

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7054801号

(P7054801)

(45)発行日 令和4年4月15日(2022.4.15)

(24)登録日 令和4年4月7日(2022.4.7)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 H 3/00 (2006.01)

A 6 1 H 3/00

B

A 6 1 H 1/02 (2006.01)

A 6 1 H 1/02

N

請求項の数 23 (全74頁)

(21)出願番号	特願2018-99993(P2018-99993)	(73)特許権者	314012076
(22)出願日	平成30年5月24日(2018.5.24)		パナソニックIPマネジメント株式会社
(65)公開番号	特開2019-17984(P2019-17984A)		大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
(43)公開日	平成31年2月7日(2019.2.7)	(74)代理人	100109210
審査請求日	令和2年12月10日(2020.12.10)		弁理士 新居 広守
(31)優先権主張番号	特願2017-139324(P2017-139324)	(74)代理人	100137235
(32)優先日	平成29年7月18日(2017.7.18)		弁理士 寺谷 英作
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(74)代理人	100131417
			弁理士 道坂 伸一
		(72)発明者	村上 健太
			大阪府門真市大字門真1006番地 パ
			ナソニック株式会社内
		(72)発明者	ジョン・ステファン・ウィリアム
			大阪府門真市大字門真1006番地 パ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 アシスト装置及びアシスト方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ユーザの上半身に装着される上半身ベルトと、
 前記ユーザの左膝に装着される第1の膝ベルトと、
 前記ユーザの右膝に装着される第2の膝ベルトと、
 前記ユーザの前部において、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続する第1のワイヤと、
 前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの前部において、前記第1のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第2のワイヤと、
 前記ユーザの後部において、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続する第3のワイヤと、
 前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの後部において、前記第3のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第4のワイヤと、
 前記ユーザの後部において、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続する第5のワイヤと、
 前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの後部において、前記第5のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第6のワイヤと、
 前記ユーザの前部において、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続する第7のワイヤと、
 前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの前部において、前

記第 7 のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第 8 のワイヤと、
モータとを備え、

前記第 1 のワイヤ及び前記第 4 のワイヤは、前記第 1 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方向に向かって延び、

前記第 2 のワイヤ及び前記第 3 のワイヤは、前記第 1 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方向に向かって延び、

前記第 5 のワイヤ及び前記第 8 のワイヤは、前記第 2 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方向に向かって延び、

前記第 6 のワイヤ及び前記第 7 のワイヤは、前記第 2 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方向に向かって延び、

前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、

前記ユーザの左脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第 2 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤのそれぞれに対して、第 1 の閾値以上の張力を発生させ、
前記ユーザの右脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 8 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させる、

アシスト装置。

【請求項 2】

前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、

前記左脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第 1 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、

前記右脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 7 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させる、

請求項 1 に記載のアシスト装置。

【請求項 3】

歩行フェーズは、ユーザが 1 歩進む過程における歩行状態の時間的なタイミングを表し、ユーザの一方の脚が地面に着地したときが 0 % とされ、且つ、次にユーザの同じ脚が地面に着地したときが 100 % とされ、

歩行フェーズの 0 % ~ 100 % の値は、ユーザの一方の脚が地面に着地したときから次にユーザの同じ脚が地面に着地するときまでの経過時間に対応させており、

前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、

前記左脚の遊脚期に含まれる前記左脚の歩行フェーズの 65 % のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第 2 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、

前記右脚の遊脚期に含まれる前記右脚の歩行フェーズの 65 % のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 8 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させる、

請求項 1 または 2 に記載のアシスト装置。

【請求項 4】

歩行フェーズは、ユーザが 1 歩進む過程における歩行状態の時間的なタイミングを表し、ユーザの一方の脚が地面に着地したときが 0 % とされ、且つ、次にユーザの同じ脚が地面に着地したときが 100 % とされ、

歩行フェーズの 0 % ~ 100 % の値は、ユーザの一方の脚が地面に着地したときから次にユーザの同じ脚が地面に着地するときまでの経過時間に対応させており、

前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、

前記左脚の遊脚期に含まれる前記左脚の歩行フェーズの 65 % のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第 1 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、

前記右脚の遊脚期に含まれる前記右脚の歩行フェーズの 65 % のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 7 のワイヤのそ

10

20

30

40

50

れぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させる、
請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のアシスト装置。

【請求項 5】

前記左脚の歩行フェーズの 50% の時点は、前記右脚の歩行フェーズの 0% の時点に対応する、

又は、前記右脚の歩行フェーズの 50% の時点は、前記左脚の歩行フェーズの 0% の時点に対応する、

請求項 3 または 4 に記載のアシスト装置。

【請求項 6】

さらに、制御回路及びメモリを備え、

前記メモリは、前記モータを制御するためのプログラムを記録し、

前記制御回路は、前記プログラムに基づいて、前記モータを制御する、

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のアシスト装置。

【請求項 7】

前記ユーザの前記回転の移動をアシストするとき、前記モータは、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させるワイヤ以外のワイヤに対して、前記第 1 の閾値よりも小さい張力にする、
請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のアシスト装置。

【請求項 8】

歩行フェーズは、ユーザが 1 歩進む過程における歩行状態の時間的なタイミングを表し、ユーザの一方の脚が地面に着地したときが 0% とされ、且つ、次にユーザの同じ脚が地面に着地したときが 100% とされ、

歩行フェーズの 0% ~ 100% の値は、ユーザの一方の脚が地面に着地したときから次にユーザの同じ脚が地面に着地するときまでの経過時間に対応させており、

前記左脚の遊脚期は、前記左脚の歩行フェーズの 60% 超 100% 未満の期間であり、

前記右脚の遊脚期は、前記右脚の歩行フェーズの 60% 超 100% 未満の期間である、

請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載のアシスト装置。

【請求項 9】

歩行フェーズは、ユーザが 1 歩進む過程における歩行状態の時間的なタイミングを表し、ユーザの一方の脚が地面に着地したときが 0% とされ、且つ、次にユーザの同じ脚が地面に着地したときが 100% とされ、

歩行フェーズの 0% ~ 100% の値は、ユーザの一方の脚が地面に着地したときから次にユーザの同じ脚が地面に着地するときまでの経過時間に対応させており、

前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、

前記左脚の第 1 の歩行フェーズの 65% 以上 100% 以下の期間、及び前記左脚の第 2 の歩行フェーズの 0% 以上 20% 以下の期間において、前記第 2 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、

前記右脚の第 1 の歩行フェーズの 65% 以上 100% 以下の期間、及び前記右脚の第 2 の歩行フェーズの 0% 以上 20% 以下の期間において、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 8 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、

前記左脚の前記第 2 の歩行フェーズは、前記左脚の前記第 1 の歩行フェーズの次の歩行フェーズであり、前記右脚の前記第 2 の歩行フェーズは、前記右脚の前記第 1 の歩行フェーズの次の歩行フェーズである、

請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載のアシスト装置。

【請求項 10】

歩行フェーズは、ユーザが 1 歩進む過程における歩行状態の時間的なタイミングを表し、ユーザの一方の脚が地面に着地したときが 0% とされ、且つ、次にユーザの同じ脚が地面に着地したときが 100% とされ、

歩行フェーズの 0% ~ 100% の値は、ユーザの一方の脚が地面に着地したときから次にユーザの同じ脚が地面に着地するときまでの経過時間に対応させており、

前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、

10

20

30

40

50

前記左脚の第 1 の歩行フェーズの 65% 以上 100% 以下の期間、及び前記左脚の第 2 の歩行フェーズの 0% 以上 20% 以下の期間において、前記第 1 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、
 前記右脚の第 1 の歩行フェーズの 65% 以上 100% 以下の期間、及び前記右脚の第 2 の歩行フェーズの 0% 以上 20% 以下の期間において、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 7 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、
 前記左脚の前記第 2 の歩行フェーズは、前記左脚の前記第 1 の歩行フェーズの次の歩行フェーズであり、前記右脚の前記第 2 の歩行フェーズは、前記右脚の前記第 1 の歩行フェーズの次の歩行フェーズである、
 請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載のアシスト装置。

10

【請求項 11】

前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、
 前記モータは、
 前記左脚の遊脚期において、前記第 2 のワイヤに、前記第 1 の閾値よりも大きい第 2 の閾値以上の張力を発生させ、前記第 3 のワイヤ及び前記第 4 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上前記第 2 の閾値未満の張力を発生させ、
 前記右脚の遊脚期において、前記第 8 のワイヤに、前記第 2 の閾値以上の張力を発生させ、前記第 5 のワイヤ及び前記第 6 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上前記第 2 の閾値未満の張力を発生させる、
 請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載のアシスト装置。

20

【請求項 12】

前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、
 前記モータは、
 前記左脚の遊脚期において、前記第 1 のワイヤに、前記第 1 の閾値よりも大きい第 2 の閾値以上の張力を発生させ、前記第 3 のワイヤ及び前記第 4 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上前記第 2 の閾値未満の張力を発生させ、
 前記右脚の遊脚期において、前記第 7 のワイヤに、前記第 2 の閾値以上の張力を発生させ、前記第 5 のワイヤ及び前記第 6 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上前記第 2 の閾値未満の張力を発生させる、
 請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載のアシスト装置。

30

【請求項 13】

ユーザに取り付けられた複数のワイヤを用いて、前記ユーザの移動をアシストするアシスト方法であって、
 前記複数のワイヤは、前記ユーザの上半身に装着される上半身ベルトと、前記ユーザの左膝に装着される第 1 の膝ベルトとを接続する第 1 ~ 第 4 のワイヤと、前記上半身ベルトと、前記ユーザの右膝に装着される第 2 の膝ベルトとを接続する第 5 ~ 第 8 のワイヤとを含み、
 前記第 1 のワイヤは、前記ユーザの前部において、前記第 1 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって伸び、
 前記第 2 のワイヤは、前記ユーザの前部において、前記第 1 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって伸び、且つ前記第 1 のワイヤが伸びる方向と交差する方向に伸び、
 前記第 3 のワイヤは、前記ユーザの後部において、前記第 1 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって伸び、
 前記第 4 のワイヤは、前記ユーザの後部において、前記第 1 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって伸び、且つ前記第 3 のワイヤが伸びる方向と交差する方向に伸び、
 前記第 5 のワイヤは、前記ユーザの後部において、前記第 2 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって伸び、
 前記第 6 のワイヤは、前記ユーザの後部において、前記第 2 の膝ベルトから上方に且つ前

40

50

記ユーザの右方向に向かって延び、且つ前記第 5 のワイヤが延びる方向と交差する方向に延び、

前記第 7 のワイヤは、前記ユーザの前部において、前記第 2 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方向に向かって延び、

前記第 8 のワイヤは、前記ユーザの前部において、前記第 2 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方向に向かって延び、且つ前記第 7 のワイヤが延びる方向と交差する方向に延び、

前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、

前記ユーザの左脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第 2 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤのそれぞれに対して、第 1 の閾値以上の張力を発生させ、
前記ユーザの右脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 8 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、

前記第 1 ~ 第 8 のワイヤの張力は、少なくとも 1 つの制御回路が制御するモータによって調節される、

アシスト方法。

【請求項 1 4】

前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、

前記左脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第 1 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、

前記右脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 7 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させる、

請求項 1 3 に記載のアシスト方法。

【請求項 1 5】

歩行フェーズは、ユーザが 1 歩進む過程における歩行状態の時間的なタイミングを表し、ユーザの一方の脚が地面に着地したときが 0 % とされ、且つ、次にユーザの同じ脚が地面に着地したときが 1 0 0 % とされ、

歩行フェーズの 0 % ~ 1 0 0 % の値は、ユーザの一方の脚が地面に着地したときから次にユーザの同じ脚が地面に着地するときまでの経過時間に対応させており、

前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、

前記左脚の遊脚期に含まれる前記左脚の歩行フェーズの 6 5 % のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第 2 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、

前記右脚の遊脚期に含まれる前記右脚の歩行フェーズの 6 5 % のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 8 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させる、

請求項 1 3 または 1 4 に記載のアシスト方法。

【請求項 1 6】

歩行フェーズは、ユーザが 1 歩進む過程における歩行状態の時間的なタイミングを表し、ユーザの一方の脚が地面に着地したときが 0 % とされ、且つ、次にユーザの同じ脚が地面に着地したときが 1 0 0 % とされ、

歩行フェーズの 0 % ~ 1 0 0 % の値は、ユーザの一方の脚が地面に着地したときから次にユーザの同じ脚が地面に着地するときまでの経過時間に対応させており、

前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、

前記左脚の遊脚期に含まれる前記左脚の歩行フェーズの 6 5 % のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第 1 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、

前記右脚の遊脚期に含まれる前記右脚の歩行フェーズの 6 5 % のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 7 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させる、

請求項 13 ~ 15 のいずれか一項に記載のアシスト方法。

【請求項 17】

前記左脚の歩行フェーズの 50% の時点は、前記右脚の歩行フェーズの 0% の時点に対応する、

又は、前記右脚の歩行フェーズの 50% の時点は、前記左脚の歩行フェーズの 0% の時点に対応する、

請求項 15 または 16 に記載のアシスト方法。

【請求項 18】

前記ユーザの前記回転の移動をアシストするとき、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させるワイヤ以外のワイヤに対して、前記第 1 の閾値よりも小さい張力にする、

請求項 13 ~ 17 のいずれか一項に記載のアシスト方法。

【請求項 19】

歩行フェーズは、ユーザが 1 歩進む過程における歩行状態の時間的なタイミングを表し、ユーザの一方の脚が地面に着地したときが 0% とされ、且つ、次にユーザの同じ脚が地面に着地したときが 100% とされ、

歩行フェーズの 0% ~ 100% の値は、ユーザの一方の脚が地面に着地したときから次にユーザの同じ脚が地面に着地するときまでの経過時間に対応させており、

前記左脚の遊脚期は、前記左脚の歩行フェーズの 60% 超 100% 未満の期間であり、

前記右脚の遊脚期は、前記右脚の歩行フェーズの 60% 超 100% 未満の期間である、

請求項 13 ~ 18 のいずれか一項に記載のアシスト方法。

【請求項 20】

歩行フェーズは、ユーザが 1 歩進む過程における歩行状態の時間的なタイミングを表し、ユーザの一方の脚が地面に着地したときが 0% とされ、且つ、次にユーザの同じ脚が地面に着地したときが 100% とされ、

歩行フェーズの 0% ~ 100% の値は、ユーザの一方の脚が地面に着地したときから次にユーザの同じ脚が地面に着地するときまでの経過時間に対応させており、

前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、

前記左脚の第 1 の歩行フェーズの 65% 以上 100% 以下の期間、及び前記左脚の第 2 の歩行フェーズの 0% 以上 20% 以下の期間において、前記第 2 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、

前記右脚の第 1 の歩行フェーズの 65% 以上 100% 以下の期間、及び前記右脚の第 2 の歩行フェーズの 0% 以上 20% 以下の期間において、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 8 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、

前記左脚の前記第 2 の歩行フェーズは、前記左脚の前記第 1 の歩行フェーズの次の歩行フェーズであり、前記右脚の前記第 2 の歩行フェーズは、前記右脚の前記第 1 の歩行フェーズの次の歩行フェーズである、

請求項 13 ~ 19 のいずれか一項に記載のアシスト方法。

【請求項 21】

歩行フェーズは、ユーザが 1 歩進む過程における歩行状態の時間的なタイミングを表し、ユーザの一方の脚が地面に着地したときが 0% とされ、且つ、次にユーザの同じ脚が地面に着地したときが 100% とされ、

歩行フェーズの 0% ~ 100% の値は、ユーザの一方の脚が地面に着地したときから次にユーザの同じ脚が地面に着地するときまでの経過時間に対応させており、

前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、

前記左脚の第 1 の歩行フェーズの 65% 以上 100% 以下の期間、及び前記左脚の第 2 の歩行フェーズの 0% 以上 20% 以下の期間において、前記第 1 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、

前記右脚の第 1 の歩行フェーズの 65% 以上 100% 以下の期間、及び前記右脚の第 2 の歩行フェーズの 0% 以上 20% 以下の期間において、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 7 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、

10

20

30

40

50

前記左脚の前記第 2 の歩行フェーズは、前記左脚の前記第 1 の歩行フェーズの次の歩行フェーズであり、前記右脚の前記第 2 の歩行フェーズは、前記右脚の前記第 1 の歩行フェーズの次の歩行フェーズである、

請求項 1 3 ~ 2 0 のいずれか一項に記載のアシスト方法。

【請求項 2 2】

前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、

前記左脚の遊脚期において、前記第 2 のワイヤに、前記第 1 の閾値よりも大きい第 2 の閾値以上の張力を発生させ、前記第 3 のワイヤ及び前記第 4 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上前記第 2 の閾値未満の張力を発生させ、

前記右脚の遊脚期において、前記第 8 のワイヤに、前記第 2 の閾値以上の張力を発生させ、前記第 5 のワイヤ及び前記第 6 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上前記第 2 の閾値未満の張力を発生させる、

請求項 1 3 ~ 2 1 のいずれか一項に記載のアシスト方法。

【請求項 2 3】

前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、

前記左脚の遊脚期において、前記第 1 のワイヤに、前記第 1 の閾値よりも大きい第 2 の閾値以上の張力を発生させ、前記第 3 のワイヤ及び前記第 4 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上前記第 2 の閾値未満の張力を発生させ、

前記右脚の遊脚期において、前記第 7 のワイヤに、前記第 2 の閾値以上の張力を発生させ、前記第 5 のワイヤ及び前記第 6 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上前記第 2 の閾値未満の張力を発生させる、

請求項 1 3 ~ 2 2 のいずれか一項に記載のアシスト方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、装着者の歩行を支援するアシスト装置及びアシスト方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、経由地点を考慮して、現在地から目的地までの経路を決定し、当該経路を誘導する歩行者誘導装置が開示されている。また、特許文献 2 には、作動部材を有するアクチュエータを備える軟性外骨格スーツ (soft exosuit) が開示されている。アクチュエータの動作により、軟性外骨格スーツを装着するユーザの関節周りのモーメントが発生し、ユーザの動作を補助している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2009 - 229205 号公報

特表 2016 - 528940 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 が開示される従来技術は、表示部に表示される表示画面等によりユーザを誘導している。よって、ユーザは歩きながら、且つ、表示画面を見ているため、表示画面を見ることに集中して、外部環境に対する注意が散漫になる可能性がある。また、特許文献 2 が開示される従来技術は、アクチュエータを用いて作動部材を動かすことにより、ユーザの動作を補助しているが、ユーザが歩行する方向などの誘導をしていない。

【0005】

そこで、本開示は、目的とする方向に進行するようにユーザの動作にアシスト力を付与するアシスト装置及びアシスト方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

本開示の非限定的で例示的な一態様に係るアシスト装置は、ユーザの上半身に装着される上半身ベルトと、前記ユーザの左膝に装着される第1の膝ベルトと、前記ユーザの右膝に装着される第2の膝ベルトと、前記ユーザの前部において、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続する第1のワイヤと、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの前部において、前記第1のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第2のワイヤと、前記ユーザの後部において、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続する第3のワイヤと、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの後部において、前記第3のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第4のワイヤと、前記ユーザの後部において、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続する第5のワイヤと、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの後部において、前記第5のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第6のワイヤと、前記ユーザの前部において、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続する第7のワイヤと、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの前部において、前記第7のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第8のワイヤと、モータとを備え、前記第1のワイヤ及び前記第4のワイヤは、前記第1の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって延び、前記第2のワイヤ及び前記第3のワイヤは、前記第1の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって延び、前記第5のワイヤ及び前記第8のワイヤは、前記第2の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって延び、前記第6のワイヤ及び前記第7のワイヤは、前記第2の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって延び、前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、前記ユーザの左脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第2のワイヤ、前記第3のワイヤ、及び前記第4のワイヤのそれぞれに対して、第1の閾値以上の張力を発生させ、前記ユーザの右脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第5のワイヤ、前記第6のワイヤ、及び前記第8のワイヤのそれぞれに対して、前記第1の閾値以上の張力を発生させる。

10

20

【 0 0 0 7 】

本開示の非限定的で例示的な一態様に係るアシスト方法は、ユーザに取り付けられた複数のワイヤを用いて、前記ユーザの移動をアシストするアシスト方法であって、前記複数のワイヤは、前記ユーザの上半身に装着される上半身ベルトと、前記ユーザの左膝に装着される第1の膝ベルトとを接続する第1～第4のワイヤと、前記上半身ベルトと、前記ユーザの右膝に装着される第2の膝ベルトとを接続する第5～第8のワイヤとを含み、前記第1のワイヤは、前記ユーザの前部において、前記第1の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって延び、前記第2のワイヤは、前記ユーザの前部において、前記第1の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって延び、且つ前記第1のワイヤが延びる方向と交差する方向に延び、前記第3のワイヤは、前記ユーザの後部において、前記第1の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって延び、前記第4のワイヤは、前記ユーザの後部において、前記第1の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって延び、且つ前記第3のワイヤが延びる方向と交差する方向に延び、前記第5のワイヤは、前記ユーザの後部において、前記第2の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって延び、前記第6のワイヤは、前記ユーザの後部において、前記第2の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって延び、且つ前記第5のワイヤが延びる方向と交差する方向に延び、前記第7のワイヤは、前記ユーザの前部において、前記第2の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって延び、前記第8のワイヤは、前記ユーザの前部において、前記第2の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって延び、且つ前記第7のワイヤが延びる方向と交差する方向に延び、前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、前記ユーザの左脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第2のワイヤ、前記第3のワイヤ、及び前記第4のワイヤのそれぞれに対して、第1の閾値以上の張力を発生させ、前記ユーザの右脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第5のワイヤ、前記第6のワイヤ、及び前記第8のワイヤのそれぞれに対して、前記第1の閾

30

40

50

値以上の張力を発生させ、前記第 1 ~ 第 8 のワイヤの張力は、少なくとも 1 つの制御回路が制御するモータによって調節される。

【 0 0 0 8 】

なお、上記の包括的又は具体的な態様は、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム又はコンピュータ読み取り可能な記録ディスク等の記録媒体で実現されてもよく、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム及び記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記録媒体は、例えば C D - R O M (C o m p a c t D i s c - R e a d O n l y M e m o r y) 等の不揮発性の記録媒体を含む。本開示の一態様の付加的な恩恵及び有利な点は本明細書及び図面から明らかとなる。この恩恵及び / 又は有利な点は、本明細書及び図面に開示した様々な態様及び特徴により個別に提供され得るものであり、その 1 以上を得るために全てが必要ではない。

10

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本開示によるアシスト装置等によれば、ユーザが目的とする方向に進行するようにユーザの動作にアシスト力を付与することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】図 1 は、実施の形態に係るアシスト装置がユーザに装着された例を斜め前方から見た斜視図である。

20

【図 2】図 2 は、図 1 のアシスト装置及びユーザの正面図である。

【図 3】図 3 は、図 1 のアシスト装置及びユーザの背面図である。

【図 4】図 4 は、図 1 のアシスト装置を拡大した斜視図である。

【図 5】図 5 は、実施の形態に係るアシスト装置の機能的な構成を示すブロック図である。

【図 6】図 6 は、図 4 のアシスト装置の各構成要素の配置を模式的に示す図である。

【図 7】図 7 は、図 6 のアシスト装置におけるワイヤの配置の一変形例を示す図である。

【図 8】図 8 は、図 6 のアシスト装置におけるワイヤの配置の一変形例を示す図である。

【図 9】図 9 は、図 6 のアシスト装置におけるワイヤの配置の一変形例を示す図である。

【図 10】図 10 は、図 6 のアシスト装置におけるワイヤの配置の一変形例を示す図である。

30

【図 11A】図 11A は、アシスト装置を装着したユーザが、アシスト装置によって誘導を受ける進行方向の例を示す図である。

【図 11B】図 11B は、ユーザの出発地から目的地までの経路の例を示す図である。

【図 12】図 12 は、実施の形態に係るアシスト装置がユーザの歩行方向を誘導する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 13A】図 13A は、アシスト装置がアシストするユーザの右脚の動作例を示す図である。

【図 13B】図 13B は、アシスト装置がアシストするユーザの右脚の動作例を示す図である。

【図 13C】図 13C は、アシスト装置がアシストするユーザの右脚の動作例を示す図である。

40

【図 14A】図 14A は、アシスト装置がユーザの左脚の股関節の屈曲をアシストするケースを示す図である。

【図 14B】図 14B は、アシスト装置がユーザの右脚の股関節の屈曲をアシストするケースを示す図である。

【図 15A】図 15A は、アシスト装置がユーザの左脚の股関節の伸展をアシストするケースを示す図である。

【図 15B】図 15B は、アシスト装置がユーザの右脚の股関節の伸展をアシストするケースを示す図である。

【図 16A】図 16A は、アシスト装置がユーザの左脚の股関節の外転をアシストするケ

50

ースを示す図である。

【図 1 6 B】図 1 6 B は、アシスト装置がユーザの右脚の股関節の外転をアシストするケースを示す図である。

【図 1 7 A】図 1 7 A は、アシスト装置がユーザの左脚の股関節の内転をアシストするケースを示す図である。

【図 1 7 B】図 1 7 B は、アシスト装置がユーザの右脚の股関節の内転をアシストするケースを示す図である。

【図 1 8 A】図 1 8 A は、アシスト装置がユーザの左脚の股関節の外旋をアシストするケースを示す図である。

【図 1 8 B】図 1 8 B は、アシスト装置がユーザの右脚の股関節の外旋をアシストするケースを示す図である。

10

【図 1 9 A】図 1 9 A は、アシスト装置がユーザの左脚の股関節の内旋をアシストするケースを示す図である。

【図 1 9 B】図 1 9 B は、アシスト装置がユーザの右脚の股関節の内旋をアシストするケースを示す図である。

【図 2 0 A】図 2 0 A は、アシスト装置が、交差点においてユーザが直角に曲がるように歩行方向を誘導する例を示す図である。

【図 2 0 B】図 2 0 B は、図 2 0 A においてアシスト装置が行う歩行方向の誘導の順序を示す図である。

【図 2 1】図 2 1 は、アシスト装置を用いた場合の複数のユーザにおける歩数と距離との関係の例を示す図である。

20

【図 2 2 A】図 2 2 A は、アシスト装置が、曲がり角においてユーザが複数回にわたって曲がることで直角に方向転換するように歩行方向を誘導する例を示す図である。

【図 2 2 B】図 2 2 B は、図 2 2 A においてアシスト装置が行う歩行方向の誘導の順序を示す図である。

【図 2 3 A】図 2 3 A は、アシスト装置が、互いの間の距離が短い 2 つの曲がり角を含む経路に沿って、ユーザの歩行方向を誘導する例を示す図である。

【図 2 3 B】図 2 3 B は、図 2 3 A においてアシスト装置が行う歩行方向の誘導の順序を示す図である。

【図 2 4 A】図 2 4 A は、アシスト装置が、図 2 3 A のケースにおいて、経路の再設定を行う場合の例を示す図である。

30

【図 2 4 B】図 2 4 B は、図 2 4 A においてアシスト装置が行う歩行方向の誘導の順序を示す図である。

【図 2 5】図 2 5 は、第一のパターンの動作に関して、ユーザを左方向に方向転換させる例を示す図である。

【図 2 6】図 2 6 は、第一のパターンの動作に関して、ユーザを右方向に方向転換させる例を示す図である。

【図 2 7】図 2 7 は、第一のパターンの動作に関して、ユーザを右方向に方向転換させる別例を示す図である。

【図 2 8 A】図 2 8 A は、遊脚期の右脚に外転するアシスト力を受けたユーザの動作の例を示す図である。

40

【図 2 8 B】図 2 8 B は、遊脚期の右脚に内転するアシスト力を受けたユーザの動作の例を示す図である。

【図 2 9 A】図 2 9 A は、立脚期の左脚に外転するアシスト力を受けたユーザの動作の例を示す図である。

【図 2 9 B】図 2 9 B は、立脚期の左脚に内転するアシスト力を受けたユーザの動作の例を示す図である。

【図 3 0】図 3 0 は、第二のパターンの動作に関して、ユーザを右方向に方向転換させる例を示す図である。

【図 3 1】図 3 1 は、第三のパターンの動作に関して、ユーザを左方向に方向転換させる

50

例を示す図である。

【図 3 2】図 3 2 は、第三のパターンの動作に関して、ユーザを右方向に方向転換させる例を示す図である。

【図 3 3】図 3 3 は、第四のパターンの動作に関して、ユーザを左方向に方向転換させる例を示す図である。

【図 3 4】図 3 4 は、第四のパターンの動作に関して、ユーザを右方向に方向転換させる例を示す図である。

【図 3 5】図 3 5 は、第五のパターンの動作に関して、ユーザを左方向に方向転換させる例を示す図である。

【図 3 6】図 3 6 は、第五のパターンの動作に関して、ユーザを右方向に方向転換させる例を示す図である。

10

【図 3 7】図 3 7 は、第六のパターンの動作に関して、ユーザを左方向に方向転換させる例を示す図である。

【図 3 8】図 3 8 は、第六のパターンの動作に関して、ユーザを右方向に方向転換させる例を示す図である。

【図 3 9 A】図 3 9 A は、アシスト装置が、ユーザの片脚にアシスト力を付与して、ユーザを左方向に誘導する例を示す図である。

【図 3 9 B】図 3 9 B は、アシスト装置が、ユーザの片脚にアシスト力を付与して、ユーザを左方向に誘導する別の例を示す図である。

【図 4 0 A】図 4 0 A は、アシスト装置が、ユーザの片脚にアシスト力を付与して、ユーザを右方向に誘導する例を示す図である。

20

【図 4 0 B】図 4 0 B は、アシスト装置が、ユーザの片脚にアシスト力を付与して、ユーザを右方向に誘導する別の例を示す図である。

【図 4 1】図 4 1 は、アシスト装置を用いて歩行方向の誘導を受けたユーザ A の歩行軌跡を上方から見た図である。

【図 4 2】図 4 2 は、アシスト装置を用いて歩行方向の誘導を受けたユーザ B の歩行軌跡を上方から見た図である。

【図 4 3】図 4 3 は、図 4 1 の各歩行軌跡上の各点での歩行軌跡の曲率と、各点においてアシスト装置がワイヤに付与した張力との関係を示す図である。

【図 4 4】図 4 4 は、図 4 2 の各歩行軌跡上の各点での歩行軌跡の曲率と、各点においてアシスト装置がワイヤに付与した張力との関係を示す図である。

30

【図 4 5 A】図 4 5 A は、アシスト装置がユーザに左方向への方向転換を誘導する場合におけるアシストに使用されない左脚のワイヤの例を示す図である。

【図 4 5 B】図 4 5 B は、アシスト装置がユーザに左方向への方向転換を誘導する場合におけるアシストに使用されない右脚のワイヤの例を示す図である。

【図 4 6】図 4 6 は、実施の形態に係るアシスト装置の変形例の機能的な構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

[本開示の基礎となる知見]

40

本開示に関わる発明者ら、つまり、本発明者らは、「背景技術」で挙げた特許文献 1 及び 2 に記載される技術を検討し、ユーザの歩行を支援つまりアシストする技術を検討した。特許文献 1 は、現在地から目的地までの最適な歩行経路を決定し、表示画面を介して当該歩行経路をユーザに提示する技術を開示している。特許文献 2 は、作動部材を介してアクチュエータの動力をユーザに付与することによって、ユーザの動作を補助する技術を開示している。そこで、本発明者らは、例えば、経路に沿ってユーザが歩行し進行することができるように、目的とする方向にユーザを進行させるためのアシスト力をユーザに付与するアシスト装置等を検討した。

【0012】

具体的には、本発明者らは、ユーザが装着するアシスト装置を検討した。そして、本発明

50

者らは、ワイヤを介して、モータによる力をユーザに与えることで、直感的に歩行方向を誘導するアシスト装置を検討した。本発明者らは、このアシスト装置を、ユーザの左右の脚それぞれの股関節に対して、延びる方向が互いに交差するワイヤのペアを複数備える構成とした。さらに、本発明者らは、アシスト装置において、現在地から目的地までの経路に応じて、ワイヤを引っ張る方法を変化させることで、直進方向だけでなく、左右方向にユーザが方向転換する動作もアシストする構成を検討した。さらに、本発明者らは、ユーザによって曲がるための能力が異なるため、アシスト装置において、ユーザに合わせてワイヤを引っ張る力を変更することで、各ユーザに適合した歩行方向の誘導を直感的に行うことを可能にする構成を検討した。

【0013】

例えば、特許文献1及び2には、ワイヤを用いてアシスト力を付与することによって、ユーザの歩行方向を誘導する装置は開示されていない。本発明者らは、従来技術によると、ユーザが右方向に回転（旋回とも呼ぶ）する移動、又は、左方向に回転する移動をアシストする場合、ワイヤを用いて、ユーザにどのようなアシスト力を与えることでユーザの歩行方向を誘導できるのかが分からないという見解に至った。アシストのための具体的なパラメータとして、アシストのタイミング、駆動させるワイヤの選択方法、選択したワイヤの張力の大きさ等が考えられるが、歩行方向を誘導するための最適なパラメータは、未だ分かっていないため、これらのパラメータを特定することは新しい技術であるといえると、本発明者らは認識した。そこで、本発明者らは、目的とする方向に進行するようにユーザの動作にアシスト力を付与するアシスト装置等として、以下のようなアシスト装置等を考案した。

【0014】

本開示の一態様に係るアシスト装置は、ユーザの上半身に装着される上半身ベルトと、前記ユーザの左膝に装着される第1の膝ベルトと、前記ユーザの右膝に装着される第2の膝ベルトと、前記ユーザの前部において、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続する第1のワイヤと、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの前部において、前記第1のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第2のワイヤと、前記ユーザの後部において、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続する第3のワイヤと、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの後部において、前記第3のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第4のワイヤと、前記ユーザの後部において、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続する第5のワイヤと、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの後部において、前記第5のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第6のワイヤと、前記ユーザの前部において、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続する第7のワイヤと、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの前部において、前記第7のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第8のワイヤと、モータとを備え、前記第1のワイヤ及び前記第4のワイヤは、前記第1の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって延び、前記第2のワイヤ及び前記第3のワイヤは、前記第1の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって延び、前記第5のワイヤ及び前記第8のワイヤは、前記第2の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって延び、前記第6のワイヤ及び前記第7のワイヤは、前記第2の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって延び、前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、前記ユーザの左脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第2のワイヤ、前記第3のワイヤ、及び前記第4のワイヤのそれぞれに対して、第1の閾値以上の張力を発生させ、前記ユーザの右脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第5のワイヤ、前記第6のワイヤ、及び前記第8のワイヤのそれぞれに対して、前記第1の閾値以上の張力を発生させる。

