

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に記載された点群データ利用システムでは、操作者は、操作部を用いて、点検対象物が表示された領域の画像中の投影座標点のうち、所定数の点（例えば3点）を指定する。次に、制御部は、指定された投影座標点に対応する各座標点を含む平面を仮想基準平面として生成する。仮想基準平面は、損傷等がない理想的な状態の表面を仮想的に表す。次に、制御部は、仮想基準平面からの法線距離が所定値以上の各座標点を特徴点として抽出する。次に、表示部は、特徴点に該当する投影座標点のみ色を変えることで、他の投影座標点と区別して表示する。その結果、仮想基準平面から所定以上、突出していたり、窪んだりしている箇所が特徴づけて表示される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-105081号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1に記載された点群データ利用システムでは、点検対象物の突出量又は窪み量が比較的小さい場合は、仮想基準平面から座標点までの法線距離が所定値未満になり、当該座標点の特徴点として抽出されない可能性がある。つまり、点検対象物の異常の検出漏れが発生する可能性がある。

[0005] 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、

対象物の異常の検出漏れの発生を抑制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

[0006] 本開示によれば、仮想空間に配置されて実空間の対象物を表す三次元モデルの表面を構成する複数の面のそれぞれの姿勢を示す複数の姿勢情報を算出する姿勢算出部と、前記三次元モデル上の３以上の特定箇所のそれぞれの位置を示す３以上の表面位置情報に基づいて、基準面を示す基準面情報を算出する基準算出部と、前記姿勢情報と前記基準面情報とに基づいて、前記基準面に対する前記面の姿勢を示す相対姿勢情報を算出する相対姿勢算出部と、を備える、画像解析装置が提供される。

[0007] また、本開示によれば、仮想空間に配置されて実空間の対象物を表す三次元モデルの表面を構成する複数の面のそれぞれの姿勢を示す複数の姿勢情報を算出するステップと、前記三次元モデル上の３以上の特定箇所のそれぞれの位置を示す３以上の表面位置情報に基づいて、基準面を示す基準面情報を算出するステップと、前記姿勢情報と前記基準面情報とに基づいて、前記基準面に対する前記面の姿勢を示す相対姿勢情報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。

[0008] 更に、本開示によれば、コンピュータに、仮想空間に配置されて実空間の対象物を表す三次元モデルの表面を構成する複数の面のそれぞれの姿勢を示す複数の姿勢情報を算出するステップと、前記三次元モデル上の３以上の特定箇所のそれぞれの位置を示す３以上の表面位置情報に基づいて、基準面を示す基準面情報を算出するステップと、前記姿勢情報と前記基準面情報とに基づいて、前記基準面に対する前記面の姿勢を示す相対姿勢情報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

[0009] 本開示によれば、対象物の異常の検出漏れの発生を抑制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

[0010] [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] (a) (b) は、対象物である鉄筋コンクリート構造物のコンクリートに浮きが発生する現象を示す模式的断面図である。

[図3]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4]同実施形態に係る三次元モデルの一例を示す斜視図である。

[図5]同実施形態に係る三次元モデルの表面を構成する面の一例を示す斜視図である。

[図6]同実施形態に係る点群及び基準面の一例を示す斜視図である。

[図7]同実施形態に係る三次元モデルの点群及び基準面に対して対象物の断面を重ねて示した図である。

[図8]同実施形態に係る基準面、基準面ベクトル、面、法線ベクトル、及び、基準ベクトルを示す斜視図である。

[図9]同実施形態に係る点群の1個の点を共有する複数の面の一例を示す斜視図である。

[図10]同実施形態に係る色テーブルを示す図である。

[図11]同実施形態に係る着色された三次元モデルを模式的に示す図である。

[図12]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。

発明を実施するための形態

[0011] 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。

[0012] 図1は、本発明の一実施形態に係る画像解析システムSYS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SYS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。

[0013] サーバ1は、一例として、実空間に存在する対象物（以下、「対象物100」）の異常の検出を支援する。つまり、サーバ1は、対象物100の検査

を支援する。対象物100は、例えば、鉄筋コンクリート構造物である。この場合、例えば、鉄筋コンクリート構造物は、鉛直方向に略平行な壁面（表面）を有する。また、例えば、対象物100の異常は、コンクリートの浮きである。

[0014] 図2（a）及び図2（b）は、対象物100である鉄筋コンクリート構造物のコンクリート101に浮きが発生する現象を示す模式的断面図である。図2（a）に示すように、対象物100である鉄筋コンクリート構造物は、コンクリート101及び鉄筋103を含む。コンクリート101の表面104は露出している。方向Dは、鉛直上方向を示す。鉄筋103は、例えば、異形鉄筋である。

[0015] 鉄筋103は、コンクリート101への水などの浸透によって、腐食及び膨張する場合がある。その結果、鉄筋103を起点としてコンクリート101に、ひび割れ104が発生する場合がある。そして、図2（b）に示すように、コンクリート101の一部が押し出され、浮き部102が発生する。

[0016] サーバ1は、対象物100の三次元モデルに基づいて、コンクリート101の浮き部102の検出を支援する。特に、本実施形態では、サーバ1は、浮き部102の浮き上がり距離L1が比較的小さい場合でも、対象物100の三次元モデルに基づいて、浮き部102の検出漏れを抑制できる。浮き上がり距離L1は、一例として、約1mm～約2mm程度である。詳細は後述する。

[0017] 図1に戻って、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、少なくとも1つの撮像装置5、又は、少なくとも1つの三次元計測装置7を備える。

[0018] サーバ1、端末2、移動装置3、撮像装置5、及び、三次元計測装置7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。

[0019] 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。

[0020] 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。

[0021] 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。

[0022] カメラ4、6は、対象物100を撮像して、対象物100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、対象物100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。

