

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4669941号
(P4669941)

(45) 発行日 平成23年4月13日(2011.4.13)

(24) 登録日 平成23年1月28日(2011.1.28)

(51) Int. Cl. F I
G06F 17/50 (2006.01) G O 6 F 17/50 6 1 2 A
G06T 19/00 (2011.01) G O 6 F 17/50 6 2 2 A
 G O 6 T 17/40 A

請求項の数 4 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2005-105262 (P2005-105262)	(73) 特許権者	504173471 国立大学法人北海道大学 北海道札幌市北区北8条西5丁目
(22) 出願日	平成17年3月31日(2005.3.31)	(73) 特許権者	301021533 独立行政法人産業技術総合研究所 東京都千代田区霞が関1-3-1
(65) 公開番号	特開2006-285685 (P2006-285685A)	(74) 代理人	100083806 弁理士 三好 秀和
(43) 公開日	平成18年10月19日(2006.10.19)	(74) 代理人	100101247 弁理士 高橋 俊一
審査請求日	平成19年3月29日(2007.3.29)	(74) 代理人	100120455 弁理士 勝 治人
特許法第30条第1項適用	平成17年3月1日 社団法人精密工学会発行の「2005年度 精密工学会春季大会 学術講演会講演論文集」に発表	(72) 発明者	金井 理 北海道札幌市北区北14条西9丁目 北海道大学大学院情報科学研究科内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元デザイン支援装置及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

デジタルハンドモデルのデータを保持するデジタルハンドモデルデータベースと、
 製品形状データを入力する製品形状データ入力部と、
入力手段による外部からの「大きい」 - 「小さい」及び「ごつい」 - 「華奢」の2軸で与えられるハンドサイズの決定指標の入力に基づき、ハンドサイズを決定するハンドサイズ設定部と、

前記デジタルハンドモデルデータベースのデータを呼び出し、前記ハンドサイズ設定部の決定したハンドサイズを反映させた3次元デジタルハンドモデルを作成するデジタルハンドモデル作成部と、

前記製品形状データ入力部から入力された製品形状データに基づき仮想的な製品形状モデルを作成する製品形状モデル作成部と、

入力手段による外部からの前記製品形状モデル作成部の作成した製品形状モデルとデジタルハンドモデル作成部の作成したデジタルハンドモデルとの接触点候補を指定する入力を受け付け、前記製品形状モデルとデジタルハンドモデルとに接触点候補を設定する接触点候補設定部と、

前記接触点候補設定部による接触点候補の指定に基づき、前記製品形状モデルに対する複数のデジタルハンドモデルの基本把持姿勢候補を生成し、かつ、当該複数の基本把持姿勢候補の中から前記デジタルハンドモデルの指の前記製品形状モデルに対する接触点の最も多い基本把持姿勢候補を最適な基本把持姿勢と決定する基本把持姿勢生成部と、

前記基本把持姿勢生成部の決定したデジタルモデルハンドの前記製品形状モデルに対する基本把持姿勢の3次元モデルを表示する表示装置とを備えたことを特徴とする3次元デザイン支援装置。

【請求項2】

把持の種類を「Power Grasp」とするか「Precision Grasp」とするかを入力設定のためのグラスブ設定部を備え、

前記基本把持姿勢生成部は、前記グラスブ設定部により設定された把持の種類に応じた基本把持姿勢を算定することを特徴とする請求項1に記載の3次元デザイン支援装置。

【請求項3】

入力手段による製品形状データのを受け付ける製品形状入力ステップと、
入力手段による外部からの「大きい」-「小さい」及び「ごつい」-「華奢」の2軸で与えられるハンドサイズの決定指標のに基づき、ハンドサイズを決定するハンドサイズ設定ステップと、

デジタルハンドモデルデータベースの保持するデジタルハンドモデルのデータを呼び出し、前記ハンドサイズ設定ステップにて決定したハンドサイズを反映させた3次元デジタルハンドモデルを作成するデジタルハンドモデル作成ステップと、

前記入力された製品形状データに基づき仮想的な製品形状モデルを作成する製品形状モデル生成ステップと、

入力手段による外部からの前記製品形状モデル作成ステップにて作成した製品形状モデルとデジタルハンドモデル作成ステップにて作成したデジタルハンドモデルとの接触点候補を指定するを受け付け、前記製品形状モデルとデジタルハンドモデルとに接触点候補を設定する接触点候補設定ステップと、

前記接触点候補設定ステップにおける接触点候補の指定に基づき、前記製品形状モデルに対する複数のデジタルハンドモデルの基本把持姿勢候補を生成し、かつ、当該複数の基本把持姿勢候補の中から前記デジタルハンドモデルの指の前記製品形状モデルに対する接触点の最も多い基本把持姿勢候補を最適な基本把持姿勢と決定する基本把持姿勢生成ステップと、

前記基本把持姿勢生成ステップにて決定したデジタルモデルハンドの前記製品形状モデルに対する基本把持姿勢の3次元モデルを表示する出力ステップとをコンピュータに実行させることを特徴とする3次元デザイン支援プログラム。

【請求項4】

入力手段による「Power Grasp」とするか「Precision Grasp」とするかを設定を受け付け、把持の種類を決定するグラスブ設定ステップを有し、

前記基本把持姿勢生成ステップにおいて、前記グラスブ設定ステップにて設定された把持の種類に応じた基本把持姿勢を算定することを特徴とする請求項3に記載の3次元デザイン支援プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、製品をユーザの手で把持する際の把持姿勢を提示する製品モデルの把持姿勢を模擬する3次元デザイン支援装置及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年のCADシステムの普及に伴い、デジタルモックアップによるスタイルデザインが本格化しているが、製品に対するエルゴノミクス評価は未だに物理モックアップに頼っているのが現状であり、これをデジタル化することで、開発コストや時間の削減を行いたいという要求が高まっている。工業製品のうち、パームトップで用いるIT機器に対して仮想エルゴノミクス評価を行うには、豊富なサイズバリエーションや高精度な幾何形状・運動生成機能をもつ手のモデルや、製品形状やユーザインタフェース(UI)操作仕様と手のモデルを連携させたシミュレーション機能などが求められる。

【 0 0 0 3 】

これまでに、Jack、RAMSIS、Safeworkといったデジタル・ヒューマンを用いたシミュレーションソフトウェア（非特許文献1）が市販され、自動車・航空機などの設計に活用されているが、これらは、スタイルデザインにおけるエルゴノミクス評価において要求される手のモデルの再現精度やシミュレーション機能を、必ずしも満たすものではない。また特開2002-245484号公報（特許文献1）に記載のようにコンピュータマネキンに関連する技術は知られているが、人の手による製品モデルの把持姿勢を仮想的に作成し提示する技術は知られていない。

【 0 0 0 4 】

また、操作対象の物体の支持位置を指定して人間モデル側の動作を自動決定する研究が、次の論文「Onosato, M., Kawano, T., Iwata, K.; "Virtual Affordance Protocol: Communication between Digital Human and Virtual Working Environment for Task Motion Planning". Digital Human Modeling Conference VDI-berichite NR. 1675, 2002 (The Proc. Digital Human Modeling Conference 2002), pp. 329-342, 2002.6.（非特許文献2）」に記載されている。しかしながら、この技術は、人間の全身の動作生成を対象としており、手の動作生成そのものは取り扱っていない。

