

(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2005-144582
(P2005-144582A)

(43) 公開日 平成17年6月9日(2005.6.9)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
B 2 5 J 5/00	B 2 5 J 5/00	2 C 1 5 0
A 6 3 H 11/06	A 6 3 H 11/06	3 C 0 0 7
A 6 3 H 11/20	A 6 3 H 11/20	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2003-383443 (P2003-383443)	(71) 出願人	503418704 株式会社アヴィス 東京都目黒区中目黒2-10-16 中目黒ウイングビル2F
(22) 出願日	平成15年11月13日(2003.11.13)	(74) 代理人	100106688 弁理士 富田 徹男
		(74) 代理人	100093517 弁理士 豊田 正雄
		(72) 発明者	千葉 公 埼玉県草加市北谷3-13-33
		(72) 発明者	菊地 梅昌 埼玉県川口市南前川2-21-10-201
		Fターム(参考)	2C150 CA02 DA06 DA28 DA36 EB01 3C007 CS08 HS27 HT11 WA02 WA14 WB03 WC22

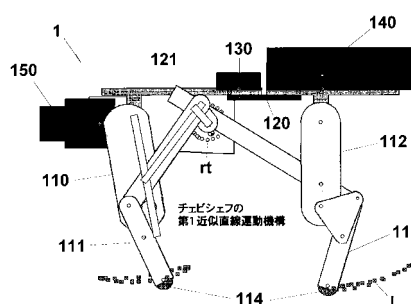
(54) 【発明の名称】 4足走行マシン

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】より簡易な機構でギャロップ、トロット、ペース、パウンド(跳躍)といった移動形態を実現する4足走行マシンを実現する。

【解決手段】4足走行マシン1の前脚大腿上部110、前脚大腿下部111、後脚大腿上部112、後脚大腿下部113のそれぞれを4節リンク機構で構成する。本体の台座121には切れ目を入れ、前後の台座を柔軟ビーム120で連結し、前部の台座に前脚大腿上部を、後部の台座に後脚大腿上部をそれぞれ回転可能に支持する。そして前脚および後脚それぞれの大腿上部であるリンク機構を駆動装置130で駆動する。このとき前脚と後脚の位相を変えることによって歩行形態を変換する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

様々な歩容可能な 4 足走行マシンにおいて、前記マシンの各脚が、4 節リンク機構を備えた大腿上部および 4 節リンク機構を備えた大腿下部が関節部で結合された構造を備え、前脚を取り付ける台座と後脚を取り付ける台座の間を弾力性を有する柔軟性のある部材で接続したことを特徴とする 4 足走行マシン。

【請求項 2】

請求項 1 記載の 4 足走行マシンであって、前記 4 節リンク構造の脚のリンクの取り付け角度を変えることによって各脚の回転の位相を調整する機構を備えたことを特徴とする 4 足走行マシン。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、4 足走行を行う 4 足走行マシンに関する。

【背景技術】

【0002】

現在、ロボットの多くは産業用であり、人間の持つ運動機能のうち、ある部分を特殊化したものである。例えば、金属溶接を行ったり、製造機械に部品の取り付けを行うアームロボットなどはよく知られているし、産業界ではごく一般的なロボットとなっている。

【0003】

コンピュータの小型化、IC 技術の発達、様々なセンサーの出現等によって、ロボットの人間化、動物化も進んでいる。人間化、動物化といっても、人間や動物とまったく同じ形態と機能を有するロボットというよりは、人間や動物に擬したロボットである。例えば人間と同じ 2 足歩行のロボットや、犬や猫などの 4 足歩行するロボットである。またロボットに感情を持たせること（叩かれると怒り、撫でられると喜ぶ動作で感情を表すこと）によって、生きた動物と同様のペットであるかのような玩具も出現している。

20

【0004】

移動手段として車輪を用いたものがある。電車、自動車、自転車など、すべて車輪の回転運動を直線・曲線・円などの車体の移動運動に変えている。車輪による車体の移動は窪みや階段などの凹凸のある地面や床面を移動するには適していない。その点、動物の 2 足歩行や 4 足歩行は階段などの段差のある床面に対しても適応性が高い。ロボットに人間や動物と同じ形態（とくに歩行・走行）を実現させることは、人間の願望である。もちろん、車輪では移動できない移動方法や行動が可能になることも、ロボット実現への願望になっている。