【0015】

上記態様において、第2のワイヤ及び第3のワイヤの張力は、左脚に外転動作させるように作用し、第2のワイヤ及び第4のワイヤの張力は、左脚に外旋動作させるように作用す

10

20

30

40

50

る。また、第5のワイヤ及び第8のワイヤの張力は、右脚に内転動作させるように作用し、第6のワイヤ及び第8のワイヤの張力は、右脚に内旋動作させるように作用する。遊脚期の左脚及び右脚がそれぞれ外転動作及び内転動作する場合、ユーザの体の重心は左方向に移動する。よって、アシスト装置は、ユーザに対して、左足及び右足の足先を、ユーザが回転移動する左方向に向けつつ、ユーザの体の重心を左方向に移動させる。従って、アシスト装置は、ユーザに対して、脚の2つの回転移動動作を同時にアシストすることによって、ユーザの左方向の回転の移動を効果的にアシストすることができる。なお、第1の閾値は、ユーザが、ワイヤに発生した張力により、左方向に回転する移動のための脚の動作が促されていると認知できるような張力であってもよく、例えば、40N（ニュートン）であってもよい。

10

【0016】

本開示の一態様に係るアシスト装置において、前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、前記左脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第1のワイヤ、前記第3のワイヤ、及び前記第4のワイヤのそれぞれに対して、前記第1の閾値以上の張力を発生させ、前記右脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第5のワイヤ、前記第6のワイヤ、及び前記第7のワイヤのそれぞれに対して、前記第1の閾値以上の張力を発生させてもよい。

【0017】

上記態様において、第1のワイヤ及び第3のワイヤの張力は、左脚に内旋動作させるように作用し、第1のワイヤ及び第4のワイヤの張力は、左脚に内転動作させるように作用する。また、第5のワイヤ及び第7のワイヤの張力は、右脚に外旋動作させるように作用し、第6のワイヤ及び第7のワイヤの張力は、右脚に外転動作させるように作用する。遊脚期の左脚及び右脚がそれぞれ内転動作及び外転動作する場合、ユーザの体の重心は右方向に移動する。よって、アシスト装置は、ユーザに対して、左足及び右足の足先を、ユーザが回転移動する右方向に向けつつ、ユーザの体の重心を右方向に移動させる。従って、アシスト装置は、ユーザに対して、脚の2つの回転移動動作を同時にアシストすることによって、ユーザの右方向の回転の移動を効果的にアシストすることができる。

20

【0018】

本開示の一態様に係るアシスト装置において、前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、前記左脚の遊脚期に含まれる前記左脚の歩行フェーズの65%のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第2のワイヤ、前記第3のワイヤ、及び前記第4のワイヤのそれぞれに対して、前記第1の閾値以上の張力を発生させ、前記右脚の遊脚期に含まれる前記右脚の歩行フェーズの65%のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第5のワイヤ、前記第6のワイヤ、及び前記第8のワイヤのそれぞれに対して、前記第1の閾値以上の張力を発生させてもよい。

30

【0019】

上記態様において、左脚及び右脚の歩行フェーズの65%のタイミングは、遊脚期の初期に位置する。このようなタイミングでアシストを開始することによって、アシスト装置は、遊脚期のうちの長い期間にわたってアシストを継続することができる。よって、アシスト装置は、ユーザの左方向の回転の移動を効果的にアシストすることができる。

40

【0020】

本開示の一態様に係るアシスト装置において、前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、前記左脚の遊脚期に含まれる前記左脚の歩行フェーズの65%のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第1のワイヤ、前記第3のワイヤ、及び前記第4のワイヤのそれぞれに対して、前記第1の閾値以上の張力を発生させ、前記右脚の遊脚期に含まれる前記右脚の歩行フェーズの65%のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第5のワイヤ、前記第6のワイヤ、及び前記第7のワイヤのそれぞれに対して、前記第1の閾値以上の張力を発生させてもよい。

【0021】

上記態様によると、アシスト装置は、上述した左方向の回転の移動の場合と同様に、ユー

50

ザの右方向の回転の移動を効果的にアシストすることができる。

【 0 0 2 2 】

本開示の一態様に係るアシスト装置において、前記左脚の歩行フェーズの50%の時点は、前記右脚の歩行フェーズの0%の時点に対応する、又は、前記右脚の歩行フェーズの50%の時点は、前記左脚の歩行フェーズの0%の時点に対応してもよい。

【 0 0 2 3 】

本開示の一態様に係るアシスト装置は、さらに、制御回路及びメモリを備え、前記メモリは、前記モータを制御するためのプログラムを記録し、前記制御回路は、前記プログラムに基づいて、前記モータを制御してもよい。

【 0 0 2 4 】

本開示の一態様に係るアシスト装置において、前記ユーザの前記回転の移動をアシストするとき、前記モータは、前記第1の閾値以上の張力を発生させるワイヤ以外のワイヤに対して、前記第1の閾値よりも小さい張力にしてもよい。

【 0 0 2 5 】

上記態様によると、アシスト装置は、アシストの対象動作と関係のないワイヤに対して、第1の閾値以上の張力を発生させない。これにより、当該ワイヤの張力によって、対象動作のアシストが妨げられることが抑えられる。

【 0 0 2 6 】

本開示の一態様に係るアシスト装置において、前記左脚の遊脚期は、前記左脚の歩行フェーズの60%超100%未満の期間であり、前記右脚の遊脚期は、前記右脚の歩行フェーズの60%超100%未満の期間であってもよい。

【 0 0 2 7 】

本開示の一態様に係るアシスト装置において、前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、前記左脚の第1の歩行フェーズの65%以上100%以下の期間、及び前記左脚の第2の歩行フェーズの0%以上20%以下の期間において、前記第2のワイヤ、前記第3のワイヤ、及び前記第4のワイヤに、前記第1の閾値以上の張力を発生させ、前記右脚の第1の歩行フェーズの65%以上100%以下の期間、及び前記右脚の第2の歩行フェーズの0%以上20%以下の期間において、前記第5のワイヤ、前記第6のワイヤ、及び前記第8のワイヤに、前記第1の閾値以上の張力を発生させ、前記左脚の前記第2の歩行フェーズは、前記左脚の前記第1の歩行フェーズの次の歩行フェーズであり、前記右脚の前記第2の歩行フェーズは、前記右脚の前記第1の歩行フェーズの次の歩行フェーズであってもよい。

【 0 0 2 8 】

上記態様において、アシスト装置が左方向の回転の移動をアシストする場合、左脚及び右脚へのアシスト期間はいずれも、遊脚期から立脚期の初期にわたる期間である。これにより、アシスト装置は、ユーザに対して、各脚の遊脚期において、足先を移動方向に向けつつ、体の重心を左方向に移動させ、立脚期の初期において、足先を移動方向に向けつつ、体の重心を右方向に移動させる。よって、ユーザは、遊脚期において、左方向に回転する移動を容易に且つ確実に行うことができる。さらに、ユーザは、各脚の着地直後、重心の移動方向の変化によって、ユーザの姿勢を安定させることができる。さらにまた、ユーザは、脚の着地後の足先を移動方向に向けることができるため、左方向に回転する移動を、より容易に且つ確実に行うことができる。

【 0 0 2 9 】

本開示の一態様に係るアシスト装置において、前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、前記左脚の第1の歩行フェーズの65%以上100%以下の期間、及び前記左脚の第2の歩行フェーズの0%以上20%以下の期間において、前記第1のワイヤ、前記第3のワイヤ、及び前記第4のワイヤに、前記第1の閾値以上の張力を発生させ、前記右脚の第1の歩行フェーズの65%以上100%以下の期間、及び前記右脚の第2の歩行フェーズの0%以上20%以下の期間において、前記第5のワイヤ、前記第6のワイヤ、及び前記第7のワイヤに、前記第1の閾値以上の張力を発生させ、前記左

10

20

30

40

50

脚の前記第 2 の歩行フェーズは、前記左脚の前記第 1 の歩行フェーズの次の歩行フェーズであり、前記右脚の前記第 2 の歩行フェーズは、前記右脚の前記第 1 の歩行フェーズの次の歩行フェーズであってもよい。

【 0 0 3 0 】

上記態様において、アシスト装置が右方向の回転の移動をアシストする場合、左脚及び右脚へのアシスト期間はいずれも、遊脚期から立脚期の初期にわたる期間である。これにより、アシスト装置は、ユーザに対して、各脚の遊脚期において、足先を移動方向に向けつつ、体の重心を右方向に移動させ、立脚期の初期において、足先を移動方向に向けつつ、体の重心を左方向に移動させる。よって、ユーザは、右方向の回転の移動の場合でも、上述した左方向の回転の移動の場合と同様の作用を、アシスト装置から受ける。

10

【 0 0 3 1 】

本開示の一態様に係るアシスト装置において、前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、前記左脚の遊脚期において、前記第 2 のワイヤに、前記第 1 の閾値よりも大きい第 2 の閾値以上の張力を発生させ、前記第 3 のワイヤ及び前記第 4 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上前記第 2 の閾値未満の張力を発生させ、前記右脚の遊脚期において、前記第 8 のワイヤに、前記第 2 の閾値以上の張力を発生させ、前記第 5 のワイヤ及び前記第 6 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上前記第 2 の閾値未満の張力を発生させてもよい。

【 0 0 3 2 】

上記態様において、例えば、第 2 のワイヤの張力は、左脚の外旋動作及び外転動作の 2 つの回転移動動作をアシストする。第 3 のワイヤ及び第 4 のワイヤの張力はそれぞれ、左脚の外転動作及び外旋動作の一方の回転移動動作をアシストする。上記の 3 つのワイヤの張力が同等である場合、第 2 のワイヤの張力による 2 つの回転移動動作それぞれのアシスト力が、第 3 のワイヤ及び第 4 のワイヤの張力それぞれによる各回転移動動作のアシスト力よりも弱く、左脚に作用する可能性がある。しかしながら、上記態様では、2 つの回転移動動作をアシストするワイヤの張力が、1 つの回転移動動作をアシストするワイヤの張力よりも大きいため、各回転移動動作において、2 つのワイヤの張力によるアシスト力を均等にすることが可能になる。よって、アシスト装置は、左方向の回転の移動をアシストする場合、ユーザの脚に対して、バランスのとれたアシストをすることができる。なお、第 2 の閾値は、ユーザが、アシスト装置によるアシストを受けつつ歩行する際に、ユーザに受け入れ可能な張力の最大値に対する割合を用いて決定されてもよい。例えば、第 2 の閾値は、ユーザに受け入れ可能な張力の最大値に対する 80% の割合であってもよい。

20

30

【 0 0 3 3 】

本開示の一態様に係るアシスト装置において、前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、前記モータは、前記左脚の遊脚期において、前記第 1 のワイヤに、前記第 1 の閾値よりも大きい第 2 の閾値以上の張力を発生させ、前記第 3 のワイヤ及び前記第 4 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上前記第 2 の閾値未満の張力を発生させ、前記右脚の遊脚期において、前記第 7 のワイヤに、前記第 2 の閾値以上の張力を発生させ、前記第 5 のワイヤ及び前記第 6 のワイヤに、前記第 1 の閾値以上前記第 2 の閾値未満の張力を発生させてもよい。

40

【 0 0 3 4 】

上記態様によると、アシスト装置は、右方向の回転の移動をアシストする場合も、上述した左方向の回転の移動をアシストする場合と同様に、ユーザの脚に対して、バランスのとれたアシストをすることができる。

【 0 0 3 5 】

本開示の一態様に係るアシスト方法は、ユーザに取り付けられた複数のワイヤを用いて、前記ユーザの移動をアシストするアシスト方法であって、前記複数のワイヤは、前記ユーザの上半身に装着される上半身ベルトと、前記ユーザの左膝に装着される第 1 の膝ベルトとを接続する第 1 ~ 第 4 のワイヤと、前記上半身ベルトと、前記ユーザの右膝に装着される第 2 の膝ベルトとを接続する第 5 ~ 第 8 のワイヤとを含み、前記第 1 のワイヤは、前記

50

ユーザの前部において、前記第 1 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって延び、前記第 2 のワイヤは、前記ユーザの前部において、前記第 1 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって延び、且つ前記第 1 のワイヤが延びる方向と交差する方向に延び、前記第 3 のワイヤは、前記ユーザの後部において、前記第 1 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって延び、前記第 4 のワイヤは、前記ユーザの後部において、前記第 1 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって延び、且つ前記第 3 のワイヤが延びる方向と交差する方向に延び、前記第 5 のワイヤは、前記ユーザの後部において、前記第 2 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって延び、前記第 6 のワイヤは、前記ユーザの後部において、前記第 2 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって延び、且つ前記第 5 のワイヤが延びる方向と交差する方向に延び、前記第 7 のワイヤは、前記ユーザの前部において、前記第 2 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの右方に向かって延び、前記第 8 のワイヤは、前記ユーザの前部において、前記第 2 の膝ベルトから上方に且つ前記ユーザの左方に向かって延び、且つ前記第 7 のワイヤが延びる方向と交差する方向に延び、前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、前記ユーザの左脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第 2 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤのそれぞれに対して、第 1 の閾値以上の張力を発生させ、前記ユーザの右脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 8 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、前記第 1 ~ 第 8 のワイヤの張力は、少なくとも 1 つの制御回路が制御するモータによって調節される。上記態様によると、本開示の一態様に係るアシスト装置と同様の効果が得られる。

10

20

【 0 0 3 6 】

本開示の一態様に係るアシスト方法において、前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、前記左脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第 1 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、前記右脚の遊脚期において、同じタイミングで、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 7 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させてもよい。

【 0 0 3 7 】

本開示の一態様に係るアシスト方法において、前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、前記左脚の遊脚期に含まれる前記左脚の歩行フェーズの 65% のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第 2 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、前記右脚の遊脚期に含まれる前記右脚の歩行フェーズの 65% のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 8 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させてもよい。

30

【 0 0 3 8 】

本開示の一態様に係るアシスト方法において、前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、前記左脚の遊脚期に含まれる前記左脚の歩行フェーズの 65% のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第 1 のワイヤ、前記第 3 のワイヤ、及び前記第 4 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させ、前記右脚の遊脚期に含まれる前記右脚の歩行フェーズの 65% のタイミングであり、且つ、同じタイミングで、前記第 5 のワイヤ、前記第 6 のワイヤ、及び前記第 7 のワイヤのそれぞれに対して、前記第 1 の閾値以上の張力を発生させてもよい。

40

【 0 0 3 9 】

本開示の一態様に係るアシスト方法において、前記左脚の歩行フェーズの 50% の時点は、前記右脚の歩行フェーズの 0% の時点に対応する、又は、前記右脚の歩行フェーズの 50% の時点は、前記左脚の歩行フェーズの 0% の時点に対応してもよい。

【 0 0 4 0 】

本開示の一態様に係るアシスト方法において、前記ユーザの前記回転の移動をアシストす

50

るとき、前記第1の閾値以上の張力を発生させるワイヤ以外のワイヤに対して、前記第1の閾値よりも小さい張力にしてもよい。

【0041】

本開示の一態様に係るアシスト方法において、前記左脚の遊脚期は、前記左脚の歩行フェーズの60%超100%未満の期間であり、前記右脚の遊脚期は、前記右脚の歩行フェーズの60%超100%未満の期間であってもよい。

【0042】

本開示の一態様に係るアシスト方法において、前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、前記左脚の第1の歩行フェーズの65%以上100%以下の期間、及び前記左脚の第2の歩行フェーズの0%以上20%以下の期間において、前記第2のワイヤ、前記第3のワイヤ、及び前記第4のワイヤに、前記第1の閾値以上の張力を発生させ、前記右脚の第1の歩行フェーズの65%以上100%以下の期間、及び前記右脚の第2の歩行フェーズの0%以上20%以下の期間において、前記第5のワイヤ、前記第6のワイヤ、及び前記第8のワイヤに、前記第1の閾値以上の張力を発生させ、前記左脚の前記第2の歩行フェーズは、前記左脚の前記第1の歩行フェーズの次の歩行フェーズであり、前記右脚の前記第2の歩行フェーズは、前記右脚の前記第1の歩行フェーズの次の歩行フェーズであってもよい。

10

【0043】

本開示の一態様に係るアシスト方法において、前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、前記左脚の第1の歩行フェーズの65%以上100%以下の期間、及び前記左脚の第2の歩行フェーズの0%以上20%以下の期間において、前記第1のワイヤ、前記第3のワイヤ、及び前記第4のワイヤに、前記第1の閾値以上の張力を発生させ、前記右脚の第1の歩行フェーズの65%以上100%以下の期間、及び前記右脚の第2の歩行フェーズの0%以上20%以下の期間において、前記第5のワイヤ、前記第6のワイヤ、及び前記第7のワイヤに、前記第1の閾値以上の張力を発生させ、前記左脚の前記第2の歩行フェーズは、前記左脚の前記第1の歩行フェーズの次の歩行フェーズであり、前記右脚の前記第2の歩行フェーズは、前記右脚の前記第1の歩行フェーズの次の歩行フェーズであってもよい。

20

【0044】

本開示の一態様に係るアシスト方法において、前記ユーザの左方向の回転の移動をアシストするとき、前記左脚の遊脚期において、前記第2のワイヤに、前記第1の閾値よりも大きい第2の閾値以上の張力を発生させ、前記第3のワイヤ及び前記第4のワイヤに、前記第1の閾値以上前記第2の閾値未満の張力を発生させ、前記右脚の遊脚期において、前記第8のワイヤに、前記第2の閾値以上の張力を発生させ、前記第5のワイヤ及び前記第6のワイヤに、前記第1の閾値以上前記第2の閾値未満の張力を発生させてもよい。

30

【0045】

本開示の一態様に係るアシスト方法において、前記ユーザの右方向の回転の移動をアシストするとき、前記左脚の遊脚期において、前記第1のワイヤに、前記第1の閾値よりも大きい第2の閾値以上の張力を発生させ、前記第3のワイヤ及び前記第4のワイヤに、前記第1の閾値以上前記第2の閾値未満の張力を発生させ、前記右脚の遊脚期において、前記第7のワイヤに、前記第2の閾値以上の張力を発生させ、前記第5のワイヤ及び前記第6のワイヤに、前記第1の閾値以上前記第2の閾値未満の張力を発生させてもよい。

40

【0046】

本開示の別の態様に係るアシスト装置は、ユーザの上半身に装着される上半身ベルトと、前記ユーザの左膝に装着される第1の膝ベルトと、前記ユーザの右膝に装着される第2の膝ベルトと、前記ユーザの前部において、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続する第1のワイヤと、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの前部において、前記第1のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第2のワイヤと、前記ユーザの後部において、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続する第3のワイヤと、前記上半身ベルト及び前記第1の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザ

50

の後部において、前記第3のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第4のワイヤと、前記ユーザの後部において、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続する第5のワイヤと、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの後部において、前記第5のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第6のワイヤと、前記ユーザの前部において、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続する第7のワイヤと、前記上半身ベルト及び前記第2の膝ベルトを接続し、且つ前記ユーザの前部において、前記第7のワイヤが延びる方向と交差する方向に延びる第8のワイヤと、モータと、前記ユーザの進行方向を決定する歩行方向決定部とを備え、前記モータは、前記ユーザの歩行方向が右向きである場合に、前記第1のワイヤ及び前記第3のワイヤ、又は、前記第5のワイヤ及び前記第7のワイヤに、異なるタイミングで第1の閾値以上の張力を加え、前記モータは、前記ユーザの歩行方向が左向きである場合に、前記第2のワイヤ及び前記第4のワイヤ、又は、前記第6のワイヤ及び前記第8のワイヤに、異なるタイミングで第1の閾値以上の張力を加える。上記態様によれば、アシスト装置は、ユーザが目的とする方向に進行するようにユーザの動作にアシスト力を付与することができる。

10

【0047】

本開示の別の一態様に係るアシスト装置において、前記歩行方向決定部は、前記ユーザの右又は左の歩行方向と逆方向の脚において、かかとが接地するタイミングからつま先が接地するタイミングまでの時間区間で、前記逆方向の脚を内旋方向に回転させるように前記ワイヤに張力を加えてもよい。上記態様によれば、アシスト装置からアシストを受けるユーザは、自身が進む方向に、当該方向と逆方向の脚の足先を向けて歩行するため、当該方向へ方向転換をすることができる。

20

【0048】

本開示の別の一態様に係るアシスト装置において、前記モータは、前記ユーザの右又は左の歩行方向と同方向の脚において、かかと接地を0%とした歩行フェーズにおける90%以上100%未満のタイミングで、前記同方向の脚を外旋方向に回転させるように前記ワイヤに張力を加えてもよい。上記態様によれば、アシスト装置からアシストを受けるユーザは、自身が進む方向に、当該方向と同方向の脚の足先を向けて歩行するため、当該方向へ方向転換をすることができる。

【0049】

本開示の別の一態様に係るアシスト装置は、前記上半身ベルトに加速度センサ、ジャイロセンサ及び地磁気センサを備え、前記歩行方向決定部は、前記加速度センサ、前記ジャイロセンサ及び前記地磁気センサから、ユーザが方向転換する際の歩行軌跡の曲率を算出し、前記曲率の算出位置で前記ワイヤに加えた張力を前記曲率によって評価してもよい。上記態様によれば、歩行方向決定部は、上記評価によって、ユーザが方向転換できる曲率とワイヤの張力との関係を求めることができる。よって、歩行方向決定部は、個々のユーザの方向転換角度及びワイヤ張力の関係に基づき、個々のユーザに適切な歩行経路を算出することができる。

30

【0050】

本開示の別の一態様に係るアシスト装置において、前記歩行方向決定部は、前記曲率の変化が緩やかになる張力を、前記ユーザの歩行方向誘導におけるワイヤ張力として決定してもよい。上記態様によれば、曲率の変化が緩やかになる張力の領域では、ワイヤの張力を変化させても、ユーザが曲がることのできる方向転換角度が変化しない。よって、このような張力の領域の中で、小さい張力を、ユーザのアシストのためにワイヤに加える張力に決定することによって、アシスト装置の省エネルギー化が可能になる。

40

【0051】

本開示の別の一態様に係るアシスト装置において、前記歩行方向決定部は、方向転換が必要な場所での方向転換角度と、前記場所までの歩数とから、前記ユーザが進行する経路を設定してもよい。

【0052】

なお、上記の包括的又は具体的な態様は、システム、装置、方法、集積回路、コンピュー

50

タプログラム又はコンピュータ読み取り可能な記録ディスク等の記録媒体で実現されてもよく、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム及び記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記録媒体は、例えばCD-ROM等の不揮発性の記録媒体を含む。

【0053】

[実施の形態]

以下、本開示の実施の形態に係るアシスト装置100等について、図面を参照しながら具体的に説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的又は具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ(工程)、ステップの順序等は、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。また、以下の実施の形態の説明において、略平行、略直交のような「略」を伴った表現が、用いられる場合がある。例えば、略平行とは、完全に平行であることを意味するだけでなく、実質的に平行である、すなわち、例えば数%程度の差異を含むことも意味する。他の「略」を伴った表現についても同様である。また、各図は模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。さらに、各図において、実質的に同一の構成要素に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略又は簡略化される場合がある。

10

【0054】

本実施の形態において、アシスト装置100を体に装着したユーザが目的地を選択すると、アシスト装置100が、目的地への経路上でのユーザが曲がるべき方向等を判定し、当該経路に沿ってユーザが歩行する支援を行うものとして、アシスト装置100を説明する。具体的には、曲がるべき方向へユーザが曲がるために、ユーザの身体へ回転動作(旋回動作とも呼ぶ)を能動的に支援するものとして、実施の形態に係るアシスト装置100を説明する。本実施の形態において、能動的支援とは、ユーザが進行方向を変更するために回転動作を行っているときに身体に必要な回転力を補助することだけでなく、回転動作を起こすための力を付与すること、及び、所望の方向へのユーザの身体の回転量を物理的に制御すること、つまり、ユーザの身体の向きを物理的に制御することを含み得る。本明細書において、アシスト装置100がユーザをアシストすることは、ユーザの動作を能動的に支援すること、及び、ユーザの動作を補助的に支援することのいずれをも含む。

20

30

【0055】

[1,アシスト装置の構成]

図1~図6を参照して、実施の形態に係るアシスト装置100を説明する。なお、図1は、ユーザに装着されたアシスト装置100を斜め前方から見た斜視図である。図2は、図1のアシスト装置100及びユーザ1の正面図である。図3は、図1のアシスト装置100及びユーザ1の背面図である。図4は、図1のアシスト装置100を拡大した斜視図である。図5は、実施の形態に係るアシスト装置100の機能的な構成を示すブロック図である。図6は、図4のアシスト装置100の各構成要素の配置を模式的に示す図である。

【0056】

図1~図5に示されるように、アシスト装置100は、ユーザ1の上半身に装着される上半身ベルト111と、ユーザ1の左右の膝近傍に装着される膝ベルト112a及び112bと、上半身ベルト111と膝ベルト112a及び112bとを繋ぐ複数のワイヤ110とを備える。さらに、アシスト装置100は、複数のワイヤ110のそれぞれに繋がれた複数のモータ114と、複数のワイヤ110それぞれに設けられた力センサ(force sensor)115と、複数のモータ114の動作を制御する制御部120とを備えている。また、アシスト装置100は、モータ114等に電力を供給する電源200を備えてもよい。電源200は、例えば、一次電池又は二次電池等であってもよい。

40

【0057】

上半身ベルト111は、ユーザ1の上半身に装着される。上半身ベルト111の例は、帯状の形状を有する。上半身ベルト111は、端部付近に、固定具を備える。固定具の例は

50

、ベルクロ（登録商標）などの面ファスナ、フック、バックルなどの留め具、又は、テープ（hook and loop fastener、velcro（登録商標）tape）である。例えば、上半身ベルト111は、ユーザ1の腰部に巻回され、固定具により巻回された状態が維持されることにより、ユーザ1の腰に装着される。固定具の固定位置を調節することによって、巻回された上半身ベルト111の内径が変化する。これにより、上半身ベルト111の長さが調整できるため、腰部の周囲の長さが異なる様々なユーザ1が装着可能である。上半身ベルト111の材料の例は、非伸縮性の材料である。これにより、上半身ベルト111は、複数のワイヤ110により引っ張られても変形しにくい。ここで、「上半身」とは、ユーザの身体の肩から腰までの領域を含む。図1～図5に示す上半身ベルト111は、ユーザ1の腰に装着される腰ベルトの構成を有しているが、ユーザ1の腰に加えて、又は、ユーザ1の腰とは別に、ユーザ1の肩及び/又は胸部等に装着される構成であってもよい。

10

【0058】

なお、上半身ベルト111は、筒状の形状を有していてもよく、この場合、筒状の形状の周長はユーザ1の腰部の周囲の長さよりも長い。上半身ベルト111は、上半身ベルト111の長さを、ユーザ1の腰の周囲の長さに調整するための調整機構を有する。調整機構は、例えば、面ファスナであり、面ファスナのフック面を有する部位が筒状の外周に当該外周から分岐するように配置され、筒状の外周面に面ファスナのループ面が配置される構成により実現されてもよい。つまり、面ファスナの部分で上半身ベルト111が折り返され、折り返し量に応じて、上半身ベルト111が形成する筒の内径が変化する。

20

【0059】

膝ベルト112aは、ユーザ1の左脚における左膝近傍に装着され、膝ベルト112bは、ユーザ1の右脚における右膝近傍に装着される。膝ベルト112a及び112bはそれぞれ、例えば、帯状の形状を有しており、端部付近に、固定具を備える。固定具の例は、ベルクロ（登録商標）などの面ファスナ、フック、バックルなどの留め具、又はテープである。膝ベルト112a及び112bはそれぞれ、ユーザの大腿部、又は膝上に装着される。例えば、膝ベルト112a及び112bは、ユーザ1の大腿部等に巻回され、固定具により巻回された状態が維持されることにより、ユーザ1の大腿部等に装着される。固定具の固定位置を調節することによって、巻回された膝ベルト112a及び112bの内径が変化する。これにより、膝ベルト112a及び112bの長さが調整できるため、脚の周囲の長さが異なる様々なユーザ1が装着可能である。膝ベルト112a及び112bは、股関節に装着されなくてもよい。人間の大腿部は、膝から尻にかけて、次第に太くなるという特徴がある。そのため、大腿部の中でも膝上に膝ベルト112a及び112bを装着することで、膝ベルト112a及び112bは、きつく締まっている場合、ワイヤ110から引っ張り力を受けてもその滑りが小さくなる。また、膝ベルト112a及び112bの材料の例は、非伸縮性の材料である。これにより、膝ベルト112a及び112bは、複数のワイヤ110により引っ張られても変形しにくい。ここで、膝ベルト112aは、第1の膝ベルトの一例であり、膝ベルト112bは、第2の膝ベルトの一例である。本明細書において、「膝」とは、膝下から大腿部にわたる領域を含んでもよい。

30

【0060】

なお、膝ベルト112a及び112bは、筒状の形状を有していてもよく、この場合、筒状の形状の周長はユーザの大腿部の周囲の長さよりも長い。膝ベルト112a及び112bは、膝ベルト112a及び112bの長さを、ユーザ1の大腿部等の周囲の長さに調整するための調整機構を有する。調整機構は、例えば、面ファスナであり、面ファスナのフック面を有する部位が筒状の外周に当該外周から分岐するように配置され、筒状の外周面に面ファスナのループ面が配置される構成により実現されてもよい。つまり、面ファスナの部分で膝ベルト112a及び112bがそれぞれ折り返され、折り返し量に応じて、膝ベルト112a及び112bが形成する筒の内径が変化する。

40

【0061】

モータ114は、上半身ベルト111に固定されて配置されている。本実施の形態では、

50

モータ114は、8つのモータ114a1~114a8で構成されている。例えば、モータ114a1~114a8は、上半身ベルト111が備える中空の収容部111a1~111a4内に収容されてもよい。収容部111a1~111a4は、上半身ベルト111と一体化されていてよく、上半身ベルト111に着脱可能であってもよい。図1~図4に示すように、複数の収容部111a1~111a4が設けられてもよい。図1~図4の例では、収容部111a1、111a2、111a3及び111a4はそれぞれ、ユーザ1の前部、左側部、背部及び右側部に配置されている。モータ114a1及び114a8が、収容部111a1に収容され、モータ114a2及び114a3が、収容部111a2に収容され、モータ114a4及び114a5が、収容部111a3に収容され、モータ114a6及び114a7が、収容部111a4に収容されている。そして、モータ114a1~114a8は、上半身ベルト111と膝ベルト112a及び112bとの間のワイヤ110の長さを変更し、ワイヤ110の張力を調節する。

10

【0062】

本実施の形態では、モータ114a1~114a8はそれぞれ、ワイヤ110が巻き付けられるプーリと、プーリを回転させるための駆動軸と、駆動軸を回転駆動する電動モータとを備える。しかしながら、モータ114a1~114a8はそれぞれ、電動モータを備えてもよい。そして、上半身ベルト111がプーリ及び駆動軸を備えてもよい。この場合、電動モータの回転軸が、プーリの駆動軸と回転駆動力を伝達可能に接続される。なお、モータ114a1~114a8の代わりに、例えば、リニアアクチュエータ、又は空気圧式若しくは液圧式のピストン等の、上半身ベルト111と膝ベルト112a及び112bとの間のワイヤ110の長さを調節できる装置が用いられてもよい。

20

【0063】

本実施の形態では、ワイヤ110は、8本のワイヤ110a1~110a8で構成されている。そして、ワイヤ110a1~110a8の長さを個別に調節するように、ワイヤ110a1~110a8それぞれに、モータ114a1~114a8が接続されている。

【0064】

ワイヤ110a1~110a4それぞれの一方の端部は、左脚用の膝ベルト112aに固定され、ワイヤ110a1~110a4それぞれの他方の端部は、モータ114a1~114a4に接続されている。つまり、ワイヤ110a1~110a4のそれぞれは、左脚用の膝ベルト112aとモータ114a1~114a4との間を接続している。ワイヤ110a5~110a8それぞれの一方の端部は、右脚用の膝ベルト112bに固定され、ワイヤ110a5~110a8それぞれの他方の端部は、モータ114a5~114a8に接続されている。つまり、ワイヤ110a5~110a8のそれぞれは、右脚用の膝ベルト112bとモータ114a5~114a8との間を接続している。本実施の形態では、モータ114a1~114a8はそれぞれ、プーリを正回転又は逆回転させることによって、ワイヤ110a1~110a8それぞれをプーリに巻き付ける又は巻き戻す。上述のようなワイヤ110a1~110a8は、上半身ベルト111によってユーザ1の腰に固定され、膝ベルト112a及び112bによってユーザの左右の大腿部等に固定される。なお、1つのモータ114a1~114a8が、2つ以上のワイヤ110a1~110a8を駆動するように構成されてもよい。

30

40

【0065】

また、力センサ115は、8つの力センサ115a1~115a8で構成されている。力センサ115a1~115a8はそれぞれ、膝ベルト112a又は112bにおいて、ワイヤ110a1~110a8それぞれに設けられる。力センサ115a1~115a8は、上半身ベルト111に配置されてもよい。力センサ115a1~115a8はそれぞれ、ワイヤ110a1~110a8の張力を検出し、制御部120に出力する。力センサ115a1~115a8は、ワイヤ110a1~110a8の張力を検出できるものであればよく、例えば、ひずみゲージ式力センサ、圧電式力センサ等であってもよい。

【0066】

また、ワイヤ110a1~110a8は、金属製のワイヤであってもよく、非金属ワイヤ

50

であってもよい。非金属ワイヤの例は、繊維ワイヤ又は繊維ベルトである。繊維ワイヤ又は繊維ベルトの材料の例は、ポリエステル繊維、ナイロン繊維、アクリル繊維、パラ型アラミド繊維、超高分子量ポリエチレン繊維、PBO（ポリ-パラフェニレンベンゾビスオキサゾール）繊維、ポリアリレート繊維又は炭素繊維等である。本実施の形態では、8つの連結ベルト111b1～111b8が、ワイヤ110a1～110a8それぞれに沿い且つ上半身ベルト111から膝ベルト112a又は112bにわたって延びるように設けられている。これに限定するものではないが、連結ベルト111b1～111b8は、上半身ベルト111及び膝ベルト112a又は112bと一体化されており、これらと同様の材料で形成されている。例えば、上半身ベルト111、膝ベルト112a及び112b、並びに、連結ベルト111b1～111b8は、ユーザ1が装着する1つのアシスト機能付きのスーツを形成し得る。連結ベルト111b1～111b8はそれぞれ、ワイヤ110a1～110a8を内部に含み、ワイヤ110a1～110a8を被覆している。連結ベルト111b1～111b8をまとめて、連結ベルト111bと記載する場合もある。

【0067】

図2～図4及び図6を参照して、ワイヤ110a1～110a8の配置構成の詳細を説明する。ワイヤ110a1及び110a2は、ユーザ1の前部で互いに交差する方向に延びるように配置され、具体的には、互いに交差して配置されている。ワイヤ110a3及び110a4は、ユーザ1の背部（後部とも呼ぶ）で互いに交差する方向に延びるように配置され、具体的には、互いに交差して配置されている。ワイヤ110a5及び110a6は、ユーザ1の背部で互いに交差する方向に延びるように配置され、具体的には、互いに交差して配置されている。ワイヤ110a7及び110a8は、ユーザ1の前部で互いに交差する方向に延びるように配置され、具体的には、互いに交差して配置されている。

