

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-7514

(P2010-7514A)

(43) 公開日 平成22年1月14日(2010.1.14)

(51) Int.Cl.
F02D 45/00 (2006.01)F I
F02D 45/00 368S
F02D 45/00 360Aテーマコード (参考)
3G384

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2008-165841 (P2008-165841)
(22) 出願日 平成20年6月25日 (2008.6.25)(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(74) 代理人 100100549
弁理士 川口 嘉之
(74) 代理人 100106622
弁理士 和久田 純一
(74) 代理人 100085006
弁理士 世良 和信
(74) 代理人 100089244
弁理士 遠山 勉
(74) 代理人 100123319
弁理士 関根 武彦
(74) 代理人 100131532
弁理士 坂井 浩一郎

最終頁に続く

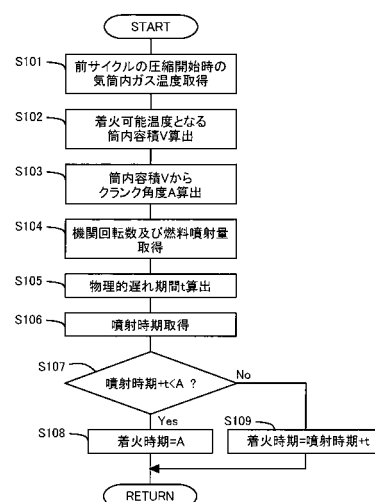
(54) 【発明の名称】 内燃機関の燃焼制御装置

(57) 【要約】

【課題】 内燃機関の燃焼制御装置において、着火時期を正確に且つ速やかに得ることができる技術を提供する。

【解決手段】 気筒内のガス温度がガスの着火可能温度に到達する時期と、気筒内に燃料が噴射される時期と、を比較し、該気筒内に燃料が噴射される時期のほうが遅い場合には、該気筒内に燃料が噴射される時期から所定期間後が着火時期であると判定し、該気筒内に燃料が噴射される時期のほうが早い場合には、該気筒内に燃料が噴射される時期から前記ガスの着火可能温度に到達する時期までの期間に応じて着火時期を判定する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

圧縮開始時のガスの温度に基づいて圧縮行程における気筒内のガス温度を算出するガス温度算出手段と、

前記ガス温度算出手段により算出される温度がガスの着火可能温度に到達する時期と、前記気筒内に燃料が噴射される時期と、を比較し、該気筒内に燃料が噴射される時期のほうが遅い場合には、該気筒内に燃料が噴射される時期から所定期間後が着火時期であると判定し、該気筒内に燃料が噴射される時期のほうが早い場合には、該気筒内に燃料が噴射される時期から前記ガスの着火可能温度に到達する時期までの期間に応じて着火時期を判定する着火時期判定手段と、

10

を備えることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 2】

前記着火時期判定手段は、前記気筒内に燃料が噴射される時期のほうが前記ガスの着火可能温度に到達する時期よりも早い場合であって、該気筒内に燃料が噴射される時期から前記ガスの着火可能温度に到達する時期までの期間が前記所定期間よりも長い場合には、前記ガス温度算出手段により算出される温度がガスの着火可能温度に到達する時期が着火時期であると判定することを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 3】

前記着火時期判定手段は、前記気筒内に燃料が噴射される時期のほうが前記ガスの着火可能温度に到達する時期よりも早い場合であって、該気筒内に燃料が噴射される時期から前記ガスの着火可能温度に到達する時期までの期間が前記所定期間よりも短い場合には、該気筒内に燃料が噴射される時期から前記所定期間後が着火時期であると判定することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

20

【請求項 4】

前記着火時期に応じて気筒内の燃焼ガスの温度を算出する燃焼ガス温度算出手段を備えることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 5】

前記燃焼ガス温度算出手段は、着火時期が上死点前の場合には、着火時期までの圧縮行程における温度上昇と、燃焼による温度上昇と、燃焼から上死点までの圧縮行程における温度上昇と、上死点からの膨張行程における温度降下と、を夫々算出することにより、気筒内の燃焼ガスの温度を算出することを特徴とする請求項 4 に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

30

【請求項 6】

前記燃焼ガス温度算出手段は、着火時期が上死点後の場合には、着火時期までの温度上昇と、燃焼による温度上昇と、燃焼後の膨張行程における温度降下と、を夫々算出することにより、気筒内の燃焼ガスの温度を算出することを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 7】

前記燃焼ガス温度算出手段は、気筒内のガス温度の積算値をそのガス温度を積算した期間で除することにより気筒内のガス温度の平均値を算出することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、内燃機関の燃焼制御装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

内燃機関における燃料の着火時期はスモークやNO_x等の排気エミッション、燃焼騒音、燃費等の特性に影響を与える。着火時期に係る各種運転パラメータ（例えば燃料噴射量、燃料噴射時期、吸入空気量、EGR率等）は、これらの特性が所定の目標値や規制を満

50

足するように予め適合作業により決定される。

【0003】

しかし、適合作業により決定される前記各運転パラメータの値は、所定の条件下において機関運転状態が定常運転状態である場合に前記諸特性を好適に制御し得るように最適化された値であるため、機関運転状態が時間的に変動する過渡運転状態の場合や燃料性状や外気温等の外的要因が変動した場合には、適合作業によって決定された運転パラメータに従って機関が運転されても、実際の着火時期が目標着火時期からずれる場合がある。

【0004】

これに対し、気筒内での着火時期を検知する着火時期センサを備えて実際の着火時期を検知し、この値が目標値となるように着火時期制御パラメータ（燃料噴射時期等）を制御する技術が知られている（例えば、特許文献1参照。）。 10

【特許文献1】特開平11-107820号公報

【特許文献2】特開2005-180220号公報

【特許文献3】特開2005-155603号公報

【特許文献4】特開2005-133601号公報

【特許文献5】特開2004-150376号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、着火時期センサを内燃機関に取り付けるのは困難な場合もある。また、フィードバック制御により着火時期制御パラメータを変更すると、着火時期が実際に変わるのは次回以降のサイクルとなるため、燃焼状態の悪化や燃費の悪化を招く虞がある。 20

【0006】

本発明は、上記したような問題点に鑑みてなされたものであり、内燃機関の燃焼制御装置において、着火時期を正確に且つ速やかに得ることができる技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を達成するために本発明による内燃機関の燃焼制御装置は、以下の手段を採用した。すなわち、本発明による内燃機関の燃焼制御装置は、 30

