

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7297072号  
(P7297072)

(45)発行日 令和5年6月23日(2023.6.23)

(24)登録日 令和5年6月15日(2023.6.15)

|            |       |           |         |       |   |
|------------|-------|-----------|---------|-------|---|
| (51)国際特許分類 | F I   |           |         |       |   |
| G 0 5 G    | 5/03  | (2008.04) | G 0 5 G | 5/03  | Z |
| F 1 6 F    | 9/53  | (2006.01) | F 1 6 F | 9/53  |   |
| F 1 6 F    | 15/03 | (2006.01) | F 1 6 F | 15/03 | F |

請求項の数 13 (全24頁)

|                   |                             |          |   |
|-------------------|-----------------------------|----------|---|
| (21)出願番号          | 特願2021-541985(P2021-541985) | (73)特許権者 | 000010098<br>アルプスアルパイン株式会社<br>東京都大田区雪谷大塚町1番7号 |
| (86)(22)出願日       | 令和2年3月17日(2020.3.17)        | (74)代理人  | 100135183<br>弁理士 大窪 克之                        |
| (86)国際出願番号        | PCT/JP2020/011733           | (74)代理人  | 100085453<br>弁理士 野崎 照夫                        |
| (87)国際公開番号        | WO2021/038935               | (74)代理人  | 100108006<br>弁理士 松下 昌弘                        |
| (87)国際公開日         | 令和3年3月4日(2021.3.4)          | (72)発明者  | 久家 祥宏<br>東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アル<br>プスアルパイン株式会社内   |
| 審査請求日             | 令和3年11月19日(2021.11.19)      | (72)発明者  | 富山 達弘<br>東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アル<br>プスアルパイン株式会社内   |
| (31)優先権主張番号       | 特願2019-155489(P2019-155489) |          |   |
| (32)優先日           | 令和1年8月28日(2019.8.28)        |          |   |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | 日本国(JP)                     |          |   |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 操作装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも第1方向および前記第1方向に直交する第2方向に操作可能な操作部と、  
前記操作部に前記第1方向の駆動力である第1駆動力を与える第1駆動部と、  
前記操作部の前記第1方向への移動に抵抗する第1抵抗力を与える第1制動部と、  
前記操作部の前記第1方向の位置を検知する第1位置検知部と、  
前記操作部に前記第2方向の駆動力である第2駆動力を与える第2駆動部と、  
前記操作部の前記第2方向への移動に抵抗する第2抵抗力を与える第2制動部と、  
前記操作部の前記第2方向の位置を検知する第2位置検知部と、  
前記第1位置検知部で検知された前記第1方向の位置に応じて第1駆動力および第1抵  
抗力を調整し、前記第2位置検知部で検知された前記第2方向の位置に応じて第2駆動力  
および第2抵抗力を調整する制御部と、  
を備え、

前記制御部は、前記第1位置検知部および前記第2位置検知部からの出力信号から前記  
操作部の操作における安定点となる位置情報を前記第1駆動部および前記第2駆動部の安  
定点となる位置に補正することを特徴とする操作装置。

【請求項2】

少なくとも第1方向および前記第1方向に直交する第2方向に操作可能な操作部と、  
前記操作部に前記第1方向の駆動力である第1駆動力を与える第1駆動部と、  
前記操作部の前記第1方向への移動に抵抗する第1抵抗力を与える第1制動部と、

前記操作部の前記第 1 方向の位置を検知する第 1 位置検知部と、  
 前記操作部に前記第 2 方向の駆動力である第 2 駆動力を与える第 2 駆動部と、  
 前記操作部の前記第 2 方向への移動に抵抗する第 2 抵抗力を与える第 2 制動部と、  
 前記操作部の前記第 2 方向の位置を検知する第 2 位置検知部と、  
 前記第 1 位置検知部で検知された前記第 1 方向の位置に応じて第 1 駆動力および第 1 抵抗力を調整し、前記第 2 位置検知部で検知された前記第 2 方向の位置に応じて第 2 駆動力および第 2 抵抗力を調整する制御部と、

を備え、

前記操作部は、前記第 1 方向に沿う軸周りの回転移動および前記第 2 方向に沿う軸周りの回転移動が可能なジンバル機構に設けられ、

前記第 1 位置検知部は、前記ジンバル機構の前記第 2 方向に沿う軸周りの回転動作を検知することにより、前記操作部の前記第 1 方向の位置を検知し、

前記第 2 位置検知部は、前記ジンバル機構の前記第 1 方向に沿う軸周りの回転動作を検知することにより、前記操作部の前記第 2 方向の位置を検知し、

前記第 1 駆動部および前記第 1 制動部は、前記ジンバル機構の中心から見て、前記第 1 位置検知部の外側に設けられ、

前記第 2 駆動部および前記第 2 制動部は、前記ジンバル機構の中心から見て、前記第 2 位置検知部の外側に設けられることを特徴とする操作装置。

#### 【請求項 3】

少なくとも第 1 方向および前記第 1 方向に直交する第 2 方向に操作可能な操作部と、

前記操作部に前記第 1 方向の駆動力である第 1 駆動力を与える第 1 駆動部と、

前記操作部の前記第 1 方向への移動に抵抗する第 1 抵抗力を与える第 1 制動部と、

前記操作部の前記第 1 方向の位置を検知する第 1 位置検知部と、

前記操作部に前記第 2 方向の駆動力である第 2 駆動力を与える第 2 駆動部と、

前記操作部の前記第 2 方向への移動に抵抗する第 2 抵抗力を与える第 2 制動部と、

前記操作部の前記第 2 方向の位置を検知する第 2 位置検知部と、

前記第 1 位置検知部で検知された前記第 1 方向の位置に応じて第 1 駆動力および第 1 抵抗力を調整し、前記第 2 位置検知部で検知された前記第 2 方向の位置に応じて第 2 駆動力および第 2 抵抗力を調整する制御部と、

を備え、

前記制御部は、前記操作部が中立点を含む第 1 領域にあるときに、前記第 1 駆動力および前記第 2 駆動力を調整せず、前記第 1 抵抗力および第 2 抵抗力を調整することを特徴とする操作装置。

#### 【請求項 4】

前記操作部を原点復帰させる付勢手段をさらに備え、

前記第 1 領域以外の領域を第 2 領域としたときに、前記制御部は、

前記操作部が前記第 1 領域にあるときに、前記第 1 抵抗力および前記第 2 抵抗力の調整を開始し、前記第 1 駆動力および前記第 2 駆動力の調整を停止し、

前記操作部が前記第 2 領域にあるときに、前記第 1 抵抗力および前記第 2 抵抗力の調整を停止し、前記第 1 駆動力および前記第 2 駆動力の調整を開始し、

前記第 1 抵抗力および前記第 2 抵抗力の調整の開始と停止との切り替えタイミングと、前記第 1 駆動力および前記第 2 駆動力の調整の開始と停止との切り替えタイミングとを同期させる、請求項 3 に記載の操作装置。

#### 【請求項 5】

前記制御部は、前記操作部が前記第 1 領域以外の領域である第 2 領域にあるときに、前記第 1 駆動力および前記第 2 駆動力並びに前記第 1 抵抗力および前記第 2 抵抗力を調整する、請求項 3 に記載の操作装置。

#### 【請求項 6】

前記制御部は、前記第 1 位置検知部および前記第 2 位置検知部からの出力信号から前記操作部の操作における安定点となる位置情報を前記第 1 駆動部および前記第 2 駆動部の安

10

20

30

40

50

定点となる位置に補正する、請求項 2 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の操作装置。

【請求項 7】

前記制御部は、前記操作部の移動における摩擦力を考慮して、前記第 1 駆動力および前記第 1 抵抗力、並びに前記第 2 駆動力および前記第 2 抵抗力を調整する、請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の操作装置。

【請求項 8】

前記制御部は、

前記第 1 位置検知部で前記第 1 方向の予め設定された停止位置を検知した場合、前記操作部の反力が前記第 1 方向の前記停止位置以外の位置の場合よりも大きくなるように前記第 1 駆動力および / または前記第 1 抵抗力を調整すること、

前記第 2 位置検知部で前記第 2 方向の予め設定された停止位置を検知した場合、前記操作部の反力が前記第 2 方向の前記停止位置以外の位置の場合よりも大きくなるように前記第 2 駆動力および / または前記第 2 抵抗力を調整すること、

の少なくとも一方を行う、請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の操作装置。

【請求項 9】

前記操作部を原点復帰させる付勢手段をさらに備え、

前記制御部は、前記付勢手段による原点とは異なる位置を原点とするように前記第 1 駆動力および前記第 1 抵抗力、並びに前記第 2 駆動力および前記第 2 抵抗力を調整する、請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の操作装置。

【請求項 10】

前記操作部を原点復帰させる付勢手段をさらに備え、

前記制御部は、前記操作部の原点での前記第 1 抵抗力および前記第 2 抵抗力を原点近傍での前記第 1 抵抗力および前記第 2 抵抗力よりも大きくする、請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の操作装置。

【請求項 11】

前記制御部は、

前記第 1 駆動力および前記第 1 抵抗力の少なくとも一方を断続的に変化させること、

前記第 2 駆動力および前記第 2 抵抗力の少なくとも一方を断続的に変化させること、

の少なくとも一方を行う、請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の操作装置。

【請求項 12】

前記制御部は、

前記第 1 駆動力および前記第 1 抵抗力の少なくとも一方を断続的かつ徐々に変化させること、

前記第 2 駆動力および前記第 2 抵抗力の少なくとも一方を断続的かつ徐々に変化させること、

の少なくとも一方を行う、請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の操作装置。

【請求項 13】

前記第 1 制動部および前記第 2 制動部は、磁気粘性流体と、前記磁気粘性流体に磁場を与える磁場発生部と、を有する、請求項 1 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載の操作装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、操作装置に関し、特に少なくとも第 1 方向および第 2 方向に操作可能な操作部に対する駆動力および抵抗力を制御する操作装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

自動車、産業機械、ゲーム機などで用いられる操作装置においては、グラフィックに表示されたカーソルの移動など、上下左右の 2 軸の自由度の各方向にスティック(レバー)を倒すことによる直感的な操作が有用とされる場合がある。また、操作装置は、操作者から

10

20

30

40

50

操作対象へのインタフェースであると同時に、操作対象の状態を反映した何らかの情報を操作者にフィードバックするインタフェースであることが求められることも多い。

【0003】

2軸の自由度をもつジョイスティックを備えた操作装置において、操作者へのフィードバックを制御する技術として、特許文献1には、ハプティック(haptic)フィードバックを有するジョイスティックで使用するための制御ハンドルジンバル支持機構が開示される。

