

明 細 書

発明の名称： 情報処理方法、情報処理装置及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定する情報処理方法、情報処理装置及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来、建物、橋などの構造物にひびや欠けなど不良箇所がないかどうかを検査するために、ロボットやドローンに搭載されたカメラを用いた撮影を行って、撮影された画像から対象物の状態を把握する方法が知られている。特許文献1には、記録映像と撮影位置をリンクさせるために、S f M (S t r u c t u r e f r o m M o t i o n) 技術を用いてカメラの位置を求め、その後、参照マップにおいてユーザーが位置を指定すると撮影像を表示する方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2024-9427号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 構造物の点検によって不良箇所が発見されると、その後の不良の進行具合を把握するため、再点検が必要な場合がある。従来、再点検時に同一の不良箇所を撮影するために、カメラが撮影すべき位置について大まかな位置を設定して撮影を行うことがある。そうすると、カメラを操縦する撮影者によって、または、点検回数毎によって、撮影時のカメラの正確な位置、カメラの角度などの撮影条件が異なるため、不良箇所の見え方が異なる画像が得られることになる。そして、撮影された画像と過去の画像とを比較する際、不良箇所の見え方が異なる画像同士を比較すると、不良箇所の変化を正確に把握することが難しい。

[0005] 特許文献1には、構造物の不良箇所を再点検する具体的な方法、再点検時におけるカメラの撮影条件を設定する技術についての記載はない。

[0006] そこで、本発明は、対象物の再点検を効果的に行うための撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定する技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するための本発明の一側面としての情報処理方法は、対象物を点検するための撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定する情報処理方法において、コンピュータが、前記撮像装置を用いて前記対象物を撮影して得られた複数の画像に基づいて、前記対象物に関する3次元データを算出するとともに、前記複数の画像を撮影したときの前記撮像装置の位置と姿勢を算出し、算出した前記撮像装置の位置と姿勢のうち、前記対象物を撮影して得られた画像と前記3次元データに基づいて特定された前記対象物の要点検箇所を撮影したときの前記撮像装置の位置と姿勢を決定し、決定した前記位置と姿勢を用いて、以後の点検のために前記要点検箇所の撮影を行うための前記撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定することを特徴とする。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、対象物の再点検を効果的に行うための撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定する技術を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]システムの構成を示す図。

[図2]情報処理装置の構成を示す図。

[図3]情報処理方法のフローチャートを示す図。

発明を実施するための形態

[0010] 本発明の実施形態は、例えば、以下のような構成を備える。

[0011] [項目 1]

対象物を点検するための撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定する情報処理方法において、

コンピュータが、

前記撮像装置を用いて前記対象物を撮影して得られた複数の画像に基づいて、前記対象物に関する 3 次元データを算出するとともに、前記対象物を撮影したときの前記撮像装置の位置と姿勢を算出し、

算出した前記撮像装置の位置と姿勢のうち、前記対象物を撮影して得られた画像と前記 3 次元データに基づいて特定された前記対象物の要点検箇所を撮影したときの前記撮像装置の位置と姿勢を決定し、

決定した前記位置と姿勢を用いて、以後の点検のために前記要点検箇所の撮影を行うための前記撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定することを特徴とする情報処理方法。

[項目 2]

作成した前記目標位置と目標姿勢に基づいて制御した前記移動体を用いて前記要点検箇所を撮影した結果から、前記要点検箇所の変化の評価を行うことを特徴とする項目 1 に記載の情報処理方法。

[項目 3]

複数の前記要点検箇所のそれぞれを撮影するための複数の前記目標位置を結ぶ前記移動体の移動経路を決定することを特徴とする項目 1 又は 2 に記載の情報処理方法。

[項目 4]

項目 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の情報処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

[項目 5]

対象物を点検するための撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定する情報処理装置において、

処理部を有し、前記処理部は、

前記撮像装置を用いて前記対象物を撮影して得られた複数の画像に基づいて、前記対象物に関する３次元データを算出するとともに、前記対象物を撮影したときの前記撮像装置の位置と姿勢を算出し、

算出した前記撮像装置の位置と姿勢のうち、前記対象物を撮影して得られた画像と前記３次元データに基づいて特定された前記対象物の要点検箇所を撮影したときの前記撮像装置の位置と姿勢を決定し、

決定した前記位置と姿勢を用いて、以後の点検のために前記要点検箇所の撮影を行うための前記撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定することを特徴とする情報処理装置。