圧縮開始時のガスの温度に基づいて圧縮行程における気筒内のガス温度を算出するガス温度算出手段と、

前記ガス温度算出手段により算出される温度がガスの着火可能温度に到達する時期と、前記気筒内に燃料が噴射される時期と、を比較し、該気筒内に燃料が噴射される時期のほうが遅い場合には、該気筒内に燃料が噴射される時期から所定期間後が着火時期であると判定し、該気筒内に燃料が噴射される時期のほうが早い場合には、該気筒内に燃料が噴射される時期から前記ガスの着火可能温度に到達する時期までの期間に応じて着火時期を判定する着火時期判定手段と、

を備えることを特徴とする。

【0008】

ここで、着火とは、冷炎が発生することとしても良い。つまり、着火時期は、冷炎が発生する時期としても良い。そして、着火時期は圧縮開始時のガスの温度の影響を受ける。つまり、気筒内のガスの圧縮開始時の該ガスの温度が高いほど、より早く着火可能温度に到達するため、着火時期が早くなる。なお、ここでいう着火可能温度とは、着火に必要な温度の下限値をいう。 40

【0009】

ところで、圧縮開始時のガスの温度は、それ以前のサイクルにおけるガス温度の影響を受ける。つまり、気筒内で燃焼が行われると、吸気マニホールド、吸気ポート、吸気弁、排気弁、ピストン、気筒壁面、気筒内の残留ガス等の温度が上昇する。そして、気筒内に吸入されるガスは、これらから熱を受けて温度が上昇する。これら吸気マニホールド、吸 50

気ポート、吸気弁、排気弁、ピストン、気筒壁面、気筒内の残留ガス等の温度は、前サイクルまでのガス温度に基づいて算出することができる。

【0010】

ここで、前サイクルのガス温度は、前サイクルの着火時期により変わる。つまり、今回のサイクルの圧縮開始時のガスの温度を求めるために、各部材や残留ガスから吸気が受けた熱量を算出する必要があるが、これには以前のサイクルでの各部材への伝熱量を求める必要がある。これには、前回のサイクルにおける気筒内のガス温度が必要となるが、このガス温度は前回のサイクルの着火時期によって変わるため、この着火時期を求めることが必要となる。この前回のサイクルの着火時期は、前回のサイクルの圧縮開始時のガスの温度によって変わる。

10

【0011】

すなわち、今回のサイクルの圧縮開始時のガスの温度を求めるために、前回のサイクルの圧縮開始時のガスの温度を求める必要がある。同様に、前回のサイクルの圧縮開始時のガスの温度を求めるために、前々回のサイクルの圧縮開始時のガスの温度を求める必要がある。

【0012】

逆に、各サイクルで圧縮開始時のガスの温度を求めれば、今回のサイクルにおける圧縮開始時のガスの温度を求めることができる。つまり、圧縮開始時のガスの温度を繰り返し算出することにより、今回の圧縮開始時のガスの温度を算出することができる。

【0013】

20

このようにして、圧縮開始時のガスの温度を算出することができれば、例えば圧縮行程で断熱圧縮が行なわれると仮定することにより、圧縮開始から着火までの圧縮行程における気筒内のガス温度を算出することができる。

【0014】

そして、本発明では着火時期判定手段により着火時期を判定している。ここで判定する着火時期は、前サイクルのものとしても良く、今回のサイクルのものとしても良い。

【0015】

ここで、気筒内に燃料が噴射されてから該燃料がある程度拡散しないと着火可能な空燃比とならないため、燃料噴射から着火するまでにはある程度の時間がかかる。このような燃料噴射から着火するまでの時間遅れを以下、「物理的遅れ」という。但し、燃料が十分に拡散したとしても、着火可能温度に達していない場合には着火しない。つまり、気筒内に燃料が噴射されてから着火するまでの時間は、燃料の拡散度合いとガスの温度とに影響を受ける。

30

【0016】

ここで、燃料が着火可能なほど拡散するまでに要する時間は、例えば内燃機関の運転状態に応じて変わるものの、該運転状態が同じであれば略一定の値となる。この略一定の値を、本発明では所定期間としている。

【0017】

内燃機関の圧縮行程では、ガスの圧縮による温度上昇や気筒壁面等からの伝熱による温度上昇する。そして、ある程度の圧縮が進むとガスの温度が着火可能温度に達する。

40

【0018】

ここで、気筒内のガスの温度が着火可能温度に到達する時期と、気筒内に燃料が噴射される時期とを比較し、気筒内に燃料が噴射される時期のほうが遅い場合には、該燃料が十分に拡散するのと同時に着火する。つまり、燃料噴射時には既に着火可能温度に到達しているため、燃料が噴射されてから着火するまでの期間は物理的遅れのみとなる。

【0019】

一方、気筒内のガスの温度が着火可能温度に到達する時期と、気筒内に燃料が噴射される時期とを比較し、気筒内に燃料が噴射される時期のほうが早い場合には、気筒内のガスの温度が着火可能温度に到達するまでの期間に応じて着火時期が変わる。ここで、燃料が十分に拡散したとしても、着火可能温度に到達していなければ、着火しない。但し、燃料

50

噴射が行なわれてから前記所定期間が経過する前に、着火可能温度に到達しても、燃料が十分に拡散していないため、すぐには着火せずに燃料噴射から所定期間が経過したときに着火する。このように、気筒内に燃料が噴射される時期からガスの着火可能温度に到達する時期までの期間に応じて着火時期が変わるため、これらの時期に基づいて着火時期を判定することができる。

【0020】

そして本発明においては、前記着火時期判定手段は、前記気筒内に燃料が噴射される時期のほうが前記ガスの着火可能温度に到達する時期よりも早い場合であって、該気筒内に燃料が噴射される時期から前記ガスの着火可能温度に到達する時期までの期間が前記所定期間よりも長い場合には、前記ガス温度算出手段により算出される温度がガスの着火可能温度に到達する時期が着火時期であると判定することができる。

10

【0021】

つまり、燃料が十分に拡散した後でも、まだガスの温度が着火可能温度に到達していない場合には着火しない。その後、ガスの温度が着火可能温度に到達したときに着火する。

【0022】

また本発明においては、前記着火時期判定手段は、前記気筒内に燃料が噴射される時期のほうが前記ガスの着火可能温度に到達する時期よりも早い場合であって、該気筒内に燃料が噴射される時期から前記ガスの着火可能温度に到達する時期までの期間が前記所定期間よりも短い場合には、該気筒内に燃料が噴射される時期から前記所定期間後が着火時期であると判定することができる。

20

【0023】

つまり、燃料噴射後に着火可能温度に到達しても、そのときに燃料の拡散が十分でないと着火しない。その後、燃料が十分に拡散したときに着火する。この場合、燃料が噴射されてから着火するまでの期間は、物理的遅れのみとなる。

