

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6515367号  
(P6515367)

(45) 発行日 令和1年5月22日(2019.5.22)

(24) 登録日 平成31年4月26日(2019.4.26)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>HO4N</b>	<b>5/222</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4N	5/222	100
<b>HO4N</b>	<b>5/232</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4N	5/232	990

請求項の数 10 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2018-204811 (P2018-204811)	(73) 特許権者	518156358
(22) 出願日	平成30年10月31日(2018.10.31)		株式会社センシンロボティクス
審査請求日	平成30年10月31日(2018.10.31)	(74) 代理人	110002790
早期審査対象出願			特許業務法人 iPLAB Startups
		(72) 発明者	西本 晋也
			東京都渋谷区恵比寿二丁目36番13号
			株式会社センシンロボティクス内
		審査官	高野 美帆子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像システム及び撮像方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

飛行装置に搭載されたカメラで上下方向に長尺な構造物を撮像する撮像システムにおいて、

前記飛行装置が自律的に高度を変えながら前記構造物の周囲を周回して飛行して前記構造物を予め固定された任意の撮像角度において前記カメラで撮像する第1撮像ステップと

前記飛行装置が前記構造物の任意の高さ位置で前記カメラの撮像方向を変位させて前記カメラの前記撮像角度を変更して、前記構造物の周囲を自律的に周回して飛行して前記構造物を撮像する第2撮像ステップと、

を実行する飛行制御部を備えることを特徴とする撮像システム。

【請求項2】

前記第2撮像ステップは、

前記飛行装置が前記構造物の任意の前記高さ位置で前記構造物の周囲を複数周回して飛行し、前記飛行装置が次の周回飛行に移行する際に前記カメラの撮像方向を前記構造物の下方に変位させて前記カメラによる前記構造物の撮像角度を変更することを特徴とする請求項1に記載の撮像システム。

【請求項3】

前記第1撮像ステップから前記第2撮像ステップに移行する前記構造物の任意の高さ位置が前記構造物の周囲に存在する周辺構造物の高さ位置に基づいて設定されることを特徴

10

20

とする請求項 1 または 2 に記載の撮像システム。

【請求項 4】

前記第 1 撮像ステップは、

前記カメラが前記飛行装置の飛行高度に対応する前記構造物の高さ位置に対して前記構造物の下方に向かって位置決めされることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の撮像システム。

【請求項 5】

前記構造物の中心位置からの任意の距離を半径とし、該半径と前記構造物の高さとに基づいて、前記構造物を該構造物の全側面を包囲する略円柱形状にモデル化することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の撮像システム。

10

【請求項 6】

前記第 1 撮像ステップで前記飛行装置が前記構造物の周囲を周回して飛行する飛行軌跡によって把握される空域の面積と前記第 2 撮像ステップで前記飛行装置が前記構造物の周囲を周回して飛行する飛行軌跡によって把握される空域の面積とが同一となることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の撮像システム。

【請求項 7】

前記飛行制御部は、

前記飛行装置が前記構造物の上空を複数周回して飛行し、前記飛行装置が次の周回飛行に移行する際に前記カメラの撮像方向を前記構造物の下方に変位させて前記カメラによる前記構造物の撮像角度を変更して前記構造物を撮像する上空撮像ステップを実行することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の撮像システム。

20

【請求項 8】

前記飛行制御部は、

前記第 1 撮像ステップを実行する前に前記上空撮像ステップを実行することを特徴とする請求項 7 に記載の撮像システム。

【請求項 9】

前記飛行装置が予め設定された飛行条件に到達した際に前記飛行装置の周回飛行及び該飛行装置によって実行されている前記構造物の撮像を中断させるとともに周回飛行及び撮像を中断した前記構造物上の位置を記憶し、前記飛行条件が解除された際に前記飛行装置が記憶された前記構造物上の位置に復帰するとともに復帰した前記構造物上の位置から周回飛行及び前記構造物の撮像を開始することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の撮像システム。

30

【請求項 10】

飛行装置に搭載されたカメラで上下方向に長尺な構造物を撮像する撮像方法において、

前記飛行装置が自律的に前記構造物の高度を変えながら前記構造物の周囲を周回して飛行して前記構造物を予め固定された任意の撮像角度において前記カメラで撮像する第 1 撮像ステップと、

前記飛行装置が前記構造物の任意の高さ位置で前記カメラの撮像方向を変位させて前記カメラの前記撮像角度を変更して、前記構造物の周囲を自律的に周回して飛行して前記構造物を撮像する第 2 撮像ステップと、

40

を備えることを特徴とする撮像方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像システム及び撮像方法、特に、飛行装置に搭載されたカメラで上下方向に長尺な構造物を撮像する撮像システム及び撮像方法に関する。

【背景技術】

【0002】

50

対象物を高所から観察したり、上空から地上を空撮したりする場合には、近年、複数のプロペラの回転によって飛行するいわゆるドローンあるいはマルチコプタといった飛行装置が用いられることがある。特許文献1には、飛行装置に搭載したカメラで対象物を撮像した画像から、三次元の画像を生成することが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2018-10630公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0004】

ところで、上記の特許文献1のように、飛行装置に搭載したカメラで対象物を撮像する場合は、操作者が飛行装置を操作してカメラで撮像を行うところ、飛行装置の飛行及び飛行装置からの対象物の撮像を自動的に制御することができれば、簡便かつ効率的に対象物を撮像した画像を取得することができる。

【0005】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、簡便かつ効率的に対象物を撮像することができる撮像システム及び撮像方法を提供することを課題とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

20

上記課題を達成するための、本発明に係る撮像システムは、飛行装置に搭載されたカメラで上下方向に長尺な構造物を撮像する撮像システムにおいて、飛行装置が自律的に構造物の上側から下側に向かって下降しながら構造物の周囲を周回して飛行して構造物を予め固定された任意の撮像角度においてカメラで撮像する第1撮像ステップと、第1撮像ステップにおいて飛行装置が構造物の任意の高さ位置に下降した際に高さ位置で飛行装置が構造物の周囲を自律的に周回して飛行してカメラを構造物の下方に変位させて第1撮像ステップにおけるカメラの撮像角度を変更して構造物を撮像する第2撮像ステップと、を実行する飛行制御部を備えることを特徴としている。

【0007】

この撮像システムの第2撮像ステップは、飛行装置が構造物の任意の高さ位置で構造物の周囲を複数周回して飛行し、飛行装置が次の周回飛行に移行する際にカメラを構造物の下方に変位させてカメラによる構造物の撮像角度を変更することを特徴としている。

30

【0008】

さらに、撮像システムでは、第1撮像ステップから第2撮像ステップに移行する構造物の任意の高さ位置が構造物の周囲に存在する周辺構造物の高さ位置に基づいて設定されることを特徴としている。

【0009】

この撮像システムによれば、飛行制御部の制御によって、飛行装置が自律的に第1撮像ステップ及び第2撮像ステップを実行することから、構造物の上側から下側、さらには飛行装置がそれ以上は下降することができない、構造物の周囲に存在する周辺構造物の高さ位置に基づいて設定された任意の高さ位置の下側の構造物の画像を、簡便かつ効率的に撮像することができる。

40

【0010】

さらに、撮像システムの第1撮像ステップは、カメラが飛行装置の飛行高度に対応する構造物の高さ位置に対して構造物の下方に向かって位置決めされることを特徴としている。

【0011】

これにより、第1撮像ステップで撮像される撮像画像のフレームの上側となる位置に不要な情報が存在する場合において、このような不要な情報が撮像画像のフレーム内に写り込むことを抑制することができる。

50

## 【0012】

この撮像システムでは、構造物の中心位置からの任意の距離を半径とし、半径と構造物の高さに基づいて、構造物を構造物の全側面を包囲する略円柱形状にモデル化することを特徴としている。

## 【0013】

したがって、構造物が複雑な形状を呈する場合であっても、構造物を簡易な形状で把握できることから、飛行装置による周回飛行の設定を容易に行うことができる。

## 【0014】

この撮像システムでは、第1撮像ステップで飛行装置が構造物の周囲を周回して飛行する飛行軌跡によって把握される空域の面積と第2撮像ステップで飛行装置が構造物の周囲を周回して飛行する飛行軌跡によって把握される空域の面積とが同一となることを特徴としている。

