

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6368421号
(P6368421)

(45) 発行日 平成30年8月1日(2018.8.1)

(24) 登録日 平成30年7月13日(2018.7.13)

(51) Int. Cl.			F I		
G06T	7/70	(2017.01)	G06T	7/70	Z
G06T	19/20	(2011.01)	G06T	19/20	
G06T	7/00	(2017.01)	G06T	7/00	C
G06T	7/60	(2017.01)	G06T	7/60	180A
G01B	11/00	(2006.01)	G01B	11/00	A

請求項の数 19 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2017-244891 (P2017-244891)
 (22) 出願日 平成29年12月21日(2017.12.21)
 審査請求日 平成30年1月25日(2018.1.25)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 511249637
 株式会社C y g a m e s
 東京都渋谷区南平台町16番17号
 (74) 代理人 100094569
 弁理士 田中 伸一郎
 (74) 代理人 100088694
 弁理士 弟子丸 健
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭
 (74) 代理人 100086771
 弁理士 西島 孝喜
 (74) 代理人 100109070
 弁理士 須田 洋之
 (74) 代理人 100109335
 弁理士 上杉 浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 立体を認識するためのプログラム、システム、電子装置、及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

予め定められた複数の部品より構成される実空間における立体を認識するためのプログラムであって、該プログラムは該立体を撮影するための撮影装置を備える電子装置において実行されるものであり、該電子装置に、

前記撮影装置により撮影された画像から各部品を識別可能な特徴をそれぞれ抽出し、該特徴に基づいて部品のそれぞれのID及び該部品の位置データを取得する画像認識ステップと、

前記特徴に基づいて取得された部品のそれぞれのIDを含むクエリを生成するクエリ生成ステップと、

クエリが生成された場合、該クエリを用いて、各部品のID、各部品の3次元モデル、及び各部品間の接合制約条件を示す制約データを関連付けて記憶する部品データベースから、該クエリが含むIDのそれぞれに関連付けられた部品それぞれの3次元モデル及び制約データを取得するデータ取得ステップと、

前記取得された部品それぞれの位置データ、3次元モデル、及び制約データに基づいて前記実空間と対応させた仮想空間に各部品を配置する部品配置ステップと、

前記配置された各部品の位置関係に基づいて、前記配置された各部品の位置の整合性を判定する整合性判定ステップと、

前記整合性が有ると判定された場合、前記配置された各部品の位置に基づいて立体を認識する立体認識ステップと、

前記整合性が無いと判定された場合、

前記データ取得ステップにおいて用いたクエリのうち少なくとも部品それぞれのIDを含むクエリ保存用データを履歴データベースに記憶するデータベース記憶ステップと、

前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データ及び前記部品データベースが記憶するデータに基づいて、クエリを再生成するか否かを決定するクエリ再生成決定ステップと、

クエリを再生成すると決定された場合、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データと異なるデータを含むクエリを生成するクエリ再生成ステップと、

を実行させる、プログラム。

【請求項2】

10

前記プログラムは、前記電子装置に、

前記画像認識ステップの前に、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データを消去するデータベース初期化ステップを実行させる、請求項1に記載のプログラム。

【請求項3】

前記部品配置ステップは、前記取得された部品それぞれの位置データ及び3次元モデルを用いて前記仮想空間に各部品を配置し、前記仮想空間上における隣接する部品のそれぞれにおいて、前記接合制約条件を満たすように各部品の位置を調整して配置する、請求項1又は2に記載のプログラム。

【請求項4】

前記部品配置ステップは、前記仮想空間上に配置された部品のうちの2つの部品の3次元モデル間の長さが所定値以内であるか否かに基づいて2つの部品が隣接するか否かを判定する、請求項3に記載のプログラム。

20

【請求項5】

前記位置は6自由度位置である、請求項1から4のいずれか1項に記載のプログラム。

【請求項6】

各部品を識別可能な前記特徴は、各部品が部品表面に有するARマーカである、請求項1から5のいずれか1項に記載のプログラム。

【請求項7】

前記データ取得ステップは、クエリが生成された場合、該クエリを用いて、前記部品データベースから、該クエリが含むIDのそれぞれに関連付けられた部品それぞれの3次元モデル及び制約データを、該IDに対応付けて該クエリにそれぞれ加えることにより取得する、請求項1から6のいずれか1項に記載のプログラム。

30

【請求項8】

前記整合性判定ステップは、前記配置された各部品の3次元モデルが占める領域の重複度合いに基づいて、前記配置された各部品の位置の整合性を判定する、請求項1から7のいずれか1項に記載のプログラム。

【請求項9】

前記画像認識ステップは、前記撮影装置により撮影された画像から前記立体のベース部分を形成するベース部を認識し、

前記部品配置ステップは、該ベース部を前記仮想空間上に配置し、

40

前記整合性判定ステップは、前記配置された各部品の位置と前記ベース部の位置との位置関係から前記配置された各部品が重力に従った配置であるか否かを判定し、該判定に更に基づいて整合性を判定する、請求項1から8のいずれか1項に記載のプログラム。

【請求項10】

前記整合性判定ステップは、前記撮影装置により撮影された画像と、前記配置された各部品の、前記撮影装置の位置に対応する前記仮想空間の位置に配置された仮想カメラから見た画像との一致度に基づいて整合性を判定する、請求項1から9のいずれか1項に記載のプログラム。

【請求項11】

前記データベース記憶ステップは、前記クエリ保存用データが含む部品それぞれのID

50

に関連付けて、前記配置された各部品の位置を前記履歴データベースに更に記憶する、請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載のプログラム。

【請求項 12】

前記クエリ再生成決定ステップは、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データが、前記部品データベースが記憶する部品の ID の所定の組み合わせを含むか否かに基づいて、クエリを再生成するか否かを決定する、請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載のプログラム。

【請求項 13】

前記プログラムは、前記電子装置に、
クエリを再生成しないと決定された場合、エラーを出力するエラー出力ステップを更に実行させる、請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載のプログラム。

10

【請求項 14】

前記データベース記憶ステップは、前記クエリ保存用データが含む部品それぞれの ID に関連付けて、前記配置された各部品の位置の整合性の評価値を前記履歴データベースに更に記憶する、請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載のプログラム。

【請求項 15】

前記プログラムは、前記電子装置に、
クエリを再生成しないと決定された場合、前記評価値により最も高い整合性を有する前記配置された各部品の位置に基づいて立体を認識する第 2 の立体認識ステップを実行させる、請求項 14 に記載のプログラム。

20

【請求項 16】

前記クエリ再生成ステップは、前記仮想空間上に配置された部品のうちの 2 つの部品の 3 次元モデル間の長さが所定値以上である場合、該長さに対応する部品の ID を追加したクエリを生成する、請求項 1 から 15 のいずれか 1 項に記載のプログラム。

【請求項 17】

予め定められた複数の部品より構成される実空間における立体を認識するための立体認識システムであって、

前記立体を撮影するための撮影装置を備える電子装置と、
各部品の ID、各部品の 3 次元モデル、及び各部品間の接合制約条件を示す制約データを関連付けて記憶する部品データベースと、

30

前記部品データベースに入力されるクエリのうち少なくとも部品それぞれの ID を含むクエリ保存用データを記憶する履歴データベースと、

前記撮影装置により撮影された画像から各部品を識別可能な特徴をそれぞれ抽出し、該特徴に基づいて部品のそれぞれの ID 及び該部品の位置データを取得する画像認識部と、

前記特徴に基づいて取得された部品のそれぞれの ID を含むクエリを生成するクエリ生成部と、

クエリが生成された場合、該クエリを用いて、前記部品データベースから、該クエリが含む ID のそれぞれに関連付けられた部品それぞれの 3 次元モデル及び制約データを取得するデータ取得部と、

前記取得された部品それぞれの位置データ、3 次元モデル、及び制約データに基づいて前記実空間と対応させた仮想空間に各部品を配置する部品配置部と、

40

前記配置された各部品の位置関係に基づいて、前記配置された各部品の位置の整合性を判定する整合性判定部と、

前記整合性が有ると判定された場合、前記配置された各部品の位置に基づいて立体を認識する立体認識部と、

前記整合性が無いと判定された場合、

前記データ取得部が用いたクエリのうち少なくとも部品それぞれの ID を含むクエリ保存用データを前記履歴データベースに記憶するデータベース記憶部と、

前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データ及び前記部品データベースが記憶するデータに基づいて、クエリを再生成するか否かを決定するクエリ再生成決定部と、

50

クエリを再生成すると決定された場合、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データとは異なるデータを含むクエリを生成するクエリ再生成部と、
を備える、立体認識システム。

【請求項18】

予め定められた複数の部品より構成される実空間における立体を認識するための電子装置であって、

前記立体を撮影するための撮影装置と、

各部品のID、各部品の3次元モデル、及び各部品間の接合制約条件を示す制約データを関連付けて記憶する部品データベースと、

前記部品データベースに入力されるクエリのうち少なくとも部品それぞれのIDを含むクエリ保存用データを記憶する履歴データベースと、

前記撮影装置により撮影された画像から各部品を識別可能な特徴をそれぞれ抽出し、該特徴に基づいて部品のそれぞれのID及び該部品の位置データを取得する画像認識部と、

前記特徴に基づいて取得された部品のそれぞれのIDを含むクエリを生成するクエリ生成部と、

クエリが生成された場合、該クエリを用いて、前記部品データベースから、該クエリが含むIDのそれぞれに関連付けられた部品それぞれの3次元モデル及び制約データを取得するデータ取得部と、

前記取得された部品それぞれの位置データ、3次元モデル、及び制約データに基づいて前記実空間と対応させた仮想空間に各部品を配置する部品配置部と、

前記配置された各部品の位置関係に基づいて、前記配置された各部品の位置の整合性を判定する整合性判定部と、

前記整合性が有ると判定された場合、前記配置された各部品の位置に基づいて立体を認識する立体認識部と、

前記整合性が無いと判定された場合、

前記データ取得部が用いたクエリのうち少なくとも部品それぞれのIDを含むクエリ保存用データを前記履歴データベースに記憶するデータベース記憶部と、

前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データ及び前記部品データベースが記憶するデータに基づいて、クエリを再生成するか否かを決定するクエリ再生成決定部と、

クエリを再生成すると決定された場合、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データとは異なるデータを含むクエリを生成するクエリ再生成部と、

を備える、電子装置。

【請求項19】

予め定められた複数の部品より構成される実空間における立体を認識するための、該立体を撮影するための撮影装置を備える電子装置において実行される方法であって、

前記撮影装置により撮影された画像から各部品を識別可能な特徴をそれぞれ抽出し、該特徴に基づいて部品のそれぞれのID及び該部品の位置データを取得する画像認識ステップと、

前記特徴に基づいて取得された部品のそれぞれのIDを含むクエリを生成するクエリ生成ステップと、

クエリが生成された場合、該クエリを用いて、各部品のID、各部品の3次元モデル、及び各部品間の接合制約条件を示す制約データを関連付けて記憶する部品データベースから、該クエリが含むIDのそれぞれに関連付けられた部品それぞれの3次元モデル及び制約データを取得するデータ取得ステップと、

