

(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2019-100348

(P2019-100348A)

(43) 公開日 令和1年6月24日(2019.6.24)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
F 1 6 F	9/53	(2006.01)	F 1 6 F	9/53			3 J 0 6 9
A 6 1 H	3/00	(2006.01)	A 6 1 H	3/00		B	4 C 0 4 6
F 1 6 F	9/20	(2006.01)	F 1 6 F	9/20			
F 1 6 F	9/32	(2006.01)	F 1 6 F	9/32		L	
F 1 6 F	9/54	(2006.01)	F 1 6 F	9/54			

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2017-227799 (P2017-227799)
 (22) 出願日 平成29年11月28日(2017.11.28)

(出願人による申告)平成27年度、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、次世代人工知能・ロボット中核技術開発／(革新的ロボット要素技術分野)次世代機能性材料 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

(71) 出願人 504171134
 国立大学法人 筑波大学
 茨城県つくば市天王台一丁目1番1
 (74) 代理人 100106909
 弁理士 棚井 澄雄
 (74) 代理人 100188558
 弁理士 飯田 雅人
 (74) 代理人 100169764
 弁理士 清水 雄一郎
 (72) 発明者 望山 洋
 茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立
 大学法人筑波大学内
 (72) 発明者 鈴木 健嗣
 茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立
 大学法人筑波大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変保持特性を有する直動ダンパ、下肢支援装置、下肢支援装置セット、および下肢支援装置セットの制御方法

(57) 【要約】

【課題】高い保持力を発揮することができる可変保持特性を有する直動ダンパを提供することを目的とする。

【解決手段】可変保持特性を有する直動ダンパは、筒状のシリンダと、シリンダの内周面と径方向に隙間をあけて配置され、かつシリンダ内に軸方向に移動可能に配置された柱状のポピンと、外部からポピンの軸方向の端部に連結されたロッドと、ポピンを軸方向に付勢する付勢部材と、シリンダ内に充填された磁気粘性流体と、ポピンの外周面に巻回された電磁誘導コイルと、を備え、ポピンにおける軸方向の端部には、軸方向に向けて突出するとともに、ロッドが内側に嵌合することで連結される連結筒部が形成されている。

【選択図】 図2

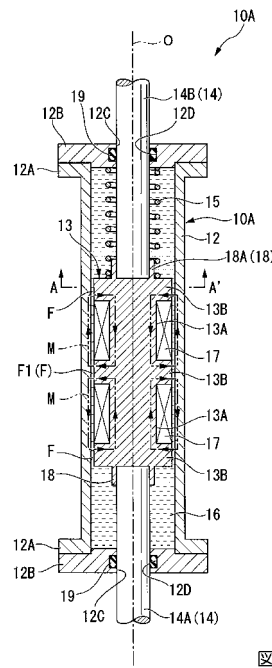


図2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

筒状のシリンダと、前記シリンダの内周面と径方向に隙間をあけて配置され、かつ前記シリンダ内に軸方向に移動可能に配置された柱状のボビンと、外部から前記ボビンの軸方向の端部に連結されたロッドと、前記ボビンを軸方向に付勢する付勢部材と、前記シリンダ内に充填された磁気粘性流体と、前記ボビンの外周面に巻回された電磁誘導コイルと、を備え、

前記ボビンにおける軸方向の端部には、軸方向に向けて突出するとともに、前記ロッドが内側に嵌合することで連結される連結筒部が形成されている可変保持特性を有する直動ダンパ。

【請求項 2】

前記ロッドは、前記ボビンの軸方向における両端部に各別に連結されている、請求項 1 に記載の可変保持特性を有する直動ダンパ。

【請求項 3】

前記ボビンの外周面には、径方向の内側に向けて窪む収容凹部が形成され、

前記収容凹部の外径は、前記ロッドの外径よりも大きい、請求項 1 又は 2 に記載の可変保持特性を有する直動ダンパ。

【請求項 4】

前記ボビンの外周面には、径方向の内側に向けて窪む収容凹部が軸方向に間隔をあけて複数形成され、

前記電磁誘導コイルは、複数の前記収容凹部における外周面に、各別に巻回されている、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の可変保持特性を有する直動ダンパ。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の可変保持特性を有する直動ダンパと、

障害脚に装着される第 1 装着体と、

前記障害脚の足部が載置される第 1 足載部と、

前記第 1 装着体から前記第 1 足載部に向けて延びる第 1 支柱部と、

前記第 1 支柱部に対して前記第 1 足載部を回動可能に連結する第 1 回転軸部と、

前記第 1 足載部の底部に設けられた第 1 接地センサと、

前記第 1 支柱部に対する前記第 1 足載部の回動動作を検出する第 1 角度センサと、

前記第 1 接地センサおよび前記第 1 角度センサから得られた動作情報に基づいて、前記可変保持特性を有する直動ダンパの前記電磁誘導コイルに電流を流すことで、前記可変保持特性を有する直動ダンパを制御する制御部と、

前記制御部による前記可変保持特性を有する直動ダンパの制御に際して、電力を供給する内部電源と、を備えた下肢支援装置。

【請求項 6】

健常脚および健常腕のうち、少なくともいずれかに装着される第 2 装着体と、

前記健常脚の足部が載置される第 2 足載部と、

前記第 2 装着体から前記第 2 足載部に向けて延びる第 2 支柱部と、

前記第 2 支柱部に対して前記第 2 足載部を回動可能に連結する第 2 回転軸部と、

前記第 2 足載部の底部に設けられた第 2 接地センサと、

前記第 2 支柱部に対する前記第 2 足載部の回動動作を検出する第 2 角度センサと、

前記第 2 接地センサおよび前記第 2 角度センサから得られた動作情報を処理する処理部と、を備えた下肢支援補助装置、および請求項 5 に記載された下肢支援装置を有する下肢支援装置セット。

【請求項 7】

筒状のシリンダと、前記シリンダの内周面と径方向に隙間をあけて配置され、かつ前記シリンダ内に軸方向に移動可能に配置された柱状のボビンと、外部から前記ボビンの軸方向の端部に連結されたロッドと、前記ボビンを軸方向に付勢する付勢部材と、前記シリンダ内に充填された磁気粘性流体と、前記ボビンの外周面に巻回された電磁誘導コイルと、

