

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7616601号

(P7616601)

(45)発行日 令和7年1月17日(2025.1.17)

(24)登録日 令和7年1月8日(2025.1.8)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 H	1/02 (2006.01)	A 6 1 H	1/02	K
A 6 3 B	21/005 (2006.01)	A 6 3 B	21/005	
A 6 3 B	23/12 (2006.01)	A 6 3 B	23/12	
A 6 3 B	24/00 (2006.01)	A 6 3 B	24/00	

請求項の数 3 (全24頁)

(21)出願番号 特願2021-59732(P2021-59732)
 (22)出願日 令和3年3月31日(2021.3.31)
 (65)公開番号 特開2022-156174(P2022-156174
 A)
 (43)公開日 令和4年10月14日(2022.10.14)
 審査請求日 令和6年3月29日(2024.3.29)

(73)特許権者 000208743
 キヤノンファインテックニスカ株式会社
 埼玉県三郷市中央1丁目14番地1
 (73)特許権者 304023994
 国立大学法人山梨大学
 山梨県甲府市武田四丁目4番37号
 (74)代理人 110003133
 弁理士法人近島国際特許事務所
 (72)発明者 野田 善之
 山梨県甲府市武田四丁目4番37号 国
 立大学法人山梨大学内
 (72)発明者 大森 達也
 山梨県南巨摩郡富士川町小林430番地
 1 キヤノンファインテックニスカ株式
 会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 運動訓練装置及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

X Y 平面で移動可能な操作部と、
 X 軸および Y 軸方向駆動モータを有し、前記操作部を X Y 平面で駆動する駆動部と、
 前記操作部を操作する使用者から前記操作部に作用する X 軸および Y 軸方向の力 F_x ,
 F_y を検出する力センサと、
 前記力センサの出力と、設定されたパラメータに応じて、前記 X 軸および Y 軸方向駆動モ
 ータを制御する制御部と、
 を備え、

前記制御部は、前記操作部が一定の方向に一定速度で移動している場合において、
前記パラメータが第1の値に設定された場合には、前記操作部が前記一定の方向に前記
一定速度で移動することを維持するために必要な前記力センサに入力される前記 X 軸およ
び Y 軸方向の力 F_x , F_y の入力合成力 F_I が第1の力になるように、前記 X 軸および Y
軸方向駆動モータを制御し、
前記パラメータが前記第1の値よりも小さい第2の値に設定された場合には、前記入力
合成力 F_I が前記第1の力よりも大きい第2の力になるように、前記 X 軸および Y 軸方向
駆動モータを制御する、

ことを特徴とする運動訓練装置。

【請求項2】

前記制御部は、前記操作部の移動中に、前記力センサにより検出される前記 X 軸および

10

20

Y 軸方向の力 F_x , F_y の合成力 F_0 が F_1 から F_2 に低下した場合には、前記合成力 F_0 の方向に、前記 F_2 よりも大きく前記 F_1 以下の力が前記操作部に発生するように前記 X 軸および Y 軸方向駆動モータを制御する、

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の運動訓練装置。

【請求項 3】

X Y 平面で移動可能な操作部と、

X 軸および Y 軸方向駆動モータを有し、前記操作部を X Y 平面で駆動する駆動部と、

前記操作部を操作する使用者から前記操作部に作用する X 軸および Y 軸方向の力 F_x , F_y を検出する力センサと、

前記力センサの出力と、設定されたパラメータに応じて、前記 X 軸および Y 軸方向駆動モータを制御する制御部と、を備えた運動訓練装置に用いられるプログラムであって、前記パラメータを第 1 の値と前記第 1 の値よりも小さい第 2 の値との何れかに設定する第 1 工程と、

前記操作部が一定の方向に一定速度で移動している場合において、

前記パラメータが前記第 1 の値に設定された場合には、前記操作部が前記一定の方向に前記一定速度で移動することを維持するために必要な前記力センサに入力される前記 X 軸および Y 軸方向の力 F_x , F_y の入力合成力 F_I が第 1 の力になるように、前記制御部に前記 X 軸および Y 軸方向駆動モータを制御させ、

前記パラメータが前記第 2 の値に設定された場合には、前記入力合成力 F_I が前記第 1 の力よりも大きい第 2 の力になるように、前記制御部に前記 X 軸および Y 軸方向駆動モータを制御させる第 2 工程と、をコンピュータにより実行させる、

ことを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は運動訓練装置に係り、特に、使用者の平面運動を支援可能な運動訓練装置、及び、運動訓練装置に用いられるプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、運動機能を向上させるために様々な運動訓練が行われている。例えば、机上を拭くような動作で肩や肘を屈伸させるワイピング訓練や傾斜したボード上で手を上下方向に滑動させるサンディング訓練が広く行われている。そして、これらの運動訓練を支援するために種々の運動訓練装置が提案されている。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、X Y 平面で移動可能な操作部と、X 軸および Y 軸方向駆動モータを有し操作部を X Y 平面で駆動する駆動部と、操作部に作用する X 軸および Y 軸方向の力 F_x , F_y を検出する力センサと、力センサで検出された X 軸および Y 軸方向の力 F_x , F_y に基づいて X 軸および Y 軸方向駆動モータを制御する制御部とを備えた運動訓練装置が開示されている。また、特許文献 1 には、操作部の移動方向に対し摩擦力が生じるようにモータを制御する構成が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2020 - 89621 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、運動訓練装置において、更なる訓練効果が得られる装置が求められている。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

本発明の一態様は、X Y 平面で移動可能な操作部と、X 軸および Y 軸方向駆動モータを有し、前記操作部を X Y 平面で駆動する駆動部と、前記操作部を操作する使用者から前記操作部に作用する X 軸および Y 軸方向の力 F_x 、 F_y を検出する力センサと、前記力センサの出力と、設定されたパラメータに応じて、前記 X 軸および Y 軸方向駆動モータを制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記操作部が一定の方向に一定速度で移動している場合において、前記パラメータが第 1 の値に設定された場合には、前記操作部が前記一定の方向に前記一定速度で移動することを維持するために必要な前記力センサに入力される前記 X 軸および Y 軸方向の力 F_x 、 F_y の入力合成力 F_I が第 1 の力になるように、前記 X 軸および Y 軸方向駆動モータを制御し、前記パラメータが前記第 1 の値よりも小さい第 2 の値に設定された場合には、前記入力合成力 F_I が前記第 1 の力よりも大きい第 2 の力になるように、前記 X 軸および Y 軸方向駆動モータを制御する、ことを特徴とする運動訓練装置である。

10

【 0 0 0 7 】

本発明の一態様は、X Y 平面で移動可能な操作部と、X 軸および Y 軸方向駆動モータを有し、前記操作部を X Y 平面で駆動する駆動部と、前記操作部を操作する使用者から前記操作部に作用する X 軸および Y 軸方向の力 F_x 、 F_y を検出する力センサと、前記力センサの出力と、設定されたパラメータに応じて、前記 X 軸および Y 軸方向駆動モータを制御する制御部と、を備えた運動訓練装置に用いられるプログラムであって、前記パラメータを第 1 の値と前記第 1 の値よりも小さい第 2 の値との何れかに設定する第 1 工程と、前記操作部が一定の方向に一定速度で移動している場合において、前記パラメータが前記第 1 の値に設定された場合には、前記操作部が前記一定の方向に前記一定速度で移動することを維持するために必要な前記力センサに入力される前記 X 軸および Y 軸方向の力 F_x 、 F_y の入力合成力 F_I が第 1 の力になるように、前記制御部に前記 X 軸および Y 軸方向駆動モータを制御させ、前記パラメータが前記第 2 の値に設定された場合には、前記入力合成力 F_I が前記第 1 の力よりも大きい第 2 の力になるように、前記制御部に前記 X 軸および Y 軸方向駆動モータを制御させる第 2 工程と、をコンピュータにより実行させる、ことを特徴とするプログラムである。

20

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、更なる訓練効果が得られる。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】実施形態の運動訓練システムの外観斜視図。

【図 2】実施形態の運動訓練装置の装置本体の斜視図。

【図 3】第 1 アクチュエータ機構の詳細を示す断面図。

【図 4】第 2 アクチュエータ機構の詳細を示す断面図。

【図 5】操作部の構成を示す分解斜視図。

【図 6】運動訓練システムの制御部のブロック図。

【図 7】力センサにより検出される合成力の大きさや方向を示す第 1 チャートと、エンコーダにより検出された操作部 3 の位置を軌跡と共に示す第 2 チャートを示す図。

40

【図 8】(a) 第 1 のパラメータが大きく、且つ、第 2 のパラメータが小さい状態で、使用者が操作部をコントロールできていない場合の合成力の方向と大きさを示す図、(b) 同じく操作部の位置を示す図。

【図 9】(a) 第 1 のパラメータが大きく、且つ、第 2 のパラメータが小さい状態で、使用者が操作部をコントロールできている場合の合成力の方向と大きさを示す図、(b) 同じく操作部の位置を示す図。

【図 10】(a) 第 1 のパラメータが小さく、且つ、第 2 のパラメータが大きい状態で、使用者が操作部をコントロールできている場合及びできていない場合の合成力の方向と大きさを示す図、(b) 同じく操作部の位置を示す図。

50

【図 1 1】(a) 第 1 のパラメータが小さく、且つ、第 2 のパラメータが小さい状態で、使用者が操作部をコントロールできている場合の合成力の方向と大きさを示す図、(b) 同じく操作部の位置を示す図。

【図 1 2】アシストモードの運動訓練開始時において操作部に作用する力と速度ベクトルとの関係を説明する図。

【図 1 3】アシストモードで使用者により操作される操作部の位置が所定の目標領域内にある場合に、操作部に作用する力と速度ベクトルとの関係を説明する図。

【図 1 4】アシストモードで使用者により操作される操作部の位置が所定の目標領域から外れた場合に、操作部に作用する力と速度ベクトルとの関係を説明する図。

【図 1 5】第 1 のパラメータが小さい状態で、アシストモードで使用者により操作される操作部の位置が所定の目標領域から外れた後、所定の目標領域内に戻った場合に、操作部に作用する力と速度ベクトルとの関係を説明する図。

