

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7250493号
(P7250493)

(45)発行日 令和5年4月3日(2023.4.3)

(24)登録日 令和5年3月24日(2023.3.24)

(51)国際特許分類

F I

G 0 6 T 7/55 (2017.01)

G 0 6 T 7/55

G 0 6 T 19/00 (2011.01)

G 0 6 T 19/00

A

請求項の数 20 (全29頁)

(21)出願番号 特願2018-226607(P2018-226607)
 (22)出願日 平成30年12月3日(2018.12.3)
 (65)公開番号 特開2020-91534(P2020-91534A)
 (43)公開日 令和2年6月11日(2020.6.11)
 審査請求日 令和3年11月18日(2021.11.18)

(73)特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74)代理人 110001243
 弁理士法人谷・阿部特許事務所
 (72)発明者 森澤 圭輔
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 キヤノン株式会社内
 審査官 山田 辰美

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像処理装置、三次元形状データの生成方法およびプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の撮像装置により撮像されることに基づいて得られたオブジェクトの領域を示す複数の画像を取得する取得手段と、

前記取得手段により取得された複数の画像に基づいて、前記オブジェクトの三次元形状データを生成する生成手段と、

前記取得手段により取得された複数の画像のうち、前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない画像を検出する検出手段と、

前記検出手段によって検出された画像に対して特定の処理を行う処理手段と、
 を有し、

前記生成手段は、前記複数の画像が前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない第1の画像と前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適する第2の画像とを含む場合、前記処理手段によって前記特定の処理が行われた前記第1の画像と、前記処理手段によって前記特定の処理が行われていない前記第2の画像と、を用いて前記オブジェクトの三次元形状データを生成し、

前記処理手段は、前記特定の処理として、前記検出手段によって検出された画像に対し、前記検出手段によって検出されなかった画像におけるオブジェクトの領域よりも広い領域がオブジェクトの領域であるように表された画像に、置き換える処理をする

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

前記検出手段によって検出されなかった画像におけるオブジェクトの領域よりも広い領域は、当該画像の全ての領域である、ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

複数の撮像装置により撮像されることに基づいて得られたオブジェクトの領域を示す複数の画像を取得する取得手段と、

前記取得手段により取得された複数の画像に基づいて、前記オブジェクトの三次元形状データを生成する生成手段と、

前記取得手段により取得された複数の画像のうち、前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない画像を検出する検出手段と、

前記検出手段によって検出された画像に対して特定の処理を行う処理手段と、
を有し、

前記生成手段は、前記複数の画像が前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない第 1 の画像と前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適する第 2 の画像とを含む場合、前記処理手段によって前記特定の処理が行われた前記第 1 の画像と、前記処理手段によって前記特定の処理が行われていない前記第 2 の画像と、を用いて前記オブジェクトの三次元形状データを生成し、

前記検出手段は、前記複数の画像から検出した画像のうち前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適する正常な領域を検出し、

前記処理手段は、前記特定の処理として、前記検出手段によって検出された画像のうち、前記正常な領域とは異なる領域の一部がオブジェクトの領域であるように表された画像に、置き換える処理をする

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 4】

前記正常な領域とは異なる領域の一部は、前記正常な領域を含む所定の領域以外の領域である

ことを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

複数の撮像装置により撮像されることに基づいて得られたオブジェクトの領域を示す複数の画像を取得する取得手段と、

前記取得手段により取得された複数の画像に基づいて、前記オブジェクトの三次元形状データを生成する生成手段と、

前記取得手段により取得された複数の画像のうち、前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない画像を検出する検出手段と、

前記検出手段によって検出された画像に対して特定の処理を行う処理手段と、
を有し、

前記生成手段は、前記複数の画像が前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない第 1 の画像と前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適する第 2 の画像とを含む場合、前記処理手段によって前記特定の処理が行われた前記第 1 の画像と、前記処理手段によって前記特定の処理が行われていない前記第 2 の画像と、を用いて前記オブジェクトの三次元形状データを生成し、

前記取得手段は、前記検出手段によって検出された画像に対応する過去のオブジェクトの領域を示す画像をさらに取得し、

前記処理手段は、前記特定の処理として、前記過去のオブジェクトの領域を示す画像に含まれるオブジェクトの領域を広げる処理がされた画像に、前記検出手段によって検出された画像を置き換える処理をする

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 6】

前記過去のオブジェクトの領域を示す画像は、前記検出手段によって検出された画像に対応する撮像画像を得るための撮像と同じ方向から以前に撮像されて得られた撮像画像に基づくオブジェクトの領域を示す画像である

ことを特徴とする請求項 5 に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記処理手段は、前記広げる処理として、膨張処理をする

ことを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記処理手段は、前記広げる処理として、オブジェクトの領域を含む所定の領域の全ての領域がオブジェクトの領域であるように置換する

ことを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

前記処理手段は、前記検出手段によって検出された画像に対応する撮像画像が撮像された時間と、前記過去のオブジェクトの領域を示す画像に対応する撮像画像が撮像された時間と、の差において前記オブジェクトが動くことの可能な範囲に基づき、前記広げる処理における広げる大きさを決定する

ことを特徴とする請求項 5 から 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

複数の撮像装置により撮像されることに基づいて得られたオブジェクトの領域を示す複数の画像を取得する取得手段と、

前記取得手段により取得された複数の画像のうち、前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない画像を検出する検出手段と、

前記検出手段によって検出された画像に対して特定の処理を行う処理手段と、

前記検出手段によって検出された画像の数に基づき閾値を決定する決定手段と、

前記取得手段により取得された複数の画像が前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない第 1 の画像と前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適する第 2 の画像とを含む場合、前記処理手段によって前記特定の処理が行われた前記第 1 の画像と、前記処理手段によって前記特定の処理が行われていない前記第 2 の画像と、前記決定手段によって決定された前記閾値とを用いて、前記オブジェクトの三次元形状データを生成する生成手段と、

を有することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 11】

前記生成手段は、

三次元空間を構成する要素の射影がオブジェクトの領域から外れる前記オブジェクトの領域を示す画像の数が、前記閾値より大きい場合には前記要素を削るように構成され、

前記要素の射影がオブジェクトの領域から外れる前記オブジェクトの領域を示す画像の数が前記閾値以下の場合には、前記要素を削らないことにより、前記オブジェクトの三次元形状データを生成する

ことを特徴とする請求項 10 に記載の画像処理装置。

【請求項 12】

前記決定手段は、前記検出手段によって検出された画像の数を前記閾値として決定することを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の画像処理装置。

【請求項 13】

前記検出手段は、画像データにおけるデータヘッダ、データサイズ、およびチェックサムの中の少なくとも 1 つに基づき、前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない画像を検出することを特徴とする請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 14】

前記生成手段によって生成された前記オブジェクトの三次元形状データを用いて仮想視点画像を生成する第二の生成手段をさらに有することを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 15】

前記取得手段は、

前記オブジェクトのテクスチャを示す複数の画像を、さらに取得し、
取得した前記オブジェクトのテクスチャを示す複数の画像から正常ではない画像を検出する第二の検出手段をさらに有し、

前記第二の生成手段は、前記第二の検出手段が正常ではないと検出したオブジェクトのテクスチャを示す画像を用いなくて、前記仮想視点画像を生成する

ことを特徴とする請求項 14 に記載の画像処理装置。

【請求項 16】

複数の撮像装置により撮像されることに基づいて得られたオブジェクトの領域を示す複数の画像を取得する取得ステップと、

前記取得ステップにて取得された複数の画像に基づいて、前記オブジェクトの三次元形状データを生成する生成ステップと、

前記取得ステップにて取得された複数の画像のうち、前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない画像を検出する検出ステップと、

前記検出ステップにて検出された画像に対して特定の処理を行う処理ステップと、
を含み、

前記生成ステップでは、前記複数の画像が前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない第 1 の画像と前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適する第 2 の画像とを含む場合、前記処理ステップにて前記特定の処理が行われた前記第 1 の画像と、前記処理ステップにて前記特定の処理が行われていない前記第 2 の画像と、を用いて前記オブジェクトの三次元形状データを生成し、

前記処理ステップでは、前記特定の処理として、前記検出ステップにて検出された画像に対し、前記検出ステップにて検出されなかった画像におけるオブジェクトの領域よりも広い領域がオブジェクトの領域であるように表された画像に、置き換える処理をする

ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 17】

複数の撮像装置により撮像されることに基づいて得られたオブジェクトの領域を示す複数の画像を取得する取得ステップと、

前記取得ステップにて取得された複数の画像に基づいて、前記オブジェクトの三次元形状データを生成する生成ステップと、

前記取得ステップにて取得された複数の画像のうち、前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない画像を検出する検出ステップと、

前記検出ステップにて検出された画像に対して特定の処理を行う処理ステップと、
を含み、

前記生成ステップでは、前記複数の画像が前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない第 1 の画像と前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適する第 2 の画像とを含む場合、前記処理ステップにて前記特定の処理が行われた前記第 1 の画像と、前記処理ステップにて前記特定の処理が行われていない前記第 2 の画像と、を用いて前記オブジェクトの三次元形状データを生成し、

前記検出ステップでは、前記複数の画像から検出した画像のうち前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適する正常な領域を検出し、

前記処理ステップでは、前記特定の処理として、前記検出ステップにて検出された画像のうち、前記正常な領域とは異なる領域の一部がオブジェクトの領域であるように表された画像に、置き換える処理をする

ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 18】

複数の撮像装置により撮像されることに基づいて得られたオブジェクトの領域を示す複数の画像を取得する取得ステップと、

前記取得ステップにて取得された複数の画像に基づいて、前記オブジェクトの三次元形状データを生成する生成ステップと、

前記取得ステップにて取得された複数の画像のうち、前記オブジェクトの三次元形状デ

一タの生成に適さない画像を検出する検出ステップと、

前記検出ステップにて検出された画像に対して特定の処理を行う処理ステップと、
を含み、

前記生成ステップでは、前記複数の画像が前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない第1の画像と前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適する第2の画像とを含む場合、前記処理ステップにて前記特定の処理が行われた前記第1の画像と、前記処理ステップにて前記特定の処理が行われていない前記第2の画像と、を用いて前記オブジェクトの三次元形状データを生成し、

前記取得ステップでは、前記検出ステップにて検出された画像に対応する過去のオブジェクトの領域を示す画像をさらに取得し、

前記処理ステップでは、前記特定の処理として、前記過去のオブジェクトの領域を示す画像に含まれるオブジェクトの領域を広げる処理がされた画像に、前記検出ステップにて検出された画像を置き換える処理をする

ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項19】

複数の撮像装置により撮像されることに基づいて得られたオブジェクトの領域を示す複数の画像を取得する取得ステップと、

前記取得ステップにて取得された複数の画像のうち、前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない画像を検出する検出ステップと、

前記検出ステップにて検出された画像に対して特定の処理を行う処理ステップと、

前記検出ステップにて検出された画像の数に基づき閾値を決定する決定ステップと、

前記取得ステップにて取得された複数の画像が前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない第1の画像と前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適する第2の画像とを含む場合、前記処理ステップにて前記特定の処理が行われた前記第1の画像と、前記処理ステップにて前記特定の処理が行われていない前記第2の画像と、前記決定ステップにて決定された前記閾値とを用いて、前記オブジェクトの三次元形状データを生成する生成ステップと、