【0004】

特許文献2には、ホストコンピュータへの低帯域幅接続を利用してユーザインタフェース装置へ触覚効果を与える方法および装置が開示される。特許文献3には、被操縦体からのフィードバックを受けて送信機の操作感を変化させるラジオコントロールシステムが開示される。特許文献4には、操作部に負荷を効果的に付与するゲームシステムが開示される。

10

【0005】

これらの特許文献から、スティック式の操作装置においては、モータやブレーキ機構を軸に取り付け、それらを制御することで駆動力やブレーキ力をスティックを介して操作者に与えるといった需要がうかがえる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特許第4165734号公報  
特開2010-061667号公報  
特開2016-096834号公報  
特開2016-007345号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

スティック式の操作装置において、モータなどのアクティブなアクチュエータ要素は、引き込みや押し戻しといった感触を操作者に与えることができる一方で、特定のスティック位置で安定させることは難しい。それに対し、ブレーキなどのパッシブな要素は、操作者の力に対して動かさないことや、動作していたスティックを停止させる操作感を与えることはできるものの、停止したスティックを動作させることはできない。

30

【0008】

本発明はこのような実情に鑑みてなされたものであり、少なくとも第1方向および第2方向に操作可能な操作部に対して、駆動力および抵抗力を与えることで緻密で安定した動作かつ細かな操作感を与えることができる操作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】

【0009】

本発明の一態様は、少なくとも第1方向および第1方向に直交する第2方向に操作可能な操作部と、操作部に第1方向の駆動力である第1駆動力を与える第1駆動部と、操作部の第1方向への移動に抵抗する第1抵抗力を与える第1制動部と、操作部の第1方向の位置を検知する第1位置検知部と、操作部に第2方向の駆動力である第2駆動力を与える第2駆動部と、操作部の第2方向への移動に抵抗する第2抵抗力を与える第2制動部と、操作部の第2方向の位置を検知する第2位置検知部と、第1位置検知部で検知された第1方向の位置に応じて第1駆動力および第1抵抗力を調整し、第2位置検知部で検知された第2方向の位置に応じて第2駆動力および第2抵抗力を調整する制御部と、を備えたことを特徴とする操作装置である。

40

【0010】

このような構成によれば、操作部の第1方向の位置を第1位置検知部で検知し、第2方向の位置を第2位置検知部で検知し、これらで検知した位置に応じて操作部に与える第1方向の駆動力(第1駆動力)および第1方向の抵抗力(第1抵抗力)、並びに第2方向の

50

駆動力（第2駆動力）および第2方向の抵抗力（第2抵抗力）が調整される。これにより、操作部の第1方向および第2方向の位置に応じてそれぞれの方向に駆動力を与える制御と、それぞれの方向に抵抗力を与える制御とを切り替えたり、バランスさせたりすることで、緻密で安定した動作かつ細かな操作感を与える制御を行うことができる。

【0011】

上記操作装置において、制御部は、操作部の移動における摩擦力を考慮して、第1駆動力および第1抵抗力、並びに第2駆動力および第2抵抗力を調整してもよい。操作部を移動させる機構に起因する摩擦力は操作部の位置に応じて変化するため、この操作部の位置と摩擦力との関係に基づき、操作部に対する駆動力および抵抗力を調整することにより、緻密で安定した動作かつ細かな操作感を与える制御を行うことができる。

10

【0012】

上記操作装置において、制御部は、第1位置検知部で第1方向の予め設定された停止位置を検知した場合、操作部の反力が第1方向の停止位置以外の位置の場合よりも大きくなるように第1駆動力および/または第1抵抗力を調整すること、第2位置検知部で第2方向の予め設定された停止位置を検知した場合、操作部の反力が第2方向の停止位置以外の位置の場合よりも大きくなるように第2駆動力および/または第2抵抗力を調整すること、の少なくとも一方を行うようにしてもよい。これにより、操作部の移動位置に対する停止位置を任意の位置に設定することができる。

【0013】

上記操作装置において、操作部を原点復帰させる付勢手段をさらに備え、制御部は、付勢手段による原点とは異なる位置を原点とするように第1駆動力および第1抵抗力、並びに第2駆動力および第2抵抗力を調整する制御を行ってもよい。これにより、付勢手段による原点とは異なる位置が原点となるように操作部の位置に応じた反力の変化をシフトさせることができる。

20

【0014】

上記操作装置において、操作部を原点復帰させる付勢手段をさらに備え、制御部は、操作部の原点での第1抵抗力および第2抵抗力を原点近傍での第1抵抗力および第2抵抗力よりも大きくする制御を行ってもよい。これにより、操作部を付勢手段で原点に復帰させる際、原点での抵抗力が、原点近傍での抵抗力よりも大きくなって、確実に原点であることを抵抗感で伝えることができる。

30

【0015】

上記操作装置において、制御部は、第1駆動力および第1抵抗力の少なくとも一方を断続的に変化させること、第2駆動力および第2抵抗力の少なくとも一方を断続的に変化させること、の少なくとも一方を行うようにしてもよい。これにより、操作部に振動の感触を与えることができる。

【0016】

上記操作装置において、制御部は、第1駆動力および第1抵抗力の少なくとも一方を断続的かつ徐々に変化させること、第2駆動力および第2抵抗力の少なくとも一方を断続的かつ徐々に変化させること、の少なくとも一方を行うようにしてもよい。これにより、操作部に振動の強さが徐々に変化していく感触を与えることができる。

40

【0017】

上記操作装置において、制御部は、第1位置検知部および第2位置検知部からの出力信号から操作部の操作における安定点となる位置情報を第1駆動部および第2駆動部の安定点となる位置に補正してもよい。これにより、第1駆動部および第2駆動部の特性に基づく安定点と、操作部の移動における摩擦力とを考慮した操作部の安定点の位置を基準にした駆動力および抵抗力の制御を行うことができる。

【0018】

上記操作装置において、第1制動部および第2制動部は、磁気粘性流体と、磁気粘性流体に磁場を与える磁場発生部と、を有していてもよい。これにより、磁気粘性流体に与える磁場によって第1制動部および第2制動部のそれぞれの抵抗力を調整できる。

50

## 【発明の効果】

## 【0019】

本発明によれば、少なくとも第1方向および第2方向に操作可能な操作部に対して、駆動力および抵抗力を与えることで緻密で安定した動作かつ細かな操作感を与えることができる操作装置を提供することが可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0020】

【図1】本実施形態に係る操作装置の構成を例示する斜視図である。

【図2】(a)および(b)は、制動部を例示する斜視図である。

【図3】(a)および(b)は、図3(a)のA-A線に沿った断面図である。

10

【図4】本実施形態に係る操作装置のブロック構成を例示する図である。

【図5】制御装置のブロック構成を例示する図である。

【図6】(a)および(b)は、倒すときの駆動力の調整例を例示する図である。

【図7】(a)および(b)は、戻すときの駆動力の調整例を例示する図である。

【図8】(a)および(b)は、倒すときの駆動力および抵抗力の調整例を例示する図である。

【図9】(a)および(b)は、戻すときの駆動力および抵抗力の調整例を例示する図である。

【図10】(a)~(c)は、駆動力および抵抗力の調整例を例示する図である。

【図11】基準位置の調整例を例示する図である。

20

【図12】中立位置での駆動力および抵抗力の調整例を例示する図である。

【図13】(a)および(b)は、断続的な駆動力および抵抗力の調整例を例示する図である。

【図14】可動範囲の調整例を例示する図である。

【図15】安定点の調整例を例示する図である。

【図16】本実施形態に係る操作装置の適用例を示す図である。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0021】

以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の説明では、同一の部材には同一の符号を付し、一度説明した部材については適宜その説明を省略する。

30

## 【0022】

## (操作装置の構成)

図1は、本実施形態に係る操作装置の構成を例示する斜視図である。

本実施の形態に係る操作装置1は、スティック型の操作部10を備えたインタフェース装置である。本実施形態では、第1方向をX方向、第2方向をY方向、第3方向をZ方向とする。X方向、Y方向およびZ方向は互いに直交する。

## 【0023】

なお、以下の説明で用いられる各種の力は次のように定義される。

操作力とは、操作部10を操作する(動かす、止める)ために必要な力のことをいう。

40

反力とは、操作部10を操作する際に操作部10から操作者(例えば指)に伝わる力のことをいう。

駆動力とは、駆動部から操作部10に与えられる駆動のための力(アシスト力)のことをいう。

抵抗力とは、制動部から操作部10に与えられる操作部10の移動の妨げとなる力(制動力)のことをいう。

付勢力とは、付勢手段により操作部10を付勢し、操作部10を所定の原点に戻そうとする力のことをいう。原点は、操作部10に操作力が付与されていないときに操作部10が位置する場所である。

摩擦力とは、操作部10の移動に伴い発生する摩擦力のことをいう。摩擦力は操作部1

50

0 が所定の位置にあり続けるように作用し、操作部 10 の動きを妨げる。

#### 【0024】

ここで、付勢手段が設けられている場合、操作部 10 を原点から離間する向きに移動させる場合には、操作部 10 から操作者に伝わる反力は、「付勢手段による付勢力 + 摩擦力」となる。一方、操作部 10 を原点に戻す向きに移動させる場合には、摩擦力は操作部 10 が所定の位置にあり続けるようにはたらくため、操作部 10 から操作者に伝わる反力は、「付勢手段による付勢力 + 摩擦力 - 摩擦力」となる。

また、操作部 10 を操作する際に操作部 10 に作用する駆動力のうち、付勢力が操作部 10 を原点に押し戻す向きとは反対側の向きに作用する駆動力をプラス (+) の駆動力ということにし、付勢力が操作部 10 を原点に押し戻す向きと同じ向きに作用する駆動力をマイナス (-) の駆動力ということにする。

10

したがって、操作部 10 にプラス (+) の駆動力が加わると反力は弱くなり、マイナス (-) の駆動力が伝わると反力は強くなる。

#### 【0025】

操作装置 1 は、操作部 10、第 1 駆動部 21、第 1 制動部 31、第 1 位置検知部 41、第 2 駆動部 22、第 2 制動部 32、第 2 位置検知部 42 および制御部 50 を備える。操作部 10 は、少なくとも X 方向および Y 方向の 2 方向に操作可能に設けられる。本実施形態では、操作部 10 はジンバル機構 11 の上に設けられており、ジンバル機構 11 によって X 方向への傾倒 (Y 軸回りの回転移動) および Y 方向への傾倒 (X 軸回りの回転移動) が可能になっている。なお、本実施形態では、X 方向への傾倒は X 方向の移動に含まれ、Y 方向への傾倒は Y 方向の移動に含まれるものとする。操作部 10 は、Z 方向への移動 (Z 方向への進退動作) が可能になっていてもよい。操作部 10 を X 方向または Y 方向へ移動させた場合、これ以上移動できない位置を停止位置ということにする。停止位置は、機械的なストッパで設定されていたり、駆動部や制動部の作用によって設定されていたりする。

