

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4332136号
(P4332136)

(45) 発行日 平成21年9月16日(2009.9.16)

(24) 登録日 平成21年6月26日(2009.6.26)

(51) Int.Cl.

A 6 1 H 3/00 (2006.01)

F I

A 6 1 H 3/00

B

請求項の数 30 (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願2005-163864 (P2005-163864)	(73) 特許権者	000005326
(22) 出願日	平成17年6月3日(2005.6.3)		本田技研工業株式会社
(65) 公開番号	特開2006-334200 (P2006-334200A)		東京都港区南青山二丁目1番1号
(43) 公開日	平成18年12月14日(2006.12.14)	(74) 代理人	100064414
審査請求日	平成18年5月26日(2006.5.26)		弁理士 磯野 道造
		(74) 代理人	100111545
			弁理士 多田 悦夫
		(72) 発明者	芦原 淳
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号
			株式会社本田技術研
			究所内
		(72) 発明者	日木 豊
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号
			株式会社本田技術研
			究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 肢体アシスト装置および肢体アシストプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

利用者の体幹に装着される体装着部と、
 前記体装着部に連結され、前記利用者の大腿に沿って設けられる大腿リンク部と、
 前記利用者の下腿に沿って設けられ、膝関節部を介して前記大腿リンク部に連結された下腿リンク部と、
 前記下腿リンク部に連結され、前記利用者の足に接地可能に装着される足装着部と、
 前記体装着部に設けられ、駆動力伝達部を介して前記膝関節部に回転トルクを付与する膝関節部駆動用アクチュエータと、
 前記利用者の足の接地／遊脚状態を検出する接地／遊脚状態検出手段と、
 前記膝関節部駆動用アクチュエータを制御する制御部と、
 を備えた肢体アシスト装置であって、
 前記大腿リンク部、前記膝関節部および前記下腿リンク部は、前記利用者による装着状態において、当該利用者の大腿、膝関節および下腿に対して非拘束状態に設けられており、
 前記制御部は、前記接地／遊脚状態検出手段が接地状態を検出した場合には、前記体装着部を介して前記利用者に、当該利用者の体重の一部を支持する力である体重免荷アシスト力を付与するように、前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御することを特徴とする肢体アシスト装置。

【請求項2】

10

20

前記接地／遊脚状態検出手段が遊脚状態を検出した場合には、前記制御部は、前記膝関節部駆動用アクチュエータの駆動を解除する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の肢体アシスト装置。

【請求項 3】

前記体重免荷アシスト力は、予め設定された値、または、前記利用者の体重の所定割合の値である

ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の肢体アシスト装置。

【請求項 4】

前記体装着部を介して前記大腿リンク部、前記下腿リンク部、前記駆動力伝達部および前記足装着部にかかる前記利用者の荷重を検出する荷重検出手段をさらに備え、

前記制御部は、前記荷重検出手段によって検出された荷重に基づいて、接地状態の前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の肢体アシスト装置。

【請求項 5】

前記制御部には、前記体重免荷アシスト力の下限值および上限値が設定されており、

前記制御部は、前記荷重検出手段によって検出された荷重に基づいて、前記利用者に付与される前記体重免荷アシスト力が前記体重免荷アシスト力の下限值および上限値の間に入るように、接地状態の前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御する

ことを特徴とする請求項 4 に記載の肢体アシスト装置。

【請求項 6】

前記大腿リンク部および前記下腿リンク部の拳動を検出する拳動検出手段をさらに備え、

前記制御部は、前記拳動検出手段によって検出された拳動に基づいて前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御する

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置。

【請求項 7】

前記大腿リンク部が前記体装着部に連結された部分と、前記体装着部における前記利用者の荷重がかけられる部分とは、ほぼ同一の垂直平面内に位置している

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置。

【請求項 8】

前記体装着部と前記大腿リンク部とは股関節部を介して連結されており、

前記体装着部に前記膝関節部駆動用アクチュエータと一体的に設けられ、前記股関節部に回転トルクを付与する股関節部駆動用アクチュエータをさらに備えている

ことを特徴とする請求項 1 に記載の肢体アシスト装置。

【請求項 9】

前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータを制御する制御部をさらに備え、

前記制御部は、前記接地／遊脚状態検出手段が接地状態を検出した場合には、前記体装着部を介して前記利用者に体重免荷アシスト力を付与するように、前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータを駆動制御する

ことを特徴とする請求項 8 に記載の肢体アシスト装置。

【請求項 10】

前記接地／遊脚状態検出手段が遊脚状態を検出した場合には、前記制御部は、前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータの少なくとも一方の駆動を解除することを特徴とする請求項 9 に記載の肢体アシスト装置。

【請求項 11】

前記接地／遊脚状態検出手段が遊脚状態を検出した場合には、前記制御部は、前記利用者の大腿の振り出しをアシストするように、前記股関節部駆動用アクチュエータを駆動制御する

ことを特徴とする請求項 9 に記載の肢体アシスト装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記体重免荷アシスト力は、予め設定された値、または、前記利用者の体重の所定割合の値である

ことを特徴とする請求項 9 から請求項 1 1 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置。

【請求項 1 3】

前記体装着部を介して前記大腿リンク部、前記下腿リンク部、前記駆動力伝達部および前記足装着部にかかる前記利用者の荷重を検出する荷重検出手段をさらに備え、

前記制御部は、前記荷重検出手段によって検出された荷重に基づいて、接地状態の前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部アクチュエータを駆動制御する

ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の肢体アシスト装置。

10

【請求項 1 4】

前記制御部には、前記体重免荷アシスト力の下限值および上限値が設定されており、

前記制御部は、前記荷重検出手段によって検出された荷重に基づいて、前記利用者に付与される前記体重免荷アシスト力が前記体重免荷アシスト力の下限值および上限値の間に入るように、前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータを駆動制御する

ことを特徴とする請求項 1 3 に記載の肢体アシスト装置。

【請求項 1 5】

前記大腿リンク部および前記下腿リンク部の挙動を検出する挙動検出手段をさらに備え、

前記制御部は、前記挙動検出手段によって検出された挙動に基づいて前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部アクチュエータを駆動制御する

ことを特徴とする請求項 9 から請求項 1 4 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置。

20

【請求項 1 6】

前記股関節部と、前記体装着部における前記利用者の荷重がかけられる部分とは、ほぼ同一の垂直平面内に位置している

ことを特徴とする請求項 9 から請求項 1 5 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置。

【請求項 1 7】

前記駆動力伝達部は、前記大腿リンク部に沿って設けられた膝関節部駆動用リンク部である

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 1 6 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置。

30

【請求項 1 8】

前記駆動力伝達部は、ベルト、ワイヤ、およびシャフトと歯車との組み合わせのいずれかによって駆動力を伝達し、前記膝関節部に回転トルクを付与する

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 1 6 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置。

【請求項 1 9】

前記足装着部は、足首関節部を介して前記下腿リンク部に連結されており、

前記体装着部に前記膝関節部駆動用アクチュエータと一体的に設けられ、足首関節部駆動用リンク部を介して前記足首関節部に回転トルクを付与する足首関節部駆動用アクチュエータをさらに備えている

ことを特徴とする請求項 1 7 または請求項 1 8 に記載の肢体アシスト装置。

40

【請求項 2 0】

利用者の体幹に装着される体装着部と、

前記体装着部に連結され、前記利用者の大腿に沿って設けられる大腿リンク部と、

前記利用者の下腿に沿って設けられ、膝関節部を介して前記大腿リンク部に連結された下腿リンク部と、

前記下腿リンク部に連結され、前記利用者の足に接地可能に装着される足装着部と、

前記体装着部に設けられ、駆動力伝達部を介して前記膝関節部に回転トルクを付与する膝関節部駆動用アクチュエータと、

前記利用者の足の接地 / 遊脚状態を検出する接地 / 遊脚状態検出手段と、

50

を備えた肢体アシスト装置を制御するための肢体アシストプログラムであって、
前記大腿リンク部、前記膝関節部および前記下腿リンク部は、前記利用者による装着状態において、当該利用者的大腿、膝関節および下腿に対して非拘束状態に設けられている
肢体アシスト装置を制御するためにコンピュータを、

前記接地／遊脚状態検出手段が接地状態を検出した場合には、前記体装着部を介して前記利用者に、当該利用者の体重の一部を支持する力である体重免荷アシスト力を付与するように、前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御する出力指令部として機能させる
ことを特徴とする肢体アシストプログラム。

【請求項 2 1】

前記接地／遊脚状態検出手段が遊脚状態を検出した場合には、前記出力指令部に、前記膝関節部駆動用アクチュエータの駆動を解除させる

ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の肢体アシストプログラム。

【請求項 2 2】

前記体重免荷アシスト力は、予め設定された値、または、前記利用者の体重の所定割合の値である

ことを特徴とする請求項 2 0 または請求項 2 1 に記載の肢体アシストプログラム。

【請求項 2 3】

前記肢体アシスト装置は、前記体装着部を介して前記大腿リンク部、前記下腿リンク部、前記駆動力伝達部および前記足装着部にかかる前記利用者の荷重を検出する荷重検出手段をさらに備えており、

前記出力指令部に、前記荷重検出手段によって検出された荷重に基づいて、接地状態の前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御させる

ことを特徴とする請求項 2 2 に記載の肢体アシストプログラム。

【請求項 2 4】

前記肢体アシスト装置は、前記大腿リンク部および前記下腿リンク部の拳動を検出する拳動検出手段をさらに備えており、

前記出力指令部に、前記拳動検出手段によって検出された拳動に基づいて前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御させる

ことを特徴とする請求項 2 0 から請求項 2 3 のいずれか一項に記載の肢体アシストプログラム。

【請求項 2 5】

利用者の体幹に装着される体装着部と、

前記体装着部に股関節部を介して連結され、前記利用者的大腿に沿って設けられる大腿リンク部と、

前記利用者の下腿に沿って設けられ、膝関節部を介して前記大腿リンク部に連結された下腿リンク部と、

前記下腿リンク部に連結され、前記利用者の足に接地可能に装着される足装着部と、

前記体装着部に設けられ、駆動力伝達部を介して前記膝関節部に回転トルクを付与する膝関節部駆動用アクチュエータと、

前記体装着部に前記膝関節部駆動用アクチュエータと一体的に設けられ、前記股関節部に回転トルクを付与する股関節部駆動用アクチュエータと、

前記利用者の足の接地／遊脚状態を検出する接地／遊脚状態検出手段と、

を備えた肢体アシスト装置を制御するための肢体アシストプログラムであって、

前記大腿リンク部、前記膝関節部および前記下腿リンク部は、前記利用者による装着状態において、当該利用者的大腿、膝関節および下腿に対して非拘束状態に設けられている
肢体アシスト装置を制御するためにコンピュータを、

前記接地／遊脚状態検出手段が接地状態を検出した場合には、前記体装着部を介して前記利用者に、当該利用者の体重の一部を支持する力である体重免荷アシスト力を付与するように、前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータを
駆動制御する出力指令部として機能させる

10

20

30

40

50

ことを特徴とする肢体アシストプログラム。

【請求項 26】

前記接地 / 遊脚状態検出手段が遊脚状態を検出した場合には、前記出力指令部に、前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータの少なくとも一方の駆動を解除させる

ことを特徴とする請求項 25 に記載の肢体アシストプログラム。

【請求項 27】

前記接地 / 遊脚状態検出手段が遊脚状態を検出した場合には、前記出力指令部に、前記利用者の大腿の振り出しをアシストするように、前記股関節部駆動用アクチュエータを駆動制御させる

ことを特徴とする請求項 25 に記載の肢体アシストプログラム。

【請求項 28】

前記体重免荷アシスト力は、予め設定された値、または、前記利用者の体重の所定割合の値である

ことを特徴とする請求項 25 から請求項 27 のいずれか一項に記載の肢体アシストプログラム。

【請求項 29】

前記肢体アシスト装置は、前記体装着部を介して前記大腿リンク部、前記下腿リンク部、前記駆動力伝達部および前記足装着部にかかる前記利用者の荷重を検出する荷重検出手段をさらに備えており、

前記出力指令部に、前記荷重検出手段によって検出された荷重に基づいて、接地状態の前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータを駆動制御させる

ことを特徴とする請求項 28 に記載の肢体アシストプログラム。

【請求項 30】

前記肢体アシスト装置は、前記大腿リンク部および前記下腿リンク部の挙動を検出する挙動検出手段をさらに備えており、

前記出力指令部に、前記挙動検出手段によって検出された挙動に基づいて前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータを駆動制御させる

ことを特徴とする請求項 25 から請求項 29 のいずれか一項に記載の肢体アシストプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、利用者の肢体をアシストする肢体アシスト装置および肢体アシストプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、利用者に対して歩行のためのアシスト推進力を付与する歩行アシスト装置が開示されている。歩行アシスト装置は、脚の筋力が落ちた人、脚を怪我した人など、自力歩行が困難な人の歩行を助けるために利用される。また、歩行アシスト装置は、筋力や歩行姿勢の向上を狙ったエクササイズ用やアミューズメント用などとしても期待されている。

【0003】

特許文献 1 に記載の歩行介助装置は、利用者の脚に装着され、利用者の股関節、膝関節、足首関節と同軸に設けられた関節駆動装置（アクチュエータ：電動モータと減速機との組み合わせ）によって股関節、膝関節、足首関節をそれぞれ回転させることによって、一定の推進力を利用者付与する装置である。

【特許文献 1】特開平 5 - 329186 号公報（段落 0034 ~ 0036、図 15、図 16）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に記載の歩行介助装置は、利用者の脚全体を支持部材でしっかりと拘束する構造であるため、利用者の脚の動作によって非常に大きな慣性モーメントが発生してしまうという問題を有している。歩行介助装置では、利用者の脚の動作と同調して支持部材を駆動させる必要があるが、大きな慣性モーメントが発生すると、支持部材の応答遅れによって同調動作が困難となるおそれがある。

また、大きな慣性モーメントの悪影響を打ち消すために、各関節の関節駆動装置に十分なトルクを発生させるアクチュエータを適用した場合には、関節駆動装置が大型化し、消費電力が増加してしまう。

また、大きな慣性モーメントの発生は、利用者の装着フィーリングの低下や疲労にもつながる。

また、特許文献1に記載の歩行介助装置では、利用者の脚全体が支持部材でしっかりと拘束されるうえ、利用者の体重および歩行介助装置の重量を足し合わせた全重量を利用者自身の足によって支えなければならないため、利用者が不快な拘束感、痛み、高負荷感などを感じやすい。

さらに、特許文献1に記載の歩行介助装置は、脚全体を支持部材で拘束する構成であるため、体型、歩行時の癖などに応じて利用者それぞれに良くフィットした支持部材を作成する必要がある。

【0005】

本発明は、このような背景に鑑みて創案されたものであり、利用者にかかる慣性モーメントを低減させることが可能な肢体アシスト装置を提供することを課題とする。

また、本発明は、利用者の脚の拘束を軽減しつつ、軽量で脚への負担を低減させることができ、様々な利用者に対応可能な肢体アシスト装置を提供することを課題とする。

また、本発明は、前記した肢体アシスト装置を好適に制御可能な肢体アシストプログラムを提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

前記課題を解決するため、請求項1に記載の発明である肢体アシスト装置は、利用者の体幹に装着される体装着部と、前記体装着部に連結され、前記利用者の大腿に沿って設けられる大腿リンク部と、前記利用者の下腿に沿って設けられ、膝関節部を介して前記大腿リンク部に連結された下腿リンク部と、前記下腿リンク部に連結され、前記利用者の足に接地可能に装着される足装着部と、前記体装着部に設けられ、駆動力伝達部を介して前記膝関節部に回転トルクを付与する膝関節部駆動用アクチュエータと、前記利用者の足の接地／遊脚状態を検出する接地／遊脚状態検出手段と、前記膝関節部駆動用アクチュエータを制御する制御部と、を備えた肢体アシスト装置であって、前記大腿リンク部、前記膝関節部および前記下腿リンク部は、前記利用者による装着状態において、当該利用者の大腿、膝関節および下腿に対して非拘束状態に設けられており、前記制御部は、前記接地／遊脚状態検出手段が接地状態を検出した場合には、前記体装着部を介して前記利用者に、当該利用者の体重の一部を支持する力である体重免荷アシスト力を付与するように、前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御することを特徴とする。

【0007】

ここでいう「体幹」とは、利用者の肩、胸、背中、腹、腰および臀部を含む胴体部分のことである。

【0008】

このようにすることで、肢体アシスト装置の中でも特に重量が大きい膝関節部駆動用アクチュエータを利用者の体幹方向へと配置位置を移したので、膝関節部駆動用アクチュエータの重量に起因した、肢体の動作に伴う利用者にかかる慣性モーメントを低減させることができる。このように、利用者にかかる慣性モーメントを低減させた結果、利用者の装着フィーリングを向上させ、利用者の疲労を抑えることができる肢体アシスト装置を提供