を含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項20】

コンピュータを、請求項1から15のいずれか1項に記載の画像処理装置の各手段として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、複数視点の撮像画像による前景の三次元形状データの生成に関する。

【背景技術】

【0002】

異なる位置に設置された複数のカメラによって同期撮像し、当該撮像により得られた複数視点の画像を用いて実際には存在しない仮想カメラからの画像を再現する仮想視点画像を生成する技術がある。仮想視点画像の生成には、複数のカメラが撮像した前景の画像をサーバなどの画像処理部に集約し、当該画像処理部にて、前景の三次元形状データを生成することが行われている。

【0003】

非特許文献1には、視体積交差法による前景の三次元形状データの生成方法が記載されている。視体積交差法では、前景となる対象物体を撮像したときの撮像面から、撮像面の前景の二次元シルエットを表す画像が生成される。また、視体積交差法では、カメラの投影中心から前景の二次元シルエットの輪郭上の各点を通すように三次元空間中に広がる錐体である視体積を考える。視体積交差法は、複数のカメラによる夫々の視体積の共通領域を求めることによって、前景の三次元形状データを生成する方法である。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【文献】Laurentini A: “The Visual Hull Concept for Silhouette-Based Image Understanding”, IEEE Transactions Pattern Analysis and machine Intelligence, Vol.16, No.2, pp.150-162, Feb.1994

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

前景の三次元形状データを生成するための複数のカメラのうち、一部のカメラの故障等により、その一部のカメラによる撮像に基づく前景の二次元シルエットを表す画像が不適切なものとなる場合がある。その場合、視体積交差法による三次元形状データを生成すると、不適切な画像に基づく視体積と、正常な画像に基づく視体積との共通領域を求めることにより前景の三次元形状データが生成される。このため前景の三次元形状データを精度よく生成することができない虞がある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様に係る画像処理装置は、複数の撮像装置により撮像されることに基づいて得られたオブジェクトの領域を示す複数の画像を取得する取得手段と、前記取得手段により取得された複数の画像に基づいて、前記オブジェクトの三次元形状データを生成する生成手段と、前記取得手段により取得された複数の画像のうち、前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない画像を検出する検出手段と、前記検出手段によって検出された画像に対して特定の処理を行う処理手段と、を有し、前記生成手段は、前記複数の画像が前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適さない第1の画像と前記オブジェクトの三次元形状データの生成に適する第2の画像とを含む場合、前記処理手段によって前記特定の処理が行われた前記第1の画像と、前記処理手段によって前記特定の処理が行われていない前記第2の画像と、を用いて前記オブジェクトの三次元形状データを生成し、前記処理手段は、前記特定の処理として、前記検出手段によって検出された画像に対し、前記検出手段によって検出されなかった画像におけるオブジェクトの領域よりも広い領域がオブジェクトの領域であるように表された画像に、置き換える処理をすることを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、三次元形状データを精度よく生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】視体積交差法による三次元モデルの生成方法を示す図である。

【図2】不正な前景マスク画像に基づく三次元モデル生成方法を示す図である。

【図3】仮想視点画像生成システムの構成を示す図である。

【図4】仮想視点画像生成システムのカメラ配置の例を示した図である。

【図5】カメラが撮像した画像を示した図である。

【図6】前景マスク画像を示した図である。

【図7】前景テクスチャ画像を示した図である。

【図8】生成装置の機能ブロックを示した図である。

【図9】不正前景マスク画像を全白画像にする処理を示した図である。

【図10】生成装置における処理を示すフローチャート図である。

【図11】ボクセルによる前景の三次元モデルを表した図である。

【図12】前景矩形マスク画像を示した図である。

【図13】生成装置における処理を示すフローチャート図である。

【図14】前景矩形マスク画像を用いた処理を示す図である。

【図15】生成装置の機能ブロックを示した図である。

- 【図 16】生成装置における処理を示すフローチャート図である。
【図 17】前景マスク画像の前景領域を広げる処理を示した図である。
【図 18】生成装置の機能ブロックを示した図である。
【図 19】生成装置の処理を示すフローチャート図である。
【図 20】閾値を用いた前景の三次元モデルの生成方法を示した図である。
【図 21】生成装置の機能ブロックを示した図である。
【図 22】生成装置における処理を示すフローチャート図である。
【図 23】撮像画像上の前景の移動量を示した図である。
【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、添付の図面を参照して、本発明をその好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。なお、以下の実施形態において示す構成は一例に過ぎず、本発明は図示された構成に限定されるものではない。

【0010】

<実施形態 1>

本実施形態では、仮想視点画像の生成に用いられる前景の三次元形状データ（三次元モデル）を生成する形態を説明する。本実施形態の説明に先立ち、視体積交差法による三次元モデルの生成について説明する。

【0011】

図 1 は、視体積交差法の基本原理を示す図である。図 1 (a) は、ある対象物体（オブジェクト）C を撮像装置であるカメラにより撮像したときの図である。図 1 (a) における、カメラが撮像した撮像画像の撮像面 S オブジェクトを示す前景の二次元シルエット D a が得られる。図 1 (b) は、カメラの投影中心（P a）から前景領域 D a の輪郭上の各点を通すように、三次元空間中に広がる錐体を示す図である。この錐体のことを当該カメラによる視体積 V a と呼ぶ。

【0012】

図 1 (c) ではこの複数の視体積によりオブジェクトの三次元（前景の三次元モデル）が求まる様子を示す図である。図 1 (c) のように、位置が異なる複数の異なるカメラによって同期撮像された画像に基づく前景領域（オブジェクト領域）からカメラごとの複数の視体積を求める。視体積交差法は、この複数のカメラの視体積の交差（共通領域）を求めることによって、オブジェクトの前景の三次元モデルを求める方法である。

【0013】

ここで、画像の「前景」となるオブジェクトは仮想視点で任意の角度から見ることを可能とする対象物体である。本実施形態では競技場のフィールド上に存在する人物のことを指す。または、前景となりうるオブジェクトは、ボール、またはゴール等、画像パターンが予め定められている物体であってもよい。また、オブジェクトは動体であってもよいし、静止体であってもよい。「背景」は画像の前景以外の領域を指す。

【0014】

前景の三次元モデルを用いて生成される仮想視点画像とは、実カメラとは異なる仮想カメラの位置及び向き等に基づいて生成される画像であり、自由視点画像や任意視点画像とも呼ばれる。例えば、仮想視点画像を生成する技術によれば、サッカーやバスケットボールのハイライトシーンを様々な角度から視聴することが出来るため、通常の画像と比較してユーザに高臨場感を与えることが出来る。視体積交差法に基づく仮想視点画像生成システムも数多く開発されており、このようなシステムにおいては適切に前景の三次元モデルを生成することが求められている。

【0015】

図 2 は、視体積交差法による前景の三次元モデルを生成するために、前景となる対象物体（オブジェクト）をカメラ A ～ C において撮像したときの図である。このとき、カメラ B による撮像がカメラの故障等により失敗し、カメラ B による撮像面から得られた前景領域 200 は、前景を示す領域がほとんどない画像となっている。このようなカメラの故障

10

20

30

40

50

のほか、カメラと画像データを取得する画像処理装置とをつなぐ伝送系の異常、または不適切な撮像パラメータの設定等のため、前景領域がオブジェクトのシルエットを正しく表現しないことがある。この正常では無い状態を「不正」な状態と呼ぶ。図2の例では、カメラBの視体積と、カメラB以外による正常なカメラA、Cによる視体積と、の視体積の共通領域は無くなり、前景の三次元モデルが適切に生成されないことになる。

【0016】

このため、本実施形態は後述するように、前景領域を示す画像（前景マスク画像）が不正である場合、その不正な前景マスク画像が前景の三次元モデルの生成に与える悪影響を抑制させるための処理を行う形態である。

【0017】

〔システム構成〕

図3は、本実施形態に係る仮想視点画像生成システムの構成の一例を示すブロック図である。仮想視点画像生成システム100は、複数のカメラ101a～101rからなるカメラアレイ101、複数の前景抽出装置102a～102rで構成される前景抽出装置群102、制御装置103、生成装置104、レンダリング装置105を有する。前景抽出装置102a～102r、制御装置103、生成装置104及びレンダリング装置105は、演算処理を行うCPU、演算処理の結果やプログラム等を記憶するメモリなどを備えた一般的な画像処理装置によって実現される。前景抽出装置102a～102r、制御装置103、生成装置104及びレンダリング装置105は、CPUとは異なる専用の1又は複数のハードウェアあるいはGPU（Graphics Processing Unit）を有していてもよい。そして、CPUによる処理の少なくとも一部をGPUあるいは専用のハードウェアが行うようにしても良い。専用のハードウェアの例としては、ASIC（特定用途向け集積回路）、及びDSP（デジタルシグナルプロセッサ）等がある。

【0018】

カメラアレイ101は、複数のカメラ101a～101rで構成され、様々な角度の複数方向から前景となるオブジェクトを撮像して前景抽出装置群102へ撮像画像の画像データを入力する。図4は、カメラアレイ101を構成する全16台のカメラ101a～101rの配置を、フィールド400を真上から見た俯瞰図において示した図である。図4に示すようにカメラは競技場402の周囲に配置され、全てのカメラ101a～101rで共通したフィールド上の注視点401に向けて様々な角度から時刻同期して撮像する。

【0019】

前景抽出装置群102は、夫々のカメラ101a～101rに対応する前景抽出装置102a～102rを有している。各前景抽出装置102a～102rは、対応するカメラから出力された撮像画像の画像データから撮像画像に含まれる前景を示す前景領域（オブジェクト領域）を抽出する。そして各前景抽出装置102a～102rは、対応するカメラごとに、撮像画像の前景領域とそれ以外の領域とを示す前景マスク画像、および前景のテクスチャを示す画像である前景テクスチャ画像を生成する。

【0020】

ここで、図を用いて撮像画像と前景マスク画像と前景テクスチャ画像との説明をする。図5は、カメラアレイ101に属するカメラの1つである図4のカメラ101mによってフィールド400の注視点401を撮像した撮像画像500を示す図である。撮像画像500には5つの前景5a～5eが含まれる。図6は、図5の撮像画像500の前景が前景領域として示された前景マスク画像600の例である。図6の前景マスク画像600のように、前景マスク画像は2値画像で表される。本実施形態では、前景マスク画像は、前景の領域を示す前景領域を白色で表し、前景領域以外の領域を黒で表した2値画像であるものとして説明する。前景マスク画像は後述する前景の三次元モデルの生成において利用される。

【0021】

また、前景抽出装置102a～102rは、対応するカメラによって撮像された撮像画像から前景を内包する矩形領域を算出する。図7（a）は、前景抽出装置102mが図5

10

20

30

40

50

の撮像画像 500 から前景を検出し、前景を含む領域を矩形領域として検出したときの図である。図 5 の撮像画像 500 では前景は 5 つあるため図 7 (a) では 5 つの矩形領域が検出されていることを示している。

【0022】

図 6 および図 7 (a) のように撮像画像から前景を検出する方法は限定しない。例えば、予め保持している撮像画像に対応する背景画像と、撮像画像との画素値を比較し、画素値に基づく値の差分が閾値を超えた画素によって構成される領域を前景領域と判定する方法を用いればよい。

