

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6176602号  
(P6176602)

(45) 発行日 平成29年8月9日(2017.8.9)

(24) 登録日 平成29年7月21日(2017.7.21)

(51) Int.Cl. F 1  
G 0 9 B 9/00 (2006.01) G 0 9 B 9/00 Z

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2012-274390 (P2012-274390)	(73) 特許権者	304021277
(22) 出願日	平成24年12月17日(2012.12.17)		国立大学法人 名古屋工業大学
(65) 公開番号	特開2014-119581 (P2014-119581A)		愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市29番
(43) 公開日	平成26年6月30日(2014.6.30)	(72) 発明者	坂口 正道
審査請求日	平成27年12月16日(2015.12.16)		愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市29番 国立大学法人名古屋工業大学内
		審査官	宇佐田 健二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 技能訓練システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

訓練者が操作すると動作可能な操作部と、  
前記操作部に力を及ぼす力発生部を備えると共に、  
前記操作部の動作を一時的に停止させる動作停止機構を備える操作力訓練システムであって、

前記動作停止機構により、  
前記操作部の動作が一時的に停止させられることで、  
前記訓練者が目標とする発生力を発生できていることを知らせ、  
前記操作部に、前記訓練者の発生力を計測する力センサと、  
前記操作部の位置を計測する位置センサを備え、  
前記動作停止機構は、前記操作部の動作を一時的に停止させるためにブレーキ機構を備え

、  
前記訓練者の前記発生力と前記目標とする発生力の比較の結果に基づきブレーキ機構を動作させることを特徴とした技能訓練システム。

【請求項2】

前記動作停止機構において、  
前記操作部の動作を一時的に停止させるために、  
機械的ストッパを用いることを特徴とした、請求項1に記載の技能訓練システム。

【請求項3】

10

20

前記動作停止機構において、  
前記操作部の動作を一時的に停止させるために、  
機械的ラッチ機構を用いることを特徴とした、請求項 1 に記載の技能訓練システム。

【請求項 4】

前記力発生部には、出力を制御可能なアクチュエータを備えると共に、  
前記訓練者の前記発生力と前記目標とする発生力の比較を行うと共に、  
前記アクチュエータの出力を制御するための計算機を備えることを特徴とした、  
請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 つに記載の技能訓練システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、力を伴う技能を対象として、発生力の訓練を可能とする技能訓練システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、技能を訓練するための様々なシステムが考案されている。技能の中には、位置や速度などの運動情報、運動パターン、力情報など、様々な技能が存在する。

技能を訓練するときには、目標とする技能、つまり位置や速度、運動パターンや力の目標値が存在する。訓練者の位置や速度、運動パターンや力を目標値と一致させることが、技能訓練の一つの目的である。

20

この技能訓練の目的を達成させる方法として、訓練者の技能を計測し、目標値と合わせて提示する方法や、目標値との差を提示する方法、目標値との差をなくす方向に支援する方法などが考えられる。

例えば、手本となる教師の手や教師の書いた手本となる文字のコンピュータグラフィックスによる映像をハーフミラーを使って重畳して提示するシステムが開発されている（非特許文献 1 参照）。

1 台のハプティックデバイスを用いて、習字において教師が手本の文字を書くときの位置と力の情報を計測し、その後ハプティックデバイスと映像を用いて生徒に提示するバーチャルレッスンシステムが開発されている（非特許文献 2 参照）。

また、筋電位等により訓練者の運動パターンを計測し、目標の運動パターンと比較し、その差を振動や電気刺激を用いて提示する運動技能訓練装置が開発されている（特許文献 1 参照）。

30

教師の動作と操作力を計測し、生徒の手に運動を提示すると共に生徒が把持する道具に力を提示する技能体験システムが開発されている（特許文献 2 参照）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献 1】吉田知史、中村徳明、今西茂：バーチャル・リアリティを用いた書道習得のための教育的応用システムの構築、電気学会論文誌C、117-C巻、11号、pp. 1629 - 1634、1997年。

40

【非特許文献 2】逸見和之、吉川恒夫：バーチャルレッスンの概念とそのバーチャル習字システムへの応用、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、3巻、1号、pp. 13 - 19、1998年。

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 2562786 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 59219 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

