

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5067260号
(P5067260)

(45) 発行日 平成24年11月7日(2012.11.7)

(24) 登録日 平成24年8月24日(2012.8.24)

(51) Int.Cl. F 1
F 2 5 B 9/14 (2006.01) F 2 5 B 9/14 5 2 0 A

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2008-132155 (P2008-132155)	(73) 特許権者	000000170
(22) 出願日	平成20年5月20日 (2008. 5. 20)		いすゞ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2009-281614 (P2009-281614A)		東京都品川区南大井6丁目2番1号
(43) 公開日	平成21年12月3日 (2009. 12. 3)	(74) 代理人	100075177
審査請求日	平成23年4月7日 (2011. 4. 7)		弁理士 小野 尚純
		(74) 代理人	100102417
			弁理士 飯田 隆
		(74) 代理人	100113217
			弁理士 奥貫 佐知子
		(72) 発明者	阿部 誠
			神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社いすゞ中央研究所内
		(72) 発明者	山本 康
			神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社いすゞ中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フリーピストン型のスターリングサイクル機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

気体状態の作動流体が封入されディスプレイサピストンが往復動する作動空間と、前記作動空間と連通しパワーピストンが往復動するシリンダとを備え、
前記パワーピストン及び前記ディスプレイサピストンの両ピストンのうち、一方のピストンが第1ばねを介して前記シリンダの形成されたケーシングに連結されており、
前記両ピストンのそれぞれは、ストロークが機械的に拘束されることなく、位相差を保持しながら同期して同一の軸線上を往復動するスターリングサイクル機械であって、
前記軸線上で往復動を行う質量体を設けるとともに、前記質量体と前記一方のピストンとを反転機構を介して連結し、かつ、前記質量体と他方のピストンとを第2ばねを介して連結したことを特徴とするフリーピストン型のスターリングサイクル機械。

10

【請求項2】

前記質量体が前記一方のピストンと略同一の質量に設定されている請求項1に記載のフリーピストン型のスターリングサイクル機械。

【請求項3】

前記反転機構は、前記質量体に一端が連結され対称的に配置された2本の第1リンクと、前記一方のピストンに一端が連結され対称的に配置された2本の第2リンクとを備え、前記第1リンクと前記第2リンクの他端がそれぞれ対称的な連結点において連結されているとともに、前記連結点のそれぞれが、揺動リンクを介して前記ケーシングに連結されている請求項1又は請求項2に記載のフリーピストン型のスターリングサイクル機械。

20

【請求項4】

前記作動空間の作動流体に高温の熱を与える加熱器と、前記作動空間の作動流体を常温の低熱源により冷却する冷却器とが設置され、かつ、前記一方のピストンが前記パワーピストンであり、前記他方のピストンが前記ディスプレイサピストンであるように構成されており、熱エネルギーを動力に変換するエンジンとして作動する請求項1乃至請求項3のいずれかに記載のフリーピストン型のスターリングサイクル機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、気体状態で封入された作動流体の加熱、冷却による状態変化を利用して、熱エネルギーを機械的な動力に変換する熱機関あるいは機械的な動力により冷凍を行う冷凍機として作動させる、いわゆるスターリングサイクル機械に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

スターリングエンジンは、作動空間内に封入された作動流体を周期的に加熱及び冷却することにより状態変化を生じさせ、これを利用して熱エネルギーから機械的な動力を取り出すようにした、理論的な熱効率が高い外燃機関である。ガソリンエンジンやディーゼルエンジンのような内燃機関では、作動流体である空気の中で燃料を間欠的に燃焼させる。外燃機関であるスターリングエンジンでは、内燃機関とは異なり、連続燃焼によって生じた熱を作動流体に熱伝達させこれを加熱するから、燃料の燃焼状態の制御が容易で、NOx、CO等、燃焼による排気有害成分の生成量が少ないという利点がある。また、燃焼による熱に限らず、内燃機関の排熱など各種の熱源を用いることが可能であり、省エネルギー、環境対策の面でも優れた特性を有するエンジンである。

