

(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2010-31787

(P2010-31787A)

(43) 公開日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 0 2 D 15/04 (2006.01)	F 0 2 D 15/04 A	3 G 0 9 2
F 0 2 B 75/04 (2006.01)	F 0 2 B 75/04	
	F 0 2 D 15/04 D	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2008-196171 (P2008-196171)	(71) 出願人	000003207
(22) 出願日	平成20年7月30日 (2008.7.30)		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	110000213
			特許業務法人プロスペック特許事務所
		(72) 発明者	金子 聡志
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		Fターム(参考)	3G092 AA12 EA08 EC01 FA06 HC01Z HE01Z HF08Z HF13Z

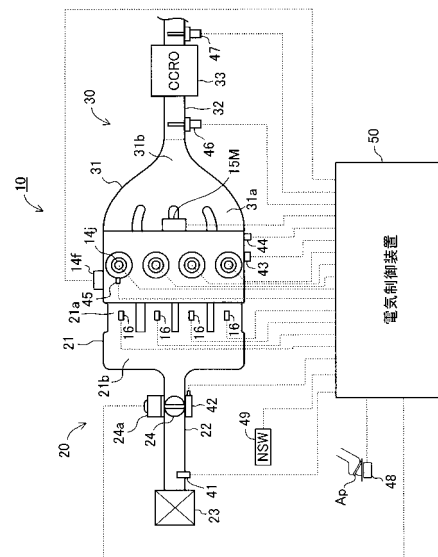
(54) 【発明の名称】 可変圧縮比内燃機関の制御装置

(57) 【要約】

【課題】筒内圧センサにより検出される筒内圧が真の筒内圧と大きく相違した場合であっても、真の機械圧縮比にできるだけ近い値に基づいて機関の制御を行うことが可能な可変圧縮比内燃機関の制御装置を提供すること。

【解決手段】この制御装置は機械圧縮比変更機構を備えた内燃機関10に適用される。制御装置は、筒内圧センサ45により検出された筒内圧に基づいて機械圧縮比を実機械圧縮比として取得する。制御装置は、機械圧縮比変更機構のアクチュエータ15Mに機械圧縮比を変更するための指示信号を送出する。制御装置は、その指示信号に基づいて機械圧縮比を予想機械圧縮比として取得する。制御装置は、「前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差の大きさ」が所定閾値よりも大きいとき、「前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との間の所定機械圧縮比」を機関の制御に用いる機械圧縮比として採用する。

【選択図】図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ピストンが上死点位置にあるときの燃焼室の容積に対する同ピストンが下死点位置にあるときの燃焼室の容積の比である機械圧縮比を指示信号に応じて変更する機械圧縮比変更機構を備えた可変圧縮比内燃機関の制御装置であって、

前記機関の運転状態に応じて目標機械圧縮比を決定するとともに前記機関の機械圧縮比が同決定された目標機械圧縮比に一致するように前記機械圧縮比変更機構に指示信号を送出する指示手段と、

前記燃焼室内の圧力である筒内圧を検出する筒内圧センサと、

前記筒内圧センサにより検出された筒内圧に基づいて前記機関の機械圧縮比を実機械圧縮比として取得する実機械圧縮比取得手段と、

前記機械圧縮比変更機構に送出された指示信号及び同指示信号に基づく前記機械圧縮比変更機構の動作量に係する量の何れか一方に基づいて前記機関の機械圧縮比を予想機械圧縮比として取得する予想機械圧縮比取得手段と、

前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差の大きさが所定閾値よりも小さいとき前記実機械圧縮比を制御用機械圧縮比として取得し、前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差の大きさが前記所定閾値よりも大きいとき前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との間の所定機械圧縮比を制御用機械圧縮比として取得する制御用機械圧縮比取得手段と、

前記制御用機械圧縮比に基づいて前記機関を制御する制御手段と、
を備えた制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の可変圧縮比内燃機関の制御装置において、

前記制御用機械圧縮比取得手段は、

前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差の大きさが前記所定閾値よりも大きい場合であって前記実機械圧縮比が前記予想機械圧縮比よりも大きいとき前記予想機械圧縮比に第一所定値を加えた値を前記制御用機械圧縮比として取得し、

前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差の大きさが前記所定閾値よりも大きい場合であって前記実機械圧縮比が前記予想機械圧縮比よりも小さいとき前記予想機械圧縮比から第二所定値を減じた値を前記制御用機械圧縮比として取得するように構成された制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の可変圧縮比内燃機関の制御装置であって、

前記指示手段は、前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差の大きさが前記所定閾値よりも大きいとき前記目標圧縮比を一時的に微小量だけ変更する異常判定用目標圧縮比設定手段を含み、

更に、

前記異常判定用目標圧縮比設定手段により前記目標圧縮比が一時的に変更されたとき、前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比とに基づいて前記機械圧縮比変更機構の異常の有無を判定する圧縮比変更機構異常判定手段を備えた制御装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、機械圧縮比を変更することができる機械圧縮比変更機構を備える内燃機関（可変圧縮比内燃機関）の制御装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来から、運転状態に応じて機械圧縮比を変更することができる可変圧縮比内燃機関が提案されている。このような可変圧縮比内燃機関は、例えば、以下の何れかの手法等に基づいて機械圧縮比を変更する。

10

20

30

40

50

(1) リンク機構を用いてピストンの移動量(ピストンが下死点位置から上死点位置にまで移動する際の移動距離)を変更させる(例えば、特許文献1を参照。)。

(2) クランクケースに対するシリンダブロックの傾斜角を変更させる。

(3) シリンダブロックをクランクケースに対してシリンダの軸線方向に移動させる(例えば、特許文献2及び特許文献3を参照。)。

(4) ピストンとクランク軸との距離を変更させる(例えば、特許文献4を参照。)。

【0003】

更に、可変圧縮比内燃機関の筒内圧(燃焼室内の圧力)を検出する筒内圧センサを備え、検出された筒内圧に基づいて実際の機械圧縮比(実機械圧縮比) ε_{act} を算出し、その実機械圧縮比 ε_{act} を機関の制御に使用する装置が知られている(例えば、特許文献5を参照。)。

10

【特許文献1】特開2004-239147号公報

【特許文献2】特開2003-206771号公報

【特許文献3】特開2007-303423号公報

【特許文献4】特開平2-163429号公報

【特許文献5】特開2005-48621号公報

【0004】

しかしながら、筒内圧センサの出力特性が変化すること等により、検出される筒内圧が真の筒内圧と大きく相違すると、算出される実機械圧縮比 ε_{act} が真の機械圧縮比とは大きく相違するので、機関の制御が適正に行われない場合が生じる。

20

【発明の開示】

【0005】

本発明の制御装置は、上記課題に対処するために為されたものであり、機械圧縮比変更機構を備えた可変圧縮比内燃機関に適用される。機械圧縮比変更機構は、機械圧縮比を指示信号に応じて変更する。機械圧縮比は、「ピストンが上死点位置にあるときの燃焼室の容積」に対する「ピストンが下死点位置にあるときの燃焼室の容積」の比である。

【0006】

更に、この制御装置は、指示手段と、筒内圧センサと、実機械圧縮比取得手段と、予想機械圧縮比取得手段と、制御用機械圧縮比取得手段と、制御手段と、を備える。

【0007】

30

前記指示手段は、前記機関の運転状態に応じて目標機械圧縮比を決定するとともに前記機関の機械圧縮比が同決定された目標機械圧縮比に一致するように前記機械圧縮比変更機構に指示信号を送出するようになっている。

前記筒内圧センサは、前記燃焼室内の圧力である筒内圧を検出するようになっている。

前記実機械圧縮比取得手段は、前記筒内圧センサにより検出された筒内圧に基づいて前記機関の機械圧縮比を実機械圧縮比として取得するようになっている。

前記予想機械圧縮比取得手段は、前記機械圧縮比変更機構に送出された指示信号及び同指示信号に基づく前記機械圧縮比変更機構の動作量に係する量の何れか一方に基づいて前記機関の機械圧縮比を予想機械圧縮比として取得するようになっている。

前記制御用機械圧縮比取得手段は、所定の機械圧縮比を制御用機械圧縮比として取得するようになっている。

40

前記制御手段は、前記制御用機械圧縮比に基づいて前記機関を制御するようになっている。

【0008】

これによれば、前記機関の機械圧縮比が「前記機関の運転状態に応じて変化する目標機械圧縮比」に一致するように前記機械圧縮比変更機構に指示信号が送出される。一方、筒内圧センサにより検出された筒内圧に基づいて、前記機関の機械圧縮比が「実機械圧縮比」として取得される。他方、「前記機械圧縮比変更機構に送出された指示信号」及び「前記機械圧縮比変更機構に送出された指示信号に基づく機械圧縮比変更機構の動作量に係する量」の少なくとも何れか一方に基づいて、前記機関の機械圧縮比が「予想機械圧縮比

50

」として取得される。「前記機械圧縮比変更機構に送出された指示信号に基づく機械圧縮比変更機構の動作量に係する量」とは、例えば、機械圧縮比変更機構のアクチュエータが電動モータである場合、電動モータの回転量等である。なお、以下において、「前記機械圧縮比変更機構に送出された指示信号」及び「前記機械圧縮比変更機構に送出された指示信号に基づく機械圧縮比変更機構の動作量に係する量」は、「機械圧縮比変更指示量」とも総称される。

【0009】

ところで、筒内圧センサが正常であれば、前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比とは略等しくなる。そこで、上記制御用機械圧縮比取得手段は、「前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差の大きさ」が所定閾値よりも小さいとき「前記実機械圧縮比」を「制御用機械圧縮比」として取得する。

10

【0010】

これに対し、筒内圧センサの特性が変化すること等に起因して、検出される筒内圧が真の筒内圧と大きく相違すると、算出される実機械圧縮比と真の機械圧縮比との差が大きくなる。その結果、前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差も大きくなる。そこで、上記制御用機械圧縮比取得手段は、前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差の大きさが前記所定閾値よりも大きいとき、「前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との間の所定機械圧縮比」を「制御用機械圧縮比」として採用する。「前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との間の所定機械圧縮比」は、一例として、前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との平均値でもよく、前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との荷重平均値であってよく、後述するように、前記予想機械圧縮比に第一所定値（正の値）を加えた値又は前記予想機械圧縮比から第二所定値（正の値）を減じた値であってもよい。

20

【0011】

このように取得される制御用機械圧縮比は、「前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差の大きさが前記所定閾値よりも大きい場合において得られている前記実機械圧縮比」よりも「真の機械圧縮比」に近いと考えられる。そして、前記制御手段は、このように取得された制御用機械圧縮比に基づいて機関の制御を実行する。従って、機関の制御を適正な制御（真の機械圧縮比に対して望まれる制御）に近づけることができる。この結果、例えば、制御用機械圧縮比が真の機械圧縮比に対して過大となることに起因する過度の点火時期遅角による失火の発生、及び、制御用機械圧縮比が真の機械圧縮比に対して過小となることに起因する過度の点火時期進角によるノッキングの発生等を回避することができる。

30

【0012】

この場合、前記制御用機械圧縮比取得手段は、

前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差の大きさが前記所定閾値よりも大きい場合であって前記実機械圧縮比が前記予想機械圧縮比よりも大きいとき前記予想機械圧縮比に第一所定値を加えた値を前記制御用機械圧縮比として取得し、

前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差の大きさが前記所定閾値よりも大きい場合であって前記実機械圧縮比が前記予想機械圧縮比よりも小さいとき前記予想機械圧縮比から第二所定値を減じた値を前記制御用機械圧縮比として取得するように構成され得る。

40

【0013】

上記第一所定値と上記第二所定値は同一であっても、互いに相違していてもよい。更に、上記第一所定値及び上記第二所定値は、上記所定閾値と同一であってもよく相違していてもよい。

【0014】

加えて、

前記指示手段は、前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差の大きさが前記所定閾値よりも大きいとき前記目標圧縮比を一時的に微小量だけ変更する異常判定用目標圧縮比設定手段を含み、

更に、前記制御装置は、

50

前記異常判定用目標圧縮比設定手段により前記目標圧縮比が一時的に変更されたとき、前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比とに基づいて前記機械圧縮比変更機構の異常の有無を判定する圧縮比変更機構異常判定手段を備えていることが好適である。

【0015】

これによれば、前記実機械圧縮比と前記予想機械圧縮比との差の大きさが前記所定閾値よりも大きいとき、目標圧縮比が一時的に変更され、それに伴って、前記機械圧縮比変更機構には機械圧縮比を変更する指示信号が送出される。

【0016】

このとき、機械圧縮比変更機構が故障により作動しないと、機械圧縮比は実際には変更されない。従って、実際の筒内圧は変化しない。その結果、筒内圧センサにより検出される筒内圧も変化せず、その検出された筒内圧に基づいて取得される実機械圧縮比も変化しない。これに対し、機械圧縮比変更指示量は変化するので、機械圧縮比変更指示量に基づいて取得される予想機械圧縮比は変化する。従って、前記実機械圧縮比が実質的に変化せず且つ前記予想機械圧縮比が変化したときには、機械圧縮比変更機構が機械圧縮比を変更できないという故障状態にある可能性が高い。

