

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード [*] (参考)
B25J 5/00		B25J 5/00	C 2C150
A63H 11/00		A63H 11/00	Z 3C007

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全12頁)

(21)出願番号 特願2002 - 66321(P 2002 - 66321)

(22)出願日 平成14年3月12日(2002.3.12)

特許法第30条第3項適用申請有り 平成13年9月15日～16日 財団法人川崎市産業振興財団主催の「ロボフェスタ神奈川2001 第8回かわさきロボット競技大会」に出品

(71)出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72)発明者 齋藤 敬

東京都目黒区駒場4 - 7 - 21セビリア駒場103

(74)代理人 100099265

弁理士 長瀬 成城

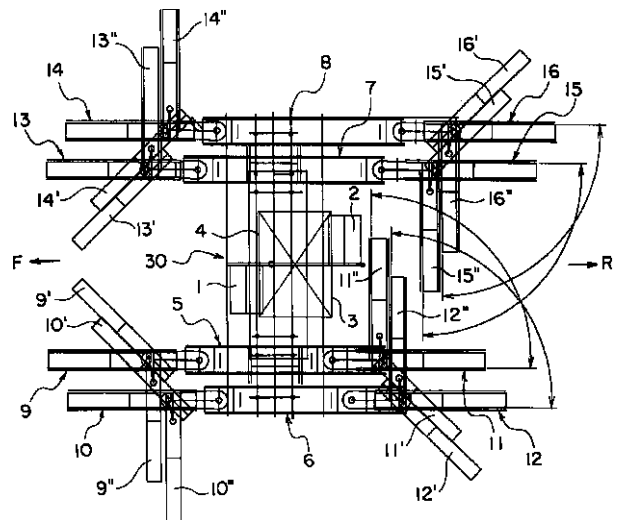
最終頁に続く

(54)【発明の名称】多脚歩行ロボット

(57)【要約】

【課題】 歩行特長を活かして障害物回避性能に優れる上に、駆動エネルギー伝達効率が高く高速歩行も可能で、動物的で俊敏な運動特性を実現できて利用分野も格段に広げることができる多脚歩行ロボットを提供することを目的とする。

【解決手段】 脚駆動部にて往復運動に変換された動力伝達部からの駆動力により関節を介して機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部を歩行させるように構成した多脚歩行ロボットにおいて、前記脚駆動部5、6、7、8における脚部9～16を旋回可能に構成したことを特徴とするもので、障害物を跨いで回避できる歩行型ロボットの利点を活かした上で、脚部9～16の旋回角度と蹴出し方向の選択との組合せによって、機体の前後進・左右旋回および斜行、横方向へのかに歩き、機体進行方向の1点を中心とする円弧状かに歩きさらには超信地旋回等が可能となり、車両の走行特性を遙かに超える動物的で俊敏な歩行性能を実現できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 脚駆動部にて往復運動に変換された動力伝達部からの駆動力により関節を介して機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部を歩行させるように構成した多脚歩行ロボットにおいて、前記脚駆動部における脚部を旋回可能に構成したことを特徴とする多脚歩行ロボット。

【請求項 2】 前記脚部の旋回中心軸から脚の往復運動範囲までの距離を、脚部の旋回角度に応じて延長されるように構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 3】 前記脚部の旋回は、旋回中心軸近傍に配設された旋回モータによりなされるように構成したことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 4】 前記脚部に補助動力用の動力部を設置したことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 5】 機体の左右および上下に複数列を配設した脚駆動部を前後に互いにずらせて配置することにより、旋回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の旋回可能範囲を任意に変化させるように構成したことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 6】 機体の左右および上下に複数列を配設した脚駆動部において、少なくとも 1 つの対の従属的な関節までの脚駆動部の長さを他の対のものと同異ならせることにより、旋回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の旋回可能範囲を任意に変化させるように構成したことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 7】 機体の前後左右および上下に単数あるいは複数列にて配設された脚駆動部において、少なくとも 1 つの従属的な関節までの脚駆動部の長さを他のものと異ならせることにより、旋回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の旋回可能範囲を任意に変化させるように構成したことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 8】 接地していない脚のみが旋回制御されるように構成したことを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 9】 前記脚の接地を検出あるいは導出する機能を付与したことを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 10】 前記脚部における脚上部の動作を制限可能に構成したことを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 11】 前記機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部の位相と、接地・離陸と旋回とを制御して、旋回動作によるかに歩き歩行を可能に構成した

ことを特徴とする請求項 1 ないし 10 に記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 12】 前記機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部の位相を制御して、平面視で、脚接地点から構成される多角形の内側、あるいは 2 脚接地の場合は脚接地点間、もしくは 1 脚接地の場合は接地点上にそれぞれ重心がある、静歩行を可能に構成したことを特徴とする請求項 1 ないし 11 に記載の多脚歩行ロボット。

10 【請求項 13】 前記機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部の位相を制御して、平面視で、脚接地点から構成される多角形の外側、あるいは 2 脚接地の場合は脚接地点間外、もしくは 1 脚接地の場合は接地点外にそれぞれ重心がある、動的バランスの取れた高速歩行を可能に構成したことを特徴とする請求項 1 ないし 11 に記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 14】 前記機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部の蹴出し方向を各別に制御可能に構成したことを特徴とする請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

20 【請求項 15】 機体の前後左右に配設された従属的な脚部の全てを同位相方向に旋回させるとともに、左右の脚部を同一方向に蹴り出すことにより、機体が前方を向いたままの斜行歩行を可能にした制御手段を有することを特徴とする請求項 1 ないし 14 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 16】 機体の前後左右に配設された従属的な脚部の中、前後の脚部を逆位相方向に旋回させるとともに、左右の脚部を同一方向に蹴り出すことにより、旋回歩行を可能にした制御手段を有することを特徴とする請求項 1 ないし 14 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 17】 機体の前後左右に配設された従属的な脚部の中、前脚部を 90 度、後脚部を -90 度、あるいは前脚部を -90 度、後脚部を 90 度旋回させるとともに、左右の脚部あるいは前後の脚部を逆方向に蹴り出すことにより、横歩行を可能にした制御手段を有することを特徴とする請求項 1 ないし 14 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

40 【請求項 18】 機体の前後左右に配設された従属的な脚部の中、前脚部を 90 度以下、後脚部を -90 度旋回させるとともに、左右の脚部を逆方向に蹴り出すことにより、機体進行方向の 1 点を中心とする円弧状に歩き歩行を可能にした制御手段を有することを特徴とする請求項 1 ないし 14 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

50 【請求項 19】 機体の前後左右に配設された従属的な脚部の中、前脚部および後脚部を機体内側に旋回させるとともに、左右の脚部を逆方向に蹴り出すことにより、超信地旋回歩行を可能にした制御手段を有することを特