[0012] 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。

[0013] <実施形態の詳細>

本実施形態では、建物、構造物などを対象物として、ひび、欠けなどの損傷の有無、程度などを点検するための技術を説明する。点検の対象物としては、例えば、建物や構造物、高層ビル、橋梁、ダム、風力発電設備、工場、送電塔、通信タワー、農業施設、森林がある。点検対象としては、例えば、建物の外壁や屋根の亀裂、ひび割れ、漏水、コンクリートの劣化、鉄筋の錆び、電線のたるみ、接続部分の緩み、金具の劣化、風力発電タービンのブレードの亀裂、劣化、摩耗、橋桁の亀裂、腐食、塗装の剥離、煙突やタンクの表面劣化、腐食、漏れ、化学プラントの配管の損傷や、危険区域の点検、通信タワーや送電タワーの構造的損傷、腐食、ボルトの緩み、ケーブルの状態、樹木の健康状態や害虫による損傷、農業用施設の劣化、災害後の被害状況や、台風や洪水後の施設の損傷などが挙げられる。

[0014] 図１に、本実施形態におけるシステムの構成図を示す。本システムは、移動体１と、制御装置２と、情報処理装置３と、サーバ（情報処理装置）４と、を有する。これらはネットワーク９で接続される。

- [0015] 移動体（移動装置）1は、移動ロボット、ドローン（無人航空機）、車両などの自ら移動を行う装置である。移動体1は、点検対象物に不良箇所など悪い所がないかどうかを検査するために、被写体となる対象物を撮影するカメラ（撮像装置）を含む。カメラは、光電変換素子を含む撮像素子を有し、レンズを備えることができる。カメラは、撮影により静止画を取得する機能に加え、動画撮影機能を有するビデオカメラ、絞り（明るさ）可変機能、ズーム（焦点距離可変）機能、感度調整機能など様々な機能を備えることができる。カメラは、移動体の構造物に固定してもよいし、可動に構成されてもよい。可動に構成した場合、移動体1に対するカメラの相対位置、相対角度（姿勢）を制御可能に構成してもよい。3次元空間におけるカメラの位置、姿勢は、移動体1の位置、姿勢（ロール、ピッチ、ヨー）に対して相対的に定義され、移動体1の位置、姿勢と同義に設定してもよい。カメラの姿勢は、直交3軸周りの角度で定義されうるが、移動体に対してカメラが可動の場合、カメラの可動軸の数に応じて設定可能であり、可動軸が1軸の場合は1軸におけるカメラの角度パラメータが設定される。移動体1、カメラの現在位置は、GPSモジュール、または、加速度センサを用いて計測することができるし、基準点からのV SLAMやLidar SLAM、音、Wifi、Bluetoothを用いた方法などの自己位置推定技術を用いて求めることもできる。
- [0016] 制御装置2は、移動体1と通信を行って、移動体1を制御するための装置である。制御装置2は、移動体1との間で、移動体1の位置、角度、カメラを制御するための制御信号の通信を行い、カメラで撮影された画像データの通信を行う。制御装置2は、移動体1が配置される現場付近に配置され、移動体1との間で特定方式の無線通信を行ってもよいし、移動体1が配置される現場から離れた遠隔地に設置され、基地局、親機、モバイルネットワークを介して移動体1との間で無線通信を行ってもよい。制御装置2は、人間によって操作される操縦機を備えていてもよい。
- [0017] 情報処理装置3は、点検のために要点検箇所の撮影を行うためのカメラを含む移動体についての目標位置及び目標姿勢を決定（作成）するための装置

