

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-94788

(P2022-94788A)

(43)公開日 令和4年6月27日(2022.6.27)

(51)国際特許分類		F I	テーマコード(参考)	
G 0 6 T	7/55 (2017.01)	G 0 6 T	7/55	2 F 0 6 5
G 0 6 T	7/529(2017.01)	G 0 6 T	7/529	5 B 0 8 0
G 0 6 T	17/10 (2006.01)	G 0 6 T	17/10	5 L 0 9 6
G 0 1 B	11/00 (2006.01)	G 0 1 B	11/00	H

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全15頁)

(21)出願番号	特願2020-207873(P2020-207873)	(71)出願人	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
(22)出願日	令和2年12月15日(2020.12.15)	(74)代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
		(74)代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
		(72)発明者	藤田 秀 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
		F ターム(参考)	2F065 AA04 AA37 BB05 DD03 FF01 FF04 FF09 JJ03 JJ05 JJ19 JJ26 QQ13 QQ24 QQ25 QQ31 UU05 5B080 AA17 BA07 FA02 GA22 最終頁に続く

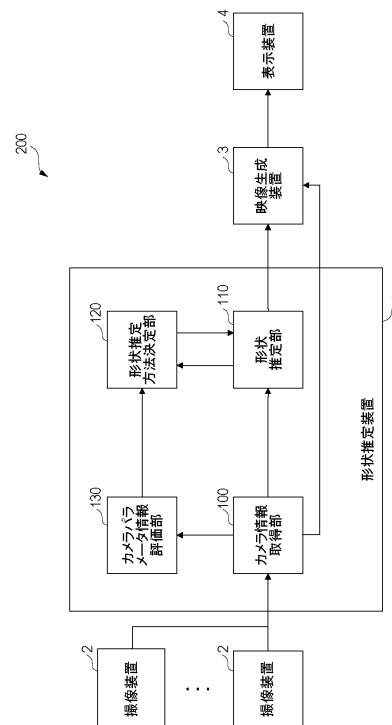
(54)【発明の名称】 生成装置、生成方法、及び、プログラム

(57)【要約】

【課題】 生成される形状データの精度の低下を抑制する。

【解決手段】 形状推定装置1は、複数の撮像装置が撮像領域における被写体を撮像することにより得られる複数の撮像画像における被写体に対応する領域を示すシルエットデータと、複数の撮像画像に基づく被写体の色情報を含むテクスチャデータと、撮像装置の位置及び姿勢を表す撮像情報を取得するカメラ情報取得部100と、撮像情報の精度が所定の基準を満たす場合、シルエットデータ及びテクスチャデータに基づく形状データの生成を行い、撮像情報の精度が所定の基準を満たさない場合、テクスチャデータに基づかず、シルエットデータに基づく形状データの生成を行う形状推定部110とを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の撮像装置が撮像領域における被写体を撮像することにより得られる複数の撮像画像における前記被写体に対応する領域を示すシルエットデータと、前記複数の撮像画像に基づく前記被写体の色情報を含むテクスチャデータとを取得する第 1 の取得手段と、前記撮像装置の位置及び姿勢を表す撮像情報を取得する第 2 の取得手段と、前記第 2 の取得手段により取得される撮像情報の信頼度が所定の基準を満たす場合、前記第 1 の取得手段により取得されるシルエットデータ及びテクスチャデータに基づく形状データの生成を行い、前記第 2 の取得手段により取得される撮像情報の信頼度が所定の基準を満たさない場合、前記テクスチャデータに基づかず、前記シルエットデータに基づく形状データの生成を行う生成手段とを有することを特徴とする生成装置。

10

【請求項 2】

前記撮像情報の信頼度は、前記撮像領域における 3 次元位置に基づいて撮像装置の位置及び姿勢を推定する校正処理の精度に基づくことを特徴とする請求項 1 に記載の生成装置。

【請求項 3】

前記校正処理の精度は、前記校正処理により特定される撮像情報に基づいて、前記撮像領域における 3 次元位置を前記撮像装置に対応する撮像画像に投影した場合における位置と、前記撮像画像における基準位置との差分に基づくことを特徴とする請求項 2 に記載の生成装置。

20

【請求項 4】

前記基準位置は、前記撮像装置により前記 3 次元位置が撮像されることにより得られる撮像画像における、前記撮像領域における 3 次元位置に対応する位置であることを特徴とする請求項 3 に記載の生成装置。

【請求項 5】

前記撮像情報は、前記撮像装置の解像度を表す情報を含み、前記撮像情報の信頼度は、前記複数の撮像装置に含まれる第 1 の撮像装置の解像度と、前記複数の撮像装置に含まれ、前記第 1 の撮像装置とは異なる第 2 の撮像装置の解像度との差分に基づくことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の生成装置。

【請求項 6】

前記撮像情報は、前記撮像装置の焦点距離を表す情報を含み、前記撮像情報の信頼度は、前記複数の撮像装置に含まれる第 1 の撮像装置の焦点距離と、前記複数の撮像装置に含まれ、前記第 1 の撮像装置とは異なる第 2 の撮像装置の焦点距離との差分に基づくことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の生成装置。

30

【請求項 7】

前記生成手段は、前記差分が所定の閾値よりも小さい場合、前記第 1 の取得手段により取得されるシルエットデータ及びテクスチャデータに基づく形状データの生成を行い、前記差分が前記所定の閾値よりも大きい場合、前記テクスチャデータに基づかず、前記第 1 の取得手段により取得されるシルエットデータに基づく形状データの生成を行うことを特徴とする請求項 3 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の生成装置。

40

【請求項 8】

前記生成手段は、前記シルエットデータ及びテクスチャデータに基づく形状データの生成を行う場合、前記複数の撮像装置により得られる複数の撮像画像のうち前記被写体を含む撮像画像に基づくシルエットデータ及びテクスチャデータを使用して、形状データの生成を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の生成装置。

