

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6521101号
(P6521101)

(45) 発行日 令和1年5月29日(2019.5.29)

(24) 登録日 令和1年5月10日(2019.5.10)

(51) Int.Cl. F 1
F 1 6 H 21/54 (2006.01) F 1 6 H 21/54

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2017-561780 (P2017-561780)	(73) 特許権者	000004237
(86) (22) 出願日	平成27年9月10日 (2015. 9. 10)		日本電気株式会社
(65) 公表番号	特表2018-523064 (P2018-523064A)		東京都港区芝五丁目7番1号
(43) 公表日	平成30年8月16日 (2018. 8. 16)	(74) 代理人	100124811
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/004607		弁理士 馬場 資博
(87) 国際公開番号	W02017/017714	(74) 代理人	100088959
(87) 国際公開日	平成29年2月2日 (2017. 2. 2)		弁理士 境 廣巳
審査請求日	平成29年11月27日 (2017. 11. 27)	(74) 代理人	100187724
(31) 優先権主張番号	14/813, 410		弁理士 唐鎌 睦
(32) 優先日	平成27年7月30日 (2015. 7. 30)	(74) 代理人	100097157
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 桂木 雄二
		(72) 発明者	黒瀬 実
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 制限変位可撓性機構を有する連結ロッド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

制限変位可撓性機構を有する連結ロッドにおいて、前記制限変位可撓性機構は少なくとも1つの制限変位可撓性ジョイントを備え、前記制限変位可撓性ジョイントが、

プレート形状の可撓性部材と、

前記可撓性部材の屈曲を制限するように前記可撓性部材に平行に配置された少なくとも1つの屈曲制限部と、

を備え、

前記屈曲制限部が第1の部品と第2の部品とを備え、前記第1の部品が前記第2の部品に対して前記可撓性部材を屈曲させる方向に制限された角の範囲内で回転可能となるように、前記第1の部品と第2の部品とが係合されており、

前記第1の部品が、当該第1の部品の端部に設けられた円筒形状の凸部と一对の第1ストッパとを有し、前記一对の第1ストッパが前記連結ロッドの長手方向に対して直交する一对の反対方向にそれぞれ対応する方向に前記第1の部品から外側に突出し、

前記第2の部品が、前記一对の第1ストッパにそれぞれ対応する一对の第2ストッパと、当該一对の第2ストッパの間に前記円筒形状の凸部と回転可能に係合する形状の凹部と、を有し、

前記第1の部品の前記第2の部品に対する回転が、前記可撓性部材の屈曲に応じて、前記一对の第1ストッパの一方が前記一对の第2ストッパの対応する一方と当接することによって、制限されることを特徴とする連結ロッド。

10

20

【請求項 2】

少なくとも 1 対の制限変位可撓性ジョイントが設けられ、制限変位可撓性ジョイントの各対がそれぞれ互いに直交する 2 方向に屈曲するように設けられたことを特徴とする請求項 1 に記載の連結ロッド。

【請求項 3】

前記連結ロッドが射出成形、3 次元プリンタまたは MEMS (Microelectromechanical Systems) を含む技術を用いることにより一体形成されたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の連結ロッド。

【請求項 4】

前記可撓性部材が 2 個の屈曲制限部の間に配置され、前記 2 個の屈曲制限部が前記可撓性部材の屈曲を制限することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の連結ロッド。

10

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の連結ロッドを 2 本有し、当該 2 本の連結ロッドの各々の一端が結合されたことを特徴とするバイポッド。

【請求項 6】

前記 2 本の連結ロッドの結合部を載置部とした逆 V 字形状を有することを特徴とする請求項 5 に記載のバイポッド。

【請求項 7】

請求項 6 に記載のバイポッドを 3 個有し、各バイポッドにおける前記載置部が載置対象を 3 点支持することを特徴とする支持装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、連結ロッドや支持装置で使用可能な制限変位可撓性機構に関する。

【背景技術】

【0002】

精密技術に対する市場需要の増大に伴い、多自由度変位機構、マイクロマニピュレータ等の精密な変位を必要とする機械において、高精度の直線移動アクチュエータが重要となっている。ほとんどの場合、このような直線移動アクチュエータは、電気機械式または電気油圧式の装置を使用し、この装置は通常、6 自由度機構（いわゆるヘキサポッド（六脚台））の各ロッドに設けられる（特許文献 1、2 参照）。ヘキサポッドシステムでは、6 本のロッドのそれぞれが 3 次元空間内で物体を精密に位置づけるように調整可能である。

30

【0003】

6 自由度に沿って支持されるべきデバイスの位置を補正可能な載置組立体が特許文献 3 に開示されている。この載置組立体は 3 個の載置デバイスを有し、そのそれぞれが 2 本の辺と 1 本の可変長アームとからなる変形可能三角形構造を有する。辺のそれぞれは、互いに直交する 2 枚の平面内に配置された 1 対の可撓性ストリップを含む無摩擦ヒンジを有する。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2013 - 096574 号公報

【特許文献 2】米国特許第 8978480 号明細書

【特許文献 3】米国特許第 6402329 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、精密位置決めを達成するために高い剛性および強度を有する支持ロッドの場合、複数の部品を用いて機械構造を組み立てる必要があるため、微細化および重量低減が困

50

難となる。他方、上記の載置組立体のように可撓性ストリップが連結ロッドに使用される場合には、重い負荷や厳しい環境下で機械が破損するのを防ぐことが難しい。したがって、従来の技術は、軽量で、微細化され、簡易に製造される高精度のヘキサポッドを実現できない。

【0006】

本発明の目的は、構造的な堅牢さを達成することができ、重量および大きさの容易な低減と簡易な生産を可能にする新規な制限変位可撓性機構を有する連結ロッドを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明によれば、制限変位可撓性機構を有する連結ロッドにおいて、前記制限変位可撓性機構は少なくとも1つの制限変位可撓性ジョイントを備え、前記制限変位可撓性ジョイントが、プレート形状の可撓性部材と、前記可撓性部材の屈曲を制限するように前記可撓性部材に平行に配置された少なくとも1つの屈曲制限部と、を備え、前記屈曲制限部が第1の部品と第2の部品とを備え、前記第1の部品が前記第2の部品に対して前記可撓性部材を屈曲させる方向に制限された角の範囲内で回転可能となるように、前記第1の部品と第2の部品とが係合されており、前記第1の部品が、当該第1の部品の端部に設けられた円筒形状の凸部と一対の第1ストッパとを有し、前記一対の第1ストッパが前記連結ロッドの長手方向に対して直交する一対の反対方向にそれぞれ対応する方向に前記第1の部品から外側に突出し、前記第2の部品が、前記一対の第1ストッパにそれぞれ対応する一対の第2ストッパと、当該一対の第2ストッパの間に前記円筒形状の凸部と回転可能に係合する形状の凹部と、を有し、前記第1の部品の前記第2の部品に対する回転が、前記可撓性部材の屈曲に応じて、前記一対の第1ストッパの一方が前記一対の第2ストッパの対応する一方と当接することによって、制限されることを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は本発明の一実施形態による多自由度調整機構で用いられる直線移動機構の第1例を例示する斜視図である。