50

以上に述べた技能訓練において、位置情報は直接目で見えるのに対し、力情報は直接目で見えない。このため、位置の目標値や位置の偏差は映像等を用いて直接提示できるのに対し、力情報は、力センサ等を用いて計測して数値化し、映像や音声等の手段を用いて間接的に提示しなければならない。

【0006】

目標の力を発生させたいとき、訓練者の発生力を力センサを用いて計測し、計測した値をメータやモニタに提示し、視覚的にフィードバックすることで、目標の力を発生させる訓練を行うことができる。

【0007】

目標の力を発生させたいとき、訓練者の発生力を力センサを用いて計測し、計測した値と目標の力の値を比較し、計測値と目標値が一致する、あるいはその偏差が一定の基準より小さくなったときに、映像や光などの視覚情報を提示したり、音や音声などの聴覚情報を提示したり、振動刺激や電気刺激などの触覚情報を提示したりすることで、目標の力を発生させる訓練を行うことができる。

【0008】

また、力提示部にばねなどを用いて、ばねを変形させたときに発生する反力が目標の力と同等となる位置を明示し、視覚的にフィードバックすることで、目標の力を発生させる訓練を行うことができる。

【0009】

以上の手段を用いることで、発生力の訓練を実施することは可能であるが、訓練者の発生力が目標値と一致したことをフィードバックする手段を備えていたとしても、従来の手法では訓練者の発生力を目標値に追従させることが困難であった。

【0010】

本発明は、上記問題に鑑みたもので、力を発生させる技能を訓練するシステムにおいて、動作停止機構を備えることによって、訓練者が自分の発生力が目標値と一致していることを容易に知覚すると共に、容易に目標値に追従させる手段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】

【0011】

請求項1に記載の発明は、訓練者が操作すると動作可能な操作部と、前記操作部に力を及ぼす力発生部を備えると共に、前記操作部の動作を一時的に停止させる動作停止機構を備える操作力訓練システムであって、前記動作停止機構により、前記操作部の動作が一時的に停止させられることで、前記訓練者が目標とする発生力を発生できていることを知らせ、前記操作部に、前記訓練者の発生力を計測する力センサと、前記操作部の位置を計測する位置センサを備え、前記動作停止機構は、前記操作部の動作を一時的に停止させるためにブレーキ機構を備え、前記訓練者の前記発生力と前記目標とする発生力の比較の結果に基づきブレーキ機構を動作させることを特徴とした技能訓練システムである。

【0012】

請求項2に記載の発明は、動作停止機構において、操作部の動作を一時的に停止させるために、機械的ストッパを用いることを特徴とした、技能訓練システムである。訓練者は、操作部がストッパとの接触によりその動作が停止させられることにより、目標とする発生力が発生できていることを容易に知ることができる。

【0013】

請求項3に記載の発明は、動作停止機構において、操作部の動作を一時的に停止させるために、機械的ラッチ機構を用いることを特徴とした、技能訓練システムである。訓練者は、操作部の動作がラッチ機構により一時的に停止させられることにより、目標とする発生力が発生できていることを容易に知ることができる。

【0014】

請求項4に記載の発明は、操作部において、訓練者の発生力を計測する力センサと、操作部の位置を計測する位置センサを備え、力発生部には、出力を制御可能なアクチュエー

10

20

30

40

50

タを備えると共に、訓練者の発生力と目標とする発生力の比較を行うと共に、アクチュエータの出力を制御するための計算機を備えることを特徴とした、技能訓練システムである。

【0015】

請求項5に記載の発明は、動作停止機構において、操作部の動作を一時的に停止させるためにブレーキ機構を備え、訓練者の発生力と目標値の比較の結果に基づきブレーキ機構を動作させることを特徴とした、技能訓練システムである。

【0016】

請求項6に記載の発明は、動作停止機構の動作停止機能を、力発生部に備えたアクチュエータの制御により、ソフトウェア的に実現することを特徴とした、技能訓練システムである。

【発明の効果】

【0017】

訓練者は、発生力を訓練するために、操作部に力を加えながら作業を行う。この時、自分が発生している力は、直接目で見ることはできないし、感覚としても分かりにくい。また、訓練者の発生力を計測して、グラフや数値で可視化したり、目標値との差を示したりすることで、発生力と目標値との関係を知ることができるが、それでも訓練者が正確に力を出力することは難しい。