【0017】

一方、機械圧縮比変更機構は正常であって機械圧縮比が実際に変更された場合において、筒内圧センサにより検出される筒内圧に基づいて取得された実機械圧縮比が、「指示信号の変化によって期待される予想機械圧縮比の変化の方向（例えば、増大方向）」と逆方向（例えば、減少方向）の変化を示した場合、筒内圧センサが故障している可能性が高い。

【0018】

従って、上記構成のように、機械圧縮比変更機構に機械圧縮比を変更する指示信号を一時的に送出し、そのときの実機械圧縮比と予想機械圧縮比との変化の様子を評価すれば、機械圧縮比変更機構の故障であるのか筒内圧センサの故障であるのかを判定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明による可変圧縮比内燃機関の制御装置の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0020】

（構成）

図1は、本発明の実施形態に係る制御装置（以下、単に、「制御装置」とも称呼する。）が適用される可変圧縮比内燃機関10の概略断面図である。

【0021】

この機関10は、多気筒（直列4気筒）・ピストン往復動型・火花点火式・ガソリン内燃機関である。また、この機関10は機械圧縮比を変更するための機械圧縮比変更機構15を備えている。なお、図1は特定の気筒（第1気筒）の断面を示しているが、他の気筒も同様な構成を備えている。

【0022】

機関10は、クランクケース11、オイルパン12、シリンダブロック13及びシリンダヘッド部14を含んでいる。

【0023】

クランクケース11は、クランクシャフト11aを回転可能に支持している。オイルパン12は、クランクケース11の下方（下部）においてクランクケース11に固定されている。オイルパン12は、クランクケース11とともに、クランクシャフト11a及び潤滑油等を収容する空間を形成している。

【0024】

シリンダブロック13は、クランクケース11の上方に配置されている。シリンダブロック13は、中空円筒状のシリンダ（シリンダボア）13aを複数個（4気筒分）備えて

いる。ピストン 13 b は略円筒形であり、シリンダ 13 a に収容されている。ピストン 13 b は、コネクティングロッド 13 c によってクランクシャフト 11 a に連結されている。シリンダブロック 13 は、後述するように、クランクケース 11 に対してシリンダ 13 a の軸線 C C 方向（以下、「上下方向」とも称する。）に移動することにより、機関 10 の機械圧縮比を変更するようになっている。なお、機械圧縮比は、「ピストン 13 b が上死点（圧縮上死点）位置にあるときの燃焼室容積に対するピストン 13 b が下死点（吸気下死点）位置にあるときの燃焼室容積の比」として定義される。

【0025】

シリンダヘッド部 14 は、シリンダブロック 13 の上方に配置され、シリンダブロック 13 に固定されている。シリンダヘッド部 14 には、燃焼室の上面を形成するシリンダヘッド下面 14 a、燃焼室に連通する吸気ポート 14 b、及び、燃焼室に連通する排気ポート 14 c が形成されている。

10

【0026】

更に、シリンダヘッド部 14 は、吸気ポート 14 b を開閉する吸気弁 14 d、吸気弁 14 d を駆動するインテークカムを備えるインテークカムシャフト 14 e、可変吸気タイミング装置 14 f、排気ポート 14 c を開閉する排気弁 14 g、排気弁 14 g を駆動するエキゾーストカムを備えるエキゾーストカムシャフト 14 h、点火プラグ 14 i 及びイグニッションコイルを含むイグナイタ 14 j 等を収容している。イグナイタ 14 j は、後述する電気制御装置からの点火指示信号に応答して燃焼室内に露呈した点火プラグ 14 i の火花発生部に点火用の火花を発生させるようになっている。シリンダヘッド部 14 の上部

20

【0027】

可変吸気タイミング装置 14 f は、例えば、特開 2007-303423 号公報（上記特許文献 3）等に記載されているように周知の装置である。可変吸気タイミング装置 14 f は、図示しない作動油供給制御弁及び図示しない油圧ポンプを備え、これらによって作動油が給排されることにより、インテークカムシャフト 14 e に対するインテークカムの位相を所望の量だけ進角及び遅角させることができる。なお、本例において、吸気弁 14 d が開弁している期間（開弁クランク角度幅）は一定である。従って、可変吸気タイミング装置 14 f により吸気弁開弁時期が所定角度だけ進角又は遅角させられると、吸気弁 14 d の閉弁時期も同所定角度だけ進角又は遅角させられる。

30

【0028】

以下において、可変吸気タイミング装置 14 f により吸気弁開弁時期が最も遅角側にある場合を基準とし、その基準から実際に制御されている吸気弁開弁時期までのクランク角度を吸気弁進角角度 V V T と称する。従って、吸気弁進角角度 V V T は吸気弁閉弁時期である圧縮作用の開始時期に応じた値となる。

【0029】

機関 10 は機械圧縮比を変更するための機械圧縮比変更機構 15 を備えている。この機械圧縮比変更機構 15 は、例えば、特開 2003-206771 号公報（上記特許文献 2）、特開 2007-303423 号公報（上記特許文献 3）、特開 2007-321589 号公報及び特開 2004-218522 号公報等に掲載された機構と同様の周知の機構である。以下、図 1 乃至図 4 を参照しながら簡単に説明する。

40

【0030】

機械圧縮比変更機構 15 は、ケース側軸受形成部 15 a と、ブロック側軸受形成部 15 b と、軸状駆動部 15 c と、を含んでいる。

【0031】

ケース側軸受形成部 15 a は、図 2 に示したように、複数の第 1 軸受形成部 15 a 1 と複数の第 2 軸受形成部 15 a 2 とにより構成される。

【0032】

第 1 軸受形成部 15 a 1 のそれぞれは、クランクケース 11 の左右の縦壁部に形成されている。第 1 軸受形成部 15 a 1 のそれぞれは、半円形の凹部を形成している。互いに隣

50

接する第 1 軸受形成部 15 a 1 の間には、縦壁部を貫通する縦長孔 15 a 3 が形成されている。

【0033】

第 2 軸受形成部 15 a 2 のそれぞれは、第 1 軸受形成部 15 a 1 が形成する半円形の凹部と同径の半円形の凹部を備えている。第 2 軸受形成部 15 a 2 のそれぞれは、第 1 軸受形成部 15 a 1 の半円形の凹部と第 2 軸受形成部 15 a 2 の半円形の凹部とが互いに対向するように、第 1 軸受形成部 15 a 1 のそれぞれにボルトにより固定されるキャップである。

【0034】

複数の第 1 軸受形成部 15 a 1 及び複数の第 2 軸受形成部 15 a 2 は、図 1 に示した円柱状の軸受孔（カム収納孔）H 1 を複数形成する。複数の軸受孔 H 1 の中心軸は一つの直線上に配列される。その軸受孔 H 1 の軸線は、クランクケース 11 の上部にシリンダブロック 13 が配置された状態において、複数のシリンダ 13 a の配列方向に平行な方向に延びる。

10

【0035】

ブロック側軸受形成部 15 b のそれぞれは、図 1 乃至図 3 に示したように、略直方体であり、円柱状の軸受孔 H 2 を備える部材である。ブロック側軸受形成部 15 b は、クランクケース 11 の上部にシリンダブロック 13 が配置された状態において、クランクケース 11 の縦壁部に形成された縦長孔 15 a 3 内に収容される。ブロック側軸受形成部 15 b は、シリンダブロック 13 の左右の側壁部にボルト固定される。このような構成により、軸受孔 H 1 及び軸受孔 H 2 は、シリンダ 13 a の配列方向に沿って交互に配列される。

20

【0036】

縦長孔 15 a 3 のシリンダ軸線 C C 方向の長さは、ブロック側軸受形成部 15 b のシリンダ軸線 C C 方向の長さより長く設定されている。これにより、ブロック側軸受形成部 15 b は、シリンダブロック 13 と一体的となってクランクケース 11 に対してシリンダ軸線 C C 方向に移動可能となっている。

【0037】

総てのブロック側軸受形成部 15 b がシリンダブロック 13 に固定されたとき、ブロック側軸受形成部 15 b のそれぞれが備える軸受孔 H 2 の中心軸は一つの直線上に配列される。その軸受孔 H 2 の軸線は、複数のシリンダ 13 a の配列方向に平行な方向に延びている。シリンダブロック 13 の左の側壁部に形成される軸受孔 H 2 の軸線とシリンダブロック 13 の右の側壁部に形成される軸受孔 H 2 の軸線との距離は、クランクケース 11 の左側に形成される軸受孔 H 1 の軸線とクランクケース 11 の右側に形成される軸受孔 H 1 の軸線との距離と同一である。

30

【0038】

一方、軸状駆動部 15 c は、軸受孔 H 1 及び軸受孔 H 2 に挿通される。軸状駆動部 15 c は、図 2 及び軸状駆動部 15 c の断面図である図 4 に示したように、小径の軸部 15 c 1 と、固定円筒部 15 c 2 と、回転円筒部 15 c 3 と、を備えている。

【0039】

固定円筒部 15 c 2 は、軸部 15 c 1 の中心軸に対して偏心した状態にて軸部 15 c 1 に固定されている。固定円筒部 15 c 2 は、軸部 15 c 1 よりも大径であって且つ軸受孔 H 1 と同一径の正円形のカムプロファイルを備えた円筒状部材である。固定円筒部 15 c 2 は、クランクケース 11 のケース側軸受形成部 15 a に設けられた軸受孔 H 1 に収容される。固定円筒部 15 c 2 は、その中心軸回りに軸受孔 H 1 の壁面に当接しながら回転する。

40

【0040】

回転円筒部 15 c 3 は、軸部 15 c 1 の中心軸に対して偏心した状態で軸部 15 c 1 に回転可能に取り付けられている。回転円筒部 15 c 3 は、軸部 15 c 1 及び固定円筒部 15 c 2 よりも大径であって軸受孔 H 2 と同一径の正円形のカムプロファイルを備えた円筒状部材である。回転円筒部 15 c 3 は、シリンダブロック 13 に固定されたブロック側軸

50

受形成部 15b に設けられた軸受孔 H2 に収容される。回転円筒部 15c3 は、軸受孔 H2 の壁面に当接しながら回転する。なお、左右一对の軸状駆動部 15c、左右の軸受孔 H1 及び左右の軸受孔 H2 は、複数のシリンダ軸線 CC を通る平面に関して互いに鏡像の関係を有している。

【0041】

更に、軸状駆動部 15c のそれぞれは、図 2 に示したように、その軸線方向中央位置近傍にギア 15c4 を備えている。ギア 15c4 は、軸部 15c1 の中心軸に対して偏心し、且つ、固定円筒部 15c2 (従って、軸受孔 H1) と同軸となるように軸部 15c1 に固定されている。即ち、ギア 15c4 の回転中心軸は固定円筒部 15c2 の中心軸と一致している。一对のギア 15c4 のそれぞれには、図示しない一对のウォームギアのそれぞれが噛合している。そのウォームギアはクランクケース 11 に固定された図示しない単一のモータ (図 5 に示したモータ 15M を参照。) の出力軸に取り付けられている。一对のウォームギアは、互いに逆方向に回転する螺旋溝を有している。従って、一对の軸状駆動部 15c は、モータを回転させたとき、各固定円筒部 15c2 の中心軸周りに互いに逆方向に回転するようになっている。

【0042】

図 4 は、クランクケース 11 及びシリンダブロック 13 の前面 Pf 側からみて右側に位置する軸状駆動部 15c の動きを概念的に示した図である。例えば、図 4 の (A) に示したように、固定円筒部 15c2 の中心 c2、軸部 15c1 の中心 c1 及び回転円筒部 15c3 の中心 c3 が、この順に同一直線上に位置している場合、クランクケース 11 (軸受孔 H1 の中心) とシリンダブロック 13 (軸受孔 H2 の中心) との距離 D は距離 D1 となって、最大の距離となる。従って、ピストン 13b が上死点位置にあるときの燃焼室の容積は大きくなる。この結果、内燃機関 10 の機械圧縮比は低く (小さく) なる。

【0043】

図 4 の (A) に示した状態からモータが駆動されることにより固定円筒部 15c2 及び軸部 15c1 が固定円筒部 15c2 の中心軸周りに回転すると、図 4 の (B) に示した状態となる。このとき、前記距離 D は距離 D2 となる。更に、図 4 の (B) に示した状態からモータが同一回転方向に駆動されることにより固定円筒部 15c2 及び軸部 15c1 が固定円筒部 15c2 の中心軸周りに回転すると、図 4 の (C) に示した状態となる。このとき、前記距離 D は距離 D3 となる。距離 D3 は距離 D2 より小さく、距離 D2 は距離 D1 より小さい。従って、図 4 の (B) に示した状態にあるときの機械圧縮比は図 4 の (A) に示した状態にあるときの機械圧縮比よりも高く (大きく) なる。図 4 の (C) に示した状態にあるときの機械圧縮比は図 4 の (B) に示した状態にあるときの機械圧縮比よりも高く (大きく) なる。

【0044】

このような構造を備える機械圧縮比変更機構 15 は、後述する電気制御装置からの機械圧縮比変更用アクチュエータ (例えば、ステッパモータ等の電動モータ 15M) への指示信号 (駆動信号) Dr に応じて、シリンダブロック 13 とクランクケース 11 との距離を変更し、機関 10 の機械圧縮比を変更するようになっている。

