

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-161846

(P2012-161846A)

(43) 公開日 平成24年8月30日(2012.8.30)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)  
**B 2 5 J 19/00 (2006.01)** B 2 5 J 19/00 D 3 C 0 0 7  
 3 C 7 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2011-21474 (P2011-21474)	(71) 出願人	899000079
(22) 出願日	平成23年2月3日(2011.2.3)		学校法人慶應義塾
			東京都港区三田2丁目15番45号
		(74) 代理人	100139103
			弁理士 小山 卓志
		(74) 代理人	100139114
			弁理士 田中 貞嗣
		(74) 代理人	100157118
			弁理士 南 義明
		(74) 代理人	100094787
			弁理士 青木 健二
		(74) 代理人	100097777
			弁理士 蕪澤 弘
		(74) 代理人	100091971
			弁理士 米澤 明

最終頁に続く

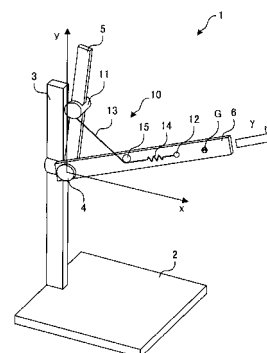
(54) 【発明の名称】 回動機構

(57) 【要約】

【課題】 任意の方向に任意の大きさの重力を加えることと同等になるように、作動リンクに付勢力を与えることで、作動リンクがいかなる作業姿勢であっても安定姿勢となる回動機構を提供する。

【解決手段】 回動機構 1 は、鉛直方向上方に延びる鉛直支持部材 3 と、鉛直支持部材 3 に回動可能に支持されると共に、鉛直支持部材 3 に対して所定の角度に設定可能な傾斜支持部材 5 と、鉛直支持部材 3 に回動可能に支持される作動リンク 6 と、傾斜支持部材 5 と作動リンク 6 とを連結する弾性部 1 4 を含む連結部 1 0 と、を有することを特徴とする。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

鉛直方向上方に延びる鉛直支持部材と、  
 前記鉛直支持部材に回動可能に支持されると共に、前記鉛直支持部材に対して所定の角度に設定可能な傾斜支持部材と、  
 前記鉛直支持部材に回動可能に支持される作動リンクと、  
 前記傾斜支持部材と前記作動リンクとを連結する弾性部を含む連結部と、  
 を有することを特徴とする回動機構。

## 【請求項 2】

以下の式(1)、式(2)及び式(3)を満足することを特徴とする請求項1に記載の回動機構。

## 【数 10】

$$k = \alpha \frac{mgl}{ph} \quad (1)$$

$$\alpha = \sqrt{\gamma^2 + 2\gamma \sin \beta + 1} \quad (2)$$

$$\theta_1 = \cos^{-1} \left( \frac{\gamma \sin \beta + 1}{\sqrt{\gamma^2 + 2\gamma \sin \beta + 1}} \right) \quad (3)$$

10

20

ただし、

k は、前記弾性部の弾性率、

m は、重心位置にかかる質量、

g は、重力加速度、

l は、前記傾斜支持部材が前記鉛直支持部材に支持される点を中心とし、前記中心から前記重心位置までの距離、

p は、前記傾斜支持部材が前記鉛直支持部材に支持される点を中心とし、前記中心から前記作動リンクと前記連結部とを連結する作用点までの距離、

h は、前記傾斜支持部材が前記鉛直支持部材に支持される点を中心とし、前記中心から前記傾斜支持部材が前記連結部を支持する基点までの距離、

30

$\theta_1$  は、前記傾斜支持部材の前記鉛直支持部材に対する角度、

$\alpha$  は、補償倍率、

$\theta$  は、水平面に対する前記作動リンクの角度、

$\gamma$  は、仮想重力

である。

## 【請求項 3】

前記弾性部は、バネを含むことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の回動機構。

## 【請求項 4】

前記連結部は、

一方を前記基点に支持され、他方を前記バネの一方に連結されるワイヤと、

40

前記バネの他方を前記作動リンクに取り付ける取付部と、

前記作動リンクに支持され、前記作用点を含む前記ワイヤの引張方向を変換する方向変換部材と、

を有することを特徴とする請求項3に記載の回動機構。

## 【請求項 5】

前記連結部は、

一方を前記作動リンクに回動可能に支持され、他方を前記バネの一方と連結される連結アームと、

前記バネの他方と連結され、前記基点で前記傾斜支持部材に回動可能に支持されると共に前記連結アームを摺動可能に支持するスライダと、

50

を有することを特徴とする請求項 3 に記載の回動機構。

【請求項 6】

前記連結部は、

一方を前記傾斜支持部材に回動可能に支持され、他方を前記パネの一方と連結される連結アームと、

前記パネの他方と連結され、前記作用点で前記作動リンクに回動可能に支持されると共に前記連結アームを摺動可能に支持するスライダと、

を有することを特徴とする請求項 3 に記載の回動機構。

【請求項 7】

前記弾性部は、流体を含むことを特徴とする請求項 3 に記載の回動機構。

10

【請求項 8】

前記連結部は、

前記傾斜支持部材に回動可能に支持される作動シリンダと、

一方に前記作動シリンダ内を摺動する作動ピストンを有し、他方で前記作動リンクに回動可能に支持される作動ロッドと、

一方で流体で満たされた前記作動シリンダの一方の作動シリンダ室と連結される作動用管路と、

前記作動シリンダ室とは断面積が異なり前記作動用管路の他方と連結される流体で満たされた一方の補償シリンダ室を有する補償シリンダと、

一方に前記補償シリンダ内を摺動する補償ピストンを有する補償ロッドと、

20

前記補償ロッドの他方を支持すると共に、前記パネの一方を支持する可動部と、

前記補償シリンダを支持すると共に、前記パネの他方を支持する固定部と、

を有することを特徴とする請求項 7 に記載の回動機構。

【請求項 9】

前記連結部は、

一方で前記他方の作動シリンダ室と連結される第 1 駆動用管路と、

一方で前記他方の補償シリンダ室と連結される第 2 駆動用管路と、

前記第 1 駆動用管路の他方と前記第 2 駆動用管路の他方と接続される駆動用流体回路と

、

を有することを特徴とする請求項 8 に記載の回動機構。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、マニピュレータ、荷役機械、建設機械、ロボットアーム、ヒューマンノイド等に用いる回動機構に関する。

【背景技術】

【0002】

物資運搬作業、土木作業、組み付け作業等では、垂直平面内で回動する作動リンクを備えた機器が広く利用されている。これらの機器の作動リンクは、水平ないし斜め上方に向けられて使用されることが多い。しかしながら、作動リンクは重力によって常に鉛直下向きの姿勢へと付勢されているので、動力を切断した場合には作動リンクが鉛直下向きの安定姿勢を目指して落下する。このため、作動リンクには常に重力にさからった駆動力を加える必要がある。駆動力を発生させる方法としては、目標の作業姿勢にサーボ機構を用いて安定化させるのが一般的であるが、作業姿勢によって作業精度や駆動効率が低下することがある。そこで、ばねやリンク機構を用いて機構的に任意の作業姿勢に安定化させて、作業精度や駆動効率を向上する技術が用いられている（特許文献 1 参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 4 1 4 4 0 2 1 号公報

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、作動リンクの安定姿勢を機構的に生成する従来技術では、ばね、特殊なリンク配置、ストッパ等の機構を利用しており、安定姿勢への付勢力の程度を運用中に変更することは容易ではない。また、この付勢力は作動リンクの姿勢変化にともなう重力項の変化とは異なる変化をする非線形な力である。このため作業姿勢によっては、作動リンクの運動の複雑化による作業精度の低下、及び不必要な付勢力の抵抗による駆動効率の悪化、という2つの問題が生じていた。

【0005】

本発明は、上記課題を解決するためのものであって、任意の方向に任意の大きさの重力を加えることと同等になるように、作動リンクに付勢力を与えることで、作動リンクがいかなる作業姿勢であっても安定姿勢となる回動機構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】

