





〒8030851 福岡県北九州市小倉北区木町一丁目7番8号株式会社テムザック内 Fukuoka (JP). 馬場勝之 (BABA, Katsuyuki) [JP/JP]; 〒8030851 福岡県北九州市小倉北区木町一丁目7番8号株式会社テムザック内 Fukuoka (JP). 井野重秋 (INO, Shigeaki) [JP/JP]; 〒8030851 福岡県北九州市小倉北区木町一丁目7番8号株式会社テムザック内 Fukuoka (JP).

(74) 代理人: 榎本 一郎 (ENOMOTO, Ichiro); 〒8020001 福岡県北九州市小倉北区浅野1丁目2番39号小倉興産14号館405号 Fukuoka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU,

SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 各支持点が受動的に路面等の接地面の凹凸にならい、全ての支持点が接地した際に支持点を固定することにより、段差等がある接地面においても、速やかに足底を多角点支持することができ、転倒を回避することができる信頼性に優れた多点接地型足部支持機構の提供。 歩行ロボットの脚部の足底にそれぞれ配設される基部と、基部の底面より下方に端部が突出して配設され接地時にそれぞれ独立して上方に移動する摺動自在又は回動自在に支持された3以上の足底支持部と、基部又は各々の足底支持部に配設され各々の足底支持部の接地を検出する接地センサと、基部に配設され接地センサが全ての足底支持部の接地を検出した時に全ての足底支持部の運動を制御するロック機構と、を備えている。

## 明 細 書

### 多点接地型足部支持機構及びそれを備えた2足歩行ロボット並びにその制御構造

#### 技術分野

[0001] 本発明は、足底の平面内に仮想的な支持多角形を形成し足底を多角点支持する多点接地型足部支持機構及びそれを備えた2足歩行ロボット並びにその制御方法に関するものである。

#### 背景技術

[0002] 近年、人間の生活環境で活動する人間形ロボット、いわゆるヒューマノイドロボットの研究、開発がさかんに行われている。ヒューマノイドロボットは、工業生産だけでなく、家事、高齢者介護等、人間の生活を快適にする目的で使用される場合が多く、人間のために作られた環境において不特定の使用者と密着して作業するため、それに適した形態と機能を持つ必要がある。また、特別な使用訓練を必要とせず安全で柔軟なインターフェースを備えることも要求され、極めて多くの研究課題がある。特に、移動手段として人間と同様に2足を有し、2足歩行を行う2足歩行ロボットは、多くの研究機関や企業で鋭意研究され開発されている。

本出願人が出願した(特許文献1)には「ベース部と、右足部及び左足部と、ベース部と右足部及び左足部の各々に配設された複数の受動ジョイントと、ベース部に配設された受動ジョイントと右足部に配設された受動ジョイントとの間、及び、ベース部に配設された受動ジョイントと左足部に配設された受動ジョイントとの間に各々配設されたパラレルリンク機構部と、を備えた2足歩行ロボットの下半身モジュール」が開示されている。

また、同じく本出願人が出願した(特許文献2)には「足部において目標ゼロモーメントポイントを設定し、設定した目標ゼロモーメントポイントに応じて腰部のモーメント補償軌道を算出する2足歩行ロボット装置の歩行パターンを作成する歩行パターン作成装置」が開示されている。

特許文献1:特開2003-291080号公報

特許文献2:特開2004-82223号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0003] (特許文献1)に記載の2足歩行ロボットの下半身モジュールは、脚部を平行リンク機構で構成することにより、脚部が大きな負荷に耐えることができ、重量物の搬送が可能で実用性に優れると共に、重量の大きい上半身を搭載又は組み込むことができ設計の自由度に優れるものであり、(特許文献2)に記載の歩行パターン作成装置を備えることにより、安定した2足歩行を行わせる歩行パターンを作成することができ、特に平坦な接地面においては歩行動作の安定性に優れるという作用、効果を有していたが、さらなる動作の安定性の向上、様々な地形における活動の実現が望まれていた。

具体的には、

(1)高速移動が可能でエネルギー効率に優れる車輪移動式のロボットで侵入できない凹凸の激しい場所や多脚のロボットに必要な広い支持基底面を確保できない場所など、各足が平坦な接地面を確保することが困難な場所においては、従来の2足歩行ロボットの多くで採用されている剛体平板の足底では、足底の中心で突起物等を踏んだ際に、足底を支持する支持多角形(足底の接地点が形成する面積最大の凸多角形)がどのように形成されるか予測不能であり、転倒を回避することができないという課題を有していた。

(2)また、仮に支持多角形を予測できた場合でも、形成される支持多角形の面積が狭いので、安定した歩行を継続することが困難であり、歩行を続けるに従い揺動が大きくなり、最終的に転倒に至るため、歩行安定性、信頼性に欠けるという課題を有していた。

[0004] 本発明は上記従来の課題を解決するもので、既存の2足歩行ロボット等の足底に容易に取付けることができ、各支持点を受動的に路面等の接地面の凹凸にならば、全ての支持点が接地した際に支持点の運動を制動することにより、段差等がある接地面においても、速やかに足底を多点支持することができ、転倒を回避することができる信頼性に優れる多点接地型足部支持機構の提供、及び凹凸や段差等がある複

雑な地形においても活動することができる歩行動作の安定性、汎用性に優れる多点接地型足部支持機構を備えた2足歩行ロボットの提供、並びにその制御構造の提供を目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0005] 上記課題を解決するために本発明の多点接地型足部支持機構及びそれを備えた2足歩行ロボット並びにその制御方法は、以下の構成を有している。

本発明の請求項1に記載の多点接地型足部支持機構は、歩行ロボットの脚部の足底にそれぞれ配設される基部と、前記基部の底面より下方に端部が突出して配設され接地時にそれぞれ独立して上方に移動する摺動自在又は回動自在に支持された3以上の足底支持部と、前記基部又は前記各々の足底支持部に配設され前記各々の足底支持部の接地を検出する接地センサと、前記基部に配設され前記接地センサが前記全ての足底支持部の接地を検出した時に前記全ての足底支持部の運動を制動するロック機構と、を備えた構成を有している。

この構成により、以下のような作用を有する。

(1) 歩行ロボットの足底に配設される基部の底面より下方に端部が突出して配設され、接地時にそれぞれ独立して上方に移動する摺動自在又は回動自在に支持された3以上の足底支持部を有することにより、各々の足底支持部が受動的に接地面の凹凸にならって足底(基部の底面)からの突出量が減少する方向に移動するので、接地センサが全ての足底支持部の接地を検出した時に、ロック機構により全ての足底支持部の運動を制動することで足底に平坦な接地面と同等の広さの仮想的な支持多角形を形成して多角点(多点)支持することができ、歩行ロボットの脚部を確実に支持することができ、転倒を回避することができる。

(2) 各々の足底支持部が受動的に接地面の凹凸にならって接地することにより、接地時における足底の基部を常に略水平にすることができ、これに伴って歩行ロボットの胴体や腰の位置や姿勢を設定した通りに制御することができるので、安定した歩行を行うことができる。

(3) 基部又は各々の足底支持部に配設された接地センサにより、各々の足底支持部の接地を個別に検出することで、確実に全ての足底支持部の接地を確認することが

でき、ロック機構による全ての足底支持部の運動を制動することができる。

(4) 足底支持部が基部に摺動自在又は回動自在に支持されているので、足底支持部の端部が路面等の接地面に接地した際に、接地面の凹凸によらず各々の足底支持部を容易かつ確実に足底の上方に摺動又は回動させることができ、足底が接地面の凸部に引っ掛かることがなく、ロック機構により全ての足底支持部の運動を制動することができる、足底に平坦な接地面と同等の広さの仮想的な支持多角形を形成して多角点支持することができる。

(5) 足底支持部が基部に配設されているので、足部支持機構を一体的に取り扱うことができ、既存の歩行ロボットの脚部の足底に容易に取付けを行うことができ、歩行ロボットの歩行動作の安定性を向上させることができる。

(6) 3以上の足底支持部を有することにより、足底に確実に平坦な接地面と同等の広さの支持多角形を形成して多角点支持することができるので、歩行ロボットの脚部を安定して支持することができ、特に2足歩行ロボットに対し好適に用いることができる。

[0006] ここで、基部の外形は歩行ロボットの脚部の足底の大きさに合わせて十分な支持面積が確保できるように略矩形状や略六角形、略八角形等の多角形状或いは略円形状、略楕円形状等に形成する。基部の材質にはアルミニウム合金が好適に用いられる。軽量で高い強度と剛性がえられるからである。

基部には、床や路面等の接地面からの反力を検出しZMP(ゼロモーメントポイント)の位置を測定するための6軸力覚センサが配設され、歩行ロボットの脚部の足底に取付けられる。

足底支持部は略円柱状や略楕円柱状のほか、三角柱状、四角柱状、六角柱状等の多角柱状に形成し摺動自在に支持するか、或いはそれらを略L字型に折り曲げ、その端部を回動自在に軸支する。これにより、基部の底面より下方に突出した足底支持部が路面等の接地面に接地した際に、足底支持部の一端部を足底からの突出量が減少するように上方に移動させることができ、接地面の凹凸に倣うことができる。

足底支持部の端部が基部の中心から等距離となるように同一円周上に等間隔で配設した場合、足底支持部によって形成される支持多角形が、正三角形や正方形等の正多角形となるので、各足底支持部によって均一に脚部を支持することができ、接地

時の安定性を向上させることができる。

- [0007] 接地センサとしては、基部又は足底支持部に配設し、足底支持部の摺動又は回動を検出するものや、或いは足底支持部の接地側の端部に配設し、足底支持部と接地面との接地を検出するもの等が用いられる。

足底支持部の下端には合成ゴム等で略円柱状や略半球状等に形成した接地用突部を配設してもよい。これにより、足底支持部の下端を保護することができる。特に足底支持部の下端に接地センサが配設されている場合は、接地センサの接地部以外の外周部等を足底支持部や接地用突部で覆うようにして接地センサを保護することができ、破損を防止することができるので信頼性に優れる。

また、接地センサを含む足底支持部の下端全体を覆うように略有底円筒状等に形成された摺動ケースを足底支持部に摺動自在に取付けた場合、接地時の足部の接地角度によらず摺動ケースを上方に摺動させることができ、摺動ケースの摺動に反応させて接地センサによる足底支持部と接地面との接地を検知することができる。これにより、足部の接地角度による接地センサの検出不良を防止でき、信頼性を向上させることができる。

- [0008] ロック機構としては、全ての足底支持部が接地した時に接地センサからの信号に従って、アクチュエータを駆動し、アクチュエータによりブレーキ部を摺動又は回動させ、足底支持部の上端や側面に形成又は配設された当接部にブレーキ部を当接させ、機械的な固定或いは摩擦力による固定を行うものが好適に用いられる。足底支持部の制動を解除する際には、全ての足底支持部が接地面から離れた時に同時に行うようにしてもよいし、各足底支持部が接地面から離れた時に個別に行うようにしてもよい。

尚、足底支持部を常に基部の底面側に付勢するばね等の押圧部材を備えた場合、ロック機構が解除されると同時に、自動的に押圧部材の復元力により足底支持部を基部の底面から突出させることができ、足底支持部を初期状態に復帰させることができる。

この多点接地型足部支持機構は既存の歩行ロボットの足部に容易に取付けることができ、3以上の足底支持部を有することにより、各足底に確実に支持多角形を形成

して多角点支持することができるので、車輪移動式のロボットで侵入できない凹凸の激しい場所や多脚のロボットに必要な広い支持基底面を確保できない場所で歩行を行う2足歩行ロボットに対し特に有用であるが、4足や6足等の他脚の歩行ロボットに対して取付けることも可能である。

[0009] 請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の多点接地型足部支持機構であって、前記足底支持部が、下端部で接地する垂直支持部と、前記垂直支持部の上端部から略水平方向に延設された水平支持部と、前記水平支持部の端部に形成された軸支部と、を有し、前記基部が、前記各々の足底支持部の前記軸支部を回動自在に軸支する回動支持部を備えた構成を有している。

この構成により、請求項1の作用に加え、以下のような作用を有する。

(1) 足底支持部が下端部で接地する垂直支持部と垂直支持部の上端部から略水平方向に延設された水平支持部を有し、水平支持部の端部に形成された軸支部において、基部に形成された回動支持部により回動自在に軸支されていることにより、足底支持部の垂直支持部の下端部が接地した際に、各々の足底支持部が軸支部を支点として回動し、足底支持部が受動的に接地面の凹凸にならって足底からの突出量が減少する方向(上方)に移動することができ、仮想的な支持多角形を形成して多角点支持することができる。

[0010] ここで、押圧部材として足底支持部の軸支部にねじりコイルばねを配設し、常に垂直支持部の下端が基部の底面より下方に突出する方向(下方)に付勢してもよい。これにより、ロック機構が解除されると同時に、自動的に押圧部材の復元力により足底支持部の垂直支持部を基部の底面から突出させるように足底支持部を回動させることができ、足底支持部を初期状態に復帰させることができる。

