

(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2018-102995
(P2018-102995A)

(43) 公開日 平成30年7月5日(2018.7.5)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
A 6 1 H 3/00 (2006.01) A 6 1 H 3/00 B 4 C 0 4 6

審査請求 有 請求項の数 13 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2018-71911 (P2018-71911)
(22) 出願日 平成30年4月3日(2018.4.3)
(62) 分割の表示 特願2013-250491 (P2013-250491)
の分割
原出願日 平成25年12月3日(2013.12.3)
(31) 優先権主張番号 特願2012-264758 (P2012-264758)
(32) 優先日 平成24年12月3日(2012.12.3)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)
(31) 優先権主張番号 特願2013-107473 (P2013-107473)
(32) 優先日 平成25年5月21日(2013.5.21)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(出願人による申告)平成24年度、独立行政法人科学技術振興機構、研究成果最適展開支援事業、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 504180239
国立大学法人信州大学
長野県松本市旭三丁目1番1号
(74) 代理人 100090170
弁理士 横沢 志郎
(72) 発明者 橋本 稔
長野県上田市常田三丁目15番1号 国立
大学法人信州大学繊維学部内
(72) 発明者 田中 浩仁
長野県上田市常田三丁目15番1号 国立
大学法人信州大学繊維学部内
(72) 発明者 竹内 志津江
長野県上田市常田三丁目15番1号 国立
大学法人信州大学繊維学部内

最終頁に続く

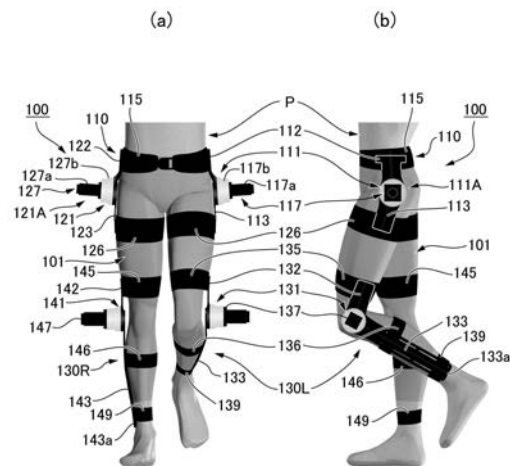
(54) 【発明の名称】 非外骨格型ロボティックウェア

(57) 【要約】

【課題】外骨格型ロボットに比べて、軽量で、装着性が良く、剛体リンクの調整機構を必要としない非外骨格型ロボティックウェアを提案すること。

【解決手段】非外骨格型ロボティックウェア100では、回転アクチュエータ117の出力が、第1、第2アシスト力伝達部材111、112を介して、人体股関節の動きを補助するアシスト力として、人体骨格の側に伝達される。面ファスナーを利用したインナーベルト、アウターベルトを備えた腰部ベルト110と、大腿部上部ベルト126とを用いることで、ウェアの装着、取り外しを、通常のウェアのように、簡単かつ短時間で行うことができる。

【選択図】図10



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ウエア関節部と、

前記ウエア関節部の関節軸中心線を中心として相対回転可能な状態で、前記ウエア関節部に取り付けた第 1 アシスト力伝達部材および第 2 アシスト力伝達部材と、

前記第 1、第 2 アシスト力伝達部材を相対回転させるために前記ウエア関節部に取り付けた回転アクチュエータと、

ウエア着用者における人体関節部を中心として屈曲・伸展する一方の第 1 人体部分および他方の第 2 人体部分のそれぞれと一体となって所定の屈曲・伸展方向に移動するように、前記第 1 アシスト力伝達部材および前記第 2 アシスト力伝達部材を前記ウエア着用者に装着する装着部材と、

を有し、

前記第 1、第 2 アシスト力伝達部材は、前記屈曲・伸展方向へのアシスト力を前記第 1、第 2 人体部分に伝達可能な剛性を備えており、

前記ウエア関節部として、左右のウエア股関節部のうちの少なくとも一方が備わっており、

前記ウエア股関節部の前記第 1 アシスト力伝達部材は、ウエア着用者の腰部側面に配置される腰部支持板であり、

前記ウエア股関節部の前記装着部材として、ウエア着用者の骨盤部分を取り囲む腰部ベルトを備えており、

前記腰部ベルトは、面ファスナーによって相互に接合されたインナーベルトとアウターベルトを備え、

前記腰部支持板は、前記インナーベルトと前記アウターベルトの間に挟持されていると共に、これらに対して面ファスナーによって固定されており、

前記腰部支持板は、前記腰部ベルトに対する取り付け位置が変更可能となっている非外骨格型ロボティックウエア。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記第 2 アシスト力伝達部材は、ウエア着用者の大腿部側面の上部に配置される大腿部上部支持板であり、

前記装着部材として、ウエア着用者の大腿部の上部を取り囲む大腿部上部ベルトを備えている非外骨格型ロボティックウエア。

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記腰部ベルトおよび前記大腿部上部ベルトのそれぞれは、長さ調整が可能なベルト、および、伸縮可能な素材からなるベルトのうちの少なくとも一方である非外骨格型ロボティックウエア。

【請求項 4】

請求項 1 において、

前記回転アクチュエータは、前記ウエア股関節部に対して、着脱可能な状態で取り付けられている非外骨格型ロボティックウエア。

【請求項 5】

請求項 1 において、

前記ウエア関節部として、前記ウエア股関節部に加えて、左右のウエア膝関節部のうちの少なくとも一方が備わっており、

前記ウエア膝関節部の前記第 1 アシスト力伝達部材は大腿部側面の下部分に配置される大腿部下支持板であり、

前記ウエア膝関節部の前記第 2 アシスト力伝達部材は下腿部に配置される下腿部支持板であり、

前記下腿部支持板の下端部は、ウエア着用者の下腿部における膝関節よりも足関節に近

10

20

30

40

50

い位置まで延びており、

前記ウエア膝関節部の前記装着部材として、大腿部の下部分を取り囲む大腿部下部ベルトと、ウエア着用者の下腿部の上部分を取り囲む下腿部上部ベルトと、下腿部の下部分を取り囲む下腿部下部ベルトとを備えている非外骨格型ロボティックウエア。

【請求項 6】

請求項 5 において、

前記大腿部下部ベルト、前記下腿部上部ベルトおよび前記下腿部下部ベルトのそれぞれは、長さ調整が可能なベルト、および、伸縮可能な素材からなるベルトのうちの少なくとも一方である非外骨格型ロボティックウエア。

【請求項 7】

請求項 6 において、

前記ウエア膝関節部の前記回転アクチュエータは、前記ウエア膝関節部に対して、着脱可能な状態で取り付けられている非外骨格型ロボティックウエア。

【請求項 8】

ウエア着用者における隣接する人体関節部のそれぞれに装着される一対の関節用装着ユニットと、前記関節用装着ユニットのそれぞれを駆動制御するコントロールユニットとを有し、

前記関節用装着ユニットの間には、剛体フレームからなる関節間リンク機構が架け渡されておらず、

前記関節用装着ユニットのそれぞれは、

ウエア関節部と、

前記ウエア関節部の関節軸中心線を中心として相対回転可能な状態で、前記ウエア関節部に取り付けた第 1 アシスト力伝達部材および第 2 アシスト力伝達部材と、

前記第 1、第 2 アシスト力伝達部材を相対回転させるために前記ウエア関節部に取り付けた回転アクチュエータと、

ウエア着用者における前記人体関節部を中心として屈曲・伸展する一方の第 1 人体部分および他方の第 2 人体部分のそれぞれと一体となって、所定の屈曲・伸展方向に移動するように、前記第 1 アシスト力伝達部材および前記第 2 アシスト力伝達部材を前記ウエア着用者に装着する装着部材と、

を有し、

前記第 1、第 2 アシスト力伝達部材は、前記屈曲・伸展方向へのアシスト力を前記第 1、第 2 人体部分に伝達可能な剛性を備えており、

前記コントロールユニットは、前記関節用装着ユニットのそれぞれにおける前記人体関節部の動きに応じて、前記関節用装着ユニットのそれぞれにおける前記回転アクチュエータを駆動制御して前記第 1、第 2 アシスト力伝達部材を相対回転させるものであり、

前記一対の関節用装着ユニットは、左右の人体股関節部に装着される左右の股関節用装着ユニットであり、

前記股関節用装着ユニットのそれぞれにおける前記第 1 アシスト力伝達部材は、ウエア着用者の腰部側面に配置される腰部支持板であり、

前記股関節用装着ユニットのそれぞれにおける前記装着部材には、ウエア装着者の骨盤部分を取り囲む共通の腰部ベルトが備わっており、

前記腰部ベルトは、面ファスナーによって相互に接合されたインナーベルトとアウトターベルトを備え、

前記腰部支持板は、前記インナーベルトと前記アウトターベルトの間に挟持されていると共に、これらに対して面ファスナーによって固定されており、

前記腰部支持板は、前記腰部ベルトに対する取り付け位置が変更可能となっている非外骨格型ロボティックウエア。

【請求項 9】

請求項 8 において、

前記股関節用装着ユニットのそれぞれにおける前記第 2 アシスト力伝達部材は、ウエア

10

20

30

40

50

着用者の大腿部側面の上部分に配置される大腿部上部支持板であり、

前記股関節用装着ユニットのそれぞれにおける前記装着部材には、ウェア着用者の大腿部の上部分を取り囲む大腿部上部ベルトが備わっている非外骨格型ロボティックウェア。

【請求項 10】

請求項 9 において、

前記腰部ベルトおよび前記大腿部上部ベルトのそれぞれは、長さ調整が可能なベルト、および、伸縮可能な素材からなるベルトのうちの少なくとも一方である非外骨格型ロボティックウェア。

【請求項 11】

請求項 8 において、

前記股関節用装着ユニットのそれぞれにおける前記回転アクチュエータは、前記ウェア関節部に対して、着脱可能な状態で取り付けられている非外骨格型ロボティックウェア。

【請求項 12】

ウェア着用者における左右の人体股関節部のそれぞれに装着される左右の股関節用装着ユニットと、前記股関節用装着ユニットのそれぞれを駆動制御するコントロールユニットとを有し、

前記股関節用装着ユニットの間には、剛体フレームからなる股関節間リンク機構が架け渡されておらず、

前記股関節用装着ユニットのそれぞれは、

ウェア股関節部と、

前記ウェア股関節部の関節軸中心線を中心として相対回転可能な状態で、前記ウェア股関節部に取り付けた第 1 アシスト力伝達部材および第 2 アシスト力伝達部材と、

前記第 1、第 2 アシスト力伝達部材を相対回転させるために前記ウェア股関節部に取り付けた回転アクチュエータと、

ウェア着用者における前記人体股関節部を中心として屈曲・伸展する一方の第 1 人体部分および他方の第 2 人体部分のそれぞれと一体となって、所定の屈曲・伸展方向に移動するように、前記第 1 アシスト力伝達部材および前記第 2 アシスト力伝達部材を前記ウェア着用者に装着する装着部材と、

を有し、

前記第 1、第 2 アシスト力伝達部材は、前記屈曲・伸展方向へのアシスト力を前記第 1、第 2 人体部分に伝達可能な剛性を備えており、

前記コントロールユニットは、前記股関節用装着ユニットのそれぞれにおける前記人体股関節部の動きに応じて、前記股関節用装着ユニットのそれぞれにおける前記回転アクチュエータを駆動制御して前記第 1、第 2 アシスト力伝達部材を相対回転させることを特徴とする非外骨格型ロボティックウェア。

【請求項 13】

請求項 12 において、

更に、左右の人体膝関節部に装着される左右の膝関節用装着ユニットを有し、

左右の前記膝関節用装着ユニットと左右の前記股関節用装着ユニットとの間には、剛体フレームからなる関節間リンク機構が架け渡されておらず、

前記膝関節用装着ユニットのそれぞれは、

ウェア膝関節部と、

前記ウェア膝関節部の関節軸中心線を中心として相対回転可能な状態で、前記ウェア膝関節部に取り付けた膝用第 1 アシスト力伝達部材および膝用第 2 アシスト力伝達部材と、

前記膝用第 1、第 2 アシスト力伝達部材を相対回転させるために前記ウェア膝関節部に取り付けた膝用回転アクチュエータと、

ウェア着用者における前記人体膝関節部を中心として屈曲・伸展する一方の第 1 人体部分および他方の第 2 人体部分のそれぞれと一体となって、所定の屈曲・伸展方向に移動するように、前記膝用第 1 アシスト力伝達部材および前記膝用第 2 アシスト力伝達部材を前記ウェア着用者に装着する膝用装着部材と、

10

20

30

40

50

を有し、

前記膝用第 1、第 2 アシスト力伝達部材は、前記屈曲・伸展方向へのアシスト力を前記人体膝関節部を中心として屈曲・伸展する前記第 1、第 2 人体部分に伝達可能な剛性を備えており、

前記コントロールユニットは、前記膝関節用装着ユニットにおける前記人体膝関節部の動きに応じて、前記膝関節用装着ユニットのそれぞれにおける前記膝用回転アクチュエータを駆動制御して前記膝用第 1、第 2 アシスト力伝達部材を相対回転させる非外骨格型ロボティックウエア。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、人体の骨格系を利用してロボット重量を支える軽量でフレキシブルな非外骨格型ロボティックウエアに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、パワーアシスト、高齢者・障害者の歩行補助・リハビリ支援などを目的として、様々な人体装着型ロボットが開発されている。概ねそれらのロボットは人体の骨格に沿う様に外骨格を形成するものである。このような外骨格リンクを備えたロボットは非特許文献 1 において提案されている。本明細書においては、各関節間にリンク機構を備えた剛体フレーム（外骨格リンク）を用いて人体を外部から支えるように構成されたロボット骨格を有し、このロボット骨格の動きを人体に伝達することによって人の動作や筋力を補助する構造の人体装着型ロボットを「外骨格型ロボット」と定義する。

20

【0003】

また、人体装着型ロボットにおいては、人体関節部の動きに追従して適切なアシスト力等を発生できるようにするために、筋電位信号を用いて筋肉の活性度を評価し、その評価に基づきロボティクスーツを動作させる制御法、関節トルクと筋活動とを関係づける行列を用いた E M G 信号に基づく制御法等が提案されている。本発明者等も、人とロボティクスーツとの間に同調性をもたせた制御法を、特許文献 1 において提案している。

【先行技術文献】

【非特許文献】

30

【0004】

【非特許文献 1】山海嘉之，“人体密着型ロボットスーツ「HAL」”日本機械学会 No.09-17 第14回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集，(2009)