徴とする請求項 1 ないし 1 4 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

【請求項 2 0】 機体の前後左右に配設された従属的な脚部の中、前脚部および後脚部を機体内側に回転させるとともに、左右の脚部のいずれか一方を停止させることにより、信地旋回歩行を可能にした制御手段を有することを特徴とする請求項 1 ないし 1 4 のいずれかに記載の多脚歩行ロボット。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、脚駆動部にて往復運動に変換された動力伝達部からの駆動力により関節を介して機体の前後左右に配設された従属的な脚部を歩行させるように構成した多脚歩行ロボットに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】従来、不整地走行に適する走行装置としては接地圧を低減できる大型タイヤや無限軌道帯を装着した作業車両や雪上車等が知られている。しかしながら、これらの無端状の接地走行体では、山間地の下草や岩等の路面上の障害物に遭遇した場合には、これに乗り上げるか、回避のために迂回していた。特に障害物が地雷等のような危険物である場合には乗り上げることはできず、車両によっては大幅な旋回動作が必要となって走行制御が煩わしいものであった。そのようなことから、雪上や干潟、砂地等の軟弱地でも障害物を跨いで歩行でき、交換等により比較的自在に脚部の接地面積を増大して接地圧を低減できるとともに、地雷等により破損しても部品品の交換による復旧が容易な、脚による歩行機械の有利性が見直されてきている。

【0 0 0 3】このような流れのなかで、各関節毎に関節駆動用モータを内蔵させた人型の脚歩行型ロボットが提案され、高い自由度の運動性能を実現しているが、脚部相互の制御が複雑で困難である。また、脚部の各モータには高トルクでありながら高速回転が必要という矛盾した性能が要求される、そのため、このタイプのロボットは玩具あるいは歩行そのものの実現を目的としたものが殆どであり、実用性に乏しいものであった。そのようなことから、図 7 ~ 図 9 (「楽しい競技ロボットの作り方」弓納持 充代著 日刊工業新聞社発代 4 9 頁および 8 0、8 1 頁より) に示すような、集中動力源からのリンク機構により脚を駆動する歩行型多脚ロボットが提案された。

【0 0 0 4】図 7 は 8 脚型歩行ロボットの概略図で、図 7 (A) は全体平面図、図 7 (B) は全体斜視図、図 7 (C) は全体側面図、図 7 (D) は全体正面図である。本体 1 3 0 内には、動力伝達部を構成するところの、駆動モータあるいは内燃機関と、これらの動力源により駆動されるギヤユニット等からなる減速装置が配設され、該減速装置の出力軸により、左右に一对が配設された脚駆動部 1 0 5、1 0 6 および 1 0 7、1 0 8 にて往復運

動に変換された駆動力により関節リンク 3 6 (後述の図 9) を介して機体の前後左右に配設された従属的な脚部 (図 7 (C) で例示する 1 1 0、1 1 2) を歩行させるように構成したものである。

【0 0 0 5】図 8 および図 9 によって、この歩行ロボットの歩行原理を説明する。図 8 は接地時間すなわちストロークを比較的長く採れる挙動特性を有することから、この種の歩行型ロボットにおいて多用されるチェビシェフリンク機構の説明図である。図 8 (A) において、回転する駆動軸によってクランクが回転運動をし、該クランクの先端に一端部が関節にてリンク 1 が軸支される。該リンク 1 の中間の関節に、一端部が位置固定された軸を中心に往復揺動するリンク 2 の他端部が軸支される。このようなリンク構成において、各部材の長さの比率として、クランク : 1、駆動軸と位置固定軸との距離 : 2、リンク 2 : 2 . 5、関節間距離 : 2 . 5、中間関節とリンク 1 の他端部との距離 : 2 . 5 に選定すると、リンク 1 の他端部のリンク軌跡 a は 2 点鎖線のごとく直線と円弧部分とで形成される。

【0 0 0 6】図 8 (B) は、クランクの回転に伴うリンク 1 の他端部の挙動を詳細にプロットしたものである。これによって理解されるように、クランク回転角の 1 から 5 までの略 9 0 度の間は、速度の大きな曲線部が描かれ、クランク回転角の 6 ~ 1 2 までの略 2 7 0 度の間は、速度の小さな直線部が描かれる。このリンク 1 の他端部の挙動を、歩行ロボットの脚の動作に結びつけたものである。速度の大きな曲線部を歩行脚 (足) の離陸しての戻り動作に使用し、速度の小さな直線部を歩行脚の接地しての歩行に使用するものである。

【0 0 0 7】図 9 は、図 7 (A) における機体 1 3 0 の左側一对の内外脚駆動部 1 0 5、1 0 6 の中の外側の脚駆動部 1 0 6 についてその挙動を説明するものである。減速装置の出力軸である駆動軸からの回転駆動力が、タイミングベルトを介してチェビシェフリンクの駆動軸 3 1 に伝達される。クランク 3 2 が回転して、位置固定軸周りに往復揺動する第 2 リンク 3 4 の揺動端部が中間関節にて軸支された第 1 リンク 3 3 の他端部 3 5 が、前記図 8 のリンク軌跡 a (チェビシェフリンク軌跡) のような直線部と曲線部との間を往復する。一端部が該第 1 リンク 3 3 の他端部 3 5 に軸支され他端部が脚である足 1 1 2 に連結された関節リンク 3 6 には、その前記第 1 リンク 3 3 の他端部 3 5 の近傍に軸部 3 7 が設けられ、該軸部 3 7 は脚駆動部の直線状の長孔 3 8 内を前後にスライドするように構成される。

【0 0 0 8】かくして、チェビシェフリンク軌跡の速度の小さな直線部では、足 1 1 2 の接地しての歩行が行われ、速度の大きな曲線部では、二点鎖線のような足 1 1 2 の離陸しての素早い戻り運動が行われる。実際には、直線運動による歩行は段差を登攀する能力が低くなるため、ややリンクは複雑になるが、足の送りに円運動を取

り入れることで、段差登攀能力を高めるような構成とされる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】このようなチェビシェフリンク機構を採用したことによって、長い時間およびストロークにて歩行脚の接地が可能となり、いずれかの足が接地する時間の割合が大きくなって多脚歩行ロボットとしての安定した走行が可能となり、しかも単純なリンク機構であるにも関わらず、俊敏な動作が可能となり、無限軌道車両並の運動特性が得られることとなった。しかしながら、前述した特性から無限軌道車両並の運動性能の域を出るものではなかった。そのため、利用分野にも限りがあった。

【0010】そこで、本発明は、このような従来の多脚歩行ロボットの課題を解決して、歩行歩行の特質を活かして障害物回避性能に優れる上に、駆動エネルギー伝達効率が高く高速歩行も可能で、動物的で俊敏な運動特性を実現できて利用分野も格段に広げることができる多脚歩行ロボットを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】このため本発明は、脚駆動部にて往復運動に変換された動力伝達部からの駆動力により関節を介して機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部を歩行させるように構成した多脚歩行ロボットにおいて、前記脚駆動部における脚部を旋回可能に構成したことを特徴とする。また本発明は、前記脚部の旋回中心軸から脚の往復運動範囲までの距離を、脚部の旋回角度に応じて延長されるように構成したことを特徴とする。また本発明は、前記脚部の旋回は、旋回中心軸近傍に配設された旋回モータによりなされるように構成したことを特徴とする。また本発明は、前記脚部に補助動力用の動力部を設置したことを特徴とする。また本発明は、機体の左右および上下に複数列を配設した脚駆動部を前後に互いにずらせて配置することにより、旋回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の旋回可能範囲を任意に変化させるように構成したことを特徴とする。また本発明は、機体の左右および上下に複数列を配設した脚駆動部において、少なくとも1つの対の従属的な関節までの脚駆動部の長さを他の対のものと同様にさせることにより、旋回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の旋回可能範囲を任意に変化させるように構成したことを特徴とする。また本発明は、機体の前後左右および上下に単数あるいは複数列にて配設された脚駆動部において、少なくとも1つの従属的な関節までの脚駆動部の長さを他のものと異なることにより、旋回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の旋回可能範囲を任意に変化させるように構成したことを特徴とする。また本発明は、接地していない脚のみが旋回制御されるように構成したことを特徴とする。また本発明は、前記脚の接地を検出あるいは導出する機能を付与

