



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102591353 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 18

(21) 申请号 201210000653. 0

(22) 申请日 2012. 01. 04

(30) 优先权数据

2011-000184 2011. 01. 04 JP

(71) 申请人 株式会社拓普康

地址 日本东京都

(72) 发明人 大友文夫 大谷仁志

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 马红梅 卢江

(51) Int. Cl.

G05D 1/10(2006. 01)

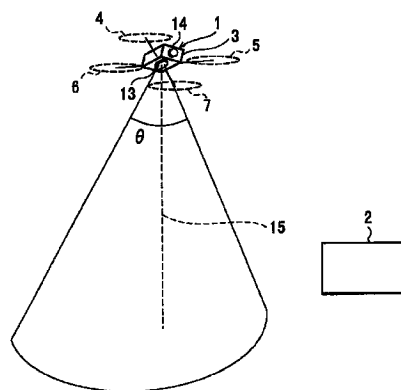
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 8 页

(54) 发明名称

飞行体的飞行控制系统

(57) 摘要

一种飞行体的飞行控制系统包括飞行体、提供在所述飞行体中的航行装置、位置测量单元 17、用于控制所述航行装置的飞行控制单元 18、以及用于控制所述位置测量单元和飞行控制单元的主运算控制单元 19, 并且在飞行体的所述飞行控制系统中, 所述位置测量单元具有用于测量所述飞行体的地面坐标的 GPS 设备 23 和用于获取所述飞行体下方的数字图像的垂直相机 13, 并且基于由所述垂直相机获取的两个点处的图像、基于由所述 GPS 设备测量的所述两个点的地面坐标、以及基于所述垂直相机的焦距来测量所述飞行体的高度, 并且所述主运算控制单元经由所述飞行控制单元基于所测量的高度来控制所述航行装置并且使所述飞行体在预定高度飞行。



1. 一种飞行体的飞行控制系统,包括飞行体、提供在所述飞行体中的航行装置、位置测量单元、用于控制所述航行装置的飞行控制单元、以及用于控制所述位置测量单元和所述飞行控制单元的主运算控制单元,

其中所述位置测量单元具有用于测量所述飞行体的地面坐标的 GPS 设备和用于获取所述飞行体下方的数字图像的垂直相机,并且基于由所述垂直相机获取的两个点处的图像、基于由所述 GPS 设备测量的所述两个点的地面坐标、以及基于所述垂直相机的焦距来测量所述飞行体的高度,并且其中所述主运算控制单元经由所述飞行控制单元基于所述测量的高度来控制所述航行装置并且使所述飞行体在预定高度飞行。

2. 根据权利要求 1 所述的飞行体的飞行控制系统,其中所述位置测量单元从第一点到第二点连续地获得图像,从在所述第一点处获得的所述图像中提取特征点,通过在从所述第一点到所述第二点的所述图像中进行图像跟踪来将所述第一点处的所述图像的所述特征点指定到所述第二点处的所述图像中,并且基于所述第一点处的所述图像和基于所述第二点处的所述图像来执行对应于所述特征点的地面上的测量点的三维测量。

3. 根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的飞行体的飞行控制系统,其中在所述主运算控制单元中设置飞行计划数据,并且所述主运算控制单元基于所述飞行计划数据控制所述飞行体的航线和飞行高度。

4. 根据权利要求 1 所述的飞行体的飞行控制系统,进一步包括用于倾斜所述垂直相机的倾斜机构,其中所述倾斜机构以这样的方式来倾斜所述垂直相机,所述方式为:当所述飞行体在倾斜平面上方飞行时,所述垂直相机的光轴变得与所述倾斜平面垂直。

5. 根据权利要求 1 或权利要求 4 所述的飞行体的飞行控制系统,进一步包括用于获得前方的图像的前视相机,其中所述主运算控制单元根据由所述前视相机获得的所述图像识别前方障碍物并避开所述障碍物。

6. 根据权利要求 1 到 4 中的任何一个所述的飞行体的飞行控制系统,进一步包括用于检测所述飞行体的倾斜的姿势检测器,其中所述姿势检测器在由所述垂直相机进行图像拾取的时候检测所述飞行体的倾斜,并且所述位置测量单元基于所述飞行体的所述倾斜执行所述第一点处的所述图像和所述第二点处的所述图像的绝对定位。

飞行体的飞行控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及飞行体的飞行控制系统,其适当地控制在飞行体的无人驾驶飞行期间的飞行高度。

背景技术

[0002] 在从上空摄影或从上空测量中,能够获得不能通过从地面摄影获得的信息或不能通过地面上的测量获得的信息,并且可能在禁入区域中摄影,或能够获得在其中难以进行测量的区域内的信息。此外,近年来,由于远程控制的小飞行体(诸如小飞机或小型直升机等)的性能方面的改进、远程操作技术方面的改进、以及进一步的图像拾取设备的性能方面的改进、小型化的加速、以及其他,使得图像拾取设备可以被安装在小飞行体中,并且可以从上空通过以无人驾驶方式的远程操作来执行摄影。此外,还可以根据预先设置的飞行时间表来执行自主飞行。

[0003] 为了使得小飞行体通过远程操作飞行或自主飞行,在飞行期间的该小飞行体自身的精确位置信息是必要的。

[0004] 作为用于获取位置信息的装置,近年来 GPS 位置测量仪器已经普及,从而使得地心坐标(平面位置信息)可以被容易地测量。此外, GPS 位置测量仪器的尺寸和重量方面的减小已取得进展,由此这样的仪器可以被容易地安装在飞行体及其他中。

[0005] 虽然 GPS 位置测量仪器能够以高精度来测量地心坐标,但是其关于距离地面的高度的测量精度差。小飞行体飞行于其中的区域不一定是平坦的,并且当存在地面的起伏、建筑构造以及建筑物构造的时候,必须根据地面的起伏、建筑构造以及建筑物构造来控制小飞行体的高度。

[0006] 因此,为了提高高度测量的精度,另一种用于测量到地面的高度的测量仪器必须被额外地准备。然而,由于小飞行体的飞行能力,小飞行体的机载能力被极端地限制为几百克,并且安装各种测量设备是困难的。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供飞行控制系统,其可以容易地以高精度来测量飞行体的高度位置并且可以适当地控制飞行体在无人驾驶飞行时的飞行高度。

[0008] 为了达到上述目的,根据本发明的飞行体的飞行控制系统包括飞行体、提供在所述飞行体中的航行装置、位置测量单元、用于控制所述航行装置的飞行控制单元、以及用于控制所述位置测量单元和飞行控制单元的主运算控制单元,并且在飞行体的所述飞行控制系统中,所述位置测量单元具有用于测量所述飞行体的地面坐标的 GPS 设备和用于获取所述飞行体下方的数字图像的垂直相机,并且基于由所述垂直相机获取的两个点处的图像、基于由所述 GPS 设备测量的所述两个点的地面坐标、以及基于所述垂直相机的焦距来测量所述飞行体的高度,并且所述主运算控制单元经由所述飞行控制单元基于所测量的高度来控制所述航行装置并且使所述飞行体在预定高度飞行。

[0009] 此外,在根据本发明的飞行体的所述飞行控制系统中,所述位置测量单元从第一点到第二点连续地获得图像,从在所述第一点处获得的图像中提取特征点,通过在从所述第一点到所述第二点的图像中进行图像跟踪来将所述第一点处的图像的特征点指定到所述第二点处的图像中,并且基于所述第一点处的图像和基于所述第二点处的图像来执行对应于所述特征点的地面上的测量点的三维测量。

[0010] 此外,在根据本发明的飞行体的所述飞行控制系统中,在所述主运算控制单元中设置飞行计划数据,并且所述主运算控制单元基于所述飞行计划数据控制所述飞行体的航线和飞行高度。

