(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2016-193138
(P2016-193138A)
(43)公開日　平成28年11月17日(2016.11.17)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
A61H 3/00	(2006.01)	A61H	3/00	B	3C707
B25J 11/00	(2006.01)	B25J	11/00	Z	4C046

審査請求 未請求　請求項の数 11　ＯＬ　（全 17 頁）

(21)出願番号　特願2015-75301(P2015-75301)
(22)出願日　平成27年4月1日(2015.4.1)

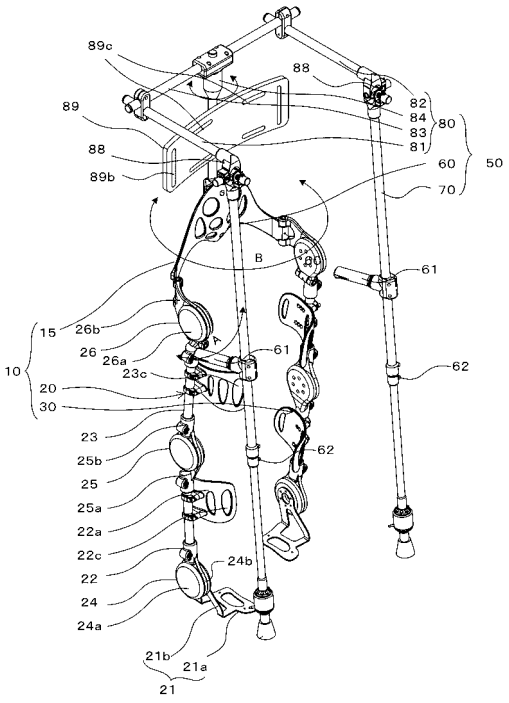
特許法第３０条第２項適用申請有り　集会名：　トヨタ役員視察（ワークサイトビジット）　学校法人トヨタ学園　豊田工業大学構内　開催日：　平成２６年１１月２８日

(71)出願人　592032636
学校法人トヨタ学園
愛知県名古屋市天白区久方２丁目１２番地１
(71)出願人　390005751
株式会社今仙技術研究所
岐阜県各務原市テクノプラザ３丁目１番８号
(74)代理人　100129676
弁理士　▲高▼荒　新一
(74)代理人　100158067
弁理士　江口　基

最終頁に続く

(54)【発明の名称】４足歩行型歩行支援機、４足歩行型歩行支援機の制御方法及び制御プログラム

(57)【要約】　（修正有）
【課題】使用者にかかる負荷を従来と比較して大きく低減することができる４足歩行型歩行支援機を提供する。
【解決手段】使用者の腰に装着される腰宛部材１５と、使用者の上腿の側方に配置される上腿支持部材２３と、使用者の下腿の側方に配置される下腿支持部材２２と、使用者の足を支持する足支持部２１と、を備えた左右の後脚部材１０と、使用者が把持する把持部を有し使用者の右前方に略垂直に配置される右前脚部材と、使用者が把持する把持部を有し使用者の左前方に略垂直に配置される左前脚部材と、を有する前脚部材５０と、を備えた。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
使用者の腰に装着される腰宛部材と、
使用者の上腿の側方に配置される上腿支持部材と、使用者の下腿の側方に配置される下腿支持部材と、使用者の足を支持する足支持部と、前記腰宛部材と前記上腿支持部材とを略前後方向に回転可能に支持する腰部回転部材と、前記上腿支持部材と前記下腿支持部材とを略前後方向に回転可能に支持する膝回転部材と、前記下腿支持部材と足支持部とを略前後方向に回転可能に支持する足首回転部材と、をそれぞれ有する左後脚部材及び右後脚部材と、
を備えた左右の後脚部材と、
使用者が把持する把持部を有し使用者の右前方に略垂直に配置される右前脚部材と、使用者が把持する把持部を有し使用者の左前方に略垂直に配置される左前脚部材と、を有する前脚部材と、
前記前脚部材と前記後脚部材との間に連設され、前記前脚部材の前記把持部より上方において前脚部材が少なくとも前後に回動可能に形成された継手を有する中間支持部材と、
を備えたことを特徴とする４足歩行型歩行支援機。
【請求項２】
前記腰宛部材と前記後脚部材とは、略水平方向に回転可能であることを特徴とする請求項１に記載の４足歩行型歩行支援機。
【請求項３】
前記前脚部材は、前記後脚部材に対して水平方向に回転可能であることを特徴とする請求項１又は２に記載の４足歩行型歩行支援機。
【請求項４】
前記継手は、中間支持部材に対して左右方向にも回動可能な自在継手であることを特徴とする請求項１から３のいずれか１項に記載の４足歩行型歩行支援機。
【請求項５】
前記前脚部材は長さが調整可能であることを特徴とする請求項１から４のいずれか１項に記載の４足歩行型歩行支援機。
【請求項６】
請求項１から５のいずれか１項に記載の４足歩行型歩行支援機であって、
前記右後脚を移動する右後脚移動手段と、
前記左後脚を移動する左後脚移動手段と、
前記右前脚及び前記左前脚の移動をそれぞれ検出する移動検出手段と、
前記移動検出手段によって検出した前記右前脚及び前記左前脚の位置に基づいて前記右後脚移動手段又は前記左後脚移動手段を稼働又は停止する移動制御手段と、
を備えたことを特徴とする、
４足歩行型歩行支援機。
【請求項７】
前記右後脚移動手段及び左後脚移動手段は、アクチュエータであり、
前記移動検出手段は、継手の角度を検知するロータリーエンコーダと前記前脚部材の底面に設けられた力覚センサであることを特徴とする請求項６に記載の４足歩行型歩行支援機。
【請求項８】
前記移動制御手段は、前記移動検出手段が前記右前脚が前進領域に移動したとことを検出した場合に前記左後脚移動手段を稼働し、前記移動検出手段が前記左前脚が前進領域に移動したことを検出した場合に前記右後脚移動手段を稼働することを特徴とする請求項６又は７に記載の４足歩行型歩行支援機。
【請求項９】
前記移動制御手段は、前記移動検出手段が、前記右前脚部材又は前記左前脚部材が前記左前脚部材又は前記右前脚部材と同一領域に移動したと判定した場合には、前記右後脚移

動手段又は前記左後脚移動手段を稼働し、前記右後脚部材又は前記左後脚部材を前記左後脚部材と前記右後脚部材とが同一領域に位置する位置に移動することを特徴とする請求項６から８のいずれか１項に記載の４足歩行型歩行支援機。

【請求項１０】

使用者の腰に装着される腰宛部材と、

使用者の上腿の側方に配置される上腿支持部材と、使用者の下腿の側方に配置される下腿支持部材と、使用者の足を支持する足支持部と、前記腰宛部材と前記上腿支持部材とを略前後方向に回転可能に支持する腰部回転部材と、前記上腿支持部材と前記下腿支持部材とを略前後方向に回転可能に支持する膝回転部材と、前記下腿支持部材と足支持部とを略前後方向に回転可能に支持する足首回転部材と、をそれぞれ有する左後脚部材及び右後脚部材と、

を備えた左右の後脚部材と、

使用者が把持する把持部を有し使用者の右前方に略垂直に配置される右前脚部材と、使用者が把持する把持部を有し使用者の左前方に略垂直に配置される左前脚部材と、を有する前脚部材と、