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2 0 1 2 - 6 6 3 7 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ここで、外骨格型ロボットは、その外骨格リンクによってロボットの重量を支えることができ、着用者に重量感を感じさせないという利点を持つ。しかしながら、剛性部材からなる関節間リンク機構を備え、重量が大きいので、人体に対する装着、取り外しが容易でない。また、個々の体格・体型に合うように関節間リンクの長さ等を調整するための調整機構が必要であり、このような調整機構を装着時に調整する必要がある。このため、ロボットを着用者が一人で取り扱うことが困難であり、また、装着、取り外しに時間を要するので、通常のウエアのように取り扱うことができない。

40

【0007】

本発明の課題は、このような外骨格型ロボットの問題点に鑑みて、軽量で、装着性が良く、調整機構を必要としないロボティックウエアを提案することにある。

【課題を解決するための手段】

50

【0008】

本発明者等は、上記の課題を解決するために、外骨格リンクを利用してロボット重量を支えるという従来の外骨格型ロボットにおける設計思想に代えて、人体の骨格系を利用して、関節の動きを補助すると共にロボット重量を支えるという着想のもとに、剛体フレームからなる関節間リンク機構を必要としない軽量でフレキシブルなロボティックウェアを実現したのである。本明細書においては、剛体フレームからなる関節間リンク機構を必要としない本発明による人体装着型ロボットを、「非外骨格型ロボティックウェア」と呼ぶ。

【0009】

本発明の非外骨格型ロボティックウェアは、
ウェア関節部と、

予め定めた前記ウェア関節部の関節軸中心線を中心として相対回転可能な状態で、前記ウェア関節部に取り付けた第1アシスト力伝達部材および第2アシスト力伝達部材と、

前記第1、第2アシスト力伝達部材を相対回転させるために前記ウェア関節部に取り付けた回転アクチュエータと、

ウェア着用者における人体関節部を中心として屈曲・伸展する一方の第1人体部分および他方の第2人体部分のそれぞれと一体となって所定の屈曲・伸展方向に移動するように、前記第1アシスト力伝達部材および前記第2アシスト力伝達部材を前記ウェア着用者に装着する装着部材と、

を有し、

前記第1、第2アシスト力伝達部材は、前記屈曲・伸展方向への所定のアシスト力を前記第1、第2人体部分に伝達可能な剛性を備えていることを特徴としている。

【0010】

本発明の非外骨格型ロボティックウェアは、人体関節から延びている一方および他方の人体部分と一体となって屈曲・伸展方向に移動可能な第1、第2アシスト力伝達部材を備えている。回転アクチュエータの出力が第1、第2アシスト力伝達部材を介して、人体関節の動きを補助するアシスト力として、人体骨格の側に伝達される。人体骨格を利用して人体関節の動きを補助する。外骨格型ロボットのように、人体における隣接する関節の間に架け渡した剛体フレームを備えた関節間リンク機構を用いて、人体を外側から支えるものではない。

【0011】

したがって、剛体フレームを備えた関節間リンク機構を備え、重量が大きいので、人体に対する装着、取り外しが容易でないという外骨格型ロボットの弊害を解消できる。また、個々の体格・体型に合うように関節間リンク機構の長さ等を調整するための調整機構も基本的に不要となるので、ウェア着用者が一人でウェアの着脱等の取り扱いが可能になる。さらに、ウェアの装着、取り外しを、通常のウェアのように、簡単に短時間で行うことも可能になる。

【0012】

本発明の非外骨格型ロボティックウェアの場合には、そのロボット重量の全てを人体骨格系で保持しなければならない。しかしながら、外骨格型ロボットとは異なり、重量のある剛体フレームを備えた関節間リンク機構、その調整機構等の重量のある部品、機構が不要である。また、第1、第2アシスト力伝達部材は軽量な不織布、プラスチック素材などから形成できる。よって、非外骨格型ロボティックウェアの全体重量を軽量にして、その全体重量を人体骨格系で保持させることが可能である。

【0013】

また、本発明の非外骨格型ロボティックウェアは、人体骨格系を利用するので、本来人間ができない能力、例えば100kg近い重量物を持ち上げるなどのパワーアシストは人体骨格を害するので不可能である。しかし、人にとって安全なロボットであり、リハビリテーションにおける補助や日常生活における衰えた人体機能の補助、さらには介護者やフィールド労働者の負担軽減、災害救助時の体力補助等、不定型な動作が連鎖する動作に対

10

20

30

40

50

して常時装着が求められる幅広い分野に対して応用することができる。

【0014】

本発明において、前記第1アシスト力伝達部材および前記第2アシスト力伝達部材のうちの少なくとも一方は、前記ウエア関節部から前記関節軸中心線に直交する方向に延びる連結板部分、および、前記連結板部分の先端部から当該連結板部分に直交する方向に延びる板部分を備えており、前記板部分は、ウエア着用者の体表に沿った形状に撓むことのできる可撓性を備えている。このような板部分を設けることによってアシスト力伝達部材を人体部分に確実に固定することができる。

【0015】

ここで、ウエア着用者の体型、体格に合った位置に板部分を取り付けることができるように、当該板部分は連結板部分に対して取り付け位置が変更可能であることが望ましい。

10

【0016】

本発明において、前記装着部材として、前記第1アシスト力伝達部材に取り付けた第1ベルトと、前記第2アシスト力伝達部材に取り付けた第2ベルトとを用いることができる。前記第1ベルトは、前記第1人体部分に対して、これを取り囲む状態に装着可能なベルトである。前記第2ベルトは、前記第2人体部分に対して、これを取り囲む状態に装着可能なベルトである。第1、第2ベルトを長さ調整可能としておけば、体型・体格の異なるウエア着用者に対して確実に第1、第2アシスト力伝達部材を取り付けることができる。第1、第2ベルトをラバーバンド等のような伸縮性のある素材から形成しておくことも可能である。

20

【0017】

ウエア着用者の体型、体格に合った位置においてベルトを固定できるようにするためには、第1ベルトは第1アシスト力伝達部材に対して取り付け位置が変更可能であることが望ましい。同様に、第2ベルトは第2アシスト力伝達部材に対して取付け位置が変更可能であることが望ましい。

【0018】

本発明の非外骨格型ロボティックウエアは、下肢ウエアとして用いられる場合には、前記ウエア関節部として、左右のウエア股関節部のうちの少なくとも一方を備える。この場合、前記第1アシスト力伝達部材は、ウエア着用者の腰部側面に配置される腰部支持板であり当該腰部支持板は、前記ウエア股関節部から前記関節軸中心線に直交する方向に延びる連結板部分、および、前記連結板部分の先端部から当該連結板部分に直交する方向に延びる板部分を備えている。前記第1ベルトは、ウエア着用者の骨盤部分を取り囲む腰部ベルトであり、前記腰部支持板の前記板部分に取り付けられる。また、前記第2アシスト力伝達部材は、ウエア着用者の大腿部側面の上部分に配置される大腿部上部支持板であり、当該大腿部上部支持板は、前記ウエア股関節部から前記関節軸中心線に直交する方向に延びる連結板部分、および、前記連結板部分の先端部から当該連結板部分に直交する方向に延びる板部分を備えている。前記第2ベルトは、ウエア着用者の大腿部の上部分を取り囲む大腿部上部ベルトであり、前記大腿部上部支持板の前記板部分に取り付けられる。

30

【0019】

また、ウエア着用者の体型・体格に適合できるように、前記腰部支持板は、前記腰部ベルトに対する取付け位置が変更可能あるいは調整可能となっていることが望ましい。

40

【0020】

さらに、このような位置調整機構を備えた腰部ベルトは、面ファスナーによって相互に接合されたインナーベルトとアウターベルトを備え、前記腰部支持板は、前記インナーベルトと前記アウターベルトの間に挟持されると共に面ファスナーによって固定されていることが望ましい。この場合には、前記腰部支持板は、前記腰部ベルトに対する取り付け位置を、任意の方向に変更できる。

【0021】

また、前記第2ベルトである大腿部上部ベルトも、前記大腿部上部支持板に対する取り付け位置が変更可能であることが望ましい。

50

【 0 0 2 2 】

次に、本発明の非外骨格型ロボティックウエアは、下肢ウエアとして用いられる場合には、前記ウエア関節部として、左右のウエア膝関節部のうちの少なくとも一方を備えている場合がある。この場合、ウエア着用者が、動作時に、回転アクチュエータなどの重量による慣性力によって重量感を覚えるなどの影響が考えられる。特に、歩行などの運動時において膝関節部の回転アクチュエータ（モータユニット）が大きく揺動してしまう等の問題が考えられる。

【 0 0 2 3 】

本発明者等は、その主な原因が、回転アクチュエータの質量が大きいこと、および、膝関節部の固定度が悪いことであることを確認した。股関節部と膝関節部を剛体フレームからなる外骨格リンクで結合することにより、上記の問題は解消するが、それによって本願発明の非外骨格型ロボティックウエアのコンセプトである人間らしい動きの自由度が損なわれてしまう。

10

【 0 0 2 4 】

このような重量感、運動性等は、回転アクチュエータの軽量化を図ること、回転アクチュエータが取り付けられているウエア関節部が動作時に人体表面に対して相対的に移動しないように拘束すること等の対策で、低減あるいは改善可能である。

【 0 0 2 5 】

本発明者等は、膝関節部の固定度を高めるために、前記下腿部上部支持板の下端部を、ウエア着用者の下腿部における膝関節よりも足関節に近い位置まで延ばし、当該下端部をベルトによって下腿部の下部に固定しておくことが極めて有効であることを見出した。また、この場合には、膝関節部の揺動を抑えつつ、ウエア装着時でも足を組んで座れるほどの自由度が得られるように、前記下腿部上部支持板は、前記下腿部上部ベルトおよび前記下腿部下部ベルトに対して、下腿部に沿った方向にスライド可能であることが望ましいことが確認された。

20

【 0 0 2 6 】

かかる知見の下で、本発明の非外骨格型ロボティックウエアでは、前記ウエア関節部として、左右のウエア膝関節部のうちの少なくとも一方が備わっている場合に、前記第1アシスト力伝達部材は大腿部側面の下部分に配置される大腿部下部支持板であり、当該大腿部下部支持板は、前記ウエア膝関節部から前記関節軸中心線に直交する方向に延びる連結板部分、および、前記連結板部分の先端部から当該連結板部分に直交する方向に延びる板部分を備えている。前記第1ベルトは、大腿部の下部分を取り囲む大腿部下部ベルトであり、前記大腿部下部支持板の前記板部分に取り付けられる。これに対して、前記第2アシスト力伝達部材は下腿部に配置される下腿部支持板であり、前記下腿部上部支持板の下端部は、ウエア着用者の下腿部における膝関節よりも足関節に近い位置まで延びている。また、前記第2ベルトとして、ウエア着用者の下腿部の上部分を取り囲む下腿部上部ベルトと、下腿部の下部分を取り囲む下腿部下部ベルトを備えている。

30

【 0 0 2 7 】

さらに、前記下腿部上部支持板は、前記下腿部上部ベルトおよび前記下腿部下部ベルトに対して、下腿部に沿った方向にスライド可能となっている。

40

【 0 0 2 8 】

次に、本発明の非外骨格型ロボティックウエアにおいて、前記回転アクチュエータを前記ウエア関節部に対して着脱可能な状態に取り付けておくことが望ましい。このようにすれば、ウエア着用者は、着用後に回転アクチュエータを各ウエア関節部に取り付けることができるので、ウエアの着脱が容易になる。また、アシストが必要とされるウエア関節部にのみ回転アクチュエータを取り付けることができる。

【 0 0 2 9 】

また、本発明の非外骨格型ロボティックウエアは、前記人体関節部の動きに応じて前記回転アクチュエータを駆動制御して前記第1、第2アシスト力伝達部材を相対回転させるコントロールユニットを有していることが望ましい。

50

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】参考例である本発明の実施の形態1に係る下肢用の非外骨格型ロボティックウェアの外観を示す正面図、左側面図および背面図である。

【図2】図1の非外骨格型ロボティックウェアの内部構造を示す正面図、左側面図および背面図である。

【図3】重量感等の評価に用いる試験用ロボティックウェアのウェア股関節部およびウェア膝関節部を示す説明図である。

【図4】試験用ロボティックウェアの歩行時の加速度測定結果を示すグラフである。

【図5】試験用ロボティックウェアの歩行時の加速度測定結果を示すグラフである。

10

【図6】試験用ロボティックウェアの歩行時の加速度測定結果を示すグラフである。

【図7】試験用ロボティックウェアの歩行時の加速度測定結果を示すグラフである。

【図8】試験用ロボティックウェアの歩行時の加速度測定結果を示すグラフである。

【図9】試験用ロボティックウェアの歩行時の加速度測定結果を示すグラフである。

【図10】本発明の実施の形態2に係る下肢用の非外骨格型ロボティックウェアを着用した状態を示す正面図および左側面図である。

【図11】図10の非外骨格型ロボティックウェアから回転アクチュエータを外した状態を示す正面図および左側面図である。

【図12】図10の非外骨格型ロボティックウェアの腰部ユニットを示す前側斜視図および後側斜視図である。

20

【図13】左側のウェア股関節部を示す分解斜視図である。

【図14】図10の非外骨格型ロボティックウェアにおける一方の膝装着用ユニットを示す外側斜視図および内側斜視図である。

【図15】回転アクチュエータの概略構成を示す説明図である。

【図16】動作自由度の検証のために用いた比較モデルを示す説明図である。

【図17】動作自由度の検証結果を示す図表である。

【図18】膝関節揺動評価実験に用いた実験モデルの一例を示す説明図である。

【図19】膝関節揺動評価実験に用いた実験モデルの別の例を示す説明図である。

【図20】膝関節揺動評価実験に用いたAFOモデルを示す説明図である。

【図21】膝関節揺動評価実験の結果を示す図表である。

30

【図22】腰部ユニットの装着位置を示す説明図である。

【図23】調整機構を備えた腰部ユニットの例を示す部品図である。

【図24】インナーベルトの装着操作を示す説明図である。

【図25】左右の股関節ユニットの装着操作を示す説明図である。

【図26】股関節ユニットの大腿部上部ベルトの装着操作を示す説明図である。

【図27】アウターベルトの装着操作を示す説明図である。

【図28】腰部ユニットが装着された状態を示す説明図である。

【図29】本発明を適用した全身用の非外骨格型ロボティックウェアを示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0031】