10

20

30

40

50

することができる。

【0010】

ここでいう「接地状態」とは、利用者の足に床反力が入力される状態をさす。すなわち、利用者の足が直接床面に接触する場合だけでなく、利用者がはいた靴などが床面に接触する場合も含んでいる。また、「遊脚状態」とは、利用者の足に床反力が入力されない状態をさす。このように、接地／遊脚状態を検出することで、必要なときのみ体重免荷アシスト力を生成することが可能となる。

ここでいう「体重免荷アシスト力」とは、利用者の体重の一部を支持する力である。このようにすることで、利用者の脚にかかる体重による負担を低減させることができる。また、ここでいう「体重」とは、利用者の体重、衣服および持ち物の重量を足し合わせた重さであり、本発明の肢体アシスト装置を利用しなければ、利用者が自身の脚で支えなければならぬ重さである。

10

このようにすることで、利用者の脚の拘束を軽減しつつ、軽量で脚への負担を低減させることが可能な肢体アシスト装置を提供することができる。

【0011】

また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の肢体アシスト装置であって、前記接地／遊脚状態検出手段が遊脚状態を検出した場合には、前記制御部は、前記膝関節部駆動用アクチュエータの駆動を解除することの特徴とする。

【0012】

このようにすることで、利用者の遊脚の動作を妨げることが無くなる。

20

【0013】

また、請求項3に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の肢体アシスト装置であって、前記体重免荷アシスト力は、予め設定された値、または、前記利用者の体重の所定割合の値であることを特徴とする。

【0014】

このようにすることで、目的に応じたアクチュエータの制御が可能となり、所望の体重免荷アシスト力を利用者に付与することができる。

【0015】

また、請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の肢体アシスト装置であって、前記体装着部を介して前記大腿リンク部、前記下腿リンク部、前記駆動力伝達部および前記下肢装着部にかかる前記利用者の荷重を検出する荷重検出手段をさらに備え、前記制御部は、前記荷重検出手段によって検出された荷重に基づいて、接地状態の前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御することの特徴とする。

30

【0016】

荷重検出手段が検出する荷重は、肢体アシスト装置による体重免荷アシスト力に対応している。このようにすることで、現時点での体重免荷アシスト力を用いたフィードバック制御が可能となる。

【0017】

また、請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の肢体アシスト装置であって、前記制御部には、前記体重免荷アシスト力の下限值および上限値が設定されており、前記制御部は、前記荷重検出手段によって検出された荷重に基づいて、前記利用者に付与される前記体重免荷アシスト力が前記体重免荷アシスト力の下限值および上限値の間に入るように、接地状態の前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御することの特徴とする。

40

【0018】

制御部は、荷重検出手段によって検出された荷重が体重免荷アシスト力の下限值よりも小さい場合には、この荷重が大きくなるようにアクチュエータを駆動する。また、制御部は、荷重検出手段によって検出された荷重が体重免荷アシスト力の上限値よりも大きい場合には、この荷重が小さくなるようにアクチュエータを駆動する。

このようにすることで、体重免荷アシスト力が大きくなりすぎたり、小さくなりすぎたりすることを防ぎ、適正範囲の体重免荷アシスト力を付与するようにアクチュエータの駆

50

動を制御することが可能となる。

【 0 0 1 9 】

また、請求項 6 に記載の発明は、請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置であって、前記大腿リンク部および前記下腿リンク部の挙動を検出する挙動検出手段をさらに備え、前記制御部は、前記挙動検出手段によって検出された挙動に基づいて前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御することを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

挙動検出手段の例として、アクチュエータの回転角度を検出するロータリーエンコーダが挙げられる。このようにすることで、肢体アシスト装置の挙動状態に応じてアクチュエータの駆動量を制御することができ、利用者の姿勢に悪影響を与えない体重免荷アシストが可能となる。

【 0 0 2 1 】

また、請求項 7 に記載の発明は、請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置であって、前記大腿リンク部が前記体装着部に連結された部分と、前記体装着部における前記利用者の荷重がかけられる部分とは、ほぼ同一の垂直平面内に位置していることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

ここでいう「垂直平面」とは、床面に対して垂直な平面のことである。

このようにすることで、利用者 P にピッチ方向（Y 軸まわり）の不要なモーメントが発生することを防止することができる。

【 0 0 2 3 】

また、請求項 8 に記載の発明は、請求項 1 に記載の肢体アシスト装置であって、前記体装着部と前記大腿リンク部とは股関節部を介して連結されており、前記体装着部に前記膝関節部駆動用アクチュエータと一体的に設けられ、前記股関節部に回転トルクを付与する股関節部駆動用アクチュエータをさらに備えていることを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

また、請求項 9 に記載の発明は、請求項 8 に記載の肢体アシスト装置であって、前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータを制御する制御部をさらに備え、前記制御部は、前記接地 / 遊脚状態検出手段が接地状態を検出した場合には、前記体装着部を介して前記利用者に体重免荷アシスト力を付与するように、前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータを駆動制御することを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

このようにすることで、重量の大きい膝関節部駆動用アクチュエータを股関節部駆動用アクチュエータと一体的に設けることにより、股関節部駆動用アクチュエータにかかる負担を軽くすることができ、股関節部駆動用アクチュエータの小型化および省電力化を実現することができる。

【 0 0 2 6 】

また、請求項 1 0 に記載の発明は、請求項 9 に記載の肢体アシスト装置であって、前記接地 / 遊脚状態検出手段が遊脚状態を検出した場合には、前記制御部は、前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータの少なくとも一方の駆動を解除することを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

また、請求項 1 1 に記載の発明は、請求項 9 に記載の肢体アシスト装置であって、前記接地 / 遊脚状態検出手段が遊脚状態を検出した場合には、前記制御部は、前記利用者の大腿の振り出しをアシストするように、前記股関節部駆動用アクチュエータを駆動制御することを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

このようにすることで、利用者の遊脚の動作をもアシストすることができる。

【 0 0 2 9 】

また、請求項 1 2 に記載の発明は、請求項 9 から請求項 1 1 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置であって、前記体重免荷アシスト力は、予め設定された値、または、前記利用者の体重の所定割合の値であることを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

また、請求項 1 3 に記載の発明は、請求項 1 2 に記載の肢体アシスト装置であって、前記体装着部を介して前記大腿リンク部、前記下腿リンク部、前記駆動力伝達部および前記下肢装着部にかかる前記利用者の荷重を検出する荷重検出手段をさらに備え、前記制御部は、前記荷重検出手段によって検出された荷重に基づいて、接地状態の前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部アクチュエータを駆動制御することを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

また、請求項 1 4 に記載の発明は、請求項 1 3 に記載の肢体アシスト装置であって、前記制御部には、前記体重免荷アシスト力の下限值および上限値が設定されており、前記制御部は、前記荷重検出手段によって検出された荷重に基づいて、前記利用者に付与される前記体重免荷アシスト力が前記体重免荷アシスト力の下限值および上限値の間に入るように、前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータを駆動制御することを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

また、請求項 1 5 に記載の発明は、請求項 9 から請求項 1 4 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置であって、前記大腿リンク部および前記下腿リンク部の挙動を検出する挙動検出手段をさらに備え、前記制御部は、前記挙動検出手段によって検出された挙動に基づいて前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部アクチュエータを駆動制御することを特徴とする。

【 0 0 3 3 】

また、請求項 1 6 に記載の発明は、請求項 9 から請求項 1 5 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置であって、前記股関節部と、前記体装着部における前記利用者の荷重がかけられる部分とは、ほぼ同一の垂直平面内に位置していることを特徴とする。

【 0 0 3 4 】

また、請求項 1 7 に記載の発明は、請求項 1 から請求項 1 6 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置であって、前記駆動力伝達部は、前記大腿リンク部に沿って設けられた膝関節部駆動用リンク部であることを特徴とする。

【 0 0 3 5 】

また、請求項 1 8 に記載の発明は、請求項 1 から請求項 1 6 のいずれか一項に記載の肢体アシスト装置であって、前記駆動力伝達部は、ベルト、ワイヤ、およびシャフトと歯車との組み合わせのいずれかによって駆動力を伝達し、前記膝関節部に回転トルクを付与することを特徴とする。

【 0 0 3 6 】

また、請求項 1 9 に記載の発明は、請求項 1 7 または請求項 1 8 に記載の肢体アシスト装置であって、前記下肢装着部は、足首関節部を介して前記下腿リンク部に連結されており、前記体装着部に前記膝関節部駆動用アクチュエータと一体的に設けられ、足首関節部駆動用リンク部を介して前記足首関節部に回転トルクを付与する足首関節部駆動用アクチュエータをさらに備えていることを特徴とする。

【 0 0 3 7 】

また、請求項 2 0 に記載の発明である肢体アシストプログラムは、利用者の体幹に装着される体装着部と、前記体装着部に連結され、前記利用者の大腿に沿って設けられる大腿リンク部と、前記利用者の下腿に沿って設けられ、膝関節部を介して前記大腿リンク部に連結された下腿リンク部と、前記下腿リンク部に連結され、前記利用者の足に接地可能に装着される足装着部と、前記体装着部に設けられ、駆動力伝達部を介して前記膝関節部に回転トルクを付与する膝関節部駆動用アクチュエータと、前記利用者の足の接地 / 遊脚状態を検出する接地 / 遊脚状態検出手段と、を備えた肢体アシスト装置を制御するための肢体アシストプログラムであって、前記大腿リンク部、前記膝関節部および前記下腿リンク

10

20

30

40

50

部は、前記利用者による装着状態において、当該利用者的大腿、膝関節および下腿に対して非拘束状態に設けられている肢体アシスト装置を制御するためにコンピュータを、前記接地／遊脚状態検出手段が接地状態を検出した場合には、前記体装着部を介して前記利用者に、当該利用者の体重の一部を支持する力である体重免荷アシスト力を付与するように、前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御する出力指令部として機能させることを特徴とする。

【 0 0 3 8 】

また、請求項 2 1 に記載の発明は、請求項 2 0 に記載の肢体アシストプログラムであって、前記接地／遊脚状態検出手段が遊脚状態を検出した場合には、前記出力指令部に、前記膝関節部駆動用アクチュエータの駆動を解除させることを特徴とする。

10

【 0 0 3 9 】

また、請求項 2 2 に記載の発明は、請求項 2 0 または請求項 2 1 に記載の肢体アシストプログラムであって、前記体重免荷アシスト力は、予め設定された値、または、前記利用者の体重の所定割合の値であることを特徴とする。

【 0 0 4 0 】

また、請求項 2 3 に記載の発明は、請求項 2 2 に記載の肢体アシストプログラムであって、前記肢体アシスト装置は、前記体装着部を介して前記大腿リンク部、前記下腿リンク部、前記駆動力伝達部および前記足装着部にかかる前記利用者の荷重を検出する荷重検出手段をさらに備えており、前記出力指令部に、前記荷重検出手段によって検出された荷重に基づいて、接地状態の前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御させることを特徴とする。

20

【 0 0 4 1 】

また、請求項 2 4 に記載の発明は、請求項 2 0 から請求項 2 3 のいずれか一項に記載の肢体アシストプログラムであって、前記肢体アシスト装置は、前記大腿リンク部および前記下腿リンク部の挙動を検出する挙動検出手段をさらに備えており、前記出力指令部に、前記挙動検出手段によって検出された挙動に基づいて前記膝関節部駆動用アクチュエータを駆動制御させることを特徴とする。

【 0 0 4 2 】

また、請求項 2 5 に記載の発明である肢体アシストプログラムは、利用者の体幹に装着される体装着部と、前記体装着部に股関節部を介して連結され、前記利用者的大腿に沿って設けられる大腿リンク部と、前記利用者の下腿に沿って設けられ、膝関節部を介して前記大腿リンク部に連結された下腿リンク部と、前記下腿リンク部に連結され、前記利用者の足に接地可能に装着される足装着部と、前記体装着部に設けられ、駆動力伝達部を介して前記膝関節部に回転トルクを付与する膝関節部駆動用アクチュエータと、前記体装着部に前記膝関節部駆動用アクチュエータと一体的に設けられ、前記股関節部に回転トルクを付与する股関節部駆動用アクチュエータと、前記利用者の足の接地／遊脚状態を検出する接地／遊脚状態検出手段と、を備えた肢体アシスト装置を制御するための肢体アシストプログラムであって、前記大腿リンク部、前記膝関節部および前記下腿リンク部は、前記利用者による装着状態において、当該利用者的大腿、膝関節および下腿に対して非拘束状態に設けられている肢体アシスト装置を制御するためにコンピュータを、前記接地／遊脚状態検出手段が接地状態を検出した場合には、前記体装着部を介して前記利用者に、当該利用者の体重の一部を支持する力である体重免荷アシスト力を付与するように、前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータを駆動制御する出力指令部として機能させることを特徴とする。

30

40

【 0 0 4 3 】

また、請求項 2 6 に記載の発明は、請求項 2 5 に記載の肢体アシストプログラムであって、前記接地／遊脚状態検出手段が遊脚状態を検出した場合には、前記出力指令部に、前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータの少なくとも一方の駆動を解除させることを特徴とする。

【 0 0 4 4 】

50

また、請求項 2 7 に記載の発明は、請求項 2 5 に記載の肢体アシストプログラムであって、前記接地 / 遊脚状態検出手段が遊脚状態を検出した場合には、前記出力指令部に、前記利用者の大腿の振り出しをアシストするように、前記股関節部駆動用アクチュエータを駆動制御させることを特徴とする。

【 0 0 4 5 】

また、請求項 2 8 に記載の発明は、請求項 2 5 から請求項 2 7 のいずれか一項に記載の肢体アシストプログラムであって、前記体重免荷アシスト力は、予め設定された値、または、前記利用者の体重の所定割合の値であることを特徴とする。

【 0 0 4 6 】

また、請求項 2 9 に記載の発明は、請求項 2 8 に記載の肢体アシストプログラムであって、前記肢体アシスト装置は、前記体装着部を介して前記大腿リンク部、前記下腿リンク部、前記駆動力伝達部および前記足装着部にかかる前記利用者の荷重を検出する荷重検出手段をさらに備えており、前記出力指令部に、前記荷重検出手段によって検出された荷重に基づいて、接地状態の前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータを駆動制御させることを特徴とする。

10

【 0 0 4 7 】

また、請求項 3 0 に記載の発明は、請求項 2 5 から請求項 2 9 のいずれか一項に記載の肢体アシストプログラムであって、前記肢体アシスト装置は、前記大腿リンク部および前記下腿リンク部の挙動を検出する挙動検出手段をさらに備えており、前記出力指令部に、前記挙動検出手段によって検出された挙動に基づいて前記膝関節部駆動用アクチュエータおよび前記股関節部駆動用アクチュエータを駆動制御させることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【 0 0 4 8 】

本発明によれば、利用者にかかる慣性モーメントを低減させ、利用者の装着フィーリングを向上させ、利用者の疲労を抑えることが可能な肢体アシスト装置を提供することができる。

また、重量の大きい膝関節部駆動用アクチュエータを股関節部駆動用アクチュエータと一体的に設けることにより、股関節部駆動用アクチュエータにかかる負担を軽くすることができ、股関節部駆動用アクチュエータの小型化および省電力化が実現可能な肢体アシスト装置を提供することができる。

30

また、利用者の脚の拘束を軽減しつつ、軽量で脚への負担を低減させることが可能な肢体アシスト装置および肢体アシストプログラムを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 4 9 】

以下、本発明の実施形態について、本発明の肢体アシスト装置を利用者の下肢に適用した場合を例にとり、適宜図面を参照しながら説明する。同様の部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。なお、位置、方向などに関する表現については、利用者の前後方向に X 軸、左右方向に Y 軸、上下方向に Z 軸をとり、利用者が起立姿勢をとった状態を基準として説明する。また、脚リンク部など、左右一対となるように設けられた部材において、左右の部材を区別する場合には利用者 P を基準として符号の末尾に L (左) , R (右) を付し、左右の区別をしない場合には、L , R を付さずに説明する。

40

【 0 0 5 0 】

(第一の実施形態)

まず、本発明の第一の実施形態に係る肢体アシスト装置について説明する。図 1 ないし図 4 は、本発明の第一の実施形態に係る肢体アシスト装置の外観を示す図であり、図 1 は正面図、図 2 は背面図、図 3 および図 4 は側面図である。図 5 は、体装着部を示す図であり、(a) は正面図、(b) は背面図、(c) は側面図である。図 6 は、足装着部を示す図であり、(a) は背面図、(b) は側面図、(c) は平面図である。図 7 は、脚リンク部および駆動力伝達部を示す斜視図である。図 7 において、足首関節部は省略されている。また、図 1 ないし図 4 には、利用者 P が肢体アシスト装置 1 A を装着した状態が示され

50

ている。なお、説明の便宜上、これらの図面において、各アクチュエータ、各センサ、制御部、バッテリーなどを接続する配線は省略されている。

図１ないし図４に示すように、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置（下肢アシスト装置ともいう）１Ａは、体装着部１０、脚リンク部２０Ｌ、２０Ｒ、足装着部３０Ｌ、３０Ｒ、アクチュエータユニット４０Ｌ、４０Ｒ、駆動力伝達部５０Ｌ、５０ＲおよびバックパックＢＰを備えている。