【0006】

そのために本発明の回動機構は、鉛直方向上方に延びる鉛直支持部材と、前記鉛直支持部材に回動可能に支持されると共に、前記鉛直支持部材に対して所定の角度に設定可能な傾斜支持部材と、前記鉛直支持部材に回動可能に支持される作動リンクと、前記傾斜支持部材と前記作動リンクとを連結する弾性部を含む連結部と、を有することを特徴とする。

【0007】

また、以下の式(1)、式(2)及び式(3)を満足することを特徴とする。

【数1】

$$k = \alpha \frac{mgl}{ph} \quad (1)$$

$$\alpha = \sqrt{\gamma^2 + 2\gamma \sin \beta + 1} \quad (2)$$

$$\theta_1 = \cos^{-1} \left( \frac{\gamma \sin \beta + 1}{\sqrt{\gamma^2 + 2\gamma \sin \beta + 1}} \right) \quad (3)$$

ただし、

kは、前記弾性部の弾性率、

mは、重心位置にかかる質量、

gは、重力加速度、

lは、前記傾斜支持部材が前記鉛直支持部材に支持される点を中心とし、前記中心から前記重心位置までの距離、

pは、前記傾斜支持部材が前記鉛直支持部材に支持される点を中心とし、前記中心から前記作動リンクと前記連結部とを連結する作用点までの距離、

hは、前記傾斜支持部材が前記鉛直支持部材に支持される点を中心とし、前記中心から前記傾斜支持部材が前記連結部を支持する基点までの距離、

$\gamma$ は、前記傾斜支持部材の前記鉛直支持部材に対する角度、

$\beta$ は、補償倍率、

$\theta_1$ は、水平面に対する前記作動リンクの安定姿勢の角度、

$\gamma$ は、仮想重力の大きさ

である。

【0008】

また、前記弾性部は、バネを含むことを特徴とする。

【0009】

また、前記連結部は、一方を前記基点に支持され、他方を前記バネの一方に連結されるワイヤと、前記バネの他方を前記作動リンクに取り付ける取付部と、前記作動リンクに支

10

20

30

40

50

持され、前記作用点を含む前記ワイヤの引張方向を変換する方向変換部材と、を有することを特徴とする。

【0010】

また、前記連結部は、一方を前記作動リンクに回動可能に支持され、他方を前記バネの一方と連結される連結アームと、前記バネの他方と連結され、前記基点で前記傾斜支持部材に回動可能に支持されると共に前記連結アームを摺動可能に支持する基部と、を有することを特徴とする。

【0011】

また、前記連結部は、一方を前記傾斜支持部材に回動可能に支持され、他方を前記バネの一方と連結される連結アームと、前記バネの他方と連結され、前記作用点で前記作動リンクに回動可能に支持されると共に前記連結アームを摺動可能に支持する基部と、を有することを特徴とする。

10

【0012】

また、前記弾性部は、流体を含むことを特徴とする。

【0013】

また、前記連結部は、前記傾斜支持部材に回動可能に支持される作動シリンダと、一方に前記作動シリンダ内を摺動するピストンを有し、他方で前記作動リンクに回動可能に支持される作動ロッドと、一方で流体で満たされた前記作動シリンダの一方の作動シリンダ室と連結される作動用管路と、前記作動シリンダ室とは断面積が異なり前記作動用管路の他方と連結される流体で満たされた一方の補償シリンダ室を有する補償シリンダと、一方に前記補償シリンダ内を摺動するピストンを有する補償ロッドと、前記補償ロッドの他方を支持すると共に、前記バネの一方を支持する可動部と、前記補償シリンダを支持すると共に、前記バネの他方を支持する固定部と、を有することを特徴とする。

20

【0014】

また、前記連結部は、一方で前記他方の作動シリンダ室と連結される第1駆動用管路と、一方で前記他方の補償シリンダ室と連結される第2駆動用管路と、前記第1駆動用管路の他方と前記第2駆動用管路の他方と接続される駆動用流体回路と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明の回動機構では、任意の方向に任意の大きさの重力を加えることと同等になるように、作動リンクに付勢力を与えることで、作動リンクがいかなる作業姿勢であっても、作動後、所定の安定姿勢にすることができる。また、安定姿勢近傍では、制御系が高精度になるうえに駆動効率も向上するため、結果的に機器が飛躍的に省エネになるという効果が期待できる。さらに、脱力状態においても、作動リンクが鉛直方向に落下しないという安全上の利点も生じる。

30

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】第1実施形態の回動機構を示す図である。

【図2】第1実施形態の回動機構を示す側面図である。

40

【図3】第1実施形態の回動機構の幾何学関係を示す図である。

【図4】第2実施形態の回動機構を示す図である。

【図5】仮想重力ベクトルと重力ベクトルの関係を示す図である。

【図6】傾斜した平面を示す図である。

【図7】傾斜した平面を示す図である。

【図8】第3実施形態の回動機構を示す図である。

【図9】第4実施形態の回動機構を示す側面図である。

【図10】第5実施形態の回動機構を示す側面図である。

【図11】第6実施形態の回動機構を示す側面図である。

【図12】第7実施形態の回動機構を示す図である。

50

【図 1 3】第 8 実施形態の回動機構を示す側面図である。

【図 1 4】第 9 実施形態の回動機構を示す側面図である。

【図 1 5】回動機構の直交 3 軸を中心とした回転運動を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0018】

図 1 は第 1 実施形態の回動機構を示す図、図 2 は第 1 実施形態の回動機構を示す側面図である。

【0019】

10

第 1 実施形態の回動機構 1 は、鉛直方向の  $x-y$  平面内で回動する 1 リンクで形成した作動リンクに対して、任意の方向に任意の大きさの重力が作用するような仮想重力ベクトル  $(\gamma, \beta)$  を生成するものである。

【0020】

回動機構 1 は、基台 2 と、基台 2 から鉛直方向上方に延びる鉛直支持部材 3 と、鉛直支持部材 3 に設けた中心  $O$  を含む軸部材 4 と、軸部材 4 に回動可能に支持されると共に、鉛直支持部材 3 に対して所定の角度に設定可能な傾斜支持部材 5 と、軸部材 4 に回動可能に支持される作動リンク 6 と、傾斜支持部材 5 と作動リンク 6 とを連結する連結部 10 と、を有し、連結部 10 は、弾性部としてのバネ 14 を含む。

【0021】

20

第 1 実施形態では、連結部 10 は、傾斜支持部材 5 に設けられる基点  $A$  を含む基部 11 と、作動リンク 6 に設けられる取付部 12 と、一方を基部 11 に支持される連結部材としてのワイヤ 13 と、一方でワイヤ 13 の他方と連結され、他方で取付部 12 に取り付けられるバネ 14 と、ワイヤ 13 の引張方向を変換する作用点  $B$  を含む方向変換部材 15 と、を含む。なお、 $G$  は重心位置である。

【0022】

図 3 は第 1 実施形態の回動機構の幾何学関係を示す図である。第 1 実施形態の回動機構は、図 1 及び図 2 の基部 11 に含まれる基点  $A$  を鉛直方向から角度  $\beta_1$  だけ傾斜可能とし、重心位置  $G$  の配置や図 1 及び図 2 の軸部材 4 に含まれる中心  $O$  から図 1 及び図 2 の方向変換部材 15 に含まれる作用点  $B$  までの距離  $p$  と中心  $O$  から基点  $A$  までの距離  $h$  の積を調整して、図 1 及び図 2 に示した作動リンク 6 に対して、水平方向からの傾き角度  $\beta$  の方向に、補償倍率  $\alpha$  を任意に設定可能な大きさ  $\gamma$  の仮想重力を生成することができる。

30

【0023】

簡単のため、垂直平面での回動のみを考える。図 1 のパラメータと、構成したい大きさの仮想重力と水平方向からの傾き角度  $\beta$  により決定される補償倍率  $\alpha$  を用いて、図 1 及び図 2 に示す回動機構 1 に用いるバネ 14 のバネ定数  $k$  を求めると、

