(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年7月4日(04.07.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/142231 A1

(51) 国際特許分類:
B64C 27/52 (2006.01) *B64U 40/10* (2023.01)
B64U 10/16 (2023.01) *B64U 101/40* (2023.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/048163

(22) 国際出願日： 2022年12月27日(27.12.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 株式会社クボタ (**KUBOTA CORPORATION**) [JP/JP]; 〒5568601 大阪府大阪市浪速区敷津東１丁目２番４７号 Osaka (JP).

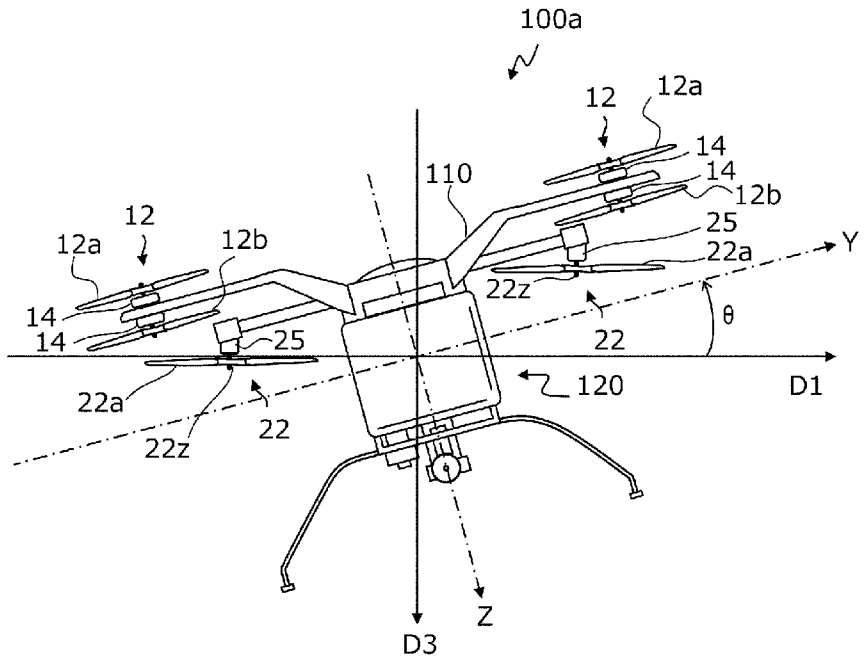
(72) 発明者: 柏木 保 (**KASHIWAGI, Tamotsu**); 〒5900908 大阪府堺市堺区匠町１番地１１ 株式会社クボタ グローバル技術研究所内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 奥田 誠司 (**OKUDA Seiji**); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜一丁目８番１６号 大阪証券取引所ビル１０階 奥田国際特許事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY,

(54) **Title:** UNMANNED AERIAL VEHICLE AND UNMANNED AERIAL VEHICLE CONTROL METHOD

(54) 発明の名称： 無人航空機および無人航空機の制御方法



(57) **Abstract:** This unmanned aerial vehicle has a plurality of rotors. The plurality of rotors include a plurality of first rotors and at least one second rotor. The unmanned aerial vehicle further includes an angle adjustment mechanism for setting the angle of inclination of the second rotor to a horizontal plane perpendicular to a vertical direction to be smaller than the angle of inclination of an airframe of the unmanned aerial vehicle to the horizontal plane when the airframe tilts with respect to the horizontal plane during a flight of the unmanned aerial vehicle. The unmanned aerial vehicle control method is a method for controlling an unmanned aerial vehicle having a plurality of rotors, the plurality of rotors including

WO 2024/142231 A1

［続葉有］

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能):ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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).

添付公開書類:

一　国際調査報告(条約第21条(3))

a plurality of first rotors and at least one second rotor, and the method including the step for setting the angle of inclination of the second rotor to a horizontal plane perpendicular to a vertical direction to be smaller than the angle of inclination of an airframe of the unmanned aerial vehicle to the horizontal plane when the airframe tilts with respect to the horizontal plane during a flight of the unmanned aerial vehicle.

(57) 要約:無人航空機は、複数のロータを備える。複数のロータは、複数の第１ロータと、少なくとも１つの第２ロータとを含む。無人航空機は、無人航空機の飛行中、鉛直方向に直交する水平面に対して機体が傾斜したとき、水平面に対する第２ロータの傾斜角を、水平面に対する機体の傾斜角よりも小さくする角度調整機構をさらに備える。無人航空機の制御方法は、複数のロータを備える無人航空機の制御方法であって、複数のロータは、複数の第１ロータと、少なくとも１つの第２ロータとを含み、無人航空機の飛行中、鉛直方向に直交する水平面に対して機体が傾斜したとき、水平面に対する前記第２ロータの傾斜角を、水平面に対する機体の傾斜角よりも小さくすることを含む。

明　細　書

発明の名称 ： 無人航空機および無人航空機の制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、無人航空機および無人航空機の制御方法に関する。

背景技術

[0002] 無人航空機（Ｕｎｍａｎｎｅｄ　Ａｅｒｉａｌ　Ｖｅｈｉｃｌｅ：　ＵＡＶ）は、構造上、人が乗ることができない航空機であって、遠隔操作または自動操縦により飛行することができる航空機である。回転翼型の無人航空機は、軸のまわりを回転するプロペラ、すなわち回転翼を利用して揚力を得る無人航空機である。複数の回転翼を備える小型の無人航空機（Ｍｕｌｔｉ－Ｒｏｔｏｒ　ＵＡＶ）は、「ドローン」、「マルチロータ」、または「マルチコプタ」とも呼ばれ、空撮、測量、物流、および農薬散布などの用途で広く利用されている。

[0003] 特許文献１には、農業機械の動作に連動して飛行位置を変更する無人航空機（無人飛行体）が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０２２－１０４７３７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 無人航空機の飛行の制御を効率的に行うことが求められている。

[0006] 本開示は、飛行の制御を効率的に行うことができる無人航空機および無人航空機の制御方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の無人航空機は、例示的かつ非限定的な実施形態において、複数のロータを備える無人航空機であって、前記複数のロータは、複数の第１ロータと、少なくとも１つの第２ロータとを含み、前記無人航空機の飛行中、鉛

直方向に直交する水平面に対して機体が傾斜したとき、前記水平面に対する前記第２ロータの傾斜角を、前記水平面に対する前記機体の傾斜角よりも小さくする角度調整機構をさらに備える。

[0008] 本開示の無人航空機の制御方法は、例示的かつ非限定的な実施形態において、複数のロータを備える無人航空機の制御方法であって、前記複数のロータは、複数の第１ロータと、少なくとも１つの第２ロータとを含み、前記無人航空機の飛行中、鉛直方向に直交する水平面に対して機体が傾斜したとき、前記水平面に対する前記第２ロータの傾斜角を、前記水平面に対する前記機体の傾斜角よりも小さくすることを含む。

発明の効果

[0009] 本開示の実施形態によると、飛行の制御を効率的に行うことができる無人航空機および無人航空機の制御方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0010] [図1A]複数のロータを備える無人航空機においてロータを回転させる回転駆動装置の幾つかの例を模式的に示すブロック図である。

[図1B]複数のロータを備える無人航空機の基本的な構成例のひとつを模式的に示す平面図である。

[図1C]複数のロータを備える無人航空機の基本的な構成例のひとつを模式的に示す側面図である。

[図1D]複数のロータを備える無人航空機の基本的な他の構成例を模式的に示す平面図である。

[図2A]バッテリ駆動型のマルチコプタの基本構成例を示すブロック図である。

[図2B]シリーズハイブリッド駆動型のマルチコプタの基本構成例を示すブロック図である。

[図2C]パラレルハイブリッド駆動型のマルチコプタの基本構成例を示すブロック図である。

[図3A]本開示の実施形態におけるマルチコプタを模式的に示す上面図である

。

[図3B]本開示の実施形態におけるマルチコプタを模式的に示す側面図である。

[図4]本開示の実施形態のマルチコプタにおけるシステム構成の例を示すブロック図である。

[図5A]傾斜モードにおける、マルチコプタの飛行の制御方法を説明するための模式図である。

[図5B]傾斜モードにおける、マルチコプタの飛行の制御方法を説明するための模式図である。

[図6A]水平維持モードにおける、マルチコプタの飛行の制御方法を説明するための模式図である。

[図6B]水平維持モードにおける、マルチコプタの飛行の制御方法を説明するための模式図である。

[図6C]マルチコプタが有する角度調整機構の構成の例を模式的に示す上面図である。

[図6D]角度調整機構を有するマルチコプタの他の例を模式的に示す側面図である。

[図7]センサと、処理装置と、記憶装置と、制御装置と、通信装置とがバスに接続された構成例を示すブロック図である。

[図8]本開示の実施形態における制御装置の動作の一例を示すフローチャートである。

[図9]マルチコプタを含むシステムの構成例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0011] 複数のロータを備える無人航空機は、ロータ（以下、「プロペラ」と称する場合がある。）を回転させる回転駆動装置を備えている。以下、このような無人航空機を「マルチコプタ」と称する。

[0012] マルチコプタが備える回転駆動装置の構成には多様な形態が存在している。図１Ａは、本開示における回転駆動装置３の４つの例を模式的に示すブロ

ック図である。

[0013] 図１Ａに示される第１の回転駆動装置３Ａは、複数のロータ２を回転させる複数の電動モータ（以下、「モータ」と称する。）１４と、各モータ１４に供給する電力を蓄えるバッテリ５２とを有している。バッテリ５２は、例えば、ポリマー型リチウムイオン電池などの二次電池である。各ロータ２は、対応するモータ１４の出力軸に連結され、モータ１４によって回転させられる。ペイロードおよび／または飛行時間を増加させるには、バッテリ５２の蓄電容量を増加させることが必要である。バッテリ５２の蓄電容量は、バッテリ５２を大型化することによって可能であるが、バッテリ５２の大型化は重量の増加を招く。

[0014] 図１Ａに示される第２の回転駆動装置３Ｂは、ロータ２に機械的に接続される動力伝達系２３と、動力伝達系２３に駆動力（トルク）を与える内燃機関７ａとを有している。動力伝達系２３は、例えばギアまたはベルトなどの機械的部品を含み、内燃機関７ａの出力軸のトルクをロータ２に伝達する。内燃機関７ａは、燃料の燃焼によって効率よく機械的エネルギを発生させることができる。内燃機関７ａの例は、ガソリンエンジン、ディーゼルエンジン、水素エンジンを含み得る。また、回転駆動装置３Ｂに含まれる内燃機関７ａの個数は１個に限定されない。

