

明 細 書

発明の名称：

画像解析装置、画像解析方法、及び、コンピュータプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、画像解析装置、画像解析方法、及び、コンピュータプログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1に記載された診断システムは、過去及び現在の対象物に関する飛行体の空撮による連続画像に基づいて、計算機によって診断処理を行うことで、劣化箇所を自動的に判定、検出する機能を有する。対象物は、建築物やインフラ設備等である。対象物の表面における所定の領域が診断対象領域である。ユーザの入力操作に基づいて、基本設定として、対象物の診断対象領域が設定される。

[0003] 特許文献1に記載された診断システムは、SFM処理部を有する。SFM処理部は、入力複数の画像に対し、SFM処理を施して、3次元構造を復元し、三次元モデルを出力する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2019-070631号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 一般的に、対象物の三次元モデルから診断対象領域を探索し、診断対象領域を診断する場合がある。

[0006] しかしながら、三次元モデルから診断対象領域等のターゲット領域を探索して、三次元モデル上でターゲット領域の位置を特定することは、困難な場合が多い。

[0007] そこで、本開示は上記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、

三次元モデル上におけるターゲット領域の位置を簡素な処理によって特定できる画像解析装置、画像解析方法、及び、コンピュータプログラムを提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示によれば、複数の異なる撮像位置から被写体を撮像して生成された複数の二次元画像に基づいて、前記被写体の三次元モデルを生成するモデル生成部と、前記複数の二次元画像うちの対象二次元画像を生成した時の撮像位置を示す三次元座標であって、前記三次元モデルが配置される仮想空間における三次元座標によって示される撮像三次元座標、及び、撮像を実行したカメラの姿勢を示す撮像姿勢情報に基づいて、前記仮想空間に前記対象二次元画像を配置する画像配置部と、前記撮像三次元座標と第1ターゲット三次元座標とを通る直線が前記三次元モデルに突き当たる位置を示す第2ターゲット三次元座標を算出するターゲット座標算出部と、を備え、前記第1ターゲット三次元座標は、前記対象二次元画像に含まれるターゲット像の前記仮想空間における位置を示す、画像解析装置が提供される。

[0009] また、本開示によれば、複数の異なる撮像位置から被写体を撮像して生成された複数の二次元画像に基づいて、前記被写体の三次元モデルを生成するステップと、前記複数の二次元画像のうちの対象二次元画像を生成した時の撮像位置を示す三次元座標であって、前記三次元モデルが配置される仮想空間における三次元座標によって示される撮像三次元座標と、撮像を実行したカメラの姿勢を示す撮像姿勢情報とを取得するステップと、前記撮像三次元座標及び前記撮像姿勢情報に基づいて、前記仮想空間に前記対象二次元画像を配置するステップと、前記対象二次元画像に含まれるターゲット像の前記仮想空間における三次元座標である第1ターゲット三次元座標を算出するステップと、前記撮像三次元座標と前記第1ターゲット三次元座標とを通る直線が前記三次元モデルに突き当たる位置の三次元座標である第2ターゲット三次元座標を算出するステップと、を含む、画像解析方法が提供される。

[0010] 更に、本開示によれば、コンピュータに、複数の異なる撮像位置から被写

体を撮像して生成された複数の二次元画像に基づいて、前記被写体の三次元モデルを生成するステップと、前記複数の二次元画像のうちの対象二次元画像を生成した時の撮像位置を示す三次元座標であって、前記三次元モデルが配置される仮想空間における三次元座標によって示される撮像三次元座標と、撮像を実行したカメラの姿勢を示す撮像姿勢情報とを取得するステップと、前記撮像三次元座標及び前記撮像姿勢情報に基づいて、前記仮想空間に前記対象二次元画像を配置するステップと、前記対象二次元画像に含まれるターゲット像の前記仮想空間における三次元座標である第1ターゲット三次元座標を算出するステップと、前記撮像三次元座標と前記第1ターゲット三次元座標とを通る直線が前記三次元モデルに突き当たる位置の三次元座標である第2ターゲット三次元座標を算出するステップと、を実行させる、コンピュータプログラムが提供される。

発明の効果

- [0011] 本開示によれば、三次元モデル上におけるターゲット領域の位置を簡素な処理によって特定できる画像解析装置、画像解析方法、及び、コンピュータプログラムを提供できる。

図面の簡単な説明

- [0012] [図1]本発明の一実施形態に係る画像解析システムの構成例を示すブロック図である。
- [図2]同実施形態に係るサーバの構成例を示すブロック図である。
- [図3]同実施形態に係る実空間において、カメラ、二次元画像、及び、被写体を模式的に示す斜視図である。
- [図4]同実施形態に係る仮想空間において、撮像位置、及び、被写体の三次元モデルを模式的に示す斜視図である。
- [図5]同実施形態に係る仮想空間において、撮像位置、対象二次元画像、及び、三次元モデルを模式的に示す斜視図である。
- [図6] (a) は、同実施形態に係る仮想空間に表された撮像位置を模式的に示す側面図、(b) は、仮想空間に配置された対象二次元画像を模式的に示す

側面図、（c）は、仮想空間に配置された対象二次元画像に含まれるターゲット像及びバウンディングボックス、並びに、三次元モデルに含まれるターゲット領域を模式的に示す側面図、（d）は、仮想空間において、撮像位置とターゲット像とを通る直線が三次元モデルに突き当たった状態を模式的に示す側面図である。

[図7]同実施形態に係る仮想空間に配置された対象二次元画像を示す正面図である。

[図8]同実施形態に係る画像解析方法を示すフローチャートである。

[図9]同実施形態に係る三次元モデル生成処理を示すフローチャートである。

[図10]同実施形態の変形例に係る画像解析方法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

[0013] 以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0014] 図1は、本発明の一実施形態に係る画像解析システムS Y Sの構成例を示す図である。図1に示すように、画像解析システムS Y Sは、サーバ1を備える。サーバ1は、本開示の「画像解析装置」の一例に相当する。

[0015] サーバ1は、複数の異なる撮像位置から被写体を撮像して生成された複数の二次元画像に基づいて、仮想空間に配置される、被写体の三次元モデルを生成する。サーバ1は、仮想空間において、撮像位置と、1枚の二次元画像に含まれるターゲット像とを通る直線が、三次元モデルに突き当たる位置（つまり、三次元モデル上のターゲット領域の位置）を算出する。その結果、三次元モデル上でターゲット領域の位置が特定される。このように、本実施形態では、三次元モデルの全領域にわたってターゲット領域を探索する処理を実行するのではなく、カメラ位置及び1枚の二次元画像から三次元モデル上のターゲット領域の位置を算出する。よって、三次元モデル上におけるタ

ーゲット領域の位置を簡素な処理によって特定できる。この点の詳細は、後述する。

[0016] また、画像解析システムSYSは、少なくとも1つの端末2、少なくとも1つの移動装置3、又は、少なくとも1つの撮像装置5を備える。

[0017] サーバ1、端末2、移動装置3、及び、撮像装置5は、ネットワークNWに接続される。ネットワークNWは、例えば、インターネット、閉域網、公衆電話網、LAN (Local Area Network)、及び、近距離無線ネットワークを含む。

[0018] 端末2は、例えば、パーソナルコンピュータ（例えば、ノートパソコン、デスクトップパソコン、又は、タブレット）である。

[0019] 移動装置3は、例えば、無人移動装置又は有人移動装置である。無人移動装置は、例えば、ドローン等の無人航空機、無人地上機、無人潜水機、又は、無人水上艇である。無人地上機は、例えば、無人地上車両、又は、生物を模した無人地上機（例えば、蛇型無人地上機）である。有人移動装置は、例えば、航空機、自動車、船舶、又は、潜水艦である。移動装置3は、カメラ4を含む。

