

(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2009-115060

(P2009-115060A)

(43) 公開日 平成21年5月28日(2009.5.28)

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

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2007-292137 (P2007-292137)	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成19年11月9日 (2007.11.9)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
		(74) 代理人	100099759 弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100092624 弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100102819 弁理士 島田 哲郎
		(74) 代理人	100147555 弁理士 伊藤 公一
		(74) 代理人	100123582 弁理士 三橋 真二
		(74) 代理人	100141081 弁理士 三橋 庸良

最終頁に続く

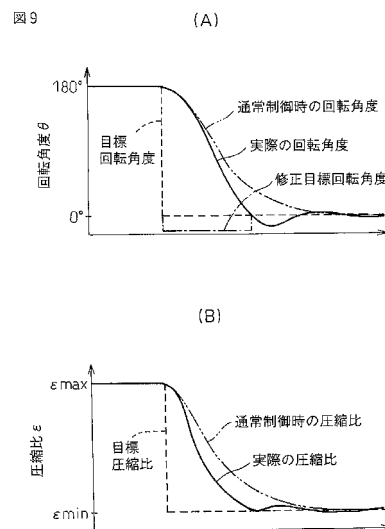
(54) 【発明の名称】 可変圧縮比内燃機関

(57) 【要約】

【課題】 目標圧縮比が低圧縮比領域内の値であったとしても、実際の圧縮比を迅速に目標圧縮比付近へ到達させる。

【解決手段】 アクチュエータ59を回転させることによって内燃機関の圧縮比を変更可能な可変圧縮比機構Aを具備する。アクチュエータの回転角度が機関運転状態に応じて設定される目標圧縮比に対応する目標回転角度となるようにアクチュエータが制御される。実際の圧縮比を低圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合には、アクチュエータの回転角度を目標回転角度へと変化させるときに実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートすることが許容される。

【選択図】 図9



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

アクチュエータを回転させることによって内燃機関の圧縮比を変更可能な可変圧縮比機構を具備し、上記アクチュエータの回転角度が機関運転状態に応じて設定される目標圧縮比に対応する目標回転角度となるように該アクチュエータが制御される、可変圧縮比内燃機関において、

実際の圧縮比を低圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合には、上記アクチュエータの回転角度を目標回転角度へと変化させるときに実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートすることが許容される、可変圧縮比内燃機関。

**【請求項 2】**

実際の圧縮比を低圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合には、上記アクチュエータの回転角度を目標回転角度へと変化させるときに実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートするように上記アクチュエータが制御される、請求項 1 に記載の可変圧縮比内燃機関。

**【請求項 3】**

上記アクチュエータの回転角度又は圧縮比を検出可能なセンサを更に具備し、該センサの出力に基づいて上記アクチュエータの回転角度が目標回転角度になるように該アクチュエータをフィードバック制御しており、

上記実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートするようにアクチュエータを制御することは、フィードバック制御における制御ゲインを増大させることによって行われる、請求項 2 に記載の可変圧縮比内燃機関。

**【請求項 4】**

上記実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートするようにアクチュエータを制御することは、実際の回転角度が目標回転角度を超えた修正目標回転角度になるように上記アクチュエータを制御することによって行われる、請求項 2 に記載の可変圧縮比内燃機関。

**【請求項 5】**

実際の圧縮比を中圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合には、上記アクチュエータの回転角度を目標回転角度へと変化させるときに実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートすることが禁止される、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の可変圧縮比内燃機関。

**【請求項 6】**

実際の圧縮比を中圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合には、上記アクチュエータの回転角度を目標回転角度へと変化させるときに実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートしないように上記アクチュエータが制御される、請求項 5 に記載の可変圧縮比内燃機関。

**【請求項 7】**

実際の圧縮比を低圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合における上記アクチュエータの目標回転角度に対するオーバーシュート許容範囲は、実際の圧縮比を中圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合における上記アクチュエータの目標回転角度に対するオーバーシュート許容範囲よりも大きい、請求項 1 に記載の可変圧縮比内燃機関。

**【請求項 8】**

実際の圧縮比を高圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合における上記アクチュエータの目標回転角度に対するオーバーシュート許容範囲は、実際の圧縮比を中圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合における上記アクチュエータの目標回転角度に対するオーバーシュート許容範囲よりも大きい、請求項 1 又は 7 に記載の可変圧縮比内燃機関。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、可変圧縮比内燃機関に関する。

10

20

30

40

50

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、内燃機関の燃費向上や出力性能の向上等を目的として、内燃機関の圧縮比を変更する技術が提案されている。このような技術としては、例えば、シリンダブロックとクランクケースとを相対移動可能に連結するとともにその連結部分にカムシャフトを設け、このカムシャフトを回転させてシリンダブロックとクランクケースとを気筒の軸線方向に相対移動させることで燃焼室の容積を変更し、もって内燃機関の圧縮比を変更する技術が挙げられる（例えば、特許文献1及び2を参照）。

## 【0003】

特許文献1及び2に開示された可変圧縮比内燃機関では、駆動モータによってカムシャフトを回転させている。このように駆動モータによってカムシャフトを回転させると、カムシャフトを過回転させてしまうことがあり、このようなカムシャフトの過回転によって内燃機関の圧縮比が目標圧縮比を超えてオーバーシュートしてしまうことがある。

10

## 【0004】

そこで、特許文献1に開示された可変圧縮比内燃機関では、このようなカムシャフトの過回転によるオーバーシュートを抑制すべく、内燃機関の圧縮比を目標圧縮比へと変化させる際に、実際の圧縮比が目標圧縮比近傍に到達したときに駆動モータの回転速度を低下させるようにしている。また、上記可変圧縮比内燃機関では、実際の圧縮比が可変圧縮比機構によってとり得る最大圧縮比近傍又は最小圧縮比近傍にあるときにも同様に駆動モータの回転速度を低下させるようにしている。

20

## 【0005】

【特許文献1】特開2007-56837号公報

【特許文献2】特開2003-206771号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

ところが、特許文献1に開示されているような可変圧縮比内燃機関では、駆動モータの回転角度と圧縮比との関係はリニアではなく、特に低圧縮比領域においては駆動モータの回転角度の変化に対する圧縮比の変化の割合が小さい。従って、例えば特許文献1に開示されているように、圧縮比が最小圧縮比近傍にあるとき、すなわち低圧縮比領域内にあるときに駆動モータの回転速度を低下させてしまうと、圧縮比が目標圧縮比に到達するのが遅れてしまう。

30

## 【0007】

ここで、通常、圧縮比を低下させる場合は、それと同時に内燃機関の燃焼室内に供給される吸入空気量も増大せしめられる。このため、目標圧縮比が低圧縮比領域内にある場合、実際の圧縮比が中高圧縮比領域内から低圧縮比領域内へと移動せしめられる場合、燃焼室内に供給される吸入空気量は増大せしめられているのにも関わらず、圧縮比の変更が遅れて圧縮比は十分に低い値になっていないという状況が発生し得る。このような状況になると、圧縮端温度（ピストンが圧縮上死点にあるときの燃焼室内の混合気の温度）及び圧縮端圧力（ピストンが圧縮上死点にあるときの燃焼室内の混合気の圧力）の上昇により燃焼室内で異常燃焼が生じ、ノッキングが発生してしまうことがある。

40

## 【0008】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであって、その目的は、目標圧縮比が低圧縮比領域内の値であったとしても、実際の圧縮比を迅速に目標圧縮比付近へ到達させることができる可変圧縮比内燃機関を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

## 【0009】

上記課題を解決するために、第1の発明では、アクチュエータを回転させることによって内燃機関の圧縮比を変更可能な可変圧縮比機構を具備し、上記アクチュエータの回転角度が機関運転状態に応じて設定される目標圧縮比に対応する目標回転角度となるように該

50

アクチュエータが制御される、可変圧縮比内燃機関において、実際の圧縮比を低圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合には、上記アクチュエータの回転角度を目標回転角度へと変化させるときに実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートすることが許容される。