また、各々の足底支持部の水平支持部を基部の中心から放射状に配置した場合、各足底支持部で均一に脚部を支持することができ、接地時の安定性に優れる。特に、足底支持部を等角度毎に配設した場合、足底支持部によって形成される支持多角形が、正三角形や正方形等の正多角形となり、接地安定性を向上させることができる。

[0011] 請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の多点接地型足部支持機構であって、



前記接地センサが、前記足底支持部の前記垂直支持部の下端部に配設された構成を有している。

この構成により、請求項2の作用に加え、以下のような作用を有する。

(1) 接地センサが足底支持部の垂直支持部の下端部に配設されていることにより、足底支持部の垂直支持部の下端部が路面等の接地面に接地した際に、直接、接地したかどうかを検出することができるので、接地の有無をより確実に認識することができ、ロック機構の誤作動を防止することができ、脚部を安定して支持することができる。

[0012] ここで、接地センサは接地部が路面等の接地面に接地した際に、足底支持部が接地したことを検出する。接地センサの接地部としては、センサ表面に突設されたピンが直接、接地面に当接してスイッチングを行う押しボタン形のものや、センサ表面に一端が回動自在に支持された板ばねの他端が、接地面に当接して揺動することによりセンサ表面の接点に接触してスイッチングを行うヒンジレバー形のもの等がある。ヒンジレバー形の場合、接地面に当接する側の端部には接地面側に突起部を形成又は配設することが好ましい。これにより、より確実に板ばねの端部を接地面に当接させることができ、板ばねを揺動させることができ、スイッチング動作の安定性に優れる。特に、突起部が回転自在に配設されたローラの場合、足底支持部の回動に伴ってローラが接地面を滑るようにして移動することができ、板ばねに余分な負荷をかけることなく、スイッチング動作の安定性を向上させることができる。尚、接地センサの接地部は歩行時に先に接地する垂直支持部の基部側(踵側)に配置する。これにより、確実に接地センサの接地部を接地面に当接させスイッチングを行うことができ、接地センサの動作安定性に優れる。

[0013] 請求項4に記載の発明は、請求項2に記載の多点接地型足部支持機構であって、前記接地センサが前記足底支持部の前記水平支持部の下部に配設されると共に、前記基部に固定され前記接地センサの下方に配設されたセンサ当接部を備えた構成を有している。

この構成により、請求項2の作用に加え、以下のような作用を有する。

(1) 接地センサが足底支持部の水平支持部に配設され、センサ当接部への当接の

有無により足底支持部の下端部の接地による足底支持部の回動を検知することができるため、接地面の形状や小石等の障害物の有無等によらず接地センサが確実に作動し、作動の確実性及び安定性を向上できる。

[0014] 請求項5に記載の発明は、請求項2乃至4の内いずれか1項に記載の多点接地型足部支持機構であって、前記各々の足底支持部が、前記水平支持部の端部に形成された略円弧状の当接部を有し、前記ロック機構が、(a)前記各々の足底支持部の前記当接部に当接する上方に拡開した傾斜部が下端に形成されたブレーキ部と、(b)前記ブレーキ部に連設され前記ブレーキ部を上下方向に摺動させるアクチュエータと、を備えた構成を有している。

この構成により、請求項2乃至4の内いずれか1項の作用に加え、以下のような作用を有する。

(1)足底支持部の水平支持部の端部に略円弧状の当接部が形成され、ロック機構が下端に傾斜部が形成されたブレーキ部とブレーキ部に連設されたアクチュエータを有するので、足底支持部が接地した際に、ロック機構のアクチュエータによりブレーキ部を上下方向に摺動させることができ、ブレーキ部の傾斜部を足底支持部の当接部に当接させることができ、確実に足底支持部の回動を防止することができ、足底支持部による多角点支持を行なって脚部を安定して支持することができる。

(2)足底支持部の水平支持部の当接部が略円弧状に形成され、ロック機構のブレーキ部の傾斜部が上方に拡開して形成されているので、足底支持部の回動量によらず、足底支持部の水平支持部の当接部にブレーキ部の傾斜部を確実に当接させることができ、足底支持部の回動を防止して保持することができる。

(3)アクチュエータがブレーキ部を上下方向に摺動させるように配置することにより、ロック機構の設置スペースを狭くすることができ、省スペース性に優れ、多点接地型足部支持機構の小型軽量化を図ることができる。

[0015] ここで、アクチュエータとしては、ガス圧や油圧等でシリンダを駆動させるものや電磁式のソレノイド等を用いることができる。ソレノイドは小型軽量で省スペース性に優れ、特に、上下両方向にブレーキ部を動作可能な双安定自己保持型ソレノイドは、ブレーキ部による制動時(降下時)と制動解除時(上昇時)の両方にソレノイドの吸引

力を使用することができ、高速なブレーキ部の上下動を行うことができ、好適に用いられる。また、双安定自己保持型ソレノイドは磁石を内蔵しているため、通電をしていなくても磁石の反発力によりロックをかける方向に力が働き、より確実にロックをすることができ信頼性に優れると共に、制動時と制動解除時のみに通電すればよいので省エネルギー性に優れる。

[0016] 請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の多点接地型足部支持機構であって、前記ブレーキ部に配設された弾性体上部止着部と、前記基部に配設された弾性体下部止着部と、上端部が前記弾性体上部止着部に止着され下端部が前記弾性体下部止着部に止着された弾性体と、を備えた構成を有している。

この構成により、請求項5の作用に加え、以下のような作用を有する。

(1) 制動解除動作時においてブレーキ部が上方へ摺動することにより伸長された弾性体の復元力により、制動動作時においてブレーキ部を迅速に下方へ摺動させることができ、迅速に制動動作を行うことができ応答速度を向上できる。

(2) 制動動作時の状態(ブレーキ部の傾斜部を足底支持部の当接部に当接させた状態)においても弾性体の復元力が働くように調整することで、制動動作中は常にブレーキ部の傾斜部を足底支持部の当接部に復元力で押圧できるので、足底支持部を強固にロックすることができる。

[0017] ここで、弾性体としては、引張りばねや引張りコイルばね等が用いられる。

なお、制動動作時の状態で弾性体の復元力が働くようにするためには、制動動作時のブレーキ部が下方へ摺動した状態において、伸長した弾性体が各止着部間に止着されるように弾性体の長さや各止着部間の距離を調整する。

[0018] 本発明の請求項7に記載の多点接地型足部支持機構を備えた2足歩行ロボットは、左右の足部と、前記左右の足部の足底にそれぞれ配設された請求項1乃至6の内いずれか1項の多点接地型足部支持機構と、を備えた構成を有している。

この構成により、以下のような作用を有する。

(1) 左右の足部の足底にそれぞれ多点接地型足部支持機構が配設されているので、左右の足部の内、歩行時に接地した足部の多点接地型足部支持機構により、凹凸や段差等がある複雑な接地面においても、足底に平坦な接地面と同等の広さの仮想

的な支持多角形を形成して多角点支持することができ、2足歩行ロボットの脚部を確実に支持することができ、転倒を回避して安定した歩行を継続することすることができる。

(2) 2足歩行ロボットのZMP制御を行う場合、通常、接地面は水平な平坦面であると仮定し、ZMPが支持多角形内に存在するように歩行パターンを設定するため、従来の剛体平板の足底では、接地面の傾斜面や凹凸を踏んだ場合は歩行ロボットが認識する支持多角形と実際の支持多角形とが大きく異なってしまい、歩行が不安定になって最終的には転倒してしまうが、各々の足底支持部が受動的に接地面にならって接地することにより、接地面に凹凸があっても2足歩行ロボットが認識する支持多角形と実際の支持多角形とを常に略一致させることができるので、設定した歩行パターン通りの安定した歩行を行うことができる。

[0019] ここで、2足歩行ロボットは、脚部にシリアルリンク機構部又はパラレルリンク機構部を有する。パラレルリンク機構部はベース部に配設された受動ジョイントと左右の足部にそれぞれ配設された受動ジョイントとの間に各々配設される。各々のパラレルリンク機構部を2本のリンクを1組としてV字形状に配設し、それを3組配設したスチュワートプラットフォームにより構成した場合、安定性及び剛性に優れると共に、動作制御を簡便化することができる。

リンクとしては、モータを用いた送り螺子機構を有するものや、油圧、水圧、空気圧シリンダや直動型アクチュエータ等を用いた直動リンクや、2以上の棒状部材を駆動関節により連結したもの等種々のものが用いられる。なお、直動リンクを用いた場合、各々の直動リンクはその軸方向へ伸縮するため互いに干渉することがなく装置の小型化が可能であり好ましい。

[0020] 受動ジョイントとしては、ユニバーサルジョイント、ボールジョイント、又は2軸の軸継手、或いはこれらと1軸或いは2軸の軸継手の組合せ等を各々適宜ベース側や左右の足部に配置して用いられる。なお、ユニバーサルジョイントを用いた場合、ボールジョイントに比べ可動範囲が広がるため好ましい。

左右の脚部に用いられる各々のパラレルリンク機構部をベース部の中央の両側に対称に配設し、また、パラレルリンク機構部に用いられるリンクも、左右の脚部で同様

に対称に配設した場合、歩行動作制御を行うためのZMP制御が可能であり、歩行動作時の安定性に優れる。

[0021] 本発明の請求項8に記載の2足歩行ロボットの制御構造は、左右の足部と、前記左右の足部の足底にそれぞれ配設された多点接地型足部支持機構と、を有し、前記多点接地型足部支持機構が前記足底から一端部が突出して配設され接地時にそれぞれ独立して受動的にその突出量が減少する3以上の足底支持部と、前記各々の足底支持部の接地を検出する接地センサと、前記各々の足底支持部の運動を制動するロック機構と、を備え、前記左右の足部を上下動させて歩行する2足歩行ロボットの制御構造であって、前記左右の足部のそれぞれについて、前記多点接地型足部支持機構の全ての足底支持部が路面等の接地面に接地したことを前記接地センサで検出した時に前記ロック機構により前記全ての足底支持部の運動を制動し、接地した前記足部の前記足底を多角点支持すると共に、前記多点接地型足部支持機構の全ての足底支持部が路面等の接地面から離れたことを前記接地センサで検出した時に前記ロック機構を解除して前記全ての足底支持部の制動を解除する構成を有している。

この構成により、以下のような作用を有する。

(1) 左右の足部のそれぞれについて、多点接地型足部支持機構の全ての足底支持部が路面等の接地面に接地したことを接地センサで検出した時にロック機構により全ての足底支持部の運動を制動し、接地した足部の足底に仮想的な支持多角形を形成して多角点支持するので、2足歩行ロボットの歩行時に左右の足部のいずれか一方のみが接地している状態でも、接地した足部によって2足歩行ロボットを確実に支持することができ、ZMP制御を行って安定した歩行を行うことができる。

(2) 左右の足部のそれぞれが、多点接地型足部支持機構の全ての足底支持部が路面等の接地面に接地したことを接地センサで検出した時にロック機構により全ての足底支持部の運動を制動し、多点接地型足部支持機構の全ての足底支持部が路面等の接地面から離れたことを接地センサで検出した時にロック機構を解除して全ての足底支持部の制動を解除するので、接地した足部の足底に支持多角形が形成された段階で確実に接地した足部に重心を移動させ多角点支持することができ、歩行動

作の安定性を向上させることができ、2足歩行ロボットの転倒を防止することができる。

## 発明の効果

[0022] 以上のように、本発明の多点接地型足部支持機構及びそれを備えた2足歩行ロボット並びにその制御方法によれば、以下のような有利な効果が得られる。

請求項1に記載の発明によれば、以下のような効果を有する。

(1) 足底に配設される基部の底面より下方に一端部が突出して配設され、接地時にそれぞれ独立して上方に移動する摺動自在又は回動自在に支持された3以上の足底支持部を有することにより、各々の足底支持部が受動的に接地面の凹凸にならって足底からの突出量が減少する方向に移動するので、接地センサが全ての足底支持部の接地を検出した時に、ロック機構により全ての足底支持部の運動を制動することで足底に平坦な接地面と同等の広さの仮想的な支持多角形を形成して多角点支持することができ、脚部を確実に支持することができ、転倒を回避することができる信頼性に優れた多点接地型足部支持機構を提供することができる。

(2) 各々の足底支持部が受動的に接地面の凹凸にならって接地することにより、接地時における足底の基部を常に略水平にすることができ、これに伴って歩行ロボットの胴体や腰の位置や姿勢を設定した通りに制御することができる歩行安定性に優れた多点接地型足部支持機構を提供することができる。

(3) 基部又は各々の足底支持部に配設された接地センサにより、各々の足底支持部の接地を個別に検出することで、確実に全ての足底支持部の接地を確認することができ、ロック機構による全ての足底支持部の運動を制動することができる確実性に優れた多点接地型足部支持機構を提供することができる。