【 0 0 0 5 】

さらに、人の手指型のロボットマニプレータの動作生成において、与えられた物体モデルの形状から、安定に把持できるロボットハンドと物体との接触点群の配置を多数の候補点群の中から探索で見つけ出す研究が次の論文「Ch. Borst, M. Fischer and G. Hirzinger; "Grasping the Dice by Dicing the Gap". Proceedings of the 2003 IEEE/RSJ Int. conf. on Intelligent Robots and Systems, (Las Vegas) Oct. 2003, pp3692-3697.（非特許文献3）」に記載されている。しかしながら、この技術は、ロボットハンド・フィンガーの動作生成が目的であり、安定に把持できる点がもともと少ない特殊な物体形状に対して適用すると、多くの探索時間が必要となる問題点があり、また、候補点群をランダムに発生し評価するので必ずしも最適な把持を発見できるとは限らない問題点があった。

【特許文献1】特開2002-245484号公報

【非特許文献1】<http://www.ugs.jp/product/efactory/jack.html>

【非特許文献2】Onosato, M., Kawano, T., Iwata, K.; "Virtual Affordance Protocol: Communication between Digital Human and Virtual Working Environment for Task Motion Planning". Digital Human Modeling Conference VDI-berichite NR. 1675, 2002 (The Proc. Digital Human Modeling Conference 2002), pp. 329-342, 2002.6.

【非特許文献3】Ch. Borst, M. Fischer and G. Hirzinger; "Grasping the Dice by Dicing the Gap". Proceedings of the 2003 IEEE/RSJ Int. conf. on Intelligent Robots and Systems, (Las Vegas) Oct. 2003, pp3692-3697.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

本発明は、上述したような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、製品モデルのユーザが手に取った時の把持姿勢を自動生成し、実被験者を用いずに仮想エルゴノミクス評価に供することができる製品モデルの基本把持姿勢を作成する3次元デザイン支援装置及びプログラム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】

【 0 0 0 7 】

請求項1の発明の3次元デザイン支援装置は、デジタルハンドモデルのデータを保持するデジタルハンドモデルデータベースと、製品形状データを入力する製品形状データ入力部と、入力手段による外部からの「大きい」-「小さい」及び「ごつい」-「華奢」の2軸で与えられるハンドサイズの決定指標の入力に基づき、ハンドサイズを決定するハンドサイズ設定部と、前記デジタルハンドモデルデータベースのデータを呼び出し、前記ハンドサイズ設定部の決定したハンドサイズを反映させた3次元デジタルハンドモデルを作成

するデジタルハンドモデル作成部と、前記製品形状データ入力部から入力された製品形状データに基づき仮想的な製品形状モデルを作成する製品形状モデル作成部と、入力手段による外部からの前記製品形状モデル作成部の作成した製品形状モデルとデジタルハンドモデル作成部の作成したデジタルハンドモデルとの接触点候補を指定する入力を受け付け、前記製品形状モデルとデジタルハンドモデルとに接触点候補を設定する接触点候補設定部と、前記接触点候補設定部による接触点候補の指定に基づき、前記製品形状モデルに対する複数のデジタルハンドモデルの基本把持姿勢候補を生成し、かつ、当該複数の基本把持姿勢候補の中から前記デジタルハンドモデルの指の前記製品形状モデルに対する接触点の最も多い基本把持姿勢候補を最適な基本把持姿勢と決定する基本把持姿勢生成部と、前記基本把持姿勢生成部の決定したデジタルモデルハンドの前記製品形状モデルに対する基本把持姿勢の3次元モデルを表示する表示装置とを備えたものである。

10

【0008】

請求項2の発明は、請求項1の3次元デザイン支援装置において、把持の種類を「Power Grasp」とするか「Precision Grasp」とするかの入力設定のためのグラスブ設定部を備え、前記基本把持姿勢生成部は、前記グラスブ設定部により設定された把持の種類に応じた基本把持姿勢を算定することを特徴とするものである。

【0009】

請求項3の発明の3次元デザイン支援プログラムは、入力手段による製品形状データの入力を受け付ける製品形状入力ステップと、入力手段による外部からの「大きい」-「小さい」及び「ごつい」-「華奢」の2軸で与えられるハンドサイズの決定指標の入力に基づき、ハンドサイズを決定するハンドサイズ設定ステップと、デジタルハンドモデルデータベースの保持するデジタルハンドモデルのデータを呼び出し、前記ハンドサイズ設定ステップにて決定したハンドサイズを反映させた3次元デジタルハンドモデルを作成するデジタルハンドモデル作成ステップと、前記入力された製品形状データに基づき仮想的な製品形状モデルを作成する製品形状モデル生成ステップと、入力手段による外部からの前記製品形状モデル作成ステップにて作成した製品形状モデルとデジタルハンドモデル作成ステップにて作成したデジタルハンドモデルとの接触点候補を指定する入力を受け付け、前記製品形状モデルとデジタルハンドモデルとに接触点候補を設定する接触点候補設定ステップと、前記接触点候補設定ステップにおける接触点候補の指定に基づき、前記製品形状モデルに対する複数のデジタルハンドモデルの基本把持姿勢候補を生成し、かつ、当該複数の基本把持姿勢候補の中から前記デジタルハンドモデルの指の前記製品形状モデルに対する接触点の最も多い基本把持姿勢候補を最適な基本把持姿勢と決定する基本把持姿勢生成ステップと、前記基本把持姿勢生成ステップにて決定したデジタルモデルハンドの前記製品形状モデルに対する基本把持姿勢の3次元モデルを表示する出力ステップとをコンピュータに実行させることを特徴とするものである。

20

30

【0010】

請求項4の発明は、請求項3の3次元デザイン支援プログラムにおいて、入力手段による「Power Grasp」とするか「Precision Grasp」とするかの設定入力を受け付け、把持の種類を決定するグラスブ設定ステップを有し、前記基本把持姿勢生成ステップにおいて、前記グラスブ設定ステップにて設定された把持の種類に応じた基本把持姿勢を算定することを特徴とするものである。

40

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、実被験者を用いずに、設計された製品形状モデルをユーザが把持する時の基本把持姿勢を表示装置上で3次元モデルにして提示することができ、仮想エルゴノミクス評価に供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明の実施の形態を図に基づいて詳説する。図1は本発明の1つの実施の形態の製品モデルの基本把持姿を作成する3次元デザイン支援装置を示すブロック図である。

50

本実施の形態の3次元デザイン支援装置の機能は、運動学的、形状的に精密かつ豊富なサイズバリエーションをもつデジタルハンドモデルのデータを保持するデジタルハンドモデルデータベース1、製品形状データを入力する製品形状データ入力部2、デジタルハンドのサイズ、「大-小」、「ごつい-華奢」の種類を入力設定するハンドサイズ設定部3、把持の種類を「Power Grasp」とするか「Precision Grasp」とするかを入力設定のためのグリップ設定部4、デジタルハンドモデルデータベース1のデータを利用し、ハンドサイズ設定部3のデジタルハンドのサイズの設定入力をパラメータにして3次元の仮想的な動きの表示を可能とするデジタルハンドモデルを作成するデジタルハンドモデル作成部5、製品形状データ入力部2から入力された製品形状データに基づき仮想的な製品形状モデルを作成して表示する製品形状モデル作成部6、製品形状モデル作成部6の作成した製品形状モデルと、デジタルハンドモデル作成部5で作成されたデジタルハンドモデルとの接触点候補を指定する接触点候補設定部7、この接触点候補設定部7による接触点候補の指定に基づき、入力された製品形状モデルに対するデジタルハンドモデルの基本把持姿勢を算定し、その結果を表示する基本把持姿勢生成部8、そして入力手段としてのキーボード11、マウスのようなポインティングデバイス12、出力手段としての表示装置13を備えている。尚、本装置は、上記各部の機能を果たすプログラムをインストールし、それを実行させることにより後述する諸機能を発揮するコンピュータシステムにて実現されるものであり、コンピュータとしてはネットワーク接続により他のコンピュータと接続し、データ通信することができる。従って、大容量のデジタルハンドモデルデータベース1へのデジタルハンドモデルデータの書込みや製品形状データ記憶部10への製品形状データの書込みはネットワークを通じて行うことができる。また、デジタルハンドモデルデータのうち、手指ハンドリンクモデルのデータ、ハンド外表皮三角形メッシュモデルのデータは、独立行政法人産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センターにて作成されたデータを利用している。