したことを特徴とする。また本発明は、前記脚部における脚上部の動作を制限可能に構成したことを特徴とする。また本発明は、前記機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部の位相と、接地・離陸と旋回とを制御して、旋回動作によるかに歩き歩行を可能に構成したことを特徴とする。また本発明は、前記機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部の位相を制御して、平面視で、脚接地点から構成される多角形の内側、あるいは2脚接地の場合は脚接地点間、もしくは1脚接地の場合は接地点上にそれぞれ重心がある、静歩行を可能に構成したことを特徴とする。また本発明は、前記機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部の位相を制御して、平面視で、脚接地点から構成される多角形の外側、あるいは2脚接地の場合は脚接地点間外、もしくは1脚接地の場合は接地点外にそれぞれ重心がある、動的バランスの取れた高速歩行を可能に構成したことを特徴とする。また本発明は、前記機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部の蹴出し方向を各別に制御可能に構成したことを特徴とする。また本発明は、機体の前後左右に配設された従属的な脚部の全てを同位相方向に旋回させるとともに、左右の脚部を同一方向に蹴り出すことにより、機体が前方を向いたままの斜行歩行を可能にした制御手段を有することを特徴とする。また本発明は、機体の前後左右に配設された従属的な脚部の中、前後の脚部を逆位相方向に旋回させるとともに、左右の脚部を同一方向に蹴り出すことにより、旋回歩行を可能にした制御手段を有することを特徴とする。また本発明は、機体の前後左右に配設された従属的な脚部の中、前脚部を90度、後脚部を-90度あるいは前脚部を-90度、後脚部を90度旋回させるとともに、左右の脚部あるいは前後の脚部を逆方向に蹴り出すことにより、横歩行を可能にした制御手段を有することを特徴とする。また本発明は、機体の前後左右に配設された従属的な脚部の中、前脚部を90度以下、後脚部を-90度旋回させるとともに、左右の脚部を逆方向に蹴り出すことにより、機体進行方向の1点を中心とする円弧状かに歩き歩行を可能にした制御手段を有することを特徴とする。また本発明は、機体の前後左右に配設された従属的な脚部の中、前脚部および後脚部を機体内側に旋回させるとともに、左右の脚部を逆方向に蹴り出すことにより、超信地旋回歩行を可能にした制御手段を有することを特徴とする。また本発明は、機体の前後左右に配設された従属的な脚部の中、前脚部および後脚部を機体内側に旋回させるとともに、左右の脚部のいずれか一方を停止させることにより、信地旋回歩行を可能にした制御手段を有することを特徴とするもので、これらを課題解決のための手段とするものである。

【0012】

【実施の形態】以下、本発明の多脚歩行ロボットの実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。図1から図6

は本発明の多脚歩行ロボットの 1 実施の形態を説明する図で、図 1 は本発明の多脚歩行ロボットの概略平面図、図 2 は脚駆動部のモデル図、図 3 は脚部斜視図、図 4 は脚部の旋回状態の説明斜視図、図 5 は脚部の旋回形態の概略説明図、図 6 は脚部の旋回および脚の蹴り出しと機体の歩行方向との関係図である。本発明は、図 1 に示すように、脚駆動部 5、6、7、8 にて往復運動に変換された動力伝達部 2、3、4、5 からの駆動力により関節を介して機体 30 の前後左右に配設された従属的な脚部 9 ~ 16 を歩行させるように構成した多脚歩行ロボットにおいて、前記脚駆動部 5、6、7、8 における脚部 9 ~ 16 を旋回可能に構成したことを特徴とする。

【0013】以下に詳述する。図 1 において、図面左方が機体 30 の前部 (F)、右方が後部 (R) である。適宜のフレームにより構成された歩行ロボットの機体 30 内には、左右が独立して駆動される動力伝達部が配設される。機体 30 における中心より左側 (図面下側) には、動力源としての右電動モータ 1 (内燃機関でもよい) と減速装置である右ギヤユニット 3 が組み合わされて配設され、中心線の右側には、左電動モータ 2 と左ギヤユニット 4 とが組み合わされて配設される。これらの減速装置からの出力がタイミングベルト等を介して、前述した脚の歩行動作を行うチェビシェフリンク機構の駆動軸に伝達されるものであるが、詳しくは後述する。機体 30 の左側には一対の内外脚駆動部 5、6 が配設され、それぞれの前後には内外の脚部 9、10 および 11、12 が配設される。機体 30 の右側には一対の内外脚駆動部 7、8 が配設され、それぞれの前後には内外の脚部 13、14 および 15、16 が配設される。

【0014】図 2 によって、これらの脚駆動部の中の 1 つである左外側脚駆動部 6 を例に取りその構造を説明する。動力伝達部である減速装置 3 の出力軸から左の内外側チェビシェフリンク 17、18 に駆動力が伝えられる。左内側チェビシェフリンク 17 は左内側脚駆動部 5 の脚部を駆動するが、ここでは左外側チェビシェフリンク 18 についてのみ説明する。左外側チェビシェフリンク 18 のリンク (図 9 の第 1 リンク 33 に相当) 端部が、関節リンク 6 L の押し引きを介して前後の脚 10 B、12 B の歩行動作を行うものである。動力伝達部は機体 30 側に配設され、チェビシェフリンクは脚駆動部内に配設される。左内側脚駆動部 5 のフレーム 6 B の後端部 (図面右方) には旋回モータ 6 M が固定される。フレーム 6 B の後端部の上下には旋回リンク 6 A、6 A の一端部が軸支され、旋回リンク 6 A、6 A の他端部には脚部 12 の脚フレーム 12 A が軸支される。該脚フレーム 12 A には後脚 12 B が脚軸 12 C にて軸支される。

【0015】前記左外側チェビシェフリンク 18 のリンク端部と左後外側脚 12 B (10 B 側も同じ) との間は 3 つの関節、すなわち第 1 リンク関節 6 P 1、第 2 リンク関節 6 P 2 および脚関節 6 P 3 を介して、第 1 関節リ