【００５１】

（体装着部１０）

図１ないし図４に示すように、体装着部（体幹装着部ともいう）１０は、利用者Ｐの体幹に装着される部分である。

10

図５に示すように、体装着部１０は、腰ベルト部１１、大腿ベルト部１２Ｌ、１２Ｒ、アクチュエータ取付部１３Ｌ、１３Ｒ、補強部材１４Ｌ、１４Ｒおよび弛み防止ベルト部１５、１６Ｌ、１６Ｒを備えている。

【００５２】

腰ベルト部１１は、利用者Ｐの腰まわりに装着される帯状の布製部材であり、バックルＢＵによって係止位置を設定し、装着時の長さを調節することが可能である。

【００５３】

大腿ベルト部１２Ｌ、１２Ｒは、利用者Ｐの大腿まわりに装着される布製部材であり、その上端部が腰ベルト部１１に固定されている。

【００５４】

20

アクチュエータ取付部１３Ｌ、１３Ｒは、後記するアクチュエータユニット４０Ｌ、４０Ｒ（図１参照）を取り付けるための樹脂製部材であり、腰ベルト部１１の左右両端に一つずつ設けられている。

【００５５】

補強部材１４Ｌ、１４Ｒは、大腿ベルト部１２Ｌ、１２Ｒとアクチュエータ取付部１３Ｌ、１３Ｒとを連結する樹脂製部材であり、アクチュエータ取付部１３Ｌ、１３Ｒがアクチュエータユニット４０Ｌ、４０Ｒのトルク反動でねじれないように補強している。

【００５６】

弛み防止ベルト部１５は、利用者Ｐの前側において腰ベルト部１１と大腿ベルト部１２Ｌ、１２Ｒとを連結する布製部材であり、大腿ベルト部１２Ｌ、１２Ｒの下方への弛みを防止している。

30

弛み防止ベルト部１６Ｌ、１６Ｒは、利用者Ｐの後側において腰ベルト部１１と大腿ベルト部１２Ｌ、１２Ｒとを連結する布製部材であり、大腿ベルト部１２Ｌ、１２Ｒの下方への弛みを防止している。

なお、腰ベルト部１１および大腿ベルト部１２Ｌ、１２Ｒは、樹脂製であっても良い。また、アクチュエータ取付部１３Ｌ、１３Ｒおよび補強部材１４Ｌ、１４Ｒは、金属製であっても良い。さらに、弛み防止ベルト部１５、１６Ｌ、１６Ｒは、樹脂製または金属製であっても良い。

【００５７】

また、弛み防止ベルト部１６Ｌ、１６Ｒには、荷重センサ１０ａＬ、１０ａＲが設けられている。

40

荷重センサ１０ａＬ、１０ａＲは、体装着部１０を介して脚リンク部２０Ｌ、２０Ｒおよび駆動力伝達部５０Ｌ、５０Ｒにかかる利用者Ｐの荷重を検出するセンサであり、特許請求の範囲における「荷重検出手段」の一例である。肢体アシスト装置１Ａが利用者Ｐの体重の一部を支持しているとき、腰ベルト部１１が脚リンク部２０Ｌ、２０Ｒ、足装着部３０Ｌ、３０Ｒおよび駆動力伝達部５０Ｌ、５０Ｒによって支持される一方、大腿ベルト部１２Ｌ、１２Ｒには利用者Ｐの体重の一部がかかっているため、弛み防止ベルト部１６Ｌ、１６Ｒには、腰ベルト部１１および大腿ベルト部１２Ｌ、１２ＲによるＺ軸方向の引張力が生じる。荷重センサ１０ａＬ、１０ａＲは、この引張力を検出することによって、脚リンク部２０Ｌ、２０Ｒなどにかかる利用者Ｐの荷重を検出する。

50

荷重センサ 10 a L, 10 a R としては、ロードセル、歪みゲージ、圧電素子などを利用したものが好適である。なお、本実施形態では、1 軸 (Z 軸) 検出用の荷重センサ 10 a L, 10 a R を用いたが、2 軸以上検出可能な荷重センサを利用して、より高精度に脚リンク部 20 L, 20 R および駆動力伝達部 50 L, 50 R に預けられる利用者 P の荷重を検出するようにしても良い。また、荷重センサを前側の弛み防止ベルト部 15 に取り付けても良く、荷重センサを体装着部 10 の利用者 P の股下に位置する部分に取り付け、利用者 P による押圧力を検出しても良い。

【0058】

(脚リンク部 20 L, 20 R)

図 1 ないし図 4、および図 7 に示すように、脚リンク部 20 L, 20 R は、体装着部 10 と足装着部 30 L, 30 R とを複数の関節部を介して連結しており、利用者 P の脚 (肢体) の外側部に沿うように設けられている。

10

脚リンク部 20 L, 20 R は、股関節部 21 L, 21 R、大腿リンク部 22 L, 22 R、膝関節部 23 L, 23 R、下腿リンク部 24 L, 24 R および足首関節部 25 L, 25 R を備えている。

【0059】

股関節部 21 L, 21 R は、利用者 P の股関節の外側に位置している。股関節部 21 L, 21 R は、腰ベルト部 11 と大腿リンク部 22 L, 22 R とを Y 軸まわりに回転可能に連結している。

【0060】

20

大腿リンク部 22 L, 22 R は、利用者 P の大腿の外側部に沿って延びるリンクである。大腿リンク部 22 L, 22 R の上端は、股関節部 21 L, 21 R に連結されている。また、大腿リンク部 22 L, 22 R の下端は、膝関節部 23 L, 23 R に連結されている。

【0061】

膝関節部 23 L, 23 R は、利用者 P の膝関節の外側に位置し、大腿リンク部 22 L, 22 R と下腿リンク部 24 L, 24 R とを回転可能に連結している。

膝関節部 23 L, 23 R は、他の例として、その回転軸と利用者 P の膝関節の回転軸とが平行または同軸となるように位置決めされても良い。

【0062】

下腿リンク部 24 L, 24 R は、利用者 P の下腿の外側部に沿って延びるリンクである。下腿リンク部 24 L, 24 R の上端は、膝関節部 23 L, 23 R に連結されている。また、下腿リンク部 24 L, 24 R の下端は、足首関節部 25 L, 25 R に連結されている。

30

【0063】

足首関節部 25 L, 25 R は、下腿リンク部 24 L, 24 R と足装着部 30 L, 30 R とを Y 軸まわりに回転可能に連結している。この足首関節部 25 L, 25 R は、利用者 P の歩行動作を阻害しないように、利用者 P の足首関節の動作に追従して動く。

【0064】

(足装着部 30 L, 30 R)

図 1 ないし図 4 に示すように、足装着部 30 L, 30 R は、利用者 P の足 (肢端) に装着される部分である。図 6 に示すように、足装着部 30 L, 30 R は、靴部 31 L, 31 R、補強プレート 32 L, 32 R および支持部材 33 L, 33 R を備えている。なお、図 6 には、利用者 P の右足に装着される右足装着部 30 R が描かれており、利用者 P の左足に装着される左足装着部 30 L は、右足装着部 30 R と左右対称形状であるので、図示を省略する。

40

【0065】

靴部 31 L, 31 R は、利用者 P の足に、床面に接地可能に装着される靴である。

【0066】

補強プレート 32 L, 32 R は、利用者 P の足の外側部に沿って設けられた樹脂製部材であり、利用者 P の足の接地時に、靴部 31 L, 31 R が受ける床反力を脚リンク部 20

50

L, 20Rに伝達可能な構造となっている。靴部31L(31R)、補強プレート32L(32R)および支持部材33L(33R)は一体として、足首関節部25L(25R)を介して下腿リンク部24L(24R)に対する回転運動が可能な構成となっている。

【0067】

支持部材33L, 33Rは、補強プレート32L, 33Rと協働して足首関節部25L, 25Rを支持する樹脂製部材である。

なお、補強プレート32L, 32Rおよび支持部材33L, 33Rは、金属製であっても良い。

【0068】

本実施形態において、脚リンク部20L, 20R、足装着部30L, 30Rおよび駆動力伝達部50L, 50Rは、体装着部10を介して伝達された利用者Pの体重の一部を支持可能な構造を有している。

【0069】

靴部31L, 31Rの底部には、接地センサ31aL, 31aRが設けられている。接地センサ31aL, 31aRは、接地している間オン信号を制御部60(図11参照)に出力する。

接地センサ31aL, 31aRは、足装着部30L, 30Rが接地状態および遊脚状態のいずれの状態であるかを検出するためのものであり、本実施形態では、足装着部30L, 30Rの足底部31L, 31Rに設けられている。この接地センサ31aL, 31aRが、特許請求の範囲における「接地/遊脚状態検出手段」の一例である。

また、「床面」は、建物の床に限定されず、地面など、肢体アシスト装置1Aを装着した利用者Pが移動(歩行)する際に、足装着部30L, 30Rが接地する面であれば良い。

接地センサ31aL, 31aRとしては、導電性ゴムスイッチ、圧電素子、歪みゲージなどを利用したものが好適である。本実施形態では、1軸検出用の接地センサ31aL, 31aRを用いたが、2軸以上検出可能な接地センサを利用しても良い。

すなわち、接地センサ31aL, 31aRからの出力があるときが、接地センサ31aL, 31aRが接地状態を検出している状態であり、出力がないときが、接地センサ31aL, 31aRが遊脚状態を検出している状態である。

また、本実施形態では、接地センサ31aL, 31aRを靴部31L, 31Rの底部の中央部分に設ける構成としたが、靴部31L, 31Rの底部の踵部分など、他の部分に設ける構成であっても良い。また、靴部31L, 31Rにそれぞれ複数の接地センサ31aL, 31aRを設ける構成であっても良い。

【0070】

本実施形態において、大腿リンク部22L, 22R、下腿リンク部24L, 24R、第一のリンク部51L, 51Rおよび第二のリンク部53L, 53Rはアルミ製部材としたが、カーボンなど、軽量かつ十分な強度を有する他の材料から形成されていても良い。

すなわち、これら体装着部10、脚リンク部20L, 20R、足装着部30L, 30Rおよび後記する駆動力伝達部50L, 50Rは、左右いずれか一方によって利用者Pに体重免荷アシスト力を付与可能な強度を有していれば良く、その材料は適宜選択可能である。

ここでいう「体重免荷アシスト力」は、肢体アシスト装置1Aが利用者Pに付与する力であり、利用者Pの体重の一部を支持する力である。

【0071】

(アクチュエータユニット40L, 40R)

図1ないし図4に示すように、アクチュエータユニット40L, 40Rは、アクチュエータ取付部13L, 13R(図5参照)に取り付けられており、股関節部駆動用アクチュエータ41L, 41Rおよび膝関節部駆動用アクチュエータ42L, 42Rを備えている。

【0072】

10

20

30

40

50

股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒは、電動モータおよび減速機を備え、電動モータの出力を減速機によって減速し、体装着部１０と大腿リンク部２２Ｌ，２２Ｒとの相対姿勢を変位させる。すなわち、この股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒが、股関節部２１Ｌ，２１Ｒに回転トルクを付与し、駆動するためのアクチュエータである。股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒの基部は、アクチュエータ取付部１３Ｌ，１３Ｒに対して固定されており、股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒの出力軸は、大腿リンク部２２Ｌ，２２Ｒの上端（股関節部２１Ｌ，２１Ｒの位置）に固定されている。すなわち、本実施形態に係る股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒは、股関節部２１Ｌ，２１Ｒと一体である。この股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒの出力軸がＹ軸まわりに回転することによって、大腿リンク部２２Ｌ，２２Ｒが体装着部１０に対して股関節部２１Ｌ，２１Ｒを軸としてＹ軸まわりに回転する。したがって、股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒは、体装着部１０および大腿リンク部２２Ｌ，２２Ｒ間にトルクを発生させることができる。股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒがトルクを発生していない状態では、股関節部２１Ｌ，２１Ｒは、その回転抵抗は非常に小さく回転可能な状態となり、装着者Ｐの脚の振り出しに支障を来たさないようになっている。なお、股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒの取付関係は、前記したものに限定されない。また、股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒを股関節部２１Ｌ，２１Ｒと別体とし、股関節部２１Ｌ，２１Ｒ用の駆動力伝達部を設け、股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒの駆動力を当該駆動力伝達部によって股関節部２１Ｌ，２１Ｒに伝達する構成であっても良い。

【００７３】

股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒには、エンコーダ（ロータリーエンコーダ）８１Ｌ，８１Ｒが設けられている。このエンコーダ８１Ｌ，８１Ｒは、特許請求の範囲における「挙動検出手段」の一例であり、脚リンク部２０Ｌ，２０Ｒの挙動に関するデータとして、股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒの回転角度を検出する。検出された回転角度は、制御部６０に出力される。

【００７４】

膝関節部駆動用アクチュエータ４２Ｌ，４２Ｒは、股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒと同軸に、股関節部駆動用アクチュエータ４１Ｌ，４１Ｒと一体的に設けられており、電動モータおよび減速機を備え、電動モータの出力を減速機によって減速し、大腿リンク部２２Ｌ，２２Ｒと下腿リンク部２４Ｌ，２４Ｒとの相対姿勢を変位させる。すなわち、この膝関節部駆動用アクチュエータ４２Ｌ，４２Ｒが、股関節部２３Ｌ，２３Ｒに回転トルクを付与し、駆動するためのアクチュエータである。膝関節部駆動用アクチュエータ４２Ｌ，４２Ｒの基部は、アクチュエータ取付部１３Ｌ，１３Ｒに対して固定されており、膝関節部駆動用アクチュエータ４２Ｌ，４２Ｒの出力軸は、後記する第一のリンク部５１Ｌ，５１Ｒの一端に固定されている。なお、膝関節部駆動用アクチュエータ４２Ｌ，４２Ｒの取付関係は、前記したものに限定されない。

【００７５】

膝関節部駆動用アクチュエータ４２Ｌ，４２Ｒには、エンコーダ（ロータリーエンコーダ）８２Ｌ，８２Ｒが設けられている。このエンコーダ８２Ｌ，８２Ｒは、特許請求の範囲における「挙動検出手段」の一例であり、脚リンク部２０Ｌ，２０Ｒの挙動に関するデータとして、膝関節部駆動用アクチュエータ４２Ｌ，４２Ｒの回転角度を検出する。検出された回転角度は、制御部６０に出力される。

【００７６】

（駆動力伝達部５０Ｌ，５０Ｒ）

図１ないし図４、および図７に示すように、駆動力伝達部（膝関節部駆動用リンク部）５０Ｌ，５０Ｒは、膝関節部駆動用アクチュエータ４２Ｌ，４２Ｒによって生成された駆動力を膝関節部２３Ｌ，２３Ｒに伝達するためのものである。駆動力伝達部５０Ｌ，５０Ｒは、第一のリンク部５１Ｌ，５１Ｒ、第一の関節部５２Ｌ，５２Ｒ、第二のリンク部５３Ｌ，５３Ｒおよび第二の関節部５４Ｌ，５４Ｒを備えている。

【 0 0 7 7 】

第一のリンク部 5 1 L , 5 1 R は、その一端が膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 L , 4 2 R の出力軸に連結され、その他端が第一の関節部 5 2 L , 5 2 R に連結されている。

【 0 0 7 8 】

第一の関節部 5 2 L , 5 2 R は、第一のリンク部 5 1 L , 5 1 R と第二のリンク部 5 3 L , 5 3 R とを Y 軸まわりに回動可能に連結している。

【 0 0 7 9 】

第二のリンク部 5 3 L , 5 3 R は、その一端が第一の関節部 5 2 L , 5 2 R に連結され、その他端が第二の関節部 5 4 L , 5 4 R に連結されている。

【 0 0 8 0 】

第二の関節部 5 4 L , 5 4 R は、第二のリンク部 5 3 L , 5 3 R と下腿リンク部 2 4 L , 2 4 R の所定位置とを Y 軸まわりに回動可能に連結している。

【 0 0 8 1 】

本実施形態において、駆動力伝達部 5 0 L , 5 0 R は、脚リンク部 2 0 L , 2 0 R の後側に設けられており、アクチュエータユニット 4 0 L (4 0 R)、膝関節部 2 3 L (2 3 R)、第二の関節部 5 4 L (5 4 R) および第一の関節部 5 2 L (5 2 R) の各軸中心が、平行四辺形の各頂点となるように配置されている。言い換えると、大腿リンク部 2 2 L (2 2 R)、第一のリンク部 5 1 L (5 1 R)、第二のリンク部 5 3 L (5 3 R) および下腿リンク部 2 4 L (2 4 R) の膝関節部 2 3 L (2 3 R) から第二の関節部 5 4 L (5 4 R) までの部位が、ほぼ平行四辺形となるように構成されている。肢体アシスト装置 1 A は、アクチュエータユニット 4 0 L (4 0 R)、膝関節部 2 3 L (2 3 R)、第二の関節部 5 4 L (5 4 R) および第一の関節部 5 2 L (5 2 R) の各軸中心が平行四辺形の各頂点に位置するといった関係を維持しつつ作動する機構であるので、関節部の角度の検出、制御および調整が容易となり、肢体アシスト装置 1 A の設計が容易となる。例えば、図 3 において、膝関節部 2 3 L および第二の関節部 5 4 L を結ぶ線分と第一のリンク部 5 1 L とは常に平行であるので、制御部 6 0 は (図 1 1 参照)、エンコーダ 8 2 L の出力値から、膝関節部 2 3 L と第二の関節部 5 4 L との位置関係、すなわち、大腿リンク部 2 2 L と下腿リンク部 2 4 L とがなす角度を容易に認識することができる。