【0045】

機関 10 は、図 1 に示したように、燃料噴射弁 (インジェクタ) 16 を備えている。燃料噴射弁 16 は、インテークマニホールド 21 の枝部に固定されている。燃料噴射弁 16 は燃料噴射指示信号に应答して、その噴射指示信号に含まれる指示噴射量の燃料を吸気ポート 14b 内に噴射するようになっている。図 5 に示したように、燃料噴射弁 16 は各気筒毎に設けられている。

【0046】

機関 10 は、図 5 に示したように、燃焼室にガソリン混合気を供給するための吸気系統 20 と、燃焼室からの排気ガスを外部に放出するための排気系統 30 と、を含んでいる。

【0047】

吸気系統 20 は、前述したインテークマニホールド 21、吸気管 (吸気ダクト) 22、

10

20

30

40

50

エアフィルタ 2 3、スロットル弁 2 4 及びスロットル弁アクチュエータ 2 4 a を備えている。

【 0 0 4 8 】

インテークマニホールド 2 1 は、複数の枝部 2 1 a とサージタンク 2 1 b とからなっている。各枝部 2 1 a の一端は各吸気ポート 1 4 b に接続され、各枝部 2 1 a の他端はサージタンク 2 1 b に接続されている。吸気管 2 2 はサージタンク 2 1 b に接続されている。インテークマニホールド 2 1 及び吸気管 2 2 は、各吸気ポート 1 4 b とともに吸気通路を構成している。エアフィルタ 2 3 は吸気管 2 2 の端部に設けられている。スロットル弁 2 4 は吸気管 2 2 に回動可能に設けられ、回動することにより吸気管 2 2 が形成する吸気通路の開口断面積を変更するようになっている。スロットル弁アクチュエータ（スロットル弁駆動手段）2 4 a は、DC モータからなり、電気制御装置 5 0 からの指示信号に応答してスロットル弁 2 4 を回転駆動するようになっている。

10

【 0 0 4 9 】

排気系統 3 0 は、エキゾーストマニホールド 3 1、エキゾーストパイプ（排気管）3 2 及び触媒（三元触媒）3 3 を備えている。

【 0 0 5 0 】

エキゾーストマニホールド 3 1 は、各排気ポート 1 4 c に接続された複数の枝部 3 1 a と、それらの枝部 3 1 a が集合した集合部 3 1 b と、を備えている。エキゾーストパイプ 3 2 は、エキゾーストマニホールド 3 1 の集合部 3 1 b に接続されている。エキゾーストマニホールド 3 1 及びエキゾーストパイプ 3 2 は、各排気ポート 1 4 c とともに排気経路を構成している。なお、本明細書において、エキゾーストマニホールド 3 1 の集合部 3 1 b とエキゾーストパイプ 3 2 とが形成する排ガスを通過させるための経路を、便宜上「排気通路」とも称呼する。

20

【 0 0 5 1 】

更に、制御装置は、図 5 に示したように、熱線式エアフローメータ 4 1、スロットルポジションセンサ 4 2、機関回転速度センサ 4 3、ストロークセンサ 4 4、筒内圧センサ 4 5、上流側空燃比センサ 4 6、下流側空燃比センサ 4 7、アクセル開度センサ 4 8 及びニュートラル・スイッチ 4 9 を備えている。

【 0 0 5 2 】

エアフローメータ 4 1 は、吸気管 2 2 内を流れる吸入空気の流れを検出し、その質量流量（機関 1 0 の単位時間あたりの吸入空気量）G a を表す信号を出力するようになっている。

30

スロットルポジションセンサ 4 2 は、スロットル弁 2 4 の開度を検出し、スロットル弁開度 T A を表す信号を出力するようになっている。

【 0 0 5 3 】

機関回転速度センサ 4 3 は、インテークカムシャフトが 5 ° 回転する毎に幅狭のパルスを有するとともにインテークカムシャフトが 3 6 0 ° 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。機関回転速度センサ 4 3 から出力される信号は電気制御装置 5 0 により機関回転速度 N E を表す信号に変換されるようになっている。更に、電気制御装置 5 0 は、機関回転速度センサ 4 3 及び図示しないカムポジションセンサからの信号に基いて、機関 1 0 のクランク角度（絶対クランク角）を取得するようになっている。

40

【 0 0 5 4 】

ストロークセンサ 4 4 は、クランクケース 1 1（例えば、クランクケース 1 1 の上端）とシリンダブロック 1 3（例えば、シリンダブロック 1 3 の下端）との距離を計測し、その距離 S T を表す信号を出力するようになっている。電気制御装置 5 0 は、距離 S T に基づいて機関 1 0 の機械圧縮比を推定することができる。

筒内圧センサ 4 5 は、燃焼室内の圧力（筒内圧）を検出し、その圧力 P を表す信号を出力するようになっている。

【 0 0 5 5 】

50

上流側空燃比センサ４６は、エキゾーストマニホールド３１の集合部３１ｂと触媒３３との間の位置においてエキゾーストマニホールド３１及びエキゾーストパイプ３２の何れか（即ち、排気通路）に配設されている。

下流側空燃比センサ４７は、触媒３３の下流においてエキゾーストパイプ３２（主通路部）に配設されている。

上流側空燃比センサ４６及び下流側空燃比センサ４７は、上流側空燃比センサ４６及び下流側空燃比センサ４７がそれぞれ配設された排気通路内の部位を流れる排ガス（被検出ガス）の空燃比に応じた出力値をそれぞれ出力するようになっている。

【００５６】

アクセル開度センサ４８は、運転者によって操作されるアクセルペダルＡｐの操作量を検出し、アクセルペダルＡｐの操作量Accpを表す信号を出力するようになっている。

ニュートラル・スイッチ４９は、機関１０が搭載された車両の変速機のシフト位置がニュートラル位置であるときにオン信号（Hi信号）を発生し、ニュートラル位置以外の位置であるときオフ信号（Lo信号）を発生するようになっている。

【００５７】

電気制御装置５０は、ＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ、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ＲＡＭ、並びに、ＡＤコンバータを含むインターフェース等からなる周知のマイクロコンピュータである。

【００５８】

電気制御装置５０のインターフェースは、前記センサ類４１～４９等と接続され、ＣＰＵにセンサ類４１～４９等からの信号を供給するようになっている。更に、電気制御装置５０のインターフェースは、ＣＰＵの指示に応じて、可变吸気タイミング装置１４ｆ、各気筒のイグニタ１４ｊ、各気筒の燃料噴射弁１６、スロットル弁アクチュエータ２４ａ及び機械圧縮比変更機構１５のアクチュエータ１５Ｍ等に指示信号及び／又は駆動信号等を送出するようになっている。

【００５９】

（作動）

次に、上記のように構成された制御装置の作動について説明する。電気制御装置５０のＣＰＵは、図６に示した圧縮比制御ルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、ＣＰＵはステップ６００から処理を開始してステップ６１０に進み、判定実施フラグ（異常判定実施フラグ）XCKの値が「０」であるか否かを判定する。

【００６０】

この判定実施フラグXCKは、その値が「１」であるとき後述する異常判定のための制御を実行すべきであることを示し、その値が「０」であるとき異常判定のための制御を実行する必要がないことを示す。なお、判定実施フラグXCKの値は、機関１０が搭載された車両の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。

【００６１】

いま、機関１０が始動された直後であり、且つ、筒内圧センサ４５及び機械圧縮比変更機構１５（アクチュエータ１５Ｍ）の何れもが正常に作動していると仮定する。この場合、判定実施フラグXCKの値はイニシャルルーチンにおいて「０」に設定されている。従って、ＣＰＵはステップ６１０にて「Yes」と判定し、ステップ６２０に進む。ＣＰＵはステップ６２０にて「負荷KL及び機関回転速度NEと、目標機械圧縮比 ε_{tgt} と、の関係」を予め定めた目標機械圧縮比テーブルMap ε_{tgt} (KL, NE)に、現時点の負荷KL及び現時点の機関回転速度NEを適用することにより、現時点の目標機械圧縮比 ε_{tgt} を決定する。なお、ＣＰＵは負荷KLとしてアクセルペダル操作量Accpを採用する。

【００６２】

次に、ＣＰＵはステップ６３０に進み、現実の機械圧縮比が目標機械圧縮比 ε_{tgt} に一

10

20

30

40

50

致するように機械圧縮比変更用アクチュエータ 15 M に指示信号 D_r を送出する。より具体的に述べると、CPU は目標機械圧縮比 ε_{tgt} と指示信号 D_r との関係を表す関数 g を予め記憶している。従って、CPU は目標機械圧縮比 ε_{tgt} と関数 g とに基づいて指示信号 $D_r (= g(\varepsilon_{tgt}))$ を決定し、その指示信号 D_r をアクチュエータ 15 M に送出する。その後、CPU はステップ 695 に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0063】

更に、CPU は図 7 に示した圧縮比計算ルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、CPU はステップ 700 から処理を開始してステップ 710 に進み、筒内圧センサ 45 によって検出された筒内圧 P に基づいて実機械圧縮比 ε_{act} を計算する。実機械圧縮比 ε_{act} は、以下に述べる原理に従って計算される。

10

【0064】

いま、図 8 の (A) に示したように、吸気弁 14 d が閉弁したとき (クランク角が圧縮上死点前 INC であるとき) の筒内圧が P_{inc} 、圧縮上死点よりも前であって圧縮上死点前 INC よりも後の所定の時点 (クランク角が圧縮上死点前 a であるとき) の筒内圧が P_a であるとする。更に、図 8 の (B) に示したように、吸気弁 14 d が閉弁したときから圧縮上死点までのピストン 13 b の行程容積 (ピストン 13 b が移動する空間の体積) が V_{inc}^* 、クランク角が圧縮上死点前 a であるときから圧縮上死点までのピストン 13 b の行程容積が V_a^* 、圧縮上死点 $TD C$ における燃焼室容積が V_c であるとする。なお、図 8 の (C) は圧縮上死点前 INC 及び圧縮上死点前 a を圧縮上死点 $TD C$ 及び吸気下死点 $BD C$ に対して模式的に表した図である。

20

【0065】

このとき、吸気弁 14 d が閉弁したときの燃焼室容積 V_{inc} 及びクランク角が圧縮上死点前 a であるときの燃焼室容積 V_a は、それぞれ下記の (1) 式及び (2) 式により求められる。

【数 1】

$$V_{inc} = V_c + V_{inc}^* \cdots (1)$$

【数 2】

$$V_a = V_c + V_a^* \cdots (2)$$

30

【0066】

よく知られるように、吸気弁 14 d が閉弁して燃焼室内のガスが圧縮され始めてからの圧縮行程は断熱圧縮過程であると考えることができるから、 $P \cdot V^\kappa$ (P は筒内圧、 V は燃焼室容積、 κ はガスの比熱比) は圧縮行程中一定である。従って、下記 (3) 式が成立する。

【数 3】

$$P_{inc} \cdot V_{inc}^\kappa = P_a \cdot V_a^\kappa \cdots (3)$$

【0067】

(1) 式乃至 (3) 式から下記の (4) 式が得られる。

40

【数 4】

$$P_{inc} \cdot (V_c + V_{inc}^*)^\kappa = P_a \cdot (V_c + V_a^*)^\kappa \cdots (4)$$

【0068】

この (4) 式を変形すると (5) 式が得られ、(5) 式を変形すると (6) 式が得られる。CPU は、この (6) 式に従って、圧縮上死点における燃焼室容積 V_c を、筒内圧 (P_a 、 P_{inc}) と燃焼室容積 (V_a^* 、 V_{inc}^*) とに基づいて取得する。なお、筒内圧 P_a 及び P_{inc} は筒内圧センサ 45 の出力に基づいて取得される。燃焼室容積 V_a^* 及び V_{inc}^* は既知である。

50

【数 5】

$$\frac{V_c + V_{inc}^*}{V_c + V_a^*} = \left(\frac{P_a}{P_{inc}} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \quad \dots (5)$$

【数 6】

$$V_c = \frac{\left(\frac{P_a}{P_{inc}} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \cdot V_a^* - V_{inc}^*}{1 - \left(\frac{P_a}{P_{inc}} \right)^{\frac{1}{\kappa}}} \quad \dots (6)$$

10

【0069】

一方、下記の(7)式は機械圧縮比の定義式である。(7)式において V_d^* は、吸気下死点BDCから圧縮上死点TDCまでのピストン13bの行程容積である。この V_d^* も既知である。

【数 7】

$$\varepsilon_{act} = \frac{V_c + V_d^*}{V_c} \quad \dots (7)$$

20

【0070】

そこで、CPUは(6)式により求めた燃焼室容積 V_c と既知である行程容積 V_d^* とを(7)式に代入することにより、実機械圧縮比 ε_{act} を算出する。

【0071】

次に、CPUは図7のステップ720に進み、機械圧縮比変更用アクチュエータ15Mに送出されている指示信号(指令値) D_r と関数 f とに基づいて「予想機械圧縮比 ε_{est} 」を取得する($\varepsilon_{est} = f(D_r)$)。関数 f は上記関数 g の逆関数である。即ち、予想機械圧縮比 ε_{est} は、機械圧縮比変更指示量である指示信号 D_r から推定される機械圧縮比である。その後、CPUはステップ795に進み、本ルーチンを一旦終了する。