10

【図 1 6】第 1 のパラメータが大きい状態で、アシストモードで使用者により操作される操作部の位置が所定の目標領域から外れた後、所定の目標領域内に戻った場合に、操作部に作用する力と速度ベクトルとの関係を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照して本発明が適用可能な実施形態の運動訓練装置について説明する。なお、本実施形態の運動訓練装置は略水平な載置面に載置され、例えば、使用者（運動訓練者）の上肢の運動機能向上を目的として行われる運動訓練に使用される（図 1 参照）。運動訓練装置 1 は、図 1 に示すように、操作部 3 を有し、使用者 U は運動訓練装置 1 の前側に位置し、例えば上肢運動訓練を行うために、右腕 U L を前方に伸ばして操作部 3 を右手で把持している。尚、本明細書中では、図 1 の運動訓練装置 1 における使用者 U の手前側を前側、奥側を後側と称することとする。

20

【0014】

運動訓練装置 1 は、装置本体 100 と、PC（パーソナルコンピュータ）70 とを有する。また、本実施形態では、これら装置本体 100 及び PC 70 に加えて、運動訓練装置 1 の情報を表示するモニター 76 を含めて運動訓練システム 1000 を構成している。なお、PC 70 は、運動訓練システム 1000 全体を制御する制御部であり、制御プログラムがインストールされた汎用性のある PC でも良いし、運動訓練装置 1 専用のものであっても良い。いずれにしても、制御部は、CPU（Central Processing Unit）、ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）を有している。CPU は、ROM に格納された制御手順に対応するプログラムを読み出しながら各部の制御を行う。また、RAM には、作業用データや入力データが格納されており、CPU は、前述のプログラム等に基づいて RAM に収納されたデータを参照して制御を行う。

30

【0015】

装置本体 100 は、XY 平面（載置面および基台 2 と平行な水平面）で移動可能な操作部 3、操作部 3 を XY 平面で駆動する駆動部 200 などを有する。これら操作部 3 や駆動部 200 は、基台 2 上に配置されている。駆動部 200 は、X 軸および Y 軸方向駆動モータとしての第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 30 を有する。具体的には、駆動部 200 は、第 1 モータ 6 を有し、操作部 3 を X 軸方向（図 2 の矢印 X の方向）に移動させる第 1 アクチュエータ機構 AX と、第 2 モータ 30 を有し、操作部 3 及び第 1 アクチュエータ機構 AX を Y 軸方向（図 2 の矢印 Y の方向）に移動させる第 2 アクチュエータ機構 AY とを備えている。

40

【0016】

操作部 3 は、ハンドル部材 62 に作用する X 軸および Y 軸方向の力を検出する力センサ 60（図 5 参照）を備えている。PC 70 は、力センサ 60、モータ制御部 27、31 及びモニター 76 に接続されている。X 軸および Y 軸方向駆動モータ 6、30 は、XY 平面での操作部 3 の位置を検出する位置検出手段としてのエンコーダ 6a、30a（図 6）と

50

一体に構成されている。

【 0 0 1 7 】

これらの構成により、制御部としての P C 7 0 は、力センサ 6 0 やエンコーダ 6 a、3 0 a からの入力値に基づいて、モータ制御部 2 7、3 1 を介して第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 の駆動を制御し、操作部 3 を X Y 平面上で移動させ、訓練情報や操作部 3 の移動軌跡等をモニター 7 6 に表示する。

【 0 0 1 8 】

以下、図 2 ~ 図 5 に基づいて各構成について詳細に説明する。操作部 3 は、第 1 スライダブロック 4 (第 1 保持部材) に取付プレート 5 を介して取り付けられており、第 1 スライダブロック 4 と一体となって移動するように構成されている。第 1 スライダブロック 4 は、X Y 平面上の X 軸方向に延設した第 1 ガイドロッド 9 a および 9 b に沿ってスライド可能に設けられている。そして、第 1 ベルト 1 0 の一部は、ベルト固定プレート 2 8 とビス 2 9 によって第 1 スライダブロック 4 に固定されている。これにより、第 1 ベルト 1 0 が第 1 モータ (X 軸方向駆動モータ) 6 によって回転駆動すると、第 1 スライダブロック 4 は第 1 ガイドロッド 9 a、9 b に沿って X 軸方向にスライド移動する。

【 0 0 1 9 】

図 3 に示す通り、第 1 アクチュエータ機構 A X の第 1 モータ 6 の駆動は、軸 1 3、プーリー 1 4、ベルト 1 5、プーリー 1 7 および軸 1 6 を介してプーリー 1 8 に伝達される。第 1 モータ 6 は支持板 2 1 に設けられており、支持板 2 1 は支持板 1 1 に固定されている。支持板 1 1 は、軸 1 6 を回転可能に支持し、第 2 スライダブロック 7 とモータ制御部 2 7 を固定支持している。なお、支持板 1 1 及び第 2 スライダブロック 7 を併せて第 1 ガイドロッド 9 a、9 b の一端およびプーリー 1 8 を保持する第 2 保持部材という。

【 0 0 2 0 】

X 軸方向において第 1 モータ 6 の反対側には、支持板 1 2、2 4 が設けられている。支持板 1 2、2 4 は、軸 1 9 を回転可能に支持し、第 3 スライダブロック 8 を固定支持している。軸 1 9 にはプーリー 2 0 が設けられており、プーリー 1 8 とプーリー 1 9 との間に第 1 ベルト 1 0 が架け渡されている。また、第 1 ガイドロッド 9 a、9 b の一端は第 2 スライダブロック 7 に固定支持され、第 1 ガイドロッド 9 a、9 b の他端は第 3 スライダブロック 8 に固定支持されている。なお、支持板 1 2、2 4 及び第 3 スライダブロック 8 を併せて第 1 ガイドロッド 9 a、9 b の他端およびプーリー 2 0 を保持する第 3 保持部材という。

【 0 0 2 1 】

上述した通り、第 1 スライダブロック 4 は、第 1 ベルト 1 0 の一部が固定されており、第 1 モータ 6 を駆動するとプーリー 1 8 が回転してプーリー 1 9 と共に第 1 ベルト 1 0 が回転する。このため、第 1 スライダブロック 4 は、第 1 ガイドロッド 9 a、9 b に沿って X 軸方向にスライド移動する。なお、第 1 ベルト 1 0 と第 1 ガイドロッド 9 a、9 b は、それぞれ X 軸方向に平行で且つ第 1 ベルト 1 0 の両側に第 1 ガイドロッド 9 a と 9 b が配置され、基台 2 からの高さ位置は略同一となっている。

【 0 0 2 2 】

図 2 に示す様に、第 1 アクチュエータ機構 A X が有する第 2 スライダブロック 7 と第 3 スライダブロック 8 は、第 2 ガイドロッド 5 5 と第 3 ガイドロッド 4 8 に対して Y 軸方向にスライド移動可能に支持されている。そして、第 2 ベルト 5 3 と第 3 ベルト 4 6 が回転することで、第 1 アクチュエータ機構 A X 全体が Y 軸方向に移動可能となっている。図 3 に示す通り、第 2 ベルト 5 3 の一部は、第 2 スライダブロック 7 に固定された支持板 2 1 に設けられたベルト固定プレートにビス 2 3 によって固定されている。また、第 3 ベルト 4 6 の一部は、第 3 スライダブロック 8 に固定された支持板 2 4 に設けられたベルト固定プレート 2 5 にビス 2 6 によって固定されている。そして、第 2 アクチュエータ機構 A Y の第 2 モータ (Y 軸方向駆動モータ) 3 0 が回転駆動することによって第 3 ベルト 4 6 および第 2 ベルト 5 3 が回転し、それにより第 1 アクチュエータ機構 A X は Y 軸方向にスライド移動する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

次に、図 2 と図 4 を用いて第 2 アクチュエータ機構 A Y について説明する。第 2 アクチュエータ機構 A Y は、第 1 アクチュエータ機構 A X を Y 軸方向に移動させるための機構である。第 2 モータ 3 0 およびモータ制御部 3 1 は、基台 2 に設けられた支持板 3 4 , 支柱 3 3 および支持板 3 2 からなる支持フレームの上部に設けられている。この支持フレームは使用者 U と反対の装置奥側（基台 2 のモニター 7 6 側）の中央部に固定されている。

【 0 0 2 4 】

第 2 モータ 3 0 には不図示の軸およびプーリーが設けられており、プーリー 3 6 との間でベルト 3 7 が架け渡されている。支持板 3 2 と 3 4 との間には軸 3 5 が回転可能に支持され、この軸 3 5 にはプーリー 3 7 , 3 8 および 3 9 が設けられており、プーリー 3 6 の回転力が軸 3 5 を通じてプーリー 3 8 および 3 9 に伝達される。

10

【 0 0 2 5 】

支持フレーム 3 2 ~ 3 4 の X 軸方向の両側には、コの字に形成された支持板 4 5 a , 5 2 a が設けられている。支持板 4 5 a は、軸 4 3 を回転可能に支持しており、軸 4 3 にプーリー 4 2 と 4 4 a が設けられている。プーリー 3 8 とプーリー 4 2 にはベルト 4 0 が架け渡されており、第 2 モータ 3 0 の回転駆動をベルト 3 7 , プーリー 3 6 , 軸 3 5 , プーリー 3 8 , ベルト 4 0 , プーリー 4 2 および軸 4 3 を介してプーリー 4 4 a に伝達する。つまり、ベルト 4 0 は、第 2 モータ 3 0 の駆動を第 3 ベルト 4 6 に伝達するための第 5 ベルトである。

【 0 0 2 6 】

支持板 4 5 a 近傍にはガイド支持部 4 7 a が設けられており、第 3 ガイドロッド 4 8 の一端を支持している。また、基台 2 上で支持板 4 5 a の Y 軸方向における反対側（装置右手前側）には、支持板 4 5 a の対となる支持板 4 5 b とガイド支持部 4 7 a の対となるガイド支持部 4 7 b とが配置されている。

20

【 0 0 2 7 】

支持板 4 5 b は、軸 4 3 b を回転可能に支持し、軸 4 3 b にはプーリー 4 4 a の対となるプーリー 4 4 b が設けられている。第 3 ベルト 4 6 はプーリー 4 4 a と 4 4 b との間で架け渡されており、上述した通りその一部が第 3 スライダーブロック 8 と一体に移動するベルト固定プレート 2 5 に固定されている。また、ガイド支持部 4 7 b は、第 3 ガイドロッド 4 8 の他端を支持し、ガイド支持部 4 7 a と共に第 3 ガイドロッド 4 8 を固定支持している。第 3 ベルト 4 6 と第 3 ガイドロッド 4 8 とはそれぞれ Y 軸方向に平行に延設され、基台 2 からの高さ位置は略同一となっている。