ンク 6 L 1、大 2 関節リンク 6 L 2 により連結されている。前記左外側チェビシェフリンク 18 のリンク端部からは同時に、前方へも関節リンクが延びて配設され、前記左後外側脚部 12 と同様の左前外側脚部 10 が配設される。したがって、同一の 1 つの左外側チェビシェフリンク 18 を駆動源とする前後の脚 10 B と 12 B とは位相が同一であることが理解される。なお、左内側チェビシェフリンク 17 により駆動されるところの、図示省略の左内側脚駆動部 5 側でも同様の脚駆動がなされる。その場合、好適には、内外のチェビシェフリンク 17 と 18 との位相を 180 度異ならせることで、機体 30 の片側の脚部における各脚は必ずどれかが接地することになり、さらに左右両側において安定した歩行が可能となる。

【0016】図 3 および図 4 により、本発明の最も特徴的な構成について説明する。図 3 は図 1 の歩行ロボットの機体 30 の左側の脚駆動部を後方から見た要部斜視図である。左右の脚駆動部 5 および 6 における各フレーム 5 B、6 B の後端部には、それぞれ旋回リンク 5 A および 6 A を介して脚フレーム 11 A および 12 A が旋回自在に軸支される。各脚フレーム 11 A および 12 A の下端後部にはそれぞれ脚 11 B および 12 B が脚軸 11 C および 12 C により軸支される。図示の例では、脚 11 B および 12 B は接地時に側面視で略 S 字形で、上部に膝関節 (12 D のみ図示する) を構成する軸支点がある。下部の足に相当する部分は略円弧状面に形成され、やや弾性のある滑りにくい素材で構成される。各脚の膝関節 (12 D) と足との間の脚関節 6 P 3 にて、前述したチェビシェフリンクに連結された関節リンク 6 L が接続される。なお、脚 12 B の接地時の荷重を脚フレーム 12 A 側にて負担できるように、脚部 12 における脚 12 B の上部の動作を制限可能に構成することができる。例えば、脚軸 12 C を脚フレーム 12 A に対してロックしたり、サスペンション機構を介して制限してもよい。これにより、関節リンク等の駆動機構への荷重負担を軽減できる。

【0017】関節リンク 6 L は、チェビシェフリンク端部の略直線と円弧運動に伴ってフレーム 6 B 内を往復かつ揺動運動する第 1 関節リンク 6 L 1 と、第 1 リンク関節 6 P 1 を介して横方向に揺動自在な第 2 関節リンク 6 L 2 と、第 2 リンク関節 6 P 2 を介して前記脚関節 6 P 3 に軸支される第 3 関節リンク 6 L 3 とから構成される。前記第 2 関節リンク 6 L 2 と第 3 関節リンク 6 L 3 とは互いに擦れ方向の動きが許容される。つまり、脚 12 B の歩行動作面に対して第 2 リンク関節 6 P 2 の軸とは同一面のみでなく互いに交差することが可能となり、脚の旋回角度の増大に伴い、脚駆動リンクの面と脚旋回部位による歩行動作面が同一面のみでなく、擦れながら交差させる必要があることから、この擦れを有効に吸収しつつ円滑なリンク駆動がなされる。しかも、

脚の歩行動作中に脚の動作面に対して交差する方向に外力が作用した場合でも、脚の動作が円滑に行われて脚が損傷するのを防止される。

【0018】図4は図1の歩行ロボットの機体30の脚駆動部を後方から見た一部の脚部の巡回状態を示す要部斜視図である。説明を簡単にするために、右内側脚駆動部7を例にとって脚部の巡回動作を説明する。脚駆動部7のフレーム7Bの後端部には、巡回リンク7Aを介して脚フレーム15Aが巡回自在に軸支されている。前記巡回リンク7Aは、前部が第1巡回軸22によりフレーム7Bの後端部に、後部が第2巡回軸23により脚フレーム15Aの前端部近傍に軸支される。一方、前記フレーム7Bの一部を後方(図面手前側)に延設した部分に巡回モータ(右内側巡回モータ)7Mが固定される。

【0019】巡回モータ7Mの軸心21は、脚部15が直進時、すなわち脚部フレーム15Aが巡回フレーム7Aともどもフレーム7Bと一直線上にある場合に前記第2巡回軸23より第1巡回軸22に近い位置にある。つまり、巡回モータ7Mは、巡回の初期位置における脚フレーム15Aの巡回中心軸近傍に配設される。本発明の最も特徴的な構成は、図示省略の無線遠隔操縦装置における転向用のジョイスティック等の操作によって巡回モータ7Mが回転駆動された場合に、脚駆動部7における脚部フレーム15Aがフレーム7Bに対して巡回リンク7Aを介して巡回、すなわち転向するように構成されたことである。前記脚部15の巡回中心軸から脚15Bの往復運動範囲までの距離は、脚部15Bの巡回角度に応じて延長されるように構成されている。

【0020】つまり、前記巡回モータ7Mの回転軸の上端部にはスライダ20が固定されて回転軸と回転を共にする。一方、脚部フレーム15Aの上部板における前記第2巡回軸23よりも前方(図4の巡回後の状態では図面右方)にはレール部19が延設され、該レール部19が前記スライダ20をスライド自在に嵌合する。かくして、巡回モータ7Mの巡回角度が大きくなる程(転向角度が大きくなる程)、巡回リンク7Aの傾斜を伴いつつ、巡回モータ7Mのスライダ20に対する脚部フレーム15Aのレール部19が抜け出していき、巡回軸(巡回モータ7Mが固定されたフレーム7B上の位置)21と脚部フレーム15A上の第2巡回軸23との距離が拡大する。つまり、脚部15の巡回中心軸から脚15Bの往復運動範囲までの距離が、脚部15Bの巡回角度に応じて延長される。

【0021】このようにして脚部15が巡回しつつ巡回軸21から離れるので、前記チェビシェフリンクに連結された関節リンク7Lは、脚部15の巡回に従って、第1リンク関節7P1、第2関節リンク7L2および第2リンク関節7P2を介して図示のように十分に曲折され、従属的な脚部15の歩行動作平面に対する角度を小さくすることができることになる。かくして、巡回した

転向位置にある脚15Bの歩行動作を円滑に行うことが可能となる(巡回軸21に対して脚部フレーム15A上の第2巡回軸23が移動しない場合で脚15Bが90度の巡回位置にある場合には、幾分は曲折するとしても関節リンク7による脚の歩行動作はきわめて困難となる。)前記図2の右上部平面図にも、左後外側脚部12が徐々に巡回して12'、12"のように巡回するにいたがい、巡回軸から離れる様子が明示されている。なお、前記脚部における脚に別途の補助動力用の動力部を設置して、歩行と無関係に停止中の特定の作業のためのモータやエンジン等を設置することもできる。脚として、接地面圧が高い棒状のものとしたり、接地面のみを椀型にして接地面圧を低減したもの、あるいは雪上の登攀や滑降のためにスキー板をアタッチメントとして装着することもできる。

