(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2009-103204
(P2009-103204A)
(43)公開日　平成21年5月14日(2009.5.14)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
F16H 25/20	(2006.01)	F16H 25/20	E	3J062

審査請求 未請求　請求項の数 4　OL　（全 16 頁）

(21)出願番号　特願2007-274847 (P2007-274847)
(22)出願日　平成19年10月23日 (2007.10.23)

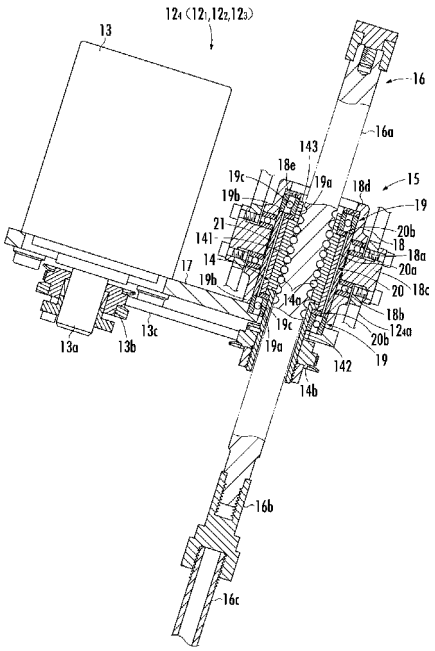
(71)出願人　000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目１番１号
(74)代理人　100077805
弁理士　佐藤　辰彦
(74)代理人　100081477
弁理士　堀　進
(74)代理人　100099690
弁理士　鷲　健志
(74)代理人　100109232
弁理士　本間　賢一
(74)代理人　100125210
弁理士　加賀谷　剛

最終頁に続く

(54)【発明の名称】直動アクチュエータ

(57)【要約】
【課題】電動モータ１３により回転駆動されるナット部材１４と、ナット部材にボール１４ａを介して螺合するねじ軸１６とを備える直動アクチュエータであって、ナット部材が筒状のナットケース１８内に一対のアンギュラベアリング１９を介して軸支されるものにおいて、ナットケースを小径化して、直動アクチュエータの小型軽量化できるようにする。
【解決手段】ナット部材１４は、ボール１４ａを保持するナット本体部１４１より外径が小さい軸方向両端の軸部１４２，１４３を有し、両軸部を一対のアンギュラベアリング１９により軸支する。両アンギュラベアリング１９の内輪１９ａ間に第１カラー２０が介設される。第１カラー２０は、ナット本体部１４１に外挿される円筒部２０ａと、円筒部の軸方向両端に設けられた各アンギュラベアリング１９の内輪１９ａに当接する一対の環状板部２０ｂとを有する。
【選択図】図５

FIG.5



【特許請求の範囲】
【請求項１】
電動モータと、電動モータにより回転駆動されるナット部材と、ナット部材に保持されるボールを介して該ナット部材に螺合するねじ軸とを備える直動アクチュエータであって、ナット部材が筒状のナットケース内に一対のアンギュラベアリングを介して軸支されるものにおいて、
ナット部材は、ボールを保持するナット本体部と、ナット本体部より外径が小さい軸方向両端の軸部とを有し、両軸部を一対のアンギュラベアリングにより軸支するように構成され、
両アンギュラベアリングの内輪間に第１カラーが介設され、
第１カラーは、ナット本体部に外挿される円筒部と、円筒部の軸方向両端に設けられ、ナット本体部と各軸部との間の段差と各アンギュラベアリングの内輪との間に入り込んで内輪に当接する一対の環状板部とを有することを特徴とする直動アクチュエータ。
【請求項２】
前記第１カラーの前記両環状板部の少なくとも一方は前記円筒部から分離自在であることを特徴とする請求項１記載の直動アクチュエータ。
【請求項３】
前記両アンギュラベアリングの外輪間に、軸長が前記第１カラーと同一の円筒状の第２カラーが介設されることを特徴とする請求項１又は２記載の直動アクチュエータ。
【請求項４】
前記第１カラーの前記両環状板部の少なくとも一方の環状板部の軸方向外方を向く面の内周部に、径方向内方に向けて軸方向内方に傾斜するテーパー部が形成されていることを特徴とする請求項３記載の直動アクチュエータ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、電動モータと、電動モータにより回転駆動されるナット部材と、ナット部材に保持されるボールを介して該ナット部材に螺合するねじ軸とを備える直動アクチュエータに関する。
【背景技術】
【０００２】
この種の直動アクチュエータにおいては、ナット部材が筒状のナットケース内に一対のアンギュラベアリングを介して軸支され、ねじ軸の進退動作に伴いナット部材に作用するスラスト反力をアンギュラベアリングで受けられるようにしている。そして、従来、ナット部材を、ボールを保持するナット本体部と、ナット本体部より外径が小さい軸方向両端の軸部とを有するものに構成し、両軸部を一対のアンギュラベアリングにより軸支するようにしたものが知られている（例えば、特許文献１参照）。
【０００３】
このものでは、組立時に軸方向一端側のアンギュラベアリングを軸方向他端側のアンギュラベアリングに向けて締め付ける際、ナット本体部にアンギュラベアリングの内輪を介して締め付け力が作用してしまう。そして、ナット本体部の外径がボール保持に必要な最小限の寸法であると、ナット本体部の圧縮変形によりボールが円滑に動かなくなり、フリクションロスが増大してしまう。そこで、上記従来例では、ナット本体部をボール保持部分の外側に余肉を付けた外径の大きなものに形成し、締め付け力がナット本体部の余肉部分にのみ作用するようにしている。
【０００４】
ここで、ナット部材の両端の軸部の外径がナット本体部のボール保持部分より小径であると、ボール保持部分にも締め付け力が作用してしまうため、軸部の外径はボール保持部分より大径に形成する必要がある。その結果、アンギュラベアリングも大径になり、必然的にアンギュラベアリングを収納するナットケースも大径になり、直動アクチュエータを