10

## 【0015】

したがって、第1撮像ステップで撮像される撮像画像の画質と第2撮像ステップで撮像される撮像画像の画質とを均一化することができることから、撮像画像の品質が向上する。

## 【0016】

さらに、この撮像システムの飛行制御部は、飛行装置が構造物の上空を複数周回して飛行し、飛行装置が次の周回飛行に移行する際にカメラを構造物の下方に変位させてカメラによる構造物の撮像角度を変更して構造物を撮像する上空撮像ステップを実行することを特徴としている。

20

## 【0017】

しかも、この撮像システムの飛行制御部は、第1撮像ステップを実行する前に上空撮像ステップを実行することを特徴としている。しかしながら、上述した第1撮像ステップ、第2撮像ステップ、上空撮像ステップは、この順番に行うこととしてもよいし、他の順番で行うこととしてもよい。

## 【0018】

この上空撮像ステップによって、構造物の上側から下側に亘って、さらに構造物の周囲に存在する周辺構造物といった構造物の周辺環境も含めて撮像画像として取得することができる。

30

## 【0019】

この撮像システムでは、飛行装置が予め設定された飛行条件に到達した際に飛行装置の周回飛行及び飛行装置によって実行されている構造物の撮像を中断させるとともに周回飛行及び撮像を中断した構造物上の位置を記憶し、飛行条件が解除された際に飛行装置が記憶された構造物上の位置に復帰するとともに復帰した構造物上の位置から周回飛行及び構造物の撮像を開始することを特徴としている。

## 【0020】

上記課題を達成するための、本発明に係る撮像方法は、飛行装置に搭載されたカメラで上下方向に長尺な構造物を撮像する撮像方法において、飛行装置が構造物の上側から下側に向かって下降しながら構造物の周囲を周回して飛行して構造物を予め固定された任意の撮像角度においてカメラで撮像する第1撮像ステップと、第1撮像ステップにおいて飛行装置が構造物の任意の高さ位置に下降した際に高さ位置で飛行装置が構造物の周囲を周回して飛行してカメラを構造物の下方に変位させて第1撮像ステップにおけるカメラの撮像角度を変更して構造物を撮像する第2撮像ステップと、を備えることを特徴としている。

40

## 【発明の効果】

## 【0021】

この発明によれば、構造物の画像を、自律的に飛行する飛行装置を用いて簡便かつ効率的に撮像することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0022】

50

【図 1】本発明の実施の形態に係る撮像システムの構成の概略を説明する図である。

【図 2】同じく、本実施の形態に係る飛行装置のハードウェア構成を説明するブロック図である。

【図 3】同じく、本実施の形態に係る飛行装置のフライトコントローラのソフトウェア構成を説明するブロック図である。

【図 4】同じく、本実施の形態に係る撮像システムのサーバのハードウェア構成を説明するブロック図である。

【図 5】同じく、本実施の形態に係る撮像システムのサーバのソフトウェア構成を説明するブロック図である。

【図 6】同じく、本実施の形態に係る撮像システムのサーバの飛行制御部で実行される処理の概略を説明するブロック図である。

10

【図 7】同じく、本実施の形態に係る撮像システムのサーバの飛行制御部で実行される上空撮像ステップの概略を説明する図である。

【図 8】同じく、本実施の形態に係る撮像システムのサーバの飛行制御部で実行される第 1 撮像ステップの概略を説明する図である。

【図 9】同じく、本実施の形態に係る撮像システムのサーバの飛行制御部で実行される第 2 撮像ステップの概略を説明する図である。

【図 10】同じく、本実施の形態に係る撮像システムのサーバの飛行制御部で実行される第 1 撮像ステップ及び第 2 撮像ステップの概略を説明する図である。

【図 11】同じく、本実施の形態に係る撮像システムを用いて構造物を撮像する手順の概略を説明する図である。

20

【図 12】同じく、本実施の形態に係る撮像システムを用いて構造物を撮像する手順の概略を説明する図である。

【図 13】同じく、本実施の形態に係る撮像システムを用いて構造物を撮像する手順の概略を説明する図である。

【図 14】同じく、本実施の形態に係る撮像システムを用いて構造物を撮像する手順の概略を説明する図である。

【図 15】同じく、本実施の形態に係る撮像システムを用いて構造物を撮像する手順の概略を説明する図である。

【図 16】同じく、本実施の形態に係る撮像システムを用いて構造物を撮像する手順の概略を説明する図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0023】

次に、図 1 ~ 図 16 に基づいて、本発明の実施の形態に係る撮像システムについて説明する。

【0024】

なお、本実施の形態において、撮像システムで撮像される構造物が、上下方向に長尺であって地上に立設された鉄塔、タワー、高層建造物等である場合を例として説明する。

【0025】

図 1 は、本実施の形態に係る撮像システムの構成の概略を説明する図である。図示のように、撮像システム 10 は、飛行装置 20 及び飛行装置 20 と通信ネットワーク 40 を介して相互に通信可能に接続されるサーバ 30 を備える。

40

【0026】

この撮像システム 10 は、飛行装置 20 によって撮像された鉄塔 1 の複数の撮像画像に基づいて鉄塔 1 の三次元モデルを作成するとともに、撮像画像を解析して異常箇所を検出し、検出した異常箇所を三次元モデル上にマッピングするものである。

【0027】

図 2 は、本実施の形態に係る飛行装置 20 のハードウェア構成を説明するブロック図である。図示のように、飛行装置 20 は、送受信部 21、送受信部 21 と接続されるフライトコントローラ 22、フライトコントローラ 22 を介して電力を供給するバッテリー 23、

50

フライトコントローラ 22 によって制御される速度制御部 (Electronic Speed Controller: ESC) 24 及びモータ 25、モータ 25 によって駆動される 4 基のプロペラ 26 を備える。

【0028】

さらに、飛行装置 10 は、機体に固定されて鉄塔 1 の一部または全部を撮影するカメラ 27 を備える。

【0029】

送受信部 21 は、例えば、送受信機 (プロポ) や情報端末、表示装置あるいは他の遠隔の制御器といった複数の外部機器からのデータを送受信するように構成された通信インターフェースであって、本実施の形態では、主にサーバ 30 と通信を行うものである。

10

【0030】

この送受信部 21 は、例えば、ローカルエリアネットワーク (Local Area Network: LAN)、ワイドエリアネットワーク (Wide Area Network: WAN)、赤外線、無線、WiFi、ポイントツーポイント (P2P) ネットワーク、電気通信ネットワーク、クラウド通信等といった複数の通信網を利用することができる。

【0031】

さらに、送受信部 21 は、取得した各種のデータ、フライトコントローラ 22 が生成した処理結果、各種の制御データ、端末または遠隔の制御器からのユーザコマンド等の複数のデータの送受信を実行する。

20

【0032】

フライトコントローラ 22 は、プロセッサ 22A、メモリ 22B、及びセンサ類 22C を主要構成として備える。

【0033】

プロセッサ 22A は、本実施の形態では例えば CPU (Central Processing Unit) で構成され、フライトコントローラ 22 の動作を制御し、各要素間におけるデータの送受信の制御や、プログラムの実行に必要な処理等を行う。

【0034】

メモリ 22B は、DRAM (Dynamic Random Access Memory) 等の揮発性記憶装置で構成される主記憶装置、及びフラッシュメモリや HDD (Hard Disc Drive) 等の不揮発性記憶装置で構成される補助記憶装置を備える。

30

【0035】

このメモリ 22B は、プロセッサ 22A の作業領域として使用される一方、フライトコントローラ 22 が実行可能であるロジック、コード、あるいはプログラム命令といった各種の設定情報等が格納される。

【0036】

さらに、このメモリ 22B に、カメラ 27 やセンサ類 22C 等から取得したデータが直接的に伝達されて記憶されるように構成してもよい。

【0037】

センサ類 22C は、本実施の形態では、GPS 衛星から電波を受信する GPS センサ 22Ca、大気圧を測定する気圧センサ 22Cb、温度を測定する温度センサ 22Cc 及び加速度センサ 22Cd によって構成される。

