

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3726130号
(P3726130)

(45) 発行日 平成17年12月14日(2005.12.14)

(24) 登録日 平成17年10月7日(2005.10.7)

(51) Int. Cl.⁷

F I

B 2 5 J 17/00
B 2 5 J 5/00
F 1 6 D 3/02
F 1 6 D 11/00
F 1 6 H 35/00

B 2 5 J 17/00
B 2 5 J 5/00
F 1 6 D 3/02
F 1 6 D 11/00
F 1 6 H 35/00

Z
F

H

請求項の数 1 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-34076 (P2002-34076)
(22) 出願日 平成14年2月12日(2002.2.12)
(65) 公開番号 特開2003-231082 (P2003-231082A)
(43) 公開日 平成15年8月19日(2003.8.19)
審査請求日 平成14年2月12日(2002.2.12)

(73) 特許権者 504137912
国立大学法人 東京大学
東京都文京区本郷7丁目3番1号
(74) 代理人 100072051
弁理士 杉村 興作
(72) 発明者 中村 仁彦
東京都江戸川区北篠崎2-24-10
(72) 発明者 岡田 昌史
東京都文京区白山1-33-8-210
(72) 発明者 後藤 達哉
兵庫県神戸市垂水区高丸1-7-8

審査官 佐々木 一浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バックラッシュクラッチおよびそれを具えたロボット用関節機構

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

同一軸線上に各々回動可能に配置されて、互いの半径方向延在面(3a, 4a)同士が当接することで互いに回動方向に掛合する第1回動部材(3)および第2回動部材(4)を具え、

前記第1回動部材と前記第2回動部材との前記半径方向延在面同士の間回動方向にバックラッシュ(0)が空けられ、

ロボットの腕または脚を構成する互いに回動可能に結合された二部材(1, 2)のうちの何れか一方(1)にその回動軸線上で回動可能に前記第1回動部材と前記第2回動部材とのうちの何れか一方(3)が支持されるとともに、前記二部材のうちの他方(2)に前記第1回動部材と前記第2回動部材とのうちの他方(4)が固定されてなるバックラッシュクラッチと、

トルクを伝達する際は前記半径方向延在面(3a, 4a)同士を当接させる一方、自由状態を実現する際は前記半径方向延在面(3a, 4a)同士の間回動方向に前記バックラッシュ(0)より小さい隙間()を空けるように、前記第1回動部材と前記第2回動部材とのうちの前記一方(3)をそれを回動可能に支持する前記一方の部材(1)に対し回動駆動する駆動手段(5, 6)と、

を具えてなる、ロボット用関節機構。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

20

【発明の属する技術分野】

本発明は、高トルク伝達と自由関節との両方を実現するバックラッシュクラッチを具えたロボット用関節機構に関するものである。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】

一般にクラッチ機構は、駆動の伝達と切り離しを、摩擦を利用した機溝によって実現する。この機構は、互いに摩擦結合して駆動力を伝達する回動部材と、クラッチのオン・オフを制御する部材とを具えており、摩擦を利用して駆動力を伝達するため、大きな駆動力では滑りが生じ、これを伝えることが難しい。

【0003】

この現象は、クラッチ機構をヒューマノイドロボットの膝関節に適用した場合に、大きな問題を生む。一般にヒューマノイドロボットは、身体各関節が目標の軌道を生成するようにアクチュエータが制御されて駆動されている。特に、膝関節には高出力を生み出すアクチュエータが用いられる。

【0004】

ヒューマノイドロボットが図9で表されるような姿勢で静止する場合、股関節から上の重さを60[kg]、股関節と膝関節とのオフセットを10[cm]とすると、重力加速度 $9.81[m/s^2]$ のもと、膝関節を駆動するアクチュエータは58.86[Nm]といった高トルクを出力する必要がある。そのため膝の関節機構もこのトルクを伝達するのに必要な能力を持たなければならない。

【0005】

一般には、高出力のモータとギア比の大きな減速器とを用いて膝の関節機構が構成されている。一方、人間の歩行動作を見た場合、脚が遊脚となったときに膝関節は由由関節として働く。これは、無駄な力を使わないで済む、脚を前に投げ出すときに慣性力に従って膝が自由に動く、着地時に足が地面に対し適切な角度に自然に向くことで衝撃力が和らぐといった効果が考えられる。しかし、従来の膝機構では反力に従った由由な関節を実現させることは難しく、遊脚時にも膝が制御されたある角度を保つよう、制御されながら歩行動作が行われる。

