

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4923256号
(P4923256)

(45) 発行日 平成24年4月25日(2012.4.25)

(24) 登録日 平成24年2月17日(2012.2.17)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 B 5/0488 (2006.01)

A 6 1 B 5/04 3 3 0

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2006-309977 (P2006-309977)	(73) 特許権者	504136568
(22) 出願日	平成18年11月16日(2006.11.16)		国立大学法人広島大学
(65) 公開番号	特開2008-125520 (P2008-125520A)		広島県東広島市鏡山1丁目3番2号
(43) 公開日	平成20年6月5日(2008.6.5)	(74) 代理人	100095407
審査請求日	平成21年6月10日(2009.6.10)		弁理士 木村 満
		(74) 代理人	100138955
			弁理士 末次 涉
		(74) 代理人	100151873
			弁理士 鶴 寛
		(74) 代理人	100109449
			弁理士 毛受 隆典
		(72) 発明者	田中 良幸
			広島県東広島市鏡山1丁目4番1号 国立 大学法人広島大学工学研究科内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 知覚特性測定システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

__システムを利用するユーザ1の手先若しくは外部からの動作指示により水平面に可動するハンドル113及び当該ハンドルに取り付けられた力覚センサ114を有するロボット115と、

__前記ハンドル113に、所定の方向性を有する力負荷を与えるように指示し、当該力負荷に対抗する前記ユーザの手先7の耐性動作に起因する前記力覚センサ114の値を計測するとともに、前記ハンドル位置を取得するDSP装置120と、

__前記ハンドル位置と、それに加える運動負荷の方向と位置を表示するディスプレイ130と、

__前記DSP装置120により与えられた所定の方向性を有する力負荷と、前記耐性動作に起因して前記ユーザが知覚した力の大きさをマグニチュード推定法に基づいて入力された知覚値との関係をグラフ化して表示する知覚特性表示装置とを備えることを特徴とする知覚特性測定システム100。

【請求項2】

__システムを利用するユーザ1の手先若しくは外部からの動作指示により水平面に可動するハンドル113及び当該ハンドルに取り付けられた力覚センサ114を有するロボット115と、

__前記ハンドル113に、所定の方向性を有する力負荷を与えるように指示し、当該力負荷に対抗する前記ユーザの手先7の耐性動作に起因する前記力覚センサ114の値を計測

するとともに、前記ハンドル位置を取得するDSP装置120と、
前記ハンドル位置と、それに加える運動負荷の方向と位置を表示するディスプレイ130と、
 前記耐性動作に起因する前記ユーザの筋群の筋電位信号を測定する筋電位信号計測装置と、
前記DSP装置により与えられた所定の方向性を有する力負荷と、前記筋群のそれぞれの筋から計測した筋電位を整流積分してそれぞれの前記筋の最大随意収縮時の値で正規化して求めた平均値との関係をグラフ化し表示を行う知覚特性表示装置と
を備えることを特徴とする知覚特性測定システム100。

【請求項3】

システムを利用するユーザ1の手先若しくは外部からの動作指示により水平面に可動するハンドル113及び当該ハンドルに取り付けられた力覚センサ114を有するロボット115と、

前記ハンドル113に、所定の方向性を有する力負荷を与えるように指示し、当該力負荷に対抗する前記ユーザの手先7の耐性動作に起因する前記力覚センサ114の値を計測するとともに、前記ハンドル位置を取得するDSP装置120と、

前記ハンドル位置と、それに加える運動負荷の方向と位置を表示するディスプレイ130と、

前記DSP装置120により与えられた所定の方向性を有する力負荷それぞれに応じて、前記耐性動作に起因して前記ユーザが知覚した力の大きさをマグニチュード推定法に基づいて入力されたそれぞれの知覚値を楕円に近似して求めた手先力知覚楕円と、生体関節トルク特性に基づく手先操作力楕円とを合わせて表示する知覚特性表示装置と
を備えることを特徴とする知覚特性測定システム100。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、人間の知覚特性を容易に測定、可視化可能な測定システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

