

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7549340号
(P7549340)

(45)発行日 令和6年9月11日(2024.9.11)

(24)登録日 令和6年9月3日(2024.9.3)

(51)国際特許分類		F I		
B 2 5 J	5/00 (2006.01)	B 2 5 J	5/00	F
B 6 2 D	57/032 (2006.01)	B 6 2 D	57/032	Z

請求項の数 17 (全16頁)

(21)出願番号	特願2020-212774(P2020-212774)	(73)特許権者	315014671 東京ロボティクス株式会社 東京都文京区水道一丁目12番15号
(22)出願日	令和2年12月22日(2020.12.22)	(74)代理人	100098899 弁理士 飯塚 信市
(65)公開番号	特開2022-99034(P2022-99034A)	(74)代理人	100163865 弁理士 飯塚 健
(43)公開日	令和4年7月4日(2022.7.4)	(72)発明者	松尾 雄希 東京都新宿区山吹町347 東京ロボティクス株式会社内
審査請求日	令和5年11月22日(2023.11.22)	(72)発明者	佐藤 高志 東京都新宿区山吹町347 東京ロボティクス株式会社内
		(72)発明者	佐久間 史朗 東京都新宿区山吹町347 東京ロボティクス株式会社内 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ロボット

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

本体部と、

床面上を移動する移動機構をそれぞれ含む、複数の移動機構部と、

1又は複数の関節部をそれぞれ備え、前記本体部と各前記移動機構部との間をそれぞれ結合する、複数の脚部と、を備えたロボットであって、

前記関節部は、インピーダンス制御により駆動される駆動軸を含み、

前記駆動軸は、前記関節部の現在姿勢を目標姿勢へと近付けるよう制御され、

前記目標姿勢は、前記床面と前記移動機構との間の理想的なトラクションをもたらす理想姿勢からバイアスされた姿勢である、ロボット。

【請求項2】

前記駆動軸は、前記関節部を前記目標姿勢に保持するよう弾性的に付勢されている、請求項1に記載のロボット。

【請求項3】

前記駆動軸は、前記ロボットの所定部位を目標位置へと配置するよう弾性的に付勢されている、請求項1に記載のロボット。

【請求項4】

前記移動機構部は、床面からの反力を検出する反力検出部をさらに備え、

前記駆動軸は、前記反力に基づいて、前記付勢の程度を調整される、請求項3に記載のロボット。

【請求項 5】

前記駆動軸は、前記ロボットの所定部位を目標位置へと配置し、前記脚部を目標姿勢へと保持するよう弾性的に付勢されている、請求項 1 に記載のロボット。

【請求項 6】

前記インピーダンス制御は、前記ロボットに対して固定的に設定された基準座標系を利用して行われる、請求項 1 に記載のロボット。

【請求項 7】

前記基準座標系は、前記ロボットのゼロモーメントポイントを中心とした座標系である、請求項 6 に記載のロボット。

【請求項 8】

前記関節部は、関節に負荷されるトルクを検出するトルク検出部をさらに備え、

前記インピーダンス制御は前記トルクに基づいて行われる、請求項 1 に記載のロボット。

【請求項 9】

前記脚部と前記移動機構部との間には多軸力覚センサが設けられ、

前記インピーダンス制御は、前記多軸力覚センサの検出値に応じて行われる、請求項 1 に記載のロボット。

【請求項 10】

前記インピーダンス制御は、剛性、減衰係数、目標位置又は目標姿勢のいずれかを変更することにより行われる、請求項 1 に記載のロボット。

【請求項 11】

各前記移動機構は、全方位に移動可能な移動機構である、請求項 1 に記載のロボット。

【請求項 12】

前記移動機構は、接地面に受動回転輪を備えた複数の駆動輪である、請求項 1.1 に記載のロボット。

【請求項 13】

前記駆動輪は 4 つであり、前記 4 つの駆動輪は独立制御される、請求項 1.2 に記載のロボット。

【請求項 14】

複数の前記移動機構部が連動することにより前記ロボットの全方向移動が実現される、請求項 1 に記載のロボット。

【請求項 15】

前記脚部は、歩行機能を有する、請求項 1 に記載のロボット。

【請求項 16】

前記本体部は、ロボットアームを含む、請求項 1 に記載のロボット。

【請求項 17】

前記本体部は、人型ロボットの上半身である、請求項 1 に記載のロボット。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、ロボット、特に、移動ロボットに関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、様々な移動ロボットの研究開発が進められている。

【0003】

例えば、既存の社会インフラの活用の観点から、二足歩行ロボットのような人間類似の脚部構造を有するロボットについて研究開発が進められている。

【0004】

また、物流の現場等においては、車輪等により高い移動性能を以て荷物を運搬する AGV (Automated Guided Vehicle) 等の移動台車ロボット又は無人搬送ロボット等が実用化されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

ところで、近年、両ロボットの移動上のメリットを兼ね備えた移動ロボット、すなわち、複数の脚部の先端に車輪等の移動機構を備えたロボットが開発されている。例えば、特許文献 1 には、複数の脚部の先端に全方向車輪を備えた脚車輪型ロボットが開示されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 文献 】 特開 2 0 1 4 - 1 6 1 9 9 1 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、従前のこの種の移動ロボットにおいては、その姿勢の保持制御が困難であることから、安定的な移動が困難であった。