【図2】図2は図1に示す直線移動機構を例示する平面図である。

【図3】図3は図1に示す直線移動機構の動作を示す図である。

【図4】図4は図1に示す直線移動機構の製造工程の一例を示す模式図である。

【図5】図5は本発明の一実施形態による多自由度調整機構で用いられる直線移動機構の第2例を例示する斜視図である。

【図6】図6は図5に示す直線移動機構を例示する平面図である。

【図7】図7は図5に示す直線移動機構の動作を示す図である。

【図8】図8は本発明の第1の実施形態による多自由度調整機構を例示する斜視図である。

【図9】図9は図8に示す多自由度調整機構で使用されるバイポッドの斜視図である。

【図10】図10は図9に示すバイポッドの側面図である。

【図11】図11は図9に示すバイポッドの平面図である。

【図12】図12は図9に示すバイポッドの制限変位可撓性ジョイントの拡大側面図である。

【図13】図13は一方の方向に湾曲した場合の図12に示す制限変位可撓性ジョイントの拡大側面図である。

【図14】図14は他方の方向に湾曲した場合の図12に示す制限変位可撓性ジョイントの拡大側面図である。

【図15】図15は図8に示す多自由度調整機構の側面図である。

【図16A】図16Aは、支持組立体の動作を説明するための、図8に示す支持組立体の模式的側面構造図である。

【図16B】図16Bは、支持組立体の動作を説明するための、図8に示す支持組立体の

10

20

30

40

50

模式的側面構造図である。

【図 1 6 C】図 1 6 C は、支持組立体の動作を説明するための、図 8 に示す支持組立体の模式的側面構造図である。

【図 1 6 D】図 1 6 D は、支持組立体の動作を説明するための、図 8 に示す支持組立体の模式的側面構造図である。

【図 1 7】図 1 7 は本発明の第 2 の実施形態による制限変位可撓性機構を使用したヘキサポッド機構を例示する側面図である。

【図 1 8】図 1 8 は図 1 7 に示すヘキサポッド機構を例示する斜視図である。

【図 1 9】図 1 9 は図 1 7 に示すヘキサポッド機構を例示する平面図である。

【図 2 0】図 2 0 は載置台を取り外した状態における、図 1 7 に示すヘキサポッド機構を例示する平面図である。

10

【図 2 1】図 2 1 は、載置台およびすべてのパイポッドを取り外した状態における、図 1 7 に示すヘキサポッド機構を例示する平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

連結ロッドで使用される制限変位可撓性機構は少なくとも 1 つの制限変位可撓性ジョイントを備え、制限変位可撓性ジョイントは、可撓性ブレードと、可撓性ブレードに平行に配置された少なくとも 1 つの屈曲制限部とを備える。屈曲制限部は 2 個の部品を有し、一方の部品が他方の部品に対して可撓性ブレードを屈曲させる方向に制限された角の範囲内で回転可能となるように、前記 2 個の部品が係合されてもよい。

20

【0010】

より詳細には、屈曲制限部の第 1 の部品は、この第 1 の部品から外側に突出した 1 対のストッパを備えた凸部を有する。屈曲制限部の第 2 の部品は、第 1 の部品の凸部と回転可能に係合する凹部を有する。第 1 の部品の回転は、可撓性ブレードの屈曲に応じて、一方のストッパが凹部の一方の上端と当接するによって制限される。好ましくは、第 1 の部品の凸部は、可撓性ブレードの屈曲方向に応じて回転するような円筒形状を有する。

【0011】

より好ましくは、連結ロッドは少なくとも 1 対の制限変位可撓性ジョイントを備え、制限変位可撓性ジョイントの各対はそれぞれ互いに直交する 2 方向に屈曲可能とされる。さらに好ましくは、連結ロッドは射出成形、3 次元プリンタあるいは MEMS (Microelectromechanical Systems) 等の任意の技術を用いることにより一体形成される。

30

【0012】

上記のような 2 本の連結ロッドを有するパイポッドは、多自由度調整機構を組み立てるために使用可能である。多自由度調整機構は、底板と、上板と、複数の支持組立体とを有し、各支持組立体はパイポッドおよび直線移動機構を有する。パイポッドは 2 本の連結ロッドを有し、それらの一端は支持部を備えた上側で互いに固定される。支持部は、直線移動機構のそれぞれの直線移動に応じて、連結ロッドによって形成される平面上で所定の範囲内で移動する。

【0013】

1. 直線移動機構の第 1 例

40

図 1 および図 2 を参照すると、直線移動機構 10 は、少なくとも 1 つのパイポッドを使用する多自由度調整機構で用いられ、固定部 103 に接続された固定点 102 と可動部 105 に接続された可動点 104 とを有する楕円リング 101 を含む。固定点 102 および可動点 104 は、楕円リング 101 の長軸の両端である。

【0014】

楕円リング 101 は、楕円リング 101 の短軸の方向の両側にそれぞれ固定された軟質ばね (ソフトスプリング) 部 106a および 106b を有する。これにより楕円リング 101 は、軟質ばね部 106a と 106b の間に挟持される。軟質ばね部 106a および 106b はそれぞれの端に操作板 107a および 107b を備える。軟質ばね部 106a および 106b は、等しく楕円リング 101 を押圧または引張するように、同じばね定数を

50

有するのが好ましい。図 1 では、軟質ばね部 106 a および 106 b は蛇腹形のばねであるが、これは単なる一例である。

【0015】

軟質ばね部 106 a および 106 b のそれぞれは、互いに平行に配置された 2 個の軟質ばね（ソフトスプリング）から構成されるのが好ましい。より具体的には、図 2 に示すように、軟質ばね部 106 a は 2 個の軟質ばね 106 a 1 および 106 a 2 から構成され、これらは平行に配置され、楕円リング 101 の短軸に関して対称であってもよい。軟質ばね部 106 b は、軟質ばね部 106 a と同じ配置の 2 個の軟質ばね 106 b 1 および 106 b 2 から構成される。この 2 平行ばね配置により、位置ずれの効果を除去した自己位置合わせ機能を実現し、操作板 107 a および 107 b をそれぞれの表面に垂直に押圧または引張することを必要とせずに、可動部 105 を意図通りに直線移動させることが可能となる。

10

【0016】

可動部 105 は、その両側で第 1 および第 2 の弾性支持部によって支持されることにより、楕円リング 101 の長軸に沿った直線移動を確実にする。可動部 105 の一方の側は第 1 の弾性支持部に接続される。より具体的には、可動部 105 は、2 個の板ばね 108 a および 109 a を介して可動部 110 a に接続される。可動部 110 a はさらに、板ばね 111 a および 112 a をそれぞれ介して固定部 113 a および 114 a に接続される。換言すれば、可動部 105 の前記一方の側は、第 1 のペアの板ばね 108 a および 109 a ならびに第 2 のペアの板ばね 111 a および 112 a を介して固定部 113 a および 114 a に接続される。同様に、可動部 105 の他方の側は、第 2 の弾性支持部に接続される。これにより可動部 105 は、第 1 のペアの板ばね 108 b および 109 b、可動部 110 b および第 2 のペアの板ばね 111 b および 112 b を介して固定部 113 b および 114 b に接続されるようになっている。

20

【0017】

このようにして、可動部 105 の両側がそれぞれ第 1 および第 2 の弾性支持部によって支持されることで、可動部 105 は揺動せずに楕円リング 101 の長軸に沿って安定に移動する。

【0018】

また、可動部 105 の前記一方の側の 2 つの隅が切り取られ、固定部 113 a および 114 a がそれぞれ切り取り部分に部分的に収まるようになっている。同様に、可動部 105 の他方の側の 2 つの隅が切り取られ、固定部 113 b および 114 b がそれぞれ切り取り部分に部分的に収まるようになっている。したがって、可動部 105 は、固定部 113 a と 113 b との間および固定部 114 a と 114 b との間に可動挟持されることで、可動部 105 の移動が左右に過剰に揺動したり楕円リング 101 の長軸の方向に過剰に変位したりすることが妨げられるので、可動部 105 の移動が所定範囲内に限定される。

30

【0019】

既に説明したように、1 対の軟質ばね部 106 a および 106 b ならびに 2 対の板ばね 108 a および 109 a ならびに板ばね 111 a および 112 a のばね定数は、所望の減速比を得るように適切に選択することができる。次に直線移動機構 10 の動作について説明する。

40

【0020】

図 3 を参照すると、軟質ばね部 106 a および 106 b が相互に逆の入力方向 201 a および 201 b に押圧または引張されると、楕円リング 101 は矢印 202 a、202 b および 203 で示されるように変形することで、短軸の長さが減少または増大し、長軸の長さが増大または減少する。固定点 102 は移動が妨げられているので、可動点 104 が方向 203 の方向に移動することにより、可動部 105 は出力方向 205 にわずかに移動する一方、可動部 110 a および 110 b も同じ方向 204 a および 204 b にそれぞれわずかに移動する。

