

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02006/025565

発行日 平成20年5月8日(2008.5.8)

(43) 国際公開日 平成18年3月9日(2006.3.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1L 13/00 (2006.01)	FO1L 13/00 301H	3G018
	FO1L 13/00 301J	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 43 頁)

出願番号	特願2006-532013 (P2006-532013)	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社
(21) 国際出願番号	PCT/JP2005/016185		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 国際出願日	平成17年8月30日(2005.8.30)	(74) 代理人	100106150
(31) 優先権主張番号	特願2004-252559 (P2004-252559)		弁理士 高橋 英樹
(32) 優先日	平成16年8月31日(2004.8.31)	(74) 代理人	100082175
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 高田 守
		(74) 代理人	100113011
			弁理士 大西 秀和
		(72) 発明者	立野 学
			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	浅田 俊昭
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変動弁装置

(57) 【要約】

可変動弁装置に関し、リフト量の変化にバルブタイミングの変化を連動させて理想的なバルブタイミング-リフト特性を実現できるようにする。駆動カム122の回転運動を中間部材172, 174を介して揺動部材140のスライド面156に伝達する。中間部材172, 174のスライド面156上での位置は、連動機構162, 164によって制御軸132の回転に連動させて変化させる。スライド面156は、中間部材172, 174が位置する範囲のうち揺動部材140の揺動中心に最も近い最近点から揺動中心から最も遠い最遠点に向けて、カム軸120の中心からの距離が大きくなるように駆動カム122側に湾曲して形成する。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

カム軸の回転に対するバルブの開弁特性を機械的に変化させる可変動弁装置であって、
前記カム軸に設けられた駆動カムと、
前記カム軸と平行に設けられ、回転角度を連続的に或いは多段階に変更可能な制御軸と

、
前記カム軸に平行な軸を中心として揺動する揺動部材と、
前記揺動部材に形成され、前記バルブを支持するバルブ支持部材に接触して前記バルブ
をリフト方向に押圧する揺動カム面と、

前記揺動部材に前記駆動カムと対向して形成されたスライド面と、

前記駆動カムと前記揺動部材との間に配置され、前記駆動カムのカム面と前記スライド
面の双方に接触する中間部材と、

前記制御軸の回転に連動させて前記スライド面上での前記中間部材の位置を変化させる
連動機構とを備え、

前記スライド面は、前記中間部材が位置する範囲のうち前記揺動部材の揺動中心に最も
近い最近点から前記揺動中心から最も遠い最遠点に向けて、前記カム軸の中心からの距離
が大きくなるように前記駆動カム側に湾曲して形成され、

前記揺動カム面は、前記揺動部材の揺動中心からの距離が一定で前記バルブにリフトを
与えない非作用面と、前記非作用面と連続して設けられ前記揺動部材の揺動中心からの距
離が次第に大きくなるように形成された作用面とを含み、前記揺動部材の揺動に伴って前
記バルブ支持部材の前記揺動カム面上での接触位置が前記非作用面上から前記作用面側へ
移動するように構成されていることを特徴とする可変動弁装置。

【請求項 2】

前記スライド面は、前記揺動部材の揺動中心からの距離が大きくなるほど前記カム軸の
中心からの距離が大きくなるように形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の可変
動弁装置。

【請求項 3】

前記中間部材の前記スライド面上での位置が前記揺動部材の揺動中心から遠ざかるほど
、前記カム軸の同一回転角度において前記中間部材と接触する前記駆動カムの周方向位置
は前記カム軸の進角側に移動することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の可変動弁装置。

【請求項 4】

前記中間部材は、前記駆動カムのカム面に接触する第 1 ローラと、前記第 1 ローラに対
して回転可能であって前記スライド面に接触する第 2 ローラとを含むことを特徴とする請
求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の可変動弁装置。

【請求項 5】

前記揺動部材は、前記制御軸に回転可能に取り付けられて前記制御軸を中心として揺動
することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の可変動弁装置。

【請求項 6】

前記連動機構は、前記制御軸に固定され前記制御軸の中心から偏心した位置に支点を有
する制御部材と、前記支点到に揺動可能に取り付けられ、前記中間部材を前記制御部材に連
結する連結部材とを含むことを特徴とする請求項 5 記載の可変動弁装置。

【請求項 7】

前記制御部材は、前記制御軸から偏心した位置を中心とする円盤として構成され、

前記連結部材は、前記円盤の外周面に回転可能に取り付けられていることを特徴とする
請求項 6 記載の可変動弁装置。

【請求項 8】

前記連動機構は、前記カム軸に回転可能に取り付けられた制御部材と、前記制御部材に
取り付けられて前記中間部材を所定の経路に沿って移動可能に支持する支持部材と、前記
制御部材の前記カム軸回りの回転を前記制御軸の回転に連動させる回転連動機構とを含む
ことを特徴とする請求項 5 記載の可変動弁装置。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

前記支持部材は、前記制御部材と一体化されたガイドとして構成されていることを特徴とする請求項 8 記載の可変動弁装置。

【請求項 10】

前記支持部材は、前記制御部材に前記カム軸から偏心した位置を中心として揺動可能に取り付けられ、前記制御部材と前記中間部材とをリンク結合するリンク部材として構成されていることを特徴とする請求項 8 記載の可変動弁装置。

【請求項 11】

前記カム軸に前記駆動カムと並んで設けられた第 2 駆動カムと、
前記揺動部材と同軸に配置され、前記揺動部材と独立して揺動可能な第 2 揺動部材と、
前記第 2 揺動部材に形成され、前記バルブと並列に設けられた第 2 バルブを支持するバルブ支持部材に接触して前記第 2 バルブをリフト方向に押圧する第 2 揺動カム面と、
前記揺動部材と同軸に配置され、前記揺動部材及び前記第 2 揺動部材と独立して揺動可能であって前記第 2 駆動カムのカム面に接触する第 3 揺動部材と、
前記第 2 揺動部材を前記揺動部材と前記第 3 揺動部材の何れか一方に選択的に連結する連結切換手段と、
をさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載の可変動弁装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、内燃機関の可変動弁装置に関し、詳しくは、バルブの開弁特性を機械的に変更可能な可変動弁装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、例えば、特許文献 1 に開示されるように、エンジンの運転状況に応じてバルブのリフト量やバルブタイミングを機械的に変更する可変動弁装置が知られている。特許文献 1 に記載される可変動弁装置（以下、従来技術）では、カム軸と平行に設けられた制御軸に制御アームが固定され、この制御アームにフォロワの一方の端部が揺動自在に取り付けられている。また、制御軸には揺動カムが揺動自在に取り付けられ、その揺動カム面にロッカーアームが押し当てられている。フォロワには互いに独立回転可能な第 1 ローラと第 2 ローラとが同心に取り付けられており、第 1 ローラはカム軸の弁カムに当接し、第 2 ローラは揺動カムの揺動カム面とは逆側に形成された平面（当接面）に当接している。

30

【0003】

このような構成によれば、制御軸の回転により制御アームの回転位置が変更されることで、フォロワが変位して制御軸から揺動カムと第 2 ローラとの当接箇所までの距離が変化し、これによりバルブのリフト量が増減される。また、カム軸の同じ回転角度位置において第 1 ローラと当接する弁カムの周方向位置が変化することにより、同時にバルブタイミングも変更される。つまり、特許文献 1 に記載の従来技術によれば、モータにより制御軸の回転角を制御することで、バルブのリフト量とバルブタイミングを同時に変更することができる。

40

【特許文献 1】日本特開 2003 - 239712 号公報

【特許文献 2】日本特開平 7 - 63023 号公報

【特許文献 3】日本特開 2002 - 371816 号公報

【特許文献 4】日本特開 2004 - 108302 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記の従来技術では、制御アームの回転位置の変更によってフォロワが変位する際、フォロワの変位に追従して揺動カムも回動する。揺動カムが回動すると揺動カム面のロッカーアームとの当接位置が増減されることになり、上記の従来技術の場合は、制御軸から揺

50

動カムと第2ローラとの当接箇所までの距離が短くなるほど、揺動カム面のロッカーアームとの当接位置はリフト量が増大する側に移動することになる。つまり、制御軸から揺動カムと第2ローラとの当接箇所までの距離の変化によってリフト量の変更されるとともに、揺動カム面のロッカーアームとの当接位置の変化によってもリフト量の変更されることになる。

【0005】

このため、上記の従来技術では、リフト量の変化に比較してバルブタイミングの変化が小さくなってしまい、必要なリフト量の変化に対して必要なバルブタイミングの変更量を得ることができない可能性がある。

【0006】

なお、上記の従来技術のような可変動弁装置とは別に、クランク軸に対するカム軸の位相角を変化させることでバルブタイミングを可変制御する、いわゆるVVT等のバルブタイミング可変機構が知られている。このバルブタイミング可変機構を併用すれば、可変動弁装置では不十分なバルブタイミングの変化を所望のタイミングに補正することができる。しかし、その場合はコストが増大するだけでなく、2つの装置を協調制御することになるために制御遅れ等によって理想的なバルブタイミング・リフト特性を常年实现できるとは限らない。

【0007】

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、リフト量の変化にバルブタイミングの変化を連動させて理想的なバルブタイミング・リフト特性を実現できるようにした可変動弁装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

第1の発明は、上記目的を達成するため、カム軸の回転に対するバルブの開弁特性を機械的に変化させる可変動弁装置であって、

前記カム軸に設けられた駆動カムと、

前記カム軸と平行に設けられ、回転角度を連続的に或いは多段階に変更可能な制御軸と

、前記カム軸に平行な軸を中心として揺動する揺動部材と、

前記揺動部材に形成され、前記バルブを支持するバルブ支持部材に接触して前記バルブをリフト方向に押圧する揺動カム面と、

前記揺動部材に前記駆動カムと対向して形成されたスライド面と、

前記駆動カムと前記揺動部材との間に配置され、前記駆動カムのカム面と前記スライド面の双方に接触する中間部材と、

前記制御軸の回転に連動させて前記スライド面上での前記中間部材の位置を変化させる連動機構とを備え、

前記スライド面は、前記中間部材が位置する範囲のうち前記揺動部材の揺動中心に最も近い最近点から前記揺動中心から最も遠い最遠点に向けて、前記カム軸の中心からの距離が大きくなるように前記駆動カム側に湾曲して形成され、

前記揺動カム面は、前記揺動部材の揺動中心からの距離が一定で前記バルブにリフトを与えない非作用面と、前記非作用面と連続して設けられ前記揺動部材の揺動中心からの距離が次第に大きくなるように形成された作用面とを含み、前記揺動部材の揺動に伴って前記バルブ支持部材の前記揺動カム面上での接触位置が前記非作用面上から前記作用面側へ移動するように構成されていることを特徴とする可変動弁装置。

【0009】

第2の発明は、上記第1の発明において、前記スライド面は、前記揺動部材の揺動中心からの距離が大きくなるほど前記カム軸の中心からの距離が大きくなるように形成されていることを特徴としている。

【0010】

第3の発明は、上記第1又は第2の発明において、前記中間部材の前記スライド面上で

10

20

30

40

50

の位置が前記揺動部材の揺動中心から遠ざかるほど、前記カム軸の同一回転角度において前記中間部材と接触する前記駆動カムの周方向位置は前記カム軸の進角側に移動することを特徴としている。

【0011】

第4の発明は、上記第1乃至第3の何れか1つの発明において、前記中間部材は、前記駆動カムのカム面に接触する第1ローラと、前記第1ローラに対して回転可能であって前記スライド面に接触する第2ローラとを含むことを特徴としている。

【0012】

第5の発明は、上記第1乃至第4の何れか1つの発明において、前記揺動部材は、前記制御軸に回転可能に取り付けられて前記制御軸を中心として揺動することを特徴としている。

10

【0013】

第6の発明は、上記第5の発明において、前記連動機構は、前記制御軸に固定され前記制御軸の中心から偏心した位置に支点を有する制御部材と、前記支点到揺動可能に取り付けられ、前記中間部材を前記制御部材に連結する連結部材とを含むことを特徴としている。

【0014】

第7の発明は、上記第6の発明において、前記制御部材は、前記制御軸から偏心した位置を中心とする円盤として構成され、

前記連結部材は、前記円盤の外周面に回転可能に取り付けられていることを特徴としている。

20

【0015】

第8の発明は、上記第5の発明において、前記連動機構は、前記カム軸に回転可能に取り付けられた制御部材と、前記制御部材に取り付けられて前記中間部材を所定の経路に沿って移動可能に支持する支持部材と、前記制御部材の前記カム軸回りの回転を前記制御軸の回転に連動させる回転連動機構とを含むことを特徴としている。

【0016】

第9の発明は、上記第8の発明において、前記支持部材は、前記制御部材と一体化され前記カム軸に対してほぼ垂直に延びるガイドとして構成されていることを特徴としている。

30

【0017】

第10の発明は、上記第8の発明において、前記支持部材は、前記制御部材に前記カム軸から偏心した位置を中心として揺動可能に取り付けられ、前記制御部材と前記中間部材とをリンク結合するリンク部材として構成されていることを特徴としている。

【0018】

第11の発明は、上記第1乃至第10の何れか1つの発明において、前記カム軸に前記駆動カムと並んで設けられた第2駆動カムと、

前記揺動部材と同軸に配置され、前記揺動部材と独立して揺動可能な第2揺動部材と、前記第2揺動部材に形成され、前記バルブと並列に設けられた第2バルブを支持するバルブ支持部材に接触して前記第2バルブをリフト方向に押圧する第2揺動カム面と、

40

前記揺動部材と同軸に配置され、前記揺動部材及び前記第2揺動部材と独立して揺動可能であって前記第2駆動カムのカム面に接触する第3揺動部材と、

前記第2揺動部材を前記揺動部材と前記第3揺動部材の何れか一方に選択的に連結する連結切換手段と、をさらに備えることを特徴としている。

【発明の効果】

【0019】

第1の発明において制御軸の回転角度が変更されると、制御軸の回転は連動機構を介して中間部材に伝達され、中間部材のスライド面上での位置が変化する。中間部材のスライド面上での位置が変化することで、揺動部材の揺動角幅や初期揺動角度が変化することに

50

なる。具体的には、中間部材がスライド面上を先端側に移動するに従い、揺動部材の揺動角幅は小さくなる。また、スライド面は、中間部材が位置する範囲のうち揺動部材の揺動中心に最も近い最近点から揺動中心から最も遠い最遠点に向けて、カム軸の中心からの距離が大きくなるように駆動カム側に湾曲して形成されているので、中間部材がスライド面上を先端側に移動するに従い、揺動部材の初期揺動角度は小さくなる。バルブ支持部材の揺動カム面上での接触位置は、揺動部材の揺動に伴って非作用面上から作用面側へ移動する。そして、バルブ支持部材の作用面上での到達位置によってバルブのリフト量が決まり、バルブ支持部材が作用面上に位置している期間（クランク角）により作用角が決まる。このため、揺動部材の揺動角幅が小さくなったときには、リフト量及び作用角は減少する。さらに、揺動部材の初期揺動角度が小さくなることで、バルブ支持部材の揺動カム面上での初期位置は作用面から離れることになり、非作用面上でのバルブ支持部材の走行期間が増えることで作用角はさらに減少する。したがって、第1の発明によれば、作用角をリフト量の変化に応じて明確に変化させることができる。

10

20

30

40

50

【0020】

また、中間部材のスライド面上での位置が変化することで、同時に、カム軸が同一回転角度にあるときの中間部材の駆動カム面上での位置も変化する。中間部材の駆動カム面上での位置が変化することで、カム軸の位相に対する揺動部材の揺動タイミングが変化することになり、バルブタイミングが変化する。その際、スライド面が駆動カム側に湾曲して形成されることにより、中間部材の駆動カム面上での位置の変化に対し、揺動部材の初期揺動角度が過度に変化することは抑えられる。したがって、第1の発明によれば、バルブタイミングの変化に対するリフト量及び作用角の変化を適度に抑えることができる。

【0021】

以上のことから、第1の発明によれば、リフト量と作用角をバルブタイミングに連動させて変化させることができるだけでなく、バルブタイミング可変機構を併用することなく、或いは、併用する場合であってもバルブタイミング可変機構は大きく動作させることなく、リフト量、作用角、バルブタイミングの関係を最適化して理想的なバルブタイミング-リフト特性を実現することができる。

【0022】

特に、第2の発明によれば、揺動部材の揺動中心からの距離が大きくなるほどカム軸の中心からの距離が大きくなるようにスライド面が形成されることで、中間部材がスライド面上を先端側に移動するほど、バルブのリフト量及び作用角は小さくなる。これにより、バルブタイミングが一方向に変化すれば必ずリフト量及び作用角も増大或いは減少するようになり、バルブタイミングとリフト量及び作用角との関係を1対1に設定することが可能になる。

【0023】

カム軸の同一回転角度において中間部材と接触する駆動カムの周方向位置がカム軸の進角側に移動すると、揺動部材の揺動タイミングが早まることによってバルブタイミングは進角する。第3の発明によれば、中間部材がスライド面の先端にいくにしたがい、バルブタイミングが進角するので、リフト量及び作用角の減少に応じてバルブタイミングが進角するようなバルブタイミング-リフト特性を実現することができる。

【0024】

第4の発明によれば、中間部材として独立回転可能な2つのローラを有し、一方の第1ローラは駆動カムのカム面に接触させ、他方の第2ローラはスライド面に接触させるようになっているので、カム軸からバルブへの駆動力の伝達系内の摩擦損失を低減し、より効率良くバルブをリフト運動させることができる。