小型軽量化することが困難になる。
【特許文献１】特開平１１－１９８８２８号公報（図４）
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
本発明は、以上の点に鑑み、ナット部材及びその支持構造を工夫して小型軽量化を図ることができるようにした直動アクチュエータを提供することをその課題としている。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
上記課題を解決するために、電動モータと、電動モータにより回転駆動されるナット部材と、ナット部材に保持されるボールを介して該ナット部材に螺合するねじ軸とを備える直動アクチュエータであって、ナット部材が筒状のナットケース内に一対のアンギュラベアリングを介して軸支されるものにおいて、ナット部材は、ボールを保持するナット本体部と、ナット本体部より外径が小さい軸方向両端の軸部とを有し、両軸部を一対のアンギュラベアリングにより軸支するように構成され、両アンギュラベアリングの内輪間に第１カラーが介設され、第１カラーは、ナット本体部に外挿される円筒部と、円筒部の軸方向両端に設けられ、ナット本体部と各軸部との間の段差と各アンギュラベアリングの内輪との間に入り込んで内輪に当接する一対の環状板部とを有することを特徴とする。
【０００７】
本発明によれば、組立時に軸方向一端側のアンギュラベアリングを軸方向他端側のアンギュラベアリングに向けて締め付けたとき、締め付け力が第１カラーの一端の環状板部と円筒部と他端の環状板部とを介して軸方向他端側のアンギュラベアリングに伝達され、ナット本体部に締め付け力は作用しない。従って、ナット本体部の外径をボール保持に必要な必要最小限の寸法に設定し、これより軸部の外径を小さくしても、締め付け力によりボールの動きの円滑性が損なわれて、フリクションロスが増大するといった不具合は生じない。そして、軸部の小径化でアンギュラベアリングも小径化できる。その結果、ナットケースを小径化して、直動アクチュエータの小型軽量化を図ることができる。
【０００８】
尚、第１カラーの両環状板部が円筒部と一体であると、第１カラーをナット部材に装着できなくなる。従って、第１カラーの両環状板部のうち少なくとも一方は円筒部から分離自在とする。
【０００９】
ところで、軸方向一端側のアンギュラベアリングの外輪が軸方向に過度に締め上げられると、アンギュラベアリングの与圧量が過大になって、フリクショントルクが大きくなる。そのため、本発明においては、両アンギュラベアリングの外輪間に、軸長が第１カラーと同一の円筒状の第２カラーを介設することが望ましい。これによれば、軸方向一端側のアンギュラベアリングの外輪が軸方向に過度に締め上げられることを第２カラーにより防止できる。
【００１０】
尚、第１カラーの軸長と第２カラーの軸長とに微少な差を生じても、アンギュラベアリングの与圧量に大きな影響が及ぶ。そのため、第１と第２の両カラーを治具にセットして、両カラーの端部を同時に平面研削し、両カラーの軸長を正確に一致させる必要がある。この場合、第１カラーの両環状板部の少なくとも一方の環状板部の軸方向外方を向く面の内周部に、径方向内方に向けて軸方向内方に傾斜するテーパー部が形成されていれば、テーパー部が治具の係合部になり、第１カラーと第２カラーの同時平面研削が可能になる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１１】
図１乃至図４は本発明の実施形態の直動アクチュエータを具備する２足歩行ロボットを示している。この２足歩行ロボットは、胴体部１と左右一対の脚部２，２とを備えている。胴体部１は胴体フレーム３を備えており、この胴体フレーム１上にコントロールボック

ス４が搭載されている。また、胴体フレーム３には、上下方向の軸（Ｚ軸）回りに旋回自在な左右一対の旋回枠５，５が設けられており、各旋回枠５に左右の各脚部２が連結されている。

【００１２】

各脚部２は、胴体部１の各旋回枠５の下端に股関節部６を介して連結される大腿リンク７と、大腿リンク７の下端に膝関節部８を介して連結される下腿リンク９と、下腿リンク９の下端に足首関節部１０を介して連結される足平部１１とで構成されている。

【００１３】

股関節部６は、Ｚ軸に直交する横方向の軸（Ｙ１軸）と前後方向の軸（Ｘ１軸）との２軸回りの回転自由度を持つ２軸ジョイントで構成される。従って、大腿リンク７は旋回枠５に対しＹ１軸を中心にして前後方向に揺動自在で、且つ、Ｘ１軸を中心にして横方向に揺動自在である。股関節部６には、大腿リンク７のＹ１軸回りとＸ１軸回りの揺動角度を検出するエンコーダ６ａ，６ｂが設けられている。

【００１４】

膝関節部８は、横方向の軸（Ｙ２軸）回りの回転自由度を持つ１軸ジョイントで構成される。従って、下腿リンク９は大腿リンク７に対しＹ２軸を中心にして前後方向に揺動自在である。膝関節部８には、下腿リンク９のＹ２軸回りの揺動角度を検出するエンコーダ８ａが設けられている。

【００１５】

足首関節部１０は、横方向の軸（Ｙ３軸）とこれに直交する前後方向の軸（Ｘ３軸）との２軸回りの回転自由度を持つ２軸ジョイントで構成されている。従って、足平部１１は下腿リンク９に対しＹ３軸を中心にして上下方向に揺動自在で、且つ、Ｘ３軸を中心にして横方向に揺動である。足首関節部１０には、足平部１１のＹ３軸回りとＸ３軸回りの揺動角度を検出するエンコーダ１０ａ，１０ｂが設けられている。

【００１６】

また、本実施形態の２足歩行ロボットには、胴体フレーム３と各旋回枠５とをＺ軸から離れた部分で連結する第１直動アクチュエータ12_1と、各旋回枠５と各脚部２の大腿リンク７とを股関節部６から離れた部分で連結する左右一対の第２直動アクチュエータ12_2，12_2と、各脚部２の大腿リンク７と下腿リンク９とを膝関節部８から離れた部分で連結する第３直動アクチュエータ12_3と、各脚部２の下腿リンク９と足平部１１とを足首関節部１０から離れた部分で連結する左右一対の第４直動アクチュエータ12_4，12_4とが設けられている。

【００１７】

旋回枠５は、第１直動アクチュエータ12_1の伸縮動作によりＺ軸回りに旋回動作される。大腿リンク７は、一対の第２直動アクチュエータ12_2，12_2を共に伸張又は収縮動作させることにより股関節部６のＹ１軸を中心にして前後方向に揺動され、両第２直動アクチュエータ12_2，12_2の一方を伸張動作させると共に他方を収縮動作させることにより股関節部６のＸ１軸を中心にして横方向に揺動される。下腿リンク９は、第３直動アクチュエータ12_3の伸縮動作により膝関節部８のＹ２軸を中心にして前後方向に揺動される。足平部１１は、一対の第４直動アクチュエータ12_4，12_4を共に伸張又は収縮動作させることにより足首関節部１０のＹ３軸を中心にして上下方向に揺動され、両第４直動アクチュエータ12_4，12_4の一方を伸張動作させると共に他方を収縮動作させることにより足首関節部１０のＸ３軸を中心にして横方向に揺動される。

【００１８】

第１乃至第４の各直動アクチュエータ12_1，12_2，12_3，12_4は、図５に示す如く、電動モータ１３及び該電動モータ１３により回転駆動されるナット部材１４を備える駆動ユニット１５と、ナット部材１４に保持されるボール１４ａを介して該ナット部材１４に螺合するねじ軸１６とから成るボールねじ機構で構成される。そして、ナット部材１４の回転に伴うねじ軸１６の軸方向移動で各直動アクチュエータ12_1，12_2，12_3，12_4が伸縮動作する。ねじ軸１６は、外周面にねじ溝を形成した本体部１６ａと、

本体部１６ａの軸方向一端にジョイント部１６ｂを介して連結したロッド部１６ｃとで構成されている。尚、図５は第４直動アクチュエータ１２$_4$を示しているが、他の直動アクチュエータ１２$_1$，１２$_2$，１２$_3$も同様の構造になっている。

【００１９】

駆動ユニット１５は、電動モータ１３を搭載するマウントフレーム１７を備え、このマウントフレーム１７に、ナット部材１４を回転自在に収納する筒状のナットケース１８が電動モータ１３と平行に並設されている。ナット部材１４は、ナットケース１８内に一対のアンギュラベアリング１９，１９を介して軸支されている。そして、マウントフレーム１７から突出する電動モータ１３の出力軸１３ａに駆動プーリ１３ｂを連結すると共に、マウントフレーム１７から突出するナット部材１４の端部に従動プーリ１４ｂを連結し、両プーリ１３ｂ，１４ｂにベルト１３ｃを巻き掛けして、電動モータ１３によりベルト１３ｃを介してナット部材１４が回転駆動されるようにしている。

