

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6367522号  
(P6367522)

(45) 発行日 平成30年8月1日(2018.8.1)

(24) 登録日 平成30年7月13日(2018.7.13)

(51) Int. Cl. F I  
 GO 1 C 11/00 (2006.01) GO 1 C 11/00  
 GO 1 C 15/00 (2006.01) GO 1 C 15/00 1 O 3 A  
 GO 1 C 15/00 1 O 4 Z

請求項の数 3 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-38901 (P2013-38901)                  (22) 出願日 平成25年2月28日 (2013.2.28)                  (65) 公開番号 特開2014-167413 (P2014-167413A)                  (43) 公開日 平成26年9月11日 (2014.9.11)                  審査請求日 平成28年2月22日 (2016.2.22)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000220343                  株式会社トプコン                  東京都板橋区蓮沼町75番1号                  (74) 代理人 100083563                  弁理士 三好 祥二                  (72) 発明者 大友 文夫                  埼玉県朝霞市朝志ヶ丘4丁目2番地26号                  株式会社OTリサーチ内                  (72) 発明者 大谷 仁志                  東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社                  トプコン内                  (72) 発明者 大佛 一毅                  東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社                  トプコン内</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 航空写真システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

遠隔操縦可能な飛行体と、該飛行体にジンバルを介して任意の方向に傾斜自在に支持され、第1の所定時間間隔で撮影するカメラと、該カメラと一体に傾斜し、該カメラと既知の関係に設けられ、測定対象としての再帰反射体と、該再帰反射体を追尾し、該再帰反射体の位置を第2の所定時間間隔で測定するトータルステーションと、演算装置、記憶部、基地通信部を有する地上基地とを具備し、  
 又前記飛行体が飛行体通信部を具備し、該飛行体通信部と前記基地通信部との間で無線通信可能とし、

前記地上基地には前記トータルステーションから測定結果、測定タイミングが送信され、前記飛行体通信部は前記カメラで撮影した画像データと、該画像データを取得するシャッタタイミングを前記基地通信部に送信し、

前記演算装置は、クロック信号発生部を有し、受信した前記画像データ、前記測定結果をそれぞれ前記シャッタタイミング、前記測定タイミングに基づきクロック信号に関連付け、クロック信号に基づき時系列のデータとして前記記憶部に保存し、

前記演算装置は、前記記憶部に保存された前記画像データの前記シャッタタイミングに基づき該シャッタタイミングに対し時間的に前後する前記測定結果を選択し、該前後する測定結果、測定タイミング及び前記シャッタタイミングに基づき前記画像データの取得位置を特定することを特徴とする航空写真システム。

【請求項2】

前記再帰反射体は錐形状を有するプリズムであり、該再帰反射体は下方に向けて設けられ、該再帰反射体下方の全範囲から入射される光を再帰反射する光学特性を有する請求項1に記載の航空写真システム。

【請求項3】

前記飛行体は方位センサを具備し、前記再帰反射体と前記カメラとの既知の関係と、前記方位センサで検出された前記飛行体の向きとに基づき、前記再帰反射体の測定結果をカメラの位置に補正する様構成した請求項1に記載の航空写真システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は小型飛行体に写真測量用カメラが設けられた航空写真システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、UAV(Unmanned Air Vehicle:無人飛行体)の進歩に伴い、UAVに写真測量用カメラを搭載し、UAVを用いた写真測量が発展している。

【0003】

通常、UAVは、推進方向に機体を傾けて飛行するが、UAVの機体の傾きは推進速度や風の影響を受け易く、傾きの安定性が悪い。一方、航空写真測量は鉛直下方の画像を高精細に撮影する必要があるため、カメラの傾きの安定性が要求される。

【0004】

又、航空写真測量では撮影した航空写真を対地標定(絶対標定)する為、撮影地点の地上座標が必要である。従来、UAVの地上座標を求める方法としては、UAVにGPS装置を搭載し、GPS装置によりUAVの地上座標を求めている。

【0005】

ところが、GPS装置は、衛星からの電波を利用して地上座標を求めているので、電波を受信できない場所、例えばトンネルの中、高層ビルが林立する市街地等ではGPS装置ではUAVの地上座標を求めることができない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平8-285588号公報

【特許文献2】特開2010-38822号公報

【特許文献3】特開2006-10376号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は斯かる実情に鑑み、小型飛行体の姿勢がどの様に変化しても、安定して鉛直下方の画像を撮影可能である航空写真システムを提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、遠隔操縦可能な飛行体と、該飛行体にジンバルを介して任意の方向に傾斜自在に支持されたカメラと、該カメラと一体に傾斜し、該カメラと既知の関係に設けられ、測定対象としての再帰反射体と、該再帰反射体を追尾し、該再帰反射体の位置を測定するトータルステーションを具備する航空写真システムに係るものである。