なお、駆動力伝達部 5 0 L , 5 0 R の配置位置や各リンク部 5 1 L , 5 1 R , 5 3 L , 5 3 R の長さなどは図示したものに限定されない。

本発明の原理は、膝関節部を駆動させる重量の大きい膝関節部駆動用アクチュエータを利用者 P の膝付近ではなく体幹 (ここでは腰) に位置させ、かつ、膝関節部駆動用アクチュエータの駆動力を駆動力伝達部によって伝達して膝関節部を駆動し、かつ、下肢に沿ったリンク部および関節部の機構を簡素化した点にある。

すなわち、本発明では、体装着部、大腿リンク部、下腿リンク部および駆動力伝達部により構成された機構によって伝達された膝関節部駆動用アクチュエータの駆動力に基づいて膝関節部が駆動し、膝関節部の駆動が低慣性モーメントで実現される。

【 0 0 8 2 】

(バックバック B P)

バックバック B P は、利用者 P が背負うものであり、制御部 6 0 (図 1 1 参照)、入出力インターフェース 7 0 (図 1 1 参照) およびバッテリー (図示せず) を収納している。制御部 6 0 については、後に詳細に説明する。

入出力インターフェース 7 0 は、制御部 6 0 に外部のコンピュータなどを接続する際に使用される。例えば、外部のコンピュータから、制御部 6 0 に利用者 P の体重などの個人データを制御部 6 0 に与えるようにすることも可能である。

バッテリーは、荷重センサ 1 0 a L , 1 0 a R、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 L , 4 1 R、膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 L , 4 2 R、エンコーダ 8 1 L , 8 1 R , 8 2 L , 8 2 R、接地センサ 3 1 a L , 3 1 a R および制御部 6 0 に電力を供給する。バッテリーによる電力供給は、制御部 6 0 によって制御される。

【 0 0 8 3 】

なお、バックパック B P および入出力インターフェース 70 は、本発明の必須構成要件ではない。すなわち、制御部 60、入出力インターフェース 70 およびバッテリーの利用者 P への装着態様は、前記したバックパック B P によるものに限定されず、体装着部 10 に直接取り付けの態様などであっても良い。

【0084】

(動作例)

続いて、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A の動作例について説明する。図 8 および図 9 は、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置の動作例を説明するための図であり、図 8 は股関節部の動作例を説明するための図、図 9 は膝関節部の動作例を説明するための図である。図 8 および図 9 には、肢体アシスト装置 1 A のうち、説明に必要な部分のみが模式的に描かれている。

10

【0085】

図 8 に示すように、肢体アシスト装置 1 A は、股関節部駆動用アクチュエータ 41 R を駆動し、大腿リンク部 22 R を図 8 における反時計回りに回転させることによって、利用者 P の大腿を反時計回りに動かすことができる(図 8(a)→図 8(b))。

また、肢体アシスト装置 1 A は、股関節部駆動用アクチュエータ 41 R を駆動し、大腿リンク部 22 R を図 8 における時計回りに回転させることによって、利用者 P の右大腿を時計回りに動かすことができる(図 8(a)→図 8(c))。

【0086】

また、図 9 に示すように、肢体アシスト装置 1 A は、膝関節部駆動用アクチュエータ 42 R を駆動し、第一のリンク部 51 R を図 9 における反時計回りに回転させることによって、第二のリンク部 53 R が第二の関節部 54 を介して下腿リンク部 24 R を押し、利用者 P の下腿を反時計回りに動かすことができる(図 9(a)→図 9(b))。

20

また、肢体アシスト装置 1 A は、膝関節部駆動用アクチュエータ 42 R を駆動し、第一のリンク部 51 R を図 9 における時計回りに回転させることによって、第二のリンク部 53 R が第二の関節部 54 R を介して下腿リンク部 24 R を牽引し、利用者 P の右下腿を時計回りに動かすことができる(図 9(a)→図 9(c))。

なお、図示はしないが、肢体アシスト装置 1 A の左脚側についても同様である。

【0087】

肢体アシスト装置 1 A は、前記した動作を組み合わせることによって、利用者 P の歩行時における肢体(下肢)の動作をアシストしたり、利用者 P に対して体重免荷アシスト力を付与し、利用者 P の体重の一部を支持したりすることができる。

30

【0088】

(慣性モーメントの比較)

続いて、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A による慣性モーメントと、従来の構造による肢体アシスト装置による慣性モーメントとの比較を行う。

図 10 は、肢体アシスト装置による慣性モーメントの比較を説明するための図であり、(a) は第一の実施形態に係る肢体アシスト装置による慣性モーメントを説明するための図、(b) は従来の構造による肢体アシスト装置による慣性モーメントを説明するための図である。なお、図 10(b) に示す従来の肢体アシスト装置 1 A' において、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A の構成に対応する部分の符号には、その末尾に「'」を付している。

40

図 10(a) に示すように、利用者 P が肢体アシスト装置 1 A を装着した状態で歩行を行うと、肢体アシスト装置 1 A の重さによって、利用者 P の股関節軸まわり(Y 軸まわり)に慣性モーメントが発生する。

ここで、各部材の重量と、その重心と股関節軸との距離を以下のように定義する。

m_1 : 股関節部駆動用アクチュエータ 41 R の重量

r_1 : 股関節部駆動用アクチュエータ 41 R と股関節軸との距離 (= 0)

m_2 : 膝関節部駆動用アクチュエータ 42 R の重量

r_2 : 膝関節部駆動用アクチュエータ 42 R と股関節軸との距離 (= 0)

50

m_3 : 大腿リンク部 2 2 R の重量

r_3 : 大腿リンク部 2 2 R の重心と股関節軸との距離

m_4 : 下腿リンク部 2 4 R の重量

r_4 : 下腿リンク部 2 4 R の重心と股関節軸との距離

m_5 : 足装着部 3 0 R の重量

r_5 : 足装着部 3 0 R の重心と股関節軸との距離

m_6 : 駆動力伝達部 5 0 R の重量

r_6 : 駆動力伝達部 5 0 R の重心と股関節軸との距離

このとき、肢体アシスト装置 1 A の右脚側構成による股関節軸まわりの慣性モーメント I_h は、およそ下記の式で示される。

$$I_h = m_3 r_3^2 + m_4 r_4^2 + m_5 r_5^2 + m_6 r_6^2$$

【 0 0 8 9 】

また、図 1 0 (b) に示すように、利用者 P が従来の構造による肢体アシスト装置 1 A ' を装着した状態で歩行を行うと、肢体アシスト装置 1 A ' の重さによって、利用者 P の股関節軸まわりに慣性モーメントが発生する。この肢体アシスト装置 1 A ' は、膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R ' を大腿リンク部 2 2 R ' と下腿リンク部 2 4 R ' との間に備え、駆動力伝達部を省略した構成である。

ここで、各部材の重量と、その重心と股関節軸との距離を以下のように定義する。

m_{11} : 股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 R ' の重量 (= m_1)

r_{11} : 股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 R ' の重心と股関節軸との距離 (= $r_1 = 0$)

m_{12} : 膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R ' の重量 (= m_2)

r_{12} : 膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R ' の重心と股関節軸との距離

m_{13} : 大腿リンク部 2 2 R ' の重量 (= m_3)

r_{13} : 大腿リンク部 2 2 R ' の重心と股関節軸との距離 (= r_3)

m_{14} : 下腿リンク部 2 4 R ' の重量 (= m_4)

r_{14} : 下腿リンク部 2 4 R ' の重心と股関節軸との距離 (= r_4)

m_{15} : 足装着部 3 0 R ' の重量 (= m_5)

r_{15} : 足装着部 3 0 R ' の重心と股関節軸との距離 (= r_5)

このとき、肢体アシスト装置 1 A ' の右脚側構成による股関節軸まわりの慣性モーメント I_h' は、およそ下記の式で示される。

$$I_h' = m_{12} r_{12}^2 + m_3 r_3^2 + m_4 r_4^2 + m_5 r_5^2$$

【 0 0 9 0 】

ここで、一般に、膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R ' は、駆動力伝達部 5 0 R よりも重く ($m_{12} > m_6$)、股関節軸から離れている ($r_{12} > r_6$) ので、 $I_h < I_h'$ が成立する。すなわち、本発明の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A は、利用者 P の動作に伴う慣性モーメントを小さくし、利用者 P にかかる負担を低減させることによって、利用者の装着フィーリングを向上させ、利用者の疲労を抑えることができる。また、重量の大きい膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 L , 4 2 R を股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 L , 4 1 R と一体的に設けたので、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 L , 4 1 R にかかる負担 (慣性モーメント) を軽くすることができ、結果として股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 L , 4 1 R の小型化および省電力化を実現することができる。

【 0 0 9 1 】

続いて、制御部 6 0 について詳細に説明する。図 1 1 は、本発明の第一の実施形態に係る肢体アシスト装置の機能を示すブロック図である。

【 0 0 9 2 】

図 1 1 に示すように、制御部 6 0 は、体重記憶部 6 1、目標アシスト力算出部 6 2、初期トルク値算出部 6 3、比較部 6 4、アクチュエータ状態検出部 6 5、接地足判定部 6 6 および出力指令部 6 7 を備えている。

【 0 0 9 3 】

10

20

30

40

50

体重記憶部 61 は、利用者 P の体重（体重データ）を取得し、記憶（一時記憶）する。体重は、利用者 P が直接制御部 60 に入力しても良いし、利用者 P を認識した制御部 60 が予め記憶しておいた利用者 P の体重を体重記憶部 61 から読み出してきても良い。また、外部のコンピュータから、入出力インターフェース 70 を介して体重記憶部 61 に入力されるように構成しても良い。また、体重記憶部 61 が、体重として、利用者 P の体重のみの値を記憶する構成であっても良い。

【0094】

目標アシスト力算出部 62 は、体重記憶部 61 に記憶された体重データを読み出し、この体重データに基づいて目標体重免荷アシスト力を算出する。

この「目標体重免荷アシスト力」は、体重免荷アシスト装置 1A によって利用者 P に付与される力（水平床面起立状態で Z 軸正方向）の目標値であり、利用者 P の体重の所定割合（例えば、体重の 30%）が設定される。本実施形態では、目標体重免荷アシスト力 F_a と共に、最小体重免荷アシスト力 F_{a1} と、最大体重免荷アシスト力 F_{a2} と、が算出される。ここでいう最小体重免荷アシスト力 F_{a1} が、特許請求の範囲における「体重免荷アシスト力の下限值」に相当し、最大体重免荷アシスト力 F_{a2} が、特許請求の範囲における「体重免荷アシスト力の上限值」に相当する。

例えば、目標体重免荷アシスト力 F_a として、体重の 30% を支持する力を設定した場合、最小体重免荷アシスト力 F_{a1} として体重の 28% の値が算出され、最大体重免荷アシスト力 F_{a2} として体重の 32% の値が算出される。これらアシスト力 F_a , F_{a1} , F_{a2} は、利用者 P に付与したい体重免荷アシスト力、制御部 60 の演算能力、各アクチュエータ 41L , 41R , 42L , 42R の特性、各センサ 10aL , 10aR , 31aL , 31aR の特性などに応じて適宜設定される。

これら目標体重免荷アシスト力 F_a 、最小体重免荷アシスト力 F_{a1} および最大体重免荷アシスト力 F_{a2} の割合設定は適宜変更可能であり、例えば、外部のコンピュータから、入出力インターフェース 70 を介して任意の値を設定可能である。

【0095】

初期トルク値算出部 63 は、目標体重免荷アシスト力 F_a に基づいて、股関節部駆動用アクチュエータ 41L , 41R および膝関節部駆動用アクチュエータ 42L , 42R に付与されるべき初期トルク値を算出する。

この初期トルク値は、（1）両足接地、（2）左足接地（右足遊脚）、（3）右足接地（左足遊脚）の 3 つの場合ごとに算出される。

すなわち、（1）両足接地の場合として、股関節部駆動用アクチュエータ 41L , 41R および膝関節部駆動用アクチュエータ 42L , 42R に付与される初期トルク値が算出される。

また、（2）左足接地の場合として、股関節部駆動用アクチュエータ 41L および膝関節部駆動用アクチュエータ 42L に付与される初期トルク値が算出される。このとき、股関節部駆動用アクチュエータ 41R および膝関節部駆動用アクチュエータ 42R に付与される初期トルク値は「0」である。

また、（3）右足接地の場合として、股関節部駆動用アクチュエータ 41R および膝関節部駆動用アクチュエータ 42R に付与される初期トルク値が算出される。このとき、股関節部駆動用アクチュエータ 41L および膝関節部駆動用アクチュエータ 42L に付与される初期トルク値は「0」である。

【0096】

この初期トルク値は、肢体アシスト装置 1A の初動応答性を向上させるためのものであり、肢体アシスト装置 1A が初期状態からスムーズかつ早期に目標アシスト力 F_a を発揮できるような状態へ移行できるような値とすることが好ましい。初期状態の各アクチュエータに初期トルク値に応じたトルクを発生させることで、利用者 P が急に肢体アシスト装置 1A に体重を預けた場合などであっても肢体アシスト装置 1A は利用者 P の転倒やバランスの崩れを確実に防ぎ、利用者 P の起立状態を安定的に確立させることができる。ここでいう初期状態としては、肢体アシスト装置 1A を起動したときや、肢体アシスト装置 1

10

20

30

40

50

Aの接地状態が変化したとき（両足接地→片足接地、片足接地→両足接地）が挙げられる。

また、初期トルク値の付与は、肢体アシスト装置1Aの故障の防止にも貢献する。

なお、アシスト力 F_a 、 F_{a1} 、 F_{a2} およびアクチュエータ41L、41R、42L、42Rの回転角度に応じてアクチュエータ41L、41R、42L、42Rが出力すべきトルク値も変わるので、初期トルク値は、各アクチュエータの現回転角度をも利用して設定される構成であっても良い。

【0097】

比較部64は、荷重センサ10aL、10aRの検出荷重に基づく現時点での体重免荷アシスト力 F_b （以下、単に「荷重 F_b 」と記載する。）と、目標アシスト力算出部62の算出結果と、を比較する。比較部64は、荷重センサ10aL、10aRによる実際の検出値と、その検出値における脚リンク部20L、20Rによる体重免荷アシスト力との関係を予め記憶している。したがって、比較部64は、荷重センサ10aL、10aRの検出結果に基づいて、実際に作用している体重免荷アシスト力を得ることができる。

比較結果としては、(11) $F_b < F_{a1}$ 、(12) $F_{a1} = F_b = F_{a2}$ 、(13) $F_b > F_{a2}$ の3つがある。

比較結果は、出力指令部67に出力される。

【0098】

アクチュエータ状態検出部65は、股関節部エンコーダ81L、81Rおよび膝関節部エンコーダ82L、82Rからの出力に基づいて、各関節部の状態を検出する。検出結果は、出力指令部67に出力される。

【0099】

接地足判定部66は、接地センサ31aL、31aRの出力に基づいて、接地足が、(1)両足接地、(2)左足接地、(3)右足接地のいずれの状態であるかを判定する。

すなわち、接地足判定部66は、接地センサ31aL、31aRの両方からの出力がある場合には、(1)両足接地の状態であると判定する。

また、接地足判定部66は、接地センサ31aLからのみの出力がある場合には、(2)左足接地（右足遊脚）の状態であると判定する。

また、接地足判定部66は、接地センサ31aRからのみの出力がある場合には、(3)右足接地（左足遊脚）の状態であると判定する。

判定結果は、出力指令部67に出力される。

【0100】

出力指令部67は、初期トルク値算出部63の算出結果と、比較部64の比較結果と、アクチュエータ状態検出部65の検出結果と、接地足判定部66の判定結果と、に基づいて、各アクチュエータ41L、41R、42L、42Rの出力を決定し、指令する。

【0101】

この出力指令部67は、アクチュエータ状態検出部65の検出結果およびこれらの変化量に基づいて、脚リンク部20L、20Rの挙動を予測し、この予測結果に基づいて、各アクチュエータ41L、41R、42L、42Rの出力を決定する。

