

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-62789

(P2014-62789A)

(43) 公開日 平成26年4月10日(2014.4.10)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
GO 1 C 11/06 (2006.01) GO 1 C 11/06
GO 1 C 15/00 (2006.01) GO 1 C 15/00 1 O 2 C

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2012-207473 (P2012-207473)
 (22) 出願日 平成24年9月20日 (2012.9.20)

(71) 出願人 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
 (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

最終頁に続く

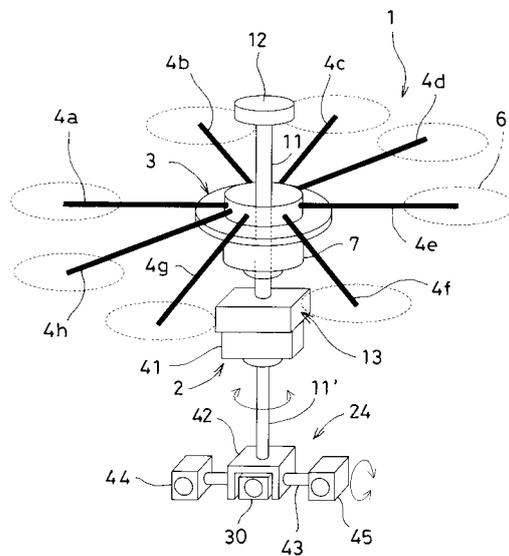
(54) 【発明の名称】 写真計測用カメラ及び航空写真装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 包括観察を行うと共に局部観察を行い、或は包括観察を行うと共に特定箇所の正確な位置情報の取得を可能とした写真計測用カメラ又は航空写真装置を提供する。

【解決手段】 ジンバルを介し傾斜自在に支持されたシャフトフレーム11と、シャフトフレーム11の上端に設けられたGPSアンテナ12を有するGPS装置と、シャフトフレーム11の下端に設けられGPSアンテナ12と既知の関係にある撮像部24と、撮像部24は、主カメラ30と、主カメラ30の光軸と平行な光軸を有する一対のカメラ44, 45からなるステレオカメラとを有し、主カメラ30とステレオカメラの光軸は常に鉛直となる様にシャフトフレーム11に支持され、主カメラ30により測定対象の観察画像を取得すると共に、ステレオカメラによりステレオ画像を取得し、ステレオ画像に基づき測定対象迄の距離を測定すると共にGPS装置により測定位置を取得する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ジンバルを介して任意の方向に傾斜自在に支持されたシャフトフレームと、該シャフトフレームの上端に設けられたGPSアンテナを有するGPS装置と、前記シャフトフレームの下端に設けられると共に前記GPSアンテナと既知の關係に設けられた撮像部と、該撮像部の撮像を制御する制御装置とを有し、前記撮像部は、主カメラと、該主カメラと既知の位置にあり、該主カメラの光軸と平行な光軸を有する一対のカメラからなるステレオカメラとを有し、前記主カメラ及び前記ステレオカメラの光軸が常に鉛直となる様に前記シャフトフレームに支持され、前記制御装置は前記主カメラにより測定対象の観察画像を取得すると共に前記ステレオカメラにより、ステレオ画像を取得し、該ステレオ画像に基づき測定対象迄の距離を測定すると共に前記GPS装置により測定位置を取得する様構成したことを特徴とする写真計測用カメラ。

10

【請求項 2】

前記主カメラ及び前記ステレオカメラは一体的に設けられると共に水平軸心を中心に又前記シャフトフレームの軸心を中心に回転可能に前記シャフトフレームに設けられ、前記主カメラ及び前記ステレオカメラは水平方向、高低方向の2方向に一体的に回転可能に構成された請求項1の写真計測用カメラ。

【請求項 3】

前記シャフトフレームは伸縮可能な副シャフトを有し、前記主カメラ、前記ステレオカメラは前記副シャフトに設けられた請求項2の写真計測用カメラ。

20

【請求項 4】

前記ジンバルにアタッチメント機能を付加し、該ジンバルを介して他の装置に追加設置可能とした請求項1～請求項3の内いずれかの写真計測用カメラ。

【請求項 5】

写真装置本体の光軸と鉛直線との角度を検出する傾斜センサを更に具備し、前記制御装置は前記傾斜センサの検出結果に基づき撮像時の撮像位置を補正する請求項1～請求項4の内いずれかの写真計測用カメラ。

【請求項 6】

飛行体と、請求項1～請求項5の内いずれかの写真計測用カメラとを具備する航空写真装置であって、前記飛行体は、中心部に配置された主フレームと、該主フレームにプロペラフレームを介して設けられた所定数のプロペラユニットとを具備し、前記写真計測用カメラは前記主フレームに、該主フレームの中心を上下に貫通する様に設けられると共に前記写真計測用カメラに作用する重力で該写真計測用カメラの光軸が鉛直方向に向く様に設定されたことを特徴とする航空写真装置。

30

【請求項 7】

写真装置本体は、方位センサ、ジャイロユニット及び前記方位センサ、前記ジャイロユニットからの信号に基づき前記プロペラユニットを制御する飛行制御部を具備し、前記飛行体は自律飛行可能に構成された請求項6の航空写真装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は小型飛行体に設けられる写真計測用カメラ及び該写真計測用カメラを備えた航空写真装置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に写真計測用カメラを搭載し、UAVを用いた上空からの監視、観察が可能となった。

【0003】

例えば、農作物の観察を行う場合、広範囲の包括観察と特定された場所の局部観察が必

50

要である。写真計測用カメラを搭載したUAVにより包括観察を行う場合、包括観察は農作物全体の観察であり、所定の高度に維持して撮影が行われ、局部観察は病状等の観察を行う観察であり、低空飛行で対象物に対して接近した状態で行われなければならない。

【0004】

この為、UAVと農作物とが接触する可能性がある。UAVと観察対象物との接触を避けるには、農作物とUAVとの距離を測定しつつ飛行するのが望まれるが、距離測定は農作物の先端に対して実行される必要があり、又農作物の揺れ等も考慮しなければならない。