40

【0038】

カメラ 27 は、ジンバルによって、鉄塔 1 を撮像する撮像方向に応じて撮像角度を変更することが可能であって、本実施の形態では、可視光線を捉えた RGB 画像を撮像する。その一方で、赤外線を捉えたサーマル画像を撮像するようにしてもよいし、RGB 画像とサーマル画像の両方を同時にあるいは順次、撮像するようにしてもよい。

【0039】

図 3 は、本実施の形態に係る飛行装置 20 のフライトコントローラ 22 のソフトウェア

50

構成を説明するブロック図である。図示のように、フライトコントローラ 22 は、指示受信部 22 B a、機体制御部 22 B b、位置姿勢情報取得部 22 B c、撮像処理部 22 B d、撮像情報送信部 22 B e、位置姿勢情報記憶部 22 B f 及び撮像情報記憶部 22 B g を備える。

【0040】

これら指示受信部 22 B a、機体制御部 22 B b、位置姿勢情報取得部 22 B c、撮像処理部 22 B d 及び撮像情報送信部 22 B e は、プロセッサ 22 A がメモリ 22 B に格納されているプログラムを実行することにより実現される。

【0041】

一方、位置姿勢情報記憶部 22 B f 及び撮像情報記憶部 22 B g は、メモリ 22 B の提供する記憶領域として実現される。

10

【0042】

指示受信部 22 B a は、飛行装置 20 の動作を指示する各種のコマンド（以下、「飛行操作コマンド」という。）を受け付ける。本実施の形態では、サーバ 30 から飛行操作コマンドを受信するが、プロボなどの送受信機からの飛行操作コマンドを受信するように構成してもよい。

【0043】

機体制御部 22 B b は、本実施の形態では、指示受信部 22 B a が受信した飛行操作コマンドに応じて飛行装置 20 の動作を制御するものであって、例えば、6 自由度（並進運動  $x$ 、 $y$  および  $z$ 、並びに回転運動  $x$ 、 $y$  および  $z$ ）を有する飛行装置 20 の空間的配置、速度、および/または加速度を調整するために、ESC 24 を経由してモータ 25 を制御する。

20

【0044】

機体制御部 22 B b の制御によりモータ 25 が駆動してプロペラ 26 が回転することで、飛行装置 20 が飛行する揚力が発生する。

【0045】

その一方で、機体制御部 22 B b は、飛行操作コマンドによらないで飛行装置 20 が自律的に飛行するように各種の制御を実行することもできる。

【0046】

位置姿勢情報取得部 22 B c は、飛行装置 20 の現在位置及び姿勢を示す情報（以下、「位置姿勢情報」という。）を取得する。本実施の形態では、位置姿勢情報には、緯度・経度で表される飛行装置 20 の地図上の位置、飛行装置 20 の飛行高度、飛行装置 20 の  $x$ 、 $y$ 、 $z$  軸のそれぞれの傾きが含まれる。

30

【0047】

この位置姿勢情報取得部 22 B c は、GPS センサ 22 C a が GPS 衛星から受信した電波から、飛行装置 20 の地図上の位置を算出する。

【0048】

位置姿勢情報取得部 22 B c は、飛行前に気圧センサ 22 C b により測定した大気圧（以下、「基準気圧」という。）と飛行中に気圧センサ 22 C b により測定した大気圧（以下、「現在気圧」という。）との差分と、飛行中に温度センサ 22 C c により測定した気温とに基づいて、飛行装置 20 の飛行高度を算出する。

40

【0049】

さらに、位置姿勢情報取得部 22 B c は、加速度センサ 22 C d からの出力に基づいて、飛行装置 20 の姿勢を求めるとともに、飛行装置 20 の姿勢からカメラ 27 の光軸（視点軸）を決定する。

【0050】

これら飛行装置 20 の地図上の位置、飛行装置 20 の飛行高度、飛行装置 20 の姿勢（カメラ 27 の光軸の傾き）は、位置姿勢情報記憶部 22 B f に格納される。

【0051】

撮像処理部 22 B d は、カメラ 27 を制御して鉄塔 1 の一部または全部を撮像させ、カ

50

メラ 27 が撮像した撮像画像を取得する。

【0052】

この撮像処理部 22 B d は、本実施の形態では、事前に設定されたタイミングで撮像を行うものであり、例えば、5 秒、30 秒など任意に指定された時間ごとに撮像を行うことが可能である。一方で、サーバ 30 からの指示に基づいて撮像するように構成してもよい。

【0053】

取得した撮像画像は、撮像処理部 22 B d によって、撮像日時、撮像時の飛行装置 20 の地図上の緯度経度（撮像位置）、撮像時の飛行装置 20 の飛行高度（撮像高度）、飛行装置 20 の姿勢（カメラ 27 の光軸の傾き）が関連づけられることによって撮像情報が生成され、この撮像情報が撮像情報記憶部 22 B g に格納される。

10

【0054】

撮像情報送信部 22 B e は、カメラ 27 が撮影した画像をサーバ 30 に送信する。本実施の形態では、撮像日時、撮像位置、撮像高度及び傾きを撮像画像に関連づけた撮像情報をサーバ 30 に送信する。

【0055】

図 4 は、本実施の形態に係るサーバ 30 のハードウェア構成を説明するブロック図である。図示のように、サーバ 30 は、CPU 31、メモリ 32、記憶装置 33、通信装置 34、入力装置 35 及び出力装置 36 を備える。

【0056】

CPU 31 は、サーバ 30 の動作を制御し、サーバ 30 を構成する各要素間におけるデータの送受信の制御や、プログラムの実行に必要な処理等を行う。

20

【0057】

メモリ 32 は、DRAM 等の揮発性記憶装置で構成される主記憶装置、及びフラッシュメモリや HDD 等の不揮発性記憶装置で構成される補助記憶装置を備える。

【0058】

記憶装置 33 は、各種のデータやプログラムを記憶する記憶媒体であって、例えば HDD や SSD (Solid State Drive)、あるいはフラッシュメモリ等によって実装される。

【0059】

通信装置 34 は、通信ネットワーク 40 を介して他の装置と通信を行うものであって、本実施の形態では、飛行装置 20 と通信を行う。この通信装置 34 は、例えばイーサネット（登録商標）に接続するためのアダプタ、公衆電話回線網に接続するためのモデム、無線通信を行うための無線通信機、シリアル通信のための USB コネクタや RS 232C コネクタなどを含んで構成される。

30

【0060】

入力装置 35 は、例えばキーボードやマウス、タッチパネル、ボタン、マイクロフォン等といった、データを入力することが可能なインターフェースであり、出力装置 36 は、例えばディスプレイやプリンタ、スピーカ等といった、データを出力することが可能なデバイスである。

40

【0061】

図 5 は、本実施の形態に係るサーバ 30 のソフトウェア構成を説明するブロック図である。図示のように、サーバ 30 は、飛行制御部 33 A、撮像情報受信部 33 B、三次元モデル作成部 33 C、異常検出部 33 D、三次元モデル表示部 33 E、撮像画像表示部 33 F、撮像情報記憶部 33 G、三次元モデル記憶部 33 H 及び異常情報記憶部 33 I を備える。

【0062】

これら飛行制御部 33 A、撮像情報受信部 33 B、三次元モデル作成部 33 C、異常検出部 33 D、三次元モデル表示部 33 E 及び撮像画像表示部 33 F は、サーバ 30 が備える CPU 31 が記憶装置 33 に記憶されているプログラムをメモリ 32 に読み出して実行

50

することにより実現される。

【0063】

一方、撮像情報記憶部33G、三次元モデル記憶部33H及び異常情報記憶部33Iは、サーバ30の備える記憶装置33が提供する記憶領域の一部として実現される。

【0064】

飛行制御部33Aは、飛行装置20の飛行を制御するモジュールであって、本実施の形態では、予め設定された飛行装置20の自律的な飛行に関するプログラム(データ)に基づいて、飛行装置20を自律的に飛行させる。この飛行制御部33Aにおける処理の概略については、後述する。

