

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4581087号
(P4581087)

(45) 発行日 平成22年11月17日(2010.11.17)

(24) 登録日 平成22年9月10日(2010.9.10)

(51) Int.Cl.		F I			
A 6 1 H	1/02	(2006.01)	A 6 1 H	1/02	R
A 6 3 B	23/04	(2006.01)	A 6 1 H	1/02	N
A 6 3 B	24/00	(2006.01)	A 6 3 B	23/04	Z
			A 6 3 B	24/00	

請求項の数 9 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2005-23501 (P2005-23501)	(73) 特許権者	504174135
(22) 出願日	平成17年1月31日(2005.1.31)		国立大学法人九州工業大学
(65) 公開番号	特開2006-204730 (P2006-204730A)		福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号
(43) 公開日	平成18年8月10日(2006.8.10)	(74) 代理人	100090697
審査請求日	平成19年12月5日(2007.12.5)		弁理士 中前 富士男
		(72) 発明者	和田 親宗
			福岡県北九州市若松区ひびきの2-4 九州工業大学内
		審査官	長谷川 一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 歩行訓練支援装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

歩行訓練者の両足の履物にそれぞれ配置された複数の感圧センサと、
前記両足の履物にそれぞれ設けられ、超音波を発生する超音波発生部及び該超音波発生部で発生する超音波を受信する少なくとも3つの超音波受信部を備えた第1、第2のセンサ部を有する位置センサと、
前記第1、第2のセンサ部の超音波発生部から送信される超音波を前記第1、第2のセンサ部の超音波受信部で受信して前記履物の相対的な位置を検知し、更に、前記履物にそれぞれ配置された前記感圧センサからの信号から前記各履物の着地状況を算出する演算部を有する制御手段と、
前記制御手段の出力を入力して、前記各履物の足跡及びその現在位置を表示する表示手段とを備えることを特徴とする歩行訓練支援装置。

【請求項2】

請求項1記載の歩行訓練支援装置において、前記位置センサには更に、前記歩行訓練者とは距離を隔てて配置されて磁界を発生する磁界発生部である第3のセンサ部が設けられ、前記第1、第2のセンサ部が、更に、前記第3のセンサ部で発生した磁界内に配置され電流が誘起されて前記第3のセンサ部からの距離及び角度が計測可能な磁力計測部を備えることを特徴とする歩行訓練支援装置。

【請求項3】

請求項1及び2のいずれか1項に記載の歩行訓練支援装置において、前記表示手段は、へ

ッドマウント型のディスプレイであることを特徴とする歩行訓練支援装置。

【請求項 4】

請求項 1 及び 2 のいずれか 1 項に記載の歩行訓練支援装置において、前記表示手段は、パネル形のディスプレイであって、前記歩行訓練者との距離を一定に保って移動可能な台車に搭載されていることを特徴とする歩行訓練支援装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の歩行訓練支援装置において、前記制御手段は、前記歩行訓練者の前記履物の接地面からの高さを算出し、前記表示手段に該履物の高さに対して色を変えて表示可能であることを特徴とする歩行訓練支援装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の歩行訓練支援装置において、前記制御手段は、予め設定された前記歩行訓練者の歩幅に合わせて決められた歩幅設定値に基づいて、前記履物の接地目標位置を演算し、前記表示手段に表示可能であることを特徴とする歩行訓練支援装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載の歩行訓練支援装置において、前記制御手段は、前記感圧センサ及び前記位置センサより算出される前記歩行訓練者の身体重心位置の軌跡に基づいて、該歩行訓練者の転倒防止範囲を演算し、前記表示手段に表示可能であることを特徴とする歩行訓練支援装置。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の歩行訓練支援装置において、前記制御手段は、前記感圧センサのデータに基づいて、前記履物の負荷状態又は圧力分布を演算し、前記表示手段に 3 段階以上に色分けして表示可能であることを特徴とする歩行訓練支援装置。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の歩行訓練支援装置において、前記制御手段によって得られた前記履物への負荷状態を音声で知らせる音声発生手段を備えることを特徴とする歩行訓練支援装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リハビリテーション医療、スポーツ、予防医療、健康増進、美容、及び福祉の各分野において、歩行時に得られる各種情報を使用者にフィードバックする歩行訓練支援装置に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、脳卒中による軽度から中程度の片麻痺の患者は、発症後早い時期から、例えば、平行棒を備えた歩行練習器等を用いて歩行機能の回復訓練を受ける。片麻痺の患者は、麻痺した側の足が動かない、あるいは動き難いだけでなく、触覚情報（例えば、足が床と接触しているかどうか、足と床の接触時の圧力がどのくらいであるか等）も得ることができない。つまり、片麻痺の患者は、麻痺している側の足がどの位置にあるか、また、どのくらい体重がかかっているか等の情報を得ることができず、歩行時に足の位置を確認するため下を向く場合が多くなり、重心が後側に傾き歩行が困難になると共に、歩く姿勢（歩容）も悪くなる。そこで、片麻痺の患者は、リハビリテーションにおいて、前方に設置された鏡を見ながら歩行して足の位置の確認を行っている。また、麻痺した側の足にかかる体重については、理学療法士及び医師等が経験に基づいて口頭で指示していた。

【0003】

ここで、片麻痺の患者が歩行を確認するために使用する装置として、例えば、特許文献 1 には、床に設置されて接触した足による圧力分布を計測する圧力センサ部を備え、圧力センサ部に接触した被接触部位（足）の圧力分布と、予め設定された圧力の目標値とを比較して被接触部位に適切な荷重をかける荷重訓練支援方法及び装置並びに荷重訓練支援プロ

10

20

30

40

50

グラムを記録した記録媒体が開示されている。また、特許文献2には、靴やスリッパ等の履物に挿入する足底シートに、足底にかかる圧力を検出する複数の圧力センサが設けられ、各圧力センサの出力値から足底の中心を求め、足底中心の空間的、時間的变化に応じて音を発生する足底圧分布 - 聴覚バイオフィードバックシステムが開示されている。

【0004】

【特許文献1】特開2000-308698号公報

【特許文献2】特開2004-141275号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、前記従来の歩行訓練支援装置は未だ解決すべき以下のような問題があった。

例えば、理学療法士等がリハビリや歩行訓練の指導を行う場合には、個人の経験によって判断されるので、客観的なデータがなく、それぞれの判断が異なることがあり、また、口頭での指導であるので、片麻痺の患者が理解し難かった。特許文献1の発明では、圧力センサ部が床に設置されるので、設置場所以外では測定できなかった。特許文献2の発明では、音のみによる指示であるので、足の状態が把握し難かった。

【0006】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたもので、簡単に歩行状態を測定でき、足の動きが視覚で把握できる歩行訓練支援装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記目的に沿う第1の発明に係る歩行訓練支援装置は、歩行訓練者の両足の履物にそれぞれ配置された複数の感圧センサと、

前記両足の履物にそれぞれ設けられ、超音波を発生する超音波発生部及び該超音波発生部で発生する超音波を受信する少なくとも3つの超音波受信部を備えた第1、第2のセンサ部を有する位置センサと、

前記第1、第2のセンサ部の超音波発生部から送信される超音波を前記第1、第2のセンサ部の超音波受信部で受信して前記履物の相対的な位置を検知し、更に、前記履物にそれぞれ配置された前記感圧センサからの信号から前記各履物の着地状況を算出する演算部を有する制御手段と、

前記制御手段の出力を入力して、前記各履物の足跡及びその現在位置を表示する表示手段とを備える。

【0008】

【0009】

第1の発明に係る歩行訓練支援装置において、歩行訓練者としては、例えば、脳卒中による片麻痺の患者、糖尿病患者、及び膝や腰などを骨折した骨格系疾患患者等の歩行障害者が挙げられ、歩行訓練支援装置は、これらの歩行障害者のリハビリテーション医療に使用される。また、歩行訓練支援装置は、歩行時に正しい姿勢を取ることができるため、スポーツ、予防医療、健康増進、美容、及び福祉等の各分野においても使用することができる。

【0010】

第1の発明に係る歩行訓練支援装置において、感圧センサは、歩行訓練者の両足の履物にそれぞれ複数配置され、歩行訓練者の両足にそれぞれかかる圧力を測定する。ここで、履物としては、例えば、靴、下駄、草履、サンダル、及びスリッパ等の足に履くもの、更には、足袋、靴下、及び、足に巻く包帯等の足に装着されるもの、また、靴の中に配置される中敷きも含まれる。感圧センサは、通常土踏まずの位置には配置せず、足底と床面（接地面）とが接触する部分に配置するのが好ましい。また、足底にかかる圧力の中心位置を得るためには、同一直線上にない少なくとも3以上の感圧センサを取付けるのが好ましい。

【0011】

10

20

30

40

50

感圧センサとしては、先端に導電材料（銀）層及び圧感インク層がそれぞれ設けられた上下2層のポリエステルフィルムが互いに接着剤でラミネートされたフィルム状のボタンセンサ（例えば、ニッタ株式会社製、商品名、商標、FlexiForce）、又は荷重変換器（ロードセル）等が使用できる。

【0012】

第1の発明に係る歩行訓練支援装置において、位置センサは、例えば、音波（超音波を含む）式、及び磁気式の非接触で計測可能なセンサが使用される。

【0013】

ここで、音波式の位置センサとしては、例えば、古河機械金属株式会社製の超音波動作解析システムであるZPS-MA（商品名）が使用できる（「ZPS」は登録商標）。

10

【0014】

【0015】

更に、磁気式の位置センサは、磁界中に配置されると電流が流れる磁力計測部を備えた第1及び第2のセンサ部と、第1及び第2のセンサ部で受信する磁界を発生する磁界発生部を備えた第3のセンサ部を有し、磁界内に第1及び第2のセンサ部を配置した際に誘起された電流の強さによって、第3のセンサ部から第1及び第2のセンサ部の距離と方向とが検知される。

【0016】

磁気式の位置センサの第3のセンサ部の主要部分である磁界発生部は、x方向、y方向、及びz方向の各軸に対応する3つの直交した第1～第3の磁界発生用コイルを備え、第1～第3の磁界発生用コイルに順番に電流を流すと、第1～第3の磁界発生用コイルには、例えば、約10kHzの交流磁界がx方向、y方向、及びz方向に時分割されて順番に交磁される。

20

【0017】

また、磁力計測部は、磁界発生部の磁界発生用コイルと同様に、x方向、y方向、及びz方向の各軸に対応する3つの直交した第1～第3の電流誘起用コイルを備えており、第1～第3の電流誘起用コイルを、磁界発生部から発生した磁界内におくと、第1～第3の電流誘起用コイルには、磁界発生部との距離及び姿勢（角度）によってそれぞれ異なる強さの電流が発生する。この際に第1～第3の電流誘起用コイルに発生する電流値から、磁界発生部を原点とした磁力計測部の距離及び角度、すなわち、磁力計測部の三次元の位置が算出される。ここで、磁気式の位置センサとしては、米国POLHEMUS社製の三次元位置計測システムであるFASTRAK（商品名、商標）、ISOTRAK II（商品名、商標）、及びPATRIOT（商品名、商標）等が使用できる。

30

【0018】

また、位置センサは、対となる履物にそれぞれ設けられ、音波を対となって受信又は発信が可能な第1、第2のセンサ部を有し、対となる履物の位置を三次元で相対的に検知する。

【0019】

また、音波式の位置センサは、超音波を発生する超音波発生部と、超音波発生部で発生する超音波を受信する少なくとも3つの超音波受信部とを備える第1及び第2のセンサ部を有したものが使用できる。これら音波式の位置センサでは、例えば、感圧センサの作動によって設置している一方の履物を特定し、一方の履物の超音波発生部から超音波を発生させ、他方の履物の超音波受信部で受信し、一方の履物を原点として他方の位置を算出することができる。

40

【0020】

【0021】

第1の発明に係る歩行訓練支援装置において、制御手段は、感圧センサ及び位置センサのデータから少なくとも各足（履物）の現在位置及び各足の着地状況を算出する演算部を備えている。ここで、着地状況とは、各履物の底部の圧力分布、各履物の圧力中心位置、及び歩行訓練者の身体重心位置等を含んでいる。制御手段としては、デスクトップ型、ノー