【0005】

又、農作物の観察では成長調査の用途があり、成長状態を観察するには、農作物の高さを測定する必要がある。更に、再観察を行い、成長状態の比較を行うには、測定対象が同一である必要があり、測定対象の正確な位置情報も必要となる。

10

【0006】

従来航空写真を用いた監視、観察は、包括観察が一般的であり、局部観察、或は再観察の為、特定箇所の正確な位置情報を取得することは行われていなかった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【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

20

【特許文献3】特開2006-10376号公報

【特許文献4】特開2006-18549号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は斯かる実情に鑑み、包括観察を行うと共に局部観察を行い、或は包括観察を行うと共に特定箇所の正確な位置情報の取得を可能とした写真計測用カメラ又は航空写真装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、ジンバルを介して任意の方向に傾斜自在に支持されたシャフトフレームと、該シャフトフレームの上端に設けられたGPSアンテナを有するGPS装置と、前記シャフトフレームの下端に設けられると共に前記GPSアンテナと既知の関係に設けられた撮像部と、該撮像部の撮像を制御する制御装置とを有し、前記撮像部は、主カメラと、該主カメラと既知の位置にあり、該主カメラの光軸と平行な光軸を有する一対のカメラからなるステレオカメラとを有し、前記主カメラ及び前記ステレオカメラの光軸が常に鉛直となる様に前記シャフトフレームに支持され、前記制御装置は前記主カメラにより測定対象の観察画像を取得すると共に前記ステレオカメラにより、ステレオ画像を取得し、該ステレオ画像に基づき測定対象迄の距離を測定すると共に前記GPS装置により測定位置を取得する様構成した写真計測用カメラに係るものである。

30

40

【0010】

又本発明は、前記主カメラ及び前記ステレオカメラは一体的に設けられると共に水平軸を中心として前記シャフトフレームの軸を中心として回転可能に前記シャフトフレームに設けられ、前記主カメラ及び前記ステレオカメラは水平方向、高低方向の2方向に一体的に回転可能に構成された写真計測用カメラに係るものである。

【0011】

又本発明は、前記シャフトフレームは伸縮可能な副シャフトを有し、前記主カメラ、前記ステレオカメラは前記副シャフトに設けられた写真計測用カメラに係るものである。

【0012】

又本発明は、前記ジンバルにアタッチメント機能を付加し、該ジンバルを介して他の装

50

置に追加設置可能とした写真計測用カメラに係るものである。

【0013】

又本発明は、写真装置本体の光軸と鉛直線との角度を検出する傾斜センサを更に具備し、前記制御装置は前記傾斜センサの検出結果に基づき撮像時の撮像位置を補正する写真計測用カメラに係るものである。

【0014】

又本発明は、飛行体と、上記いずれかの写真計測用カメラとを具備する航空写真装置であって、前記飛行体は、中心部に配置された主フレームと、該主フレームにプロペラフレームを介して設けられた所定数のプロペラユニットとを具備し、前記写真計測用カメラは前記主フレームに、該主フレームの中心を上下に貫通する様に設けられると共に前記写真計測用カメラに作用する重力で該写真計測用カメラの光軸が鉛直方向に向く様に設定された航空写真装置に係るものである。

10

【0015】

又本発明は、写真装置本体は、方位センサ、ジャイロユニット及び前記方位センサ、前記ジャイロユニットからの信号に基づき前記プロペラユニットを制御する飛行制御部を具備し、前記飛行体は自律飛行可能に構成された航空写真装置に係るものである。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、ジンバルを介して任意の方向に傾斜自在に支持されたシャフトフレームと、該シャフトフレームの上端に設けられたGPSアンテナを有するGPS装置と、前記シャフトフレームの下端に設けられると共に前記GPSアンテナと既知の関係に設けられた撮像部と、該撮像部の撮像を制御する制御装置とを有し、前記撮像部は、主カメラと、該主カメラと既知の位置にあり、該主カメラの光軸と平行な光軸を有する一対のカメラからなるステレオカメラとを有し、前記主カメラ及び前記ステレオカメラの光軸が常に鉛直となる様に前記シャフトフレームに支持され、前記制御装置は前記主カメラにより測定対象の観察画像を取得すると共に前記ステレオカメラにより、ステレオ画像を取得し、該ステレオ画像に基づき測定対象迄の距離を測定すると共に前記GPS装置により測定位置を取得する様構成したので、前記GPSアンテナと前記撮像部とが機械的に固定され、更に既知の関係が保たれ、前記GPS装置により取得した位置情報に基づき撮像位置が直ちに特定できる。

20

30

【0017】

又本発明によれば、前記主カメラ及び前記ステレオカメラは一体的に設けられると共に水平軸心を中心に又前記シャフトフレームの軸心を中心に回転可能に前記シャフトフレームに設けられ、前記主カメラ及び前記ステレオカメラは水平方向、高低方向の2方向に一体的に回転可能に構成されたので、同一地点で、方向の異なる画像を容易に取得できる。

【0018】

又本発明によれば、前記シャフトフレームは伸縮可能な副シャフトを有し、前記主カメラ、前記ステレオカメラは前記副シャフトに設けられたので、高さの異なる画像を写真計測用カメラの位置を変えずに容易に取得することができる。

【0019】

又本発明によれば、前記ジンバルにアタッチメント機能を付加し、該ジンバルを介して他の装置に追加設置可能としたので、既存の装置に追加設備することが容易である。

40

【0020】

又本発明によれば、写真装置本体の光軸と鉛直線との角度を検出する傾斜センサを更に具備し、前記制御装置は前記傾斜センサの検出結果に基づき撮像時の撮像位置を補正するので、前記写真装置本体が外力で傾斜した場合にも撮影位置の補正ができる。

【0021】

又本発明によれば、飛行体と、上記いずれかの写真計測用カメラとを具備する航空写真装置であって、前記飛行体は、中心部に配置された主フレームと、該主フレームにプロペラフレームを介して設けられた所定数のプロペラユニットとを具備し、前記写真計測用カ

