

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5909063号  
(P5909063)

(45) 発行日 平成28年4月26日 (2016. 4. 26)

(24) 登録日 平成28年4月1日 (2016. 4. 1)

(51) Int. Cl.	F 1
A 6 1 H 3/00 (2006. 01)	A 6 1 H 3/00 B
B 2 5 J 3/00 (2006. 01)	B 2 5 J 3/00 Z
A 6 1 G 7/10 (2006. 01)	A 6 1 G 7/10

請求項の数 3 (全 45 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-194319 (P2011-194319)</p> <p>(22) 出願日 平成23年9月6日 (2011. 9. 6)</p> <p>(65) 公開番号 特開2013-52192 (P2013-52192A)</p> <p>(43) 公開日 平成25年3月21日 (2013. 3. 21)</p> <p>審査請求日 平成26年6月25日 (2014. 6. 25)</p> <p>(出願人による申告) 平成23年度、農林水産省、農業用アシストスーツの開発委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願</p>	<p>(73) 特許権者 504145283 国立大学法人 和歌山大学 和歌山県和歌山市栄谷930番地</p> <p>(74) 代理人 100075557 弁理士 西教 圭一郎</p> <p>(72) 発明者 八木 栄一 和歌山県和歌山市向259番地</p> <p>(72) 発明者 佐藤 元伸 和歌山県和歌山市寺内420-1-11-205</p> <p>(72) 発明者 佐野 和男 和歌山県和歌山市西庄296-24</p> <p>審査官 木原 裕二</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	---

(54) 【発明の名称】 パワーアシストロボット装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) 装着者の両肩部近傍にそれぞれ配置され、腕用電動モータ1を含み、装着者の上腕部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する2つの腕用駆動部2, 3, 4; 1, 9と、

(b) 両肩部にわたって延びるフレーム5を含み、装着者の胴体上部に装着され、前記2つの腕用駆動部2, 3, 4; 1, 9を保持し、前記2つの腕用駆動部2, 3, 4; 1, 9は、前記フレーム5に連結される腕用保持部5と、

(c) 装着者の腰部近傍にそれぞれ配置され、大腿用電動モータ11を含み、装着者の大腿部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する2つの大腿用駆動部12, 13, 14; 11, 19と、

(d) 装着者の腰部に装着され、前記2つの大腿用駆動部12, 13, 14; 11, 19を保持する腰用保持部15と、

(e) 前記2つの腕用駆動部2, 3, 4; 1, 9に設けられ、上腕部の肩関節まわりの回転角度を検出する第1の角度検出部と、

(f) 前記2つの大腿用駆動部12, 13, 14; 11, 19に設けられ、大腿部の股関節まわりの回転角度を検出する第2の角度検出部と、

(g) 装着者が装着する靴の靴底部における爪先部分および踵部分にそれぞれ設けられ、予め定める値以上の重量が爪先部および踵部に作用しているか否かを検出する床反力検出部21, 22と、

10

20

(h) 前記腰用保持部 15 に設けられ、装着者の上半身の傾きを検出する 3 次元加速度センサと、

(i) 足ユニット 150, 160 であって、各足ユニット 150, 160 は、

(i1) 床反力検出部 21, 22 によって検出される検出結果を無線通信でそれぞれ送る足用無線通信部 151, 161 と、

(i2) 足用無線通信部 151, 161 に電力を供給する足用電池 152, 162 とを含む足ユニット 150, 160 と、

(j) 腕用駆動部 2, 3, 4; 1, 9 に設けられる上肢ユニット 140 であって、腕用電動モータ 1 を駆動制御する上肢用モータドライバ 141 を有する上肢ユニット 140 と、

(k) 腰用保持部 15 に設けられる下肢ユニット 130, 23 であって、

(k1) 足用無線通信部 151, 161 からの前記検出結果を受信する下肢用無線通信部 131 と、

(k2) 大腿用電動モータ 11 を駆動制御する下肢用モータドライバ 135 と、

(k3) 駆動制御部 132 であって、

上肢用モータドライバ 141 および下肢用モータドライバ 135 に有線で接続され、第 1 の角度検出部によって検出される両上腕部の回転角度、第 2 の角度検出部によって検出される両大腿部の回転角度、床反力検出部 21, 22 によって検出されて下肢用無線通信部 131 からの検出結果、および 3 次元加速度センサによって検出される上半身の傾きに基づいて、両上腕部および両大腿部に作用する静的トルク、回転方向および回転に要する回転トルクを算出し、

さらに、算出した静的トルク、回転方向および回転トルクに基づいて、前記 2 つの腕用駆動部 2, 3, 4; 1, 9 および前記 2 つの大腿用駆動部 12, 13, 14; 11, 19 を駆動する駆動トルクを算出し、算出した駆動トルクを発生するように、前記 2 つの腕用駆動部 2, 3, 4; 1, 9 および前記 2 つの大腿用駆動部 12, 13, 14; 11, 19 を駆動させる駆動制御部 132 と、

(k4) 上肢ユニット 140 および下肢ユニット 130, 23 の各部位、ならびに腕用電動モータ 1 および大腿用電動モータ 11 に電力を供給する下肢用電池 133 とを有する下肢ユニット 130, 23 とを含むことを特徴とするパワーアシストロボット装置。

#### 【請求項 2】

(L) ハンディ端末 50 であって、

装着者の腕または腿の質量  $m$  が入力され、

肩関節の制御のために保持モードが設定され、

股関節の制御のために保持モードと歩行モードとが設定されて、

下肢用無線通信部 131 に無線通信によって送信するハンディ端末 50 を有し、

(n) 前記駆動制御部 132 は、

下肢用無線通信部 131 によって受信されたハンディ端末 50 の出力を書換えて更新して記憶する記憶部を有し、

この記憶部の出力に応答し、

ハンディ端末 50 によって、肩関節の制御のために保持モードが設定されたとき、前記質量  $m$  を用いて、肩関節の関節角度に比例したアシストトルクが出力されるように、腕用駆動部 2, 3, 4; 1, 9 を駆動させ (図 5 の A11)、

股関節の制御のために保持モードが設定されたとき、股関節の関節角度に比例したアシストトルクが出力されるように、大腿用駆動部 12, 13, 14; 11, 19 を駆動させ (図 6 の A19)、

股関節の制御のために歩行モードが設定されたとき、予め定められた歩行シーケンスが実行されるように、大腿用駆動部 12, 13, 14; 11, 19 を駆動させる (図 6 の A14 ~ A18, A20 ~ A22) ことを特徴とする請求項 1 に記載のパワーアシストロボット装置。

#### 【請求項 3】

10

20

30

40

50

前記駆動制御部 132 は、記憶部の書換え更新動作を、肩関節の制御および股関節の制御を行なう動作とともに、一連の動作ループ（図 5、図 6 の A4 ~ A23）内で処理することを特徴とする請求項 2 に記載のパワーアシストロボット装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、装着者が行う力作業を支援するパワーアシストロボット装置に関する。

【背景技術】

【0002】

日本の農業において、少子高齢化が進んでいる。すなわち、全国の農業従事者の数が減少しつつある中で、60歳以上の農業従事者が220万人まで増加している。また、食料自給率向上が叫ばれており、農作業支援の必要性が高まっている。このような状況の中で、従来の米国型の大型の農業機械化ではなく、狭い日本の農地に適し、さらに山間部農業の活性化や地域再生化に役立つ農作業支援機器として、パワーアシストスーツなどのパワーアシストロボット装置が利用される。

【0003】

パワーアシストスーツには、軽作業用パワーアシストスーツと重作業用パワーアシストスーツとがある。軽作業用パワーアシストスーツは、軽作業支援として、果物、たとえば桃、柿、みかん、ぶどうおよびキュウイなどの受粉、摘花、摘果、袋掛けおよび収穫などの上向き作業、および、いちごなどの収穫時の中腰作業など、10kg程度以下の軽量物の持ち上げ、持ちおろしおよび運搬などの作業支援、さらに、平地や傾斜地および階段での歩行や走行支援に用いられる。

【0004】

重作業用パワーアシストスーツは、重作業支援として、大根やキャベツなど大型野菜の中腰姿勢での収穫作業、ならびに、米袋・収穫物コンテナなど30kg程度の重量物の持ち上げ、積み込み、積み下ろしおよび運搬作業の支援に用いられる。

【0005】

また、パワーアシストスーツは、農業用以外に工場用として、重量物の運搬作業や長時間継続する一定姿勢での作業などに使用される。さらに、パワーアシストスーツは、介護用として、ベッドから車椅子への人の移乗作業などに使用され、また、リハビリ用として、歩行リハビリ支援用などにも使用することができる。

【0006】

パワーアシストスーツを駆動する駆動方式には、パッシブ方式およびアクティブ方式がある。パッシブ方式には、バネ式およびゴム式などの方式がある。アクティブ方式には、電動モータ方式、空気圧駆動方式および油圧駆動方式などの方式がある。空気圧駆動方式には、空気圧ゴム人工筋肉、空気圧シリンダ、および空気圧ロータリアクチュエータを用いる方式（たとえば特許文献1, 2参照）がある。

【0007】

また、パワーアシストスーツを制御するアシスト制御方式には、音声入力やスイッチ入力による動作パターン再生方式、表面筋電位信号より筋肉が出そうとするトルクを推定する方式（たとえば特許文献3参照）、表面筋電位信号をトリガ信号として動作パターンを再生する動作パターン再生方式（たとえば特許文献4参照）、パワーアシストスーツを取りつけている装着者の手首部や足首部に作用する力を、センサを用いて計測してフィードバック制御することによって、装着者の動きにパワーアシストスーツを追従させるマスタスレーブ制御方式（たとえば特許文献2, 5, 6参照）などがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特許第3771056号公報

【特許文献2】特開2007-97636号公報

【特許文献3】特許第4200492号公報  
 【特許文献4】特許第4178185号公報  
 【特許文献5】特開2007-130234号公報  
 【特許文献6】特開2006-75456号公報  
 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

バネ式やゴム式のパッシブ方式は、一方向にしかパワーアシストすることができない。高減速比の減速機付き電動モータ方式は、安全性に問題がある。空気圧方式は、空気圧縮用コンプレッサを搭載すると重くなる。油圧方式でも同様に重くなる。動作パターン再生方式は、再生することができるパターンに限界があり、動作の切り換わり時に不連続になる恐れがある。表面筋電位からトルクを推定する方式は、事前の学習時間を必要とする。マスタスレーブ制御は、装着者が動いてからフィードバックがかかるので遅れが生じ、どうしても、装着者がパワーアシストロボット装置を引っ張っているという感覚を覚えてしまう。

10

【0010】

本発明の目的は、装着者の動作を拘束することなく補助することができるパワーアシストロボット装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、

(a) 装着者の両肩部近傍にそれぞれ配置され、腕用電動モータ1を含み、装着者の上腕部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する2つの腕用駆動部2, 3, 4; 1, 9と、

(b) 両肩部にわたって延びるフレーム5を含み、装着者の胴体上部に装着され、前記2つの腕用駆動部2, 3, 4; 1, 9を保持し、前記2つの腕用駆動部2, 3, 4; 1, 9は、前記フレーム5に連結される腕用保持部5と、

(c) 装着者の腰部近傍にそれぞれ配置され、大腿用電動モータ11を含み、装着者の大腿部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する2つの大腿用駆動部12, 13, 14; 11, 19と、

30

(d) 装着者の腰部に装着され、前記2つの大腿用駆動部12, 13, 14; 11, 19を保持する腰用保持部15と、

(e) 前記2つの腕用駆動部2, 3, 4; 1, 9に設けられ、上腕部の肩関節まわりの回転角度を検出する第1の角度検出部と、

(f) 前記2つの大腿用駆動部12, 13, 14; 11, 19に設けられ、大腿部の股関節まわりの回転角度を検出する第2の角度検出部と、

(g) 装着者が装着する靴の靴底部における爪先部分および踵部分にそれぞれ設けられ、予め定める値以上の重量が爪先部および踵部に作用しているか否かを検出する床反力検出部21, 22と、

(h) 前記腰用保持部15に設けられ、装着者の上半身の傾きを検出する3次元加速度センサと、

40

(i) 足ユニット150, 160であって、各足ユニット150, 160は、

(i1) 床反力検出部21, 22によって検出される検出結果を無線通信でそれぞれ送る足用無線通信部151, 161と、

(i2) 足用無線通信部151, 161に電力を供給する足用電池152, 162とを含む足ユニット150, 160と、

(j) 腕用駆動部2, 3, 4; 1, 9に設けられる上肢ユニット140であって、

腕用電動モータ1を駆動制御する上肢用モータドライバ141を有する上肢ユニット140と、

(k) 腰用保持部15に設けられる下肢ユニット130, 23であって、

50

(k1) 足用無線通信部151, 161からの前記検出結果を受信する下肢用無線通信部131と、

(k2) 大腿用電動モータ11を駆動制御する下肢用モータドライバ135と、

(k3) 駆動制御部132であって、

上肢用モータドライバ141および下肢用モータドライバ135に有線で接続され、

第1の角度検出部によって検出される両上腕部の回転角度、第2の角度検出部によって検出される两大腿部の回転角度、床反力検出部21, 22によって検出されて下肢用無線通信部131からの検出結果、および3次元加速度センサによって検出される上半身の傾きに基づいて、両上腕部および两大腿部に作用する静的トルク、回転方向および回転に要する回転トルクを算出し、

10

さらに、算出した静的トルク、回転方向および回転トルクに基づいて、前記2つの腕用駆動部2, 3, 4; 1, 9および前記2つの大腿用駆動部12, 13, 14; 11, 19を駆動する駆動トルクを算出し、算出した駆動トルクを発生するように、前記2つの腕用駆動部2, 3, 4; 1, 9および前記2つの大腿用駆動部12, 13, 14; 11, 19を駆動させる駆動制御部132と、

(k4) 上肢ユニット140および下肢ユニット130, 23の各部位、ならびに腕用電動モータ1および大腿用電動モータ11に電力を供給する下肢用電池133とを有する下肢ユニット130, 23を含むことを特徴とするパワーアシストロボット装置である。

【0012】

20

本発明は、

(L) ハンディ端末50であって、

装着者の腕または腿の質量mが入力され、

肩関節の制御のために保持モードが設定され、

股関節の制御のために保持モードと歩行モードとが設定されて、

下肢用無線通信部131に無線通信によって送信するハンディ端末50を有し、

(n) 前記駆動制御部132は、

下肢用無線通信部131によって受信されたハンディ端末50の出力を書換えて更新して記憶する記憶部を有し、

この記憶部の出力に应答し、

30

ハンディ端末50によって、肩関節の制御のために保持モードが設定されたとき、前記質量mを用いて、肩関節の関節角度に比例したアシストトルクが出力されるように、腕用駆動部2, 3, 4; 1, 9を駆動させ(図5のA11)、

股関節の制御のために保持モードが設定されたとき、股関節の関節角度に比例したアシストトルクが出力されるように、大腿用駆動部12, 13, 14; 11, 19を駆動させ(図6のA19)、

股関節の制御のために歩行モードが設定されたとき、予め定められた歩行シーケンスが実行されるように、大腿用駆動部12, 13, 14; 11, 19を駆動させる(図6のA14~A18, A20~A22)ことを特徴とする。

【0013】

40

本発明は、

前記駆動制御部132は、記憶部の書換え更新動作を、肩関節の制御および股関節の制御を行なう動作とともに、一連の動作ループ(図5、図6のA4~A23)内で処理することを特徴とする。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、2つの腕用駆動部は、装着者の両肩部の近傍にそれぞれ配置され、装着者の上腕部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する。腕用保持部は、装着者の胴体上部に装着され、前記2つの腕用駆動部を保持する。2つの大腿用駆動部は、装着者の腰部の近傍にそれぞれ配置され、装着者の大腿部の動きに追従する

50

方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する。そして、腰用保持部は、装着者の腰部に装着され、前記2つの大腿用駆動部を保持する。したがって、パワーアシストロボット装置は、アシスト方向以外の装着者の動作を妨げないように、上下軸線および前後軸線まわりに回転自在な腕用連結部および腰用連結部、たとえば駆動機器が取り付けられていない受動回転軸を、装着者の関節の外側周囲に配置しているため、装着者の動作を拘束することなく補助することができる。

【0029】

また本発明によれば、第1の角度検出部は、前記2つの腕用駆動部に設けられ、上腕部が回転している回転角度を検出する。第2の角度検出部は、前記2つの大腿用駆動部に設けられ、大腿部が回転している回転角度を検出する。床反力検出部は、装着者が装着する靴の靴底部における爪先部分および踵部分にそれぞれ設けられ、予め定める値以上の重量が爪先部および踵部に作用しているか否かを検出する。そして、3次元加速度センサは、前記腰用保持部に設けられ、装着者の上半身の傾きを検出する。したがって、パワーアシストロボット装置は、第1、第2の角度検出部、床反力検出部、3次元加速度センサを用いているので、表面筋電位センサを装着する煩わしさがなく、実用的である。

【0030】

また本発明によれば、駆動制御部は、第1の角度検出部によって検出される両上腕部の回転角度、第2の角度検出部によって検出される両大腿部の回転角度、床反力検出部によって検出される検出結果、および3次元加速度センサによって検出される上半身の傾きに基づいて、両上腕部および両大腿部に作用する静的トルク、回転方向および回転に要する回転トルクを算出し、さらに、算出した静的トルク、回転方向および回転トルクに基づいて、前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を駆動する駆動トルクを算出し、算出した駆動トルクを発生するように、前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を駆動させる。したがって、パワーアシストロボット装置は、回転角度等に基づいて駆動トルクを算出するので、数多くの動作パターンをデータベース化しておく必要がなく、動作の切り換わり時に不連続になることがない。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本発明の第1の実施形態である第1の軽作業用アシストスーツ100の外観を示す図である。

【図2】第1の軽作業用アシストスーツ100に含まれる制御機器の構成を示す図である。

【図3】ハンディ端末50の外観を示す図である。

【図4】回転トルクTの算出を説明するための図である。

【図5】第1の軽作業用アシストスーツ100で実行される第1のアシストスーツ制御処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図6】第1の軽作業用アシストスーツ100で実行される第1のアシストスーツ制御処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図7】本発明の参考例である第2の軽作業用アシストスーツ200の外観を示す図である。

【図8】本発明の他の参考例である第1の重作業用アシストスーツ300の外観を示す図である。

【図9】第1の重作業用アシストスーツ300に含まれる空気圧駆動機器の構成を示す図である。

【図10】第1の重作業用アシストスーツ300に含まれる制御機器の構成を示す図である。

【図11】第1の重作業用アシストスーツ300で実行される第3のアシストスーツ制御処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図12】第1の重作業用アシストスーツ300で実行される第3のアシストスーツ制御処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 1 3】本発明の他の参考例である第 2 の重作業用アシストスーツ 5 0 0 の外観を示す図である。

【図 1 4】第 2 の重作業用アシストスーツ 5 0 0 に含まれる空気圧駆動機器の構成を示す図である。

【図 1 5】第 2 の重作業用アシストスーツ 5 0 0 に含まれる制御機器の構成を示す図である。

【図 1 6】各関節でのトルク T の算出を説明するための図である。

【図 1 7】第 2 の重作業用アシストスーツ 5 0 0 で実行される第 4 のアシストスーツ制御処理の処理手順を示すフローチャートである。

【図 1 8】第 2 の重作業用アシストスーツ 5 0 0 で実行される第 4 のアシストスーツ制御処理の処理手順を示すフローチャートである。

10

【発明を実施するための形態】

【0042】

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態である第 1 の軽作業用アシストスーツ 1 0 0 の外観を示す図である。図 1 ( a ) は、装着者によって装着された状態の第 1 の軽作業用アシストスーツ 1 0 0 の外観を示す正面図である。図 1 ( b ) は、装着者によって装着された状態の第 1 の軽作業用アシストスーツ 1 0 0 の外観を示す側面図である。本発明に係る制御方法は、第 1 の軽作業用アシストスーツ 1 0 0 で実行される。