これに対し、上記の課題解決手段では、技能訓練システムの操作部の動作を動作停止機構により一時的に停止させることにより、訓練者に対し、目標とする力が発生できていることを知らせる。人間は、操作している対象物が他の物体と接触したり、動作が急に止められたりした感覚は、触覚を介して容易に知覚できる。また、発生力をコントロールして対象物との接触を保つことも容易である。

このことから、上記の課題解決手段を用いることで、訓練者は自分の発生力を直接意識することなく、操作部の動作が動作停止機構により停止させられている状態を保つことで、容易に目標とする発生力を発生させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の実施形態に係る技能訓練システムの構成および動作を示す図である。

【図2】本発明の実施形態に係る技能訓練システムのばねを用いた場合の構成および動作を示す図である。

【図3】本発明の実施形態に係る技能訓練システムのばねとストッパを用いた場合の他の構成および動作を示す図である。

【図4】本発明の実施形態に係る技能訓練システムのラッチ機構を用いた場合の構成および動作を示す図である。

【図5】本発明の実施形態に係る技能訓練システムのラッチ機構を用いた場合の他の構成および動作を示す図である。

【図6】本発明の実施形態に係る技能訓練システムのアクチュエータとストッパを用いた場合の構成および動作を示す図である。

【図7】本発明の実施形態に係る技能訓練システムのアクチュエータとラッチ機構を用いた場合の構成および動作を示す図である。

【図8】本発明の実施形態に係る技能訓練システムのアクチュエータとラッチ機構を用いた場合の他の構成および動作を示す図である。

【図9】本発明の実施形態に係る技能訓練システムのアクチュエータとブレーキ機構を用いた場合の構成および動作を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の実施の形態を図1～図9に基づいて説明する。

【0020】

図1に、本発明の実施形態に係る技能訓練システムの構成および動作の一例を示す。訓

10

20

30

40

50

練者の手 1 は、訓練において操作部 2 に力を加えて押し下げる。このとき、力発生部 3 は操作部 2 に対し反力を提示する。図 1 の実施例では、操作部 2 は上下方向に動作可能であるが、本システムには動作停止機構 4 が装備されていて、操作部 2 が動作停止機構 4 に接触すると、操作部 2 はそれより下に動作することができずに、操作部 2 の動作が制限される。訓練者は、操作部 2 が動作停止機構 4 に接触したことは、力覚や触覚といった手の感覚から、直感的に容易に知覚することができる。図 1 の右側に、操作部 2 と動作停止機構 4 が接触した様子を示す。操作部 2 が動作停止機構 4 にちょうど接触するとき、力発生部 3 が提示する力を訓練の目標の力に設定すると、訓練者が操作部 2 を動作停止機構 4 にぎりぎり接触するよう保つことで、目標とする発生力の訓練が可能となる。

#### 【 0 0 2 1 】

なお、図 1 に示す技能訓練システムの実施形態は、鉛直方向に直動で 1 自由度に動作するシステムの一例であり、本発明の技能訓練システムは直動動作や 1 自由度の動作には限定されない。操作部 2 の動作を回転運動にすることで、回転方向の発生トルクを訓練するシステムも同様に構築できる。また、1 自由度のシステムを複数組み合わせることで、直動 2 自由度あるいは直動 3 自由度の発生力訓練システム、あるいは回転運動も含む 4 ~ 6 自由度の発生力・発生トルク訓練システムも開発できる。

#### 【 0 0 2 2 】

図 2 には、本発明の実施形態に係る技能訓練システムのばねを用いた場合の構成および動作を示す。図 1 の場合と比較すると、力発生部 3 がばね 2 3 に置き換わっている。ばね 2 3 のばね定数を  $k$  [ N / m ]、自然長からの変位を  $x$  [ m ] とすると、変位  $x$  を発生させるためには  $F = k \times x$  [ N ] の力を必要とする。図 2 において、ばね 2 3 を  $x$  [ m ] 圧縮した場所に動作停止機構 2 4 を設置する。訓練者の手 2 1 が、操作部 2 2 を押し下げ、動作停止機構 2 4 と接触すると、操作部 2 2 と動作停止機構 2 4 が接触したことはすぐに知覚可能であり、この時の訓練者の発生力が  $F$  [ N ] となっている。訓練者は、操作部 2 2 と動作停止機構 2 4 の接触を保つことにより、力  $F$  [ N ] を発生させる訓練が可能となる。図 2 の右側には、訓練者の手 2 1 が操作部 2 2 を介してばね 2 3 を押し込み、操作部 2 2 が動作提示機構 2 4 と接触している状態を示す。