である。

- [0018] サーバ4は、複数の視点から撮影された画像を基にして、3次元点群を算出する技術Structure from Motion (SfM) を行うための装置である。サーバ4は、移動体1のカメラが撮影した動画、複数の静止画像などの画像データを取得して、その画像データから対象物の3次元点群を構築する。
- [0019] 情報処理装置3は、ネットワーク9を介して制御装置2とサーバ4と通信を行い、移動体1を制御するために制御装置2へデータを送信し、制御装置2を介して移動体1が取得したデータを取得する。また、情報処理装置3は、サーバ4へ画像などのデータを送信し、サーバ4がデータ処理を行った結果を取得する。
- [0020] 情報処理装置3の構成について説明する。情報処理装置3は、汎用コンピュータであるパソコンや、スマートフォン、タブレットなどのデバイスに備えられるコンピュータを有する。情報処理装置3は、インストールされたソフトウェアやアプリケーション（プログラム）により、移動体1のカメラの移動経路を決定することができる。
- [0021] 図2に、情報処理装置3の構成図を示す。情報処理装置3は、処理部11、メモリ12、ストレージ13、通信部14、入力部15、表示部16を有する。これらはバス17を通じて相互に電氣的に接続される。
- [0022] 処理部11は、情報処理装置3全体の動作を制御し、各部間におけるデータの送受信の制御、及びプログラムの実行及び認証処理に必要な情報処理等を行う演算装置である。処理部11は、例えばCPU、GPUまたはFPGA等のプロセッサである演算処理装置を含み、ストレージ13に格納され、メモリ12に展開されたプログラム等を実行して、後述の各種の情報処理を実行する。
- [0023] メモリ12（記憶部）は、DRAM等の揮発性記憶装置で構成される主記憶と、フラッシュメモリ又はHDD等の不揮発性記憶装置で構成される補助記憶と、を含む。メモリ12は、処理部11のワークエリア等として使用され、また、情報処理装置3の起動時に実行されるBIOS及び各種設定情報

等を格納する。

[0024] ストレージ13（記憶媒体）は、HDD、SSDなどの記憶装置を含み、アプリケーション、プログラム等の各種プログラムを格納する。また、各処理に用いられるデータを格納したデータベースがストレージ13に構築される。

[0025] 通信部14は、情報処理装置3をネットワーク9に接続させる。通信部14は、例えば、有線LAN、無線LAN、Wi-Fi（Wireless Fidelity、登録商標）、赤外線通信、Bluetooth（登録商標）、近距離又は非接触通信等の方式で、外部機器と直接又はネットワークアクセスポイントを介して通信する。入力部15は、例えば、キーボード、マウス、タッチパネル等の情報入力機器である。

[0026] 表示部（表示装置）16は、処理部11によって演算されて得られた情報、または、通信部14が外部から受信した情報を表示するディスプレイを備える。表示部16は、その画面において各種情報を表示するグラフィカルユーザーインターフェイス（GUI）を提供する。表示部16は、情報処理装置3と一体に設けたものに限らず、情報処理装置3とは別に設けられ、情報処理装置3に接続されたディスプレイ（表示装置）であってもよい。

[0027] バス17は、上記各部要素に共通に接続され、例えば、アドレス信号、データ信号及び各種制御信号を伝達する。

[0028] 次に、サーバ4の構成について説明する。サーバ4は、処理部、メモリ（記憶部）、ストレージ（記憶媒体）、通信部を有する。これらはバスを通じて相互に電氣的に接続される。処理部は、サーバ4全体の動作を制御し、各部間におけるデータの送受信の制御、及びプログラムの実行及び認証処理に必要な情報処理等を行う演算装置である。処理部は、例えばCPU、GPUまたはFPGA等のプロセッサである演算処理装置を含み、ストレージに格納され、メモリに展開されたプログラム等を実行して、後述の各種の情報処理を実行する。

[0029] サーバ4のストレージは、アプリケーション、プログラム等の各種プログラムを格納する。各処理に用いられるデータを格納したデータベースがこの

ストレージに構築される。ストレージまたはメモリには、SfMを行うためのソフトウェアプログラムが格納、記憶されている。通信部は、サーバ4をネットワーク9に接続させる。この通信部は、ネットワーク9を介して、制御装置2または情報処理装置3との間で通信を行う。受信した情報は、メモリに記憶され、処理部が行う情報処理に用いられったり、ストレージに格納されたりする。

[0030] 次に、上記システムを用いた方法を説明する。図3に、当該方法のフローチャートを示す。

[0031] まず、移動体1を用いて対象物の撮影を行って、画像データを取得する(S1)。移動体1のカメラが建物や構造物などの点検対象をさまざまな角度から撮影する。撮影は、移動体1のカメラを用いて点検対象物を動画撮影してもよいし、複数の静止画像を撮影してもよい。また、撮影する際には対象物とカメラの間に一定の距離を保つと、3次元(3D)情報がより正確に再構築される。移動体1は、撮影した画像を制御装置2へ送信する。動画撮影の場合は、移動体1は移動、撮影をしながら、画像を制御装置2へ送信することができる。制御装置2は、移動体1から送信された画像データを取得する。複数の画像取得は、移動体1のカメラを用いて点検対象物を動画撮影した場合は動画データから複数枚の画像を切り出すことで行ってもよいし、複数の静止画像を撮影することで行ってもよい。

