

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 5 月 7 日 (07.05.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/088397 A1

(51) 国际专利分类号:
G01C 21/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/113651

(22) 国际申请日: 2019 年 10 月 28 日 (28.10.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
2018-206007 2018 年 10 月 31 日 (31.10.2018) JP

(71) 申请人: 深圳市大疆创新科技有限公司 (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴一道 9 号香港科大深圳产学研大楼 6 楼, Guangdong 518057 (CN)。

(72) 发明人: 顾磊 (GU, Lei); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴一道 9 号香港科大深圳产学研大楼 6 楼, Guangdong 518057 (CN)。 陈斌 (CHEN, Bin); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴一道 9 号香港科大深圳产学研大楼 6 楼, Guangdong 518057 (CN)。

(74) 代理人: 中科专利商标代理有限公司 (CHINA SCIENCE PATENT & TRADEMARK AGENT LTD.); 中国北京市海淀区西三环北路 87 号 4-1105 室, Beijing 100089 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS,

(54) Title: POSITION ESTIMATION APPARATUS, POSITION ESTIMATION METHOD, PROGRAM, AND RECORDING MEDIUM

(54) 发明名称: 位置推定装置、位置推定方法、程序以及记录介质

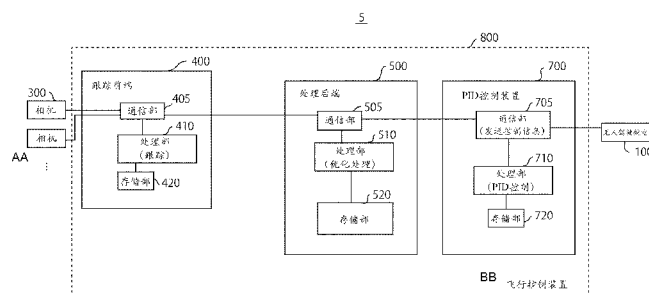


图 2

- 100 Unmanned aerial vehicle
- 300 Camera
- 400 Tracking front end
- 405 Communication part
- 410 Processing part (tracking)
- 420 Storage part
- 500 Processing back end
- 505 Communication part
- 510 Processing part (optimization processing)
- 520 Storage part
- 700 PID control apparatus
- 705 Communication part (send control information)
- 710 Processing part (PID control)
- 720 Storage part
- AA Camera
- BB Flying control apparatus

(57) Abstract: It is hoped that even in a situation where a flying body does not has a positioning function or the positioning precision is low, the position of the flying body can still be measured. A position estimation apparatus comprises a processing part which carries out processing related to the existence position of the flying body. The processing part obtains multiple photographed images obtained by multiple photographing apparatuses for the flying body, obtains deployment positions of the photographing apparatuses and information about photographing orientations of the photographing apparatuses, calculates error scores of errors between assumed positions and

JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

the existence position of the flying body on the basis of the deployment positions of the photographing apparatuses, photographing orientations of the photographing apparatuses, the assumed positions of the flying body in an actual space, and image positions of the flying body in the photographed images, and estimates the existence position of the flying body in the actual space on the basis of the error scores.

(57) 摘要: 希望即使在飞行体不具有测位功能的情况下或测位的精度较低的情况下, 也能够测量飞行体的位置。位置推定装置包括进行与推定飞行体的存在位置有关的处理的处理部。处理部获取由多个摄像装置对飞行体进行拍摄而得到的多个摄像图像, 获取各摄像装置的布置位置以及各摄像装置的摄像朝向的信息, 基于各摄像装置的布置位置、各摄像装置的摄像朝向、假定在实际空间中存在飞行体的各假定位置、以及各摄像图像中飞行体所存在的图像位置, 来计算出表示各假定位置与飞行体的存在位置之间的误差的误差得分, 并基于误差得分来推定实际空间中的飞行体的存在位置。

位置推定装置、位置推定方法、程序以及记录介质

【技术领域】

本公开涉及一种推定飞行体的存在位置的位置推定装置、位置推定方法、程序以及存储介质。

【背景技术】

已知以往的无人飞行体接收从 GPS (Global Positioning System) 卫星发送的 GPS 信号, 根据这个 GPS 信号计算出位置并自主飞行 (参照专利文献 1)。

【现有技术文献】

【专利文献】

【专利文献 1】日本特开 2018-147467 号公报

【发明内容】

【发明所要解决的技术问题】

但是, 在桥梁的下方、室内等的环境中, 无人飞行体有时无法接收 GPS 信号, 在这种情况下, 难以进行自主飞行。即使在无法接收 GPS 信号的情况下, 例如也可以对无人飞行体的速度进行积分来推定其位置。但是, 在对无人飞行体的速度进行积分来推定其位置的情况下, 容易产生误差 (例如每 10 m 有 2 m 的误差), 推定的位置的精度不够高。另外, 作为检测物体的位置的技术, 有通过对物体照射光并进行拍摄以捕捉物体的运动的技术 (动作捕捉)。但是, 在动作捕捉的情况下, 需要使用专用的标记进行跟踪, 使用的场景受到限制。另外, 还有由移动体接收信标发出的信标信号, 检测其自身位置的技术。但是, 在使用信标信号的情况下, 需要将信标布置在各场所, 同样地, 使用的场景受到限制。

【用于解决问题的技术手段】

在一个方面中, 位置推定装置是一种推定飞行体的存在位置的位置推定装置, 其包括进行与推定飞行体的存在位置有关的处理的处理部, 处理部获取由多个摄像装置对飞行体进行拍摄而得到的多个摄像图像, 获取各摄像装置的布置位置以及各摄像装置的摄像朝向的信息, 基于各摄像装置的布置位置、各摄像装置的摄像朝向、假定在

实际空间中存在飞行体的各假定位置、以及各摄像图像中飞行体所存在的图像位置，计算出表示各假定位置与飞行体的存在位置之间的误差的误差得分，并基于误差得分来推定实际空间中的飞行体的存在位置。

处理部可以获取由多个摄像装置在多个时刻对飞行体进行拍摄而得到的多个摄像图像，在多个时刻计算出误差得分，并基于误差得分来推定实际空间中的飞行体的存在位置。

处理部可以获取摄像装置与飞行体之间的距离，根据距离，导出关于摄像图像的误差得分的可靠度，并基于可靠度计算出误差得分。

处理部可以基于各投影假定位置和各图像位置之间的差，来计算出误差得分，各投影假定位置是将假定在实际空间中存在飞行体的各假定位置在以各摄像装置的布置位置及各摄像装置的摄像朝向拍摄到的各摄像图像上投影而得到的投影假定位置，各图像位置是在以各摄像装置的布置位置以及各摄像装置的摄像朝向拍摄到的各摄像图像中飞行体所存在的图像位置，并将误差得分最小的飞行体的假定位置推定为所述飞行体的存在位置。

处理部可以获取由飞行体所包括的测位部测量出的飞行体的第一测量位置，并基于第一测量位置来计算出误差得分。

测位部可以从多个 GPS (Global Positioning System, 全球定位系统) 卫星接收 GPS 信号以获取第一测量位置，处理部可以以测位部不能接收的 GPS 卫星的数量越多，第一测量位置对误差得分的影响就越大的方式来计算出误差得分。

处理部可以基于飞行体能够物理移动的位置来计算出误差得分。

处理部可以基于由飞行体所包括的加速度测量器测量出的加速度，导出飞行体的第二测量位置，并基于第二测量位置来计算出误差得分。

在一个方面中，位置推定方法是一种推定飞行体的存在位置的位置推定方法，其包括以下步骤：获取由多个摄像装置对飞行体进行拍摄而得到的多个摄像图像；获取各摄像装置的布置位置以及各摄像装置的摄像朝向的信息；基于各摄像装置的布置位置、各摄像装置的摄像朝向、假定在实际空间中存在飞行体的各假定位置、以及各摄像图像中飞行体所存在的图像位置，计算出表示各假定位置与飞行体的存在位置之间的误差的误差得分；以及基于误差得分来推定实际空间中的飞行体的存在位置。

获取多个摄像图像的步骤可以包括获取由多个摄像装置在多个时刻对飞行体进行拍摄而得到的多个摄像图像的步骤。计算出误差得分的步骤可以包括在多个时刻计算

出误差得分的步骤。推定飞行体的存在位置的步骤可以包括基于误差得分来推定实际空间中的飞行体的存在位置的步骤。

计算出误差得分的步骤可以包括以下步骤：获取摄像装置与飞行体之间的距离；根据距离导出关于摄像图像的误差得分的可靠度；以及根据可靠度来计算出误差得分。

计算出误差得分的步骤可以包括以下步骤：基于各投影假定位置和各图像位置之间的差，来计算出误差得分，各投影假定位置是将假定在实际空间中存在飞行体的各假定位置在以各摄像装置的布置位置及各摄像装置的摄像朝向拍摄到的各摄像图像上投影而得到的投影假定位置，各图像位置是在以各摄像装置的布置位置以及各摄像装置的摄像朝向拍摄到的各摄像图像中，飞行体所存在的图像位置。推定飞行体的存在位置的步骤可以包括将误差得分最小的飞行体的假定位置推定为飞行体的存在位置的步骤。

计算出误差得分的步骤可以包括以下步骤：获取由飞行体所包括的测位部测量出的飞行体的第一测量位置；以及基于第一测量位置来计算出误差得分。

获取第一测量位置的步骤可以包括从多个 GPS 卫星接收 GPS 信号以获取测量位置的步骤。计算出误差得分的步骤可以包括以下步骤：以测位部不能接收的 GPS 卫星的数量越多，第一测量位置对误差得分的影响就越大的方式来计算出误差得分。

计算出误差得分的步骤可以包括基于飞行体能够物理移动的位置来计算出误差得分的步骤。

计算出误差得分的步骤可以包括以下步骤：基于由飞行体所包括的加速度测量器测量出的加速度来导出飞行体的第二测量位置；并基于第二测量位置来计算出误差得分。

在一个方面中，程序是一种用于使推定飞行体的存在位置的位置推定装置执行以下步骤的程序：获取由多个摄像装置对飞行体进行拍摄而得到的多个摄像图像；获取各摄像装置的布置位置以及各摄像装置的摄像朝向的信息；基于各摄像装置的布置位置、各摄像装置的摄像朝向、假定在实际空间中存在飞行体的各假定位置、以及各摄像图像中飞行体所存在的图像位置，计算出表示各假定位置与飞行体的存在位置之间的误差的误差得分；以及基于误差得分来推定实际空间中的飞行体的存在位置。

在一个方面中，记录介质是一种计算机可读记录介质，其记录有用于使推定飞行体的存在位置的位置推定装置执行以下步骤的程序：获取由多个摄像装置对飞行体进行拍摄而得到的多个摄像图像；获取各摄像装置的布置位置以及各摄像装置的摄像朝

向的信息；基于各摄像装置的布置位置、各摄像装置的摄像朝向、假定在实际空间中存在飞行体的各假定位置、以及各摄像图像中飞行体所存在的图像位置，计算出表示各假定位置与飞行体的存在位置之间的误差的误差得分；以及基于误差得分来推定实际空间中的飞行体的存在位置。

此外，上述的发明内容中并未穷举本公开的所有特征。此外，这些特征组的子组合也可以构成发明。

【附图说明】

图 1 是示出实施方式 1 中的无人飞行体系统的概要的一个示例的图。

图 2 是示出飞行控制装置的硬件构成的图。

图 3 是示出无人驾驶航空器的具体的外观的一个示例的图。

图 4 是示出无人驾驶航空器的硬件构成的一个示例的框图。

图 5 是说明再投影误差的图。

图 6 是示出实施方式 2 中的飞行控制装置的硬件构成的图。

图 7 是示出实施方式 3 中的飞行控制装置的硬件构成的图。

【具体实施方式】

以下，通过本发明的实施方式来对本公开进行说明，但是以下实施方式并非限制权利要求书所涉及的发明。实施方式中说明的特征的组合的全部对于发明的解决方案未必是必须的。

权利要求书、说明书、说明书附图以及说明书摘要中包含作为著作权所保护对象的事项。任何人只要如专利局的文档或者记录所表示的那样进行这些文件的复制，著作权人则不会提出异议。但是，在除此以外的情况下，保留一切的著作权。

在以下实施方式中，飞行体以无人驾驶航空器（UAV: Unmanned Aerial Vehicle）为例。无人驾驶航空器包括在空中移动的航空器。在本说明书的附图中，无人驾驶航空器也表述为“UAV”。位置推定装置例如是 PC（Personal Computer，个人电脑）、服务器、终端、各种处理装置、控制装置。位置推定方法对位置推定装置中的动作进行了规定。此外，记录介质中记录有程序（例如使位置推定装置执行各种处理的程序）。

（实施方式 1）

图 1 是示出实施方式 1 中的无人飞行体系统 5 的概要的一个示例的图。无人驾驶航空器 100 在无人驾驶航空器 100 无法接收或难以接收 GPS 信号的场所，例如桥梁的下方或室内进行自主飞行的状况下，也可使用无人飞行体系统 5。另外，无人飞行

体系统 5 也用于当无人驾驶航空器 100 不包括 GPS 接收器时无人驾驶航空器 100 自主飞行的情况。无人驾驶航空器 100 为飞行体的一个示例。无人飞行体系统 5 构成为包括多个相机 300、飞行控制装置 800 以及无人驾驶航空器 100。相机 300 是摄像装置的一个示例。飞行控制装置 800 是位置推定装置的一个示例。

