

(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2006-348774  
(P2006-348774A)

(43) 公開日 平成18年12月28日(2006.12.28)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2D 13/02 (2006.01)	FO2D 13/02 H	3G018
FO1L 1/34 (2006.01)	FO1L 1/34 E	3G092
FO1L 13/00 (2006.01)	FO1L 13/00 3O1A	
	FO1L 13/00 3O1Y	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2005-172994 (P2005-172994)	(71) 出願人	000003137 マツダ株式会社 広島県安芸郡府中町新地3番1号
(22) 出願日	平成17年6月13日(2005.6.13)	(74) 代理人	100077931 弁理士 前田 弘
		(74) 代理人	100094134 弁理士 小山 廣毅
		(74) 代理人	100110939 弁理士 竹内 宏
		(74) 代理人	100110940 弁理士 嶋田 高久
		(74) 代理人	100113262 弁理士 竹内 祐二
		(74) 代理人	100115059 弁理士 今江 克実

最終頁に続く

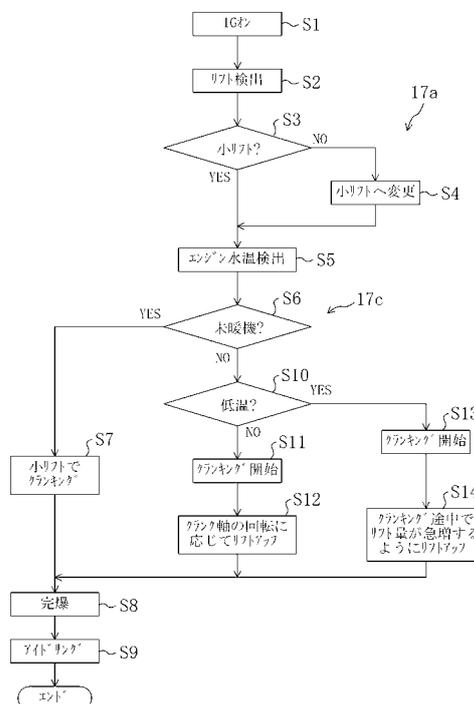
(54) 【発明の名称】 エンジンの吸気制御装置

(57) 【要約】

【課題】 揺動カム4, 5により吸気弁1, 2をリフトさせるとともに、その揺動カム4, 5の揺動角を変更することでリフト量を連続的に変更可能なリフト可変機構VVLが設けられ、リフト量の増大とともに吸気弁1, 2の閉時期が遅角するエンジンにおいて、冷間であっても良好な始動性を確保する。

【解決手段】 冷間始動時には、まず吸気弁1, 2のリフト量を最小化して、回転抵抗の小さな状態でクランキングを開始する(ステップS3, S4)。クランキングによってリフト可変機構VVLの摺動部に油膜が形成された後、吸気弁1, 2のリフト量を増大させて、気筒への吸気の充填量を増やし、有効圧縮比を高めるとともに、気筒内の吸気流動も強化して、燃料の気化霧化や空気との混合を促進する(ステップS12)。こうして、クランキング抵抗の低減と混合気の着火性、燃焼性の向上とを適切なバランスで両立し、冷間であっても良好な始動性を確保する。

【選択図】 図11



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

揺動カムによりリフトされる吸気弁のリフト量を、その揺動カムの揺動範囲を変更することによって連続的に変更可能なリフト可変機構が設けられ、このリフト可変機構を少なくともエンジンの運転状態に基づいて制御するようにしたエンジンの吸気制御装置において、

前記リフト可変機構は、吸気弁のリフト量の増大とともに開弁期間も広がって閉時期が遅角するように、そのリフト特性を変更するものであり、

エンジンの始動時に、まず、吸気弁が気筒の吸気行程途中で閉じる所定の小リフト状態になり、その後のクランキング中にリフト量が増大するように、前記リフト可変機構を制御するリフト制御手段を備えることを特徴とするエンジンの吸気制御装置。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 の吸気制御装置において、

リフト制御手段は、クランク軸が少なくとも 1 回転するまでは、吸気弁のリフト量が最小となるようにリフト可変機構を制御し、その後、クランク軸の回転に応じて、吸気弁の閉時期が徐々に遅角して気筒の下死点に近づくように、該吸気弁のリフト量を増大させるものであることを特徴とするエンジンの吸気制御装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 又は 2 のいずれかの吸気制御装置において、

エンジンの温度状態を判定する判定手段を備え、

リフト制御手段は、前記判定手段により判定されたエンジンの温度状態に応じて、低温側ほど吸気弁のリフト量の増大度合いが大きくなるように、リフト可変機構を制御するものであることを特徴とするエンジンの吸気制御装置。

20

## 【請求項 4】

揺動カムによりリフトされる吸気弁のリフト量を、その揺動カムの揺動範囲を変更することによって連続的に変更可能なリフト可変機構が設けられ、このリフト可変機構を少なくともエンジンの運転状態に基づいて制御するようにしたエンジンの吸気制御装置において、

前記リフト可変機構は、吸気弁のリフト量の増大とともに開弁期間も広がって閉時期が遅角するように、そのリフト特性を変更するものであり、

30

エンジンの温度状態を判定する判定手段と、

エンジンの始動時に、まず、吸気弁が気筒の吸気行程途中で閉じる所定の小リフト状態になるように前記リフト可変機構を制御し、その後、前記判定手段により判定されたエンジンの温度状態が所定温度未満の未暖機状態であれば、クランキング中に吸気弁のリフト量が増大するように、また、前記未暖機状態でなければリフト量が略一定となるように、該リフト可変機構を制御するリフト制御手段と、を備えることを特徴とするエンジンの吸気制御装置。

## 【請求項 5】

請求項 4 の吸気制御装置において、

リフト制御手段は、クランク軸が少なくとも 1 回転するまでは、吸気弁のリフト量が最小となるようにリフト可変機構を制御し、その後、エンジンが未暖機状態にあれば、クランク軸の回転に応じて、吸気弁の閉時期が徐々に遅角して気筒の下死点に近づくように、該吸気弁のリフト量を増大させるものであることを特徴とするエンジンの吸気制御装置。

40

## 【請求項 6】

請求項 5 の吸気制御装置において、

リフト制御手段は、判定手段により判定されたエンジンの温度状態に応じて、低温側ほど吸気弁のリフト量の増大度合いが大きくなるように、リフト可変機構を制御するものであることを特徴とするエンジンの吸気制御装置。

## 【請求項 7】

請求項 5 又は 6 のいずれかの吸気制御装置において、

50

リフト制御手段は、クランキングの途中で吸気弁のリフト量の増大度合いが増大変化するように、リフト可変機構を制御するものであることを特徴とするエンジンの吸気制御装置。

【請求項 8】

請求項 4 ~ 7 のいずれか 1 つの吸気制御装置において、

吸気弁のリフトの位相角を連続的に変更可能な位相可変機構と、

エンジンがアイドル運転域にあるときに、気筒の吸気行程中期にて吸気弁がリフトピーク状態になり、アイドル運転域の高負荷側に隣接する部分負荷の運転域にあるときには、アイドル運転域よりも位相角が進角するように前記位相可変機構を制御する位相制御手段と、をさらに備え、

10

リフト制御手段は、エンジンの始動時に未暖機状態であれば、吸気弁の閉時期が前記アイドル運転時よりも遅角側となるまで、該吸気弁のリフト量を増大させるものであることを特徴とするエンジンの吸気制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エンジンの運転状態に応じて吸気弁のリフト量などを変化させるようにしたエンジンの吸気制御装置に関し、特に、エンジン始動時の制御技術の分野に属する。

【背景技術】

【0002】

20

従来より、例えば特許文献 1 などに開示されるように、エンジンの動弁系に、吸気弁のリフト量や開閉時期を連続的に変化させるリフト可変機構を設けたものは知られている。このものでは、吸気側カムシャフトの偏心カムの動作をリンクを介して揺動カムに伝達し、この揺動カムによって吸気弁を開閉するようにしている。そして、前記リンクの支点の位置を変更することによって揺動カムの揺動範囲を変更し、これにより前記吸気弁のリフト量などを連続的に変更するようになっている。

【0003】

そうして吸気弁のリフト量などを連続的に変化させることで、エンジンの運転状態（負荷及び回転数）に対応する必要な量の空気を気筒に充填することができるので、吸気通路のスロットル弁を大部分の運転域で全開乃至それに近い開度に制御するようしたり、或いはスロットル弁を廃止することもでき、これによりポンピングロスを減らして、燃費を低減することができる。

30

【0004】

ところが、前記のようなリフト可変機構は、構造が複雑になって機械的な摺動部が多くなることから、その動作に対する摩擦抵抗が大きくなりやすい。とりわけ揺動カムを用いる場合には、その回動の向きが変わるときに摩擦抵抗が大きくなるきらいがある。

【0005】

特に始動時にクランキングを開始するときには、前記リフト可変機構の摺動部の多くには油膜が十分に形成されていないため、その摺動部の各々において摩擦抵抗が一段、大きくなっており、前記のように摺動部が多いことと相俟ってクランキングに対する回転抵抗がかなり大きくなってしまい、エンジンの始動性が低下する虞れがある。

40

【0006】

但し、リフト可変機構の特性を活かして、吸気弁のリフト量を小さくすれば、前記のように摺動部の多い機構であっても、その摩擦抵抗を通常の動弁系と同等か、或いはむしろ小さくすることができる。そこで、例えば特許文献 2 に開示されるエンジンでは、その停止時に予め小リフトとなるように可変動弁機構を制御しておくことで、その後のエンジン始動時における回転抵抗を小さくして、始動性を確保するようにしている。

【0007】

尚、前記特許文献 2 には、制御の応答遅れやアクチュエータの固着等によって、大リフトのままエンジンが停止してしまったフェール時の対策として、始動前にクランク軸を

50

所定角度、逆回転させることにより、バルブスプリングの反力による摺動部の摩擦抵抗が比較的小さな状態でクランキングを開始する、という技術が提案されている。

【特許文献1】特開2004-301058号公報

【特許文献2】特開2004-257255号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、前記特許文献2のエンジンのように、クランキング時の吸気弁のリフト量を小さくするようにした場合、クランキングに対する回転抵抗を小さくすることはできるものの、リフト量の減少とともに気筒への吸気の充填量が少なくなってしまうので、有効圧縮比が低下するとともに、気筒内の吸気流動も弱くなって、これにより燃料の気化霧化や空気との混合を促進することが難しくなる。

10

【0009】

特に前記特許文献1、2のもののようにカムの揺動範囲を変更することによって、吸気弁のリフト量を変更するようにした場合は、通常、そのリフト量の減少とともに開弁期間も狭くなって閉時期が進角するようになるから、クランキングに対する回転抵抗が十分に小さくなるまでリフト量を小さくすると、吸気弁は気筒の吸気行程の半ばで閉じることになり、前記した有効圧縮比の低下や吸気流動の弱화가著しい。