人間は、高度に発達した感覚・知覚機能により得た自己及び外界の情報に基づいて、様々な作業を実現している。特に、ドア開閉など環境からの拘束を伴う作業では、作業対象との相互作用力を受容する力知覚の役割が非常に重要となり、これまでに、人間の力知覚に関する研究が数多くなされている。

【非特許文献1】力覚提示装置を用いた硬さ提示における視覚情報の寄与と改変効果に関する測定的検討、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、Vol.5、No.1、795/802(2000)

【非特許文献2】Perceptual constancy and the perceived magnitude of muscle force、Exp Brain Res、151、197/203(2003)

【非特許文献3】生体関節トルク特性を考慮した下肢操作特性の解析、計測自動制御学会論文集、Vol.40、No.6、612/618(2004) 例えば、指関節、手首関節、肘関節に付着している各筋群に着目して力負荷の主観的等価値を求める測定を行い、筋の大きさが力知覚能力に大きく寄与することを報告している例がある(非特許文献2)。もしそうであるならば、上肢多関節運動において活動する筋群は発揮する手先力の方向に応じて変化することから、人間の手先力知覚特性には方向性が存在するのではないかと考えられる。かかる検証を実施するには、人間の手先力知覚特性を定量的に示す必要がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

しかしながら、これまで人間の四肢姿勢維持における手先力知覚特性が方向性を有する
のか否かを客観的に観測可能な手段がないといった問題があった。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 4 】

そこで、本発明は、人間の四肢姿勢維持における手先力知覚特性が方向性を有すること
を解析することを目的として、マグニチュード推定法に基づいて測定を行ない、さらには
、肘・肩関節に付着する主な筋群から筋電位信号を計測することで、筋収縮レベルと手先
力知覚との関係を容易に検証可能にする計測システムを提供することにある。

【 0 0 0 5 】

そのため、以下の手段を有する知覚特性測定システムを提供することにより、上記課題
を解決している。かかる知覚特性測定システムは、

__第1に、システムを利用するユーザ1の手先若しくは外部からの動作指示により水平面
に可動するハンドル113及び当該ハンドルに取り付けられた力覚センサ114を有する
ロボット115と、前記ハンドル113に、所定の方向性を有する力負荷を与えるように
指示し、当該力負荷に対抗する前記ユーザの手先7の耐性動作に起因する前記力覚センサ
114の値を計測するとともに、前記ハンドル位置を取得するDSP装置120と、前記ハ
ンドル位置と、それに加える運動負荷の方向と位置を表示するディスプレイ130と、前
記DSP装置120により与えられた所定の方向性を有する力負荷と、前記耐性動作に起因
して前記ユーザが知覚した力の大きさをマグニチュード推定法に基づいて入力された知覚
値との関係をグラフ化して表示する知覚特性表示装置とを備えるようにした。

【 0 0 0 6 】

第2に、システムを利用するユーザ1の手先若しくは外部からの動作指示により水平面
に可動するハンドル113及び当該ハンドルに取り付けられた力覚センサ114を有する
ロボット115と、前記ハンドル113に、所定の方向性を有する力負荷を与えるように
指示し、当該力負荷に対抗する前記ユーザの手先7の耐性動作に起因する前記力覚センサ
114の値を計測するとともに、前記ハンドル位置を取得するDSP装置120と、前記ハ
ンドル位置と、それに加える運動負荷の方向と位置を表示するディスプレイ130と、前
記耐性動作に起因する前記ユーザの筋群の筋電位信号を測定する筋電位信号計測装置と、
前記DSP装置により与えられた所定の方向性を有する力負荷と、前記筋群のそれぞれの筋
から計測した筋電位を整流積分してそれぞれの前記筋の最大随意収縮時の値で正規化して
求めた平均値との関係をグラフ化し表示を行う知覚特性表示装置とを備えるようにした。