30

【 0 0 2 8 】

X 軸方向において支持フレームに対して支持板 4 5 a の反対側（基台 2 の左奥側）には、支持板 5 2 a が配置されている。支持板 5 2 a は、軸 4 9 を回転可能に支持しており、軸 4 9 にプーリー 5 0 と 5 1 a が設けられている。プーリー 3 9 とプーリー 5 0 には、ベルト 4 1 が架け渡されており、第 2 モータ 3 0 の回転駆動をベルト 3 7 , プーリー 3 6 , 軸 3 5 , プーリー 3 9 , ベルト 4 1 , プーリー 5 0 および軸 4 9 を介してプーリー 5 1 a に伝達する。つまり、ベルト 4 1 は、第 2 モータ 3 0 の駆動を第 2 ベルト 5 3 に伝達するための第 4 ベルトである。

40

【 0 0 2 9 】

支持板 5 2 a 近傍にはガイド支持部 5 4 a が設けられており、第 2 ガイドロッド 5 5 の一端を支持している。また、基台 2 上で支持板 5 2 a の Y 軸方向における反対側（装置左手前側）には支持板 5 2 a の対となる支持板 5 2 b とガイド支持部 5 4 a の対となるガイド支持部 5 4 b とが配置されている。

【 0 0 3 0 】

支持板 5 2 b は軸 4 9 b を回転可能に支持し、軸 4 9 b にはプーリー 5 1 a の対となるプーリー 5 1 b が設けられている。第 2 ベルト 5 3 は、プーリー 5 1 a と 5 1 b との間で架け渡されており、上述した通りその一部が第 2 スライダーブロック 7 と一体に移動するベルト固定プレート 2 2 に固定されている。また、ガイド支持部 5 4 b は、第 2 ガイドロ

50

ッド55の他端を支持し、ガイド支持部54aと共に第2ガイドロッド55を固定支持している。第3ベルト46と第3ガイドロッド48とは、それぞれY軸方向に平行に延設され、基台2からの高さ位置は略同一となっている。

【0031】

上述した通り、第2モータ30の回転駆動はプーリー44aとプーリー51aに伝達され、第3ベルト46と第2ベルト53が回転する。これにより、第3ベルト46と第2ベルト53にそれぞれ固定された第3スライダブロック8と第2スライダブロック7（つまり第1アクチュエータ機構AX全体）が第2ガイドロッド8と第2ガイドロッド55に沿ってY軸方向にスライド移動する。

【0032】

ここで、図4を参照するとベルト40とベルト41とは、X軸方向に平行に延設しているが、高さ方向の位置（基台2からの距離）が異なっている。具体的には、ベルト40の下方にベルト41が配置されている。そして、この高さ方向において、第3ベルト46、第3ガイドロッド48、第2ベルト53および第2ガイドロッド55は、ベルト40とベルト41との間で略同一高さに配置されている。

【0033】

また、図2及び図3を参照すると、操作部3をX軸方向に移動させるための第1ガイドロッド9a、9bおよび第1ベルト10は、操作部3および第1アクチュエータ機構AXをY軸方向に移動させるための第3ガイドロッド48と第2ガイドロッド55との間で、且つ、Y軸方向に平行に配置された第3ガイドロッド48、第3ベルト46、第2ガイドロッド55および第2ベルト53に対して直交するX軸方向に延設するように配置されている。そして、これらの第1ベルト10、第1ガイドロッド9a・9b、第3ベルト46、第3ガイドロッド48、第2ベルト53および第2ガイドロッド55は、高さ方向においてベルト40とベルト41との間に配置されている。これにより、運動訓練装置の高さ方向の寸法を薄く構成することができる。

【0034】

言い換えると、図4において基台2からプーリー44a、51aの上端までの距離（XY平面と直交する方向、つまり高さ）をL1、基台2からプーリー44a、51aの下端までの距離をL2、基台2からプーリー38、42の下端までの距離をL3、基台2からプーリー39、50までの距離をL4としたときに、以下の関係が成り立つように各部材が配置されている。「 $L1 > L2$ 」「 $L3 > L1$ 」「 $L2 > L4$ 」。よって、「 $L3 > L1 > L2 > L4$ 」となり、プーリー44aとプーリー51aとはL3とL4との間に配置されている。そして、ベルトはそれぞれプーリーの上端と下端との間で架け渡されており、第3ベルト46、第2ベルト53の高さ方向における中央と第3ガイドロッド48、第2ガイドロッド55の高さ方向の中央とが略同一で、第3ガイドロッド48の上端がベルト40に干渉せず、第2ガイドロッド55の下端がベルト41に干渉しないように配置されている。

【0035】

また、図3において基台2とプーリー18、19の上端までの距離がL1、基台2とプーリー18、19の下端までの距離がL2となるように配置されている。以上から、第1ベルト10、第1ガイドロッド9a、9b、第3ベルト46、第3ガイドロッド48、第2ベルト53および第2ガイドロッド55は、高さ方向においてL3とL4との間、すなわちプーリー38、42の下端とプーリー39、50の上端との間で重複して配置されている。

【0036】

また、第1ベルト10は第1ガイドロッド9a、9bに挟まれるように配置されている。よって、使用者Uが操作部3に力を加えた際に第1ガイドロッド9aまたは9bを中心に回転する力を受けることができ、回転方向の移動を抑えることができる。

【0037】

操作部3は、図1に示すように第1スライダブロック4の前方向に配置され、図5に

10

20

30

40

50

示すように、比較的短い垂直な操作ロッド 6 1 と、その上端に設けられたハンドル部材 6 2 とからなる。本実施形態のハンドル部材 6 2 は、使用者 U の上肢 U L の運動機能を訓練するために片手で掴むことができるように、比較的厚い小型の円形ディスク状に形成されている。ハンドル部材 6 2 は、使用者 U が掴んだ手で回すことができるように、操作ロッド 6 1 を中心に回動可能に取り付けられる。

【 0 0 3 8 】

また、操作部 3 は、操作ロッド 6 1 に一体に設けられた力センサ 6 0 を有する。力センサ 6 0 は、取付プレート 5 を介して、第 1 アクチュエータ機構 A X のスライダブロック 4 に一体に固定されている。力センサ 6 0 は、使用者 U が自力で操作部 3 を動かす能動訓練モード及び操作部 3 の力で上肢又は下肢を動かす受動訓練モードのいずれにおいても、

10

ハンドル部材 6 2 から操作ロッド 6 1 に作用する使用者 U の力を検出する。本実施形態では、力センサ 6 0 として、歪みゲージを用いた 6 軸力覚センサが採用されている。

【 0 0 3 9 】

一般に、6 軸力覚センサは、直交する 3 軸方向 x , y , z の力 (F_x , F_y , F_z) と x , y , z 3 軸周りのモーメント (M_x , M_y , M_z) とを検出することができる。本実施形態では、6 軸力覚センサを、その X 軸及び Y 軸が、第 1 アクチュエータ機構 A X の左右方向 (第 1 ガイドロッド 9 a , 9 b と平行な方向) 及び前後方向 (第 3 ガイドロッド 4 8 および第 3 ガイドロッド 5 3 と平行な方向) とそれぞれ一致するように配向する。

【 0 0 4 0 】

これにより、力センサ 6 0 は、使用者 U の上肢又は下肢が操作部 3 を動かし又は該操作部により動かされるとき、操作ロッド 6 1 が使用者 U の上肢又は下肢から直接受ける力を、前後方向の力成分と左右方向の力成分とそれらに直交する垂直方向の力成分とに分けて、更に前後方向、左右方向及び垂直方向の各軸周りにそれぞれ作用するモーメントとして、検出することができる。

20

【 0 0 4 1 】

実際の運動訓練装置 1 の使用において、力センサ 6 0 が検出する前後方向 (Y 軸方向) 、左右方向 (X 軸方向) 及び垂直方向 (XY 平面と直交する高さ方向) の力成分は、第 1 及び / 又は第 2 駆動モータ 6 , 3 0 の回転力と使用者 U が操作部 3 に及ぼす力との差分、即ち操作部 3 が使用者 U の上肢又は下肢から受ける抗力として検出される。

【 0 0 4 2 】

上述のように、運動訓練装置 1 は、第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 を制御するための制御部としての PC 7 0 を備える。PC 7 0 は、図 6 に示すように、駆動制御部 7 1 と、信号制御部 7 2 と、表示制御部 7 3 と、メモリ 7 4 と、それらを制御管理するための制御 CPU 7 5 とを備える。

30

【 0 0 4 3 】

駆動制御部 7 1 は、モータ制御部 2 7 , 3 1 を介して第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 に接続され、それらの駆動を制御する。モータ制御部 2 7 , 3 0 は、PC 7 0 の中に組み込んでよい。信号制御部 7 2 は、力センサ 6 0 及びエンコーダ 6 a , 3 0 a に接続され、力センサ 6 0 及びエンコーダ 6 a , 3 0 a から出力される信号を受信する。表示制御部 7 3 は、モニター 7 6 に接続され、該モニター 7 6 の表示を制御する。メモリ 7 4 は、運動訓練装置 1 を動作させるためのプログラムに加えて、例えば使用者 U の個人データや訓練履歴等の訓練に関するデータを保存する。

40

【 0 0 4 4 】

制御 CPU 7 5 は、力センサ 6 0 、エンコーダ 6 a , 3 0 a 、および不揮発性のメモリ 7 4 から入力される情報に基づいて操作部 3 の速度を求め、駆動制御部 7 1 に電流値 (出力電流 I_i 、デューティ) を出力して、第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 への電力供給を制御する。

【 0 0 4 5 】

なお、本実施形態では、操作部 3 を取付プレート 5 を介して第 1 スライダブロック 4 と高さ方向において重複する位置に設け、操作部 3 の下端が基台 2 から浮いている状態で

50

固定する態様を示したが、取付プレート 5 の下面に自由回転するコロなどの摺動部材を設けて基台 2 上で滑らかに動くようにした上で取付プレート 5 の下面と基台 2 とが接触するように構成してもよい。これにより、使用者 U による下方にかかる力を基台 2 で受けることができる。また、操作部 3 を第 1 スライダブロック 4 の上部に取り付けるようにしてもよい。そうすることで操作部 3 の可動領域がより装置奥側に広げることができる。