【0009】

又本発明は、前記カメラは支持部材を介してジンバルに取付けられ、前記カメラは前記支持部材の上端、下端の少なくとも一方に設けられた航空写真システムに係るものである。

【0010】

10

20

30

40

50

又本発明は、演算装置、記憶部、基地通信部を有する地上基地が設けられ、該地上基地には前記トータルステーションから測定結果が送信され、又前記飛行体が飛行体通信部を具備し、該飛行体通信部と前記基地通信部との間で無線通信可能とし、前記飛行体通信部は前記カメラで撮影した画像データと、該画像データを取得するシャッタタイミング情報を前記基地通信部に送信し、前記演算装置は受信したシャッタタイミング情報に合致する時刻の測定結果を取得し、該測定結果に基づき撮影位置を特定する航空写真システムに係るものである。

【0011】

又本発明は、前記再帰反射体は下方に向けて設けられ、該再帰反射体下方の全範囲から入射される光を再帰反射する光学特性を有する航空写真システムに係るものである。

10

【0012】

更に又本発明は、前記飛行体は方位センサを具備し、前記再帰反射体と前記カメラとの既知の関係と、前記方位センサで検出された前記飛行体の向きとに基づき、前記測定結果をカメラの位置に補正する様構成した航空写真システムに係るものである。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、遠隔操縦可能な飛行体と、該飛行体にジンバルを介して任意の方向に傾斜自在に支持されたカメラと、該カメラと一体に傾斜し、該カメラと既知の関係に設けられ、測定対象としての再帰反射体と、該再帰反射体を追尾し、該再帰反射体の位置を測定するトータルステーションを具備するので、小型飛行体の姿勢がどの様に変化しても、安定して画像を撮影可能であり、更に衛星からの電波を受信できない環境でも小型飛行体の地上座標を測定でき、航空写真測量を可能とする。

20

【0014】

又本発明によれば、前記カメラは支持部材を介してジンバルに取付けられ、前記カメラは前記支持部材の上端、下端の少なくとも一方に設けられたので、鉛直下方、鉛直上方の少なくとも一方の画像が容易に取得できる。

【0015】

又本発明によれば、演算装置、記憶部、基地通信部を有する地上基地が設けられ、該地上基地には前記トータルステーションから測定結果が送信され、又前記飛行体が飛行体通信部を具備し、該飛行体通信部と前記基地通信部との間で無線通信可能とし、前記飛行体通信部は前記カメラで撮影した画像データと、該画像データを取得するシャッタタイミング情報を前記基地通信部に送信し、前記演算装置は受信したシャッタタイミング情報に合致する時刻の測定結果を取得し、該測定結果に基づき撮影位置を特定するので、確実に撮影地点の位置が特定でき、而もトータルステーションによる位置測定であるので、高精度に撮影位置の特定ができ、高精度の写真測量が可能となる。

30

【0016】

又本発明によれば、前記再帰反射体は下方に向けて設けられ、該再帰反射体下方の全範囲から入射される光を再帰反射する光学特性を有するので、前記トータルステーションによる全方向の追尾が可能であり、広範囲で制約を受けることなく飛行体による写真測量が可能となる。

40

【0017】

更に又本発明によれば、前記飛行体は方位センサを具備し、前記再帰反射体と前記カメラとの既知の関係と、前記方位センサで検出された前記飛行体の向きとに基づき、前記測定結果をカメラの位置に補正する様構成したので、前記プリズムと前記カメラのずれが測定誤差として生じる高精度の測定にも精度を低下させることなく対応が可能であるという優れた効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本実施例に係る航空写真システムを示す構成図である。

【図2】本実施例に係る航空写真装置の斜視図である。

50

【図3】該航空写真装置の断面図である。

【図4】航空写真装置の制御系の構成図である。

【図5】航空写真装置、地上基地、遠隔操縦機の関連を示す図である。

【図6】飛行体の飛行状態を示す説明図である。

【図7】撮影時刻に於ける撮影位置を求めるタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施例を説明する。

【0020】

先ず、図1により、本実施例に係る航空写真システム1について説明する。

10

【0021】

該航空写真システム1は、主に航空写真装置2、トータルステーション(TS)3、地上基地4、遠隔操縦機5から構成される。

【0022】

前記航空写真装置2は、主に飛行体(後述)にジンバル機構を介して鉛直に支持された支持部材としてのシャフト6と、該シャフト6の下端、上端にそれぞれ設けられた下カメラ7、上カメラ8と、前記シャフト6の下端に設けられ、前記下カメラ7と一体化された再帰反射体としてのプリズム9と、前記地上基地4との間で通信を行う飛行体通信部11とを具備している。尚、前記下カメラ7、前記上カメラ8の光軸は、前記シャフト6の軸心と合致し、常に鉛直となる様に設けられている。前記プリズム9の光軸も鉛直となる様に設定され、更に該プリズム9と前記下カメラ7、前記上カメラ8との位置関係も既知となっている。尚、前記下カメラ7、前記上カメラ8及び前記プリズム9の光軸が鉛直になる様支持されればよく、前記シャフト6の軸心は必ずしも鉛直でなくてもよい。