【0023】

図 7 (b) は、図 7 (a) で算出された矩形領域を切り出した夫々の矩形画像を表している。この矩形画像を前景テクスチャ画像 7a ~ 7e と呼ぶ。前景テクスチャ画像 7a ~ 7e は前景の三次元モデルに色付けを行う際に利用される。

【0024】

制御装置 103 は、カメラアレイ 101 のカメラによって時刻同期され撮像された撮像画像の画像データからカメラ 101a ~ カメラ 101r の位置や姿勢を示すカメラパラメータを算出し、生成装置 104 とレンダリング装置 105 に出力する。

【0025】

カメラパラメータは、外部パラメータ、および内部パラメータで構成されている。外部パラメータは、回転行列および並進行列で構成されておりカメラの位置や姿勢を示すものである。一方、内部パラメータは、カメラの焦点距離や光学的中心などを含みカメラの画角や撮像センサの大きさなどを示すものである。カメラパラメータを算出する処理はキャリブレーションと呼ばれ、チェッカーボードのような特定パターンを撮像した複数枚の画像を用いて取得した三次元の世界座標系の点とそれに対応する二次元上の点との対応関係を用いることで求められる。

【0026】

生成装置 104 は、制御装置 103 よりカメラパラメータを取得し、前景抽出装置群 102 から前景マスク画像と前景テクスチャ画像を取得する。そして生成装置 104 は取得した前景マスク画像から前景の三次元モデルを生成する。生成装置 104 は、生成した前景の三次元モデルのデータをレンダリング装置 105 に出力する。生成装置 104 が行う処理の詳細については後述する。

【0027】

レンダリング装置 105 は、生成装置 104 から前景の三次元モデル、前景テクスチャ画像、および後述する可視性判定結果を取得する。また、制御装置 103 からカメラパラメータを取得する。レンダリング装置 105 はこれらのデータに基づき仮想視点画像を生成する。具体的には、カメラパラメータから前景テクスチャ画像と前景の三次元モデルとの位置関係を求め、三次元モデルを構成する各ボクセルに、前景テクスチャ画像の画素の色を基に色づけする。ボクセルの説明については後述する。仮想視点画像は、動画であっても、静止画であってもよい。

【0028】

なお、本実施形態では前景抽出装置 102a ~ 102r と生成装置 104 がスター型のトポロジーで接続されている形態であるが、ディジーチェーン接続によるリング型またはバス型等のトポロジーで接続されている形態であってもよい。

【0029】

〔生成装置の機能構成〕

図 8 は、本実施形態における生成装置 104 の機能構成を示すブロック図である。生成装置 104 は、取得部 801、不正マスク検出部 802、処理部 803、生成部 804、不正テクスチャ検出部 805、および可視性判定部 806 を有する。

【0030】

取得部 801 は、前景抽出装置 102a ~ 102r から各カメラ 101a ~ 101r の撮像画像に基づく前景マスク画像、および前景テクスチャ画像等を取得する。不正マスク

10

20

30

40

50

検出部 802 は、取得部 801 が取得した前景マスク画像から正常ではない「不正」な前景マスク画像を検出する。

【0031】

処理部 803 は、不正な前景マスク画像が前景の三次元モデルの生成に与える影響を抑制させるための処理をする。処理の説明は後述する。

【0032】

生成部 804 は、カメラアレイ 101 のカメラが撮像した撮像画像に基づく複数の前景マスク画像と、カメラアレイ 101 の位置や姿勢を示すカメラパラメータから視体積交差法により前景の三次元モデルを生成し、可視性判定部 806 へ出力する。

【0033】

不正テクスチャ検出部 805 は、取得部 801 が取得した前景テクスチャ画像から不正な前景テクスチャ画像を検出する。可視性判定部 806 は、前景の三次元モデルを構成する各ボクセルがカメラアレイ 101 を構成する各カメラの画角内であるかを判定する。可視性判定部 806 による判定結果は、レンダリング装置 105 において前景の三次元モデルを構成する各ボクセルに色づけする際に利用される。

【0034】

〔処理部による処理の説明〕

実施形態 1 では、処理部 803 は、不正な前景マスク画像が前景の三次元モデルの生成に与える影響を抑制させるための処理として、不正な前景マスク画像を、全ての領域が前景領域である画像に置き換える処理が行われる。本実施形態では、前景領域を示す色は白であることから、不正な前景マスク画像を全ての領域が白の画像（全白画像）に置き換える処理を行う。

【0035】

ここで、本実施形態における処理部 803 の処理について図を用いて説明する。図 9（a）は不正な前景マスク画像の一例を示す図である。カメラの画角内には前景となるオブジェクトが含まれているものの、当該カメラの故障等によりカメラの撮像画像から前景領域が正しく抽出されないことがある。このため図 9（a）のように前景領域を示す白色の領域がほとんど含まれない不正な前景マスク画像が取得されることがある。

【0036】

前述のとおり、前景の三次元モデルは、複数視点の前景領域から得られる夫々の視体積の共通領域から生成される。即ち、基本的に、前景となるオブジェクトを撮像する位置にある全てのカメラによる視体積が交差する共通領域に基づき前景の三次元モデルが生成される。しかし、図 9（a）のように不正な前景マスク画像には正常な前景マスク画像に比べ前景領域がほとんど含まれない。このため不正な前景マスク画像に対応する視体積は、正常なマスク画像に対応する視体積に比べほとんど無い状態となるから、不正な前景マスク画像に対応する視体積は他のカメラによる視体積と交差ししない。よって全てのカメラの視体積が交差する共通領域が無くなるため前景の三次元モデルの生成が正常に行われない虞がある。

【0037】

図 9（b）は図 9（a）の不正な前景マスク画像に対して処理部 803 が処理を行ったことにより不正な前景マスク画像が、全白画像に置き換えられたことを示す図である。また図 9（c）は不正な前景マスク画像が全白画像と置き換えられたことにより、全白画像に置き換えられた前景マスク画像による視体積と、それ以外の正常な前景マスク画像による前景の三次元モデルの生成の様子を示している。前景領域は白色の領域であることから、全白画像となった前景マスク画像の全ての領域が前景領域となる。このため全白画像の前景領域を通る視体積は最大となる。よって他の正常な前景マスク画像による視体積（図 9（c）のカメラ A およびカメラ C の視体積）の共通領域と、全白画像となった前景マスク画像による視体積（図 9（c）カメラ B の視体積）は交差する。このため、不正な前景マスク画像の影響により前景の三次元モデルが不必要に削られることを抑制することができる。つまり、正常な前景マスク画像による視体積の共通領域のみによって前景の三次元

10

20

30

40

50

モデルを生成するのと同じ効果を生じさせることができる。

【0038】

本実施形態では、不正な前景マスク画像が全白画像に置き換えられる処理がされるものとして説明するが、不正な前景マスク画像から置き換えられる画像の白の領域は全ての領域でなくてもよい。処理部803によって置き換えられた画像の前景領域を通る視体積が、他のカメラの視体積と交差するのに十分な大きさであればよい。

【0039】

このように、不正な前景マスク画像を全白画像に置き換えることにより、後続の処理である前景の三次元モデルを生成する処理において、不正な前景マスク画像を除外する設定が不要となり前景の三次元モデルを生成する処理の継続が容易となる。

【0040】

なお、他の形態として、前景領域を示す領域が黒であり、前景領域以外の領域を白で示す前景マスク画像が生成される形態が考えられる。このような形態においては、処理部803は不正な前景マスク画像の全領域に対して前景領域を示す色である黒にする処理が行われることになる。いずれにしても処理部803は、不正な前景マスク画像を全ての領域が前景領域である画像に置き換えるように処理をする。

【0041】

〔フローチャート〕

図10は、生成装置104における前景の三次元モデルを生成する処理のフローチャートの一例を示す図である。図10のフローチャートで示される一連の処理は、生成装置104のCPU（不図示）がROM（不図示）に記憶されているプログラムコードをRAM（不図示）に展開し実行することにより行われる。なお、各処理の説明における記号「S」は、当該フローチャートにおけるステップであることを意味する。図10を用いて前景の三次元モデルを生成する一連の処理を説明する。

【0042】

S1001において取得部801は、前景抽出装置群102よりカメラアレイ101の各カメラで同期撮像された撮像画像に基づき生成された前景マスク画像、および前景テクスチャ画像を取得する。また制御装置103からカメラアレイ101を構成する各カメラのカメラパラメータを取得する。

【0043】

ここからは、カメラアレイ101を構成するカメラ101a～101rのうち処理対象のカメラに基づく全ての前景マスク画像および全ての前景テクスチャ画像について、S1003～S1006を繰り返す。

【0044】

即ち、S1002においてカメラアレイを構成する未処理のカメラの中から処理対象のカメラが選択され、S1003～S1006の処理が処理対象のカメラに対する前景マスク画像および前景テクスチャ画像について行われる。処理対象のカメラに対する処理が終了すると、再度、未処理のカメラの中から処理対象のカメラが選択される。未処理のカメラがなくなったら、S1007に進む。

【0045】

S1003において不正マスク検出部802は、処理対象のカメラの前景マスク画像が不正であるかを検出する。前景マスク画像の画像データは、基になった撮像画像の情報等が付加されたデータヘッダを有している。不正マスク検出部802による前景マスク画像が不正かを検出する方法として、前景マスク画像のデータヘッダに含まれる情報と画像が整合していない、またはデータヘッダの情報に異常値がある場合には不正と検出する。例えば、不正マスク検出部802は、データヘッダに含まるべき情報が含まれていない、または前景マスク画像のデータヘッダに記憶されている前景の数と取得した前景マスク画像の前景領域の数が一致していない場合は不正な画像として検出する。

【0046】

不正マスク検出部802が不正かを検出する手段にはこれに限られない。他にも、前景

10

20

30

40

50

マスク画像のデータサイズが正常でない場合は不正な前景マスク画像であると検出する方法でもよい。または、不正マスク検出部802は、処理対象のカメラの撮像画像と、他のカメラによる撮像画像との前景の画素値を比較して差分が閾値以上ある場合、処理対象のカメラによる前景マスク画像は不正な画像と検出する方法でもよい。または、前景マスク画像の画像データの整合性を示すチェックサムが正しくない場合、不正と検出する方法でもよい。あるいは、取得部801が前景抽出装置群102から前景マスク画像の画像データを取得できなかったときも、不正マスク検出部802は処理対象のカメラによる前景マスク画像が不正な前景マスク画像であるものとして検出する方法でもよい。

【0047】

不正な前景マスク画像として検出された場合（S1003：YES）、S1004において処理部803は、不正な前景マスク画像を全白画像に置き換える処理をする。そして、全白画像を処理対象のカメラの前景マスク画像として生成部804に出力する。S1004の処理が終了した場合、または前景マスク画像が不正として検出されなかった場合（S1003：NO）、S1005の処理に進む。

【0048】

S1005において不正テクスチャ検出部805は、処理対象のカメラの前景テクスチャ画像から不正な画像を検出する。不正テクスチャ検出部805が不正かを検出する手段として、S1003において不正マスク検出部802が不正な前景マスク画像を検出する方法と同様の方法を用いればよい。例えば、取得した前景テクスチャ画像の画像データに含まれるデータヘッダに含まれる情報と画像が整合していない、またはデータヘッダの情報に異常値がある場合は不正な画像として検出する。