50

ト型、及びウェアブル型のコンピュータが使用でき、演算部は、コンピュータ内に設けられた中央処理装置（CPU）が使用できる。

【0022】

また、制御手段には、演算部で演算されるプログラムが記憶された記憶装置（ハードディスク、ROM、及びRAM等）が備えられ、感圧センサ及び位置センサから得られたデータを記憶装置に保存されたプログラムに従って、演算部で処理して各足の現在位置及び各足の着地状況を算出する。更に、制御手段は、感圧センサ及び位置センサから得られるデータがアナログ信号の場合には、データをデジタル信号に変換するA/D（アナログ-デジタル）変換器を備えてもよい。

【0023】

更に、表示手段としては、ブラウン管（CRT）、発光ダイオード（LED）、液晶、フォトダイオード（PD）、又は有機ルミネセンス（EL）等によって形成されるディスプレイを用いることができる。表示手段に表示される履物の足跡及びその現在位置は、制御手段によるコンピュータグラフィックによって、平面（二次元）的、又は、立体（三次元）的に表示することができる。

【0024】

表示手段には、制御手段によって算出された各足の現在位置及び各足の着地状況が入力され、対となる履物の足跡及び現在位置を表示する。ここで、履物の足跡とは、足底に配置された複数の感圧センサの全てに力がかかり、足の裏全体に力がかかった状態の履物の位置の軌跡をいう。なお、表示手段には、制御手段によって算出された各履物の底部の圧力分布、各履物の圧力中心位置、及び歩行訓練者の身体重心位置等の着地状況を表示することもできる。

【0025】

第2の発明に係る歩行訓練支援装置は、第1の発明に係る歩行訓練支援装置において、前記表示手段は、ヘッドマウント型のディスプレイである。

第2の発明に係る歩行訓練支援装置において、ヘッドマウント型のディスプレイは、例えば、単眼式でその様子を見ることができるシースルー機能を備えた株式会社島津製作所製のデータグラス2（商品名）が使用できる（「データグラス」は登録商標）。

【0026】

第3の発明に係る歩行訓練支援装置は、第1の発明に係る歩行訓練支援装置において、前記表示手段は、パネル形のディスプレイであって、前記歩行訓練者との距離を一定に保って移動可能な台車に搭載されている。

第3の発明に係る歩行訓練支援装置において、ディスプレイは、例えば、平らな台に車輪が取付けられている台車に設置される。台車が自走式の場合には、車輪に駆動装置が設けられ、歩行訓練者との距離を所定範囲内に保つために歩行訓練者との距離を測定する超音波センサ等の距離センサが設けられている。また、台車に把手を設け、把手を引いて台車を移動することもできる。更に、台車には、ディスプレイを昇降可能に配置する昇降装置を取付けてもよい。

【0027】

第4の発明に係る歩行訓練支援装置は、第1～第3の発明に係る歩行訓練支援装置において、前記制御手段は、前記歩行訓練者の前記履物の接地面からの高さを算出し、前記表示手段に該履物の高さに対して色を変えて表示可能である。

第4の発明に係る歩行訓練支援装置において、履物の高さは、高さに対応して、例えば、接地面から0cmを白色とし、5cm以上を赤色として、その間を徐々に色が変わるようにグラデーション（濃淡）で示してもよい。また、接地面からの高さを数mm～数cm、例えば、1cm毎の範囲で区切って、接地面から白色、赤色、マゼンタ、青色、シアン、緑色、及び黄色等と異なる色で示してもよい。

【0028】

第5の発明に係る歩行訓練支援装置は、第1～第4の発明に係る歩行訓練支援装置において、前記制御手段は、予め設定された歩行訓練者の歩幅に合わせて決められた歩幅設定値

10

20

30

40

50

に基づいて、前記履物の接地目標位置を演算し、前記表示手段に表示可能である。

第5の発明に係る歩行訓練支援装置において、足の接地目標位置は、予め測定された歩行訓練者の歩幅を歩幅設定値として制御手段に保存しておき、そのデータを基に制御手段で算出することができる。また、歩行している歩行訓練者の歩幅のデータを制御手段で逐次処理して、歩幅設定値の補正を行いながら接地目標位置を演算してもよい。

【0029】

第6の発明に係る歩行訓練支援装置は、第5の発明に係る歩行訓練支援装置において、前記制御手段は、前記感圧センサ及び前記位置センサより算出される前記歩行訓練者の身体重心位置の軌跡に基づいて、該歩行訓練者の転倒防止範囲を演算し、前記表示手段に表示可能である。

10

【0030】

第6の発明に係る歩行訓練支援装置において、転倒防止範囲は、予め実験で求めた歩行訓練者が転倒しない時の身体重心位置の軌跡に対して、例えば、履物の横幅の5%以上で50%以下、好ましくは10%以上で30%以下の範囲としている。歩行訓練者が片足で立っている状態、すなわち、一方の履物の感圧センサで圧力信号を検知できない状態で、他方の履物の感圧センサで感知された圧力から算出された歩行訓練者の身体重心位置の軌跡が、転倒防止範囲外にある場合には、接地していない方の履物が、接地している方の履物に対して、歩行訓練者の歩幅の2歩以上遠い位置にあるか、接地している履物と交差する状態にあり、歩行訓練者が転倒する危険性が高くなる。

【0031】

20

第7の発明に係る歩行訓練支援装置は、第1～第6の発明に係る歩行訓練支援装置において、前記制御手段は、前記感圧センサのデータに基づいて、前記履物の負荷状態又は圧力分布を演算し、前記表示手段に3段階以上に色分けして表示可能である。

第7の発明に係る歩行訓練支援装置において、色分け表示は、色の濃淡（グラデーション）、又は、色の組み合わせ等で表示することができる。

【0032】

第8の発明に係る歩行訓練支援装置は、第1～第7の発明に係る歩行訓練支援装置において、前記制御手段によって得られた前記履物への負荷状態を音声で知らせる音声発生手段を備える。

第8の発明に係る歩行訓練支援装置において、音声発生手段の音発生源としては、スピーカ、イヤホン、及びヘッドホン等がある。また、各足への負荷状態を表す音声のデータは、予め制御手段に保存されている。音声のデータは、音声ファイル、又は、発声時に音声合成されるテキストファイルが使用できる。

30

【0033】

【0034】

【発明の効果】

【0035】

【0036】

請求項1及びこれに従属する請求項2～9に記載の歩行訓練支援装置においては、表示手段には、履物の足跡及びその現在位置が表示されるので、歩行訓練者が足元を見ずに歩行可能となると共に、移動中の足の元の位置からの移動量が把握できて歩き易くなる。また、位置センサが、対となる履物にそれぞれ設けられた第1、第2のセンサ部で構成されているので、測定範囲が実質的に無制限となる。更に、感圧センサ及び位置センサと、制御手段とを無線で連結した場合には、配線がなくなって装置がシンプルになると共に、配線が歩行訓練者の足に絡まる等の事故がなくなる。

40

【0037】

特に、請求項3に記載の歩行訓練支援装置においては、表示手段がヘッドマウント型のディスプレイであるので、固定されたディスプレイを凝視する必要がなく歩行訓練者の姿勢が良くなる。

請求項4に記載の歩行訓練支援装置においては、表示手段は、パネル形のディスプレイであ

50

って、歩行訓練者との距離を一定に保って移動可能な台車に搭載されているので、歩行範囲中の歩行範囲が限定されない。

請求項 5 記載の歩行訓練支援装置においては、制御手段は、歩行訓練者の履物の接地面からの高さを算出し、表示手段に履物の高さに対して色を変えて表示可能であるので、歩行訓練者が足をどのくらい上げたかを把握し易い。

【 0 0 3 8 】

請求項 6 記載の歩行訓練支援装置においては、制御手段は、予め設定された歩行訓練者の歩幅に合わせて決められた歩幅設定値に基づいて、履物の接地目標位置を演算し、表示手段に表示可能であるので、目標となる足の位置が把握できて歩き易くなる。

請求項 7 記載の歩行訓練支援装置においては、制御手段は、感圧センサ及び位置センサより算出される歩行訓練者の身体重心位置の軌跡に基づいて、歩行訓練者の転倒防止範囲を演算し、表示手段に表示可能であるので、歩行訓練者が安心して歩行できると共に、歩行訓練者の転倒による怪我等の危険を防止できる。

請求項 8 記載の歩行訓練支援装置においては、制御手段は、感圧センサのデータに基づいて、履物の負荷状態又は圧力分布を演算し、表示手段に 3 段階以上に色分けして表示可能であるので、視覚的に解り易い。

【 0 0 3 9 】

請求項 9 記載の歩行訓練支援装置においては、制御手段によって得られた履物への負荷状態を音声で知らせる音声発生手段を備えるので、視覚と共に音声による確認ができ、各履物の負荷状態が把握し易い。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 4 0 】

続いて、添付した図面を参照しつつ、本発明を具体化した実施の形態につき説明し、本発明の理解に供する。

ここで、図 1 は本発明の第 1 の実施の形態に係る歩行訓練支援装置の説明図、図 2 は同歩行訓練支援装置の感圧センサ及び位置センサが取付けられた履物の説明図、図 3 は同歩行訓練支援装置の感圧センサの配置図、図 4 は同歩行訓練支援装置のブロック図、図 5 ~ 図 1 1 はそれぞれ同歩行訓練支援装置の表示手段の歩行時の表示画面の説明図、図 1 2 は本発明の第 2 の実施の形態に係る歩行訓練支援装置の説明図、図 1 3 は同歩行訓練支援装置のブロック図、図 1 4 は本発明の第 3 の実施の形態に係る歩行訓練支援装置の説明図、図 1 5 は同歩行訓練支援装置のブロック図、図 1 6 (A) は本発明の第 4 の実施の形態に係る歩行訓練支援装置の説明図、(B) は同歩行訓練支援装置の触覚表示手段の配置図、図 1 7 は同歩行訓練支援装置のブロック図である。

【 0 0 4 1 】

図 1 ~ 図 1 1 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態に係る歩行訓練支援装置 1 0 について説明する。

歩行訓練支援装置 1 0 は、歩行訓練者 1 1 の左右の足 1 2、1 3 の足底 1 4、1 5 にかかる圧力をそれぞれ測定するための複数、例えば、1 2 個の左足用の感圧センサ 1 6 ~ 2 7 及び 1 2 個の右足用の感圧センサ 2 8 ~ 3 9 が所定位置 (座標 (x_n, y_n) 、 $n = 1 \sim 24$ 、図 3 参照) にそれぞれ配置された中敷き 4 0、4 1 を備えた左右の履物の一例である靴 4 2、4 3 を有している。

【 0 0 4 2 】

なお、感圧センサは、各中敷き 4 0、4 1 の底面に少なくとも 3 つ以上で、しかも、同一直線上に配置しないように取付けるのが好ましい。また、感圧センサ 1 6 ~ 3 9 は、靴の中敷き 4 0、4 1 に取付けたが、靴の底部に取付けてもよい。ここで、本実施の形態では、x 方向は、歩行訓練者 1 1 の前後方向を示し、y 方向は歩行訓練者 1 1 の左右方向を示し、z 方向は上下方向を示す。

【 0 0 4 3 】

図 3 に示すように、中敷き 4 0、4 1 を平面視して、感圧センサ 1 6 ~ 3 9 は、歩行訓練者 1 1 の足の土踏まずの位置を避け、しかも、左足用の感圧センサ 1 6 ~ 2 7 と右足用の

10

20

30

40

50

感圧センサ 28 ~ 39 とが、実質的に左右対称となるようにそれぞれ配置されている。ここで、感圧センサ 16 ~ 39 には、導電材料（銀）層及び圧感インク層がそれぞれ設けられ、2層のポリエステルフィルムが互いに接着剤でラミネートされたフィルム状のボタンセンサ（例えば、ニッタ株式会社製、商品名、商標、FlexiForce）を使用した。なお、感圧センサとしては、荷重変換器を使用してもよい。