#### 【 0 0 2 3 】

図 3 には、本発明の実施形態に係る技能訓練システムのばねを用いた場合の他の構成および動作を示す。訓練者の手 3 1 が操作部 3 2 を押し下げるが、操作部 3 2 はリニアガイド 3 3 で保持されている。この状態で、ばね 3 4 を圧縮しながら操作部 3 2 がストッパ 3 5 に接触するまで操作することで、図 2 の場合と同様に、発生力の訓練が実施できる。図 3 の右側には、訓練者の手 3 1 がリニアガイド 3 4 に取り付けられた操作部 3 2 を介してばね 3 4 を押し込み、操作部 3 2 がストッパ 3 5 と接触している状態を示す。

#### 【 0 0 2 4 】

図 4 には、本発明の実施形態に係る技能訓練システムのラッチ機構を用いた場合の構成および動作を示す。図 4 の実施形態では、訓練者の手 4 1、操作部 4 2、リニアガイド 4 3、力を発生するばね 4 4 の他に、ラッチガイド 4 5、接触子 4 6、ばね 4 7 を備えている。訓練者は、力を加えてリニアガイド 4 3 に支持された操作部 4 2 を押し下げる。そして、ばね 4 4 が圧縮されることにより訓練者の発生力がちょうど目標値となる位置に、ラッチガイド 4 5 に凹みが設置されている。ラッチ機構は、ラッチガイド 4 5 に接触子 4 6 がばね 4 7 により押しつけられているため、接触子 4 6 がラッチガイド 4 5 の凹みの位置に来ると、操作部 4 2 の動作が停止させられる。図 4 の右側に、ラッチ機構の接触子 4 6 がラッチガイド 4 5 の凹みの位置に来て、操作部 4 2 が停止している様子を示す。訓練者は、操作部 4 2 がラッチ機構により停止させられたことを容易に知覚できるため、発生力の訓練が可能となる。なお、ラッチ機構は、目標値よりも一定上大きな力が加わると操作部 4 2 の停止が解除される。ラッチが解除されて操作部 4 2 が再び動作を始めた場合は、訓練者の発生力が目標値から逸脱しているため、訓練者は再び操作部 4 2 の動作がラッチで停止する位置を探して操作する。これにより、発生力の訓練が可能となる。

#### 【 0 0 2 5 】

10

20

30

40

50

図5には、本発明の実施形態に係る技能訓練システムのラッチ機構を用いた場合の他の構成および動作を示す。訓練者の手51、操作部52、リニアガイド53、ばね54、接触子56、ばね57は図4に示す実施形態と同様であるが、ラッチガイド55の形状が異なる。図4の実施形態では、訓練者の発生力がちょうど目標値となる位置に、ラッチガイド45に凹みが設置されていたのに対し、図5の実施形態では、訓練者の発生力がちょうど目標値となる位置に、ラッチガイド55に凸が設置されている。図5の右側に示すように、接触子56がラッチガイド55の凸の位置に来ると、操作部52の動作が停止させられる。訓練者は、操作部52がラッチ機構により停止させられたことを容易に知覚できるため、発生力の訓練が可能となる。

【0026】

図6には、本発明の実施形態に係る技能訓練システムのアクチュエータとストッパを用いた場合の構成および動作を示す。図6に示す実施形態では、操作部62に力センサ61を装備し、訓練者の手61が発生する力を計測する。また、操作部62はリニアガイド64に接続されているが、同じくリニアガイド64にはモータ65とエンコーダ66が取り付けられていて、操作部62から訓練者に提示する力を、ばねなどの機械要素を用いるのではなく、ロボット制御により発生させることができる。例えば、ロボット制御により実現する仮想のばね定数を $k$  [N/m]、操作部62から訓練者に提示したい発生力を $F$  [N]とすると、リニアガイド64に取り付けられた操作部62の変位の目標値を $x = F/k$  [m]として位置制御することで、ばね定数 $k$  [N/m]のばねを押し込んでいるときと同じ力を発生させることができる。

【0027】

この図6に示す実施例において、訓練者の手61が力センサ63を介して操作部62を押し込み、ストッパ67と接触することで、操作部62の動作が停止させられ、訓練者はその感覚を知覚し、目標とする力を発生させたり、目標とする発生力を訓練したりすることができる。図6の右側には、訓練者の手61がリニアガイド64に取り付けられた操作部62を介して仮想のばねを押し込み、操作部62がストッパ67と接触している状態を示す。