【0010】

そのため、例えばエンジンが未暖機状態にあって気筒周辺や吸気系の温度が低く、元来、燃料の気化霧化が悪い状況で始動するときには（所謂冷間始動時）、混合気の着火性や燃焼性がかなり低くなってしまい、その上さらに、冷間では自ずとエンジン全体の回転抵抗が大きくなることもあって、始動性を確保できなくなる虞れがある。

20

【0011】

つまり、前記のようなリフト可変機構を備えたエンジンでは、通常の動弁系を備えたものに比べてクランキングに対する回転抵抗が大きくなる虞れがあり、そうならないようにリフト量を小さくすると、今度は混合気の着火性、燃焼性が低下してしまうことから、冷間では始動性を確保することが難しいものである。

【0012】

本発明は、前記の問題点に鑑みてなされたものであり、特にクランキングの開始時点でリフト可変機構の各摺動部における油膜の形成が不十分なときに回転抵抗が大きくなることに着目して、クランキング中の吸気弁のリフト量の制御手順に工夫を凝らすことにより、冷間であっても良好な始動性を確保することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0013】

前記の目的を達成するために、本発明では、エンジンの始動時に、まず吸気弁のリフト量を小さくして、回転抵抗の小さな状態でクランキングを開始し、これによりリフト可変機構の各摺動部における油膜の形成を促した上で、リフト量を増大させるようにしたものである。

【0014】

すなわち、請求項1の発明は、揺動カムによりリフトされる吸気弁のリフト量を、その揺動カムの揺動範囲を変更することによって連続的に変更可能なリフト可変機構が設けられ、このリフト可変機構を少なくともエンジンの運転状態に基づいて制御するようにしたエンジンの吸気制御装置を前提とする。

40

【0015】

そして、前記リフト可変機構が、吸気弁のリフト量の増大とともに開弁期間も広がって閉時期が遅角するように、そのリフト特性を変更するものである場合に、エンジンの始動時には、まず、吸気弁が気筒の吸気行程途中で閉じる所定の小リフト状態になり、その後のクランキング中にリフト量が増大するように前記リフト可変機構を制御するリフト制御手段を備えるものとする。

50

## 【0016】

前記の構成では、まず、リフト可変機構の特性により、吸気弁のリフト量が相対的に小さなときには開弁期間（クランク角）も狭くなり、その閉時期が比較的早く（進角側に）なることから、エンジンへの出力要求が低い運転状態では小リフトにするとともに、吸気弁を気筒の下死点よりも進角側、即ち吸気行程の途中で閉じる所謂吸気早閉じの特性とすることが容易になり、こうすることで気筒のポンピングロスを減らすことができる。

## 【0017】

一方、リフト量が相対的に大きなときには開弁期間も長くなるので、吸気充填のための時間を確保しやすい上に、吸気弁の閉時期が遅角することから、これを気筒の下死点以降も開くようにすることが容易になり、こうすれば、吸気流の慣性によって充填効率を高めることもできる。

10

## 【0018】

また、エンジンの始動時にはリフト制御手段によって前記リフト可変機構が制御され、まず、吸気弁のリフト量が比較的小さな状態（小リフト状態）とされる。このことで、リフト可変機構の各摺動部に油膜が十分に形成されていない状態であっても、その摩擦抵抗が過度に大きくなることはなく、比較的抵抗の小さな状態でクランキングが開始される。

## 【0019】

その際、リフト量が小さいほど回転抵抗も小さくなり、スムーズなクランキングが可能になるが、前記したリフト可変機構の基本的な特性によって、小リフトでは吸気弁の開弁期間も狭くなる上に、それが気筒の吸気行程の途中で閉じることになるから、気筒への吸気の充填量はかなり少なくなってしまう。

20

## 【0020】

一方、前記のようにクランキングが始まると、これによりリフト可変機構の各摺動部においても油膜の形成が促されて、その摩擦抵抗が一段、小さくなるから、その後は吸気弁のリフト量を大きくしても、このことによってエンジンの回転抵抗が過度に大きくなることはない。

## 【0021】

そこで、前記リフト制御手段によるリフト可変機構の制御によって、クランキング中に吸気弁のリフト量を増大させ、これにより、気筒への吸気の充填量を増やして有効圧縮比を高めるとともに、気筒内の吸気流動も強化して、燃料の気化霧化や空気との混合を促進

30

## 【0022】

こうして、エンジンの始動時にクランキングに対する回転抵抗の低減と気筒内の混合気の着火性、燃焼性の向上とを適切なバランスで両立することができるので、冷間であっても良好な始動性を確保することができる。

## 【0023】

前記リフト制御手段によるリフト可変機構の制御について、より具体的には、例えば、クランキングによってエンジンのクランク軸が少なくとも1回転するまでは、吸気弁のリフト量が最小となるようにリフト可変機構を制御し、その後、クランク軸の回転に応じて吸気弁の閉時期が徐々に遅角して、気筒の下死点に近づくように、当該吸気弁のリフト量

40

## 【0024】

こうすれば、まず、吸気弁のリフト量を最小とすることで、クランキング開始時の回転抵抗を十分に小さくすることができ、クランク軸が1回転すれば、各摺動部にエンジンオイルが回って摩擦抵抗が確実に減少するので、その後はクランク軸の回転に応じて吸気弁のリフト量を増大させて、その閉時期が気筒の下死点に近づくようにすることで、気筒への吸気の充填量を効果的に増大させ、且つ気筒内流動を強化することができる。

## 【0025】

より好ましいのは、エンジンの温度状態を判定する判定手段をさらに備え、前記リフト制御手段を、前記の如く始動のためのクランキング中に吸気弁のリフト量を増大させる際

50

に、前記判定手段により判定されたエンジンの温度状態に応じて、低温側ほどリフト量の増大の度合いが大きくなるように、リフト可変機構を制御するものとする（請求項3の発明）。

【0026】

こうすると、エンジン始動時の温度状態によって、クランキング中の吸気弁のリフト量の増大度合いが変化するようになり、より温度が低くて燃料の気化霧化が悪いときほど、リフト量が大きくなる一方、冷間といっても温度があまり低くないときには、リフト量はあまり大きくはならない。

【0027】

つまり、始動時のエンジン温度も考慮して、吸気弁のリフト量をきめ細かく変更することによって、混合気の着火性、燃焼性を確保できる必要最小限だけリフト量を増大させることができ、リフトアップに伴う回転抵抗の増大を極力、抑えることができるので、よりスムーズにエンジンを始動できる。

【0028】

次に、請求項4の発明は、前記請求項1の発明と同じく、揺動カムによりリフトされる吸気弁のリフト量を、その揺動カムの揺動範囲を変更することによって連続的に変更可能なリフト可変機構が設けられ、このリフト可変機構を少なくともエンジンの運転状態に基づいて制御するようにしたエンジンの吸気制御装置において、前記リフト可変機構が、吸気弁のリフト量の増大とともに開弁期間も広がって閉時期が遅角するように、そのリフト特性を変更するものである場合に、

エンジンの温度状態を判定する判定手段と、エンジンの始動時に、まず、吸気弁が気筒の吸気行程途中で閉じる所定の小リフト状態になるように前記リフト可変機構を制御し、その後、前記判定手段により判定されたエンジンの温度状態が所定温度未満の未暖機状態であれば、クランキング中に吸気弁のリフト量が増大するように、また、未暖機状態でなければリフト量が略一定となるように、リフト可変機構を制御するリフト制御手段と、を備える構成とする。

【0029】

前記の構成により、エンジンが始動時に未暖機状態であれば（即ち冷間始動時には）、前記請求項1の発明と同じ作用が得られ、冷間であっても良好な始動性を確保できる。一方、冷間でなければ、クランキングの開始から完爆状態になるまでの間、吸気弁がリフト量の小さな状態に保たれて、回転抵抗が小さくなるので、よりスムーズにエンジンを始動することができる。

【0030】

その場合にも、前記請求項2、3の発明と同様に、リフト制御手段は、クランク軸が少なくとも1回転するまでは、吸気弁のリフト量が最小となるようにリフト可変機構を制御し、その後、エンジンが未暖機状態にあれば、クランク軸の回転に応じて、吸気弁の閉時期が徐々に遅角して気筒の下死点に近づくように、当該吸気弁のリフト量を増大させるものとすればよい（請求項5）。或いは、リフト制御手段は、判定手段により判定されたエンジンの温度状態に応じて、低温側ほど吸気弁のリフト量の増大度合いが大きくなるように、リフト可変機構を制御するものとしてもよい（請求項6）。

【0031】

さらに、前記リフト制御手段を、クランキングの途中で吸気弁のリフト量の増大度合いが増大変化するように、リフト可変機構を制御するものとしてもよい（請求項7）。こうすれば、リフト可変機構の各摺動部にエンジンオイルが十分に回った後、吸気弁のリフト量を急増させて、短時間で気筒への吸気充填量を増やすことができるので、例えば寒冷地などのように特に温度状態の低いときでも、クランキングに対する回転抵抗を下げながら、混合気の着火性、燃焼性を高めて、始動性を確保することができる。

【0032】

上述の吸気制御装置において、さらに、吸気弁のリフトの位相角を連続的に変更可能な位相可変機構と、エンジンがアイドル運転域にあるときには気筒の吸気行程中期にて吸気

10

20

30

40

50

弁がリフトピーク状態になり、アイドル運転域の高負荷側に隣接する部分負荷の運転域にあるときには、アイドル運転域よりも位相角が進角するように前記位相可変機構を制御する位相制御手段と、を備えてもよく、その場合に、リフト制御手段は、エンジンの始動時に未暖機状態であれば、吸気弁の閉時期が前記アイドル運転時よりも遅角側となるまで、該吸気弁のリフト量を増大させるものとするのが好ましい。(請求項8)

すなわち、一般にアイドル運転状態では、上述したクランクの開始時と同様に吸気弁のリフト量を小さくすることから、該吸気弁が気筒の吸気行程の半ばで閉じることになり、気筒内流動の弱化などによって燃焼安定性が低下する虞れがある。そこで、前記の構成では、位相制御手段による位相可変機構の制御によってアイドル時に吸気弁のリフトの位相角を遅角させ、該吸気弁を吸気効率の最も高い吸気行程の中期にリフトピーク状態となるようにすることで、気筒内流動の弱化を抑制して、所要の燃焼安定性を得ることができる。

10

#### 【0033】

そして、その場合に、エンジンの冷間始動時には吸気弁の閉時期が、前記のようにリフトの位相角を遅角させたアイドル時よりもさらに遅角側となるまで、該吸気弁のリフト量を増大させることで、気筒への吸気の充填量を十分に増大させ、且つ気筒内流動を十分に強化することができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0034】