10

20

30

40

50

を備えた可変保持特性を有する直動ダンパと、
 障害脚に装着される第 1 装着体と、
 前記障害脚の足部が載置される第 1 足載部と、
 前記第 1 装着体から前記第 1 足載部に向けて延びる第 1 支柱部と、
 前記第 1 支柱部に対して前記第 1 足載部を回動可能に連結する第 1 回転軸部と、
 前記第 1 足載部の底部に設けられた第 1 接地センサと、
 前記第 1 支柱部に対する前記第 1 足載部の回動動作を検出する第 1 角度センサと、
 前記第 1 接地センサおよび前記第 1 角度センサから得られた動作情報に基づいて、前記
 可変保持特性を有する直動ダンパの前記電磁誘導コイルに電流を流すことで、前記可変保
 持特性を有する直動ダンパを制御する制御部と、
 前記制御部による前記可変保持特性を有する直動ダンパの制御に際して、電力を供給す
 る内部電源と、を備えた下肢支援装置、および
 健常脚および健常腕のうち、少なくともいずれかに装着される第 2 装着体と、
 前記健常脚の足部が載置される第 2 足載部と、
 前記第 2 装着体から前記第 2 足載部に向けて延びる第 2 支柱部と、
 前記第 2 支柱部に対して前記第 2 足載部を回動可能に連結する第 2 回転軸部と、
 前記第 2 足載部の底部に設けられた第 2 接地センサと、
 前記第 2 支柱部に対する前記第 2 足載部の回動動作を検出する第 2 角度センサと、
 前記第 2 接地センサおよび前記第 2 角度センサから得られた動作情報を処理する処理部
 と、を備えた下肢支援補助装置、を有する下肢支援装置セットにおける制御方法であって

10

20

、
 前記第 2 接地センサ、および第 2 角度センサが検出した前記健常脚における足部の動作
 情報に基づいて、前記下肢支援装置の前記第 1 接地センサが前記障害脚における前記第 1
 足載部の接地を検出した際に、前記電磁誘導コイルに流す電流を制御する、下肢支援装置
 セットの制御方法。

【請求項 8】

前記処理部は、前記第 2 角度センサが検出した前記健常脚における足部の動作情報を送
 信する送信部を備え、

前記制御部は、前記送信部から送信された前記動作情報を受信する受信部を備え、

前記第 1 接地センサが前記障害脚における前記第 1 足載部の接地を検出した際に、前記
 電磁誘導コイルに流す電流値を時々刻々と変化させる、請求項 7 に記載の下肢支援装置セ
 ットの制御方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、可変保持特性を有する直動ダンパ、下肢支援装置、下肢支援装置セット、お
 よび下肢支援装置セットの制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、身体の一部の機能に障害を有する使用者が使用する身体支援装置として、下記非
 特許文献 1 に示すような、可変保持特性を有する直動ダンパ（以下、単に直動ダンパとい
 う）を備えた上肢支援装置が知られている。

40

この上肢支援装置における直動ダンパでは、筒状のシリンダの内部に、軸方向の一方側
 に向けて付勢部材により付勢され、かつ電磁誘導コイルが巻回されたボビンが配置されて
 いる。ボビンの軸方向の一方側の端部には、外部からロッドが連結されている。また、シ
 リンダの内部には磁気粘性流体が充填されている。

【0003】

そして、電磁誘導コイルに電流を流すことで、ボビンとシリンダとの間の径方向の隙間
 に位置する磁気粘性流体に保持力を発揮させ、シリンダ内における磁気粘性流体の粘性を
 変化させることができる。このため、電磁誘導コイルに流す電流値を制御して、付勢部材

50

からボピンを介してロッド部材が受ける付勢力の大きさを調整し、所望する上肢の動作に合わせて取出すことで、上肢の動作を支援することができる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】Takahiro Ohba, Hideki Kadone and Kenji Suzuki, "An Elastic Link Mechanism Integrated with a Magnetorheological Fluid For Elbow Orthotics", Proc. of 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2012), 2789 - 2794, 2012.

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

このような直動ダンパを、下肢支援装置に採用することが想定される。しかしながら、前記従来の直動ダンパでは、電磁誘導コイルに電流を流した際の磁気粘性流体の保持力を大きくすることが難しく、直動ダンパの保持力を大きくすることが困難であった。このため、このような従来の直動ダンパを備える身体支援装置を、上肢よりも大きな保持力が必要となる下肢に適用するのが困難であった。

【0006】

20

本発明は前述した事情に鑑みてなされたものであって、高い保持力を発揮することができる直動ダンパを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様は、筒状のシリンダと、前記シリンダの内周面と径方向に隙間をあけて配置され、かつ前記シリンダ内に軸方向に移動可能に配置された柱状のボピンと、外部から前記ボピンの軸方向の端部に連結されたロッドと、前記ボピンを軸方向に付勢する付勢部材と、前記シリンダ内に充填された磁気粘性流体と、前記ボピンの外周面に巻回された電磁誘導コイルと、を備え、前記ボピンにおける軸方向の端部には、軸方向に向けて突出するとともに、前記ロッドが内側に嵌合することで連結される連結筒部が形成されている可変保持特性を有する直動ダンパ（以下、単に直動ダンパという）である。

30

【0008】

また、本発明の一態様は、前述した直動ダンパにおいて、前記ロッドは、前記ボピンの軸方向における両端部に各別に連結されている。

また、本発明の一態様は、前述した直動ダンパにおいて、前記ボピンの外周面には、径方向の内側に向けて窪む収容凹部が形成され、前記収容凹部の外径は、前記ロッドの外径よりも大きい。

また、本発明の一態様は、前述した直動ダンパにおいて、前記ボピンの外周面には、径方向の内側に向けて窪む収容凹部が軸方向に間隔をあけて複数形成され、前記電磁誘導コイルは、複数の前記収容凹部における外周面に、各別に巻回されている。

40

【0009】

また、本発明の一態様は、前述した直動ダンパと、障碍脚に装着される第1装着体と、前記障碍脚の足部が載置される第1足載部と、前記第1装着体から前記第1足載部に向けて延びる第1支柱部と、前記第1支柱部に対して前記第1足載部を回動可能に連結する第1回転軸部と、前記第1足載部の底部に設けられた第1接地センサと、前記第1支柱部に対する前記第1足載部の回動動作を検出する第1角度センサと、前記第1接地センサおよび前記第1角度センサから得られた動作情報に基づいて、前記直動ダンパの前記電磁誘導コイルに電流を流すことで、前記直動ダンパを制御する制御部と、前記制御部による前記直動ダンパの制御に際して、電力を供給する内部電源と、を備えた下肢支援装置である。

【0010】

50

また、本発明の一態様は、健常脚および健常腕のうち、少なくともいずれかに装着される第2装着体と、前記健常脚の足部が載置される第2足載部と、前記第2装着体から前記第2足載部に向けて延びる第2支柱部と、前記第2支柱部に対して前記第2足載部を回動可能に連結する第2回転軸部と、前記第2足載部の底部に設けられた第2接地センサと、前記第2支柱部に対する前記第2足載部の回動動作を検出する第2角度センサと、前記第2接地センサおよび前記第2角度センサから得られた動作情報を処理する処理部と、を備えた下肢支援補助装置、および前述した下肢支援装置を有する下肢支援装置セットである。