【0021】

50

このようにして、軟質ばね部 106 a および 106 b が楕円リング 101 を押圧または引張ることにより、楕円リング 101 は弾性変形し、楕円リング 101 の長軸に沿って可動部 105 を直線移動させる。押圧/引張の入力方向は、可動部 105 の直線移動の出力方向に直交する。軟質ばね部 106 a および 106 b のばね定数が楕円リング 101 および板ばね 108 a、109 a、111 a、112 a、108 b、109 b、111 b および 112 b のばね定数よりも小さい場合、軟質ばね部 106 a および 106 b に加わる入力変位量を、可動部 105 の所望の直線移動量に変換することができる。

【0022】

上記のように、直線移動機構 10 は、同じ平面上で動作することが可能であるため、微細化および構造強度が向上するとともに動作が容易になる。

【0023】

図 4 に例示するように、直線移動機構 10 のすべての部分 101 ~ 114 は、所定厚さの均質材料からなる単一の弾性板 120 から平面構造形状を切り取ることによって一体形成されてもよい。これにより、直線移動機構 10 は、すべての部分 101 ~ 114 が同じ厚さである 2 次元構造を有するので、重量および大きさの低減が容易となり、製造が簡単になる。直線移動機構 10 の製造には、射出成形、3 次元プリンタあるいは MEMS (Microelectromechanical Systems) のような他の技術を使用してもよい。

【0024】

多自由度調整機構で用いられる上記の直線移動機構によれば、軟質ばね部の大きい入力変位が、ばね定数比に従って、可動部の小さい直線移動に変換される。これにより、入力変位が低精度で軟質ばね部に加えられても、直線移動機構は高精度の直線移動を提供することができる。ばね定数比が既知の場合、可動部の変位量は、可動部の変位を精密に測定することなく、軟質ばねの入力変位を精密に測定することによって高精度で計算することができる。したがって、本発明の第 1 の実施形態は、可動部のナノ分解能の移動を達成することができる。

【0025】

また、上記のように、直線移動機構 10 の各部は、均質材料のモノコック設計による運動の本性に従って移動し、滑り機構による推移がないため、移動の損失の可能性がなく、以下のことが達成される。

- i . 確実に予測可能かつ反復可能な移動。
- ii . 複雑な位置センサや閉ループサーボ制御なしの精密な移動であるため、開ループ制御が可能。
- iii . 極低温から 400 以上までの広い温度範囲で完全に動作。
- iv . 押圧/引張機構(入力機構)を考慮する必要のない半永久的な寿命。
- v . 粒子汚染なし、交差汚染なし。
- vi . 腐食性の気体や液体中のような腐食条件に対する高い耐性。

【0026】

2 . 直線移動機構の第 2 例

図 5 および図 6 に示すように、少なくとも 1 つのバイポッドを使用する多自由度調整機構で用いられる直線移動機構 20 は、第 1 の直線移動部 300 および第 2 の直線移動部 400 の組合せによって形成される。それぞれの直線移動部は、図 1 および図 2 に示した直線移動機構 10 とほぼ同じ機能的構造を有する。第 1 の直線移動部 300 および第 2 の直線移動部 400 は、楕円リング 301 および 401 の長軸が互いに整列するように配置される。第 1 の直線移動部 300 および第 2 の直線移動部 400 は、第 1 の実施形態の固定部 103 に対応する共通の固定部 303 / 403 を有する。したがって、直線移動機構 20 は、その両側にそれぞれ可動部 305 および 405 を備える。

【0027】

より具体的には、第 1 の直線移動部 300 は、固定部 303 に接続された固定点 302 および可動部 305 に接続された可動点 304 を有する楕円リング 301 を有する。固定点 302 および可動点 304 は、楕円リング 301 の長軸の両端である。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

楕円リング 3 0 1 は、楕円リング 3 0 1 の短軸の方向の両側にそれぞれ接続された軟質ばね部 3 0 6 a および 3 0 6 b を有する。軟質ばね部 3 0 6 a および 3 0 6 b はそれぞれの端に操作板 3 0 7 a および 3 0 7 b を備える。軟質ばね部 3 0 6 a および 3 0 6 b は、等しく楕円リング 3 0 1 を押圧または引張するように、同じばね定数を有するのが好ましい。図 5 では、軟質ばね部 3 0 6 a および 3 0 6 b はベローズ形のばねであるが、これは単なる一例である。軟質ばね部 3 0 6 a および 3 0 6 b のそれぞれは、第 1 の実施形態の軟質ばね部 1 0 6 a および 1 0 6 b と同様の 2 平行ばね配置を有する。

【 0 0 2 9 】

可動部 3 0 5 は、その両側で弾性支持部によって支持されることにより、楕円リング 3 0 1 の長軸に沿った直線移動を確実にする。弾性支持部は第 1 の実施形態の第 1 および第 2 の弾性支持部と同様であるので、詳細な説明は省略する。可動部 1 0 5 の両側がそれぞれ弾性支持部によって支持されることで、可動部 3 0 5 は揺動せずに楕円リング 3 0 1 の長軸に沿って安定に移動する。

10

【 0 0 3 0 】

既に説明したように、1 対の軟質ばね部 3 0 6 a および 3 0 6 b ならびに弾性支持部のばね定数は、所望の減速比を得るように適切に選択することができる。

【 0 0 3 1 】

第 2 の直線移動部 4 0 0 の構造は第 1 の直線移動部 3 0 0 と同様である。略言すれば、第 2 の直線移動部 4 0 0 は、固定部 4 0 3 に接続された固定点 4 0 2 および可動部 4 0 5 に接続された可動点 4 0 4 を有する楕円リング 4 0 1 を有する。固定点 4 0 2 および可動点 4 0 4 は、楕円リング 4 0 1 の長軸の両端である。楕円リング 4 0 1 は、楕円リング 4 0 1 の短軸の方向の両側にそれぞれ接続された軟質ばね部 4 0 6 a および 4 0 6 b を有する。軟質ばね部 4 0 6 a および 4 0 6 b はそれぞれの端に操作板 4 0 7 a および 4 0 7 b を備える。可動部 4 0 5 は、その両側で弾性支持部によって支持されることにより、楕円リング 4 0 1 の長軸に沿った直線移動を確実にする。

20

【 0 0 3 2 】

図 7 を参照すると、操作板 3 0 7 a および 3 0 7 b が逆方向に動作することにより、軟質ばね 3 0 6 a および 3 0 6 b は、第 1 の実施形態で述べたように同時に押圧または引張される。同様に、操作板 4 0 7 a および 4 0 7 b が操作板 3 0 7 a および 3 0 7 b と同様に、しかし操作板 3 0 7 a および 3 0 7 b とは独立に動作する。これにより、軟質ばね部 3 0 6 a および 3 0 6 b ならびに軟質ばね部 4 0 6 a および 4 0 6 b が押圧または引張されると、楕円リング 3 0 1 および 4 0 1 が変形し、それぞれ方向 3 0 9 および 4 0 9 の方向に可動部 3 0 5 および 4 0 5 を移動する。

30

【 0 0 3 3 】

このようにして、操作板 3 0 7 a および 3 0 7 b ならびに操作板 4 0 7 a および 4 0 7 b がそれぞれ楕円リング 3 0 1 および 4 0 1 を弾性変形させることにより、可動部 3 0 5 および 4 0 5 は楕円リング 3 0 1 および 4 0 1 の長軸に沿って直線移動する。

【 0 0 3 4 】

軟質ばね部を押圧 / 引張する方向は、可動部 3 0 5 および 4 0 5 の直線移動の方向に直交する。軟質ばね部 3 0 6 a、3 0 6 b、4 0 6 a および 4 0 6 b のばね定数が楕円リング 3 0 1 および 4 0 1 ならびに弾性支持部のばね定数よりも小さい場合、軟質ばね 3 0 6 a、3 0 6 b、4 0 6 a および 4 0 6 b に加わる入力変位量を、可動部 3 0 5 および 4 0 5 の所望の直線移動量に変換することができる。これにより、直線移動機構 2 0 は、第 1 の実施形態と同様の効果を達成することができる。

