

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2017-158808
(P2017-158808A)

(43) 公開日 平成29年9月14日(2017.9.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 5/11 (2006.01)	A 6 1 B 5/10 3 1 0 G	4 C 0 3 8
G 0 6 T 1/00 (2006.01)	G 0 6 T 1/00 2 9 0	5 B 0 5 7
G 0 6 T 7/20 (2017.01)	G 0 6 T 7/20 3 0 0	5 L 0 9 6

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2016-46229 (P2016-46229)	(71) 出願人	510157465
(22) 出願日	平成28年3月9日 (2016.3.9)		公立大学法人埼玉県立大学 埼玉県越谷市三野宮820番地
		(74) 代理人	100100918 弁理士 大橋 公治
		(72) 発明者	濱口 豊太 埼玉県越谷市三野宮820番地 公立大学 法人埼玉県立大学内
		(72) 発明者	石岡 俊之 埼玉県越谷市三野宮820番地 公立大学 法人埼玉県立大学内
		(72) 発明者	酒井 雅裕 北海道江別市西野幌59番2 学校法人電 子開発学園北海道情報大学内
		Fターム(参考)	4C038 VA04 VB13 VB31 VC05 VC20 最終頁に続く

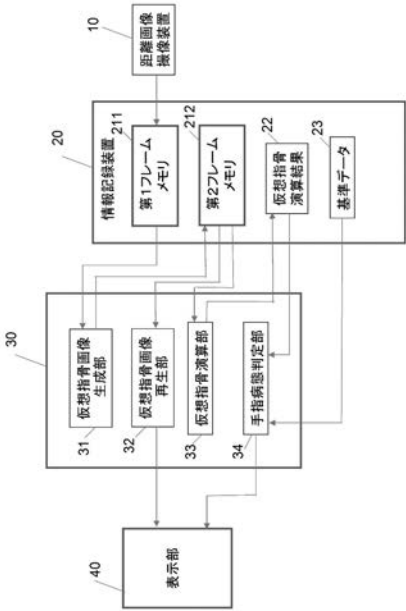
(54) 【発明の名称】 手指病態評価装置

(57) 【要約】

【課題】 手指の運動麻痺状態を定量的に評価できる手指病態評価装置を提供する。

【解決手段】 被写体までの距離データが各画素の画素値に含まれる距離画像を撮影する距離画像撮影手段10と、被験者の運動する手指を被写体として撮影した距離画像の各フレームから各指の指骨位置を求めて、その指骨位置のデータを画素値に含む仮想指骨の画像を生成する仮想指骨画像生成手段32と、仮想指骨間の関節角度、仮想指骨の運動状態を表す加速度、及び、仮想指骨の運動に伴う移動量の少なくとも1つを算出する仮想指骨演算手段33と、手指の基準となる病態での基準データ23と、仮想指骨演算手段33が算出した値とを比較し、被験者の手指の病態レベルを判定する手指病態判定手段34とを備える。この手指病態評価装置では、手指の病態レベルを基準レベルと比較することで定量的に評価できる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

手指の運動麻痺状態を評価する手指病態評価装置であって、
被写体までの距離データが各画素の画素値に含まれる距離画像を撮影する距離画像撮影手段と、

前記距離画像撮影手段が被験者の運動する手指を被写体として撮影した前記距離画像の各フレームから各指の指骨を構成する中手骨、基節骨、中節骨及び末節骨の指骨位置を求めて、該指骨位置のデータが画素値に含まれる仮想指骨の画像を生成する仮想指骨画像生成手段と、

前記仮想指骨画像生成手段により生成された前記仮想指骨の画像を前記被験者の特定が可能な識別情報に対応付けて記録する記録手段と、

前記記録手段から前記仮想指骨の画像を読み出し、仮想指骨間の関節角度、前記仮想指骨の運動状態を表す加速度、及び、前記仮想指骨の運動に伴う移動量の少なくとも1つを算出する仮想指骨演算手段と、