【0022】また本発明では、図1に示すように、機体30の左右に複数列を配設した脚駆動部5、6、7、8を前後に互いにずらせて配置することにより、巡回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の巡回可能範囲を任意に変化させるように構成される。例えば、各内側の脚駆動部5、7の前部を、各外側の脚駆動部6、8の前部より幾分前方にずらせて配設することで、前部において外側の脚部10、14に干渉されることなく内側の脚部9、13も外側へ90度巡回させる(9"、10"、13"、14"の状態)ことが可能となり、逆向きの内側へ巡回させた場合(9'、10'、13'、14'の状態)には互いが干渉して約45度以上の内側への転向巡回が不可能となる。機体後部側の脚部11、12、15、16では、各外側の脚駆動部6、8が後方にずれて配置されたことにより、所定の外側への転向巡回が不可能に構成される(11'、12'、15'、16'の状態)。これらの構成は、機体30の前部に補機を取り付けることを可能にする。

【0023】また本発明では、機体の左右に複数列を配設した脚駆動部において、少なくとも1つの対の従属的な関節までの脚駆動部の長さを他の対のものとは異なることにより、巡回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の巡回可能範囲を任意に変化させるように構成される。つまり、前述した複数列における脚駆動部の内外間での前後方向のずれ配置に加えて、特定のものの脚駆動部の長さを他のものとは異なることにより脚部の巡回可能範囲を任意に変化させるように構成したものである。図1に例示するものでは、機体30の後部側の右側における一対の脚駆動部7、8の従属的な関節までの長さを長く構成した。これにより、機体30の後部の各脚部11、12、15、16を内側に90度転向巡回させようとした場合に、左後内外側の脚部11"、12"に対して右後内外側の脚部15"、16"が干渉することがなく、容易に90度の転向巡回が可能となる。

【0024】また本発明では、機体の前後左右および上

下に単数あるいは複数列にて配設された脚駆動部において、少なくとも1つの従属的な関節までの脚駆動部の長さを他のものと異ならせることにより、旋回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の旋回可能範囲を任意に変化させるように構成することもできる。本例は図示しないが、歩行ロボットとしてさらに複雑な路面にも対応することができるように8脚よりも多い多脚を配設した場合で、上下を隔てた位置にも脚駆動部を配設した場合にも、旋回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の旋回可能範囲を任意に変化させることを可能にするものである。

【0025】また本発明では、接地していない脚のみが旋回制御されるように構成したことを特徴とする。つまり、前記脚の接地を検出あるいは導出する機能を付与したことで、脚が離陸して接地していない場合のみ脚部の旋回動作がなされるように構成できるので、旋回モータの旋回動作に費やされるエネルギーを小さくすることができる。このことは、旋回モータ等が小さな容量の電動モータ等で済むことを意味し、脚駆動部がコンパクトにできて軽量化および低コストに繋がる。脚の接地の検出は面圧計や光センサー等が採用され得るし、接地の導出はチェビシェフリンク軌跡に連動して、脚の離陸を検出するようにしてもよい。あるいは機械的に強制的に脚の接地時には旋回スイッチをキャンセルするように構成することも可能である。

【0026】次に、以上のような構成の多脚歩行ロボットの可能な歩行状態について説明する。図示しての説明はしないが、無線遠隔操縦装置における速度制御および転向用のジョイスティック等の操作で制御信号が電波として発信され、該制御信号を機体30内に設置された受信装置によって受信し、機体30内の動力伝達部の動力源および旋回モータ等を制御する制御手段がマイコン等の適宜の手段により構成されることは言うまでもないが、これらの制御手段は既存のものを利用でき、それらの制御ソフトについても適宜のものが準備できる。

【0027】図5は、機体の前後左右に2列ずつ配列された図1の多脚歩行ロボットにおける脚部の旋回範囲を模式化した図で、図5の左側に示すように、左右の電動モータはそれぞれ前後進および停止が可能である。脚部については、前側のそれぞれの一对が内側に45度、外側に90度の転向旋回が可能で、後側のそれぞれの一对が内側に90度、外側に45度転向旋回が可能に構成される。図5の右側に示すように、本発明の転向旋回が可能で多脚歩行ロボットの特長な基本歩行としてできることは、機体の向きを変えずに斜めに歩行することと、左右方向に横歩行（かに歩き）すること、機体進行方向の1点を中心とする円弧状かに歩き歩行および超信地旋回歩行が可能である。

【0028】図6により、本発明の多脚歩行ロボットの歩行形態を説明する。図6において白矢印は正転方向へ

の蹴出し、黒矢印は逆転方向への蹴出しを示す。大きな白矢印は機体の進行方向を表す。図6(A)は機体の前後左右に配設された脚部の全てを同位相方向に旋回させるとともに、左右の脚部を同一方向に蹴り出すことにより、機体が前方を向いたままの斜行歩行の状態を示すものである。図6(B)は機体の前後左右に配設された脚部の中、前後の脚部を逆位相方向に旋回させるとともに、左右の脚部を同一方向に蹴り出すことにより、旋回歩行の状態を示すものである。図6(C)は機体の前後左右に配設された脚部の中、前脚部を外側90度、後脚部を内側90度旋回させるとともに、左右の脚部を逆方向に蹴り出すことにより、横歩行の状態を示すものである。

【0029】図6(D)は機体の前後左右に配設された脚部の中、前脚部を外側90度以下、後脚部を内側90度旋回させるとともに、左右の脚部を逆方向に蹴り出すことにより、機体進行方向の1点を中心とする円弧状かに歩き歩行の状態を示すものである。図6(E)は機体の前後左右に配設された脚部の中、前脚部および後脚部を機体内側に（後脚部は-90度でも可）旋回させるとともに、左右の脚部を逆方向に蹴り出すことにより、超信地旋回歩行の状態を示すものである。図6(F)は機体の前後左右に配設された脚部の中、前脚部および後脚部を機体内側に（図示の例では後脚部は-90度に）旋回させるとともに、左右の脚部のいずれか一方を停止させることにより、信地旋回歩行の状態を示すものである。

【0030】また、図6(G)~図6(I)に示したものは、旋回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の旋回可能範囲について前述した図示の実施の形態のものとは異なる変形例で、図6(G)のものは、前脚部を内側-90度に旋回させると後脚部を外側90度に旋回することを可能に構成されたもので、左右の脚部を逆方向に蹴り出すことにより、横歩行かに歩きを行う例である。図6(H)および図6(I)のものは、機体の前後左右（あるいは図示省略の上下）に配設された脚部の蹴出し方向を各別に制御可能（チェビシェフリンクの出力軸を前後各別に配設する等して構成する）に構成するとともに、前後脚部の両方を外側90度あるいは内側-90度に旋回することを可能に構成された例で、図6(H)では前脚部および後脚部を外側90度に旋回させて、蹴出し方向を左右の前後でそれぞれ逆にして（小さい矢印は対応する駆動部の回転方向）、横方向かに歩きを行う例である。図6(I)は前脚部および後脚部を内側-90度に旋回させて同様の横方向かに歩きを行う例である。

【0031】以上本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明の趣旨の範囲内で、歩行ロボットの機体の形状、脚駆動部の形状、形式および配置（機体における減速装置の出力軸とチェビシェフリンクの駆動軸との