以下に、図面を参照して、本発明を適用した非外骨格型ロボティックウェアの実施の形態を説明する。以下の実施の形態は、本発明を下肢に適用した歩行用ロボティックウェアに関するものであるが、本発明を上肢に適用すること、全身に適用すること（後述のその他の実施の形態、図29参照）等も可能である。また、リハビリ等の目的で、人体の一つあるいは複数の関節部の動きをアシストするためのウェア、例えば、一方の腕の肩関節部および肘関節部をアシストするためのウェアとして用いることも可能である。

【0032】

[参考例実施の形態1]

図1(a)は、本発明の参考例である実施の形態1に係る歩行用の非外骨格型ロボティ

50

ックウエア（以下、単に「ロボティックウエア」と呼ぶ場合もある。）を装着した状態の外観を示す正面図であり、図1（b）はその左側面図であり、図1（c）はその背面図である。また、図2（a）～（c）は、当該ロボティックウエアの内部構造を示す正面図、左側面図および背面図である。

【0033】

これらの図を参照して説明すると、ロボティックウエア1は、ウエア着用者（人体）Pの体表に密着した状態で着用される伸縮性素材からなるタイツ2（伸縮性ウエア）を備えている。タイツ2は、人体に直接触れる伸縮性素材からなるインナー生地3（図2参照）と、外側に現れる伸縮性素材からなるアウター生地4（図1参照）の二層構造となっている。

10

【0034】

タイツ2には、人体下肢の左右の関節部分に対応する部位にウエア関節部が取り付けられている。図示の例では、ウエア関節部として、左ウエア股関節部5、右ウエア股関節部6、左ウエア膝関節部7および右ウエア膝関節部8が備わっている。左ウエア股関節部5には、図2から分かるように、第1アシスト力伝達部材11、第2アシスト力伝達部材12および回転アクチュエータ13が取り付けられている。

【0035】

第1、第2アシスト力伝達部材11、12は、インナー生地3およびアウター生地4の間に沿って配置され、これらに固定されている。また、これらの部材11、12は、左ウエア股関節部5を中心として、人体前後方向に相対回転可能な状態で当該左ウエア股関節部5に取り付けられている。回転アクチュエータ13の回転力は、左ウエア股関節部5から第1、第2アシスト力伝達部材11、12に伝達され、これらを介して、アシスト力として人体Pの左股関節部分に伝達される。

20

【0036】

第1、第2アシスト力伝達部材11、12は例えばプラスチック素材からなり、タイツ2の伸縮力によって人体Pの体表に沿った形状に撓むことのできる可撓性を備えている。同時に、上記のように、回転アクチュエータ13の回転力を、人体Pの左股関節部を中心とする人体の動きをアシストする所定のアシスト力として人体Pに伝達可能な剛性も備わっている。例えば、薄い板状部材からなる第1、第2アシスト力伝達部材11、12は、平板状に広がっている状態では所定のアシスト力を伝達可能な剛性が備わっていないが、インナー生地3およびアウター生地4によって人体Pの体表に沿った形状に撓められて湾曲した状態では、所定のアシスト力を伝達可能な剛性を呈する。あるいは、第1、第2アシスト力伝達部材11、12は、インナー生地3およびアウター生地4によって両側から保持された状態において、これらの生地3、4と一体となって、所定のアシスト力を伝達可能な剛性を備えた部位となる。

30

【0037】

同様な構成で、右ウエア股関節部6には、第1アシスト力伝達部材14、第2アシスト力伝達部材15および回転アクチュエータ16が取り付けられている。左ウエア膝関節部7には、第1アシスト力伝達部材17、第2アシスト力伝達部材18および回転アクチュエータ19が取り付けられている。また、右ウエア膝関節部8には、第1アシスト力伝達部材20、第2アシスト力伝達部材21および回転アクチュエータ22が取り付けられている。

40

【0038】

各部の構成を更に詳しく説明する。まず、各ウエア関節部5～8は同一構成であり、タイツ2に固定した取付けフランジ5a～8aを備えている。各取付けフランジ5a～8aは剛性素材、例えばアルミニウム合金、セラミック素材などの軽い剛性素材から形成した円盤状の部品である。各取付けフランジ5a～8aは、タイツ2の表面、すなわち、アウター生地4の表面に露出している円形輪郭のアクチュエータ取付け部5b～8bを備えている。アクチュエータ取付け部5b～8bには、着脱可能な状態で、偏平な円柱状輪郭の回転アクチュエータ13、16、19、22が取り付けられている。

50

【 0 0 3 9 】

左ウエア股関節部 5 の第 1 アシスト力伝達部材 1 1 および右ウエア股関節部 6 の第 1 アシスト力伝達部材 1 4 は左右対称な形状をしており、図 2 から分かるように、一定幅の前側骨盤固定用ベルト部分 3 1 および後側骨盤固定用ベルト部分 3 2 によって、人体 P の骨盤を取り囲むように相互に繋がっている。例えば、前側骨盤固定用ベルト部分 3 1 に、長さ調整用のバックル部分を取り付けて長さ調整可能とし、人体 P の骨盤（A S I S：前上腸骨棘）に確実に締め付け固定できるようにすることが望ましい。左ウエア股関節部 5 の第 2 アシスト力伝達部材 1 2 および右ウエア股関節部 6 の第 2 アシスト力伝達部材 1 5 も左右対称な形状をしている。これらの部材 1 2、1 5 は、図 2（b）、（c）から分かるように、左右の股関節部 5、6 から、左右の大腿部上部の側面に沿って下方に延び、後側に折れ曲がって大腿部上部の後側を取り囲むように円弧状に配置される大腿部上部支持板である。

10

【 0 0 4 0 】

左ウエア膝関節部 7 の第 1 アシスト力伝達部材 1 7 および右ウエア膝関節部 8 の第 1 アシスト力伝達部材 2 0 も左右対称な形状をしている。これらの部材 1 7、2 0 は、図 2（b）、（c）から分かるように、左右の膝関節部 7、8 から、左右の大腿部下部の側面に沿って上方に延び、後側に折れ曲がって大腿部下部の後側を取り囲むように円弧状に配置される大腿部下支持板である。左ウエア膝関節部 7 の第 2 アシスト力伝達部材 1 8 および右ウエア膝関節部 8 の第 2 アシスト力伝達部材 2 1 も左右対称な形状をしており、これらの部材 1 8、2 1 は、図 2（b）、（c）から分かるように、左右の膝関節部 7、8 から、左右の下腿部上部の側面に沿って下方に延び、後側に折れ曲がって下腿部上部の後側を取り囲むように円弧状に配置される下腿部上部支持板である。

20

【 0 0 4 1 】

なお、第 1、第 2 アシスト力伝達部材 1 1、1 2、1 4、1 5、1 7、1 8、2 0、2 1 は、図示の形状に限定されるものではない。タイツ 2 の伸縮力によって人体の表面に沿って配置でき、所定の大きさのアシスト力を人体の側に伝達可能であれば、他の形状であっても良いことは勿論である。また、左右対称の形状とせず、左右において異なった形状、大きさのものとする 것도できる。

【 0 0 4 2 】

各回転アクチュエータ 1 3、1 6、1 9、2 2 は、図示の例では同一形状および同一構造のものを用いている。各回転アクチュエータは、電動モータと、この出力回転を減速する減速機とを備え、減速機からの減速出力回転によって、各第 1、第 2 アシスト力伝達部材の回転中心を規定している関節軸（図示せず）が回転する。例えば、第 1 アシスト力伝達部材が固定側とされ、ウエア関節部の取付けフランジに固定され、第 2 アシスト力伝達部材が関節軸を中心として回転駆動される。回転アクチュエータとしては、各種の構造のものを用いることが可能である。また、各回転アクチュエータを異なる出力のものとする 것도可能である。いずれの場合においても、各回転アクチュエータの取付けフランジに対する取付け部分を、共通化しておくことが望ましい。

30

【 0 0 4 3 】

次に、本例のロボティックウエア 1 は、各回転アクチュエータ 1 3、1 6、1 9、2 2 を駆動制御するコントロールユニット 9 が備わっている。コントロールユニット 9 は、図 1、2 に示すように、後側骨盤固定用ベルト部分 3 2 に取り付けられている。コントロールユニット 9 は、例えば、先に引用した非特許文献 1、特許文献 1 において提案されている制御法により、人体の関節部の動きに応じて各回転アクチュエータを駆動制御して第 1、第 2 アシスト力伝達部材を相対回転させるものである。図においては、コントロールユニット 9 と各回転アクチュエータの間の配線については省略してある。なお、コントロールユニット 9 をロボティックウエア 1 とは別体構成とし、有線あるいは無線により、各回転アクチュエータを遠隔操作するように構成してもよいことは勿論である。

40

【 0 0 4 4 】

[外骨格型ロボットとの相違点]

50

このように構成したロボティックウェア 1 は、一般的な外骨格型ロボットと比較すると、表 1 に示す相違点（優劣点）がある。

【 0 0 4 5 】

【表 1】

	外骨格型	ロボティックウェア
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・ロボット重量を剛体の骨格で支えられる ・重量感を感じない 	<ul style="list-style-type: none"> ・軽量化が可能 ・装着性が良い ・関節間リンクの調整機構が不要
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・関節間リンクが必要 ・ロボット重量が大きい ・リンク調整機構が必要 ・大型の装置になる ・装着が煩雑 	<ul style="list-style-type: none"> ・ロボット重量がすべて人体にかかる ・慣性力による重量感を感じる

10

【 0 0 4 6 】

そこで、本発明者等は、試作した試験用ロボティックウェアを人体に装着し、重量感、運動性、装着性などの評価を行った。このために行った実験の一部を以下に述べる。

20

【 0 0 4 7 】

[重量感評価モデル]

図 3 (a) は、この評価のための解析を目的として製作した試験用ロボティックウェアのウェア股関節部を示す説明図であり、図 3 (b) はそのウェア膝関節部を示す説明図である。図に示す試験用ロボティックウェア 1 A は両股関節部および膝関節部に合計 4 つの関節軸を有するが、人体の骨格系を利用するため外骨格に相当する各関節間の剛体リンクは存在しない。重量は股関節部 1 5 0 g、膝関節部 2 0 0 g (両脚で 4 0 0 g) である。人体への固定方法は、ウェア股関節部 5 A は骨盤 (A S I S : 前上腸骨棘) および左右の大腿部上部を、ウェア膝関節部 7 A は大腿部下部および下腿部上部をベルト 4 1 ~ 4 4 で絞めて固定するものである。試験用ウエイト 4 5 は、回転アクチュエータの取付け位置と同一箇所である各ウェア関節部 5 A、7 A の関節軸 5 c、7 c 上にボルト 4 7、4 8 で完全に固定することができる。

30

【 0 0 4 8 】

[主観評価実験]

(実験方法)

人体に装着した試験用ロボティックウェア 1 A にウエイト 4 5 を固定して、歩行、ランニング、跳躍、屈伸屈曲などの日常生活動作を行い、その際の重量感や構造上の問題点を確認した。個々の評価を明確にするため、ウェア股関節部 5 A とウェア膝関節部 7 A は同時に装着するのではなく、それぞれ個別に装着し、ウェア膝関節部 7 A に関しては左足のみに装着した。また、ウエイト 4 5 は、重量 5 0 0 g および 1 k g の鉄製の固体を使用した。

40

【 0 0 4 9 】

(実験結果)

立位静止時と歩行時においてもその重量感に大きな変化が無かった股関節部に対して、膝関節部では歩行時 (特に踵接地 ~ 立脚期) に大きな重量感を感じた。表 2 に重量感に関する主観評価結果を示す。

【 0 0 5 0 】

【表 2】

	股関節部	膝関節部
重量感	運動による重量感の違いは感じない	歩行時にウエイト重量を強く感じる

【0051】

[加速度実験]

主観的評価実験の結果から、運動や歩行時にウエイトにかかる慣性力が重量感と深い関わりがあると考え、歩行時のウエア股関節部 5 A ならびにウエア膝関節部 7 A にかかる加速度測定を行った。

10

【0052】

(実験方法)

人体に装着した試験用ロボティックウエア 1 A のウエイト固定部上部に加速度センサーを固定し、歩行時の加速度を計測した。主観的評価実験と同様に、ウエア股関節部 5 A とウエア膝関節部 7 A は同時に装着するのではなく、それぞれ個別に装着し、ウエア膝関節部 7 A に関しては左足のみに装着した。ウエア股関節部 5 A のセンサー取り付け位置は左側のみとしたが、ウエイト 4 5 は左右ともに取り付けた。

【0053】

加速度センサーは、外形寸法 40 mm × 20 mm × 5.5 mm、重量 35 g (電池重量を含む) の小型無線 3 軸加速度センサー「ワイヤレス EMG ロガー」(追坂電子機器 LP - MS 1047F) を使用した。サンプリング周波数は 50 Hz で固定されているが、前後、左右、上下の 3 方向の加速度を検出範囲 ± 4 G で測定可能で、見通し距離で約 50 m の無線通信が行えるものである。

20

【0054】

歩行条件は、約 5 m を 10 歩で歩く自然歩行で、非測定肢 (右足) から歩行を開始するものとして 2 往復を測定した。ウエイト条件は、主観的評価実験と同じ重量 500 g および 1 kg の鉄製の固体を使用した。ウエア股関節部 5 A の計測において、ウエイトは左右ともに取り付けた。得られたデータは計測終了時に無線データ送受信機によって PC に送信し解析に用いた。

30

【0055】

(実験結果)

ウエア股関節部 5 A とウエア膝関節部 7 A のそれぞれの前後、左右、上下方向の加速度波形を図 4 ~ 9 に示す。ここで示した波形は 1 往復目の 2.5 ~ 4.5 秒間 (約 4 ~ 7 歩目) のデータである。これらの加速度波形において、X 系列は上下方向 (上方向が +) を、Y 系列は前後方向 (前方向が +) を、Z 系列は左右方向 (左方向が +) を表す。なお、立位静止時にも X 方向には重力成分を示す - 1 G ほどの出力がある。

【0056】

いずれのデータにおいても X 値波形にパルスが現れる特徴があるが、これは踵接地時の波形を示していると考えられる。膝関節部のデータに着目すると、前後方向の加速度を示す Y 値が大きく振れている。これは膝の振り出し時に歩行に必要な大きな力の現れと推測される。左右方向を表す Z 値にも左足接地時に特徴的な振動が現れているが、正常歩行において膝が左右に大きく揺動することは無く、これは膝関節部の固定性に起因する揺動が原因ではないかと推測する。

40

【0057】

(実験結果の考察)

ウエア股関節部 5 A に発生する加速度に対してウエア膝関節部 7 A の加速度が大きい。この加速度による慣性力が重力感の違いとして現れているのではないかと推測する。関節部の固定性の問題も検討する必要があるが、ウエイト重量を減少し慣性力を低減することによって、膝関節部においても股関節部と同等レベルの重量感にすることが可能であると