40

【 0 0 3 5 】

図 4 に示した第 1 例と同様に、直線移動機構 2 0 のすべての部分も、例えば、所定厚さの単一の弾性板から平面構造形状を切り取ることによって一体形成されてもよい。これにより、すべての部分が同じ厚さである 2 次元構造を有する直線移動機構 2 0 を製造することができるので、重量および大きさの低減が容易となり、製造が簡単になる。直線移動機

50

構 10 の製造には、射出成形、3次元プリンタあるいはMEMSのような他の技術を使用してもよい。

【0036】

3. 第1の実施形態

3.1) 構造

図8を参照すると、本発明の第1の実施形態による2本の連結ロッドからなるバイポッド(二脚台)を用いた支持組立体は、バイポッド600および上記で説明した直線移動機構20から構成される。バイポッド600は、2本の支持ロッド601および602を有し、それらの一端は上側で接続され、そこに支持部603が設けられて逆V字形のバイポッドを形成する。支持ロッド601および602の他端は、第1の直線移動部300の可動部305および第2の直線移動部400の可動部405にそれぞれ固定される。支持ロッド601および602は同じ構造を有する。以下、図9~図11に示す支持ロッド601の構造を例として説明する。

10

【0037】

3.2) バイポッド

図9~図11を参照すると、支持ロッド601は、固定部分610、2個の制限変位可撓性ジョイント611および612、相対的に剛体のロッド613、ならびに2個の制限変位可撓性ジョイント614および615を含む脚形状を有する。制限変位可撓性ジョイント611、612、614および615のそれぞれは、支持ロッド601の長手軸に対して直交する可撓性方向D1とD2を交互に有し、それらの方向に制限された可撓性を提供し、可撓性方向D1は、支持ロッド601および602によって形成される平面内で支持ロッド601に直交する方向であり、一般的に図10に例示されている。可撓性方向D2は、支持ロッド601および602によって形成される平面に直交する方向であり、一般的に図11に例示されている。この例では、制限変位可撓性ジョイント611および614は方向D2の方向に湾曲可能である一方、制限変位可撓性ジョイント612および615は方向D1の方向に湾曲可能である。これにより、支持ロッド601は、方向D1およびD2の方向に自由に湾曲可能である。同様に、支持ロッド602は、固定部分620、2個の制限変位可撓性ジョイント621および622、相対的に剛体のロッド623、ならびに2個の制限変位可撓性ジョイント624および625を有する脚の形状であり、支持ロッド602の長手軸に対して直交する可撓性方向D1およびD2に自由に湾曲可能である。

20

30

【0038】

ただし、制限変位可撓性ジョイント611、612、614、615、621、622、624および625のそれぞれは、屈曲の度合を制限してジョイントの破損を妨げるように設計される。制限変位可撓性ジョイントの詳細な構造について、図12~図14を参照して説明する。

【0039】

図12を参照すると、制限変位可撓性ジョイントは、比較的薄い厚さを有する板状部である可撓性ブレード630と、可撓性ブレード630の両側に平行に設けられた1対の屈曲制限部640L1および640L2から構成されて単一のジョイントを形成する。可撓性ブレード630は、上記のような可撓性を提供する。屈曲制限部640L1および640L2のそれぞれは、隙間を空けて係合した2個の別体の部品から構成されることで、紙面に垂直な軸の周りに回転する(Dで示す)。より具体的には、屈曲制限部640L1の部品の一方(上側部品)は、上側部品から突出した1対の外側ストッパL11および内側ストッパL12と、上側部品の縁に設けられた円筒状凸部L13とから構成される。屈曲制限部640L1の部品の他方(下側部品)は、円筒状凸部L13と回転自在に係合した円筒状凹部L14から構成される。屈曲制限部640L2は、屈曲制限部640L1と同じ構造を有する。より具体的には、屈曲制限部640L2の部品の一方(上側部品)は、上側部品から突出した1対の外側ストッパL21および内側ストッパL22と、上側部品の縁に設けられた円筒状凸部L23とから構成される。屈曲制限部640L2の部品の他

40

50

方（下側部品）は、円筒状凸部 L 2 3 と回転自在に係合した円筒状凹部 L 2 4 から構成される。

【 0 0 4 0 】

図 1 3 に示すように、支持ロッドが方向 6 5 0 の方向に屈曲すると、ブレード 6 3 0 も同じ方向 6 5 0 に湾曲し、屈曲制限部 6 4 0 L 1 および 6 4 0 L 2 の上側部品をそれらの下側部品に対してそれぞれ回転させる。それぞれの回転により、ストッパ L 1 1 および L 2 2 は、参照符号 6 5 1 および 6 5 2 で示すように、円筒状凹部 L 1 4 および L 2 4 の一方の上縁に接触する。これにより、方向 6 5 0 の方向における上側部品の回転がしっかり停止され、ブレード 6 3 0 の破損を防ぐ。

【 0 0 4 1 】

図 1 4 に示すように、支持ロッドが逆方向 6 6 0 に屈曲すると、ブレード 6 3 0 も同じ方向 6 6 0 に湾曲し、屈曲制限部 6 4 0 L 1 および 6 4 0 L 2 の上側部品を下側部品に対してそれぞれ回転させる。それぞれの回転により、ストッパ L 1 2 および L 2 1 は、参照符号 6 6 1 および 6 6 2 で示すように、円筒状凹部 L 1 4 および L 2 4 の他方の上縁に接触する。これにより、方向 6 6 0 の方向における上側部品の回転もしっかり停止され、ブレード 6 3 0 の破損を防ぐ。

【 0 0 4 2 】

3 . 3) 動作

図 1 5 を参照すると、支持組立体は、パイポッド 6 0 0 および直線移動機構 2 0 から組み立てられる。支持ロッド 6 0 1 および 6 0 2 は、第 1 の直線移動部 3 0 0 の可動部 3 0 5 および第 2 の直線移動部 4 0 0 の可動部 4 0 5 にそれぞれ固定される。これにより、パイポッド 6 0 0 の支持部 6 0 3 は、可動部 3 0 5 および 4 0 5 の直線移動のそれぞれの方向および変位に応じて、支持ロッド 6 0 1 および 6 0 2 によって形成される平面上の制限された範囲内で任意の位置に移動することができる。

【 0 0 4 3 】

図 1 6 A に示すように、操作板 3 0 7 a および 3 0 7 b ならびに操作板 4 0 7 a および 4 0 7 b がそれぞれ楕円リング 3 0 1 および 4 0 1 を押圧して、直線移動機構 2 0 が可動部 3 0 5 と 4 0 5 の間の距離を拡大するように相互に逆方向に同じ変位だけ可動部 3 0 5 および 4 0 5 を移動させると、直線移動機構 2 0 の主面に対するパイポッド 6 0 0 の高さは、直線移動機構 2 0 の主面に垂直な変位 6 0 5 で示すように、可動部 3 0 5 および 4 0 5 の変位に応じて減少する。

【 0 0 4 4 】

図 1 6 B に示すように、操作板 3 0 7 a および 3 0 7 b ならびに操作板 4 0 7 a および 4 0 7 b がそれぞれ楕円リング 3 0 1 および 4 0 1 を引張して、直線移動機構 2 0 が可動部 3 0 5 と 4 0 5 の間の距離を縮小するように相互に逆方向に同じ変位だけ可動部 3 0 5 および 4 0 5 を移動させると、直線移動機構 2 0 の主面に対するパイポッド 6 0 0 の高さは、直線移動機構 2 0 の表面に垂直な変位 6 0 5 で示すように、可動部 3 0 5 および 4 0 5 の変位に応じて増大する。