【0025】

第5の発明によれば、制御軸が揺動部材の軸として兼用されるので、構造を簡素化できるとともに剛性を高めることができる。

【0026】

第6の発明によれば、制御軸に固定された制御部材と中間部材とを連結部材で連結する

という簡単な構成によって、制御軸の回転にスライド面上での中間部材の位置の変化を連動させることができる。

【0027】

第7の発明によれば、制御軸から偏心した位置を中心とする円盤が制御部材となり、連結部材はこの円盤の外周に回動可能に取り付けられているので、高い剛性を確保することができるとともに、高速運転時の作動安定性も実現することができる。

【0028】

第8の発明によれば、中間部材を支持する支持部材や制御部材は既存のカム軸の回りに配置されるので、装置全体をコンパクトに構成することができる。

【0029】

第9の発明によれば、支持部材が制御部材と一体化されたガイドとして構成されることで、バルブのリフト運動時に可動するのは揺動部材と中間部材のみとなり、可動部全体の慣性質量の増加を抑制することができる。

【0030】

第10の発明によれば、中間部材はリンク部材によって制御部材にリンク結合されるので、中間部材を制御部材に対して確実に位置決めすることができる。

【0031】

第11の発明によれば、第2揺動部材が上記の揺動部材に連結されたときには、カム軸の回転に対する第2バルブの開弁特性を制御軸の回転駆動量に応じて連続的に変化させることが可能になる。一方、第2揺動部材が第3揺動部材に連結されたときには、カム軸の回転に対する第2バルブの開弁特性は常に一定となる。したがって、第10の発明によれば、両バルブの開弁特性を異ならせることで気筒内のスワール制御を行ったり、一方のバルブのみを休止させたりすることも可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明の実施の形態1にかかる可変動弁装置の構成を示す斜視図である。

【図2】本発明の実施の形態1にかかる可変動弁装置の構成を示す分解図である。

【図3】本発明の実施の形態1にかかる可変動弁装置の構成を示す模式的な正面図である。

【図4】スライド面の形成方法の1つの例を説明するための説明図である。

【図5】スライド面の形成方法の別の例を説明するための説明図である。

【図6】本発明の実施の形態1にかかる可変動弁装置の大リフト時の動作を示す図であり、(A)はバルブの閉弁時、(B)はバルブの開弁時を示している。

【図7】本発明の実施の形態1にかかる可変動弁装置の小リフト時の動作を示す図であり、(A)はバルブの閉弁時、(B)はバルブの開弁時を示している。

【図8】ロッカーローラの揺動カム面上での位置とバルブのリフト量との関係を示す図である。

【図9】バルブタイミングとリフト量との関係を示す図である。

【図10】実現可能なバルブタイミング-リフト特性の1つの例を示す図である。

【図11】実現可能なバルブタイミング-リフト特性の別の例を示す図である。

【図12】本発明の実施の形態1にかかる可変動弁装置の可変機構を模式的に示す図である。

【図13】従来の可変動弁装置の可変機構を模式的に示す図である。

【図14】本発明の実施の形態1にかかる可変動弁装置の従来の可変動弁装置に対する利点を説明するための図である。

【図15】従来の可変動弁装置の課題を説明するための図である。

【図16】本発明の実施の形態2にかかる可変動弁装置の構成を示す斜視図である。

【図17】図16のA方向の側面視図である。

【図18】本発明の実施の形態2にかかる可変動弁装置の大リフト時の動作を示す図であり、(A)はバルブの閉弁時、(B)はバルブの開弁時を示している。

10

20

30

40

50

【図 19】本発明の実施の形態 2 にかかる可変動弁装置の小リフト時の動作を示す図であり、(A)はバルブの閉弁時、(B)はバルブの開弁時を示している。

【図 20】本発明の実施の形態 3 にかかる可変動弁装置の構成を示す側面視図である。

【図 21】本発明の実施の形態 3 にかかる可変動弁装置の大リフト時の動作を示す図であり、(A)はバルブの閉弁時、(B)はバルブの開弁時を示している。

【図 22】本発明の実施の形態 3 にかかる可変動弁装置の小リフト時の動作を示す図であり、(A)はバルブの閉弁時、(B)はバルブの開弁時を示している。

【図 23】本発明の実施の形態 4 にかかる可変動弁装置の構成を示す側面視図である。

【図 24】本発明の実施の形態 4 にかかる可変動弁装置の大リフト時の動作を示す図であり、(A)はバルブの閉弁時、(B)はバルブの開弁時を示している。

【図 25】本発明の実施の形態 4 にかかる可変動弁装置の小リフト時の動作を示す図であり、(A)はバルブの閉弁時、(B)はバルブの開弁時を示している。

【符号の説明】

【0033】

100, 300, 400, 500 可変動弁装置
 104, 204, 304, 404, 504 バルブ
 110, 210, 310, 410, 510 ロッカーアーム
 120, 320, 420, 520 カム軸
 122, 222, 322, 422, 522 駆動カム
 124, 224, 324, 424, 524 駆動カム面
 130, 330, 430, 530 可変機構
 132, 332, 432, 532 制御軸
 140, 340, 450, 550 揺動カムアーム
 152, 352, 452, 552 揺動カム面
 156, 356, 456, 556 スライド面
 162 制御アーム
 164 リンクアーム
 172, 362, 470, 570 第 1 ローラ
 174, 364, 472, 572 第 2 ローラ
 230 固定機構
 240 第 2 揺動カムアーム
 252 揺動カム面
 260 ロストモーションアーム
 264 ピン孔
 290 ピン
 334 偏心円盤
 360 偏心アーム
 434, 534 第 1 ギヤ
 462, 562 第 2 ギヤ
 466 ガイド
 564 制御リンク
 P1 第 1 ローラの駆動カム面上での接触位置
 P2 第 2 ローラのスライド面上での接触位置
 P3i ロッカーローラの揺動カム面上での初期接触位置
 P3f ロッカーローラの揺動カム面上での最終接触位置

【発明を実施するための最良の形態】

【0034】

実施の形態 1 .

以下、図 1 乃至図 15 を参照して、本発明の実施の形態 1 について説明する。

【0035】

10

20

30

40

50

[本実施形態の可変動弁装置の構成]

図 1 は、本発明の実施の形態 1 にかかる可変動弁装置 100 の構成を示す斜視図、図 2 は可変動弁装置 100 の構成を示す分解斜視図、図 3 は可変動弁装置 100 の構成を示す模式的な正面図である。本可変動弁装置 100 はロッカーアーム方式の機械式動弁機構を有し、カム軸 120 の回転運動がカム軸 120 に設けられた駆動カム 122, 222 によってロッカーアーム (バルブ支持部材) 110, 210 の揺動運動に変換され、各ロッカーアーム 110, 210 に支持されるバルブ 104, 204 の上下方向へのリフト運動に変換される。

【 0036 】

本可変動弁装置 100 では、2つのロッカーアーム 110, 210 に対して2つの駆動カム 122, 222 が設けられている。このうち第1駆動カム 122 と各ロッカーアーム 110, 210 との間には、第1駆動カム 122 の回転運動に各ロッカーアーム 110, 210 の揺動運動を連動させる可変機構 130 が設けられている。また、第2駆動カム 222 と第2ロッカーアーム 210 との間には、第2駆動カム 222 の回転運動に第2ロッカーアーム 210 の揺動運動を連動させる固定機構 230 が設けられている。

10

【 0037 】

可変機構 130 は、第1駆動カム 122 の回転運動と各ロッカーアーム 110, 210 の揺動運動との連動状態を連続的に変化させる機構である。可変機構 130 は、以下に説明するように、制御軸 132、制御アーム 162、リンクアーム 164、第1揺動カムアーム 140、第1ローラ 172、第2ローラ 174、及び第2揺動カムアーム 240 を主たる構成部材として構成されている。制御軸 132 はカム軸 120 に平行に、カム軸 120 に対する相対位置を固定して配置されている。制御軸 132 の回転角度は図示しないアクチュエータ (例えばモータ等) によって任意の角度に制御することができる。

20

【 0038 】

制御アーム 162 は制御軸 132 に一体的に固定されている。制御アーム 162 は制御軸 132 の径方向に突出しており、その突出部にリンクアーム 164 が取り付けられている。リンクアーム 164 は制御アーム 162 を挟むように制御アーム 162 の両側に設けられ、各リンクアーム 164 の後端部はピン 166 によって制御アーム 162 に回転自在に連結されている。ピン 166 の位置は制御軸 132 の中心から偏心しており、このピン 166 の位置がリンクアーム 164 の揺動中心となる。

30

【 0039 】

リンクアーム 164 は制御軸 132 に沿って湾曲して形成されている。左右のリンクアーム 164 の先端部は連結軸 176 によって互いに連結されている。左右のリンクアーム 164 間には第1ローラ 172 が配置され、第1ローラ 172 は連結軸 176 に回転自在に支持されている。また、左右のリンクアーム 164 の外側には第1ローラ 172 よりも小径の第2ローラ 174 が配置され、各第2ローラ 174 はそれぞれ連結軸 176 に回転自在に支持されている。これにより、2つのローラ 172, 174 はピン 166 を中心にしてピン 166 から一定距離を保ちながら揺動できるようになっている。第1ローラ 162 には駆動カム 122 の駆動カム面 124 (124a, 124b) が接触し、第2ローラ 174 には後述するスライド面 156 が接触している。

40

【 0040 】

なお、駆動カム面 124 はプロフィールの異なる2つのカム面から構成されている。一方のカム面である非作用面 124a はカム軸 120 の中心からの距離を一定に形成されている。他方のカム面である作用面 124b はカム軸 120 の中心からの距離が次第に大きくなり、頂部を越えた後に次第に小さくなるように形成されている。本明細書では、非作用面 124a と作用面 124b の双方を区別しないときには、単に駆動カム面 124 と表記する。

【 0041 】

第1揺動カムアーム 140 は、制御アーム 162 を挟んでその両側に一対配置された第1アーム部 150A 及び第2アーム部 150B と、左右のアーム部 150A, 150B の

50

先端を連結する連結部 154 から構成されている。左右のアーム部 150A, 150B はともに制御軸 132 に揺動可能に支持され、その先端を駆動カム 122 の回転方向の上流側に向けて配置されている。アーム部 150A, 150B は、制御軸 132 を中心にして左右一体となって揺動する。なお、本明細書では、第 1 アーム部 150A と第 2 アーム部 150B の双方を区別しないときには、単にアーム部 150 と表記する。

【0042】

各アーム部 150 のカム軸 120 に対向する側には、第 2 ローラ 174 に接触するスライド面 156 が形成されている。スライド面 156 は駆動カム 122 側に緩やかに湾曲するとともに、第 2 ローラ 174 が接触する範囲のうち、揺動中心である制御軸 132 に最も近い最近点から制御軸 132 から最も遠い最遠点に向けて、駆動カム 122 の軸中心との距離が大きくなるように形成されている。このような形状にスライド面 156 に形成する方法としては、例えば、次の二つの方法がある。第 1 の方法は、図 4 に示すように、第 2 ローラ 174 が最も制御軸 132 の近くに位置している場合（後述する大リフト・大作用角時）を基準にして、制御軸 132 側から先端側に向けてスライド面 156 を形成する円弧の中心をカム中心から離す方法である。円弧の径 R はスライド面 156 上での位置によらず一定にする。第 2 の方法は、図 5 に示すように、第 2 ローラ 174 が最も制御軸 132 の近くに位置している場合（後述する大リフト・大作用角時）を基準にして、制御軸 132 側から先端側に向けてスライド面 156 の径（駆動カム 122 の軸中心との距離）を徐々に拡大する方法である。例えば図 5 中に示す 2 つの径 R1, R2 では、径 R1 よりも径 R2 の方が大きい。なお、スライド面 156 は、その全範囲において制御軸 132 側よりも先端側のほうが駆動カム 122 の軸中心との距離が大きくなっている必要はなく、駆動カム 122 の軸中心との距離が一定となる範囲を含んでいてもよい。つまり、スライド面 156 全体として、最近点から最遠点に向けて駆動カム 122 の軸中心との距離が大きくなっていけばよい。

10

20

【0043】

アーム部 150 のスライド面 156 とは逆側には、揺動カム面 152 (152a, 152b) が形されている。揺動カム面 152 は第 1 揺動カムアーム 140 の揺動中心をカム中心とするカム面であり、プロフィールの異なる非作用面 152a と作用面 152b から構成されている。そのうち非作用面 152a はアーム部 150 の軸中心側に設けられ、制御軸 132 の中心からの距離を一定に形成されている。他方の面である作用面 152b はアーム部 150 の先端側に設けられ、非作用面 152a に滑らかに連続するように接続されるとともに、アーム部 150 の先端に向けて制御軸 132 の中心からの距離（すなわち、カム高さ）が次第に大きくなるよう形成されている。本明細書では、非作用面 152a と作用面 152b の双方を区別しないときには、単に揺動カム面 152 と表記する。

30

【0044】

また、各アーム部 150 には、図示しないロストモーションスプリングを掛けるためのバネ座面 158 が形成されている。バネ座面 158 は、非作用面 152a の後方にアーム部 150 の延伸方向とは逆方向に向けて形成されている。ロストモーションスプリングは圧縮バネであり、バネ座面 158 にはロストモーションスプリングからの付勢力が作用している。バネ座面 158 に作用する付勢力は、揺動カムアーム 140 を介してスライド面 156 を第 2 ローラ 174 に押し当てる付勢力として作用し、さらに、連結軸 176 を介して第 1 ローラ 172 を駆動カム面 124 に押し当てる付勢力として作用する。これにより、第 1 ローラ 172 及び第 2 ローラ 174 は、スライド面 156 と駆動カム面 124 とに両側から挟みこまれて位置決めされる。

40

【0045】

第 1 アーム部 150A の下方には、第 1 ロッカーアーム 110 が配置されている。第 1 ロッカーアーム 110 には、揺動カム面 152 に対向するようにロッカーローラ 112 が配置されている。ロッカーローラ 112 は第 1 ロッカーアーム 110 の中間部に回転自在に取り付けられている。第 1 ロッカーアーム 110 の一端にはバルブ 104 を支持するバルブシャフト 102 が取り付けられ、第 1 ロッカーアーム 110 の他端は油圧ラッシャア

50

ジャスタ106によって回動自在に支持されている。バルブシャフト102は図示しないバルブスプリングによって、閉方向、すなわち、第1ロッカーアーム110を押し上げる方向に付勢されている。第1ロッカーアーム110は、バルブスプリングの付勢力を受けたバルブシャフト102によって支持され、第1ロッカーローラ112は油圧ラッシャアジャスタ106によって第1アーム部150Aの揺動カム面152に押し当てられている。

【0046】

第2揺動カムアーム240は、第1揺動カムアーム140の第2アーム部150B側に隣接して配置され、制御軸132に回転自在に取り付けられている。第2揺動カムアーム240には、揺動カム面252(252a, 252b)が形成されている。揺動カム面252は第2揺動カムアーム240の揺動中心をカム中心とするカム面であり、プロフィールの異なる非作用面252aと作用面252bから構成されている。第2揺動カムアーム240の揺動カム面252は、第1揺動カムアーム140の揺動カム面152と同一プロフィールに形成されている。本明細書では、非作用面252aと作用面252bの双方を区別しないときには、単に揺動カム面252と表記する。

10

【0047】

第2揺動カムアーム240の下方には、第2ロッカーアーム210が配置されている。第2ロッカーアーム110には、揺動カム面252に対向するようにロッカーローラ212が配置されている。ロッカーローラ212は第2ロッカーアーム210の中間部に回転自在に取り付けられている。第2ロッカーアーム210の一端には第2バルブ204を支持するバルブシャフト202が取り付けられ、第2ロッカーアーム210の他端は図示しない油圧ラッシャアジャスタによって回動自在に支持されている。バルブシャフト202は図示しないバルブスプリングによって、閉方向、すなわち、第2ロッカーアーム210を押し上げる方向に付勢されている。第2ロッカーアーム210は、バルブスプリングの付勢力を受けたバルブシャフト202によって支持され、第2ロッカーローラ212は油圧ラッシャアジャスタによって第2揺動カムアーム240の揺動カム面252に押し当てられている。

20

【0048】

第2揺動カムアーム240にはピン孔256が形成されている。第1揺動カムアーム140の第2アーム部150Bにも、ピン孔256の位置に対応してピン孔142が形成されている。これら2つのピン孔256, 142をピン290で連結することにより、第2揺動カムアーム240は第1揺動カムアーム140と一体化され、制御軸132を中心にして一体的に揺動することになる。

30

【0049】

固定機構230は、第2駆動カム222の回転運動と第2ロッカーアーム210の揺動運動とを一定の関係で連動させる機構である。固定機構230は、ロストモーションアーム(第3揺動部材)260、カムローラ262、及び前述の第2揺動カムアーム240から構成される。

【0050】

ロストモーションアーム260は、第1揺動カムアーム140との間で第2揺動カムアーム240を挟むように第2揺動カムアーム240に隣接して配置され、制御軸132に回転自在に取り付けられている。このロストモーションアーム260に対向して第2駆動カム222が設けられている。

40

【0051】

ロストモーションアーム260にはピン孔264が形成されている。このピン孔264と第2揺動カムアーム240のピン孔256とをピン290で連結することにより、第2揺動カムアーム240はロストモーションアーム260と一体化され、制御軸132を中心にして一体的に揺動することになる。なお、ピン290は、例えば油圧アクチュエータによってその軸方向に駆動され、ロストモーションアーム260のピン孔260と第1揺動カムアーム140のピン孔142の何れか一方にのみ選択的に挿入されるようになって