以上、説明したように、本発明に係るエンジンの吸気制御装置によると、吸気弁のリフト量を連続的に変更可能なリフト可変機構を備えたエンジンにおいて、始動時に、まず吸気弁のリフト量を小さくして、回転抵抗の小さな状態でクランクを開始し、これによりリフト可変機構の各摺動部における油膜の形成を促した上で、リフト量を増大させることによって、クランクに対する回転抵抗の低減と気筒内の混合気の着火性、燃焼性の向上とを適切なバランスで両立することができ、冷間であっても良好な始動性を確保することができる。

20

#### 【0035】

そうしてクランク中に増大させる吸気弁のリフト量を、始動時のエンジン温度に応じてリフト量の増大度合いが変化するようにきめ細かく制御することで(請求項3,6)、冷間でも混合気の着火性、燃焼性を確保しつつ、回転抵抗の増大を抑えて、よりスムーズにエンジンを始動することができる。

30

#### 【0036】

また、始動時にエンジンが未暖機状態でなければ、即ち温間始動の場合にはクランク中に吸気弁のリフト量を増大させず、それを小リフト状態に維持することによって(請求項4)、回転抵抗を小さくしてスムーズにエンジンを始動することができる。

#### 【0037】

また、クランク中に吸気弁のリフト量を増大させる途中で、その度合いを変化させるようにすれば(請求項7)、寒冷地などでも良好な始動性を確保することができる。

#### 【0038】

さらに、吸気弁のリフトの位相角を連続的に変更可能な位相可変機構を備えて、アイドル時には小リフトのまま吸気弁のリフトの位相角を遅角させることで、所要のアイドル安定性を得ることができるとともに、エンジンの冷間始動時には吸気弁の閉時期が、前記のように位相角を遅角させたアイドル時よりもさらに遅角側となるまで、そのリフト量を増大させることによって、前記した発明の効果がより確実なものとなる(請求項8)。

40

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0039】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。尚、以下の好ましい実施形態の説明は、本質的に例示に過ぎず、本発明、その適用物或いはその用途を制限することを意図するものではない。

#### 【0040】

50

図1は、本発明を適用した実施形態のエンジンの吸気側動弁系の構成を示す。このエンジンは、図示は省略するが、4つの気筒が並んだ直列4気筒エンジンであり、その各気筒毎に2つの吸気弁1, 2と2つの排気弁(図示せず)とを有する4弁式のダブルオーバーヘッドカム方式を採用している。同図において、符号3は、前記4つの気筒が並ぶエンジン前後方向に延びるように配設されていて、エンジンのクランク軸によりカムチェーン(図示せず)を介して回転駆動される吸気側のカムシャフトである。

#### 【0041】

前記カムシャフト3の前端部には、該カムシャフト3のクランク軸に対する回転位相を所定の角度範囲内で変更可能な公知の位相可変機構18(Variable Cam Timing:以下、VCTと略称する)が付設されている。詳しい説明は省略するが、このVCT18は、スプロケット19の中心孔を貫通するカムシャフト3の前端に固定されたロータと、このロータをエンジン前方から覆うように配置されてスプロケット19に固定されたケーシングとからなり、このロータ及びケーシングの間には周方向に並んで複数の油圧作動室が形成されている。

10

#### 【0042】

そして、コントローラ17によってデューティ制御される電磁弁20により、VCT18への作動油圧の方向及び大きさが変更されて、ロータ及びケーシングが相対回転され、カムシャフト3のクランク軸に対する回転の位相が変化することで、クランク角で見た吸気弁1, 2の開閉時期、即ち吸気弁1, 2のリフトの位相角を連続的に変更することができるようになっている。

20

#### 【0043】

尚、前記ロータは例えばバネ部材などによりケーシングに対して回転方向の逆向き(遅角側)に付勢されており、これにより、作動油圧が供給されないときの吸気弁1, 2のリフトの位相角は最大遅角(進角量0°)となっている。

#### 【0044】

前記カムシャフト3には、各気筒毎に一对の揺動カム4, 5が揺動自在に支持されている。これら一对の揺動カム4, 5は、前記2つの吸気弁1, 2にそれぞれ対応するように配置され、円筒状の連結部9によって互いに連結されて、カムシャフト3の周りに一体に揺動するようになっている。これにより、各気筒毎2つの吸気弁1, 2が同時にリフトされる。尚、前記連結部9の外周面は、カム軸受面と摺接するカムジャーナル部とされている。

30

#### 【0045】

前記の如く揺動カム4, 5を動作させるために、前記カムシャフト3には、その軸心X(カムシャフト3の回転中心:図2等参照)から偏心した4つの円形の偏心カム6が互いに間隔を空けて一体に設けられている。この各偏心カム6にはそれぞれ回転自在に外輪7が外嵌めされていて、この外輪7の外周に突出するように設けられた偏心凸部に、連結リンク8を介して前記揺動カム5が連結されている。すなわち、前記外輪7は、一端側が前記カムシャフト3の偏心カム6に回転自在に嵌合され、他端部(偏心凸部)が連結リンク8によって揺動カム5に連結されたリンク(以下、オフセットリンクという)である。

#### 【0046】

また、前記カムシャフト3の斜め上方には、これと平行にコントロールシャフト11が設けられている。このコントロールシャフト11には4つのコントロールアーム12がそれぞれ結合固定されており、該各コントロールアーム12の先端部と前記オフセットリンク7の他端部とが規制リンク13によって連結されている。この規制リンク13は、前記偏心カム6の回転に伴いオフセットリンク7の一端側がカムシャフト3の周りを公転するときに、このオフセットリンク7の変位を規制してその他端部を往復運動させるものであり、これにより、そのオフセットリンク7の他端部に連結された前記連結リンク8が揺動カム4, 5を揺動させることになる。

40

#### 【0047】

さらに、前記コントロールシャフト11には、円周の一部のみに歯が形成されたウォー

50

ム歯車 14 が結合され、このウォーム歯車 14 の歯に、電動モータ 15 で回転駆動されるウォーム 16 が噛み合っている。そうして、コントローラ 17 からの制御信号の入力に応じてモータ 15 が作動し、コントロールシャフト 11 が回転してコントロールアーム 12 の位置が変わることによって、オフセットリンク 7 の他端部の往復運動の軌跡、即ち前記連結リンク 8 の揺動軌跡が変更され、これにより揺動カム 4, 5 の揺動角（揺動範囲）などが変化して、吸気弁 1, 2 のリフト量や開閉時期などのリフト特性が変化している。

#### 【0048】

言い換えると、前記連結リンク 8 及び規制リンク 13 は、揺動カム 5 とオフセットリンク 7 とを連結するとともに、前記偏心カム 6 の回転に伴う該オフセットリンク 7 の動作を、揺動カム 5（及び揺動カム 4）が揺動するように規制するリンク機構を構成している。また、そのリンク機構を含めて、前記カムシャフト 3 の偏心カム 6、オフセットリンク 7、コントロールシャフト 11、コントロールアーム 12 等により、吸気弁 1, 2 のリフト量を連続的に変更可能なリフト可変機構（Variable Valve Lift：以下、VVLともいう）が構成されている。

10

#### 【0049】

その VVL の構成についてより具体的には、まず、図 2（b）に示すように、吸気弁 2 のステム上端には直動式タペット 21 が設けられ、このタペット 21 に揺動カム 5 が当接している。吸気弁 2 は、タペット 21 内部に設けられたリテーナ 22 とシリンダヘッドに設けられたリテーナ 23 との間に配設されたバルブスプリング 24 によって、吸気ポート 25 を閉じる方向（吸気弁 1, 2 リフト方向とは反対方向）に付勢されている。尚、吸気弁 1 についても前記吸気弁 2 と同様の構成になっている。

20

#### 【0050】

前記連結リンク 8 の一端部は、揺動カム 5 にピン 31 により回転自在に連結され、一方、規制リンク 13 の一端部は、コントロールアーム 12 の先端部にピン 32 により回転自在に連結されている。そうして、この連結リンク 8 と規制リンク 13 とは、オフセットリンク 7 の両側にそれぞれ配設されて、該オフセットリンク 7 を中間に挟んで係合している。すなわち、連結リンク 8 及び規制リンク 13 の各々の他端部は、オフセットリンク 7 の他端部に連結ピン 33 によって同軸に且つ回転自在に連結されている。尚、前記ピン 31 ~ 33 はいずれもカムシャフト 3 と平行に延びている。

30

#### 【0051】

図示の如く、前記オフセットリンク 7 と連結リンク 8 との連結ピン 33 はカムシャフト 3 の上方に位置しており、その側方にはコントロールアーム 12 の回転中心（コントロールシャフト 11 の軸心）が位置している。コントロールアーム 12 の先端のピン 32 は規制リンク 13 の回転軸であり、そのピン 32 の位置を変更することによって規制リンク 13 及び連結ピン 33 の揺動軌跡を変化させ、これにより、吸気弁 1, 2 のリフト量を変更することができる。

#### 【0052】

すなわち、各リンクやピンの具体的な動作については以下に詳述するが、モータ 15 によりコントロールシャフト 11 及びコントロールアーム 12 を回転させて、図 2 に示すようにピン 32 をコントロールシャフト 11 の下方に位置づけると、揺動カム 4, 5 の揺動角が大きくなり、リフトピークにおける吸気弁 1, 2 のリフト量が最も大きな大リフト制御状態になる。また、そこからコントロールアーム 12 などの回転によってピン 32 を上方へ移動させると、これに応じて揺動カム 4, 5 の揺動角は小さくなり、図 3 に示すようにピン 32 をカムシャフト 3 の上方に位置付けると、吸気弁 1, 2 のリフト量が最も小さな小リフト制御状態になる。

40

#### 【0053】

前記図 2 に示す大リフト制御状態において、揺動カム 5 は、同図（b）に示すようにカムノーズの先端側で直動式タペット 21 を押圧し、該タペット 21 を介して吸気弁 2 を大きくリフトさせたリフトピークの状態（揺動カム 4 が直動式タペットを介して吸気弁 1 を

50

大きくリフトさせた状態)と、同図(a)に示すように吸気弁2(吸気弁1)がリフトしないゼロリフトの状態との間で揺動する。小リフト制御状態である図3の場合も同様にリフトピークの状態(カムノーズの基端側でタペット21を押圧)とゼロリフトの状態との間で揺動する(同図(a)及び(b)参照)。

【0054】

(リフト可変機構の動作)

以下、そのようなリンクやカムの動作を、図4及び図5を参照して具体的に説明する。この両図では、コントロールアーム12、連結リンク8及び規制リンク13については簡略に直線で表しており、また、偏心カム6の中心(オフセットリンク7の外輪の中心)の回転軌跡を符号T0として示している。尚、上述の如く吸気弁1と揺動カム4との関係は吸気弁2と揺動カム5との関係と同じであって、揺動カム4は揺動カム5と同様に働くので、以下では、吸気弁2と揺動カム5との関係について説明する。