【0068】

なお、2つのワイヤが互いに交差する方向に延びるとは、2つのワイヤが延びる方向が交差することである。さらに、2つのワイヤの延びる方向が交差するとは、2つのワイヤが延びる方向が平行でないことであり、交点において交差していてもよく、交点を有せずに交差していなくてもよい。よって、2つのワイヤは、実際に、交点において交差していてもよく、交差していなくてもよい。このような互いに交差する方向に延びる2つのワイヤは、ユーザ1の外方からユーザ1を見たときに、図2～図4に示すように交わっていてもよく、交わっていなくてもよい。当該2つのワイヤが交わっていない場合、後述するように、当該2つのワイヤは、例えば、V字状の形状を形成するように延びてもよく、互いから離れて延びてもよい。

【0069】

ここで、ワイヤ110a1～110a8に対して、ワイヤが取り付けられる左右の脚と、ワイヤの配置位置であるユーザ1の前部又は背部と、上半身ベルト111における当該脚のワイヤの左右の取り付け位置とを表すように名称を付け、各ワイヤを区別する。これらの名称では、「左右の脚-ユーザ1の前後__上半身ベルトの左右取付位置」という順で位置に関する特徴を表している。例えば、名称「RF_right」の場合、右脚（Right）のユーザ1の前部（Front）のワイヤのうちの上半身ベルト上で右側（right）に取り付けられているワイヤということを意味している。名称「LR_left」の場合、左脚（Left）のユーザ1の背部（Rear）のワイヤのうちの上半身ベルト上で左側（left）に取り付けられているワイヤということを意味している。

【0070】

このような要領によって、第一ワイヤ110a1は、「LF_right」とも呼ばれ、第二ワイヤ110a2は、「LF_left」とも呼ばれる。第三ワイヤ110a3は、「LR_left」とも呼ばれ、第四ワイヤ110a4は、「LR_right」とも呼ばれる。第五ワイヤ110a5は、「RR_left」とも呼ばれ、第六ワイヤ110a6は、「RR_right」とも呼ばれる。第七ワイヤ110a7は、「RF_right」とも呼ばれ、第八ワイヤ110a8は、「RF_left」とも呼ばれる。このように、ユーザ1の左右の脚それぞれに、2組のクロスした、つまり交差する方向に延びるワ

10

20

30

40

50

ワイヤが配置される。ワイヤ110a1～110a8を個別に引張ることによって、左右の脚に様々な方向の力を付与することができる。上述のようなワイヤ110a1～110a8とそれぞれの名称との関係は、下記の表1のようにまとめられる。

【0071】

【表1】

表1:ワイヤとワイヤ名称との関係

対象脚	ワイヤ符号	ワイヤ名称	前後位置	左右取付位置
左脚	110a1	LF_right	前	右側
	110a2	LF_left	前	左側
	110a3	LR_left	後	左側
	110a4	LR_right	後	右側
右脚	110a5	RR_left	後	左側
	110a6	RR_right	後	右側
	110a7	RF_right	前	右側
	110a8	RF_left	前	左側

10

20

【0072】

また、これに限定するものではないが、本実施の形態では、ユーザ1の背部から前部に向かって見たとき、第一ワイヤ110a1及び第四ワイヤ110a4は、左脚の膝ベルト112aの左半分の領域と接続されており、第二ワイヤ110a2及び第三ワイヤ110a3は、膝ベルト112aの右半分の領域と接続されている。同様に、ユーザ1の背部から前部に向かって見たとき、第六ワイヤ110a6及び第七ワイヤ110a7は、右脚の膝ベルト112bの左半分の領域と接続されており、第五ワイヤ110a5及び第八ワイヤ110a8は、膝ベルト112bの右半分の領域と接続されている。

30

【0073】

膝ベルト112aにおける左半分の領域及び右半分の領域はそれぞれ、ユーザ1の矢状面(Sagittal plane)に略平行且つ膝ベルト112aを通る境界面に関して、左側の領域及び右側の領域としてもよい。同様に、膝ベルト112bにおける左半分の領域及び右半分の領域はそれぞれ、ユーザ1の矢状面に略平行且つ膝ベルト112bを通る境界面に関して、左側の領域及び右側の領域としてもよい。矢状面は、ユーザ1の身体の中に対して平行に延び、身体を左右に分ける面である。

【0074】

上記境界面は、膝ベルト112a及び112bの中央付近を通り、膝ベルト112a及び112bそれぞれにおける左半分の領域の面積と右半分の領域の面積とを同一にする面であってもよく、膝ベルト112a及び112bの中央付近を通らない面であってもよい。例えば、後者の場合、境界面は、ユーザ1の脚が外旋又は内旋の動作する場合の中心軸を通る面であってもよい。脚の外旋及び内旋の動作の詳細は、後述する。

40

【0075】

また、第一ワイヤ110a1及び第四ワイヤ110a4は、膝ベルト112aから上方に且つユーザ1の右方に向かって延びる。具体的には、第一ワイヤ110a1及び第四ワイヤ110a4は、膝ベルト112aから上方に向かって延びつつユーザ1の右方に向かって延び、例えば、膝ベルト112aから右斜め上方に向かって延びる。第二ワイヤ110a2及び第三ワイヤ110a3は、膝ベルト112aから上方に且つユーザ1の左方に向かって延びる。具体的には、第二ワイヤ110a2及び第三ワイヤ110a3は、膝ベル

50

ト 1 1 2 a から上方に向かって延びつつユーザ 1 の左方に向かって延び、例えば、膝ベルト 1 1 2 a から左斜め上方に向かって延びる。第五ワイヤ 1 1 0 a 5 及び第八ワイヤ 1 1 0 a 8 は、膝ベルト 1 1 2 b から上方に且つユーザ 1 の左方に向かって延びる。具体的には、第五ワイヤ 1 1 0 a 5 及び第八ワイヤ 1 1 0 a 8 は、膝ベルト 1 1 2 b から上方に向かって延びつつユーザ 1 の左方に向かって延び、例えば、膝ベルト 1 1 2 b から左斜め上方に向かって延びる。第六ワイヤ 1 1 0 a 6 及び第七ワイヤ 1 1 0 a 7 は、膝ベルト 1 1 2 b から上方に且つユーザ 1 の右方に向かって延びる。具体的には、第六ワイヤ 1 1 0 a 6 及び第七ワイヤ 1 1 0 a 7 は、膝ベルト 1 1 2 b から上方に向かって延びつつユーザ 1 の右方に向かって延び、例えば、膝ベルト 1 1 2 b から右斜め上方に向かって延びる。

【 0 0 7 6 】

本実施の形態では、互いに交差する方向に延びる 2 つのワイヤのペアに関して、第一ワイヤ 1 1 0 a 1 及び第二ワイヤ 1 1 0 a 2 が X 字状に交差し、第三ワイヤ 1 1 0 a 3 及び第四ワイヤ 1 1 0 a 4 が X 字状に交差し、第五ワイヤ 1 1 0 a 5 及び第六ワイヤ 1 1 0 a 6 が X 字状に交差し、第七ワイヤ 1 1 0 a 7 及び第八ワイヤ 1 1 0 a 8 が X 字状に交差する。しかしながら、ワイヤの配置構成は、これに限定されない。

【 0 0 7 7 】

図 7 に示すように、例えば、第一ワイヤ 1 1 0 a 1 及び第二ワイヤ 1 1 0 a 2 が、V 字状に配置されてもよい。この場合、第一ワイヤ 1 1 0 a 1 及び第二ワイヤ 1 1 0 a 2 は、膝ベルト 1 1 2 a から上方に、末広がりのテーパ形状を形成し得る。さらに、膝ベルト 1 1 2 a 上において、第一ワイヤ 1 1 0 a 1 及び第二ワイヤ 1 1 0 a 2 は、図 7 に示すように互いに接近していてもよく、図 8 に示すように互いから離れていてもよい。他のワイヤのペアについても同様である。なお、図 7 及び図 8 は、図 6 のアシスト装置 1 0 0 におけるワイヤ 1 1 0 の配置の変形例を示す図である。

【 0 0 7 8 】

又は、図 9 に示すように、例えば、第一ワイヤ 1 1 0 a 1 及び第二ワイヤ 1 1 0 a 2 が、V 字形状を上下反対にした形状に配置されてもよい。この場合、第一ワイヤ 1 1 0 a 1 及び第二ワイヤ 1 1 0 a 2 は、膝ベルト 1 1 2 a から上方に、先細のテーパ形状を形成し得る。さらに、上半身ベルト 1 1 1 上において、第一ワイヤ 1 1 0 a 1 及び第二ワイヤ 1 1 0 a 2 は、図 9 に示すように互いに接近していてもよく、図 10 に示すように互いから離れていてもよい。他のワイヤのペアについても同様である。なお、図 9 及び図 10 は、図 6 のアシスト装置 1 0 0 におけるワイヤ 1 1 0 の配置の変形例を示す図である。

【 0 0 7 9 】

図 2 ~ 図 4 では、上半身ベルト 1 1 1 上において、第一ワイヤ 1 1 0 a 1 及び第八ワイヤ 1 1 0 a 8 の巻き取り部分、つまりプーリが、收容部 1 1 1 a 1 に集められ、第二ワイヤ 1 1 0 a 2 及び第三ワイヤ 1 1 0 a 3 の巻き取り部分が、收容部 1 1 1 a 2 に集められ、第四ワイヤ 1 1 0 a 4 及び第五ワイヤ 1 1 0 a 5 の巻き取り部分が、收容部 1 1 1 a 3 に集められ、第六ワイヤ 1 1 0 a 6 及び第七ワイヤ 1 1 0 a 7 の巻き取り部分が、收容部 1 1 1 a 4 に集められている。つまり、收容部 1 1 1 a 1 ~ 1 1 1 a 4 それぞれから延びる 2 つのワイヤは、V 字形状を上下反対にした形状を形成する。

【 0 0 8 0 】

しかしながら、上半身ベルト 1 1 1 上でのワイヤ 1 1 0 a 1 ~ 1 1 0 a 8 の配置は、上記配置に限定されない。例えば、第一ワイヤ 1 1 0 a 1 及び第八ワイヤ 1 1 0 a 8 の間、第二ワイヤ 1 1 0 a 2 及び第三ワイヤ 1 1 0 a 3 の間、第四ワイヤ 1 1 0 a 4 及び第五ワイヤ 1 1 0 a 5 の間、並びに、第六ワイヤ 1 1 0 a 6 及び第七ワイヤ 1 1 0 a 7 の間において、2 つのワイヤの巻き取り部分は、当該 2 つのワイヤが交差しないように離れて配置されてもよく、当該 2 つのワイヤが X 字状に交差するように配置されてもよい。

【 0 0 8 1 】

また、上半身ベルト 1 1 1 並びに膝ベルト 1 1 2 a 及び 1 1 2 b は、モータ 1 1 4 a 1 ~ 1 1 4 a 8 が引っ張ることによりワイヤ 1 1 0 a 1 ~ 1 1 0 a 8 に付与する張力を、ユーザ 1 の左右の脚に伝達する。このような上半身ベルト 1 1 1 並びに膝ベルト 1 1 2 a 及び

10

20

30

40

50

112bは、ワイヤ110a1～110a8に張力が発生した場合に、張力を効果的に伝達するために、変形しないような剛性を有し、伸長しないような伸縮性を有してもよい。上半身ベルト111並びに膝ベルト112a及び112bを形成する材料の一例は、非伸縮性の材料である。このような上半身ベルト111並びに膝ベルト112a及び112bが、緩みなくユーザ1に装着されユーザ1の身体にフィットしていると、モータ114a1～114a8の駆動力は、ワイヤ110a1～110a8を介してユーザ1の脚に効率的に伝達し、ユーザ1の脚の動作を効果的にアシストする。

【0082】

上述のようなアシスト装置100において、例えば、モータ114a1及び114a2が駆動されて、第一ワイヤ110a1及び第二ワイヤ110a2の長さが短くされることで、第一ワイヤ110a1及び第二ワイヤ110a2に作用する張力が大きくなる。その結果、アシスト装置100は、膝と踵との距離を短くする方向に、ユーザ1の脚に力を作用させ、歩行時のユーザ1の足首の動きをアシストする、つまり補助及び誘導することができる。なお、本明細書において、アシストするとは、所定の方向にユーザが動作するために、ユーザの動作自体を補助することと、所定の方向への動作をユーザの身体に強いて身体の動きを誘導することを含む。

10

【0083】

また、第一ワイヤ110a1及び第二ワイヤ110a2に対してそれぞれ、独立したモータ114a1及び114a2が、張力を発生させる。例えば、第一ワイヤ110a1及び第二ワイヤ110a2の張力を異なる値に設定することで、アシスト装置100は、ユーザ1の踵の左右の傾きに関するモーメント力を発生させることができ、ユーザ1の歩行時の足首の動きをアシストできる。

20

【0084】

次いで、図5を参照して、アシスト装置100の制御部120及びその周辺の構成を説明する。図5に示すように、アシスト装置100は、制御部120に加え、ユーザ1が進む目的地の位置情報を取得する目的地取得部130と、ユーザ1の現在の位置情報を取得する現在地取得部140と、記憶部150と、位置情報検出部160とを有している。

【0085】

(記憶部150)

記憶部150は、情報を格納することができ、且つ、格納した情報の取り出しを可能にする。記憶部150は、半導体メモリ又はハードディスク等であってもよい。

30

【0086】

(位置情報検出部160)

位置情報検出部160は、アシスト装置100を装着したユーザ1の位置に関する情報を検出する。ユーザ1の位置に関する情報の例は、ユーザ1の位置、及び位置を特定するための情報を含む。ユーザ1の位置の例は、地図等の地球を基準とする座標に基づく位置、特定のエリア内で設定された座標に基づく位置、及び基準点に対する相対的な位置等を含む。位置を特定するための情報の例は、ユーザ1の向き、進行方向、直線速度、角速度、及び加速度等を含む。上述のような位置を特定するための情報を用いることによって、ユーザ1の移動方向及び移動距離が算出可能であり、それにより、ユーザ1の位置の特定が可能である。

40

【0087】

位置情報検出部160は、検出結果を、制御部120及び現在地取得部140に出力する。位置情報検出部160は、検出結果をそのまま出力してもよく、検出結果に基づき、ユーザ1の現在位置を算出し、算出した現在位置を出力してもよい。例えば、位置情報検出部160は、加速度センサ及びジャイロセンサ(角速度センサとも呼ばれる)を含んでもよい。加速度センサは、一軸加速センサ、二軸加速度センサ及び三軸加速度センサのいずれであってもよい。加速度センサ及びジャイロセンサの計測結果から、ユーザ1の移動方向及び移動距離の検出が可能である。また、位置情報検出部160は、GPS(Global Positioning System)受信器及び/又は地磁気センサを含んでも

50

よい。GPS受信器及び地磁気センサそれぞれの計測結果から、ユーザ1の現在位置の検出が可能である。これに限定するものではないが、本実施の形態では、加速度センサ、ジャイロセンサ、GPS受信器及び地磁気センサ等は、上半身ベルト111に配置される。

【0088】

(制御部120)

制御部120は、アシスト装置100全体の動作を制御する。制御部120は、歩行方向決定部121と、駆動制御部122と、歩行タイミング検出部123とを、構成要素として有する。制御部120の構成要素、目的地取得部130及び現在地取得部140は、CPU(Central Processing Unit)、RAM(Random Access Memory)、ROM(Read-Only Memory)などからなるコンピュータシステム(図示せず)により構成されてもよい。制御部120の構成要素、目的地取得部130及び現在地取得部140の一部又は全部の機能は、CPUがRAMを作業用のメモリとして用いてROMに記録されたプログラムを実行することによって達成されてもよい。また、制御部120の構成要素、目的地取得部130及び現在地取得部140の一部又は全部の機能は、電子回路又は集積回路等の専用のハードウェア回路によって達成されてもよい。プログラムは、アプリケーションとして、インターネット等の通信網を介した通信、モバイル通信規格による通信、その他の無線ネットワーク、有線ネットワーク、又は放送等で提供されるものであってもよい。

10

【0089】

制御部120、目的地取得部130及び現在地取得部140は、個別に、コンピュータシステム又はハードウェア回路を構成してもよく、これらの少なくとも2つが一緒に、1つのコンピュータシステム又はハードウェア回路を構成してもよい。制御部120、目的地取得部130及び現在地取得部140が構成するコンピュータシステム又はハードウェア回路は、例えば、上半身ベルト111に搭載され、モータ114と共に収容部111a1~111a4内に収容されてもよく、別の場所で、上半身ベルト111に埋め込まれてもよい。

20

【0090】

(目的地取得部130)

目的地取得部130は、ユーザ1の目的地の情報を取得する。目的地の情報の例は、目的地の位置、及び目的地の位置を特定するための情報を含む。目的地の位置の例は、地図上で決定される目的地の位置、並びに、現在位置から目的地までの距離及び方角等を含む。目的地の位置を特定するための情報の例は、目的地の住所、目的地に位置する施設の名称、及び目的地の場所の地名を含む。目的地の位置を特定するための情報と地図情報等とを用いることによって、目的地の位置が特定可能である。

30

【0091】

目的地取得部130は、アシスト装置100に設けられた入力装置、又は、アシスト装置100の外部の端末装置500から、ユーザ1等により入力された目的地の情報を取得する。端末装置500は、アシスト装置100を装着するユーザ1が携帯する端末装置であってよく、例えば、スマートフォン、スマートウォッチ、タブレット又はパーソナルコンピュータであってもよい。目的地取得部130は、取得した目的地の情報から、目的地の位置を特定して決定し、目的地の位置情報を制御部120に出力する。上述したように、目的地の情報は、目的地の位置を含んでいてもよく、目的地の位置を特定するための情報を含んでいてもよい。後者の場合、目的地取得部130は、地図情報等を参照し、目的地の位置を特定するための情報に基づき、目的地の位置を特定してもよい。地図情報は、例えば、記憶部150に格納されていてもよいし、アシスト装置100の外部から取得されてもよい。

40

【0092】

アシスト装置100の入力装置は、ボタン、スイッチ、キー、タッチパッド又は音声認識装置のマイク等であってもよい。目的地取得部130は、アシスト装置100の入力装置と有線通信してもよく無線通信してもよい。目的地取得部130は、端末装置500と有

50

線通信してもよく無線通信してもよい。上記無線通信には、Wi-Fi（登録商標）（Wireless Fidelity）等の無線LAN（Local Area Network）が適用されてもよく、Bluetooth（登録商標）、ZigBee（登録商標）等の近距離無線通信が適用されてもよい。このような目的地取得部130は、有線又は無線の通信回路を備えてもよく、アシスト装置100が備える有線又は無線の通信回路を通じて、有線通信又は無線通信を行ってもよい。

【0093】

例えば、目的地取得部130が、アシスト装置100の入力装置から目的地の情報を取得する場合、当該入力装置は、アシスト装置100に設けられた目的地設定ボタン及び音声認識装置のマイクで構成されてもよい。そして、目的地取得部130が、音声認識装置を構成してもよく、制御部120が、音声認識装置を構成してもよい。このような場合、ユーザ1等が目的地設定ボタンを押すことで、アシスト装置100では「音声認識モード」となる。そして、ユーザ1等が目的地の名称を発声することで、目的地取得部130等が音声情報から目的地を特定し、目的地を設定してもよい。これにより、目的地を設定する際に、ユーザ1等は、アシスト装置100以外のものを取り出す必要がなくなり、簡易に目的地を設定することができるようになる。また、例えば、当該入力装置は、アシスト装置100に設けられた特定位置ボタンを備えてもよい。特定位置ボタンに関して、ユーザ1の自宅又はユーザ1等が設定した施設等の毎度決まって訪れる場所の位置情報が、記憶部150等に登録されてもよい。この場合、ユーザ1等が特定位置ボタンを押すことで、目的地取得部130は、登録された場所を目的地に決定する。これにより、ユーザ1等は、簡易に目的地を設定でき、さらに、ユーザ1が頻繁に訪れる場所、例えば、自宅等を目的地として簡易に選択することができる。

【0094】

なお、本実施の形態において、目的地取得部130は、ユーザ1又はユーザ1以外の他者であるユーザ1等が入力した目的地の情報を取得し、目的地を決定していたが、これに限定されない。例えば、目的地取得部130は、目的地を常に一地点に設定していてもよい。この場合、現在地取得部140が、取得するユーザ1の現在位置の情報に基づき、ユーザ1が目的地から所定の距離を離れたことを認識すると、この認識情報を目的地取得部130に出力する。そして、目的地取得部130は、起動し、設定されている目的地の位置情報を制御部120へ出力してもよい。例えば、認知症患者がアシスト装置100のユーザである場合、アシスト装置100を装着した認知症患者自身が徘徊し、目的地から所定の距離を超えた場所に移動すると、アシスト装置100は、認知症患者が入所している施設等の目的地に認知症患者を誘導する。これにより、認知症患者の行方不明等が防がれ得る。

【0095】

（現在地取得部140）

現在地取得部140は、アシスト装置100を装着しているユーザ1の現在地を取得し、制御部120に出力する。さらに、現在地取得部140は、取得した現在地つまり現在位置と、目的地取得部130が特定した目的地の位置情報とから、現在地から目的地までの経路情報を算出し、制御部120に出力してもよい。現在地取得部140は、位置情報検出部160からユーザ1の現在位置の情報を取得する、又は、アシスト装置100を装着するユーザ1が携帯する端末装置500から、ユーザ1の現在位置の情報を取得する。現在地取得部140は、取得した現在位置の情報がユーザ1の現在位置である場合、当該情報をそのまま使用してもよい。現在地取得部140は、取得した現在位置の情報がユーザ1の現在位置を特定するための情報である場合、当該情報に基づきユーザ1の現在位置を算出してもよい。

【0096】

現在地取得部140は、端末装置500から現在位置の情報を取得する場合、端末装置500が備え得るGPS受信器、地磁気センサ、加速度センサ及びジャイロセンサ等の計測結果を用いて、ユーザ1の現在位置の情報を取得してもよい。現在地取得部140は、端

10

20

30

40

50

末装置 500 と有線通信してもよく無線通信してもよい。無線通信は、目的地取得部 130 に関して上述した無線通信が適用されてもよい。このような現在地取得部 140 は、有線又は無線の通信回路を備えてもよく、アシスト装置 100 が備える有線又は無線の通信回路を通じて、有線通信又は無線通信を行ってもよい。

【0097】

本実施の形態において、現在地取得部 140 は、位置情報検出部 160 又は端末装置 500 の GPS 受信器を用いて、ユーザ 1 の現在位置の情報を常に取得するが、これに限ったものではない。例えば、現在地取得部 140 は、GPS 受信器から取得した現在位置の情報と、加速度センサ及びジャイロセンサの検知結果とを併用して、ユーザ 1 の現在位置の情報を取得してもよい。例えば、現在地取得部 140 は、ユーザ 1 による所定の動作が起
10
こるたびに、GPS 受信器で現在位置の情報を取得してもよい。それ以外の場合は、現在地取得部 140 は、加速度センサ及びジャイロセンサの検知結果を用いて、ユーザ 1 の移動方向及び移動量を検出してよい。さらに、現在地取得部 140 は、検出した移動方向及び移動量を GPS 受信器から取得した位置情報に随時加算することで、ユーザ 1 の現在位置を算出してよい。

【0098】

アシスト装置 100 は、ユーザ 1 が交差点などで方向転換を行う動作等もアシストするため、ユーザ 1 が一歩進行する毎の細かい精度で、ユーザ 1 の現在位置、移動量及び移動方向を取得する必要がある。上述のように、アシスト装置 100 は、GPS 受信器からの現在位置の情報だけを用いるのではなく、ユーザ 1 の実際の動きから算出した移動量及び移動
20
方向を GPS 受信器の位置情報に加算して得られるユーザ 1 の現在位置を用いる。これにより、アシスト装置 100 は、ユーザ 1 が方向転換する際の移動方向及び移動量を高い精度で認識し、その認識結果をユーザ 1 へのアシストに対応させることができる。つまり、アシスト装置 100 は、同じ経路を進む場合であっても、個々のユーザに応じたアシストの違いを調整すること等も可能にする。また、現在地取得部 140 が GPS 受信器を介して現在位置の情報を取得するタイミングは、例えば、アシスト装置 100 を装着しているユーザ 1 が立ち止まる毎、又は、5 分間毎等の所定の時間間隔としてもよい。

【0099】

(制御部 120)

制御部 120 は、アシスト装置 100 の全体を制御する。制御部 120 は、目的地取得部
30
130 及び現在地取得部 140 と、互いに情報を送受信できる。例えば、制御部 120 は、目的地取得部 130 から取得する目的地の位置情報と、現在地取得部 140 から取得するユーザ 1 の現在位置及び/又は経路の情報とに基づき、各ワイヤ 110 a 1 ~ 110 a 8 に与える動作を決定し、ユーザ 1 の股関節のアシストを制御する。各ワイヤ 110 a 1 ~ 110 a 8 に与える動作は、各ワイヤ 110 a 1 ~ 110 a 8 へ張力を付与するタイミング、張力の大きさ及び張力の付与期間を含むワイヤの動作パターンである。

【0100】

制御部 120 の歩行方向決定部 121 は、目的地までの経路に応じて、ユーザ 1 を誘導する方向である歩行方向を決定する。なお、歩行方向決定部 121 は、目的地の位置情報とユーザ 1 の現在位置とに基づき、ユーザ 1 の経路を決定してもよい。制御部 120 の歩行
40
タイミング検出部 123 は、ユーザ 1 にアシストを行うタイミングを決定するために、歩行のタイミングを検出する。歩行のタイミングは、歩行中におけるユーザ 1 にアシストを開始するタイミング、並びに、1 歩の中での立脚期及び遊脚期などの相(フェーズ)を決めるタイミングを含み得る。例えば、歩行方向決定部 121 は、交差点等の方向転換ポイントに対して現在位置が何歩前の位置であるかを算出し、歩行タイミング検出部 123 が検出する歩行のタイミングに基づき、ユーザ 1 にアシストを開始するタイミングを決定する。制御部 120 の駆動制御部 122 は、歩行方向決定部 121 が決定した歩行方向と、歩行タイミング検出部 123 が検出した歩行のタイミングとから、上半身ベルト 111 に備え付けられたワイヤ 110 のモータ 114 の動作を制御する。各構成の詳細については、後述する。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 1 】

(歩行方向決定部 1 2 1)

歩行方向決定部 1 2 1 は、目的地取得部 1 3 0 から目的地の位置情報を取得し、現在地取得部 1 4 0 からユーザ 1 の現在位置を取得する。さらに、歩行方向決定部 1 2 1 は、記憶部 1 5 0 から目的地及び現在位置を含む地図情報を取得する。歩行方向決定部 1 2 1 は、目的地取得部 1 3 0 及び現在地取得部 1 4 0 と情報を送受信できる。歩行方向決定部 1 2 1 は、取得した目的地の位置情報及び現在位置と地図情報とを用いて、目的地までの経路を算出し、算出した経路におけるユーザ 1 の進行方向である歩行方向を決定する。そして、歩行方向決定部 1 2 1 は、決定した歩行方向の情報を駆動制御部 1 2 2 に出力する。

【 0 1 0 2 】

具体的には、歩行方向決定部 1 2 1 は、算出した経路上において、ユーザ 1 が方向転換を行う場所、例えば、交差点等を探し出し、その場所までの距離及び時間と、その場所における方向転換を行う角度である方向転換角度とを算出する。そして、歩行方向決定部 1 2 1 は、算出した距離、時間及び方向転換角度の情報を駆動制御部 1 2 2 に出力する。さらに、歩行方向決定部 1 2 1 は、方向転換を行う場所までの距離から、ユーザ 1 がその場所に到着するまでに要する歩数を予測し、予測した歩数の情報を上記の方向転換角度の情報と共に駆動制御部 1 2 2 に出力する。このような情報を取得することにより、駆動制御部 1 2 2 は、予定する方向転換を行うために必要なユーザ 1 へのアシストの量と、当該方向転換のためのアシストを開始するタイミングとを決定することができる。このようにして、アシスト量及びアシストタイミングを決定することで、駆動制御部 1 2 2 は、交差点等において、ワイヤ 1 1 0 を介したユーザ 1 に対して違和感のない歩行誘導を可能にする。なお、駆動制御部 1 2 2 の詳細は後述する。

【 0 1 0 3 】

(歩行タイミング検出部 1 2 3)

歩行タイミング検出部 1 2 3 は、アシスト装置 1 0 0 を装着するユーザ 1 の歩行周期を推定し、推定結果に基づき次の歩行フェーズを予測し、駆動制御部 1 2 2 に、予測した歩行フェーズに基づくアシストタイミングを出力する。歩行周期は、一方の脚のかかどが接地し、次に同じ脚のかかどが接地するまでの動作の時間の間隔又は連続動作である。歩行周期は、立脚期及び遊脚期からなる。

【 0 1 0 4 】

歩行タイミング検出部 1 2 3 は、位置情報検出部 1 6 0 又は端末装置 5 0 0 の加速度センサのセンサ値、ジャイロセンサのセンサ値、又はユーザ 1 のかかと付近に設置された圧力センサのセンサ値に基づいて、ユーザ 1 のかかどが接地するタイミングを検出し、ユーザ 1 の 1 歩毎の歩行フェーズつまり歩行周期をリアルタイムで推定する。なお、ユーザ 1 の 1 歩とは、左右の脚のいずれかが 1 歩進むことである。例えば、ユーザ 1 の 1 歩は、左脚が接地してから次に左脚が接地するまでの期間である。そして、歩行タイミング検出部 1 2 3 は、推定した歩行周期に基づき、次の 1 歩における歩行フェーズ、立脚期及び遊脚期それぞれの開始時期及び継続時間を予測し、駆動制御部 1 2 2 に出力する。

【 0 1 0 5 】

ここで、歩行フェーズ (g a t e p h a s e) は、ユーザ 1 が 1 歩進む過程における歩行状態の時間的なタイミングを表す。歩行フェーズでは、ユーザ 1 の一方の脚が地面に着地したときが 0 % とされ、且つ、次にユーザ 1 の同じ脚が地面に着地したときが 1 0 0 % とされる。そして、歩行フェーズは、ユーザ 1 の歩行状態のタイミングを 0 % ~ 1 0 0 % で表す。例えば、歩行フェーズの 0 % ~ 1 0 0 % の値は、ユーザ 1 の一方の脚が地面に着地したときから次にユーザ 1 の同じ脚が地面に着地するときまでの経過時間に対応させてもよい。具体的には、ユーザ 1 の一方の脚が地面に着地したときから、次にユーザ 1 の同じ脚が地面に着地したときまでの時間が 1 s e c (秒) の場合、ユーザ 1 の脚が地面に着地したときから 0 . 5 s e c 経過した時刻における歩行フェーズは、5 0 % と表される。

【 0 1 0 6 】

より具体的には、歩行タイミング検出部 1 2 3 は、加速度センサの情報に基づいて、ユー

10

20

30

40

50

ザ 1 の脚が地面に着地した時点を決する。加速度センサに基づく脚の着地時点の推定方法は、例えば、IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, VOL. 52, NO. 3, 2005年, p. 488, Fig. 1, p. 489, Fig. 2を参照されたい。センサの他の例は、角度センサ（傾斜センサとも呼ばれる）である。例えば、ユーザ 1 の大腿部に角度センサを取り付け、歩行タイミング検出部 1 2 3 は、ユーザ 1 の股関節の角度を歩行情報として取得する。歩行タイミング検出部 1 2 3 は、ユーザ 1 の股関節の角度変化の周期に基づいて、歩行フェーズを算出する。

【0107】

なお、歩行タイミング検出部 1 2 3 は、加速度センサ及びジャイロセンサのセンサ値に基づいて歩行周期を推定する場合、加速度センサ及びジャイロセンサの信号波形から、歩行周期を推定してもよい。また、歩行タイミング検出部 1 2 3 は、ユーザ 1 のかかと付近の圧力センサのセンサ値に基づいて歩行周期を推定する場合、例えば、ユーザ 1 の靴底に取り付けられた圧力センサのセンサ値を用いてもよい。この場合、歩行タイミング検出部 1 2 3 は、圧力センサのセンサ値に対応する電圧値が所定の値以下になる時点をかかとの接地タイミングとして検出する。つまり、圧力センサにより所定値以上の圧力値が計測されている期間は、かかとが接地されていることを意味する。歩行タイミング検出部 1 2 3 は、上半身ベルト 1 1 1 等に配置された加速度センサ及びジャイロセンサに基づくタイミングよりも、靴そのものが接地したタイミングを取得することによって、より確実に歩行周期を推定することができる。

【0108】

上記のセンサのいずれを使用する場合であっても、歩行タイミング検出部 1 2 3 は、例えば、ユーザ 1 の直近の 3 歩のセンサ値から、1 歩毎の歩行フェーズの 0% ~ 100% の経過時間を推定し、3 歩の経過時間の平均値を算出してもよい。そして、歩行タイミング検出部 1 2 3 は、経過時間の平均値から次の 1 歩での歩行フェーズ 100% の時刻を予測してもよい。さらに、歩行タイミング検出部 1 2 3 は、センサの信号波形から、1 歩毎の歩行フェーズにおける立脚期及び遊脚期の開始タイミングを推定し、3 歩の間で開始タイミングの平均値を算出してもよい。そして、歩行タイミング検出部 1 2 3 は、平均値に基づき、次の 1 歩での立脚期及び遊脚期の開始タイミングを予測してもよい。

【0109】

又は、歩行タイミング検出部 1 2 3 は、ユーザ 1 の直近の 1 歩のセンサ値から、1 歩の歩行フェーズの 0% ~ 100% の経過時間を推定し、推定した経過時間に基づき、次の 1 歩での歩行フェーズ 100% の時刻を予測してもよい。さらに、歩行タイミング検出部 1 2 3 は、センサの信号波形から、1 歩の歩行フェーズにおける立脚期及び遊脚期の開始タイミングを推定し、次の 1 歩での立脚期及び遊脚期の開始タイミングを予測してもよい。

【0110】

（駆動制御部 1 2 2）

駆動制御部 1 2 2 は、歩行方向決定部 1 2 1 から取得する経路上におけるユーザ 1 の歩行方向の情報と、歩行タイミング検出部 1 2 3 から取得するユーザ 1 の予測された歩行フェーズの情報とを基に、ワイヤ 1 1 0 a 1 ~ 1 1 0 a 8 の張力を調節するモータ 1 1 4 a 1 ~ 1 1 4 a 8 の制御を行う。駆動制御部 1 2 2 は、モータ 1 1 4 a 1 ~ 1 1 4 a 8 の起動及び停止、並びに、モータ 1 1 4 a 1 ~ 1 1 4 a 8 それぞれによるワイヤ 1 1 0 a 1 ~ 1 1 0 a 8 の引張量及び引張力を制御する。このとき、駆動制御部 1 2 2 は、モータ 1 1 4 a 1 ~ 1 1 4 a 8 の起動及び停止、並びに、モータ 1 1 4 a 1 ~ 1 1 4 a 8 の回転量及び回転トルクを制御する。

【0111】

具体的には、駆動制御部 1 2 2 は、歩行方向決定部 1 2 1 より、ユーザ 1 の現在地から目的地までの経路において、次の方向転換地点までの距離及び時間、並びに、方向転換地点における方向転換角度の情報を得る。