例えば、後記する図17(a)において、角 θ_1 Rが十分に大きくなって所定値（例えば、前回右足が床面から離間した時点での角度に設定）に近づいた場合には、もうすぐ右足が床面から離間することが予測される。すなわち、制御部60は、接地センサ31aL、31aRの出力とエンコーダ81L、81Rの出力とに基づいて、前回、足が床面から離間した時点での角 θ_1 （床面離間角度：股関節部駆動用アクチュエータ41L、41Rの回転角度に相当）を取得し、記憶している。そして、制御部60は、この床面離間角度 θ_1 を利用して、利用者Pの脚の挙動を予測している。

このときには、体重免荷アシスト力の比重を脚リンク部20L側に移していくことで、右足が遊脚となって左側のシステム（体装着部10、脚リンク部20Lおよび足装着部30L）のみで支持しなければならない状態に備えることができ（アクチュエータのトルク出力変動のスムーズな移動）、より安定した体重免荷アシストが実現する。

【 0 1 0 2 】

(トルク発生方向)

続いて、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 L , 4 1 R および膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 L , 4 2 R によるトルク発生方向について説明する。図 1 2 は、股関節部駆動用アクチュエータおよび膝関節部駆動用アクチュエータによるトルク発生方向を説明するための図であり、(a) は十分なトルクが発生している状態を示す模式図、(b) はトルクが不十分であり、利用者が腰砕けのような状態になりつつある状態を示す模式図である。なお、以下の図面において、図中の「 O N 」はその足装着部 3 0 L , 3 0 R が接地していることを示し、「 O F F 」は足装着部 3 0 L , 3 0 R が接地していないことを示す。

【 0 1 0 3 】

図 1 2 において、直線 L 1 は、腰ベルト部 1 1 に沿った水平線である。直線 L 2 は、大腿リンク部 2 2 L , 2 2 R の長手方向に延びる直線である。角 $\theta 1 L$, $\theta 1 R$ は、直線 L 1 と大腿リンク部 2 2 L , 2 2 R とがなす角であり、角 $\theta 2 L$, $\theta 2 R$ は、直線 L 2 と下腿リンク部 2 4 L , 2 4 R とがなす角である。

図 1 2 (a) に示すように、肢体アシスト装置 1 A が十分な体重免荷アシスト力を発揮した場合には、利用者 P は全体重を自身の脚で支えなくても起立状態を維持することができる。

しかし、図 1 2 (b) に示すように、利用者 P の脚力が不十分であり、かつ、肢体アシスト装置 1 A が十分な体重免荷アシスト力を発揮しない場合には、肢体アシスト装置 1 A は、角 $\theta 1 L$, $\theta 1 R$ が小さくなるように、そして、角 $\theta 2 L$, $\theta 2 R$ が大きくなるように、姿勢を変えてしまう。

すなわち、肢体アシスト装置 1 A が体重免荷アシスト力を発揮するためには、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 L , 4 1 R (図 1 参照) が角 $\theta 1 L$, $\theta 1 R$ を大きくする方向に、そして、膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 L , 4 2 R (図 1 参照) が角 $\theta 2 L$, $\theta 2 R$ を小さくする方向に、それぞれトルクを発生させれば良い。

なお、各関節部 2 1 L , 2 1 R , 2 3 L , 2 3 R の可動範囲が、少なくとも一般的な人間の関節の可動範囲を超えないように、それぞれのアクチュエータ 4 1 L , 4 1 R , 4 2 L , 4 2 R が制御される。このため、安全性がより向上している。また、大腿リンク部 2 2 L , 2 2 R 、膝関節部 2 3 L , 2 3 R および下腿リンク部 2 4 L , 2 4 R は、利用者 P が起立姿勢であっても大腿リンク部 2 2 L , 2 2 R および下腿リンク部 2 4 L , 2 4 R が一直線とならないよう(伸びきらないよう)、膝関節部 2 3 L , 2 3 R が常に屈折した状態となるように長さが調整されている(特異点回避。図 3 および図 4 参照)。すなわち、大腿リンク部 2 2 L , 2 2 R および下腿リンク部 2 4 L , 2 4 R が一直線となったり(特異点状態)、これらが逆側に屈折したりすることを確実に防ぐ構造となっている。これによって利用者 P の装着部(体装着部 1 0 、足装着部 3 0 L , 3 0 R)への衝撃が緩和され、かつ、アクチュエータ 4 1 L , 4 1 R , 4 2 L , 4 2 R による体重免荷量の制御性が向上する。なお、これらアクチュエータ 4 1 L , 4 1 R , 4 2 L , 4 2 R の可動範囲を確実に制限するために、各アクチュエータ 4 1 L , 4 1 R , 4 2 L , 4 2 R や各リンク部 2 2 L , 2 2 R , 2 4 L , 2 4 R に機械的なストッパを設けても良い。

【 0 1 0 4 】

(発生トルクと体重免荷アシスト力との関係)

続いて、各アクチュエータの発生トルクと体重免荷アシスト力との関係について説明する。

図 1 3 および図 1 4 は、発生トルクと体重免荷アシスト力との関係を説明するための図であり、図 1 3 は膝関節部駆動用アクチュエータの発生トルクと体重免荷アシスト力との関係を説明する図、図 1 4 は股関節部駆動用アクチュエータの発生トルクと体重免荷アシスト力との関係を説明する図である。

まず、図 1 3 を参照し、膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R の発生トルクと体重免荷アシスト力との関係について説明する。ここで、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 R は回動不能に固定されているものとする。

足装着部 30R が接地し、膝関節部駆動用アクチュエータ 42R が角 θ_{2R} を小さくする方向にトルクを発生させると、股関節部駆動用アクチュエータ 41R には膝関節部駆動用アクチュエータ 42R を中心とした円の接線方向に回転力が与えられる。この回転力の抗重力方向（Z 軸方向）成分が、膝関節部駆動用アクチュエータ 42R による体重免荷アシスト力 F_{a1R} である。

【0105】

続いて、図 14 を参照し、股関節部駆動用アクチュエータ 41R の発生トルクとアシスト力との関係について説明する。ここで、膝関節部駆動用アクチュエータ 42R は回転不能に固定されているものとする。

足装着部 30R が接地し、股関節部駆動用アクチュエータ 41R が角 θ_{1R} を大きくする方向にトルクを発生させると、体装着部 10 には股関節部駆動用アクチュエータ 41R を中心とする円の接線方向に回転力が与えられる。この回転力の抗重力方向（Z 軸方向）成分が、股関節部駆動用アクチュエータ 41R による体重免荷アシスト力 F_{a2R} である。

【0106】

なお、図示しないが、膝関節部駆動用アクチュエータ 42L による体重免荷アシスト力 F_{a1L} と、股関節部駆動用アクチュエータ 41L による体重免荷アシスト力 F_{a2L} も適宜発生しており、肢体アシスト装置 1A による体重免荷アシスト力（全体アシスト力） F_a は、以下の式で示される。

（1）両足接地

$$F_a = F_{a1R} + F_{a2R} + F_{a1L} + F_{a2L}$$

（2）左足接地

$$F_a = F_{a1L} + F_{a2L}$$

（3）右足接地

$$F_a = F_{a1R} + F_{a2R}$$

【0107】

（足装着部の荷重）

続いて、足装着部 30L, 30R にかかる荷重について説明する。図 15 は、歩行時に足装着部にかかる圧力を計測した結果を示すグラフである。この図によって、歩行時の圧力の推移と肢体アシスト装置 1A の効果とが説明される。

肢体アシスト装置 1A の足装着部 30L, 30R の裏側の 2 箇所（踵部分、中足趾関節部分（MP））に圧力センサを取り付けた状態で、利用者 P が肢体アシスト装置 1A を装着し、歩行を行った。圧力センサの出力は電圧で示されている。利用者 P が歩行を行うと、足装着部 30L, 30R に交互に踵から足先に荷重が推移している様子が分かる。肢体アシスト装置 1A は、体重免荷アシスト力 F_a を利用者 P に与えることによって、利用者 P の足にかかる最大荷重を低減（ $F_c \rightarrow F_{c'}$ ）させ、歩行を容易にする。

【0108】

（肢体アシスト装置の動作例）

続いて、肢体アシスト装置 1A の動作例について説明する。図 16 は、本発明の第一の実施形態に係る肢体アシスト装置の動作例を示すフローチャートである。

【0109】

まず、利用者 P が肢体アシスト装置 1A を装着した状態で、利用者 P の体重が入力される。入力された体重は、体重記憶部 61 に記憶される（ステップ S1）。

【0110】

続いて、目標アシスト力算出部 62 が、体重記憶部 61 に記憶された利用者 P の体重に基づいて、目標体重免荷アシスト力 F_a （ F_{a1} , F_{a2} ）を算出する（ステップ S2）。

【0111】

続いて、初期トルク値算出部 63 が、目標体重免荷アシスト力 F_a に基づいて、初期トルク値を算出する（ステップ S3）。

【 0 1 1 2 】

続いて、接地足判定部 6 6 が、接地センサ 3 1 a L , 3 1 a R からの出力に基づいて、接地足の特定を行う (ステップ S 4)。

【 0 1 1 3 】

接地足が左足のみであると判定された場合には、出力指令部 6 7 は、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 L および膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 L を、初期トルク値に応じたトルクを生じるように駆動する (ステップ S 5 a)。

接地足が両足であると判定された場合には、出力指令部 6 7 は、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 L , 4 1 R および膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 L , 4 2 R を、初期トルク値に応じたトルクを生じるように駆動する (ステップ S 5 b)。

10

接地足が右足のみであると判定された場合には、出力指令部 6 7 は、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 R および膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R を、初期トルク値に応じたトルクを生じるように駆動する (ステップ S 5 c)。

【 0 1 1 4 】

続いて、荷重センサ 1 0 a L , 1 0 a R が荷重 F b を検出し (ステップ S 6)、比較部 6 4 が、検出された荷重と、算出された目標体重免荷アシスト力 F a (F a 1 , F a 2) と、を比較する (ステップ S 7)。

【 0 1 1 5 】

荷重 F b が F a 1 未満である場合には、出力指令部 6 7 は、接地足側のアクチュエータへの電流量を予め定められた所定量増加させ、発生トルクを所定量増加させる (ステップ S 8 a)。

20

荷重 F b が F a 1 以上 F a 2 以下である場合には、出力指令部 6 7 は、接地足側のアクチュエータのトルクを維持させる (ステップ S 8 b)。

荷重 F b が F a 2 を超えている場合には、出力指令部 6 7 は、接地足側のアクチュエータへの電流量を予め定められた所定量低減させ、発生トルクを所定量低減させる (ステップ S 8 c)。

なお、電流の増加 / 低減のための所定量は、制御部 6 0 の演算能力、各アクチュエータ 4 1 L , 4 1 R , 4 2 L , 4 2 R の特性、各センサ 1 0 a L , 1 0 a R , 3 1 a L , 3 1 a R の特性などに応じて適宜設定される。

【 0 1 1 6 】

30

続いて、制御部 6 0 に O F F 信号が入力された場合には (ステップ S 9 で Y e s)、足動作アシスト装置 1 A は本処理を終了する。制御部 6 0 に O F F 信号が入力されない場合には (ステップ S 9 で N o)、接地足判定部 6 6 が接地足の変更があったか否かを判定する (ステップ S 1 0)。

【 0 1 1 7 】

接地足の変更があったと判定された場合 (両足接地 → 片足接地、片足接地 → 両足接地) には (ステップ S 1 0 で Y e s)、ステップ S 4 に移行する。また、接地足の変更がなかったと判定された場合には (ステップ S 1 0 で N o)、ステップ S 6 に移行する。

【 0 1 1 8 】

(脚リンク部の状態遷移およびトルク発生)

40

続いて、利用者 P の歩行に伴う肢体アシスト装置 1 A の状態の遷移について、特に右脚リンク部 2 0 R の状態の遷移に注目して説明する。図 1 7 および図 1 8 は、利用者の歩行時における右脚リンク部の角 $\theta 1 R$ および角 $\theta 2 R$ の遷移を説明するための図である。

なお、歩行態様は利用者 P ごとに異なり、歩行時の膝の角度なども利用者ごとに異なる。図 1 7 および図 1 8 には、その一例が示されている。

【 0 1 1 9 】

利用者 P の右脚が最後部にあるとき (図 1 7 (a) ; 状態 1)、大腿リンク部 2 2 R と下腿リンク部 2 4 R とは一直線に近くなる。このとき、角 $\theta 1 R$ は最大となり ($\theta 1 R = \theta 1 R_{max}$)、角 $\theta 2 R$ は最小 ($\theta 2 R = \theta 2 R_{min}$) となる。ここで、右足装着部 3 0 R が接地しているので、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 R は角 $\theta 1 R$ を大きくす

50

る方向にトルクを発生させ、膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R は角 $\theta 2 R$ を小さくする方向にトルクを発生させる。

【 0 1 2 0 】

状態 1 から利用者 P が右脚を前方 (X 軸正方向) に振り出すと、右足 (足装着部 3 0 R) が床面から離隔する。ここで、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 R および膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R の発生トルクは「 0 」となる。右足離隔後、角 $\theta 1 R$ は徐々に小さくなると共に、足装着部 3 0 R は膝関節部 2 3 R に遅れて追従するので、角 $\theta 2 R$ は暫くの間大きくなり、最大 ($\theta 2 R = \theta 2 R_{max}$) となった状態で膝関節部 2 3 R が前に出され続ける (図 1 7 (b) ; 状態 2)。

【 0 1 2 1 】

状態 2 から利用者 P が右脚を振り出し続けると、角 $\theta 1 R$ が最小 ($\theta 1 R = \theta 1 R_{min}$) となる (図 1 7 (c) ; 状態 3)。その後、角 $\theta 1 R$ は徐々に大きくなるが、足装着部 3 0 R は膝関節部 2 3 R に遅れて前に出てくるため角 $\theta 2 R$ は徐々に小さくなり、右足装着部 3 0 R が接地する (図 1 7 (d) ; 状態 4)。その後、左脚が前記した右脚と同様の動作を行っている間 (図 1 8 (a) ; 状態 5、図 1 8 (b) ; 状態 6、図 1 8 (c) ; 状態 7 (= 状態 1))、すなわち右足の接地時には、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 R は角 $\theta 1 R$ を常に大きくする方向にトルクを発生させ、膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R は角 $\theta 2 R$ を常に小さくする方向にトルクを発生させる。

なお、遊脚時に、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 R が図 1 7 における反時計回りにトルクを発生させて、利用者 P の大腿に振り出し動作用のアシスト力を付与するように構成しても良い。

【 0 1 2 2 】

前記した肢体アシスト装置 1 A によれば、以下の効果を得ることができる。

(1) 肢体アシスト装置 1 A は、利用者 P の動作に伴う慣性モーメントを小さくし、利用者 P にかかる負担を低減させることによって、利用者の装着フィーリングを向上させ、利用者の疲労を抑えることができる。

(2) 肢体アシスト装置 1 A は、利用者 P の体重の一部を支持するので、利用者 P の体重支持に伴う脚への負担を低減させることができる。

(3) 肢体アシスト装置 1 A は、自身にかかる荷重を検出し、この荷重に基づいて、利用者 P の体重の一定割合を支持するので、利用者 P の姿勢の変化などに対応した支持が可能である。

(4) 肢体アシスト装置 1 A は、接地足側のみに体重免荷アシスト力を与えるので、歩行姿勢の変化に伴い好適な体重免荷アシスト力の付与が可能であると共に、遊脚の動作を妨げない。

(5) 肢体アシスト装置 1 A は、杖 (松葉杖、四点支持杖など) と異なり、利用者 P の手による操作が不要であるので、利用者 P は、歩行アシスト中であっても手を使うことができる。また、長時間の使用にともなう腕、上体の疲労のおそれがない。

(6) 肢体アシスト装置 1 A は、利用者 P の脚に沿ったコンパクトな構成であるので、狭い通路、階段などを移動する場合であっても障害とならない。また、各リンク部 2 2 L , 2 2 R , 2 4 L , 2 4 R および各関節部 2 1 L , 2 1 R , 2 3 L , 2 3 R , 2 5 L , 2 5 R の構成は人間の下肢の機構に類似しており、これらが利用者 P の下肢 (脚) に沿って配置されるため、直動アクチュエータを利用した構成や、利用者 P の下肢から離れた構成としたアシスト装置よりも、人間の歩行動作と同調しやすく体重免荷アシスト力の伝達効率も良い。

(7) 車輪を必要としないので、床面状況によらず使用可能である。

(8) 利用者 P の拘束部位が少なく、長時間の使用に向いている。すなわち、従来の歩行介助装置とは異なり、本発明の第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A は、膝、大腿などの拘束が不要なため、利用者 P の脚の拘束をほとんどなくすることができ、利用者 P が不快な拘束感、痛み、高負荷感などを感じることがない。また、肢体アシスト装置 1 A は、拘束部位が少なくて済むため、一層の軽量化が可能である。また、肢体アシスト装

10

20

30

40

50

置 1 A は、利用者 P の体型、歩行時の癖などに影響されず、様々な利用者に一つの型の肢体アシスト装置 1 A を利用することができ、非常に汎用性の高いものとなっている。