【0044】

歩行訓練支援装置 10 は、両足 12、13 の位置をそれぞれ三次元で測定する磁気式的位置センサ（例えば、米国 POLHEMUS 社製、商品名、商標、FASTRACK）45 を有している。

位置センサ 45 は、歩行訓練者 11 と所定の距離を隔てて配置され磁界を発生する磁界発生部である第 3 のセンサ部 46 と、第 3 のセンサ部 46 の磁界の発生を制御するシステムコントロールユニット（以下、コントロールユニットともいう）47 と、左右の靴 42、43 にそれぞれ取付けられ、第 3 のセンサ部 46 で発生した磁界内に配置されて電流が誘起されて第 3 のセンサ部 46 からの距離及び角度が計測可能な磁力計測部である第 1、第 2 のセンサ部 48、49 とを有している。

10

【0045】

第 3 のセンサ部 46 は、所定位置に設置され、x 方向、y 方向、及び z 方向の各軸に対応する 3 つの直交した第 1 ~ 第 3 の磁界発生用コイル（図示せず）を備えている。第 1 ~ 第 3 の磁界発生用コイルに順番に電流を流すことにより、例えば、約 10 kHz の交流磁界を発生させる。この際、第 1 ~ 第 3 の磁界発生用コイルには、時分割されて順番に奨磁、すなわち、x 方向、y 方向、及び z 方向に順次磁界が発生する。

20

コントロールユニット 47 は、第 1 ~ 第 3 の磁界発生用コイルに流す電流の強さ及び時間（周波数）等を制御して、第 3 のセンサ部 46 で発生する磁界強さ及び時間（周波数）等を制御している。

【0046】

第 1、第 2 のセンサ部 48、49 は、それぞれ第 3 のセンサ部 46 と同様に、x 方向、y 方向、及び z 方向の各軸に対応する 3 つの直交した第 1 ~ 第 3 の電流誘起用コイル（図示せず）を備えている。第 3 のセンサ部 46 によって発生する磁界内に、第 1、第 2 のセンサ部 48、49 が配置されると、第 1、第 2 のセンサ部 48、49 のそれぞれの第 1 ~ 第 3 の電流誘起用コイルには、第 3 のセンサ部 46 との距離及び姿勢（角度）によってそれぞれ異なる強さの電流が発生する。

30

【0047】

第 1 のセンサ部 48 の第 1 ~ 第 3 の電流誘起用コイルにそれぞれ発生する電流の強さによって第 3 のセンサ部 46 からの距離が解り、発生する電流の比率によって、第 3 のセンサ部 46 に対する角度が解るので、第 3 のセンサ部 46 からの第 1 のセンサ部 48、すなわち、靴 42 の三次元位置が解る。同様に第 3 のセンサ部 46 からの第 2 のセンサ部 49、すなわち、靴 43 の三次元位置が解る。また、第 3 のセンサ部 46 から発生する磁界を第 1 及び第 2 のセンサ部 48、49 で受信可能な受信範囲 53 は、実質的に第 3 のセンサ部 46 を中心とする球形となる。

40

【0048】

コントロールユニット 47 は、第 1 ~ 第 3 のセンサ部 48、49、46 とそれぞれ有線、すなわち、ケーブル 50 ~ 52 で接続されている。コントロールユニット 47 は、第 1 ~ 第 3 の磁界発生用コイルに流す電流の強さ及び時間（周波数）等を制御して、第 3 のセンサ部 46 で発生する磁界強さ及び時間（周波数）等を制御し、また、第 3 のセンサ部 46 で発生した磁界によって第 1、第 2 のセンサ部 48、49 のそれぞれの第 1 ~ 第 3 の電流誘起用コイルに生じる電流をアナログ値からデジタル値に変換している。

【0049】

歩行訓練支援装置 10 は、感圧センサ 16 ~ 39 から得られたアナログ信号をそれぞれデジタル信号に変換する A/D 変換器 54 を備え、左足用の感圧センサ 16 ~ 27 及び右足

50

用の感圧センサ 28 ~ 39 は、それぞれケーブル 55、56 を介して、A/D変換器 54 に接続されている。

また、歩行訓練支援装置 10 は、制御手段の一例であるノート型のコンピュータ 59 を有している。図 4 に示すように、コンピュータ 59 は、インターフェイス 60 を有し、ケーブル 57 及びインターフェイス 60 を介して、コントロールユニット 47 と接続されると共に、ケーブル 58 及びインターフェイス 60 を介して、A/D変換器 54 と接続されている。

【0050】

更に、コンピュータ 59 は、インターフェイス 60 に接続され、各デジタル信号から各靴 42、43 の現在位置及び着地状況を算出する演算部の一例である中央処理装置 61 を有している。更に、コンピュータ 59 は、中央処理装置 61 に接続されるハードディスク 62、ROM 63、及び RAM 64 と、中央演算装置 61 に接続される画像出力手段 65 と、画像出力手段 65 に接続されて中央演算装置 61 で演算した結果を表示する表示手段の一例である液晶画面 66 を備えている。

10

【0051】

ここで、着地状況とは、各靴 42、43 の底部の圧力分布、各靴 42、43 の圧力中心位置、及び歩行訓練者 11 の身体重心位置等の情報を含んでいる。液晶画面 66 は、靴 42、43 の現在位置、接地目標位置、及び踏み出した靴の跡を示す靴跡位置を表示する大画面 67 と、靴 42、43 の数歩分の足跡（靴跡位置）及び現在位置を表示する小画面 68 に分割表示可能となっている（図 5 ~ 図 11 参照）。ここで、現在位置、接地目標位置、靴跡位置、及び足跡は、実質的に靴 42、43 と同じ形状に表示される。

20

【0052】

なお、制御手段としては、ノート型のコンピュータの他に、デスクトップ型、又はウェアブル型のコンピュータも使用できる。また、表示手段としては、コンピュータ 59 に一体的に設けられた液晶画面 66 の他に、コンピュータ 59 に接続可能なブラウン管（CRT）、発光ダイオード（LED）、液晶、フォトダイオード（PD）、及び有機ルミネセンス（EL）等によって形成されるディスプレイや、ヘッドマウント型のディスプレイも用いることができる。

更に、コンピュータ 59 の液晶画面 66 が歩行訓練者 11 の実質的に目の高さに配置されるように、コンピュータ 59 は歩行訓練者 11 の歩行方向前方に設けられた高さ調節可能なテーブル 69 に載置されている。

30

【0053】

コンピュータ 59 のハードディスク 62 には、感圧センサ 16 ~ 39 及び位置センサ 45 の第 1、第 2 のセンサ部 48、49 のデータから各足 12、13 に装着した靴 42、43 の現在位置及び着地状況を算出するための歩行訓練支援プログラム（以下、単に「プログラム」ともいう。以下、同様である。）70 が保存されている。

プログラム 70 は、予め歩行訓練前に入力された、例えば、歩行訓練者 11 の氏名、性別、年齢、麻痺している足が左足又は右足か、障害度が高いか低いか、体重、及び歩幅に合わせて予め決められた歩幅設定値等の個人データを、例えば、ハードディスク 62 に保存する個人データ処理機能を有している。

40

【0054】

プログラム 70 は、左足用の感圧センサ 16 ~ 27 の測定データから感圧センサ 16 ~ 27 にそれぞれかかる圧力値 $p_1 \sim p_{12}$ を算出し、また、右足用の感圧センサ 28 ~ 39 の測定データから感圧センサ 28 ~ 39 にそれぞれかかる圧力値 $p_{13} \sim p_{24}$ を算出して、得られた圧力値 $p_1 \sim p_{24}$ から左右の靴 42、43 の負荷状態又は圧力分布をそれぞれ演算し、3段階以上に色分けして液晶画面 66 に表示する圧力処理機能を有している。プログラム 70 は、圧力処理機能によって、圧力値 $p_1 \sim p_{12}$ から靴 42 の圧力中心位置 $Q_L (x_{QL}, y_{QL})$ 及び負荷量（圧力） P_L を、また、圧力値 $p_{13} \sim p_{24}$ から靴 43 の圧力中心位置 $Q_R (x_{QR}, y_{QR})$ 及び負荷量（圧力） P_R をそれぞれ算出することができる。

【0055】

50

ここで、負荷状態とは、靴 4 2、4 3 にそれぞれかかる圧力 P_L 、 P_R の大きさの指標であり、圧力分布とは、靴 4 2 の感圧センサ 1 6 ~ 2 7、及び靴 4 3 の感圧センサ 2 8 ~ 3 9 のそれぞれの部位にかかる圧力の分布である。これらの結果に基づいて、例えば、白色、水色、及び青色の 3 段階による色分け表示を行って歩行訓練者 1 1 に視覚的に示す。なお、色分け表示は、例えば、赤色、黄色、及び青色等の 3 種類以上の異なる色、又は、白色から青色への 3 段階以上のグラデーションによって行ってもよい。

【 0 0 5 6 】

また、プログラム 7 0 は、位置センサ 4 5 によって、第 3 のセンサ部 4 6 から第 1、第 2 のセンサ部 4 8、4 9 のそれぞれの距離及び角度を算出し、第 3 のセンサ部 4 6 を原点 (0 , 0 , 0) として、第 1 のセンサ部 4 8 の三次元位置 $S_L (X_{SL}, Y_{SL}, Z_{SL})$ 、及び第 2 のセンサ部 4 9 の三次元位置 $S_R (X_{SR}, Y_{SR}, Z_{SR})$ を算出する位置処理機能を有している。位置処理機能によって、算出された第 1 及び第 2 のセンサ部 4 8、4 9 の三次元位置 S_L 、 S_R から第 1 及び第 2 のセンサ部 4 8、4 9 の相対的な位置を算出することもできる。

【 0 0 5 7 】

更に、プログラム 7 0 は、位置処理機能によって算出された各靴 4 2、4 3 の接地面からの高さ (それぞれ、 Z_{SL} 及び Z_{SR}) に対して色を変えて液晶画面 6 6 に表示する高さ処理機能を有している。プログラム 7 0 は、高さ処理機能によって、靴 4 2、4 3 のそれぞれの高さを、白色、桃色、及び赤色の 3 段階による色分け表示を行う。ここで、色分け表示は、前記した圧力処理機能による色分け表示とは異なる色を用いる。これによって、靴 4 2、4 3 が接地しているか、接地面から離れている (浮いている) かを区別することができる。なお、色分け表示は、例えば、赤色、黄色、及び青色等の 3 種類以上の異なる色、又は、白色から赤色への 3 段階以上のグラデーションによって行うこともできる。

【 0 0 5 8 】

また、プログラム 7 0 は、圧力処理機能及び位置処理機能によって得られた靴 4 2、4 3 の圧力値 $p_1 \sim p_{24}$ 及び位置 S_L 、 S_R を基に歩行訓練者 1 1 の身体重心位置 $G (X_G, Y_G)$ を演算する重心処理機能を有している。ここで、身体重心位置 G は、左靴 4 2 の圧力中心位置 $Q_L (X_{QL}, Y_{QL})$ 、圧力 P_L 、及び三次元位置 $S_L (X_{SL}, Y_{SL}, Z_{SL})$ と、右靴 4 3 の圧力中心位置 $Q_R (X_{QR}, Y_{QR})$ 、圧力 P_R 、及び三次元位置 $S_R (X_{SR}, Y_{SR}, Z_{SR})$ とから算出される。なお、例えば、靴 4 3 が浮いた状態、すなわち、靴 4 3 の感圧センサ 2 8 ~ 3 9 が圧力を感知しない場合には、接地している靴 4 2 の感圧センサ 1 6 ~ 2 7 の圧力データから算出された靴 4 2 の圧力中心位置 Q_R が身体重心位置 G となる。