第1の発明によれば、目標圧縮比が低圧縮比領域内にある場合には、アクチュエータの回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートせしめられる。低圧縮比領域内においてはアクチュエータの回転角度の変化に対する圧縮比の変化の割合が小さく、よって低圧縮比領域内においてオーバーシュートが生じてアクチュエータの回転角度が目標回転角度からずれても圧縮比は目標圧縮比付近に維持される。このため、圧縮比を迅速に目標圧縮比付近に到達させることができる。

10

【0010】

第2の発明では、第1の発明において、実際の圧縮比を低圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合には、上記アクチュエータの回転角度を目標回転角度へと変化させるときに実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートするように上記アクチュエータが制御される。

【0011】

第3の発明では、第2の発明において、上記アクチュエータの回転角度又は圧縮比を検出可能なセンサを更に具備し、該センサの出力に基づいて上記アクチュエータの回転角度が目標回転角度になるように該アクチュエータをフィードバック制御しており、上記実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートするようにアクチュエータを制御することは、フィードバック制御における制御ゲインを増大させることによって行われる。

20

【0012】

第4の発明では、第2の発明において、上記実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートするようにアクチュエータを制御することは、実際の回転角度が目標回転角度を超えた修正目標回転角度になるように上記アクチュエータを制御することによって行われる。

【0013】

第5の発明では、第1～第4のいずれか一つの発明において、実際の圧縮比を中圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合には、上記アクチュエータの回転角度を目標回転角度へと変化させるときに実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートすることが禁止される。

30

【0014】

第6の発明では、第5の発明において、実際の圧縮比を中圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合には、上記アクチュエータの回転角度を目標回転角度へと変化させるときに実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートしないように上記アクチュエータが制御される。

【0015】

第7の発明では、第1の発明において、実際の圧縮比を低圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合における上記アクチュエータの目標回転角度に対するオーバーシュート許容範囲は、実際の圧縮比を中圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合における上記アクチュエータの目標回転角度に対するオーバーシュート許容範囲よりも大きい。

40

【0016】

第8の発明では、第1又は第7の発明において、実際の圧縮比を高圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合における上記アクチュエータの目標回転角度に対するオーバーシュート許容範囲は、実際の圧縮比を中圧縮比領域内の目標圧縮比に変更すべき場合における上記アクチュエータの目標回転角度に対するオーバーシュート許容範囲よりも大きい。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、目標圧縮比が低圧縮比領域内にある場合においても、圧縮比を迅速に目標圧縮比付近へ到達させることができるようになる。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、図面を参照して本発明の第一実施形態の可変圧縮比内燃機関について詳細に説明する。図1に火花点火式内燃機関の側面断面図を示す。

【0019】

図1を参照すると、1はクランクケース、2はシリンダブロック、3はシリンダヘッド、4はピストン、5は燃焼室、6は燃焼室5の頂面中央部に配置された点火プラグ、7は吸気弁、8は吸気ポート、9は排気弁、10は排気ポートをそれぞれ示す。吸気ポート8は吸気枝管11を介してサージタンク12に連結され、各吸気枝管11にはそれぞれ対応する吸気ポート8内に向けて燃料を噴射するための燃料噴射弁13が配置される。なお、燃料噴射弁13は各吸気枝管11に取付ける代りに各燃焼室5内に配置してもよい。

10

【0020】

サージタンク12は吸気ダクト14を介してエアクリーナ15に連結され、吸気ダクト14内にはアクチュエータ16によって駆動されるスロットル弁17と例えば熱線を用いた吸入空気量検出器18とが配置される。一方、排気ポート10は排気マニホールド19を介して例えば三元触媒を内蔵した触媒コンバータ20に連結され、排気マニホールド19内には空燃比センサ21が配置される。

【0021】

一方、図1に示した実施形態ではクランクケース1とシリンダブロック2との連結部にクランクケース1とシリンダブロック2のシリンダ軸線方向の相対位置を変化させることによりピストン4が圧縮上死点に位置するときの燃焼室5の容積を変更可能な可変圧縮比機構Aが設けられており、更に実際の圧縮作用の開始時期を変更するために吸気弁7の閉弁時期を制御可能な可変バルブタイミング機構Bが設けられている。

20

【0022】

電子制御ユニット30はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス31によって互いに接続されたROM(リードオンリメモリ)32、RAM(ランダムアクセスメモリ)33、CPU(マイクロプロセッサ)34、入力ポート35及び出力ポート36を具備する。吸入空気量検出器18の出力信号及び空燃比センサ21の出力信号はそれぞれ対応するAD変換器37を介して入力ポート35に入力される。また、アクセルペダル40にはアクセルペダル40の踏み込み量に比例した出力電圧を発生する負荷センサ41が接続され、負荷センサ41の出力電圧は対応するAD変換器37を介して入力ポート35に入力される。更に入力ポート35にはクランクシャフトが例えば30°回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ42が接続される。さらに、シリンダブロック2にはシリンダブロック2とクランクケース1との相対位置を検出するための相対位置センサ43が設けられており、相対位置センサ43の出力電圧は対応するAD変換器37を介して入力ポート35に入力される。一方、出力ポート36は対応する駆動回路38を介して点火プラグ6、燃料噴射弁13、スロットル弁駆動用アクチュエータ16、可変圧縮比機構A及び可変バルブタイミング機構Bに接続される。

30

【0023】

次に、本実施形態の可変圧縮比機構Aの構成について図2及び図3を参照して説明する。図2は図1に示す可変圧縮比機構Aの分解斜視図を示しており、図3は図解的に表した内燃機関の側面断面図を示している。

40

【0024】

図2を参照すると、シリンダブロック2の両側壁の下方には互いに間隔を隔てた複数個のブロック側突出部50が形成されており、各ブロック側突出部50内にはそれぞれ断面円形のブロック側カム挿入孔51が形成されている。これらブロック側カム挿入孔51はシリンダの配列方向に平行になるように同一軸線上に形成される。

【0025】

一方、クランクケース1の上壁面上には互いに間隔を隔ててそれぞれ対応するブロック側突出部50の間に嵌合せしめられる複数個のケース側突出部52が形成されており、こ

50

れら各ケース側突出部 5 2 内にもそれぞれ断面円形のケース側カム挿入孔 5 3 が形成されている。これらケース側カム挿入孔 5 3 も、ブロック側カム挿入孔 5 1 と同様にシリンダの配列方向に平行になるように同一軸線上に形成される。

【 0 0 2 6 】

図 2 に示したように一对のカムシャフト 5 4、5 5 が設けられており、各カムシャフト 5 4、5 5 上には一つおきに各ケース側カム挿入孔 5 3 内に回転可能に挿入されるケース側円形カム 5 6 が固定されている。これらケース側円形カム 5 6 は各カムシャフト 5 4、5 5 の回転軸線と共軸をなす。一方、各ケース側円形カム 5 6 間には図 3 に示したように各カムシャフト 5 4、5 5 の回転軸線に対して偏心配置された偏心軸 5 7 が延びており、この偏心軸 5 7 上にブロック側円形カム 5 8 が偏心して回転可能に取付けられている。図 2 に示したようにこれらブロック側円形カム 5 8 は各ケース側円形カム 5 6 間に配置されており、これらブロック側円形カム 5 8 は対応する各ブロック側カム挿入孔 5 1 内に回転可能に挿入されている。

10

【 0 0 2 7 】

図 2 に示したように各カムシャフト 5 4、5 5 をそれぞれ反対方向に回転させるために駆動モータ 5 9 の回転軸 6 0 にはそれぞれ螺旋方向が逆向きの一对のウォームギア 6 1、6 2 が取付けられており、これらウォームギア 6 1、6 2 と噛合する歯車 6 3、6 4 がそれぞれ各カムシャフト 5 4、5 5 の端部に固定されている。この実施形態では駆動モータ 5 9 を駆動することによってピストン 4 が圧縮上死点に位置するときの燃焼室の容積を広い範囲に亘って変更することができる。