(4) 足底支持部が基部に摺動自在又は回動自在に支持されているので、足底支持部の一端部が路面等の接地面に接地した際に、接地面の凹凸によらず各々の足底支持部を容易かつ確実に足底の上方に摺動又は回動させることができ、足底が接地面の凸部に引っ掛かることがなく、ロック機構により全ての足底支持部の運動を制動することができ、足底に平坦な接地面と同等の広さの仮想的な支持多角形を形成して多角点支持することができる確実性に優れた多点接地型足部支持機構を提供す

ることができる。

(5) 足底支持部が基部に配設されているので、足部支持機構を一体的に取り扱うことができ、既存の歩行ロボットの脚部の足底に容易に取付けを行うことができ、歩行ロボットの歩行動作の安定性を向上させることができる組立て性、生産性に優れた多点接地型足部支持機構を提供することができる。

(6) 3以上の足底支持部を有することにより、足底に確実に平坦な接地面と同等の広さの支持多角形を形成して多角点支持することができるので、歩行ロボットの脚部を安定して支持することができ、特に2足歩行ロボットに対し好適に用いることができる実用性、信頼性に優れた多点接地型足部支持機構を提供することができる。

[0023] 請求項2に記載の発明によれば、請求項1の効果に加え、以下のような効果を有する。

(1) 足底支持部が下端部で接地する垂直支持部と垂直支持部の上端部から略水平方向に延設された水平支持部を有し、水平支持部の他端部に形成された軸支部において、基部に形成された回動支持部により回動自在に軸支されていることにより、足底支持部の垂直支持部の下端部が接地した際に、各々の足底支持部が軸支部を支点として回動し、足底支持部が受動的に接地面の凹凸にならって足底からの突出量が減少する方向(上方)に移動することができ、仮想的な支持多角形を形成して多角点支持することができる歩行動作安定性に優れた多点接地型足部支持機構を提供することができる。

[0024] 請求項3に記載の発明によれば、請求項2の効果に加え、以下のような効果を有する。

(1) 接地センサが足底支持部の垂直支持部の下端部に配設されていることにより、足底支持部の垂直支持部の下端部が路面等の接地面に接地した際に、直接、接地したかどうかを検出することができるので、接地の有無をより確実に認識することができ、ロック機構の誤作動を防止することができ、脚部を安定して支持することができる信頼性、確実性に優れた多点接地型足部支持機構を提供することができる。

[0025] 請求項4に記載の発明によれば、請求項2の効果に加え、以下のような効果を有する。

(1) 接地センサにより足底支持部の下端部の接地による足底支持部の回動を検知することができるため、接地面の形状や小石等の障害物の有無等によらず接地センサが確実に作動する作動の確実性及び安定性に優れた多点接地型足部支持機構を提供することができる。

[0026] 請求項5に記載の発明によれば、請求項2乃至4の内いずれか1項の効果に加え、以下のような効果を有する。

(1) 足底支持部の水平支持部の他端部に略円弧状の当接部が形成され、ロック機構が一端に傾斜部が形成されたブレーキ部とブレーキ部の他端に連設されたアクチュエータを有するので、足底支持部が接地した際に、ロック機構のアクチュエータによりブレーキ部を上下方向に摺動させることができ、ブレーキ部の傾斜部を足底支持部の当接部に当接させることができ、確実に足底支持部の運動を制動することができ、脚部を安定して支持することができる信頼性、確実性に優れた多点接地型足部支持機構を提供することができる。

(2) 足底支持部の水平支持部の当接部が略円弧状に形成され、ロック機構のブレーキ部の傾斜部が上方に拡開して形成されているので、足底支持部の回動量によらず、足底支持部の水平支持部の当接部にブレーキ部の傾斜部を確実に当接させることができ、足底支持部の回動を防止し制動することができる動作安定性に優れた多点接地型足部支持機構を提供することができる。

(3) アクチュエータがブレーキ部を上下方向に摺動させるように配置することにより、ロック機構の設置スペースを狭くすることができる小型軽量で省スペース性に優れた多点接地型足部支持機構を提供することができる。

[0027] 請求項6に記載の発明によれば、請求項5の効果に加え、以下のような効果を有する。

(1) 制動解除動作時において伸長された弾性体の復元力により、制動動作時においてブレーキ部を迅速に下方へ摺動させることができ、迅速に制動動作を行うことができる応答速度の優れた多点接地型足部支持機構を提供することができる。

(2) 制動動作時の状態においても弾性体の復元力が働くように調整することで、制動動作中において常にブレーキ部を足底支持部の当接部に復元力で押圧できるので



、足底支持部を強固にロックすることができる信頼性、確実性に優れた多点接地型足部支持機構を提供することができる。

[0028] 請求項7に記載の発明によれば、以下のような効果を有する。

(1)左右の足部の足底にそれぞれ多点接地型足部支持機構が配設されているので、左右の足部の内、歩行時に接地した足部の多点接地型足部支持機構により、凹凸や段差等がある複雑な接地面においても、足底に平坦な接地面と同等の広さの仮想的な支持多角形を形成することができ、脚部を確実に支持することができ、転倒を回避することができる歩行時の安定性に優れた多点接地型足部支持機構を備えた2足歩行ロボットを提供することができる。

(2)2足歩行ロボットのZMP制御を行う場合、各々の足底支持部が受動的に接地面にならって接地することにより、接地面に凹凸があっても2足歩行ロボットが認識する支持多角形と実際の支持多角形とを常に略一致させることができるので、設定した歩行パターン通りの安定した歩行を行うことができる2足歩行ロボットを提供することができる。

[0029] 請求項8に記載の発明によれば、以下のような効果を有する。

(1)左右の足部のそれぞれについて、多点接地型足部支持機構の全ての足底支持部が路面等の接地面に接地したことを接地センサで検出した時にロック機構により全ての足底支持部の運動を制動し、接地した足部の足底を多角点支持するので、2足歩行ロボットの歩行時に左右の足部のいずれか一方のみが接地している状態でも、接地した足部によって2足歩行ロボットを確実に支持することができ、ZMP制御を行って安定した歩行を行うことができる信頼性に優れた2足歩行ロボットの制御構造を提供することができる。

(2)左右の足部のそれぞれが、多点接地型足部支持機構の全ての足底支持部が路面等の接地面に接地したことを接地センサで検出した時にロック機構により全ての足底支持部の運動を制動し、多点接地型足部支持機構の全ての足底支持部が路面等の接地面から離れたことを接地センサで検出した時にロック機構を解除して全ての足底支持部の制動を解除するので、接地した足部の足底に仮想的な支持多角形が形成され多角点支持された段階で確実に接地した足部に重心を移動させることがで

きる歩行動作の安定性に優れた2足歩行ロボットの制御構造を提供することができる

。

#### 図面の簡単な説明

[0030] [図1]本発明の実施の形態1における多点接地型足部支持機構を示す斜視図である

。

[図2](a)足底支持部及びロック機構を示す要部断面側面図(b)足底支持部の制動状態を示す要部断面側面図である。

[図3]本発明の実施の形態1における多点接地型足部支持機構を備えた2足歩行ロボットを示す斜視図である。

[図4]ベース部受動ジョイントの要部斜視図である。

[図5]足部受動ジョイントの要部斜視図である。

[図6]多点接地型足部支持機構を備えた2足歩行ロボットの歩行状態を示す足部の拡大側面図である。

[図7]実施の形態2における多点接地型足部支持機構の足底支持部及びロック機構を示す要部斜視図である。

[図8](a)足底支持部及びロック機構を示す要部断面側面図(b)足底支持部の固定状態を示す要部断面側面図である。

#### 符号の説明

- [0031]
- 1 本発明の実施の形態1における多点接地型足部支持機構
  - 2 基部
    - 2a 力覚センサ収容部
    - 2b 位置決め孔
    - 2c ボルト挿通孔
    - 2d 底面
    - 2e 回動支持部
    - 2f リブ
  - 3 足底支持部
    - 3a 垂直支持部

- 3b 水平支持部
- 3c 下端部
- 3d 軸支部
- 3e 当接部
- 4 接地センサ
- 4a センサ固定孔
- 4b センサ表面
- 4c 接点
- 4d 接地部
- 4e ローラ
- 4f 接続端子
- 5 ロック機構
- 5a アクチュエータ
- 5b 摺動部
- 6 ブレーキ部
- 6a 傾斜部
- 6b 背面部
- 7 接続シャフト
- 8 ブレーキ当接部
- 8a 摩擦材
- 10 2足歩行ロボット
- 11 ベース部
- 12a、12b 足部
- 13 パラレルリンク機構部
- 13a、13b 直動リンク
- 14 ベース部受動ジョイント
- 15 足部受動ジョイント
- 16a ベース部上部継手

- 16b 上部継手軸
- 16c ベース部下部継手
- 16d 下部継手軸
- 16e 連結回動部
- 17a 第1の足部上部継手
- 17b 第2の足部上部継手
- 17c 上部継手軸
- 17d 足部下部継手
- 17e 下部継手軸
- 17f 連結回動部
- 18 基部
- 18a 基部軸
- 20 接地面
- 20a 傾斜面
- 22 保持部
- 22a 弾性体下部止着部
- 23 足底支持部
- 23a 垂直支持部
- 23b 水平支持部
- 23c 下端部
- 23d 軸支部
- 23e 当接部
- 24 接地センサ
- 24a 可動部
- 24b 下端面
- 25 ロック機構
- 25a アクチュエータ
- 25b 摺動部

- 26 ブレーキ部
- 26a 弾性体上部止着部
- 26b 傾斜部
- 26c 背面部
- 27 弾性体
- 28 ブレーキ当接部
- 28a 摩擦材
- 29 底壁部
- 29a センサ当接部

### 発明を実施するための最良の形態

#### [0032] (実施の形態1)

本発明の実施の形態1における多点接地型足部支持機構について、以下図面を用いて説明する。

図1は本発明の実施の形態1における多点接地型足部支持機構を示す斜視図である。

図1中、1は本発明の実施の形態1における多点接地型足部支持機構、2はアルミニウム合金等の金属製で外形が略矩形状等の多角形や円形に形成された多点接地型足部支持機構1の基部、2aは略有底円筒状等に形成され床や路面等の接地面からの反力を検出しZMPの位置を測定するための6軸力覚センサ(図示せず)が收容される基部2の力覚センサ收容部、2bは力覚センサ收容部2aの底面に穿設され6軸力覚センサの位置決めを行うための位置決めピンが挿通される2箇所的位置決め孔、2cは力覚センサ收容部2aの底面に穿設され6軸力覚センサをねじ止めにより固定する固定ボルトが挿通される4箇所のボルト挿通孔、2dは基部2の底面、2eは基部2の四隅に配設された回動支持部、2fは底面2dに立設され底面2dを補強すると共に各部を收容するリブ、3は垂直支持部3aと垂直支持部3aの上端部から折曲され略水平方向に延設された水平支持部3bを有する略L字形に形成され垂直支持部3aの下端部3cが基部2の底面2dより下方に突出して配設され水平支持部3bの端部がそれぞれ回動支持部2eにより回動自在に軸支された4つの足底支持部、4は4つの足底

支持部3の垂直支持部3aの下端部3cにそれぞれ配設若しくは収納され足底支持部3の下端部3cが接地したことを検出する接地センサ、5は基部2の四隅に配設され4つの接地センサ4により全ての足底支持部3の接地を検出した時に全ての足底支持部3の運動を制動するロック機構である。

[0033] 基部2に6軸力覚センサが收容される力覚センサ收容部2aを有し、力覚センサ收容部2aの底面に6軸力覚センサの位置決めを行うための位置決めピンが挿通される2箇所の位置決め孔2b及び6軸力覚センサをねじ止めにより固定する固定ボルトが挿通される4箇所のボルト挿通孔2cが穿設されているので、容易に力覚センサ收容部2aに6軸力覚センサを位置決めし、固定することができる。これにより、6軸力覚センサを介して既存の2足歩行ロボット等の足部に多点接地型足部支持機構1を取付けることができ、床や路面等の接地面からの反力を検出しZMPの位置を測定することができる。

基部2及び力覚センサ收容部2aの形状を変更するだけで、種々の形状の2足歩行ロボット等の足部に多点接地型足部支持機構1を取付けることができ、汎用性に優れる。

[0034] 次に、足底支持部及びロック機構の詳細について説明する。

図2(a)は足底支持部及びロック機構を示す要部断面側面図であり、図2(b)は足底支持部の固定状態を示す要部断面側面図である。

図2中、3dは足底支持部3の水平支持部3bの端部に形成され基部2の回動支持部2eにより回動自在に軸支された軸支部、3eは足底支持部3の水平支持部3bの端部に形成された略円弧状の当接部、4aは足底支持部3の垂直支持部3aの端部に接地センサ4を嵌装固定するためのセンサ固定孔、4bは接地センサ4のセンサ表面、4cは接地センサ4のセンサ表面4bに突設された接点、4dはセンサ表面4bに一端が揺動自在に支持され他端に配設されたローラ4eが接地面20に当接することにより揺動しセンサ表面4bの接点4cに接触してスイッチングを行うヒンジレバー形の板ばねからなる接地部、4eは接地部4dの他端部の接地面20側に配設されたローラ、4fは接地センサ4を電気接続するための接続端子、5aは双安定自己保持型ソレノイドを用いたロック機構5のアクチュエータ、5bは接地センサ4からのON/OFF信号に伴