【 0 0 5 9 】

更に、プログラム 7 0 は、個人データ処理機能によりハードディスク 6 2 に保存された歩幅設定値に基づいて、靴 4 2、4 3 の接地目標位置を演算し、算出された接地目標位置を液晶画面 6 6 に表示する目標接地位置設定処理機能を有している。なお、歩行訓練者 1 1 の歩行によって位置センサ 4 5 で測定される歩幅の平均値を逐次計算して接地目標位置とすることもできる。

【 0 0 6 0 】

また、プログラム 7 0 は、重心処理機能によって算出された歩行訓練者 1 1 の身体重心位置 G の軌跡に基づいて、歩行訓練者 1 1 の転倒防止範囲を演算し、算出された転倒防止範囲を液晶画面 6 6 に表示する転倒防止範囲設定処理機能を有している。ここで、転倒防止範囲は、予め実験で求めた歩行訓練者 1 1 が転倒しない時の身体重心位置 G の軌跡に対して、履物の横幅の 5 % 以上で 5 0 % 以下、好ましくは 1 0 % 以上で 3 0 % 以下の範囲となる。

【 0 0 6 1 】

例えば、歩行訓練者 1 1 が左足 1 2 で立っている場合には、靴 4 3 が浮いて、靴 4 3 の感圧センサ 2 8 ~ 3 9 が圧力信号を検知できない状態であり、この際の身体重心位置 G の軌跡は、靴 4 2 の感圧センサ 1 6 ~ 2 7 の圧力データから算出された靴 4 2 の圧力中心位置 Q_R と一致し、圧力中心位置 Q_R が転倒防止範囲外となった場合には、液晶画面 6 6 上の危

10

20

30

40

50

険を示す文字や記号の表示、又は、ブザーや音声による警報等によって歩行訓練者 11 に注意を促すことができる。

【0062】

次に、図 5 ~ 図 11 を参照して、歩行訓練支援装置 10 を使用した歩行訓練者 11 の歩行訓練の方法について説明する。

まず、図 1 及び図 2 に示すように、歩行訓練者 11 は、所定位置に感圧センサ 16 ~ 39 が取付けられた中敷き 40、41 が挿入され、位置センサ 45 の第 1 及び第 2 のセンサ部 48、49 が取付けられた左右の靴 42、43 をそれぞれ左足 12、右足 13 に装着する。コンピュータ 59 のプログラム 70 を起動し、氏名、性別、年齢、麻痺している足が左足又は右足か、障害度が高いか低いか、体重、及び歩行訓練者 11 の歩幅に合わせて決められた歩幅設定値等の個人データを入力して、歩行訓練者 11 の歩行訓練を開始する。

10

【0063】

歩行訓練者 11 が両足 12、13 を揃えて立っている場合、プログラム 70 の位置処理機能によって、位置センサ 45 の第 1 及び第 2 のセンサ部 48、49 のデータから靴 42 の三次元位置 $S_L(x_{SL}, y_{SL}, z_{SL})$ 及び靴 43 の三次元位置 $S_R(x_{SR}, y_{SR}, z_{SR})$ がそれぞれ算出され、図 5 に示すように、液晶画面 66 の大画面 67 に靴 42、靴 43 の各現在位置 71、72 が表示される。

【0064】

更に、プログラム 70 の圧力処理機能によって、左足用の感圧センサ 16 ~ 27 で測定された圧力値 $p_1 \sim p_{12}$ のデータから左靴 42 の圧力中心位置 $Q_L(x_{QL}, y_{QL})$ 及び圧力 P_L が算出され、右用の感圧センサ 28 ~ 39 で測定された圧力値 $p_{13} \sim p_{24}$ のデータから右靴 43 の圧力中心位置 $Q_R(x_{QR}, y_{QR})$ 及び圧力 P_R が算出され、液晶画面 66 の大画面 67 に圧力中心位置 Q_L 、 Q_R が点で表示される。

20

【0065】

また、プログラム 70 の圧力処理機能によって、算出された圧力 P_L 、 P_R の大きさから、靴 42、43 の負荷状態を算出し、現在位置 71、72 の縁を圧力がかかっていない状態から歩行訓練者 11 の全体重をかけた状態までを白色、水色、及び青色の 3 段階で色分け表示する。現時点では両足 12、13 で均等に体重をかけて立っているので、現在位置 71、72 の縁はそれぞれ水色となっている。なお、現在位置全体に色を付けてもよい。また、負荷状態の代わりに、それぞれの靴 42、43 の圧力分布を算出し、現在位置 71、72 を 3 段階以上に色分け表示してもよい。

30

【0066】

また、プログラム 70 の重心処理機能によって、靴 42 の三次元位置 S_L 、圧力中心位置 Q_L 、及び圧力 P_L と、靴 43 の三次元位置 S_R 、圧力中心位置 Q_R 、及び圧力 P_R とから歩行訓練者 11 の身体重心位置 $G(x_G, y_G)$ が算出される。

【0067】

更に、プログラム 70 の目標接地位置設定処理機能によって、予め設定された歩幅設定値 h に基づいて、靴 42、43 の接地目標位置を算出し、液晶画面 66 の大画面 67 にそれぞれの接地目標位置 (図中、2 点鎖線で示す) 73、74 を表示する。ここで、最初の 1 歩は両足 12、13 のいずれから歩き始めても対応できるように、両足 12、13 のそれぞれの接地目標位置 73、74 を表示している。また、歩き始めの 1 歩目の歩幅を、歩幅設定値 h の半分の $h/2$ とし、1 歩目の接地目標位置 73、74 での第 1 及び第 2 のセンサ部 48、49 の三次元位置が、それぞれ $S_{L1}(x_{SL} + h/2, y_{SL}, z_{SL})$ 、 $S_{R1}(x_{SR} + h/2, y_{SR}, z_{SR})$ となるように設定した。

40

【0068】

ここで、例えば、1 歩目が左足 12 から歩き始めた場合には、位置センサ 45 の第 1 のセンサ部 48 が移動すると共に、感圧センサ 16 ~ 28 が圧力を受けなくなるので、靴 42 が接地面から離れていると判断され、図 6 に示すように、右靴 43 の接地目標位置 74 が消去され、現在位置 71 が靴跡を示す靴跡位置 75 (図中、破線で示す) に変更され、更に靴 42 の現在位置 76 (図中、一点鎖線で示す) が表示される。

50

【 0 0 6 9 】

位置センサ 4 5 の第 1 のセンサ部 4 8 によって、靴 4 2 の接地面からの高さ z_{SL} が測定されるので、現在位置 7 6 は、高さ z_{SL} に対して、接地面から 0 cm を白色とし、0 cm を超え 5 cm 未満を桃色とし、5 cm 以上を赤色として色分け表示される。なお、色分け表示は、接地面から 0 cm を白色とし、5 cm 以上を赤色として、その間を徐々に色が変わるようにグラデーションで示してもよく、また、接地面からの高さを数 mm ~ 数 cm、例えば、1 cm の範囲ずつで区切って、接地面から白色、赤色、マゼンタ、青色、シアン、緑色、及び黄色等と異なる色で示してもよい。

【 0 0 7 0 】

また、左靴 4 2 が接地面から浮いているので、身体重心位置 G は右靴 4 3 側に移動し、左靴 4 2 が着地するまで右靴 4 3 内を移動する。ここで、予め実験で求めた歩行訓練者 1 1 が転倒しない時の身体重心位置の軌跡 7 9 に対して、靴 4 3 の横幅の 5 % 以上で 5 0 % 未満、好ましくは 1 0 % 以上で 3 0 % (本実施の形態では 3 0 % とした。以下同様) の範囲が歩行訓練者 1 1 の転倒防止範囲 7 7 として表示され、歩行訓練者 1 1 の身体重心位置 G の軌跡 7 8 が転倒防止範囲 7 7 の外側となった場合には、液晶画面 6 6 上の危険を示す文字や記号の表示、又は、ブザーや音声による警報等によって歩行訓練者 1 1 に注意を促すことができる。

【 0 0 7 1 】

歩行訓練者 1 1 は、液晶画面 6 6 の大画面 6 7 を見ながら、現在位置 7 6 を接地目標位置 7 3 に重なるように左足 1 2 を動かす。図 7 に示すように、左靴 4 2 が着地すると、靴 4 2 の位置センサ 4 5 の第 1 のセンサ 4 8 の高さが 0 となると共に、感圧センサ 1 6 ~ 2 7 が圧力を感知するので、接地目標位置 7 3 を消去し、現在位置 8 0 (図中、実線で示す) が表示される。

【 0 0 7 2 】

両足 1 2、1 3 が接地したので、大画面 6 7 の表示が消去された後、図 8 に示すように、新たに左靴 4 2 を示す現在位置 8 0 及び右靴 4 3 を示す現在位置 7 2 が表示されると共に、2 歩目である右靴 4 3 が歩幅 h 分前方に移動した接地目標位置 8 1 ($S_{R2}(x_{SR} + h, y_{SR}, z_{SR})$) が表示される。更に、図 9 に示すように、歩行訓練者 1 1 が右足 1 3 を接地目標位置 8 1 に移動させ始めると、右靴 4 3 が接地面から離れ、現在位置 7 2 の表示が靴跡位置 8 2 (図中、破線で示す) となり、右靴 4 3 の現在位置 8 3 (図中、一点鎖線で示す) が表示される。歩行訓練者 1 1 は左足 1 2 と同様に、現在位置 8 3 が接地目標位置 8 1 に重なるように右足 1 3 を動かす。

【 0 0 7 3 】

また、右靴 4 3 が接地面から浮いているので、身体重心位置 G は左靴 4 2 側に移動し、右靴 4 3 が着地するまで左靴 4 2 内を移動する。ここで、予め実験で求めた歩行訓練者 1 1 が転倒しない時の身体重心位置の軌跡 8 6 に対して、靴 4 2 の横幅の 3 0 % 以下の範囲を転倒防止範囲 8 4 とした。歩行訓練者 1 1 の身体重心位置 G の軌跡 8 5 が転倒防止範囲 8 4 の外側となった場合には、液晶画面 6 6 上の危険を示す文字や記号の表示、又は、ブザーや音声による警報等によって歩行訓練者 1 1 に注意を促すことができる。

【 0 0 7 4 】

図 1 0 に示すように、右靴 4 3 が着地すると、靴 4 3 の位置センサ 4 5 の第 2 のセンサ 4 9 の高さが 0 cm となると共に、感圧センサ 2 8 ~ 3 9 が圧力を感知するので、接地目標位置 8 1 を消去し、現在位置 8 7 (図中、実線で示す) が表示される。両足 1 2、1 3 が接地したので、大画面 6 7 の表示が消去された後、図 1 1 に示すように、図 1 0 よりも手前側に新たに左靴 4 2 を示す現在位置 8 0 及び右靴 4 3 を示す現在位置 8 7 が表示されると共に、3 歩目である左靴 4 2 が歩幅 h 分前方に移動した接地目標位置 8 8 ($S_{L2}(x_{SL} + 3/2 \cdot h, y_{SL}, z_{SL})$) が表示される。

【 0 0 7 5 】

以上の動作を繰り返し行い歩行訓練者 1 1 の歩行訓練を行くことができる。また、図 5 ~ 図 1 1 に示すように、液晶画面 6 6 の小画面 6 8 には、靴 4 2、4 3 の足跡及び現在位置が

10

20

30

40

50

表示されている。これによって、移動中の足 1 2、1 3 の元の位置からの移動量が把握できて歩き易くなる。なお、液晶画面 6 6 の小画面 6 8 には、靴 4 2、4 3 の足跡及び現在位置の代わりに、身体重心位置 G の軌跡を表示してもよい。

【0076】

図 1 2 及び図 1 3 を参照して、本発明の第 2 の実施の形態に係る歩行訓練支援装置 9 0 について説明する。なお、歩行訓練支援装置 1 0 と同一の構成要素については同一の番号を付してその詳しい説明を省略する。

歩行訓練支援装置 9 0 は、表示手段が、パネル形のディスプレイ 9 1 であって、歩行訓練者 1 1 との距離を実質的に一定に保って移動可能な台車 9 2 に搭載されている点、及び靴 4 2、4 3 の三次元位置測定に超音波を使用している点で歩行訓練支援装置 1 0 と異なっている。以下、歩行訓練支援装置 9 0 について詳しく説明する。