20

【 0 0 2 8 】

次に、上述した構成の可変圧縮比機構 A により圧縮比を変更する方法について図 3 及び図 4 を参照して詳述する。図 4 は、ケース側円形カム 5 6、偏心軸 5 7 及びブロック側円形カム 5 8 の中心の運動をモデル化した図である。図 3 及び図 4 において、a はケース側円形カム 5 6 の中心、b は偏心軸 5 7 の中心、c はブロック側円形カム 5 8 の中心をそれぞれ示している。なお、本実施形態では、図 3 に示したようにブロック側円形カム 5 8 の直径はケース側円形カム 5 6 の直径よりも大きく、よって図 4 に示したようにブロック側円形カム 5 8 の中心 c と偏心軸 5 7 の中心 b との間の距離 m がケース側円形カム 5 6 の中心 a と偏心軸 5 7 の中心 b との間の距離 n よりも長い。

30

【 0 0 2 9 】

図 3 (A) 及び図 4 (A) に示したような状態から駆動モータ 5 9 を駆動して、ケース側円形カム 5 6 が図 3 (A) において実線の矢印で示したように互いに反対方向に回転させるべく各カムシャフト 5 4、5 5 を回転させると、偏心軸 5 7 がケース側円形カム 5 6 の中心 a 回りで上方へ向かって移動する。この偏心軸 5 7 の移動に伴ってブロック側円形カム 5 8 も図 3 (A) において実線の矢印で示した方向に互いに反対方向に回転せしめられる。図 3 (A) 及び図 4 (A) に示したような状態からケース側円形カム 5 6 が 90° 回転すると図 3 (B) 及び図 4 (B) に示したような状態となる。

【 0 0 3 0 】

さらに駆動モータ 5 9 を駆動して、ケース側円形カム 5 6 が図 3 (B) において矢印で示したように互いに反対方向に回転させるべく各カムシャフト 5 4、5 5 を回転させると、偏心軸 5 7 がケース側円形カム 5 6 の中心 a 回りで更に上方へ向かって移動する。この偏心軸 5 7 の移動に伴ってブロック側円形カム 5 8 も図 3 (B) において矢印で示した方向とは反対方向に回転せしめられる。図 3 (B) 及び図 4 (B) に示したような状態からケース側円形カム 5 6 が 90° 回転すると図 3 (C) 及び図 4 (C) に示したような状態となる。

40

【 0 0 3 1 】

ここで、ブロック側円形カム 5 8 及びケース側円形カム 5 6 はそれぞれブロック側カム挿入口 5 1 及びケース側カム挿入口 5 3 内に収容されており、シリンダの軸線と垂直な方向へは移動することができない。従って、ブロック側円形カム 5 8 又はケース側円形カム 5 6 はシリンダの軸線と平行な方向にのみ相対移動が可能であり、従ってこれらカム 5 6

50

、58は常にシリンダの軸線と平行な同一直線1上に位置する。従って、図3(A)に示したような状態から各カムシャフト54、55上に固定されたケース側円形カム56を図3(A)において実線の矢印で示したように互いに反対方向に回転させると、ブロック側円形カム58の中心cは上方に、ケース側円形カム56の中心aから離れるように移動せしめられる。

【0032】

図3(A)～図3(C)を比較するとわかるようにクランクケース1とシリンダブロック2の相対位置はケース側円形カム56の中心aとブロック側円形カム58の中心cとの距離によって定まり、ケース側円形カム56の中心aとブロック側円形カム58の中心cとの距離が大きくなるほどシリンダブロック2はクランクケース1から離れる。シリンダブロック2がクランクケース1から離れるとピストン4が圧縮上死点に位置するときの燃焼室5の容積は増大する。従って、各カムシャフト54、55を回転させることによってピストン4が圧縮上死点に位置するときの燃焼室5の容積(以下、「燃焼室容積」という)を変更することができる。

10

【0033】

このようにカムシャフト54、55を回転させることによってピストン4が圧縮上死点に位置するときの燃焼室5の容積を変化させたとしても、圧縮行程時のピストン4の行程容積(ピストン4が吸気下死点から圧縮上死点まで移動するときに変化する燃焼室5の容積)は変化しない。したがって、(燃焼室容積+行程容積)/燃焼室容積で表される圧縮比は、燃焼室容積の変化に応じて変化する。すなわち、本実施形態の可変圧縮比機構Aによれば、駆動モータ59によってカムシャフト54、55を回転させることによって、内燃機関の圧縮比を変更することができる。

20

【0034】

なお、図1～図4に示した可変圧縮比機構Aは一例を示すものであって、駆動モータ等のアクチュエータを駆動させることによって圧縮比を変更することができればいかなる形式の可変圧縮比機構でも用いることができる。

【0035】

ところで、このように構成された可変圧縮比機構Aを有する内燃機関では、カムシャフト54、55又は駆動モータ59の回転角度と圧縮比は比例していない。以下では、この理由について簡単に説明する。なお、本明細書では、カムシャフト54、55の回転角度と圧縮比との関係を例にとって説明するが、駆動モータ59の回転角度と圧縮比との関係にも同じことが言える。

30

【0036】

図4に示したモデルを参照して説明すると、図3(A)及び図4(A)に示した状態からのカムシャフト54、55の回転角度を  $\theta$  とすると、クランクケース1に対するシリンダブロック3の相対距離Lは下記式(1)のように表される。

【数1】

$$L = \sqrt{m^2 - n^2} \cdot \sin^2 \theta - n \cdot \cos \theta \quad \dots (1)$$

40

図5はm:nを2:1とした場合における回転角度  $\theta$  に対する相対距離Lを示す図である。図5からわかるように、カムシャフト54、55の回転角度  $\theta$  に対して相対距離Lは比例しない。

【0037】

また、図6(A)に示したようなモデルにおいて、圧縮比  $\gamma$  は、相対距離Lに応じて定まる燃焼室5の高さhとピストン4のストロークsとを用いて下記式(2)のように表される。

$$\gamma = \left( \frac{D}{2} \right)^2 \cdot (h + s) / \left( \frac{D}{2} \right)^2 \cdot h$$

50

$$= (h + s) / h \quad \dots (2)$$

【0038】

図6(B)に示すように、高圧縮比になって燃焼室5の高さhが小さくなるほど高さhの変化に対する圧縮比の変化率が大きくなる。すなわち、圧縮比は燃焼室5の高さに比例して変化しない。

【0039】

このような二つの原理の相乗効果により、カムシャフト54、55の回転角度と圧縮比は比例しない。具体的には、カムシャフト54、55の回転角度と圧縮比との関係は例えば図7(A)に示したようになり、カムシャフト54、55の単位回転角度当たりの圧縮比の変化量(以下、「圧縮比変化率」という)は図7(B)に示したようになる。すなわち、カムシャフト54、55の回転角度が小さいとき、すなわち圧縮比が低いとき及びカムシャフト54、55の回転角度が大きいとき、すなわち圧縮比が高いときには、圧縮比変化率が小さい。逆に、カムシャフト54、55の回転角度が90°付近であるとき、すなわち圧縮比が中程度であるときには、圧縮比変化率が大きい。なお、図7は、m:nを2:1とした場合における回転角度と圧縮比及び圧縮比変化率との関係を示しているが、m:nを他の比率にした場合にも基本的に同様な傾向となる。

【0040】

ところで、本実施形態の可変圧縮比機構Aでは、圧縮比が目標圧縮比となるように相対位置センサ43の出力に基づいてカムシャフト54、55の回転角度をフィードバック制御している。フィードバック制御としては、如何なる制御方法が用いられてもよい。以下では、フィードバック制御としてPID制御を用いた場合を例にとって説明する。

【0041】

図8は、駆動モータ59の回転角度制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。図示した制御ルーチンは、所定時間間隔の割り込みによって行われる。まず、ステップS11では、機関負荷等に基づいて算出された目標圧縮比に応じて後述する目標回転角度設定制御により設定された目標回転角度tを取得する。次いで、ステップS12では、相対位置センサ43の出力に基づいてカムシャフト54、55の現在の回転角度(n)を算出する。なお、nは回転角度の算出回数を表す値であり、例えばn-1は前回の制御ルーチンにおいて算出された回転角度を意味する。

【0042】

ステップS13では、ステップS11で算出された目標回転角度tと、ステップS12で算出された現在の回転角度(n)との差分(n)が算出される( $(n) = t - (n)$ )。次いで、ステップS14では、ステップS13で算出された差分(n)に基づいて下記式(3)により比例項Vpが算出される。次いで、ステップS15では、ステップS13で算出された差分(n)に基づいて下記式(4)により積分項Viが算出される。さらに、ステップS16では、ステップS13で算出された差分(n)に基づいて下記式(5)により微分項Vdが算出される。なお、式(3)~(5)におけるKp、Ki、Kdはそれぞれ比例係数、積分係数、微分係数を示しており、本実施形態では一定の値とされる。