[0023] 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。

[0024] 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。

[0025] 三次元計測装置7は、対象物100の形状を計測し、対象物100の形状を表す三次元データ（以下、「三次元データ513」）を生成する。三次元データ513は、典型的には、点群データである。三次元データ513によって、対象物100の三次元モデルが形成される。三次元計測装置7は、接触式であってもよいし、非接触式であってもよい。また、三次元計測装置7は、能動法であってもよいし、受動法であってもよい。能動法は、例えば、光レーダ法（ToF（Time of Flight）法）、アクティブステレオ法、又は、光干渉法である。光レーダ法は、対象物100に光を照射し、反射光が検出器に戻ってくるまでの時間又は位相の変化を計測することで、対象物100の形状を計測する。光レーダ法は、例えば、LiDAR（Light Detection

And Ranging) である。アクティブステレオ法は、レーザービーム、スリット光、又は、光のコードパターンを投影することで、対象物 100 の形状を計測する。光干渉法は、対象物 100 に光を照射し、光の干渉を利用して、対象物 100 の形状を計測する。受動法は、例えば、レンズ焦点法である。

[0026] また、カメラ CM による撮像の対象物 100 及び三次元計測装置 7 による計測の対象物 100 は、カメラ CM によって撮像できるか、三次元計測装置 7 によって計測できる限りは特に限定されない。また、例えば、対象物 100 の大きさ、形状、模様、及び、色彩も特に限定されない。例えば、対象物 100 は、1 つ又は複数の動産又は不動産である。対象物 100 は、例えば、1 つ又は複数の物体である。典型的には、対象物 100 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。

[0027] 端末 2 は、カメラ CM によって生成された動画データ 511 若しくは静止画データセット 512、又は、三次元計測装置 7 によって生成された三次元データ 513 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 若しくは静止画データセット 512、又は、三次元計測装置 7 から送信された三次元データ 513 を受信する。端末 2 は、ネットワーク NW を介して、動画データ 511、静止画データセット 512、及び、三次元データ 513 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。また、三次元計測装置 7 が、ネットワーク NW を介して、三次元データ 513 をサーバ

1 に送信してもよい。

[0028] 図3は、図1のサーバ1の構成例を示すブロック図である。図3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とを含んでもよい。

[0029] 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。

[0030] 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。

[0031] 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、撮像装置5、及び、三次元計測装置7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。

[0032] 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、動画データ511又は静止画データセット512を受信する。また、通信部40は、端末2及び三次元計測装置7から、ネットワークNWを介して、三次元データ513を受信する。

[0033] 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。

[0034] 記憶部50は、動画データ511、静止画データセット512、及び、三次元データ513を記憶する。動画データ511、静止画データセット512、及び、三次元データ513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 A T は、例えば、ユーザ情報、データ取得条件、及び、対象物情報を含む。ユーザ情報は、例えば、端末 2、移動装置 3、撮像装置 5、又は、三次元計測装置 7 のユーザの識別情報を含む。データ取得条件は、例えば、撮像時間又は計測時間を含む。撮像時間及び計測時間は、年、月、日、及び、時刻のうちの 1 以上によって示される。データ取得条件は、撮像場所又は計測場所の情報を含んでもよい。撮像場所及び計測場所は、それぞれ、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 及び三次元計測装置 7 の位置座標によって示される。対象物情報は、例えば、対象物 100 の識別情報を含む。対象物情報は、地上基準点 (GCP: Ground control point) の座標を含んでもよい。

- [0035] また、記憶部 50 は、三次元モデル 514、姿勢情報 515、基準面情報 516、相対姿勢情報 517、及び、色テーブル TB を記憶する。これらのデータは、生成された際に記憶される。これらのデータの詳細は後述する。
- [0036] 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。
- [0037] 具体的には、演算部 10 は、モデル生成部 11 と、姿勢算出部 13 と、基準算出部 14 と、相対姿勢算出部 15 とを含む。演算部 10 は、受付部 12 と、着色部 16 と、表示制御部 17 とを含んでもよい。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、姿勢算出部 13、基準算出部 14、相対姿勢算出部 15、受付部 12、着色部 16、及び、表示制御部 17 として機能する。
- [0038] モデル生成部 11 は、記憶部 50 の動画データ 511 又は静止画データセット 512 から、複数の異なる撮像位置から対象物 100 を撮像して生成された複数の二次元画像を取得する。そして、モデル生成部 11 は、複数の二次元画像に基づいて、対象物 100 の三次元モデル 514 を生成する。三次元モデル 514 は、仮想空間に配置される。三次元モデル 514 は、対象物

100の三次元形状を示す。三次元モデル514は、点群データによって構成される。点群データは、点群を示すデータである。点群は、複数の点の集合である。点群データは、各点の三次元座標を含む。点群データは、各点の色情報（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。

[0039] 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514を生成する。SfM処理は、複数の特徴点を有する対象物100を複数の撮像位置から撮像して生成された複数の二次元画像に基づいて、三角測量の原理を利用することで、三次元モデル514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。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、各二次元画像の画素ごとに深さ及び法線を算出し、これらを統合し、対象物100の密な点群を生成する処理を示す。

[0040] 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514に対して面を付与する。三次元モデル514の表面は、複数の面によって構成される。面は、典型的には、平面である。面は、例えば、多角形である。多角形は、例えば、三角形である。三次元モデル514の表面を構成する各面を、「面要素」又は「平面要素」と記載する場合がある。

[0041] モデル生成部11による面を付与する処理は、例えば、三次元モデル514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、点群データの点と点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514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514を表す。その結果、三次元モデル514は、三角形の面の集合で表される。なお、面

を付与する処理は、例えば、点群データをサーフェスデータに変換する処理であってもよい。

[0042] 更に、モデル生成部 11 は、三次元モデル 514 に付与した面に対して、二次元画像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、対象物 100 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 514 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。

[0043] なお、三次元計測装置 7 によって生成された三次元データ 513 は、モデル生成部 11 によって生成された三次元モデル 514 を構成する点群データと同様である。同様に、三次元データ 513 によって示される三次元モデルに対して、面が付与され、面に対してマテリアル情報が付加されていてもよい。

[0044] 記憶部 50 は、モデル生成部 11 が生成した三次元モデル 514 を記憶する。また、三次元計測装置 7 によって生成された三次元データ 513 が、三次元モデル 514 として扱われてもよい。