【0011】

また、本発明の一態様は、筒状のシリンダと、前記シリンダの内周面と径方向に隙間をあけて配置され、かつ前記シリンダ内に軸方向に移動可能に配置された柱状のポピンと、外部から前記ポピンの軸方向の端部に連結されたロッドと、前記ポピンを軸方向に付勢する付勢部材と、前記シリンダ内に充填された磁気粘性流体と、前記ポピンの外周面に巻回された電磁誘導コイルと、を備えた直動ダンパと、障碍脚に装着される第1装着体と、前記障碍脚の足部が載置される第1足載部と、前記第1装着体から前記第1足載部に向けて延びる第1支柱部と、前記第1支柱部に対して前記第1足載部を回動可能に連結する第1回転軸部と、前記第1足載部の底部に設けられた第1接地センサと、前記第1支柱部に対する前記第1足載部の回動動作を検出する第1角度センサと、前記第1接地センサおよび前記第1角度センサから得られた動作情報に基づいて、前記直動ダンパの前記電磁誘導コイルに電流を流すことで、前記直動ダンパを制御する制御部と、前記制御部による前記直動ダンパの制御に際して、電力を供給する内部電源と、を備えた下肢支援装置、および健常脚および健常腕のうち、少なくともいずれかに装着される第2装着体と、前記健常脚の足部が載置される第2足載部と、前記第2装着体から前記第2足載部に向けて延びる第2支柱部と、前記第2支柱部に対して前記第2足載部を回動可能に連結する第2回転軸部と、前記第2足載部の底部に設けられた第2接地センサと、前記第2支柱部に対する前記第2足載部の回動動作を検出する第2角度センサと、前記第2接地センサおよび前記第2角度センサから得られた動作情報を処理する処理部と、を備えた下肢支援補助装置、を有する下肢支援装置セットにおける制御方法であって、前記第2接地センサ、および前記第2角度センサが検出した前記健常脚における足部の動作情報に基づいて、前記下肢支援装置の前記第1接地センサが前記障碍脚における前記第1足載部の接地を検出した際に、前記電磁誘導コイルに流す電流を制御する、下肢支援装置セットの制御方法である。

【0012】

また、本発明の一態様は、前述した下肢支援装置セットの制御方法において、前記処理部は、前記第2角度センサが検出した前記健常脚における足部の動作情報を送信する送信部を備え、前記制御部は、前記送信部から送信された前記動作情報を受信する受信部を備え、前記第1接地センサが前記障碍脚における前記第1足載部の接地を検出した際に、前記電磁誘導コイルに流す電流値を時々刻々と変化させる。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、高い保持力を発揮することができる直動ダンパを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の一実施形態に係る下肢支援装置の側面図である。

【図2】図1に示す下肢支援装置における直動ダンパ本体の縦断面図である。

【図3】図1に示す下肢支援装置を用いた歩行状態、接地センサの検出状態、および電磁誘導コイルに流す電流波形を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態に係る下肢支援補助装置の側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

10

20

30

40

50

以下、図 1 から図 4 を参照し、本発明の一実施形態に係る可変保持特性を有する直動ダンパ（以下、単に直動ダンパという）10、下肢支援装置 1、下肢支援装置セット、および下肢支援装置セットの制御方法について説明する。

【0016】

（下肢支援装置 1）

まず、本実施形態に係る下肢支援装置 1 について説明する。本実施形態では、右脚用の下肢支援装置 1 を例に挙げて説明する。また、下肢支援装置 1 が支援する障害とは、足部をその後端部回りに、脚部に対して回動させる動作（つま先を上下に動かす動作）を正常に行えない状態を指す。

【0017】

図 1 に示すように、本実施形態に係る下肢支援装置 1 は、直動ダンパ 10 と、障害脚に装着される第 1 装着体 20 と、障害脚の足部が載置される第 1 足載部 21 と、第 1 装着体 20 から第 1 足載部 21 に向けて延びる第 1 支柱部 22 と、を備えている。

以下の説明において、第 1 支柱部 22 が延びる方向を上下方向といい、第 1 足載部 21 のつま先と踵を結ぶ方向を前後方向という。第 1 足載部 21 の左右方向を左右方向という。

【0018】

直動ダンパ 10 は、上下方向に沿って延びている。直動ダンパ 10 の上端部は第 1 支柱部 22 と連結されている。

第 1 装着体 20 は、带状部材であり、一端部と他端部とを互いに固着して、筒状にすることで、障害脚に装着される。第 1 装着体 20 の両端部には、面ファスナーやスナップボタン等の固着部材（図示せず）が設けられている。

【0019】

第 1 足載部 21 には、載置される足部を上方から固定する固定帯 21A が設けられている。図示の例では、固定帯 21A は前後方向に間隔をあけて複数設けられている。

第 1 支柱部 22 は、左右方向に間隔をあけて 2 つ設けられている。2 つの第 1 支柱部 22 のうち、使用者における左右方向の外側に位置する第 1 支柱部 22 に、直動ダンパ 10 が連結されている。

【0020】

また、下肢支援装置 1 は、第 1 支柱部 22 に対して第 1 足載部 21 を回動可能に連結する第 1 回転軸部 23 と、第 1 足載部 21 の底部に設けられた第 1 接地センサ 24 と、第 1 支柱部 22 に対する第 1 足載部 21 の回動動作を検出する第 1 角度センサ 25 と、を備えている。

【0021】

第 1 回転軸部 23 は、左右方向の外側に位置する第 1 支柱部 22 に連結されている。第 1 回転軸部 23 は、第 1 足載部 21 の後端部と、第 1 支柱部 22 の下端部とを互いに連結している。

第 1 回転軸部 23 は、左右方向から見た側面視で、円形状をなしている。第 1 回転軸部 23 には、その円弧に沿って切り欠かれた扇状の切欠き部 23A が形成されている。

図示の例では、切欠き部 23A の周方向の大きさは、中心角が 90° 以上となっている。切欠き部 23A には、上方を向き、かつ直動ダンパ 10 の後述する下側ロッド 14A が押圧可能な押圧面 23B が形成されている。

【0022】

第 1 接地センサ 24 には、第 1 足載部 21 の底部のうち、前後方向におけるつま先側に位置する前側第 1 接地センサ 24A と、第 1 足載部 21 の底部のうち、前後方向における踵側に位置する後側第 1 接地センサ 24B と、がある。