前記前脚部材と前記後脚部材との間に連設され、前記前脚部材の前記把持部より上方において前脚部材が少なくとも前後に回動可能に形成された継手を有する中間支持部材と、右前脚部材及び左前脚部材の移動をそれぞれ検出する移動検出手段と、を備えた４足歩行型歩行支援機を制御する制御方法であって、

前記移動検出手段によって判定した前記右前脚部材及び前記左前脚部材の位置に基づいて右後脚移動手段または左後脚移動手段を稼働又は停止する移動ステップ、

を含むことを特徴とする４足歩行型歩行支援機の制御方法。

【請求項１１】

請求項１０に記載の４足歩行型歩行支援機の制御方法の各ステップを、１又は複数のコンピュータに実現させることを特徴とする４足歩行型歩行支援機の制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、４足歩行型歩行支援機、４足歩行型歩行支援機の制御方法及び制御プログラムに関する。

【背景技術】

【０００２】

従来、歩行支援機として２足歩行型の歩行支援機が複数提案されている（特許文献１、特許文献２）。また、こうした２足歩行型の歩行支援機にさらに使用者の両腕に杖を装着した２足歩行型の歩行支援機も提案されている（非特許文献１、２）。

【０００３】

２足歩行型の歩行支援機は、外骨格型のパワーアシストロボットタイプであり、リハビリや軽作業の支援に利用されている。しかし、この外骨格型の場合、使用者にはその姿勢によって自分自身のみならず、外骨格の重量も含めた負荷がかかる。このため、下肢麻痺患者は移動補助車を使用しなければ使用することができないという問題点があった。また、下肢麻痺患者や災害救助などへの応用を目的とした生命維持装置、各種センサ及び電源等を組み込んだ重装備の防護服や作業服を身にまとった装着者にとっては、２足歩行型では、その重量負荷が大きく、その結果操作性が悪くなるという問題点があった。

【０００４】

一方、両腕に杖を装着して使用する歩行支援機においては、使用者の両腕に大きな負荷がかかり、使用者への負荷が大きくなり、腕力のない高齢者や重荷重のシステムを背負う装着者にとっては操作性が悪く、実用化が困難であるという問題点があった。

【先行技術文献】

【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２００６－２０４４２６号公報
【特許文献２】特開２００５－２５３６５０号公報
【非特許文献】
【０００６】
【非特許文献１】ＮＥＤＯ海外レポート　Ｎｏ．１０９１，２０１２．１２．２０
【非特許文献２】Ｐｅｔｅｒ　Ｄ　Ｎｅｕｈａｕｓ　ｅｔ　ａｌ．，ＩＥＥＥ／Ｉｎｔｅｒｎａｔｉｏｎａｌ　Ｃｏｎｆｅｒｅｎｃｅ　ｏｎ　Ｒｅｈａｂｉｌｉｔａｉｏｎ　Ｒｏｂｏｔ，　２０１１
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
そこで、本発明は、こうした課題を鑑みてなされたものであり、使用者にかかる負荷を従来と比較して大きく低減することができる４足歩行型歩行支援機を提供することを主目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
本発明は、上述の目的を達成するために、以下の手段を採った。
【０００９】
本発明の４足歩行型歩行支援機は、
使用者の腰に装着される腰宛部材と、
使用者の上腿の側方に配置される上腿支持部材と、使用者の下腿の側方に配置される下腿支持部材と、使用者の足を支持する足支持部と、前記腰宛部材と前記上腿支持部材とを略前後方向に回転可能に支持する腰部回転部材と、前記上腿支持部材と前記下腿支持部材とを略前後方向に回転可能に支持する膝回転部材と、前記下腿支持部材と足支持部とを略前後方向に回転可能に支持する足首回転部材と、をそれぞれ有する左後脚部材及び右後脚部材と、
を備えた左右の後脚部材と、
使用者が把持する把持部を有し使用者の右前方に略垂直に配置される右前脚部材と、使用者が把持する把持部を有し使用者の左前方に略垂直に配置される左前脚部材と、を有する前脚部材と、
前記前脚部材と前記後脚部材との間に連設され、前記前脚部材の前記把持部より上方において前脚部材が少なくとも前後に回動可能に形成された継手を有する中間支持部材と、
を備えたことを特徴とする。
【００１０】
かかる構成を採用することによって、４足歩行型歩行支援機と使用者の自重は、後脚部材と使用者によって移動される前脚部材とによってほぼ免荷されることになる。また、クロール歩行の際には、必ず３本の脚部材で支持することになるため、ほとんど負荷を感じることなく歩行することが可能となる。そのため、腕力のない者、例えば高齢者であっても腕力に負担をかけることなく、歩行を支援することができる。また、例えば、災害救助等において、救助道具、測定機器等の様々な重量物を携帯したり、運搬する必要がある場合等においても本発明にかかる４足歩行支援機に取り付けることにより、使用者には、ほとんど重量物の重さを感じることなく歩行することが可能となる。
【００１１】
また、本発明にかかる４足歩行型歩行支援機において、前記腰宛部材と前記後脚部材とは、略水平方向に回転可能であることを特徴とするものであってもよい。かかる構成を採用することによって、下半身の足の捻りに応じて後脚部材の向きを変えることができるようになる。
【００１２】

さらに、本発明にかかる４足歩行型歩行支援機において、前記前脚部材は、前記後脚部材に対して水平方向に回転可能であることを特徴とするものであってもよい。かかる構成を採用することによって、上半身の捻りが容易になり、安定した歩行が可能となるとともに、カーブやＵターンも自在に行なうことができるようになる。

【００１３】

さらに、本発明にかかる４足歩行型歩行支援機において、前記継手は、中間支持部材に対して左右方向にも回動可能な自在継手であることを特徴とするものであってもよい。かかる構成を採用することによって、前脚部材を任意の方向へ前進させることができ、カーブやＵターンをさらに容易に行なうことができるようになる。

【００１４】

さらに、本発明にかかる４足歩行型歩行支援機において、前記前脚部材は長さが調整可能であることを特徴とするものであってもよい。かかる構成を採用することによって、使用者の身長や腕の長さに応じて適宜調整することが可能となる。

【００１５】

さらに本発明にかかる４足歩行型歩行支援機において、前述した構成にさらに、

前記右後脚を移動する右後脚移動手段と、

前記左後脚を移動する左後脚移動手段と、

前記右前脚及び前記左前脚の移動をそれぞれ検出する移動検出手段と、

前記移動検出手段によって検出した前記右前脚及び前記左前脚の位置に基づいて前記右後脚移動手段又は前記左後脚移動手段を稼働又は停止する移動制御手段と、

を備えたことを特徴とするものであってもよい。こうすることで、移動検出手段によって検出した右前脚又は左前脚の位置に基づいて右後脚移動手段または左後脚移動手段を稼働又は停止することができる。言い換えると、右前脚及び左前脚を交互に移動することで、左後脚移動手段及び右後脚移動手段を交互に稼働又は停止し、左後脚及び右後脚を交互に移動させて歩行することができる。

【００１６】

さらに、本発明にかかる４足歩行型歩行支援機において、前記右後脚移動手段及び左後脚移動手段は、アクチュエータであり、

前記移動検出手段は、継手の角度を検知するロータリーエンコーダと前記前脚部材の底面に設けられた力覚センサであることを特徴とするものであってもよい。かかる構成を採用することで、前述した歩行制御を容易に行なうことができる。

