

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4217210号  
(P4217210)

(45) 発行日 平成21年1月28日 (2009. 1. 28)

(24) 登録日 平成20年11月14日 (2008. 11. 14)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 M 7/02 (2006. 01)

G O 1 M 7/00

C

請求項の数 14 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2004-500025 (P2004-500025)	(73) 特許権者	504398878
(86) (22) 出願日	平成15年4月24日 (2003. 4. 24)		ティーム コーポレーション
(65) 公表番号	特表2005-524064 (P2005-524064A)		アメリカ合衆国 ワシントン州 9823
(43) 公表日	平成17年8月11日 (2005. 8. 11)		3 パーリントン ウォーター タンク
(86) 国際出願番号	PCT/US2003/012741		ロード 11591
(87) 国際公開番号	W02003/091684	(74) 復代理人	100123630
(87) 国際公開日	平成15年11月6日 (2003. 11. 6)		弁理士 渡邊 誠
審査請求日	平成18年1月17日 (2006. 1. 17)	(74) 代理人	100082005
(31) 優先権主張番号	10/133, 962		弁理士 熊倉 禎男
(32) 優先日	平成14年4月26日 (2002. 4. 26)	(74) 代理人	100067013
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 大塚 文昭
		(74) 代理人	100065189
			弁理士 穴戸 嘉一
		(74) 代理人	100082821
			弁理士 村社 厚夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波数の多自由度振動試験機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固定外側フレームと、前記外側フレームの内部で振動エネルギーを伝える、剛性構造体の形態の振動テーブルと、該外側フレームによって剛に支持された第1のシリンダ内で摺動可能であり、前記振動テーブルの一方の側に連結された駆動予荷重ピストンと、該外側フレームによって剛に支持された第2のシリンダ内で摺動可能であり、前記駆動予荷重ピストンと反対側の側部で該振動テーブルに連結された受動的予荷重ピストンと、該外側フレームの外側にあり、該駆動予荷重ピストンに力を加え、振動エネルギーを該駆動ピストンにもたらし、その振動エネルギーを該振動テーブルに伝えるように、該駆動予荷重ピストンに連結された外力生成装置とを備え、前記受動的予荷重ピストンが、該駆動予荷重ピストンによって加えられた力に対抗する力を該振動テーブルに対して加え、前記第1のシリンダが、前記摺動可能な駆動予荷重ピストンに加えられた制御されたレベルの流体圧力を含み、前記第2のシリンダが、前記受動的予荷重ピストンに加えられた制御されたレベルの流体圧力を含むことを特徴とする振動試験機械。

【請求項 2】

前記外力生成装置が、電動式加振機又は電気油圧式加振機を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の振動試験機械。

【請求項 3】

さらに、前記第1のシリンダに連結された油圧アクチュレータを有し、前記駆動予荷重ピストンによって前記振動テーブルにもたらされる振動の全範囲にわたって、該駆動予荷

重ピストンによって加えられた前記予荷重力が最初の予荷重レベルで維持されることを可能にするように、前記油圧アキュムレータに充填されたガスにより前記駆動予荷重ピストンが、油圧駆動されることを特徴とする請求項 1 に記載の振動試験機械。

【請求項 4】

固定外側フレームと、前記外側フレームの内部で振動エネルギーを伝える、剛性構造体の形態の振動テーブルと、各々が、対応する自由度の振動運動において振動エネルギーを前記振動テーブルにもたらしするためのものであり、該外側フレームに剛に取り付けられたシリンダによって支持された対応する駆動予荷重ピストンを介して該振動テーブルに連結された、該外側フレームの外側にある複数の外力生成装置と、予荷重力を該振動テーブルに加えるために、該振動テーブルの対応する側に連結された各々の予荷重ピストンと、各々の対応する駆動予荷重ピストンと反対側の該振動テーブルの対応する側で該振動テーブルに連結された各受動的予荷重ピストンと、各駆動予荷重ピストンと該振動テーブルの対応する側との間に連結された別個の自動調心球面軸受及び各受動的予荷重ピストンと該振動テーブルの対応する側との間に連結された別箇の自動調心球面軸受とを備え、各受動的予荷重ピストンが、該受動的予荷重ピストンの対応する駆動予荷重ピストンによって加えられた前記予荷重力に対抗する力を該振動テーブルに加え、前記予荷重軸受が、前記外力生成装置によって該振動テーブルにもたらされる多自由度の振動運動を吸収するようになったことを特徴とする振動試験機械。

10

【請求項 5】

前記外力生成装置が、電動式加振機又は電気油圧式加振機を備えることを特徴とする請求項 4 に記載の振動試験機械。

20

【請求項 6】

振動力を振動試験機械内の試験ユニットに加える方法であって、前記方法が、剛性固定フレームで振動テーブルを囲み、  
振動エネルギーの出力を有する外力生成装置を前記フレームの外側に配置し、  
前記外力生成装置の前記振動出力を前記振動テーブルに伝える駆動予荷重装置と、前記駆動予荷重装置によって伝えられる前記振動出力に対抗する力を該振動テーブルに加えるための、該振動テーブルの反対側にある受動的予荷重ピストンとからなるプッシュ・プル構成で、予荷重装置によって該外力生成装置の該振動エネルギー出力を該振動テーブルに伝える、  
段階を含み、

30

前記予荷重装置が、前記剛性固定フレームの両側に剛に取り付けられ、シリンダ内で摺動可能なピストンを含むシリンダを含み、前記ピストンが、該振動テーブルの両側に連結されたピストン棒を有し、各々のシリンダが、その対応するピストンに対して作用する制御された流体圧力のソースを提供することを特徴とする方法。

【請求項 7】

多自由度の振動力を振動試験機械内の試験ユニットに加える方法であって、前記方法が、  
剛性固定フレームで振動テーブルを囲み、  
各々が振動エネルギー出力を有し、その前記振動エネルギー出力が前記振動テーブルに伝えられ、各々が固有の軸線に沿った単一自由度の動きを生成するように、前記フレームの外側の周りに位置合わせされた外力生成装置の群を該フレームの外側に配置し、  
プッシュ・プル構成で、対応する対の予荷重装置によって各外力生成装置の前記振動エネルギー出力を前記振動テーブルに伝える、  
段階を含み、