[0020] 撮像装置5は、カメラ6を含む。撮像装置5は、例えば、スマートフォン等の携帯端末である。撮像装置5は、例えば、カメラ6自体であってもよい。

[0021] カメラ4、6は、被写体を撮像して、被写体の像を含む動画を示す動画データを生成する。動画は、連続する二次元画像の集合である。カメラ4、6は、被写体の像を含む複数の静止画をそれぞれ示す複数の静止画データを生成してもよい。静止画は二次元画像である。

[0022] 以下、動画データを「動画データ511」（図2）と記載する。また、複数の静止画データを「静止画データセット512」（図2）と記載する。

[0023] 以下、カメラ4、6を区別して説明する必要のないときは、カメラ4、6を総称して「カメラCM」と記載する。

[0024] また、被写体は、カメラCMによって撮像できる限りは特に限定されず、

被写体の大きさ、形状、模様、及び、色彩も特に限定されない。例えば、被写体は、１つ又は複数の動産又は不動産である。被写体は、例えば、１つ又は複数の物体である。典型的には、被写体は、１つ又は複数の静止物体である。静止物体は、例えば、人工物又は自然物である。人工物は、例えば、構造物、機械、電子機器、又は、著作物である。構造物は、例えば、建築物又はインフラ設備である。建築物は、例えば、ビル又は住宅である。インフラ設備は、社会基盤を整えるための設備である。例えば、インフラ設備は、道路、橋梁、道路交通設備、発電設備、配送電設備、水処理設備、又はガス配給設備である。機械は、例えば、自動車、作業車両、列車、航空機、船舶、潜水艦、又は、ロボットである。自然物は、例えば、樹木、森林、地表、崖、海岸、又は、河川である。

[0025] 更に、被写体は、三次元モデル上での位置を特定する対象となる１つ又は複数のターゲットを含む。ターゲットは、被写体に含まれる領域の全部、領域の一部、被写体に含まれる物体の全部、及び、物体の一部等、特に限定されず、任意に設定できる。

[0026] 端末２は、カメラＣＭによって生成された動画データ５１１又は静止画データセット５１２を取得する。例えば、端末２は、ネットワークNWを介して、カメラＣＭから送信された動画データ５１１又は静止画データセット５１２を受信する。例えば、端末２は、リムーバブルメディアから動画データ５１１又は静止画データセット５１２を取得する。端末２は、ネットワークNWを介して、動画データ５１１又は静止画データセット５１２をサーバ１に送信する。なお、移動装置３及び撮像装置５が、ネットワークNWを介して、動画データ５１１又は静止画データセット５１２をサーバ１に送信してもよい。

[0027] 図２は、図１のサーバ１の構成例を示すブロック図である。図２に示すように、サーバ１は、演算部１０と、通信部４０と、記憶部５０とを含む。サーバ１は、入力部２０と、表示部３０とを含んでいてもよい。

[0028] 入力部２０は、演算部１０に対して各種情報を入力するための入力機器で

ある。例えば、入力部20は、キーボード及びポインティングデバイス、又は、タッチパネルである。

[0029] 表示部30は、各種情報を表示する。表示部30は、例えば、液晶ディスプレイ、又は、有機エレクトロルミネッセンスディスプレイである。

[0030] 通信部40は、ネットワークNWに接続される。通信部40は、ネットワークNWに接続された外部装置と通信する。外部装置は、例えば、端末2、移動装置3、及び、撮像装置5である。通信部40は、所定の通信プロトコルに従って通信を行う通信機であり、例えば、ネットワークインタフェースコントローラを含む。所定の通信プロトコルは、例えば、イーサネット（登録商標）に準拠したプロトコル及びインターネット・プロトコル・スイートである。

[0031] 通信部40は、端末2、移動装置3、及び、撮像装置5から、ネットワークNWを介して、被写体ごとに、被写体を撮像して生成された動画データ511又は静止画データセット512を受信する。

[0032] 記憶部50は、記憶装置を含み、データ及びコンピュータプログラムを記憶する。記憶部50は、半導体メモリー等の主記憶装置と、半導体メモリー及びハードディスクドライブ等の補助記憶装置とを含む。記憶部50は、光ディスク等のリムーバブルメディアを含んでいてもよい。記憶部50は、例えば、非一時的コンピュータ読取可能記憶媒体であってもよい。

[0033] 記憶部50は、第1データベース51、第2データベース52、及び、学習済みモデル53を記憶している。

[0034] 第1データベース51は、通信部40によって受信された動画データ511及び静止画データセット512を含む。第1データベース51において、動画データ511及び静止画データセット512は、属性情報（以下、「属性情報AT」）と関連付けられている。属性情報ATは、例えば、ユーザ情報、撮像条件、及び、被写体情報を含む。ユーザ情報は、例えば、端末2、移動装置3、又は、撮像装置5のユーザの識別情報を含む。撮像条件は、例えば、撮像日時、及び、カメラCMのキャリブレーション情報を含む。キャ

リブレーション情報は、例えば、カメラCMのレンズ歪みに関する情報、焦点距離、及び、主点位置に関する情報を含む。レンズ歪みに関する情報は、例えば、歪曲収差に関する情報を含む。撮像条件は、撮像場所の情報を含んでいてもよい。撮像場所は、例えば、GPS (Global Positioning System) 又はGNSS (Global Navigation Satellite System) により取得したカメラCMの位置座標によって示される。被写体情報は、例えば、被写体の識別情報を含む。被写体情報は、地上基準点 (GCP: Ground control point) の座標を含んでいてもよい。

- [0035] 第2データベース52は、複数のデータセット520を含む。複数のデータセット520の各々は、複数の二次元画像150、三次元モデル301 (点群データ)、複数の撮像位置情報521、及び、複数の撮像姿勢情報522を含む。第2データベース52において、二次元画像150、三次元モデル301、撮像位置情報521、及び、撮像姿勢情報522は、互いに関連付けられるとともに、属性情報ATと関連付けられている。これらの詳細は後述する。
- [0036] 学習済みモデル53は、コンピュータプログラムである。学習済みモデル53は、例えば、ニューラルネットワークを含む。学習済みモデル53の詳細は後述する。
- [0037] 演算部10は、各種演算を実行する。演算部10は、CPU (Central Processing Unit) 及びGPU (Graphics Processing Unit) 等のプロセッサを含む。
- [0038] 具体的には、演算部10は、モデル生成部11と、歪み補正部12と、画像配置部13と、ターゲット検出部14と、ターゲット座標算出部15と、表示制御部16とを含む。例えば、演算部10は、記憶部50に記憶されたコンピュータプログラムを実行することで、モデル生成部11、歪み補正部12、画像配置部13、ターゲット検出部14、ターゲット座標算出部15、及び、表示制御部16として機能する。
- [0039] 次に、図2～図6を参照して、演算部10が実行する処理を説明する。図

3は、実空間RSにおいて、カメラCM、二次元画像150、及び、被写体300を模式的に示す斜視図である。図3に示すように、被写体300はターゲット310を含む。二次元画像150は、被写体300を示す被写体像200を含む。被写体像200は、撮像位置100に応じて、ターゲット310を示すターゲット像210を含む。なお、本実施形態では、1台のカメラCMを移動させながら被写体300を撮像し、複数の二次元画像150を生成する。図4は、仮想空間VSにおいて、撮像位置101、及び、被写体300の三次元モデル301を模式的に示す斜視図である。図4では、撮像位置101が黒色の丸によって示される。また、理解の容易のために、三次元モデル301のうちの領域Aが拡大して示される。