20

#### 【0026】

操作部 10 には、付勢手段 (図示せず) が設けられていてもよい。付勢手段としては、例えばコイルバネが用いられる。例えば、操作部 10 が一方向に倒されるとコイルバネが縮み、倒し込みを解除または弱めることでコイルバネが伸びて操作部 10 を中立位置に復帰させる。中立位置は原点の一例である。

#### 【0027】

30

第 1 駆動部 21 は、操作部 10 に X 方向の駆動力を与える。前進の駆動力は中立位置から離間する向きに作用するプラス (+) の駆動力であり、後進の駆動力は中立位置に戻す向きに作用するマイナス (-) の駆動力である。第 1 駆動部 21 は、例えばモータを有しており、モータの回転力をモータ軸からジンバル機構 11 に伝達して操作部 10 へ X 方向の駆動力を伝える。第 1 駆動部 21 は、モータの回転力を減速するギアボックスを有していてもよい。第 1 駆動部 21 のモータを回転させることで、ジンバル機構 11 の Y 軸回りの回転動作に駆動力が与えられ、これにより操作部 10 の X 方向の傾倒動作に対してプラス (+) またはマイナス (-) の駆動力が与えられる。

#### 【0028】

第 1 制動部 31 は、操作部 10 の X 方向への移動 (傾倒動作) に抵抗する抵抗力を与える。第 1 制動部 31 は、例えば磁気粘性流体および磁場発生部を有する。磁気粘性流体は、磁場発生部から与えられる磁場によって粘性を調整することができる。本実施形態では、第 1 制動部 31 は第 1 駆動部 21 の外側に設けられ、第 1 制動部 31 の磁気粘性流体の粘性による抵抗力がジンバル機構 11 に伝わるようになっている。したがって、磁気粘性流体の粘性が増加すると抵抗力が増加し、磁気粘性流体の粘性が低下すると抵抗力が低下することになる。

40

#### 【0029】

その結果、第 1 制動部 31 の抵抗力が増加するとジンバル機構 11 の Y 軸回りの回転に抵抗力が与えられ、操作部 10 の X 方向への傾倒動作に抵抗感が与えられる。一方、第 1 制動部 31 の抵抗力が減少するとジンバル機構 11 の Y 軸回りの回転に与えられる抵抗力

50

が低下し、操作部 10 の X 方向への傾倒動作の抵抗感が減少する。

【0030】

第 1 位置検知部 41 は、操作部 10 の X 方向の位置を検知する。第 1 位置検知部 41 は、例えば磁気検知式のエンコーダを有する。第 1 位置検知部 41 は、例えば第 1 駆動部 21 とジンバル機構 11 との間に設けられており、ジンバル機構 11 の Y 軸回りの回転角度（回転方向の位置）を検知することで操作部 10 の X 方向の位置を検出している。なお、第 1 位置検知部 41 は、抵抗変化式や光学式のエンコーダであってもよい。

【0031】

第 2 駆動部 22 は、操作部 10 に Y 方向の駆動力を与える。前進の駆動力は中立位置から離間する向きに作用するプラス（+）の駆動力であり、後進の駆動力は中立位置に戻す向きに作用するマイナス（-）の駆動力である。第 2 駆動部 22 は、例えばモータを有しており、モータの回転力をモータ軸からジンバル機構 11 に伝達して操作部 10 へ Y 方向の駆動力を伝える。第 2 駆動部 22 は、モータの回転力を減速するギアボックスを有していてもよい。第 2 駆動部 22 のモータを回転させることで、ジンバル機構 11 の X 軸回りの回転動作に駆動力が与えられ、これにより操作部 10 の Y 方向の傾倒動作に対してプラス（+）またはマイナス（-）の駆動力が与えられる。

10

【0032】

第 2 制動部 32 は、操作部 10 の Y 方向への移動（傾倒動作）に抵抗する抵抗力を与える。第 2 制動部 32 は、例えば磁気粘性流体および磁場発生部を有する。磁気粘性流体は、磁場発生部から与えられる磁場によって粘性を調整することができる。本実施形態では、第 2 制動部 32 は第 2 駆動部 22 の外側に設けられ、第 2 制動部 32 の磁気粘性流体の粘性による抵抗力がジンバル機構 11 に伝わるようになっている。したがって、磁気粘性流体の粘性が増加すると抵抗力が増加し、磁気粘性流体の粘性が低下すると抵抗力が低下することになる。

20

【0033】

その結果、第 2 制動部 32 の抵抗力が増加するとジンバル機構 11 の X 軸回りの回転に抵抗力が与えられ、操作部 10 の Y 方向への傾倒動作に抵抗感が与えられる。一方、第 2 制動部 32 の抵抗力が減少するとジンバル機構 11 の Y 軸回りの回転に与えられる抵抗力が低下し、操作部 10 の X 方向への傾倒動作の抵抗感が減少する。

【0034】

第 2 位置検知部 42 は、操作部 10 の Y 方向の位置を検知する。第 2 位置検知部 42 は、例えば磁気検知式のエンコーダを有する。第 2 位置検知部 42 は、例えば第 2 駆動部 22 とジンバル機構 11 との間に設けられており、ジンバル機構 11 の X 軸回りの回転角度（回転方向の位置）を検知することで操作部 10 の Y 方向の位置を検出している。なお、第 2 位置検知部 42 は、抵抗変化式や光学式のエンコーダであってもよい。

30

【0035】

制御部 50 は、第 1 駆動部 21、第 1 制動部 31、第 2 駆動部 22 および第 2 制動部 32 を制御する。すなわち、制御部 50 は、第 1 位置検知部 41 からの出力信号に応じて X 方向の駆動力（第 1 駆動力）および抵抗力（第 1 抵抗力）を変化させるため、第 1 駆動部 21 および第 1 制動部 31 を制御する。また、制御部 50 は、第 2 位置検知部 42 からの出力信号に応じて Y 方向の駆動力（第 2 駆動力）および抵抗力（第 2 抵抗力）を変化させるため、第 2 駆動部 22 および第 2 制動部 32 を制御する。

40

【0036】

ここで、第 1 制動部 31 および第 2 制動部 32 の具体例について説明する。なお、第 1 制動部 31 および第 2 制動部 32 の構成は互いに同じである。

【0037】

図 2 (a) および (b) は、制動部を例示する斜視図である。図 3 (a) および (b) は、図 2 (a) の A - A 線に沿った断面図であり、(b) は励磁コイルが発生した磁界を概念的に示す説明図である。

【0038】

50

図 2 および図 3 に示すように、第 1 制動部 3 1 および第 2 制動部 3 2 は、保持部 4 2 0 と、制動操作部 4 1 0 0 とを備える。保持部 4 2 0 は略円柱形のケースになっており、各部を収容する。なお、保持部 4 2 0 の形状は略直方体であってもよい。制動操作部 4 1 0 0 は、シャフト部 4 1 1 0 と磁性ディスク 4 1 2 0 とを含み、中心軸 4 1 1 (回転軸) を中心として両方向に回転動作可能に保持部 4 2 0 に支持されている。制動操作部 4 1 0 0 は、支持部材 4 1 4 0 とラジアル軸受 4 1 5 0 を介して、回転可能な状態で保持部 4 2 0 に支持されている。さらに、制動部 4 0 内に設けた隙間 4 8 0 には、磁気粘性流体 4 1 6 0 が満たされている。

制動操作部 4 1 0 0 のシャフト部 4 1 1 0 は、駆動部 (第 1 駆動部 2 1、第 2 駆動部 2 2) に接続される (図 1 参照)。

10

#### 【 0 0 3 9 】

保持部 4 2 0 は、第 1 ヨーク 4 3 0、第 2 ヨーク 4 4 0、磁界発生部としての励磁コイル 4 5 0、環状部材 4 6 0、及び、上部ケースとしての第 3 ヨーク 4 7 0 を含む。第 1 ヨーク 4 3 0、第 2 ヨーク 4 4 0、第 3 ヨーク 4 7 0 は、それぞれ別々に加工されて形成されている。ただし、第 1 ヨーク 4 3 0、第 2 ヨーク 4 4 0、第 3 ヨーク 4 7 0 のいずれかが組み合わされて一体に形成されていてもよい。

#### 【 0 0 4 0 】

第 1 ヨーク 4 3 0 は、円環部 4 3 1 と、円環部 4 3 1 の上面から円環部 4 3 1 と同心状に上側へ延びるように一体に設けられた円筒部 4 3 2 とを備える。円環部 4 3 1 と円筒部 4 3 2 は、平面視において、中心軸 4 1 1 を中心とする円形状をなしており、その外径は、円環部 4 3 1 よりも円筒部 4 3 2 の方が小さくされている。円環部 4 3 1 と円筒部 4 3 2 の外径の違いにより、円筒部 4 3 2 の外周面の外側に段差部 4 3 3 が形成される。また、第 1 ヨーク 4 3 0 は、中心軸 4 1 1 を中心とした平面視円形状の内周面 4 3 4 を有する。内周面 4 3 4 は、中心軸 4 1 1 に沿って円環部 4 3 1 と円筒部 4 3 2 を貫いており、その内径は、上下方向の位置に応じて変化するように設定されている。

20

#### 【 0 0 4 1 】

図 3 (a) に示すように、第 1 ヨーク 4 3 0 の段差部 4 3 3 には磁界発生部としての励磁コイル 4 5 0 が配設される。励磁コイル 4 5 0 の内周は円筒部 4 3 2 の外周面に沿うような円環状をなしており、励磁コイル 4 5 0 の外周は径方向において円環部 4 3 1 の外周面よりも外側に位置する。よって、励磁コイル 4 5 0 は、平面視において、延在部としての円環部 4 3 1 に重なっている。励磁コイル 4 5 0 は、中心軸 4 1 1 の周りを回るように巻き付けられた導線を含むコイルである。励磁コイル 4 5 0 には接続部材 4 5 1 が電氣的に接続され、第 3 ヨーク 4 7 0 の上部から露出した接続部材 4 5 1 の入力部 4 5 1 a に対して図示しない経路で電流が供給される。励磁コイル 4 5 0 に電流が供給されると磁界が発生する。

30

#### 【 0 0 4 2 】

第 1 ヨーク 4 3 0 の円環部 4 3 1 には、その外周面に沿って環状部材 4 6 0 が固定されている。この環状部材 4 6 0 は円環状をなしており、合成樹脂などの非磁性材料で構成される。第 1 ヨーク 4 3 0 に固定された状態の環状部材 4 6 0 は、平面視において、段差部 4 3 3 に配設された励磁コイル 4 5 0 と略同一の外径の円形状を有する。