【 0 0 0 8 】

図 1 0 は、脚部の先端に車輪を有するロボット 9 0 0 を正面から見た場合の模式図である。同図において、ロボット本体部 9 1 0 は、床面と車輪 9 2 1 を介して接地する左右一对の脚部 9 3 0 により支持されている。脚部 9 3 0 は、それぞれ、2 つの関節部 9 3 1、9 3 3、車輪を支持する先端部 9 2 0、それらの間を連結するリンクから構成されている。

【 0 0 0 9 】

同図の状態を前提として、一般的な位置制御を適用して、ロボットの姿勢を保持する制御を行うことを考える。

【 0 0 1 0 】

このとき、例えば、車輪 9 2 1 に速度制御等を適用し、関節部 9 3 1、9 3 3 に含まれる軸のすべてを位置制御による駆動軸とすると、いずれの関節も所謂サーボロック状態となるため過剰拘束となり、多少の制御誤差等が生じた場合には、ロボット 9 0 0 を構成する構造部材等に過大な応力が生じる可能性等があった。また、何らかの原因で車輪 9 2 1 が浮いてしまったような場合には、浮いた車輪 9 2 1 と床面との間のトラクションが無くなり、適切な移動が困難となるおそれがあった。

【 0 0 1 1 】

一方、このような過剰拘束を回避しようとするれば、関節部 9 3 1、9 3 3 の一部のみを駆動軸とし、他の軸を受動軸（所謂フリージョイント状態）とすることも考え得る。しかしながら、このような構成とすれば、何らかの原因により車輪 9 2 1 が浮いてしまったような場合には、受動軸が重力等の影響により回動して姿勢が崩れてしまい、復帰は困難となるおそれがあった。

【 0 0 1 2 】

本発明は上述の技術的背景に鑑みてなされたものであり、その目的は、複数の脚部の先端に移動機構部を備えて移動するロボットにおいて、安定的な移動を実現することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 3 】

上述の技術的課題は、以下の構成を有するロボット等により解決することができる。

【 0 0 1 4 】

すなわち、本発明に係るロボットは、本体部と、床面上を移動する移動機構をそれぞれ含む、複数の移動機構部と、1 又は複数の関節部をそれぞれ備え、前記本体部と各前記移動機構部との間をそれぞれ結合する、複数の脚部と、を備えたロボットであって、前記関節部は、インピーダンス制御により駆動される駆動軸を含む、ものである。

【 0 0 1 5 】

このような構成によれば、関節部に含まれる駆動軸がインピーダンス制御されているので、複数の移動機構部を備えて移動するロボットにおいて、移動機構部が接地面に倣うような動作を実現することができる。これにより、例えば、過剰拘束による内部応力の発生

10

20

30

40

50

等を防止することができる。また、移行機構部と接地面との間のトラクションを確保することができる。すなわち、複数の脚部の先端に移動機構部を備えて移動するロボットにおいて、安定的な移動を実現することができる。

【0016】

前記駆動軸は、前記関節部を目標姿勢に保持するよう弾性的に付勢されている、ものであってもよい。

【0017】

このような構成によれば、関節部がインピーダンス制御により目標姿勢を保持するよう弾性的に付勢されているので、外力等が働いても直ちに目標姿勢へと復帰することができる。

10

【0018】

前記関節部は、前記関節部の現在姿勢を検出する関節姿勢検出機構をさらに備え、前記駆動軸は、前記現在姿勢を前記目標姿勢へと近付けるよう制御されている、ものであってもよい。

【0019】

このような構成によれば、姿勢の変化を関節部の現在姿勢に基づいて検出し、直ちに目標姿勢へと復帰させることができる。

【0020】

前記目標姿勢は、自重により発生するモーメントを打ち消すよう理想姿勢から若干ずらされたバイアス姿勢であってもよい。

20

【0021】

このような構成によれば、目標姿勢は自重により発生するモーメントを打ち消すように理想姿勢から若干ずらしたバイアス姿勢とされているので、理想姿勢への復帰がより容易となる。