前記手指の基準となる病態での仮想指骨間の関節角度、仮想指骨の前記加速度、又は、仮想指骨の前記移動量を基準データとして、該基準データと、前記仮想指骨演算手段が算出した値とを比較し、前記被験者の手指の病態レベルを判定する手指病態判定手段と、
を備えることを特徴とする手指病態評価装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の手指病態評価装置であって、さらに、前記記録手段に記録された前記仮想指骨の画像を表示画面に表示する仮想指骨画像再生手段を備えることを特徴とする手指病態評価装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の手指病態評価装置であって、前記距離画像撮影手段は、赤外線発光素子を具備し、発光された赤外光が前記被写体で反射して戻るまでの時間に基づいて各画素に含める前記距離データを設定するTime of Flight (T O F) 方式の距離画像センサであることを特徴とする手指病態評価装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の手指病態評価装置であって、前記仮想指骨演算手段は、前記仮想指骨の各々を時間的に大きさが変化しないベクトルと見做して前記仮想指骨間の関節角度を算出することを特徴とする手指病態評価装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の手指病態評価装置であって、前記基準データは、手指の病態レベルが既知の患者の手指を被写体として前記距離画像撮影手段が撮影した前記距離画像から、前記仮想指骨画像生成手段による仮想指骨画像の生成、及び、前記仮想指骨演算手段による仮想指骨間の関節角度、仮想指骨の前記加速度、又は、仮想指骨の前記移動量の算出の処理を経て生成されたものであり、前記記録手段の基準データ格納領域に記録されていることを特徴とする手指病態評価装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の手指病態評価装置であって、前記記録手段の前記基準データ格納領域には、運動麻痺の各重症度に該当する患者の手指を前記被写体として前記距離画像撮影手段が撮影した前記距離画像から得られた前記基準データが記録されていることを特徴とする手指病態評価装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、片麻痺患者の手指の運動麻痺状態を評価する手指病態評価装置に関し、麻痺の回復状態の定量的な評価を可能にしたものである。

【背景技術】

【0002】

脳卒中患者の運動麻痺は、骨格筋が収縮しない最重度の麻痺状態から、各関節を動かす骨格筋が同時に収縮する共同運動の状態、各関節を動かす骨格筋が随意的に収縮し、各関節の独自の運動が可能となる分離運動の状態へと重症度が段階づけられる。

リハビリテーション分野では、脳卒中患者の運動麻痺の回復過程での重症度を運動観察により評価する方法が広く用いられている。

例えば、下記非特許文献1に記載されたブルンストローム・ステージでは、回復過程での手指の運動麻痺の重症度を以下の6段階に分けている。

ステージ1：随意的に動かすことができない弛緩性麻痺状態。

ステージ2：指の屈折が不能、または僅かに可能。

ステージ3：指の集団屈曲が可能、鉤型握りをするが離すことはできない。指伸展は随意的にはできない（反射的に可能な場合がある）。

ステージ4：横摘まみが可能で、母指の外転により離すことも可能。半ば随意的な指の伸展が可能だが、不十分。

ステージ5：対向摘まみができる。円筒握り、球握り等が可能。指の集団伸展が可能。

ステージ6：全ての握り方、摘み方が可能。随意的な指伸展が全可動域で可能。指の分離運動も可能。しかし、麻痺の無い人に比べて多少拙劣。

片麻痺患者のリハビリテーションの治療プログラムは、患者の運動麻痺の回復過程での重症度に基づいて組まれる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献1】Signe Brunnstrom “Movement Therapy in Hemiplegia: A Neurophysiological Approach” Harper & Row、New York、1970。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、従来の運動麻痺の重症度に対する動作観察評価は、麻痺の状態を表す量の大小関係にのみ意味を持つ“順序尺度”による評価であり、重症度の判定には判定者の経験や技術が大きく影響する。