__第3に、システムを利用するユーザ1の手先若しくは外部からの動作指示により水平面
に可動するハンドル113及び当該ハンドルに取り付けられた力覚センサ114を有する
ロボット115と、前記ハンドル113に、所定の方向性を有する力負荷を与えるように
指示し、当該力負荷に対抗する前記ユーザの手先7の耐性動作に起因する前記力覚センサ
114の値を計測するとともに、前記ハンドル位置を取得するDSP装置120と、前記ハ
ンドル位置と、それに加える運動負荷の方向と位置を表示するディスプレイ130と、前
記DSP装置120により与えられた所定の方向性を有する力負荷それぞれに応じて、前記
耐性動作に起因して前記ユーザが知覚した力の大きさをマグニチュード推定法に基づいて
入力されたそれぞれの知覚値を楕円に近似して求めた手先力知覚楕円と、生体関節トルク
特性に基づく手先操作力楕円とを合わせて表示する知覚特性表示装置とを備えるようにし
た。

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

本発明による知覚特性測定システムによれば、操作者の手先に任意の運動負荷を任意の
方向に加えて操作者に知覚させ、それらの関係を解析することで、人間の手先力知覚特性
の方向性を可視化することが可能となる。さらに、肘、肩関節に付着する主な筋群から筋
電位信号を計測することで、筋収縮レベルと手先力知覚特性を客観的に観測することが可
能となる。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

〔システム構成と動作〕

図1と図4は、本発明で使用する知覚特性測定システム100の概要を示す図である。知覚特性測定システム100は、操作者1が操作するロボット110と、DSP装置120と、ディスプレイ130と、知覚特性表示装置（図示せず）から構成され、ロボット110とディスプレイ130はDSP装置120に接続されている。また、知覚特性表示装置は、DSP装置120や他の機器等と接続されているか、他との情報をやり取りできるインタフェースを備えている。

【0009】

また、ロボット110は操作者1により操作され、操作者1には、2関節6筋モデルに対応した筋群の筋電位信号を計測する筋電位信号計測装置（図示せず）が接続されている。手先力知覚に寄与する上肢筋群の役割を解析するためである。筋電位信号計測装置も知覚特性表示装置と接続されるか、他との情報をやり取りできるインタフェースを備えている。

【0010】

ロボット110は、テーブル115と、1自由度のダイレクトドライブ型リニアモータ111、112と、ハンドル113と6軸力覚センサ114（定格：並進200 [N]、回転力18 [Nm]）により構成されている。

【0011】

テーブル115には、第1のダイレクトドライブ型リニアモータ111（最大推力：100 [N]）が操作者1と水平方向に、第2の1自由度のダイレクトドライブ型リニアモータ112（最大推力：400 [N]）が走者と垂直方向に、互いに直交配置されている。水平面上での手先運動を可能にするためである。

【0012】

テーブル115の可動部には、ハンドル113と6軸力覚センサ114（定格：並進200 [N]、回転力18 [Nm]）が取り付けられている。6軸力覚センサ114の出力は、DSP装置120と、知覚特性表示装置に入力される。

【0013】

DSP装置120は、操作者1がハンドル113に加える手先力を計測し、さらにダイレクトドライブ型リニアモータ111、112に内蔵されたエンコーダ（図示せず）の値から、ハンドル113（手先）の位置を求める。

【0014】

ロボット110はDSP装置120によりインピーダンス制御されており、操作者1の手先には、設定したロボットインピーダンスに応じた運動負荷 $=F$ （数式1）を、ハンドル113を介して、操作者1の手先に任意の方向において与えることができる。当該運動負荷（力負荷）に対抗する操作者1の手先の耐性動作、いわゆるハンドル1を固定しようとする動作に要する力は6軸力覚センサ114の出力により得ることができる。

【0015】

【数1】

$$-F(t) = M\ddot{X}(t) + B\dot{X}(t) + K(X(t) - X_v(t))$$

【0016】

ここで、ロボット110の慣性、粘性、剛性行列は数式2により与えられ、 $X-v$ は剛性の平衡点、 X は手先位置を示す。

【0017】

【数2】

$$M, B, K \in \mathbb{R}^{2 \times 2}$$

【0018】

表示用ディスプレイ130は、測定中に操作者1の手先に加える運動負荷の方向を矢印

10

20

30

40

50

1 3 3で示すとともに、手先位置 1 3 1を表示するようにしている。

【 0 0 1 9 】

知覚特性表示装置（図示せず）には、DSP装置 1 2 0と筋電位信号計測装置（図示せず）が接続され、かつ、知覚特性表示装置は後に説明する操作者が知覚した手先の力負荷の大きさを入力するインタフェースを備えている。従って、知覚特性表示装置は、与えられた、方向と運動負荷に対する、その方向における操作者が知覚した力負荷と筋電位信号との関係を解析し、一定基準によるグラフ表示等が可能である。