20

【0023】

前記プリズム9は下方に向けて設けられ、該プリズム9下方全範囲から入射される光を再帰反射する光学特性を有している。又、前記プリズム9の代りに反射シールを前記シャフト6の所定位置に設けてもよい。

【0024】

前記トータルステーション3は既知点に設けられ、前記プリズム9を追尾しつつ、該プリズム9の3次元座標を測定する。前記トータルステーション3は前記地上基地4と有線或は無線により電氣的に接続され、測定された3次元座標は座標データとして前記地上基地4に入力される。

30

【0025】

前記地上基地4は、例えばPCであり、演算機能を有する演算装置、データ、プログラムを格納する記憶部、更に基地通信部12を有し、該基地通信部12と前記飛行体通信部11との間で無線通信が可能となっている。

【0026】

前記遠隔操縦機5は、前記航空写真装置2の飛行を遠隔操作するものであり、又前記下カメラ7、前記上カメラ8のシャッタを遠隔操作可能となっている。

【0027】

前記航空写真システム1の作動の概略を説明する。

40

【0028】

前記遠隔操縦機5により、前記航空写真装置2を遠隔操作により予定している飛行コースを飛行させる。前記航空写真装置2が飛行中、前記トータルステーション3が前記プリズム9を追尾し、該プリズム9の3次元座標をリアルタイムで測定する。

【0029】

前記航空写真装置2の前記下カメラ7、前記上カメラ8は所定時間間隔で写真測量用の静止画像を撮影する様に設定される。静止画像は静止画像データとして前記地上基地4に送信され、又静止画像を撮影したタイミング(撮影時刻)が前記地上基地4に送信される。

50

## 【 0 0 3 0 】

該地上基地 4 は、前記基地通信部 1 2 を介して静止画像データ、該静止画像データを取得した撮影時刻を受信する。静止画像データ、撮影時刻は記憶部に格納される。又前記地上基地 4 は、前記トータルステーション 3 からの測定結果を受信し、前記撮影時刻の 3 次元座標を取得し、該 3 次元座標と前記静止画像とを関連付ける。尚、静止画像は前記航空写真装置 2 に格納されてもよい。この場合は、静止画像は撮影時刻と関連付けられ、飛行後前記地上基地 4 に於いて撮影時刻に基づき前記静止画像と前記 3 次元座標とを関連付けてもよい。

## 【 0 0 3 1 】

前記下カメラ 7、前記上カメラ 8 による静止画像の撮影は、前記遠隔操縦機 5 によりマニュアルで実行してもよい。この場合も、撮影時刻は前記航空写真装置 2 から前記地上基地 4 に送信される。

10

## 【 0 0 3 2 】

前記下カメラ 7、前記上カメラ 8 の内どちらにより撮影を実行するかは、測定対象物に応じて適宜選択される。例えば、農作物、或は地表の構造物等が測定対象物である場合は、前記下カメラ 7 により鉛直下方の撮影を行い、橋桁、或はトンネルの天井が測定対象物の場合は、前記上カメラ 8 により鉛直上方の撮影が行われる。更に、橋桁、或はトンネルの天井等の測定では、前記下カメラ 7 及び前記上カメラ 8 により鉛直下方、鉛直上方を同時に撮影してもよい。

## 【 0 0 3 3 】

前記下カメラ 7、前記上カメラ 8 により静止画像が取得されると共に前記トータルステーション 3 により、静止画像を撮影した時点の前記プリズム 9 の 3 次元座標（地上座標）が測定される。測定された 3 次元座標は座標データとして前記地上基地 4 に送信される。

20

## 【 0 0 3 4 】

前記下カメラ 7、前記上カメラ 8 と前記プリズム 9 とは既知の値だけ離れているが、測定精度が要求されない場合は、前記プリズム 9 の位置が前記下カメラ 7、前記上カメラ 8 の位置とされる。又、精度が要求される場合は、前記地上基地 4 に於いて、前記下カメラ 7、前記上カメラ 8 と前記プリズム 9 との既知の関係から、又方位センサ 2 9（後述）が検出する飛行体 1 5（後述）の方向から該プリズム 9 の位置に基づき、前記下カメラ 7、前記上カメラ 8 の位置が求められる。