【0049】

前景テクスチャ画像が不正な画像として検出された場合（S1005：YES）、S1006において可視性判定部806は、処理対象のカメラの情報を取得する。そして可視性判定部806は、処理対象のカメラに基づく前景テクスチャ画像の「可視性」を不可視として設定する。可視性が不可視と設定されることにより、レンダリング装置105において本フローチャートの終了後に行われる前景の三次元モデルに色づけを行う際に、不正な前景テクスチャ画像に基づき色づけが行われることを防ぐことができる。全てのカメラに対して処理が終了した場合、または前景テクスチャ画像が不正と検出されなかった場合（S1005：NO）はS1007に進む。

【0050】

なお、本実施形態では、前景マスク画像と前景テクスチャ画像の両方の画像について不正な画像であるかの検出が行われる形態である。他にも、前景マスク画像と前景テクスチャ画像のどちらか一方の画像のみ不正であるかが検出され、不正と検出された場合は、もう一方の画像も自動的に不正な画像であるものとして後続の処理が行われる形態であってもよい。例えば、S1005における処理は行われず、S1003において不正マスク検出部802は処理対象のカメラによる前景マスク画像が不正な画像かの検出のみ行う。不正マスク検出部802が、前景マスク画像を不正と検出した場合、処理対象のカメラの前景テクスチャ画像についても不正な画像であるものとしてS1006の処理が行われる形態でもよい。

【0051】

S1007において生成部804は、各カメラによる正常な前景マスク画像と処理部803によって処理された画像を基に前景の三次元モデルを生成する。本実施形態では三次元空間を構成する要素としてボクセルを用いて以下のような手順で行う。

【0052】

図11はボクセルを説明するための図である。ボクセルとは、図11（a）で示すような微小な立方体のことである。図11（b）は前景の三次元モデルを生成するカメラの対象空間をボクセルの集合として表したものである。

【0053】

対象空間のボクセルのうち処理対象のボクセルである1つの着目ボクセルを各カメラの

10

20

30

40

50

前景マスク画像に射影したとき、各カメラの前景マスク画像の前景領域内に着目ボクセルの射影が収まるか否かが判定される。この判定の結果、各カメラの前景マスク画像のうち、着目ボクセルの射影が前景領域から外れる前景マスク画像が1つでも存在する場合、着目ボクセルは削除される。

【0054】

一方、対象空間を撮像する全てのカメラによる前景マスク画像の前景領域の内部に着目ボクセルの射影が収まる場合、その着目ボクセルは前景を構成するボクセルと判定され着目ボクセルは残される。生成部804は、この一連の処理を対象空間の全てのボクセルに対して行うことにより、前景の三次元モデルを形成する。

【0055】

図11(c)は図11(b)から、いずれのカメラの前景領域にも収まらなかったボクセルを削ることで、前景の形状が四角錐である三次元モデルがボクセルによって生成されたことを表している図である。例えば図11(b)の図におけるボクセル1101を着目ボクセルとしたとき、ボクセル1101の射影が前景領域から外れる前景マスク画像があったことからボクセル1101は削除されている。一方、図11(b)の図におけるボクセル1102を着目ボクセルとしたとき、ボクセル1102は対象空間を撮像する全てのカメラの前景マスク画像の前景領域の内部にボクセル1102の射影が収まることからボクセル1102は残されている。こうして図11(c)の前景の三次元モデルが生成されている。

【0056】

なお、本実施形態は前景の三次元モデルを立方体のボクセルとして表すがこれに限られない。他にも例えば、三次元空間を構成する要素として点を用いて、前景の三次元モデルを点群で表してもよい。

【0057】

S1008において可視性判定部806は、生成された前景の三次元モデルに対して前景の三次元モデルの表面上の各ボクセルの面がどのカメラから見えるかの判定をする「可視性判定」を行う。S1006において不正テクスチャ検出部805によって検出された不正な前景テクスチャ画像は、不可視として設定されている。前景テクスチャ画像が不可視と設定されると、可視性判定部806は、前景テクスチャ画像の基となった撮像画像を撮像したカメラの画角内にボクセルが含まれる場合であっても、当該ボクセルが見えるカメラとして判定しない。そして可視性判定部806による判定結果は、S1009においてレンダリング装置105に出力される。

【0058】

この後の仮想視点画像を生成する処理として、レンダリング装置105では、可視性判定においてボクセルの面が見えると判定されたカメラの前景テクスチャ画像を用いて、当該ボクセルの面の色を決定する。このため、可視性判定部806が不正な前景テクスチャ画像を不可視と設定することにより、レンダリング装置105が不正な前景テクスチャ画像を用いて色づけすることを防ぐことができる。

【0059】

S1009において可視性判定部806は、レンダリング装置105へ前景の三次元モデル、前景テクスチャ画像、可視性判定結果を出力する。

【0060】

以上が、本実施形態に係る前景の三次元モデル生成の処理の内容である。動画の仮想視点画像を生成する場合には、上述の各ステップの処理をフレーム単位で繰り返し行い、フレーム毎に前景の三次元モデルが生成される。その後の処理としてレンダリング装置105において仮想視点画像が生成される。

【0061】

以上説明したように本実施形態によれば、不正な前景マスク画像を全白画像とすることにより、不正な前景マスク画像によって生成される前景の三次元モデルの欠落を抑制することができる。よって、不正な前景マスク画像による影響を取り除いた前景の三次元モデ

10

20

30

40

50

ルの生成が可能となる。また、不正な前景テクスチャ画像を不可視として設定することにより、不正な前景テクスチャ画像によって前景の三次元モデルに色付がされることを防ぐことができる。このため画質劣化を抑えた仮想視点画像の生成をすることができる。

【0062】

＜実施形態2＞

実施形態1では、不正な前景マスク画像については全白画像になるように処理されるため、不正な前景マスク画像の一部に正常な前景領域が含まれている場合であっても、正常な前景領域は前景の三次元モデルの生成に用いられなかった。例えば、実施形態1では全てのカメラの前景マスク画像が不正である場合、ボクセル集合は削られずに前景の三次元モデルが生成されることになる。本実施形態は、前景マスク画像のうち、それぞれの前景領域ごとに生成される前景矩形マスク画像を用いて、当該前景矩形マスク画像ごとに不正な画像があるかの検出を行う形態である。

10

【0063】

このため、本実施形態では、前景マスク画像のうち、一部に正常な前景領域が含まれている場合、正常な前景領域については前景の三次元モデル生成に寄与させることができる。本実施形態については、実施形態1からの差分を中心に説明する。特に明記しない部分については実施形態1と同じ構成および処理である。

【0064】

本実施形態における前景抽出装置群102における各前景抽出装置102a～102rの処理について図を用いて説明する。図12は、図7(b)で示した前景テクスチャ画像7a～7eから前景の領域を抽出し、前景領域を白で表し前景以外の領域を黒で表した2値の画像である。この前景ごとの2値の画像を前景矩形マスク画像12a～12eとよぶ。各カメラ101a～101rに応じた前景抽出装置102a～102rは、実施形態1で説明した前景マスク画像、前景テクスチャ画像に加えて、この前景矩形マスク画像を生成する。そして前景抽出装置102a～102rは、前景矩形マスク画像の前景マスク画像上の座標を算出して、それぞれのデータを生成装置104に送信する。

20

【0065】

前景抽出装置102a～102rは、図6の前景マスク画像600を生成するにあたり複数の前景矩形マスク画像12a～12eを対応する座標へ貼り付けることにより合成して前景マスク画像を生成してもよい。

30

【0066】

〔フローチャート〕

図13は、本実施形態の生成装置104で行われる三次元モデルを生成する処理を説明するためのフローチャートの一例を示す図である。

【0067】

S1301において取得部801は、前景抽出装置102a～102rから各カメラ101a～101rに応じた前景マスク画像、前景テクスチャ画像、前景矩形マスク画像、および前景矩形マスク画像の前景マスク画像上の座標を取得する。

【0068】

S1302～S1304の処理はS1002～S1004の処理と同一であるため説明を省略する。

40

【0069】

処理対象のカメラの前景マスク画像が不正であった場合、S1305において不正マスク検出部802は、処理対象のカメラが撮像した撮像画像に基づく前景矩形マスク画像を取得したかを判定する。前景マスク画像が不正として検出された場合であっても、前景矩形マスク画像は送信されることがあるためである。

【0070】

前景矩形マスク画像を取得していると判定した場合(S1305: YES)、S1306において不正マスク検出部802は、前景ごとの前景矩形マスク画像が正常かを判定する。前景矩形マスク画像から正常な(不正ではない)画像を検出する方法は、S1303

50

における不正な前景マスク画像を検出する方法と同様の方法を用いればよい。例えば、夫々の前景矩形マスク画像の画像データに含まれるデータヘッダの情報と画像が整合していない、またはデータヘッダの情報に異常値がある場合には不正と検出する。不正と検出されなかった場合は正常な画像とする方法を用いればよい。

【0071】

不正ではない正常な前景矩形マスク画像がある場合（S1306：YES）、S1307において処理部803は、S1304において全白画像とした前景マスク画像上に、正常な前景矩形マスク画像を重畳する処理をする。その結果得られた画像を処理対象のカメラの前景マスク画像として生成部804に出力する。正常な前景矩形マスク画像が複数ある場合は、複数の正常な前景矩形マスク画像を全白画像上の重畳する処理をする。処理部803は、前景矩形マスク画像を重畳した画像を処理対象のカメラの前景マスク画像に置き換えて生成部804に出力する。

【0072】

図14（a）は、正常な前景マスク画像であれば、図6の前景マスク画像600のように5つの前景領域が含まれる画像ではあるが、3つの前景領域しか含まれていない不正な前景マスク画像を示す図である。図14（a）の不正な前景マスク画像から前景の三次元モデルを生成すると、前景領域として認識されなかった前景の三次元モデルは、削られて劣化したものとなる。一方、実施形態1のように図14（a）の不正な前景マスク画像を全白画像に置き換えると、正常に前景のシルエットを表している前景領域についても、前景の三次元モデルの生成に用いられないことになる。

【0073】

図14（b）は図14（a）の不正な前景マスク画像に含まれる正常な前景矩形マスク画像の例である。図14（c）は、全白画像に、正常な前景矩形マスク画像を重畳する処理がされた前景マスク画像である。この前景マスク画像が前景の三次元モデルの生成に用いられることにより、正常な前景矩形マスク画像については前景の三次元モデルに寄与させることができる。また、正常に前景領域が抽出できなかった前景の三次元モデルの生成においては、不正な前景マスク画像により三次元モデルが削られずに三次元モデルを生成させることができる。

【0074】

なお、図14（c）のような前景マスク画像を生成する方法として全白画像に正常な前景矩形マスク画像を重畳させる方法を説明したが、他にも、処理部803は、不正な前景マスク画像から正常な前景領域を含む矩形の領域を検出し、不正な前景マスク画像に含まれる正常な前景領域を含む矩形の領域以外の領域を白の領域として処理した画像を前景マスク画像とする方法を用いてもよい。

【0075】

前景矩形マスク画像が取得できなかった場合（S1305：NO）、正常な前景矩形マスク画像が無かった場合（S1306：NO）、処理部803は、不正な前景マスク画像を全白画像に置き換える。処理部803は、置き換えた全白画像を処理対象のカメラの前景マスク画像として生成部804に出力する。

