

(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2017-106533

(P2017-106533A)

(43) 公開日 平成29年6月15日 (2017.6.15)

(51) Int.Cl.			F I		テーマコード (参考)	
<b>F 1 6 H</b>	<b>1/14</b>	<b>(2006.01)</b>	F 1 6 H	1/14		3 C 7 0 7
<b>A 6 1 H</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	A 6 1 H	3/00	B	3 J 0 0 9
<b>B 2 5 J</b>	<b>17/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 5 J	17/00	E	4 C 0 4 6
<b>F 1 6 H</b>	<b>1/20</b>	<b>(2006.01)</b>	F 1 6 H	1/20		

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2015-240111 (P2015-240111)  
 (22) 出願日 平成27年12月9日 (2015.12.9)

(71) 出願人 000006622  
 株式会社安川電機  
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
 (74) 代理人 100104503  
 弁理士 益田 博文  
 (74) 代理人 100191112  
 弁理士 益田 弘之  
 (72) 発明者 野中 剛  
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
 株式会社安川電機内  
 (72) 発明者 青木 隆行  
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
 株式会社安川電機内

最終頁に続く

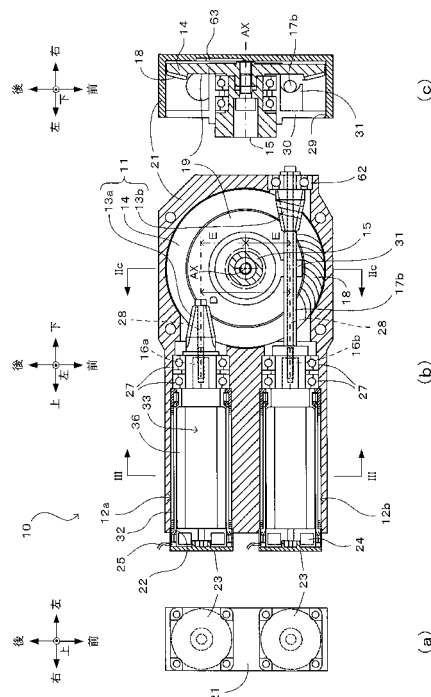
(54) 【発明の名称】 アクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】 大トルク化と外部干渉の回避とバックラッシュの低減を両立する。

【解決手段】 2つのモータ12a, 12bと、ハイポイド減速機11とを有し、ハイポイド減速機11は、2つのモータ12a, 12bの出力軸16a, 16bにそれぞれ連結された2つのドライブギア13a, 13bと、2つのドライブギア13a, 13bで駆動される1つのドリブンギア14とを有する。2つのモータ12a, 12bは、それぞれの出力軸16a, 16bが平行となり、且つ、それぞれの出力軸16a, 16bの軸間距離Dがドリブンギア14の外径より小さくなるように配置されている。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

2つのモータと、  
ハイポイド減速機と、を有し、  
前記ハイポイド減速機は、  
前記2つのモータの出力軸にそれぞれ連結された2つのドライブギアと、  
前記2つのドライブギアで駆動される1つのドリブンギアと、  
を有することを特徴とするアクチュエータ。

## 【請求項 2】

前記2つのモータは、  
それぞれの前記出力軸が平行となり、且つ、それぞれの前記出力軸の軸間距離が前記ドリブンギアの外径より小さくなるように配置されている  
ことを特徴とする請求項1記載のアクチュエータ。

10

## 【請求項 3】

前記2つのドライブギアは、  
前記ドリブンギアの回転軸心を間に挟むように配置されている  
ことを特徴とする請求項2記載のアクチュエータ。

## 【請求項 4】

前記2つのモータと前記ハイポイド減速機を収容するケースをさらに有する  
ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のアクチュエータ。

20

## 【請求項 5】

前記出力軸及び前記ドライブギアに同軸に連結された連結シャフトをさらに有し、  
前記ケースは、  
前記連結シャフトを回転可能に保持する保持部を有する  
ことを特徴とする請求項4記載のアクチュエータ。

## 【請求項 6】

前記ドリブンギアは、  
歯部の内周側に凹部を有し、  
前記保持部は、  
前記ドリブンギアの回転軸心方向から見て前記凹部の内側となる位置で前記連結シャフトを保持する  
ことを特徴とする請求項5記載のアクチュエータ。

30

## 【請求項 7】

前記保持部に設置され、前記連結シャフトを支持する軸受をさらに有する  
ことを特徴とする請求項5又は6記載のアクチュエータ。

## 【請求項 8】

前記出力軸の軸方向における前記モータと前記ドライブギアとの間、又は、前記ドライブギアの前記軸方向両側、に配置され、前記ドライブギアに作用する前記軸方向の荷重を支持する複数のアンギュラベアリングをさらに有する  
ことを特徴とする1乃至7のいずれか1項に記載のアクチュエータ。

40

## 【請求項 9】

前記複数のアンギュラベアリングにより支持された少なくとも1つの連結部材をさらに有し、  
前記ドライブギアと前記少なくとも1つの連結部材とは、前記出力軸及び前記ドライブギアと同軸に配置されたボルトにより前記出力軸に連結されている  
ことを特徴とする請求項8記載のアクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

開示の実施形態は、アクチュエータに関する。

50

## 【背景技術】

## 【0002】

特許文献1には、モータを装着者の胸部に固定し、モータが出力する回転駆動力をフレキシブルシャフトを介して関節近傍に設けた減速機に伝達し、駆動する動力装具の構成が記載されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特開2009-213671号公報

## 【発明の概要】

10

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

しかしながら、フレキシブルシャフトを長い範囲で身体の外部に配設した場合には、外部の障害物と干渉しやすいため動作性能の点で改善の余地がある。また、モータを関節近傍に設ける場合でも、要求されるトルクを出力可能な大型のモータを設置した場合には、その外径が大きいためにやはり装着者の身体から外部の側方に大きく突出して他の障害物と干渉しやすくなる。また、動作精度を向上させるためには、減速機においてできるだけバックラッシュを除去することが望ましい。

## 【0005】

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、大トルク化と外部干渉の回避とバックラッシュの低減を両立可能なアクチュエータを提供することを目的とする。

20

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

上記課題を解決するため、本発明の一の観点によれば、2つのモータと、ハイポイド減速機と、を有し、前記ハイポイド減速機は、前記2つのモータの出力軸にそれぞれ連結された2つのドライブギアと、前記2つのドライブギアで駆動される1つのドリブンギアと、を有するアクチュエータが適用される。

## 【発明の効果】

## 【0007】

本発明によれば、大トルク化と外部干渉の回避とバックラッシュの低減を両立できる。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0008】