[0015] 図１Ａに示される第３の回転駆動装置３Ｃは、複数のモータ１４と、各モータ１４に供給する電力を蓄える電力バッファ９と、電力を発生させるオルタネータなどの発電装置８と、発電装置８に発電のための機械的エネルギを与える内燃機関７ａとを有している。電力バッファ９の典型例は、二次電池などのバッテリであるが、キャパシタであってもよい。第３の回転駆動装置３Ｃでは、電力バッファ９の蓄電容量が大きくない場合でも、内燃機関７ａの駆動力（機械的エネルギ）を利用して発電装置８が電力を生成するため、ペイロードおよび／または飛行時間を増加させることが可能になる。このような形式の駆動は、「シリーズハイブリッド駆動」と呼ばれる。シリーズハイブリッド駆動における発電装置８および内燃機関７ａは、マルチコプタの

飛行距離を延ばすため、「レンジエクステンダ」と呼ばれる。

[0016] 図１Ａに示される第４の回転駆動装置３Ｄは、複数のモータ１４と、各モータ１４に供給する電力を蓄える電力バッファ９と、電力を発生させるオルタネータなどの発電装置８と、発電装置８に発電のための駆動力を与える内燃機関７ａと、内燃機関７ａが生成する駆動力をロータ２に伝達してロータ２を回転させる動力伝達系２３とを有している。複数のロータ２の少なくとも１つのロータ２が内燃機関７ａによって回転させられ、他のロータ２がモータ１４によって回転させられる。第４の回転駆動装置３Ｄでは、内燃機関７ａが生成する機械的エネルギを電力に変換することなく、ロータ２の回転にも利用できるため、エネルギの利用効率を高めることが可能になる。このような形式の駆動は、「パラレルハイブリッド駆動」と呼ばれる。

[0017] 図１Ｂは、マルチコプタ１０の基本的な構成例のひとつを模式的に示す平面図である。図１Ｂの構成例は、回転駆動装置３として、図１Ａに示される第１の回転駆動装置３Ａを備えている。すなわち、この例における回転駆動装置３（３Ａ）は、モータ１４と、バッテリ５２とを有している。図１Ｃは、マルチコプタ１０を模式的に示す側面図である。

[0018] 図１Ｂおよび図１Ｃに示されるマルチコプタ１０は、複数のロータ２と、機体本体４と、ロータ２および機体本体４を支持する機体フレーム５とを備える。機体フレーム５は、中央部で機体本体４を支持し、中央部から外側に延びる複数のアーム５Ａで複数のロータ２を回転可能に支持している。各アーム５Ａの先端付近にはロータ２を回転させるモータ１４が設けられている。機体本体４と機体フレーム５とを総称して「機体１１」ということがある。

[0019] 図１Ｂの例において、マルチコプタ１０は、４個のロータ２を備えるクワッド型のマルチコプタ（クワッドコプタ）である。ひとつの対角線上に位置するロータ２は同一方向（時計回りまたは反時計回り）に回転するが、異なる対角線上に位置するロータ２は反対方向に回転する。

[0020] 機体本体４は、マルチコプタ１０に搭載された装置および部品の動作を制

御する制御装置４ａと、制御装置４ａに接続されたセンサ群４ｂと、制御装置４ａに接続された通信装置４ｃと、バッテリ５２と、を含む。

[0021] 制御装置４ａは、例えば、フライトコントローラなどの飛行制御装置と、上位のコンピュータ（コンパニオンコンピュータ）とを含み得る。コンパニオンコンピュータは、センサ群４ｂによって取得したセンサデータに基づいて、画像処理、障害物検出、障害物回避などの高度な演算処理を実行することができる。

[0022] センサ群４ｂは、加速度センサ、角速度センサ、地磁気センサ、気圧センサ、高度センサ、温度センサ、流量センサ、撮像装置、レーザセンサ、超音波センサ、障害物接触センサ、ＧＮＳＳ（Ｇｌｏｂａｌ Ｎａｖｉｇａｔｉｏｎ Ｓａｔｅｌｌｉｔｅ Ｓｙｓｔｅｍ）レシーバを含み得る。加速度センサおよび角速度センサは、例えばＩＭＵ（Ｉｎｅｒｔｉａｌ Ｍｅａｓｕｒｅｍｅｎｔ Ｕｎｉｔ）の構成部品として機体本体４に搭載されていてもよい。レーザセンサの例は、例えば地上までの距離の計測に用いられるレーザレンジファインダ、および、２次元または３次元のＬｉＤＡＲ（ｌｉｇｈｔ ｄｅｔｅｃｔｉｏｎ ａｎｄ ｒａｎｇｉｎｇ）を含み得る。

[0023] 通信装置４ｃは、アンテナを介して、地上にある送信機または地上局（Ｇｒｏｕｎｄ Ｃｏｎｔｒｏｌ Ｓｔａｔｉｏｎ：ＧＣＳ）との間で信号の送受信を行うための無線通信モジュール、セルラー通信網を利用する移動体通信モジュールなどを含み得る。通信装置４ｃは、地上から送信された制御コマンドなどの信号を受信し、センサ群４ｂによって取得した画像データなどのセンサデータをテレメトリ情報として送信し得る。通信装置４ｃは、マルチコプタ同士で通信を行う機能、および衛星通信の機能を有していてもよい。制御装置４ａは、通信装置４ｃによってクラウド上のコンピュータと接続することが可能である。コンパニオンコンピュータの機能の一部または全部が、クラウド上のコンピュータによって実行されてもよい。

[0024] バッテリ５２は、充電によって電力を蓄え、放電によって電力をモータ１４に供給することができる二次電池である。バッテリ５２および複数のモー

タ１４の働きにより、複数のロータ２が回転駆動され、所望の推力を発生することが可能になる。複数のロータ２のそれぞれは、一般には、固定されたピッチ角を有する複数枚の羽根（ブレード）を有し、回転によって推力を発生する。ピッチ角は可変であってもよい。複数のロータ２の全てが同一の直径（プロペラ径）を有する必要はなく、１または複数のロータ２が、他のロータ２よりも大きな直径を有していてもよい。回転するロータ２によって生じる推力（静止推力）は、一般に、ロータ２の直径の３乗に比例する。このため、直径が異なるロータ２を備える場合、直径が相対的に大きなロータ２を「メインロータ」と称し、相対的に小さなロータ２を「サブロータ」と称する場合がある。なお、直径の大小によらず、回転駆動装置３の構成により、発生可能な推力が相対的に大きなロータ２と、その推力が相対的な小さなロータ２とを含んでいてもよい。その場合、発生可能な推力が相対的に大きなロータ２を「メインロータ」と称し、相対的に小さなロータ２を「サブロータ」と称してもよい。例えば、１回転あたりに発生する推力が相対的に大きなロータ２を「メインロータ」と称し、１回転あたりに発生する推力が相対的に小さなロータ２を「サブロータ」と称してもよい。ある例において、メインロータは、サブロータよりも内側に配置され得る。言い換えれば、機体の中心から各メインロータの回転軸までの距離が、機体の中心から各サブロータの回転軸までの距離よりも短くなるように、各ロータ２が配置され得る。

[0025] この例において、回転駆動装置３は、複数のモータ１４を有している。前述したように、回転駆動装置３は、内燃機関７ａを含んでいてもよい。

[0026] 図１Ｄは、回転駆動装置３として第２の回転駆動装置３Ｂを備えるマルチコプタ１０の基本的な構成例を模式的に示す平面図である。図１Ｄに示される例において、内燃機関７ａは、機体本体４によって支持されている。この例において、内燃機関７ａによって生成される駆動力は、複数の動力伝達系２３によって複数のロータ２に伝達され、それぞれのロータ２を回転させる。制御装置４ａは、各動力伝達系２３を制御することにより、個々のロータ

２の回転速度を変化させることができる。回転駆動装置３Ｂが複数のロータ２それぞれのブレードのピッチ角を変更する機構を備えていてもよい。その場合、制御装置４ａは、その機構を制御してブレードのピッチ角を変更することで、各ロータ２に発生させる揚力を調整してもよい。

[0027] なお、複数のロータ２の一部が内燃機関７ａによって回転させられ、他のロータ２がモータ１４によって回転させられる「パラレルハイブリッド駆動」では、機体本体４に内燃機関７ａおよびバッテリ５２が支持される。複数のロータ２の少なくとも１つのロータ２が動力伝達系２３を介して内燃機関７ａに連結され、他のロータ２がモータ１４に連結される。

[0028] このようなパラレルハイブリッド駆動では、内燃機関７ａによって回転させられる１または複数のロータ２の直径を、モータ１４によって回転させられる他のロータ２の直径よりも大きくする場合がある。言い換えると、内燃機関７ａがメインロータの回転に用いられ、モータ１４がサブロータの回転に用いられる場合がある。このような場合、メインロータは主に推力の生成に用いられ、サブロータは推力の生成および姿勢制御に用いられる。メインロータを「ブースタロータ」、サブロータを「姿勢制御ロータ」と呼んでもよい。

[0029] パラレルハイブリッド駆動の場合、内燃機関は、推力の生成および発電の両方に用いられる。内燃機関が生成する駆動力（トルク）を、ロータおよび発電装置の一方または両方に選択的に伝達することにより、推力の生成および発電をバランスよく行うことも可能である。

[0030] マルチコプタが内燃機関を搭載し、内燃機関によって推力の生成および発電の少なくとも一方を行うことは、ペイロードおよび飛行時間の増加に寄与する。マルチコプタの姿勢制御は、応答特性が内燃機関よりも優れるモータによってプロペラを回転させて行うことが望ましい。このため、マルチコプタの姿勢を正確に制御する必要がある用途において、ペイロードおよび飛行時間を増加させるためには、パラレルハイブリッド駆動またはシリーズハイブリッド駆動を採用することが望ましい。なお、回転駆動装置３が複数のロ

ータ２のそれぞれのブレードのピッチ角を変更する機構を備えている場合は、各ブレードのピッチ角を変更することによって姿勢を調整することもできる。

[0031] ペイロードおよび飛行時間の増加により、マルチコプタの用途は更に拡大し得る。例えば、農業分野では、現在、マルチコプタが農薬散布または作物生育状況のモニタリングなどに利用されつつあるが、多様な対地作業機（以下、単に「作業機」と称することがある。）をマルチコプタに連結することにより、様々な農作業を空中から実行することが可能になる。農業用途の作業機は、「インプルメント」と呼ばれることがある。作業機の例は、作物に薬剤を噴霧するスプレイヤ、モーア（草刈機）、シーダ（播種機）、スプレッダ（施肥機）、レーキ、ベーラ（集草機）、ハーベスタ（収穫機）、プラウ、ハロー、またはロータリなどを含み得る。トラクタなどの作業車両は、本開示における「作業機」には含まれない。