10

【0077】

歩行訓練者 1 1 が装着する左右の靴 4 2、4 3 は、両足 1 2、1 3 の足底 1 4、1 5 にかかる圧力をそれぞれ測定する 1 2 個の左足用の感圧センサ 1 6 ~ 2 7 及び 1 2 個の右足用の感圧センサ 2 8 ~ 3 9 が所定位置（座標 (x_n, y_n) 、 $n = 1 \sim 24$ 、図 3 参照）にそれぞれ配置された中敷き 4 0、4 1 を備えている。

【0078】

歩行訓練支援装置 9 0 は、両足 1 2、1 3 の位置をそれぞれ三次元で測定する超音波式的位置センサ 9 3 を有している。位置センサ 9 3 は、左右の靴 4 2、4 3 にそれぞれ設けられ、超音波を発生する超音波発生部（図示せず）を備えた第 1 及び第 2 のセンサ部 9 4、9 5 と、台車 9 2 に搭載され、第 1 及び第 2 のセンサ部 9 4、9 5 で発生する超音波を受信する 3 つの超音波受信部 9 6 ~ 9 8 を備えた第 3 のセンサ部 9 9 とを有している。第 1 及び第 2 のセンサ部 9 4、9 5 からそれぞれ発信された超音波が、第 3 のセンサ部の 3 つの超音波受信部 9 6 ~ 9 8 へ到達する時間の差によって、対となる靴 4 2、4 3 の位置を検知することができる。

20

【0079】

台車 9 2 は、平面視して矩形の板状の台車本体 1 0 0、台車本体 1 0 0 の 4 隅の下部に設けられる車輪 1 0 1、車輪 1 0 1 を駆動させる図示しない駆動装置、及び図示しない電源を有している。また、台車本体 1 0 0 の上部後側には、後方の第 1 及び第 2 のセンサ部 9 4、9 5 から発生される超音波を受信する第 3 のセンサ部 9 9 を構成する超音波受信部 9 6 ~ 9 8 が所定の間隔を有して配置されている。ここで、歩行訓練支援装置 9 0 は、第 1 及び第 2 のセンサ部 9 4、9 5 から発生される超音波を第 3 のセンサ部 9 9 の超音波受信部 9 6 ~ 9 8 のいずれか 1 又は 2 以上、例えば、超音波受信部 9 7 で受信し、歩行訓練者 1 1 との距離を測定して、台車 9 2 と歩行訓練者 1 1 との距離を実質的に一定に保つように、駆動装置で車輪 1 0 1 を動かしている。

30

【0080】

なお、歩行訓練者 1 1 と台車 9 2 の距離の測定は、第 1 及び第 2 のセンサ部 9 4、9 5 から発生される超音波を他の超音波受信部 9 6、又は超音波受信部 9 8 で受信してもよく、2 以上の超音波受信部で受信して行ってもよい。また、別の超音波発生部及び超音波受信部を設けて、歩行訓練者 1 1 と台車 9 2 の距離を測定してもよい。

40

【0081】

歩行訓練支援装置 9 0 は、制御手段の一例であるデスクトップ型のコンピュータ 1 0 2 を有している。また、歩行訓練支援装置 9 0 は、左足用の感圧センサ 1 6 ~ 2 7 及び右足用の感圧センサ 2 8 ~ 3 9 が、それぞれケーブル 5 5、5 6 を介して、A/D変換器 5 4 に接続され、更に、A/D変換器 5 4 は、ケーブル 5 8 を介して、コンピュータ 1 0 2 のインターフェイス 1 0 3 と接続されている。また、第 1 及び第 2 のセンサ部 9 4、9 5、及び第 3 のセンサ部 9 9 の超音波受信部 9 6 ~ 9 8 は、それぞれケーブル 1 0 4 ~ 1 0 8 を介して、コンピュータ 1 0 2 のインターフェイス 1 0 3 と接続されている。

【0082】

また、コンピュータ 1 0 2 は、インターフェイス 1 0 3 に接続され、各デジタル信号から

50

各靴 4 2、4 3 の現在位置及び着地状況を算出する中央処理装置 6 1 を有している。更に、コンピュータ 1 0 2 は、中央処理装置 6 1 に接続されるハードディスク 6 2、ROM 6 3、及び RAM 6 4 と、中央演算装置 6 1 に接続される画像出力手段 6 5 と、画像出力手段 6 5 に接続されて中央演算装置 6 1 で演算した結果を表示するディスプレイ 9 1 を備えている。ディスプレイ 9 1 は、靴 4 2、4 3 の現在位置、接地目標位置、及び踏み出した靴の跡を示す靴跡位置を表示する大画面 1 0 9 と、靴 4 2、4 3 の数歩分の足跡（靴跡位置）及び現在位置を表示する小画面 1 1 0 に分割表示可能となっている。

【0083】

コンピュータ 1 0 2 のハードディスク 6 2 は、個人データ処理機能、圧力処理機能、位置処理機能、高さ処理機能、重心処理機能、目標接地位置設定処理機能、及び転倒防止範囲設定処理機能を備えた歩行訓練支援プログラム 1 1 1 が保存されている。プログラム 1 1 1 は、位置処理機能が第 1 及び第 2 のセンサ部 9 4、9 5、及び第 3 のセンサ部 9 9 の超音波受信部 9 6 ~ 9 8 で左右の靴 4 2、4 3 の三次元位置を算出する点と、第 1 及び第 2 のセンサ部 9 4、9 5、及び第 3 のセンサ部 9 9 の超音波受信部 9 7 で歩行訓練者 1 1 と台車 9 2 との距離を測定し、歩行訓練者 1 1 と台車 9 2 との距離を一定に保つために、駆動装置によって車輪 1 0 1 を動かす点とが、プログラム 7 0 と異なっている。

【0084】

次に、歩行訓練支援装置 9 0 を使用した歩行訓練者 1 1 の歩行訓練の方法について説明する。

まず、図 1 2 に示すように、歩行訓練者 1 1 は、所定位置に感圧センサ 1 6 ~ 3 9 が取付けられた中敷き 4 0、4 1 が挿入され、更に、位置センサ 9 3 の第 1 及び第 2 のセンサ部 9 4、9 5 が取付けられた左右の靴 4 2、4 3 をそれぞれ左足 1 2、右足 1 3 に装着し、台車 9 2 の後方、すなわち、ディスプレイ 9 1 の正面に立つ。

【0085】

コンピュータ 1 0 2 のプログラム 1 1 1 を起動して個人データ入力等の処理を行った後、プログラム 1 1 1 に従って、歩行訓練者 1 1 の歩行訓練を行う。なお、歩行訓練者 1 1 の歩行とディスプレイ 9 1 の大画面 1 0 9 及び小画面 1 1 0 の変遷は、歩行訓練支援装置 1 0 の場合と実質的に同じであるので説明を省略する（図 5 ~ 図 1 1 参照）。歩行訓練支援装置 9 0 では、歩行訓練者 1 1 がディスプレイ 9 1 に近づいても、台車 9 2 を動かして、歩行訓練者 1 1 と台車 9 2 との距離を実質的に一定に保っている。

【0086】

図 1 4 及び図 1 5 を参照して、本発明の第 3 の実施の形態に係る歩行訓練支援装置 1 2 0 について説明する。なお、歩行訓練支援装置 1 0、9 0 と同一の構成要素については同一の番号を付してその詳しい説明を省略する。

歩行訓練者 1 1 が装着する左右の靴 4 2、4 3 は、両足 1 2、1 3 の足底 1 4、1 5 にかかる圧力をそれぞれ測定する 1 2 個の左足用の感圧センサ 1 6 ~ 2 7 及び 1 2 個の右足用の感圧センサ 2 8 ~ 3 9 が所定位置（座標 (x_n, y_n) 、 $n = 1 \sim 24$ 、図 3 参照）にそれぞれ配置された中敷き 4 0、4 1 を備えている。

【0087】

歩行訓練支援装置 1 2 0 は、両足 1 2、1 3 の三次元位置を相対的に測定する磁気式の位置センサ 1 2 3 を有している。位置センサ 1 2 3 は、左右の靴 4 2、4 3 にそれぞれ設けられ、磁界を発生可能であると共に、発生した磁界によって電流が誘起される x 方向、y 方向、及び z 方向の各軸に対応する 3 つの直交した第 1 ~ 第 3 のコイル（図示せず）を備える第 1 及び第 2 のセンサ部 1 2 1、1 2 2 を備えている。

【0088】

位置センサ 1 2 3 は、例えば、左靴 4 2 が接地し、右靴 4 3 が接地面から離れている場合、すなわち、左足用の感圧センサ 1 6 ~ 2 7 が作動し、右足用の感圧センサ 2 8 ~ 3 9 が圧力を感知しない場合に、靴 4 2 の第 1 のセンサ部 1 2 1 の第 1 ~ 第 3 のコイルに順番に電流を流し、x 方向、y 方向、及び z 方向に、例えば、約 1 0 k H z の交流磁界を順次発生させ、この磁界によって誘起される靴 4 3 の第 2 のセンサ部 1 2 2 の第 1 ~ 第 3 のコイ

10

20

30

40

50

ルの電流の強さを測定し、接地されている靴 4 2 の第 1 のセンサ部 1 2 1 を原点として、接地面から離れている靴 4 3 の距離及び姿勢（角度）を測定し、三次元位置を相対的に算出する。

【 0 0 8 9 】

歩行訓練支援装置 1 2 0 は、左足用の感圧センサ 1 6 ~ 2 7 及び右足用の感圧センサ 2 8 ~ 3 9 が、それぞれケーブル 5 5、5 6 を介して、A / D 変換器 5 4 に接続され、更に、A / D 変換器 5 4 は、ケーブル 5 8 を介して、制御手段の一例であるウェアブル型のコンピュータ 1 2 5 のインターフェイス 1 2 7 と接続されている。コンピュータ 1 2 5 及び A / D 変換器 5 4 は、歩行訓練者 1 1 の腰又は背中に装着されている。また、第 1 及び第 2 のセンサ部 1 2 1、1 2 2 は、それぞれケーブル 1 2 8、1 2 9 を介して、コンピュータ 1 2 5 のインターフェイス 1 2 7 と接続されている。

10

【 0 0 9 0 】

また、コンピュータ 1 2 5 は、インターフェイス 1 2 7 に接続され、各デジタル信号から各靴 4 2、4 3 の現在位置及び着地状況を算出する中央処理装置 6 1 を有している。更に、中央処理装置 6 1 には、ハードディスク 6 2、ROM 6 3、RAM 6 4、及び画像出力手段 6 5 が接続されている。更に、コンピュータ 1 2 5 の画像出力手段 6 5 には、歩行訓練者 1 1 の顔に装着され、中央演算装置 6 1 で演算した結果を表示する表示手段の一例であるヘッドマウント型のディスプレイ 1 2 4 がケーブル 1 3 0 を介して接続されている。ディスプレイ 1 2 4 は、靴 4 2、4 3 の現在位置、接地目標位置、及び踏み出した靴の跡を示す靴跡位置を表示する大画面 1 3 1 と、靴 4 2、4 3 の数歩分の足跡（靴跡位置）及び現在位置を表示する小画面 1 3 2 に分割表示可能となっている。

20

【 0 0 9 1 】

歩行訓練支援装置 1 2 0 には、音声発生手段 1 2 6 が設けられ、音声発生手段 1 2 6 は、音発生源として、歩行訓練者 1 1 の両耳に装着される音発生部 1 3 3、1 3 4 を備えるヘッドホン 1 3 5 を有し、ヘッドホン 1 3 5 の音発生部 1 3 3、1 3 4 は、ケーブル 1 3 7、1 3 8、コンピュータ 1 2 5 の音声出力手段 1 3 6 を介して中央制御装置 6 1 と接続されている。更に、音声発生手段 1 2 6 は、各足 1 2、1 3 への負荷状態を表す音声データ 1 3 9 を有している。ここで、音声データ 1 3 9 には、例えば、「左足に体重がかかり過ぎています」、及び「もう少し右足に体重をかけて下さい」等の通常理学療法士が使用する言葉が含まれ、音声ファイル、又は、発声時に音声合成されるテキストファイルの形式で、予めコンピュータ 1 2 5 のハードディスク 6 2 に保存されている。