[0032] 撮影の際には、対象物を多角的に撮影し、撮影した複数の画像の各画像間において30～80%の重複部分があるように行うのが好ましい。また、撮影は、移動体1が自律的に移動することで行ってもよいし、制御装置2によって自動的に移動体1を移動させて行ってもよいし、人が制御装置2を操作することで移動体1の位置、姿勢を制御することで行ってもよい。

[0033] 移動体1を自動的に移動させる場合、制御装置2は、移動体1が移動する経路上の地点を含むウェイポイントを設定し、ウェイポイントに従って移動体1が移動するように移動体1の位置を制御する。制御装置2は、移動体1のウェイポイントを目標位置として移動体1に送信し、移動体1に対して、

例えば、目標位置と計測された現在位置との差分に応じて位置制御を行う。

また、制御装置 2 は、動画撮影時における移動体 1 のカメラの角度（方向）、焦点位置、明るさ、感度などの撮影条件も制御することもできる。

[0034] ウェイポイントの設定は、所定のソフトウェア上で、予め用意されている撮影エリアの 3 次元マップや地図データを用いて、ポイントを指定することで行うことができる。例えば、移動体 1 がドローンである場合、ユーザーが G U I の地図上で、ドローンの到達点に向けて通過すべき地点をクリックして設定する。これには、ドローンの飛行経路や撮影スポットが含まれる。また、通過点ごとに高度や緯度・経度の位置情報を設定することもできる。また、ドローンが通過点でホバリングする時間やカメラの姿勢を指定することも可能である。また、ドローンが通過点間を移動する速度も設定できる。このように設定されたウェイポイントに基づいて、G P S や慣性航法装置（I N S）を使って、移動体 1 の正確なルートがプログラムされる。

[0035] 例えば、建物の撮影では、建物の外壁に沿ってウェイポイントを設定し、各ウェイポイントでドローンがカメラで撮影したり、橋の撮影では、橋脚や橋の下部を撮影するためのウェイポイントを設定し、ドローンが橋の周囲を移動したりする。

[0036] なお、必要に応じて適宜、SfM アルゴリズムにデータを入力する前に、S1 の撮影で得られた画像に対して、前処理を行うこともできる。例えば、不要な画像を除去したり、画像の明るさやコントラストの調整を行ったりする。

[0037] 次に、サーバ 4 は、S1 で得られた複数の画像に基づいて、SfM を実行する（S 2）。サーバ 4 は、制御装置 2 または情報処理装置 3 から送信された画像データを取得する。情報処理装置 3 は、制御装置 2 に対して、撮影した画像データをサーバ 4 へ送信するように指示してもよいし、制御装置 2 が情報処理装置 3 の要求に応じて、取得した画像データを情報処理装置 3 へ送信し、情報処理装置 3 からサーバ 4 へ画像データを送信してもよい。

[0038] サーバ 4 の処理部が行う情報処理方法について説明する。まず、サーバ 4 の処理部は、S1 で得られた複数の画像、または前処理された画像を用いて、

画像の特徴点を検出する。特徴点は、画像の中でユニークで、異なる視点からも一致させやすいポイントであり、例えば、物体のエッジやコーナーに相当する部分である。一般的なアルゴリズムとして、SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) やSURF (Speeded Up Robust Features) などがある。

- [0039] サーバ4の処理部は、各画像から検出された特徴点を、複数の画像間で対応させる。異なる視点から撮影された画像内の共通の点をマッチングし、どの画像のどの部分が同じ点を表しているかを特定する。マッチングには、特徴量ベースの手法（例えば、SIFTやSURFのような特徴量記述子）や最近傍探索アルゴリズムを使用する。
- [0040] サーバ4の処理部は、2つの画像でマッチングした特徴点の位置情報（2次元座標）から、各画像を撮影した時のカメラの位置と姿勢（角度、向き）を推定する。例えば、エピポーラ幾何という数学的なモデルを用いて、視差に基づき、複数の視点からの情報を統合してカメラの相対的な位置と姿勢を計算することができる。この場合、基礎行列やエッセンシャル行列を計算し、カメラ間の相対位置と姿勢を推定する。または、Gaussian SplattingなどのAIによってカメラの位置と姿勢を算出することもできる。このようにして、3次元空間におけるカメラの位置と姿勢を決定し、画像と、画像を撮影したときのカメラの位置、姿勢と、を対応させてデータベースなどの記憶部に記憶することができる。
- [0041] サーバ4の処理部は、各視点でマッチングされた特徴点を用いて、3次元点群を構築する。具体的には、推定されたカメラ位置、姿勢をもとに、複数の画像間で一致する2次元の特徴点座標から対応する3次元の点の座標を計算する。このプロセスは三角測量に基づく方法である。この方法により、2次元画像に映る物体の特徴が3次元空間内でどこにあるかが求められる。3次元点群は、3次元座標で表され、各点が対象物の表面の位置に相当する位置を表す。これにより、対象物のおおまかな形状を把握することができる。必要に応じて、すべてのカメラの位置と3次元点群を同時に調整し、誤差を最小化するバ