[0040] 図2～図4に示すように、演算部10のモデル生成部11は、複数の異なる撮像位置100から被写体300を撮像して生成された複数の二次元画像150に基づいて、被写体300の三次元モデル301を生成する。三次元モデル301は、被写体300のターゲット310を示すターゲット領域311を含む。三次元モデル301は、仮想空間VSに配置される。三次元モデル301は、被写体300の三次元形状を示す。三次元モデル301は、点群データによって構成される。点群データは、点群321を示すデータである。点群321は、複数の点322の集合である。点群データは、各点322の三次元座標を含む。点群データは、各点322の色情報（例えばRGB値）、各点の法線ベクトル情報、及び、反射強度情報のうちの1以上の情報を更に含んでもよい。

[0041] 一例として、モデル生成部11は、SfM (Structure from Motion) 処理を実行することで、三次元モデル301を生成する。SfM処理は、複数の特徴点を有する被写体300を複数の撮像位置100から撮像して生成された複数の二次元画像150に基づいて、三角測量の原理を利用することで、三次元モデル301を生成する処理を示す。SfM処理は、バンドル調整を含むことが好ましい。バンドル調整は、再投影誤差を最小にする処理を示す。

- [0042] 具体的には、まず、モデル生成部 11 は、第 1 データベース 51 の動画データ 511 又は静止画データセット 512 から、被写体像 200 を含む複数の二次元画像 150 を取得する。次に、モデル生成部 11 は、各二次元画像 150 から被写体 300 の特徴点を抽出し、二次元画像 150 間で特徴点を対応付ける（特徴点マッチング）。対応付けられた特徴点は、タイポイントと呼ばれる。特徴点マッチングでは、モデル生成部 11 は、例えば、SIFT (Scale Invariant Feature Transformation)、SURF (Speeded-Up Robust Features)、又は、FAST (Features from Accelerated Segment Test) を使用する。
- [0043] 次に、モデル生成部 11 は、対応付けられた特徴点に基づいて、各二次元画像 150 を生成した時の撮像位置 100（カメラ CM の位置）及びカメラ CM の姿勢（向き）を推定し、推定結果に基づいて特徴点に対応する三次元点の三次元座標を算出する。この場合、モデル生成部 11 は、バンドル調整を実行することで、撮像位置 100 及びカメラ CM の姿勢の推定結果、並びに、三次元点の三次元座標を最適化する。モデル生成部 11 は、複数の特徴点に対応する複数の三次元点の三次元座標を算出する。この場合の三次元座標は、仮想空間 VS に設定された三次元座標系 CS における座標を示す。三次元座標系 CS は、互いに直交する、X 軸、Y 軸、及び、Z 軸によって定義される。三次元座標系 CS は、仮想空間 VS の所定位置を原点とする座標系であってもよいし、地理空間座標（地上の座標）又は実寸情報を割り当てた座標系であってもよい。
- [0044] 複数の三次元点が点群 321 を構成する。つまり、各三次元点が、点群 321 を構成する各点 322 である。以上のようにして、モデル生成部 11 は、点群データを生成する。この場合、例えば、点群データは、疎な点群 321 を示す。点群データによって三次元モデル 301 が構成されるため、点群データの生成は三次元モデル 301 の生成と同義である。
- [0045] モデル生成部 11 は、点群 321 を構成する各点 322 に対して、色情報、輝度情報、法線ベクトル情報、及び、反射強度情報のうちの 1 以上の情報

を付加してもよい。また、モデル生成部11は、SfM処理に加えて、MVS (Multi View Stereo) 処理を実行してもよい。MVS処理は、多視点ステレオ計測により、各二次元画像150の画素ごとに深さ及び法線を算出し、これらを統合し、被写体300の密な点群321を生成する処理を示す。従って、モデル生成部11は、MVS処理を実行することで、密な点群321を示す点群データを生成できる。この場合、密な点群321によって三次元モデル301が構成される。

[0046] 以上のように、モデル生成部11は、三次元モデル301を生成する過程において、二次元画像150ごとに、撮像位置100及びカメラCMの姿勢を推定する。

[0047] 撮像位置100は、被写体300を撮像して二次元画像150を生成した時のカメラCMの位置を示す。撮像位置100の推定結果（以下、「撮像位置情報521」）は、三次元座標系CSにおける三次元座標（以下、「撮像三次元座標」）によって示される。図4に示すように、本実施形態では、実空間RSの撮像位置100は、仮想空間VSにおいて「撮像位置101」として示す。なお、二次元画像150ごとに撮像位置情報521が推定される。

[0048] カメラCMの姿勢は、被写体300を撮像して二次元画像150を生成した時のカメラCMの姿勢（向き）を示す。カメラCMの姿勢の推定結果（以下、「撮像姿勢情報522」）は、三次元座標系CSにおいて、X軸回りのカメラCMの回転角、Y軸回りのカメラCMの回転角、及び、Z軸回りのカメラCMの回転角によって示される。図4では、図面の簡略化のため、撮像姿勢情報522は、矢印によって示されている。なお、二次元画像150ごとに撮像姿勢情報522が推定される。また、モデル生成部11は、カメラCMの姿勢を推定する際に、ジンバルロックの影響を低減する処理を実行してもよい。ジンバルロックとは、オイラー角で三次元の姿勢を表現する場合に、回転の3自由度が2自由度になる現象のことである。

[0049] また、モデル生成部11は、点群データに基づいて三次元モデル301に

対して面を付与することが好ましい。面を付与する処理は、一例として、三次元モデル301を構成する点群データをメッシュデータに変換する処理である。この場合、例えば、モデル生成部11は、三次元モデル301を構成する点群データの点322と点322とを結んで生成される複数の多角形（例えば、三角形）の面（例えば、ポリゴン）を生成し、複数の多角形の面によって三次元モデル301を表す。この場合、例えば、モデル生成部11は、点群データに基づいてTIN（Triangulated Irregular Network）データを生成し、TINデータによって三次元モデル301を表す。その結果、三次元モデル301は、三角形の面の集合で表される。

[0050] なお、三次元モデル301に対して面を付与する処理は、特に限定されず、次のような処理であってもよい。例えば、モデル生成部11は、点群データを構成する各点322に対して面を付与する。この場合の面は、例えば、点群データを構成する各点322を中心とする円形の面である。又は、例えば、モデル生成部11は、八分木アルゴリズム実行することで、点群データによって構成される三次元モデル301に面を付与する。この場合、具体的には、モデル生成部11は、三次元モデル301を8つの立方体（オクタン）に再帰的に分割することで、三次元モデル301を複数の立方体によって表す。又は、例えば、モデル生成部11は、点群データをサーフェスデータに変換することで、三次元モデル301に面を付与する。

[0051] また、モデル生成部11は、三次元モデル301に付与した面に対して、二次元画像150に基づいてマテリアル情報を付加してもよい。マテリアル情報は、被写体300の色彩及び模様を含む情報である。例えば、モデル生成部11は、三次元モデル301のメッシュデータを構成する各面（例えば、各ポリゴン）に対して、テクスチャをマッピングする処理を実行してもよい。この場合のメッシュデータは、例えば、TINデータである。

[0052] 記憶部50は、三次元モデル301（三次元モデル301を構成する点群データ）を第2データベース52に格納する。更に、記憶部50は、三次元モデル301と関連付けて、複数の二次元画像150、複数の撮像位置情報

5 2 1、及び、複数の撮像姿勢情報 5 2 2 を、第 2 データベース 5 2 に格納する。第 2 データベース 5 2 では、二次元画像 1 5 0 は、撮像位置情報 5 2 1 及び撮像姿勢情報 5 2 2 と関連付けて格納されている。

[0053] なお、撮像位置情報 5 2 1 及び撮像姿勢情報 5 2 2 を求めることができる限りは、三次元モデル 3 0 1 の生成手法は、特に限定されない。例えば、モデル生成部 1 1 は、3 D ガウス・スプラッティング (3D Gaussian Splatting) によって、三次元モデル 3 0 1 を生成してもよい。