【 0 0 2 0 】

〔システムを利用した測定〕

図 2 は、本システムを利用した測定とその一の結果を示す概念図である。

10

操作者 1 は椅子に座ってロボット 1 1 0 のハンドル 1 1 3 を把持し、手先 7 と肘 6 と肩関節 5 の高さが同一水平面上となるように上肢姿勢を維持させる。このとき、操作者 1 の肩関節 5 の位置が変化しないようにベルトで椅子に固定し、肘 6 は天井から吊るした紐で軽く支持する。

【 0 0 2 1 】

操作者 1 にディスプレイ 1 3 0 に表示する視覚フィードバック情報（手の現在位置 1 3 1、手の目標位置 1 3 2、力負荷方向 1 3 3）を提示することにより、手先 7 を所定の初期位置 $X(0)$ で保持するように指示をする。次に、ロボット 1 1 0 に設定した剛性の平衡点 X_v を $X(0)$ から半径 4[cm] の円軌道に設定した点に移動させ、操作者 1 の手先に提示する力負荷の大きさと方向をランダムに変化させる。そして、提示負荷に対して操作者 1

20

【 0 0 2 2 】

回答結果は知覚特性表示装置に入力される。入力インタフェースとしては、キー、音声入力、その他測定環境にふさわしい入力インタフェースとしてもよい。

【 0 0 2 3 】

また、手先力知覚に寄与する上肢筋群の役割を解析するため、2関節6筋モデルに対応した筋群の筋電位信号を計測する。

【 0 0 2 4 】

操作者 1 の運動能力と知覚特性測定システム 1 0 0 の性能を考慮して、提示する力負荷の大きさを $F = 5, 10, 15, 20, 25, 30$ [N]、提示方向を、手先 7 の右水平方向を基準として反時計回りに、その角度を $0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315$ [deg.] と設定した。なお、標準刺激を $F = 15$ [N]、標準刺激方向を角度 $= 180$ [deg.] とし、その時の感覚の大きさを 100 とした。

30

【 0 0 2 5 】

以上の測定方法により、上肢姿勢を $\theta = -2 = 60$ [deg.] として操作者 3 名による測定を行った。なお、姿勢による知覚特性への影響を解析するため、操作者 1 名に対しては $\theta = 0, 60, 90$ [deg.] と肩関節角度を変化させ、各姿勢において全 8 方向への標準刺激に対する筋電位信号を計測した。

【 0 0 2 6 】

〔測定結果による考察〕

提示する力負荷とその方向に対する、操作者 1 が知覚した大きさ（マグニチュード推定法に基づき回答）と、筋電位信号測定結果を知覚特性表示装置において解析表示した結果の例を図 2 と図 3 に示す。

40

【 0 0 2 7 】

〔知覚値と提示刺激との関係の可視化〕

図 2 のグラフ（2 0 1 ~ 2 0 8）に、 $\theta = -1 = 60$ [deg.] の上肢姿勢における操作者 1 名の測定結果を示す。各グラフは提示負荷の方向に対応して配置しており、それぞれ縦軸は操作者が知覚した力負荷の大きさ、横軸は 15 [N] が 100% となるように規格化した提示負荷の大きさである。

【 0 0 2 8 】

50

結果を考察すると、全方向において、知覚値と提示刺激の対数には比例関係が成立し、ウェーバー・フェヒナーの法則をほぼ満たしていることがわかる。しかしながら、対数曲線の係数には方向によって違いが見られる。同様な傾向は、他の姿勢においても確認できる。