【数2】

$$V_p = K_p \cdot \Delta \theta (n) \quad \dots (3)$$

$$V_i = K_i \cdot \sum_{k=1}^n \Delta \theta (k) \quad \dots (4)$$

$$V_d = K_d \cdot (\Delta \theta (n) - \Delta \theta (n-1)) \quad \dots (5)$$

【0043】



ステップ S 1 7 では、ステップ S 1 4 で算出された比例項  $V_p$ 、ステップ S 1 5 で算出された積分項  $V_i$ 、ステップ S 1 6 で算出された微分項  $V_d$  が加算されて駆動モータ 5 9 の駆動電圧  $V_m$  が算出される。次いで、ステップ S 1 8 において駆動モータ 5 9 にはステップ S 1 7 で算出された駆動電圧  $V_m$  が印可され、駆動モータ 5 9 によりカムシャフト 5 4、5 5 が回転せしめられる。

【0044】

ところで、上述したように、低圧縮比領域ではカムシャフト 5 4、5 5 の回転角度に対する圧縮比変化率が小さい。従って、例えば、目標圧縮比がこの低圧縮比領域内にある場合、カムシャフト 5 4、5 5 の回転角度がその目標圧縮比に対応する目標回転角度に到達するのは遅い。このため、目標圧縮比が低圧縮比領域内にある場合には可変圧縮比機構 A の応答性が低下してしまう。

10

【0045】

また、圧縮比を低下させる場合には、吸入空気量を増大させることが多い。すなわち、圧縮比が高い場合（例えば 1 4 以上）、燃焼室 5 内へ供給される吸入空気量が多いと圧縮端温度及び圧縮端圧力が高くなり過ぎてノッキングが発生してしまう。このため、圧縮比が高い場合には、一般に、ノッキングが発生してしまうことのないようにスロットル弁 1 7 の開度を小さくしたり、可変バルブタイミング機構 B によって吸気弁 7 の閉弁時期を吸気下死点から離れるように移動させたりすることによって燃焼室 5 内へ供給される吸入空気量を減少させる。一方、圧縮比が低い場合（例えば、1 3 以下）には、燃焼室 5 内へ供給される吸入空気量が多くてもノッキングが発生する可能性は低い。このため、圧縮比が低い場合には、スロットル弁 1 7 の開度を大きくしたり、可変バルブタイミング機構 B によって吸気弁 7 の閉弁時期を吸気下死点付近へと移動させたりすることによって燃焼室 5 内へ供給される吸入空気量を増大させる。

20

【0046】

ところが、目標圧縮比が低圧縮比領域内に変更された場合には可変圧縮比機構 A の応答性が低いと、圧縮比が低下しないうちに燃焼室 5 内へ供給される吸入空気量のみが多くなってしまふ。このため圧縮比は高いにも関わらず燃焼室 5 内へ供給される吸入空気量が多くなり、ノッキングが発生してしまう虞がある。

【0047】

そこで、本発明の実施形態では圧縮比を低圧縮比領域内へ変更させるときに圧縮比を迅速に目標圧縮比に到達させるべく、実際の圧縮比が目標圧縮比を超えてオーバーシュートすることを許容するようにしている。特に、本実施形態では、実際の圧縮比が目標圧縮比を超えてオーバーシュートするように、すなわちカムシャフト 5 4、5 5 の実際の回転角度がその目標圧縮比に対応する目標回転角度を超えてオーバーシュートするように駆動モータ 5 9 を制御している。

30

【0048】

図 9 は、目標圧縮比が低圧縮比領域内に変更されたときのカムシャフト 5 4、5 5 の回転角度  $\theta$  と、圧縮比  $r$  の推移を表すタイムチャートである。図示した例では、時刻  $t_0$  において例えばアクセルペダル 4 0 の急激な踏み込みにより目標圧縮比が最大圧縮比  $r_{max}$  から最小圧縮比  $r_{min}$  に移行した場合における推移を表している。また、図 9 (A) 中の実線はカムシャフト 5 4、5 5 の実際の回転角度の推移、破線は目標回転角度の推移、一点鎖線は後述する修正目標回転角度の推移、二点鎖線は後述する本実施形態のような制御を行わずに通常の制御をした場合における実際の回転角度の推移をそれぞれ示している。同様に、図 9 (B) 中の実線は実際の圧縮比  $r$  の推移、破線は目標圧縮比の推移、二点鎖線は上記通常の制御をした場合における実際の圧縮比の推移をそれぞれ示している。

40

【0049】

まず、時刻  $t_0$  において目標圧縮比が最大圧縮比  $r_{max}$  から最小圧縮比  $r_{min}$  に変更されると、目標回転角度も最大圧縮比  $r_{max}$  に対応する回転角度（図示した例では  $180^\circ$ ）から最小圧縮比  $r_{min}$  に対応する回転角度（図示した例では  $0^\circ$ ）へと変更される。通常の制御であれば、カムシャフト 5 4、5 5 の回転角度  $\theta$  が変更後の目標回転角度である 0

50

°となるように駆動モータ59の制御が行われる。しかしながら、本実施形態では、図9に一点鎖線で示したように変更後の目標回転角度を超えてこの目標回転角度よりも小さい値となっている修正目標回転角度(図9に示した例では例えば-10°)を設定し、カムシャフト54、55の回転角度がこの修正目標回転角度となるように駆動モータ59を制御することとしている。

#### 【0050】

このようにカムシャフト54、55の回転角度が修正目標回転角度となるように駆動モータ59を制御することにより、カムシャフト54、55の実際の回転角度を迅速に目標回転角度に到達させることができる。この様子は図9(A)から明らかであり、回転角度が目標回転角度となるように制御する通常の制御をしている場合(図中の二点鎖線)に比べて、回転角度が修正目標回転角度となるように制御している場合(図中の実線)の方が速く目標回転角度に到達する。これに伴って、図9(B)に示したように、回転角度が目標回転角度となるように制御する通常の制御をしている場合(図中の二点鎖線)に比べて、回転角度が修正目標回転角度となるように制御している場合(図中の実線)の方が速く目標圧縮比に到達する。

10

#### 【0051】

本実施形態では、回転角度が修正目標回転角度となるように制御した結果、カムシャフト54、55の実際の回転角度が目標回転角度に到達した場合、その後は回転角度が目標回転角度となるように制御する。ただし、このように実際の回転角度が目標回転角度に到達した後にカムシャフト54、55の回転角度の目標値を修正目標回転角度から目標回転角度へと変更したとしても、図9(A)に示したようにカムシャフト54、55の回転角度は目標回転角度を超えてオーバーシュートする。

20

#### 【0052】

しかしながら、図7(B)を用いて説明したように、低圧縮比領域では、すなわちカムシャフト54、55の回転角度が小さい領域では、圧縮比変化率が低い。このため、カムシャフト54、55の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートしても、図9(B)に示したように実際の圧縮比は目標圧縮比から大きくは変化せず、目標圧縮比付近に維持される。そして、最終的に実際の圧縮比は目標圧縮比とされる。

#### 【0053】

このように、本実施形態の圧縮比の制御方法によれば、圧縮比を迅速に目標圧縮比付近に到達させることができると共に目標圧縮比付近に到達させた後には圧縮比を目標圧縮比付近に維持することができる。

30

#### 【0054】

一方、図7を用いて説明したように、中圧縮比領域ではカムシャフト54、55の回転角度に対する圧縮比変化率が大きい。従って、例えば、目標圧縮比がこの中圧縮比領域内にある場合には可変圧縮比機構Aの応答性は高い。また、中圧縮比領域ではカムシャフト54、55の回転角度に対する圧縮比変化率が大きいため、上述したようにカムシャフト54、55の実際の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートするように駆動モータ59を制御すると、圧縮比が目標回転角度を大きく超えてしまう。

