

(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2004-223712
(P2004-223712A)

(43) 公開日 平成16年8月12日 (2004.8.12)

(51) Int.Cl. ⁷ B 2 5 J 5/00	F I B 2 5 J 5/00 B 2 5 J 5/00 B 2 5 J 5/00 B 2 5 J 5/00	E A B F	テーマコード (参考) 3 C 0 0 7
---	---	------------------	--------------------------

審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2004-17637 (P2004-17637)	(71) 出願人 390019839 三星電子株式会社 大韓民国京畿道水原市靈通区梅灘洞 4 1 6
(22) 出願日 平成16年1月26日 (2004.1.26)	(74) 代理人 100094145 弁理士 小野 由己男
(31) 優先権主張番号 2003-005076	(74) 代理人 100106367 弁理士 稲積 朋子
(32) 優先日 平成15年1月25日 (2003.1.25)	(72) 発明者 權 雄 大韓民国京畿道城南市盆唐區二梅洞 1 2 8 二梅村 2 0 4 - 1 8 0 3
(33) 優先権主張国 韓国 (KR)	(72) 発明者 李 錫 漢 大韓民国龍仁市水枝邑ブンドクチョン里三 星 5 t h アパート 5 1 7 - 7 0 2
	Fターム(参考) 3C007 CS08 KS00 KX12 LV12 WA03 WA13 WA16 WA17 WB05 WB07

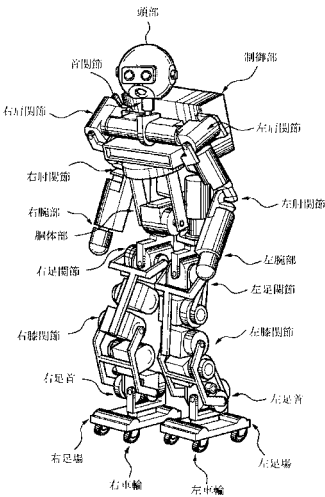
(54) 【発明の名称】 歩行式ロボット及びその位置移動方法

(57) 【要約】

【課題】 走行、歩行、及びスライディング中のいずれか1つによる位置移動の可能な歩行式ロボットを提供する。

【解決手段】 本発明に係る歩行式ロボットは、少なくとも二本以上の脚よりなる下半身及び下半身の上部に設けられた上半身を備え、下半身の運動によって位置移動を行う移動式ロボットにおいて、床の傾斜を検知する傾斜検知部、それぞれの脚の下部に設けられた回転手段、及び下半身及び上半身を用いた全身運動を制御する制御部を含む。ここで、制御部は傾斜検知部によって検知された床の傾斜によって回転手段の回転速度を調節し、調節された回転速度によって走行、歩行、及びスライディング中のいずれか一本による位置移動が行われるよう全身運動を制御する。これにより、歩行式ロボットは周辺の状況に応じて最適の位置移動方法を選択的に行える。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも二本以上の脚よりなる下半身及び該下半身の上部に設けられた上半身を備え、前記下半身の運動によって位置移動を行う移動式ロボットにおいて、
床の傾斜を検知する傾斜検知部と、
それぞれの前記脚の下部に設けられた回転手段と、
前記下半身及び前記上半身を用いた全身運動を制御する制御部とを含み、
前記制御部は、前記傾斜検知部によって検知された前記床の傾斜によって前記回転手段の回転速度を調節し、調節された前記回転速度によって走行、歩行、及びスライディング中のいずれか 1 つによる位置移動が行われるよう前記全身運動を制御することを特徴とする歩行式ロボット。

10

【請求項 2】

回転される前記回転手段の回転速度を減速させる減速部をさらに含み、
前記制御部は、前記減速部を制御して前記回転手段の回転速度を調節することを特徴とする請求項 1 に記載の歩行式ロボット。

【請求項 3】

前記制御部は、前記傾斜検知部によって検知された前記床の傾斜が第 1 設定角度以上の場合は前記回転速度が 0 になるよう前記減速部を制御することを特徴とする請求項 2 に記載の歩行式ロボット。

【請求項 4】

前記回転速度が 0 の場合、前記制御部は歩行による前記位置移動が行われるよう前記全身運動を制御することを特徴とする請求項 3 に記載の歩行式ロボット。

20

【請求項 5】

前記制御部は、前記傾斜検知部によって検知された前記床の傾斜が前記第 1 設定角度より小さく第 2 設定角度以上である場合は、スライディングによる位置移動が行われるよう前記全身運動を制御することを特徴とする請求項 3 に記載の歩行式ロボット。

【請求項 6】

前記回転手段は少なくとも二本以上の車輪を含むことを特徴とする請求項 3 に記載の歩行式ロボット。

【請求項 7】

少なくとも二本以上の脚よりなる下半身及び該下半身の上部に設けられた上半身を備え、前記下半身の運動によって位置移動を行う歩行式ロボットの移動方法において、

30

床の傾斜を検知するステップと、
前記傾斜検知ステップによって検知された前記床の傾斜によってそれぞれの前記脚の下部に設けられた回転手段の回転速度を調節するステップと、
調節された前記回転速度によって走行、歩行、及びスライディング中のいずれか 1 つによる位置移動が行われるよう前記上半身及び前記下半身を用いた全身運動を制御するステップとを含むことを特徴とする歩行式ロボットの移動方法。