【数 2】

$$k = \alpha \frac{mgl}{ph} \quad (1)$$

40

となる。また、

【数 3】

$$\alpha = \sqrt{\gamma^2 + 2\gamma \sin \beta + 1} \quad (2)$$

と表せる。さらに、基点  $A$  の傾き角度、すなわち鉛直支持部材 3 に対する傾斜支持部材 5 の角度  $\beta_1$  を

50

【数 4】

$$\theta_1 = \cos^{-1} \left( \frac{\gamma \sin \beta + 1}{\sqrt{\gamma^2 + 2\gamma \sin \beta + 1}} \right) \quad (3)$$

と設定すれば、

【数 5】

$$\beta = \tan^{-1} \left( \frac{\alpha \cos \theta_1 - 1}{\alpha \sin \theta_1} \right) \quad (4)$$

10

$$\gamma = \sqrt{(1 - \alpha \cos \theta_1)^2 + (\alpha \sin \theta_1)^2} \quad (5)$$

と仮想重力ベクトル ( , ) が生成される。

【0024】

途中で仮想重力の設定値を変更したい場合、基点 A の傾き角度  $\theta_1$  は直接変更し、補償倍率は間接的に調整する。例えば、補償倍率を  $k_1$  から  $k_2$  に変更したい場合、以下の 3 通りの方法がある。

【0025】

20

- (1) p, h を調整して、p h の積を  $k_2 / k_1$  倍する。
- (2) 回転中心 O から重心への距離 l を  $k_1 / k_2$  倍する。
- (3) 上記 (1) と (2) の 2 つの方法を組み合わせる。

【0026】

このように設定することで、図 1 及び図 2 に示した作動リンク 6 は、作動後、補償倍率と傾斜角度  $\theta_1$  により決まる大きさの仮想重力により、水平方向からの傾き角度の位置に自然に戻ることになる。

【0027】

したがって、任意の方向に任意の大きさの重力を加えることと同等になるように、作動リンク 6 に付勢力を与えることで、作動リンク 6 がいかなる作業姿勢であっても所定の安定姿勢に戻ることができる。また、安定姿勢近傍では、制御系が高精度になるうえに駆動効率も向上するため、結果的に機器が飛躍的に省エネになるという効果が期待できる。さらに、脱力状態においても、作動リンク 6 が鉛直方向に落下しないという安全上の利点も生じる。

30

【0028】

次に、第 2 実施形態について説明する。

【0029】

図 4 は、第 2 実施形態の回動機構を示す図、図 5 は仮想重力ベクトルと重力ベクトルの関係を示す図、図 6 は傾斜した平面を示す図、図 7 は傾斜した平面を示す図である。

【0030】

40

第 2 実施形態の回動機構 1 は、作用点 B を含む作動リンク 6 が、x y 平面より x 軸を軸に傾いた平面内を回動し、基点 A を含む傾斜支持部材 5 が x y 平面より x 軸を軸に傾いているものである。

【0031】

単位ベクトルの大きさを重力の大きさと同じにした座標をとると、図 5 に示すように、

【数 6】

$$\mathbf{g}_H = \mathbf{g}_N + \mathbf{g} \quad (6)$$

50

という関係となる。式(6)をパラメータ表示すると、

【数7】

$$\gamma \begin{pmatrix} \cos \beta \\ \sin \beta \end{pmatrix} = \alpha \begin{pmatrix} \sin \theta_1 \\ \cos \theta_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

の関係が成り立つ。

【0032】

図4に示すような、作動リンク6がx-y平面よりx軸を軸に傾いた平面内を回転し、基点Aがx-y平面よりx軸を軸に傾いている場合を考える。ただし、紙面手前回りを正とする。傾いた平面をX-Y平面と新たに定義する。

10

【0033】

この平面内を回転する作動リンク6の釣り合いを考える。傾いたX-Y平面内での重力ベクトルgの影g、図6に示すように傾いた平面内にある基部Aから伝達される傾いたX-Y平面内でのパネ力によるベクトルg<sub>N</sub>と、図7に示すように傾いた平面内での仮想重力ベクトルをg<sub>H</sub>(θ', β')とおくと、

【数8】

$$\mathbf{g}_H^\ominus = \mathbf{g}_N^\oplus + \mathbf{g} \quad (8)$$

20

$$\gamma' \begin{pmatrix} \cos \beta' \\ \sin \beta' \end{pmatrix} = \alpha' \begin{pmatrix} \sin \theta_1' \\ \cos \theta_1' \end{pmatrix} + \cos \Theta \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix} \quad (9)$$

の関係がなりたつ。

【0034】

このとき、

【数9】

$$\alpha = \frac{\sqrt{\gamma'^2 + 2\gamma' \cos \Theta \sin \beta' + \cos^2 \Theta}}{\sqrt{(\cos \theta_1 \cos(\Theta - \Phi))^2 + \sin^2 \theta_1}} \quad (10)$$

30

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left( \cos(\Theta - \Phi) \tan \left( \cos^{-1} \left( \frac{\gamma' \sin \beta' + \cos \Theta}{\sqrt{\gamma'^2 + 2\gamma' \cos \Theta \sin \beta' + \cos^2 \Theta}} \right) \right) \right) \quad (11)$$

として、仮想重力ベクトルg<sub>H</sub>(θ', β')が設定可能となる。

40

【0035】

このように設定することで、図4に示した作動リンク6は、作動後、補償倍率と傾斜角度により決まる大きさの仮想重力により、設定された3次元空間内の任意の位置に自然に戻るようになる。

【0036】

したがって、3次元空間内で任意の方向に任意の大きさの重力を加えることと同等になるように、作動リンク6に付勢力を与えることで、作動リンク6がいかなる作業姿勢であっても所定の安定姿勢に戻ることができる。また、安定姿勢近傍では、制御系が高精度になるうえに駆動効率も向上するため、結果的に機器が飛躍的に省エネになるという効果が期待できる。さらに、脱力状態においても、作動リンク6が鉛直方向に落下しないという

50



安全上の利点も生じる。

【0037】

次に、第3実施形態について説明する。

【0038】

図8は、第3実施形態の回動機構を示す図である。第3実施形態の回動機構1は、基台2と、基台2から鉛直方向上方に延びる鉛直支持部材3と、鉛直支持部材3に設けた第1中心 $O_1$ を含む第1軸部材 $4_1$ と、第1軸部材 $4_1$ に回動可能に支持されると共に、鉛直支持部材3に対して所定の角度に設定可能な第1傾斜支持部材 $5_1$ と、一方で第1軸部材 $4_1$ に回動可能に支持される第1作動リンク $6_1$ と、第1傾斜支持部材 $5_1$ に対して回動可能に支持されて第1作動リンク $6_1$ と平行なリンクを形成する平行リンク部材7と、第1作動リンク $6_1$ の他方に設けた第2中心 $O_2$ を含む第2軸部材 $4_2$ と、一方で第1作動リンク $6_1$ に対して回動可能に第2軸部材 $4_2$ に支持され、他方で平行リンク部材7に回動可能に支持され、第1傾斜支持部材 $5_1$ と平行に回動する第2傾斜支持部材 $5_2$ と、第2軸部材 $4_2$ に回動可能に支持される第2作動リンク $6_2$ と、第1傾斜支持部材 $5_1$ と第1作動リンク $6_1$ とを連結する第1連結部 $10_1$ と、第2傾斜支持部材 $5_2$ と第2作動リンク $6_2$ とを連結する第2連結部 $10_2$ と、を有する。なお、 $G_1$ は第1重心位置、 $G_2$ は第2重心位置である。

10

【0039】

第1連結部 $10_1$ は、第1傾斜支持部材 $5_1$ に設けられる第1基点 $A_1$ を含む第1基部 $11_1$ と、第1作動リンク $6_1$ に設けられる第1取付部 $12_1$ と、一方を第1基部 $11_1$ に支持される第1連結部材としての第1ワイヤ $13_1$ と、一方で第1ワイヤ $13_1$ の他方と連結され、他方で第1取付部 $12_1$ に支持される第1弾性部としての第1バネ $14_1$ と、第1ワイヤ $13_1$ の引張方向を変換する第1作用点 $B_1$ を含む第1方向変換部材 $15_1$ と、を有する。

