

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5783454号  
(P5783454)

(45) 発行日 平成27年9月24日 (2015. 9. 24)

(24) 登録日 平成27年7月31日 (2015. 7. 31)

(51) Int. Cl. F I  
**A 6 1 H 1/02 (2006. 01)** A 6 1 H 1/02 R  
**B 2 5 J 3/00 (2006. 01)** B 2 5 J 3/00 Z

請求項の数 3 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-211170 (P2011-211170)                  (22) 出願日 平成23年9月27日 (2011. 9. 27)                  (65) 公開番号 特開2013-70781 (P2013-70781A)                  (43) 公開日 平成25年4月22日 (2013. 4. 22)                  審査請求日 平成26年9月29日 (2014. 9. 29)</p>	<p>(73) 特許権者 591261509                  株式会社エクス・リサーチ                  東京都千代田区外神田1丁目18番13号                  (74) 代理人 100096655                  弁理士 川井 隆                  (74) 代理人 100091225                  弁理士 仲野 均                  (72) 発明者 藤井 一彰                  東京都千代田区外神田2丁目19番12号                  株式会社エクス・リサーチ内                   審査官 今井 貞雄</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 歩行支援装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

歩行支援対象者の上腿部を支持する第1の支持部材に軸支され、前記上腿部の膝関節に対応して形成された第1の歯部と、

前記膝関節に接合する下腿部を支持する第2の支持部材に固定され、前記第1の歯部とかみ合って連動する第2の歯部と、

前記第1の歯部と前記第2の歯部を所定の位置関係に軸支する歯部保持部材と、

前記第1の歯部に対して固定された固定部材と、

前記固定部材を駆動して前記第1の歯部を回転させる駆動手段と、

前記固定部材の前記第1の歯部に対する前記第1の歯部の回転軸の周りにおける固定角度を調整する角度調整手段と、

を具備したことを特徴とする歩行支援装置。

【請求項2】

前記角度調整手段は、

前記第1の歯部の前記回転軸に垂直な面に形成された第3の歯部と、

前記第3の歯部とかみ合って前記第3の歯部と連動するウォームギアと、

前記固定部材に固定され、前記ウォームギアを駆動して回転させるウォームギア駆動手段と、

を用いて構成されていることを特徴とする請求項1に記載の歩行支援装置。

【請求項3】

前記ウォームギア駆動手段は、前記固定部材において、前記ウォームギアと前記第3の歯部とのバックラッシュが生じない角度に固定されていることを特徴とする請求項2に記載の歩行支援装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、歩行支援装置に関し、例えば、歩行をアシストするものに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、介護ビジネスなどを中心に、人の動作（歩行や持ち上げなど）に使われる筋力を補助する装着型ロボット（パワーアシストスーツ）などが開発されている。 10

装着型ロボットには、アシスト箇所として、上半身の筋力を補助するもの、下半身の筋力を補助するもの、あるいは、全身の筋力を補助するものなど各種のものがある。

また、装着型ロボットの用途も、健常者用から高齢者・障害者の補助用などがある。

【0003】

装着型ロボットは、例えば、装着者の筋電から筋肉の動きを解析したり、関節各部に配置した姿勢センサで検出される装着者の動きを解析することで、当該動きに必要な関節モーメントを算出し、これに応じた必要なアシスト力を発生させている。これによって、装着者は、重量物の持ち上げや歩行を楽に行うことができる。 20

【0004】

このような技術に、特許文献1の「装着式動作補助装置、装着式動作補助装置の制御方法および制御用プログラム」がある。

この技術は、装着者に設置したセンサによって生体信号を検出し、これを用いて装着者の意思に従った動力をアクチュエータに発生させるものである。

【0005】

ところで、人間の肘関節や膝関節は複雑な構成になっており、装着型ロボットのこれら関節部分を二重関節にすると装着者の関節運動に対する追従性を向上させることができる。

図9の各図は、従来の二重関節駆動機構を説明するための図である。

図9(a)に示したように、装着者の上腿部に装着する上腿連結部材26と下腿部に装着する下腿連結部材27は、連動する歯車54、歯車56を有する二重関節部50を介して接合している。 30

膝関節アシストアクチュエータ18は、ロッド駆動部64とロッド63を有しており、ロッド駆動部64は、上腿連結部材26の股関節側の股側（上腿の前側）に軸支されている。一方、ロッド63の先端は、下腿連結部材27の脛側（下腿の前側）において上腿連結部材26側に延設された部材100に軸支されている。

【0006】

このように構成された二重関節部50において、膝関節アシストアクチュエータ18を駆動し、ロッド駆動部64がロッド63を押し出すと、二重関節部50によって、上腿連結部材26と下腿連結部材27は、図9(b)に示したように屈曲する。 40

更に、ロッド駆動部64がロッド63を押し出すと、図9(c)に示したように上腿連結部材26と下腿連結部材27は、膝を折った状態となる。

逆に、ロッド駆動部64がロッド63を引き込むと、図9(a)に示したように上腿連結部材26と下腿連結部材27は、膝を伸ばした状態となり、屈曲が解除される。

【0007】

図10の各図は、従来の二重関節駆動機構の他の例を説明するための図である。

この例では、図10(a)に示したように、ロッド駆動部64は、上腿連結部材26の股関節側の股の裏側に軸支されており、ロッド63の先端は、下腿連結部材27の脛側に固定された部材101に軸支されている。

このように構成された二重関節部50において、膝関節アシストアクチュエータ18を 50

駆動し、ロッド駆動部 64 がロッド 63 を引き込むと、図 10 ( b ) に示したように、上腿連結部材 26 と下腿連結部材 27 が屈曲し、更に、膝関節アシスタクチュエータ 18 を駆動すると、図 10 ( c ) に示したように、上腿連結部材 26 と下腿連結部材 27 が更に屈曲し、膝を折った状態となる。

逆に、ロッド駆動部 64 がロッド 63 を押し出すと、図 10 ( a ) に示したように上腿連結部材 26 と下腿連結部材 27 は、膝を伸ばした状態となる。

【 0 0 0 8 】

従来は、以上のようにして二重関節部 50 を駆動していたが、この駆動機構では、例えば、膝を伸ばした状態と屈曲させた状態では、膝関節アシスタクチュエータ 18 を同じ量だけ動作させたとしても関節動作トルクや関節動作速度などが異なる。

10

即ち、膝の屈曲角度に応じて単位アクチュエータ動作量当たりの関節動作トルクや関節動作速度が異なる。

しかし、従来の駆動機構では、膝の屈曲角度に応じて単位アクチュエータ動作量当たりの関節動作トルクや関節動作速度を調整することができないという問題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 9 5 5 6 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【 0 0 1 0 】