[0045] なお、三次元データ 513 及び三次元モデル 514 の生成方法として、三次元計測装置 7 が実行する方法、及び、SfM 処理を例示した。ただし、三次元データ又は三次元モデルが生成できる限りは、これらの生成手法は特に限定されない。例えば、三次元データ又は三次元モデルは、3D ガウス・スプラッティング (3D Gaussian Splatting) 又は NeRF (Neural Radiance Field) によって生成されてもよい。

[0046] 次に、図 2、図 3 及び図 4 を参照して、受付部 12 を説明する。図 4 は、三次元モデル 514 の一例を示す斜視図である。図 4 に示すように、三次元モデル 514 は、仮想空間 VS に配置される。三次元モデル 514 は、実空間に存在する対象物 100 を表す。仮想空間 VS には、三次元座標系 CS が設定される。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。

[0047] 図3及び図4に示すように、受付部12は、三次元モデル514のうち、処理対象となる対象領域530の指定を受け付ける。例えば、表示制御部17は、端末2からの要求に応じて、端末2の表示部に三次元モデル514を表示させる。端末2のユーザは、端末2の入力部を操作して、表示部30に表示された三次元モデル514上で、対象領域530を指定する。その結果、端末2は、ネットワークNWを介して、対象領域530を示す情報をサーバ1に送信する。サーバ1の通信部40は、対象領域530を示す情報を受信する。そして、受付部12は、通信部40を介して、対象領域530の指定を受け付ける。記憶部50は、対象領域530を示す情報を記憶する。端末2の表示部及び入力部の構成は、それぞれ、サーバ1の表示部30及び入力部20の構成と同様である。

[0048] 次に、図3及び図5を参照して、姿勢算出部13を説明する。図5は、三次元モデル514を構成する面525を示す斜視図である。図5では、三次元モデル514の一部が示されている。三次元モデル514の表面は、複数の面525によって構成される。図5の例では、面525は、三角形の面（例えば、ポリゴン）である。各面525は、点群518を構成する点519と点519とを結ぶことで形成される。

[0049] 図3及び図5に示すように、姿勢算出部13は、対象領域530（図4）内の複数の面525のそれぞれの姿勢を示す複数の姿勢情報515を算出する。記憶部50は姿勢情報515を記憶する。図5の例では、姿勢情報515は、面525の法線を示す法線情報である。従って、本実施形態によれば、面525の姿勢を法線によつて的確に表現できる。具体的には、法線情報は、面525の法線ベクトル535の情報を含む。このように、好ましい例として、姿勢算出部13は、複数の面525のそれぞれに対して、法線ベクトル535を算出する。法線ベクトル535は、例えば、単位法線ベクトルである。具体的には、姿勢算出部13は、面525の頂点に位置する複数の点519の三次元座標に基づいて、法線ベクトル535を算出する。例えば

、法線ベクトル535の始点及び終点は、三次元座標によって示される。

[0050] 次に、図2、図3及び図6を参照して、基準算出部14を説明する。図6は、点群518及び基準面520の一例を示す斜視図である。図6では、三次元モデル514を構成する点群518の一部が示されている。

[0051] 図3及び図6に示すように、基準算出部14は、三次元モデル514上の3以上の特定箇所521のそれぞれの位置を示す3以上の表面位置情報に基づいて、基準面520を示す基準面情報516を算出する。基準面520は、平面である。基準面520は、例えば、仮想面である。記憶部50は、基準面情報516を記憶する。表面位置情報は、典型的には、三次元座標系CSにおける三次元座標である。図5の例では、特定箇所521の数は「6」であるが、3以上であれば特に限定されない。特定箇所521は、三次元モデル514において、対象物100に異常が発生していない箇所（正常な箇所）に対応する箇所である。

[0052] 具体的には、基準算出部14は、3以上の特定箇所521にそれぞれ配置されている3以上の点519の三次元座標に基づいて、最小二乗法によって基準面520を示す基準面情報516を算出する。基準面情報516は、例えば、平面の方程式を示す情報を含む。基準面520は、最小二乗平面である。本実施形態によれば、3以上の点519の三次元座標に対して最小二乗法を実行することで、複数の点519に対してフィッティングされた基準面520を精度良く求めることができる。

[0053] 更に具体的には、受付部12は、特定箇所521の指定を受け付ける。例えば、表示制御部17は、端末2からの要求に応じて、端末2の表示部に三次元モデル514を表示させる。端末2のユーザは、端末2の入力部を操作して、表示部30に表示された三次元モデル514の対象領域530（図4）において、3以上の特定箇所521を指定する。例えば、ユーザは、表示部30に表示されたカーソルをポインティングデバイスによって操作し、対象領域530内の3以上の箇所をクリックすることで、3以上の特定箇所521を指定する。この場合、対象領域530のうち、異常が発生していない

箇所（つまり、正常な箇所）が特定箇所 5 2 1 として指定される。例えば、対象物 1 0 0 がコンクリート構造物である場合は、コンクリート 1 0 1（図 2）の浮き部 1 0 2、剥落、及び、剥離が発生していない正常な箇所が指定される。

[0054] 端末 2 は、指定された特定箇所 5 2 1 を示す情報を、ネットワーク NW を介してサーバ 1 に送信する。サーバ 1 の通信部 4 0 は、特定箇所 5 2 1 を示す情報を受信する。そして、受付部 1 2 は、通信部 4 0 を介して、特定箇所 5 2 1 の指定を受け付ける。つまり、受付部 1 2 は、ユーザによって操作される入力部を介して、3 以上の特定箇所 5 2 1 の指定を受け付ける。従って、本実施形態によれば、サーバ 1 において、特定箇所 5 2 1 を指定するための処理が不要になり、処理負荷を軽減できる。記憶部 5 0 は、3 以上の特定箇所 5 2 1 を示す情報を記憶する。

[0055] 端末 2 の入力部は、本開示の「入力装置」の一例に相当する。

[0056] 基準算出部 1 4 は、受付部 1 2 によって受け付けられた 3 以上の特定箇所 5 2 1 に配置された 3 以上の点 5 1 9 に基づいて、基準面 5 2 0 を示す基準面情報 5 1 6 を算出する。つまり、基準算出部 1 4 は、異常が発生していない特定箇所 5 2 1（正常な特定箇所 5 2 1）に配置された点 5 1 9 に基づいて基準面情報 5 1 6 を算出する。従って、基準面 5 2 0 は、対象物 1 0 0 の異常を検出するための基準として好適である。