【0006】

自由状態を実現する方法として、関節駆動用減速機の出力軸にクラッチ機構を設けることが考えられる。しかし、一般に用いられているクラッチ機構は上述のように摩擦式のため、高トルクの場合には滑りが起こり、高トルクを伝達することが難しいため、クラッチ機構を設けることができるのは駆動用減速機の入力軸側にならざるを得ない。ヒューマノイドロボットの膝関節では、高トルクの伝達と自由状態との両方を実現する機構として、駆動用減速機の出力軸側に設置できるクラッチ機構が必要となる。

【0007】

それゆえこの発明は、高トルクの伝達と、自由状態の維持との両立を可能とするクラッチ機構を具えたロボットの関節機構をもたらすことを目的とする。特に、ヒューマノイドロボットの膝関節機構として用いられた場合に、

- (1) 大きな駆動力を伝達する。
- (2) 自由関節の実現により、
 - (a) 無駄な力を使わない。
 - (b) 自由な動きを実現する。
 - (c) 着地時の衝撃を吸収する。

というような歩行動作を実現することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

上記目的を有利に達成するこの発明のロボット用関節機構のバックラッシュクラッチは、同一軸線上に各々回動可能に配置されて、互いの半径方向延在面同士が当接することで互いに回動方向に掛合する第1回動部材および第2回動部材を具え、前記第1回動部材と

10

20

30

40

50

前記第 2 回動部材との前記半径方向延在面同士の間に回動方向にバックラッシュが空けられ、ロボットの前腕または脚を構成する互いに回動可能に結合された二部材のうちの何れか一方にその回動軸線上で回動可能に前記第 1 回動部材と前記第 2 回動部材とのうちの何れか一方が支持されるとともに、前記二部材のうちの他方に前記第 1 回動部材と前記第 2 回動部材とのうちの他方が固定されてなるものである。

【 0 0 0 9 】

かかるバックラッシュクラッチによれば、前記半径方向延在面同士の間に回動方向に空けられたバックラッシュ分の隙間が詰まるまで第 1 回動部材と第 2 回動部材との相対回動が可能であり、そのバックラッシュにより、ロボットの前腕または脚を構成する互いに回動可能に結合された二部材の間の関節機構について、

(a) 自由関節を実現する、

(b) クラッチをつないだ状態では、高トルクを伝達する。

といった効果を得ることができる。

【 0 0 1 0 】

そして、この発明のロボット用関節機構は、前記バックラッシュクラッチと、トルクを伝達する際は前記半径方向延在面同士を当接させる一方、自由状態を実現する際は前記半径方向延在面同士の間に回動方向に前記バックラッシュより小さい隙間を空けるように、前記第 1 回動部材と前記第 2 回動部材とのうちの前記一方をそれを回動可能に支持する前記一方の部材に対し回動駆動する駆動手段と、を具えてなるものである。

【 0 0 1 1 】

かかるこの発明のロボット用関節機構によれば、

(c) 自由関節によって、反力に従う従反力機構を実現する。

(d) その従反力機構の従反力運動によって、衝撃を吸収する。

(e) 無駄なエネルギーの消費を防ぐ。

といった効果を得ることができる。

【 0 0 1 2 】

【 発明の実施の形態 】

以下に、この発明の実施の形態を実施例によって、図面に基づき詳細に説明する。ここに、図 1 は、この発明のロボット用関節機構の一実施例としてのヒューマノイドロボットの膝関節機構を示す正面図であり、図中符号 1 はヒューマノイドロボットの脚を構成する二部材のうちの一方としての膝上脚部、2 はその膝上脚部 1 に軸線 C 周りに回動可能に結合された、上記脚を構成する二部材のうちの他方としての膝下脚部、3 は上記実施例のバックラッシュクラッチを構成する第 1 回動部材、4 はこれも上記実施例のバックラッシュクラッチを構成する第 2 回動部材、5 は減速機付き高出力モータの出力軸に設けられたプーリ、6 はベルトである。