(9) また、本発明の第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A は、アクチュエータユニット 4 0 L , 4 0 R の取付部分と利用者 P が体重を預ける部分 (体装着部 1 0 の大腿部分および股間部分) とが略同一の垂直平面 (図 3 および図 4 の Y - Z 平面) 内に位置する点にも特徴を有する。このような構成とすることで、体重免荷アシスト時に利用者 P にピッチ方向 (Y 軸まわり) の不要なモーメントが発生することが防止されている。

【 0 1 2 3 】

(第二の実施形態)

続いて、本発明の第二の実施形態に係る肢体アシスト装置について、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A との相違点を中心に説明する。図 1 9 は、本発明の第二の実施形態に係る肢体アシスト装置を説明するための図である。なお、以下の図面には、各実施形態に係る肢体アシスト装置のうち、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A との対比説明に必要な部分のみが模式的に描かれている。例えば、図 1 9 ~ 2 1 では、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 R が省略されている。

また、以下の図 1 9 ないし図 2 2 においては、左右の構成は同一であるため、右脚側の構成についてのみ符号を付し、左脚側の構成を省略している。

図 1 9 に示すように、第二の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 B は、駆動力伝達部 5 0 R の代わりに駆動力伝達部 1 5 0 R を備えている。

駆動力伝達部 1 5 0 R は、膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R に接続され、その出力軸と一体的に回転する第一のプーリ 1 5 1 R と、下腿リンク 2 4 R に設けられた第二のプーリ 1 5 2 R と、第一のプーリ 1 5 1 R と第二のプーリ 1 5 2 R とに掛け渡された無端ベルト 1 5 3 R と、を備えている。

膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R は、第一のプーリ 1 5 1 R を回転させることによって、無端ベルト 1 5 3 R を進退させ、第二のプーリ 1 5 2 R を回転させることによって膝関節部 2 3 R を駆動することができる。

【 0 1 2 4 】

(第三の実施形態)

続いて、本発明の第三の実施形態に係る肢体アシスト装置について、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A との相違点を中心に説明する。図 2 0 は、本発明の第三の実施形態に係る肢体アシスト装置を説明するための図である。

図 2 0 に示すように、第三の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 C は、膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R の代わりに膝関節部駆動用アクチュエータ 2 4 2 R を備えると共に、駆動力伝達部 5 0 R の代わりに駆動力伝達部 2 5 0 R を備えている。

駆動力伝達部 2 5 0 R は、下腿リンク 2 4 R に一体的に設けられ、膝関節部 2 3 R の外側部に位置するケーブル取付部 2 5 1 R と、膝関節部駆動用アクチュエータ 2 4 2 R とケーブル取付部 2 5 1 R との間に掛け渡された 2 本のケーブル 2 5 2 R , 2 5 3 R を備えている。

膝関節部駆動用アクチュエータ 2 4 2 R は、2 本のケーブル 2 5 2 R , 2 5 3 R を牽引または弛緩させることによって膝関節部 2 3 R を駆動することができる。

【 0 1 2 5 】

(第四の実施形態)

続いて、本発明の第四の実施形態に係る肢体アシスト装置について、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A との相違点を中心に説明する。図 2 1 は、本発明の第四の実施形態に係る肢体アシスト装置を説明するための図である。

図 2 1 に示すように、第四の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 D は、膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R の代わりに膝関節部駆動用アクチュエータ 3 4 2 R を備えると共に、駆動力伝達部 5 0 R の代わりに駆動力伝達部 3 5 0 R を備えている。

駆動力伝達部 3 5 0 R は、膝関節部駆動用アクチュエータ 3 4 2 R の出力軸に連結されたシャフト 3 5 1 R と、シャフト 3 5 1 R の先端に設けられた第一の傘歯車 3 5 2 R と、

10

20

30

40

50

下腿リンク部 2 4 R に設けられ、第一の傘歯車 3 5 2 R と歯合する第二の傘歯車 3 5 3 R と、を備えている。

膝関節部駆動用アクチュエータ 3 4 2 R は、シャフト 3 5 1 R をシャフト軸まわりに回転させることによって膝関節部 2 3 R を駆動することができる。

なお、傘歯車の代わりに他のギヤ、例えば、斜歯歯車、直歯傘歯車、曲歯傘歯車、フェースギヤ、ハイポイドギヤ、ウォームギヤなどで膝関節部駆動用アクチュエータの駆動力を伝達し、膝関節部 2 3 R を回転させる構成であっても良い。

【 0 1 2 6 】

(第五の実施形態)

続いて、本発明の第五の実施形態に係る肢体アシスト装置について、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A との相違点を中心に説明する。図 2 2 は、本発明の第五の実施形態に係る肢体アシスト装置を説明するための図である。

図 2 2 に示すように、第五の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 E は、さらに、足首関節部駆動用アクチュエータ 4 3 R と、足首関節部駆動用リンク部 4 5 0 R と、を備えている。

【 0 1 2 7 】

足首関節部駆動用アクチュエータ 4 3 R は、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 R および膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R と同軸に、股関節部駆動用アクチュエータ 4 1 R および膝関節部駆動用アクチュエータ 4 2 R と一体的に設けられており、電動モータおよび減速機を備え、電動モータの出力を減速機によって減速し、下腿リンク部 2 4 R と足装着部 3 0 R との相対姿勢を変位させる。すなわち、足首関節部駆動用アクチュエータ 4 3 R が、足首関節部 2 5 R に回転トルクを付与し、駆動するためのアクチュエータである。足首関節部駆動用アクチュエータ 4 3 R の基部は、アクチュエータ取付部 1 3 R に対して固定されており、足首関節部駆動用アクチュエータ 4 3 R の出力軸は、後記する第一のリンク部 4 5 1 R の一端に固定されている。なお、足首関節部駆動用アクチュエータ 4 3 R の取付関係は、前記したものに限定されない。

【 0 1 2 8 】

足首関節部駆動用アクチュエータ 4 3 R には、エンコーダ（ロータリーエンコーダ）8 3 R が設けられている。このエンコーダ 8 3 R は、特許請求の範囲における「挙動検出手段」の一例であり、脚リンク部 2 0 R の挙動に関するデータとして、足首関節部駆動用アクチュエータ 4 3 R の回転角度を検出する。検出された回転角度は、制御部 6 0 に出力される。

【 0 1 2 9 】

足首関節部駆動用リンク部 4 5 0 R は、足首関節部駆動用アクチュエータ 4 3 R に連結された第一のリンク部 4 5 1 R と、第一のリンク部 4 5 1 R に第一の関節部 4 5 2 R を介して連結された第二のリンク部 4 5 3 R と、第二のリンク部 4 5 3 R に第二の関節部 4 5 4 R を介して連結され、かつ、膝関節部 2 3 R に連結された第三のリンク部 4 5 5 R と、第二のリンク部 4 5 3 R に第二の関節部 4 5 4 R を介して連結され、かつ、足装着部 3 0 R に第四の関節部 4 5 7 R を介して連結された第四のリンク部 4 5 6 R と、第四の関節部 4 5 7 R および足首関節部 2 5 R に連結された第五のリンク部 4 5 8 R と、を備えている。ここで、第四の関節部 4 5 7 R は、靴部 3 0 R に固定されている。

足首関節部駆動用アクチュエータ 4 3 R は、第一のリンク部 4 5 1 R を回転させることによって、第二のリンク部 4 5 3 R を大腿軸方向に押引する。これによって、第三のリンク部 4 5 5 R は、膝関節部 2 3 R を中心に回転し、第四のリンク部 4 5 6 R を下腿軸方向に押引する。これによって、足装着部 3 0 R に取り付けられた第四の関節部 4 5 7 R が押引され、足首関節部 3 0 R が駆動される。

なお、靴部 3 1 R が十分な強度を有する場合には、第五のリンク部 4 5 8 R を省略可能である。

【 0 1 3 0 】

また、図 2 2 には、足首関節部駆動用リンク部 4 5 0 R が駆動力伝達部 5 0 R よりも外

10

20

30

40

50

側に設けられた場合を図示したが、足首関節部駆動用リンク部 4 5 0 R が駆動力伝達部 5 0 R の内側（利用者 P 側）に設けられる構成であっても良い。

また、他の実施形態に係る駆動力伝達部 1 5 0 R , 2 5 0 R , 3 5 0 R と、足首関節部駆動用リンク部 4 5 0 R とを組み合わせた構成であっても良い。

【 0 1 3 1 】

続いて、第五の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 E のブロック図について、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A のブロック図との相違点を中心に説明する。図 2 3 は、本発明の第五の実施形態に係る肢体アシスト装置の機能を示すブロック図である。

図 2 3 に示すように、第五の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 E は、足首関節部駆動用アクチュエータ 4 3 L , 4 3 R と、これらの回転角度を検出するエンコーダ 8 3 L , 8 3 R と、をさらに備えている。

アクチュエータ状態検出部 6 5 は、エンコーダ 8 3 L , 8 3 R からの出力に基づいて、足首関節部 2 5 L , 2 5 R の状態を検出する。制御部 6 0 は、エンコーダ 8 3 L , 8 3 R の出力値から、下腿リンク部 2 4 L , 2 4 R と足装着部 3 0 L , 3 0 R とがなす角度を容易に認識することができる。

出力指令部 6 7 は、さらに足首関節部駆動用アクチュエータ 4 3 L , 4 3 R の出力を決定し、指令する。

【 0 1 3 2 】

（変形例）

続いて、体装着部の変形例について、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A との相違点を中心に説明する。図 2 4 (a)、(b)、(c) は、体装着部の変形例を示す図である。なお、図 2 4 において、バックパック B P は省略されている。

図 2 4 (a) に示す肢体アシスト装置 1 F の体装着部 6 1 0 は、腰ベルト部 1 1、アクチュエータ取付部 1 3 L , 1 3 R および股ベルト部 6 1 2 L , 6 1 2 R を備えている。股ベルト部 6 1 2 L , 6 1 2 R は、利用者 P の股まわりに装着される布製の部材であり、アクチュエータ取付部 1 3 L , 1 3 R に連結されている。

この肢体アシスト装置 1 F は、図 1 に示す肢体アシスト装置 1 A よりも体装着部のベルトをシンプル化することで、軽量化を図っている。

図 2 4 (b) に示す肢体アシスト装置 1 G の体装着部 7 1 0 は、腰ベルト部 1 1、アクチュエータ取付部 1 3 L , 1 3 R および大腿ベルト部 7 1 2 L , 7 1 2 R を備えている。大腿ベルト部 7 1 2 L , 7 1 2 R は、利用者 P の大腿まわりに装着される布製の部材であり、アクチュエータ取付部 1 3 L , 1 3 R に連結されている。

この肢体アシスト装置 1 G は、肢体アシスト装置 1 F よりも利用者 P の大腿における支持機能を高め、その代わりに利用者 P の股間部分における応力を緩和させた例である。

図 2 4 (c) に示す肢体アシスト装置 1 H の体装着部 8 1 0 は、腰ベルト部 1 1、アクチュエータ取付部 1 3 L , 1 3 R および脇支持部 8 1 2 L , 8 1 2 R を備えている。脇支持部 8 1 2 L , 8 1 2 R は、利用者 P の脇を支持する部材であり、アクチュエータ取付部 1 3 L , 1 3 R に連結されている。脇支持部 8 1 2 L , 8 1 2 R、アクチュエータ取付部 1 3 L , 1 3 R、脚リンク部 2 0 L , 2 0 R および足装着部 3 0 L , 3 0 R は、脇支持部 8 1 2 L , 8 1 2 R にかかる利用者 P からの荷重を支持可能な構造を有している。

この肢体アシスト装置 1 H は、疾病、怪我などで大腿や股間部分における拘束が困難な利用者 P に好適な例である。

これらの他、肢体アシスト装置による体重免荷アシスト力が利用者の顎部において付与されるような装置構成としても良い。

【 0 1 3 3 】

続いて、制御部の変形例について、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A との相違点を中心に説明する。図 2 5 は、制御部の変形例を示すブロック図である。

図 2 5 に示す肢体アシスト装置 1 I の制御部 9 6 0 は、体重記憶部 6 1 および目標アシスト力算出部 6 2 の代わりに目標アシスト力記憶部 9 6 1 を備えている。

目標アシスト力記憶部 9 6 1 は、予め設定された所定値（例えば、1 0 k g）の目標体

10

20

30

40

50

重免荷アシスト力 F_a を記憶している。また、目標アシスト力記憶部 961 は、この目標体重免荷アシスト力 F_a に対応した最小体重免荷アシスト力 F_{a1} (例えば、9 kg) および最大体重免荷アシスト力 F_{a2} (例えば、11 kg) を記憶している。このような肢体アシスト装置 1I による動作フローにおいては、これらの値を用いた初期トルク値の算出や、アクチュエータのトルクの制御が行われることになる。

【0134】

続いて、肢体アシスト装置の変形例について、第五の実施形態に係る肢体アシスト装置 1E との相違点を中心に説明する。図 26 は、肢体アシスト装置の変形例を説明するための図である。

図 26 に示すように、肢体アシスト装置 1J は、肢体アシスト装置 1E から膝関節部駆動用アクチュエータ 42R と駆動力伝達部 50R とを省略した構成を備えている。

すなわち、肢体アシスト装置 1J は、利用者 P の股関節および足首関節の動作をサポートすることができる。

【0135】

以上、本発明の実施形態について図面を参照して説明したが、本発明は前記した実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で適宜設計変更可能である。

(1) 肢体アシスト装置は、股関節部駆動用アクチュエータを省略し、膝関節部駆動用アクチュエータのみで関節部を駆動する構成であっても良い。この場合には、肢体アシスト装置の軽量化と制御の単純化が実現する。

(2) 前記した肢体アシスト装置は、各アクチュエータおよび各リンク部を利用者の下肢の外側に沿うように配置する構成としたが、各アクチュエータおよび各リンク部の全て、または少なくとも一つを利用者の下肢の内側に配置する構成としても良い。また、肢体アシスト装置は、上肢に適用することも可能である。また、肢体アシスト装置によるアシスト部位を、利用者の膝関節だけでなく、足首関節、肘関節、手首関節とすることも可能である。

(3) 肢体アシスト装置は、足装着部を省略し、下腿リンク部の下端が床面に接地するような構成であっても良い。この場合には、足装着部による利用者の足の拘束の代わりに、脚リンク部に連結され、かつ、足首、下腿、膝および大腿のいずれかに装着される下肢装着部を設けることによって、肢体アシスト装置を利用者の歩行動作に同調させつつ、利用者の足底または下腿リンク部の下端に設けられた接地センサで接地足を検出することで、体重免荷アシスト制御が可能となる。

(4) 図 16 の制御フローは、予め格納されたプログラム(肢体アシストプログラム(下肢アシストプログラムともいう))にしたがって制御部 60 が処理を行う場合を例にとって説明したが、このプログラムは、記録媒体やネットワークによって肢体アシスト装置に外部から提供されるような構成としても良い。すなわち、コンピュータを肢体アシスト装置における制御部として機能させるプログラムも本発明の権利範囲に含まれる。

(5) 前記した肢体アシスト装置は、利用者の両下肢に設けられているが、左右いずれか一方の下肢に設けられる構成であっても良い。例えば、利用者の下肢の一方のみの機能が低下している場合には、機能が低下した下肢のみに肢体アシスト装置を設け、体重免荷アシスト力を付与することができる。

(6) 肢体アシスト装置における各関節部の構造は図示したものに限定されない。体装着部および足装着部の形状や材料も、前記したものに限定されない。また、肢体アシスト装置が、利用者に歩行のための推進力をアシストする制御を行う構成であっても良い。この場合には、足装着部のかわりに、利用者の下腿に装着される下肢装着部を利用することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0136】

【図 1】本発明の第一の実施形態に係る肢体アシスト装置を示す正面図である。

【図 2】同背面図である。

【図 3】同側面図である。

【図 4】同側面図である。

【図 5】体装着部を示す図であり、(a)は正面図、(b)は背面図、(c)は側面図である。

【図 6】足装着部を示す図であり、(a)は背面図、(b)は側面図、(c)は平面図である。

【図 7】脚リンク部および駆動力伝達部を示す斜視図である。

【図 8】(a)、(b)、(c)は、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置の動作を説明するための図である。

【図 9】(a)、(b)、(c)は、第一の実施形態に係る肢体アシスト装置の動作を説明するための図である。

10

【図 10】肢体アシスト装置による慣性モーメントの比較を説明するための図であり、(a)は第一の実施形態に係る肢体アシスト装置による慣性モーメントを説明するための図、(b)は従来の構造による肢体アシスト装置による慣性モーメントを説明するための図である。

【図 11】本発明の第一の実施形態に係る肢体アシスト装置の機能を示すブロック図である。

【図 12】股関節部駆動用アクチュエータおよび膝関節部駆動用アクチュエータによるトルク発生方向を説明するための図であり、(a)は十分なトルクが発生している状態を示す模式図、(b)はトルクが不十分であり、利用者が腰砕けのような状態になりつつある状態を示す模式図である。