ンドル調整を行うことで、より正確なカメラの位置と3次元点群を求めることができる。

[0042] この段階で得られる3次元点群は密度が粗いデータであるため、密な点群を得るためには、もっと多くの対応点を見つけ出し、それらを追加する必要がある。これには、ステレオマッチング、光フローなどのアルゴリズムを使用することができる。ステレオマッチングでは、2つ以上の画像ペアを使って、ピクセルごとに対応するポイントを見つけ、密な点群を生成する。光フローでは、時間的に連続する画像間のピクセル移動を計算し、より詳細な点群を生成する。また、画像のピクセル情報を用いて、各点がどの位置にあるかを推定するPatch-based Multi-view Stereo (PMVS) という方法などを用いて、密な3次元点群を求めることもできる。また、点群に外れ値などのノイズが含まれる場合はノイズを除去して最適化を行ってもよい。

[0043] なお、SfMで算出されるカメラ位置や3次元点群は相対的に推定されるため、実際のサイズや距離を得るには、外部からのスケール情報（例：既知の物体の寸法、GPSデータ）を利用する方法がある。例えば、S1の撮影時に点検現場に予め既知の測量点やターゲットを設けておき、SfMが完了した後にその座標値を入れてフィッティングする。あるいは、SfM処理時に画像データに任意の座標が分かるようなARマーカなどのターゲットを配置しておき、SfM処理時にその座標値を与えてフィッティングすることで、SfM処理の出力を現実の座標系で表してもよい。

[0044] サーバ4の処理部は、構築された点群データを元に、点と点を繋いでメッシュモデル（3Dモデル）を生成する。メッシュは、3D点群をポリゴン化して形状を滑らかに表現するためのステップで、対象物の詳細な形状がより明確に表れる。

[0045] サーバ4は、得られた3次元点群、3Dモデルを、様々な形式で情報処理装置3へ出力することができる。

[0046] 次に、情報処理装置3の処理部は、求められた3Dモデルまたは3次元点群データに対して、撮影して得られた画像を重ね合わせる（S3）。これによ

り、3Dデータにテクスチャ（表面の色や模様）を適用することができ、実際の対象物の見た目に近いものになる。これは、例えば、情報処理装置3のディスプレイ（表示装置）に表示される3Dビューワを用いて行うことができる。具体的には、S2において求められたカメラの位置に、ビューワの目の位置を設定し、S2において求められたカメラの向き（視線）に沿って視点を調整する。そして、カメラの位置から視線方向の前方に板状のオブジェクトモデルを生成し、そのオブジェクトモデルに画像を配置することで2次元画像と3次元データを重ね合わせることが可能である。

[0047] 次に、ユーザーが、ビューワの画面に表示された、3次元データに重ね合わせた画像を見て、対象物の損傷箇所など、上述の点検対象となる箇所（点検箇所）を特定する（S4）。ユーザーは、ビューワ（表示装置の画面）に表示された画像を見ながら点検対象を確認して、3次元データ上の位置を特定して、その位置の点検結果（評価）を入力することで、情報処理装置3が、これらのデータを記憶することができる。

[0048] 情報処理装置3は、S4において特定された点検箇所から選択された箇所、または、今後の経過観察が必要な箇所など、再点検が必要な点検箇所（要点検箇所）を決定する（S5）。要点検箇所の決定は、例えば、S4と同様にユーザーがビューワを用いて指定することで行ってもよいし、または、点検箇所を評価した際の評価結果に基づいて行うことができる。