40

各対の前記予荷重装置が、対応する外力生成装置を、前記剛性固定フレームによって与えられた抵抗力に対して前記振動テーブルに伝えられた振動エネルギー入力として伝える駆動予荷重装置と、前記対応する駆動予荷重装置から伝えられた前記振動エネルギー入力に対抗する力を該振動テーブルに対して加えるように、該振動テーブルの反対側に位置合わせされた受動的予荷重装置とを含み、各受動的予荷重装置によって生成された前記力が

50

、該剛性固定フレームによって与えられる抵抗力に逆らって作用し、前記予荷重装置が、別箇の自動調心球面軸受によって該振動テーブルの両側に連結されたことを特徴とする方法。

【請求項 8】

前記外力生成装置が、各々電動式加振機又は電気油圧式加振機を備えることを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記予荷重装置が、様々な最初の付勢力を生成するように独立して制御されることを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

剛性固定フレームの組み合わせと、前記固定フレームの内部の多自由度振動テーブルと、電動式加振機を含む外力生成装置と、各々が、駆動予荷重ピストンと、前記振動テーブルの両側の対応する受動的予荷重ピストンとからなり、1つの対が各外力生成装置と関連し、各対が該固定フレームの両側に取り付けられたプッシュ・プル関係で配置された、多数の対の駆動及び受動的予荷重ピストンと、前記予荷重ピストンを該振動テーブルに連結させる静油圧型自動調心スライダ軸受とを備えることを特徴とする多自由度振動試験機械。

【請求項 11】

前記外力生成装置が、前記予荷重ピストンと組み合わせられて、6自由度加振機を生成することを特徴とする請求項 10 に記載の振動試験機械。

【請求項 12】

剛性の固定外側フレームと、  
前記外側フレームの内部に配置された剛性構造体を含む振動テーブルと、  
前記振動テーブルに振動力をもたらすための、前記外側フレームの外側にある外力生成装置と、  
前記外側フレームに剛に取り付けられ、前記外力生成装置に連結された力受け端部及び前記振動テーブルの第 1 の側に連結された力印加端部を有する駆動予荷重装置と、  
前記駆動予荷重装置と反対側で前記外側フレームの側部に剛に取り付けられ、前記駆動予荷重装置と反対側の振動テーブルの第 2 の側に連結された受動的力受け端部を有する受動的予荷重装置と、  
を備え、  
前記予荷重装置の前記力印加及び力受け端部が、共通の軸線上に位置合わせされ、別箇の自動調心軸受によって前記振動テーブルの両面に連結されており、  
前記駆動予荷重装置の前記力印加端部が、調整可能な予荷重力を前記振動テーブルの前記第 1 の側に加えるようになり、  
前記受動的予荷重装置の前記力受け端部が、前記駆動予荷重装置の前記予荷重力の調整と別箇にかつ無関係に、調整可能な受動的予荷重力を前記振動テーブルの前記第 2 の側に加えるようになったことを特徴とする振動試験機械。

【請求項 13】

前記駆動予荷重装置及び前記受動的予荷重装置が各々、別箇の自動調心球面軸受によって前記振動テーブルの前記対向する第 1 及び第 2 の面に連結されたことを特徴とする請求項 12 に記載の振動試験機械。

【請求項 14】

前記駆動予荷重装置が、前記剛性の固定外側フレームへの前記予荷重装置の剛性取付けによって抵抗を受ける振動力を介して、前記外力生成装置から前記振動テーブルに前記振動力を加え、該振動テーブルに伝えられる前記振動力が、該剛性の固定外側フレームへの剛性取付けを介する前記受動的予荷重装置によって抵抗を受けることを特徴とする請求項 12 に記載の振動試験機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、使用中に振動に曝される製品を試験する際に用いるための振動環境の模擬実験に関し、より具体的には、1つの実施形態において、非常に高い周波数で多自由度の振動環境を模擬する改善された振動試験機械に関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

多くの製品は、その耐用年数の間中機械的振動に曝されることになり、設計及び製造段階に製品の振動試験を行うことが、その製品の予想耐用年数を向上させるのに非常に有用であることが実証されている。

経験する現実世界の振動は、通常、6自由度(DOF)全てを含んでおり、すなわち、振動は通常、3つの直交軸線に沿った直線加速度成分とこれらの軸線の周りの角加速度成分とを有する。振動環境の最も優れた模擬実験は、6自由度全ての振動を含むものである。

10

## 【 0 0 0 3 】

幾つかの振動試験機械が、6自由度の振動を生成するように設計されてきた。これらは、物品を取り付ける試験テーブルを動かすために、油圧アクチュエータを用いることが多い。各々のアクチュエータ機構は、通常、単一自由度で製品を動かすので、5自由度を有する軸受によって、各々のアクチュエータをテーブルに連結させなければならない。このように、アクチュエータは、その駆動リンクが接続されたテーブル上の地点の単一自由度を制御するものである。5DOF軸受は、他の5自由度の動きを可能にする。各々が単一自由度を制御する、適切に配置された6つのアクチュエータを用いる場合には、テーブルの6自由度全てを制御することができる。

20

## 【 0 0 0 4 】

多くのアクチュエータ及び軸受構成により、6自由度の振動及び/又は衝撃を達成することが可能になる。アクチュエータの各端部の球面軸受が、該アクチュエータとテーブルとの間の球面軸受、或いは単一要素内の滑り軸受及び回転軸受の両方を含む特別な5自由度軸受と連結する。