前記取得された部品それぞれの位置データ、3次元モデル、及び制約データに基づいて前記実空間と対応させた仮想空間に各部品を配置する部品配置ステップと、

前記配置された各部品の位置関係に基づいて、前記配置された各部品の位置の整合性を判定する整合性判定ステップと、

前記整合性が有ると判定された場合、前記配置された各部品の位置に基づいて立体を認識する立体認識ステップと、

10

20

30

40

50

前記整合性が無いと判定された場合、

前記データ取得ステップにおいて用いたクエリのうち少なくとも部品それぞれのIDを含むクエリ保存用データを履歴データベースに記憶するデータベース記憶ステップと、

前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データ及び前記部品データベースが記憶するデータに基づいて、クエリを再生成するか否かを決定するクエリ再生成決定ステップと、

クエリを再生成すると決定された場合、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データと異なるデータを含むクエリを生成するクエリ再生成ステップと、

を含む、方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、立体を認識するためのプログラム、システム、電子装置、及び方法に関し、特に予め定められた複数の部品より構成される実空間における立体を認識するためのプログラム、システム、電子装置、及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

撮影された平面画像から、現実空間の3次元物体の立体形状を認識する技術が知られている。しかし、立体形状を平面に投影すると、奥行きや隠れ面についての立体的な情報が失われるため、単一の平面画像から立体形状を直接認識することはできない。従来、異なる視点から撮影された複数の画像の対応付けを行うことで立体情報を帰納的に推定して形状認識する技術や、特定の構造物を対象として対象の事前知識から立体情報を演繹的に推定して形状認識する技術が開発されてきた。

20

【0003】

例えば非特許文献1には、Structure from Motion (SfM) と呼ばれる技術を用いて、複数の画像の対応付けによって形状認識する技術が開示されている。また例えば非特許文献2には、単一の画像を入力とし、人体・表情等特定の対象を仮定して形状認識する技術が開示されている。当該技術は、人間の表情が大域的には似ていて局所的な違いが多くあるということに注目し、既存の3Dモデルを変形させることで、入力画像に対応する3Dモデルを構築するものである。

30

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】 Marc Pollefeys, Luc Van Gool, Maarten Vergauwen, Frank Verbiest, Kurt Cornelis, Jan Tops, Reinhard Koch. 2004. Visual Modeling with a Hand-Held Camera. International Journal of Computer Vision.

【非特許文献2】 Ira Kemelmacher-Shlizerman, Ronen Basri. 2011. 3D face reconstruction from a single image using a single reference face shape. IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE.

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、非特許文献1が開示する技術は、ユーザが複数回の撮影を行うか、又は複数台のカメラを用いて撮影を行う必要があり、ユーザ操作が複雑化する。また、非特許文献2が開示する技術は、構造物が既知であることを前提とするため、ユーザが自由に作成するような構造物の認識には適用することができない。このように、自由な形状の構造物を対象とした、単一の平面画像からの立体形状認識技術は、有効なものが未だ確立されていない。

【0006】

本発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、単一の画像から立体

50

形状を認識することが可能なプログラム等を提供することを主目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の目的を達成するために、本発明の一態様としてのプログラムは、予め定められた複数の部品より構成される実空間における立体を認識するためのプログラムであって、該プログラムは該立体を撮影するための撮影装置を備える電子装置において実行されるものであり、該電子装置に、前記撮影装置により撮影された画像から各部品を識別可能な特徴をそれぞれ抽出し、該特徴に基づいて部品のそれぞれのID及び該部品の位置データを取得する画像認識ステップと、前記特徴に基づいて取得された部品のそれぞれのIDを含むクエリを生成するクエリ生成ステップと、クエリが生成された場合、該クエリを用いて、各部品のID、各部品の3次元モデル、及び各部品間の接合制約条件を示す制約データを関連付けて記憶する部品データベースから、該クエリが含むIDのそれぞれに関連付けられた部品それぞれの3次元モデル及び制約データを取得するデータ取得ステップと、前記取得された部品それぞれの位置データ、3次元モデル、及び制約データに基づいて前記実空間と対応させた仮想空間に各部品を配置する部品配置ステップと、前記配置された各部品の位置関係に基づいて、前記配置された各部品の位置の整合性を判定する整合性判定ステップと、前記整合性が有ると判定された場合、前記配置された各部品の位置に基づいて立体を認識する立体認識ステップと、前記整合性が無いと判定された場合、前記データ取得ステップにおいて用いたクエリのうち少なくとも部品それぞれのIDを含むクエリ保存用データを履歴データベースに記憶するデータベース記憶ステップと、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データ及び前記部品データベースが記憶するデータに基づいて、クエリを再生成するか否かを決定するクエリ再生成決定ステップと、クエリを再生成すると決定された場合、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データと異なるデータを含むクエリを生成するクエリ再生成ステップと、を実行させることを特徴とする。

10

20

【0008】

また、本発明において好ましくは、前記プログラムは、前記電子装置に、前記画像認識ステップの前に、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データを消去するデータベース初期化ステップを実行させる。

【0009】

また、本発明において好ましくは、前記部品配置ステップは、前記取得された部品それぞれの位置データ及び3次元モデルを用いて前記仮想空間に各部品を配置し、前記仮想空間上における隣接する部品のそれぞれにおいて、前記接合制約条件を満たすように各部品の位置を調整して配置する。

30

【0010】

また、本発明において好ましくは、前記部品配置ステップは、前記仮想空間上に配置された部品のうちの2つの部品の3次元モデル間の長さが所定値以内であるか否かに基づいて2つの部品が隣接するか否かを判定する。

【0011】

また、本発明において好ましくは、前記位置は6自由度位置である。

【0012】

また、本発明において好ましくは、各部品を識別可能な前記特徴は、各部品が部品表面に有するARマーカである。

40

【0013】

また、本発明において好ましくは、前記データ取得ステップは、クエリが生成された場合、該クエリを用いて、前記部品データベースから、該クエリが含むIDのそれぞれに関連付けられた部品それぞれの3次元モデル及び制約データを、該IDに対応付けて該クエリにそれぞれ加えることにより取得する。

【0014】

また、本発明において好ましくは、前記整合性判定ステップは、前記配置された各部品の3次元モデルが占める領域の重複度合いに基づいて、前記配置された各部品の位置の整

50

合性を判定する。

【0015】

また、本発明において好ましくは、前記画像認識ステップは、前記撮影装置により撮影された画像から前記立体のベース部分を形成するベース部を認識し、前記部品配置ステップは、該ベース部を前記仮想空間上に配置し、前記整合性判定ステップは、前記配置された各部品の位置と前記ベース部の位置との位置関係から前記配置された各部品が重力に従った配置であるか否かを判定し、該判定に更に基づいて整合性を判定する。

【0016】

また、本発明において好ましくは、前記整合性判定ステップは、前記撮影装置により撮影された画像と、前記配置された各部品の、前記撮影装置の位置に対応する前記仮想空間の位置に配置された仮想カメラから見た画像との一致度に基づいて整合性を判定する。

10

【0017】

また、本発明において好ましくは、前記データベース記憶ステップは、前記クエリ保存用データが含む部品それぞれのIDに関連付けて、前記配置された各部品の位置を前記履歴データベースに更に記憶する。

【0018】

また、本発明において好ましくは、前記クエリ再生成決定ステップは、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データが、前記部品データベースが記憶する部品のIDの所定の組み合わせを含むか否かに基づいて、クエリを再生成するか否かを決定する。

【0019】

また、本発明において好ましくは、前記プログラムは、前記電子装置に、クエリを再生成しないと決定された場合、エラーを出力するエラー出力ステップを更に実行させる。

20

【0020】

また、本発明において好ましくは、前記データベース記憶ステップは、前記クエリ保存用データが含む部品それぞれのIDに関連付けて、前記配置された各部品の位置の整合性の評価値を前記履歴データベースに更に記憶する。

【0021】

また、本発明において好ましくは、前記プログラムは、前記電子装置に、クエリを再生成しないと決定された場合、前記評価値により最も高い整合性を有する前記配置された各部品の位置に基づいて立体を認識する第2の立体認識ステップを実行させる。

30

【0022】

また、本発明において好ましくは、前記クエリ再生成ステップは、前記仮想空間上に配置された部品のうちの2つの部品の3次元モデル間の長さが所定値以上である場合、該長さに対応する部品のIDを追加したクエリを生成する。

【0023】

また、上記の目的を達成するために、本発明の一態様としての立体認識システムは、予め定められた複数の部品より構成される実空間における立体を認識するための立体認識システムであって、前記立体を撮影するための撮影装置を備える電子装置と、各部品のID、各部品の3次元モデル、及び各部品間の接合制約条件を示す制約データを関連付けて記憶する部品データベースと、前記部品データベースに入力されるクエリのうち少なくとも部品それぞれのIDを含むクエリ保存用データを記憶する履歴データベースと、前記撮影装置により撮影された画像から各部品を識別可能な特徴をそれぞれ抽出し、該特徴に基づいて部品のそれぞれのID及び該部品の位置データを取得する画像認識部と、前記特徴に基づいて取得された部品のそれぞれのIDを含むクエリを生成するクエリ生成部と、クエリが生成された場合、該クエリを用いて、前記部品データベースから、該クエリが含むIDのそれぞれに関連付けられた部品それぞれの3次元モデル及び制約データを取得するデータ取得部と、前記取得された部品それぞれの位置データ、3次元モデル、及び制約データに基づいて前記実空間と対応させた仮想空間に各部品を配置する部品配置部と、前記配置された各部品の位置関係に基づいて、前記配置された各部品の位置の整合性を判定する整合性判定部と、前記整合性が有ると判定された場合、前記配置された各部品の位置に基

40

50

づいて立体を認識する立体認識部と、前記整合性が無いと判定された場合、前記データ取得部が用いたクエリのうち少なくとも部品それぞれのIDを含むクエリ保存用データを前記履歴データベースに記憶するデータベース記憶部と、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データ及び前記部品データベースが記憶するデータに基づいて、クエリを再生成するか否かを決定するクエリ再生成決定部と、クエリを再生成すると決定された場合、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データとは異なるデータを含むクエリを生成するクエリ再生成部と、を備えることを特徴とする。

【0024】

また、上記の目的を達成するために、本発明の一態様としての電子装置は、予め定められた複数の部品より構成される実空間における立体を認識するための電子装置であって、前記立体を撮影するための撮影装置と、各部品のID、各部品の3次元モデル、及び各部品間の接合制約条件を示す制約データを関連付けて記憶する部品データベースと、前記部品データベースに入力されるクエリのうち少なくとも部品それぞれのIDを含むクエリ保存用データを記憶する履歴データベースと、前記撮影装置により撮影された画像から各部品を識別可能な特徴をそれぞれ抽出し、該特徴に基づいて部品のそれぞれのID及び該部品の位置データを取得する画像認識部と、前記特徴に基づいて取得された部品のそれぞれのIDを含むクエリを生成するクエリ生成部と、クエリが生成された場合、該クエリを用いて、前記部品データベースから、該クエリが含むIDのそれぞれに関連付けられた部品それぞれの3次元モデル及び制約データを取得するデータ取得部と、前記取得された部品それぞれの位置データ、3次元モデル、及び制約データに基づいて前記実空間と対応させた仮想空間に各部品を配置する部品配置部と、前記配置された各部品の位置関係に基づいて、前記配置された各部品の位置の整合性を判定する整合性判定部と、前記整合性が有ると判定された場合、前記配置された各部品の位置に基づいて立体を認識する立体認識部と、前記整合性が無いと判定された場合、前記データ取得部が用いたクエリのうち少なくとも部品それぞれのIDを含むクエリ保存用データを前記履歴データベースに記憶するデータベース記憶部と、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データ及び前記部品データベースが記憶するデータに基づいて、クエリを再生成するか否かを決定するクエリ再生成決定部と、クエリを再生成すると決定された場合、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データとは異なるデータを含むクエリを生成するクエリ再生成部と、を備えることを特徴とする。