【0112】

10

20

30

40

50

歩行方向決定部 1 2 1 は、現在地から方向転換地点までに要するユーザ 1 の歩数と距離との比率からなる係数 C a を算出し、方向転換地点での方向転換に要するユーザ 1 の歩数と方向転換角度との比率からなる係数 C b を算出する。係数 C a は、（現在地から方向転換地点までにユーザ 1 が直進する距離） / （現在地から方向転換地点までにユーザ 1 が直進する歩数）で示される。係数 C b は、（方向転換地点におけるユーザ 1 の方向転換角度） / （方向転換に要するユーザ 1 の歩数）で示される。方向転換地点におけるユーザ 1 の方向転換角度は、方向転換地点の前後の間でのユーザ 1 の進行方向の方向角の差異である。駆動制御部 1 2 2 は、歩行方向決定部 1 2 1 から係数 C a 及び C b を取得する。

【 0 1 1 3 】

また、歩行タイミング検出部 1 2 3 は、ユーザ 1 の歩行中におけるかかとのかかと接地タイミングを推定し、ユーザ 1 の次のかかと接地からその次のかかと接地までの時間を予測する。そして、駆動制御部 1 2 2 は、歩行タイミング検出部 1 2 3 の予測結果を取得する。

【 0 1 1 4 】

駆動制御部 1 2 2 は、歩行方向決定部 1 2 1 及び歩行タイミング検出部 1 2 3 から取得した情報に基づき、ユーザ 1 に行うアシストの種類を決定する。アシストの種類には、後述する屈曲、伸展、外転、内転、外旋及び内旋のような、ユーザ 1 に対してアシストする脚の動作が含まれる。さらに、駆動制御部 1 2 2 は、アシストの種類に応じて、ワイヤ 1 1 0 a 1 ~ 1 1 0 a 8 の中から、ユーザ 1 への動作のアシストを行うために引っ張るべきワイヤと、当該ワイヤに与える張力と、当該ワイヤを引っ張るタイミングとを決定する。なお、アシストの種類決定は、歩行方向決定部 1 2 1 が行ってもよい。

【 0 1 1 5 】

歩行方向決定部 1 2 1 及び歩行タイミング検出部 1 2 3 から取得される情報とアシストの種類との関係であるアシスト対応関係は、予め設定され、例えば、記憶部 1 5 0 に格納されている。引っ張られるワイヤと、ワイヤの張力と、ワイヤを引っ張るタイミングとの関係であるワイヤ - 張力関係は、アシストの種類に応じて予め設定され、例えば、記憶部 1 5 0 に格納されている。また、ワイヤ - 張力関係は、アシスト装置 1 0 0 のアシストでの制御実績に基づき、更新されてもよい。駆動制御部 1 2 2 は、記憶部 1 5 0 に格納されたアシスト対応関係及びワイヤ - 張力関係の情報に基づき、ユーザ 1 に行うアシストの種類を決定し、決定したアシストの種類に対応するワイヤの制御を決定する。

【 0 1 1 6 】

また、駆動制御部 1 2 2 は、歩行方向決定部 1 2 1 及び歩行タイミング検出部 1 2 3 から取得した情報、年齢、性別、体格及び体力等のユーザ 1 の情報、並びに脚へのアシストの介入程度等に基づき、ワイヤ - 張力関係を変更して用いてもよい。ワイヤ - 張力関係の詳細は、後述する。また、駆動制御部 1 2 2 は、決定したワイヤに与える張力及び引っ張るタイミングに応じて、当該ワイヤに繋がれたモータ 1 1 4 a 1 ~ 1 1 4 a 8 の制御を行う。

【 0 1 1 7 】

[2 . アシスト装置の動作]

[2 - 1 . アシスト装置の概略的な動作]

次に、実施の形態に係るアシスト装置 1 0 0 の概略的な動作を説明する。まず、図 1 1 A 及び図 1 1 B を参照して、アシスト装置 1 0 0 が、アシスト装置 1 0 0 を装着するユーザを出発地から目的地に歩行誘導する例を説明する。なお、図 1 1 A は、アシスト装置 1 0 0 を装着したユーザが、アシスト装置 1 0 0 によって誘導を受ける進行方向の例を示す図である。図 1 1 A に示すように、本例では、ユーザは、例えば、（ I ）右方向、（ I I ）直進方向、及び（ I I I ）左方向の 3 つの誘導パターンを用いた進行の誘導を受ける。また、図 1 1 B は、ユーザの出発地から目的地までの経路の例を示す図である。図 1 1 B には、経路上においてユーザがアシスト装置 1 0 0 から受ける誘導パターンが示されている。ユーザは、経路上の現在位置に応じて、図 1 1 A に示すような 3 つの誘導パターンのいずれかを用いた誘導を、アシスト装置 1 0 0 から受ける。（ I ）右方向又は（ I I I ）左方向の誘導パターンでは、アシスト装置 1 0 0 は、ユーザの進行方向を右向き又は左向きに曲げるように、ユーザを右又は左に旋回させるアシスト力を、ワイヤ 1 1 0 を介してユ

10

20

30

40

50

ーザに与える。(I I) 直進方向の誘導パターンでは、アシスト装置 1 0 0 は、ユーザに直進方向に歩行動作させるアシスト力をワイヤ 1 1 0 を介して与えてもよく、アシスト力を与えずに、ユーザに自律的に歩行させてもよい。後者の場合、アシスト装置 1 0 0 は、ユーザの進行方向が直進方向から逸脱した場合に、方向修正のためのアシスト力を付与してもよい。このように、アシスト装置 1 0 0 は、ワイヤ 1 1 0 を介したアシスト力による物理的な歩行誘導をユーザに与える。なお、アシスト力は、所定の動作をする際のユーザの身体の動きを補助する力であってもよく、所定の動作をすることをユーザの身体に半強制的又は強制的に強いる力であってもよい。

【 0 1 1 8 】

上述の歩行誘導の際、例えば、アシスト装置 1 0 0 の歩行方向決定部 1 2 1 は、目的地取得部 1 3 0 から目的地の位置情報を取得し、現在地取得部 1 4 0 から出発地の位置情報つまりユーザの現在位置を取得する。また、歩行方向決定部 1 2 1 は、記憶部 1 5 0 から出発地から目的地までにわたる地図を取得する。歩行方向決定部 1 2 1 は、出発地の位置情報と目的地の位置情報と地図とを用いて、出発地から目的地までの経路を算出する。さらに、歩行方向決定部 1 2 1 は、経路上においてユーザに適用する誘導パターン(I)、(I I) 及び(I I I) を決定する。

10

【 0 1 1 9 】

歩行誘導において、例えば、図 1 1 B に示すように、地図が交差点の情報を含む場合、経路上にある交差点で、ユーザに方向転換させる必要がある。このとき、アシスト装置 1 0 0 は、ユーザが交差点に進入するよりも前から、(I) 右方向又は(I I I) 左方向の所望の方向にユーザを方向転換させる、つまり旋回させるアシスト力の付与を開始する。そして、アシスト装置 1 0 0 は、ユーザが交差点を曲がり終えるまで、アシスト力を変化させつつ付与を継続する。旋回中にユーザに付与するアシスト力の詳細は後述する。よって、アシスト装置 1 0 0 は、出発地であるユーザの現在位置に基づき、経路上に設定した誘導パターンを選択し、選択した誘導パターンに従ってユーザの進行方向を物理的に誘導する。

20

【 0 1 2 0 】

[2 - 2 . アシスト装置の処理の流れ]

次いで、図 1 2 を参照して、上述のようなアシスト装置 1 0 0 が行う経路の決定から経路に沿った歩行誘導までの処理の流れを説明する。図 1 2 は、実施の形態に係るアシスト装置 1 0 0 がユーザの歩行方向を誘導する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

30

【 0 1 2 1 】

(ステップ S 0 0 1)

目的地取得部 1 3 0 は、アシスト装置 1 0 0 を装着したユーザを誘導する目的地の情報を取得し、制御部 1 2 0 の歩行方向決定部 1 2 1 に目的地の位置情報を出力する。目的地取得部 1 3 0 は、アシスト装置 1 0 0 に設けられた入力装置、又はユーザが携帯する端末装置 5 0 0 へのユーザ等による入力を介して、目的地の情報を取得する。

【 0 1 2 2 】

(ステップ S 0 0 2)

歩行方向決定部 1 2 1 は、現在地取得部 1 4 0 から、アシスト装置 1 0 0 の現在地情報、つまり、ユーザの現在位置を取得する。現在地取得部 1 4 0 は、アシスト装置 1 0 0 の位置情報検出部 1 6 0 、又は、端末装置 5 0 0 からユーザの現在位置を取得する。

40

【 0 1 2 3 】

(ステップ S 0 0 3)

歩行方向決定部 1 2 1 は、目的地の位置情報と、ユーザの現在位置と、記憶部 1 5 0 に格納された目的地及び現在位置周辺の地図とから、現在位置から目的地までの経路を算出し、さらに、算出した経路におけるユーザの歩行方向の情報を決定する。歩行方向の情報は、経路上においてユーザが方向転換を行う場所までの距離及び時間、並びに、方向転換場所における方向転換角度等を含む。そして、歩行方向決定部 1 2 1 は、歩行方向の情報と、アシストモード O N の信号とを、制御部 1 2 0 の駆動制御部 1 2 2 に出力する。アシス

50

トモードONの信号は、アシスト装置100がユーザの歩行をアシストする制御を実行する状態であることを示す信号である。アシストモードOFFの信号は、アシスト装置100がユーザの歩行をアシストする制御を実行しない状態であることを示す信号である。

【0124】

(ステップS004)

駆動制御部122は、歩行方向決定部121からアシストモードONの信号を受けると、モータ114を制御して、ワイヤ110に張力を付与する。具体的には、駆動制御部122は、歩行タイミング検出部123が予測する歩行フェーズにおけるアシストタイミング情報を、歩行タイミング検出部123から受け取る。アシストタイミング情報は、歩行フェーズにおける立脚期及び遊脚期等の歩行状態の時間的なタイミング情報を含む。駆動制御部122は、アシストタイミング情報と、歩行方向決定部121から受け取った歩行方向の情報とに基づき、ユーザを直進させるようにワイヤ110の張力を制御するアシスト制御信号を、モータ114に出力する。

10

【0125】

(ステップS005)

歩行方向決定部121は、現在位置からの目的地までの経路上に方向転換が必要な場所である方向転換ポイントがあるか否かを判定する。歩行方向決定部121は、方向転換ポイントがある場合(ステップS005でYes)、ステップS006へ進み、方向転換ポイントが無い場合(ステップS005でNo)、ステップS004に戻る。

20

【0126】

(ステップS006)

歩行方向決定部121は、ユーザの現在位置と経路情報とに基づき、次にユーザが到達する方向転換ポイントにおいて、ユーザが方向転換する、つまり、曲がる方向が左方向であるか否かを判定する。歩行方向決定部121は、曲がる方向が左方向である場合(ステップS006でYes)、ステップS007へ進み、曲がる方向が右方向である場合(ステップS006でNo)、ステップS008へ進む。

【0127】

(ステップS007)

歩行方向決定部121は、ステップS003で決定した歩行方向の情報に基づき、左方向にユーザを誘導するための信号を、駆動制御部122に出力する。駆動制御部122は、受け取った信号にしたがって、モータ114を制御することによって、ユーザに左方向に方向転換させるようにワイヤ110の張力を制御する。なお、歩行方向の情報は、歩行転換ポイントにおいて、ユーザの左右の脚が1歩毎に行う動作に関する情報、つまり、左方向の方向誘導パターンの情報も含む。これにより、駆動制御部122は、ユーザの左右の脚の動作を1歩毎に制御する。

30

【0128】

(ステップS008)

歩行方向決定部121は、ステップS003で決定した歩行方向の情報に基づき、右方向にユーザを誘導するための信号を、駆動制御部122に出力する。駆動制御部122は、受け取った信号にしたがって、モータ114を制御することによって、ユーザに右方向に方向転換させるようにワイヤ110の張力を制御する。なお、歩行方向の情報は、歩行転換ポイントにおいて、ユーザの左右の脚が1歩毎に行う動作に関する情報、つまり、右方向の方向誘導パターンの情報も含む。これにより、駆動制御部122は、ユーザの左右の脚の動作を1歩毎に制御する。

40

【0129】

(ステップS009)

ステップS007及びステップS008のそれぞれで、アシスト装置100による方向転換ポイントでのユーザの方向転換の誘導が完了した後、歩行方向決定部121は、現在位置及び目的地の位置情報に基づき、ユーザが目的地に到達したか否かを判定する。歩行方向決定部121は、ユーザが目的地に到達していなければ(ステップS009でNo)、

50

ステップ S 0 0 4 へ進み、ユーザが目的地に到達していれば（ステップ S 0 0 9 で Y e s）、ユーザを目的地にまで誘導する処理を終了する。

【 0 1 3 0 】

[2 - 3 . アシスト装置がアシストする基本的な動作]

次いで、アシスト装置 1 0 0 がアシストする基本的な動作を説明する。具体的には、アシスト装置 1 0 0 が、アシスト装置 1 0 0 を装着するユーザに付与するアシスト力と、ユーザの動作との関係を説明する。アシスト装置 1 0 0 は、8つのモータ 1 1 4 a 1 ~ 1 1 4 a 8 を用いて8つのワイヤ 1 1 0 a 1 ~ 1 1 0 a 8 の張力を個別に変更することによって、アシスト装置 1 0 0 を装着するユーザの左右の脚にアシスト力を与え、左右の脚に種々の動作をさせる。

10

【 0 1 3 1 】

例えば、図 1 3 A ~ 図 1 3 C には、アシスト装置 1 0 0 がアシストするユーザの右脚の動作例が示されている。なお、図 1 3 A ~ 図 1 3 C は、アシスト装置 1 0 0 が遊脚期の右脚にアシスト力を与える例を示しているが、アシスト装置 1 0 0 は、立脚期の右脚にアシスト力を与えてもよい。また、アシスト装置 1 0 0 は、ユーザの左脚に対しても、右脚と同様の動作をさせることができる。

【 0 1 3 2 】

アシスト装置 1 0 0 は、図 1 3 A に示すように、ユーザの右脚股関節に対して、屈曲及び伸展させるアシスト力を付与することができる。また、アシスト装置 1 0 0 は、図 1 3 B に示すように、ユーザの右脚股関節に対して、外転及び内転させるアシスト力を付与することができる。また、アシスト装置 1 0 0 は、図 1 3 C に示すように、ユーザの右脚股関節に対して、外旋及び内旋させるアシスト力を付与することができる。屈曲及び伸展のアシスト力は、ユーザの直進方向の歩行をアシストすることができ、これにより、ユーザのエネルギー代謝を下げるという効果をもたらす。外転、内転、外旋及び内旋のアシスト力は、ユーザの方向転換をアシストすることができる。

20

【 0 1 3 3 】

なお、股関節の屈曲は、大腿部を前方向に動かす動きであり、股関節の伸展は、大腿部を後方向に動かす動きである。外転は、大腿部をユーザの体幹の中心から左右方向の外側（右脚であれば右側、左脚であれば左側）に動かす動きであり、脚を開くように股関節を基点に脚を回動させる動作である。内転は、大腿部をユーザの体幹の中心に向かって左右方向の内側（右脚であれば左側、左脚であれば右側）に動かす動きであり、脚を閉じるように股関節を基点に脚を回動させる動作である。外旋は、大腿部をユーザの外側（右脚であれば右回転方向、左脚であれば左回転方向）に回転させる動きであり、足のつま先を外側に向けるように股関節を中心に大腿部を外向きに回転させる動作である。内旋は、大腿部をユーザの内側（右脚であれば左回転方向、左脚であれば右回転方向）に回転させる動きであり、足のつま先を内側に向けるように股関節を中心に大腿部を内向きに回転させる動作である。このように、アシスト装置 1 0 0 は、3自由度6方向の動作を誘導することができるアシスト力を、左右の脚に付与することができる。

30

【 0 1 3 4 】

さらに、図 1 4 A ~ 図 1 9 B を参照して、アシスト装置 1 0 0 が誘導するつまりアシストするユーザの動作と、ワイヤ 1 1 0 a 1 ~ 1 1 0 a 8 を介してユーザに与えられるアシスト力との関係を説明する。

40

【 0 1 3 5 】

図 1 4 A 及び図 1 4 B を参照すると、アシスト装置 1 0 0 がユーザの左脚及び右脚の股関節の屈曲をアシストするケースが示されている。図 1 4 A では、駆動制御部 1 2 2 は、左脚を屈曲させるために、モータ 1 1 4 a 1 及び 1 1 4 a 2 を駆動し、ワイヤ 1 1 0 a 1 及び 1 1 0 a 2 の張力を増加させる。図 1 4 B では、駆動制御部 1 2 2 は、右脚を屈曲させるために、モータ 1 1 4 a 7 及び 1 1 4 a 8 を駆動し、ワイヤ 1 1 0 a 7 及び 1 1 0 a 8 の張力を増加させる。本実施の形態では、ワイヤ 1 1 0 a 1 及び 1 1 0 a 2 の張力は同等とされ、ワイヤ 1 1 0 a 7 及び 1 1 0 a 8 の張力は同等とされるが、互いに異なっていて

50

もよい。駆動制御部 1 2 2 は、ワイヤの張力の制御を、力センサ 1 1 5 a 1 ~ 1 1 5 a 8 の検出結果に基づき、行ってもよく、モータ 1 1 4 a 1 ~ 1 1 4 a 8 の駆動量に基づき、行ってもよい。

【 0 1 3 6 】

これに限定するものではないが、本実施の形態では、屈曲前の平常時にも、ワイヤ 1 1 0 a 1 ~ 1 1 0 a 8 それぞれに張力がかけられており、その張力は、ワイヤがたるまない程度、例えば、1 0 N (ニュートン) 以下、より好ましくは、5 N 以下である。そして、左脚及び右脚を屈曲させるために、ワイヤ 1 1 0 a 1 及び 1 1 0 a 2 の張力、並びに、ワイヤ 1 1 0 a 7 及び 1 1 0 a 8 の張力がそれぞれ、例えば、4 0 N 以上 1 0 0 N 以下の値に引き上げられる。左脚を例に説明する。健康的な 2 0 歳代 ~ 4 0 歳代の成人男性であるユーザに対して、ワイヤ 1 1 0 a 1 及び 1 1 0 a 2 に 4 0 N 以上の張力を作用させる。このとき、ユーザは、左脚に屈曲方向の力が作用し、且つ左脚の屈曲が促されていることを明確に自覚することができる。ワイヤ 1 1 0 a 1 及び 1 1 0 a 2 に 8 0 N 超の張力が作用すると、ユーザの左脚は、屈曲方向に持ち上げられる。また、ワイヤ 1 1 0 a 1 及び 1 1 0 a 2 に作用する張力が、2 0 N 以下である場合、ユーザは、ワイヤ 1 1 0 a 1 及び 1 1 0 a 2 の張力による抵抗をほとんど感じずに現状の動作を継続する。なお、上記の張力の数値は、一例であり、ユーザの年齢、性別、体格、体力、脚の動作の種類、脚へのアシストの介入程度等に応じて、適宜変更され得る。

10

【 0 1 3 7 】

図 1 5 A 及び図 1 5 B を参照すると、アシスト装置 1 0 0 がユーザの左脚及び右脚の股関節の伸展をアシストするケースが示されている。図 1 5 A では、駆動制御部 1 2 2 は、左脚に伸展させるために、ワイヤ 1 1 0 a 3 及び 1 1 0 a 4 の張力を増加する。図 1 5 B では、駆動制御部 1 2 2 は、右脚に伸展させるために、ワイヤ 1 1 0 a 5 及び 1 1 0 a 6 の張力を増加する。この伸展時のワイヤの張力は、屈曲時のワイヤの張力と同様であってもよい。

20

【 0 1 3 8 】

図 1 6 A 及び図 1 6 B に、アシスト装置 1 0 0 がユーザの左脚及び右脚の股関節の外転をアシストするケースが示されている。図 1 6 A では、駆動制御部 1 2 2 は、左脚に外転させるために、ワイヤ 1 1 0 a 2 及び 1 1 0 a 3 の張力を増加する。図 1 6 B では、駆動制御部 1 2 2 は、右脚に外転させるために、ワイヤ 1 1 0 a 6 及び 1 1 0 a 7 の張力を増加する。この外転時のワイヤの張力は、屈曲時又は伸展時のワイヤの張力と同様であってもよい。

30

【 0 1 3 9 】

図 1 7 A 及び図 1 7 B に、アシスト装置 1 0 0 がユーザの左脚及び右脚の股関節の内転をアシストするケースが示されている。図 1 7 A では、駆動制御部 1 2 2 は、左脚を内転させるために、ワイヤ 1 1 0 a 1 及び 1 1 0 a 4 の張力を増加する。図 1 7 B では、駆動制御部 1 2 2 は、右脚を内転させるために、ワイヤ 1 1 0 a 5 及び 1 1 0 a 8 の張力を増加する。この内転時のワイヤの張力は、屈曲時、伸展時又は外転時のワイヤの張力と同様であってもよい。

【 0 1 4 0 】

図 1 8 A 及び図 1 8 B に、アシスト装置 1 0 0 がユーザの左脚及び右脚の股関節の外旋をアシストするケースが示されている。図 1 8 A では、駆動制御部 1 2 2 は、左脚を外旋させるために、ワイヤ 1 1 0 a 2 及び 1 1 0 a 4 の張力を増加する。図 1 8 B では、駆動制御部 1 2 2 は、右脚を外旋させるために、ワイヤ 1 1 0 a 5 及び 1 1 0 a 7 の張力を増加する。この外旋時のワイヤの張力は、屈曲時、伸展時、外転時又は内転時のワイヤの張力と同様であってもよい。

40

【 0 1 4 1 】

図 1 9 A 及び図 1 9 B に、アシスト装置 1 0 0 がユーザの左脚及び右脚の股関節の内旋をアシストするケースが示されている。図 1 9 A では、駆動制御部 1 2 2 は、左脚を内旋させるために、ワイヤ 1 1 0 a 1 及び 1 1 0 a 3 の張力を増加する。図 1 9 B では、駆動制

50

御部 1 2 2 は、右脚を内旋させるために、ワイヤ 1 1 0 a 6 及び 1 1 0 a 8 の張力を増加する。この内旋時のワイヤの張力は、屈曲時、伸展時、外転時、内転時又は外旋時のワイヤの張力と同様であってもよい。

【 0 1 4 2 】

上述のような各脚へのアシスト動作とワイヤ 1 1 0 a 1 ~ 1 1 0 a 8 の張力との関係は、下記の表 2 のようにまとめられる。

【 0 1 4 3 】

【表 2】

表2:各脚へのアシスト動作と張力発生ワイヤとの関係

アシスト動作	左脚		右脚	
	張力発生ワイヤ1	張力発生ワイヤ2	張力発生ワイヤ1	張力発生ワイヤ2
屈曲	110a1	110a2	110a7	110a8
伸展	110a3	110a4	110a5	110a6
外転	110a2	110a3	110a6	110a7
内転	110a1	110a4	110a5	110a8
外旋	110a2	110a4	110a5	110a7
内旋	110a1	110a3	110a6	110a8

【 0 1 4 4 】

上述では、駆動制御部 1 2 2 は、1つの脚の動作をアシストするために、2つのワイヤの張力を増加させた。このとき、駆動制御部 1 2 2 は、他の6つのワイヤの張力を現状に維持するように、ユーザの動作に合わせてモータ 1 1 4 を制御しワイヤの張力を調整してもよく、6つのワイヤに張力が作用しないように、6つワイヤのモータ 1 1 4 を停止してもよい。

【 0 1 4 5 】

また、上述の例では、駆動制御部 1 2 2 は、1つの脚の動作をアシストするために選択した2つのワイヤの張力を、同等としたが、これに限ったものではない。例えば、外転、内転、外旋及び内旋の動作のアシスト時、駆動制御部 1 2 2 は、脚の前部に位置するワイヤの張力をよりも、脚の後部に位置するワイヤの張力を小さくしてもよい。このように脚が回動又は旋回する場合、脚の前部と後部とでは、アシスト力の作用ラインと股関節の回転軸との距離である股関節のモーメントアームが異なる。このため、脚の前部のワイヤ及び後部のワイヤに同等の張力を与えると、想定しているトルクが脚に出力されないことがある。また、筋肉又は贅肉のつきかたなどにより脚及び腰の形状に個人差もあるため、個人に応じて、前部のワイヤ及び後部のワイヤの張力のバランスを調整してもよい。

【 0 1 4 6 】

上述のようなアシスト装置 1 0 0 は、ユーザの歩行中、ユーザが立脚期及び遊脚期に生じるトルクに合わせて、屈曲及び伸展方向のアシスト力であるアシストトルクをメインに、ユーザに付与し、ユーザの歩行動作をアシストすることができる。さらに、アシスト装置 1 0 0 は、ユーザの歩行方向を誘導する場合、外転、内転、外旋又は内旋方向のアシストトルクをユーザに付与し、それにより、ユーザを所望の方向に誘導することを可能にする。

【 0 1 4 7 】

[2 - 4 . アシスト装置の歩行方向誘導動作]

アシスト装置 1 0 0 におけるユーザの歩行方向の誘導動作の詳細を説明する。図 2 0 A 及び図 2 0 B を参照すると、アシスト装置 1 0 0 が、交差点においてユーザが直角に曲がるように歩行方向を誘導する例が示されている。図 2 0 A では、ユーザの現在位置である計測地点から曲がるべき交差点までの間の距離及びユーザの歩数の例が示されている。アシ

10

20

30

40

50

スト装置 100 の歩行方向決定部 121 は、計測地点の位置と経路情報とから、計測地点から交差点までの距離を算出し、算出した距離から当該交差点までに要する歩数を算出する。本例では、計測地点から交差点までの距離は、6 m であり、計測地点から交差点までの歩数は、6 歩である。また、歩行方向決定部 121 は、経路情報から、交差点でユーザが右方向に 90 度で曲がる必要があることを決定する。

【0148】

そして、歩行方向決定部 121 は、図 20B に示すように、直進方向のアシスト、右方向のアシスト及び直進方向のアシストを順次実施することを決定し、駆動制御部 122 に出力する。具体的には、歩行方向決定部 121 は、各アシストについて、タイミング、期間、アシストの程度等を、1 歩毎に決定する。例えば、ユーザが左右の脚で 1 歩ずつ進む間に 45 度曲がるようにアシストする場合、歩行方向決定部 121 は、左右の脚で 2 歩ずつ、計 4 歩で交差点を曲がれるように、例えば、交差点の 2 歩分手前の位置を右方向のアシスト開始タイミングに決定する。駆動制御部 122 は、歩行方向決定部 121 が決定した右方向のアシスト開始タイミングと、歩行タイミング検出部 123 が検出する歩行のタイミングとから、ワイヤ 110 の張力を制御し、ユーザに右方向に曲がるアシスト力を付与する。こうすることで、ユーザは、交差点に差し掛かる前の 2 歩と交差点通過後の 2 歩とで、90 度曲がるのが可能である。

【0149】

なお、歩数と距離との関係については、ユーザが直進歩行を行っている際に、例えば、上半身ベルト 111 に配置された位置情報検出部 160 の加速度センサが検知する進行方向の加速度に基づき、歩行方向決定部 121 が算出してもよい。具体的には、歩行方向決定部 121 は、進行方向の加速度波形からユーザの 1 歩毎の時間を検出する。さらに、歩行方向決定部 121 は、対象とする歩数に対応する時間と、進行方向の加速度の変化とから、当該時間におけるユーザの移動距離を算出してもよい。又は、歩行方向決定部 121 は、GPS 受信器から当該時間におけるユーザの移動距離を取得してもよい。歩行方向決定部 121 は、同一時間内の歩数及び移動距離に基づき、ユーザの歩数と距離との関係を算出する。例えば、図 21 に示すように、ユーザによって、歩数と距離との関係は異なる。このため、歩行方向決定部 121 は、上述したような方法により、直進歩行中に算出を行う。なお、図 21 は、アシスト装置 100 を用いた場合の複数のユーザにおける歩数と距離との関係の例を示す図である。また、歩行方向決定部 121 は、ユーザが直進歩行中であるか否かを、位置情報検出部 160 の加速度センサ及びジャイロセンサの計測結果から判定してもよく、GPS 受信器の計測結果から判定してもよい。

【0150】

また、歩数と方向転換角度との関係についても、歩数と距離との関係と同様である。例えば、歩行方向決定部 121 は、ユーザが曲がる動作を開始するタイミング及び終了するタイミングを、位置情報検出部 160 の加速度センサ及びジャイロセンサ、又は、GPS 受信器の計測結果から判定する。さらに、歩行方向決定部 121 は、加速度センサ及びジャイロセンサ、又は、GPS 受信器の計測結果から、ユーザが方向転換した角度も算出する。さらにまた、歩行方向決定部 121 は、加速度センサの加速度波形から、ユーザが方向転換するのに要した歩数を算出する。そして、歩行方向決定部 121 は、歩数と方向転換角度との関係に対応づける。上述の関係付けは、アシスト装置 100 によるアシストがある状態での計測結果から求められてもよく、アシスト装置 100 によるアシストがない状態での計測結果から求められてもよい。

【0151】

ユーザに応じて、1 歩で曲がることのできる方向転換角度には差がある。このため、例えば、歩数に対する方向転換角度が小さい、例えば、2 歩で 10 度しか曲がることのできないユーザの場合、歩行方向決定部 121 は、90 度曲がるために、交差点の 9 歩手前からアシストを開始するように決定してもよい。又は、現在地から交差点までに 9 歩分の距離が取れない場合、歩行方向決定部 121 は、ワイヤ 110 の張力つまりアシスト力を強めて、1 歩でユーザが方向転換する角度を大きくすることもできる。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 2 】

次に、図 2 2 A 及び図 2 2 B を参照すると、アシスト装置 1 0 0 が、曲がり角においてユーザが複数回にわたって曲がることで直角に方向転換するように歩行方向を誘導する例が示されている。図 2 2 A では、ユーザは、図 2 0 A と同様に右方向に直角な方向に向かって曲がるが、1 つの曲がり動作での方向転換角度が小さい。図 2 2 A に示すように、例えば、ユーザが、最終的には 9 0 度曲がるが、4 5 度の方向転換を行ったあと、再度 4 5 度の方向転換する場合、アシスト装置 1 0 0 は、図 2 0 A の例よりも方向転換地点に近い開始地点で、右方向のアシストを開始する。又は、アシスト装置 1 0 0 は、アシストするためにワイヤ 1 1 0 に付与する張力を、図 2 0 A の例よりも低く抑える。これにより、ユーザは自然に方向を転換することができる。

10

【 0 1 5 3 】

そして、図 2 2 A に示すような経路に沿ってユーザが進行するようにアシストする場合、アシスト装置 1 0 0 は、図 2 2 B に示すように、直進方向のアシスト、右方向のアシスト、直進方向のアシスト、右方向のアシスト及び直進方向のアシストを順次実施する。例えば、ユーザが左右の脚で 1 歩ずつ進む間に 4 5 度曲がるようにアシストする場合、アシスト装置 1 0 0 は、1 つめの方向転換地点の 1 歩前から右方向のアシストを開始し、その後、再度直進方向のアシストを行った後、再度次の方向転換地点の 1 歩前から右方向のアシストを開始する。これにより、アシスト装置 1 0 0 は、最終的に、ユーザを 9 0 度曲がるようにアシストする。

【 0 1 5 4 】

なお、上述の例では、アシスト装置 1 0 0 は、歩数と曲がることのできる角度との関係のユーザによる違いから、アシスト開始タイミングを前後に調整し、それにより、様々なユーザの方向転換を可能にしたが、これに限ったものではない。アシスト装置 1 0 0 は、ユーザに応じてアシスト開始タイミングを変えず、アシストのためにワイヤ 1 1 0 に付与する張力を変えてもよい。

20

【 0 1 5 5 】

例えば、図 2 3 A 及び図 2 3 B を参照すると、アシスト装置 1 0 0 が、互いの間の距離が短い 2 つの曲がり角を含む経路に沿って、ユーザの歩行方向を誘導する例が示されている。図 2 3 A に示すように、目的地までの経路において、9 0 度の方向転換の後、すぐに、例えば、2 歩から 4 歩の距離で、9 0 度の方向転換がある場合、アシスト装置 1 0 0 が、アシスト開始タイミングを早くしても、ユーザが 2 つめの方向転換を行うことができない可能性がある。

30

【 0 1 5 6 】

例えば、アシスト装置 1 0 0 がアシストする場合、ユーザは通常、片脚の 1 歩で、約 5 ~ 3 0 度の方向転換角度で曲がることのできる。この場合、2 つめの方向転換を行うためのユーザの歩数が不足する場合がある。また、図 2 3 A では、図 2 3 B に示すように、ユーザは、右方向のアシストを受けた後、すぐに左方向のアシストを受けることになる。ユーザには、右方向にアシストを受けた直後、右方向にアシストされている感覚が残り、ユーザは、このような感覚を有したまま、左方向のアシストを受けることになる。このような場合、ユーザは、自身の感覚に混乱を生じ、左方向のアシストに対応できない場合がある。このため、アシスト装置 1 0 0 は、アシストにおけるワイヤ 1 1 0 の張力を通常よりも大きくすることで、ユーザの 1 歩における方向転換角度を大きくしてもよい。これにより、アシスト装置 1 0 0 は、経路に沿ってユーザの歩行方向を誘導する。

40

【 0 1 5 7 】

しかしながら、アシスト装置 1 0 0 は、ユーザの 1 歩における方向転換角度を大きくしても、ユーザが曲がりきれないと判定する場合、経路を変更してもよい。例えば、歩行方向決定部 1 2 1 は、上記の判定を行い、その結果、図 2 4 A 及び図 2 4 B に示す例のように、方向転換の回数を減らし、方向転換地点までの距離を大きくするように経路を再度設定してもよい。この例では、アシスト装置 1 0 0 は、図 2 4 B に示すように、直進方向のアシスト、右方向のアシスト及び直進方向のアシストを順次行う。なお、方向転換の回数を

50

減らすことによって、アシスト装置 100 のエネルギー消費量が低減するという効果も得られる。

【0158】

[2-5. アシスト装置の方向転換アシスト動作の詳細]

さらに、アシスト装置 100 がユーザの方向転換をアシストする動作の詳細を説明する。具体的には、ユーザの方向転換の際、アシスト装置 100 が張力を増加させるワイヤ 110 と、当該ワイヤ 110 の張力を増加させるタイミングとの関係を説明する。上述したように、アシスト装置 100 の駆動制御部 122 は、アシストの種類に応じたワイヤ - 張力関係に基づき、張力を増加させるワイヤ 110 と、当該ワイヤ 110 の引張力と、当該ワイヤ 110 の張力を増加させるタイミングとを決定し、ユーザの動作をアシストする。以下で説明する動作は、このワイヤ - 張力関係に基づく動作の例である。

10

【0159】

[2-5-1. 方向転換アシストの第一のパターンの動作]