30

【0005】

人が歩くとき、右足を前に出すと同時に右手を後ろに振り、左手は前に出す。すなわち、右足と左手、左足と右手は同方向に移動する。四つん這いになり、そのままの手足の動作をすれば、4 足歩行動物の歩き方になる。歩くという動作は、どちらかの足が地面に着いた状態で移動する動作である。4 足歩行する動物が走るときも、基本的に歩くという動作の延長線上にある。馬の場合、競争時、空中姿勢で一時的に前足の左右あるいは後ろ足の左右が揃うことがあるが、着地するときは右足と左足は別々になっている。これは離陸時も同様で左右別々に動作している。決して兔跳びといわれる両足を合わせて跳ねる動作ではない。

40

【0006】

4 足歩行による移動装置を扱った発明としては、『4 脚走行装置』（特許文献 1）がある。この発明では、前部左右脚部と後部左右脚部を略 5 節リンク機構の作動部に連繋させ、各作動部を 1 駆動源（1 アクチュエータ）によって一連に作動させ、前後の脚部に 4 脚動物に類似した歩容を可能としている。また左右の脚部を狭く作ることによって、自転車やモータバイクと同じ操舵法が可能となる構造となっている。

【0007】

50

速い動作速度や大きなトルクを持つ大型の駆動機構を用いることなく、走行や躍動などの激しい動作を行う脚式移動ロボットの発明としては、『脚式移動ロボット』（特許文献2）がある。歩行動作を行うアクチュエータのような通常の駆動機構のほかに、ゼンマイやフライホイールなどで構成された動力蓄積機構を備えていて、蓄積した動力を瞬間的に放出することによって、瞬発動作を可能としている。

【0008】

クロールやバウンス、ギャロップ、トロットといった各種の脚式動作を行う脚式移動ロボットの発明としては、『脚式移動ロボット、並びに脚部の取付け構造』（特許文献3）がある。胴体部と脚上部の間にコイルバネを取り付けることによって、アクチュエータの駆動力よりも大きな力を得、躍動などの瞬発力を要する動作を可能としている。またバネにより、着地時の衝撃力が緩和されている。胴体部と脚部付け根部に平行に、胴体部の接続部を中心に回転可能なアッパー・リンクとロア・リンクを取り付けることにより、回転運動を脚部の上下運動に変えて、歩行や走行を可能にしている。このとき、リンクの回転による横方向へのブレが生じるが、上下動の動きの幅に比べて各リンクの長さを十分に長く取ることによって、左右のブレを無視できるものとしている。

10

【0009】

『ロボット装置及びロボット装置の跳躍制御方法』（特許文献4）では、4点リンク機構（4節リンク機構）の脚部が採用されている。4点リンク機構を構成する2本の連結桿（リンク棒）の胴体方向の端は回転支軸で連結し、他端は連結部材（膝関節部になる箇所）に連結している。連結部材にはコイルバネが仕込まれたロッドと、足につながる脚部（棒状部材）が連結されている。足となる棒状部材の先端には接触センサが取り付けられていて、接触センサの信号によって足が浮遊しているか、着床しているかが判断できる。このほか、タッチセンサー、距離センサー、マイクロホン、CCDなどからの信号を集積回路で解析することによって、人間と同じような感覚機能を再現している。特に学習機能による感情の表現もロボット動作の一部として採り入れている点が注目される。回転支軸の回転運動は4点リンク機構によって棒状部材の直線運動に変換される。また、駆動力としてサーボモーターを使うことによって、制御部の指令によって自在の回転を可能とし、様々な歩容や動作を引き出している。ロボットが接地したとき、関節が曲がり、コイルバネが縮む。従って次の動作として、コイルバネの伸長方向への弾性力によってロッドが押し下げられ、関節（連結部材部）が伸びて、跳躍動作を行うことができる。これによって、サーボモーターの負荷を軽減している。

20

30

【0010】

上記の例でも使用されていたが、4節リンク機構はロボット工学では様々な形態で応用されている。上記では「4点リンク機構」と表記されている。図1は4節リンク機構の例であり、少なくとも一つの節は基礎部に固定されていることが多い。図1の例で節AでリンクABが駆動部と関係していて回転運動とした場合、リンク棒の長さに $AB < BC < CD < AD$ の関係があり、かつリンク棒ABが θ_1 度回転することにより、リンク棒CDが θ_2 度回転したとすれば、 $\theta_1 > \theta_2$ の関係が成り立つ。すなわち、小さな力で大きな物を動かす場合などに利用できる。