【0065】

撮像情報受信部33Bは、飛行装置20から送信される撮像情報を受信して、受信した撮像情報を撮像情報記憶部33Gに格納する。

【0066】

三次元モデル作成部33Cは、複数の撮像画像から三次元の構造体を表現する三次元モデルを作成するものであって、本実施の形態では、三次元モデルの世界座標系は、緯度、経度および高度で表現され、撮像情報に含まれる撮像位置、撮像高度および光軸の傾きにより、カメラ27の世界座標系における位置及び視点方向を示すことができる。

【0067】

この三次元モデル作成部33Cでは、撮像情報に含まれている画像データから特徴点を抽出し、撮像情報に含まれる撮像位置、撮像高度及び傾きに基づいて複数の画像データから抽出された特徴点の対応づけを行い、ポイントクラウドとも称される世界座標系における三次元点群を取得する。

【0068】

このように作成された三次元モデル(本実施の形態では三次元点群)は、三次元モデル記憶部33Hに記憶される。

【0069】

異常検出部33Dは、飛行装置20で撮像した撮像画像を解析して、鉄塔1の異常を検出する。

【0070】

具体的には、ニューラルネットワーク等の機械学習により生成された学習済みモデルを用いて、飛行装置20で撮像した撮像画像に基づいて異常を判定したり、鉄塔1の正常時の画像と撮像画像とを対比して異常を判定したりといった手法を用いて、鉄塔1の異常を検出する。

【0071】

この異常検出部33Dは、検出した撮像画像上の異常箇所について、世界座標系の位置を特定する。

【0072】

例えば、三次元点群に含まれる点のそれぞれについて、撮像情報に含まれている撮像位置および撮像高度に設置したカメラから、撮像情報に含まれている傾きが示す方向に撮像した場合の画像上の位置を特定し、特定した画像上の位置が、異常箇所として検出した領域に含まれているか否かにより、この位置が異常箇所を構成するか否かを判定し、異常箇所を構成する点の座標を異常箇所の位置として特定する。

【0073】

このように検出した異常に関する情報(以下、「異常情報」という。)は、異常情報記憶部33Iに記憶される。

【0074】

三次元モデル表示部33Eは、三次元モデル作成部33Cが作成した三次元モデルを平面に投影した画像(以下、「三次元投影画像」という。)を表示するものであり、この三次元投影画像を点群(点群データ)を用いて表示するようにしてもよいし、撮像画像を三次元モデルにマッピングしてもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 5 】

撮像画像表示部 3 3 F は、例えば、撮像画像をサーバ 3 0 に接続されたディスプレイに表示する。

## 【 0 0 7 6 】

図 6 は、本実施の形態に係る飛行制御部 3 3 A で実行される処理の概略を説明するブロック図である。図示のように、飛行制御部 3 3 A は、予め設定された飛行プログラムに基づいて、上空撮像ステップ S 1、第 1 撮像ステップ S 2、第 2 撮像ステップ S 3 及び飛行条件処理ステップ S 4 を実行する。

## 【 0 0 7 7 】

図 7 は、上空撮像ステップ S 1 の概略を説明する図である。図示のように、上空撮像ステップ S 1 では、予め設定された飛行プログラムに基づいて、地表 E からの高さ位置を一定に保持しながら、飛行装置 2 0 が鉄塔 1 の上空を複数周回して飛行し、このときにカメラ 2 7 で鉄塔 1 を撮像する。

10

## 【 0 0 7 8 】

本実施の形態では、飛行装置 2 0 は、例えば、飛行軌跡 f 1 で示す第 1 回目の周回飛行乃至飛行軌跡 f 3 で示す第 3 回目の周回飛行を実行するように設定され、複数周回の周回飛行を行う際にカメラ 2 7 の撮像角度をジンバルで変更しながら鉄塔 1 を撮像するように設定される。

## 【 0 0 7 9 】

この上空撮像ステップ S 1 では、飛行装置 2 0 は、飛行軌跡 f 1 で示す第 1 回目の周回飛行を行い、第 1 回目の周回飛行の後、第 1 回目の周回飛行に対して周回する半径を広げて周回飛行する飛行軌跡 f 2 で示す第 2 回目の周回飛行に移行し、第 2 回目の周回飛行の後、第 2 回目の周回飛行に対して周回飛行する半径を広げて周回飛行する飛行軌跡 f 3 で示す第 3 回目の周回飛行に移行するように設定される（周回飛行の設定 S 1 a）。

20

## 【 0 0 8 0 】

周回飛行の設定と併せて、第 1 回目の周回飛行の際に飛行装置 2 0 のカメラ 2 7 で鉄塔 1 の上側を撮像することが可能となる位置にカメラ 2 7 がジンバルで位置決めされ、第 2 回目の周回飛行の際に飛行装置 2 0 のカメラ 2 7 を鉄塔 1 の下方にジンバルで変位させてカメラ 2 7 による鉄塔 1 の撮像角度を変更して、鉄塔 1 の中腹部分を撮像する位置に位置決めされ、かつ第 3 回目の周回飛行の際に飛行装置 2 0 のカメラ 2 7 を鉄塔 1 の更に下方にジンバルで変位させてカメラ 2 7 による鉄塔 1 の撮像角度を変更して、鉄塔 1 の下側を撮像する位置に位置決めされるように設定される（撮像角度の設定 S 1 b）。

30

## 【 0 0 8 1 】

この撮像角度の設定において、カメラ 2 7 による鉄塔 1 の撮像角度の変更が設定される場合は、撮像領域の少なくとも一部が鉄塔 1 の上下方向において重なるように連続させて撮像できる撮像角度に設定される。

## 【 0 0 8 2 】

一方、飛行装置 2 0 が鉄塔 1 の上空を周回して飛行しながらカメラ 2 7 で鉄塔 1 を撮像する際の撮像間隔は、撮像領域の少なくとも一部が周回方向において重なるように連続させて撮像できる間隔に設定される（撮像間隔の設定 S 1 c）。

40

## 【 0 0 8 3 】

この上空撮像ステップ S 1 では、鉄塔 1 の上側から下側に亘って、さらに鉄塔 1 の周囲に存在する周辺構造物である樹木 2 や家屋 3 といった鉄塔 1 の周辺環境が撮像画像として取得される。

## 【 0 0 8 4 】

図 8 は、第 1 撮像ステップ S 2 の概略を説明する図である。この第 1 撮像ステップ S 2 は、上空撮像ステップ S 1 に続いて実行され、図示のように、予め設定された飛行プログラムに基づいて、飛行装置 2 0 が鉄塔 1 の上側から下側に向かって下降下限位置 L まで下降しながら鉄塔 1 の周囲を周回して飛行し、このときにカメラ 2 7 で鉄塔 1 を撮像する。

## 【 0 0 8 5 】

50

本実施の形態では、飛行装置 20 は、例えば、鉄塔 1 の上側から下側に向かって下降下限位置 L まで下降する間に、飛行軌跡 f 4 で示す周回飛行乃至飛行軌跡 f 10 で示す周回飛行を実行するように設定され、周回飛行を行う際に任意の撮像角度にジンバルで固定されたカメラ 27 で鉄塔 1 を撮像する。

【0086】

第 1 撮像ステップ S 2 の実行に際しては、下降下限位置 L は、鉄塔 2 の周囲に存在する周辺構造物である樹木 2 や家屋 3 のうち最も高い高さ位置を有する周辺構造物の高さ位置に、任意の距離 d 1 が高さ方向に付加されて設定される（下降下限位置の設定 S 2 a）。

【0087】

本実施の形態では、説明の便宜上、樹木 2 と家屋 3 との高さ位置が同程度の高さ位置である場合を想定する。

【0088】

第 1 撮像ステップ S 2 における、飛行装置 20 による飛行軌跡 f 4 で示す周回飛行と飛行軌跡 f 5 で示す周回飛行との鉄塔 1 の上下方向の間隔、及び飛行軌跡 f 5 で示す周回飛行乃至飛行軌跡 f 10 で示す周回飛行までの間で次の周回飛行に移行する際の鉄塔 1 における上下方向の間隔は、飛行装置 20 が鉄塔 1 の上側から下側に向かって下降しながら鉄塔 1 の周囲を周回飛行して撮像領域の少なくとも一部が上下方向において重なるように連続させて撮像できる間隔に設定される（周回飛行の設定 S 2 b）。