本発明は、二重関節においてアクチュエータの単位動作量当たりの関節動作トルクや関節動作速度の変動過度特性を調整することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

( 1 ) 請求項 1 に記載の発明では、歩行支援対象者の上腿部を支持する第 1 の支持部材に軸支され、前記上腿部の膝関節に対応して形成された第 1 の歯部と、前記膝関節に接合する下腿部を支持する第 2 の支持部材に固定され、前記第 1 の歯部とかみ合って連動する第 2 の歯部と、前記第 1 の歯部と前記第 2 の歯部を所定の位置関係に軸支する歯部保持部材と、前記第 1 の歯部に対して固定された固定部材と、前記固定部材を駆動して前記第 1 の歯部を回転させる駆動手段と、前記固定部材の前記第 1 の歯部に対する前記第 1 の歯部の回転軸の周りにおける固定角度を調整する角度調整手段と、を具備したことを特徴とする歩行支援装置を提供する。

30

( 2 ) 請求項 2 に記載の発明では、前記角度調整手段が、前記第 1 の歯部の前記回転軸に垂直な面に形成された第 3 の歯部と、前記第 3 の歯部とかみ合って前記第 3 の歯部と連動するウォームギアと、前記固定部材に固定され、前記ウォームギアを駆動して回転させるウォームギア駆動手段と、を用いて構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の歩行支援装置を提供する。

( 3 ) 請求項 3 に記載の発明では、前記ウォームギア駆動手段が、前記固定部材において、前記ウォームギアと前記第 3 の歯部とのバックラッシュが生じない角度に固定されていることを特徴とする請求項 2 に記載の歩行支援装置を提供する。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、二重関節の歯車とアクチュエータを連結する連結アームの歯車に対する角度を可変とすることにより、アクチュエータの単位動作量当たりの関節動作トルクや関節動作速度の変動過度特性を調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】装着型ロボットの装着状態を示した図である。

【図 2】装着型ロボットのシステム構成を示した図である。

50

【図 3】二重関節部の装着位置を説明するための図である。

【図 4】二重関節部の構造を詳細に説明するための図である。

【図 5】膝関節アシスタクチュエータの構成、及び二重関節部の動作を説明するための図である。

【図 6】単位アクチュエータ動作量当たりの関節動作トルクと関節動作速度を説明するための図である。

【図 7】連結アームの設置角度の調整機構を説明するための図である。

【図 8】歯車に対する連結アームのがたつき防止機構を説明するための図である。

【図 9】従来例を説明するための図である。

【図 10】従来例を説明するための図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0014】

(1) 実施形態の概要

二重関節部 50 (図 4) において、歯車 54 は、上腿連結部材 26 の下腿連結部材 27 に回転自在に軸支されており、歯車 56 は、下腿連結部材 27 に回転しないように固定されている。

関節フレーム 52 は、歯車 54 と歯車 56 を回転自在に軸支しており、歯車 54 と歯車 56 の歯部がかみ合う位置に歯車 54 と歯車 56 を保持している。

歯車 54 の表面には、連結アーム 61 が半径方向に固定されており、更に、連結アーム 61 は、連結軸 62 によってロッド 63 に軸支されている。図示しないが、ロッド 63 は膝関節アシスタクチュエータ 18 を構成しており、軸方向に移動する。

20

そのため、膝関節アシスタクチュエータ 18 を駆動すると、ロッド 63 によって歯車 54 が回転し、これに連動して歯車 56 が回転し、上腿連結部材 26 に対して下腿連結部材 27 が屈曲する。

【0015】

図 7 に示したように、歯車 54 の表面 (回転軸に垂直な面) には、ラックギア 67 が円状に形成されており、連結アーム 61 に固定されたウォームギア 72 が噛み合っている。ウォームギア 72 は、連結アーム 61 に固定された連結アームアクチュエータ 71 (モータ) の回転軸に取り付けられている。

連結アームアクチュエータ 71 を駆動してウォームギア 72 を回転させると歯車 54 に対する連結アーム 61 の取り付け角度が変化する。このようにして連結アーム 61 の取り付け角度を調整することにより、膝関節アシスタクチュエータ 18 の単位動作量当たりの関節動作トルクや関節動作速度、及び関節動作量などの変動過度特性を調整することができる。

30

また、歯車 54 とラックギア 67 がゼロクリアランスとなるように連結アームアクチュエータ 71 の取り付け角度にオフセット角度を持たせることにより連結アーム 61 のがたつきを抑制することができる。

【0016】

(2) 実施形態の詳細

図 1 は装着型ロボット 1 の装着状態を示した図である。

40

装着型ロボット 1 は、装着者の腰部及び下肢に装着し、装着者の歩行を支援 (アシスト) するものである。

装着型ロボット 1 は、腰部装着部 21、上腿装着部 22、下腿装着部 23、足装着部 24、上腿連結部材 26、下腿連結部材 27、制御装置 2、つま先反力センサ 10、踵反力センサ 11、つま先姿勢センサ 12、踵姿勢センサ 13、腰姿勢センサ 14、上腿姿勢センサ 15、下腿姿勢センサ 16、股関節アシスタクチュエータ 17、膝関節アシスタクチュエータ 18、足首関節アシスタクチュエータ 19などを備えている。なお、腰部装着部 21、制御装置 2、腰姿勢センサ 14 以外は、左右の両足に設けられており、それぞれの検出値が出力されるようになっている。

但し、つま先反力センサ 10、踵反力センサ 11 については、反力の検出が不要である

50

実施例の場合には、両センサに変えてつま先接地センサ、踵接地センサを備えるようにしてもよい。

【 0 0 1 7 】

腰部装着部 2 1 は、装着者の腰部の周囲に取り付けられ装着型ロボット 1 を固定する。

腰姿勢センサ 1 4 は、腰部装着部 2 1 に取り付けられ、ジャイロなどによって腰部の姿勢（ロール角、ヨー角、ピッチ角）を検出する。また、これらの角度を微分することにより、腰部の角速度や角加速度を求めることもできる。

【 0 0 1 8 】

制御装置 2 は、腰部装着部 2 1 に取り付けられ、装着型ロボット 1 の動作を制御する。

股関節アシストアクチュエータ 1 7 は、装着者の股関節と同じ高さに設けられており、腰部装着部 2 1 に対して上腿連結部材 2 6 を前後方向に駆動する。なお、股関節アシストアクチュエータ 1 7 を 3 軸アクチュエータとして横方向にも駆動するように構成することもできる。