【図1】第1実施形態に係るアクチュエータを備えた動作補助装置を左膝に装着した装着者の一例を表す説明図である。

【図2】アクチュエータの構成の一例を表す上面図、軸方向断面図、図2(b)中の矢視IIc-IIcによる断面図である。

【図3】図2(b)中の矢視III-IIIによる軸直交断面図である。

【図4】平行異方性配向リングマグネットと、第1実施形態に係る極異方性配向リングマグネットの磁束の一例を表す説明図である。

【図5】膝関節用アクチュエータを制御する制御システムのブロック構成の一例を表す図である。

40

【図6】第2実施形態に係るアクチュエータの構成の一例を表す上面図、軸方向断面図、図6(b)中の矢視VIc-VIcによる断面図である。

【図7】図6(b)中の矢視VIIa-VIIaによる断面図と、矢視VIIb-VIIbによる断面図である。

【図8】ドリブンギアの構成の一例を表す側面図、図8(a)中の矢視VIIIb-VII I I bによる断面図、矢視VII I I c-VII I I cによる断面図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0009】

< 1 : 第1実施形態 >

50

以下、第1実施形態について図面を参照しつつ説明する。なお、以下において、アクチュエータ等の構成の説明の便宜上、上下左右前後等の方向を適宜使用する。これらの方向は、それぞれ図1等に示す「前」、「後」、「上」、「下」、「左」、「右」で注記された方向を指す。これらの方向は、図1に示すように、例えばアクチュエータを備えた動作補助装置を左足膝関節の外側に装着した装着者が起立姿勢である場合に対応している。なお、これらの方向の記載は、アクチュエータ等の各構成の位置関係を限定するものではない。例えば、動作補助装置を装着する部位が変更された場合や、装着者の姿勢が変更された場合等には適宜変更される。

#### 【0010】

(1-1:動作補助装置の全体構成)

本実施形態のアクチュエータは、一例として装着者Mの膝関節の回動動作を補助する動作補助装置(いわゆるアシストロボット)に利用される。図1は、動作補助装置を左膝の外側に装着した装着者Mの全身を表している。この図1において、動作補助装置1は、胸部用装具2と、股関節用ヒンジ3と、大腿部用アーム4と、大腿部用装具5と、脛部用装具6と、脛部用アーム7と、足首関節用ヒンジ8と、靴部9と、膝関節用アクチュエータ10を有している。

10

#### 【0011】

胸部用装具2は、装着者Mの胸部の周囲に巻かれるように装着される装具であり、当該装着者Mの腰部の位置に装着される。

#### 【0012】

股関節用ヒンジ3は、上記胸部用装具2と後述の大腿部用アーム4の間に設けられるヒンジであり、装着者M自身による股関節の回動動作に合わせて回動する。なお、図示する例では、この股関節用ヒンジ3には能動的に回動動作を補助する駆動機構は備えていないが、駆動機構を設けてもよい。

20

#### 【0013】

大腿部用アーム4は、梁状の構造物であり、その上端は上記股関節用ヒンジ3に固定され、下端は後述の大腿部用装具5に固定されている。

#### 【0014】

大腿部用装具5は、装着者Mの大腿部の周囲に巻かれるように装着される装具であり、図示する例では膝関節のすぐ上の位置に装着される。

30

#### 【0015】

脛部用装具6は、装着者Mの脛部の周囲に巻かれるように装着される装具であり、図示する例では膝関節のすぐ下の位置に装着される。

#### 【0016】

脛部用アーム7は、梁状の構造物であり、その上端は上記脛部用装具6に固定され、下端は足首関節用ヒンジ8に固定されている。

#### 【0017】

足首関節用ヒンジ8は、上記脛部用アーム7と靴部9の間に設けられるヒンジであり、装着者M自身による足首関節の回動動作に合わせて回動する。なお、図示する例では、この足首関節用ヒンジ8には能動的に回動動作を補助する駆動機構は備えていないが、駆動機構を設けてもよい。

40

#### 【0018】

靴部9は、装着者Mの足を内部に収容する靴状の装具であり、足の姿勢を拘束する。また、この靴部9のくるぶし付近は、上記足首関節用ヒンジ8に固定されている。

#### 【0019】

膝関節用アクチュエータ10(アクチュエータの一例)は、詳細は後述するが、ハイポイドギアを利用したハイポイド減速機11と2つのモータ12を有している。この例では、2つのモータ12とハイポイド減速機11の駆動側部分(後述のドライブギア)が膝関節の外側で上記大腿部用装具5に固定され、ハイポイド減速機11の従動側部分(後述のドリブンギア)がその駆動軸を介して上記脛部用装具6に固定されている。2つのモータ

50

12は、前後方向に並設されており、いずれの回転軸も上記大腿部用アーム4の延設方向（図中の略上下方向）となるように設置されている。言い換えると、2つのモータ12は、この例の補助対象である膝関節を介して相互に回転する大腿部と脛部のうちの大腿部と略平行となるように配置されている。

#### 【0020】

これら2つのモータ12の回転駆動力が、ハイポイド減速機11で減速されトルクを増加して駆動軸に出力される。これにより脛部用装具6及び脛部用アーム7は、大腿部用装具5及び大腿部用アーム4に対して駆動軸を中心とした相対的な回転動作を行う。この駆動軸の位置が装着者Mの膝関節と略一致するように配置されることで、膝関節用アクチュエータ10は装着者Mの膝関節に対して同軸的に回転動作を補助できる。なお、特に図示しないが、ハイポイド減速機11の駆動側部分が上記脛部用装具6に固定され、ハイポイド減速機11の従動側部分が上記大腿部用装具5に固定されてもよい。

10

#### 【0021】

（1-2：アクチュエータの主要構成）

次に、図2を参照しつつ膝関節用アクチュエータ10の主要構成の一例を説明する。図2(a)は、膝関節用アクチュエータ10の外観を上方から見た上面図であり、図2(b)は、膝関節用アクチュエータ10の軸方向断面図であり、図2(c)は、図2(b)中の矢視I I c - I I cによる断面図である。

#### 【0022】

図2(a)～図2(c)に示すように、膝関節用アクチュエータ10は主に、筐体21と、2つのモータ12a, 12bと、ハイポイド減速機11を有している。ハイポイド減速機11は、2つのドライブギア13a, 13bと、1つのドリブンギア14を有している。

20

#### 【0023】

筐体21（ケースの一例）は、後述するモータ12a, 12bの発熱に対する冷却性等を考慮した材料（アルミ、もしくは熱伝導性樹脂など）により構成されるケースであり、膝関節用アクチュエータ10のほぼ全体を収容している。2つのドライブギア13a, 13bと1つのドリブンギア14は筐体21の内部に回転可能に収納され、ドリブンギア14の駆動軸15は筐体21の左方側面から突出している。ドリブンギア14は、駆動軸15の回転軸心AXがこの例の補助対象である膝関節の回転軸と略同軸となるように配置される。