【請求項 8】

前記回転速度調節ステップは、回転される前記回転手段の回転速度を減速させることを特徴とする請求項 7 に記載の歩行式ロボットの移動方法。

40

【請求項 9】

前記傾斜検知ステップによって検知された前記床の傾斜が第 1 設定角度以上の場合、前記回転速度調節ステップは前記回転速度を 0 になるよう制御することを特徴とする請求項 8 に記載の歩行式ロボットの移動方法。

【請求項 10】

前記回転速度が 0 に調節されれば、前記制御ステップは歩行による前記位置移動が行われるよう前記全身運動を制御することを特徴とする請求項 9 に記載の歩行式ロボットの移動方法。

【請求項 11】

50

前記傾斜検知部によって検知された前記床の傾斜が前記第 1 設定角度より小さく第 2 設定角度以上である場合、前記制御ステップはスライディングによる位置移動が行われるよう前記全身運動を制御することを特徴とする請求項 9 に記載の歩行式ロボットの移動方法。

【請求項 12】

前記回転手段は、少なくとも二本以上の車輪を含むことを特徴とする請求項 9 に記載の歩行式ロボットの移動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は移動式ロボットの歩行装置及びその方法に係り、さらに詳しくは車輪型歩行及び足型歩行を結合した移動式ロボットの歩行装置及びその方法に関する。

【背景技術】

【0002】

移動式ロボットのもっとも基本的な走行装置は 4 輪を用いたものである。4 輪を用いた移動式ロボットは 70 年代以来産業現場で多用されてきており、最近は掃除用、監視用、イベント用サービスロボットなどにも使用されている。4 輪型移動式ロボットは倒れない安定的な走行できるという長所を有するが、平坦な面でだけ移動が可能であり階段、上がり框などの非平坦面を通過できず、人間の実生活に幅広く使用し難い。また、4 輪型移動式ロボットはモータを用いた走行方式なので、4 輪型移動式ロボットの荷重に耐えられるトルク (torque) を出すためには駆動モータの重さ及び体積が増加するという問題点がある。かかる 4 輪型移動式ロボットの短所を補うために二足歩行式ロボットまたはそれ以上の脚を有する多足 (普通四足または六足) 歩行式ロボットが開発されてきた。特に、二足歩行式ロボットの一例としてソニー社によって開発されたヒューマノイドロボットがあり、ヒューマノイドロボットの歩行に関する制御方法は特許文献 1 に開示されている。

【0003】

図 1 は従来の二足歩行式ロボットが直立している状態を示した図である。同図を参照すれば、二足歩行式ロボットは歩行する左右二足の脚、胴体部、左右腕、頭部、及び制御部を備える。

【0004】

それぞれの脚は膝関節、足首、及び足場を備え、脚関節によって胴体部の最下部に並んで連結されている。また、それぞれの腕は肘関節及び手首関節を備え、肩関節によって胴体部上方の左側及び右側の側部エッジ (edge) に連結されている。

【0005】

制御部は、二足歩行式ロボットのそれぞれの関節作動器を制御する関節制御部 (図示せず)、及びそれぞれのセンサ (図示せず) から受信された信号に対応する処理を行なう信号処理制御部 (図示せず) を含む。

【0006】

図 2 は、図 1 の二足歩行式ロボットの内部構造を関節を中心にして示した図である。同図を参照すれば、二足歩行式ロボットは頭部 110、一对の腕部 130R、130L (右側を R、左側を L とする。以下、同一である)、及び胴体部 150 を含んだ上半身と歩行活動を実行するための一对の脚部 170R、170L を含む下半身を含む。二足歩行式ロボットは頭部 110 と胴体部 150 の連結部 (人間の首に該当する部分) に 1 つの関節、それぞれの腕部 130R、130L にそれぞれ三つの関節、胴体部 150 と下半身の連結部 (人間の腰に該当する部分) に 1 つの関節、及びそれぞれの脚部 170R、170L にそれぞれ三つの関節を含む。ここでは理解の便宜のため、全ての関節は電動モータで表示した。

【0007】

また、二足歩行式ロボットは、頭部 110 と胴体部 150 の連結部に首関節を備え、首関節はピッチ軸 111、ロール軸 113、及びヨー (yaw) 軸 115 を備える。ここで、ピ

10

20

30

40

50

ッチ軸 1 1 1 は頭部を上下に回転できるようにし、ロール軸 1 1 3 は頭部を左右に回転できるようにし、ヨー軸 1 1 5 は頭部を左右に揺動できるようにする。すなわち首関節は三つの自由度で構成される。

【0008】

また、二足歩行式ロボットはそれぞれの腕部 1 3 0 R、1 3 0 L に肩関節、肘関節、及び手首関節を備える。ここで、肩関節は腕部 1 3 0 R、1 3 0 L の上下回転を可能にするピッチ軸 1 3 1 R、1 3 1 L、腕部 1 3 0 R、1 3 0 L の左右回転を可能なようにするロール軸 1 3 3 R、1 3 3 L、及び腕部 1 3 0 R、1 3 0 L の前後揺動を可能にするヨー軸 1 3 5 R、1 3 5 L を備える。また、肘関節は肘下部の上下回転を可能にするピッチ軸 1 3 7 R、1 3 7 L 及び肘下部の左右揺動を可能にするヨー軸 1 3 9 R、1 3 9 L を備える。また、手首関節は手首の上下回転を可能にするピッチ軸 1 4 1 R、1 4 1 L 及び手首の左右回転を可能にするロール軸 1 4 3 R、1 4 3 L を備える。すなわち、それぞれの腕部 1 3 0 R、1 3 0 L はそれぞれ七つの自由度で構成される。