【0025】

また、上記の目的を達成するために、本発明の一態様としての方法は、予め定められた複数の部品より構成される実空間における立体を認識するための、該立体を撮影するための撮影装置を備える電子装置において実行される方法であって、前記撮影装置により撮影された画像から各部品を識別可能な特徴をそれぞれ抽出し、該特徴に基づいて部品のそれぞれのID及び該部品の位置データを取得する画像認識ステップと、前記特徴に基づいて取得された部品のそれぞれのIDを含むクエリを生成するクエリ生成ステップと、クエリが生成された場合、該クエリを用いて、各部品のID、各部品の3次元モデル、及び各部品間の接合制約条件を示す制約データを関連付けて記憶する部品データベースから、該クエリが含むIDのそれぞれに関連付けられた部品それぞれの3次元モデル及び制約データを取得するデータ取得ステップと、前記取得された部品それぞれの位置データ、3次元モデル、及び制約データに基づいて前記実空間と対応させた仮想空間に各部品を配置する部品配置ステップと、前記配置された各部品の位置関係に基づいて、前記配置された各部品の位置の整合性を判定する整合性判定ステップと、前記整合性が有ると判定された場合、前記配置された各部品の位置に基づいて立体を認識する立体認識ステップと、前記整合性が無いと判定された場合、前記データ取得ステップにおいて用いたクエリのうち少なくとも部品それぞれのIDを含むクエリ保存用データを履歴データベースに記憶するデータベース記憶ステップと、前記履歴データベースが記憶するクエリ保存用データ及び前記部品データベースが記憶するデータに基づいて、クエリを再生成するか否かを決定するクエリ再生成決定ステップと、クエリを再生成すると決定された場合、前記履歴データベースが

10

20

30

40

50

記憶するクエリ保存用データと異なるデータを含むクエリを生成するクエリ再生成ステップと、を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、単一の画像から立体形状を認識することができる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の一実施形態による立体認識システムの全体構成図である。

【図2】本発明の一実施形態による電子装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

。

【図3】本発明の一実施形態によるサーバのハードウェア構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の一実施形態によるサーバの機能ブロック図の一例を示す。

【図5】本発明の一実施形態による電子装置の機能ブロック図の一例を示す。

【図6】撮影装置による撮影画像の一例を示す図である。

【図7】図6に示す撮影画像から画像認識部が認識した3つの部品を示す図である。

【図8】図7に示す画像認識部が認識した3つの部品から、部品配置部が隣接する2つの部品の組をそれぞれ特定し、接合制約条件を満たすように移動等させた様子を示す図である。

【図9】図8に示す部品配置部が配置を確定した部品により立体認識部が認識した構造物を示す図である。

【図10】本発明の一実施形態による立体認識システムの情報処理を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態による立体認識システム1について説明する。本明細書においては、説明の便宜上、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成についての重複説明を省略する場合がある。

【0029】

本発明の実施形態による立体認識システム1は、形状や大きさが既知である予め定められた複数の部品5を組み合わせて作成された実空間における立体を認識するためのシステムである。本明細書において、複数の部品5を組み合わせて作成された実空間における立体を特に構造物と呼ぶ場合がある。本発明の実施形態の技術的特徴の1つは、立体認識システム1が、上記のように作成された構造物を単一の平面画像から認識することである。個々の部品5の形状や大きさが既知であっても、部品5を自由に組み合わせて作成される構造物は既知ではないことは理解される。

【0030】

なお、本明細書における実空間上の部品5は、他の部品5が接触することにより、又は他の部品5が当該部品5の上に載せられることにより、実質的に体積や形状が変わらない剛体を想定している。また本明細書において、2つの部品5が接触して1つの構造物を形成することを、2つの部品5が接合するという。例えば、2つの部品5が接合するとは、一の部品5と他の部品5が接触すること、一の部品5と他の部品5が嵌合されて固定されること、及び一の部品5が他の部品5に載せられることなどを示す。

【0031】

図1は、本発明の一実施形態による立体認識システム1の全体構成図である。図1に示すように、立体認識システム1は、電子装置3と、サーバ4と備え、電子装置3及びサーバ4は、インターネットなどのネットワーク2に接続され、互いに通信可能である。

【0032】

図2は本発明の一実施形態による電子装置3のハードウェア構成を示すブロック図である。電子装置3は、プロセッサ11、表示装置12、入力装置13、撮影装置14、記憶

10

20

30

40

50

装置 15、及び通信装置 16を備える。これらの各構成装置はバス 16によって接続される。なお、バス 17と各構成装置との間には必要に応じてインタフェースが介在しているものとする。本実施形態において、電子装置 3はスマートフォンである。ただし、電子装置 3は、上記の構成を備えるものであれば、タブレット型コンピュータ、タッチパッド等の接触型入力装置を備えるコンピュータなどの携帯電子端末とすることができる。

【0033】

プロセッサ 11は、電子装置 3全体の動作を制御するものであり、例えばCPUである。なお、プロセッサ 11としては、MPU等の電子回路が用いられてもよい。プロセッサ 11は、記憶装置 14に格納されているプログラムやデータを読み込んで実行することにより、様々な処理を実行する。1つの例では、プロセッサ 11は、複数のプロセッサから構成される。

10

【0034】

表示装置（ディスプレイ）12は、プロセッサ 11の制御に従って、アプリケーション画面や撮影装置 14によって撮影された画像などを電子装置 3のユーザに表示する。好ましくは液晶ディスプレイであるが、有機ELを用いたディスプレイやプラズマディスプレイ等であってもよい。

【0035】

入力装置 13は、電子装置 3に対するユーザからの入力を受け付けるユーザインタフェースであり、例えば、タッチパネル、タッチパッド、キーボード、又はマウスである。本実施形態において電子装置 3はスマートフォンであるため、電子装置 3は入力装置 13としてタッチパネルを備え、タッチパネルは表示装置 12としても機能し、表示装置 12と入力装置 13は一体となった構造である。ただし、表示装置 12と入力装置 13は、別の位置に配置される別個の形態であってもよい。

20

【0036】

撮影装置（撮像装置）14は、実空間の静止画又は動画を撮影（撮像）するものであり、撮影した画像又は動画データを記憶部 15に格納する。撮影装置 14は、例えばイメージセンサなどから構成されるカメラである。

【0037】

記憶装置 15は、揮発性メモリであるRAM及び不揮発性メモリであるROMを含む、一般的なスマートフォンが備える記憶装置である。記憶装置 15は、外部メモリを含むこともできる。

30

【0038】

1つの例では、記憶装置 15は、主記憶装置及び補助記憶装置を含む。主記憶装置は、情報の高速な読み書きが可能な揮発性の記憶媒体であり、プロセッサ 11が情報を処理する際の記憶領域及び作業領域として用いられる。補助記憶装置は、様々なプログラムや、各プログラムの実行に際してプロセッサ 11が使用するデータを格納する。補助記憶装置は、例えばハードディスク装置であるが、情報を格納できるものであればいかなる不揮発性ストレージ又は不揮発性メモリであってもよく、着脱可能なものであっても構わない。補助記憶装置は、例えば、オペレーティングシステム（OS）、ミドルウェア、アプリケーションプログラム、これらのプログラムの実行に伴って参照され得る各種データなどを格納する。

40

【0039】

通信装置 16は、ネットワーク 2を介してサーバ 4などの他のコンピュータとの間でデータの授受を行う。例えば通信装置 16は、移動体通信や無線LAN等の無線通信を行い、ネットワーク 2へ接続する。1つの例では、通信装置 16によって、プログラムをサーバ 4からダウンロードして、記憶装置 16に格納する。ただし、通信装置 16は、イーサネット（登録商標）ケーブル等を用いた有線通信を行ってもよい。

【0040】

図3は本発明の一実施形態によるサーバ 4のハードウェア構成を示すブロック図である。サーバ 4は、プロセッサ 21、表示装置 22、入力装置 23、記憶装置 24、及び通信

50

装置 2 5 を備える。これらの各構成装置はバス 2 6 によって接続される。なお、バス 2 6 と各構成装置との間には必要に応じてインタフェースが介在しているものとする。

【 0 0 4 1 】

プロセッサ 2 1 は、サーバ 4 全体の動作を制御するものであり、例えば CPU である。なお、プロセッサ 1 1 としては、MPU 等の電子回路が用いられてもよい。プロセッサ 1 1 は、記憶装置 1 4 に格納されているプログラムやデータを読み込んで実行することにより、様々な処理を実行する。1 つの例では、プロセッサ 2 1 は、複数のプロセッサから構成される。

【 0 0 4 2 】

表示装置（ディスプレイ）2 2 は、プロセッサ 2 1 の制御に従って、アプリケーション画面などをサーバ 4 の使用者に表示する。入力装置 2 3 は、サーバ 4 に対するユーザからの入力を受け付けるものであり、例えば、タッチパネル、タッチパッド、キーボード、又はマウスである。

【 0 0 4 3 】

記憶装置 2 4 は、主記憶装置及び補助記憶装置を含む。主記憶装置は、例えば RAM のような半導体メモリである。RAM は、情報の高速な読み書きが可能な揮発性の記憶媒体であり、プロセッサ 2 1 が情報を処理する際の記憶領域及び作業領域として用いられる。主記憶装置は、読み出し専用の不揮発性記憶媒体である ROM を含んでいてもよい。この場合、ROM はファームウェア等のプログラムを格納する。補助記憶装置は、様々なプログラムや、各プログラムの実行に際してプロセッサ 2 1 が使用するデータを格納する。補助記憶装置は、例えばハードディスク装置であるが、情報を格納できるものであればいかなる不揮発性ストレージ又は不揮発性メモリであってもよく、着脱可能なものであっても構わない。補助記憶装置は、例えば、オペレーティングシステム（OS）、ミドルウェア、アプリケーションプログラム、これらのプログラムの実行に伴って参照され得る各種データなどを格納する。

【 0 0 4 4 】

好適な 1 つの例では、記憶部 2 4 は各種データベース用のデータ（例えばテーブル）やプログラムを記憶する。プロセッサ 2 1 の動作などにより、各種データベースは実現される。サーバ 4 は、データベースサーバ機能を備えることもできるし、1 又は複数のデータベースサーバを含むこともできるし、又は他のサーバを含むこともできる。

【 0 0 4 5 】

通信装置 2 5 は、ネットワーク 2 を介して電子装置 3 などの他のコンピュータとの間でデータの授受を行うための装置である。例えば通信装置 2 5 は、イーサネット（登録商標）ケーブル等を用いた有線通信や移動体通信、無線 LAN 等の無線通信を行い、ネットワーク 4 へ接続する。

【 0 0 4 6 】

図 4 は、本発明の一実施形態によるサーバ 4 の機能ブロック図の一例を示す。サーバ 4 は、部品データベース 4 1 と、履歴データベース 4 2 と、を備える。本実施形態においては、プロセッサ 2 1 によりプログラムが実行されることによりこれらの機能が実現される。このように、各種機能がプログラム読み込みにより実現されるため、1 つのデータベースの一部を他のデータベースが有していてもよい。