30

#### 【0024】

2つのドライブギア13a, 13bは、ハイポイド減速機11の駆動側のギア（いわゆるピニオン）であり、筐体21の内部で上記ドリブンギア14のギア歯にそれぞれ噛み合っている。これら2つのドライブギア13a, 13bと上記ドリブンギア14が、いわゆるハイポイドギアを利用した減速機であるハイポイド減速機11を構成する。なお、ドリブンギア14と2つのドライブギア13a, 13bの間の噛み合い構成については、後に詳述する。

#### 【0025】

2つのモータ12a, 12bは、交流サーボモータで構成されており、それぞれの出力軸16a, 16bは筐体21の内部で上記2つのドライブギア13a, 13bに連結されている。これら2つのモータ12a, 12bは、それぞれの出力軸16a, 16bが相互に平行で、かつ、それぞれの出力軸16a, 16bの軸間距離D（図2(b)参照）がドリブンギア14の外径より小さくなる配置で筐体21の内部に固定されている。

40

#### 【0026】

（1-3：ハイポイド減速機における噛み合い構成）

次に、ハイポイド減速機11における2つのドライブギア13a, 13bとドリブンギア14との噛み合い構成の一例について説明する。ここで、一般的にハイポイドギアについては、食い違い軸の間に運動を伝達するのに用いる円錐又は円錐に近い形状を持つ歯車対と定義される。つまり、駆動側のドライブギア13a, 13bと従動側のドリブンギア

50

14がそれぞれ全体的に略円錐形状に形成されており、それぞれの回転軸がねじれの配置関係となって互いに外周側面上で噛み合う。このような噛み合いを可能にする各ギアの歯面形状は、歯数比（減速比）や食い違い軸間のオフセットE（図2（b）参照）などのパラメータによって決定される複雑な形状となる。このため、一つのドリブンギア14に対して適切に噛み合うためには、適合する同じ歯面形状のドライブギア13a, 13bを同じ軸間配置関係（オフセットE、円錐頂点間の相対方向）でかみ合わせる必要がある。

#### 【0027】

そこで本実施形態では、まず2つのモータ12a, 12bの各出力軸16a, 16bが平行であり、且つ、各出力軸16a, 16bの回転軸心とドリブンギア14の駆動軸15の回転軸心AXの間のオフセットEがそれぞれ同じとなるよう、2つのモータ12a, 12bが配置されている。そして、各出力軸16a, 16bに連結される2つのドライブギア13a, 13bは、ドリブンギア14の回転軸心AXを間に挟むように配置されている。より具体的には、2つのドライブギア13a, 13bは、ドリブンギア14の回転軸心AXに関して点対称となる配置関係（位置、姿勢）、言い換えると回転軸心AXを中心に互いに略180°回転させた配置関係で設けられている。

10

#### 【0028】

図2（b）に図示する例では、後方に位置するモータ12aの出力軸16aには、ドリブンギア14の回転軸心AXよりモータ側の位置で、ドライブギア13aがその円錐頂点を下方に向ける姿勢で同軸に連結されている。また、前方に位置するモータ12bの出力軸16bには、ドリブンギア14の回転軸心AXのモータとは反対側の位置で、ドライブギア13bがその円錐頂点を上方に向ける姿勢で連結シャフト17b（連結部材の一例）を介して同軸に連結されている。

20

#### 【0029】

（1-4：アクチュエータのその他の構成について）

次に、膝関節用アクチュエータ10における上記以外の構成の一例について順次説明する。

#### 【0030】

図2（b）に示すように、筐体21の上方端部には、外部から2つのモータ12a, 12bを挿入するための2つのモータ開口部22が形成されている。筐体21の内部に各モータ12a, 12bが収容された状態では、各モータ開口部22がキャップ23で塞がれる。図2（a）に示すように、各キャップ23は上方から見て略四角形状に形成されており、四隅がそれぞれ図示しないボルトにより筐体21に固定されている。各キャップ23の内部には、各モータ12a, 12bの回転位置を検出する入力回転位置検出部24が設けられている。各入力回転位置検出器24は特に限定されるものではないが、例えばホールセンサ等である。また、各モータ12a, 12bに給電するリード線25が、キャップ23を貫通して配線されている。

30

#### 【0031】

モータ12aの出力軸16aはドライブギア13aに連結され、2つのアンギュラベアリング27により回転可能に支持されている。モータ12bの出力軸16bは、連結シャフト17bに連結され、2つのアンギュラベアリング27により回転可能に支持されている。連結シャフト17bは、ドライブギア13bに連結されている。2つのアンギュラベアリング27は、それぞれ軸荷重を受ける方向が互いに逆方向（いわゆる背面合わせ、又は正面合わせ）となっており、ドライブギア13a, 13bに作用する軸方向荷重を受けることができる。モータ12a側の2つのアンギュラベアリング27は、出力軸16aの軸方向におけるモータ12aとドライブギア13aとの間に配置され、モータ12b側の2つのアンギュラベアリング27は、出力軸16bの軸方向におけるモータ12bとドライブギア13bとの間に配置されている。さらに、前方側のモータ12bに連結されるドライブギア13bは、その下方側がベアリング62により支持されている。

40

#### 【0032】

いずれのドライブギア13a, 13bも、対応するモータ12a, 12bの出力軸16

50

a, 16b に対して同軸に配置されたボルト 28 により連結されている。モータ 12a 側のボルト 28 は、ドライブギア 13a を軸方向に貫通して出力軸 16a に連結している。また、モータ 12b 側のボルト 28 は、ドライブギア 13b 及び連結シャフト 17b を軸方向に貫通して出力軸 16b に連結している。

#### 【0033】

図 2(c) に示すように、筐体 21 の左側面には、外部からドリブンギア 14 等を入れるためのギア開口部 29 が形成されている。筐体 21 の内部にドリブンギア 14 等が収納された状態では、ギア開口部 29 は筐体 21 の一部である蓋部 30 で塞がれる。また、ドリブンギア 14 において、略円錐形状に形成され各ドライブギア 13a, 13b と噛み合う歯部 18 の内周側には、当該歯部 18 よりも軸方向の厚み寸法が小さい凹部 19 が形成されている。上記蓋部 30 は、上記連結シャフト 17b を回転可能に保持するすべり軸受 31 (保持部の一例) を有している。このすべり軸受 31 は、ドリブンギア 14 の回転軸心 AX 方向である左方向から見て上記凹部 19 の内側となる位置で、左側から上記連結シャフト 17b に接触して支持している。このすべり軸受 31 とベアリング 62 による支持により、高負荷トルク時においてもドライブギア 13b とドリブンギア 14 との距離が増大することを防止でき、高効率な噛み合いを維持できる。