【００１７】

さらに、本発明にかかる４足歩行型歩行支援機において、前記移動制御手段は、前記移動検出手段が前記右前脚が前進領域に移動したことを検出した場合に前記左後脚移動手段を稼働し、前記移動検出手段が前記左前脚が前進領域に移動したことを検出した場合に前記右後脚移動手段を稼働することを特徴とするものであってもよい。かかる構成を採用することで、前進領域に右前脚が移動したことを検出した際に左後脚を移動し、前進領域に左前脚が移動したことを検出した際に右後脚を移動することができるため、右前脚と左前脚を交互に前進領域に移動することで、左後脚と右後脚を交互に移動させて歩行することができる。

【００１８】

さらに、本発明にかかる４足歩行型歩行支援機において、前記移動制御手段は、前記移動検出手段が、前記右前脚部材又は前記左前脚部材が前記左前脚部材又は前記右前脚部材と同一領域に移動したと判定した場合には、前記右後脚移動手段又は前記左後脚移動手段を稼働し、前記右後脚部材又は前記左後脚部材を前記左後脚部材と前記右後脚部材とが同一領域に位置する位置に移動することを特徴とするものであってもよい。こうすれば、右前脚と左前脚が同一領域に移動した場合には、右後脚と左後脚とが同一領域に位置する位置に左後脚又は右後脚を移動することができる。付言すると、左右前脚及び左右後脚がそれぞれ同一領域に位置し、左右前脚及び左右後脚からなる四角形の中に重心が位置することになり、安定した姿勢で停止することができる。

【００１９】
さらに、本発明にかかる４足歩行型歩行支援機の制御方法は、
使用者の腰に装着される腰宛部材と、
使用者の上腿の側方に配置される上腿支持部材と、使用者の下腿の側方に配置される下腿支持部材と、使用者の足を支持する足支持部と、前記腰宛部材と前記上腿支持部材とを略前後方向に回転可能に支持する腰部回転部材と、前記上腿支持部材と前記下腿支持部材とを略前後方向に回転可能に支持する膝回転部材と、前記下腿支持部材と足支持部とを略前後方向に回転可能に支持する足首回転部材と、をそれぞれ有する左後脚部材及び右後脚部材と、
を備えた左右の後脚部材と、
使用者が把持する把持部を有し使用者の右前方に略垂直に配置される右前脚部材と、使用者が把持する把持部を有し使用者の左前方に略垂直に配置される左前脚部材と、を有する前脚部材と、
前記前脚部材と前記後脚部材との間に連設され、前記前脚部材の前記把持部より上方において前脚部材が少なくとも前後に回動可能に形成された継手を有する中間支持部材と、前記右後脚部材を移動する右後脚移動手段と、前記左後脚を移動する左後脚移動手段と、前記右前脚部材及び前記左前脚部材の移動をそれぞれ検出する移動検出手段と、を備えた４足歩行型歩行支援機を制御する制御方法であって、
前記移動検出手段によって判定した前記右前脚部材及び前記左前脚部材の位置に基づいて前記右後脚移動手段または前記左後脚移動手段を稼働又は停止する移動ステップ、
を含むことを特徴とする。
【００２０】
本発明のパワーアシストロボットの制御方法は、上述したいずれかのパワーアシストロボットが備えている各種構成を備えていても良いし、また、上述したいずれかのパワーアシストロボットの機能を実現するようなステップを追加しても良い。
【００２１】
さらに、本発明の制御プログラムは、４足歩行型歩行支援機の制御方法の各ステップを、１又は複数のコンピュータに実現させることを特徴とする。本発明のパワーアシストロボットの制御プログラムは、１又は複数のコンピュータにパワーアシストロボットの制御方法の各ステップを実行させるためのプログラムである。このプログラムは、コンピュータが読み取り可能な記憶媒体（例えば、磁気記憶デバイス、ＲＯＭ、ＣＤ、ＤＶＤ、フラッシュメモリなど）に記録されていても良いし、伝送媒体（インターネットや有線／無線ＬＡＮなどの通信網）を介してあるコンピュータから別のコンピュータへ配信されても良いし、伝送媒体を介して実行されても良いし、その他どのような形で実行されても良い。いずれの場合であっても、このプログラムを１つのコンピュータに実行させるか又は複数のコンピュータに各ステップを分担して実行させれば、上述した制御方法と同様の効果を得ることができる。
【発明の効果】
【００２２】
本発明にかかる４足歩行型歩行支援機によれば、受動歩行を基礎とした４足歩行型歩行支援機において、４足歩行型歩行支援機能の諸機能をさらに向上させるとともに、前後方向以外の足や腰の捻りに対しても対応可能な４足歩行型歩行支援機を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【００２３】
【図１】第１実施形態にかかる４足歩行型歩行支援機１００の使用状態を示す斜視図である。
【図２】第１実施形態にかかる４足歩行型歩行支援機１００の構成の概略を示す斜視図である。
【図３】第１実施形態にかかる４足歩行型歩行支援機１００の別実施形態を示す斜視図で

ある。
【図４】第２実施形態にかかる４足歩行型歩行支援機１００の使用状態を示す斜視図である。
【図５】第２実施形態にかかる４足歩行型歩行支援機１００の電気的な接続の概略を示す説明図である。
【図６】歩行制御処理ルーチンの一例を示すフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【００２４】
以下、本発明の実施形態にかかる４足歩行型歩行支援機１００を、図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、以下に説明する実施形態及び図面は、本発明の実施形態の一部を例示するものであり、これらの構成に限定する目的に使用されるものではない。なお、各図において対応する構成要素には同一又は類似の符号が付されている
【００２５】
図１は、実施形態１にかかる４足歩行型歩行支援機１００の使用状態を示す斜視図であり、図２は、４足歩行型歩行支援機１００の斜視図である。本実施形態の４足歩行型歩行支援機１００は、主として、脚に装着される２本の後脚部材１０と、手によって操作される２本の前脚部材５０とを、備えており、全体として４足歩行型の歩行支援機である。
【００２６】
後脚部材１０は、主として、腰宛部材１５と、右後脚部材２０と、左後脚部材３０と、を有している。
【００２７】
腰宛部材１５は、使用者の腰部を支持するための部材であり、腰部の背面側から両側の腰部に渡って形成された湾曲した平面状の部材である。この腰宛部材１５の両側に右後脚部材２０と、左後脚部材３０とが取り付けられる。
【００２８】
以下、右後脚部材２０と左後脚部材３０とは、それぞれ左右対称である点のみが異なり、その他の構成は同様であるので、右後脚部材２０を説明することによって、左後脚部材３０の説明も兼ねるものとする。
【００２９】
右後脚部材２０は、主として、足支持部２１と、下腿支持部材２２と、上腿支持部材２３と、足支持部２１と下腿支持部材２２とを回転自在に支持する足首回転部材２４と、下腿支持部材２２と上腿支持部材２３とを回転自在に支持する膝回転部材２５と、上腿支持部材２３と腰宛部材１５とを回転自在に支持する腰部回転部材２６と、を備えている。
【００３０】
足支持部２１は、足裏を支持する足裏支持部２１ａとこの足裏支持部２１ａから足の外方側面側に立設された足側面部２１ｂとを有している。
【００３１】
下腿支持部材２２は、使用者に装着された際に、下腿に沿って配置される棒状部材であり、４足歩行型歩行支援機１００が身体に取り付けられた際に、脚の下腿の外側方に配置される。下腿支持部材２２には、下腿に装着するための下腿装着部材２２ａが設けられている。下腿装着部材２２ａは、プラスチック、布等で作製され、下腿に宛てがわれ、この下腿装着部材２２ａに形成された貫通孔２２ｃに通されている下腿装着ベルト２２ｄ（図１参照）とを備えており、この下腿装着ベルト２２ｄを下腿に巻回することで使用者の下腿に固定することができる。
【００３２】
上腿支持部材２３は上腿に沿って配置される棒状部材であり、４足歩行型歩行支援機１００が身体に取り付けられた際に、脚の上腿の外側方に配置される。上腿装着部材２３ａは、プラスチック、布等で作製され、上腿に宛てがわれ、この上腿装着部材２３ａに形成された貫通孔２３ｃに通されている上腿装着ベルト２３ｄ（図１参照）とを備えており、この上腿装着ベルト２３ｄを上腿に巻回することで使用者の上腿に固定することができる