20

【0040】

また、第2連結部 $10_2$ は、第2傾斜支持部材 $5_2$ に設けられる第2基点 $A_2$ を含む第2基部 $11_2$ と、第2作動リンク $6_2$ に設けられる第2取付部 $12_2$ と、一方を第2基部 $11_2$ に支持される第2連結部材としての第2ワイヤ $13_2$ と、一方で第2ワイヤ $13_2$ の他方と連結され、他方で第2取付部 $12_2$ に支持される第2弾性部としての第2バネ $14_2$ と、第2ワイヤ $13_2$ の引張方向を変換する第2作用点 $B_2$ を含む第2方向変換部材 $15_2$ と、を

30

【0041】

第3実施形態では、2つの作動リンク $6_1, 6_2$ を連結したが、図示しない3つ以上の作動リンク $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$ を連結してもよい。このように複数の作動リンク $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$ を用いて回動機構1を構成することで、垂直平面内で回動し、先端の作動リンク $6_n$ 以外が平行リンク機構で直列に複数個連結された作動リンク $6_1, 6_2, \dots, 6_{n-1}, 6_n$ に対して、任意の方向と任意の大きさの重力が働いているかのような仮想重力のベクトルを、最も基台2に近い基部 $A_1$ の鉛直方向を基準とした傾き角度 $\theta_1$ と、それぞれの作動リンク $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$ のそれぞれの基部 $A_1, A_2, \dots, A_{(n-1)}, A_n$ に対する傾きに比例するように発揮されるバネ力のバネ定数の倍率と、を調整する簡単な設定により自由に生成できる。

40

【0042】

つまり、図8に示したような複数の作動リンク $6_1, 6_2, \dots, 6_{n-1}, 6_n$ は、作動後、それぞれの補償倍率と傾斜角度により決まる大きさの仮想重力により、水平方向から所定の傾き角度の位置に自然に戻ることになる。

【0043】

したがって、任意の方向に任意の大きさの重力を加えることと同等になるように、作動リンク $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$ に付勢力を与えることで、作動リンク $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$ がいかなる作業姿勢であっても安定姿勢に戻ることができる。また、安定姿勢近傍では、制御系が高精度になるうえに駆動効率も向上するため、結果的に機器が

50

飛躍的に省エネになるという効果が期待できる。さらに、脱力状態においても、作動リンク  $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$  が鉛直方向に落下しないという安全上の利点も生じる。

【0044】

また、それぞれ個々の作動リンク  $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$  の仮想重力の生成ができることにより、例えば、垂直平面内で複数連結された作動リンク  $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$  を自由な形で平衡させることが可能となり、設計の自由度を増やすことが可能となる。

【0045】

次に、第4実施形態について説明する。

【0046】

図9は、第4実施形態の回動機構を示す図である。第4実施形態の回動機構1は、基台2と、基台2から鉛直方向上方に延びる鉛直支持部材3と、鉛直支持部材3に設けた第1中心  $O_1$  を含む第1軸部材  $4_1$  と、第1軸部材  $4_1$  に回動可能に支持されると共に、鉛直支持部材3に対して所定の角度に設定可能な第1傾斜支持部材  $5_1$  と、一方で第1軸部材  $4_1$  に回動可能に支持される第1作動リンク  $6_1$  と、第1傾斜支持部材  $5_1$  に対して回動可能に支持されて第1作動リンク  $6_1$  と平行なリンクを形成する平行リンク部材7と、第1作動リンク  $6_1$  の他方に設けた第2中心  $O_2$  を含む第2軸部材  $4_2$  と、一方で第1作動リンク  $6_1$  に対して回動可能に第2軸部材  $4_2$  に支持され、他方で平行リンク部材7に回動可能に支持され、第1傾斜支持部材  $5_1$  と平行に回動するリンク支持部材としての第1リンク支持部材  $8_1$  と、第2軸部材  $4_2$  に回動可能に支持されると共に、第1リンク支持部材  $8_1$  に対して所定の角度に設定可能な第2傾斜支持部材  $5_2$  と、第2軸部材  $4_2$  に回動可能に支持される第2作動リンク  $6_2$  と、第1傾斜支持部材  $5_1$  と第1作動リンク  $6_1$  とを連結する第1連結部  $10_1$  と、第2傾斜支持部材  $5_2$  と第2作動リンク  $6_2$  とを連結する第2連結部  $10_2$  と、を有する。なお、G1は第1重心位置、G2は第2重心位置である。

10

20

【0047】

第1連結部  $10_1$  は、第1傾斜支持部材  $5_1$  に設けられる第1基点  $A_1$  を含む第1基部  $11_1$  と、第1作動リンク  $6_1$  に設けられる第1取付部  $12_1$  と、一方を第1基部  $11_1$  に支持される第1連結部材としての第1ワイヤ  $13_1$  と、一方で第1ワイヤ  $13_1$  の他方と連結され、他方で第1取付部  $12_1$  に支持される第1弾性部としての第1バネ  $14_1$  と、第1ワイヤ  $13_1$  の引張方向を変換する第1作用点  $B_1$  を含む第1方向変換部材  $15_1$  と、を有する。

30

【0048】

第2連結部  $10_2$  は、第2傾斜支持部材  $5_2$  に設けられる第2基点  $A_2$  を含む第2基部  $11_2$  と、第2作動リンク  $6_2$  に設けられる第2取付部  $12_2$  と、一方を第2基部  $11_2$  に支持される第2連結部材としての第2ワイヤ  $13_2$  と、一方で第2ワイヤ  $13_2$  の他方と連結され、他方で第2取付部  $12_2$  に支持される第2弾性部としての第2バネ  $14_2$  と、第2ワイヤ  $13_2$  の引張方向を変換する第2作用点  $B_2$  を含む第2方向変換部材  $15_2$  と、を有する。

【0049】

第4実施形態では、2つの作動リンク  $6_1, 6_2$  を連結したが、図示しない3つ以上の作動リンク  $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$  を連結してもよい。このように複数の作動リンク  $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$  を用いて回動機構1を構成することで、垂直平面内で回動し、先端の作動リンク  $6_n$  以外が平行リンク機構で直列に複数個連結された作動リンク  $6_1, 6_2, \dots, 6_{n-1}, 6_n$  に対して、任意の方向と任意の大きさの重力が働いているかのような仮想重力のベクトルを、それぞれの基部  $A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n$  の鉛直方向を基準とした傾き角度と、それぞれの作動リンク  $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$  のそれぞれの基部  $A_1, A_2, \dots, A_{(n-1)}, A_n$  に対する傾きに比例するように発揮されるバネ力のバネ定数の倍率と、を調整する簡単な設定により自由に生成できる。

40

【0050】

つまり、図9に示したような複数の作動リンク  $6_1, 6_2, \dots, 6_{n-1}, 6_n$  は、作動後

50

、それぞれの補償倍率と傾斜角度により決まる大きさの仮想重力により、水平方向から所定の傾き角度の位置に自然に戻ることになる。

【0051】

したがって、任意の方向に任意の大きさの重力を加えることと同等になるように、作動リンク  $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$  に付勢力を与えることで、作動リンク  $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$  がいかなる作業姿勢であっても安定姿勢に戻ることができる。また、安定姿勢近傍では、制御系が高精度になるうえに駆動効率も向上するため、結果的に機器が飛躍的に省エネになるという効果が期待できる。さらに、脱力状態においても、作動リンク  $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$  が鉛直方向に落下しないという安全上の利点も生じる。

【0052】

また、それぞれ個々の作動リンク  $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$  の仮想重力の生成ができることにより、例えば、垂直平面内で複数連結された作動リンク  $6_1, 6_2, \dots, 6_{(n-1)}, 6_n$  を自由な形で平衡させることが可能となり、設計の自由度を増やすことが可能となる。