科学的根拠に基づくリハビリテーション医療を進めるには、患者の病態を客観的に評価することが必要である。

【0005】

本発明は、こうした事情を考慮して創案したものであり、手指の運動麻痺状態を定量的に評価することができる手指病態評価装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、手指の運動麻痺状態を評価する手指病態評価装置であって、被写体までの距離データが各画素の画素値に含まれる距離画像を撮影する距離画像撮影手段と、距離画像撮影手段が被験者の運動する手指を被写体として撮影した距離画像の各フレームから各指の指骨を構成する中手骨、基節骨、中節骨及び末節骨の指骨位置を求めて、その指骨位置のデータが画素値に含まれる仮想指骨の画像を生成する仮想指骨画像生成手段と、仮想指骨画像生成手段により生成された仮想指骨の画像を被験者の特定が可能な識別情報に対応付けて記録する記録手段と、記録手段から仮想指骨の画像を読み出し、仮想指骨間の関節角度、仮想指骨の運動状態を表す加速度、及び、仮想指骨の運動に伴う移動量の少なくとも1つを算出する仮想指骨演算手段と、手指の基準となる病態での仮想指骨間の関節角度、仮想指骨の加速度、又は、仮想指骨の移動量を基準データとして、この基準データと、仮想指骨演算手段が算出した値とを比較し、被験者の手指の病態レベルを判定する手指病態判定手段と、を備えることを特徴とする。

この手指病態評価装置では、手指の病態レベルを基準レベルと比較することで定量的に評価することができる。

【0007】

また、本発明の手指病態評価装置では、さらに、記録手段に記録された仮想指骨の画像を表示画面に表示する仮想指骨画像再生手段を備える。

手指の病態を映像で表すことができる。

【0008】

また、本発明の手指病態評価装置では、距離画像撮影手段として、赤外線発光素子を具備し、発光された赤外光が被写体で反射して戻るまでの時間に基づいて各画素に含める距離データを設定するTime of Flight (TOF) 方式の距離画像センサを用いることが望ましい。

TOF方式の距離画像センサは、高い精度の距離画像を得ることができる。

10

【0009】

また、本発明の手指病態評価装置では、仮想指骨演算手段は、仮想指骨の各々を時間的に大きさが変化しないベクトルと見做して仮想指骨間の関節角度を算出する。

それにより、各指の仮想指骨間の関節角度等を代数計算処理で求めることができる。

【0010】

また、本発明の手指病態評価装置では、基準データは、手指の病態レベルが既知の患者の手指を被写体として距離画像撮影手段が撮影した距離画像から、仮想指骨画像生成手段による仮想指骨画像の生成、及び、仮想指骨演算手段による仮想指骨間の関節角度、仮想指骨の加速度、又は、仮想指骨の移動量の算出の処理を経て生成されたものであり、記録手段の基準データ格納領域に記録されている。

20

手指の病態レベルが既知の患者の手指の運動を距離画像撮影手段で撮影することで基準データが得られる。

【0011】

また、本発明の手指病態評価装置では、記録手段の基準データ格納領域に、運動麻痺の各重症度に該当する患者の手指を被写体として距離画像撮影手段が撮影した距離画像から得られた基準データが記録されている。

そのため、被験者の手指の病態が運動麻痺のどの重症度に該当するかを的確に判断することができる。

【発明の効果】

【0012】

30

本発明の手指病態評価装置により、手指の運動麻痺の重症状態を定量的に評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施形態に係る手指病態評価装置の構成を示すブロック図

【図2】手指の指骨及び関節を示す図

【図3】図1の手指病態評価装置の動作手順を示すフロー図

【図4】手指の病態の判定手順を示すフロー図

【図5】仮想指骨の表示形態を示す図

【図6】ベクトルで表された仮想指骨を示す図

40

【図7】ベクトルで表された仮想指骨の移動量を説明する図

【発明を実施するための形態】

【0014】

図1は、本発明の実施形態に係る手指病態評価装置の構成をブロック図で示している。

この装置は、距離画像の撮影を実行する距離画像撮影装置10と、距離画像撮影装置10で撮影された手指の動画像から病態を評価するための演算を行う演算部30と、距離画像撮影装置10で撮影された映像や演算部30で算出された演算結果を記録する情報記録装置20と、演算結果等を表示する表示部40とを備えている。

【0015】

距離画像撮影装置10は、被験者の手指を被写体として、その動画像を撮像する。被験

50

者は、距離画像撮影装置 10 の前で指を曲げたり伸ばしたり、物を掴んだり、摘まんだりする動作を行い、距離画像撮影装置 10 は、そうした運動を行う手指を撮像する。