【請求項 9】

前記生成手段は、前記シルエットデータ及びテクスチャデータに基づく形状データの生成を行う場合、前記複数の撮像装置のうち所定の解像度よりも高い解像度を有する撮像装置により得られる撮像画像に基づくシルエットデータ及びテクスチャデータを使用して、形

50

形状データの生成を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の生成装置。

【請求項 10】

前記生成手段は、前記シルエットデータ及びテクスチャデータに基づく形状データの生成を行う場合、前記複数の撮像装置のうち所定の距離よりも長い焦点距離を有する撮像装置により得られる撮像画像に基づくシルエットデータ及びテクスチャデータを使用して、形状データの生成を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の生成装置。

【請求項 11】

前記シルエットデータに基づく形状データの生成は、前記シルエットデータに基づく視体積交差法を使用した生成であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の生成装置。

【請求項 12】

前記シルエットデータ及びテクスチャデータに基づく形状データの生成は、前記シルエットデータに基づく視体積交差法と、テクスチャデータに基づく色一致度 (Photo-Consistency) とを使用した形状データの生成であることを特徴とする請求項 11 に記載の生成装置。

【請求項 13】

複数の撮像装置が撮像領域における被写体を撮像することにより得られる複数の撮像画像における前記被写体に対応する領域を示すシルエットデータと、前記複数の撮像画像に基づく前記被写体の色情報を含むテクスチャデータとを取得する第 1 の取得工程と、前記撮像装置の位置及び姿勢を表す撮像情報を取得する第 2 の取得工程と、前記第 2 の取得工程において取得される撮像情報の信頼度が所定の基準を満たす場合、前記第 1 の取得工程において取得されるシルエットデータ及びテクスチャデータに基づく形状データの生成を行い、前記第 2 の取得工程において取得される撮像情報の信頼度が所定の基準を満たさない場合、前記テクスチャデータに基づかず、前記シルエットデータに基づく形状データの生成を行う生成工程とを有することを特徴とする生成方法。

【請求項 14】

コンピュータを、請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の生成装置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】

本開示は、オブジェクトの形状データを生成する技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

撮像領域の周囲に複数の撮像装置を配置して撮像を行い、それぞれの撮像装置から取得された複数の撮像画像を用いて、撮像された被写体の形状を表す形状データを生成する技術がある。生成される形状データは、例えば、撮像領域においてユーザが指定した視点 (仮想視点) から見た画像 (仮想視点画像) を生成する際、仮想視点から見た被写体を再現するために使用される。

【0003】

特許文献 1 には、複数の撮像装置から取得した複数の撮像画像から、視体積交差法を用いて被写体の形状データを生成し、生成した形状データを色情報を利用して整形することにより、形状データを生成することが記載されている。特許文献 1 の記載によれば、形状データを構成する特定の要素 (ボクセル) の代表点を各撮像画像上の座標に変換したときの各座標に対応する色情報 (画素値) の分散に応じて、特定の要素が形状データの一部であるか否かが判定される。色情報の分散が所定の閾値よりも大きい場合、特定の要素は形状データの一部ではないと判定され削除される。これにより、形状データの整形がされる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2012-208759号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述したような、色情報を使用した形状データの生成においては、形状データを構成する特定の要素に対応する色情報を特定する必要がある。しかしながら、撮像装置の位置及び姿勢等によっては、色情報を精度よく特定することができない場合がある。この場合に色情報を使用した形状データの生成を行うと、かえって形状データの精度が低下する場合があります。

10

【0006】

本開示は上記の課題に鑑みてなされたものである。その目的は、生成される形状データの精度の低下を抑制することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示に係る生成装置は、複数の撮像装置が撮像領域における被写体を撮像することにより得られる複数の撮像画像における前記被写体に対応する領域を示すシルエットデータと、前記複数の撮像画像に基づく前記被写体の色情報を含むテクスチャデータとを取得する第1の取得手段と、前記撮像装置の位置及び姿勢を表す撮像情報を取得する第2の取得手段と、前記第2の取得手段により取得される撮像情報の信頼度が所定の基準を満たす場合、前記第1の取得手段により取得されるシルエットデータ及びテクスチャデータに基づく形状データの生成を行い、前記第2の取得手段により取得される撮像情報の信頼度が所定の基準を満たさない場合、前記テクスチャデータに基づかず、前記シルエットデータに基づく形状データの生成を行う生成手段とを有することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0008】

本開示によれば、生成される形状データの精度の低下を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0009】

【図1】画像処理システムの構成を説明するための図である。

【図2】形状推定処理の一例を説明するための図である。

【図3】形状推定装置のハードウェア構成を説明するための図である。

【図4】形状推定装置が行う処理を説明するためのフローチャートである。

【図5】形状推定処理の一例を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら説明する。なお、以下の実施形態に記載される構成要素は実施の形態の一例を示すものであり、発明をそれらだけに限定するものではない。

40

【0011】

(実施形態1)

本実施形態では、複数の撮像装置により撮像される被写体の形状を表す形状データを生成する生成装置について説明する。図1は、本実施形態における画像処理システム200の構成を説明するための図である。画像処理システム200は、形状推定装置1、複数の撮像装置2、映像生成装置3、及び表示装置4を有する。以下、各装置について説明する。

【0012】

形状推定装置1は、複数の撮像装置により得られる撮像画像を使用して、撮像される被写体の形状を表す形状データを生成する生成装置である。ここでいう被写体とは、時系列で

50

同じ方向から撮像を行った場合において動きのある（その位置や形が変化し得る）動的被写体（動体）を指す。被写体は、例えば、競技において、それが行われるフィールド内にいる選手や審判などの人物、球技であれば人物に加えボールなども含む。また、コンサートやエンタテインメントにおいては、歌手、演奏者、パフォーマー、司会者などが被写体である。本実施形態における形状推定装置 1 は、3次元空間がボクセルで構成されるものとして解釈し、被写体の形状をボクセルの集合として表した 3次元モデルを生成する。