[0032] 図１Ｃに示される例において、マルチコプタ１０には、例えば農薬または肥料を圃場または圃場内の作物に対して散布することができる作業機２００が連結されている。ペイロードおよび飛行時間の増加により、作業機２００の大型化および／または多機能化を実現することが可能になる。例えば、マルチコプタ１０に連結する作業機２００を交換することにより、液状施薬、粒状施薬、施肥、間引き、除草、移植、種子の直播、および収穫を含む、多様な対地作業（農作業）を実行することが可能になる。作業機２００は、ロボットハンドなどの機構を備えていてもよい。その場合、１つの作業機２００が多様な対地作業を実行することが可能になる。作業機２００が物資を収容する十分な大きさのスペースを備えていれば、そのような作業機２００によって広い範囲にわたって農業資材または収穫物を運搬することも可能になる。作業機２００をマルチコプタ１０に連結する形態は多様である。マルチコプタ１０は、ケーブルによって作業機２００を吊り下げ、牽引してもよい。マルチコプタ１０によって牽引された作業機２００は、マルチコプタ１０が飛行またはホバリングしている間、牽引された状態で対地作業を行うこと

も可能である。作業中の作業機２００は空中にあってもよいし、地上にあってもよい。

[0033] 図１Ｃに示される例において、マルチコプタ１０は給電装置７６を備えている。給電装置７６は、マルチコプタ１０が備えるバッテリ５２または発電装置８などの駆動エネルギ源から、作業機２００に電力を供給する装置である。作業機２００の種々の機能は、この電力によって実行され得る。作業機２００は、マルチコプタ１０の給電装置７６から得た電力によって動作するモータなどのアクチュエータを備えている。作業機２００は、電力を蓄えるバッテリを備えていることが好ましい。

[0034] 図２Ａは、バッテリ駆動型のマルチコプタ１０の基本構成例を示すブロック図である。

[0035] バッテリ駆動型のマルチコプタ１０は、複数のロータ１２と、複数のロータ１２をそれぞれ回転させる複数のモータ１４と、複数のモータ１４をそれぞれ駆動するモータ駆動回路を有する複数のＥＳＣ（Ｅｌｅｃｔｒｉｃ Ｓｐｅｅｄ Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ）１６と、各ＥＳＣ１６を介して対応するモータ１４に電力を供給するバッテリ５２と、複数のＥＳＣ１６を制御して姿勢を制御しながら飛行を行うための制御装置４ａと、センサ群４ｂと、通信装置４ｃと、バッテリ５２に電気的に接続される給電装置７６と、を備えている。図２Ａでは、簡単のため、ロータ１２、モータ１４、およびＥＳＣ１６がそれぞれ１個のブロックによって示されているが、ロータ１２、モータ１４、およびＥＳＣ１６の個数は、それぞれ、複数である。この点は、図２Ｂ、図２Ｃについても同様である。ＥＳＣ１６は制御装置４ａに含まれていてもよい。

[0036] 制御装置４ａは、通信装置４ｃを介して、例えば、地上にある地上局６からの制御指令を無線で受け取ることが可能である。地上局６の個数は、１個に限定されず、複数の場所に分散配置されていてもよい。通信装置４ｃは、地上にいる操縦者の操縦装置から制御指令を無線で受け取ることも可能である。制御装置４ａは、センサ群４ｂから得られるセンサデータに基づいて、

離陸、飛行、障害物回避、および着陸の各動作を自動的または自律的に実行する機能を有していてもよい。制御装置４ａは、給電装置７６に接続された作業機２００との間で通信を行い、作業機２００の状態を示す信号を作業機２００から取得するように構成されていてもよい。また、制御装置４ａは、作業機２００の動作を制御する信号を作業機２００に与えてもよい。更に、作業機２００がマルチコプタ１０の動作を指示する信号を生成して、制御装置４ａに送信してもよい。このような制御装置４ａと作業機２００との間の通信は、有線または無線で行われ得る。

[0037] 図２Ｂは、シリーズハイブリッド駆動型のマルチコプタ１０の基本構成例を示すブロック図である。シリーズハイブリッド駆動型のマルチコプタ１０は、バッテリ駆動型のマルチコプタ１０と同様に、複数のロータ１２と、複数のモータ１４と、複数のＥＳＣ１６と、制御装置４ａと、センサ群４ｂと、通信装置４ｃとを備えている。図示されるシリーズハイブリッド駆動型のマルチコプタ１０は、更に、内燃機関７ａと、内燃機関７ａの燃料を蓄える燃料タンク７ｂと、内燃機関７ａによって駆動されて電力を生成する発電装置８と、発電装置８が生成した電力を一時的に貯蔵する電力バッファ９と、電力バッファ９に電気的に接続される給電装置７６と、を備えている。電力バッファ９は、例えば二次電池などのバッテリである。発電装置８によって生成された電力は、電力バッファ９およびＥＳＣ１６を介してモータ１４に供給される。また、発電装置８によって生成された電力は、給電装置７６を介して作業機２００にも供給され得る。

[0038] 図２Ｃは、パラレルハイブリッド駆動型のマルチコプタ１０の基本構成例を示すブロック図である。パラレルハイブリッド駆動型のマルチコプタ１０は、シリーズハイブリッド駆動型のマルチコプタ１０と同様に、複数のロータ１２と、複数のロータ１２をそれぞれ駆動する複数のモータ１４と、複数のＥＳＣ１６と、制御装置４ａと、センサ群４ｂと、通信装置４ｃと、内燃機関７ａと、燃料タンク７ｂと、発電装置８と、電力バッファ９と、給電装置７６と、を備えている。パラレルハイブリッド駆動型のマルチコプタ１０

は、更に、内燃機関７ａの駆動力を伝達するドライブトレイン２７と、ドライブトレイン２７から内燃機関７ａの駆動力を受けて回転するロータ２２と、を備える。ロータ１２およびロータ２２の一方を「第１ロータ」と呼び、他方を「第２ロータ」と呼んで、互いを区別する場合がある。ドライブトレイン２７に接続されて回転するロータ２２は、１個であってもよいし、２個以上であってもよい。

[0039] パラレルハイブリッド駆動型のマルチコプタ１０では、内燃機関７ａは、発電装置８を駆動して発電を行うだけではなく、ロータ２２を回転させるためのエネルギを機械的にロータ２２に伝達する。一方、シリーズハイブリッド駆動型のマルチコプタ１０では、発電装置８が生成する電力によって全てのロータ１２が回転する。このため、シリーズハイブリッド駆動型のマルチコプタ１０では、発電装置８が例えば燃料電池であれば、内燃機関７ａは必須の構成要素ではない。

[0040] 以下、パラレルハイブリッド駆動を行うマルチコプタを例にとり、本開示の実施形態に係る無人航空機の構成例および動作例を説明する。

[0041] ＜基本構成＞

図３Ａは、本実施形態におけるマルチコプタ１００を模式的に示す上面図であり、図３Ｂは、その側面図である。図３Ｂでは、マルチコプタ１００に連結された作業機２００が記載されている。マルチコプタ１００には、作業機２００とともに、あるいは、作業機２００に代えて、荷物、農業用資材、他の機械、または、それらを収容することができる容器、ケース、もしくはパッケージが連結され得る。以下、作業機２００の重量および作業機そのものを「ペイロード」と称する場合がある。マルチコプタ１００と作業機２００などとの「連結」は、種々の器具または装置によって行われ得る。

[0042] 図３Ａに示されるマルチコプタ１００は、８個のサブロータ１２と、２個のメインロータ２２とを備える。サブロータ１２は、同軸で反対方向に回転するプロペラ１２ａおよびプロペラ１２ｂの４個の組から構成されている。プロペラ１２ａおよびプロペラ１２ｂのそれぞれは、２枚羽根（２ブレード

）を有している。プロペラ１２ａ、１２ｂは、それぞれ、モータ１４に回転させられる。同軸で反対方向に回転するプロペラ１２ａおよびプロペラ１２ｂの４個の組は、それぞれ、四角形の頂点の位置にある。メインロータ２２は、異なる位置で反対方向に回転する２枚のプロペラ２２ａから構成されている。各プロペラ２２ａは４枚羽根（４ブレード）を有している。サブロータ１２の８個のプロペラ１２ａ、１２ｂは、互いに同じピッチ角および直径を有している。メインロータ２２の２個のプロペラ２２ａも、互いに同じピッチ角および直径を有している。プロペラ２２ａの直径は、プロペラ１２ａ、１２ｂの直径の１．２倍以上、例えば１．４倍以上２．０倍以下、である。

[0043] マルチコプタ１００は、サブロータ１２のための４本のアーム１１０Ａと、メインロータ２２のための２本のアーム１１０Ｂとを有する機体フレーム１１０を備えている。機体フレーム１１０は、後述する種々の電子部品および機械部品を含む機体本体１２０を支持している。機体本体１２０と機体フレーム１１０とを総称して「機体１２１」ということがある。

[0044] 図３Ｂの例において、機体本体１２０は、給電装置７６と、作業機２００との連結などに用いられるアクチュエータ７８と、を有している。給電装置７６は、機体本体１２０内で発生した電力を作業機２００に供給する装置である。アクチュエータ７８は、マルチコプタ１００の機体本体１２０に作業機２００を連結するための動作を実行する電動モータなどの装置である。図３Ｂの例において、アクチュエータ７８は、機体本体１２０と作業機２００と繋ぐケーブルを巻き上げる機構を駆動する。このケーブルは、作業機２００のための電力をマルチコプタ１００から供給するための電源ライン、および、マルチコプタ１００と作業機２００との間で通信を行うための通信ラインを含み得る。

[0045] ＜システム構成＞

図４は、本実施形態のマルチコプタ１００におけるシステム構成の例を示すブロック図である。

[0046] 図示される例において、マルチコプタ１００の機体本体１２０は、フライトコントローラ３２を含む制御装置３０と、センサ群７２と、通信装置７４とを有する。これらについては、図１Ａを参照しながら説明したマルチコプタ１０の機体本体４が有する制御装置４ａ、センサ群４ｂ、および通信装置４ｃと基本的には同様である。

[0047] 本実施形態におけるマルチコプタ１００は、８個のサブロータ１２と、８個のサブロータ１２をそれぞれ回転させる８個のモータ１４と、８個のモータ１４をそれぞれ制御する８個のＥＳＣとを備えている。各ＥＳＣ１６は、配線８２を介して、制御装置３０からモータ１４を制御するための信号（モータ制御信号）を受け取る。モータ制御信号は、例えばＰＷＭ（Ｐｕｌｓｅ Ｗｉｔｈ Ｍｏｄｕｌａｔｉｏｎ）信号である。モータ制御信号がＰＷＭ信号である場合、ＰＷＭ信号のデューティがモータ回転速度のアナログ値を示すことができる。各ＥＳＣ１６は、制御装置３０からのモータ制御信号に基づいて、そのＥＳＣ１６に接続されたモータ１４の回転速度を制御する。図４では、簡単のため、１セットの「サブロータ１２、モータ１４およびＥＳＣ１６」が記載されているが、本実施形態のマルチコプタ１００は、８セットの「サブロータ１２、モータ１４およびＥＳＣ１６」を備えている。これらのセット数は、８個に限定されない。