って上下動するアクチュエータ5aの摺動部、6はアクチュエータ5aの摺動部5bに配設され上下に摺動することにより足底支持部3の制動解除(上昇時)と制動(降下時)を行う略楔形に形成されたブレーキ部、6aはブレーキ部6の下部の足底支持部3側が下端にいくにつれ肉薄(傾斜)に形成されブレーキ部6の降下時に水平支持部3bの当接部3eに当接して足底支持部3の運動を制動する傾斜部、6bはブレーキ部6の背面部、7は摺動部5bとブレーキ部6とを接続する接続シャフト、8はロック機構5のアクチュエータ5aの側部に立設されたブレーキ当接部、8aはブレーキ当接部8のブレーキ部6側の面に貼設された摩擦材である。

ここで、足底支持部3の下端部3cは踵側が低くなるように傾斜して形成され、接地センサ4のローラ4eは下端部3cの踵側(基部2側)に配設されている。これにより、接地センサ4のローラ4eを確実に接地面20に接地させることができ、接地部4dを揺動させてスイッチングを行うことができ、接地センサ4の動作安定性に優れる。

また、摩擦材8aとしては、合成樹脂製やゴム製のシート材が用いられる。特に、耐摩耗性に優れると共に摩擦特性の良いクロロプレンゴムやふっ素ゴム、エチレンゴム、ニトリルゴム、シリコンゴム等が用いられる。特に、硬度の大きいクロロプレンゴムを用いることが好ましい。摩擦材8aの硬度が小さいと制動動作時に摩擦材8aが圧縮され、その圧縮分だけ足底支持部3が動いてしまい、歩行動作の安定性が悪くなる等の悪影響を及ぼすためである。

[0035] 以上のように構成された本発明の実施の形態1における多点接地型足部支持機構について、以下その動作を説明する。

多点接地型足部支持機構1の1組の足底支持部3及びロック機構5を用いて説明する。

まず、足底支持部3の制動動作について説明する。

図2(b)において、多点接地型足部支持機構1が下降すると、足底支持部3の下端部3cに配設された接地センサ4のローラ4eが接地面20に接触する。ローラ4eが接地面20に接触することにより、接地センサ4の接地部4dが上方に回動し、センサ表面4bの接点4cに接触し、接地面20に接地したことを検出して信号を発する。

接地センサ4からの信号は接続端子4fから図示しない配線を通して制御部(図示

せず)へ送られる。

全ての接地センサ4から接地したことの信号を受取った制御部は、同時に全てのロック機構5のアクチュエータ5aに足底支持部3の運動を制動してその状態を保持するように指示する。

アクチュエータ5aの摺動部5bが下方に摺動することにより、ブレーキ部6の傾斜部6aが当接部3eに当接する。また、ブレーキ部6は当接部3eにより背面側へ押圧され、背面部6bがブレーキ当接部8の摩擦材8aに当接する。これにより、足底支持部3が軸支部3dを中心に上方に回動するのを防止して足底支持部3の運動を制動する。

全ての足底支持部3の運動を制動することにより、足底の4点接地が略矩形状の支持多角形を形成する。各足底支持部3が独立して動作するので、各足底支持部3が接地面20の凹凸や傾斜にならって動作することができ、全ての足底支持部3が接地した時に同時に全ての足底支持部3の運動を制動し、接地後は確実に支持多角形を形成して脚部を支持することができる。

なお、足底支持部3の制動動作前においては、図2(a)に示すようにブレーキ部6の背面部6bとブレーキ当接部8の摩擦材8aとの間に僅かに隙間が形成され、ブレーキ部6と摩擦材8aは離隔して配設されている。これにより、ブレーキ部6の下降途中に背面部6bが摩擦材8aに当接して下降動作を妨げることを防止できる。また、ブレーキ部6が所定位置まで下降し当接部3eに当接すると、ブレーキ部6は当接部3eに押圧される。ブレーキ部6は接続シャフト7に遊着されているので押圧により背面部6bが摩擦材8aに当接する。

[0036] 次に、足底支持部3の制動解除動作について説明する。

多点接地型足部支持機構1が上昇すると、足底支持部3の下端部3cに配設された接地センサ4のローラ4eが、接地部4dのばね性により接地部4dと共に下方に揺動して初期位置に復帰する。なお、足底支持部3の下端部3cが接地面20から離れると、足底支持部3は自重により軸支部3dを中心に下方に回動し、ブレーキ部6の傾斜部6aが足底支持部3の当接部3eから離れると共に、背面部6bがブレーキ当接部8の摩擦材8aから離れる。

接地センサ4の接地部4dとセンサ表面4bの接点4cが非接触の状態になることによ



り、各接地センサ4から制御部へ送られていた信号が途切れる。

全ての接地センサ4からの信号が途切れた制御部は、同時に全てのロック機構5のアクチュエータ5aに足底支持部3の制動を解除するように指示し、アクチュエータ5aの摺動部5bが上方に摺動する。

このようにして、足底支持部3の制動が解除される。

[0037] 以上のように構成された本発明の実施の形態1における多点接地型足部支持機構を備えた2足歩行ロボットについて、図面を用いて説明する。

図3は本発明の実施の形態1における多点接地型足部支持機構を備えた2足歩行ロボットを示す斜視図であり、図4はベース部受動ジョイントの要部斜視図であり、図5は足部受動ジョイントの要部斜視図である。

図中、10は本発明の実施の形態1における多点接地型足部支持機構1を備えた2足歩行ロボット、11は2足歩行ロボット10のベース部、12a、12bは略三角形に形成され足底に多点接地型足部支持機構1が配設された2足歩行ロボット10の左右の足部、13は2本の直動リンク13a、13bを1組としてV字形状に配設された2足歩行ロボット10の平行リンク機構部、14はベース部11の左右にそれぞれ3箇所ずつ互いに対称に配設され3組の平行リンク機構部13の上端と連結された2自由度を有するベース部受動ジョイント、15は左右の足部12a、12bにそれぞれ3箇所ずつ互いに対称に配設され3組の平行リンク機構部13の下端と連結された3自由度を有する足部受動ジョイントである。

図4において、16aはベース部2の下部に固定されたコ字形状のベース部上部継手、16bはベース部上部継手16aの立設された対向辺に架設された上部継手軸、16cは直動リンク13a、13bの上端部に固定されたコ字形状のベース部下部継手、16dはベース部下部継手16cの立設された対向辺に架設されベース部下部継手16cを回動自在に軸支する下部継手軸、16eは上部継手軸16bと下部継手軸16dを直交させて連結する連結回動部である。

図5において、17aは直動リンク13aの下端部に連結されたコ字形状の第1の足部上部継手、17bは直動リンク13bの下端部に連結されたコ字形状の第2の足部上部継手、17cは第1の足部上部継手17aと第2の足部上部継手17bの立設された対向

辺に架設され第1の足部上部継手17aと第2の足部上部継手17bを連結し各々回動自在に軸支する上部継手軸、17dは後述の基部を介して足部12a, 12bに連結されたコ字形状の足部下継手、17eは足部下継手17dの立設された対向辺に架設された下部継手軸、17fは上部継手軸17cと下部継手軸17eを直交させて連結する連結回動部、18は足部12a, 12b上に固定された基部、18aは基部18に対して足部下継手17dを回動自在に軸支する基部軸である。

[0038] 図4に示すように、ベース部下継手16cは、ベース部上部継手16aに対して、上部継手軸16bと下部継手軸16dの軸周方向に回動する。これにより、ベース部受動ジョイント14は、直動リンク13a, 13bの長手方向に直交する上部継手軸16bと下部継手軸16dの軸周方向に2自由度を有するので、直動リンク13の伸縮に追従してこれを妨げることなく円滑に従動する。

また、図5に示すように、第1の足部上部継手17a及び第2の足部下継手17bは、足部下継手17dに対して、上部継手軸17cと下部継手軸17eの軸周方向に回動する。また、足部下継手17dは、基部18に対して、基部軸18aの軸周方向に回動する。これにより、足部受動ジョイント15は、直動リンク13a, 13bの長手方向に直交する上部継手軸17cと下部継手軸17eの軸周方向に2自由度を有すると共に、直動リンク13a, 13bの軸方向の基部軸18aの軸周方向に1自由度を有するので、直動リンク13a, 13bの伸縮に追従してこれを妨げることなく円滑に従動する。

[0039] 2足歩行ロボット10は、各々のパラレルリンク機構部13が、2本の直動リンク13a, 13bを1組としてV字形状に配設され、それが3組配設されたスチュワートプラットフォームにより構成されていることにより、安定性及び剛性に優れると共に、動作制御を簡便化することができる。また、パラレルリンク機構部13のリンクとして直動リンク13a, 13bを用い、受動ジョイントとしてベース部受動ジョイント14及び足部受動ジョイント15を用いたことにより、各々の直動リンク13a, 13bがその軸方向へ伸縮するため互いに干渉することがなく、小型化が可能である。

ベース部受動ジョイント14、足部受動ジョイント15は図4及び図5に示したものの他、それぞれユニバーサルジョイント、ボールジョイント、又は2軸の軸継手、或いはこれらと1軸或いは2軸の軸継手を組合せたもの等を用いることができる。なお、ユニバー

サルジョイントを用いた場合、ボールジョイントに比べ可動範囲が広がるため好ましい。

なお、左右の脚部に用いられる各々のパラレルリンク機構部13は、ベース部11の両側に互いに対称に配設し、パラレルリンク機構部13に用いられる直動リンク13a、13bも、それぞれ左右の脚部で同様に対称に配設した。これにより、歩行動作制御を行うためのZMP制御が可能であり、歩行動作時の安定性に優れる。

[0040] 以上のように構成された本発明の実施の形態1における多点接地型足部支持機構を備えた2足歩行ロボットの制御構造について、図面を用いて説明する。

図6は多点接地型足部支持機構を備えた2足歩行ロボットの歩行状態を示す足部の拡大側面図である。

図6中、20aは接地面20の傾斜面である。

左右の足部12a、12bにそれぞれ多点接地型足部支持機構1を備えた2足歩行ロボット10が傾斜面20aを有する接地面20上を歩行する際に、左右の足部12a、12bのそれぞれについて、多点接地型足部支持機構1の全ての足底支持部3が接地面20(20a)に接地したことを接地センサ4で検出した時にロック機構5により全ての足底支持部3の運動を制動する。

これにより、接地面20が傾斜面20aを有する場合でも、足部12a、12bは接地した足底に仮想的な支持多角形を形成して多角点支持される。2足歩行ロボット10の歩行時に左右の足部12a、12bのいずれか一方のみが接地している状態でも、接地した足部12a(又は12b)によって2足歩行ロボット10を確実に支持することができ、図示しない制御部によりZMP制御を行って安定した歩行を行うことができる。

また、多点接地型足部支持機構1の全ての足底支持部3が接地面20(20a)から離れたことを接地センサ4で検出した時にロック機構5を解除して全ての足底支持部3の制動を解除する。

これにより、接地した足部12a(又は12b)の足底に仮想的な支持多角形が形成された段階で確実に接地した足部12a(又は12b)にZMP制御に基づき重心を移動させ多角点支持することができるので、歩行動作の安定性を向上させることができる。

[0041] 以上のように実施の形態1における多点接地型足部支持機構によれば、以下の作

用を有する。

(1) 歩行ロボットの足底に配設される基部2の底面2dより下方に端部が突出して配設され、接地時にそれぞれ独立して上方に回転する回転自在に支持された4つの足底支持部3を有することにより、各々の足底支持部3が受動的に接地面20の凹凸にならって足底からの突出量が減少する方向に移動するので、接地センサ4が全ての足底支持部3の接地を検出した時に、ロック機構5により全ての足底支持部3の運動を制動することで足底を接地面が平坦な場合と同等の広さで多角点支持することができ、歩行ロボットの脚部を確実に支持することができ、転倒を回避することができる。

(2) 各々の足底支持部3が受動的に接地面20の凹凸にならって接地することにより、接地面20に傾斜面20aや凹凸があっても接地時における足底の基部2を常に水平(又は水平に対して一定の角度)にすることができ、歩行ロボットの胴体や腰、足底の位置や姿勢を設定した通りに制御することができるので、安定した歩行を行うことができる。

(3) 各々の足底支持部3に配設された接地センサ4により、各々の足底支持部3の接地を個別に検出することで、確実に全ての足底支持部3の接地を確認することができ、ロック機構5による全ての足底支持部3の運動を制動することができる。

(4) 足底支持部3が基部2に回転自在に支持されているので、足底支持部3の下端部3cが路面等の接地面20に接地した際に、接地面20の凹凸によらず各々の足底支持部3を容易かつ確実に足底の上方に回転させることができ、足底が接地面20の凸部に引っ掛かることがなく、ロック機構5により全ての足底支持部3の運動を制動することができ、足底を接地面が平坦な場合と同等の広さで多角点支持することができる。