【0013】

形状推定装置 1 の機能構成については後述する。

【0014】

撮像装置 2 は、例えばカメラでありうる。複数の撮像装置 2 は、複数の方向から撮像領域を撮像する。撮像領域は、例えば、ラグビーやサッカーが行われる競技場や、ダンスなどが行われるスタジオ、体育館などでありうる。撮像装置は、このような撮像領域を取り囲むようにして、それぞれ異なる位置と方向に設置され、同期して撮像を行う。なお、撮像装置は撮像領域の全周にわたって設置されなくてもよく、設置場所の制限等によっては撮像領域の一部の方向にのみ設置されていてもよい。撮像装置の数は限定されず、例えば、撮像領域をラグビーの競技場とする場合、競技場の周囲に数十～数百台程度の撮像装置が設置されてもよい。望遠カメラと広角カメラなど画角が異なる撮像装置が設置されていてもよい。例えば、望遠カメラを用いれば、高解像度に被写体を撮像できるので、生成される仮想視点画像の解像度も向上する。また、例えば、広角カメラを用いれば、一台のカメラで撮像できる範囲が広いので、カメラ台数を減らすことができる。撮像装置は現実世界の一つの時刻情報で同期され、撮像した映像には毎フレームの画像に撮像時刻情報が付与される。

10

20

【0015】

また、撮像装置 2 は、撮像により得られた撮像画像から、被写体に対応する領域を表す画像データ（以下、シルエットデータともいう）を生成する機能を有するものとする。また、撮像装置 2 は、撮像により得られた撮像画像に基づいて、被写体の色情報を含む画像データ（以下、テクスチャデータともいう）を生成する機能を有するものとする。これらのデータは、例えば、背景差分法やフレーム間差分法等を使用して、被写体に対応する領域を抽出することにより得られる。撮像装置 2 は、生成したシルエットデータ及びテクスチャデータを、形状推定装置 1 に送信する。なお、シルエットデータを生成する機能及びテクスチャデータを生成する機能のうち少なくとも一方を、形状推定装置 1 が有する構成であってもよい。

30

【0016】

映像生成装置 3 は、形状推定装置 1 から被写体の 3次元形状およびテクスチャデータを取得し、仮想視点画像を生成する。ここで、仮想視点画像とは、自由視点画像とも呼ばれるものであるが、ユーザが自由に（任意に）指定した視点に対応する画像に限定されず、例えば、複数の候補からユーザが選択した視点に対応する映像なども仮想視点画像に含まれる。また、仮想視点の指定は、ユーザ操作により行われてもよいし、画像解析の結果等に基づいて自動で行われてもよい。また、本実施形態では仮想視点画像が静止画である場合を中心に説明するが、仮想視点画像は動画であってもよい。本実施形態における映像生成装置 3 は、形状推定装置 1 が生成した被写体の形状データを使用して、仮想視点画像を生成する。

40

【0017】

映像生成装置 3 は、1枚の仮想視点画像を生成するために、1つの仮想視点情報の指定を受け付け、その仮想視点情報に基づいて仮想視点画像を生成する。仮想視点情報は、例えば、ジョイスティック、ジョグダイヤル、タッチパネル、キーボード、及びマウスなどの不図示の入力部により、ユーザ（操作者）から指定される。なお、仮想視点情報の指定に関してはこれに限定されず、被写体を認識するなどして、自動的に指定しても構わない。生成した仮想視点画像は表示装置 4 に出力される。表示装置 4 は、映像生成装置 3 から仮想視点画像を取得し、それらをディスプレイなどの表示デバイスを用いて出力する。

50

【 0 0 1 8 】

次に、形状推定装置 1 の構成について、図 1 を用いて説明する。形状推定装置 1 は、カメラ情報取得部 1 0 0、形状推定部 1 1 0、形状推定方法決定部 1 2 0、カメラパラメータ評価部 1 3 0 を有する。

【 0 0 1 9 】

カメラ情報取得部 1 0 0 は、撮像装置 2 で撮像された撮像画像に基づく画像データを取得する。ここでは、カメラ情報取得部 1 0 0 は、撮像装置 2 により生成されたシルエットデータ及びテクスチャデータを取得するものとする。なお、形状推定装置 1 がシルエットデータ及びテクスチャデータを生成する機能を有する場合は、撮像画像を取得する。

【 0 0 2 0 】

さらに、カメラ情報取得部 1 0 0 は、撮像装置 2 のカメラパラメータを取得する。カメラパラメータとは、撮像装置の位置、姿勢（向き、撮像方向）、焦点距離、光学中心、歪みなど、撮像装置の状態を表す撮像情報である。撮像装置の位置、姿勢（向き、撮像方向）は、撮像装置そのもので制御されてもよいし、撮像装置の位置や姿勢を制御する雲台により制御されてもよい。カメラパラメータには、雲台等の別の装置により制御されるパラメータが含まれていてもよい。また、撮像装置の位置、姿勢（向き、撮像方向）に関するカメラパラメータは、いわゆる外部パラメータであり、撮像装置の焦点距離、画像中心、歪みに関するパラメータは、いわゆる内部パラメータである。本実施形態においてカメラ情報取得部 1 0 0 が取得するカメラパラメータは、少なくとも位置及び姿勢を表す外部パラメータの情報を有するものとするが、その他の情報が含まれてもよい。撮像装置の位置や姿勢は一つの原点と直交する 3 軸を持つ座標系で表現される（以下、世界座標系と呼ぶ）。

【 0 0 2 1 】

形状推定部 1 1 0 は、カメラ情報取得部 1 0 0 が取得した画像データとカメラパラメータとに基づいて、被写体の 3 次元モデルを生成する。このとき、形状推定部 1 1 0 は、被写体の 3 次元形状を構成するボクセル集合とボクセルの可視情報とを算出する。ボクセルの可視情報は、どの点（ボクセル）がどの撮像装置から見えているかを示す情報である。すなわち、被写体を構成するボクセルが撮像画像に含まれる場合、撮像画像に対応する撮像装置から当該ボクセルが見えている（可視である）ものと判定される。