10

【0009】

また、二足歩行式ロボットは胴体部 1 5 0 と下半身の連結部に腰関節を備え、腰関節は腰の上下回転を可能にするピッチ軸 1 5 1、腰の左右回転を可能にするロール軸 1 5 3、及び腰の左右揺動を可能にするヨー軸 1 5 5 で構成される。すなわち、胴体部 1 5 0 は三つの自由度で構成される。

【0010】

それぞれの脚部 1 7 0 R、1 7 0 L はそれぞれ脚関節、膝関節、及び足首関節を備える。脚関節は脚の上下回転を可能にするピッチ軸 1 7 1 R、1 7 1 L、脚の左右回転を可能にするロール軸 1 7 3 R、1 7 3 L、及び脚の左右揺動を可能にするヨー軸 1 7 5 R、1 7 5 L で構成される。また、膝関節は膝下部を上下回転を可能にするピッチ軸 1 7 7 R、1 7 7 L を備える。また、足首関節は足首の上下回転を可能にするピッチ軸 1 7 9 R、1 7 9 L、足首の左右回転を可能にするロール軸 1 8 1 R、1 8 1 L、及び足首の左右揺動を可能にするヨー軸 1 8 3 R、1 8 3 L を備える。すなわち、それぞれの脚部 1 7 0 R、1 7 0 L は 7 個の自由度で構成される。

20

【0011】

前述したように、二足歩行式ロボットは全体として 34 個の自由度 ($3 + 7 \times 2 + 3 + 7 \times 2 = 34$) で構成される。しかし、二足歩行式ロボットの自由度は 34 個に限定されず、関節数を適切に増減することによって全体の自由度は増減できる。

30

【0012】

図 3 は、図 1 の二足歩行式ロボットに適用された線形非干渉多重質点近似化モデルを概略的に示した図である。同図を参照すれば、O-X Y Z 座標は絶対座標におけるロール軸、ピッチ軸、及びヨー軸を示したものであり、一方 O'-X' Y' Z' 座標は二足歩行式ロボットと共に動く移動座標におけるロール軸、ピッチ軸、及びヨー軸を示す。図 3 に示された多重質点モデルの場合、 i は i 番目質点を示す。すなわち、 m_i は i 番目質点の質量を示し、 r'_i は移動座標における i 番目質点の位置ベクトルを示す。また、腰部の質点の質量は m_h で示し、その位置ベクトルは $r'_h (r'_{hx}, r'_{hy}, r'_{hz})$ とし、また、ZMP (Zero Moment Point) の位置ベクトルを $r'_{zmp} (r'_{zmpx}, r'_{zmpy}, r'_{zmpz})$ とする。また、回転角 ($\theta_{hx}, \theta_{hy}, \theta_{hz}$) は、ロボットの姿勢すなわちロール、ピッチ、ヨー軸の回転を規定するものである。ロボットは、基本的な目標歩行パターンを関節角が推定するようロボットのモータを変位制御する。生成された目標歩行パターンの慣性力と重力の合力を目標総慣性力と呼ぶ。目標総慣性力のモーメントが鉛直成分を除去して 0 になる点を ZMP と呼ぶ。床で作用する反力がロボットのそれぞれの脚に作用する。それぞれの脚の合力を全床反力と呼び、全床反力のモーメントが鉛直成分を除去することにより 0 になる床上の点を全床反力中心点と呼ぶ。もし、ロボットが理想的な歩行している場合なら全床反力中心点は ZMP と一致する。

40

【0013】

一般的に二足歩行式ロボットは、二足歩行式ロボットのそれぞれの関節または作動器が

50

設定された動きパターンによって作動することによって、二足歩行式ロボットの歩行が制御されるように設計される。この際、二足歩行式ロボットの腰の動きパターンは脚動きパターン、ZMP軌道、胴体動きパターン、両腕の動きパターン、及び任意に選択された他のパターンに基づき決定される。また、ZMPは二足歩行式ロボットが歩行する際、二足歩行式ロボットの脚のうち1つの足裏が何れのモーメントもなく床に正確に安着される地点とみなされる。

【0014】

非精密多重質点の近似化モデルの場合、モーメントの方程式は線形方程式の形態に現れる。ここで、それぞれの質点 m_i は、質点 r_i における中心及びその質量に比例した半径を有する球(sphere)で表現される。また、二足歩行式ロボットの腰は一定した高さ $H(r'_{hz} + r_{qz} = \text{定数})$ を有し、膝それぞれの質点ポイントはゼロとしてみなす。