【0043】

パワーアシストロボット装置である第 1 の軽作業用アシストスーツ 1 0 0 は、電動モータ 1 , 1 1、受動回転軸 2 ~ 4 , 1 2 ~ 1 4、背面フレーム 5 , 1 5、アーム 9 , 1 9、肩用ベルト 7、胸用ベルト 8、腕用ベルト 1 0、股用ベルト 1 8、大腿用ベルト 2 0、爪先床反力検出スイッチ 2 1、踵床反力検出スイッチ 2 2 および中央制御ユニット 2 3 を含んで構成される。第 1 の軽作業用アシストスーツ 1 0 0 は、アクチュエータである電動モータ 1 を背面から支持する軽作業用のアシストスーツである。

20

【0044】

電動モータ 1 は、肩のパワーアシスト用、つまり肩の動きを補助するための動力源として用いられる電動モータであり、肩関節を支点とする腕の回転をアシストするための動力を発生する。電動モータ 1 は、左右の肩関節の両サイドに、次のようにして取り付けられている。第 1 の軽作業用アシストスーツ 1 0 0 の各部位と装着者との位置関係は、装着者が第 1 の軽作業用アシストスーツ 1 0 0 を装着したときの装着者に対する位置である。

30

【0045】

電動モータ 1 の固定端側には、肩関節の上下軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸 2 が取り付けられている。受動回転軸 2 に連結されるフレームは、肩関節の前後軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸 3、および肩関節の上下軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸 4 を介して、装着者の背面中央付近に配置される背面フレーム 5 の上端に左右から取り付けられている。受動回転軸 3 および受動回転軸 4 は、肩関節中心の背面側に設けられる。受動回転軸 2、受動回転軸 3 および受動回転軸 4 は、腕用連結部である。

【0046】

40

腕用保持部である背面フレーム 5 は、たとえば四角形状である。背面フレーム 5 には、装着者の背中の形状に沿うようにクッション用パッド 6 が取り付けられている。また、背面フレーム 5 には、肩用ベルト 7 および胸用ベルト 8 が取り付けられている。肩用ベルト 7 は、背面フレーム 5 の上方から左右の肩の上を経て、また、胸用ベルト 8 は、背面フレーム 5 の下方から左右方向に脇を経て、胸部の前面にわたり、背面フレーム 5 が装着者に密着するように取り付けられる構造になっている。

【0047】

電動モータ 1 の回転端側には、装着者の上腕に沿って延びるアーム 9 が取り付けられている。アーム 9 には、腕用ベルト 1 0 が取り付けられており、アーム 9 が上腕に固定されるようになっている。腕用連結部と、前記電動モータ 1 と、アーム 9 とを含んで、腕用駆

50

動部が構成される。

【 0 0 4 8 】

電動モータ 1 1 は、腰のパワーアシスト用、つまり腰の動きを補助するための動力源として用いられる電動モータであり、股関節を支点とする大腿部の回転をアシストするための動力を発生する。電動モータ 1 1 は、左右の股関節の両サイドに、左右軸線まわりに回転するように、次のようにして取り付けられている。

【 0 0 4 9 】

電動モータ 1 1 の固定端側には、股関節の上下軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸 1 2 が取り付けられている。受動回転軸 1 2 に連結されるフレームは、股関節の上下軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸 1 3、および股関節の前後軸まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸 1 4 を介して、装着者の背面中央付近に配置される背面フレーム 1 5 の下端に左右から取り付けられている。受動回転軸 1 3 および受動回転軸 1 4 は、股関節中心の背面に設けられる。受動回転軸 1 2、受動回転軸 1 3 および受動回転軸 1 4 は、腰用連結部である。この腰用連結部と前記電動モータ 1 1 と後述のアーム 1 9 とを含んで、大腿用駆動部が構成される。

【 0 0 5 0 】

腰用保持部である背面フレーム 1 5 は、たとえば四角形状である。背面フレーム 1 5 には、装着者の背中形状に沿うようにクッション用パッド 1 6 が取り付けられている。また、背面フレーム 1 5 には、腰用ベルト 1 7 および股用ベルト 1 8 が取り付けられている。腰用ベルト 1 7 は、背面フレーム 1 5 の上方から左右方向に脇腹を経て、また、股用ベルト 1 8 は、背面フレーム 1 5 の下方から股間を経て、胸部の左右前面にわたって、装着者に密着するように取り付けられる構造になっている。

【 0 0 5 1 】

電動モータ 1 1 の回転端側は、装着者の大腿部に沿って延びるアーム 1 9 が取り付けられている。アーム 1 9 には、大腿用ベルト 2 0 が取り付けられており、アーム 1 9 は、大腿部に固定されるようになっている。

【 0 0 5 2 】

爪先床反力検出スイッチ 2 1 は、各靴底の爪先側に設けられる。踵床反力検出スイッチ 2 2 は、各靴底の踵側に設けられる。爪先床反力検出スイッチ 2 1 は、予め定める重量値、たとえば 3 k g 以上の重量が爪先部にかかったか否かを検出するセンサである。踵床反力検出スイッチ 2 2 は、予め定める重量値、たとえば 3 k g 以上の重量が踵部にかかったか否かを検出するセンサである。爪先床反力検出スイッチ 2 1 および踵床反力検出スイッチ 2 2 は、検出結果、つまり 3 k g 以上の重量が爪先部にかかったか否かを示す情報を、中央制御ユニット 2 3 に送る。爪先床反力検出スイッチ 2 1 および踵床反力検出スイッチ 2 2 は、床反力検出部である。

【 0 0 5 3 】

電動モータ 1 , 1 1 は、関節角度を計測するためのロータリエンコーダをそれぞれ含んで構成される。各ロータリエンコーダは、計測した関節角度を中央制御ユニット 2 3 に送る。電動モータ 1 に含まれるロータリエンコーダは、第 1 の角度検出部である。電動モータ 1 1 に含まれるロータリエンコーダは、第 2 の角度検出部である。

【 0 0 5 4 】

中央制御ユニット 2 3 は、背面フレーム 1 5 の背面側に設けられる。中央制御ユニット 2 3 は、3 軸加速度センサを含んで構成される。3 軸加速度センサは、腰の傾きを 3 軸で計測するための 3 次元加速度センサである。

【 0 0 5 5 】

図 2 は、第 1 の軽作業用アシストスーツ 1 0 0 に含まれる制御機器の構成を示す図である。第 1 の軽作業用アシストスーツ 1 0 0 に含まれる制御機器は、下肢ユニット 1 3 0、上肢ユニット 1 4 0、右足ユニット 1 5 0、左足ユニット 1 6 0、およびパラメータ設定用ハンディ端末装置（以下「ハンディ端末」という）5 0 を含んで構成される。

【 0 0 5 6 】

10

20

30

40

50



下肢ユニット130は、中央制御ユニット23であり、無線通信部131、制御部132、電池133、およびモータドライバ135を含んで構成される。無線通信部131は、たとえば通信装置によって構成され、右足ユニット150、左足ユニット160、およびハンディ端末50と無線通信によって情報の送受信を行う。無線通信は、たとえばノルウェーのNORDIC社製の2.4GHz帯トランシーバ集積回路(Integrated Circuit:以下「IC」という)を使用している。このICは、独自プロトコルであるが、1個のICで、4つの周波数を切替えて使用することができるので、3ヶ所との個別通信が可能である。

#### 【0057】

駆動制御部である制御部132は、たとえば中央処理装置(Central Processing Unit:略称「CPU」)によって構成される。モータドライバ135は、電動モータ11に内蔵され、電動モータ11を駆動制御する。制御部132とモータドライバ135とは、有線による通信で接続されている。制御部132は、アシストに必要な出力トルク指令をモータドライバ135へ送る。モータドライバ135は、ロータリエンコーダによって計測される関節角度を制御部132へ送る。電池133は、充電可能な蓄電池であり、下肢ユニット130および上肢ユニット140の各部位、ならびに電動モータ11に電力を供給する。

#### 【0058】

上肢ユニット140は、モータドライバ141を含んで構成される。モータドライバ141は、電動モータ1に内蔵され、したがって腕用駆動部に設けられ、電動モータ1を駆動制御する。モータドライバ141は、有線の通信で制御部132と接続されている。有線の通信は、たとえば自動車関係で使用されているCAN(Controller Area Network)通信を用いている。制御部132は、アシストに必要な出力トルク指令をモータドライバ141に送る。モータドライバ141は、ロータリエンコーダによって計測される関節角度を制御部132へ送る。

#### 【0059】

右足ユニット150は、無線通信部151および電池152を含んで構成される。無線通信部151は、爪先床反力検出スイッチ21および踵床反力検出スイッチ22に接続され、爪先床反力検出スイッチ21および踵床反力検出スイッチ22による検出結果を、無線通信で制御部132に送る。電池152は、無線通信部151、爪先床反力検出スイッチ21および踵床反力検出スイッチ22に電力を供給する。左足ユニット160は、無線通信部161および電池162を含み、右足ユニット150と同じ構成であり、重複を避けるために説明を省略する。

#### 【0060】

図3は、ハンディ端末50の外観を示す図である。パラメータ入力部であるハンディ端末50は、第1の軽作業用アシストスーツ100の動作に必要なパラメータを設定するために使用される端末装置である。ハンディ端末50は、パラメータ番号選択スイッチ51、上昇スイッチ52、下降スイッチ53、エントリスイッチ54、モードスイッチ55、パラメータ表示部56および発光ダイオード(Light Emitting Diode:以下「LED」という)57を含んで構成される。

#### 【0061】

パラメータ番号選択スイッチ51は、パラメータ番号(以下「パラメータNo」または「P\_No」ともいう)を入力するためのスイッチであり、スイッチを押下するたびに、パラメータNoが「0」から「1」ずつカウントアップされる。上昇スイッチ52は、設定するためのパラメータ値をカウントアップするためのスイッチであり、押下するたびにパラメータ値が「1」ずつカウントアップされる。下降スイッチ53は、設定するためのパラメータ値をカウントダウンするためのスイッチであり、押下するたびにパラメータ値が「1」ずつカウントダウンされる。

#### 【0062】

エントリスイッチ54は、選択されたパラメータNoおよび更新されたパラメータ値を

10

20

30

40

50

、図示しない記憶部に記憶して設定するためのスイッチである。モードスイッチ 5 5 は、後述する動作モードを切り換えるスイッチであり、スイッチを押下するたびに、モード値が「0」、「1」および「2」の順序で変化する。「2」の次は、「0」に戻る。モード値「0」は、アシストなしであり、モード値「1」は、保持モードであり、モード値「2」は、歩行モードである。

【0063】

パラメータ表示部 5 6 は、たとえば数字、記号および文字を表示する表示装置によって構成される。図 3 に示したパラメータ表示部 5 6 は、8 桁の数字、記号および文字を表示することができる。上位 3 桁がパラメータ No を表示し、第 4 桁目が記号「-」を表示し、第 5 桁目～第 7 桁目の 3 桁がパラメータ値を表示し、第 8 桁目がモード値を表示する。LED 5 7 は、選択されたパラメータ No および更新されたパラメータ値が、図示しない記憶部に記憶されて設定されたことを示すランプである。ハンディ端末 5 0 に設定可能なパラメータを表 1 に示す。

10

【0064】

【表 1】

パラメータ No	意味	初期値	値の範囲
0	パラメータの記憶領域 合計10人分のパラメータを記憶できる	1	1～10
1	右靴で使用する無線チャンネル	0	0～3
2	左靴で使用する無線チャンネル	1	0～3
3	肩振り下げ判断時間	100mS	10～500[mS]
4	肩振り下げ判断角度	4	1～10[deg]
5	肩の最大トルク	50	0～100[%]
6	肩の制御範囲	90	0～90[deg]
7	肩アシストOFF時の出力	1	0～10[%]
8	保持時の腰最大トルク	50	0～100[%]
9	腰の制御範囲	90	0～90[deg]
10	遊脚用の腰最大トルク	50	0～100[%]
11	腰最大トルク出力時間	500	0～1000[mS]
12	歩行用の腰最大トルク	50	0～100[%]
13	歩行用の腰制御範囲	90	0～90[deg]
14	腰アシストOFF時の出力	1	0～10[%]

20

30

【0065】

図 4 は、回転トルク T の算出を説明するための図である。制御部 1 3 2 は、装着者の様々な作業姿勢にて体を動かすのに必要な回転トルク T を、肩関節および股関節の計測角度、および靴の爪先および踵に作用する床反力スイッチの状態に基づいて、力学的に算出することによって、アシストトルクを算出する。床反力スイッチは、爪先床反力検出スイッチ 2 1 および踵床反力検出スイッチ 2 2 である。

40

【0066】

制御部 1 3 2 は、まず動作角度 を求める。動作角度 は、鉛直方向を基準とする角度である。動作角度 は、たとえば肩関節の場合は、電動モータ 1 に含まれるロータリエンコーダによって計測される関節角度であり、股関節の場合は、電動モータ 1 1 に含まれるロータリエンコーダによって計測される関節角度である。

【0067】

腕または腿の質量を  $m$  [kg] とし、電動モータ 1 の回転軸から腕用ベルト 1 0 までの

50

距離、または電動モータ 11 の回転軸から大腿用ベルト 20 までの距離を  $L$  [m] とすると、重量  $m$  をアシストするのに必要な回転トルク  $T$  は、計算式  $T = L m \cdot \sin$  [N・m] によって計算することができる。「 $L m$ 」は、装着者によって決まる定数である。制御部 132 は、この値をパラメータとして設定することによって、アシストトルクを算出している。パラメータは、ハンディ端末 50 を使用して、装着者によって設定される。また、パラメータは、固定値であるとは限らず、後述する第 1 のアシストスーツ制御処理の処理手順に従って推定される動作に応じて切り換えられる。

#### 【0068】

図 5 および図 6 は、第 1 の軽作業用アシストスーツ 100 で実行される第 1 のアシストスーツ制御処理の処理手順を示すフローチャートである。制御部 132 は、第 1 の軽作業用アシストスーツ 100 の電源が投入されて電動モータ 1, 11 を除く部位への電力の供給が開始され、動作可能状態になると、ステップ A1 に移る。

10

#### 【0069】

第 1 のアシストスーツ制御処理は、大きく 5 つのシーケンスによって構成される。ステップ A1 ~ A3 が電源起動シーケンスであり、ステップ A4, A5 がパラメータ書換えシーケンスであり、ステップ A6, A7 が姿勢情報入力シーケンスであり、ステップ A8 ~ A12 が肩関節制御シーケンスであり、ステップ A13 ~ A23 が股関節制御シーケンスである。制御部 132 は、肩関節制御シーケンスおよび股関節制御シーケンスによって、各関節に必要なアシストトルクを出力している。

#### 【0070】

ステップ A1 では、制御部 132 は、ハンディ端末 50 からのパラメータの受信が完了したか否かを判定する。制御部 132 は、ハンディ端末 50 からのパラメータの受信が完了すると、受信したパラメータを図示しない記憶部に記憶して、ステップ A2 に進み、ハンディ端末 50 からのパラメータの受信が完了しないと、ステップ A1 に戻る。

20

#### 【0071】

ステップ A2 では、制御部 132 は、関節角度の初期化を行う。具体的には、制御部 132 は、直立状態で、腕を鉛直方向に下げた姿勢での関節角度を初期値である 0 度とする。すなわち、制御部 132 は、直立状態で、腕を鉛直方向に下げた姿勢での各関節角度を、電動モータ 1, 11 に含まれるロータリエンコーダから取得し、取得した各関節角度の位置を、各関節角度の 0 度の位置とする。

30

#### 【0072】

ステップ A3 では、制御部 132 は、電動モータ 1, 11 を駆動するための駆動電源をオン（図では「ON」という）とする。すなわち、制御部 132 は、電池 133 から電動モータ 1, 11 への電力の供給を開始するように、電池 133 に指示する。

#### 【0073】

ステップ A4 では、制御部 132 は、ハンディ端末 50 からのパラメータの更新を待つ。制御部 132 は、ハンディ端末 50 からのパラメータの更新がないと、ステップ A6 に進み、ハンディ端末 50 からのパラメータの更新があると、ステップ A5 に進む。ステップ A5 では、制御部 132 は、ハンディ端末 50 から更新されたパラメータを受信すると、受信した更新されたパラメータを、図示しない記憶部に記憶してパラメータを更新する。

40

#### 【0074】

アシストに必要なパラメータは、装着者の持っているハンディ端末 50 から適宜送られてくる。したがって、このパラメータの書換えを常時実行できるように、ステップ A4, A5 での書換え処理をメインループ内で行っている。メインループは、ステップ A4 からステップ A23 までループする処理である。

#### 【0075】

ステップ A6 では、制御部 132 は、各関節角度を計測する。具体的には、制御部 132 は、電動モータ 1, 11 に含まれるロータリエンコーダによって計測された関節角度、回転の有無および回転方向を、各ロータリエンコーダから取得する。ステップ A7 では、

50

制御部 132 は、床反力スイッチからスイッチの状態を読み込む。具体的には、制御部 132 は、爪先床反力検出スイッチ 21 および踵床反力検出スイッチ 22 から、それぞれの検出結果、つまりスイッチの状態を取得する。このとき、制御部 132 は、中央制御ユニット 23 に含まれる 3 軸加速度センサで計測された腰の傾きを、3 軸加速度センサから取得する。

【0076】

そして、制御部 132 は、取得した関節角度、回転の有無、回転方向、スイッチの状態、および腰の傾きに基づいて、装着者の腕および腿に作用する静止トルクを算出するとともに、肩制御、腰制御および歩行制御の状態を判断する。肩制御は、肩関節の制御であり、腰制御は、股関節の制御である。肩制御には、振下の状態および保持の状態がある。腰制御には、保持の状態、歩行の状態、およびそのいずれでもない状態がある。歩行制御は、腰制御が歩行の状態であるとき、振上開始の状態、振上中の状態、振下開始の状態、振下中の状態および振完了の状態がある。振上は、肩関節を支点として腕を、または股関節を支点として腿を振り上げることであり、振下は、肩関節を支点として腕を、または股関節を支点として腿を振り下げることであり、保持の状態は、腕または腿の動作が停止している状態である。振完了の状態は、振上または振下の動作が完了した状態である。制御部 132 は、取得した回転の有無および回転方向に基づいて、これらの状態を判断する。

10

【0077】

肩関節の制御には、「振下」と「保持」との 2 つのモードがある。通常は、肩関節を「保持」するアシストを実行するために、ステップ A11 で、肩関節の関節角度に比例したアシストトルクを出力する。

20

【0078】

ステップ A8 では、制御部 132 は、肩制御が「振下」であるか否かを判定する。「振下」であるか否かの判断基準は、ハンディ端末 50 から受信したパラメータによる。制御部 132 は、肩制御が「振下」であると、ステップ A9 に進み、肩制御が「振下」でないと、ステップ A11 に進む。ステップ A9 では、制御部 132 は、「振下」完了であるか否かを判定する。制御部 132 は、肩制御の「振下」が完了すると、ステップ A10 に進み、肩制御の「振下」が完了しないと、ステップ A12 に進む。

【0079】

ステップ A10 では、制御部 132 は、肩制御を「保持」に戻して、ステップ A11 に進む。ステップ A11 では、制御部 132 は、肩トルクを「比例」として、ステップ A13 に進む。制御部 132 は、肩トルクを「比例」としたとき、静止トルクおよび回転トルクに比例したトルクを腕に与えるために、電動モータ 1 によって駆動する駆動トルク、つまりアシストトルクを算出し、算出した駆動トルクで駆動するように電動モータ 1 を制御する。

30

【0080】

ステップ A12 では、制御部 132 は、肩トルクを「オフ（図では「OFF」という）」として、振下が完了するまで肩のアシストをオフにし、ステップ A13 に進む。制御部 132 は、肩トルクを「オフ」としたとき、電動モータ 1 の駆動を停止する。