距離画像撮影装置 10 により撮影される画像（距離画像）の各画素のデータには、被写体までの距離のデータが含まれる。

距離画像を撮影する方式としては、“TOF (Time of Flight) 方式”や“パターン投光方式”等が知られている。TOF 方式では、赤外線発光素子から発光された赤外光が被写体に反射して戻るまでの時間を距離に置き換えて各画像データに含める。一方、パターン投光方式では、被写体に赤外線パターン（例えばドットパターン）を投光し、被写体に反射して戻って来たパターンの歪から被写体までの距離を算出し、その距離データを各画素データに含める。

この実施形態では、TOF 方式の距離画像撮影装置 10 を使用している。なお、TOF 方式の距離画像撮影装置には、例えば、Leap Motion 社から市販されている LEAP MOTION（登録商標）などの機種がある。

【0016】

図 2 は、被写体となる手指の指骨について示している。母指の指骨は中手骨 51、基節骨 52 及び末節骨 54 から成り、その他の示指、中指、薬指及び小指の指骨は、中手骨 51、基節骨 52、中節骨 53 及び末節骨 54 から成る。また、中手骨 51 と基節骨 52 との間の関節は MP 関節 55 と呼ばれ、基節骨 52 と中節骨 53 との間の関節は PIP 関節 56、中節骨 53 と末節骨 54 との間の関節は DIP 関節 57 と呼ばれる。また、母指の基節骨 52 と末節骨 54 との間の関節は IP 関節 58 と呼ばれる。

各指の指骨や関節の位置は、手指の外形や手指の屈曲位置等から推定可能である。

【0017】

演算部 30 は、図 1 に示すように、距離画像撮影装置 10 が撮影した距離画像のフレーム画像から各指の中手骨 51、基節骨 52、中節骨 53 及び末節骨 54 の指骨位置を推定して、その指骨位置のデータを画素データに含む、各指骨を模した仮想指骨の画像を生成する仮想指骨画像生成部 31 と、仮想指骨画像生成部 31 が生成した仮想指骨の画像を表示部 40 に表示する仮想指骨画像再生部 32 と、仮想指骨画像生成部 31 が生成した仮想指骨画像から“各関節の角度”や“仮想指骨の運動状態を表す加速度”“仮想指骨の運動に伴う移動量”を算出する仮想指骨演算部 33 と、手指病態の基準データと仮想指骨演算部 33 が算出したデータとを比較して被験者の手指の病態を評価する手指病態判定部 34 とを備えている。

【0018】

また、情報記録装置 20 は、距離画像撮像装置 10 で撮像されたフレーム画像を格納する第 1 フレームメモリ 211 と、仮想指骨画像生成部 31 で生成された仮想指骨のフレーム画像を格納する第 2 フレームメモリ 212 と、仮想指骨演算部 33 が算出した“各関節の角度”“仮想指骨の運動状態を表す加速度”“仮想指骨の運動に伴う移動量”を蓄積する仮想指骨演算結果格納領域 22 と、手指病態の基準データを蓄積する基準データ格納領域 23 とを備えている。

【0019】

情報記録装置 20 の基準データ格納領域 23 には、ブルンストローム・ステージのステージ 1 からステージ 6 までの各ステージの患者が距離画像撮影装置 10 の前で手指の運動動作を行い、それを撮像した距離画像撮影装置 10 の距離画像から仮想指骨画像生成部 31 が仮想指骨の画像を生成し、その画像から仮想指骨演算部 33 が算出した“各関節の角度”“仮想指骨の運動状態を表す加速度”“仮想指骨の運動に伴う移動量”のデータが運動麻痺の重症度の識別 ID に対応付けて格納されている。

【0020】

なお、演算部 30 はコンピュータの CPU 等で構成され、仮想指骨画像生成部 31、仮想指骨演算部 33、手指病態判定部 34 及び仮想指骨画像再生部 32 は、CPU がプログラムで規定された処理を実行することにより実現される。

また、情報記録装置 20 及び表示部 40 は、コンピュータに付属するメモリやディス

10

20

30

40

50

レイを用いて構成しても良い。

【0021】

図3及び図4のフロー図は、この手指病態評価装置の動作手順を示している。

距離画像撮影装置10は、被験者の手指の運動動作を撮像し、フレーム画像を順次送出する。送られたフレーム画像は、情報記録装置20の第1フレームメモリ211に格納される(ステップ1)。