[0054] 引き続き図 2 を参照して、演算部 1 0 の歪み補正部 1 2 を説明する。歪み補正部 1 2 は、第 2 データベース 5 2 から、三次元モデル 3 0 1 を生成する際に使用した複数の二次元画像 1 5 0 のうち、処理対象の二次元画像 1 5 0 (以下、「対象二次元画像 1 5 0 A」) を取得する。

[0055] また、歪み補正部 1 2 は、第 2 データベース 5 2 からカメラ CM のキャリブレーション情報を取得する。歪み補正部 1 2 は、キャリブレーション情報に基づいて、対象二次元画像 1 5 0 A の歪みを補正する。この場合の歪みは、例えば、レンズ歪みである。レンズ歪みは、例えば、歪曲収差である。

[0056] 次に、図 2、図 5、及び、図 6 (a) を参照して、演算部 1 0 の画像配置部 1 3 を説明する。図 5 及び図 6 (a) ~ 図 6 (d) には、理解を容易にするために、カメラ CM を示している。

[0057] 図 5 は、仮想空間 V S において、撮像位置 1 0 1、対象二次元画像 1 5 1、及び、三次元モデル 3 0 1 を模式的に示す斜視図である。図 5 に示すように、本実施形態では、仮想空間 V S に配置された対象二次元画像 1 5 0 A を「対象二次元画像 1 5 1」と記載する。また、仮想空間 V S に配置された対象二次元画像 1 5 0 A の被写体像 2 0 0 及びターゲット像 2 1 0 をそれぞれ「被写体像 2 0 1」及び「ターゲット像 2 1 1」と記載する。

[0058] 図 6 (a) は、仮想空間 V S に表された撮像位置 1 0 1 を模式的に示す側面図である。図 6 (b) は、仮想空間 V S に配置された対象二次元画像 1 5 1 を模式的に示す側面図である。

[0059] まず、図 2 に示すように、画像配置部 1 3 は、第 2 データベース 5 2 から

、対象二次元画像 150A に関連付けられた撮像位置情報 521 及び撮像姿勢情報 522 を取得する。撮像位置情報 521 は撮像三次元座標 (aX 、 aY 、 aZ) を示す。図 5 及び図 6 (a) に示すように、仮想空間 VS における撮像位置 101 が、撮像三次元座標 (aX 、 aY 、 aZ) によって示される。

[0060] 次に、図 5 及び図 6 (b) に示すように、画像配置部 13 は、撮像位置情報 521 及び撮像姿勢情報 522 に基づいて、歪みが補正された対象二次元画像 151 を仮想空間 VS に配置する。

[0061] 具体的には、画像配置部 13 は、仮想空間 VS において、撮像三次元座標 (aX 、 aY 、 aZ) から光軸 523 に沿って所定距離 L だけ離れた位置に対象二次元画像 151 を配置する。この場合、画像配置部 13 は、対象二次元画像 151 がカメラ CM の光軸 523 に対して直交し、かつ、対象二次元画像 151 のサイズがカメラ CM の画角 θ に対応するように、対象二次元画像 151 を仮想空間 VS に配置する。

[0062] この場合、画像配置部 13 は、対象二次元画像 151 の 4 隅 161、162、163、164 のうちの少なくとも 3 隅 161、162、163 を配置する仮想空間 VS における三次元座標 (bX 、 bY 、 bZ)、(cX 、 cY 、 cZ)、(dX 、 dY 、 dZ) を算出する。そして、画像配置部 13 は、対象二次元画像 151 の 4 隅 161 ~ 164 のうちの少なくとも 3 隅 161 ~ 163 を三次元座標 (bX 、 bY 、 bZ) ~ (dX 、 dY 、 dZ) に配置することで、対象二次元画像 151 を仮想空間 VS に配置する。

[0063] 次に、図 2、図 5、図 6 (c)、及び、図 7 を参照して、演算部 10 のターゲット検出部 14 を説明する。図 6 (c) は、仮想空間 VS に配置された対象二次元画像 151 に含まれるターゲット像 211 及びバウンディングボックス 221、並びに、三次元モデル 301 に含まれるターゲット領域 311 を模式的に示す側面図である。図 7 は、仮想空間 VS に配置された対象二次元画像 151 を示す正面図である。図 7 では、撮像位置 101 から対象二次元画像 151 を見ている。

- [0064] 図2に示すように、好ましくは、ターゲット検出部14は、学習データを学習することで構築された学習済みモデル53を利用する。学習済みモデル53は、学習データを学習することで構築される。この場合の学習は、教師あり学習である。一例として、学習済みモデル53は、畳み込みニューラルネットワークを利用した物体検出アルゴリズムであるYOLO (You Only Look Once) を使用する。物体検出アルゴリズムは、特に限定されず、例えば、R-CNN (Regions with Convolutional Neural Network)、又は、SSD (Single Shot Multi-Box Detector) であってもよい。学習データは、ターゲット像を含む二次元画像及び情報タグを含む。情報タグは、二次元画像に付加されている。情報タグは、二次元画像中の被写体像に含まれるターゲット像を囲んだバウンディングボックスを含む。情報タグは、ターゲット像の名称を更に含んでもよい。バウンディングボックスは、本開示の「ターゲット像を特定する情報」の一例に相当する。
- [0065] なお、物体検出アルゴリズムは、セグメンテーションを実行するアルゴリズムであってもよい。この場合、物体検出アルゴリズムは、例えば、セマンティック・セグメンテーションを実行する「U-NET」、インスタント・セグメンテーションを実行する「Mask R-CNN」、又は、パノプティック・セグメンテーションを実行する「Panoptic Feature Pyramid Network」である。
- [0066] 図2、図5、図6(c)、及び、図7に示すように、ターゲット検出部14は、一例として、学習済みモデル53に、対象二次元画像151に含まれるターゲット像211を検出させて、ターゲット像211を囲むバウンディングボックス221を設定する。このようにして、ターゲット検出部14は、学習済みモデル53に、ターゲット像211を検出させて、ターゲット像211を特定する。つまり、ターゲット検出部14が、学習済みモデル53に、対象二次元画像151を入力すると、学習済みモデル53は、バウンディングボックス221に囲まれたターゲット像211を含む対象二次元画像151を出力する。なお、図6(c)では、図面を見易くするために、バウ

ンディングボックス 221 を誇張して示している。

[0067] なお、ターゲット検出部 14 は、学習済みモデル 53 を利用したが、例えば、ルールベースのアルゴリズムを利用して、ターゲット像 211 を検出してもよい。

[0068] 次に、図 2、図 5、図 6 (c)、図 6 (d)、及び、図 7 を参照して、ターゲット座標算出部 15 を説明する。図 6 (d) は、仮想空間 VS において、撮像位置 101 とターゲット像 211 とを通る直線 400 が三次元モデル 301 に突き当たった状態を模式的に示す側面図である。

[0069] 図 2、図 5、図 6 (c)、及び、図 7 に示すように、ターゲット座標算出部 15 は、対象二次元画像 151 に含まれるターゲット像 211 の仮想空間 VS における三次元座標 (e X、e Y、e Z) を算出する。以下、三次元座標 (e X、e Y、e Z) を「第 1 ターゲット三次元座標 (e X、e Y、e Z)」と記載する。

[0070] 具体的には、ターゲット座標算出部 15 は、対象二次元画像 151 の 4 隅 161 ~ 164 のうちの少なくとも 3 隅 161 ~ 163 の三次元座標 (b X、b Y、b Z) ~ (d X、d Y、d Z) に基づいて、第 1 ターゲット三次元座標 (e X、e Y、e Z) を算出する。