【0081】

股関節の制御には、大きく「保持」と「歩行」との動作モードがあり、この動作モードは、ハンディ端末 50 から送られてきた情報によって指定される。動作モードが「保持」の場合は、すなわち、ハンディ端末 50 からモード値「1」が送られてきた場合は、直立姿勢を保持するために、ステップ A19 で、股関節の関節角度に比例したアシストトルクが出力される。動作モードが「歩行」の場合は、すなわち、ハンディ端末 50 からモード値「2」が送られてきた場合は、「振上開始」、「振上中」、「振下開始」および「振下中」のうちのいずれかの歩行シーケンスが実行される。歩行シーケンスは、「振上開始」、「振上中」、「振下開始」および「振下中」の順序で順次実行され、「振下完了」で終了する。遊脚となっていない方の足は、振上げられず、保持脚として、ステップ A19 で、股関節の関節角度に比例した保持トルクが出力される。

40

50

## 【 0 0 8 2 】

ステップ A 1 3 では、制御部 1 3 2 は、腰制御が「保持」であるか否かを判定する。制御部 1 3 2 は、腰制御が「保持」であるとき、ステップ A 1 9 に進み、腰制御が「保持」でないとき、ステップ A 1 4 に進む。ステップ A 1 4 では、制御部 1 3 2 は、腰制御が「歩行」であるか否かを判定する。制御部 1 3 2 は、腰制御が「歩行」であるとき、ステップ A 1 5 に進み、腰制御が「歩行」でないとき、ステップ A 1 9 に進む。

## 【 0 0 8 3 】

ステップ A 1 5 では、制御部 1 3 2 は、歩行制御が「振上開始」であるか否かを判定する。制御部 1 3 2 は、踵床反力検出スイッチ 2 2 がオフで、股関節の角度が小さい場合、「振上開始」と判断する。制御部 1 3 2 は、歩行制御が「振上開始」であるとき、ステップ A 2 0 に進み、歩行制御が「振上開始」でないとき、ステップ A 1 6 に進む。ステップ A 1 6 では、制御部 1 3 2 は、歩行制御が「振上中」であるか否かを判定する。制御部 1 3 2 は、歩行制御が「振上中」であるとき、ステップ A 2 1 に進み、歩行制御が「振上中」でないとき、ステップ A 1 7 に進む。

## 【 0 0 8 4 】

ステップ A 1 7 では、制御部 1 3 2 は、歩行制御が「振下開始」であるか否かを判定する。制御部 1 3 2 は、股関節の関節角度が一定値以上の角度に到達すると、「振下開始」と判断する。制御部 1 3 2 は、歩行制御が「振下開始」であるとき、ステップ A 2 2 に進み、歩行制御が「振下開始」でないとき、ステップ A 1 8 に進む。ステップ A 1 8 では、制御部 1 3 2 は、歩行制御が「振下中」であるか否かを判定する。制御部 1 3 2 は、歩行制御が「振下中」であるとき、ステップ A 2 2 に進み、歩行制御が「振下中」でないとき、ステップ A 2 3 に進む。

## 【 0 0 8 5 】

ステップ A 1 9 では、制御部 1 3 2 は、腰トルクを「保持比例」として、ステップ A 4 に戻る。ステップ A 2 0 では、制御部 1 3 2 は、腰トルクを「最大」として、振上側の電動モータ 1 1 に、短時間最大のアシストトルクを出力し、ステップ A 4 に戻る。ステップ A 2 1 では、制御部 1 3 2 は、腰トルクを「歩行比例」として、振上側の電動モータ 1 1 に、股関節の関節角度に比例したアシストトルクを出力し、ステップ A 4 に戻る。ステップ A 2 2 では、制御部 1 3 2 は、腰トルクを「オフ」として、ステップ A 4 に戻る。ステップ A 2 3 では、制御部 1 3 2 は、歩行制御を「振完了」として、ステップ A 4 に戻る。

## 【 0 0 8 6 】

ステップ A 4 ~ A 7 は、算出ステップである。ステップ A 8 ~ A 2 3 は、駆動ステップである。制御部 1 3 2 は、ステップ A 4 ~ ステップ A 2 3 の一連のシーケンス、つまりメインループを、1 0 m 秒間隔で実行しており、装着者へのスムーズなアシストを実現している。制御部 1 3 2 は、表 1 に示したパラメータのうち、ステップ A 9 で、パラメータ No「3」,「4」を使用し、ステップ A 1 1 で、パラメータ No「5」,「6」を使用し、ステップ A 1 2 で、パラメータ No「7」を使用し、ステップ A 1 9 で、パラメータ No「8」,「9」を使用し、ステップ A 2 0 で、パラメータ No「10」,「11」を使用し、ステップ A 2 1 で、パラメータ No「12」,「13」を使用し、ステップ A 2 2 で、パラメータ No「14」を使用する。

## 【 0 0 8 7 】

図 7 は、本発明の参考例である第 2 の軽作業用アシストスーツ 2 0 0 の外観を示す図である。図 7 ( a ) は、装着者によって装着された状態の第 2 の軽作業用アシストスーツ 2 0 0 の外観を示す正面図である。図 7 ( b ) は、装着者によって装着された状態の第 2 の軽作業用アシストスーツ 2 0 0 の外観を示す側面図である。本発明に係る制御方法は、第 2 の軽作業用アシストスーツ 2 0 0 で実行される。

## 【 0 0 8 8 】

パワーアシストロボット装置である第 2 の軽作業用アシストスーツ 2 0 0 は、電動モータ 2 0 1 , 2 1 2、フレーム 2 0 2 , 2 0 4 , 2 1 3 , 2 1 5、背面フレーム 2 0 6 , 2 1 6、受動回転軸 2 0 3 , 2 0 5 , 2 0 9 , 2 1 4、ヒンジ 2 0 7、受け面 2 1 0 , 2 2

10

20

30

40

50

2、アーム208、221、ベルト211、223、腰用ベルト217、股用ベルト218、前面ベルト219、背面ベルト220、爪先床反力検出スイッチ21、踵床反力検出スイッチ22および中央制御ユニット23を含んで構成される。第2の軽作業用アシストスーツ200は、アクチュエータである電動モータ201を両肩の上側から支持する軽作業用のアシストスーツである。受動回転軸203、205は、腕用連結部である。受動回転軸214は、腰用連結部である。

【0089】

電動モータ201は、肩のパワーアシスト用、つまり肩の動きを補助するための動力源として用いられる電動モータであり、肩関節を支点とする腕の回転をアシストする動力を発生する。電動モータ201は、左右の肩関節の両側に、左右軸線まわりに回転するように、次のようにして取り付けられている。

10

【0090】

電動モータ201の固定端側には、上方に伸びるフレーム202を介して、肩関節の前後軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸203が取り付けられている。受動回転軸203に連結されるフレーム204は、肩関節の上下軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸205を介して、肩関節中心の上面で、装着者の左右の肩の上面中央付近に配置される背面フレーム206の上端に左右から取り付けられている。背面フレーム206は、たとえば装着者の前方から見て逆Y字形状で、後方から見てY字型のフレームである。背面フレーム206には、装着者の体の形状に沿うようにヒンジ207が取り付けられている。

20

【0091】

電動モータ201の回転端側は、装着者の上腕に沿うように出されたアーム208が取り付けられている。アーム208の先端には、左右軸線まわりの受動回転軸209を介して、半円筒状の受け面210が取り付けられている。受け面210には、ベルト211が取り付けられている。ベルト211によって、装着者の上腕が受け面210に固定されるようになっている。

【0092】

電動モータ212は、腰のパワーアシスト用、つまり腰の動きを補助するための電動モータであり、股関節を支点とする腿の回転をアシストする。電動モータ212は、左右の股関節の両サイドに、左右軸線まわりに回転するように、次のようにして取り付けられている。

30

【0093】

電動モータ212の固定端側には、上方に伸びるフレーム213を介して、股関節の前後軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸214が取り付けられている。受動回転軸214は、フレーム215を介して、装着者の腰部側面にて、背面フレーム216の左右に取り付けられている。

【0094】

背面フレーム216には、腰用ベルト217と股用ベルト218とが取り付けられている。腰用ベルト217は、背面フレーム216の側面から左右方向にわき腹を通して、また股用ベルト218は、背面フレーム216の下方から股間を通して左右の前面に回されて、装着者に密着するように取り付けられる構造になっている。背面フレーム216と背面フレーム206とは、装着者の前面ベルト219と背面ベルト220によって結合することができる構造になっている。

40

【0095】

電動モータ212の回転端側は、装着者の大腿部に沿うように出されたアーム221が取り付けられている。アーム221の先端には、半円筒状の受け面222が取り付けられている。受け面222には、ベルト223が取り付けられている。ベルト223によって、装着者の大腿部が受け面222に固定されるようになっている。

【0096】

第2の軽作業用アシストスーツ200に含まれる制御機器の構成は、図2に示した第1

50

の軽作業用アシストスーツ100に含まれる制御機器の構成と同じであり、第2の軽作業用アシストスーツ200で実行される第2のアシストスーツ制御処理の処理手順は、図5および図6に示した第1の軽作業用アシストスーツ100で実行される第1のアシストスーツ制御処理の処理手順と同じであり、重複を避けるために説明を省略する。

【0097】

図8は、本発明の他の参考例である第1の重作業用アシストスーツ300の外観を示す図である。図8(a)は、装着者によって装着された状態の第1の重作業用アシストスーツ300の外観を示す正面図である。図8(b)は、装着者によって装着された状態の第1の重作業用アシストスーツ300の外観を示す側面図である。本発明に係る制御方法は、第1の重作業用アシストスーツ300で実行される。

10

【0098】

図8に示した第1の重作業用アシストスーツ300は、肢部の股関節および膝関節のパワーアシストに、空気圧シリンダを用い、上肢部のパワーアシストに、空気圧人工ゴム筋肉を用いたリフタ方式の実施例である。

【0099】

パワーアシストロボット装置である第1の重作業用アシストスーツ300は、空気圧シリンダ301、315、受動回転軸302、304、305、308、309、311、316、318、320、321、フレーム303、306、307、310、317、322、背面フレーム312、腰用ベルト314、上肢背面ボックス324、人工ゴム筋肉325、移動フレーム326、リニアガイド327、328、ラックギア329、ピニ

20

オンギア630~632、ワイヤ巻き取りシープ633、ワイヤ634、639、640、バランスプレート635、プーリ637、638、ワイヤ634、639、640、フック641、スイッチ642、手袋643およびベルト645、を含んで構成される。

【0100】

第1の重作業用アシストスーツ300は、股関節および膝関節をパワーアシストするために、空気圧シリンダ301を左右の股関節の両サイドに、そして、空気圧シリンダ315を左右の膝関節の両サイドに配置している。

【0101】

空気圧シリンダ301は、腰のパワーアシスト用、つまり腰の動きを補助するための動力源として用いられる空気圧シリンダであり、股関節を支点とする大腿部の回転をアシストする動力を発生する。空気圧シリンダ301は、左右の股関節の両サイドに、左右軸線まわりに回転トルクを発生するように、次のようにして取り付けられている。

30

【0102】

空気圧シリンダ301の固定端側は、左右軸線まわりの受動回転軸302を介して、フレーム303に取り付けられている。フレーム303は、膝関節中心の左右軸線まわりの受動回転軸304に連結されている。受動回転軸304には、股関節中心の左右軸線まわりの受動回転軸305の一方の回転軸に連結されるフレーム306が取り付けられている。受動回転軸305の他方の回転端には、上側へ伸びるフレーム307が取り付けられている。フレーム307の上端には、左右軸線まわりの受動回転軸308を介して、空気圧シリンダ301の移動端が連結されている。

40

【0103】

受動回転軸305の他方の回転端には、上側へ伸びるフレーム307以外に、股関節の上下軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸309が取り付けられている。股関節中心の背面には、フレーム310が、股関節の前後軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸311を介して、装着者の背面中央付近に配置される背面フレーム312の下端に左右から取り付けられている。

【0104】

背中装着部である背面フレーム312は、たとえば四角形状である。背面フレーム312には、装着者の背中形状に沿うようにクッション用パッド313が取り付けられている。また、背面フレーム312には、腰用ベルト314が取り付けられている。腰用ベル

50

ト 3 1 4 は、背面フレーム 3 1 2 の上方から左右方向にわき腹を通して、装着者に密着するように取り付けられる構造になっている。

【 0 1 0 5 】

空気圧シリンダ 3 1 5 は、膝のパワーアシスト用、つまり膝の動きを補助するための動力源として用いられる空気圧シリンダであり、膝関節を支点とする下腿部の回転をアシストする動力を発生する。空気圧シリンダ 3 1 5 は、左右の膝の両サイドに、左右軸線まわりに回転トルクを発生するように、次のようにして取り付けられている。

【 0 1 0 6 】

空気圧シリンダ 3 1 5 の固定端側は、左右軸線まわりの受動回転軸 3 1 6 を介してフレーム 3 1 7 に取り付けられている。フレーム 3 1 7 は、足首関節中心の左右軸線まわりの受動回転軸 3 1 8 の一方の回転軸に連結されるとともに、膝関節中心の左右軸線まわりの受動回転軸 3 0 4 の一方の回転軸に連結されるフレーム 3 1 9 が取り付けられている。受動回転軸 3 0 4 の他方の回転端には、受動回転軸 3 0 5 に連結されるフレーム 3 0 6 がある。フレーム 3 0 6 の膝関節中心より上部には、左右軸線まわりの受動回転軸 3 2 0 を介して、空気圧シリンダ 3 1 5 の移動端が連結されている。

【 0 1 0 7 】

受動回転軸 3 1 8 の他方の回転端には、足首関節の前後軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸 3 2 1 の一方の回転端が取り付けられている。受動回転軸 3 2 1 の他方の回転端は、フレーム 3 2 2 を介して靴底へ取り付けられている。

【 0 1 0 8 】

また、第 1 の重作業用アシストスーツ 3 0 0 は、重量物持ち上げをパワーアシストするためのリフタ装置を含む。このリフタ装置（以下「リフタ」ともいう）は、上下軸線まわりの回転軸を介して、装着者の下肢の背面フレーム 3 1 2 に取り付けられている上肢背面ボックス 3 2 4 に配置されている。

【 0 1 0 9 】

上肢背面ボックス 3 2 4 の上部には、人工ゴム筋肉 3 2 5 の固定端が連結されている。人工ゴム筋肉 3 2 5 は、空気圧人工ゴム筋肉である。人工ゴム筋肉 3 2 5 の移動端には、移動フレーム 3 2 6 が接続されている。移動フレーム 3 2 6 の両端には、リニアガイド 3 2 7 とリニアガイド 3 2 8 とが取り付けられている。リニアガイド 3 2 7 およびリニアガイド 3 2 8 は、人工ゴム筋肉 3 2 5 の伸縮動作の補助を行う。リニアガイド 3 2 8 には、ラックギア 3 2 9 が取り付けられている。

【 0 1 1 0 】

ラックギア 3 2 9 は、ピニオンギア 6 3 0 と噛み合っている。人工ゴム筋肉 3 2 5 の伸縮動作がラックギア 3 2 9 を介して、ピニオンギア 6 3 0 に伝達されることによって、伸縮動作が回転動作に変換される。ピニオンギア 6 3 0 は、ピニオンギア 6 3 1 とピニオンギア 6 3 2 とに噛み合っている。人工ゴム筋肉 3 2 5 のストロークを 5 倍に増加させるために、ピニオンギア 6 3 0 が 1 回転すると、ピニオンギア 6 3 2 は、ピニオンギア 6 3 1 を介して、ピニオンギア 6 3 0 と同方向に 5 回転するように速比と回転方向とが設定されている。

【 0 1 1 1 】

ピニオンギア 6 3 2 には、ワイヤ巻き取りシープ 6 3 3 が接続されている。ワイヤ巻き取りシープ 6 3 3 は、ワイヤ 6 3 4 を巻き取る構造になっている。ワイヤ 6 3 4 の移動端には、バランスプレート 6 3 5 が取り付けられている。バランスプレート 6 3 5 の右端には、右手用ワイヤ 6 3 9 が、そして、バランスプレート 6 3 5 の左端には、左手用ワイヤ 6 4 0 が取り付けられている。

【 0 1 1 2 】

右手用ワイヤ 6 3 9 および左手用ワイヤ 6 4 0 は、フレーム 6 3 6 に設けられたプーリ 6 3 7 およびプーリ 6 3 8 を介して、装着者の背面から前面へ通される。右手用ワイヤ 6 3 9 および左手用ワイヤ 6 4 0 には、フック 6 4 1 および起動スイッチ 6 4 2 が取り付けられた手袋 6 4 3 がそれぞれ取り付けられている。装着者は、手袋 6 4 3 を装着し、荷物

10

20

30

40

50



をフック 6 4 1 に引っかけて、起動スイッチ 6 4 2 を操作することによって、人工ゴム筋肉 6 2 5 が動作を開始して、ワイヤ巻き取りシープ 6 3 3 が回転し、ワイヤ 6 3 4 を巻き取ることによって、荷物の持ち上げ・持ち下ろし動作を行うことができる。

【 0 1 1 3 】

上肢背面ボックス 3 2 4 は、背面フレーム 6 4 4 に接続されている。背面フレーム 6 4 4 には、装着者の背中形状に沿うようクッション 6 4 6 が取り付けられている。また、背面フレーム 6 4 4 には、ベルト 6 4 5 が取り付けられており、背面フレーム 6 4 4 の左右から脇を通して装着者に密着するように取り付けられる構造になっている。

【 0 1 1 4 】

このように、上肢背面ボックス 3 2 4 の上部には、人工ゴム筋肉 3 2 5 の固定端がつながっている。人工ゴム筋肉 3 2 5 の移動端には、ラックギア 3 2 9 とピニオンギア 6 3 0 ~ 6 3 2 とを介して、人工ゴム筋肉 3 2 5 の伸縮動作を回転動作に変換する構造になっている。ピニオンギア 6 3 0 ~ 6 3 2 の入力側と出力側との速度比は、5 倍に設定され、人工ゴム筋肉 3 2 9 のストロークを 5 倍に増加させている。上肢背面ボックス 3 2 4 の上部から左右の肩の上部のガイド部を通して、装着者の前面へワイヤ 6 3 9 , 6 4 0 を通している。ガイド部は、フレーム 6 3 6、プーリ 6 3 7 およびプーリ 6 3 8 によって構成される。ワイヤ 6 3 9 , 6 4 0 の端には、重量物を把持するためのフック 6 4 1 とスイッチ 6 4 2 とが取り付けられている。装着者は、フック 6 4 1 に荷物を引っ掛け、スイッチ 6 4 2 を押すことによって、荷物の上げ下ろしを行うことができる構造になっている。

【 0 1 1 5 】

図 9 は、第 1 の重作業用アシストスーツ 3 0 0 に含まれる空気圧駆動機器の構成を示す図である。第 1 の重作業用アシストスーツ 3 0 0 に含まれる空気圧駆動機器は、コンプレッサ 4 0 1、開閉バルブ 4 0 2、レギュレータ 4 0 3、エアフィルタ 4 0 4、ミストセパレータ 4 0 5、主流路 4 0 6、下肢側流路 4 0 7、上肢側流路 4 0 8、下肢左側流路 4 0 9、下肢右側流路 4 1 0、上肢空圧回路部 4 2 0、下肢左腰関節空圧回路 4 3 0 a、下肢右腰関節空圧回路 4 3 0 b、下肢左膝関節空圧回路 4 3 0 c、および下肢右膝関節空圧回路 4 3 0 d をさらに含んで構成される。

【 0 1 1 6 】

据え置き型のコンプレッサ 4 0 1 で圧縮された空気（以下「圧縮空気」という）は、開閉バルブ 4 0 2 を開放することによって、レギュレータ 4 0 3 へ流され、レギュレータ 4 0 3 によって適正な圧力に調整された後に、エアフィルタ 4 0 4 とミストセパレータ 4 0 5 とによって清浄化されて、主流路 4 0 6 へ送られる。主流路 4 0 6 は、上肢側流路 4 0 8 と下肢側流路 4 0 7 とに分岐する。