これらのシステムの周波数応答は、油圧式加振機、テーブル、及び結合リンクの動力学により制限されている。周波数応答の非常に基本的な制限は、油圧式加振機から生じる。

## 【 0 0 0 5 】

典型的な油圧サーボ弁は、50Hzから100Hzまでの周波数応答に制限されている。Team Corporationに譲渡された米国特許第5,343,752号は、サーボ弁と、アクチュエータのサイズによって1000Hzから2000Hzまでに応答する複動ピストン・アクチュエータとを開示する。幾つかの多数自由度システムが、その特許に開示されている。各々が高周波数の弁を用いており、多自由度加振機により、これまでに達成可能なものより高い振動周波数を生成する。立方体試験システムと呼ばれるこれらのシステムの1つは、振動テーブルの内部にアクチュエータを含む。このシステムは、6DOF振動試験システムの周波数応答を改善し、制御可能な周波数を従来技術の約50Hzから約250Hzまでに上昇させる。さらに高い周波数応答が望まれており、立方体試験システムは、本発明の改善点を比較する根幹をなすものである。

30

40

## 【 0 0 0 6 】

立方体型多軸振動テーブルと比較すると、本発明は、より高い周波数応答、及びより優れた均一性(より少ない歪み)を有する。電動式(ED)アクチュエータは、最も優れた電気油圧式(EH)加振機に比べてさえ、優れた周波数応答を有し、歪みが少なく、本発明の小さく堅いテーブルは、立方体試験システムより高い第1のモードの周波数をもたらす。このことにより、試験物体がずっと高いGレベルまで並進される。

立方体の加振機のアクチュエータが、振動テーブルの内部に配置され、該振動テーブルの底部を通して突出する脚部上の反作用質量に取り付けられる。内部アクチュエータのための取付け構造体(脚部)は、その設計の周波数応答をアクチュエータが可能なものより低い周波数に制限する、相対的に低い固有周波数を有することが分かった。

50

さらに、立方体の加振機が反作用質量よりかなり上方に支持される（かつ振動する）ので、該反作用質量によって反作用を及ぼさなければならない大きなモーメントが生成される。反作用質量の動きを最小に保持することは、大きな反作用質量の使用を必要とする。

【発明の開示】

【0007】

簡単に言うと、本発明の1つの実施形態が、固定支持フレームと、該支持フレームの内部で振動エネルギーを伝える剛性構造体の形態の振動テーブルと、該外側フレームによって支持され、該振動テーブルの一方の側に連結された駆動予荷重ピストンと、該外側フレームによって支持され、該駆動予荷重ピストンと反対側の側部で該振動テーブルに連結された受動的予荷重ピストンと、該外側フレームの外側にあり、高周波数の振動エネルギーを駆動ピストンにもたらし、その振動エネルギーを該振動テーブルに伝えるように、該駆動予荷重ピストンに連結された外力生成装置とを含む振動試験機械を備える。受動的予荷重ピストンは、該駆動予荷重ピストン力に対抗する該振動テーブルに加える。

10

【0008】

1つの実施形態において、多自由度加振機は、各々が、対応する駆動予荷重ピストンに連結され、振動テーブルの反対側に関連した受動的予荷重ピストンを有する多数の外力生成装置を含む。振動テーブルに連結する予荷重ピストンは、自動調心軸受パッドを含み、該振動テーブル内にもたらされる多自由度の振動運動を吸収する。

本発明は、反作用質量（支持フレーム）で振動テーブルを囲むので、テーブル及び反作用質量の重心が互いに非常に近くなる。立方体型加振機と比べると、2つの態様の試験用取付具が改善される。第1に、反力が、反作用質量の重心のずっと近くに作用し、引き起こされたモーメントが劇的に減少し、これにより必要とされる反作用質量のサイズが減少される。第2に、振動テーブルが小さくなり、ずっと小さい質量を有するので、反力の大きさ及びモーメントが立方体形状の場合よりずっと小さいものになる。

20

【0009】

振動力が作用される場所は、立方体システムに類似した空間構成で配置されるが、実際の力生成アクチュエータは、試験テーブル又は支持フレームの外側に配置される。このことにより、様々な種類の力生成アクチュエータの使用が可能になる。1つの実施形態において、本発明は、電動式（ED）アクチュエータを用いるが、この概念は、ED加振機に制限されるものではない。単一の端又は両端に電気油圧式（EH）加振機又は何らかの種々の機械的加振機を配置して、力生成ドライバとして用いることもできる。

30

本発明の1つの実施形態は、圧縮荷重だけを支持できる静油圧型潤滑式自動調心スライダ軸受に予め荷重を加える方法に関する。本発明において、軸受は、外力生成装置を振動テーブルに連結させるために用いられるので、該軸受の動きが多自由度の振動を提供できるように用いられる。

【0010】

多くの種類の試験物品についての振動及び衝撃条件を模擬するために、多自由度振動テーブルが用いられる。6自由度の模擬実験が、最も完全なものである。本発明は、各々が単一自由度の動き（直線におけるプッシュ・プル力）を生成する多数の外力生成装置を可能にするものであり、プッシュ力及びプル力の両方が振動テーブルに効果的に伝えられるようにED加振機又はEH加振機を接続することができるようになる。特に、本発明は、一般に、一方の端部からだけ移動部品（電機子）へのアクセスを有する、ED加振機のような力生成装置が、多自由度振動テーブルに効果的に連結することを可能にする。本発明はまた、1自由度の力生成装置を、多自由度で動く振動テーブルに連結させる機構間の相互結合接続を最小にするものでもある。

40

【0011】

このように、本発明の1つの実施形態は、固定外側フレームの組み合わせ、多自由度振動テーブル、各々をED加振機とすることができる外力生成装置、1対が各力生成装置と関連した、対で用いられる駆動予荷重ピストン及び受動的予荷重ピストン、並びに該予荷重ピストンを該振動テーブルに連結させる静油圧型自動調心スライダ軸受を含む。

