

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5976401号
(P5976401)

(45) 発行日 平成28年8月23日 (2016. 8. 23)

(24) 登録日 平成28年7月29日 (2016. 7. 29)

(51) Int. Cl. F 1
B 2 5 J 5/00 (2006.01) B 2 5 J 5/00 F

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2012-124511 (P2012-124511)	(73) 特許権者	390029805 T H K株式会社 東京都品川区西五反田3丁目11番6号
(22) 出願日	平成24年5月31日 (2012. 5. 31)		
(65) 公開番号	特開2013-248699 (P2013-248699A)	(74) 代理人	100112140 弁理士 塩島 利之
(43) 公開日	平成25年12月12日 (2013. 12. 12)	(72) 発明者	永塚 正樹 東京都品川区西五反田3丁目11番6号 T H K株式会社内
審査請求日	平成27年5月22日 (2015. 5. 22)	審査官	牧 初

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 脚式ロボットの下肢構造及び脚式ロボット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

股関節本体と、

大腿部と、

前記股関節本体に対して前記大腿部を少なくともピッチ軸の回りに回転可能に連結する股関節ジョイントと、

前記大腿部にピッチ軸の回りを回転可能に連結される膝関節本体と、

一端部が前記股関節本体又は前記股関節ジョイントにピッチ軸の回りを回転可能に連結されると共に、他端部が前記膝関節本体にピッチ軸の回りを回転可能に連結される大腿部補助リンクと、

前記大腿部補助リンクの前記一端部から前記他端部までの長さを伸縮させる膝関節アクチュエータと、を備え、

前記股関節本体又は前記股関節ジョイント、前記大腿部、前記膝関節本体、及び前記大腿部補助リンクは、平行四辺形を形成する平行リンクを構成し、

前記大腿部がピッチ軸の回りを回転するとき、前記平行リンクの作用により、前記股関節本体に対する前記膝関節本体の姿勢が一定に保たれ、

そして、前記膝関節アクチュエータによって前記大腿部補助リンクを伸縮させることで、前記股関節本体に対して前記膝関節本体の姿勢を変化させる脚式ロボットの下肢構造。

【請求項 2】

前記股関節ジョイントは、前記股関節本体に前記大腿部を前記ピッチ軸及びロール軸の

回りに回転可能に連結し、

前記大腿部と前記股関節本体との間には、前記股関節本体に対して前記大腿部を前記ピッチ軸及び前記ロール軸の回りに回転駆動させる股関節アクチュエータが架け渡されることを特徴とする請求項 1 に記載の脚式ロボットの下肢構造。

【請求項 3】

前記脚式ロボットはさらに、

前記膝関節本体に結合される下腿部と、

足首関節本体と、

前記下腿部に前記足首関節本体を少なくともピッチ軸の回りに回転可能に連結する足首関節ジョイントと、

一端部が前記下腿部にピッチ軸の回りを回転可能に連結されると共に、他端部が前記足首関節ジョイントにピッチ軸の回りを回転可能に連結される下腿部補助リンクと、

前記下腿部補助リンクの前記一端部から前記他端部までの長さを伸縮させる足首関節アクチュエータと、を備えることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の脚式ロボットの下肢構造。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の脚式ロボットの下肢構造が組み込まれた脚式ロボット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の脚部を有し、各々の脚部を揺動させながら歩行する脚式ロボットの下肢構造及び脚式ロボットに関する。

【背景技術】

【0002】

脚式ロボットは、複数の脚部を有し、各々の脚部を揺動させながら歩行する。人間のようには二本足でバランスをとりながら歩く脚式ロボットは二足歩行ロボットと呼ばれる。動物のように四本足で歩行する脚式ロボットは四足歩行ロボットと呼ばれる。脚部の数は典型的には二本あるいは四本であるが、複数本であれば何本でもよい。