【0024】

本発明においては、前記着火時期に応じて気筒内の燃焼ガスの温度を算出する燃焼ガス温度算出手段を備えることができる。

【0025】

ここで、着火時期が上死点よりも前か後かによって気筒内の燃焼ガスの温度が変わる。つまり、上死点前に着火すると、着火により温度が上昇した後も、ピストンによりガスが圧縮されるため、温度がさらに上昇する。一方、上死点後に着火すると、着火により温度が上昇した後は、ピストンの下降により温度が下降するだけとなる。このように、着火時期によって気筒内の燃焼ガスの温度が変わるため、燃焼ガス温度算出手段は、着火時期に応じて例えば算出式を変更して気筒内の燃焼ガスの温度を算出する。このようにすることで、気筒内の実際の燃焼ガスの温度の変化を考慮しつつ、燃焼ガスの温度を簡易に算出することができる。そして、気筒内の燃焼ガスの温度を正確に算出することで、着火時期もより正確に判定することが可能となる。

30

【0026】

そして、本発明においては、前記燃焼ガス温度算出手段は、着火時期が上死点前の場合には、着火時期までの圧縮行程における温度上昇と、燃焼による温度上昇と、燃焼から上死点までの圧縮行程における温度上昇と、上死点からの膨張行程における温度降下と、を夫々算出することにより、気筒内の燃焼ガスの温度を算出することができる。

40

【0027】

つまり、気筒内燃焼ガスの温度が、例えば以下のようにして推移すると仮定している。まず、上死点前に着火する場合には、着火時期までは断熱圧縮等によりガスの温度が上昇する。そして、着火時期にてガスが燃焼することにより温度が上昇する。さらに、着火時期から上死点までは断熱圧縮等によりガスの温度が上昇する。上死点後は、ピストンが下降するため、断熱膨張等によりガスの温度が下降する。

【0028】

ここで、断熱圧縮等による温度上昇分は、着火時期が分かれば容易に算出することがで

50

きる。また、燃料の燃焼による温度上昇も、燃料噴射量等に基づいて算出することができる。一方、上死点後の温度下降も、断熱膨張であることを考慮すれば容易に算出することができる。つまり、着火時期、上死点、膨張終わりの夫々のガス温度を容易に算出することができる。これにより、コンピュータの計算負荷を低下させることができる。なお、ピストンやシリンダ壁面から受ける熱による温度上昇を考慮しても良い。例えば圧縮行程では、圧縮による温度上昇と伝熱による温度上昇とを逐次算出していくことで気筒内のガス温度を算出することもできる。

【0029】

また、本発明においては、前記燃焼ガス温度算出手段は、着火時期が上死点後の場合には、着火時期までの温度上昇と、燃焼による温度上昇と、燃焼後の膨張行程における温度降下と、を夫々算出することにより、気筒内の燃焼ガスの温度を算出することができる。

10

【0030】

つまり、気筒内の燃焼ガスの温度が、例えば以下のようにして推移すると仮定している。ここで、上死点後に着火する場合には、上死点直後に着火することが多い。つまり、着火するまでは断熱圧縮等により温度が上昇していると考えることができる。そして、着火時期においてガスが燃焼することにより温度が上昇する。その後は、ピストンが下降するため、断熱膨張等によりガスの温度が下降する。

【0031】

ここで、断熱圧縮等による温度上昇分は、着火時期が分かれば容易に算出することができる。また、燃料の燃焼による温度上昇も、燃料噴射量に基づいて算出することができる。一方、上死点後の温度下降も、断熱膨張であることを考慮すれば容易に算出することができる。つまり、着火時期、膨張終わりの夫々のガス温度を容易に算出することができる。これにより、コンピュータの計算負荷を低下させることができる。なお、上述のように、ピストンやシリンダ壁面から受ける熱による温度上昇を考慮しても良い。

20

【0032】

そして、本発明においては、前記燃焼ガス温度算出手段は、気筒内のガス温度の積算値をそのガス温度を積算した期間で除することにより気筒内のガス温度の平均値を算出することができる。

【0033】

つまり、着火時期及び上死点での夫々の温度を算出することができるため、例えば夫々の時期と時期との間では、クランク角度に比例して温度が変化するとすれば、夫々のクランク角度にけるガス温度を簡易的に算出することができる。これにより、気筒内のガス温度を積算することができる。この積算値は、クランクアングルに対する温度の軌跡を図示したときに、この温度の軌跡の下側の面積と等しい。そして、この積算値を、その積算に要したクランクアングルで割ることにより、その期間における平均ガス温度を算出することができる。この平均ガス温度は、時間的にも、空間的にも平均化された温度である。

30

【0034】

このように平均ガス温度を求めることができれば、圧縮開始時のガスの温度を算出することができるため、着火時期を容易に求めることができる。つまり、繰り返し圧縮開始時のガスの温度を求めることができる。

40

【発明の効果】

【0035】

本発明に係る内燃機関の燃焼制御装置は、着火時期を正確に且つ速やかに得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0036】

以下、本発明に係る内燃機関の燃焼制御装置の具体的な実施態様について図面に基づいて説明する。

【実施例1】

【0037】

50

図 1 は、本実施例に係る内燃機関の燃焼制御装置を適用する内燃機関 1 とその吸・排気系の概略構成を示す図である。図 1 に示す内燃機関 1 は、水冷式の 4 サイクル・エンジンである。

【 0 0 3 8 】

内燃機関 1 には、吸気マニホールド 2 および排気マニホールド 3 が接続されている。この吸気マニホールド 2 よりも上流には、吸気の流量に応じた信号を出力するエアフロメータ 4 が設けられている。このエアフロメータ 4 により、内燃機関 1 の吸入空気量が測定される。また、この吸入空気量に基づいて排気量を求めることもできる。また、吸気マニホールド 2 には、圧力を測定する圧力センサ 8 及び温度を測定する温度センサ 9 が取り付けられている。

10

【 0 0 3 9 】

内燃機関 1 は、各気筒 1 2 にピストン 1 3 を備えている。また、内燃機関 1 は、気筒 1 2 内に燃料を噴射する燃料噴射弁 1 1 が取り付けられている。

【 0 0 4 0 】

ピストン 1 3 は、クランク機構を介してクランクシャフト 1 5 と接続されている。クランクシャフト 1 5 の近傍には、クランク角センサ 1 6 が設けられている。クランク角センサ 1 6 は、クランクシャフト 1 5 の回転角度（すなわち、クランク角）を検出するように構成されている。