【0076】

S1308において不正テクスチャ検出部805は、処理対象のカメラの前景テクスチャ画像から不正な画像を検出する。不正テクスチャ検出部805が不正かを検出する手段として、S10005で説明した方法に加えて、S1306において不正と検出された前景矩形マスク画像については、対応する前景テクスチャ画像についても不正なものとして検出する方法を用いてもよい。S1309～S1312の処理は、S1006～S1009の処理と同一であるため説明は省略する。

【0077】

以上説明したように本実施形態によれば、不正な前景マスク画像であっても、正常に前景の領域を示している領域については、当該前景の三次元モデルの生成に寄与させることができる。即ち、本実施形態は、不正な前景マスク画像のうち、正常な前景領域以外の領

域に対しては三次元モデル生成に与える影響を抑制するための処理が行われることになる。このように処理されることにより、不正な前景マスク画像による前景の三次元モデル生成への影響を少なくし、画質劣化を抑えた仮想視点画像の生成を実現することができる。

【0078】

＜実施形態3＞

本実施形態では、取得した前景マスク画像が不正として検出された場合、直前の正常な前景マスク画像の前景領域を広げる処理を行う。当該広げる処理がされた画像を不正な前景マスク画像と置き換えることにより、不正な前景マスク画像による前景の三次元モデルの品質劣化を抑制する形態である。本実施形態については、実施形態1からの差分を中心に説明する。特に明記しない部分については実施形態1と同じ構成および処理である。

【0079】

〔生成装置の機能構成〕

図15は、本実施形態における生成装置104の構成を示すブロック図である。実施形態1と同一の処理ブロックについては同じ番号を付して説明を省略する。本実施形態の生成装置104は、取得部801、不正マスク検出部802、処理部803、生成部804、不正テクスチャ検出部805、可視性判定部806、マスク記憶部1501およびマスク取得部1502を有する。

【0080】

マスク記憶部1501は、以前（過去）に生成され、不正と判定されなかったカメラごとの前景マスク画像を、対応するカメラと関連付けて記憶する。マスク記憶部1501は生成装置104のROM（不図示）またはHDD（不図示）等によって実現される。なお、マスク記憶部1501は生成装置104と異なる装置におけるROMまたはHDD等によって実現されてもよい。その場合、生成装置104は、ネットワーク等を介してマスク記憶部を有する他の装置と接続されることにより前景マスク画像を取得する。マスク取得部1502は、マスク記憶部から以前の前景マスク画像を取得する。

【0081】

〔フローチャート〕

図16は、本実施形態の生成装置104で行われる三次元モデルを生成する処理を説明するためのフローチャートの一例を示す図である。S1601～S1604はS1001～S1004と同一の処理であるため説明を省略する。

【0082】

前景マスク画像が不正として検出された場合（S1603：YES）S1604に進む。S1604においてマスク取得部1502は、処理対象のカメラと同一方向のカメラに基づく撮像画像によって以前に生成された前景マスク画像であって、不正として検出されなかった前景マスク画像をマスク記憶部1501から取得する。

【0083】

以前に生成された前景マスク画像とは、例えば、動画の仮想視点画像を生成する場合に、本フローチャートの各ステップの処理がフレーム単位で繰り返し行われる。このため、処理中の現フレームに対して直前のフレームにおいて生成された前景マスク画像を取得する。

【0084】

S1605において処理部803は、S1604において取得された、以前の前景マスク画像の前景領域を示す白色の領域を前景領域よりも広い領域にする処理をする。本実施形態では、前景領域を広げるための処理として膨張処理をする。そして処理部803は、処理対象のカメラの前景マスク画像を、処理された画像に置き換えて生成部804に出力する。

【0085】

ここで膨張処理は、例えば、前景マスク画像の各画素を注目画素とし、注目画素の周囲を1画素で囲んだ単位領域ごとに膨張処理は行われる。具体的には、その注目画素が白色であればその単位領域の全ての画素（8画素）を注目画素と同じ白色にするような処理を

10

20

30

40

50

する。なお、膨張処理の方法は限定しない。例えば、ある注目画素において、その注目画素の周辺に白色の画素が存在する場合は、その注目画素の画素値を白色の画素値にさせるような処理でもよい。

【0086】

図17(a)は以前の前景マスク画像として図6で示した前景マスク画像600を取得し、前景マスク画像600の前景領域を膨張させた例を示す。前景領域を膨張させるための画素数は、S1601において取得された前景マスク画像の基の撮像画像が撮像された時間と、S1604において取得された前景マスク画像の基の撮像画像が撮像された時間とに基づき決定される。動画の場合、取得した前景マスク画像のフレームによる時間分だけ前景が動くことの可能な範囲を想定して決めればよい。例えば、競技場402で1秒間に60回の撮像が行われる場合であって、S1604において処理中の現フレームに対して直前のフレームに基づく前景マスク画像が取得される場合がある。この場合、直前のフレームと現フレームとの時間差である $1/60$ 秒間において前景である人物が動くことが可能な範囲を予め算出し、膨張処理において膨張させる画素数を決めればよい。

【0087】

また、前景領域を広げる方法として膨張処理に限られない。他にも、処理部803は直前の前景マスク画像の位置・大きさから前景が存在し得る範囲が含まれる矩形領域のような所定の領域を算出する。そして処理部803は、図17(b)に示すように各前景領域を算出された矩形領域に置換し、当該画像を処理対象のカメラの前景マスク画像として用いる方法でもよい。

【0088】

前景マスク画像が不正として検出されなかった場合(S1603:NO)、S1606において不正マスク検出部802は、正常な前景マスク画像を対象のカメラと時間とを関連付けてマスク記憶部1501に記憶する。S1607~S1611までの処理は、S1005からS1009までの処理と同一であるため説明は省略する。

【0089】

以上説明したように本実施形態によれば、不正な前景マスク画像であっても、不正な前景マスク画像を処理が行われた以前の前景マスク画像に置き換えることにより、不正な前景マスク画像による前景の三次元モデルの品質劣化の影響を抑制することができる。本実施形態において不正な前景マスク画像と置き換えられた画像(図17)は、前述の実施形態において置き換えられた画像(図9(b)または図14(c))に比べ、白の領域を少なくすることができる。このため、不正な前景マスク画像による前景の三次元モデル生成への影響を少なくし、画質劣化を抑えた仮想視点映像生を実現することができる。

【0090】

なお、本実施形態では取得部801とマスク取得部1502は別のモジュールとして説明したが、1つの取得部が各取得部において取得するデータを取得する形態でもよい。

【0091】

<実施形態4>

前述の実施形態において、生成部804は視体積交差法による前景の三次元モデルを生成する際に着目ボクセルの射影が前景領域から外れる前景マスク画像が1つでも存在する場合、着目ボクセルを削除し、前景の三次元モデルを生成する形態であった。

【0092】

本実施形態では、ボクセルを削る前景マスク画像の数が1つではなく、場合によっては着目ボクセルが複数の前景マスク画像による前景領域外と判定された場合に着目ボクセルを削るように処理する形態である。本実施形態については実施形態1からの差分を中心に説明する。特に明記しない部分については実施形態1と同じ構成および処理である。

【0093】

[生成装置の機能構成]

図18は、本実施形態における生成装置104の構成を示すブロック図である。実施形態1と同一の処理ブロックについては同じ番号を付して説明を省略する。本実施形態の生

10

20

30

40

50

成装置 104 は、取得部 801、不正マスク検出部 802、生成部 804、不正テクスチャ検出部 805、可視性判定部 806 および閾値決定部 1801 を有する。閾値決定部 1801 は三次元モデル生成において着目ボクセルを削る際の閾値を決定する。詳細については後述する。

【0094】

〔フローチャート〕

図 19 は、本実施形態の生成装置 104 で行われる三次元モデルを生成する処理を説明するためのフローチャートの一例を示す図である。S1901～S1903 の処理は S1001～S1003 の処理と同一であるため説明を省略する。

【0095】

処理対象のカメラの前景マスク画像が不正と検出された場合（S1903：YES）、S1904 において不正マスク検出部 802 は、不正な前景マスク画像の数に 1 を加算する。不正な前景マスク画像の数とは夫々のカメラ 101a～101r に対応する前景マスク画像のうち、不正と検出された前景マスク画像の数である。S1905～S1906 の処理は S1005～S1006 の処理と同一であるため説明を省略する。

【0096】

S1907 において閾値決定部 1801 は、不正な前景マスク画像の数に基づき閾値を決定する。本実施形態では、閾値決定部 1801 は、不正な前景マスク画像の数を閾値として決定する。なお、閾値決定部 1801 による閾値の決定方法はこれに限られない。例えば不正な前景マスク画像の数が前景を同期撮像しているカメラの台数に近づくにつれて閾値を減らすように閾値を決定してもよい。

【0097】

S1908 において生成部 804 は、同期撮像された撮像画像による前景マスク画像を基に三次元モデルを生成する。生成部 804 は、前述したとおり、対象空間のボクセル集合のうち処理対象のボクセルである 1 つの着目ボクセルの射影が各前景マスク画像の前景領域内に収まるか否かを判定することにより三次元モデルを生成する。本実施形態では、この判定において、着目ボクセルの射影が前景領域から外れる前景マスク画像の数が閾値より大きい場合のみ、着目ボクセルをボクセル集合から削除する。つまり、閾値以下の前景マスク画像だけでは三次元モデルの生成に寄与されないことになる。

【0098】

図 20 は本実施形態に基づき、前景となるオブジェクトを撮像する 5 つのカメラ A～E によって前景の三次元モデルの生成を説明するための図である。カメラ A、カメラ C が撮像した撮像画像に基づく前景マスク画像 201、203 は不正な前景マスク画像であり、カメラ B、カメラ D、カメラ E の前景マスク画像 202、204、205 は正常な前景マスク画像であることを示している。このため、図 20 の状態では、不正な前景マスク画像の数は 2 であることから、不正な前景マスク画像の数から決定される閾値についても同じく 2 と決定される。

【0099】

閾値が 2 の場合、処理対象のボクセルである着目ボクセルは、閾値である 2 より大きい 3 台のカメラによる前景マスク画像の前景領域に着目ボクセルが射影されていない場合、ボクセル集合から削られる。即ち、2 台のカメラの前景領域に着目ボクセルが射影されていない場合であっても、残りの 3 台のカメラの前景マスク画像の前景領域に着目ボクセルが射影されていれば着目ボクセルは削られないで三次元モデルが生成される。

【0100】

図 20 では、閾値である 2 つのカメラ A、C による不正な前景マスク画像 201、203 の前景領域には着目ボクセルは射影されない。しかし、それだけでは着目ボクセルは削られず、他の 3 つの正常な前景マスク画像 202、204、205 のいずれかの前景領域においても着目ボクセルが射影されていない場合、着目ボクセルが削られる。このように閾値を用いて着目ボクセルが判定されることによって三次元モデルが生成されることになる。S1909～S1910 の処理は S1008～S1009 の処理と同一であるため説

10

20

30

40

50

明を省略する。

【0101】

以上説明したように本実施形態によれば、前景の三次元モデルを生成するための閾値を決定することにより、少数の不正な前景マスク画像により三次元モデルに含まれるべきボクセルが削られてしまうことを抑制することができる。よって前景の三次元モデルの品質劣化を抑制することができ、画質劣化を抑えた仮想視点映像生を実現することができる。