20

【図 13】発生トルクと体重免荷アシスト力との関係を説明するための図であり、膝関節部駆動用アクチュエータの発生トルクと体重免荷アシスト力との関係を説明する図である。

【図 14】発生トルクと体重免荷アシスト力との関係を説明するための図であり、股関節部駆動用アクチュエータの発生トルクと体重免荷アシスト力との関係を説明する図である。

【図 15】歩行時に足装着部ににかかる圧力を計測した結果を示すグラフである。

【図 16】本発明の第一の実施形態に係る肢体アシスト装置 1 A の動作例を示すフローチャートである。

【図 17】利用者の歩行時における右脚リンク部の状態の遷移を説明するための図である。

30

【図 18】利用者の歩行時における右脚リンク部の状態の遷移を説明するための図である。

【図 19】本発明の第二の実施形態に係る肢体アシスト装置を示す側面図である。

【図 20】本発明の第三の実施形態に係る肢体アシスト装置を示す側面図である。

【図 21】本発明の第四の実施形態に係る肢体アシスト装置を示す側面図である。

【図 22】本発明の第五の実施形態に係る肢体アシスト装置を示す側面図である。

【図 23】本発明の第五の実施形態に係る肢体アシスト装置の機能を示すブロック図である。

【図 24】(a)、(b)、(c)は、体装着部の変形例を示す図である。

40

【図 25】制御部の変形例を示すブロック図である。

【図 26】肢体アシスト装置の変形例を示す側面図である。

【符号の説明】

【0137】

1 A, 1 B, 1 C, 1 D, 1 E, 1 F, 1 G, 1 H, 1 I 肢体アシスト装置

10 体装着部

22 L, 22 R 大腿リンク部

23 L, 23 R 膝関節部

24 L, 25 R 下腿リンク部

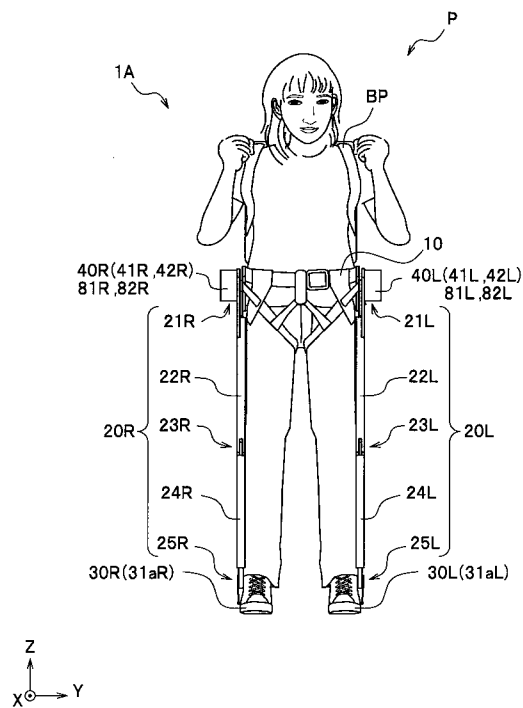
25 L, 25 R 足首関節部

50

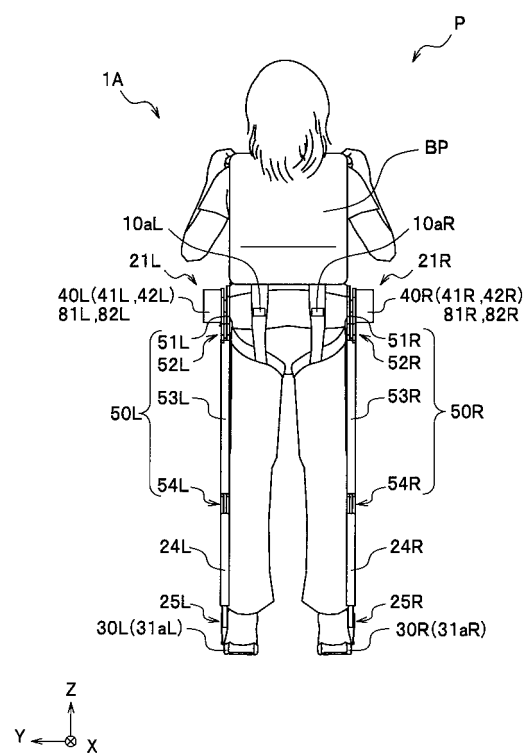
- 3 0 L , 3 0 R 足装着部
 4 1 L , 4 1 R 股関節部駆動用アクチュエータ
 4 2 L , 4 2 R , 2 4 2 R , 3 4 2 R 膝関節部駆動用アクチュエータ
 5 0 L , 5 0 R , 1 5 0 R , 2 5 0 R , 3 5 0 R 駆動力伝達部
 6 0 , 9 6 0 制御部
 6 1 体重記憶部
 6 2 目標アシスト力算出部
 8 1 L , 8 1 R , 8 2 L , 8 2 R エンコーダ (挙動検出手段)
 1 5 1 R 第一のプーリ
 1 5 2 R 第二のプーリ
 1 5 3 R 無端ベルト
 2 5 1 R ワイヤ取付部
 2 5 2 R , 2 5 3 R ワイヤ
 3 5 1 R シャフト
 3 5 2 R 第一の傘歯車
 3 5 3 R 第二の傘歯車
 9 6 1 目標アシスト力記憶部