50

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0012】

図1は、ほぼ立方体形状の剛性固定支持フレーム10を含む、多自由度振動試験機械を示す斜視図である。支持フレーム10の内部の内部空所12は、振動エネルギーを伝え、加振機の移動要素を提供する、高い剛性を有する剛性構造体の形態の振動テーブル14を含む。試験テーブル16が、加振機の上面の水平面に配置される。この試験テーブルは、振動テーブルに剛に取り付けられ、試験テーブルに取り付けられた際に、試験中のユニット(図示せず)が振動試験に曝される。支持フレーム10及び図1に示される加振機組立体の他の部品は、床の上に載っている下部支持構造体に取り付けられる。下部支持構造体の実施形態が、以下に説明される。

10

## 【0013】

別箇の振動力生成装置18が、剛性フレーム10の外面に隣接して配置される。示される実施形態は、立方体形状の支持フレームの5つの面に隣接して配置された6つの力生成装置がある6自由度加振機を含む。2つの力生成装置が、立方体形状のフレームの下面に隣接して並列配置されるが、試験ユニットを保持する上面は、隣接する力生成装置を有していない。他の4つの力生成装置は、立方体形状のフレームの残りの4つの側部に隣接して配置される。振動力生成装置は、高周波数の振動エネルギーを試験機械の振動テーブルの移動要素に伝える。示される実施形態の力生成装置は電動式振動力生成装置を含むが、電気油圧式力生成装置のような他の型の力生成装置を用いることもできる。示される実施形態において、各力生成装置は、固定フレームに取り付けられた対応する対の油圧ピストンを通して振動テーブルに連結される。ここでは予荷重ピストンと呼ばれるこれらのピストンは、図2乃至図4により詳細に説明される。

20

示される振動試験機械において、電動式振動力生成装置は、対応する円錐形状のコレクタ20によって予荷重ピストン棒に機械的に連結され、そのことによりが電動式加振機の対応する振動要素の直径が低減される。電動式加振機は一般に、界磁巻線をも有する電磁コイルの内部に高周波数で振動するボイスコイルを含む、金属の円筒形の外側ハウジングを備える。振動ボイスコイルは、電動加振機が連結された駆動ピストン棒より大きな直径を有する。

## 【0014】

図2は、対応する予荷重装置を介して外力生成装置を内部の振動テーブルに機械的に連結させるためのシステムの1つの実施形態を示す。例証においては、支持フレーム10の両側の力生成装置が、参照番号18a及び18bで示される。フレームの左側に示される力生成装置18aは、駆動予荷重装置22aによって振動テーブルに連結される。力生成装置18aの移動ボイスコイルからの振動エネルギーは、駆動予荷重装置内の予荷重ピストン24aに連結されている。ピストン24aは、上述の外部コネクタ20によって力生成装置の移動要素に剛に取り付けられる。フレーム内部のピストン24aの駆動端部は、静油圧型自動調心スライダ軸受26aによって振動テーブルに連結される。振動テーブルの両側では、受動的予荷重装置28aが、駆動予荷重装置22aと軸方向に位置合わせされる。受動的予荷重装置28aは力生成装置に連結されていず、その機能は、駆動予荷重ピストン24aの予荷重力に対抗することである。受動的予荷重装置は、静油圧型自動調心スライダ軸受32aによって振動テーブルに連結された受動的予荷重ピストン24aを含む。

30

40

支持フレーム10の右側に示される力生成装置18bは、力生成装置18aについて説明されたものに類似した予荷重装置によって振動テーブルに連結される。このように、力生成装置18bは、駆動予荷重ピストン24bが自動調心軸受26bによって振動テーブルに連結された駆動予荷重装置22bによって、該振動テーブルに連結される。振動テーブルの両側では、受動的予荷重装置が、駆動予荷重ピストン24bと軸方向に位置合わせされた受動的予荷重ピストン30bを含む。受動的予荷重ピストン30bは、静油圧型自動調心スライダ軸受32bによって、振動テーブルに連結される。

## 【0015】

50

図 2 に最も良く示されるように、力生成装置 18 a 及び 18 b によって生成された力の出力が、平行軸に沿って離間して配置される。これは、立方体形状のフレームの対向する側面上に位置合わせされた 2 対の力生成装置のプッシュ・プル構成を示している。フレームの底部の 2 つの力生成装置は、振動テーブルの対向する底側部に連結された平行軸に沿った振動力の出力を有する。

駆動予荷重ピストン及び静油圧型自動調心スライダ軸受が、図 3 により詳細に示される。駆動予荷重装置 22 は、階段状シャフト、ハウジング 34、油圧アキュムレータ 36、及び静油圧型自動調心スライダ軸受 26 を有する移動ピストン部品 24 を含む。シャフトのより小さい直径端部 38 は、ハウジングの本体を通して外側に延びる。このシャフト延長部は、プッシュ及びプル力の両方が駆動ピストン内に伝えられるように、1DOF 力生成装置を移動ピストンに連結させるための手段を提供する。

#### 【0016】

階段状ピストンの輪郭によって形成されたチャンバ体積は、油圧アキュムレータ 36 に連結され、圧力下の流体の外部ソースに該チャンバを接続することによって、流体（一般的には、作動液）で満たされる。ピストン延長部の直径と、より大きいピストン直径の差により形成された肩部領域は、圧力下の流体が作用する表面 38 を提供する。この圧力は、ピストンにかかる力を生成し、振動テーブル上の平坦な面に対して自動調心パッド軸受 26 に予め荷重を加える。アキュムレータ 36 は、ピストン 24 が伸縮し、試験用取付け具組立体との接触を維持することを可能にする。作動の際の圧力変化を最小にすることは、外力生成装置によって与えられた利用可能な力の多くを振動テーブルに伝えることを可能にする。可変の減衰値を達成できるように、調節式流量制限装置 40（調整可能なオリフィスのような）を、アキュムレータとピストンとの間の流路 42 内に組み込むことができる。減衰は、振動テーブルにおける構造体の共振を制御するのに有用である。アキュムレータの上部 44 は、圧力下のガスを含む。ガス圧を制御し、低いばね率の同等物を用いて、使用の際に駆動予荷重ピストンがその最初の予荷重力を維持することを可能にする。