【0089】

第 1 撮像ステップ S 2 では、カメラ 27 は、例えば飛行装置 20 が飛行軌跡 f 4 で示す周回飛行を行っている場合の飛行高度に対応する鉄塔 1 の高さ位置に対して鉄塔 1 の下方に向かって位置決めされており、この状態においてジンバルで固定されるように設定される（撮像角度の設定 S 2 c）。

【0090】

撮像角度は、撮像画像の中心と撮像画像の上端とがなす角度であって、本実施の形態では状況に応じて算出される最適な角度に設定される。これにより、第 1 撮像ステップ S 2 で撮像される撮像画像のフレームの上側に、例えば鉄塔 1 の上空に浮遊する雲といった三次元モデルを作成する際に不要な情報が存在する場合において、このような不要な情報が撮像画像のフレーム内に写り込むことを抑制することができる。

【0091】

一方、飛行装置 20 が鉄塔 1 の周囲を周回して飛行しながらカメラ 27 で鉄塔 1 を撮像する際の撮像間隔は、撮像領域の少なくとも一部が周回方向において重なるように連続させて撮像できる間隔に設定される（撮像間隔の設定 S 2 d）。

【0092】

図 9 は、第 2 撮像ステップ S 3 の概略を説明する図である。この第 2 撮像ステップ S 3 は、第 1 撮像ステップ S 1 において飛行装置 20 が下降下限位置 L まで下降した際に実行される。

【0093】

図示のように、第 2 撮像ステップ S 3 では、予め設定された飛行プログラムに基づいて、飛行装置 20 が下降下限位置 L で鉄塔 1 の周囲を複数周回して飛行し、このときにカメラ 27 で鉄塔 1 を撮像する。

【0094】

この第 2 撮像ステップ S 3 では、飛行装置 20 は、例えば、下降下限位置 L において、飛行軌跡 f 11 で示す周回飛行乃至飛行軌跡 f 14 で示す周回飛行を実行するように設定される。（周回飛行の設定 S 3 a）。

【0095】

一方、飛行軌跡 f 11 で示す周回飛行から飛行軌跡 f 12 で示す周回飛行に移行する際、及び飛行軌跡 f 12 で示す周回飛行乃至飛行軌跡 f 14 で示す周回飛行までの間で次の周回飛行に移行する際に、カメラ 27 の撮像角度をジンバルで変更しながら鉄塔 1 を撮像するように設定される（撮像角度の設定 S 3 b）。

10

20

30

40

50

## 【0096】

具体的には、飛行装置20が飛行軌跡f11で示す周回飛行を行う際に、飛行装置20のカメラ27を、第1撮像ステップS2において位置決めされた位置から下方にジンバルで変位させて、カメラ27による鉄塔1の撮像角度を変更して、撮像方向a1となる位置に位置決めされるように設定されている。

## 【0097】

続いて、飛行装置20が飛行軌跡f12で示す周回飛行を行う際に、飛行装置20のカメラ27を、撮像方向a1から更に下方にジンバルで変位させて、カメラ27による鉄塔1の撮像角度を変更して、撮像方向a2となる位置に位置決めされるように設定されている。

10

## 【0098】

続いて、飛行装置20が飛行軌跡f13で示す周回飛行を行う際に、飛行装置20のカメラ27を、撮像方向a2から更に下方にジンバルで変位させて、カメラ27による鉄塔1の撮像角度を変更して、撮像方向a3となる位置に位置決めされるように設定されている。

## 【0099】

さらに続いて、飛行装置20が飛行軌跡f12で示す周回飛行を行う際に、飛行装置20のカメラ27を、撮像方向a3から更に下方にジンバルで変位させて、カメラ27による鉄塔1の撮像角度を変更して、撮像方向a4となる位置に位置決めされるように設定されている。

20

## 【0100】

この撮像角度の設定において、カメラ27による鉄塔1の撮像角度が撮像方向a1～a4と変更されるように設定される場合は、撮像領域の少なくとも一部が鉄塔1の上下方向において重なるように連続させて撮像できる撮像角度に設定される。

## 【0101】

一方、飛行装置20が鉄塔1の周囲を周回して飛行しながらカメラ27で鉄塔1を撮像する際の撮像間隔は、撮像領域の少なくとも一部が周回方向において重なるように連続させて撮像できる間隔に設定される(撮像間隔の設定S3c)。

## 【0102】

図10は、第1撮像ステップS2及び第2撮像ステップS3の概略を説明する図である。図示のように、第1撮像ステップS2で飛行装置20が鉄塔1の周囲を周回して飛行する飛行軌跡f4～f10で把握される空域の面積s1と、第2撮像ステップS3で飛行装置20が鉄塔1の周囲を周回して飛行する飛行軌跡f11～f14で把握される空域の面積s2とは、本実施の形態では同一となる。

30

## 【0103】

したがって、第1撮像ステップS2で撮像される撮像画像の画質と第2撮像ステップS3で撮像される撮像画像の画質とを均一化することができることから、撮像画像の品質が向上する。

## 【0104】

飛行条件処理ステップS4では、飛行装置20が予め設定された飛行条件に到達した際に、到達した時点において飛行装置20が実行しているいずれかのステップ(上空撮像ステップS1、第1撮像ステップS2、第2撮像ステップS3)が中断され、いずれかのステップが中断された鉄塔1上の位置が飛行装置20のサーバ30のメモリ(図示せず)に記憶される。

40

## 【0105】

この飛行条件処理ステップS4の実行に際しては、本実施の形態では、例えば「飛行装置20のバッテリー23の残量が20%に到達したとき」、あるいは「飛行装置20の飛行時間が20分を超えたとき」等が飛行条件として設定される(飛行条件の設定S4a)。

## 【0106】

次に、図11～図16に基づいて、本実施の形態に係る撮像システム10を用いて鉄塔

50

1 を撮像する手順について説明する。

【 0 1 0 7 】

図 1 1 で示すように、まず、撮像の対象となる鉄塔 1 が立設されている地表 E が、その上空を飛行装置 2 0 が飛行することが許容されている飛行可能敷地 E 1 であるかを確認し、飛行可能敷地 E 1 である場合には、鉄塔 1 の周囲に周辺構造物が存在するか否かを確認する。

【 0 1 0 8 】

図示のように、鉄塔 1 の周囲に周辺構造物である樹木 2 や家屋 3 等が存在する場合には、飛行装置 2 0 を操作して、周辺構造物の高さ位置に飛行装置 2 0 が位置するように飛行装置 2 0 の飛行高度を調整し、操作画面等に表示される飛行装置 2 0 の飛行高度に基づいて、周辺構造物の高さ位置を取得する。

10

【 0 1 0 9 】

同様に、鉄塔 1 の高さ位置に飛行装置 2 0 が位置するように飛行装置 2 0 の飛行高度を調整し、操作画面等に表示される飛行装置 2 0 の飛行高度に基づいて、鉄塔 1 の高さ位置を取得する。この際、予め鉄塔 1 の高さが判明している場合には当該高さを利用することができるが、当該高さが不明な場合には本実施の形態のように飛行装置 2 0 を利用することとすればよい。

【 0 1 1 0 】

取得された周辺構造物の高さ位置及び鉄塔 1 の高さ位置は、本実施の形態ではサーバ 3 0 に入力される。

20

【 0 1 1 1 】

続いて、図 1 1 で示すように、鉄塔 1 の中心位置 O から測定される鉄塔 1 の角部までの距離を取得し、この取得した距離が半径  $r$  としてサーバ 3 0 に入力される。