10

【 0 0 1 9 】

上腿連結部材 2 6 は、装着者の上腿部の外側に設けられた剛性を有する柱状部材であり、上腿装着部 2 2 によって装着者の上腿部に固定される。そして、上腿連結部材 2 6 は、股関節アシストアクチュエータ 1 7 によって駆動し、上腿部の運動を支援する。

上腿装着部 2 2 は、外側が上腿連結部材 2 6 の内側に固定されており、内側が装着者の上腿に固定される。

上腿姿勢センサ 1 5 は、上腿部の姿勢（ロール角、ヨー角、ピッチ角）を検出する。また、これらの角度を微分することにより、上腿部の角速度や角加速度を求めることもできる。

20

【 0 0 2 0 】

膝関節アシストアクチュエータ 1 8 は、膝関節部に形成された後述の二重関節部 5 0 を駆動し、これによって下腿連結部材 2 7 を前後方向に運動させて装着者の下腿部の運動を支援する。

下腿連結部材 2 7 は、装着者の下腿部の外側に設けられた剛性を有する柱状部材であり、下腿装着部 2 3 によって装着者の下腿部に固定される。そして、下腿連結部材 2 7 は、膝関節アシストアクチュエータ 1 8 によって駆動し、下腿部の運動を支援する。

【 0 0 2 1 】

下腿装着部 2 3 は、外側が下腿連結部材 2 7 の内側に固定されており、内側が装着者の下腿に固定される。

下腿姿勢センサ 1 6 は、下腿部の姿勢（ロール角、ヨー角、ピッチ角）を検出する。また、これらの角度を微分することにより、下腿部の角速度や角加速度を求めることもできる。

30

【 0 0 2 2 】

足首関節アシストアクチュエータ 1 9 は、装着者の足首関節と同じ高さに設けられており、下腿連結部材 2 7 に対して足装着部 2 4 のつま先を上下する方向に駆動する。

足装着部 2 4 は、装着者の足部（足の甲、及び足裏）に固定される。一般に、足指の付け根の関節は歩行の際に屈曲するが、足装着部 2 4 も足指の付け根の部分が足指に従って屈曲するようになっている。

40

【 0 0 2 3 】

つま先姿勢センサ 1 2 と踵姿勢センサ 1 3 は、それぞれ、足装着部 2 4 の先端と後端に設置され、それぞれ、つま先と踵の姿勢（ロール角、ヨー角、ピッチ角）を検出する。また、これらの角度を微分することにより、つま先や踵の角速度や角加速度を求めることもできる。

【 0 0 2 4 】

つま先反力センサ 1 0 は、足装着部 2 4 の足裏部前方に設置され、つま先の接地を検出すると共に、歩行面からの反力を検出する。

踵反力センサ 1 1 は、足装着部 2 4 の足裏部後方に設置され、踵の接地を検出すると共

50

に、歩行面からの反力を検出する。

以上のように構成された装着型ロボット1は、股関節アシストアクチュエータ17、膝関節アシストアクチュエータ18、足首関節アシストアクチュエータ19を駆動することにより、装着者の歩行を支援する。

#### 【0025】

図2は、装着型ロボット1のシステム構成を示した図である。

制御装置2は、図示しないCPU(Central Processing Unit)、ROM(Read Only Memory)、RAM(Random Access Memory)、時間を計測する手段としての時計、記憶部7、各種インターフェースなどを備えた電子制御ユニットであり、装着型ロボット1の各部を電子制御する。

10

#### 【0026】

制御装置2は、また、CPUで記憶部7に記憶された歩行支援プログラム等の各種プログラムを実行することにより構成される、センサ情報取得部3、各種パラメータ算出部4、歩行動作判定部5、歩行シーン判定部6、歩行アシスト力決定部8、連結アーム角度調整部9を備えている。

センサ情報取得部3は、つま先反力センサ10～下腿姿勢センサ16の各センサから検出値を取得する。センサ情報取得部3で取得した各センサの検出値は、歩行動作の判定や、歩行シーンの判定や、歩行パラメータの算出等に使用される。

#### 【0027】

各種パラメータ算出部4は、センサ情報取得部3で取得した検出値から、各関節の角度

20

や位置を求めることで歩行パラメータ値(重複歩調と重複歩距離)を算出する。  
ここで、1側の踵が接地してから次に同側の踵が接地するまでの動作を重複歩といい、この重複歩における一連の動作を歩行周期という。そして、重複歩における踵の両接地点間の距離を重複歩距離といい、1分間当たりの重複歩数(重複歩数/分)を重複歩調という。

#### 【0028】

歩行動作判定部5は、装着者の動作が屈伸運動や足踏み動作などの歩行以外の動作なのか、それとも実際に歩行している動作なのかを判定する。

歩行シーン判定部6は、センサ情報取得部3で取得した検出値から、装着者の歩行している歩行シーンを判定する。判定対象となる歩行シーンとしては、歩行面種類(平地、上り階段、下り階段、上り坂道、下り坂道)の5種類のそれぞれに対して、前進歩行と後進歩行の歩行方向2種類があり、合計10の歩行シーンがある。

30

#### 【0029】

歩行アシスト力決定部8は、左右両足のそれぞれに配置されている股関節アシストアクチュエータ17、膝関節アシストアクチュエータ18、足首関節アシストアクチュエータ19に出力させるアシスト力を決定し、これに従ってこれらアシストアクチュエータを駆動する。なお、アシスト力とは、装着型ロボット1がアシストアクチュエータを駆動して脚部に作用させるモーメント(トルク)である。

#### 【0030】

連結アーム角度調整部9は、後に詳細に説明するように、二重関節部50(図4)の連結アーム61に設置された連結アームアクチュエータ71(図7)を駆動することにより歯車54に対する連結アーム61の取り付け角度を調整する。

40

これにより連結アーム角度調整部9は、二重関節部50における膝関節アシストアクチュエータ18の単位動作量当たりの関節動作トルクや関節動作速度などの変動過度特性を調整する。

#### 【0031】

図3は、二重関節部50の装着位置を説明するための図である。図3(a)は、正面図を示しており、図3(b)は、側面図を示している。

なお、図3(a)では、図を簡略化するため右足のみ装着しているが、両足に装着するものである。また、膝関節アシストアクチュエータ18は、省略してある。

50

二重関節部 50 は、装着者の膝関節の位置に対応して形成されており、上腿連結部材 26 の下端と下腿連結部材 27 の上端を接合している。

二重関節部 50 は、上腿連結部材 26 の下端側に軸支された円形の歯車 54、下腿連結部材 27 の上端側に固定された円形の歯車 56、及び、歯車 54、歯車 56 を軸支する関節フレーム 52 を有している。