。

【００３３】

下腿支持部材２２及び上腿支持部材２３の素材としては、金属製、プラスチック製等特に限定するものではない。棒状部材の断面形状としては、四角形、三角形、円形等種々の断面形状のものを使用することができる。また、中空の筒状部材（パイプ状部材）を使用してもよい。また、下腿支持部材２２は、必ずしも１本である必要はなく、複数本であってもよい。

【００３４】

足首回転部材２４は、足支持部２１を固定する略円形の足支持部固定部２４ａと下腿支持部材２２の下方を固定する下腿支持部下方固定部２４ｂとを有しており、これらが互いに略前後方向に回転自在に固定されている。これらを回転自在に固定する方法は特に限定するものではなく、様々な構成を採用することができる。

【００３５】

膝回転部材２５は、下腿支持部材２２の上方を固定する下腿支持部材上方固定部２５ａと上腿支持部材２３の下方を支持する上腿支持部材下方固定部２５ｂとを有しており、これらが互いに前後方向に回転自在に固定されている。これらを回転自在に固定する方法は特に限定するものではなく、様々な構成を採用することができる。

【００３６】

腰部回転部材２６は、上腿支持部材２３の上方を固定する上腿支持部材上方固定部２６ａと、腰宛部材１５と略水平方向に回転自在に固定される腰宛部材固定部２６ｂとを有しており、これらが互いに前後方向に回転自在に固定されている。これらを回転自在に固定する方法は特に限定するものではなく、様々な構成を採用することができる。

【００３７】

なお、足首回転部材２４、膝回転部材２５及び腰部回転部材２６には、それぞれ回転トルクの調整が可能なように、トルク調整手段を設けても良い。また、所定回転方向に付勢力が加わるように、付勢手段を設けても良い。例えば、足首回転部材２４には、足首が折れる方向へ付勢力が加わるように、膝回転部材２５は、膝が伸びる方向に付勢力が加わるように、腰部回転部材２６に腿が前に押される方向に付勢力を加えておくことで、足を患った使用者に対してより効果的に補助することができる。

【００３８】

こうして構成された右後脚部材２０と左後脚部材３０とは、腰宛部材１５の両側に、水平方向（図２の矢印Ａの方向）に回動可能に取り付けられる。このように腰宛部材１５と右後脚部材２０又は左後脚部材３０を回動可能に設けることによって、歩行方向を変更するために、足首をひねった場合等に右後脚部材２０と左後脚部材３０が追従するため、容易に方向転換をすることができるようになる。

【００３９】

前脚部材５０は、主として、それぞれ棒状部材からなる右前脚部材６０と左前脚部材７０と、これら右前脚部材６０、左前脚部材７０及び後脚部材１０とを連結する連結部材８０と、を備えている。

【００４０】

右前脚部材６０及び左前脚部材７０は、それぞれ右後脚部材２０及び左後脚部材３０の略前方に配置される棒状の部材である。途中には、使用者が把持することができる把持部６１が設けられている。なお、第１実施形態においては、把持部６１は、右前脚部材６０及び左前脚部材７０から後方に水平の伸びるグリップ状に形成されているが、これに限定されるものではなく、適宜設計変更することが可能である。例えば、右前脚部材６０及び左前脚部材７０自体を把持するようにしたものであってもよい。この把持部６１の高さ位置を使用者に応じて変更することができるように、長さが調整可能に２本の棒状部材を組み合わせて作製されており、長さ調整部材６２によって把持部６１の高さ位置を自由に変更することができる。

【００４１】

連結部材８０は、前脚部材５０及び後脚部材１０を連結する部材である。主として、右前脚固定部材８１、左前脚固定部材８２、中間支持部材８３及び後脚部材連結部材８４を備えており、これらは、図２に示すように、後脚部材連結部材８４が、使用者の背面の背骨に沿って肩口近傍まで立設して配置され、中間支持部材８３が両肩に沿って水平に配置され、中間支持部材８３の両側先端又は先端近傍から右前脚固定部材８１、左前脚固定部材８２がそれぞれ肩の前方に水平に延設され、右前脚固定部材８１、左前脚固定部材８２の前方端部にそれぞれ右前脚部材６０と左前脚部材７０が略垂直下方方向に取り付けられている。

【００４２】

右前脚部材６０は、右前脚固定部材８１に対して接合する角度が前後、左右に自在に変化する自在継手８８によって連結されており、右前脚部材６０は、前後方向及び左右方向のいずれの方向にも回動させることができる。左前脚部材７０も右前脚部材６０と同様に、左前脚固定部材８２に対して接合する角度が前後、左右に自在に変化する自在継手８８によって連結されており、左前脚部材７０は、前後方向及び左右方向のいずれの方向にも回動させることができる。

【００４３】

中間支持部材８３は、後脚部材連結部材８４に対して水平方向に回転可能に設けられている。そのため前脚部材５０と後脚部材１０は図２の矢印Ｂに示したように、互いに水平方向に回転可能となる。このため体幹を容易に捻ったりすることができる。

【００４４】

後脚部材連結部材８４には、使用者に４足歩行型歩行支援機１００を固定するためのベルトを通すための装着ベルト支持部材８９が設けられている。装着ベルト支持部材８９には、例えば腹部を固定するための腹部用ベルト８９ａ（図１参照）を通すための貫通孔８９ｂや肩口を通すための肩口用ベルト８９ｃ（図１参照）を通すための貫通孔８９ｄ等が設けられている。しかしながら、特にこれに限定されるものではなく、適宜自由に設計することができる。また、腹部用ベルト８９ａや肩口用ベルト８９ｃは必須なものではなく、これらに代えた固定手段を使用してもよい。

【００４５】

なお、中間支持部材８３、右前脚固定部材８１及び左前脚固定部材８２の位置は、必ずしも肩より上方でなければならないものではなく、図３に示すように、右前脚固定部材８１及び左前脚固定部材８２が脇の下を通る位置となるように設定してもよい。

【００４６】

以上のように作製された４足歩行型歩行支援機１００は、まず、図１に示すように、使用者の脚に装着用のベルトを使用して、下腿装着部材２２ａ及び上腿装着部材２３ａを使用者の脚に装着して使用される。任意に必要であれば、腹部や肩口をベルト等で固定してもよい。