(5) 足底支持部3が基部2に配設されているので、足部支持機構1を一体的に取り扱うことができ、基部2の力覚センサ収容部2aに収容される6軸力覚センサを介して既存の2足歩行ロボット等の脚部の足底に容易に取付けを行うことができ、歩行ロボットの歩行動作の安定性を向上させることができる。

(6) 4つの足底支持部3を有することにより、接地面20に傾斜面20aや凹凸があっても、足底に接地面が平坦な場合と同等の広さの支持多角形を形成して多角点支持

することができるので、歩行ロボットの脚部を安定して支持することができ、特に2足歩行ロボットに対し好適に用いることができる。

(7) 足底支持部3の端部が基部2の中心から等距離となるように同一円周上に等間隔で配設した場合、足底支持部3によって形成される支持多角形が正方形となるので、各足底支持部3によって均一に脚部を支持することができ、接地時の安定性を向上させることができる。

(8) 基部2には6軸力覚センサが配設されるので、歩行ロボットの足部の足底に取付けた場合、床や路面等の接地面20からの反力を検出することができ、その検出値に基づいてZMP(ゼロモーメントポイント)の位置を測定することができ、簡単な構造でZMP制御を行うことができる。

(9) 足底支持部3が下端部3cで接地する垂直支持部3aと垂直支持部3aの上端部から略水平方向に延設された水平支持部3bを有し、水平支持部3bの端部に形成された軸支部3dにおいて、基部2に形成された回動支持部2eにより回動自在に軸支されていることにより、足底支持部3の垂直支持部3aの下端部3cが接地した際に、各々の足底支持部3が軸支部3dを支点として回動し、足底支持部3が受動的に接地面20の凹凸にならって足底からの突出量が減少する方向(上方)に移動することができ、仮想的な支持多角形を形成して多角点支持することができる。

(10) 接地センサ4が足底支持部3の垂直支持部3aの下端部3cに配設されていることにより、足底支持部3の垂直支持部3aの下端部3cが路面等の接地面20に接地した際に、直接、接地したかどうかを検出することができるので、接地の有無をより確実に認識することができ、ロック機構5の誤作動を防止することができ、脚部を安定して支持することができる。

(11) 足底支持部3の水平支持部3bの端部に略円弧状の当接部3eが形成され、ロック機構5が下端に傾斜部6aが形成されたブレーキ部6とブレーキ部6に連設されたアクチュエータ5aを有するので、足底支持部3が接地した際に、ロック機構5のアクチュエータ5aにより摺動部5bを上下方向に摺動させることができ、ブレーキ部6の傾斜部6aを足底支持部3の当接部3eに当接させると共に、背面部6bをブレーキ当接部8の摩擦材8aに当接させることができ、ブレーキ部6が楔のように当接部3eとブレーキ当

接部8の間に嵌り込むので、確実に足底支持部3の運動を制動することができ、脚部を安定して支持することができる。

(12) 足底支持部3の水平支持部3bの当接部3eが略円弧状に形成され、ロック機構5のブレーキ部6の傾斜部6aが先端にいく程薄く形成されているので、足底支持部3の回動量によらず、水平支持部3bの当接部3eにブレーキ部6の傾斜部6aを確実に当接させることができ、足底支持部3の回動を防止して制動することができる。

(13) アクチュエータ5aがブレーキ部6を上下方向に摺動させるように配置することにより、ロック機構5の設置スペースを狭くすることができ、省スペース性に優れ、多点接地型足部支持機構1の小型軽量化を図ることができる。

(14) アクチュエータ5aとして、上下両方向にブレーキ部6を動作可能な双安定自己保持型ソレノイドを用いたので、ブレーキ部6による制動時(降下時)と制動解除時(上昇時)の両方にソレノイドの吸引力を使用することができ、高速なブレーキ部6の上下動を行うことができると共に、小型軽量で省スペース性に優れる。

(15) ブレーキ当接部8に摩擦材8aが貼設されているので、足底支持部3の制動時に大きな負荷や衝撃がかかってもブレーキ部6が滑って外れることを防止でき、確実性及び安定性に優れる。

[0042] 実施の形態1における多点接地型足部支持機構を備えた2足歩行ロボットによれば、以下の作用を有する。

(16) ベース部11と左右の足部12a、12bとの間にそれぞれ配設された平行リンク機構部13を有し、左右の足部12a、12bの足底にそれぞれ多点接地型足部支持機構1が配設されているので、左右の足部12a、12bの内、歩行時に接地した足部12a(又は12b)の多点接地型足部支持機構1により、凹凸や段差等がある複雑な接地面においても、足底に平坦な接地面と同等の広さの仮想的な支持多角形を形成することができ、2足歩行ロボット10の脚部を確実に支持することができ、転倒を回避して安定した歩行を継続することができる。

(17) すなわち、2足歩行ロボットのZMP制御を行う場合、通常、接地面は水平な平坦面であると仮定し、ZMPが支持多角形内に存在するように歩行パターンを設定するため、従来の剛体平板の足底では、接地面の傾斜面や凹凸を踏んだ場合は歩行

ロボットが認識する支持多角形と実際の支持多角形とが大きく異なってしまう、ZMPが実際の支持多角形から外れたり、1歩の歩行では外れなくても2歩、3歩と歩行するうちに誤差が累積したりして、歩行が不安定になって最終的には転倒してしまう。本実施の形態1のように、各々の足底支持部3が受動的に接地面20にならって接地することにより、接地面20に傾斜面20aや凹凸があっても2足歩行ロボット10が認識する支持多角形と実際の支持多角形とを常に略一致させることができるので、設定した歩行パターン通りの安定した歩行を行うことができる。

(18) パラレルリンク機構部13がベース部11に配設されたベース部受動ジョイント14と左右の足部12a、12bにそれぞれ配設された足部受動ジョイント15との間に各々配設され、各々のパラレルリンク機構部13が、2本の直動リンク13a、13bを1組としてV字形状に配設され、それが3組配設されたスチュワートプラットフォームにより構成されていることにより、安定性及び剛性に優れると共に、動作制御を簡便化することができる。

(19) パラレルリンク機構部13に直動リンク13a、13bを用いたことにより、各々の直動リンク13a、13bがその軸方向へ伸縮するため互いに干渉することがなく、2足歩行ロボット10を小型化できる。

(20) パラレルリンク機構部13が各々6自由度を有することにより、左右の足部12a、12bが多様な動作を行うことができ、歩行動作を円滑に行うことができる。

(21) 左右の足部12a、12bのパラレルリンク機構部13が対称に配設され、各々のパラレルリンク機構部13が6自由度を有することにより、歩行動作時に2足歩行ロボット10の腰軸に軸周方向のモーメントがかからないよう歩行制御を行うことができ、歩行時にベース部11が腰軸の軸周方向に回転することがなく、安定した歩行が可能である。

[0043] 実施の形態1における2足歩行ロボットの制御構造によれば、以下の作用を有する。

(22) 左右の足部12a、12bのそれぞれについて、多点接地型足部支持機構1の全ての足底支持部3が路面等の接地面20(20a)に接地したことを接地センサ4で検出した時にロック機構5により全ての足底支持部3の運動を制動し、接地した足部12a(

又は12b)の足底に仮想的な支持多角形を形成するので、2足歩行ロボット10の歩行時に左右の足部12a、12bのいずれか一方のみが接地している状態でも、接地した足部12a(又は12b)によって2足歩行ロボット10を確実に支持することができ、ZMP制御を行って安定した歩行を行うことができる。

(23)左右の足部12a、12bのそれぞれが、多点接地型足部支持機構1の全ての足底支持部3が路面等の接地面20(20a)に接地したことを接地センサ4で検出した時にロック機構5により全ての足底支持部3の運動を制動し、多点接地型足部支持機構1の全ての足底支持部3が路面等の接地面20(20a)から離れたことを接地センサ4で検出した時にロック機構5を解除して全ての足底支持部3を制動解除するので、接地した足部12a(又は12b)の足底に仮想的な支持多角形が形成された段階で確実に接地した足部12a(又は12b)に重心を移動させることができ、歩行動作の安定性を向上させることができ、2足歩行ロボット10の転倒を防止することができる。

[0044] (実施の形態2)

本発明の実施の形態2における多点接地型足部支持機構について、以下図面を用いて説明する。

図7は本実施の形態2における多点接地型足部支持機構の足底支持部及びロック機構を示す要部斜視図である。

図7中、2は基部、2aは力覚センサ収容部、2bは位置決め孔、2cはボルト挿通孔、2dは底面、2eは回動支持部であり、これらは実施の形態1において説明したものと同様のものであるので同一の符号を付けて説明を省略する。21は本実施の形態2における多点接地型足部支持機構、22は基部2の四隅に配設された後述の底壁部に立設された後壁と一対の側壁とを有する平面視コ字状に形成された保持部であり、各側壁に形成された孔に回動支持部2eが挿着されている。22aは保持部22の各側壁の下端部から外側に突設形成された弾性体下部止着部、23は垂直支持部23aと水平支持部23bとを有する略L字形に形成され水平支持部23bの端部が回動支持部2eに軸支された足底支持部、23cは垂直支持部23aの下端部、24は水平支持部23bに配設された接地センサ、25は基部2の四隅に配設されたロック機構、26は後述のアクチュエータの摺動部に配設されたブレーキ部、26aはブレーキ部26の上端



部から両側部に突設された弾性体上部止着部、27は弾性体上部止着部26aに上端部が止着され弾性体下部止着部22aに下端部が止着されブレーキ部26の両側部に配設された引張りばねや引張りコイルばね等の弾性体、29は基部2の四隅に一体に形設された底壁部、29aは底壁部29の先端部に上方へ突設されたセンサ当接部である。

[0045] 次に、足底支持部及びロック機構の詳細について説明する。

図8(a)は足底支持部及びロック機構を示す要部断面側面図であり、図8(b)は足底支持部の固定状態を示す要部断面側面図である。

図8中、23dは足底支持部23の水平支持部23bの端部近傍に形成され回転支持部2eにより回転自在に軸支された軸支部、23eは足底支持部23の水平支持部23bの端部に形成された略円弧状の当接部、24aは接地センサ24の下端面24bから進退自在に配設された可動部であり、可動部24aは弾性部(図示せず)により下端面24bから突出する方向に付勢されており、接地センサ24の内部側へ押圧されるとその後端部が接点(図示せず)に接触してスイッチングを行う。25aはソレノイドを用いたロック機構25のアクチュエータ、25bは接地センサ24からのON/OFF信号に伴って上下動するアクチュエータ25aの摺動部、26bはブレーキ部6の下端に傾斜して形成された傾斜部、26cはブレーキ部26の背面部、28は保持部22の後壁により形成されたブレーキ当接部、28aはブレーキ当接部28のブレーキ部26側の面に貼設された摩擦材である。

なお、摩擦材28aとしては実施の形態1で説明した摩擦材8aと同様のものが用いられる。

[0046] 以上のように構成された本実施の形態2における多点接地型足部支持機構について、以下その制動動作及び制動解除動作を説明する。

まず、足底支持部23の制動動作について説明する。

足底支持部23の下端部23cの接地前においては、図8(a)に示すように、接地センサ24の下端面24bはセンサ当接部29aに当接し、可動部24aは接地センサ24内に収納されている。この状態において、接地センサ24から接点が接触状態である旨の信号が制御部(図示せず)に送られている。また、弾性体27は弾性体上部止着部26

aと弾性体下部止着部22aの間で伸長され、ブレーキ部26を下方へ向かわせる方向に復元力がかかっている。

多点接地型足部支持機構21が下降すると、足底支持部23の下端部23cが接地面20に接触する。さらに多点接地型足部支持機構21が下降すると、図8(b)に示すように、足底支持部23が軸支部23dを中心として上方に回転し、接地センサ24の下端面24bがセンサ当接部29aから離隔し、可動部24aが接地センサ24から突出する。これにより、接地センサ24の接点が非接触の状態になり、接地センサ24から制御部へ送られていた信号が途切れる。全ての接地センサ4の信号が途切れたこと(すなわち全ての足底支持部23の下端部23cが接地面20に接地したこと)を検知した制御部は、同時に全てのロック機構25のアクチュエータ25aに足底支持部23の運動を制動してその状態を保持するように指示する。

アクチュエータ25aの摺動部25bと共にブレーキ部26が下方に摺動することにより、ブレーキ部26の傾斜部26bが当接部23eに当接する。また、ブレーキ部26は当接部23eにより背面側へ押圧され、背面部26cがブレーキ当接部28の摩擦材28aに当接する。このとき、伸長されていた弾性体27の復元力によりブレーキ部26は迅速に下方へ摺動するため、迅速に制動動作が行われる。これにより、足底支持部23が軸支部23dを中心に上方に回転するのを防止して足底支持部23の運動を制動する。なお、ブレーキ部26が下方に摺動した状態においても、弾性体27は伸長され復元力が働くようにその長さや弾性体上部止着部26aと弾性体下部止着部22aとの間の距離を調整することにより、ブレーキ部26の傾斜部26bを足底支持部3の当接部23eに弾性体27の復元力で押圧することができる。