まず、アシスト装置 100 がユーザの方向転換をアシストする動作の第一のパターンの動作を説明する。図 25 には、第一のパターンの動作に関して、ユーザを左方向に方向転換させる場合のアシスト装置 100 におけるワイヤ 110 の張力を増加させるタイミングと、張力が増加されるワイヤ 110 との組み合わせ例が示されている。図 25 には、ユーザの各状態及びその位置が上面図及び側面図で示されている。さらに、図 25 には、張力が増加されるワイヤが示されている。さらにまた、図 25 では、ユーザの左右の脚の状態と、上記ワイヤの張力の状態つまりワイヤ張力の入力プロフィールと、歩行フェーズとが関係付けて示されている。ワイヤ張力の入力プロフィールは、各ワイヤに与えられる最大張力（張力ゲインとも呼ばれる）に対するワイヤ張力の割合を示す。例えば、各ワイヤの張力ゲインが 100 N である場合、実際に付与される張力は、入力プロフィール × 張力ゲインで表される。そして、歩行フェーズ 0 ~ 100 % の間において、アシスト装置 100 は、最大張力を 100 N として、ワイヤ張力を変化させながら生み出す。

20

【0160】

図 25 には、ユーザを左方向に誘導するために、ワイヤ 110 a 2、110 a 4、110 a 6 及び 110 a 8 の張力が増加される例が示されている。つまり、アシスト装置 100 は、左脚を外旋し、且つ右脚を内旋するためのアシストを行う。図 25 において、左脚の歩行フェーズを基準とし、左脚の歩行フェーズにおいて、左脚のかかとの接地を 0 % とし、右脚のかかとの接地を 50 % としている。つまり、これに限定するものではないが、本実施の形態では、左脚の歩行フェーズの 0 % は、右脚の歩行フェーズの 50 % と同時期である。

30

【0161】

左脚の歩行フェーズにおいて、左脚の立脚期は 0 % 以上 60 % 以下の期間であり、遊脚期は 60 % 超 100 % 未満の期間である。また、右脚の歩行フェーズにおいて、右脚の遊脚期は 60 % 超 100 % 未満の期間であり、立脚期は 100 % 以上 160 % 以下の期間である。言い換えると、左脚の歩行フェーズにおいて、右脚の遊脚期は 10 % 超 50 % 未満の期間であり、立脚期は 50 % 以上 110 % 以下の期間である。

【0162】

なお、右脚の歩行フェーズにおいて、右脚の遊脚期の 60 % 超 100 % 未満の期間は、第 1 の歩行フェーズに含まれ、立脚期の 100 % 以上 160 % 以下の期間は、第 1 の歩行フェーズの次の第 2 の歩行フェーズに含まれる。つまり、100 % 以上 160 % 以下の期間は、第 2 の歩行フェーズの 0 % 以上 60 % 以下の期間である。このように、以下の説明において、100 % 以上の数値を用いて表す歩行フェーズは、0 % ~ 100 % の数値を用いて表す歩行フェーズの次の歩行フェーズを意味する。

40

【0163】

ユーザを左方向へと誘導する場合、アシスト装置 100 は、右脚の歩行フェーズの 115 % 付近のタイミングで、右脚に内旋のアシスト力を与える。上記タイミングは、ユーザの右足のかかどが接地した後、右足のつま先が接地するまでの区間に含まれるタイミングで

50

ある。このタイミングは、右脚の立脚期に含まれる。このとき、アシスト装置 100 により、ワイヤ 110 a 6 及び 110 a 8 に、同じタイミングで、第 1 の閾値以上の張力を加える。ここでのワイヤ 110 a 6 及び 110 a 8 の張力の一例は、100 N である。なお、第 1 の閾値は、ユーザが、ワイヤに発生した張力により、左方向に回転する移動のための脚の動作が促されていると認知できるような張力であってもよく、例えば、100 N の 40% である 40 N である。

【0164】

さらに、アシスト装置 100 は、左脚の歩行フェーズが 100% になる直前の期間に、左脚に対して外旋のアシスト力を加える。100% になる直前の期間の例は、65% から 90% の期間に含まれるいずれかのタイミングである。このとき、アシスト装置 100 は、ワイヤ 110 a 2 及び 110 a 4 に、同じタイミングで、例えば 100 N の張力を加える。アシスト装置 100 は、左脚の遊脚期において、左脚にアシスト力を加える。

10

【0165】

具体的には、アシスト装置 100 は、右脚の歩行フェーズの 115% 以上 140% 以下の期間の全体において、右脚の内旋をアシストするために、ワイヤ 110 a 6 及び 110 a 8 の張力を連続的に増加し、右脚のその他のワイヤ 110 a 5 及び 110 a 7 の張力を増加しない。なお、歩行フェーズの 115% 以上 140% 以下の期間は、歩行フェーズを 0 ~ 100% を用いて表す場合、15% 以上 40% 以下の期間である。

【0166】

さらに、アシスト装置 100 は、左脚の歩行フェーズの 65% 以上 90% 以下の期間の全体において、左脚の外旋をアシストするために、ワイヤ 110 a 2 及び 110 a 4 の張力を連続的に増加し、左脚のその他のワイヤ 110 a 1 及び 110 a 3 の張力を増加しない。図 25 において、各ワイヤの張力が増加される際の張力のプロファイルは、台形の波形を形成する。これは、急激な張力の増加及び急激な張力の減少がユーザに与える負荷を低減するためである。なお、アシスト装置 100 は、右脚の歩行フェーズの 115% 以上 140% 以下の期間、及び、左脚の歩行フェーズの 65% 以上 90% 以下の期間において、張力の増加を一時的に中断してもよい。このような場合、アシスト装置 100 がユーザの脚に与える負荷が低減し、ユーザがアシスト装置 100 の作用により感じる負担が低減する。

20

【0167】

図 25 に示すワイヤ張力の入力プロファイルは、駆動制御部 122 がモータ 114 に信号を出力してから、実際にワイヤ 110 に張力が発生するまでの時間の遅れを考慮して、所望の時点よりも、歩行フェーズで数% 早めに、ワイヤ 110 の張力が立ち上がるように設定されている。例えば、右脚へのアシストに関して、右足のつま先が接地するタイミングは、右脚の歩行フェーズにおいて、実際には 120% 程度のタイミングである。しかしながら、ワイヤ 110 の張力の出力の遅れを考慮して、約 5% 程度早いタイミングでワイヤ 110 の張力が立ち上がるように、右脚に関するワイヤ張力の入力プロファイルが作成されている。また、左脚へのアシストに関して、左足のかかとが接地する直前に左脚の股関節が外旋するように、アシスト装置 100 はアシストを行う。そこで、ワイヤの張力の出力の遅れを考慮し、アシストの終了が左脚の歩行フェーズでおおよそ 100% のタイミングになるように、左脚に関するワイヤ張力の入力プロファイルは、左脚の歩行フェーズの 65% 以上 90% 以下の期間で外旋を連続的にアシストするように作成されている。

30

【0168】

図 26 を参照すると、ユーザを右方向に方向転換させる場合のアシスト装置 100 におけるワイヤ 110 の張力を増加させるタイミングと、張力が増加されるワイヤ 110 との組み合わせ例が、図 25 と同様に示されている。図 26 は、ユーザを右方向に誘導するために、ワイヤ 110 a 1、110 a 3、110 a 5 及び 110 a 7 の張力が増加される例である。つまり、アシスト装置 100 は、左脚を内旋し、右脚を外旋するアシストを行う。図 26 は、右脚の歩行フェーズを基準とし、右脚の歩行フェーズにおいて、右脚のかかとの接地を 0% とし、左脚のかかとの接地を 50% としている。右脚の歩行フェーズにおい

40

50

て、右脚の立脚期は0%以上60%以下の期間であり、遊脚期は60%超100%未満の期間である。また、左脚の歩行フェーズにおいて、左脚の遊脚期は60%超100%未満の期間であり、左脚の立脚期は100%以上160%以下の期間である。ユーザを右方向へと誘導する場合、アシスト装置100は、まず、左脚の歩行フェーズの115%付近のタイミングで、左脚に内旋のアシスト力を与える。上記タイミングは、ユーザの左足のかかかとが接地した後、左足のつま先が接地するまでの区間に含まれるタイミングである。このとき、アシスト装置100は、ワイヤ110a1及び110a3に、同じタイミングで、例えば100Nの張力を加える。

【0169】

さらに、アシスト装置100は、右脚の歩行フェーズが100%になる直前の期間に、例えば、65%から90%の期間に含まれるいずれかのタイミングで、右脚に対して外旋のアシスト力を加える。このとき、アシスト装置100は、ワイヤ110a5及び110a7に、同じタイミングで、例えば100Nの張力を加える。

10

【0170】

具体的には、アシスト装置100は、左脚の歩行フェーズの115%以上140%以下の期間の全体において、左脚の内旋をアシストするために、ワイヤ110a1及び110a3の張力を連続的に増加し、左脚のその他のワイヤ110a2及び110a4の張力を増加しない。なお、歩行フェーズの115%以上140%以下の期間は、歩行フェーズを0~100%を用いて表す場合、15%以上40%以下の期間である。

【0171】

さらに、アシスト装置100は、右脚の歩行フェーズの65%以上90%以下の期間の全体において、右脚の外旋をアシストするために、ワイヤ110a5及び110a7の張力を連続的に増加し、右脚のその他のワイヤ110a6及び110a8の張力を増加しない。これに限定するものではないが、本実施の形態では、図26における左脚及び右脚に関するワイヤ張力の入力プロフィールは、図25における左脚及び右脚に関するワイヤ張力の入力プロフィールを左右で入れ替えたものと同等である。図26におけるワイヤ張力の入力プロフィールも、図25の場合と同様に、アシスト装置100における張力の出力の遅れを考慮して、作成されている。

20

【0172】

なお、本実施の形態において、方向転換のアシストを行う際のワイヤ110の張力はどのワイヤであっても100Nとしたが、これに限ったものではない。ユーザによって、股関節のモーメントアーム及び脚の長さが異なるため、同じワイヤ110に同じ張力を与えた場合でも、股関節が受けるアシストトルクがユーザによって異なる。なお、アシストトルクは、ワイヤ張力×モーメントアームで求められる。したがって、ユーザに応じて異なる張力をワイヤ110に与えてもよい。痩せているユーザよりも太っているユーザの方が、股関節のモーメントアームが大きくなる。このため、例えば、腹囲100cm以上のような太ったユーザの場合、張力を60Nとし、腹囲70cm以下のような痩せたユーザの場合、張力を120Nとしてもよい。これにより、太ったユーザ及び痩せたユーザが受けるアシストトルクが同等になり得る。

30

【0173】

また、ユーザの脚の長さに応じて、張力を変更してもよい。例えば、上半身ベルト111並びに膝ベルト112a及び112bがユーザの身体の同じ部位に取り付けられた場合、ユーザの脚の長さ、具体的には大腿部の長さが短くなるほど、ユーザの冠状面におけるワイヤ110の傾きが大きくなる。このため、ワイヤ110に同じ張力を与えた場合でも、大腿部の長さが短い程、外旋及び内旋の方向であるねじり方向のアシストトルクが大きくなる。よって、脚が長いユーザに対して、外旋及び内旋でのワイヤ110の張力を大きくすることによって、脚が長いユーザも脚が短いユーザと同等のアシストを受けることができる。また、屈曲及び伸展方向のアシストでは、脚が長いユーザの方が、ワイヤ110の張力の縦方向つまり上下方向の力成分を大きく受けるため、脚が長いユーザに対するワイヤ110の張力を小さくしてもよい。このように、ユーザ毎の体型及び脚の長さに応じて

40

50

、ワイヤ張力を調整することで、ユーザに無理のないアシストトルクを与えることが可能となる。

【0174】

また、内旋及び外旋の各アシストにおいて、ユーザの脚の前後におけるワイヤ張力を同じとしたが、これに限ったものではない。例えば、脚の前側に配置されているワイヤの張力を、脚の後側に配置されているワイヤの張力よりも大きくしてもよい。後側のワイヤはユーザの臀部を經由するため、ユーザの後側のモーメントアームは、前側と比較して大きくなり、これにより、ユーザの後側で股関節に作用するアシストトルクは、ユーザの前側よりも大きくなる。したがって、前側のワイヤの張力をより大きくすることで、アシスト装置100は、方向誘導における内旋及び外旋のアシストを、ユーザの前後でバランスよく行うことができる。

10

【0175】

なお、図25及び図26では、ワイヤ張力の入力プロフィールの波形は、シンプルな四角形、具体的には台形としているが、これに限ったものではない。三角波又はガウシアン波形を用いて、入力プロフィールの波形を作成してもよい。例えば、矩形及び台形等の四角形の波形で入力プロフィールを作成した場合、ワイヤ張力の急な立ち上がり又は急な降下が起こることがある。このような張力変化は、ユーザに対してアシストの違和感を与える可能性がある。そこで、例えば、入力プロフィールの波形を三角波とした場合、最大張力までのワイヤ張力の立ち上がりを、徐々に変化する緩やかなものにしてもよい。これにより、アシスト装置100は、ユーザの脚を慎重に回転させることができ、急なワイヤ張力の変化によるユーザの転倒等の危険性も減らすことができる。

20

【0176】

また、実際のヒト歩行において、脚が生み出す屈曲及び伸展トルク、並びに、内旋及び外旋トルクは、なめらかに連続的に変化する。このため、入力プロフィールの波形は、ガウシアン波形が適用されてもよい。ガウシアン波形は、例えば、下記の式1に示されるようなガウス関数を用いて、複数のガウス関数を足し合わせる、つまり重ね合わせることで作成した波形であってもよい。このとき、複数のガウス関数の重ね合わせ方法のうち、実際のヒトの歩行時の脚のトルクの波形に最も近い重ね合わせ方法が見つけれられ、入力プロフィールの波形の生成に適用される。このような方法を見つけ出すことは、ガウスフィッティングとも呼ばれる。これにより、ヒトの歩行に近い形でアシストトルクを付与することができるため、より自然なアシストが可能になる。

30

【0177】

【数1】

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (\text{式1})$$

【0178】

具体的には、ガウス関数は、 μ 、 σ の変数（パラメータとも呼ぶ）のペアを持ち、これらの2つのパラメータによって、ガウス関数の波形が決まる。 μ により、ガウス関数の波のピークを示す時間が決まり、 σ により、ガウス関数の波の幅が決まる。よって、2つのパラメータの様々な組み合わせにより、様々なガウス関数が生成され得る。

40

【0179】

ヒトの歩行時の脚に生じるトルクの振幅をガウス関数に乗じた関数は、横軸を時間（単位：秒）とし、縦軸をトルク（単位：Nm）とする波形を形成する。振幅の例は、ヒトの歩行時の脚の最大トルクであり、例えば20Nm等である。そして、複数のガウス関数を重ね合わせて、実際のヒトの歩行時の脚のトルク及び時間の波形に最も近い重ね合わせ方法が見つけれられる。このとき、様々な2つのパラメータ μ 、 σ を有するn個のガウス関数 $f_1(x)$ 、 $f_2(x)$ 、 \dots 、 $f_n(x)$ を用いて、実際のヒトの歩行データに対し

50

てガウスフィッティングを行うことによって、ガウス関数が得られる。さらに、得られた複数のガウス関数を重ね合わせることによって、新たなガウス関数が得られる。この新たなガウス関数の2つのパラメータ μ 、 σ を調整することで、アシストの入力プロフィールを作成することができる。

【0180】

また、各アシストにおけるワイヤ張力の入力プロフィールの付与期間は、各歩行フェーズを0～100%を用いて表す場合、各脚の立脚期では当該脚の歩行フェーズの15%以上40%以下の期間とし、各脚の遊脚期では当該脚の歩行フェーズの65%以上90%以下の期間としたが、これに限ったものではない。例えば、左方向への誘導時の左脚の外旋のアシスト、及び右方向への誘導時の右脚の外旋のアシストにおいて、前述した期間での入力プロフィールでは、ユーザによっては、遊脚期終了時に外旋状態の脚が元の状態に戻ってしまう場合がある。この場合、外旋のアシストが方向誘導へ与える影響力が小さくなる可能性がある。そのようなユーザに対しては、遊脚期における外旋のアシスト期間を長くして、例えば、かかとの接地後も外旋のアシストが続くようにしてもよい。こうすることで、ユーザは、必然的に足が外側に開いた状態で接地することになり、より方向転換を行いやすくなる。アシスト装置100は、上記ユーザに対するアシストの実績から、アシスト期間の延長を判定してもよく、予め入力されたユーザの情報により、アシスト期間の延長を判定してもよい。

10

【0181】

例えば、図27を参照すると、ユーザを右方向に方向転換させる場合のアシスト装置100におけるワイヤ110の張力を増加させるタイミングと、張力が増加されるワイヤ110との組み合わせの別例が、図26と同様に示されている。図27は、右脚の外旋のアシストが、かかとの接地後も行われる場合のワイヤ張力の入力プロフィールを示す。図27の例では、アシスト装置100は、右脚に外旋のアシスト力を与え、このとき、右脚の歩行フェーズにおいて、65%以上110%以下の期間の全体において、ワイヤ110a5及び110a7の張力を連続的に増加する。これにより、ユーザは、遊脚期を超えて右脚の外旋のアシストを受け、右足が完全に接地するまで右脚の外旋状態を維持し、目的の方向に向けた状態で右足を着地させる。よって、方向転換誘導の効果が少ないユーザであっても、アシスト装置100による方向転換誘導の効果が向上する。

20

【0182】

[2-5-2. 方向転換アシストの第二のパターンの動作]

アシスト装置100がユーザの方向転換をアシストする動作の第二のパターンの動作を説明する。アシスト装置100は、第一のパターンの動作では、ユーザの方向転換をアシストするために、左脚及び右脚に外旋又は内旋させるアシスト力を付与していた。第二のパターンの動作では、アシスト装置100は、ユーザの方向転換をアシストするために、左脚及び右脚に外転又は内転させるアシスト力を付与する。

30

【0183】

まず、脚に外転及び内転するアシスト力を受けたときのユーザの動作を説明する。図28A及び図28Bを参照すると、遊脚期の右脚を外転及び内転するアシスト力を受けたユーザの動作の例が示されている。図28Aに示すように、ユーザが、アシスト装置100から遊脚期の右脚を外転するアシスト力、つまりトルクを受けると、ユーザの重心は、右方向、つまり、アシスト力を受ける右脚の方向に移動する。これにより、ユーザは、重心の移動方向である右方向へ方向転換するように誘導される。図28Bに示すように、ユーザが、アシスト装置100から遊脚期の右脚を内転するアシスト力を受けると、ユーザの重心は、左方向、つまり、アシスト力を受ける右脚と反対の方向に移動する。これにより、ユーザは、左方向へ方向転換するように誘導される。また、ユーザが、遊脚期の左脚に外転又は内転するアシスト力を受けた場合、上述の右脚の場合と逆方向に、つまり、左方向又は右方向に誘導される。

40

【0184】

図29A及び図29Bを参照すると、立脚期の左脚を外転及び内転するアシスト力を受け

50

たユーザの動作の例が示されている。図 29 A に示すように、ユーザが、アシスト装置 100 から立脚期の左脚を外転するアシスト力を受けると、ユーザの重心は、右方向、つまり、アシスト力を受ける左脚と反対の方向に移動する。これにより、ユーザは、右方向へ方向転換するように誘導される。図 29 B に示すように、ユーザが、アシスト装置 100 から立脚期の左脚を内転するアシスト力を受けると、ユーザの重心は、左方向、つまりアシスト力を受ける左脚の方向に移動する。これにより、ユーザは、左方向へ方向転換するように誘導される。また、ユーザが、立脚期の右脚に外転又は内転するアシスト力を受けた場合、上述の左脚の場合と逆方向に、つまり、左方向又は右方向に誘導される。

【0185】

上述から、アシスト装置 100 は、例えば、ユーザを右方向に方向転換するように誘導する場合、右脚に対して、遊脚期に外転のアシストを行い、立脚期には内転のアシストを行ってもよい。また、アシスト装置 100 は、左脚に対して、遊脚期に内転のアシストを行い、立脚期には外転のアシストを行ってもよい。これにより、アシストを受けている間、ユーザの体の重心が常に右方向に移動するため、ユーザは、右方向へ方向転換するように誘導される。左方向への方向転換についても、ユーザの体の重心が常に左方向に移動するように、アシスト装置 100 は、右脚に対して、遊脚期に内転のアシストを行い、立脚期には外転のアシストを行ってもよい。また、アシスト装置 100 は、左脚に対して、遊脚期に外転のアシストを行い、立脚期には内転のアシストを行ってもよい。

10

【0186】

上述のようなユーザの各脚への外転及び内転のアシストと体の重心の移動方向との関係は、下記の表 3 のようにまとめられる。

20

【0187】

【表 3】

表3:各脚への外転及び内転のアシストと体の重心との関係

対象脚	脚の状態	アシスト内容	体の重心移動方向
左脚	遊脚	外転	左
	遊脚	内転	右
	立脚	外転	右
	立脚	内転	左
右脚	遊脚	外転	右
	遊脚	内転	左
	立脚	外転	左
	立脚	内転	右

30

40

【0188】

第二の 패턴の動作では、アシスト装置 100 は、左脚及び右脚に外転又は内転させるアシスト力を付与することによって、ユーザの重心を方向転換すべき方向に移動させ、当該方向にユーザを方向転換させる。

【0189】

例えば、図 30 には、外転及び内転のアシストを用いてユーザを右方向に方向転換させる場合のアシスト装置 100 におけるワイヤ 110 の張力を増加させるタイミングが示されている。図 30 に示すように、アシスト装置 100 は、右脚の立脚期にワイヤ 110 a 5 及び 110 a 8 の張力を増加することで、ユーザの右脚に内転のアシスト力を与える。さ

50

らに、アシスト装置 100 は、右脚の遊脚期にワイヤ 110 a 6 及び 110 a 7 の張力を増加することで、ユーザの右脚に外転のアシスト力を与える。また、アシスト装置 100 は、左脚の遊脚期にワイヤ 110 a 1 及び 110 a 4 の張力を増加することで、ユーザの左脚に内転のアシスト力を与える。さらに、アシスト装置 100 は、左脚の立脚期にワイヤ 110 a 2 及び 110 a 3 の張力を増加することで、ユーザの左脚に外転のアシスト力を与える。これにより、ユーザの重心が右方向に移動する。

【0190】

なお、上述では、アシスト装置 100 は、各脚に対して、立脚期及び遊脚期の間で、外転方向及び内転方向の互いに異なる方向にトルクをかけたが、これに限ったものではない。例えば、上述では、アシスト装置 100 は、左脚及び右脚に対して、4種類のアシスト力、つまりアシストトルクを加えたが、4種類のアシストトルクの一部を加えてもよい。例えば、右方向への方向転換の誘導であれば、アシスト装置 100 は、遊脚期の右脚を外転させるアシストトルクと、立脚期の左脚を外転させるアシストトルクとを加えてもよい。又は、アシスト装置 100 は、遊脚期の右脚を外転させるアシストトルクと、遊脚期の左脚を内転させるアシストトルクとを加えてもよい。ユーザが4種類のアシストトルクを受ける場合、左脚及び右脚が一緒に外転又は内転のアシストトルクを受ける。これにより、ユーザが体感する信号が多くなるため、ユーザによっては、混乱を生み、逆効果となる可能性がある。したがって、アシスト装置 100 は、特定のタイミング、又は、各脚において特定の期間にアシストトルクをかけてもよい。

【0191】

また、第一のパターンの動作によるユーザの脚の外旋及び内旋をアシストするケースと、上述のユーザの脚の外転及び内転をアシストするケースとを組み合わせてもよい。この場合、アシスト装置 100 は、脚の外旋及び内旋のためのワイヤ張力の入力プロフィールと、脚の外転及び内転のためのワイヤ張力の入力プロフィールとを足し合わせたワイヤ張力の入力プロフィールを用いてもよい。アシスト装置 100 は、外旋及び内旋のアシストトルクを与えることにより、ユーザの足先の向きを変更し、外転及び内転のアシストトルクを与えることにより、ユーザの重心を移動させ、これにより、ユーザの方向転換の誘導を効果的にすることができる。

【0192】

[2 - 5 - 3 . 方向転換アシストの第三のパターンの動作]

アシスト装置 100 がユーザの方向転換をアシストする動作の第三のパターンの動作を説明する。第三のパターンの動作では、アシスト装置 100 は、外旋及又は内旋動作のアシスト力と外転又は内転動作のアシスト力とを組み合わせたアシスト力を、ユーザの脚に付与する。

【0193】

図 31 を参照すると、第三のパターンの動作に基づき、ユーザを左方向に方向転換させる場合のアシスト装置 100 におけるワイヤ 110 の張力を増加させるタイミングと、張力が増加されるワイヤ 110 との組み合わせ例が、図 25 と同様に示されている。アシスト装置 100 は、ユーザを左方向に誘導するために、ワイヤ 110 a 2、110 a 3、110 a 4、110 a 5、110 a 6 及び 110 a 8 の張力を増加し、左脚及び右脚のアシストを行う。

【0194】

ユーザを左方向へと誘導する際、アシスト装置 100 は、左脚の歩行フェーズの 65% の付近のタイミングで、左脚に外旋及び外転のアシスト力を同時に与える。このとき、アシスト装置 100 は、ワイヤ 110 a 2、110 a 3 及び 110 a 4 に、同じタイミングで、第 1 の閾値以上の張力を加え、例えば 100 N の張力を加える。上記第 1 の閾値は、第一のパターンの動作の第 1 の閾値と同じである。ワイヤ 110 a 2 及び 110 a 3 の張力のペアは、外転のアシスト力として作用し、ワイヤ 110 a 2 及び 110 a 4 の張力のペアは、外旋のアシスト力として作用する。

【0195】

10

20

30

40

50

アシスト装置 100 は、左脚の歩行フェーズの 65% 以上 120% 以下の期間の全体において、ワイヤ 110 a 2、110 a 3 及び 110 a 4 に張力を連続的に加え、左脚に外旋及び外転のアシスト力を連続的に与える。さらに、ワイヤ 110 a 2、110 a 3 及び 110 a 4 の張力は、左脚の歩行フェーズの約 68% 以上 110% 以下の期間の全体において、100 N の最大値を連続的にとる。そして、ワイヤ 110 a 2、110 a 3 及び 110 a 4 の張力は、左脚の歩行フェーズの 110% 超 120% 以下の期間全体にわたって、第 1 の閾値未満の張力へ、つまり、張力が付与される前の状態に向かって減少する。なお、アシスト装置 100 は、その他のワイヤ 110 a 1 及び 110 a 5 ~ 110 a 8 の張力を増加せず、第 1 の閾値未満とする。歩行フェーズを 0 ~ 100% の値で表現する場合、左脚の歩行フェーズの 65% 以上 120% 以下の期間は、第 1 の歩行フェーズの 65% 以上 100% 以下の期間、及び、次の第 2 の歩行フェーズの 0% 以上 20% 以下の期間である。

10

【0196】

さらに、アシスト装置 100 は、右脚の歩行フェーズの 65% の付近のタイミングで、右脚に内旋及び内転のアシスト力を同時に与える。右脚の歩行フェーズの 65% は、左脚の歩行フェーズの 115% に相当する。このとき、アシスト装置 100 は、ワイヤ 110 a 5、110 a 6 及び 110 a 8 に、同じタイミングで、第 1 の閾値以上の張力を加え、例えば 100 N の張力を加える。ワイヤ 110 a 5 及び 110 a 8 の張力のペアは、内転のアシスト力として作用し、ワイヤ 110 a 6 及び 110 a 8 の張力のペアは、内旋のアシスト力として作用する。

20

【0197】

アシスト装置 100 は、右脚の歩行フェーズの 65% 以上 120% 以下の期間の全体において、ワイヤ 110 a 5、110 a 6 及び 110 a 8 に張力を連続的に加え、右脚に内旋及び内転のアシスト力を連続的に与える。さらに、ワイヤ 110 a 5、110 a 6 及び 110 a 8 の張力は、右脚の歩行フェーズの約 68% 以上 110% 以下の期間の全体において、100 N の最大値を連続的にとる。そして、ワイヤ 110 a 5、110 a 6 及び 110 a 8 の張力は、右脚の歩行フェーズの 110% 超 120% 以下の期間全体にわたって、張力が付与される前の状態に向かって減少する。なお、アシスト装置 100 は、その他のワイヤ 110 a 1 ~ 110 a 4 及び 110 a 7 の張力を増加せず、第 1 の閾値未満とする。歩行フェーズを 0 ~ 100% の値で表現する場合、右脚の歩行フェーズの 65% 以上 120% 以下の期間は、第 1 の歩行フェーズの 65% 以上 100% 以下の期間、及び、次の第 2 の歩行フェーズの 0% 以上 20% 以下の期間である。

30

【0198】

ここで、同じタイミングとは、複数のタイミングが全く同じであるケースだけでなく、複数のタイミングに差異つまり時間差があるケースも含む。上記差異は、歩行フェーズの値で 10% 未満であることが好ましく、5% 以内であってもよい。例えば、差異が 5% 以内である場合の例は、複数のタイミングの歩行フェーズの値の平均値から $\pm 5\%$ 以内の歩行フェーズの値の範囲内に、全てのタイミングの歩行フェーズの値が含まれることである。

【0199】

なお、上述では、アシスト装置 100 は、ワイヤ 110 a 2、110 a 3 及び 110 a 4 に対して、同じタイミングで張力を発生させ、ワイヤ 110 a 5、110 a 6 及び 110 a 8 に対して、同じタイミングで張力を発生させていたが、これに限定されない。3つのワイヤに張力を発生させるタイミングは、同じでなくてもよい。

40

【0200】

上述から、アシスト装置 100 が左脚に外旋及び外転のアシスト力を与える期間は、左脚の遊脚期だけでなく立脚期に至る。そして、ワイヤ 110 a 2、110 a 3 及び 110 a 4 の張力は、立脚期においても最大値を維持した後に減少する。これにより、アシスト装置 100 は、左脚に対して、遊脚期の終了まで略一定の外旋及び外転のアシスト力を与え、立脚期に入った直後も、遊脚期と同様の外旋及び外転のアシスト力を与える。

【0201】

50

このようなアシスト装置 100 は、左脚の遊脚期において、外旋及び外転の 2 つのアシスト力を同時に与えることによって、ユーザの左足の足先を方向転換の方向に向け且つユーザの体の重心を左方向に移動させる。これにより、アシスト装置 100 は、ユーザを、左方向に効果的に方向転換させることができる。さらに、アシスト装置 100 は、ユーザの左足のかかとの接地後も外旋のアシスト力を加える。これにより、ユーザは、左足を方向転換の方向に向けた状態で接地し維持することができるため、スムーズに方向転換することができる。さらにまた、アシスト装置 100 は、左脚が立脚期に入った直後、ユーザの重心を右方向に移動させる、つまり中立状態に戻す。これにより、ユーザは、方向転換中での脚の着地時に不安定になりやすい姿勢を安定させることができる。

【0202】

また、アシスト装置 100 が右脚に内旋及び内転のアシスト力を与える期間は、右脚の遊脚期だけでなく立脚期に至る。そして、ワイヤ 110 a 5、110 a 6 及び 110 a 8 の張力は、立脚期においても最大値を維持した後に減少する。これにより、アシスト装置 100 は、右脚に対して、遊脚期の終了まで略一定の内旋及び内転のアシスト力を与え、立脚期に入った直後も、遊脚期と同様の内旋及び内転のアシスト力を与える。

【0203】

このようなアシスト装置 100 は、右脚の遊脚期において、内旋及び内転の 2 つのアシスト力を同時に与えることによって、ユーザの右足の足先を方向転換の方向に向け且つユーザの体の重心を左方向に移動させる。これにより、アシスト装置 100 は、ユーザを、左方向に効果的に方向転換させることができる。さらに、アシスト装置 100 は、ユーザの右足のかかとの接地後も内旋のアシスト力を加える。これにより、ユーザは、右足を方向転換の方向に向けた状態で接地し維持することができるため、スムーズに方向転換することができる。さらにまた、アシスト装置 100 は、右脚が立脚期に入った直後、ユーザの重心を右方向に移動させる、つまり中立状態に戻す。これにより、ユーザは、方向転換中での脚の着地時に不安定になりやすい姿勢を安定させることができる。

【0204】

また、ワイヤ 110 a 2、110 a 3 及び 110 a 4 へのワイヤ張力の入力プロフィールと、ワイヤ 110 a 5、110 a 6 及び 110 a 8 へのワイヤ張力の入力プロフィールとは、同様である。これにより、ユーザは、左右の脚に、バランスがとれた均等なアシスト力を感じつつ、アシスト装置 100 からアシストを受ける。なお、2 つの入力プロフィールは異なってもよい。

【0205】

また、アシスト装置 100 は、ユーザの方向転換をアシストする期間に応じて、ワイヤ 110 a 2、110 a 3 及び 110 a 4 への張力の付与と、ワイヤ 110 a 5、110 a 6 及び 110 a 8 への張力の付与とを繰り返してもよい。また、アシスト装置 100 は、ユーザの方向転換をアシストするタイミングに応じて、最初にアシスト力を付与する脚を決定してもよい。例えば、図 31 の例では、アシスト装置 100 が最初にアシスト力を付与する脚は、左脚であったが、右脚であってもよい。

【0206】

また、図 31 の例では、ワイヤの張力の減少が開始するタイミングが、立脚期に含まれていたが、これに限定されず、ワイヤの張力を減少するタイミングを早めてもよい。例えば、脚を着地する際の姿勢が安定しているユーザの場合、左脚及び右脚の遊脚期の終了時点、ワイヤの張力の減少を開始するタイミングとしてもよい。

【0207】

また、上述では、アシスト装置 100 は、第三のパターンの動作によりユーザを左方向へ方向転換させたが、左方向と同様に、ユーザを右方向へ方向転換させることができる。例えば、第三のパターンの動作での右方向への方向転換に関連するワイヤ及びワイヤ張力の入力プロフィールは、図 32 のように示すことができる。

【0208】

この場合、アシスト装置 100 は、右脚の歩行フェーズの 65% 以上 120% 以下の期間

10

20

30

40

50

の全体において、ワイヤ 110a5、110a6 及び 110a7 に張力を連続的に加え、右脚に外旋及び外転のアシスト力を同時に連続的に与える。ワイヤ 110a5、110a6 及び 110a7 の張力は、右脚の歩行フェーズの約 68% 以上 110% 以下の期間の全体において、第 1 の閾値以上の最大値を連続的にとる。さらに、アシスト装置 100 は、左脚の歩行フェーズの 65% 以上 120% 以下の期間の全体において、ワイヤ 110a1、110a3 及び 110a4 に張力を連続的に加え、左脚に内旋及び内転のアシスト力を同時に連続的に与える。ワイヤ 110a1、110a3 及び 110a4 の張力は、左脚の歩行フェーズの約 68% 以上 110% 以下の期間の全体において、第 1 の閾値以上の最大値を連続的にとる。左脚の歩行フェーズの 65% は、右脚の歩行フェーズの 115% に相当する。