【 0 0 4 5 】

図 1 6 C および図 1 6 D に示すように、操作板 3 0 7 a および 3 0 7 b が楕円リング 3 0 1 を押圧 / 引張り、操作板 4 0 7 a および 4 0 7 b が楕円リング 4 0 1 を引張り / 押圧して、直線移動機構 2 0 が可動部 3 0 5 および 4 0 5 を同じ変位だけ同じ方向に移動させると、パイポッド 6 0 0 は、直線移動機構 2 0 の主面に平行な変位 6 0 4 で示すように、そのまま同じ変位だけ同じ方向に移動する。

【 0 0 4 6 】

3 . 4) 製造

上記のような構造の制限変位可撓性ジョイントを有するパイポッド 6 0 0 は、十分な強度の弾性材料からなり、射出成形、3次元プリンタあるいは MEMS のような任意の技術を用いて一体形成してもよい。

【 0 0 4 7 】

10

20

30

40

50

4. 第2の実施形態

4.1) 構造

図17～図21を参照すると、6自由度を有する六脚台(ヘキサポッド)装置は、底板701、上板702ならびに3個の支持組立体A、BおよびCを有する。支持組立体A、BおよびCのそれぞれは、図8に示すようなパイポッド(600A, 600B, 600C)および直線移動機構(20A, 20B, 20C)から構成される。支持組立体A、BおよびCは、一般的に図20に示すように、正三角形構成で底板701上に固定配置される。上板702は、パイポッド600A、600Bおよび600Cの支持部に固定される。これにより、上板702は、3個の位置調整可能な点によって支持される。

【0048】

一例として、底板701は円形であり、上板702は星形である。上板702は、3個の脚部702A、702Bおよび702Cから形成され、隣り合う2個の脚部の間の角が120度となるように中心点で接合されてもよい。3個の脚部702A、702Bおよび702Cは、一般的に図18に示すように、それぞれ支持組立体A、BおよびCによって支持される。言うまでもなく、上板702は円形でもよい。また、上板702は、光学系(例えば鏡、プリズムあるいはレンズ)のような精密調整を必要とする載置物でもよい。

【0049】

既に説明したように、直線移動機構20Aは第1および第2の直線移動部300Aおよび400Aを有し、これらはそれぞれ可動部305Aおよび405Aを移動可能である。これにより、図16A～図16Dに示したように、直線移動機構20Aに固定されたパイポッド600Aの支持部603Aは、可動部305Aおよび405Aの直線移動のそれぞれの方向および変位に応じて、パイポッド600Aの支持ロッド601Aおよび602Aによって形成される平面上の制限された範囲内で任意の位置に移動することができる。直線移動機構20Bおよび20Cについても同様である。

【0050】

4.2) 動作

上板702は支持組立体A、BおよびCによって支持されているので、上板702の位置および/または傾きは、直線移動機構20A、20Bおよび20Cの少なくとも1つの直線移動の拡大、縮小または平行移動を独立に制御することによって変化させることができる。以下、ヘキサポッド装置の一般的動作について、一例として図16A～図16Dおよび図18を参照して説明する。

【0051】

図16Aに示すように、操作板307aおよび307bならびに操作板407aおよび407bがそれぞれ楕円リング301および401を押圧して、直線移動機構20が可動部305および405を拡大方向に移動させると、パイポッド600の高さは減少する。図16Bに示すように、操作板307aおよび307bならびに操作板407aおよび407bがそれぞれ楕円リング301および401を引張して、直線移動機構20が可動部305および405を縮小方向に移動させると、パイポッド600の高さは増大する。図16Cおよび図16Dに示すように、操作板307aおよび307bが楕円リング301を押圧/引張し、操作板407aおよび407bが楕円リング401を引張/押圧して、直線移動機構20が可動部305および405を同じ変位だけ同じ方向に移動させると、パイポッド600は平行移動する。これにより、上板702は、それぞれの直線移動機構20A、20Bおよび20Cによって提供される移動の方向および変位の組合せによって6方向に自由に移動可能である。

【0052】

直線移動機構20Bおよび20Cを作動させず、直線移動機構20Aのみが可動部305Aと405Aの間の距離を拡大するように相互に逆方向に同じ変位だけ可動部305Aおよび405Aを移動させると仮定する。この場合、直線移動機構20Aの主面に対するパイポッド600Aの高さは減少し、上板702は脚部702Aの方に傾く。逆に、直線移動機構20Aのみが可動部305Aと405Aの間の距離を縮小するように相互に逆方

10

20

30

40

50

向に同じ変位だけ可動部 305A および 405A を移動させると、直線移動機構 20A の主面に対するバイポッド 600A の高さは増大し、上板 702 は脚部 702B と 702C の間の中心線の方に傾く。

【0053】

直線移動機構 20C のみを作動させず、直線移動機構 20A および 20B が、対応する可動部の間の距離を拡大するように相互に逆方向に同じ変位だけ対応する可動部を移動させるように作動すると仮定する。この場合、バイポッド 600A および 600B の高さは両方とも低くなり、上板 702 は脚部 702A と 702B の間の中心線の方に傾く。逆に、直線移動機構 20A および 20B が、対応する可動部の間の距離を縮小するように相互に逆方向に同じ変位だけ対応する可動部を移動させるように作動すると、バイポッド 600A および 600B の高さは両方とも高くなり、上板 702 は脚部 702C の方に傾く。

10

【0054】

直線移動機構 20C のみを作動させず、直線移動機構 20A および 20B が、対応する可動部を同じ方向に同じ変位だけ移動するように作動すると仮定する。この場合、上板 702 は移動し、脚部 702A と 702B の間の中心線の方に傾く。

【0055】

すべての直線移動機構 20A、20B および 20C が、対応する可動部を同じ方向に同じ変位だけ移動するように作動すると仮定すると、バイポッド 600A、600B および 600C は回転し、上板 702 は同じ変位だけ同じ方向に回転する。

【0056】

ヘキサポッド装置は、直線移動機構 20A、20B および 20C を独立に制御することによって、上記の動作以外の上板 702 の精密調整を実行することができる。

20

【0057】

4.3) 効果

既に説明したように、本発明の第2の実施形態による2本の連結ロッドからなるバイポッドを使用した多自由度調整機構で用いられる直線移動機構によれば、軟質ばね部の大きい入力変位が、ばね定数比に従って、可動部の小さい直線移動に変換される。これにより、入力変位が低精度で軟質ばね部に加えられても、直線移動機構を使用したヘキサポッドシステムは高精度で上板を移動することができる。ばね定数比が既知の場合、上板の変位量は、上板の変位を精密に測定することなく、入力変位を精密に測定することによって高精度で計算することができる。

30

【0058】

5. 他の適用例

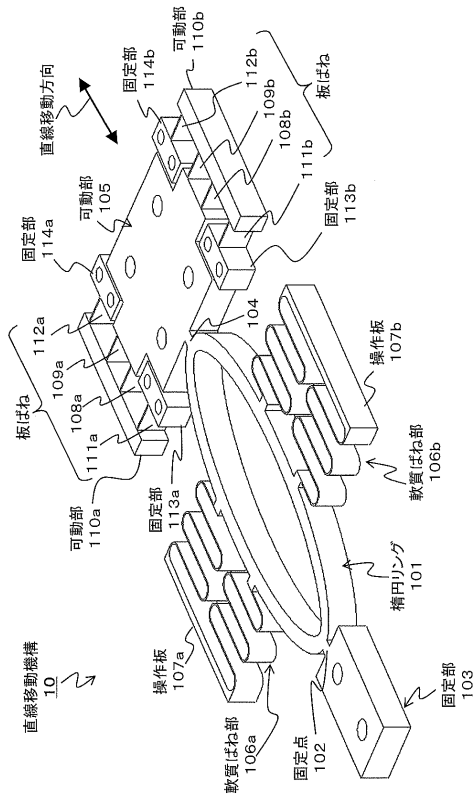
本発明は、航空機、宇宙船等のさまざまな過酷環境にさらされ得る6自由度調整デバイスのような高精度測定装置に適用可能である。