多个相机 300 设置在地上、水上的不同场所,从各种方向拍摄无人驾驶航空器 100。多个相机 300 可以是固定相机,并且多个相机 300 可以是可自由改变摄像位置、摄像方向的相机。多个相机 300 既可以设置于相同的场所、区域,也可以设置于不同的场所、区域。相机 300 可以具有处理部、通信部、以及存储部。

飞行控制装置 800 基于由多个相机 300 拍摄到的图像,进行跟踪无人驾驶航空器 100 的处理。另外,为了导出推定存在无人驾驶航空器 100 的位置,飞行控制装置 800 进行优化处理,以使表示假定存在无人驾驶航空器 100 的各假定位置与无人驾驶航空器 100 的实际存在位置之间的误差的误差得分为最小。在图 1 中,设想了多个相机 300 对正在自主飞行的无人驾驶航空器 100 进行拍摄的状况。另外,无人驾驶航空器 100 不限于一台,也可以存在多台。

图 2 是示出飞行控制装置 800 的硬件构成的图。飞行控制装置 800 包括跟踪前端 400、处理后端 500、以及 PID (Proportional-Integral-Differentia, 比例-积分-微分) 控制装置 700。跟踪前端 400 的处理部和处理后端 500 的处理部中的至少一个是位置推定装置的处理部的一个示例。另外,跟踪前端 400、处理后端 500 以及 PID 控制装置 700 可以设置在一台装置上,也可以分散设置在多个装置上。飞行控制装置 800 的整体或一部分可以是 PC、服务器、终端、各种处理装置、控制装置。飞行控制装置 800 的各部(跟踪前端 400、处理后端 500、PID 控制装置 700)既可以设置于相同的场所、区域,也可以设置于不同的场所、区域。

跟踪前端 400 获取拍入由多个相机 300 拍摄的各摄像图像中的无人驾驶航空器 100 在帧上(摄像图像中)的像素位置,并发送到处理后端 500。跟踪前端 400 能够通过以时间序列检测无人驾驶航空器 100 所处的像素位置,跟踪无人驾驶航空器 100 的运动,并能够在摄像图像中跟踪无人驾驶航空器 100 的运动。另外,跟踪前端 400 将各相机 300 的姿势的信息发送到处理后端 500。各相机 300 的姿势可以通过各相机 300 的布置位置以及摄像朝向来规定。跟踪前端 400 具有通信部 405、处理部 410 和存储部 420。此外,在各相机 300 的姿势固定的情况下,可以一次发送到处理后端 500,在各相机 300 的姿势可变的情况下,可以依次发送到处理后端 500。

处理部 410 获取在同一时点由多个相机 300 拍摄到的、拍入各摄像图像中的无人驾驶航空器 100 在帧上的像素位置作为观测位置。处理部 410 可以以 30 fps 或 60 fps 的频率获取无人驾驶航空器 100 的像素位置。另外,处理部 410 从各相机 300、外部

服务器等获取各相机 300 的姿势的信息。此外，在相机 300 的姿势被固定的情况下，处理部 410 可以使存储部 420 保存相机 300 的姿势的信息。

通信部 405 与多个相机 300 以及处理后端 500 进行通信。通信方式采用专用线、有线 LAN (Local Area Network, 局域网)、无线 LAN、移动通信等。通信部 405 从多个相机 300 接收摄像图像。通信部 405 将拍入由多个相机 300 拍摄到的摄像图像中的无人驾驶航空器 100 的观测位置发送到处理后端 500。另外，通信部 405 将多个相机 300 的姿势的信息发送到处理后端 500。

存储部 420 可以用作处理部 410 的工作存储器。

处理后端 500 基于从跟踪前端 400 获取的无人驾驶航空器 100 的各像素位置 (观测位置)，进行优化处理。处理后端 500 具有通信部 505、处理部 510 和存储部 520。优化处理是例如用于将后述的式(1)所示的误差得分的值最小化的处理。具体而言，优化处理是用于将投影假定位置与实际拍入摄像图像中的图像位置 (观测位置) 的差 (再投影误差) 最小化的处理，其中投影假定位置是将假定无人驾驶航空器 100 存在的假定位置投影到拍摄图像上时的位置。假定位置也可以在 3 维空间中任意改变。作为优化处理的结果，可以将成本最小的无人驾驶航空器 100 的假定位置设为推定无人驾驶航空器 100 存在的位置 (推定位置)。再投影误差可以是对由多个相机 300 拍摄到的多个摄像图像进行合计，也可以是对按时间序列拍摄到的多个摄像图像进行合计。

处理部 510 可以基于拍入多个摄像图像中的无人驾驶航空器 100 的像素位置以及多个相机 300 的姿势来推定无人驾驶航空器 100 的位置。处理部 510 可以基于关于多个摄像图像的投影假定位置和观测位置、以及多个相机 300 的姿势，来推定无人驾驶航空器 100 的位置。即，处理部 510 可以通过根据相机 300 对无人驾驶航空器 100 的跟踪结果对再投影误差进行优化 (最小化) 来推定无人驾驶航空器 100 的位置。

通信部 505 与跟踪前端 400 以及 PID 控制装置 700 进行通信。通信方式采用专用线、有线 LAN、无线 LAN、移动通信等。通信部 505 从跟踪前端 400 接收观测位置以及各相机 300 的姿势的信息。通信部 505 将优化后的无人驾驶航空器 100 的推定位置的信息发送到 PID 控制装置 700。另外，各相机 300 的姿势的信息也可以不从各相机 300 直接获取，例如，也可以预先保存在存储部 520 中，或者可以从外部服务器获取。

存储部 520 可以用作处理部 510 的工作存储器。

PID 控制装置 700 基于无人驾驶航空器 100 的推定位置的信息，进行用于使无人驾驶航空器 100 沿着飞行路径飞行的 PID (P:Proportional I:Integral D:Differential) 控制。飞行路径可以是预定的飞行路径。PID 控制装置 700 可以生成用于无人驾驶航空

器 100 飞行的飞行参数的至少一部分的信息，并发送至无人驾驶航空器 100。作为飞行参数，可以举出无人驾驶航空器 100 的飞行位置、飞行高度、飞行速度、飞行加速度（例如前后、左右、以及上下的三轴方向的加速度）、表示机体的方向的俯仰角、偏航角、滚转角等。PID 控制装置 700 具有通信部 705、处理部 710 和存储部 720。飞行参数可以为用于填补目标状态（例如作为目标的无人驾驶航空器 100 的飞行位置、飞行高度、飞行速度、飞行加速度、俯仰角、偏航角、滚转角等）和实际的状态（例如当前的推定出的无人驾驶航空器 100 的飞行位置、飞行高度、飞行速度、飞行加速度、俯仰角、偏航角、滚转角等）之间的差的数据。

处理部 710 为了使无人驾驶航空器 100 的优化的推定位置接近沿着飞行路径的目标位置，可以进行 PID 控制，生成飞行参数。

通信部 705 与处理后端 500 以及无人驾驶航空器 100 进行通信。通信部 705 将由处理部 710 生成的飞行参数发送到无人驾驶航空器 100。作为与处理后端 500 以及无人驾驶航空器 100 的通信方式，采用专用线、有线 LAN、无线 LAN、移动通信等。

存储部 720 可以用作处理部 710 的工作存储器。存储部 720 可以存储飞行路径等数据、与无人驾驶航空器 100 的飞行相关的目标状态的数据、实际状态的数据。这些数据例如可以从无人驾驶航空器 100 或指示无人驾驶航空器 100 的飞行的控制的终端经由通信部 705 获取。

图 3 是示出无人驾驶航空器 100 的具体的外观的一个示例的图。在图 3 中，示出了无人驾驶航空器 100 在移动方向 STV0 飞行时的立体图。无人驾驶航空器 100 是移动体的一个示例。

如图 3 所示，在与地面平行且沿着移动方向 STV0 的方向上设定滚转轴（参照 x 轴）。在此情况下，在与地面平行且与滚转轴垂直的方向上设定俯仰轴（参照 y 轴），进而，在与地面垂直且与滚转轴及俯仰轴垂直的方向上设定偏航轴（参照 z 轴）。

无人驾驶航空器 100 的构成为包括 UAV 主体 102、万向节 200、摄像部 220、以及多个摄像部 230。

UAV 主体 102 包括多个旋翼（螺旋桨）。UAV 主体 102 通过控制多个旋翼的旋转而使无人驾驶航空器 100 飞行。UAV 主体 102 使用例如四个旋翼使无人驾驶航空器 100 飞行。旋翼的数量并不限于四个。此外，无人驾驶航空器 100 可以是没有旋翼的固定翼飞机。

摄像部 220 是对包含在预期摄像范围内的被摄体（例如，作为航拍对象的上空的景象、山川或河流等的景色、地上的建筑物）进行拍摄的摄像用相机。

多个摄像部 230 是为了控制无人驾驶航空器 100 的飞行而对无人驾驶航空器 100 的周围进行拍摄的传感用相机。2 个摄像部 230 可以设置于无人驾驶航空器 100 的机头、即正面。并且,其他 2 个摄像部 230 可以设置于无人驾驶航空器 100 的底面。正面侧的两个摄像部 230 可以成对,起到所谓立体相机的作用。底面侧的 2 个摄像部 230 也可以成对,起到立体相机的作用。可以基于由多个摄像部 230 拍摄的图像来生成无人驾驶航空器 100 周围的三维空间数据。另外,无人驾驶航空器 100 所包括的摄像部 230 的数量不限于四个。无人驾驶航空器 100 只要包括至少一个摄像部 230 即可。无人驾驶航空器 100 可以在无人驾驶航空器 100 的机头、机尾、侧面、底面及顶面分别包括至少一个摄像部 230。摄像部 230 中可设定的视角可大于摄像部 220 中可设定的视角。摄像部 230 可以具有单焦点镜头或鱼眼镜头。

图 4 是示出无人驾驶航空器 100 的硬件构成的一个示例的框图。无人驾驶航空器 100 的构成为包括 UAV 控制部 110、通信接口 150、内存 160、存储器 170、万向节 200、旋翼机构 210、摄像部 220、摄像部 230、GPS 接收器 240、惯性测量装置 (IMU: Inertial Measurement Unit) 250、磁罗盘 260、气压高度计 270、超声波传感器 280、激光测量仪 290。GPS 接收器 240 是测位部的一个示例。

另外,在此,设想无人驾驶航空器 100 包括 GPS 接收器 240,但 GPS 接收器 240 接收的 GPS 信号的精度低。另外,也可以设想无人驾驶航空器 100 不包括 GPS 接收器 240 而完全无法获取 GPS 信号。

UAV 控制部 110 例如由 CPU (Central Processing Unit: 中央处理器)、MPU (Micro Processing Unit: 微处理器) 或 DSP (Digital Signal Processor: 数字信号处理器) 构成。UAV 控制部 110 执行用于总体控制无人驾驶航空器 100 的各部的动作的信号处理,与其他各部之间的数据的输入输出处理,数据的运算处理和数据的存储处理。

UAV 控制部 110 按照存储于内存 160 中的程序来控制无人驾驶航空器 100 的飞行。UAV 控制部 110 可以航拍图像。UAV 控制部 110 可以经由通信接口 150 从 PID 控制装置 700 获取飞行参数的信息。UAV 控制部 110 可以基于所获取的飞行参数来控制无人驾驶航空器 100 的飞行。

UAV 控制部 110 获取表示无人驾驶航空器 100 的位置的位置信息。UAV 控制部 110 可以从 GPS 接收器 240 获取表示无人驾驶航空器 100 所在的纬度、经度以及高度的位置信息。UAV 控制部 110 可以分别从 GPS 接收器 240 获取表示无人驾驶航空器 100 所在的纬度以及经度的纬度经度信息,并从气压高度计 270 获取表示无人驾驶航空器 100 所在的高度的高度信息,作为位置信息。UAV 控制部 110 可以获取超声波传感器 280 产生的超声波的辐射点与超声波的反射点之间的距离作为高度信息。

UAV 控制部 110 可以从磁罗盘 260 获取表示无人驾驶航空器 100 的朝向的朝向信

息。朝向信息可以用例如与无人驾驶航空器 100 的机头的朝向相对应的方位来表示。

UAV 控制部 110 可以获取表示在摄像部 220 对应该拍摄的摄像范围进行拍摄时无人驾驶航空器 100 所应该存在的位置的位置信息。UAV 控制部 110 可以从内存 160 获取表示无人驾驶航空器 100 所应该存在的位置的位置信息。UAV 控制部 110 可以经由通信接口 150 从其他装置获取表示无人驾驶航空器 100 所应该存在的位置的位置信息。UAV 控制部 110 可以参照三维地图数据库, 来确定无人驾驶航空器 100 所能够存在的位置, 并获取该位置作为表示无人驾驶航空器 100 所应该存在的位置的位置信息。UAV 控制部 110 可以经由通信接口 150 将表示无人驾驶航空器 100 所应该存在的位置的位置信息发送到飞行控制装置 800 (例如处理后端 500)。表示无人驾驶航空器 100 所应该存在的位置的位置信息可以包含在预定的飞行路径的信息中。