【 0 0 2 9 】

〔手先操作力と手先力知覚及び、そらの関係の可視化〕

次に、全8方向の標準刺激（ $F=15[N]$ ）に対する知覚値 F_p （図2中の黒点）を数式3により最小二乗法でフィッティングして近似楕円を求め、手先力知覚特性の方向性を解析した。

【 0 0 3 0 】

【数3】

$$\begin{bmatrix} F_p \cos \phi - d & F_p \sin \phi - e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & b \\ b & c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_p \cos \phi - d \\ F_p \sin \phi - e \end{bmatrix} = 1$$

【 0 0 3 1 】

図3は、各上肢姿勢に対する手先力知覚楕円（Hand Force Perception Ellipse: HFPE）312、322、332と、また生体関節トルク特性を考慮した手先操作力楕円（HFPE：非特許文献3を参照）311、321、331とを表す図である。HFPEでは、標準刺激方向（角度=180[deg.]）の半径よりも径が大きい方向には操作者1が標準刺激力（ $F=15[N]$ ）よりも大きな負荷を知覚し、小さければ小さく知覚していることを表している。一方、HFMEは長軸方向には大きな力を発揮しやすく、短軸方向には大きな力を発揮しにくいことを表している。図3により、HFPEは真円にならず、同じ提示負荷でも手先力をやや大きく知覚する方向と小さく知覚する方向が存在し、HFMEとほぼ直交することがわかる。このことは、人間は大きな手先力を発揮できる方向には負荷を小さく知覚し、逆に大きな手先力を発揮しにくい方向には負荷を大きく知覚する傾向があることを示している。

【 0 0 3 2 】

〔手先力知覚特性と筋の活動レベルとの関係の可視化〕

さらに、提示する力負荷とその方向に対する結果を知覚特性表示装置において解析表示した結果の例を図4に示す。すなわち、図4は、手先力の動力源である筋の活動レベルと手先力知覚特性の関係性を示している。

【 0 0 3 3 】

図4の縦軸は標準刺激に対する知覚値 F_p 、横軸はそのとき操作者が発揮した筋活動レベルの平均値（6つの筋から計測した筋電位を整流積分後、それぞれの最大随意収縮時の値で正規化して求めた平均値）である。また、図中の r は各姿勢において算出した F_p と筋活動レベルの相関係数を示している。各姿勢において0.7以上の相関があり、手先力知覚値が使用する筋の活動レベルに依存してほぼ比例的に変化することがわかる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 3 4 】

本発明による知覚特性測定システムによれば、人間の手先力知覚特性を可視化することができ、さらには肘・肩関節に付着する主な筋群から筋電位信号を計測することで、筋収縮レベルと手先力知覚特性を客観的に観測することが可能となるので、人間の操作を前提としたあらゆる産業機械類の設計等に利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 5 】