歯車 54 と歯車 56 は、歯部（ギア）がかみ合って連動するようになっている。

#### 【0032】

装着者が膝を曲げると、これにともなって二重関節部 50 も屈曲する。すると、上腿連結部材 26 に対する下腿連結部材 27 の回転中心は、上腿連結部材 26 と下腿連結部材 27 の軸線の交点となり、膝の屈曲にともなって前方に移動する。この動きが人体の膝の動きによく適合しており、二重関節部 50 は、膝の前後運動に良好に追従することができる。

10

#### 【0033】

図 4 は、二重関節部 50 の構造を説明するための図である。なお、二重関節部 50 は、歯車 54 に対する連結アーム 61 の角度を調整する機構を備えているが、これについては後に詳細に説明するため省略してある。

上腿連結部材 26 の下端側（下腿連結部材 27 側）には、歯車 54 が固定軸 55 によって回転自在に軸支されている。

図示しないが、歯車 54 の全周には歯部が形成されている。なお、歯部は歯車 54 の全周に形成されている必要はなく、少なくとも歯車 56 とかみ合う部分に形成されていればよい。

20

#### 【0034】

一方、下腿連結部材 27 の上端側（上腿連結部材 26 側）には、固定軸 57、及び固定軸 57 の周囲で 120 度おきに設けられた固定具 60、60、60 によって歯車 56 が固定されている。なお、図の煩雑化を避けるため、固定具 60 は、1 つのみに符号を付している。

下腿連結部材 27 に対する歯車 56 の回転は、固定具 60 によって規制されるため、歯車 56 は、下腿連結部材 27 に対して回転せず、下腿連結部材 27 と一体となって運動する。

図示しないが、歯車 56 の全周には歯部が形成されている。なお、歯部は歯車 56 の全周に形成されている必要はなく、少なくとも歯車 54 とかみ合う部分に形成されていればよい。

30

#### 【0035】

関節フレーム 52 は、板状の部材であり、歯車 54 の歯部と歯車 56 の歯部がかみ合っ

て、お互いが連動する位置に歯車 54 と固定軸 55 を軸支している。

このため、歯車 54 が関節フレーム 52 に対して回転すると、これにともなって歯車 56 も関節フレーム 52 に対して回転する。そして、歯車 56 は、下腿連結部材 27 に固定されているため、下腿連結部材 27 は、上腿連結部材 26 に対して回転することとなる。

#### 【0036】

なお、図 4 では、歯車 54、歯車 56 の片面側にだけ関節フレーム 52 を配設したが、対向する片面側にも関節フレーム 52 を設け、2 枚の関節フレーム 52 で歯車 54、歯車 56 を挟み込んでよい。更に、2 枚の関節フレーム 52 を連結して互いに固定すると、二重関節部 50 の強度を向上させることができる。

40

#### 【0037】

連結アーム 61 は、後述のウォームギア 72 によって歯車 54 に固定されており、歯車 54 の半径方向に歯車 54 の外部まで延設されている。後述するようにウォームギア 72 を駆動することにより連結アーム 61 の固定されている角度を調整することができる。

連結アーム 61 先端部分には、ロッド 63 の先端部分が連結軸 62（アクチュエータピボット）によって軸支されている。

そして、ロッド 63 が伸縮すると連結アーム 61 を介して歯車 54 に力が伝達され、歯

50

車 5 4 を回転させるトルクが発生する。

【 0 0 3 8 】

ロッド 6 3 によるトルクによって歯車 5 4 が回転すると、歯車 5 6 が連動して回転し、これによって、下腿連結部材 2 7 が上腿連結部材 2 6 に対して回転する。このようにして、ロッド 6 3 を駆動することにより、二重関節部 5 0 を駆動し、下腿連結部材 2 7 を回転させ、屈曲運動させることができる。

【 0 0 3 9 】

図 5 の各図は、膝関節アシスタクチュエータ 1 8 の構成、及び二重関節部 5 0 の動作を説明するための図である。

図 5 ( a ) は、膝が伸びた状態での二重関節部 5 0 を示している。

膝関節アシスタクチュエータ 1 8 は、ロッド駆動部 6 4 からロッド 6 3 を軸線方向に出し入れすることにより伸縮する。

ロッド駆動部 6 4 は、例えば、ボールねじ、油圧、空気圧、人工筋肉（例えばマッキベン型）などを用いることができる。

ロッド駆動部 6 4 の端部は、連結軸 6 5 によって、上腿連結部材 2 6 の股側に軸支されている。このため、膝関節アシスタクチュエータ 1 8 は、伸縮に従って上腿連結部材 2 6 に対する取り付け角度を自由に変化させることができる。

【 0 0 4 0 】

膝関節アシスタクチュエータ 1 8 を動作させてロッド駆動部 6 4 がロッド 6 3 を引き込むと図 5 ( b ) に示したように膝関節アシスタクチュエータ 1 8 の長さが縮まる。

すると、ロッド駆動部 6 4 は、上腿連結部材 2 6 に軸支されているため連結アーム 6 1 がロッド駆動部 6 4 側に引き寄せられて歯車 5 4 が回転し、これに連動して歯車 5 6 が歯車 5 4 と逆方向に回転する。

そして、歯車 5 4 は、下腿連結部材 2 7 に固定されているため、下腿連結部材 2 7 が上腿連結部材 2 6 に対して膝を屈する方向に回転する。このようにして二重関節部 5 0 は、膝関節アシスタクチュエータ 1 8 によって駆動される。

【 0 0 4 1 】

更に、ロッド駆動部 6 4 がロッド 6 3 を引き込むと、図 5 ( c ) に示したように下腿連結部材 2 7 が上腿連結部材 2 6 に対して膝を折り曲げる角度まで回転する。

逆に、ロッド駆動部 6 4 がロッド 6 3 を送出すると、図 5 ( a ) に示したように上腿連結部材 2 6 と下腿連結部材 2 7 は、膝を伸ばした状態となる。

【 0 0 4 2 】

図 6 の各図は、単位アクチュエータ動作量当たりの関節動作トルクや関節動作速度を説明するための図である。

図 6 ( a ) に示したように、固定軸 5 5 の中心を原点とし、原点から歯車 5 6 の中心方向に x 軸、ロッド 6 3 の方向（より詳細には、連結軸 6 2 が x 軸から最も離れる方向）に y 軸を設定する。