[0048] 制御装置３０は、電気的に独立した配線８２を介して個々のＥＳＣ１６に接続されており、８個のＥＳＣ１６のそれぞれを個別に制御することができる。前述したように、サブロータ１２は、揚力を生成するだけではなく、姿勢制御に用いられる。姿勢制御は、制御装置３０のフライトコントローラ３２がセンサ群７２から機体本体１２０の姿勢を示す測定値または推定値を得て現在の機体本体１２０の姿勢を決定し、目標とする姿勢との差異に応じて個々のモータ１４の回転速度を制御することによって達成される。

[0049] 機体本体１２０は、メインロータ２２を駆動するメインロータ駆動部２４と、メインロータ駆動部２４を制御するメインロータ制御ユニット２６と、を有している。本実施形態において、メインロータ駆動部２４は内燃機関で

ある。このため、メインロータ制御ユニット２６はエンジン制御ユニット（Ｅｎｇｉｎｅ　Ｃｏｎｔｒｏｌ　Ｕｎｉｔ：　ＥＣＵ）を含んでいる。メインロータ制御ユニット２６は、内燃機関であるメインロータ駆動部２４のアクセル開度、吸気温度、エンジン回転数、各部の温度などのセンサデータを取得して内燃機関の制御を実行することができる。メインロータ制御ユニット２６は、例えばＣＡＮ（Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ　Ａｒｅａ　Ｎｅｔｗｏｒｋ）バスなどの配線８２を介して制御装置３０に接続されている。メインロータ制御ユニット２６は、制御装置３０から送信される信号に基づいて、エンジン制御信号を出力するように構成されている。エンジン制御信号は、例えばスロットル開度を含む。制御装置３０とメインロータ制御ユニット２６との間には、デジタル－アナログ変換器（ＤＡＣ）および／または電圧変換器が接続されていてもよい。メインロータ駆動部２４とメインロータ２２との間には、クラッチおよび減速機などの機械装置が設けられ得る。

[0050] メインロータ駆動部２４は、振動が少ない内燃機関であることが望ましい。本実施形態におけるメインロータ駆動部２４は、例えば、対向ピストン型エンジンである。対向ピストン型エンジンは、例えば特許第５５０８６０４号に開示されている。特許第５５０８６０４号の内容全体をここに援用する。

[0051] 内燃機関であるメインロータ駆動部２４は、オルタネータなどの発電装置４２を駆動して発電を行うことができる。本実施形態における発電装置４２は、ロータおよびステータを有する交流同期モータの構造を有している。このため、発電装置４２は、メインロータ駆動部２４の起動時には、通電によってロータを回転させることにより、「スタータ」としても機能し得る。発電装置４２は、発電によって生じた交流を整流して直流に変換する。発電装置４２は、モータ１４の駆動に必要な直流電力を生成し、配線８０を介して各ＥＳＣ１６に供給する。発電装置４２は、例えば２５０Ｖ以上の直流電圧を出力するように構成されている。なお、配線８０は電力用配線であり、配線８２は信号用配線である。配線８０、８２のそれぞれは、複数の導線を含

む。

[0052] 発電装置４２は、パワーマネージメント装置４４に接続されている。パワーマネージメント装置４４は、制御装置３０および後述するバッテリマネージメント装置５４に接続されている。パワーマネージメント装置４４は、制御装置３０またはバッテリマネージメント装置５４からの信号に基づいて、発電装置４２による発電量を制御することができる。この発電量は、内燃機関であるメインロータ駆動部２４のエンジン回転数が一定の状態にあるときでも、モータ１４およびバッテリ５２が必要とする電力に応じて、パワーマネージメント装置４４によって可変に制御され得る。

[0053] 機体本体１２０は、例えばリチウムイオン二次電池の複数のセルが直列または並列に接続されたバッテリ５２と、バッテリ５２の充放電を制御するバッテリマネージメント装置５４と、を更に備えている。

[0054] バッテリ５２は、パワースイッチ５６を介して、発電装置４２からの直流電力を受けとり、その電力によって充電され得る。パワースイッチ５６の動作は、バッテリマネージメント装置５４および制御装置３０によって制御され得る。バッテリマネージメント装置５４は、バッテリ５２を流れる電流、セル電圧、セルバランス、充電率（Ｓｔａｔｅ　Ｏｆ　Ｃｈａｒｇｅ：　ＳＯＣ）、健全度（Ｓｔａｔｅ　Ｏｆ　Ｈｅａｌｔｈ：　ＳＯＨ）、温度などの、バッテリ５２の状態を規定するパラメータ値を測定または推定する装置である。

[0055] バッテリマネージメント装置５４は、バッテリ５２の状態に応じて、パワースイッチ５６を制御することができる。例えば、バッテリ５２が充電を必要とする状態にあるとき、バッテリマネージメント装置５４は、パワースイッチ５６によって発電装置４２とバッテリ５２とを電気的に接続し、発電装置４２からの電力をバッテリ５２に供給して充電動作を実行する。このとき、バッテリマネージメント装置５４は、ＥＳＣ１６に供給される電力が所望のレベルよりも低下しないように、パワーマネージメント装置４４を制御し、発電装置４２による発電の量を増加させることができる。一方、バッテリ

５２が充電を必要としない状態にあるとき、バッテリマネージメント装置５４は、パワースイッチ５６によって発電装置４２とバッテリ５２との間の電気的接続を切断し、バッテリ５２への充電を停止する。

[0056] 本実施形態において、バッテリ５２の蓄電容量は、発電装置４２による発電が何らかの原因で停止してメインロータ２２による揚力が失われた場合においても、サブロータ１２による揚力生成および姿勢制御を継続して着陸が可能な場所まで飛行し、そこに着陸することが可能な値を有している。言い換えると、本実施形態のマルチコプタ１００が通常に飛行しているとき、サブロータ１２の駆動に必要な電力は、バッテリ５２からではなく、発電装置４２からＥＳＣ１６に供給され得る。このため、ペイロードおよび飛行時間を増加させる場合でも、それに合わせてバッテリ５２の蓄電容量を増加させる必要性は低い。

[0057] なお、バッテリ５２に蓄えられた電力は、例えば２５０Ｖ以上の直流電圧として出力され得る。ただし、この直流電圧は、充電率の低下に伴って低下する。このため、充電率が所定レベルよりも低下した場合には、バッテリマネージメント装置５４は、発電装置４２からの直流電力の一部をバッテリ５２に供給してバッテリ５２の充電を行うように動作する。

[0058] バッテリ５２は、パワー回路基板６０に接続されている。パワー回路基板６０は、バッテリ５２から出力される電圧を、例えば２４Ｖ、１２Ｖ、５Ｖに降圧する機能を有している。バッテリ５２から出力される直流電圧は、パワー回路基板６０によって所望の電圧に変換されてから、他の電子部品に供給される。図４の例において、パワー回路基板６０によって降圧された電力は、配線８０を介して、制御装置３０およびアクチュエータ７８に供給されている。

[0059] 図４の例において、給電装置７６は、パワースイッチ５６によって発電装置４２またはバッテリ５２に電気的に接続される。この例における給電装置７６は、機体本体１２０内で発生した電力を作業機２００などの外部の機械または装置に供給するように構成されている。

[0060] 機体本体１２０は、図４に示されていない構成を有し得る。例えば、機体本体１２０は、メインロータ駆動部２４の動作に必要な燃料を蓄える燃料タンク、メインロータ駆動部２４を冷却するための水冷または空冷の装置、照明装置および電動ポンプなどの電装品を含み得る。電装品は、パワー回路基板６０によって所定の電圧に降圧された電力によって動作することができる。なお、電装品用のバッテリ(補機バッテリ)が設けられ、電装品に電力を供給するように構成されてもよい。そのような補器バッテリの充電がバッテリ５２または発電装置４２から行われてもよい。

[0061] 上記のように、本開示の実施形態によるマルチコプタの構成は多様であるが、いずれの構成においても、マルチコプタ１０（１００）は、複数のロータ１２（２２）の回転によって推力を発生させる。この推力は、飛行中のマルチコプタ１０および作業機２００に働く重力に抗する揚力を作る。ここでの「飛行中」とは、水平方向に移動する状態に限られず、上昇、降下、およびホバリングの状態を広く含む。マルチコプタ１０（１００）が有する複数のロータ２のうち、発生可能な推力が相対的に大きなロータ２を「メインロータ（メインロータ２２）」と称し、相対的に小さなロータ２を「サブロータ（サブロータ１２）」と称することがある。メインロータは主に推力の生成に用いられ、サブロータは推力の生成および姿勢制御に用いられ得る。例えば、図３Ａに図示される例のように、メインロータ２２の直径は、サブロータ１２の直径よりも大きく、これにより、メインロータ２２の回転によって発生可能な推力の合計は、サブロータ１２の回転によって発生可能な推力の合計よりも大きい。

[0062] 本開示の実施形態によるマルチコプタは、飛行中、鉛直方向に直交する水平面に対して機体が傾斜したとき、水平面に対するメインロータの傾斜角を、水平面に対する機体の傾斜角よりも小さくすることができる角度調整機構をさらに備える。鉛直方向に直交する水平面に対して機体が傾斜したとき、水平面に対するメインロータの傾斜角が小さい状態に維持されることが好ましい。理想的には、メインロータが水平面に平行に保たれることが好ましい

が、例えば、水平面に対するメインロータの傾斜角が５°以下であることが好ましい。「メインロータが水平面に平行である」は、メインロータの回転軸が鉛直方向に平行であることを意味する。メインロータのブレードが延びる方向は、メインロータの回転軸に垂直な方向であり得る。水平面に対するメインロータの傾斜角が５°以下であるとき、メインロータの回転軸の、鉛直方向に対する傾斜角が５°以下である。

[0063] 図３Ａ、図３Ｂおよび図４に示したマルチコプタ１００においては、メインロータ２２がメインロータ駆動部（内燃機関）によって駆動されるが、メインロータ２２は電動モータによって駆動されてもよい。以下、メインロータ２２が電動モータによって駆動される場合を例に説明する。