#### 【0055】

そこで、本発明の実施形態では、圧縮比を中圧縮比領域内へ変更させるときには圧縮比が目標圧縮比を大きく超えてしまうことのないように、実際の圧縮比が目標圧縮比を超えてオーバーシュートすること禁止するようにしている。特に、本実施形態では、実際の圧縮比が目標圧縮比を超えてオーバーシュートしないように、すなわちカムシャフト54、55の実際の回転角度が目標圧縮比に対応する目標回転角度を超えてオーバーシュートしないように駆動モータ59を制御している。

40

#### 【0056】

図10は、上述した本実施形態の圧縮比の制御方法を実行するための目標回転角度の設定制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。以下、制御ルーチンの説明では、目標圧縮比に対応する目標回転角度を基準目標回転角度として説明する。

50

## 【 0 0 5 7 】

図 10 を参照すると、まずステップ S 2 1 では目標圧縮比が低圧縮比領域内にあって回転角度を急速に目標回転角度に変更させるための条件、すなわち急速変更条件が成立しているか否かが判定される。急速変更条件が成立する場合とは、例えば一定速度以上の速いアクセルペダル 40 の踏み込みがあったり、燃焼室 5 内のノッキングを検出するためのノックセンサ（図示せず）によりノッキングが検出されたりすることによって目標圧縮比が低圧縮比領域内の圧縮比に変更された場合が挙げられる。すなわち、本実施形態では、目標圧縮比が低圧縮比領域内の圧縮比に変更された場合であっても必ずしも急速変更条件が成立するわけではなく、それに加えて圧縮比を急速に低圧縮比領域内の目標圧縮比に変更することが必要である場合に急速変更条件が成立する。ただし、目標圧縮比が低圧縮比領域内の圧縮比に変更された場合には常に急速変更条件が成立するようにしてもよい。

10

## 【 0 0 5 8 】

ステップ S 2 1 において、急速変更条件が成立していないと判定された場合にはステップ S 2 4 へと進む。ステップ S 2 4 では、図 8 のステップ S 1 1 で用いられる目標回転角度  $t$  が基準目標回転角度  $t_b$  とされる。ここで、基準目標回転角度  $t_b$  は、機関負荷等に応じて算出された目標圧縮比に対応する回転角度である。基準目標回転角度  $t_b$  は、予め実験等により図 7 に示したようなマップを求め、目標圧縮比に基づいてこのマップにより算出される。

## 【 0 0 5 9 】

一方、ステップ S 2 1 において、急速変更条件が成立していると判定された場合には、ステップ S 2 2 へと進む。ステップ S 2 2 では、図 8 のステップ S 1 1 で用いられる目標回転角度  $t$  が修正目標回転角度  $t_m$  とされる。ここで、修正目標回転角度  $t_m$  は、現在の回転角度から離れる方向に上述した基準目標回転角度  $t_b$  から一定回転角度ずらされた回転角度である。修正目標回転角度  $t_m$  は、上述したようにして基準目標回転角度  $t_b$  を算出し、この基準目標回転角度  $t_b$  から所定値を加算又は減算することによって算出される。

20

## 【 0 0 6 0 】

次いで、ステップ S 2 3 において、カムシャフト 5 4、5 5 の実際の回転角度  $t$  が基準目標回転角度  $t_b$  に到達したか否かが判定される。ステップ S 2 3 において実際の回転角度  $t$  が基準目標回転角度  $t_b$  に到達していないと判定された場合には、基準目標回転角度  $t_b$  に到達するまでステップ S 2 2 が繰り返され、目標回転角度  $t$  は修正目標回転角度  $t_m$  のまま維持される。その後、ステップ S 2 3 において実際の回転角度  $t$  が基準目標回転角度  $t_b$  に到達したと判定された場合には、ステップ S 2 4 へと進み、目標回転角度  $t$  が基準目標回転角度  $t_b$  とされる。

30

## 【 0 0 6 1 】

次に、本発明の第二実施形態の可変圧縮比内燃機関について説明する。本実施形態の可変圧縮比内燃機関の構成は基本的に第一実施形態の可変圧縮比内燃機関の構成と同様である。しかしながら、本実施形態の可変圧縮比内燃機関では、目標圧縮比が低圧縮比領域内の圧縮比に変更された場合に、修正目標回転角度を設定することなくカムシャフト 5 4、5 5 の回転角度が目標回転角度となるように可変圧縮比機構 A を制御すると共に、カムシャフト 5 4、5 5 の回転角度のフィードバック制御における制御ゲインを変更するようにしている。

40

## 【 0 0 6 2 】

図 11 は、目標圧縮比が低圧縮比領域内に変更されたときの制御ゲイン、カムシャフト 5 4、5 5 の回転角度  $t$  と、圧縮比  $r$  の推移を表す、図 9 と同様なタイムチャートである。図示した例では、時刻  $t_0$  において例えばアクセルペダル 40 の急激な踏み込みにより目標圧縮比が妻帯圧縮比  $r_{max}$  から最小圧縮比  $r_{min}$  に移行した場合における推移を表している。

## 【 0 0 6 3 】

まず、時刻  $t_0$  において目標圧縮比が最大圧縮比  $r_{max}$  から最小圧縮比  $r_{min}$  に変更され

50

ると、目標回転角度も最大圧縮比  $\max$ に対応する回転角度（図示した例では $180^\circ$ ）から最小圧縮比  $\min$ に対応する回転角度（図示した例では $0^\circ$ ）へと変更される。そして、カムシャフト54、55の実際の回転角度が変更後の目標回転角度である $0^\circ$ となるように駆動モータ59の制御が行われる。

【0064】

このとき、本実施形態では、目標回転角度が低圧縮比領域に対応する回転角度に変更されたときには、目標回転角度の変更に伴って制御ゲインが増大せしめられる。ここで、制御ゲインとは制御における入力に対する出力の比を意味し、通常この制御ゲインが大きいほど同一条件下においてカムシャフト54、55の制御量（回転量）が大きくなる。図8に示したようにPID制御を行っている場合、制御ゲインを増大することは比例係数 $K_p$ 、積分係数 $K_i$ 、微分係数 $K_d$ の少なくともいずれか一つを大きくすることを意味する。

10

【0065】

このように制御ゲインを増大させることにより、図11に示したように、カムシャフト54、55の実際の回転角度を迅速に目標回転角度に到達させることができる。これに伴って、圧縮比を迅速に目標圧縮比に到達させることができる。特に、本実施形態では、カムシャフト54、55の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートするように制御ゲインが増大せしめられる。このため、極めて迅速にカムシャフト54、55の回転角度を目標回転角度に到達させることができる。

【0066】

本実施形態では、カムシャフト54、55の実際の回転角度が一旦目標回転角度に到達すると、その後は制御ゲインが元の値に戻される。ここで、このように実際の回転角度が目標回転角度に到達した後に制御ゲインを元の値に戻しても、カムシャフト54、55の回転角度は目標回転角度を超えてオーバーシュートする。しかしながら、図7(B)を用いて説明したように、低圧縮比領域では圧縮比変化率が低いため、カムシャフト54、55の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートしても実際の圧縮比は目標圧縮比付近に維持される。

20

【0067】

このように、第二実施形態の圧縮比の制御方法によっても、圧縮比を迅速に目標圧縮比付近に到達させることができると共に目標圧縮比付近に到達させた後には圧縮比を目標圧縮比付近に維持することができる。

30

【0068】

なお、本実施形態では、制御ゲインは、カムシャフト54、55の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートする角度（以下、「オーバーシュート許容角度偏差」という）が図12に示した値以下になるように設定される。図12からわかるように、低圧縮比領域及び高圧縮比領域におけるオーバーシュート許容角度偏差は、中圧縮比領域におけるオーバーシュート許容角度偏差よりも小さい。これは、中圧縮比領域における圧縮比変化率が低圧縮比領域及び高圧縮比領域における圧縮比変化率よりも大きいことによる。逆に言うと、圧縮比が目標圧縮比を超えてオーバーシュート可能な量は全ての圧縮比領域においてほぼ一定とされる。

【0069】

図13は、上述した本実施形態の圧縮比の制御方法を実行するための制御ゲインの設定制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。図13に示したステップS31、S33は図10に示したステップS21、S23と同様であるので説明を省略する。