10

【0055】

まず、図4を参照して揺動カム5自体のプロファイルを説明すると、この揺動カム5の周面には、曲率半径が所定角度範囲一定の基円面(ベースサークル区間)1と、該1に続いて曲率半径が漸次大きくなっているカム面(リフト区間)2とが形成されている。同図は、前記図2の大リフト制御状態を表しており、コントロールアーム12は大リフト制御位置にある。

【0056】

同図に実線で示すのは吸気弁2がリフトピーク近傍にある図2(b)の状態であり、このときには、連結リンク8によってピン31が最も上方に引き上げられ、揺動カム5は、カム面2のカムノーズ先端側がタペット21に当接した状態になっている。一方、仮想線で示すのはゼロリフトの状態(図2(a))であり、このときには揺動カム5の基円面1がタペット21に接して、吸気弁2はリフトしていない(吸気弁2は閉じている)。

20

【0057】

そして、カムシャフト3(偏心カム6)が図の時計回りに回転すると、これに伴いオフセットリンク7の一端側(図の下端側)は、図に矢印で示すようにカムシャフト3の軸心X周りを公転することになるが、このときにはオフセットリンク7の他端部の変位は、そこに連結されている規制リンク13によって規制される。すなわち、規制リンク13は、コントロールシャフト11の下方に位置付けられたピン32を中心に図の実線の位置と仮想線の位置との間で揺動し、これに伴い、オフセットリンク7の他端側(連結ピン33)は、偏心カム6が1回転する度に、ピン32を中心として往復円弧運動をすることになる(この連結ピン33の運動軌跡をT1として示す)。

30

【0058】

前記連結ピン33の往復円弧運動T1に伴い、この同じ連結ピン33によって一端部がオフセットリンク7に連結されている連結リンク8の他端部(ピン31)は、図にT2として示す軌跡で往復円弧運動し、そのピン31によって連結リンク8に連結されている揺動カム5が図の実線の位置と仮想線の位置との間で揺動運動をする。すなわち、前記連結ピン33が上方に移動するときには、連結リンク8によってピン31が上方に引き上げられて、揺動カム5のカムノーズがタペット21を押し下げ、これによりバルブスプリング24(図2参照)を押し縮めながら、吸気弁2をリフトさせる。

40

【0059】

一方、連結ピン33が下方に移動するときには、連結リンク8によってピン31が下方に押し下げられて、揺動カム5のカムノーズが上昇することになるので、前記のようにして圧縮されたバルブスプリング24の反力によってタペット21が押し上げられて、前記カムノーズの上昇に追従するように上方に移動し、そのタペット21内のリテーナ22によって吸気弁2が引き上げられて、吸気ポート25が閉じられる。

【0060】

つまり、大リフト制御状態では、揺動カム5がその周面の基円面1及びカム面2の

50

略全体によってタペット 21 を押圧するように大きく揺動し、このように大きな揺動角に対応して吸気弁 2 のリフト量が大きくなるのである。

【 0 0 6 1 】

次に、前記の大リフト制御状態から、コントロールアーム 12 をコントロールシャフト 11 の軸心回りに上方へ略水平になるまで回動させると、図 3 や図 5 に示すように、規制リンク 13 の回動軸であるピン 32 が前記大リフト制御状態よりもカムシャフト 3 の回転方向の手前側に位置して、リフト量の小さな小リフト制御状態になる。この図 5 においても前記図 4 と同様に吸気弁 2 がリフトピーク近傍にある状態を実線で示し、ゼロリフトの状態を仮想線で示している。

【 0 0 6 2 】

同図において、カムシャフト 3 ( 偏心カム 6 ) が回転すると、前記大リフト制御状態と同様にオフセットリンク 7 の連結ピン 33 は規制リンク 13 によって変位が規制され、コントロールシャフト 11 の側方に位置するピン 32 を中心として、往復円弧運動 T3 をする ( 規制リンク 13 は図の実線位置と仮想線位置との間で往復回動する )。そして、その連結ピン 33 の往復円弧運動 T3 に伴って連結リンク 8 のピン 31 が往復円弧運動 T4 をし、そのピン 31 によって連結リンク 8 に連結されている揺動カム 5 が、図の実線の位置と仮想線の位置との間で揺動運動をして、吸気弁 2 を開閉するようになる。

10

【 0 0 6 3 】

つまり、小リフト制御状態では、前記大リフト制御状態と比べて揺動カム 5 の揺動角が小さくなり、この揺動カム 5 が、その周面の基円面 1 及びこれに連続するカム面 2 の一部分のみによってタペット 21 を押圧するようになって、吸気弁 2 のリフト量が小さくなるのである。

20

【 0 0 6 4 】

( リフト特性の変化 )

上述のようなリフト可変機構 V V L の作動によって大リフト制御状態から小リフト制御状態まで連続的に変更される吸気弁 1, 2 のリフトカーブを、図 6 に示す。同図においてリフトカーブ L1 は、揺動カム 5 が図 4 の実線位置 ( 大リフト制御状態のリフトピーク近傍 ) と仮想線位置 ( ゼロリフト ) との間で揺動する大リフト制御状態を示し、一方、L2 は、揺動カム 5 が図 5 の実線位置 ( 小リフト制御状態のリフトピーク近傍 ) と仮想線位置 ( ゼロリフト ) との間で揺動する小リフト制御状態を示している。

30

【 0 0 6 5 】

図示の如く、この実施形態のリフト可変機構 V V L によれば、吸気弁 1, 2 のリフト量の増大とともに開弁期間 ( 開時期から閉時期までのクランク角期間であって、緩衝区間を含まない ) も広がって、当該吸気弁 1, 2 の閉時期が遅角するようになっている。これは、上述したように、揺動カムの揺動角の変化に対応して、吸気弁 1, 2 のリフト量が増えるからである。

【 0 0 6 6 】

また、図の例では、吸気弁 1, 2 のリフト量が小さいときほど、リフトピークの時期 ( クランク角位置 ) が進角している。これは、上述したように、大リフト制御状態から小リフト制御状態への移行にあたって、コントロールアーム 12 などの回動により規制リンク 13 の位置をカムシャフト 3 の回転方向手前側に移動させており、これにより、連結ピン 33 の往復円弧運動の軌跡が図 4 の T1 の位置から図 5 の T3 の位置へと、カムシャフト 3 の回転方向手前側に移動するからである。

40

【 0 0 6 7 】

すなわち、前記図 4 に示す大リフト制御状態においては、吸気弁 1, 2 がリフトピーク近傍にあるときの偏心カム 6 の中心は、その回転軌跡 T0 上の点 T a に位置するが、前記図 5 に示す小リフト制御状態においてはリフトピーク近傍での偏心カム 6 の中心位置は同図に示す点 T b に移動する。つまり、大リフト制御状態から小リフト制御状態に移行すると、吸気弁 1, 2 のリフトピークは、図 5 に示すように前記回転軌跡 T0 上の点 T a、T b の中心角 3 だけ進角するのである。

50

## 【 0 0 6 8 】

要するに、この実施形態のリフト可変機構 V V L によれば、吸気弁 1 , 2 のリフト特性は、そのリフト量が小さなときほど開弁期間、即ちリフトの作動角が狭くなり、且つその閉時期が早くなる一方、リフト量の連続的な増大とともに開弁期間が広がり、且つその閉時期が遅角するように変化するものである。

## 【 0 0 6 9 】

そのようなリフト特性の変化は一般的なエンジンの吸気特性に合致している。すなわち、一般的にエンジンの負荷が高くなるのは高回転側であることが多いが、高回転側ではクランク角で見た吸気弁 1 , 2 の開弁期間が同じであっても、その時間間隔は短くなるので、リフト量の増大によって吸気の流路断面積を拡大するだけでなく、開弁期間（クランク角）の増大によって吸気のための時間を確保することが望ましい。また、吸気弁 1 , 2 の閉時期を気筒の下死点以降まで遅角させれば、吸気流の慣性によって充填効率を高めることができる。

10

## 【 0 0 7 0 】

一方、気筒のポンピングロスを減らすためには、周知の如く吸気弁 1 , 2 が気筒の吸気行程の途中で閉じる所謂吸気早閉じの特性とするのが好ましいから、エンジンが低負荷乃至低回転側にあるときには吸気弁のリフト量は小さくするとともに、その位相角は進角させるのがよいのである。

## 【 0 0 7 1 】

前記のような特性の V V L によって吸気弁 1 , 2 のリフト量を最小リフトから最大リフトまで連続的に変更することで、この実施形態のエンジンでは、スロットル弁に頼らずにエンジンへの出力要求に対応する分量の空気を気筒へ充填することができ、これによりエンジンの出力を制御することができる。そこで、このエンジンでは、図示しないが、各気筒への吸気通路の上流側にモータ駆動のスロットル弁を配設しているものの、これを通常は部分負荷域でも全開として気筒のポンピングロスを減らし、これにより燃費を低減するようにしている。

20

## 【 0 0 7 2 】

より具体的に、この実施形態では、前記のようなリフト可変機構 V V L による吸気弁のリフト量の変更を、基本的にエンジンの運転状態に応じて行うようにしている。例えば図 7 に示すような制御マップを参照して、エンジンの目標トルク（エンジンの負荷状態）及びエンジン回転数に対応する適切なリフト量を制御目標値として求め、この値（目標リフト量）になるように、コントローラ 17 によってモータ 15 の作動量を制御する。このモータ 15 の作動によりコントロールシャフト 11 が回動して、コントロールアーム 12 の回動位置が大リフト制御位置及び小リフト制御位置の間の適切な位置に制御される。

30

## 【 0 0 7 3 】

前記図 7 の制御マップによれば、コントローラ 17 は、エンジンの目標トルク及び回転数に基づいて、同じ目標トルクであれば高回転側ほどリフト量が大きくなるように、また、同じエンジン回転数であれば目標トルクが高いほどリフト量が大きくなるように、即ち、高負荷乃至高回転側ほどリフト量が大きくなるように、コントロールアーム 12 の回動位置を変更するようになっている。言い換えると、コントローラ 17 は、図 1 に仮想線で示すように、エンジンの運転状態に応じてリフト可変機構 V V L を制御して、吸気弁 1 , 2 を低負荷乃至低回転側で相対的に小リフトとし、高回転乃至高負荷側で相対的に大リフトとするリフト制御部 17 a をプログラムの形態で備えている。

40

## 【 0 0 7 4 】

そのようなリフト可変機構 V V L の作動制御に加えて、この実施形態では V C T 18 の作動制御によって吸気弁 1 , 2 のリフトの位相角をエンジンの運転状態に応じて変更するようにしている。すなわち、V V L はその構造上、上述したようにリフト量の小さなときほど位相角が進角し、リフト量の大きなときには遅角するという好ましい特性を有しているが、その位相角の変化の幅は十分でないので、V C T 18 の作動によって吸気側カムシャフト 3 の回転位相を変更し、低負荷乃至低回転側では位相角を進角させる一方、高負荷