【 0 0 4 1 】

吸気マニホールド 2 と、気筒 1 2 とは、内燃機関 1 に形成される吸気ポート 1 7 を介して接続されている。吸気ポート 1 7 が気筒 1 2 に接続される箇所には、吸気弁 1 8 が設けられている。一方、排気マニホールド 3 と気筒 1 2 とは、内燃機関 1 に形成される排気ポート 1 9 を介して接続されている。排気ポート 1 9 が気筒 1 2 に接続される箇所には、排気弁 2 0 が設けられている。

20

【 0 0 4 2 】

以上述べたように構成された内燃機関 1 には、該内燃機関 1 を制御するための電子制御ユニットである ECU 1 0 が併設されている。この ECU 1 0 は、内燃機関 1 の運転条件や運転者の要求に応じて内燃機関 1 の運転状態を制御するユニットである。

【 0 0 4 3 】

ECU 1 0 には、各種センサ等が電気配線を介して接続され、該センサ等の出力信号が入力されるようになっている。一方、ECU 1 0 には、燃料噴射弁 1 1 が電気配線を介して接続され、該 ECU 1 0 により燃料噴射弁 1 1 からの燃料噴射量が制御される。

30

【 0 0 4 4 】

そして本実施例では、ピストン 1 3 による気筒 1 2 内のガスの圧縮開始時の該ガスの温度に基づいて着火時期を推定する。ここで、図 2 は、クランクアングルと気筒内の温度と燃料噴射時期及び着火時期との関係を示した図である。なお、燃料噴射時期を四角印で示し、着火時期を丸印で示している。そして、燃料噴射時期と、該燃料噴射時期に対応する着火時期と、を夫々実線で結んでいる。なお、圧縮開始時とは、吸気弁が全閉となった時点としても良い。

【 0 0 4 5 】

40

圧縮行程時には、クランクアングルが増加するに従って気筒 1 2 内の温度が上昇する。そして、あるクランク角度（図 2 では、「着火」で示される角度）に到達すると、気筒 1 2 内の温度が、冷炎の発生する温度（例えば 760 K）となる。この冷炎の発生する温度は、着火可能温度の下限値としても良い。なお、着火可能温度に達した時期を以下、「着火可能時期」と称する。そして、ピストン 1 3 が上死点に到達した後は、該ピストン 1 3 が下降することにより気筒 1 2 内の温度が下降する。

【 0 0 4 6 】

ここで、燃料噴射弁 1 1 から燃料噴射が行なわれたときに、該燃料が拡散して着火可能な空燃比となるまでには、ある程度の時間がかかる。この燃料噴射から着火可能な空燃比となるまでの期間を物理的遅れという。この物理的遅れに相当する期間を図 2 では両端に

50

矢印が付いた実線で示している。つまり、気筒 1 2 内の温度が着火可能温度となっていて、この物理遅れがあるためにすぐには着火しない。なお、本実施例においては物理的遅れが、本発明における所定期間に相当する。

【 0 0 4 7 】

この物理的遅れは、内燃機関 1 の運転状態に応じて変化する。ここで図 3 は、物理的遅れに相当する期間を求めるマップである。横軸は機関回転数で、縦軸は燃料噴射量である。つまり、機関回転数と燃料噴射量（機関負荷としても良い）とに基づいて物理的遅れに相当する期間を求めることができる。

【 0 0 4 8 】

また、物理的遅れを計算によって求めることができる。これは、噴射された燃料が可燃混合気比となるために要する時間として算出する。すなわち以下の式により求めることができる。

10

【 数 1 】

$$\lambda w = \frac{2 \tan \theta}{Lig \cdot c^{0.5}} \cdot \left(\frac{\rho a}{\rho f} \right)^{0.5} \cdot \frac{x}{d} \quad \cdots \text{式 1}$$

$$x = \left(\frac{2c \cdot \Delta P}{\rho a} \right)^{0.25} \cdot \left(\frac{t \cdot d}{\tan \theta} \right)^{0.5} \quad \cdots \text{式 2}$$

$$2\theta = \text{func} \left(\frac{\rho f}{\rho a} \right) \quad \cdots \text{式 3}$$

20

$$Lig = \frac{\text{燃焼ガス分子量}}{\text{燃料分子量}} \quad \cdots \text{式 4}$$

【 0 0 4 9 】

ただし、 λw は混合比、 θ は噴霧角、 t は噴射からの時間、 c は収縮係数、 ρf は燃料密度、 ρa は筒内ガス密度、 x は噴霧到達位置、 Lig は希釈ガス量、 ΔP は有効噴射圧力、 d は噴射径である。式 1, 2, 3 は、和栗らの運動量理論より得ることができる。また、式 4 は、燃料性状（H, C の割合）によって定まる。

30

【 0 0 5 0 】

式 1, 2 を t に対して整理し、 $\lambda w =$ 基準値（例えば 0.5）として解くと以下のようなになる。

【 数 2 】

$$t = \frac{\lambda w^2 \cdot d \cdot c^{0.5} \cdot \tan \theta \cdot Lig^2 \cdot \rho f}{4 \cdot 2^{0.5} \cdot \Delta P^{0.5} \cdot \rho a^{0.5}} \quad \cdots \text{式 5}$$

この式 5 によれば、物理的遅れに相当する期間（つまり、噴射からの時間 t ）を算出することができる。

【 0 0 5 1 】

40

一方、物理的遅れに相当する期間が経過しても、気筒 1 2 内の温度が着火可能温度に到達していなければ、着火は起こらない。つまり、物理的遅れに相当する期間が経過し且つ気筒 1 2 内の温度が着火可能温度となることで初めて着火する。

【 0 0 5 2 】

ここで、燃料噴射時期と着火時期との関係を、次の 3 つに分けて考える。まず 1 つ目は、燃料噴射時期が着火可能時期よりも早く、且つ、燃料噴射時期から着火可能時期までの期間が物理的遅れよりも長い場合である。これは、図 2 の（A）の場合である。2 つ目は、燃料噴射時期が着火可能時期よりも早く、且つ、燃料噴射時期から着火可能時期までの期間が物理的遅れよりも短い場合である。これは、図 2 の（B）の場合である。そして、3 つ目は、燃料噴射時期が着火可能時期よりも遅い場合である。これは図 2 の（C）の場

50

合である。

【 0 0 5 3 】

1 つ目の場合には、燃料噴射時期から物理的遅れ分が経過しても、着火可能温度に達していないため、すぐには着火しない。そして、着火可能時期に到達した時点で着火する。

【 0 0 5 4 】

2 つ目の場合には、燃料噴射時期から物理的遅れに相当する期間が経過する前に着火可能温度に達するが、このときには、物理的遅れに相当する期間が経過していないため、すぐには着火しない。そして、燃料噴射時期から物理的遅れに相当する期間が経過した時点で着火する。