【 0 0 4 6 】

次に、本実施形態の運動訓練装置 1 を含む運動訓練システム 1 0 0 0 の動作について説明する。運動訓練装置 1 により使用者 U が運動訓練を行う際には、例えば、使用者 U が操作部 3 を掴みその上から訓練指導者が使用者 U の手をとって使用者 U の上肢状況に応じた動作範囲で操作部 3 を移動させることで、操作部 3 が辿る軌跡を設定するための軌跡設定モードと、使用者 U のみが操作部 3 を掴み軌跡設定モードで設定された軌跡を辿ることで、使用者 U による操作部 3 の位置（軌跡）とそのときに操作部 3 が受ける負荷とを検出するための負荷検出モードと経て、運動訓練モードで行われる。

10

【 0 0 4 7 】

[運動訓練モード]

まず、運動訓練モードには、使用者 U が自ら軌跡設定モードで設定された軌跡をなぞるように操作部 3 を移動させる能動訓練モード（アシストモード、トレーニングモード）と、自動的に軌跡を辿る操作部 3 に引っ張られて運動する受動訓練モード（自動モード）とがある。受動訓練モードは主としてリハビリ中の人を対象とする運動訓練モード、能動訓練モードはリハビリ最終段階の人や健常者を対象とする運動訓練モードとして想定されている。なお、アシストモードは、訓練中に操作部 3 に適宜アシスト力を作用させて行う能動訓練モードであり、トレーニングモードは、アシストモードのようなアシスト力がない能動訓練モードである。

20

【 0 0 4 8 】

運動訓練システム 1 0 0 0 では、これらの各モードの何れかを選択して実行可能である。また、各モードにおいて、それぞれパラメータを設定可能であり、使用者 U に応じて適切な負荷などを設定して運動訓練モードを行うことができる。例えば、前述の特許文献 1 では、能動訓練モードにおいて、平面運動における静止摩擦を模擬した仮想モデルを介して操作部に発生させるべき X 軸方向の速度および Y 軸方向の速度を算出して X 軸方向と Y 軸方向の駆動モータを制御するようにしている。そして、この仮想モデルのパラメータを変更することで、様々な負荷で能動訓練モードを行えるようにしている。

30

【 0 0 4 9 】

特許文献 1 においては、モニターに、例えば運動量や静止摩擦力の大きさに応じて予め定めた幾とおりかの選択子にその説明（例えば、運動量：大、静止摩擦力：中）を加えた画面を表示したり、運動量や静止摩擦力の大きさを調整可能に表したレベルメータを表示したりすることでパラメータの入力を容易にしている。

【 0 0 5 0 】

ここで、特許文献 1 では、静止摩擦を模擬した仮想モデルを使用することで運動訓練を行っているが、運動訓練装置では、更なる訓練効果が得られる装置が求められている。そこで、本実施形態では、運動訓練モードにおいて、操作部 3 を次のように制御するようにしている。

40

【 0 0 5 1 】

本実施形態の場合も、特許文献 1 における制御と同様に、P C 7 0 の制御 C P U 7 5 は、信号制御部 7 2 により力センサ 6 0 及びエンコーダ 6 a、3 0 a から出力される信号を受信し、駆動制御部 7 1 により第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 を制御することで、各種運動訓練モードを実行可能である。この際、本実施形態では、静止摩擦力と動摩擦力を模擬したパラメータに加えて、その運動が維持されるような力（例えば、慣性力）を模擬したパラメータを設定可能としている。本実施形態では、その運動が維持されるような力を模擬したパラメータを第 1 のパラメータ、静止摩擦力と動摩擦力を模擬したパラメータを第 2 のパラメータとする。このような第 1 のパラメータ及び第 2 のパラメータは、トレー

50

ニングモードやアシストモードなどの能動訓練モードにおいて好ましく使用できる。なお、第2のパラメータについては、上述の特許文献1に記載の内容と同様であるので、第1のパラメータについて説明する。

【0052】

第1のパラメータを説明するために、次の(1)～(6)の動作で、第1モータ6及び第2モータ30がどのように制御されるかを説明する。なお、制御CPU75は、設定される第1パラメータに応じて、第1モータ6及び第2モータ30を制御することで操作部3に発生させる力を変更可能である。

【0053】

(1) 操作部3の動き始め

まず、使用者Uが操作部3を動かし始める場合について説明する。即ち、操作部3が静止している状態で、力センサ60が力を検出した場合である。PC70の制御CPU75は、操作部3が停止している状態で、力センサ60がX軸およびY軸方向の力 F_x 、 F_y の合成力 F を検出した場合に、合成力 F と反対方向に合成力 F_0 以下の力が発生するように第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

【0054】

この制御について、第2のパラメータが固定状態で、第1のパラメータを大きさが異なる2つの値に設定した場合に、操作部3を動かすために必要な力(力センサ60に入力される入力合成力 F_I)を比較して説明する。なお、以下では、第1のパラメータを2つの値に設定した場合を比較しているが、第1のパラメータは、2つ以上の複数の異なる値に設定可能としても良い。

【0055】

制御CPU75は、第1のパラメータが第1の値に設定された場合(大モード)において、操作部3を動かすために必要な力センサ60に入力されるX軸およびY軸方向の力 F_x 、 F_y の入力合成力 F_I が第1の力になるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。一方、制御CPU75は、第1パラメータが第1の値よりも小さい第2の値に設定された場合(小モード)、入力合成力 F_I が第1の力よりも小さい第2の力になるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。即ち、制御CPU75は、操作部3を動かし始める場合、第1のパラメータが大きい程、使用者Uが操作部3を動かすために必要な力が大きくなるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

【0056】

(2) 操作部3を一定速度で維持

次に、使用者Uが操作部3を一定速度で動かす場合について説明する。まず、操作部3が入力される合成力 F_0 の方向が変わらずに移動している場合、PC70の制御CPU75は、力センサ60により検出されるX軸およびY軸方向の力 F_x 、 F_y の合成力 F_0 の方向に、合成力 F_0 以下の力が操作部3に発生するように第1モータ6及び第2モータ30を制御する。また、制御CPU75は、操作部3の移動中に、力センサ60により検出されるX軸およびY軸方向の力 F_x 、 F_y の合成力 F_0 が F_1 から F_2 に低下した場合には、合成力 F_0 の方向に、 F_2 よりも大きく F_1 以下の力が操作部3に発生するように第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

【0057】

このように操作部3が入力される合成力 F_0 の方向が変わらずに、即ち、一定の方向に移動している場合で、操作部3の速度を一定速度に維持する制御について、第2のパラメータが固定状態で、第1のパラメータを大きさが異なる2つの値に設定した場合に、操作部3が一定速度で移動するために必要な力(力センサ60に入力される入力合成力 F_I)を比較して説明する。

【0058】

制御CPU75は、第1のパラメータが第1の値に設定された場合(大モード)、操作部3が一定速度で移動するために必要な力センサ60に入力されるX軸およびY軸方向の力 F_x 、 F_y の入力合成力 F_I が第1の力になるように、第1モータ6及び第2モータ3

10

20

30

40

50

0を制御する。一方、制御CPU75は、第1のパラメータが第1の値よりも小さい第2の値に設定された場合（小モード）、入力合成力 F_I が第1の力よりも大きい第2の力になるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。即ち、制御CPU75は、操作部3を一定速度で動かす場合、第1のパラメータが大きい程、使用者Uが操作部3の速度を維持するために必要な力が小さくなるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

【0059】

(3) 操作部3の移動中に加減速

次に、使用者Uが操作部3を加速又は減速する場合について説明する。まず、使用者Uが操作部3を移動中に加速させる場合について説明する。制御CPU75は、操作部3の移動中に、力センサ60により検出されるX軸およびY軸方向の力 F_x 、 F_y の合成力 F_0 が F_3 から F_4 に増加した場合には、合成力 F_0 の方向とは反対方向に F_4 以下の力が操作部3に発生するように第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

10

【0060】

この操作部3の加速時の制御について、第2のパラメータが固定状態で、第1のパラメータを大きさが異なる2つの値に設定した場合に、操作部3の速度を増加させるために必要な力（力センサ60に入力される入力合成力 F_I ）を比較して説明する。

【0061】

制御CPU75は、第1のパラメータが第1の値に設定された場合（大モード）、操作部3の速度を増加させるために必要な力センサ60に入力されるX軸およびY軸方向の力 F_x 、 F_y の入力合成力 F_I が第1の力になるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。一方、制御CPU75は、第1のパラメータが第1の値よりも小さい第2の値に設定された場合（小モード）、入力合成力 F_I が第1の力よりも小さい第2の力になるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。即ち、制御CPU75は、操作部3を加速させる場合、第1のパラメータが大きい程、使用者Uが操作部3を加速させるために必要な力が大きくなるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

20

【0062】

次に、使用者Uが操作部3を移動中に減速させる場合について説明する。制御CPU75は、操作部3の移動中に、力センサ60により検出されるX軸およびY軸方向の力 F_x 、 F_y の合成力 F_0 の方向が第1方向から第2方向に変更された場合には、操作部3に対して第1方向に力が発生するように第1モータ6及び第2モータ30を制御する。ここで、操作部3を減速させる場合とは、第2方向が第1方向と逆方向になる場合である。

30

【0063】

この操作部3の減速時の制御について、第2のパラメータが固定状態で、第1のパラメータを大きさが異なる2つの値に設定した場合に、操作部3の速度を低下させるために必要な力（力センサ60に入力される入力合成力 F_I ）を比較して説明する。

【0064】

制御CPU75は、第1のパラメータが第1の値に設定された場合（大モード）、操作部3の速度を低下させるために必要な力センサ60に入力されるX軸およびY軸方向の力 F_x 、 F_y の入力合成力 F_I が第1の力になるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。一方、制御CPU75は、第1のパラメータが第1の値よりも小さい第2の値に設定された場合（小モード）、入力合成力 F_I が第1の力よりも小さい第2の力になるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。即ち、制御CPU75は、操作部3を減速させる場合、第1のパラメータが大きい程、使用者Uが操作部3を減速させるために必要な力が大きくなるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

40

【0065】

このように、操作部3を加速又は減速させる場合、制御CPU75は、第1のパラメータが大きい程、使用者Uが操作部3を加速又は減速させるために必要な力が大きくなるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