【００２０】

また、ナットケース１８には、ナット部材１４の中心軸線に直交する孔軸を持つ孔１８ａが形成されている。そして、ナットケース１８がこの孔１８ａに装着したベアリング１８ｂにおいて後述する支軸１８ｃに揺動自在に軸支されるようにしている。

【００２１】

第１直動アクチュエータ１２$_1$の駆動ユニット１５は、胴体フレーム３にナットケース１８においてＺ軸に平行な揺動軸線（Ｚａ軸）回りに揺動自在に連結される。即ち、胴体フレーム３にＺａ軸上に位置する支軸１８ｃを取付けて、この支軸１８ｃにナットケース１８をベアリング１８ｂを介して揺動自在に軸支させている。この場合、Ｚａ軸はナット部材１４の中心軸線に直交することになる。また、第１直動アクチュエータ１２$_1$のねじ軸１６は、旋回枠５にロッド部１６ｃにおいてＺ軸に平行な揺動軸線（Ｚｂ軸）回りに揺動自在に連結されている。

【００２２】

各第２直動アクチュエータ１２$_2$の駆動ユニット１５は、旋回枠５にナットケース１８において股関節部６のＹ１軸に平行な揺動軸線（Ｙ１ａ軸）とこれに直交する揺動軸線（Ｘ１ａ軸）との２つの軸線回りに揺動自在に連結される。具体的には、旋回枠５にＹ１ａ軸回りに回転自在なジョイント部材１２$_2$ａを軸着し、このジョイント部材１２$_2$ａにＸ１ａ軸上に位置する支軸１８ｃを取付けて、この支軸１８ｃにナットケース１８をベアリング１８ｂを介して揺動自在に軸支させている。この場合、Ｘ１ａ軸はナット部材１８の中心軸線に直交し、Ｙ１ａ軸もナット部材１８の中心軸線に直交する。また、各第２直動アクチュエータ１２$_2$のねじ軸１６は、股関節部６の後方に位置する大腿リンク７の上端部にロッド部１６ｃにおいてＹ１軸に平行な揺動軸線（Ｙ１ｂ軸）とこれに直交する揺動軸線（Ｘ１ｂ軸）との２つの軸線回りに揺動自在に連結される。具体的には、ロッド部１６ｃがＹ１ｂ軸とＸ１ｂ軸との２軸回りの回転自由度を持つ２軸ジョイント１２$_2$ｂを介して大腿リンク７の上端部に連結される。

【００２３】

第３直動アクチュエータ１２$_3$の駆動ユニット１５は、大腿リンク７の上部にナットケース１８において膝関節部８のＹ２軸に平行な揺動軸線（Ｙ２ａ軸）回りに揺動自在に連結される。具体的には、大腿リンク７の上部にＹ２ａ軸上に位置する支軸１８ｃを取付けて、この支軸１８ｃにナットケース１８をベアリング１８ｂを介して揺動自在に軸支させている。この場合、Ｙ２ａ軸はナット部材１４の中心軸線に直交することになる。また、第３直動アクチュエータ１２$_3$のねじ軸１６は、膝関節部８の上方に延出した下腿リンク９の上端部にロッド部１６ｃにおいてＹ２軸に平行な揺動軸線（Ｙ２ｂ軸）回りに揺動自在に連結される。具体的には、ロッド部１６ｃがＹ２ｂ軸回りの回転自由度を持つ１軸ジョイント１２$_3$ｂを介して下腿リンク９の上端部に連結される。

【００２４】

各第４直動アクチュエータ１２$_4$の駆動ユニット１５は、下腿リンク９の上部にナットケース１８において足首関節部１０のＹ３軸に平行な揺動軸線（Ｙ３ａ軸）とこれに直交

する揺動軸線（Ｘ３ａ軸）との２つの軸線回りに揺動自在に連結される。具体的には、下腿リンク９の上部にＹ３ａ軸回りに回転自在なジョイント部材１２$_4$ａを軸着し、このジョイント部材１２$_4$ａにＸ３ａ軸上に位置する支軸１８ｃを取付けて、この支軸１８ｃにナットケース１８をベアリング１８ｂを介して揺動自在に軸支させている。この場合、Ｘ３ａ軸はナット部材１８の中心軸線に直交し、Ｙ３ａ軸もナット部材１８の中心軸線に直交する。また、各第４直動アクチュエータ１２$_4$のねじ軸１６は、足平部１１にロッド部１６ｃにおいてＹ３軸に平行な揺動軸線（Ｙ３ｂ軸）とこれに直交する揺動軸線（Ｘ３ｂ軸）との２つの軸線回りに揺動自在に連結される。具体的には、ロッド部１６ｃがＹ３ｂ軸とＸ３ｂ軸との２軸の回転自由度を持つ２軸ジョイント１２$_4$ｂを介して足平部１１に連結される。

【００２５】

また、各第４直動アクチュエータ１２$_4$は、該各第４直動アクチュエータ１２$_4$の伸縮力が膝関節部８のＹ２軸と足首関節部１０のＹ３軸とを結ぶ結線Ｌ１に対し後傾した線Ｌ２上に作用するように配置される。具体的には、各第４直動アクチュエータ１２$_4$の下腿リンク９に対する連結部であるＹ３ａ軸を上記結線Ｌ１より後方に位置させ、各第４直動アクチュエータ１２$_4$の足平部１１に対する連結部であるＹ３ｂ軸を上記結線Ｌ１よりも前方に位置させている。ここで、第４直動アクチュエータ１２$_4$の伸縮力は矢状面においてＹ３ａ軸とＹ３ｂ軸とを結ぶ線上に作用するから、Ｙ３ａ軸とＹ３ｂ軸とを上記に如く位置させることにより、第４直動アクチュエータ１２$_4$の伸縮力の作用線Ｌ２は上記結線Ｌ１に対し後傾する。

【００２６】

尚、各脚部２の一対の第４直動アクチュエータ１２$_4$，１２$_4$のうち下腿リンク９の横方向外側に配置される第４直動アクチュエータ１２$_4$の駆動ユニット１５は、ナットケース１８の横方向外側に電動モータ１３が位置する姿勢になっているが、下腿リンク９の横方向内側に配置される第４直動アクチュエータ１２$_4$の駆動ユニット１５は、他の脚部２の下腿リンク９の横方向内側に配置される第４直動アクチュエータ１２$_4$の駆動ユニット１５との干渉を回避するため、ナットケース１８の前側に電動モータ１３が位置する姿勢になっている。