[0011] 此外,根据本发明的飞行体的所述飞行控制系统进一步包括用于倾斜所述垂直相机的倾斜机构,并且所述倾斜机构以这样的方式来倾斜所述垂直相机,所述方式为:当所述飞行体在倾斜平面上方飞行时,所述垂直相机的光轴变得与倾斜平面垂直。

[0012] 此外,根据本发明的飞行体的所述飞行控制系统进一步包括用于获得前方的图像的前视相机,并且所述主运算控制单元根据由所述前视相机获得的图像识别前方障碍物并避开所述障碍物。

[0013] 此外,根据本发明的飞行体的所述飞行控制系统进一步包括用于检测所述飞行体的倾斜的姿势检测器,并且所述姿势检测器在由所述垂直相机进行图像拾取的时候检测所述飞行体的倾斜,并且所述位置测量单元基于所述飞行体的倾斜执行所述第一点处的图像和所述第二点处的图像的绝对定位。

[0014] 根据本发明,飞行体的所述飞行控制系统包括飞行体、提供在所述飞行体中的航行装置、位置测量单元、用于控制所述航行装置的飞行控制单元、以及用于控制所述位置测量单元和飞行控制单元的主运算控制单元,并且在飞行体的所述飞行控制系统中,所述位置测量单元具有用于测量所述飞行体的地面坐标的 GPS 设备和用于获取所述飞行体下方的数字图像的垂直相机,并且基于由所述垂直相机获取的两个点处的图像、基于由所述 GPS 设备测量的所述两个点的地面坐标、以及基于所述垂直相机的焦距来测量所述飞行体的高度,并且所述主运算控制单元经由所述飞行控制单元基于所测量的高度来控制所述航行装置并且使所述飞行体在预定高度飞行。作为结果,即使在具有地形方面的变化的区域中,适当的自主飞行也是可能的。

[0015] 此外,根据本发明,在飞行体的所述飞行控制系统中,所述位置测量单元从第一点到第二点连续地获得图像,从在所述第一点处获得的图像中提取特征点,通过在从所述第一点到所述第二点的图像中进行图像跟踪来将所述第一点处的图像的特征点指定到所述第二点处的图像中,并且基于所述第一点处的图像和基于所述第二点处的图像来执行对应于所述特征点的地面上的测量点的三维测量。作为结果,能够适当地获取地面的图像,并且还能够获得所述地面的三维数据。

[0016] 此外,根据本发明,飞行体的所述飞行控制系统进一步包括用于倾斜所述垂直相机的倾斜机构,并且所述倾斜机构以这样的方式倾斜所述垂直相机,所述方式为:当所述飞行体在倾斜平面上方飞行时,所述垂直相机的光轴变得与倾斜平面垂直。作为结果,没有射影失真(投影失真)的清晰图像可以被获得,而不论地面的状态如何。

[0017] 此外,根据本发明,飞行体的所述飞行控制系统进一步包括用于获得前方图像的前视相机,并且所述主运算控制单元根据由所述前视相机获得的图像识别前方障碍物并避

开所述障碍物。作为结果,即使在具有障碍物的区域中,自主飞行也是可能的。

[0018] 此外,根据本发明,飞行体的所述飞行控制系统进一步包括用于检测所述飞行体的倾斜的姿势检测器,并且所述姿势检测器在由所述垂直相机进行图像拾取的时候检测所述飞行体的倾斜,并且所述位置测量单元基于所述飞行体的倾斜来执行所述第一点处的图像和所述第二点处的图像的绝对定位。作为结果,即使在摄影时所述飞行体倾斜,高精度的高度测量和地面的三维测量也是可能的。

附图说明

[0019] 图 1 是示出了根据本发明的飞行体的飞行高度控制系统的示意图;

图 2 是根据本发明的实施例的、被安装在飞行体中的控制设备的框图;

图 3 是示出了被安装在飞行体中的垂直相机和地面之间的关系说明图;

图 4 是从由飞行体在两个点处获得的图像测量测量点的坐标和飞行体的高度的情况的说明图;

图 5 是示出了从所获得的图像中提取的特征点的图像跟踪和对应于相应的特征点的地面上的非测量点之间的关系说明图;

图 6(A) 是针对飞行体沿地面在保持预定高度的同时飞行的情况的说明图,图 6(B) 是示出了当飞行体具有水平姿势时相机状态的说明图,并且图 6(C) 是示出了相对于倾斜平面的相机状态的说明图;以及

图 7 是当相机倾斜时关于绝对定位的说明图。

具体实施方式

[0020] 将通过参考附图在下文中对本发明的实施例给予描述。

[0021] 首先,在图 1 中,将对根据本发明的飞行体的飞行高度控制系统的基本配置给予描述。

[0022] 在图 1 中,附图标记 1 表示用于进行自主飞行的飞行体,附图标记 2 表示被安装在地上的基地控制设备,并且该基地控制设备 2 可以执行与飞行体 1 的数据通信,控制飞行体 1 的飞行,设置或改变飞行计划,以及存储或管理由飞行体 1 收集的信息。

[0023] 飞行体 1 是例如作为用于进行自主飞行的小飞行体的直升机。通过从基地控制设备 2 远程控制来操作直升机 1,或由基地控制设备 2 将飞行计划设置在直升机 1 的控制设备(其将在之后被描述)中,从而根据该飞行计划进行自主飞行。

[0024] 直升机 1 具有直升机机身 3 和被提供给直升机机身 3 的必要数量的螺旋桨,例如,4 个螺旋桨,即,前、后、左和右螺旋桨 4,5,6 和 7。螺旋桨 4,5,6 和 7 被单独地分别与第一电动机 8、第二电动机 9、第三电动机 10、和第四电动机 11(其将在之后被描述)耦合,并且第一电动机 8、第二电动机 9、第三电动机 10、和第四电动机 11 的驱动可以被独立地控制,如将在之后描述的那样。应当注意的是,螺旋桨 4,5,6 和 7、第一电动机 8、第二电动机 9、第三电动机 10、和第四电动机 11 及其他构成飞行体的航行装置。

[0025] 图像拾取设备和控制设备被提供在直升机 1 的直升机机身 3 中。图像拾取设备是由获得数字图像的垂直相机 13 和前视相机 14 构成的。垂直相机 13 和前视相机 14 中的每个可以是用于以预定时间间隔获取静止图像的相机或连续地获取视频图像的摄像机。垂直

相机 13 被提供在直升机机身 3 的下表面上。此外,图像拾取设备具有作为图像拾取元件的 CCD 和 CMOS 传感器,其是像素的集合体,并且图像拾取元件上的每个像素的位置(坐标)可以被指定,并且进一步的,每个像素的视场角可以被识别。

[0026] 垂直相机 13 具有穿过直升机机身 3 的基准位置(例如,机器的中心)的光轴 15,并且当直升机 1 具有水平姿势的时候,光轴 15 与垂直线一致。垂直相机 13 具有角度为 θ 的视角,并且可以获得航空摄影的图像。此外,由垂直相机 13 获取的图像也被用于位置测量的图像数据,如将在之后被描述的那样。

[0027] 垂直相机 13 优选地被以这样的方式加以支撑,所述方式为:光轴 15 可以关于中心处的基准位置在行进/后退方向(其将在下文被称为前-后方向)上倾斜,并且提供用于在前-后方向上倾斜垂直相机 13 的倾斜机构 30(其将在之后被描述)。该倾斜机构 30 以光轴 15 不变地垂直于地面的这样的方式来调整垂直相机 13 的倾斜。

[0028] 此外,前视相机 14 被提供在直升机机身 3 的前表面上以获得前面的图像,并且该前视相机 14 的光轴是水平的或从水平状态以必要的角度向下倾斜。因此,前视相机 14 获取直升机 1 正在飞行的地方的前方景色的图像,并且所获得的图像被用来对前方地形的变化进行判断或用来识别障碍物。