#### 【0017】

受動的予荷重装置 28 が、図 4 により詳細に示される。この受動的予荷重装置は、シャフト延長部を除いて、駆動予荷重ピストンの構成の全てを組み込んでいる。受動的予荷重装置は、自動調心軸受 32 によって振動テーブルに連結された予荷重ピストン 30 を含む。油圧アキュムレータ 46 が、調節式流量制限装置 50 を有するライン 48 によってピストン・チャンバに連結する。アキュムレータ内のガス体積 52 が低いばね率で制御され、最初の予荷重力を維持する。加圧されると、アキュムレータ内のガス体積 52 は、駆動予荷重ピストンの力に対抗する力を振動テーブルに対して生成する。この力は、駆動予荷重ピストン内の予荷重力にほぼ等しいが、異なる作動特性の多自由度振動テーブルを生成するために、この予荷重力より小さく又は大きくなるように調整することもできる。

#### 【0018】

使用の際に、予荷重ピストンは、力生成装置によって加えられた力を振動テーブルに伝えるための手段を提供する。予荷重ピストンは、該予荷重ピストンが自力で振動テーブルを動かすのではないという意味で、受動的である。これらの機能は、外力生成装置によって生成される力より大きい最初の予荷重力を加えることである。この最初の予荷重条件は、自動調心スライダ軸受と振動テーブルとの間の接触を維持し、外力を該振動テーブル内に適切に伝えるために重要なものである。これらの予荷重力は、機械の最良の性能のために実用的であるように、できるだけ一定のままにすることが望ましい。ほぼ一定の力を維持する 1 つの方法は、ガス/油アキュムレータの使用によって達成されるが、これが唯一の可能な方法というわけではない。ピストンが伸縮する際に、圧力の変化、よって予荷重ピストン内の予荷重力の変化を最小にするために、アキュムレータ内に含まれるガス量が用いられる。機械の作動の際に、外力生成装置によって生成された動的力が、予荷重ピストン内の予荷重力を用いて加算及び減算を行う。動的力が最初の予荷重力を超えることになった場合には、自動調心パッド軸受が、振動テーブルの表面から分離する。予荷重ピストンは、流体ばね力を用いる予荷重装置の一例であり、機械的ばね力を用いる他の予荷重

10

20

30

40

50

装置を用いることもできる。

1つの例において、予荷重ピストンと共に用いられる自動調心軸受は、Team Corporationに譲渡された米国特許第5,343,752号に記載される種類の球面軸受とすることができる。

#### 【0019】

図6乃至図9は、使用中に振動試験用取付具を支持するための構成を示し、図7乃至図13は、代替的な支持システムを示す。両方の実施形態において、簡単にするために、三軸の振動試験システムが示されるが、これらの支持システムを、6自由度システムのような他の力生成構成のために用いることもできる。

図6乃至図9は、力生成装置18が、各々固定フレーム構造体10に剛に取り付けられた支持システムを示す。この組み合わせは、床の上に載っている剛性の下部支持構造体60に取り付けられる。組み合わせられた力生成装置及び固定フレームは、空気ばね62上に取り付けられ、この空気ばね62は、加振機によって生じた振動を下部支持構造体に伝えられないように隔離するので、使用中に生成された振動は床に伝わらない。

#### 【0020】

図10乃至図13は、力生成装置を試験システムの振動要素から機械的に隔離することができる代替的な支持システムを示す。この実施形態において、各々の力生成装置は、対応するU形状のフレーム64によって囲まれる。各々の力生成装置は、振動を固定フレーム10から隔離するためのそれぞれのばね機構をU形状のフレーム内に含む。U形状のフレーム64及びそれらの対応する力生成装置は、固定フレーム10に剛に取り付けられる。この組み合わせは、剛性の下部支持構造体66に剛に取り付けられる。振動試験用取付具及び下部支持構造体の全体が、該下部支持構造体の脚部と床との間の空気ばね68によって床に取り付けられる。この空気ばねは、使用中に生成される振動から床を隔離する。

#### 【0021】

コンピュータが、特に多軸運動の制御のために設計された特別のソフトウェアを用いる多軸振動システムを制御する。これらのコントローラは、当該技術分野において公知の幾つかの製造業者から入手可能である。

一般に、コンピュータは、試験物品の動きを力生成装置への6つの駆動信号に相関させるシステムの動力学の線形モデルを予測する。このモデルは、加振機間の相互作用、及び試験機械及び試験物品の動力学を考慮する。力生成装置への駆動信号を計算し、所望の試験振動を生成するために、このモデルが用いられる。

前述された圧力調整装置を調整し、該圧力調整装置上に作用する油圧を制御することによって、予荷重力によって加えられる静電力が制御される。

#### 【0022】

振動テーブルにかかる予荷重力が等しく反対向きである場合、力の合計はゼロになり、該振動テーブルは動かないが、同時にスライダ・パッド軸受は、圧縮荷重を受けて該振動テーブルの表面と接触した状態で確立される。最初の予荷重力が等しくならないように調整された場合には、全ての力の合力がゼロとなるように、外力が付加的な定常状態力をもたらさなければならない。外力生成装置がこの外力をもたらすことができ、又は重力によって外力を与えることができる。受動的ピストン及び予荷重ピストンにおける異なる力の1つの作用は、振動テーブルにかかる重力の力及び該振動テーブルに取り付けられた試験物品をオフセットさせることである。重力の力をオフセットすることにより、振動又は衝撃試験の際に動きを生成するための利用可能な駆動力の全てが蓄えられる。予荷重力を変える別の利点は、振動テーブル・システムにより、所望時に該振動テーブルのより高い加速度を所定の方向に生成することが可能になることである。

#### 【0023】

圧力下の流体が、駆動予荷重ピストン及び受動的予荷重ピストンのハウジングにかかる力も生成する。これらの力は、固定フレームに伝えられる。固定フレームは、予荷重ピストン組立体のハウジングを連結させ、該ハウジングにかかる力が互いに合計する。駆動予荷重ピストン及びその対向する受動的予荷重ピストン内の予荷重力が等しい場合には、固