【 0 1 1 2 】

周辺構造物の高さ位置がサーバ 3 0 に入力されると、図 1 2 で示すように、飛行可能敷地 E 1 の上空に設定される、飛行装置 2 0 が飛行可能な飛行可能空域 A において、周辺構造物の高さ位置に任意の距離  $d_1$  が高さ方向に付加された、第 1 撮像ステップ S 2 における下降下限位置 L が設定される（下降下限位置の設定 S 2 a）。

【 0 1 1 3 】

一方、鉄塔 1 の高さ位置及び半径  $r$  がサーバ 3 0 に入力されると、鉄塔 1 が、鉄塔 1 の全側面を包囲する略円柱形状にモデル化されて、鉄塔モデル M が生成される。

30

【 0 1 1 4 】

これにより、複数の腕金等といった構成部材を有して複雑な形状を呈する鉄塔 1 を簡易な形状で把握できることから、飛行装置 2 0 による周回飛行の設定を容易に行うことができる。

【 0 1 1 5 】

続いて、図 1 3 で示すように、飛行装置 2 0 を鉄塔 1 の中心位置 O に配置し、飛行装置 2 0 が配置された位置を GPS センサ 2 2 C a が GPS 座標として取得し、取得した GPS 座標がサーバ 3 0 に入力される。

【 0 1 1 6 】

サーバ 3 0 に入力された GPS 座標は、鉄塔 1 の中心位置 O を示す座標として把握され、飛行装置 2 0 が鉄塔 1 の上空や周囲を自律的に飛行する際の飛行が制御される。

40

【 0 1 1 7 】

なお、飛行装置 2 0 を鉄塔 1 の中心位置 O に配置できないような場合は、平面方向における鉄塔 1 の対角線上の位置に飛行装置 2 0 を配置してその位置の GPS 座標を取得し、GPS 座標を結ぶ対角線の中心位置を鉄塔 1 の中心位置 O として把握することも可能である。

【 0 1 1 8 】

その後、上空撮像ステップ S 1 の設定がなされる。上空撮像ステップ S 1 の設定では、周回飛行の設定 S 1 a、撮像角度の設定 S 1 b、及び撮像間隔の設定 S 1 c がなされる。

50

## 【 0 1 1 9 】

本実施の形態では、周回飛行の設定 S 1 a において、第 3 回目の周回飛行の際の飛行軌跡 f 3 の半径が鉄塔 1 の高さとなるように設定され、飛行装置 2 0 が鉄塔 1 の上空を飛行する地表 E からの高さ位置（飛行高度）が、鉄塔 1 の高さの 1.5 倍の高さと鉄塔の高さに安全な飛行高度を確保できる所望の高さを付加した高さとを比較したときの高いほうの高さが飛行高度となるように設定される。

## 【 0 1 2 0 】

なお、本実施の形態では、周回飛行の設定 S 1 a において、3 回の周回飛行を行うように設定されるが、周回飛行の回数は適宜に設定可能であり、さらに、周回飛行の飛行軌跡の半径を広げることなく、複数周回の周回飛行が全て同一の半径の飛行軌跡となるように設定することも可能である。

10

## 【 0 1 2 1 】

次に、第 1 撮像ステップ S 2 の設定がなされる。第 1 撮像ステップ S 2 の設定では、周回飛行の設定 S 2 b、撮像角度の設定 S 2 c、及び撮像間隔の設定 S 2 d がなされる。

## 【 0 1 2 2 】

なお、下降下限位置の設定 S 2 a は、周辺構造物の高さ位置がサーバ 3 0 に入力されることによって実行されることから、第 1 撮像ステップ S 2 の設定において設定する手順が省略される。

## 【 0 1 2 3 】

本実施の形態では、周回飛行の設定 S 2 b において、図 14 で示すように、鉄塔モデル M の半径  $M_r$  に、周回飛行の際に鉄塔 1 との間で安全な飛行距離を確保できる所望の距離  $d_2$  を付加した飛行半径  $f_r$  で、飛行装置 2 0 が飛行軌跡 f 4 で示す周回飛行乃至飛行軌跡 f 1 0 で示す周回飛行を実行するように設定される。

20

## 【 0 1 2 4 】

なお、本実施の形態では、周回飛行の設定 S 2 b において、飛行装置 2 0 が 7 回の周回飛行を行うように設定されるが、周回飛行の回数は適宜に設定可能である。

## 【 0 1 2 5 】

次に、第 2 撮像ステップ S 3 の設定がなされる。第 2 撮像ステップ S 3 の設定では、周回飛行の設定 S 3 a、撮像角度の設定 S 3 b、及び撮像間隔の設定 S 3 c がなされる。

## 【 0 1 2 6 】

本実施の形態では、周回飛行の設定 S 3 a において、第 1 撮像ステップ S 2 の周回飛行の設定 S 2 b で設定された飛行半径  $f_r$  と同じ飛行半径  $f_r$  で、飛行装置 2 0 が飛行軌跡 f 1 1 で示す周回飛行乃至飛行軌跡 f 1 4 で示す周回飛行を実行するように設定される。

30

## 【 0 1 2 7 】

なお、本実施の形態では、周回飛行の設定 S 3 a において、飛行装置 2 0 が 4 回の周回飛行を行うように設定されるが、周回飛行の回数は適宜に設定可能である。

## 【 0 1 2 8 】

次に、飛行条件処理ステップ S 4 の設定がなされる。飛行条件処理ステップ S 4 の設定では、飛行条件の設定 S 4 a の設定がなされ、本実施の形態では、「飛行装置 2 0 のバッテリー 2 3 の残量が 2 0 % に到達したとき」が飛行条件として設定される。

40

## 【 0 1 2 9 】

これら上記の各設定がなされることで、飛行プログラムの設定が完了し、設定された飛行プログラムに基づいて、飛行制御部 3 3 A によって、上空撮像ステップ S 1、第 1 撮像ステップ S 2、第 2 撮像ステップ S 3、場合によっては飛行条件処理ステップ S 4 が実行される。

## 【 0 1 3 0 】

図 1 5 で示すように、上空撮像ステップ S 1 の実行によって、飛行装置 2 0 が飛行軌跡 f 1 で示す周回飛行をし、鉄塔 1 の上側を撮像することが可能となる位置にジンバルで位置決めされたカメラ 2 7 で鉄塔 1 の上側を撮像し、飛行軌跡 f 2 で示す周回飛行及び飛行軌跡 f 3 で示す周回飛行に移行するに従って、カメラ 2 7 による鉄塔 1 の撮像角度を変更

50

して鉄塔 1 の中腹部分及び下側を撮像する。

【 0 1 3 1 】

これにより、鉄塔 1 の上側から下側に亘って、さらに鉄塔 1 の周囲に存在する周辺構造物である樹木 2 や家屋 3 といった鉄塔 1 の周辺環境も含めて撮像画像として取得されることから、鉄塔 1 の実際の環境に近い三次元モデルを作成することができる。

【 0 1 3 2 】

上空撮像ステップ S 1 の完了後、第 1 撮像ステップ S 2 に移行する。第 1 撮像ステップ S 2 の実行によって、下降下限位置 L まで下降する間に、鉄塔 1 の上側から下側に向かって飛行装置 2 0 が飛行軌跡 f 4 で示す周回飛行乃至飛行軌跡 f 1 0 で示す周回飛行をし、周回飛行を行う際に、撮像角度の設定 S 2 c で設定されたカメラ 2 7 の撮像角度で鉄塔 1

10

【 0 1 3 3 】

ここで、本実施の形態では、飛行装置 2 0 が飛行軌跡 f 7 で示す周回飛行をしている際に、飛行条件の設定 S 4 a の設定で設定された飛行条件に到達（「飛行装置 2 0 のバッテリー 2 3 の残量が 2 0 % に到達したとき」）したことから、飛行条件処理ステップ S 4 によって、飛行装置 2 0 によって実行されている第 1 撮像ステップ S 2 が飛行軌跡 f 7 で示す周回飛行において中断され、鉄塔 1 の撮像も中断される。

【 0 1 3 4 】

このとき、飛行軌跡 f 7 で示す周回飛行及び鉄塔 1 の撮像を中断した鉄塔 1 上の位置を GPS センサ 2 2 C a が GPS 座標として取得し、取得した GPS 座標がサーバ 3 0 のメモリ（図示せず）に記憶される。