【図1】知覚特性測定システムの概要図

【図2】知覚特性の測定結果を示すグラフ

【図3】手先力知覚楕円と手先操作力楕円を示す図

【図4】筋の活動レベルと手先力知覚特性の関係を示す図

【図5】ロボットのハンドル部を示す図

【符号の説明】

10

20

30

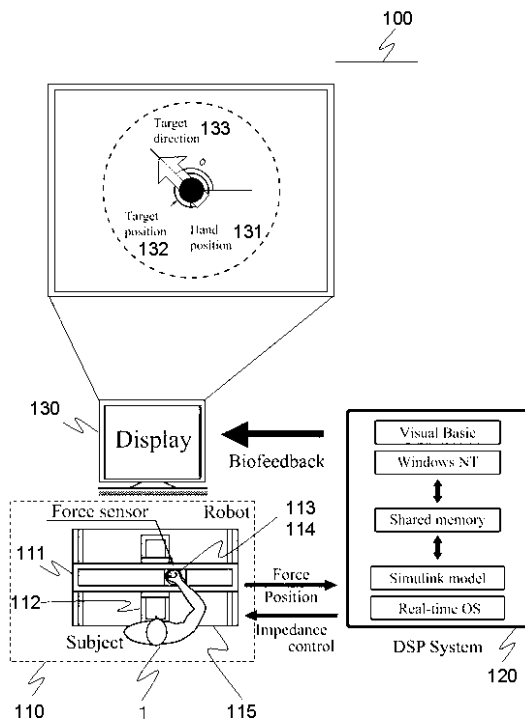
40

50

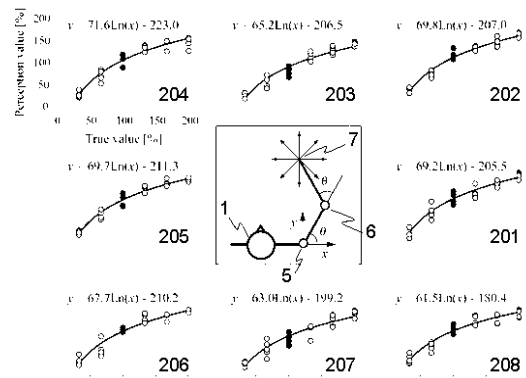
【 0 0 3 6 】

- 1 操作者
- 1 0 0 知覚特性測定システム
- 1 1 0 ロボット
- 1 1 1 第1のダイレクトドライブ型リニアモータ（水平方向）
- 1 1 2 第2のダイレクトドライブ型リニアモータ（垂直方向）
- 1 1 3 ハンドル
- 1 1 4 6軸力覚センサ
- 1 1 5 テーブル
- 1 2 0 DSP装置
- 1 3 0 ディスプレイ
- 1 3 1 手の現在位置
- 1 3 2 手の目標位置
- 1 3 3 力負荷方向

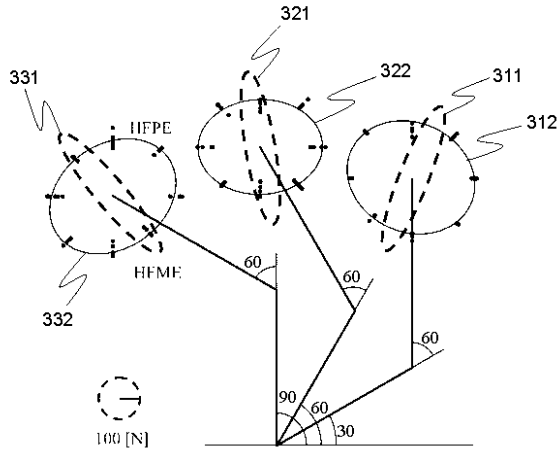
【 図 1 】



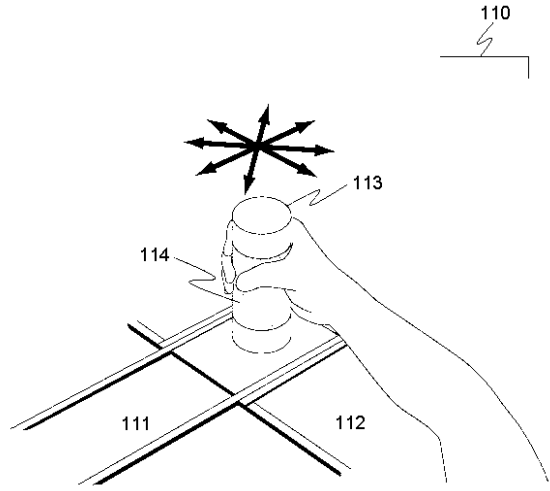
【 図 2 】



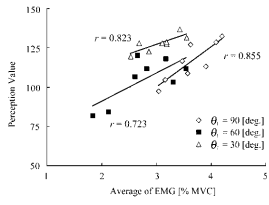
【 図 3 】



【 図 5 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 辻 敏夫

広島県東広島市鏡山1丁目4番1号 国立大学法人広島大学工学研究科内

(72)発明者 松下 和寛

広島県東広島市鏡山1丁目4番1号 国立大学法人広島大学工学研究科内

審査官 湯本 照基

(56)参考文献 特開2004-275214(JP,A)

特開2002-119553(JP,A)

特開2004-073386(JP,A)

特開2001-286451(JP,A)

特開平10-015003(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 5/0488