50

乃至高回転側では遅角させるようにするのである。

【0075】

但し、アイドルのようにエンジンの負荷及び回転数が特に低い運転域で吸気弁1, 2のリフト量を小さくしたときに、これに応じて位相角が進角されると、吸気弁1, 2は気筒の吸気行程の半ばで閉じることになり、気筒内流動の弱化などによって燃焼安定性が損なわれる虞れがある。そこで、このときには位相角を遅角させて、吸気弁1, 2が吸気効率の最も高い吸気行程の中期にリフトピークとなるようにしている。

【0076】

すなわち、図8に制御マップの一例を示すように、コントローラ17は、エンジンの運転状態に応じてVCT18を制御し、アイドル運転域では最大遅角(進角量0°)とする一方、それ以外の大半の運転域においては位相角が相対的に進角するようにしている。図の例ではアイドル運転域から低中負荷域までは負荷の増大に応じて位相角が進角し、最大進角(60°adv)となった後は負荷の増大及び回転数の上昇とともに遅角して、高負荷乃至高回転域で再び最大遅角(進角量0°)となっている。

10

【0077】

そのようなVCT18による位相角の制御と上述したVVLの作動特性とが合わさって、吸気弁1, 2の基本的なリフト特性は、図9に模式的に示すようなものとなる。すなわち、図示の如く、アイドル運転時に対応する最小のリフトカーブL2から、リフト量の増大に伴い位相角が進角して、最小リフト及び最大リフトの中間のリフトカーブL3までは、吸気弁1, 2の閉時期が気筒の下死点BDCよりも進角側の所謂吸気早閉じの特性にな

20

【0078】

そのように比較的リフト量の小さなとき、即ちエンジンの運転される頻度が高い中負荷までの運転域において、吸気弁1, 2のリフト特性を所謂早閉じとして、気筒のポンピングロスさらに減らすことによって、エンジンの燃費を効果的に低減することができる。尚、前記中間のリフトカーブL3は、吸気弁1, 2の開弁期間が概略、気筒の吸気行程と一致して、吸気弁1, 2が気筒の略下死点で閉じることから、吸気流の慣性が小さな低回転域において吸気の充填効率が概略、最も高くなるようなリフトカーブである。

【0079】

また、前記リフトカーブL3よりも高リフト側では、吸気弁1, 2のリフト量の増大に伴い開弁期間が広がるとともに、その位相角が遅角することで、吸気弁1, 2の閉時期は高負荷高回転の最大リフトカーブL1に向かって大きく遅角することになる。こうして、出力要求の高い高負荷高回転側では、吸気弁1, 2が下死点BDCよりもかなり遅角側で閉じるようになり、このことで、吸気流の慣性を効果的に利用して、気筒への充填効率を大幅に高めることができる。

30

【0080】

つまり、コントローラ17は、図1に仮想線で示すように、エンジンの運転状態に応じてVCT18を制御して、吸気弁1, 2のリフトの位相角を進角、遅角させる位相制御部17b(位相制御手段)をプログラムの形態で備えている。この位相制御部17bは、上述したように、アイドル運転域では気筒の吸気行程中期にて吸気弁1, 2がリフトピーク状態になるように位相角を遅角させる一方、少なくともその高負荷側に隣接する部分負荷の運転域では、相対的に位相角を進角させて、吸気弁1, 2の閉時期がBDCよりも進角側となるようにVCT18を制御するものである。

40

【0081】

(始動時の制御)

ところで、上述したように、リフト可変機構VVLは、オフセットリンク7、連結リンク8、規制リンク13などを備え、揺動カム4, 5によって吸気弁1, 2をリフトさせるように構成されており、通常の動弁系に比べると構造が複雑で機械的な摺動部が多いことから、その動作に対する摩擦抵抗が大きくなりやすい。特に揺動カム4, 5の回動の向きが変わるときには摺動部の油膜上で圧力分布が急変するため、摩擦抵抗が大きくなる。

50

## 【 0 0 8 2 】

さらに、エンジンの始動時にスタータモータなどによりクランキングを開始するときには、前記リフト可変機構 V V L の摺動部の多くには油膜が十分に形成されていないため、その摺動部の各々において摩擦抵抗が一段、大きくなっており、前記のように摺動部が多いことと相俟ってクランキングに対する回転抵抗がかなり大きくなってしまふ。

## 【 0 0 8 3 】

この点、V V L の特性を活かして、吸気弁 1 , 2 のリフト量を例えば最小リフトとすれば、バルブスプリング 2 4 の圧縮反力が小さくなるので、前記のように摺動部の多い機構であっても、全体として摩擦抵抗を通常の動弁系と同等か、或いはむしろ小さくすることができる。そこで、エンジンの始動時にクランキングに先駆けてモータ 1 5 を作動させ、

10

## 【 0 0 8 4 】

図 1 0 は、この実施形態のエンジンを低回転で運転して、吸気弁 1 , 2 のリフト量と動弁系における摺動摩擦抵抗の大きさとの関係を調べた実験結果を示す。同図によれば、吸気弁 1 , 2 のリフト量が大きいほど摩擦抵抗が大きくなるとともに、特にリフト量が 3 m m 以上の場合には、エンジン回転数の低下に伴い急激に摩擦抵抗が大きくなることが示されている。このことから、通常、2 5 0 ~ 3 0 0 r p m 程度のクランキング時には吸気弁 1 , 2 のリフトを低くすることで、回転抵抗をかなり減らせることが分かる。

## 【 0 0 8 5 】

しかしながら、そのように吸気弁 1 , 2 のリフトを低くしてクランキングすると、回転抵抗を小さくすることはできるものの、リフト量の減少とともに気筒への吸気の充填量が少なくなって、有効圧縮比が低下してしまう。また、この実施形態では、リフト可変機構 V V L の特性として、上述したように、吸気弁 1 , 2 のリフト量の減少に伴い、その閉時期が進角することから、仮に最小リフトとした場合には、前記図 6 に示されるように、吸気弁 1 , 2 が吸気行程の半ばで閉じることになり、吸気の充填量が不足するだけでなく、気筒内の吸気流動も弱くなって、燃料の気化霧化や空気との混合を促進することが難しくなる。

20

## 【 0 0 8 6 】

そのため、エンジンが未暖機状態で気筒周辺や吸気系の温度が低い冷間始動時には、燃料を十分に気化させて空気と混合することができなくなり、気筒の有効圧縮比の低下によって、圧縮上死点近傍の気筒内温度及び圧力が低下することも相俟って、混合気の着火性や燃焼性が大幅に低下してしまい、その上さらに、冷間では自ずとエンジン全体の回転抵抗が大きくなることもあって、始動性を確保できなくなる虞れがあった。

30

## 【 0 0 8 7 】

斯かる点に鑑みて、この実施形態では、前記したように特にクランキングの開始時点で回転抵抗が一段、大きくなることに着目し、エンジン始動時には、まず吸気弁 1 , 2 のリフト量を最小にして、回転抵抗の小さな状態でクランキングを開始するとともに、これにより V V L の各摺動部に十分な油膜が形成されれば、その後は吸気弁 1 , 2 のリフト量を増大させるようにしたものである。

## 【 0 0 8 8 】

以下、前記リフト制御部 1 7 a によるリフト可変機構 V V L の制御を中心として、コントローラ 1 7 によるエンジン始動時の具体的な制御手順を図 1 1 のフローチャート図に基づいて説明する。

40

## 【 0 0 8 9 】

図示の始動制御のフローは、ステップ S 1 において例えばイグニションスイッチがオン操作されると ( I G オン ) スタートし、続くステップ S 2 においてリフト可変機構 V V L の現在のリフト量を検出する。これは、例えば V V L のモータ 1 5 の回動角度から検出することができ、或いはセンサなどにより検出するようにしてもよい。

## 【 0 0 9 0 】

そうして検出した現在のリフト量が所定の小リフト状態 ( この例では最小リフトであっ

50

て、図6のリフトカーブL2に示す1mmリフトの状態であるが、これに限るものではない)かどうか、続くステップS3において判別し、小リフト状態であれば(YES)ステップS5に進む一方、小リフト状態でなければ(NO)ステップS4に進んで、小リフト状態になるようにVVLのモータ15へ制御信号を出力してから、ステップS5に進む。

【0091】

ステップS5では、水温センサ26(図1参照)からの信号に基づいてエンジン水温を検出し、続くステップS6においてエンジンが未暖機状態かどうか判定する。この判定は、前記エンジン水温の検出値が予め設定した値(例えば60~80°Cの間で実験的に設定すればよく、以下、第1設定値ともいう)以上かどうか判定し、エンジン水温が第1設定値未満の未暖機状態であれば(判定はNO)、後述するステップS10に進む。

10

【0092】

一方、エンジン水温が第1設定値以上の暖機後であれば(判定はYES)ステップS7に進んで、スタータモータによりクランク軸を回転させるとともに、気筒毎の燃料供給など所定の制御を行う(小リフトでクランク)。そして、ステップS8においてエンジンの各気筒の燃焼によりエンジン回転が所定回転以上に吹け上がれば(完爆)、ステップS9に進んでエンジンをアイドル運転するための制御に移行して(アイドリング)、始動制御を終了する(エンド)。

【0093】

つまり、まず、クランク開始時には吸気弁1,2のリフト量を最小とすることで、リフト可変機構VVLの各摺動部に油膜が十分に形成されていない状態であっても、その摩擦抵抗の増大を抑制する。その上で、温間始動時のように気筒周辺や吸気系の温度が高くて、燃料が気化しやすい状況下であれば、前記のように小リフトとした結果として気筒の有効圧縮比が低くなり、また気筒内流動が弱くなっている、混合気の着火性、燃焼性は確保できるから、このときにはエンジンが完爆状態になるまで吸気弁1,2を小リフト状態に保ち、回転抵抗を極小化して、スムーズにエンジンを始動するようにしている。

20

【0094】

これに対し、前記ステップS6にてエンジンが未暖機状態にあるYESと判定して進んだステップS10では、エンジンが特に温度の低い低温状態かどうか判定する。すなわち、エンジン水温の検出値が、前記未暖機状態の判定のための第1設定値よりも低温側の第2設定値(例えば10°C)未満かどうか判定し、エンジン水温が該第2設定値未満であれば(判定はYES)、後述のステップS13に進む一方、エンジン水温が第2設定値以上であれば(判定はNO)、ステップS11に進んで、クランクを開始するとともに、気筒毎の燃料供給など所定の制御を行う。

30

【0095】

続いて、ステップS12では、例えばクランク角センサからの信号に基づいてリフト可変機構VVLのモータ15を制御することで、エンジンのクランク軸の回転に応じて吸気弁1,2のリフト量を増大させる(リフトアップ)。すなわち、例えばクランク軸が1回転するまでは最小リフトに保ち、その後はクランク角の進行に応じて連続的に(或いは断続的に)リフト量を増大させて、クランク中に所定の目標値になるようにする。