【0022】

前記駆動軸は、前記ロボットの所定部位を目標位置へと配置するよう弾性的に付勢されている、ものであってもよい。

【0023】

このような構成によれば、外力等が働いてもロボットの所定部位を常に所定位置に復帰させることができる。

30

【0024】

前記移動機構部は、床面からの反力を検出する反力検出部をさらに備え、前記駆動軸は、前記反力に基づいて、前記付勢の程度を調整される、ものであってもよい。

【0025】

このような構成によれば、例えば、移動機構部の浮きやそのおそれを検出して、それを未然に防止し又はその影響を最小化することができる。

【0026】

前記駆動軸は、前記ロボットの所定部位を目標位置へと配置し、前記脚部を目標姿勢へと保持するよう弾性的に付勢されている、ものであってもよい。

【0027】

このような構成によれば、ロボットの所定部位を所定位置、脚部を所定姿勢へと保持することができるので、安定的な所望の移動を実現することができる。

40

【0028】

前記インピーダンス制御は、前記ロボットに対して固定的に設定された基準座標系を利用して行われる、ものであってもよい。

【0029】

このような構成によれば、インピーダンス制御を基準座標系にて行うことができる。

【0030】

前記基準座標系は、前記ロボットのゼロモーメントポイントを中心とした座標系である、ものであってもよい。

50

【 0 0 3 1 】

このような構成によれば、ロボットの中央付近に通常配置されるゼロモーメントポイントを中心とした座標系で演算を行うことができる。

【 0 0 3 2 】

前記関節部は、関節に負荷されるトルクを検出するトルク検出部をさらに備え、前記インピーダンス制御は前記トルクに基づいて行われる、ものであってもよい。

【 0 0 3 3 】

このような構成によれば、関節トルクに基づいて、位置や姿勢の制御を行うことができる。

【 0 0 3 4 】

前記脚部と前記移動機構部との間には多軸力覚センサが設けられ、前記インピーダンス制御は、前記多軸力覚センサの検出値に応じて行われる、ものであってもよい。

【 0 0 3 5 】

このような構成によれば、各関節にセンサを設けずとも、多軸力覚センサの検出値に基づいて、位置や姿勢の制御を行うことができる。

【 0 0 3 6 】

前記インピーダンス制御は、剛性、減衰係数、目標位置又は目標姿勢のいずれかを変更することにより行われる、ものであってもよい。

【 0 0 3 7 】

このような構成によれば、剛性や減衰係数以外にも目標位置又は姿勢も変更の対象としてインピーダンス制御を行うことができる。

【 0 0 3 8 】

各前記移動機構は、全方位に移動可能な移動機構であってもよい。

【 0 0 3 9 】

このような構成によれば、全方向移動可能な複数の移動機構を備えるロボットにおいても安定的な移動を実現することができる。

【 0 0 4 0 】

前記移動機構は、接地面に受動回転輪を備えた複数の駆動輪であってもよい。

【 0 0 4 1 】

このような構成によれば、接地面に受動回転輪を備えた駆動輪を駆動することにより、全方向移動を実現することができる。

【 0 0 4 2 】

前記駆動輪は4つであり、前記4つの駆動輪は独立制御される、ものであってもよい。

【 0 0 4 3 】

このような構成によれば、4つの駆動輪の独立な制御により全方向移動を実現することができる。

【 0 0 4 4 】

複数の前記移動機構部が連動することにより前記ロボットの全方向移動が実現される、ものであってもよい。

【 0 0 4 5 】

このような構成によれば、各移動機構部自身は全方向移動出来なくとも、各移動機構部が連動することにより全方向移動を実現することができる。これにより、各移動機構部を軽量・コンパクトな設計とすることができる。

【 0 0 4 6 】

前記脚部は、歩行機能を有する、ものであってもよい。

【 0 0 4 7 】

このような構成によれば、歩行と車輪等による床面上の移動の両方を実現することができる。

【 0 0 4 8 】

前記本体部は、ロボットアームを含む、ものであってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

このような構成によれば、安定的な移動を行うことが出来るロボットアームを実現することができる。

【 0 0 5 0 】

前記本体部は、人型ロボットの上半身であってもよい。

【 0 0 5 1 】

このような構成によれば、移動性能の高い人型ロボットを実現することができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 5 2 】

本発明によれば、複数の脚部の先端に移動機構部を備えて移動するロボットにおいて、安定的な移動を実現することができる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 3 】

【 図 1 】 図 1 は、第 1 の実施形態に係るロボットの構造を表す模式図である。

【 図 2 】 図 2 は、先端部の裏面の構成図である。

【 図 3 】 図 3 は、変形例に係る先端部の裏面図である。

【 図 4 】 図 4 は、インピーダンス制御の基本的な流れに関するフローチャートである。

【 図 5 】 図 5 は、第 1 関節部が第 2 関節部より外側にある脚部において、目標姿勢を理想姿勢から若干ずらした姿勢とする例についての説明図である。

【 図 6 】 図 6 は、第 1 関節部が第 2 関節部より内側にある脚部において、目標姿勢を理想姿勢から若干ずらした姿勢とする例についての説明図である。

20

【 図 7 】 図 7 は、剛性調整に関するフローチャートである。

【 図 8 】 図 8 は、剛性の調整に関する概念図である。

【 図 9 】 図 9 は、種々の手法を組み合わせた制御に関する説明図である。

【 図 1 0 】 図 1 0 は、脚部の先端に車輪を有するロボットを正面から見た場合の模式図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 5 4 】

以下、本発明の好適な実施の形態について添付の図を参照しつつ詳細に説明する。

【 0 0 5 5 】

30

(1 . 第 1 の実施形態)

第 1 の実施形態として、本発明を、左右一対の脚部の先端に移動機構を備えたロボット 1 0 0 に対して適用した例について説明する。なお、本実施形態においては、左右一対の脚部を有することとして説明するが、本発明はこのような構成に限定されない。従って、例えば、3 本以上の脚部を有するロボット等にも適用可能である。

【 0 0 5 6 】

(1 . 1 構成)

図 1 は、第 1 の実施形態に係るロボット 1 0 0 の構造を表す模式図である。同図から明らかな通り、ロボット 1 0 0 は、本体部 1 0 を備えており、本体部 1 0 は、左右一対の脚部 3 0 と連結されて支持されている。

40

【 0 0 5 7 】

なお、本体部 1 0 の形状は説明のための例示であって、例えば、人型ロボットの上半身乃至上半身へと至る胴部等であり得る。また、本体部 1 0 には様々な他の装置や機構が搭載又は結合されてもよく、例えば、ロボットアーム等の機構やカメラ等のセンサが備えられてもよい。特に、ロボット 1 0 0 が人型である場合には、胴部と胴部の左右に備えられた双腕のロボットアームと、胴部の上端に結合された頭部、頭部に備えられるカメラ等が搭載されてもよい。