膝関節アシスタクチュエータ 1 8 を駆動してロッド 6 3 を x 軸方向に移動させると歯車 5 4 が原点を中心に回転する。

【 0 0 4 3 】

今、図に示したように y 軸と連結アーム 6 1 の成す角度を  $\theta$  とする。そして、 $\theta$  の入力可能角度、即ち、人体の膝構造を考えずに二重関節部 5 0 を機械的に動かせる角度を  $(-\theta_{max}/2$  から  $\theta_{max}/2$  まで) とし、必要関節駆動角度、即ち、膝の運動をアシストするのに要する角度を  $(-\theta_{req}/2$  から  $\theta_{req}/2$  まで) とする。 $\theta_{req} = \theta_{max}/2$  が膝を伸ばした状態となる。

なお、この入力可能角度と必要関節駆動角度は一例であって、入力可能角度は  $\theta_1$  から  $\theta_2$  まで、必要関節駆動角度は  $\theta_1$  から  $\theta_2$  まで、というように二重関節部 5 0 の構成や連結アーム 6 1 の基準取り付け角度によって各種値をとり得る。 $\theta_{max}$  が大きいほど関節角度は小さくなり（膝を伸ばした状態になり） $\theta_{req}$  が小さいほど関節角度は大きくなる（膝を屈曲した状態になる）。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 4 】

図 6 ( b ) は、各 における単位アクチュエータ動作量当たりのトルク、即ち、ロッド 6 3 を単位量だけ駆動した場合に連結アーム 6 1 が歯車 5 4 に作用させるトルクの値を各 に渡ってプロットしたものである。

図に示したように、当該トルクは、 が 0 に近いほど ( x 軸から離れるほど ) 大きくなり、 の絶対値が大きくなるほど ( x 軸に近づくほど ) 小さくなる。

## 【 0 0 4 5 】

図 6 ( c ) は、各 における単位アクチュエータ動作量当たりの関節動作速度、即ち、ロッド 6 3 を単位量だけ駆動した場合に連結アーム 6 1 が歯車 5 4 を回転させる速さを各 に渡ってプロットしたものである。

図に示したように、当該関節動作速度は、 が 0 に近いほど ( x 軸から離れるほど ) 小さくなり、 の絶対値が大きくなるほど ( x 軸に近づくほど ) 大きくなる。

なお、単位アクチュエータ動作量当たりの関節動作量も同様な特性となる。

## 【 0 0 4 6 】

このように に応じてトルクと関節動作速度 ( 及び関節動作量 ) が変化するため、例えば、ロッド 6 3 をより伸ばした位置 ( が大きい位置 ) に連結アーム 6 1 及び連結軸 6 2 を設置すると、関節屈曲角度が小さい部分では、単位アクチュエータ動作量当たりの関節動作速度が小さくなるとともに関節動作トルクが大きくなる。また、各節屈曲角度が大きい部分では、単位アクチュエータ動作量当たりの関節動作速度が大きくなるとともに関節動作トルクが小さくなる。

## 【 0 0 4 7 】

逆に、膝関節アシスタクチュエータ 1 8 をより縮めた位置 ( が小さい位置 ) に連結アーム 6 1 及び連結軸 6 2 を設置すると、関節屈曲角度が少ない部分では、単位アクチュエータ動作量当たりの関節動作速度が大きくなるとともに関節動作トルクが小さくなる。また、各節屈曲角度が大きい部分では、単位アクチュエータ動作量当たりの関節動作速度が小さくなるとともに関節動作トルクが大きくなる。

## 【 0 0 4 8 】

このように、二重関節部 5 0 は、連結アーム 6 1 の取り付け位置によって変動過度特性を持つため、連結アーム 6 1 を予め決められた位置に固定してしまうと、例えば、二重関節部 5 0 の変動過度特性に合わせて膝関節アシスタクチュエータ 1 8 に歩行支援に適した出力特性を持たせる必要が生じたり、連結アーム 6 1 に過負荷が作用する可能性が考えられるなどの問題が考えられる。

そこで、本実施の形態では、歯車 5 4 の周方向に対する連結アーム 6 1 の設置角度を可変とし、単位アクチュエータ動作量当たりの関節動作トルクや関節動作速度、及び関節動作量を調整できるようにした。

## 【 0 0 4 9 】

図 7 は、連結アーム 6 1 の設置角度の調整機構を説明するための図である。

歯車 5 4 は、円周面に歯部 ( 図示せず ) が形成されているとともに歯車 5 4 の表面に円形のラックギア 6 7 が組み込まれ、またはモールドされるなどして形成されている。

一方、連結アーム 6 1 には、連結アームアクチュエータ 7 1 が固定されている。本実施の形態では、連結アームアクチュエータ 7 1 としてモータを用いる。連結アームアクチュエータ 7 1 の回転軸にはウォームギア 7 2 が取り付けられており、ウォームギア 7 2 の歯部はラックギア 6 7 の歯部とかみ合っている。

## 【 0 0 5 0 】

連結アームアクチュエータ 7 1 が駆動してウォームギア 7 2 を回転すると、ラックギア 6 7 が連動して回転し、歯車 5 4 に対する連結アーム 6 1 の設置角度が変化する。

また、このように連結アーム 6 1 の設置角度の調整機構にウォームギア 7 2 とラックギア 6 7 を用いると、バックドライバビリティを排除することができる。

即ち、ウォームギア 7 2 を回転させてラックギア 6 7 を回転させることはできるが、ラックギア 6 7 を回転させてウォームギア 7 2 を回転させることはできない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 1 】

このため、歩行支援に際して歯車 5 4 から連結アーム 6 1 に負荷がかかってもウォームギア 7 2 を回転させることはできず、特にストッパを設けるなどしなくても連結アーム 6 1 の設置角度を固定することができる。

このように、連結アーム 6 1 の設置角度を調整する機構はバックドライバビリティのないものが望ましい。

なお、実施の形態のウォームギア方式以外にも、超音波モータなどのバックドライバビリティのない動力により連結アーム 6 1 の位置を調整する仕組みとしてもよい。

## 【 0 0 5 2 】

このように、二重関節部 5 0 では、歯車 5 4 の表面に形成された歯部（ラックギア 6 7）を連結アーム 6 1 上に配置された連結アームアクチュエータ 7 1 に取り付けられたウォームギア 7 2 で駆動することで連結アーム 6 1 の角度を任意に可変できる。

また、ウォームギア 7 2 を用いることでバックドライバビリティを排除し、膝関節アシスタクチュエータ 1 8、あるいは外部からの膝関節への入力に対し、連結アーム 6 1 の角度が動かされてしまうことを回避することができる。