【００２７】

ところで、下腿駆動用の第３直動アクチュエータ１２$_3$と足平駆動用の第４直動アクチュエータ１２$_4$とを、夫々、電動モータと該モータで回転駆動されるねじ軸とを備える駆動ユニットと、ねじ軸に螺合するナット部材を有するスライダとから成るボールねじ機構で構成することも考えられる。然し、このものでは、スライダを案内するためのガイドレールを取付けた重量の重い上下方向に長手のガイドフレームが必要になり、このガイドフレームの影響で直動アクチュエータの重心位置が駆動ユニットの上端からかなり下方に離れる。従って、大腿リンク７や下腿リンク９に駆動ユニットをその上端が各リンク７，９の上端の関節部（股関節部６や膝関節部８）と同等高さになるように連結しても、駆動ユニットの重心と各リンク７，９の上端の関節部との間の距離が長くなる。しかも、直動アクチュエータの重量がガイドフレームの影響で重くなるため、大腿リンク７の股関節部６回りの慣性モーメントや下腿リンク９の膝関節部８回りの慣性モーメントが大きくなってしまう。

【００２８】

これに対し、本実施形態では、各直動アクチュエータ１２$_3$、１２$_4$の駆動ユニット１５に電動モータ１３により回転駆動されるナット部材１４を設け、ナット部材１４の回転によりこれに螺合するねじ軸１６を進退させるようにしているため、上述したスライダを案内するためのガイドレールを取付けた重量の重い上下方向に長手のガイドフレームが不要になる。その結果、各直動アクチュエータ１２$_3$、１２$_4$の重心位置が駆動ユニット１５の上端に近付き、大腿リンク７や下腿リンク９の上端の関節部（股関節部６や膝関節部８）と各直動アクチュエータ１２$_3$、１２$_4$の重心との間の距離を短縮することができる。しかも、重量物たるガイドフレームが不要になることで各直動アクチュエータ１２$_3$、

１２$_4$の重量が軽くなるため、大腿リンク７や下腿リンク９の上端の関節部回りの慣性モーメントを低減することができ、２足歩行ロボットの歩行速度や応答性等の運動性能が向上する。

【００２９】

尚、各直動アクチュエータ１２$_3$、１２$_4$の駆動ユニット１５にナット部材１４を設ける場合、駆動ユニット１５の大腿リンク７や下腿リンク９に対する揺動軸線がナット部材１４の中心軸線に直交する線からオフセットしていると、ねじ軸１６の進退動作に伴い駆動ユニット１５がねじ軸１６の軸線からオフセットした揺動軸線回りに揺動することになって、ねじ軸１６に曲げ荷重が作用する。そして、曲げ荷重を吸収するために、ナット部材１４をリニヤガイドによりフローティング支持することが必要になる。これに対し、本実施形態では、各直動アクチュエータ１２$_3$、１２$_4$の駆動ユニット１５の大腿リンク７や下腿リンク９に対する揺動軸線（Ｙ２ａ軸、Ｙ３ａ軸、Ｘ３ａ軸）がナット部材１４の中心軸線に直交するため、ねじ軸１６に曲げ荷重は作用せず、リニヤガイドが不要になる。従って、その分各直動アクチュエータ１２$_3$、１２$_4$が軽量になり、大腿リンク７や下腿リンク９の慣性モーメントが低減される。

【００３０】

また、各直動アクチュエータ１２$_3$、１２$_4$の駆動ユニット１５にナット部材１４を設ける場合、電動モータ１３の真下にナットケースを配置して、このナットケース内にナット部材を回転自在に収納することも可能である。然し、これでは駆動ユニット１５の上下方向長さが長くなってしまい、その分各直動アクチュエータ１２$_3$、１２$_4$の重心位置が低くなる。これに対し、本実施形態の如くナットケース１８を電動モータ１３に並設すれば、駆動ユニット１５の上下方向長さが短くなり、その分各直動アクチュエータ１２$_3$、１２$_4$の重心位置が高くなる。これにより、大腿リンク７や下腿リンク９の慣性モーメントを一層低減できる。

【００３１】

ところで、階段歩行時には、図６に示す如く、膝関節部８の屈曲角度が大きくなり、階段面に接地する足平部１１に対し下腿リンク９が大きく前傾する。そして、階段を上るためには、第４直動アクチュエータ１２$_4$により足平部１１に足首関節部１０を中心にした前下がり（つま先下がり）方向の大きなモーメントを付与する必要がある。

【００３２】

ここで、足平部１１へのモーメントの付与に寄与するのは、第４直動アクチュエータ１２$_4$の伸縮力のうち足平部１１（接地面）に直交する方向の成分だけである。この場合、第４直動アクチュエータ１２$_4$の伸縮力を膝関節部８と足首関節部１０とを結ぶ結線Ｌ１に平行な線上に作用させたのでは、階段歩行時に上記結線Ｌ１、即ち、伸縮力の作用線が足平部１１に対し大きく前傾するために、第４直動アクチュエータ１２$_4$の伸縮力のうち足平部１１に直交する方向の成分は僅かになってしまう。従って、足平部１１に第４直動アクチュエータ１２$_4$で効率良くモーメントを付与できなくなる。その結果、階段上りに必要な所要のモーメントを付与するには、第４直動アクチュエータ１２$_4$を高出力の大型のものにせざるを得なくなる。

【００３３】

これに対し、本実施形態では、階段歩行時に膝関節部８と足首関節部１０とを結ぶ結線Ｌ１が足平部１１に対し大きく前傾しても、この結線Ｌ１に対し後傾した線Ｌ２上に第４直動アクチュエータ１２$_4$の伸縮力が作用するため、伸縮力の作用線Ｌ２と足平部１１に直交する方向との成す角度は直角に近くなる。従って、第４直動アクチュエータ１２$_4$の伸縮力の足平部１１に直交する方向の成分が大きくなり、足平部１１に効率良くモーメントが付与される。その結果、第４直動アクチュエータ１２$_4$を高出力の大型のものにしなくても、階段上りに必要な所要のモーメントを足平部１１に付与することができるようになる。そのため、第４直動アクチュエータ１２$_4$を小型軽量化して、下腿リンク９の慣性モーメントを一層低減でき、更に省電力化も図ることができる。

【００３４】

ところで、第４直動アクチュエータ１２$_4$の下腿リンク９に対する連結部たるＹ３ａ軸を上記結線Ｌ１よりも前方に位置させると共に、Ｙ３ａ軸より前方に第４直動アクチュエータ１２$_4$の足平部１１に対する連結部たるＹ３ｂ軸を位置させ、或いは、Ｙ３ｂ軸を上記結線Ｌ１より後方に位置させると共に、Ｙ３ｂ軸より後方にＹ３ａ軸を位置させて、第４直動アクチュエータ１２$_4$の伸縮力の作用線を上記結線Ｌ１に対し後傾させることも可能である。然し、これでは、第４直動アクチュエータ１２$_4$が下腿リンク９の前側や後側に大きく張り出してしまい、脚部２のスマートさが損なわれてしまう。

【００３５】

これに対し、本実施形態の如くＹ３ａ軸を上記結線Ｌ１よりも後方に位置させると共に、Ｙ３ｂ軸を上記結線Ｌ１よりも前方に位置させれば、下腿リンク９の前後への第４直動アクチュエータ１２$_4$の張り出し量が小さくなり、脚部２がスマートになる。これにより脚部２を人間型のプロフィールに近付けることができる。