第 1 角度センサ 25 は、第 1 回転軸部 23 内に設けられている。

【0023】

また、下肢支援装置 1 は、第 1 接地センサ 24 および第 1 角度センサ 25 から得られた動作情報に基づいて、直動ダンパ 10 の電磁誘導コイル 17 に電流を流すことで、直動ダ

10

20

30

40

50

ンパ 10 を制御する制御部 26 と、制御部 26 に電力を供給する内部電源 27 と、を備えている。

制御部 26 および内部電源 27 は、直動ダンパ 10 における後述するブラケット 11 の内部に配置されている。

また、本実施形態では、制御部 26 は、後述する下肢支援補助装置 2 の送信部から送信された健常脚における足部の動作情報を受信する受信部 28 を備えている。

【0024】

(直動ダンパ 10)

次に、本実施形態に係る直動ダンパ 10 について説明する。

直動ダンパ 10 は、左右方向の外側に位置する第 1 支柱部 22 に連結されたブラケット 11 と、ブラケット 11 の内部に配置された直動ダンパ本体 10A と、を備えている。ブラケット 11 は筒状部材であり、例えば金属材料等により形成されている。ブラケット 11 の上端部が、第 1 支柱部 22 に連結されている。

10

【0025】

図 2 に示すように、直動ダンパ本体 10A は、円筒状のシリンダ 12 と、シリンダ 12 内に軸方向に移動可能に配置された円柱状のポビン 13 と、外部からポビン 13 の軸方向の端部に連結されたロッド 14 と、を備えている。

以下の説明において、シリンダ 12 の中心軸線 O に沿う軸方向と直交する方向を径方向という。また、図示の例では、軸方向が上下方向と一致している。

【0026】

20

シリンダ 12 は磁性材料により形成されている。シリンダ 12 における軸方向の両端部には、径方向の外側に向けて突出する固定フランジ部 12A が形成されている。固定フランジ部 12A には、閉塞板 12B が各別に固定されている。

閉塞板 12B の軸方向から見た中央部には、閉塞板 12B を軸方向に貫く挿通孔 12C が形成されている。挿通孔 12C にロッド 14 が各別に挿通されている。

【0027】

挿通孔 12C の内周面には、径方向の外側に向けて窪む収容溝 12D が形成されている。収容溝 12D 内には、ロッド 14 の外周面に当接するシールリング 19 が収容されている。

シールリング 19 がロッド 14 の外周面に当接していることで、後述するシリンダ 12 内に充填された磁気粘性流体 16 が漏れるのを防ぐことができる。

30

【0028】

ポビン 13 は、軸方向に延びるとともに、シリンダ 12 の内周面と径方向に隙間をあけて、中心軸線 O と同軸に配置されている。ポビン 13 は磁性材料により形成されている。

本実施形態では、ポビン 13 の外周面には、径方向の内側に向けて窪む収容凹部 13A が軸方向に間隔をあけて複数形成されている。図示の例では、収容凹部 13A はポビン 13 の外周面に 2 つ形成されている。なお、収容凹部 13A はポビン 13 の外周面に 3 つ以上形成されてもよい。

収容凹部 13A の外周面は、中心軸線 O と同軸に配置されている。

【0029】

40

ポビン 13 の外周面のうち、収容凹部 13A を除く部分が、シリンダ 12 の内周面と近接する近接部 13B となっている。図示の例では、軸方向に間隔をあけて 3 つの近接部 13B が形成されている。

シリンダ 12 の内周面と、ポビン 13 の近接部 13B との間には径方向の隙間が小さくされたオリフィス部 F が各別に形成されている。図示の例では、軸方向に間隔をあけて 3 つのオリフィス部 F が形成されている。

【0030】

そして本実施形態では、ポビン 13 における軸方向の端部には、軸方向に向けて突出するとともに、ロッド 14 が内側に嵌合する連結筒部 18 が形成されている。連結筒部 18 は、中心軸線 O と同軸に配置され、ポビン 13 における軸方向のロッド 14 側を向く両端

50

面に、各別に形成されている。

【0031】

ロッド14は、軸方向に延びるとともに、中心軸線Oと同軸に配置されている。本実施形態では、ロッド14はボビン13の軸方向における両端部に各別に連結されている。ロッド14は非磁性材料により形成されている。ボビン13を通るように形成される後述する磁気回路Mが乱れるのを防ぐためである。

【0032】

図1に示すように、ボビン13を軸方向に挟む一对のロッド14のうち、ボビン13から下方に向けて延びる下側ロッド14Aが、ブラケット11の下端部から下方に向けて突出している。

下側ロッド14Aの下端部には、合成樹脂材料により形成されたカバー14Cが装着されている。下側ロッド14Aのカバー14Cが、第1回転軸部23の切欠き部23Aにおける押圧面23Bに当接している。

【0033】

また本実施形態では、図2に示すように、ボビン13における収容凹部13Aの外径は、ロッド14の外径よりも大きい。図示の例では、収容凹部13Aの外径は、ボビン13における連結筒部18の外径よりも大きい。なお、このような態様に限られず、収容凹部13Aの外径は、ボビン13における連結筒部18の外径よりも小さくてもよい。

【0034】

また直動ダンパ本体10Aは、ボビン13を軸方向に付勢する付勢部材15と、シリンダ12内に充填された磁気粘性流体16と、ボビン13の外周面に巻回された電磁誘導コイル17と、を備えている。

付勢部材15は、ボビン13の上方に配置され、ボビン13を下方に向けて付勢している。

【0035】

図示の例では、付勢部材15はコイルバネであり、上側ロッド14Bを径方向の外側から囲むように、中心軸線Oと同軸に配置されている。

付勢部材15の内側には、ボビン13における一对の連結筒部18のうち、上方に位置する上側連結筒部18Aが嵌合されている。これにより、付勢部材15がボビン13に対して径方向に位置ずれするのを抑制することができる。

【0036】

磁気粘性流体16は、シリンダ12内に充満するように充填されている。磁気粘性流体16としては、例えば、絶縁性のオイルと、主に鉄系粒子と、の混合材料等を採用することができる。絶縁性のオイルとは、例えば炭化水素油等であり、鉄系粒子とは、例えばカルボニル鉄等である。なお、このような材料に限られず、他の材料により構成された磁気粘性流体を採用してもよい。

【0037】

電磁誘導コイル17は図示しない配線等により、ブラケット11内に設けられた制御部26と接続されている。本実施形態では、電磁誘導コイル17は、複数の収容凹部13Aにおける外周面に、各別に巻回されている。図示の例では、2つの電磁誘導コイル17が2つの収容凹部13Aに各別に巻回されている。

【0038】

電磁誘導コイル17と制御部26とを接続する配線は、例えば挿通孔12Cを通して引き通される。電磁誘導コイル17には、この配線を通して、内部電源27から制御部26に供給される電力が供給される。