【 0 0 4 7 】

前述のとおり、立体認識システム 1 は、予め定められた複数の部品 5 より構成される実空間における構造物を認識する。部品データベース 4 1 は、部品 5 それぞれの部品 ID、部品 5 の 3 次元モデルデータ（3 次元モデル）、及び部品 5 間の接合制約条件を示す制約データを関連付けて記憶する。電子装置 3 は、クエリを用いて、部品データベース 4 1 からデータを取得する。

【 0 0 4 8 】

部品 ID は、部品 5 を識別するための一意の識別情報を示すデータである。部品データベース 4 1 に記憶される部品 5 は、それぞれ部品 ID に対応付けられる。構造物は、部品

10

20

30

40

50

データベース 41 に記憶される部品 5 の一部又は全部により作成される。形状及び大きさが同じ部品 5 が複数ある場合、当該部品 5 は、同一の部品 ID を有する。この場合、部品データベース 41 は、部品 5 の個数を、部品 ID に更に関連付けて記憶する。ただし、すべての部品 5 が異なる部品 ID を有するように構成し、部品データベース 41 が部品 5 の個数を含まないようにすることもできる。

【 0 0 4 9 】

3次元モデルは、部品 5 の形状及び大きさを定めるデータであり、例えばワイヤフレームモデルやポリゴンメッシュで表現されたデータである。

【 0 0 5 0 】

制約データは、部品データベース 41 に記憶される部品 5 間の接合制約条件を定める位置合わせ用メタデータである。接合制約条件は、部品 5 を接合する際に課される幾何学的制約であり、2つの部品 5 の相対的な位置関係を定める。

【 0 0 5 1 】

位置合わせ用メタデータは、2つの部品 5 の相対的な位置関係において、6自由度 (6 D o F) のうちの少なくとも1つの制約を定めるデータである。6 D o F は、3次元空間上の立体の位置及び姿勢についての、座標と回転方向からなる自由度である。部品データベース 41 は、一の部品 5 の部品 ID に、他の部品 5 それぞれとの制約を定める位置合わせ用メタデータを、関連付けて記憶する。

【 0 0 5 2 】

一の部品 5 の位置合わせ用メタデータ、すなわち一の部品 5 の部品 ID に関連付けられる位置合わせ用メタデータは、一の部品 5 と接合する可能性のあるすべての部品 5 それぞれとの制約を定めるデータを含む。1つの例では、部品データベース 41 が一の部品 5 を1つのみ含む場合、一の部品 5 の部品 ID に関連付けられる位置合わせ用メタデータは、一の部品 5 以外のすべての他の部品 5 それぞれとの制約を定めるデータを含む。1つの例では、部品データベース 41 が一の部品 5 を複数含む場合、該一の部品 5 の部品 ID に関連付けられる位置合わせ用メタデータは、一の部品 5 を含むすべての部品 5 それぞれとの制約を定めるデータを含む。

【 0 0 5 3 】

部品データベース 41 は、部品 5 の3次元モデルや位置合わせ用メタデータを、各部品 5 で共通の座標系を用いて記憶する。好ましくは、部品データベース 41 が記憶する各部品 5 ごとの3次元モデルや位置合わせ用メタデータは、各部品 5 の中央を原点とする3軸座標系により表される。

【 0 0 5 4 】

好適な1つの例では、すべての部品 5 において部品表面の任意の点を接合基準点 6 として定めると、一の部品 5 の位置合わせ用メタデータは、一の部品 5 の接合基準点 6 に対する他の部品 5 の接合基準点 6 の距離と角度の条件により定められる。一組の部品 5 間に着目すると、一の部品 5 の位置合わせ用メタデータ (alignment-data) は、位置の制約 (positional-constraint) 及び姿勢の制約 (orientational-constraint) を要素とする配列として以下に示す式 1 ~ 式 3 のとおり記述することができる。

$alignment - data := array\ of\ (positional - constraint, orientational - constraint)$

(式 1)

$positional - constraint := (x, y, z, [d_x^{min}, d_x^{max}], [d_y^{min}, d_y^{max}], [d_z^{min}, d_z^{max}])$

(式 2)

$orientational - constraint := ([a_r^{min}, a_r^{max}], [a_p^{min}, a_p^{max}], [a_y^{min}, a_y^{max}])$

(式 3)

式 1 から式 3 において、

10

20

30

40

(x, y, z)

は、一の部品 5 の接合基準点の座標を示す。

$$[d_x^{min}, d_x^{max}]$$

は、一の部品 5 の接合基準点と他の部品 5 の接合基準点との x 軸方向の距離の最小値と最大値を示す。

$$[d_y^{min}, d_y^{max}]$$

は、一の部品 5 の接合基準点と他の部品 5 の接合基準点との y 軸方向の距離の最小値と最大値を示す。

$$[d_z^{min}, d_z^{max}]$$

は、一の部品 5 の接合基準点と他の部品 5 の接合基準点との x 軸方向の距離の最小値と最大値を示す。

$$[a_r^{min}, a_r^{max}]$$

は、一の部品 5 の接合基準点と他の部品 5 の接合基準点との x 軸を中心とした回転角度差 (roll の回転角度差) の最小値と最大値を示す。

$$[a_p^{min}, a_p^{max}]$$

は、一の部品 5 の接合基準点と他の部品 5 の接合基準点との y 軸を中心とした回転角度差 (pitch の回転角度差) の最小値と最大値を示す。

$$[a_y^{min}, a_y^{max}]$$

は、一の部品 5 の接合基準点と他の部品 5 の接合基準点との z 軸を中心とした回転角度差 (yaw の回転角度差) の最小値と最大値を示す。

【 0 0 5 5 】

式 1 ~ 式 3 に示す位置合わせ用メタデータは、一の部品 5 と他の 1 つの部品 5 との制約を定めるデータである。部品データベース 4 1 は、一の部品 5 と接合する可能性のあるすべての部品 5 それぞれとの制約を定める位置合わせ用メタデータを、一の部品 5 の部品 ID に関連付けて各々記憶する。また一の部品 5 が複数の接合面を有する場合、一の部品 5 は、複数の接合基準点を有することができる。この場合、一の部品 5 と他の 1 つの部品 5 との制約を定めるデータに関して、位置合わせ用メタデータは、接合基準点ごとに式 1 ~ 式 3 に示すデータを有することができ、位置及び姿勢の制約の要素は、接合基準点に從属するデータとして扱うことができる。以下、本実施形態においては、一の部品 5 の制約データは、一の部品 5 と接合する可能性のある部品 5 ごとに、位置合わせ用メタデータを有するものとする。また、位置合わせ用メタデータは、接合基準点 6 及び該接合基準点 6 に從属するデータとして位置の制約及び姿勢の制約の要素を有するものとする。

【 0 0 5 6 】

1 つの例では、各々が 1 つの接合基準点を有する 2 つの部品 5 (P_1 と P_2) が接合する場合、各部品 5 の位置合わせ用データを添字により表すと、以下の式が成立する。

$$\max(d_{x1}^{min}, d_{x2}^{min}) \leq |x_1 - x_2| \leq \min(d_{x1}^{max}, d_{x2}^{max})$$

(式 4)

$$\max(d_{y1}^{min}, d_{y2}^{min}) \leq |y_1 - y_2| \leq \min(d_{y1}^{max}, d_{y2}^{max})$$

(式 5)

$$\max(d_{z1}^{min}, d_{z2}^{min}) \leq |z_1 - z_2| \leq \min(d_{z1}^{max}, d_{z2}^{max})$$

10

20

30

40

50

(式6)

$$\max(a_{r1}^{\min}, a_{r2}^{\min}) \leq |roll_1 - roll_2| \leq \min(a_{r1}^{\max}, a_{r2}^{\max})$$

(式7)

$$\max(a_{p1}^{\min}, a_{p2}^{\min}) \leq |pitch_1 - pitch_2| \leq \min(a_{p1}^{\max}, a_{p2}^{\max})$$

(式8)

$$\max(a_{y1}^{\min}, a_{y2}^{\min}) \leq |yaw_1 - yaw_2| \leq \min(a_{y1}^{\max}, a_{y2}^{\max})$$

(式9)

10

【0057】

立体の回転方向は、軸の選び方の順序によって異なる位置となりうるため、例えば1つのアプリケーションにおいて、その順序は1つに定められているものとする。1つの例では、一の部品の接合基準点と他の任意の部品の接合基準点とのx軸方向、y軸方向、及びz軸方向の少なくとも1つの距離の最小値と最大値を[0,]とし、一の部品の接合基準点と他の任意の部品の接合基準点とのroll、pitch、及びyawの少なくとも1つの最小値及び最大値を[-180、180]とする。これにより、制約条件において一部の自由度を残すことができる。他の例では、位置合わせ用メタデータが6DOFのうちの1つの制約も定めないように構成される。この場合、部品データベース41は、制約データを記憶しなくてもよい。

20

【0058】

履歴データベース42は、電子装置3から部品データベース41に入力されるクエリのうち少なくとも部品それぞれのIDを含むクエリ保存用データを記憶する。部品データベース41に入力されるクエリは、例えば電子装置3が部品データベース41からデータを検索して取得する際に用いるクエリである。

【0059】

図5は本発明の一実施形態による電子装置3の機能ブロック図の一例を示す。電子装置3は、画像認識部31と、クエリ生成部32と、データ取得部33と、部品配置部34と、整合性判定部35と、立体認識部36と、データベース記憶部37と、クエリ再生成決定部38と、クエリ再生成部39と、を備える。本実施形態においては、プロセッサ11によりプログラムが実行されることによりこれらの機能が実現される。このように、各種機能がプログラム読み込みにより実現されるため、1つのパート(機能)の一部又は全部を他のパートが有していてもよい。ただし、各機能の一部又は全部を実現するための電子回路等を構成することによりハードウェアによってもこれらの機能は実現してもよい。

30

【0060】

最初に、立体認識システム1で用いられる部品5について説明する。複数の部品5は、各部品5を識別可能なマーカを、部品表面に有する。好適な1つの例では、マーカは、ARマーカであり、例えば矩形状の黒枠とその内部に描かれた左右非対称のドットパターンにより構成される。このようにマーカは、該マーカが撮影された画像から、撮影装置14からの該マーカの位置及び姿勢を取得可能である形状を有するとともに、各部品5を識別可能な特徴パターンを有する。ただし、複数の部品5は、各部品5を識別可能なマーカ以外の、各部品5を識別可能な特徴を部品表面に有していてもよい。例えば、複数の部品5は、各部品5を識別可能な特徴パターンのみを有し、該特徴パターンが、撮影された画像から、撮影装置14からの該特徴パターンの位置及び姿勢を取得可能であるとともに各部品5を識別可能であるように構成されてもよい。

40

【0061】

画像認識部31は、撮影装置14により撮影された画像から各部品5を識別可能なマーカをそれぞれ抽出する。画像認識部31は、抽出されたマーカから部品5の部品IDをそれぞれ取得するとともに、撮影画像における該マーカの形状及び大きさから、各部品5の位置データを取得する。画像認識部31は、このようにして、撮影画像内にある各部品5