[0057] なお、例えば、基準算出部 1 4 は、複数の点 5 1 9 のうち、特定箇所 5 2 1 に最も近い点 5 1 9 を、特定箇所 5 2 1 に配置された点 5 1 9 とみなしてもよい。また、例えば、基準算出部 1 4 は、複数の点 5 1 9 のうち、特定箇所 5 2 1 を中心とする所定半径の円内又は球内に位置する点 5 1 9 を、特定箇所 5 2 1 に配置された点 5 1 9 とみなしてもよい。

[0058] 次に、図 3 及び図 7 を参照して、相対姿勢算出部 1 5 を説明する。図 7 は、三次元モデル 5 1 4 の点群 5 1 8 及び基準面 5 2 0 に対して、対象物 1 0 0 の断面を重ねて示した図である。図 7 の対象物 1 0 0 は、一例として、図 2（b）に示す対象物 1 0 0 を示している。なお、図 7 では、図面の簡略化

のため、コンクリート 101 を示すドットハッチングを省略している。以下、コンクリート 101 の浮き部 102 と、コンクリート 101 の浮いていない部分との境界領域 540 に着目する。また、図 7 では、境界領域 540 において、点群 518 の点 519a 及び点 519b を、3 頂点のうちの 2 頂点とする面 525 が示される。

[0059] 図 3 及び図 7 に示すように、相対姿勢算出部 15 は、基準面 520 に対する面 525 の姿勢を示す相対姿勢情報 517 を算出する。相対姿勢情報 517 は面 525 ごとに算出される。一例として、相対姿勢情報 517 は、基準面 520 に対する法線ベクトル 535 の傾きを示す情報を含む。従って、本実施形態によれば、基準面 520 に対する法線ベクトル 535 の傾きに基づいて、浮き部 102 の有無を判断できる。その結果、浮き部 102 の浮き上がり距離 L_1 が比較的小さい場合でも、浮き部 102 の検出漏れの発生を抑制できる。

[0060] これに対して、比較例（例えば、特許文献 1）では、浮き部 102 の浮き上がり距離 L_1 が比較的小さい場合は、浮き部 102 の検出漏れが発生する可能性がある。つまり、比較例では、基準面 520 から点 519 までの法線距離 L_2 が所定値以上の点 519 を特徴点として抽出する。従って、浮き上がり距離 L_1 が比較的小さい場合は、基準面 520 の設定によっては、浮き部 102 の表面を示す点 519 までの法線距離 L_2 が所定値未満になることがあり得る。その結果、浮き部 102 の表面を示す点 519 が特徴点として抽出されず、浮き部 102 の検出漏れが発生する可能性がある。つまり、比較例では、基準面 520 の設定の精度が浮き部 102 の検出の精度に与える影響が大きい。

[0061] これに対して、本実施形態では、基準面 520 に対する法線ベクトル 535 の傾きに基づいて浮き部 102 の有無を判断できるため、比較例と比べて、基準面 520 の設定の精度が浮き部 102 の検出の精度に与える影響が小さい。よって、比較例と比較して、浮き部 102 の検出漏れの発生を抑制できるとともに、基準面 520 の設定が容易である。

- [0062] 次に、図3及び図8を参照して、基準算出部14及び相対姿勢算出部15の詳細を説明する。図8は、基準面520、基準面ベクトル560、面525、法線ベクトル535、及び、基準ベクトル550を示す斜視図である。なお、図8では、図面の簡略化のため、1個の面525、1個の法線ベクトル535、及び、1個の基準ベクトル550が示される。
- [0063] 図8に示すように、基準算出部14は、法線ベクトル535に対して基準ベクトル550を設定する。基準ベクトル550は、基準面520に平行である。基準ベクトル550は、例えば、単位ベクトルである。基準ベクトル550の始点及び終点は、三次元座標によって示される。基準面情報516（図3）は、基準ベクトル550の情報を含む。
- [0064] 具体的には、基準算出部14は、基準面ベクトル560を定める。基準面ベクトル560は、基準面520に平行であり、基準面520に含まれるベクトルである。例えば、基準面ベクトル560は、三次元座標によって示される。基準面情報516（図3）は、基準面ベクトル560の情報を含む。基準面ベクトル560は、例えば、単位ベクトルである。
- [0065] 一例として、基準面ベクトル560は、三次元座標系CSにおけるXY平面と基準面520との交線、YZ平面と基準面520との交線、又は、ZX平面と基準面520との交線に平行である。交線とは、2つの面の交差位置にできる直線のことである。この場合、例えば、三次元座標系CSにおけるX軸及びY軸は水平方向に平行であり、Z軸は鉛直方向に平行である。また、XY平面は、X軸及びY軸を含む平面である。YZ平面は、Y軸及びZ軸を含む平面である。ZX平面は、Z軸及びX軸を含む平面である。
- [0066] 例えば、対象物100の表面104の鉛直方向の変化を検査する場合は、基準算出部14は、基準面520内の複数のベクトルのうち、YZ平面と基準面520との交線に平行なベクトル、又は、ZX平面と基準面520との交線に平行なベクトルを、基準面ベクトル560に設定する。例えば、対象物100の表面104の水平方向の変化を検査する場合は、基準算出部14は、基準面520内の複数のベクトルのうち、XY平面と基準面520との