50

いる。

【 0 0 5 2 】

ロストモーションアーム 2 6 0 にはカムローラ 2 6 2 が回転自在に取り付けられている。ロストモーションアーム 2 6 0 には図示しないロストモーションスプリングからの付勢力が作用しており、カムローラ 2 6 2 はその付勢力によって第 2 駆動カム 2 2 2 の駆動カム面 2 2 4 (2 2 4 a , 2 2 4 b) に押し当てられている。カムローラ 2 6 2 は、ロストモーションアーム 2 6 0 が第 2 揺動カムアーム 2 4 0 に連結されたとき、揺動カム面 2 5 2 に対するカムローラ 2 6 2 の位置が大リフト時の揺動カム面 1 5 2 に対する第 1 ローラ 1 7 2 の位置 (図 6 に示す位置) に一致するように配置されている。

【 0 0 5 3 】

なお、駆動カム面 1 2 4 はプロフィールの異なる非作用面 2 2 4 a と作用面 2 2 4 b から構成されている。第 2 駆動カム 2 2 2 の駆動カム面 2 2 4 は、第 1 駆動カム 1 2 2 の駆動カム面 1 2 4 と同一プロフィールに形成されている。本明細書では、非作用面 2 2 4 a と作用面 2 2 4 b の双方を区別しないときには、単に駆動カム面 2 2 4 と表記する。

【 0 0 5 4 】

[本実施形態の可変動弁装置の動作]

次に、本可変動弁装置 1 0 0 の動作について図 6 乃至図 1 1 を参照して説明する。

【 0 0 5 5 】

(1) 可変動弁装置のリフト動作

本可変動弁装置 1 0 0 では、第 1 バルブ 1 0 4 のリフト運動は第 1 駆動カム 1 2 2 の回転運動に連動する。以下では、図 6 を参照して可変動弁装置 1 0 0 の第 1 バルブ 1 0 4 のリフト動作について説明する。図中、(A) はリフト動作の過程で第 1 バルブ 1 0 4 (図 6 中では省略) が閉弁しているときの可変動弁装置 1 0 0 の状態を、また、(B) はリフト動作の過程でバルブ 1 0 4 が開弁しているときの可変動弁装置 1 0 0 の状態を、それぞれ表している。

【 0 0 5 6 】

本可変動弁装置 1 0 0 では、第 1 駆動カム 1 2 2 の回転運動は、先ず、駆動カム面 1 2 4 に接触する第 1 ローラ 1 7 2 に入力される。第 1 ローラ 1 7 2 は同軸一体に設けられた第 2 ローラ 1 7 4 とともにピン 1 6 6 を中心に揺動し、その運動は第 2 ローラ 1 6 4 を支持している揺動カムアーム 1 5 0 のスライド面 1 5 6 に入力される。このとき、駆動カム面 1 2 4 とスライド面 1 5 6 との間には速度差があるが、二つのローラ 1 7 2 , 1 7 4 は独立回転可能であるので、駆動力の伝達時の摩擦損失は低減されている。スライド面 1 5 6 はロストモーションスプリング (図示略) の付勢力によって常に第 2 ローラ 1 7 4 に押し当てられているので、揺動カムアーム 1 4 0 は第 2 ローラ 1 6 4 を介して伝達される駆動カム 1 2 2 の回転に応じて制御軸 1 3 2 を中心にして揺動する。

【 0 0 5 7 】

具体的には、図 6 の (A) に示す状態からカム軸 1 2 0 が回転すると、図 6 の (B) に示すように、第 1 ローラ 1 7 2 の駆動カム面 1 2 4 上での接触位置 P 1 は非作用面 1 2 4 a から作用面 1 2 4 b へと移っていく。相対的に第 1 ローラ 1 7 2 は駆動カム 1 2 2 によって押し下げられていき、揺動カムアーム 1 4 0 はそのスライド面 1 5 6 を第 1 ローラ 1 7 2 と一体の第 2 ローラ 1 7 4 によって押し下げられる。これにより、揺動カムアーム 1 4 0 は制御軸 1 3 2 を中心にして図中、時計回り方向に回動する。カム軸 1 2 0 がさらに回転し、第 1 ローラ 1 7 2 の駆動カム面 1 2 4 上での接触位置 P 1 が作用面 1 2 4 b の頂部を過ぎると、今度はロストモーションスプリングとバルブスプリングによる付勢力によって、揺動カムアーム 1 4 0 は制御軸 1 3 2 を中心にして図中、反時計回り方向に回動する。

【 0 0 5 8 】

揺動カムアーム 1 4 0 が制御軸 1 3 2 を中心にして回動することで、ロッカーローラ 1 1 2 の揺動カム面 1 5 2 上での接触位置 P 3 が変化することになる。なお、図中では、ロッカーローラ 1 1 2 の揺動カム面 1 5 2 上での接触位置を P 3 i , P 3 f として表記して

10

20

30

40

50

いるが、これは後述する初期接触位置 P 3 i と最終接触位置 P 3 f とを区別するためである。本明細書では、単にロッカーローラ 1 1 2 の揺動カム面 1 5 2 上での接触位置を指す場合には、接触位置 P 3 と表記するものとする。

【 0 0 5 9 】

図 6 の (A) に示すように、ロッカーローラ 1 1 2 が非作用面 1 5 2 a に接触している場合には、非作用面 1 5 2 a は制御軸 1 3 2 の中心からの距離が一定であるので、その接触位置にかかわらずロッカーローラ 1 1 2 の空間内での位置は変化しない。したがって、第 1 ロッカーアーム 1 1 0 は揺動することがなく、第 1 バルブ 1 0 4 は一定位置に保持される。本可変動弁装置 1 0 0 では、ロッカーローラ 1 1 2 が非作用面 1 5 2 a に接触しているとき、バルブ 1 0 4 が閉弁状態になるように各部位の位置関係が調整されている。

10

【 0 0 6 0 】

図 6 の (B) に示すように、ロッカーローラ 1 1 2 の揺動カム面 1 5 2 上での接触位置 P 3 が非作用面 1 5 2 a から作用面 1 5 2 b に切り換わると、第 1 ロッカーアーム 1 1 0 は作用面 1 5 2 b の制御軸 1 3 2 の中心からの距離に応じて押し下げられ、油圧ラッシュアジャスタ 1 0 6 による支持点を中心に時計回り方向へ揺動する。これにより、第 1 バルブ 1 0 4 は第 1 ロッカーアーム 1 1 0 によって押し下げられ、開弁する。

【 0 0 6 1 】

ところで、ロッカーローラ 1 1 2 の中心からカム軸 1 2 0 の中心へは、バルブ 1 0 4 のリフト運動に伴い、バルブスプリングの反力が作用する。このとき、例えば、揺動カムアーム 1 4 0 の他の部材との接触位置 P 2 , P 3 を結ぶ線の方向が、バルブスプリングの反力の作用方向とずれている場合には、揺動カムアーム 1 4 0 は梁要素によって力の伝達を行うことになる。しかし、梁要素での力の伝達には曲げ剛性の確保が必要になり、剛性が十分に確保されない状態で可変動弁装置 1 0 0 を高速作動させようとする、慣性力によって揺動カムアーム 1 4 0 に撓みが生じてしまう。揺動カムアーム 1 4 0 の撓みは、バルブ 1 0 4 の早期着座によるバウンス、バルブ 1 0 4 の開弁時におけるリフトの減少、或いは閉弁不良等の不具合を招いてしまう。また、バルブ 1 0 4 の着座時のバウンスによる衝撃荷重によってバルブ 1 0 4 が損傷したり、梁要素によって発生するモーメント荷重によって軸受けの磨耗が進んだりする可能性もある。さらに、梁要素の剛性確保のために揺動カムアーム 1 4 0 を太くする必要が生じ、重量が増大してしまう可能性もある。重量増は、駆動力の伝達系内のフリクションを増大させて、燃費を悪化させてしまう。

20

30

【 0 0 6 2 】

図 6 は、可変動弁装置 1 0 0 が第 1 バルブ 1 0 4 に対して最大リフトを与えるように動作している様子を示しており、図 6 の (B) は最大リフト時における各部材の位置関係を示している。バルブスプリングの反力は、図 6 の (B) に示す最大リフト時において最大となる。この図に示すように、可変動弁装置 1 0 0 は、その最大リフト時において、第 1 ロッカーローラ 1 7 2 の駆動カム面 1 2 4 上での接触位置 P 1、第 2 ロッカーローラ 1 7 4 のスライド面 1 5 6 上での接触位置 P 2、及び、ロッカーローラ 1 1 2 の揺動カム面 1 5 2 上での接触位置 P 3 が、カム軸 1 2 0 の中心とロッカーローラ 1 1 2 の中心とを結ぶ直線（バルブスプリングの反力の作用線）上にほぼ並ぶように、各部材の設計が行われている。このように各部材間の接触位置 P 1 , P 2 , P 3 がバルブスプリングの反力の作用線上にほぼ並ぶことにより、各部材の梁要素による力の伝達をなくすことができ、装置全体の剛性を向上させることができる。

40

【 0 0 6 3 】

また、図 6 の (A) に示すように、可変動弁装置 1 0 0 は、バルブ 1 0 4 の閉弁時においても、各部材間の接触位置 P 1 , P 2 , P 3 がカム軸 1 2 0 の中心とロッカーローラ 1 1 2 の中心とを結ぶ直線から大きく離れないように、リンクアーム 1 6 4 の揺動中心（ピン 1 6 6）の位置を調整されている。これにより、バルブ 1 0 4 のリフト開始から最大リフトまで、カム軸 1 2 0 からロッカーローラ 1 1 2 へ常に効率良く駆動力を伝達することができる。

【 0 0 6 4 】

50

(2) 可変動弁装置のリフト量変更動作

次に、図6及び図7を参照して可変動弁装置100の第1バルブ104(図1参照、図中では省略)のリフト量変更動作について説明する。ここで、図7は可変動弁装置100が第1バルブ104に対して小さなリフトを与えるように動作している様子を示している。前述のように、図6は可変動弁装置100がバルブ104に対して最大リフトを与えるように動作している様子を示している。各図中、(A)はリフト動作の過程でバルブ104が閉弁しているときの可変動弁装置100の状態を、また、(B)はリフト動作の過程でバルブ104が開弁しているときの可変動弁装置100の状態を、それぞれ表している。

【0065】

図6に示すリフト量から図7に示すリフト量にリフト量を変更する場合、図6の(A)に示す状態において制御軸132を回転駆動し、図7の(A)に示す位置にピン166の位置C1を回転移動させる。第1ローラ172及び第2ローラ174は、リンクアーム164によってピン166の位置C1から一定距離に保持されている。このため、ピン166の位置C1の移動に伴い、図6の(A)に示す位置から図7の(A)に示す位置に、第2ローラ174はスライド面256に沿って制御軸132から遠ざかる方向に移動し、同時に、第1ローラ172は駆動カム面124に沿ってその回転方向の上流側に移動する。

【0066】

第2ローラ174が制御軸132から遠ざかる方向に移動することで、揺動カムアーム140の揺動中心C0から第2ローラ174のスライド面156上での接触位置P2までの距離が長くなり、揺動カムアーム140の揺動角幅は減少する。揺動カムアーム140の揺動角幅は揺動中心C0から振動の入力点までの距離に反比例するからである。第1バルブ104のリフトは、各図の(B)に示すように、第1ローラ172の駆動カム面124上での接触位置P1が作用面124bの頂部にあるときに最大となり、その時点におけるロッカーローラ112の揺動カム面152上での接触位置P3f(以下、最終接触位置)によって第1バルブ104のリフト量が決まる。図8は、ロッカーローラ112の揺動カム面152上での位置とバルブリフトとの関係を示す図である。この図に示すように、最終接触位置P3fは、揺動カムアーム140の揺動角幅と、各図の(A)に示すロッカーローラ112の揺動カム面152上での接触位置P3i(以下、初期接触位置)とによって決まる。

【0067】

本実施形態の可変動弁装置100では、スライド面156は、その揺動中心C0からの距離が大きいほど駆動カム122のカム基礎円(非作用面124a)との距離が大きくなるように形成されている。このため、上記の接触位置P2が揺動カムアーム140の揺動中心C0から遠ざかるほど、揺動カムアーム140はスライド面156が駆動カム面124に近づく方向に傾斜することになる。図では、揺動カムアーム140は制御軸132を中心にして反時計回り方向に回動することになる。これにより、図7の(A)に示すように、ロッカーローラ112の揺動カム面152上での初期接触位置P3iは作用面152bから遠ざかる方向に移動する。

【0068】

上記のように制御軸132を回転させることで、揺動カムアーム140の揺動角幅が減少するとともに、初期接触位置P3iが作用面152bから遠ざかる方向に移動する。その結果、図8に示すように、ロッカーローラ112が到達できる最終接触位置P3fは非作用面152a側に移動することになり、バルブ104のリフト量は減少する。また、ロッカーローラ112が作用面152a上に位置している期間(クランク角度)が、バルブ104の作用角となるが、最終接触位置P3fが非作用面152a側に移動することで、バルブ104の作用角も減少する。さらに、第1ローラ172がカム軸120の回転方向の上流側に移動することで、カム軸120が同一回転角度にあるときの第1ローラ172の駆動カム面124上での接触位置P1は、駆動カム122の進角側に移動する。これにより、カム軸120の位相に対する揺動カムアーム140の揺動タイミングは進角され、

10

20

30

40

50

その結果、バルブタイミング（最大リフトタイミング）は進角されることになる。

【 0 0 6 9 】

図 9 は可変動弁装置 1 0 0 により実現されるバルブ 1 0 4 のリフト量とバルブタイミングとの関係を示すグラフである。この図に示すように、可変動弁装置 1 0 0 によれば、バルブ 1 0 4 のリフト量の増大に連動して作用角を増大させるとともにバルブタイミングを遅角することができ、逆に、バルブ 1 0 4 のリフト量の減少に連動して作用角を減少させるとともにバルブタイミングを進角することができる。なお、図 9 に示すように、バルブ 1 0 4 の開きタイミングは、バルブタイミングと作用角とによって決まる。図 9 中に記載されるように、最大リフト時からのリフト量の減少に応じて作用角が 2 から 3 に減少し、バルブタイミングが 1 だけ進角したときのバルブ 1 0 4 の開きタイミングの遅角量は、次の式（ 1 ）で表される。

$$= (2 - 3) / 2 - 1 \cdots (1)$$

【 0 0 7 0 】

上記（ 1 ）式に示すように、最大リフト時の開きタイミングを基準としたときのバルブ 1 0 4 の開きタイミングの遅角量は、作用角の変化量とバルブタイミングの変化量とを適宜設定することによって調整することができる。したがって、例えばバルブ 1 0 4 を吸気バルブとした場合、図 1 0 に示すように、大リフト・大作用角ほど開きタイミングを早めて排気バルブとのオーバーラップを増加させ、小リフト・小作用角ほど開きタイミングを遅らせて排気バルブとのオーバーラップを減少させるようにすることもできる。また、図 1 1 に示すように、リフト量や作用角にかかわらず、開きタイミングを常に一定にすることもできる。

【 0 0 7 1 】

図 1 0 に示すバルブタイミング - リフト特性は、ガソリンエンジンの吸気バルブの制御に用いて好適である。ガソリンエンジンでは、高速で使用頻度の高い大リフト・大作用角では、開きタイミングを進角させたいという要求がある。これは、高速運転時には、吸気慣性効果や排気脈動といった動的効果による充填効率の向上を図るため、オーバーラップを大きくとる必要があるからである。一方、低速で使用される小リフト・小作用角では、開きタイミングは遅らせたい。低速ではオーバーラップがあると残留ガスが増加して逆に充填効率が低下してしまうからである。本実施形態の可変動弁装置 1 0 0 によれば、V V T 等のバルブタイミング制御機構を用いることなく、図 1 0 に示すようなバルブタイミング - リフト特性を実現することができる。具体的には、バルブタイミングの進角量 1 を作用角変化量（ 2 - 3 ）の 1 / 2 よりも小さく設定すればよい。

【 0 0 7 2 】

図 1 1 に示すバルブタイミング - リフト特性は、ディーゼルエンジンの吸気バルブの制御に用いて好適である。高圧縮比でコンパクトな燃焼室が必要な場合、ピストンにバルブリセスを形成することができない。このため、ピストンスタンプのおそれを回避する必要から、ディーゼルエンジンでは、リフト量や作用角にかかわらず開きタイミングは常に一定にしたいという要求がある。本実施形態の可変動弁装置 1 0 0 によれば、図 1 1 に示すようなバルブタイミング - リフト特性を実現することができる。具体的には、バルブタイミングの進角量 1 を作用角変化量（ 2 - 3 ）の 1 / 2 に設定すればよい。なお、上記の要求とは別に、低温始動時には始動性の向上のために開きタイミングを遅らせたいという要求がある。筒内の負圧を利用して吸気流速を増大させるとともに、そのエネルギーによって温度上昇をはかることができるからである。そこで、可変動弁装置 1 0 0 とは別に V V T 等のバルブタイミング制御機構を備えている場合には、図 1 1 中に示すように、始動時には、バルブタイミング制御機構によってバルブタイミングを最遅角させるようにしてもよい。

【 0 0 7 3 】

（ 3 ）可変動弁装置の連動切替動作

次に、図 3 を参照して可変動弁装置 1 0 0 の第 2 バルブ 2 0 4 の連動切替動作について説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

第2バルブ204のリフト運動の連動先は、ピン290の挿入先を切り替えることで、第1駆動カム122と第2駆動カム222との間で選択的に切り替えることができる。本実施形態では、ピン290、各ピン孔142、464、及びピン290を駆動する図示しないアクチュエータによって連結切換手段が構成されている。

【 0 0 7 5 】

ピン290が第1揺動カムアーム140のピン孔142に挿入されているときには、第2揺動カムアーム240は第1揺動カムアーム140に連結され、第2バルブ204のリフト運動は、第1バルブ104のリフト運動と同じく第1駆動カム122の回転運動に連動する。第2揺動カムアーム240の揺動カム面252は第1揺動カムアーム140の揺動カム面152と同一のカムプロフィールを有しているため、第2バルブ204は第1バルブ104と同一の開弁特性でリフト運動することになる。