【0066】

50

(4) 操作部3の強制停止

次に、使用者Uが操作部3の移動を強制的に停止させる場合について説明する。この場合は、上述の操作部3の減速時と同様であり、制御CPU75は、第1のパラメータが大きい程、使用者Uが操作部3を停止させるために必要な力が大きくなるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

【0067】

(5) 操作部3の方向転換

次に、使用者Uが操作部3の移動中に移動方向を変える場合について説明する。この場合、上述の減速時の動作において説明したように、操作部3の移動中に、力センサ60により検出される合成力 F_0 の方向が第1方向から第2方向に変更された場合であり、制御CPU75は、操作部3に対して第1方向に力が発生するように第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

10

【0068】

この操作部3の方向転換の制御について、第2のパラメータが固定状態で、第1のパラメータを大きさが異なる2つの値に設定した場合に、操作部3の移動方向を変更させるために必要な力(力センサ60に入力される入力合成力 F_I)を比較して説明する。

【0069】

制御CPU75は、第1のパラメータが第1の値に設定された場合(大モード)、操作部3の移動方向を変更させるために必要な力センサ60に入力されるX軸およびY軸方向の力 F_x 、 F_y の入力合成力 F_I が第1の力になるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。一方、制御CPU75は、第1のパラメータが第1の値よりも小さい第2の値に設定された場合(小モード)、入力合成力 F_I が第1の力よりも小さい第2の力になるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。即ち、制御CPU75は、操作部3を方向転換させる場合、第1のパラメータが大きい程、使用者Uが操作部3を方向転換させるために必要な力が大きくなるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

20

【0070】

(6) 操作部3の移動中に力センサ60への入力力が0

次に、使用者Uが操作部3の移動中に力センサ60に入力される力が0になった場合(例えば、手を離れた場合)について説明する。制御CPU75は、操作部3の移動中に、力センサ60により検出されるX軸およびY軸方向の力 F_x 、 F_y の合成力 F_0 が0になっても、操作部3の移動が維持される力が操作部3に対して発生するように第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

30

【0071】

この操作部3の移動中に力センサ60に入力される力が0になった場合の制御について、第2のパラメータが固定状態で、第1のパラメータを大きさが異なる2つの値に設定した場合に、操作部3が停止するまでの移動距離を比較して説明する。

【0072】

制御CPU75は、第1のパラメータが第1の値に設定された場合(大モード)、合成力 F_0 が0になってから操作部3が停止するまで合成力 F_0 が0のままである場合の操作部3の移動距離(自然停止するまでの距離)が第1の距離になるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。一方、制御CPU75は、第1のパラメータが第1の値よりも小さい第2の値に設定された場合(小モード)、合成力 F_0 が0になってから操作部3が自然停止するまでの移動距離が第1の距離よりも短い第2の距離になるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。即ち、制御CPU75は、操作部3の移動中に力センサ60に入力される力が0になった場合、第1のパラメータが大きい程、操作部3が自然停止するまでの移動距離が長くなるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

40

【0073】

上述の(1)~(6)の各動作条件における、第1のパラメータが大きい場合(大モー

50

ド)と、小さい場合(小モード)とで、その動作を達成するために必要なセンサ入力値(力センサ60に入力される入力合成力 F_I)の大きさや操作部3の移動距離をまとめたものを、表1に示す。

【表1】

動作	第1のパラメータ	
	大モード	小モード
(1)動き始めに必要なセンサ入力値	大きい	小さい
(2)一定速の際に必要なセンサ入力値	小さい	大きい
(3)加減速の際に必要なセンサ入力値	大きい	小さい
(4)強制停止に必要なセンサ入力値	大きい	小さい
(5)方向転換の際に必要なセンサ入力値	大きい	小さい
(6)動作状態でセンサ入力値が0になった場合の自然停止までの距離	長い	短い

自然停止:センサ入力値が0を維持している状態

強制停止:進行方向と逆方向にセンサ入力値が一定量ある状態

【0074】

なお、第1のパラメータと第2のパラメータの両方を設定すると、例えば、操作部3が移動している場合には、次のような制御となる。即ち、制御CPU75は、操作部3が移動している場合に、その移動方向に移動する方向に作用する第1方向の力と、移動方向と逆方向に作用する第2方向の力の合力が操作部3に発生するように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。ここで、第1方向の力は、主として第1のパラメータによる影響が大きく、第2方向の力は、主として第2のパラメータによる影響が大きい。

【0075】

[具体例]

次に、第1のパラメータが第1の値と、第1の値よりも小さい第2の値の何れかに設定し、更に第2のパラメータを第3の値と、第3の値よりも小さい第4の値の何れかに設定した場合に、力センサ60が検出する合成力の大きさ及び方向、更には操作部3の軌跡がどのようになるかを具体的に説明する。

【0076】

まず、本実施形態では、図7に示すように、モニター76に、力センサ60により検出される合成力の大きさや方向を示す第1チャートと、位置検出手段としてのエンコーダ6a、30aにより検出された操作部3の位置を軌跡と共に示す第2チャートとを、同じ時系列で表示可能である。

【0077】

第1チャートは、同一の中心を有し半径が異なる複数の円からなるチャートであり、中心からの周方向の位置が合成力の方向を示し、中心からの距離が合成力の大きさを示すように、力センサ60の検出結果がプロットされる。図7に示す第2チャートは、使用者Uが操作部3を移動させる目標軌跡が円で、この目標軌跡と共に操作部3の位置をその移動軌跡と共に表示するチャートである。この第1チャート及び第2チャートを用いて、上述のように第1のパラメータ及び第2のパラメータを変化させた場合の具体例について説明する。

【0078】

[第1のパラメータが大、第2のパラメータが小]

まず、図8(a)、(b)及び図9(a)、(b)を用いて、第1のパラメータが大きく(第1の値)、且つ、第2のパラメータが小さい(第4の値)状態で、使用者Uが操作部3をコントロールできていない場合と、使用者Uが操作部3をコントロールできている

10

20

30

40

50

場合とを比較して説明する。即ち、第 1 のパラメータの影響を第 2 のパラメータに対して大きくした場合の例である。

【 0 0 7 9 】

図 8 (a)、(b) は、使用者 U が操作部 3 をコントロールできていない場合を示しており、図 8 (b) に太線で示すように、操作部 3 が実際に移動した軌跡は、目標軌跡に対してずれている。また、この動作において力センサ 6 0 に入力された合成力の大きさ及び方向は、図 8 (a) に太線で示すような状態となっている。即ち、第 1 のパラメータを大きくすることで、使用者 U が目標軌跡通りに操作部 3 をコントロールしにくくなっている状態である。

【 0 0 8 0 】

そして、この状態から同じ条件で運動訓練を行い、使用者 U が目標軌跡通りに操作部 3 をほぼコントロールできた状態が、図 9 (a)、(b) に示すチャートである。図 9 (b) に太線で示すように、操作部 3 の移動した軌跡がほぼ目標軌跡と重なっている。また、この動作において力センサ 6 0 に入力された合成力の大きさ及び方向は、図 9 (a) に太線で示すような状態となっている。

【 0 0 8 1 】

[第 1 のパラメータが小、第 2 のパラメータが大]

次に、図 1 0 (a)、(b) を用いて、第 1 のパラメータが小さく (第 2 の値)、且つ、第 2 のパラメータが大き (第 3 の値) 状態で、使用者 U が操作部 3 をコントロールできていない場合と、使用者 U が操作部 3 をコントロールできている場合とを比較して説明する。即ち、第 2 のパラメータの影響を第 1 のパラメータに対して大きくした場合の例である。図 1 0 (a)、(b) では、使用者 U が操作部 3 をコントロールできていない場合を太線で、使用者 U が操作部 3 をコントロールできている場合を破線で、それぞれ示している。

【 0 0 8 2 】

第 2 のパラメータの影響が大き (第 3 の値) 場合、使用者 U は操作部 3 に加える力に応じて操作部 3 を動かすことができるので、第 1 のパラメータの影響を大きくした場合と比較して操作部 3 をコントロールし易い。このため、図 1 0 (a)、(b) に示すように、破線と実線で大きな差が生じていない。

【 0 0 8 3 】

[第 1 のパラメータが小、第 2 のパラメータが小]

次に、図 1 1 (a)、(b) を用いて、第 1 のパラメータが小さく (第 2 の値)、且つ、第 2 のパラメータも小さい (第 4 の値) 状態について説明する。この場合、使用者 U が操作部 3 を最もコントロールし易い状態であり、図 1 1 (a)、(b) に太線で示すように、使用者 U が操作部 3 をほぼ目標軌跡通りに移動させることができ、操作部 3 に加える力の大きさの変化も少ない。

【 0 0 8 4 】

[第 1 のパラメータの影響]

ここで、図 8 (a) 及び図 9 (a) と図 1 0 (a) を比較して、第 1 のパラメータの影響について説明する。上述のように、第 2 のパラメータの影響が大き (第 3 の値)、第 1 のパラメータの影響が小さい場合、図 1 0 (a) に示すように、使用者 U が操作部 3 に加える力は大きくなるが、力の大きさに応じて操作部 3 を移動させることができるため、操作部 3 のコントロールは比較的容易である。これに対して、第 1 のパラメータの影響が大き (第 2 の値)、第 2 のパラメータの影響が小さい場合、図 8 (a) 及び図 9 (a) に示すように、使用者 U が操作部 3 に加える力の大きさ及び方向は、図 1 0 (a) に対して複雑になっている。即ち、第 1 のパラメータの影響を大きくすることで、使用者 U が操作部 3 をコントロールしにくくなっていることが分かる。

【 0 0 8 5 】

以上より、操作部 3 のコントロール性は、図 1 1 (a)、(b)、図 1 0 (a)、(b)、図 8 (a)、(b) 及び図 9 (a)、(b) の順番で低下する。このため、訓練の順

10

20

30

40

50

番として、例えば、図 1 1 (a)、(b) に示した条件から始め、この条件で使用者 U が目標軌跡通りに操作部 3 をコントロールできたら、次に、図 1 0 (a)、(b) の条件で訓練を行う。そして、この条件で使用者 U が目標軌跡通りに操作部 3 をコントロールできたら、図 8 (a)、(b) 及び図 9 (a)、(b) の条件で訓練を行うようにすれば、徐々に訓練の難易度を上げることができ、効果的な訓練を行うことができる。

【 0 0 8 6 】

[アシストモード]