【 0 0 5 8 】

脚部 3 0 は、床面と接地する車輪 2 1 を支持する先端部 2 0 と、先端部 2 0 から近い順に、第 1 の関節部 3 1 及び第 2 の関節部 3 3、及び、それらの間を連結するリンク部材と

50

から構成されている。なお、先端部 20 と車輪 21 とを合わせて、移動台車部等と称呼してもよい。

【0059】

本実施形態においては、第 1 の関節部 31 と第 2 の関節部 33 には、関節部の回動制御のため、サーボモータと、サーボモータの出力を減速した軸である駆動軸が配置されている。後述の通り、この駆動軸を制御することにより、姿勢の制御等が可能となる。なお、駆動軸は減速を介さずサーボモータの出力軸であってもよい。

【0060】

また、第 1 の関節部 31 と第 2 の関節部 33 には、関節角度を検出するための角度検出センサと、関節角度に負荷されるトルクを検出するトルク検出センサが備えられている。これらのセンサからの検出値に基づいて後述の制御が行われる。

【0061】

なお、脚部 30 は、二足歩行と車輪 21 による走行の両方を可能に構成されていてもよい。このような構成によれば、高い移動性を有するロボット 100 を実現することができる。

【0062】

また、図 1 においては、各先端部 20 に対して 1 つの車輪 21 が備えられるものとして描かれているものの、これは模式的に表したものであって、実際には先端部 20 の床面側の面（裏面）には 4 つの車輪 21 が接地している。

【0063】

図 2 は、先端部 20 の裏面の構成図である。同図から明らかな通り、先端部 20 は、断面長方形であり、その四方の角には、サーボモータ等により駆動されるそれぞれ 4 つの車輪 21 a ~ 21 d（駆動輪）が備えられている。また、各車輪の接地面には、略樽形状を有する複数の受動輪 22 が備えられている。

【0064】

当業者に知られるように、この 4 つの車輪 21 a ~ 21 d が独立に制御されることにより、ロボット 100 は、全ての方向へと自在に移動することができる。なお、先端部 20 の裏面の構成はこのような構成に限定されない。従って、例えば、車輪の他にバッテリー等の他の部品を搭載等してもよい。

【0065】

本実施形態において、床面上を走行する移動機構として、所謂メカナムホイールである車輪 21 を例示したものの、このような移動機構に限定されない。従って、例えば、オムニホイール等全方向に移動可能な他の移動機構を採用してもよい。また、移動機構は、単独で全方向での移動が出来ないものであっても複数の移動機構が連動することにより全方向へ移動可能となる機構であってもよい。

【0066】

図 3 は、複数の移動機構が連動することで初めて全方向への移動が可能となる移動機構の変形例に係る先端部 70 の裏面図である。同図から明らかな通り、先端部 70 の裏面には、図中上下に 2 つの駆動輪 71 a、71 b が配置されている。また、各駆動輪 71 a、71 b の接地面には略樽形状を有する受動輪 72 が多数配置されている。このような構成を左右一対の脚部 30 の先端に設けることで、ロボット 100 は全方向への移動が可能となる。このような構成によれば、脚部 30 を軽量化、コンパクト化することができる。

【0067】

なお、本実施形態において、ロボット 100 の動作を制御するコントローラは、本体部 10 に格納されている。しかしながら、コントローラの配置はこのような例に限定されず、ロボット 100 の他の部位、或いは、ロボット 100 の外部に配置されてもよい。また、コントローラは、さらに、ロボット 100 の内部又は外部に配置される情報処理装置と有線又は無線により接続されてもよい。

【0068】

(1 . 2 動作)

10

20

30

40

50

次に、上述の構成を備えたロボット100の動作について説明する。

【0069】

(1.2.1 基本的動作)

まず、ロボット100において実行される基本的な動作の流れについて説明し、その後、詳細な実施例について説明する。

【0070】

図4は、ロボット100に備えられたコントローラにおいて行われるインピーダンス制御の基本的な流れに関するフローチャートである。同図から明らかな通り、インピーダンス制御処理が開始すると、角度検出センサとトルク検出センサからそれぞれセンサ検出値を取得する処理が行われる(S1)。

10

【0071】

このセンサ検出値の取得処理の後、センサ信号に基づいて現在状態、すなわち、関節部乃至ロボット100の現在位置及び現在姿勢を生成する処理が行われる(S3)。

【0072】

その後、所定の目標状態、すなわち、目標位置及び目標姿勢を読み出すと共に、目標状態と現在状態に基づいて、インピーダンス制御信号が生成される(S5)。より詳細には、インピーダンス制御のための制御信号は、バネマスダンパモデルに関する以下の式に基づいて生成される。

【0073】

【数1】

20

$$\tau = M\ddot{x}_d + D(\dot{x}_d - \dot{x}) + K(x_d - x)$$

【0074】

なお、 x_d は目標状態、 x は現在状態を表している。また、 τ は制御により生成すべき力を表し、 M は慣性、 D は減衰係数(粘性)、 K はバネ定数(剛性)を表している。