10

20

【0013】

次に、上記構成の製品モデルの基本把持姿勢を作成する3次元デザイン支援装置による3次元デザイン支援方法は、ある製品形状モデルに対する基本把持姿勢を生成するものであり、図2のフローチャートに示すように、デジタルハンドモデルを作成し(ステップSQ11)、製品形状モデルを作成し(ステップSQ12)、当該製品形状モデルを把持する手の接触点候補を指定し(ステップSQ13)、基本把持姿勢の3次元モデルを生成する(ステップSQ14)。

30

【0014】

まず、デジタルハンドデータベース1に登録されているデジタルハンドデータに基づくデジタルハンドモデルの生成処理を説明する。図3はデジタルハンドモデルの作成処理のフローチャートを示しており、デジタルハンドデータベース1はこの処理にて生成されたデジタルハンドデータを保持している。

【0015】

図4に示すように、人の手と指の関節構造は、例えば、上腕(Forearm)のように6自由度(DOF)を持つ関節、手首(Wrist)や各指の付け根の関節のように3自由度(DOF)を持つ関節、そして各指の第1、第2関節のように1自由度(DOF)を持つ関節があり、全体で31自由度を有している。また、人の手指はサイズの「大きい」-「小さい」、そして「ごつい」-「きゃしゃ」の2軸でほぼ全員の手の種類を決定できる。例えば、大きい男性のように「大きくて、ごつい」手、小さい男性のように「小さくて、ごつい」手、大きい女性のように「大きくて、華奢な」手、小さい女性や子供のように「小さくて、華奢な」手という分類ができる。これにより、ハンドサイズ設定部3によってモデリングするハンドサイズを決定する。

40

【0016】

デジタルハンドモデル作成部5は、図3のフローチャートによりデジタルハンドモデルを作成する。ここでは、手を開いた状態から握り状態への自然な経路を各指についてサンプリングしたものを、各指のMP、PIP、DIPでのx軸回転に対する「自然把持経路

50

」として用いる(ステップSQ₁)。後述する把持において、添えている指(従属把持指)はこの経路に従うものとして計算する。

【0017】

続いて、各関節の回転角を与え、また手指のリンク長Lを与え、順運動学にデータに基づき、手指リンクモデルを作製する(ステップSQ₂)。各関節の運動学的制約として、Leeらが論文にまとめた以下の制約条件を用いる(J.Lee et al.: "Model-Based Analysis of HandPosture", IEEE Computer Graphics and Applications, vol.15,no 5, 77-86, 1995)。

【0018】

1つめの条件は、静的および動的な各関節の最大・最小回転角についてである。

10

【0019】

2つめの条件は、各指

【数1】

$$f_i$$

【0020】

のDIPとPIPの回転角度関係

【数2】

$$\theta_{DIP}^{(i)} = (2/3)\theta_{PIP}^{(i)}$$

20

【0021】

についてである。

【0022】

3つめの条件は、握り(clench)状態において、第2~5指のDIP・PIPを結ぶ直線が1点に収束する性質についてである。

【0023】

図5、図6は小指のリンクモデルを示したものである。これにはまず、 i から見た j の位置姿勢を表す同時変換行列 ${}^i T_j$ を求め、続いて、ワールド座標系から見た小指先端 P_{TIP} の位置姿勢を ${}^{BASE} T_{P_{TIP}}$ を求める。他の指に関しても同様に求める。

30

【数3】

$${}^i T_j = {}^i \text{Trans}_j(0, L_j, 0) {}^i \text{RPY}_j(\theta_{jx}, \theta_{jy}, \theta_{jz})$$

【数4】

$${}^{BASE} T_{P_{TIP}} = {}^{BASE} T_{FARM} {}^{FARM} T_{WRIST2} \dots {}^{P_{DIP}} T_{P_{TIP}}$$

【0024】

次に、各リンク位置姿勢に対して、デジタルハンドデータベース1に保持されているハンド外表皮三角形メッシュモデルを参照し、メッシュ変形アルゴリズムを適用することによって、手指リンクモデルにハンド外表皮を付け、仮想的な手の像を作成し、手指リンクモデルの各関節回転角をもとに以下の式によって変形する(SQ₃)。

40

【数5】

$$\mathbf{v} \leftarrow \sum_{j \in \text{joint}} (w_j^v {}^{BASE} T_j) \mathbf{v}$$

【0025】

ここで、 w_j^v は頂点 v での変形に関する関節 j の重み、 ${}^i T_j$ は上述した数1式の関

50

節 j の R P Y 回転角に基づく同時変換行列である。

【 0 0 2 6 】

このようにして、すべての手指に対して図 7 (a) に示す初期状態から同図 (b) に示すようにここでは人差し指 (I n d e x) を動かす動きを表現するデジタルハンドを作成することができる。

【 0 0 2 7 】

デジタルハンドモデルを作製すると、続いて、製品形状モデルを作成する。この製品形状モデルの作成は、通常の 3 次元メッシュモデル作成ツールにより作成する。尚、デジタルハンド表皮形状および製品形状モデルは、論文 (T. Kurihara et al.: "Modeling Deformable CG Model of Human Hands from Medical Images", The Eurographics/SIGGRAPH Symposium on Computer Animation 2004, pp.357-365., 2004) に表されているように、それぞれ三角形メッシュ $M^H = \langle V^H, K^H \rangle$ 、 $M^P = \langle V^P, K^P \rangle$ で表現される。

【 0 0 2 8 】

そして、デジタルハンドモデルと製品形状モデルとを作成すれば、次に、図 8 のフローチャートに示す処理により、このデジタルハンドモデルと製品形状モデルを使用して、製品基本把持姿勢を作成する。まず、デジタルハンドと製品形状モデルとの接触点候補を指定し (ステップ S Q 2 1)、把持姿勢可能解を生成し (ステップ S Q 2 2)、最適把持姿勢を導出し (ステップ S Q 2 3)、把持安定性を評価する (ステップ S Q 2 4)。

【 0 0 2 9 】

ステップ S Q 2 1 の接触点候補指定の方法は 4 つのステップからなる。第 1 のステップは、C u t k o s k y (M. R. Cutcosky: "On Grasp Choice, Grasp Models, and the Design of Hands for Manufacturing Tasks", IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol. 5, no. 3, 1989) によれば、把持 (G r a s p) は P o w e r G r a s p と P r e c i s i o n G r a s p に大別されることを提案している。本実施の形態ではこの理論を応用し、母指内転筋の境界付近で把持力が発生するものを図 9 (a) に示すような P o w e r G r a s p、そうでないものを同図 (b) に示すような P r e c i s i o n G r a s p と定義する。ユーザは、まず求める把持がこのどちらに当たるかをグラスブ設定部 4 にて選択する。P r e c i s i o n G r a s p については、P o w e r G r a s p と同様の処理で把持姿勢を生成できるので、以下は P o w e r G r a s p を選択した場合について述べる。