20

【0003】

スターリングエンジンは、高熱源の熱から動力を発生させて低熱源に排熱を放熱するエンジンサイクルを実行するものであるが、逆に、動力によってスターリングエンジンを駆動してヒートポンプサイクルを実行させ、低熱源から熱を汲み上げ低熱源を冷却する冷凍機として作動させることが可能である。作動空間内に封入された作動流体を加熱及び冷却することにより状態変化を生じさせ、エンジンあるいは冷凍機として作動させる機械を、以下「スターリングサイクル機械」という。

30

【0004】

スターリングサイクル機械では、一般的には、水素、ヘリウム等の作動流体を、作動空間における膨張空間と圧縮空間との間を周期的に移動させるディスプレイサピストンが配置され、さらに、作動流体の圧力が作用するパワーピストンが配置されている。ディスプレイサピストンは、ロンピック機構と呼ばれるリンク機構などによってパワーピストンと連結されており、位相差を伴いながらパワーピストンと同期して往復運動を行い、作動流体の加熱及び冷却のため作動流体を移動させる。パワーピストンは、動力の出入に関連するピストンであって、エンジンサイクルを行う場合には、パワーピストンから外部へ動力を取り出すこととなる。

【0005】

40

ところで、スターリングサイクル機械には様々な形式があり、パワーピストンやディスプレイサピストンのストロークが機械的に拘束されていない、フリーピストン型のスターリングサイクル機械も知られている。フリーピストン型スターリングサイクル機械では、パワーピストン及びディスプレイサピストンをばねにより振動させ往復動させるよう構成されているので、両者を連結する連結機構や機械的な動力取り出し機構は不要となつて、構造が簡素化しコンパクトとなる利点がある。ばねを利用したフリーピストン型のスターリングサイクル機械は、一例として特開2000-88383号公報に開示されており、また、本出願人も特開2004-92406号公報に示されるスターリングエンジンを開発している。

【0006】

50

上記特開 2000-88383 号公報に記載されたフリーピストン型のスターリングサイクル機械について図 5 により説明する。

ケーシング 101 内に収容されたシリンダ 102 には、パワーピストン 103 とディスプレイサピストン 104 とがそれぞれ往復動可能に設置されている。ディスプレイサピストン 104 を挟んで左右に存在する膨張空間 105 及び圧縮空間 106 は、再生器 R が置かれた連通管により互いに連通されて作動空間 107 を形成し、ここに作動流体が封入される。このスターリングサイクル機械は、冷凍機として作動するものであり、図示しない動力源によりパワーピストン 103 を所定の振動数で往復運動させる。これにより、作動空間 107 の作動流体の状態変化が生じ、膨張空間 105 に置かれた伝熱板 108 を介して低熱源から熱を汲み上げ、これを冷却することができる。

10

【0007】

パワーピストン 103 及びディスプレイサピストン 104 は、機械的にストロークが拘束されないフリーピストンであり、それぞればね 109、110 を介してケーシング 101 と結合され、それぞれのばね定数及び質量等で決定される固有振動数でシリンダ 102 内を往復（単振動）する。パワーピストン 103 及びディスプレイサピストン 104 の振動系は、両者の振動数が等しく、また、高性能状態で作動させるため、略 90° の位相差を保持して振動するように設定されている。そして、パワーピストン 103 等の振動に伴う装置全体の振動を極力抑制するよう、制振用質量 111 及び制振用ばね 112 からなるいわゆるダイナミックダンパ 113 が、ケーシング 101 に付設されている。

【特許文献 1】特開 2000-88383 号公報

20

【特許文献 2】特開 2004-92406 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

スターリングサイクル機械では、パワーピストンとディスプレイサピストンとの位相差に応じて仕事量等が変化し、一般的に略 90° の位相差であるときに最適な作動状態となる（ただし、エンジンとして作動させるときはディスプレイサピストンの位相を 90° 進ませ、冷凍機として作動させるときは 90° 遅らせる）。フリーピストン型のスターリングサイクル機械では、パワーピストンとディスプレイサピストンとを連結するリンク機構等が存在しないから、90° の位相差を保持するには、パワーピストン及びディスプレイサピストンとそれぞれに連結されたばねとによって形成される 2 つの振動系の位相差を 90° とするよう、2 つの振動系のばねや質量を調整しなければならない。

