

(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2020-194396  
(P2020-194396A)

(43) 公開日 令和2年12月3日(2020.12.3)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G06T 17/20 (2006.01)</b>	G06T 17/20 500	5B080
<b>G06T 7/50 (2017.01)</b>	G06T 7/50	5L096

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2019-100100 (P2019-100100)	(71) 出願人	310021766 株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント 東京都港区港南1丁目7番1号
(22) 出願日	令和1年5月29日 (2019.5.29)	(74) 代理人	110000637 特許業務法人樹之下知的財産事務所
		(72) 発明者	西山 昭 東京都港区港南一丁目7番1号 株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント内
		Fターム(参考)	5B080 AA14 AA15 AA19 BA02 DA06 GA00 5L096 AA09 CA04 CA05 FA02 FA66 FA69 HA04

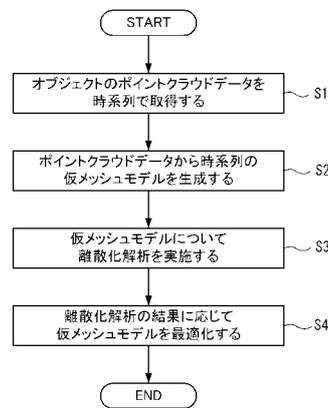
(54) 【発明の名称】 メッシュモデル生成方法、メッシュモデル生成装置およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】オブジェクトの形状を維持しつつ、オブジェクトの動きに応じて最適化することによってデータサイズや演算量の増大を抑制した三次元メッシュモデルを得る。

【解決手段】形状が変化するオブジェクトについて時系列で取得された複数のポイントクラウドデータから、オブジェクトを表す時系列の仮メッシュモデルを生成するステップと、仮メッシュモデルについて離散化解析を実施するステップと、離散化解析の結果によって示されるオブジェクトの時系列の形状変化に基づいて仮メッシュモデルを最適化することによって最終的なメッシュモデルを生成するステップとを含むメッシュモデル生成方法が提供される。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

形状が変化するオブジェクトについて時系列で取得された複数のポイントクラウドデータから、前記オブジェクトを表す時系列の仮メッシュモデルを生成するステップと、  
前記仮メッシュモデルについて離散化解析を実施するステップと、  
前記離散化解析の結果によって示される前記オブジェクトの時系列の形状変化に基づいて前記仮メッシュモデルを最適化することによって最終的なメッシュモデルを生成するステップと  
を含むメッシュモデル生成方法。

**【請求項 2】**

前記離散化解析は、時系列において連続する前記仮メッシュモデルの間における前記オブジェクトの動きをメッシュ節点の相互変位によって表現することを含む、請求項 1 に記載のメッシュモデル生成方法。

**【請求項 3】**

前記最終的なメッシュモデルを生成するステップでは、前記相互変位の変位量が大きい、または前記相互変位の頻度が高い領域について、前記最終的なメッシュモデルにおけるメッシュ密度を前記仮メッシュモデルよりも高くする、請求項 2 に記載のメッシュモデル生成方法。

**【請求項 4】**

前記最終的なメッシュモデルを生成するステップでは、前記相互変位の変位量が小さい、または前記相互変位の頻度が低い領域について、前記最終的なメッシュモデルにおけるメッシュ密度を前記仮メッシュモデルよりも低くする、請求項 2 または請求項 3 に記載のメッシュモデル生成方法。

**【請求項 5】**

前記離散化解析は、前記仮メッシュモデルにおけるメッシュまたはメッシュ節点を要素とする有限差分法 ( F D M )、有限要素法 ( F E M )、または粒子法である、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のメッシュモデル生成方法。