50

メラは前記主フレームに、該主フレームの中心を上下に貫通する様に設けられると共に前記写真計測用カメラに作用する重力で該写真計測用カメラの光軸が鉛直方向に向く様に設定されたので、測定対象との位置を測定しつつ、容易に航空写真計測が行える画像を取得することができる。

【0022】

又本発明によれば、写真装置本体は、方位センサ、ジャイロユニット及び前記方位センサ、前記ジャイロユニットからの信号に基づき前記プロペラユニットを制御する飛行制御部を具備し、前記飛行体は自律飛行可能に構成されたので、任意の範囲で容易に航空写真計測が行える画像を取得することができるという優れた効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の実施例に係る航空写真装置の概略を示す斜視説明図である。

【図2】同前航空写真装置の概略断面図である。

【図3】該航空写真装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図4】(A)は本実施例に於いて飛行体が傾いた状態での飛行体と写真計測用カメラとの関係を示す説明図であり、(B)は従来例に於いて飛行体が傾いた状態での飛行体と写真計測用カメラとの関係を示す説明図である。

【図5】前記航空写真装置による農作物の局部観察の状態を示す説明図であり、(A)は低空での局部観察の図、(B)は写真計測用カメラのみ降下させ、水平方向からの局部観察の図、(C)は距離測定結果を画像に重ねて表示した場合の図である。

【図6】航空写真計測の原理を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施例を説明する。

【0025】

図1、図2は写真計測用カメラを搭載した航空写真装置を示している。

【0026】

図1、図2中、1は飛行体、2は該飛行体1に搭載された写真計測用カメラを示している。

【0027】

先ず、前記飛行体1について説明する。

【0028】

該飛行体1は機体3を有し、該機体3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4を有し、各プロペラフレーム4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4の先端に取付けられたプロペラモータ5と、該プロペラモータ5の出力軸に取付けられたプロペラ6により構成される。前記プロペラモータ5により前記プロペラ6が回転され、前記飛行体1が飛行する様になっている。

【0029】

前記機体3は中心に、中空円筒状の主フレーム7を有し、該主フレーム7の上端には外方に向かって延出する外フランジ8、下端には中心に向かって延出する内フランジ9が設けられている。該内フランジ9の中心部には、円形の孔10が形成される。

【0030】

前記プロペラフレーム4は棒状であり、前記主フレーム7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、図示では8本(4a~4h))を示している)設けられている。前記プロペラフレーム4の内端部は、前記主フレーム7を貫通すると共に前記外フランジ8に固着されている。

【0031】

前記主フレーム7を上下に貫通する様に、写真計測用カメラ2が設けられ、該写真計測用カメラ2は前記主フレーム7に対し、任意の方向に揺動自在となっている。

【0032】

10

20

30

40

50

以下、写真計測用カメラ2について説明する。

【0033】

前記写真計測用カメラ2は、上下に延出し、伸縮可能なシャフトフレーム11と該シャフトフレーム11の上端に設けられたGPSアンテナ12、前記シャフトフレーム11の下端に設けられた撮像部24を有している。

【0034】

前記シャフトフレーム11は前記孔10を貫通し、前記シャフトフレーム11の軸心は前記主フレーム7の軸心と同心である。前記内フランジ9に防振部材15を介してジンバル14が設けられる。該ジンバル14は、前記孔10と同心であり、前記シャフトフレーム11は前記ジンバル14を介して前記主フレーム7に支持される。

10

【0035】

前記ジンバル14は直交する2方向の揺動軸16a, 16bを有し、前記シャフトフレーム11を直交する2方向(即ち、任意な方向)に揺動自在に支持される。前記防振部材15は、前記プロペラモータ5、前記プロペラ6が回転した際の振動を吸収し、振動が前記シャフトフレーム11に伝達されない様になっている。

【0036】

前記ジンバル14の下方に配置された写真装置本体13が、前記シャフトフレーム11に設けられる。前記写真装置本体13は主に、制御装置19、撮像部24及びGPS受信器25から構成される。

【0037】

前記シャフトフレーム11の前記ジンバル14より下方の所要位置、例えば前記写真装置本体13の下端に、カメラ姿勢駆動部41が設けられる。

20

【0038】

前記シャフトフレーム11は、下方に向かって伸縮する副シャフト11を有し、前記撮像部24は前記副シャフト11の下端に設けられている。

【0039】

前記カメラ姿勢駆動部41は、前記副シャフト11を伸縮(昇降)させると共に、該副シャフト11を該副シャフト11の軸心を中心に回転させる様構成されている。

【0040】

前記撮像部24は静止画像、動画像を取得可能な主カメラ30とステレオカメラ31を有する。後述する様に、該ステレオカメラ31は距離測定手段として機能する。

30

【0041】

前記副シャフト11の下端にはカメラフレーム42が固定され、該カメラフレーム42に水平な軸43を介して前記主カメラ30が回転可能に設けられる。前記軸43の両端部は前記カメラフレーム42より更に延出し、前記軸43の両端にそれぞれ静止画を撮影する副カメラ44, 45が設けられている。該副カメラ44, 45の性能は同一又は同等であると共に、両光軸は平行であり、又両光軸間の距離は既知となっている。該副カメラ44, 45は前記ステレオカメラ31を構成する。

【0042】

前記主カメラ30の光軸と、前記副カメラ44, 45の光軸とは平行であり、前記主カメラ30の光軸と、前記副カメラ44, 45の光軸及び前記軸43の軸心との関係は既知となっており、好ましくは、前記主カメラ30, 前記副カメラ44, 45の光軸、及び前記軸43は同一平面内に存在する。又、前記副カメラ44, 45の両光軸は、前記主カメラ30の光軸に対して対称な位置となっている。

40

【0043】

前記主カメラ30、前記副カメラ44, 45は、前記軸43を介して一体化され、該軸43を中心に一体に回転可能に支持されている。該軸43は、前記カメラ姿勢駆動部41によって水平軸心を中心に回転され、前記主カメラ30、前記副カメラ44, 45は、前記カメラ姿勢駆動部41によって前記軸43を介して一体的に回転可能となっている。