【0059】

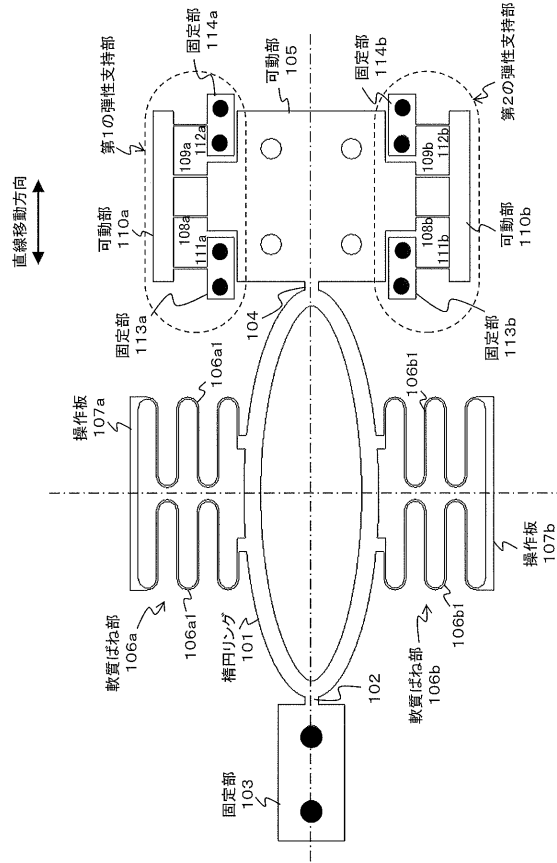
本発明は、その技術思想や本質的特性から逸脱することなく他の具体的形態で実施されてもよい。したがって、上記の実施形態および具体例はすべての点において例示的であって限定的でないものとみなすべきであり、本発明の技術的範囲は上記の明細書によってではなく添付の特許請求の範囲によって示される。したがって、特許請求の範囲の意味および均等の範囲内に入るすべての変更は、特許請求の範囲内に包含されるものとする。