仮想指骨画像生成部31は、第1フレームメモリ211に距離画像撮影装置10からのフレーム画像が格納されると、それを読み出して手指の外形や手指の屈曲位置等から各指骨位置を推定し、画素データに指骨位置データを含む仮想指骨画像を生成する(ステップ2)。

10

なお、距離画像撮影装置10としてLEAP MOTION(登録商標)を使用する場合は、Leap Motion Developer SDKを利用して作成するアプリケーションによりLEAP MOTIONのフレーム画像から指の種類、指先の位置、指の動作速度、指の関節情報、指骨の場所等の情報を取得することが可能であり、それらの取得情報を指骨位置の特定に利用することができる。

【0022】

仮想指骨画像生成部31が作成した仮想指骨画像のフレーム画像は、情報記録装置20の第2フレームメモリ212に被験者又はその手指を特定する識別情報とともに格納される(ステップ3)。

仮想指骨画像再生部32は、第2フレームメモリ212から仮想指骨のフレーム画像を読み出し、表示部40に表示する(ステップ4)。

20

ステップ1～ステップ4の手順は、距離画像撮影装置10からのフレーム画像の受信が終了するまで繰り返される(ステップ5)。

図5は、距離画像撮影装置10で撮像された手の仮想指骨画像が表示部40に表示されている様子を模式的に示している。

【0023】

一方、仮想指骨演算部33は、図4に示すように、仮想指骨画像生成部31が作成し、第2フレームメモリ212に格納された仮想指骨のフレーム画像を読み出し、各仮想指骨の指骨位置情報を取得する(ステップ6)。

仮想指骨演算部33は、各仮想指骨を時間的に大きさが変わらないベクトルと見做して、仮想指骨間の関節角度や仮想指骨の加速度、仮想指骨の移動量を算出する(ステップ7)。

30

【0024】

図6に示すように、中手骨のベクトルを A^V (ベクトルを便宜上、上付き文字Vで表記する)、基節骨のベクトルを B^V 、中節骨のベクトルを C^V 、末節骨のベクトルを D^V 、中手骨と基節骨との角度を $\theta 1$ 、基節骨と中節骨との角度を $\theta 2$ 、中節骨と末節骨との角度を $\theta 3$ とすると、 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ は、次式により求めることができる。

$$\cos \theta 1 = A^V \cdot B^V / |A^V| |B^V| \\ = (axbx + ayby + azbz) / (ax^2 + ay^2 + az^2)^{1/2} (bx^2 + by^2 + bz^2)^{1/2} \quad (\text{数} 1)$$

$$\cos \theta 2 = B^V \cdot C^V / |B^V| |C^V| \\ = (bxcx + bycy + bzcz) / (bx^2 + by^2 + bz^2)^{1/2} (cx^2 + cy^2 + cz^2)^{1/2} \quad (\text{数} 2)$$

40

$$\cos \theta 3 = C^V \cdot D^V / |C^V| |D^V| \\ = (cx dx + cy dy + cz dz) / (cx^2 + cy^2 + cz^2)^{1/2} (dx^2 + dy^2 + dz^2)^{1/2} \quad (\text{数} 3)$$

(数1)(数2)(数3)の分母は時間によって変化しない。

また、仮想指骨の運動状態を表す加速度は、例えば、 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ の2階微分($d^2 \theta 1 / dt^2$ 、 $d^2 \theta 2 / dt^2$ 、 $d^2 \theta 3 / dt^2$)を計算して求めることができる。

【0025】

また、仮想指骨の移動量を、図7に示すように、末節骨の先端の移動量で代表する場合、基節骨の一端と末節骨の先端とを結ぶベクトル $E 1^V$ とその成分($e 1 x$ 、 $e 1 y$ 、 $e 1 z$)は、