なお、配線は、閉塞板12Bに形成された不図示の孔を通して引き通されてもよい。また、上側ロッド14Bを中空状に形成し、配線を上側ロッド14Bの内部を通して、引き通してもよい。

【0039】

次に、このように構成された直動ダンパ10の動作について説明する。

10

20

30

40

50

図 2 に示す状態から、下側ロッド 14 A を上方に向けてシリンダ 12 内に押し込むと、下側ロッド 14 A と連結されたポビン 13 が、付勢部材 15 からの付勢力に抗してシリンダ 12 内を上方に向けて移動する。これにより、シリンダ 12 内に充填された磁気粘性流体 16 は、シリンダ 12 の内周面と、ポビン 13 の外周面との間に形成された隙間を通して、上方から下方に向けて移動する。

すなわち、直動ダンパ 10 は、磁気粘性流体 16 の粘性特性に基づいた粘性ダンパとして作用する。

【0040】

また、上側ロッド 14 B は、下側ロッド 14 A がシリンダ 12 内に押し込まれた体積だけ、シリンダ 12 の外側に押し出される。ここで、本実施形態に係る下側ロッド 14 A および上側ロッド 14 B は、互いに同一径とされている。このため、下側ロッド 14 A のシリンダ 12 内への移動に伴うシリンダ 12 内の空間容積の変化を抑えることができる。

【0041】

また、例えば付勢部材 15 が軸方向に圧縮された状態で、ポビン 13 の電磁誘導コイル 17 に電流を流すと、電磁誘導コイル 17 が磁界を発生させる。そして、図 2 に 2 点鎖線で示すような、ポビン 13、オリフィス部 F 内に位置する磁気粘性流体 16、およびシリンダ 12 の周壁にまたがる磁気回路 M が形成される。これにより、シリンダ 12 内のうち、オリフィス部 F 内に位置する磁気粘性流体 16 の粘性が増加し、保持力が生じる。

このような磁気粘性流体 16 が発揮する保持力は、磁気粘性流体 16 が停止している状態においても、磁気粘性流体 16 が磁気回路から受ける磁場の影響で硬化することによって発揮することができる。

【0042】

このため、下側ロッド 14 A からの上方に向けた押込み力を解除しても、直動ダンパ 10 の保持力により、付勢部材 15 の付勢力を保持することで、付勢部材 15 が復元変形することなく、シリンダ 12 内におけるポビン 13 の軸方向の位置が維持される。

そして、電磁誘導コイル 17 に流した電流を遮断すると、磁気粘性流体 16 の粘性が減少し、直動ダンパ 10 の保持力が低下することにより、磁気粘性流体 16 により保持されていた付勢部材 15 の付勢力が解放される。これにより、付勢部材 15 が復元変形することで、ポビン 13 が下方に向けて押圧され、下側ロッド 14 A がシリンダ 12、およびブラケット 11 から下方に向けて押し出される。

【0043】

ここで、電磁誘導コイル 17 に電流を流した際に発生する磁気回路 M の向きについて説明する。

図 2 に示すように、磁気回路 M は、ポビン 13 の内部において、軸方向の端部から中央部に向けて延びるとともに、シリンダ 12 の周壁において、軸方向の中央部から外側に向けて延びている。このため、複数のオリフィス部 F のうち、軸方向の中央に位置する中央オリフィス部 F 1 では、2 つの電磁誘導コイル 17 からの磁気回路が重なるように延びている。

これにより、中央オリフィス部 F 1 内に位置する磁気粘性流体 16 は、他の 2 つのオリフィス部 F 内に位置する磁気粘性流体 16 よりも高い粘性を発揮する。

【0044】

以上説明したように、本実施形態に係る直動ダンパ 10 によれば、ポビン 13 における軸方向の端部に連結筒部 18 が形成され、連結筒部 18 の内側にロッド 14 が嵌合することで、ポビン 13 と連結筒部 18 とが連結されている。このため、例えばポビン 13 の軸方向の端部に、軸方向の内側に向けて窪む凹部を形成し、この凹部に非磁性材料により形成されたロッド 14 を嵌合するような構成等と比較して、ポビン 13 の軸方向の端部における磁性材料からなる断面積（例えば図 2 の A - A' 視における近接部 13 B の面積）を大きく確保することができる。

これにより、電磁誘導コイル 17 に電流を流した際に、ポビン 13 の内部に磁気回路を形成しやすくすることが可能になり、オリフィス部 F 内に位置する磁気粘性流体 16 の粘

10

20

30

40

50

性を大きくして、直動ダンパ 10 に高い保持力を発揮させることができる。

【0045】

また、本実施形態に係る直動ダンパ 10 によれば、ロッド 14 がボビン 13 の軸方向の両端部に各別に連結されている。このため、下側ロッド 14 A のシリンダ 12 内への移動に伴って、シリンダ 12 内の空間容積が減少するのを抑えることができる。

これにより、ボビン 13 の軸方向の移動に伴って、磁気粘性流体 16 が圧縮されることを、シリンダ 12 にアキュムレータのような内圧調整部材を設けることなく、抑えることができる。したがって、シリンダ 12 内に磁気粘性流体 16 が充満するように充填させたとしても、簡易な構成により直動ダンパ 10 の粘性ダンパとしての減衰特性を安定させることができる。

【0046】

また、本実施形態に係る直動ダンパ 10 によれば、ボビン 13 における収容凹部 13 A の外径が、ロッド 14 の外径よりも大きい。このため、ボビン 13 のうち、軸方向に沿って延びる部分の断面積を大きく確保することが可能になり、電磁誘導コイル 17 に電流を流した際に、ボビン 13 の内部に磁気回路 M を形成しやすくすることができる。

これにより、オリフィス部 F 内に位置する磁気粘性流体 16 の粘性を更に大きくして、直動ダンパ 10 に高い保持力を発揮させることができる。

【0047】

また、本実施形態に係る直動ダンパ 10 によれば、ボビン 13 の外周面に軸方向に間隔をあけて複数形成された収容凹部 13 A の外周面に、電磁誘導コイル 17 が各別に巻回されている。このため、ボビン 13 の近接部 13 B のうち、電磁誘導コイル 17 により軸方向に挟まれる近接部 13 B には、複数の電磁誘導コイル 17 からの磁気回路が重複して形成される。

これにより、中央オリフィス部 F 1 内に位置する磁気粘性流体 16 に、より大きな粘性を発揮させることが可能になり、より一層効果的に直動ダンパ 10 に高い保持力を発揮させることができる。