【 0 0 2 2 】

形状推定方法決定部 1 2 0 は、形状推定部 1 1 0 で算出されるボクセル集合およびボクセルの可視情報と、カメラパラメータ評価部 1 3 0 の出力に基づいて、各被写体領域に適用する形状推定方法を決定する。本実施形態における形状推定部 1 1 0 は、シルエットデータ及びテクスチャデータに基づく形状データの生成方法と、テクスチャデータを使用せず、シルエットデータに基づく形状データの生成方法とを行うことができる。

【 0 0 2 3 】

シルエットデータに基づく生成方法は、例えば視体積交差法（Visual hull 法、又は Shape - from - Silhouette 法ともいう）である。また、テクスチャデータに基づく形状データの生成方法は、例えば、色一致度（Photo - Consistency）を使用した Photo hull 法である。ただし、Photo hull 法は、Visual hull 法による形状推定を事前処理として行うことを必要とする。したがって、Photo - hull 法を使用する場合は、シルエットデータに基づく視体積交差法と、テクスチャデータに基づく Photo - hull 法とが行われる。形状推定方法決定部 1 2 0 は、後述するカメラパラメータ情報評価部 1 3 0 から得られる情報に基づいて、上述した形状データの生成方法のうちいずれを実行するかを決定する。

【 0 0 2 4 】

また、形状推定方法決定部 1 2 0 から形状推定部 1 1 0 へ出力する情報は、例えば入力で取得しているボクセル集合と、その各点に対応した形状推定方法と、形状推定で用いるカメラ集合の情報である。形状推定で用いるカメラ集合の情報は、例えば、入力として得ている各点の可視情報であり、カメラパラメータ評価部 1 3 0 での評価値が低いカメラを可

10

20

30

40

50

視情報から除外したカメラ集合である。

【0025】

カメラパラメータ評価部130は、カメラ情報取得部100により取得されるカメラパラメータの信頼度（以下、カメラパラメータの精度ともいう）を評価する。本実施形態では、複数の撮像装置2は、撮像装置の位置及び姿勢を推定する校正処理を行うことにより、カメラパラメータが特定される。校正処理の一例について説明する。複数の撮像装置2は、撮像領域における所定の3次元位置を撮像する。この3次元位置は、例えば設置されたマーカや、フィールド上のラインや構造物などの特徴点の位置である。複数の撮像装置2は、複数の撮像画像から対応する特徴点を検出し、特徴点を各撮像装置に投影した場合における基準位置との差分（誤差）が最小になるように最適化し、各撮像装置のカメラパラメータを校正する。ここでいう基準位置は、撮像装置により前記3次元位置が撮像されることにより得られる撮像画像における、撮像領域における特徴点の位置に対応する位置であってもよいし、ユーザが設定した位置であってもよい。なお、校正方法は他の方法であってもよい。なお、カメラパラメータは、撮像画像に同期して取得されてもよいし、事前準備の段階で取得されてもよいし、また必要に応じて撮像画像に非同期で取得されてもよい。

10

【0026】

カメラパラメータ評価部130は、カメラパラメータの精度として、上述した校正処理の精度を評価する。校正処理の精度は、校正処理時に算出された特徴点と基準位置との差分に基づくものとする。例えば、差分そのものの値であってもよいし、差分が許容できるかどうかの2値化された情報であってもよい。カメラパラメータ評価部130は、特定した精度を表す情報であるカメラパラメータ評価値を、形状推定方法決定部120に送信する。

20

【0027】

ここで、カメラパラメータの精度が原因で、被写体の形状推定に誤りが発生する場合の例について説明する。図2は、被写体の3次元形状を生成する対象となる被写体及び、生成される3次元形状とそれを構成するボクセルについて説明する図である。図2は、被写体としてくぼみが無い立方体オブジェクトを想定しており、その被写体を上面から見た図である。長方形201はその立方体オブジェクトを表している。

【0028】

図2の202a、203a、202bおよび203bは撮像に使用するカメラである。ここで、図2(a)はカメラパラメータの精度が高い場合の例であり、図2(b)はカメラ校正精度が低い場合の例である。これらのカメラを用いて形状推定を行った結果が図2の点線で示す3次元モデル204であり、図2の205は3次元モデル204を構成するボクセルである。なお、図2では二台のカメラのみ図示しているが、実際には任意の数のカメラにて形状推定を行う。また、ボクセル205を、カメラ202a、203a、202bおよび203bのカメラパラメータに基づいて各カメラへ投影したときの投影先の画素がそれぞれ、206a、207a、206bおよび207bである。

30

【0029】

ここで、図2(a)のように、カメラパラメータの精度が十分である場合、ボクセル205と画素206aおよび207aは正しく対応づく。つまり、カメラパラメータの精度が高いため、カメラに対してボクセル位置の投影が精度よく行われるので、ボクセル205と、それに対応するカメラ202aおよび203a上の画との間に、ずれが生じない。一方で、図2(b)のように、カメラパラメータの精度が十分ではない場合、ボクセル205と画素206bと207bは対応に誤りを含む。つまり、カメラパラメータの精度が低いため、カメラに対してボクセル位置の投影の精度が低下するので、ボクセル205と、それに対応するカメラ202bおよび203b上の画との間に、ずれが生じる。先述のVisual hull法のように、被写体のシルエットデータから形状を推定する場合、対応画素が前景であるかどうかは形状推定での判断基準となるため、このカメラ校正精度からくる画のずれの影響は比較的小さいと言える。しかしながら、先述のPhoto h

40

50

u l l法のように、被写体のテクスチャデータから形状を推定する場合、対応画素の前景であるかどうかに加えて、色が一致しているかどうかは形状推定での判断基準となる。このため、例えばテクスチャのエッジ付近では、数画素分のずれが原因で誤った推定が行われる可能性が高い。結果として、本来であればくぼみのない部分のボクセルを削ってしまうなど不要な形状データの整形が行われ、形状データの精度が低下する場合がある。