【0028】

図7には、本発明の実施形態に係る技能訓練システムのアクチュエータとラッチ機構を用いた場合の構成および動作を示す。図7に示す実施例では、リニアガイドに72に取り付けられた操作部72は、力センサ73により計測される訓練者の手71が発生する力に基づき、モータ75およびエンコーダ76を用いて制御される。訓練者の手71は、仮想ばねを押し込むように力を発生するが、図7右側に示すように、ラッチ機構の接触子78がばね79により押され、ラッチガイド77の凹みの位置に来たときに、操作部72の動作が停止させられる。訓練者は、操作部72がラッチ機構により停止させられたことを容易に知覚できるため、発生力の訓練が可能となる。

【0029】

図8には、本発明の実施形態に係る技能訓練システムのアクチュエータとラッチ機構を用いた場合の構成および動作を示す。訓練者の手81、操作部82、力センサ83、リニアガイド84、モータ85、エンコーダ86、接触子88、ばね89は図7に示す実施形態と同様であるが、ラッチガイド87の形状が異なる。図7の実施形態では、訓練者の発生力がちょうど目標値となる位置に、ラッチガイド77に凹みが設置されていたのに対し、図8の実施形態では、訓練者の発生力がちょうど目標値となる位置に、ラッチガイド87に凸が設置されている。図8の右側に示すように、接触子88がラッチガイド87の凸の位置に来ると、操作部82の動作が停止させられる。訓練者は、操作部82がラッチ機構により停止させられたことを容易に知覚できるため、発生力の訓練が可能となる。

【0030】

図9には、本発明の実施形態に係る技能訓練システムのアクチュエータとブレーキ機構を用いた場合の構成および動作を示す。図9に示す実施例では、リニアガイド94に取り付けられた操作部92は、力センサ93により計測される訓練者の手91が発生する力に

10

20

30

40

50

基づき、モータ 95 およびエンコーダ 96 を用いて制御される。訓練者の手 91 は、仮想ばねを押し込むように力を発生する。訓練者の発生力が目標とする力に達していないときは、操作部 92 に装備されたブレーキのブレーキパッド 98 が、ブレーキガイド 97 には接触していないが、訓練者の発生力が目標とする力と一致すると、力センサ 93 で計測した訓練者の発生力に基づき、図 9 の右側に示すように、ブレーキパッド 98 がブレーキガイド 97 に接触するように操作され、操作部 92 の動作が停止させられる。訓練者は、操作部 92 がブレーキ機構により停止させられたことを容易に知覚できるため、発生力の訓練が可能となる。

【0031】

なお、本発明は、以上に説明した実施形態によって限定されるものではないことはいうまでもない。

【産業上の利用可能性】

【0032】

本発明は、力を伴う技能訓練において、訓練者が発生している力が目標値と一致していることを触覚を用いて容易に知覚できる技能訓練システムに関するものである。本発明は、ものづくり、伝統芸能、医療現場、楽器演奏、スポーツまで、幅広い分野における技能訓練に役立つと期待される。

【符号の説明】

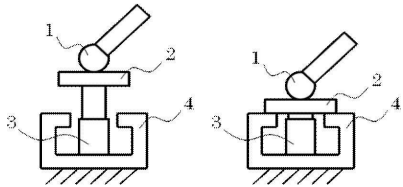
【0033】

1	訓練者の手	20
2	操作部	
3	力発生部	
4	動作停止機構	
21	訓練者の手	
22	操作部	
23	ばね	
24	動作停止機構	
31	訓練者の手	
32	操作部	
33	リニアガイド	30
34	ばね	
35	ストッパ	
41	訓練者の手	
42	操作部	
43	リニアガイド	
44	ばね	
45	ラッチガイド	
46	接触子	
47	ばね	
51	訓練者の手	40
52	操作部	
53	リニアガイド	
54	ばね	
55	ラッチガイド	
56	接触子	
57	ばね	
61	訓練者の手	
62	操作部	
63	力センサ	
64	リニアガイド	50