[0071] 好ましくは、図 7 に示すように、第 1 ターゲット三次元座標 (e X、e Y、e Z) は、バウンディングボックス 221 における特定点 224 の仮想空間 VS における三次元座標によって示される。特定点 224 は、一例として、バウンディングボックス 221 の対角線 222 と対角線 223 との交点である。このように、特定点 224 は、バウンディングボックス 221 に基づいて定められる。特定点 224 は、ターゲット像 211 の内部の点を示す。バウンディングボックス 221 は、ターゲット像 211 を囲む矩形である。

[0072] この場合、具体的には、ターゲット座標算出部 15 は、対象二次元画像 151 中のバウンディングボックス 221 における特定点 224 の二次元座標 (u、v) を算出する。二次元座標 (u、v) は、スクリーン座標系 SC の座標である。スクリーン座標系 SC は、互いに直交する U 軸及び V 軸によ

て定義される。スクリーン座標系 SC の原点は、特に限定されないが、例えば、対象二次元画像 151 の隅 161 に設定される。なお、原点は、例えば、対象二次元画像 151 の中心に設定されてもよい。

[0073] そして、ターゲット座標算出部 15 は、対象二次元画像 151 の 4 隅 161 ~ 164 のうちの少なくとも 3 隅 161 ~ 163 の三次元座標 (bX 、 bY 、 bZ) ~ (dX 、 dY 、 dZ) に基づいて、スクリーン座標系 SC の特定点 224 の二次元座標 (u 、 v) を、三次元座標である第 1 ターゲット三次元座標 (eX 、 eY 、 eZ) に変換する。

[0074] なお、特定点 224 は、バウンディングボックス 221 に基づいて定められたが、ターゲット像 211 の内部の点である限りは、特に限定されない。

[0075] 次に、図 5 及び図 6 (d) に示すように、ターゲット座標算出部 15 は、撮像三次元座標 (aX 、 aY 、 aZ) と第 1 ターゲット三次元座標 (eX 、 eY 、 eZ) とを通る直線 400 が三次元モデル 301 に突き当たる位置の三次元座標 (fX 、 fY 、 fZ) を算出する。この場合の三次元座標 (fX 、 fY 、 fZ) を、「第 2 ターゲット三次元座標 (fX 、 fY 、 fZ) 」と記載する。換言すれば、第 2 ターゲット三次元座標 (fX 、 fY 、 fZ) は、直線 400 が三次元モデル 301 と交差したときの交差点の三次元座標である。直線 400 は、例えば、仮想直線である。

[0076] 第 2 ターゲット三次元座標 (fX 、 fY 、 fZ) は、三次元モデル 301 上のターゲット領域 311 の三次元座標を示す。ターゲット領域 311 は、ターゲット像 211 に対応し、被写体 300 中のターゲット 310 を三次元モデル 301 上で再現した領域である。

[0077] 具体的には、ターゲット座標算出部 15 は、直線 400 が三次元モデル 301 の面に突き当たる位置である第 2 ターゲット三次元座標 (fX 、 fY 、 fZ) を算出する。換言すれば、第 2 ターゲット三次元座標 (fX 、 fY 、 fZ) は、直線 400 が三次元モデル 301 の面と交差したときの交差点の三次元座標である。

[0078] 例えば、三次元モデル 301 に対して、点群 321 の点 322 を頂点とす

る複数の多角形（例えば、三角形）の面が付与されている場合は、ターゲット座標算出部 15 は、複数の多角形の面のうち、直線 400 が突き当たった面を規定する複数の頂点の三次元座標の平均値を、第 2 ターゲット三次元座標に設定する。又は、例えば、ターゲット座標算出部 15 は、直線 400 が突き当たった面を規定する複数の頂点のうち、直線 400 が突き当たった位置に最も近い頂点の三次元座標を、第 2 ターゲット三次元座標に設定する。

[0079] 例えば、三次元モデル 301 に対して、点群 321 を構成する各点 322 を中心とする円形の面が付与されている場合は、ターゲット座標算出部 15 は、直線 400 が突き当たった円形の面の中心の点 322 の三次元座標を、第 2 ターゲット三次元座標に設定する。

[0080] 例えば、三次元モデル 301 に対して、八分木アルゴリズムによって複数の立方体が付与されている場合は、ターゲット座標算出部 15 は、直線 400 が突き当たった面を有する立方体に包含される点 322 の三次元座標を、第 2 ターゲット三次元座標に設定する。立方体に複数の点 322 が包含される場合は、複数の点 322 の三次元座標の平均値が、第 2 ターゲット三次元座標に設定される。

[0081] 以上、図 5 及び図 6 を参照して説明したように、本実施形態によれば、ターゲット座標算出部 15 は、仮想空間 VS において、撮像三次元座標 (aX 、 aY 、 aZ) と、対象二次元画像 151 の第 1 ターゲット三次元座標 (eX 、 eY 、 eZ) とを通る直線 400 が三次元モデル 301 に突き当たる位置を求めることで、三次元モデル 301 上のターゲット領域 311 の三次元座標である第 2 ターゲット三次元座標 (fX 、 fY 、 fZ) を算出する。このように、本実施形態では、三次元モデルの全領域にわたってターゲット領域を探索する処理を実行するのではなく、撮像三次元座標 (aX 、 aY 、 aZ) 及び 1 枚の対象二次元画像 151 に基づいて三次元モデル 301 上のターゲット領域 311 の位置を特定する。つまり、二次元画像（対象二次元画像 151）を処理することで、三次元モデル 301 上のターゲット領域 311 の位置を特定する。よって、三次元モデル 301 上におけるターゲット領

域 3 1 1 の位置を簡素な処理によって特定できる。

[0082] 加えて、本実施形態によれば、演算部 1 0 によって、三次元モデル 3 0 1 上におけるターゲット領域 3 1 1 の位置が自動で特定される。従って、三次元モデル 3 0 1 上において目視にてターゲット領域 3 1 1 を探索する人間の作業を省略できる。よって、人間の作業負担を軽減できる。

[0083] 特に、撮像位置情報 5 2 1（撮像三次元座標（ $a X$ 、 $a Y$ 、 $a Z$ ））及び撮像姿勢情報 5 2 2 は、三次元モデル 3 0 1 を生成する際に、副産物として必ず算出される情報である。従って、三次元モデル 3 0 1 上におけるターゲット領域 3 1 1 を特定する処理のために追加の処理が発生することを抑制できる。

[0084] また、本実施形態によれば、モデル生成部 1 1 は、三次元モデル 3 0 1 に対して面を付与している。従って、直線 4 0 0 は必ず三次元モデル 3 0 1 に突き当たる。よって、点群 3 2 1 の密度に依存することなく、ターゲット領域 3 1 1 の位置を示す第 2 ターゲット三次元座標（ $f X$ 、 $f Y$ 、 $f Z$ ）を確実に算出できる。

[0085] 更に、本実施形態によれば、歪み補正部 1 2 は、対象二次元画像 1 5 1 の歪みを補正する。従って、対象二次元画像 1 5 1 のうち、歪みが発生する領域に、ターゲット像 2 1 1 が位置している場合でも、ターゲット像 2 1 1 の位置を示す二次元座標（ u 、 v ）及び第 1 ターゲット三次元座標（ $e X$ 、 $e Y$ 、 $e Z$ ）を精度良く算出できる。

[0086] 更に、本実施形態によれば、ターゲット検出部 1 4 は、対象二次元画像 1 5 1 を学習済みモデル 5 3 に入力して、ターゲット像 2 1 1 を検出させている。つまり、学習済みモデル 5 3 は、二次元画像 1 5 0 を学習データとして学習して構築される。従って、三次元モデルを学習してターゲット像を検出させる学習済みモデルを構築する場合と比較して、学習データを作成する際の作業者の負担、学習データの容量、及び、学習のための演算量を低減できる。その結果、学習済みモデル 5 3 を構築する際のコスト及び学習時間を低減できる。特に、三次元モデルを解析してターゲット領域を検出するのでは