40

【0070】

ステップS31において、急速変更条件が成立していないと判定された場合にはステップS34へと進む。ステップS34では、図8のステップ14、15、16で用いられる比例係数 $K_p$ 、積分係数 $K_i$ 、微分係数 $K_d$ がそれぞれ基準比例係数 $K_{pb}$ 、基準積分係数 $K_{ib}$ 、基準微分係数 $K_{db}$ とされる。これら係数 $K_{pb}$ 、 $K_{ib}$ 、 $K_{db}$ は例えばカムシャフト54、55の回転角度が目標回転角度を超えてオーバーシュートすることのない範囲で最も速く目標回転角度に到達するような値に設定される。

50

## 【0071】

一方、ステップS31において、急速変更条件が成立していると判定された場合には、ステップS32へと進む。ステップS32では、図8のステップ14、15、16で用いられる比例係数 $K_p$ 、積分係数 $K_i$ 、微分係数 $K_d$ がそれぞれ修正比例係数 $K_{pm}$ 、修正積分係数 $K_{im}$ 、修正微分係数 $K_{dm}$ とされる。ここで、修正比例係数 $K_{pm}$ 、修正積分係数 $K_{im}$ 、修正微分係数 $K_{dm}$ はそれぞれ基準比例係数 $K_{pb}$ 、基準積分係数 $K_{ib}$ 、基準微分係数 $K_{db}$ 以上の値とされる（ $K_{pm} \geq K_{pb}$ 、 $K_{im} \geq K_{ib}$ 、 $K_{dm} \geq K_{db}$ ）。

## 【0072】

次いで、ステップS33において実際の回転角度  $\theta$  が目標回転角度  $\theta_t$  に到達していないと判定された場合には目標回転角度  $\theta_t$  に到達するまでステップS32が繰り返される。その後、実際の回転角度  $\theta$  が目標回転角度  $\theta_t$  に到達したと判定された場合には、ステップS34へと進み、比例係数 $K_p$ 、積分係数 $K_i$ 、微分係数 $K_d$ がそれぞれ基準比例係数 $K_{pb}$ 、基準積分係数 $K_{ib}$ 、基準微分係数 $K_{db}$ とされる。

10

## 【0073】

図14は、本発明の上記実施形態で用いられるウォームギア61、62と噛合する歯車63、64の一つの例を示す側面図である。歯車63、64は、図2に示したように、円形であっても良いし、図14に示したようにほぼ半円形であってもよい。

## 【0074】

ただし、上述したように上記実施形態では、例えば目標回転角度が $0^\circ$ であるときに、カムシャフト54、55はこの目標回転角度を超えてオーバーシュートするように制御される。このため、カムシャフト54、55の回転角度が $0^\circ$ 以下となってもなおウォームギア61、62と噛合することができるように歯車63、64を形成しなければならない。

20

## 【0075】

そこで、本発明の実施形態では、歯車63、64の噛合角度  $\alpha$  は $180^\circ$ 以上とされる。特に、本実施形態の歯車63、64では、最大圧縮比から最小圧縮比までに対応する噛合領域の両側に噛合余裕領域  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  が設けられる。これにより、歯車63、64は、カムシャフト54、55の回転角度が $0^\circ$ 以下の場合及び $180^\circ$ 以上の場合にもウォームギア61、62と噛合するようになる。

30

## 【0076】

なお、上記説明では、フィードバック制御によりカムシャフト54、55の回転角度が目標回転角度となるように駆動モータ59を制御しているが、フィードバック制御のみならず、オープンループ制御等、如何なる制御により回転角度が目標回転角度になるように制御してもよい。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0077】

【図1】火花点火式内燃機関の全体図である。

【図2】可変圧縮比機構の分解斜視図である。

【図3】図解的に表した内燃機関の側面断面図である。

40

【図4】ブロック側円形カム、偏心軸、ケース側円形カムの中心の運動をモデル化した図である。

【図5】回転角度に対する相対変位量を示す図である。

【図6】燃焼室の高さと圧縮比との関係を説明するための図である。

【図7】回転角度と圧縮比及び圧縮比変化率との関係を示す図である。

【図8】駆動モータの回転角度制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図9】目標圧縮比が低圧縮比領域内に変更されたときのカムシャフトの回転角度及び圧縮比  $\alpha$  の推移を表すタイムチャートである。

【図10】目標回転角度の設定制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図11】制御ゲイン、カムシャフトの回転角度及び圧縮比の推移を表すタイムチャート

50

である。

【図12】オーバーシュート許容角度偏差を示す図である。

【図13】制御ゲインの設定制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図14】ウォームギアと噛合する歯車の一つの例を示す側面図である。

【符号の説明】

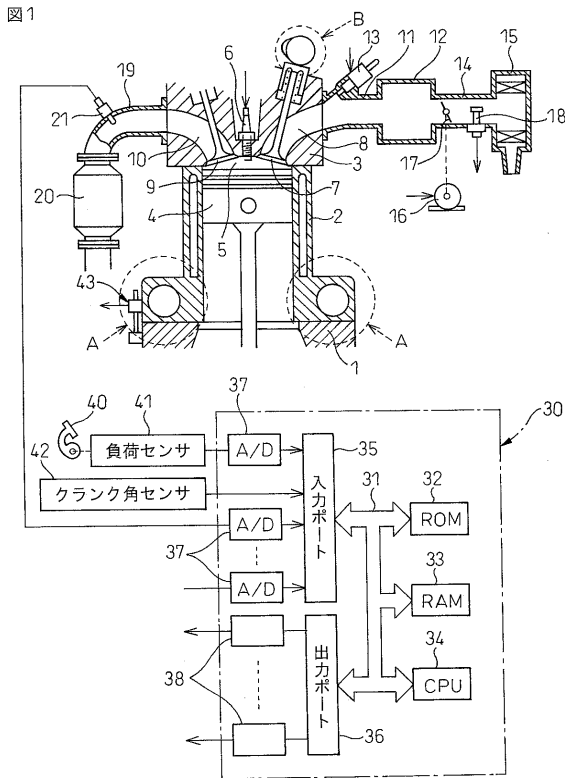
【0078】

- 1 クランクケース
- 2 シリンダブロック
- 3 シリンダヘッド
- 4 ピストン
- 5 燃焼室
- 7 吸気弁
- 54、55 カムシャフト
- 56 ケース側円形カム
- 57 偏心軸
- 58 ブロック側円形カム
- 59 駆動モータ
- 63、64 歯車
- A 可変圧縮比機構
- B 可変バルブタイミング機構