30

【 0 0 9 2 】

コンピュータ 1 2 5 のハードディスク 6 2 は、個人データ処理機能、圧力処理機能、位置処理機能、高さ処理機能、重心処理機能、目標接地位置設定処理機能、及び転倒防止範囲設定処理機能を備えた歩行訓練支援プログラム 1 4 0 が保存されている。プログラム 1 4 0 は、位置処理機能と圧力処理機能とによって、例えば、左足 1 2 を接地させて右足 1 3 を浮かせ片足立ちをしている場合、感圧センサ 1 6 ~ 2 8 によって左靴 4 2 が接地面に接地し右靴 4 3 が接地面から離れていることが検知され、左靴 4 2 に設けられた第 1 のセンサ部 1 2 1 の第 1 ~ 第 3 のコイルに電流を流して磁界を発生させ、この磁界によって靴 4 3 の第 2 のセンサ部 1 2 2 の第 1 ~ 第 3 のコイルに生じる電流を測定する点と、音声発生手段 1 2 6 によって靴 4 2、4 3 への負荷状態を音声で知らせる点とがプログラム 7 0、1 1 1 と異なっている。

40

【 0 0 9 3 】

次に、歩行訓練支援装置 1 2 0 を使用した歩行訓練者 1 1 の歩行訓練の方法について説明する。

まず、図 1 4 に示すように、歩行訓練者 1 1 は、所定位置に感圧センサ 1 6 ~ 3 9 が取付けられた中敷き 4 0、4 1 が挿入され、更に、位置センサ 1 2 3 の第 1 及び第 2 のセンサ部 1 2 1、1 2 2 が取付けられた左右の靴 4 2、4 3 をそれぞれ左足 1 2、右足 1 3 に装着し、顔にディスプレイ 1 2 4 及びヘッドホン 1 3 5 を装着する。

【 0 0 9 4 】

50

コンピュータ125のプログラム140を起動して個人データの入力等の処理を行った後、プログラム140に従って、歩行訓練者11の歩行訓練を行う。なお、歩行訓練者11の歩行とディスプレイ124の大画面131及び小画面132の変遷は、歩行訓練支援装置10の場合と実質的に同じであるので説明を省略する(図5~図11参照)。

【0095】

プログラム140は、歩行訓練者11の歩行の際の靴42、43の負荷状態によって、コンピュータ125のハードディスク62に保存された音声データ139を出力し、音声発生手段126のヘッドホン135の音発生部133、134から流し、歩行訓練者11に靴42、43の負荷状態、又は対応する指示を音声で知らせる。音声発生手段126は、音声データ139が音声ファイルで保存されている場合には、音声ファイルを再生し、音声データ139がテキストデータで保存されている場合には、テキストデータを音声合成して流し、歩行訓練者11が靴42、43の負荷状態を把握しやすくしている。

10

【0096】

図16及び図17を参照して、本発明の第4の実施の形態に係る歩行訓練支援装置150について説明する。なお、歩行訓練支援装置120と同一の構成要素については同一の番号を付してその詳しい説明を省略する。

歩行訓練支援装置150は、音声発生手段の代わりに、靴42、43の接地目標位置を触覚で知らせる触覚表示手段151を備えている点で、歩行訓練支援装置120と異なっている。以下、歩行訓練支援装置150について詳しく説明する。

【0097】

触覚表示手段150は、歩行訓練者11の腰回りに所定の間隔を有して配置される複数、例えば、8つのバイブレータ152~159を有し、バイブレータ152~159が、ケーブル162、及び制御手段の一例であるコンピュータ160に設けられる振動出力手段161を介して、コンピュータ160の中央制御装置61と接続されている。触覚表示手段151は、歩行訓練者11の身体を動かすべき方向のバイブレータ152~159に振動を与え、この振動刺激によって、靴42、43の接地目標位置を知らせることができる。なお、触覚表示手段は、振動刺激の他に、歩行訓練者の身体を動かすべき方向に接触刺激及び温度刺激等の刺激を与えることもできる。

20

【0098】

コンピュータ160のハードディスク62は、個人データ処理機能、圧力処理機能、位置処理機能、高さ処理機能、重心処理機能、目標接地位置設定処理機能、及び転倒防止範囲設定処理機能を備えた歩行訓練支援プログラム163が保存されている。プログラム163は、位置処理機能と圧力処理機能とによって、例えば、左足12を接地させて右足13を浮かせ片足立ちをしている場合、感圧センサ16~28によって左靴42が接地面に接地し右靴43が接地面から離れていることが検知され、左靴42に設けられた第1のセンサ部121の第1~第3のコイルに電流を流して磁界を発生させ、この磁界によって靴43の第2のセンサ部122の第1~第3のコイルに生じる電流を測定し、歩行訓練者11の身体を動かすべき方向のバイブレータ152~159に振動を与える。

30

【0099】

次に、歩行訓練支援装置150を使用した歩行訓練者11の歩行訓練の方法について説明する。

40

まず、図16に示すように、歩行訓練者11は、所定位置に感圧センサ16~39が取付けられた中敷き40、41が挿入され、更に、位置センサ123の第1及び第2のセンサ部121、122が取付けられた左右の靴42、43をそれぞれ左足12、右足13に装着し、顔にディスプレイ124を、背中にコンピュータ160とA/D変換器54を、腰にバイブレータ152~159を装着する。

【0100】

コンピュータ160のプログラム163を起動して個人データの入力等の処理を行った後、プログラム163に従って、歩行訓練者11の歩行訓練を行う。なお、歩行訓練者11の歩行とディスプレイ124の大画面131及び小画面132の変遷は、歩行訓練支援装

50

置 10 の場合と実質的に同じであるので説明を省略する (図 5 ~ 図 11 参照) 。

プログラム 163 は、歩行訓練者 11 の身体を動かすべき方向のパイプレータ 152 ~ 159 に振動を与え、この振動刺激によって、靴 42、43 の接地目標位置を知らせることができる。

【 0101 】

本発明は、前記した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を変更しない範囲での変更は可能であり、例えば、前記したそれぞれの実施の形態や変形例の一部又は全部を組み合わせることで本発明の歩行訓練支援装置を構成する場合も本発明の権利範囲に含まれる。

例えば、前記実施の形態の歩行訓練支援装置において、それぞれの機器を有線接続により信号接続したが、無線による信号連結としてもよい。

10

【 0102 】

更に、歩行訓練支援装置に、履物の接地目標位置を音像で知らせる音像発生手段を装備してもよい。音像とは、三次元立体音響技術の 1 つであり、歩行訓練者の周囲に配置された複数のスピーカ、及び歩行訓練者の両耳に配置されるヘッドホン等の音発生源から発生される音の音圧や遅延時間等を調整し、音が空間内を移動しているように歩行訓練者に感じさせるものである。音像発生手段によって、歩行訓練者の身体を動かすべき方向から音を発生させ、歩行訓練者の身体をその方向に移動させることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0103 】

20

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施の形態に係る歩行訓練支援装置の説明図である。

【 図 2 】 同歩行訓練支援装置の感圧センサ及び位置センサが取付けられた履物の説明図である。

【 図 3 】 同歩行訓練支援装置の感圧センサの配置図である。

【 図 4 】 同歩行訓練支援装置のブロック図である。

【 図 5 】 同歩行訓練支援装置の表示手段の歩行時の表示画面の説明図である。

【 図 6 】 同歩行訓練支援装置の表示手段の歩行時の表示画面の説明図である。

【 図 7 】 同歩行訓練支援装置の表示手段の歩行時の表示画面の説明図である。

【 図 8 】 同歩行訓練支援装置の表示手段の歩行時の表示画面の説明図である。

【 図 9 】 同歩行訓練支援装置の表示手段の歩行時の表示画面の説明図である。

30

【 図 10 】 同歩行訓練支援装置の表示手段の歩行時の表示画面の説明図である。

【 図 11 】 同歩行訓練支援装置の表示手段の歩行時の表示画面の説明図である。

【 図 12 】 本発明の第 2 の実施の形態に係る歩行訓練支援装置の説明図である。

【 図 13 】 同歩行訓練支援装置のブロック図である。

【 図 14 】 本発明の第 3 の実施の形態に係る歩行訓練支援装置の説明図である。

【 図 15 】 同歩行訓練支援装置のブロック図である。

【 図 16 】 (A) は本発明の第 4 の実施の形態に係る歩行訓練支援装置の説明図、(B) は同歩行訓練支援装置の触覚表示手段の配置図である。

【 図 17 】 同歩行訓練支援装置のブロック図である。

40

【 符号の説明 】

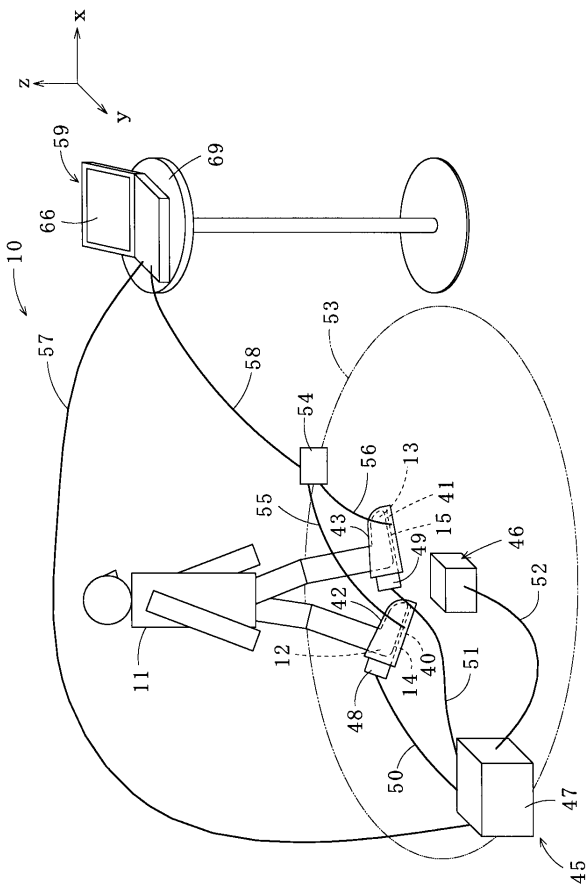
【 0104 】

10 : 歩行訓練支援装置、11 : 歩行訓練者、12、13 : 足、14、15 : 足底、16 ~ 39 : 感圧センサ、40、41 : 中敷き、42、43 : 靴、45 : 位置センサ、46 : 第 3 のセンサ部、47 : システムコントロールユニット、48 : 第 1 のセンサ部、49 : 第 2 のセンサ部、50 ~ 52 : ケーブル、53 : 受信範囲、54 : A / D 変換器、55 ~ 58 : ケーブル、59 : コンピュータ、60 : インターフェイス、61 : 中央演算装置、62 : ハードディスク、63 : ROM、64 : RAM、65 : 画像出力手段、66 : 液晶画面、67 : 大画面、68 : 小画面、69 : テーブル、70 : 歩行訓練支援プログラム、71、72 : 現在位置、73、74 : 接地目標位置、75 : 靴跡位置、76 : 現在位置、77 : 転倒防止範囲、78、79 : 軌跡、80 : 現在位置、81 : 接地目標位置、82 :