[0029] 由垂直相机 13 和前视相机 14 获取的图像与用于获取所述图像的时间、与由 GPS 设备 23 测量的地心坐标(其将在之后被描述)、以及与由陀螺仪单元 29(其将在之后被描述)检测的直升机 1 的姿势状态(飞行体的倾斜)相关联,并且被存储在之后描述的第一存储单元 25 中。

[0030] 图 2 示出了被提供在直升机机身 3 中的控制设备 16。控制设备 16 主要由位置测量单元 17、飞行控制单元 18、主运算控制单元 19、通信单元 20 和电源单元 21 构成。

[0031] 位置测量单元 17 由作为平面位置测量仪器的 GPS 设备 23、位置计算 CPU 24、第一存储单元 25、垂直相机 13、前视相机 14 及其他构成。

[0032] GPS 设备 23 被配置成测量直升机 1 的基准位置,例如,机器的中心,GPS 设备 23 的测量值表示从地心坐标(绝对坐标)系获得的地面坐标系,并且因此 GPS 设备 23 测量地面坐标系中基准位置的坐标。

[0033] 此外,当直升机 1 具有水平姿势并且垂直相机 13 具有基准姿势时,光轴 15 穿过该基准位置并且是垂直的。因此,垂直相机 13 可以获得在直升机 1 直接下方的必要视场角 θ 的范围内的图像,并且该图像的中心被设置成与基准位置一致。

[0034] 在第一存储单元 25 中,由垂直相机 13 获得的图像被存储,并且在其处获得该图像的位置和时间与该图像相关联并被存储。此外,GPS 设备 23 与获取所述图像所处的时刻同步地测量直升机 1 的地面坐标,并且所测量的地面坐标也被与获取所述图像所处的时刻相关联地存储在第一存储单元 25 中。

[0035] 此外,在第一存储单元 25 中,诸如图像处理程序、三维位置测量程序、图像拾取控制程序、及其他的程序被存储。此外,由垂直相机 13 和前视相机 14 获取的图像被与用于获取该图像的时间、地面坐标、和直升机 1 的姿势状态(飞行体的倾斜)相关联地存储在第一存储单元 25 中。

[0036] 图像处理程序执行图像处理,例如,从由垂直相机 13 和其他处理获得的图像中提取特征点,并且从由前视相机 14 获得的图像判断前方地形或识别前方障碍物。三维位置测

量程序基于从垂直相机 13 的图像中提取的特征点、通过诸如交会法或后方交会法等测量方法来计算直升机 1 的高度距离。此外，三维位置测量程序从 GPS 设备 23 的测量结果获得地面坐标，并且基于获得的高度距离和地面坐标来计算直升机机身 3 的三维位置。图像拾取控制程序控制由垂直相机 13 和前视相机 14 进行图像拾取的状态。

[0037] 飞行控制单元 18 包括第一电动机 8、第二电动机 9、第三电动机 10、第四电动机 11、用于单独地驱动和控制这些电动机的电动机控制器 26、用于控制电动机控制器 26 的飞行控制 CPU 27、第二存储单元 28、以及用于检测相对于水平状态的直升机 1 的姿势状态(倾斜)并且生成姿势状态信号的姿势检测器，例如，陀螺仪单元 29。

[0038] 在第二存储单元 28 中，存储用于基于来自位置测量单元 17 的飞行引导数据计算诸如飞行速度、上升速度、下降速度、飞行方向、飞行高度及其他的飞行状态的飞行控制程序、用于基于来自陀螺仪单元 29 的姿势状态信号计算用于姿势控制的信息的姿势控制程序、以及其他程序。飞行控制 CPU 27 基于飞行控制程序向电动机控制器 26 发送飞行控制指令，经由电动机控制器 26 控制第一电动机 8、第二电动机 9、第三电动机 10、和第四电动机 11，并且执行预定的飞行。飞行控制 CPU 27 还基于姿势控制程序发送姿势控制指令给电动机控制器 26，经由电动机控制器 26 分别控制第一电动机 8、第二电动机 9、第三电动机 10、和第四电动机 11，从而将直升机 1 的姿势控制到期望的状态(例如，水平状态)。

[0039] 主运算控制单元 19 包括主 CPU 32、第三存储单元 33、和输入 / 输出控制单元 34，并且第三存储单元 33 存储诸如集成程序、飞行控制程序、测量图像处理程序、通信控制程序、图像拾取单元姿势控制程序、及其他的程序和飞行计划数据。作为被存储在飞行计划数据中的数据，存在例如航线、飞行高度、航行速度、图像拾取的位置和范围，及其他。

[0040] 集成程序集成并控制位置测量单元 17 和飞行控制单元 18。飞行控制程序生成到飞行控制单元 18 的飞行控制信号，从而使得可以基于飞行计划数据进行自主飞行，并且基于来自位置测量单元 17 的高度测量结果来生成到飞行控制单元 18 的飞行控制信号，从而使得可以相对于地面保持预定的高度。此外，飞行控制程序基于来自前视相机 14 的图像判断前方地形的变化或识别障碍物并判断危险避免或航线改变。应当注意的是，在第二存储单元 28 中的飞行控制程序和第三存储单元 33 中的飞行控制程序具有等同功能并且相辅相成。

[0041] 此外，图像拾取单元姿势控制程序基于关于地形变化的判断来控制倾斜机构 30 并且以垂直相机 13 的光轴 15 变得与地面垂直的这样的方式来控制垂直相机 13 的倾斜。

[0042] 通信单元 20 由无线通信单元 35、信息通信单元 36 及其他构成，并且无线通信单元 35 接收来自地面基地的远程飞行控制指令并且将直升机 1 的飞行状态传送到地面基地。此外，信息通信单元 36 被配置成通过使用诸如无线 LAN 或蓝牙(注册商标)等的通信装置来发送 / 接收在地面基地和直升机 1 之间的信息，例如，飞行计划数据被从基地发送至处于直升机 1 已经降落在该基地中的状态下的直升机 1，或在飞行过程中获得的图像、位置、和时间的信息被从直升机 1 发送至所述基地。

[0043] 电源单元 21 为例如可再充电的电池。电源单元 21 在直升机 1 已经降落在基地中的状态下被充电，并且电源单元 21 在飞行过程中供应必要的功率给航行装置、位置测量单元 17、飞行控制单元 18、主运算控制单元 19、通信单元 20、和倾斜机构 30。

[0044] 由垂直相机 13 获得的图像和由位置测量单元 17 测量的位置信息经由通信单元 20

被传送至基地控制设备 2, 并且该基地控制设备 2 根据该图像准备立体图像或基于该立体图像执行数字摄影测量。

[0045] 现在将参考图 3 描述数字摄影测量的测量精度。

[0046] 图 3 示出了采用摄影距离 (高度) H 、摄影基线长度 B 、相机的焦距 f 、以及相机的像素大小 Δp 获取用于数字摄影测量的图像, 并且示出了在这些条件下的平面精度 Δxy 和高度精度 Δz 。

[0047] 平面精度: $\Delta xy = H \times \Delta p / f$

高度精度: $\Delta z = H \times H \times \Delta p / (B \times f)$ 被获得。

[0048] 因此, 由于高度精度 Δz 与 H^2 成比例, 所以将摄影距离 H 精确地保持, 即, 将直升机机身 3 的高度精确地保持在预定值是用于执行高度精确的数字摄影测量的必要条件。在这里, 摄影距离 H 是关于图像中的特征点计算的高度距离, 并且此外, 图像拾取距离 H 可以是所述特征点的高度距离的加权平均系数或关于所述图像获得的全部三维坐标的平均值。