**【請求項 6】**

前記オブジェクトを挟んで正対する少なくとも 2 つのカメラで前記オブジェクトを撮像することによって前記ポイントクラウドデータを取得するステップと、  
前記ポイントクラウドデータを取得するステップの前に、前記少なくとも 2 つのカメラの間に配置された両面チャートを前記少なくとも 2 つのカメラで撮像した画像を用いて前記少なくとも 2 つのカメラが撮像した画像間で三次元座標を整合させるステップと  
をさらに含み、  
前記両面チャートは、前記少なくとも 2 つのカメラにそれぞれ撮像される面の間で反転したパターンを有する、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のメッシュモデル生成方法。

**【請求項 7】**

前記オブジェクトの形状が変化していない間に、1 つのカメラで前記オブジェクトを撮像して第 1 の奥行き画像を得るステップと、  
前記オブジェクトを前記 1 つのカメラの奥行き方向に対して垂直な軸の周りに 180 度回転させ、さらに前記オブジェクトの前記奥行き方向の最大座標が前記第 1 の奥行き画像と一致するように平行移動させた上で前記 1 つのカメラで前記オブジェクトを撮像して第 2 の奥行き画像を得るステップと、  
前記第 1 の奥行き画像および前記第 2 の奥行き画像を、いずれか一方を前記奥行き方向について反転させた上で互いに重ね合わせることによって前記ポイントクラウドデータを取得するステップと  
をさらに含む、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のメッシュモデル生成方法。

**【請求項 8】**

10

20

30

40

50

形状が変化するオブジェクトについて時系列で取得された複数のポイントクラウドデータから、前記オブジェクトを表す時系列の仮メッシュモデルを生成する仮メッシュモデル生成部と、

前記仮メッシュモデルについて離散化解析を実施する離散化解析部と、

前記離散化解析の結果によって示される前記オブジェクトの時系列の形状変化に基づいて前記仮メッシュモデルを最適化することによって最終的なメッシュモデルを生成するメッシュモデル最適化部と

を備えるメッシュモデル生成装置。

【請求項 9】

形状が変化するオブジェクトについて時系列で取得された複数のポイントクラウドデータから、前記オブジェクトを表す時系列の仮メッシュモデルを生成する仮メッシュモデル生成部と、

前記仮メッシュモデルについて離散化解析を実施する離散化解析部と、

前記離散化解析の結果によって示される前記オブジェクトの時系列の形状変化に基づいて前記仮メッシュモデルを最適化することによって最終的なメッシュモデルを生成するメッシュモデル最適化部と

を備えるメッシュモデル生成装置としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、メッシュモデル生成方法、メッシュモデル生成装置およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

例えばコンピュータグラフィックスにおける描画のために、オブジェクトの三次元メッシュモデルを作成することは一般的である。三次元メッシュモデルを作成するための技術は、例えば特許文献 1 に記載されている。特許文献 1 に記載された技術では、複数の異なる視点からオブジェクトを撮影した複数の画像を用いてオブジェクトの表面をメッシュで表現した三次元メッシュモデルを生成するにあたり、各メッシュと画像撮影時のカメラまたは照明光源との位置関係に応じて各画像の重み係数を算出し、各メッシュに対応するテクスチャ画像を複数の画像から生成する場合に各画像の重み係数に応じた重み付けを行う。これによって、三次元メッシュモデルに対して適切なテクスチャ画像を生成することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2019 - 020952 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、三次元メッシュモデルは、上記の特許文献 1 に記載された例のように、オブジェクトの表面を所定の大きさの三角形や四角形のメッシュで表現したものとして説明される。メッシュ密度を高くすれば細かいオブジェクトの形状やその変化を表現できるが、データサイズや演算量が増大する。その一方で、メッシュ密度を低くすればデータサイズや演算量を削減できるが、オブジェクトの形状やその変化の表現力は低下する。例えば特許文献 1 に記載されたような従来の技術では、上記のようなメッシュ密度に関するトレードオフの問題には対処されていない。

【0005】

そこで、本発明は、オブジェクトの形状を維持しつつ、オブジェクトの動きに応じて最適化することによってデータサイズや演算量の増大を抑制した三次元メッシュモデルを得

10

20

30

40

50

ることが可能なメッシュモデル生成方法、メッシュモデル生成装置およ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】