10

#### 【0034】

また図 2(c) に示すように、筐体 21 の右側面の内側におけるドリブンギア 14 と対向する位置には、ドリブンギア 14 (出力軸 15) の回転位置を検出する出力回転位置検出器 63 が設けられている。出力回転位置検出器 63 は、回転軸心 AX 方向から見て出力軸 15 上に配置されているとも言える。出力回転位置検出器 63 は特に限定されるものではないが、例えばエンコーダ、レゾルバ、又はボールセンサ等である。

20

#### 【0035】

図 3 は、図 2(b) 中の矢視 III-III による断面図である。本実施形態では、図 3 に示すように、各モータ 12a, 12b が固定子 32 にいわゆるギャップwindコイル 34 を備えることで、小型化及び軽量化を図っている。また回転子 33 においては、一般的には図 4(a) に示すような平行異方性配向のリングマグネット 35 が備えられていることに対し、本実施形態では図 4(b) に示すような極異方性配向のリングマグネット 36 が備えられている。図 4(a) に示すように、平行異方性配向のリングマグネット 35 では、周方向に隣接する磁極部 37 間で出力軸 16 の内部に磁束が折り返すための経路 (すなわちバックヨーク) が必要となることから、出力軸 16 を磁性材料 (例えば鉄) で構成する必要がある。これに対し、図 4(b) に示すように、極異方性配向のリングマグネット 36 では、周方向に隣接する磁極部 37 間でマグネットの内部で直接磁束が折り返すためバックヨークが不要となることから、出力軸 16 を非磁性材料のアルミニウム等で構成できる。これにより、モータ 12 全体の軽量化を図ることができる。

30

#### 【0036】

(1-5: 制御システム)

上記構成の膝関節用アクチュエータ 10 を制御する制御システムのブロック構成の一例を図 5 に示す。この図 5 において、制御システム 100 は、駆動制御部 70 と上記膝関節用アクチュエータ 10 を有している。

40

#### 【0037】

駆動制御部 70 は、特に図示しない外部の上位制御装置から入力される位置制御指令に基づいて、膝関節アクチュエータ 10 の 2 つのモータ 12a, 12b にそれぞれ対応した駆動電力を給電する。この駆動制御部 70 は、例えば上記動作補助装置 1 の胴部用装具 2 に設けられる。駆動制御部 70 は、コントローラ 71 と 2 つのサーボアンプ 72, 73 を有している。コントローラ 71 は、2 つのモータ 12a, 12b の入力回転位置検出器 24 からそれぞれ検出された入力回転位置と、ハイポイド減速機 11 の出力回転位置検出器 63 から検出された出力回転位置に基づいて、各モータ 12a, 12b にそれぞれ所望する駆動動作を行わせるための 2 つの電圧指令 (PWM 制御等を適用) を出力する。2 つのサーボアンプ 72, 73 は、上記コントローラから出力された 2 つの電圧指令をそれぞれ

50

駆動電力に変換し、対応する２つのモータ 12 a , 12 b にそれぞれ入力する。

【 0038 】

以上の構成により、制御システム 100 は、２つの入力回転位置と１つの出力回転位置に基づくフィードバック制御により、膝関節用アクチュエータ 10 全体の統合的な駆動制御が可能となる。

【 0039 】

( 1 - 6 : バックラッシュ低減のための協調制御 )

本実施形態では、１つのドリブンギア 14 に対して２つのドライブギア 13 a , 13 b を噛み合わせていることにより、２つのモータ 12 a , 12 b の間の協調制御でハイポイド減速機 11 におけるバックラッシュを低減できる。すなわち、上記制御システム 100 における駆動制御部 70 が２つのモータ 12 a , 12 b の間の回転角の位相や負荷トルクを制御することで、ハイポイド減速機 11 におけるバックラッシュを低減することが可能となり、２つのモータの駆動力を有効に使うことが可能となる。

【 0040 】

( 1 - 7 : 第 1 実施形態の効果 )

以上説明したように、本実施形態の膝関節用アクチュエータ 10 によれば、歯車減速機としてハイポイド減速機 11 を用いているため、駆動軸 15 の軸方向における扁平化、軸駆動力の伝達効率の向上、及び静音化が可能になる。また２つのモータ 12 a , 12 b で必要駆動トルクを分担できるためそれぞれの外径を小さくでき、膝関節用アクチュエータ 10 全体の扁平化が可能になる。このような扁平化により膝関節用アクチュエータ 10 全体の設置空間領域を小さくでき、上記図 1 に示したような動作補助装置や産業ロボット等に利用した場合でも外部の障害物との干渉を回避させて円滑な動作が可能となる。また、各モータ 12 a , 12 b は外径を大きくせずとも回転子 33 及び固定子 32 の軸方向の長さを延長することで駆動トルクを向上させることができることから、膝関節用アクチュエータ 10 全体の扁平化を維持したまま駆動トルクを向上できる。また、同一のドリブンギア 14 に対し２つのモータ 12 a , 12 b がそれぞれドライブギア 13 a , 13 b で噛み合っているため、それらの協調制御によりハイポイド減速機 11 におけるバックラッシュを低減できる。以上の結果、大トルク化と外部干渉の回避とバックラッシュの低減の両方が可能となる。

【 0041 】

また、本実施形態では特に、２つのモータ 12 a , 12 b は、それぞれの出力軸 16 a , 16 b が平行となり、且つ、それぞれの出力軸 16 a , 16 b の軸間距離 D がドリブンギア 14 の外径より小さくなるように配置されている。これにより、２つのモータ 12 a , 12 b を近接して配置することができるので、膝関節用アクチュエータ 10 全体における幅方向（出力軸 16 a , 16 b の軸間方向）の小型化が可能となる。

【 0042 】

また、本実施形態では特に、２つのドライブギア 13 a , 13 b は、ドリブンギア 14 の回転軸心 A X を間に挟むように配置されている。これにより、２つのドライブギア 13 a , 13 b で１つのドリブンギア 14 を駆動するハイポイド減速機 11 を実現できる。また、２つのモータ 12 a , 12 b による駆動が可能となるので、１つのモータによる駆動に比べて膝関節用アクチュエータ 10 の出力トルクを倍増できる。