[0064] 図５Ａ、図５Ｂ、図６Ａおよび図６Ｂを参照しながら、本実施形態によるマルチコプタ１００ａおよびマルチコプタ１００ａの飛行を制御する方法の例を説明する。制御装置４ａは、図６Ａおよび図６Ｂに例示されるモード（「第１モード」または「水平維持モード」ということがある。）と、図５Ａおよび図５Ｂに例示されるモード（「第２モード」または「傾斜モード」ということがある。）と、を含む複数のモードで、マルチコプタ１００ａの飛行を制御することができる。

[0065] 図５Ａ、図５Ｂ、図６Ａおよび図６Ｂに示されるマルチコプタ１００ａは、メインロータ２２およびサブロータ１２のそれぞれがモータによって回転させられる点において、図３Ａおよび図３Ｂに示したマルチコプタ１００と異なる。図５Ａ、図５Ｂ、図６Ａおよび図６Ｂに示されるマルチコプタ１００ａは、それぞれが、メインロータ２２のそれぞれを駆動する複数のモータ２５を備える。マルチコプタ１００ａは、鉛直方向に直交する水平面に対して機体１２１が傾斜したとき、水平面に対するメインロータ２２の傾斜角を、水平面に対する機体１２１の傾斜角よりも小さくすることができる角度調整機構を備える。角度調整機構は、例えば、メインロータ２２を回転させるモータ２５の回転軸２２ｚの、鉛直方向に対する傾斜角を、水平面に対する機体１２１の傾斜角よりも小さい状態に維持することができる。角度調整機

構の具体的な構成の例は、後述する図６Ｃを参照して説明する。なお、本開示の実施形態によるマルチコプタはこれに限られず、上述した他の構成例のいずれにも適用され得る。例えば、図３Ａ、図３Ｂおよび図４に示したマルチコプタ１００のように、メインロータが駆動される構成に適用される場合は、機体が水平面に対して傾斜したとき、メインロータおよび内燃機関の水平面に対する傾斜角を、水平面に対する機体の傾斜角よりも小さく維持することができるように構成されていることが好ましい。また、本開示の実施形態によるマルチコプタが有する、メインロータおよびサブロータの数、形状、配置等は、図示される例に限定されない。

[0066] 図５Ａは、鉛直方向に直交する第１方向Ｄ１に対するマルチコプタ１００ａの第１傾斜角θを説明するための模式図である。図５Ｂは、鉛直方向に直交し、かつ、第１方向に直交する第２方向Ｄ２に対するマルチコプタ１００ａの第２傾斜角Ψを説明するための模式図である。図５Ａおよび図５Ｂのそれぞれに示す例では、第１方向Ｄ１、第２方向Ｄ２および第３方向Ｄ３は互いに直交する。第１方向Ｄ１および第２方向Ｄ２のそれぞれは、水平方向であり、第３方向Ｄ３は鉛直方向である。第１方向Ｄ１は、第３方向Ｄ３に直交する。第２方向Ｄ２は、第１方向Ｄ１および第３方向Ｄ３にそれぞれ直交する。このように、第１方向Ｄ１および第２方向Ｄ２は、第３方向Ｄ３に直交する同一の水平面内で互いに直交する。ただし、第１方向Ｄ１および第２方向Ｄ２は必ずしも直交している必要がなく、同一の水平面内で交差していてもよい。

[0067] 図５Ａおよび図５Ｂには、マルチコプタ１００ａに固定されたロール軸、ピッチ軸およびヨー軸にそれぞれ対応する互いに直交するＸ軸、Ｙ軸およびＺ軸の直交座標系が示されている。図１Ｂ、図１Ｃ、図１Ｄ、図３Ａおよび図３Ｂに、マルチコプタ１０（１００）に固定されるロール軸、ピッチ軸およびヨー軸に対応するＸ軸、Ｙ軸およびＺ軸の直交座標系の例が示されている。Ｘ軸周りのマルチコプタ１００ａの回転がロールであり、Ｙ軸周りのマルチコプタ１００ａの回転がピッチであり、Ｚ軸周りのマルチコプタ１００

ａの回転がヨーである。センサ群４ｂに含まれるセンサ８１（図７参照）は、この直交座標系を有し、Ｘ軸、Ｙ軸およびＺ軸周りの回転角、つまりロール角、ピッチ角およびヨー角を検出することが可能である。

[0068] 図５Ａには、飛行中、マルチコプタ１００ａが、Ｘ軸（ロール軸）周りに角度θだけ回転した状態を例示している。第１方向Ｄ１に対するマルチコプタ１００ａの機体１２１の傾斜角θを第１傾斜角ということがある。第１傾斜角θは、第１方向Ｄ１とＹ軸（ピッチ軸）とがなす角度で表される。言い換えると、第１傾斜角θは、マルチコプタ１００ａのロール角によって規定される。

[0069] 図５Ｂには、飛行中、マルチコプタ１００ａが、Ｙ軸（ピッチ軸）周りに角度Ψだけ回転した状態を例示している。第２方向Ｄ２に対するマルチコプタ１００ａの機体１２１の傾斜角Ψを第２傾斜角ということがある。第２傾斜角Ψは、第２方向Ｄ２とＸ軸（ロール軸）とがなす角度で表される。言い換えると、第２傾斜角Ψは、マルチコプタ１００ａのピッチ角によって規定される。

[0070] 図５Ａおよび図５Ｂの例では、メインロータ２２およびサブロータ１２の第１方向Ｄ１に対する傾斜角は、第１傾斜角θと等しく、メインロータ２２およびサブロータ１２の第２方向Ｄ２に対する傾斜角は、第２傾斜角Ψと等しい。すなわち、メインロータ２２およびサブロータ１２と、機体１２１との位置関係は固定されており、メインロータ２２およびサブロータ１２は、機体１２１が傾斜したとき、機体１２１と同じように傾斜する。

[0071] 図６Ａおよび図６Ｂに示されるように、マルチコプタ１００ａは、飛行中、機体１２１が傾斜したとき、メインロータ２２を水平面に平行に維持することができるように構成されている。

[0072] 図６Ａには、飛行中、マルチコプタ１００ａの機体１２１が、Ｘ軸（ロール軸）周りに角度θだけ回転した状態を例示している。サブロータ１２の第１方向Ｄ１に対する傾斜角は、図５Ａに示される例と同じように、第１傾斜角θと等しい。これに対して、メインロータ２２の第１方向Ｄ１に対する傾

斜角は、第１傾斜角θよりも小さい。図示される例では、メインロータ２２は水平面と平行に維持されている。すなわち、機体１２１の第１方向Ｄ１に対する傾斜角は、メインロータ２２の第１方向Ｄ１に対する傾斜角よりも大きい。また、サブロータ１２の第１方向Ｄ１に対する傾斜角は、メインロータ２２の第１方向Ｄ１に対する傾斜角よりも大きい。ここでは、メインロータ２２を回転させるモータ２５の回転軸２２ｚは、鉛直方向と平行に維持されている。

[0073] 図６Ｂには、飛行中、マルチコプタ１００ａが、Ｙ軸（ピッチ軸）周りに角度Ψだけ回転した状態を例示している。サブロータ１２の第２方向Ｄ２に対する傾斜角は、図５Ｂに示される例と同じように、第２傾斜角Ψと等しい。これに対して、メインロータ２２の第２方向Ｄ２に対する傾斜角は、第２傾斜角Ψよりも小さい。図示される例では、メインロータ２２は、水平面と平行に維持されている。すなわち、機体１２１の第２方向Ｄ２に対する傾斜角は、メインロータ２２の第２方向Ｄ２に対する傾斜角よりも大きい。また、サブロータ１２の第２方向Ｄ２に対する傾斜角は、メインロータ２２の第１方向Ｄ１に対する傾斜角よりも大きい。ここでは、メインロータ２２を回転させるモータ２５の回転軸２２ｚは、鉛直方向と平行に維持されている。

[0074] 図５Ａおよび図５Ｂに例示される傾斜モードにおいては、機体１２１が水平面に対して傾斜したとき、メインロータ２２およびサブロータ１２も水平面に対して傾斜するので、メインロータ２２およびサブロータ１２によって生成される揚力（すなわち推力の鉛直成分）が減少する。飛行中のマルチコプタ１００ａおよび作業機２００に働く重力に抗する揚力を維持するために、例えばメインロータ２２およびサブロータ１２の回転数を上げる必要がある。さらに、メインロータ２２およびサブロータ１２が水平面に対して傾斜すると、メインロータ２２およびサブロータ１２の回転によって、マルチコプタ１００ａを水平方向に移動させる推力（すなわち推力の水平成分）が発生する。これにより、マルチコプタ１００ａの飛行の制御が複雑になり得る。これに対して、図６Ａおよび図６Ｂに例示される水平維持モードにおいて

は、機体１２１が水平面に対して傾斜したとき、メインロータ２２の水平面に対する傾斜角が、機体１２１の水平面に対する傾斜角よりも小さい。したがって、メインロータ２２によって生成される揚力の減少が抑制されるので、マルチコプタ１００ａの飛行状態を安定させることができる。また、メインロータ２２の水平面に対する傾斜角が、機体１２１の水平面に対する傾斜角よりも小さいので、メインロータ２２の回転によって発生する、マルチコプタ１００ａを水平方向に移動させる推力が抑制される。マルチコプタ１００ａの飛行の制御が複雑化することが抑制される。以上の理由から、マルチコプタ１００ａの飛行の制御を効率的に行うことができる。

[0075] 制御装置４ａは、図６Ａおよび図６Ｂに例示される水平維持モードと、図５Ａおよび図５Ｂに例示される傾斜モードとを切り替えることができる。例えば、マルチコプタ１００ａのホバリング中、および、マルチコプタ１００ａが水平方向に移動せずにその場で姿勢を変化させるときは、水平維持モードでマルチコプタ１００ａの飛行を制御することが好ましい。水平維持モードを用いると、マルチコプタ１００ａの飛行状態を安定させることができる。また、水平維持モードでは、メインロータ２２の回転によって、マルチコプタ１００ａを水平方向に移動させる推力が抑制されるので、マルチコプタ１００ａの飛行の制御が複雑化することが抑制される。一方で、マルチコプタ１００ａを水平方向に移動させるとき（例えば予め決められた飛行経路に沿って水平方向に移動させるとき）は、傾斜モードでマルチコプタ１００ａの飛行を制御することが好ましい。傾斜モードでは、メインロータ２２の回転によって生じる、マルチコプタ１００ａを水平方向に移動させる推力を利用することができるので、マルチコプタ１００ａの高速度での移動が可能になる。マルチコプタ１００ａを水平方向に移動させるときであっても、例えば強風が吹いて姿勢が大きく変化したときは、制御装置４ａは、傾斜モードから水平維持モードに切り替えてもよい。このように、水平維持モードと傾斜モードとを用いることで、マルチコプタ１００ａの飛行の制御を多様な状況に応じて最適化することが可能になる。水平維持モードと傾斜モードとは