50

考えられる。

【0058】

なお、装着実験は、所謂、健常者の歩行速度で行った。高齢者、障害者の歩行補助・リハビリ支援等を目的とする場合には、着用者の歩行速度は健常者に比べて遅く、慣性力による重量感も小さくなるものと推定される。

【0059】

以上説明したように、参考例として、本発明では、人体の骨格系を利用した軽量でフレキシブルな非外骨格型ロボティックウエアを提案した。このウエアは、外骨格型ロボットの特徴である剛体の外骨格リンクが存在せず、体格差による関節間リンクの調整機構も不要であるので、軽量で人体への装着性が良いものとなっている。

10

【0060】

人体の骨格系を利用する構造であるので、人体に掛かる重量感が課題として挙げられる。その重量感の検証を目的としたウエアを試作して装着実験を行った。その結果、装着したロボティックウエアに重量を掛けた場合、静止時にはほとんど重量感を感じないのに対し、歩行時つまり慣性力が働く時において膝関節部のみに重量感を感じることが判明した。これらのことから膝関節部の重量を軽くすることによってロボティックウエアの重量感を低減可能であることが判明した。

【0061】

[実施の形態2]

(全体構成)

図10は、本発明を適用した実施の形態2に係る非外骨格型ロボティックウエア(以下、「ロボティックウエア」と呼ぶ場合もある。)の概略構成を示し、(a)は当該ロボティックウエアを人体に装着した状態を示す正面図であり、(b)はその左側面図である。図11(a)および(b)は、図10に示すロボティックウエアから回転アクチュエータであるモータユニットを取り外した状態を示す正面図および左側面図である。

20

【0062】

実施の形態2に係るロボティックウエア100は、下肢用のウエアであり、腰部ユニット(股関節用装着ユニット)110および左右の膝部ユニット(膝関節用装着ユニット)130L、130Rから構成されている。膝部ユニット130L、130Rは左右対称の構造であるので、以下の説明においては、これらを膝部ユニット130と呼ぶ場合もある。

30

【0063】

腰部ユニット110および膝部ユニット130は個別にウエア着用者Pに装着することができる。この代わりに、ロボティックウエア100を、これらのユニット110、130と、これらのユニット110、130が取り付けられたタイツ101から構成することもできる。タイツ101をウエア着用者Pに着用させた後に、タイツ101の上から、各ユニット110、130がウエア着用者Pに固定される。タイツ101を実施の形態1の場合と同様にインナーとアウターから構成することもできる。

【0064】

腰部ユニット110は左右の股関節ユニット111A、121Aを備え、左右の膝部ユニット130L、130Rは、左右の膝関節部131、141を備えている。これらの部位のそれぞれには、回転アクチュエータ117、127、137、147が着脱可能に取り付けられている。ウエア着用者Pは、図11に示す状態のロボティックウエア100の着用後に、回転アクチュエータ117、127、137、147を左右の股関節ユニット111A、121Aおよび左右の膝関節部131、141に取付けて、図10の状態にすることができる。また、各回転アクチュエータを外した後にロボティックウエア100を脱ぐことができる。よって、ロボティックウエア100の着脱が容易である。また、アシストが必要な関節部分にのみ重量のある回転アクチュエータを取り付けることができるので便利である。

40

【0065】

50

(腰部ユニット)

図12(a)は腰部ユニット110の前側斜視図であり、図12(b)はその後側斜視図である。これらの図においては回転アクチュエータ117、127を取り外した状態で示してある。図13は腰部ユニット110の左側の股関節ユニット111Aの部分を示す分解斜視図である。腰部ユニット110は、左右の股関節ユニット111A、121Aと、これらが着脱可能に取り付けられている腰部ベルト115を備えている。

【0066】

図10、図12および図13を参照して説明すると、腰部ユニット110の左右の股関節ユニット111A、121Aは、人体下肢の左右の股関節の部分の外側に配置される円盤状の左右のウエア股関節部111、121が備わっている。左右のウエア股関節部111、121は左右対称な構造である。左側のウエア股関節部111は、図13に示すように、人体側に位置する中心貫通穴が形成された可動側円盤111aと、中心貫通穴が形成された円盤状のスペーサ111bと、固定側円盤111cを備えている。可動側円盤111aと固定側円盤111cはスペーサ111bを挟み同軸に積層され、これらの中心線である関節軸中心線111dを中心として、相対回転可能となっている。他方の右側のウエア股関節部121も同様な構造であり、可動側円盤121a、スペーサ121b、固定側円盤121cを備え、可動側円盤121aと固定側円盤121cは関節軸中心線121dを中心として相対回転可能である。

10

【0067】

左右のウエア股関節部111、121には、それぞれ、人体腰部の左右の側面に配置される左右の腰部支持板112、122と、人体大腿部の上部分の左右の側面に配置される左右の大腿部上部支持板113、123が取り付けられている。左右の腰部支持板112、122は、固定側円盤111c、121cに一体形成されており、左右のウエア股関節部111、121から上方に延びている。腰部支持板112、122は、関節軸中心線111d、121dに直交する方向に延びる一定幅の連結板部分112a、122aと、連結板部分112a、122aの先端部に取り付けた円弧板部分112b、122bとを備えている。以下の説明では、これらの円弧板部分112b、122bをTバー112b、122bと呼ぶ。Tバー112b、122bは人体側に凹となっており、連結板部分112a、122aに直交する腰部を取り囲む方向に延びている。

20

【0068】

左右の大腿部上部支持板113、123は、可動側円盤111a、121aに一体形成されており、左右のウエア股関節部111、121から下方に延びている。大腿部上部支持板113、123、関節軸中心線111d、121dに直交する方向に延びる一定幅の連結板部分113a、123aと、連結板部分113a、123aの下端部に取り付けた円弧板部分113b、123bとを備えている。以下の説明では、これらの円弧板部分113b、123bを、大腿部カフ113b、123bと呼ぶ。大腿部カフ113b、123bは人体側に凹となっており、連結板部分113a、123aに直交する大腿部上部を取り囲む方向に延びている。

30

【0069】

左のウエア股関節部111の腰部支持板112、113は、関節軸中心線111dを中心として、人体前後方向に相対回転可能である。同様に、右のウエア股関節部121の支持板122、123は、関節軸中心線121dを中心として、人体前後方向に相対回転可能である。すなわち、人体の左右の股関節の上側の骨格部分である骨盤に対して、下側の大腿部の骨格部分が股関節を中心として前後に屈曲・伸展する方向に、支持板112および113は相対回転可能であり、同様に、支持板122、123も相対回転可能である。

40

【0070】

上側の左右の腰部支持板112、122のTバー112b、122bは、腰部ベルト115の左右の側面部分に固定されている。腰部ベルト115は、人体腰部を取り囲む状態に、当該人体腰部に装着可能である。腰部ベルト115の一端にはバックルが取り付けられ、他方の端をバックルに通して、面ファスナーによって腰部ベルト途中の部位に固定す

50

ることで、体型・体格の異なるウェア着用者 P の腰部に装着可能である。腰部ベルト 1 1 5 を締めると、左右の腰部支持板 1 1 2、1 2 2 が人体腰部の左右の側面に密着した状態で固定される。

【0071】

ここで、左右の腰部支持板 1 1 2、1 2 2 の T バー 1 1 2 b、1 2 2 b の腰部ベルト 1 1 5 に対する取付け位置は、上下方向および腰回り方向に、調整可能（変更可能）となっている。本例では、図 1 2 (a) から分かるように、腰部ベルト 1 1 5 の左右の側面部分に、上下方向および腰回りの方向に複数のビス固定穴が形成されており、所定の位置に、左右の腰部支持板 1 1 2、1 2 2 をビスによって取付け可能である。

【0072】

一方、下側の左右の大腿部上部支持板 1 1 3、1 2 3 は、左右の大腿部上部ベルト 1 1 6、1 2 6 によって、ウェア着用者 P の左右の大腿部の上部分に固定可能である。大腿部上部支持板 1 1 3、1 2 3 の大腿部カフ 1 1 3 b、1 2 3 b には、ベルト通し用のスリットが形成されており、これらに、大腿部上部ベルト 1 1 6、1 2 6 が通されている。

【0073】

大腿部上部ベルト 1 1 6、1 2 6 は、バックルおよび面ファスナーを備えており、ウェア着用者 P の左右の大腿部の上部分に装着可能である。大腿部上部ベルト 1 1 6、1 2 6 を締め付けると、左右の大腿部上部支持板 1 1 3、1 2 3 が左右の大腿部の上部分に固定される。また、左右の大腿部カフ 1 1 3 b、1 2 3 b は大腿部上部ベルト 1 1 6、1 2 6 の内側に位置しており、ベルト締め付け力によって、左右の大腿部の表面に密着した状態になる。

【0074】

このように、腰部ベルト 1 1 5 および左右の大腿部上部ベルト 1 1 6、1 2 6 を人体腰部および左右の大腿部上部に装着して締め付けると、左右の腰部支持板 1 1 2、1 2 2 が人体の左右の股関節の上側の骨盤と一体となって前後方向に移動可能な状態でウェア着用者 P に装着される。また、左右の大腿部上部支持板 1 1 3、1 2 3 が人体の左右の股関節の下側の大腿骨格部分と一体となって前後方向に移動可能な状態で人体に装着される。なお、大腿部カフ 1 1 3 b、1 2 3 b の連結板部分 1 1 3 a、1 2 3 a に対する取付け位置を、上下方向に調整可能に取付けておくことも可能である。このようにすれば、大腿部上部ベルト 1 1 6、1 2 6 をウェア着用者 P の大腿部上部における適切な高さの部位に締め付けることができる。

【0075】

次に、図 1 0、図 1 3 に示すように、左右のウェア股関節部 1 1 1、1 2 1 の固定側円盤 1 1 1 c、1 2 1 c の外側端面には、関節軸中心線 1 1 1 d、1 2 1 d に回転中心線が一致するように、左右の回転アクチュエータ 1 1 7、1 2 7 が取り付けられている。本例では、左右のウェア股関節部 1 1 1、1 2 1 に対して、回転アクチュエータ 1 1 7、1 2 7 が着脱可能な状態で取り付けられている。回転アクチュエータ 1 1 7、1 2 7 のそれぞれは同一構造であり、モータ 1 1 7 a、1 2 7 a と、モータ 1 1 7 a、1 2 7 a の前面に同軸に取り付けた減速機 1 1 7 b、1 2 7 b から構成されている。

【0076】

回転アクチュエータ 1 1 7、1 2 7 が回転すると、その回転力によって関節軸中心線 1 1 1 d、1 2 1 d を中心として、左右の腰部支持板 1 1 2、1 2 2 および左右の大腿部上部支持板 1 1 3、1 2 3 が相対的に前後方向に旋回する。腰部支持板 1 1 2、1 2 2 は腰部ベルト 1 1 5 によって人体腰部に固定され、大腿部上部支持板 1 1 3、1 2 3 は大腿部上部ベルト 1 1 6、1 2 6 によって人体の大腿部の上部分に固定されている。したがって、人体の股関節を中心として、前後に屈曲・伸展する方向のアシスト力が、これらの支持板 1 1 2、1 1 3、1 2 2、1 2 3 を介して人体骨格の側に伝達される。これらの支持板 1 1 2、1 1 3、1 2 2、1 2 3 は所定のアシスト力を回転アクチュエータ 1 1 7、1 2 7 の側から人体の側に伝達可能な所定の剛性を備えている。

【0077】

10

20

30

40

50

ここで、回転アクチュエータ 117 は、図 13 に示すように、ウエア股関節部 111 に対する取付面 117c の側の部位の外周面部分に、一对のロック用のフック 118a が取り付けられている。一对のフック 118a は、直径方向の両側に位置し、バネ力によって相互に閉じる方向に付勢されている。ウエア股関節部 111 の固定側円盤 111c の外周面には、直径方向の両側に、フック係合溝 118b が形成されている。また、固定側円盤 111c の円環状端面には円周方向に所定の角度間隔で、位置決め用のピン穴（図示せず）が形成されており、回転アクチュエータ 117 の取付面 117c には、ピン穴に差し込み可能な位置決めピン（図示せず）が取り付けられている。

【0078】

一对のフック 118a を開き、ピン穴に位置決めピンを位置決めして、回転アクチュエータ 117 の取付面 117c をウエア股関節部 111 の固定側円盤 111c の円環状端面に取付ける。一对のフック 118a を開放すると、バネ力によってフック 118a が閉じ、フック係合溝 118b に係合状態となる。よって、簡単な操作によって、回転アクチュエータ 117 をウエア股関節部 111 に固定できる。また、回転アクチュエータ 117 をウエア股関節部 111 から取り外す場合には、一对のフック 118a をバネ力に逆らって開く。これにより、フック 118a がフック係合溝 118b から外れるので、簡単に回転アクチュエータ 117 を取り外すことができる。なお、他方の回転アクチュエータ 127 も同様にウエア股関節部 121 に対して着脱可能である。

【0079】

（膝部ユニット）

図 14 (a) は、左側の膝部ユニット 130L を外側から見た場合の外側斜視図であり、図 14 (b) は内側から見た場合の内側斜視図である。これらの図は、回転アクチュエータ 137 を取り外した状態のものである。左右の膝部ユニット 130L、130R は左右対称な構造であるので、以下においては、図 10 および図 14 を主に参照して、左側の膝部ユニット 130L について説明する。

【0080】

膝部ユニット 130L はウエア膝関節部 131 を備えている。ウエア膝関節部 131 には大腿部下部支持板 132、下腿部支持板 133、大腿部下部ベルト 135、下腿部上部ベルト 136、下腿部下部ベルト 139 および回転アクチュエータ 137 が備わっている。

【0081】

ウエア膝関節部 131 は、図 13 に示すウエア股関節部 111 と同様に構成されており、人体側に位置する中心貫通穴が形成された可動側円盤 131a と、中心貫通穴が形成された円盤状のスペーサ（図示せず）を挟み、可動側円盤 131a に積層された固定側円盤 131c とを備えている。可動側円盤 131a と固定側円盤 131c は、これらの中心線である関節軸中心線 131d を中心として、相対回転可能となっている。

【0082】

ウエア膝関節部 131 の固定側円盤 131c には、大腿部下部支持板 132 が一体形成されている。大腿部下部支持板 132 は、関節軸中心線 131d に直交する上方に延びる連結板部分 132a と、この上端部に取り付けた円弧板部分 132b とを備えている。円弧板部分 132b は人体側に凹となっており、連結板部分 132a に直交する大腿部の下部分を取り囲む方向に延びている。