## 【 0 0 5 3 】

このように、本実施の形態では、連結アーム 6 1 の設置角度によって関節動作トルクや関節動作速度の変動過度特性を変化させることができる。

この調整は、歩行開始前のある角度に調整して固定し、その角度を保ちながら歩行アシストを行ってもよいし、あるいは、歩行アシストを行っている最中にリアルタイムで行ってもよい。

リアルタイムで角度調整する場合は、例えば、膝関節角度や関節に発生しているトルクや膝関節の回転速度などに応じて連結アーム 6 1 の角度を歩行アシストに適した角度に変化させる。

## 【 0 0 5 4 】

この場合、関節角度、関節に発生しているトルクとして  $\tau = f(\theta, \dot{\theta})$  などと表すことができ、連結アーム角度調整部 9 がセンサ情報取得部 3 で得られた値を基にして計算し、連結アームアクチュエータ 7 1 を駆動する。

## 【 0 0 5 5 】

また、連結アーム角度調整部 9 が連結アームアクチュエータ 7 1 を駆動して連結アーム 6 1 を回転する際には、例えば、連結アーム 6 1 を - 方向に回転する場合には膝関節アシスタクチュエータ 1 8 の長さを短く、連結アーム 6 1 を + 方向に回転する場合には膝関節アシスタクチュエータ 1 8 の長さを長くする必要がある。

このため、歩行アシスト力決定部 8 は、連結アーム 6 1 の回転に連動して膝関節アシスタクチュエータ 1 8 のロッド 6 3 を出し入れして膝関節アシスタクチュエータ 1 8 の長さを調整する。

## 【 0 0 5 6 】

図 8 の各図は、歯車 5 4 に対する連結アーム 6 1 ののがたつき防止機構を説明するための図である。

図 8 ( a ) に示したように連結アームアクチュエータ 7 1 の回転軸は、連結アーム 6 1 の中心軸に対してオフセット角度  $\alpha$  をもって取り付けられている。これによりウォームギア 7 2 の角度も  $\alpha$  に調整される。

## 【 0 0 5 7 】

図 8 ( b ) は、ウォームギア 7 2 とラックギア 6 7 の位置関係を示した図である。

ラックギア 6 7 に対してオフセット角度を設けることによりウォームギア 7 2 を傾けて取り付けると、ウォームギア 7 2 の何れかのねじ山 7 3 がラックギア 6 7 のねじ山と部位 7 4、7 5 にて接触する。オフセット角度  $\beta$  は、このようにウォームギア 7 2 のねじ山のうちの何れかがラックギア 6 7 のねじ山によって両側から挟持される角度、即ち、ゼロクリアランス（接触するねじ山間に遊びがないこと、つまりバックラッシュがないこと）を保持する角度に設定される。

10

20

30

40

50

このようにオフセット角度を設定することにより二重関節部 5 0 に対する連結アーム 6 1 のがたつきを抑制することができる。

【 0 0 5 8 】

以上、本実施の形態の二重関節部 5 0 について説明したが、これによって次のような効果を得ることができる。

( 1 ) 歯車 5 4 に対する連結アーム 6 1 の取り付け角度が調整可能となり、二重関節部 5 0 における膝関節アシスタクチュエータ 1 8 の単位動作量当たりの関節動作トルクや関節動作速度の変動過度特性を調整することができる。

( 2 ) 歩行アシスト中においても連結アーム 6 1 の取り付け角度を調整することにより歩行状態 ( 関節角度、関節に生じているトルクなど ) に取り付け角度をリアルタイムに追従させることができ、これによって二重関節部 5 0 の特性を歩行の運動特性に適した値に動的に変化させることができる。

( 3 ) 連結アーム 6 1 の取り付け角度の調整をウォームギア 7 2 とラックギア 6 7 の組み合わせによって行うことにより簡単な機構でバックドライバビリティを排除することができる。

( 4 ) 連結アームアクチュエータ 7 1 のオフセット角 を設定することによりウォームギア 7 2 とラックギア 6 7 でゼロクリアランスを実現することができ、ギア間のバックラッシュがなくなるため、連結アーム 6 1 のがたつきを抑制することができる。

( 5 ) 二重関節部 5 0 の内部に設置する歯車 5 4 を駆動することで、関節動作に必要な膝関節アシスタクチュエータ 1 8 のストロークを短小化することができる。そのため、膝関節アシスタクチュエータ 1 8 として短いストロークの直動アクチュエータを用いることができる。また、膝関節アシスタクチュエータ 1 8 の取り付け位置を大きくオフセットすることがなくなるとともに関節周りの張り出しがなくなる。以上により二重関節部 5 0 の駆動機構が小型化できる。

( 6 ) アクチュエータピボットの位置 ( 連結軸 6 2 の位置 ) を最適化することにより単位アクチュエータ動作量当たりの関節動作トルク、及び関節動作速度の変動過度特性を調整できる。

( 7 ) 図 9 に示した従来例では、( a ) 膝関節アシスタクチュエータ 1 8 の必要ストロークが長大、( b ) 単位アクチュエータ動作量当たりの関節動作角度の変動が大きく、屈曲角度が大きくなるにつれて動作角度当たりのアクチュエータ動作量が少なくなり、屈曲角度が大きい部分で関節トルクが出にくい、( c ) 膝頂点部にアクチュエータピボットが張り出して突起するため、作用点であるピボットが障害物に接触する可能性が高くなる、などの問題があるが、本実施の形態では、これらの問題を著しく軽減することができる。

( 8 ) 図 1 0 に示した従来例では、( a ) 膝関節アシスタクチュエータ 1 8 の必要ストロークが長大、( b ) 屈曲時に関節内側に膝関節アシスタクチュエータ 1 8 が張り出し、椅子に座ることが困難になる、などの問題があるが、本実施の形態では、これらの問題を著しく軽減することができる。

【 0 0 5 9 】

以上に説明した実施の形態により次のような構成を得ることができる。

( 1 ) 上腿連結部材 2 6 は、歩行支援対象者の上腿部を支持する第 1 の支持部材として機能している。そして歯車 5 4 の歯部は、第 1 の支持部材に軸支され、前記上腿部の膝関節に対応して形成された第 1 の歯部として機能している。

下腿連結部材 2 7 は、前記膝関節に接合する下腿部を支持する第 2 の支持部材として機能している。そして、歯車 5 6 の歯部は、第 2 の支持部材に固定され、前記第 1 の歯部と噛み合って連動する第 2 の歯部として機能している。