【 0 0 1 3 】

ここで、第 1 回動部材 3 と第 2 回動部材 4 とは同一軸線 C 上に相対回動可能に配置されていて、第 1 回動部材 3 は膝上脚部 1 に上記軸線 C 周りに回動可能に支持され、第 2 回動部材 4 は膝下脚部 2 に一体的に固定されている。そして第 1 回動部材 3 および第 2 回動部材 4 は、互いに当接し得るとともに間に回動方向に隙間 (バックラッシュ) が空けられた半径方向延在面 3 a , 4 a を有している。

【 0 0 1 4 】

また、上記プーリ 5 を有する減速機付き高出力モータおよび、そのプーリ 5 と上記ベルト 6 とを用いたベルト式伝動機構は、駆動手段を構成しており、それら第 1 回動部材 3 および第 2 回動部材 4 と、減速機付き高出力モータおよびベルト式伝動機構とは上記実施例の膝関節機構を構成している。なお、この実施例では駆動手段を、減速機付き高出力モータの出力回転をプーリ 5 とベルト 6 とを用いて第 1 回動部材 3 に伝える構成としているが、この発明のロボット用関節機構における駆動手段はこれに限られない。

【 0 0 1 5 】

この実施例のバックラッシュクラッチおよびロボット用関節機構では、以下の方法によっ

10

20

30

40

50

て回転を伝達したり、自由状態を実現したりする。

【0016】

(1) 駆動力の伝達

この関節機構にあつては、図2に示すように、第1回動部材3の半径方向延在面3aと第2回動部材4の半径方向延在面4aとの間の周方向の間隔dを0として(図では便宜上多少離して描いている)、図の矢印方向にトルクを伝達する。このとき第1回動部材3と第2回動部材4とは、力の方向に垂直な半径方向延在面3a, 4a同士の当接による面接触となり、大きなトルクを伝達することができる。この関節機構では、駆動力の伝達は一方向であり、回転角を制御するようなサーボ機構では時間遅れのある応答が生ずる。しかし、ヒューマノイドロボットの膝関節のように常に一定方向の力(ここでは重力場と身体

10

【0017】

(2) 自由状態の実現

かかる関節機構にあつては、例えば図3(a)~(c)に示すように、膝下脚部2の揺動による第2回動部材4の回転に合わせて間隔dをある一定量 d_0 に保つように第1回動部材3の回転角を制御することでも、自由な状態の関節が実現されるが、一般に、高トルクを出力するようにギア比の大きな減速機を設けたアクチュエータでは膝下脚部2の由由な動きに対して、dを一定間隔に保つだけの回転速度を生み出すことはできない。しかし、この関節機構ではバックラッシュの量だけ余裕が設けられているため、自由状態を実現し易くなる。すなわち、膝上脚部1の第1回動部材3の回転角を θ_1 、膝下脚部2の第2回動部材4の回転角を θ_2 、回転方向の隙間角を α とすると、ある角度(バックラッシュ) α_0 に対して、

20

$$|\theta_1 - \theta_2| = \alpha < \alpha_0$$

が満たされるように α を制御すれば、自由関節が実現される。

【0018】

例えば図4に示す制御例では、 α の回転角に対して θ_1 は振幅が小さく、位相遅れを持って追従している。しかし、その差 α は α_0 ($= \pm 0.2$ [ラジアン])の範囲に収まっているため、由由関節が実現された状態になっている。

30

【0019】

上記実施例のバックラッシュクラッチによれば、ヒューマノイドロボットの膝関節に具えられて自由な関節を実現することにより、以下の如くして着地時の衝撃を緩和することができる。図5(a)に示すように、遊脚(図ではヒューマノイドロボットの右足)が着地状態に入ろうとするときを考える。このとき、図5(b)に示すように、床と足裏は線接触となる。膝関節が高出力アクチュエータによって制御され、ある目的の回転角で制御されている場合、接地線には大きな力が働き、床や足裏が硬い場合には反発力で脚が浮いてしまう。一方、膝の自由関節が実現されている場合には、図6(a)に示すように、膝が床からの反力に従う運動(従反力運動)を行い、図6(b)に示すように、足裏が面接触で床と接地するようになる。これにより、床からの衝撃を和らげる効果が現れる。