【 0 0 5 5 】

3 つ目の場合には、燃料噴射時期から物理的遅れに相当する期間が経過したときには着火可能温度に達しているため、物理的遅れに相当する期間が経過するのと同時に着火する。

【 0 0 5 6 】

これら 3 つの場合によれば、燃料噴射時期と着火可能時期とに基づいて、着火時期を推定することができる。つまり、燃料噴射時期が着火可能時期よりも早く、且つ、燃料噴射時期から着火可能時期までの期間が物理的遅れよりも長い場合には、着火可能時期が着火時期であると推定することができる。また、燃料噴射時期が着火可能時期よりも早く、且つ、燃料噴射時期から着火可能時期までの期間が物理的遅れよりも短い場合には、燃料噴射時期から物理的遅れに相当する期間が経過したときが着火時期であると推定することができる。さらに、着火可能時期よりも燃料噴射時期が後の場合には、燃料噴射時期から物理的遅れに相当する期間が経過したときが着火時期であると推定することができる。

【 0 0 5 7 】

ここで、燃料噴射時期は、燃料噴射弁 11 を開弁させるために ECU10 から送られる信号の発信時とする。

【 0 0 5 8 】

また、着火可能時期は、気筒 12 内で断熱圧縮が起こっているとして該気筒 12 内の温度を算出し、この温度が着火可能温度となるクランクアングルとして算出することができる。このときに、気筒 12 の壁面やピストン 13 等からの伝熱の影響を考慮して気筒 12 内の温度を算出しても良い。例えば、所定クランクアングル毎に、圧縮による温度上昇と伝熱による温度上昇とを逐次算出していくことで気筒 12 内のガス温度を算出することができる。なお、本実施例では気筒 12 内のガス温度を算出する ECU10 が、本発明におけるガス温度算出手段に相当する。

【 0 0 5 9 】

着火可能時期を算出するときに、圧縮開始時の気筒 12 内の温度が必要となるが、これは、気筒 12 内のガス温度をサイクル毎に算出することで得ることができる。具体的には、サイクル毎に、吸入ガスに熱を与え得る機関部材（吸気マニホールド 2、吸気ポート 17、吸気弁 18、排気弁 20、ピストン 13、気筒 12 等）の壁面温度、及び気筒 12 内の残留ガスの温度を所定の計算モデルを用いて算出し、これらの温度と夫々の熱伝達率に基づいて圧縮開始時の気筒 12 内のガス温度を算出する。

【 0 0 6 0 】

図 4 は、本実施例における着火時期を推定するためのフローを示したフローチャートである。本ルーチンは、ECU10 によりサイクル毎に実行される。

【 0 0 6 1 】

ステップ S101 では、前サイクルの圧縮開始時の気筒 12 内のガス温度が取得される。気筒 12 内のガス温度は ECU10 により繰り返し算出されているため、本ステップでは、ECU10 に記憶されている値が読み込まれる。

【 0 0 6 2 】

ステップ S102 では、気筒 12 内のガス温度が、着火可能温度となるとき気筒 12 内の容積 V が算出される。気筒 12 内では断熱変化が起こっているものとして算出される

10

20

30

40

50

。つまり、 $TV^{(\kappa-1)}$ が一定となることに基づいて算出される。ただし、 T は気筒 12 内のガス温度であり、 κ は比熱比である。

【0063】

ステップ S103 では、ステップ S102 で算出される容積 V となるクランク角度 A が算出される。本ステップでは、着火可能時期を算出している。つまり、気筒 12 内の温度が着火可能温度となる時期が算出される。クランク角度 A と容積 V との関係は予め求めておく。

【0064】

ステップ S104 では、機関回転数及び燃料噴射量が取得される。機関回転数はクランク角センサ 16 により得る。また、燃料噴射量は、ECU10 で算出される値（指令値）を用いる。

10

【0065】

ステップ S105 では、物理的遅れに相当する期間 t が算出される。本ルーチンでは、図 3 に示したマップに基づいて、物理的遅れに相当する期間 t を得る。このマップは予め実験等により求めて ECU10 に記憶させておく。

【0066】

ステップ S106 では、燃料噴射時期が取得される。これは、ECU10 から燃料噴射弁 11 へ送られる信号の発信時として得ることができる。

【0067】

ステップ S107 では、燃料噴射時期に物理的遅れに相当する期間 t を加えた時期が、ステップ S102 で算出される容積 V となるクランク角度 A よりも小さいか否か判定される。燃料噴射時期に物理的遅れに相当する期間 t を加えた時期とは、燃料が燃焼可能なほど拡散している時期である。この時期が、着火可能温度となる時期よりも早いかなど判定している。ステップ S107 で肯定判定がなされた場合にはステップ S108 へ進み、一方否定判定がなされた場合にはステップ S109 へ進む。

20

【0068】

ステップ S108 では、ステップ S102 で算出される容積 V となるクランク角度 A が着火時期であるとされる。つまり、前記 1 つ目の場合（図 2 の（A））に相当する。

【0069】

ステップ S109 では、燃料噴射時期に物理的遅れに相当する期間 t を加えた時期が着火時期であるとされる。つまり、前記 2 つ目の場合（図 2 の（B））または 3 つ目の場合（図 2 の（C））に相当する。

30

【0070】

このようにして、着火時期を求めることができる。また、以下のようにして着火時期を求めることもできる。

【0071】

図 5 は、本実施例における着火時期を推定するための他のフローを示したフローチャートである。本ルーチンは、ECU10 によりサイクル毎に実行される。なお、図 4 に示したフローと同じ処理がなされるステップについては同じ符号を付して説明を省略する。

【0072】

ステップ S201 では、気筒 12 内のガス密度 p_a 及び有効噴射圧力 ΔP が取得される。

40

【0073】

ステップ S202 では、物理的遅れに相当する期間 t が算出される。本ルーチンでは、式 5 に基づいて物理的遅れに相当する期間 t を得る。この式 5 は、ECU10 に記憶させておく。

【0074】

このようにして、着火時期を正確に推定することができる。なお、本実施例では図 4 または 5 に示したフローを実行する ECU10 が、本発明における着火時期判定手段に相当する。

50

【実施例 2】**【0075】**

本実施例では、実施例 1 で推定される着火時期に基づいて燃焼ガス温度を推定する。ハードウエアについては実施例 1 と同じため、説明を省略する。

【0076】

ここで、本実施例では、着火時期が圧縮上死点よりも前か後かによって、燃焼ガス温度の算出方法を変える。つまり、着火時期が圧縮上死点よりも前か後かにより燃焼ガス温度が変わるため、これに合わせて場合分けをしつつ燃焼ガス温度を算出する。