10

【0015】

二足歩行式ロボットが動く時、制御部(図1参照)はZMP軌道、胴体の動き、両腕の動き、及び脚の高さ及び姿勢を含む成分それぞれの動き状態を決定するために脚の動きパターン、両腕の動きパターン、胴体の動きパターン、及びZMP軌道などを選択する。ここでは胴体の動きパターンはZ'方向に関してだけ選択され、X'及びY'方向に関しては考慮しないこととする。この際、脚、胴体、及び両腕の動きによって生成される選択されたZMP上におけるピッチ軸周囲のモーメント及び回転軸周囲のモーメント M_x 、 M_y は線形非干渉多重質点近似化モデルによって算出される。また、腰の水平面動き r'_{hx} 、 r'_{hy} によって生成された選択されたZMP上におけるモーメント M_x 、 M_y はまた線形非干渉多重

20

【0016】

【数1】

$$+m_h H (\ddot{r}'_{hx} + \ddot{r}_{qx} + g_x) - m_h g_z (r'_{hx} - r'_{zmpx}) = -M_y(t)$$

$$-m_h H (\ddot{r}'_{hy} + \ddot{r}_{qy} + g_y) - m_h g_z (r'_{hy} - r'_{zmpy}) = -M_x(t)$$

30

この場合、次の式が成立すると見なす。ここで、腰部質点の質量を m_h 、腰部質点の位置ベクトルを $(r'_{hx}, r'_{hy}, r'_{hz})$ 、 i 番目の質点の質量を m_i 、ZMPの位置ベクトルを $(r'_{zmpx}, r'_{zmpy}, r'_{zmpz})$ 、重力加速度ベクトルを (g_x, g_y, g_z) 、とする。すなわち、

【0017】

【数2】

$$\ddot{r}'_{hz} = 0$$

$$r'_{hz} + r_{qz} = H(t)$$

$$H(t) = \text{const} \quad (\text{時間に関して一定})$$

40

数式1に記述されたZMP方程式によって、腰部の水平面内軌道が算出される。例えば、周知のオイラー法やルンゲクッタ法などの数値解析法を用いてZMP方程式を解いて未

50

知変数としての腰部の水平絶対位置(r'_{hx} 、 r'_{hy})の数値解を求められる。ZMP目標位置は着床した足裏に設定されることが一般的である。ここで、求められる近似解は安定歩行可能な腰部運動パターンを規定する腰部の水平絶対位置の近似解 r'_{hx} 、 r'_{hy} であり、さらに具体的にはZMPの目標位置に含まれるようにする腰部水平絶対位置である。この場合、腰部運動の近似解によって発生する設定ZMP上のヨー軸モーメント(腰部に発生するヨー軸モーメント) M_{zh} は次の式によって算出される。

【0018】

【数3】

$$M_{zh}(t) = -m_h (\ddot{r}'_{hx} + \ddot{r}'_{qx} + g_x) (r'_h - r'_{zmpy}) \\ + m_h (\ddot{r}'_{hy} + \ddot{r}'_{qy} + g_y) (r'_{hx} - r'_{zmpx})$$

10

次いで、線形非干渉多質点近似化モデルを用いて脚部及び胴体部の運動によって発生する設定ZMP上におけるヨー軸の回転モーメント M_z を算出する。また、二足歩行式ロボットと共に動く運動座標系 $O'-X'Y'Z'$ 上で設定ZMP上におけるヨー軸の回転モーメント M_z に関する均衡式を導出する。すなわち、脚部及び胴体間の運動によって発生するヨー軸の回転モーメント M_z と腰部運動の近似解によって発生するヨー軸モーメント M_{zh} を既知変数の項として右辺に、腕質点の運動によって発生するヨー軸の回転モーメント M_{arm} を未知変数の項として左辺に整理することによって、次のような線形非干渉のZMP方程式を導出する。

20

【0019】

【数4】

$$M_{arm}(\theta_{arm}, t) = -M_z(t) - M_{zh}(t)$$

30

また、オイラー法やルンゲクッタ法などの数値的解法を用いて数学式4のようなZMP方程式を解いてヨー軸モーメント M_z と M_{zh} を補償して安定歩行を可能にするのに必要な腕運動パターンを算出する。数値的解法による腕運動パターンの算出時には予め提供されたヨー軸モーメント補償用の未知変数を適用する。

【0020】

前述したような過程を通して二足歩行式ロボットの安定歩行を制御し、二足歩行式ロボットに対するさらに詳細な制御方法は特許文献1、特許文献2、特許文献3などに開示されている。

【0021】

ところが、従来の技術による二足歩行式ロボットは、一般的な車輪型ロボットに比べて最高歩行速度が落ちる。現在代表的な二足歩行式ロボットである本田のアシモ(Asimo)の場合、最高歩行速度は時速1.6Kmに過ぎないため、足型歩行ロボットの速度をアップするためにランニング(running)ロボットを開発するための研究がなされてきている。しかし、現在のアクチュエータ(actuator)をもってはランニングに必要なトルクを発生させ難く、ランニングに必要なトルクを発生させるためにはアクチュエータの大型化を避けられない問題点がある。

40

【特許文献1】特開2001-157973号公報

【特許文献2】特開2001-138272号公報

【特許文献3】特開2002-210681号公報

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0022】**

本発明は前述した問題点を解決するために案出されたもので、その目的はアクチュエータを大型化する必要なく、周囲の環境によって歩行及びランニング動作を行う二足歩行式ロボット及びその方法を提供するところにある。