[0049] 作为用于测量直升机机身 3 的高度以将直升机机身 3 的高度保持在预定值的测量方法, 可以考虑安装激光测量仪器并且基于由激光测量仪器测量的高度控制直升机机身 3 的飞行高度, 但是激光测量仪器昂贵, 并且直升机机身 3 的设备配置复杂。除了其他, 还存在由于直升机机身 3 的机载能力导致的限制。在本实施例中, 通过使用垂直相机 13 (其已经被安装), 直升机机身 3 的高度被实时地测量, 并且测量结果在直升机机身 3 的飞行中得以反映, 并且距离地面的高度将被保持恒定。

[0050] 首先, 通过参考图 4, 将基于数字摄影测量给出关于距离测量的概括的描述。

[0051] 图 4 示出了由垂直相机 13 在已知点 01 和已知点 02 处获得包括测量点 P 的图像的情况, 并且点 01 和点 02 与彼此分离摄影基线长度 B 。此外, 为了简化说明, 假定在点 01 和点 02 处的图像拾取中的垂直相机 13 的光轴与彼此平行。此外, 垂直相机 13 具有图像拾取元件 41, 并且附图中的附图标记 41-1 和 41-2 分别表示处于在点 01 和点 02 处进行图像拾取的状态下的图像拾取元件。

[0052] 在点 01 处获取的测量点 P 的图像上 (即, 在图像拾取元件上) 的位置是 $p1 (x1, y1)$, 而在点 02 处获取的测量点 P 的图像上 (即, 在图像拾取元件上) 的位置是 $p2 (x2, y2)$ 。假定从图像拾取元件 41-1 的中心 0-1 (原点) 到 $p1$ 的距离是 $l1$, 并且从图像拾取元件 41-2 的中心 0-2 (原点) 到 $p2$ 的距离是 $l2$, 则基于三角形 01, 02, P、三角形 01, 0-1, $p1$ 和三角形 02, 0-2, $p2$ 之间的相似关系, 从摄影基线长度 B 到 P 的距离 Z 为 $Z = Bf / (l1 + l2)$ 。

[0053] 在这里, 可以由 GPS 设备 23 测量点 01 和点 02 的地面坐标, 并且摄影基线长度 B 是所述两个点 (即, 点 01 和点 02) 间的距离。可以基于 GPS 设备 23 的测量结果获得摄影基线长度 B 。此外, 可以同样地从 $p1 (x1, y1)$ 和 $p2 (x2, y2)$ 以及由 GPS 设备 23 测量的点 01 和点 02 的地心位置获得测量点 P 的地心位置 (平面坐标)。

[0054] 因此, 可以从在直升机 1 移动的过程期间顺序地获取的两个图像实时地测量直升机 1 的高度 (高度距离测量)。

[0055] 图 5 是示意地示出了从由在飞行中的直升机 1 获取的图像顺序地执行高度测量的状态。此外, 虽然已经参考图 4 描述了直升机 1 的高度测量, 但是在由垂直相机 13 获取的全部图像中可以执行图像中的任意区的高度测量, 即, 对应于所述图像中的区的地面 42 的区的高度测量。

[0056] 对于由垂直相机 13 获取的地面 42 的每个图像执行图像处理,并且从所述图像中提取特征点 a 到 n。通过适当的图像处理(例如边缘处理或对比度处理及其他处理)执行特征点 a 到 n 的提取。

[0057] 此外,必须在在点 02 处获取的图像中指定从点 01 处的图像中提取的特征点,存在图像跟踪作为指定方法。在图像跟踪中,从点 01 到点 02 连续地获得图像,在按照时间彼此相邻的图像中顺序地指定(图像跟踪)特征点,并且在点 02 处的图像中指定点 01 处的图像中的特征点。

[0058] 应当注意的是,在由本申请人在先提交的日本专利申请号 2005-37086(日本专利申请公开 JP-A-2007-171048)中公开了所述图像跟踪。

[0059] 对于所提取的特征点而言,基于点 01 处的图像和点 02 处的图像、针对每个特征点执行上述测量方法。每个特征点的高度距离和平面坐标被同样地获得。由于所述特征点存在于整个图像中,所以可以测量地面 42 的状态,例如,不规则性、倾斜、及其他,并且因此可以通过使测量结果与所获得的图像相关联来获得具有三维坐标的航拍照片。

[0060] 图 6 示出了直升机 1 飞过地面 42 凸起的位置的情况。

[0061] 直升机 1 实时地从由垂直相机 13 获得的图像测量高度,并且所测量的高度被反馈到主运算控制单元 19。主运算控制单元 19 输出高度校正指令给飞行控制单元 18,从而使得从地面到直升机 1 的距离可以被保持为与输入高度距离恒定,并且飞行控制单元 18 以该飞行控制单元 18 的高度变得恒定这样的方式通过电动机控制器 26 控制第一电动机 8 到第四电动机 11 的驱动。

[0062] 此外,当飞过低平面 42a 的直升机 1 到达倾斜平面 42b 时(图 6(A)中的位置 1-3),存在于由垂直相机 13 获取的图像中的前方区(图 6(A)中的右侧区)中的特征点的高度距离小于在任何其他区中的特征点的高度距离。因此,当图像中的特征点的高度距离被部分地减小时,可以判断直升机 1 已经到达倾斜平面 42b。此外,当在倾斜平面 42b 上获得三个或更多个测量点时,可以计算斜坡的状态信息,例如,倾斜平面 42b 的倾斜角度。

[0063] 主运算控制单元 19 基于计算的倾斜角度来驱动并控制倾斜机构 30,并且以光轴 15 变得与倾斜平面 42b 垂直这样的方式倾斜垂直相机 13。由此,以高度距离相对于倾斜平面 42b 具有预定值这样的方式来控制飞行控制单元 18。

[0064] 接下来,当直升机 1 已经到达倾斜平面 42b 的最高点附近的位置时(图 6(A)中的位置 1n),存在于由垂直相机 13 获取的图像中的右侧区中的特征点的高度距离大于任何其他区的高度距离。可以基于图像中的部分高度距离的变化来判断直升机 1 从倾斜平面 42b 移动到高平面 42c。

[0065] 应当注意的是,直升机 1 的前方的图像由前视相机 14 来获取,并且可以根据由前视相机 14 获得的图片判断在前方存在倾斜平面。当倾斜平面的倾斜角度不大时,由于也可以同样地如上所述地根据垂直相机 13 的图像来判断倾斜,所以在飞行中,由前视相机 14 获得的图像不必被反映。然而,当倾斜平面 42b 的倾斜角度大并且倾斜平面 42b 的最高点超过飞行高度时、或当建筑物垂直站立时,直升机 1 有可能撞到倾斜平面 42b 或建筑物。主运算控制单元 19 根据由前视相机 14 获得的图像识别前方障碍物,发布诸如航线改变等指令到飞行控制单元 18,并且从而避免障碍物妨碍直升机 1 或与直升机 1 碰撞的可能性。

[0066] 如上所述,虽然由飞行控制单元 18 水平地控制直升机 1,但是在当直升机 1 沿着倾

斜平面向上或向下移动时、或当垂直相机 13 被倾斜机构 30 以光轴变得垂直于倾斜平面这样的方式倾斜时的某些情况或其他情况下,在点 01 处获取图像的垂直相机 13 的姿势可能会不同于在点 02 处的垂直相机 13 的姿势。图 7 是示出了在点 01 处获取的图像和在点 02 处获取的图像中的倾斜状态的示意图。当光轴 15 的垂线(Z 轴)被确定为基准时,每个图像的倾斜由以 Z 轴为中心的旋转角度 k 、以水平的第一轴(X 轴)为中心的旋转角度 ω 、以及以水平的第二轴(Y 轴)为中心的旋转角度 ϕ 来表示。可以通过对于在点 01 处获取的图像和在点 02 处获取的图像执行绝对定位、同时使用 k 、 ω 和 ϕ 作为变量来将每个图像变换为由附图中的虚线指示的状态(图 4 中所示的状态)。此外,当执行绝对定位时,可以计算测量点 P 的三维坐标,并且此外,可以测量在点 01 和点 02 处的直升机 1 的高度。