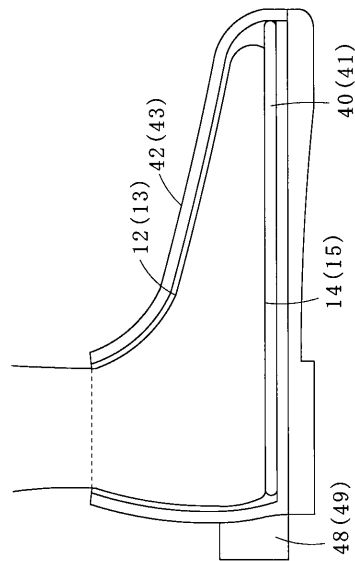
50

靴跡位置、83：現在位置、84：転倒防止範囲、85、86：軌跡、87：現在位置、88：接地目標位置、90：歩行訓練支援装置、91：ディスプレイ、92：台車、93：位置センサ、94：第1のセンサ部、95：第2のセンサ部、96～98：超音波受信部、99：第3のセンサ部、100：台車本体、101：車輪、102：コンピュータ、103：インターフェイス、104～108：ケーブル、109：大画面、110：小画面、111：歩行訓練支援プログラム、120：歩行訓練支援装置、121：第1のセンサ部、122：第2のセンサ部、123：位置センサ、124：ディスプレイ、125：コンピュータ、126：音声発生手段、127：インターフェイス、128～130：ケーブル、131：大画面、132：小画面、133、134：音発生部、135：ヘッドホン、136：音声出力手段、137、138：ケーブル、139：音声データ、140：歩行訓練支援プログラム、150：歩行訓練支援装置、151：触覚表示手段、152～159：バイブレータ、160：コンピュータ、161：振動出力手段、162：ケーブル、163：歩行訓練支援プログラム