40

#### 【 0 0 4 3 】

なお、ヨーク 4 4 0、4 7 0 の平面形状は必ずしも円形でなくてもよい。また、ヨークの分割は、上述の第 3 ヨーク 4 7 0 と第 2 ヨーク 4 4 0 のような組み合わせでなくても良く、分割位置によっては矩形状の平面形状とすることもできる。

#### 【 0 0 4 4 】

磁気粘性流体 4 1 6 0 は、磁界が印加されると粘度が変化する物質であり、例えば、非磁性の液体 (溶媒) 中に磁性材料からなる粒子 (磁性粒子) が分散された流体である。

#### 【 0 0 4 5 】

磁気粘性流体 4 1 6 0 においては、励磁コイル 4 5 0 による磁界が生じていないときには、磁性粒子は溶媒内で分散されている。したがって、シャフト部 4 1 1 0 を操作すると

50

、保持部 4 2 0 は、大きな抵抗力を受けずに、制動操作部 4 1 0 0 に対して相対的に回転する。

【 0 0 4 6 】

一方、励磁コイル 4 5 0 に電流を印加して磁界を発生させると、図 3 ( b ) に示すように、磁気粘性流体 4 1 6 0 には上下方向に沿った磁界が与えられる。この磁界により、磁気粘性流体 4 1 6 0 中で分散していた磁性粒子は磁力線に沿って集まり、上下方向に沿って並んだ磁性粒子が磁氣的に互いに連結され、クラスタが形成される。この状態において、中心軸 4 1 1 を中心とする方向にシャフト部 4 1 1 0 を回転させようとする力を与えると、連結された磁性粒子にせん断力がはたらき、これらの磁性粒子による抵抗力（トルク）が生じる。このため、磁界を発生させていない状態と比べて抵抗力が大きくなる。

10

【 0 0 4 7 】

（操作装置のブロック構成）

次に、本実施形態に係る操作装置 1 のブロック構成について説明する。

図 4 は、本実施形態に係る操作装置のブロック構成を例示する図である。

図 5 は、制御装置のブロック構成を例示する図である。

操作装置 1 は、先に説明した操作部 1 0、第 1 駆動部 2 1、第 1 制動部 3 1、第 1 位置検知部 4 1、第 2 駆動部 2 2、第 2 制動部 3 2、第 2 位置検知部 4 2 および制御部 5 0 を備える。また、制御部 5 0 は、第 1 駆動制御回路 5 1、第 1 制動制御回路 5 2、第 2 駆動制御回路 5 3、第 2 制動制御回路 5 4、演算部 5 5、記憶部 5 6 および電源回路 5 7 を有する。

20

【 0 0 4 8 】

第 1 駆動制御回路 5 1 は、例えばモータドライバである。第 1 駆動制御回路 5 1 は、演算部 5 5 の演算結果に基づいて第 1 駆動部 2 1 のモータに与える駆動用（電圧制御、P W M 制御など）の電力を出力する。第 1 制動制御回路 5 2 は、例えば磁場制御回路である。第 1 制動制御回路 5 2 は、演算部 5 5 の演算結果に基づいて第 1 制動部 3 1 に与える制動用の電力を出力する。

【 0 0 4 9 】

第 2 駆動制御回路 5 3 は、例えばモータドライバである。第 2 駆動制御回路 5 3 は、演算部 5 5 の演算結果に基づいて第 2 駆動部 2 2 のモータに与える駆動用（電圧制御、P W M 制御など）の電力を出力する。第 2 制動制御回路 5 4 は、例えば磁場制御回路である。第 2 制動制御回路 5 4 は、演算部 5 5 の演算結果に基づいて第 2 制動部 3 2 に与える制動用の電力を出力する。

30

【 0 0 5 0 】

演算部 5 5 は、外部システム 5 0 0 から送信され通信部 5 8 で受け取ったデータに基づいて駆動力および抵抗力のための出力値を演算する。すなわち、第 1 位置検知部 4 1 から出力される操作部 1 0 の X 方向の位置の情報は通信部 5 8 を介して外部システム 5 0 0 に送られる。演算部 5 5 は、外部システム 5 0 0 から送信されるデータに基づいて、操作部 1 0 の X 方向の位置に応じた駆動力および抵抗力を得るための出力値を演算する。また、第 2 位置検知部 4 2 から出力される操作部 1 0 の Y 方向の位置の情報は通信部 5 8 を介して外部システム 5 0 0 に送られる。演算部 5 5 は、外部システム 5 0 0 から送信されるデータに基づいて、操作部 1 0 の Y 方向の位置に応じた駆動力および抵抗力を得るための出力値を演算する。

40

【 0 0 5 1 】

演算部 5 5 は、操作部 1 0 の X 方向および Y 方向のそれぞれの位置をパラメータとした所定の演算式によって駆動力および抵抗力に応じた出力値を演算してもよいし、予め設定されたテーブルデータを参照して移動位置に応じた駆動力および抵抗力を得るための出力値を求めるようにしてもよい。

【 0 0 5 2 】

記憶部 5 6 は、演算部 5 5 で用いる演算（関数）や演算パラメータを記憶する。

【 0 0 5 3 】

50

電源回路 5 7 は、各部へ送る電力を作る回路である。通信部 5 8 は、外部システム 5 0 0 との情報の入出力を有線または無線によって行う。通信部 5 8 を介して外部システム 5 0 0 から演算パラメータを得て、記憶部 5 6 に記憶してもよい。第 1 駆動制御回路 5 1、第 1 制動制御回路 5 2、第 2 駆動制御回路 5 3 および第 2 制動制御回路 5 4 は、演算部 5 5 の出力値を受けて、所定の駆動力および抵抗力を得るための電力を出力する。

#### 【 0 0 5 4 】

このような構成を備えた操作装置 1 において、制御部 5 0 は、第 1 位置検知部 4 1 で検知した操作部 1 0 の X 方向の位置に基づいて、調整すべき駆動力および抵抗力を得るための出力値を演算する。この演算結果が通信部 5 8 を介して第 1 駆動制御回路 5 1 および第 1 制動制御回路 5 2 に送られ、第 1 駆動部 2 1 から操作部 1 0 に与える駆動力および、第 1 制動部 3 1 から操作部 1 0 に与える抵抗力を調整する。また、制御部 5 0 は、第 2 位置検知部 4 2 で検知した操作部 1 0 の Y 方向の位置に基づいて、調整すべき駆動力および抵抗力を得るための出力値を演算する。この演算結果が通信部 5 8 を介して第 2 駆動制御回路 5 3 および第 2 制動制御回路 5 4 に送られ、第 2 駆動部 2 2 から操作部 1 0 に与える駆動力および、第 2 制動部 3 2 から操作部 1 0 に与える抵抗力を調整する。これにより、操作部 1 0 の X 方向および Y 方向のそれぞれの位置に応じて第 1 駆動部 2 1 および第 2 駆動部 2 2 から駆動力を与える制御と、第 1 制動部 3 1 および第 2 制動部 3 2 から抵抗力を与える制御とを切り替えたり、バランスさせたりすることで緻密で安定した動作かつ細かな操作かを与える制御を行うことができる。

#### 【 0 0 5 5 】

(操作装置の動作)

次に、操作装置 1 の動作について説明する。

まず、電源回路 5 7 から各部へ電源が投入されると、初期設定が行われる。初期設定が行われる前の段階では、駆動力および抵抗力はいずれも作用していないため、操作部 1 0 は付勢手段によって付勢され原点に位置する(中立位置)。なお、原点とは異なる基準位置が設定されるモードの場合(外部システム 5 0 0 から通信部 5 8 を介してモード指令を受け取った場合)、初期設定において、第 1 駆動部 2 1 および第 2 駆動部 2 2 は操作部 1 0 を基準位置に移動させるとともに、第 1 制動部 3 1 および第 2 制動部 3 2 は基準位置に応じた抵抗力を操作部 1 0 に与える。

#### 【 0 0 5 6 】

次に、操作部 1 0 が操作されると、第 1 位置検知部 4 1 および第 2 位置検知部 4 2 で検知した X 方向および Y 方向のそれぞれの位置に応じて、外部システム 5 0 0 から送信されるデータに基づく駆動力および抵抗力を得るための出力値が演算部 5 5 で演算される。

#### 【 0 0 5 7 】

演算部 5 5 で演算した X 方向の駆動力を得るための出力値は第 1 駆動制御回路 5 1 に送られ、X 方向の抵抗力を得るための出力値は第 1 制動制御回路 5 2 に送られる。第 1 駆動制御回路 5 1 では、演算部 5 5 から送られた出力値に基づいて、その出力値に応じた駆動力を得るための電力を第 1 駆動部 2 1 に送る。第 1 制動制御回路 5 2 では、演算部 5 5 から送られた出力値に基づいて、その出力値に応じた抵抗力を得るための電力を第 1 制動部 3 1 に送る。

#### 【 0 0 5 8 】

第 1 駆動部 2 1 は、第 1 駆動制御回路 5 1 から送られた電力を受けてモータを回転させて、その駆動力を操作部 1 0 に伝える。第 1 制動部 3 1 は、第 1 制動制御回路 5 2 から送られた電力を受けて、例えば磁気粘性流体に所定の粘性力を得るための磁場を与える。これにより、第 1 制動部 3 1 で発生した粘性力が抵抗力として操作部 1 0 に伝えられる。

#### 【 0 0 5 9 】

制御部 5 0 の制御によって駆動力と抵抗力との切り替え、またはこれらのバランス調整が行われる。これにより、操作部 1 0 の X 方向の操作位置に応じた駆動力および抵抗力が操作部 1 0 に与えられ、緻密で安定した動作かつ細やかに操作部 1 0 の操作感が調整されることになる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 0 】

また、上記 X 方向の場合と同様に、演算部 5 5 で演算した Y 方向の駆動力を得るための出力値は第 2 駆動制御回路 5 3 に送られ、Y 方向の抵抗力を得るための出力値は第 2 制動制御回路 5 4 に送られる。第 2 駆動制御回路 5 3 では、演算部 5 5 から送られた出力値に基づいて、その出力値に応じた駆動力を得るための電力を第 2 駆動部 2 2 に送る。第 2 制動制御回路 5 4 では、演算部 5 5 から送られた出力値に基づいて、その出力値に応じた抵抗力を得るための電力を第 2 制動部 3 2 に送る。

## 【 0 0 6 1 】

第 2 駆動部 2 2 は、第 2 駆動制御回路 5 3 から送られた電力を受けてモータを回転させて、その駆動力を操作部 1 0 に伝える。第 2 制動部 3 2 は、第 2 制動制御回路 5 4 から送られた電力を受けて、例えば磁気粘性流体に所定の粘性力を得るための磁場を与える。これにより、第 2 制動部 3 2 で発生した粘性力が抵抗力として操作部 1 0 に伝えられる。