【0044】

50

従って、前記主カメラ30、前記副カメラ44、45は、前記カメラ姿勢駆動部41によって前記軸43を中心に高低方向に回転され、前記副シャフト11を中心に水平方向に回転され、前記副シャフト11の軸心方向に移動され、3軸方向に姿勢が制御される構成となっている。

【0045】

又、前記カメラ姿勢駆動部41には、前記副シャフト11の上下方向の変位を検出する上下変位検出器46(図3参照)、前記副シャフト11の水平回転角を検出する水平角度検出器47(図3参照)及び前記軸43の高低角を検出する高低角検出器48(図3参照)が設けられている。前記上下変位検出器46、前記水平角度検出器47、前記高低角検出器48の検出信号は、それぞれ前記制御装置19に送出される。

10

【0046】

前記写真装置本体13、前記カメラ姿勢駆動部41は、バランスウェイトとして機能し、前記写真計測用カメラ2に外力が作用しない状態では、前記シャフトフレーム11は鉛直な状態となる。

【0047】

又、該シャフトフレーム11が鉛直な状態で、前記主カメラ30を該主カメラ30の光軸が鉛直となる様に該主カメラ30の位置を決定すると、前記主カメラ30の光軸と前記シャフトフレーム11の軸心とは平行になり、又好ましくは前記主カメラ30の光軸と前記シャフトフレーム11の軸心とは合致する様になっている。尚、前記主カメラ30の光軸と前記シャフトフレーム11の軸心とが平行となる場合は、前記光軸と前記シャフトフレーム11の軸心との距離、離反する方向が既知である等、両者の関係は既知となっている。

20

【0048】

前記プロペラフレーム4と前記シャフトフレーム11の間には、ダンパバネ17が掛渡されている。該ダンパバネ17は少なくとも3、好ましくは4本設けられ、前記ダンパバネ17は前記揺動軸16aと平行に延出する前記プロペラフレーム4、4及び前記揺動軸16bと平行に延出する前記プロペラフレーム4、4と前記シャフトフレーム11との間にそれぞれ設けられることが好ましい。

【0049】

又、4本の前記ダンパバネ17は、それぞれ前記シャフトフレーム11と前記プロペラフレーム4間に張力を作用させており、前記飛行体1が水平姿勢(前記プロペラフレーム4が水平な状態)で、張力のバランスにより前記シャフトフレーム11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17の張力、バネ定数は小さく設定されており、前記機体3が傾いた場合に、前記写真装置本体13に作用する重力で前記シャフトフレーム11が鉛直方向に向く様になっている。

30

【0050】

前記写真計測用カメラ2の所要位置、例えば図2に示される様に、前記写真装置本体13の上面に傾斜センサ37が設けられる。該傾斜センサ37は、前記シャフトフレーム11が鉛直に対して傾斜した場合、鉛直線と前記シャフトフレーム11の軸心との角度を検出するものであり、該傾斜センサ37の検出結果は前記制御装置19に送出される。

40

【0051】

尚、前記ダンパバネ17は、前記シャフトフレーム11を鉛直な状態に付勢する付勢手段であり、前記シャフトフレーム11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17の他に前記ジンバル14の揺動軸16a、16bが回転した場合に、復帰方向に回転させる捩りコイルバネとしてもよい。

【0052】

前記写真装置本体13の概略を、図3を参照して説明する。

【0053】

前記写真装置本体13は、主に前記制御装置19、前記撮像部24、前記GPS受信器

50

25から構成される。又、該GPS受信器25及び前記GPSアンテナ12によって高精度なGPS装置25が構成される。

【0054】

又、前記制御装置19は、主に制御演算部20、クロック信号発生部21、記憶部22、撮像制御部23、飛行制御部26、方位センサ27、ジャイロユニット28、無線通信部29、測定部38、カメラ姿勢制御部49を具備する。

【0055】

前記撮像部24は、主カメラ30、ステレオカメラ31を有し、該ステレオカメラ31は前記副カメラ44, 45によって構成される。

【0056】

前記主カメラ30は、撮像素子として画素(ピクセル)の集合体であるCCD或は、CMOSセンサ等を有し、静止画及び動画を撮像可能であり、取得した画像はデジタル信号の画像データとして出力可能である。

【0057】

前記ステレオカメラ31(前記副カメラ44, 45)は、撮像素子としてCCD或は、CMOSセンサ等を有し、静止画を撮像可能であり、取得した画像はデジタル信号の画像データとして出力可能である。前記副カメラ44, 45の光軸間距離は既知であり、又前記主カメラ30との位置関係も既知となっている。

【0058】

前記シャフトフレーム11は前記ジンバル14と、前記写真装置本体13及び前記カメラ姿勢駆動部41に作用する重力によって、前記飛行体1の姿勢に拘らず常に鉛直となる。従って、前記撮像部24の姿勢が設定されると、設定された姿勢が常に維持される。例えば、前記撮像部24の光軸が鉛直になる様に、該撮像部24の姿勢が設定されると、前記飛行体1の姿勢に拘らず前記撮像部24の光軸は、常に鉛直となる。

【0059】

尚、前記主カメラ30に静止画カメラと前記動画カメラとを兼用させたが、静止画カメラと前記動画カメラとを個別に設けてもよい。

【0060】

前記記憶部22には、プログラム格納部とデータ格納部とが形成され、プログラム格納部には前記主カメラ30、前記ステレオカメラ31の撮像を制御する為の撮像プログラム、前記プロペラモータ5を駆動制御する為、又自律飛行する為の飛行制御プログラム、前記ステレオカメラ31によって測距を行う為の測定プログラム、前記撮像部24の姿勢を制御する為の姿勢制御プログラム、取得したデータを遠隔操作装置(図示せず)に送信し、又該遠隔操作装置からの飛行指令等を受信する為の通信プログラム、前記撮像部24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、飛行計画プログラム等のプログラムが格納されている。