20

【 0 1 3 5 】

その後、飛行装置 2 0 は予め設定された飛行装置 2 0 の帰還位置に帰還し、充電が完了しているバッテリー 2 3 と交換されると、飛行条件が解除される。

【 0 1 3 6 】

飛行条件が解除されると、飛行装置 2 0 は、サーバ 3 0 のメモリに記憶された GPS 座標に基づいて、飛行軌跡 f 7 で示す周回飛行及び鉄塔 1 の撮像を中断した鉄塔 1 上の位置に復帰し、図 1 6 で示すように、復帰した鉄塔 1 上の位置から飛行軌跡 f 8 で示す周回飛行乃至飛行軌跡 f 1 0 で示す周回飛行をし、復帰した鉄塔 1 上の位置から、撮像角度の設定 S 2 c で設定されたカメラ 2 7 の撮像角度で鉄塔 1 の撮像を再開する。

30

【 0 1 3 7 】

飛行装置 2 0 が下降下限位置 L まで下降し、第 1 撮像ステップ S 2 が完了すると、第 2 撮像ステップ S 3 に移行する。第 2 撮像ステップ S 3 では、飛行装置 2 0 が下降下限位置 L において、飛行装置 2 0 が飛行軌跡 f 1 1 で示す周回飛行乃至飛行軌跡 f 1 4 で示す周回飛行をし、飛行軌跡 f 1 1 で示す周回飛行乃至飛行軌跡 f 1 4 で示す周回飛行に移行するに従って、カメラ 2 7 による鉄塔 1 の撮像角度を変更して、撮像方向 a 1 ~ a 4 となる位置から鉄塔 1 を撮像する。

【 0 1 3 8 】

この第 2 撮像ステップ S 3 によって、飛行装置 2 0 がそれ以上は下降することができない下降下限位置 L よりも下側の鉄塔 1 を撮像して、撮像画像を取得することができる。

40

【 0 1 3 9 】

この第 2 撮像ステップ S 3 における飛行装置 2 0 の飛行軌跡 f 1 1 で示す周回飛行乃至飛行軌跡 f 1 4 で示す周回飛行と、第 1 撮像ステップ S 2 における飛行装置 2 0 の飛行軌跡 f 1 0 で示す周回飛行とは、本実施の形態では同じ高さ位置である下降下限位置 L において実行される。

【 0 1 4 0 】

このように、撮像システム 1 0 のサーバ 3 0 の飛行制御部 3 3 A の制御によって、飛行装置 2 0 が自律的に第 1 撮像ステップ S 2 及び第 2 撮像ステップ S 3 を実行することから、鉄塔 1 の上側から下側、さらには飛行装置 2 0 がそれ以上は下降することができない、鉄塔 1 の周囲の樹木 2 や家屋 3 の高さ位置に基づいて設定された下降下限位置 L の下側の

50

鉄塔 1 の画像を、簡便かつ効率的に撮像することができる。

【 0 1 4 1 】

特に、飛行制御部 3 3 A によって、上空撮像ステップ S 1、第 1 撮像ステップ S 2 及び第 2 撮像ステップ S 3 が連続して実行されることによって、鉄塔 1 の周囲に存在する樹木 2 や家屋 3 といった周辺構造物を含めて、鉄塔 1 の全方位を精密に撮像することができる。

【 0 1 4 2 】

なお、本発明は上記実施の形態に限定されることはなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。上記実施の形態では、構造物が鉄塔 1 である場合を説明したが、上下方向に長尺な構造物であれば、例えば高層マンション、煙突、アンテナ塔、灯台、風車、樹木、さらには観音像等でも撮像することが可能である。

10

【符号の説明】

【 0 1 4 3 】

- 1 鉄塔（構造物）
- 2 樹木（周辺構造物）
- 3 家屋（周辺構造物）
- 1 0 撮像システム
- 2 0 飛行装置
- 2 2 フライトコントローラ
- 2 2 B メモリ
- 2 2 C a G P S センサ
- 3 0 サーバ
- 3 3 A 飛行制御部
- f 1 ~ f 1 4 飛行軌跡
- L 下降下限位置
- M 鉄塔モデル
- O 中心位置
- r 半径
- S 1 上空撮像ステップ
- S 2 第 1 撮像ステップ
- S 3 第 2 撮像ステップ
- S 4 飛行条件処理ステップ

20

【要約】（修正有）

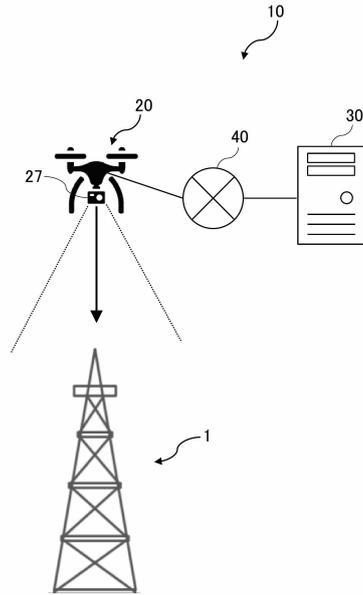
【課題】簡便かつ効率的に対象物を撮像することができる撮像システム及び撮像方法を提供する。

【解決手段】飛行装置に搭載されたカメラで上下方向に長尺な構造物を撮像する撮像システムにおいて、飛行制御部は、飛行装置が自律的に構造物の上側から下側に向かって下降しながら構造物の周囲を周回して飛行して構造物を予め固定された任意の撮像角度においてカメラで撮像する第 1 撮像ステップ S 2 と、第 1 撮像ステップにおいて飛行装置が構造物の任意の高さ位置に下降した際に高さ位置で飛行装置が構造物の周囲を自律的に周回して飛行してカメラを構造物の下方に変位させて第 1 撮像ステップにおけるカメラの撮像角度を変更して構造物を撮像する第 2 撮像ステップ S 3 と、を実行する。