30

## 【 0 0 3 5 】

2 地点での静止画像が撮影され、2 つの撮影地点の座標が測定されると、2 地点間の距離（基線長）が求められる。而して、写真測量に必要な 2 つの静止画像の撮影地点の座標と基線長が求められる。更に、静止画像の撮影地点の座標は、前記トータルステーション 3 で測定されるので高精度であり、高精度の写真測量が可能となる。

## 【 0 0 3 6 】

次に、図 2、図 3 に於いて、前記航空写真装置 2 について説明する。

## 【 0 0 3 7 】

前記飛行体 1 5 は、放射状に延出する複数で且つ偶数のプロペラフレーム 1 7 を有し、各プロペラフレーム 1 7 の先端にプロペラユニットが設けられる。該プロペラユニットは、前記プロペラフレーム 1 7 の先端に取付けられたプロペラモータ 1 8 と、該プロペラモータ 1 8 の出力軸に取付けられたプロペラ 1 9 により構成される。前記プロペラモータ 1 8 により前記プロペラ 1 9 が回転され、前記飛行体 1 5 が飛行する様になっている。

40

## 【 0 0 3 8 】

前記飛行体 1 5 は中心に、中空円筒状の主フレーム 2 1 を有し、該主フレーム 2 1 の上端には外方に向かって延出する外フランジ 2 2、下端には中心に向かって延出する内フランジ 2 3 が設けられている。該内フランジ 2 3 の中心部には、円形の孔 2 4 が形成される。

## 【 0 0 3 9 】

前記プロペラフレーム 1 7 は棒状であり、前記主フレーム 2 1 の軸心と直交する平面内に配設され、水平方向に等角度間隔で所定数（少なくとも 4 本、好ましくは 8 本、図示で

50

は 8 本 ( 1 7 a ~ 1 7 h ) を示している) 設けられている。前記プロペラフレーム 1 7 の内端部は、前記主フレーム 2 1 を貫通すると共に前記外フランジ 2 2 に固着されている。

【 0 0 4 0 】

前記主フレーム 2 1 を上下に貫通する様に前記シャフト 6 が設けられ、該シャフト 6 はジンバル 2 5 により鉛直となる様に支持され、該ジンバル 2 5 は防振部材 2 6 を介して前記内フランジ 2 3 に設けられている。

【 0 0 4 1 】

前記ジンバル 2 5 は直交する 2 方向の揺動軸 2 7 a , 2 7 b を有し、前記シャフト 6 を直交する 2 方向に揺動自在に支持する。前記防振部材 2 6 は、前記プロペラモータ 1 8 、前記プロペラ 1 9 が回転した際の振動を吸収し、振動が前記シャフト 6 に伝達されない様にしている。

10

【 0 0 4 2 】

傾斜センサ 2 8 は前記シャフト 6 の下端に設けられ、前記飛行体 1 5 の加速度の変化により生じる急なジンバル 2 5 の傾きを検出する。又、傾斜センサ 2 8 は前記シャフト 6 が鉛直に対して傾斜した場合、鉛直線と前記シャフト 6 の軸心との角度を検出するものであり、前記傾斜センサ 2 8 の検出結果は後述する制御装置 3 5 ( 図 4 参照 ) に送出される。

【 0 0 4 3 】

方位センサ 2 9 が前記主フレーム 2 1 の所要位置に設けられ、該方位センサ 2 9 は前記飛行体 1 5 の向きを検出する。該飛行体 1 5 の向きとしては、例えば、シャフト 6 の軸心と前記プリズム 9 の光軸を含む平面に対して垂直な方向を前後方向とする。

20

【 0 0 4 4 】

前記シャフト 6 の下端には制御ボックス 3 1 が設けられる。該制御ボックス 3 1 の内部には、前記制御装置 3 5 ( 図 4 参照 ) が収納されている。前記制御ボックス 3 1 の下面に前記下カメラ 7 が設けられ、該下カメラ 7 に対し既知の距離 L、離反した位置にプリズム支柱 3 2 が垂設され、該プリズム支柱 3 2 の下端に前記プリズム 9 が設けられる。

【 0 0 4 5 】

前記シャフト 6 の上端には、前記上カメラ 8 が設けられている。該上カメラ 8 の光軸、前記下カメラ 7 の光軸は前記シャフト 6 の軸心と一致しており、又前記プリズム 9 の光軸は前記シャフト 6 の軸心と平行となっている。前記下カメラ 7 は鉛直下方を撮影し、前記上カメラ 8 は鉛直上方を撮影する。

30

【 0 0 4 6 】

前記制御ボックス 3 1、前記下カメラ 7、前記プリズム 9 等は、バランスウェイトとして機能し、前記シャフト 6 に外力が作用しない状態、即ち、フリーの状態では前記シャフト 6 は鉛直な状態となる様に前記制御ボックス 3 1、前記下カメラ 7、前記プリズム 9 の重量バランスが設定されている。