【課題を解決するための手段】**【0023】**

前述した目的を達成するための本発明に係る移動式ロボットは、少なくとも二本以上の脚よりなる下半身及び前記下半身の上部に設けられた上半身を備え、前記下半身の運動によって位置移動を行う移動式ロボットにおいて、床の傾斜を検知する傾斜検知部、それぞれの前記脚の下部に設けられた回転手段、及び前記下半身及び前記上半身を用いた全身運動を制御する制御部を含む。ここで、前記制御部は前記傾斜検知部によって検知された前記床の傾斜によって前記回転手段の回転速度を調節し、調節された前記回転速度によって走行、歩行、及びスライディング中のいずれか1つによる位置移動が行われるよう前記全身運動を制御する。

10

【0024】

望ましくは、前記移動式ロボットは回転される前記回転手段の回転速度を減速させる減速部をさらに含み、前記制御部は前記減速部を制御して前記回転手段の回転速度を調節する。

【0025】

前記制御部は前記傾斜検知部によって検知された前記床の傾斜が第1設定角度以上の場合は前記回転速度が0になるよう前記減速部を制御する。また、前記制御部は前記傾斜検知部によって検知された前記床の傾斜が前記第1設定角度より小さく第2設定角度以上の場合は、スライディングによる位置移動が行われるよう前記全身運動を制御する。ここで、前記回転手段は少なくとも二本以上の車輪を含む。

20

【0026】

一方、本発明に係る移動式ロボットは、少なくとも二本以上の脚よりなる下半身及び前記下半身の上部に設けられた上半身を備え、前記下半身の運動によって位置移動を行う移動式ロボットの移動方法において、床の傾斜を検知するステップと、前記傾斜検知ステップによって検知された前記床の傾斜によってそれぞれの前記脚の下部に設けられた回転手段の回転速度を調節するステップ、及び調節された前記回転速度によって走行、歩行、及びスライディング中のいずれか1つによる位置移動が行われるよう前記上半身及び前記下半身を用いた全身運動を制御するステップを含む移動方法を提供する。

30

【発明の効果】**【0027】**

本発明に係る歩行式ロボットは、位置移動が行われる周辺の環境、すなわち位置移動される場所の床の傾斜によって適切な全身運動を制御し、さらに早い位置移動を行えるようになる。また、本発明に係る歩行式ロボットは従来の二足歩行式ロボットに比べて遥かに早い高速の走行を行えるようになる。また車輪を用いた位置移動を行うため、従来の二足歩行式ロボットに比べて移動距離当り消費エネルギーを節減させ得る。

40

【発明を実施するための最良の形態】**【0028】**

以下、添付した図面に基づき本発明をさらに詳述する。

【実施例】**【0029】**

図4は本発明に係る歩行式ロボットの一例を示した図である。ここで、歩行式ロボットは二足を備えた二足歩行式ロボットを例として説明する。同図を参照すれば、歩行式ロボットは歩行を行なう左右二本の脚、胴体部、左右腕、頭部、及び制御部を備える。

【0030】

それぞれの脚は膝関節、足首、及び足場を備え、脚関節によって胴体部の最下部に平行

50

に連結されている。また、それぞれの腕は肘関節、及び手首関節を具備し、肩関節によって胴体部上方の左側及び右側の側部エッジ(edge)に連結されている。

【0031】

それぞれの脚に備えられた足場の下部には回転手段として車輪が設けられている。足場の下部に設けられた車輪は地面との摩擦力を高められるよう弾性部材で具現されることが望ましい。本実施例における回転手段は車輪によって具現されることを示したが、回転手段は車輪に限られない。すなわち、回転手段はキャタピラー(caterpillar:無限軌道装置)型で具現できる。また、図面には車輪の本数を4角に配置された4本で示したが、これは限らず一列で配置されたり、3角に配置された三本などに変形も可能である。

【0032】

制御部は、二足歩行式ロボットのそれぞれの関節作動器を制御する関節制御部(図示せず)、及びそれぞれのセンサ(図示せず)から受信された信号に対応する処理を行う信号処理制御部(図示せず)を含む。

【0033】

図5は図4の移動式ロボットの内部構造を関節を中心に示した図面である。ここで、それぞれの関節の名称は図2に示されたそれぞれの関節と同一なので、図2のそれぞれの関節と同一な名称及び同一な部材番号を付した。同図を参照すれば、二足歩行式ロボットは頭部110、一对の腕部130R、130L(右側をR、左側をLと称する。以下同一である)、及び胴体部150を含んだ上半身と歩行活動を実行するための一对の脚部170R、170Lを含んだ下半身を含む。二足歩行式ロボットは頭部110と胴体部150の連結部(人間の首に該当する部分)に1つの関節、それぞれの腕部130R、130Lにそれぞれ三つの関節、胴体部150と下半身の連結部(人間の腰に該当する部分)に1つの関節、及びそれぞれの脚部170R、170Lにそれぞれ三つの関節を含む。歩行式ロボットに具備された自由度の個数は図2と同一であり、それぞれの自由度を用いた上半身及び下半身の全身運動制御方法は従来の技術と同様なのでその説明を省く。