30

【0072】

更に、CPUは図9に示した圧縮比ガード処理ルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、CPUはステップ900から処理を開始してステップ905に進み、「図7のステップ710にて取得されている実機械圧縮比 ε_{act} 」から「図7のステップ720にて取得されている予想機械圧縮比 ε_{est} 」を減じた値が所定の閾値 A_{th} よりも大きいかな否かを判定する。閾値 A_{th} は正の値である。

【0073】

前述の仮定に従うと、筒内圧センサ45及び機械圧縮比変更機構15(アクチュエータ15M)の何れもが正常に作動している。この場合、実機械圧縮比 ε_{act} と予想機械圧縮比 ε_{est} とは略一致する。即ち、実機械圧縮比 ε_{act} から予想機械圧縮比 ε_{est} を減じた値は閾値 A_{th} 以下である。従って、CPUはステップ905にて「No」と判定してステップ910に進み、予想機械圧縮比 ε_{est} から実機械圧縮比 ε_{act} を減じた値が閾値 A_{th} よりも大きいかな否かを判定する。

40

【0074】

前述の仮定に従えば、予想機械圧縮比 ε_{est} から実機械圧縮比 ε_{act} を減じた値も閾値 A_{th} 以下である。従って、CPUはステップ910にて「No」と判定してステップ915に進み、制御用機械圧縮比 ε_{cont} に実機械圧縮比 ε_{act} を格納する。即ち、CPUは、実機械圧縮比 ε_{act} を制御用機械圧縮比 ε_{cont} として採用する。

【0075】

次に、CPUはステップ920に進み、仮異常フラグ X_{kari} の値を「0」に設定する。

50

この仮異常フラグ X kari は、その値が「 1 」であるとき「筒内圧センサ 4 5 及び機械圧縮比変更機構 1 5 のアクチュエータ 1 5 M の何れか」に何らかの異常が発生していることを示す。仮異常フラグ X kari は、その値が「 0 」であるとき、それらの何れにも異常が発生していないことを示す。なお、仮異常フラグ X kari の値は、前述した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。その後、C P U はステップ 9 9 5 に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【 0 0 7 6 】

加えて、C P U は図 1 0 に示した異常判定開始ルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、C P U はステップ 1 0 0 0 から処理を開始してステップ 1 0 1 0 に進み、仮異常フラグ X kari の値が「 1 」であるか否かを判定する。現時点において仮異常フラグ X kari の値は先のステップ 9 2 0 にて「 0 」に設定されている。従って、C P U はステップ 1 0 1 0 にて「 N o 」と判定し、ステップ 1 0 9 5 に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【 0 0 7 7 】

更に、C P U は図 1 1 に示した異常判定実行ルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、C P U はステップ 1 1 0 0 から処理を開始してステップ 1 1 1 0 に進み、現時点が「判定実施フラグ X C K の値が「 0 」から「 1 」に変化した時点から所定時間が経過したタイミング」であるか否かを判定する。この所定時間は、目標機械圧縮比 ε_{tgt} が微小量 $\Delta \varepsilon$ だけ増大された後に現実の機械圧縮比がその増大された目標機械圧縮比 ε_{tgt} に一致するのに必要な時間以上の時間に設定されている。現時点において、図 1 0 のステップ 1 0 6 0 の処理は実行されていないので、判定実施フラグ X C K の値は「 0 」に維持されている。従って、C P U はステップ 1 1 1 0 にて「 N o 」と判定し、ステップ 1 1 9 5 に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

【 0 0 7 8 】

更に、C P U は図 1 2 に示した機関制御ルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、C P U はステップ 1 2 0 0 から処理を開始してステップ 1 2 1 0 に進み、排ガス温度 Tgas を推定する。具体的に述べると、C P U は、負荷 K L (アクセルペダル操作量 Accp) と制御用機械圧縮比 ε_{cont} と排ガス温度 Tgas との関係の規定するテーブルに、実際の負荷 K L と現時点における制御用機械圧縮比 ε_{cont} とを適用することにより、現時点の排ガス温度 Tgas を推定する。このテーブルによれば、負荷 K L が大きいほど排ガス温度 Tgas は高くなるように求められる。更に、このテーブルによれば、制御用機械圧縮比 ε_{cont} が高くなるほど排ガス温度 Tgas は低くなるように求められる。

【 0 0 7 9 】

次に、C P U はステップ 1 2 2 0 に進み、下記 (8) 式に従って触媒 3 3 の温度 (触媒温、触媒床温) TempCCRO を更新・決定する。(8) 式において γ は 0 より大きく 1 より小さい所定の定数、TempCCRO (k) は更新される前の触媒温 TempCCRO、TempCCRO (k + 1) は更新後の触媒温 TempCCRO である。

【 数 8 】

$$\text{TempCCRO}(k+1) = \gamma \cdot \text{TempCCRO}(k) + (1 - \gamma) \cdot T_{\text{gas}} \quad \cdots (8)$$

【 0 0 8 0 】

次に、C P U はステップ 1 2 3 0 に進んで触媒過熱防止増量値 KOTP を決定する。具体的に述べると、C P U は、触媒温 TempCCRO と触媒過熱防止増量値 KOTP との関係の規定するテーブルに、上記ステップ 1 2 2 0 にて推定された触媒温 TempCCRO を適用することにより、現時点の触媒過熱防止増量値 KOTP を決定する。このテーブルによれば、推定された触媒温 TempCCRO が閾値温度 (高温限界温度) Tth 以下の領域において、触媒過熱防止増量値 KOTP は 1 . 0 に設定される。更に、このテーブルによれば、推定された触媒温 TempCCRO が閾値温度 Tth より大きい領域において、触媒過熱防止増量値 KOTP は推定された触媒温 TempCCRO が高いほど 1 . 0 より大きい値をとりながら大きくなるように設定される。

【 0 0 8 1 】

次に、CPUはステップ1240に進み、下記(9)式に従って燃料噴射量 F_i を決定する。(9)式において、 M_c は吸気行程を迎える気筒(燃料噴射気筒)に吸入される吸入空気量(筒内吸入空気量)である。筒内吸入空気量 M_c は、エアフローメータ41により計測された吸入空気量 G_a と、機関回転速度センサ43からの出力信号により得られる機関回転速度 N_E と、テーブルMap $M_c(G_a, N_E)$ と、に基づいて算出される。 $stoich$ は理論空燃比(例えば、14.6)である。

【数9】

$$F_i = (M_c / stoich) \cdot KOTP \quad \cdots(9)$$

10

【 0 0 8 2 】

この結果、機関10に供給される混合気の空燃比は、推定された触媒温TempCCROが閾値温度 T_{th} 以下の領域において理論空燃比に一致させられる。更に、機関10に供給される燃料の量は、推定された触媒温TempCCROが閾値温度 T_{th} より大きい領域において触媒温TempCCROが高いほど大きくなる。換言すると、機関10に供給される混合気の空燃比は、推定された触媒温TempCCROが閾値温度 T_{th} より大きい領域において触媒温TempCCROが高いほど理論空燃比に対してよりリッチ側の空燃比に制御される。

【 0 0 8 3 】

次に、CPUはステップ1250に進み、点火時期 A_{ig} を決定する。具体的には、CPUは、筒内吸入空気量 M_c 、機関回転速度 N_E 及び制御用機械圧縮比 ϵ_{cont} と、点火時期 A_{ig} と、の関係を規定する点火時期テーブルMap $A_{ig}(M_c, N_E, \epsilon_{cont})$ に、実際の筒内吸入空気量 M_c 、実際の機関回転速度 N_E 及び現時点における制御用機械圧縮比 ϵ_{cont} を適用することにより、点火時期 A_{ig} を決定する。その後、CPUはステップ1295に進み、本ルーチンを一旦終了する。

20

【 0 0 8 4 】

そして、CPUは図示しないクランク角同期ルーチンにおいて、燃料噴射気筒のクランク角が所定クランク角に達したときに燃料噴射量 F_i の燃料をその燃料噴射気筒に対して備えられている燃料噴射弁16から噴射する。更に、CPUは、燃料噴射気筒のクランク角が点火時期 A_{ig} に一致したとき、その燃料噴射気筒の点火プラグ14iから火花を発生させる。このように、CPUは制御用機械圧縮比 ϵ_{cont} を、燃料噴射量制御及び点火時期制御等の機関の制御に使用する。

30

【 0 0 8 5 】

その後、何らかの理由により、「筒内圧センサ45が検出する筒内圧 P に基づいて取得される実機械圧縮比 ϵ_{act} 」から「指示信号 D_r に基づいて取得される予想機械圧縮比 ϵ_{est} 」を減じた値($\epsilon_{act} - \epsilon_{est}$)が、所定の閾値 A_{th} よりも大きくなったと仮定する。

【 0 0 8 6 】

この場合においても、CPUは図7に示したルーチンを実行することにより、筒内圧センサ45によって検出された筒内圧 P に基づいて実機械圧縮比 ϵ_{act} を取得し、且つ、機械圧縮比変更指示量である指示信号 D_r に基づいて予想機械圧縮比 ϵ_{est} を取得する。

【 0 0 8 7 】

更に、この場合、CPUは図9のステップ900に続くステップ905に進んだとき、そのステップ905において「Yes」と判定してステップ925に進み、制御用機械圧縮比 ϵ_{cont} に「予想機械圧縮比 ϵ_{est} に第一所定値としての値 A_{th} を加えた値($\epsilon_{est} + A_{th}$)」を格納する。即ち、CPUは、値($\epsilon_{est} + A_{th}$)を制御用機械圧縮比 ϵ_{cont} として採用する。この結果、図12に示したルーチンが実行されることにより、燃料噴射量及び点火時期は制御用機械圧縮比 ϵ_{cont} である値($\epsilon_{est} + A_{th}$)に基づいて変更される。

40

【 0 0 8 8 】

次に、CPUは図9のステップ930に進んで仮異常フラグ X_{kari} の値を「1」に設定し、ステップ995に進んで本ルーチンを一旦終了する。

50

【 0 0 8 9 】

この状態において、CPUが図10に示したルーチンの処理をステップ1000から開始すると、CPUはステップ1010にて「Yes」と判定し、ステップ1020にて車両の運転状態が「ニュートラル状態であるか否か（ニュートラル・スイッチ49からの信号がオン信号であるか否か）」を判定する。即ち、CPUはステップ1020にて、現在の車両の運転状態が、機関10の運転状態の変更が車両の走行に影響を及ぼさない運転状態であるか否かを判定する。

【 0 0 9 0 】

このとき、車両の運転状態がニュートラル状態でなければ、CPUはステップ1020にて「No」と判定し、ステップ1095に進んで本ルーチンを一旦終了する。これに対し、車両の運転状態がニュートラル状態であると、CPUはステップ1020にて「Yes」と判定してステップ1030に進み、判定実施フラグXCKの値が「0」であるか否かを判定する。

10

【 0 0 9 1 】

判定実施フラグXCKの値は機関10の始動直後から「0」のままであるから、CPUはステップ1030にて「Yes」と判定し、以下に述べるステップ1040乃至ステップ1060の処理を順に行い、ステップ1095に進んで本ルーチンを一旦終了する。なお、ステップ1030にて「No」と判定される場合、CPUはステップ1030からステップ1095に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

【 0 0 9 2 】

ステップ1040：CPUは、現時点の実機械圧縮比 ε_{act} を変更前実機械圧縮比 ε_{actold} として格納する。

20

ステップ1050：CPUは、現時点の予想機械圧縮比 ε_{est} を変更前予想機械圧縮比 ε_{estold} として格納する。

ステップ1060：CPUは、判定実施フラグXCKの値を「1」に設定する。

【 0 0 9 3 】

このように、筒内圧Pに基づいて取得される実機械圧縮比 ε_{act} が「予想機械圧縮比 ε_{est} に閾値A_{th}を加えた値」よりも大きくなると、制御用機械圧縮比 ε_{cont} は「予想機械圧縮比 ε_{est} に第一所定値A_{th}を加えた値」に設定される（図9のステップ925を参照。）。更に、この状態において、車両の運転状態がニュートラル状態であると、判定実施フラグXCKの値が「1」に設定される（図10のステップ1060を参照。）。

30

【 0 0 9 4 】

この状態において、CPUが図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、CPUはそのステップ610にて「No」と判定する。そして、CPUはステップ640に進み、判定実施フラグXCKの値が「0」から「1」に変更される直前の目標機械圧縮比 ε_{tgt} に微小量 $\Delta\varepsilon$ を加えた値を新たな目標機械圧縮比 ε_{tgt} として格納する。その後、CPUはステップ630に進み、現実の機械圧縮比が目標機械圧縮比 ε_{tgt} に一致するように機械圧縮比変更用アクチュエータ15Mに指示信号Drを送出する。

【 0 0 9 5 】

また、現時点は、判定実施フラグXCKの値が「0」から「1」に変更された時点の直後である。従って、CPUが図11のステップ1110に進んだとき、CPUはそのステップ1110にて「No」と判定し、ステップ1195に直ちに進んで本ルーチンを一旦終了する。

40

【 0 0 9 6 】

その後、判定実施フラグXCKの値が「0」から「1」に変更されてから所定時間が経過した時点において、CPUが図11のステップ1100から処理を開始してステップ1110に進むと、CPUはそのステップ1110にて「Yes」と判定し、後述するステップ1120以降の異常判定処理を実施する。