交線に平行なベクトルを、基準面ベクトル560に設定する。

- [0067] 以上のように、基準算出部14は、基準面520内の複数のベクトルのうちから、検査の目的に応じて基準面ベクトル560を定めることができる。
- [0068] 基準算出部14は、基準面ベクトル560を平行移動し、基準面ベクトル560の始点を法線ベクトル535の始点に一致させる。平行移動後の基準面ベクトル560が基準ベクトル550である。このようにして、法線ベクトル535に対して基準ベクトル550が設定される。
- [0069] 基準面ベクトル560は、基準面520の特徴（例えば、姿勢）を示す情報である。従って、基準ベクトル550もまた、基準面520の特徴（例えば、姿勢）を示す情報である。また、基準ベクトル550は基準面ベクトル560に平行である。従って、例えば、基準ベクトル550は、三次元座標系CSにおけるXY平面と基準面520との交線、YZ平面と基準面520との交線、又は、ZX平面と基準面520との交線に平行である。
- [0070] 基準算出部14は、対象領域530（図4）内の全ての面525の法線ベクトル535のそれぞれに対して、基準ベクトル550を設定する。
- [0071] 相対姿勢算出部15は、対象領域530内の面525ごとに、法線ベクトル535と基準ベクトル550との内積（以下、「内積値IP1」）を算出する。内積値IP1は、基準ベクトル550に対する法線ベクトル535の傾きを示す。換言すれば、内積値IP1は、基準面520に対する法線ベクトル535の傾きを示す。内積値IP1は、相対姿勢情報517の一例である。記憶部50は、内積値IP1を示す情報を含む相対姿勢情報517を記憶する。
- [0072] このように、本実施形態によれば、相対姿勢算出部15は、法線ベクトル535と基準ベクトル550との内積値IP1を算出することで、基準面520に対する法線ベクトル535の傾き、つまり、基準面520に対する面525の傾きを容易に算出できる。例えば、内積値IP1の絶対値が大きい程、基準面520に対する法線ベクトル535（面525）の傾きが大きいことを示す。従って、相対姿勢算出部15は、内積値IP1の絶対値が大きい

い程、対象物100において、内積値IP1の算出の対象となった面525に対応する領域に異常が発生している可能性が高いと推定できる。なお、例えば、相対姿勢算出部15は、基準ベクトル550と法線ベクトル535との間の角度を算出してもよい。この場合、角度は、相対姿勢情報517の一例である。

[0073] 以上、図7及び図8を参照して説明したように、本実施形態によれば、相対姿勢算出部15は、対象領域530内の各面525の姿勢情報515（法線ベクトル535）と基準面520の特徴を示す基準面情報516（基準ベクトル550）とに基づいて、基準面520に対する面525の姿勢を示す相対姿勢情報517を算出する。従って、相対姿勢情報517に基づいて、対象物100の異常（例えば、浮き部102）を検出できる。その結果、本実施形態では、上述した比較例と比べて、対象物100の異常の程度（例えば、浮き上がり距離L1）が比較的小さい場合でも、異常の検出漏れの発生を抑制できる。また、本実施形態では、相対姿勢情報517に基づいて対象物100の異常の有無を判断できるため、上述した比較例と比べて、基準面520の設定の精度が異常の検出の精度に与える影響が小さい。よって、比較例と比較して、基準面520の設定が容易である。

[0074] また、本実施形態では、相対姿勢情報517（例えば、内積値IP1の絶対値）は、面525の姿勢と基準面520の姿勢との差異の程度を示す。例えば、面525の姿勢と基準面520の姿勢との差異が大きいことは、当該面525に対応する、対象物100の領域に異常が発生していることを示す。例えば、面525の姿勢と基準面520の姿勢との差異がないか又は小さい場合、当該面525に対応する、対象物100の領域が正常であることを示す。

[0075] 次に、図3及び図9～図11を参照して、着色部16を説明する。図3に示す着色部16は、三次元モデル514の表面を構成する複数の面525のそれぞれに対する複数の相対姿勢情報517に基づいて三次元モデル514を着色する。表示制御部17は、着色された三次元モデル514を端末2に

表示させる。従って、ユーザは、三次元モデル514を見ることで、色によって相対姿勢情報517を認識できる。その結果、本実施形態によれば、ユーザは、基準面520の姿勢と面525の姿勢との差異が大きいことを示す色が付されている領域において、異常が発生していることを容易に推定できる。

[0076] 具体的には、着色部16は、相対姿勢情報517によって示される内積値IP1に基づいて三次元モデル514を着色する。この点の一例を、図9～図11を参照して説明する。

[0077] 図9は、1個の点519を共有する複数の面525の一例を示す斜視図である。図9の例では、1個の点519が、6個の面525の頂点を形成している。相対姿勢算出部15は、1個の点519を共有する複数の面525に対して算出された複数の内積値IP1の平均値（以下、「内積値IP2」）を算出する。そして、相対姿勢算出部15は、内積値IP2を、複数の面525によって共有される点519に対して関連付ける。内積値IP2は、相対姿勢情報517の一例である。相対姿勢算出部15は、点519ごとに内積値IP2を算出し、各点519に対して内積値IP2を関連付ける。

[0078] そして、着色部16は、各点519に関連付けられた内積値IP2が属するレンジに応じて、各点519を着色する。

[0079] なお、相対姿勢算出部15は、複数の面525の複数の法線ベクトル535の平均値を算出してもよい。この場合は、相対姿勢算出部15は、法線ベクトル535の平均値と基準ベクトル550（図8）との内積値を算出する。この場合の内積値が、相対姿勢算出部15によって、内積値IP2として点519に関連付けられる。

[0080] 図10は、着色部16が参照する色テーブルTBを示す図である。図10に示すように、色テーブルTBは、複数のレンジR1～R10と複数の色情報C1～C10とを関連付けている。レンジR1～R10は、点519に関連付けられた内積値IP2のレンジを示す。色情報C1～C10は、互いに異なる色を示す。色情報C1～C10は、例えば、RGB値によって示され

る。色テーブルTBは、予め記憶部50に記憶される。なお、レンジ及び色情報の数及び値は、一例であり、特に限定されない。また、レンジは正負の符号を有するが、絶対値のレンジを設定してもよい。

[0081] 着色部16は、色テーブルTBを参照して、点群518の各点519に関連付けられた内積値IP2が属するレンジに対応する色情報に従って、各点519を着色する。着色部16は、例えば、内積値IP2がレンジR2に属する場合、色情報C2によって示される色によって、点519を着色する。