30

【0009】

また、フリーピストン型のスターリングサイクル機械では、パワーピストンとディスプレイサピストンとの 2 個の質量体が振動しながらシリンダ内を往復動するので、装置全体の振動が大きくなる傾向にある。この振動を抑制するため、例えば、上記特許文献 1 のフリーピストン型のスターリングサイクル機械においては、制振用質量及び制振用ばねを備えたダイナミックダンパが設置されているが、これによって装置全体が大型化し重量が増大することは避けられない。また、ダイナミックダンパは、基本的には特定の 1 つ固有振動数を有する振動を防止するものであって、2 個の質量体による複雑な振動を抑制するには困難な面がある。

40

本発明は、フリーピストン型のスターリングサイクル機械において、ばねを利用したパワーピストンとディスプレイサピストンとの連動機構を設け、両者の位相差の調整を容易とするとともに、往復動に伴う振動の発生を防止するようにして、上述の問題点を解決することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記の課題に鑑み、本発明は、第 1 ばねにより往復動するパワーピストン又はディスプレイサピストン（一方のピストン）に、反転機構を介して質量体を連結し、質量体を一方のピストンと反対に移動する、つまり位相差が 180° となる往復運動を質量体に行わせ

50

るとともに、この質量体と他方のピストンとを第2ばねを介して連結するものである。すなわち、本発明は、

「気体状態の作動流体が封入されディスプレイサピストンが往復動する作動空間と、前記作動空間と連通しパワーピストンが往復動するシリンダとを備え、

前記パワーピストン及び前記ディスプレイサピストンの両ピストンのうち、一方のピストンが第1ばねを介して前記シリンダの形成されたケーシングに連結されており、

前記両ピストンのそれぞれは、ストロークが機械的に拘束されることなく、位相差を保持しながら同期して同一の軸線上を往復動するスターリングサイクル機械であって、

前記軸線上で往復動を行う質量体を設けるとともに、前記質量体と前記一方のピストンとを反転機構を介して連結し、かつ、前記質量体と他方のピストンとを第2ばねを介して連結した」

10

ことを特徴とするフリーピストン型のスターリングサイクル機械となっている。

【0011】

また、請求項2に記載のように、前記質量体が前記一方のピストンと略同一の質量に設定されていることが好ましい。

【0012】

請求項3に記載のように、前記反転機構は、前記質量体に一端が連結され対称的に配置された2本の第1リンクと、前記一方のピストンに一端が連結され対称的に配置された2本の第2リンクとを備え、前記第1リンクと前記第2リンクの他端がそれぞれ対称的な連結点において連結されているとともに、前記連結点のそれぞれが、揺動リンクを介して前記ケーシングに連結されているものであることが好ましい。

20

【0013】

請求項4に記載のように、前記作動空間の作動流体に高温の熱を与える加熱器と、前記作動空間の作動流体を常温の低熱源により冷却する冷却器とを設置し、かつ、前記一方のピストンが前記パワーピストンであり、前記他方のピストンが前記ディスプレイサピストンであるように構成して、本発明のフリーピストン型のスターリングサイクル機械を、熱エネルギーを動力に変換するエンジンとして作動させることができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明のフリーピストン型のスターリングサイクル機械ではパワーピストン又はディスプレイサピストンのうち、一方のピストンを第1ばねによりシリンダの形成されたケーシングに連結する。理解を容易とするよう、ここでは、パワーピストンをケーシングと連結し、フリーピストン型のスターリングサイクル機械をエンジンとして作動させる場合について説明する。