40

【0011】

図2は、チェビシェフの第1近似直線運動機構を有する4節リンク機構の例である。点Aと点Dは固定されていて、点Bは点Aの周りを円回転できるものとする。さらにリンク棒BCの延長上の点Eとしたとき、以下の関係式が成り立っているとす。

$$AD = 2AB$$

$$BC = CE = 2.5AB$$

この条件下で点Bが円運動すると、図に示すように点Eの軌跡の一部が近似直線になる。これをチェビシェフの第1近似直線運動機構といい、ロボットの脚式歩行機構として利用されている。

【0012】

【特許文献1】特開平9-132119号公報

50

【特許文献2】特開2001-246585号公報

【特許文献3】特開2002-103253号公報

【特許文献4】特開2003-80477号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

現在の4足走行マシン(ロボット)では、基本的に移動形態(歩容)は一様である。これは、機械構造のリンク形態を自由に切り換えて移動形態へ反映することが難しいからである。しかし従来技術で挙げたロボット装置では、移動、静止、ジャンプなどの動作が可能になっている。これは制御装置、エネルギー蓄積機構(素材の弾性エネルギー<主にバネ>を利用)、リンク機構、サーボモーターなどで実現している。

【0014】

本発明が解決しようとする課題は、より簡易な機構でギャロップ、トロット、ペース、バウンド(跳躍)といった移動形態を実現する4足走行マシンを実現することである。なお競馬用語でギャロップは襲走(競争時の走り方)、トロットは速歩、ペースはレースの流れを意味するが、ここでは走り、歩き、歩幅(または速度)などの意味で使用する。特に、脚の全てが地面から離れる運動をする場合、重力に抗するために、大きなパワーが要求される。そのため、なるべく少ないエネルギーで済むような機構とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記の課題を解決するために、請求項1記載の発明は、様々な歩容可能な4足走行マシンにおいて、前記マシンの各脚が、4節リンク機構を備えた大腿上部および4節リンク機構を備えた大腿下部が関節部で結合された構造を備え、前脚を取り付ける台座と後脚を取り付ける台座の間を弾力性を有する柔軟性のある部材で接続したことを特徴とする4足走行マシンである。

【0016】

請求項2に記載された発明は、請求項1記載の4足走行マシンであって、前記4節リンク構造の脚のリンクの取り付け角度を変えることによって各脚の回転の位相を調整する機構を備えたことを特徴とする4足走行マシンである。

【発明の効果】

【0017】

各脚部は、脚の大腿上部の4節リンク機構、および脚の大腿下部の4節リンク機構の、2組のセットからなる構造である。脚を大腿上部と大腿下部の2組とも4節リンク機構にすることによって、関節の屈伸を実現する。脚の運動に伴って、前脚部と後脚部を繋ぐ部材(ビーム)にたわみ(曲がり)が生じる。このたわみにエネルギー蓄積の効果があり、たわみが解放されるときにアクチュエータの動力以上の力が生じ、脚部の反発力として利用する。すなわち、この力によってバウンド(飛躍)などの動作が可能となる。

【0018】

駆動機構の回転運動を脚の4節リンクに伝える。4節リンク機構はチェビシェフの第1近似直線運動機構になるようにしておけば、駆動機構の回転運動は近似直線運動に変換できる。

【0019】

本発明では様々な歩容を実現する。このため、本発明では左右の脚、前後の脚のそれぞれの4節リンク機構の回転角度を変えられるようにする。

【0020】

通常の動物の歩行では、対になる左右の脚の位相差、および同じ側面の前後の脚の位相差はともに180度である。また、両足を揃えてジャンプするときの左右の脚の位相差は0度である。これらの動作も、前後左右の脚の各リンクの回転角度の取り付けで調整できるようにする。

【0021】

10

20

30

40

50

ワンアクチュエータによる動力は、玩具のような電池で動く小さなマシンではパワー不足になることは否めない。そこでマシン上部に弾力性のある柔軟ビームを取り付ける。柔軟ビームは4節リンク機構の大腿部の上部に取り付け、大腿部の運動に伴ってたわみ(曲がり)が生じる。このたわみにエネルギー蓄積の効果があり、たわみが解放されるときにアクチュエータの動力以上の力が生じ、脚部の反発力として利用する。すなわち、この力によってバウンド(飛躍)などの動作が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