【 0 0 9 7 】

ところで、指示信号Drが実際の機械圧縮比を微小量 $\Delta\varepsilon$ だけ増大させるように変更さ

50

れると、図 7 のステップ 7 2 0 にて求められる「現時点の予想機械圧縮比 ε_{est} 」と図 10 のステップ 1 0 5 0 にて格納された「指示信号 D_r 変更直前の予想機械圧縮比（変更前予想機械圧縮比） ε_{estold} 」との差（ $\varepsilon_{est} - \varepsilon_{estold}$ ）は、所定閾値 C_{th} （ $C_{th} > 0$ ）よりも大きくなる。しかしながら、機械圧縮比変更用アクチュエータ 1 5 M が故障していることにより作動しないと、現実の筒内圧のクランク角に対する変化の軌跡は変化しない。従って、図 7 のステップ 7 1 0 にて求められる「現時点の実機械圧縮比 ε_{act} 」と図 10 のステップ 1 0 4 0 にて格納された「指示信号 D_r 変更直前の実機械圧縮比（変更前実機械圧縮比） ε_{actold} 」との差の絶対値 $|\varepsilon_{act} - \varepsilon_{actold}|$ は略 0 であって、所定閾値 D_{th} （ $D_{th} > 0$ ）よりも小さくなる。

【0098】

10

そこで、CPU はステップ 1 1 2 0 にて、差（ $\varepsilon_{est} - \varepsilon_{estold}$ ）が閾値 C_{th} よりも大きく、且つ、差（ $\varepsilon_{act} - \varepsilon_{actold}$ ）が閾値 $-D_{th}$ から閾値 D_{th} の間にあるか否かを判定する。そして、このステップ 1 1 2 0 における条件が満足されると、CPU はそのステップ 1 1 2 0 にて「Yes」と判定し、以下に述べるステップ 1 1 3 0 乃至ステップ 1 1 5 0 の処理を行う。その後、CPU はステップ 1 1 9 5 に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0099】

ステップ 1 1 3 0 : CPU は、アクチュエータ異常フラグ $X_{ACTFail}$ の値を「1」に設定する。

ステップ 1 1 4 0 : CPU は、筒内圧センサ異常フラグ $X_{CPSFail}$ の値を「0」に設定する。

20

ステップ 1 1 5 0 : CPU は、判定実施フラグ X_{CK} の値を「0」に設定する。

なお、CPU は図示しないイニシャルルーチンにおいて、これらのフラグの値を総て「0」に設定するようになっている。

【0100】

このように、CPU は、実機械圧縮比 ε_{act} から予想機械圧縮比 ε_{est} を減じた値が閾値 A_{th} よりも大きくなった場合、仮異常フラグ X_{kari} の値を「1」に設定する。そして、CPU は、仮異常フラグ X_{kari} の値が「1」に設定されている場合であって車両の運転状態がニュートラル状態になると、目標機械圧縮比 ε_{tgt} 及び指示信号 D_r を一時的に変化（微小量 $\Delta\varepsilon$ だけ増大）させる。CPU は、その結果として実機械圧縮比 ε_{act} が変化しない場合、機械圧縮比変更用アクチュエータ 1 5 M が故障している（筒内圧センサ 4 5 は異常でない）と判定し、その旨を示すようにアクチュエータ異常フラグ $X_{ACTFail}$ の値を「1」に設定する。

30

【0101】

一方、CPU がステップ 1 1 2 0 の処理を実行する際、そのステップ 1 1 2 0 における条件が満足されなければ、CPU はステップ 1 1 2 0 にて「No」と判定してステップ 1 1 6 0 に進み、差（ $\varepsilon_{est} - \varepsilon_{estold}$ ）が閾値 C_{th} よりも大きく、且つ、差（ $\varepsilon_{act} - \varepsilon_{actold}$ ）が閾値 $-D_{th}$ 以下であるか否かを判定する。

【0102】

前述したように、現時点は指示信号 D_r が実際の機械圧縮比を微小量 $\Delta\varepsilon$ だけ増大させるように変化させられてから所定時間が経過した直後である。よって、差（ $\varepsilon_{est} - \varepsilon_{estold}$ ）は、所定閾値 C_{th} よりも大きくなる。このとき、筒内圧センサ 4 5 が正常であれば、差（ $\varepsilon_{act} - \varepsilon_{actold}$ ）は正の値となるはずである。換言すると、差（ $\varepsilon_{act} - \varepsilon_{actold}$ ）が閾値 $-D_{th}$ 以下であるということは、筒内圧センサ 4 5 に異常が発生していると考えられることができる。

40

【0103】

そこで、CPU はステップ 1 1 6 0 の条件が満たされる場合、ステップ 1 1 6 0 にて「Yes」と判定し、以下に述べるステップ 1 1 7 0、ステップ 1 1 8 0 及びステップ 1 1 5 0 の処理を行い、その後、ステップ 1 1 9 5 に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0104】

50

ステップ 1170 : CPU は、アクチュエータ異常フラグ XACTFail の値を「0」に設定する。

ステップ 1180 : CPU は、筒内圧センサ異常フラグ XCP SFail の値を「1」に設定する。

ステップ 1150 : CPU は、判定実施フラグ XCK の値を「0」に設定する。

【0105】

このように、CPU は、実機械圧縮比 ε_{act} から予想機械圧縮比 ε_{est} を減じた値が閾値 A_{th} よりも大きくなった場合、仮異常フラグ Xkari の値を「1」に設定する。そして、CPU は、仮異常フラグ Xkari の値が「1」に設定されている場合であって車両の運転状態がニュートラル状態になると、目標機械圧縮比 ε_{tgt} 及び指示信号 Dr を一時的に変化（微小量 $\Delta \varepsilon$ だけ増大）させる。CPU は、その結果として、実機械圧縮比 ε_{act} が指示信号 Dr の変化によって期待される方向（この場合、増大方向）と逆方向の変化（この場合、減少方向の変化）を示した場合、筒内圧センサ 45 が異常である（機械圧縮比変更用アクチュエータ 15 M は故障していない）と判定し、その旨を示すように筒内圧センサ異常フラグ XCP SFail の値を「1」に設定する。

10

【0106】

なお、ステップ 1160 の条件が満たされない場合、CPU はステップ 1160 にて「No」と判定してステップ 1190 に進み、仮異常フラグ Xkari の値を「0」に設定する。その後、CPU は、ステップ 1150 にて判定実施フラグ XCK の値を「0」に設定した後、ステップ 1195 に進んで本ルーチンを一旦終了する。

20

【0107】

次に、何らかの理由により、「指示信号 Dr に基づいて取得される予想機械圧縮比 ε_{est} 」から「筒内圧センサ 45 が検出する筒内圧 P に基づいて取得される実機械圧縮比 ε_{act} 」を減じた値（ $\varepsilon_{est} - \varepsilon_{act}$ ）が、所定の閾値 A_{th} よりも大きくなった場合について説明する。

【0108】

この場合においても、CPU は図 7 に示したルーチンを実行することにより、筒内圧センサ 45 によって検出された筒内圧 P に基づいて実機械圧縮比 ε_{act} を取得し、且つ、機械圧縮比変更指示量である指示信号 Dr に基づいて予想機械圧縮比 ε_{est} を取得する。

【0109】

更に、この場合、CPU は図 9 のステップ 900 に続くステップ 905 に進んだとき、そのステップ 905 において「No」と判定し、続くステップ 910 にて「Yes」と判定してステップ 935 に進む。そして、CPU はステップ 935 にて、制御用機械圧縮比 ε_{cont} に「予想機械圧縮比 ε_{est} から第二所定値としての値 A_{th} を減じた値（ $\varepsilon_{est} - A_{th}$ ）」を格納する。即ち、CPU は、値（ $\varepsilon_{est} - A_{th}$ ）を制御用機械圧縮比 ε_{cont} として採用する。その後、CPU はステップ 930 に進んで仮異常フラグ Xkari の値を「1」に設定し、ステップ 995 に進んで本ルーチンを一旦終了する。

30

【0110】

この結果、図 12 に示したルーチンが実行されることにより、燃料噴射量及び点火時期は制御用機械圧縮比 ε_{cont} である値（ $\varepsilon_{est} - A_{th}$ ）に基づいて変更される。更に、車両の運転状態がニュートラル状態になると、図 10 のステップ 1060 にて判定実施フラグ XCK の値が「1」に設定され、図 6 のステップ 640 及びステップ 630 の処理によって指示信号 Dr が変化させられる。そして、CPU は、指示信号 Dr が一時的に変更されたときに実機械圧縮比 ε_{act} が変化しない場合、機械圧縮比変更用アクチュエータ 15 M が故障している（筒内圧センサ 45 は異常でない）と判定し、その旨を示すようにアクチュエータ異常フラグ XACTFail の値を「1」に設定する（図 11 のステップ 1120 乃至ステップ 1140 を参照。）。

40

【0111】

また、CPU は、指示信号 Dr が一時的に変更されたときに、実機械圧縮比 ε_{act} が「指示信号 Dr の変化によって期待される向きと逆向きの変化」を示した場合、筒内圧セン

50

サ 4 5 が異常である（機械圧縮比変更用アクチュエータ 1 5 M は故障していない）と判定し、その旨を示すように筒内圧センサ異常フラグ X C P S Fail の値を「 1 」に設定する（図 1 1 のステップ 1 1 6 0 乃至ステップ 1 1 8 0 を参照。）。

【 0 1 1 2 】

なお、C P U は図示しない筒内圧センサ断線判定ルーチンを所定時間毎に実行している。この断線判定ルーチンにおいて、C P U は「筒内圧センサ 4 5 によって検出される筒内圧 P 」が所定時間以上に渡って変化しないとき、筒内圧センサ異常フラグ X C P S Fail の値を「 1 」に設定するようになっている。そして、C P U は筒内圧センサ異常フラグ X C P S Fail の値が「 1 」であるとき、図 1 1 に示したルーチンの実行を中止するようになっている。

10

【 0 1 1 3 】

以上、説明したように、この制御装置は、

機関 1 0 の運転状態に応じて目標機械圧縮比 ε_{tgt} を決定するとともに機関 1 0 の機械圧縮比が「決定された目標機械圧縮比 ε_{tgt} 」に一致するように機械圧縮比変更機構 1 5（アクチュエータ 1 5 M）に指示信号 D r を送出する指示手段（図 6 のステップ 6 2 0 及び 6 3 0 を参照。）と、

筒内圧センサ 4 5 と、

筒内圧センサ 4 5 により検出された筒内圧 P に基づいて機関 1 0 の機械圧縮比を実機械圧縮比 ε_{act} として取得する実機械圧縮比取得手段（図 7 のステップ 7 1 0 を参照。）と

20

、指示信号 D r に基づいて機関 1 0 の機械圧縮比を予想機械圧縮比 ε_{est} として取得する予想機械圧縮比取得手段（図 7 のステップ 7 2 0 を参照。）と、

前記実機械圧縮比 ε_{act} と前記予想機械圧縮比 ε_{est} との差の大きさが所定閾値 A t h よりも小さいとき前記実機械圧縮比 ε_{act} を制御用機械圧縮比 ε_{cont} として取得し（図 9 のステップ 9 0 5 乃至ステップ 9 1 5 を参照。）、前記実機械圧縮比 ε_{act} と前記予想機械圧縮比 ε_{est} との差の大きさが前記所定閾値 A t h よりも大きいとき「前記実機械圧縮比 ε_{act} と前記予想機械圧縮比 ε_{est} との間の所定機械圧縮比」である「 $\varepsilon_{est} + A t h$ （ $\varepsilon_{act} - \varepsilon_{est} > A t h$ の場合）、又は、 $\varepsilon_{est} - A t h$ （ $\varepsilon_{est} - \varepsilon_{act} > A t h$ の場合）」を制御用機械圧縮比 ε_{cont} として取得する制御用機械圧縮比取得手段（図 9 のステップ 9 2 5 及びステップ 9 3 5 を参照。）と、

30

前記制御用機械圧縮比 ε_{cont} に基づいて機関 1 0 を制御する制御手段（図 1 2 のルーチンを参照。）と、

を備えている。

【 0 1 1 4 】

従って、筒内圧センサ 4 5 の異常等に起因して実機械圧縮比 ε_{act} が真の機械圧縮比と乖離した場合であっても、機関 1 0 は「真の機械圧縮比に近い制御用機械圧縮比」に基づいて制御される。この結果、機関 1 0 の制御を適正に行うことができる。

【 0 1 1 5 】

なお、上記予想機械圧縮比取得手段（図 7 のステップ 7 2 0）は、例えば、機械圧縮比変更機構 1 5 の電動モータ 1 5 M の回転量に基づいて予想機械圧縮比 ε_{est} を取得するように構成されてもよい。即ち、上記予想機械圧縮比取得手段（図 7 のステップ 7 2 0）は、「指示信号 D r に基づく機械圧縮比変更機構の動作量に係する量（例えば、電動モータの回転量）」に基づいて予想機械圧縮比 ε_{est} を取得するように構成されてもよい。