10

【 0 0 7 6 】

この場合、第2バルブ204の開弁特性は可変となる。制御軸132の回転角度を変化させることで、第2ローラ174のスライド面156上での接触位置P2と第1ローラ172の駆動カム面124上での接触位置P1は同時に変化し、第2バルブ204のリフト量とバルブタイミングは連動して変化する。

【 0 0 7 7 】

一方、ピン290の挿入先を第1揺動カムアーム140のピン孔142からロストモーションアーム260のピン孔464に切り替えたときには、第2揺動カムアーム240はロストモーションアーム260に連結され、第2バルブ204のリフト運動は第2駆動カム222の回転運動に連動する。揺動カム面252に対するカムローラ262の位置は大リフト時の揺動カム面152に対する第1ローラ172の位置に等しいため、第2バルブ204は第1バルブ104の大リフト時の開弁特性でリフト運動することになる。

20

【 0 0 7 8 】

この場合、第1バルブ104の開弁特性は可変でありリフト量を変更できるのに対し、第2バルブ204の開弁特性は固定となりリフト量は一定となる。したがって、第1バルブ104と第2バルブ204が同一気筒の吸気バルブの場合には、第1バルブ104のリフト量を変更して両バルブ104、204間のリフト量の差を制御することで、気筒内の混合気の流れを制御（スワール制御）することが可能になる。また、第1バルブ104の小リフト時のリフト量をゼロに設定しておけば、第1バルブ104のリフト運動を休止して、第2バルブ204からのみ混合気を吸入するようにすることも可能になる。

30

【 0 0 7 9 】

[本実施形態の可変動弁装置の利点]

以上説明した通り、本実施形態の可変動弁装置100によれば、制御軸132を回転駆動して制御カム134の回転角度を変化させることにより、第2ローラ174のスライド面上での接触位置P2と第1ローラ172の駆動カム面124上での接触位置P1を変化させ、その結果としてバルブ104のリフト量、作用角、及びバルブタイミングを連動して変化させることができる。

【 0 0 8 0 】

しかもその際、スライド面156が湾曲して形成されることにより、第1ローラ172の駆動カム面124上での位置の変化に対し、揺動カムアーム140の初期揺動角度が過度に変化することは抑えられる。ここで、図12乃至図15は、本実施形態の可変動弁装置100の利点、特に、スライド面156が湾曲して形成されることによる利点を分かりやすく説明するための説明図である。図12は本実施形態の可変動弁装置100の可変機構を模式的に示した図であり、図13は従来可変動弁装置の可変機構を模式的に示した図である。両機構において共通する部分は同一の符号を付している。両機構とも、駆動カム面14が形成されたカム軸12に平行に、カム軸12に対する相対位置を固定して制御軸2が配置されている。制御軸2には、制御軸2とともに回転する制御部材4が固定されるとともに、揺動部材8が揺動可能に取り付けられている。揺動部材8のカム軸12に対

40

50

向する側にはスライド面 10 或いは 20 が形成されている。図 12 の機構では、スライド面 10 はカム軸 12 の回転方向に湾曲する曲面であるのに対し、図 13 の機構では、スライド面 20 は平面である。

【0081】

スライド面 10 或いは 20 と駆動カム面 14 との間には中間ローラ（中間部材）16 が配置され、中間ローラ 16 はスライド面 10 或いは 20 と駆動カム面 14 の双方に接触している。中間ローラ 16 は連結部材 6 によって位置決めされている。この連結部材 6 の揺動中心 C1 は、制御部材 4 によって制御軸 2 の中心 C0 から偏心した位置に位置決めされている。連結部材 6 は、中間ローラ 16 の揺動中心 C1 からの距離を一定に保持している。

10

【0082】

なお、本実施形態の可変動弁装置 100 のカム軸 120 は、図 12 に示す機構のカム軸 12 に対応し、駆動カム 122 の駆動カム面 124 は駆動カム面 14 に対応している。また、制御軸 132 は制御軸 12 に対応し、制御アーム 162 は制御部材 4 に対応している。また、揺動カムアーム 140 は揺動部材 8 に対応し、スライド面 156 はスライド面 10 に対応している。また、第 1 ローラ 162 と第 2 ローラ 164 が中間ローラ 16 に対応し、リンクアーム 164 は連結部材 6 に対応している。

【0083】

図 12, 図 13 の機構において、制御軸 2 を回転駆動し、制御部材 4 を実線に示す位置から破線に示す位置に回転移動させる。この制御部材 4 の回転移動により、制御部材 4 によって位置決めされている連結部材 6 の揺動中心 C1 は制御軸 2 の回りを回転移動する。中間ローラ 16 は駆動カム面 14 とスライド面 10 或いは 20 とに挟まれるとともに連結部材 6 によって揺動中心 C1 からの距離を一定に保持されているので、揺動中心 C1 の移動に応じてスライド面 10 と駆動カム面 14 との間を実線に示す位置から破線に示す位置に移動する。これにより、カム軸 12 が同一回転角度にあるときの中間ローラ 16 のスライド面 10 或いは 20 上での位置と駆動カム面 14 上での位置が連動して変化することになる。

20

【0084】

このとき、中間ローラ 16 が駆動カム面 14 とスライド面 10 或いは 20 とに挟まれながら移動することで、中間ローラ 16 の移動軌跡とスライド面 10 或いは 20 の設置位置との関係によってはスライド面 10 或いは 20 の位置が中間ローラ 16 の移動軌跡に合わせて変化し、揺動部材 8 の初期傾斜角度に変化が生じる。

30

【0085】

図 13 の機構では、中間ローラ 16 の移動軌跡が駆動カム面 14 に沿った円弧状であるのに対し、スライド面 20 は平面であるため、中間ローラ 16 の移動軌跡にスライド面 20 の設置位置が一致せず、スライド面 20 の位置は中間ローラ 16 の移動軌跡に合わせて大きく変化してしまう。これにより、図 7 中に破線で示すように、揺動部材 8 の初期傾斜角度に変化が生じ、その結果、バルブのリフト量が大きく変化してしまう。

【0086】

これに対し、図 12 の機構では、スライド面 10 はカム軸 12 の回転方向に湾曲した曲面に形成されているので、図 13 の平面状のスライド面 20 に比較して、中間ローラ 16 の移動軌跡とスライド面 10 の設置位置とのずれは小さい。図 12 では特別なケースとしてスライド面 10 がカム軸 12 と同心の円弧を形成する場合について図示している。この場合は、中間ローラ 16 の移動軌跡はスライド面 10 の設置位置に一致するので、中間ローラ 16 の移動に伴ってスライド面 10 の位置が変化することはない。これにより、揺動部材 8 の初期傾斜角度は一定位置に保たれ、初期傾斜角度の変化によってバルブのリフト量が変化してしまうことは防止される。

40

【0087】

図 14 は、本実施形態の可変動弁装置 100 と従来の可変動弁装置とで、必要なバルブタイミングの変更量に対するリフト量の変更量を比較した図である。この図に示すように

50

、小リフト時のリフト量を同一にした場合には、従来の可変動弁装置では、大リフト時のリフト量が過大になってしまう（設定 A）。逆に、大リフト時のリフト量を同一にした場合には、従来の可変動弁装置では、小リフト時のリフト量が過小になってしまう（設定 B）。この図からも分かるように、本実施形態の可変動弁装置 100 によれば、必要なバルブタイミングの変更量に対してリフト量の変更量が過大になることを防止することができる。

【0088】

ただし、従来の可変動弁装置でも、カム軸 12 と制御軸 2 との位置関係を調整すれば、リフト量の変更量が過大になるのを抑制することができる。具体的には、図 15 に示すように、小リフト時と大リフト時とで揺動部材 8 の初期傾斜角度が変化しないよう、小リフト時のスライド面 20 の位置に合わせて大リフト時の中間ローラ 16 の位置（破線で示す位置）を決め、それに合わせてカム軸 12 の位置を決めることになる。図 15 中では、このようにして位置調整を行った場合のカム軸 12 の位置（実線で示す位置）と、本実施形態の可変動弁装置 100 に相当するカム軸 12 の位置（破線で示す位置）とを比較して示している。

10

【0089】

しかしながら、図 15 中の 2 つのカム軸 12 の位置を比較して分かるように、従来の可変動弁装置の機構では、リフト量の変更量が過大になるのを抑制できたとしても、カム軸 12 と制御軸 2 との間の距離 W が拡大し、また、カム軸 12 の高さ H が高くなってしまふ。すなわち、装置が大型化してしまふ。この点、本実施形態の可変動弁装置 100 によれば、装置の大型化を招くことなく、リフト量の変更量が過大になるのを抑制して所望の開弁特性を得ることができる。

20

【0090】

以上のように、本実施形態の可変動弁装置 100 によれば、バルブタイミングの変化に対するリフト量の過度の変化を抑制することができる。その結果、VVT 等のバルブタイミング可変機構を併用することなく、或いは、併用する場合であってもバルブタイミング可変機構は大きく動作させることなく、図 10 或いは図 11 で示すような理想的なバルブタイミング - リフト特性を実現することができる。

【0091】

また、本実施形態の可変動弁装置 100 によれば、ピン 290 の挿入先を切り替えることで、第 2 バルブ 204 のリフト運動の連動先を第 1 駆動カム 122 と第 2 駆動カム 222 との間で選択的に切り替えることができる。第 2 バルブ 204 のリフト運動を第 1 駆動カム 122 に連動させる場合には、第 2 バルブ 204 の開弁特性を第 1 バルブ 104 のそれと一致させることができ、第 1 バルブ 104 と同様、第 2 バルブ 204 もリフト量とバルブタイミングを連動して変化させることが可能になる。第 2 バルブ 204 のリフト運動を第 2 駆動カム 222 に連動させる場合には、第 2 バルブ 204 の開弁特性を固定して両バルブ 104, 204 間のリフト量の差を制御することで、スワール制御を行ったりバルブ休止を行ったりすることが可能になる。

30

【0092】

実施の形態 2 .

40

以下、図 16 乃至図 19 参照して、本発明の実施の形態 2 について説明する。

【0093】

[本実施形態の可変動弁装置の構成]

図 16 は、本発明の実施の形態 2 にかかる可変動弁装置 300 の構成を示す斜視図、図 17 は、図 16 の A 方向の側面視図である。本可変動弁装置 300 はロッカーアーム方式の機械式動弁機構を有し、カム軸 320 の回転運動がカム軸 320 に設けられた駆動カム 322 によってロッカーアーム（バルブ支持部材）310 の揺動運動に変換され、ロッカーアーム 310 に支持されるバルブ 304 の上下方向へのリフト運動に変換される。

【0094】

本可変動弁装置 300 も、実施の形態 1 と同様、駆動カム 322 とロッカーアーム 31

50

0との間に、駆動カム322の回転運動にロッカーアーム310の揺動運動を連動させる可変機構330を介在させている。可変機構330は、以下に説明するように、制御軸332、偏心円盤334、揺動カムアーム340、偏心アーム360、第1ローラ362、及び第2ローラ364を主たる構成部材として構成されている。制御軸332はカム軸320に平行に、カム軸320に対する相対位置を固定して配置されている。制御軸332には図示しないアクチュエータ（例えばモータ）が接続されており、内燃機関のECUはアクチュエータを制御することによって制御軸332の回転角度を任意の角度に調整することができる。

【0095】

偏心円盤334は、その中心C1を制御軸332の中心C0から偏心させた状態で制御軸332に一体的に固定されている。偏心円盤334の外周には偏心アーム360が取り付けられている。偏心アーム360は偏心円盤334の回りを自在に回転できる回転体である。これら偏心円盤334と偏心アーム360の組は制御軸332の軸方向に距離をあけて一対設けられている（図17では、奥側の偏心円盤334及び偏心アーム360のみ図示され手前側の偏心軸及び偏心軸アームは省略されている）。

10

【0096】

第1ローラ362及び第2ローラ364は、左右の偏心アーム360、360の間に配置されている。偏心アーム360は偏心円盤334の径方向に延びるアーム部366を有しており、2つのローラ362、364は左右のアーム部366によってそれぞれの両軸端を回転自在に支持されている。これにより、2つのローラ362、364は偏心円盤334の回りを偏心円盤334の中心から一定距離を保ちながら揺動できるようになっている。2つのローラ362、364は偏心円盤334の略周方向に並んで配置され、上方に位置する第1ローラ362は駆動カム322の駆動カム面324（324a、324b）に当接し、下方に位置する第2ローラ364は後述する揺動カムアーム340のスライド面356に当接している。

20

【0097】

なお、駆動カム面324はプロフィールの異なる2つのカム面から構成されている。一方のカム面である非作用面324aはカム軸320の中心からの距離を一定に形成されている。他方のカム面である作用面324bはカム軸320の中心からの距離が次第に大きくなり、頂部を越えた後に次第に小さくなるように形成されている。本明細書では、非作用面324aと作用面324bの双方を区別しないときには、単に駆動カム面324と表記する。

30

【0098】

揺動カムアーム340は、2つの偏心円盤334の間に配置されている。揺動カムアーム340は、制御軸332の外周に回転自在に取り付けられた軸受け部342と、軸受け部342にぶら下がるカム部350から構成されている。カム部350は軸受け部342に一体的に接合されている。カム部350は、主に揺動カム面352（352a、352b）、スライド面356、及びバネ座面358の3つの面から構成されている。

【0099】

カム部350を構成する3つの面のうち、スライド面356とバネ座面358は軸受け部342から延びるように形成されており、スライド面356は駆動カム322に対向する側に、バネ座面358はその逆側に形成されている。スライド面356は駆動カム322の側に緩やかに湾曲するとともに、揺動中心である制御軸332の中心から遠くなるほど駆動カム322のカム基礎円（非作用面324a）との距離が大きくなるように形成されている。スライド面356と駆動カム面324との間には、前述のように第1ローラ362と第2ローラ364とが位置している。バネ座面358には、空間内に一端を固定されたロストモーションスプリング390の他端が掛けられている。ロストモーションスプリング390は圧縮バネであり、バネ座面358にはロストモーションスプリング390からの付勢力が作用している。

40

【0100】

50

バネ座面 3 5 8 に作用する付勢力は、揺動カムアーム 3 4 0 を介してスライド面 3 5 6 を第 2 ローラ 3 6 4 に押し当てる付勢力として作用し、さらに、偏心アーム 3 6 0 を介して第 1 ローラ 3 6 2 を駆動カム面 3 2 4 に押し当てる付勢力として作用する。これにより、第 1 ローラ 3 6 2 及び第 2 ローラ 3 6 4 は、スライド面 3 5 6 と駆動カム面 3 2 4 とに両側から挟みこまれて位置決めされる。

【 0 1 0 1 】

揺動カム面 3 5 2 はスライド面 3 5 6 の先端とバネ座面 3 5 8 の先端とを接続するように形成されている。揺動カム面 3 5 2 は揺動カムアーム 3 4 0 の揺動中心をカム中心とするカム面であり、プロファイルの異なる非作用面 3 5 2 a と作用面 3 5 2 b から構成されている。そのうち非作用面 3 5 2 a はカム基礎円の周面であり、制御軸 3 3 2 の中心 C 0 からの距離を一定に形成されている。他方の面である作用面 3 5 2 b は、非作用面 3 5 2 a から見てロストモーションスプリング 3 9 0 の押圧力による揺動カムアーム 3 4 0 の回転方向（図 1 7 中では制御軸 3 3 2 を中心にして反時計回り方向）に設けられている。作用面 3 5 2 b は非作用面 3 5 2 a と滑らかに連続するように接続されるとともに、前記回転方向に向けて制御軸 3 3 2 の中心 C 0 からの距離（すなわち、カム高さ）が次第に大きくなるよう形成されている。本明細書では、非作用面 3 5 2 a と作用面 3 5 2 b の双方を区別しないときには、単に揺動カム面 3 5 2 と表記する。

10

【 0 1 0 2 】

揺動カム面 3 5 2 に対向するように、ロッカーアーム 3 1 0 のロッカーローラ 3 1 2 が配置されている。ロッカーローラ 3 1 2 はロッカーアーム 3 1 0 の中間部に回転自在に取り付けられている。ロッカーアーム 3 1 0 の一端にはバルブ 3 0 4 を支持するバルブシャフト 3 0 2 が取り付けられ、ロッカーアーム 3 1 0 の他端は油圧ラッシャアジャスタ 3 0 6 によって回動自在に支持されている。バルブシャフト 3 0 2 は図示しないバルブスプリングによって、閉方向、すなわち、ロッカーアーム 3 1 0 を押し上げる方向に付勢されている。ロッカーアーム 3 1 0 は、バルブスプリングの付勢力を受けたバルブシャフト 3 0 2 によって支持され、ロッカーローラ 3 1 2 は油圧ラッシャアジャスタ 3 0 6 によって揺動カム面 3 5 2 に押し当てられている。

20

【 0 1 0 3 】

[本実施形態の可変動弁装置の動作]

次に、本可変動弁装置 3 0 0 の動作について図 1 8 及び図 1 9 を参照して説明する。

30

【 0 1 0 4 】

(1) 可変動弁装置のリフト動作

まず、図 1 8 を参照して可変動弁装置 3 0 0 のリフト動作について説明する。図中、(A) はリフト動作の過程でバルブ 3 0 4 (図 1 7 参照、図 1 8 中では省略) が閉弁しているときの可変動弁装置 3 0 0 の状態を、また、(B) はリフト動作の過程でバルブ 3 0 4 が開弁しているときの可変動弁装置 3 0 0 の状態を、それぞれ表している。