40

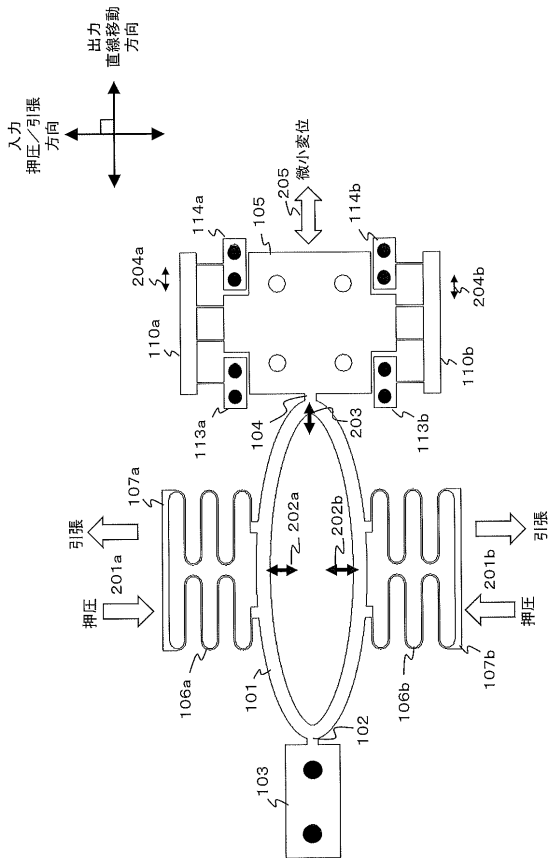
【図1】



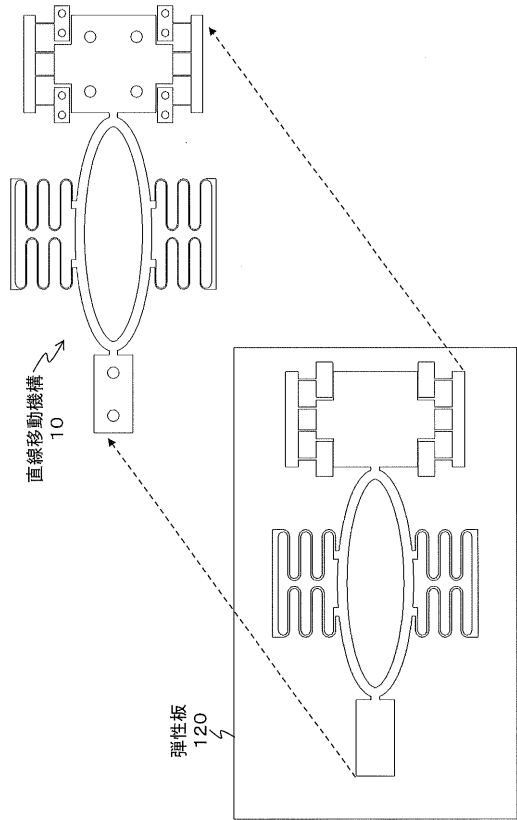
【図2】



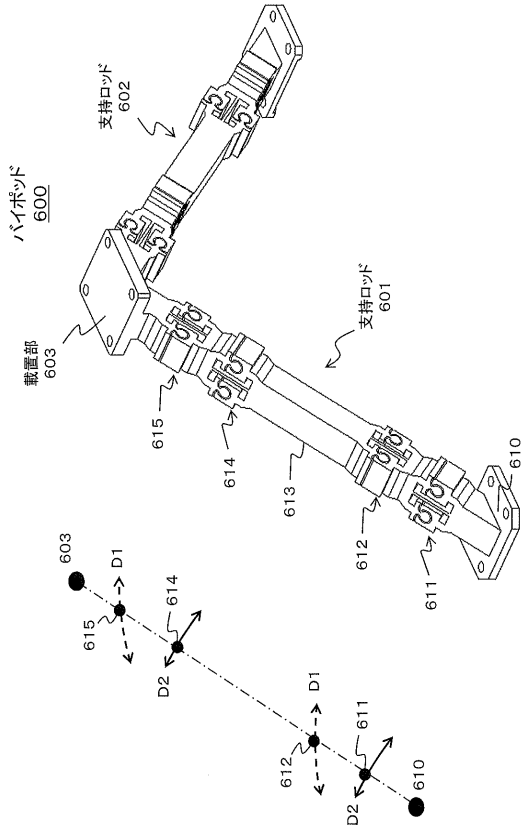
【図3】



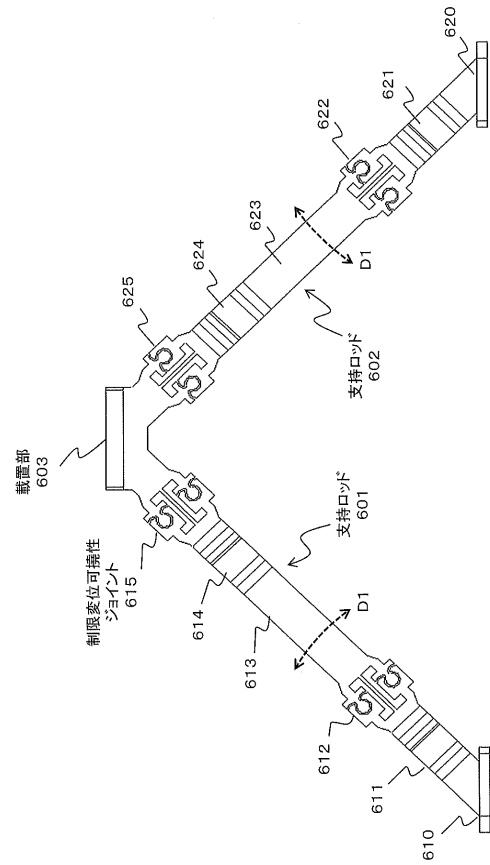
【図4】



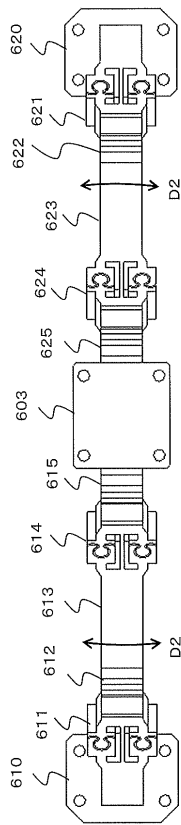
【図9】



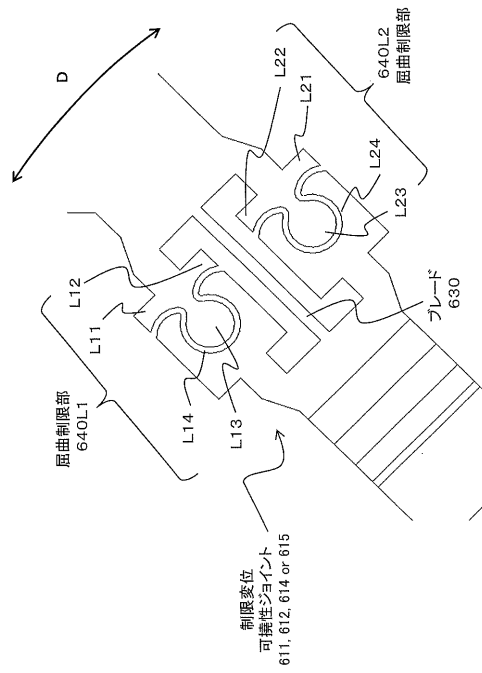
【図10】



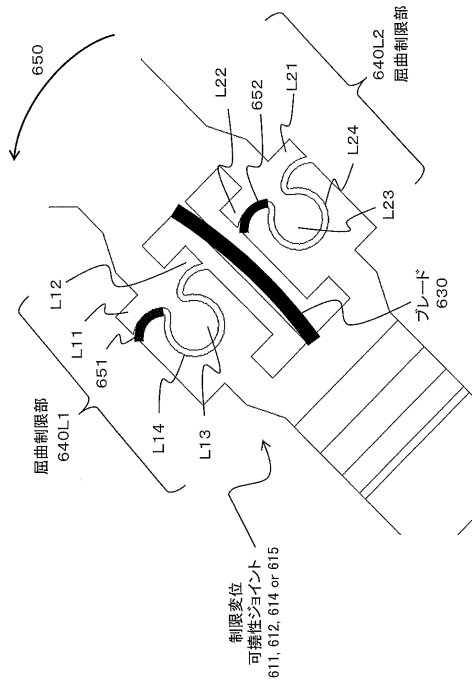
【図11】



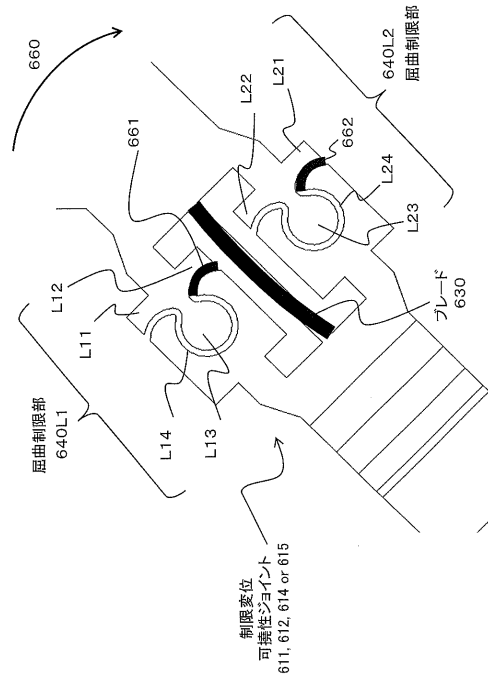
【図12】



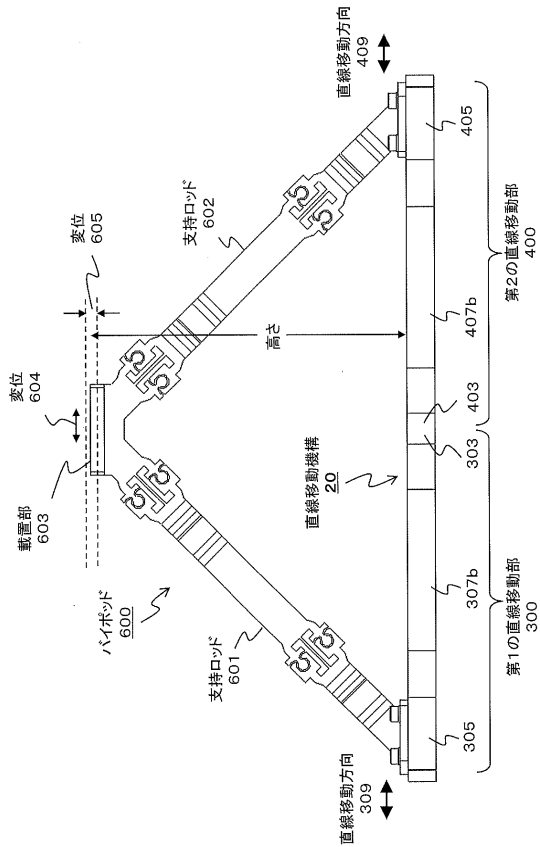
【図13】



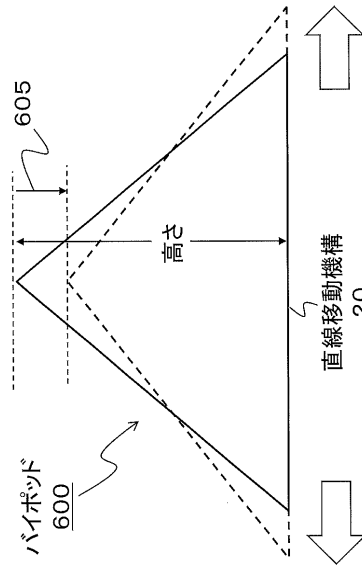
【図14】



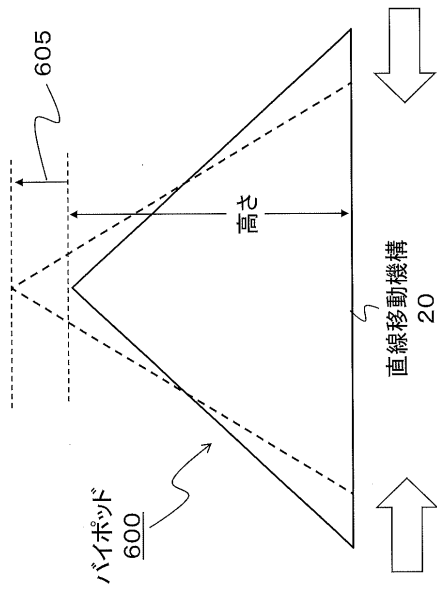
【図15】



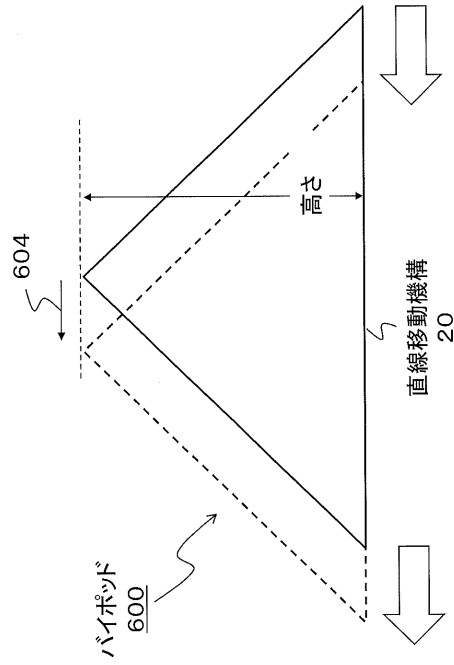
【図16A】



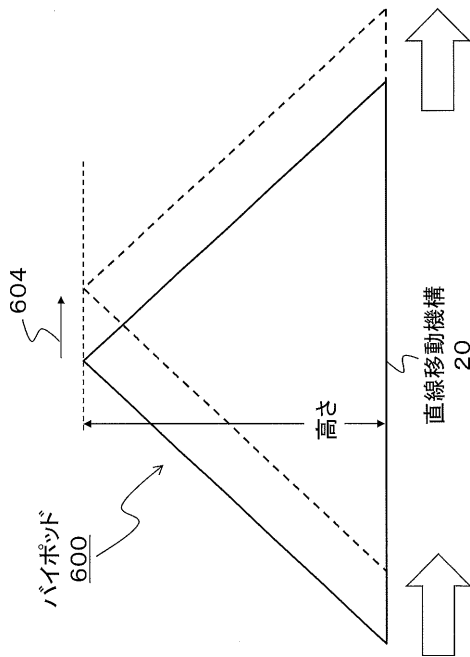
【図16B】



【図16C】

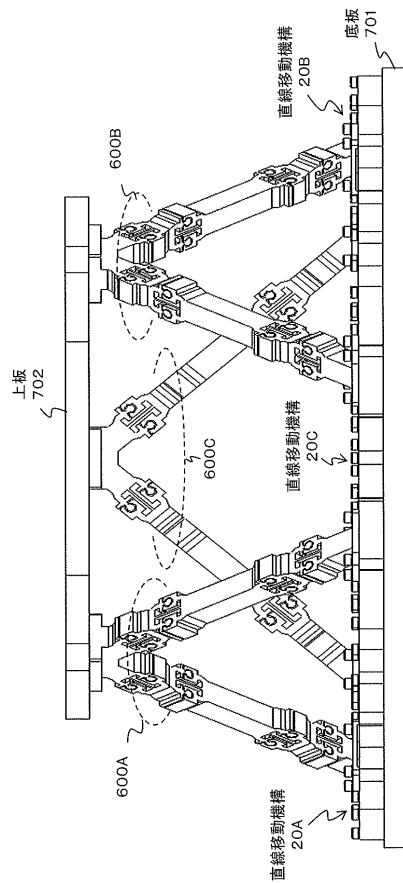


【図16D】

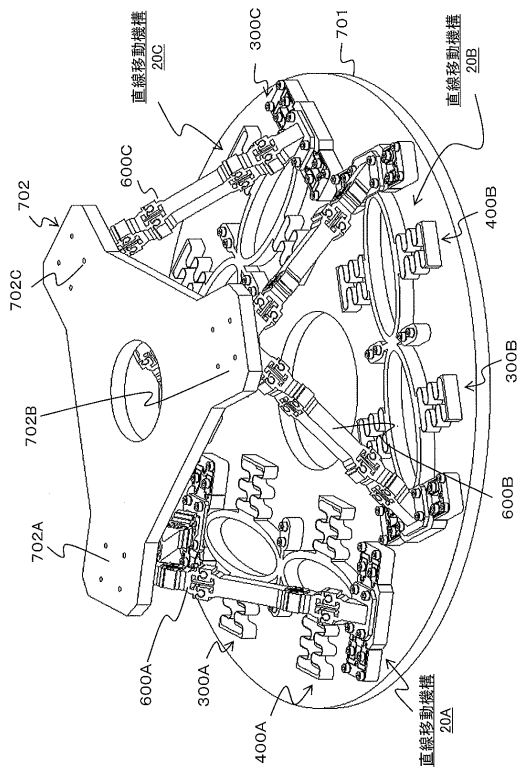