【0003】

各脚部は、大腿部、下腿部、足平部に相当するリンクをロボットの胴部から股関節、膝関節、足首関節を介して順次連設して構成される。大腿部、下腿部、足平部に相当するリンクは、各関節に脚式ロボットの側方に伸びるピッチ軸の回りを回転可能に連結される。各関節には、リンクを回転させるモータ（アクチュエータ）が備えられる（例えば特許文献 1 参照）。モータが適切な駆動力を出力し、リンクの回転角度を制御することによって、脚式ロボットが脚部を胴部に対して前後に揺動させることができる。ここで、股関節は胴部と脚部を連結する関節を意味するものであり、四足歩行ロボットの胴部と前脚とを連結する関節も股関節に含まれる。また、モータは電気、ガソリン等のエネルギーを機械的な動きに変換する装置であり、典型的には電動モータあるいはエンジンである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2002 - 264046 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、膝関節の屈伸運動を行うときには、股関節のモータの回転速度の 2 倍の速度で膝関節のモータを回転させる必要がある。このように、膝関節は他の関節に比べ、移動範囲と速度を大きくする必要があるため、大きなモータを必要とする。

【0006】

そこで、本発明は、膝関節を駆動させるアクチュエータの負荷を低減させることができる脚式ロボットの下肢構造及び脚式ロボット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】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明は、股関節本体と、大腿部と、前記股関節本体に対して前記大腿部を少なくともピッチ軸の回りに回転可能に連結する股関節ジョイントと、前記大腿部にピッチ軸の回りを回転可能に連結される膝関節本体と、一端部が前記股関節本体又は前記股関節ジョイントにピッチ軸の回りを回転可能に連結されると共に、他端部が前記膝関節本体にピッチ軸の回りを回転可能に連結される大腿部補助リンクと、前記大腿部補助リンクの前記一端部から前記他端部までの長さを伸縮させる膝関節アクチュエータと、を備え、前記股関節本体又は前記股関節ジョイント、前記大腿部、前記膝関節本体、及び前記大腿部補助リンクは、平行四辺形を形成する平行リンクを構成し、前記大腿部がピッチ軸の回りを回転するとき、前記平行リンクの作用により、前記股関節本体に対する前記膝関節本体の姿勢が一定に保たれ、そして、前記膝関節アクチュエータによって前記大腿部補助リンクを伸縮させることで、前記股関節本体に対して前記膝関節本体の姿勢を変化させる脚式ロボットの下肢構造である。

10

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、大腿部がピッチ軸の回りを回転するとき、平行リンクの作用により、股関節本体に対する膝関節本体の姿勢が一定に保たれる。そして、膝関節アクチュエータによって大腿部補助リンクを伸縮させることで、股関節本体に対して一定に保たれた膝関節本体の姿勢を変化させることができる。このため、膝関節の屈伸運動を行うとき、膝関節にモータを設けた従来の脚式ロボットに比べて、大腿部に対する膝関節本体のピッチ軸回りの回転速度を半分にすることができる。したがって、膝関節アクチュエータの負荷を低減することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の一実施形態の脚式ロボットの全体構成を示す図（図1（a）は正面図を示し、図1（b）は左側面図を示す）

【図2】本実施形態の脚式ロボットの下肢構造の斜視図

30

【図3】本実施形態の脚式ロボットの下肢構造を示す図（図3（a）は正面図を示し、図3（b）は左側面図を示す）

【図4】本実施形態の脚式ロボットの下肢構造の膝関節の屈伸運動を行うときの動作図（図4（a）は膝関節アクチュエータを駆動させていない状態を示し、図4（b）は膝関節アクチュエータを駆動させて膝関節を屈曲させた状態を示す）

【図5】本実施形態の脚式ロボットの下肢構造の、膝関節アクチュエータの負荷の低減効果を説明する模式図

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下添付図面に基づいて、本発明の一実施形態における脚式ロボットを説明する。図1（a）は本実施形態の脚式ロボットの全体構成を示す正面図、図1（b）は左側面図である。以下の説明において、脚式ロボットの進行方向をx軸方向、脚式ロボットからみて左右方向をy軸方向、脚式ロボットの上下方向をz軸向とし、x軸をロール軸、y軸をピッチ軸、z軸をヨー軸とする。また、以下の説明における左右は図1ないし3に示す脚式ロボット側から見たときの左右であり、前後は脚式ロボット側から見たときの前後である。

40

【0011】

脚式ロボット10は、胴部11の下方に設置された二本の脚部12と、胴部11の上方左右両側面に設置された二本の腕部13と、胴部11の上方に設置された一個の頭部14と、から構成されており、人間に近い動作を可能としている。