【００４７】

こうして、使用者に装着された４足歩行型歩行支援機１００は、以下のように作用する。使用者が地面上で起立している場合には、下腿支持部材２２と上腿支持部材２３とは付勢力によって鉛直方向へ沿って直線状に配置される。腰宛部材１５、下腿支持部材２２と上腿支持部材２３によって、それぞれ、腰、上腿、下腿が支持されて、患った脚を起立状に維持するため、使用者は安定した状態で起立することができる。この際に、使用者は前脚部材５０を持っているので、上半身も安定させることができる。

【００４８】

使用者が歩行する場合には、右手を使用して右前脚部材６０を前方に出す。この際に、後脚部材１０と左前脚部材７０の３脚で外骨格及び使用者の重量を支えることができるので、右前脚部材６０には、下方に押し付ける力がほとんどかからず、使用者も右前脚部材６０に体重をかけて支持する必要がないので、腕に力のない者であっても容易に前方へ移動させることができる。その後、使用者の左脚を前方に出す。この際に、各回転部材２４、２５、２６が脚を前へ出す方向へ付勢されているため、患った脚が遊脚となった場合に

は、下腿が前方方向へ振り出されることが促進される。そのため、前方へ脚を押し出す力が弱い脚であっても、自然な歩行を行なうことが可能となる。次に左前脚部材７０を前方に出す。この際も右前脚部材６０と同様に軽い力で容易に前方へ出すことができる。その後、使用者の右脚を各回転部材の付勢力を借りながら、前方へ出す。そして、右前脚部材６０を前方に出す。以上の繰り返しによって使用者は、４足歩行型歩行支援機１００の補助により、スムーズな歩行をすることができるようになる。

【００４９】

（第２実施形態）

第２実施形態にかかる４足歩行型歩行支援機１００が図４に示されている。第２実施形態にかかる４足歩行型歩行支援機１００は、下肢麻痺患者のように使用者が完全に歩行機能を失っている場合等であったり、重荷重の生命維持装置や計測機器を携帯する必要があったりした場合においても、積極的に動力を与え、歩行補助を行なうことができるものである。

【００５０】

第２実施形態にかかる４足歩行型歩行支援機１００は、第１実施形態にかかる４足歩行型歩行支援機１００に対して、右後脚部材２０及び左後脚部材３０の足首回転部材２４、膝回転部材２５及び腰部回転部材２６をそれぞれ積極的に操作可能とするアクチュエータ６００と、歩行時の歩行状態を検知するロータリーエンコーダ８００、ジャイロセンサ８１０及び力覚センサ７００と、これらセンサからの信号によってアクチュエータ６００を制御する制御手段９００（図５参照）と、アシストスタートボタン８５０と、を有している。これらは、無線又は有線によって電気的に接続されている。

【００５１】

アクチュエータ６００は、例えばサーボモータ等が用いられ、後脚部材１０の足首回転部材２４、膝回転部材２５及び腰部回転部材２６にそれぞれ設けられており、それぞれの回転部材を回転させることができる。

【００５２】

力覚センサ７００は、右前脚部材６０及び左前脚部材７０の底面に取り付けられ、それぞれ右前脚部材６０及び左前脚部材７０の荷重状態を検知することができる。

【００５３】

ロータリーエンコーダ８００は、自在継手８８に設けられており、右前脚固定部材８１と右前脚部材６０との角度及び左前脚固定部材８２と左前脚部材７０との角度を検知することができる。

【００５４】

ジャイロセンサ８１０は、制御ボックス９８に設けられており、制御ボックス９８の姿勢角を計測することで、４足歩行型歩行支援機１００の使用者の姿勢角を計測することができる。

【００５５】

アシストスタートボタン８５０は、把持部近傍に設けられており、歩行を開始したり、停止させたりするスイッチである。

【００５６】

制御手段９００は、図５に示すように、ＣＰＵ９０１を中心とするマイクロコンピュータであり、後述する歩行制御処理ルーチンを含む各種制御プログラムを記憶するＲＯＭ９０２と、ロータリーエンコーダ８００や力覚センサ７００及びジャイロセンサ８１０等からの信号を一時的に記憶するＲＡＭ９０３と、歩行ログ等を記憶する記憶手段９０４と、アシストスタートボタン８５０やロータリーエンコーダ８００、力覚センサ７００、ジャイロセンサ８１０、アクチュエータ６００等との通信を制御するインタフェース９０５（以下、「Ｉ／Ｆ９０５」と言う。）と、によって構成されており、バス９０６によりそれぞれが電気的に接続されている。なお、ここで記憶手段９０４は、例えば、ハードディスクドライブ等の磁気ディスクであってもよいし、フラッシュメモリ等の不揮発性メモリであってもよい。また、取り外し可能であっても良いし、伝送媒体を介して接続されるもの

であってもよい。これら制御手段９００は、中間支持部材８３の背面に設けられた制御ボックス９８に設けられている。

【００５７】

次に、本発明の４足歩行型歩行支援機１００の制御方法の一例である、歩行制御処理ルーチンについて、図６を用いて詳しく説明する。ここで、図６は、歩行制御処理ルーチンの一例を示すフローチャートである。この歩行制御処理ルーチンは、４足歩行型歩行支援機１００が使用者に装着された後に、アシストスタートボタン８５０を押圧された後に繰り返し実行される。具体的には、ＣＰＵ９０１がアシストスタートボタン８５０からの開始信号を受信すると、ＲＯＭ９０２から歩行制御処理ルーチンが読み出され、ＣＰＵ９０１によって実行される。この歩行制御処理ルーチンが実行されると、図６に示すように、初期設定が行われる（ステップＳ１１０）。具体的には、４足歩行型歩行支援機１００に備えられた全てのセンサを初期化するとともに、右前脚部材６０、左前脚部材７０、右後脚部材２０及び左後脚部材３０の位置座標をそれぞれ取得する。なお、これらの座標は任意の場所を原点として座標を取得することができるが、ここでは、右後脚部材２０の位置を原点とし、進行方向をＸ軸の正の値、４足歩行型歩行支援機１００の左側方向をＹ軸の正の値として設定するものとする。

【００５８】

続いて、ＣＰＵ９０１は、右前脚部材６０が予め定められた前進領域に移動したか否かを判定し（ステップＳ１００）、右前脚部材６０が前進領域に移動していないと判定した場合には、左前脚部材７０が予め定められた前進領域に移動したか否かを判定し（ステップＳ１９０）、ステップＳ１９０で左前脚部材７０が前進領域に移動していないと判定した場合には、本ルーチンを終了する。このように右前脚部材６０及び左前脚部材７０のいずれも前進領域に移動していない場合には、使用者が前進の意思を示していないため、４足歩行型歩行支援機１００が前進しない。