10

## 【 0 0 6 2 】

制御部 5 0 の制御によって駆動力と抵抗力との切り替え、またはこれらのバランス調整が行われる。これにより、操作部 1 0 の Y 方向の操作位置に応じた駆動力および抵抗力が操作部 1 0 に与えられ、緻密で安定した動作かつ細やかに操作部 1 0 の操作感が調整されることになる。

## 【 0 0 6 3 】

( 駆動力および抵抗力の調整例 )

次に、本実施形態に係る操作装置 1 での駆動力および抵抗力の調整例について説明する。なお、以下の調整例では、説明の便宜上、特に指定しない場合には X 方向および Y 方向を区別せず説明するが、操作装置 1 では X 方向および Y 方向のそれぞれの動作が独立して行われる。

20

## 【 0 0 6 4 】

( 調整例：その 1 )

この調整例においては、制御部 5 0 は、操作部 1 0 の倒し込みにおける摩擦力を考慮して移動位置に応じた駆動力を調整する。なお、以下の事例において、摩擦力は操作装置 1 を構成する各部材の寸法精度や組み立て状態、および使用温度等に依存するため、個体のデータを取得して記憶部 5 6 に記憶させておくことが好ましい。

図 6 ( a ) および ( b ) は、倒すときの駆動力の調整例を例示する図である。

30

図 6 ( a ) に示すグラフの横軸は操作部 1 0 の移動位置であり、縦軸は操作部 1 0 の反力である。

図 6 ( b ) に示すグラフの横軸は操作部 1 0 の移動位置であり、縦軸は駆動力である。

## 【 0 0 6 5 】

操作部 1 0 にはコイルバネ等の付勢手段が設けられており、操作しない状態では中立位置 C 1 に戻るようになっている。操作部 1 0 を移動すると付勢手段からの反力が発生するため、中立位置 C 1 から離れるほど反力は大きくなる ( 図中 F s 1 参照 )。また、操作部 1 0 を倒す際、移動に関わる機構 ( ジンバル機構 1 1 など ) による摩擦力 F f 1 が発生し、この摩擦力 F f 1 は操作部 1 0 の移動位置に依存して変化する。このため、操作部 1 0 から操作者に与えられる実際の反力 ( 図中 F r 1 参照 ) は、付勢力による反力 F s 1 と摩擦力 F f 1 を加算したものとなる。

40

## 【 0 0 6 6 】

この摩擦力 F f 1 による反力の増加分を打ち消すため、図 6 ( b ) に示すようにプラス ( + ) の駆動力を与える。摩擦力 F f 1 は操作部 1 0 の位置によって変化するため、制御部 5 0 は、位置検知部 ( 第 1 位置検知部 4 1、第 2 位置検知部 4 2 ) で検知した操作部 1 0 の位置に応じて駆動部 ( 第 1 駆動部 2 1、第 2 駆動部 2 2 ) から操作部 1 0 に与えるプラス ( + ) の駆動力を調整する。これにより、摩擦力 F f 1 による反力の増加分が打ち消され、付勢力による反力 F s 1 のみを操作部 1 0 から操作者に与えることができる。

## 【 0 0 6 7 】

図 7 ( a ) および ( b ) は、戻すときの駆動力の調整例を例示する図である。

50

図7(a)に示すグラフの横軸は操作部10の移動位置であり、縦軸は操作部10の反力である。

図7(a)に示すように、倒し込んでいた力を弱めて操作部10を中立位置の方向へ戻す場合、操作部10が戻るほど付勢手段の付勢力による反力が弱くなる(図中 $F_s1$ 参照)。また、操作部10を戻す際、移動に関わる機構(ジンバル機構11など)による摩擦力 $F_f2$ が発生し、この摩擦力 $F_f2$ は操作部10の移動位置に依存して変化する。操作部10が戻る際にはこの摩擦力 $F_f2$ の影響が倒すときとは逆向きに作用する。このため、操作部10から操作者に与えられる実際の反力(図中 $F_r2$ 参照)は、付勢力による反力 $F_s1$ から摩擦力 $F_f2$ を差し引いたものとなる。

#### 【0068】

この摩擦力 $F_f2$ による反力の減少分を補うため、図7(b)に示すようにマイナス(-)の駆動力を与える。摩擦力 $F_f2$ は操作部10の位置によって変化するため、制御部50は、位置検知部(第1位置検知部41、第2位置検知部42)で検知した操作部10の位置に応じて駆動部(第1駆動部21、第2駆動部22)から操作部10に与えるマイナス(-)の駆動力を調整する。これにより、摩擦力 $F_f2$ による反力の減少分が補われ、付勢力による反力 $F_s1$ のみを操作部10から操作者に与えることができる。

#### 【0069】

このような調整によって、操作部10を倒すときと戻すときとで反力が異なるといった操作感の違いをなくし、操作部10を倒すときと戻すときとで同じ反力(操作感)を得られるようになる。

#### 【0070】

(調整例:その2)

この調整例においては、制御部50は、操作部10を倒すときおよび戻すときの操作部10の反力が一定の操作感触となるように、駆動力および抵抗力を調整する。

図8(a)および(b)は、倒すときの駆動力および抵抗力の調整例を例示する図である。

図8(a)に示すグラフの横軸は操作部10の移動位置であり、縦軸は操作部10の反力である。

図8(b)に示すグラフの横軸は操作部10の移動位置であり、縦軸は駆動力および抵抗力である。

#### 【0071】

図8(a)に示すように、操作部10を倒し込む場合、倒し込むほど付勢手段による付勢力が強くなるとともに、操作部10の移動位置に応じた機構上の摩擦力が加わり、実際の反力 $F_r1$ となって操作者に与えられる。この操作部10から操作者に与えられる反力を目標値 $F_t$ にするため、制御部50は駆動力および抵抗力を調整する。

#### 【0072】

例えば、実際の反力 $F_r1$ が目標値 $F_t$ よりも小さい場合(図8(a)のB領域)、操作部10を倒し込む際の反力が足りないことから、制御部50は操作部10に抵抗力を与える調整を行う。実際の反力 $F_r1$ と目標値 $F_t$ との差は操作部10の移動位置に依存して変化するため、制御部50は、位置検知部(第1位置検知部41、第2位置検知部42)で検知した操作部10の位置に応じて制動部(第1制動部31、第2制動部32)から操作部10に与える抵抗力を調整する。これにより、操作部10を倒し込む際の反力が抵抗力によって増加し、操作部10から操作者に与えられる反力が目標値 $F_t$ となる。

#### 【0073】

また、実際の反力 $F_r1$ が目標値 $F_t$ よりも大きい場合(図8(a)のA領域)、操作部10を倒し込む際の反力が大きすぎることから、制御部50は操作部10にプラス(+ )の駆動力を与える調整を行う。実際の反力 $F_r1$ と目標値 $F_t$ との差は操作部10の移動位置によって変化するため、制御部50は、位置検知部(第1位置検知部41、第2位置検知部42)で検知した操作部10の位置に応じて駆動部(第1駆動部21、第2駆動部22)から操作部10に与えるプラス(+ )の駆動力を調整する。これにより、操作部

10

20

30

40

50

10 を押し込む際の反力がプラス (+) の駆動力によって抑制され、操作部 10 から操作者に与えられる反力が目標値  $F_t$  となる。

【0074】

図9(a)および(b)は、戻すときの駆動力および抵抗力の調整例を例示する図である。

図9(a)に示すグラフの横軸は操作部10の移動位置であり、縦軸は操作部10の反力である。

図9(b)に示すグラフの横軸は操作部10の移動位置であり、縦軸は駆動力および抵抗力である。

【0075】

図9(a)に示すように、倒し込んでいた力を弱めて操作部10を中立位置に戻す場合、戻るほど付勢手段による付勢力が弱くなるとともに、操作部10の移動位置に応じた機構上の摩擦力の影響が押し込む場合とは反対に作用し、実際の反力  $F_{r2}$  となって操作者に与えられる。この操作部10から操作者に与えられる反力を目標値  $F_t$  にするため、制御部50は駆動力および抵抗力を調整する。

【0076】

例えば、実際の反力  $F_{r2}$  が目標値  $F_t$  よりも大きい場合(図9(a)のA領域)、操作部10を戻す際の反力が大きすぎることから、制御部50は操作部10の移動に抵抗力を与える調整を行う。実際の反力  $F_{r2}$  と目標値  $F_t$  との差は操作部10の移動位置に依存して変化するため、制御部50は、位置検知部(第1位置検知部41、第2位置検知部42)で検知した操作部10の移動位置に応じて制動部(第1制動部31、第2制動部32)から操作部10に与える抵抗力を調整する。これにより、操作部10を戻す際の反力が抵抗力によって抑制され、操作部10から操作者に与えられる反力が目標値  $F_t$  となる。なお、A領域の反力を減少させる手段として、駆動部(第1駆動部21、第2駆動部22)によるプラス(+ )の駆動力を用いてもよく、制動部(第1制動部31、第2制動部32)による抵抗力と駆動部(第1駆動部21、第2駆動部22)によるプラス(+ )の駆動力とを組み合わせてもよい。

【0077】

また、実際の反力  $F_{r2}$  が目標値  $F_t$  よりも小さい場合(図9(a)のB領域)、操作部10を戻す際の反力が足りないことから、制御部50は操作部10にマイナス(-)の駆動力を与える調整を行う。実際の反力  $F_{r2}$  と目標値  $F_t$  との差は操作部10の移動位置によって変化するため、制御部50は、位置検知部(第1位置検知部41、第2位置検知部42)で検知した操作部10の位置に応じて駆動部(第1駆動部21、第2駆動部22)から操作部10に与えるマイナス(-)の駆動力を調整する。これにより、操作部10を戻す際の反力がマイナス(-)の駆動力によって増加し、操作部10から操作者に与えられる反力が目標値  $F_t$  となる。

【0078】

図8および図9に示すように、反力の目標値  $F_t$  を操作部10の移動位置にかかわらず一定の値にすることで、操作部10を倒す際も戻す際も一定の反力(操作感)を操作者に与えることができる。

なお、反力の目標値  $F_t$  を操作部10の移動位置に応じて直線的に変化させたり、曲線的に変化させたり、段階的に変化させたりしてもよい。いずれの場合も、制御部50は、操作部10の移動位置に対する目標値  $F_t$  と実際の反力との差分を相殺するように、駆動力または抵抗力を調整することで、任意の目標値  $F_t$  の反力(操作感)を操作者に与えることができる。

【0079】

(調整例: その3)