次に、アシストモードにおいて、第 1 のパラメータが大きい場合と小さい場合との制御の一例について説明する。アシストモードとは、使用者 U が操作部 3 を操作している際に、操作部 3 の位置が所定の領域から外れた場合に、操作部 3 を所定の領域に戻すアシスト力 F_A を発生させるように、第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 を制御する能動訓練モードの 1 つである。

10

【 0 0 8 7 】

即ち、本実施形態において、P C 7 0 の制御 C P U 7 5 は、使用者 U により操作される操作部 3 の位置が、予め設定した所定の領域内にある場合と、所定の領域から外れた場合とで、操作部 3 の駆動制御を切り替えて行う。所定の領域は、予め設定した目標軌跡上の各点から一定の距離の範囲であり、この一定の距離は、運動訓練の観点から操作部 3 が実質的に目標軌跡をなぞるように操作されていると見なすことができる大きさに設定される。本実施形態では、P C 7 0 は、このようなアシストモードを実行可能である。

【 0 0 8 8 】

20

具体的には、アシストモードでは、P C 7 0 の制御 C P U 7 5 は、使用者 U により操作されて X Y 平面を移動する操作部 3 の位置が所定の領域内にあることをエンコーダ 6 a、3 0 a が検出するとき、力センサ 6 0 により検出される X 軸および Y 軸方向の力 F_x 、 F_y の合成力 F_0 の大きさに基づいた第 1 速度ベクトルに応じて第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 を制御する。即ち、操作部 3 の位置が所定の領域内にある場合には、アシスト力 F_A を発生させない。

【 0 0 8 9 】

一方、制御 C P U 7 5 は、使用者 U により操作されて X Y 平面を移動する操作部 3 の位置が所定の領域から外れていることをエンコーダ 6 a、3 0 a が検出するとき、第 1 速度ベクトルと、操作部 3 を所定の領域内に戻すように作用する第 2 速度ベクトルとに応じたアシスト方向に操作部 3 を移動させるアシスト力 F_A を発生させるように、第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 を制御する。

30

【 0 0 9 0 】

[第 1 パラメータが小さい場合]

まず、アシストモードにおいて、第 1 のパラメータが小さい場合の制御について、図 1 2 ~ 図 1 5 を用いて説明する。ここでは、第 2 のパラメータの方が第 1 のパラメータよりも影響が大きいとする。

【 0 0 9 1 】

図 1 2 は、アシストモードの運動訓練開始時において、操作部 3 の中心 O が目標軌跡 T L 上の開始位置 T P 0 に一致するように配置されている場合を示している。所定の領域は、その外郭を目標軌跡 T L 上の点 (図 1 2 では、開始位置 T P 0) を中心とする円 T R で表している。操作部 3 の中心 O から伸びる太い矢印 F_A は、使用者 U から操作部 3 に加えられる操作力の向きおよび大きさを表しており、その大きさ $|F_A|$ と、その向きを表す操作力 F_A の X 軸方向および Y 軸方向成分は、力センサ 6 0 への入力値として検出される。操作力 F_A は、同図に示すように、操作部 3 に発生する速度ベクトル N で表すことができる。

40

【 0 0 9 2 】

図 1 2 の運動訓練開始時には、操作部 3 の中心 O が目標軌跡 T L 上に位置して、目標領域 (所定の領域) T R 内にあるので、制御 C P U 7 5 は、使用者 U からの操作力 F_A に対応する力センサ 6 0 への入力値に基づいて、速度ベクトル N に等しい速度ベクトル Q を操

50

作部 3 に発生させるように、第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 を制御する。別言すれば、使用者 U の操作を妨げたり操作力 F_A 以外の余計な力を発揮させることなく、操作部 3 を動かすことができるように、第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 を駆動する。

【 0 0 9 3 】

図 1 3 は、使用者 U の操作により図 1 2 の開始位置 TP_0 から移動した操作部 3 の現在位置 LP において、その中心 O が目標軌跡 TL 上の目標位置 TP から逸れているが、目標領域 TR 内にある場合を示している。この場合、制御 $CPU75$ は、図 1 2 の場合と同様に、使用者 U からの操作力 F_A に対応する力センサ 6 0 への入力値に基づいて、速度ベクトル N に等しい速度ベクトル Q を操作部 3 に発生させるように、第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 を制御する。従って、操作部 3 は、使用者 U からの操作力 F_A に対応する力センサ 6 0 への入力値に基づいて、使用者 U が動かす向きに移動する。

10

【 0 0 9 4 】

図 1 4 は、使用者 U の操作により図 1 3 の位置から移動した操作部 3 の現在位置 LP において、その中心 O が目標領域 TR から外れた場合を示している。この場合、制御 $CPU75$ は、使用者 U からの操作力 F_A に対応する力センサ 6 0 への入力値に基づく速度ベクトル N に加えて、操作部 3 を目標領域 TR に戻す向きに働く速度ベクトル W を発生させるように、第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 を制御する。それにより、操作部 3 には、速度ベクトル N と速度ベクトル W との合成ベクトルである速度ベクトル Q が発生する。従って、操作部 3 は、使用者 U からの操作力 F_A に速度ベクトル W を加えて補助することにより、使用者 U が動かす向きを目標領域 TR に戻すように調節して移動させることができる。

20

【 0 0 9 5 】

制御 $CPU75$ は、操作部 3 の中心 O が、図 1 4 のように目標領域 TR から外れた位置から目標領域 TR に戻ると、操作力 F_A を補助する速度ベクトル W を 0 または小さくして、操作部 3 の移動速度を遅らせる。それにより、操作部 3 が目標領域 TR を通り過ぎて、反対側の外れた位置まで移動することを未然に回避することができる。

【 0 0 9 6 】

図 1 5 は、操作部 3 の中心 O が目標領域 TR 内に戻ったとき、速度ベクトル W を 0 にした場合を示している。速度ベクトル W による補助が無くなることにより、操作部 3 に作用する力及び速度ベクトルは、上述した図 1 3 の状態と同じになる。即ち、制御 $CPU75$ は、使用者 U からの操作力 F_A に対応する力センサ 6 0 への入力値に基づいて、速度ベクトル N に等しい速度ベクトル Q を操作部 3 に発生させるように、第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 を制御し、操作部 3 は、使用者 U からの操作力 F_A に対応して、使用者 U が動かす向きに移動する。

30

【 0 0 9 7 】

[第 1 パラメータが大きい場合]

次に、アシストモードにおいて、第 1 のパラメータが大きい場合の制御について、図 1 2 ~ 図 1 4 及び図 1 6 を用いて説明する。ここでは、第 1 のパラメータの方が第 2 のパラメータよりも影響が大きいとする。

【 0 0 9 8 】

第 1 のパラメータの影響が大きい場合でも、操作部 3 の現在位置 LP において、その中心 O が目標領域 TR 内にある場合には、基本的な動作は図 1 2 ~ 図 1 4 と同じである。但し、操作部 3 の位置が図 1 4 の位置から図 1 6 に示す位置に戻った場合であっても、図 1 5 に示した場合と異なり、速度ベクトル W が残った状態となる。したがって、図 1 4 で説明した場合と同様に、操作部 3 には、速度ベクトル N と速度ベクトル W との合成ベクトルである速度ベクトル Q が発生する。

40

【 0 0 9 9 】

即ち、制御 $CPU75$ は、アシストモードの実行時に、エンコーダ 6 a、3 0 a により検出される操作部 3 の位置が、アシスト方向にアシスト力 F_A によって目標領域 TR から外れた位置から目標領域 TR 内に進入した場合に、アシスト方向にアシスト力 F_A 以下の力が操作部に発生するように第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 を制御する。したがって、

50

第1のパラメータの影響が大きい場合、使用者Uが操作部3を目標領域TR外から目標領域TR内に戻した場合でも、目標領域TR内に戻す方向に操作部3に作用しているアシスト力 F_A 又はこれよりも小さい力がまだ続いている。このため、使用者Uは、操作部3の位置が目標領域TR内に戻っても、このアシスト力 F_A 又はこれよりも小さい力に抗して操作部3をコントロールする必要があり、上述の図15の場合よりも使用者Uが操作部3を操作しにくい。

【0100】

また、この目標領域TR内に戻っても続くアシスト力 F_A 又はこれよりも小さい力は、操作部3の位置が目標領域TR内に戻ったら徐々に小さくなるようにする。即ち、速度ベクトル W を徐々に小さくするようにする。この際、設定される第1のパラメータに応じて、この速度ベクトル W が小さくなっていく割合を変えるようにしても良い。

10

【0101】

ここで、アシストモードにおいて、第2のパラメータが固定状態で、第1のパラメータを大きさが異なる2つの値に設定した場合に、目標領域TR内に戻っても続くアシスト力 F_A 又はこれよりも小さい力が0になるまでの移動距離を比較して説明する。

【0102】

制御CPU75は、第1のパラメータが第1の値に設定された場合（大モード）、操作部3の位置が目標領域TR内に進入してからアシスト力 F_A 以下の力が0になるまでの操作部3の移動距離が第1の距離になるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。一方、制御CPU75は、第1のパラメータが第1の値よりも小さい第2の値に設定された場合（小モード）、上述の移動距離が第1の距離よりも短い第2の距離になるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。即ち、制御CPU75は、操作部3の位置が目標領域TR内に戻った場合、第1のパラメータが大きい程、アシスト力 F_A 以下の力が0になるまでの移動距離が長くなるように、第1モータ6及び第2モータ30を制御する。

20

【0103】

本実施形態では、このように第2のパラメータに加えて第1のパラメータを設定して、第1モータ6及び第2モータ30を制御するようにすることで、使用者Uが操作部3を操作しにくい状況を作り出し、訓練の効果を高めることができる。即ち、第2のパラメータの設定だけである場合、第2のパラメータを大きくしても操作部3が動きにくくなる、言い換えれば、重くなるだけであり、使用者Uが力を入れれば動くことになる。このような構成であっても訓練の効果はあるが、更なる訓練効果を得るためには、第2のパラメータだけでは難しい。

30

【0104】

そこで、本実施形態では、第1のパラメータを導入することで、第2のパラメータだけの場合よりも操作部3を操作しにくい状況を作り出し、訓練効果を高めるようにしている。例えば、前述の表1を参照して、第1のパラメータの影響が大きい場合に、操作部3の動き始めから停止までに使用者Uがどのような力を操作部3に加える必要があるかを説明する。