【 0 0 4 7 】

前記制御ボックス 3 1、前記下カメラ 7、前記プリズム 9 等の、バランスウェイト機能で、前記シャフト 6 を鉛直に充分保持できる場合は特に設けなくてもよいが、前記シャフト 6 を鉛直姿勢に安定に保持する為、前記シャフト 6 が急激に傾斜した場合 ( 前記飛行体 1 5 の姿勢が急激に変化した場合 ) に、迅速に鉛直状態に復帰できる様、バランス補助部材を設けてもよい。

40

【 0 0 4 8 】

以下の例では、バランス補助部材としてダンパバネ 1 6 を設けた場合を説明する。

【 0 0 4 9 】

前記プロペラフレーム 1 7 と前記シャフト 6 との間には、前記ダンパバネ 1 6 が掛渡される。該ダンパバネ 1 6 は少なくとも 3 本、好ましくは 4 本設けられ、前記ダンパバネ 1 6 は前記揺動軸 2 7 a , 2 7 b と平行に延出する前記プロペラフレーム 1 7 と前記シャフト 6 との間に設けられることが好ましい。

【 0 0 5 0 】

又、4 本の前記ダンパバネ 1 6 は、それぞれ前記シャフト 6 と前記プロペラフレーム 1

50

7間に張力を作用させており、前記飛行体15が水平姿勢（前記プロペラフレーム17が水平な状態）で、張力のバランスにより前記シャフト6が鉛直状態を保つ様に設定されている。又、前記ダンパバネ16の張力、バネ定数は小さく設定されており、前記飛行体15が傾いた場合に、重力の作用で前記シャフト6が鉛直方向に向く様になっている。

【0051】

前記ダンパバネ16は、前記シャフト6を鉛直な状態に付勢する付勢手段であり、前記シャフト6が揺動、振動した場合に、迅速に鉛直状態に復帰させるものであり、振動を減衰させるものである。又、付勢手段としては、上記したダンパバネ16の他に前記ジンバル25の揺動軸27a, 27bが回転した場合に、復帰方向に回転させる振りコイルバネとしてもよい。

10

【0052】

前記航空写真装置2の制御系を、図4を参照して説明する。

【0053】

前記制御ボックス31の内部に前記制御装置35が収納される。

【0054】

該制御装置35は、主に制御演算部36、クロック信号発生部37、記憶部38、撮像制御部39、飛行制御部41、ジャイロユニット42、モータドライバ部43、飛行体通信部11を具備している。

【0055】

前記下カメラ7、前記上カメラ8の撮影は、前記撮像制御部39によって制御され、又前記下カメラ7、前記上カメラ8によって撮影された画像は、画像データとして前記撮像制御部39に入力される。

20

【0056】

前記下カメラ7、前記上カメラ8としては、デジタルカメラが用いられ、静止画像が撮影できると共に動画像も撮影できるようになっている。又、撮像素子として、画素の集合体であるCCD、CMOSセンサ等が用いられ、各画素は撮像素子内での位置が特定できるようになっている。上記した様に、前記下カメラ7と前記上カメラ8の光軸は、前記シャフト6の軸心と合致しており、前記プリズム9の光軸は前記シャフト6の軸心と平行となっている。又、前記プリズム9の光軸と前記下カメラ7の光軸とは既知の位置関係となっている。

30

【0057】

前記記憶部38には、プログラム格納部とデータ格納部とが形成される。該プログラム格納部には前記下カメラ7、前記上カメラ8の撮影を制御する為の撮影プログラム、前記プロペラモータ18を駆動制御する為の飛行制御プログラム、取得したデータを前記地上基地4に送信し、又前記遠隔操縦機5からの飛行指令等を受信する為の通信プログラム、前記下カメラ7、前記上カメラ8で取得したデータを処理して格納する為のデータ処理プログラム、動画像を用いてトラッキングする為の画像トラッキングプログラム等のプログラムが格納されている。

【0058】

前記データ格納部には、前記下カメラ7、前記上カメラ8で取得した静止画像データ、動画像データ等が格納される。

40

【0059】

前記撮像制御部39は、前記制御演算部36から発せられる制御信号に基づき前記下カメラ7、前記上カメラ8の撮像に関する制御を行う。制御の態様としては、測定対象物に応じて使用するカメラの選定、前記下カメラ7、前記上カメラ8の同期制御、動画像を取得中、所定時間間隔で静止画像を取得する制御等であり、又前記下カメラ7、前記上カメラ8については前記クロック信号発生部37から発せられるクロック信号に基づき撮影時期が制御され、或は同期制御される。