UAV 控制部 110 可以获取表示摄像部 220 以及摄像部 230 的各自的摄像范围的摄像范围信息。UAV 控制部 110 可以从摄像部 220 以及摄像部 230 获取表示摄像部 220 以及摄像部 230 的视角的视角信息, 作为用于确定摄像范围的参数。UAV 控制部 110 可以获取表示摄像部 220 以及摄像部 230 的摄像方向的信息, 作为用于确定摄像范围的参数。UAV 控制部 110 例如可以从万向节 200 获取表示摄像部 220 的姿势状态的姿势信息, 作为表示摄像部 220 的摄像方向的信息。摄像部 220 的姿势信息可以表示万向节 200 的俯仰轴和偏航轴从基准旋转角度旋转的角度。

UAV 控制部 110 可以获取表示无人驾驶航空器 100 所在的推定位置的推定位置信息作为用于确定摄像范围的参数。UAV 控制部 110 可以根据摄像部 220 和摄像部 230 的视角和摄像方向、以及无人驾驶航空器 100 的推定位置, 来划定表示摄像部 220 拍摄的地理范围的摄像范围并生成摄像范围信息, 从而获取摄像范围信息。

UAV 控制部 110 可以从内存 160 获取摄像范围信息。UAV 控制部 110 可以经由通信接口 150 获取摄像范围信息。

UAV 控制部 110 控制万向节 200、旋翼机构 210、摄像部 220 以及摄像部 230。UAV 控制部 110 可以通过改变摄像部 220 的摄像方向或视角来控制摄像部 220 的摄像范围。UAV 控制部 110 可以通过控制万向节 200 的旋转机构来控制万向节 200 所支持的摄像部 220 的摄像范围。

摄像范围是指由摄像部 220 或摄像部 230 拍摄的地理范围。摄像范围由纬度、经度和高度定义。摄像范围可以是由纬度、经度和高度定义的三维空间数据的范围。摄像范围可以是由纬度和经度定义的二维空间数据的范围。摄像范围可以根据摄像部 220 或摄像部 230 的视角和摄像方向、以及无人驾驶航空器 100 所在的位置而指定。摄像部 220 和摄像部 230 的摄像方向可以由设置有摄像部 220 和摄像部 230 的摄像镜头的正面所朝的方位和俯角来定义。摄像部 220 的摄像方向可以是由无人驾驶航空器

100 的机头的方位和相对于万向节 200 的摄像部 220 的姿势状态而确定的方向。摄像部 230 的摄像方向可以是由无人驾驶航空器 100 的机头的方位和设置有摄像部 230 的位置而确定的方向。摄像方向可以与摄像朝向一致。

UAV 控制部 110 可以通过对由多个摄像部 230 拍摄到的多个图像进行分析,来确定无人驾驶航空器 100 的周围的环境。UAV 控制部 110 可以根据无人驾驶航空器 100 的周围的环境,例如避开障碍物来控制飞行。

UAV 控制部 110 可以获取表示存在于无人驾驶航空器 100 周围的对象的立体形状(三维形状)的立体信息(三维信息)。对象例如可以是建筑物、道路、车辆、树木等风景的一部分。立体信息例如是三维空间数据。UAV 控制部 110 可以根据从多个摄像部 230 得到的各个图像,生成表示存在于无人驾驶航空器 100 的周围的对象的立体形状的立体信息,由此获取立体信息。UAV 控制部 110 可以通过参照存储在内存 160 或存储器 170 中的三维地图数据库,来获取表示存在于无人驾驶航空器 100 的周围的对象的立体形状的立体信息。UAV 控制部 110 可以通过参照由网络上存在的服务器所管理的三维地图数据库,来获取与存在于无人驾驶航空器 100 的周围的对象的立体形状相关的立体信息。

UAV 控制部 110 通过控制旋翼机构 210 来控制无人驾驶航空器 100 的飞行。即,UAV 控制部 110 通过控制旋翼机构 210 来对包括无人驾驶航空器 100 的纬度、经度以及高度的位置进行控制。UAV 控制部 110 可以通过控制无人驾驶航空器 100 的飞行来控制摄像部 220 的摄像范围。UAV 控制部 110 可以通过控制摄像部 220 所包括的变焦镜头来控制摄像部 220 的视角。UAV 控制部 110 可以利用摄像部 220 的数字变焦功能,通过数字变焦来控制摄像部 220 的视角。

当摄像部 220 固定于无人驾驶航空器 100,不能移动摄像部 220 时,UAV 控制部 110 可以通过使无人驾驶航空器 100 在确定的日期向确定的位置移动,使摄像部 220 在所希望的环境下对所希望的摄像范围进行拍摄。或者,即使当摄像部 220 没有变焦功能,无法改变摄像部 220 的视角时,UAV 控制部 110 也可以通过使无人驾驶航空器 100 在特定的日期向特定的位置移动,使摄像部 220 在所希望的环境下对所希望的摄像范围进行拍摄。

通信接口 150 与其他通信装置(例如指示无人驾驶航空器 100 的飞行控制的终端或发送器(遥控器))通信。通信接口 150 可以通过任意的无线通信方式进行无线通信。通信接口 150 可以通过任意的有线通信方式进行有线通信。通信接口 150 可以将航拍图像、与航拍图像相关的附加信息(元数据)发送到终端。通信接口 150 可以与包括在飞行控制装置 800 中的至少一个装置(例如,处理后端 500、PID 控制装置 700)通信。

内存 160 存储 UAV 控制部 110 对万向节 200、旋翼机构 210、摄像部 220、摄像部 230、GPS 接收器 240、惯性测量装置 250、磁罗盘 260、气压高度计 270、超声波传感器 280 以及激光测量仪 290 进行控制所需的程序等。内存 160 可以是计算机可读记录介质，可以包括 SRAM (Static Random Access Memory: 静态随机存取存储器)、DRAM (Dynamic Random Access Memory: 动态随机存取存储器)、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory: 可擦除可编程只读存储器)、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory: 电可擦除可编程只读存储器)、以及 USB (Universal Serial Bus: 通用串行总线) 存储器等闪存中的至少一个。内存 160 可以从无人驾驶航空器 100 上拆卸下来。内存 160 可以作为作业用内存进行工作。

存储器 170 可以包括 HDD (Hard Disk Drive: 硬盘驱动器)、SSD (Solid State Drive: 固态硬盘)、SD 卡、USB 存储器、其他的存储器中的至少一个。存储器 170 可以保存各种信息、各种数据。存储器 170 可以从无人驾驶航空器 100 上拆卸下来。存储器 170 可以记录航拍图像。

内存 160 或存储器 170 可以保存由终端或无人驾驶航空器 100 生成的航拍位置、航拍路径 (飞行路径) 的信息。可以通过 UAV 控制部 110 设定航拍位置、航拍路径的信息, 作为由无人驾驶航空器 100 预定的航拍所涉及的航拍参数或者由无人驾驶航空器 100 预定的飞行所涉及的飞行参数中的一个。该设定信息可以保存在内存 160 或存储器 170 中。

万向节 200 可以以偏航轴、俯仰轴以及滚转轴为中心可旋转地支持摄像部 220。万向节 200 可以使摄像部 220 以偏航轴、俯仰轴以及滚转轴中的至少一个为中心旋转, 从而改变摄像部 220 的摄像方向。

旋翼机构 210 具有多个旋翼和使多个旋翼旋转的多个驱动电机。旋翼机构 210 通过 UAV 控制部 110 控制旋转, 从而使无人驾驶航空器 100 飞行。

摄像部 220 对所希望的摄像范围内的被摄体进行拍摄并生成摄像图像的数据。由摄像部 220 拍摄而得到的图像数据 (例如航拍图像) 可以存储于摄像部 220 具有的内存或存储器 170 中。

摄像部 230 对无人驾驶航空器 100 的周围进行拍摄并生成摄像图像的数据。摄像部 230 的图像数据可以存储于存储器 170 中。

GPS 接收器 240 接收表示从多个导航卫星 (即 GPS 卫星) 发出的时刻以及各 GPS 卫星的位置 (坐标) 的多个信号 (GPS 信号)。GPS 接收器 240 根据接收到的多个信号, 计算出 GPS 接收器 240 的位置 (即无人驾驶航空器 100 的位置)。GPS 接收器 240 将无人驾驶航空器 100 的位置信息输出到 UAV 控制部 110。另外, 可以由 UAV 控制部 110 代替 GPS 接收器 240 来进行 GPS 接收器 240 的位置信息的计算出。在此情况

下,在 UAV 控制部 110 中输入有 GPS 接收器 240 所接收到的多个信号中包含的表示时刻以及各 GPS 卫星的位置的信息。

惯性测量装置 250 检测无人驾驶航空器 100 的姿势,并将检测结果输出到 UAV 控制部 110。惯性测量装置 250 可以检测无人驾驶航空器 100 的前后、左右以及上下的三轴方向的加速度和俯仰轴、滚转轴以及偏航轴的三轴方向的角速度,作为无人驾驶航空器 100 的姿势。

磁罗盘 260 检测无人驾驶航空器 100 的机头的方位,并将检测结果输出到 UAV 控制部 110。

气压高度计 270 检测无人驾驶航空器 100 的飞行高度,并将检测结果输出到 UAV 控制部 110。

超声波传感器 280 发射超声波,检测地面、物体反射的超声波,并将检测结果输出到 UAV 控制部 110。检测结果可以示出从无人驾驶航空器 100 到地面的距离,即高度。检测结果可以示出从无人驾驶航空器 100 到物体(被摄体)的距离。

激光测量仪 290 对物体照射激光,接收物体反射的反射光,并通过反射光来测量无人驾驶航空器 100 与物体(被摄体)之间的距离。作为基于激光的距离测量方法的一个示例,可以为飞行时间法。

另外,在图 4 中例示了无人驾驶航空器 100 包括 GPS 接收器 240 的情况,但无人驾驶航空器 100 也可以不包括 GPS 接收器 240。即使在这种情况下,无论是否具有 GPS 接收器 240,无人驾驶航空器 100 都可以基于无人驾驶航空器 100 的推定位置来进行飞行控制。

接着,示出在无人飞行体系统 5 中对无人驾驶航空器 100 的自主飞行进行辅助的动作。在此,设想无人驾驶航空器 100 在难以接收 GPS 信号的空间,例如桥梁的下方、室内等飞行的状况。即,可以设想无人驾驶航空器 100 的测位的精度低。另外,无人驾驶航空器 100 也可以不包括 GPS 接收器 240,即,可以设想无人驾驶航空器 100 不具有测位功能。多个相机 300 配置在能够拍摄无人驾驶航空器 100 的地面等各场所。

图 5 是对再投影误差进行说明的图。在图 5 中,示出了无人驾驶航空器 100 的实际位置、无人驾驶航空器 100 的假定位置 x_t (也记载为 x_t)、多个相机 300 的摄像图像的投影面上的投影假定位置 $\pi(c_j, x_t)$ 、观测位置 o_{jt} 。另外, j 、 t 是变量,假定位置 x_t 的位置可变。

多个相机 300 分别对例如在上空飞行的无人驾驶航空器 100 进行拍摄。在一台相

机拍摄的摄像图像中，能够平面地识别无人驾驶航空器 100 在帧上的像素位置，但难以识别相对于摄像图像的图像面（投影面）的在深度方向上的位置。因此，设置有多个能够从不同角度对无人驾驶航空器 100 进行拍摄的相机 300。

在图 5 中，示出了相机姿势 c_j （也记载为 c_j ）的相机 300 拍摄的摄像图像的帧 GM1 以及相机姿势 c_{j-1} 的相机 300 拍摄的摄像图像的帧 GM2。在帧 GM1 中，存在观测无人驾驶航空器 100 而得到的像素位置即观测位置 o_{jt} （也记载为 o_{jt} ）、对无人驾驶航空器 100 的假定位置 x_t 进行投影而得到的投影假定位置 $\pi(c_j, x_t)$ 。观测位置 o_{jt} 和投影假定位置 $\pi(c_j, x_t)$ 有时不一致，在它们之间产生作为差的再投影误差。同样地，在帧 GM2 中，存在无人驾驶航空器 100 而得到的观测位置 $o_{(j-1)t}$ 、对无人驾驶航空器 100 的假定位置 x_t 进行投影而得到的投影假定位置 $\pi(c_{j-1}, x_t)$ 。观测位置 $o_{(j-1)t}$ 与投影假定位置 $\pi(c_{j-1}, x_t)$ 有时不一致，产生再投影误差。观测位置 o_{jt} 、 $o_{(j-1)t}$ 是实际观测到的位置被投影的位置且是固定位置，但投影假定位置 $\pi(c_j, x_t)$ 、 $\pi(c_{j-1}, x_t)$ 是可变位置。处理后端 500 以使这些再投影误差变小的方式优化再投影误差，优化无人驾驶航空器 100 的推定位置。另外， j 是相机的识别信息的一个示例， t 是时刻的一个示例。

跟踪前端 400 的通信部 405 可以接收由多个相机 300 拍摄的摄像图像，并将其存储在存储部 420 中。通信部 405 可以将由多个相机 300 拍摄的摄像图像、无人驾驶航空器 100 的观测位置 o_{jt} 、 $o_{(j-1)t}$ 、...、以及相机姿势 c_j 、 c_{j-1} 、... 的信息发送到处理后端 500。处理后端 500 的通信部 505 可以接收摄像图像、无人驾驶航空器 100 的观测位置以及相机姿势的信息，并存储在存储部 520 中。通信部 405 也可以不将摄像图像发送到处理后端 500。