【0048】

次に、図 3 を用いて、このような直動ダンパ 10 の動作に基づいた下肢支援装置 1 の動作について説明する。

まず、障碍脚の踵が接地する前の状態において、直動ダンパ 10 の下側ロッド 14 A は、第 1 回転軸部 23 の押圧部を下方に向けて押圧している状態とする。

そして、図 3 (a) に示すように、障碍脚の踵が接地すると、下肢支援装置 1 の後側第 1 接地センサ 24 B が検知する。これにより、電磁誘導コイル 17 に所定の電流 I_t が流されると、磁気粘性流体 16 が一定の粘性を発揮し、直動ダンパ 10 が一定の力で保持される。

【0049】

この際、使用者の前方への移動に伴って、障碍脚の足部は、後端部回りにつま先が接地する向きに次第に回動してゆく。このときの足部の回動動作を、直動ダンパ 10 の保持力 F 1 により支援し、回動トルク T 1 を与えることで緩やかに接地させることができる。

ここで、直動ダンパ 10 の保持力とは、付勢部材 15 による下方に向けた付勢力、およびボビン 13 の外周面と、シリンダ 12 の内周面と、の隙間を磁気粘性流体 16 が通過することによる直動ダンパ 10 の粘性ダンパとしての粘性力、および磁気粘性流体 16 が停止している状態において、磁場の影響で硬化することによって発揮する保持力により決まる力である。そして、直動ダンパ 10 の可変保持特性とは、直動ダンパ 10 の粘性ダンパとしての減衰特性、および磁気粘性流体 16 の保持力が、電磁誘導コイル 17 に流す電流値 I_t の大きさにより変更することで、任意に調整できる特性を意味する。

【0050】

そして、図 3 (b) に示すように、障碍脚のつま先が接地すると、前側第 1 接地センサ 24 A が検知する。この際、第 1 足載部 21 が、第 1 回転軸部 23 回りに回動したことで、直動ダンパ 10 の下側ロッド 14 A は、シリンダ 12 内に上方に向けて最も押し込まれ

10

20

30

40

50

た状態となっている。そして、電磁誘導コイル 17 に最大電流 I_{max} が流されると、直動ダンパ 10 が最大の力で保持される。

【0051】

これにより、図 3 (c) に示すように、付勢部材 15 の下方に向けた付勢力を、直動ダンパ 10 の保持力により保持する。その結果、脚部が足部に対して、足部の後端部回りに前方に向けて回動することで、下側ロッド 14 A と押圧面 23 B との間に隙間が生じても、下側ロッド 14 A のシリンダ 12 内における位置を維持することができる。

【0052】

そして、図 3 (d) に示すように、障害脚の足部の踵が地面から離れると、これを後側第 1 接地センサ 24 B が検知する。これにより、電磁誘導コイル 17 に流れていた電流を遮断することで、直動ダンパ 10 の保持力により保持されていた付勢部材 15 の付勢力が解放される。そして、付勢部材 15 が復元変形することで、ポビン 13 が下方に向けて押圧され、下側ロッド 14 A がブラケット 11 の下方に向けて変位する。

10

【0053】

そして、下側ロッド 14 A が第 1 回転軸部 23 の押圧面 23 B を下方に向けて押圧力 F_2 により押圧することで、第 1 足載部 21 に回動力 T_2 を与え、第 1 足載部 21 が、後端部回りにつま先が地面から離れる向きに次第に回動してゆく。この際、直動ダンパ 10 の下側ロッド 14 A は、下方に向けて最も押し出された状態となる。これにより、障害脚の足部のつま先が、地面に引っかかることなく、使用者が歩行することができる。

そして、障害脚の脚部が前方に移動することで、図 3 (a) に示す踵が接地する状態となり、このような一連の動作を繰り返すことで、下肢支援装置 1 が使用者の歩行を支援することができる。

20

【0054】

以上説明したように、本実施形態に係る下肢支援装置 1 によれば、直動ダンパ 10 が高い保持力を発揮することができるので、直動ダンパ 10 の保持力により保持する付勢部材 15 の付勢力を高く設定することができる。このため、直動ダンパ 10 の下側ロッド 14 A が第 1 回転軸部 23 の押圧面 23 B を下方に向けて押圧する際の押圧力や、電流を流した際の応答性等を広い範囲で設定することが可能になる。

これにより、下肢支援装置 1 の仕様値に自由度を与えることができ、下肢支援装置 1 の利便性を高めることができる。

30

【0055】

ここで、電磁誘導コイル 17 に流される電流値について詳述する。図 3 (a) に示したような、障害脚の足部が、後端部回りにつま先が接地する向きに回動してゆく回動動作の速度は、使用者やその歩行速度によりばらつきがあり、個別に設定する必要がある。

また、図 3 (d) に示したような、障害脚の足部が、その後端部回りにつま先が地面から離れる回動動作の速度についても、同様に個別に設定する必要がある。この場合には、例えば図 3 (d) に破線 B で示すように、電磁誘導コイル 17 に流す電流を緩やかに遮断することで、直動ダンパ 10 における下側ロッド 14 A が下方に向けて押し出される速度を管理することとなる。

そこで、健常脚を用いて足部の動作情報を把握し、電流の制御を行うことができる。このように、下肢支援装置 1 の使用を補助するものとして、健常脚および健常腕のうち、少なくともいずれかに装着される下肢支援補助装置 2 を用いることができる。以下の説明では、健常脚に装着される下肢支援補助装置 2 について説明する。

40

【0056】

(下肢支援装置セット)

次に、本実施形態に係る下肢支援装置セットについて説明する。

下肢支援装置セットは、前述した下肢支援装置 1、および下肢支援補助装置 2 を有している。本実施形態では、左脚用の下肢支援補助装置 2 を例に挙げて説明する。

【0057】

下肢支援補助装置 2 は、健常脚に装着され、健常脚の足部の動作を検出し、その情報に

50

基づいて下肢支援装置セットの制御を補助する補助器具である。

図4に示すように、下肢支援補助装置2は、健常脚に装着される第2装着体30と、健常脚の足部が載置される第2足載部31と、第2装着体30から第2足載部31に向けて延びる第2支柱部32と、第2支柱部32に対して第2足載部31を回動可能に連結する第2回転軸部33と、を備えている。

【0058】

第2装着体30、第2足載部31、および第2支柱部32はそれぞれ、下肢支援装置1における、第1装着体20、第1足載部21、および第1支柱部22それぞれと左右対称となるように構成されている。

第2回転軸部33は、左右方向から見た側面視で円形状をなしている。すなわち、第2回転軸部33には切欠き部が形成されていない。

10

【0059】

また、下肢支援補助装置2は、第2足載部31の底部に設けられた第2接地センサ34と、第2支柱部32に対する第2足載部31の回動動作を検出する第2角度センサ35と、を備えている。