【0034】

図6は図4の歩行式ロボットの足場に設けられた傾斜検知センサの一例を示す図である。同図を参照すれば、歩行式ロボットの足場610R、610Lの内側には所定量の液体を貯蔵できる液体貯蔵空間611が具備され、液体貯蔵空間611には一定量の液体613が貯蔵される。この場合、液体貯蔵空間611に貯蔵される液体は液体貯蔵空間611に一定量の空気と共に充填される。また、液体貯蔵空間611の内面壁は床の傾斜によって変化する、液体と空気の界面を検知し、検知された界面によって床の傾斜角度を測定できるよう具現される。従って、液体貯蔵空間611に貯蔵される液体は流動性に優れる水であることが望ましい。ここで、傾斜検知センサは液体型傾斜検知センサの形態で示したが、傾斜検知センサはこれに限らず、振り子(pendulum)型傾斜検知センサ、秤タイプ傾斜検知センサ、反射される電波による電子式傾斜検知センサなどで具現できる。

【0035】

また、歩行式ロボットの足場610R、610Lの下部には車輪の回転速度を減速させるための減速部617が設けられる。車輪の回転速度を減速させる減速部617の一例を図7に示した。図面は足場の正面から見た減速部617の形態を示す。同図を参照すれば、歩行式ロボットの足場610R、610Lの下部には4角のそれぞれに車輪190が回転軸を中心に回転自在に回転支持台619に支持されている。また、車輪190の両側の側面には減速部617が設けられ、それぞれの減速部617の一端には弾性部材617aが配置されている。図面には減速部617が歩行式ロボットの足場610R、610Lの下部の4角に設けられたそれぞれの車輪190の両側面に設けられたことと示したが、これに限らず、後方の両側車輪190にだけ設けることもできる。

【0036】

図8は図4の歩行式ロボットによる移動方法を説明するために示された流れ図である。歩行式ロボットは傾斜検知センサを通して位置移動される場所の傾斜を検知する(S801)。例えば、図6に示した通り、液体型傾斜検知センサによる場合、液体貯蔵空間61

10

20

30

40

50

1の内側面によって検知された液体と空気の界面と、液体貯蔵空間611の側面間の角度は歩行式ロボットの位置移動される場所の傾斜と一致する。液体型傾斜検知センサによって検知された傾斜角度は制御部に転送され、制御部は傾斜検知センサによって検知された傾斜角度が第1設定角度以上であるかを判断する(S803)。

【0037】

検知された傾斜角度が第1設定角度以上なら、制御部は減速部617を制御して車輪190の回転速度が0になるようにする(S805)。減速部617は制御部の制御によって車輪190の回転速度を減速させる。すなわち、減速部617は図7に示した通り、車輪190の両側面で車輪190に圧迫を加えられるよう構成され、制御部の制御によって車輪190と当たる一端には弾性部材617aが配される。車輪190の回転速度が0になるよう制御部によって指示されれば、減速部617は設定された最大の力を加えて車輪190を圧迫して回転速度を0に減速させる。この場合、制御部による歩行式ロボットの全身運動制御によって移動された脚の足場が地面に当たる瞬間、その床の傾斜角度による減速部617の制御がなされるように具現されることが望ましく、床の傾斜角度による減速部617の実時間的な制御のために車輪190の回転速度制御は別の制御部によってなされるよう具現することもできる。車輪190の回転速度が0になれば、制御部は歩行による位置移動が行われるよう歩行式ロボットの全身運動を制御する(S807)。この場合、歩行式ロボットの制御部は従来の技術によるZMP計算方法によってZMPを計算し、計算されたZMP方程式によって全身運動を制御する。

【0038】

傾斜検知センサによって検知された傾斜角度が第1設定角度より小さく第2設定角度以上ならば(S809)、制御部は歩行式ロボットの重さと検知された傾斜角度に基づき傾斜面を滑る歩行式ロボットの重心が一定になるよう車輪190の回転速度を制御する(S811)。すなわち、歩行式ロボットの重さがMであり、傾斜角度が θ とすれば、歩行式ロボットが他の全身運動を行わず傾斜面に沿って滑る時の加速度は $g \cdot \sin \theta$ になる。従って、一定時間t中の速度vは $M g \cdot \sin \theta$ になる。この際、歩行式ロボットの重心は車輪190による傾斜面における移動速度vと同一な速度で傾斜面と平行に移動されるべきである。もし、歩行式ロボットの重心を中心とする回転モーメントIが増加すれば、歩行式ロボットの重心は傾斜面の後側方向に移動されるべきであり、この場合歩行式ロボットは中心を失って倒れる場合が発生する恐れもある。従って、制御部は検知された傾斜角の角度が第1設定角度より小さく第2設定角度以上の場合は重心が一定に制御できる範囲と判断し、減速部617を制御して車輪190の回転速度が増加しないよう調節する。減速部617は制御部の制御によって車輪190が圧迫される力を調節して車輪190の回転速度を一定に維持させる。車輪190の回転速度が一定に維持されれば、制御部は上半身と下半身を用いて重心の移動方向が一定に維持されるよう姿勢を取り、傾斜面に沿って滑る間は取られた姿勢が崩れないよう安定した姿勢を維持して、傾斜面に沿ってスライディングによる位置移動が行われるようにする(S813)。