【００３６】

また、本実施形態では、各直動アクチュエータ１２$_1$，１２$_2$，１２$_3$，１２$_4$の駆動ユニット１５の小型軽量化のため、ナット部材１４やその支持構造にも工夫を施している。以下、この点について詳述する。

【００３７】

ナット部材１４は、図５に示す如く、ボール１４ａを保持するナット本体部１４１と、ナット本体部１４１より外径が小さい軸方向両端の軸部１４２，１４３とを有しており、両軸部１４２，１４３を一対のアンギュラベアリング１９，１９により軸支すると共に、軸方向一端の軸部１４２に従動プーリ１４ｂを連結している。尚、この軸部１４２は、ナット本体部１４１にドグ部を介して連結されるもので、ナット本体部１４１とは別体であるが、ナット本体部１４１に一体成形することも可能である。

【００３８】

ところで、各アンギュラベアリング１９を、その内輪１９ａの端面がナット本体部１４１と各軸部１４２，１４３との間の段差に当接するように配置することも可能であるが、これでは以下の不具合を生ずる。即ち、組立時に、軸方向一端側のアンギュラベアリング１９を軸方向他端側のアンギュラベアリング１９に向けて締め付ける際、ナット本体部１４１に締め付け力が作用してしまう。そして、ナット本体部１４１の圧縮変形によりボール１４ａが円滑に動かなくなって、フリクションロスが増大してしまう。

【００３９】

この場合、本実施形態のナット本体部１４１の外側に余肉を付けて、この余肉部分に締め付け力が作用するように構成することも考えられる。ここで、軸部１４２，１４３の外径が本実施形態と同様であると、ナット本体部１４１のボール１４ａを保持する部分にも締め付け力が作用してしまうため、軸部１４２，１４３の外径を本実施形態のナット本体部１４１の外径以上にすることが必要になる。その結果、アンギュラベアリング１９も大径になり、必然的にアンギュラベアリング１９を収納するナットケース１８も大径になり、駆動ユニット１５を小型軽量化することが困難になる。

【００４０】

そこで、本実施形態では、上記の如く一対のアンギュラベアリング１９，１９で軸支するナット部材１４の両端の軸部１４２，１４３をナット本体部１４１より小径にすると共に、両アンギュラベアリング１９，１９の内輪１９ａ，１９ａ間に特殊な形状の第１カラー２０を介設して、ナット本体部１４１に締め付け力が作用することを防止している。即ち、第１カラー２０は、ナット本体部１４１に外挿される円筒部２０ａと、円筒部２０ａの軸方向両端に設けられ、ナット本体部１４１と各軸部１４２，１４３との間の段差と各アンギュラベアリング１９の内輪１９ａとの間に入り込んで内輪に当接する一対の環状板部２０ｂ，２０ｂとを有する。尚、ナット本体部１４１と各軸部１４２，１４３との間の段差と各環状板部２０ｂとの間には僅かなクリアランスが生ずるようにしている。また、両環状板部２０ｂ，２０ｂが円筒部２０ａと一体であると、第１カラー２０をナット部材１４に装着できなくなるため、少なくとも一方の環状板部２０ｂは円筒部２０ａから分離

自在とする。本実施形態では、両環状板部２０ｂ，２０ｂを共に円筒部２０ａから分離自在としている。

【００４１】

ここで、軸方向一端側（マウントフレーム１７側）のアンギュラベアリング１９の外輪１９ｂは、ナットケース１８にマウントフレーム１７をボルト止めすることで、マウントフレーム１７により軸方向他端側に締め付けられる。この際、締め付け力は該ベアリング１９のベアリング球１９ｃと内輪１９ａと第１カラー２０の軸方向一端の環状板部２０ｂと円筒部２０ａと軸方向他端の環状板部２０ｂとを介して軸方向他端側のアンギュラベアリング１９の内輪１９ａに伝達される。そして、軸方向他端側のアンギュラベアリング１９の外輪１９ｂが該ベアリング１９の内輪１９ａからベアリング球１９ｃを介して伝達される押圧力によりナットケース１８の軸方向他端の肩部１８ｄにシールリング１８ｅを介して押し付けられる。これにより両アンギュラベアリング１９，１９がナットケース１８内に軸方向に不動に保持され、各直動アクチュエータ12_1，12_2，12_3，12_4の伸縮動作によりナット部材１４に作用するスラスト反力を両アンギュラベアリング１９，１９で受けられるようになる。

【００４２】

また、組立時に軸方向一端側のアンギュラベアリング１９に加える締め付け力は上記の如く第１カラー２０を介して軸方向他端側のアンギュラベアリング１９に伝達されるため、ナット本体部１４１に締め付け力は作用しない。従って、ナット本体部１４１の外径をボール１４ａの保持に必要な必要最小限の寸法に設定し、これより軸部１４２，１４３の外径を小さくしても、締め付け力によりボール１４ａの動きの円滑性が損なわれて、フリクションロスが増大するといった不具合は生じない。そして、軸部１４２，１４３の小径化でアンギュラベアリング１９も小径化できる。その結果、ナットケース１８を小径化して、駆動ユニット１５の小型軽量化を図ることができる。

【００４３】

尚、軸方向他端側のアンギュラベアリング１９の外輪１９ｂがナットケース１８の軸方向他端の肩部１８ｄに押し付けられる前に、ナットケース１８の軸方向一端にマウントフレーム１７が当接して締め付け不能になることを防止するため、寸法公差を考慮して、組立状態でナットケース１８の軸方向一端とマウントフレーム１７との間に若干のクリアランスが生ずるようにしている。そのため、軸方向一端側のアンギュラベアリング１９の外輪１９ｂを軸方向にいくらでも締め上げられるようになり、アンギュラベアリング１９の与圧量が過大になって、フリクショントルクが大きくなる虞がある。

【００４４】

そこで、本実施形態では、両アンギュラベアリング１９，１９の外輪１９ｂ，１９ｂ間に第１カラー２０と同一軸長の円筒状の第２カラー２１を介設している。これによれば、軸方向一端側のアンギュラベアリング１９の外輪１９ｂが軸方向に過度に締め上げられることを第２カラー２１により防止できる。

【００４５】

但し、第１カラー２０の軸長と第２カラー２１の軸長とにミクロンオーダの差を生じても、アンギュラベアリング１９の与圧量に大きな影響が及ぶ。そこで、図７に示す如く治具１００上に第１と第２の両カラー２０，２１をセットして、両カラー２０，２１を同時に平面研削し、両カラー２０，２１の軸長を正確に一致させるようにしている。

【００４６】

ここで、第１カラー２０の各環状板部２０ｂの軸方向外方を向く面の内周部には、径方向内方に向けて軸方向内方に傾斜するテーパー部２０ｃが形成されている。また、治具１００は、治具本体１０１と、治具本体１０１にマグネットチャック等により取付け自在な押え治具１０２とを備えている。押え治具１０２は、雌ねじ部１０３ａを有する下半部１０３と雄ねじ部１０４ａを有する上半部１０４とで構成されている。上下の各半部１０３，１０４の端部外周には第１カラー２０の各環状板部２０ｂのテーパー部２０ｃに対応するテーパー部１０３ｂ，１０４ｂが形成されている。