【0006】

本発明のある観点によれば、形状が変化するオブジェクトについて時系列で取得された複数のポイントクラウドデータから、オブジェクトを表す時系列の仮メッシュモデルを生成するステップと、仮メッシュモデルについて離散化解析を実施するステップと、離散化解析の結果によって示されるオブジェクトの時系列の形状変化に基づいて仮メッシュモデルを最適化することによって最終的なメッシュモデルを生成するステップとを含むメッシュモデル生成方法が提供される。

10

【0007】

本発明の別の観点によれば、形状が変化するオブジェクトについて時系列で取得された複数のポイントクラウドデータから、オブジェクトを表す時系列の仮メッシュモデルを生成する仮メッシュモデル生成部と、仮メッシュモデルについて離散化解析を実施する離散化解析部と、離散化解析の結果によって示されるオブジェクトの時系列の形状変化に基づいて仮メッシュモデルを最適化することによって最終的なメッシュモデルを生成するメッシュモデル最適化部とを備えるメッシュモデル生成装置が提供される。

【0008】

本発明のさらに別の観点によれば、形状が変化するオブジェクトについて時系列で取得された複数のポイントクラウドデータから、オブジェクトを表す時系列の仮メッシュモデルを生成する仮メッシュモデル生成部と、仮メッシュモデルについて離散化解析を実施する離散化解析部と、離散化解析の結果によって示されるオブジェクトの時系列の形状変化に基づいて仮メッシュモデルを最適化することによって最終的なメッシュモデルを生成するメッシュモデル最適化部とを備えるメッシュモデル生成装置としてコンピュータを機能させるためのプログラムが提供される。

20

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、オブジェクトの形状を維持しつつ、オブジェクトの動きに応じて最適化することによってデータサイズや演算量の増大を抑制した三次元メッシュモデルを得ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の一実施形態に係るシステムの概略的な構成を示す図である。

【図2】図1に示されたシステムにおけるメッシュモデル生成装置の構成例を示すブロック図である。

【図3】本発明の一実施形態に係るメッシュモデル生成方法の概略的な処理を示すフローチャートである。

【図4】本発明の一実施形態においてポイントクラウドデータを取得するカメラの校正方法の例を示す図である。

【図5】本発明の一実施形態において1台のカメラを用いてオブジェクトのポイントクラウドデータを取得する方法の例を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付図面を参照しながら、本発明のいくつかの実施形態について詳細に説明する。なお、本明細書および図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0012】

図1は、本発明の一実施形態に係るシステムの概略的な構成を示す図である。図示された例において、システム10は、オブジェクトobjのポイントクラウドデータ101を取得するカメラ100と、メッシュモデル生成装置200と、記憶装置300とを含む。

50

カメラ100は、例えばオブジェクトobjの奥行き方向の距離を取得することが可能な2つ以上のデプスカメラ(RGB-Dカメラ)であってもよい。カメラ100として通常のカメラ(RGBカメラ)を2つ以上組み合わせて用いることも可能である。また、後述する例のように、1台のカメラ100を用いてオブジェクトobjのポイントクラウドデータ101を取得することも可能である。ここで、ポイントクラウドデータ101は、オブジェクトobjが存在する空間の三次元座標を少なくとも含むデータであり、オブジェクトobjのポイントクラウドデータ101によって示される三次元座標を有する点の集合として表現される。

#### 【0013】

本実施形態では、オブジェクトobjの形状を変化させながら、時系列で複数のポイントクラウドデータ101が取得される。つまり、図1に概念的に示すように、オブジェクトobj(ここでは人間の手)がさまざまな動きをすることによって形状が変化する間に、カメラ100が例えば所定の時間間隔でポイントクラウドデータ101の取得を繰り返し実行することによって、形状が変化するオブジェクトobjについて時系列で複数のポイントクラウドデータ101が取得される。取得されたポイントクラウドデータ101は、メッシュモデル生成装置200に入力される。メッシュモデル生成装置200は、ポイントクラウドデータ101から後述するような手順で三次元メッシュモデル201を生成し、記憶装置300に格納する。三次元メッシュモデル201は、例えばコンピュータグラフィックスによるオブジェクトobjの描画に利用することができる。