[0047] 次に、足底支持部3の制動解除動作について説明する。

多点接地型足部支持機構21が上昇すると、足底支持部23の下端部23cが接地面20から離れ、図8(a)に示すように、足底支持部23が自重により軸支部23dを中心として下方に回転し、ブレーキ部26の傾斜部26bが足底支持部23の当接部23eから離れると共に、背面部26cがブレーキ当接部28の摩擦材28aから離れる。また、接地センサ24の可動部24aがセンサ当接部29aに当接し接地センサ24内に収納され、これにより、接地センサ24の接点が接触状態になり、接点が接触状態である旨の

信号が制御部に送られる。

全ての接地センサ24から信号が送られてきたこと(すなわち全ての足底支持部23の下端部23cが接地面20から離れたこと)を検知した制御部は、同時に全てのロック機構25のアクチュエータ25aに足底支持部23の制動を解除するように指示し、アクチュエータ25aの摺動部25bと共にブレーキ部26が上方に摺動する。

このようにして、足底支持部23の制動が解除される。また、ブレーキ部26が上方に摺動することにより、弾性体27が伸長される。アクチュエータ25aの操作力は弾性体27の伸長により生じる復元力より十分大きいいため、弾性体27は容易に伸長される。

[0048] 以上のように本実施の形態2における多点接地型足部支持機構は構成されているので、実施の形態1の作用に加え、以下の作用を有する。

(1)接地センサ24が足底支持部23の水平支持部23bに配設され、足底支持部23の下端部23cの接地による足底支持部23の回動を検知することができるため、下端部23cの内側(基部2側)や外側等のいずれかの部分が接地すれば接地センサ24が作動するので、接地面20の形状や小石等の障害物の有無等によらず接地センサ24が確実に作動し、作動の確実性及び安定性を向上できる。

(2)ブレーキ部26と(基部2に固定された)保持部22との間に引張りコイルばね等からなる弾性体27が配設されているので、制動動作時において制動解除動作時に伸長された弾性体27の復元力によりブレーキ部26が迅速に下方へ摺動し、迅速に制動動作を行うことができ応答速度を向上できる。

(3)制動動作時の状態においても弾性体27の復元力が働くように調整することで、制動動作中において常にブレーキ部26の傾斜部26bを足底支持部3の当接部3eに復元力で押圧させることができるので、足底支持部3を強固にロックすることができ信頼性、確実性を向上できる。

### 産業上の利用可能性

[0049] 本発明は、足部の平面内に仮想的な支持多角形を形成し足底を多角点支持する多点接地型足部支持機構及び安定した歩行動作を行うことができる多点接地型足部支持機構を備えた2足歩行ロボット並びにその制御構造に関し、足部の各支持点が受動的に路面等の接地面の凹凸にならば、全ての支持点が接地した際に支持点

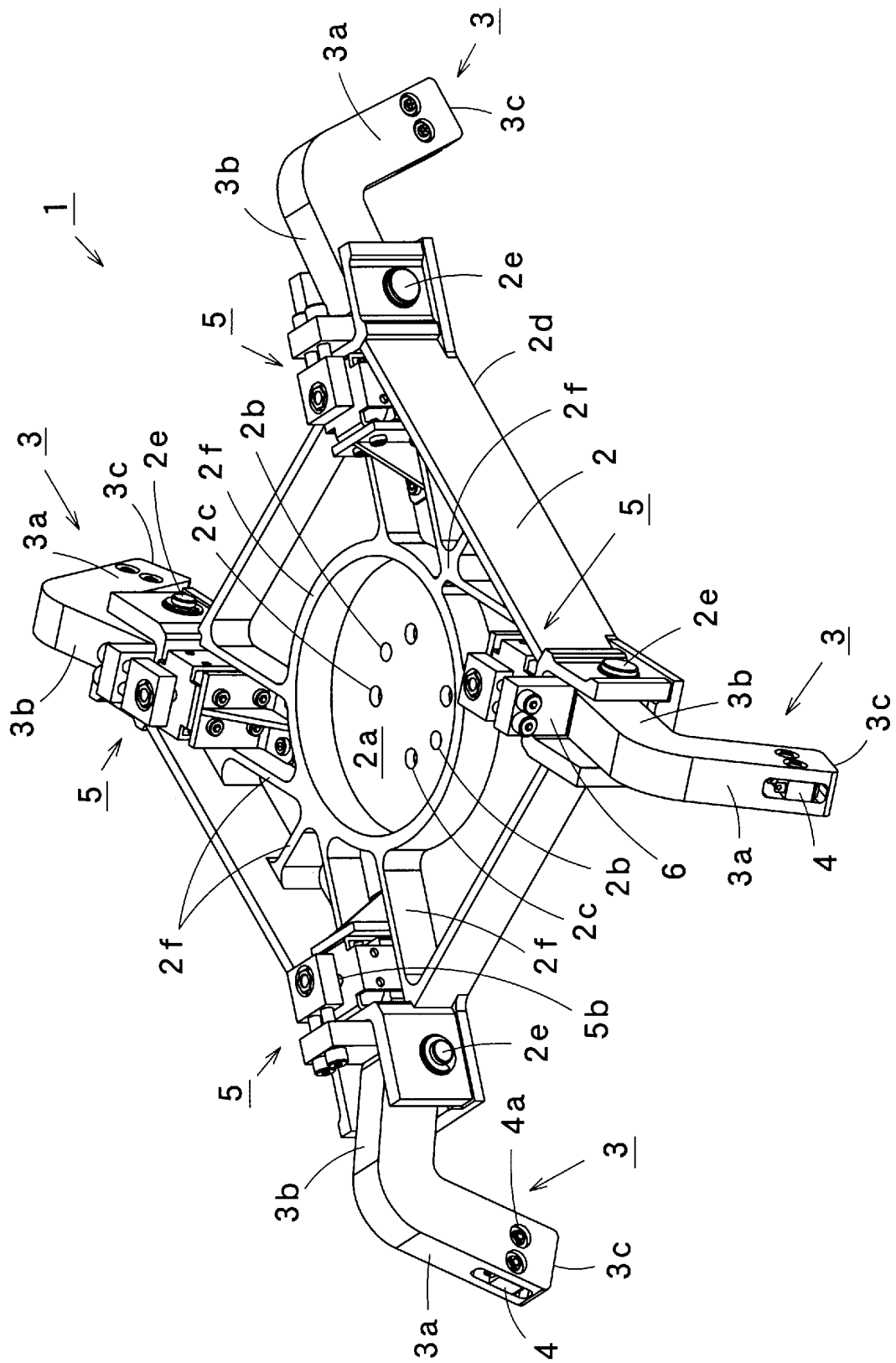
の運動を制動することにより、段差や傾斜等がある接地面においても、速やかに足底を多角点支持することができ、転倒を回避することができる信頼性に優れた多点接地型足部支持機構の提供、及び凹凸や段差等がある複雑な地形においても活動することができる歩行動作の安定性、汎用性に優れた多点接地型足部支持機構を備えた2足歩行ロボットの提供、並びにその制御構造の提供をすることができる。

## 請求の範囲

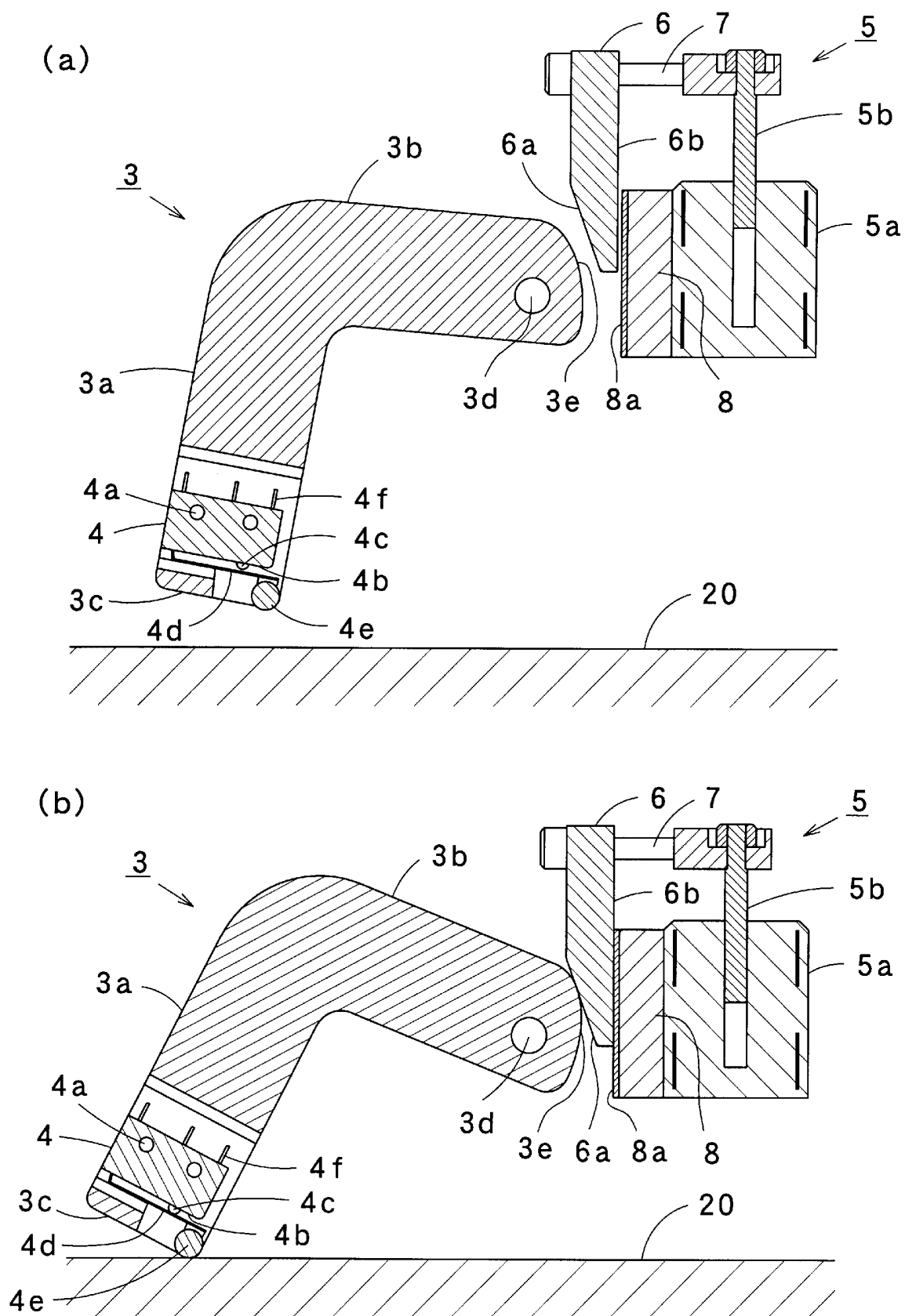
- [1] 歩行ロボットの足底に配設される基部と、前記基部の底面より下方に一端部が突出して配設され接地時にそれぞれ独立して上方に移動する摺動自在又は回動自在に支持された3以上の足底支持部と、前記基部又は前記各々の足底支持部に配設され前記各々の足底支持部の接地を検出する接地センサと、前記基部に配設され前記接地センサが前記全ての足底支持部の接地を検出した時に前記全ての足底支持部の運動を制動するロック機構と、を備えたことを特徴とする多点接地型足部支持機構。
- [2] 前記足底支持部が、下端部で接地する垂直支持部と、前記垂直支持部の上端部から略水平方向に延設された水平支持部と、前記水平支持部の他端部に形成された軸支部と、を有し、前記基部が、前記各々の足底支持部の前記軸支部を回動自在に軸支する回動支持部を備えたことを特徴とする請求項1に記載の多点接地型足部支持機構。
- [3] 前記接地センサが前記足底支持部の前記垂直支持部の下端部に配設されたことを特徴とする請求項2に記載の多点接地型足部支持機構。
- [4] 前記接地センサが前記足底支持部の前記水平支持部の下部に配設されると共に、前記基部に固定され前記接地センサの下方に配設されたセンサ当接部を備えたことを特徴とする請求項2に記載の多点接地型足部支持機構。
- [5] 前記各々の足底支持部が、前記水平支持部の他端部に形成された略円弧状の当接部を有し、前記ロック機構が、(a)前記各々の足底支持部の前記当接部に当接する上方に拡開した傾斜部が一端に形成されたブレーキ部と、(b)前記ブレーキ部の他端に連設され前記ブレーキ部を上下方向に摺動させるアクチュエータと、を備えたことを特徴とする請求項2乃至4の内いずれか1項に記載の多点接地型足部支持機構。
- [6] 前記ブレーキ部に配設された弾性体上部止着部と、前記基部に配設された弾性体下部止着部と、上端部が前記弾性体上部止着部に止着され下端部が前記弾性体下部止着部に止着された弾性体と、を備えたことを特徴とする請求項5に記載の多点接地型足部支持機構。