【 0 1 0 5 】

本可変動弁装置 3 0 0 では、駆動カム 3 2 2 の回転運動は、先ず、駆動カム面 3 2 4 に接触する第 1 ローラ 3 6 2 を介して偏心アーム 3 6 0 に入力される。駆動カム 3 2 2 は、スライド面 3 5 6 の先端側から制御軸 3 3 2 側へ、図中、時計回り方向に回転しているものとする。偏心アーム 3 6 0 は、空間内の位置を固定された偏心円盤 3 3 4 に回転自在に支持されているので、入力される駆動カム 3 2 2 の回転運動に応じて偏心円盤 3 3 4 を中心にして揺動する。偏心アーム 3 6 0 の揺動運動は、第 2 ローラ 3 6 4 を介して揺動カムアーム 3 4 0 のスライド面 3 5 6 に入力される。スライド面 3 5 6 はロストモーションスプリング 3 9 0 (図 1 7 参照、図 1 8 中では省略) の付勢力によって常に第 2 ローラ 3 6 4 に押し当てられているので、揺動カムアーム 3 4 0 は偏心アーム 3 6 0 の揺動運動に応じて制御軸 3 3 2 を中心にして揺動する。

40

【 0 1 0 6 】

具体的には、図 1 8 の (A) に示す状態からカム軸 3 2 0 が回転すると、図 1 8 の (B) に示すように、第 1 ローラ 3 6 2 の駆動カム面 3 2 4 上での接触位置 P 1 は非作用面 3

50

24 a から作用面 324 b へと移っていく。相対的に偏心アーム 360 は駆動カム 322 によって押し下げられていき、揺動カムアーム 340 はそのスライド面 356 を偏心アーム 360 によって押し下げられる。これにより、揺動カムアーム 340 は制御軸 332 を中心にして図中、時計回り方向に回動する。カム軸 320 がさらに回転し、第 1 ローラ 362 の駆動カム面 324 上での接触位置 P1 が作用面 324 b の頂部を過ぎると、今度はロスモーションスプリング 390 とバルブスプリングによる付勢力によって、揺動カムアーム 340 は制御軸 332 を中心にして図中、反時計回り方向に回動する。

【0107】

このように揺動カムアーム 340 が制御軸 332 を中心にして回動することで、ロッカーローラ 312 の揺動カム面 352 上での接触位置 P3 が変化することになる。なお、図中では、ロッカーローラ 312 の揺動カム面 352 上での接触位置を P3 i , P3 f として表記しているが、これは後述する初期接触位置 P3 i と最終接触位置 P3 f とを区別するためである。本明細書では、単にロッカーローラ 312 の揺動カム面 352 上での接触位置を指す場合には、接触位置 P3 と表記するものとする。

10

【0108】

図 18 の (A) に示すように、ロッカーローラ 312 が非作用面 352 a に接触している場合には、非作用面 352 a は制御軸 332 の中心からの距離が一定であるので、その接触位置にかかわらずロッカーローラ 312 の空間内での位置は変化しない。したがって、ロッカーアーム 310 は揺動することがなく、バルブ 304 は一定位置に保持される。本可変動弁装置 300 では、ロッカーローラ 312 が非作用面 352 a に接触しているとき、バルブ 304 が閉弁状態になるように各部位の位置関係が調整されている。

20

【0109】

図 18 の (B) に示すように、ロッカーローラ 312 の揺動カム面 352 上での接触位置 P3 が非作用面 352 a から作用面 352 b に切り換わると、ロッカーアーム 310 は作用面 352 b の制御軸 332 の中心からの距離に応じて押し下げられ、油圧ラッシュアジャスタ 306 による支持点を中心に時計回り方向へ揺動する。これにより、バルブ 304 はロッカーアーム 310 によって押し下げられ、開弁する。

【0110】

なお、図 18 は、可変動弁装置 300 がバルブ 304 に対して最大リフトを与えるように動作している様子を示しており、図 18 の (B) は最大リフト時における各部材の位置関係を示している。本実施形態の可変動弁装置 300 も、実施の形態 1 と同様、その最大リフト時において、第 1 ローラ 362 の駆動カム面 324 上での接触位置 P1、第 2 ローラ 364 のスライド面 356 上での接触位置 P2、及び、ロッカーローラ 312 の揺動カム面 352 上での接触位置 P3 が、カム軸 320 の中心とロッカーローラ 312 の中心とを結ぶ直線上にほぼ並ぶように、各部材の設計が行われている。また、図 18 の (A) に示すように、バルブ 304 の閉弁時においても、各部材間の接触位置 P1, P2, P3 がカム軸 320 の中心とロッカーローラ 312 の中心とを結ぶ直線から大きく離れないように、偏心円盤 334 の制御軸 332 に対する位置を調整されている。

30

【0111】

(2) 可変動弁装置のリフト量変更動作

40

次に、図 18 及び図 19 を参照して可変動弁装置 300 のリフト量変更動作について説明する。ここで、図 19 は可変動弁装置 300 がバルブ 304 (図 17 参照、図中では省略) に対して小さなリフトを与えるように動作している様子を示している。各図中、(A) はリフト動作の過程でバルブ 304 が閉弁しているときの可変動弁装置 300 の状態を、また、(B) はリフト動作の過程でバルブ 304 が開弁しているときの可変動弁装置 300 の状態を、それぞれ表している。

【0112】

図 18 に示すリフト量から図 19 に示すリフト量にリフト量を変更する場合、図 18 の (A) に示す状態において制御軸 332 を回転駆動し、図 19 の (A) に示す位置に偏心円盤 334 の中心 C1 を回転移動させる。第 1 ローラ 362 及び第 2 ローラ 364 は、偏

50

心アーム 3 6 0 によって偏心円盤 3 3 4 の中心 C 1 から一定距離に保持されている。このため、偏心円盤 3 3 4 の中心 C 1 の移動に伴い、図 1 8 の (A) に示す位置から図 1 9 の (A) に示す位置に、第 2 ローラ 3 6 4 はスライド面 3 5 6 に沿って制御軸 3 3 2 から遠ざかる方向に移動し、同時に、第 1 ローラ 3 6 2 は駆動カム面 3 2 4 に沿ってその回転方向の上流側に移動する。

【 0 1 1 3 】

第 2 ローラ 3 6 4 が制御軸 3 3 2 から遠ざかる方向に移動することで、揺動カムアーム 3 4 0 の揺動中心 C 0 から第 2 ローラ 3 6 4 のスライド面 3 5 6 上での接触位置 P 2 までの距離が長くなり、揺動カムアーム 3 4 0 の揺動角幅は減少する。揺動カムアーム 3 4 0 の揺動角幅は揺動中心 C 0 から振動の入力点までの距離に反比例するからである。バルブ 3 0 4 のリフトは、各図の (B) に示すように、第 1 ローラ 3 6 2 の駆動カム面 3 2 4 上での接触位置 P 1 が作用面 3 2 4 b の頂部にあるときに最大となり、その時点におけるロッカーローラ 3 1 2 の揺動カム面 3 5 2 上での接触位置 P 3 f (以下、最終接触位置)によってバルブ 3 0 4 のリフト量が決まる。この最終接触位置 P 3 f は、実施の形態 1 の場合と同様 (図 8 参照)、各図の (A) に示すロッカーローラ 3 1 2 の揺動カム面 3 5 2 上での接触位置 P 3 i (以下、初期接触位置)と、揺動カムアーム 3 4 0 の揺動角幅とによって決まる。

10

【 0 1 1 4 】

本実施形態の可変動弁装置 3 0 0 では、スライド面 3 5 6 は、その揺動中心 C 0 からの距離が大きいほど駆動カム 3 2 2 のカム基礎円 (非作用面 3 2 4 a) との距離が大きくなるように形成されている。このため、上記の接触位置 P 2 が揺動カムアーム 3 4 0 の揺動中心 C 0 から遠ざかるほど、揺動カムアーム 3 4 0 はスライド面 3 5 6 が駆動カム面 3 2 4 に近づく方向に傾斜することになる。図では、揺動カムアーム 3 4 0 は制御軸 1 3 2 を中心にして反時計回り方向に回動することになる。これにより、図 1 9 の (A) に示すように、ロッカーローラ 3 1 2 の揺動カム面 3 5 2 上での初期接触位置 P 3 i は作用面 3 5 2 b から遠ざかる方向に移動する。

20

【 0 1 1 5 】

上記のように制御軸 3 3 2 を回転させることで、揺動カムアーム 3 4 0 の揺動角幅が減少するとともに、初期接触位置 P 3 i が作用面 3 5 2 b から遠ざかる方向に移動する。その結果、ロッカーローラ 3 1 2 が到達できる最終接触位置 P 3 f は非作用面 3 5 2 a 側に移動することになり、バルブ 3 0 4 のリフト量は減少する。また、ロッカーローラ 3 1 2 が作用面 3 5 2 a 上に位置している期間 (クランク角度) が、バルブ 3 0 4 の作用角となるが、最終接触位置 P 3 f が非作用面 3 5 2 a 側に移動することで、バルブ 3 0 4 の作用角も減少する。さらに、第 1 ローラ 3 6 2 がカム軸 3 2 0 の回転方向の上流側に移動することで、カム軸 3 2 0 が同一回転角度にあるときの第 1 ローラ 3 6 2 の駆動カム面 3 2 4 上での接触位置 P 1 は、駆動カム 3 2 2 の進角側に移動する。これにより、カム軸 3 2 0 の位相に対する揺動カムアーム 3 4 0 の揺動タイミングは進角され、その結果、バルブタイミング (最大リフトタイミング) は進角されることになる。

30

【 0 1 1 6 】

[本実施形態の可変動弁装置の利点]

40

以上説明した通り、本実施形態の可変動弁装置 3 0 0 によれば、制御軸 3 3 2 の回転角度を変化させることにより、第 2 ローラ 3 6 4 のスライド面 3 5 6 上での接触位置 P 2 と第 1 ローラ 3 6 2 の駆動カム面 3 2 4 上での接触位置 P 1 を変化させ、その結果としてバルブ 3 0 4 のリフト量、作用角、及びバルブタイミングを連動して変化させることができる。しかもその際、スライド面 3 5 6 が湾曲して形成されることにより、第 1 ローラ 3 6 2 の駆動カム面 3 2 4 上での位置の変化に対し、揺動カムアーム 3 4 0 の初期揺動角度が過度に変化することは抑えられる。

【 0 1 1 7 】

したがって、本実施形態の可変動弁装置 3 0 0 によれば、実施の形態 1 の可変動弁装置 1 0 0 と同様、バルブタイミングの変化に対するリフト量の過度の変化を抑制することが

50

でき、VVT等のバルブタイミング可変機構を併用することなく、或いは、併用する場合であってもバルブタイミング可変機構は大きく動作させることなく、理想的なバルブタイミング-リフト特性を実現することができる。つまり、本実施形態の可変動弁装置300によっても、図10や図11に示すようなバルブタイミング-リフト特性を実現することができる。

【0118】

さらに、本実施形態の可変動弁装置300によれば、制御軸332に固定された偏心円盤334の外周面にローラ362, 364を支持する偏心アーム360が回転自在に取り付けられるという構成により、高い剛性を確保することができるとともに、高速運転時の作動安定性も実現することができる。

【0119】

実施の形態3.

以下、図20乃至図22参照して、本発明の実施の形態3について説明する。

【0120】

[本実施形態の可変動弁装置の構成]

図20は、本発明の実施の形態3にかかる可変動弁装置400の構成を示す側面図である。本可変動弁装置400はロッカーアーム方式の機械式動弁機構を有し、カム軸420の回転運動がカム軸420に設けられた駆動カム422によってロッカーアーム(バルブ支持部材)410の揺動運動に変換され、ロッカーアーム410に支持されるバルブ404の上下方向へのリフト運動に変換される。駆動カム422はプロファイルの異なる2つのカム面424a, 424bを有している。一方のカム面である非作用面424aはカム軸420の中心からの距離を一定に形成されている。他方のカム面である作用面424bはカム軸420の中心からの距離が次第に大きくなり、頂部を越えた後に次第に小さくなるように形成されている。本明細書では、非作用面424aと作用面424bの双方を区別しないときには、単に駆動カム面424と表記する。

【0121】

本可変動弁装置400も、実施の形態1と同様、駆動カム422とロッカーアーム410との間に、駆動カム422の回転運動にロッカーアーム410の揺動運動を連動させる連動可変機構430を介在させている。連動可変機構430は、以下に説明するように、制御軸432、揺動カムアーム(揺動部材)450、制御アーム(制御部材)460、第1ローラ470、第2ローラ472、及び、第1ローラ470と第2ローラ472を連結する連結軸474を主たる構成部材として構成されている。制御軸432は、カム軸420に平行な軸であって、ロッカーアーム410よりもカム軸420の回転方向の下流側にカム軸420に対する相対位置を固定して配置されている。制御軸432の外周面には制御軸432と同心の第1ギヤ434が配置され、制御軸432に固定されている。また、制御軸432には図示しないアクチュエータ(例えばモータ)が接続されており、内燃機関のECUはアクチュエータを制御することによって制御軸432の回転角度を任意の角度に調整することができる。

【0122】

揺動カムアーム450は制御軸432に揺動可能に支持され、その先端を駆動カム422の回転方向の上流側に向けて配置されている。揺動カムアーム450の駆動カム422に対向する側には、後述する第2ローラ472に接触するスライド面456が形成されている。スライド面456は駆動カム422側に緩やかに湾曲するとともに、揺動中心である制御軸432の中心から遠くなるほど駆動カム422のカム基礎円(非作用面424a)との距離が大きくなるように形成されている。

【0123】

一方、揺動カムアーム450のスライド面456とは逆側の面には、揺動カム面452(452a, 452b)が形成されている。揺動カム面452は揺動カムアーム450の揺動中心をカム中心とするカム面であり、プロファイルの異なる非作用面452aと作用面452bから構成されている。そのうち非作用面452aはカム基礎円の周面であり、

10

20

30

40

50

制御軸 4 3 2 の中心からの距離を一定に形成されている。他方の面である作用面 4 5 2 b は非作用面 4 5 2 a から見て揺動カムアーム 4 5 0 の先端側に設けられ、非作用面 4 5 2 a に滑らかに連続するように接続されるとともに、揺動カムアーム 4 5 0 の先端に向けて制御軸 4 3 2 の中心からの距離（すなわち、カム高さ）が次第に大きくなるよう形成されている。本明細書では、非作用面 4 5 2 a と作用面 4 5 2 b の双方を区別しないときには、単に揺動カム面 4 5 2 と表記する。

【 0 1 2 4 】

本可変動弁装置 4 0 0 は、1つの駆動カム 4 2 2 によって2つのバルブ 4 0 4 を駆動する1カム2弁駆動構造を採用している。このため、揺動カムアーム 4 5 0 は、駆動カム 4 2 2 の両側に一対配置されている（図 2 0 では手前側の揺動カムアーム 4 5 0 のみ図示されている）。そして、揺動カムアーム 4 5 0 毎にロッカーアーム 4 1 0 が配置されている。揺動カム面 4 5 2 は、ロッカーアーム 4 1 0 のロッカーローラ 4 1 2 に接触している。ロッカーローラ 4 1 2 はロッカーアーム 4 1 0 の中間部に回転自在に取り付けられている。ロッカーアーム 4 1 0 の一端にはバルブ 4 0 4 を支持するバルブシャフト 4 0 2 が取り付けられ、ロッカーアーム 4 1 0 の他端は油圧ラッシュアジャスタ 4 0 6 によって回動自在に支持されている。バルブシャフト 4 0 2 は図示しないバルブスプリングによって、閉方向、すなわち、ロッカーアーム 4 1 0 を押し上げる方向に付勢されている。ロッカーアーム 4 1 0 は、バルブスプリングの付勢力を受けたバルブシャフト 4 0 2 によって支持され、ロッカーローラ 4 1 2 は油圧ラッシュアジャスタ 4 0 6 によって揺動カム面 4 5 2 に押し当てられている。

10

20

【 0 1 2 5 】

また、揺動カムアーム 4 5 0 には、ロストモーションスプリング 4 9 0 を掛けるためのパネ座 4 5 8 が設けられている。パネ座 4 5 8 は、非作用面 4 5 2 a の後方に揺動カムアーム 4 5 0 の延伸方向とは逆方向に延びるように設けられている。ロストモーションスプリング 4 9 0 は圧縮パネであり、図示しない静止部材に他方の端部を固定されている。揺動カムアーム 4 5 0 は、ロストモーションスプリング 4 9 0 からパネ座 4 5 8 に作用するパネ力によってスライド面 4 5 6 側に回転するよう付勢されている。

【 0 1 2 6 】

制御アーム 4 6 0 はカム軸 4 2 0 に回転可能に支持されている。制御アーム 4 6 0 には制御アーム 4 6 0 の回転中心、すなわち、カム軸 4 2 0 と同心の円弧に沿って形成された扇状の第 2 ギヤ 4 6 2 が設けられている。制御アーム 4 6 0 は第 2 ギヤ 4 6 2 が第 1 ギヤ 4 3 4 と同一面内に位置するようにカム軸 4 2 0 上の位置を調整され、また、第 2 ギヤ 4 6 2 が第 1 ギヤ 4 3 4 に対向するように回転位相を調整されている。第 2 ギヤ 4 6 2 は第 1 ギヤ 4 3 4 に噛み合わされ、制御軸 4 3 2 の回転が第 1 ギヤ 4 3 4 及び第 2 ギヤ 4 6 2 を介して制御アーム 4 6 0 に入力されるようになっている。つまり、第 1 ギヤ 4 3 4 と第 2 ギヤ 4 6 2 により、制御アーム 4 6 0 の回転を制御軸 4 3 2 の回転に連動させる連動機構が構成されている。また、第 2 ギヤ 4 6 2 の径は第 1 ギヤ 4 3 4 の径よりも大径に設定されており、第 1 ギヤ 4 3 4 と第 2 ギヤ 4 6 2 により、制御軸 4 3 2 の回転を減速して制御アーム 4 6 0 に伝達する減速機構が構成されてもいる。