【0096】

そして、前記暖機後と同様にエンジンが完爆状態になって自立運転を始めれば(S8)、ステップS9に進んで、エンジンをアイドル運転するための制御に移行し(アイドリング)、始動制御は終了する(エンド)。

40

【0097】

こうして、エンジンが始動時に未暖機状態であれば、即ち所謂冷間始動時には、前記温間始動時と同様に吸気弁1,2のリフト量を最小としてクランクを開始する一方で、クランク軸が1回転してリフト可変機構VVLの摺動部にエンジンオイルが回り、その摩擦抵抗が減少すれば、その後はクランク中にリフト量を増大させる。この際、エンジン始動時にはオイルポンプからの供給油圧が不足して、VCT18の作動が安定しないので、吸気弁1,2のリフトの位相角は変化させず、それは最大遅角のままに維持する。

50

## 【0098】

そのため、前記のようにクランキング中にリフト量を増大させると、吸気弁1, 2のリフトカーブは前記図6に示すリフト可変機構VVLの特性に従って変化するようになり、リフト量の増大とともに吸気弁1, 2の閉時期が気筒の下死点BDCに近づくことになるので、気筒の吸気充填効率が効果的に高まり、有効圧縮比が高くなるとともに、気筒内の吸気流動も強められて、燃料の気化霧化や空気との混合が促進される。よって、未暖機状態であっても気筒内の混合気の着火性、燃焼性を高めて、良好な始動性を確保することができる。

## 【0099】

そうしてクランキング中に増大させるリフト量の目標値(始動時目標リフト量)は、前記ステップS5にて検出した始動時のエンジン水温に応じて例えば図12に示すマップから読み込むようにする。このマップは、始動時のエンジン水温に対応付けて、予め実験的に求めたリフト量の最適値を設定したものであり、図の例ではエンジン水温が第1設定値未満の未暖機状態において該第1設定値から第2設定値まで、低温側ほどリフト量が大きくなるように設定されている。

10

## 【0100】

そのようにエンジン始動時の温度状態によってクランキング中の吸気弁1, 2のリフト量の増大度合いを変更すると、クランキング中の吸気弁1, 2のリフトカーブは、図13に破線で示すように最小のリフトカーブL2と中間のリフトカーブL4との間で始動時のエンジン水温に応じて変化し、低温側ほど大リフトに、また、高温側ほど小リフトになる。すなわち、始動時のエンジン水温がより低くて、燃料の気化霧化が悪いときほど、図14(a)に実線で示すように(低温側)、吸気弁1, 2のリフト量が大きくなり且つその閉時期が遅角して、気筒の下死点寄りになり、このことで、気筒への吸気の充填量を効果的に増大させ、且つ気筒内流動を強化することができる。

20

## 【0101】

一方、冷間始動時であってもエンジン水温があまり低くないときには、同図に破線で示すように(高温側)、吸気弁1, 2のリフト量はあまり大きくはならない。このように始動時のエンジンの温度状態に応じて、吸気弁1, 2のリフト量がきめ細かく変化することで、クランキング中に混合気の着火性、燃焼性を確保できる必要最小限だけ吸気弁1, 2のリフト量を増大させることができ、これにより、リフトアップに伴う回転抵抗の増大を極力、抑えて、よりスムーズにエンジンを始動することができる。

30

## 【0102】

尚、前記図12のマップによると、エンジン水温が第2設定値未満の低温状態であれば、エンジン水温によらず目標リフト量は一定となっており、詳しくは以下に述べるが、このときにはクランキング中の吸気充填効率が最も高くなるようなリフト特性(前記図13のリフトカーブL4)になる。一方、始動時のエンジン水温が前記第1設定値以上のときの目標リフト量は1mm(最小リフト)であり、これは上述した温間始動時に吸気弁1, 2のリフト量がクランキング中、最小リフトに保たれることに対応している。

## 【0103】

次に、前記冷間始動時においても特に温度状態の低い低温状態では、前記ステップS10にてYESと判定してステップS13に進み、前記ステップS11と同様にクランキングを開始するとともに、気筒毎の燃料供給など所定の制御を行う。続いてステップS14では、クランク軸の回転に応じて、その途中でリフト量が急増するようにして、吸気弁1, 2のリフト量を増大させる。

40

## 【0104】

すなわち、例えば図14(b)に示すように、クランク軸が1回転するまでは吸気弁1, 2のリフト量を最小とし、その後、2回転目まではクランク角の進行に対し比較的緩やかにリフト量を増大させ、3回転目でリフト量を急増させて、所定のリフト量とする。このリフト量は、この例では5mmリフトであるが、図13に示すリフトカーブL4に相当する。図示の如く、リフトカーブL4は、VCT18が最大遅角の状態ですなわち、例えば図14(b)に示すように、クランク軸が1回転するまでは吸気弁1, 2のリフト量を最小とし、その後、2回転目まではクランク角の進行に対し比較的緩やかにリフト量を増大させ、3回転目でリフト量を急増させて、所定のリフト量とする。このリフト量は、この例では5mmリフトであるが、図13に示すリフトカーブL4に相当する。図示の如く、リフトカーブL4は、VCT18が最大遅角の状態

50

気筒の略下死点で閉じるリフト特性であり、始動時のようにエンジン回転数が低く、気筒に流入する吸気流の慣性が小さいときに、吸気の充填効率が概略、最も高くなるものである。

**【0105】**

そうしてクランキングされたエンジンが完爆状態になって自立運転を始めれば（S8）、ステップS9に進み、エンジンをアイドル運転するための制御に移行して（アイドルリング）、始動制御を終了する（エンド）。

**【0106】**

こうして、エンジン水温が特に低いときには、エンジンオイルの粘度が高く、VVLの摺動部における油膜の形成も難しくなることを考慮して、クランキング開始後、暫くはリフト量の増大度合いを小さくし、その後、リフト量の増大度合いを大きくするのである。こうすれば、例えば寒冷地における冷間始動時のようにエンジンの温度状態が特に低いときであっても、リフト可変機構VVLの摺動部にエンジンオイルが十分に回った後に、吸気弁1,2のリフト量を急増させて、短時間で気筒への吸気充填量を増やすことができ、これにより、クランキング抵抗を低減しながら混合気の着火性、燃焼性を高めて、始動性を確保することができる。

10

**【0107】**

前記図11に示すエンジン始動時の制御フローにおいて、ステップS5, S6, S10により、水温センサ26からの信号に基づいてエンジンの温度状態を判定する温度状態判定部17c（判定手段）が構成されている。言い換えると、コントローラ17は、図1に仮想線で示すように、前記温度状態判定部17cをプログラムの形態で備えている。

20

**【0108】**

また、前記フローのステップS3, S4, S12, S14が、エンジン始動時における前記リフト制御部17aの制御手順に対応しており、このリフト制御部17aは、エンジンの始動時には、まず、吸気弁1,2が気筒の吸気行程途中で閉じる所定の小リフト状態（この例では最小リフト）になるようにVVLを制御し、その後、エンジンが未暖機状態であれば、クランキング中に吸気弁1,2のリフト量が増大するように、また、未暖機状態でなければリフト量が略一定となるように、VVLを制御するようになっている。

**【0109】**

また、前記リフト制御部17aは、始動時のエンジン水温に応じて、低温側ほど吸気弁1,2のリフト量の増大度合いが大きくなるようにして、VVLを制御するものであり、特に温度の低い状態では、クランキングの途中で吸気弁1,2のリフト量の増大度合いを大きくするようになっている。

30

**【0110】**

したがって、この実施形態のエンジンの吸気制御装置によると、吸気側の動弁系に設けたリフト可変機構VVLをエンジンの運転状態（負荷及び回転数）に応じて制御して、吸気弁1,2のリフト量を連続的に変更することにより、各気筒に必要な分量の空気を充填することができるので、スロットル弁を廃止してもエンジン出力を制御することができる。よって、ポンピングロスを減らして燃費を低減することができる。

**【0111】**

また、吸気側カムシャフト3の回転位相を変更するVCT18により、吸気弁1,2の位相角をエンジンの運転状態に応じて制御して、低負荷低回転側の常用運転域では所謂、吸気早閉じの特性として燃費のさらなる低減を図る一方、リフト量が大きくなる高負荷高回転域では吸気弁1,2の閉時期を下死点以降まで大きく遅角させることで、吸気流の慣性を最大限に有効利用して充填効率を十分に高くすることができ、これにより高いエンジン出力が得られるようになる。

40

**【0112】**

さらに、アイドル運転域では吸気弁1,2のリフト量は最小としたまま、その位相角を大きく遅角させて、吸気効率の高い気筒の吸気行程中期にてリフトピークとなるようにすることで、リフト量は小さくても所要の充填効率を得て、燃焼安定性を確保することがで

50

きる。

【0113】

そして、本発明の特徴として、上述したように、エンジンの冷間始動時には、まず吸気弁1, 2のリフト量を最小化して、回転抵抗の小さな状態でクランキングを開始し、これによりリフト可変機構VVLの摺動部に油膜の形成を促した上で、リフト量を増大させることができるので、クランキング抵抗の低減と混合気の着火性、燃焼性の向上とを適切なバランスで両立して、冷間であっても良好な始動性を確保することができる。

【0114】

しかも、そうしてクランキング中に増大させる吸気弁1, 2のリフト量を始動時のエンジン温度に応じてきめ細かく変更することで、リフトアップは混合気の着火性、燃焼性を確保できる必要最小限に抑えて、これに伴う回転抵抗の増大を最小化し、よりスムーズにエンジンを始動することができる。

【0115】

また、特にエンジン温度が低いときにはクランキング開始後、暫くりフト量の増大度合いを小さくし、その後はリフト量の増大度合いを大きくすることで、寒冷地などであってもクランキング抵抗の低減と気筒の着火性、燃焼性の確保とを両立して、良好な始動性を得ることができる。

【0116】

(他の実施形態)

本発明の構成は前記の実施形態に限定されず、その他の種々の構成も包含する。すなわち、前記実施形態では、図14(a)の如く、エンジンの冷間始動時にクランク軸が1回転するまでは、吸気弁1, 2のリフト量を最小とし、その後、クランク軸の回転に応じてリフトアップするようにしているが、最小リフトに保つ期間は必ずしもクランク軸の1回転に限定されない。

【0117】

また、図14(b)の如くエンジン水温が特に低い低温状態では、クランキングの途中で吸気弁1, 2のリフト量の増大度合いを変えるようにしているが、このことも必須ではなく、前記低温状態でも同図(a)のようにクランク軸の回転に応じて略一様にリフト量を増大させるようにしてもよい。