10

【0209】

よって、ユーザを右方向へ方向転換させる場合における左脚及び右脚のワイヤ張力の入力プロフィールは、ユーザを左方向へ方向転換させる場合における左脚及び右脚のワイヤ張力の入力プロフィールを左右で入れ替えたものと同等である。なお、張力が増加されないワイヤの張力は、第 1 の閾値未満である。そして、ユーザは、方向転換のための脚の動作つまり回転移動動作として、2 つの動作に対するアシスト力を同時に 1 つの脚に受け、右方向に回転移動させられる。

【0210】

[2-5-4. 方向転換アシストの第四のパターンの動作]

アシスト装置 100 がユーザの方向転換をアシストする動作の第四のパターンの動作を説明する。アシスト装置 100 は、第三のパターンの動作において、遊脚期のユーザの脚にアシスト力を付与していた。第四のパターンの動作では、アシスト装置 100 は、外旋又は内旋動作のアシスト力と外転又は内転動作のアシスト力とを組み合わせさせたアシスト力を、立脚期のユーザの脚に付与する。

20

【0211】

図 33 を参照すると、第四のパターンの動作に基づき、ユーザを左方向に方向転換させる場合のアシスト装置 100 におけるワイヤ 110 の張力を増加させるタイミングと、張力が増加されるワイヤ 110 との組み合わせ例が、図 31 と同様に示されている。アシスト装置 100 は、ユーザを左方向に誘導するために、ワイヤ 110a1、110a2、110a4、110a6、110a7 及び 110a8 の張力を増加し、左脚及び右脚のアシストを行う。

30

【0212】

ユーザを左方向へと誘導する際、アシスト装置 100 は、左脚の歩行フェーズの 15% の付近のタイミングで、左脚に外旋及び内転のアシスト力を同時に与える。アシスト装置 100 は、当該アシスト力を与えるために、ワイヤ 110a1、110a2 及び 110a4 に、同じタイミングで、第 1 の閾値以上の張力を加え、例えば 100 N の張力を加える。上記第 1 の閾値は、第一のパターンの動作の第 1 の閾値と同じである。ワイヤ 110a1 及び 110a4 の張力のペアは、内転のアシスト力として作用し、ワイヤ 110a2 及び 110a4 の張力のペアは、外旋のアシスト力として作用する。

【0213】

アシスト装置 100 は、左脚の歩行フェーズの 15% 以上 70% 以下の期間の全体において、ワイヤ 110a1、110a2 及び 110a4 に張力を連続的に加え、左脚に外旋及び内転のアシスト力を連続的に与える。さらに、ワイヤ 110a1、110a2 及び 110a4 の張力は、左脚の歩行フェーズの約 18% 以上 60% 以下の期間の全体において、最大値を連続的にとる。そして、ワイヤ 110a1、110a2 及び 110a4 の張力は、左脚の歩行フェーズの 60% 超 70% 以下の期間全体にわたって、張力が付与される前の状態に向かって減少する。なお、アシスト装置 100 は、その他のワイヤ 110a3 及び 110a5 ~ 110a8 の張力を増加せず、第 1 の閾値未満とする。

40

【0214】

さらに、アシスト装置 100 は、右脚の歩行フェーズの 115% の付近のタイミングで、

50

右脚に内旋及び外転のアシスト力を同時に与える。右脚の歩行フェーズの115%は、左脚の歩行フェーズの65%に相当する。アシスト装置100は、当該アシスト力を与えるために、ワイヤ110a6、110a7及び110a8に、同じタイミングで、第1の閾値以上の張力を加え、例えば100Nの張力を加える。ワイヤ110a6及び110a7の張力のペアは、外転のアシスト力として作用し、ワイヤ110a6及び110a8の張力のペアは、内旋のアシスト力として作用する。

【0215】

アシスト装置100は、右脚の歩行フェーズの115%以上170%以下の期間の全体において、ワイヤ110a6、110a7及び110a8に張力を連続的に加え、右脚に内旋及び外転のアシスト力を連続的に与える。さらに、ワイヤ110a6、110a7及び110a8の張力は、右脚の歩行フェーズの約118%以上160%以下の期間の全体において、最大値を連続的にとる。そして、ワイヤ110a6、110a7及び110a8の張力は、右脚の歩行フェーズの160%超170%以下の期間全体にわたって、張力が付与される前の状態に向かって減少する。なお、アシスト装置100は、その他のワイヤ110a1~110a4及び110a5の張力を増加せず、第1の閾値未満とする。

10

【0216】

上述では、アシスト装置100は、ワイヤ110a1、110a2及び110a4に対して、同じタイミングで張力を発生させ、ワイヤ110a6、110a7及び110a8に対して、同じタイミングで張力を発生させていたが、これに限定されない。3つのワイヤに張力を発生させるタイミングは、同じでなくてもよい。

20

【0217】

上述から、アシスト装置100が左脚に外旋及び内転のアシスト力を与える期間は、左脚の立脚期だけでなく遊脚期に至る。そして、ワイヤ110a1、110a2及び110a4の張力は、立脚期の終了時まで最大値を維持し、遊脚期において減少する。つまり、アシスト装置100は、左脚に対して、立脚期の終了時まで略一定の外旋及び内転のアシスト力を与え、遊脚期に入ると、当該アシスト力を減少させる。

【0218】

このようなアシスト装置100は、左脚の立脚期において、ユーザの左足の足先を方向転換の方向に向け且つユーザの体の重心を左方向に移動させ、ユーザを左方向に方向転換させる。さらに、アシスト装置100は、ユーザの左足のかかとの接地後も外旋のアシスト力を加え、ユーザの左足を方向転換の方向に向けた状態で接地させる。さらにまた、アシスト装置100は、左脚が遊脚期に入ると、ユーザの重心を右方向に、つまり中立状態に移動させ、アシスト終了時のユーザの姿勢を安定させる。

30

【0219】

また、アシスト装置100が右脚に内旋及び外転のアシスト力を与える期間は、右脚の立脚期だけでなく遊脚期に至る。そして、ワイヤ110a6、110a7及び110a8の張力は、立脚期の終了時まで最大値を維持し、遊脚期において減少する。つまり、アシスト装置100は、右脚に対して、立脚期の終了時まで略一定の内旋及び外転のアシスト力を与え、遊脚期に入ると、当該アシスト力を減少させる。

【0220】

このようなアシスト装置100は、右脚の立脚期において、ユーザの右足の足先を方向転換の方向に向け且つユーザの体の重心を左方向に移動させ、ユーザを左方向に方向転換させる。さらに、アシスト装置100は、ユーザの右足のかかとの接地後も内旋のアシスト力を加え、ユーザの右足を方向転換の方向に向けた状態で接地させる。さらにまた、アシスト装置100は、右脚が遊脚期に入ると、ユーザの重心を中立状態に移動させ、アシスト終了時のユーザの姿勢を安定させる。

40

【0221】

また、ワイヤ110a1、110a2及び110a4へのワイヤ張力の入力プロフィールと、ワイヤ110a6、110a7及び110a8へのワイヤ張力の入力プロフィールとは、同様である。これにより、ユーザは、左右の脚に、バランスがとれた均等なアシスト

50

力を感じつつ、アシスト装置 100 からアシストを受ける。なお、2つの入力プロフィールは異なってもよい。

【0222】

また、アシスト装置 100 は、ユーザの方向転換をアシストする期間に応じて、ワイヤ 110 a 1、110 a 2 及び 110 a 4 への張力の付与と、ワイヤ 110 a 6、110 a 7 及び 110 a 8 への張力の付与とを繰り返してもよい。また、アシスト装置 100 は、ユーザの方向転換をアシストするタイミングに応じて、最初にアシスト力を付与する脚を決定してもよい。例えば、図 33 の例では、アシスト装置 100 が最初にアシスト力を付与する脚は、左脚であったが、右脚であってもよい。

【0223】

また、上述では、アシスト装置 100 は、第四のパターンの動作によりユーザを左方向へ方向転換させたが、左方向と同様に、ユーザを右方向へ方向転換させることができる。例えば、第四のパターンの動作での右方向への方向転換に関連するワイヤ及びワイヤ張力の入力プロフィールは、図 34 のように示すことができる。

【0224】

この場合、アシスト装置 100 は、右脚の歩行フェーズの 15% 以上 70% 以下の期間の全体において、ワイヤ 110 a 5、110 a 7 及び 110 a 8 に張力を連続的に加え、右脚に外旋及び内転のアシスト力を同時に連続的に与える。ワイヤ 110 a 5、110 a 7 及び 110 a 8 の張力は、右脚の歩行フェーズの約 18% 以上 60% 以下の期間の全体において、第 1 の閾値以上の最大値を連続的にとる。さらに、アシスト装置 100 は、左脚の歩行フェーズの 115% 以上 170% 以下の期間の全体において、ワイヤ 110 a 1、110 a 2 及び 110 a 3 に張力を連続的に加え、左脚に内旋及び外転のアシスト力を同時に連続的に与える。ワイヤ 110 a 1、110 a 2 及び 110 a 3 の張力は、左脚の歩行フェーズの約 118% 以上 160% 以下の期間の全体において、第 1 の閾値以上の最大値を連続的にとる。左脚の歩行フェーズの 115% は、右脚の歩行フェーズの 65% に相当する。

【0225】

よって、ユーザを右方向へ方向転換させる場合における左脚及び右脚のワイヤ張力の入力プロフィールは、ユーザを左方向へ方向転換させる場合における左脚及び右脚のワイヤ張力の入力プロフィールを左右で入れ替えたものと同等である。なお、張力が増加されないワイヤの張力は、第 1 の閾値未満である。そして、ユーザは、方向転換のための脚の動作として、2つの動作に対するアシスト力を同時に1つの脚に受け、右方向に回転移動させられる。

【0226】

[2 - 5 - 5 . 方向転換アシストの第五のパターンの動作]

アシスト装置 100 がユーザの方向転換をアシストする動作の第五のパターンの動作を説明する。アシスト装置 100 は、第三のパターンの動作において、同じタイミングで3つのワイヤに発生させる張力を同等とした。第五のパターンの動作において、アシスト装置 100 は、外旋及び外転等の2つの動作の両方のアシスト力を受け持つワイヤの張力を、2つの動作の一方のアシスト力を受け持つワイヤの張力よりも大きくする。

【0227】

図 35 を参照すると、第五のパターンの動作に基づき、ユーザを左方向に方向転換させる場合のアシスト装置 100 におけるワイヤ 110 の張力を増加させるタイミングと、張力が増加されるワイヤ 110 との組み合わせ例が、図 31 と同様に示されている。アシスト装置 100 は、第三のパターンの動作と同じタイミング及び期間で、ワイヤ 110 a 2、110 a 3、110 a 4、110 a 5、110 a 6 及び 110 a 8 に張力を付与する。

【0228】

ユーザを左方向へと誘導する際、アシスト装置 100 は、ユーザの左脚に外旋及び外転のアシスト力を同時に与えるために、ワイヤ 110 a 2、110 a 3、110 a 4 に、第 1 の閾値以上の張力を加える。上記第 1 の閾値は、第一のパターンの動作の第 1 の閾値と同

10

20

30

40

50

じである。そして、ワイヤ 110 a 2 及び 110 a 3 の張力のペアは、外転のアシスト力として作用し、ワイヤ 110 a 2 及び 110 a 4 の張力のペアは、外旋のアシスト力として作用する。

【0229】

このとき、アシスト装置 100 は、左脚の外旋及び外転の両方をアシストするワイヤ 110 a 2 に対して、第 2 の閾値以上の張力を加え、例えば、第三のパターンの動作と同様の 100 N の張力を加える。アシスト装置 100 は、外旋及び外転のいずれかをアシストするワイヤ 110 a 3 及び 110 a 4 に対して、第 1 の閾値以上第 2 の閾値未満の張力を加え、例えば、ワイヤ 110 a 2 の張力の 75 % である 75 N の張力を加える。そして、左脚の歩行フェーズの約 68 % 以上 110 % 以下の期間の全体において、ワイヤ 110 a 2 の張力は、100 N の最大値を連続的にとり、ワイヤ 110 a 3 及び 110 a 4 の張力は、75 N の最大値を連続的にとる。

10

【0230】

上述のような第 2 の閾値は、ユーザが、アシスト装置 100 によるアシストを受けつつ歩行する際に、ユーザに受け入れ可能な張力の最大値に対する割合を用いて決定されてもよい。例えば、第 2 の閾値は、ユーザに受け入れ可能な張力の最大値の一例である 100 N に対する 80 % の割合である 80 N であってもよい。

【0231】

また、アシスト装置 100 は、右脚の内旋及び内転の両方をアシストするワイヤ 110 a 8 に対して、第 2 の閾値以上の張力を加え、例えば 100 N の張力を加える。アシスト装置 100 は、内旋及び内転のいずれかをアシストするワイヤ 110 a 5 及び 110 a 6 に対して、第 1 の閾値以上第 2 の閾値未満の張力を加え、例えば 75 N の張力を加える。そして、右脚の歩行フェーズの約 68 % 以上 110 % 以下の期間の全体において、ワイヤ 110 a 8 の張力は、100 N の最大値を連続的にとり、ワイヤ 110 a 5 及び 110 a 6 の張力は、75 N の最大値を連続的にとる。

20

【0232】

例えば、ワイヤ 110 a 2、110 a 3 及び 110 a 4 に同等の張力が発生した場合、ユーザによっては、ワイヤ 110 a 2 が外旋及び外転動作のそれぞれに与える作用が、ワイヤ 110 a 3 及び 110 a 4 がそれぞれが各動作に与える作用よりも小さくなる可能性がある。各動作をアシストする 2 つのワイヤの作用が不均等であると、アシスト装置 100 は、ユーザの動作を効果的にアシストすることができない可能性がある。上述のように、外旋及び外転等の 2 つのアシスト対象動作の両方を受け持つワイヤの張力を、2 つのアシスト対象動作の一方を受け持つワイヤの張力よりも大きくすることによって、各アシスト対象動作をアシストする 2 つのワイヤの作用を均等することが可能になる。従って、アシスト装置 100 は、ユーザをスムーズに方向転換させることができる。

30

【0233】

また、図 36 を参照すると、第五のパターンの動作での右方向への方向転換に関連するワイヤ及びワイヤ張力の入力プロファイルの例が、図 32 と同様に示されている。ユーザを右方向へと誘導する際も、アシスト装置 100 は、ユーザの左脚の内旋及び内転の両方をアシストするワイヤ 110 a 1 に対して、第 2 の閾値以上の張力、例えば 100 N の張力を加える。アシスト装置 100 は、内旋及び内転のいずれかをアシストするワイヤ 110 a 3 及び 110 a 4 に対して、第 1 の閾値以上第 2 の閾値未満の張力、例えば 75 N の張力を加える。左脚の歩行フェーズの約 68 % 以上 110 % 以下の期間の全体において、ワイヤ 110 a 1 の張力は、100 N の最大値を連続的にとり、ワイヤ 110 a 3 及び 110 a 4 の張力は、75 N の最大値を連続的にとる。

40

【0234】

同様に、アシスト装置 100 は、ユーザの右脚の外旋及び外転の両方をアシストするワイヤ 110 a 7 に対して、第 2 の閾値以上の張力、例えば 100 N の張力を加える。アシスト装置 100 は、外旋及び外転のいずれかをアシストするワイヤ 110 a 5 及び 110 a 6 に対して、第 1 の閾値以上第 2 の閾値未満の張力、例えば 75 N の張力を加える。右脚

50

の歩行フェーズの約68%以上110%以下の期間の全体において、ワイヤ110a7の張力は、100Nの最大値を連続的にとり、ワイヤ110a5及び110a6の張力は、75Nの最大値を連続的にとる。

【0235】

[2-5-6. 方向転換アシストの第六のパターンの動作]

アシスト装置100がユーザの方向転換をアシストする動作の第六のパターンの動作を説明する。アシスト装置100は、第四のパターンの動作において、同じタイミングで3つのワイヤに発生させる張力を同等とした。第六のパターンの動作において、アシスト装置100は、第五のパターンの動作と同様に、外旋及び内転等の2つの動作の両方のアシスト力を受け持つワイヤの張力を、2つの動作の一方のアシスト力を受け持つワイヤの張力よりも大きくする。

10

【0236】

図37を参照すると、第六のパターンの動作に基づき、ユーザを左方向に方向転換させる場合のアシスト装置100におけるワイヤ110の張力を増加させるタイミングと、張力が増加されるワイヤ110との組み合わせ例が、図33と同様に示されている。アシスト装置100は、第五のパターンの動作と同様に、左脚の外旋及び内転の両方をアシストするワイヤ110a4に対して、第2の閾値以上の張力、例えば100Nの張力を加える。アシスト装置100は、外旋及び内転のいずれかをアシストするワイヤ110a1及び110a2に対して、第1の閾値以上第2の閾値未満の張力、例えば75Nの張力を加える。そして、左脚の歩行フェーズの約18%以上60%以下の期間の全体において、ワイヤ110a4の張力は、100Nの最大値を連続的にとり、ワイヤ110a1及び110a2の張力は、75Nの最大値を連続的にとる。第1の閾値及び第2の閾値は、第五のパターンの動作と同じである。

20

【0237】

また、アシスト装置100は、右脚の内旋及び外転の両方をアシストするワイヤ110a6に対して、第2の閾値以上の張力、例えば100Nの張力を加える。アシスト装置100は、内旋及び外転のいずれかをアシストするワイヤ110a7及び110a8に対して、第1の閾値以上第2の閾値未満の張力、例えば75Nの張力を加える。そして、右脚の歩行フェーズの約118%以上160%以下の期間の全体において、ワイヤ110a6の張力は、100Nの最大値を連続的にとり、ワイヤ110a7及び110a8の張力は、75Nの最大値を連続的にとる。

30

【0238】

よって、アシスト装置100は、第五のパターンの動作の場合と同様の効果を奏する。つまり、外旋及び内転等の2つのアシスト対象動作の両方を受け持つワイヤの張力を、2つのアシスト対象動作の一方を受け持つワイヤの張力よりも大きくすることによって、各アシスト対象動作における2つのワイヤの作用を均等することが可能になる。従って、アシスト装置100は、ユーザをスムーズに方向転換させることができる。

【0239】

また、図38を参照すると、第六のパターンの動作での右方向への方向転換に関連するワイヤ及びワイヤ張力の入力プロファイルの例が、図34と同様に示されている。ユーザを右方向へと誘導する際も、アシスト装置100は、ユーザの左脚の内旋及び外転の両方をアシストするワイヤ110a3に対して、第2の閾値以上の張力、例えば100Nの張力を加える。アシスト装置100は、内旋及び外転のいずれかをアシストするワイヤ110a1及び110a2に対して、第1の閾値以上第2の閾値未満の張力、例えば75Nの張力を加える。左脚の歩行フェーズの約118%以上160%以下の期間の全体において、ワイヤ110a3の張力は、100Nの最大値を連続的にとり、ワイヤ110a1及び110a2の張力は、75Nの最大値を連続的にとる。

40

【0240】

同様に、アシスト装置100は、ユーザの右脚の外旋及び内転の両方をアシストするワイヤ110a5に対して、第2の閾値以上の張力、例えば100Nの張力を加える。アシス

50

ト装置 100 は、外旋及び内転のいずれかをアシストするワイヤ 110 a 7 及び 110 a 8 に対して、第 1 の閾値以上第 2 の閾値未満の張力、例えば 75 N の張力を加える。右脚の歩行フェーズの約 18% 以上 60% 以下の期間の全体において、ワイヤ 110 a 5 の張力は、100 N の最大値を連続的にとり、ワイヤ 110 a 7 及び 110 a 8 の張力は、75 N の最大値を連続的にとる。

【0241】

また、上述では、アシスト装置 100 は、ユーザの一連の歩行において、ユーザの脚の遊脚期に第三の 패턴の動作若しくは第五の 패턴の動作を行う、又は、立脚期に第四の 패턴の動作若しくは第六の 패턴の動作を行っていたが、これに限定されない。アシスト装置 100 は、第三の 패턴の動作又は第五の 패턴の動作と、第四の pattern の動作又は第六の pattern の動作とを組み合わせてもよい。具体的には、アシスト装置 100 は、ユーザの一連の歩行において、遊脚期に第三の pattern の動作又は第五の pattern の動作を行い、且つ、立脚期に第四の pattern の動作又は第六の pattern の動作を行ってもよい。これにより、ユーザは、方向転換する際、遊脚期及び立脚期の両方において、アシスト装置 100 によるアシストを連続的に受ける。

【0242】

[2-5-7. 方向転換アシストの変形例]

アシスト装置 100 は、ユーザの 1 つの方向転換を誘導する際、ユーザの左脚及び右脚のそれぞれに対して、内旋、外旋等の動作をアシストしていたが、これに限ったものではない。アシスト装置 100 は、ユーザの 1 つの方向転換を誘導する際、ユーザの片脚をアシストしてもよい。例えば、内旋のアシストと外旋のアシストとの間で、ユーザが受ける効果の大きさが、ユーザによって異なる。このため、アシスト装置 100 は、ユーザに応じて、より高いアシストの効果が見込める脚を選択してもよい。この場合、アシスト装置 100 は、ユーザによる通知に基づき、より高いアシストの効果が見込める脚を選択してもよい。例えば、左方向への誘導の場合、ユーザが、左脚の外旋のアシストの方が右脚の内旋のアシストよりも効果があると感じた場合、ユーザは、アシスト装置 100 の図示しない入力装置、又は、アシスト装置 100 の外部の端末装置 500 を用いて、「左脚の外旋のアシストの選択」を決定してもよい。つまり、ユーザが自身にとって効果が大きいと感じる方の脚を選択してもよい。

【0243】

図 39 A 及び図 39 B を参照すると、アシスト装置 100 が、ユーザの片脚にアシスト力を付与して、ユーザを左方向に誘導する例が示されている。図 39 A は、ユーザを左方向に方向転換させる場合にアシスト装置 100 がワイヤ 110 a 2 及び 110 a 4 の張力を増加させる例を示す。図 39 B は、ユーザを左方向に方向転換させる場合にアシスト装置 100 がワイヤ 110 a 6 及び 110 a 8 の張力を増加させる例を示す。なお、本例は、第一の pattern の動作をベースとする。本例の場合、アシスト装置 100 は、図 39 A に示すように、左脚の遊脚期にワイヤ 110 a 2 及び 110 a 4 の張力を増加する、又は、図 39 B に示すように、右脚の立脚期にワイヤ 110 a 6 及び 110 a 8 の張力を増加する。

【0244】

また、図 40 A 及び図 40 B を参照すると、アシスト装置 100 が、ユーザの片脚にアシスト力を付与して、ユーザを右方向に誘導する例が示されている。図 40 A は、ユーザを右方向に方向転換させる場合にアシスト装置 100 がワイヤ 110 a 1 及び 110 a 3 の張力を増加させる例を示す。図 40 B は、ユーザを右方向に方向転換させる場合にアシスト装置 100 がワイヤ 110 a 5 及び 110 a 7 の張力を増加させる例を示す。なお、本例も、第一の pattern の動作をベースとする。本例の場合、アシスト装置 100 は、図 40 A に示すように、左脚の立脚期にワイヤ 110 a 1 及び 110 a 3 の張力を増加する、又は、図 40 B に示すように、右脚の遊脚期にワイヤ 110 a 5 及び 110 a 7 の張力を増加する。

【0245】

上述から、ユーザの方向転換を誘導する際、アシスト装置 100 が張力を付与するワイヤの数量が、第一～第六のパターンの動作と比較して半分になる。このため、アシスト装置 100 の電力消費量が低減し、例えば、アシスト装置 100 が備える一次電池又は二次電池等の電源 200 の長時間の使用が可能となる。さらに、アシスト装置 100 は、1つのワイヤに張力を付与することによって方向転換の誘導が可能であるユーザに対して、例えば、ユーザの前部のワイヤに張力を付与することによって、方向転換を誘導してもよい。一般的に、ユーザの前部のワイヤへの張力の付与は、ユーザの後部のワイヤへの張力の付与よりも、ユーザの方向転換の誘導に効果的である。1つのワイヤへの張力の付与により、電源 200 のさらなる長時間の使用が可能となる。

【0246】

なお、上述のように、アシスト装置 100 は、張力を付与するワイヤの数量を減少しても、ユーザの方向転換を誘導することができるが、ユーザを所定の方向へ確実に誘導するためには、張力を付与するワイヤの数量が多くてもよい。つまり、アシスト装置 100 は、ユーザの片脚をアシストするよりも、両脚をアシストすることによって、効果的なユーザの誘導を可能にする。

【0247】

[3. 実施例]

実施の形態に係るアシスト装置 100 を用いて、ユーザの歩行方向を誘導した実施例の結果を、図 41～図 44 に示す。実施例 1 では、アシスト装置 100 は、ユーザ A に対して、第一のパターンの動作により歩行方向を誘導した。実施例 2 では、アシスト装置 100 は、ユーザ B に対して、第一のパターンの動作により歩行方向を誘導した。図 41 及び図 42 を参照すると、アシスト装置 100 を用いて歩行方向の誘導を受けたユーザ A 及び B それぞれの歩行軌跡を上方から見た図が示されている。図 41 は実施例 1 の結果を示し、図 42 は実施例 2 の結果を示す。図 41 及び図 42 において、横軸の X 方向位置は、ユーザ A 及び B の進行方向である直進方向に沿う位置であり、縦軸の Y 方向位置は、当該直進方向に垂直な方向の位置である。アシスト装置 100 を装着したユーザ A 及び B は、目隠しをした状態で X 方向の正方向へ歩き、その歩行過程においてアシスト装置 100 を用いた歩行方向の誘導を受けた。図 41 及び図 42 では、X の値が 0 の位置にユーザが到達した時点から、アシスト装置 100 による歩行方向の誘導が開始された。

【0248】

図 41 及び図 42 において、破線で示す軌跡は、図 25 に示されるような左方向への方向転換の誘導を受けたユーザの歩行軌跡である。一点鎖線で示す軌跡は、図 26 に示されるような右方向への方向転換の誘導を受けたユーザの歩行軌跡である。実線で示す軌跡は、進行方向へ直進する誘導を受けたユーザの歩行軌跡である。進行方向へ直進する誘導では、立脚期の脚に、伸展のアシストが行われた。また、各歩行軌跡は、複数回の歩行を試行して得られた歩行軌跡の平均歩行軌跡である。図 41 及び図 42 より、アシスト装置 100 を装着したユーザは、アシスト装置 100 が入力する方向、つまり、誘導する方向へと曲がって歩行することが示されている。さらに、図 41 及び図 42 においてユーザ A 及び B を比較すると、ユーザ B の方が、大きく曲がって歩行していることから、個人に応じてアシスト装置 100 によるアシスト効果が異なることが示されている。

【0249】

また、図 43 及び図 44 を参照すると、図 41 及び図 42 の各歩行軌跡上の各点での歩行軌跡の曲率と、この点においてアシスト装置 100 がワイヤ 110 に付与した張力との関係が、示されている。図 43 及び図 44 において、縦軸は、歩行軌跡の曲率を示し、横軸は、ワイヤの張力を示す。なお、曲率 $1/r$ は、歩行軌跡上の各点において、この点での歩行軌跡の線形を円で近似し、その円の半径 r の逆数を算出することによって求められる。

【0250】

図 43 及び図 44 において、図 41 及び図 42 と同様に、破線は、左方向への誘導のケースを示し、一点鎖線は、右方向への誘導のケースを示し、実線は、直進方向への誘導のケースを示す。図 43 及び図 44 によると、左方向への方向転換の誘導を示す破線と、右方

10

20

30

40

50

向への方向転換の誘導を示す一点鎖線とについて、直進方向への誘導を示す実線と比較して、ユーザ A 及び B の両方での曲率が大きくなっている。これにより、アシスト装置 100 による方向転換の誘導の効果があることが示されている。

【0251】

また、図 4 3 及び図 4 4 を比較すると、ユーザ B の方が、ユーザ A よりも曲率が大きくなっている。さらに、ユーザ A 及び B のいずれにおいても、特に、ワイヤ張力が 40 N 以上であると、方向転換の誘導効果が大きいことが示されている。したがって、各ユーザに付与するワイヤ張力と、方向転換における各ユーザの曲率とを対応づけることで、各ユーザの方向転換の方向及び方向転換角度に必要なワイヤ張力を決定することが可能になる。このため、アシスト装置 100 は、経路の途中地点で、あらゆる方向及び方向転換角度でのユーザの歩行方向の誘導を行うことができる。

10

【0252】

[4 . アシスト装置の動作の変形例]

図 4 3 及び図 4 4 に関して上述したように、実施の形態に係るアシスト装置 100 は、ユーザの歩行軌跡の曲率と当該曲率に対応するワイヤ張力との関係を、ユーザ毎に算出してもよい。そして、アシスト装置 100 は、算出した関係に基づき、ユーザにアシスト力を付与するタイミングと、アシスト力の付与のためのワイヤ張力とを決定してもよい。この場合、アシスト装置 100 は、ユーザに対して複数回の歩行方向の誘導を行う。そして、アシスト装置 100 は、誘導の際、上半身ベルト 111 に配置された位置情報検出部 160 の加速度センサ、ジャイロセンサ及び地磁気センサ等からなる慣性計測装置 (IMU (Inertial Measurement Unit)) と呼ばれる) から計測結果を取得する。なお、アシスト装置 100 は、ユーザが携帯する端末装置 500 から加速度、角速度及び地磁気等の計測結果を取得してもよい。そして、アシスト装置 100 の歩行方向決定部 121 は、計測結果からユーザの歩行軌跡を算出し、歩行軌跡上の各点での曲率を算出する。歩行方向決定部 121 は、算出した曲率を、当該曲率を算出した点において張力が付与されたワイヤ 110 及び付与された張力と対応付けて、記憶部 150 に記録する。

20

【0253】

アシスト装置 100 がユーザを経路に沿って誘導する場合、歩行方向決定部 121 は、経路データ及び地図情報に基づき、経路上の方向転換点での方向転換角度つまり曲がる角度と、方向転換点の前後の経路長とを取得する。さらに、歩行方向決定部 121 は、ユーザが方向転換点を曲がりきるために必要な歩数と、ユーザがたどる歩行軌跡の曲率とを算出する。アシスト装置 100 の駆動制御部 122 は、記憶部 150 に記憶されるワイヤ張力及び曲率の関係のデータベースと算出された曲率とを照合することによって、張力を付与するワイヤ 110、ワイヤ 110 に張力を付与するタイミング、及びワイヤ 110 に付与する張力を決定する。この場合、駆動制御部 122 は、照合結果に基づき、記憶部 150 に記憶されるワイヤ - 張力関係を変更することによって、上記決定をしてもよい。

30

【0254】

例えば、図 4 3 及び図 4 4 を参照すると、ユーザ A の場合、付与するワイヤ張力が 60 N 以上の領域では、曲率の増加量が小さいため、アシスト装置 100 によるアシスト効果がほぼ変わらないことが示される。また、ユーザ B の場合、付与するワイヤ張力が 80 N 以上の領域では、曲率が減少するため、このような領域にワイヤ張力を増加しても、アシスト装置 100 によるアシスト効果の向上に、ほぼ効果がないことが示される。このため、アシスト装置 100 は、ユーザに関するワイヤ張力と歩行軌跡の曲率との関係のデータベースを事前に構築する際に、各ユーザにおける有効なワイヤ張力の上限を決定することができ、例えば、ユーザ A の場合に 60 N、ユーザ B の場合に 80 N 等に決定する。よって、アシスト装置 100 は、歩行方向の誘導におけるアシスト効果を大きくするために、付与するワイヤ張力を大きくするだけでなく、ユーザ毎のワイヤ張力の上限を考慮して、ワイヤ張力を決定することができる。これにより、アシスト装置 100 は、より省電力であっても、そうでない場合と同等のアシスト効果を生み出すことができる。また、アシスト装置 100 は、付与するワイヤ張力の上限に対応する歩行軌跡の曲率を記録し用いること

40

50

で、各ユーザが経路中の方向転換を行うために要する歩数を算出することができ、最適な歩行方向の誘導を可能にする。

【0255】

なお、本変形例において、アシスト装置100は、歩行軌跡の曲率を算出するために、上半身ベルト111に配置された位置情報検出部160の慣性計測装置の計測結果を用いたが、これに限ったものではない。アシスト装置100は、方向転換のアシストのために張力を増加させていないワイヤ、つまりアシストに使用しないワイヤ110の長さ変化から、ユーザの股関節の角度変化を推定し、ユーザの方向転換角度を推定してもよい。アシスト装置100は、ワイヤ110の長さ変化を、ワイヤ110に接続されたモータ114の動作量から算出してもよい。なお、ワイヤ110の長さとは、ワイヤ110において、モータ114と膝ベルト112a又は112bとの間に存在する部分の長さである。

10

【0256】

例えば、図45A及び図45Bに示すように、アシスト装置100は、ユーザに左方向への方向転換を誘導する場合、第一のパターンの動作では、ワイヤ110a2及び110a4の張力を増加することで遊脚期の左脚の外旋をアシストする。さらに、アシスト装置100は、ワイヤ110a6及び110a8の張力を増加することで立脚期の右脚の内旋をアシストする。このとき、左脚の周りに配置された他のワイヤ、つまりアシストに使用しないワイヤ110a1及び110a3は、ユーザの左脚が外旋方向に曲がる際にモータ114a1及び114a3から引き出され、ワイヤ110a1及び110a3が長くなる。また、右脚の周りに配置された他のワイヤ、つまりアシストに使用しないワイヤ110a5及び110a7は、ユーザの右脚が内旋方向に曲がる際にモータ114a5及び114a7から引き出され、ワイヤ110a5及び110a7が長くなる。なお、アシスト装置100が、ユーザを右方向への方向転換を誘導する場合も、アシスト装置100がユーザの脚の動作をアシストする際に、アシストに使用しないワイヤ110が長くなる。

20

【0257】

アシスト装置100は、モータ114を用いて、アシストに使用しないワイヤ110を、ユーザが負荷を感じないほどの張力、例えば、5N程度の張力で常に引っ張っている。このため、脚の動作によりユーザの股関節の角度が変化すると、各ワイヤ110は、モータ114に引き込まれる又は引き出されることによって、その長さを変化させる。このとき、各モータ114は、各ワイヤ110の長さの変化に同調して動作する。よって、アシスト装置100は、各モータ114の動作量から、各ワイヤ110の長さの変化量を取得することができる。

30

【0258】

また、ユーザの股関節が回転すると、ユーザの歩行方向が変化する。このため、アシスト装置100のアシストを受けている脚におけるアシストに使用していないワイヤ110の長さの変化と、ユーザの方向転換の歩行軌跡における曲率との間には、相関がある。したがって、歩行軌跡における曲率は、当該歩行軌跡上の各点においてアシストを受けている脚におけるアシストに使用していないワイヤ110の長さ変化から、算出可能である。これにより、アシスト装置100は、慣性計測装置等のセンサを上半身ベルト111等に余分に取り付けることなく、ユーザの歩行軌跡の曲率を算出することができる。

40

【0259】

また、実施の形態に係るアシスト装置100は、図46に示すように、パターン記憶部151をさらに備えてもよい。なお、図46は、実施の形態に係るアシスト装置100の変形例の機能的な構成を示すブロックである。パターン記憶部151は、記憶部150と同様に、半導体メモリ又はハードディスク等で構成されてもよく、記憶部150に含まれてもよい。