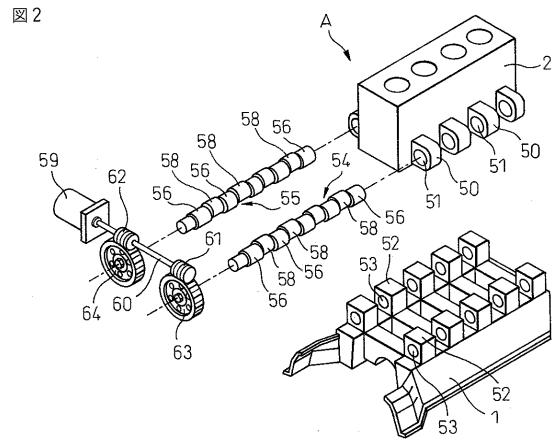
10

20

【図1】

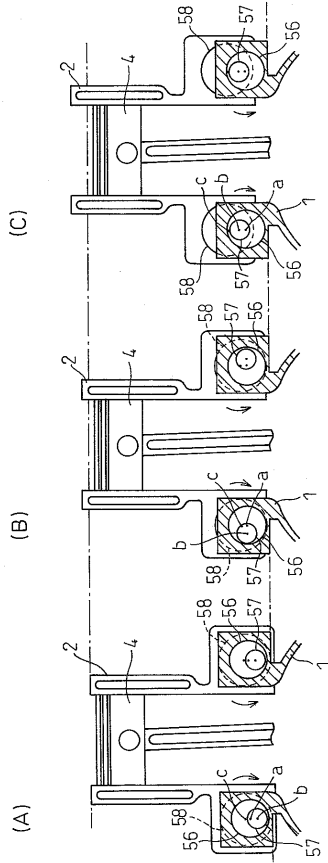


【図2】



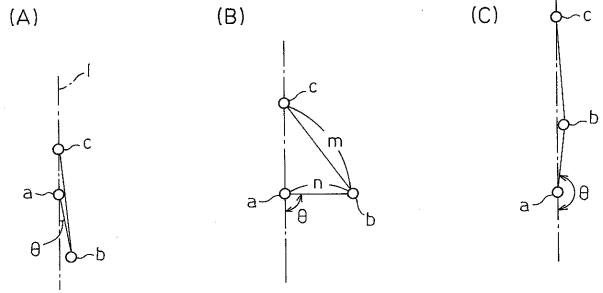
【 図 3 】

図 3



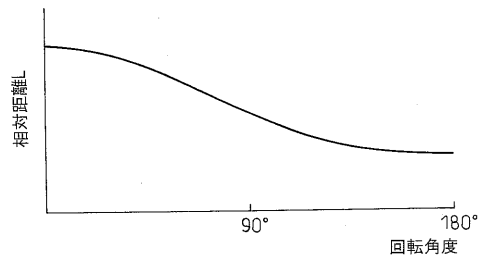
【 図 4 】

図 4



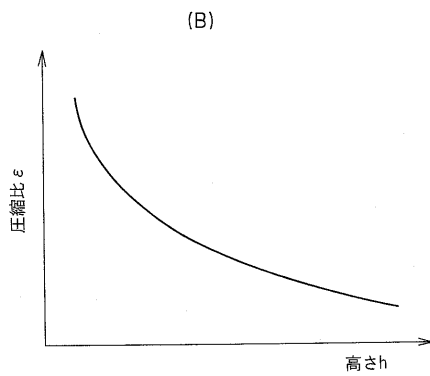
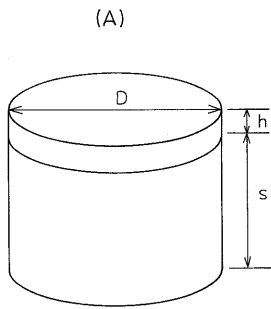
【 図 5 】

図 5



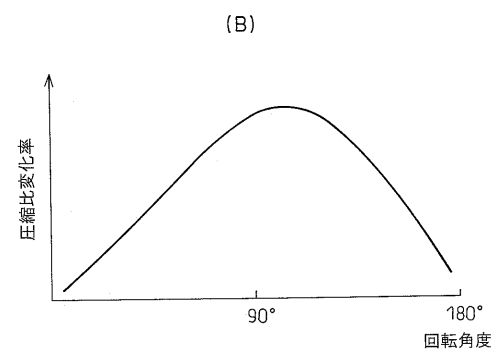
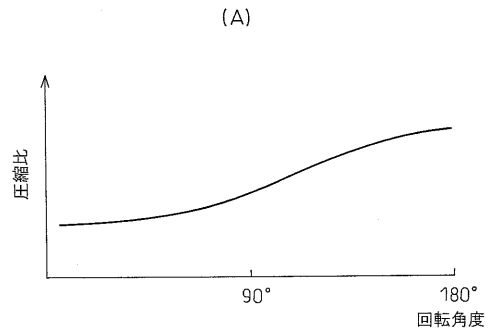
【 図 6 】

図 6



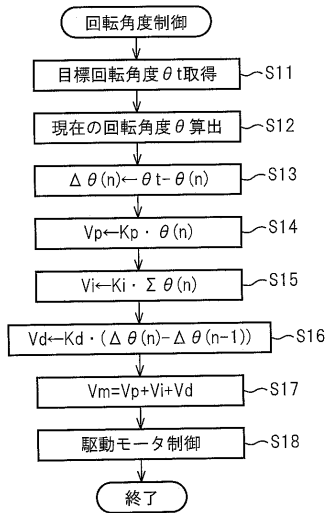
【 図 7 】

図 7



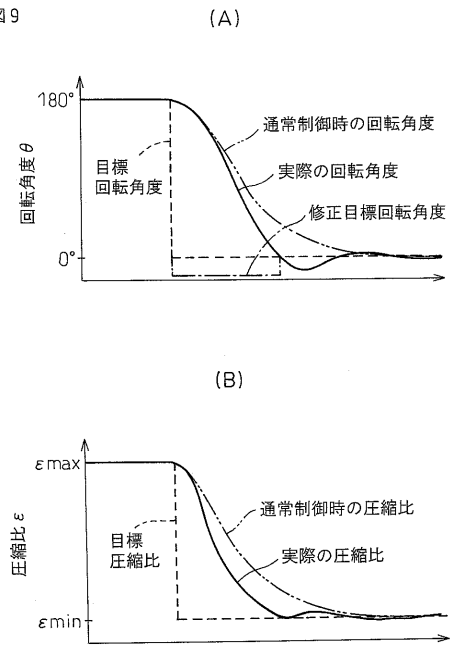
【 図 8 】

図8



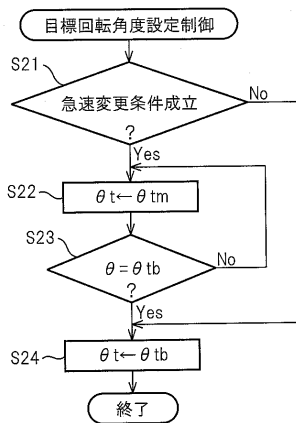
【 図 9 】

図9



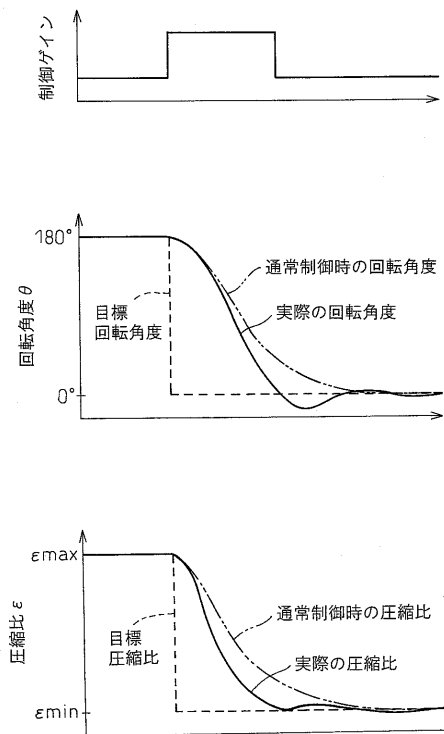
【 図 10 】

図10



【 図 11 】

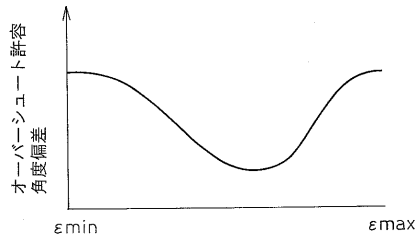
図11





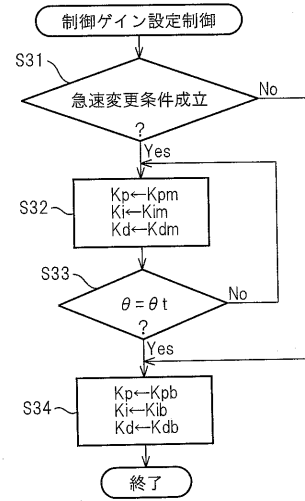
【 図 1 2 】

図12



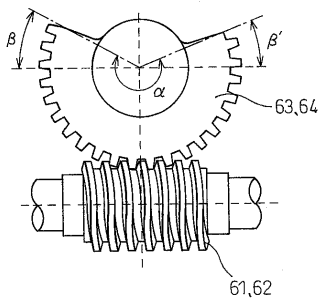
【 図 1 3 】

図13



【 図 1 4 】

図14



## 【手続補正書】

【提出日】平成19年12月10日(2007.12.10)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0029】