【0053】

次に、第5実施形態及び第6実施形態について説明する。第5実施形態及び第6実施形態の回動機構1は、連結部10の弾性部として、パネ24を用いたものである。

【0054】

図10は、第5実施形態の回動機構を示す図である。

【0055】

回動機構1は、基台2と、基台2から鉛直方向上方に延びる鉛直支持部材3と、鉛直支持部材3に設けた軸部材4と、軸部材4に回動可能に支持されると共に、鉛直支持部材3に対して所定の角度に設定可能な傾斜支持部材5と、軸部材4に回動可能に支持される作動リンク6と、傾斜支持部材5と作動リンク6とを連結する連結部20と、を有し、連結部20は、弾性部としてのパネ25を含む。

【0056】

連結部20は、傾斜支持部材5に支持される基点Aを含む基部21と、作動リンク6に支持される作用点Bを含む取付部22と、基部21に回動可能に支持されるスライダ23と、一方を取付部22に回動可能に支持され、スライダ23に摺動可能に支持される連結部材としての連結アーム24と、一方でスライダ23に支持されるパネ25と、連結アーム24の他方に取り付けられ、パネ25の他方を支持するパネ受け部材26と、を含む。なお、Gは重心位置である。

【0057】

第5実施形態の回動機構1も第1実施形態と同様に設定することで、図10に示した作動リンク6は、作動後、補償倍率と傾斜角度 $\theta_1$ により決まる大きさの仮想重力により、水平方向からの傾き角度の位置に自然に戻ることになる。

【0058】

したがって、3次元空間内で任意の方向に任意の大きさの重力を加えることと同等になるように、作動リンク6に付勢力を与えることで、作動リンク6がいかなる作業姿勢であっても安定姿勢に戻ることができる。また、安定姿勢近傍では、制御系が高精度になるうえに駆動効率も向上するため、結果的に機器が飛躍的に省エネになるという効果が期待できる。さらに、脱力状態においても、作動リンク6が鉛直方向に落下しないという安全上の利点も生じる。

【0059】

図11は、第6実施形態の回動機構を示す図である。

【0060】

第6実施形態の回動機構1は、第5実施形態と同様に、連結部10の弾性部として、パネ35を用いたものであるが、前述した図10に示す第5実施形態の回動機構1とは、連結アーム34の取り付けの向きを逆にして、パネ35を作動リンク6の下方に配置した点が異なっている。

10

20

30

40

50

## 【0061】

回動機構 1 は、基台 2 と、基台 2 から鉛直方向上方に延びる鉛直支持部材 3 と、鉛直支持部材 3 に設けた軸部材 4 と、軸部材 4 に回動可能に支持されると共に、鉛直支持部材 3 に対して所定の角度に設定可能な傾斜支持部材 5 と、軸部材 4 に回動可能に支持される作動リンク 6 と、傾斜支持部材 5 と作動リンク 6 とを連結する連結部 30 と、を有し、連結部 30 は、弾性部としてのバネ 35 を含む。

## 【0062】

連結部 30 は、傾斜支持部材 5 に回動可能に支持される基点 A を含む基部 31 と、作動リンク 6 に支持される作用点 B を含む取付部 32 と、取付部 32 に回動可能に支持されるスライダ 33 と、一方を基部 31 に回動可能に支持され、スライダ 33 に摺動可能に支持される連結部材としての連結アーム 34 と、一方でスライダ 33 に支持されるバネ 35 と、連結アーム 34 の他方に取り付けられ、バネ 35 の他方を支持するバネ受け部材 36 と、を含む。なお、G は重心位置である。

10

## 【0063】

第 6 実施形態の回動機構 1 も第 1 実施形態と同様に設定することで、図 11 に示した作動リンク 6 は、作動後、補償倍率 と傾斜角度  $\theta_1$  により決まる大きさ の仮想重力により、水平方向からの傾き角度 の位置に自然に戻るようになる。

## 【0064】

したがって、3次元空間内で任意の方向に任意の大きさの重力を加えることと同等になるように、作動リンク 6 に付勢力を与えることで、作動リンク 6 がいかなる作業姿勢であっても安定姿勢に戻ることができる。また、安定姿勢近傍では、制御系が高精度になるうに駆動効率も向上するため、結果的に機器が飛躍的に省エネになるという効果が期待できる。さらに、脱力状態においても、作動リンク 6 が鉛直方向に落下しないという安全上の利点も生じる。

20

## 【0065】

次に、第 7 実施形態～第 9 実施形態について説明する。第 7 実施形態～第 9 実施形態の回動機構 1 は、連結部 40 に流体を用いたものである。

## 【0066】

図 12 は、第 7 実施形態の回動機構を示す図である。

## 【0067】

回動機構 1 は、固定部としての基台 2 と、基台 2 から鉛直方向上方に延びる鉛直支持部材 3 と、鉛直支持部材 3 に設けた軸部材 4 と、軸部材 4 に回動可能に支持されると共に、鉛直支持部材 3 に対して所定の角度に設定可能な傾斜支持部材 5 と、軸部材 4 に回動可能に支持される作動リンク 6 と、傾斜支持部材 5 と作動リンク 6 とを連結する連結部 40 と、を有する。

30

## 【0068】

連結部 40 は、傾斜支持部材 5 に支持される基点 A を含む基部 41 と、作動リンク 6 に支持される作用点 B を含む取付部 42 と、基部 41 に回動可能に支持される連結部材としての作動シリンダ 43 と、取付部 42 に回動可能に支持され、作動シリンダ 43 の作動シリンダ室 43 a 内にスライド自在に嵌挿されるピストン 44 a を有する連結部材としての作動ロッド 44 と、作動シリンダ 43 に連結される弾性部 45 と、を含む。なお、G は重心位置である。

40

## 【0069】

図 12 に示すように、作動シリンダ 43 の作動シリンダ室 43 a には、作動ロッド 44 の一端に設けられた作動ピストン 44 a がスライド自在に嵌挿されている。また、作動シリンダ室 43 a 周壁の作動ロッド 44 側の端部付近と反対側の端部付近にはそれぞれ、シリンダ室 43 a 内を外部と流通するためのポート P1、P2 が設けられている。

## 【0070】

また、基台 2 には、補償シリンダ 45 a が設置されている。補償シリンダ 45 a には、一端にピストン 45 b<sub>1</sub> を有する補償ロッド部 45 b が上方に突出する向きで取り付けら

50

れている。ピストン 4 5 b<sub>1</sub>は補償シリンダ 4 5 a 内の補償シリンダ室 4 5 a<sub>1</sub>にスライド自在に嵌挿されている。

【 0 0 7 1 】

補償ロッド 4 5 b の他端は、可動部 4 5 c に連結されている。この可動部 4 5 c は、補償ロッド 4 5 b と一体となって上下変位できるように、図示していないガイド手段を介して基台 2 に保持されている。また、基台 2 と可動部 4 5 c の間には、補償シリンダ 4 5 a と並列にバネとしての圧縮コイルばね 4 5 d が後述するように、あらかじめ自然長より所定長さ圧縮された状態で組み込まれている。

【 0 0 7 2 】

補償シリンダ 4 5 a は、前述した作動シリンダ 4 3 と同様に、補償シリンダ室 4 5 a<sub>1</sub> の補償ロッド側の端部近傍と反対側の端部近傍にそれぞれ、外部と流通するための 2 つのポート P 1、P 2 を有していて、補償シリンダ 4 5 a のポート P 1 と作動シリンダ 4 3 a のポート P 1 は作動用管路としての管路 4 5 e によって連結されている。

10

【 0 0 7 3 】

作動シリンダ 4 3 のシリンダ室 4 3 a の作動ロッド側内部と、補償シリンダ部 4 5 a の補償シリンダ室 4 5 a<sub>1</sub>の補償ロッド側内部、ならびに管路 1 5 内には作動流体が満たされている。この作動流体としては、例えば、油のような非圧縮性流体が用いられている。

【 0 0 7 4 】

また、作動シリンダ 4 3 と補償シリンダ 4 5 a にそれぞれ設けられているポート P 2 は、何れも大気中に開放されている。

20

【 0 0 7 5 】

回動機構 1 において、作動リンク 6 を軸部材 4 回りに上下に回動させると、これに伴って作動シリンダ 4 3 に対して作動ロッド 4 4 が移動する。そうすると、この作動ロッド 4 4 の伸縮変位は管路 1 5 を移動する作動流体を介して、補償シリンダ 4 5 a の補償ロッド 4 5 b に伝達される。