【0118】

さらに、始動時のエンジンの温度状態に依らず、クランキング中にはリフト量を増大させるようにしてもよい。例えば図15のフローのように、ステップT1~T4において前記図11のフローのステップS1~S4と同じ制御手順を実行した後、ステップT5でクランキングを開始し、続くステップT6では前記図11のフローのステップS12と同じく、エンジンのクランク軸の回転に応じて吸気弁1, 2のリフト量を増大させる(リフトアップ)。そして、ステップT7, T8においてエンジンが完爆状態になった後、アイドル制御に移行して、始動制御を終了する(エンド)。

【0119】

前記図15のフローでは、ステップT3, T4, T6がエンジン始動時のリフト制御部17aの制御手順に対応している。そして、この場合もリフト制御部17aは、始動時のエンジン水温に応じて、低温側ほど吸気弁1, 2のリフト量の増大度合いが大きくなるように、VVLを制御するものとするのが好ましい。

【0120】

また、エンジンの動弁系に設けるリフト可変機構VVLの具体的な構成も、前記の実施形態に限定されない。リフト可変機構VVLは、例えば図16に示すように、吸気弁1, 2のリフト量が増大してもリフトピークの時期は変化せず、リフト量の増大に応じて開閉時期が進角し且つ閉時期が遅角するようなものであってもよい。

【0121】

その場合にも、エンジンの運転状態に応じてVCT18を制御することで、吸気弁1, 2のリフト特性を概略、図9のように基本的には低負荷乃至低回転側で位相角が進角し、

10

20

30

40

50

高負荷乃至高回転側で位相角が遅角するように変化させるとともに、アイドル運転時には位相角を遅角させることができる。

【0122】

さらに、VCT18は装備しなくてもよいが、この場合には、吸気弁1,2のリフトの位相角を単独で変更することはできないので、アイドル安定性を確保するためには、図示の如く、吸気弁1,2のリフトピークの時期を概略、気筒の吸気行程中期に設定するのが好ましい。

【0123】

そして、前記図16のように吸気弁1,2のリフト特性を変更するVVLを用いる場合にも、エンジンの冷間始動時には、まず、吸気弁1,2のリフト量を最小化して(図示のリフトカーブL2)、回転抵抗の小さな状態でクランキングを開始し、これによりVVLの摺動部に油膜の形成を促した上で、クランキング中にはエンジンの温度状態に応じて、同図に矢印で示すように例えばリフトカーブL4まで吸気弁1,2のリフト量を増大させるようにすればよい。

【産業上の利用可能性】

【0124】

本発明は、エンジンの運転状態に応じて吸気弁のリフト量を連続的に変更するようにした吸気制御装置であって、運転頻度の高い低負荷低回転側で効果的に燃費を低減できる上に、寒冷地などの冷間始動時でも良好な始動性を確保できるものなので、高い商品性を要求されるとともに、使用環境の変化が大きな自動車用エンジンに特に有用である。

【図面の簡単な説明】

【0125】

【図1】本発明の吸気制御装置を直列4気筒エンジンに適用した実施形態を示す斜視図である。

【図2】リフト可変機構の大リフト制御状態を示す断面図であり、(a)はゼロリフトの状態を示し、(b)はリフトピークの状態を示す。

【図3】小リフト制御状態を示す図2相当図である。

【図4】大リフト制御状態の作動の説明図である。

【図5】小リフト制御状態に係る図4相当図である。

【図6】リフト可変機構によるリフトカーブの変化を示す特性図である。

【図7】リフト量の制御マップの一例を示す図である。

【図8】位相角の制御マップの一例を示す図である。

【図9】エンジン運転中のリフトカーブの変化を示す説明図である。

【図10】吸気弁のリフト量と摺動摩擦抵抗との関係を示すグラフ図である。

【図11】始動時のリフト量などの制御手順を示すフローチャート図である。

【図12】始動時目標リフト量のマップ図である。

【図13】エンジン始動時についての図9相当図である。

【図14】クランキング中のリフトカーブの変化を模式的に示すイメージ図であり、(a)は未暖機状態を示し、(b)は低温状態を示す。

【図15】始動時のエンジン温度に依らず、クランキング中に吸気弁のリフト量を増大させるようにした他の実施形態に係る図11相当図である。

【図16】リフト可変機構によるリフトカーブの変更特性が異なる他の実施形態に係る図13相当図である。

【符号の説明】

【0126】

- 1, 2 吸気弁
- 3 カムシャフト
- 4, 5 揺動カム(リフト可変機構)
- 6 偏心カム(リフト可変機構)
- 7 オフセットリンク(リフト可変機構)

10

20

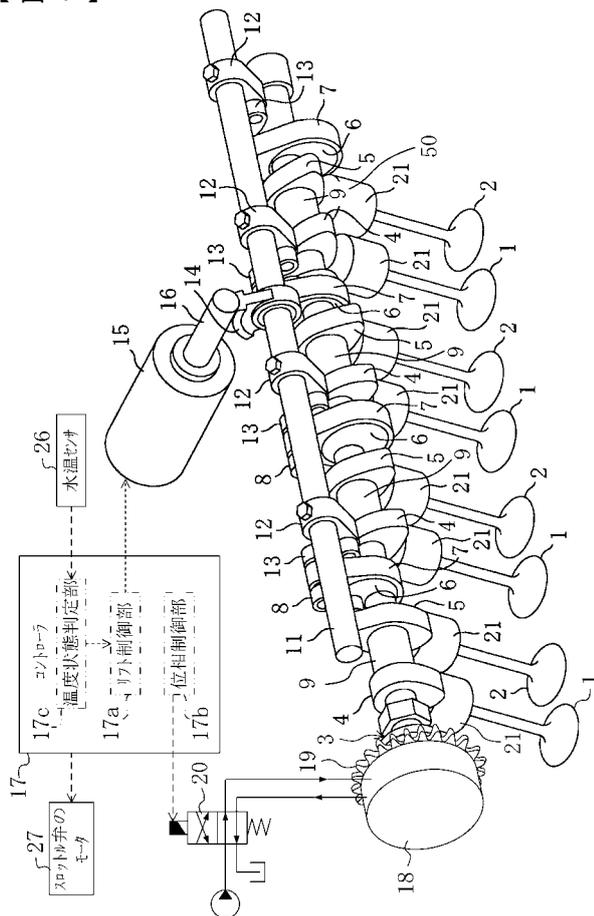
30

40

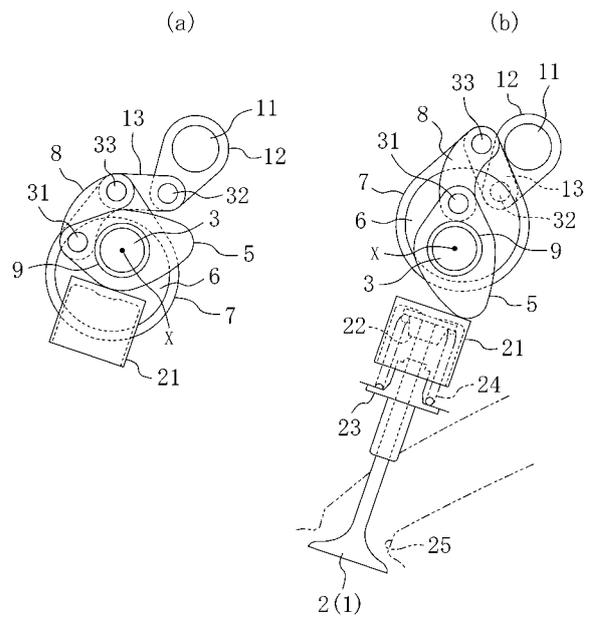
50

- 8 連結リンク (リフト可変機構)
- 11 コントロールシャフト (リフト可変機構)
- 12 コントロールアーム (リフト可変機構)
- 13 規制リンク (リフト可変機構)
- 17 コントローラ
- 17 a リフト制御部 (リフト制御手段)
- 17 b 位相制御部 (位相制御手段)
- 17 c 温度状態判定部 (判定手段)
- 18 位相可変機構 (VCT)