处理后端 500 的通信部 505 接收无人驾驶航空器 100 的观测位置 o_{jt} 、 $o_{(j-1)t}$ 、... 的信息、以及相机姿势 c_j 、 c_{j-1} 、... 的信息。通信部 505 也可以接收摄像图像。另外，处理部 510 在各种位置对时刻 t 的无人驾驶航空器 100 的三维位置进行假定以获取假定位置 x_t ，并导出（例如计算出）该假定位置 x_t 投影到相机姿势 c_j 、 c_{j-1} 、... 的图像面（投影面）上而得到的投影假定位置 $\pi(c_j, x_t)$ 、 $\pi(c_{j-1}, x_t)$ 、...。例如，处理部 510 可以基于作为三维位置的假定位置和相机姿势来计算出相机 300 的投影假定位置。处理部 510 根据观测位置 o_{jt} 、 $o_{(j-1)t}$ 、... 和投影假定位置 $\pi(c_j, x_t)$ 、 $\pi(c_{j-1}, x_t)$ 、...，按照式(1)进行优化处理，优化无人驾驶航空器 100 的假定位置，并推定无人驾驶航空器 100 的位置。

【数学式 1】

$$\operatorname{argmin}_x \sum_t \sum_j w_{jt} p(\pi(c_j, x_t) - o_{jt}) \dots\dots (1)$$

式(1)所示的 argmin 函数是将函数值最小的 x 作为自变量而传递的函数。 argmin 函数的函数值表示用于表示各假定位置 x_t 与无人驾驶航空器 100 的存在位置之间的误差的误差得分，并表示用于使再投影误差最小化的函数。 c_j 表示相机姿势。相机姿

势可以由摄影位置和摄像方向（朝向）确定。 $j(j=1, \dots, n)$ 可以是用于识别多个相机 300 的相机编号。 x_t 表示在时刻 t 无人驾驶航空器 100 在实际空间中的三维位置，并假定为各种位置。 t 表示时刻。在相机姿势 c_j 的相机 300 的帧（摄像面、投影面）上，投影有无人驾驶航空器 100 的投影假定位置 $\pi(c_j, x_t)$ 和由相机姿势 c_j 的相机 300 拍摄的无人驾驶航空器 100 的观测位置 o_{jt} 。 $\pi(c_j, x_t)$ 表示将假定为位置 x_t 的无人驾驶航空器 100 投影到相机姿势 c_j 的相机 300 的帧上而得到的投影假定位置。 o_{jt} 表示拍入由相机姿势 c_j 的相机 300 在时刻 t 拍摄到的摄像图像的帧中的无人驾驶航空器 100 的像素位置即观测位置。 $p(\pi(c_j, x_t)-o_{jt})$ 是对作为投影假定位置与观测位置之间的差的再投影误差进行积分的函数。因此，处理部 510 可以按照式(1)，在改变假定位置 x_t 的同时，探索使再投影误差最小化的假定位置 x ，以推定无人驾驶航空器 100 的位置。

在图 5 中，在相机姿势 c_j 的相机 300 的帧中，示出了投影假定位置 $\pi(c_j, x_t)$ 以及观测位置 o_{jt} 。同样地，在相机姿势 c_{j-1} 的相机 300 的帧中，示出了投影假定位置 $\pi(c_{j-1}, x_t)$ 和观测位置 $o_{(j-1)t}$ 。

另外， w_{jt} （也记载为 w_{jt} ）是表示可靠度的系数。可靠度 w_{jt} 根据式(2)来计算出来。另外，可靠度也可以从式(1)中省去。在式(2)中，例示了通过相机 300 与无人驾驶航空器 100 的距离来确定可靠度的情况。

【数学式 2】

$$w_{jt} = \omega_{jt} e^{d_s - d} \dots\dots(2)$$

在这里， ω_{jt} （也记载为 ω_{jt} ）是由相机编号 j 和时刻 t 决定的固定值，可以是用于调整由式(1)、(2)导出的值的范围的值。 d_s 是固定值。 d 表示无人驾驶航空器 100 与相机 300 之间的距离。例如，相机 300 可以通过图像识别等来确定拍入拍摄出的图像中的无人驾驶航空器 100，并根据无人驾驶航空器 100 的大小导出（例如计算出）到无人驾驶航空器 100 的距离。另外，相机 300 可以具有测距传感器，利用测距传感器测量到无人驾驶航空器 100 的距离。距离 d 越短，可靠度 w_{jt} 越高。另外，在无人驾驶航空器 100 未被拍入摄像图像中时，可以将可靠度 w_{jt} 设为值 0，不将该情况下的无人驾驶航空器 100 的假定位置 x_t 用于推定位置。另外，距离 d 的导出也可以由跟踪前端 400、处理后端 500 来实施。例如，处理后端 500 的处理部 510 可以基于假定位置 x_t 与各相机 300 之间的距离，导出（例如计算出）距离 d 。距离 d 的信息可以从相机 300、跟踪前端 400 通知给处理后端 500。

这样， argmin 函数是在所有相机 300（相机姿势 $C_1 \sim C_n$ 的相机）且整个观测时间 t 内将对无人驾驶航空器 100 的投影假定位置 $\pi(c_j, x_t)$ 与观测位置 o_{jt} 之间的差值（再投影误差）乘以可靠度 w_{jt} 以及归一化系数 p 而得到的值相加而得到的值中最小的假

定位置 x_t ，作为推定位置而求出的函数。 n 可以是表示相机总数的任意值。

另外，使用式(1)所示的 argmin 函数来推定无人驾驶航空器 100 的位置是无人驾驶航空器 100 的位置推定的一个示例，也可以通过其他方法进行位置推定。根据式(2)导出可靠度 w_{jt} 是可靠度导出的一个示例，也可以通过其他方法导出可靠度。

处理后端 500 的通信部 505 将由处理部 510 优化后的无人驾驶航空器 100 的推定位置的数据发送到 PID 控制装置 700。PID 控制装置 700 的通信部 705 接收无人驾驶航空器 100 的推定位置的数据，并存储于存储部 720。PID 控制装置 700 的处理部 710 基于无人驾驶航空器 100 的推定位置，进行 PID 控制，用于使无人驾驶航空器 100 沿着存储于存储部 720 的目标飞行路径飞行。通信部 705 将通过 PID 控制得到的飞行参数发送到无人驾驶航空器 100。

当从 PID 控制装置 700 接收到飞行参数时，无人驾驶航空器 100 的通信接口 150 将其存储在内存 160 中。UAV 控制部 110 按照飞行参数控制旋翼机构 210，控制无人驾驶航空器 100 的飞行，并继续自主飞行。

这样，无人飞行体系统 5 包括推定无人驾驶航空器 100 的存在位置的飞行控制装置 800（位置推定装置的一个示例）。飞行控制装置 800 包括进行与推定无人驾驶航空器 100 的存在位置有关的处理的处理部（例如跟踪前端 400 的处理部 410 以及处理后端 500 的处理部 510 中的至少一个）。跟踪前端 400 的处理部 410 可以获取由多个相机 300 对无人驾驶航空器 100 进行拍摄的多个摄像图像。跟踪前端 400 的处理部 410 可以获取各相机 300 的姿势（布置位置以及各相机 300 的摄像朝向）的信息。处理后端 500 的处理部 510 可以基于相机 300 的姿势、假定在实际空间中存在无人驾驶航空器 100 的各假定位置、以及投影到各摄像图像的无人驾驶航空器 100 的观测位置（无人驾驶航空器 100 所存在的图像位置的一个示例），来计算出表示各假定位置 x_t 与无人驾驶航空器 100 的存在位置之间的误差的误差得分（例如 argmin 函数的导出值）。处理后端 500 可以基于误差得分来推定实际空间中的无人驾驶航空器 100 的存在位置。另外，处理后端 500 单体也可以是位置推定装置的一个示例。

由此，飞行控制装置 800 能够通过使用各种姿势（布置位置、摄像朝向）的多个相机 300 对无人驾驶航空器 100 进行拍摄，从而不仅考虑沿着摄像图像的摄像面（投影面）的平面的位置，还考虑深度方向的位置来推定无人驾驶航空器 100 的位置。因此，即使无人驾驶航空器 100 无法接收 GPS 信号，也能够推定无人驾驶航空器 100 的位置。因此，即使在无人驾驶航空器 100 无法接收 GPS 信号的情况下，无人驾驶航空器 100 也能够基于无人驾驶航空器 100 的推定位置而自主飞行。另外，即使在无人驾驶航空器不具有基于 GPS 信号的测位功能的情况或基于 GPS 信号的测位的精度低的情况下，无人驾驶航空器 100 也能够自主飞行。另外，飞行控制装置 800 不需要

无人驾驶航空器 100 检测无人驾驶航空器 100 的加速度并对加速度进行二重积分（2 次积分）来推定位置，因此不会产生由二重积分引起的误差，能够高精度地推定无人驾驶航空器的位置。另外，飞行控制装置 800 不需要使用动作捕捉、信标信号进行位置推定，因此能够防止无人驾驶航空器 100 能够使用的场所受到限制。

另外，跟踪前端 400 的处理部 410 可以获取通过多个相机 300 在多个时刻 t 对无人驾驶航空器 100 进行了拍摄的多个摄像图像。处理后端 500 可以在多个时刻 t 计算出误差得分。处理后端 500 的处理部 510 可以基于该误差得分来推定实际空间中的无人驾驶航空器 100 的存在位置。

由此，飞行控制装置 800 能够在多个时刻 t （时点）推定无人驾驶航空器 100 的位置，因此也能够考虑无人驾驶航空器 100 的运动来推定无人驾驶航空器 100 的位置。因此，提高了无人驾驶航空器 100 的位置的推定精度。

另外，处理后端 500 的处理部 510 可以获取相机 300 与无人驾驶航空器 100 之间的距离 d 。处理部 510 可以根据该距离 d ，导出关于摄像图像的误差得分的可靠度 wjt 。处理部 510 可以基于可靠度 wjt 来计算出误差得分。

由此，若从相机 300 到无人驾驶航空器 100 的距离 d 较长，即无人驾驶航空器 100 处于远处，则由处理部 510 进行的无人驾驶航空器 100 的位置的推定精度下降，处理部 510 也能够根据这一点考虑到无人驾驶航空器 100 的距离 d 来推定无人驾驶航空器 100 的位置。例如，距离 d 越短，可靠度 wjt 越大，距离 d 越长，可靠度 wjt 越小。因此，飞行控制装置 800 能够提高使用误差得分的无人驾驶航空器 100 的位置的推定精度。

此外，处理部 510 可以对于以各相机 300 的布置位置及各相机 300 的摄像朝向（相机姿势 cj ）拍摄到的各摄像图像，基于各投影假定位置 $\pi(cj, xt)$ 和各观测位置 ojt 的差（再投影误差），计算出误差得分，其中，投影假定位置 $\pi(cj, xt)$ 是将假定在实际空间中存在无人驾驶航空器 100 的各假定位置 xt 在以各相机 300 的布置位置及各相机 300 的摄像朝向（相机姿势 cj ）拍摄到的各摄像图像上投影而得到的位置；观测位置是在以各相机 300 的布置位置以及各摄像装置的摄像朝向拍摄到的各摄像图像中，无人驾驶航空器 100 所存在的位置。处理部 510 可以将误差得分最小的无人驾驶航空器 100 的假定位置 xt 推定为无人驾驶航空器 100 的存在位置。例如处理部 510 可以根据式(1)来优化误差得分。

由此，飞行控制装置 800 能够基于投影在由各相机 300 拍摄到的摄像图像上的投影假定位置与图像位置（观测位置）之间的差来导出误差得分。然后，例如，飞行控制装置 800 能够在各时刻 t 求出误差得分，并将误差得分最小的假定位置 xt 推定为无人驾驶航空器 100 的存在位置。因此，处理部 510 能够例如根据式(1)，基于由多个相

机 300 拍摄到的图像来优化无人驾驶航空器 100 的推定位置。

(实施方式 2)

在实施方式 2 中, 示出了针对实施方式 1 进一步考虑无人驾驶航空器 100 检测到的 GPS 位置信息以优化无人驾驶航空器 100 的推定位置的情况。

图 6 是示出实施方式 2 中的飞行控制装置 800A 的硬件构成的图。实施方式 2 的无人飞行系统 5A 具有与实施方式 1 大致相同的结构。对于与实施方式 1 相同的结构要素, 通过使用相同的符号, 省略其说明。

无人驾驶航空器 100 包括 GPS 接收器 240 而没有省略。无人驾驶航空器 100 的 UAV 控制部 110 基于由 GPS 接收器 240 接收到的 GPS 信号, 获取无人驾驶航空器 100 的 GPS 位置信息。UAV 控制部 110 经由通信接口 150 向飞行控制装置 800A 发送 GPS 位置信息。

处理后端 500A 的通信部 505A 从无人驾驶航空器 100 接收 GPS 位置信息。另外, 通信部 505A 与实施方式 1 同样地从跟踪前端 400 接收多个相机 300 拍摄的摄像图像、无人驾驶航空器 100 的观测位置、相机姿势的信息。另外, 也可以不接收摄像图像。