【００４７】
平面研削に際しては、第１カラー２０の一方の環状板部２０ｂをそのテーパー部２０ｃが押え治具１０２の下半部１０３のテーパー部１０３ｂに係合するように治具本体１０１に載置し、その上に第１カラー２０の円筒部２０ａと他方の環状板部２０ｂとを載せる。次に、押え治具１０２の上半部１０４を下半部１０３に螺合させる。これにより、上半部１０４のテーパー部１０４ｂが他方の環状板部２０ｂのテーパー部２０ｃに係合して、一方の環状板部２０ｂと円筒部２０ａと他方の環状板部２０ｂとから成る第１カラー２０が下半部１０３と上半部１０４との間に挟まれた状態で治具本体１０１上に固定される。次に、治具本体１０１上に第１カラー２０を囲うようにして第２カラー２１を載置し、第１カラー２０の上方の環状板部２０ｂの上面と第２カラー２１の上端面とを同時に平面研削する。

【００４８】
このように環状板部２０ｂにテーパー部２０ｃを形成することで、テーパー部２０ｃが押え治具１０２の係合部になり、第１カラー２０と第２カラー２１の同時平面研削が可能になる。尚、本実施形態では、第１カラー２０の両環状板部２０ｂ，２０ｂにテーパー部２０ｃを形成したが、押え治具１０２の下半部１０３が治具本体１０１に強固に固定されるものであれば、平面研削する上方の環状板部２０ｂと押え治具１０２の上半部１０４のみにテーパー部２０ｃ，１０４ｂを形成してもよい。

【００４９】
以上、２足歩行ロボット用の直動アクチュエータに本発明を適用した実施形態について説明したが、２足歩行ロボット以外の用途の直動アクチュエータにも同様に本発明を適用できる。

【図面の簡単な説明】

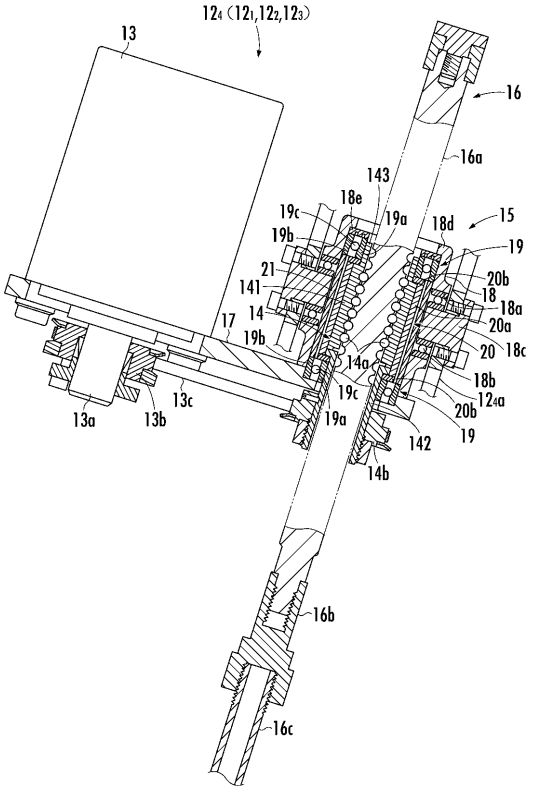
【００５０】
【図１】本発明の実施形態の直動アクチュエータを具備する２足歩行ロボットの斜め後方から見た斜視図。
【図２】２足歩行ロボットの正面図。
【図３】２足歩行ロボットの背面図。
【図４】２足歩行ロボットの側面図。
【図５】図２のＶ－Ｖ線拡大切断面図。
【図６】２足歩行ロボットの階段歩行時の脚部の状態を示す側面図。
【図７】実施形態の直動アクチュエータが具備するナットケース内に設けられる第１と第２の両カラーの平面研削時の状態を示す断面図。

【符号の説明】

【００５１】
12_1，12_2，12_3，12_4…直動アクチュエータ、１３…電動モータ、１４…ナット部材、１４ａ…ボール、１４１…ナット本体部、１４２，１４３…軸部、１６…ねじ軸、１８…ナットケース、１９…アンギュラベアリング、１９ａ…内輪、１９ｂ…外輪、２０…第１カラー、２０ａ…円筒部、２０ｂ…環状板部、２０ｃ…テーパー部、２１…第２カラー。