【0012】

50

二本の腕部 1 3 は、胴部 1 1 に肩関節 1 6 を介して連結され、胴部 1 1 に対してヨー軸及びロール軸の回りを回転できるようになっている。各腕部 1 3 は肘関節 1 7 を境に、肩に近い方の上腕部 1 3 b と、手部 1 3 a に近い方の下腕部 1 3 c と、を備える。下腕部 1 3 c は上腕部 1 3 b に対してヨー軸及びピッチ軸の回りを回転できるようになっている。
【 0 0 1 3 】

脚部 1 2 は股関節 8 を介して胴部 1 1 の骨盤 1 1 a にロール軸及びピッチ軸の回りに揺動可能に連結される。脚式ロボット 1 0 は、二本の脚部 1 2 をピッチ軸及びロール軸の回りに交互に揺動させ、人間のように二本足でバランスをとりながら歩く。
【 0 0 1 4 】

脚部 1 2 は、上から順番に、胴部 1 1 に結合される股関節 8、大腿部 1 2 a、膝関節本体 1 9、下腿部 1 2 b、足首関節 9、及び足平部 2 1 を備える。股関節 8 は、胴部 1 1 に結合される股関節本体 1 8 と、股関節本体 1 8 と大腿部 1 2 a とをピッチ軸及びロール軸の回りに回転可能に連結する股関節ジョイント 2 2 と、を備える。足首関節 9 は、足平部 2 1 に結合される足首関節本体 2 0 と、足首関節本体 2 0 と下腿部 1 2 b とをロール軸及びピッチ軸の回りを回転可能に連結する足首関節ジョイント 2 4 と、を備える。足平部 2 1 は歩行路面に着床する。

10

【 0 0 1 5 】

この脚式ロボット 1 0 は、遠隔操作可能に構成されたロボットであり、離れた位置にある図示しない操作マニピュレータを操作者が操作することで、操作マニピュレータの動きに応じた動作を脚式ロボット 1 0 が実行できるようになっている。

20

【 0 0 1 6 】

次に、図 2 及び図 3 を用いて、本実施形態の脚式ロボット 1 0 の脚部 1 2 の構造を詳細に説明する。図 2 は伸長させた脚部の斜視図を示し、図 3 (a) は伸長させた脚部の正面図を示し、図 3 (b) は伸長させた脚部の側面図を示す。

【 0 0 1 7 】

図 2 に示すように、脚部 1 2 は、股関節本体 1 8、大腿部 1 2 a、膝関節本体 1 9、下腿部 1 2 b、足首関節本体 2 0 を有する。股関節本体 1 8 には、股関節ジョイント 2 2 を介して大腿部 1 2 a がロール軸及びピッチ軸の回りを回転可能に連結される。大腿部 1 2 a には、膝関節本体 1 9 がピッチ軸の回りを回転可能に連結される。膝関節本体 1 9 には、下腿部 1 2 b が結合される。下腿部 1 2 b には、足首関節ジョイント 2 4 を介して足首関節本体 2 0 がロール軸及びピッチ軸の回りを回転可能に連結される。大腿部 1 2 a の後方には、大腿部補助リンク 3 1 が設けられる。下腿部 1 2 b の後方には、下腿部補助リンク 3 2 が設けられる。アクチュエータは、大腿部 1 2 a の前方に設けられる二つの股関節アクチュエータ 7、大腿部 1 2 a の後方に設けられる一つの膝関節アクチュエータ 4、下腿部 1 2 b の前方に設けられる二つの足首関節アクチュエータ 6、下腿部 1 2 b の後方に設けられる一つの足首関節アクチュエータ 3 を備える。

30

【 0 0 1 8 】

股関節本体 1 8 は、プレートを折り曲げて形成され、胴部 1 1 に結合される四角形の結合部 1 8 a と、結合部 1 8 a の対向する一对の辺から折り曲げられた一对のジョイント連結部 1 8 b と、を備える。

40

【 0 0 1 9 】

股関節本体 1 8 には、受動的な股関節ジョイント 2 2 を介して大腿部 1 2 a がロール軸及びピッチ軸の回りを回転可能に連結される。図 3 (b) に示すように、股関節ジョイント 2 2 は、互いに直交するロール軸 2 2 a 1 及びピッチ軸 2 2 a 2 を構成する十文字状の本体部 2 2 a を有する。本体部 2 2 a のロール軸 2 2 a 1 は、股関節本体 1 8 の一对のジョイント連結部 1 8 b に軸受を介して回転可能に連結される。本体部 2 2 a のピッチ軸 2 2 a 2 は、大腿部 1 2 a に軸受を介して回転可能に連結される。