【0075】

このように生成された力 τ を生成する各駆動軸の駆動値を各駆動軸へと送信して(S7)、当該値に基づいて電流制御等を行うことにより、インピーダンス制御が実現される。その後、処理は再びセンサ信号の取得処理(S1)へと戻り、以後、一連の処理が繰り返される。

30

【0076】

以上のような基本的動作を行うロボット100において、必要な場合には割込処理により、上述の数式の各パラメータを様々な条件に応じて変更することにより、最適なインピーダンス制御が実行される。以下では、インピーダンス制御の実施例について説明する。

【0077】

なお、本実施形態においては、位置を入力として力を出力とする狭義のインピーダンス制御を行うものとして説明したが、本発明は、広義のインピーダンス制御を包含するものであり、このような構成に限定されない。従って、例えば、力を入力として位置を出力とするアドミッタンス制御等が実行されてもよい。

40

【0078】

また、以上の計算は、関節座標系等を基準としてもよいし、ロボット100に対して固定された他の座標系を基準としてもよい。なお、ロボット100に対して固定された座標系として、例えば、ロボット100のゼロモーメントポイントを中心とした座標系としてもよい。

【0079】

(1.2.2 目標姿勢のバイアス)

図5及び図6を参照しつつ、インピーダンス制御されるロボット100において、目標

50

姿勢（ X_d ）を所定の態様とすることにより理想姿勢を実現しようとする例について説明する。

【0080】

図5は、第1の関節部31が第2の関節部33より外側にある脚部30において、目標姿勢を理想姿勢から若干ずらした姿勢とする例についての説明図である。なお、理想姿勢とは、本例においては、車輪21との適切なトラクションを確保する観点から、車輪21を床面に対して垂直に配置する姿勢である。

【0081】

図5(a)は、本例に係る目標姿勢を表している。同図から明らかな通り、本例においては、目標姿勢は、車輪21を床面に対して若干外側に倒すように傾けてバイアスされている（所謂ネガティブキャンバ）。このとき、各関節部31、33は、インピーダンス制御されており、より詳細には、同図に示される仮想バネ51、52のように各関節部31、33は目標姿勢へと復帰するよう付勢されている。このとき、仮想バネのバネ定数（ K ）は、目標姿勢に復帰するのに必要な程度の適切な値に設定されている。例えば、仮想バネ51、52により生じるバネ張力により接地面において生じるモーメントが本体部10の自重等により接地面において生じるモーメントよりやや小さくなる値に設定されている。

10

【0082】

図5(b)は、同図(a)で示された制御の結果となる実際の姿勢を表している。同図から明らかな通り、本例に係る制御を行えば、車輪21を床面に対して垂直に配置する姿勢乃至それと近似した姿勢となっている。

20

【0083】

このような構成によれば、インピーダンス制御により目標姿勢へと付勢された各関節部31、33において予め目標姿勢がバイアスされていることから、仮想バネ51、52により生じる張力により接地面において生じるモーメントと本体部10の自重等により接地面において生じるモーメントとが互いに相殺され、その結果、接地姿勢を理想的な姿勢へと導くことができる。すなわち、車輪21と床面との間のトラクションを適切に確保して、ロボット100の安定的な移動を実現することができる。

【0084】

図6は、第1の関節部31が第2の関節部33より内側にある脚部30において、目標姿勢を理想姿勢から若干ずらした姿勢とする例についての説明図である。なお、理想姿勢とは、本例においても、車輪21との適切なトラクションを確保する観点から、車輪21を床面に対して垂直に配置する姿勢である。

30

【0085】

図6(a)は、本例に係る目標姿勢を表している。同図から明らかな通り、本例においては、目標姿勢は、車輪21を床面に対して若干内側に倒すように傾けてバイアスされている（所謂ポジティブキャンバ）。このとき、各関節部31、33は、インピーダンス制御されており、より詳細には、同図に示される仮想バネ53、54のように各関節部31、33は目標姿勢へと復帰するよう付勢されている。このとき、仮想バネ53、54のバネ定数（ K ）は、目標姿勢に復帰するのに必要な程度の適切な値に設定されている。例えば、仮想バネ53、54により生じるバネ張力により接地面において生じるモーメントが本体部10の自重等により接地面において生じるモーメントよりやや小さくなる値に設定されている。

40

【0086】

図6(b)は、同図(a)で示された制御の結果となる実際の姿勢を表している。同図から明らかな通り、本例に係る制御を行えば、車輪21を床面に対して垂直に配置する姿勢乃至それと近似した姿勢となっている。

【0087】

このような構成によれば、関節部31、33に含まれる駆動軸がインピーダンス制御されているので、複数の脚部30と車輪21を備えて移動するロボット100において、車輪21が接地面に倣うような動作を実現することができる。これにより、例えば、過剰拘

50

束による内部応力の発生等を防止することができる。また、車輪 2 1 と接地面との間のトラクションを確保することができる。すなわち、複数の脚部 3 0 の先端に車輪 2 1 等の移動機構部を備えて移動するロボット 1 0 0 において、安定的な移動を実現することができる。

【 0 0 8 8 】

このような構成によれば、インピーダンス制御により目標姿勢へと付勢された各関節部 3 1、3 3 において予め目標姿勢がバイアスされていることから、仮想バネにより生じる張力により接地面において生じるモーメントと本体部 1 0 の自重等により接地面において生じるモーメントとが互いに相殺され、その結果、接地姿勢を理想的な姿勢へと導くことができる。すなわち、車輪 2 1 と床面との間のトラクションを適切に確保して、ロボット 1 0 0 の安定的な移動を実現することができる。