なく、二次元画像（対象二次元画像 1 5 1）上でターゲット像 2 1 1 を検出する。従って、本実施形態によれば、三次元モデルを解析してターゲット領域を検出する場合と比較して、高速、かつ、簡素な処理によって、三次元モデル 3 0 1 上のターゲット領域 3 1 1 を特定できる。

[0087] 更に、本実施形態によれば、第 1 ターゲット三次元座標（ $e X$ 、 $e Y$ 、 $e Z$ ）は、バウンディングボックス 2 2 1 に基づいて定められた特定点 2 2 4 の三次元座標である。つまり、特定点 2 2 4 は、バウンディングボックス 2 2 1 の対角線 2 2 2 と対角線 2 2 3 との交点として定められる。従って、特定点 2 2 4 をターゲット像 2 1 1 のうちの任意の点に定める場合と比較して、簡素な処理によって容易に特定点 2 2 4 を決定できる。

[0088] 次に、図 2 及び図 8 を参照して、本実施形態に係る画像解析方法を説明する。図 8 は、画像解析方法を示すフローチャートである。画像解析方法は、サーバ 1 によって実行される。図 8 に示すように、画像解析方法は、ステップ S 1 ～ステップ S 9 を含む。記憶部 5 0 に記憶されたコンピュータプログラムは、演算部 1 0 に、ステップ S 1 ～ステップ S 9 を実行させる。つまり、コンピュータプログラム製品は、演算部 1 0 によってコンピュータプログラムが実行された際に、ステップ S 1 ～ステップ S 9 を実現する。演算部 1 0 は、本開示の「コンピュータ」の一例に相当する。

[0089] 図 2 及び図 8 に示すように、まず、ステップ S 1 において、モデル生成部 1 1 は、複数の異なる撮像位置 1 0 0 から被写体 3 0 0 を撮像して生成された複数の二次元画像 1 5 0 に基づいて、被写体 3 0 0 の三次元モデル 3 0 1 を生成する。

[0090] 次に、ステップ S 2 において、歪み補正部 1 2 は、第 2 データベース 5 2 から、複数の二次元画像 1 5 0 のうちの対象二次元画像 1 5 0 A を取得する。

[0091] 次に、ステップ S 3 において、歪み補正部 1 2 は、キャリブレーション情報に基づいて、対象二次元画像 1 5 0 A の歪みを補正する。歪みが補正された対象二次元画像 1 5 0 A は記憶部 5 0 に記憶される。

- [0092] 次に、ステップS4において、画像配置部13は、第2データベース52から、撮像位置情報521及び撮像姿勢情報522を取得する。撮像位置情報521は、カメラCMの撮像時の位置を三次元座標系CSの撮像三次元座標(aX、aY、aZ)によって示す。撮像姿勢情報522は、カメラCMの撮像時の姿勢を三次元座標系CSにける回転角によって示す。
- [0093] 次に、ステップS5において、画像配置部13は、撮像位置情報521及び撮像姿勢情報522に基づいて、歪みが補正された対象二次元画像150Aを仮想空間VSに配置する。仮想空間VSに配置された対象二次元画像150Aを、「対象二次元画像151」と記載する。
- [0094] 次に、ステップS6において、ターゲット検出部14は、学習済みモデル53に、対象二次元画像151に含まれるターゲット像211を検出させて、ターゲット像211を囲むバウンディングボックス221を設定する。
- [0095] 次に、ステップS7において、ターゲット座標算出部15は、バウンディングボックス221における特定点224の三次元座標を示す第1ターゲット三次元座標(eX、eY、eZ)を算出する。
- [0096] 次に、ステップS8において、ターゲット座標算出部15は、撮像位置情報521によって示される撮像三次元座標(aX、aY、aZ)と第1ターゲット三次元座標(eX、eY、eZ)とを通る直線400が三次元モデル301に突き当たる位置を示す第2ターゲット三次元座標(fX、fY、fZ)を算出する。第2ターゲット三次元座標(fX、fY、fZ)は、三次元モデル301上のターゲット領域311の三次元座標を示す。このようにして、被写体300に含まれるターゲット310の位置が、三次元モデル301上においてターゲット領域311として特定される。
- [0097] 次に、ステップS9において、表示制御部16は、ユーザの端末2からのリクエストに応じて、通信部40を介して、三次元モデル301を端末2に表示させる。例えば、表示制御部16は、三次元モデル301を操作可能に端末2に表示させる。例えば、表示制御部16は、三次元モデル301に対象二次元画像151を重ねて端末2に表示させる。例えば、表示制御部16

は、三次元モデル301上のターゲット領域311が端末2に表示されるような姿勢で、三次元モデル301を端末2に表示させる。この場合、例えば、表示制御部16は、三次元モデル301上のターゲット領域311を拡大して端末2に表示させる。従って、本実施形態によれば、端末2のユーザは、三次元モデル301上において目視にてターゲット領域311を探索する作業を省略できる。つまり、ユーザの作業負担を軽減できる。ステップS9が終了すると、画像解析方法は終了する。

[0098] 以上、図8を参照して説明したように、本実施形態に係る画像解析方法によれば、仮想空間VSにおいて直線400が三次元モデル301と突き当たる位置を算出することで、三次元モデル301上のターゲット領域311の位置を特定する。よって、ターゲット領域311の位置を簡素な処理によって特定できる。

[0099] 図9は、図8のステップS1の三次元モデル生成処理を示すフローチャートである。図9に示すように、三次元モデル生成処理は、ステップS11～ステップS15を含む。

[0100] まず、ステップS11において、モデル生成部11は、第1データベース51から、被写体像200を含む複数の二次元画像150を取得する。

[0101] 次に、ステップS12において、モデル生成部11は、各二次元画像150から被写体300の特徴点を抽出し、二次元画像150間で特徴点を対応付ける。

[0102] 次に、ステップS13において、モデル生成部11は、対応付けられた特徴点に基づいて、各二次元画像150を生成した時の撮像位置100及びカメラCMの姿勢を推定する。そして、モデル生成部11は、撮像位置100の推定結果（撮像位置情報521）及びカメラCMの姿勢の推定結果（撮像姿勢情報522）に基づいて特徴点に対応する三次元点の三次元座標を算出する。その結果、複数の三次元点（複数の点322）からなる点群321を示す点群データが生成される。

[0103] 次に、ステップS14において、モデル生成部11は、点群データに基づ

いて三次元モデル301に対して面を付与する。

[0104] 次に、ステップS15において、モデル生成部11は、三次元モデル301に付与した面に対して、二次元画像150に基づいてマテリアル情報を付加する。そして、処理は図8のステップS2に戻る。

[0105] (変形例)

図2及び図10を参照して、本実施形態の変形例を説明する。変形例では、被写体300に含まれるターゲット310が、被写体300のうち、特定状態を示す部分である。以下、変形例が上記実施形態と相違する点を主に説明する。

[0106] 変形例では、図7に示すターゲット像211は、被写体300のうちの特定状態を示す部分（以下、「特定状態部分」）の像である。従って、変形例によれば、被写体300のうちの特定状態部分が、三次元モデル301上のターゲット領域311として特定される。つまり、被写体300の特定状態部分を表すターゲット領域311の位置が、三次元モデル301上の第2ターゲット三次元座標として算出される。その結果、三次元モデル301上において目視にて特定状態部分を表すターゲット領域311を探索する人間の作業を省略できる。また、特定状態部分を表すターゲット領域311の検出漏れを抑制できる。