【0077】

ここで、図 6 は、着火時期が圧縮上死点よりも前の場合における気筒内のガス温度の推移と、気筒内の容積の推移とを示した図である。また、図 7 は、着火時期が圧縮上死点よりも後の場合における気筒内のガス温度の推移を示した図である。SOI は燃料噴射時期を示し、IT は着火時期を示し、TDC は圧縮上死点を示している。

【0078】

図 6 及び図 7 において、(0) は、前サイクルの圧縮開始時における気筒 1 2 内の温度を示している。(1) は、燃焼ガス温度の算出開始時における気筒 1 2 内の温度を示している。(2) は、着火直前の気筒 1 2 内の温度を示している。これは、着火時期における燃焼前のガス温度とすることができる。(3) は、着火時期において予混合燃焼のみが行われると仮定したときの気筒 1 2 内の温度を示している。(4) は、着火時期において拡散燃焼のみが行われると仮定したときの気筒 1 2 内の温度を示している。(5) は、着火時期において予混合燃焼と拡散燃焼との両方が行われると仮定したときの気筒 1 2 内の温度を示している。(6) は、圧縮上死点における気筒 1 2 内の温度を示している。(7) は、燃焼ガス温度の算出終了時における気筒 1 2 内の温度を示している。

【0079】

ここで、(5) の予混合燃焼と拡散燃焼との両方が行われると仮定したときの気筒 1 2 内の温度とは、予混合燃焼と拡散燃焼とが所定の比率で起こったときの温度をいう。この予混合燃焼と拡散燃焼とが起こる比率は、内燃機関 1 の設計段階で調節することができる。つまり、本実施例では、予め設定された比率で予混合燃焼と拡散燃焼とが起きると仮定している。なお、本実施例では、予混合燃焼と拡散燃焼とが着火時期に開始され且つ終了されると仮定している。そして、(5) の温度は、(3) の温度と、(4) の温度と、前記所定の比率と、に基づいて算出される。つまり、(5) の温度は、(3) の温度から(4) の温度までの間の温度であり、図 6 及び図 7 において(3) の温度から(4) の温度までの間を前記所定の比率で区切ることにより求めることができる。

【0080】

そして、図 6 において、(1) から(2) までは、断熱圧縮と仮定している。(5) から(6) までも、断熱圧縮と仮定している。(6) から(7) は断熱膨張と仮定している。

【0081】

また、図 7 において、(1) から(2) までは、断熱変化と仮定している。(5) から(7) は断熱膨張と仮定している。

【0082】

このようにして(1) から(7) までの温度を夫々算出し、図 6 では、(1)、(2)、(5)、(6)、(7) を順に繋ぎ、図 7 では、(1)、(2)、(5)、(7) の順に繋ぐ。そして、夫々の点を繋ぐ線の下側部分の面積を算出する。この面積は、気筒 1 2 内のガス温度の積算値と等しい。そして、この面積をその間のクランクアングルで割ることにより、その間の平均温度を算出することができる。

【0083】

仮に、ガスが燃焼してから上死点までの間の圧縮行程時における温度上昇を考慮しないと、図 6 における(5) と(7) とを繋ぐことになるため、(5)、(6)、(7) を夫々繋いでできる三角形の面積の分だけガス温度の積算値が低く算出されてしまう。つまり

10

20

30

40

50

、ガスが燃焼してから上死点までの間の圧縮行程時における温度上昇を考慮することで、ガス温度の積算値をより正確に算出することが可能となる。また、拡散燃焼または予混合燃焼の何れか一方のみが起こっていると仮定しても、ガス温度の積算値を正確に求めることが困難となる。

【 0 0 8 4 】

次に図 8 は、本実施例に係る気筒内ガス温度を算出するためのフローを示したフローチャートである。本ルーチンは ECU 10 によりサイクル毎に実行される。

【 0 0 8 5 】

ステップ S 3 0 1 では、前述の (0) の点における温度 T 0 が取得される。つまり、前サイクルの圧縮開始時のガスの温度 T 0 が取得される。

10

【 0 0 8 6 】

ステップ S 3 0 2 では、前述の (1) の点における温度 T 1 が算出される。(1) の点における温度 T 1 は以下の式により算出される。

【数 3】

$$T1 = T0 \cdot \frac{V0^{(\kappa-1)}}{V1^{(\kappa-1)}}$$

ただし、V 0 は (0) の点における気筒 1 2 内の容積、V 1 は (1) の点における気筒 1 2 内の容積、κ は比熱比である。

20

【 0 0 8 7 】

ステップ S 3 0 3 では、着火時期 I T が取得される。この着火時期は実施例 1 により得ることができる。

【 0 0 8 8 】

ステップ S 3 0 4 では、前述の (2) の点における温度 T 2 が算出される。(2) の点における温度 T 2 は以下の式により算出される。

【数 4】

$$T2 = T0 \cdot \frac{V0^{(\kappa-1)}}{V2^{(\kappa-1)}}$$

30

ただし、V 2 は (2) の点における気筒 1 2 内の容積である。

【 0 0 8 9 】

ステップ S 3 0 5 では、前述の (3) の点における温度 T 3 が算出される。これについては後述する。

【 0 0 9 0 】

ステップ S 3 0 6 では、前述の (4) の点における温度 T 4 が算出される。これについては後述する。

【 0 0 9 1 】

ステップ S 3 0 7 では、前述の (5) の点における温度 T 5 が算出される。(5) の点における温度 T 5 は以下の式により算出される。

40

$$T5 = T3 \times (1 - R) + T4 \times R$$

ただし、R は予混合燃焼と拡散燃焼との比率である。

【 0 0 9 2 】

ステップ S 3 0 8 では、着火時期が上死点よりも小さいか否かが判定される。すなわち、着火時期が上死点よりも前か否かが判定される。本実施例では、図 6 で示す場合であるか否かが判定される。ステップ S 3 0 8 で肯定判定がなされた場合にはステップ S 3 0 9 へ進み、一方否定判定がなされた場合にはステップ S 3 1 0 へ進む。