発明の実施の形態を図を用いて説明する。図3は本発明の4足走行マシンの組立模型である。図に示した白抜きの四辺形が4節リンク機構大腿上部を形成し、その下の薄い白抜きの四辺形が4節リンク機構大腿下部を形成している。

10

【0023】

図4は、左側面から見た本発明のマシンの一例を示す略図である。ただし、白抜きの部分(模型に付加した線)はチェビシェフの第1近似直線運動を解析するとき用いた、脚部の主要線である。本発明の4足走行マシン1は、脚部が前脚大腿上部110、前脚大腿下部111、後脚大腿上部112、後脚大腿下部113から構成されている。

【0024】

図3で示したように、各部は4節リンク機構で構成されている。脚部の上に台座121を設置し、その上に駆動装置130(通常、モーター)、電源および制御装置収納部140が取り付けられている。また台座121部分に切れ目を入れ、前後の両台座を柔軟ビーム120で連結している。この柔軟ビームの素材としては、板バネなどが利用できる。前部150は動物の頭に相当する部分で、全体のバランスを取るための重りともなっている。足部114(接地部)は床に触れる部分で、滑り止めのためにゴムなどの素材が取り付けられている。またこの部分の底に圧力センサーを取り付けておけば、足が地面に着いているかどうかの判断が行える。

20

【0025】

図5は、図4に示した前脚の節を抜き出して骨格部分のみを図式化したものである。前脚は、大腿上部110を構成する4節リンク機構A B C Dと、大腿下部111の4節リンク機構C E F Gから成り立っている。節AとDは台座に固定されていて、節Bは節Aを中心に回転する。また節B、C、Eおよび節D、C、Gはそれぞれ同じリンク棒の上に取り付けられている。これにより、節Bが円の下半部を通過しているとき(r_1 の状態)、前脚(リンクA B C D、C E F G)が縮み、足部114が浮遊し、足部が l_1 方向に移動する。一方、節Bが節Aの上部を通過するとき(r_2 の状態)、前脚(リンクA B C D、C E F G)が狭まり、足部が離地(浮遊)し、足部に l_2 方向の力が働く。このように節Bの回転によって、脚部はキックと単なる移動とを繰り返して前進する。

30

【0026】

なお、図4の丸に点で示した r_t は節(図5のBに相当)の回転位置を表し、 r_t に対応した足部114の移動 l を四角に x の記号(図5の l_1 、 l_2 に相当)で表している。この解析には、チェビシェフの第1近似直線運動機構を用いている。

【0027】

図6は、4足歩行動物の基本的歩き方を示したものである。実線 L_{fl} 、 L_{bl} は左脚(側面から見たときの手前)、破線 L_{fr} 、 L_{br} 右脚(側面から見たときの奥)である。歩くという動作は、以下のような動作である。

40

(1) 静止状態。このとき、4脚が接地状態(正確には足底が接地状態)にある。

(2) 歩き始め。左前脚 L_{fl} と右後脚 L_{br} を曲げて前に移動させる。このとき、右前脚 L_{fr} と左後脚 L_{bl} は接地状態で、体 B_d を前方へ押し出す力を生み出している。

(3) 左前脚と右後脚が接地し、全体重が移動した状態。

(4) 左前脚と右後脚が接地状態で、右前脚と左後脚が移動を始めた状態。

(5) 右前脚と左後脚が接地し、全体重が移動した状態。

【0028】

50

このように、4足歩行動物が歩く基本動作は、対角線上の脚（足）を接地させて推進力を生み、他の対角線上の脚を浮遊させて前へ進める動作である。対角線上の脚が接地しているということは、すなわち体の重心が対角線上にあるために、体を安定させることのできる状態である。走るという動作も基本的に歩くという動作の延長線上にある。異なる点は、4足が同時に地面から離れる動作が加わることである。4足マシンの場合、接地脚（キックする脚）のキック力を高めてやれば、自然と体全体（4足）が地面から離れて浮遊することになる。

【0029】

上記の動作を実現するためには、前脚と後脚の移動が逆方向になるようにすればよい。すなわち、同じ体側面の前脚と後脚の回転位相（図5のB点）を180度ずらし、左右の前脚間および左右の後脚間の回転位相も180度ずらせばよいことになる。