[0067] 在这里,可以由陀螺仪单元 29 测量在点 01 和点 02 处的三个轴上的旋转角度,并且可以从图像拾取元件的像素位置来测量在点 01 处的图像中的 p_1 的坐标 (x_1, y_1) 和在点 02 处的图像中的 p_2 的坐标 (x_2, y_2) 。因此,假定在绝对定位后、在变换坐标系中 p_1 的坐标是 (X_1, Y_1, Z_1) ,在绝对定位后、在变换坐标系中 p_2 的坐标是 (X_2, Y_2, Z_2) ,并且垂直相机 13 的焦距是 f ,则变换坐标系中的 p_1 和 p_2 的坐标被表示为如下:

$$X_1 = x_1 \cos \phi_1 \cdot \cos k_1 - y_1 \cos \phi_1 \cdot \sin k_1 - f \sin \phi_1$$

$$Y_1 = x_1 \sin k_1 - y_1 \cos k_1$$

$$Z_1 = -x_1 \sin \phi_1 \cdot \cos k_1 - y_1 \sin \phi_1 \cdot \sin k_1 - f \cos \phi_1$$

$$X_2 = x_2 \cos \phi_2 \cdot \cos k_2 - y_2 \cos \phi_2 \cdot \sin k_2 - f \sin \phi_2 + 1$$

$$Y_2 = x_2 (\cos \omega_2 \cdot \sin k_2 + \sin \omega_2 \cdot \sin \phi_2 \cdot \cos k_2) + y_2 (\cos \omega_2 \cdot \cos k_2 - \sin \omega_2 \cdot \sin \phi_2 \cdot \sin k_2) + f \sin \omega_2 \cdot \cos \phi_2$$

$$Z_2 = x_2 (\sin \omega_2 \cdot \sin k_2 - \cos \omega_2 \cdot \sin \phi_2 \cdot \cos k_2) + y_2 (\sin \omega_2 \cdot \cos k_2 + \cos \omega_2 \cdot \sin \phi_2 \cdot \sin k_2) - f \cos \omega_2 \cdot \cos \phi_2$$

[0068] 因此,可以按与图 4 中所示的相同的方式基于获得的 p_1 的坐标 (X_1, Y_1, Z_1) 和获得的 p_2 的坐标 (X_2, Y_2, Z_2) 计算测量点 P 的三维坐标。

[0069] 应当注意的是,在上述实施例中,位置测量单元 17 包括位置计算 CPU 24 和第一存储单元 25,并且由位置计算 CPU 24 和第一存储单元 25 执行地面 42 的三维测量和图像处理,但是主 CPU 32 和第三存储单元 33 也可以起到位置计算 CPU 24 和第一存储单元 25 的作用。应当注意的是,当位置计算 CPU 24 和第一存储单元 25 被省略时,主 CPU 32、第三存储单元 33、GPS 设备 23、垂直相机 13、及其他构成所述位置测量单元 17。

[0070] 如上所述,根据本实施例,可以由单独的所安装相机测量直升机 1 距离地面 42 的高度,并且还可以执行地面 42 的三维测量,例如,地面 42 的不规则性等。因此,可以在适当的高度和适当的位置拍摄地面 42。可以通过将地面 42 的三维测量的结果与获取的图像相关联来获得具有三维位置信息的图像。