【 0 0 2 0 】

股関節ジョイント 2 2 の本体部 2 2 a には、アーム 2 2 b が結合される。アーム 2 2 b には、大腿部補助リンク 3 1 の上端部がピッチ軸の回りを回転可能に連結される。大腿部

50

補助リンク 3 1 の下端部は下腿部 1 2 b のブラケット 1 2 b 1 にピッチ軸の回りを回転可能に連結される。

【 0 0 2 1 】

大腿部補助リンク 3 1 には、大腿部補助リンク 3 1 の上端部と下端部との間の長さを伸縮させる膝関節アクチュエータ 4 が設けられる。膝関節アクチュエータ 4 は、筒状の本体部 4 a と、本体部 4 a に対して軸線方向に直線運動する軸部 4 b と、を備える。軸部 4 b の外周面には螺旋状のねじ溝が形成される。本体部 4 a には、軸部 4 b のねじ溝に螺合するボールねじナット（図示せず）と、ボールねじナットを回転駆動させるモータ（図示せず）が収納される。モータがボールねじナットを回転駆動させると、軸部 4 b が軸線方向に直線運動して、大腿部補助リンク 3 1 を伸縮させる。

10

【 0 0 2 2 】

大腿部 1 2 a と股関節本体 1 8 との間には、左右一対の股関節アクチュエータ 7 が架け渡される。股関節アクチュエータ 7 は大腿部 1 2 a の前方に配置されており、大腿部 1 2 a を跨ぐように股関節アクチュエータ 7 及び膝関節アクチュエータ 4 が配置される。股関節アクチュエータ 7 は、筒状の本体部 7 a と、本体部 7 a に対して軸線方向に直線運動する軸部 7 b と、を備える。軸部 7 b の外周面には螺旋状のねじ溝が形成される。本体部 7 a には、軸部 7 b のねじ溝に螺合するボールねじナット（図示せず）と、ボールねじナットを回転駆動させるモータ（図示せず）が収納される。モータがボールねじナットを回転駆動させると、軸部 7 b が軸線方向に直線運動する。

20

【 0 0 2 3 】

股関節アクチュエータ 7 の軸部 7 b は股関節本体 1 8 に球面軸受を介して回転可能に連結される。股関節アクチュエータ 7 の本体部 7 a は大腿部 1 2 a に球面軸受を介して回転可能に連結される。二つの股関節アクチュエータ 7 を同時に伸ばしたり、縮めたりすると、大腿部 1 2 a が股関節本体 1 8 に対してピッチ軸 2 2 a 2 の回りを回転するようになる。一方、二つの股関節アクチュエータ 7 の一方を伸ばし、他方を縮めると、大腿部 1 2 a が股関節本体 1 8 に対してロール軸 2 2 a 1 の回りを回転するようになる。二つの股関節アクチュエータ 7 の回転角度を制御することで、大腿部 1 2 a を股関節本体 1 8 に対してピッチ軸 2 2 a 2 及びロール軸 2 2 a 1 の回りを回転させることが可能になる。

【 0 0 2 4 】

本実施形態のように、股関節本体 1 8 と大腿部 1 2 a との間に 2 自由度の受動的な股関節ジョイント 2 2 を介在し、股関節本体 1 8 と大腿部 1 2 a との間に二つの股関節アクチュエータ 7 を架け渡すことで、股関節本体 1 8 のピッチ軸及びロール軸に能動的なジョイントとして機能する二つのモータを設けた場合に比べて、数倍の力を発生することができる。必要な力を得るための股関節アクチュエータ 7 を小型化することができるので、脚部 1 2 の小型化が図れる。

30

【 0 0 2 5 】

また、脚式ロボットを二足歩行させるとき、股関節本体 1 8 に対して脚部 1 2 をロール軸の回りに回転させるのにはトルクが必要になり、股関節本体 1 8 に対して脚部 1 2 をピッチ軸の回りに回転させるのには速度が必要になる。股関節本体 1 8 と大腿部 1 2 a との間に二つの股関節アクチュエータ 7 を架け渡すことで、ロール軸回りのトルク、及びピッチ軸回りの速度の二つの要求に対応するのが容易になる。