この調整例においては、制御部50は、予め設定した反力となるように駆動力および抵抗力を調整する。

図10(a)~(c)は、駆動力および抵抗力の調整例を例示する図である。

10

20

30

40

50

図10(a)～(c)に示すグラフの横軸は操作部10の移動位置であり、縦軸は操作部10の反力である。

【0080】

まず、図10(a)に示す調整例について説明する。操作部10を倒し込む場合、停止位置まで倒し込み可能である。停止位置は、例えば機械的なストッパによって決まる位置であったり、駆動力や抵抗力の付与によって設定される位置であったりする。一方、倒し込んでいた力を弱めると、付勢手段の付勢力に従い操作部10は中立位置の方向へ戻ろうとする。そして、操作部10は付勢手段の付勢力がゼロとなる位置で停止し、その停止位置が原点となる。この場合には、原点近傍から反力が特に低くなり、反力がゼロになった位置が原点となる。

10

【0081】

操作部10に駆動力および抵抗力を加えない場合、グラフ線L1の実線で示すような反力となる。すなわち、反力がゼロとなっている位置C1(中立位置)から操作部10を倒し込んでいき、操作部10の位置がS1まで達すると停止位置となり、反力が上昇する。

【0082】

制御部50の制御によって駆動力および/または抵抗力を調整した場合、グラフ線L1の破線で示すような反力を与えることができる。すなわち、先と同様に位置C1から操作部10を倒し込んでいき、操作部10の位置がS1(例えば、機械的なストッパの位置)に達する前のS2になった段階で、駆動部(第1駆動部21、第2駆動部22)および/または制動部(第1制動部31、第2制動部32)を動作させて反力を急激に上昇させる。これにより、例えば機械的なストッパによる停止位置S1とは異なる所定位置S2を停止位置とした反力を与えることができる。駆動力によって反力を与えることによって、所定位置S2まで倒し込んだときに急に反発するような感覚とすることができる。また、抵抗力によって機械的なストッパのような感覚とすることもできる。

20

【0083】

次に、図10(b)に示す調整例について説明する。この調整例では、グラフ線L2に示すように、操作部10に与える反力を、ステップ状に変化させている。これにより、操作部10を操作する際、操作者には段階的に反力が伝わるような感触を与えることができる。

【0084】

30

次に、図10(c)に示す調整例について説明する。この調整例では、グラフ線L3に示すように、操作部10の操作位置の途中でパルス状に反力を与えるようにしている。パルス状に与える反力は操作位置の複数箇所でもよいし、所定の1箇所であってもよい。これにより、操作部10を操作する際、操作者にはパルス状の反力を通過する位置でクリック感を与えることができる。複数箇所でもパルス状の反力を与えるようにすれば、多段のクリック感を与えることができる。

【0085】

(調整例:その4)

この調整例においては、制御部50は、操作部10の基準位置を変更する制御を行う。

図11は、基準位置の調整例を例示する図である。

40

図11に示すグラフの横軸は操作部10の移動位置であり、縦軸は操作部10に加わる反力である。操作部10には例えばコイルバネによる付勢手段が設けられており、移動する際の中央付近に原点復帰の位置C1が設定されている。

【0086】

操作部10に駆動力および抵抗力を加えない場合、グラフ線L4に示すような反力となる。すなわち、操作部10の位置がC1のとき中立位置となり、反力が最も小さくなっている。操作部10の位置(中立位置)C1は、操作部10の動作における原点である。

【0087】

制御部50の制御によって駆動力および抵抗力を調整した場合、グラフ線L4bに示すような反力を与えることができる。すなわち、先と同様に操作部10を移動させる際、位

50

置 C 1 とは異なる位置 C 2 で反力が最も小さくなるように駆動力および抵抗力を調整する。これにより、位置 C 1 とは異なる位置 C 2 を基準（中立位置）とするように反力の変化をシフトさせることができる。

【 0 0 8 8 】

（調整例：その 5）

この調整例においては、制御部 5 0 は、操作部 1 0 の原点での抵抗力を原点近傍での抵抗力よりも大きくする制御を行う。

図 1 2 は、中立位置での駆動力および抵抗力の調整例を例示する図である。図 1 2 に示すグラフの横軸は操作部 1 0 の移動位置であり、縦軸は操作部 1 0 に加わる反力である。操作部 1 0 には例えばコイルバネによる付勢手段が設けられており、移動する際の中央付近に原点復帰の位置 C 1 が設定されている。

10

【 0 0 8 9 】

操作部 1 0 に駆動力および抵抗力を加えない場合、グラフ線 L 5 に示すような反力となる。すなわち、操作部 1 0 が原点復帰の位置 C 1 にあると、付勢手段による力がバランスして反力が最も小さくなる。しかし、原点復帰の位置 C 1 で反力が最も小さくなることで、原点復帰している状態では操作部 1 0 の位置が不安定となる。

【 0 0 9 0 】

制御部 5 0 の制御によって駆動力および抵抗力を調整した場合、グラフ線 L 6 に示すような反力を与えることができる。すなわち、操作部 1 0 の位置が原点復帰の位置 C 1 にあるとき、原点近傍の反力よりも大きい反力を与えるように駆動力および抵抗力を調整する。これにより、操作部 1 0 が原点復帰の位置 C 1 にあるとき、大きな反力によって操作の位置を安定した状態で固定することができる。例えば、位置 C 1 にあるときは抵抗力によって位置を固定するように反力を与え、位置 C 1 から位置が変化しようとするときに原点復帰する方向に駆動力を与えることが好ましい。

20

【 0 0 9 1 】

（調整例：その 6）

この調整例においては、制御部 5 0 は、X 方向の抵抗力および Y 方向の少なくとも一方の駆動力または抵抗力を断続的に付与するよう第 1 駆動部 2 1 および第 2 駆動部 2 2、または第 1 制動部 3 1 および第 2 制動部 3 2 を制御する。

図 1 3 ( a ) および ( b ) は、断続的な駆動力および抵抗力の調整例を例示する図である。

30

図 1 3 ( a ) および ( b ) に示すグラフの横軸は時間であり、縦軸は駆動力または抵抗力である。

【 0 0 9 2 】

図 1 3 ( a ) に示す調整例では、制御部 5 0 は、操作部 1 0 に一定の駆動力または抵抗力を一定の時間間隔（例えば 1 0 m s 間隔）で継続的に付与する。一定の駆動力を一定の時間間隔で付与する例としては、操作部 1 0 を所定の位置で保持し続けている状態で、駆動力を定周期で ON / OFF する（または、駆動力の方向を定周期で切り替える）。これにより、所定の位置で保持し続けている操作部 1 0 に所定の振動の感触を与えることができる。

40

【 0 0 9 3 】

一定の抵抗力を一定の時間間隔で付与する例としては、操作部 1 0 を中立位置から傾倒する操作、または傾倒した位置から中立位置に戻るときに、抵抗力を定周期で ON / OFF する。これにより、移動中の操作部 1 0 に定周期の振動の感触を与えることができる。

【 0 0 9 4 】

図 1 3 ( b ) に示す調整例では、制御部 5 0 は、時間に応じて徐々に大きく、さらに時間に応じて徐々に狭間隔になるように操作部 1 0 に駆動力または抵抗力を与える。駆動力を徐々に大きく、徐々に狭間隔で付与する例としては、操作部 1 0 を所定の位置で保持し続けている状態で、駆動力を徐々に大きく、徐々に狭間隔で与えるようにする（または、上記 OFF の際に駆動力の方向を反転させる）。これにより、所定の位置で保持し続けて

50

いる操作部 10 に徐々に大きくなる振動の感触を与えることができる。

【0095】

抵抗力を徐々に大きく、徐々に狭間隔で付与する例としては、操作部 10 を中立位置から傾倒する操作、または傾倒した位置から中立位置に戻るときに、抵抗力を徐々に大きく、徐々に狭間隔で付与する。これにより、移動中の操作部 10 には弱い振動から徐々に強くなる振動に変化していく感触を与えることができる。

【0096】

なお、制御部 50 が操作部 10 に対して継続的に抵抗力を与える種別としては、与える抵抗力の時間間隔（ピッチ）、与える抵抗力の幅（パルス幅）、与える抵抗力の強度の少なくとも一つである。また、与える抵抗力の継続的に変化は、与える抵抗力の時間間隔（ピッチ）の変化、与える抵抗力の幅（パルス幅）変化、与える抵抗力の強度の変化の少なくとも一つである。これらの組み合わせによって、様々な振動のパターンを操作部 10 に与えることができる。

【0097】

（調整例：その 7）

この調整例においては、制御部 50 は、第 1 制動部 31 および第 2 制動部 32 を制御することによって操作部 10 の移動範囲を調整する。

図 14 は、可動範囲の調整例を例示する図である。図 14 に示すグラフの横軸は操作部 10 の移動位置であり、縦軸は操作部 10 に加わる反力である。

【0098】

操作部 10 に抵抗力を加えない場合、操作部 10 の移動範囲 W1 は、機械的なストッパ（停止位置）に当たる範囲となる。ここで、制御部 50 の制御によって第 1 制動部 31 および第 2 制動部 32 から抵抗力を操作部 10 に与えることで、操作部 10 の移動範囲 W2 を任意に設定することができる。すなわち、操作部 10 が移動範囲 W2 のそれぞれの端部（停止位置）に達した際、第 1 制動部 31 および第 2 制動部 32 から停止位置以外よりも大きな抵抗力を与えるようにする。これにより、機械的なストッパで規制された移動範囲 W1 とは異なる移動範囲 W2 を設定することができる。すなわち、第 1 制動部 31 および第 2 制動部 32 の少なくとも一方を制御することによって、操作部 10 の操作範囲を調整することができる。

【0099】

（調整例：その 8）

この調整例においては、制御部 50 は、第 1 位置検知部 41 および第 2 位置検知部 42 からの出力信号から操作部 10 の移動における安定点となる位置情報を補正する。

図 15 は、安定点の調整例を例示する図である。

図 15 に示すグラフの横軸は操作部 10 の移動位置であり、縦軸は駆動トルクである。例えば、第 1 駆動部 21 および第 2 駆動部 22 としてステッピングモータを使用した場合、グラフ線 L7 に示すようにモータ特有の安定点が存在する。一方、操作部 10 には付勢手段である例えばコイルバネの付勢力があるため、モータの安定点が必ずしも操作部 10 の安定点と合致するとは限らない（グラフ線 L8 参照）。そこで、モータの安定点になる位置 P1 を、ステッピングモータの駆動トルクと付勢手段による付勢力とが釣り合う（相殺される）位置 P2 に補正する。