【0030】

以上の理由から、形状推定方法決定部120は、カメラパラメータの精度が所定の基準を満たす場合は、シルエットデータ及びテクスチャデータに基づく形状データの生成を行うと判定する。反対に、形状推定方法決定部120は、カメラパラメータの精度が所定の基準を満たさない場合は、テクスチャデータに基づかず、シルエットデータに基づく形状データの生成を行うと判定する。これにより、カメラパラメータの精度が低い場合にPhoto-hull法を実行することによる形状データの精度の低下を抑制することができる。

10

【0031】

次に、形状推定装置1のハードウェア構成について、図3を用いて説明する。形状推定装置1は、CPU311、ROM312、RAM313、補助記憶装置314、表示部315、操作部316、通信I/F317、及びバス318を有する。なお、撮像装置2、映像生成装置3についても、同様のハードウェア構成を有するものとする。

【0032】

CPU311は、ROM312やRAM313に格納されているコンピュータプログラムやデータを用いて形状推定装置1の全体を制御することで、図1に示す形状推定装置1の各機能を実現する。なお、形状推定装置1がCPU311とは異なる1又は複数の専用のハードウェアを有し、CPU311による処理の少なくとも一部を専用のハードウェアが実行してもよい。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)、FPGA(フィールドプログラマブルゲートアレイ)、およびDSP(デジタルシグナルプロセッサ)などがある。ROM312は、変更を必要としないプログラムなどを格納する。RAM313は、補助記憶装置314から供給されるプログラムやデータ、及び通信I/F317を介して外部から供給されるデータなどを一時記憶する。補助記憶装置314は、例えばハードディスクドライブ等で構成され、画像データや音声データなどの種々のデータを記憶する。

20

30

【0033】

表示部315は、例えば液晶ディスプレイやLED等で構成され、ユーザが形状推定装置1を操作するためのGUI(Graphical User Interface)などを表示する。操作部316は、例えばキーボードやマウス、ジョイスティック、タッチパネル等で構成され、ユーザによる操作を受けて各種の指示をCPU311に入力する。CPU311は、表示部315を制御する表示制御部、及び操作部316を制御する操作制御部として動作する。

【0034】

通信I/F317は、形状推定装置1の外部の装置との通信に用いられる。例えば、形状推定装置1が外部の装置と有線で接続される場合には、通信用のケーブルが通信I/F317に接続される。形状推定装置1が外部の装置と無線通信する機能を有する場合には、通信I/F317はアンテナを備える。バス318は、形状推定装置1の各部をつないで情報を伝達する。

40

【0035】

本実施形態では表示部315と操作部316が形状推定装置1の内部に存在するものとするが、表示部315と操作部316との少なくとも一方が形状推定装置1の外部に別の装置として存在していてもよい。

【0036】

次に、図3に示すフローチャートを用いて、形状推定装置1が行う処理について説明する。CPU311がROM312または補助記憶装置314に記憶されたプログラムを読み

50

出して実行することにより、以下の処理が行われる。形状推定装置 1 が ¥ の電源が ON になると、処理が開始される。

【 0 0 3 7 】

ステップ S 4 0 1 において、カメラ情報取得部 1 0 0 は、撮像装置 2 からカメラパラメータを取得する。また、カメラ情報取得部 1 0 0 は、撮像装置 2 により生成されたシルエットデータ及びテクスチャデータを取得する。シルエットデータは、被写体を撮像した撮像画像から、試合開始前などに被写体が存在しない時に予め撮像した背景画像との差分を算出する背景差分法などの一般的な手法を用いて生成されてもよい。ただし、シルエット画像を生成する方法は、これに限定されない。例えば、被写体（人体）を認識する方法を用いて、被写体の領域を抽出するようにしてもよい。また、シルエットデータは、被写体が存在する領域の画素値を 2 5 5、それ以外の領域の画素値を 0 とするなど、任意の値で 2 値化処理することにより生成される。取得されたシルエット画像は形状推定部 1 1 0 に出力される。合わせて、前景画像のテクスチャデータを形状推定部 1 1 0 と映像生成装置 3 に出力する。

10

【 0 0 3 8 】

さらに、カメラ情報取得部 1 0 0 は撮像装置 2 からカメラパラメータに関する情報も取得する。なお、カメラ情報取得部 1 0 0 が、該カメラパラメータを算出するようにしてもよい。また、カメラパラメータは撮像画像を取得する度に算出される必要はなく、形状推定する前に少なくとも 1 度算出されればよい。取得したカメラパラメータは、形状推定部 1 1 0 とカメラパラメータ評価部 1 3 0 と、映像生成装置 3 に出力される。

20

【 0 0 3 9 】

ステップ S 4 0 2 において、形状推定部 1 1 0 は、ステップ S 4 0 1 で取得したシルエットデータとカメラパラメータとを基に、Visual hull 法により被写体の 3 次元形状を構成するボクセル集合を推定する。ボクセルのサイズは、予めユーザが GUI (Graphical User Interface) を用いて設定されても良いし、テキストファイルなどを用いて設定されても良い。また、ここでは、推定された各点が各カメラから可視であるか否かを表す可視情報も同時に算出する。

【 0 0 4 0 】

ステップ S 4 0 3 において、形状推定方法決定部 1 2 0 は、ステップ S 4 0 2 で推定したボクセル集合の中から、注目する一点を選択する。ステップ S 4 0 4 において、形状推定方法決定部 1 2 0 は、カメラパラメータ評価部 1 3 0 から出力される各カメラのカメラパラメータの評価に基づいて、ステップ S 4 0 3 で選択した注目点が可視であるカメラ群のカメラパラメータ評価値を算出する。本実施形態では、カメラパラメータ評価部 1 3 0 から校正処理の精度を示す情報、つまり、各撮像装置の校正誤差の平均を出力する。なお、各カメラの校正誤差が許容できるかどうかで閾値処理をし、その許容カメラの数で判定をしてもよい。