第2接地センサ34には、下肢支援装置1と同様に、第2足載部31の底部のうち、前後方向におけるつま先側に位置する前側第2接地センサ34Aと、第2足載部31の底部のうち、前後方向における踵側に位置する後側第2接地センサ34Bと、がある。

第2角度センサ35は、第2回転軸部33内に設けられている。

【0060】

また、下肢支援補助装置2は、第2接地センサ34および第2角度センサ35から得られた足部の動作情報を処理する処理部36を備えている。

処理部36は、図示の例では、第2回転軸部33内に設けられているが、例えば第2足載部31内に設けてもよい。処理部36には、第2接地センサ34および第2角度センサ35により検出された動作情報が伝達される。

20

【0061】

ここで、足部の動作情報とは、第2角度センサ35により得られる歩行時の足部の後端部回りの回動角速度や、および第2接地センサ34により得られる踵とつま先それぞれの接地の態様等である。

また、処理部36は、第2角度センサ35が検出した健常脚における足部の動作情報を送信する送信部38を備えている。送信部38から送信された情報が、下肢支援装置1の受信部28から制御部26に伝達される。

30

【0062】

次に、下肢支援装置セットの制御方法について説明する。

本実施形態に係る下肢支援装置セットの制御方法は、下肢支援補助装置2における、第2角度センサ35が検出した健常脚における足部の動作情報に基づいて、下肢支援装置の第1接地センサ24が障害脚における第1足載部21の接地を検出した際に、電磁誘導コイル17に流す電流を制御する。ここで、電流を制御するとは、電流値を設定するとともに、電流波形を決めることを意味する。

【0063】

下肢支援補助装置2による健常脚における足部の動作情報の取得は、障害脚に下肢支援装置1を装着した状態で、健常脚に下肢支援補助装置2を装着して行ってもよい。また、健常脚における足部の動作情報の取得は、障害脚に下肢支援装置1を装着することなく、健常脚にのみ下肢支援補助装置2を装着した状態で行ってもよい。

40

すなわち、健常脚における動作情報の取得、および障害脚における下肢支援装置1の動作設定は、脚動作開始前、脚動作開始中（歩行中）の両方若しくはどちらか一方で行う（歩行前にスタティックにパラメータを設定しても、歩行中にダイナミックにパラメータを設定しても良い）。

【0064】

また、本実施形態に係る下肢支援装置セットの制御方法は、健常脚における足部の動作

50

情報を下肢支援補助装置 2 における送信部 3 8 から、下肢支援装置 1 における受信部 2 8 に送る。そして、第 1 接地センサ 2 4 が障害脚における第 1 足載部 2 1 の接地を検出した際に、電磁誘導コイル 1 7 に流す電流値を時々刻々と変化させる。

【 0 0 6 5 】

この場合、使用者は両足に下肢支援装置 1 および下肢支援補助装置 2 を各別に装着した状態で歩行する。この際、使用者の標準的な歩行速度における健常脚の動作情報に基づいて、電磁誘導コイル 1 7 に流す電流値の基準値を設定しておくことができる。

そして、使用者の歩行速度に合わせて、すなわち、健常脚の足部の回動角速度の変化に合わせて、電磁誘導コイル 1 7 に流す電流値を変化させる。

【 0 0 6 6 】

以上説明したように、本実施形態に係る下肢支援セットによれば、下肢支援装置 1 および下肢支援補助装置 2 を有している。このため、健常脚の動作情報を下肢支援補助装置 2 により取得することで、障害脚に装着される下肢支援装置 1 に所望される仕様値（例えば、電流値の大きさやその時間変化）を正確に把握することができる。

【 0 0 6 7 】

また、本実施形態に係る下肢支援装置セットの制御方法によれば、下肢支援補助装置 2 を用いて、健常脚における足部の動作情報に基づいて、下肢支援装置 1 における電磁誘導コイル 1 7 に流す電流を制御する。このため、個人毎にばらつきのある足部の動作に基づいて、使用者にとって歩きやすい状態で下肢支援装置 1 を制御することができる。これにより、下肢支援装置 1 の利便性を向上することができる。

【 0 0 6 8 】

また、本実施形態に係る下肢支援装置セットの制御方法によれば、下肢支援補助装置 2 の送信部 3 8、および下肢支援装置 1 の受信部 2 8 を用いて、電磁誘導コイル 1 7 に流す電流値を時々刻々と変化させる。このため、使用者の歩行速度が変化した際に、歩行速度の変化に基づく足部の角速度変化を検出し、障害脚の足部が最適な角速度となるように、電磁誘導コイル 1 7 に流す電流を変化させることができる。これにより、下肢支援装置 1 の利便性をより一層効果的に向上することができる。

【 0 0 6 9 】

なお、本発明の技術的範囲は前記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることができる。

例えば、上記実施形態においては、下肢支援装置セットの制御方法として、ボビン 1 3 に連結筒部 1 8 が形成された直動ダンパ 1 0 を備えた下肢支援装置 1 を用いた構成を示したが、このような態様に限られない。下肢支援装置セットの制御方法は、ボビン 1 3 に連結筒部 1 8 が形成されていない直動ダンパ 1 0 を用いた下肢支援装置 1 に対して適用してもよい。

【 0 0 7 0 】

また、上記実施形態においては、直動ダンパ 1 0 のロッド 1 4 は、ボビン 1 3 の軸方向における両端部に各別に連結されている構成を示したが、このような態様に限られない。ロッド 1 4 は、ボビン 1 3 の軸方向における一方側の端部にのみ連結されてもよい。この場合、ロッド 1 4 は、軸方向のうち、シリンダ 1 2 内における付勢部材 1 5 が配置された側と反対側（図示の例では下側）にのみ配置される。

【 0 0 7 1 】

また、上記実施形態においては、ボビン 1 3 の外周面には、径方向の内側に向けて窪む収容凹部 1 3 A が形成されている構成を示したが、このような態様に限られない。ボビン 1 3 の外周面に収容凹部 1 3 A が形成されなくてもよい。

また、上記実施形態においては、ボビン 1 3 の収容凹部 1 3 A の外径は、ロッド 1 4 の外径よりも大きい構成を示したが、このような態様に限られない。収容凹部 1 3 A の外径は、ロッド 1 4 の外径よりも小さくてもよい。

【 0 0 7 2 】

また、上記実施形態においては、ボビン 1 3 の外周面に収容凹部 1 3 A が軸方向に間隔

10

20

30

40

50

をあけて複数形成され、電磁誘導コイル 17 が複数の収容凹部 13 A における外周面に各別に巻回された構成を示したが、このような態様に限られない。収容凹部 13 A がボビン 13 の外周面に 1 つだけ形成され、その収容凹部 13 A に電磁誘導コイル 17 が巻回されてもよい。