図3(A)及び図4(A)に示したような状態から駆動モータ59を駆動して、ケース側円形カム56が図3(A)において矢印で示したように互いに反対方向に回転させるべく各カムシャフト54、55を回転させると、偏心軸57がケース側円形カム56の中心a回りで下方へ向かって移動する。この偏心軸57の移動に伴ってブロック側円形カム58は図3(A)において矢印で示した方向とは反対方向に回転せしめられる。図3(A)及び図4(A)に示したような状態からケース側円形カム56が90°回転すると図3(B)及び図4(B)に示したような状態となる。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0030】

さらに駆動モータ59を駆動して、ケース側円形カム56を図3(B)において矢印で示したように互いに反対方向に回転させるべく各カムシャフト54、55を回転させると、偏心軸57がケース側円形カム56の中心a回りで更に下方へ向かって移動する。この偏心軸57の移動に伴ってブロック側円形カム58も図3(B)において矢印で示した方向に回転せしめられる。図3(B)及び図4(B)に示したような状態からケース側円形カム56が90°回転すると図3(C)及び図4(C)に示したような状態となる。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0031】

ここで、ブロック側円形カム58及びケース側円形カム56はそれぞれブロック側カム挿入口51及びケース側カム挿入口53内に收容されており、シリンダの軸線と垂直な方向へは移動することができない。従って、ブロック側円形カム58又はケース側円形カム56はシリンダの軸線と平行な方向にのみ相対移動が可能であり、従ってこれらカム56、58は常にシリンダの軸線と平行な同一直線1上に位置する。従って、図3(A)に示したような状態から各カムシャフト54、55上に固定されたケース側円形カム56を図3(A)において矢印で示したように互いに反対方向に回転させると、ブロック側円形カム58の中心cは下方に、ケース側円形カム56の中心aに近づくように移動せしめられる。

## 【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0036】

図4に示したモデルを参照して説明すると、図3(A)及び図4(A)に示した状態(すなわち中心a、b、cが直線1上にある状態)からのカムシャフト54、55の回転角

度を とすると、クランクケース 1 に対するシリンダブロック 3 の相対距離 L は下記式 (1) のように表される。

【数 1】

$$L = \sqrt{m^2 - n^2 \cdot \sin^2 \theta} + n \cdot \cos \theta \quad \dots (1)$$

図 5 は m : n を 2 : 1 とした場合における回転角度 に対する相対距離 L を示す図である。図 5 からわかるように、カムシャフト 5 4、5 5 の回転角度 に対して相対距離 L は比例しない。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】図面

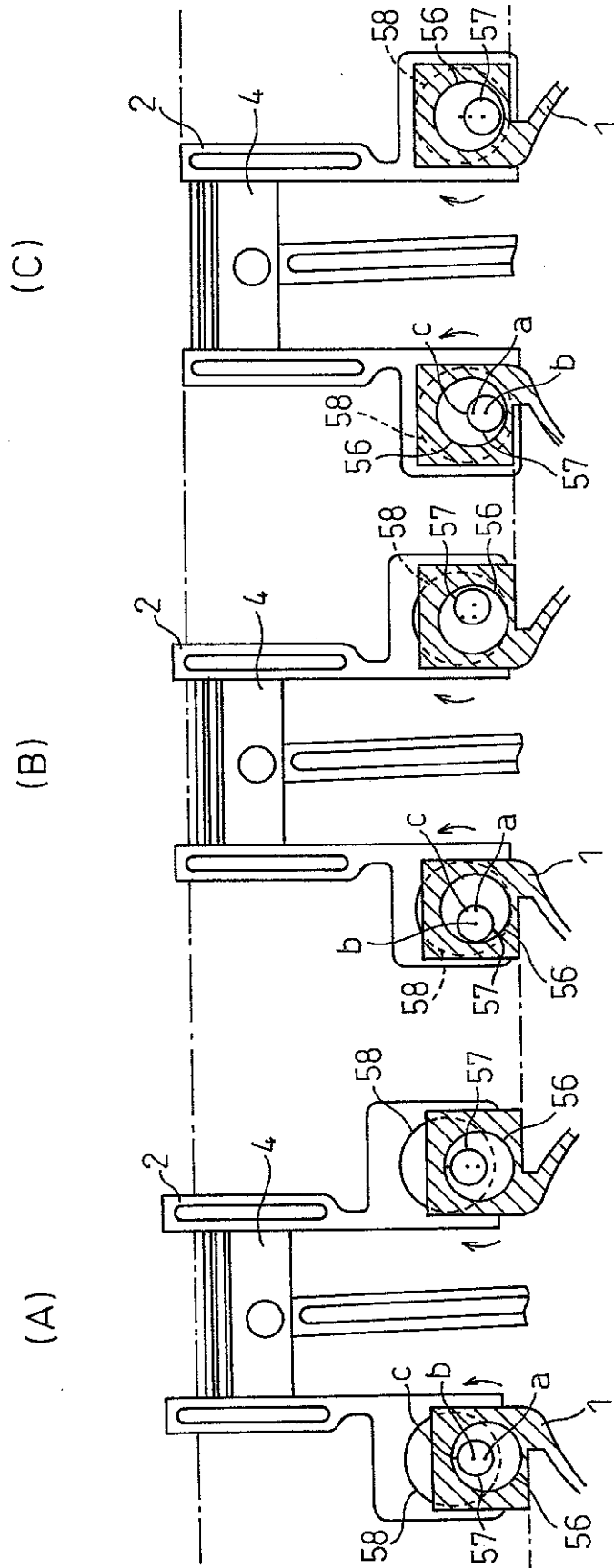
【補正対象項目名】図 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図3】

図3



【手続補正6】

【補正対象書類名】図面

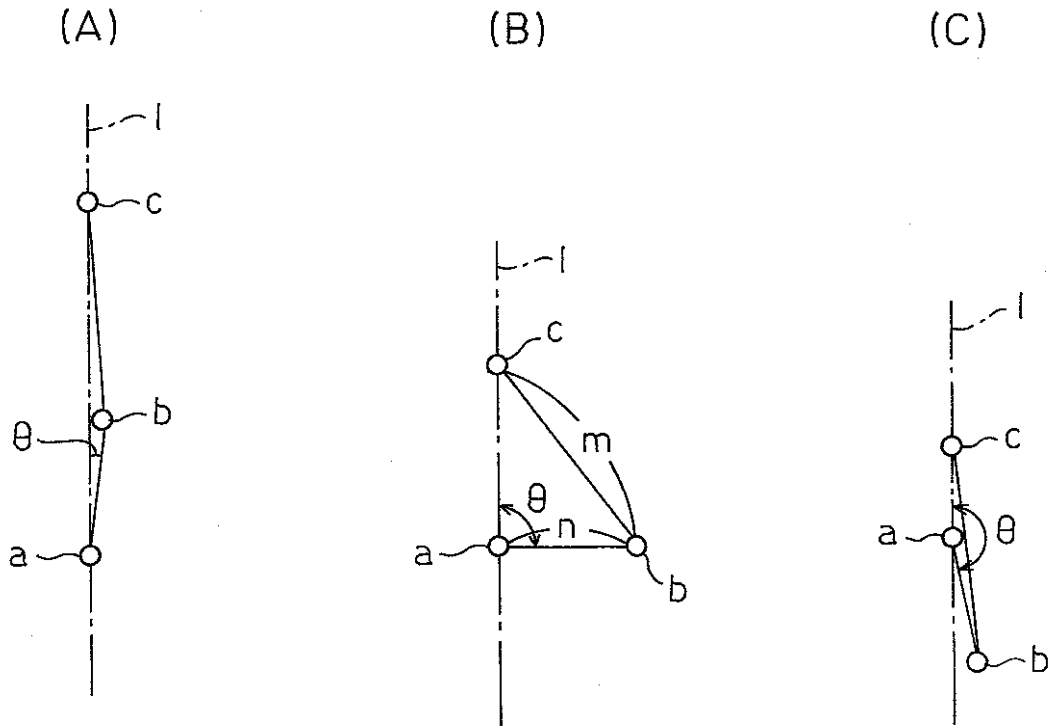
【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図4】

図4



---

フロントページの続き

(72)発明者 神山 栄一  
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 中坂 幸博  
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 秋久 大輔  
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 AA01 AA05 AA12 AB02 DD10 EA01 EA14 EC01 EC02 FA06  
HA01Z HA14Z HD05Z HE03Z HE06Z