40

【 0 0 2 6 】

大腿部 1 2 a の下端部には、膝関節本体 1 9 がピッチ軸 1 9 a の回りを回転可能に取り付けられる。この実施形態では、膝関節本体 1 9 には下腿部 1 2 b が結合される。

【 0 0 2 7 】

下腿部 1 2 b には、足首関節ジョイント 2 4 を介して足首関節本体 2 0 がロール軸及びピッチ軸の回りを回転可能に連結される。足首関節本体 2 0 は、プレートを折り曲げて形成され、足平部 2 1（図 1（a）参照）に結合される四角形の結合部 2 0 a（図 2 参照）と、結合部 2 0 a の対向する一対の辺から折り曲げられた一対のジョイント連結部 2 0 b と、を備える。

50

【 0 0 2 8 】

足首関節ジョイント 2 4 は、互いに直交するロール軸 2 4 a 1 及びピッチ軸 2 4 a 2 を構成する十文字状の本体部 2 4 a を有する。本体部 2 4 a のロール軸 2 4 a 1 が足首関節本体 2 0 の一対のジョイント連結部 2 0 b に軸受を介して回転可能に連結される。本体部 2 4 a のピッチ軸 2 4 a 2 が下腿部 1 2 b に軸受を介して回転可能に連結される。

【 0 0 2 9 】

足首関節ジョイント 2 4 の本体部 2 4 a にはアーム 2 4 b が結合される。アーム 2 4 b には、下腿部補助リンク 3 2 の下端部がピッチ軸の回りを回転可能に連結される。下腿部補助リンク 3 2 の上端部は下腿部 1 2 b のブラケット 1 2 b 1 にピッチ軸の回りを回転可能に連結される。

10

【 0 0 3 0 】

下腿部補助リンク 3 2 には、下腿部補助リンク 3 2 の上端部と下端部との間の長さを伸縮させる足首関節アクチュエータ 3 が設けられる。足首関節アクチュエータ 3 は、筒状の本体部 3 a と、本体部 3 a に対して軸線方向に直線運動する軸部 3 b と、を備える。軸部 3 b の外周面には螺旋状のねじ溝が形成される。本体部 3 a には、軸部 3 b のねじ溝に螺合するボールねじナット（図示せず）と、ボールねじナットを回転駆動させるモータ（図示せず）が収納される。モータがボールねじナットを回転駆動させると、軸部 3 b が軸線方向に直線運動する。足首関節アクチュエータ 3 を伸縮させると、足首関節本体 2 0 がピッチ軸の回りに回転する。

【 0 0 3 1 】

20

下腿部 1 2 b と足首関節本体 2 0 との間には、左右一対の足首関節アクチュエータ 6 が架け渡される。足首関節アクチュエータ 6 は下腿部 1 2 b の前方に配置されており、下腿部 1 2 b を跨ぐように足首関節アクチュエータ 6 及び足首関節アクチュエータ 3 が配置される。足首関節アクチュエータ 6 は、筒状の本体部 6 a と、本体部 6 a に対して軸線方向に直線運動する軸部 6 b と、を備える。軸部 6 b の外周面には螺旋状のねじ溝が形成される。本体部 6 a には、軸部 6 b のねじ溝に螺合するボールねじナット（図示せず）と、ボールねじナットを回転駆動させるモータ（図示せず）が収納される。モータがボールねじナットを回転駆動させると、軸部 6 b が軸線方向に直線運動する。

【 0 0 3 2 】

足首関節アクチュエータ 6 の軸部 6 b は足首関節本体 2 0 に球面軸受を介して回転可能に連結される。足首関節アクチュエータ 6 の本体部 6 a は下腿部 1 2 b に球面軸受を介して回転可能に連結される。二つの足首関節アクチュエータ 6 を同時に伸ばしたり、縮めたりすると、足首関節本体 2 0 が下腿部 1 2 b に対してピッチ軸 2 4 a 2 の回りを回転するようになる。一方、二つの足首関節アクチュエータ 6 の一方を伸ばし、他方を縮めると、足首関節本体 2 0 が下腿部 1 2 b に対してロール軸 2 4 a 1 の回りを回転するようになる。二つの足首関節アクチュエータ 6 の回転角度を制御することで、足首関節本体 2 0 を下腿部 1 2 b に対してロール軸 2 4 a 1 及びピッチ軸 2 4 a 2 の回りを回転させることが可能になる。