、ユーザによって切り替えられてもよい。例えば、マルチコプタ１００ａを操縦する操縦装置から水平維持モードを指示する信号が送信され、水平維持モードを指示する信号を通信装置４ｃが受信したときは、制御装置４ａは水平維持モードに切り替え、操縦装置から傾斜モードを指示する信号が送信され、傾斜モードを指示する信号を通信装置４ｃが受信したときは、制御装置４ａは傾斜モードに切り替える。

[0076] また、制御装置４ａは、農作業に応じて（例えば作業機２００の動作に応じて）水平維持モードと傾斜モードとを切り換えてもよい。例えば、作業機２００によって対地作業が行われているときは、制御装置４ａは、水平維持モードに切り替え、作業機２００によって対地作業が行われていないときは、制御装置４ａは、傾斜モードに切り替える。

[0077] さらに、本実施形態によるマルチコプタ１００ａによると、設計の変更、例えば、最大離陸重量（Maximum Takeoff Weight：ＭＴＯＷ）の増加が容易になる。メインロータ２２が水平面に平行に保たれると考えた場合、メインロータ２２の回転によって発生する推力の合計を増加させることのみによって、最大離陸重量を増加させることができる。例えば、最大離陸重量を１００ｋｇｆ（メインロータ２２の回転によって得られる推力の合計：５０ｋｇｆ、サブロータ１２の回転によって得られる推力の合計：５０ｋｇｆ）と設計したマルチコプタ１００ａを、最大離陸重量を１２０ｋｇｆに変更するとき、メインロータ２２の回転によって発生する推力の合計を２０ｋｇｆ増加させて、メインロータ２２の回転によって得られる推力の合計：７０ｋｇｆ、サブロータ１２の回転によって得られる推力の合計：５０ｋｇｆとすればよい。

[0078] 図６Ｃは、マルチコプタ１００ａが有する角度調整機構の構成の例を模式的に示す上面図である。角度調整機構３８は、それぞれのメインロータ２２に対応して設けられている。図６Ｃでは、簡単のために、プロペラ２２ａの図示を省略している。メインロータ２２を回転させるモータ２５は、第２支持部材２８ｂの支持面２８ｓに支持されており、第２支持部材２８ｂに固定

されている。制御装置４ａは、支持面２８ｓを水平面と平行に維持することで、メインロータ２２を水平面と平行に維持することができ、モータ２５の回転軸２２ｚを鉛直方向と平行に維持することができる。第２支持部材２８ｂは、Ｕ字状の第１支持部材２８ａを介して、アーム１１０Ｂに取り付けられている。第２支持部材２８ｂは、第２回転軸２１ｂとともに回転可能に第１支持部材２８ａに支持されており、第１支持部材２８ａは、第１回転軸２１ａとともに回転可能にアーム１１０Ｂに支持されている。第１アクチュエータ２９ａおよび第２アクチュエータ２９ｂが、第１回転軸２１ａおよび第２回転軸２１ｂをそれぞれ回転させることによって、第２支持部材２８ｂの支持面２８ｓの向きを調整（変更）することができる。制御装置４ａは、機体１２１の傾斜角を検出するセンサ（例えばＩＭＵ）８１（図７参照）の出力信号に基づいて、機体１２１の傾斜角を検出する。制御装置４ａが、検出した機体１２１の傾斜角に基づいて、制御装置４ａは、第１アクチュエータ２９ａおよび第２アクチュエータ２９ｂを制御することによって、メインロータ２２を水平面と平行に維持することができ、モータ２５の回転軸２２ｚを鉛直方向と平行に維持することができる。なお、「水平面に平行」および「鉛直方向に平行」は、厳密に平行である場合だけでなく、例えば数度°（ｄｅｇ）の誤差を許容する。

[0079] 図７は、センサ８１（４ｂ）と、処理装置８５と、記憶装置８３と、制御装置４ａと、通信装置４ｃとがバスに接続された構成例を示すブロック図である。これらの装置は、例えばＣＡＮバスを介して相互に通信可能に接続される。

[0080] 本開示の実施形態に係るマルチコプタは、センサ８１と、センサ８１から出力されるセンサデータを処理する処理装置８５とを備える。例えば、センサ８１と、処理装置８５とはモジュール化され得る。そのようなモジュールは、マルチコプタとは独立して製造および販売され得、既存のマルチコプタに後から取り付けることもできる。

[0081] センサ群４ｂに含まれるセンサ８１は、第１方向Ｄ１に対するマルチコプ

タ１００ａの機体１２１の第１傾斜角θおよび第２方向Ｄ２に対するマルチコプタ１００ａの機体１２１の第２傾斜角Ψを検出するように構成される。センサ８１は、さらに、鉛直方向に平行な軸を回転軸としたマルチコプタの回転角を検出するように構成され得る。センサ８１の例は、ＩＭＵ、加速度センサ、角速度センサ、または加速度センサと角速度センサとの組み合わせである。本開示の実施形態におけるセンサ８１はＩＭＵである。ＩＭＵは、モーションセンサとして機能し、マルチコプタの加速度、速度、変位、および姿勢などの諸量を示す信号を出力することができる。センサ８１は、鉛直方向（重力の方向）を検出することができるように構成されていてもよい。

[0082] 制御装置４ａは、水平維持モードにおいて、センサ８１から出力されたセンサデータに基づいて、メインロータ２２が水平面に対して平行になるように、すなわち、メインロータ２２が第１方向Ｄ１および第２方向Ｄ２に対して平行になるように、メインロータ２２の傾きを制御し得る。例えば、制御装置４ａは、まず、センサ８１から出力されたセンサデータに基づいて、第１方向Ｄ１に対する機体１２１の第１傾斜角θおよび第２方向Ｄ２に対する機体１２１の第２傾斜角Ψを推定する。次に、制御装置４ａは、メインロータ２２を、第１方向Ｄ１に対して第１傾斜角θだけ、機体１２１と反対方向に傾斜させ、メインロータ２２を、第２方向Ｄ２に対して第２傾斜角Ψだけ、機体１２１と反対方向に傾斜させる。あるいは、制御装置４ａは、センサ８１から出力されたセンサデータに基づいて、鉛直方向を推定し、メインロータ２２が水平面に対して平行になるように、メインロータ２２の傾きを制御してもよい。

[0083] 図６Ｃの角度調整機構を有する場合は、制御装置４ａは、センサ８１から出力されたセンサデータに基づいて、第１アクチュエータ２９ａおよび第２アクチュエータ２９ｂを制御することによって、第２支持部材２８ｂの支持面２８ｓの水平面に対する傾きを制御すればよい。これにより、メインロータ２２の傾きを制御することができる。

[0084] メインロータ２２のプロペラ２２ａは、ジンバルを介して機体フレーム１

１０（またはアーム１１０Ｂ）に取り付けられていてもよい。ジンバルは、角度調整機構として機能する。ジンバルを介して機体フレーム１１０に取り付けられたメインロータ２２は、機体１２１が傾斜しても、水平面に平行な状態を維持することができる。ジンバルとは、１つの軸を中心として物体を回転させる回転台の一種である。軸が直交する複数軸のジンバルを設置してもよい。

[0085] 図６Ｄを参照しながら、角度調整機構の他の例を説明する。図６Ｄは、角度調整機構２３８を有するマルチコプタ１００ａを模式的に示す側面図である。上述した例では、メインロータ２２を支持するアーム１１０Ｂは、機体１２１に固定されており、角度調整機構によって、メインロータ２２のプロペラ２２ａの水平面に対する傾斜角が、機体１２１およびアーム１１０Ｂの水平面に対する傾斜角よりも小さくなるように制御される。これに対して、図６Ｄに示される例では、マルチコプタ１００ａは、メインロータ２２を支持するアーム１１０Ｂの水平面に対する傾斜角を調整することができる角度調整機構２３８を有している。角度調整機構２３８は、アーム１１０Ｂの水平面に対する傾斜角を、機体１２１の水平面に対する傾斜角よりも小さくなるように制御することができる。メインロータ２２は、アーム１１０Ｂに固定されているので、メインロータ２２のプロペラ２２ａの水平面に対する傾斜角を、機体１２１の水平面に対する傾斜角よりも小さくなるように制御することができる。図６Ｄに示すように、機体フレーム１１０に角度調整機構２３８が設けられ、アーム１１０Ｂは角度調整機構２３８を介して機体フレーム１１０に取り付けられている。角度調整機構２３８は、ジンバルであってもよいし、その他の機構であってもよい。角度調整機構２３８を有することによって、機体１２１（機体フレーム１１０）が水平面に対して傾斜したとき、アーム１１０Ｂは水平面に平行な状態を維持することができ、したがってメインロータ２２も水平面に平行な状態を維持することができる。

[0086] 処理装置８５の例は、プロセッサである。プロセッサは、１または複数の半導体集積回路であり、中央演算処理装置（ＣＰＵ）またはマイクロプロセ

ッサとも称される。プロセッサは、記憶装置８３に格納された、コンピュータプログラムを逐次実行し、後述する処理を実現する。プロセッサは、ＣＰＵを搭載したＦＰＧＡ（Ｆｉｅｌｄ　Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　Ｇａｔｅ　Ａｒｒａｙ）、ＧＰＵ（Ｇｒａｐｈｉｃ　Ｐｒｏｃｅｓｓｅｒ　Ｕｎｉｔ）、ＡＳＩＣ（Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎ　Ｓｐｅｃｉｆｉｃ　Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ　Ｃｉｒｃｕｉｔ）、またはＡＳＳＰ（Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎ　Ｓｐｅｃｉｆｉｃ　Ｓｔａｎｄａｒｄ　Ｐｒｏｄｕｃｔ）を含む用語として広く解釈される。

[0087] 処理装置８５の機能の一部が、前述したコンパニオンコンピュータに実装されていてもよい。あるいは、コンパニオンコンピュータが処理装置８５として機能してもよい。

[0088] 記憶装置８３は、例えば、書き込み可能なメモリ（例えばＰＲＯＭ）、書き換え可能なメモリ（例えばフラッシュメモリ）、または読み出し専用のメモリ（ＲＯＭ）である。記憶装置８３は、処理装置８５の動作を制御するプログラムを記憶し得る。記憶装置８３は、単一の記録媒体である必要はなく、複数の記録媒体の集合であり得る。複数の集合体の一部は取り外し可能なメモリであってもよい。記憶装置８３は、例えば、マルチコプタ１０の自律的な飛行に有用な地図データ、および、マルチコプタ１０が飛行中に取得した種々のセンサデータを記憶することができる。