处理后端 500A 的处理部 510A 在进行再投影误差的优化时, 考虑经由通信部 505A 接收到的 GPS 位置信息。即, 处理部 510A 可以按照式(3)来优化无人驾驶航空器 100 的推定位置。

式(3)所示的 argmin 函数是与式(1)同样地将函数值最小的 x 作为自变量而传递的函数, 并包括与 GPS 位置信息相关的项 $\lambda \operatorname{GG}(X, Z)$ 。 $\lambda \operatorname{GG}(X, Z)$ 是考虑了 GPS 信号的得分。

【数学式 3】

$$\operatorname{argmin}_x (\sum_t \sum_j w_{jt} p(\pi(c_j, x_t) - o_{jt}) + \lambda_G G(X, Z)) \quad \dots (3)$$

λG (也记载为 λ_G) 如式(4)所示。

$$\lambda G = Ca \times (Cn - N) \quad \dots (4)$$

这里, Cn 是 GPS 卫星的总数。 N 是 GPS 接收器 240 在信号接收中所使用的 GPS 卫星的数量。因此, $Cn - N$ 表示 GPS 接收器 240 在信号接收中未使用的 GPS 卫星的数量。 Ca 是系数。根据式(4), GPS 接收器 240 在信号接收使用的 GPS 的数量越多, λG 的值越小。另外, λG 可以是与 GPS 信号的强度对应的值。在 GPS 信号的强度较大时, 可以减小 λG 的值, 在 GPS 信号的强度较小时, 可以增大 λG 的值。在该情况下, 在式(3)的 $\lambda \operatorname{GG}(X, Z)$ 中, 受 $G(X, Z)$ 的值的的影响很大, 从而能够更加反映 GPS 位置信息。即, 在 GPS 信号的强度高时, GPS 信号的可靠性高, 因此 $G(X, Z)$ 的值可以较

大地影响式(3)的值。

另外, $G(X, Z)$ 是相当于无人驾驶航空器 100 的全部假定位置 x_t 与 GPS 位置之差的总和的值, 如式(5)所示。

【数学式 4】

$$G(X, Z) = \sum (x_t - \zeta)^2 \dots\dots (5)$$

其中, ζ 表示 GPS 位置 (由 GPS 接收器 240 检测出的位置)。假定位置 x_t 与 GPS 位置 ζ 之间的差越大, $G(X, Z)$ 越大。

这样, 通过 argmin 函数, 使无人驾驶航空器 100 的假定位置 x_t 优化, 使得 argmin 函数的括号内 ($\text{argmin}()$ 的 $()$ 内) 的值 (再投影误差) 变小。即, 由 argmin 函数所示的无人驾驶航空器 100 的推定位置是 argmin 函数的括号内的值最小的假定位置。

通信部 505A 将由处理部 510A 优化后的无人驾驶航空器 100 的推定位置发送到 PID 控制装置 700。PID 控制装置 700 基于优化后的无人驾驶航空器 100 的推定位置, 生成无人驾驶航空器 100 的飞行参数, 并发送到无人驾驶航空器 100。无人驾驶航空器 100 的动作与实施方式 1 相同。

在实施方式 2 的无人飞行体系统 5A 中, 处理后端 500A 的处理部 510A 考虑 GPS 位置信息, 来优化再投影误差, 以使得例如式(3)的 argmin 函数的值为阈值 $th2$ 以下 (例如最小), 并推定无人驾驶航空器 100 的存在位置。

这样, 处理后端 500 的处理部 510A 可以获取由无人驾驶航空器 100 所包括的 GPS 接收器 240 (测位部的一个示例) 测量出的 GPS 位置 (第一测量位置的一个示例)。处理部 510A 可以基于 GPS 位置, 计算出例如式(3)所示的误差得分。

由此, 飞行控制装置 800A 可以考虑在无人驾驶航空器 100 中通常用于定位的 GPS 信号, 来计算出误差得分, 并优化无人驾驶航空器 100 的推定位置。因此, 即使无人驾驶航空器 100 所包括的 GPS 接收器 240 的精度低, 飞行控制装置 800A 也能够与 GPS 信号一起基于与实施方式 1 相同的误差得分来推定无人驾驶航空器 100 的位置, 并能够提高位置推定精度。由此, 即使在 GPS 接收器 240 的测位精度低的情况下, 飞行控制装置 800A 也能够通过使用误差得分推定无人驾驶航空器 100 的位置, 对基于 GPS 接收器 240 的测位进行辅助。

另外, GPS 接收器 240 可以从多个 GPS 卫星接收 GPS 信号以获取 GPS 位置的信息。处理部 510A 可以以 GPS 接收器 240 能够接收的 GPS 卫星的数量越多, 就越能够反映 GPS 位置信息, 即 GPS 信号对误差得分的影响就越大的方式来计算出误差得分。例如, 在式(3)的 $\lambda G \cdot G(X, Z)$ 中, 在无人驾驶航空器 100 在信号接收中使用的

GPS 的数量越多, 系数 λG 的值越小, 受 $G(X, Z)$ 的值的的影响很大, 从而能够更加反映 GPS 位置信息。

由此, 飞行控制装置 800A 能够根据 GPS 信号的可靠度 (GPS 信号的强度), 调整 GPS 信号值对误差得分的影响, 计算出误差得分, 优化再投影误差, 并推定无人驾驶航空器 100 的位置。因此, 飞行控制装置 800A 考虑 GPS 的接收状态来推定无人驾驶航空器 100 的位置, 因此能够进一步提高无人驾驶航空器 100 的位置推定精度。由此, 飞行控制装置 800A 能够根据 GPS 信号的可靠度, 对使用实施方式 1 的误差得分的无人驾驶航空器 100 的位置的推定结果进行修正。

(实施方式 3)

在实施方式 3 中, 示出了对于实施方式 2 进一步考虑基于动态因子、无人驾驶航空器 100 的加速度的无人驾驶航空器 100 的推定位置来优化无人驾驶航空器 100 的推定位置的情况。动态因子是考虑了物理现象的因子。

图 7 是示出实施方式 3 中的飞行控制装置 800B 的硬件构成的图。

飞行控制装置 800B 除了与实施方式 1 同样地具有跟踪前端 400、处理后端 500B 以及 PID 控制装置 700 以外, 还具有 IMU 前端 600。

IMU 前端 600 具有通信部 605、处理部 610 和存储部 620。处理部 610 通过例如对由惯性测量装置 250 测量出的加速度 (IMU 数据) 进行二重积分 (2 次积分), 来推定无人驾驶航空器 100 的位置, 并获取推定位置的信息。基于该加速度推定出的位置也称为加速度推定位置。

通信部 605 与无人驾驶航空器 100 以及处理后端 500B 进行通信。作为与无人驾驶航空器 100 以及处理后端 500B 的通信方式, 采用专用线、有线 LAN、无线 LAN、移动通信等。通信部 605 例如从无人驾驶航空器 100 接收由惯性测量装置 250 测量出的加速度的信息。通信部 605 例如将基于加速度的无人驾驶航空器 100 的加速度推定位置发送到处理后端 500B。存储部 420 用作处理部 410 的工作存储器。

在 IMU 前端 600 中, 例如一秒获取 100 个 IMU 的数据 (加速度的数据)。另外, 在跟踪前端 400 中, 例如以一秒 30 张 (30fps) 或 60 张 (60fps) 的频率获取摄像图像, 导出无人驾驶航空器 100A 所存在的图像位置 (观测位置)。另外, 在处理后端 500B 中, 处理速度为例如一秒使用 10 个 IMU。

在此, 在处理后端 500B 优化再投影误差以推定无人驾驶航空器 100 的位置的情况下, 优选使由 IMU 前端 600 更新无人驾驶航空器 100 的加速度推定位置的频率、由跟踪前端 400 获取摄像图像的频率 (观测位置的导出频率) 和由处理后端 500B 处理无人驾驶航空器 100 的推定位置的频率一致。为了在同一时点处理 IMU 前端 600、

跟踪前端 400 以及处理后端 500B, 处理部 510B 可以进行控制, 以使其与处理后端 500B 的处理频率 (例如一秒 10 次) 一致。

例如, 处理部 510B 可以经由通信部 505 以及通信部 605, 例如对 IMU 数据进行积分以在一秒内获取 10 个加速度推定位置。处理部 510B 可以经由通信部 505 以及通信部 405, 例如在一秒内获取 10 个摄像图像中的图像位置 (观测位置) 的信息。

处理后端 500B 的通信部 505B 与实施方式 2 同样地从无人驾驶航空器 100 接收无人驾驶航空器 100 的 GPS 位置信息。无人驾驶航空器 100 的 UAV 控制部 110 可以基于由 GPS 接收器 240 接收到的 GPS 信号, 获取无人驾驶航空器 100 的 GPS 位置信息, 并经由通信接口 150 发送到飞行控制装置 800B。另外, 在本实施方式中, 处理后端 500B 也可以不获取 GPS 位置信息, 并且在误差得分的计算中不考虑 GPS 位置信息。

与实施方式 1、2 同样地, 处理后端 500B 的通信部 505B 可以从跟踪前端 400 接收由多个相机 300 拍摄的摄像图像、与相机 300 的姿势相关的数据。通信部 505B 可以从 IMU 前端 600 接收加速度推定位置的信息。另外, 处理后端 300B 也可以不获取摄像图像。

另外, 存储部 520B 可以存储动态因子。动态因子例如可以包含用于按照运动方程式使无人驾驶航空器 100 的推定位置处于能够物理移动的范围内的数据。动态因子例如可以包含卡尔曼滤波器。在使用卡尔曼滤波器的情况下, 处理部 510B 可以基于无人驾驶航空器 100 的当前的位置、速度、加速度等来推定无人驾驶航空器 100 的下一个位置。

处理后端 500B 的处理部 510B 在优化再投影误差以推定无人驾驶航空器 100 的位置时, 考虑经由通信部 505B 接收到的加速度推定位置和通过动态因子得到的物理的推定位置 (物理推定位置) 中的至少一个。另外, 处理部 510B 在优化再投影误差以推定无人驾驶航空器 100 的位置时, 可以考虑 GPS 位置信息。即, 处理部 510B 可以根据式(6)来优化再投影误差。

【数学式 5】

$$\operatorname{argmin}_x (\Sigma_t \Sigma_j w_{jt} p(\pi(c_j, x_t) - o_{jt}) + \lambda_R R(X, \Gamma) + \lambda_I I(X, \Delta) + \lambda_G G(X, Z)) \quad \dots \dots (6)$$

其中, $R(X, \Gamma)$ 表示考虑了物理推定位置的得分, 也就是考虑了动态因子的得分, 如式(7)所示。

【数学式 6】

$$R(X, \Gamma) = \Sigma(x_t - \bar{x}_t(\gamma_t))^2 \quad \dots \dots (7)$$

λR (也记载为 λ_R) 是固定值。 x_t 上划线(γt)表示时刻 t 的根据各种物理定律、式(例如运动方程式)而得到的物理推定位置。因此, $R(X, \Gamma)$ 表示无人驾驶航空器 100 的假定位置 x_t 与无人驾驶航空器 100 的物理推定位置之间的差的累积值。此外, x_t 上划线可以是用于导出物理推定位置的函数。 γt (也记载为 γ_t) 可以是导出物理推定位置所需的变量, 例如时刻 t 时无人驾驶航空器 100 的位置、速度。

这样, 处理部 510B 可以基于无人驾驶航空器 100 能够物理地移动的位置来计算出误差得分。

在无人驾驶航空器 100 的假定位置 x_t 与无人驾驶航空器 100 的物理推定位置之差较大时, 式(6)中的 $\lambda RR(X, \Gamma)$ 是较大的值, 对式(6)的值的的影响变大。例如, 在计算出的无人驾驶航空器 100 的下一个推定位置大大偏离当前的无人驾驶航空器 100 的假定位置且不能移动时, 为使这样的假定位置 x_t 不会被推定为无人驾驶航空器 100 的位置, 动态因子的值变大, 式(6)的值难以成为最小值。另外, 在计算出的无人驾驶航空器 100 的速度(例如 50m/秒)超过无人驾驶航空器 100 的最高速度(例如 20m/秒)时, 为使与这样的速度对应的假定位置 x_t 不会被推定为无人驾驶航空器 100 的位置, 动态因子的值变大, 式(6)的值难以成为最小值。飞行控制装置 800B 能够考虑例如无人驾驶航空器 100 能够移动的物理的推定位置来推定无人驾驶航空器 100 的位置, 并提高位置推定精度。

另外, $I(X, \Delta)$ 表示考虑了加速度推定位置的得分, 即考虑了加速度因子的得分, 如式(8)所示。

【式 7】

$$I(X, \Delta) = \Sigma(x_t - \bar{x}_t(\delta_t))^2 \dots \dots (8)$$

λI (也记载为 λ_I) 是固定值。 x_t 上划线(δt)表示基于由惯性测量装置 250 测量的加速度导出的位置(加速度推定位置)。因此, $I(X, \Delta)$ 表示无人驾驶航空器 100 的假定位置 x_t 与无人驾驶航空器 100 的加速度推定位置之间的差的累积值。此外, x_t 上划线可以是用于导出加速度推定位置的函数。 δt (也记载为 δ_t) 可以是导出加速度推定位置所需的变量, 例如时刻 t 时无人驾驶航空器 100 的位置、速度。