30

【 0 0 3 3 】

股関節アクチュエータ 7、膝関節アクチュエータ 4、足首関節アクチュエータ 3、6 のモータはドライバによって制御される。ドライバは、モータに電力を供給するPWM(pulse width modulation)インバータ等の電力変換器、モータの出力軸の速度及び位置を検出するセンサ、操作マニピュレータからの指令及びセンサからの情報によって電力変換器を制御する制御器を備える。ドライバは相互に通信し合い、別に制御ボックスが無くても同期した動きが可能となっている。

40

【 0 0 3 4 】

次に、大腿部 1 2 a に組み込まれる平行リンク 4 1、平行リンク 4 1 を構成する大腿部補助リンク 3 1 の伸縮動作を説明する。図 3 (b) に示すように、平行リンク 4 1 は平行四辺形を形成する 4 つのリンク a 1、b 1、c 1、d 1 から構成される。対向するリンクの長さは等しく、a 1 = c 1、b 1 = d 1 の関係がある。リンク a 1 は股関節ジョイント

50

22のアーム22b、リンクc1は膝関節本体19（膝関節本体19及び下腿部12b）、リンクb1は大腿部12a、リンクd1は大腿部補助リンク31によって構成される。

【0035】

図4(a)は、股関節アクチュエータ7によって大腿部12aをピッチ軸22a2の回りに回転させて、大腿部12aを前方に差し出した状態を示す。大腿部12aをピッチ軸の回りに回転させるとき、平行リンク41の作用により、股関節本体18に対する膝関節本体19（膝関節本体19及び下腿部12b）の姿勢が一定に保たれる。すなわち、図4(a)に示すように大腿部12aを回転させても、膝関節本体19（膝関節本体19及び下腿部12b）の姿勢は図3(b)と同様に鉛直方向を向いている。そして、図4(b)に示すように、膝関節アクチュエータ4が大腿部補助リンク31を縮めることで、膝関節が屈曲するように、鉛直方向を向く膝関節本体19（膝関節本体19及び下腿部12b）の姿勢を変化させることができる。人間の大腿部にも後方に大腿部補助リンク31に相当する筋肉があり、筋肉を収縮させることで膝関節本体の姿勢を変化させることができるようになっている。大腿部12aの後方に大腿部補助リンク31を設け、大腿部補助リンク31を伸縮させることで、人間と同様に少ないエネルギーで膝関節本体19の姿勢を変化させることができる。

10

【0036】

図5は、大腿部補助リンク31を伸縮させることによって、膝関節アクチュエータ4のエネルギーを低減できる理由を説明する図である。まず、比較例として、股関節及び膝関節にアクチュエータを設けた場合について説明する。比較例において、脚部全体が直立した状態から大腿部12aを角度 θ_1 だけ揺動させ、同時に下腿部12bを大腿部12aの軸線に対して θ_2 だけ曲げることを想定する。ただし、本実施形態との比較を容易にするために、 $\theta_2 = \theta_1$ とし、大腿部12aを θ_1 揺動させるためのエネルギーを E_1 とし、下腿部を $\theta_2 (= \theta_1)$ 曲げるに要するエネルギーを E_2 とし、さらに $\theta_2 = \theta_1$ の関係があることから $E_2 = E_1$ と仮定する。このように仮定すると、脚部を直立した状態から図5に示す屈曲状態（図4(b)と同一の屈曲状態）に至らしめるための総エネルギーは $E_1 + E_2 = 2E_1$ となる。

20

【0037】

これに対して、本実施形態においても同様な動作をさせると、脚部の長さや質量が比較例と同じであれば、股関節アクチュエータ7により大腿部12aを θ_1 遊動させるに要するエネルギーは E_1 である。この大腿部12aの揺動時、平行リンクの作用により、図4(a)に示すように、下腿部が角度 θ_1 だけ大腿部12aの軸線に対して曲がる。平行リンクの作用により下腿部12bが角度 θ_1 曲がっているため、図4(b)に示すように、さらに下腿部12bを大腿部12aの軸線に対して $\theta_2 = \theta_1$ とするために、膝関節アクチュエータ4により下腿部12bを曲げる角度は θ_1 となり、それに要するエネルギーは E_1 で済む。すなわち、脚部の屈曲完了までに要する総エネルギーは $2E_1$ で済む。つまり、比較例における膝関節に設けられているアクチュエータが $2E_1$ の出力を要するが故に大形であるのに対し、本実施形態では E_1 の出力に止まる膝関節アクチュエータ4を設ければよいので、下肢構造の小型化が達成され、消費エネルギーも少なくなる。