【 0 0 7 6 】

ここで、作動シリンダ 4 3 が L<sub>1</sub>だけ伸長（収縮）としたとき、補償シリンダ 4 5 a と補償ロッド 4 5 b の全長は、これに連動して L<sub>2</sub>だけ収縮（伸長）する。作動ピストン 4 4 a の受圧面積を S<sub>1</sub>、補償ピストン 4 5 b<sub>1</sub>の受圧面積を S<sub>2</sub>とすると、作動流体が非圧縮性流体とした場合、作動シリンダ 4 3 側で流出（または流入）する作動流体の容積は、補償シリンダに流入（流出）する容積に等しいから、

30

$$L_1 S_1 = L_2 S_2 \quad (12)$$

【 0 0 7 7 】

また、圧縮コイルばね 4 5 d のばね定数を K とすると、これが自然長から L<sub>2</sub>だけ圧縮された時に補償ロッド 4 5 b に作用する力 F は、

$$F = K L_2 \quad (13)$$

となる。

【 0 0 7 8 】

また、補償シリンダ 4 5 a 側から作動流体を介して作動ロッド 4 4 に伝達される力を f とすると、パスカルの原理により、

40

$$f = (S_1 / S_2) F \quad (14)$$

となる。

【 0 0 7 9 】

(3) 式に (1) 式と (2) 式を適用すると、

$$f = (S_1 / S_2) K L_2 = (S_1 / S_2)^2 K L_1 \quad (15)$$

ここで、k = (S<sub>1</sub> / S<sub>2</sub>)<sup>2</sup> K とおくと、f = k L<sub>1</sub>と表せるから、作動シリンダ 4 3 は見かけ上、ばね定数 k のばねと等価な機能を有すると考えられる。

【 0 0 8 0 】

途中で仮想重力の設定値を変更したい場合、基点 A の傾き角度 θ<sub>1</sub>は直接変更し、補償倍率 k は間接的に調整する。例えば、補償倍率を k<sub>1</sub>から k<sub>2</sub>に変更したい場合、シリンダ

50

の面積比  $S_2 / S_1$  を  $(r_2 / r_1)^{0.5}$  倍する方法がある。

【0081】

なお、第7実施形態の回動機構1においては、補償シリンダ45aと圧縮コイルばね45dとを基台2上に並列に配置し、可動部45cを介して補償シリンダ45aの補償ロッド45bと圧縮コイルばね45dとを連結しているが、これに限定するものではなく、例えば、補償ロッド45bと圧縮コイルばね45dとは同軸上に直列配置したり、圧縮コイルばね45dを補償シリンダ45aのヘッド側に内蔵させてピストンを直接付勢するようにしてもよい。

【0082】

また、第7実施形態の回動機構1においては、圧縮コイルばね45dも弾性部として用いているが、これに限定するものではなく、例えば、補償ロッド45bを引っ張りコイルばねに連結して、圧縮コイルばね45dと同等の付勢力を得るようにしてもよい。

10

【0083】

なお、作動シリンダ43と補償シリンダ45a間を連結する管路15の途中に開閉弁やアクキュレータ等を組み込むことで、作動アーム4のロックやインピーダンス調整の機能を簡単に付加することができる。

【0084】

第7実施形態の回動機構1も第1実施形態と同様に設定することで、図12に示した作動リンク6は、作動後、補償倍率と傾斜角度 $\theta_1$ により決まる大きさの仮想重力により、水平方向からの傾き角度の位置に自然に戻るようになる。

20

【0085】

したがって、3次元空間内で任意の方向に任意の大きさの重力を加えることと同等になるように、作動リンク6に付勢力を与えることで、作動リンク6がいかなる作業姿勢であっても安定姿勢に戻ることができる。また、安定姿勢近傍では、制御系が高精度になるうえに駆動効率も向上するため、結果的に機器が飛躍的に省エネになるという効果が期待できる。さらに、脱力状態においても、作動リンク6が鉛直方向に落下しないという安全上の利点も生じる。

【0086】

図13は、第8実施形態の回動機構を示す図である。

【0087】

第8実施形態の回動機構1は、補償シリンダ45aのヘッド側ポートP2と、作動シリンダ43のヘッド側ポートP2に、それぞれ駆動用流体を供給し、又は、排出するための一对の駆動用管路45f<sub>1</sub>、45f<sub>2</sub>を追加したものである。この場合、駆動用管路45f<sub>1</sub>、45f<sub>2</sub>は、図示していない駆動用流体回路に接続されている。この駆動用流体回路としては、例えば、油圧ポンプや方向切換弁等からなる周知の油圧回路等が用いられる。

30

【0088】

第8実施形態のものにおいては、圧縮コイルばね45dの反発力によって、作動リンク6に軸部材43回りに作用している負荷トルクが補償されている状態において、一方の駆動用管路45f<sub>1</sub>から補償シリンダ部45aへ作動流体を供給すると、ピストン45b<sub>1</sub>は押し上げられる。

40

【0089】

その結果、補償シリンダ室45a<sub>1</sub>のロッド側の流体は押し出され、管路45eを通して作動シリンダ43のポートP1に流入し、作動シリンダ43と作動ロッド44の全長が収縮して作動リンク6は上方に回動する。

【0090】

作動シリンダ43は、作動ロッドと反対側の作動シリンダ室内にも作動流体が満たされており、作動シリンダ43と作動ロッド44の全長の収縮によって、この作動流体は駆動用管路45f<sub>2</sub>を通して駆動用流体源側に還流される。

【0091】

50

一方、駆動用管路 4 5 f<sub>2</sub>を通して作動シリンダ 4 3へ作動流体を供給した場合には、作動シリンダ 4 3と作動ロッド 4 4の全長が伸長して作動リンク 6は、下方へ回動する。その際、作動シリンダ 4 3の作動ロッド側の作動シリンダ室内の流体はポート P 1から管路 4 5 eへ押し出され、補償シリンダ 4 5 aのポート P 1から補償シリンダ室 4 5 a<sub>1</sub>に流入する。

【0092】

その結果、ピストン 4 5 b<sub>1</sub>が下方に押されて、これとともに、補償ロッド部 4 5 b及び可動部 4 5 cが一体となって降下し、圧縮コイルばね 4 5 dが圧縮されて、その高まった反発力によって、作動リンク 6の下方への回動で増加した負荷トルク分を補償する。

【0093】

第 8 実施形態のものにおいては、作動リンク 6の荷重補償に用いている作動シリンダ 4 3や補償シリンダ 4 5 aで作動リンク 6の駆動機構を兼ねているため、別途駆動シリンダ装置等を設ける必要がない。

【0094】

なお、第 8 実施形態の回動機構においては、駆動用管路 4 5 f<sub>1</sub>、4 5 f<sub>2</sub>の両方を図示していない駆動用流体回路に接続しているが、何れか一方を省略してもよい。その場合には、管路が接続されていない作動シリンダ 4 3または補償シリンダ 4 5 aのポート P 2は大気中に開放しておく。

【0095】

そして、補償シリンダ 4 5 aと作動シリンダ 4 3の何れかのポート P 2に接続されている駆動用管路を介して、駆動用流体回路から流体を供給、あるいは負圧にして吸引すれば、作動リンク 6を上方または下方に回動させることができる。

【0096】

第 8 実施形態の回動機構 1も第 1 実施形態と同様に設定することで、図 1 3に示した作動リンク 6は、作動後、補償倍率と傾斜角度<sub>1</sub>により決まる大きさの仮想重力により、水平方向からの傾き角度の位置に自然に戻ることになる。