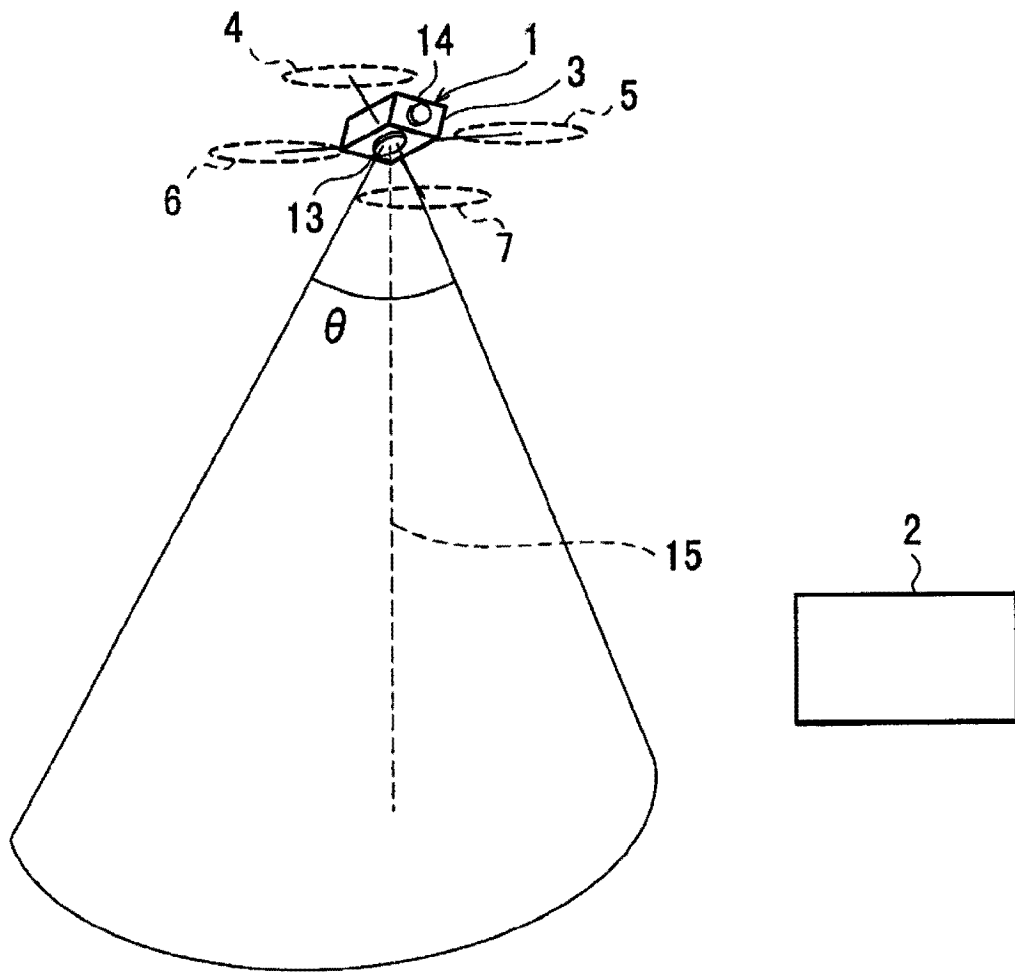


图 1

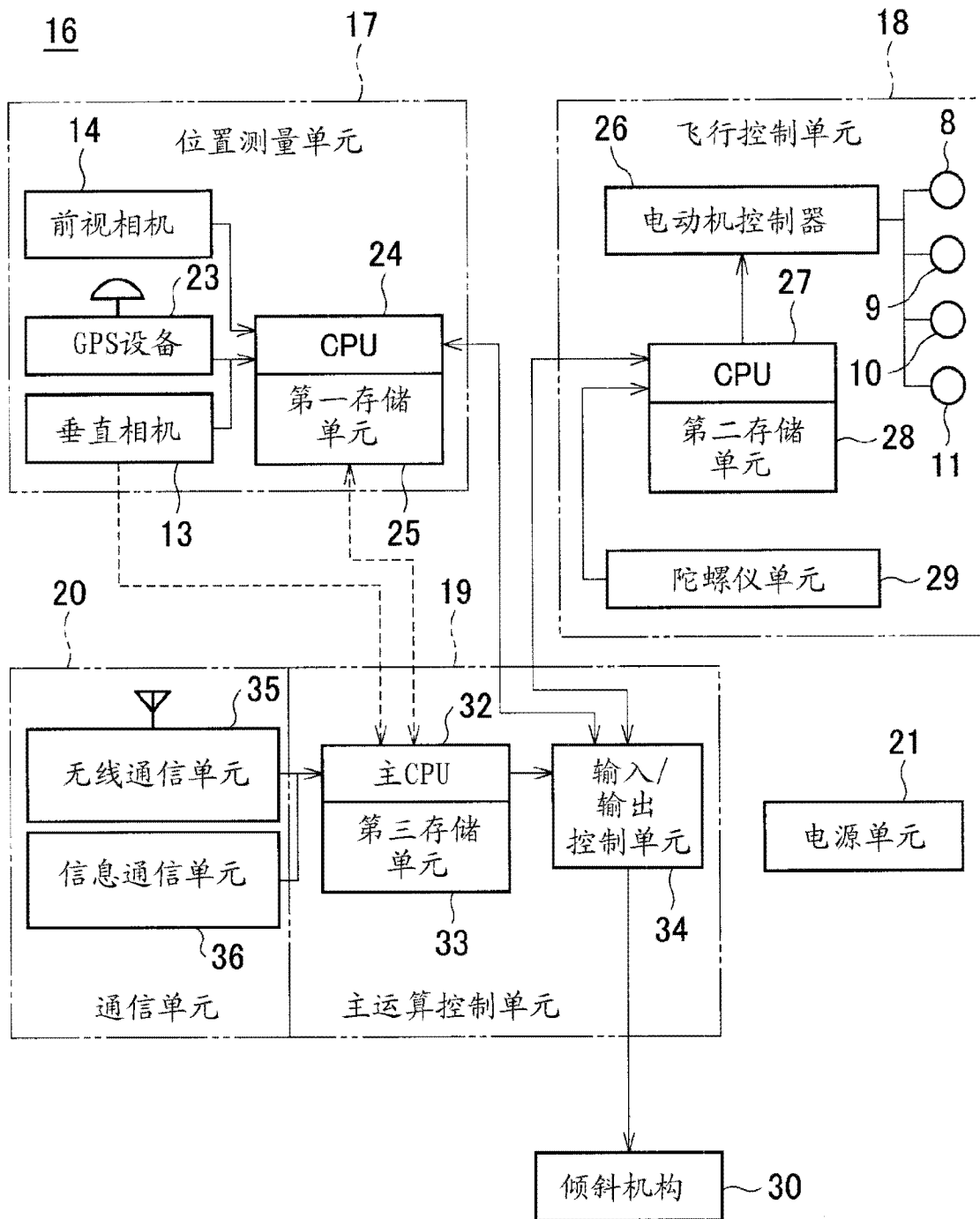


图 2

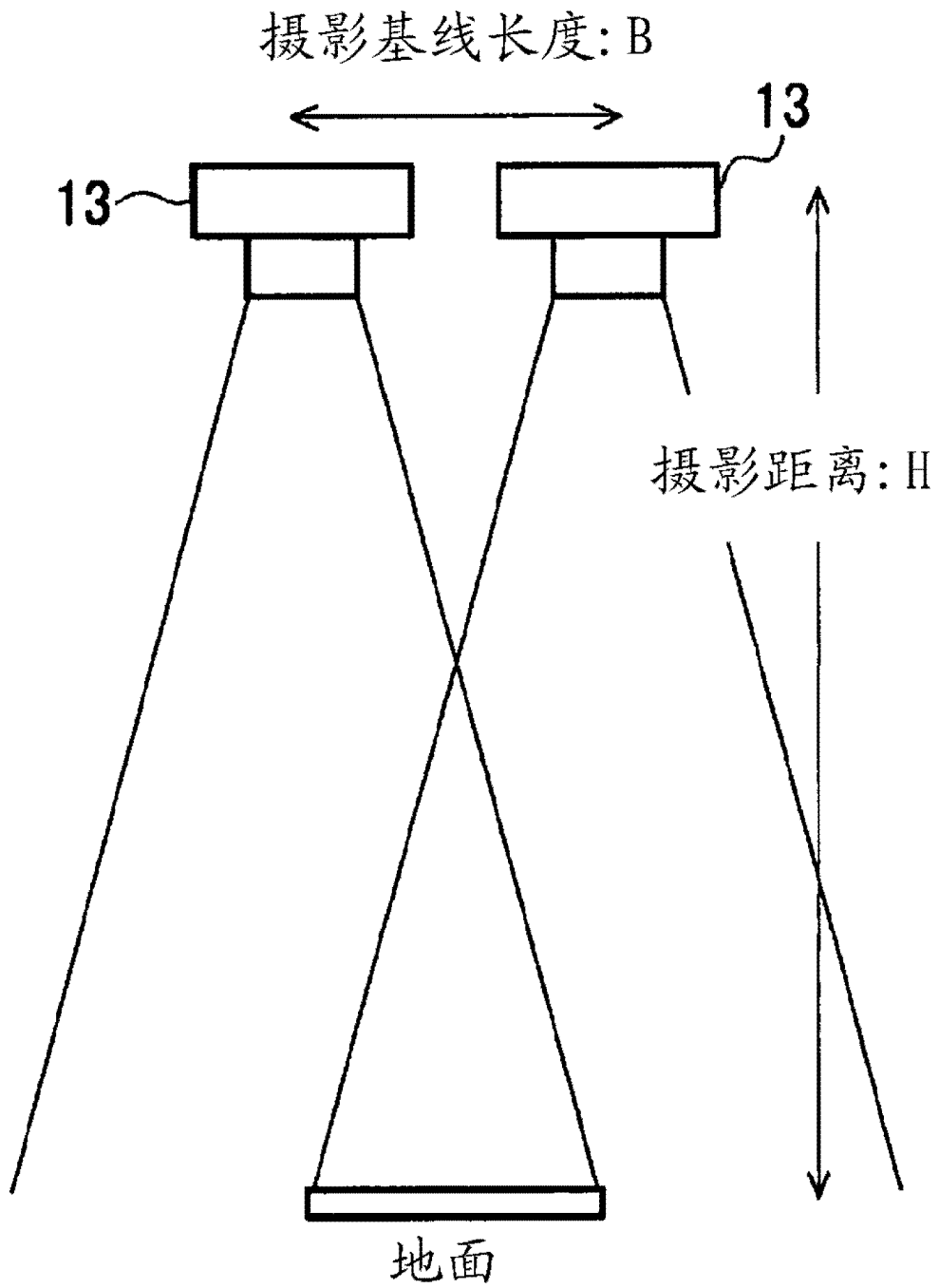


图 3