関節フレーム 5 2 は、歯車 5 4 と歯車 5 6 をかみ合う位置に軸支するため前記第 1 の歯部と前記第 2 の歯部を所定の位置関係に軸支する歯部保持部材として機能している。

連結アーム 6 1 は、ラックギア 6 7 とウォームギア 7 2 を介して歯車 5 4 に対して固定されるため、前記第 1 の歯部に対して固定された固定部材として機能している。

膝関節アシスタクチュエータ 1 8 は、連結アーム 6 1 を駆動して上腿連結部材 2 6 に

10

20

30

40

50

対して歯車 5 4 を回転させるため前記固定部材を駆動して前記第 1 の歯部を回転させる駆動手段として機能している。

連結アームアクチュエータ 7 1、ウォームギア 7 2、及びラックギア 6 7 からなる機構は、歯車 5 4 に対する連結アーム 6 1 の取り付け角度（固定角度）を調整するため前記固定部材の前記第 1 の歯部に対する前記第 1 の歯部の回転軸の周りにおける固定角度を調整する角度調整手段として機能している。

（ 2 ）前記角度調整手段において、ラックギア 6 7 は、歯車 5 4 の回転軸に垂直な表面に形成されており、前記第 1 の歯部の前記回転軸に垂直な面に形成された第 3 の歯部として機能している。

また、ウォームギア 7 2 は、前記第 3 の歯部とかみ合って前記第 3 の歯部と連動するウォームギアとして機能している。

また、連結アームアクチュエータ 7 1 は、連結アーム 6 1 に固定されており、前記固定部材に固定され、前記ウォームギアを駆動して回転させるウォームギア駆動手段として機能している。

（ 3 ）連結アームアクチュエータ 7 1 は、ラックギア 6 7 とウォームギア 7 2 にバックラッシュが生じないオフセット角をもって連結アーム 6 1 に固定されているため前記ウォームギア駆動手段は、前記固定部材において、前記ウォームギアと前記第 3 の歯部とのバックラッシュが生じない角度に固定されている。

#### 【符号の説明】

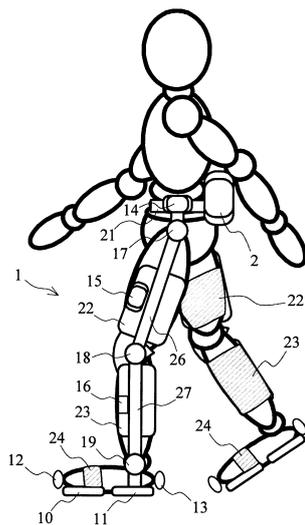
#### 【 0 0 6 0 】

- |    |                 |    |
|----|-----------------|----|
| 1  | 装着型ロボット         |    |
| 2  | 制御装置            |    |
| 3  | センサ情報取得部        |    |
| 4  | 各種パラメータ算出部      |    |
| 5  | 歩行動作判定部         |    |
| 6  | 歩行シーン判定部        |    |
| 7  | 記憶部             |    |
| 8  | 歩行アシスト力決定部      |    |
| 9  | 連結アーム角度調整部      |    |
| 10 | つま先反力センサ        | 30 |
| 11 | 踵反力センサ          |    |
| 12 | つま先姿勢センサ        |    |
| 13 | 踵姿勢センサ          |    |
| 14 | 腰姿勢センサ          |    |
| 15 | 上腿姿勢センサ         |    |
| 16 | 下腿姿勢センサ         |    |
| 17 | 股関節アシストアクチュエータ  |    |
| 18 | 膝関節アシストアクチュエータ  |    |
| 19 | 足首関節アシストアクチュエータ |    |
| 21 | 腰部装着部           | 40 |
| 22 | 上腿装着部           |    |
| 23 | 下腿装着部           |    |
| 24 | 足装着部            |    |
| 26 | 上腿連結部材          |    |
| 27 | 下腿連結部材          |    |
| 50 | 二重関節部           |    |
| 52 | 関節フレーム          |    |
| 54 | 歯車              |    |
| 55 | 固定軸             |    |
| 56 | 歯車              | 50 |

- 5 7 固定軸
- 6 0 固定具
- 6 1 連結アーム
- 6 2 連結軸
- 6 3 ロッド
- 6 4 ロッド駆動部
- 6 5 連結軸
- 6 7 ラックギア
- 7 1 連結アームアクチュエータ
- 7 2 ウォームギア
- 7 3 ねじ山
- 7 4 部位
- 7 5 部位
- 1 0 0 部材
- 1 0 1 部材