【 0 0 3 0 】

第 2 のステップは、

【数 6】

$$f_2, \dots, f_5$$

【 0 0 3 1 】

の各指について、把持において能動的に握っているものと、単に添えているだけの指があると考え。前者を主把持指

【数 7】

$$f_i \in F_{Active}$$

【 0 0 3 2 】

、後者を従属把持指

【数 8】

$$f_i \in F_{Passive}$$

【 0 0 3 3 】

と定義する。この場合、どちらも製品との接触点が存在する可能性はあるが、従属把持指

10

20

30

40

50

は上述した自然把持経路を用いてその接触点が探索できると仮定する。そこで、次にユーザは、第2指～第5指を主把持指と従属把持指に分類する。図10に薬指を主把持指、他を従属把持指とした例を示している。

【0034】

第3のステップは、母指内転筋の境界線上にあるハンド表皮頂点集合
【数9】

$$V_{f_1}^H \subset V^H$$

【0035】

の1頂点

【数10】

$$C_{f_1}^H$$

【0036】

および対応する製品メッシュ表面上の1頂点

【数11】

$$c_{f_1}^P \in V^P$$

【0037】

をそれぞれ選択する。

【0038】

第4のステップは、全ての主把持指、および従属把持指の任意の1指について、各指

【数12】

$$f_i$$

【0039】

の表皮頂点集合

【数13】

$$V_{f_i}^H \subset V^H$$

【0040】

からそれぞれ1頂点

【数14】

$$C_{f_i}^H$$

【0041】

を選択し、さらにその各指が接触するであろう製品表面上の頂点

【数15】

$$c_{f_i}^P \in V^P$$

【0042】

を選択する。

【0043】

ステップSQ22の把持姿勢可能解生成の方法は3つのステップからなり、図11は本実施の形態の把持姿勢解生成のシーケンス図である。ステップSQ31は、

10

20

30

40

50

【数 1 6】

$$C_{f_i}^H$$

【0 0 4 4】

の頂点位置

【数 1 7】

$$q(C_{f_i}^H)$$

【0 0 4 5】

が、

【数 1 8】

$$C_{f_i}^P$$

【0 0 4 6】

の頂点位置

【数 1 9】

$$q(C_{f_i}^P)$$

【0 0 4 7】

に一致するように、デジタルハンドを平行移動する。

【0 0 4 8】

ステップ S Q 3 2 は、

【数 2 0】

$$\text{For } \exists f_i \in F_{Active}$$

【0 0 4 9】

の M P の z 軸回転角（離散値）の決定方法についてであり 4 つステップで決定する。ステップ S Q 3 2 a は、

【数 2 1】

$$\text{For } C_{f_i}^P$$

【0 0 5 0】

と

【数 2 2】

$$C_{f_i}^P(f_i \in F_{Active})$$

【0 0 5 1】

を結ぶ直線を軸とする製品の回転角（離散値）について、

【数 2 3】

$$f_i \in F_{Active}$$

【0 0 5 2】

について、

10

20

30

40

【数 2 4】

$$q(C_{f_i}^H) = q(C_{f_i}^P)$$

【0 0 5 3】

となるように、主把持指の各関節回転角を逆運動学で決定する。尚、届かない場合は回転角を最小値とする。

【0 0 5 4】

ステップ S Q 3 2 b は、

【数 2 5】

$$\text{For } C_{f_i}^P$$

【0 0 5 5】

と、

【数 2 6】

$$C_{f_i}^P (f_i \in F_{Active})$$

【0 0 5 6】

を結ぶ直線を軸とする製品の回転角（離散値）について、各

【数 2 7】

$$f_i \in F_{Passive}$$

【0 0 5 7】

の M P の z 軸回転角を主把持指のそれと上述の一点収束性から求める。

【0 0 5 8】

ステップ S Q 3 2 c は、

【数 2 8】

$$\text{For } C_{f_i}^P$$

【0 0 5 9】

と

【数 2 9】

$$C_{f_i}^P (f_i \in F_{Active})$$

【0 0 6 0】

を結ぶ直線を軸とする製品の回転角（離散値）について、各

【数 3 0】

$$f_i \in F_{Passive}$$

【0 0 6 1】

について、ハンドと製品が干渉するまで自然把持経路を探索し、

【数 3 1】

$$f_i$$

【0 0 6 2】

10

20

30

40

50

の各関節×軸回転角を決定する。

【 0 0 6 3 】

また、母指

【数 3 2】

$$f_1$$

【 0 0 6 4 】

についても同経路により同様に、各関節の×軸回転角を決定する。

【 0 0 6 5 】

ステップ S Q 3 2 d は、

【数 3 3】

$$C_{f_i}^P(f_i \in F_{Active})$$

【 0 0 6 6 】

と

【数 3 4】

$$f_i \in F_{Passive}$$

【 0 0 6 7 】

を結ぶ直線を軸とする製品の回転角（離散値）について、各関節回転角より、基本把持姿勢候補を求める。

【 0 0 6 8 】

ステップ S Q 3 3 は、基本把持姿勢候補の中から指が M^P 内に接触点の最も多い姿勢を選び、基本把持姿勢可能解とする。

【 0 0 6 9 】

ここで、干渉チェック、つまり非接触、接触、干渉の識別について、図 1 2 を用いて説明する。デジタルハンド表皮と製品モデルとの干渉 / 接触評価には、ハンド表皮各頂点

【数 3 5】

$$v \in V_H$$

【 0 0 7 0 】

の製品モデルの閉じたメッシュ M^P に対する内側にあるか外側にあるかの I N / O U T 評価を行う。そして、全ての頂点が O U T なら、デジタルハンドモデルは製品モデルに対して非接触、よって非干渉とする。他方、頂点 v の M^P に対する干渉深さ d_v を頂点の法線方向にとり、全てのデジタルハンドモデルの頂点の d_v がしきい値以下なら、接触とする。このしきい値は実験により最適な値に設定する。

【 0 0 7 1 】

図 8 のフローチャートにおけるステップ S Q 2 3 の最適把持姿勢導出は、干渉点数が最大になるように、把持姿勢を最適化する。続くステップ S Q 2 4 の把持安定性評価では、得られた最適把持姿勢に対し、Force - Closure を満たすかどうかを評価し、安定性評価指標に基づき、把持安定性を定量評価する。これを満たさない場合、ステップ S Q 2 1 から繰り返す。Force - Closure は、(N.S.Po1lard: "Closure and Quality Equivalence for Efficient Synthesis of Grasps from Examples", The International Journal of Robotics Research, 23(6)595-613, 2004) に提案されたものである。

【 0 0 7 2 】

10

20

30

40

50

図13～図16に上の基本把持姿勢導出の各処理段階の具体例を示している。図13は、(i) 母指内転筋境界線上の指定頂点とプロダクトの対応点とを一致させる処理を示している。図14は、(ii) (i)の一致頂点を中心とするハンドのあるR P Y回転で、主把持指の自然把持経路上のある把持姿勢について、主把持指の指定頂点とプロダクトの対応点が最近になるR P Y回転角と主把持指の把持姿勢を求める処理を示している。図15は、(iii) (i)、(ii)の2対応点を結ぶ軸まわりにハンドを回転させ、「接触点」が最大となる回転角を求める処理を示している。そして図16は、(iv) 母指および従属把持指について、それぞれ自然把持経路を探索し、「接触点」が最大となる把持姿勢を求める処理を示している。