【００５９】

ここで、右前脚部材６０が前進領域に移動したか否かを判定する判定方法について、詳しく説明する。右前脚部材６０が前進領域に移動したか否かは、右前脚部材６０の位置を示す座標が予め定められた前進領域に含まれているか否かで判定する。具体的には、右前脚部材６０が使用者によって動かされると、右前脚部材６０の動きに伴って右前脚部材６０の上部に設けられたロータリーエンコーダ８００ａによって回転角度が検出される。そして、使用者が右前脚部材６０を接地すると、右前脚部材６０の底面に備えられた力覚センサ７００ａから右前脚部材６０が接地したことを示す右前脚部接地信号が発信される。ＣＰＵ９０１は、この右前脚部接地信号を受信すると、右前脚部接地信号を受信した時点でのロータリーエンコーダ８００ａの示す回転角度及びジャイロセンサ８１０によって計測された使用者の姿勢角から、右前脚部材６０の座標を算出し、この座標が予め定めた前進領域内に含まれている場合には、右前脚部材６０が前進領域に移動したと判定する。なお、ここでは、ロータリーエンコーダ８００ａが検出した回転角度及びジャイロセンサ８１０によって計測された使用者の姿勢角に基づいて座標を算出するものとしたが、座標を算出する方法はこれに限定されるものではなく、ＧＰＳ（Ｇｒｏｂａｌ　Ｐｏｓｉｔｉｏｎｉｎｇ　Ｓｙｓｔｅｍ）等を用いて絶対的な位置情報を取得してもよいし、加速度センサ等の各種センサを備え、各種センサからの情報に基づいて相対的な位置座標を算出する等、公知の位置算出方法のいずれを用いても良い。

【００６０】

また、ここで「前進領域」とは、使用者が前進の意図を持って右前脚部材６０又は左前脚部材７０を移動した際に、右前脚部材６０又は左前脚部材７０が接地される領域を意味する。具体的には、例えば、移動前の右前脚部材６０のＸ座標と移動後の右前脚部材６０のＸ座標とを比較し、移動後の右前脚部材６０のＸ座標が移動前の右前脚部材６０のＸ座標の値より一定値以上大きい値となる領域である。ただし、この前進領域は、厳密にＸ座標の正の方向に限定されるものではなく、例えば、使用者の過去の行動から得られた情報に基づいて機械学習等を用いて逐次情報を追加することにより最適化するものであっても

よい。いずれの場合であっても、右前脚部材６０が接地した際のＸ座標を前進領域と比較することで、使用者の前進の意図を判定することができる。

【００６１】

さて、再び歩行処理ルーチンの説明に戻る。ＣＰＵ９０１がステップＳ１２０で右前脚部材６０が前進領域に移動したと判定した場合には、左後脚部材３０を左前脚部材７０と同一領域まで移動する（ステップＳ１３０）。こうすることにより、使用者は半歩分前進することができる。

【００６２】

ここで、左後脚部材３０を左前脚部材７０と同一領域に移動する移動方法について、詳しく説明する。左後脚部材３０を左前脚部材７０と同一領域に移動するためは、左後脚部材３０に設けられた人間の左脚の各関節部に相当する位置に設けられた３つのアクチュエータ６００を適宜駆動することで左後脚部材３０を前方に移動する。具体的には、例えば、予め、各関節に対して目標軌道（関節の時間変化）を設計し、その目標軌道に沿うようにアクチュエータ６００を適宜駆動する。この目標軌道は、あらかじめ健常者の歩行データなどから計算したものであり、右前脚部材６０を前に出した距離に応じて左後脚部材３０の歩幅を計算し、その歩幅になるよう各関節の軌道を計算することで定めることができる。なお、この目標軌道は、１又は複数の健常者をサンプルとして予め定めても良いし、使用者自身をサンプルとして予め定めても良い。また、使用者の過去の行動等から機械学習等を用いて、逐次最適化するものであってもよい。いずれの場合であっても、左後脚部材３０を移動する際に、目標軌道に沿って左後脚部材３０を移動することで、左後脚部材３０を左前脚部材７０と同一の領域に移動することができる。

【００６３】

また、ここで「同一領域」とは、互いの位置関係がＸ軸方向に対して同一とみなす一定の領域を意味し、例えば、左後脚部材３０のＸ座標と右前脚部材６０のＸ座標とが完全に同一の位置であっても良いし、予め定めた所定の範囲内にそれぞれのＸ座標が位置してもよい。また、この所定の範囲は、使用者の歩幅に関する情報に基づいて定めた範囲であっても良いし、使用者の過去の行動等から機械学習等を用いて、逐次最適化するものであってもよい。

【００６４】

さて、再び歩行処理ルーチンの説明に戻る、ＣＰＵ９０１がステップＳ１３０を実行した後に、ＣＰＵ９０１は、左前脚部材７０が前進領域に移動したか否かを判定し（ステップＳ１４０）、前進領域でない場所に移動したと判定した場合には、右後脚部材２０を左後脚部材３０と同一領域に移動し（ステップＳ１５０）、本ルーチンを終了する。このように、左前脚部材７０を前進領域でない場所に移動した場合には、使用者は前進の意思を示していないため、右後脚部材２０を左後脚部材３０と同一領域に移動することで、静止状態とし、次のアクションに備えることができる。なお、左前脚部材７０が前進領域に移動したか否かを判定する方法については、右前脚部材６０が前進領域に移動したか否かを判定する方法と同様であり、右後脚部材２０を左前脚部材７０と同一領域に移動する方法は左後脚部材３０を左前脚部材７０と同一領域に移動する方法と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【００６５】

一方、ステップＳ１４０において、ＣＰＵ９０１が、左前脚部材７０が前進領域に移動したと判定した場合には、右後脚部材２０を右前脚部材６０と同一領域に移動する（ステップＳ１６０）。こうすることにより、使用者はさらに半歩分前進することができる。なお、右後脚部材２０を右前脚部材６０と同一領域まで移動する方法については、左後脚部材３０を左前脚部材７０と同一領域まで移動する方法と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【００６６】

続いて、ＣＰＵ９０１は、右前脚部材６０が前進領域に移動したか否かを判定し（ステップＳ１７０）、右前脚部材６０が前進領域に移動したと判定した場合には、再びステッ

プＳ１３０を実行する。こうすることにより、使用者はさらに半歩分前進することができ、使用者の意思に従って前進することができる。

【００６７】

一方、ステップＳ１７０で右前脚部材６０が前進領域ではない場所に移動したと判定した場合には、左後脚部材３０を左前脚部材７０と同一領域に移動して（ステップＳ１８０）、本ルーチンを終了する。このように、右前脚部材６０を前進領域でない場所に移動した場合には、使用者は前進の意思を示していないため、右後脚部材２０を左後脚部材３０と同一領域に移動することで、静止状態とし、次のアクションに備えることができる。このとき、右前脚部材６０と左前脚部材７０が同一領域に位置し、右後脚部材２０と左後脚部材３０が同一領域に位置すると、４足歩行型歩行支援機１００を装着した使用者の重心は、右前脚部材６０、左前脚部材７０、右後脚部材２０及び左後脚部材３０からなる四角形の中に重心が位置することになり、安定した姿勢で停止することができる。このようにすることで、右前脚部材６０から歩行を開始することができ、停止する際は、安定した姿勢で停止することができる。

【００６８】

続いて、左前脚部材７０から歩行を開始する場合、すなわち、ステップＳ１９０でＣＰＵ９０１が、左前脚部材７０が前進領域に移動したと判定した場合について説明する。ステップＳ１９０でＣＰＵ９０１が、左前脚部材７０が前進領域に移動したと判定した場合は、右後脚部材２０を右前脚部材６０と同一領域に移動する（ステップＳ２００）。こうすることにより、使用者は半歩分前進することができる。なお、右後脚部材２０を右前脚部材６０と同一領域に移動する方法については、左後脚部材３０を左前脚部材７０と同一領域に移動する方法と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【００６９】