【0060】

前記方位センサ29は前記飛行体15の向きを検出し、検出結果を前記制御演算部36

50

に入力し、前記ジャイロユニット 4 2 は前記飛行体 1 5 の飛行状態での姿勢を検出し、検出結果を前記制御演算部 3 6 に入力する。

【 0 0 6 1 】

前記飛行体通信部 1 1 は、前記遠隔操縦機 5 で前記飛行体 1 5 の飛行が遠隔操作される場合に、前記遠隔操縦機 5 からの操縦信号を受信し、操縦信号を前記制御演算部 3 6 に入力する。或は、前記下カメラ 7、前記上カメラ 8 で撮影した画像データを地上側の前記地上基地 4 に送信する等の機能を有する。

【 0 0 6 2 】

前記制御演算部 3 6 は、前記記憶部 3 8 に格納された所要のプログラムに基づき画像取得する為に必要な制御を実行する。又、前記制御演算部 3 6 は、前記操縦信号及び前記ジャイロユニット 4 2 の検出結果に基づき、飛行に関する制御信号を演算し、前記飛行制御部 4 1 へ出力する。

10

【 0 0 6 3 】

該飛行制御部 4 1 は、前記制御演算部 3 6 から飛行に関する制御信号が入力されると、該制御信号に基づき前記モータドライバ部 4 3 を介して前記プロペラモータ 1 8 を所要の状態に駆動する。

【 0 0 6 4 】

図 5 は、前記航空写真装置 2、前記トータルステーション 3、前記地上基地 4、前記遠隔操縦機 5 の関連を示す図である。

【 0 0 6 5 】

20

前記地上基地 4 は、前記基地通信部 1 2、演算装置 4 4、基地記憶部 4 5 を具備している。

【 0 0 6 6 】

前記基地通信部 1 2 は、前記航空写真装置 2、前記トータルステーション 3 間の通信を行う。前記基地通信部 1 2 は、前記航空写真装置 2 からの画像データ、画像データを撮影した時点のシャッタタイミング情報を受信し、又前記トータルステーション 3 からの座標データを受信する。前記演算装置 4 4 は、クロック信号発生部を有し、受信した画像データ、シャッタタイミング情報、座標データをクロック信号に関連付け、クロック信号に基づき時系列のデータとして処理し、前記基地記憶部 4 5 に保存する。

【 0 0 6 7 】

30

該基地記憶部 4 5 には、画像データ、座標データを格納する格納領域を具備すると共に写真測量に必要な演算プログラム、前記基地通信部 1 2 と前記飛行体通信部 1 1 間で通信を行う為の通信プログラム、シャッタタイミング、測量データに基づき静止画像を取得した撮影位置を演算するプログラム等のプログラムが格納されている。

【 0 0 6 8 】

以下、本実施例に係る前記航空写真装置 2 の作動について説明する。

【 0 0 6 9 】

前記飛行体 1 5 の飛行を制御する場合、2つのプロペラモータ 1 8 を1組としてプロペラの駆動を制御する。例えば、プロペラモータ 1 8 a、1 8 b、プロペラモータ 1 8 c、1 8 d、プロペラモータ 1 8 e、1 8 f、プロペラモータ 1 8 g、1 8 h をそれぞれ1組として、プロペラ 1 9 a、1 9 b、プロペラ 1 9 c、1 9 d、プロペラ 1 9 e、1 9 f、プロペラ 1 9 g、1 9 h の回転駆動を個別に制御する。

40

【 0 0 7 0 】

例えば、前記プロペラモータ 1 8 a ~ 1 8 h を均等に駆動し、前記プロペラ 1 9 a ~ 1 9 h の回転による推力を同じに制御すれば、前記飛行体 1 5 は垂直に上昇する。

【 0 0 7 1 】

又、水平方向に飛行(移動)させる場合、例えば図 6 に示される様に、図中左方に移動させる場合は、前記プロペラモータ 1 8 e、1 8 f を増速回転させ、前記プロペラ 1 9 e、1 9 f の推力を、前記プロペラ 1 9 a、1 9 b より増大させると、前記飛行体 1 5 が傾斜し、推力は斜め下方に作用するので、水平分力が発生して前記飛行体 1 5 が水平方向に

50



移動する。

【0072】

前記飛行体15が傾斜した状態でも、重力の作用によって前記シャフト6は鉛直を維持する。従って、前記下カメラ7、前記上カメラ8の光軸も鉛直状態を維持し、同時に前記プリズム9の光軸も鉛直を維持する。前記下カメラ7は鉛直下方の画像を取得し、前記上カメラ8は鉛直上方の画像を取得する。尚、ここでは、前記下カメラ7により下方の画像が取得される場合を説明する。