【0073】

こうして、本実施の形態の3次元デザイン支援装置による3次元デザイン支援方法によれば、ある製品形状モデルが与えられた場合に、それに対して、ユーザの手による把持姿勢がどのようなものになるのかを当該装置に製品形状モデルデータを与え、基本的な設定手続を行うだけで表示装置13に図16に示した例のように当該製品の基本把持姿勢を表示して示すことができ、3次元モデルのデザイン支援に活用することができる。

【0074】

尚、本実施の形態では、デジタルハンドを用いてパームトップIT機器について仮想的にそのエルゴノミクス評価を行うシステムの機能構成および基本把持姿勢生成アルゴリズムについて述べが、本システムに製品のUI操作タスクモデルを組み込み、その実行容易性評価を行うとともに、三次元CADシステム内への実装を行うことも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図1】本発明の1つの実施の形態の3次元デザイン支援システムのブロック図。

【図2】上記実施の形態による3次元デザイン支援方法のフローチャート。

【図3】上記実施の形態によるデジタルハンドモデルの生成処理のフローチャート。

【図4】上記実施の形態でデジタルハンドモデル生成のために用いるデジタルハンドリンクモデルの説明図。

【図5】上記デジタルハンドリンクモデルにおける小指のリンク構造の説明図その1。

【図6】上記デジタルハンドリンクモデルにおける小指のリンク構造の説明図その2。

【図7】上記実施の形態により生成したデジタルハンドモデルの説明図。

【図8】上記実施の形態による製品モデルに対するデジタルハンドの基本把持姿勢を生成する処理のIDEFO(アクティビティ・モデリング手法)形式のフローチャート。

【図9】上記実施の形態によるデジタルハンドの基本把持姿勢生成処理において設定するPower GraspとPrecision Graspの説明図。

【図10】上記実施の形態によるデジタルハンドの基本把持姿勢生成処理において設定する主把持指、従属把持指、接触点の設定手続の説明図。

【図11】上記実施の形態によるデジタルハンドの基本把持姿勢生成処理における把持姿勢可能解生成のIDEFO形式のフローチャート。

【図12】上記実施の形態によるデジタルハンドの基本把持姿勢生成処理におけるデジタルハンドモデルと製品モデルとの干渉/非干渉評価の説明図。

【図13】上記実施の形態によるデジタルハンドの基本把持姿勢生成処理において、母指内転筋境界線上の指定頂点と製品モデルの対応点とを一致させる処理の説明図。

【図14】上記実施の形態によるデジタルハンドの基本把持姿勢生成処理において、主把持指の指定頂点と製品モデルの対応点が最近になるR P Y回転角と主把持指の把持姿勢を求める処理の説明図。

【図15】上記実施の形態によるデジタルハンドの基本把持姿勢生成処理において、製品モデルに対して主把持指と母指との接触点が最大となる回転角を求める処理の説明図。

【図16】上記実施の形態によるデジタルハンドの基本把持姿勢生成処理によって求めた製品モデルに対するデジタルハンドの基本把持姿勢の説明図。

【符号の説明】

10

20

30

40

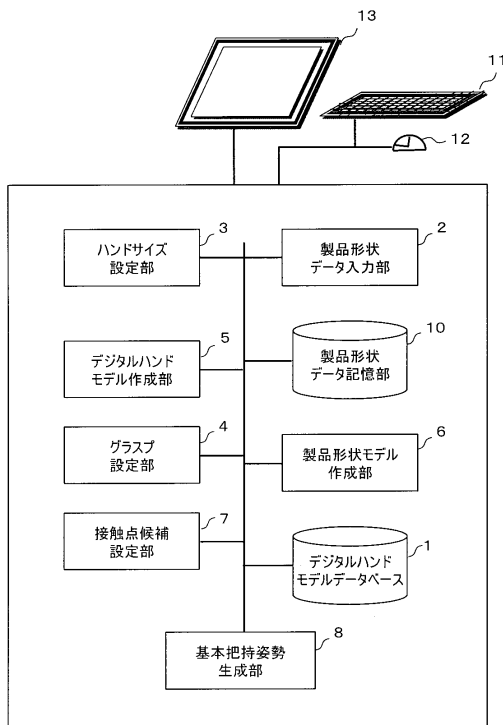
50

【 0 0 7 6 】

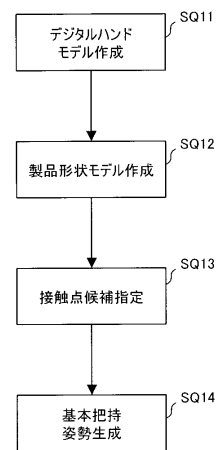
- 1 デジタルハンドデータベース
- 2 製品形状モデルデータ入力部
- 3 ハンドサイズ設定部
- 4 グラスプ設定部
- 5 デジタルハンドモデル作成部
- 6 製品形状モデル作成部
- 7 接触点候補設定部
- 8 基本把持姿勢生成部
- 10 製品形状モデルデータ記憶部
- 11 キーボード
- 12 ポインティングデバイス
- 13 表示装置