这样, 处理部 510B 可以基于由无人驾驶航空器 100 所包括的惯性测量装置 250 (加速度测量器的一个示例)测量的加速度, 来导出(例如计算出)无人驾驶航空器 100 的位置(加速度推定位置)(第二测量位置的一个示例)。处理部 510B 可以基于加速度测量位置来计算出误差得分。

在无人驾驶航空器 100 的假定位置 x_t 与无人驾驶航空器 100 的加速度推定位置之差较大时, 式(8)中的 $\lambda II(X, \Delta)$ 是较大的值, 对式(8)的值的的影响变大。飞行控制装置

800B 能够考虑无人驾驶航空器 100 所包括的惯性测量装置 250 的测量结果(加速度)来推定无人驾驶航空器 100 的位置,并能够提高位置推定精度。

在实施方式 3 的无人飞行体系统 5B 中,处理后端 500B 的处理部 510B 考虑 GPS 位置信息、物理推定位置、加速度推定位置中的至少一个,来优化再投影误差,使得例如式(6)的 $\argmin$ 函数的值为阈值 $th3$ 以下(例如最小),并推定无人驾驶航空器 100 的存在位置。

通信部 505B 将由处理部 510B 优化后的无人驾驶航空器 100 的推定位置发送到 PID 控制装置 700。PID 控制装置 700 基于优化后的无人驾驶航空器 100 的推定位置,生成无人驾驶航空器 100 的飞行参数,并发送到无人驾驶航空器 100。无人驾驶航空器 100 的动作与实施方式 1, 2 相同。

另外,在式(6)中,例示了对于式(3)附加了考虑动态因子的得分 $\lambda RR(X, \Gamma)$ 和考虑加速度因子的得分 $\lambda RR(X, \Gamma)$ 这两者的情况,但也可以仅附加任意一方。

上述各实施方式中的飞行控制装置 800、800A、800B 构成为与相机 300 及无人驾驶航空器 100 分体的装置,但其至少一部分的结构可以由相机 300、无人驾驶航空器 100、相机 300 及无人驾驶航空器 100 以外的终端、服务器构成。终端例如可以是能够操纵无人驾驶航空器的终端。服务器可以是能够与相机 300 及无人驾驶航空器 100 通信地与网络连接的计算机。在飞行控制装置 800、800A、800B 中,例如,跟踪前端 400 可以设置在相机 300、无人驾驶航空器 100、终端和服务器的任一个中。处理后端 500、500A、500B 可以设置在相机 300、无人驾驶航空器 100、终端和服务器的任一个中。PID 控制装置 700 可以设置在相机 300、无人驾驶航空器 100、终端和服务器的任一个中。IMU 前端 600 可以设置在相机 300、无人驾驶航空器 100、终端和服务器的任一个中。

上述各实施方式中的各处理部例如通过处理器执行保存于各存储部的程序来实现各种功能。处理器可以包括 MPU (Micro processing Unit), CPU (Central Processing Unit), DSP (Digital Signal Processor), GPU (Graphical Processing Unit: 图形处理单元) 等。各处理部控制装置内的各部。各处理部执行各种处理。

上述各实施方式中的各存储部包括主存储装置(例如 RAM (Random Access Memory: 随机存取存储器)、ROM (Read Only Memory: 只读存储器))。各存储部可以包括二级存储装置(例如 HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Drive))、三级存储装置(例如光盘、SD 卡)。各存储部可以包括其他存储装置。各存储部存储各种数据、信息、程序。

以上使用实施方式对本公开进行了说明,但是本公开的技术范围并不限于上述实

施方式所描述的范围。对本领域普通技术人员来说,显然可以对上述实施方式加以各种变更或改良。从权利要求书的记载即可明白,加以了这样的变更或改良的方式都可包含在本公开的技术范围之内。

权利要求书、说明书以及说明书附图中所示的装置、系统、程序和方法中的动作、过程、步骤、以及阶段等各项处理的执行顺序,只要没有特别明示“在...之前”、“事先”等,且只要前面处理的输出并不用在后面的处理中,即可以以任意顺序实现。关于权利要求书、说明书以及附图中的动作流程,为方便起见而使用“首先”、“接着”等进行了说明,但并不意味着必须按照这样的顺序实施。

【符号说明】

5, 5A, 5B 无人飞行体系统
100 无人驾驶航空器
102 UAV 主体
110 UAV 控制部
150 通信接口
160 内存
170 存储器
200 万向节
210 旋翼机构
220, 230 摄像部
240 GPS 接收器
250 惯性测量装置
260 磁罗盘
270 气压高度计
280 超声波传感器
290 激光测量仪
300 相机
400 跟踪前端
405, 505, 505A, 505B, 605, 705 通信部
410, 510, 510A, 510B, 610, 710 处理部
420, 520, 520B, 620, 720 存储部
500, 500A, 500B 处理后端
600 IMU 前端
700 PID 控制装置
800, 800A, 800B 飞行控制装置
GM1, GM2 帧
STV0 移动方向

权 利 要 求

1. 一种推定飞行体的存在位置的位置推定装置，其特征在于，包括：
处理部，其进行与推定所述飞行体的存在位置有关的处理；
所述处理部
获取由多个摄像装置对所述飞行体进行拍摄而得到的多个摄像图像，
获取各摄像装置的布置位置以及各摄像装置的摄像朝向的信息，
基于各摄像装置的布置位置、各摄像装置的摄像朝向、假定在实际空间中存在所述飞行体的各假定位置、以及各摄像图像中所述飞行体所存在的图像位置，
来计算出表示各假定位置与所述飞行体的存在位置之间的误差的误差得分，
并基于所述误差得分来推定实际空间中的所述飞行体的存在位置。
2. 根据权利要求1所述的位置推定装置，其特征在于，
所述处理部获取由所述多个摄像装置在多个时刻对所述飞行体进行拍摄而得到的所述多个摄像图像，
在所述多个时刻计算出所述误差得分，
并基于所述误差得分来推定实际空间中的所述飞行体的存在位置。
3. 根据权利要求2所述的位置推定装置，其特征在于，
所述处理部获取所述摄像装置与所述飞行体之间的距离，
根据所述距离，导出关于所述摄像图像的所述误差得分的可靠度，
并基于所述可靠度计算出所述误差得分。
4. 根据权利要求3所述的位置推定装置，其特征在于，
所述处理部基于各投影假定位置和各图像位置之间的差，来计算出误差得分，所述各投影假定位置是将假定在实际空间中存在所述飞行体的各假定位置在以各摄像装置的布置位置及各摄像装置的摄像朝向拍摄到的各摄像图像上投影而得到的投影假定位置，所述各图像位置是在以各摄像装置的布置位置以及各摄像装置的摄像朝向拍摄到的各摄像图像中所述飞行体所存在的图像位置，并将所述误差得分最小的所述飞行体的假定位置推定为所述飞行体的存在位置。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的位置推定装置，其特征在于，
所述处理部获取由所述飞行体所包括的测位部测量出的所述飞行体的第一测量位置，
并基于所述第一测量位置来计算出所述误差得分。
6. 根据权利要求5所述的位置推定装置，其特征在于，所述测位部从多个GPS (Global Positioning System, 全球定位系统) 卫星接收GPS信号以获取所述第一测量位置；

所述处理部以所述测位部不能接收的所述 GPS 卫星的数量越多, 所述第一测量位置对所述误差得分的影响就越大的方式计算出所述误差得分。

7. 根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的位置推定装置, 其特征在于, 所述处理部基于所述飞行体能够物理移动的位置来计算出所述误差得分。

8. 根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的位置推定装置, 其特征在于, 所述处理部基于由所述飞行体所包括的加速度测量器测量出的加速度, 导出所述飞行体的第二测量位置, 并基于所述第二测量位置来计算出所述误差得分。

9. 一种推定飞行体的存在位置的位置推定方法, 其特征在于, 其包括以下步骤: 获取由多个摄像装置对所述飞行体进行拍摄而得到的多个摄像图像; 获取各摄像装置的布置位置以及各摄像装置的摄像朝向的信息; 基于各摄像装置的布置位置、各摄像装置的摄像朝向、假定在实际空间中存在所述飞行体的各假定位置、以及各摄像图像中所述飞行体所存在的图像位置, 来计算出表示各假定位置与所述飞行体的存在位置之间的误差的误差得分; 以及基于所述误差得分来推定实际空间中的所述飞行体的存在位置。

10. 根据权利要求 9 所述的位置推定方法, 其特征在于, 获取所述多个摄像图像的步骤包括获取由所述多个摄像装置在多个时刻对所述飞行体进行拍摄而得到的所述多个摄像图像的步骤;

计算出所述误差得分的步骤包括在所述多个时刻计算出所述误差得分的步骤;

所述推定飞行体的存在位置的步骤包括基于所述误差得分来推定实际空间中的所述飞行体的存在位置的步骤。

11. 根据权利要求 10 所述的位置推定方法, 其特征在于, 计算出所述误差得分的步骤包括以下步骤:

获取所述摄像装置与所述飞行体之间的距离;

根据所述距离导出关于所述摄像图像的所述误差得分的可靠度;

以及根据所述可靠度来计算出所述误差得分。

12. 根据权利要求 11 所述的位置推定方法, 其特征在于, 计算出所述误差得分的步骤包括以下步骤: 基于各投影假定位置和各图像位置之间的差, 来计算出误差得分, 所述各投影假定位置是将假定在实际空间中存在所述飞行体的各假定位置在以各摄像装置的布置位置及各摄像装置的摄像朝向拍摄到的各摄像图像上投影而得到的投影假定位置, 所述各图像位置是在以各摄像装置的布置位置以及各摄像装置的摄像朝向拍摄到的各摄像图像中所述飞行体所存在的图像位置;

所述推定飞行体的存在位置的步骤包括将所述误差得分最小的所述飞行体的假

定位置推定为所述飞行体的存在位置的步骤。

13. 根据权利要求 9 至 12 中任一项所述的位置推定方法，其特征在于，计算出所述误差得分的步骤包括以下步骤：

获取由所述飞行体所包括的测位部测量出的所述飞行体的第一测量位置；
以及基于所述第一测量位置来计算出所述误差得分。

14. 根据权利要求 13 所述的位置推定方法，其特征在于，获取所述第一测量位置的步骤包括从多个 GPS 卫星接收 GPS 信号以获取所述第一测量位置的步骤；

计算出所述误差得分的步骤包括以所述测位部不能接收的所述 GPS 卫星的数量越多，所述第一测量位置对所述误差得分的影响就越大的方式计算出所述误差得分的步骤。

15. 根据权利要求 9 至 14 中任一项所述的位置推定方法，其特征在于，计算出所述误差得分的步骤包括基于所述飞行体能够物理移动的位置来计算出所述误差得分的步骤。