10

【0030】

図7はアクチュエータの同一回転軸に同じ側面の前脚と後脚のリンクを取り付けた場合の例である。この場合、前後の脚のリンクの回転角度の位相差（BとB'の回転のズレ）は0度であるために、リンクの取付を線対称にすることによって位相差を180度（前脚と後脚が逆向きになる動き）に変換している。この図でA B C Dは前脚大腿上部の4節リンク機構、A' B' C' D'は後脚大腿上部の4節リンク機構、C E F Gは前脚大腿下部の4節リンク機構、C' E' F' G'は後脚大腿下部の4節リンク機構である。C、C'は二つの4節リンク機構をつなぐ関節を構成する。

【0031】

またAとA'およびBとB'は同じ位置に取り付けられた節である（以下、A'とB'はそれぞれAとBで表記）。前脚の大腿上部・大腿下部と後脚の大腿上部・大腿下部の4節リンクをそれぞれ線対称に取り付けてある（ただし、リンクの大きさは必ずしも同じではない）。これにより、以下の動作が実現できる。

20

【0032】

節Bの回転 r により、リンク棒BCに f_1 の力が働き、節C、Gが矢印の方向（後方）に引っ張られ、節Fが上方に押し上げられて足部114fは浮遊し、足部は11の方向（前方）に移動する。一方、後脚では、回転 r によってBC'に f_2 （ $= f_1$ ）の力が働き、節C'、G'が後方に押され、節F'が下方（矢印の方向）に押し下げられて足部114bが接地し、足部に12の方向（後方）の力が働く。これによつては体Bdが前方に進むことができる。

30

【0033】

節Bの回転 r が逆向き、すなわち図のD方向に向くと、前足部が接地して後ろ側への力（キック力）が生じ、後足部が浮遊して前方へ進む（この場合の図は略）。現実のリンクの動きは前述したような単純なものではないが、要は、上部のリンクが狭まれば下部のリンクも狭まって脚長が長くなり、足が接地し、上部のリンクが広がれば下部のリンクも広がって脚長が短くなり、足が浮遊する。

【0034】

ゆっくりとしたモーターの回転の場合は歩く動作になるが、回転が速くなるとキック力が増し、4足とも地面から離れる。いわゆる、走りの状態に移行する。回転の速さにより、競馬でいうキャンタ（ゆっくりした走り）やギャロップ（襲走）などが再現できる。

40

【0035】

ただし玩具などの小さな4足走行マシンでは、動力に限界があるために、バウンド（跳躍）などの体全体を浮遊させる動作には別の工夫も必要になる。また動力源への負荷を軽減するためにも、何らかのエネルギー蓄積装置が必要になる。図8は本発明の4足走行マシンの実施例における前脚と後脚の動作を説明するための別の例である。

【0036】

図9は、同じ側面の前脚と後脚のリンクを別のアクチュエータで駆動する場合の例である。図10は1モーターで図9の系を駆動する場合の構造の一例である。

【0037】

50

図11は柔軟ビームの取り付け例である。(1)と(2)は台座121を前後に分割し、柔軟ビーム120で接続した例である。(1)は全体に、(2)は左右に分けて部分接続している。通常の歩きや走りの場合、左右の脚は反対の動作をするために、左右の柔軟ビームも反対の動きをする。したがって、(2)のように分離していた方がバネとしての働きでは優れている。しかしいずれの場合も、台座121に直接取り付けられた形になっているために、台座に振動を引き起こす原因となる。台座の上にはアクチュエータや制御装置などが取り付けられるために、この振動は好ましくない。そこで(3)の例では、台座121と柔軟ビーム取付台121l、121rを分離して、柔軟ビーム取付台に柔軟ビーム120を取り付ける。このようにすれば、柔軟ビームの伸縮運動に台座が影響されにくく、しかも左右の柔軟ビームが独自動作することができる。

10

【0038】

図12は、柔軟ビームの働きを示している。(1)は静止時である。柔軟ビーム120は取付台121lとともに水平になっている。(2)は前後の脚114f、114bを閉じたときで、柔軟ビームは曲がる。このとき、柔軟ビームの弾性力(復元力)で取付台121lには垂直方向に f の力が働く。この水平方向の力 f' が脚を開くとき、駆動措置の駆動力 F にプラスされ、(3)のように、より大きな脚力を生むことができる(図中、 r は柔軟ビームの弾性力による、取付台の動く方向を示す)。なお柔軟ビームの素材としては、板バネのような丈夫で弾性係数の高い素材が好ましい。