30

40

【0038】

また、図4に示すように、下腿部12bの後方に下腿部補助リンク32を配置し、下腿部補助リンク32を足首関節アクチュエータ3によって伸縮させることで、下腿部12bに対する足首関節本体20の姿勢を変化させることができる。人間の下腿部の後方にも下腿部補助リンク32に相当する筋肉があり、筋肉を収縮させることで足首関節本体20の姿勢を変化させることができるようになっている。下腿部12bの後方に下腿部補助リンク32を配置し、下腿部補助リンク32を伸縮させることで、人間と同様に少ないエネルギーで足首関節本体20の姿勢を変化させることができる。

【0039】

なお、本発明は上記実施形態に限られることはなく、本発明の要旨を変更しない範囲で

50

様々な実施形態に変更可能である。

【 0 0 4 0 】

上記実施形態では、股関節本体と大腿部とをロール軸及びピッチ軸の回りに回転可能に連結しているが、股関節本体と大腿部とをピッチ軸の回りにのみ回転可能に連結することもできる。この場合、平行リンクを構成する大腿部補助リンクは、一端部が股関節本体にピッチ軸の回りを回転可能に連結され、他端部が膝関節本体にピッチ軸の回りを回転可能に連結される。

【 0 0 4 1 】

上記実施形態では、股関節本体と大腿部との間に架け渡されるアクチュエータとして、直動型のアクチュエータモータを使用しているが、回転型のアクチュエータを使用することもできる。この場合、回転型のアクチュエータは、大腿部に結合されるモータ、モータの出力に結合されるサーボホーン、一端部がサーボホーンに球面軸受を介して回転可能に連結され、他端部が股関節本体に球面軸受を介して回転可能に連結されるリンクとから構成することができる。

10

【 0 0 4 2 】

上記実施形態では、膝関節本体と下腿部とを結合しているが、膝関節本体と下腿部とをピッチ軸の回りに回転可能に連結することもできる。

【 0 0 4 3 】

上記実施形態では、股関節本体を胴部に結合しているが、股関節本体と胴部とを一体のフレームから構成することもできる。上記実施形態では、足首関節本体を足平部に結合しているが、足首関節本体と足平部とを一体のフレームから構成することもできる。

20

【 0 0 4 4 】

上記実施形態では、脚部を揺動させる駆動源としてモータを使用しているが、駆動源としてはこの他に、空圧又は油圧シリンダー、リニアモータ、人工筋アクチュエータ等種々のものを利用することができる。