50

を認識する。1つの例では、画像認識部31が取得する各部品5の位置データは、カメラ座標系により表現されるマーカの認識の基準点の位置であり、撮影装置14からの相対位置を示すものである。1つの例では、位置データは、6Dof(6自由度)の位置である。他の例では、位置データは、クォータニオン等により表現される。なお、画像認識部31は既知の画像認識技術が有する機能を備えることができ、画像認識部31が取得する各部品5の位置データは大まかな位置であってもよい。

【0062】

部品データベース41は、部品IDに関連付けて、該部品IDに対応付けられた部品5の表面にあるマーカの形状、大きさ、及び特徴パターンと、該マーカの該部品5における位置とを記憶する。マーカの部品5における位置は、例えば画像認識部31が認識するマーカの認識の基準点の位置であり、該部品5の中央を原点とする3軸座標系により表される。また、部品データベース41は、部品IDに関連付けて、該部品IDに対応付けられた部品5の接合基準点6の位置を記憶する。接合基準点6の位置は、マーカの部品5における位置と同様に記憶され、例えば該部品5の中央を原点とする3軸座標系により表される。

10

【0063】

図6は、撮影装置14による撮影画像の一例を示す図であり、撮影画像には、3つの部品5(5a、5b、5c)から構成される構造物が映っている。画像認識部31は、図6に示す撮影画像から、3つのマーカを抽出し、抽出したマーカから3つの部品5に対応付けられた部品IDと、該部品5の位置データを取得することで、3つの部品5をそれぞれ認識する。図7は、図6に示す撮影画像から画像認識部31が認識した3つの部品5a、5b、5cを示す図であり、3つの部品5それぞれの接合基準点6(6a、6b1、6b2、6c)を示す。部品5bは、2つの接合基準点6b1及び6b2を有することが確認できる。例えば、撮影画像に中央の部品のマーカが映っていない場合、画像認識部31は、両端の部品5のみ認識する。

20

【0064】

クエリ生成部32は、画像認識部31により取得された部品IDを含むクエリを生成する。データ取得部33は、クエリが生成された場合、生成されたクエリを用いて、部品データベース41から、該クエリが含む部品IDのそれぞれに関連付けられた部品5それぞれの3次元モデル及び制約データを取得する。

30

【0065】

クエリは、部品IDと、部品IDに従属するデータとを含み、例えば各データを要素とする配列として定められる。部品IDに従属するデータは、部品IDに対応付けられた部品5の位置データを含む。部品5の位置データは、画像認識部31により取得されるものである。また、部品IDに従属するデータは、3次元モデルと、制約データとを含む。

【0066】

データ取得部33が、データを取得する際に用いるクエリは、画像認識部31により取得された部品IDと、部品IDに対応付けられた部品5の位置データとを含んでいればよい。1つの例では、データ取得部33は、部品データベース41の検索の際に用いたクエリに、該クエリが含む部品IDに関連付けられた部品5それぞれの3次元モデル及び制約データを、該部品IDに対応付けて該クエリにそれぞれ加える。これにより、データ取得部33は、部品IDごとの部品5の3次元モデル及び制約データを取得する。

40

【0067】

部品配置部34は、クエリが含む部品IDごとに、画像認識部31により取得された位置データと、データ取得部33により取得された3次元モデル及び制約データとに基づいて、実空間と対応させた仮想空間に各部品5を配置する。最初に、部品配置部34は、クエリが含む部品IDごとに、3次元モデルと、位置データとを用いて、仮想空間に各部品5を仮想空間上に配置する。

【0068】

次に、部品配置部34は、配置された部品5のそれぞれが隣接しているか否かを判定す

50

ることにより、配置された部品 5 のうち隣接する 2 つの部品 5 の組をそれぞれ特定する。1 つの例では、部品配置部 3 4 は、最初に配置された 2 つの部品 5 の接合基準点 6 間の長さが所定値以内であるか否かを判定し、所定値以内である場合、2 つの部品 5 は隣接していると判定する。部品配置部 3 4 は、1 つの部品 5 に対して複数の部品 5 が隣接していると判定することができる。

【 0 0 6 9 】

次に、部品配置部 3 4 は、隣接していると特定された 2 つの部品 5 の組から所定の順番で部品 5 の組を選択する。部品配置部 3 4 は、隣接していると判定された 2 つの部品 5 の組のそれぞれにおいて、接合制約条件を満たすように、2 つの部品 5 のうちのいずれか一方を移動や回転（以下、「移動等」という。）させて、配置を確定する。このように、部品配置部 3 4 は、各部品 5 を調整して配置する。部品配置部 3 4 は、接合制約条件を満たしている場合、部品 5 を移動等させないで配置を確定する。部品配置部 3 4 は、どの部品 5 にも隣接していないと判定された部品 5 については、接合制約条件を満たすように移動等させない。

【 0 0 7 0 】

1 つの例では、部品配置部 3 4 は、優先度が高い部品 5 を含む 2 つの部品 5 の組から順番に、2 つの部品 5 の組を選択する。この場合、部品データベース 4 1 は、部品 ID に関連付けて、該部品 ID に対応付けられた部品 5 の優先度に関する優先度情報を更に記憶する。部品 5 の優先度は、システム管理者により予め定められるものであり、例えば構造物を構成する上で重要となり得る部品 5 ほど優先度は高く設定される。データ取得部 3 3 は、クエリが生成された場合、生成されたクエリを用いて、部品データベース 4 1 から、該クエリが含む部品 ID のそれぞれに関連付けられた部品 5 それぞれの優先度情報を更に取得する。他の例では、画像認識部 3 1 は部品 ID を認識するとともに、その認識の確度を算出し、部品配置部 3 4 は、該確度の高い部品 5 を含む 2 つの部品 5 の組から順番に、2 つの部品 5 の組を選択する。

【 0 0 7 1 】

1 つの例では、部品配置部 3 4 は、2 つの部品 5 のうちの一方を移動等させる必要がある場合において、いずれか一方の部品 5 の配置を既に確定していた場合、確定させていない方の部品 5 を、接合制約条件を満たすように移動等させる。他の例では、部品配置部 3 4 は、2 つの部品 5 のうちの一方を移動等させる必要がある場合において、両方の部品 5 の配置を既に確定していた場合、優先度が低い部品 5 又は画像認識部 3 1 の認識の確度が低い部品 5 を、接合制約条件を満たすように移動等させる。

【 0 0 7 2 】

図 8 は、図 7 に示す画像認識部 3 1 が認識した 3 つの部品 5 から、部品配置部 3 4 が隣接する 2 つの部品 5 の組をそれぞれ特定し、接合制約条件を満たすように移動等させた様子を示す図である。

【 0 0 7 3 】

整合性判定部 3 5 は、部品配置部 3 4 により配置された各部品 5 の位置関係に基づいて、配置された各部品 5 の位置の整合性を判定する。

【 0 0 7 4 】

1 つの例では、整合性判定部 3 5 は、配置された各部品 5 の 3 次元モデルが占める領域の重複度合いに基づいて、配置された各部品 5 の位置の整合性を判定する。具体的には、整合性判定部 3 5 は、配置された各部品 5 の 3 次元モデルが占める領域の重複が (a) 所定の体積以内である場合は整合性が有ると判定し、(b) 所定の体積を超える場合は整合性が無いと判定する。上記の所定の体積は、ゼロとすることもできるし、各部品 5 の 3 次元モデルごとに定めることもできる。

【 0 0 7 5 】

1 つの例では、画像認識部 3 1 は、撮影装置 1 4 により撮影された画像データから構造物が載置されるベース部分を形成するベース部を認識する。例えば構造物が机の上に載置される場合、載置される机の表面がベース部となる。部品配置部 3 4 は、ベース部を仮想

10

20

30

40

50

空間上に配置し、該ベース部についても、配置された部品 5 のそれぞれが隣接しているか否かを判定する。部品配置部 3 4 は、ベース部と部品 5 とを接合制約条件を満たすように移動等させる場合、部品 5 の方を移動等させて配置を確定させることが好ましい。整合性判定部 3 5 は、配置された各部品 5 の位置とベース部の位置との位置関係から、配置された各部品 5 が重力に従った配置であるか否かを判定する。具体的には、整合性判定部 3 5 は、重力に従った配置の場合は整合性が有ると判定し、重力に従った配置でない場合は整合性が無いと判定する。

【 0 0 7 6 】

例えば、図 6 において画像認識部 3 1 が両端の部品 5 のみ認識した場合、クエリ生成部 3 2 が生成するクエリは部品 5 b の部品 ID を含まず、部品配置部 3 4 は部品 5 a と 5 c を仮想空間に配置する。部品配置部 3 4 は、ベース部と部品 5 c の位置関係から重力の方向を認識し、部品 5 a が部品 5 c と間隙を介して配置されていることから、部品 5 a が重力に従った配置でないと判定し、整合性が無いと判定する。

10

【 0 0 7 7 】

1 つの例では、整合性判定部 3 5 は、撮影装置 1 4 により撮影された画像と、部品配置部 3 4 が仮想空間上に配置した各部品 5 の仮想カメラから見た画像との一致度に基づいて、整合性を判定する。具体的には、整合性判定部 3 5 は、一致度が予め定められた既定値以上である場合は整合性が有ると判定し、一致度が既定値未満である場合は整合性が無いと判定する。ここで、仮想カメラは、撮影装置 1 4 の位置に対応する仮想空間の位置に配置されるものである。

20

【 0 0 7 8 】

1 つの例では、整合性判定部 3 5 は、整合性が無いと判定した場合、部品配置部 3 4 が配置した各部品 5 の位置の整合性の評価値を算出する。例えば当該評価値は、整合性判定部 3 5 が配置された各部品 5 の 3 次元モデルが占める領域の重複度合いに基づいて判定する場合、重複領域の体積の所定の体積に対する超過度合いに応じて算出される。また例えば当該評価値は、整合性判定部 3 5 が画像データの一致度に基づいて判定する場合、一致する度合いに応じて算出される。

【 0 0 7 9 】

なお、上記のような整合性判定部 3 5 が行う整合性の判定は、仮想空間上に配置された部品 5 全体に対するものであるが、整合性判定部 3 5 は、部品 5 ごとに整合性を判定することができる。1 つの例では、整合性判定部 3 5 が配置された各部品 5 の 3 次元モデルが占める領域の重複度合いに基づいて各部品 5 の位置の整合性を判定する場合、優先度が高い方の部品 5 を整合性有り、優先度が低い方の部品 5 を整合性無し、と判定する。

30

【 0 0 8 0 】

立体認識部 3 6 は、整合性判定部 3 5 により整合性が有ると判定された場合、部品配置部 3 4 により配置された各部品 5 の位置に基づいて構造物を認識する。例えば、立体認識部 3 6 は、部品配置部 3 4 が仮想空間に配置した各部品 5 の 3 次元モデル及び位置データにより構造物を認識し、構造物全体の 3 次元モデルを認識する。好ましくは、立体認識部 3 6 は、認識した構造物全体の 3 次元モデルを仮想空間上に再構築する。

【 0 0 8 1 】

図 9 は、図 8 に示す部品配置部 3 4 が配置を確定した部品 5 により立体認識部 3 6 が認識した構造物を示す図である。図 6 ~ 図 9 においては、部品 5 c、5 b、5 a の順に優先度が高く、部品配置部 3 4 は、部品 5 b と 5 c の組で部品 5 b を移動させ、部品 5 b と 5 a の組で部品 5 a を移動させたことが確認できる。