40

【 0 1 1 6 】

更に、上記制御装置において、

前記指示手段は、前記実機械圧縮比 ε_{act} と前記予想機械圧縮比 ε_{est} との差の大きさが前記所定閾値 A t h よりも大きいとき「目標機械圧縮比 ε_{tgt} を決定する因子である機関 1 0 の運転状態が変化していない状態において」、目標機械圧縮比 ε_{tgt} を一時的に微小量 $\Delta \varepsilon$ だけ変更する異常判定用目標圧縮比設定手段（図 9 のステップ 9 3 0、図 1 0 のルーチン、図 6 のステップ 6 1 0 及びステップ 6 4 0 を参照。）を含み、

50

更に、

前記異常判定用目標圧縮比設定手段により前記目標圧縮比が一時的に変更されたとき（図6のステップ640と判定実施フラグXCKの値とを参照。）、前記実機械圧縮比 ε_{act} と前記予想機械圧縮比 ε_{est} とに基づいて前記機械圧縮比変更機構15の異常の有無を判定する圧縮比変更機構異常判定手段（図11のステップ1120を参照。）を備える。

【0117】

これによれば、筒内圧センサ45の検出する筒内圧Pを用いて、機械圧縮比変更機構15（アクチュエータ15M）の異常を検出することができる。

【0118】

次に、上記制御装置の変形例について説明する。

10

（第一変形例）

第一変形例は、筒内圧センサ45によって検出される筒内圧Pに基づいて、機械圧縮比変更機構15のアクチュエータ15M以外のアクチュエータ（例えば、可変吸気タイミング装置14f及びスロットル弁アクチュエータ24a等）の異常を検出する手段を備える。以下、図13に示したルーチンを参照しながら説明する。

【0119】

第一変形例のCPUは、上記実施形態のCPUが実行するルーチンに加え、図13に示した「他のアクチュエータ異常判定ルーチン」を所定時間の経過毎に繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、CPUはステップ1300から処理を開始してステップ1305に進み、仮異常フラグXkariの値が「0」であるか否かを判定する。CPUは仮異常フラグXkariの値が「0」であればステップ1310に進み、「0」でなければステップ1395に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

20

【0120】

CPUはステップ1310において、判定実施フラグXCKの値が「0」であるか否かを判定する。CPUは判定実施フラグXCKの値が「0」であればステップ1315に進み、「0」でなければステップ1395に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0121】

CPUはステップ1315において、アクチュエータ異常フラグXACTFailの値が「0」であるか否かを判定する。CPUはアクチュエータ異常フラグXACTFailの値が「0」であればステップ1320に進み、「0」でなければステップ1395に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

30

【0122】

CPUはステップ1320において、筒内圧センサ異常フラグXCPSFailの値が「0」であるか否かを判定する。CPUは筒内圧センサ異常フラグXCPSFailの値が「0」であればステップ1325に進み、「0」でなければステップ1395に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0123】

CPUはステップ1325において、車両の運転状態が「ニュートラル状態であるか否か（ニュートラル・スイッチ49からの信号がオン信号であるか否か）」を判定する。CPUは、車両の運転状態がニュートラル状態であればステップ1330に進み、ニュートラル状態でなければステップ1395に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

40

【0124】

このように、CPUは、仮異常フラグXkari、判定実施フラグXCK、アクチュエータ異常フラグXACTFail、及び、筒内圧センサ異常フラグXCPSFailの総ての値が「0」であり、且つ、車両の運転状態がニュートラル状態であるとき、ステップ1330以降に進んで「他のアクチュエータの異常判定」を行う。即ち、CPUは、筒内圧センサ45及び機械圧縮比変更用アクチュエータ15Mが共に正常であり、車両の運転状態が「機関10の運転状態の変更が車両の走行に影響を及ぼさない運転状態である」場合に、以下に述べるアクチュエータNの異常判定制御を行う。

【0125】

50

いま、CPUがステップ1330に進んだと仮定する。この場合、CPUはステップ1330において「異常判定を行うべきアクチュエータN」を選択する。この「N」にはアクチュエータのそれぞれに対して固有の値が割り振られる。

【0126】

本例において、異常判定を行うべきアクチュエータは、可変吸気タイミング装置14f及びスロットル弁アクチュエータ24aである。そこで、CPUは本ルーチンを実行する毎に、可変吸気タイミング装置14f及びスロットル弁アクチュエータ24aのうちの一方を「異常判定を行うべきアクチュエータN」として交互に選択する。

【0127】

いま、「異常判定を行うべきアクチュエータN」として「可変吸気タイミング装置14f」が選択されたと仮定する。この場合、CPUはステップ1335にて「選択したアクチュエータNである可変吸気タイミング装置14f」を微操作する。即ち、CPUは、可変吸気タイミング装置14fに対して「吸気弁進角角度VV Tを、現時点の吸気弁進角角度VV T0から微小角度 $\Delta V V T$ だけ進角（又は遅角）させる指示信号」を送出する。

【0128】

次にCPUはステップ1340に進み、ステップ1335の処理（選択したアクチュエータNの微操作開始時）から所定時間が経過したか否かを監視する。この所定時間は、選択したアクチュエータNの微操作を行う指示信号が送出されてから、選択したアクチュエータNが「その指示信号に応じた動作」を実際に完了するまでに必要とされる時間（又はその時間に僅かな時間を加えた時間）に設定されている。

【0129】

ステップ1335の処理から所定時間が経過すると、CPUはステップ1340にて「Yes」と判定してステップ1345に進み、筒内圧センサ45によって検出される筒内圧Pが「予定された変化（筒内圧Pの予定された変化）」と一致しているか否かを判定する。「予定された変化」とは、ステップ1335において「選択されたアクチュエータNを微操作した結果」として生じる「筒内圧Pの変化」である。

【0130】

より具体的に述べると、現時点においては、「選択したアクチュエータNとしての可変吸気タイミング装置14f」に対して「吸気弁進角角度VV Tを吸気弁進角角度VV T0 + $\Delta V V T$ に一致させる指示信号」が送出されている。従って、可変吸気タイミング装置14fが正常に作動しているならば、「吸気弁進角角度VV T0 + $\Delta V V T$ 」により定まる吸気弁開弁時期にて吸気弁14dが開弁する。よって、筒内圧Pはそのタイミングにて吸気管圧と略一致するはずである。更に、可変吸気タイミング装置14fが正常に作動しているならば、「吸気弁進角角度VV T0 + $\Delta V V T$ 」により定まる吸気弁閉弁時期にて吸気弁14dが閉弁し、気筒内の空気が圧縮され始める。よって、筒内圧Pはそのタイミングから急激に上昇を開始するはずである。これらの「吸気弁開弁時期における筒内圧Pの吸気管圧への一致」及び「吸気弁閉弁時期以降における筒内圧Pの急激な上昇」が、この場合の「筒内圧Pの予定された変化」である。

【0131】

従って、CPUはステップ1345において、筒内圧センサ45によって検出される筒内圧Pが、「吸気弁進角角度VV T0 + $\Delta V V T$ により定まる吸気弁開弁時期にて吸気管圧に略一致し」且つ「吸気弁進角角度VV T0 + $\Delta V V T$ により定まる吸気弁閉弁時期直後において筒内圧Pが急激に上昇を開始した」か、否かを判定する。

【0132】

そして、筒内圧センサ45によって検出される筒内圧Pが、そのような「筒内圧Pの予定された変化」を示しているとき、CPUはステップ1345にて「Yes」と判定してステップ1350に進み、「選択したアクチュエータN」の異常有無を示すフラグXACT fail (N)の値を「0」に設定する。このように、フラグXACT fail (N)は、その値が「0」であるとき「アクチュエータNは正常である旨」を示す。その後、CPUはステップ1395に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【 0 1 3 3 】

一方、筒内圧センサ 4 5 によって検出される筒内圧 P が「筒内圧 P の予定された変化」を示していないとき、CPU はステップ 1 3 4 5 にて「No」と判定してステップ 1 3 5 5 に進み、フラグ X A C T fail (N) の値を「1」に設定する。このように、フラグ X A C T fail (N) は、その値が「1」であるとき「アクチュエータ N は異常である旨」を示す。その後、CPU はステップ 1 3 9 5 に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【 0 1 3 4 】

次に、CPU が本ルーチンの処理を再開してステップ 1 3 3 0 に進んだ場合、CPU は「異常判定を行うべきアクチュエータ N」として「スロットル弁アクチュエータ 2 4 a」を選択する。

10

【 0 1 3 5 】

そして、CPU はステップ 1 3 3 5 にて「選択したアクチュエータ N であるスロットル弁アクチュエータ 2 4 a」を微操作する。即ち、CPU は、スロットル弁アクチュエータ 2 4 a に対して「スロットル弁開度 T A を、現時点のスロットル弁開度 T A 0 から微小開度 $\Delta T A$ だけ増大させる指示信号」を送出する。

【 0 1 3 6 】

その後、ステップ 1 3 3 5 の処理から所定時間が経過すると、CPU はステップ 1 3 4 0 にて「Yes」と判定してステップ 1 3 4 5 に進み、筒内圧センサ 4 5 によって検出される筒内圧 P が「予定された変化」と一致しているか否かを判定する。この場合の「予定された変化」は、スロットル弁 2 4 の開度が微小開度 $\Delta T A$ だけ増大されることによって吸入空気量が増大し、その結果、圧縮行程開始時点（吸気弁閉弁時期）から点火時期までの所定（任意）のクランク角における筒内圧 P が、ステップ 1 3 3 5 の処理を実行する直前の「同所定のクランク角の筒内圧 P」よりも増大することである。

20

【 0 1 3 7 】

そして、筒内圧センサ 4 5 によって検出される筒内圧 P が「筒内圧 P の予定された変化」を示しているとき、CPU はステップ 1 3 4 5 にて「Yes」と判定してステップ 1 3 5 0 に進み、「選択したアクチュエータ N であるスロットル弁アクチュエータ 2 4 a」の異常有無を示すフラグ X A C T fail (N) の値を「0」に設定する。また、筒内圧センサ 4 5 によって検出される筒内圧 P が「筒内圧 P の予定された変化」を示していないとき、CPU はスロットル弁アクチュエータ 2 4 a が異常であると判断し（ステップ 1 3 4 5 にて「No」と判定し）、ステップ 1 3 5 5 に進んでフラグ X A C T fail (N) の値を「1」に設定する。その後、CPU はステップ 1 3 9 5 に進んで本ルーチンを一旦終了する。

30

【 0 1 3 8 】

以上、説明したように、第一変形例に係る制御装置によれば、筒内圧センサ 4 5 によって検出される筒内圧 P に基づいて、「機械圧縮比変更機構 1 5 のアクチュエータ 1 5 M」以外のアクチュエータ、即ち、可変吸気タイミング装置 1 4 f 及びスロットル弁アクチュエータ 2 4 a の異常が容易に検出され得る。

【 0 1 3 9 】

（第二変形例）

第二変形例が適用される内燃機関は、上記機関 1 0 と同じ構成を有するとともに、可変排気タイミング装置、弁付き H C 吸着装置及び弁付き排熱回収装置を更に備えている。第二変形例は、これら「可変排気タイミング装置、弁付き H C 吸着装置及び弁付き排熱回収装置」の異常を「筒内圧センサ 4 5 によって検出される筒内圧 P」に基づいて検出する手段を備える。

40

【 0 1 4 0 】

可変排気タイミング装置は、可変吸気タイミング装置 1 4 f と同様の構造を備えている。即ち、可変排気タイミング装置は、図示しない作動油供給制御弁及び図示しない油圧ポンプを備え、これらによって作動油が給排されることにより、エキゾーストカムシャフト 1 4 h に対するエキゾーストカムの位相を所望の量だけ進角及び遅角させることができるようになっている。なお、本例において、排気弁 1 4 g が開弁している期間（開弁クラン

50

ク角度幅)は一定である。従って、可変排気タイミング装置により排気弁開弁時期が所定角度だけ進角又は遅角させられると、排気弁14gの開弁時期も同所定角度だけ進角又は遅角させられる。

【0141】

弁付きHC吸着装置は、例えば特開2007-327383号公報に記載されているように、炭化水素を吸着可能な吸着材(HC吸着材)と、電気式開閉弁と、を備える。HC吸着材は排気通路に配設される。

【0142】

電気式開閉弁は、指示信号に応答して閉弁したとき、排気通路を流れる排ガスの略全部を吸着材に流入させるようになっている。電気式開閉弁は、指示信号に応答して開弁したとき、排気通路を流れる排ガスの略全部を吸着材に流入させないようになっている。

10

【0143】

従って、電気式開閉弁が閉弁すると内燃機関の排気通路内のガスの圧力(背圧)が上昇する。その結果、「電気式開閉弁が閉弁している場合の排気弁開弁時期における筒内圧」は「電気式開閉弁が開弁している場合の排気弁開弁時期における筒内圧」よりも大きくなる。なお、弁付きHC吸着装置は、弁の開閉により背圧が変化するものであればよく、例えば、特開2000-54829号公報及び特開平10-331625号公報等に記載されているような構造を備えていてもよい。

【0144】

弁付き排熱回収装置は、例えば、特開2006-299858号公報及び特開2006-291906号公報等に記載されているように、機関の排ガスを通過させる第1の排気通路に並列に接続された第2の排気通路に配設された排熱回収器と、電気式切換弁と、を備える。この第1の排気通路及び第2の排気通路の分岐位置は、上記弁付きHC吸着装置よりも下流である。弁付き排熱回収器により回収された熱は、例えば、機関冷間時において機関の冷却水温を加熱するために使用される。