50

$$E1^V = A^V + B^V + C^V + D^V$$

$$e1x = ax + bx + cx + dx$$

$$e1y = ay + by + cy + dy$$

$$e1z = az + bz + cz + dz$$

となる。 C^V が C'^V に変化したことにより $E1^V$ が $E2^V$ に移動した場合、その移動量 $E3^V$ は、

$$E3^V = E1^V - E2^V$$

$$e3x = e1x - e2x$$

$$e3y = e1y - e2y$$

$$e3z = e1z - e2z$$

10

の代数計算により求めることができる。

【0026】

仮想指骨演算部33が算出した結果は、情報記録装置20の仮想指骨演算結果格納領域22に格納される（ステップ22）。

手指病態判定部34は、仮想指骨演算結果格納領域22に格納された関節角度、加速度及び移動量を読み出して、基準データ格納領域23に格納されている運動麻痺の重症度に準じた関節角度、加速度及び移動量と比較する（ステップ8）。そして、それらの値の比較によって各運動の可否を判定し、被験者の麻痺の重症度を判定する（ステップ9）。

手指病態判定部34が判定した被験者の麻痺の重症度は、ブルンストローム・ステージに則して、表示部40に表示される（ステップ10）。

20

ステップ6～ステップ10の手順は、第2フレームメモリ212に格納された仮想指骨のフレーム画像の全てについての処理が終了するまで繰り返される（ステップ11）。

このように、この手指病態評価装置では、被験者の手指の関節角度、加速度及び移動量と基準データとを比較して手指の病態を判定しているため、客観的な判定が可能である。

【0027】

なお、ここではTOF方式の距離画像撮影装置を使用した。この方式の距離画像撮影装置は、高精度の距離画像が得られるため好ましいが、本発明は、パターン投光方式など、その他の方式の距離画像撮影装置の使用を排除するものではない。

また、ここでは、ブルンストローム・ステージの各ステージにおける手指の病態を運動麻痺状態の基準として基準データを設定したが、それとは異なるものを基準データとしても良い。

30

また、手指の病態の判断は、手指の関節角度、加速度及び移動量の一部だけを用いて行っても良い。

【産業上の利用可能性】

【0028】

本発明の手指病態評価装置は、手指の病態の定量的な評価が可能であり、患者のリハビリテーションの治療プログラムを病態の評価結果に基づいて設定するリハビリテーション施設や病院等において広く利用することができる。

【符号の説明】

【0029】

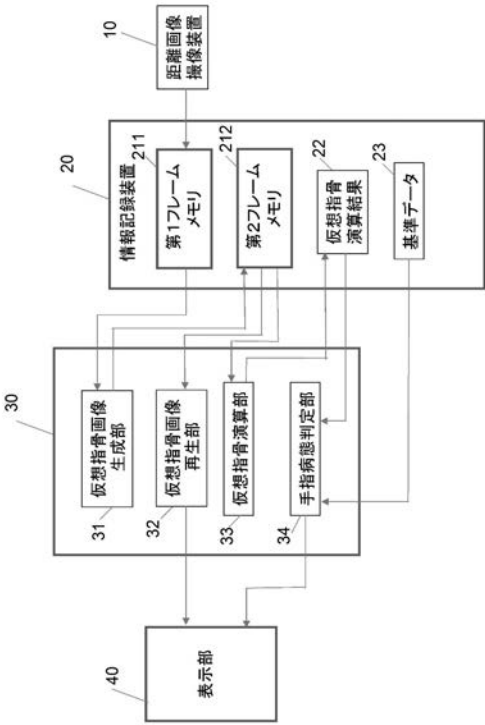
40

- 10 距離画像撮影装置
- 20 情報記録装置
- 22 仮想指骨演算結果格納領域
- 23 基準データ格納領域
- 30 演算部
- 31 仮想指骨画像生成部
- 32 仮想指骨画像再生部
- 33 仮想指骨演算部
- 34 手指病態判定部
- 40 表示部