[0089] 以下、図８を参照しながら、制御装置４ａの動作の一例を説明する。この例では、姿勢角の変化量が所定値より大きい場合、水平維持モードでマルチコプタ１００ａの飛行を制御することができる。

[0090] ステップＳ２０において、制御装置４ａは、マルチコプタ１００ａの現在の姿勢角を推定する。制御装置４ａは、センサ群４ｂに含まれる、姿勢角の推定または測定を行うセンサから、姿勢角の推定値または測定値を取得してもよい。制御装置４ａは、センサ８１が検出するロール角、ピッチ角およびヨー角の情報を取得することができる。

[0091] ステップＳ２２において、制御装置４ａは、目標姿勢角を取得する。制御

装置４ａは、例えば、飛行条件、作業内容、気象情報等に基づいて、目標姿勢角を決定してもよい。

[0092] ステップＳ２４において、制御装置４ａは、姿勢角の変化量を求め、その変化量が所定値より大きいか否かを判定する。姿勢角の変化量は、現在の推定される姿勢角と目標姿勢角との差異によって規定される。この「変化量」が大きいほど、姿勢の変化量が大きい。判定の結果が「Ｎｏ」の場合、ステップＳ２０に戻る。「Ｙｅｓ」の場合、ステップＳ２６に進む。

[0093] ステップＳ２６において、制御装置４ａは、現在の制御モードが傾斜モードか否かを判定する。制御装置４ａは、現在の制御モードの情報を取得して、判定を行う。現在の制御モードが傾斜モードである場合はステップＳ２８に進む。現在の制御モードが傾斜モードでない場合、例えば現在の制御モードが水平維持モードである場合はステップＳ２０に戻る。

[0094] ステップＳ２８において、制御装置４ａは、傾斜モードから水平維持モードに変更するか否かを判定する。水平維持モードに変更すると判定された場合（「Ｙｅｓ」の場合）、ステップＳ３０に進む。「Ｎｏ」の場合、ステップＳ２０に戻る。

[0095] ステップＳ３０において、制御装置４ａは、傾斜モードから水平維持モードに変更する。

[0096] 制御装置４ａは、終了の指令が出されるまで（ステップＳ４０）、ステップＳ２０からＳ３０の工程を繰り返す。

[0097] 図８に示したフローチャートは制御装置４ａの動作の一例であり、適宜改変され得る。

[0098] 図９は、マルチコプタ１０を含むシステムの構成例を示す模式図である。制御装置４ａの一部または全部の機能は、通信ネットワークＮによってマルチコプタ１０の通信装置４ｃに接続される１または複数のサーバ（コンピュータ）５００または端末装置（携帯型および固定型を含む）６００によって実現されてもよい。このような通信ネットワークＮには、トラクタなどの農業機械７００が接続され、マルチコプタ１０と農業機械７００との間で通信

が行われてもよい。通信ネットワークＮを介して、制御装置４ａの処理に用いられるデータの一部、およびマルチコプタ１０に対する制御信号が農業機械７００からマルチコプタ１０に与えられてもよい。

[0099] 本明細書は、以下の項目に記載の解決手段を開示している。

[0100] ［項目１］

複数のロータを備える無人航空機であって、

前記複数のロータは、複数の第１ロータと、少なくとも１つの第２ロータとを含み、

前記無人航空機の飛行中、鉛直方向に直交する水平面に対して機体が傾斜したとき、前記水平面に対する前記第２ロータの傾斜角を、前記水平面に対する前記機体の傾斜角よりも小さくする角度調整機構をさらに備える、無人航空機。

[0101] ［項目２］

前記無人航空機の飛行中、前記鉛直方向に直交する第１方向に対する前記機体の傾斜角が第１傾斜角であり、前記鉛直方向に直交し、かつ、前記第１方向に交差する第２方向に対する前記機体の傾斜角が第２傾斜角であるとき、

前記角度調整機構は、前記第２ロータの前記第１方向に対する傾斜角を前記第１傾斜角よりも小さく、かつ、前記第２ロータの前記第２方向に対する傾斜角を前記第２傾斜角よりも小さくする、項目１に記載の無人航空機。

[0102] ［項目３］

前記無人航空機の飛行中、前記第１方向に対する前記機体の傾斜角が前記第１傾斜角であり、前記第２方向に対する前記機体の傾斜角が前記第２傾斜角であるとき、

前記角度調整機構は、前記第２ロータの前記第１方向に対する傾斜角を、前記複数の第１ロータの前記第１方向に対する傾斜角よりも小さく、かつ、前記第２ロータの前記第２方向に対する傾斜角を前記第２ロータの前記第２方向に対する傾斜角よりも小さくする、項目２に記載の無人航空機。

[0103] ［項目４］

前記無人航空機の飛行を制御する制御装置をさらに備え、

前記制御装置は、複数のモードで前記無人航空機の飛行を制御するように構成されており、

前記複数のモードは、

前記水平面に対する前記第２ロータの傾斜角を、前記水平面に対する前記機体の傾斜角よりも小さくする第１モードと、

前記水平面に対する前記第２ロータの傾斜角を、前記水平面に対する前記機体の傾斜角と等しくする、第２モードと、

を含む、項目２または３に記載の無人航空機。

[0104] ［項目５］

前記制御装置は、前記無人航空機がホバリング中、前記第１モードで前記無人航空機の飛行を制御する、項目４に記載の無人航空機。

[0105] ［項目６］

前記制御装置は、前記無人航空機が姿勢を変化させるとき、前記第１モードで前記無人航空機の飛行を制御する、項目４または５に記載の無人航空機。

[0106] ［項目７］

前記制御装置は、

前記無人航空機の姿勢角の変化量を推定し、前記変化量が所定値よりも大きいとき、前記第１モードで前記無人航空機の飛行を制御する、項目６に記載の無人航空機。

[0107] ［項目８］

前記第１傾斜角は、前記無人航空機のロール角によって規定され、

前記第２傾斜角は、前記無人航空機のピッチ角によって規定される、項目２から７のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0108] ［項目９］

前記第２ロータの直径は、前記複数の第１ロータのそれぞれの直径よりも

大きい、項目１から８のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0109] ［項目１０］

前記第２ロータは、推力の生成に用いられ、

前記複数の第１ロータは、推力の生成および姿勢制御に用いられる、項目１から９のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0110] ［項目１１］

前記機体に作業機が連結された状態で飛行可能である、項目１から１０のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0111] ［項目１２］

前記第２ロータは、発生可能な推力の合計が前記複数の第１ロータよりも大きい、項目１から１１のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0112] ［項目１３］

複数のロータを備える無人航空機の制御方法であって、

前記複数のロータは、複数の第１ロータと、少なくとも１つの第２ロータとを含み、

前記無人航空機の飛行中、鉛直方向に直交する水平面に対して機体が傾斜したとき、前記水平面に対する前記第２ロータの傾斜角を、前記水平面に対する前記機体の傾斜角よりも小さくすることを含む、制御方法。

産業上の利用可能性

[0113] 本開示の無人航空機は、空撮、測量、物流、および農薬散布の用途だけではなく、農作業に関わる対地作業、収穫物および農業資材の運搬などの用途にも広く利用され得る。

符号の説明

[0114] ２・・・ロータ（プロペラ）、３・・・回転駆動装置、４・・・機体本体、４ａ・・・制御装置、４ｂ・・・センサ群、４ｃ・・・通信装置、５・・・機体フレーム、１０、１００・・・マルチコプタ、１２・・・サブロータ、１２ａ・・・プロペラ、１２ｂ・・・プロペラ、１４・・・モータ、１６・・・ＥＳＣ、２２・・・メインロータ、５２・・・バッテリ

請求の範囲

[請求項1] 複数のロータを備える無人航空機であって、

前記複数のロータは、複数の第１ロータと、少なくとも１つの第２ロータとを含み、

前記無人航空機の飛行中、鉛直方向に直交する水平面に対して機体が傾斜したとき、前記水平面に対する前記第２ロータの傾斜角を、前記水平面に対する前記機体の傾斜角よりも小さくする角度調整機構をさらに備える、無人航空機。

[請求項2] 前記無人航空機の飛行中、前記鉛直方向に直交する第１方向に対する前記機体の傾斜角が第１傾斜角であり、前記鉛直方向に直交し、かつ、前記第１方向に交差する第２方向に対する前記機体の傾斜角が第２傾斜角であるとき、

前記角度調整機構は、前記第２ロータの前記第１方向に対する傾斜角を前記第１傾斜角よりも小さく、かつ、前記第２ロータの前記第２方向に対する傾斜角を前記第２傾斜角よりも小さくする、請求項１に記載の無人航空機。

[請求項3] 前記無人航空機の飛行中、前記第１方向に対する前記機体の傾斜角が前記第１傾斜角であり、前記第２方向に対する前記機体の傾斜角が前記第２傾斜角であるとき、

前記角度調整機構は、前記第２ロータの前記第１方向に対する傾斜角を、前記複数の第１ロータの前記第１方向に対する傾斜角よりも小さく、かつ、前記第２ロータの前記第２方向に対する傾斜角を前記第２ロータの前記第２方向に対する傾斜角よりも小さくする、請求項２に記載の無人航空機。