【0083】

大腿部下部ベルト 135 は、連結板部分 132a に形成したベルト通し用のスリットに通されている。大腿部下部ベルト 135 は、バックルおよび面ファスナーを備えており、長さ調整が可能となっている。大腿部下部ベルト 135 をウエア着用者 P の大腿部の下部分に装着すると、大腿部下部支持板 132 が人体大腿部の下部分に固定され、その円弧板部分 132b が人体大腿部の表面に沿った状態に撓められて人体大腿部に密着する。

【0084】

これに対して、下腿部支持板 133 は可動側円盤 131a に一体形成されており、ウエ

10

20

30

40

50

ア膝関節部 131 から下方に延びている。下腿部支持板 133 は、関節軸中心線 131d に直交する方向に延びている。この下腿部支持板 133 は、その下端 133a が、ウェア着用者 P の下腿部における膝関節よりも足関節に近い位置、本例では足関節の上部近傍の位置に達する長さの支持板である。

【0085】

下腿部支持板 133 は、下腿部上部ベルト 136 および下腿部下部ベルト 139 によって、人体下腿部に固定可能である。これらのベルト 136、139 は、バックルおよび面ファスナーを備えており、長さ調整が可能である。

【0086】

ここで、下腿部支持板 133 には、下腿部上部ベルト 136 および下腿部下部ベルト 139 が、人体下腿部に沿った方向にスライド可能な状態で取り付けられている。本例では、下腿部支持板 133 に、その長さ方向に延びる一対のベルト通し用のスリット 133b が形成されている。これらのスリット 133b を通して、下腿部上部ベルト 136 および下腿部下部ベルト 139 が通されている。2本のベルト 136、139 によって下腿部支持板 133 が確実にウェア着用者 P の下腿部に固定可能である。

10

【0087】

次に、ウェア膝関節部 131 の固定側円盤 131c の外側端面には、関節軸中心線 131d に回転中心線が一致するように、回転アクチュエータ 137 が取り付けられている。本例では、ウェア膝関節部 131 に対して、回転アクチュエータ 137 が着脱可能な状態で取り付けられている。着脱機構は、ウェア股関節部 111 の回転アクチュエータ 117 の場合と同様な構造となっている（図 13 参照）。

20

【0088】

他方の右側の膝部ユニット 130R も同様に、ウェア股関節部 141 を備えている。ウェア股関節部 141 には大腿部下部支持板 142、下腿部支持板 143、大腿部下部ベルト 145、下腿部上部ベルト 146、下腿部下部ベルト 149 および回転アクチュエータ 147 が備わっている。右の膝部ユニット 130R は左側の膝部ユニット 130L と対称な構造となっているので、その詳細な説明は省略する。

【0089】

左右の膝部ユニット 130 をウェア着用者 P に着用させた状態において、回転アクチュエータ 137、147 が回転すると、その回転力によって関節軸中心線 131d、141d を中心として、大腿部下部支持板 132、142 および下腿部支持板 133、143 が相対的に前後方向に旋回する。大腿部下部支持板 132、142 は大腿部下部ベルト 135、145 によって人体大腿部の下部分に固定され、下腿部支持板 133、143 は下腿部上部ベルト 136、146、および下腿部下部ベルト 139、149 によって人体下腿部に固定されている。したがって、人体膝関節を中心として、前後に屈曲・伸展する方向のアシスト力が、これらの支持板 132、133、142、143 を介して人体骨格の側に伝達される。これらの支持板 132、133、142、143 は所定のアシスト力を回転アクチュエータ 137、147 の側から人体の側に伝達可能な所定の剛性を備えている。

30

【0090】

なお、各ウェア関節部 111、121、131、141 の回転アクチュエータ 117、127、137、147 のそれぞれは、不図示のコントロールユニットに電氣的に繋がっている。コントロールユニットは、人体の各関節の動きに応じて、対応する回転アクチュエータを駆動制御して、各関節に対して所定のアシスト力を伝える制御動作を行う。コントロールユニットは、ロボティックウェア 100 とは別体構成としても良いし、ロボティックウェア 100 の構成部材に取り付けておくこともできる。例えば、図 12 (b) に示すように、腰部ベルト 115 の背面部分に面ファスナー等の取付け部 115a を設け、ここに、着脱可能な状態でコントロールユニットを取り付けておくことができる。また、各回転アクチュエータのそれぞれにコントロール機能を持たせることも可能である。

40

【0091】

50

(回転アクチュエータ)

図15は回転アクチュエータ117、127、137、147として用いることのできる回転アクチュエータの一例を示す説明図である。この回転アクチュエータ150は、モータ151と、この前端に同軸に固定した波動歯車減速機152とを備えている。

【0092】

波動歯車減速機152は、樹脂製の円筒状ハウジング153を備えている。円筒状ハウジング153の内部には、円環状の剛性内歯車154が配置され、この内側にはシルクハット形状の可撓性外歯車155が同軸に配置されている。可撓性外歯車155の内側には楕円形輪郭の波動発生器156が装着されている。円筒状ハウジング153に可撓性外歯車155が固定されており、当該円筒状ハウジング153の端面が各ウエア関節部111(121、131、141)に対する取付面となっている。

10

【0093】

剛性内歯車154には出力円盤157が同軸に固定されている。出力円盤157の端面の中心からは円柱状のボス157aが突出している。また、この端面の外周側の部分には円周方向に所定の角度間隔で、動力伝達ピン158が取り付けられている。一方、ウエア関節部111の可動側円盤111aおよびスペーサ111bには、円周方向の所定の角度間隔でピン穴(図示せず)が形成されている。回転アクチュエータ117をウエア関節部111に取り付けると、動力伝達ピン158を介して、剛性内歯車154が可動側円盤111aに連結され、可撓性外歯車155は円筒状ハウジング153を介して固定側円盤111cに連結される。

20

【0094】

モータ151を回転すると、波動発生器156が回転する。波動発生器156によって楕円状に撓められている可撓性外歯車155は楕円形状の長軸方向の両端部で剛性内歯車154にかみ合っている。波動発生器156が回転すると、両歯車のかみ合い位置が円周方向に移動し、両歯車の歯数差に応じた相対回転が両歯車の間に発生する。この回転がウエア関節部111の側に伝達される。

【0095】

回転アクチュエータとしては上記とは別の構造のものを用いることも可能である。例えば、波動歯車減速機の代わりに別の減速機構を採用することが可能である。

【0096】

以上説明したように、実施の形態2に係るロボティックウエア100は、左右のウエア関節部111、121と、ウエア膝関節部131、141の合計4カ所にそれぞれ独立して回転アクチュエータ(モータユニット)117、127、137、147を持つ構造であり、人体股関節および人体膝関節の屈曲と伸展の運動補助ができる。回転アクチュエータ(モータユニット)の重量は、ウエア関節部111、121においては腰部で、ウエア膝関節部131、141では下腿部で保持される。

30

【0097】

また、人体の股関節上部にあたる腰部には、登山用ザックなどに用いられるベルト構造の腰部ベルト115(図12参照)を採用し、骨盤を斜め上から保持している。これにより、腰部ユニット110のズリ下がり防止できる。

40

【0098】

腰部ベルト115は、前面のバックルによって容易に脱着できる。ウエア着用者の体型・体格差による股関節および骨盤位置の違いに対しては、調整機構(図12参照)を設けることで対応できる。

【0099】

股関節下部ならびに膝関節上部における大腿部保持部分、すなわち、大腿部上部支持板および大腿部下部支持板は、接触面積を大きくすると共に、例えば、軽量の発泡塩化ビニール材を用いることで、人体に心地良くフィットさせることができる。ベルトを締めることで、これらの支持板を大腿部に簡単に固定でき、緩めることで容易に取り外すことができる。

50

【0100】

また、歩行時のウエア膝関節部131、141の揺動対策として、下腿部支持板133、143を人体の足関節上部にまで延長し人体下腿部の全体を保持する構造を採用している。これに伴い、実施の形態1におけるような下腿保持用の円弧板部分を廃止した。この結果、人体膝関節屈曲時の圧迫感が消滅するとともにウエア膝関節部131、141の人体への固定性が飛躍的に向上した。なお、各支持板132、133、142、143には、例えば、軽量かつ高靱性のナイロン複合材料（ASPEX-PA）を、大腿部下支持板132の円弧板部分132bには、例えば、発泡塩化ビニール板を使用できる。

【0101】

さらに、各ウエア関節部は回転アクチュエータ（モータユニット）を簡単に着脱できる構造を有している（図13参照）。着脱には専用工具などは不要である。この機構によって、必要な時以外は回転アクチュエータを取り外し、人体にかかる重量を軽減するなどの効果が期待できる。

10

【0102】

（動作自由度の検証）

人間の歩行には、骨盤の傾斜や回旋といった動きが重要であるとされている。本実施の形態の非外骨格型ロボティックウエア100は股関節および膝関節の動作補助を主たる目的とするものであり、このような動きを積極的に補助できない。非外骨格型ロボティックウエア100が関節間リンクを有さないことを大きな特徴とし、その目的は、このような重要な動きを阻害しない、つまり拘束感を少なくすることにある。

20

【0103】

そこで、図16に示すように、比較検証を目的として、人体の股関節と膝関節を剛体リンクであるリブ（Limb）161で結合した比較モデル160を用意した。リブ161以外は実施の形態に係るロボティックウエア100と同一構造である。この比較モデル160とロボティックウエア100を用いて、関節の動作自由度をまとめた比較実験結果を図17（a）、（b）に示す。図17の表において、RWは本実施の形態に係るロボティックウエア100であり、LMは図16に示す比較モデルである。

【0104】

（膝関節揺動評価実験）

ロボティックウエア100の膝関節用装着ユニット130において、ウエア膝関節部131、141に発生する揺動が改善されているかを定量的に評価することを目的に実験を行った。実験対象の本実施の形態2に係るロボティックウエアとして、図18に示すように、人体下腿部に取り付ける下腿部支持板133（143）に、体型による装着性の違いを緩和する目的で設けられた円弧状に湾曲した低剛性部分aを設けたタイプのもの（Non-Limb Normal）と、図19に示す3mm厚のアルミニウム板bで剛性を高めたタイプのもの（Non-Limb Rigid）を、実験用モデルとして用意した。また、比較検証用として図16に示す関節間リンクである剛体リブ161を有するモデル（Limb Model）と、図20に示す短下肢装具（AFO: Ankle-Foot Orthosis）を装着したモデル（Non-Limb AFO）も用いた。

30

【0105】

実験方法は次の通りである。人体に装着したロボティックウエアの左のウエア膝関節上部にモーションセンサを固定した。歩行は立位静止から始め、約5秒後に定常歩行速度4km/hに達するトレッドミル上を約30秒歩行した時の角速度を計測した。トレッドミルは、0.1km/h毎に速度調整が可能なHORIZON製LS8.0Tを使用し、床面傾斜角は0°とした。モーションセンサは、外形寸法36mm×52mm×11mm、重量44.8g（電池重量を含む）の無線9軸ワイヤレスモーションセンサ「ZMP IMU-Z2」を使用し、サンプリング周波数は100Hzとした。回転アクチュエータ（モータユニット）もウエア膝関節部に取り付けたが、動力伝達ピンを除去し、モータの駆動力や減速機による抵抗が加わらないようにした。

40

【0106】

50

ウェア膝関節部における角速度解析結果を図 2 1 に示す。これらは歩行開始 1 0 秒後から 2 0 秒後までのデータを対象にした R M S 値である。V x 系列は前後水平軸周りの、V y 系列は鉛直軸周りの、V z 系列は左右水平軸周りの角速度成分を表す。

【 0 1 0 7 】

(実験結果の考察)

実験用モデルは、数時間の装着においても位置ずれを感じる事が無くなったことから、腰部の固定安定性やフィット感は向上していると思われる。動作自由度に関しては、実験結果から関節間リンクを有さない実験用モデルの拘束感が少ないことがわかる。関節間リンクを付けた場合の拘束感の原因はその長さが一定であることだと推測される。仮に、リンクに長さ可変機構を設けたとしても効果が期待できるのは可変方向である股関節および膝関節の屈曲と伸展に限られるのではないかとと思われる。

10

【 0 1 0 8 】

モーションセンサ試験に関しては、実験の結果から下腿部支持板の剛性を高くすることで膝関節部の揺動が抑えられていることがわかる。また、A F O モデルにおいては関節間リブが無くても外骨格型(リブ付きモデル)よりも揺動を抑えることができているが、足関節の自由度が低いため、拘束感が発現する。A F O モデルが良好な揺動抑制結果となった原因としては、下腿部の保持力が上がったためではないかと推測する。したがって、下腿部の保持方法を改良することで、本発明のロボティックウェアのウェア膝関節部の揺動をさらに抑制できる可能性がある。

【 0 1 0 9 】

20

[腰部ユニットの改変例]

上記構成のロボティックウェア 1 0 0 において、腰部ユニット 1 1 0 をウェア着用者 P の体型、体格差に応じて適切な位置に装着できるように、各部の位置調整を簡単に行い得ることが望ましい。すなわち、図 2 2 (a) に示すように、ウェア着用者 P によって、腰部の骨格における大転子(股関節)と腸骨稜(骨盤)の距離 A が異なる。図 2 2 (b) に示すように、ロボティックウェア 1 0 0 は、その腰部ユニット 1 1 0 の腰部ベルト 1 1 5 によって、ウェア着用者 P の腸骨稜(骨盤)における上前腸骨棘(A S I S) から上後腸骨棘(P S I S) に至る部位が固定される状態が形成されるように、着用する必要がある。これにより、ロボティックウェア 1 0 0 によるアシスト力をウェア着用者 P の左右の股関節部分に効率良く伝えることができる。

30

【 0 1 1 0 】

このためには、図 2 2 (c) に示すように、腰部ユニット 1 1 0 の左右の股関節ユニット 1 1 1 A、1 2 1 A、腰部ベルト 1 1 5 および大腿部カフ(円弧板部分) 1 1 3 b、1 2 3 b (大腿部上部ベルト 1 1 6、1 2 6) は、それぞれ、ウェア着用者 P の体格に合わせた位置に装着できるように、それらの位置調整が可能なことが望ましい。具体的には、左右の股関節ユニット 1 1 1 A、1 2 1 A に対して、腰部ベルト 1 1 5 は上下左右に位置調整が可能な調整機構 B を介して取り付けられていることが望ましく、大腿部カフ 1 1 3 b、1 2 3 b (大腿部上部ベルト 1 1 6、1 2 6) は上下方向に位置調整が可能な調整機構 C を介して取り付けられていることが望ましい。