30

本発明においては、パワーピストンに反転機構を介して質量体を連結し、この質量体とディスプレイサピストンとを第2ばねを介して連結している。パワーピストンと質量体とは、第1ばねによって、ストロークが機械的に拘束されない単振動を行うが、質量体は、反転機構を介してパワーピストンに連結されているから、パワーピストンと反対に移動して位相差が180°の往復運動を行うこととなる。第2ばねを介して質量体と連結されたディスプレイサピストンは、第2ばねの伸縮による位相の遅れを伴いながら、質量体と同期した単振動を行うようになる。

40

【0015】

パワーピストン及びディスプレイサピストンの運動は、ともにストロークが機械的に拘束されない同期した往復運動となり、その位相差は、質量体の180°の位相差から第2ばねの伸縮による位相の遅れを減算したものである。第2ばねによる位相の遅れは、ディスプレイサピストンの質量と第2ばねのばね定数等を調整することにより変更可能であって、この遅れを90°に設定すると、パワーピストンとディスプレイサピストンとは、90°の位相差を保持しながら（この場合は、ディスプレイサピストンが90°先行して）往復運動するようになる。このように、パワーピストンとディスプレイサピストンとの位相差は、ディスプレイサピストンと第2ばねで構成される振動系のみにより決定され、パ

50

ワーピストン等と第1ばねとで構成される振動系とは関係しない。したがって、本発明のフリーピストン型のスターリングサイクル機械では、最適値である90°の位相差の設定が、例えば、特許文献1のスターリングサイクル機械のように、2振動系のパラメータを調整するものと比べてはるかに容易であり、また、作動中に位相差が変動して、エンジン性能の低下する虞れが大幅に減少する。

【0016】

そして、反転機構を介してパワーピストンに連結された質量体は、パワーピストンと反対に移動して位相差が180°の往復運動を行うから、パワーピストンの往復運動に伴う慣性力が、質量体の往復運動の慣性力によって相殺されることとなる。そのため、本発明のスターリングサイクル機械では、パワーピストンの往復運動によって発生する装置全体の振動を極めて小さいものとすることができる。特に、請求項2の発明のように、質量体の質量をパワーピストンと略同一に設定すると、パワーピストンの往復運動については完全にバランスさせることができる。

10

ディスプレイサピストンの慣性力は残存するが、この慣性力は、ディスプレイサピストンの軽量化を図ることにより、実質上振動に影響を及ぼさない程度に抑制することが可能である。また、装置のケーシングにダイナミックダンパを付設して制振を行う際には、ダイナミックダンパは小型のもので済むとともに、ディスプレイサピストンの往復運動は、特定の固有振動数の単振動であるので、ダイナミックダンパの設計は容易なものとなる。

【0017】

請求項3の発明は、パワーピストンと質量体とを連結する反転機構を、対称的に配置された2本の第1リンクと2本の第2リンクとを備えたリンク機構として構成し、第1リンクと第2リンクとの一端をそれぞれパワーピストンと質量体とに連結し、かつ、第1リンクと第2リンクとの連結点を揺動リンクによりケーシングに連結するものである。このリンク機構によってパワーピストンと質量体とは互いに反対に移動し、パワーピストンは、そのストロークは拘束されていないものの、第1リンクと揺動リンクとを介してケーシングに連結される。そのため、パワーピストンの過大な変位は防止されることとなり、出力の増大によってパワーピストンが異常な変位を起こし、周辺の部品に損傷を与えるような事態を回避することができる。

20

【0018】

上記の効果は、パワーピストンと質量体とを反転機構で連結し、本発明のフリーピストン型のスターリングサイクル機械をエンジンとして作動させる場合について説明したものである。ここで、ディスプレイサピストンを反転機構を介して質量体と連結し、パワーピストンをばねで質量体と連結しても、同等な効果を奏することになるのは明らかであり、このときには、スターリングサイクル機械は冷凍機として作動することとなる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、図面に基づき、本発明のフリーピストン型スターリングサイクル機械の実施例について説明する。この実施例は、フリーピストン型のスターリングサイクル機械をエンジンとして作動させるものであり、図1に、本発明のフリーピストン型スターリングエンジンの全体図を示す。また、図2は、本発明のエンジンにおけるパワーピストン、ディスプレイサピストン等の変位及び位相関係を示すグラフである。