16. 根据权利要求 9 至 14 中任一项所述的位置推定方法，其特征在于，计算出所述误差得分的步骤包括以下步骤：

基于由所述飞行体所包括的加速度测量器测量出的加速度来导出所述飞行体的第二测量位置；

以及基于所述第二测量位置来计算出所述误差得分。

17. 一种程序，其特征在于，其用于使推定飞行体的存在位置的位置推定装置执行以下步骤：

获取由多个摄像装置对所述飞行体进行拍摄而得到的多个摄像图像；

获取各摄像装置的布置位置以及各摄像装置的摄像朝向的信息；

基于各摄像装置的布置位置、各摄像装置的摄像朝向、假定在实际空间中存在所述飞行体的各假定位置、以及各摄像图像中所述飞行体所存在的图像位置，

来计算出表示各假定位置与所述飞行体的存在位置之间的误差的误差得分；

以及基于所述误差得分来推定实际空间中的所述飞行体的存在位置。

18. 一种计算机可读记录介质，其特征在于，其记录有用于使推定飞行体的存在位置的位置推定装置执行以下步骤的程序：

获取由多个摄像装置对所述飞行体进行拍摄而得到的多个摄像图像；

获取各摄像装置的布置位置以及各摄像装置的摄像朝向的信息；

基于各摄像装置的布置位置、各摄像装置的摄像朝向、假定在实际空间中存在所述飞行体的各假定位置、以及各摄像图像中所述飞行体所存在的图像位置，

来计算出表示各假定位置与所述飞行体的存在位置之间的误差的误差得分；

以及基于所述误差得分来推定实际空间中的所述飞行体的存在位置。

5

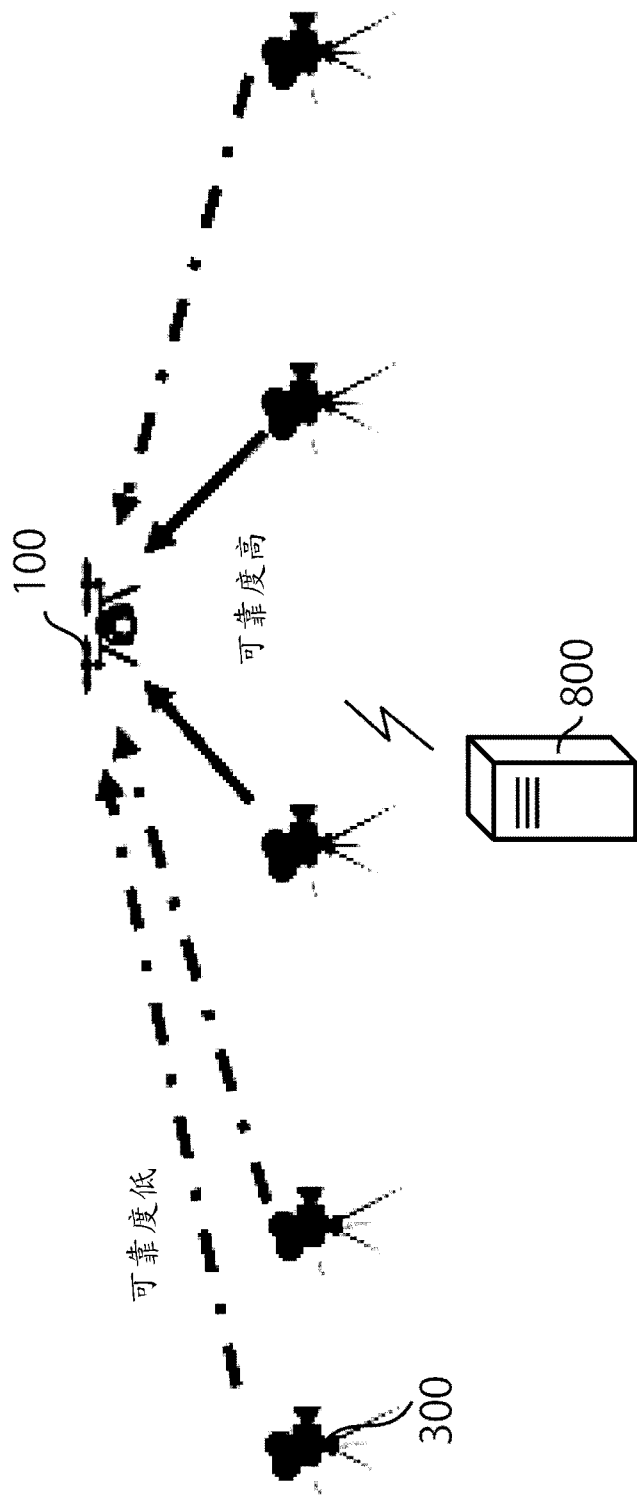


图 1

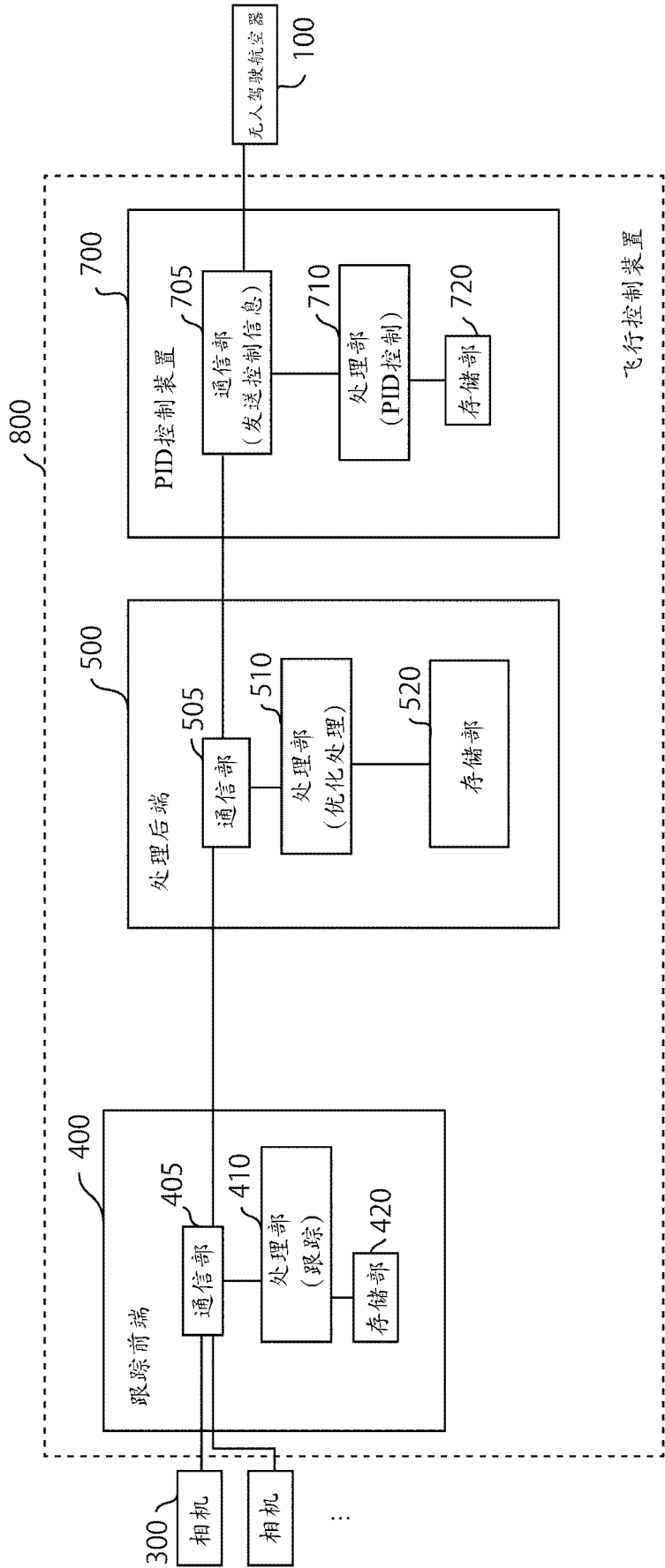


图 2

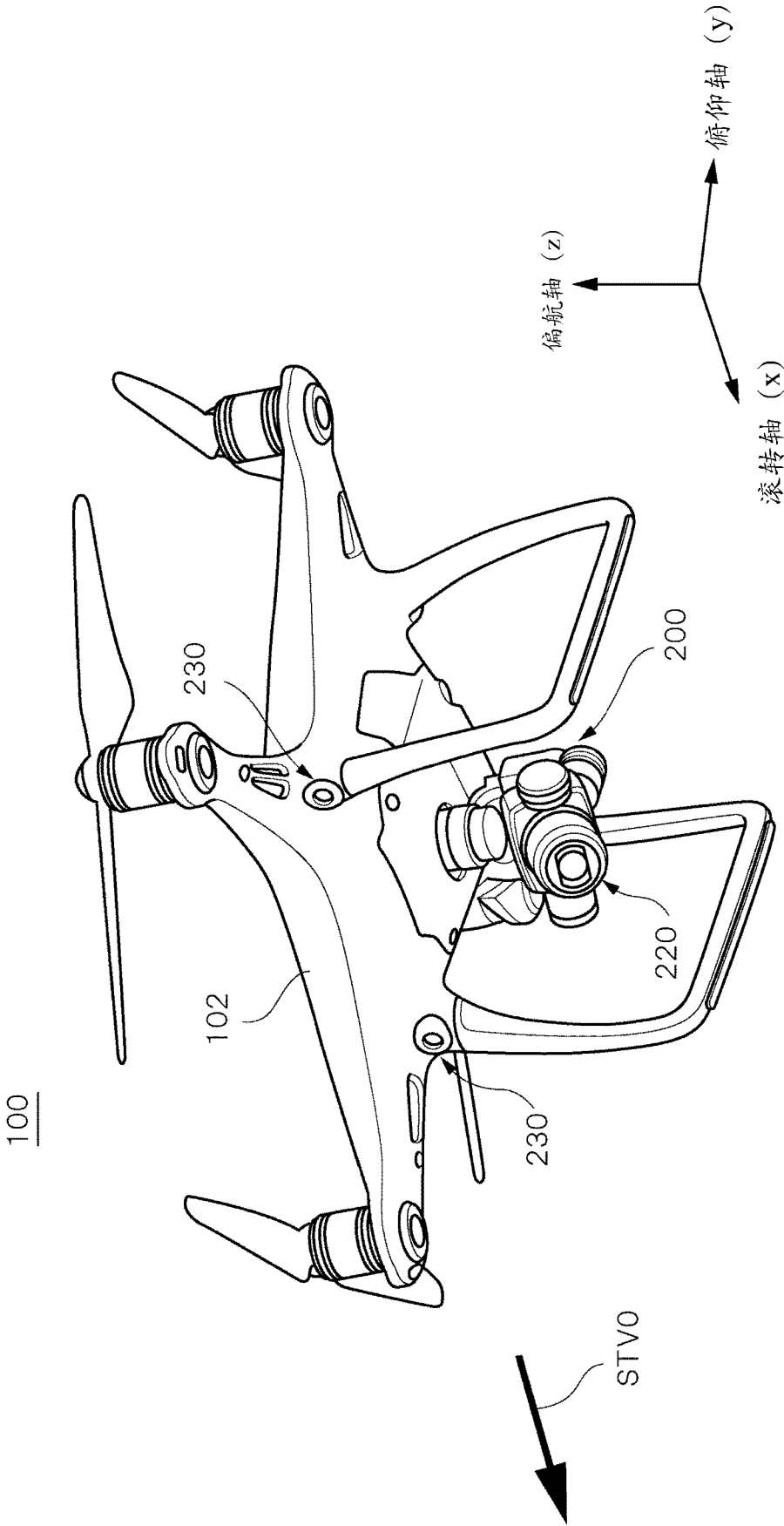


图 3

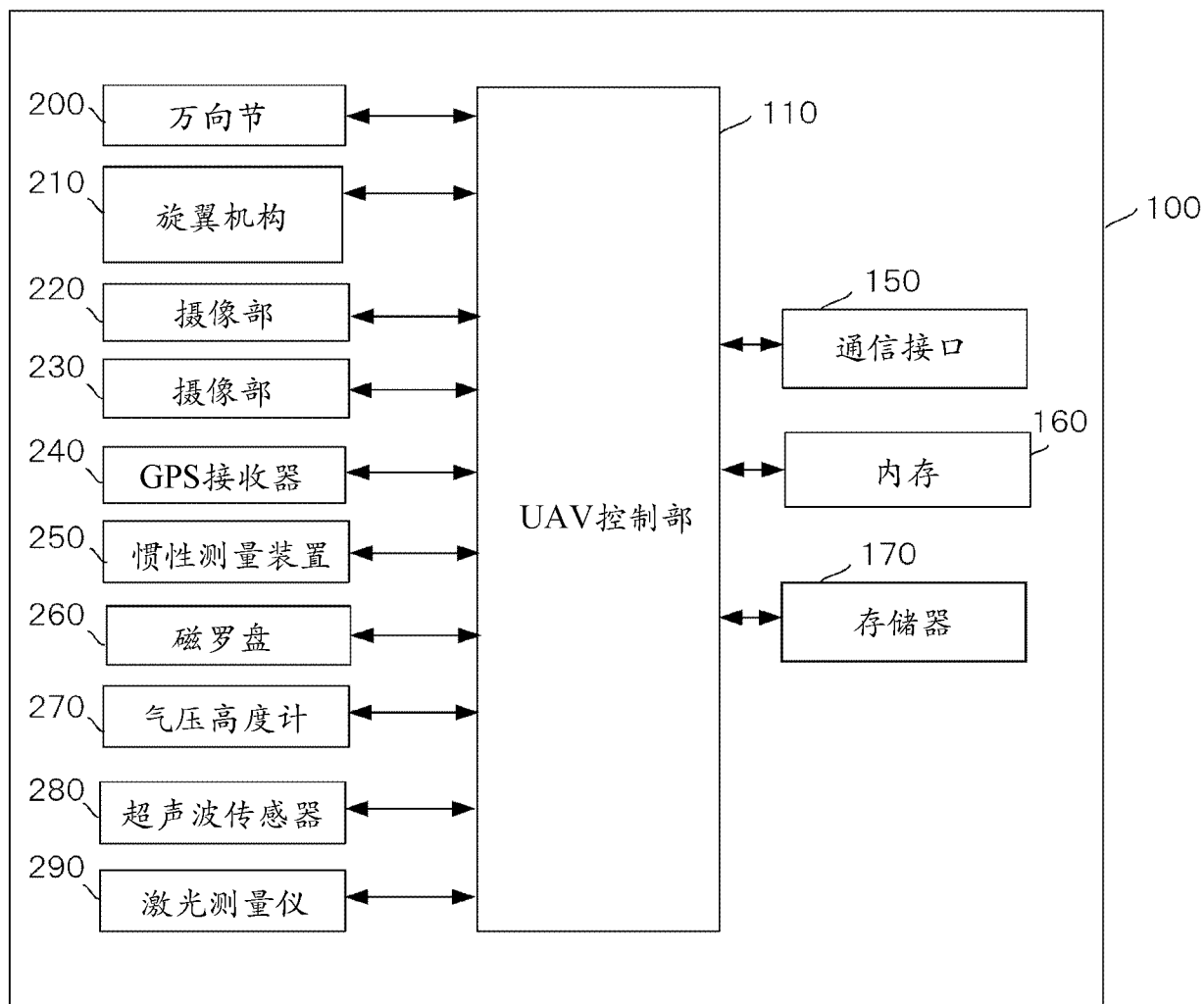


图 4

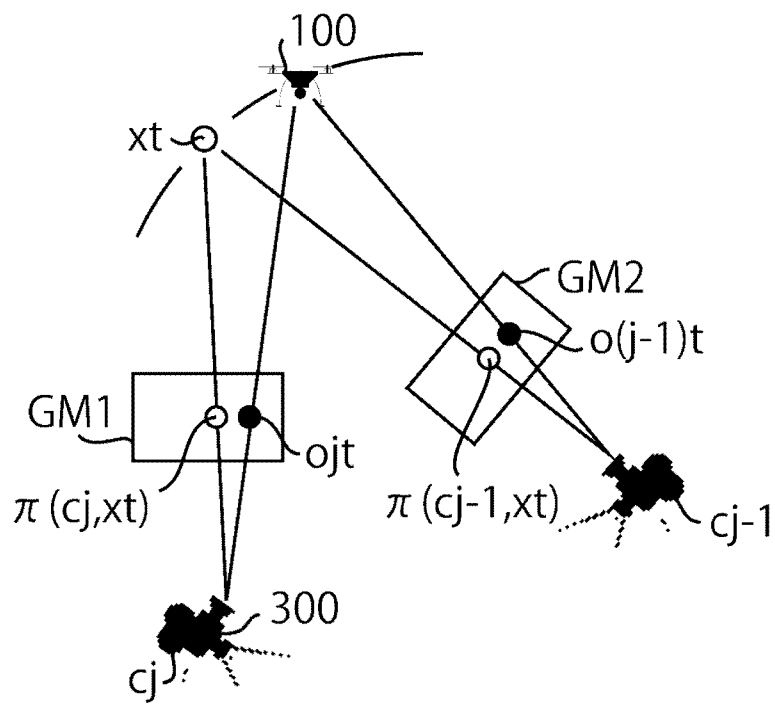


图 5

5A

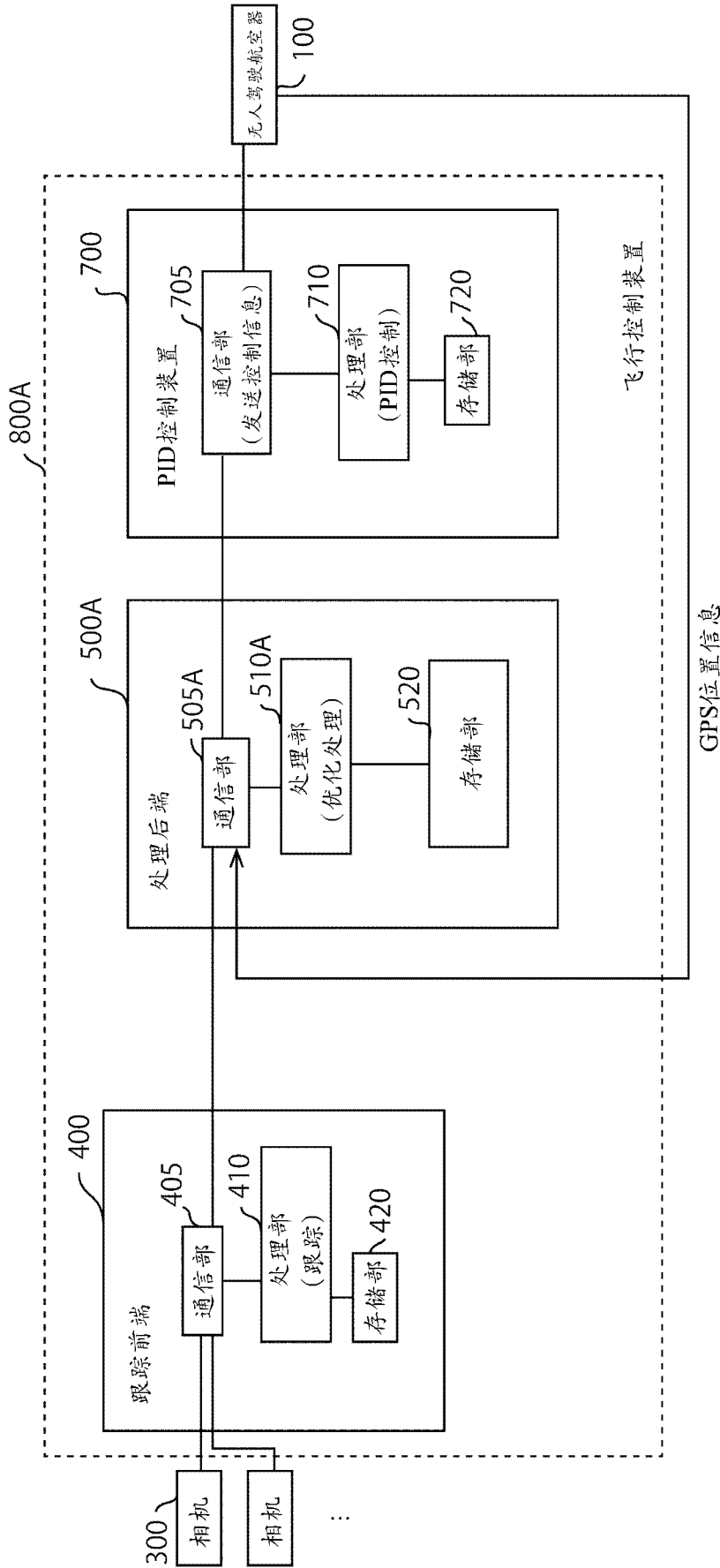


图 6

5B

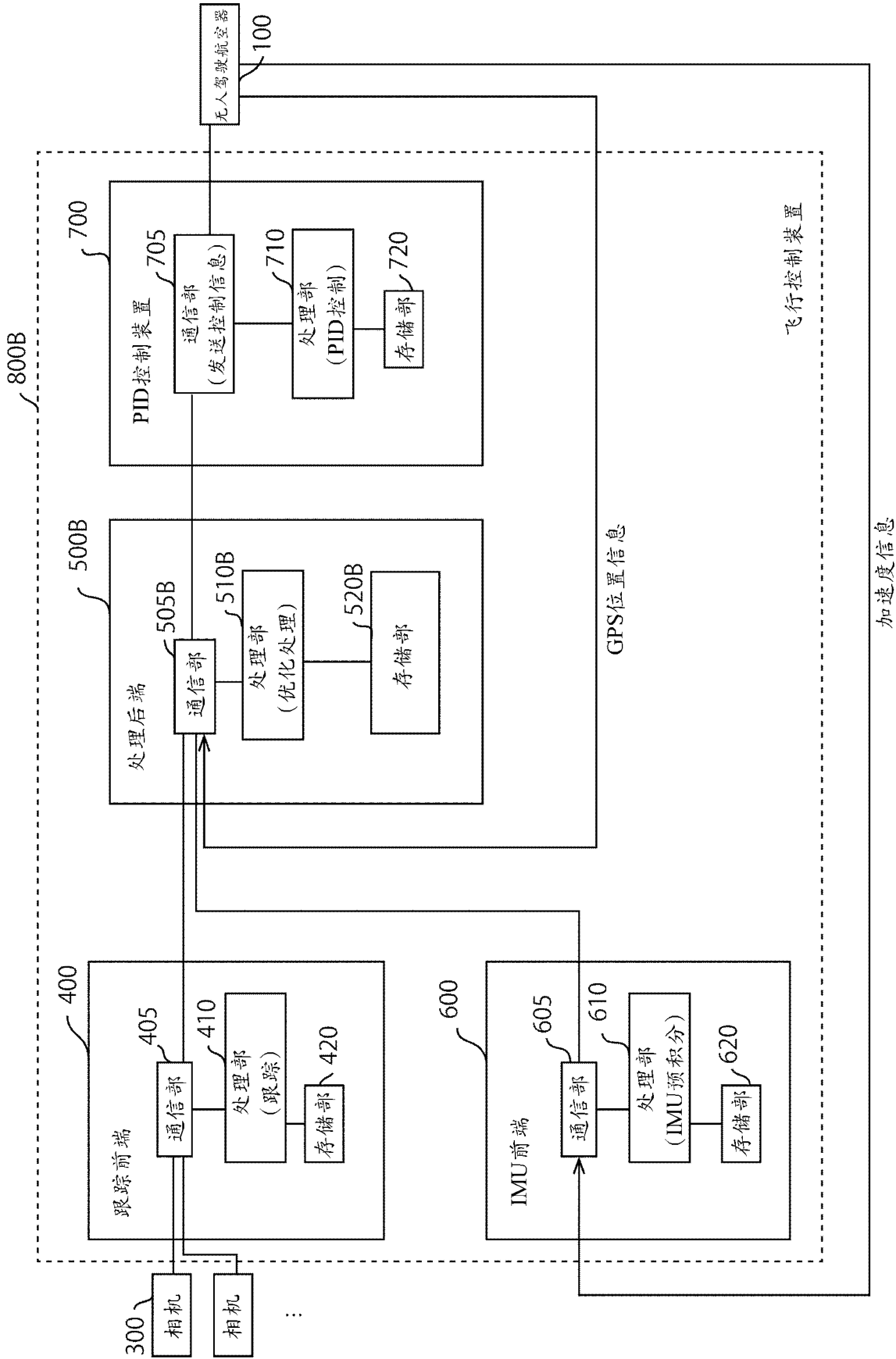


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/113651

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C 21/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C; G01S; G05D; H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

VEN, CNTXT, USTXT, WOTXT, EPTXT, CNABS, CNKI: AIRCRAFT, UMA, IMAGE, FLYING, LOCATION, GPS, POSITION, PHOTO, 飞行器, 航空器, 无人机, 无人驾驶, 图像, 图片, 照片, 摄像, 拍照, 飞, 位置, 定位

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2018146803 A1 (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 16 August 2018 (2018-08-16) description, paragraphs [0195]-[0269], and figure 23	1-18
A	JP 2010169682 A (HONEYWELL INT INC.) 05 August 2010 (2010-08-05) entire document	1-18
A	CN 101313233 A (NEC CORPORATION et al.) 26 November 2008 (2008-11-26) entire document	1-18
A	CN 104854637 A (NISSAN MOTOR CO., LTD. et al.) 19 August 2015 (2015-08-19) entire document	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 January 2020

Date of mailing of the international search report

21 January 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/113651

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2018146803	A1	16 August 2018	JP	WO2018146803	A1	21 November 2019
				US	2019361435	A1	28 November 2019
				CN	110249281	A	17 September 2019
JP	2010169682	A	05 August 2010	EP	2211144	A1	28 July 2010
				US	2010188280	A1	29 July 2010