【 0 0 9 3 】

ステップ S 3 0 9 では、前述の (6) の点における温度 T 6 が算出される。そして (6

50

) の点における温度 T_6 は以下の式により算出される。

【数 5】

$$T_6 = T_5 \cdot \frac{V_5^{(\kappa-1)}}{V_6^{(\kappa-1)}}$$

ただし、 V_5 は (5) の点における気筒 1 2 内の容積であり、 V_6 は (6) の点における気筒 1 2 内の容積である。

【 0 0 9 4 】

ステップ S 3 1 0 では、前述の (7) の点における温度 T_7 が算出される。(7) の点における温度 T_7 は以下の式により算出される。 10

【数 6】

$$T_7 = T_3 \cdot \frac{V_3^{(\kappa-1)}}{V_7^{(\kappa-1)}}$$

ただし、 V_3 は (3) の点における気筒 1 2 内の容積であり、 V_7 は (7) の点における気筒 1 2 内の容積である。

【 0 0 9 5 】

ステップ S 3 1 1 では、積算温度 T_{inte} が算出される。つまり、前述の面積が算出される。積算温度 T_{inte} は以下の式により算出される。 20

$$T_{inte} = (T_1 + T_2) \times (IT - A_1) / 2 + (T_5 + T_6) \times (TDC - IT) / 2 + (T_6 + T_7) \times (A_7 - TDC) / 2$$

ただし、 A_1 は (1) の点におけるクランク角度であり、 A_7 は (7) の点におけるクランク角度である。

【 0 0 9 6 】

ステップ S 3 1 2 では、平均ガス温度 T_f が算出される。つまり、積算温度 T_{inte} を (1) から (7) までのクランクアングルで除することにより平均ガス温度が算出される。つまり、以下の式により平均ガス温度 T_f が算出される。

$$T_f = T_{inte} / (A_7 - A_1)$$

30

【 0 0 9 7 】

この平均ガス温度 T_f を算出すれば、例えば以下の式により吸気弁 1 8 またはピストン 1 3 への伝熱量 Q を算出することができる。

$$Q = A_1 \times \alpha_1 \times (T_f - T_w) + A_2 \times \alpha_2 \times (T_g - T_w)$$

【 0 0 9 8 】

但し、 A_1 は燃焼ガスが接する面積、 A_2 は残留ガスや未燃ガスが接する面積、 α_1 及び α_2 は熱伝達率、 T_g は残留ガスや未燃ガスの温度、 T_w は吸気弁 1 8 またはピストン 1 3 の温度を示している。つまり、燃焼時のガスと、燃焼後または未燃のガスと、に分けて伝熱量 Q を算出している。なお、 A_1 及び A_2 は、燃焼ガスの接触割合を予め実験等により求めておき、該接触割合に従って面積を算出しても良い。このように、平均ガス温度 T_f を代表温度として用いることにより、伝熱量 Q を簡易に求めることができる。このようにして、ピストン 1 3 及び吸気弁 1 8 の他、吸入ガスに熱を与え得る機関部材の壁面温度を算出することができるため、吸入ガスの温度を算出することができる。つまり、圧縮開始時の気筒 1 2 内のガス温度を算出することができる。 40

【 0 0 9 9 】

なお、本実施例では図 8 に示したフローを実行する ECU 1 0 が、本発明における燃焼ガス温度算出手段に相当する。

【 0 1 0 0 】

ここで、前述した (3) の点における温度 T_3 は以下のようにして算出する。

まず燃料のモル数 m_{fuel} (mol) を以下の式により算出する。

50

$$m_{fuel} = (Q \times \rho_f / 1000) / M_{fuel}$$

ただし、 Q は燃料噴射量 (mm^3 / st)、 ρ_f は燃料密度 (g / cm^3)、 M_{fuel} は燃料分子量 (g / mol)である。燃料噴射量 Q には、指令値が用いられる。また、燃料密度 ρ_f 及び燃料分子量 M_{fuel} は、予め実験等により求めておいた値が用いられる。

【0101】

次に、燃料発熱量 Q_{fuel} (J)を以下の式により算出する。

$$Q_{fuel} = M_{fuel} \times Q_F \times 1000$$

ただし、 Q_F は燃料発熱量 (kJ / mol)である。燃料発熱量 Q_F は、予め実験等により求めておいた値が用いられる。

10

【0102】

さらに、完全燃焼に要する気筒12内のガス量 G_{gast} (g)を算出する。これは、ストイキとなるガス量である。

$$G_{gast} = (Q \times \rho_f / 1000) \times THAF$$

ただし、 $THAF$ は量論比 (14.6)である。

【0103】

また、着火時のガス温度上昇量 ΔT_1 (K)を以下の式により算出する。

$$\Delta T_1 = Q_{fuel} / (C_p \times G_{gast})$$

ただし、 C_p は燃焼ガスの定圧比熱 ($\text{J} / \text{g} \cdot \text{K}$)である。燃焼ガスの定圧比熱 C_p は、予め実験等により求めておいた値が用いられる。

20

【0104】

そして、(3)の点における温度 T_3 を以下の式により算出する。

$$T_3 = T_2 + \Delta T_1$$

【0105】

一方、(4)の点における温度 T_4 は以下のようにして算出する。

まず、燃料のモル数 m_{fuel} (mol)及び燃料発熱量 Q_{fuel} (J)を上述のようにして算出する。

【0106】

次に、気筒12内の吸入空気量 G_{cyl} (g / st)を以下の式により算出する。

$$G_{cyl} = TBASE / T_b \times (A \times P_{im} + B) \times (1/2)$$

30

ただし、 $TBASE$ は基準温度定数 (K)、 T_b は吸気マニホールド2内のガス温度 (K)、 P_{im} は吸気圧 (kPa)、 A 及び B は定数である。吸気マニホールド2内のガス温度 T_b は、温度センサ9により得る。また、吸気圧 P_{im} は、圧力センサ8により得る。その他は、予め設定された値が用いられる。

【0107】

また、着火時のガス温度上昇量 ΔT_2 (K)を以下の式により算出する。

$$\Delta T_2 = Q_{fuel} / (C_p \times G_{cyl})$$

【0108】

そして、(4)の点における温度 T_3 を以下の式により算出する。

$$T_4 = T_2 + \Delta T_2$$

40

【0109】

このようにして、簡易的に燃焼ガス温度を算出することができるため、例えばこの燃焼ガス温度に従って吸気弁やピストンへの伝熱量を算出することができる。これにより、着火時期を求めることもできる。また、燃焼ガス温度を簡易的に求めることができるため、ECU10の計算負荷を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0110】