30

40

【 0 1 2 7 】

なお、制御アーム 4 6 0 は、駆動カム 4 2 2 の両側に一対設けられている（図 2 0 では手前側の制御アーム 4 6 0 のみ図示されている）。第 1 ギヤ 4 3 4 も制御アーム 4 6 0 に対応して左右の揺動カムアーム 4 5 0 の外側に一対設けられ、それぞれ対応する制御アーム 4 6 0 の第 2 ギヤ 4 6 2 に噛み合わされている。

【 0 1 2 8 】

制御アーム 4 6 0 には、カム軸 4 2 0 の中心側から外側に向けて、すなわち、カム軸 4 2 0 の略径方向に延びるガイド 4 6 6 が一体的に形成されている。制御アーム 4 6 0 は、ガイド 4 6 6 が揺動カムアーム 4 5 0 のスライド面 4 5 6 に対して略直角に対向するようにカム軸 4 2 0 に対するおおよその回転角度を調整されている。前述のように制御アーム 4 6 0 は駆動カム 4 2 2 の両側に一対配置されており、左右それぞれの制御アーム 4 6 0

50

にガイド 466 が形成されている。左右のガイド 466 には連結軸 474 が通されており、連結軸 474 はガイド 466 に沿って移動可能になっている。この連結軸 474 上には、1つの第1ローラ 470 と、その両側に2つの第2ローラ 472 が回転自在に支持されている（図 20 では手前側の第2ローラ 472 のみ図示されている）。両ローラ 470, 472 は駆動カム面 424 とスライド面 456 に挟まれるように配置されている。駆動カム面 424 には第1ローラ 470 が接触し、各揺動カムアーム 450 のスライド面 456 には第2ローラ 472 が接触している。揺動カムアーム 450 がロストモーションスプリング 490 から受ける付勢力により、第2ローラ 472 はスライド面 456 によって押し上げられ、第2ローラ 472 と同軸一体の第1ローラ 470 は駆動カム面 424 に押し付けられている。

10

【0129】

[本実施形態の可変動弁装置の動作]

次に、本可変動弁装置 400 の動作について図 21 及び図 22 を参照して説明する。なお、図 21 及び図 22 では、ローラ 470, 472 の動きがよく分かるように、手前側の制御アーム 460 と第1ギヤ 434 の図示は省略されている。

【0130】

(1) 可変動弁装置のリフト動作

まず、図 21 を参照して可変動弁装置 400 のリフト動作について説明する。図中、(A) はリフト動作の過程でバルブ 404 が閉弁しているときの可変動弁装置 400 の状態を、また、(B) はリフト動作の過程でバルブ 404 が開弁しているときの可変動弁装置 400 の状態を、それぞれ表している。

20

【0131】

本可変動弁装置 400 では、駆動カム 422 の回転運動は、先ず、駆動カム面 424 に接触する第1ローラ 470 に入力される。第1ローラ 470 は同軸一体に設けられた第2ローラ 472 とともにガイド 466 に沿って往復運動する。このとき、制御アーム 460 は、カム軸 420 に対して自由回転可能であり、且つ、第1ギヤ 434 (図 20 参照) と第2ギヤ 462 を介して制御軸 432 に回転を拘束されているので、駆動カム 422 の回転にかかわらず一定の姿勢で静止している。ローラ 470, 472 のガイド 466 に沿った往復運動は、第2ローラ 472 を支持している揺動カムアーム 450 のスライド面 456 に入力される。スライド面 456 はロストモーションスプリング (図示略) の付勢力によって常に第2ローラ 472 に押し当てられているので、揺動カムアーム 450 は駆動カム 422 の回転に応じて制御軸 432 を中心にして揺動する。

30

【0132】

具体的には、図 21 の (A) に示す状態からカム軸 420 が回転すると、図 21 の (B) に示すように、第1ローラ 470 の駆動カム面 424 上での接触位置 P1 は非作用面 424a から作用面 424b へと移っていく。相対的に第1ローラ 470 は駆動カム 422 によって押し下げられ、同軸一体の第2ローラ 472 とともにガイド 466 によって規定された軌跡に沿って回動する。これにより、揺動カムアーム 450 はそのスライド面 456 を第2ローラ 472 によって押し下げられ、制御軸 432 を中心にして図中、時計回り方向に回動する。カム軸 420 がさらに回転し、第1ローラ 470 の駆動カム面 424 上での接触位置 P1 が作用面 424b の頂部を過ぎると、今度はロストモーションスプリングとバルブスプリングによる付勢力によって、揺動カムアーム 450 は制御軸 432 を中心にして図中、反時計回り方向に回動する。

40

【0133】

このように揺動カムアーム 450 が制御軸 432 を中心にして回動することで、ロッカーローラ 412 の揺動カム面 452 上での接触位置 P3 が変化することになる。なお、図中では、ロッカーローラ 412 の揺動カム面 452 上での接触位置を P3i, P3f として表記しているが、これは後述する初期接触位置 P3i と最終接触位置 P3f とを区別するためである。本明細書では、単にロッカーローラ 412 の揺動カム面 452 上での接触位置を指す場合には、接触位置 P3 と表記するものとする。

50

【 0 1 3 4 】

図 2 1 の (A) に示すように、ロッカーローラ 4 1 2 が非作用面 4 5 2 a に接触している場合には、非作用面 4 5 2 a は制御軸 4 3 2 の中心からの距離が一定であるので、その接触位置にかかわらずロッカーローラ 4 1 2 の空間内での位置は変化しない。したがって、ロッカーアーム 4 1 0 は揺動することがなく、バルブ 4 0 4 は一定位置に保持される。本可変動弁装置 4 0 0 では、ロッカーローラ 4 1 2 が非作用面 4 5 2 a に接触しているとき、バルブ 4 0 4 が閉弁状態になるように各部位の位置関係が調整されている。

【 0 1 3 5 】

そして、図 2 1 の (B) に示すように、ロッカーローラ 4 1 2 の揺動カム面 4 5 2 上での接触位置 P 3 が非作用面 4 5 2 a から作用面 4 5 2 b に切り換わると、ロッカーアーム 4 1 0 は作用面 4 5 2 b の制御軸 4 3 2 の中心からの距離に応じて押し下げられ、油圧ラッシュアジャスタ 4 0 6 による支持点を中心に時計回り方向へ揺動する。これにより、バルブ 4 0 4 はロッカーアーム 4 1 0 によって押し下げられ、開弁する。

【 0 1 3 6 】

なお、図 2 1 は、可変動弁装置 4 0 0 がバルブ 4 0 4 に対して最大リフトを与えるように動作している様子を示しており、図 2 1 の (B) は最大リフト時における各部材の位置関係を示している。本実施形態の可変動弁装置 4 0 0 も、実施の形態 1 と同様、その最大リフト時において、第 1 ローラ 4 7 0 の駆動カム面 4 2 4 上での接触位置 P 1、第 2 ローラ 4 7 2 のスライド面 4 5 6 上での接触位置 P 2、及び、ロッカーローラ 4 1 2 の揺動カム面 4 5 2 上での接触位置 P 3 が、カム軸 4 2 0 の中心とロッカーローラ 4 1 2 の中心とを結ぶ直線上にほぼ並ぶように、各部材の設計が行われている。また、図 2 1 の (A) に示すように、バルブ 4 0 4 の閉弁時においても、各部材間の接触位置 P 1、P 2、P 3 がカム軸 4 2 0 の中心とロッカーローラ 4 1 2 の中心とを結ぶ直線から大きく離れないように、カム軸 4 2 0 に対するガイド 4 6 6 の方向を設定されている。

【 0 1 3 7 】

(2) 可変動弁装置のリフト量変更動作

次に、図 2 1 及び図 2 2 を参照して可変動弁装置 4 0 0 のリフト量変更動作について説明する。ここで、図 2 2 は可変動弁装置 4 0 0 がバルブ 4 0 4 に対して小さなリフトを与えるように動作している様子を示している。図中、(A) はリフト動作の過程でバルブ 4 0 4 が閉弁しているときの可変動弁装置 4 0 0 の状態を、また、(B) はリフト動作の過程でバルブ 4 0 4 が開弁しているときの可変動弁装置 4 0 0 の状態を、それぞれ表している。

【 0 1 3 8 】

図 2 1 に示すリフト量から図 2 2 に示すリフト量にリフト量を変更する場合、図 2 1 の (A) に示す状態において制御軸 4 3 2 をカム軸 4 2 0 の回転方向と同方向 (図中、時計回り方向) に回転駆動し、図 2 2 の (A) に示す回転角度に制御アーム 4 6 0 を回転させる。制御アーム 4 6 0 の回転量は、制御軸 4 3 2 の回転量と、第 1 ギヤ 4 3 4 (図 1 参照) と第 2 ギヤ 4 6 2 のギヤ比によって決まる。両ローラ 4 7 0、4 7 2 は制御リンク 1 6 4 によって制御アーム 4 6 0 に連結されているので、制御アーム 4 6 0 の回転に伴い、第 1 ローラ 4 7 0 は駆動カム面 4 2 4 に沿ってカム軸 4 2 0 の回転方向の上流側に移動し、第 2 ローラ 4 7 2 はスライド面 4 5 6 に沿って制御軸 4 3 2 から遠ざかる方向に移動する。

【 0 1 3 9 】

第 2 ローラ 4 7 2 が制御軸 4 3 2 から遠ざかる方向に移動することで、揺動カムアーム 4 5 0 の揺動中心 C 0 から第 2 ローラ 4 7 2 のスライド面 4 5 6 上での接触位置 P 2 までの距離が長くなり、揺動カムアーム 4 5 0 の揺動角幅は減少する。揺動カムアーム 4 5 0 の揺動角幅は揺動中心 C 0 から振動の入力点である接触位置 P 2 までの距離に反比例するからである。バルブ 4 0 4 のリフトは、各図の (B) に示すように、第 1 ローラ 4 7 0 の駆動カム面 4 2 4 上での接触位置 P 1 が作用面 4 2 4 b の頂部にあるときに最大となり、その時点におけるロッカーローラ 4 1 2 の揺動カム面 4 5 2 上での接触位置 P 3 f (以下

、最終接触位置)によってバルブ404のリフト量が決まる。この最終接触位置P3fは、実施の形態1の場合と同様(図8参照)、前述の揺動カムアーム450の揺動角幅と、各図の(A)に示すロッカーローラ412の揺動カム面452上での接触位置P3i(以下、初期接触位置)とによって決まる。

【0140】

本実施形態の可変動弁装置400では、スライド面456は、その揺動中心からの距離が大きいほど駆動カム422のカム基礎円(非作用面424a)との距離が大きくなるように形成されている。このため、上記の接触位置P2が揺動カムアーム450の揺動中心C0から遠ざかるほど、揺動カムアーム450はスライド面456が駆動カム面424に近づく方向に傾斜することになる。図では、揺動カムアーム450は制御軸432を中心にして反時計回り方向に回動することになる。これにより、図22の(A)に示すように、ロッカーローラ412の揺動カム面452上での初期接触位置P3iは作用面452bから遠ざかる方向に移動する。

10

【0141】

上記のように、制御軸432をカム軸420の回転方向と同方向に回転させると、揺動カムアーム450の揺動角幅が減少するとともに、初期接触位置P3iが作用面452bから遠ざかる方向に移動する。その結果、ロッカーローラ412が到達できる最終接触位置P3fは非作用面452a側に移動することになり、バルブ404のリフト量は減少する。また、ロッカーローラ412が作用面452a上に位置している期間(クランク角度)が、バルブ404の作用角となるが、最終接触位置P3fが非作用面452a側に移動することで、バルブ404の作用角も減少する。さらに、第1ローラ470がカム軸420の回転方向の上流側に移動することで、カム軸420が同一回転角度にあるときの第1ローラ470の駆動カム面424上での接触位置P1は、駆動カム422の進角側に移動する。これにより、カム軸420の位相に対する揺動カム450の揺動タイミングは進角され、その結果、バルブタイミング(最大リフトタイミング)は進角されることになる。

20

【0142】

[本実施形態の可変動弁装置の利点]

以上説明した通り、本実施形態の可変動弁装置400によれば、制御軸432の回転角度を変化させることにより、第2ローラ472のスライド面456上での接触位置P2と第1ローラ470の駆動カム面424上での接触位置P1を変化させ、その結果としてバルブ404のリフト量、作用角、及びバルブタイミングを連動して変化させることができる。しかもその際、スライド面456が湾曲して形成されることにより、第1ローラ470の駆動カム面424上での位置の変化に対し、揺動カムアーム450の初期揺動角度が過度に変化することは抑えられる。

30

【0143】

したがって、本実施形態の可変動弁装置400によれば、実施の形態1の可変動弁装置100と同様、バルブタイミングの変化に対するリフト量の過度の変化を抑制することができ、VV T等のバルブタイミング可変機構を併用することなく、或いは、併用する場合であってもバルブタイミング可変機構は大きく動作させることなく、理想的なバルブタイミング-リフト特性を実現することができる。つまり、本実施形態の可変動弁装置400によっても、図10や図11に示すようなバルブタイミング-リフト特性を実現することができる。

40

【0144】

さらに、本実施形態の可変動弁装置400によれば、既存のカム軸420に制御アーム460が取り付けられ、この制御アーム460によってローラ470, 472が支持されることで、装置全体をコンパクトに構成することができる。また、連動可変機構430のうち、バルブ404のリフト運動時に可動するのはローラ470, 472と揺動カムアーム450のみであるので、可動部全体の慣性質量の増加は抑制されている。

【0145】

実施の形態4 .

50

以下、図 2 3 乃至図 2 5 参照して、本発明の実施の形態 4 について説明する。

【 0 1 4 6 】

[本実施形態の可変動弁装置の構成]

図 2 3 は、本発明の実施の形態 4 にかかる可変動弁装置 5 0 0 の構成を示す側面視図である。本可変動弁装置 5 0 0 はロッカーアーム方式の機械式動弁機構を有し、カム軸 5 2 0 の回転運動がカム軸 5 2 0 に設けられた駆動カム 5 2 2 によってロッカーアーム（バルブ支持部材）5 1 0 の揺動運動に変換され、ロッカーアーム 5 1 0 に支持されるバルブ 5 0 4 の上下方向へのリフト運動に変換される。駆動カム 5 2 2 はプロフィールの異なる 2 つのカム面 5 2 4 a , 5 2 4 b を有している。一方のカム面である非作用面 5 2 4 a はカム軸 5 2 0 の中心からの距離を一定に形成されている。他方のカム面である作用面 5 2 4 b はカム軸 5 2 0 の中心からの距離が次第に大きくなり、頂部を越えた後に次第に小さくなるように形成されている。本明細書では、非作用面 5 2 4 a と作用面 5 2 4 b の双方を区別しないときには、単に駆動カム面 5 2 4 と表記する。

10

【 0 1 4 7 】

本可変動弁装置 5 0 0 も、実施の形態 1 と同様、駆動カム 5 2 2 とロッカーアーム 5 1 0 との間に、駆動カム 5 2 2 の回転運動にロッカーアーム 5 1 0 の揺動運動を連動させる連動可変機構 2 3 0 を介在させている。連動可変機構 2 3 0 は、以下に説明するように、制御軸 5 3 2、揺動カムアーム（揺動部材）5 5 0、制御アーム（制御部材）5 6 0、制御リンク（リンク部材）5 6 4、第 1 ローラ 5 7 0、第 2 ローラ 5 7 2、及び、第 1 ローラ 5 7 0 と第 2 ローラ 5 7 2 を連結する連結軸 5 7 4 を主たる構成部材として構成されている。制御軸 5 3 2 は、カム軸 5 2 0 に平行な軸であって、ロッカーアーム 5 1 0 よりもカム軸 5 2 0 の回転方向の下流側にカム軸 5 2 0 に対する相対位置を固定して配置されている。制御軸 5 3 2 の外周面には制御軸 5 3 2 と同心の第 1 ギヤ 5 3 4 が配置され、制御軸 5 3 2 に固定されている。また、制御軸 5 3 2 には図示しないアクチュエータ（例えばモータ）が接続されており、内燃機関の ECU はアクチュエータを制御することによって制御軸 5 3 2 の回転角度を任意の角度に調整することができる。

20

【 0 1 4 8 】

揺動カムアーム 5 5 0 は制御軸 5 3 2 に揺動可能に支持され、その先端を駆動カム 5 2 2 の回転方向の上流側に向けて配置されている。揺動カムアーム 5 5 0 の駆動カム 5 2 2 に対向する側には、後述する第 2 ローラ 5 7 2 に接触するスライド面 5 5 6 が形成されている。スライド面 5 5 6 は駆動カム 5 2 2 側に緩やかに湾曲するとともに、揺動中心である制御軸 5 3 2 の中心から遠くなるほど駆動カム 5 2 2 のカム基礎円（非作用面 5 2 2 a）との距離が大きくなるように形成されている。

30

【 0 1 4 9 】

一方、揺動カムアーム 5 5 0 のスライド面 5 5 6 とは逆側の面には、揺動カム面 5 5 2（5 5 2 a , 5 5 2 b）が形成されている。揺動カム面 5 5 2 は揺動カムアーム 5 5 0 の揺動中心をカム中心とするカム面であり、プロフィールの異なる非作用面 5 5 2 a と作用面 5 5 2 b から構成されている。そのうち非作用面 5 5 2 a はカム基礎円の周面であり、制御軸 5 3 2 の中心からの距離を一定に形成されている。他方の面である作用面 5 5 2 b は非作用面 5 5 2 a から見て揺動カムアーム 5 5 0 の先端側に設けられ、非作用面 5 5 2 a に滑らかに連続するように接続されるとともに、揺動カムアーム 5 5 0 の先端に向けて制御軸 5 3 2 の中心からの距離（すなわち、カム高さ）が次第に大きくなるよう形成されている。本明細書では、非作用面 5 5 2 a と作用面 5 5 2 b の双方を区別しないときには、単に揺動カム面 5 5 2 と表記する。