#### 【0014】

図2は、図1に示されたシステムにおけるメッシュモデル生成装置の構成例を示すブロック図である。図示された例において、メッシュモデル生成装置200は、ポイントクラウドデータ取得部210と、仮メッシュモデル生成部220と、離散化解析部230と、メッシュモデル最適化部240とを含む。メッシュモデル生成装置200は、例えば通信インターフェース、プロセッサ、およびメモリを有するコンピュータによって実装され、ポイントクラウドデータ取得部210、仮メッシュモデル生成部220、離散化解析部230、およびメッシュモデル最適化部240の機能はプロセッサがメモリに格納された、または通信インターフェースを介して受信されたプログラムに従って動作することによって実現される。以下、各部の機能についてさらに説明する。

#### 【0015】

ポイントクラウドデータ取得部210は、形状が変化するオブジェクトobjについて時系列で取得された複数のポイントクラウドデータ $P_t$  ( $t=0, 1, \dots, n$ )を取得する。図1に示されたポイントクラウドデータ101について説明した通り、ポイントクラウドデータ $P_t$ は各時刻においてオブジェクトobjの表面を構成する点の三次元座標を少なくとも含む。

#### 【0016】

仮メッシュモデル生成部220は、ポイントクラウドデータ取得部210が取得した時系列のポイントクラウドデータ $P_t$ から、オブジェクトobjを表す時系列の仮メッシュモデル $M_t$ を生成する。仮メッシュモデル $M_t$ では、例えば、オブジェクトobjの全体について、所定の密度でメッシュが配置される。なお、本明細書において、メッシュモデルは別途言及されない限り三次元メッシュモデルである。単一のポイントクラウドデータから三次元メッシュモデルを生成する手法については、公知の技術を利用することが可能であるため詳細な説明は省略する。仮メッシュモデル $M_t$ は例えば三角パッチベースで生成されてもよいが、この例には限定されない。

#### 【0017】

離散化解析部230は、仮メッシュモデル生成部220が生成した時系列の仮メッシュモデル $M_t$ について離散化解析を実施する。ここで、本明細書において、離散化解析は、例えば流体解析において用いられる、連続的な現象を時間的および空間的に離散した複数の要素間の相互作用として表現する解析手法であり、具体的には仮メッシュモデル $M_t$ におけるメッシュまたはメッシュ節点(制御点ともいう)を要素とする有限差分法(FDM

10

20

30

40

50

)、有限要素法(FEM)、または粒子法などを含む。離散化解析は、例えば、時系列において連続する2つの仮メッシュモデル $M_t$ 、 $M_{t+1}$ の間におけるオブジェクトobjの動きを、メッシュ節点の相互変位によって表現することを含む。

#### 【0018】

メッシュモデル最適化部240は、離散化解析部230における離散化解析の結果に応じて仮メッシュモデル $M_t$ を最適化することによって、最終的なメッシュモデル $M_F$ を生成する。最終的なメッシュモデル $M_F$ は、図1を参照して説明した三次元メッシュモデル201である。例えば、メッシュモデル最適化部240は、仮メッシュモデル $M_t$ ( $t=0, 1, \dots, n$ )の離散化解析においてメッシュ節点の相互変位の変位量が大きい、または相互変位の頻度が高い領域について、メッシュモデル $M_F$ におけるメッシュ密度を仮メッシュモデル $M_t$ よりも高くしてもよい。また、メッシュモデル最適化部240は、離散化解析においてメッシュ節点の相互変位が小さい、または相互変位の頻度が低い領域について、メッシュモデル $M_F$ におけるメッシュ密度を仮メッシュモデル $M_t$ よりも低くしてもよい。