【 0 1 1 1 】

40

(調整機構を備えた腰部ユニットの構成)

図 2 3 (a) は、このような調整機構を備えた腰部ユニットの構成部品を一方の側から見た場合の部品図であり、図 2 3 (b) は各構成部品を異なる方向から見た場合の部品図であり、図 2 3 (c) は腰部ユニットの股関節ユニットの一部を示す部分斜視図である。これらの図に示す腰部ユニット 2 1 0 は、実施の形態 2 における腰部ユニット 1 1 0 の代わりに用いることができる。

【 0 1 1 2 】

腰部ユニット 2 1 0 は、同一構成の左右の股関節ユニット 2 1 1 A、2 2 1 A と、これらが着脱可能に取り付けられる腰部ベルト 2 1 5 を備えている。左右の股関節ユニット 2 1 1 A、2 2 1 A のそれぞれには、実施の形態 2 の場合と同様に、回転アクチュエータ 1

50

17、127（図10、図13参照）が着脱可能に取り付けられる。

【0113】

左右の股関節ユニット211A、221Aは、人体下肢の左右の股関節の部分の外側に配置される円盤状の左右のウエア股関節部211、221が備わっている。左右のウエア股関節部211、221は左右対称な構造である。左側のウエア股関節部211は、人体側に位置する中心貫通穴が形成された可動側円盤211aと、中心貫通穴が形成された円盤状のスペーサ211bと、固定側円盤211cを備えている。可動側円盤211aと固定側円盤211cはスペーサ211bを挟み同軸に積層され、これらの中心線である関節軸中心線を中心として、相対回転可能となっている。他方の右側のウエア股関節部221も同様な構造であり、可動側円盤221a、スペーサ221b、固定側円盤221cを備え、可動側円盤221aと固定側円盤221cは関節軸中心線を中心として相対回転可能である。

10

【0114】

左右のウエア股関節部211、221には、それぞれ、人体腰部の左右の側面に配置される左右の腰部支持板212、222と、人体大腿部の上部分の左右の側面に配置される左右の大腿部上部支持板213、223が取り付けられている。左右の腰部支持板212、222は、固定側円盤211c、221cに一体形成されており、左右のウエア股関節部211、221から上方に延びている。腰部支持板212、222は、関節軸中心線に直交する方向に延びる所定幅の連結板部分212a、222aと、連結板部分212a、222aの先端部に取り付けたTバー（円弧板部分）212b、222bとを備えている。Tバー212b、222bは人体側に凹となっており、連結板部分212a、222aに直交する腰部を取り囲む方向に延びている。

20

【0115】

左右の大腿部上部支持板213、223は、可動側円盤211a、221aに一体形成されており、左右のウエア股関節部211、221から下方に延びている。大腿部上部支持板213、223、関節軸中心線に直交する方向に延びる一定幅の連結板部分213a、223aと、連結板部分213a、223aの下端部に取り付けた大腿部カフ（円弧板部分）213b、223bとを備えている。大腿部カフ213b、223bは人体側に凹となっており、連結板部分213a、223aに直交する大腿部上部を取り囲む方向に延びている。

30

【0116】

左のウエア股関節部211の腰部支持板212、213は、関節軸中心線を中心として、人体前後方向に相対回転可能である。同様に、右のウエア股関節部221の支持板222、223は関節軸中心線を中心として人体前後方向に相対回転可能である。すなわち、人体の左右の股関節の上側の骨格部分である骨盤に対して、下側の大腿部の骨格部分が股関節を中心として前後に屈曲・伸展する方向に、支持板212および213は相対回転可能であり、同様に、支持板222、223も相対回転可能である。

【0117】

上側の左右の腰部支持板212、222のTバー212b、222bは、それらの凹側の表面（人体側の面）における連結板部分212a、222aの両側の部分に、面ファスナー301が貼り付けられている。例えば、フック面が露出する状態に面ファスナー301が取り付けられている。Tバー212b、222bの反対側の凸側の表面にも面ファスナー302が貼り付けられており、例えば、面ファスナー302のループ面が露出している。図において、理解を容易にするために、面ファスナーのフック面を三角のマークで示し、ループ面を丸のマークで示してある。

40

【0118】

一方、下側の左右の大腿部上部支持板213、223は、左右の大腿部上部ベルト216、226によって、ウエア着用者Pの左右の大腿部の上部分に固定可能である。大腿部上部支持板213、223の大腿部カフ213b、223bには、ベルト通し用のスリットが形成されており、これらに、大腿部上部ベルト216、226が通されている。

50

【 0 1 1 9 】

大腿部上部ベルト 2 1 6、2 2 6 は面ファスナーを備えており、ウェア着用者 P の左右の大腿部の上部分に装着可能である。大腿部上部ベルト 2 1 6、2 2 6 を締め付けると、左右の大腿部上部支持板 2 1 3、2 2 3 が左右の大腿部の上部分に固定される。また、発泡塩化ビニール板等からなる左右の大腿部カフ 2 1 3 b、2 2 3 b は大腿部上部ベルト 2 1 6、2 2 6 の内側に位置しており、ベルト締め付け力によって、左右の大腿部の表面に密着した状態になる。

【 0 1 2 0 】

ここで、左右の大腿部カフ 2 1 3 b、2 2 3 b は、連結板部分 2 1 3 a、2 2 3 a の下端部に対して、取付け位置を上下方向に調整可能な状態に取り付けられている。本例では、双方の部材に、上下方向に一定の間隔で複数のボルト穴が形成されている。上下方向において適切な取付け位置となるように、大腿部カフ 2 1 3 b、2 2 3 b を連結板部分 2 1 3 a、2 2 3 a に対して位置決めして、双方のボルト穴を合わせ、この状態でボルト穴にボルトを通して締結固定することが可能である。

10

【 0 1 2 1 】

一方、腰部ベルト 2 1 5 は、人体側に配置されるインナーベルト 3 1 5 と、外側に配置されるアウターベルト 3 1 6 の 2 本のベルトから構成されている。インナーベルト 3 1 5 の一方の端部の内側面には、例えばフック面が露出する状態で面ファスナー 3 1 7 が取り付けられている。インナーベルト 3 1 5 の外側面には、その長さ方向の両端側の部分および中央部分に、それぞれ、ループ面が露出する状態で面ファスナー 3 1 8 が取り付けられている。これに対して、アウターベルト 3 1 6 の内側面には、その長さ方向の両端側の部分および中央部分に、それぞれ、フック面が露出する状態で面ファスナー 3 1 9 が取り付けられている。これらの面ファスナー 3 1 9 は、インナーベルト 3 1 5 の外側に配置した面ファスナー 3 1 8 に対応する領域に配置されている。また、アウターベルト 3 1 6 の長さ方向の両端部には、固定用のバックル 3 2 1、バックル受け 3 2 2 が取り付けられている。なお、アウターベルト 3 1 6 の外側面における長さ方向の中央部分にも面ファスナー 3 2 3 が配置されており、ここには、コントロールユニット（図 1、図 2 参照）を取付け可能である。

20

【 0 1 2 2 】

（腰部ユニットの装着手順）

図 2 4 ~ 図 2 8 は腰部ユニット 2 1 0 の装着手順を示す説明図である。まず、図 2 4 (a)、(b) に示すように、腰部ベルト 2 1 5 のインナーベルト 3 1 5 をウェア着用者 P の腰部（腸骨稜）に巻き付け、その一方の端の裏面の面ファスナー 3 1 7 を、他方の端の表面の面ファスナー 3 1 8 に止めることで、インナーベルト 3 1 5 を仮止めする。

30

【 0 1 2 3 】

次に、図 2 5 (a)、(b) に示すように、左右の股関節ユニット 2 1 1 A、2 2 1 A を、それらの関節軸中心 D が、ウェア着用者 P の股関節（大転子）の真上に位置するように位置決めする。この状態で、股関節ユニット 2 1 1 A、2 2 1 A の T バー 2 1 2 b、2 2 2 b をインナーベルト 3 1 5 の両側に仮止めする。図 2 5 (c)、(d) に示すように、股関節ユニット 2 1 1 A、2 2 1 A は、ウェア着用者 P の体幹の側面に合わせた状態となるように配置することが必要である。T バー 2 1 2 b、2 2 2 b の裏面には面ファスナー 3 0 1 のフック面が露出しており、インナーベルト 3 1 5 の表面には面ファスナー 3 1 8 のループ面が露出しているので、これらの係合により、左右の股関節ユニット 2 1 1 A、2 2 1 A をインナーベルト 3 1 5 に対して、上下左右方向における適切な位置に仮止めすることができる。このように、本例の腰部ユニット 2 1 0 は、左右の股関節ユニット 2 1 1 A、2 2 1 A を、ウェア着用者 P の体格に応じて、上下左右方向に位置調整可能な面ファスナー式の位置調整機構が備わっている。

40

【 0 1 2 4 】

次に、図 2 6 に示すように、左右の股関節ユニット 2 1 1 A、2 2 1 A の下端部に取り付けられている大腿部上部ベルト 2 1 6、2 2 6 をウェア着用者 P の左右の大腿部に巻き

50

付け、大腿部カフ 2 1 3 b、2 2 3 b を大腿部に固定する。大腿部上部ベルト 2 1 6、2 2 6 は、それらに取り付けた面ファスナー（図示せず）によって大腿部に締め付け固定が可能となっている。

【 0 1 2 5 】

左右の股関節ユニット 2 1 1 A、2 2 1 A の仮取付けが完了した後は、ウェア着用者 P が大腿部を屈曲させて動作状態を確認する。適切な動作状態が得られない場合には、股関節ユニット 2 1 1 A、2 2 1 A を再度位置決めして取り付ける。また、大腿部カフ 2 1 3 b、2 2 3 b は、ボルトナット式の上下方向の位置調整機構 C を介して、連結板部分 2 1 3 a、2 2 3 a に取り付けられている。よって、大腿部カフ 2 1 3 b、2 2 3 b、これらに取り付けられている大腿部上部ベルト 2 1 6、2 2 6 の上下方向の位置を、ウェア着用者 P にとって最も適した位置に調整することができる。

10

【 0 1 2 6 】

股関節ユニット 2 1 1 A、2 2 1 A を仮取付けした後は、図 2 7 に示すように、アウターベルト 3 1 6 を、インナーベルト 3 1 5 に沿って覆うように巻き付ける。双方の面ファスナー 3 1 8、3 1 9 の係合によって、インナーベルト 3 1 5 に対して適切な位置にアウターベルト 3 1 6 を取り付けることができる。また、インナーベルト 3 1 5 の両側に仮止めされている左右の股関節ユニット 2 1 1 A、2 2 1 A の上端の T バー 2 1 2 b、2 2 2 b は、インナーベルト 3 1 5 とアウターベルト 3 1 6 の間に挟持された状態になる。また、T バー 2 1 2 b、2 2 2 b の表面の面ファスナー 3 0 2 とアウターベルト 3 1 6 裏面の面ファスナー 3 1 9 の係合によって、左右の股関節ユニット 2 1 1 A、2 2 1 A は、確実にインナーベルト 3 1 5 とアウターベルト 3 1 6 の間に固定される。

20

【 0 1 2 7 】

この後は、図 2 8 に示すように、アウターベルト 3 1 6 のバックル 3 2 1、3 2 2 をしっかりと締める。ここで、インナーベルト 3 1 5、アウターベルト 3 1 6 からなる腰部ベルト 2 1 5 が確実にウェア着用者 P の骨盤に固定されていることが重要である。以上の手順により、腰部ユニット 2 1 0 がウェア着用者 P に装着される。

【 0 1 2 8 】

[その他の実施の形態]

図 2 9 は、本発明を適用した全身用のロボティックウェアの例を示す説明図である。このロボティックウェア 1 7 0 は、上肢用装着ユニット 1 8 0 と下肢用装着ユニット 1 9 0 を備えている。上肢用装着ユニット 1 8 0 は、左右の肩関節に、前後方向のアシスト用のウェア肩関節部 1 8 1、1 8 2 と、左右方向のアシスト用のウェア肩関節部 1 8 3、1 8 4 を備えている。また、左右のウェア肘関節部 1 8 5、1 8 6 を備えている。下肢用装着ユニット 1 9 0 は、上記の実施の形態 2 のロボティックウェア 1 0 0 と同一構成である。

30

【 符号の説明 】

【 0 1 2 9 】

- 1 ロボティックウェア
- 1 A 試験用ロボティックウェア
- 2 タイツ（伸縮性ウェア）
- 3 インナー生地
- 4 アウター生地
- 5 左ウェア股関節部
- 5 A ウェア股関節部
- 6 右ウェア股関節部
- 7 左ウェア膝関節部
- 7 A ウェア膝関節部
- 8 右ウェア膝関節部
- 9 コントロールユニット
- 5 a ~ 8 a 取付けフランジ
- 5 b ~ 8 b アクチュエータ取付け部