- [7] 左右の足部と、前記左右の足部の足底にそれぞれ配設された請求項1乃至6の内いずれか1項の多点接地型足部支持機構と、を備えたことを特徴とする2足歩行ロボット。
- [8] 左右の足部と、前記左右の足部の足底にそれぞれ配設された多点接地型足部支持機構と、を有し、前記多点接地型足部支持機構が前記足底から一端部が突出して配設され接地時にそれぞれ独立して受動的にその突出量が減少する3以上の足底支持部と、前記各々の足底支持部の接地を検出する接地センサと、前記各々の足底支持部の運動を制動するロック機構と、を備え、前記左右の足部を上下動させて歩行する2足歩行ロボットの制御構造であつて、前記左右の足部のそれぞれについて、前記多点接地型足部支持機構の全ての足底支持部が路面等の接地面に接地したことを前記接地センサで検出した時に前記ロック機構により前記全ての足底支持部の運動を制動し、接地した前記足部の前記足底を多角点支持すると共に、前記多点接地型足部支持機構の全ての足底支持部が路面等の接地面から離れたことを前記接地センサで検出した時に前記ロック機構を解除して前記全ての足底支持部の制動を解除することを特徴とする2足歩行ロボットの制御構造。

[図1]

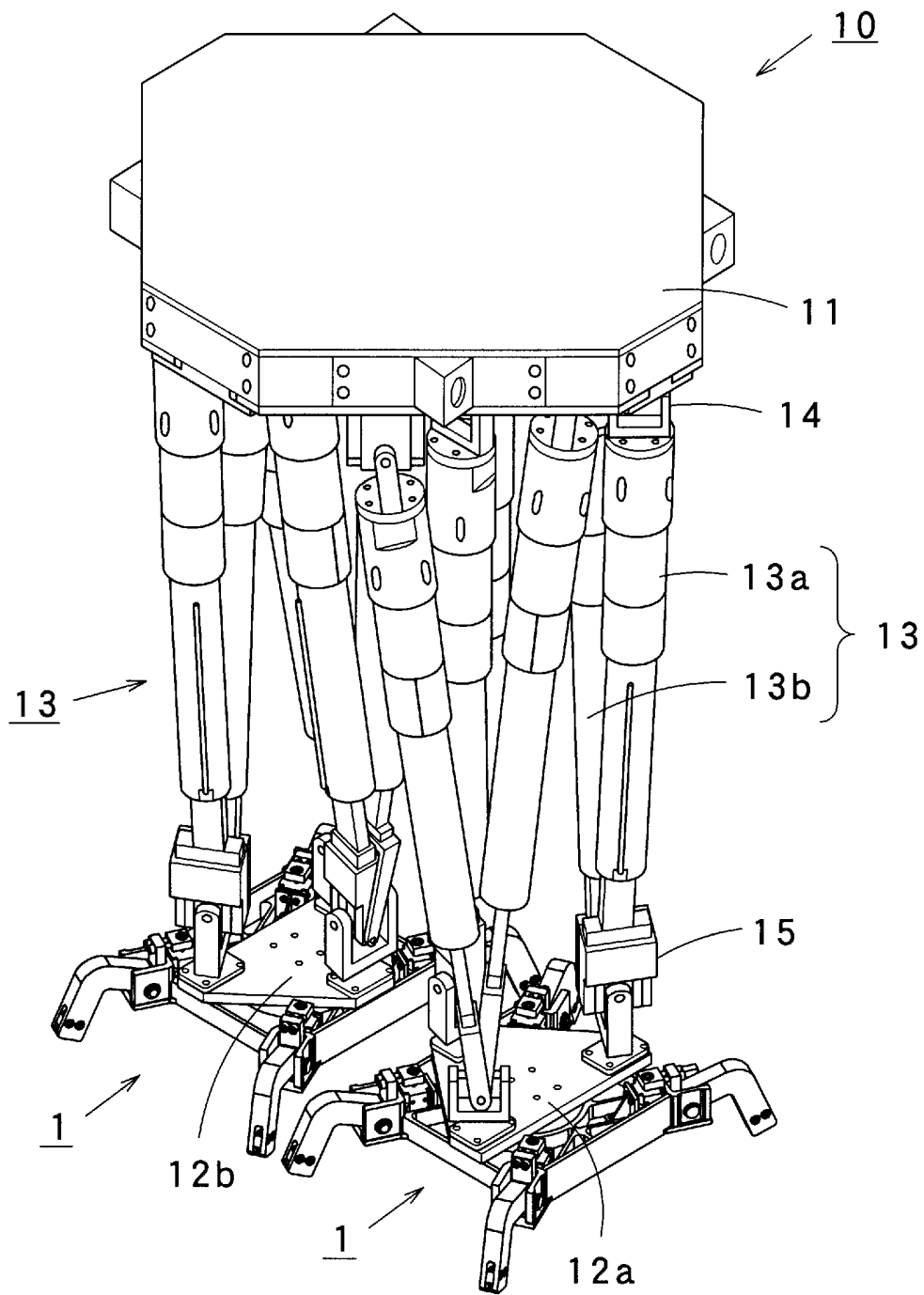


[図2]

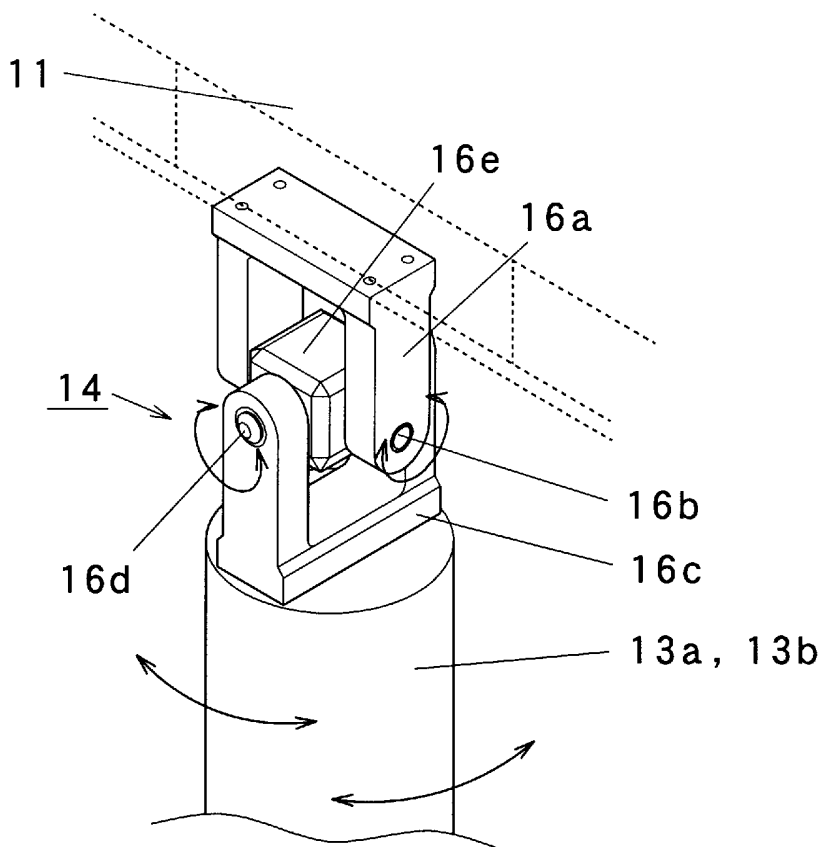




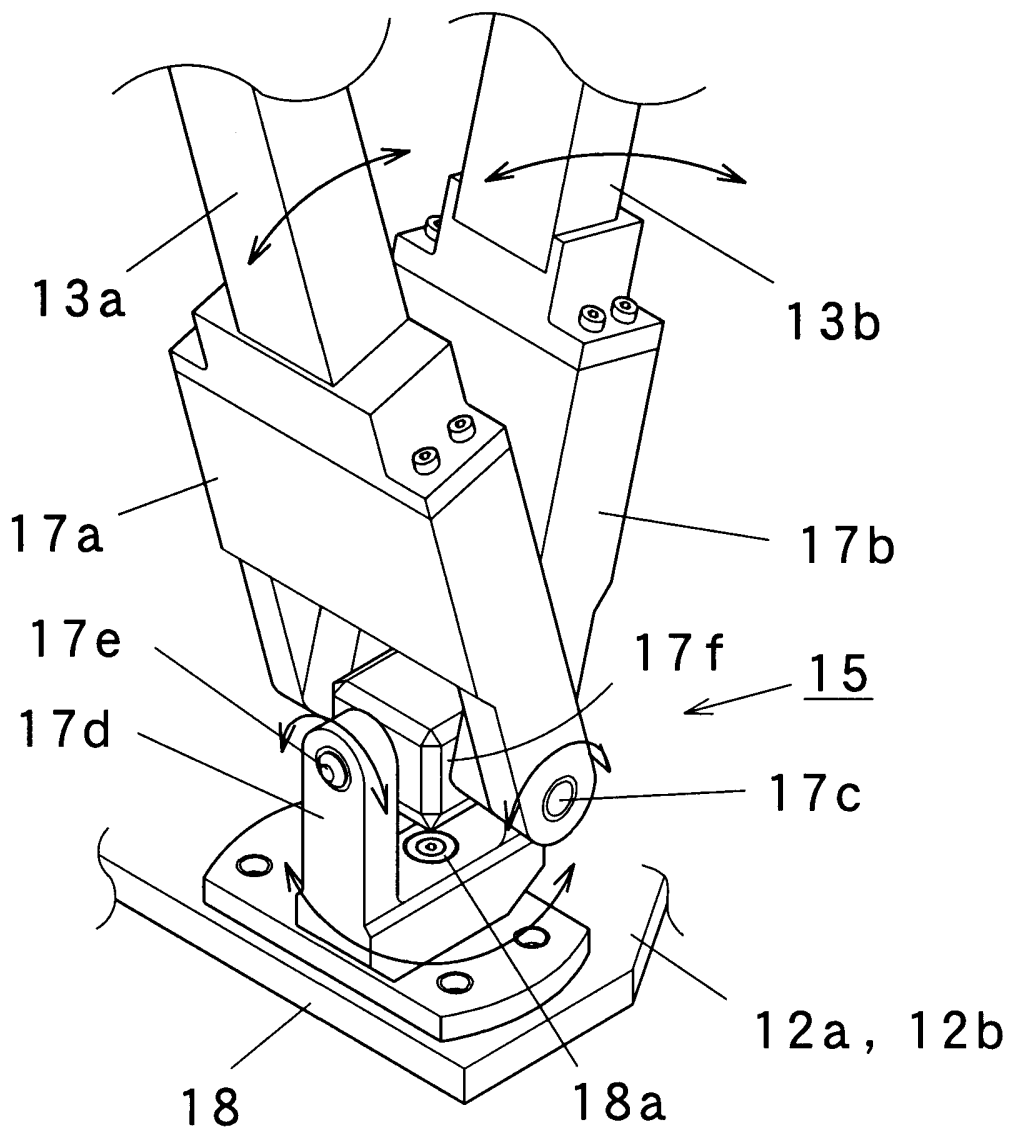
[図3]



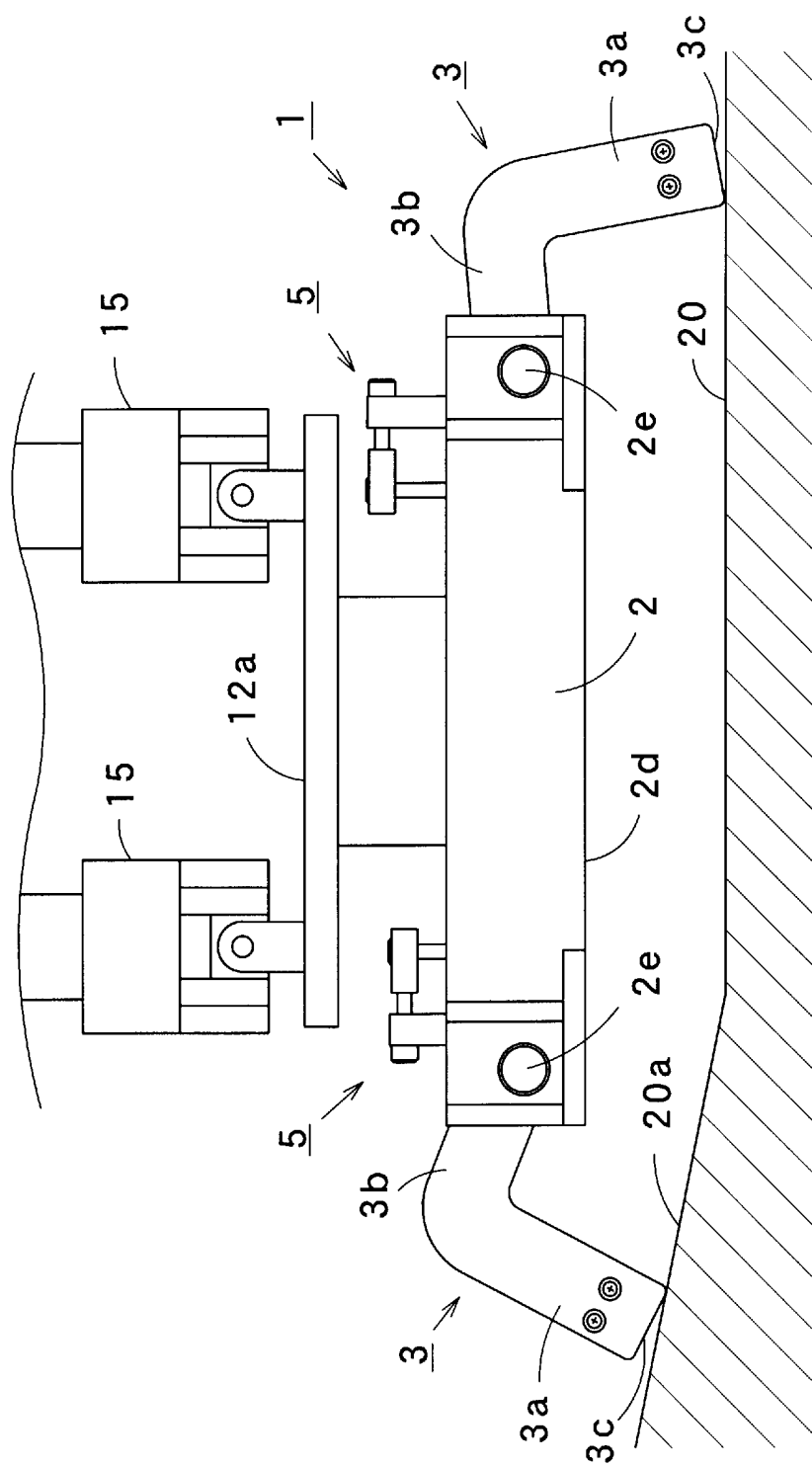
[図4]