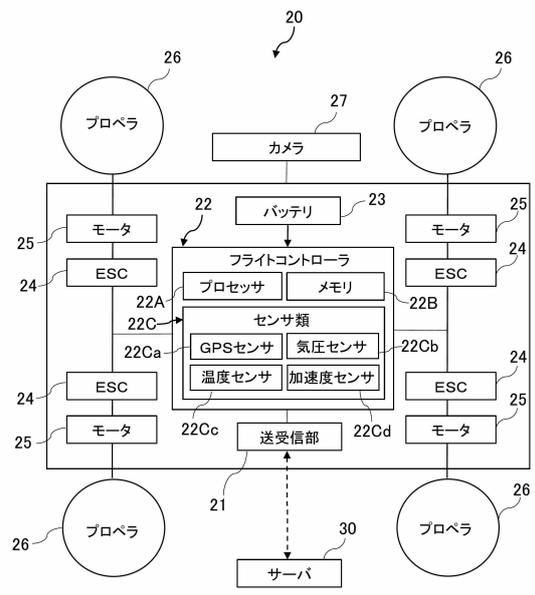
40

【選択図】図 6

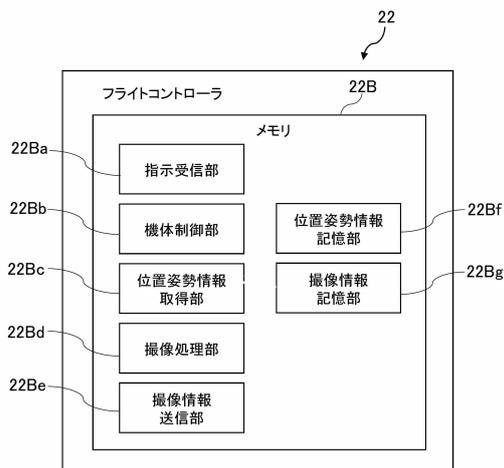
【図1】



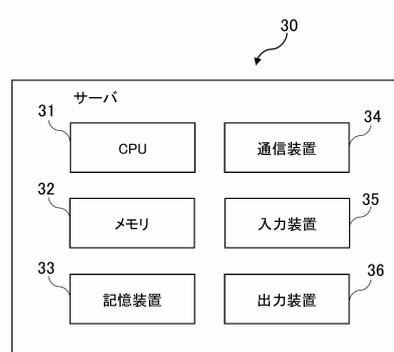
【図2】



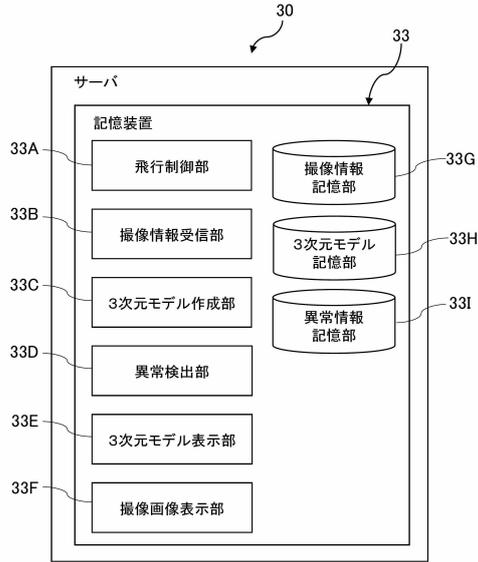
【図3】



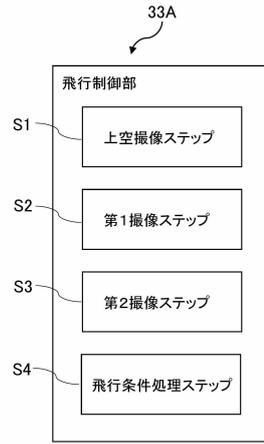
【図4】



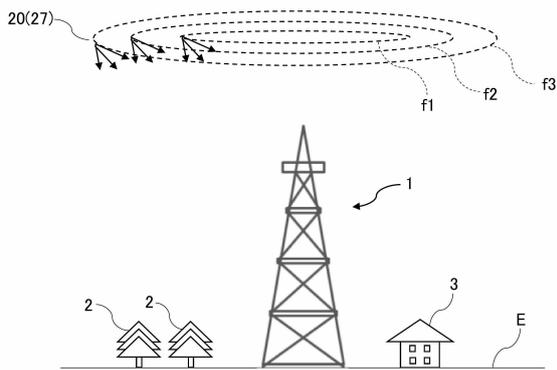
【図5】



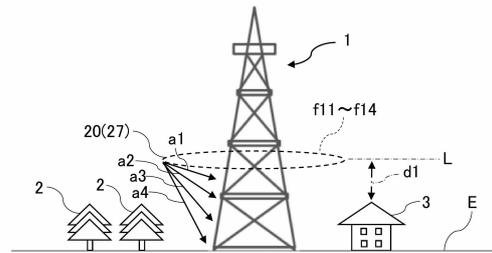
【図6】



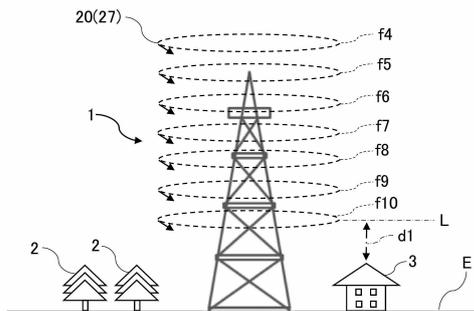
【図7】



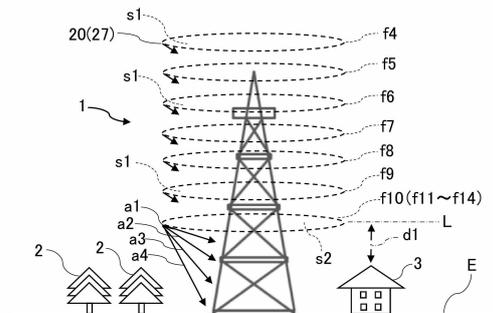
【図9】



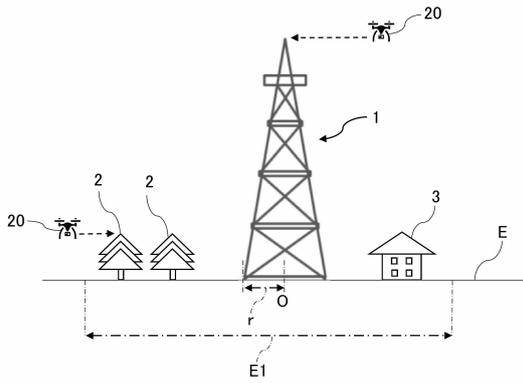
【図8】



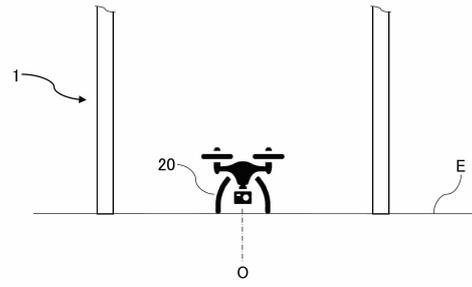
【図10】



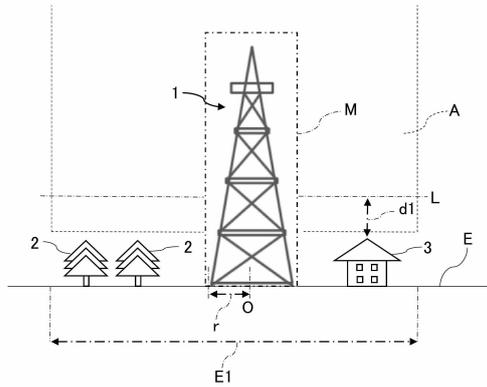
【図 1 1】



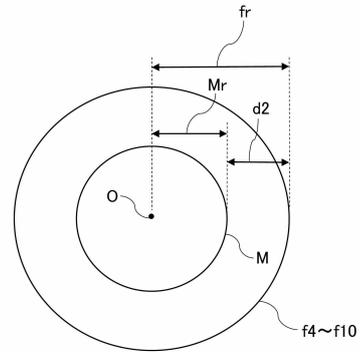
【図 1 3】



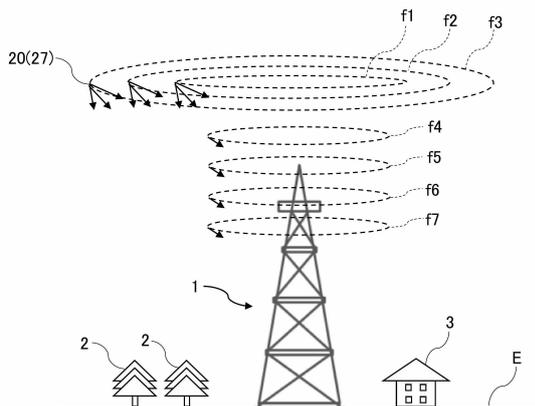
【図 1 2】



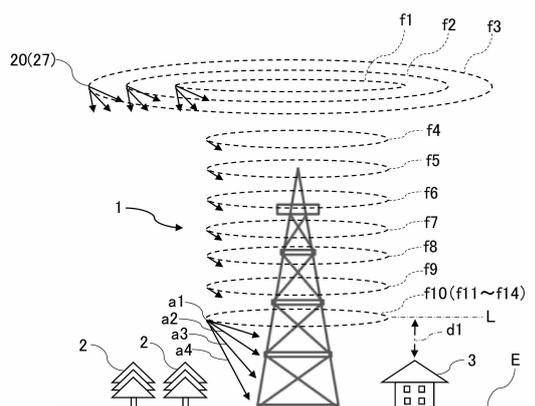
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2018/073879(WO, A1)  
特開2014-186567(JP, A)  
特開2008-186145(JP, A)  
特開2015-106840(JP, A)  
特開2017-138162(JP, A)  
米国特許出願公開第2016/0253808(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/222 - 5/257  
H04N 7/18  
B64C 39/02  
G06T 1/00, 315  
G06T 19/00  
G03B 15/00