10

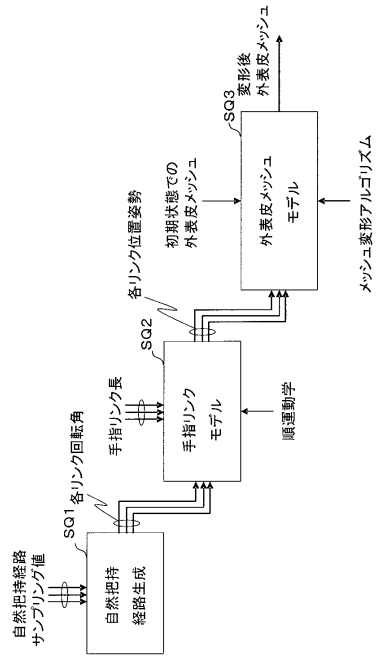
【 図 1 】



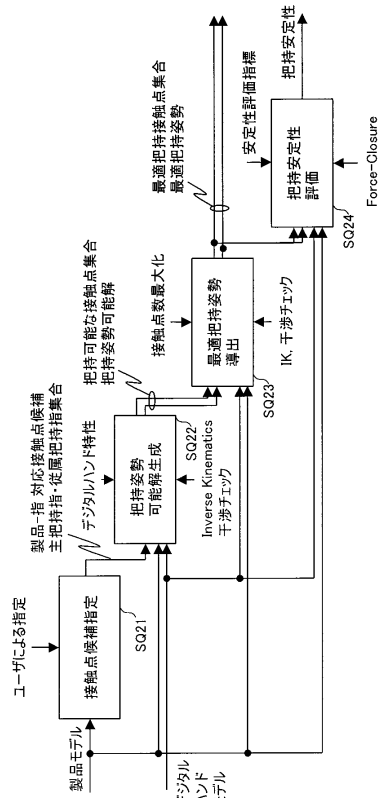
【 図 2 】



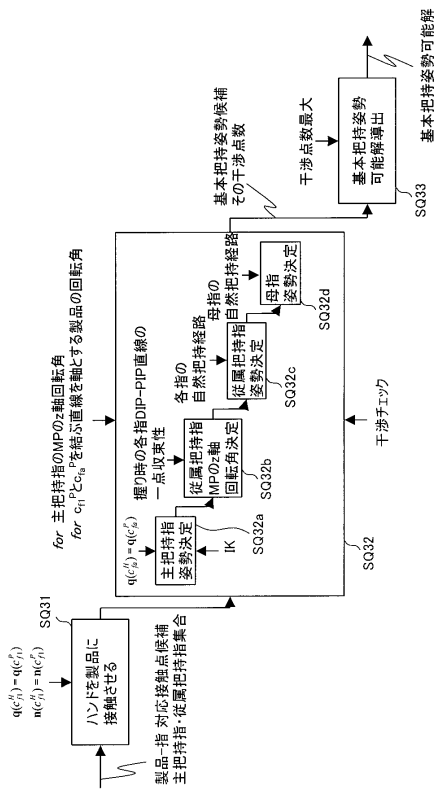
【 図 3 】



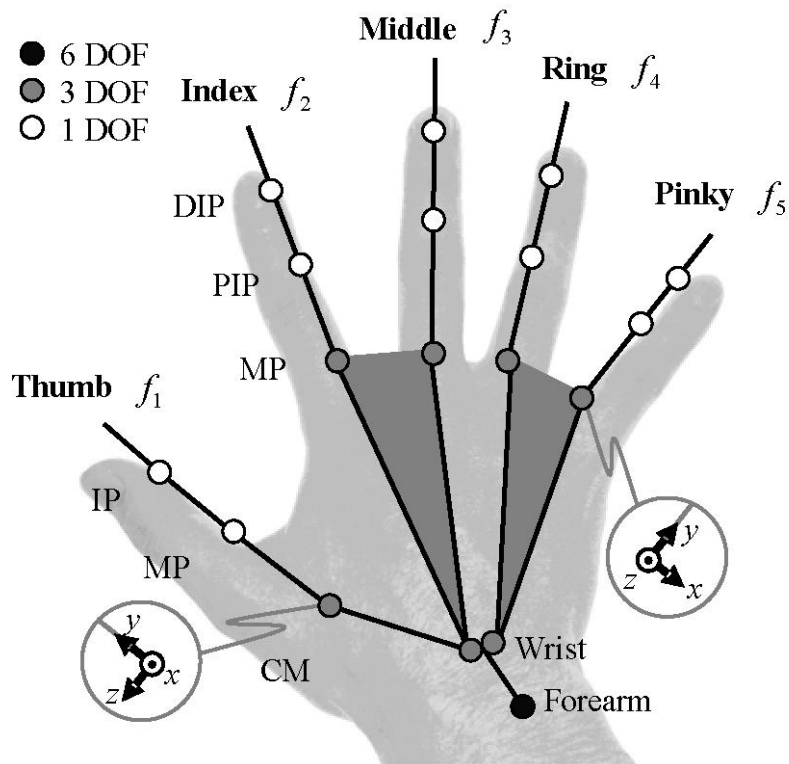
【 図 8 】



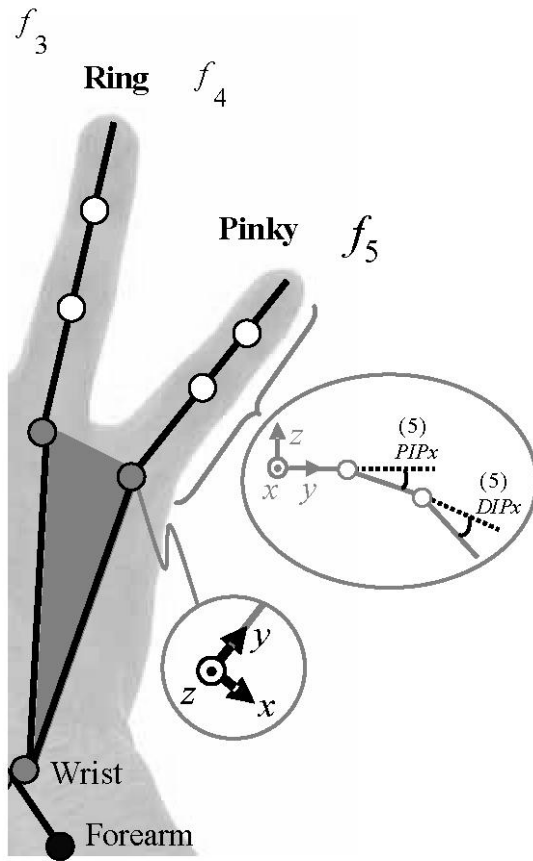
【 図 1 1 】



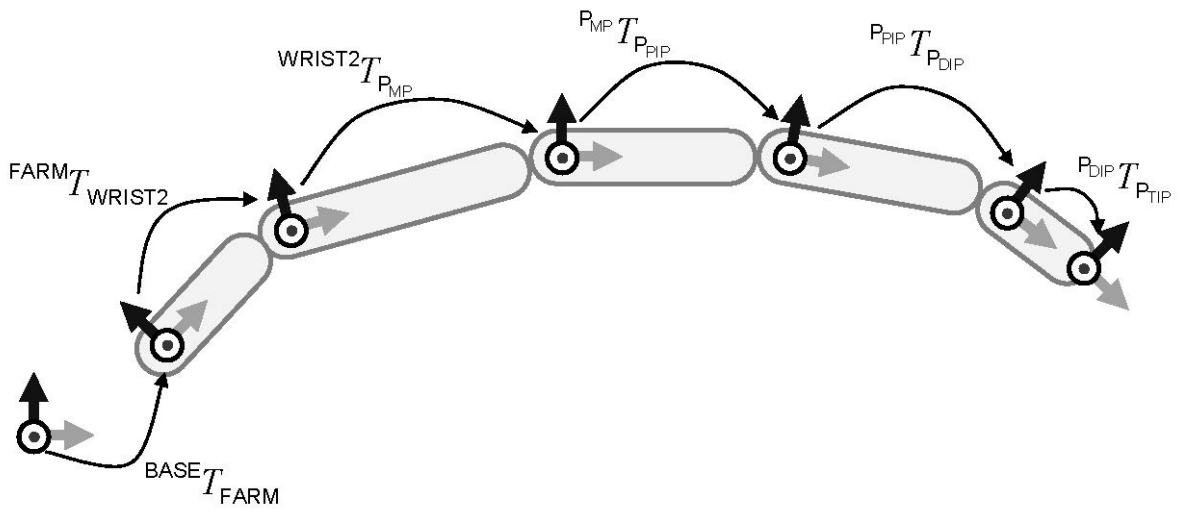
【 図 4 】



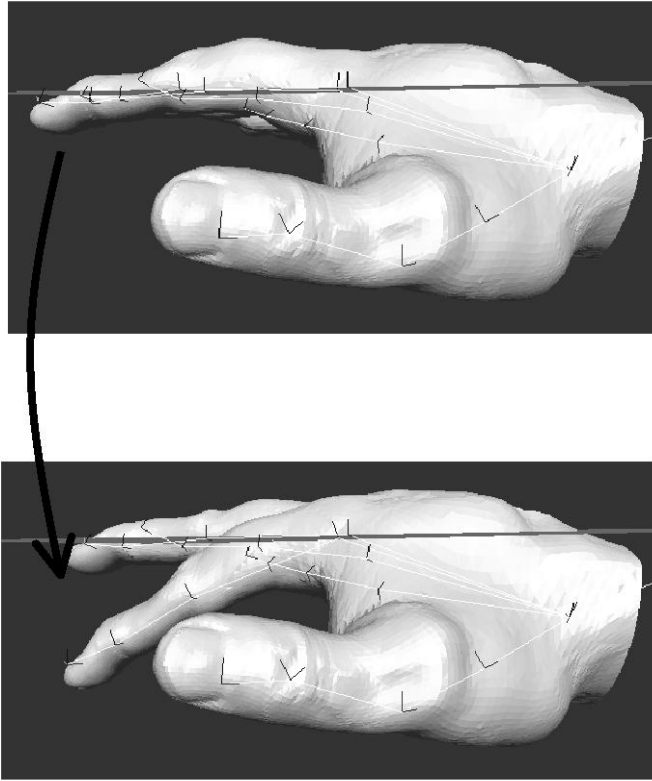
【 図 5 】



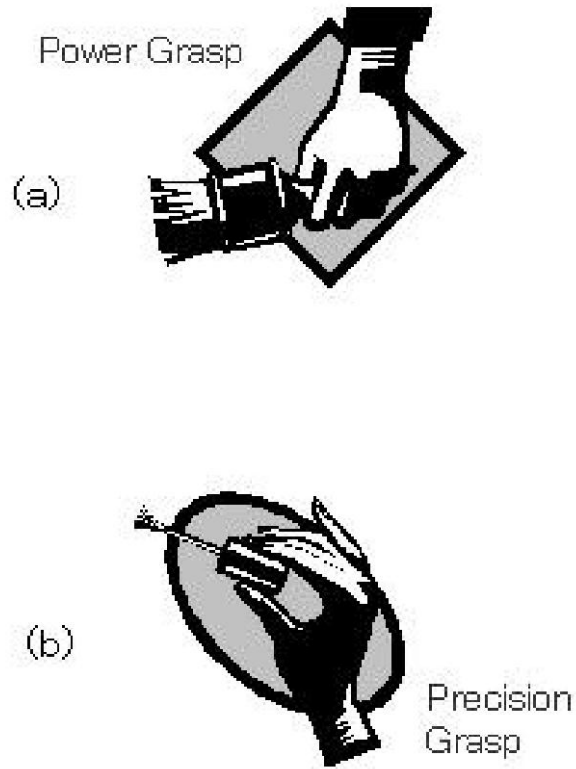
【 図 6 】



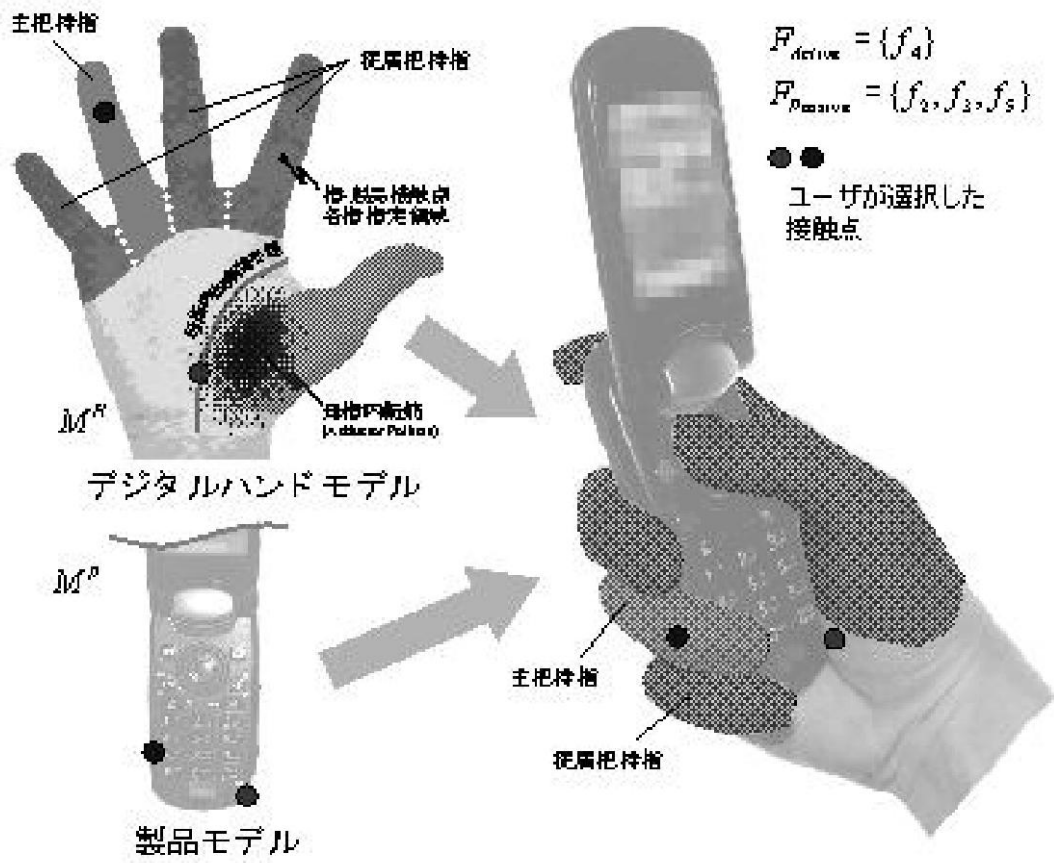
【図7】



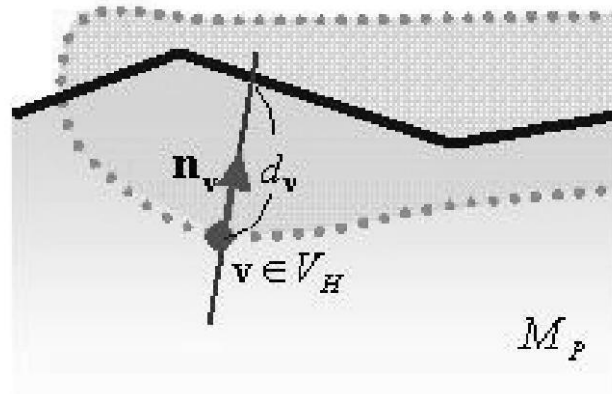