10

【 0 0 8 9 】

なお、本例においては、床面と車輪 2 1 との関係を垂直とする姿勢を理想姿勢としたが、他の部位を理想姿勢とするような構成としてもよい。

【 0 0 9 0 】

(1 . 2 . 3 インピーダンス制御パラメータの変更処理)

次に、図 7 及び図 8 を参照しつつ、ロボット 1 0 0 の第 2 の関節部 3 3 の位置に基づいて、インピーダンス制御のパラメータを変更する例について説明する。

【 0 0 9 1 】

図 7 は、本実施形態に係る剛性調整に関するフローチャートである。同図から明らかな通り、処理が開始すると、まず、コントローラ又は情報処理装置において、各関節部 3 1、3 3 の角度検出センサの検出値に基づいて、ロボット 1 0 0 の現在姿勢及び重心位置が生成される (S 8 1)。その後、現在姿勢及び重心位置と、ロボット 1 0 0 の重量情報等のパラメータから、各脚部 3 0 において床面から受けるべき理想反力 (F 1、F 2) が計算される (S 8 2)。

20

【 0 0 9 2 】

理想反力 (F 1、F 2) の計算後、各関節部 3 1、3 3 に備えられたトルク検出センサの検出値に基づいて各関節に負荷されるトルクが検出される。この各関節からのトルクに基づいて、各脚部 3 0 の接地面において実際に生じている反力、すなわち、実反力 (R 1、R 2) が計算される (S 8 4)。

30

【 0 0 9 3 】

その後、算出した理想反力と実反力との差分 (F 1 - R 1、F 2 - R 2) が計算される (S 8 5)。この差分が正である場合 (S 8 7 Y E S)、すなわち、その脚部 3 0 は浮き気味乃至浮いていると判定される場合、それを抑制するよう剛性パラメータ (K) を変更する処理が実行される (S 8 8)。一方、差分が負である場合 (S 8 7 N O)、すなわち、その脚部 3 0 が過荷重状態にある場合、それを抑制するよう剛性パラメータ (K) を変更する処理が実行される (S 8 9)。このような変更処理が行われると、変更されたパラメータに基づいてインピーダンス制御が行われる。いずれの場合であっても、変更処理完了後、処理は最初に戻り、一連の処理が繰り返される。

【 0 0 9 4 】

図 8 は、本例に係る剛性の調整に関する概念図である。

40

【 0 0 9 5 】

図 8 (a) は、剛性の調整前の状態について示す図である。同図から明らかな通り、本例においては、インピーダンス制御により、第 2 の関節部 3 3 を床面に対して所定の位置又は高さに保持しようとする左右の仮想バネ 5 6、5 7 が設定されている。また、同図の例にあっては、車輪 2 1 は、床面から距離 $d (> 0)$ だけ離れて浮いており、床面との間でトラクションが効かない状態にある。このとき、差分 (F 1 - R 1) は正となるため (S 8 7 Y E S)、剛性 (K) の変更処理が行われる (S 8 8)。より具体的には、本例にあっては、右側の仮想バネ 5 7 の剛性を小さくする又は弱める処理が行われる。

【 0 0 9 6 】

50

図 8 (b) は、剛性の調整後の状態について示す図である。同図から明らかな通り、右側の仮想バネ 5 7 の剛性を小さくしたことにより、浮いていた脚部 3 0 が直ちに接地していることが分かる。

【 0 0 9 7 】

このような構成によれば、関節部 3 1、3 3 に含まれる駆動軸がインピーダンス制御されているので、複数の脚部 3 0 と車輪 2 1 を備えて移動するロボット 1 0 0 において、車輪 2 1 が接地面に倣うような動作を実現することができる。これにより、例えば、過剰拘束による内部応力の発生等を防止することができる。また、車輪 2 1 と接地面との間のトラクションを確保することができる。すなわち、複数の脚部 3 0 の先端に車輪 2 1 等の移動機構部を備えて移動するロボット 1 0 0 において、安定的な移動を実現することができる。

10

【 0 0 9 8 】

また、このような構成によれば、脚部 3 0 の浮きやそのおそれを検出して、それを未然に防止し又はその影響を最小化することができる。

【 0 0 9 9 】

(1 . 2 . 4 組み合わせによる制御)

次に、図 9 を参照しつつ、上述の目標姿勢をバイアスさせる構成と、制御パラメータの変更処理を組み合わせた例について説明する。

【 0 1 0 0 】

図 9 は、本例に係るロボット 2 0 0 の制御に関する説明図である。同図から明らかな通り、ロボット 2 0 0 は、図 1 で示したロボット 1 0 0 と略同一の構成を有しているものの、脚部 1 3 0 が第 1 ~ 第 6 の 6 つの関節部 1 3 1 ~ 1 3 6 とそれに対応する 6 軸の駆動軸を備えている点において相違する。また、ロボット 2 0 0 の本体部 1 1 0 近傍に配置されるゼロモーメントポイント (図中央の Z 軸と Y 軸の交差点) を中心とした基準座標系を前提としてインピーダンス制御が実行される。