【 0 1 1 7 】

上肢側流路 4 0 8 に送られた圧縮空気は、上肢空圧回路部 4 2 0 へ流れ込む。上肢空圧回路部 4 2 0 は、上肢側電空レギュレータ 4 2 1、上肢側電磁弁 4 2 2、上肢側流量制御弁 4 2 3 および上肢側アクチュエータ 4 2 4 , 4 2 5 を含む。上肢側アクチュエータ 4 2 4 , 4 2 5 は、それぞれ、たとえば人工ゴム筋肉 3 2 5 によって構成される。

【 0 1 1 8 】

上肢側流路 4 0 8 から上肢空圧回路部 4 2 0 へ流れ込んだ圧縮空気は、上肢側電空レギュレータ 4 2 1 によって持ち上げる荷重に必要な推力に見合った空気圧力に調整される。圧力を調整された圧縮空気は、上肢側電磁弁 4 2 2 によって持ち上げ側もしくは持ち下ろし側に流路が切り換えられる。流路が切り替えられた圧縮空気は、上肢側流量制御弁 4 2 3 によって、流量制御が行われた後に、上肢側アクチュエータ 4 2 4 , 4 2 5 に送られ、上肢側アクチュエータ 4 2 4 , 4 2 5、つまり人工ゴム筋肉 3 2 5 を駆動する。

【 0 1 1 9 】

下肢側流路 4 0 7 へ送られた圧縮空気は、さらに下肢左側流路 4 0 9 と下肢右側流路 4 1 0 とに分岐される。下肢左側流路 4 0 9 に送られた圧縮空気は、下肢左腰関節空圧回路 4 3 0 a および下肢左膝関節空圧回路 4 3 0 c に送られる。下肢左腰関節空圧回路 4 3 0 a は、左腰関節の動きを補助するため、すなわち、左大腿部の左側側方に配置される空気

10

20

30

40

50

圧シリンダ 301 を駆動するための空圧回路である。下肢左腰関節空圧回路 430 a は、下肢関節用電空レギュレータ 431、下肢関節用電磁弁 432、下肢関節伸展側流量制御弁 433、下肢関節屈曲側流量制御弁 434 および下肢関節用アクチュエータ 435 を含んで構成される。

【0120】

下肢左腰関節空圧回路 430 a に送られた圧縮空気は、下肢関節用電空レギュレータ 431 によって関節の動作に必要な推力に見合った空気圧力に調整される。圧力を調整された圧縮空気は、下肢関節用電磁弁 432 によって関節の屈伸側もしくは伸展側に流路が切り換えられる。流路が切り替えられた圧縮空気は、下肢関節伸展側流量制御弁 433、または下肢関節屈曲側流量制御弁 434 によって流量制御が行われた後に、下肢関節用アク

10

【0121】

下肢左膝関節空圧回路 430 c は、左膝関節の動きを補助するため、すなわち、左下腿部の左側側方に配置される空気圧シリンダ 315 を駆動するための空圧回路である。下肢左膝関節空圧回路 430 c の構成は、下肢左腰関節空圧回路 430 a の構成と同じであり、重複を避けるために説明は省略する。

【0122】

下肢右側流路 410 に送られた圧縮空気は、下肢右腰関節空圧回路 430 b および下肢右膝関節空圧回路 430 d に送られる。下肢右腰関節空圧回路 430 b は、右腰関節の動きを補助するため、すなわち、右大腿部の左側側方に配置される空気圧シリンダ 301 を駆動するための空圧回路である。下肢右膝関節空圧回路 430 d は、右膝関節の動きを補助するため、すなわち、右下腿部の右側側方に配置される空気圧シリンダ 315 を駆動するための空圧回路である。下肢右腰関節空圧回路 430 b および下肢右膝関節空圧回路 430 d の構成は、それぞれ下肢左腰関節空圧回路 430 a の構成と同じであり、重複を避けるために説明は省略する。

20

【0123】

下肢左腰関節空圧回路 430 a に含まれる下肢関節用アクチュエータ 435 は、左大腿部の左側側方に配置される空気圧シリンダ 301 である。下肢左膝関節空圧回路 430 c に含まれる下肢関節用アクチュエータ 435 は、左下腿部の左側側方に配置される空気圧シリンダ 301 である。下肢右腰関節空圧回路 430 b に含まれる下肢関節用アクチュエータ 435 は、右大腿部の右側側方に配置される空気圧シリンダ 301 である。下肢右膝関節空圧回路 430 d に含まれる下肢関節用アクチュエータ 435 は、右下腿部の右側側方に配置される空気圧シリンダ 301 である。

30

【0124】

図 10 は、第 1 の重作業用アシストスーツ 300 に含まれる制御機器の構成を示す図である。第 1 の重作業用アシストスーツ 300 に含まれる制御機器は、中央制御ユニット 330、右足底ユニット 350、左足底ユニット 360、関節ユニット 340 a ~ 340 d、リフトユニット 370 およびハンディ端末 50 を含んで構成される。

【0125】

中央制御ユニット 330 は、制御部 332、電池 333、RS422 通信部 334、電空ドライブ 335 および無線通信部 336 を含んで構成される。電池 333 は、充電可能な蓄電池であり、すべてのユニットへ電力を供給している。制御部 332 は、たとえば CPU によって構成され、RS422 通信部 334、電空ドライブ 335 および無線通信部 336 を制御する。電空ドライブ 335 と各関節ユニット 340 a ~ 340 d およびリフトユニット 370 とは有線で接続されている。制御部 332 は、アシストに必要な出力トルク指令を各関節ユニット 340 a ~ 340 d およびリフトユニット 370 に送る。各関節ユニット 340 a ~ 340 d は、各関節ユニット 340 a ~ 340 d の出力トルク情報をそれぞれ制御部 332 に送る。

40

【0126】

50

関節ユニット340 aは、左大腿部の左側側方に配置される空気圧シリンダ301を制御する。関節ユニット340 bは、右大腿部の右側側方に配置される空気圧シリンダ301を制御する。関節ユニット340 cは、左下腿部の左側側方に配置される空気圧シリンダ315を制御する。関節ユニット340 dは、右下腿部の左側側方に配置される空気圧シリンダ315を制御する。

【0127】

各関節ユニット340 a～340 dは、電空レギュレータ341、ソレノイドバルブ342、およびポテンショメータ343を含んで構成される。ポテンショメータ343は、それぞれの関節の関節角度を計測する。電空レギュレータ341は、アシストに応じた空気圧を制御し、出力方向、すなわち、曲げる方向であるか伸ばす方向であるかをソレノイド

10

【0128】

右足底ユニット350は、それぞれ爪先フォースプレート351、踵フォースプレート352およびポテンショメータ353を含んで構成される。爪先フォースプレート351は、爪先に作用する床反力、具体的には重量を測定する。踵フォースプレート352は、踵に作用する床反力を測定する。爪先フォースプレート351および踵フォースプレート352は、測定した重量を、RS422通信で制御部332に送信する。ポテンショメータ353は、足関節の関節角度を測定し、制御部332に直接送る。

【0129】

左足底ユニット360は、右足底ユニット350と同じ構成である。爪先フォースプレート361、踵フォースプレート362およびポテンショメータ363は、それぞれ爪先フォースプレート351、踵フォースプレート352およびポテンショメータ353と同じであり、重複を避けるために説明を省略する。

20

【0130】

ハンディ端末50は、図3に示したハンディ端末50と同じ構成である。ただし、第3の実施形態でのハンディ端末50は、リフトの上昇操作および下降操作を行うために用いられる。具体的には、装着者は、ハンディ端末50のパラメータNoを「1」に設定することによって、リフトの手動操作が可能となる。上昇スイッチ52を押下すると、リフトが上昇し、下降スイッチ53を押下すると、リフトが下降する。

30

第3の実施形態のハンディ端末50に設定可能なパラメータを表2に示す。

【0131】

【表 2】

パラメータ No	意味	初期値	値の範囲
0	フォースプレートの初期化 [Inc]：右足風袋消去、[Dec]：左足 風袋消去		
1	リフタ操作 [Inc]：上昇、[Dec]：下降、[Ent]： OFF		
2	持ち上げ荷重	30	1～30[kg]
3	パラメータの記憶領域 合計10人分のパラメータを記憶できる	1	1～10
4	肩振り下げ判断角度	4	1～10[deg]
5	肩・肘の最大トルク	50	0～100[%]
6	肩・肘の制御範囲	90	0～90[deg]
7	肩・肘アシストOFF時の出力	1	0～10[%]
8	保持時の腰・膝最大トルク	50	0～100[%]
9	腰・膝の制御範囲	90	0～90[deg]
10	遊脚用の腰・膝最大トルク	50	0～100[%]
11	腰・膝最大トルク出力時間	500	0～1000[mS]
12	歩行用の腰・膝最大トルク	50	0～100[%]
13	歩行用の腰・膝制御範囲	90	0～90[deg]
14	腰・膝アシストOFF時の出力	1	0～10[%]

10

20

## 【0132】

リフタユニット370は、ソレノイドバルブ371を含んで構成される。ソレノイドバルブ371は、上昇であるか下降であるかに応じて、アシストに応じた空気圧を、空気圧アクチュエータ、つまり人工ゴム筋肉325に出力する。

30

## 【0133】

図11および図12は、第1の重作業用アシストスーツ300で実行される第3のアシストスーツ制御処理の処理手順を示すフローチャートである。制御部332は、第1の重作業用アシストスーツ300の電源が投入されて空気圧シリンダ301、315および人工ゴム筋肉325を除く部位への電力の供給が開始され、動作可能状態になると、ステップB1に移る。

## 【0134】

第3のアシストスーツ制御処理は、大きく4つのシーケンスによって構成される。ステップB1～B5が電源起動シーケンスであり、ステップB6、B7がパラメータ書換えシーケンスであり、ステップB8、B9が姿勢情報入力シーケンスであり、ステップB15～B25が股関節・膝関節制御シーケンスである。制御部332は、股関節・膝関節制御シーケンスによって、各関節に必要なアシストトルクを出力している。

40

## 【0135】

ステップB1では、制御部332は、右足の風袋の消去が完了したか否かを判定する。右足の風袋は、装着者が荷物を持たないで直立した状態で、装着者の体重および第1の重作業用アシストスーツ300の重量のうち右足にかかっている重量である。左足の風袋は、装着者が荷物を持たないで直立した状態で、装着者の体重および第1の重作業用アシストスーツ300の重量のうち左足にかかっている重量である。制御部332は、装着者が

50

荷物を持たないで直立した状態で、右足底ユニット 350 および左足底ユニット 360 で計測される重量を、荷物の重量が「0」であるとして設定することによって、風袋を消去する。風袋の消去は、ハンディ端末 50 でパラメータ No「0」とすることによって実行することができる。

【0136】

制御部 332 は、右足の風袋の消去が完了したとき、ステップ B2 に進み、右足の風袋の消去が完了しなかったとき、ステップ B1 に戻る。ステップ B2 では、制御部 332 は、左足の風袋の消去が完了したか否かを判定する。制御部 332 は、左足の風袋の消去が完了したとき、ステップ B3 に進み、左足の風袋の消去が完了しなかったとき、ステップ B2 に戻る。ステップ B3, B6 は、図 5 に示したステップ A1, A4 と同じであり、重複を避けるために説明を省略する。

10

【0137】

ステップ B4 では、制御部 332 は、制御の初期化を行う。具体的には、図 5 に示したステップ A2 と同様に、制御部 332 は、直立状態で、腕を鉛直方向に下げた姿勢での関節角度を初期値である 0 度とする。すなわち、制御部 132 は、直立状態で、腕を鉛直方向に下げた姿勢での各関節角度を、各関節ユニット 340a ~ 340d に含まれるポテンシオメータ 343、右足底ユニット 350 に含まれるポテンシオメータ 353、および左足底ユニット 360 に含まれるポテンシオメータ 363 から取得し、取得した各関節角度の位置を、各関節角度の 0 度の位置とする。

【0138】

20

ステップ B5 では、制御部 332 は、空気圧シリンダ 301, 315 および人工ゴム筋肉 325 を駆動するための駆動電源をオンとする。すなわち、制御部 332 は、電池 333 から空気圧シリンダ 301, 315 および人工ゴム筋肉 325 への電力の供給を開始するように、電池 333 に指示する。

【0139】

ステップ B7 では、制御部 332 は、ハンディ端末 50 から更新されたパラメータを受信すると、受信した更新されたパラメータを、図示しない記憶部に記憶してパラメータを更新する。または、風袋消去を行う。または、リフタ操作を行う。すなわち、ハンディ端末 50 からの指示に応じて、リフタを制御する。

【0140】

30

ステップ B8 では、制御部 332 は、各関節角度を計測する。具体的には、制御部 332 は、各関節ユニット 340a ~ 340d に含まれるポテンシオメータ 343、右足底ユニット 350 に含まれるポテンシオメータ 353、および左足底ユニット 360 に含まれるポテンシオメータ 363 によって計測された関節角度、回転の有無および回転方向を、各ポテンシオメータ 343, 353, 363 から取得する。ステップ B9 では、制御部 332 は、床反力スイッチからスイッチの状態を読み込む。具体的には、制御部 332 は、爪先床反力検出スイッチ 348 および踵床反力検出スイッチ 349 から、それぞれの検出結果、つまり計測された重量を取得する。このとき、制御部 332 は、中央制御ユニットに含まれる 3 軸加速度センサで計測された腰の傾きを、3 軸加速度センサから取得する。

【0141】

40

そして、制御部 332 は、取得した関節角度、回転の有無、回転方向、重量、および腰の傾きに基づいて、装着者の大腿部および下腿部に係る静止トルクを算出するとともに、腰・膝制御および歩行制御の状態を判断する。

【0142】

ステップ B15 ~ B25 は、図 6 に示したステップ A13 ~ A23 の腰制御および腰トルクを、それぞれ腰・膝制御および腰・膝トルクに置き換えたものと同じであり、重複を避けるために説明を省略する。制御部 332 は、ステップ B6 ~ ステップ B25 の一連のシーケンス、つまりメインループを、10m 秒間隔で実行しており、装着者へのスムーズなアシストを実現している。

【0143】

50

制御部 332 は、表 1 に示したパラメータのうち、ステップ B21 で、パラメータ No 「 8 」 , 「 9 」 を使用し、ステップ B22 で、パラメータ No 「 10 」 , 「 11 」 を使用し、ステップ B23 で、パラメータ No 「 12 」 , 「 13 」 を使用し、ステップ B24 で、パラメータ No 「 14 」 を使用する。

【 0144 】

図 13 は、本発明の他の参考例である第 2 の重作業用アシストスーツ 500 の外観を示す図である。図 13 ( a ) は、装着者によって装着された状態の第 2 の重作業用アシストスーツ 500 の外観を示す正面図である。図 13 ( b ) は、装着者によって装着された状態の第 2 の重作業用アシストスーツ 500 の外観を示す側面図である。本発明に係る制御方法は、第 2 の重作業用アシストスーツ 500 で実行される。

10

【 0145 】

図 13 に示した第 2 の重作業用アシストスーツ 500 は、下肢部の股関節および膝関節のパワーアシストに、空気圧シリンダを用い、上部部の肩関節および肘関節のパワーアシストに、空気圧ロータリアクチュエータを用いた実施例である。

【 0146 】

パワーアシストロボット装置である第 2 の重作業用アシストスーツ 500 は、空気圧シリンダ 501 , 516、受動回転軸 502 , 504 , 505 , 508 , 509 , 511 , 517 , 519 , 521 , 522 , 526 , 528 , 532、フレーム 503 , 506 , 507 , 510 , 518 , 520 , 523 , 527、背面フレーム 512 , 529、腰用ベルト 514、大腿用ベルト 515、下腿部用ベルト 524、空気圧ロータリアクチュエータ 525 , 535、胸用ベルト 531、アーム 533 , 536、上腕部用ベルト 534 および前腕部用ベルト 537 を含んで構成される。

20

【 0147 】

背面フレーム 512 , 529 は、背中装着部である。フレーム 506 は、大腿部装着部である。フレーム 520 は、下腿部装着部である。フレーム 523 は、靴底装着部である。受動回転軸 505 は、腰用連結部である。受動回転軸 504 は、膝用連結部である。受動回転軸 519 は、踝用連結部である。受動回転軸 508 は、第 1 の連結部である。受動回転軸 502 は、第 2 の連結部である。受動回転軸 521 は、第 3 の連結部である。受動回転軸 517 は、第 4 の連結部である。

【 0148 】

第 2 の重作業用アシストスーツ 500 は、股関節および膝関節をパワーアシストするために、空気圧シリンダ 501 を左右の股関節の両サイドに、そして空気圧シリンダ 516 を左右の膝関節の両サイドに配置している。

30

【 0149 】

空気圧シリンダ 501 は、腰のパワーアシスト用、つまり腰の動きを補助するための空気圧シリンダであり、股関節を支点とする大腿部の回転をアシストする。空気圧シリンダ 501 は、左右の股関節の両サイドに、左右軸線まわりに回転トルクを発生するように、次のようにして取り付けられている。

【 0150 】

空気圧シリンダ 501 の固定端側は、左右軸線まわりの受動回転軸 502 を介して、フレーム 503 に取り付けられている。フレーム 503 は、膝関節中心の左右軸線まわりの受動回転軸 504 に連結されている。受動回転軸 504 には、股関節中心の左右軸線まわりの受動回転軸 505 の一方の回転軸に連結されるフレーム 506 が取り付けられている。受動回転軸 505 の他方の回転端には、上側へ伸びるフレーム 507 が取り付けられている。フレーム 507 上端には、左右軸線まわりの受動回転軸 508 を介して、空気圧シリンダ 501 の移動端が連結される。

40

【 0151 】

受動回転軸 505 の他方の回転端には、上側へ伸びるフレーム 507 以外に、股関節の上下軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸 509 が取り付けられている。股関節中心の背面には、フレーム 510 が、股関節の前後軸線まわりの回転の自由度に

50

対応するための受動回転軸 5 1 1 を介して、装着者の背面中央付近に配置される背面フレーム 5 1 2 の下端に左右から取り付けられている。

【 0 1 5 2 】

背面フレーム 5 1 2 は、たとえば四角形状である。背面フレーム 5 1 2 には、装着者の背中形状に沿うようにクッション用パッド 5 1 3 が取り付けられている。また、背面フレーム 5 1 2 には、腰用ベルト 5 1 4 が取り付けられている。腰用ベルト 5 1 4 は、背面フレーム 5 1 2 の上方から左右方向にわき腹を通して、装着者に密着するように取り付けられる構造になっている。フレーム 5 0 6 には、大腿用ベルト 5 1 5 が取り付けられて、装着者の大腿部に固定されるようになっている。

【 0 1 5 3 】

空気圧シリンダ 5 1 6 は、膝のパワーアシスト用、つまり膝の動きを補助するための空気圧シリンダであり、膝関節を支点とする下腿部の回転をアシストする。空気圧シリンダ 5 1 6 は、左右の膝の両サイドに、左右軸線まわりに回転トルクを発生するように、次のようにして取り付けられている。

【 0 1 5 4 】

空気圧シリンダ 5 1 6 の固定端側は、左右軸線まわりの受動回転軸 5 1 7 を介してフレーム 5 1 8 に取り付けられている。フレーム 5 1 8 は、足首関節中心の左右軸線まわりの受動回転軸 5 1 9 の一方の回転軸に連結されるとともに、受動回転軸 5 0 4 の一方の回転軸に連結されるフレーム 5 2 0 が取り付けられている。受動回転軸 5 0 4 の他方の回転端には、受動回転軸 5 0 5 に連結されるフレーム 5 0 6 がある。フレーム 5 0 6 の膝関節中心より上部には、左右軸線まわりの受動回転軸 5 2 1 を介して、空気圧シリンダ 5 1 6 の移動端が連結されている。

【 0 1 5 5 】

受動回転軸 5 1 9 の他方の回転端には、足首関節の前後軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸 5 2 2 の一方の回転軸が取り付けられている。受動回転軸 5 2 2 の他方の回転端は、フレーム 5 2 3 を介して靴底へ取り付けられている。フレーム 5 2 0 には、下腿部用ベルト 5 2 4 が取り付けられて、装着者の下腿部に固定されるようになっている。