30

【 0 0 4 1 】

ステップ S 4 0 5 において、形状推定方法決定部 1 2 0 は、ステップ S 4 0 4 で算出された評価値が所定の基準を満たすかどうかで、ステップ S 4 0 3 で選択された注目点に対する形状推定方法を決定する。なお、ここで用いられる基準は、例えばステップ S 4 0 4 で算出された評価値が各カメラの校正誤差の平均である場合、校正誤差の平均はカメラ校正に用いられた対応点が平均して何画素ずれているかを表す指標である。このため、何画素のずれを許容するかという基準で決定されるべきである。例えば、2 画素分のずれまでを許容するならば、基準としての閾値は 2 と定める。なお、本実施例では、評価値が閾値を超えていなければ、高精度に形状推定が可能な Photo hull 法を用い、評価値が閾値を超えていれば、カメラ校正精度の影響が小さい Visual hull 法を用いる。なお、形状推定方法が Photo hull 法に決定された場合、その事前処理として Visual hull 法による形状推定が必要となるが、その事前処理はステップ S 4 0 2 での処理で代用される。また、形状推定が Visual hull 法に決定した場合、ステップ S 4 0 3 で選択された注目点は Visual hull 法で適用されて残った点

40

50

であるため、形状推定方法決定部 120 は該注目点に対する処理をステップ S408 までスキップする。つまり、以降、該注目点に対する処理は何も行わない。

【0042】

ステップ S406 において、形状推定方法決定部 120 は、形状推定部 110 に対して形状推定で用いるカメラパラメータも出力する。なお、形状推定で用いるカメラ情報は、ステップ S403 で選択された注目点が可視であるカメラの情報であってもよいし、カメラパラメータ評価部 130 から取得できる各撮像装置の校正誤差が一定値以内であるカメラの情報であってもよい。Photo hull 法で使用するカメラを、該注目点が可視であるカメラからカメラ校正精度が高いものだけに限定することで、該注目点と対応カメラ上の画のずれがほとんどないものだけで形状推定を行うため、Photo hull 法の精度向上が期待できる。

10

【0043】

ステップ S407 において、形状推定部 110 は、ステップ S403 で選択された注目点について、ステップ S406 で指定されたカメラを使用して Photo hull 法による形状推定をする。

【0044】

ステップ S408 において、全てのボクセルが処理されたかどうかを確認する。全てのボクセルが処理されていなければ、ステップ S403 に戻り、形状推定処理を続ける。全てのボクセルが処理された場合、被写体の 3次元形状データとして、ボクセル集合を映像生成装置 3 に出力する。なお、ステップ S403 からステップ S408 までをステップ S402 で推定された全てのボクセルを処理するまで繰り返すことで、被写体の 3次元形状を推定する。

20

【0045】

ステップ S409 において、形状推定装置 1 は、テクスチャデータ、カメラパラメータ、生成した 3次元形状データを出力する。映像生成装置 3 は、取得したデータと、ユーザ操作等により指定される仮想視点を表す情報とに基づいて、仮想視点画像を生成する。生成された仮想視点画像は、表示装置 4 に出力される。

【0046】

ここで、映像生成装置 3 が仮想視点画像を生成する方法について説明する。映像生成装置 3 は、前景仮想視点画像（被写体領域の仮想視点画像）を生成する処理と、背景仮想視点画像（被写体領域以外の仮想視点画像）を生成する処理を実行する。そして、生成した背景仮想視点画像に前景仮想視点画像を重ねることで仮想視点画像を生成する。生成した仮想視点画像は表示装置 4 に送信され、ディスプレイなどに表示される。

30

【0047】

仮想視点画像の前景仮想視点画像を生成する方法について説明する。前景仮想視点画像は、ボクセルを座標が (X_w, Y_w, Z_w) である 3次元点と仮定し、ボクセルの色を算出し、色が付いたボクセルを既存の CG レンダリング手法によりレンダリングすることで生成できる。色を算出する前に、まず、撮像装置 2 のカメラから被写体の 3次元形状の表面までの距離を画素値とする距離画像を生成する。次に、ボクセルに色を割り当てるために、3次元点 (X_w, Y_w, Z_w) を画角内に含むカメラにおいて、その 3次元点をカメラ座標系に一度変換する。カメラ座標系とは、カメラのレンズ中心を原点とし、レンズ平面 (X_c, Y_c) とレンズ光軸 (Z_c) から定義される 3次元座標系である。そして、カメラ座標系に変換された 3次元点を、カメラ画像座標系に変換し、該ボクセルからカメラまでの距離 d とカメラ画像上の座標 (X_i, Y_i) を算出する。なお、カメラ画像座標系とは、レンズ面から前方にある一定距離離れた平面上に定義され、カメラ座標系の X_c 軸と Y_c 軸およびカメラ画像座標系の X_i 軸と Y_i 軸とが、それぞれ平行であるような 2次元座標系である。距離 d と前記距離画像の座標 (X_i, Y_i) の画素値（＝表面までの距離）との差を算出し、予め設定した閾値以下であれば、該ボクセルは該カメラから可視であると判定される。可視と判定された場合、撮像装置 2 の撮像画像における座標 (X_i, Y_i) の画素値を該ボクセルの色とする。該ボクセルが複数のカメラにおいて可視と判定さ

40

50

れた場合、撮像装置 2 の各撮像画像からの前景画像のテクスチャデータから画素値が取得され、例えば、それらの平均値を該ボクセルの色とする。ただし、色を算出する方法はこれに限定されない。例えば、平均値ではなく、仮想視点から最も近い撮像装置 2 から取得された撮像画像の画素値を用いるなどの方法を用いても構わない。全ボクセルについて同じ処理を繰り返すことで 3 次元形状データを構成する全ボクセルに色を割り当てることができる。ここで、形状を構成する各ボクセルの可視判定対象のカメラは撮像装置 2 を構成する全てのカメラでも良いが、ステップ S 4 0 4 やステップ S 4 0 6 で取得したボクセルが可視であるカメラ情報や形状推定に用いるカメラ情報に限定しても良い。このようにすることで、仮想視点画像を生成する処理時間を短縮できる。