【0061】

前記データ格納部には、前記撮像部24で取得した画像データ、前記GPS装置25(前記GPSアンテナ12及び前記GPS受信器25)によって取得した絶対座標(地表座標)、前記主カメラ30で取得した静止画像データ、前記ステレオカメラ31で取得したステレオ画像データ、ステレオ画像に基づき距離測定した測定データ等が格納される。

【0062】

前記制御演算部20は、前記記憶部22に格納されたプログラムに基づき、飛行、画像取得、測定する為に必要な制御、演算を実行する。

【0063】

前記撮像制御部23は、前記主カメラ30、前記ステレオカメラ31の撮像に関する制御を行う。前記主カメラ30により任意の時に静止画、動画を撮像可能であり、又前記主カメラ30と前記ステレオカメラ31とは前記クロック信号発生部21から発せられるクロック信号に基づき同期制御される。

【0064】

10

20

30

40

50

前記GPS装置25は飛行体1の絶対座標を高精度に測定する。尚、高精度なGPS装置25としては、後処理キネマティックGPS若しくはリアルタイムキネマティックGPS(RTK-GPS)が用いられるのが好ましい。RTK-GPSは、高精度の測定が可能であり、該RTK-GPS装置の測定精度は、地表で数cmとなっている。

【0065】

前記方位センサ27、前記ジャイロユニット28は前記主フレーム7に設けられ、前記方位センサ27は前記飛行体1の向きを検出し、前記ジャイロユニット28は前記飛行体1の飛行状態での姿勢を検出する。

【0066】

前記主カメラ30はデジタルカメラであり、静止画像を取得し、或は連続画像(動画像)を取得する。前記ステレオカメラ31(前記副カメラ44, 45)はそれぞれデジタルカメラであり、いずれも画像データとしてデジタル画像データを出力する。前記主カメラ30で取得された画像、前記ステレオカメラ31で取得された画像は、時間、位置データと関連付けて前記記憶部22に格納される。

10

【0067】

前記無線通信部29は、図示しない無線操縦機で飛行体1の飛行が遠隔操作される場合に、操縦信号を受信し、或は前記撮像部24で撮像した画像データ、測定データ、画像を取得した位置データ等を地上側の基地局(図示せず)に送信する等の機能を有する。

【0068】

尚、前記GPSアンテナ12の基準位置(信号を受信する位置)と前記主カメラ30及び前記ステレオカメラ31の基準位置(例えば受光素子の中心)とは既知の関係となっている。又、前記GPSアンテナ12の基準位置と前記主カメラ30、前記ステレオカメラ31の基準位置との関係は、前記写真計測用カメラ2を製作する際のGPSアンテナ12と主カメラ30、ステレオカメラ31の機械的な位置関係から既知としてもよく、或は製作後画像を取得し、画像上から位置関係を既知としてもよい。

20

【0069】

尚、前記ジンバル14にアタッチメント機能を付加し、該ジンバル14を介して他の部位、他の装置に取付け可能とすれば、市販の飛行体1に写真計測用カメラ2を追加設置することもできる。

【0070】

以下、本実施例に係る航空写真装置の作動について説明する。

30

【0071】

前記飛行体1の飛行を制御する場合、2つのプロペラモータ5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5a, 5b、プロペラモータ5c, 5d、プロペラモータ5e, 5f、プロペラモータ5g, 5hをそれぞれ1組として、プロペラ6a, 6b、プロペラ6c, 6d、プロペラ6e, 6f、プロペラ6g, 6hの回転駆動を個別に制御する。

【0072】

例えば、前記プロペラモータ5a~5hを均等に駆動し、前記プロペラ6a~6hの回転による推力を同じに制御すれば、前記飛行体1は垂直に上昇する。

40

【0073】

又、水平方向に飛行(移動)させる場合、例えば図4(A)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5e, 5fを増速回転させ、前記プロペラ6e, 6fの推力を、前記プロペラ6a, 6bより増大させると、前記飛行体1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が水平方向に移動する。

【0074】

又、撮影を開始した状態は、前記飛行体1は高高度で飛行し、包括観察の為の撮影が行われる。又、前記飛行体1の位置は、前記GPS装置25によって測定される。又、包括観察の状態では前記飛行体1の高さ位置も前記GPS装置25で取得したものが用いられる。

50

【 0 0 7 5 】

測定 of 初期状態では前記撮像部 2 4 の光軸は鉛直に維持される。即ち、前記カメラ姿勢制御部 4 9 により前記カメラ姿勢駆動部 4 1 が駆動され、前記撮像部 2 4 の光軸（前記主カメラ 3 0、前記ステレオカメラ 3 1 の光軸）が鉛直となる様に、前記軸 4 3 が回転される。前記撮像部 2 4 の光軸の鉛直は、該軸 4 3 の回転を介して前記高低角検出器 4 8 によって検出される。又、前記撮像部 2 4 の水平角も 0° となる様に、前記副シャフト 1 1 を回転させ、設定する。尚、水平角 0° の状態とは、例えば、前記軸 4 3 の軸心が進行方向に対して直交している状態とする。

【 0 0 7 6 】

前記飛行体 1 が傾斜した状態でも、前記写真装置本体 1 3 に作用する重力によって前記シャフトフレーム 1 1 は鉛直を維持する。従って、前記主カメラ 3 0、前記ステレオカメラ 3 1 の光軸も鉛直状態を維持し、前記主カメラ 3 0、前記ステレオカメラ 3 1 は鉛直下方の画像を取得する。

10

【 0 0 7 7 】

即ち、前記飛行体 1 が水平であっても、傾斜していても、前記 GPS 装置 2 5 で測定した絶対座標（地上座標）をそのまま（補正等する必要がなく）前記主カメラ 3 0、前記ステレオカメラ 3 1 の位置とすることができる。

【 0 0 7 8 】

更に、前記主カメラ 3 0、前記ステレオカメラ 3 1 と前記 GPS アンテナ 1 2 とは前記シャフトフレーム 1 1 によって固定的（リジッド）に連結され、前記主カメラ 3 0、前記ステレオカメラ 3 1 の光軸と、前記シャフトフレーム 1 1 の軸心との位置関係は既知であるので、前記 GPS 装置 2 5 によって測定した絶対座標は、直ちに前記主カメラ 3 0、前記ステレオカメラ 3 1 の位置データとすることができる。