10

#### 【0019】

より具体的には、メッシュモデル最適化部240は、各領域において時系列( $t=0, 1, \dots, n$ )の中で発生した相互変位の変位量(距離または角度)と、変位量が閾値を超える相互変位の発生頻度とに基づいて、メッシュ密度を大きく、または小さくすることを判定してもよい。例えば、変位量について比較的大きな閾値を設定し、発生頻度について比較的小さな閾値(例えば、1回)を設定することによって、頻度は低くても大きな相互変位が発生する可能性がある領域についてメッシュ密度を大きくすることができる。あるいは、変位量について比較的小さな閾値(例えば、不規則なノイズが除去できる程度)を設定し、発生頻度について比較的大きな閾値を設定することによって、変位量に関わらず相互変位の頻度が高い領域についてメッシュ密度を大きくすることができる。

20

#### 【0020】

上記のようなメッシュモデル生成装置200によって生成されたメッシュモデル $M_F$ では、オブジェクトobjの動きによる形状の変化が相対的に大きい領域において、より高い密度でメッシュが配置される。これによって、オブジェクトobjの動きを的確に表現することができる。一方、メッシュモデル $M_F$ では、オブジェクトobjの動きによる形状の変化が相対的に小さい領域において、より低い密度でメッシュが配置される。これによって、メッシュモデル $M_F$ のデータサイズを削減し、オブジェクトobjの動きの表現力を高めつつ演算量の増大を抑制することができる。

30

#### 【0021】

図3は、本発明の一実施形態に係るメッシュモデル生成方法の概略的な処理を示すフローチャートである。まず、上記で図1を参照して説明したように、カメラ100を用いてオブジェクトobjのポイントクラウドデータ101を時系列で取得する(ステップS1)。次に、図2を参照して説明したように、メッシュモデル生成装置200において、仮メッシュモデル生成部220が、ポイントクラウドデータ取得部210が取得したポイントクラウドデータ $P_t$ から時系列の仮メッシュモデル $M_t$ を生成する(ステップS2)。さらに、離散化解析部230が仮メッシュモデル $M_t$ について離散化解析を実施し(ステップS3)、メッシュモデル最適化部240が離散化解析の結果に応じて仮メッシュモデル $M_t$ を最適化して最終的なメッシュモデル $M_F$ を生成する(ステップS4)。

40

#### 【0022】

なお、上記の処理フローにおいて、仮メッシュモデル $M_t$ を生成するステップS2、離散化解析を実施するステップS3、および仮メッシュモデル $M_t$ を最適化するステップS4は、部分的に並行して実行されてもよい。より具体的には、仮メッシュモデル生成部220が時系列の一部の仮メッシュモデル $M_t$ ( $t=0, 1, \dots, m; m < n$ )を生成した時点で離散化解析部230が生成された仮メッシュモデル $M_t$ について離散化解析を開始、残りの仮メッシュモデル $M_t$ ( $t=m+1, \dots, n$ )の生成と離散化解析とが並行して実行されてもよい。また、メッシュモデル最適化部240は、時系列の一部の仮メ

50

ッシュモデル  $M_t$  の離散化解析の結果に応じて仮メッシュモデル  $M_t$  を最適化した中間的なメッシュモデル  $M_M$  を作成し、残りの仮メッシュモデル  $M_t$  の離散化解析の結果において中間的なメッシュモデル  $M_M$  をさらに最適化して最終的なメッシュモデル  $M_F$  を生成してもよい。

#### 【0023】

図4は、本発明の一実施形態においてポイントクラウドデータを取得するカメラの校正方法の例を示す図である。上記で図1を参照して説明したように、本実施形態においてオブジェクト  $obj$  のポイントクラウドデータ101を取得するカメラ100は、2つ以上のカメラを組み合わせただのもであってもよい。図4に示された例では、オブジェクト  $obj$  を挟んで正対する2つのカメラ100A, 100Bでオブジェクト  $obj$  を撮像することによってポイントクラウドデータ101を取得する。この場合、ポイントクラウドデータ101を取得する前に、カメラ100A, 100Bが取得した画像間で三次元座標を整合させる校正の手順が実施される。