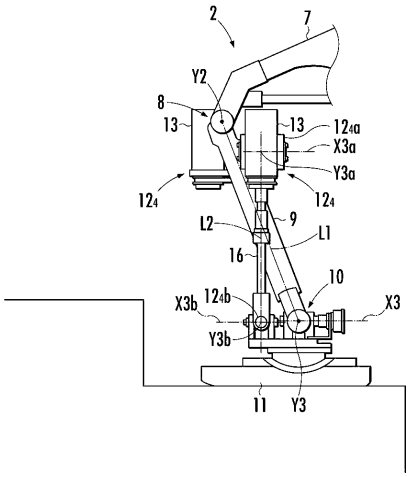
【図５】

FIG.5



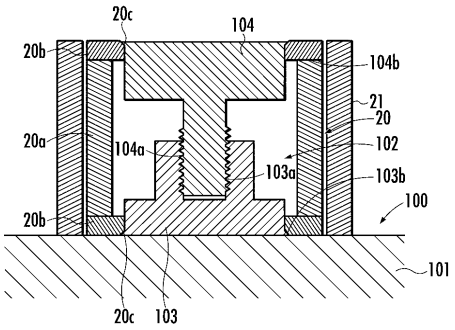
【図６】

FIG.6



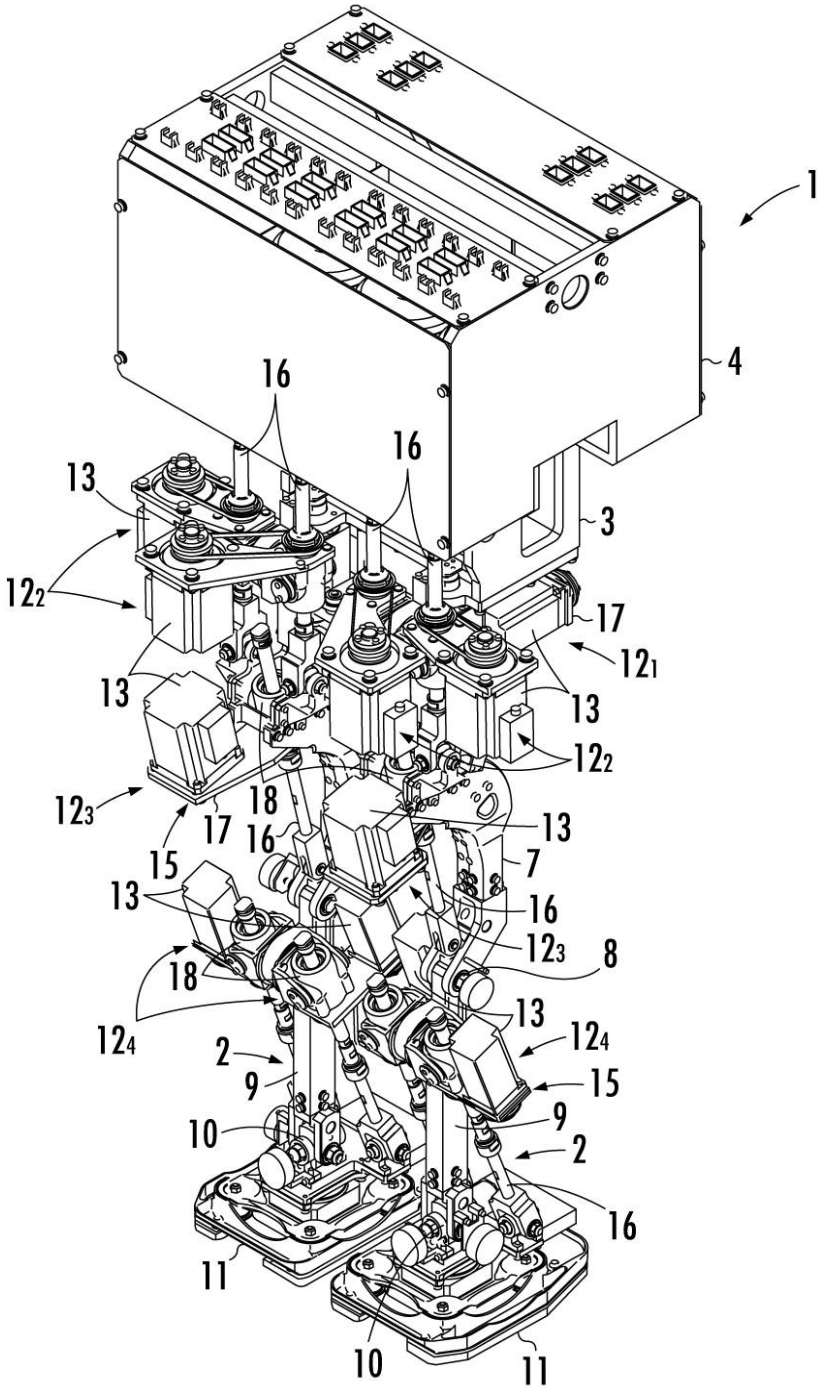
【図７】

FIG.7



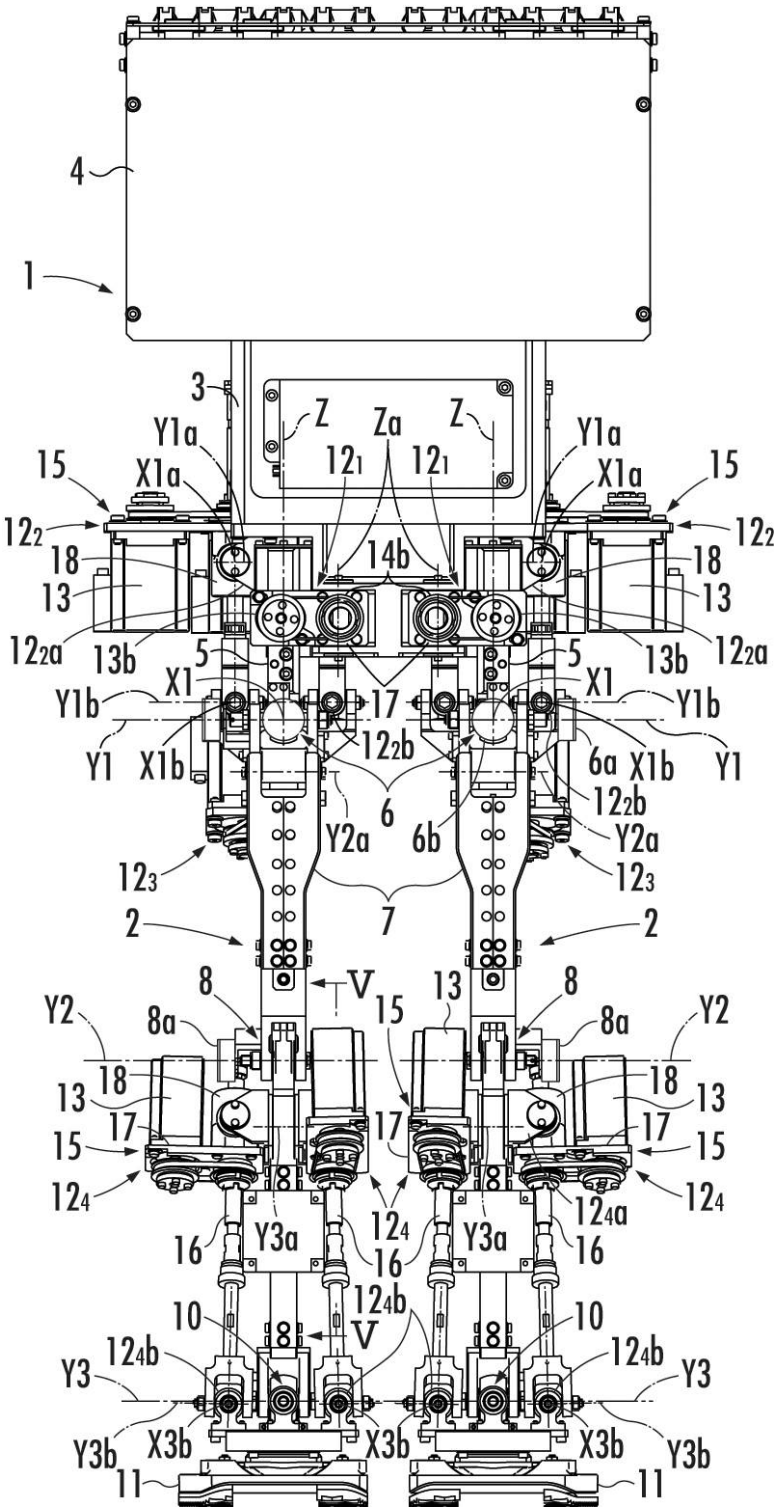
【図１】

FIG.1


1
4
16
16
13
3
12₂
17
12₁
13
13
12₂
12₃
18
17
16
13
15
7
13
16
12₃
8
18
13
12₄
12₄
2
15
9
9
10
2
16
11
10
11