40

【 0 0 8 2 】

データベース記憶部 3 7 は、整合性判定部 3 5 により整合性が無いと判定された場合、クエリ保存用データを履歴データベース 4 2 に記憶する。クエリ保存用データは、データ取得部 3 3 が部品データベース 4 1 からデータを取得する際に用いたクエリが含むデータのうち、部品 5 それぞれの部品 ID 及び部品配置部 3 4 が用いた接合基準点 6 を含むデータである。部品配置部 3 4 が用いた接合基準点 6 は、部品 ID に関連付けられた制約デー

50

タに含まれる接合基準点 6 のうち、部品配置部 3 4 が接合制約条件の判断に用いた接合基準点 6 である。接合基準点 6 に関する情報は、隣接する部品 5 ごとに記憶される位置合わせ用データに含まれるため、クエリ保存用データは、部品配置部 3 4 が配置した部品 5 の隣接関係を特定することができるものである。ただし、クエリ保存用データは、データ取得部 3 3 が部品データベース 4 1 からデータを取得する際に用いたクエリが含むデータのうち、少なくとも部品 5 それぞれの部品 ID を含むデータであればよく、上記実施例に限定されない。

【 0 0 8 3 】

1 つの例では、データベース記憶部 3 7 は、クエリ保存用データが含む部品 ID のそれぞれに関連付けて、部品配置部 3 4 が配置した各部品 5 の位置の整合性の評価値を履歴データベース 4 2 に更に記憶する。この場合、整合性判定部 3 5 が、整合性が無いと判定した場合、整合性の評価値を算出する。このような構成とすることにより、すべての場合において整合性判定部 3 5 が、整合性が無いと判定した場合に、最も整合性のあるクエリを用いて、構造物を認識することが可能となる。

10

【 0 0 8 4 】

1 つの例では、データベース記憶部 3 7 は、クエリ保存用データが含む部品 ID のそれぞれに関連付けて、部品配置部 3 4 が配置した各部品 5 の位置を履歴データベース 4 2 に更に記憶する。このような構成とすることにより、すべての場合において整合性判定部 3 5 が、整合性が無いと判定した場合に、最も整合性のある配置のときの各部品 5 の位置を用いて、構造物を認識することが可能となる。

20

【 0 0 8 5 】

1 つの例では、クエリ保存用データはクエリそのもののデータであり、データベース記憶部 3 7 は、データ取得部 3 3 が部品データベース 4 1 からデータを取得する際に用いたクエリをそのまま履歴データベース 4 2 に記憶する。

【 0 0 8 6 】

クエリ再生成決定部 3 8 は、整合性判定部 3 5 により整合性が無いと判定された場合、履歴データベース 4 2 が記憶するクエリ保存用データ及び部品データベース 4 1 が記憶するデータに基づいて、クエリを再生成するか否かを判定する。具体的には、クエリ再生成決定部 3 8 は、履歴データベース 4 2 が記憶するクエリ保存用データが、部品データベース 4 1 が記憶する部品 ID の一部又は全部の組み合わせのうち所定のものを含むか否かを判定する。クエリ再生成決定部 3 8 は、履歴データベース 4 2 が記憶するクエリ保存用データが所定のものを含まない場合、クエリを再生成すると決定し、該クエリ保存用データが所定のものを含む場合、クエリを再生成しないと決定する。部品 ID の組み合わせは、部品 5 の配置順を考慮した組み合わせであり、各部品 5 は接合基準点 6 でのみ接合されるが、同じ部品 5 同士の接合であっても接合基準点 6 が異なる接合は、異なる接合である。例えば部品 5 が部品 A ~ D の 4 つあり、各部品 5 が両端に 2 つの接合基準点 6 を有する場合、部品 ID の全部の組み合わせは、部品 A ~ D をすべて用いて配置する組み合わせであり、 $384 (4! \times 2^4)$ 通りの組み合わせがある。この場合、部品 ID の一部の組み合わせは、部品 A ~ D のうちの一部を取り出し、更に部品 5 の配置順を考慮した組み合わせである。例えば、部品 ID の一部の組み合わせは、部品 A ~ D のうちの部品 B、C を取り出して配置する $8 (2! \times 2^2)$ 通りの組み合わせや、部品 A ~ D のうちの部品 A、B、C を取り出して配置する $48 (3! \times 2^3)$ 通りの組み合わせを含む。

30

40

【 0 0 8 7 】

1 つの例では、クエリ再生成決定部 3 8 は、履歴データベース 4 2 が記憶するクエリ保存用データの数量 N Q と、部品データベース 4 1 が記憶する部品 ID のすべての組み合わせの数量 N P とを比較する。クエリ再生成決定部 3 8 は、数量 N Q が数量 N P 未満である場合、クエリを再生成すると決定し、そうでない場合、クエリを再生成しないと決定する。例えば部品データベース 4 1 が記憶する部品 5 の個数が n であり、各部品 5 は両端にそれぞれ接合基準点 6 を有し、構造物は部品データベース 4 1 が記憶するすべての部品 5 から構成される場合を考える。この場合、クエリ生成部 3 2 が生成可能なクエリ総数、すな

50

わち部品データベース41が記憶する部品IDのすべての組み合わせの数量NPは、部品5の配置パターンの数量と接合基準点6の数量から

$$n! \times 2^n$$

(式10)

で表すことができる。このようにクエリ再生成決定部38は、クエリを再生成する回数を有限にすることができる。なお上記実施例においては、すべての部品5が2つの接合基準点を有し、構造物は部品データベース41が記憶するすべての部品5から構成されるものとしたが、これは説明を簡単にするための1つの例示である。構造物はn個すべてを使用しなくてもよいし、部品5が有する接合基準点6は2つでなくてもよい。

10

【0088】

1つの例では、画像認識部31は部品IDを認識するときその確度を算出する。本例示においては、上記の部品データベース41が記憶する部品IDの一部又は全部の組み合わせのうち所定のものは、一定値以上の確度で画像認識部31により認識された部品IDを含む。

【0089】

1つの例では、部品データベース41は、部品IDに関連付けて、該部品IDに対応付けられた部品5の優先度に関する優先度情報を記憶する。本例示においては、上記の部品データベース41が記憶する部品IDの一部又は全部の組み合わせのうち所定のものは、画像認識部31により認識された一定値以上の優先度の部品IDを含む。

20

【0090】

クエリ再生成部39は、クエリ再生成決定部38がクエリを再生成すると決定した場合、履歴データベース42が記憶するクエリ保存用データと異なるデータを含むクエリを生成する。例えば部品データベース41が記憶する部品5の個数がnであり、各部品5は両端に2つの接合基準点6を有し、構造物は部品データベース41が記憶するすべての部品5から構成される場合を考える。クエリ再生成部39は、式10で表されるクエリ生成部32が生成可能なクエリのうち、履歴データベース42が記憶するクエリ保存用データを含む部品IDの組み合わせを含まないクエリを生成する。

【0091】

1つの例では、クエリ再生成部39は、部品配置部34が仮想空間に配置した部品5のうち2つの部品5の3次元モデル間の長さが所定値以上である場合、該長さに対応する部品5の部品IDを追加したクエリを生成する。1つの例では、画像認識部31による認識の確度が一定値未満であった部品IDや整合性が無いと判定された部品IDについて、部品IDの位置や姿勢を変更したクエリ、又は他の部品IDに置き換えたクエリを優先的に生成する。これにより、立体認識システム1の情報処理をより効率化することが可能となる。

30

【0092】

次に、本発明の一実施形態による立体認識システム1の情報処理について図10に示したフローチャートを用いて説明する。図10に示す情報処理は、プログラムを電子装置3に実行させ、かつプログラムをサーバ4に実行させることで実現される。本例示では、クエリ保存用データはクエリそのものを用いる。

40

【0093】

ステップ101で、サーバ4は、電子装置3が画像を認識する前に、履歴データベース42が記憶するクエリを消去する。これにより、サーバ4は、履歴データベース42を初期化し、履歴データベース42をクエリが記憶されていない状態にする。

【0094】

次にステップ102で、画像認識部31は、撮影装置14により撮影された画像から各部品5を識別可能なマーカを抽出し、抽出されたマーカから部品5のそれぞれに対応付けられた部品IDと該部品5の位置データとを取得する。またこのとき、画像認識部31は、撮影装置14により撮影された画像データから構造物が載置されるベース部分を形成す

50

るベース部を認識する。

【0095】

次にステップ103で、クエリ生成部32は、ステップ102で取得された各部品IDと、該部品IDのそれぞれに従属する位置データを含むクエリを生成する。

【0096】

次にステップ104で、データ取得部33は、生成されたクエリを用いて、部品データベース41から、クエリが含む部品IDのそれぞれに関連付けられた部品5の3次元モデル及び制約データを取得する。

【0097】

次にステップ105で、部品配置部34は、クエリが含む部品IDごとに、位置データと、3次元モデルとを用いて、実空間と対応させた仮想空間に各部品5を配置する。また、部品配置部34は、ベース部を仮想空間上に配置する。続いて、部品配置部34は、配置された部品5のそれぞれが隣接しているか否かを判定することにより、配置された部品5のうち隣接する2つの部品5の組をそれぞれ特定する。部品配置部34は、隣接していると特定された2つの部品5の組から所定の順番で2つの部品5の組を選択する。部品配置部34は、隣接していると特定された2つの部品5の組のそれぞれにおいて、接合制約条件を満たすように、2つの部品5のうちのいずれか一方を移動等させて位置を調整し、配置を確定する。

10

【0098】

次にステップ106で、整合性判定部35は、ステップ105で配置された各部品5の位置関係に基づいて、具体的には以下の判定の少なくとも1つにより、配置された各部品5の位置の整合性を判定する。整合性判定部35は、配置された各部品5の位置とベース部の位置との位置関係から、配置された各部品5が(a)重力に従った配置の場合は整合性が有ると判定し、(b)重力に従った配置でない場合は整合性が無いと判定する。更に整合性判定部35は、配置された各部品5の3次元モデルが占める領域の重複が(a)所定の体積以内である場合は整合性が有ると判定し、(b)所定の体積を超える場合は整合性が無いと判定する。更に整合性判定部35は、撮影装置14により撮影された画像と、部品配置部34が仮想空間上に配置した各部品5の仮想カメラから見た画像との一致度が(a)既定値以上である場合は整合性が有ると判定し、(b)既定値未満である場合は整合性が無いと判定する。

20

30

【0099】

ステップ106で、すべて(a)整合性が有ると判定された場合、本処理はステップ107へ進み、立体認識部36は、ステップ105で配置された各部品5の位置により構造物を認識し、本処理は終了する。

【0100】

ステップ106で、1つでも(b)整合性が無いと判定された場合、本処理はステップ108へ進む。ステップ108で、データベース記憶部37は、ステップ104で用いたクエリを履歴データベース42に記憶し、本処理はステップ109へ進む。

【0101】

ステップ109で、クエリ再生成決定部38は、履歴データベース42が記憶するクエリが、部品データベース41が記憶する複数の部品5それぞれの部品IDの所定の組み合わせを含むか否かを判定する。クエリ再生成決定部38は、履歴データベース41が部品IDの所定の組み合わせを包含するクエリを含まない場合、クエリを再生成すると決定し、本処理はステップ110へ進む。クエリ再生成決定部38は、履歴データベース41が部品IDの所定の組み合わせを包含するクエリを含む場合、クエリを再生成しないと決定し、本処理は終了する。電子装置3は、クエリを再生成しないと決定して本処理を終了する場合、表示装置12等にエラーを出力することができる。