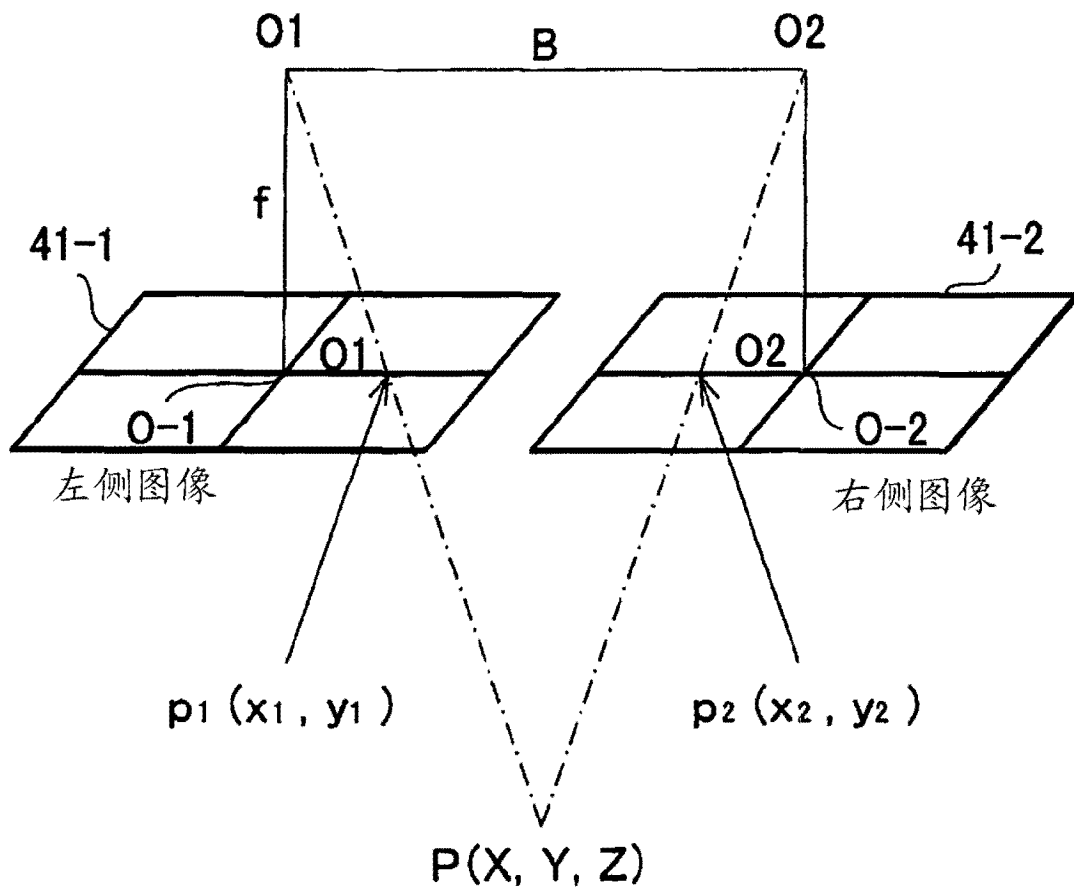


图 4

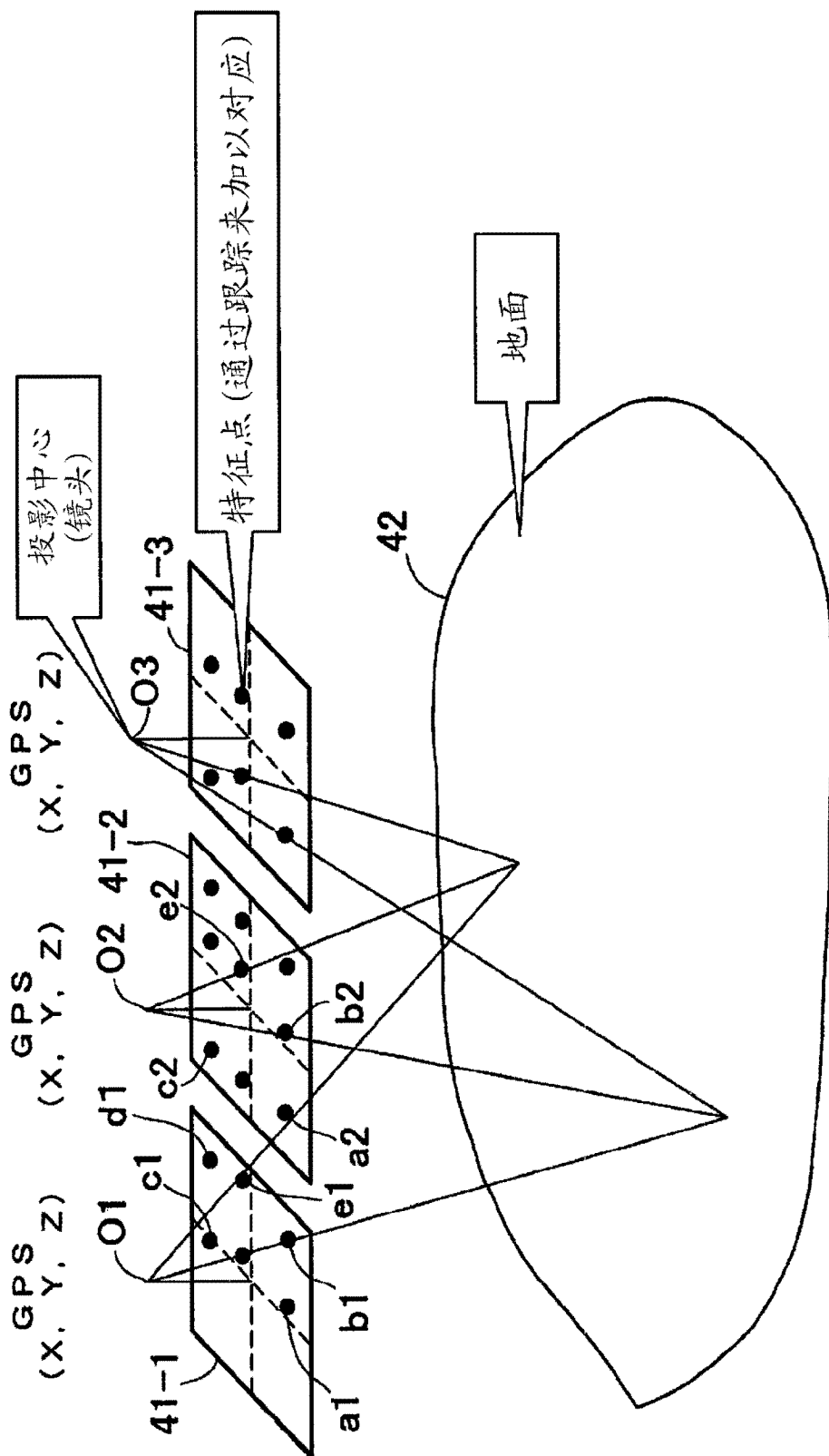


图 5

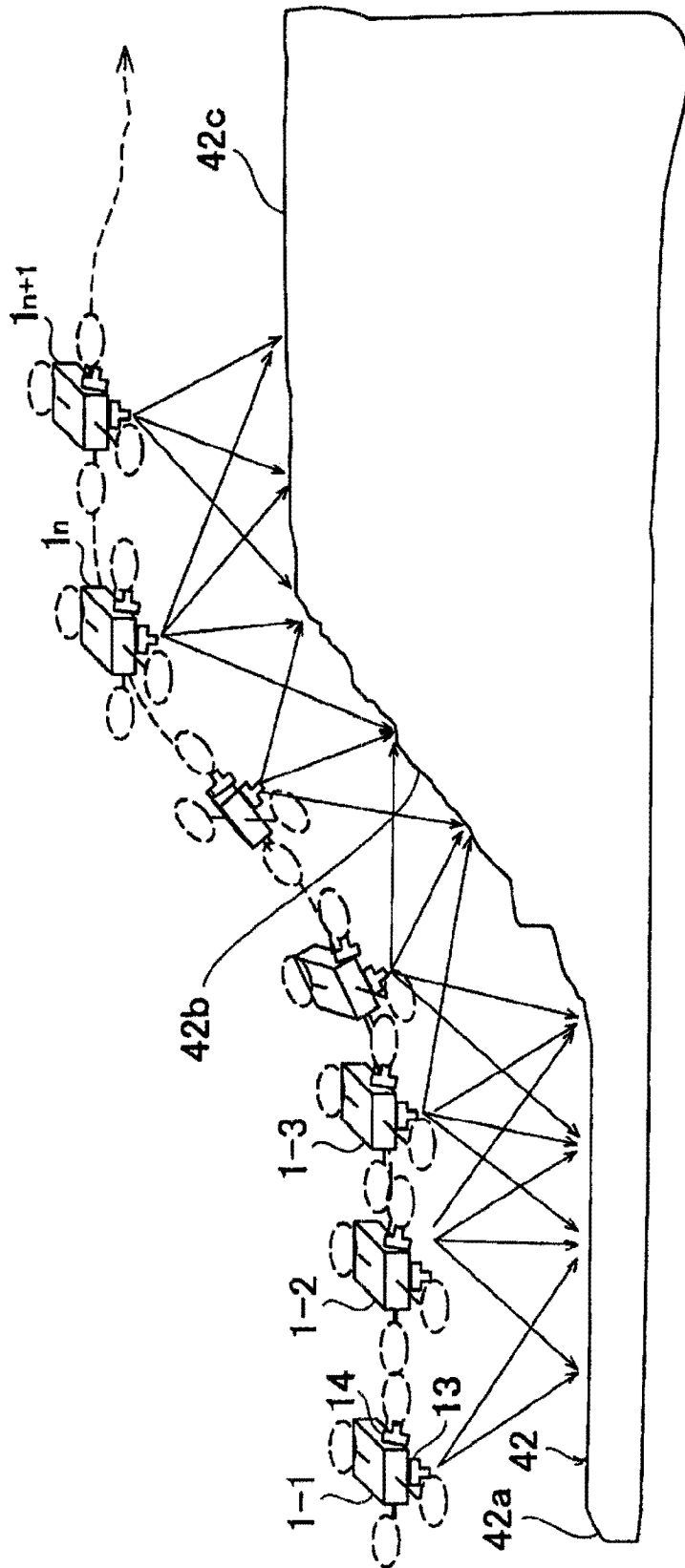


图 6A