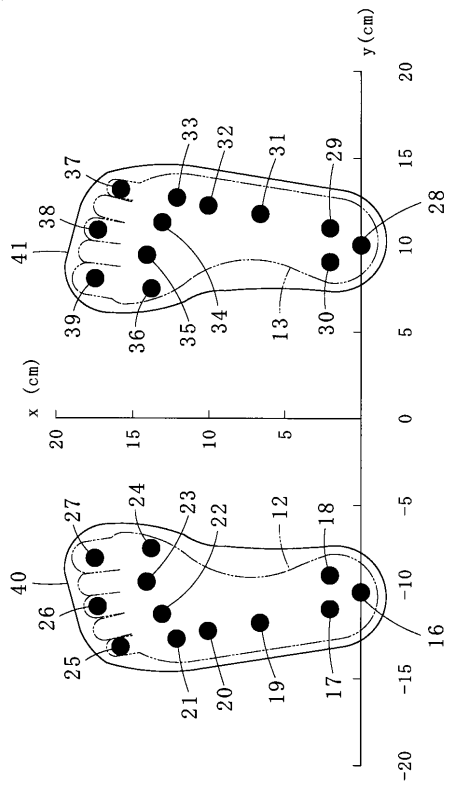
【図1】



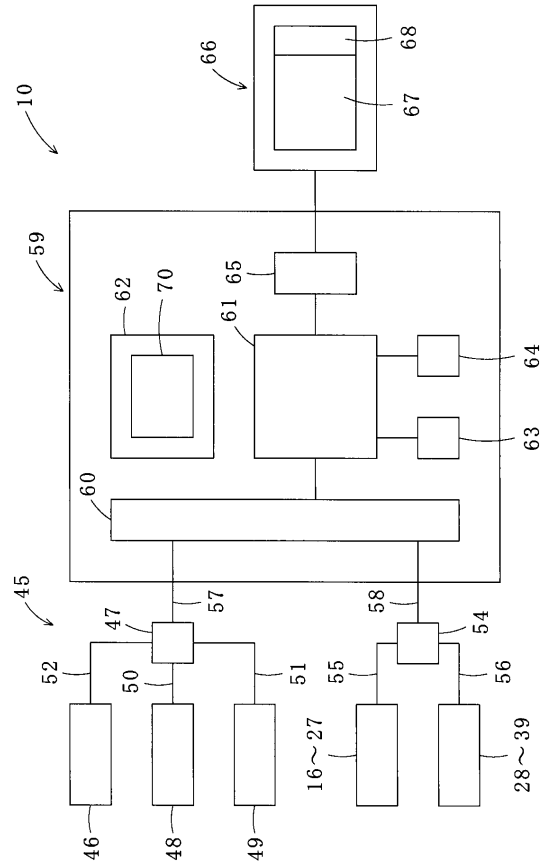
【図2】



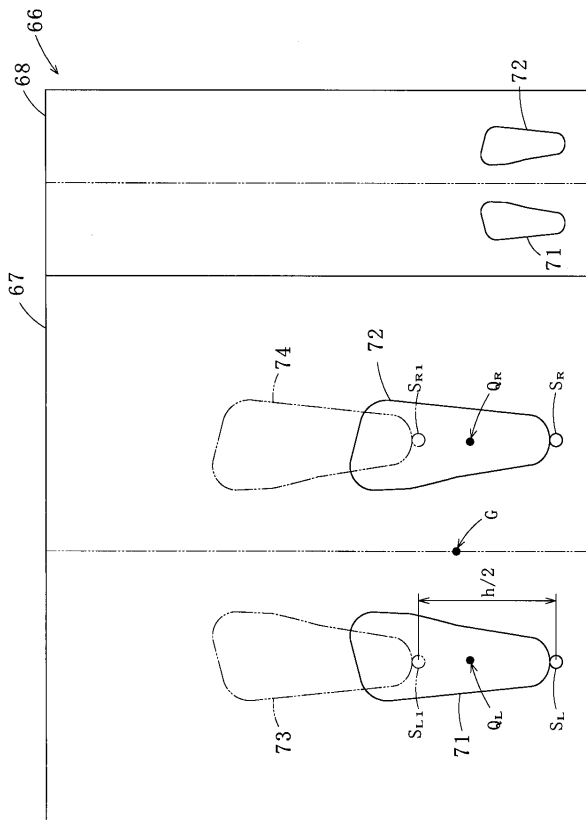
【図3】



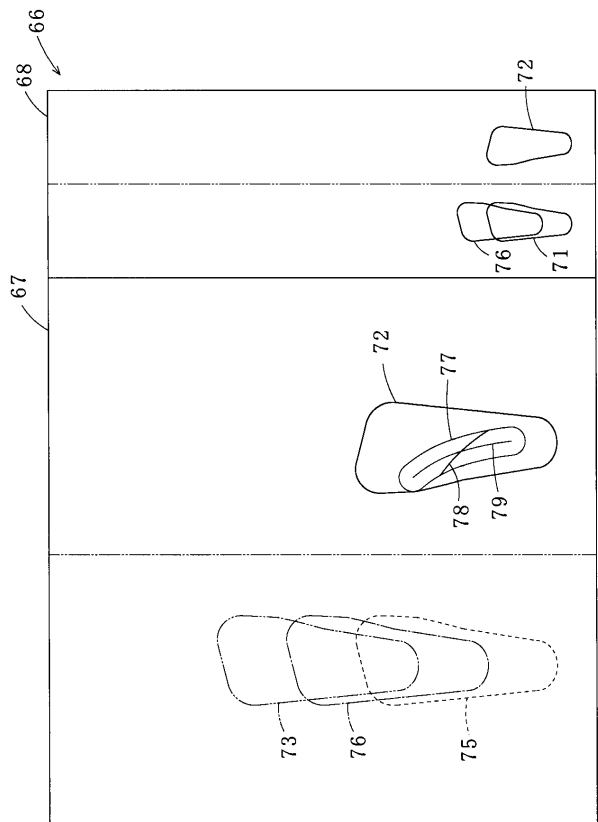
【図4】



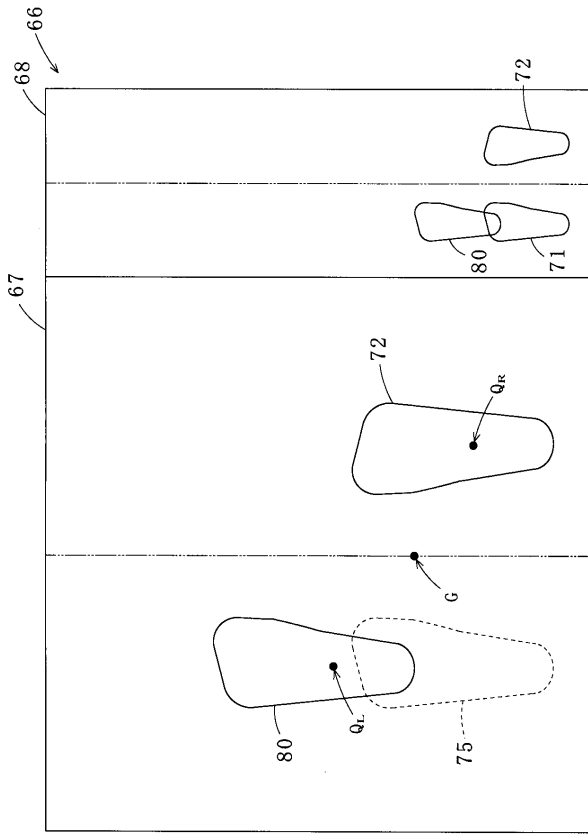
【図5】



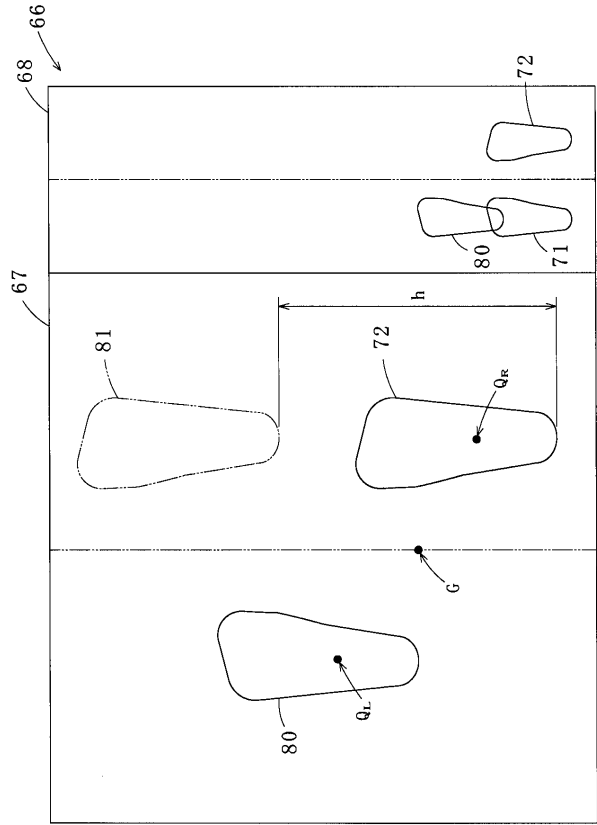
【図6】



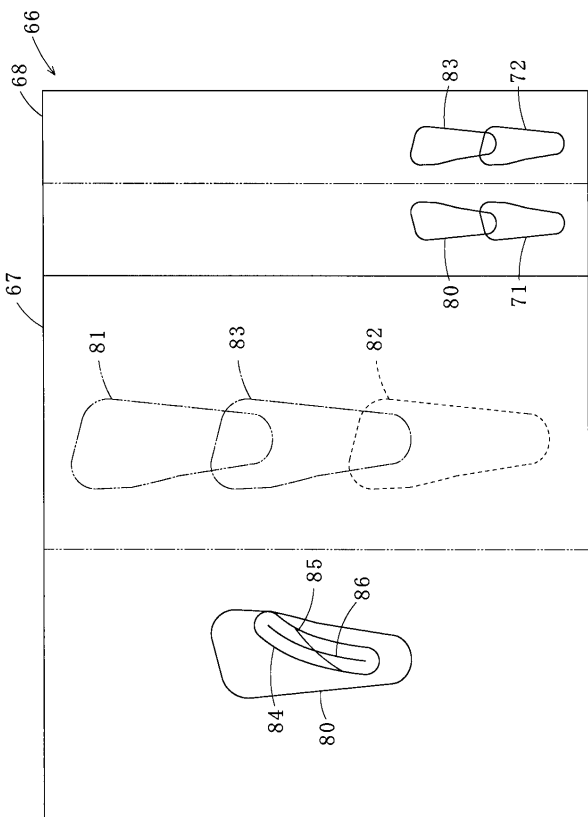
【 図 7 】



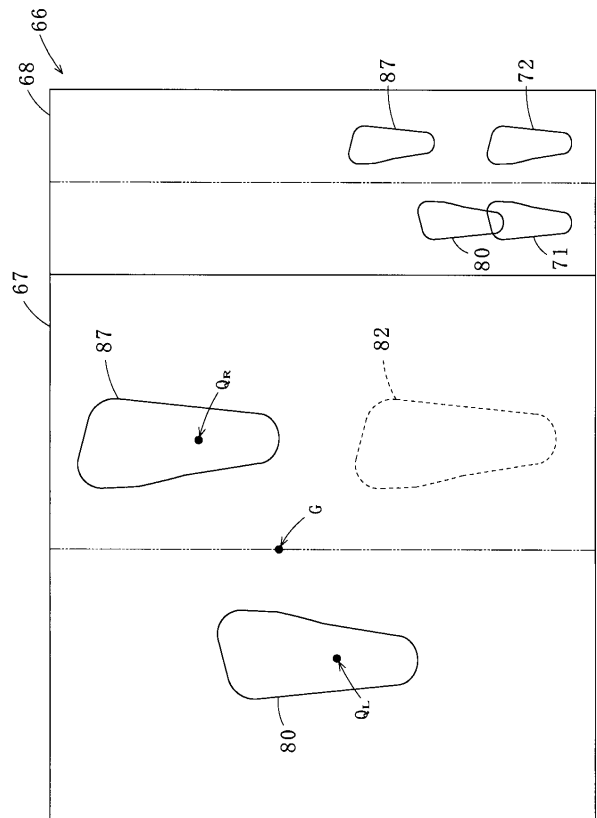
【 図 8 】



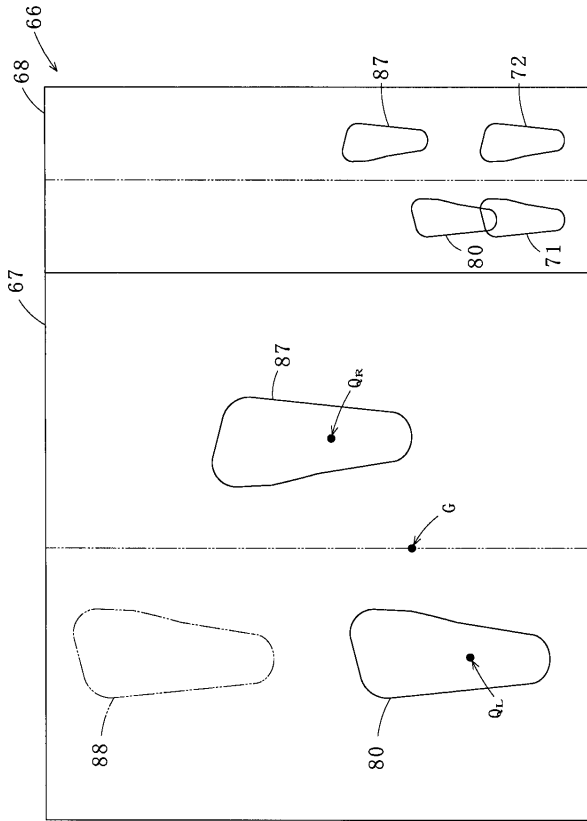
【 図 9 】



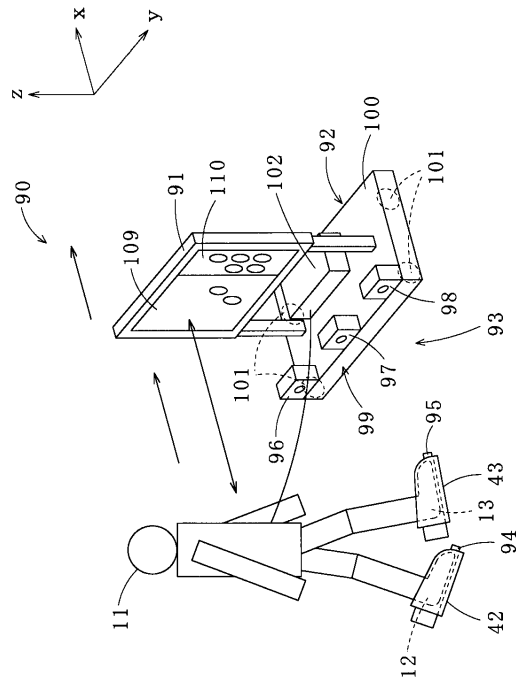
【 図 10 】



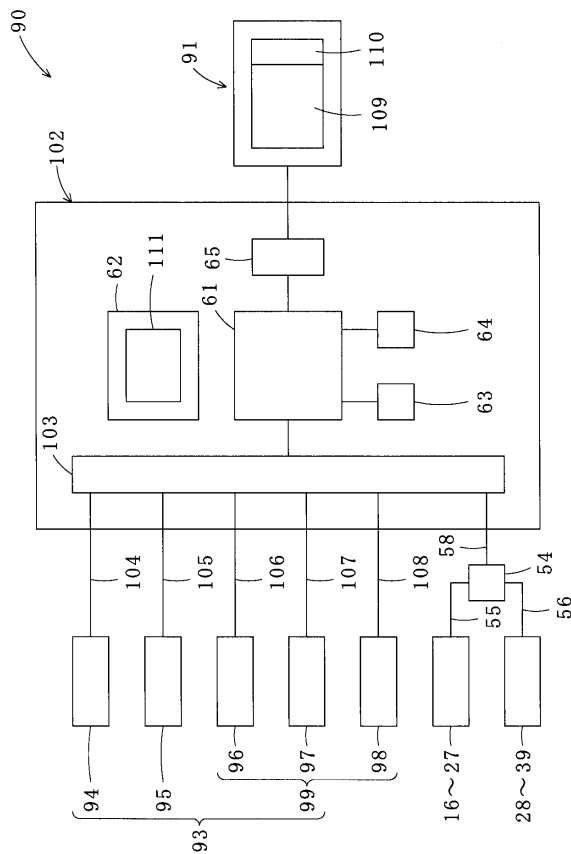
【図 1 1】



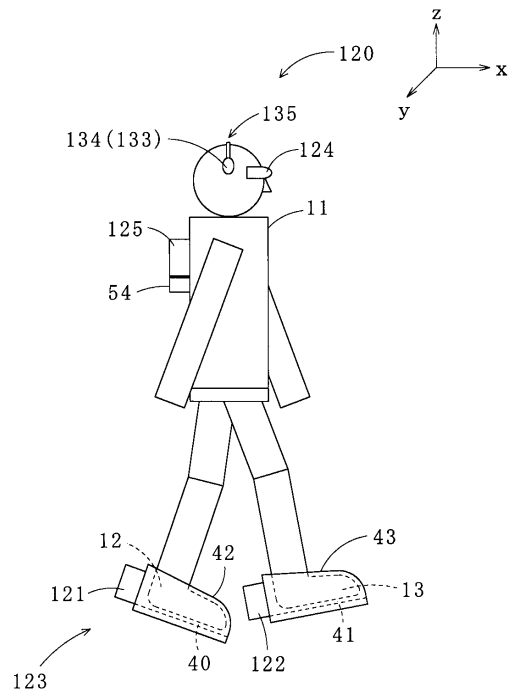
【図 1 2】



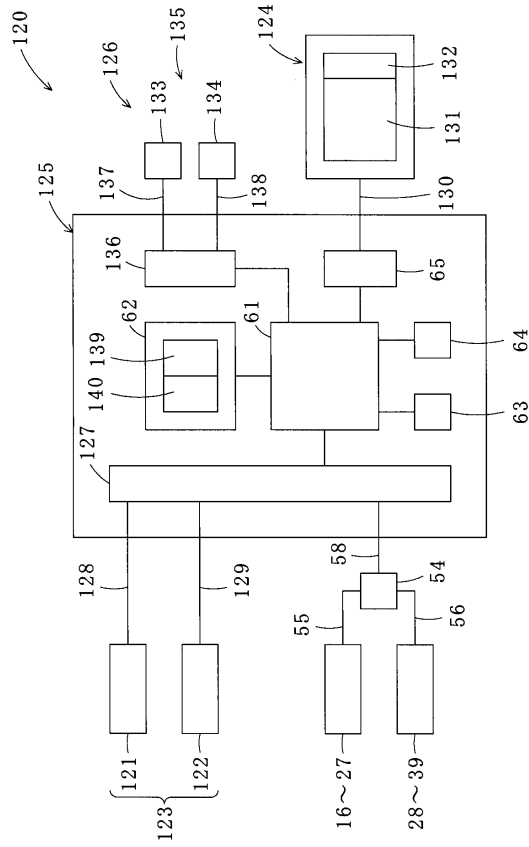
【図 1 3】



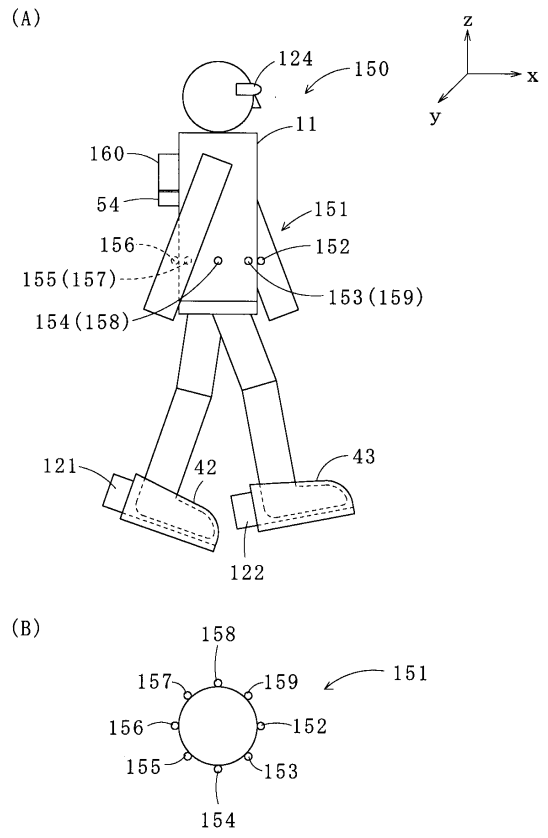
【図 1 4】



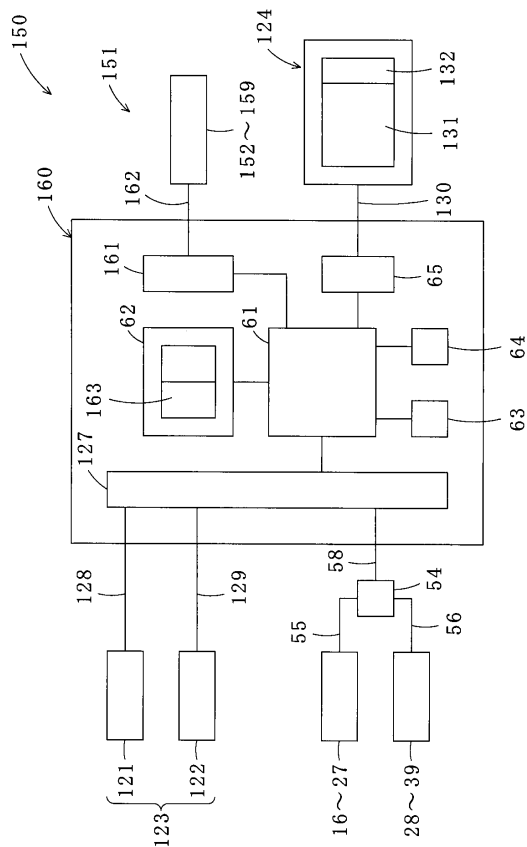
【 図 15 】



【 図 16 】



【 図 17 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-164544(JP,A)
特許第2917128(JP,B2)
特開2002-248093(JP,A)
特開2004-248794(JP,A)
特開2000-206862(JP,A)
特開2001-299842(JP,A)
国際公開第2004/103244(WO,A1)
特開2004-141275(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61H	1/02
A63B	23/04
A63B	24/00