40

【 0 1 5 0 】

本可変動弁装置 5 0 0 は、1 つの駆動カム 5 2 2 によって 2 つのバルブ 5 0 4 を駆動する 1 カム 2 弁駆動構造を採用している。このため、揺動カムアーム 5 5 0 は、駆動カム 5 2 2 の両側に 1 対配置されている（図 2 3 では手前側の揺動カムアーム 5 5 0 のみ図示されている）。そして、揺動カムアーム 5 5 0 毎にロッカーアーム 5 1 0 が配置されている。揺動カムアーム 5 5 0 の揺動カム面 5 5 2 は、ロッカーアーム 5 1 0 のロッカーローラ

50

5 1 2 に接触している。ロッカーローラ 5 1 2 はロッカーアーム 5 1 0 の中間部に回転自在に取り付けられている。ロッカーアーム 5 1 0 の一端にはバルブ 5 0 4 を支持するバルブシャフト 5 0 2 が取り付けられ、ロッカーアーム 5 1 0 の他端は油圧ラッシャアジャスタ 5 0 6 によって回転自在に支持されている。バルブシャフト 5 0 2 は図示しないバルブスプリングによって、閉方向、すなわち、ロッカーアーム 5 1 0 を押し上げる方向に付勢されている。ロッカーアーム 5 1 0 は、バルブスプリングの付勢力を受けたバルブシャフト 5 0 2 によって支持され、ロッカーローラ 5 1 2 は油圧ラッシャアジャスタ 5 0 6 によって揺動カム面 5 5 2 に押し当てられている。

【 0 1 5 1 】

また、揺動カムアーム 5 5 0 には、図示しないロストモーションスプリングを掛けるためのバネ座面 5 5 8 が形成されている。バネ座面 5 5 8 は、非作用面 5 5 2 a に関し作用面 5 5 6 b とは逆側に形成されている。ロストモーションスプリングは圧縮バネであり、図示しない静止部材に他方の端部を固定されている。揺動カムアーム 5 5 0 は、ロストモーションスプリングからバネ座面 5 5 8 に作用するバネ力によってスライド面 5 5 6 側に回転するよう付勢されている。

【 0 1 5 2 】

制御アーム 5 6 0 はカム軸 5 2 0 に回転可能に支持されている。制御アーム 5 6 0 には制御アーム 5 6 0 の回転中心、すなわち、カム軸 5 2 0 と同心の円弧に沿って形成された扇状の第 2 ギヤ 5 6 2 が設けられている。制御アーム 5 6 0 は第 2 ギヤ 5 6 2 が第 1 ギヤ 5 3 4 と同一面内に位置するようにカム軸 5 2 0 上の位置を調整され、また、第 2 ギヤ 5 6 2 が第 1 ギヤ 5 3 4 に対向するように回転位相を調整されている。第 2 ギヤ 5 6 2 は第 1 ギヤ 5 3 4 に噛み合わされ、制御軸 5 3 2 の回転が第 1 ギヤ 5 3 4 及び第 2 ギヤ 5 6 2 を介して制御アーム 5 6 0 に入力されるようになっている。つまり、第 1 ギヤ 5 3 4 と第 2 ギヤ 5 6 2 により、制御アーム 5 6 0 の回転を制御軸 5 3 2 の回転に連動させる回転連動機構が構成されている。また、第 2 ギヤ 5 6 2 の径は第 1 ギヤ 5 3 4 の径よりも大径に設定されており、第 1 ギヤ 5 3 4 と第 2 ギヤ 5 6 2 により、制御軸 5 3 2 の回転を減速して制御アーム 5 6 0 に伝達する減速機構が構成されてもいる。

【 0 1 5 3 】

制御アーム 5 6 0 には、その回転中心であるカム軸 5 2 0 の中心から偏心した位置に制御リンク 5 6 4 が回転自在に取り付けられている。制御リンク 5 6 4 はその支点側の両端部に接続ピン 5 6 6 を備えており、この接続ピン 5 6 6 を制御アーム 5 6 0 に回転自在に支持されている。制御アーム 5 6 0 上での接続ピン 5 6 6 の位置は、制御アーム 5 6 0 の回転中心に関し第 2 ギヤ 5 6 2 のほぼ反対側となっている。制御リンク 5 6 4 は、接続ピン 5 6 6 を支点として先端を制御軸 5 3 2 に向けて配置されている。なお、制御アーム 5 6 0 は駆動カム 5 2 2 の両側に一対設けられ、左右の制御アーム 5 6 0 によって制御リンク 5 6 4 が支持されている（図 2 3 では手前側の制御アーム 5 6 0 は省略されている）。

【 0 1 5 4 】

制御リンク 5 6 4 は、左右一対のアーム 5 6 8 を有しており、左右のアーム 5 6 8 によって連結軸 5 7 4 を支持している（図 2 3 では手前側のアーム 5 6 8 のみ図示されている）。連結軸 5 7 4 上には、1 つの第 1 ローラ 5 7 0 と、その両側に 2 つの第 2 ローラ 5 7 2 が回転自在に支持されている（図 2 3 では手前側の第 2 ローラ 5 7 2 のみ図示されている）。制御リンク 5 6 4 は、揺動カムアーム 5 5 0 の延伸方向に対向するように先端を制御軸 5 3 2 の方向に向けて配置され、両ローラ 5 7 0 , 5 7 2 は駆動カム面 5 2 4 とスライド面 5 5 6 に挟まれるように配置されている。駆動カム面 5 2 4 には第 1 ローラ 5 7 0 が接触し、各揺動カムアーム 5 5 0 のスライド面 5 5 6 には第 2 ローラ 5 7 2 が接触している。揺動カムアーム 5 5 0 がロストモーションスプリングから受ける付勢力により、第 2 ローラ 5 7 2 はスライド面 5 5 6 によって押し上げられ、第 2 ローラ 5 7 2 と同軸一体の第 1 ローラ 5 7 0 は駆動カム面 5 2 4 に押し付けられている。

【 0 1 5 5 】

[本実施形態の可変動弁装置の動作]

10

20

30

40

50

次に、本可変動弁装置 500 の動作について図 24 及び図 25 を参照して説明する。

【0156】

(1) 可変動弁装置のリフト動作

まず、図 24 を参照して可変動弁装置 500 のリフト動作について説明する。図中、(A) はリフト動作の過程でバルブ 504 が閉弁しているときの可変動弁装置 500 の状態を、また、(B) はリフト動作の過程でバルブ 504 が開弁しているときの可変動弁装置 500 の状態を、それぞれ表している。

【0157】

本可変動弁装置 500 では、駆動カム 522 の回転運動は、先ず、駆動カム面 524 に接触する第 1 ローラ 570 に入力される。第 1 ローラ 570 は同軸一体に設けられた第 2 ローラ 572 とともにピン 566 を中心に回動し、その運動は第 2 ローラ 572 を支持している揺動カムアーム 550 のスライド面 556 に入力される。スライド面 556 はロストモーションスプリング (図示略) の付勢力によって常に第 2 ローラ 572 に押し当てられているので、揺動カムアーム 550 は駆動カム 522 の回転に応じて制御軸 532 を中心にして揺動する。

【0158】

具体的には、図 24 の (A) に示す状態からカム軸 520 が回転すると、図 24 の (B) に示すように、第 1 ローラ 570 の駆動カム面 524 上での接触位置 P1 は非作用面 524a から作用面 524b へと移っていく。相対的に第 1 ローラ 570 は駆動カム 522 によって押し下げられ、同軸一体の第 2 ローラ 572 とともに制御リンク 564 によって規定された軌跡に沿って回動する。これにより、揺動カムアーム 550 はそのスライド面 556 を第 2 ローラ 572 によって押し下げられ、制御軸 532 を中心にして図中、時計回り方向に回動する。カム軸 520 がさらに回転し、第 1 ローラ 570 の駆動カム面 524 上での接触位置 P1 が作用面 524b の頂部を過ぎると、今度はロストモーションスプリングによる付勢力によって、揺動カムアーム 550 は制御軸 532 を中心にして図中、反時計回り方向に回動する。

【0159】

このように揺動カムアーム 550 が制御軸 532 を中心にして回動することで、ロッカーローラ 512 の揺動カム面 552 上での接触位置 P3 が変化することになる。なお、図中では、ロッカーローラ 512 の揺動カム面 552 上での接触位置を P3i, P3f として表記しているが、これは後述する初期接触位置 P3i と最終接触位置 P3f とを区別するためである。本明細書では、単にロッカーローラ 512 の揺動カム面 552 上での接触位置を指す場合には、接触位置 P3 と表記するものとする。

【0160】

図 24 の (A) に示すように、ロッカーローラ 512 が非作用面 552a に接触している場合には、非作用面 552a は制御軸 532 の中心からの距離が一定であるので、その接触位置にかかわらずロッカーローラ 512 の空間内での位置は変化しない。したがって、ロッカーアーム 510 は揺動することがなく、バルブ 504 は一定位置に保持される。本可変動弁装置 500 では、ロッカーローラ 512 が非作用面 552a に接触しているとき、バルブ 504 が閉弁状態になるように各部位の位置関係が調整されている。

【0161】

そして、図 24 の (B) に示すように、ロッカーローラ 512 の揺動カム面 552 上での接触位置 P3 が非作用面 552a から作用面 552b に切り換わると、ロッカーアーム 510 は作用面 552b の制御軸 532 の中心からの距離に応じて押し下げられ、油圧ラッシュアジャスタ 106 による支持点を中心に時計回り方向へ揺動する。これにより、バルブ 504 はロッカーアーム 510 によって押し下げられ、開弁する。

【0162】

なお、図 24 は、可変動弁装置 500 がバルブ 504 に対して最大リフトを与えるように動作している様子を示しており、図 24 の (B) は最大リフト時における各部材の位置関係を示している。本実施形態の可変動弁装置 500 も、実施の形態 1 と同様、その最大

10

20

30

40

50

リフト時において、第1ローラ570の駆動カム面524上での接触位置P1、第2ローラ572のスライド面556上での接触位置P2、及び、ロッカーローラ512の揺動カム面552上での接触位置P3が、カム軸520の中心とロッカーローラ512の中心とを結ぶ直線上にほぼ並ぶように、各部材の設計が行われている。また、図24の(A)に示すように、バルブ504の閉弁時においても、各部材間の接触位置P1、P2、P3がカム軸520の中心とロッカーローラ512の中心とを結ぶ直線から大きく離れないように、制御リンク564の揺動中心(ピン566)のカム軸520に対する位置を調整されている。

【0163】

(2) 可変動弁装置のリフト量変更動作

次に、図24及び図25を参照して可変動弁装置500のリフト量変更動作について説明する。ここで、図25は可変動弁装置500がバルブ504に対して小さなリフトを与えるように動作している様子を示している各図中、(A)はリフト動作の過程でバルブ504が閉弁しているときの可変動弁装置500の状態を、また、(B)はリフト動作の過程でバルブ504が開弁しているときの可変動弁装置500の状態を、それぞれ表している。

【0164】

図24に示すリフト量から図25に示すリフト量にリフト量を変更する場合、図24の(A)に示す状態において制御軸532をカム軸520の回転方向と同方向(図中、時計回り方向)に回転駆動し、図25の(A)に示す回転角度に制御アーム560を回転させる。制御アーム560の回転量は、制御軸532の回転量と、第1ギヤ534(図23参照)と第2ギヤ562のギヤ比によって決まる。両ローラ570、572は制御リンク564によって制御アーム560に連結されているので、制御アーム560の回転に伴い、第1ローラ570は駆動カム面524に沿ってカム軸520の回転方向の上流側に移動し、第2ローラ572はスライド面556に沿って制御軸532から遠ざかる方向に移動する。

【0165】

第2ローラ572が制御軸532から遠ざかる方向に移動することで、揺動カムアーム550の揺動中心C0から第2ローラ572のスライド面556上での接触位置P2までの距離が長くなり、揺動カムアーム550の揺動角幅は減少する。揺動カムアーム550の揺動角幅は揺動中心C0から振動の入力点である接触位置P2までの距離に反比例するからである。バルブ504のリフトは、各図の(B)に示すように、第1ローラ570の駆動カム面524上での接触位置P1が作用面524bの頂部にあるときに最大となり、その時点におけるロッカーローラ512の揺動カム面552上での接触位置P3f(以下、最終接触位置)によってバルブ504のリフト量が決まる。この最終接触位置P3fは、実施の形態1の場合と同様(図8参照)、前述の揺動カムアーム550の揺動角幅と、各図の(A)に示すロッカーローラ512の揺動カム面552上での接触位置P3i(以下、初期接触位置)とによって決まる。

【0166】

本実施形態の可変動弁装置500では、スライド面556は、その揺動中心からの距離が大きいほど駆動カム522のカム基礎円(非作用面522a)との距離が大きくなるように形成されている。このため、上記の接触位置P2が揺動カムアーム550の揺動中心C0から遠ざかるほど、揺動カムアーム550はスライド面556が駆動カム面524に近づく方向に傾斜することになる。図では、揺動カムアーム550は制御軸532を中心にして反時計回り方向に回動することになる。これにより、図25の(A)に示すように、ロッカーローラ512の揺動カム面552上での初期接触位置P3iは作用面552bから遠ざかる方向に移動する。

【0167】

上記のように、制御軸532をカム軸520の回転方向と同方向に回転させると、揺動カムアーム550の揺動角幅が減少するとともに、初期接触位置P3iが作用面552b

10

20

30

40

50

から遠ざかる方向に移動する。その結果、ロッカーローラ512が到達できる最終接触位置P3fは非作用面552a側に移動することになり、バルブ504のリフト量は減少する。また、ロッカーローラ512が作用面552b上に位置している期間(クランク角度)が、バルブ504の作用角となるが、最終接触位置P3fが非作用面552a側に移動することで、バルブ504の作用角も減少する。さらに、第1ローラ570がカム軸520の回転方向の上流側に移動することで、カム軸520が同一回転角度にあるときの第1ローラ570の駆動カム面524上での接触位置P1は、駆動カム522の進角側に移動する。これにより、カム軸520の位相に対する揺動カム550の揺動タイミングは進角され、その結果、バルブタイミング(最大リフトタイミング)は進角されることになる。

【0168】

[本実施形態の可変動弁装置の利点]

以上説明した通り、本実施形態の可変動弁装置500によれば、制御軸532の回転角度を変化させることにより、第2ローラ572のスライド面556上での接触位置P2と第1ローラ570の駆動カム面524上での接触位置P1を変化させ、その結果としてバルブ504のリフト量、作用角、及びバルブタイミングを連動して変化させることができる。しかもその際、スライド面556が湾曲して形成されることにより、第1ローラ570の駆動カム面524上での位置の変化に対し、揺動カムアーム550の初期揺動角度が過度に変化することは抑えられる。

【0169】

したがって、本実施形態の可変動弁装置500によれば、実施の形態1の可変動弁装置100と同様、バルブタイミングの変化に対するリフト量の過度の変化を抑制することができ、VVT等のバルブタイミング可変機構を併用することなく、或いは、併用する場合であってもバルブタイミング可変機構は大きく動作させることなく、理想的なバルブタイミング-リフト特性を実現することができる。つまり、本実施形態の可変動弁装置500によっても、図10や図11に示すようなバルブタイミング-リフト特性を実現することができる。

【0170】

また、本実施形態の可変動弁装置500によれば、実施の形態3と同様、既存のカム軸520に制御アーム560が取り付けられ、この制御アーム560に取り付けられた制御リンク564によってローラ570, 572が支持されることで、装置全体をコンパクトに構成することができる。さらに、カム軸520の近傍でローラ570, 572を支持する制御リンク564の長さは短くてすむので、可動部全体の慣性質量の増加を抑制することができる。

【0171】

その他、

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。例えば、上記実施の形態では、揺動カムアームを制御軸に取り付けているが、揺動カムアームの軸と制御軸とを別軸にしてもよい。