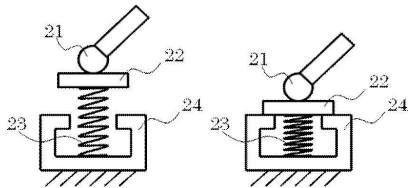
6 5	モータ	
6 6	エンコーダ	
6 7	ストッパ	
7 1	訓練者の手	
7 2	操作部	
7 3	力センサ	
7 4	リニアガイド	
7 5	モータ	
7 6	エンコーダ	
7 7	ラッチガイド	10
7 8	接触子	
7 9	ばね	
8 1	訓練者の手	
8 2	操作部	
8 3	力センサ	
8 4	リニアガイド	
8 5	モータ	
8 6	エンコーダ	
8 7	ラッチ凸	
8 8	接触子	20
8 9	ばね	
9 1	訓練者の手	
9 2	操作部	
9 3	力センサ	
9 4	リニアガイド	
9 5	モータ	
9 6	エンコーダ	
9 7	ブレーキガイド	
9 8	ブレーキパッド	30



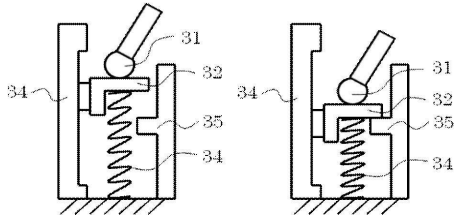
【図1】



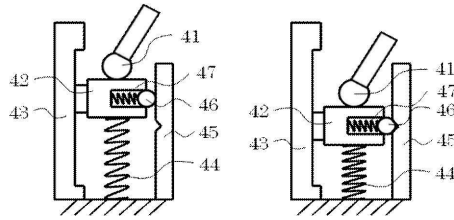
【図2】



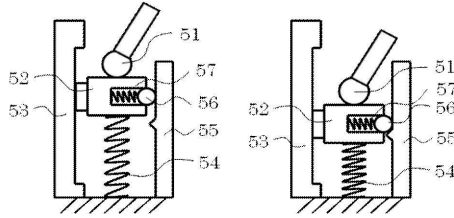
【図3】



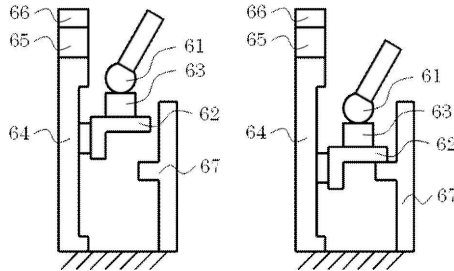
【図4】



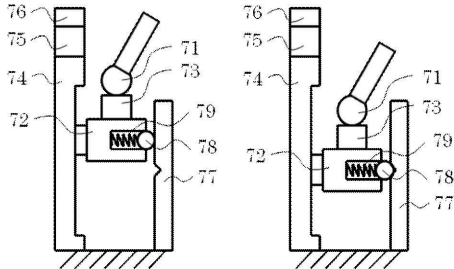
【図5】



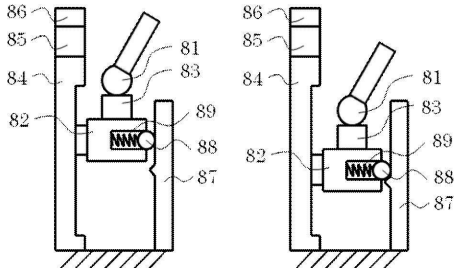
【図6】



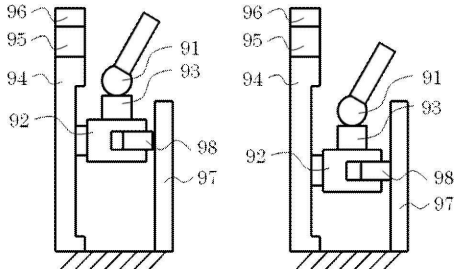
【図7】



【図8】



【図9】



## フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06-160241(JP,A)  
特開平10-289631(JP,A)  
実開昭59-071520(JP,U)  
特開平07-254319(JP,A)  
登録実用新案第3063522(JP,U)  
欧州特許出願公開第0872863(EP,A2)  
坂口正道、外4名, "位置と力覚の同時提示による押し込み動作体験実験", 「第16回日本バーチャルリアリティ学会大会 論文集 [CD-ROM]」, 日本, 日本バーチャルリアリティ学会, 2011年 9月20日, p.73-76

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G09B 9/00  
G01L 5/00  
H01H 13/00 - 13/04