間の機体幅方向の距離をスライド自在に構成して外側の脚駆動部のみを機体幅方向に拡幅させるように構成してもよい。そのような構成により、直進歩行する脚の下部にスキー板をエッジを効かせた逆八の字形に装着した場合でも、内外の脚部が干渉することなく円滑に歩行させることが可能となる。)、動力源の種類や減速装置の種類およびそれらの間の関連構成を含む動力伝達部の形状、形式、関節の形状、形式(多関節リンクのみならず、可撓性のプッシュ・プルロッドによりチェビシエフリンクと脚とを連結してもよい。また、チェビシエフリンクの弱点とも言うべきリンク出力部軌道における等速運動部末端の減速部分を除外して脚が接地できるような適宜の補機を追加して円滑な歩行ができるように構成することもできる)、旋回リンク等を介した脚部の脚駆動部における配設形態、旋回時の脚部の旋回中心軸からの移動形態、旋回モータの形状、形式およびフレームへの配設形態、脚部における補助動力用動力部の形状、形式および配設ならびに利用形態、脚駆動部の前後あるいは上下でのずらせ形態、従属的な関節までの脚駆動部の長さを異ならせる脚駆動部の選定、脚の接地、離陸状態の検出形態等は適宜採用できる。

【0032】また、脚部を含む脚駆動部の制御形態として、機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部の位相と、接地・離陸と旋回とを制御して、旋回動作によるかに歩き歩行を可能に構成したり、同、脚部の位相を制御して、平面視で、脚接地点から構成される多角形の内側、あるいは2脚接地の場合は脚接地点間、もしくは1脚接地の場合は接地点上にそれぞれ重心があるところの、静歩行(二脚あるいは四脚動物が低速で歩行する動きを想定し、動作中にそのまま停止しても転倒しない)を可能に構成することもできる。さらに、平面視で、脚接地点から構成される多角形の外側、あるいは2脚接地の場合は脚接地点間外、もしくは1脚接地の場合は接地点外にそれぞれ重心がある、動的バランスの取れた高速動歩行(二脚あるいは四脚動物が高速で疾走する動きを想定し、動的にはバランスが取れているものの、動作中にそのまま停止すると転倒する。)を可能に構成したり、同、脚部の蹴出し方向を各別に制御可能に構成することもできる。また、歩行ロボットの利用分野(山間地、泥濘地、雪上、砂漠等の砂地での走行、除雪ロボット、地雷除去ロボット、林業支援ロボット、玩具等)等については適宜選択し得る。なお、前述の実施の形態はあらゆる点で例示に過ぎず限定的に解釈してはならない。

【0033】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、脚駆動部にて往復運動に変換された動力伝達部からの駆動力により関節を介して機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部を歩行させるように構成した多脚歩行ロボットにおいて、前記脚駆動部における

脚部を旋回可能に構成したことにより、障害物を跨いで回避できる歩行型ロボットの利点を活かした上で、脚部の旋回角度と蹴出し方向の選択との組合せによって、機体の前後進・左右旋回および斜行、横方向へのかに歩き、機体進行方向の1点を中心とする円弧状かに歩きさらには超信地旋回等が可能となり、車両の走行特性を遙かに超える動物的で俊敏な歩行性能を実現できる。

【0034】また、前記脚部の旋回中心軸から脚の往復運動範囲までの距離を、脚部の旋回角度に応じて延長されるように構成した場合は、脚部の大きな角度での旋回時にも円滑な歩行動作が可能となる。さらに、前記脚部の旋回が、旋回中心軸近傍に配設された旋回モータによりなされるように構成した場合は、旋回モータが直接に脚部の旋回を行える位置に配設されて余分な部材は不要となり、構造が簡素化される上に、旋回モータがフレーム内等に収納され、外部に晒されて障害物等に衝突することがない。さらにまた、前記脚部に補助動力用の動力部を設置した場合は、脚の軌道の調整や補助動力部により例えば歩行の停止中に脚部をマニピュレータとして各種の作業を行うことが可能となる。

【0035】また、機体の左右および上下に複数列を配設した脚駆動部を前後に互いにずらせて配置することにより、旋回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の旋回可能範囲を任意に変化させるように構成した場合は、内外の脚部が互いに干渉されずに一方向に90度旋回することを可能にしつつ、逆方向の旋回を格別の旋回角度規制部材等を設置せずとも、対の脚部同士の任意位置以上の旋回が抑止できて構成が簡素化される。さらに、機体の左右および上下に複数列を配設した脚駆動部において、少なくとも1つの対の従属的な関節までの脚駆動部の長さを他の対のものとは異ならせることにより、旋回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の旋回可能範囲を任意に変化させるように構成した場合は、単純に1つの対の従属的な関節までの脚駆動部の長さを異ならせるだけで、他の対の脚部の干渉に煩わされることなく、自由に最大角度まで旋回させることが可能となる。

【0036】さらにまた、機体の前後左右および上下に単数あるいは複数列にて配設された脚駆動部において、少なくとも1つの従属的な関節までの脚駆動部の長さを他のものとは異ならせたことにより、旋回する脚部同士の相互干渉により制限される脚部の旋回可能範囲を任意に変化させるように構成した場合は、歩行ロボットとしてさらに複雑な路面にも対応することができるように8脚よりも多い多脚を配設した場合で、上下を隔てた位置にも脚駆動部を配設した場合にも、旋回する脚部の旋回可能範囲を任意に変化させることを可能にする。また、接地していない脚のみが旋回制御されるように構成した場合は、旋回動作に費やされるエネルギーを小さくすることができるので、旋回モータ等が小さな容量の電動モータ

タ等で済み、脚駆動部がコンパクトにできて軽量化および低コストとなる。

【 0 0 3 7 】さらに、前記脚の接地を検出あるいは導出する機能を付与した場合は、低負荷による旋回動作を確実に行うことができ、信頼性の向上と低コストが実現される。さらにまた、前記脚部における脚上部の動作を制限可能に構成した場合で、脚フレームへの脚軸の完全ロックの場合は、脚の接地時の荷重を脚フレームに転嫁して負担させることで関節リンク等駆動機構への負担を軽減させることができる他、脚フレームへの脚軸のサスペンション機構による制限を加えた場合は、脚の接地荷重を適度に緩衝させて機体への衝撃を和らげることが可能となる。

【 0 0 3 8 】また、前記機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部の位相と、接地・離陸と旋回とを制御して、旋回動作によるかに歩き歩行を可能に構成した場合は、チェビシェフリンクに依ることなく、通常脚駆動リンクや補助動力を脚の上下運動に使用しつつ、脚部の旋回運動で歩行を行うことができ、通常関節毎にモータを有するロボットに類似した歩行形態が可能となる。さらに、前記機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部の位相を制御して、平面視で、脚接地点から構成される多角形の内側、あるいは2脚接地点の場合は脚接地点間、もしくは1脚接地点の場合は接地点上にそれぞれ重心がある、静歩行を可能に構成した場合は、何らかの原因により歩行中断が生じたり、歩行停止をした際に、機体が転倒することがなく、安定した停止状態を保持することができる。さらにまた、前記機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部の位相を制御して、平面視で、脚接地点から構成される多角形の外側、あるいは2脚接地点の場合は脚接地点間外、もしくは1脚接地点の場合は接地点外にそれぞれ重心がある、動的バランスの取れた高速動歩行を可能に構成した場合は、歩行中断や停止時に機体の安定性は損なわれるものの、特にチェビシェフリンクの特性を活用して俊敏で高速な歩行が可能となる。