【0039】

前後左右の脚の取付角度を変えてやることによって、歩容を変えることができる。例えば、図6に示す例の歩容の場合には、左右の脚の位相差は180度である。これは図13の(1)に示すように、マシンを側面から見たとき、左脚の節 B_l と右脚の節 B_r の位置関係が回転円と正反対の位置に取り付けられている。このため、節 C_l と C_r の回転 r に対して前脚と後脚の運動方向が逆となる。(2)は位相差が θ 度(< 180 度)の場合で、節 C_l と C_r の移動のズレが少なくなっている。 θ を0度にすれば、右脚と左脚の位相差がなくなり、左右の脚が同方向に動き、兔跳びのような動作になる。

20

【0040】

下記の表1は、モーターの回転速度と位相差による、4足走行マシンの平均移動速度の変化を調べた実験結果である。モーターの回転速度(角速度)が増せば、平均移動速度も増す。これは、容易に想像がつく。一方、位相差による平均移動速度は、同じ回転速度で比較すると、位相差が0度で最も速く、90度で最も遅い。これは位相差0度、すなわち両足で同時にキックする走り方が最も大きな推進力を生み、位相が90度のときは左右の脚の歩幅が通常時(位相差が180度時)より狭くなり、左右の脚のキックのタイミングが中途半端になるために速度が遅くなると推測できる。いずれにしろ表1の実験結果は、位相差を変えてやることによって、様々な歩き方(または走り方)と速度を作り出すことが可能なことを表している。

30

【0041】

【表 1】

ケース1:モータの角速度40[rad], 位相差0[deg]	
移動時間:6.550[sec] 平均移動速度:0.458[m/s]	
ケース2:モータの角速度50[rad], 位相差0[deg]	
移動時間:5.439[sec] 平均移動速度:0.551[m/s]	
ケース3:モータの角速度60[rad], 位相差0[deg]	10
移動時間:4.881[sec] 平均移動速度:0.614[m/s]	
ケース4:モータの角速度40[rad], 位相差45[deg]	
移動時間:8.628[sec] 平均移動速度:0.348[m/s]	
ケース5:モータの角速度50[rad], 位相差45[deg]	
移動時間:7.536[sec] 平均移動速度:0.398[m/s]	
ケース6:モータの角速度60[rad], 位相差45[deg]	
移動時間:6.276[sec] 平均移動速度:0.478[m/s]	
ケース7:モータの角速度40[rad], 位相差90[deg]	20
移動時間:12.047[sec] 平均移動速度:0.249[m/s]	
ケース8:モータの角速度50[rad], 位相差90[deg]	
移動時間:11.86[sec] 平均移動速度:0.253[m/s]	
ケース9:モータの角速度60[rad], 位相差90[deg]	
移動時間:12.138[sec] 平均移動速度:0.247[m/s]	
ケースA:モータの角速度40[rad], 位相差180[deg]	
移動時間:7.449[sec] 平均移動速度:0.403[m/s]	
ケースB:モータの角速度50[rad], 位相差180[deg]	
移動時間:5.537[sec] 平均移動速度:0.541[m/s]	30
ケースC:モータの角速度60[rad], 位相差180[deg]	
移動時間:5.391[sec] 平均移動速度:0.556[m/s]	

【産業上の利用可能性】

40

【0042】

本発明のマシンは、脚を4節リンク機構の大腿上部と大腿下部で構成し、大腿上部と大腿下部のつながりの関節部分で動物の脚の関節の屈伸が再現でき、よりリアルな脚動を表現することができる。しかも、前後左右の脚の取り付け位置によって、位相差を調整することができるために、容易に歩容が変えられる利点がある。これにより通常歩行、兔跳び、小走り、大走りなどの動作が容易に実現できる。

【0043】

本発明の4足走行マシンを玩具に応用した場合、動力としてもモーターは小型なものとなるために、1モーターでは力に限界がある。そこで、本発明では柔軟ビームを取り付けることによって、動力源から得られる力に柔軟ビームの弾性力をプラスした力を引き出す