定フレームにおける合力がゼロになる。このことは、必要に応じて、外力生成装置の本体を固定フレームから機械的に隔離することを可能にする。駆動ピストン及びその対向する受動的ピストン内の予荷重力が、等しくなるように構成されていない場合には、外力生成装置の本体は固定フレームに機械的に連結され、該固定フレーム内の力によって該力生成装置により与えられた定常状態の外力を作用させることができる。

【 0 0 2 4 】

図 5 は、本発明の原理を採用する簡単化された実施形態を示す、本発明の別の形態の断面図である。この構成においては、1つの駆動予荷重ピストン及び1つの受動的予荷重ピストンが、振動テーブル、支持フレーム、及び外力生成装置に連結されている。この実施形態に示されるように、外力生成装置は、電動式加振機とすることができるが、油圧式加振機を用いることもできる。この組み合わせを他の配向で繰り返し、多自由度システムを生成することができる。

10

振動テーブルを加速するために利用可能な力を増大させるために、受動的予荷重ピストン組立体を駆動予荷重ピストン組立体と置き換えることが可能である。この構成は、付加的な外力生成装置の使用を可能にする。

【 0 0 2 5 】

回転しない3つの並進を生成する3DOF構成が望ましい場合には、隣接する対のドライバ予荷重ピストンを機械的に連結させ、一緒に動かすことができる。次に、外力生成装置を連結させ、その力を駆動された対の予荷重ピストンに対称的に加える。

駆動予荷重ピストンの力が、反対方向の受動的予荷重ピストンの力より大きくなるように構成された場合には、定常状態の力の合力がゼロになるように付加的な定常状態の力をもたなければならない。外部の加振機は、駆動予荷重ピストンに一時的な張力荷重を加えなければならない。試験が開始されると、外力生成装置は、その力を圧縮力として駆動予荷重ピストンに加える。次に、加振機の力及び付勢力が合計され、振動テーブル上だけで外力生成装置により生成される力より大きい力を生成する（一方向だけに）。この構成は、衝撃パルスのような試験のために有用である。

20

【 0 0 2 6 】

予荷重アクチュエータの組み合わせによって生成することができる付勢の選択肢には、(1)付勢荷重がないこと、すなわち駆動ピストンの力が、ここに説明されるプッシュ・プル構成における等しい力、反対向きの受動力によってオフセットされること、(2)重力荷重をオフセットさせるための荷重付勢、(3)一方向（外力生成装置の方向又は該外力生成装置から遠ざかる方向のいずれか）に、より高い動的力を生成するための荷重付勢、及び(4)制御された角加速度を生成するようにオフセットされた予荷重が含まれる。

30

予荷重力は、加振機の力より大きくしなけりばならず、かつ電動式加振機又は複動式油圧加振機と共に用いるために「等しく、反対向きに」しなければならない。単一端式油圧加振機の場合には、予荷重は、能動的シリンダ力の半分であることが必要である。

【 0 0 2 7 】

前述のように、外力生成装置は、所望の高周波数信号を生じさせるために、種々の装置を含むことができる。例えば、次の製造業者、すなわち、カリフォルニア州アナハイム所在の Ling Electronics、コネチカット州ウォリントン所在の Unholtz-Dickie、英国の LDS、日本の IMV、及びドイツの RMS から入手可能な電動式加振機を本発明に用いることができる。ワシントン州バーリントン所在の Team Corporation から入手可能であり、米国特許第 5,343,752 号に記載されている電気油圧式加振機を、油圧力生成装置として用いることができる。

40

【 0 0 2 8 】

本発明は、デカルト座標系における位置合わせ及び加振機の使用に関連して説明された。しかしながら、ここに含まれる概念は、運動学的に適切な種々の配向に適用することができる。本発明は、その要素の直交配向に制限されるものでない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 9 】

50

【図 1】 E D 式単一 D O F 力生成装置を組み込む 6 D O F 振動テーブルを示す斜視図である。

【図 2】一対の力生成装置、固定フレーム、多 D O F 振動テーブル、及び各々の力生成装置を該振動テーブルに連結させる一対の予荷重生成ピストン（駆動ピストン及び受動的ピストン）を示す概略的な断面図である。