【0102】

本実施形態については、三次元空間を構成する要素としてボクセルを用いて説明したが、前述したとおり、三次元空間を構成する要素として点を用いても実現可能である。

【0103】

<実施形態5>

本実施形態は、取得した前景マスク画像のうち不正な前景マスク画像がある場合、前景の移動量に基づき直前の前景の三次元モデルを移動させることにより、新たな前景の三次元モデルを生成する形態である。このため不正な前景マスク画像を取得した場合であっても品質劣化の少ない前景の三次元モデルを生成することができる。本実施形態については、実施形態1からの差分を中心に説明する。特に明記しない部分については実施形態1と同じ構成および処理である。

【0104】

[生成装置の機能構成]

図21は、本実施形態における生成装置104の構成を示すブロック図である。実施形態1と同一の処理ブロックについては同じ番号を付して説明を省略する。生成装置104は、取得部801、不正マスク検出部802、処理部803、生成部804、不正テクスチャ検出部805、および可視性判定部806を有する。さらに本実施形態における生成装置104は、画像データ記憶部2101、モデル記憶部2102、画像データ取得部2104、およびモデル取得部2105を有する。

【0105】

画像データ記憶部2101は、取得部801が取得した以前の画像データ等のデータを記憶する。モデル記憶部2102は以前に生成された前景の三次元モデルを記憶する。画像データ記憶部2101およびモデル記憶部2102はROMまたはHDD等によって実現される。なお、画像データ記憶部2101およびモデル記憶部2102は生成装置104と異なる装置におけるROMまたはHDD等によって実現されてもよい。

【0106】

移動量決定部2103は、ある期間の前景の移動量を決定する。画像データ取得部2104は、画像データ記憶部2101から以前の画像データを取得する。モデル取得部2105はモデル記憶部2102から以前に生成された前景の三次元モデルを取得する。

【0107】

[フローチャート]

図22は、本実施形態の生成装置104で行われる前景の三次元モデルを生成する処理を説明するためのフローチャートの一例を示す図である。本実施形態では実施形態2と同様に、前景抽出装置群102における各前景抽出装置102a～102rは、前景マスク画像および前景テクスチャ画像に加えて、前景矩形マスク画像を生成する。

【0108】

S2201において取得部801は、前景抽出装置102a～102rから各カメラ101a～101rに応じた前景マスク画像、前景テクスチャ画像、前景矩形マスク画像、および前景矩形マスク画像の前景マスク画像上の座標を取得する。S2202～S2203の処理はS1002～S1003の処理と同一であるため説明を省略する。

【0109】

前景マスク画像が不正として検出された場合(S2203: YES)、S2204において不正マスク検出部802は、不正な前景マスク画像の数に1を加算する。不正な前景マスク画像の数とは夫々のカメラ101a～101rに対応する前景マスク画像のうち、

10

20

30

40

50

不正と検出された前景マスク画像の数である。

【0110】

前景マスク画像が不正として検出されなかった場合（S2203：NO）S2205において、不正マスク検出部802は、正常な前景マスク画像を、前景矩形マスク画像と、対象のカメラと、時間と、を関連付けて画像データ記憶部2101に記憶する。S2206～S2207の処理についてはS1005～S1006と、それぞれ同一の処理であるため説明を省略する。

【0111】

S2208において不正マスク検出部802は、S2203において不正な前景マスク画像を検出した結果、不正な前景マスク画像があったかを判定する。本実施形態では、不正な前景マスク画像の数が1以上の場合は不正な前景マスク画像があると判定される。不正と判定された前景マスク画像があった場合（S2208：YES）、S2209に進む。

10

【0112】

次のS2209～S2211では、S2201において取得した各前景マスク画像によって前景の三次元モデルは生成されない。本実施形態では、不正な前景マスク画像が検出された場合、移動量と以前に生成された前景の三次元モデルに基づき前景の三次元モデルが推定され、前景の三次元モデルが生成される。

【0113】

S2209において画像データ取得部2104は、S2201において取得部801が取得したデータのうち、不正と検出されていない前景マスク画像の中から第一の前景マスク画像を選択する。画像データ取得部2104は、第一の前景マスク画像の前景領域を示す前景矩形マスク画像とその座標データを取得する。

20

【0114】

画像データ取得部2104は、さらに画像データ記憶部2101から、第一の前景マスク画像と同じ方向から以前に撮像された撮像画像に基づき生成された前景マスク画像であって、不正と検出されていない第二の前景マスク画像を選択する。そして、画像データ取得部2104は、画像データ記憶部2101から、第二の前景マスク画像の前景領域を示す前景矩形マスク画像とその座標データを取得する。

【0115】

動画の仮想視点画像を生成する場合には、本フローチャートの各ステップの処理がフレーム単位で繰り返し行われる。このため、例えば第二の前景マスク画像として、画像データ取得部2104は、処理中の現フレームに対して直前のフレームにおいて取得された前景マスク画像を第二の前景マスク画像として選択し、前景矩形マスク画像を取得すればよい。また、第一の前景マスク画像は、現フレームにおいて不正と検出されなかった前景マスク画像のうち直前のフレームにおいても不正と検出されていない前景マスク画像が選択されればよい。

30

【0116】

S2210において移動量決定部2103は、画像データ取得部2104が取得した第二のマスク画像が撮像された時間から本フローチャートにおける処理対象の時間である第一のマスク画像が撮像された時間までの前景の移動量（移動方向を含む）を算出する。移動量決定部2103は、算出した移動量に基づき前景の移動量を決定する。

40

【0117】

本実施形態における前景の移動量を決定するための算出方法は、第一の前景マスク画像に含まれる前景矩形マスク画像と第二の前景マスク画像に含まれる前景矩形マスク画像との中心座標の差分に基づき算出される。

【0118】

図23は、前景矩形マスク画像の中心座標の差分により各前景の移動量が算出された例である。図23（a）は第一の前景マスク画像の例を示した図であり、図23（b）は第二の前景マスク画像の例を示した図である。また、図23（c）は第二の前景マスク画像と、第一の前景マスク画像との前景毎に移動量が決定されたことを示す図である。図23

50

(c) の矢印は、決定された移動方向と移動量を表している。

【0119】

移動量決定部2103が移動量を決定するための算出方法は他にも、前景矩形マスク画像を用いずに前景領域の平均差分値により移動量を算出する方法でもよい。また、前景マスク画像または前景矩形マスク画像によらないで移動量を算定する方法であってもよい。例えば、図7(a)のように撮像画像における前景を含む領域を矩形領域として算出した画像と、以前に撮像された撮像画像から算出された同様の画像を用いて、矩形画像の中心座標の差分より算出する方法でもよい。または、複数のカメラにより各前景の移動量を算出する方法でもよい。また、移動量決定部2103は移動量を他の装置等から取得し、当該移動量を用いて前景の移動量を決定してもよい。

10

【0120】

さらに、移動量決定部2103は、決定した前景の移動量を基に、第一の前景マスク画像を撮像したカメラのカメラパラメータを用いて三次元空間上の移動量を算出して決定する。

【0121】

S2211においてモデル取得部2105は、モデル記憶部2102に記憶されている第二の前景マスク画像を含む前景マスク画像に基づき生成された前景の三次元モデルを取得する。次に生成部804は、取得された第二の前景マスク画像に基づく前景の三次元モデルを、三次元空間上の移動量に基づき移動させることで、S2201で取得した画像が同期撮像された時間である処理対象の時間の前景の三次元モデルを生成する。

20

【0122】

一方、不正な前景マスク画像がなかった場合(S2208:NO)、S2212において生成部804は、S2201において取得された前景マスク画像に基づき前景の三次元モデルを生成する。生成方法は、S1007と同一であるため説明を省略する。S2213において生成部804は、生成した前景の三次元モデルをモデル記憶部2102に記憶する。

【0123】

S2214において可視性判定部806は可視性判定を行う。ここで、S2211において移動量によって前景の三次元モデルを生成した場合は、カメラパラメータも移動量だけカメラ位置を移動させて可視性判定を行う。S2215はS1009と同一の処理であるため説明は省略する。

30

【0124】

以上説明したように本実施形態においては、前景の移動量を決定することにより、以前に生成した前景の三次元モデルから、生成する三次元モデルの形状を推定することにより、前景の三次元モデルを生成する。このため、不正な前景マスク画像による前景の三次元モデルの品質劣化を抑制することができ、画質劣化を抑えた仮想視点映像生を実現することができる。

【0125】

なお、本実施形態では取得部801と画像データ取得部2104とモデル取得部2105は別のモジュールとして説明したが、1つの取得部が各取得部において取得するデータを取得する形態でもよい。

40

【0126】

<その他の実施形態>

上述した実施形態は、各カメラに対応した前景抽出装置が、各カメラの撮像画像の前景領域を抽出する形態として説明した。この他に前景抽出装置の有する機能も含む一つの画像処理装置が複数のカメラの画像データを取得して、当該画像処理装置が各カメラにおける前景マスク画像および前景テクスチャの生成をする形態であってもよい。

【0127】

上述の実施形態では、不正マスク検出部802と不正テクスチャ検出部805は別のモジュールとして説明したが、1つの検出部が前景マスク画像、前景矩形マスク画像および

50

前景テクスチャ画像が不正かを検出する形態でもよい。

【0128】

上述した実施形態では、制御装置103、生成装置104、レンダリング装置105はそれぞれ別の装置であるものとして説明した。他にも、1つのまたは2つの装置により、制御装置103、生成装置104、レンダリング装置105の機能が実現されてもよい。例えば、前景の三次元モデルの生成と、仮想視点画像の生成を1つの画像処理装置によって行う形態でもよい。

【0129】

本発明は、上述の実施形態の1以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1以上の機能を実現する回路（例えば、ASIC）によっても実現可能である。