【 0043 】

また、本実施形態では特に、２つのモータ 12 a , 12 b とハイポイド減速機 11 を収容する筐体 21 をさらに有する。これにより、当該筐体 21 が２つのモータ 12 a , 12 b とハイポイド減速機 11 ( 特にドリブンギア 14 ) との間の相対的な配置関係を保持し、高負荷トルク時においてもドライブギア 13 a , 13 b とドリブンギア 14 との間の高効率な噛み合いを維持できる。

【 0044 】

また、本実施形態では特に、出力軸 16 b 及びドライブギア 13 b に同軸に連結された連結シャフト 17 b をさらに有し、筐体 21 の蓋部 30 は、連結シャフト 17 b を回転可

10

20

30

40

50

能に保持するすべり軸受 31 を有する。これにより、連結シャフト 17 b の撓みを抑えることができるので、高負荷トルク時においてもドライブギア 13 b とドリブンギア 14 との距離が増大することを防止でき、高効率な噛み合いを維持できる。

【0045】

また、本実施形態では特に、ドリブンギア 14 は、歯部 18 の内周側に凹部 19 を有し、すべり軸受 31 は、ドリブンギア 14 の回転軸心 AX 方向から見て凹部 19 の内側となる位置で連結シャフト 17 b を保持する。これにより、連結シャフト 17 b の保持スペースを確保することができるので、膝関節用アクチュエータ 10 全体の扁平化を維持しつつ、連結シャフト 17 b の撓みを抑えることができる。

【0046】

また、本実施形態では特に、出力軸 16 a , 16 b の軸方向におけるモータ 12 a , 12 b とドライブギア 13 a , 13 b との間に配置され、ドライブギア 13 a , 13 b に作用する軸方向の荷重を支持する複数のアンギュラベアリング 27 をさらに有する。これにより、各ドライブギア 13 a , 13 b の軸方向の移動を抑えることができるので、ドライブギア 13 a , 13 b とドリブンギア 14 との間の高効率な噛み合いを維持できる。

【0047】

また、本実施形態では特に、ドライブギア 13 a , 13 b と出力軸 16 a , 16 b は、同軸に配置されたボルト 28 によりそれぞれ連結されている。これにより、各ドライブギア 13 a , 13 b の軸方向の移動を抑えることができるので、ドライブギア 13 a , 13 b とドリブンギア 14 との間の高効率な噛み合いを維持できる。

【0048】

< 2 : 第 2 実施形態 >

次に、第 2 実施形態について説明する。なお、第 2 実施形態では、主として膝関節用アクチュエータ 10 A において上記第 1 実施形態と異なる部分について説明する。また、上記第 1 実施形態と実質的に同一の機能を有する構成要素は、原則として同一の符号で表し、これらの構成要素についての重複説明は、適宜省略する。

【0049】

まず、上記図 2 ( a ) ~ 図 2 ( c ) に対応する図 6 ( a ) ~ 図 6 ( c ) を参照しつつ、本実施形態の膝関節用アクチュエータ 10 A の構成の一例について説明する。図 6 ( b ) に示すように、両方のドライブギア 13 a , 13 b が、連結シャフト 17 a , 17 b に同軸に連結している。連結シャフト 17 a 及びドライブギア 13 a は、同軸に配置されたボルト 28 により出力軸 16 a に連結されている。また、ドライブギア 13 b 及び連結シャフト 17 b は、同軸に配置されたボルト 28 により出力軸 16 b に連結されている。

【0050】

図 6 ( b ) に図示する例では、後方に位置するモータ 12 a の出力軸 16 a にドライブギア 13 a が連結され、その下方側に連結シャフト 17 a が連結されている。ドライブギア 13 a の上端が 1 つのアンギュラベアリング 27 で支持され、連結シャフト 17 a の下端が 1 つのアンギュラベアリング 27 で支持されている。すなわち、2 つのアンギュラベアリング 27 は、ドライブギア 13 a の軸方向両側に配置されている。

【0051】

また、前方に位置するモータ 12 b の出力軸 16 b に連結シャフト 17 b が連結され、その下方側にドライブギア 13 b が連結されている。連結シャフト 17 b の上端 1 つのアンギュラベアリング 27 で支持され、ドライブギア 13 b の下端が 1 つのアンギュラベアリング 27 で支持されている。すなわち、2 つのアンギュラベアリング 27 は、ドライブギア 13 b の軸方向両側に配置されている。

【0052】

各軸をそれぞれ支持する 2 つ 1 組のアンギュラベアリング 27 は、互いに軸荷重を受ける方向が逆方向 ( 背面合わせ、正面合わせ ) となっており、ドライブギア 13 a , 13 b に作用する軸方向荷重を受けることができる。

【0053】

10

20

30

40

50

筐体 2 1 A は、その全体が左右方向に 2 分割された半割り構造となっている。図 2 ( c ) に示すように、筐体 2 1 A のうち左側に位置する半割り部分は、回転軸心 A X 方向から見てドリブングリア 1 4 A の凹部 1 9 の内側位置で各連結シャフト 1 7 a , 1 7 b をそれぞれ保持する保持部 6 4 を有している。各保持部 6 4 には、各連結シャフト 1 7 a , 1 7 b をそれぞれ回転可能に支持するボールベアリング 3 8 ( 軸受の一例 ) が設置されている。

【 0 0 5 4 】

図 7 ( a ) は、図 6 ( b ) 中の矢視 V I I a - V I I a による断面図である。図 7 ( b ) は、図 6 ( b ) 中の矢視 V I I b - V I I b による断面図である。

【 0 0 5 5 】

図 6 ( b ) 及び図 7 ( a ) に示すように、各モータ 1 2 a , 1 2 b とハイポイド減速機 1 1 との間、具体的には各モータ 1 2 a , 1 2 b の回転子鉄心 3 3 a と上方側のアンギュラベアリング 2 7 の間の軸方向位置でラジアルファン 3 9 が出力軸 1 6 a , 1 6 b にそれぞれ連結されている。これらラジアルファン 3 9 は、各出力軸 1 6 a , 1 6 b とともに回転することで冷却風を回転子 3 3 側から径方向外周側へ送風する機能を有している。図 6 ( a ) 及び図 6 ( b ) に示すように、筐体 2 1 A の上方側の端面には、各モータ 1 2 a , 1 2 b の回転軸心の周囲に複数の外気吸入口 4 0 が形成されている。また、図 7 ( b ) に示すように、各モータ 1 2 a , 1 2 b の回転子鉄心 3 3 a の内側には、軸方向全体に渡って通じる外気通路 4 1 が形成されている。また、図 7 ( a ) に示すように、筐体 2 1 A の内部でラジアルファン 3 9 の外周側周囲には、筐体 2 1 A の外部へ通じる複数の外気排出口 4 2 が形成されている。以上により、ラジアルファン 3 9 が回転することで、筐体 2 1 A の外部から外気吸入口 4 0 を介して冷却風が吸入され、各モータ 1 2 a , 1 2 b の回転子鉄心 3 3 a 内の外気通路 4 1 を通過して回転子 3 3 等が冷却される。そしてラジアルファン 3 9 によって外気通路 4 1 を通過した冷却風が筐体 2 1 A の外気排出口 4 2 を介して外部に排気される。