次に、ＣＰＵ９０１は、右前脚部材６０が前進領域に移動したか否かを判定し（ステップＳ２１０）、右前脚部材６０が前進領域ではない場所に移動したと判定した場合には、左後脚部材３０を右後脚部材２０と同一領域に移動して（ステップＳ２２０）、本ルーチンを終了する。このように、右前脚部材６０を前進領域でない場所に移動した場合には、使用者は前進の意思を示していないため、右後脚部材２０を左後脚部材３０と同一領域に移動することで、安定した姿勢で停止し、次のアクションに備えることができる。なお、右後脚部材２０を左後脚部材３０と同一領域に移動する方法は左後脚部材３０を右後脚部材２０と同一領域に移動する方法と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【００７０】

一方、ステップＳ２１０において、ＣＰＵ９０１が右前脚部材６０が前進領域に移動したと判定した場合には、左後脚部材３０を左前脚部材７０と同一領域に移動する（ステップＳ２３０）。こうすることにより、使用者はさらに半歩分前進することができる。続いて、ＣＰＵ９０１は、左前脚部材７０が前進領域に移動したか否かを判定し（ステップＳ２４０）、左前脚部材７０が前進領域に移動したと判定した場合には、再びステップＳ２００を実行する。こうすることにより、使用者はさらに半歩分前進することができ、使用者の意思に従って前進することができる。

【００７１】

一方、ステップＳ２４０で左前脚部材７０が前進領域ではない場所に移動したと判定した場合には、右後脚部材２０を左後脚部材３０と同一領域に移動して（ステップＳ２５０）、本ルーチンを終了する。このように、左前脚部材７０を前進領域でない場所に移動した場合には、使用者は前進の意思を示していないため、右後脚部材２０を左後脚部材３０と同一領域に移動することで、安定した姿勢で停止し、次のアクションに備えることができる。

【００７２】

このようにすることで、右前脚部材６０からも左前脚部材７０からも歩行を開始することができ、右前脚部材６０又は左前脚部材７０を交互に前進領域に移動することで歩行し、右前脚部材６０と左前脚部材７０とを同一領域に移動することで、任意の位置で安定し

た状態で停止することができる。また、安定した状態で停止することにより、歩行を再開する場合だけでなく、左右折やＵターン等の行動を行なう際に、安全にこれらの行動に移行することができる。

【００７３】

なお、本発明は上述した実施形態に何ら限定されるものではなく、本発明の技術的範囲に属する限り種々の態様で実施しうる。

【産業上の利用可能性】

【００７４】

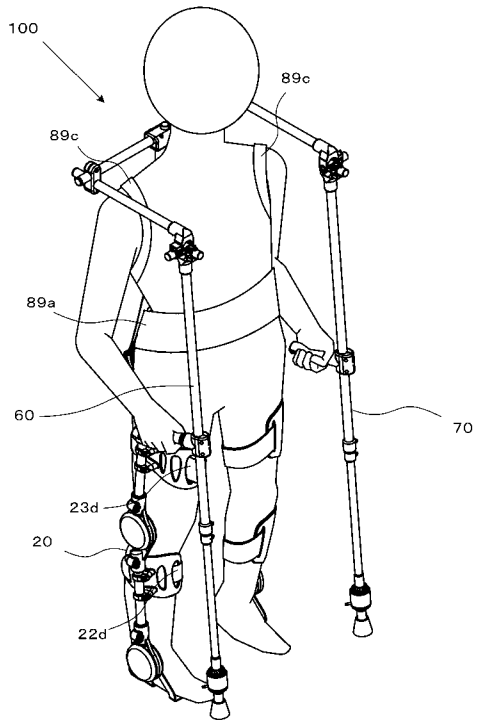
上述した実施の形態で示すように、脚を患っている人の４足歩行型歩行支援機や災害等における救助活動における重荷重のシステムを背負う装着者に貢献することができる。

【符号の説明】

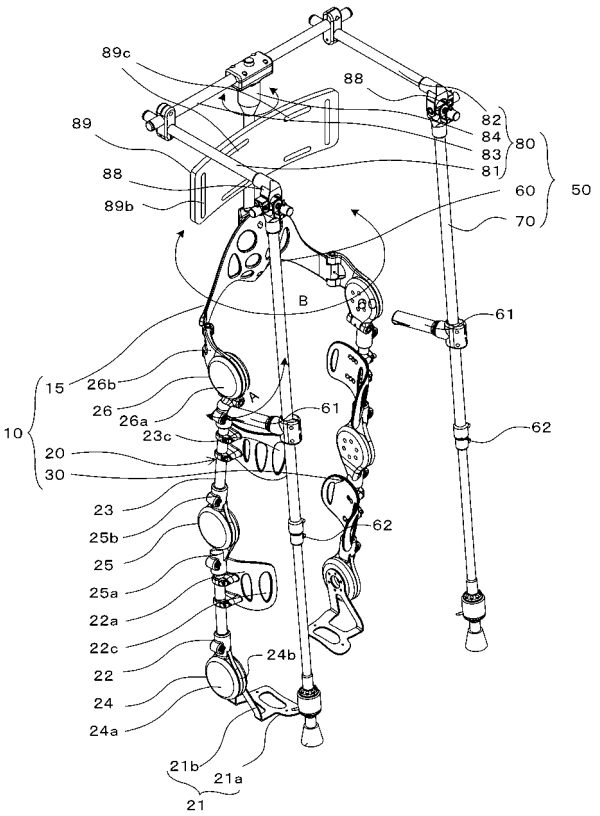
【００７５】

１０…後脚部材、１５…腰宛部材、２０…右後脚部材、２１…足支持部、２１ａ…足裏支持部、２１ｂ…足側面部、２２…下腿支持部材、２２ａ…下腿装着部材、２２ｃ…貫通孔、２２ｄ…下腿装着ベルト、２３…上腿支持部材、２３ａ…上腿装着部材、２３ｃ…貫通孔、２３ｄ…上腿装着ベルト、２４…足首回転部材、２４ａ…足支持部固定部、２４ｂ…下腿支持部下方固定部、２５…膝回転部材、２５ａ…下腿支持部材上方固定部、２５ｂ…上腿支持部材上方固定部、２６…腰部回転部材、２６ａ…上腿支持部材上方固定部、２６ｂ…腰宛部材固定部、３０…左後脚部材、５０…前脚部材、６０…右前脚部材、６１…把持部、６２…調整部材、７０…左前脚部材、８０…連結部材、８１…右前脚固定部材、８２…左前脚固定部材、８３…中間支持部材、８４…後脚部材連結部材、８８…自在継手、８９…装着ベルト支持部材、８９ａ…腹部用ベルト、８９ｂ…貫通孔、８９ｃ…肩口用ベルト、９８…制御ボックス、１００…４足歩行型歩行支援機、６００…アクチュエータ、７００…力覚センサ、７００ａ…力覚センサ、８００…ロータリーエンコーダ、８００ａ…ロータリーエンコーダ、８１０…ジャイロセンサ、８５０…アシストスタートボタン、９００…制御手段、９０１…ＣＰＵ、９０２…ＲＯＭ、９０３…ＲＡＭ、９０４…記憶手段、９０５…インタフェース、９０６…バス