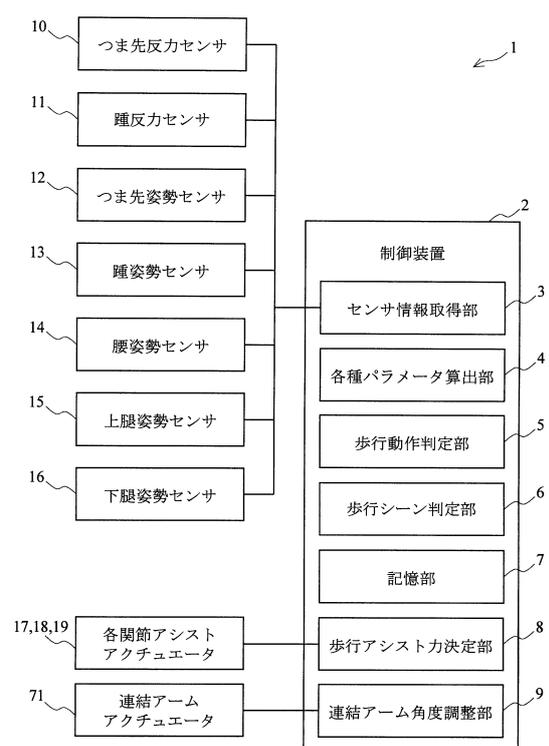
【図1】

【図1】

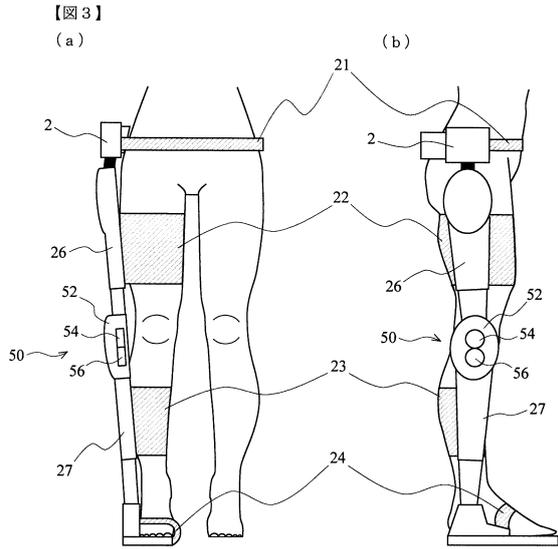


【図2】

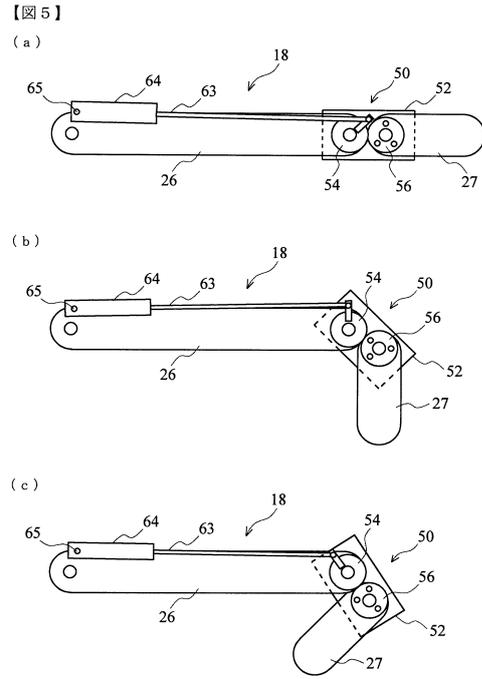
【図2】



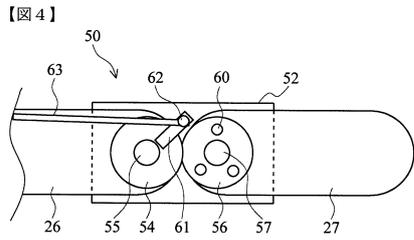
【図3】



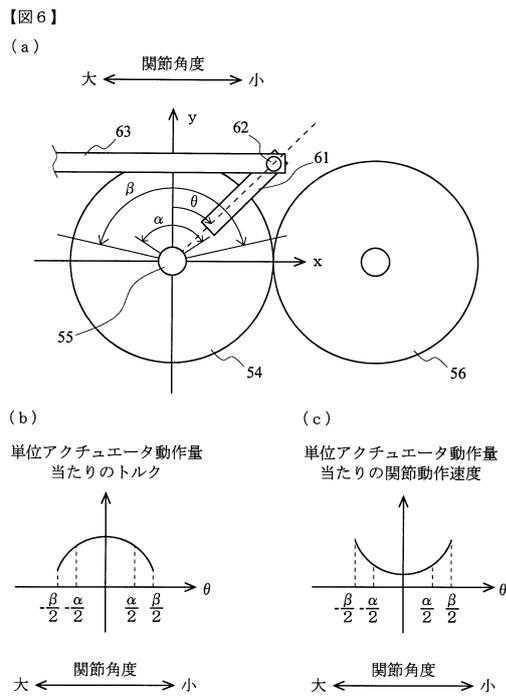
【図5】



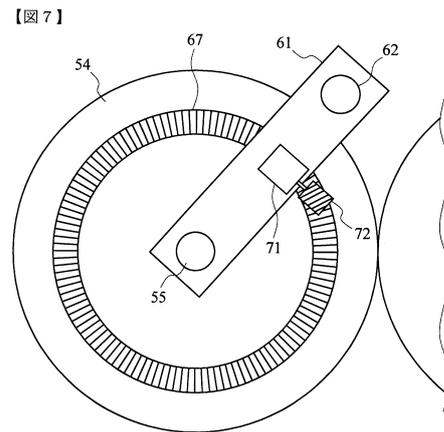
【図4】



【図6】



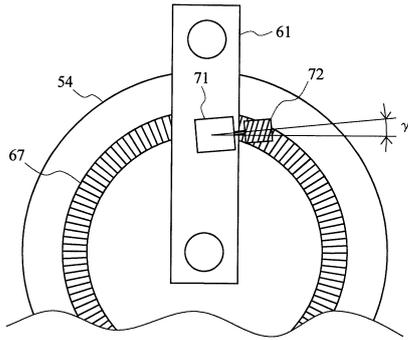
【図7】



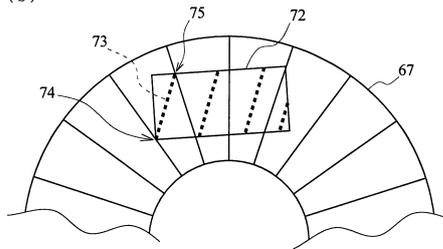
【図8】

【図8】

(a)



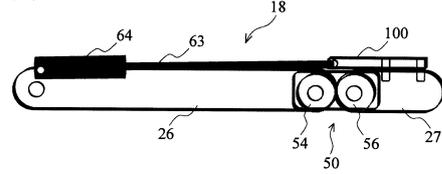
(b)



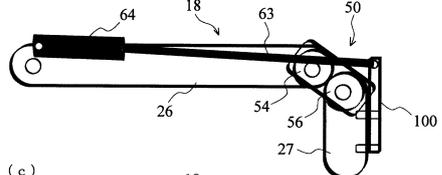
【図9】

【図9】

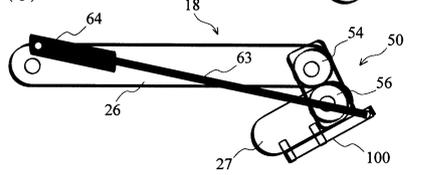
(a)



(b)



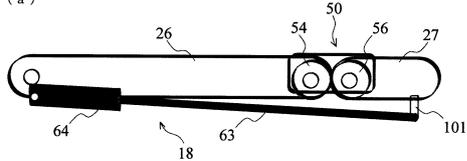
(c)



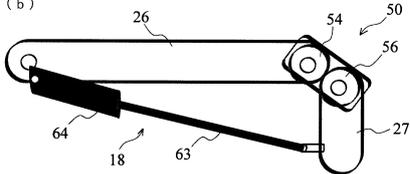
【図10】

【図10】

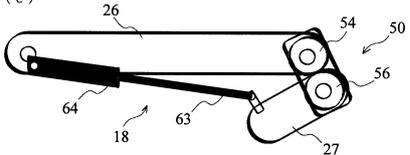
(a)



(b)



(c)



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-213671(JP,A)  
特開2004-105261(JP,A)  
特開2010-63581(JP,A)  
特開2006-115971(JP,A)  
特開2009-90042(JP,A)  
特開2013-22296(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61H 1/02  
B25J 3/00