40

【0020】

次に、後ろ足として床を蹴り上げた遊脚(図ではヒューマノイドロボットの右足)は、
 (1) 先ず図7に示すように、その遊脚が地面に接しないようにするために大腿部を持ち上げ、それとともに膝を曲げる。
 (2) 次いで図8に示すように、その遊脚を前に出すために膝を伸ばす。
 といった軌道を描く。一般に、制御された膝関節は、この曲げと伸ばしとが指令回転角として制御され、設計者が与えた軌道を描く。しかし、この動きは本来は重力と慣性力によって生まれる自然な動きであるので、膝関節を自由にするだけで自動的に生成される。これより、自由関節を実現することで、余計な力が生じず、効率の良い歩行動作が実現されることが判る。

50

【0021】

かくしてこの実施例のバックラッシュクラッチによれば、バックラッシュを利用して、

(a) 自由関節を実現する。

(b) クラッチをつないだ状態では、高トルクを伝達する。

といった効果を得ることができる。

そしてこの実施例のロボット用関節機構によれば、

(c) 自由関節によって、反力に従う従反力機構を実現する。

(d) その従反力機構の従反力運動によって、衝撃を吸収する。

(e) 無駄なエネルギーの消費を防ぐ。

といった効果を得ることができる。

10

【0022】

以上、図示例に基づき説明したが、この発明は上述の例に限定されるものでなく、例えば、第1回動部材を膝上脚部1に一体的に固定するとともに第2回動部材4を膝下脚部2に回動可能に支持して、駆動手段で回動駆動するようにしてもよい。また、上記実施例では、第1回動部材3の内側に第2回動部材4を配置して、それらの内外周面に設けた半径方向凸部に半径方向延在面を形成しているが、第1回動部材3と第2回動部材4とを軸線方向に並置して、それらの軸線方向対向面に設けた軸線方向凸部に半径方向延在面を形成してもよい。

【0023】

そして、この発明のロボット用関節機構は、脚以外に、腕の自由な振り等を実現するのにも用いることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明のロボット用関節機構の一実施例としてのヒューマノイドロボットの膝関節機構を示す正面図である。

【図2】 上記実施例の膝関節機構を、半径方向延在面同士の間隔を0としてトルクを伝達している状態で示す説明図である。

【図3】 上記実施例の膝関節機構を自由関節の状態を示す説明図である。

【図4】 上記実施例の膝関節機構を自由関節の状態にする好ましい制御例を示す関係線図である。

【図5】 (a)は、ヒューマノイドロボットの遊脚が着地状態に入ろうとするときの状態を示す説明図、(b)は、(a)のA部を拡大した説明図である。

30

【図6】 (a)は、ヒューマノイドロボットの遊脚が着地状態に入ろうとするときの、上記実施例の膝関節機構の作用を示す説明図、(b)は、(a)のB部を拡大した説明図である。

【図7】 ヒューマノイドロボットの後ろ足として床を蹴り上げた後の遊脚の動きを示す説明図である。

【図8】 ヒューマノイドロボットの上記遊脚のさらなる動きを示す説明図である。

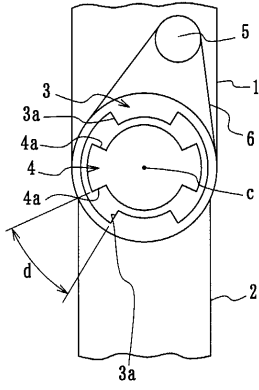
【図9】 ヒューマノイドロボットの膝を曲げた姿勢を示す説明図である。

【符号の説明】

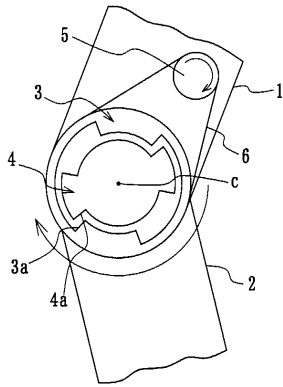
- 1 膝上脚部
- 2 膝下脚部
- 3 第1回動部材
- 3 a 半径方向延在面
- 4 第2回動部材
- 4 a 半径方向延在面
- 5 プーリ
- 6 ベルト

