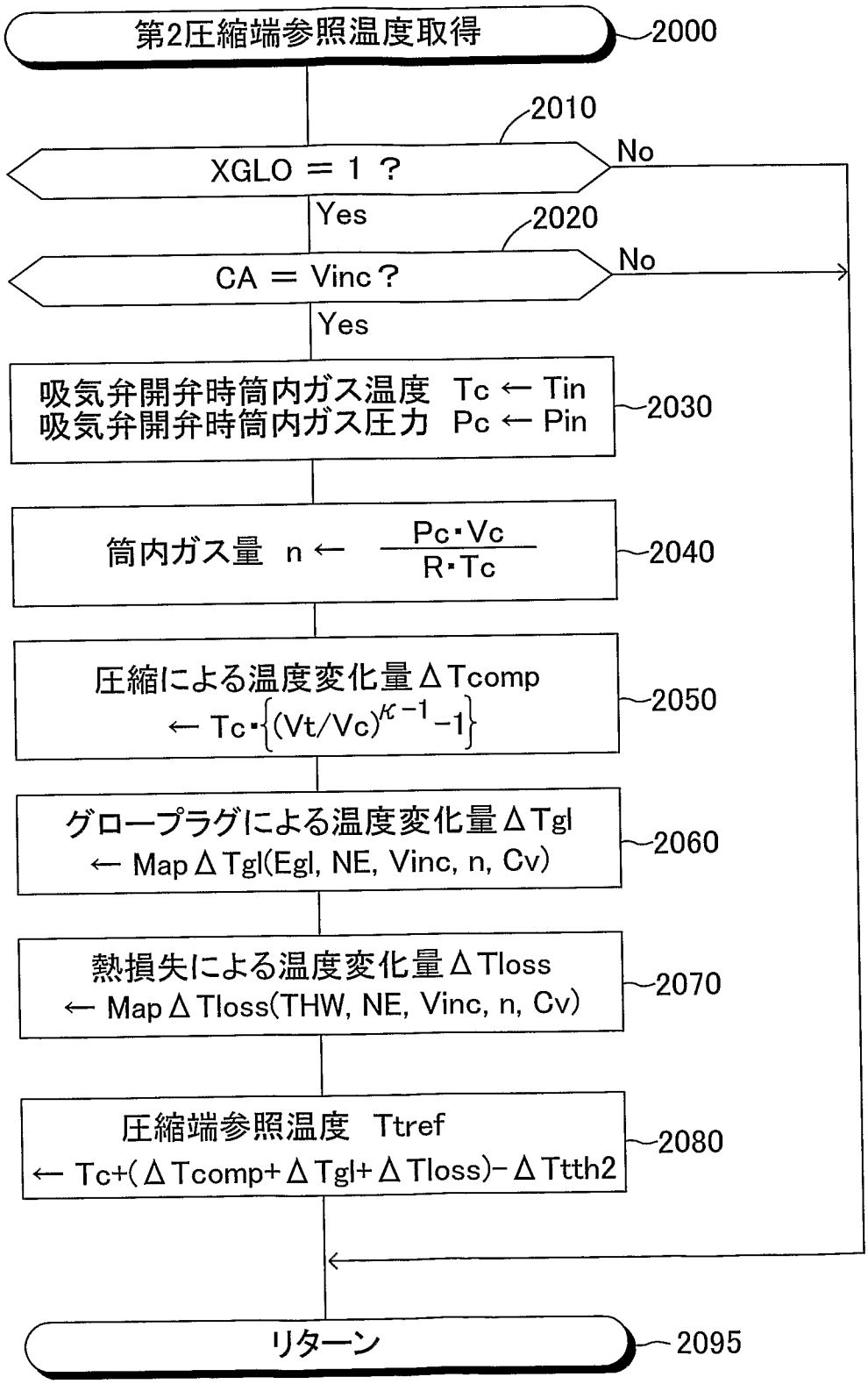

第2圧縮端参照温度取得
2000
2010
XGLO ＝ 1 ？
No
Yes
2020
CA ＝ Vinc？
No
Yes
吸気弁開弁時筒内ガス温度 Tc ← Tin
吸気弁開弁時筒内ガス圧力 Pc ← Pin
2030
筒内ガス量 n ← Pc・Vc / R・Tc
2040
圧縮による温度変化量ΔTcomp
← Tc・{(Vt/Vc)^(κ−1) −1}
2050
グロープラグによる温度変化量ΔTgl
← MapΔTgl(Egl, NE, Vinc, n, Cv)
2060
熱損失による温度変化量ΔTloss
← MapΔTloss(THW, NE, Vinc, n, Cv)
2070
圧縮端参照温度 Ttref
← Tc+(ΔTcomp+ΔTgl+ΔTloss)−ΔTtth2
2080
リターン
2095

図20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/052128

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F02D45/00(2006.01)i, *F02D43/00*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02D45/00, F02D43/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-7966 A (Honda Motor Co., Ltd.), 15 January 2009 (15.01.2009), abstract; paragraphs [0017], [0041], [0042], [0047] & EP 2009268 A1	1-7
Y	JP 2009-62960 A (Mazda Motor Corp.), 26 March 2009 (26.03.2009), paragraph [0064] (Family: none)	1-7
Y	JP 2008-267207 A (Toyota Motor Corp.), 06 November 2008 (06.11.2008), paragraphs [0015], [0018] (Family: none)	5-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
19 March, 2010 (19.03.10)	06 April, 2010 (06.04.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／０５２１２８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F02D45/00(2006.01)i, F02D43/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F02D45/00, F02D43/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2009-7966 A（本田技研工業株式会社）2009.01.15, 【要約】, 段落【００１７】,【００４１】,【００４２】,【００４７】 & EP 2009268 A1	1-7
Y	JP 2009-62960 A（マツダ株式会社）2009.03.26, 段落【００６４】（ファミリーなし）	1-7
Y	JP 2008-267207 A（トヨタ自動車株式会社）2008.11.06, 段落【００１５】,【００１８】（ファミリーなし）	5-7

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１９．０３．２０１０	０６．０４．２０１０

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｚ　３４２６
加藤　啓
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５５