20

【 0 1 0 1 】

同図から明らかな通り、本例においては、目標姿勢は、車輪 2 1 を床面に対して若干外側に倒すように傾けてバイアスされている (所謂ネガティブキャンバ) 。このとき、各関節部 1 3 1 ~ 1 3 6 は、インピーダンス制御されており、より詳細には、同図に示される仮想バネ 1 5 1 のように各関節部 1 3 1 ~ 1 3 6 は目標姿勢へと復帰するよう付勢されている。このとき、仮想バネ 1 5 1 のバネ定数 (K) は、目標姿勢に復帰するのに必要な程度の適切な値に設定されている。例えば、仮想バネ 1 5 1 により生じるバネ張力により接地面において生じるモーメントが本体部 1 0 の自重等により接地面において生じるモーメントよりやや小さくなる値に設定されている。

30

【 0 1 0 2 】

また、本例においては、インピーダンス制御により、ゼロモーメントポイントを床面に対して所定の位置又は高さに保持しようとする左右の仮想バネ 1 5 2 が設定されている。この状態において、上述の方法により、車輪 1 2 1 と床面との間の理想反力と実反力が計算され、その差分に基づいて、仮想バネ 1 5 2 の剛性パラメータが変更される。

【 0 1 0 3 】

すなわち、このような構成によれば、各関節部 1 3 1 ~ 1 3 6 に含まれる駆動軸がインピーダンス制御されているので、複数の移動機構部を備えて移動するロボットにおいて、車輪 1 2 1 が接地面に倣うような動作を実現することができる。これにより、例えば、過剰拘束による内部応力の発生等を防止することができる。また、車輪 1 2 1 と接地面との間のトラクションを確保することができる。すなわち、複数の脚部の先端に移動機構部を備えて移動するロボットにおいて、安定的な移動を実現することができる。

40

【 0 1 0 4 】

(2 . 変形例)

上述の実施形態においては、インピーダンス制御のパラメータとして剛性を変更する処理について説明したが、減衰係数等、他のパラメータを変更する処理としてもよい。

50

【 0 1 0 5 】

上述の実施形態においては、関節部に備えられたトルク検出を行うことにより左右の脚部にかかる荷重や反力等を計算したが、本発明はこのような構成に限定されない。従って、例えば、脚部と先端部との間に6軸力覚センサを設ける等してもよい。

【 0 1 0 6 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。また、上記の実施形態は、矛盾が生じない範囲で適宜組み合わせ可能である。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 0 7 】