40

【0102】

ステップ110で、クエリ再生成部39は、履歴データベース42が記憶するクエリと異なるクエリを生成し、本処理はステップ104へ進む。クエリ再生成部39は、部品配

50

置部 3 4 が仮想空間に配置した部品 5 のうちの 2 つの部品 5 の 3 次元モデル間の長さが所定値以上である場合、該長さに対応する部品 5 の部品 ID を追加したクエリを優先的に生成する。

【 0 1 0 3 】

次に、本発明の実施形態による立体認識システム 1 の作用効果について説明する。本実施形態では、立体認識システム 1 は、予め用意された部品 5 が組み合わされて作成される構造物を対象とし、部品 5 ごとに、部品 5 の 3 次元モデルと接合の仕方を示す接合制約条件を予め定義するものであり、これらのデータを部品データベース 4 1 に記憶する。立体認識システム 1 は、標準的なスマートフォンのカメラを用いて撮影された撮影画像を入力とし、当該撮影画像から直接立体形状を認識せずに、構造物を構成する要素（部品 5）を個別に独立して検出する。立体認識システム 1 は、個別に検出した部品 5 の部品 ID を含むクエリを生成し、クエリを用いて部品データベース 4 1 からデータを取得して、接合制約条件を満たすように、各部品 5 の 3 次元モデルを接合し、仮想空間上に配置する。立体認識システム 1 は、部品配置の物理的整合性を評価し、適切な配置を得るまで、クエリを更新しながら、部品データベース 4 1 に対する検索と位置合わせを繰り返す。

10

【 0 1 0 4 】

このような構成とすることにより、本実施形態では、立体認識システム 1 は、単一画像から構造物全体の 3 次元モデルを再構築し、その立体形状を認識することが可能となる。特に、単一画像から直接認識するにあたって、既存の立体形状認識技術では対応できない、外面の露出が少ない部品の空間情報についても推定し、構造物全体の立体形状を認識することが可能となる。これにより、本実施形態では、構造物を撮影した平面画像から立体形状を認識する際の、ユーザ操作の単純さと、構造物を作成する際の自由度との両立が可能となる。

20

【 0 1 0 5 】

またこのような構成とすることにより、本実施形態では、立体認識システム 1 は、接合制約条件を用いて部品 5 の接合位置に対する制限を定めることにより、部品 5 の位置を自動的に補正する機能を有する。これにより、部品 5 の組み立て過程や画像処理過程において発生するノイズを緩和し、より安定的に構造物を認識することが可能となる。

【 0 1 0 6 】

またこのような構成とすることにより、本実施形態では、立体認識システム 1 は、既知の部品 5 だけを認識するため、部品 5 の認識に対する機械学習が不要であり、計算コストを低減することが可能となる。

30

【 0 1 0 7 】

またこのような構成とすることにより、本実施形態では、立体認識システム 1 は、特別なセンサに依拠せず、標準的なスマートフォンのカメラを用いて撮影された画像のみを入力とすることから、特別な機材を必要としないため、安価に実現することが可能となる。また部品 5 は、剛体として形状が変化しにくければどのような材質を使ってもよいため、用途に併せて安価に製造することが可能となる。例えば投げる・踏むといった強い衝撃が想定されるアプリケーションの場合には木材を、部品 5 の作成まで含めてユーザに委ねるアプリケーションの場合には紙を用いるといったように、アプリケーションに応じて適切な材質を選択可能である。

40

【 0 1 0 8 】

また本実施形態では、立体認識システム 1 は、クエリを更新しながら検索と位置合わせを繰り返すとき、クエリの履歴を履歴データベース 4 2 に記憶することにより、同じクエリを用いて検索することを防止する。このような構成とすることにより、クエリを再生成する回数を有限にし、立体認識システム 1 の処理を適切に停止させることが可能となる。また履歴データベース 4 2 は同じクエリを用いた検索をしないようにするために用いるものであるため、立体認識システム 1 は、構造物の認識処理を開始する前に、履歴データベース 4 2 が記憶するクエリを消去する。

【 0 1 0 9 】

50

また本実施形態では、立体認識システム1は、仮想空間に最初に配置された2つの部品5の接合基準点6間の長さが所定値以内であるか否かを判定し、所定値以内である場合、2つの部品5は隣接していると判定する。このような構成とすることにより、立体認識システム1は、所定値以内の距離にある2つの部品5の組では、接合制約条件を満たすように位置調整を行い、そうでない部品5については、接合制約条件を満たすように位置調整を行わないようにすることが可能となる。これにより、撮影画像からある部品5が検出されなかった場合などに、該部品5を挟むようにして配置された2つの部品5に対して、接合制約条件を満たすように位置調整を行ってしまうことを防止し、不整合検出を低減することが可能となる。

【0110】

10

また本実施形態では、マーカは、ARマーカであり、例えば矩形の黒枠とその内部に描かれた左右非対称のドットパターンにより構成され、ドットパターンは各部品5により異なるように構成される。これにより、立体認識システム1は、既知の画像認識技術を用いて、例えばマーカが撮影された画像における矩形の黒枠の形状及び大きさから、撮影装置14からの該マーカの位置及び姿勢を取得することが可能となる。また立体認識システム1は、既知の画像認識技術を用いて、例えばマーカが撮影された画像におけるドットパターンから、各部品5を識別することが可能となる。

【0111】

また本実施形態では、クエリは、部品IDと、部品IDに従属するデータとを含み、部品IDに従属するデータは、部品IDに対応付けられた部品5の位置データと、3次元モデルと、制約データとを含む。立体認識システム1は、クエリが生成された場合、該クエリを用いて、部品データベース41から、該クエリが含む各部品IDに関連付けられた部品5それぞれの3次元モデル及び制約データを、該部品IDに対応付けて該クエリにそれぞれ加える。このようにして、立体認識システム1は、部品データベース41から、部品5それぞれの3次元モデル及び制約データを取得する。このように、本実施形態では、立体認識システム1は、部品データベース41における検索、部品データベース41からのデータ取得、及び履歴データベース42へのデータの記憶を、クエリを用いて行う。これにより、立体認識システム1の情報処理をより効率化することが可能となる。

20

【0112】

また本実施形態では、立体認識システム1は、配置された各部品5の3次元モデルが占める領域の重複度合いに基づいて、配置された各部品5の位置の整合性を判定する。また本実施形態では、立体認識システム1は、配置された各部品5の位置とベース部の位置との位置関係から、配置された各部品5が重力に従った配置であるか否かを判定する。また本実施形態では、立体認識システム1は、撮影装置14により撮影された画像と、部品配置部34が仮想空間上に配置した各部品5の仮想カメラから見た画像との一致度に基づいて、整合性を判定する。このような構成とすることにより、本実施形態では、立体認識システム1は、部品配置の物理的整合性を評価することが可能となる。これにより、立体認識システム1は、認識した構造物が適切なものであるか否かを判断することが可能となる。

30

【0113】

40

また本実施形態では、立体認識システム1は、履歴データベース42が記憶するクエリが、部品データベース41が記憶する部品IDの所定の組み合わせを含むか否かを判定する。部品IDの所定の組み合わせが、一定値以上の確度で画像認識部31により認識された部品IDや一定値以上の優先度の部品IDを含むものである場合、生成するクエリの種類をより限定することが可能となる。これにより、立体認識システム1の情報処理をより効率化することが可能となる。部品IDの所定の組み合わせがすべての組み合わせである場合、部品データベース41に基づいて生成可能な全クエリを生成することが可能であるとともに、クエリを再生成する回数を有限にし、立体認識システム1の処理を適切に停止させることが可能となる。

【0114】

50

また本実施形態では、立体認識システム 1 は、クエリを再生成すると決定した場合、仮想空間に配置した部品 5 のうちの 2 つの部品 5 の 3 次元モデル間の長さが所定値以上である場合、該長さに対応する部品 5 の部品 ID を追加したクエリを生成する。このような構成とすることにより、本実施形態では、撮影画像から認識できなかった部品 5 を推定し、該部品 5 を追加したクエリを優先的に生成することで、立体認識システム 1 の情報処理をより効率化することが可能となる。

【 0 1 1 5 】

上記の作用効果は、特に言及が無い限り、他の実施形態や他の実施例においても同様である。

【 0 1 1 6 】

本発明の他の実施形態では、上記で説明した本発明の実施形態の機能やフローチャートに示す情報処理を実現するプログラムや該プログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体とすることもできる。また他の実施形態では、上記で説明した本発明の実施形態の機能やフローチャートに示す情報処理を単独で実現する電子装置とすることもできる。また他の実施形態では、上記で説明した本発明の実施形態の機能やフローチャートに示す情報処理を実現する方法とすることもできる。また他の実施形態では、上記で説明した本発明の実施形態の機能やフローチャートに示す情報処理を実現するプログラムをコンピュータに供給することができるサーバとすることもできる。また他の実施形態では、上記で説明した本発明の実施形態の機能やフローチャートに示す情報処理を実現する仮想マシンとすることもできる。

【 0 1 1 7 】

以下に本発明の実施形態の変形例について説明する。以下で述べる変形例は、矛盾が生じない限りにおいて、適宜組み合わせる本発明の任意の実施形態に適用することができる。

【 0 1 1 8 】

1 つの例では、一の部品 5 の位置合わせ用メタデータは、一の部品 5 の接合基準点に対する他の任意の部品の接合基準点の距離と角度の条件により定められるものであり、一の部品 5 と他の任意の 1 つの部品 5 との制約を定めるデータである。本例示においては、部品データベース 4 1 は、一の部品 5 と接合する任意の部品 5 との制約を定める 1 つの位置合わせ用メタデータを、一の部品 5 の部品 ID に関連付けて記憶する。本例示においては、一の部品 5 の制約データは、1 つの位置合わせ用メタデータを有し、該位置合わせ用メタデータは、接合基準点 6 及び該接合基準点 6 に従属するデータとして位置の制約及び姿勢の制約の要素を有する。

【 0 1 1 9 】

1 つの例では、部品配置部 3 4 は、最初に配置された 2 つの部品 5 の中心点間の長さが所定値以内であるか否かを判定し、所定値以内である場合、2 つの部品 5 は隣接していると判定する。他の例では、部品配置部 3 4 は、最初に配置された 2 つの部品 5 の剛体間の長さが所定値以内であるか否かを判定し、所定値以内である場合、2 つの部品 5 は隣接していると判定する。いずれの場合も、部品配置部 3 4 は、隣接していると判定された 2 つの部品 5 の組から所定の順番で部品 5 の組を選択し、当該組それぞれにおいて、接合制約条件を満たすように、2 つの部品 5 のうちのいずれか一方を移動等させて、配置を確定する。

【 0 1 2 0 】

1 つの例では、ステップ 1 0 6 において、整合性判定部 3 5 は、整合性が無いと判定した場合、部品配置部 3 4 が配置した各部品 5 の位置の整合性の評価値を算出する。ステップ 1 0 8 において、データベース記憶部 3 7 は、クエリ保存用データが含む部品 ID のそれぞれに関連付けて、部品配置部 3 4 が配置した各部品 5 の位置の整合性の評価値を履歴データベース 4 2 に更に記憶する。ステップ 1 0 9 において、クエリ再生成決定部 3 8 がクエリを再生成しないと決定した場合、電子装置 3 は、ステップ 1 0 5 において、評価値により最も高い整合性を有するクエリを用いて仮想空間に配置した各部品 5 の 3 次元モデ