20

【 0 0 7 9 】

更に、飛行中に風が吹き風力が前記写真装置本体 1 3 に作用する等、該写真装置本体 1 3 に水平方向の外力が作用した場合、或は飛行体 1 が増速、減速した場合等、前記写真装置本体 1 3 に水平方向の加速度が作用した場合、或は前記飛行体 1 の姿勢が急激に変化し、前記ジンバル 1 4 が追従しなかった場合には、前記シャフトフレーム 1 1 が鉛直線に対して傾斜する。これらの場合、前記シャフトフレーム 1 1 の鉛直線に対する傾斜角が前記傾斜センサ 3 7 によって検出される。前記制御演算部 2 0 は前記傾斜センサ 3 7 の検出結果に基づき前記撮像部 2 4 の光軸の傾斜角を求め、該傾斜角と前記 GPS 装置 2 5 の測定結果（高さ位置）に基づき前記 GPS 装置 2 5 の測定した絶対座標を補正することができる。

30

【 0 0 8 0 】

次に、図 4 (B) は、従来の方法で撮像部 2 4 を支持した状態を参考として示している。

【 0 0 8 1 】

従来の方法では、飛行体 1 に写真計測用カメラ 2 が固定され、該写真計測用カメラ 2 にジンバル 1 4 を介して写真装置本体 1 3 が設けられている。

【 0 0 8 2 】

この為、前記飛行体 1 が傾くと、GPS アンテナ 1 2 の中心と前記写真装置本体 1 3 の中心とは、水平方向に D のずれが生じる。このずれを補正するには、前記飛行体 1 の傾斜角、傾斜方向を検出する必要があり、而も、傾斜は推進状態、風の影響等で刻々と変化するので、補正することが極めて煩雑となり、又高精度に補正することが難しい。

40

【 0 0 8 3 】

又、飛行体 1 が傾斜した場合、前記写真装置本体 1 3 に重力が作用し、前記飛行体 1 には水平方向への復元力が作用する。従って、前記プロペラモータ 5 には、水平方向の推進力に加えて、復元力に打勝つ為の、推力が必要となり、プロペラモータ 5 の負担が増加する。本実施例では、飛行体 1 が傾斜した状態でも、復元力は作用しないので、プロペラモータ 5 の負担は増加せず、又消費電力も少なくなる。

50

【 0 0 8 4 】

前記飛行体 1 の飛行中、前記主カメラ 3 0 により観察の為に、動画像が取得され、或は所定時間間隔で静止画像が取得される。又、前記 GPS 装置 2 5 により位置情報が取得され、動画像、静止画像と位置情報が関連付けられて前記記憶部 2 2 に格納される。尚、遠隔操作されている場合は、前記動画像、前記静止画像は地上基地に前記無線通信部 2 9 を介して送信され、地上基地では前記動画像、又は前記静止画像がモニタに表示されることで、測定対象（例えば、農作物）の包括観察が行える。

【 0 0 8 5 】

尚、前記飛行体 1 を飛行計画に沿って飛行させ、該飛行体 1 が地上基地に戻った後、前記記憶部 2 2 に記録されたデータに基づき、前記動画像、前記静止画像をモニタに表示させ、農作物の包括観察を行ってもよい。

10

【 0 0 8 6 】

次に、図 5 (A)、図 5 (B) により、局部観察をする場合を説明する。

【 0 0 8 7 】

尚、図 5 (A)、図 5 (B) 中、5 1 は前記飛行体 1 が着陸した場合に、該飛行体 1 を支持する脚部であり、5 2 は農作物である。

【 0 0 8 8 】

農作物 5 2 の発育状態等について、より正確な情報を取得する場合には、前記飛行体 1 を降下させ、農作物 5 2 に前記撮像部 2 4 を接近させた状態で農作物 5 2 の画像を取得する必要がある。

20

【 0 0 8 9 】

局部観察をする場合には、前記主カメラ 3 0 で画像を取得すると同時に、該主カメラ 3 0 と同期して前記副カメラ 4 4 , 4 5 により画像を取得し、該副カメラ 4 4 , 4 5 で取得した画像に基づき写真計測を行う。

【 0 0 9 0 】

写真計測について、図 6 を参照して概略を説明する。

【 0 0 9 1 】

光軸が鉛直な状態で既知の位置 O_1 , O_2 で静止画像 4 0 - 1 , 4 0 - 2 を取得する。測定点 $P (X , Y , Z)$ は、静止画像 4 0 - 1 中、 $p (x_1 , y_1)$ として現れ、静止画像 4 0 - 2 中、 $p (x_2 , y_2)$ として現れる。尚、図中、 f は焦点距離であり、 B は位置 O_1 , O_2 間の距離（基線長）を示す。前記位置 O_1 , O_2 の 3 次元座標が分れば、幾何学的関係から測定点 $P (X , Y , Z)$ が求められる。

30

【 0 0 9 2 】

本実施例では、基線長 B は前記副カメラ 4 4 , 4 5 の光軸間の距離であり、又、位置 O_1 , O_2 の 3 次元座標は、前記 GPS 装置 2 5 の測定結果と、前記 GPS アンテナ 1 2 と前記副カメラ 4 4 , 4 5 との位置関係に基づき算出できる。従って、前記測定点 $P (X , Y , Z)$ を算出することができる。

【 0 0 9 3 】

前記測定点 $P (X , Y , Z)$ は、前記 GPS 装置 2 5 の測定精度と比較し、特に高さについては、高精度となっている。

40

【 0 0 9 4 】

写真計測により、前記飛行体 1 と農作物 5 2 との距離を高精度に測定することができ、測定結果に基づき前記飛行体 1 を飛行させることで、農作物 5 2 に接近した飛行が可能となる（図 5 (A) 参照）。農作物 5 2 に接近した位置での前記主カメラ 3 0 による画像の取得により、農作物 5 2 の詳細な発育状況を観察することができる。