【 0 0 4 8 】

次に、仮想視点画像の背景仮想視点画像を生成する方法について説明する。背景仮想視点画像を生成するために、競技場などの背景の 3 次元形状データが取得される。背景の 3 次元形状データは、競技場などの CG モデルを予め作成し、システム内に保存しておいた CG モデルが用いられる。CG モデルを構成する各面の法線ベクトルと撮像装置 2 を構成する各カメラの方向ベクトルを比較し、各面を画角内に収め、最も正対する撮像装置 2 が算出される。そして、この撮像装置 2 に面の頂点座標を投影し、面に貼るテクスチャ画像が生成され、既存のテクスチャマッピング手法でレンダリングすることで、背景仮想視点画像が生成される。このようにして得られた仮想視点画像の背景仮想視点画像上に前景仮想視点画像を重ねることで、仮想視点画像が生成される。

【 0 0 4 9 】

以上説明した実施形態により、カメラパラメータの精度が所定の基準を満たす場合は形状推定精度を向上させながら、カメラパラメータの精度が低いことが原因である形状推定精度の低下を抑制することができる。これにより、形状データを使用した仮想視点画像の画質を向上させることができる。

【 0 0 5 0 】

(実施形態 2)

本実施形態では、カメラの焦点距離を基にしてカメラパラメータの精度を評価し、その評価に基づいて形状推定の方法を切り替えながら形状推定をする実施形態について述べる。なお、実施形態 2 における機能ブロック及びフローチャートは、実施形態 1 と同様であるため、説明を省略する。

【 0 0 5 1 】

カメラの焦点距離が原因で、形状推定に誤りが発生する場合の例について説明する。図 5 は、被写体の 3 次元形状を生成する対象となる被写体及び、生成される 3 次元形状とそれを構成するボクセルについて説明する図である。図 5 は、上面から見た図であり、図 5 の 5 0 1 のようにくぼみなどが無い被写体を例としている。図 5 の 5 0 2 a、5 0 3 a、5 0 2 b および 5 0 3 b は撮像に使用するカメラである。なお、図 5 (a) はカメラ焦点距離がほぼ同程度の場合の例であり、図 5 (b) はカメラ焦点距離が大きく異なる場合の例である。これらのカメラを用いて形状推定を行った結果が図 5 の 5 0 4 の点線で示す領域であり、図 5 の 5 0 5 は 3 次元モデル 5 0 4 を構成するボクセルである。なお、図 5 では二台のカメラのみ図示しているが、実際には任意の数のカメラにて形状推定を行う。また、ボクセル 5 0 5 を、カメラ 5 0 2 a、5 0 3 a、5 0 2 b および 5 0 3 b のカメラパラメータに基づいて各カメラへ投影したときの投影先の画素がそれぞれ、5 0 6 a、5 0 7 a、5 0 6 b および 5 0 7 b である。

【 0 0 5 2 】

ここで、図 5 (A) のように、カメラの焦点距離がほぼ同程度である場合、ボクセル 5 0 5 に対応する画素 5 0 6 a と 5 0 7 a の色は、1 画素あたりが取得する情報の解像度に差がないため、テクスチャの滲み具合に大きな差は生じず、ほぼ等しくなる。ここでいうテクスチャの滲みとは、解像度が低いことにより色がぼやけることを表す。一方で、図 5 (b) のように、焦点距離に大きな差がある場合、ボクセル 5 0 5 に対応する画素 5 0 6 b と 5 0 7 b とでは、1 画素あたりが取得する情報の解像度に大きな差が生じ、焦点距離が

10

20

30

40

50

小さいカメラではテクスチャが滲むため、色に差異が生じる。先述の Visual hull 法のように、前景被写体のシルエット情報から形状を推定する場合、対応画素が前景であるかどうかは形状推定での判断基準となるため、解像度の影響はあっても色の滲みによる影響はないと言える。しかしながら、先述の Photo hull 法のように、前景被写体のテクスチャ情報から形状を推定する場合、対応画素の前景であるかどうかに加えて、色が一致しているかどうかは形状推定での判断基準となる。このため、解像度に加えて色の滲みは推定に大きな影響を与えると考えられる。結果として、誤った形状推定結果を出力してしまい、それが最終的な出力である仮想視点画像の画質に影響を及ぼしてしまう可能性がある。

【0053】

実施形態2におけるカメラパラメータの評価について説明する。図5にて説明したように、Photo hull 法のように前景被写体のテクスチャ情報を基に形状推定を行う場合、カメラ間の焦点距離の差異が結果に悪影響を与える可能性が高い。したがって、カメラパラメータ情報評価部130は、カメラパラメータに含まれる焦点距離の情報を参照し、複数の撮像装置の焦点距離にばらつきがあるか否かを判定する。カメラパラメータ情報評価部130は、焦点距離のばらつきが大きいボクセルは、カメラパラメータの評価値が低いとみなす。焦点距離にばらつきがあるか否かの判定は、撮像装置どうしの焦点距離差分を算出することにより判定される。撮像装置が3以上ある場合は、焦点距離の分散値を算出することで評価が可能である。形状推定方法決定部120は、分散値（焦点距離の差分）が所定の閾値よりも小さい場合は、Photo-hull 法を使用すると判定する。また、形状推定方法決定部120は、分散値（焦点距離の差分）が所定の閾値よりも小さい場合は、Visual-hull 法を使用すると判定する。なお、形状推定をPhoto hull 法で行うことを決定した場合、形状推定部110は、形状推定方法決定部120から形状推定で用いるカメラ情報を取得する。このときに取得されるカメラ情報は、注目点が可視であるカメラの情報であってもよいし、カメラの焦点距離が所定の距離よりも大きいカメラに限定してもよい。Photo hull 法で使用するカメラを、焦点距離が大きい（高解像度が高い）カメラに限定することで、Photo hull 法の精度向上が期待できる。