【 0 0 3 9 】また、前後左右の脚部の旋回形態と脚の蹴出し方向とを適宜組み合わせることにより、多様な歩行形態が実現できて、車両の走行特性を遙かに超える動物的で俊敏な歩行性能が実現できる。さらに、前記機体の前後左右および上下に配設された従属的な脚部の蹴出し方向を各別に制御可能に構成した場合は、脚部の旋回形態と組み合わせるさらに複雑な歩行パターンが選定でき、設計の自由度が向上する。かくして本発明によれば、歩行歩行の特質を活かして障害物回避性能に優れる上に、駆動エネルギー伝達効率が高く高速歩行も可能で、動物的で俊敏な運動特性を実現できて利用分野も格段に広げることができる多脚歩行ロボットが提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の多脚歩行ロボットの1実施の形態の概略平面図である。

【図 2】同、脚駆動部のモデル図である。

【図 3】同、脚部斜視図である。

【図 4】同、脚部の旋回状態の説明斜視図である。

【図 5】同、脚部の旋回形態の概略説明図である。

【図 6】同、脚部の旋回および脚の蹴り出しと機体の歩行方向との関係図である。

【図 7】従来の多脚歩行ロボットの各面図である。

10 【図 8】チェビシェフリンク機構の原理図である。

【図 9】チェビシェフリンク機構を利用した従来の多脚歩行ロボットにおける脚部の挙動説明図である。

【符号の説明】

- 1 動力源(右電動モータ)
- 2 動力源(左電動モータ)
- 3 減速装置(右ギヤユニット)
- 4 減速装置(左ギヤユニット)
- 5 左内側脚駆動部
- 5 A 旋回リンク
- 20 5 B フレーム
- 6 左外側脚駆動部
- 6 A 旋回リンク
- 6 B フレーム
- 6 L 1 第1関節リンク
- 6 L 2 第2関節リンク
- 6 P 1 第1リンク関節
- 6 P 2 第2リンク関節
- 6 P 3 脚関節
- 7 右内側脚駆動部
- 30 7 A 旋回リンク
- 7 B フレーム
- 8 右外側脚駆動部
- 8 A 旋回リンク
- 8 B フレーム
- 9 左前内側脚部
- 1 0 左前外側脚部
- 1 0 A 脚フレーム
- 1 0 B 脚
- 1 0 C 脚軸
- 40 1 1 左後内側脚部
- 1 1 A 脚フレーム
- 1 1 B 脚
- 1 1 C 脚軸
- 1 2 左後外側脚部
- 1 2 A 脚フレーム
- 1 2 B 脚
- 1 2 C 脚軸
- 1 2 D 膝関節
- 1 3 右前内側脚部
- 50 1 4 右前外側脚部

17

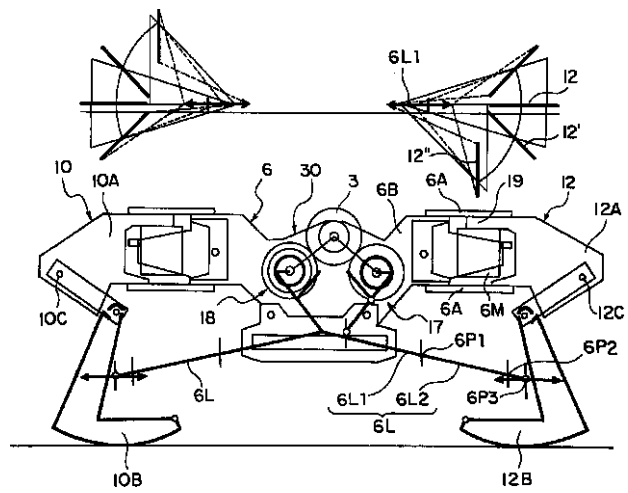
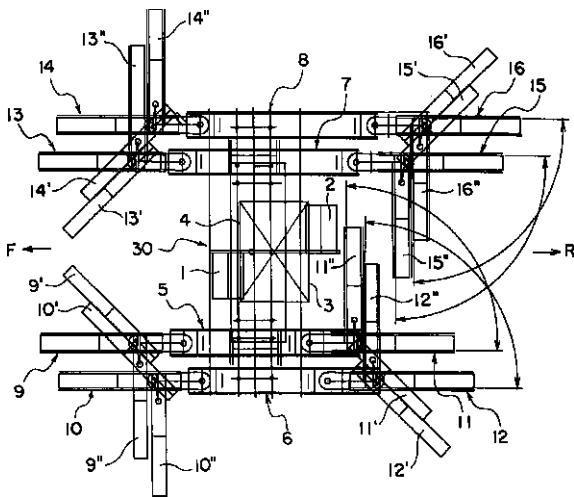
18

- 15 右後内側脚部
- 15 A 脚フレーム
- 15 B 脚
- 15 C 脚軸
- 16 右後外側脚部
- 16 A 脚フレーム
- 16 B 脚
- 17 左内側チェビシェフリンク

- 18 左外側チェビシェフリンク
- 19 レール部
- 20 スライダ
- 21 回転軸
- 22 第1 巡回リンク軸
- 23 第2 巡回リンク軸
- 30 機体

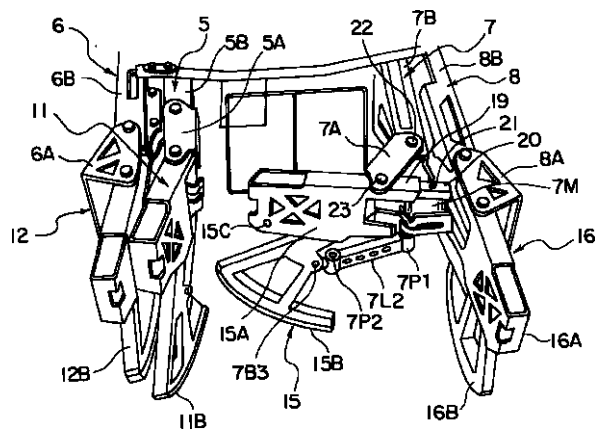
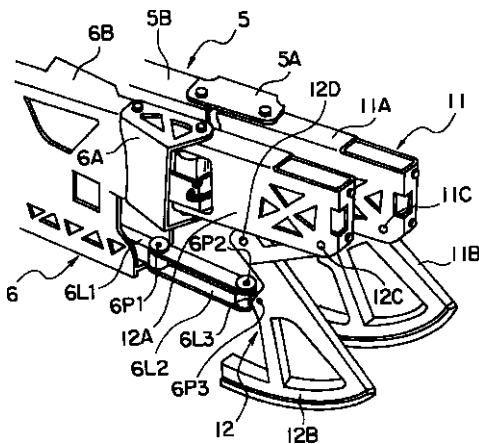
【 図 1 】