【0105】

まず、「(1)操作部3の動き始め」で説明したように、操作部3を動かす際には力が必要となる。一方、「(2)操作部3を一定速度で維持」で説明したように、動き始めた操作部3を一定速度で移動させようとした場合、操作部3に加える力を弱める必要がある。即ち、動き出しは力が必要で、動き始めたら力を抜く必要がある。これを第2のパラメータのみの設定で行った場合、動き出しに力は必要であることは同じだが、操作部3を一定速度で動かす場合には、そのまま力を入れ続けて一定速度を維持するようになればよく、第1のパラメータで実現できるような、力を抜く動作が必要となる状況を作りにくい。

40

【0106】

また、「(3)操作部3の移動中に加減速」及び「(5)操作部3の方向転換」で説明したように、操作部3を加速又は減速させる場合や操作部3の方向を転換するときは力を

50

入れる必要がある。特に、操作部 3 を減速させる場合、移動方向と逆方向に力を加える必要がある。これを第 2 のパラメータのみの設定で行った場合、操作部 3 に加える力を抜くだけで操作部 3 が減速することになる。したがって、第 1 のパラメータを加えることで、減速時の動作についても操作をしにくい状況を作り出すことができる。これは、「(4) 操作部 3 の強制停止」の場合も同様である。

【0107】

また、操作部 3 の方向転換を行う場合、第 1 のパラメータが大きいと、操作部 3 が方向転換する前の方向に進もうとする力に抗して操作部 3 の移動方向を変える必要がある。これを第 2 のパラメータのみの設定で行った場合、操作部 3 が方向転換する前の方向に進もうとする力は生じない。したがって、第 1 のパラメータを加えることで、方向転換の動作

10

【0108】

更に、「(6) 操作部 3 の移動中に手を放す」で説明したように、使用者 U が移動中に操作部 3 に加える力を 0 にしても、操作部 3 がそのまま移動し続けようとするため、使用者 U は、操作部 3 の移動を停止させようとした場合、単に力を抜くだけではなく、「(4) 操作部 3 の強制停止」で説明したように、移動方向と逆方向に力を入れる必要がある。これを第 2 のパラメータのみの設定で行った場合、使用者 U が力を抜けば、何れは操作部 3 の移動が停止することになり、強制停止させる場合にも第 1 のパラメータを設定した場合よりも停止させるために必要な力は小さくなる。

【0109】

このように第 1 のパラメータを設定することで、操作部 3 の動きだしから停止までの間に様々な力の加減が必要になり、筋肉のコントロールが難しくなる。したがって、このように第 1 のパラメータを設定することで、敢えて操作しにくい状況を作り出すことができ、それをコントロールできるように訓練することで、更なる訓練効果を得ることができる。

20

【0110】

[他の実施形態]

上述の運動訓練装置 1 は、例えば、予め PC 70 に、上述の制御が可能なプログラムがインストールされているが、既に設置されている運動訓練装置や運動訓練システムが備えるコンピュータにこのプログラムをインストールするようにしても良い。即ち、本発明は、上述の運動訓練装置 1 に用いられるプログラムであっても良い。

30

【0111】

例えば、前述の「(2) 操作部 3 を一定速度で維持」の動作に対応するプログラムは、次の 2 つの工程をコンピュータにより実行させるものである。まず、第 1 工程では、力センサ 60 により X 軸および Y 軸方向の力 F_x , F_y の合成力 F_0 を検出する。第 2 工程では、操作部 3 が移動している場合に、第 1 工程で力センサ 60 により検出された合成力 F_0 の方向に、合成力 F_0 以下の力が操作部 3 に発生するように、制御 CPU 75 に第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 30 を制御させる。また、このプログラムに、「(2) 操作部 3 を一定速度で維持」で述べたような第 1 パラメータを複数に設定した場合の制御をこのプログラムに組み込んで良い。

【0112】

また、「(3) 操作部 3 の移動中に加減速」のうちの減速動作、「(4) 操作部 3 の強制停止」及び「(5) 操作部 3 の方向転換」の動作に対応するプログラムは、次の 2 つの工程をコンピュータにより実行させるものである。まず、第 1 工程では、力センサ 60 により X 軸および Y 軸方向の力 F_x , F_y の合成力 F_0 を検出する。第 2 工程では、操作部 3 の移動中に、第 1 工程で力センサ 60 により検出された合成力 F_0 の方向が第 1 方向から第 2 方向に変更された場合には、操作部 3 に対して第 1 方向に力が発生するように、制御 CPU 75 に第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 30 を制御させる。また、このプログラムに、上述の各動作で述べたような第 1 パラメータを複数に設定した場合の制御をこのプログラムに組み込んで良い。

40

【0113】

50

また、「(6) 操作部 3 の移動中に力センサ 6 0 への入力 が 0」の動作に対応するプログラムは、次の 2 つの工程をコンピュータにより実行させるものである。まず、第 1 工程では、力センサ 6 0 により X 軸および Y 軸方向の力 F_x 、 F_y の合成力 F_0 を検出する。第 2 工程では、操作部 3 の移動中に、第 1 工程で力センサ 6 0 により検出された合成力 F_0 が 0 になった場合には、合成力 F_0 の方向に操作部 3 が移動するように、制御 CPU 7 5 に第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 を制御させる。また、このプログラムに、上述の動作で述べたような第 1 パラメータを複数に設定した場合の制御をこのプログラムに組み込んでも良い。

【 0 1 1 4 】

更に、「アシストモード」の動作に対応するプログラムは、次の 2 つの工程をコンピュータにより実行させるものである。まず、第 1 工程では、エンコーダ 6 a、3 0 a により操作部 3 の位置を検出する。第 2 工程では、アシストモードの実行時に、第 1 工程でエンコーダ 6 a、3 0 a により検出された操作部 3 の位置が、アシスト方向にアシスト力 F_A によって目標領域 T R から外れた位置から目標領域 T R 内に進入した場合に、アシスト方向にアシスト力 F_A 以下の力が操作部 3 に発生するように、制御 CPU 7 5 に第 1 モータ 6 及び第 2 モータ 3 0 を制御させる。また、このプログラムに、上述の動作で述べたような第 1 パラメータを複数に設定した場合の制御をこのプログラムに組み込んでも良い。

【符号の説明】

【 0 1 1 5 】

- 1 . . . 運動訓練装置
- 3 . . . 操作部
- 6 . . . 第 1 モータ (X 軸方向駆動モータ)
- 6 a . . . エンコーダ (位置検出手段)
- 3 0 . . . 第 2 モータ (Y 軸方向駆動モータ)
- 3 0 a . . . エンコーダ (位置検出手段)
- 6 0 . . . 力センサ
- 7 0 . . . P C (制御部)
- 2 0 0 . . . 駆動部