20

【0145】

この電気式切換弁は、指示信号に応答して「前記排ガスが前記第1の排気通路及び前記第2の排気通路のうちの何れか一方」を通流するように、排気通路を切り換える。従って、排ガスが第2の排気通路を通過させられているときの背圧は、排ガスが第1の排気通路を通過させられているときの背圧よりも大きくなる。

30

【0146】

その結果、「排ガスが第2の排気通路及び排熱回収器を通過させられている場合の排気弁開弁時期における筒内圧P」は「排ガスが第1の排気通路を通過させられている場合の排気弁開弁時期における筒内圧P」よりも大きくなる。

【0147】

第二変形例のCPUは、第一変形例のCPUと同様、上記実施形態のCPUが実行するルーチンに加え、図13に示した「他のアクチュエータ異常判定ルーチン」を所定時間の経過毎に繰り返し実行している。第二変形例のCPUは、図13に示したルーチンを実行する毎に、可変排気タイミング装置、弁付きHC吸着装置及び弁付き排熱回収装置のうちの一つを「異常判定を行うべきアクチュエータN」として所定の順序に従って選択する。

40

【0148】

いま、「異常判定を行うべきアクチュエータN」として「可変排気タイミング装置」が選択されたと仮定する。この場合、CPUはステップ1335にて「選択したアクチュエータNである可変排気タイミング装置」を微操作する。即ち、CPUは、可変排気タイミング装置に対して「排気弁進角角度を、現時点の排気弁進角角度から微小角度 ΔVET だけ進角(又は遅角)させる指示信号」を送出する。なお、排気弁進角角度とは、可変排気タイミング装置により排気弁開弁時期が最も遅角側にある場合を基準とし、その基準から実際に制御されている排気弁開弁時期までのクランク角度のことをいう。

【0149】

その後、ステップ1335の処理から所定時間が経過すると、CPUはステップ134

50

0にて「Yes」と判定してステップ1345に進み、筒内圧センサ45によって検出される筒内圧Pが「予定された変化」と一致しているか否かを判定する。この場合の「予定された変化」は、ステップ1335にて送出された指示信号に基づいて定まる排気弁開弁時期の直後において筒内圧Pが急激に減少することである。

【0150】

そして、筒内圧センサ45によって検出される筒内圧Pが「筒内圧Pの予定された変化」を示しているとき、CPUはステップ1345にて「Yes」と判定してステップ1350に進み、「選択したアクチュエータNである可変排気タイミング装置」の異常有無を示すフラグXACTfail(N)の値を「0」に設定する。また、筒内圧センサ45によって検出される筒内圧Pが「筒内圧Pの予定された変化」を示していないとき、CPUは可変排気タイミング装置が異常であると判断し(ステップ1345にて「No」と判定し)、ステップ1355に進んでフラグXACTfail(N)の値を「1」に設定する。その後、CPUはステップ1395に進んで本ルーチンを一旦終了する。

10

【0151】

次に、CPUが本ルーチンの処理を再開してステップ1330に進んだ場合、CPUは「異常判定を行うべきアクチュエータN」として「弁付きHC吸着装置(弁付きHC吸着装置の電気式開閉弁)」を選択する。

【0152】

そして、CPUはステップ1335にて「選択したアクチュエータNである弁付きHC吸着装置の電気式開閉弁」を微操作する。即ち、CPUは、弁付きHC吸着装置の電気式開閉弁に対して「現時点において電気式開閉弁が閉弁していれば開弁させ、現時点において電気式開閉弁が開弁していれば閉弁させる指示信号」を送出する。

20

【0153】

その後、ステップ1335の処理から所定時間が経過すると、CPUはステップ1340にて「Yes」と判定してステップ1345に進み、筒内圧センサ45によって検出される筒内圧Pが「予定された変化」と一致しているか否かを判定する。前述したように、「電気式開閉弁が閉弁している場合の排気弁開弁時期における筒内圧」は「電気式開閉弁が開弁している場合の排気弁開弁時期における筒内圧」よりも大きくなる。従って、この場合の「予定された変化」は、ステップ1335にて電気式開閉弁を閉弁する指示信号を送出している場合、排気弁開弁時期における筒内圧Pが、ステップ1335の処理を実行する直前の「排気弁開弁時期における筒内圧P」よりも増大することである。また、この場合の「予定された変化」は、ステップ1335にて電気式開閉弁を開弁する指示信号を送出している場合、排気弁開弁時期における筒内圧Pが、ステップ1335の処理を実行する直前の「排気弁開弁時期における筒内圧P」よりも減少することである。

30

【0154】

そして、筒内圧センサ45によって検出される筒内圧Pが「筒内圧Pの予定された変化」を示しているとき、CPUはステップ1350に進んで「選択したアクチュエータNである弁付きHC吸着装置の電気式開閉弁」の異常有無を示すフラグXACTfail(N)の値を「0」に設定する。また、筒内圧センサ45によって検出される筒内圧Pが「筒内圧Pの予定された変化」を示していないとき、CPUは「弁付きHC吸着装置の電気式開閉弁」が異常であると判断し、ステップ1355に進んでフラグXACTfail(N)の値を「1」に設定する。その後、CPUはステップ1395に進んで本ルーチンを一旦終了する。

40

【0155】

次に、CPUが本ルーチンの処理を再開してステップ1330に進んだ場合、CPUは「異常判定を行うべきアクチュエータN」として「弁付き排熱回収装置(弁付き排熱回収装置の電気式切換弁)」を選択する。

【0156】

そして、CPUはステップ1335にて「選択したアクチュエータNである弁付き排熱回収装置の電気式切換弁」を微操作する。即ち、CPUは、弁付き排熱回収装置の電気式

50

切換弁に対して「現時点において排ガスが第１の排気通路を通流していれば、排ガスが第２の排気通路を通流するように切り換える指示信号」を送出する。更に、ＣＰＵは、弁付き排熱回収装置の電気式切換弁に対して「現時点において排ガスが第２の排気通路を通流していれば、排ガスが第１の排気通路を通流するように切り換える指示信号」を送出する。

【０１５７】

その後、ステップ１３３５の処理から所定時間が経過すると、ＣＰＵはステップ１３４０にて「Ｙｅｓ」と判定してステップ１３４５に進み、筒内圧センサ４５によって検出される筒内圧Ｐが「予定された変化」と一致しているか否かを判定する。

【０１５８】

前述したように、「第２の排気通路を排ガスが通流している場合の排気弁開弁時期における筒内圧」は「第１の排気通路を排ガスが通流している場合の排気弁開弁時期における筒内圧」よりも大きくなる。従って、この場合の「予定された変化」は、ステップ１３３５にて「電気式切換弁に対し、排ガスの流路を第１の排気通路から第２の排気通路へと切り換える指示信号を送出している場合」、排気弁開弁時期における筒内圧Ｐが、ステップ１３３５の処理を実行する直前の「排気弁開弁時期における筒内圧Ｐ」よりも増大することである。

【０１５９】

また、この場合の「予定された変化」は、ステップ１３３５にて「電気式切換弁に対し、排ガスの流路を第２の排気通路から第１の排気通路へと切り換える指示信号を送出している場合」、排気弁開弁時期における筒内圧Ｐが、ステップ１３３５の処理を実行する直前の「排気弁開弁時期における筒内圧Ｐ」よりも減少することである。

【０１６０】

そして、筒内圧センサ４５によって検出される筒内圧Ｐが「筒内圧Ｐの予定された変化」を示しているとき、ＣＰＵはステップ１３５０に進んで「選択したアクチュエータＮである弁付き排熱回収装置の電気式切換弁」の異常有無を示すフラグＸＡＣＴfail（Ｎ）の値を「０」に設定する。また、筒内圧センサ４５によって検出される筒内圧Ｐが「筒内圧Ｐの予定された変化」を示していないとき、ＣＰＵは「弁付き排熱回収装置の電気式切換弁」が異常であると判断し、ステップ１３５５に進んでフラグＸＡＣＴfail（Ｎ）の値を「１」に設定する。その後、ＣＰＵはステップ１３９５に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【０１６１】

以上、説明したように、第二変形例に係る制御装置によれば、筒内圧センサ４５によって検出される筒内圧Ｐに基づいて、機械圧縮比変更機構１５のアクチュエータ１５Ｍ以外のアクチュエータ、即ち、「可変排気タイミング装置、弁付きＨＣ吸着装置及び弁付き排熱回収装置」の異常が容易に検出され得る。

【０１６２】

このように、本発明による実施形態及び各変形例に係る制御装置は、真の機械圧縮比に近い機械圧縮比に基づいて機関１０を制御することができる。更に、これらの制御装置は、機械圧縮比変更機構１５のアクチュエータ１５Ｍが故障しているか否か、更に、筒内圧センサ４５が異常になっているか否か、の判定を行うことができる。加えて、筒内圧センサ４５が出力する筒内圧に基づいて、アクチュエータ１５Ｍ以外の異常有無を容易に判定することができる。

【０１６３】

なお、本発明は上記実施形態及び変形例に限定されることはなく、本発明の範囲内において更に別の変形例を採用することができる。例えば、上記各制御装置は、現時点の運転状態が、「目標機械圧縮比 ε_{tgt} を決定する因子である機関１０の運転状態が変化していない状態」であることを確認してから、図６のステップ６４０による「目標機械圧縮比 ε_{tgt} の変更」及び／又は図１３のステップ１３３５による「選択したアクチュエータＮの微操作」を実行するように構成されてもよい。この場合、「目標機械圧縮比 ε_{tgt} を決定

10

20

30

40

50

する因子である機関 10 の運転状態が変化していない状態」であることは、アクセルペダル操作量 Accp の単位時間あたりの変化量が第一所定閾値より小さい状態が第一所定時間以上継続し、且つ、機関回転速度 NE の単位時間あたりの変化量が第二所定閾値より小さい状態が第二所定時間以上継続しているか否かを判定することにより確認することができる。

【0164】

また、上記実施形態及び各変形例は、異常判定を行うべきアクチュエータ N として記載された上記複数の装置のうちの一つまたは任意の二つ以上を、実際に異常判定を行うべきアクチュエータ N として選択してもよい。更に、異常判定を行うべきアクチュエータ N は、そのアクチュエータが動作させられることにより筒内圧が変化するものであれば、いかなるものであってもよい。更に、図 6 のステップ 640 における微小量 $\Delta \varepsilon$ は負の値であってもよい。この場合、図 11 のステップ 1120 及びステップ 1160 における条件は、適宜変更される。

10

【0165】

更に、前記実機械圧縮比 ε_{act} と前記予想機械圧縮比 ε_{est} との差の大きさが前記所定閾値 A_{th} よりも大きいときに図 9 のステップ 925 及びステップ 935 にて採用される制御用機械圧縮比 ε_{cont} は、「前記実機械圧縮比 ε_{act} と前記予想機械圧縮比 ε_{est} との間の所定機械圧縮比」であればよい。即ち、「前記実機械圧縮比 ε_{act} と前記予想機械圧縮比 ε_{est} との間の所定機械圧縮比」は、一例として、前記実機械圧縮比 ε_{act} と前記予想機械圧縮比 ε_{est} との平均値 $(\varepsilon_{act} + \varepsilon_{est}) / 2$ でもよく、前記実機械圧縮比 ε_{act} と前記予想機械圧縮比 ε_{est} との荷重平均値 $(\beta \cdot \varepsilon_{act} + (1 - \beta) \cdot \varepsilon_{est}, 0 < \beta < 1)$ であってもよく、上記第 1 制御装置のように、前記予想機械圧縮比 ε_{est} に第一所定値（正の値）を加えた値又は前記予想機械圧縮比 ε_{est} から第二所定値（正の値）を減じた値であってもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【0166】

【図 1】本発明の実施形態に係る制御装置が適用される可変圧縮比内燃機関の概略断面図である。

【図 2】図 1 に示した内燃機関の機械圧縮比変更機構を示す同機関の分解斜視図である。

【図 3】図 1 に示した内燃機関のシリンダブロックの斜視図である。

30

【図 4】図 1 に示した機械圧縮比変更機構の作動を説明するための図である。

【図 5】図 1 に示した内燃機関の概略平面図である。

【図 6】図 5 に示した電気制御装置の 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】図 5 に示した電気制御装置の 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】実機械圧縮比を取得する手法を説明するための図である。

【図 9】図 5 に示した電気制御装置の 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】図 5 に示した電気制御装置の CPU が実行するルーチンを示したフローチャートである。

40

【図 11】図 5 に示した電気制御装置の 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】図 5 に示した電気制御装置の 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】本発明の実施形態の変形例に係る制御装置の CPU が実行するルーチンを示したフローチャートである。