【 0 1 5 6 】

第 2 の重作業用アシストスーツ 5 0 0 は、さらに、肩関節および肘関節をパワーアシストするために、空気圧ロータリアクチュエータ 5 2 5 , 5 3 5 を、左右の肩関節および肘関節の両サイドに配置している。

【 0 1 5 7 】

空気圧ロータリアクチュエータ 5 2 5 は、肩のパワーアシスト用、つまり肩の動きを補助するための動力源として用いられる空気圧シリンダであり、肩関節を支点とする上腕の回転をアシストする動力を発生する。空気圧ロータリアクチュエータ 5 2 5 は、左右の肩関節の両サイドに、次のようにして取り付けられている。

【 0 1 5 8 】

空気圧ロータリアクチュエータ 5 2 5 の固定端側には、肩関節の上下軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸 5 2 6 が取り付けられている。受動回転軸 5 2 6 に連結されるフレーム 5 2 7 は、肩関節中心の背面には、肩関節の前後軸線まわりの回転の自由度に対応するための受動回転軸 5 2 8 を介して、装着者の背面中央付近に配置される背面フレーム 5 2 9 の上端に左右から取り付けられている。

【 0 1 5 9 】

背面フレーム 5 2 9 は、たとえば四角形状である。背面フレーム 5 2 9 には、装着者の背中形状に沿うようにクッション用パッド 5 3 0 が取り付けられている。背面フレーム 5 2 9 には、胸用ベルト 5 3 1 が取り付けられている。胸用ベルト 5 3 1 は、背面フレーム 5 2 9 の上下中央から左右方向にわきを通して前面に回されて、装着者に密着するように取り付けられる構造になっている。上半部である背面フレーム 5 2 9 の下部は、上下軸線まわりの受動回転軸 5 3 2 を介して、下肢部である背面フレーム 5 1 2 の上部と連結さ

10

20

30

40

50

れている。

【0160】

空気圧ロータリアクチュエータ525の回転端側は、装着者の上腕に沿うように出されたアーム533が取り付けられている。アーム533には、上腕部用ベルト534が取り付けられて、上腕に固定されるようになっている。アーム533の先端には、肘のパワーアシスト用の空気圧ロータリアクチュエータ535の固定端部が取り付けられている。空気圧ロータリアクチュエータ535の回転端部には、装着者の前腕に沿うように出されたアーム536が取り付けられている。アーム536には、前腕部用ベルト537が取り付けられて、前腕に固定されるようになっている。

【0161】

図14は、第2の重作業用アシストスーツ500に含まれる空気圧駆動機器の構成を示す図である。第2の重作業用アシストスーツ500に含まれる空気圧駆動機器は、コンプレッサ401、開閉バルブ402、レギュレータ403、エアフィルタ404、ミストセパレータ405、主流路406、左半身側流路607、右半身側流路608、上肢左肩関節空圧回路部630a、上肢右肩関節空圧回路部630b、上肢左肘関節空圧回路部630c、上肢右肘関節空圧回路部630d、下肢左腰関節空圧回路430a、下肢右腰関節空圧回路430b、下肢左膝関節空圧回路430c、および下肢右膝関節空圧回路430dをさらに含んで構成される。

【0162】

据え置き型のコンプレッサ401で圧縮された圧縮空気は、開閉バルブ402を開放することによって、レギュレータ403へ流され、レギュレータ403によって適正な圧力に調整した後に、エアフィルタ404とミストセパレータ405とによって清浄化されて、主流路406へ送られる。主流路406は、左半身側流路607と右半身側流路608とに分岐する。

【0163】

左半身側流路607に送られた圧縮空気は、まず上肢左肩関節空圧回路部630aおよび上肢左肘関節空圧回路部630cに送られる。上肢左肩関節空圧回路部630aは、左肩関節の動きを補助するため、すなわち、左肩の左側側方に配置される空気圧ロータリアクチュエータ525を駆動するための空圧回路である。上肢左肩関節空圧回路部630aは、上肢関節用電空レギュレータ631、上肢関節電磁弁632、上肢関節屈曲側流量制御弁633、上肢関節伸展側流量制御弁634および上肢関節用ロータリアクチュエータ635を含んで構成される。

【0164】

上肢左肩関節空圧回路部630aに送られた圧縮空気は、上肢関節用電空レギュレータ631によって持ち上げる荷重に必要なトルクに見合った空気圧力に調整される。圧力を調整された圧縮空気は、上肢関節電磁弁632によって、肩関節または肘関節の伸展側および屈曲側に流路が切り換えられる。流路が切り換えられた圧縮空気は、上肢関節屈曲側流量制御弁633または上肢関節伸展側流量制御弁634によって流量制御が行われた後に、上肢関節用ロータリアクチュエータ635に送られ、上肢関節用ロータリアクチュエータ635、つまり空気圧ロータリアクチュエータ525を駆動する。

【0165】

上肢左肘関節空圧回路部630cは、左肘関節の動きを補助するため、すなわち、左肘付近に配置される空気圧ロータリアクチュエータ535を駆動するための空圧回路である。上肢左肘関節空圧回路部630cの構成は、上肢左肩関節空圧回路部630aの構成と同じであり、重複を避けるために説明は省略する。

【0166】

右半身側流路608に送られた圧縮空気は、上肢右肩関節空圧回路部630bおよび上肢右肘関節空圧回路部630dに送られる。上肢右肩関節空圧回路部630bは、右肩関節の動きを補助するため、すなわち、左肩の右側側方に配置される空気圧ロータリアクチュエータ525を駆動するための空圧回路である。上肢右肘関節空圧回路部630dは、

10

20

30

40

50



右肘関節の動きを補助するため、すなわち、右肘付近に配置される空気圧ロータリアクチュエータ535を駆動するための空圧回路である。

【0167】

上肢右肩関節空圧回路部630bおよび上肢右肘関節空圧回路部630dの構成は、いずれも上肢左肩関節空圧回路部630aの構成と同じであり、重複を避けるために説明は省略する。また、下肢左腰関節空圧回路430a、下肢右腰関節空圧回路430b、下肢左膝関節空圧回路430cおよび下肢右膝関節空圧回路430dは、図9に示した下肢左腰関節空圧回路430a、下肢右腰関節空圧回路430b、下肢左膝関節空圧回路430cおよび下肢右膝関節空圧回路430dと同じであり、重複を避けるために説明は省略する。

10

【0168】

上肢左肩関節空圧回路部630aに含まれる上肢関節用ロータリアクチュエータ635は、左肩の左側側方に配置される空気圧ロータリアクチュエータ525である。上肢左肘関節空圧回路部630cに含まれる上肢関節用ロータリアクチュエータ635は、左肘付近に配置される空気圧ロータリアクチュエータ535である。上肢右肩関節空圧回路部630bに含まれる上肢関節用ロータリアクチュエータ635は、右肩の右側側方に配置される空気圧ロータリアクチュエータ525である。上肢右肘関節空圧回路部630dに含まれる上肢関節用ロータリアクチュエータ635は、右肘付近に配置される空気圧ロータリアクチュエータ535である。

【0169】

図15は、第2の重作業用アシストスーツ500に含まれる制御機器の構成を示す図である。第2の重作業用アシストスーツ500に含まれる制御機器は、中央制御ユニット330、右足底ユニット350、左足底ユニット360、各関節ユニット340a~340d、560a~560d、およびハンディ端末50を含んで構成される。中央制御ユニット330、右足底ユニット350、左足底ユニット360、および各関節ユニット340a~340dは、図10に示した中央制御ユニット330、右足底ユニット350、左足底ユニット360、各関節ユニット340a~340d、およびハンディ端末50と同じであり、重複を避けるために説明は省略する。

20

【0170】

関節ユニット560aは、左肩の左側側方に配置される空気圧ロータリアクチュエータ525を制御する。関節ユニット560bは、右肩の右側側方に配置される空気圧ロータリアクチュエータ525を制御する。関節ユニット560cは、左肘付近に配置される空気圧ロータリアクチュエータ535を制御する。関節ユニット560dは、右肘付近に配置される空気圧ロータリアクチュエータ535を制御する。

30

【0171】

各関節ユニット560a~560dは、電空レギュレータ341、ソレノイドバルブ342、およびポテンショメータ343を含んで構成される。電空レギュレータ341、ソレノイドバルブ342、およびポテンショメータ343は、図10に示した電空レギュレータ341、ソレノイドバルブ342、およびポテンショメータ343と同じであり、重複を避けるために説明は省略する。

40

【0172】

関節ユニット560a、560bのポテンショメータ343は、第3の角度検出部である。関節ユニット560c、560dのポテンショメータ343は、第4の角度検出部である。関節ユニット340a、340bのポテンショメータ343は、第5の角度検出部である。関節ユニット340c、340dのポテンショメータ343は、第6の角度検出部である。ポテンショメータ353、363は、第7の角度検出部である。

【0173】

ハンディ端末50は、図3に示したハンディ端末50と同じ構成である。第4の実施形態のハンディ端末50に設定可能なパラメータを表3に示す。

【0174】

50

【表 3】

パラメータ No	意味	初期値	値の範囲
0	フォースプレートの初期化 [Inc]：右足風袋消去、[Dec]：左足 風袋消去		
1	無効		
2	持ち上げ荷重	30	1～30[kg]
3	パラメータの記憶領域 合計10人分のパラメータを記憶でき る	1	1～10
4	肩振り下げ判断角度	4	1～10[deg]
5	肩・肘の最大トルク	50	0～100[%]
6	肩・肘の制御範囲	90	0～90[deg]
7	肩・肘アシストOFF時の出力	1	0～10[%]
8	保持時の腰・膝最大トルク	50	0～100[%]
9	腰・膝の制御範囲	90	0～90[deg]
10	遊脚用の腰・膝最大トルク	50	0～100[%]
11	腰・膝最大トルク出力時間	500	0～1000[mS]
12	歩行用の腰・膝最大トルク	50	0～100[%]
13	歩行用の腰・膝制御範囲	90	0～90[deg]
14	腰・膝アシストOFF時の出力	1	0～10[%]

## 【0175】

図16は、各関節での回転トルクTの算出を説明するための図である。制御部332は、装着者の様々な作業姿勢にて体を動かすのに必要な回転トルクTを、肩関節、肘関節、腰関節および膝関節の計測角度、および靴の爪先および踵に作用する床反力スイッチの状態に基づいて、力学的に算出することによって、アシストトルクを算出する。床反力スイッチは、爪先床反力検出スイッチ538および踵床反力検出スイッチ539である。爪先床反力検出スイッチ538および踵床反力検出スイッチ539は、重量検出部である。

## 【0176】

制御部332は、装着者を両脚部がそれぞれ独立した平面上にあると仮定した多関節剛体リンク機構としてモデル化し、上肢と下肢とに分けて、それぞれ荷重と床反力とから、左右の関節トルクを両腕両足別々に算出することができる計算式を用いる。上肢と下肢とに分けたことによって、胴体の多関節な構造からなる背骨の湾曲を無視することができる。

## 【0177】

制御部332は、様々な荷物の重量を検出する必要があるため、第2の重作業用アシストスーツ500を装着した状態で、まず、装着者の体重を検知し、荷物を持たない状態で、姿勢を保持することができる保持トルクを算出する。また、制御部332は、装着者が荷物を持った際、荷物の重量を検知し、荷物を保持するための保持トルクを算出する。

## 【0178】

図16は、装着者を両脚部がそれぞれ独立した平面上にあると仮定した多関節剛体リンク機構としてモデル化した図である。リンク11は足であり、リンク12は下腿部であり、リンク13は大腿部であり、リンク14は胴体であり、リンク15は上腕であり、リンク16は前腕である。

## 【0179】

各リンクの重心位置での重さ、各リンクの長さおよび重心までの長さを、それぞれ、リンク11は、 $M_{11}$ 、 $L_{11}$ および $L_{g11}$ とし、リンク12は、 $M_{12}$ 、 $L_{12}$ および $L_{g12}$ とし、リンク13は、 $M_{13}$ 、 $L_{13}$ および $L_{g13}$ とし、リンク14は、 $M_{14}$ 、 $L_{14}$ および $L_{g14}$ とし、リンク15は、 $M_{15}$ 、 $L_{15}$ および $L_{g15}$ とし、リンク16は、 $M_{16}$ 、 $L_{16}$ および $L_{g16}$ とする。また、各関節の角度を、足関節は $\theta_{11}$ とし、膝関節は $\theta_{12}$ とし、股関節は $\theta_{13}$ とし、肩関節は $\theta_{14}$ とし、肘関節は $\theta_{15}$ とする。また、踵の重心からの距離を $R_{h1}$ とし、爪先の重心からの距離を $R_{t1}$ とする。さらに、踵の床反力を $N_{h1}$ とし、爪先の床反力を $N_{t1}$ とする。各関節の関節トルクは、算出式(1)~(5)によって算出することができる。ここに、 $r_e$ は肘関節の関節トルクであり、 $r_s$ は肘関節の関節トルクであり、 $r_h$ は肘関節の関節トルクであり、 $r_k$ は肘関節の関節トルクであり、 $r_a$ は肘関節の関節トルクである。

10

$$r_e = (m L_{16} + M_{16} L_{g16}) \cos(\theta_{11} + \theta_{12} + \theta_{13} + \theta_{14} + \theta_{15}) \dots (1)$$

$$r_s = \{ (m + M_{16}) L_{16} + M_{15} L_{g15} \} g \cos(\theta_{11} + \theta_{12} + \theta_{13} + \theta_{14}) + r_e \dots (2)$$

$$r_h = \{ M_{11} L_{13} + M_{12} L_{13} + M_{13} (L_{13} - L_{g13}) \} g \cos(\theta_{11} + \theta_{12}) - (N_{t1} + N_{h1}) L_{13} \cos(\theta_{11} + \theta_{12}) + r_k \dots (3)$$

$$r_k = \{ M_{11} L_{12} + M_{12} (L_{12} - L_{g12}) \} g \cos \theta_{11} - (N_{t1} + N_{h1}) L_{12} \cos \theta_{11} + r_a \dots (4)$$

20

$$r_a = -M_{11} L_{g11} g + N_{t1} R_{t1} - N_{h1} R_{h1} + (N_{t1} + N_{h1}) L_{g11} \dots (5)$$

【0180】

制御部332は、関節トルクを算出した後、各空気圧シリンダ501, 516および各空気圧ロータリアクチュエータ525, 535に供給する空気圧と回転トルクTとの関係を近似式によって求め、空気圧指令の形で指示する。

【0181】

計算式(1)~(5)の内、関節角度 $\theta_{11} \sim \theta_{15}$ 、荷重の重量m、および床反力 $N_{t1}$ ,  $N_{h1}$ 以外は定数であるので、事前に、適切なパラメータ値に変換した後、装着者によってハンディ端末50から入力される。

30

【0182】

図17および図18は、第2の重作業用アシストスーツ500で実行される第4のアシストスーツ制御処理の処理手順を示すフローチャートである。制御部332は、第2の重作業用アシストスーツ500の電源が投入されて空気圧シリンダ501, 516および空気圧ロータリアクチュエータ525, 535を除く部位への電力の供給が開始され、動作可能状態になると、ステップC1に移る。

【0183】

第4のアシストスーツ制御処理は、大きく5つのシーケンスによって構成される。ステップC1~C5が電源起動シーケンスであり、ステップC6, C7がパラメータ書換えシーケンスであり、ステップC8, C9が姿勢情報入力シーケンスであり、ステップC10~C14が肩関節・肘関節制御シーケンスであり、ステップC15~C25が股関節・膝関節制御シーケンスである。制御部332は、肩関節・肘関節制御シーケンスおよび股関節・膝関節制御シーケンスによって、各関節に必要なアシストトルクを出力する。ステップC1~C3, C6は、図11に示したステップB1~B3, B6と同じであり、重複を避けるために説明を省略する。

40

【0184】

ステップC4では、制御部332は、制御の初期化を行う。具体的には、図5に示したステップA2と同様に、制御部332は、直立状態で、腕を鉛直方向に下げた姿勢での関節角度を初期値である0度とする。すなわち、制御部132は、直立状態で、腕を鉛直方向に下げた姿勢での各関節角度を、各関節ユニット340a~340d, 560a~56

50

0 dに含まれるポテンシオメータ343、右足底ユニット350に含まれるポテンシオメータ353、および左足底ユニット360に含まれるポテンシオメータ363から取得し、取得した各関節角度の位置を、各関節角度の0度の位置とする。

【0185】

ステップC5では、制御部332は、空気圧シリンダ501、516および空気圧ロータリアクチュエータ525、535を駆動するための駆動電源をオンとする。すなわち、制御部332は、電池333から空気圧シリンダ501、516および空気圧ロータリアクチュエータ525、535への電力の供給を開始するように、電池333に指示する。

【0186】

ステップC7では、制御部332は、ハンディ端末50から更新されたパラメータを受信すると、受信した更新されたパラメータを、図示しない記憶部に記憶してパラメータを更新する。または、風袋消去を行う。

【0187】

ステップC8では、制御部332は、各関節角度を計測する。具体的には、制御部332は、各関節ユニット340a~340d、560a~560dに含まれるポテンシオメータ343、右足底ユニット350に含まれるポテンシオメータ353、および左足底ユニット360に含まれるポテンシオメータ363によって計測された関節角度および回転方向を、各ポテンシオメータ343、353、363から取得する。ステップC9では、制御部332は、床反力スイッチからスイッチの状態を読み込む。具体的には、制御部332は、爪先床反力検出スイッチ538および踵床反力検出スイッチ539から、それぞれの検出結果、つまり計測された重量を取得する。このとき、制御部332は、中央制御ユニットに含まれる3軸加速度センサで計測された腰の傾きを、3軸加速度センサから取得する。

【0188】

そして、制御部332は、取得した関節角度、回転の有無、回転方向、重量、および腰の傾きに基づいて、装着者の上腕、前腕、大腿部および下腿部に係る静止トルクを算出するとともに、肩・肘制御、腰・膝制御および歩行制御の状態を判断する。肩・肘制御は、肩関節および肘関節の制御であり、腰・膝制御は、股関節および膝関節の制御である。

【0189】

ステップC10~C14は、図5に示したステップA8~A12の肩制御および肩トルクをそれぞれ肩・肘制御および肩・肘トルクに置き換えたものと同じであり、また、ステップC15~C25は、図12に示したステップC13~C23の腰制御および腰トルクを、それぞれ腰・膝制御および腰・膝トルクに置き換えたものと同じであり、重複を避けるために説明を省略する。制御部332は、ステップC6~ステップC25の一連のシーケンス、つまりメインループを、10m秒間隔で実行しており、装着者へのスムーズなアシストを実現している。

【0190】

制御部132は、表1に示したパラメータのうち、ステップC11で、パラメータNo「4」を使用し、ステップC13で、パラメータNo「5」、「6」を使用し、ステップC14で、パラメータNo「7」を使用し、ステップC21で、パラメータNo「8」、「9」を使用し、ステップC22で、パラメータNo「10」、「11」を使用し、ステップC23で、パラメータNo「12」、「13」を使用し、ステップC24で、パラメータNo「14」を使用する。

【0191】

第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200は、肩関節および股関節についてパワーアシストするために、電動モータ1を左右の肩関節の両サイドに配置し、および電動モータ11を左右の股関節の両サイドに配置している。電動モータ1、11は、バックドライアブルとするため、すなわち、装着者側から駆動機器を動かすことができるようにするため、電動モータ1、11に付加される減速機の減速比を1/50程度の低減速比にして、装着者が出せる以上の力を出せないように電動モータ

10

20

30

40

50

1, 11の出力を制限し、抗重力方向に十分なアシスト力を確保している。第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200は、電動モータ1, 11を取り付けているアシスト機構として、アシスト方向以外の装着者の動作を妨げないように受動回転軸、すなわち駆動機器を取りつけない回転軸を、装着者の関節の外側周囲に配置している。