【0100】

例えば、操作部 10 の付勢力を考慮すると、実際の操作部 10 の安定点の位置は P2 となる。制御部 50 において設定された演算上の基準位置は、モータの安定点の位置 P1 となっているため、実際の操作部 10 の安定点の位置 P2 との間でずれが生じる。そこで、制御部 50 は、第 1 位置検知部 41 および第 2 位置検知部 42 によって検知した位置の情報を、位置 P1 と位置 P2 との差分だけ補正する。これにより、制御上の基準と、操作部 10 の移動における付勢力を考慮した操作部 10 の安定点の位置 P2 とが合致して、精度の高い制御を行うことができるようになる。

【0101】

10

20

30

40

50

(適用例)

次に、本実施形態に係る操作装置 1 の適用例について説明する。

図 16 は、本実施形態に係る操作装置の適用例を示す図である。

図 16 にはスティック型コントローラへの適用例が示されるこのスティック型コントローラ 100 においては、コントローラ本体 110 の例えば上面位置に本実施形態の操作装置 1 が適用される。図 16 に示す例では、コントローラ本体 110 の上面の左右に 1 つずつ設けられたスティックが操作装置 1 の操作部 10 になっている。

【0102】

スティック型コントローラ 100 に操作装置 1 を適用する場合、スティック型コントローラ 100 の適切な動作を操作者に伝えるように、経時的に基準位置が移動してもよい。すなわち、図 11 において、反力の基準位置となる C2 が経時的に移動して、操作者がスティックのあるべき位置を認識しやすくなるようにしてもよい。例えば、操作部 10 (スティック) の動作方向によって、各軸の駆動部および制動部の出力を調整することで、各軸の方向に対応する力を振り分けることができる。動作方向に沿って力を案分することで、動作方向と同じ方向に反力を加えることも可能であれば、比率を変更することで動作方向と異なる方向、たとえば動作方向と直交する方向に力が加わるような演出も可能となる。その場合、操作者にとってはスティックが特定の軌跡を通るように誘導されるように感じる。このような動作は、ゲームのチュートリアルモードにおいて好適に使用される。チュートリアルモードでは操作部 10 が特定の軌跡を通るように誘導されるため、操作者はこの軌跡以外に操作部 10 を動かすと反力が高まり、特定の軌跡に従って操作部 10 を動かすことを学ぶことができる。

10

20

【0103】

以上説明したように、本実施形態によれば、少なくとも第 1 方向および第 2 方向に操作可能な操作部 10 に対して、駆動力および抵抗力を与えることで緻密かつ安定した動作および細かな操作感を与えることができる操作装置 1 を提供することが可能となる。

【0104】

なお、上記に本実施形態を説明したが、本発明はこれらの例に限定されるものではない。例えば、前述の各実施形態に対して、当業者が適宜、構成要素の追加、削除、設計変更を行ったものや、各実施形態の構成例の特徴を適宜組み合わせたものも、本発明の要旨を備えている限り、本発明の範囲に含有される。例えば、図 11 に示す位置 C2 を中立位置とする場合において、操作部 10 に操作力が加わっていないときには操作部 10 の現在の位置に保持され、操作部 10 に操作力が加わったときのみ位置 C2 に引き込む反力を発生させるようにしてもよい。また、図 13 は抵抗力を制御して振動の感触を与えたが、駆動力により振動させてもよいし、抵抗力と駆動力とを組み合わせると振動させてもよい。

30

【符号の説明】

【0105】

1 ... 操作装置

10 ... 操作部

11 ... ジンバル機構

21 ... 第 1 駆動部

22 ... 第 2 駆動部

31 ... 第 1 制動部

32 ... 第 2 制動部

41 ... 第 1 位置検知部

42 ... 第 2 位置検知部

50 ... 制御部

51 ... 第 1 駆動制御回路

52 ... 第 1 制動制御回路

53 ... 第 2 駆動制御回路

54 ... 第 2 制動制御回路

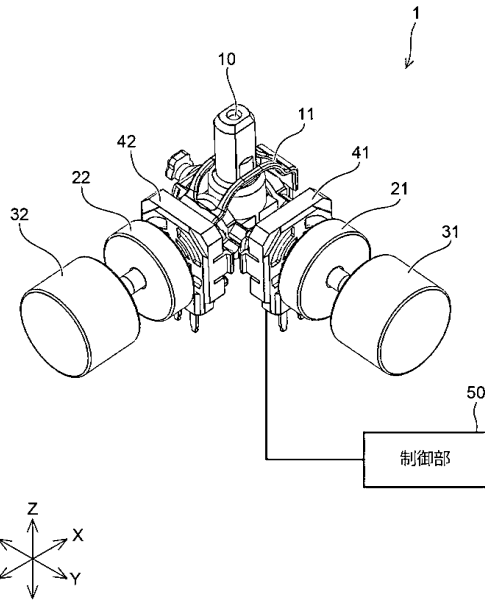
40

50

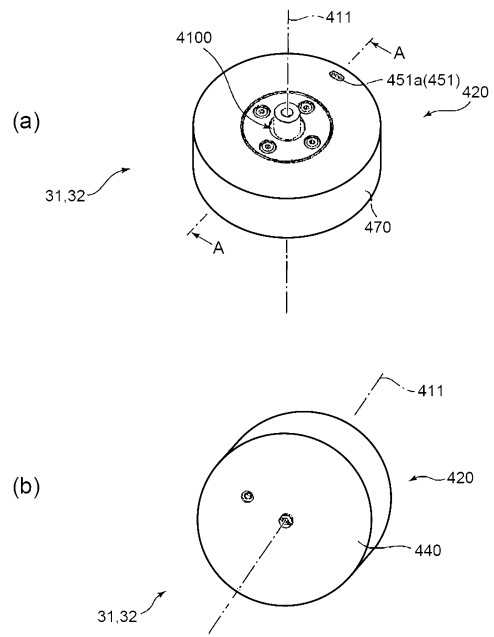
|                           |              |    |
|---------------------------|--------------|----|
| 5 5 ...                   | 演算部          |    |
| 5 6 ...                   | 記憶部          |    |
| 5 7 ...                   | 電源回路         |    |
| 5 8 ...                   | 通信部          |    |
| 1 0 0 ...                 | スティック型コントローラ |    |
| 1 1 0 ...                 | コントローラ本体     |    |
| 4 1 1 ...                 | 中心軸          |    |
| 4 2 0 ...                 | 保持部          |    |
| 4 3 0 ...                 | 第 1 ヨーク      |    |
| 4 3 1 ...                 | 円環部          | 10 |
| 4 3 2 ...                 | 円筒部          |    |
| 4 3 3 ...                 | 段差部          |    |
| 4 3 4 ...                 | 内周面          |    |
| 4 4 0 ...                 | 第 2 ヨーク      |    |
| 4 5 0 ...                 | 励磁コイル        |    |
| 4 5 1 ...                 | 接続部材         |    |
| 4 5 1 a ...               | 入力部          |    |
| 4 6 0 ...                 | 環状部材         |    |
| 4 7 0 ...                 | ヨーク          |    |
| 4 8 0 ...                 | 隙間           | 20 |
| 5 0 0 ...                 | 外部システム       |    |
| 4 1 0 0 ...               | 制動操作部        |    |
| 4 1 1 0 ...               | シャフト部        |    |
| 4 1 2 0 ...               | 磁性ディスク       |    |
| 4 1 4 0 ...               | 支持部材         |    |
| 4 1 5 0 ...               | ラジアル軸受       |    |
| 4 1 6 0 ...               | 磁気粘性流体       |    |
| A , B ...                 | 領域           |    |
| C 1 ...                   | 中立位置         |    |
| C 2 ...                   | 位置           | 30 |
| F f 1 , F f 2 ...         | 摩擦力          |    |
| F r 1 , F r 2 , F s 1 ... | 反力           |    |
| F t ...                   | 目標値          |    |
| L 1 ~ L 8 ...             | グラフ線         |    |
| L 4 b ...                 | グラフ線         |    |
| S 1 ...                   | 停止位置         |    |
| S 2 ...                   | 所定位置         |    |
| W 1 , W 2 ...             | 移動範囲         | 40 |