【符号の説明】

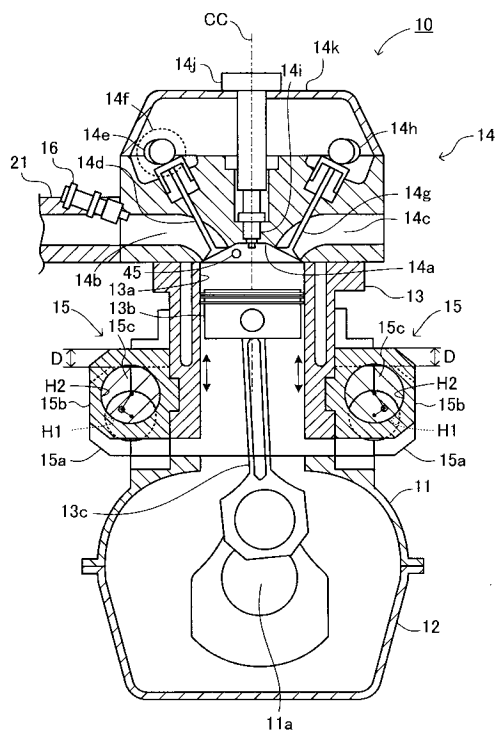
【0167】

10 ... 可変圧縮比内燃機関、 13 ... シリンダブロック、

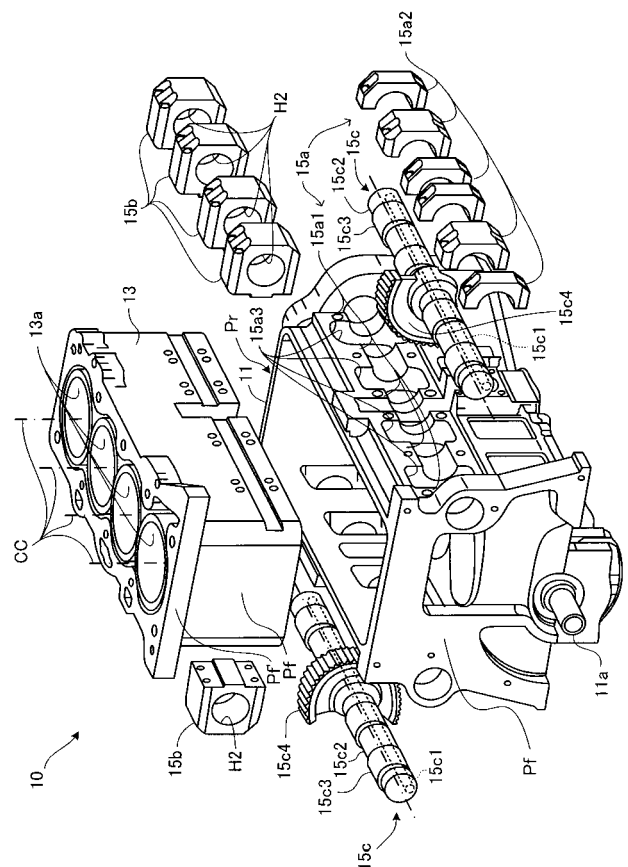
50

14 ... シリンダヘッド部、14b ... 吸気ポート、14c ... 排気ポート、14d ... 吸気弁、
 14f ... 可変吸気タイミング装置、14g ... 排気弁、
 15 ... 機械圧縮比変更機構、15M ... 機械圧縮比変更用アクチュエータ（電動モータ）、
 15a ... ケース側軸受形成部、15b ... ブロック側軸受形成部、
 15c ... 軸状駆動部、15c1 ... 軸部、15c2 ... 固定円筒部、
 15c3 ... 回転円筒部、15c4 ... ギア、
 16 ... 燃料噴射弁、20 ... 吸気系統、30 ... 排気系統、
 43 ... 機関回転速度センサ、44 ... ストロークセンサ、45 ... 筒内圧センサ、
 48 ... アクセル開度センサ、49 ... ニュートラル・スイッチ、50 ... 電気制御装置。

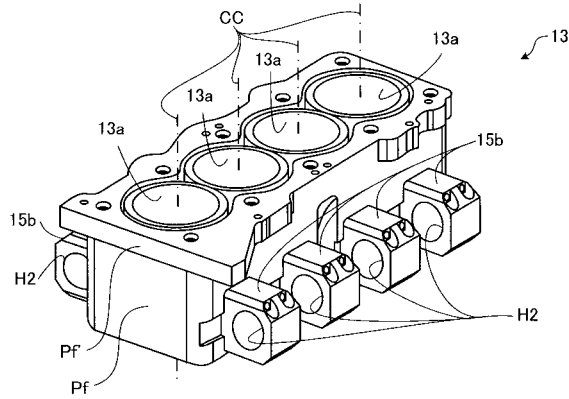
【図1】



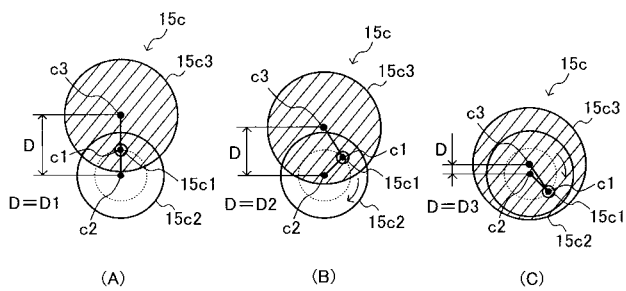
【図2】



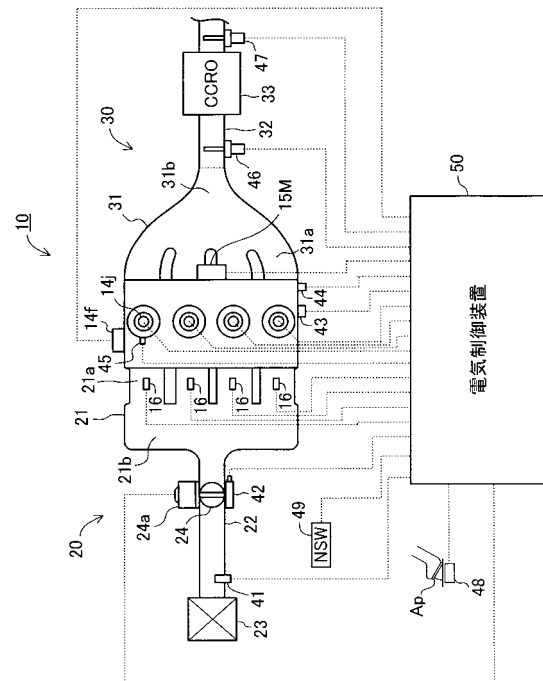
【図3】



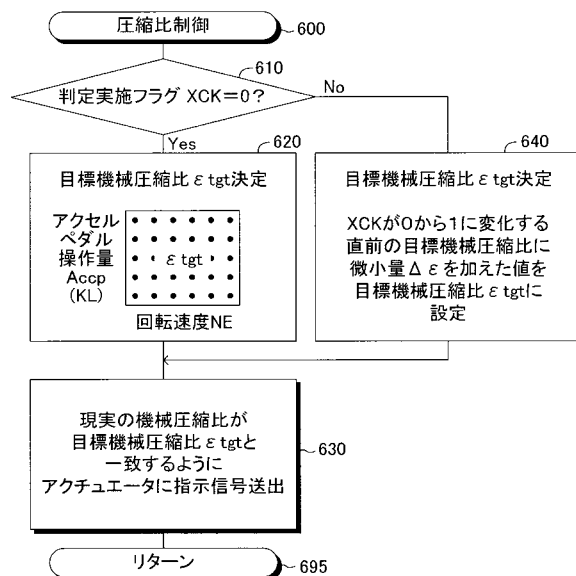
【図4】



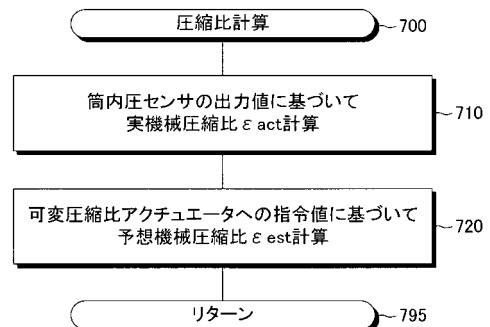
【図5】



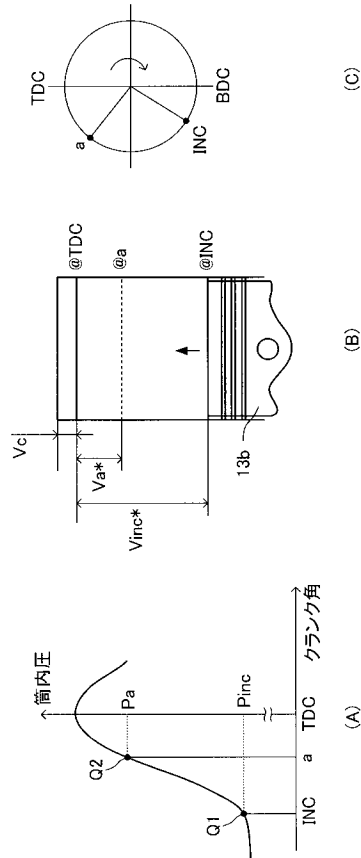
【図6】



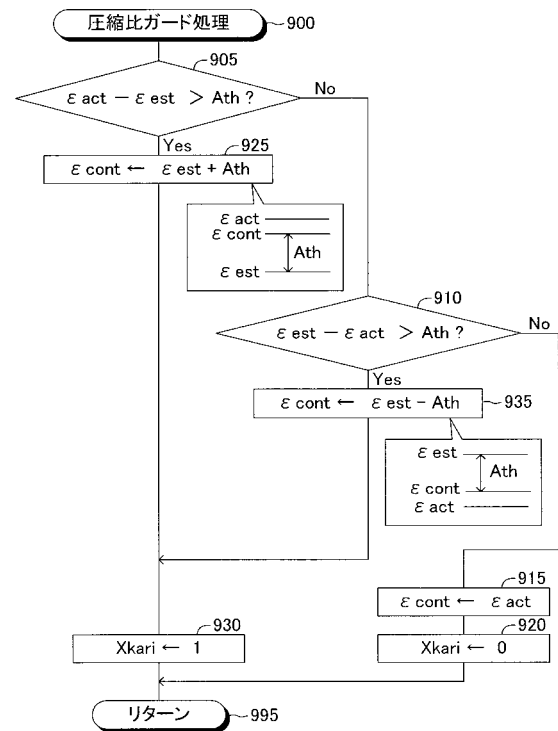
【図7】



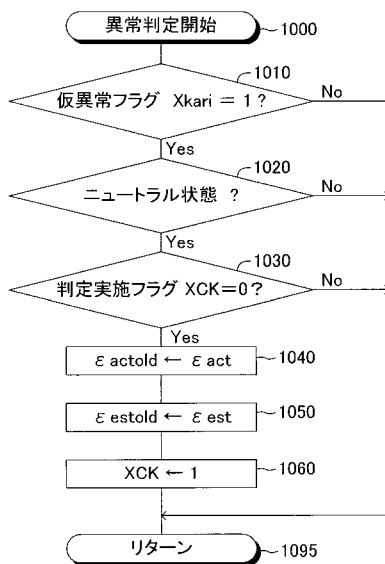
【図 8】



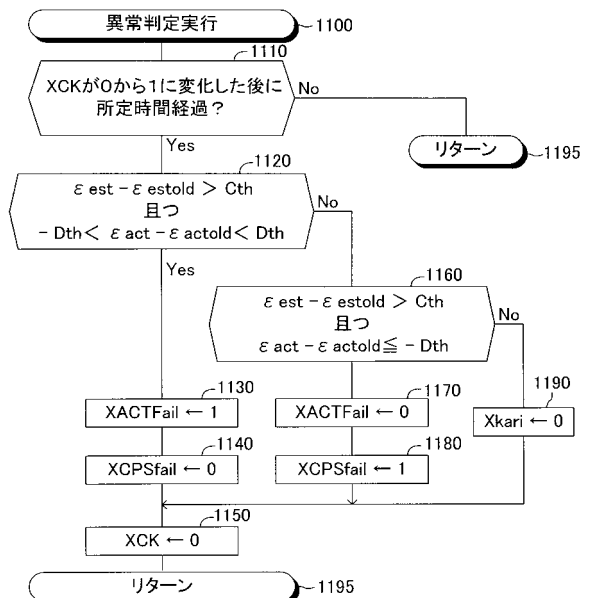
【図 9】



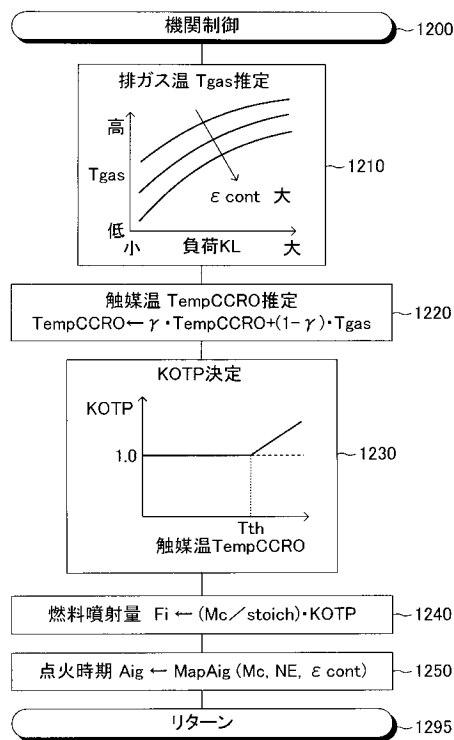
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】