【 0 0 5 6 】

図 8 ( a ) は、図 6 ( b ) 中に示すドリブングリア 1 4 A だけを抽出した拡大図であり、図 8 ( b ) は、図 8 ( a ) 中の矢視 V I I I b - V I I I b による断面図であり、図 8 ( c ) は、図 8 ( a ) 中の矢視 V I I I c - V I I I c による断面図である。

【 0 0 5 7 】

図 8 ( a ) ~ 図 8 ( c ) に示すように、本実施形態のドリブングリア 1 4 A は、歯部 1 8 と駆動軸 1 5 に連結される連結部 1 5 a を備えた左側に位置する第 1 薄円板部 5 0 と、右側に位置する第 2 薄円板部 5 1 とを有している。これら第 1 薄円板部 5 0 と第 2 薄円板部 5 1 は、例えば P P S 樹脂 ( Poly Phenylene Sulfide Resin 樹脂 ) をベースとした CFRP ( Carbon Fiber Reinforced Plastic ) 等で構成されており、強度を維持しつつ軽量化が図られている。図 8 ( b ) 及び図 8 ( c ) に示すように、第 1 薄円板部 5 0 の外周縁部には、右側に向けて第 1 薄肉円筒 5 2 が形成されており、第 2 薄円板部 5 1 の外周縁部には、左側に向けて第 2 薄肉円筒 5 3 が形成されている。第 2 薄肉円筒 5 3 が第 1 薄肉円筒 5 2 の内周面にはめ込まれることで、全体が中空構造のドリブングリア 1 4 A が組み立てられる。

【 0 0 5 8 】

( 2 - 1 : 第 2 実施形態の効果 )

以上説明した第 2 実施形態によれば、上記第 1 実施形態と同様の効果を得る。さらに、本実施形態の膝関節用アクチュエータ 1 0 A によれば、ドリブングリア 1 4 A の凹部 1 9 の内側位置に連結シャフト 1 7 a , 1 7 b を支持するボールベアリング 3 8 が設けられる。これにより、連結シャフト 1 7 a , 1 7 b の滑らかな回転を維持しつつ、連結シャフト 1 7 a , 1 7 b の撓みを抑えることができる。したがって、高負荷トルク時においてもドライブギア 1 3 a , 1 3 b とドリブングリア 1 4 A との距離が増大することを防止でき、高効率な噛み合いを維持できる。特に、ドライブギア 1 3 a , 1 3 b のうちモータ側に配置されるドライブギア 1 3 a についても連結シャフト 1 7 a を設けてボールベアリング 3 8 で保持するので、第 1 実施形態よりもギアの噛み合いの維持効果を高めることができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 9 】

また、本実施形態では特に、モータ 1 2 a , 1 2 b の出力軸 1 6 a , 1 6 b にラジアルファン 3 9 が設けられている。これにより、冷却風を流通させて筐体 2 1 A 内部で発生した熱を効果的に排出でき、冷却性能が向上する分、モータ 1 2 a , 1 2 b の高出力化を実現できる。

## 【 0 0 6 0 】

また、本実施形態では特に、冷却風の通過経路となる外気吸入口 4 0 及び外気排出口 4 2 が、筐体 2 1 A のモータ電磁部（固定子 3 2 及び回転子 3 3 ）の軸方向両側位置に形成されている。これにより、各モータ 1 2 a , 1 2 b をいわゆる外気開放型モータとして構成することができ、モータ電磁部で発生した熱を効率的に排出できる。

10

## 【 0 0 6 1 】

また、本実施形態では特に、モータ 1 2 a , 1 2 b の回転子鉄心 3 3 a の内部に外気通路 4 1 が形成されている。これにより、回転子 3 3 で発生した熱を効果的に排出できるので、マグネット 3 6 に熱減磁が生じるのを抑制できる。

## 【 0 0 6 2 】

また、本実施形態では特に、ドリブンギア 1 4 A が中空構造となっている。これにより、膝関節用アクチュエータ 1 0 A を大幅に軽量化できる。

## 【 0 0 6 3 】

なお、以上の説明では、実施形態に係るアクチュエータを人体の動作補助装置（アシスト装置）に適用した場合を一例として説明したが、アクチュエータの用途はこれに限定されるものではなく、例えばロボットの関節駆動等に適用してもよい。

20

## 【 0 0 6 4 】

また、以上の説明において、「垂直」「平行」「平面」等の記載がある場合には、当該記載は厳密な意味ではない。すなわち、それら「垂直」「平行」「平面」とは、設計上、製造上の公差、誤差が許容され、「実質的に垂直」「実質的に平行」「実質的に平面」という意味である。

## 【 0 0 6 5 】

また、以上の説明において、外観上の寸法や大きさが「同一」「等しい」「異なる」等の記載がある場合は、当該記載は厳密な意味ではない。すなわち、それら「同一」「等しい」「異なる」とは、設計上、製造上の公差、誤差が許容され、「実質的に同一」「実質的に等しい」「実質的に異なる」という意味である。

30

## 【 0 0 6 6 】

また、以上既に述べた以外にも、上記各実施形態や各変形例による手法を適宜組み合わせ利用してもよい。その他、一々例示はしないが、上記各実施形態や各変形例は、その趣旨を逸脱しない範囲内において、種々の変更が加えられて実施されるものである。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 6 7 】