【図1】実施例に係る内燃機関の燃焼制御装置を適用する内燃機関とその吸・排気系の概略構成を示す図である。

【図2】クランクアングルと気筒内の温度と燃料噴射時期及び着火時期との関係を示した

50

図である。

【図 3】物理的遅れに相当する期間を求めるマップである。

【図 4】実施例 1 における着火時期を推定するためのフローを示したフローチャートである。

【図 5】実施例 1 における着火時期を推定するための他のフローを示したフローチャートである。

【図 6】着火時期が圧縮上死点よりも前の場合における気筒内のガス温度の推移と、気筒内の容積の推移とを示した図である。

【図 7】着火時期が圧縮上死点よりも後の場合における気筒内のガス温度の推移を示した図である。

10

【図 8】実施例 2 に係る気筒内ガス温度を算出するためのフローを示したフローチャートである。

【符号の説明】

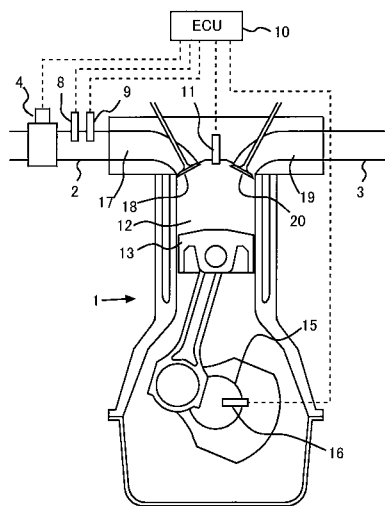
【 0 1 1 1 】

- 1 内 燃 機 関
- 2 吸 気 マ ニ ホ ー ル ド
- 3 排 気 マ ニ ホ ー ル ド
- 4 エ ア フ ロ ー メ ー タ
- 8 圧 力 セ ン サ
- 9 温 度 セ ン サ
- 1 0 E C U
- 1 1 燃 料 噴 射 弁
- 1 2 気 筒
- 1 3 ピ ス ト ン
- 1 5 ク ラ ン ク シ ャ フ ト
- 1 6 ク ラ ン ク 角 セ ン サ
- 1 7 吸 気 ポ ー ト
- 1 8 吸 気 弁
- 1 9 排 気 ポ ー ト
- 2 0 排 気 弁

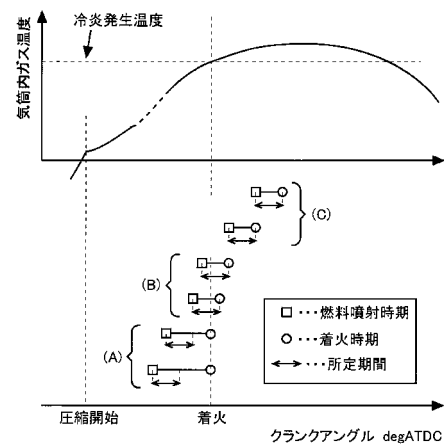
20

30

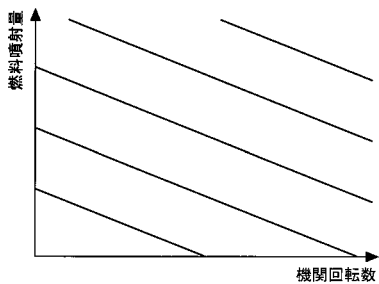
【 図 1 】



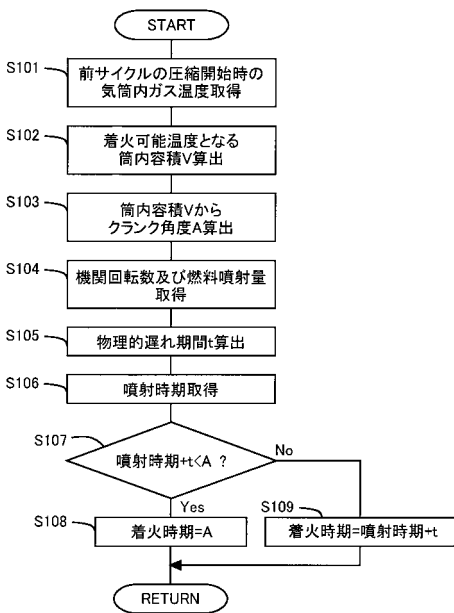
【 図 2 】



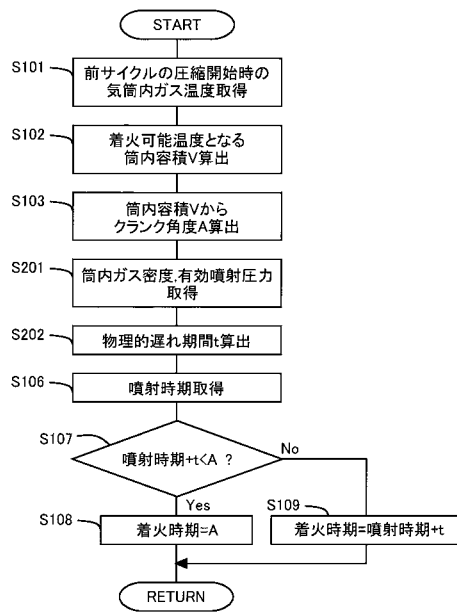
【 図 3 】



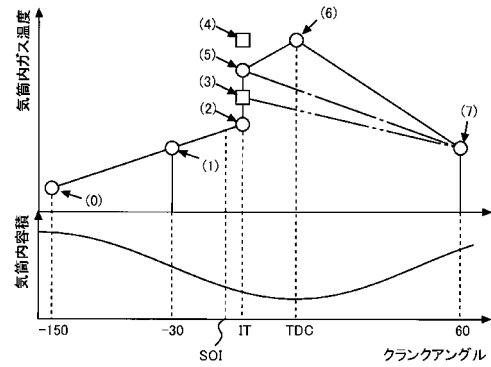
【 図 4 】



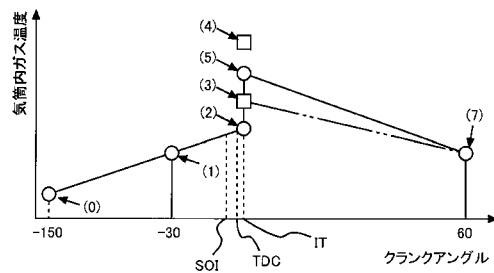
【図5】



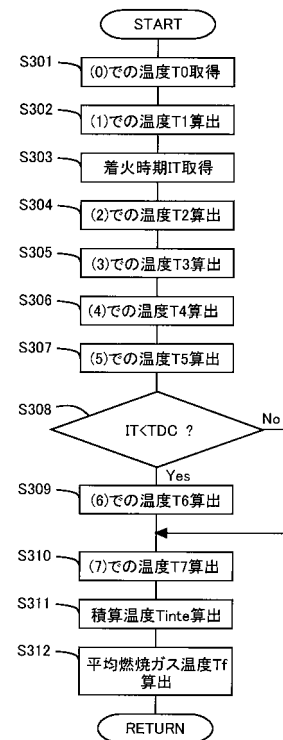
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(74)代理人 100143797

弁理士 宮下 文徳

(72)発明者 伊吹 卓

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 中山 茂樹

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

F ターム(参考) 3G384 AA01 AA02 AA06 BA18 BA29 DA12 DA33 DA38 FA16Z FA30Z