【0260】

パターン記憶部151は、駆動制御部122から情報を受け取って格納し、パターン記憶部151に格納した情報が駆動制御部122によって取り出されることが可能であるように構成されている。具体的には、パターン記憶部151は、ユーザがアシスト装置100

50

を使用するたびに、ユーザ情報と、駆動制御部 1 2 2 が出力した制御情報とを対応付けて記憶する。駆動制御部 1 2 2 は、ユーザがアシスト装置 1 0 0 を使用する場合、当該ユーザに対応する制御情報をパターン記憶部 1 5 1 から取得し、取得した制御情報を使用してモータ 1 1 4 を制御する。例えば、駆動制御部 1 2 2 は、制御情報として、ユーザの歩行方向を誘導する際にワイヤ 1 1 0 に付与したワイヤ張力と、ユーザを誘導した際の歩行軌跡の曲率との関係式を、ワイヤ張力を付与したワイヤ 1 1 0 と対応付けてパターン記憶部 1 5 1 に記憶する。また、駆動制御部 1 2 2 は、制御情報として、ユーザを誘導する経路上の方向転換点での方向転換に対して、アシストを行った歩数、アシスト開始地点から方向転換点までの距離等を、方向転換点でのユーザの方向転換角度と対応付けて、パターン記憶部 1 5 1 に記憶する。さらに、アシスト装置 1 0 0 による歩行方向の誘導では曲がりきれない方向転換点が経路上に発生した場合、駆動制御部 1 2 2 は、制御情報として、方向転換点での方向転換角度と、方向転換のためのアシストの開始地点から方向転換点までの距離とを対応付けて、パターン記憶部 1 5 1 に記憶する。

10

【 0 2 6 1 】

例えば、アシスト装置 1 0 0 を使ったユーザ U が、前回使用時に、90度の方向転換を要する方向転換点を右方向に曲がるのに左右の脚で6歩必要とし、左方向に曲がるのに左右の脚で8歩必要としたとする。駆動制御部 1 2 2 は、前回の使用時にユーザ U の方向転換のアシストのために制御したワイヤ 1 1 0、当該ワイヤ 1 1 0 に付与したワイヤ張力、及び当該ワイヤ張力の付与タイミングを、パターン記憶部 1 5 1 に記憶させる。そして、歩行方向決定部 1 2 1 が、ユーザ U の次回使用時に、例えば、図 2 3 A に示すように、ユーザ U が、第 1 の方向転換点で右方向に90度方向転換した後、第 2 の方向転換点で左方向に90度方向転換する経路を決定する。この経路において、アシスト装置 1 0 0 により誘導されるユーザ U は、第 1 の方向転換点での方向転換を6歩で完了すると、第 2 の方向転換点での方向転換を、第 1 の方向転換点での方向転換直後の4歩で完了する必要がある。この歩数は、左方向への方向転換にユーザ U が必要とする歩数の8歩に対して不足する。このような場合、歩行方向決定部 1 2 1 は、パターン記憶部 1 5 1 にあるデータから、ユーザ U は第 2 の方向転換点で左方向に曲がることができないと判定し、経路を修正する。このように、前回のデータをパターン記憶部 1 5 1 に記憶し、再利用することで、アシスト装置 1 0 0 は、歩行の誘導のエラーを抑えることができ、ユーザのより安全な使用を可能にする。

20

30

【 0 2 6 2 】

また、アシスト装置 1 0 0 は、同一のユーザに対して行うアシストの方法を、一定に固定しなくてもよい。アシスト装置 1 0 0 のようなヒトの身体に対してアクティブに作用する装置は、使用回数が増えるにつれ、当該装置から受ける作用の慣れがユーザに発生するという特徴を持つ。このため、駆動制御部 1 2 2 は、パターン記憶部 1 5 1 に制御情報を記憶させる際、記憶されている制御情報のデータを、新しい制御情報で毎回更新し、最新のユーザの状態にあったデータに制御情報のパラメータを調整してもよい。これにより、アシスト装置 1 0 0 は、各ユーザの最新の状態に最適なアシスト方法を構築することができ、それにより、より確実に、ユーザを経路に沿って目的地まで誘導することができる。

【 0 2 6 3 】

また、パターン記憶部 1 5 1 は、ユーザ情報及び制御情報だけでなく、ユーザがアシスト装置 1 0 0 を装着した時期、及び、その時のユーザの服装も記憶してもよい。例えば、ユーザが薄着である夏期では、ユーザが厚着である冬期と比較して、ユーザのモーメントアームが小さくなる。これにより、アシスト装置 1 0 0 が、ワイヤ 1 1 0 に同一の張力を付与しても、夏期にユーザの脚が受けるトルクは、冬期よりも小さくなる。したがって、例えば、アシスト装置 1 0 0 は、冬期と比較して、夏期に各ワイヤ 1 1 0 に付与する張力を、1.2倍等に割り増ししてもよい。

40

【 0 2 6 4 】

[5 . 効果]

上述したように、本開示の実施の形態に係るアシスト装置 1 0 0 は、ユーザの股関節の動

50

作をアシストする。アシスト装置 100 は、股関節の 3 方向の動作のアシストを行うために、延びる方向が互いに交差する 2 つのワイヤによるペアを複数備える。具体的には、各脚に、2 つのペアのワイヤが配置されている。そして、各ペアのワイヤが延びる方向が互いに交差することから、アシスト装置 100 は、屈曲及び伸展方向だけでなく、外旋及び内旋方向、外転及び内転方向に脚の動作をアシストすることが可能である。アシスト装置 100 は、ユーザの歩行中に、所定のタイミングで所定のワイヤを引っ張ることで、ユーザの脚に外旋、内旋、外転又は内転方向のアシストトルクを発生させ、ユーザの歩行方向を誘導することができる。そして、アシスト装置 100 を装着したユーザが、アシスト装置 100 に目的地を設定すると、アシスト装置 100 は自動的に、ユーザを動かして、目的地まで誘導することができる。これにより、ユーザは、手に何を持たない手軽な状態で、

10

【0265】

[6.その他]

以上、1 つ又は複数の態様に係るアシスト装置等について、実施の形態及び変形例に基づいて説明したが、本開示は、実施の形態及び変形例に限定されるものではない。本開示の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態及び変形例に施したもののや、異なる実施の形態及び変形例における構成要素を組み合わせる構築される形態も、1 つ又は複数の態様の範囲内に含まれてもよい。

20

【0266】

例えば、実施の形態及び変形例に係るアシスト装置 100 において、制御部 120 がモータ 114 を動作させてワイヤ 110 に張力を発生させるタイミング、及び、張力の入力プロフィールに関する歩行フェーズの数値は、実施の形態及び変形例に記載した数値に限定されない。上記タイミング及び張力の入力プロフィールに関する歩行フェーズの数値は、実施の形態及び変形例に記載した数値に対して差異を有してよく、例えば、歩行フェーズで数%の差異を有していてもよい。

【0267】

実施の形態及び変形例に係るアシスト装置 100 において、ワイヤ 110 a 1 ~ 110 a 8 のそれぞれにモータ 114 a 1 ~ 114 a 8 が設けられていたが、これに限定されず、1 つのモータが複数のワイヤに接続されてもよい。例えば、アシスト装置 100 は、左脚の外旋動作をアシストする場合、ワイヤ 110 a 2 及び 104 a 4 に張力を発生させた。このような場合、1 つのモータが、ワイヤ 110 a 2 及び 104 a 4 を引っ張ってもよい。つまり、アシスト装置は、2 つのワイヤに対して 1 つのモータが設けられるように、例えば、4 つのモータを備えてもよい。

30

【産業上の利用可能性】

【0268】

本開示は、ユーザの方向転換動作をアシストする装置に適用可能である。

【符号の説明】

【0269】

100 アシスト装置

40

110、110 a 1 ~ 110 a 8 ワイヤ

111 上半身ベルト

112 a、112 b 膝ベルト

114、114 a 1 ~ 114 a 8 モータ

120 制御部

121 歩行方向決定部

122 駆動制御部

123 歩行タイミング検出部

130 目的地取得部

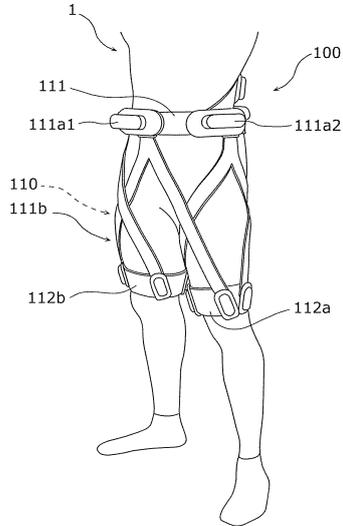
140 現在地取得部

50

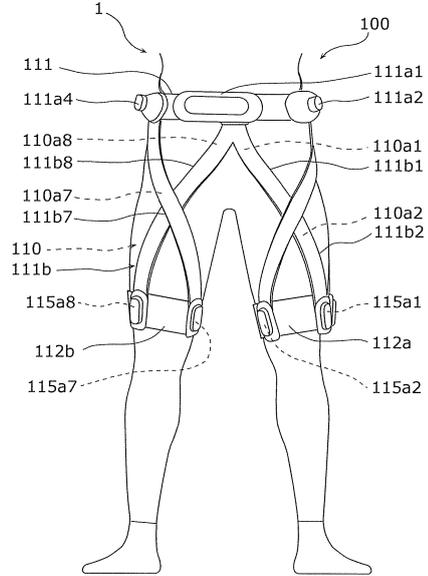
- 150 記憶部
- 151 パターン記憶部
- 160 位置情報検出部
- 200 電源
- 500 端末装置