【0039】

検知された傾斜角度が第2設定角度より小さければ、制御部は走行による位置移動が行われるよう歩行式ロボットの全身運動を制御する(S815)。図9に歩行式ロボットの走行による位置移動の過程を(a)から(e)まで順次示した。

【0040】

図9を用いて、例えば、左足が地面に当たっており、右足が地面から持ち上げられている状態からの過程を説明すれば、移動される歩行式ロボットのZMPは左足の足場に置かれる。歩行式ロボットの制御部は右足を前方に移動させるために動力学を用いた全身運動を制御し、右足が前方に移動される過程において左足は後方に反作用力を発生させる。発生された反作用力は車輪190と地面との摩擦によって車輪190を前方に回転運動させる。車輪190の回転運動によって歩行式ロボットは前方に走行し、歩行式ロボットの前方に走行される移動速度は地面に当たる脚の反対側脚が前方に移動される速度によって違ってくる。このような過程において歩行式ロボットの制御部は移動されるZMPの軌跡を

補正し、補正された ZMP の位置によって歩行式ロボットのそれぞれの質点による全体動力学を考慮してそれぞれの関節に指示値を伝達する。このような ZMP 軌跡の補正及びそれによる関節制御は前述した歩行による位置移動の場合も同一に適用される。それぞれの質点に基づき算出された ZMP お近似化モデルは次の通りである。

【 0 0 4 1 】

【 数 5 】

$$X_{ZMP} = \frac{\sum_{i=1}^N Q m_i (z_i'' + g_z) x_i - \sum_{i=1}^N Q m_i x_i'' z_i + \sum_{i=1}^N Q I_{iy} \Omega_{iy}''}{\sum_{i=1}^N Q m_i (z_i'' + g_z)}$$

10

$$Y_{ZMP} = \frac{\sum_{i=1}^N Q m_i (z_i'' + g_z) y_i - \sum_{i=1}^N Q m_i y_i'' z_i + \sum_{i=1}^N Q I_{ix} \Omega_{ix}''}{\sum_{i=1}^N Q m_i (z_i'' + g_z)}$$

20

ここで、N は質点の個数であり、 m_i は i 番目質点の質量、 z_i'' は i 番目質点の z 方向の加速度、 g_z は z 方向の重力加速度、 x_i は i 番目質点の x 方向位置ベクトル、 x_i'' は i 番目質点の x 方向加速度、 y_i は i 番目質点の y 方向位置ベクトル、 y_i'' は i 番目質点の y 方向加速度、 z_i は i 番目質点の z 方向位置ベクトル、 I_{iy} は i 番目質点の y 方向慣性モーメント、 I_{ix} は i 番目質点の x 方向慣性モーメント、 Ω_{ix} は i 番目質点の x 方向角加速度、それから Ω_{iy} は i 番目質点の y 方向角加速度である。

【 0 0 4 2 】

前述したような歩行式ロボットの走行、歩行、及びスライディングの動作はパターン化された基本動作によって行われる。パターン化された動作は動作パターン別にアルゴリズムされメモリ (図示せず) に貯蔵され、歩行式ロボットの制御部は傾斜検知センサによって検知された傾斜角度によってメモリから適切な動作パターンを読み出して全身運動制御を行う。

30

【 0 0 4 3 】

以上では本発明の望ましい実施例について示しかつ説明したが、本発明は前述した特定の実施例に限定されず、請求の範囲で請求する本発明の要旨を逸脱せず当該発明が属する技術分野において通常の知識を持つ者ならば誰でも多様な変形実施が可能なことは勿論、そのような変形は請求範囲に記載された範囲内にある。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 4 4 】

本発明は走行、歩行、及びスライディング中のいずれか 1 つによる位置移動の可能な車輪型歩行及び足型歩行を結合した移動式ロボットの歩行装置に適用される。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 5 】