#### 【0192】

このように、電動モータ1, 11は、バックドライアブルとするため、電動モータ1, 11に付加される減速機の減速比を1/50程度の低減速比にして、装着者が出せる以上の力を出せないように電動モータ1, 11の出力を制限しているため、装着者の安全を確保することができる。また、アシスト方向以外の装着者の動作を妨げないように受動回転軸を、装着者の関節の外側周囲に配置しているため、第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200は、装着者の動作を拘束することがない。

10

#### 【0193】

第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200の制御方法は、筋肉を動かそうとした時に筋肉に流れる微弱な表面筋電位信号を用いずに、装着者の様々な作業姿勢にて体を動かすのに必要な回転トルクを力学的に算出することによって、アシストトルクを算出するので、表面筋電位センサ装着の煩わしさがなく、また、この制御方法は、動作パターンの再生方式ではなく、装着者の様々な作業姿勢にて体を動かすのに必要なトルクを力学的に算出することによって、アシストトルクを算出するので、動作の切り替わり時に不連続になることがない。

20

#### 【0194】

したがって、第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200は、表面筋電位センサを装着する煩わしさがなく、実用的である。また、第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200は、数多くの動作パターンをデータベース化しておく必要がなく、動作の切り替わり時に不連続になることがない。

#### 【0195】

第1の重作業用アシストスーツ300および第2の重作業用アシストスーツ500の下肢部については、股関節および膝関節をパワーアシストするために、空気圧シリンダ301, 501を左右の股関節の両サイドに配置し、空気圧シリンダ315, 516を左右の膝関節の両サイドに配置している。これらの空気圧シリンダ301, 315, 501, 516は、バックドライアブルであり、空気の圧縮性によってクッションになり、また、装着者が出せる以上の力や速度を出せないように供給圧力や流量を制限することで、装着者の安全を確保することができ、抗重力方向に十分なアシスト力を確保している。空気圧シリンダ301, 315, 501, 516を取り付けているアシスト機構については、アシスト方向以外の装着者の動作を妨げないように受動回転軸を、装着者の関節の外側周囲に配置している。

30

#### 【0196】

第1の重作業用アシストスーツ300の上肢部については、重量物持ち上げをパワーアシストするためのリフタ装置が、装着者の下肢部の背面フレームに、上下軸線まわりの回転軸を介して取り付けられている上肢部の背面ボックス、つまり上肢背面ボックス324に配置されている。この背面ボックスの上部には、空気圧式の人工ゴム筋肉325の固定端が連結されている。人工ゴム筋肉325の移動端には、移動フレーム326が接続されて、ピニオンギア630~632を介して約5倍に増速され、背面ボックス上部から左右の肩の上部のガイド部を通して、装着者の前面へワイヤ639, 640が出てくる。ワイヤ639, 640の端には、重量物を把持するためのフック641と、スイッチ642とが取り付けられている。装着者は、重量物をフック641に引っかけて、ワイヤ639, 640と重量物とを結び付けることができる構造になっている。

40

#### 【0197】

空気圧シリンダ301, 315, 501, 516、空気圧の人工ゴム筋肉325、およ

50

び空気圧ロータリアクチュエータ525, 535は、バックドライアブルであり、空気の圧縮性によりクッションになり、また装着者が出せる以上の力や速度を出せないように供給圧力や流量を制限することで、装着者の安全を確保することができる。また、第1の重作業用アシストスーツ300および第2の重作業用アシストスーツ500は、アシスト方向以外の装着者の動作を妨げないように受動回転軸を、装着者の関節の外側周囲に配置しているため、装着者の動作を拘束しない。

#### 【0198】

第1の重作業用アシストスーツ300および第2の重作業用アシストスーツ500の制御方法は、筋肉を動かそうとした時に筋肉に流れる微弱な表面筋電位信号を用いず、装着者の様々な作業姿勢にて体を動かすのに必要な回転トルクを力学的に算出することによって、アシストトルクを算出するので、第1の重作業用アシストスーツ300および第2の重作業用アシストスーツ500は、表面筋電位センサ装着の煩わしさが少ない。また、この制御方法は、動作パターンの再生方式ではなく、装着者の様々な作業姿勢にて体を動かすのに必要な回転トルクを力学的に算出することにより、アシストトルクを算出するので、第1の重作業用アシストスーツ300および第2の重作業用アシストスーツ500は、動作の切り替わり時に不連続になることがない。

10

#### 【0199】

したがって、第1の重作業用アシストスーツ300および第2の重作業用アシストスーツ500は、表面筋電位センサを装着する煩わしさがなく、実用的である。また、第1の重作業用アシストスーツ300および第2の重作業用アシストスーツ500は、数多くの動作パターンをデータベース化しておく必要がなく、動作の切り替わり時に不連続になることがない。

20

#### 【0200】

このように、2つの電動モータ1, 201は、装着者の両肩部の近傍にそれぞれ配置され、装着者の上腕部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する。背面フレーム5, 206は、装着者の胴体上部に装着され、前記2つの電動モータ1, 201を保持する。2つの電動モータ11, 212は、装着者の腰部の近傍にそれぞれ配置され、装着者の大腿部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する。そして、背面フレーム15, 216は、装着者の腰部に装着され、前記2つの電動モータ11, 212を保持する。したがって、第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200は、アシスト方向以外の装着者の動作を妨げないように、上下軸線および前後軸線まわりに回転自在な受動回転軸2~4, 203, 205および受動回転軸12~14, 214、たとえば駆動機器が取り付けられていない受動回転軸を、装着者の関節の外側周囲に配置しているため、装着者の動作を拘束することなく補助することができる。

30

#### 【0201】

さらに、前記背面フレーム5から前記受動回転軸2~4を介して両肩部にわたって延びるフレームを含む。そして、前記2つの電動モータ1は、前記フレームによって前記背面フレーム5に連結される。したがって、2つの電動モータ11を保持する背面フレーム5を軽量化することができ、装着者の負担を軽減することができる。

40

#### 【0202】

さらに、前記フレームは、装着者の両肩部に上方から装着される2つの肩フレームと、該2つの肩フレームから左右方向外方に前記受動回転軸203, 205を介して両肩部まで延びる2つの横フレームを含む。そして、前記2つの電動モータ201は、前記2つの横フレームによって前記背面フレーム206に連結される。したがって、第2の軽作業用アシストスーツ200は、2つの電動モータ212の位置が安定し、装着者の動作が容易になる。

#### 【0203】

さらに、電動モータ1, 201に含まれるロータリエンコーダは、前記2つの電動モータ1, 201に設けられ、上腕部の肩関節まわりの回転角度を検出する。電動モータ11

50

、212に含まれるロータリエンコーダは、前記2つの電動モータ11、212に設けられ、大腿部の股関節まわりの回転角度を検出する。爪先床反力検出スイッチ21および踵床反力検出スイッチ22は、装着者が装着する靴の靴底部における爪先部分および踵部分にそれぞれ設けられ、予め定める値以上の重量が爪先部および踵部に作用しているか否かを検出する。そして、3次元加速度センサは、前記背面フレーム15、216に設けられ、装着者の上半身の傾きを検出する。したがって、第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200は、電動モータ1、201、11に含まれるロータリエンコーダ、爪先床反力検出スイッチ21および踵床反力検出スイッチ22、3次元加速度センサを用いているので、表面筋電位センサを装着する煩わしさがなく、実用的である。

10

## 【0204】

さらに、制御部132は、電動モータ1、201に含まれるロータリエンコーダによって検出される両上腕部の回転角度、電動モータ11、212に含まれるロータリエンコーダによって検出される両大腿部の回転角度、爪先床反力検出スイッチ21および踵床反力検出スイッチ22によって検出される検出結果、および3次元加速度センサによって検出される上半身の傾きに基づいて、両上腕部および両大腿部に作用する静的トルク、回転方向および回転に要する回転トルクを算出し、さらに、算出した静的トルク、回転方向および回転トルクに基づいて、前記2つの電動モータ1、201および前記2つの電動モータ11、212を駆動する駆動トルクを算出し、算出した駆動トルクを発生するように、前記2つの電動モータ1、201および前記2つの電動モータ11、212を駆動させる。したがって、第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200は、回転角度等に基づいて駆動トルクを算出するので、数多くの動作パターンをデータベース化しておく必要がなく、動作の切り換わり時に不連続になることがない。

20

## 【0205】

さらに、前記制御部132は、前記算出した駆動トルクを、装着者が前記2つの電動モータ1、201および前記2つの電動モータ11、212を逆方向に駆動することができる減速比以下の減速比に減速して、前記2つの電動モータ1、201および前記2つの電動モータ11、212を駆動する。したがって、第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200は、装着者が2つの電動モータ1、201および2つの電動モータ11、212を逆方向に駆動することができる減速比以下の減速比、たとえば1/50程度の低減速比にして、装着者が出せる以上の力を出せないように、2つの電動モータ1、201および2つの電動モータ11、212の出力を制限しているので、装着者の安全を確保することができる。

30

## 【0206】

さらに、前記2つの電動モータ1、201および前記2つの電動モータ11、212は、電動モータである。したがって、電動モータは、バックドライアブルであるので、第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200は、装着者の安全を確保することができる。

## 【0207】

さらに、2つの空気圧シリンダ301、501は、装着者の各大腿部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する。2つの空気圧シリンダ315、516は、装着者の各下腿部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する。保持部は、装着者の背中に装着される背面フレーム512、529、大腿部に装着される2つのフレーム506、下腿部に装着される2つのフレーム520、および靴底に装着される2つのフレーム523を含み、前記2つの空気圧シリンダ301、501および前記空気圧シリンダ315、516を保持する。そして、上半身補助部は、背中装着部によって保持され、上半身の動作を補助する。また、前記保持部は、腰部の左右方向外方近傍にそれぞれ配置され、大腿部装着部を背中装着部に対して前後軸線まわりに回転自在に連結する2つの受動回転軸505と、両膝部の左右方向外方近傍にそれぞれ配置され、下腿部装着部を大腿部装着部に対して前後軸線まわりに回転自在に連結する2つの受動回

40

50

転軸 504 と、両足の踝の左右方向外方近傍にそれぞれ配置され、靴底装着部を下腿部装着部に対して前後軸線まわりに回転自在に連結する 2 つの受動回転軸 519 と、空気圧シリンダ 301, 501 の一端を、腰用連結部の上方で、前後軸線まわりに回転自在に背中装着部に連結する受動回転軸 508 と、空気圧シリンダ 301, 501 の他端を、大腿部装着部の膝用連結部側の一端から前方向上方に延伸するアームの先端部に、前後軸線まわりに回転自在に連結する受動回転軸 502 と、空気圧シリンダ 315, 516 の一端を、大腿部装着部の背面側に膝用連結部寄りの中間の位置で、前後軸線まわりに回転自在に連結する受動回転軸 521 と、空気圧シリンダ 315, 516 の他端を、膝用連結部の背面側に踝用連結部の後方で、前後軸線まわりに回転自在に保持部に連結する受動回転軸 517 とを含む。したがって、第 1 の重作業用アシストスーツ 300 および第 2 の重作業用アシストスーツ 500 は、荷物等の重量を靴底装着部から地面や床に逃すことができ、装着者にかかる負担を軽減しつつ、装着者の動作を補助することができる。

10

## 【0208】

さらに、前記保持部は、前記背面フレーム 512, 529 の上方から両肩上方を跨ぐように前方向に延伸するガイド部を含む。そして、前記上半身補助部は、先端にフック 641 を有するワイヤ 639, 640 と、ワイヤ 639, 640 をガイド部に沿って巻上げおよび巻下げ、前記背面フレーム 644 の背面側に設けられる人工ゴム筋肉 325 とを含む。したがって、第 1 の重作業用アシストスーツ 300 は、ワイヤ 639, 640 のフック 641 に荷物を掛けることによって、荷物の持ち上げおよび持ち下げを補助することができる。

20

## 【0209】

さらに、2 つの空気圧ロータリアクチュエータ 525 は、両肩部の近傍にそれぞれ配置されて前記背面フレーム 512, 529 によって保持され、装着者の各上腕部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する。そして、2 つの空気圧ロータリアクチュエータ 525 は、両肘部の近傍にそれぞれ配置されて前記背面フレーム 512, 529 によって保持され、装着者の各前腕部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する。したがって、第 2 の重作業用アシストスーツ 500 は、両手による荷物の持ち上げおよび持ち下げを補助することができる。

## 【0210】

さらに、関節ユニット 560 a, 560 b のポテンシオメータ 343 は、前記 2 つの空気圧ロータリアクチュエータ 525 に設けられ、上腕部が回転している回転角度を検出する。関節ユニット 560 c, 560 d のポテンシオメータ 343 は、前記 2 つの空気圧ロータリアクチュエータ 525 に設けられ、前腕部が回転している回転角度を検出する。関節ユニット 340 a, 340 b のポテンシオメータ 343 は、前記 2 つの受動回転軸 505 に設けられ、大腿部が回転している回転角度を検出する。関節ユニット 340 c, 340 d のポテンシオメータ 343 は、前記 2 つの受動回転軸 504 に設けられ、下腿部が回転している回転角度を検出する。ポテンシオメータ 353, 363 は、前記 2 つの受動回転軸 519 に設けられ、足が回転している回転角度を検出する。爪先床反力検出スイッチ 538 および踵床反力検出スイッチ 539 は、装着者が装着する靴の靴底部における爪先部分および踵部分にそれぞれ設けられ、爪先部および踵部に作用する重量を検出する。3次元加速度センサは、前記背面フレーム 512, 529 に設けられ、上半身の傾きを検出する。そして、制御部 332 は、ポテンシオメータ 343, 353, 363 によって検出される回転角度、爪先床反力検出スイッチ 538 および踵床反力検出スイッチ 539 によって検出される重量、および 3次元加速度センサによって検出される上半身の傾きに基づいて、両上腕部、両前腕部、両大腿部、両下腿部、および両足に作用する静的トルク、回転方向および回転に要する回転トルクを算出し、さらに、算出した静的トルク、回転方向および回転トルクに基づいて、前記 2 つの空気圧ロータリアクチュエータ 525、前記 2 つの空気圧ロータリアクチュエータ 535、前記 2 つの空気圧シリンダ 301, 501 および前記 2 つの空気圧シリンダ 315, 516 を駆動する駆動トルクを算出し、算出した駆動トルクで、前記 2 つの空気圧ロータリアクチュエータ 525、前記 2 つの空気圧ロ

30

40

50



ータリアクチュエータ535、前記2つの空気圧シリンダ301, 501および前記2つの空気圧シリンダ315, 516を駆動する。したがって、第2の重作業用アシストスーツ500は、ポテンショメータ343, 353, 363、爪先床反力検出スイッチ538および踵床反力検出スイッチ539、3次元加速度センサを用いているので、表面筋電位センサを装着する煩わしさがなく、実用的である。また、第2の重作業用アシストスーツ500は、回転角度等に基づいて駆動トルクを算出するので、数多くの動作パターンをデータベース化しておく必要がなく、動作の切り換わり時に不連続になることがない。

【0211】

さらに、前記2つの空気圧シリンダ301および前記空気圧シリンダ315は、空気圧シリンダである。そして、前記駆動部は、人工ゴム筋肉325である。したがって、空気圧シリンダや人工ゴム筋肉は、バックドライアブルであり、空気の圧縮性によりクッションになり、また装着者が出せる以上の力や速度を出せないように供給圧力や流量を制限することで、第1の重作業用アシストスーツ300は、装着者の安全を確保することができる。

10

【0212】

さらに、前記2つの空気圧シリンダ501および前記空気圧シリンダ516は、空気圧シリンダである。そして、前記2つの空気圧ロータリアクチュエータ525および前記2つの空気圧ロータリアクチュエータ535は、空気圧ロータリアクチュエータである。したがって、空気圧シリンダや空気圧ロータリアクチュエータは、バックドライアブルであり、空気の圧縮性によりクッションになり、また装着者が出せる以上の力や速度を出せないように供給圧力や流量を制限することで、第2の重作業用アシストスーツ500は、は、装着者の安全を確保することができる。

20

【0213】

さらに、ハンディ端末50は、装着者の個体差を表すパラメータを入力する。そして、前記制御部132, 332は、ハンディ端末50によって入力されたパラメータに基づいて、前記駆動トルクを算出する。したがって、第1の軽作業用アシストスーツ100、第2の軽作業用アシストスーツ200、第1の重作業用アシストスーツ300および第2の重作業用アシストスーツ500は、は、装着者の個体差を表すパラメータを入力することができるので、誰にでも装着可能である。

【0214】

さらに、第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200を制御するにあたって、ステップA4~A7では、電動モータ1に含まれるロータリエンコーダによって検出される両上腕部の回転角度、電動モータ11に含まれるロータリエンコーダによって検出される両大腿部の回転角度、爪先床反力検出スイッチ21および踵床反力検出スイッチ22によって検出される検出結果、および3次元加速度センサによって検出される上半身の傾きに基づいて、両上腕部および両大腿部に作用する静的トルク、回転方向およびに回転に要する回転トルクを算出する。そして、ステップA8~A23では、算出した静的トルク、回転方向および回転トルクに基づいて、前記2つの電動モータ1, 201および前記2つの電動モータ11, 212を駆動する駆動トルクを算出し、算出した駆動トルクを、装着者が前記2つの電動モータ1, 201および前記2つの電動モータ11, 212を逆方向に駆動することができる減速比以下の減速比で減速して、前記2つの電動モータ1, 201および前記2つの電動モータ11, 212を駆動する。したがって、第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200は、角度検出部、床反力検出部、および3次元加速度センサを用いているので、表面筋電位センサを装着する煩わしさがなく、実用的である。また、第1の軽作業用アシストスーツ100および第2の軽作業用アシストスーツ200は、回転角度等に基づいて駆動トルクを算出するので、数多くの動作パターンをデータベース化しておく必要がなく、動作の切り換わり時に不連続になることがない。

30

40

本発明は、次の実施の形態が可能である。

(1) 装着者の両肩部の近傍にそれぞれ配置され、装着者の上腕部の動きに追従する方

50

向に、その動きを補助する回転トルクを発生する2つの腕用駆動部と、

装着者の胴体上部に装着され、前記2つの腕用駆動部を保持する腕用保持部と、

装着者の腰部の近傍にそれぞれ配置され、装着者の大腿部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する2つの大腿用駆動部と、

装着者の腰部に装着され、前記2つの大腿用駆動部を保持する腰用保持部とを含むことを特徴とするパワーアシストロボット装置。

(2) 前記腕用保持部は、両肩部にわたって延びるフレームを含み、

前記2つの腕用駆動部は、前記フレームに連結されることを特徴とする。

(3) 前記腕用保持部は、装着者の両肩部に上方から装着される2つの肩フレーム、ならびに該2つの肩フレームから左右方向外方に前記腕用連結部を介して両肩部まで延びる2つの横フレームを含み、

前記2つの腕用駆動部は、前記2つの横フレームに連結されることを特徴とする。

(4) 前記2つの腕用駆動部に設けられ、上腕部の肩関節まわりの回転角度を検出する第1の角度検出部と、

前記2つの大腿用駆動部に設けられ、大腿部の股関節まわりの回転角度を検出する第2の角度検出部と、

装着者が装着する靴の靴底部における爪先部分および踵部分にそれぞれ設けられ、予め定める値以上の重量が爪先部および踵部に作用しているか否かを検出する床反力検出部と

、

前記腰用保持部に設けられ、装着者の上半身の傾きを検出する3次元加速度センサとをさらに含むことを特徴とする。

(5) 第1の角度検出部によって検出される両上腕部の回転角度、第2の角度検出部によって検出される両大腿部の回転角度、床反力検出部によって検出される検出結果、および3次元加速度センサによって検出される上半身の傾きに基づいて、両上腕部および両大腿部に作用する静的トルク、回転方向および回転に要する回転トルクを算出し、

さらに、算出した静的トルク、回転方向および回転トルクに基づいて、前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を駆動する駆動トルクを算出し、算出した駆動トルクを発生するように、前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を駆動させる駆動制御部をさらに含むことを特徴とする。