[0049] 次に、情報処理装置3は、再点検の際に要点検箇所を撮影するための条件を決定する（S6）。まず、S5において決定された要点検箇所の位置情報に基づいて、S1の撮影で得られた画像のうち要点検箇所を含む画像から、要点検箇所を評価するのに適した画像を決定する。適した画像としては、例えば、点検対象のひび、欠損、傷など不良箇所の状態が良く表示され、ユーザーが観察するのに適した画像である。

[0050] そして、S2で記憶された、画像とカメラの位置、姿勢とを対応させたデータベースを用いて、要点検箇所を評価するのに適した画像を撮影したときのカメラの位置と姿勢の情報を抽出する。要点検箇所を評価するのに適した

画像が複数ある場合は、上記データベースを用いて画像ごとに画像を撮影したときのカメラの位置と姿勢の情報を抽出する。また、S5において決定された要点検箇所が複数ある場合は、要点検箇所ごとに、要点検箇所を評価するのに適した画像を決定し、上記データベースを用いて要点検箇所の画像を撮影したときのカメラの位置と姿勢の情報を抽出する。

[0051] このようにして、要点検箇所を撮影するためのカメラの位置、姿勢を決定し、決定したカメラの位置と姿勢の情報をを用いて、再点検時に要点検箇所を撮影するときのカメラを含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定する。カメラが移動体に固定されている場合は、カメラの位置、姿勢を移動体の位置、姿勢と同義に設定して、制御パラメータとして移動体の位置と姿勢を制御することでカメラの位置と姿勢を制御することができる。そのため、再点検時に要点検箇所を撮影するときの目標位置、目標姿勢として、移動体1またはカメラの目標位置、目標姿勢を決定する。あるいは、カメラの目標位置、姿勢に対してオフセット値を算入して移動体の目標位置、姿勢を作成して、移動体の位置、姿勢を制御してもよい。また、カメラが移動体に対して可動である場合は、移動体の位置、姿勢とともに、カメラの相対的な位置、姿勢を制御するため、移動体の目標位置、目標姿勢とカメラの相対的な目標位置、目標姿勢を決定する。

S2のSfMで算出されるカメラの位置、姿勢、S2で記憶されたカメラの位置、姿勢（角度）が、演算上の座標系における相対的な値である場合は、上述のように、移動体、カメラが配置される現実の座標系に変換しておく。例えば、移動体1がWGS84（GNSS（Global Navigation Satellite System 全球測位衛星システム）の座標系）で移動する場合は、目標位置と目標姿勢をGNSSの座標系へ変換する。

[0052] 要点検箇所を撮影するためのカメラの目標の位置、姿勢が複数ある場合は、その複数の位置をウェイポイント（経路上の地点情報）として設定し、複数の位置を結んだ経路をカメラが移動する経路として設定することができる。また、要点検箇所が複数ある場合にも、各要点検箇所を撮影するカメラの

各目標位置を結んだ経路をカメラが移動する経路として設定することができる。カメラの移動経路は、各目標位置を通る経路の長さが最小となるように決定してもよいし、各目標位置を通る順番を指定することで決定してもよい。また、移動経路の設定には、移動体の移動速度、加減速情報、停止時間の設定を含んでもよい。

[0053] 再点検の際に要点検箇所を撮影するための条件としては、さらに、カメラのズームなどのカメラの諸機能の条件を設定することも可能である。再点検において、前回撮影時よりも高い撮影倍率で要点検箇所を撮影することも設定することができる。

[0054] S6において決定した条件は、再点検用に、ネットワーク9を介して制御装置2へ送信される。また、S6において決定した条件、例えば、要点検箇所を撮影するためのカメラの目標位置、目標姿勢、カメラ（移動体1）の移動経路、を表示装置の画面上に表示して、ユーザーによって目視で把握するために用いられてもよい。

[0055] 次に、移動体1のカメラを用いて再点検の撮影を行う（S7）。再点検時の撮影では、制御装置2が、S6において決定した条件に基づいて移動体1を制御する。移動体1の制御は、制御装置2により自動化することができる。情報処理装置3は、S6で決定した要点検箇所を撮影するための条件を制御装置2へ送信し、制御装置2へ移動体1の制御を指令する。具体的には、制御装置2は、現実の3次元座標系において、S6において決定した要点検箇所を撮影するためのカメラの目標位置、目標姿勢となるように、ウェイポイントに基づいて移動体1を移動させ、移動体1のカメラの位置、姿勢を制御する。そして、移動体1は、S6において決定した要点検箇所を撮影するためのカメラの目標位置、目標姿勢となったときに、要点検箇所をカメラで撮影する。移動体1は、S6において決定した要点検箇所を撮影するためのカメラの目標位置、目標姿勢となったときに停止したり、S6において決定した要点検箇所を撮影するためのカメラの位置に到達する直前に減速をしたりして、要点検箇所をカメラで撮影してもよい。要点検箇所が複数ある場合は、要