【図面】

【図1】



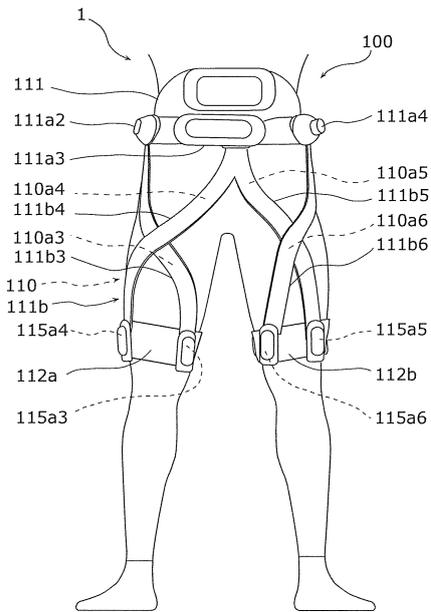
【図2】



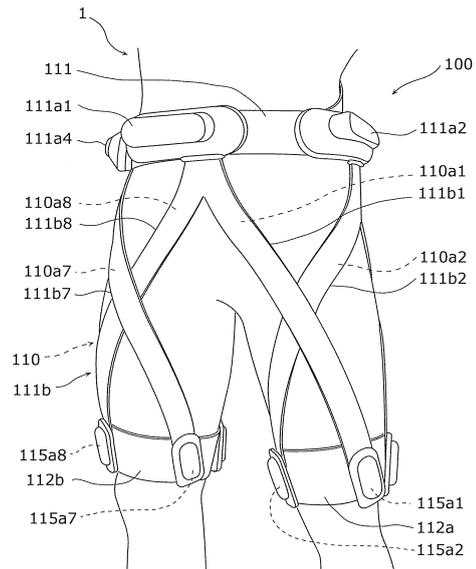
10

20

【図3】



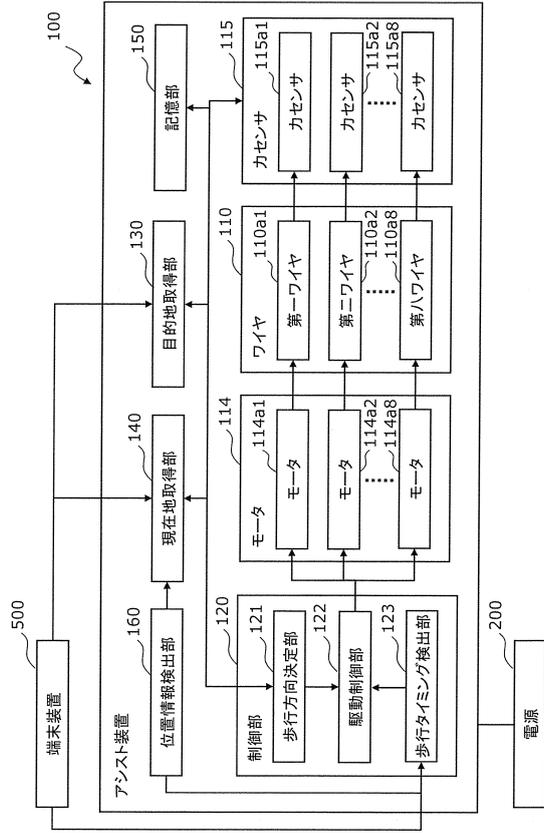
【図4】



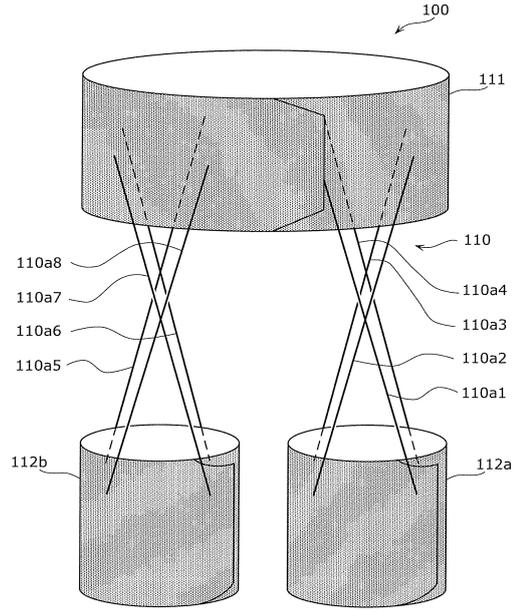
30

40

【図5】



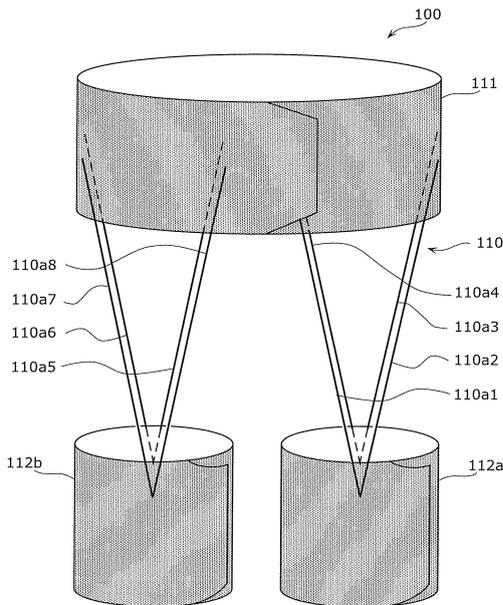
【図6】



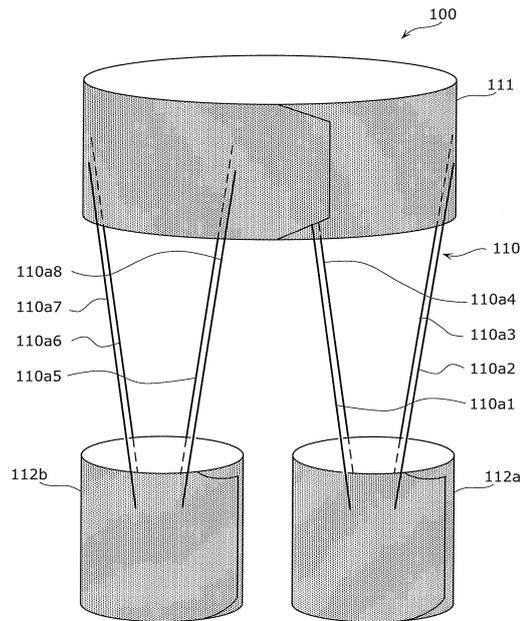
10

20

【図7】



【図8】

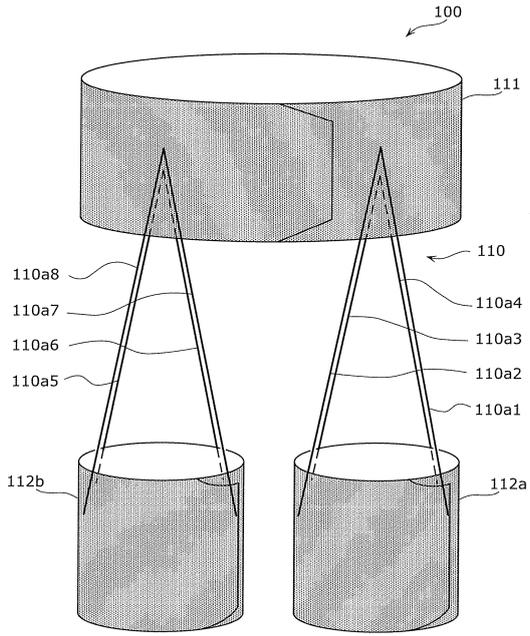


30

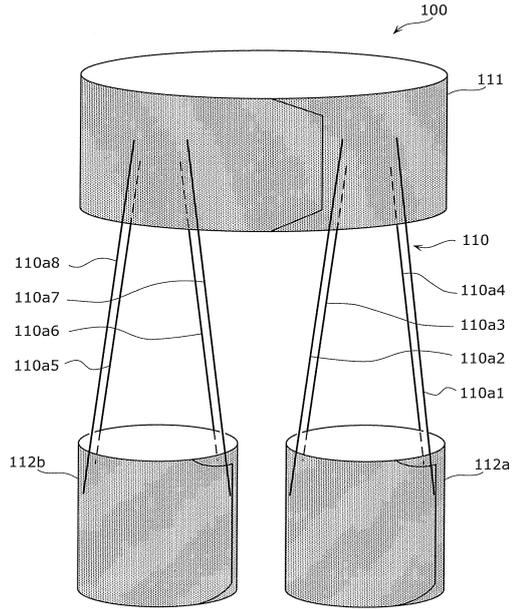
40

50

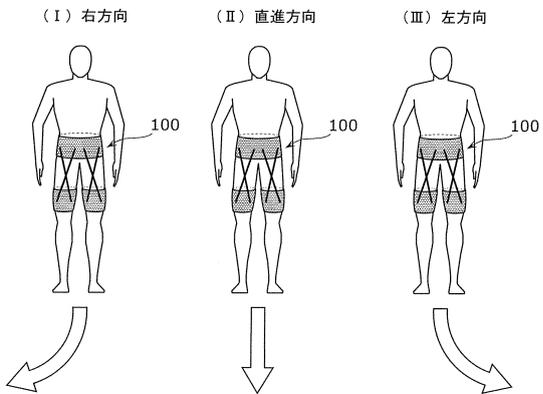
【図 9】



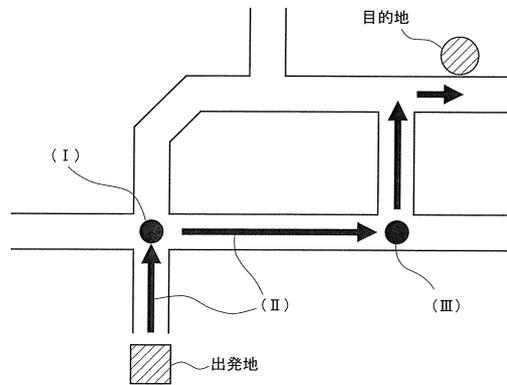
【図 10】



【図 11 A】



【図 11 B】



10

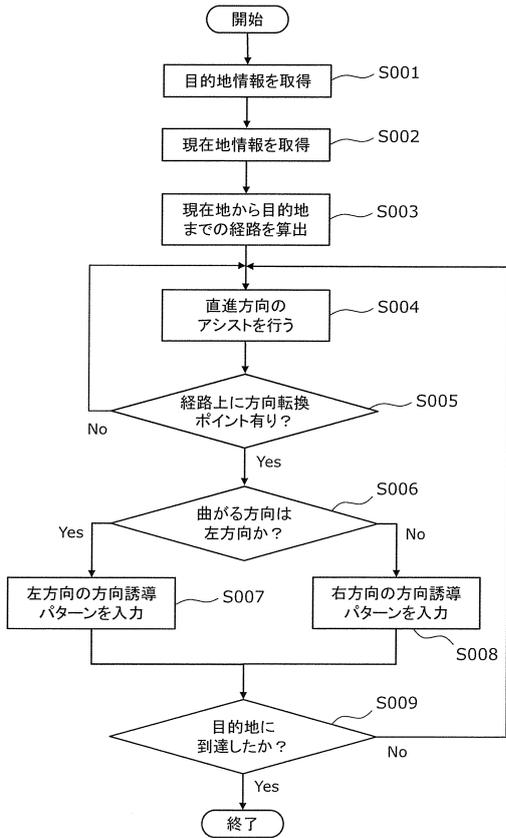
20

30

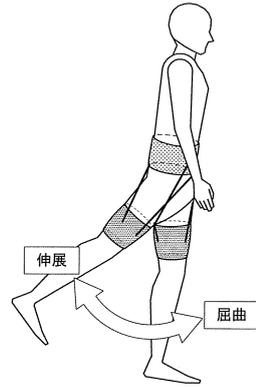
40

50

【図 1 2】



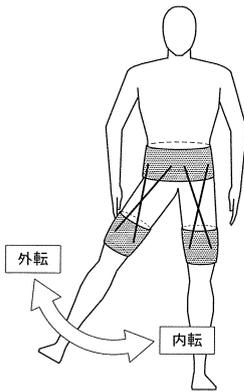
【図 1 3 A】



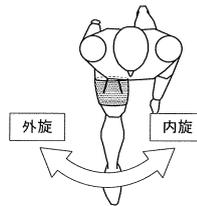
10

20

【図 1 3 B】



【図 1 3 C】

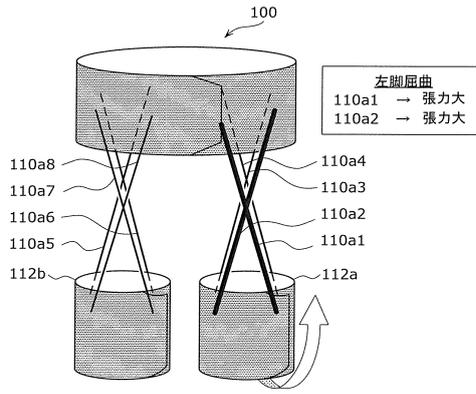


30

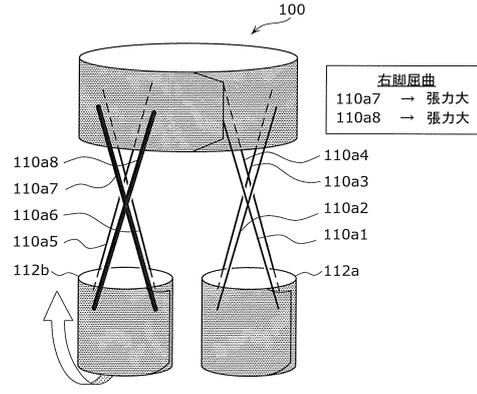
40

50

【図 14 A】

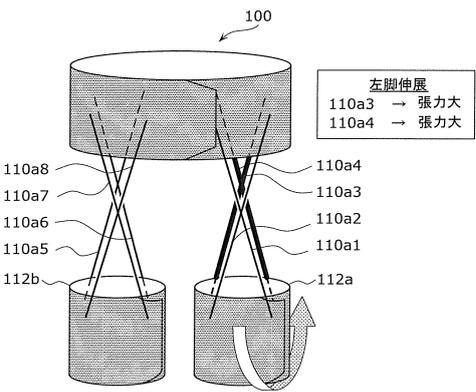


【図 14 B】

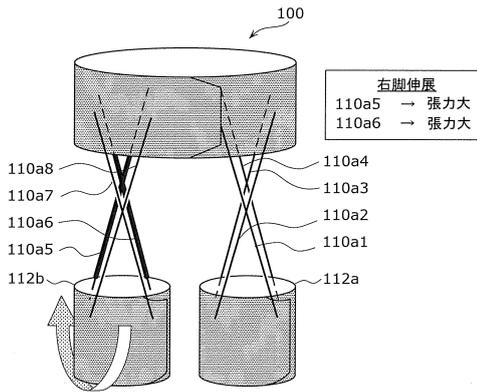


10

【図 15 A】

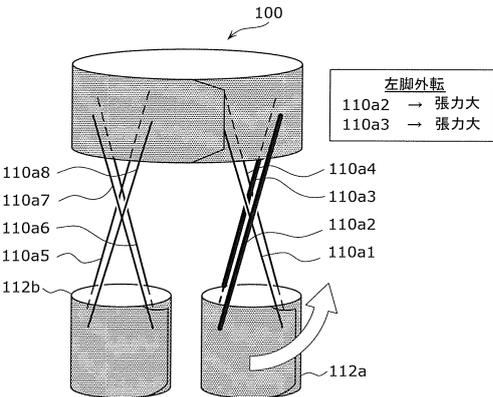


【図 15 B】

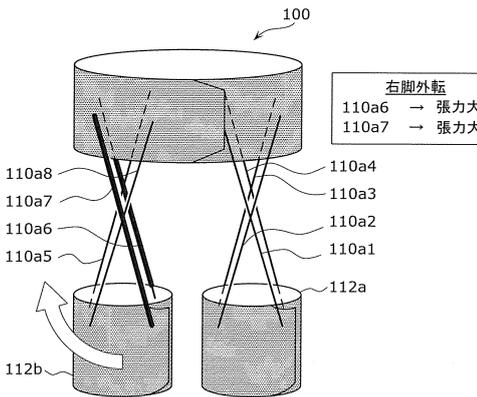


20

【図 16 A】



【図 16 B】

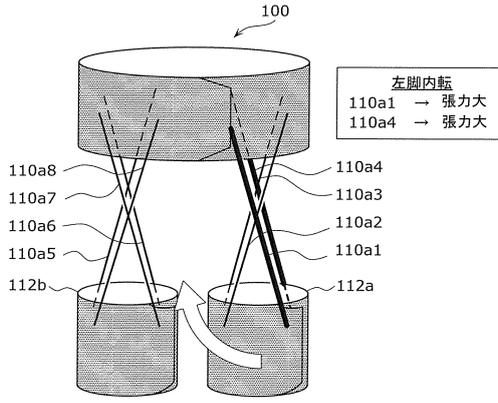


30

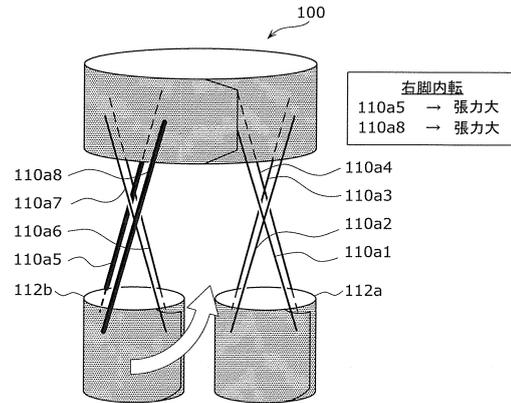
40

50

【図 17 A】

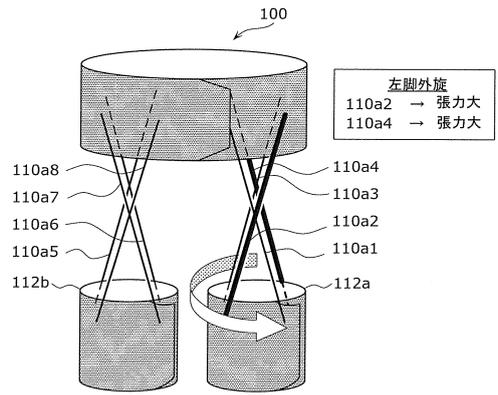


【図 17 B】

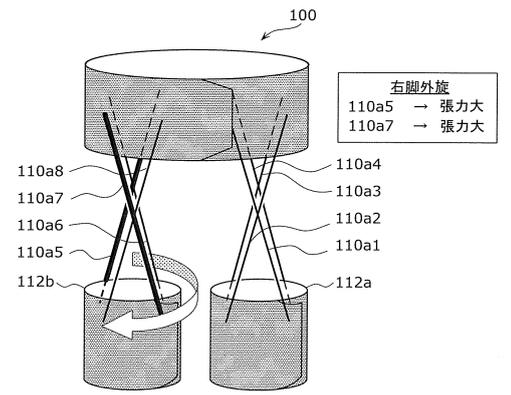


10

【図 18 A】

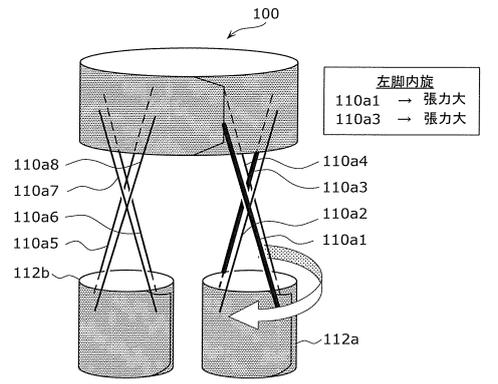


【図 18 B】

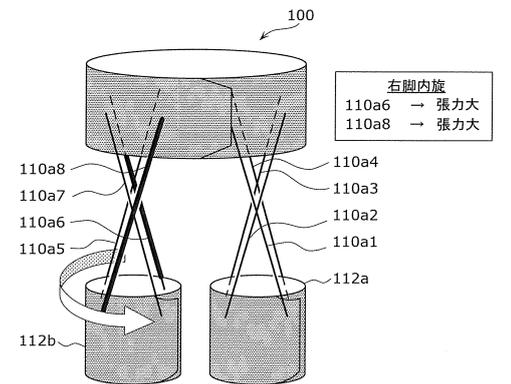


20

【図 19 A】



【図 19 B】

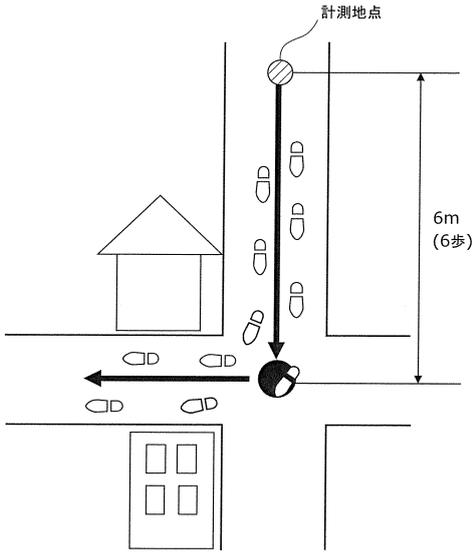


30

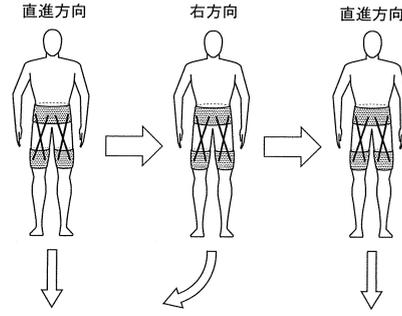
40

50

【図 20 A】

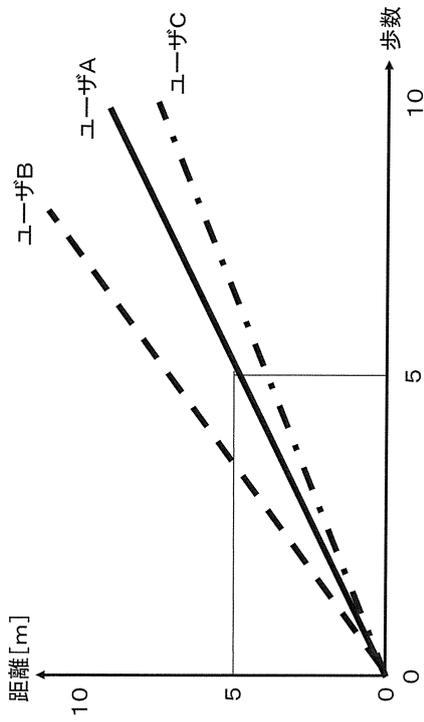


【図 20 B】

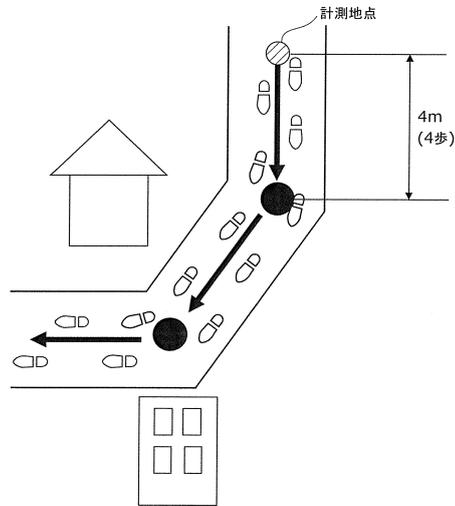


10

【図 21】



【図 22 A】



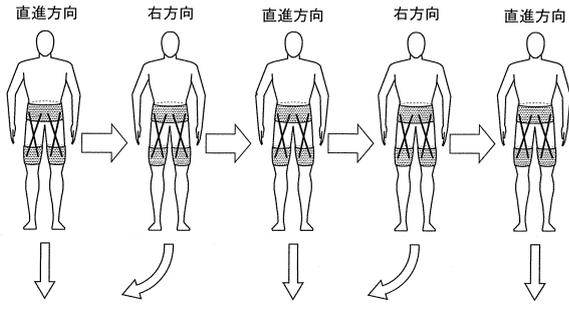
20

30

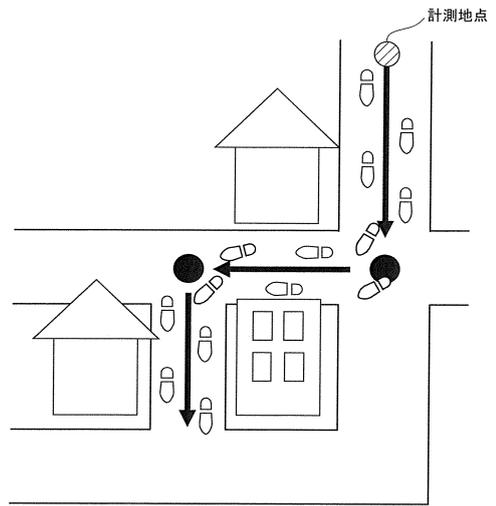
40

50

【図 2 2 B】

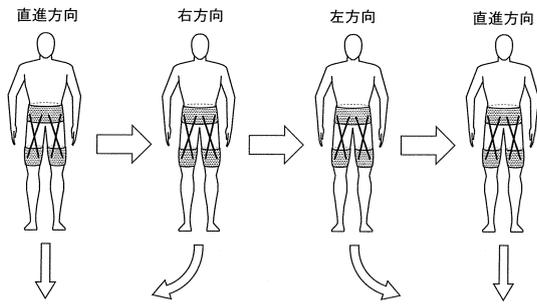


【図 2 3 A】

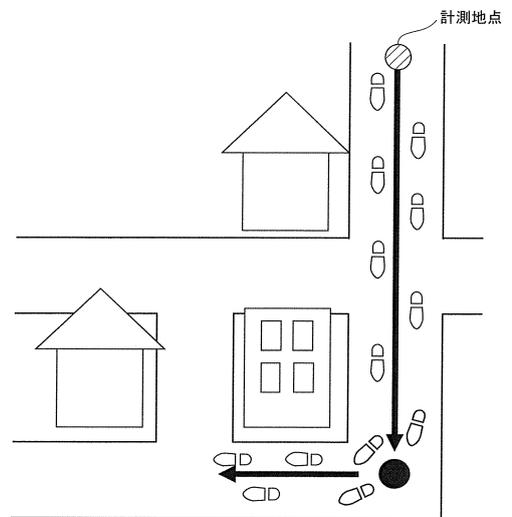


10

【図 2 3 B】



【図 2 4 A】



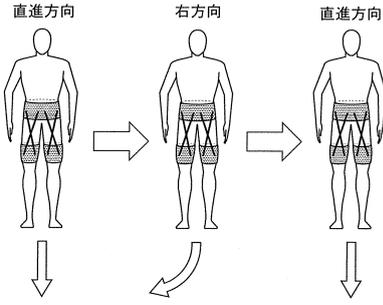
20

30

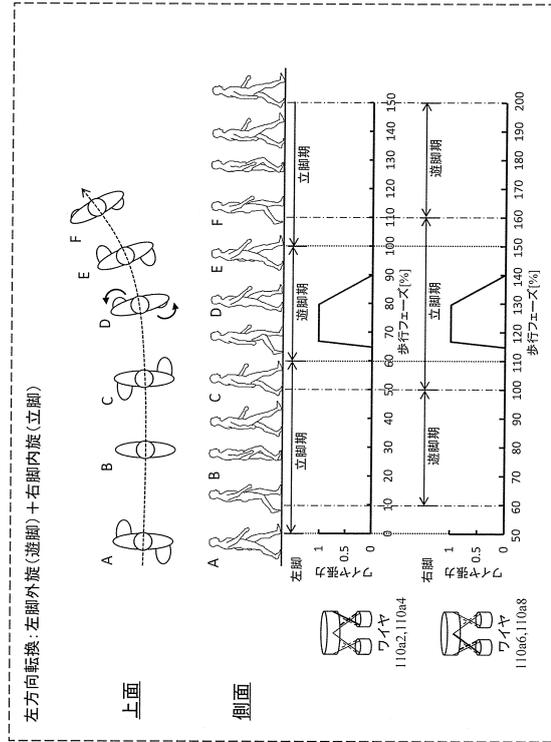
40

50

【図 2 4 B】



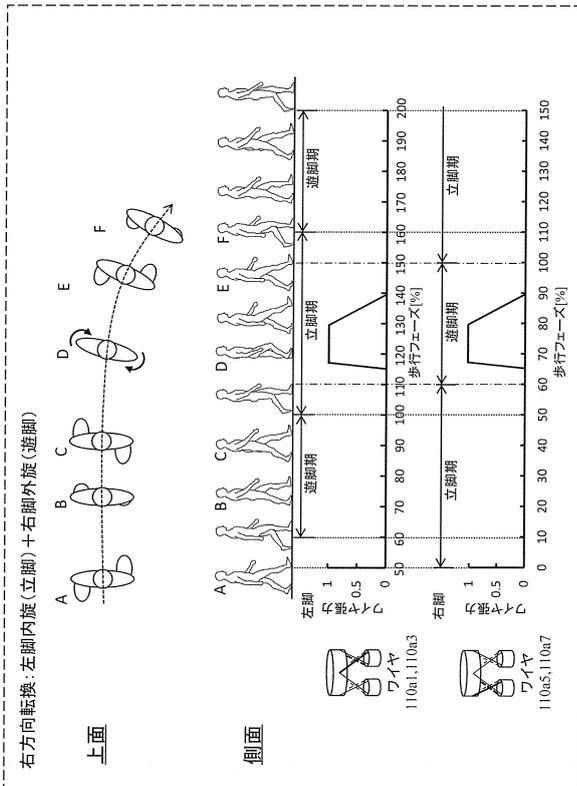
【図 2 5】



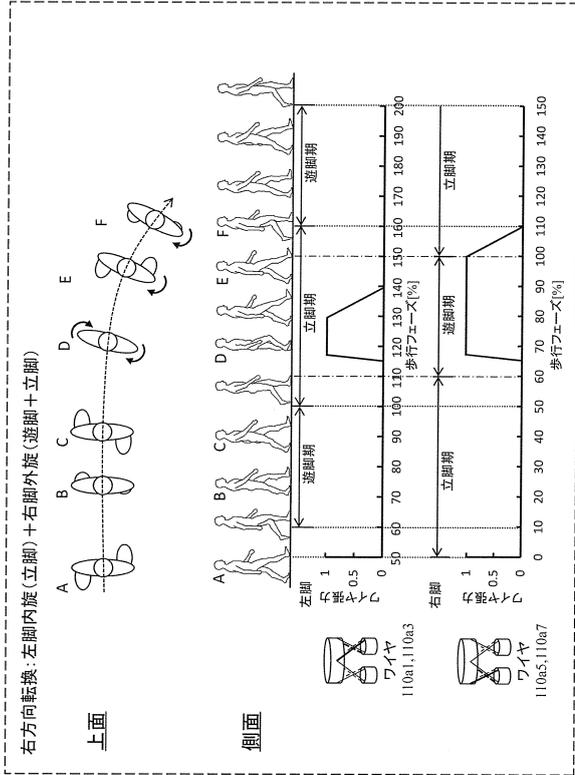
10

20

【図 2 6】



【図 2 7】

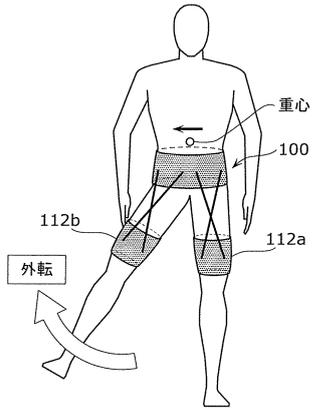


30

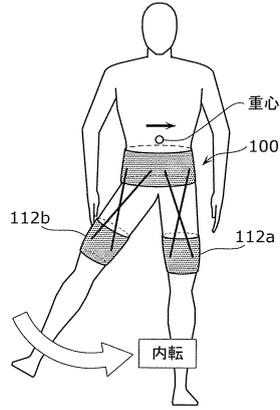
40

50

【図 28 A】

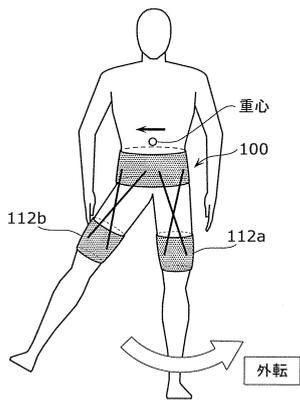


【図 28 B】

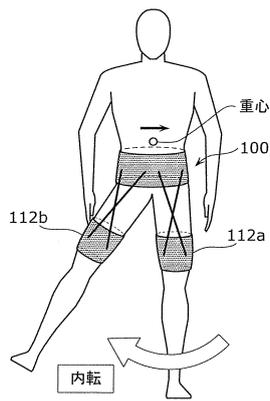


10

【図 29 A】



【図 29 B】



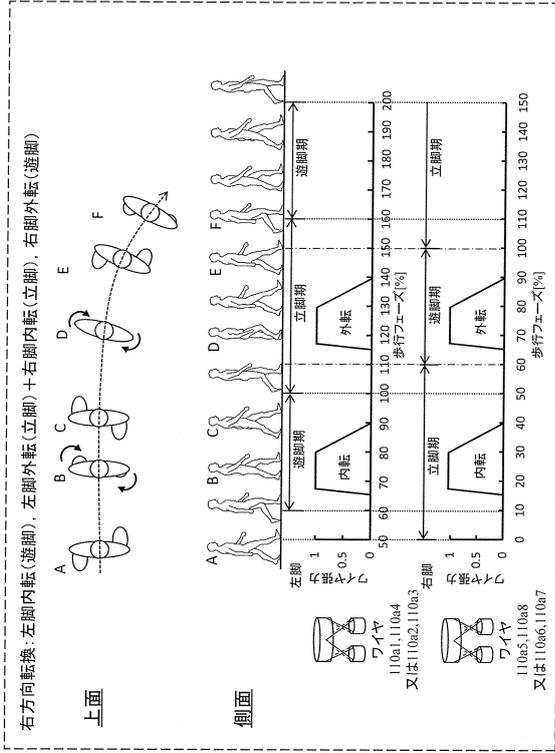
20

30

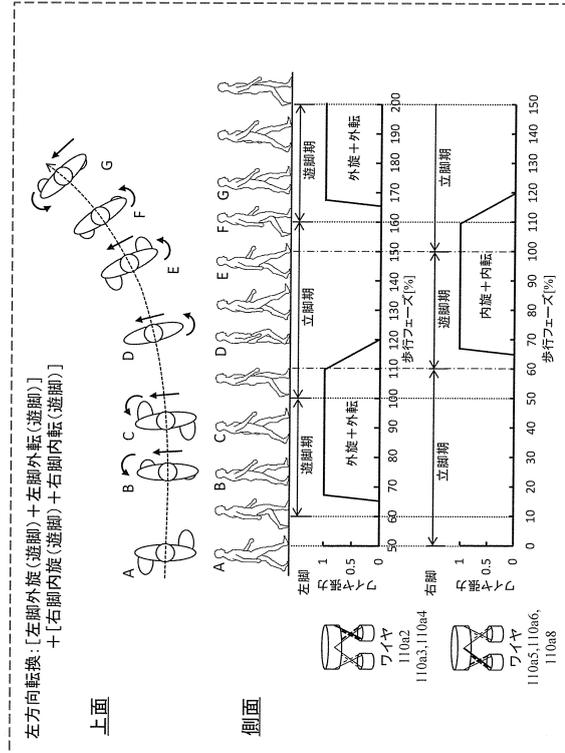
40

50

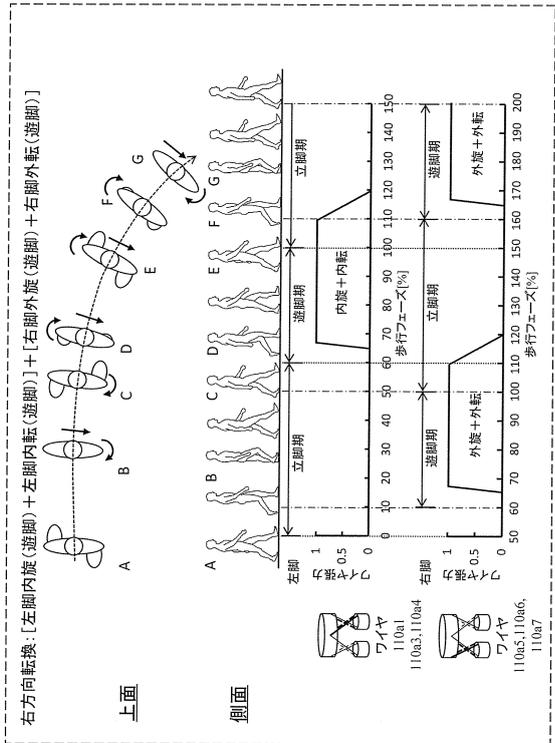
【図 3 0】



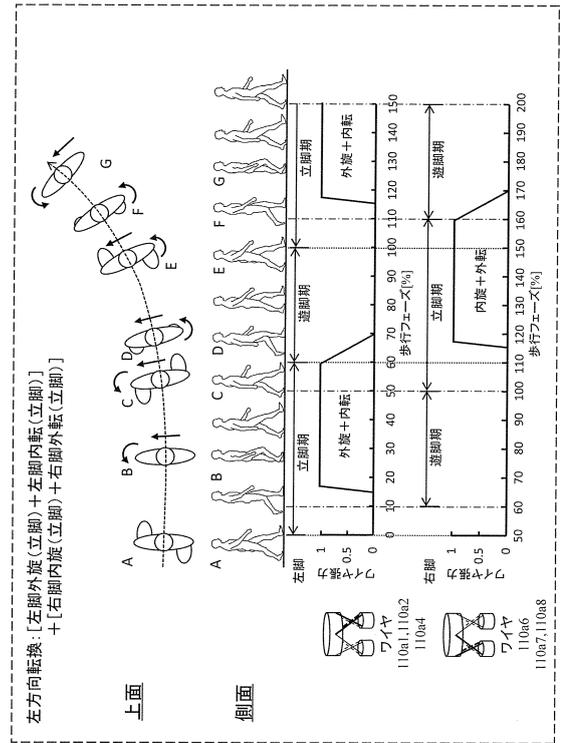
【図 3 1】



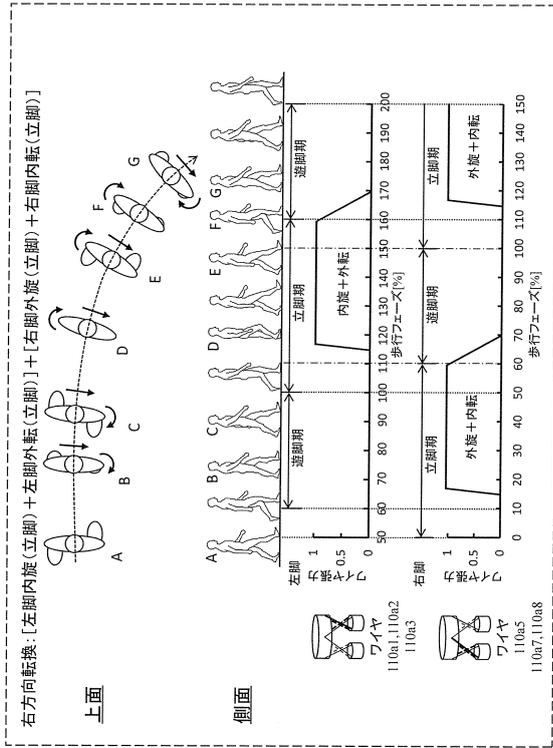
【図 3 2】



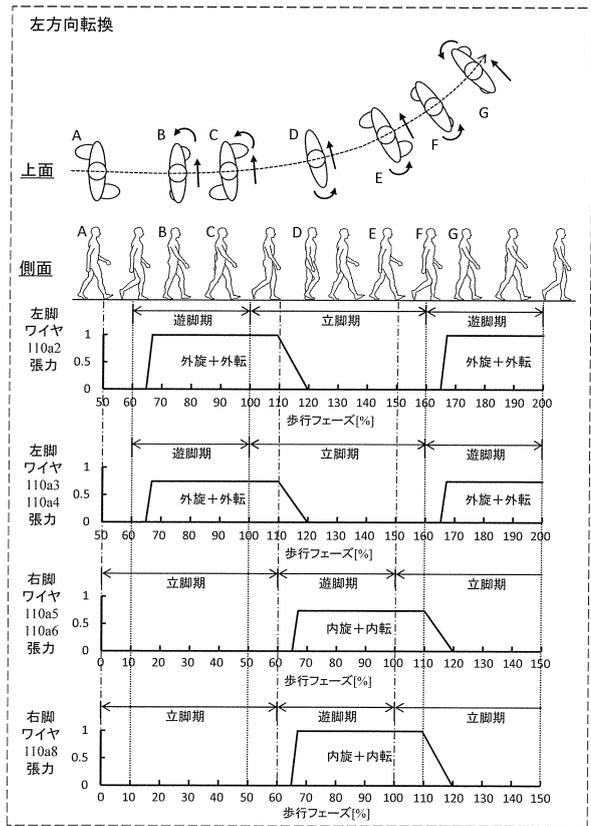
【図 3 3】



【図 3 4】



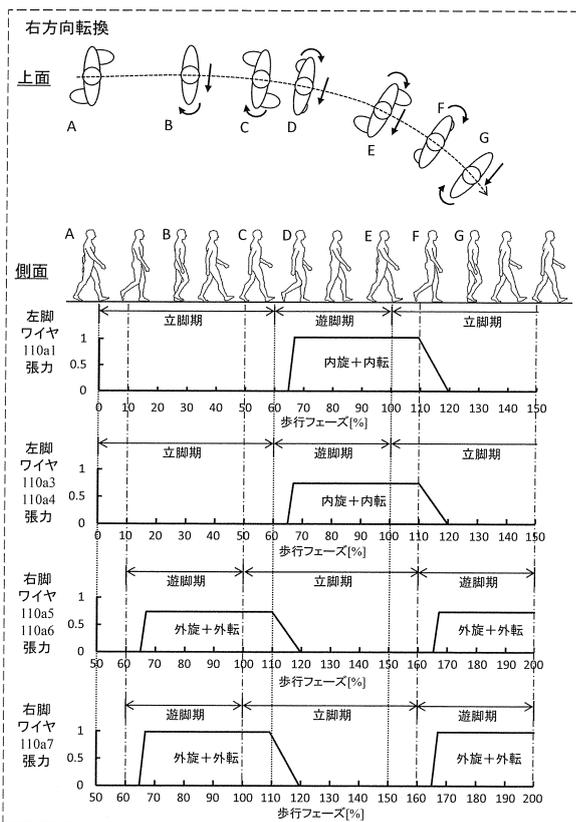
【図 3 5】



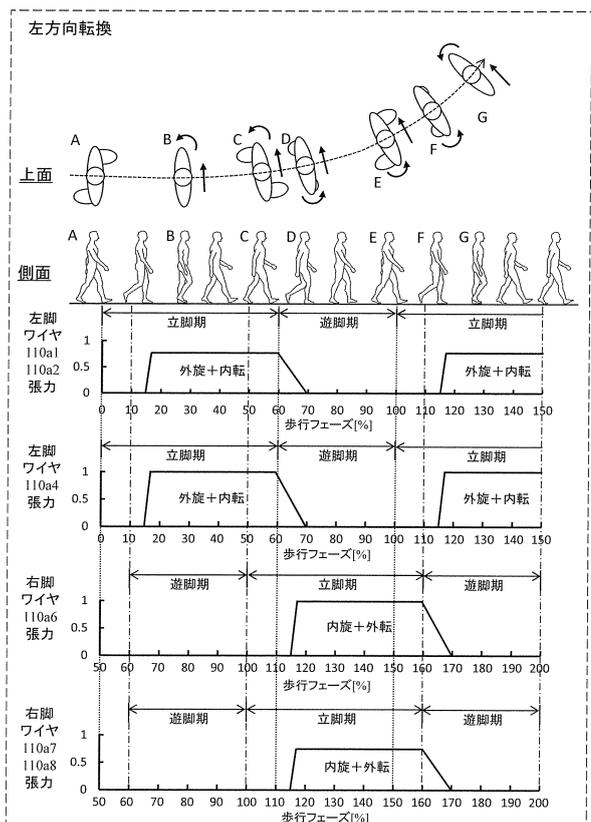
10

20

【図 3 6】



【図 3 7】

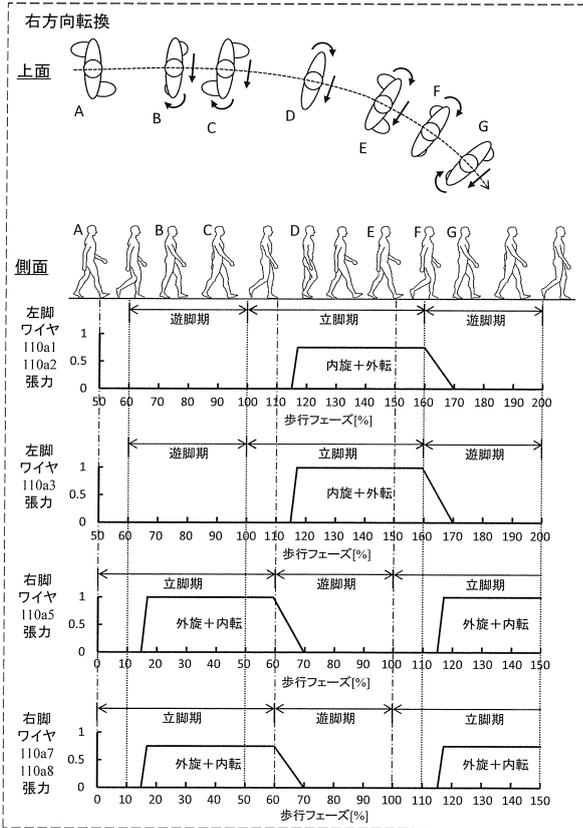


30

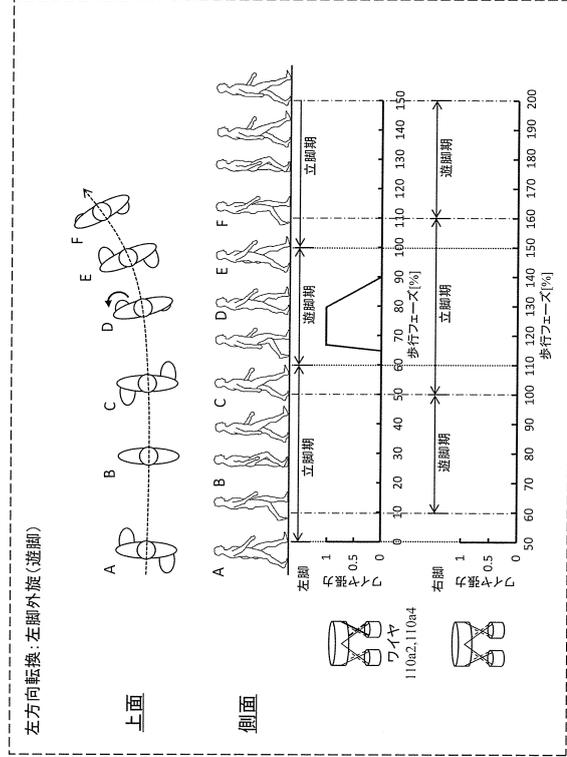
40

50

【図 3 8】



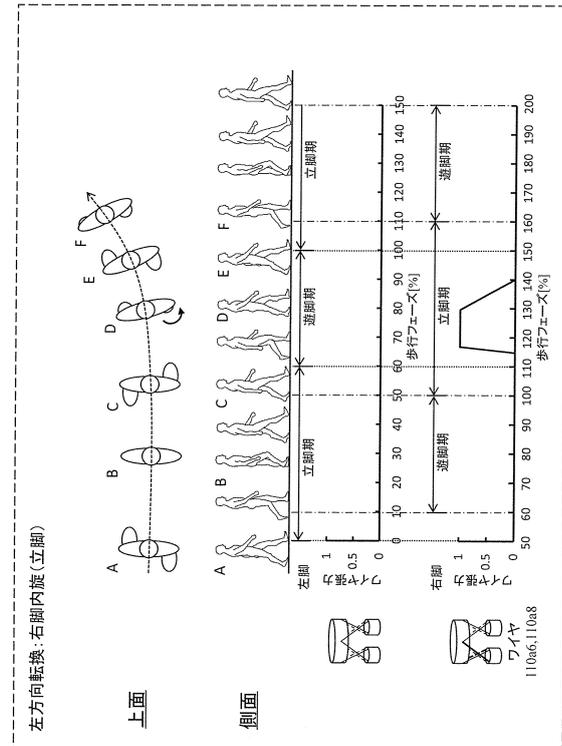
【図 3 9 A】



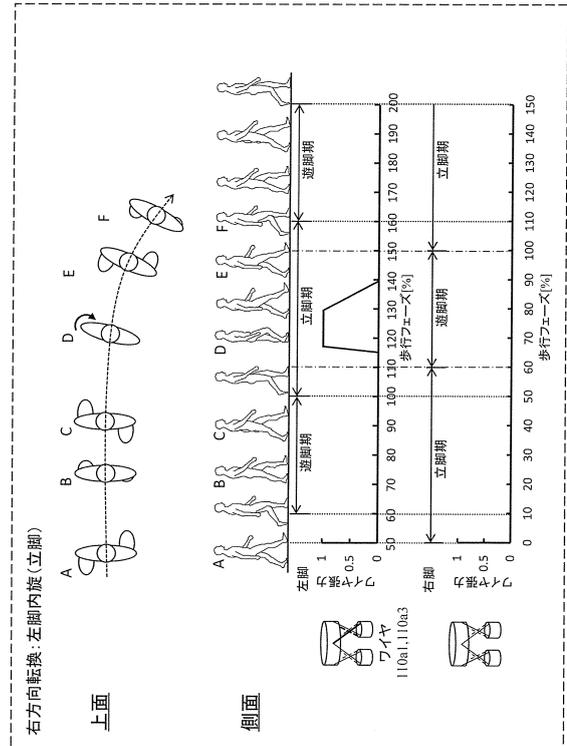
10

20

【図 3 9 B】



【図 4 0 A】

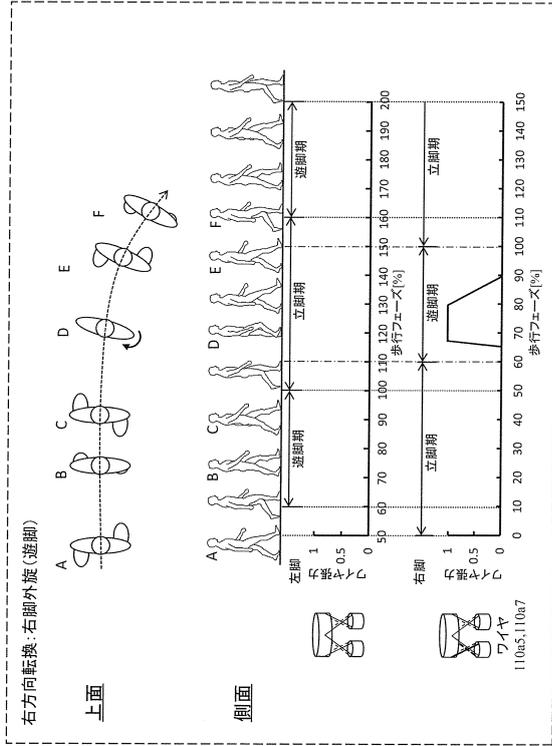


30

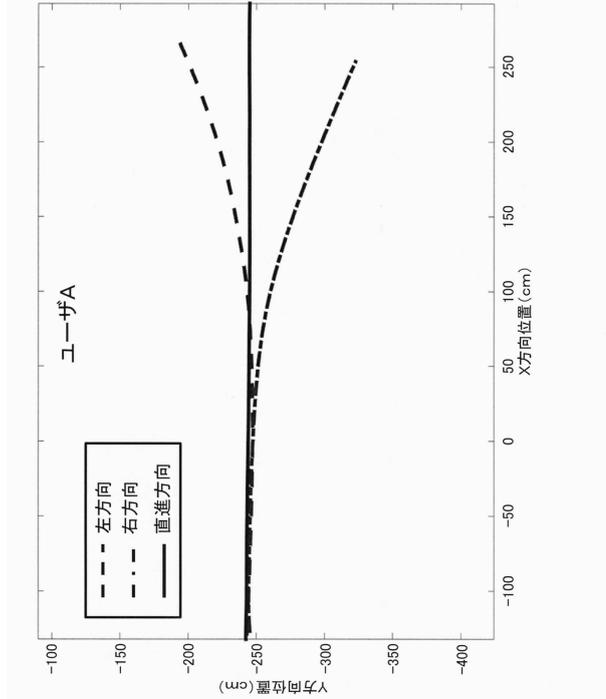
40

50

【図 40B】



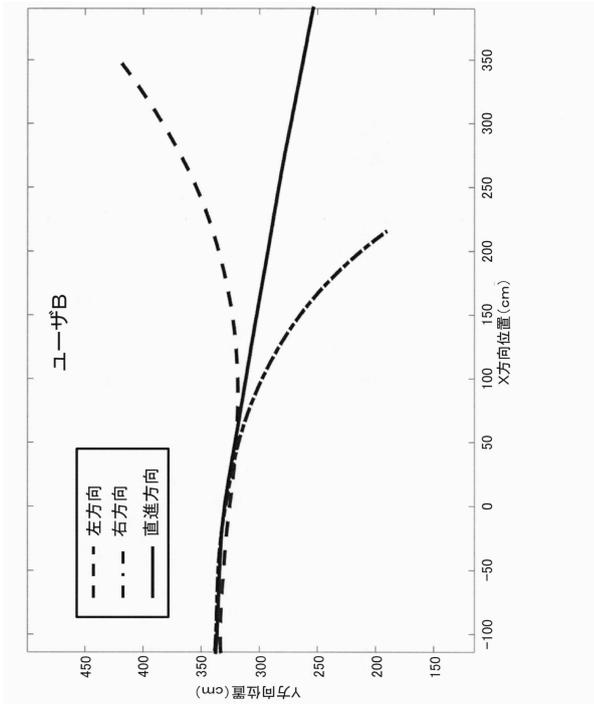
【図 41】



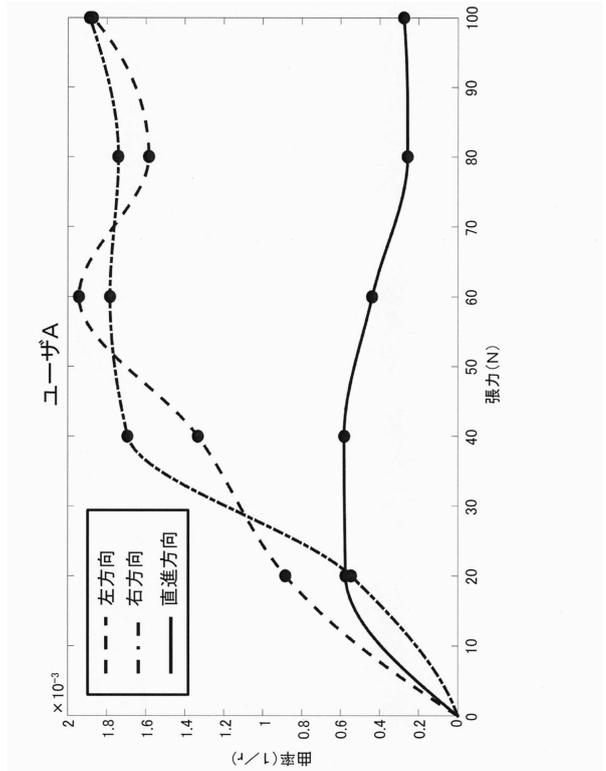
10

20

【図 42】



【図 43】

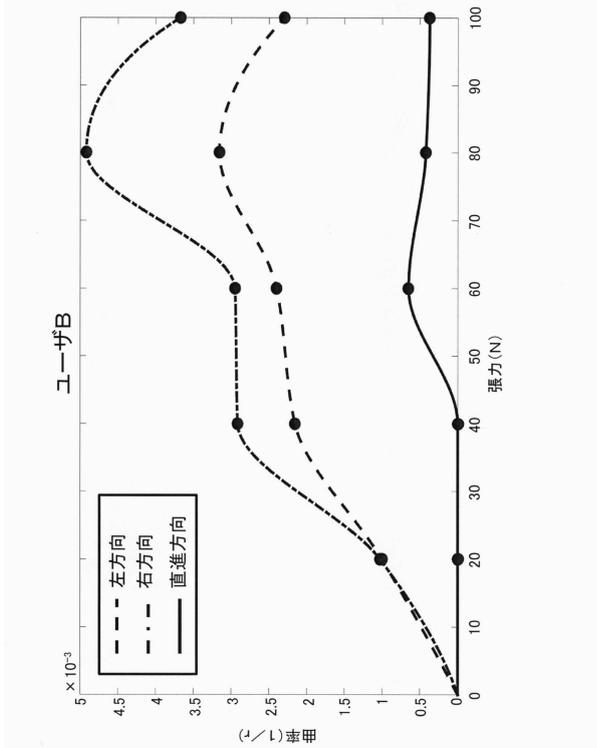


30

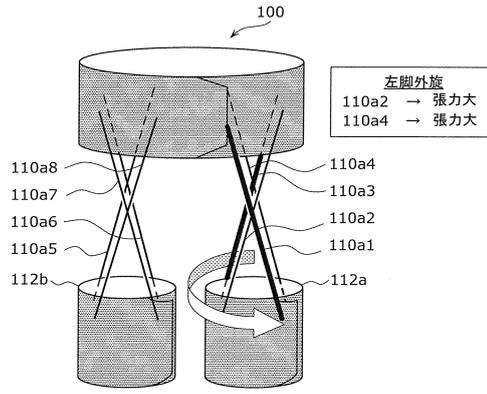
40

50

【図44】



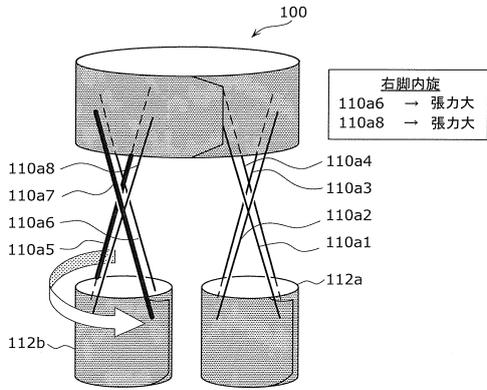
【図45A】



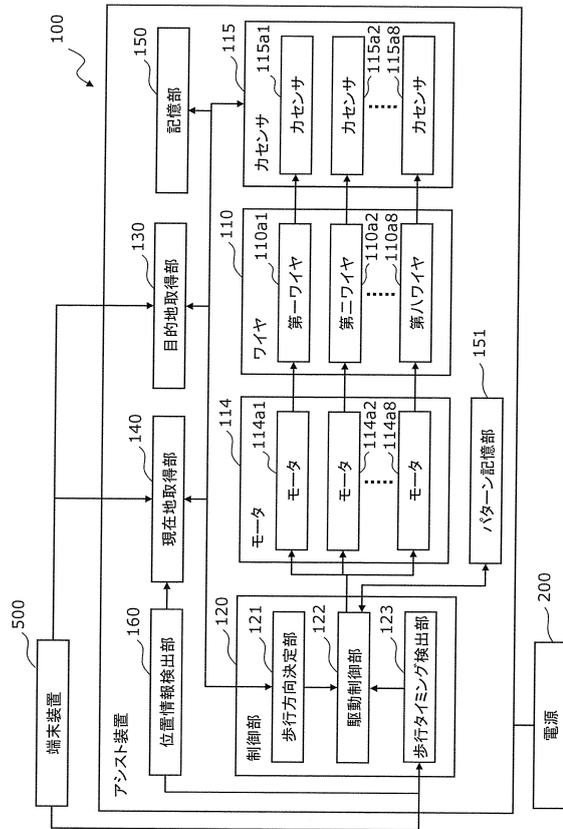
10

20

【図45B】



【図46】



30

40

50

フロントページの続き

ナソニック株式会社内

(72)発明者 小松 真弓

大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

(72)発明者 足立 信夫

大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

審査官 山田 裕介

(56)参考文献 特開2012-192013(JP,A)

特開2013-146328(JP,A)

特開2014-210016(JP,A)

特表2015-529574(JP,A)

特表2016-528940(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

A61H 3/00

A61H 1/02