CN	101313233	A	26 November 2008	JP	WO2007058302	A1	07 May 2009
				JP	4868169	B2	01 February 2012
				CN	101313233	B	05 October 2011
				WO	2007058302	A1	24 May 2007
				US	7948430	B2	24 May 2011
				US	2009267823	A1	29 October 2009
CN	104854637	A	19 August 2015	JP	5962771	B2	03 August 2016
				EP	2933790	B1	27 September 2017
				WO	2014091877	A1	19 June 2014
				JP	WO2014091877	A1	05 January 2017
				EP	2933790	A1	21 October 2015
				US	2015332100	A1	19 November 2015
				EP	2933790	A4	02 March 2016
				US	9740942	B2	22 August 2017
				CN	104854637	B	24 August 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/113651

A. 主题的分类

G01C 21/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01C; G01S; G05D; H04N

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

VEN, CNTXT, USTXT, WOTXT, EPTXT, CNABS, CNKI: AIRCRAFT, UMA, IMAGE, FLYING, LOCATION, GPS, POSITION, PHOTO, 飞行器, 航空器, 无人机, 无人驾驶, 图像, 图片, 照片, 摄像, 拍照, 飞, 位置, 定位

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	WO 2018146803 A1 (深圳大疆创新科技有限公司) 2018年 8月 16日 (2018 - 08 - 16) 说明书第[0195]-[0269]段, 图23	1-18
A	JP 2010169682 A (HONEYWELL INT INC) 2010年 8月 5日 (2010 - 08 - 05) 全文	1-18
A	CN 101313233 A (日本电气株式会社等) 2008年 11月 26日 (2008 - 11 - 26) 全文	1-18
A	CN 104854637 A (日产自动车株式会社等) 2015年 8月 19日 (2015 - 08 - 19) 全文	1-18

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 1月 13日

国际检索报告邮寄日期

2020年 1月 21日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

徐静文

电话号码 86-(010)-62411637

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/113651

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
WO	2018146803	A1	2018年 8月 16日	JP	W02018146803	A1	2019年 11月 21日
				US	2019361435	A1	2019年 11月 28日
				CN	110249281	A	2019年 9月 17日
JP	2010169682	A	2010年 8月 5日	EP	22111144	A1	2010年 7月 28日
				US	2010188280	A1	2010年 7月 29日
CN	101313233	A	2008年 11月 26日	JP	W02007058302	A1	2009年 5月 7日
				JP	4868169	B2	2012年 2月 1日
				CN	101313233	B	2011年 10月 5日
				WO	2007058302	A1	2007年 5月 24日
				US	7948430	B2	2011年 5月 24日
				US	2009267823	A1	2009年 10月 29日
CN	104854637	A	2015年 8月 19日	JP	5962771	B2	2016年 8月 3日
				EP	2933790	B1	2017年 9月 27日
				WO	2014091877	A1	2014年 6月 19日
				JP	W02014091877	A1	2017年 1月 5日
				EP	2933790	A1	2015年 10月 21日
				US	2015332100	A1	2015年 11月 19日
				EP	2933790	A4	2016年 3月 2日
				US	9740942	B2	2017年 8月 22日
				CN	104854637	B	2016年 8月 24日