【0097】

したがって、3次元空間内で任意の方向に任意の大きさの重力を加えることと同等になるように、作動リンク 6に付勢力を与えることで、作動リンク 6がいかなる作業姿勢であっても安定姿勢に戻ることができる。また、安定姿勢近傍では、制御系が高精度になるように駆動効率も向上するため、結果的に機器が飛躍的に省エネになるという効果が期待できる。さらに、脱力状態においても、作動リンク 6が鉛直方向に落下しないという安全上の利点も生じる。

【0098】

図 1 4は、第 9 実施形態の回動機構を示す図である。

【0099】

第 9 実施形態の回動機構 1は、作動シリンダ 4 3の作動シリンダ室 4 3 aの作動ロッドとは反対側と補償シリンダ 4 5 aの補償シリンダ室 4 5 a<sub>1</sub>の補償ロッド 4 5 bとは反対側に作動流体が満たされており、作動シリンダ 4 3の作動ロッド 4 4とは反対側のポート P 2と、補償シリンダ 4 5 aの補償ロッド 4 5 bとは反対側のポート P 2間を作動用管路としての管路 4 5 gで連結し、それぞれのロッド側のポート P 1は大気中に開放してある点を除いて、前述した図 1 2に示した第 7 実施形態の回動機構 1と同一構成となっている。

【0100】

第 9 実施形態の回動機構 1においては、作動ロッド 4 4に作用する引っ張り荷重によって、作動シリンダ 4 3の作動シリンダ室 4 3 aの作動ロッド 4 4とは反対側に生じる負圧を、管路 4 5 gを通して補償シリンダ 4 5 aの補償シリンダ室 4 5 a<sub>1</sub>の補償ロッド 4 5 bとは反対側へ伝達し、ピストン 4 5 b<sub>1</sub>を下方へ吸引して圧縮コイルばね 4 5 dを収縮させるもので、作動ロッド 4 4と補償ロッド 4 4 bの連係動作においては、先に説明した図 1 2に示した第 7 実施形態の回動機構 1と同様である。

10

20

30

40

50

## 【0101】

なお、第9実施形態の回動機構1においては、作動シリンダ43と補償シリンダ45aの何れか一方のポートP1を、駆動用管路を介して駆動用流体回路に連結し、他方のポートP1を大気中に開放するか、あるいは両方のポートP1を、駆動用管路を介して駆動用流体回路に連結することにより、前述した図13に示す回動機構1と同様に、作動リンク6を駆動することが可能である。

## 【0102】

第9実施形態の回動機構1も第1実施形態と同様に設定することで、図14に示した作動リンク6は、作動後、補償倍率と傾斜角度 $\gamma_1$ により決まる大きさの仮想重力により、水平方向からの傾き角度の位置に自然に戻ることになる。

10

## 【0103】

したがって、3次元空間内で任意の方向に任意の大きさの重力を加えることと同等になるように、作動リンク6に付勢力を与えることで、作動リンク6がいかなる作業姿勢であっても安定姿勢に戻ることができる。また、安定姿勢近傍では、制御系が高精度になるうえに駆動効率も向上するため、結果的に機器が飛躍的に省エネになるという効果が期待できる。さらに、脱力状態においても、作動リンク6が鉛直方向に落下しないという安全上の利点も生じる。

## 【0104】

なお、図12～図14に示した第7実施形態～第9実施形態の基台2は、鉛直支持部材3、補償シリンダ45a及び圧縮コイルばね45dを一つの基台2に固定しているが、それぞれ別々の基台であってもよい。

20

## 【0105】

また、図10～図14に示した第5実施形態～第9実施形態の回動機構1も図8及び図9に示したように複数のリンクを連結して用いることが可能である。

## 【0106】

図15は、回動機構の直交3軸を中心とした回転運動を示す図である。

## 【0107】

前述した第1実施形態～第9実施形態に示した回動機構1は、図15に示すように、第1モータ51、第2モータ52、及び/又は第3モータ53を有してもよい。第1モータ51は、x軸（ロール軸）周りに回転し、傾斜支持部材5、作動リンク6及び連結部10等を回動させることが可能である。

30

第2モータ52は、y軸（ヨー軸）周りに回転し、鉛直支持部材3、傾斜支持部材5、作動リンク6及び連結部10等を回動させることが可能である。第3モータ53は、z軸（ピッチ軸）周りに回転し、作動リンク6を回動させることが可能である。なお、傾斜支持部材5は、所定の角度 $\gamma_1$ に設定することが可能であるが、設定は他のモータを用いてもよいし、手動でもよい。

## 【0108】

このように、モータを用いた回動機構1であっても、第1実施形態と同様に設定することで、図15に示した作動リンク6は、作動後、モータの接続を切断すれば、補償倍率と傾斜角度 $\gamma_1$ により決まる大きさの仮想重力により、設定された3次元空間内の任意の位置に自然に戻ることになる。

40

## 【0109】

したがって、3次元空間内で任意の方向に任意の大きさの重力を加えることと同等になるように、作動リンク6に付勢力を与えることで、作動リンク6がいかなる作業姿勢であっても安定姿勢に戻ることができる。また、安定姿勢近傍では、制御系が高精度になるうえに駆動効率も向上するため、結果的に機器が飛躍的に省エネになるという効果が期待できる。さらに、脱力状態においても、作動リンク6が鉛直方向に落下しないという安全上の利点も生じる。なお、補償倍率を大きく設定することにより、第3モータ53によって回生エネルギーを発生させることも可能である。

## 【0110】

50



以上、本発明の種々の実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態のみに限られるものではなく、それぞれの実施形態の構成を適宜組み合わせることで構成した実施形態も本発明の範疇となるものである。

【符号の説明】

【0111】

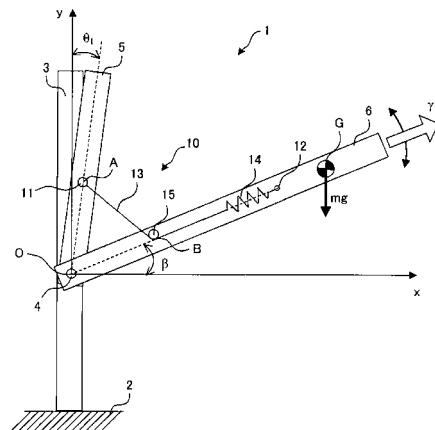
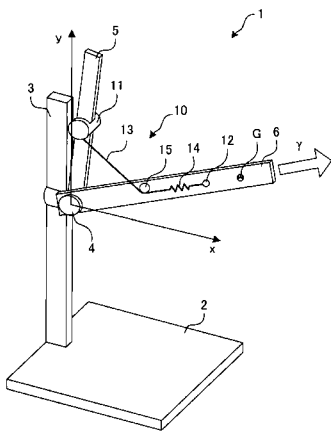
- 1 ... 回動機構
- 2 ... 基台
- 3 ... 鉛直支持部材
- 4 ... 軸部材
- 5 ... 傾斜支持部材
- 6 ... 作動リンク
- 7 ... 平行リンク
- 8 ... リンク支持部材
- 10, 20, 30, 40 ... 連結部
- 11, 21, 31, 41 ... 基部
- 12, 22, 32, 42 ... 取付部
- 13 ... ワイヤ（連結部材）
- 14, 24, 34 ... パネ（弾性部）
- 15 ... 方向変更部材
- 23, 33 ... 連結アーム（連結部材）
- 25, 35 ... パネ受け部材
- 43 ... 作動シリンダ（連結部材）
- 44 ... 作動ロッド（連結部材）
- 45 ... 弾性部