50

ことができるようにした。これにより、バウンドなどの襲発的な力が要求される運動を可能としている。また動力源の負荷を軽減する役割も果たしている。

【0044】

本発明ではセンサーや制御装置については説明しなかったが、これらの機能を追加することによって、本格的な動物型ロボットを実現することができる。例えば制御装置にギャロップやトロットなどの指令を送ることによって、アクチュエータの駆動力を変えたり、位相差を機械的に変えたりすることもできる。また足底に力センサー（接地圧力センサー）を取り付けておき、力センサーの信号によって制御装置がマシンの走行状態を自動的に判断し、歩いているのか、あるいは走っているのかを判定することもできる。視覚センサー、速度センサーなどと組み合わせ、各センサーの信号を制御装置にフィードバックして指令との差異を修正することによって、動作の補正を行うことも可能となる。このように、本発明は単純な玩具（制御装置無しの玩具）から大がかりなロボットに至るマシンまで、幅広い応用が可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】4節リンク機構の説明図である。

【図2】4節リンク機構におけるチェビシェフの第1近似直線運動機構の説明図である。

【図3】本発明の4足走行マシンの組立模型とリンク機構の説明図である。

【図4】本発明の4足走行マシンの説明図（側面図）である。

【図5】本発明の4足走行マシンの脚部における4節リンク機構の説明図である。

20

【図6】4足歩行動物の基本的な歩き方を説明するための図である。

【図7】本発明の4足走行マシンの実施例における前脚と後脚の動作を説明するための図である。

【図8】本発明の4足走行マシンの実施例における前脚と後脚の動作を説明するための図である。

【図9】本発明の4足走行マシンの実施例におけるアクチュエータでの駆動を説明する図である。

【図10】本発明の4足走行マシンの実施例におけるアクチュエータでの駆動を説明する図である。

【図11】本発明の4足走行マシンの実施例における柔軟ビームの説明図である。

30

【図12】本発明の4足走行マシンの実施例における柔軟ビームの説明図である。

【図13】本発明の4足走行マシンの実施例における左右の脚の位相差を説明する図である。

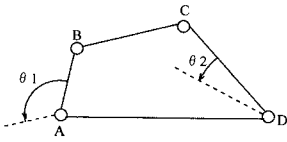
【符号の説明】

【0046】

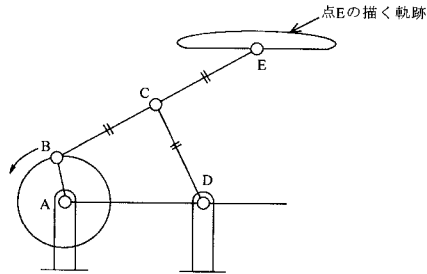
- 1 4足走行マシン
- 110 前脚大腿上部
- 111 前脚大腿下部
- 112 後脚大腿上部
- 113 後脚大腿下部
- 114 足部（接地部）
- 114f 前脚足部
- 114b 後脚足部
- 120 柔軟ビーム
- 121 台座
- 121f、b、l、r 台座における前部、後部、左部、右部
- 130 駆動装置
- 140 電源および制御装置収納部
- 150 前部（頭部、バランス用）