【図 3】 駆動予荷重ピストンの概略的な断面図である。

【図 4】受動的予荷重ピストンの概略的な断面図である。

【図 5】単一 D O F 振動テーブルを含む本発明の代替的な形態の概略的な断面図である。

【図 6】 振動試験機械のための支持システムの 1 つの実施形態を示す斜視図である。

【図 7】図 6 に示される支持システムの平面図である。

【図 8】図 7 の線 8 - 8 で取った側面図である。

【図 9】図 7 の線 9 - 9 で取った側面図である。

【図 10】振動試験機械のための代替的な支持システムを示す斜視図である。

【図 11】図 10 に示される支持システムの平面図である。

【図 1 2】図 1 1 の線 1 2 - 1 2 で取った側面図である。

【図 13】図 11 の線 13 - 13 で取った側面図である。

【 図 1 】

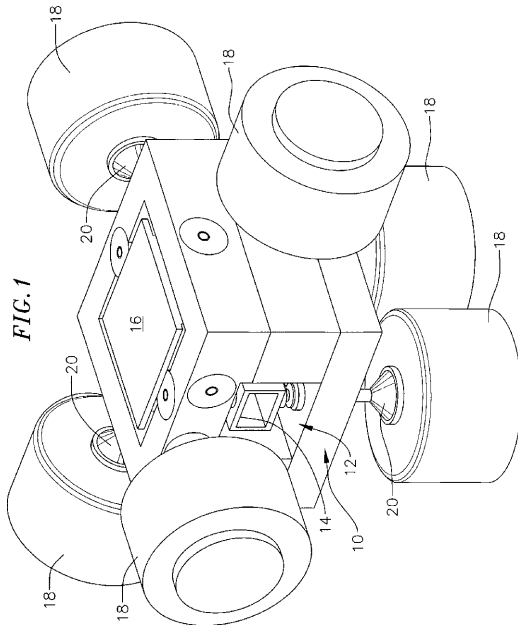


FIG. 1

【圖 2】

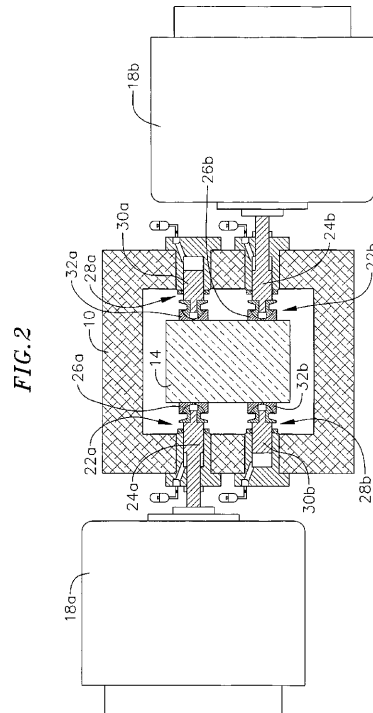
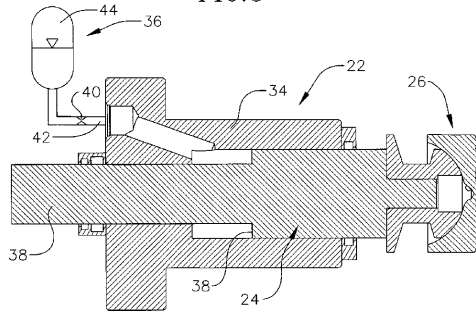