40

【0020】

本発明のフリーピストン型スターリングエンジンには、パワーピストン1が往復動するシリンダ2が設置され、シリンダ2は、ディスプレイサピストン3が往復動可能に挿入された作動空間4に連通している。作動空間4には、例えば、水素、ヘリウム等の気体状態の作動流体が封入され、また、ディスプレイサピストン3を挟んで、作動空間4は、加熱器Hが設置された膨張空間41と冷却器Cが設置された圧縮空間42とに分割される。ただし、加熱器Hと冷却器Cとの間には再生器Rが置かれるとともに、膨張空間41と圧縮空間42とはこれらの熱交換器を介して連通している。ディスプレイサピストン3の往復動で作動流体が両空間を移動して加熱及び冷却されることにより、作動流体の状態変化が

50

生じてパワーピストン 1 が駆動され、熱エネルギーが機械的動力に変換される。こうした点は、一般的なスターリングエンジンと変わりはない。

【0021】

本発明のパワーピストン 1 は、第 1 ばね 5 でケーシング 6 に連結されており、ストローク（行程）が機械的に拘束されていないフリーピストンである。したがって、パワーピストン 1 にはクランク機構のような機械的な出力取り出し機構が連結されておらず、この実施例では、パワーピストン 1 から動力を取り出すため、パワーピストン 1 に固定した図示しない永久磁石と外部のコイルとからなるリニア型の発電機 G を利用している。パワーピストン 1 は、第 1 ばね 5 によりシリンダ 2 内を単振動して往復動を行い、出力が増大するにつれそのストローク（振幅）が大きくなる。

10

【0022】

ディスプレイサピストン 3 は、作動空間 4 の再生器 R 等熱交換器内部の円筒空間を往復動するピストンであって、パワーピストン 1 の中心部を貫通して延びるディスプレイサロッド 3 1 を備えている。つまり、ディスプレイサピストン 3 は、パワーピストン 1 と同一の軸線上を往復動する、やはり、ストロークが機械的に拘束されていないフリーピストンとなっている。この実施例では、ディスプレイサピストン 3 の直径がパワーピストン 1 よりも大きく設定されているが、両者を同一径として同一シリンダ内で往復動するようにしてもよい。

【0023】

本発明においては、質量体 7 をディスプレイサロッド 3 1 に嵌め込み、質量体 7 とパワーピストン 1 とを反転リンク機構 8 を介して連結するとともに、質量体 7 とディスプレイサロッド 3 1 の端部とを第 2 ばね 9 を介して連結する。質量体 7 は、パワーピストン 1 と略同一の質量を備えている。

20

反転リンク機構 8 によりパワーピストン 1 と連結された質量体 7 は、パワーピストン 1 と同一の軸線上をパワーピストン 1 と反対に移動して位相差が 180° の往復運動を行うので、パワーピストン 1 の往復運動に伴う慣性力は、質量体 7 の往復運動の慣性力によって相殺される。その結果、パワーピストン 1 の往復運動によって発生する加振力が打ち消され、装置全体の振動を極めて小さいものとすることができる。なお、ディスプレイサピストン 3 の往復動に伴う慣性力は残存するが、この加振力は、ディスプレイサピストン 3 の軽量化によって実質上振動に影響を及ぼさない程度に抑えることが可能であり、また、

30

【0024】

ディスプレイサピストン 3 は、第 2 ばね 9 を介して質量体 7 に連結されており、第 2 ばね 9 の介在による位相遅れを伴いながら、質量体 7 と同期して往復動（単振動）を行うこととなる。すなわち、図 2 の質量体 7 とパワーピストン 1 との変位に示すとおり、質量体 7 とパワーピストン 1 との位相差が 180° であるということは、質量体 8 がパワーピストン 1 よりも 180° 先行して往復動していることと同等である。第 2 ばね 9 の介在による位相遅れを 90° と設定すれば、ディスプレイサピストン 3 とパワーピストン 1 との位相差を 90° として、スターリングエンジンを最適な状態で作動させることができる。