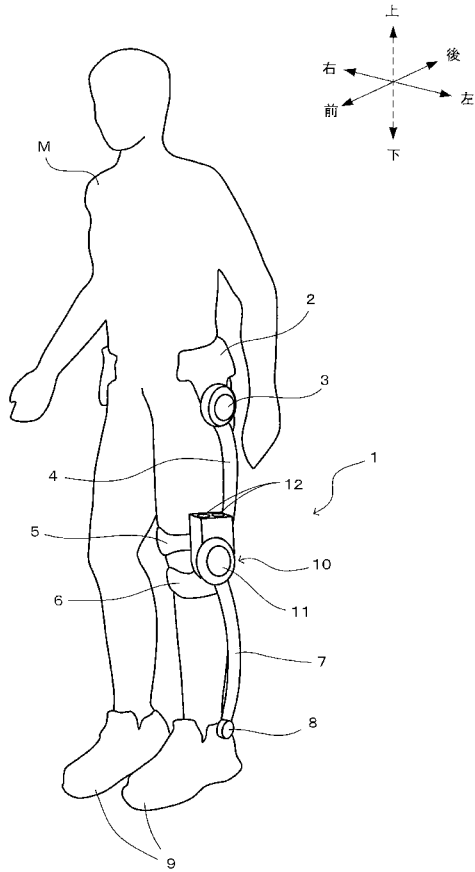
1	動作補助装置
1 0 , 1 0 A	膝関節用アクチュエータ
1 1	ハイポイド減速機
1 2 a , 1 2 b	モータ
1 3 a , 1 3 b	ドライブギア
1 4 , 1 4 A	ドリブンギア
1 5	駆動軸
1 6 a , 1 6 b	出力軸
1 7 a , 1 7 b	連結シャフト（連結部材）
1 8	歯部
1 9	凹部
2 1 , 2 1 A	筐体（ケースの一例）
2 2	モータ開口部

40

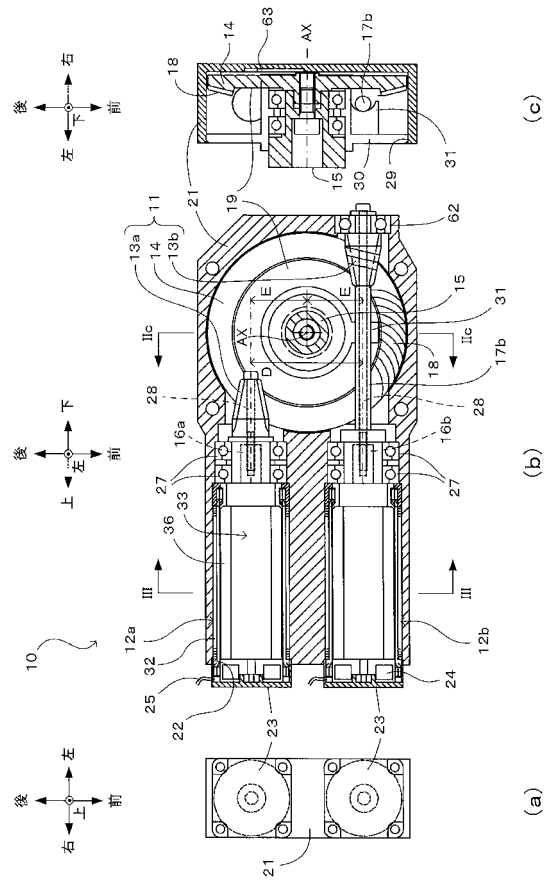
50

2 3	キャップ	
2 4	入力回転位置検出器	
2 5	リード線	
2 7	アンギュラベアリング	
2 8	ボルト	
3 0	蓋部（ケースの一例）	
3 1	すべり軸受（保持部の一例）	
3 2	固定子	
3 3	回転子	
3 4	ギャップwindコイル	10
3 5	平行異方性配向リングマグネット	
3 6	極異方性配向リングマグネット	
3 8	ボールベアリング（軸受の一例）	
3 9	ラジアルファン	
4 0	外気吸入口	
4 1	外気通路	
4 2	外気排出口	
5 0	第1薄円板部	
5 1	第2薄円板部	
6 3	出力回転位置検出器	20
7 0	駆動制御部	
7 1	コントローラ	
7 2 , 7 3	サーボアンプ	
1 0 0	制御システム	
A X	回転軸心	
D	軸間距離	
M	装着者	