FIG. 2

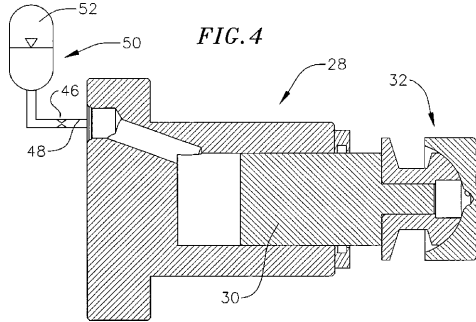
【図 3】

FIG. 3



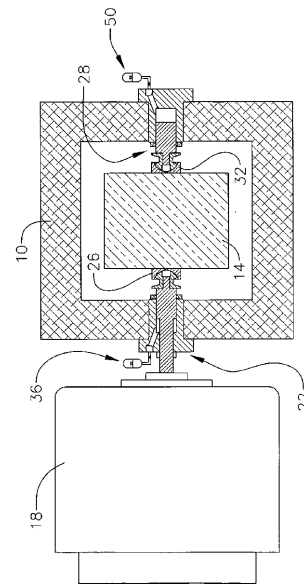
【図 4】

FIG. 4



【図 5】

FIG. 5



【図 6】

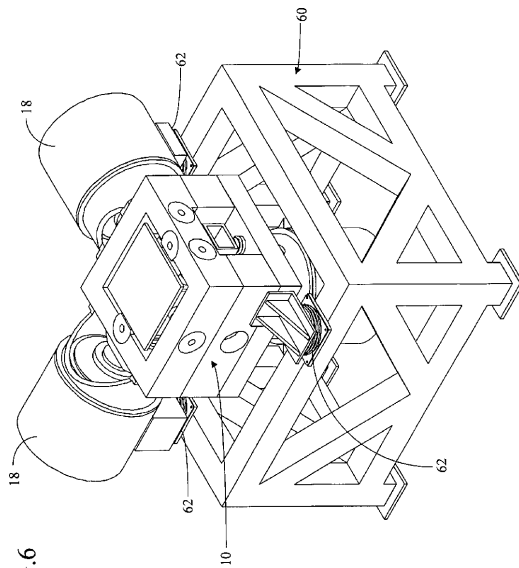


FIG. 6

【図 7】

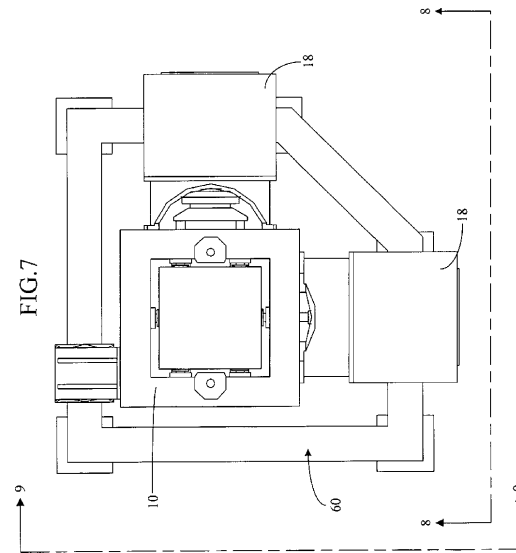
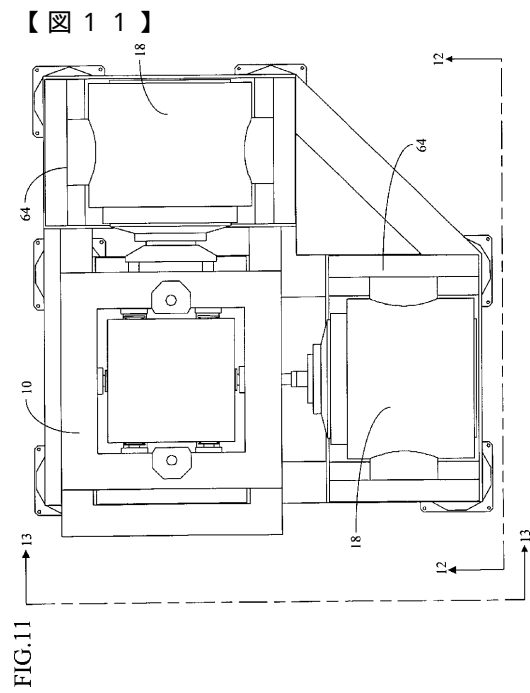
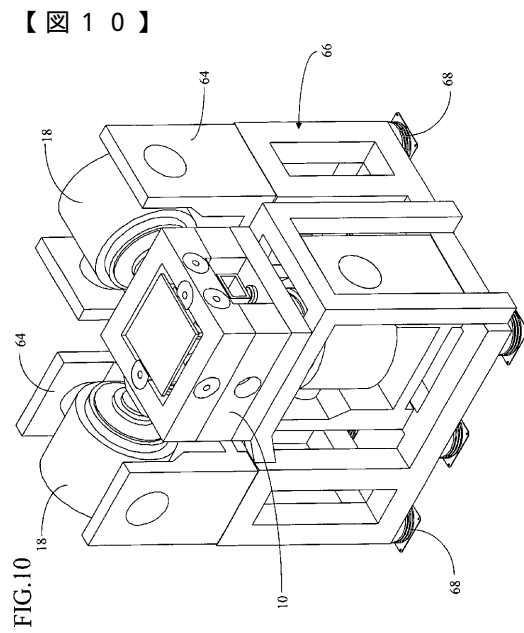
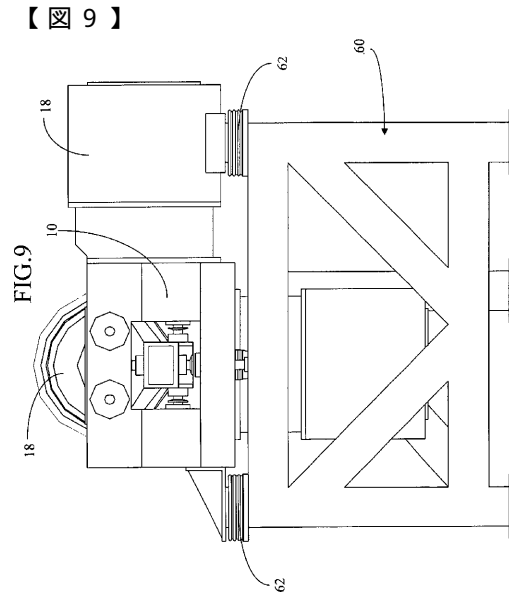
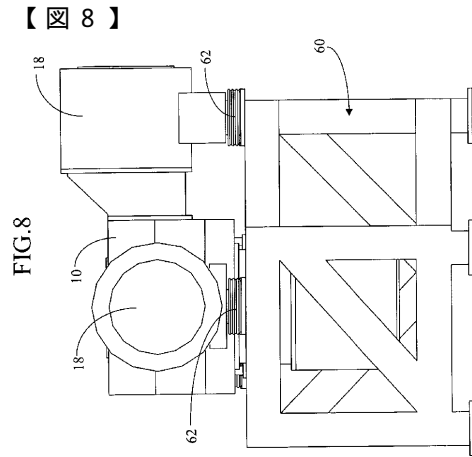
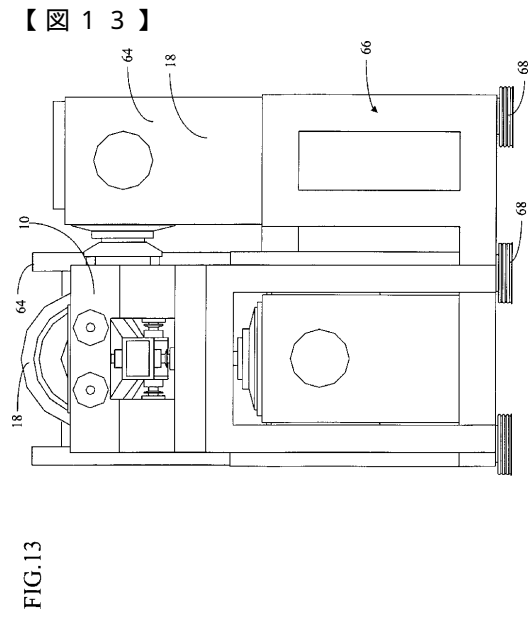
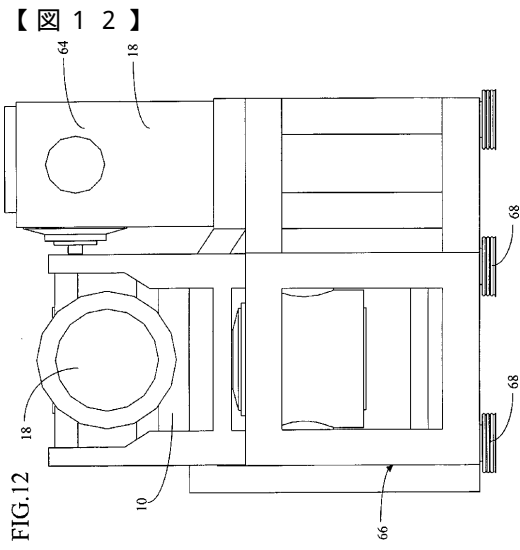


FIG. 7





---

フロントページの続き

(74)代理人 100088694

弁理士 弟子丸 健

(74)代理人 100103609

弁理士 井野 砂里

(72)発明者 ウォイスキー ウィリアム ビー

アメリカ合衆国 ワシントン州 9 8 2 2 1 アナコーツ ノース アベニュー 3 8 0 9

(72)発明者 ランド ダグラス エイ

アメリカ合衆国 ワシントン州 9 8 2 2 1 アナコーツ スカイライン ウェイ # 1 1 6 1  
6

審査官 福田 裕司

(56)参考文献 特開平 0 8 - 1 2 2 1 9 9 ( J P , A )

特開昭 5 4 - 1 0 4 8 6 6 ( J P , A )

特開平 0 1 - 1 2 9 1 2 9 ( J P , A )

特開昭 5 8 - 0 5 5 8 3 6 ( J P , A )

特開平 0 2 - 3 1 1 7 3 1 ( J P , A )

特開 2 0 0 2 - 3 5 0 2 8 1 ( J P , A )

特開平 0 1 - 2 9 9 4 3 3 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01M 7/02