ちなみに、第 2 ばね 9 による位相遅れは、ディスプレイサピストン 3 の質量と第 2 ばね 3 2 のばね定数とによって定まる振動系のパラメータを調整することにより、 90° に設定可能である。この位相遅れには、パワーピストン 1 及び質量体 8 と第 1 ばね 1 1 とで構成される振動系とは基本的に関係がないから、位相遅れの設定作業が容易であり、エンジンの作動中に位相差が最適値から外れる可能性も少なくなる。

40

【0025】

この実施例では、パワーピストン 1 と質量体 7 とを連結する反転機構が、対称的に配置された 2 本の第 1 リンク 8 1 と 2 本の第 2 リンク 8 2 とを備えた反転リンク機構 8 として構成されている。第 1 リンク 8 1 と第 2 リンク 8 2 との一端は、それぞれパワーピストン 1 と質量体 7 とに連結され、かつ、第 1 リンク 8 1 と第 2 リンク 8 2 との連結点が揺動リンク 8 3 によりケーシング 6 に連結される。この反転リンク機構 8 によってパワーピスト

50

ン 1 と質量体 7 とは互いに反対に移動するが、パワーピストン 1 の過大な変位は、第 1 リンク 8 2 及び揺動リンク 8 3 により阻止されるため、パワーピストン 1 が周辺の部品に損傷を与えるような事態を回避することができる。図 4 (a) の変形例に示すように、リンク機構を用いて反転機構を構成する代わりに、パワーピストンと質量体とにラックを形成したロッドを固着するとともに、ラックに噛合いながら回転するピニオンをケーシングに固定し、パワーピストンと質量体とを反対方向に対称的に移動させることもできる。

【 0 0 2 6 】

この実施例のフリーピストン型スターリングエンジンの作動について、図 3 の作動図により説明する。図 3 (a) は、パワーピストン 1 がストロークの最大となる上死点にあり、質量体 7 が下死点にある状態を表すもので、図 3 (b) ~ (d) は、それぞれ 9 0 ° ずつ進んだ状態を表す図である。

10

【 0 0 2 7 】

図 3 (a) の状態では、パワーピストン 1 が上死点にあって作動空間の容積が最小となり、質量体 7 は反転リンク機構により下死点に位置している。このとき、ディスプレイサピストン 3 は下降行程の中間にあり、圧縮空間 4 2 の作動流体が、再生器等の熱交換器を通過して膨張空間 4 1 に送られる。膨張空間 4 1 に送り込まれた作動流体は、加熱器 H で加熱されてその圧力を上昇しながら膨張し、パワーピストン 1 を押し下げる。これにより、スターリングエンジンの作動状態は、図 3 (b) の状態に移行する。

【 0 0 2 8 】

図 3 (b) の状態では、パワーピストン 1 が下降行程の中間にあり、質量体 7 もその行程の中間位置にある。ディスプレイサピストン 3 は行程の下死点に位置しており、作動流体は、膨張を継続してパワーピストン 1 をさらに押し下げる。スターリングエンジンの作動状態は、図 3 (c) の状態に移行する。

20

【 0 0 2 9 】

図 3 (c) の状態では、パワーピストン 1 が下死点にあって作動空間の容積が最大となり、質量体 7 は上死点に位置する。このとき、ディスプレイサピストン 3 は上昇行程の中間にあり、膨張空間 4 1 の作動流体が圧縮空間 4 2 に送られる。圧縮空間 4 2 に送り込まれた作動流体は、冷却器 C で冷却されてその圧力が減少する。その後、ディスプレイサピストン 3 が上死点に達するとともに、パワーピストン 1 が上昇して図 3 (d) の状態に移り、作動流体の等温的な圧縮が行われる。図 3 (d) の状態からさらにパワーピストン 1 が上昇すると、図 3 (a) の状態に戻り、以降、このサイクルが繰り返されて、加熱器 H からの熱エネルギーが、パワーピストン 1 の往復動による機械的なエネルギーに変換され、動力として取り出される。