【符号の説明】

【0130】

104 生成装置

500 撮像画像

600 前景マスク画像

801 取得部

802 不正マスク検出部

803 処理部

804 生成部

10

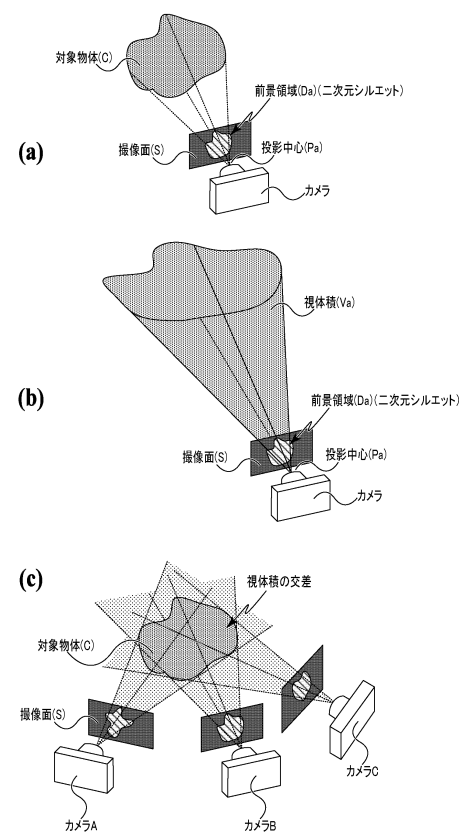
20

30

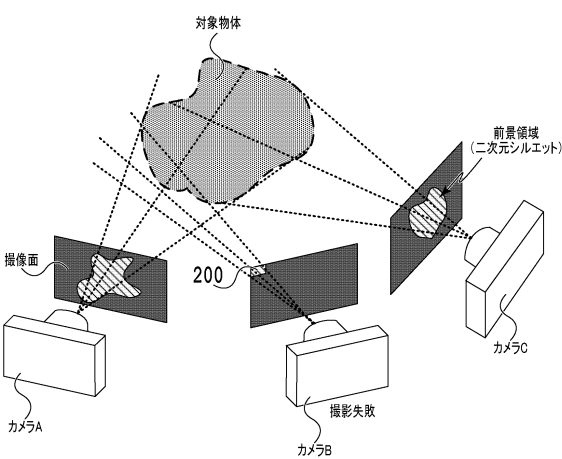
40

50

【図面】
【図 1】



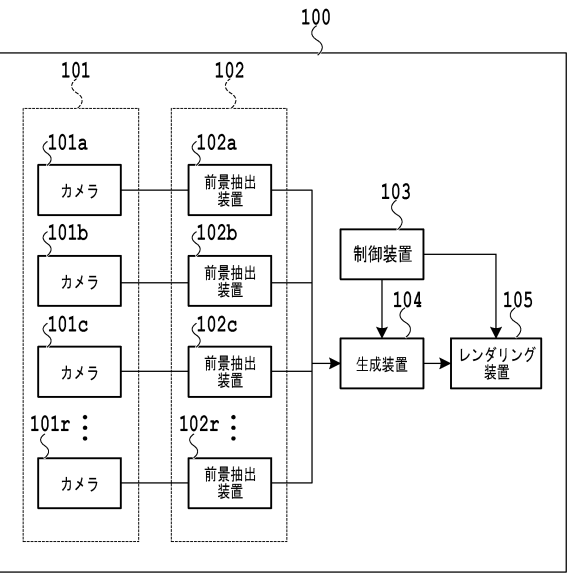
【図 2】



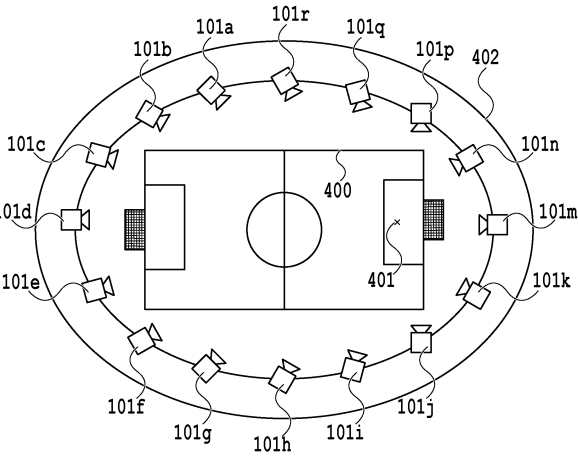
10

20

【図 3】



【図 4】

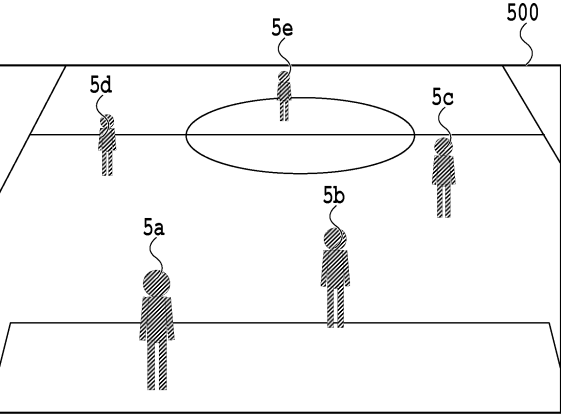


30

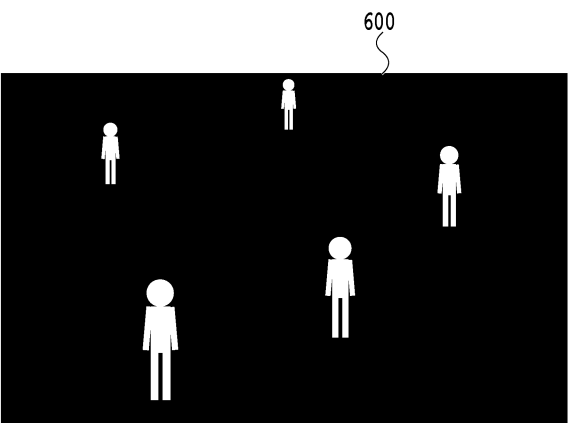
40

50

【図 5】

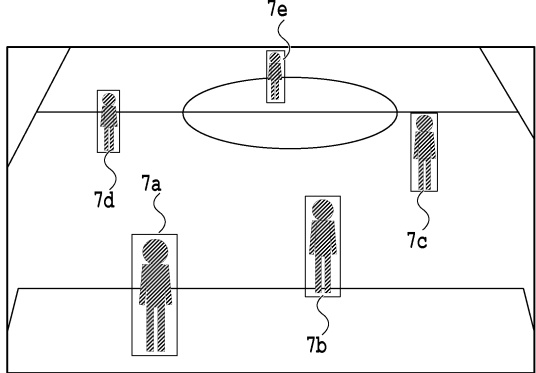


【図 6】

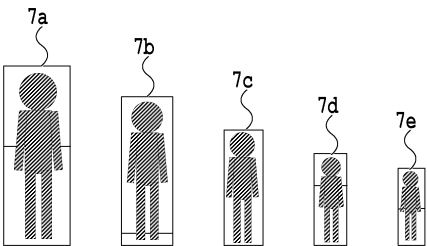


10

【図 7】

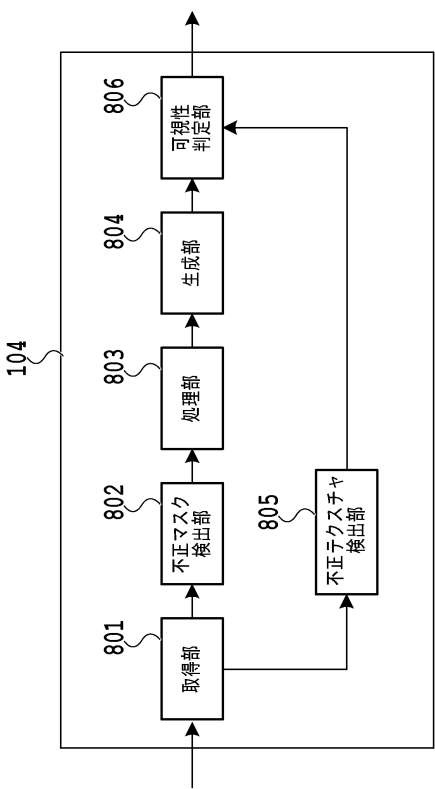


(a)



(b)

【図 8】



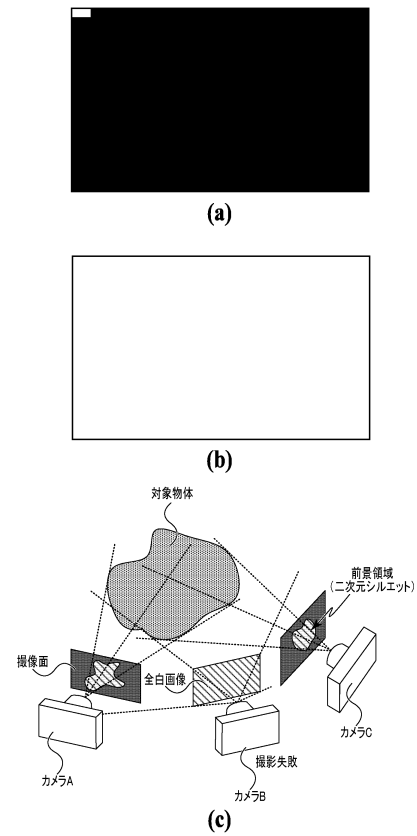
20

30

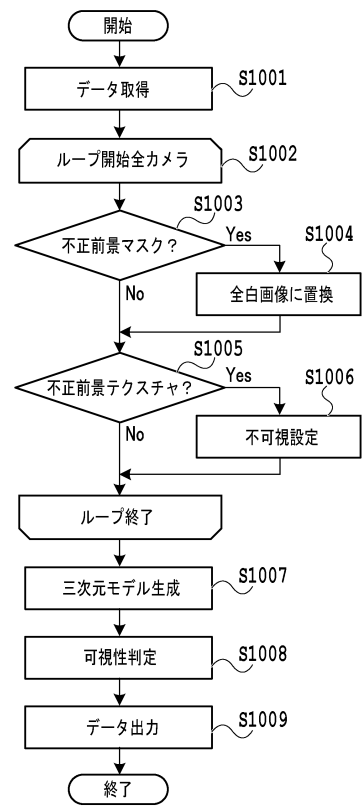
40

50

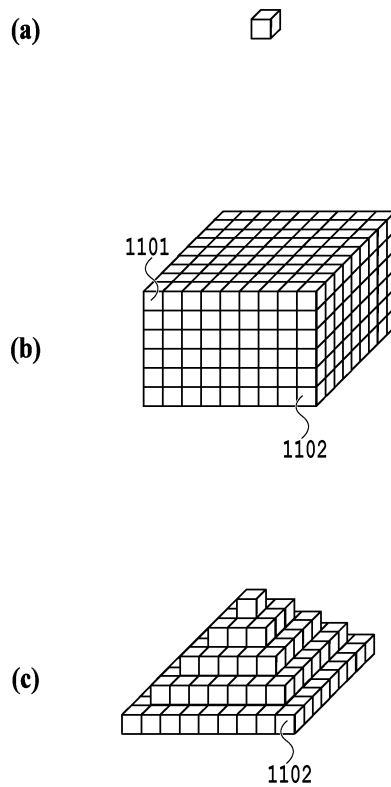
【図 9】



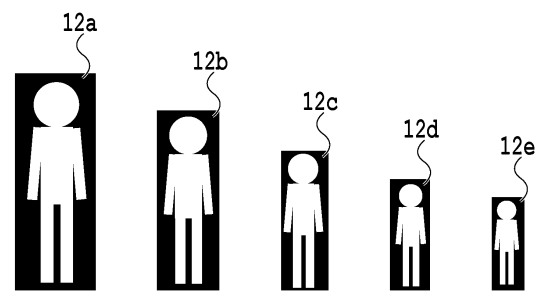
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