10

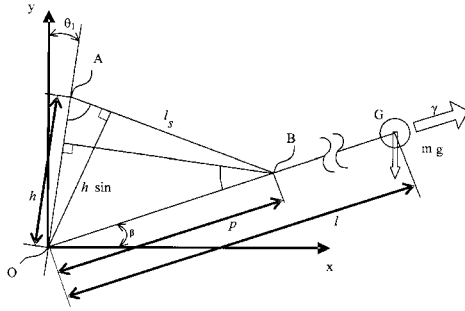
20

【図1】

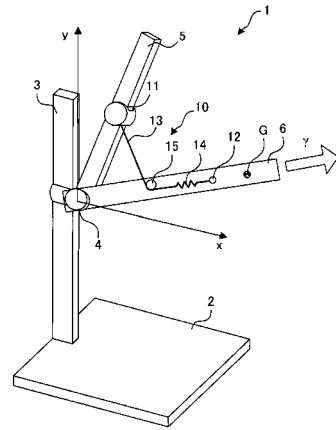
【図2】



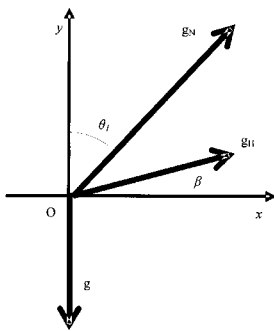
【 図 3 】



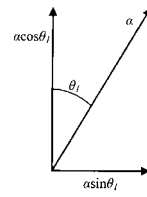
【 図 4 】



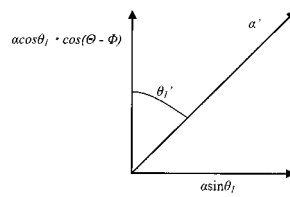
【 図 5 】



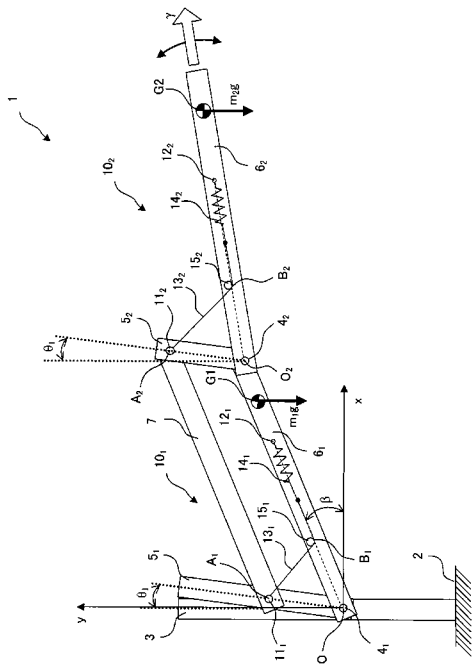
【 図 6 】



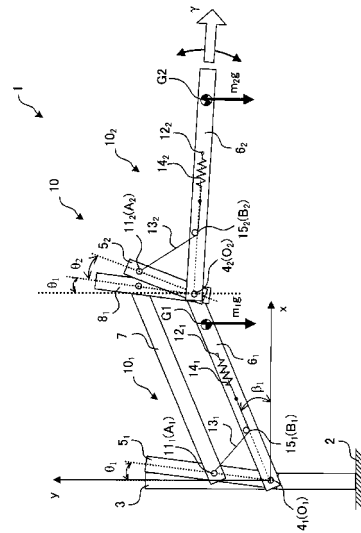
【 図 7 】



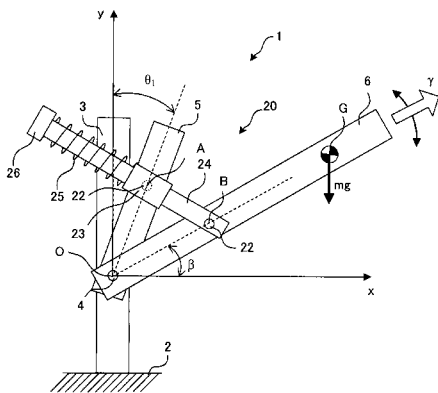
【 図 8 】



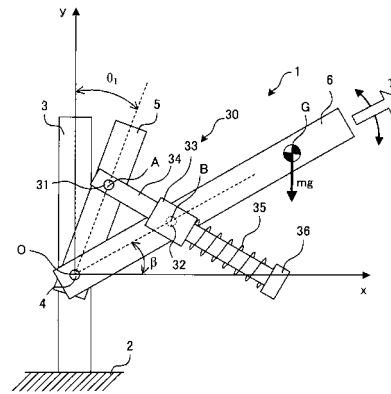
【 図 9 】



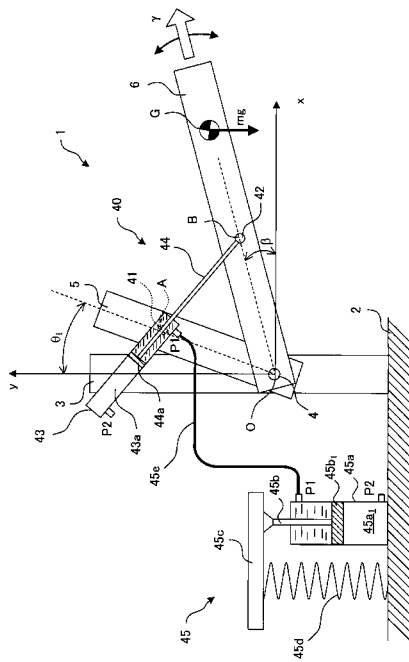
【 図 10 】



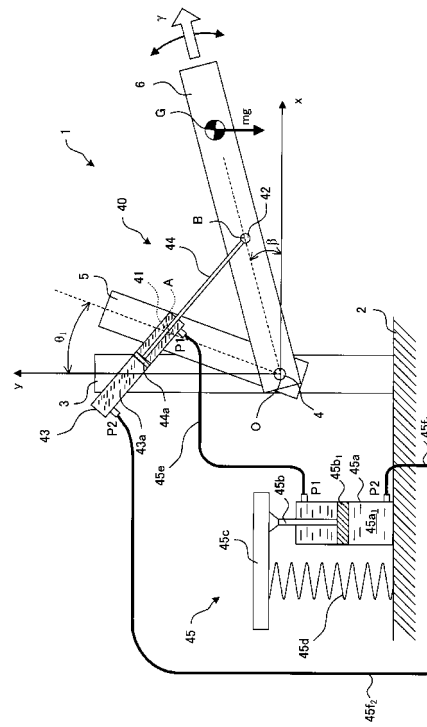
【 図 11 】



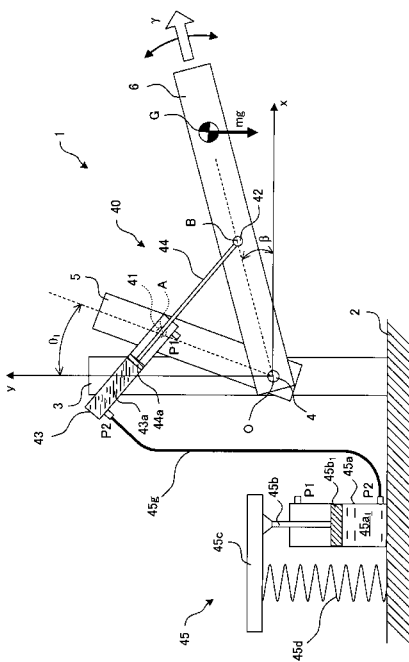
【図 12】



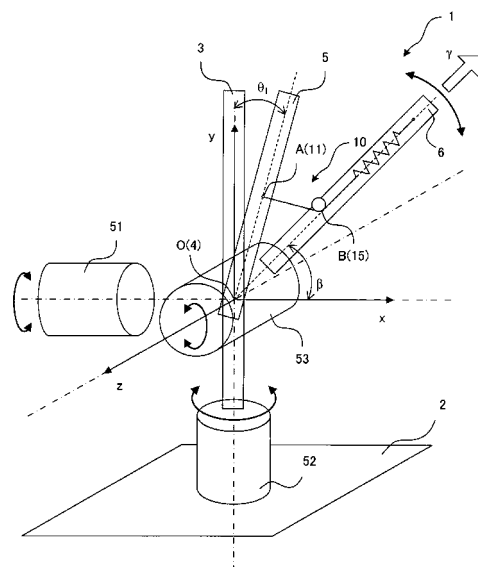
【図 13】



【図 14】



【図 15】



---

フロントページの続き

(72)発明者 森田 寿郎

神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学 理工学部内

(72)発明者 山田 泰之

神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学 理工学部内

Fターム(参考) 3C007 CY23 CY24 HT12

3C707 CY23 CY24 HT12