10

#### 【0024】

上記の例において、カメラ100A, 100Bの校正の手順は、カメラ100A, 100Bの中間に配置された両面チャート110をカメラ100A, 100Bで撮像した画像を用いて画像間で三次元座標を整合させるステップを含む。ここで、両面チャート110は、図示されているように表面および裏面、すなわちカメラ100A, 100Bにそれぞれ撮像される面の間で反転したパターンを有する反射型チャートである。両面チャート110の厚さを薄くしてz軸方向(カメラ100A, 100Bのそれぞれの奥行き方向)の厚みを0とみなし、さらにカメラ100A, 100Bがそれぞれ撮像した両面チャート110の画像でパターンの座標位置が反転していることを前提条件として与えることによって、画像間で三次元座標を容易に整合させることができる。

20

#### 【0025】

図5は、本発明の一実施形態において1台のカメラを用いてオブジェクトのポイントクラウドデータを取得する方法の例を示す図である。図示された例では、1台のデプスカメラ100Cを用いて、オブジェクト  $obj$  の形状が変化していない間に少なくとも2回の撮像を実施する。まず1回目の撮像では、デプスカメラ100Cの奥行き方向をz軸とした場合に、オブジェクト  $obj$  の輪郭部分がx-y平面に対して平行になるようにオブジェクト  $obj$  を配置した上で、オブジェクト  $obj$  を撮像して第1の奥行き画像を得る。このとき、オブジェクト  $obj$  の奥行き方向の最大座標(z座標)を  $z_1$  とする。次に、2回目の撮像で、同じくオブジェクト  $obj$  の輪郭部分がx-y平面に対して平行になるようにオブジェクト  $obj$  を配置した上で、オブジェクト  $obj$  をy軸(z軸に対して垂直な軸;x軸でもよい)の回りに180度回転させ、さらにオブジェクト  $obj$  の奥行き方向の最大座標(z座標)が1回目の撮像と同じ  $z_1$  になるようにオブジェクト  $obj$  を平行移動させた上で、オブジェクト  $obj$  を撮像して第2の奥行き画像を得る。上記の第1および第2の奥行き画像について、オブジェクト  $obj$  の輪郭部分がなるべく重なるように画像のx方向およびy方向の位置を合わせ、さらにいずれか一方をz座標について反転させた上で互いに重ね合わせることによって、オブジェクト  $obj$  のポイントクラウドデータ101を取得することができる。

30

40

#### 【0026】

なお、上記の例では奥行き方向の最大座標が1回目および2回目の撮像で同じ  $z_1$  になるようにオブジェクト  $obj$  を平行移動させているが、オブジェクト  $obj$  を平行移動させることなく、例えば1回目の撮像では奥行き方向の最大座標(図示された例では親指側)を  $z_1$  とし、2回目の撮像では奥行き方向の最小座標(図示された例では小指側)を  $z_1$  としてもよい。この場合、第1および第2の奥行き画像のいずれかを  $z = z_1$  の軸の回りに180°回転させれば、奥行き方向について画像を重ね合わせることができる。