【0073】

また、上記実施形態においては、シリンダ 12 が円筒状をなし、ボビン 13 が円柱状をなしている構成を示したが、このような態様に限られない。例えば、シリンダ 12 が角筒状をなし、ボビン 13 が角柱状をなしてもよい。

【0074】

また、上記実施形態においては、下肢支援補助装置 2 として、健常脚に装着される構成を示したが、このような態様に限られない。下肢支援補助装置として、健常腕に装着され、健常腕の動作を検出し、その情報に基づいて下肢支援装置セットの制御を補助する補助器具を採用してもよい。

10

この場合には、一般に歩行時における腕部および脚部それぞれの動作には一定の相関があることが知られており、使用者の腕部の動作に基づいて、下肢支援装置 1 に所望される障碍脚を支援する動作を把握することができる。また、下肢支援補助装置は、健常脚および健常腕の双方に装着してもよい。

【0075】

その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施の形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能であり、また、上記した変形例を適宜組み合わせてもよい。

20

【符号の説明】

【0076】

- 1 下肢支援装置
- 2 下肢支援補助装置
- 10 可変保持特性を有する直動ダンパ
- 12 シリンダ
- 13 ボビン
- 14 ロッド
- 15 付勢部材
- 16 磁気粘性流体
- 17 電磁誘導コイル
- 18 連結筒部
- 20 第 1 装着体
- 21 第 1 足載部
- 22 第 1 支柱部
- 23 第 1 回転軸部
- 24 第 1 接地センサ
- 25 第 1 角度センサ
- 26 制御部
- 27 内部電源
- 28 受信部
- 30 第 2 装着体
- 31 第 2 足載部
- 32 第 2 支柱部
- 33 第 2 回転軸部
- 34 第 2 接地センサ
- 35 第 2 角度センサ
- 36 処理部
- 38 送信部

30

40

50

【 図 1 】

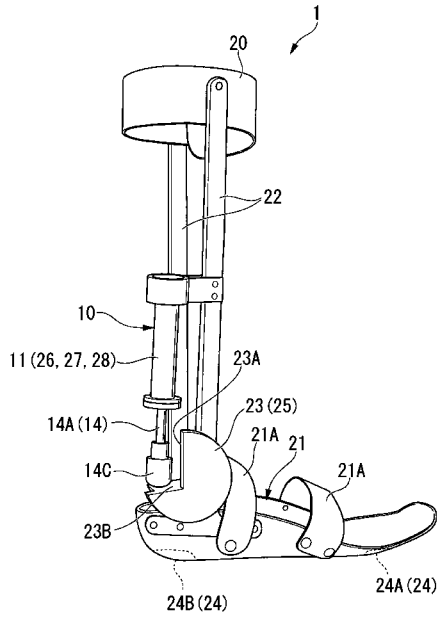


図 1

【 図 2 】

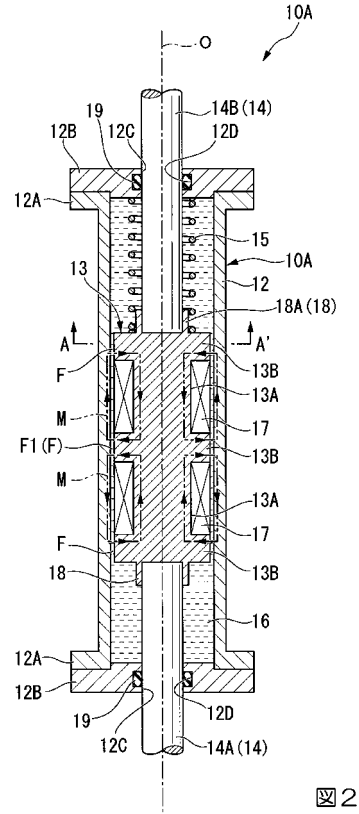


図 2

【 図 3 】

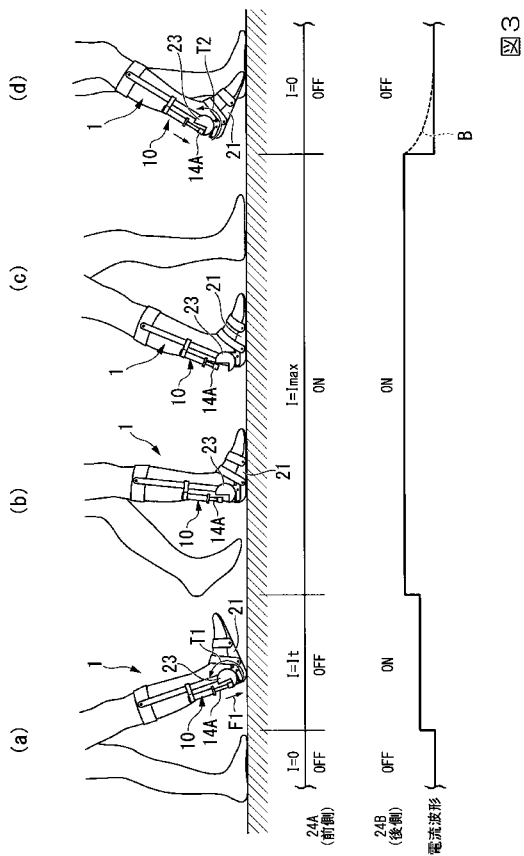


図 3

【 図 4 】

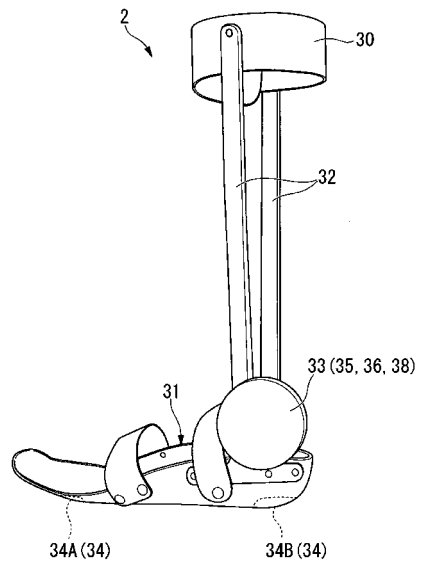


図 4

フロントページの続き

(72)発明者 ハサン モダル

茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立大学法人筑波大学内

(72)発明者 矢木 啓介

茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立大学法人筑波大学内

Fターム(参考) 3J069 AA55 CC13 CC34 DD25 EE63

4C046 AA09 AA25 AA42 BB09 CC01 DD04 DD24 DD39 DD41 EE02

EE05 FF02 FF12 FF25 FF31