【0172】

また、実施の形態1にかかる連動切替機構は、実施の形態2乃至4の何れの構成にも適用することが可能である。

【0173】

また、上記実施の形態では、本発明をロッカーアーム方式の動弁装置に適用しているが、直動式等の他の形式の動弁装置にも適用可能である。

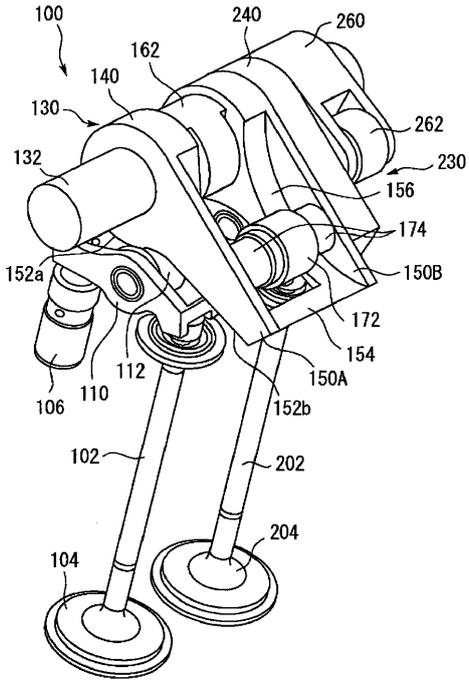
10

20

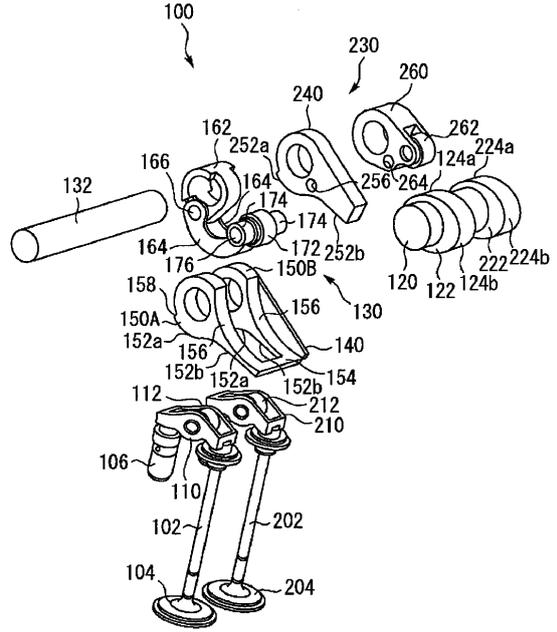
30

40

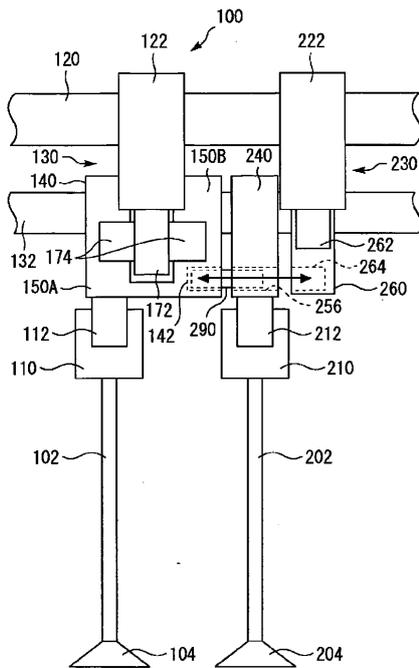
【 図 1 】



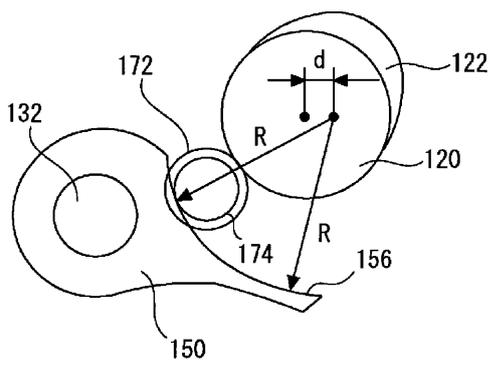
【 図 2 】



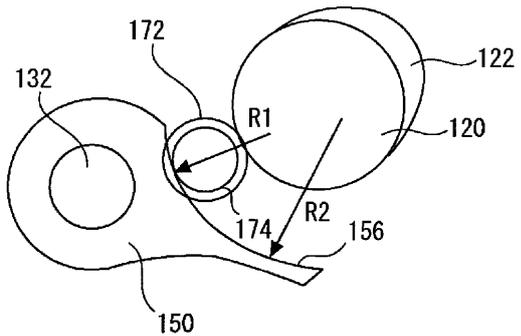
【 図 3 】



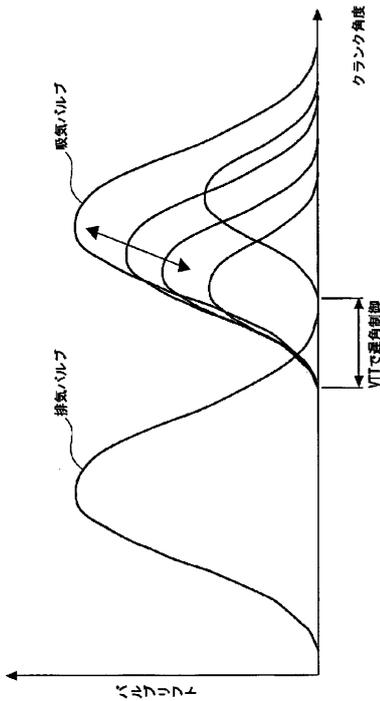
【 図 4 】



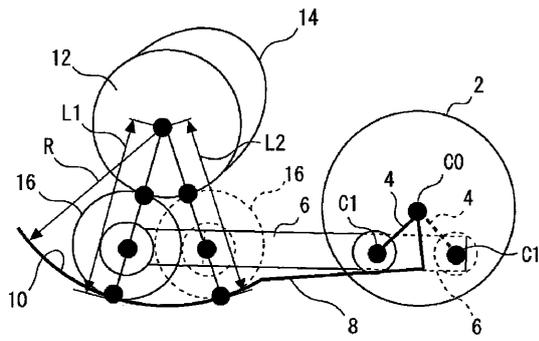
【 図 5 】



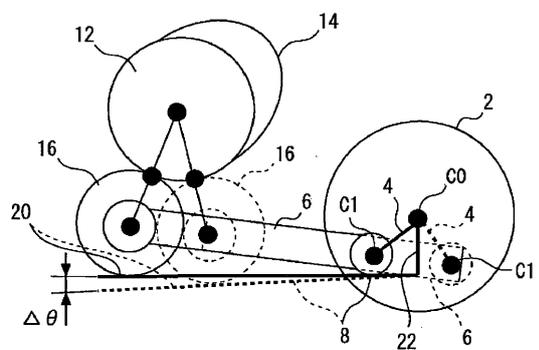
【 図 1 1 】



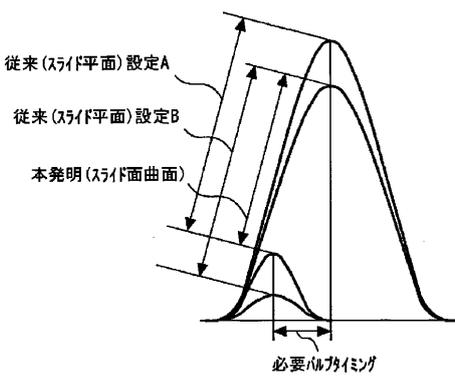
【 図 1 2 】



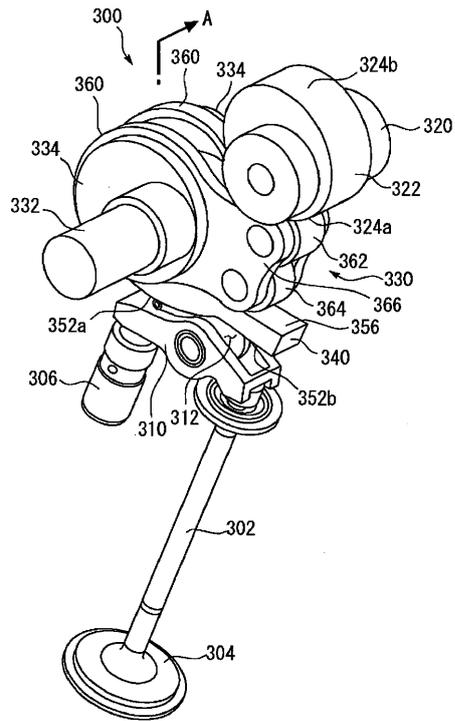
【 図 1 3 】



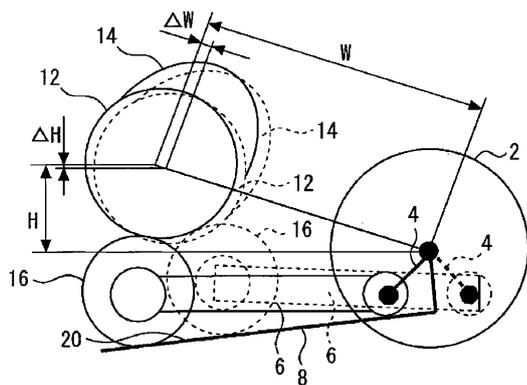
【 図 1 4 】



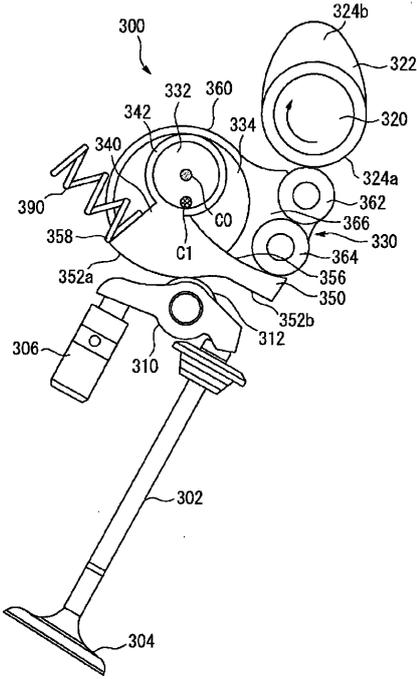
【 図 1 6 】



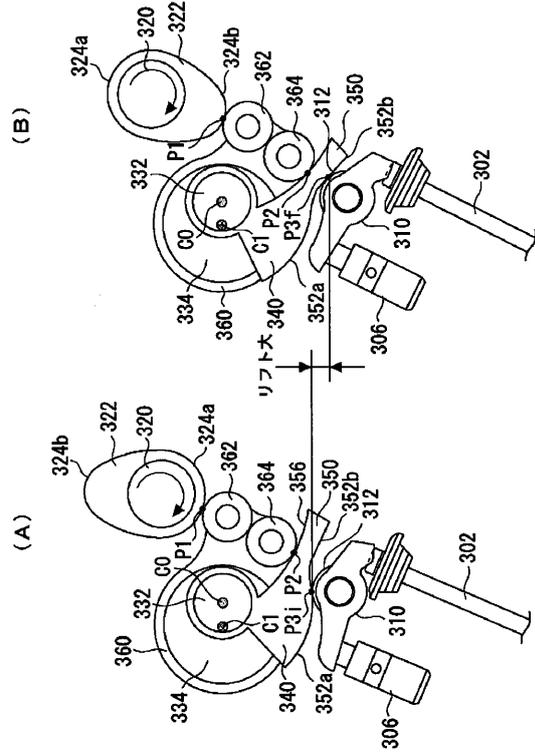
【 図 1 5 】



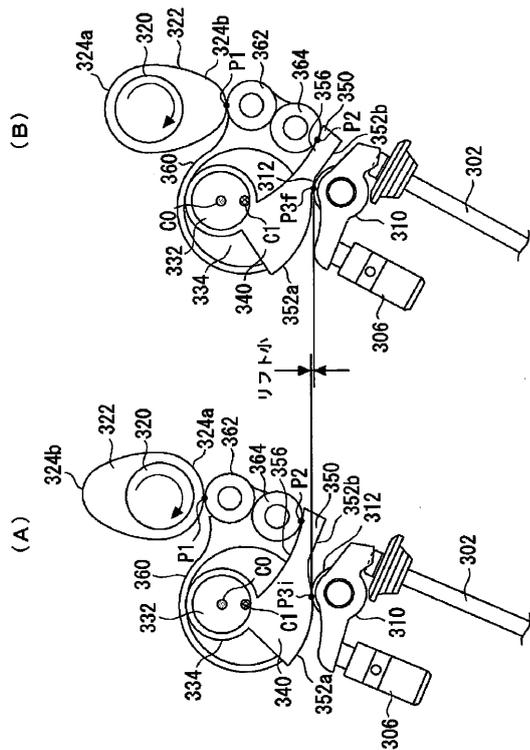
【 図 1 7 】



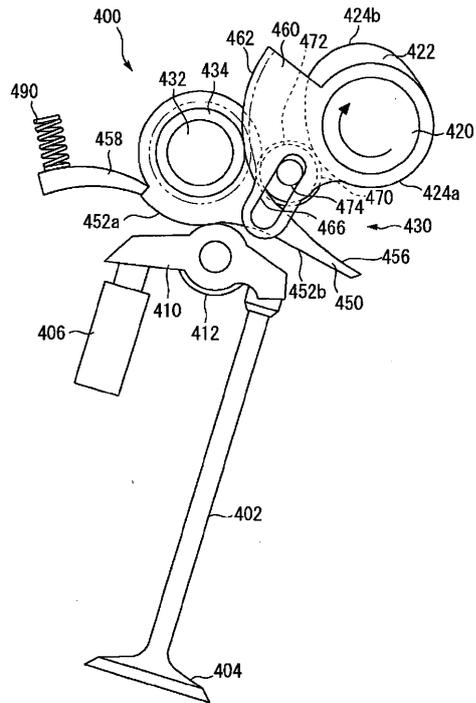
【 図 1 8 】



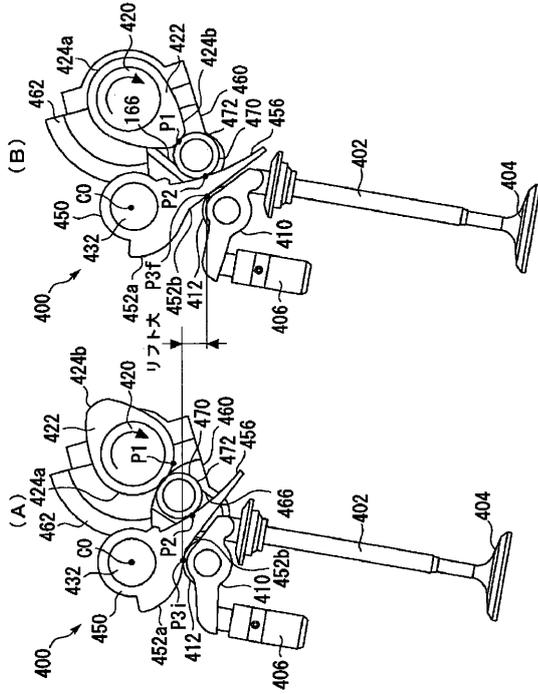
【 図 1 9 】



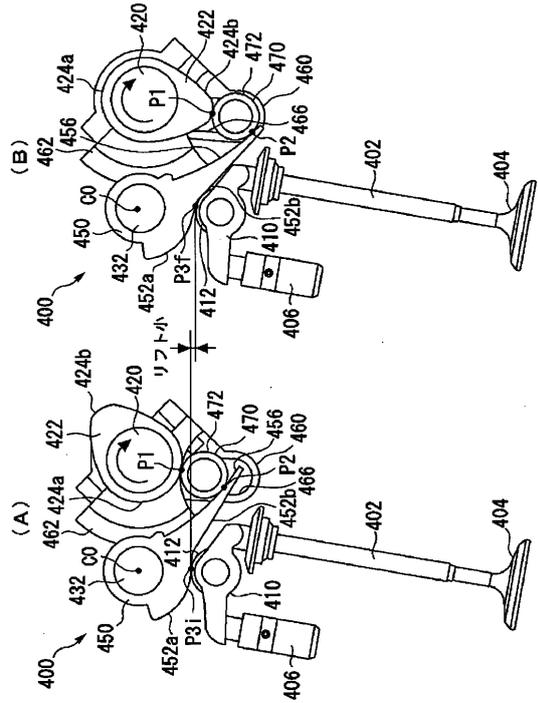
【 図 2 0 】



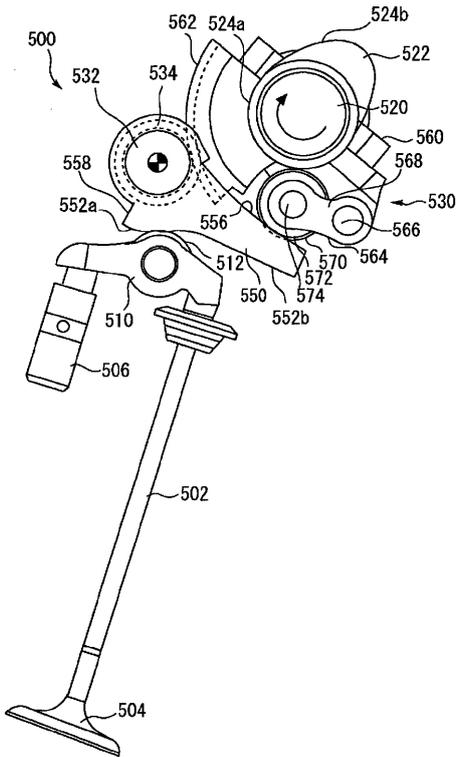
【 図 2 1 】



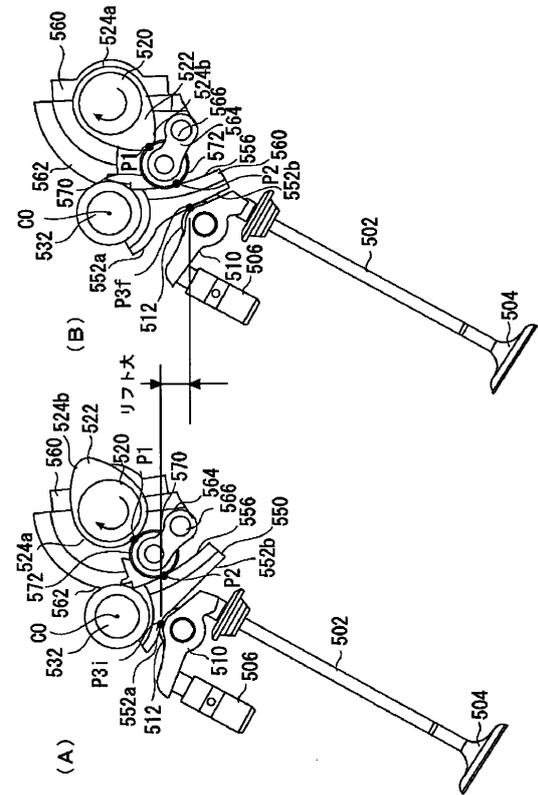
【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 25 】