【0073】

前記トータルステーション3は、前記プリズム9を視準し、又追尾しつつ該プリズム9の位置(3次元座標)をリアルタイムで測定する。

10

【0074】

前記航空写真装置2は前記遠隔操縦機5により操縦され、該航空写真装置2の飛行中、前記下カメラ7により動画撮影しつつ、所要時間間隔で静止画像を取得する。尚、静止画像を撮影する時間間隔、撮影時期については、予めプログラムしておいてもよく、或は前記遠隔操縦機5により静止画像の撮影地点を選択し、撮影の指令を発してもよい。尚、以下は、予めプログラムされた時間間隔で静止画像を撮影する場合を説明する。

【0075】

前記制御演算部36は前記撮像制御部39に前記下カメラ7の撮影に関する制御指令を発する。前記撮像制御部39は、制御指令に基づき、前記下カメラ7にシャッター信号を発する。前記下カメラ7は、シャッター信号に基づき静止画像を撮影する。又、前記撮像制御部39からのシャッター信号は前記飛行体通信部11を介して前記地上基地4に送信され、該地上基地4に於いて静止画像毎の撮影時刻が記録される。

20

【0076】

更に、シャッター時刻を受信した際の、前記プリズム9の前記トータルステーション3による測定結果が取得され、静止画像を取得した位置(3次元位置)が特定される。

【0077】

又、前記下カメラ7と前記プリズム9との位置関係は既知で、且つ固定されている。更に、前記方位センサ29によって前記飛行体15の向きが検出されるので、既知の位置関係と前記飛行体15の向きから測定値を補正することができ、補正により前記下カメラ7の3次元位置、即ち該下カメラ7の撮影位置を求めることができる。

30

【0078】

次に、隣接する2地点で撮影した静止画像により写真測量を実行する為には、2地点での2つの画像の相互標定を行う必要があり、相互標定を実行する為には、2つの静止画像間で共通する少なくとも5の特徴点を決定する必要がある。

【0079】

特徴点を設定するには、最初の画像からエッジ処理等の画像処理を行い特徴点を抽出し、動画トラッキングにより次の静止画像中に共通する特徴点を特定する。

【0080】

尚、動画トラッキングについては特許文献3に記載されている。

【0081】

相互標定後、前記撮影地点の3次元座標に基づき絶対標定が行われることで写真測量が行われる。

40

【0082】

尚、写真測量については、静止画像データが前記地上基地4に送信される度に、リアルタイムで実行してもよく、或は飛行完了迄の静止画像データ、測量データを前記地上基地4で保存し、飛行後静止画像データ、測量データに基づき写真測量を実行してもよい。

【0083】

上記した様に、静止画像撮影位置は前記トータルステーション3により測定されるので、高精度であり、更に、衛星の電波が届かない環境でも前記航空写真装置2による写真測量が可能となる。

50

## 【 0 0 8 4 】

上記説明では、前記トータルステーション 3 により前記プリズム 9 の位置がリアルタイムで測定され、静止画像撮影位置をシャッタタイミングと同期させて取得したが、前記トータルステーション 3 が所定時間間隔で距離測定 of データを取得する場合を説明する。

## 【 0 0 8 5 】

前記航空写真装置 2 による撮影タイミング ( シャッタタイミング ) と前記トータルステーション 3 が座標データを取得するタイミングが必ずしも一致していない場合がある。

## 【 0 0 8 6 】

図 7 は、撮影タイミングと測量データを取得するがタイミング同期していない場合の撮影位置の 3 次元座標を取得する方法を示している。

10

## 【 0 0 8 7 】

前記下カメラ 7 による撮影が I 1 の時間間隔で実行され、前記トータルステーション 3 による測量結果が I 2 (  $I 2 < I 1$  ) の時間間隔で実行されたとすると、撮影時刻と合致して測定結果が取得されることは殆どない。

## 【 0 0 8 8 】

前記航空写真装置 2 からのシャッタタイミングを受信すると、クロック信号 4 7 からシャッタタイミングの時間が分る。又、I 2 の時間間隔で測量結果が取得されており、各測量結果が取得された時間もクロック信号 4 7 から特定できる。

## 【 0 0 8 9 】

前記シャッタタイミング  $s$  ( 時間  $t s$  ) に対し時間的に前後に位置する測定結果  $d 1$  ,  $d 2$  を選択し、クロック信号 4 7 から各測定結果  $d 1$  ,  $d 2$  を測定した時の時間 (  $t 1$  ,  $t 2$  ) を特定する。

20

## 【 0 0 9 0 】

時間  $t s$  と時間  $t 1$  ,  $t 2$  の関係を用いて、前記測定結果  $d 1$  ,  $d 2$  の前記シャッタタイミング  $s$  に於ける測定値を内挿により求めることができる。