40

50

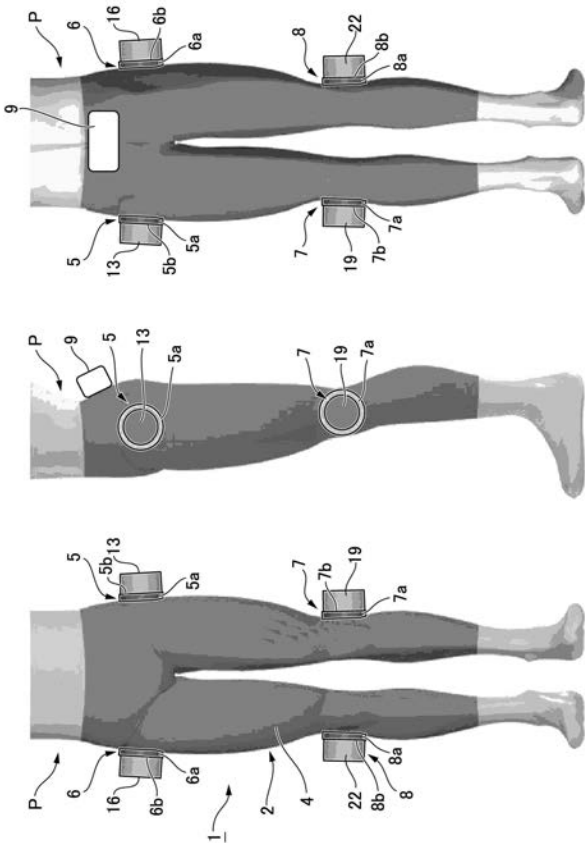
1 1、1 4、1 7、2 0	第 1 アシスト力伝達部材	
1 2、1 5、1 8、2 1	第 2 アシスト力伝達部材	
1 3、1 6、1 9、2 2	回転アクチュエータ	
3 1	前側骨盤固定用ベルト部分	
3 2	後側骨盤固定用ベルト部分	
4 1 ~ 4 4	ベルト	
4 5	ウエイト	
4 7、4 8	ボルト	
P	ウェア着用者(人体)	
1 0 0	ロボティックウェア	10
1 0 1	タイツ	
1 1 0	股関節用装着ユニット	
1 1 1、1 2 1	ウェア股関節部	
1 1 1 a、1 2 1 a	可動側円盤	
1 1 1 b、1 2 1 b	スペーサ	
1 1 1 c、1 2 1 c	固定側円盤	
1 1 1 d、1 2 1 d	関節軸中心線	
1 1 2、1 2 2	腰部支持板	
1 1 2 a、1 2 2 a	連結板部分	
1 1 2 b、1 2 2 b	円弧板部分	20
1 1 3、1 2 3	大腿部上部支持板	
1 1 3 a、1 2 3 a	連結板部分	
1 1 3 b、1 2 3 b	円弧板部分	
1 1 5	腰部ベルト	
1 1 6、1 2 6	大腿部上部ベルト	
1 1 7、1 2 7	回転アクチュエータ	
1 1 7 a、1 2 7 a	モータ	
1 1 7 b、1 2 7 b	減速機	
1 1 8 a	ロック用のフック	
1 1 8 b	フック係合溝	30
1 3 0、1 3 0 L、1 3 0 R	膝関節用装着ユニット	
1 3 1、1 4 1	ウェア膝関節部	
1 3 1 a	可動側円盤	
1 3 1 c	固定側円盤	
1 3 1 d	関節軸中心線	
1 3 2、1 4 2	大腿部下部支持板	
1 3 3、1 4 3	下肢部支持板	
1 3 5、1 4 5	大腿部下部ベルト	
1 3 6、1 4 6	下腿部上部ベルト	
1 3 7、1 4 7	回転アクチュエータ	40
1 3 9、1 4 9	下腿部下部ベルト	
1 5 0	回転アクチュエータ	
1 5 1	モータ	
1 5 2	波動歯車減速機	
1 5 3	円筒状ハウジング	
1 5 4	剛性内歯歯車	
1 5 5	可撓性外歯歯車	
1 5 6	波動発生器	
1 5 7	出力円盤	
1 5 7 a	ボス	50

- 1 5 8 動力伝達ピン
- 2 1 0 腰部ユニット
- 2 1 1 A、2 1 1 B 股関節ユニット
- 2 1 1、2 2 1 ウエア股関節部
- 2 1 1 a、2 2 1 a 可動側円盤
- 2 1 1 b、2 2 1 b スペーサ
- 2 1 1 c、2 2 1 c 固定側円盤
- 2 1 2、2 2 2 腰部支持板
- 2 1 3、2 2 3 大腿部上部支持板
- 2 1 2 a、2 2 2 a 連結板部分
- 2 1 2 b、2 2 2 b 円弧板部分 (Tバー)
- 2 1 3 a、2 2 3 a 連結板部分 (大腿部カフ)
- 2 1 3 b、2 2 3 b 円弧板部分
- 3 0 1、3 0 2 面ファスナー
- 2 1 6、2 2 6 大腿部上部ベルト
- 2 1 5 腰部ベルト
- 3 1 5 インナーベルト
- 3 1 6 アウターベルト
- 3 1 7、3 1 8、3 1 9 面ファスナー
- 3 2 1、3 2 2 バックル
- A 距離
- B 調整機構
- C 調整機構
- D 関節軸中心

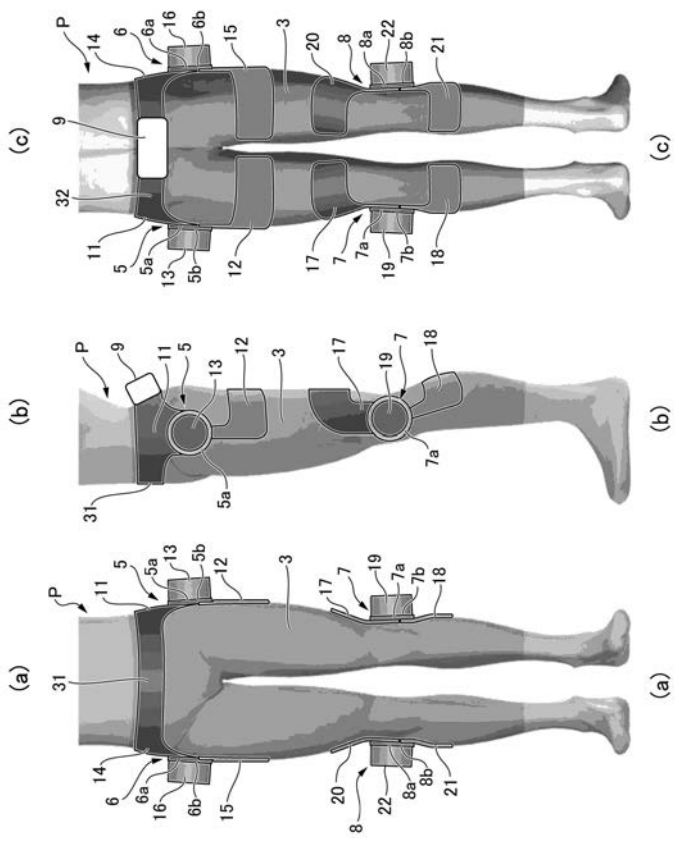
10

20

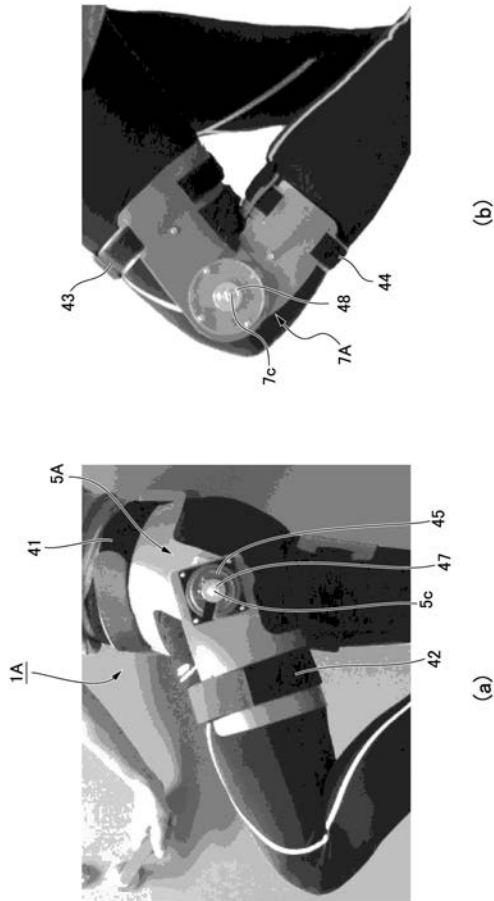
【図 1】



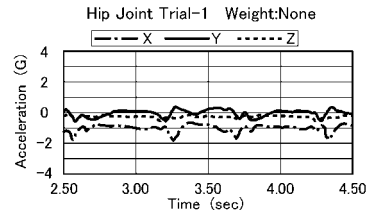
【図 2】



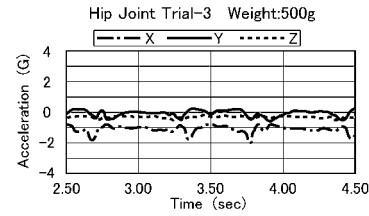
【 図 3 】



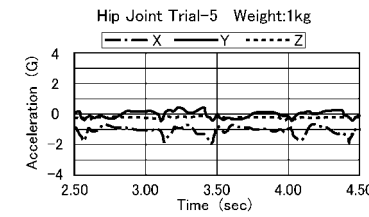
【 図 4 】



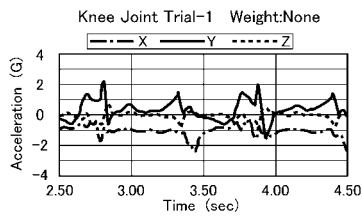
【 図 5 】



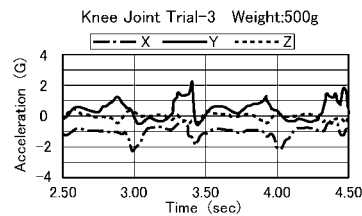
【 図 6 】



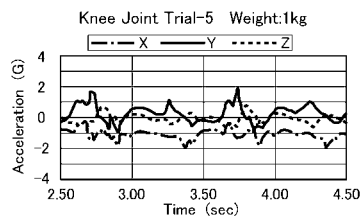
【 図 7 】



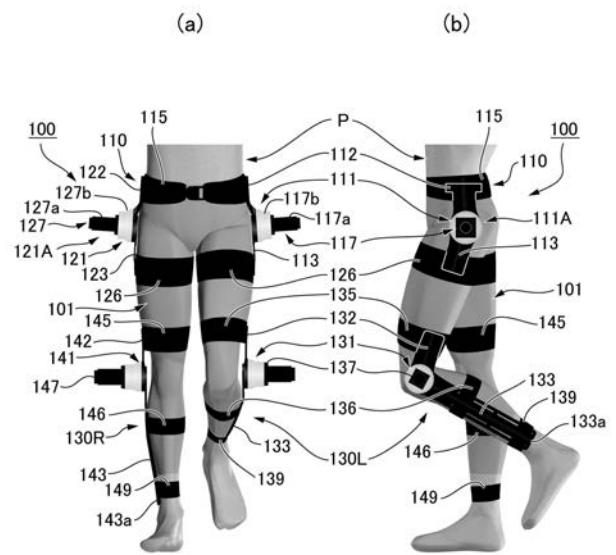
【 図 8 】



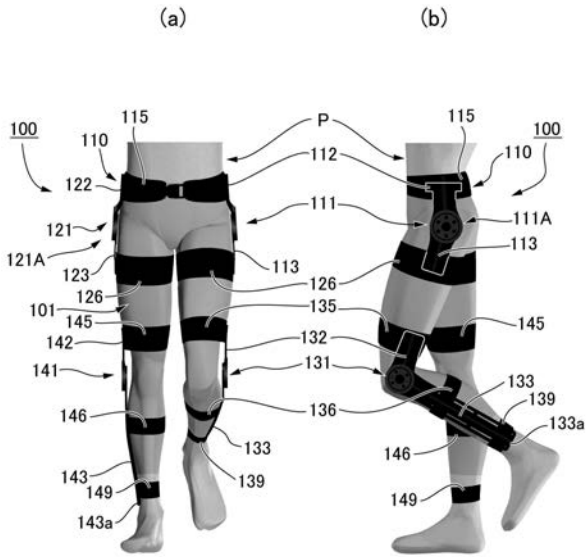
【 図 9 】



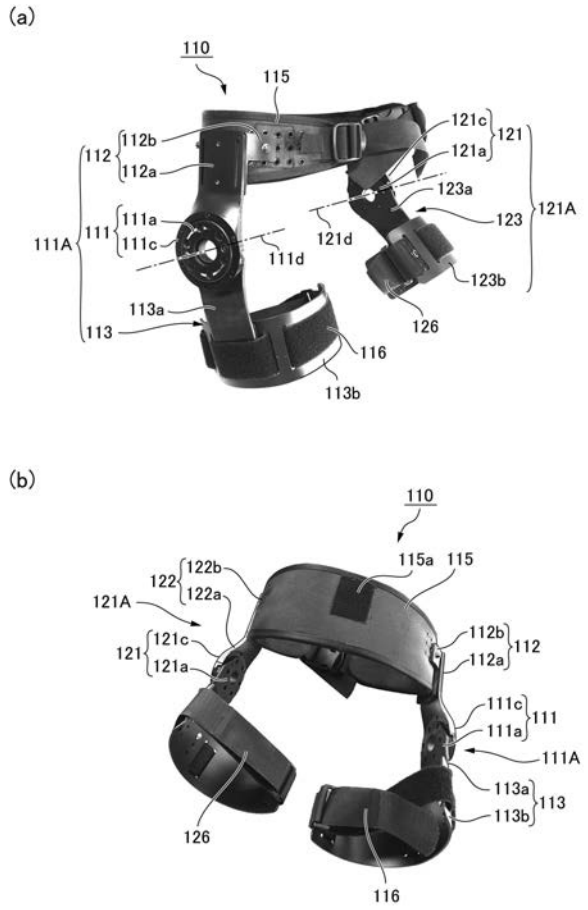
【 図 10 】



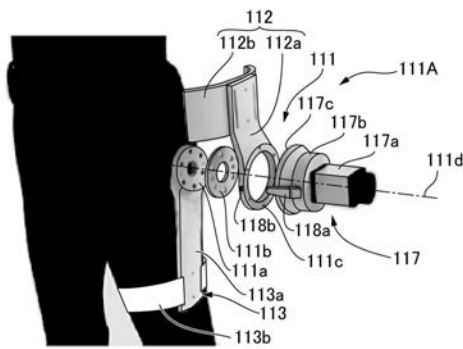
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

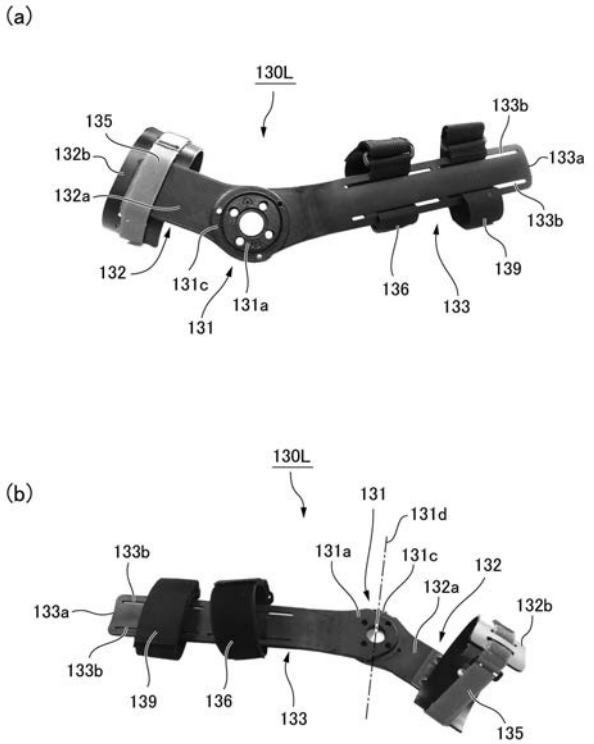


【 図 1 3 】

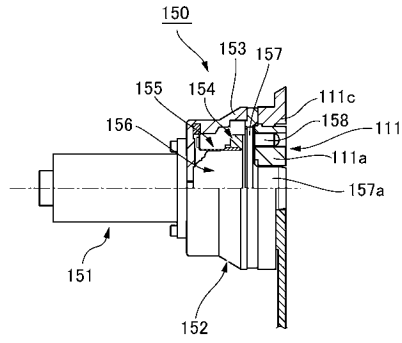


Structure of the Power Transmission of Robotic Wear

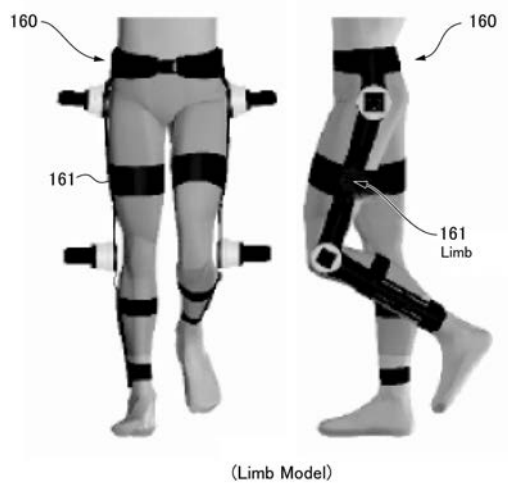
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】