[0107] 被写体300の特定状態部分は、例えば、被写体300の全部又は注目領域のうち、正常状態でない異常状態を示す部分（以下、「異常状態部分」）である。従って、この場合は、ターゲット像211は異常状態部分の像である。その結果、三次元モデル301上において目視にて異常状態部分を表すターゲット領域311を探索する人間の作業を省略できる。また、異常状態部分を表すターゲット領域311の検出漏れを抑制できる。

[0108] 一例として、ターゲット像211は、対象二次元画像151のうち、参照二次元画像に対して変化した領域を示す。参照二次元画像に対して変化した領域は、例えば、参照二次元画像に対して、変形、変異、変位、増加、減少、又は、消失した領域である。参照二次元画像は、例えば、対象二次元画像

151よりも過去に撮像された被写体300の二次元画像である。又は、参照二次元画像は、例えば、基準状態の被写体300を撮像して生成された二次元画像である。基準状態は、例えば、被写体300の全部又は注目領域が正常な状態である。この例では、ターゲット像211は、被写体300の全部又は注目領域のうち、異常な状態を示す部分の像である。

[0109] 次に、図2及び図10を参照して、変形例に係る画像解析方法を説明する。図10は、変形例に係る画像解析方法を示すフローチャートである。画像解析方法は、サーバ1によって実行される。図10に示すように、画像解析方法は、ステップS21～ステップS23を含む。記憶部50に記憶されたコンピュータプログラムは、演算部10に、ステップS21～ステップS23を実行させる。つまり、コンピュータプログラム製品は、演算部10によってコンピュータプログラムが実行された際に、ステップS21～ステップS23を実現する。

[0110] まず、ステップS21において、ターゲット検出部14は、ターゲット像検出処理を実行する。ターゲット像検出処理は、被写体300の動画データ511、動画データ511から抽出した二次元画像150、静止画データセット512、又は、静止画データセット512から抽出した二次元画像150から、ターゲット像210を検出する処理を示す。以下、動画データ511、動画データ511から抽出した二次元画像150、静止画データセット512、及び、静止画データセット512を総称して、「検出対象画像データ」と記載する。

[0111] 例えば、ターゲット検出部14は、学習済みモデルに、検出対象画像データを入力する。学習済みモデルは、検出対象画像データからターゲット像210を検出した場合は、検出対象画像データがターゲット像210を含むことを示す情報を出力する。学習済みモデルは、検出対象画像データからターゲット像210を検出しなかった場合は、検出対象画像データがターゲット像210を含まないことを示す情報を出力する。

[0112] 学習済みモデルは、学習データを学習することで構築されるコンピュータ

プログラムである。学習済みモデルは、例えば、ニューラルネットワークを含む。学習は、例えば、教師あり学習である。学習データは、検出対象画像データ及び「ターゲット像を含むことを示す情報」である。

[0113] 次に、ステップS 2 2において、ターゲット検出部1 4は、ターゲット像検出処理において、ターゲット像2 1 0が検出されたか否かを判定する。

[0114] ステップS 2 2で否定的判定がされた場合は（N O）、画像解析方法は終了する。

[0115] 一方、ステップS 2 2で肯定的判定がされた場合は（Y E S）、処理はステップS 2 3に進む。

[0116] 次に、ステップS 2 3において、演算部1 0は、ターゲット像2 1 0に対応する三次元モデル3 0 1上のターゲット領域3 1 1を特定する。ステップS 2 3の処理は、図8に示すステップS 1～S 9の処理と同様である。ステップS 2 3が終了すると、画像解析方法が終了する。

[0117] 以上、図1 0を参照して説明したように、変形例によれば、ターゲット像2 1 0が検出された場合にだけ、ステップS 2 3の処理が実行される。従って、演算部1 0の処理負荷を軽減できる。特に、ターゲット像2 1 0が検出されない場合は、三次元モデル3 0 1が生成されないため、演算部1 0の処理負荷が軽減される。また、この場合は、記憶部5 0に記憶するデータ量の増大を抑制できる。

[0118] なお、図1 0に示す画像解析方法は、図1～図9を参照して説明した上記実施形態にも適用可能である。

[0119] 以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態及び変形例について詳細に説明したが、本開示の技術的範囲はかかる例に限定されない。本開示の技術分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

[0120] 本明細書において説明した装置又はシステムは、単独の装置として実現さ

れてもよく、一部または全部がネットワークで接続された複数の装置（例えばクラウドサーバ）等により実現されてもよい。例えば、モデル生成部 1 1、歪み補正部 1 2、画像配置部 1 3、ターゲット検出部 1 4、ターゲット座標算出部 1 5、及び、表示制御部 1 6 のうちの一部又は全部が同じコンピュータ又はサーバにより実現されてもよい。また、例えば、モデル生成部 1 1、歪み補正部 1 2、画像配置部 1 3、ターゲット検出部 1 4、ターゲット座標算出部 1 5、及び、表示制御部 1 6 が、端末 2 によって実現されてもよい。例えば、モデル生成部 1 1、歪み補正部 1 2、画像配置部 1 3、ターゲット検出部 1 4、ターゲット座標算出部 1 5、及び、表示制御部 1 6 が、それぞれ別個のコンピュータ又はサーバにより実現されてもよい。例えば、第 1 データベース 5 1、第 2 データベース 5 2、及び、学習済みモデル 5 3 が、それぞれ別個の記憶装置又はサーバに記憶されていてもよい。

[0121] 本明細書において説明した装置による一連の処理は、ソフトウェア、ハードウェア、及びソフトウェアとハードウェアとの組合せのいずれを用いて実現されてもよい。本実施形態に係る演算部 1 0 の各機能を実現するためのコンピュータプログラムを作製し、PC 等を実装することが可能である。また、このようなコンピュータプログラムが格納された、コンピュータで読み取り可能な記録媒体も提供することができる。記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、フラッシュメモリ等である。また、上記のコンピュータプログラムは、記録媒体を用いずに、例えばネットワークを介して配信されてもよい。

[0122] また、本明細書においてフローチャート図を用いて説明した処理は、必ずしも図示された順序で実行されなくてもよい。いくつかの処理ステップは、並列的に実行されてもよい。また、追加的な処理ステップが採用されてもよく、一部の処理ステップが省略されてもよい。

[0123] また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的または例示的なものであって限定的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果とともに、または上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他

の効果を奏しうる。

[0124] なお、以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

[0125] (項目 1)

複数の異なる撮像位置から被写体を撮像して生成された複数の二次元画像に基づいて、前記被写体の三次元モデルを生成するモデル生成部と、

前記複数の二次元画像うちの対象二次元画像を生成した時の撮像位置を示す三次元座標であって、前記三次元モデルが配置される仮想空間における三次元座標によって示される撮像三次元座標、及び、撮像を実行したカメラの姿勢を示す撮像姿勢情報に基づいて、前記仮想空間に前記対象二次元画像を配置する画像配置部と、

前記撮像三次元座標と第 1 ターゲット三次元座標とを通る直線が前記三次元モデルに突き当たる位置を示す第 2 ターゲット三次元座標を算出するターゲット座標算出部と、を備え、

前記第 1 ターゲット三次元座標は、前記対象二次元画像に含まれるターゲット像の前記仮想空間における位置を示す、画像解析装置。

[0126] (項目 2)

前記三次元モデルは、点群データによって構成されており、

前記モデル生成部は、前記点群データに基づいて前記三次元モデルに対して面を付与し、

前記ターゲット座標算出部は、前記直線が前記面に突き当たる位置である前記第 2 ターゲット三次元座標を算出する、項目 1 に記載の画像解析装置。

[0127] (項目 3)

前記対象二次元画像の歪みを補正する歪み補正部を更に備え、

前記ターゲット座標算出部は、前記歪みが補正された前記対象二次元画像に基づいて前記第 1 ターゲット三次元座標を算出する、項目 1 又は項目 2 に記載の画像解析装置。