## 【 0 0 9 1 】

而して、撮影タイミングと測定タイミングとが同期していなくても、正確な位置測定が行える。

## 【 0 0 9 2 】

尚、上記説明では、前記シャフト 6 の下端、上端にそれぞれ前記下カメラ 7、前記上カメラ 8 を設けたがいずれか一方を省略してもよい。更に、前記下カメラ 7 を省略する場合は、前記シャフト 6 の下端に前記プリズム 9 を設けてもよい。該プリズム 9 を前記シャフト 6 の下端に設ける場合は、前記上カメラ 8 と前記プリズム 9 の光軸が合致するので、前記トータルステーション 3 による測定結果を補正する必要がなくなる。

30

## 【 0 0 9 3 】

又、前記シャフト 6 は、重力の作用で鉛直方向に向く様、前記ジンバル 2 5 により支持されたが、前記揺動軸 2 7 a , 2 7 b ( 図 3 参照 ) にそれぞれモータを連結し、前記傾斜センサ 2 8 からの傾斜信号に基づき強制的に前記揺動軸 2 7 a , 2 7 b を傾きとは逆方向に回転し、鉛直状態を維持する様に構成してもよい。

## 【 符号の説明 】

40

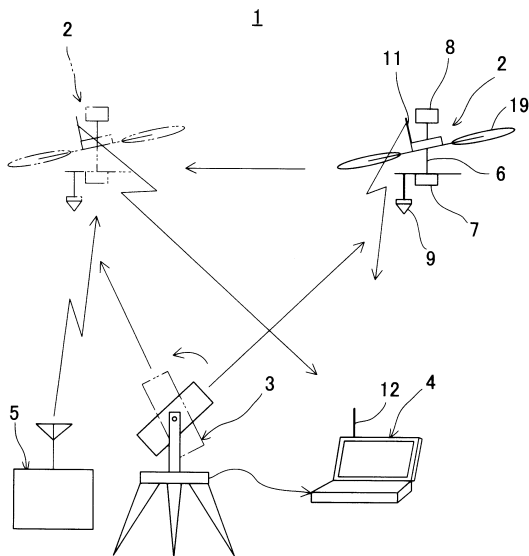
## 【 0 0 9 4 】

1	航空写真システム
2	航空写真装置
3	トータルステーション
4	地上基地
5	遠隔操縦機
7	下カメラ
8	上カメラ
9	プリズム
1 1	飛行体通信部

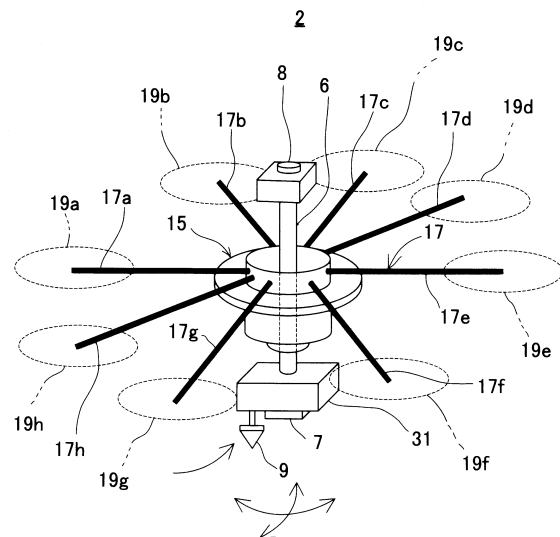
50

- 1 2 基地通信部
- 1 5 飛行体
- 1 8 プロペラモータ
- 2 5 ジンバル
- 2 6 防振部材
- 2 8 傾斜センサ
- 2 9 方位センサ
- 3 1 制御ボックス
- 3 6 制御演算部
- 3 7 クロック信号発生部
- 3 8 記憶部
- 3 9 撮像制御部
- 4 1 飛行制御部
- 4 2 ジャイロユニット
- 4 4 演算装置
- 4 5 基地記憶部

【図1】



【図2】





---

フロントページの続き

(72)発明者 穴井 哲治  
東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社トプコン内

審査官 國田 正久

(56)参考文献 特開2012-140101(JP,A)  
特開平08-285588(JP,A)  
特開平01-255383(JP,A)  
特開平11-142956(JP,A)  
特開昭55-119590(JP,A)  
特開2013-015429(JP,A)  
米国特許出願公開第2014/0046589(US,A1)  
A.T. Mozas-Calvache et al., Method for photogrammetric surveying of archaeological sites with light aerial platforms, Journal of Archaeological Science, 2011年10月21日, Vol. 39, No. 2, pp. 521-530

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 11/00 - 11/36  
G01C 15/00 - 15/14