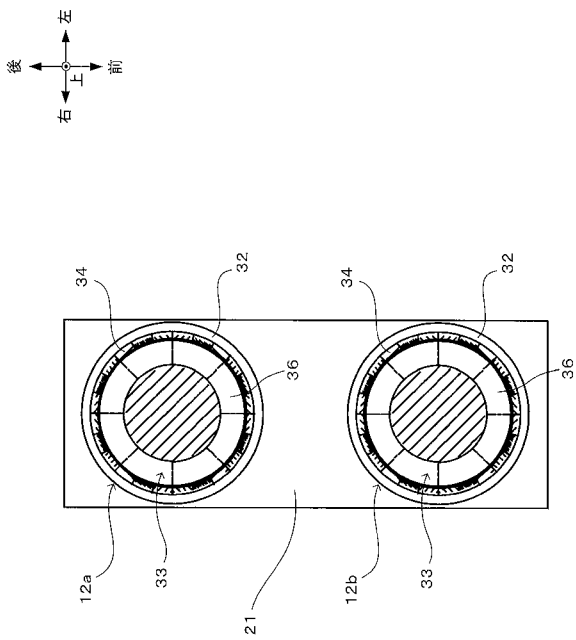
【図 1】



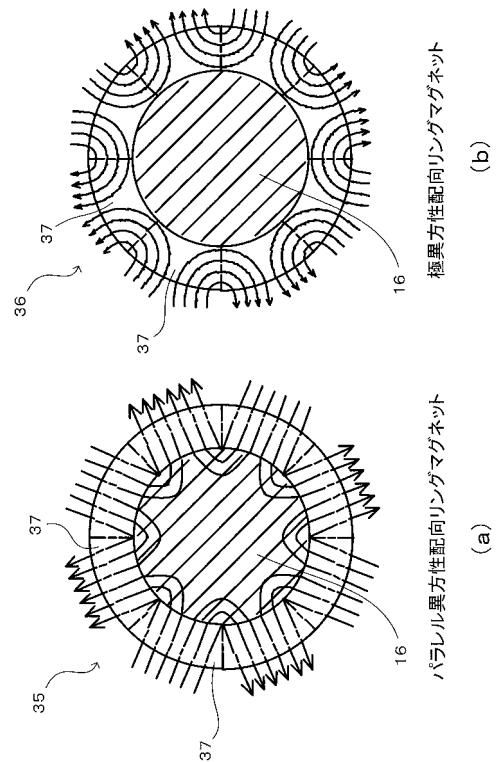
【図 2】



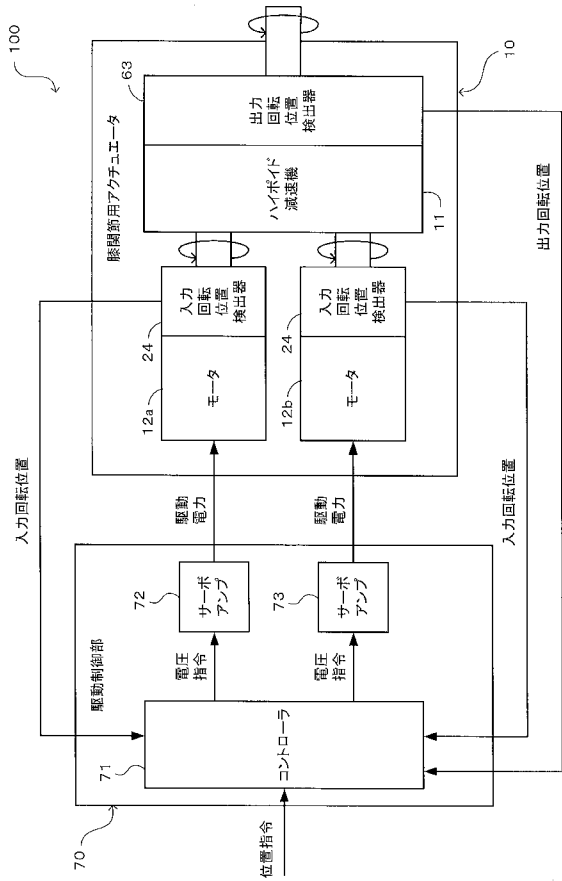
【図 3】



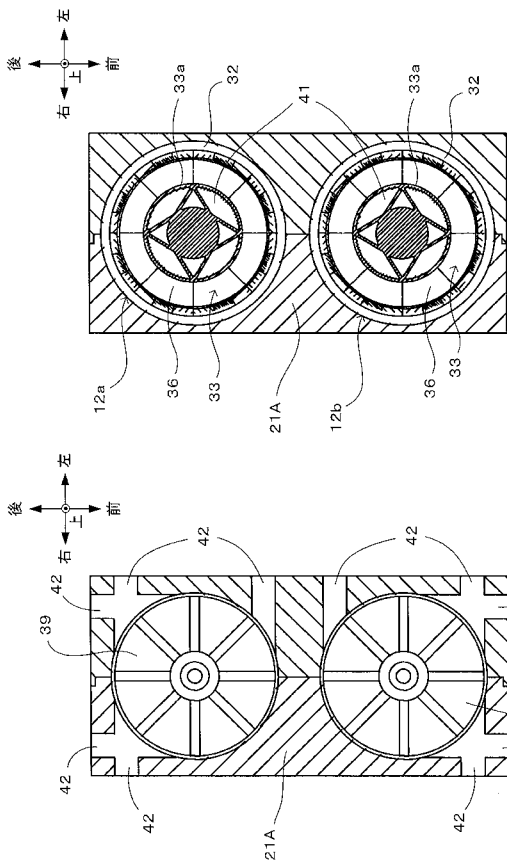
【図 4】



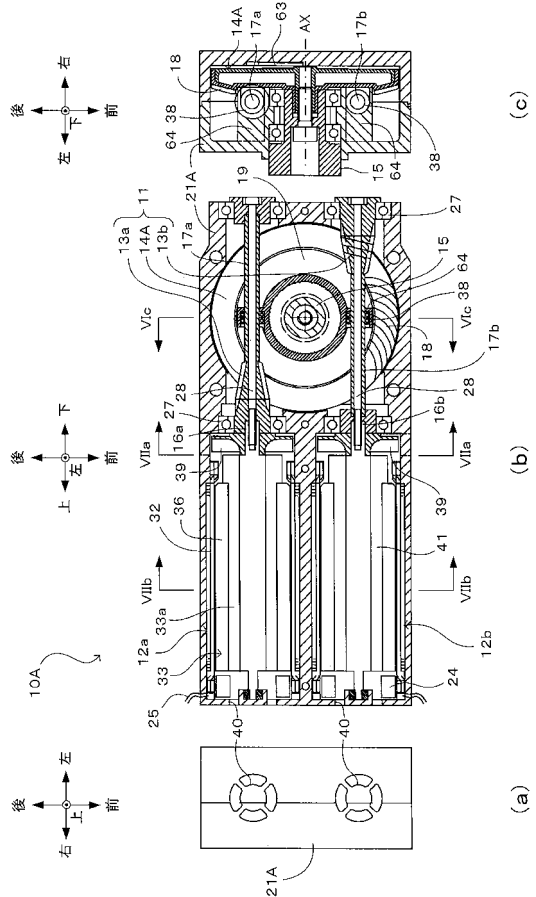
【図5】



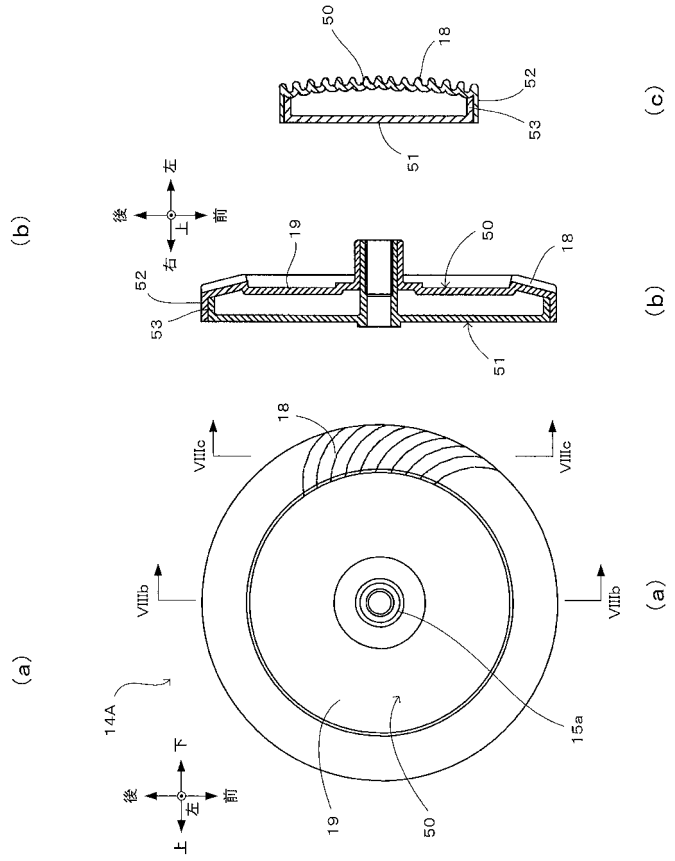
【図7】



【図6】



【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 豊田 昭仁

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内

(72)発明者 平山 雅之

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内

(72)発明者 大崎 幹生

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内

Fターム(参考) 3C707 AS38 CX01 CX03 CY36 HS27 HT24 HT31 KS21 KX15 XK06  
XK13 XK15  
3J009 DA11 DA17 EA06 EA18 EA23 EA37 EA43 EB23 FA26  
4C046 AA09 AA25 AA42 AA49 BB08 CC01 DD02 DD16 DD39 DD41  
FF02 FF24