【図面】

【図 1】



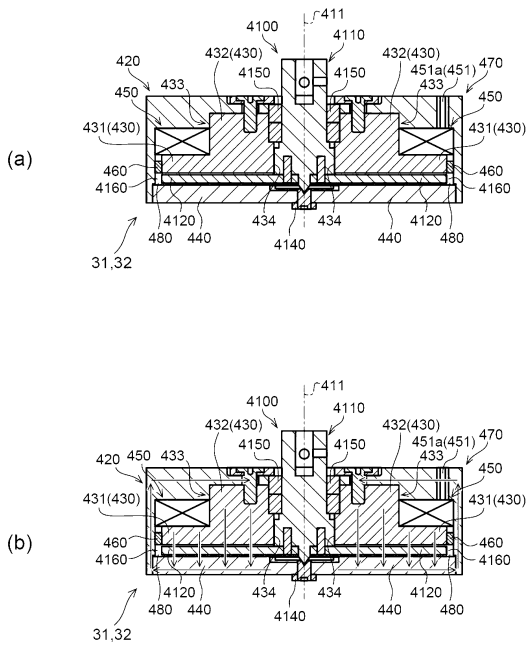
【図 2】



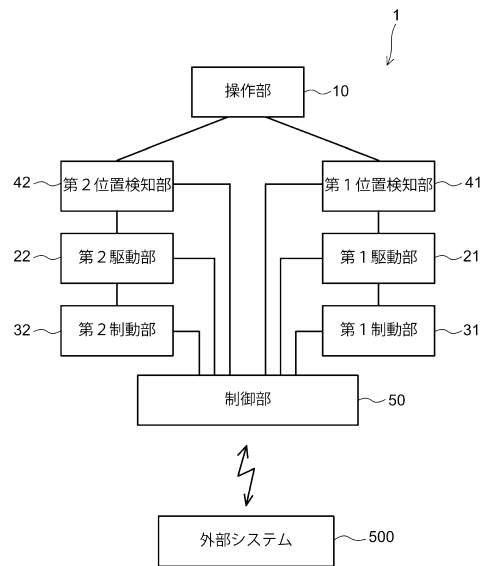
10

20

【図 3】



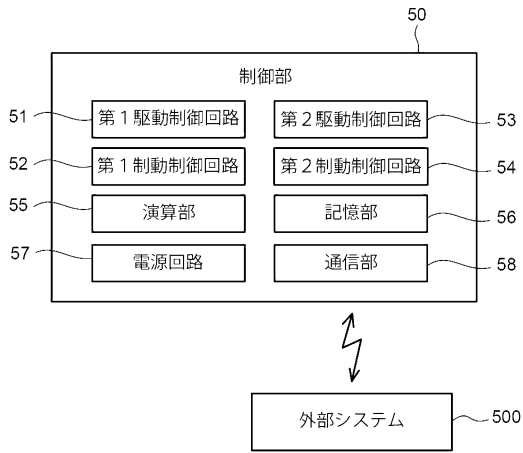
【図 4】



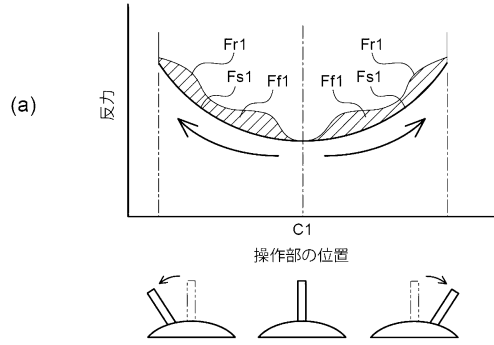
30

40

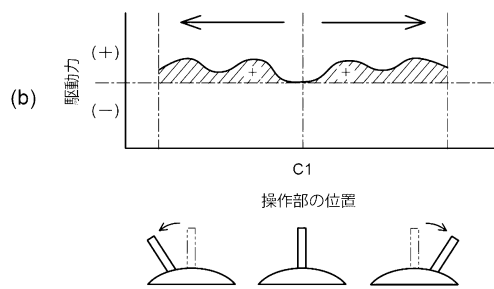
【図5】



【図6】

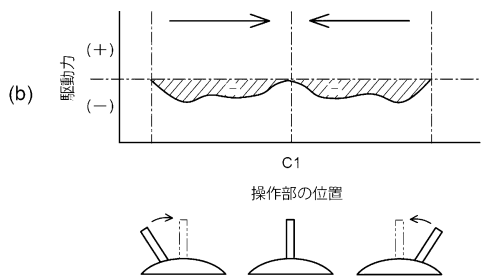
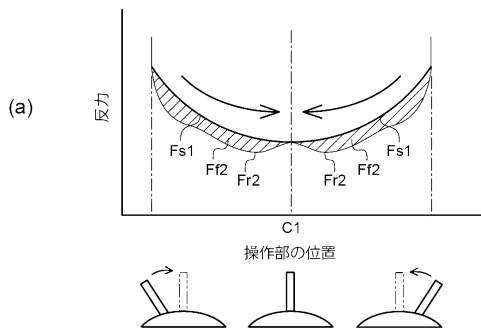


10

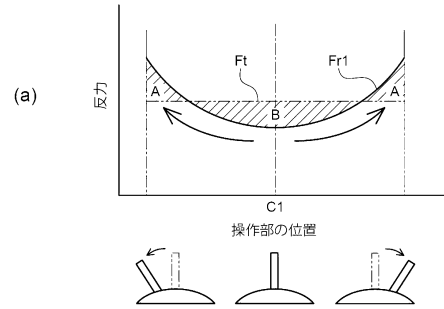


20

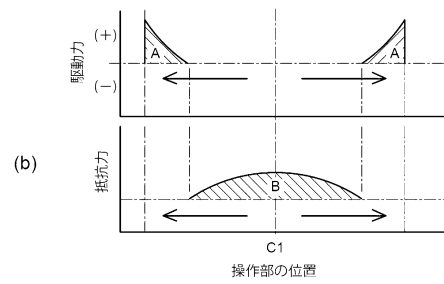
【図7】



【図8】



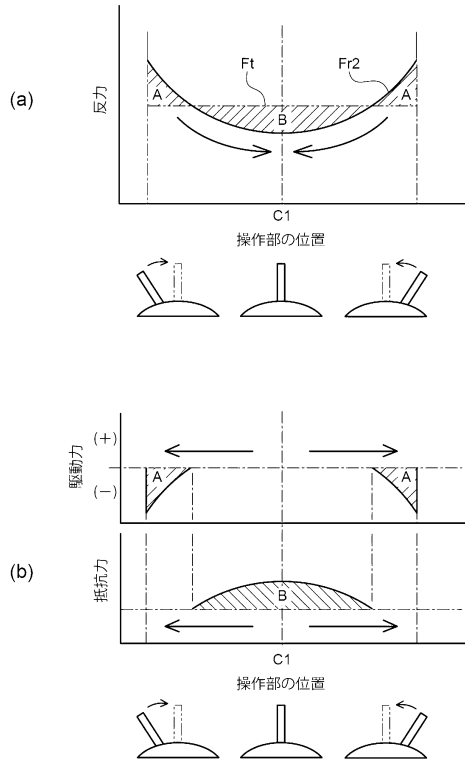
30



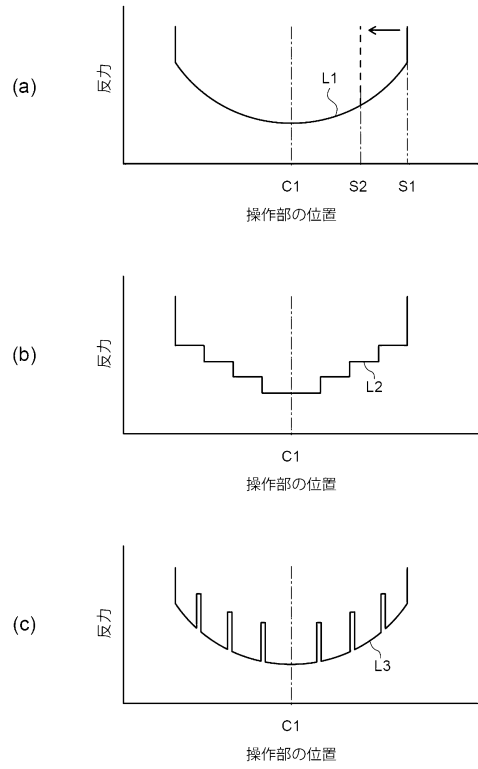
40

50

【図 9】



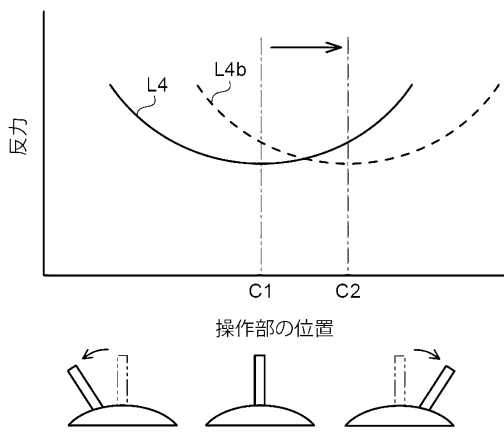
【図 10】



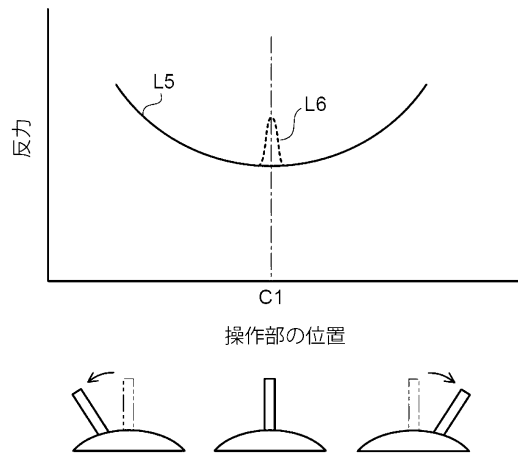
10

20

【図 11】



【図 12】

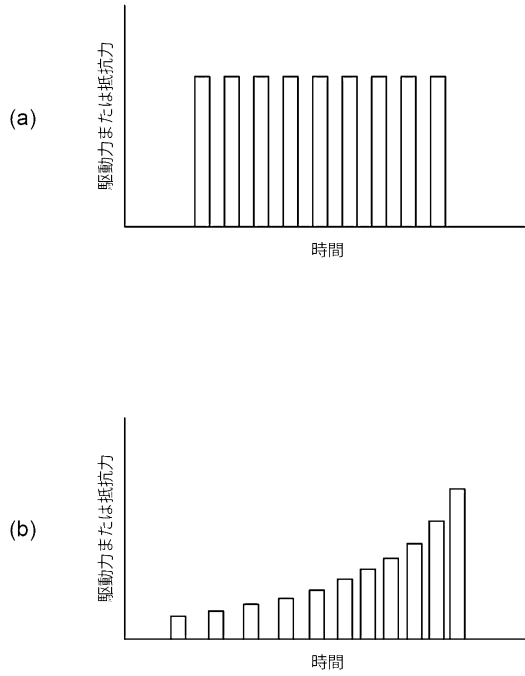


30

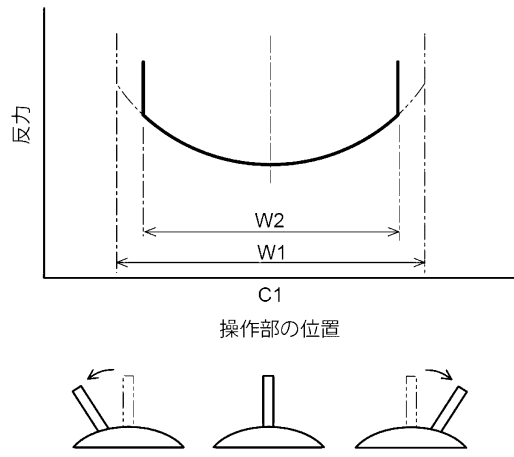
40

50

【図 1 3】



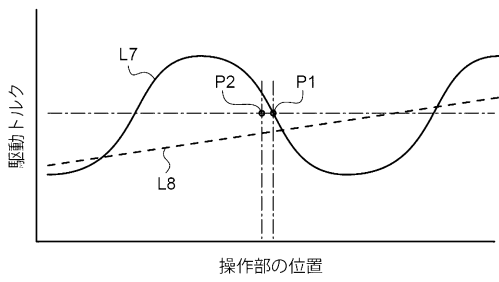
【図 1 4】



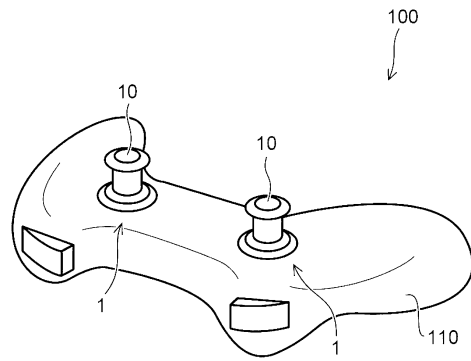
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】



30

40

50

## フロントページの続き

- (72)発明者 高橋 未鈴  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内
- (72)発明者 高橋 一成  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内
- 審査官 小川 克久
- (56)参考文献 特開2016-007345(JP,A)  
特開2017-167603(JP,A)  
国際公開第2016/051986(WO,A1)  
特開2016-096834(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G05G 5/03  
F16F 9/53  
F16F 15/03