(a)

Flexibility of Hip Joint

RW : Robotic Wear (Normal Model) LM : Limb Model
○ : Workable △ : Hard to Work × : Unworkable

	股関節					
	屈曲	伸展	外転	内転	外旋	内旋
LM	0-60° ○					
	60-90° △	△	△	△	△	△
	Over90° ×					
RW	0-60° ○					
	60-90° ○	○	△	○	○	○
	Over90° ×					

【 図 1 8 】

(Non-Limb Normal)



(b)

Flexibility of Pelvic and Knee Joint

RW : Robotic Wear LM : Limb Model
○ : Workable △ : Hard to Work × : Unworkable

	膝関節		骨盤			
	屈曲	伸展	前傾	後傾	側方傾斜	回旋
LM	0-90° ○		△	△	△	△
	Over90° ×					
RW	0-90° ○		○	○	○	○
	Over90° ×					

【 図 1 9 】

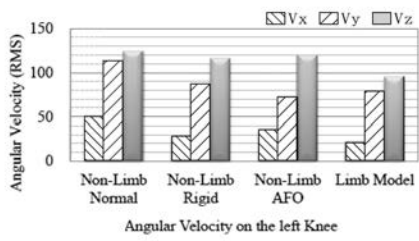
(Non-Limb Rigid)



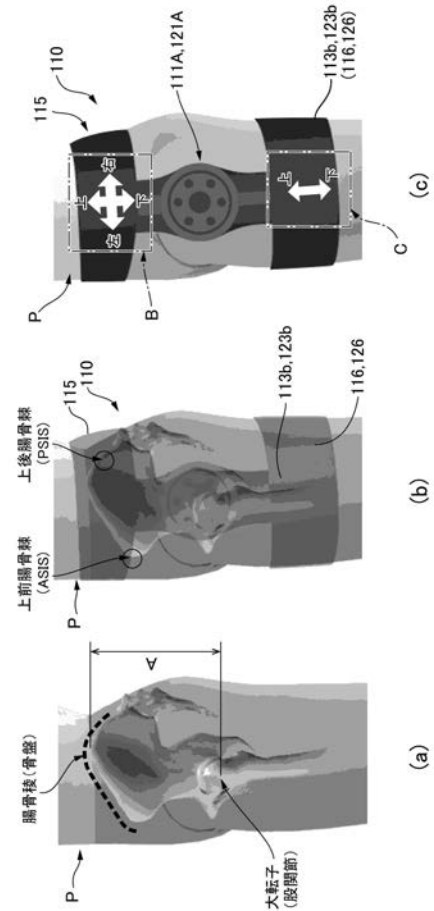
【 図 2 0 】



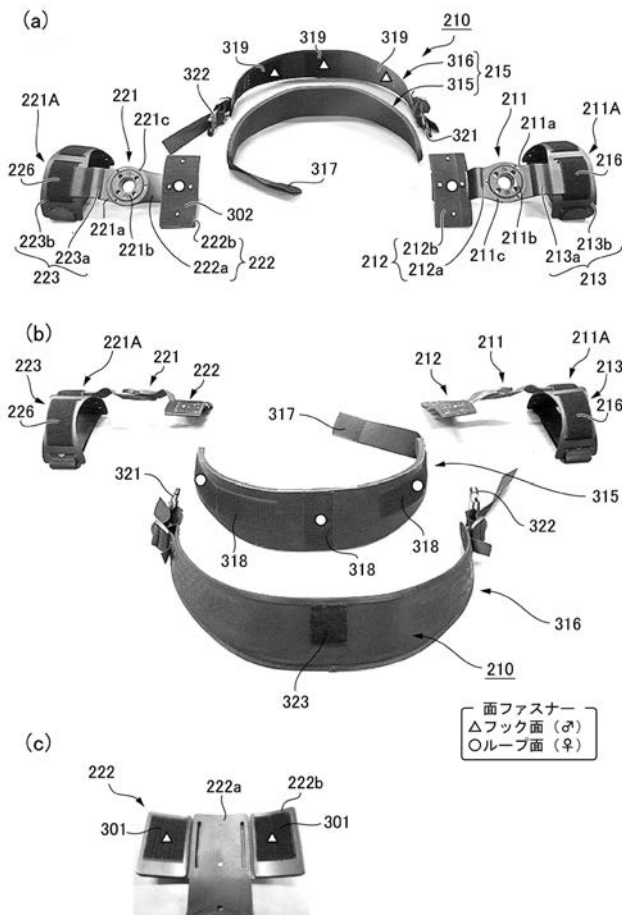
【 図 2 1 】



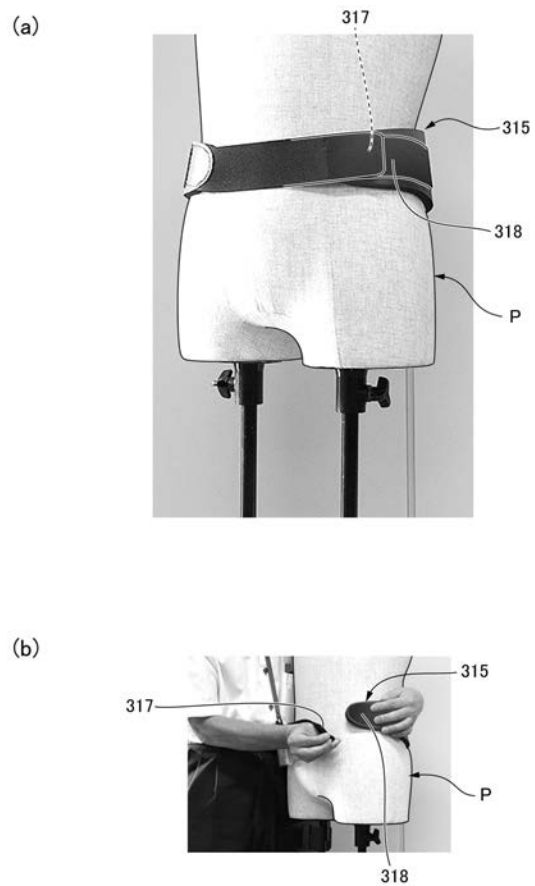
【 図 2 2 】



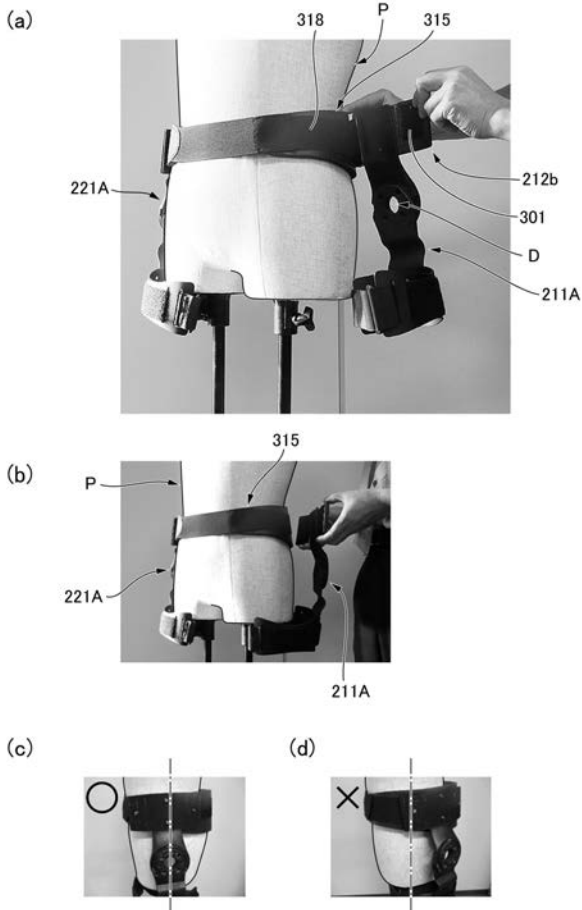
【 図 2 3 】



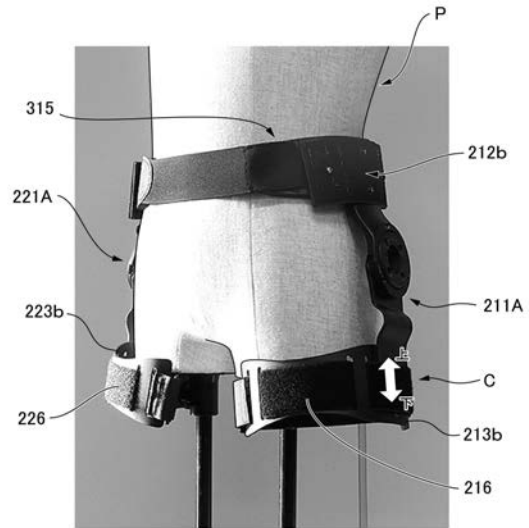
【 図 2 4 】



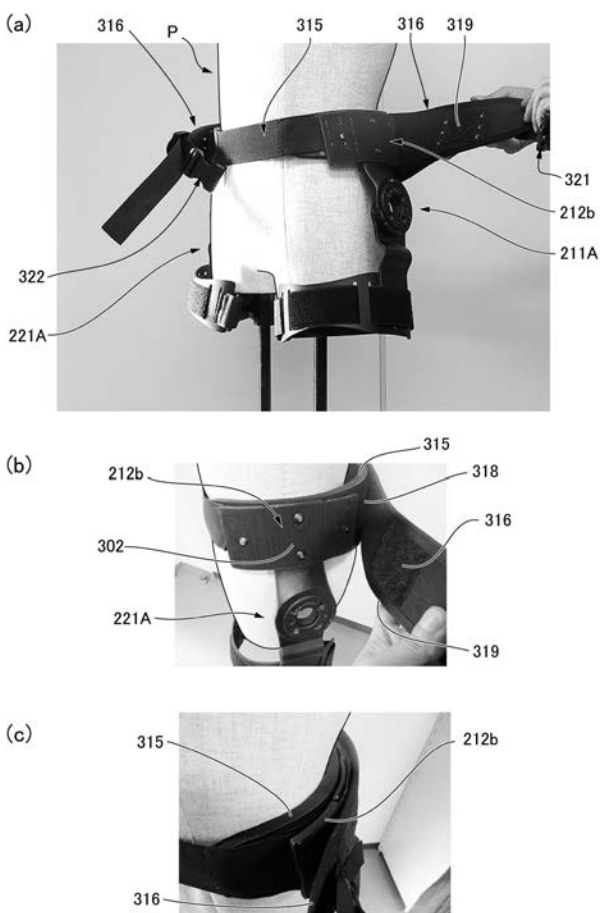
【 図 2 5 】



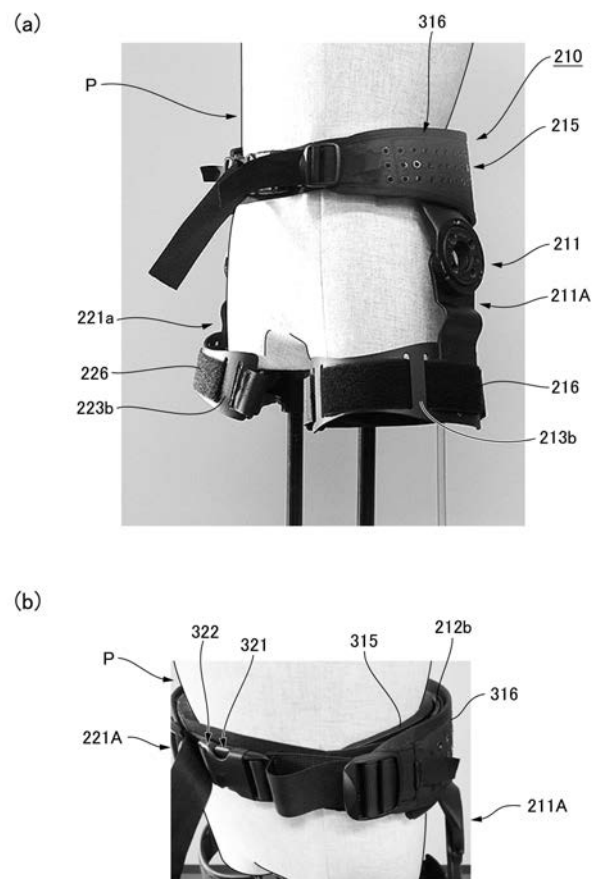
【 図 2 6 】



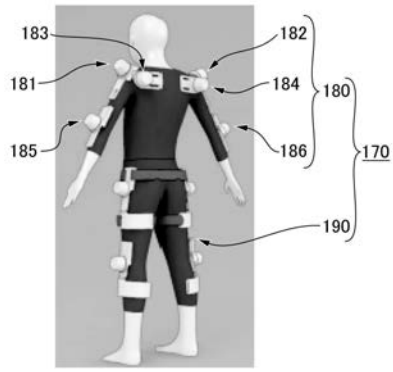
【 図 2 7 】



【 図 2 8 】



【 図 2 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 鉄矢 美紀雄

長野県上田市常田三丁目15番1号 国立大学法人信州大学繊維学部内

Fターム(参考) 4C046 AA06 AA09 AA25 AA42 AA49 BB01 BB07 CC01 CC04 DD02
DD12 DD21 DD37 DD38 DD39 DD40 DD41