40

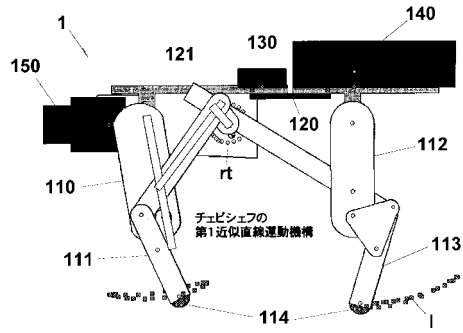
【 図 1 】



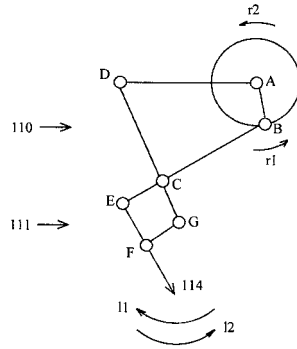
【 図 2 】



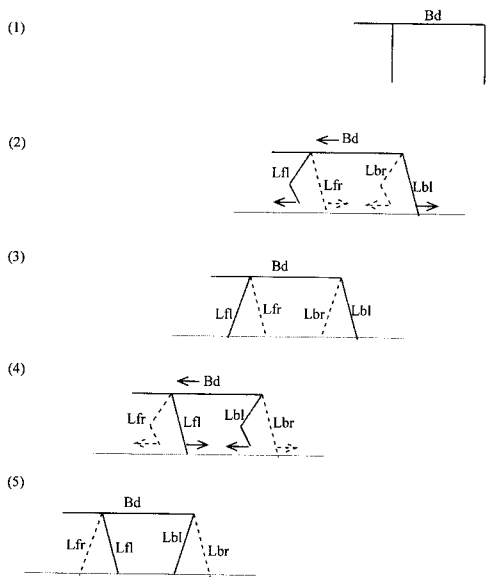
【 図 4 】



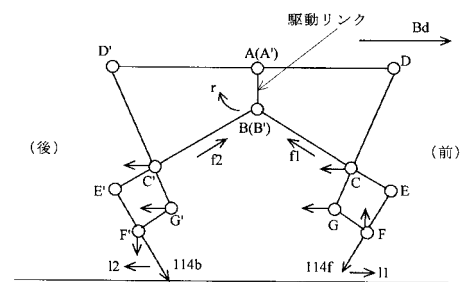
【 図 5 】



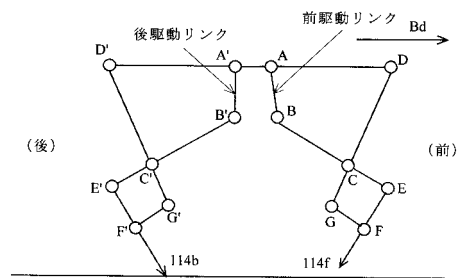
【 図 6 】



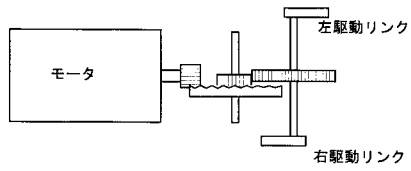
【 図 7 】



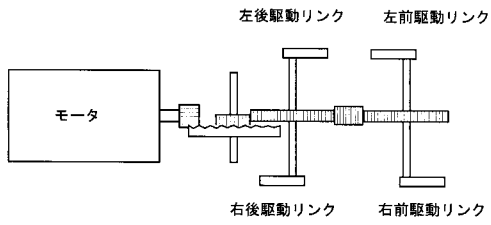
【 図 8 】



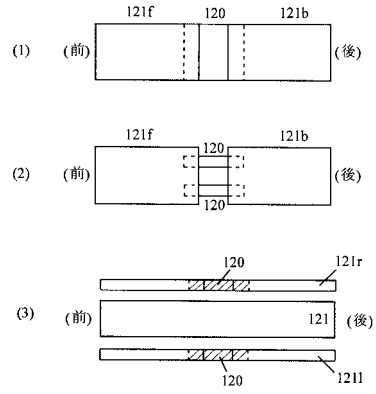
【 図 9 】



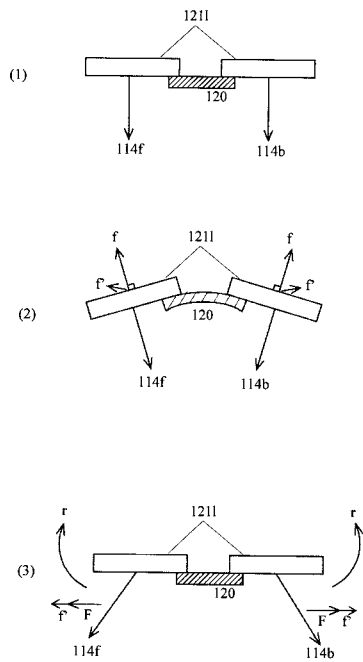
【 図 10 】



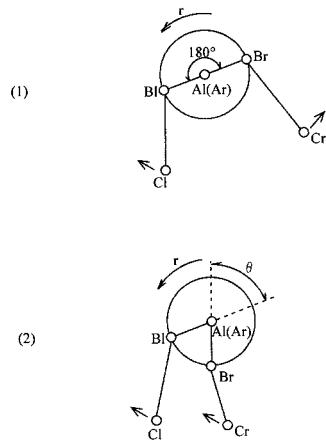
【 図 11 】



【 図 12 】



【 図 13 】



【 図 3 】

リンク機構

- 特徴
 - 4節リンク機構の組み合わせで構成されている
 - 2つの4節リンクを使用して1脚が構成されている
 - 平行リンク機構とクランクレバー機構で脚を構成