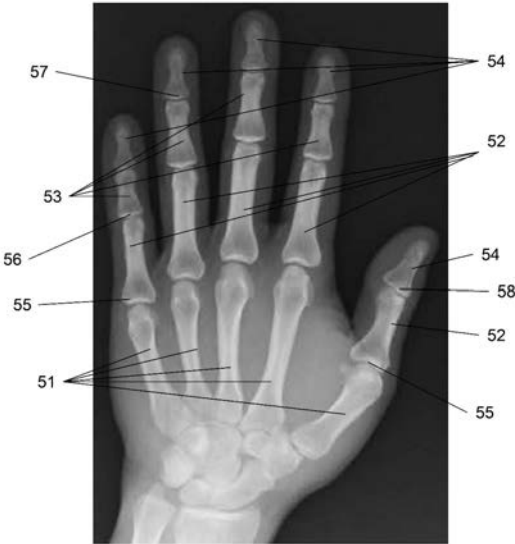
50

- 5 1 中手骨
- 5 2 基節骨
- 5 3 中節骨
- 5 4 末節骨
- 5 5 M P 関節
- 5 6 P I P 関節
- 5 7 D I P 関節
- 5 8 I P 関節
- 2 1 1 第 1 フレームメモリ
- 2 1 2 第 2 フレームメモリ

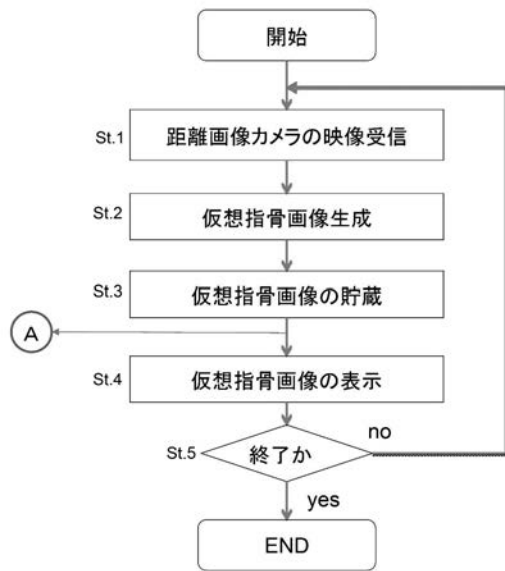
【 図 1 】



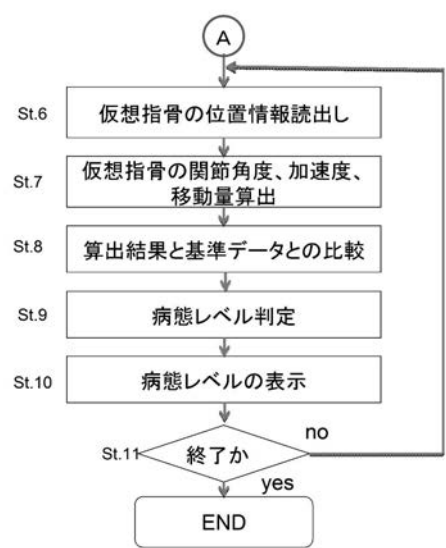
【 図 2 】



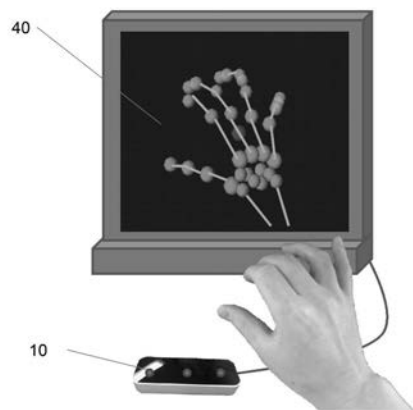
【図 3】



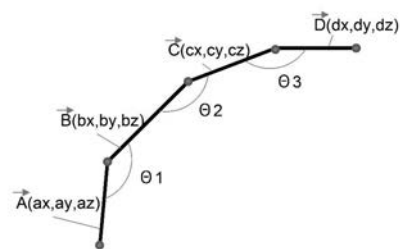
【図 4】



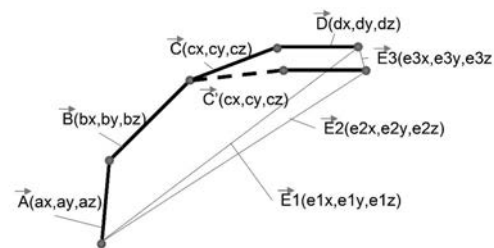
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5B057 AA07 CA13 CA16 CB13 CB16 CC01 DA03 DA08 DB03 DB09
DC08 DC36
5L096 AA09 BA13 CA02 DA01 FA66 FA67 HA03