【 図 2 】



【 図 3 】

【 図 4 】

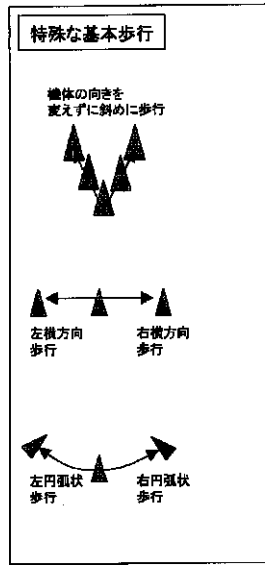
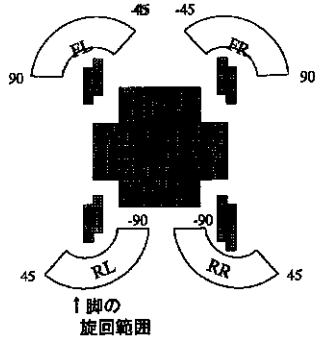


【 図 5 】

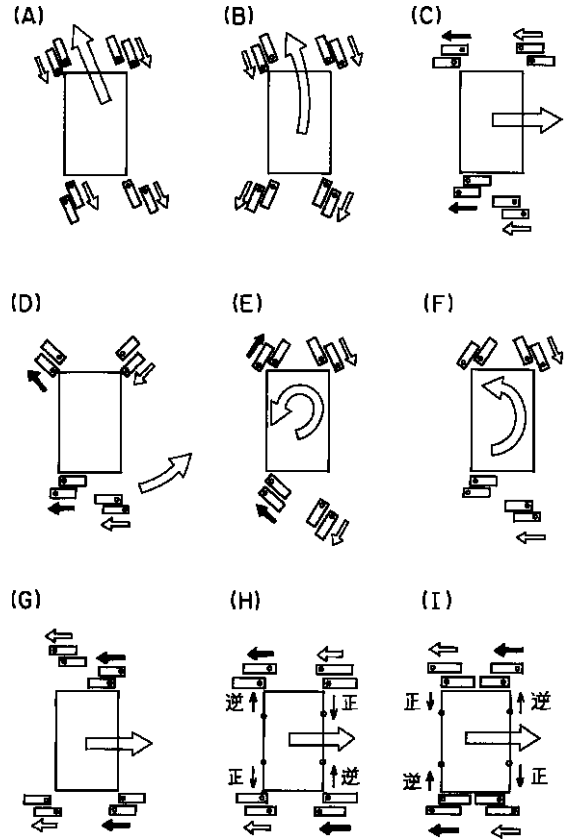
歩行制御例

脚配置：機体の四隅に2脚ずつ4組

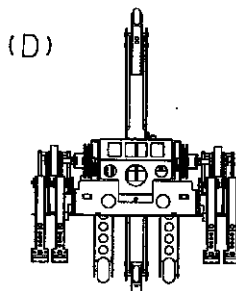
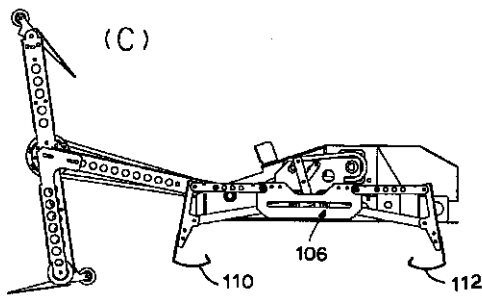
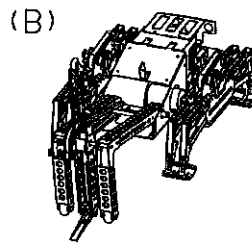
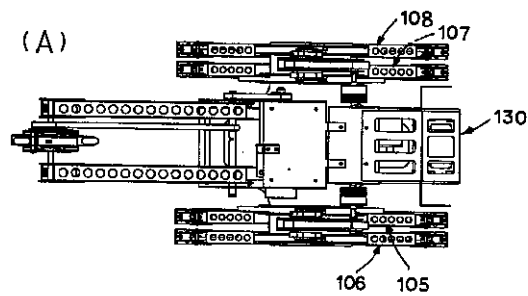
- MR: 右モータ出力(前進~停止~後進)
- ML: 左モータ出力(前進~停止~後進)
- FR: 右前脚旋回角度(-45~90deg.)
- FL: 左前脚旋回角度(-45~90deg.)
- RR: 右後脚旋回角度(-90~45deg.)
- RL: 左後脚旋回角度(-90~45deg.)



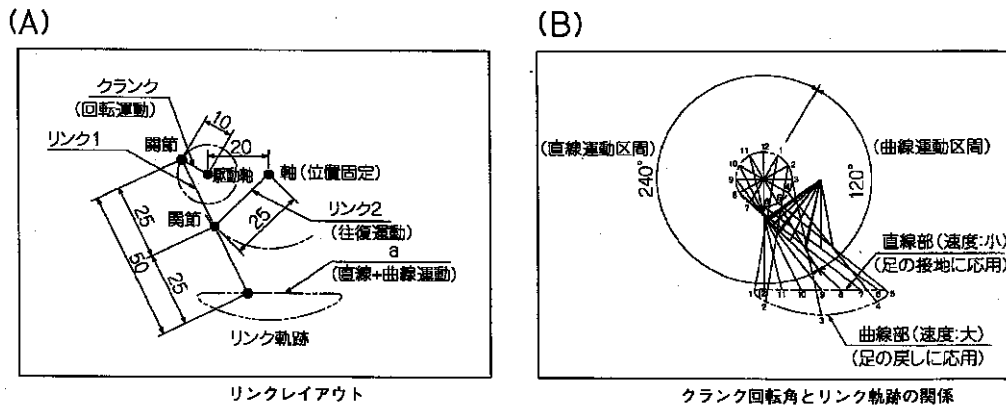
【 図 6 】



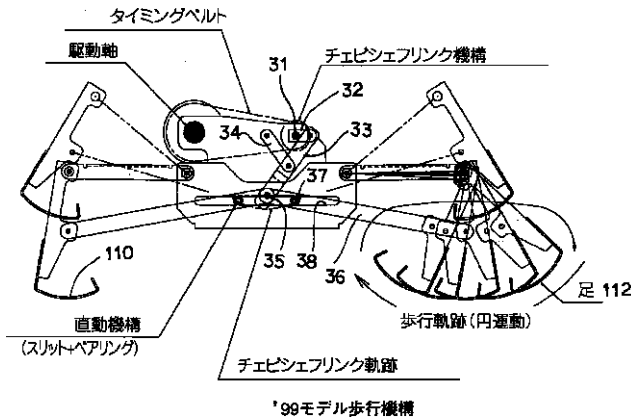
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- F ターム(参考) 2C150 BA08 CA02 DA05 DA24 DA26
 DA27 DA28 EB01 EC03 EC15
 EC16 EC19 EC25 EC29 ED02
 ED10 ED42 ED52 EF07 EF16
 EF17 EF22 EF23 EF33 EF36
 3C007 AS21 AS22 AS36 CS08 HS27
 HT02 HT11 WA12 WA24 WB02
 WB03 WC22