【 図 9 】



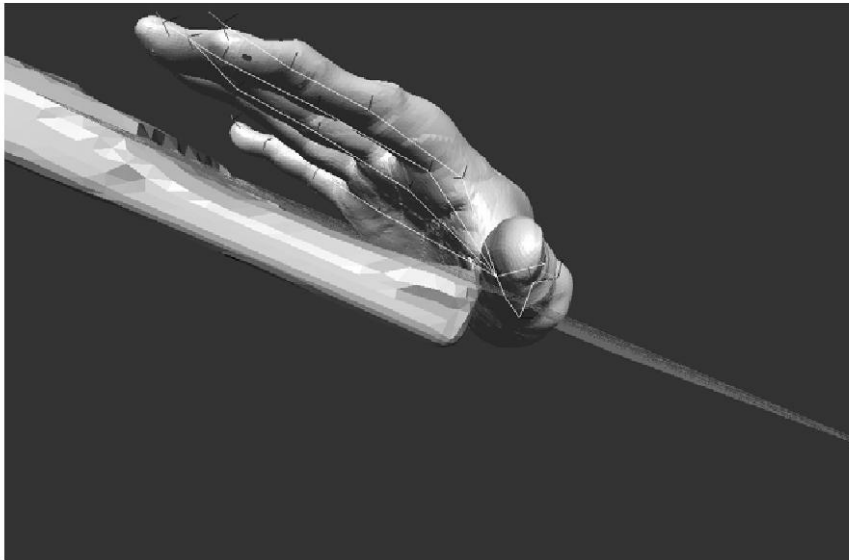
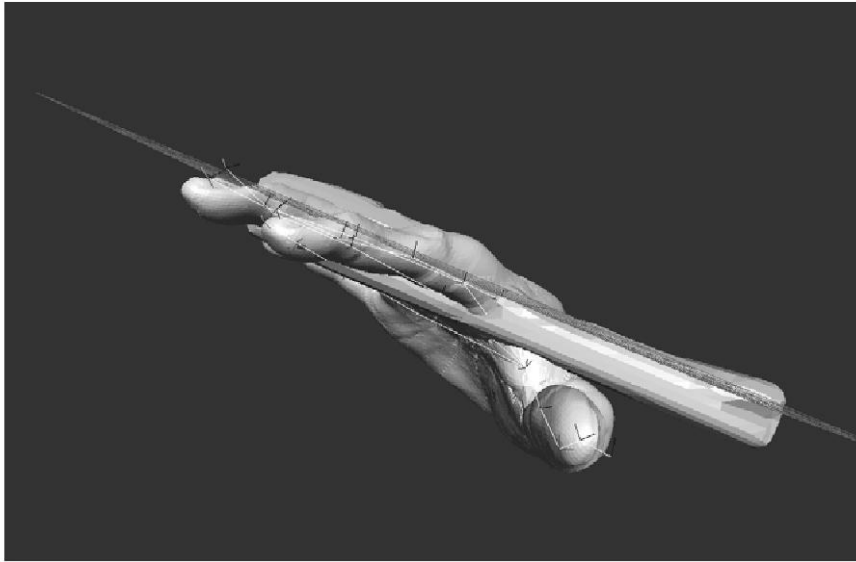
【図10】



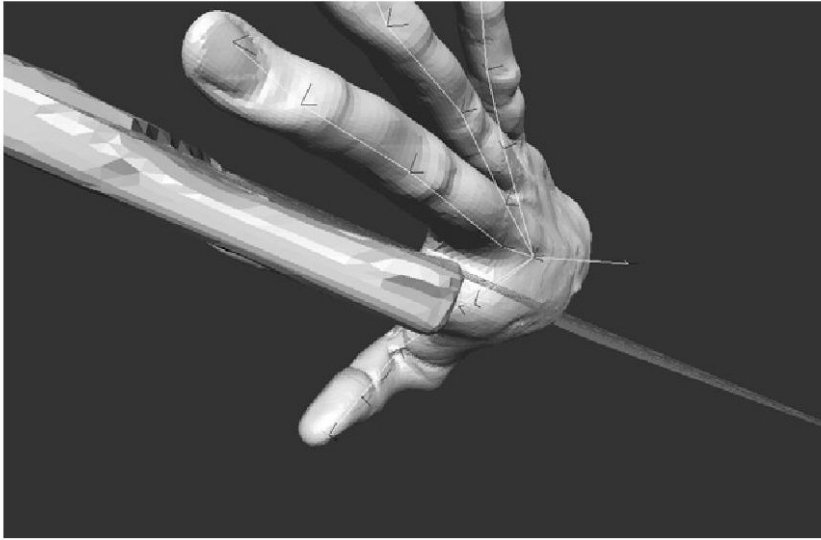
【 図 1 2 】



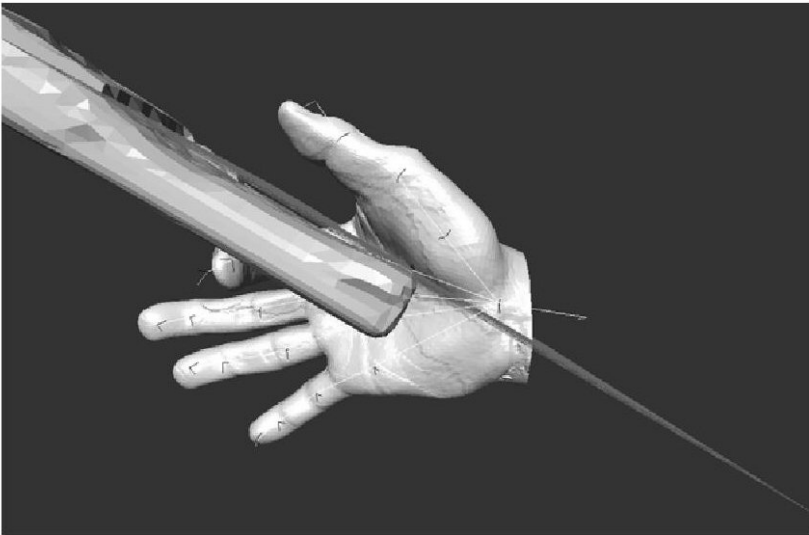
【図 13】



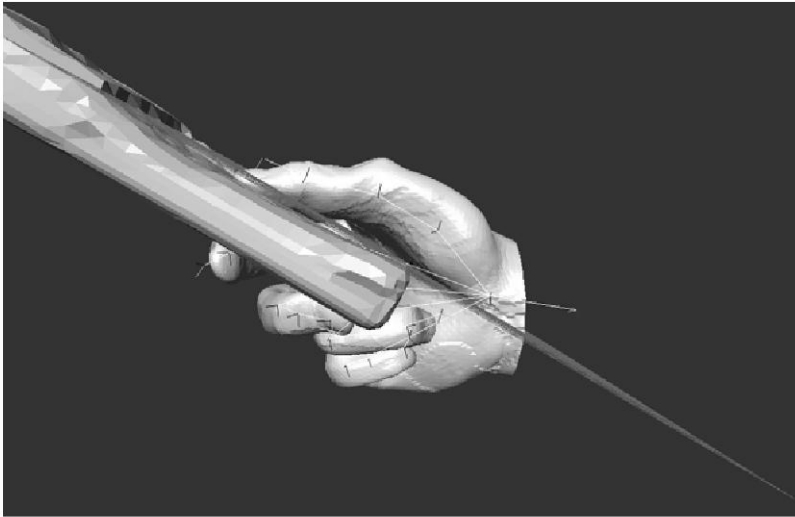
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【図16】



フロントページの続き

- (72)発明者 岸浪 建史
北海道札幌市北区北14条西9丁目 北海道大学大学院情報科学研究科内
- (72)発明者 遠藤 維
北海道札幌市北区北14条西9丁目 北海道大学大学院情報科学研究科内
- (72)発明者 持丸 正明
東京都江東区青海2-41-6 独立行政法人産業技術総合研究所 臨海副都心センター内
- (72)発明者 河内 まき子
東京都江東区青海2-41-6 独立行政法人産業技術総合研究所 臨海副都心センター内
- (72)発明者 宮田 なつき
東京都江東区青海2-41-6 独立行政法人産業技術総合研究所 臨海副都心センター内

審査官 加舎 理紅子

- (56)参考文献 特開2004-298430(JP,A)
特開平09-016550(JP,A)
Nancy S. Pollard, Closure and Quality Equivalence for Efficient Synthesis of Grasps from Examples, The International Journal of Robotics Research, 2004年 6月 1日, Vol.23, No.6, p.595-613
持丸正明 他, デジタルハンドによる製品適合性の事前評価, 日本機械学会2004年度年次大会講演資料集(8), 2004年 9月 4日, p.189-190

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06F 17/50
G06T 17/40
Cinii
JSTPlus(JDreamII)
IEEE Explore