[0128] (項目 4)

学習データを学習することで構築された学習済みモデルに、前記対象二次

元画像に含まれる前記ターゲット像を検出させて、前記ターゲット像を特定するターゲット検出部を更に備え、

前記学習データは、ターゲット像を含む二次元画像及び情報タグを含み、

前記情報タグは、前記ターゲット像を特定する情報を含む、項目 1 から項目 3 のいずれかの項目に記載の画像解析装置。

[0129] (項目 5)

前記ターゲット検出部は、前記学習済みモデルに前記ターゲット像を検出させて、前記ターゲット像を囲むバウンディングボックスを設定し、

前記第 1 ターゲット三次元座標は、前記バウンディングボックスに基づいて定められた特定点の前記仮想空間における三次元座標を示す、項目 4 に記載の画像解析装置。

[0130] (項目 6)

前記ターゲット像は、前記被写体のうちの特定状態を示す部分の像である、項目 1 から項目 5 のいずれかの項目に記載の画像解析装置。

[0131] (項目 7)

複数の異なる撮像位置から被写体を撮像して生成された複数の二次元画像に基づいて、前記被写体の三次元モデルを生成するステップと、

前記複数の二次元画像のうちの対象二次元画像を生成した時の撮像位置を示す三次元座標であって、前記三次元モデルが配置される仮想空間における三次元座標によって示される撮像三次元座標と、撮像を実行したカメラの姿勢を示す撮像姿勢情報とを取得するステップと、

前記撮像三次元座標及び前記撮像姿勢情報に基づいて、前記仮想空間に前記対象二次元画像を配置するステップと、

前記対象二次元画像に含まれるターゲット像の前記仮想空間における三次元座標である第 1 ターゲット三次元座標を算出するステップと、

前記撮像三次元座標と前記第 1 ターゲット三次元座標とを通る直線が前記三次元モデルに突き当たる位置の三次元座標である第 2 ターゲット三次元座標を算出するステップと、を含む、画像解析方法。

[0132] (項目 8)

コンピュータに、

複数の異なる撮像位置から被写体を撮像して生成された複数の二次元画像に基づいて、前記被写体の三次元モデルを生成するステップと、

前記複数の二次元画像のうちの対象二次元画像を生成した時の撮像位置を示す三次元座標であって、前記三次元モデルが配置される仮想空間における三次元座標によって示される撮像三次元座標と、撮像を実行したカメラの姿勢を示す撮像姿勢情報とを取得するステップと、

前記撮像三次元座標及び前記撮像姿勢情報に基づいて、前記仮想空間に前記対象二次元画像を配置するステップと、

前記対象二次元画像に含まれるターゲット像の前記仮想空間における三次元座標である第 1 ターゲット三次元座標を算出するステップと、

前記撮像三次元座標と前記第 1 ターゲット三次元座標とを通る直線が前記三次元モデルに突き当たる位置の三次元座標である第 2 ターゲット三次元座標を算出するステップと、を実行させる、コンピュータプログラム。

産業上の利用可能性

[0133] 本開示は、画像解析装置、画像解析方法、及び、コンピュータプログラムを提供するものであり、産業上の利用可能性を有する。

符号の説明

[0134] 1 サーバ（画像解析装置）、11 モデル生成部、12 歪み補正部、13 画像配置部、14 ターゲット検出部、15 ターゲット座標算出部、16 表示制御部、53 学習済みモデル

請求の範囲

- [請求項1] 複数の異なる撮像位置から被写体を撮像して生成された複数の二次元画像に基づいて、前記被写体の三次元モデルを生成するモデル生成部と、
- 前記複数の二次元画像うちの対象二次元画像を生成した時の撮像位置を示す三次元座標であって、前記三次元モデルが配置される仮想空間における三次元座標によって示される撮像三次元座標、及び、撮像を実行したカメラの姿勢を示す撮像姿勢情報に基づいて、前記仮想空間に前記対象二次元画像を配置する画像配置部と、
- 前記撮像三次元座標と第1ターゲット三次元座標とを通る直線が前記三次元モデルに突き当たる位置を示す第2ターゲット三次元座標を算出するターゲット座標算出部と、を備え、
- 前記第1ターゲット三次元座標は、前記対象二次元画像に含まれるターゲット像の前記仮想空間における位置を示す、画像解析装置。
- [請求項2] 前記三次元モデルは、点群データによって構成されており、
- 前記モデル生成部は、前記点群データに基づいて前記三次元モデルに対して面を付与し、
- 前記ターゲット座標算出部は、前記直線が前記面に突き当たる位置である前記第2ターゲット三次元座標を算出する、請求項1に記載の画像解析装置。
- [請求項3] 前記対象二次元画像の歪みを補正する歪み補正部を更に備え、
- 前記ターゲット座標算出部は、前記歪みが補正された前記対象二次元画像に基づいて前記第1ターゲット三次元座標を算出する、請求項1又は請求項2に記載の画像解析装置。
- [請求項4] 学習データを学習することで構築された学習済みモデルに、前記対象二次元画像に含まれる前記ターゲット像を検出させて、前記ターゲット像を特定するターゲット検出部を更に備え、
- 前記学習データは、ターゲット像を含む二次元画像及び情報タグを

含み、

前記情報タグは、前記ターゲット像を特定する情報を含む、請求項 1 又は請求項 2 に記載の画像解析装置。

[請求項5]

前記ターゲット検出部は、前記学習済みモデルに前記ターゲット像を検出させて、前記ターゲット像を囲むバウンディングボックスを設定し、

前記第 1 ターゲット三次元座標は、前記バウンディングボックスに基づいて定められた特定点の前記仮想空間における三次元座標を示す、請求項 4 に記載の画像解析装置。

[請求項6]

前記ターゲット像は、前記被写体のうちの特定状態を示す部分の像である、請求項 1 又は請求項 2 に記載の画像解析装置。

[請求項7]

複数の異なる撮像位置から被写体を撮像して生成された複数の二次元画像に基づいて、前記被写体の三次元モデルを生成するステップと、

前記複数の二次元画像のうちの対象二次元画像を生成した時の撮像位置を示す三次元座標であって、前記三次元モデルが配置される仮想空間における三次元座標によって示される撮像三次元座標と、撮像を実行したカメラの姿勢を示す撮像姿勢情報とを取得するステップと、

前記撮像三次元座標及び前記撮像姿勢情報に基づいて、前記仮想空間に前記対象二次元画像を配置するステップと、

前記対象二次元画像に含まれるターゲット像の前記仮想空間における三次元座標である第 1 ターゲット三次元座標を算出するステップと、

、

前記撮像三次元座標と前記第 1 ターゲット三次元座標とを通る直線が前記三次元モデルに突き当たる位置の三次元座標である第 2 ターゲット三次元座標を算出するステップと、を含む、画像解析方法。

[請求項8]

コンピュータに、

複数の異なる撮像位置から被写体を撮像して生成された複数の二次

元画像に基づいて、前記被写体の三次元モデルを生成するステップと

、

前記複数の二次元画像のうちの対象二次元画像を生成した時の撮像位置を示す三次元座標であって、前記三次元モデルが配置される仮想空間における三次元座標によって示される撮像三次元座標と、撮像を実行したカメラの姿勢を示す撮像姿勢情報とを取得するステップと、

前記撮像三次元座標及び前記撮像姿勢情報に基づいて、前記仮想空間に前記対象二次元画像を配置するステップと、

前記対象二次元画像に含まれるターゲット像の前記仮想空間における三次元座標である第1ターゲット三次元座標を算出するステップと

、

前記撮像三次元座標と前記第1ターゲット三次元座標とを通る直線が前記三次元モデルに突き当たる位置の三次元座標である第2ターゲット三次元座標を算出するステップと、を実行させる、コンピュータプログラム。