(6) 前記駆動制御部は、前記算出した駆動トルクを、装着者が前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を逆方向に駆動することができる減速比以下の減速比に減速して、前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を駆動することを特徴とする。

(7) 前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部は、電動モータを含むことを特徴とする。

(8) 装着者の各大腿部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する2つの大腿用駆動部と、

装着者の各下腿部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する2つの下腿部用駆動部と、

装着者の背中に装着される背中装着部、大腿部に装着される2つの大腿部装着部、下腿部に装着される2つの下腿部装着部、および靴底に装着される2つの靴底装着部を含み、前記2つの大腿用駆動部および前記下腿部用駆動部を保持する保持部と、

背中装着部によって保持され、上半身の動作を補助する上半身補助部とを含み、

前記保持部は、

腰部の左右方向外方近傍にそれぞれ配置され、大腿部装着部を背中装着部に対して前後軸線まわりに回転自在に連結する2つの腰用連結部と、

両膝部の左右方向外方近傍にそれぞれ配置され、下腿部装着部を大腿部装着部に対して前後軸線まわりに回転自在に連結する2つの膝用連結部と、

両足の踝の左右方向外方近傍にそれぞれ配置され、靴底装着部を下腿部装着部に対して前後軸線まわりに回転自在に連結する2つの踝用連結部と、

10

20

30

40

50

大腿用駆動部の一端を、腰用連結部の上方で、前後軸線まわりに回転自在に背中装着部に連結する第1の連結部と、

大腿用駆動部の他端を、大腿部装着部の膝用連結部側の一端から前方向上方に延伸するアームの先端部に、前後軸線まわりに回転自在に連結する第2の連結部と、

下腿部用駆動部の一端を、大腿部装着部の背面側に膝用連結部寄りの中間の位置で、前後軸線まわりに回転自在に連結する第3の連結部と、

下腿部用駆動部の他端を、膝用連結部の背面側に踝用連結部の後方で、前後軸線まわりに回転自在に保持部に連結する第4の連結部とを含むことを特徴とするパワーアシストロボット装置。

(9) 前記保持部は、前記背中装着部の上方から両肩上方を跨ぐように前方向に延伸するガイド部を含み、

前記上半身補助部は、先端にフック部を有するワイヤと、前記ワイヤをガイド部に沿って巻上げおよび巻下げ、前記背中装着部の背面側に設けられる駆動部とを含むことを特徴とする。

(10) 両肩部の近傍にそれぞれ配置されて前記背中装着部によって保持され、装着者の各上腕部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する2つの腕用駆動部と、

両肘部の近傍にそれぞれ配置されて前記背中装着部によって保持され、装着者の各前腕部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する2つの肘用駆動部とをさらに含むことを特徴とする。

(11) 前記2つの腕用駆動部に設けられ、上腕部が回転している回転角度を検出する第3の角度検出部と、

前記2つの肘用駆動部に設けられ、前腕部が回転している回転角度を検出する第4の角度検出部と、

前記2つの腰用連結部に設けられ、大腿部が回転している回転角度を検出する第5の角度検出部と、

前記2つの膝用連結部に設けられ、下腿部が回転している回転角度を検出する第6の角度検出部と、

前記2つの踝用連結部に設けられ、足が回転している回転角度を検出する第7の角度検出部と、

装着者が装着する靴の靴底部における爪先部分および踵部分にそれぞれ設けられ、爪先部および踵部に作用する重量を検出する重量検出部と、

前記背中装着部に設けられ、上半身の傾きを検出する3次元加速度センサと、

第3～7の角度検出部によって検出される回転角度、重量検出部によって検出される重量、および3次元加速度センサによって検出される上半身の傾きに基づいて、両上腕部、両前腕部、両大腿部、両下腿部、および両足に作用する静的トルク、回転方向および回転に要する回転トルクを算出し、さらに、算出した静的トルク、回転方向および回転トルクに基づいて、前記2つの腕用駆動部、前記2つの肘用駆動部、前記2つの大腿用駆動部および前記2つの下腿部用駆動部を駆動する駆動トルクを算出し、算出した駆動トルクで、前記2つの腕用駆動部、前記2つの肘用駆動部、前記2つの大腿用駆動部および前記2つの下腿部用駆動部を駆動する駆動制御部とをさらに含むことを特徴とする。

(12) 前記2つの大腿用駆動部および前記下腿部用駆動部は、空気圧シリンダであり、

前記駆動部は、人工ゴム筋肉であることを特徴とする。

(13) 前記2つの大腿用駆動部および前記下腿部用駆動部は、空気圧シリンダであり、

前記2つの腕用駆動部および前記2つの肘用駆動部は、空気圧ロータリアクチュエータであることを特徴とする。

(14) 装着者の個体差を表すパラメータを入力するパラメータ入力部をさらに含み、前記駆動制御部は、パラメータ入力部によって入力されたパラメータに基づいて、前記

10

20

30

40

50

駆動トルクを算出することを特徴とする。

(15) 前記パワーアシストロボット装置で実行される制御方法であって、

第1の角度検出部によって検出される両上腕部の回転角度、第2の角度検出部によって検出される両大腿部の回転角度、床反力検出部によって検出される検出結果、および3次元加速度センサによって検出される上半身の傾きに基づいて、両上腕部および両大腿部に作用する静的トルク、回転方向および回転に要する回転トルクを算出する算出ステップと、

さらに、算出した静的トルク、回転方向および回転トルクに基づいて、前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を駆動する駆動トルクを算出し、算出した駆動トルクを、装着者が前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を逆方向に駆動することができる減速比以下の減速比に減速して、前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を駆動する駆動ステップとを含むことを特徴とする制御方法。

前記腕用保持部は、両肩部にわたって延びるフレームを含む。そして、前記2つの腕用駆動部は、前記フレームに連結される。したがって、2つの大腿用駆動部を保持する腕用保持部を軽量化することができ、装着者の負担を軽減することができる。

前記腕用保持部は、装着者の両肩部に上方から装着される2つの肩フレームと、該2つの肩フレームから左右方向外方に前記腕用連結部を介して両肩部まで延びる2つの横フレームを含む。そして、前記2つの腕用駆動部は、前記2つの横フレームに連結される。したがって、パワーアシストロボット装置は、2つの大腿用駆動部の位置が安定し、装着者の動作が容易になる。

前記駆動制御部は、前記算出した駆動トルクを、装着者が前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を逆方向に駆動することができる減速比以下の減速比に減速して、前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を駆動する。したがって、パワーアシストロボット装置は、装着者が2つの腕用駆動部および2つの大腿用駆動部を逆方向に駆動することができる減速比以下の減速比、たとえば1/50程度の低減速比にして、装着者が出せる以上の力を出せないように、2つの腕用駆動部および2つの大腿用駆動部の出力を制限しているので、装着者の安全を確保することができる。

前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部は、電動モータを含む。したがって、電動モータは、バックドライアブルであるので、パワーアシストロボット装置は、装着者の安全を確保することができる。

2つの大腿用駆動部は、装着者の各大腿部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する。2つの下腿部用駆動部は、装着者の各下腿部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する。保持部は、装着者の背中に装着される背中装着部、大腿部に装着される2つの大腿部装着部、下腿部に装着される2つの下腿部装着部、および靴底に装着される2つの靴底装着部を含み、前記2つの大腿用駆動部および前記下腿部用駆動部を保持する。そして、上半身補助部は、背中装着部によって保持され、上半身の動作を補助する。また、前記保持部は、腰部の左右方向外方近傍にそれぞれ配置され、大腿部装着部を背中装着部に対して前後軸線まわりに回転自在に連結する2つの腰用連結部と、両膝部の左右方向外方近傍にそれぞれ配置され、下腿部装着部を大腿部装着部に対して前後軸線まわりに回転自在に連結する2つの膝用連結部と、両足の踝の左右方向外方近傍にそれぞれ配置され、靴底装着部を下腿部装着部に対して前後軸線まわりに回転自在に連結する2つの踝用連結部と、大腿用駆動部の一端を、腰用連結部の上方で、前後軸線まわりに回転自在に背中装着部に連結する第1の連結部と、大腿用駆動部の他端を、大腿部装着部の膝用連結部側の一端から前方向上方に延伸するアームの先端部に、前後軸線まわりに回転自在に連結する第2の連結部と、下腿部用駆動部の一端を、大腿部装着部の背面側に膝用連結部寄りの中間の位置で、前後軸線まわりに回転自在に連結する第3の連結部と、下腿部用駆動部の他端を、膝用連結部の背面側に踝用連結部の後方で、前後軸線まわりに回転自在に保持部に連結する第4の連結部とを含む。したがって、パワーアシストロボット装置は、荷物等の重量を靴底装着部から地面や床に逃すことができ、装着者にかかる負担を軽減しつつ、装着者の動作を補助することができる。

前記保持部は、前記背中装着部の上方から両肩上方を跨ぐように前方向に延伸するガイド部を含む。そして、前記上半身補助部は、先端にフック部を有するワイヤと、前記ワイヤをガイド部に沿って巻上げおよび巻下げ、前記背中装着部の背面側に設けられる駆動部とを含む。したがって、パワーアシストロボット装置は、ベルトのフック部に荷物を掛けることによって、荷物の持ち上げおよび持ち下げを補助することができる。

2つの腕用駆動部は、両肩部の近傍にそれぞれ配置されて前記背中装着部によって保持され、装着者の各上腕部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する。そして、2つの肘用駆動部は、両肘部の近傍にそれぞれ配置されて前記背中装着部によって保持され、装着者の各前腕部の動きに追従する方向に、その動きを補助する回転トルクを発生する。したがって、パワーアシストロボット装置は、両手による荷物の持ち上げおよび持ち下げを補助することができる。

10

第3の角度検出部は、前記2つの腕用駆動部に設けられ、上腕部が回転している回転角度を検出する。第4の角度検出部は、前記2つの肘用駆動部に設けられ、前腕部が回転している回転角度を検出する。第5の角度検出部は、前記2つの腰用連結部に設けられ、大腿部が回転している回転角度を検出する。第6の角度検出部は、前記2つの膝用連結部に設けられ、下腿部が回転している回転角度を検出する。第7の角度検出部は、前記2つの踝用連結部に設けられ、足が回転している回転角度を検出する。重量検出部は、装着者が装着する靴の靴底部における爪先部分および踵部分にそれぞれ設けられ、爪先部および踵部に作用する重量を検出する。3次元加速度センサは、前記背中装着部に設けられ、上半身の傾きを検出する。そして、駆動制御部は、第3～7の角度検出部によって検出される回転角度、重量検出部によって検出される重量、および3次元加速度センサによって検出される上半身の傾きに基づいて、両上腕部、両前腕部、両大腿部、両下腿部、および両足に作用する静的トルク、回転方向および回転に要する回転トルクを算出し、さらに、算出した静的トルク、回転方向および回転トルクに基づいて、前記2つの腕用駆動部、前記2つの肘用駆動部、前記2つの大腿用駆動部および前記2つの下腿部用駆動部を駆動する駆動トルクを算出し、算出した駆動トルクで、前記2つの腕用駆動部、前記2つの肘用駆動部、前記2つの大腿用駆動部および前記2つの下腿部用駆動部を駆動する。したがって、パワーアシストロボット装置は、第3～第7の角度検出部、重量検出部、3次元加速度センサを用いているので、表面筋電位センサを装着する煩わしさがなく、実用的である。また、パワーアシストロボット装置は、回転角度等に基づいて駆動トルクを算出するので、数多くの動作パターンをデータベース化しておく必要がなく、動作の切り換わり時に不連続になることがない。

20

30

前記2つの大腿用駆動部および前記下腿部用駆動部は、空気圧シリンダである。そして、前記駆動部は、人工ゴム筋肉である。したがって、空気圧シリンダや人工ゴム筋肉は、バックドライアブルであり、空気の圧縮性によりクッションになり、また装着者が出せる以上の力や速度を出せないように供給圧力や流量を制限することで、パワーアシストロボット装置は、装着者の安全を確保することができる。

前記2つの大腿用駆動部および前記下腿部用駆動部は、空気圧シリンダである。そして、前記2つの腕用駆動部および前記2つの肘用駆動部は、空気圧ロータリアクチュエータである。したがって、空気圧シリンダや空気圧ロータリアクチュエータは、バックドライアブルであり、空気の圧縮性によりクッションになり、また装着者が出せる以上の力や速度を出せないように供給圧力や流量を制限することで、パワーアシストロボット装置は、装着者の安全を確保することができる。

40

パラメータ入力部は、装着者の個体差を表すパラメータを入力する。そして、前記駆動制御部は、パラメータ入力部によって入力されたパラメータに基づいて、前記駆動トルクを算出する。したがって、パワーアシストロボット装置は、装着者の個体差を表すパラメータを入力することができるので、誰にでも装着可能である。

前記パワーアシストロボット装置を制御するにあたって、算出ステップでは、第1の角度検出部によって検出される両上腕部の回転角度、第2の角度検出部によって検出される両大腿部の回転角度、床反力検出部によって検出される検出結果、および3次元加速度セ

50

ンサによって検出される上半身の傾きに基づいて、両上腕部および両大腿部に作用する静的トルク、回転方向および回転に要する回転トルクを算出する。そして、駆動ステップでは、算出した静的トルク、回転方向および回転トルクに基づいて、前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を駆動する駆動トルクを算出し、算出した駆動トルクを、装着者が前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を逆方向に駆動することができる減速比以下の減速比で減速して、前記2つの腕用駆動部および前記2つの大腿用駆動部を駆動する。したがって、パワーアシストロボット装置は、角度検出部、床反力検出部、3次元加速度センサを用いているので、表面筋電位センサを装着する煩わしさがなく、実用的である。また、パワーアシストロボット装置は、回転角度等に基づいて駆動トルクを算出するので、数多くの動作パターンをデータベース化しておく必要がなく、動作の切り換わり時に不連続になることがない。

10

## 【符号の説明】

## 【0215】

- 1, 11, 201, 212 電動モータ
- 2~4, 12~14, 203, 205, 209, 302, 304 受動回転軸
- 5, 15, 216, 312, 344, 512, 529, 644 背面フレーム
- 6, 16, 513, 530 クッション用パッド
- 7 肩用ベルト
- 8, 531 胸用ベルト
- 9, 19, 208, 533, 536 アーム
- 10, 211 腕用ベルト
- 17, 217, 314, 514 腰用ベルト
- 18, 218 股用ベルト
- 20, 223 大腿用ベルト
- 21, 538 爪先床反力検出スイッチ
- 22, 539 踵床反力検出スイッチ
- 23, 540 中央制御ユニット
- 50 ハンディ端末
- 51 パラメータ番号選択スイッチ
- 52 上昇スイッチ
- 53 下降スイッチ
- 54 エントリスイッチ
- 55 モードスイッチ
- 56 パラメータ表示部
- 57 LED
- 100 第1の軽作業アシストスーツ
- 130 下肢ユニット
- 131, 151, 161 無線通信部
- 132 制御部
- 133, 152, 162 電池
- 140 上肢ユニット
- 150 右足床ユニット
- 160 左足床ユニット
- 200 第2の軽作業アシストスーツ
- 202, 204, 206, 213 フレーム
- 207 ヒンジ
- 210, 222 受け面
- 219 前面ベルト
- 220 背面ベルト
- 300 第1の重作業用アシストスーツ

20

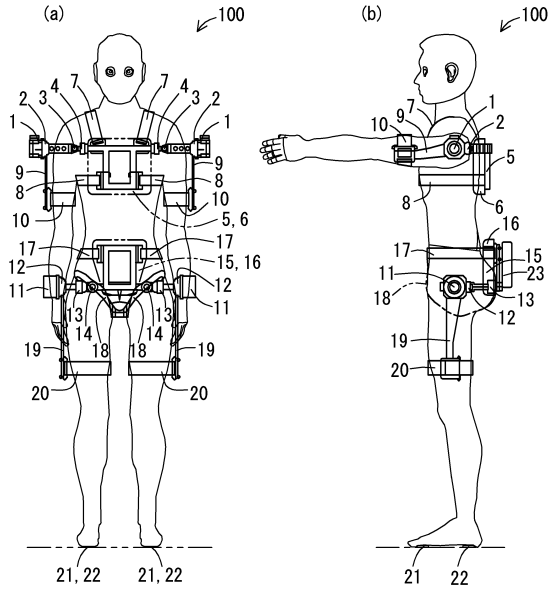
30

40

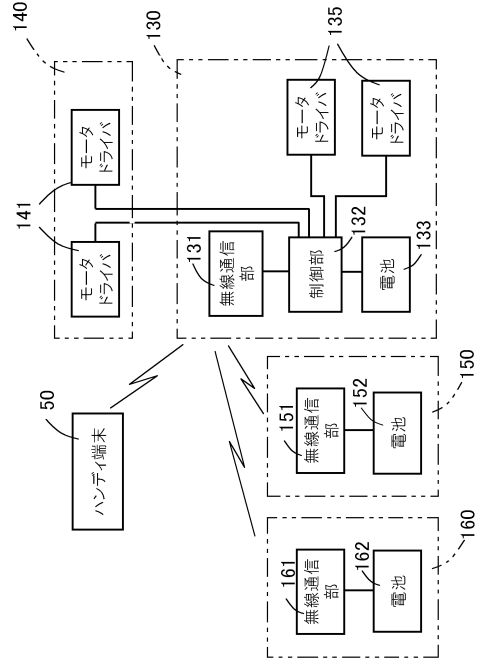
50

3 0 1 , 3 1 5 , 5 0 1 , 5 1 6	空気圧シリンダ	
3 0 5 , 3 0 8 , 3 0 9 , 3 1 1 , 3 1 6 , 3 1 8 , 3 2 0 , 3 2 1	受動回転軸	
3 0 3 , 3 0 6 , 3 0 7 , 3 1 0 , 3 1 7 , 3 2 2	フレーム	
3 2 4	上肢背面ボックス	
3 2 5	人工ゴム筋肉	
3 2 6	移動フレーム	
3 2 7 , 3 2 8	リニアガイド	
3 2 9	ラックギア	
3 3 0	中央制御ユニット	
3 4 0 , 5 6 0	関節ユニット	10
3 5 0	右足底ユニット	
3 6 0	左足底ユニット	
3 7 0	リフタユニット	
5 0 0	第2の重作業用アシストスーツ	
5 0 2 , 5 0 4 , 5 0 5 , 5 0 8 , 5 0 9 , 5 1 1 , 5 1 7 , 5 1 9	受動回転軸	
5 0 3 , 5 0 6 , 5 0 7 , 5 1 0 , 5 1 8 , 5 2 0 , 5 2 3 , 5 2 7	フレーム	
5 1 5	大腿用ベルト	
5 2 1 , 5 2 2 , 5 2 6 , 5 2 8 , 5 3 2	受動回転軸	
5 2 4	下腿部用ベルト	
5 2 5 , 5 3 5	ロータリアクチュエータ	20
5 3 4	上腕用ベルト	
5 3 7	前腕用ベルト	
6 3 0 ~ 6 3 2	ピニオンギア	
6 3 3	ワイヤ巻き取りシーブ	
6 3 4 , 6 3 9 , 6 4 0	ワイヤ	
6 3 5	バランスプレート	
6 3 6	フレーム	
6 3 7 , 6 3 8	プーリ	
6 4 1	フック	
6 4 2	スイッチ	30
6 4 3	手袋	
6 4 5	ベルト	