10

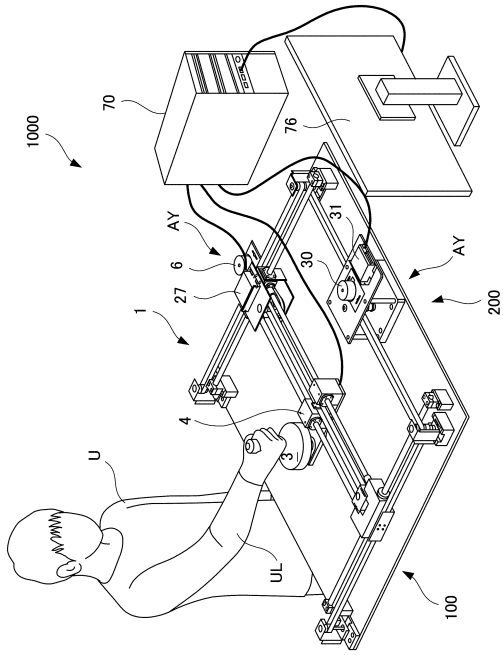
20

30

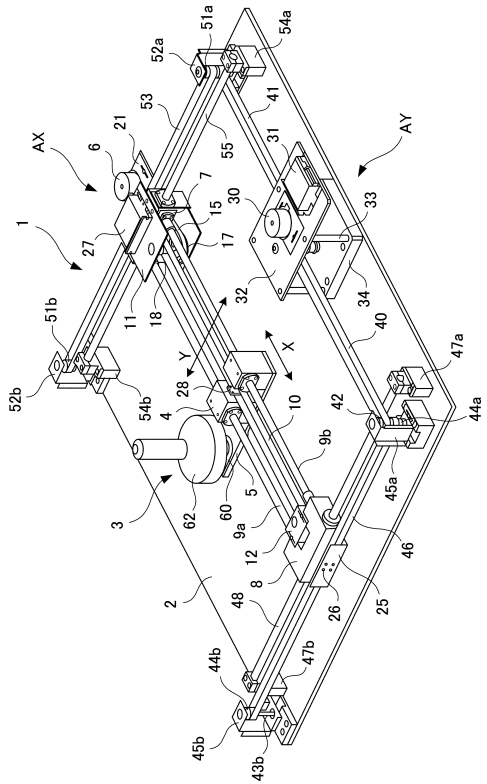
40

50

【図面】
【図 1】



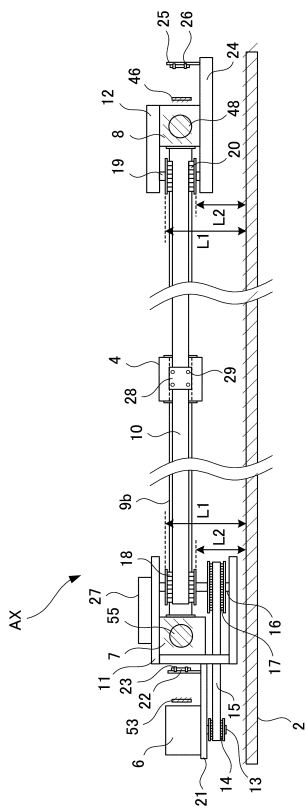
【図 2】



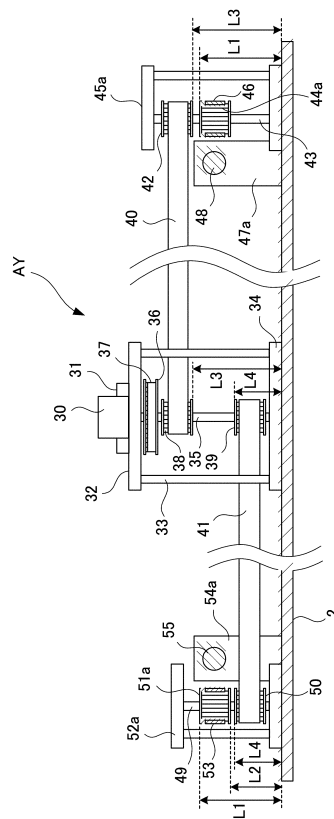
10

20

【図 3】



【図 4】

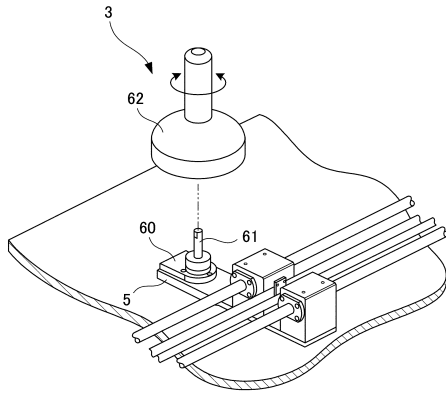


30

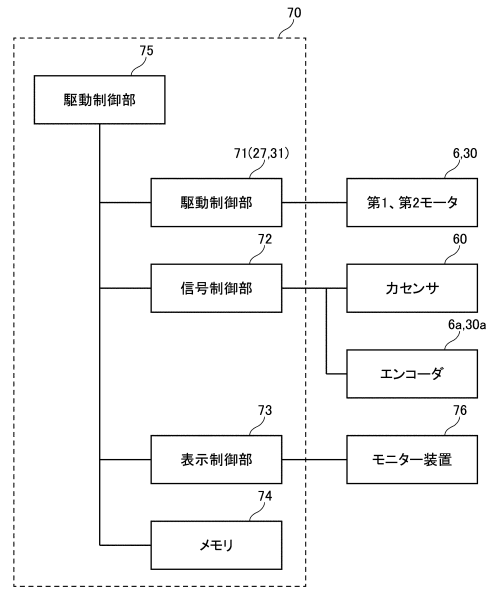
40

50

【図5】



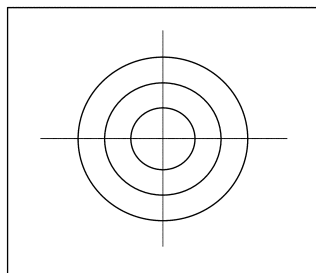
【図6】



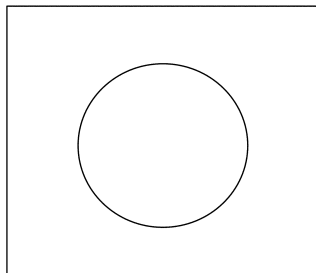
10

20

【図7】

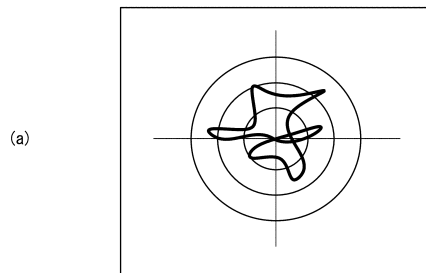


第1チャート

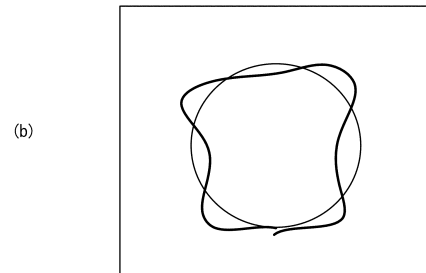


第2チャート

【図8】



第1チャート



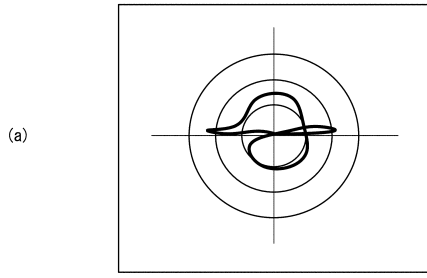
第2チャート

30

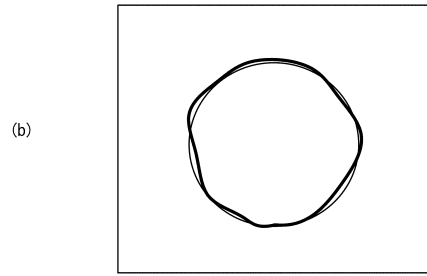
40

50

【 図 9 】

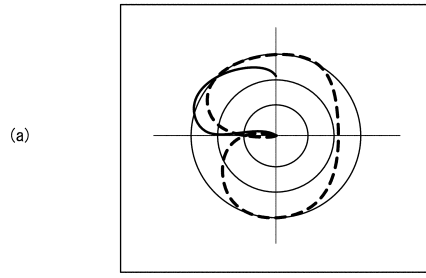


第1チャート

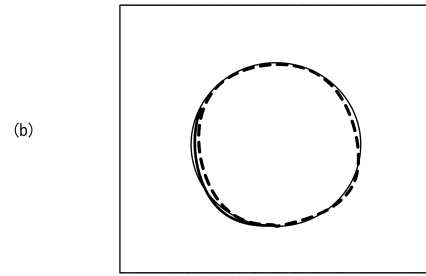


第2チャート

【 図 10 】



第1チャート

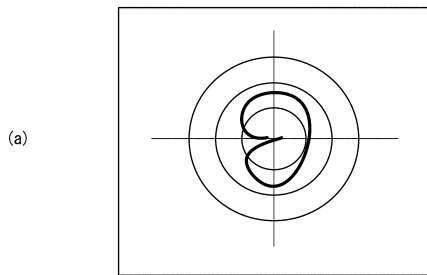


第2チャート

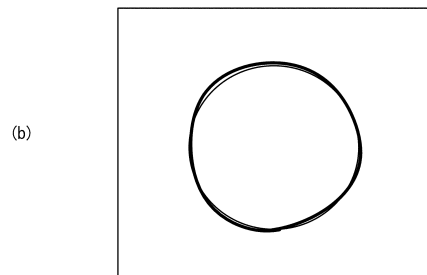
10

20

【 図 11 】

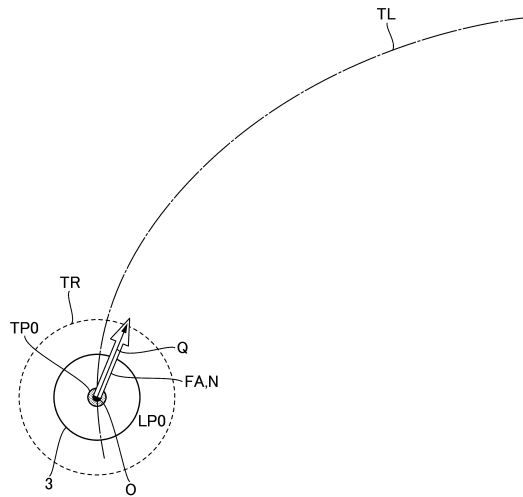


第1チャート



第2チャート

【 図 12 】

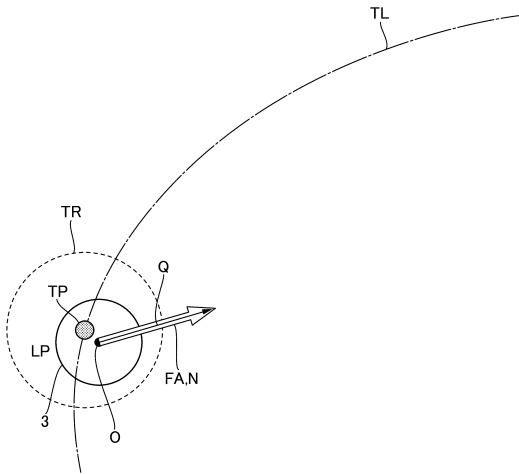


30

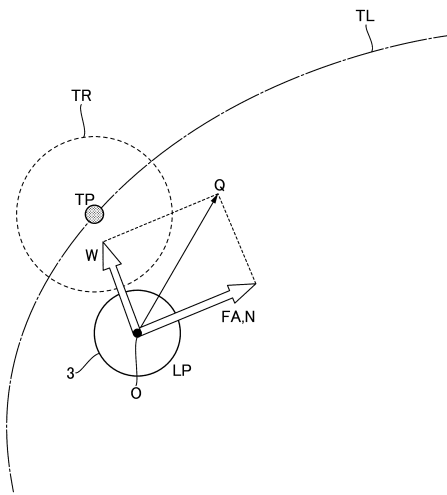
40

50

【図 13】



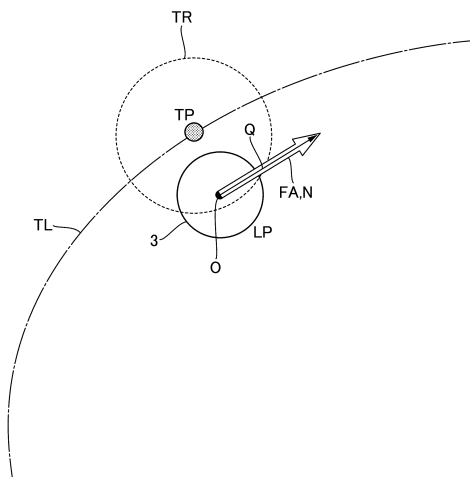
【図 14】



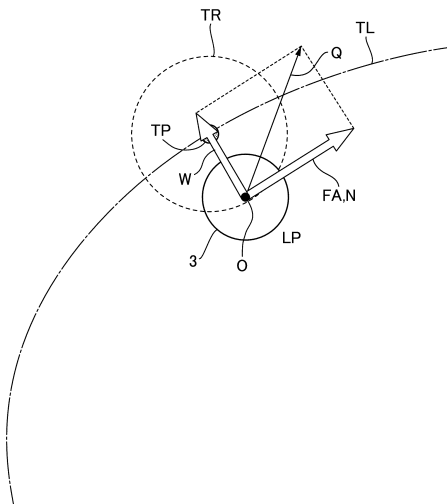
10

20

【図 15】



【図 16】



30

40

50

フロントページの続き

審査官 村上 勝見

- (56)参考文献 特開2020-089623(JP,A)
国際公開第2017/213202(WO,A1)
特開2019-097578(JP,A)
中国実用新案第205459686(CN,U)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A61H 1/02
A63B 21/005
A63B 23/12
A63B 24/00