【 図 1 】 従来の二足歩行式ロボットが直立している状態を示した図である。

【 図 2 】 図 1 の二足歩行式ロボットの内部構造を関節を中心にして示した図である。

【 図 3 】 図 1 の二足歩行式ロボットに適用された線形非干渉多重質点近似化モデルを概略的に示した図である。

【 図 4 】 本発明に係る歩行式ロボットの一例を示した図である。

【 図 5 】 図 4 の歩行式ロボットの内部構造を関節を中心にして示した図である。

【 図 6 】 図 4 の歩行式ロボットの足場に設けられた傾斜検知センサの一例を示した図であ

50

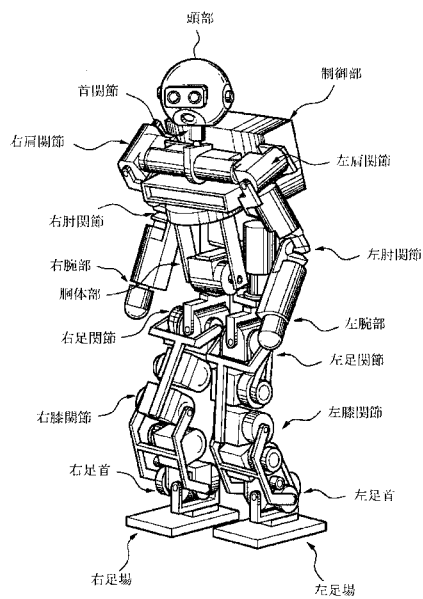
る。

【図 7】図 6 の足場に設けられた減速部の一例を示した図である。

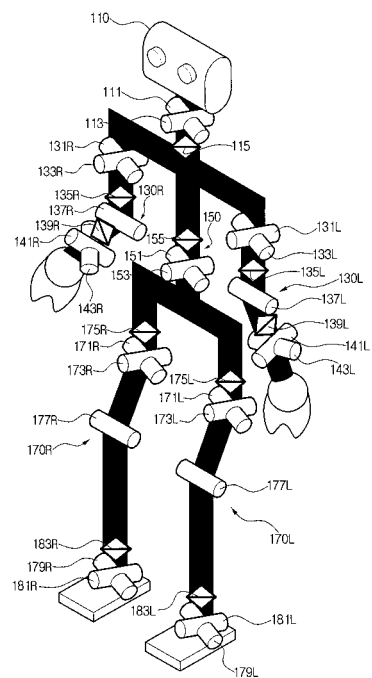
【図 8】図 4 の歩行式ロボットによる移動方法を説明するために示した流れ図である。

【図 9】図 4 の歩行式ロボットの走行による位置移動の過程を示した図。

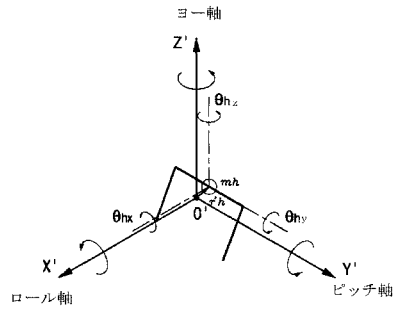
【図 1】



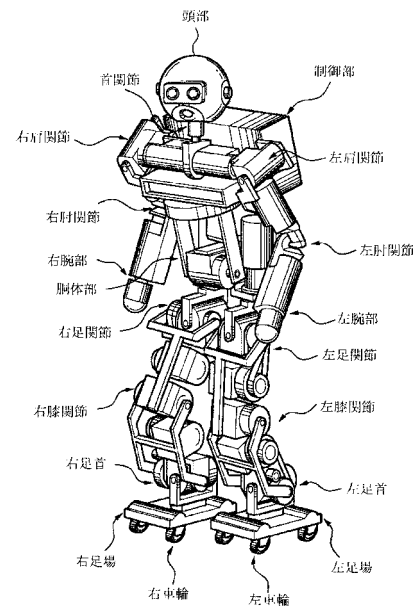
【図 2】



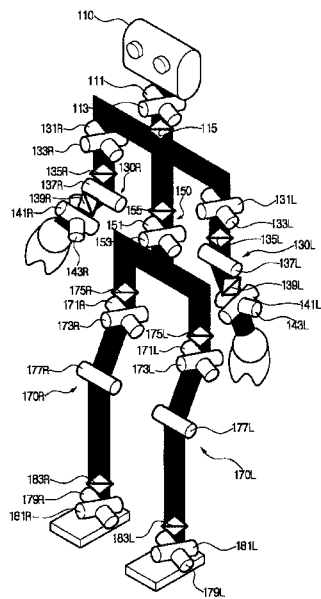
【 図 3 】



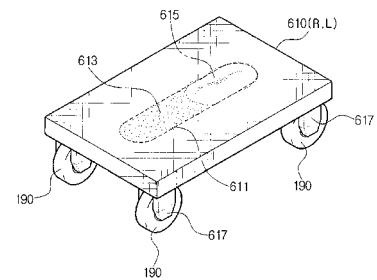
【 図 4 】



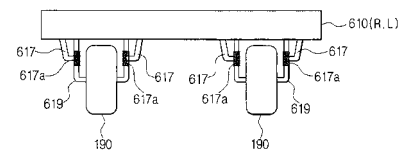
【 図 5 】



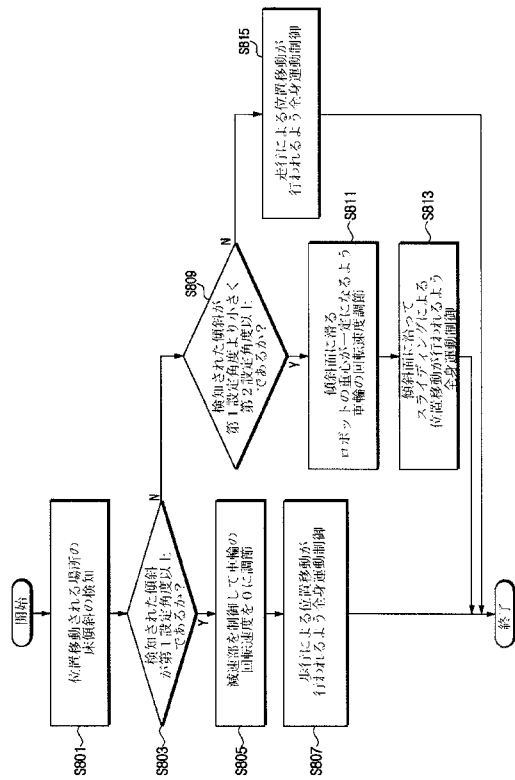
【 図 6 】



【 図 7 】



【図 8】



【図 9】