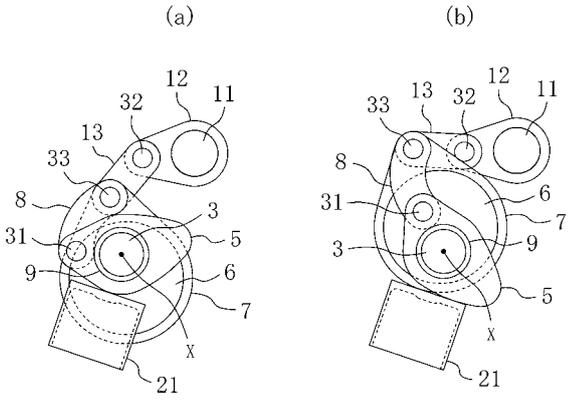
【 図 1 】



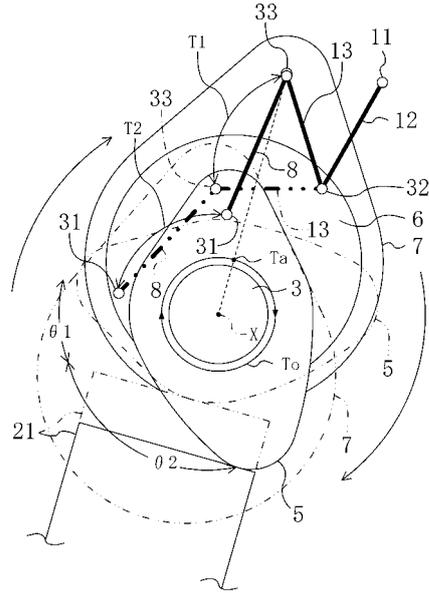
【 図 2 】



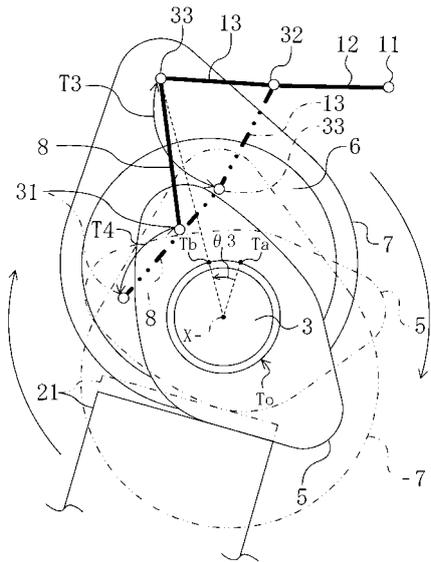
【図3】



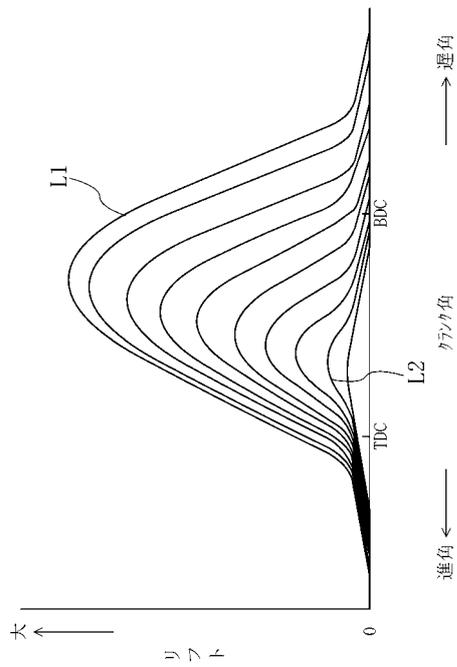
【図4】



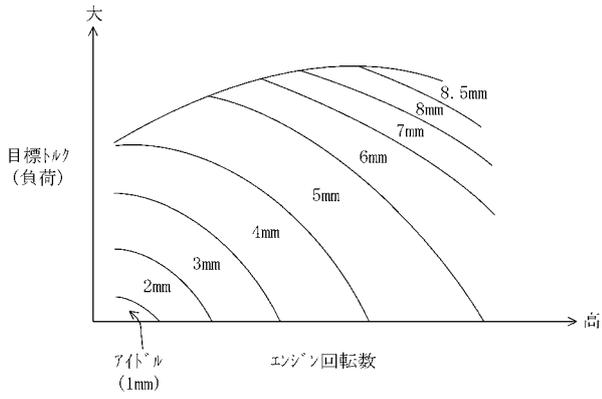
【図5】



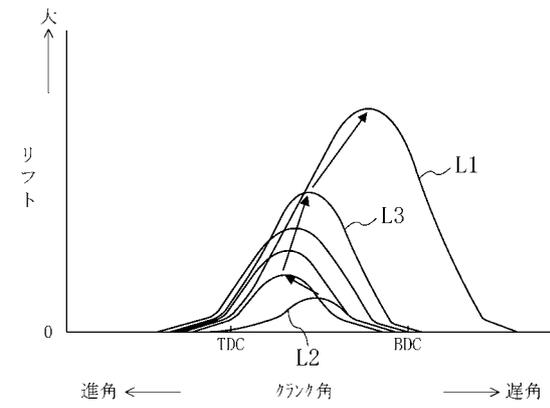
【図6】



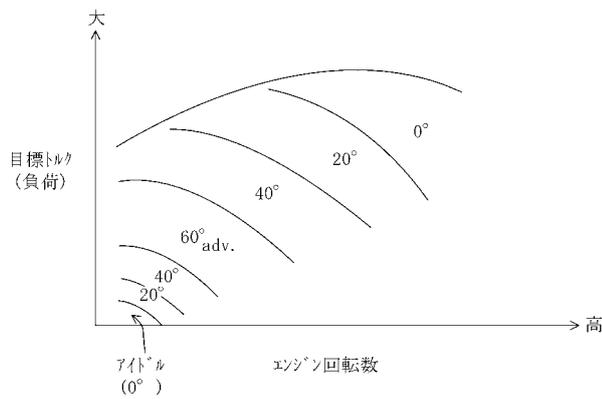
【図7】



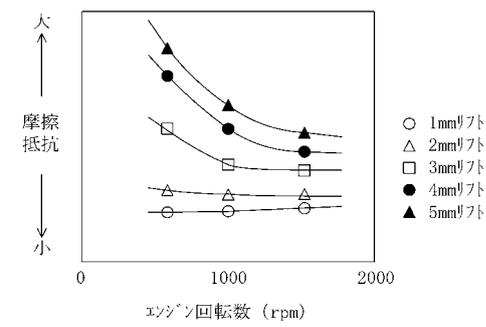
【図9】



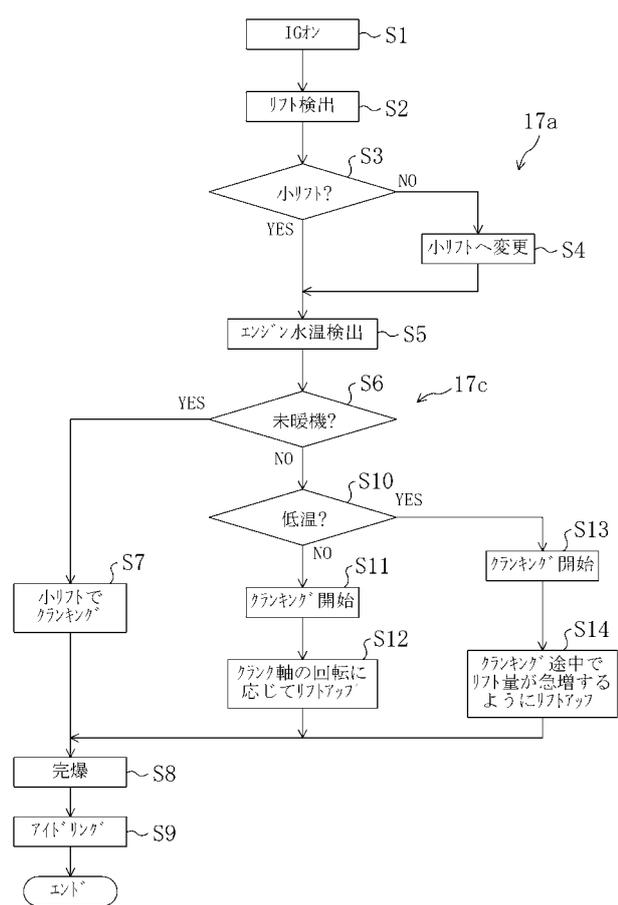
【図8】



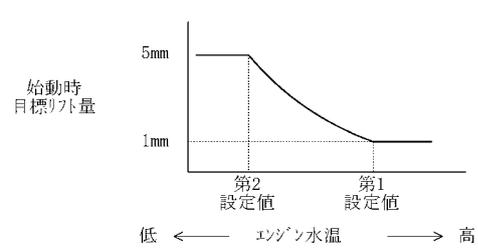
【図10】



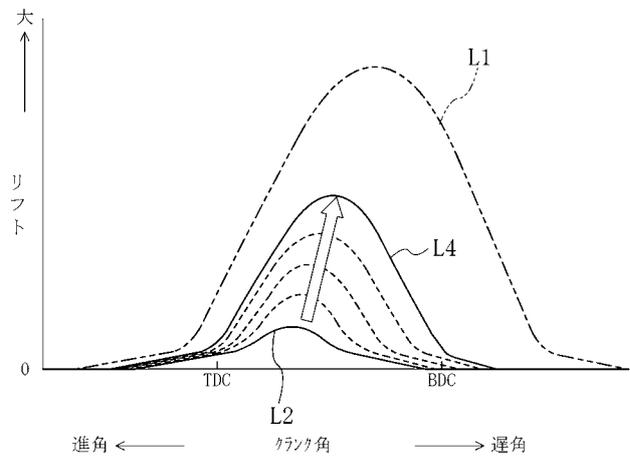
【図11】



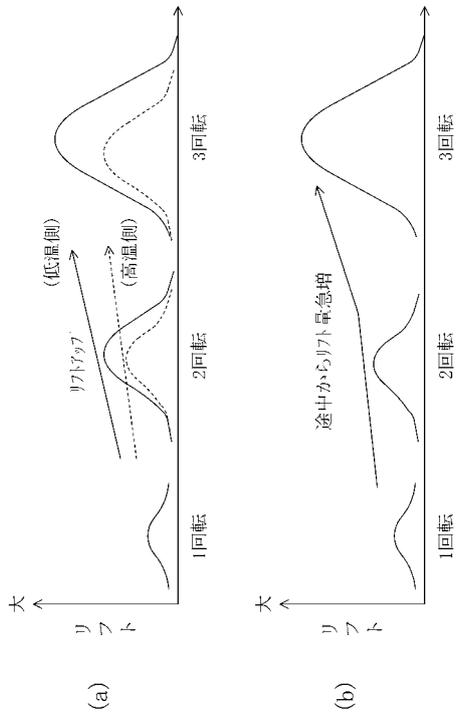
【図12】



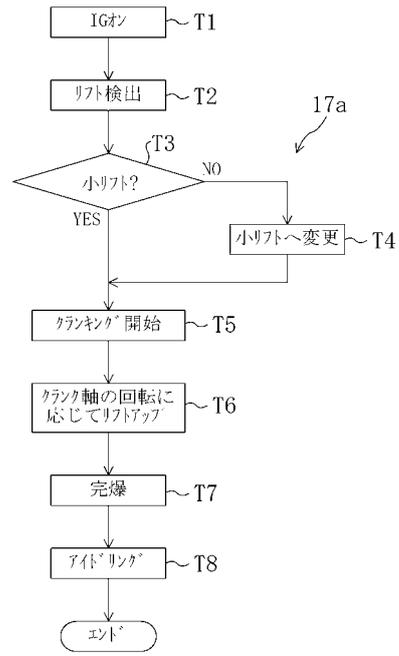
【図13】



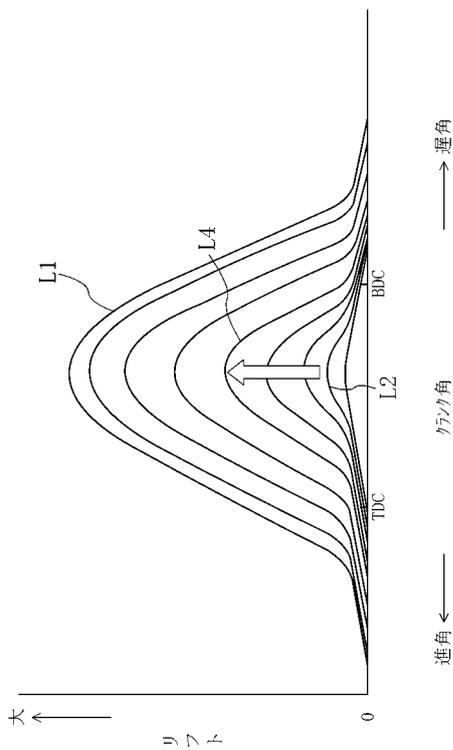
【図14】



【図15】



【図16】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100115691  
弁理士 藤田 篤史
- (74)代理人 100117581  
弁理士 二宮 克也
- (74)代理人 100117710  
弁理士 原田 智雄
- (74)代理人 100121728  
弁理士 井関 勝守
- (74)代理人 100124349  
弁理士 米田 圭啓
- (74)代理人 100124671  
弁理士 関 啓
- (74)代理人 100131060  
弁理士 杉浦 靖也
- (72)発明者 杉原 真一  
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 丸原 正志  
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 山本 寿英  
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- F ターム(参考) 3G018 AA06 AB02 BA01 BA33 CA07 CA13 CA20 DA02 DA03 DA04  
DA05 EA12 EA17 EA21 EA31 EA32 EA35 FA01 FA06 FA07  
FA08 FA26 GA07 GA08 GA11 GA21  
3G092 AA11 DA05 EA03 EA04 EC10 FA02 FA24 FA31 GA02 GA05  
GA06 GA17 GA18 HE01Z HE06Z HE08Z