【0054】

なお、上述した焦点距離に基づくカメラパラメータの精度の評価は、撮像装置の解像度に基づいても同様に評価することができる。この場合、カメラパラメータ情報評価部130は、カメラパラメータに含まれる解像度の情報を参照し、評価値を形状推定方法決定部120に送信する。形状推定方法決定部120は、分散値（解像度の差分）が所定の閾値よりも小さい場合は、Photo-hull 法を使用すると判定する。また、形状推定方法決定部120は、分散値（解像度の差分）が所定の閾値よりも小さい場合は、Visual-hull 法を使用すると判定する。また、形状推定に使用するカメラは、注目点が可視であるカメラの情報であってもよいし、解像度が所定の解像度よりも高い解像度を有するカメラに限定してもよい。

【0055】

本実施形態により、撮像している複数カメラの焦点距離がほぼ一定である領域に関して形状推定精度を向上させながら、焦点距離にばらつきがある被写体領域の形状推定精度の低下を抑制することができる。その結果として、仮想視点画像の画質を向上できる。

【0056】

（その他の実施形態）

本開示は、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】

【0057】

10

20

30

40

50

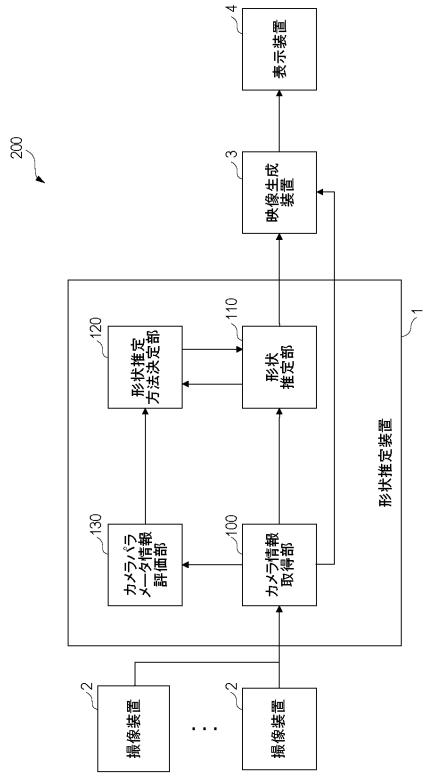
1 形状推定装置

100 カメラ情報取得部

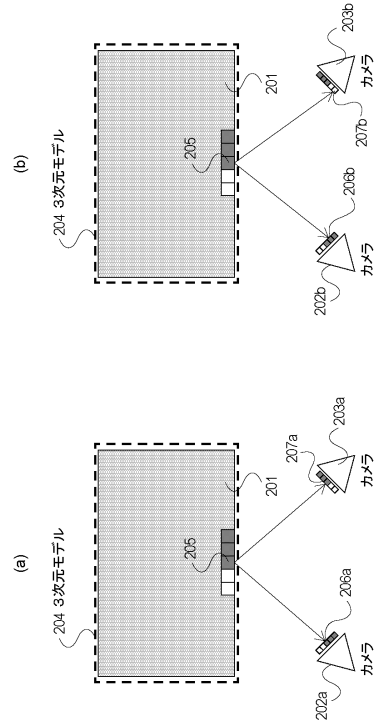
110 形状推定部

【図面】

【図1】



【図2】



10

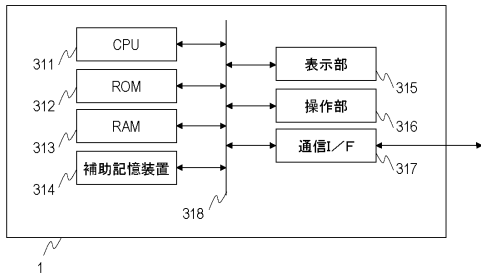
20

30

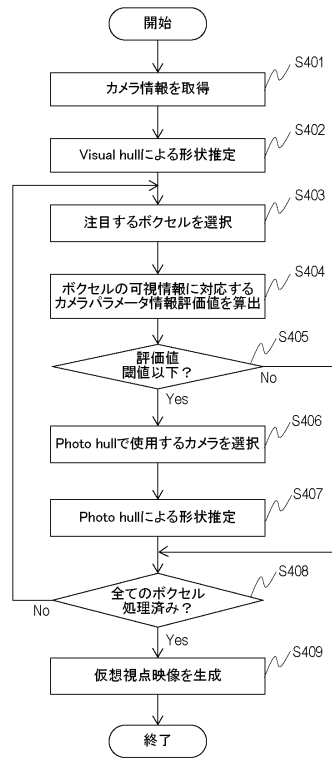
40

50

【 図 3 】



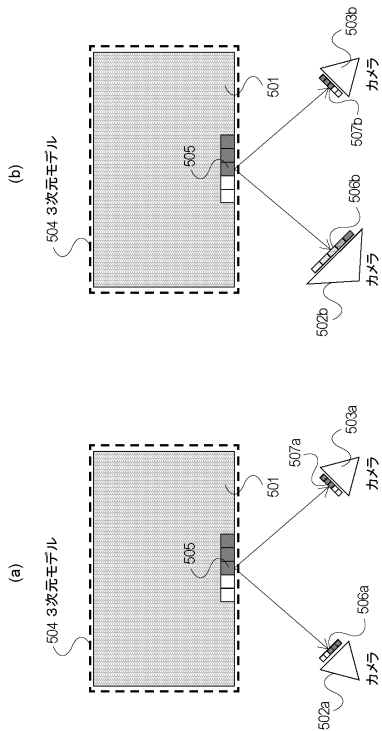
【 図 4 】



10

20

【 図 5 】



30

40

50

フロントページの続き

Fターム(参考) 5L096 AA06 CA05 DA05 EA43 FA33 FA62 FA66 FA67 FA69 GA08
GA51