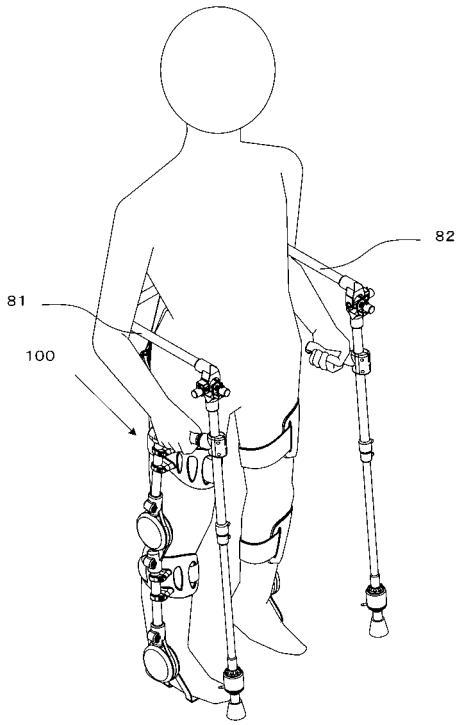
【図１】


100
89c
89c
89a
60
70
23d
20
22d

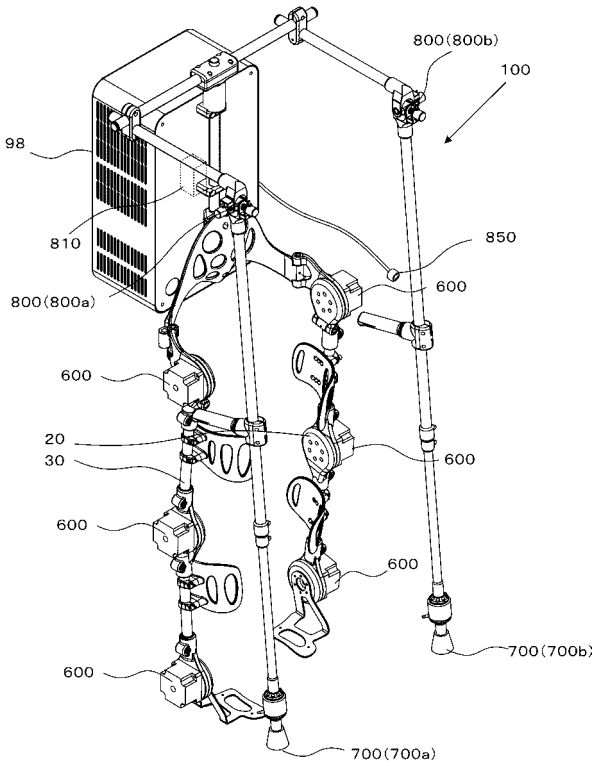
【図２】


89c
88
82
84
80
89
83
81
88
60
50
89b
70
B
61
15
26b
A
26
61
26a
23c
62
10
20
30
23
62
25b
25
25a
22a
22c
24b
22
24
24a
21b
21a
21

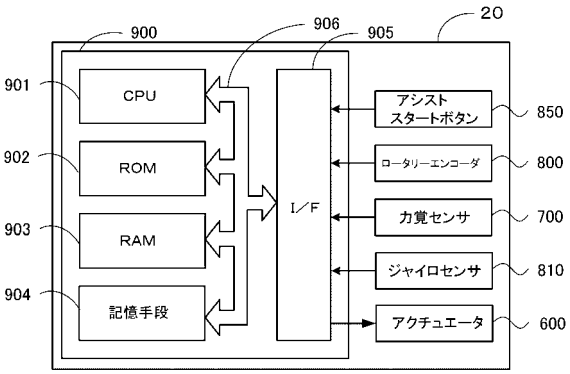
【図３】


82
81
100

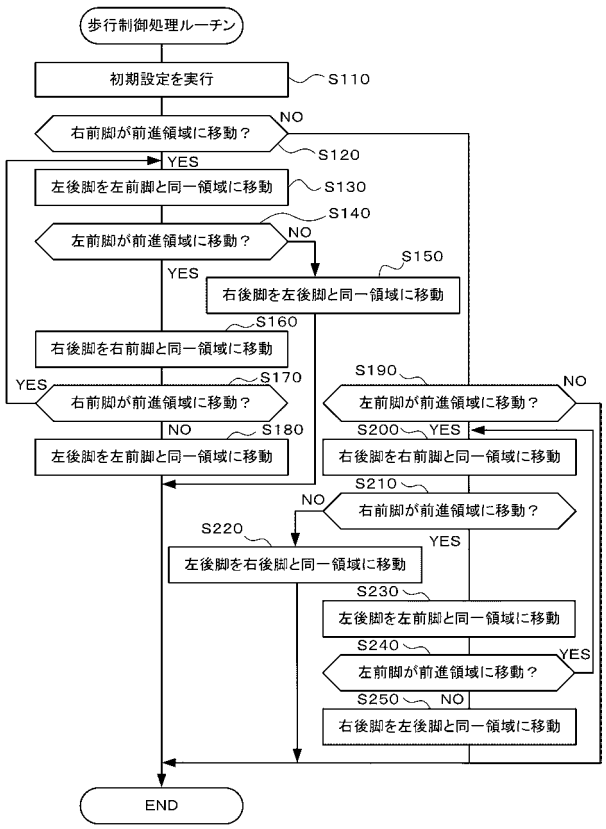
【図４】


800(800b)
100
98
810
850
600
800(800a)
600
20
600
30
600
600
600
700(700b)
600
700(700a)

【図５】


20
900
906
905
901
CPU
902
ROM
903
RAM
904
記憶手段
I／F
アシスト
スタートボタン
850
ロータリーエンコーダ
800
力覚センサ
700
ジャイロセンサ
810
アクチュエータ
600

【図６】


歩行制御処理ルーチン
初期設定を実行
S110
右前脚が前進領域に移動？
NO
S120
YES
左後脚を左前脚と同一領域に移動
S130
S140
左前脚が前進領域に移動？
NO
S150
YES
右後脚を左後脚と同一領域に移動
S160
右後脚を右前脚と同一領域に移動
S190
NO
YES
S170
右前脚が前進領域に移動？
左前脚が前進領域に移動？
NO
S180
S200
YES
左後脚を左前脚と同一領域に移動
右後脚を右前脚と同一領域に移動
S210
NO
右前脚が前進領域に移動？
S220
YES
左後脚を右後脚と同一領域に移動
S230
左後脚を左前脚と同一領域に移動
S240
YES
左前脚が前進領域に移動？
S250
NO
右後脚を左後脚と同一領域に移動
END

フロントページの続き

(72)発明者　成清　辰生
愛知県名古屋市天白区久方２丁目１２番地１　学校法人　トヨタ学園　豊田工業大学内
(72)発明者　川西　通裕
愛知県名古屋市天白区久方２丁目１２番地１　学校法人　トヨタ学園　豊田工業大学内
(72)発明者　鈴木　光久
岐阜県各務原市テクノプラザ３丁目１番８号　株式会社今仙技術研究所内

Ｆターム(参考) 3C707 AS38 KS20 KS21 KS34 WK04 XK03 XK06 XK07 XK08 XK13
XK14 XK15 XK27 XK42 XK53 XK84
4C046 AA24 AA42 DD36 FF02 FF04