点検箇所ごとに目標位置、姿勢となるように、カメラの位置、姿勢を制御し、撮影を行う。カメラで撮影した画像は、制御装置2へ送信され、制御装置2は、ネットワーク9を介して情報処理装置3へ画像データを送信する。なお、実際には、移動体1、カメラの位置、姿勢の制御において制御誤差が含まれる。また、要点検箇所を撮影するためのカメラの位置、姿勢がS6で決定した目標位置、姿勢を含む所定の範囲内になったときに、カメラで要点検箇所を撮影するように制御しても構わない。当該所定の範囲は、撮影した画像間で同一視できる許容範囲をもとに定めることができる。

[0056] 次に、情報処理装置3は、再点検の撮影結果を用いて、要点検箇所の評価を行う（S8）。情報処理装置3は、S7において取得した再点検用の画像データを、ビューワ上において表示する。このとき、要点検箇所をS1において撮影した画像を、同一画面上に同時に表示してもよいし、または、ユーザーの操作によって別画面上に表示してもよい。これにより、再点検時の画像と、前回の撮影で得られた画像とを比較することが可能である。画像を表示するビューワは、2次元画像をそのまま表示するものでもよいし、S3～S5で用いた3Dビューワでもよい。ユーザーは、表示画面に表示された再点検時の画像と、前回の撮影で得られた画像とを見比べることで、要点検箇所の状態の変化、経過、進捗を評価する。ユーザーは、その評価結果を入力することができ、入力結果を要点検箇所（3次元位置）と対応させてメモリ等に保存する。また、再点検用の画像データも、要点検箇所（3次元位置）と対応させて記憶装置に記憶することができ、ユーザーの選択に応じて適宜、読み出して表示装置に表示することができる。

[0057] 情報処理装置3は、要点検箇所の同一箇所の画像に関して、S7において取得した再点検用の画像データと、S1において撮影した画像とを、画像処理アルゴリズムまたは人工知能（AI）などの演算処理を用いて、比較した結果を出力してもよい。出力される比較結果として、例えば、画像の差を強調する表示を行ってもよいし、指標、数値、評価コメントとして出力してもよい。

- [0058] 本実施形態によれば、再点検時の要点検箇所画像を撮影したカメラの位置、姿勢は、要点検箇所を評価するのに適した画像を撮影したカメラの位置、姿勢と同じであるため、これらの画像を比較することで、要点検箇所の状態の変化、経過、進捗をより正確に把握することができる。逆に、再点検時に要点検箇所を撮影するときのカメラの位置、姿勢が、前回撮影時と異なると、得られる画像における要点検箇所の見え方が変わってしまい、要点検箇所の見え方の違いが、要点検箇所の状態を誤って評価してしまう。なお、実際には、移動体1、カメラの位置、姿勢の制御において制御誤差が含まれるため、カメラで複数回撮影した画像にはこの制御誤差による違いが表れるが、同一画像の範囲内として定義することができる。
- [0059] 以後、定期的または任意の時期に、さらに要点検箇所を点検する場合は、S7、S8を繰り返す。これにより、点検ごとに、要点検箇所を同じ位置から同じ姿勢で撮影した画像が得られ、要点検箇所の状態の進捗を比較的長い期間において継続的に把握することができる。
- [0060] 以上のように、情報処理装置3、サーバ4は、撮像装置を用いて対象物を撮影して得られた複数の画像に基づいて、対象物に関する3次元データを算出するとともに、複数の画像を撮影したときの撮像装置の位置と姿勢を算出し、対象物を撮影して得られた画像と3次元データに基づいて、対象物の要点検箇所を決定し、算出した撮像装置の位置と姿勢のうち、撮像装置が要点検箇所を撮影したときの撮像装置の位置と姿勢を決定し、決定した撮像装置の位置と姿勢を用いて、再点検など以後の点検のために要点検箇所の撮影を行うための撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定する。
- [0061] 以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態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。また、実施形態に示される構成要素のすべてが、本開示の必須の構成要素であるとは限らない。また、各実施形態で示される特徴は、互いに矛盾しない限り他の実施形態にも適用可能である。