30

【 0 0 3 0 】

以上詳述したように、本発明は、ストロークが機械的に拘束されていないパワーピストン及びディスプレイサピストンを備えたフリーピストン型のスターリングサイクル機械において、一方のピストンに反転機構を介して質量体を連結することにより、質量体に、一方のピストンと位相差が 1 8 0 ° となる往復運動を行わせるとともに、この質量体と他方のピストンとを第 2 ばねを介して連結するものである。上記の実施例では、パワーピストンと質量体とを反転機構を介して連結し、スターリングサイクル機械をエンジンとして作動させているが、図 4 (b) の変形例に示すとおり、ディスプレイサピストンに反転機構を介して質量体を連結することにより、本発明の機構を、冷凍機として作動するスターリングサイクル機械に適用できることは明らかである。また、上記の実施例では、作動空間の中に加熱器や冷却器を設けているが、膨張空間の外部に加熱器を、圧縮空間の外部に冷却器を設置して作動流体との熱交換を行うなど、実施例に対し種々の変更が可能であることは言うまでもない。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 1 】

【 図 1 】 本発明のフリーピストン型スターリングエンジンの全体図である。

【 図 2 】 本発明のスターリングエンジンにおける各ピストンの変位を示す図である。

50

【図3】本発明のスターリングエンジンの作動を示す図である。

【図4】本発明のスターリングエンジンの変形例を示す図である。

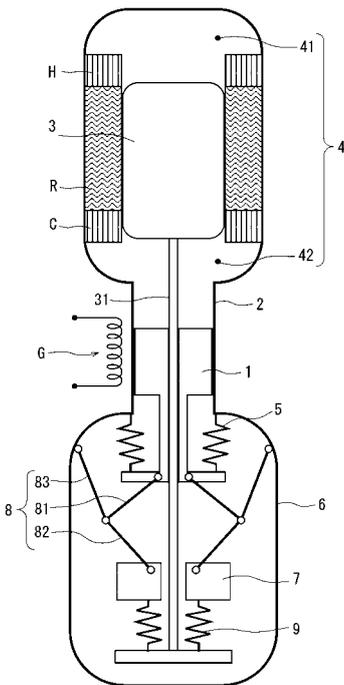
【図5】従来のフリーピストン型スターリングエンジンの一例を示す図である。

【符号の説明】

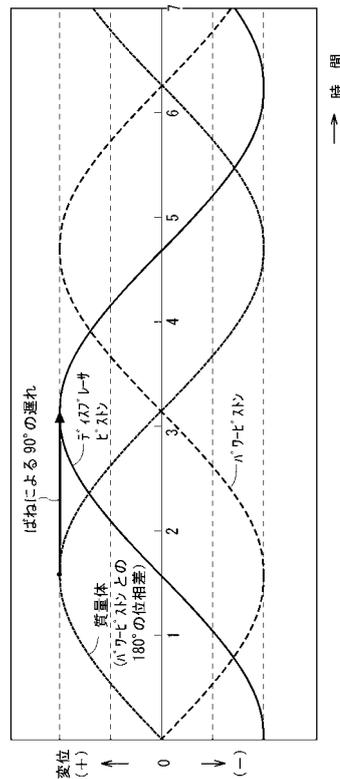
【0032】

- 1 パワーピストン
- 2 シリンダ
- 3 ディスプレーサピストン
- 4 作動空間
- 4 1 膨張空間
- 4 2 圧縮空間
- 5 第1ばね
- 6 ケーシング
- 7 質量体
- 8 反転リンク機構
- 8 1 第1リンク
- 8 2 第2リンク
- 8 3 揺動リンク
- 9 第2ばね