本発明は、少なくとも移動ロボットを製造する産業において利用可能である。

【符号の説明】

【 0 1 0 8 】

1 0 本体部

2 0 先端部

2 1 車輪（駆動輪）

2 2 受動輪

3 0 脚部

3 1 第1の関節部

3 2 第2の関節部

5 1 仮想バネ

5 2 仮想バネ

5 3 仮想バネ

5 4 仮想バネ

5 6 仮想バネ

5 7 仮想バネ

7 0 先端部

7 1 車輪（駆動輪）

7 2 受動輪

1 0 0 ロボット

1 1 0 本体部

1 2 0 先端部

1 2 1 車輪（駆動輪）

1 3 0 脚部

1 3 1 第1の関節部

1 3 2 第2の関節部

1 3 3 第3の関節部

1 3 4 第4の関節部

1 3 5 第5の関節部

1 3 6 第6の関節部

1 5 1 仮想バネ

1 5 2 仮想バネ

2 0 0 ロボット

10

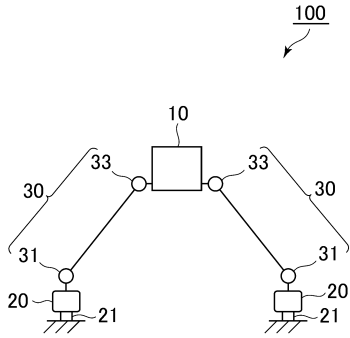
20

30

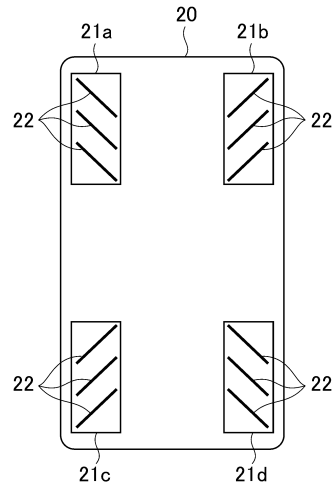
40

50

【図面】
【図 1】

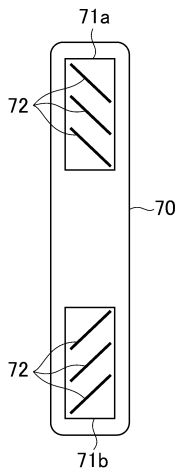


【図 2】

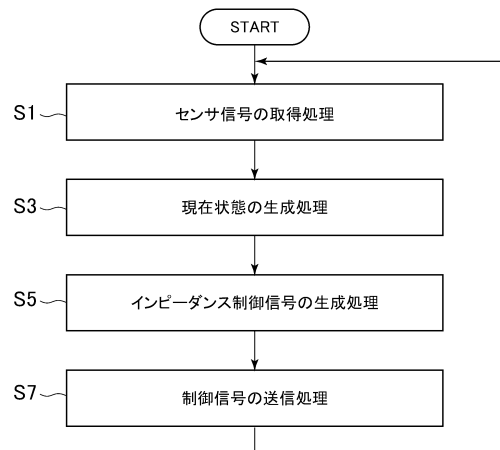


10

【図 3】



【図 4】



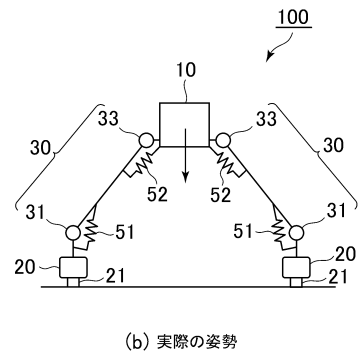
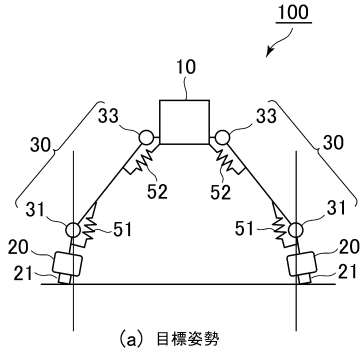
20

30

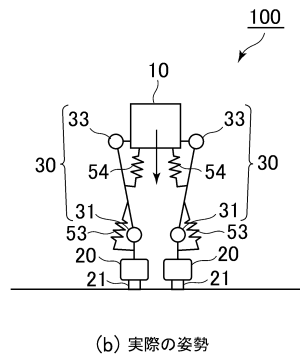
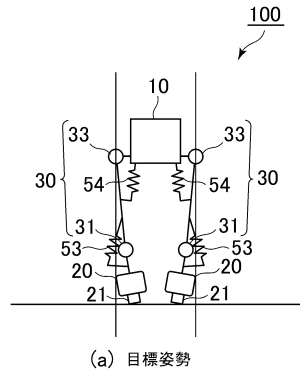
40

50

【図5】



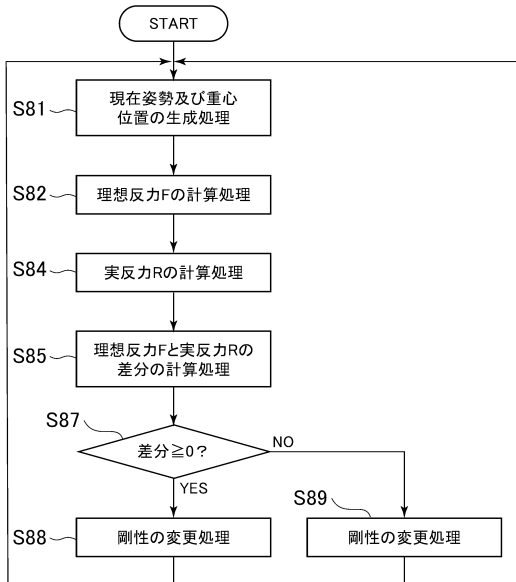
【図6】



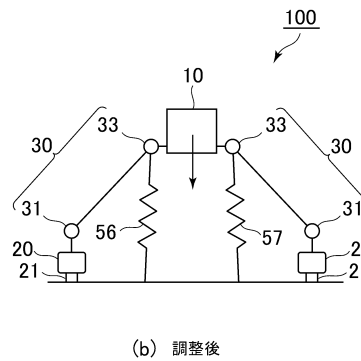
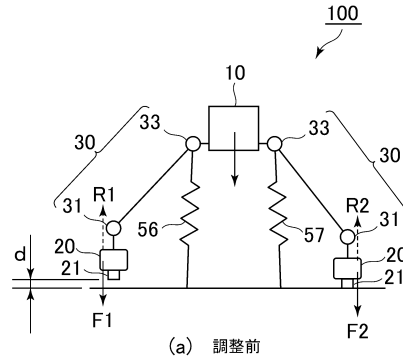
10

20

【図7】



【図8】

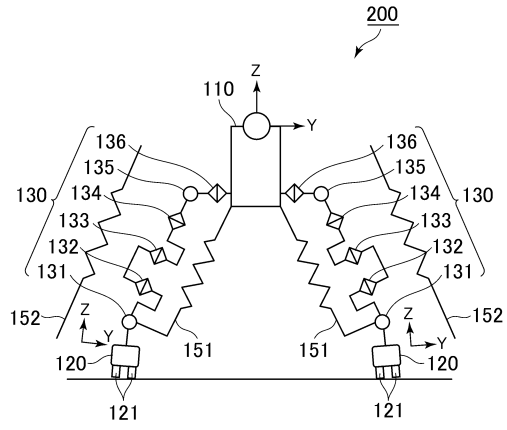


30

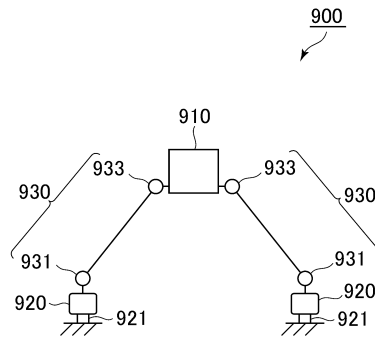
40

50

【 図 9 】



【 図 10 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

イクス株式会社内

審査官 尾形 元

- (56)参考文献 特開2009-154256(JP,A)
国際公開第2020/184318(WO,A1)
特開2009-113135(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B25J 5/00
B62D 57/032