- [0062] 情報処理装置3とサーバ4は、同一の装置として構成してもよいし、さらに分散した複数の情報処理装置で構成してもよいし、クラウドの仮想サーバ、コンテナとして構成してもよい。
- [0063] 情報処理装置3またはサーバ4は、再点検時に撮影した複数の画像、動画のデータを用いて、さらにS f Mを実行して、最新の3次元データを構築してもよい。また、再点検時に得られた3次元データを用いて、対象物の3次元の点群や形状の情報を更新してもよい。さらに、再点検時のS f Mによって算出されるカメラの位置、姿勢を用いて、次回点検時の移動体1についての目標位置、姿勢を修正してもよい。また、これらの更新、修正情報を表示装置に表示させてもよい。
- [0064] 再点検時、決定された目標位置、姿勢に従って移動体を移動させたときに、移動経路上に障害物があった場合に障害物を回避するルートを新たに作成することでウェイポイントを修正してもよい。また、移動体が配置される空間の気象条件（風速、雨など）、GPS信号の強度に応じて、不利な条件を回避するための安全なルートを作成してもよい。移動体の周囲の状況は、カメラ、距離センサ、風力計、気圧計など各種センサを用いて計測することができる。これらのセンサから得られる情報をフィードバックして、ウェイポイントを調整することができる。これにより、移動体の周囲の環境変化に応じて柔軟に移動体の制御を行い、移動体の破損、事故を抑制し、対象物の点検を確実に行うことができる。
- [0065] また、移動体1の個数は1つに限らず、複数用意して、複数の移動体を制御してもよい。作成された移動経路全体を移動体の個数だけ分割して、分割された移動経路のそれぞれにそれぞれの移動体を1：1で対応させ、分割された各ウェイポイントを各移動体が移動するように各移動体を制御することで、点検を行ってもよい。なお、複数の移動体を同時に制御する際、各移動体間で互いに通信を行って自律的な制御を行ってもよい。

産業上の利用可能性

- [0066] 本開示は、撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定す

る情報処理方法、情報処理装置及びプログラムに関するものであり、産業上の利用可能性を有する。

符号の説明

- [0067]
- 1 移動体
 - 2 制御装置
 - 3 情報処理装置
 - 4 サーバ

請求の範囲

- [請求項1] 対象物を点検するための撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定する情報処理方法において、
- コンピュータが、
- 前記撮像装置を用いて前記対象物を撮影して得られた複数の画像に基づいて、前記対象物に関する3次元データを算出するとともに、前記複数の画像を撮影したときの前記撮像装置の位置と姿勢を算出し、
- 算出した前記撮像装置の位置と姿勢のうち、前記対象物を撮影して得られた画像と前記3次元データに基づいて特定された前記対象物の要点検箇所を撮影したときの前記撮像装置の位置と姿勢を決定し、
- 決定した前記位置と姿勢を用いて、以後の点検のために前記要点検箇所の撮影を行うための前記撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定することを特徴とする情報処理方法。
- [請求項2] 作成した前記目標位置及び目標姿勢に基づいて制御した前記移動体を用いて前記要点検箇所を撮影した結果から、前記要点検箇所の変化の評価を行うことを特徴とする請求項1に記載の情報処理方法。
- [請求項3] 複数の前記要点検箇所のそれぞれを撮影するための複数の前記目標位置を含む前記移動体のウェイポイントを決定することを特徴とする請求項1に記載の情報処理方法。
- [請求項4] 請求項1乃至3の何れか1項に記載の情報処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。
- [請求項5] 対象物を点検するための撮像装置を含む移動体についての目標位置と目標姿勢を決定する情報処理装置において、
- 処理部を有し、前記処理部は、
- 前記撮像装置を用いて前記対象物を撮影して得られた複数の画像に基づいて、前記対象物に関する3次元データを算出するとともに、前記複数の画像を撮影したときの前記撮像装置の位置と姿勢を算出し、
- 算出した前記撮像装置の位置と姿勢のうち、前記対象物を撮影して

得られた画像と前記３次元データに基づいて特定された前記対象物の
要点検箇所を撮影したときの前記撮像装置の位置と姿勢を決定し、

決定した前記撮像装置の位置と向きを用いて、以後の点検のために
前記要点検箇所の撮影を行うための前記撮像装置を含む移動体につい
ての目標位置と目標姿勢を決定することを特徴とする情報処理装置。