【 0 0 9 5 】

又、障害物との干渉を避けて、より近い位置で農作物 5 2 の画像を取得する場合は、前記カメラ姿勢駆動部 4 1 を駆動して前記副シャフト 1 1 を下方に延出する（図 5 (B)）。農作物 5 2 は風等の影響で揺れ、先端位置が変化し、前記主カメラ 3 0 を農作物 5 2 に接近させた場合に、農作物 5 2 が前記主カメラ 3 0 に接触する可能性があるが、前記副

50

シャフト 1 1 を延出させた状態では、農作物 5 2 と前記飛行体 1 との接触は避けられるので、飛行に大きな影響は及さない。

【 0 0 9 6 】

更に、前記カメラ姿勢駆動部 4 1 を駆動し、前記軸 4 3 を中心に前記主カメラ 3 0、副カメラ 4 4、4 5 を回転させ、光軸を水平として、農作物 5 2 を横から撮影することが可能である(図 5 (B))。

【 0 0 9 7 】

例えば、前記飛行体 1 を畦道又は畝と畝との間の上方に静止(ホバリング)させ、畦道又は畝と畝との間に前記主カメラ 3 0 を降下させ、農作物 5 2 を横から撮影してもよい。

【 0 0 9 8 】

横から撮影することで、上方からでは撮像できない画像(例えば、葉の裏側の画像)が取得でき、農作物 5 2 の発育状態、或は健康状態が観察できる。又、前記ステレオカメラ 3 1 により農作物 5 2 を横から撮影し、ステレオ画像を取得することで、農作物 5 2 の地表からの高さが測定でき、より精度の高い発育状態を把握することができる。

【 0 0 9 9 】

尚、観察地点の位置(地表座標)は、前記 GPS 装置 2 5 によって測定されるので、画像と観察地点の位置とを関連付けて記録することで、同一地点の農作物 5 2 について所定期間経過後の再観察が可能となり、農作物 5 2 の経時的な発育状態が観察可能となる。

【 0 1 0 0 】

又、前記主カメラ 3 0 で取得した静止画像、動画像を前記無線通信部 2 9 を介して地上基地に送信することで、地上基地でのリアルタイムでの観察が可能となる。更に、前記ステレオカメラ 3 1 を、モニタ用カメラとして使用し、前記副カメラ 4 4、4 5 からの画像に基づき 3 D 画像を作成し、3 D 画像によるモニタリングを可能としてもよい。3 D 画像によるモニタリングにより、農作物 5 2 に対する遠近感が得られ、前記飛行体 1 の操作性が向上する。尚、3 D 画像によるモニタリングを行う場合、前記副カメラ 4 4、4 5 の光軸間の距離を人の目の間隔(視差)に合致させることで、3 D 画像から得られる感覚と作業者の目視での感覚とをマッチングさせることができる。

【 0 1 0 1 】

尚、前記主カメラ 3 0 を前記カメラフレーム 4 2 に対して着脱可能とし、観察用途に応じて、交換可能としてもよい。

【 0 1 0 2 】

例えば、前記主カメラ 3 0 を高精細カメラとし、緻密な画像に基づき正確な発育状態、健康状態が観察できる様にしてもよく、或は前記主カメラ 3 0 をスペクトルメータとし、スペクトルデータを取得し、波長分析から正確な発育状態、健康状態が観察できる様にしてもよい。

【 0 1 0 3 】

又、異なる方向の農作物 5 2 を観察する場合は、前記カメラ姿勢駆動部 4 1 により前記副シャフト 1 1 を回転させ、鉛直軸心を中心に前記撮像部 2 4 を回転させる。前記飛行体 1 を回転させずに、同位置で異なる方向を観察できるので、前記飛行体 1 の飛行制御が簡単である。

【 0 1 0 4 】

又、図 5 (C) に示す様に、画像中に前記ステレオカメラ 3 1 で測定した距離を画像に重ね表示する様にしてもよい。又、距離が重ねられた画像が地上基地に送信され、測定対象と測定距離が表示されることで、飛行体 1 の操作性、操作の正確さが向上する。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 5 】

1	飛行体
2	写真計測用カメラ
3	機体
5	プロペラモータ

10

20

30

40

50

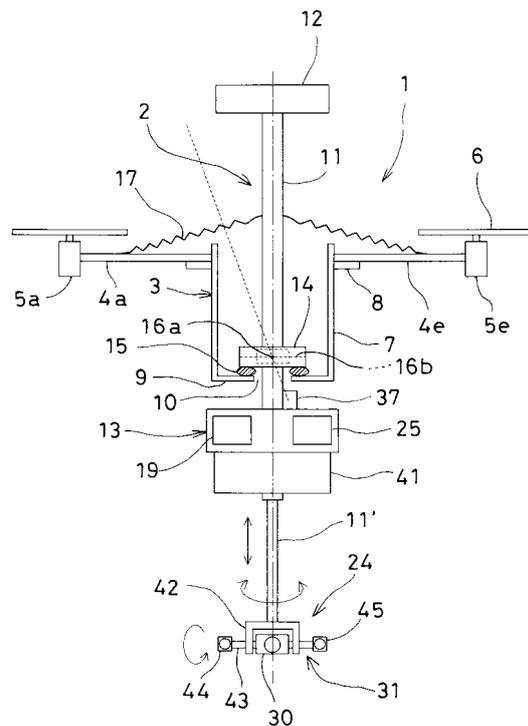
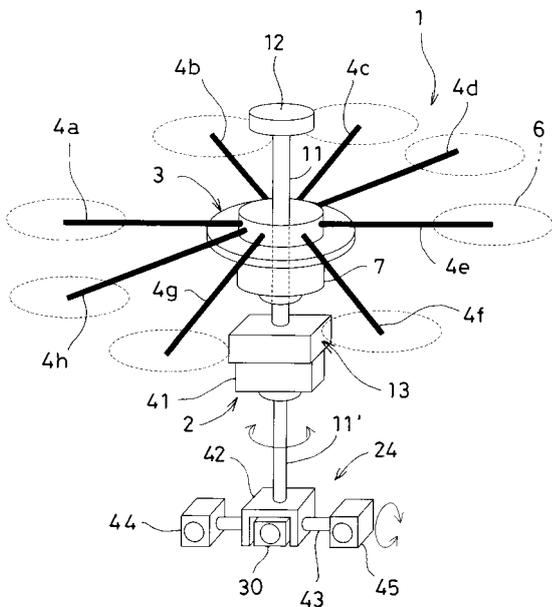
- 6 プロペラ
- 7 主フレーム
- 1 1 シャフトフレーム
- 1 2 GPSアンテナ
- 1 3 写真装置本体
- 1 4 ジンバル
- 1 5 防振部材
- 1 7 ダンパバネ
- 1 9 制御装置
- 2 1 クロック信号発生部
- 2 2 記憶部
- 2 3 撮像制御部
- 2 4 撮像部
- 2 5 GPS受信器
- 2 6 飛行制御部
- 2 7 方位センサ
- 2 8 ジャイロユニット
- 2 9 無線通信部
- 3 0 主カメラ
- 3 1 ステレオカメラ
- 3 7 傾斜センサ
- 4 1 カメラ姿勢駆動部
- 4 9 カメラ姿勢制御部