10

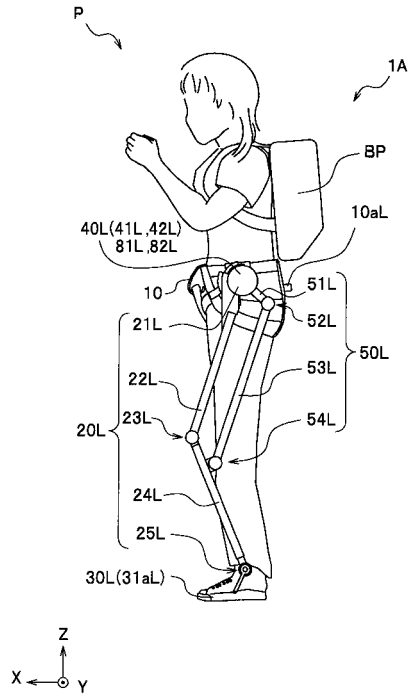
【図 1】



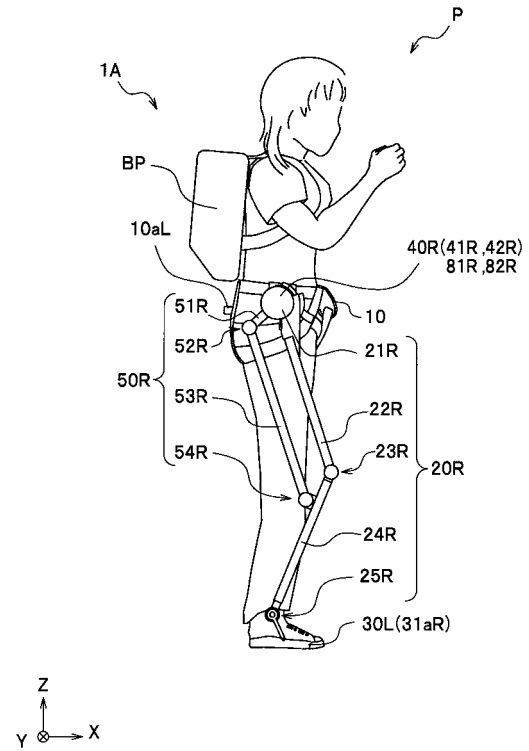
【図 2】



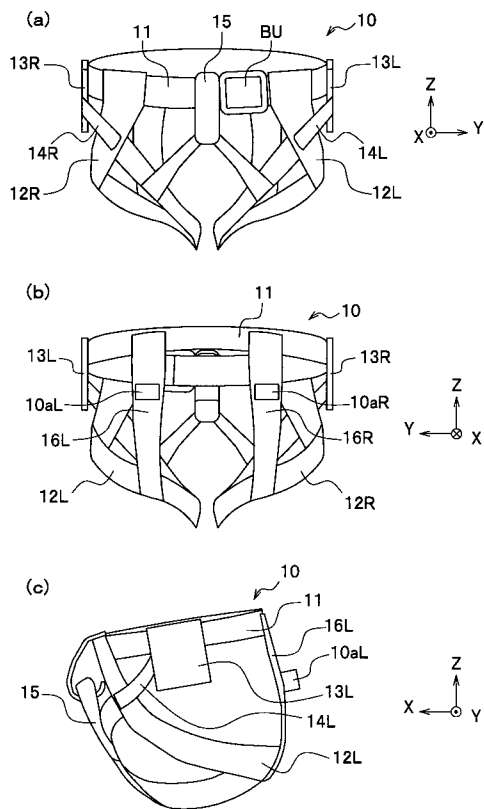
【図 3】



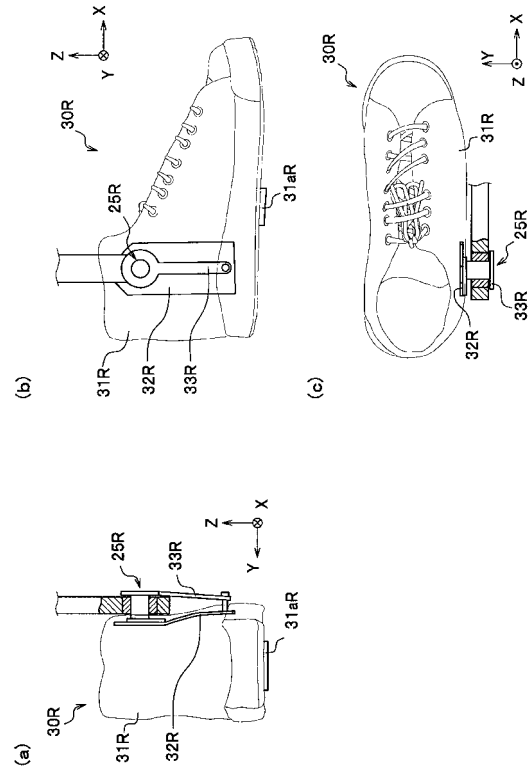
【図 4】



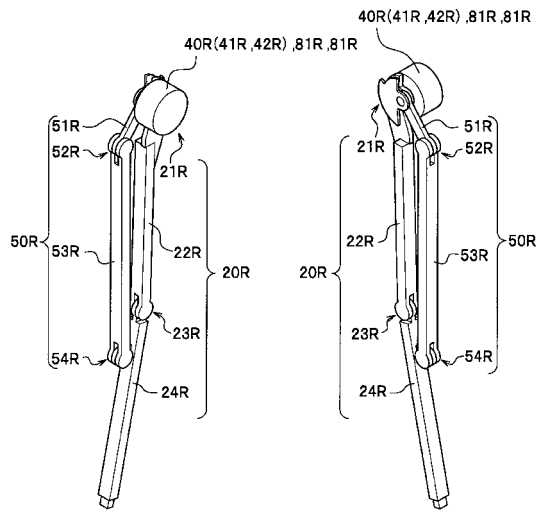
【図 5】



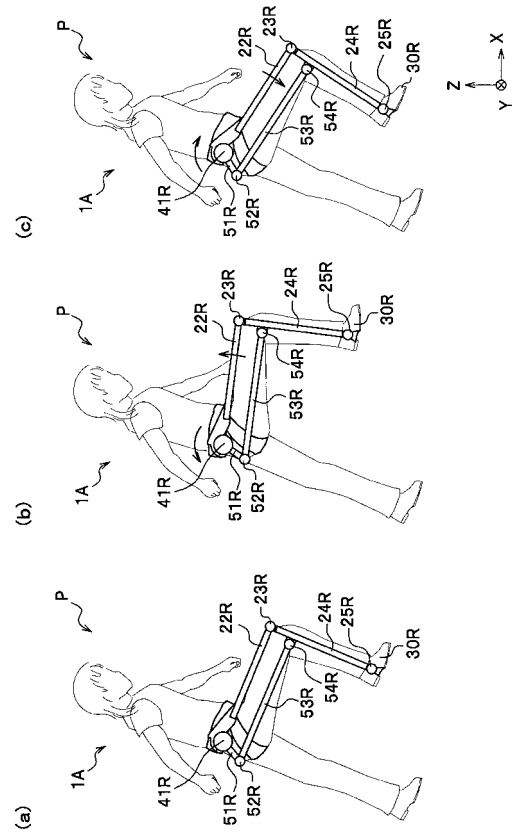
【図 6】



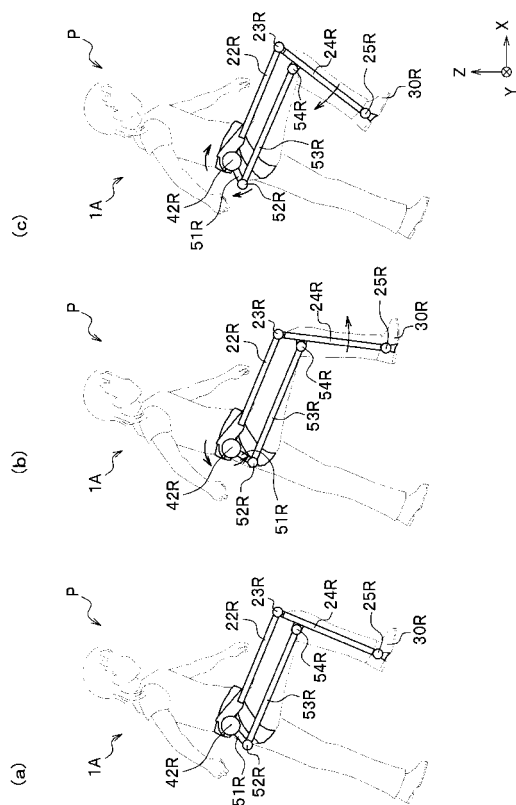
【図 7】



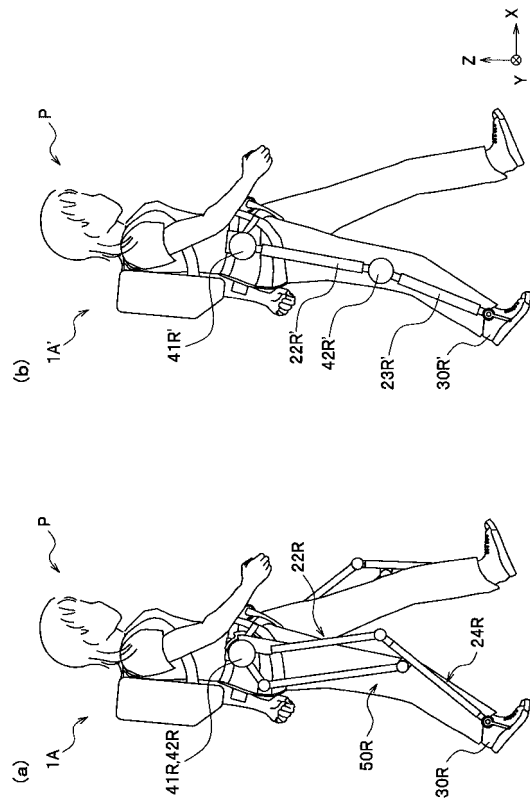
【図 8】



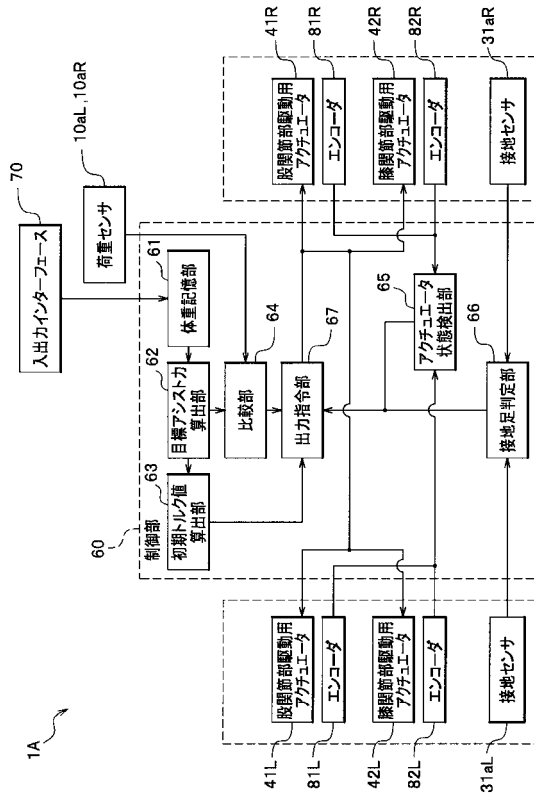
【図 9】



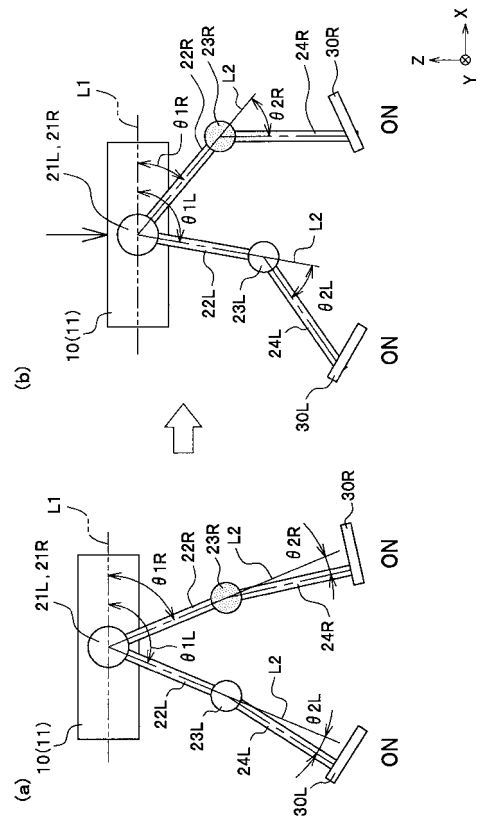
【図 10】



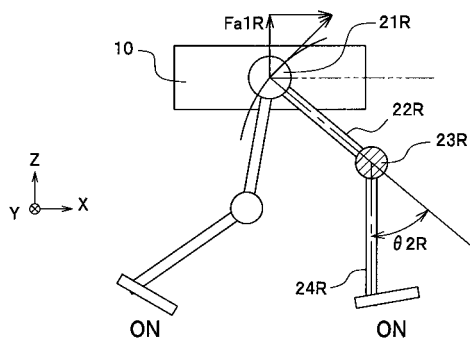
【図 1 1】



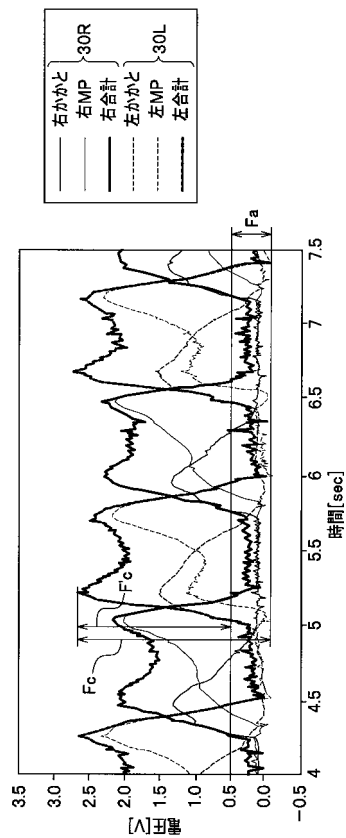
【図 1 2】



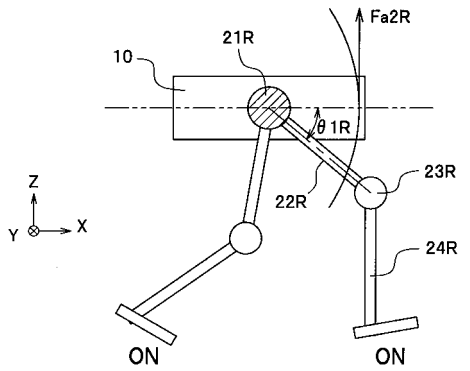
【図 1 3】



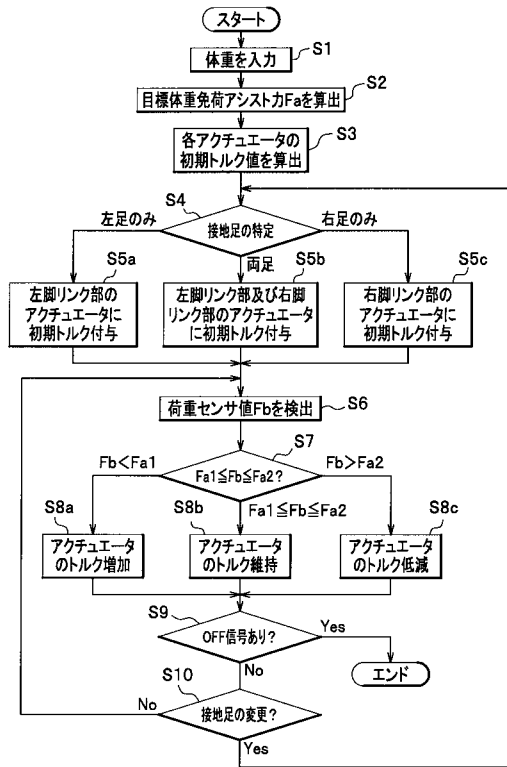
【図 1 5】



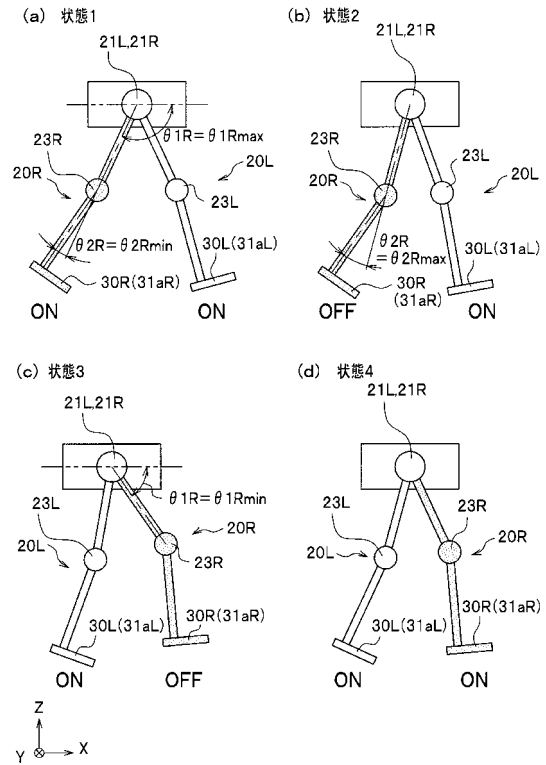
【図 1 4】



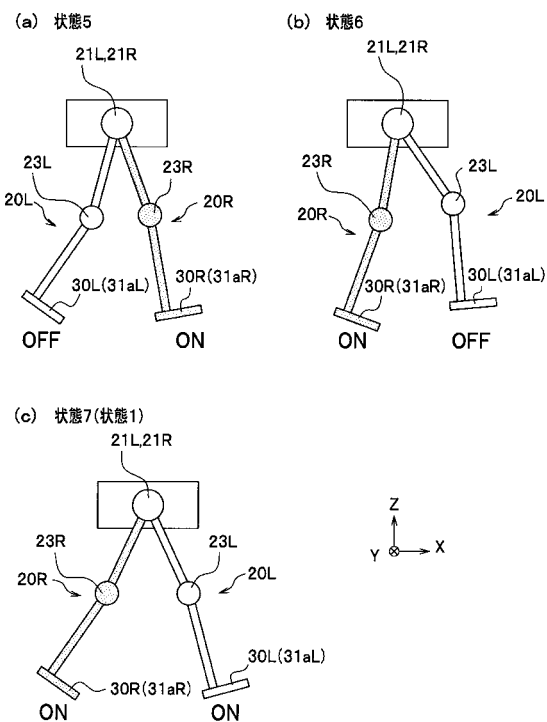
【図 16】



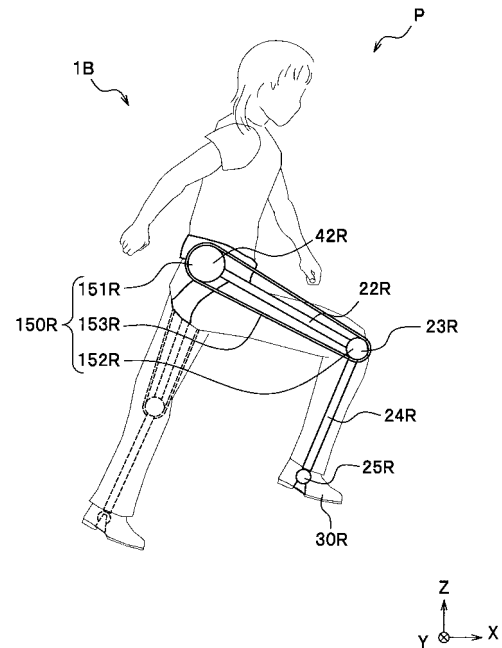
【図 17】



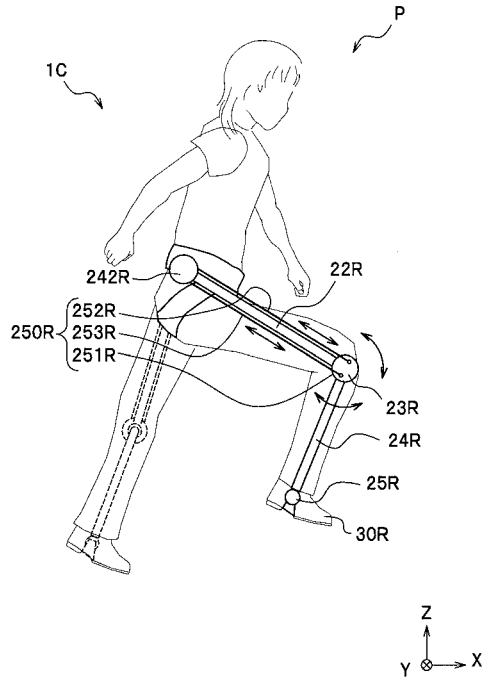
【図 18】



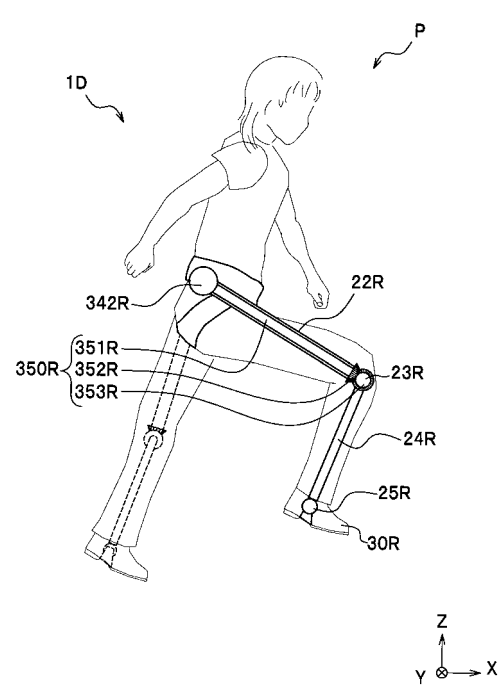
【図 19】



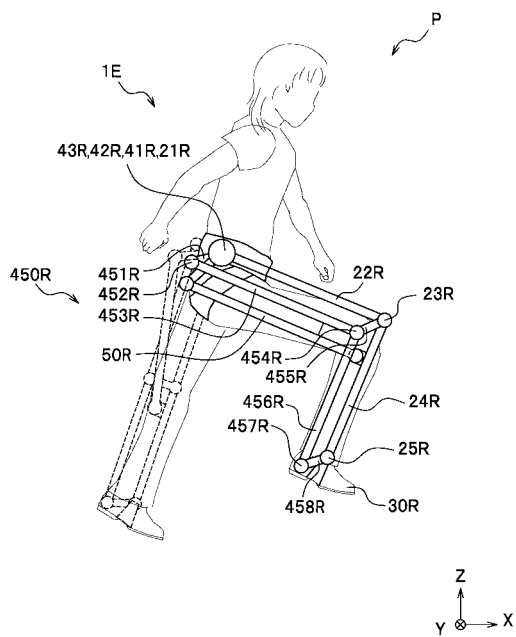
【図20】



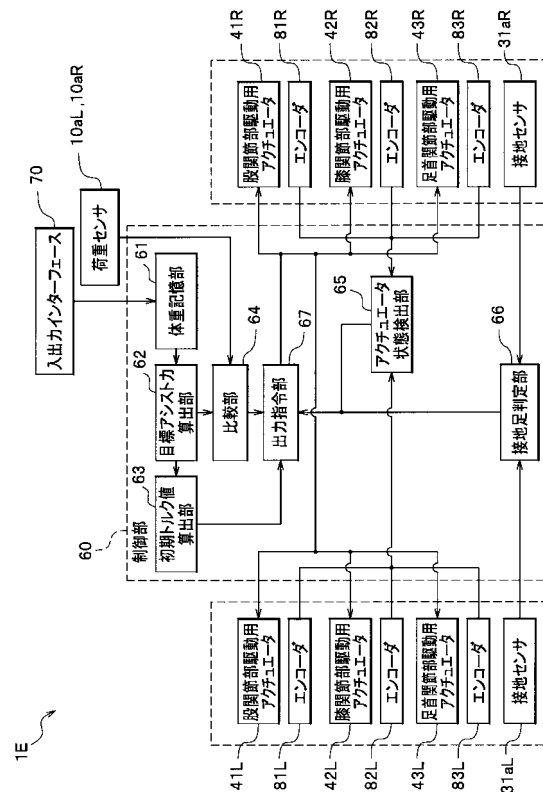
【図21】



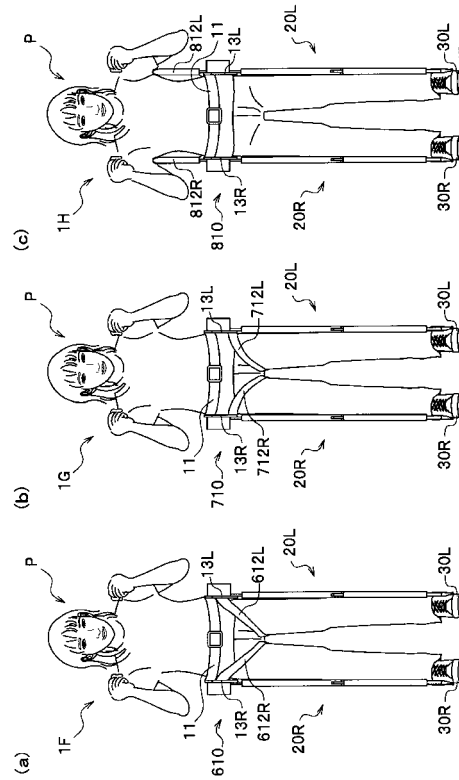
【図22】



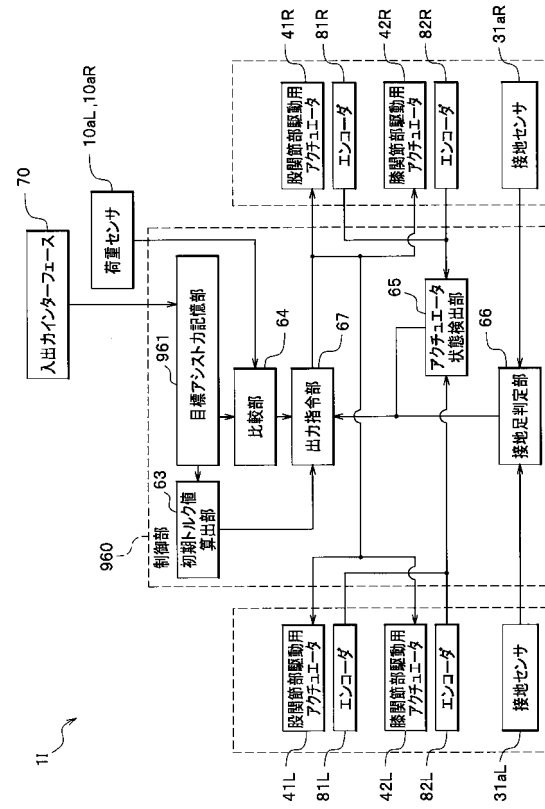
【図23】



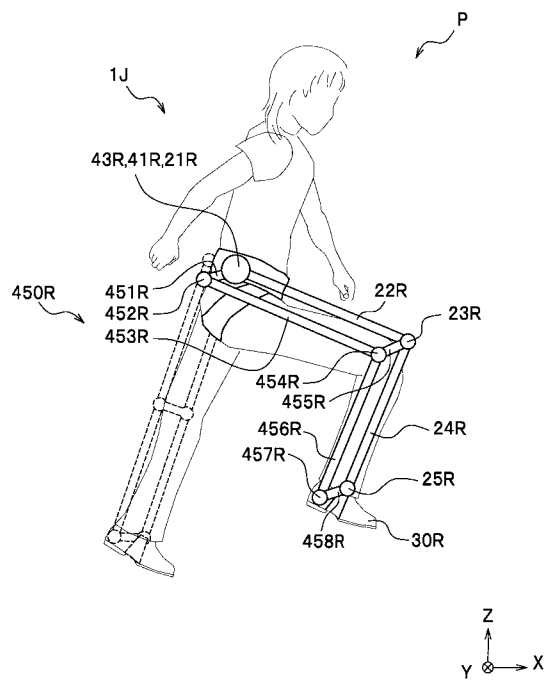
【図24】



【図25】



【図26】



フロントページの続き

審査官 望月 寛

(56)参考文献 米国特許第05020790(US,A)
特開2004-329520(JP,A)
特開2003-220102(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61H 3/00