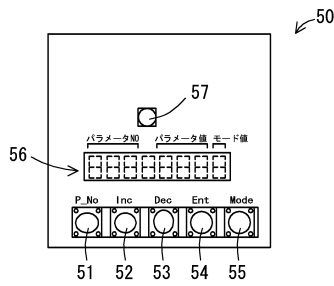
【図1】



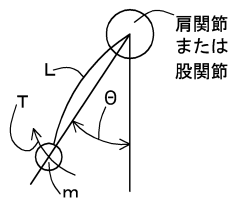
【図2】



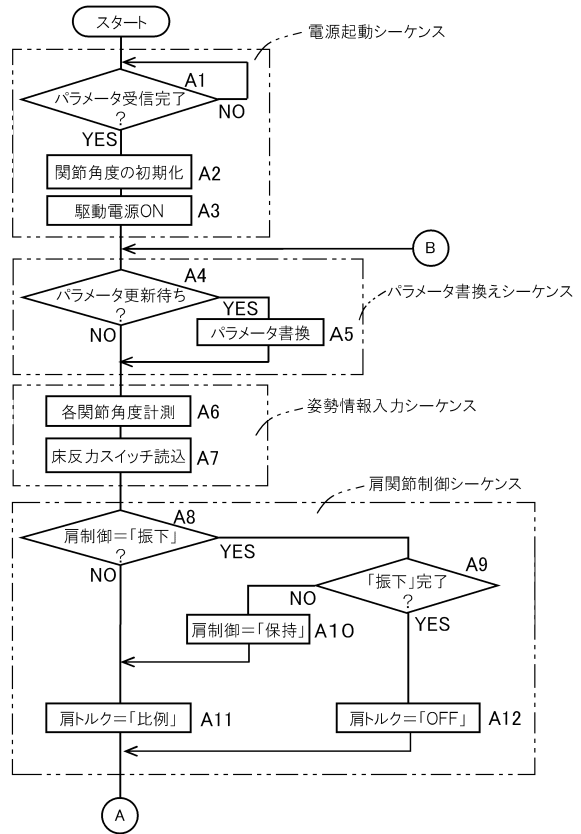
【図3】



【図4】

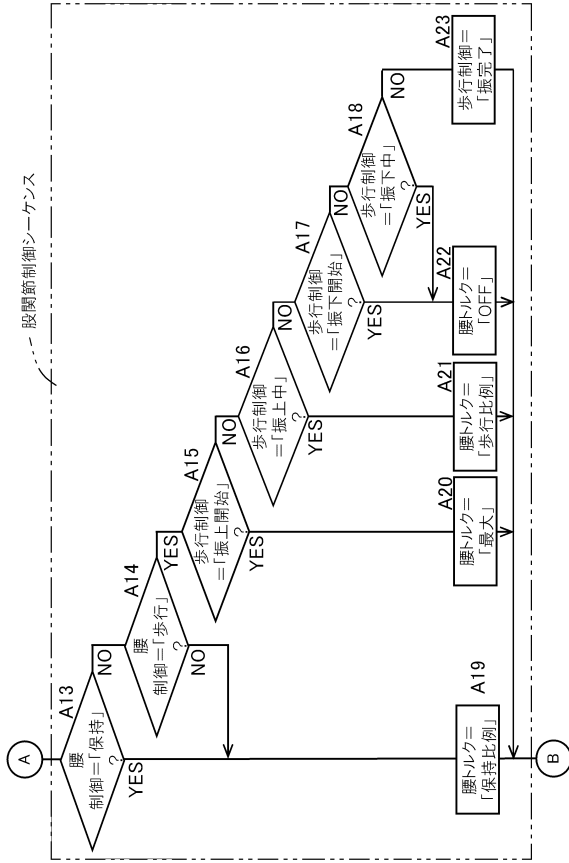


【図5】

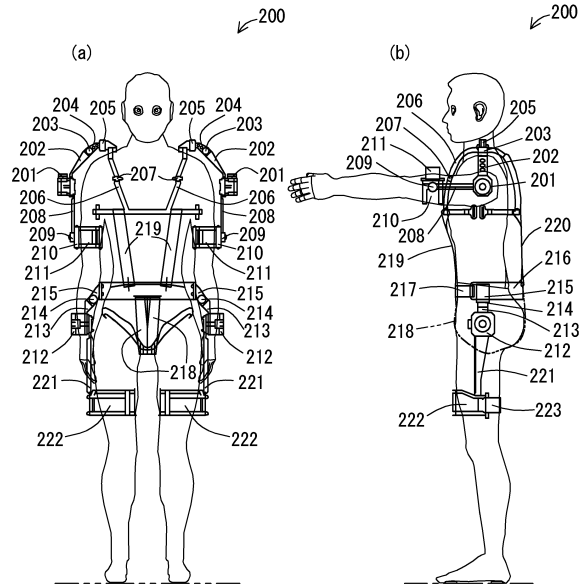




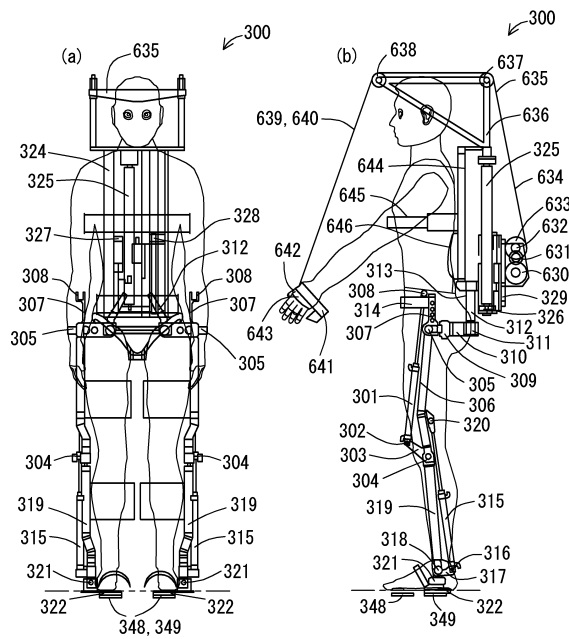
【図6】



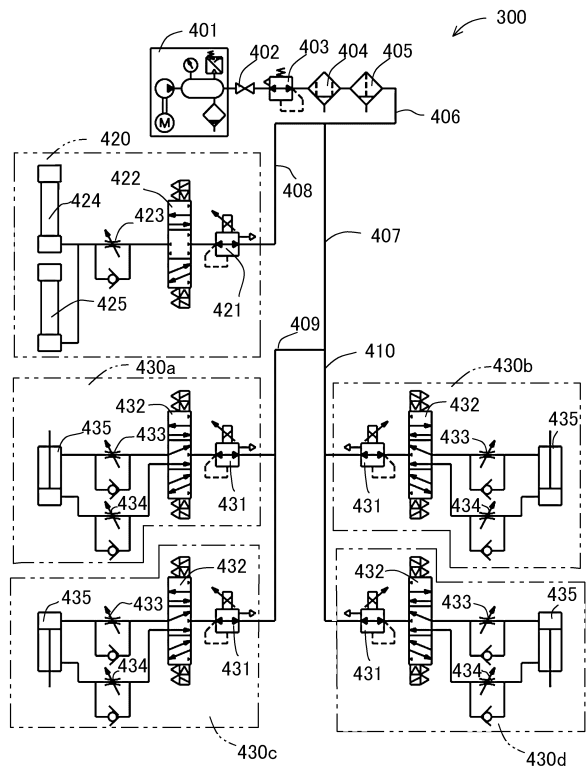
【図7】



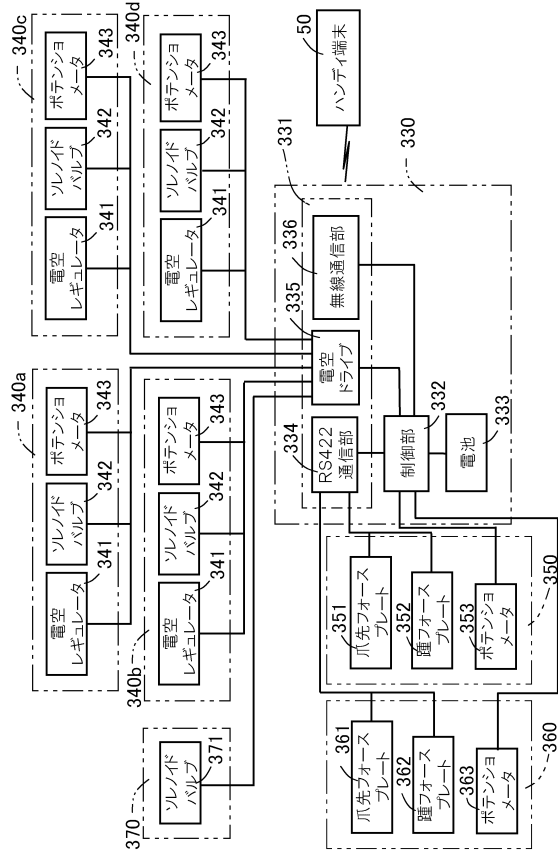
【図8】



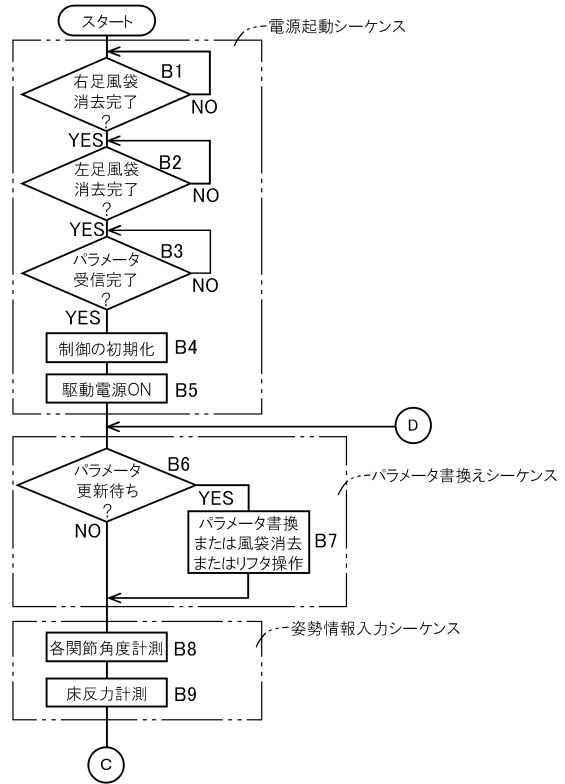
【図9】



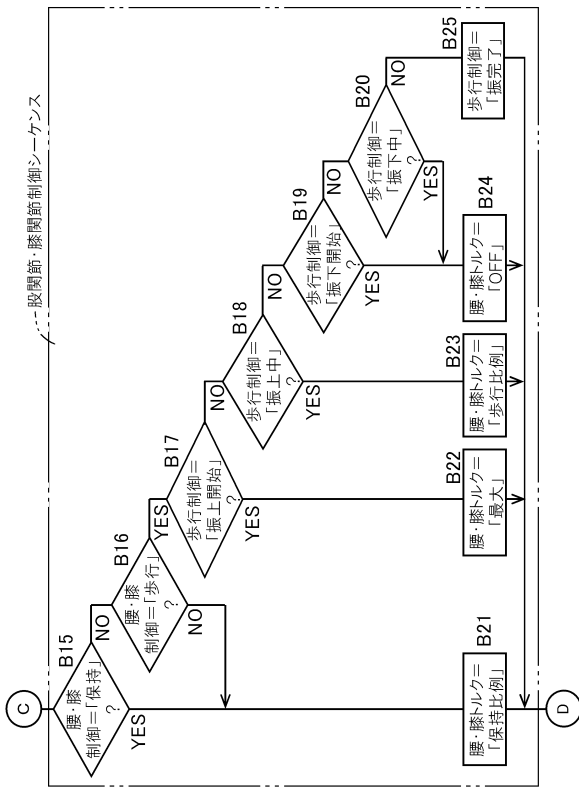
【図10】



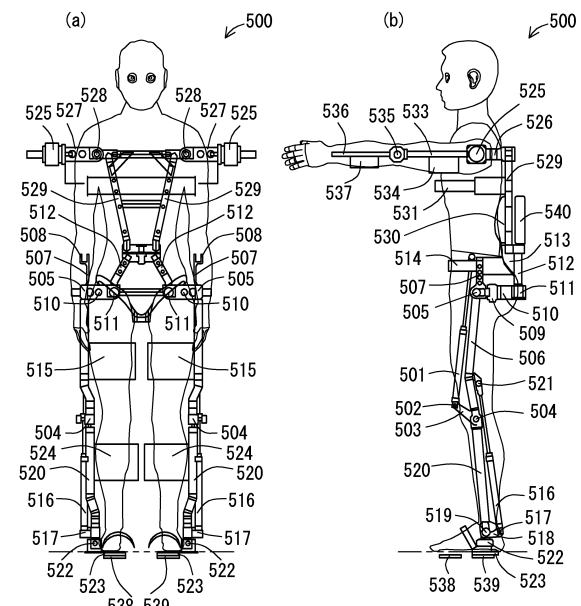
【図11】



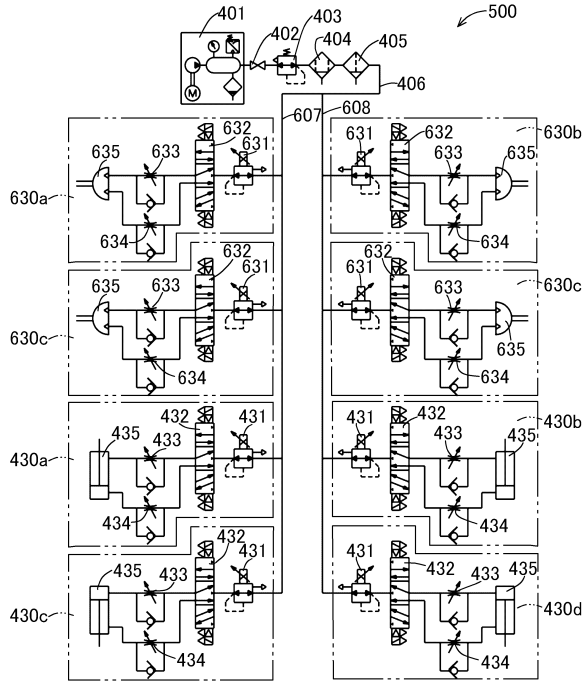
【図12】



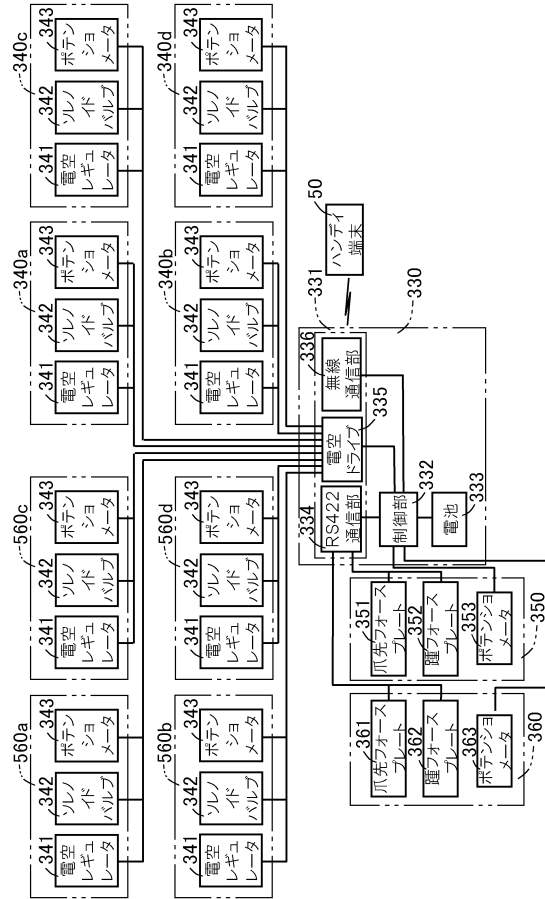
【図13】



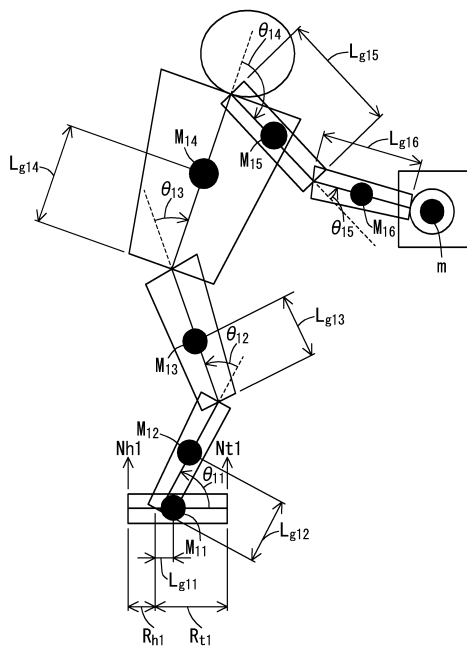
【図14】



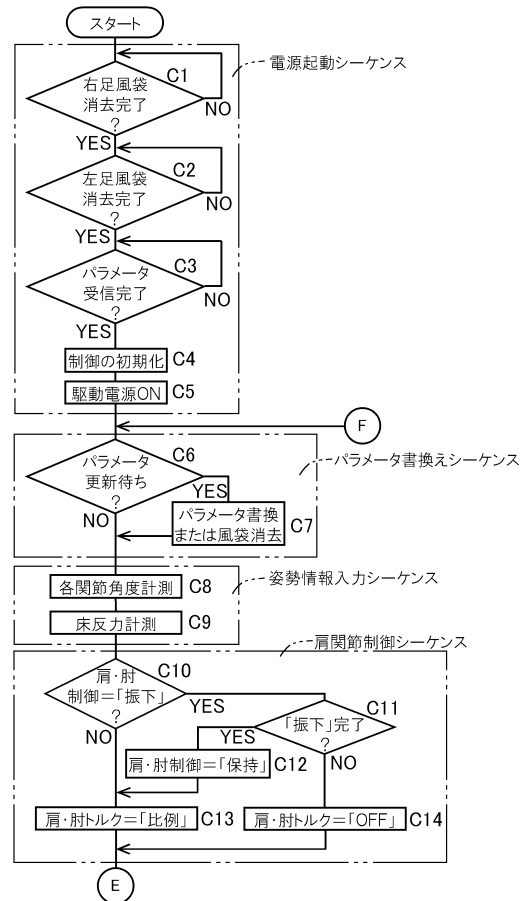
【図15】



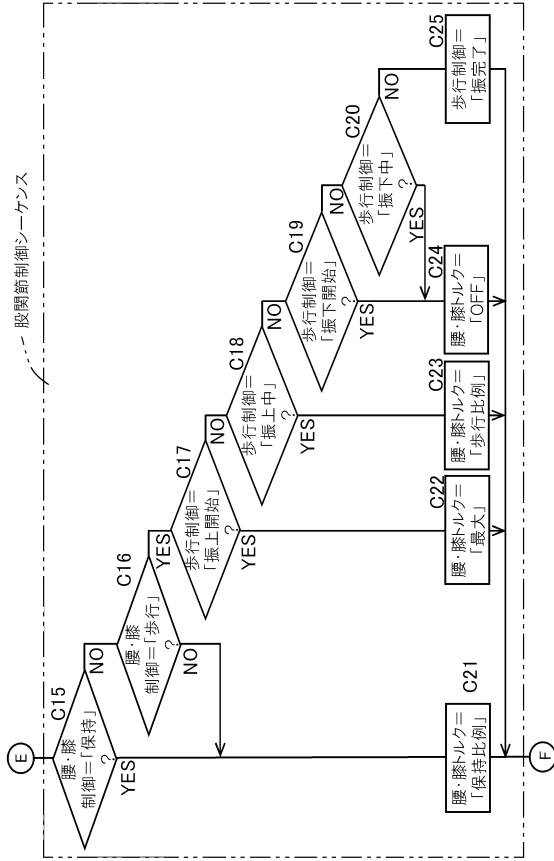
【図16】



【図17】



【 図 18 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-017390(JP,A)  
特開2005-095561(JP,A)  
特開2000-051289(JP,A)  
国際公開第2009/044568(WO,A1)  
特開平10-027022(JP,A)  
特開2010-207620(JP,A)  
特開2010-200797(JP,A)  
Heng Cao; Zhengyang Ling; Jun Zhu; Yu Wang; Wei Wang, Design frame of a leg exoskeleton for load-carrying augmentation, Proceedings of 2009 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), 2009年12月, pp.426 - 431

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 6 1 H	3 / 0 0
A 6 1 G	7 / 1 0
B 2 5 J	3 / 0 0