10

20

30

40

50

ル及び位置データにより構造物を認識する。これにより、電子装置 3 は、整合性が無いと判定された各部品 5 の配置の中で、評価値により最も高い整合性を有する各部品 5 の配置を用いて、構造物全体の 3 次元モデルを認識することが可能となる。

【 0 1 2 1 】

以上に説明した処理又は動作において、あるステップにおいて、そのステップではまだ利用することができないはずのデータを利用しているなどの処理又は動作上の矛盾が生じない限りにおいて、処理又は動作を自由に変更することができる。また以上に説明してきた各実施例は、本発明を説明するための例示であり、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。本発明は、その要旨を逸脱しない限り、種々の形態で実施することができる。例えば、各装置の各装置の外観形状は図示されたものに限定されない。

10

【符号の説明】

【 0 1 2 2 】

- 1 立体認識システム
- 2 ネットワーク
- 3 電子装置
- 4 サーバ
- 5 部品
- 6 接合基準点
- 1 1、2 1 プロセッサ
- 1 2、2 2 表示装置
- 1 3、2 3 入力装置
- 1 4 撮影装置
- 1 5、2 4 記憶装置
- 1 6、2 5 通信装置
- 3 1 画像認識部
- 3 2 クエリ生成部
- 3 3 データ取得部
- 3 4 部品配置部
- 3 5 整合性判定部
- 3 6 立体認識部
- 3 7 データベース記憶部
- 3 8 クエリ再生成決定部
- 3 9 クエリ再生成部
- 4 1 部品データベース
- 4 2 履歴データベース

20

30

【要約】

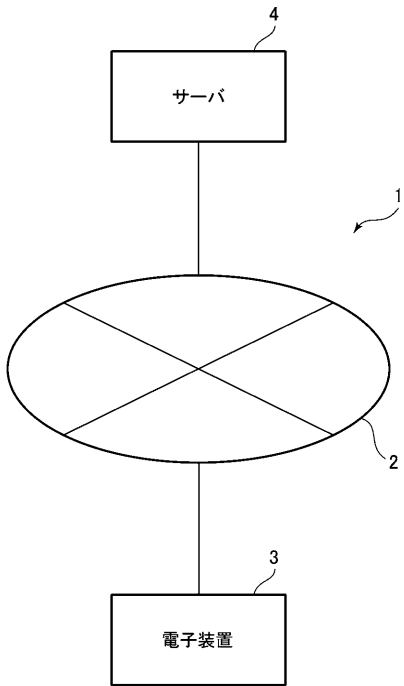
【課題】単一の画像から立体形状を認識することが可能なプログラムを提供する。

【解決手段】本発明は、予め定められた複数の部品より構成される実空間における立体を認識するためのプログラムであって、該プログラムは該立体を撮影するための撮影装置を備える電子装置において実行されるものであり、該電子装置に、画像認識ステップと、クエリ生成ステップと、データ取得ステップと、部品配置ステップと、整合性判定ステップと、前記整合性が有ると判定された場合、立体認識ステップと、前記整合性が無いと判定された場合、データベース記憶ステップと、クエリ再生成決定ステップと、クエリ再生成ステップと、を実行させるプログラムである。

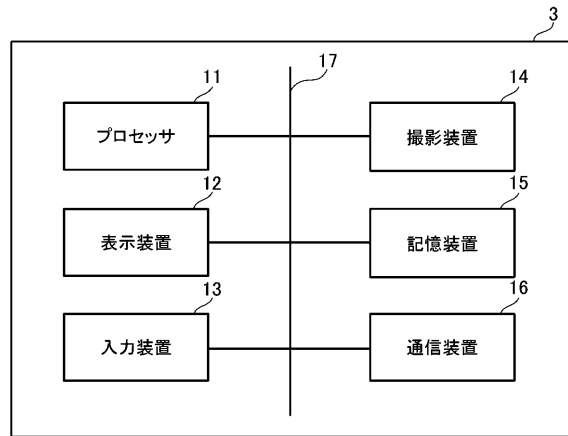
40

【選択図】図 1

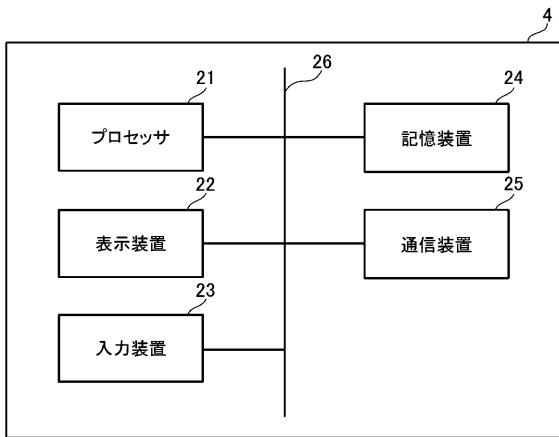
【図1】



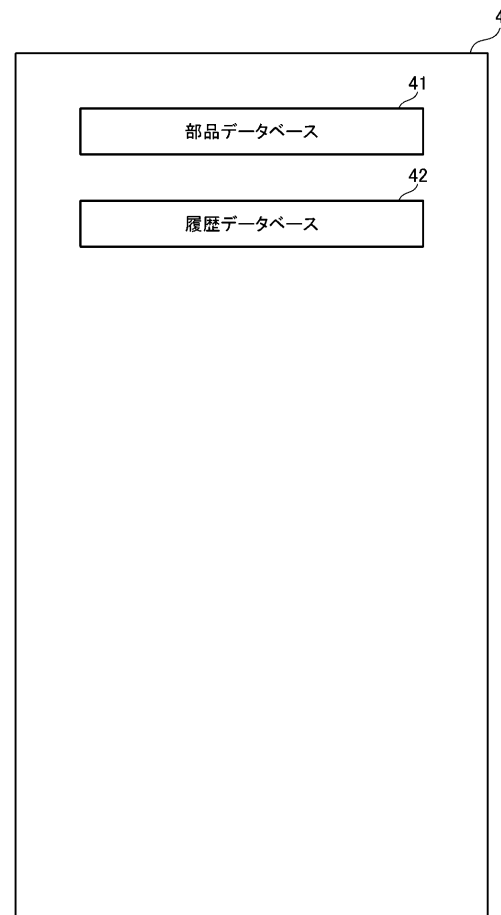
【図2】



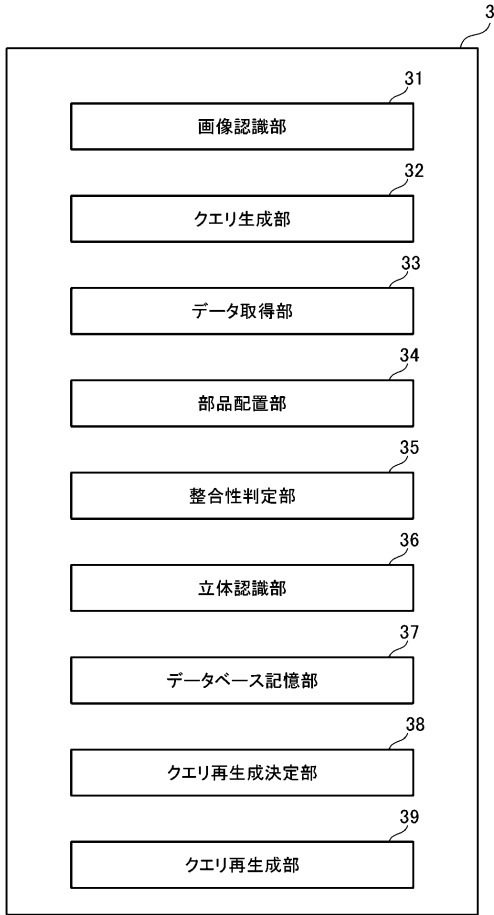
【図3】



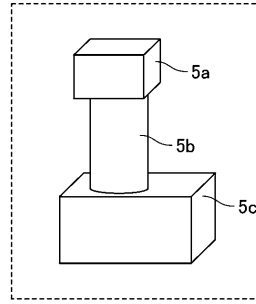
【図4】



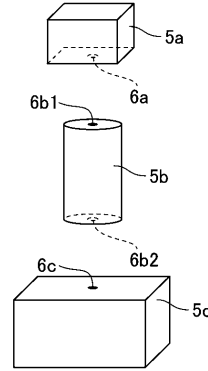
【図5】



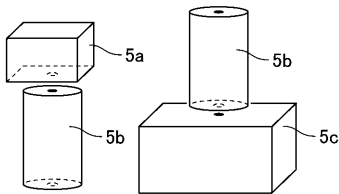
【図6】



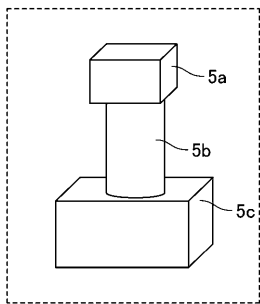
【図7】



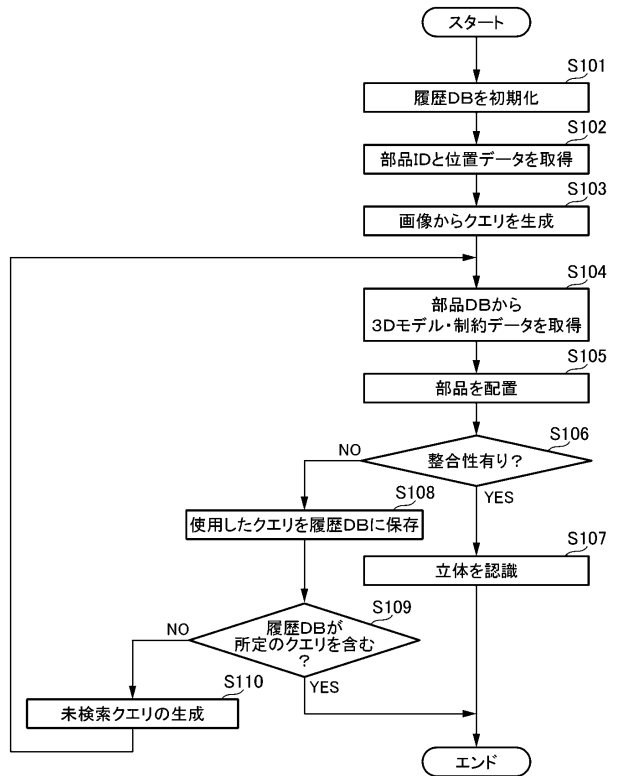
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (74)代理人 100120525
弁理士 近藤 直樹
- (74)代理人 100196612
弁理士 鎌田 慎也
- (72)発明者 花岡 洋輝
東京都渋谷区南平台町16番17号
- (72)発明者 倉林 修一
東京都渋谷区南平台町16番17号

審査官 広 島 明芳

- (56)参考文献 特開平06-096164(JP,A)
特開平05-274378(JP,A)
特表2013-544406(JP,A)
特開2007-087276(JP,A)
特開2004-265050(JP,A)
特開2017-097856(JP,A)
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06T 1/00 - 19/20