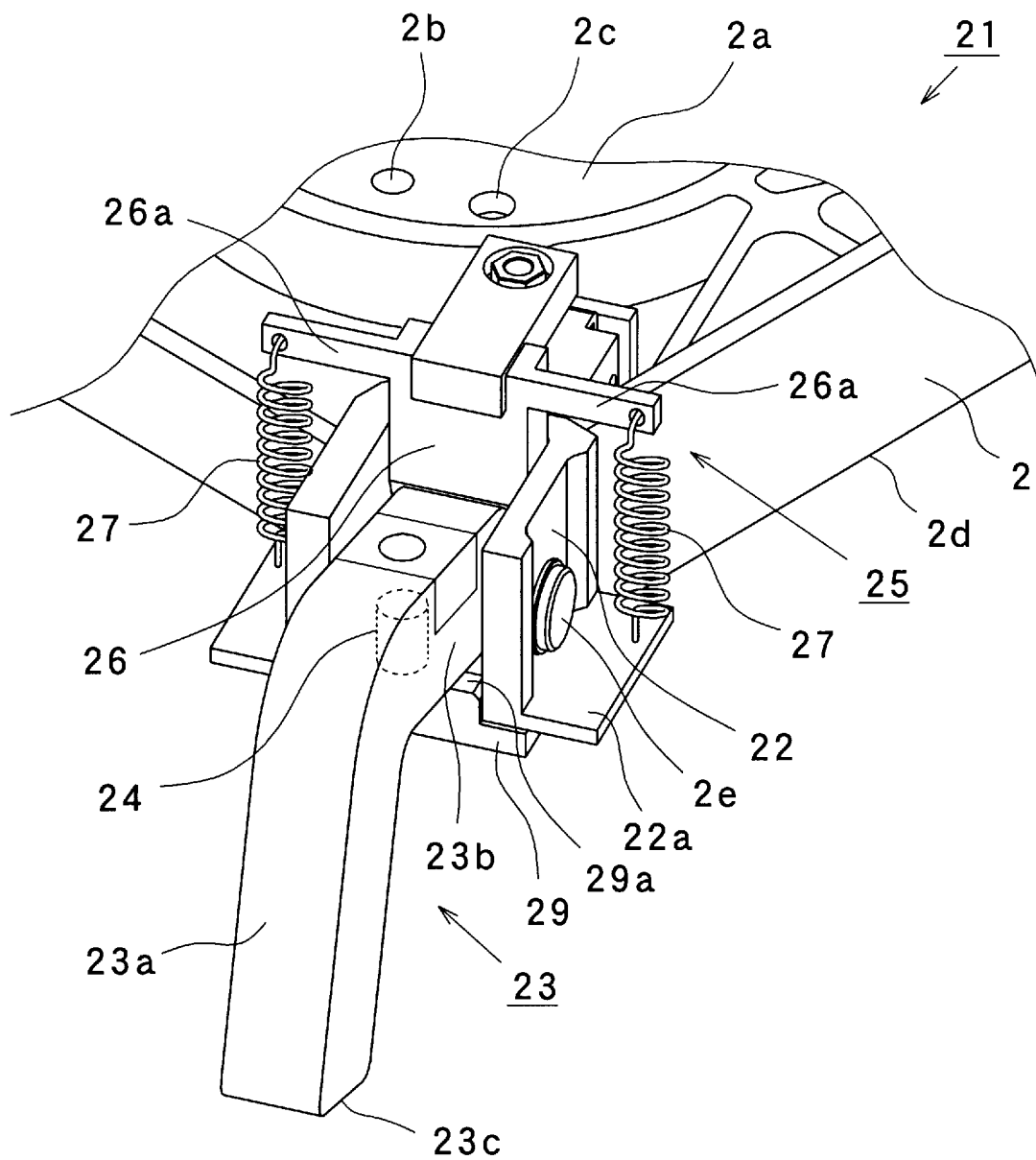
[図5]



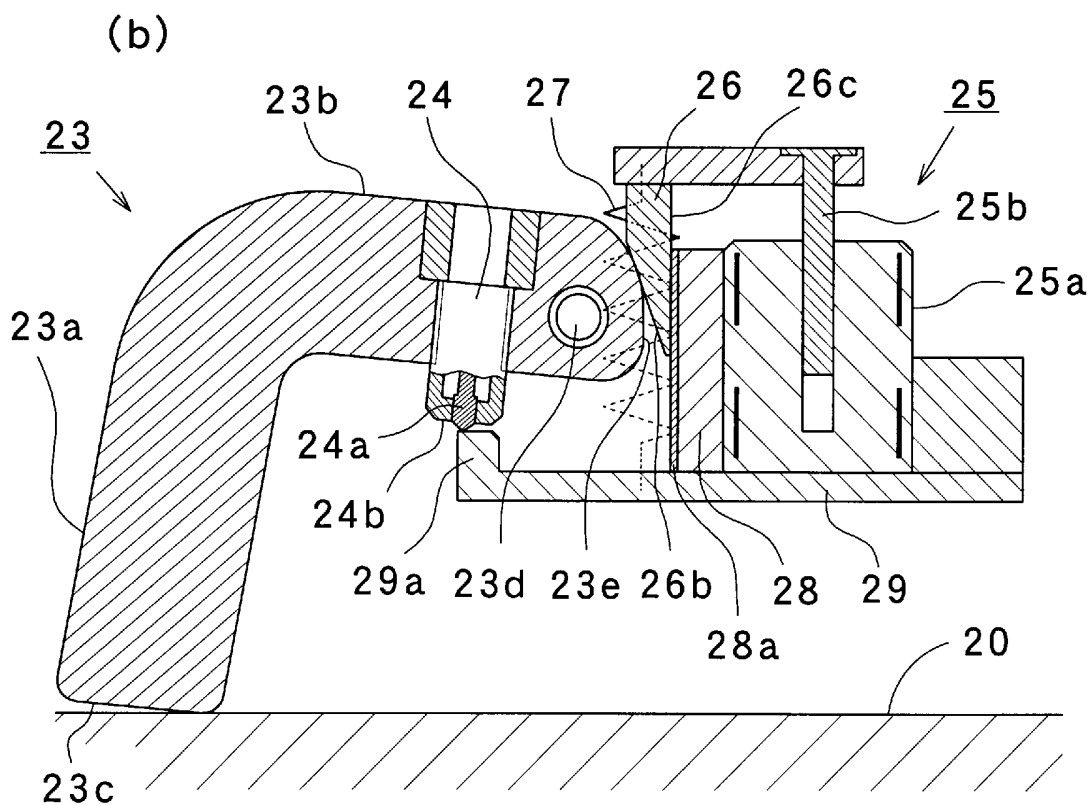
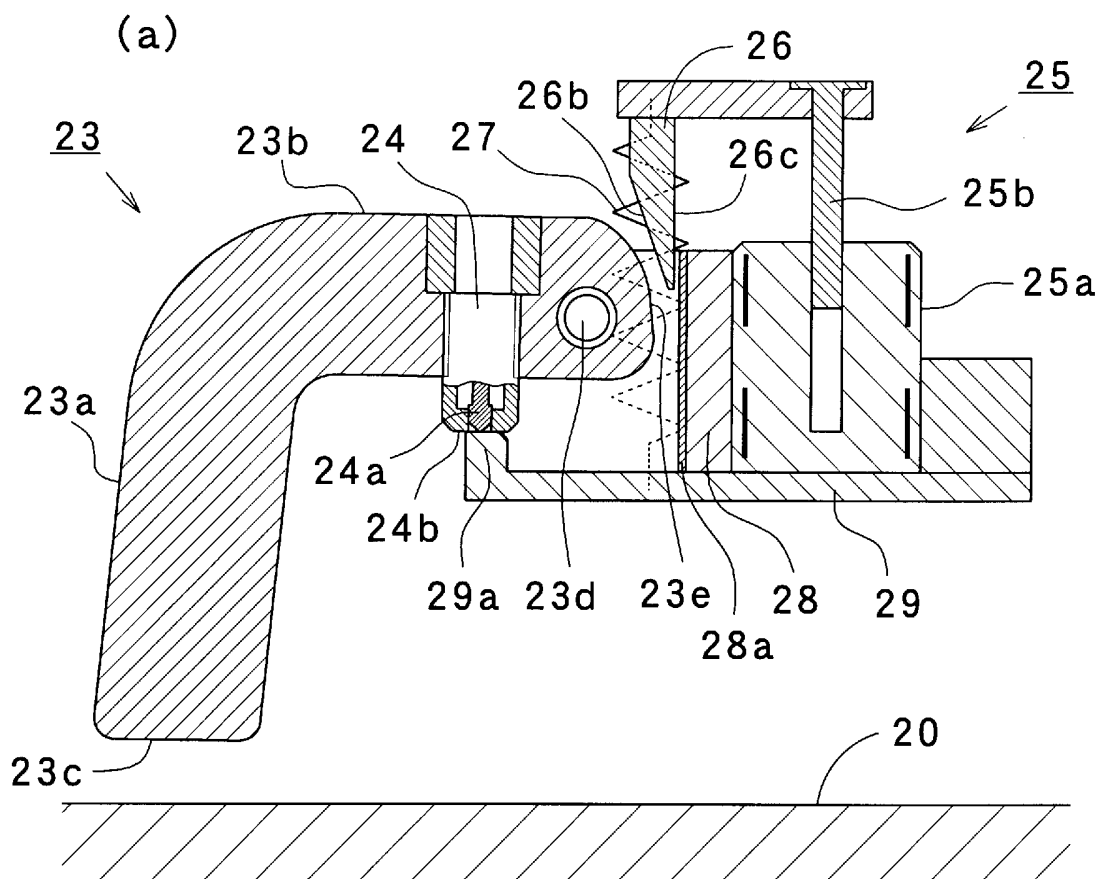
[図6]



[図7]



[図8]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/013882

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**B25J5/00** (2006.01), **B25J13/08** (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

**B25J1/00** (2006.01) - **B25J21/02** (2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-236782 A (Japan Science and Technology Corp.), 26 August, 2003 (26.08.03), Full text; all drawings & US 2005/0088131 A & EP 1477283 A1 & WO 2003/68462 A1	1-8
P, A	JP 2005-88166 A (Toyota Motor Corp.), 07 April, 2005 (07.04.05), Full text; all drawings (Family: none)	1-8

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
14 October, 2005 (14.10.05)Date of mailing of the international search report  
01 November, 2005 (01.11.05)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. <sup>7</sup> <b>B25J5/00</b> (2006.01), <b>B25J13/08</b> (2006.01)			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. <sup>7</sup> <b>B25J1/00</b> (2006.01) - <b>B25J21/02</b> (2006.01)			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2005年 日本国実用新案登録公報 1996-2005年 日本国登録実用新案公報 1994-2005年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
A	JP 2003-236782 A (科学技術振興事業団) 2003.08.26, 全文, 全図 & US 2005/0088131 A & EP 1477283 A1 & WO 2003/68462 A1	1-8	
P, A	JP 2005-88166 A (トヨタ自動車株式会社) 2005.04.07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8	
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 14.10.2005		国際調査報告の発送日 01.11.2005	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 八木 誠	3U   9348 電話番号 03-3581-1101 内線 3324