#### 【0027】

以上、添付図面を参照しながら本発明のいくつかの実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有

50

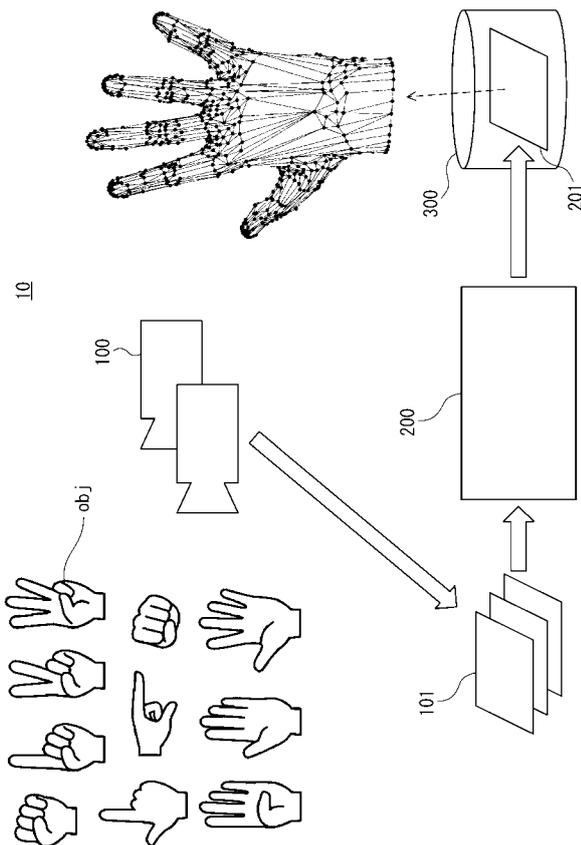
する者であれば、請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【符号の説明】

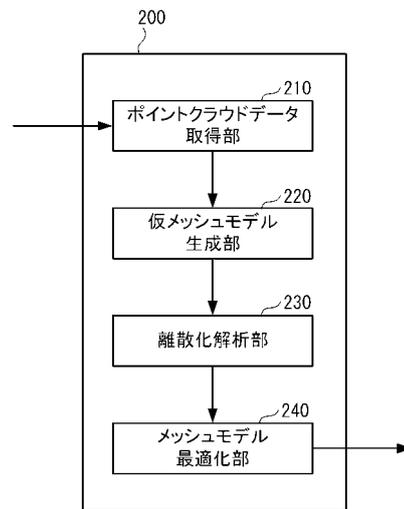
【0028】

10 ... システム、100 ... カメラ、100A ... カメラ、100B ... カメラ、100C ... デプスカメラ、101 ... ポイントクラウドデータ、110 ... 両面チャート、200 ... メッシュモデル生成装置、201 ... 三次元メッシュモデル、210 ... ポイントクラウドデータ取得部、220 ... 仮メッシュモデル生成部、230 ... 離散化解析部、240 ... メッシュモデル最適化部、300 ... 記憶装置、obj ... オブジェクト。

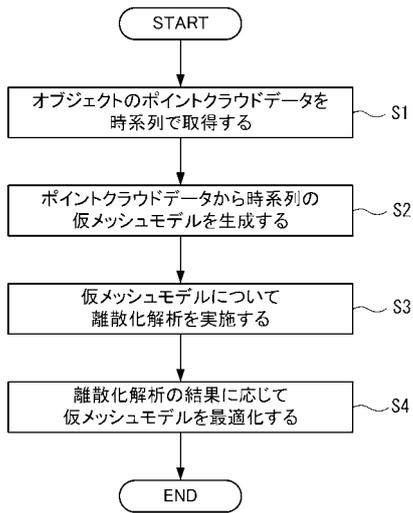
【図1】



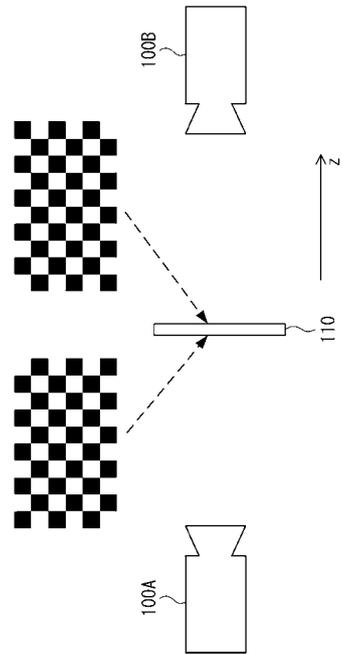
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