[0082] 好ましくは、着色部16は、面525の法線ベクトル535が、水平方向に対して、鉛直上側を向いている場合と鉛直下側を向いている場合とを区別可能に三次元モデル514を着色する。この好ましい例によれば、ユーザは、着色された三次元モデル514を見ることで、対象物100の一部が剥離又は剥落の兆候を示している箇所（例えば、図2（b）の浮き部102）を容易に推定できる。鉛直上側及び鉛直下側は、水平方向に対して斜め方向を含む。

[0083] この好ましい例における色テーブルTBについて詳細に説明する。図10には、基準面520、法線ベクトル535、及び、基準ベクトル550が示されている。図10の例では、基準面520は、ZX平面に平行である。基準ベクトル550は、Z軸に平行であり、鉛直上方向を向いている。基準ベクトル550は、YZ平面と基準面520との交線に平行である。また、Z軸は、鉛直方向を向いている。X軸及びY軸は、水平方向を向いている。法線ベクトル535aは、水平方向に対して、鉛直下側を向いている。法線ベクトル535bは、水平方向に対して、鉛直上側を向いている。

[0084] 法線ベクトル535aが鉛直下側を向いている場合は、面525の頂点に配置される点519に関連付けられる内積値IP2は、例えば、負の符号を有する。一方、法線ベクトル535bが鉛直上側を向いている場合は、面525の頂点に配置される点519に関連付けられる内積値IP2は、例えば、正の符号を有する。

[0085] 色テーブルTBにおいて、内積値IP2が負の符号を有する場合に対応す

るレンジR 1～R 5に関連付けられる色情報C 1～C 5と、内積値I P 2が正の符号を有する場合に対応するレンジR 6～R 10に関連付けられる色情報C 6～C 10とは、区別可能である。この場合、例えば、レンジR 1～R 5に関連付けられる色情報C 1～C 5は、寒色系及び暖色系のうちの一方に属する色を含む。また、例えば、レンジR 6～R 10に関連付けられる色情報C 6～C 10は、寒色系及び暖色系のうちの他方に属する色を含む。

[0086] 図11は、着色された三次元モデル514を模式的に示す図である。図11に示すように、表示制御部17は、着色された三次元モデル514を端末2に表示させる。図11では、理解の容易のために、色情報C 1～C 10及び座標軸を示している。なお、表示制御部17は、色情報C 1～C 10を端末2に表示させてもよい。また、図11の例では、三次元モデル514には、色情報C 1、C 5によって示される色が付されている。ユーザは、色情報C 1によって示される色が付されている領域に異常が発生していると推定できる。例えば、ユーザは、色情報C 1によって示される色が付されている領域に、浮き部102（図2（b））が発生していると推定できる。色情報C 1は、レンジR 1に属する内積値I P 2に対応しているからである。

[0087] 以上、図10及び図11を参照して説明したように、本実施形態によれば、着色部16は、点群518の複数の点519にそれぞれ関連付けられた複数の相対姿勢情報517（内積値I P 2）に応じて三次元モデル514を着色する。従って、ユーザは、三次元モデル514を見ることで、色によって相対姿勢情報517を認識できる。その結果、ユーザは、異常であることを示している色によって、対象物100に異常が発生している領域を推定できる。特に、基準ベクトル550が、YZ平面と基準面520との交線に平行であるため、ユーザは、三次元モデル514の表面（対象物100の表面104）の鉛直方向の変化を色によって容易に認識できる。

[0088] ここで、他の例として、基準ベクトル550が、XY平面と基準面520との交線に平行である場合は、ユーザは、三次元モデル514の表面（対象物100の表面104）の水平方向の変化を色によって容易に認識できる。

この場合、例えば、着色部 1 6 は、法線ベクトル 5 3 5 が、鉛直方向側を向いている場合と水平方向側を向いている場合とを区別可能に三次元モデル 5 1 4 を着色する。鉛直方向側及び水平方向側は、鉛直方向又は水平方向に対して斜め方向を含む。この場合、例えば、水平方向に対して鉛直方向側に閾値角度以上 9 0 度以下の場合が鉛直方向側であり、水平方向に対して鉛直方向側に閾値角度未満の場合が水平方向側である。閾値角度は、例えば、4 5 度であるが、特に、限定されない。

[0089] 次に、図 3 及び図 1 2 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 1 2 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 1 2 に示すように、画像解析方法は、ステップ S 1 ～ステップ S 1 0 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 1 0 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 1 0 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。

[0090] 図 3 及び図 1 2 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、三次元モデル 5 1 4 を取得する。具体的には、モデル生成部 1 1 は、複数の異なる撮像位置から対象物 1 0 0 を撮像して生成された複数の二次元画像に基づいて、対象物 1 0 0 を表す三次元モデル 5 1 4 を生成する。又は、モデル生成部 1 1 は、対象物 1 0 0 の計測結果に基づく三次元データ 5 1 3 を、三次元モデル 5 1 4 に設定する。

[0091] 次に、ステップ S 2 において、表示制御部 1 7 は、三次元モデル 5 1 4 を端末 2 に表示させる。

[0092] 次に、ステップ S 3 において、受付部 1 2 は、通信部 4 0 を介して端末 2 から、三次元モデル 5 1 4 のうちの対象領域 5 3 0 の指定を受け付ける。

[0093] 次に、ステップ S 4 において、姿勢算出部 1 3 は、三次元モデル 5 1 4 の対象領域 5 3 0 において、表面を構成する複数の面 5 2 5 のそれぞれの姿勢を示す複数の姿勢情報 5 1 5 を算出する。