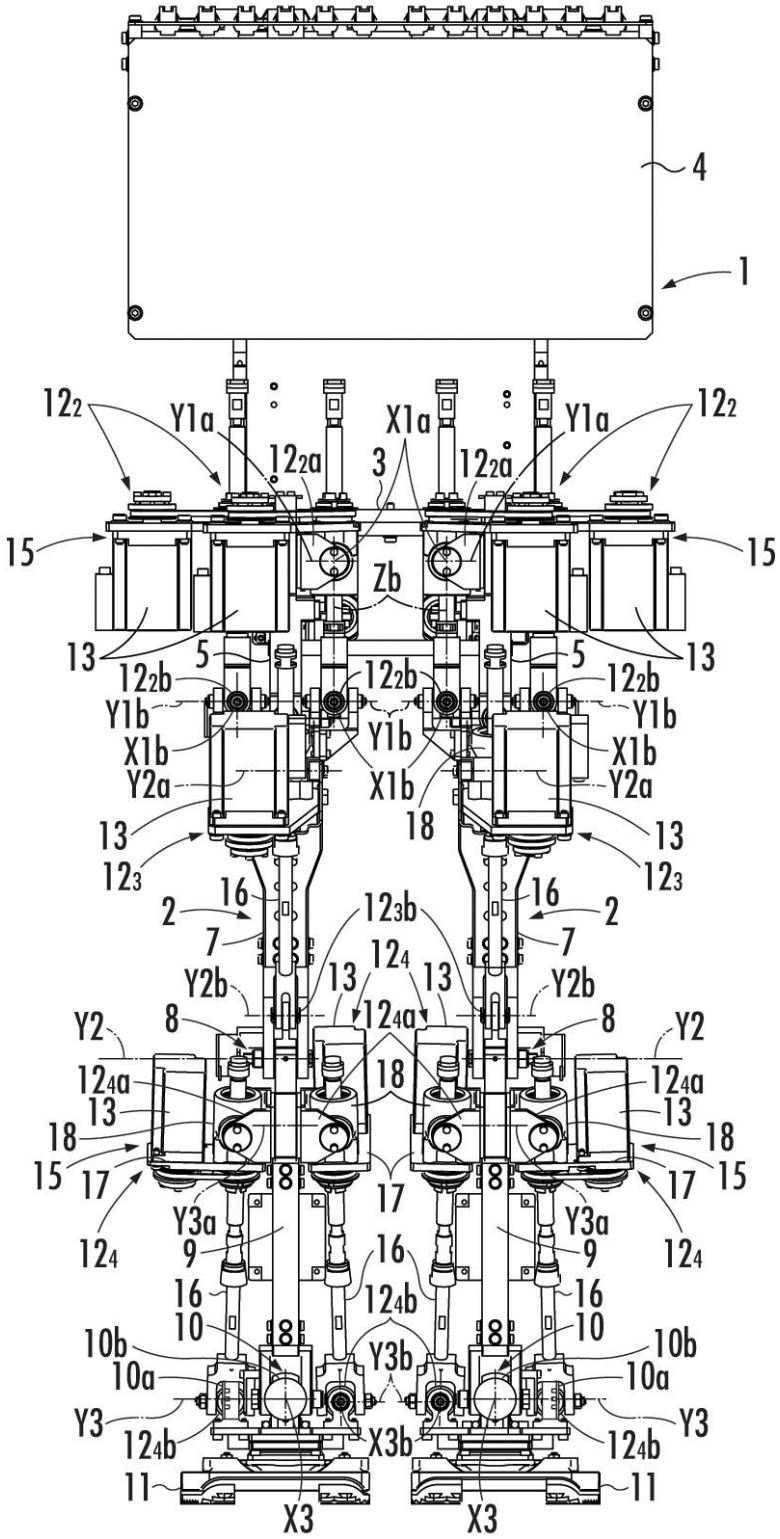
【図２】

FIG.2


4
1
3
Z
Za
Z
Y1a
X1a
15
12₂
18
13
12₂a
13b
5
X1
Y1b
Y1
X1b
17
12₂b
6
6a
6b
Y2a
12₃
7
2
8
V
Y2
8a
15
13
18
17
12₄
16
Y3a
12₄b
10
Y3
Y3b
X3b
11

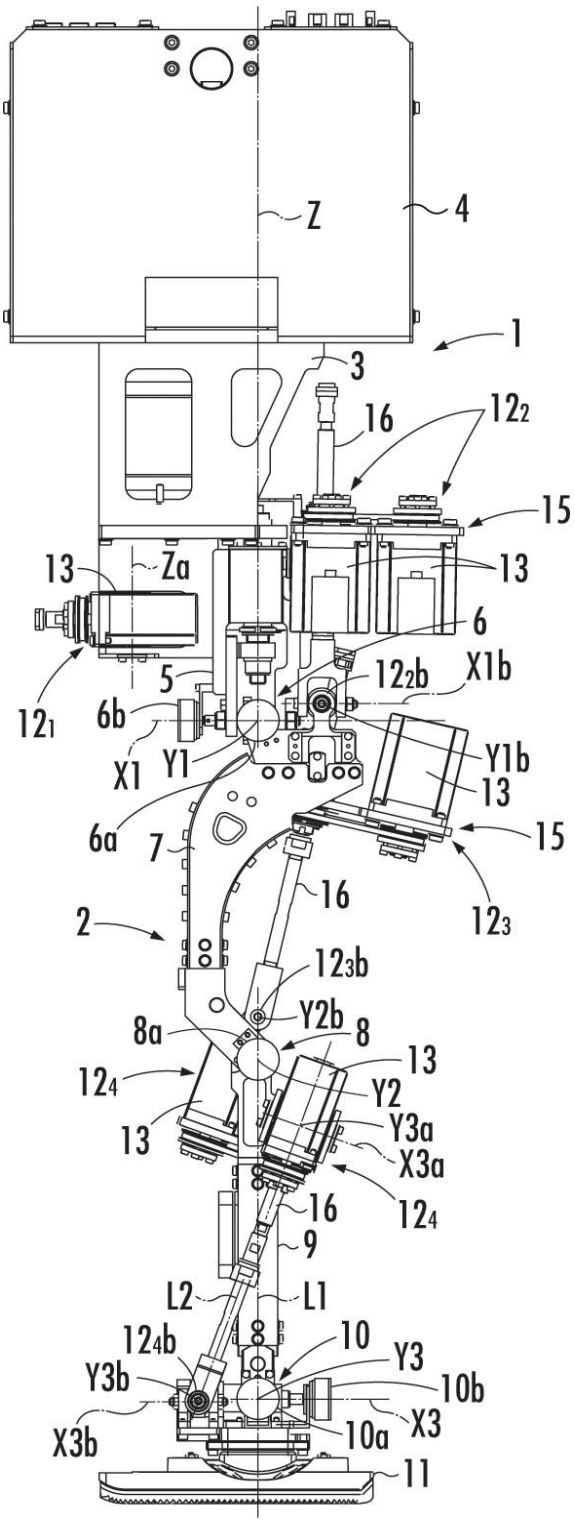
【図３】

FIG.3


4
1
12₂
Y1a
X1a
12₂a
3
15
Zb
13
5
12₂b
Y1b
X1b
Y2a
18
12₃
16
2
7
12₃b
12₄
Y2b
8
Y2
12₄a
17
Y3a
9
12₄
10
10b
10a
Y3
Y3b
X3b
11
X3

【図４】

FIG.4


Z
4
1
3
16
12₂
15
13
Za
13
6
5
12₂b
X1b
12₁
6b
X1
Y1
Y1b
13
6a
7
15
16
12₃
2
12₃b
Y2b
8a
8
13
12₄
Y2
13
Y3a
X3a
16
12₄
9
L2
L1
12₄b
10
Y3
Y3b
10b
X3
X3b
10a
11

フロントページの続き

(72)発明者　松岡　慶久
栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台６番地１　ホンダエンジニアリング株式会社内
(72)発明者　竹中　健二
栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台６番地１　ホンダエンジニアリング株式会社内
(72)発明者　市橋　慧
栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台６番地１　ホンダエンジニアリング株式会社内

Ｆターム(参考) 3J062 AA38　AB22　BA12　CB45　CD08　CD23　CD57