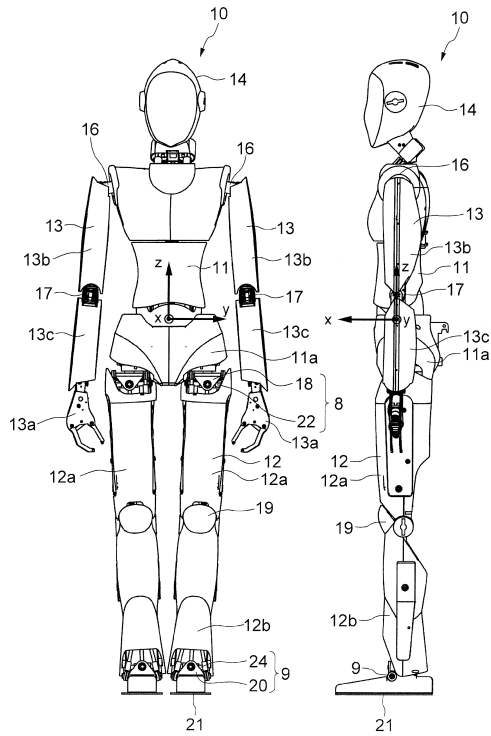
【 符号の説明 】

【 0 0 4 5 】

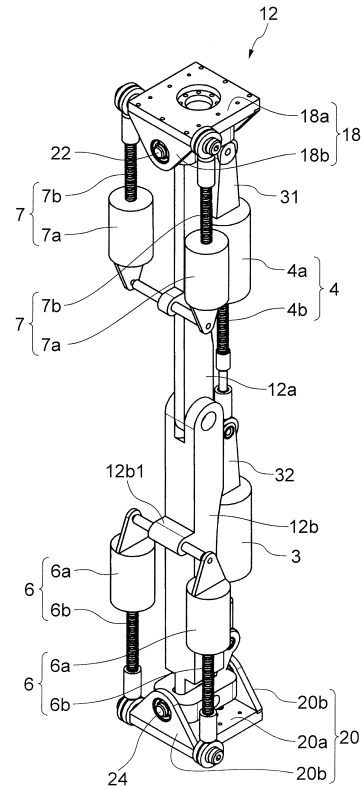
3 ... 足首関節アクチュエータ, 4 ... 膝関節アクチュエータ, 7 ... 股関節アクチュエータ, 10 ... 脚式ロボット, 12 ... 脚部, 12 a ... 大腿部, 12 b ... 下腿部, 18 ... 股関節本体, 19 ... 膝関節本体, 20 ... 足首関節本体, 22 ... 股関節ジョイント, 24 ... 足首関節ジョイント, 31 ... 大腿部補助リンク, 32 ... 下腿部補助リンク, 41 ... 平行リンク

30

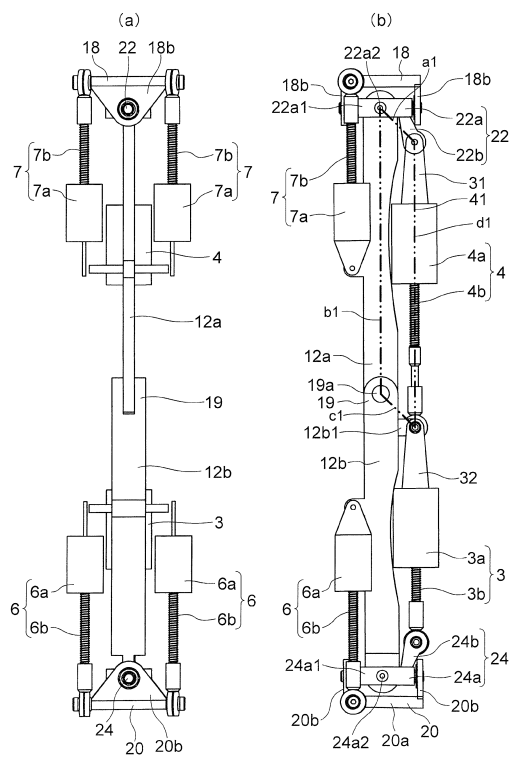
【図 1】



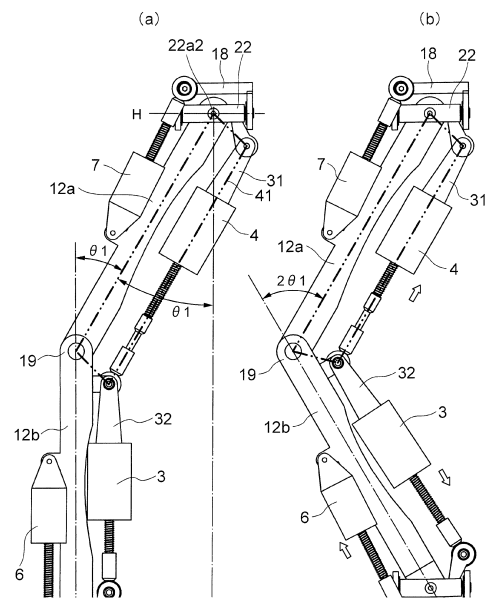
【図 2】



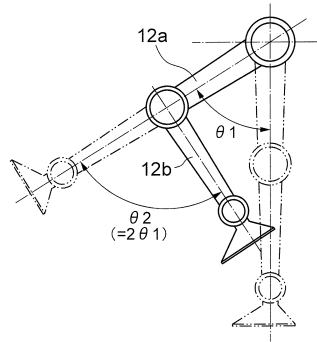
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-43871(JP,A)
特開2004-202676(JP,A)
特開2009-101456(JP,A)
特表平10-512503(JP,A)
特開2009-291933(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B25J 1/00 - 21/02