- [0094] 次に、ステップS 5において、表示制御部 1 7は、三次元モデル 5 1 4のうちの対象領域 5 3 0を端末 2に表示させる。
- [0095] 次に、ステップS 6において、受付部 1 2は、通信部 4 0を介して端末 2から、対象領域 5 3 0における3以上の特定箇所 5 2 1の指定を受け付ける。
- [0096] 次に、ステップS 7において、基準算出部 1 4は、3以上の特定箇所 5 2 1のそれぞれの位置を示す3以上の表面位置情報に基づいて、基準面 5 2 0を示す基準面情報 5 1 6を算出する。具体的には、基準算出部 1 4は、最小二乗法によって基準面情報 5 1 6を算出する。
- [0097] 次に、ステップS 8において、相对姿勢算出部 1 5は、姿勢情報 5 1 5と基準面情報 5 1 6とに基づいて、面 5 2 5ごとに、基準面 5 2 0に対する面 5 2 5の姿勢を示す相对姿勢情報 5 1 7を算出する。
- [0098] 次に、ステップS 9において、着色部 1 6は、複数の相对姿勢情報 5 1 7に基づいて三次元モデル 5 1 4を着色する。
- [0099] 次に、ステップS 1 0において、表示制御部 1 7は、着色された三次元モデル 5 1 4を端末 2に表示させる。そして、画像解析方法は終了する。
- [0100] 以上、図 1 2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、相对姿勢算出部 1 5は、基準面 5 2 0に対する面 5 2 5の姿勢を示す相对姿勢情報 5 1 7を算出する（ステップS 8）。従って、相对姿勢情報 5 1 7に基づいて対象物 1 0 0の異常を検出できる。その結果、上述した比較例と比べて、対象物 1 0 0の異常の程度が比較的小さい場合でも、異常の検出漏れの発生を抑制できる。
- [0101] 本実施形態に係る画像解析方法は、対象物 1 0 0が鉄筋コンクリート構造物である場合に特に有効である。例えば、図 7に示すように、浮き部 1 0 2の浮き上がり距離 L 1が比較的小さい場合であっても、浮き部 1 0 2の検出漏れを抑制できる。
- [0102] （第 1 変形例）
- 本実施形態の第 1 変形例では、相对姿勢算出部 1 5は閾値処理を実行する

。具体的には、相対姿勢算出部 15 は、相対姿勢情報 517 によって示される内積値 I P 1 の絶対値又は内積値 I P 2 の絶対値が閾値以上である場合に、内積値 I P 1 に対応する面 525 又は内積値 I P 2 に対応する点 519 によって示される、対象物 100 の領域が異常であると判定する。

[0103] また、例えば、相対姿勢算出部 15 は、複数の閾値を設けてもよい。この場合、例えば、相対姿勢算出部 15 は、内積値 I P 1 の絶対値又は内積値 I P 2 の絶対値が第 1 閾値以上である場合に、内積値 I P 1 に対応する面 525 又は内積値 I P 2 に対応する点 519 によって示される、対象物 100 の領域が異常であると判定する。また、例えば、相対姿勢算出部 15 は、内積値 I P 1 の絶対値又は内積値 I P 2 の絶対値が、第 2 閾値以上かつ第 1 閾値未満である場合に、内積値 I P 1 に対応する面 525 又は内積値 I P 2 に対応する点 519 によって示される、対象物 100 の領域が準異常であると判定する。第 2 閾値は第 1 閾値よりも小さい。準異常とは、異常ではないが、正常よりも異常に近い状態を示す。なお、複数の閾値は、3 以上の閾値であってもよい。

[0104] (第 2 変形例)

本実施形態の第 2 変形例では、着色部 16 が各面 525 を着色する点で、各点 519 を着色する上記実施形態と主に異なる。すなわち、第 2 変形例では、図 10 の色テーブル T B において、複数のレンジ R 6 ~ R 10 は、各面 525 の内積値 I P 1 のレンジを示す。従って、着色部 16 は、第 2 変形例に係る色テーブル T B を参照して、各面 525 に対する内積値 I P 1 が属するレンジに対応する色情報に従って、当該面 525 を着色する。

[0105] 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。

[0106] 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、受付部 1 2、姿勢算出部 1 3、基準算出部 1 4、相対姿勢算出部 1 5、着色部 1 6、及び、表示制御部 1 7 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。例えば、モデル生成部 1 1、受付部 1 2、姿勢算出部 1 3、基準算出部 1 4、相対姿勢算出部 1 5、着色部 1 6、及び、表示制御部 1 7 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。また、例えば、モデル生成部 1 1、受付部 1 2、姿勢算出部 1 3、基準算出部 1 4、相対姿勢算出部 1 5、着色部 1 6、及び、表示制御部 1 7 が、端末 2 又は三次元計測装置 7 によって実現されてもよい。例えば、動画データ 5 1 1、静止画データセット 5 1 2、三次元データ 5 1 3、三次元モデル 5 1 4、姿勢情報 5 1 5、基準面情報 5 1 6、相対姿勢情報 5 1 7、及び、色テーブル T B 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。

[0107] 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、P C 等に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。

[0108] 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。例えば、図 1 2 において、ステップ S 4 は、ステップ S 7 とステップ S 8 との間に実行されてもよい。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。

[0109] 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。

[0110] なお、以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

[0111] (項目 1)

仮想空間に配置されて実空間の対象物を表す三次元モデルの表面を構成する複数の面のそれぞれの姿勢を示す複数の姿勢情報を算出する姿勢算出部と、

前記三次元モデル上の 3 以上の特定箇所のそれぞれの位置を示す 3 以上の表面位置情報に基づいて、基準面を示す基準面情報を算出する基準算出部と、

前記姿勢情報と前記基準面情報とに基づいて、前記基準面に対する前記面の姿勢を示す相対姿勢情報を算出する相対姿勢算出部と、を備える、画像解析装置。

[0112] (項目 2)

前記姿勢情報は、前記面の法線を示す法線情報である、項目 1 に記載の画像解析装置。

[0113] (項目 3)

前記法線情報は、前記面の法線ベクトルの情報を含み、

前記相対姿勢情報は、前記基準面に対する前記法線ベクトルの傾きを示す情報を含む、項目 2 に記載の画像解析装置。

[0114] (項目 4)

前記基準面情報は、前記基準面に平行な基準ベクトルの情報を含み、

前記相対姿勢情報は、前記法線ベクトルと前記基準ベクトルとの内積を示す情報を含む、項目 3 に記載の画像解析装置。

[0115] (項目 5)

複数の前記相対姿勢情報に基づいて前記三次元モデルを着色する着色部を更に備える、項目 1 から項目 4 のいずれかに記載の画像解析装置。

[0116] (項目 6)