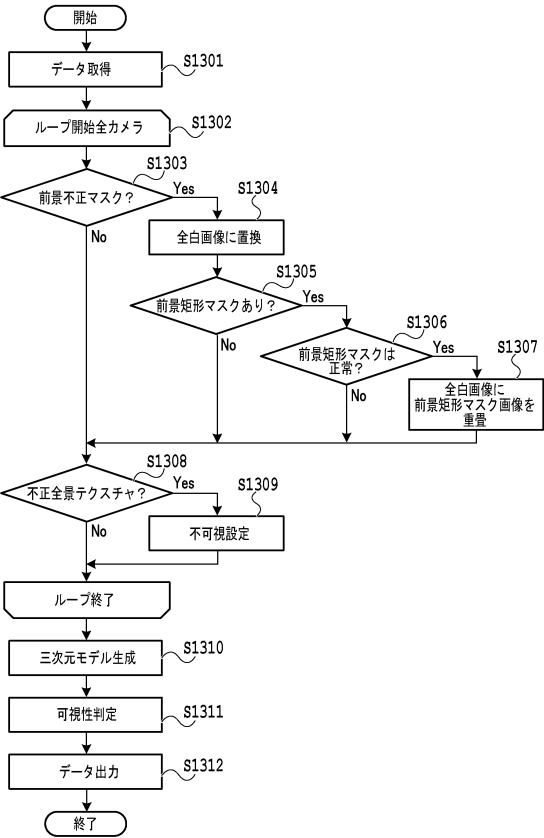
20

30

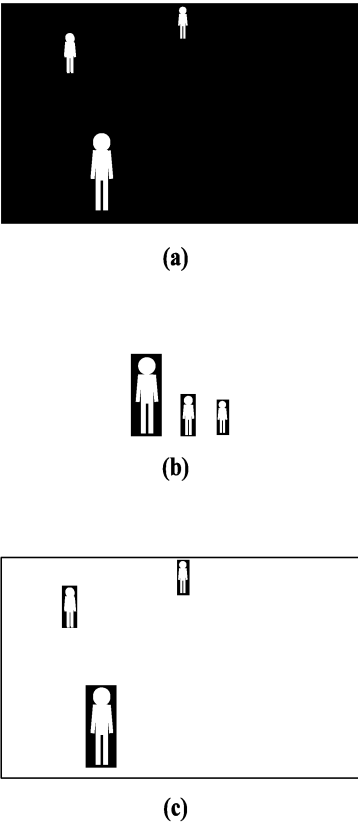
40

50

【図 1 3】



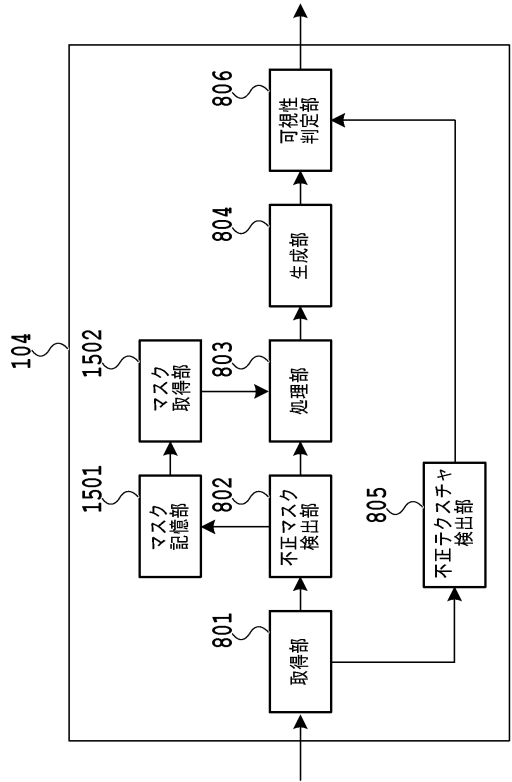
【図 1 4】



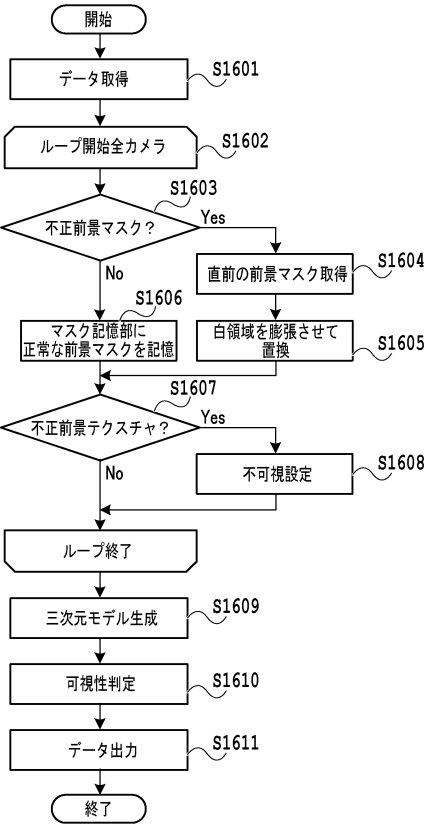
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

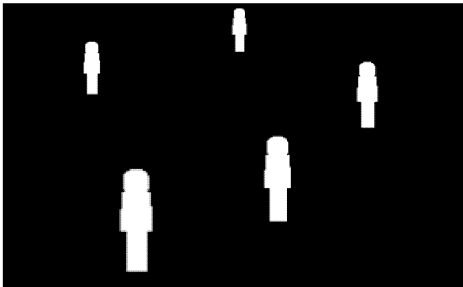


30

40

50

【図 1 7】

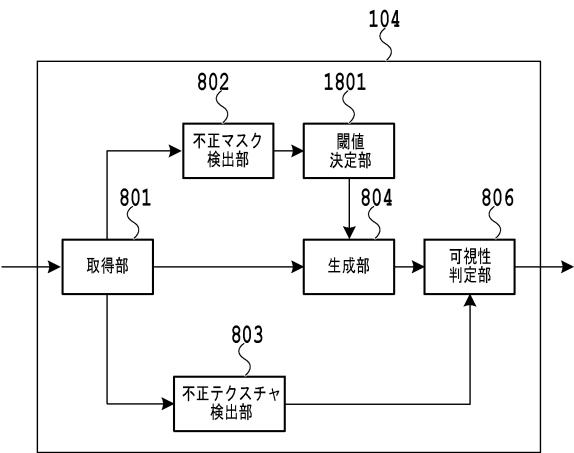


(a)



(b)

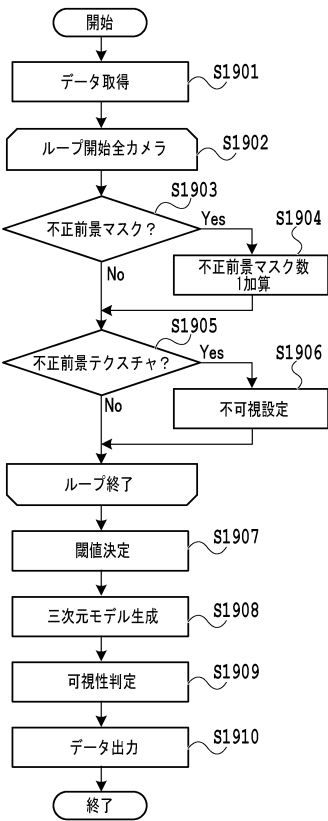
【図 1 8】



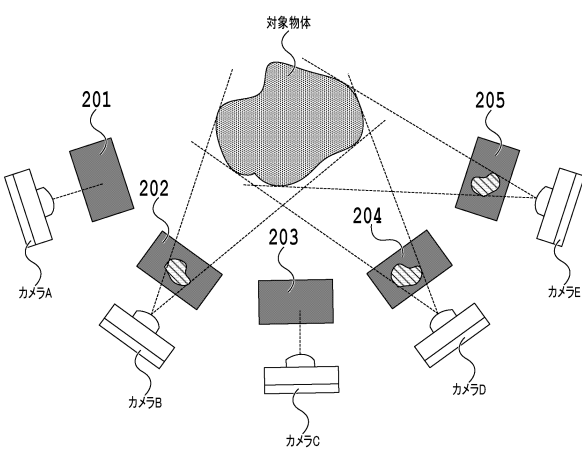
10

20

【図 1 9】



【図 2 0】

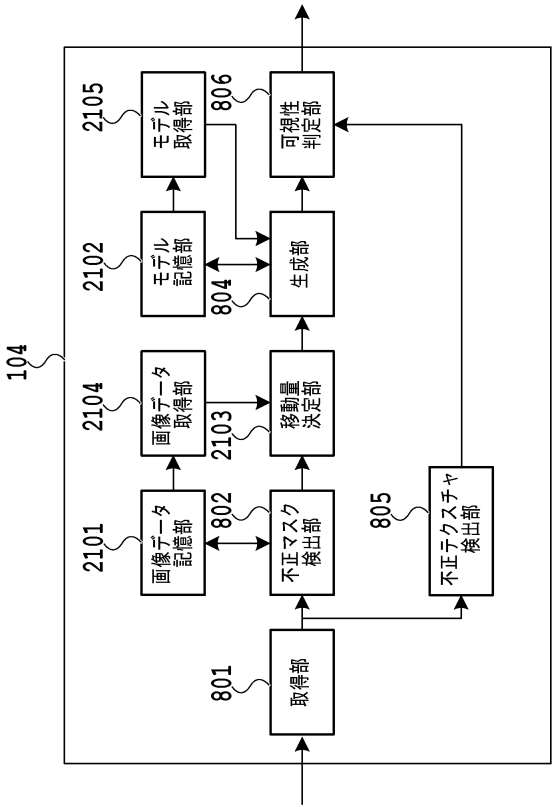


30

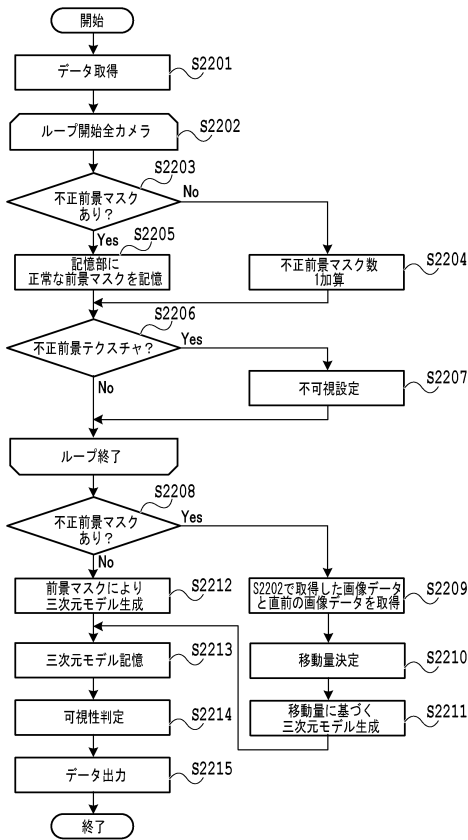
40

50

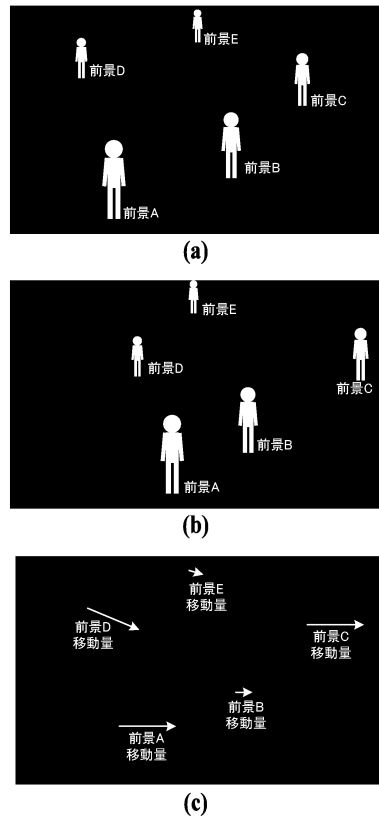
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2017-211827 (JP, A)
特開 2008-288908 (JP, A)
特開 2016-173248 (JP, A)
特開 2009-104366 (JP, A)
特開 2010-114760 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G06T 7/00-7/90
G06T 19/00