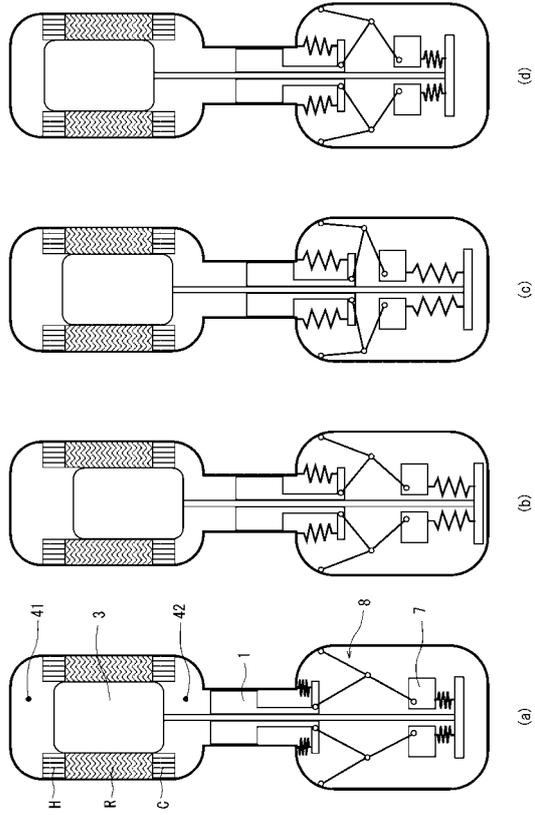
【図1】



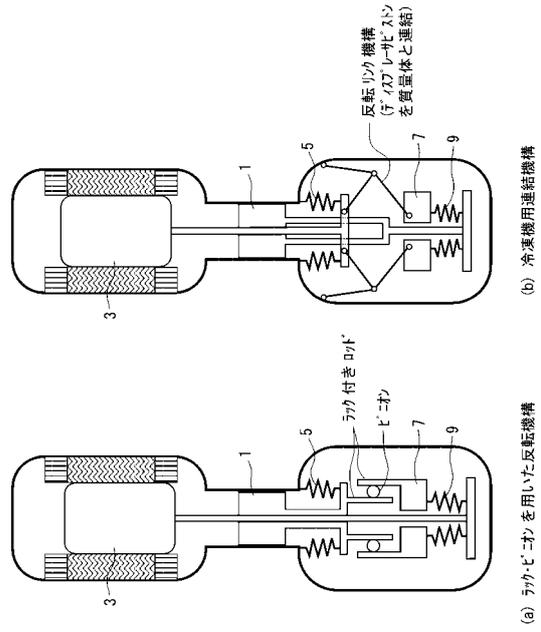
【図2】



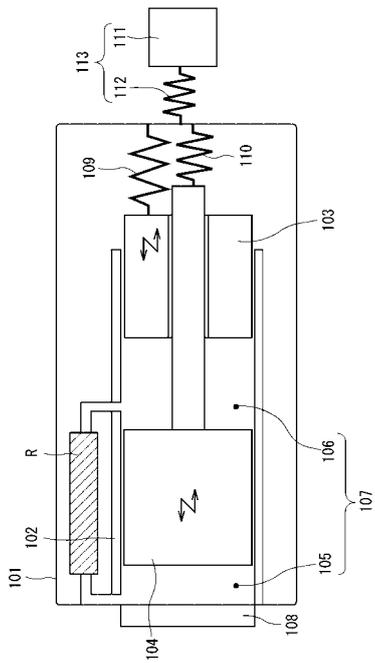
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 河西 公幸
神奈川県藤沢市土棚 8 番地 株式会社いすゞ中央研究所内

審査官 山崎 勝司

(56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 3 0 4 3 6 6 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 0 3 5 2 0 3 (J P , A)
特開平 0 3 - 0 7 8 5 5 4 (J P , A)
特開平 0 8 - 0 0 5 1 8 0 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 9 1 0 9 8 (J P , A)
特開平 0 7 - 3 3 5 0 8 8 (J P , A)
米国特許第 6 6 8 8 1 1 3 (U S , B 1)
米国特許第 3 9 9 1 5 8 6 (U S , A)
米国特許第 3 2 1 4 9 2 4 (U S , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)
F 2 5 B 9 / 1 4