10

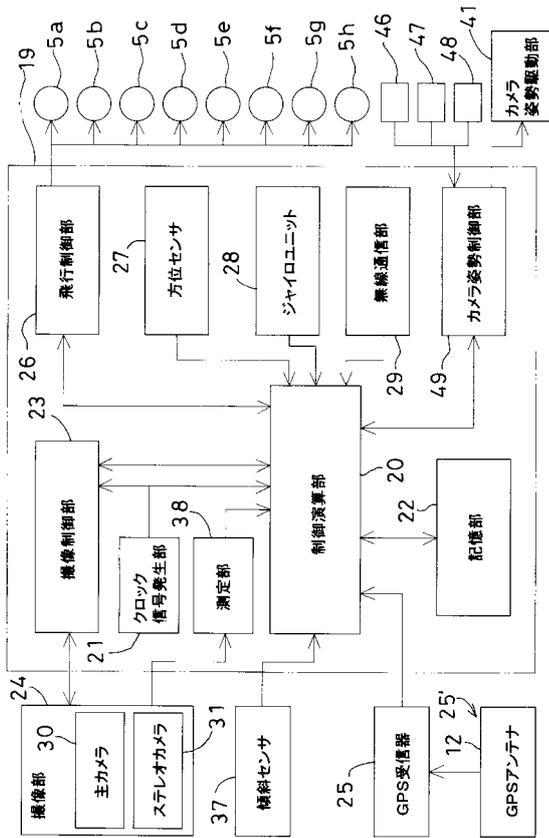
20

【図1】

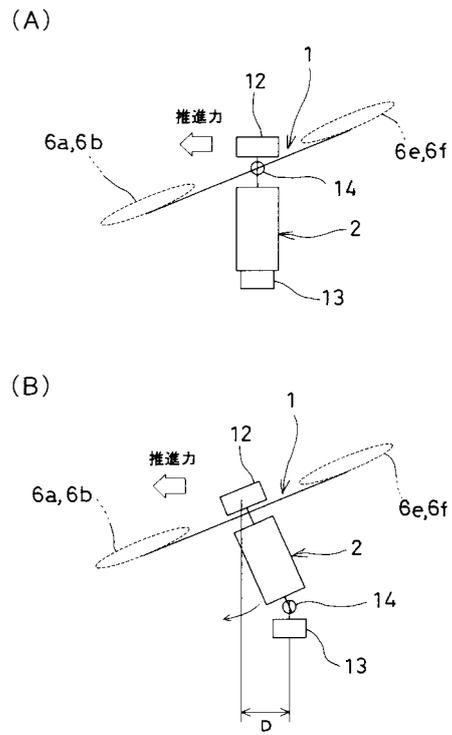
【図2】



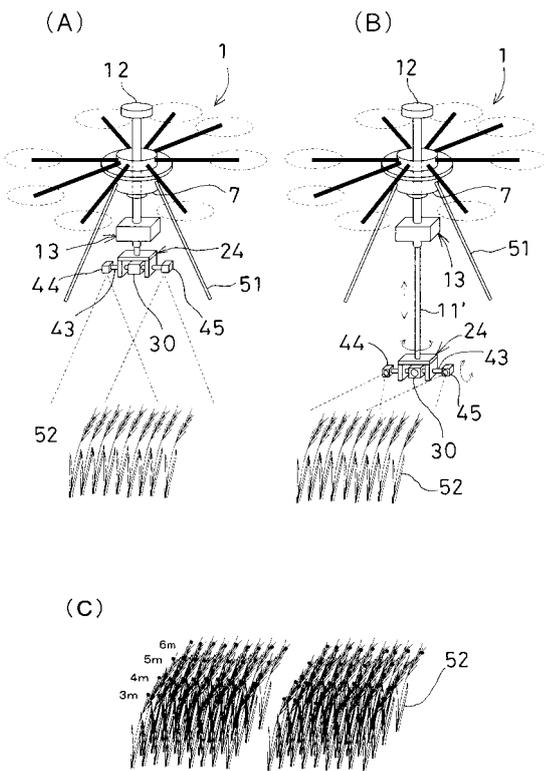
【 図 3 】



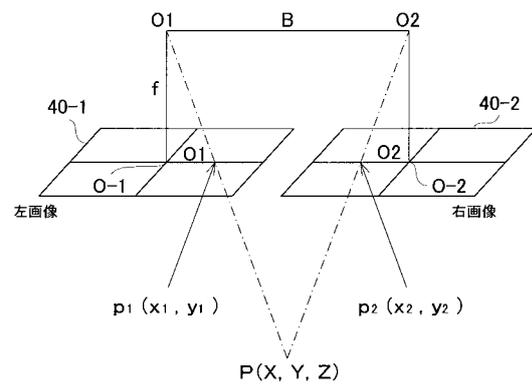
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



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