【図17】

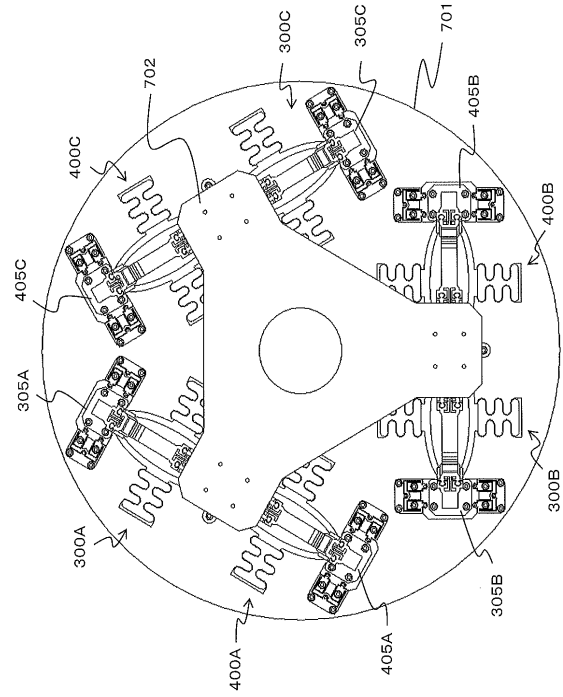
第2実施形態



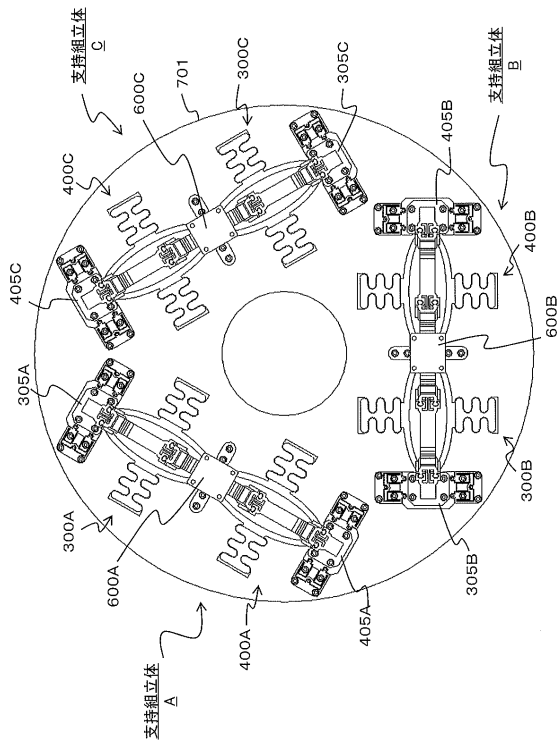
【図18】



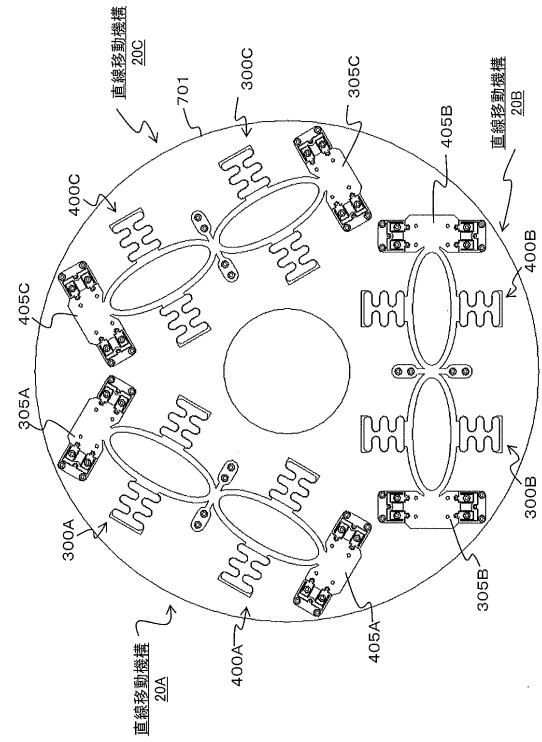
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

- (72)発明者 濱田 一男
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
- (72)発明者 勝山 良彦
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
- (72)発明者 神園 隆
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
- (72)発明者 小林 拓郎
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
- (72)発明者 谷道 直人
東京都町田市成瀬6丁目18-17 新日本電子株式会社内
- (72)発明者 ハッピー ツイ
アメリカ合衆国 91384 カリフォルニア州、ウエスト マリボサ レーン キャスティーク
27725

審査官 川口 真一

- (56)参考文献 特表平03-501347(JP,A)
特表2002-501222(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F16H 21/54