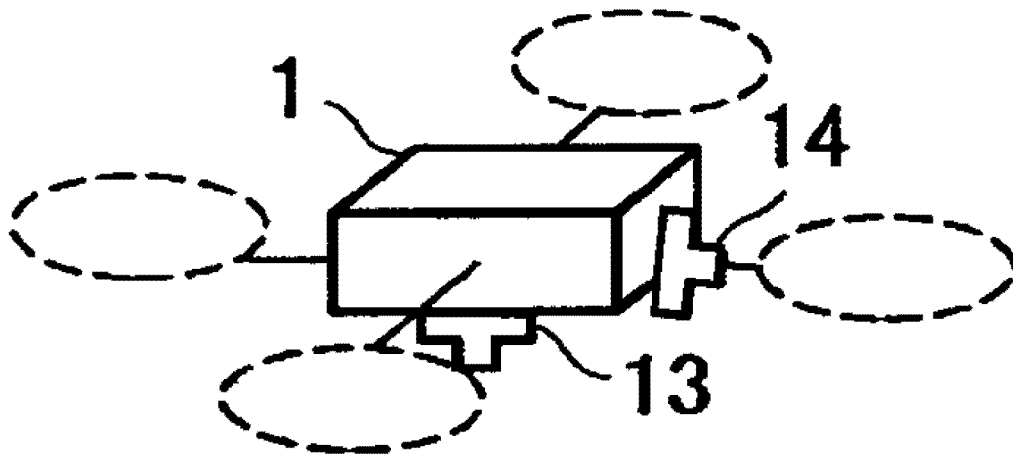


图 6B

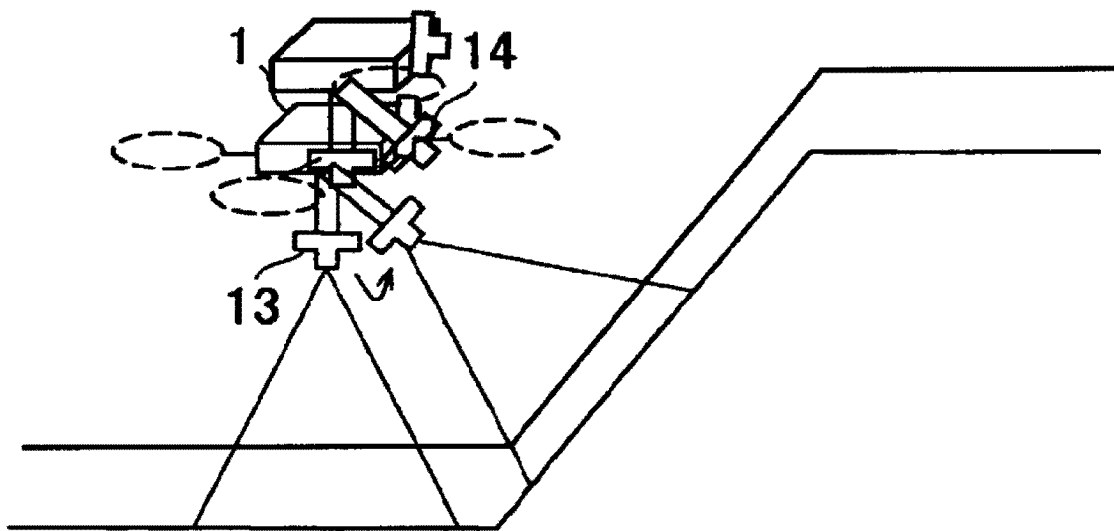


图 6C

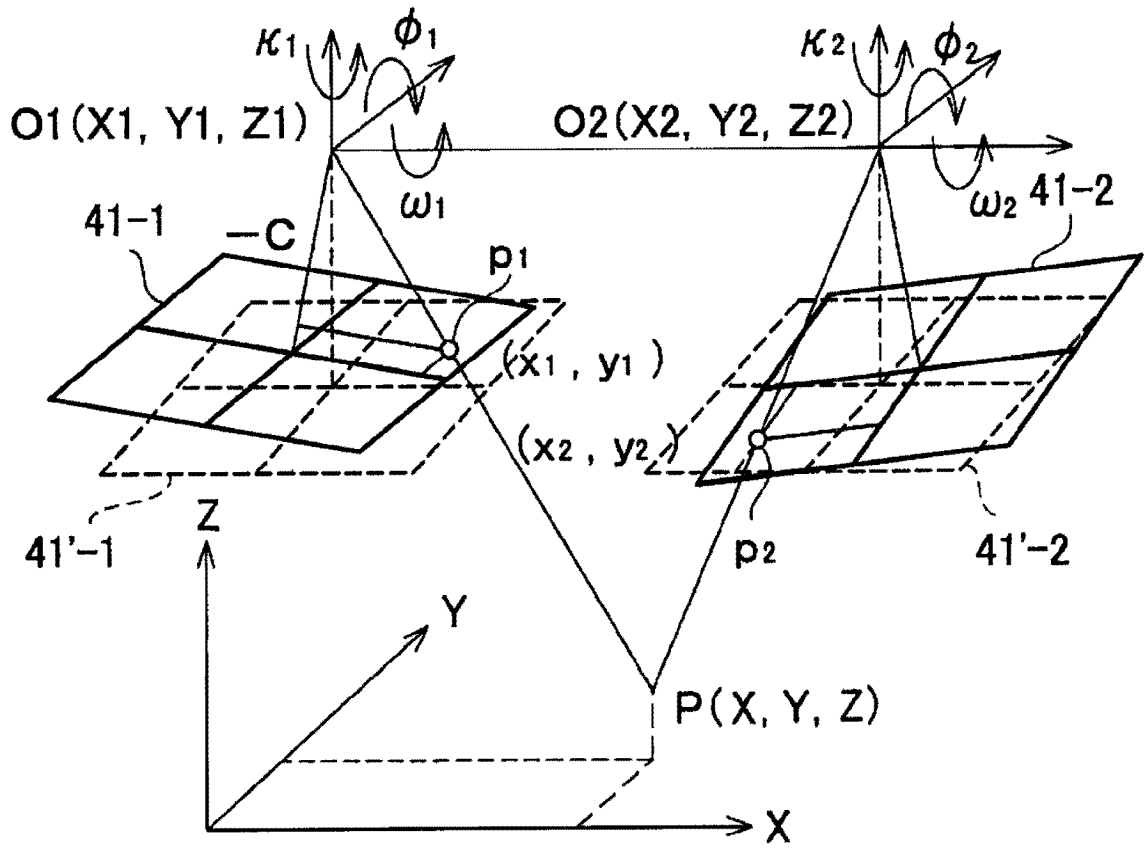


图 7