前記姿勢情報は、前記面の法線ベクトルの情報を含み、
前記着色部は、前記法線ベクトルが、水平方向に対して、鉛直上側に向いている場合と鉛直下側に向いている場合とを区別可能に前記三次元モデルを着色する、項目 5 に記載の画像解析装置。

[0117] (項目 7)

前記姿勢情報は、前記面の法線ベクトルの情報を含み、
前記着色部は、前記法線ベクトルが、鉛直方向側を向いている場合と水平方向側を向いている場合とを区別可能に前記三次元モデルを着色する、項目 5 に記載の画像解析装置。

[0118] (項目 8)

ユーザによって操作される入力装置を介して、前記 3 以上の特定箇所の指定を受け付ける受付部を更に備える、項目 1 から項目 7 のいずれかに記載の画像解析装置。

[0119] (項目 9)

前記基準算出部は、前記 3 以上の表面位置情報に基づいて、最小二乗法によって前記基準面情報を算出する、項目 1 から項目 8 のいずれかに記載の画像解析装置。

[0120] (項目 10)

前記対象物は、鉄筋コンクリート構造物である、項目 1 から項目 9 のいずれかに記載の画像解析装置。

[0121] (項目 11)

仮想空間に配置されて実空間の対象物を表す三次元モデルの表面を構成する複数の面のそれぞれの姿勢を示す複数の姿勢情報を算出するステップと、
前記三次元モデル上の 3 以上の特定箇所のそれぞれの位置を示す 3 以上の表面位置情報に基づいて、基準面を示す基準面情報を算出するステップと、

前記姿勢情報と前記基準面情報とに基づいて、前記基準面に対する前記面の姿勢を示す相対姿勢情報を算出するステップと、を含む、画像解析方法。

[0122] (項目 1 2)

コンピュータに、

仮想空間に配置されて実空間の対象物を表す三次元モデルの表面を構成する複数の面のそれぞれの姿勢を示す複数の姿勢情報を算出するステップと、

前記三次元モデル上の 3 以上の特定箇所のそれぞれの位置を示す 3 以上の表面位置情報に基づいて、基準面を示す基準面情報を算出するステップと、

前記姿勢情報と前記基準面情報とに基づいて、前記基準面に対する前記面の姿勢を示す相対姿勢情報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

[0123] 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

[0124] 1 サーバ（画像解析装置）、1 1 モデル生成部、1 2 受付部、1 3 姿勢算出部、1 4 基準算出部、1 5 相対姿勢算出部、1 6 着色部、1 7 表示制御部

請求の範囲

- [請求項1] 仮想空間に配置されて実空間の対象物を表す三次元モデルの表面を構成する複数の面のそれぞれの姿勢を示す複数の姿勢情報を算出する姿勢算出部と、
- 前記三次元モデル上の3以上の特定箇所のそれぞれの位置を示す3以上の表面位置情報に基づいて、基準面を示す基準面情報を算出する基準算出部と、
- 前記姿勢情報と前記基準面情報とに基づいて、前記基準面に対する前記面の姿勢を示す相対姿勢情報を算出する相対姿勢算出部と、を備える、画像解析装置。
- [請求項2] 前記姿勢情報は、前記面の法線を示す法線情報である、請求項1に記載の画像解析装置。
- [請求項3] 前記法線情報は、前記面の法線ベクトルの情報を含み、
- 前記相対姿勢情報は、前記基準面に対する前記法線ベクトルの傾きを示す情報を含む、請求項2に記載の画像解析装置。
- [請求項4] 前記基準面情報は、前記基準面に平行な基準ベクトルの情報を含み、
- 、
- 前記相対姿勢情報は、前記法線ベクトルと前記基準ベクトルとの内積を示す情報を含む、請求項3に記載の画像解析装置。
- [請求項5] 複数の前記相対姿勢情報に基づいて前記三次元モデルを着色する着色部を更に備える、請求項1に記載の画像解析装置。
- [請求項6] 前記姿勢情報は、前記面の法線ベクトルの情報を含み、
- 前記着色部は、前記法線ベクトルが、水平方向に対して、鉛直上側を向いている場合と鉛直下側を向いている場合とを区別可能に前記三次元モデルを着色する、請求項5に記載の画像解析装置。
- [請求項7] 前記姿勢情報は、前記面の法線ベクトルの情報を含み、
- 前記着色部は、前記法線ベクトルが、鉛直方向側を向いている場合と水平方向側を向いている場合とを区別可能に前記三次元モデルを着

色する、請求項 5 に記載の画像解析装置。

[請求項8] ユーザによって操作される入力装置を介して、前記 3 以上の特定箇所
の指定を受け付ける受付部を更に備える、請求項 1 又は請求項 2 に
記載の画像解析装置。

[請求項9] 前記基準算出部は、前記 3 以上の表面位置情報に基づいて、最小二
乗法によって前記基準面情報を算出する、請求項 1 又は請求項 2 に記
載の画像解析装置。

[請求項10] 前記対象物は、鉄筋コンクリート構造物である、請求項 1 又は請求
項 2 に記載の画像解析装置。

[請求項11] 仮想空間に配置されて実空間の対象物を表す三次元モデルの表面を
構成する複数の面のそれぞれの姿勢を示す複数の姿勢情報を算出する
ステップと、

前記三次元モデル上の 3 以上の特定箇所のそれぞれの位置を示す 3
以上の表面位置情報に基づいて、基準面を示す基準面情報を算出する
ステップと、

前記姿勢情報と前記基準面情報とに基づいて、前記基準面に対する
前記面の姿勢を示す相対姿勢情報を算出するステップと、を含む、画
像解析方法。

[請求項12] コンピュータに、

仮想空間に配置されて実空間の対象物を表す三次元モデルの表面を
構成する複数の面のそれぞれの姿勢を示す複数の姿勢情報を算出する
ステップと、

前記三次元モデル上の 3 以上の特定箇所のそれぞれの位置を示す 3
以上の表面位置情報に基づいて、基準面を示す基準面情報を算出する
ステップと、

前記姿勢情報と前記基準面情報とに基づいて、前記基準面に対する
前記面の姿勢を示す相対姿勢情報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。