40

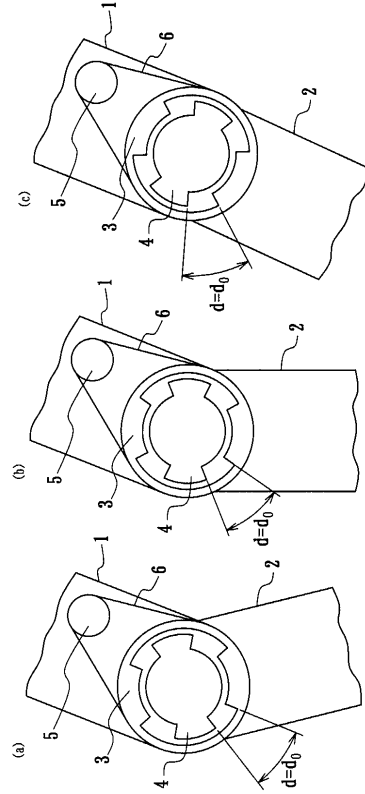
【 図 1 】



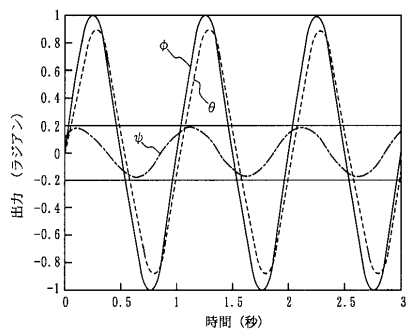
【 図 2 】



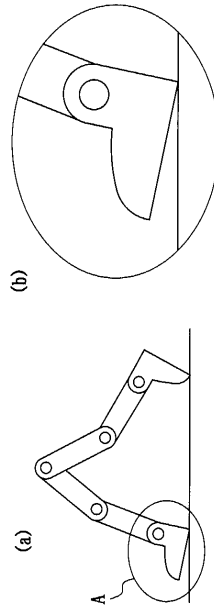
【 図 3 】



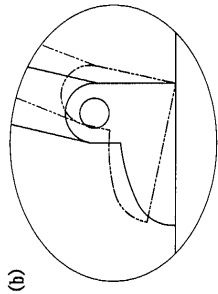
【 図 4 】



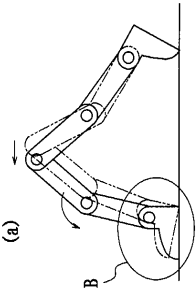
【 図 5 】



【 図 6 】

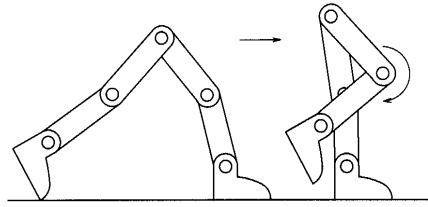


(b)

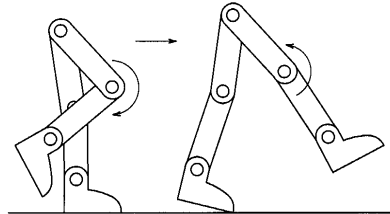


(a)

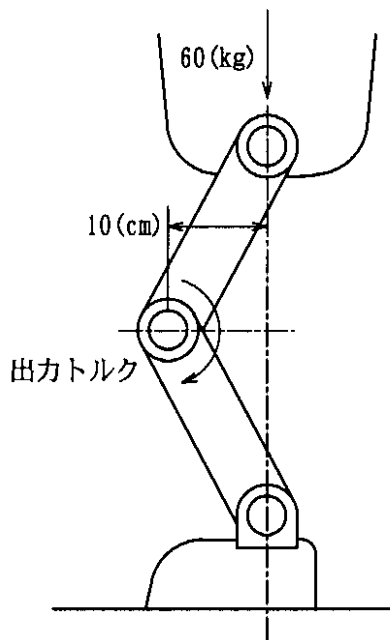
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

F I

F 1 6 H 35/00

Z

(56)参考文献 実開昭56-062892(JP,U)

実開昭58-116823(JP,U)

実開平06-028350(JP,U)

実開昭62-143848(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

B25J 17/00

B25J 5/00

F16D 3/02

F16D 11/00

F16H 35/00