[請求項4] 前記無人航空機の飛行を制御する制御装置をさらに備え、

前記制御装置は、複数のモードで前記無人航空機の飛行を制御するように構成されており、

前記複数のモードは、

前記水平面に対する前記第２ロータの傾斜角を、前記水平面に対する前記機体の傾斜角よりも小さくする第１モードと、

前記水平面に対する前記第２ロータの傾斜角を、前記水平面に対する前記機体の傾斜角と等しくする、第２モードと、

を含む、請求項２または３に記載の無人航空機。

[請求項5] 前記制御装置は、前記無人航空機がホバリング中、前記第１モードで前記無人航空機の飛行を制御する、請求項４に記載の無人航空機。

[請求項6] 前記制御装置は、前記無人航空機が姿勢を変化させるとき、前記第１モードで前記無人航空機の飛行を制御する、請求項４または５に記載の無人航空機。

[請求項7] 前記制御装置は、

前記無人航空機の姿勢角の変化量を推定し、前記変化量が所定値よりも大きいとき、前記第１モードで前記無人航空機の飛行を制御する、請求項６に記載の無人航空機。

[請求項8] 前記第１傾斜角は、前記無人航空機のロール角によって規定され、

前記第２傾斜角は、前記無人航空機のピッチ角によって規定される、請求項２から７のいずれか１項に記載の無人航空機。

[請求項9] 前記第２ロータの直径は、前記複数の第１ロータのそれぞれの直径よりも大きい、請求項１から８のいずれか１項に記載の無人航空機。

[請求項10] 前記第２ロータは、推力の生成に用いられ、

前記複数の第１ロータは、推力の生成および姿勢制御に用いられる、請求項１から９のいずれか１項に記載の無人航空機。

[請求項11] 前記機体に作業機が連結された状態で飛行可能である、請求項１から１０のいずれか１項に記載の無人航空機。

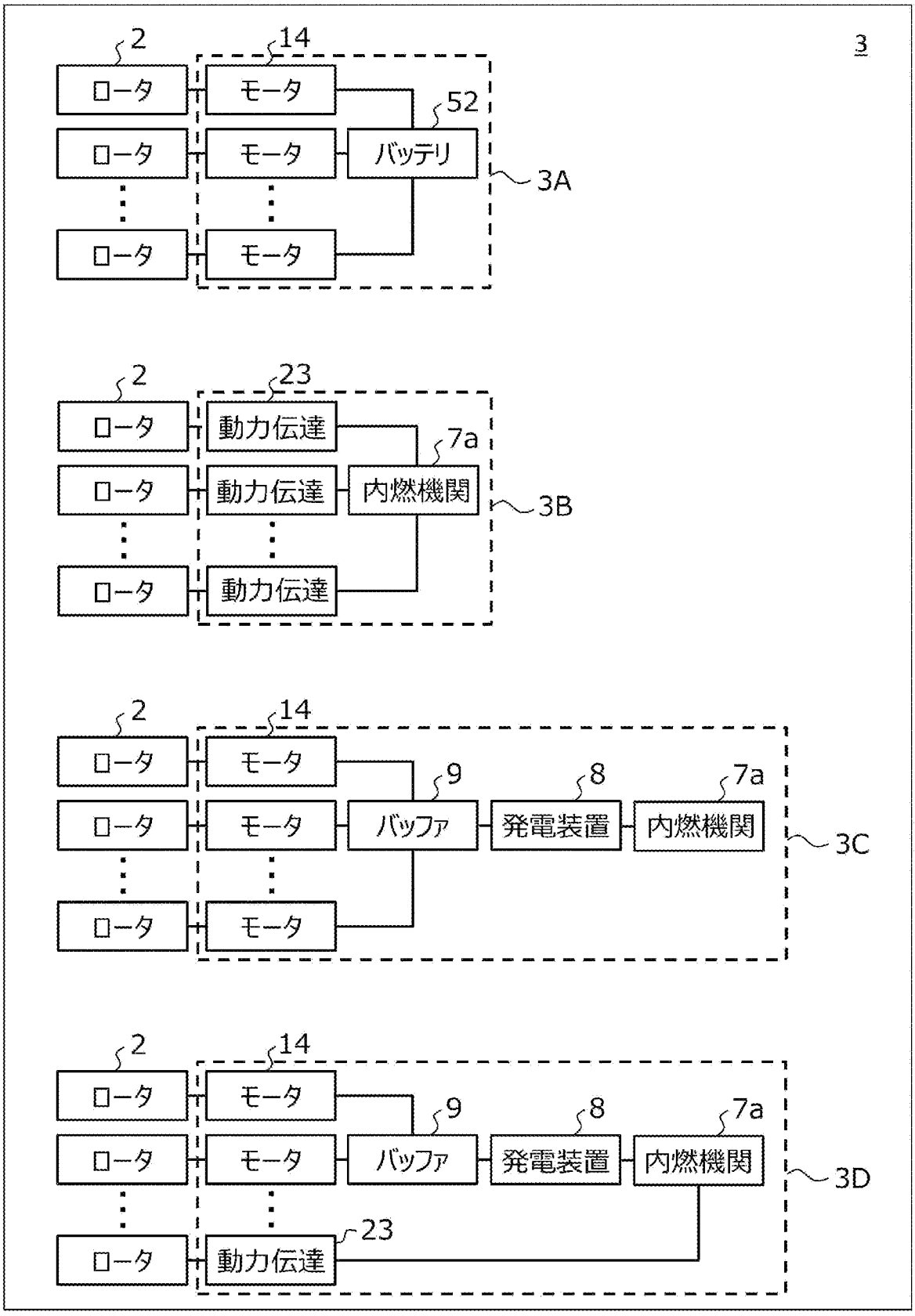
[請求項12] 前記第２ロータは、発生可能な推力の合計が前記複数の第１ロータよりも大きい、請求項１から１１のいずれか１項に記載の無人航空機。

[請求項13] 複数のロータを備える無人航空機の制御方法であって、

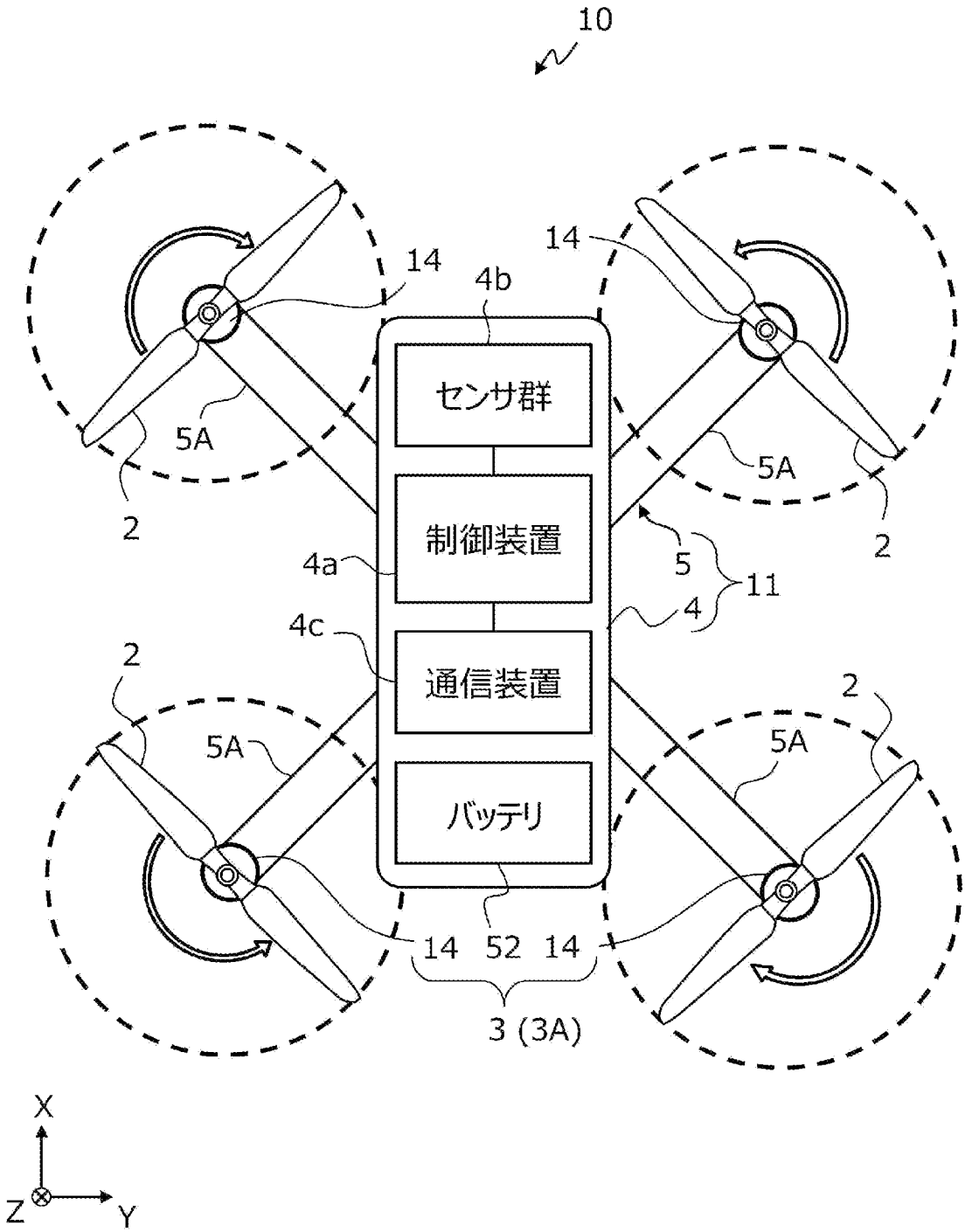
前記複数のロータは、複数の第１ロータと、少なくとも１つの第２ロータとを含み、

前記無人航空機の飛行中、鉛直方向に直交する水平面に対して機体が傾斜したとき、前記水平面に対する前記第２ロータの傾斜角を、前記水平面に対する前記機体の傾斜角よりも小さくすることを含む、制御方法。

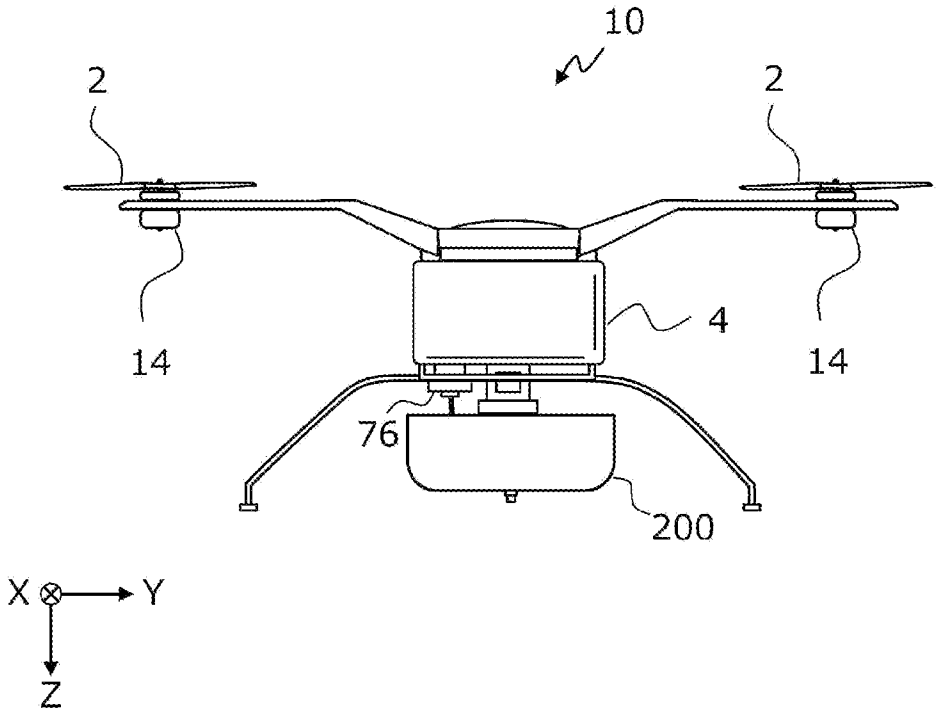
[図1A]



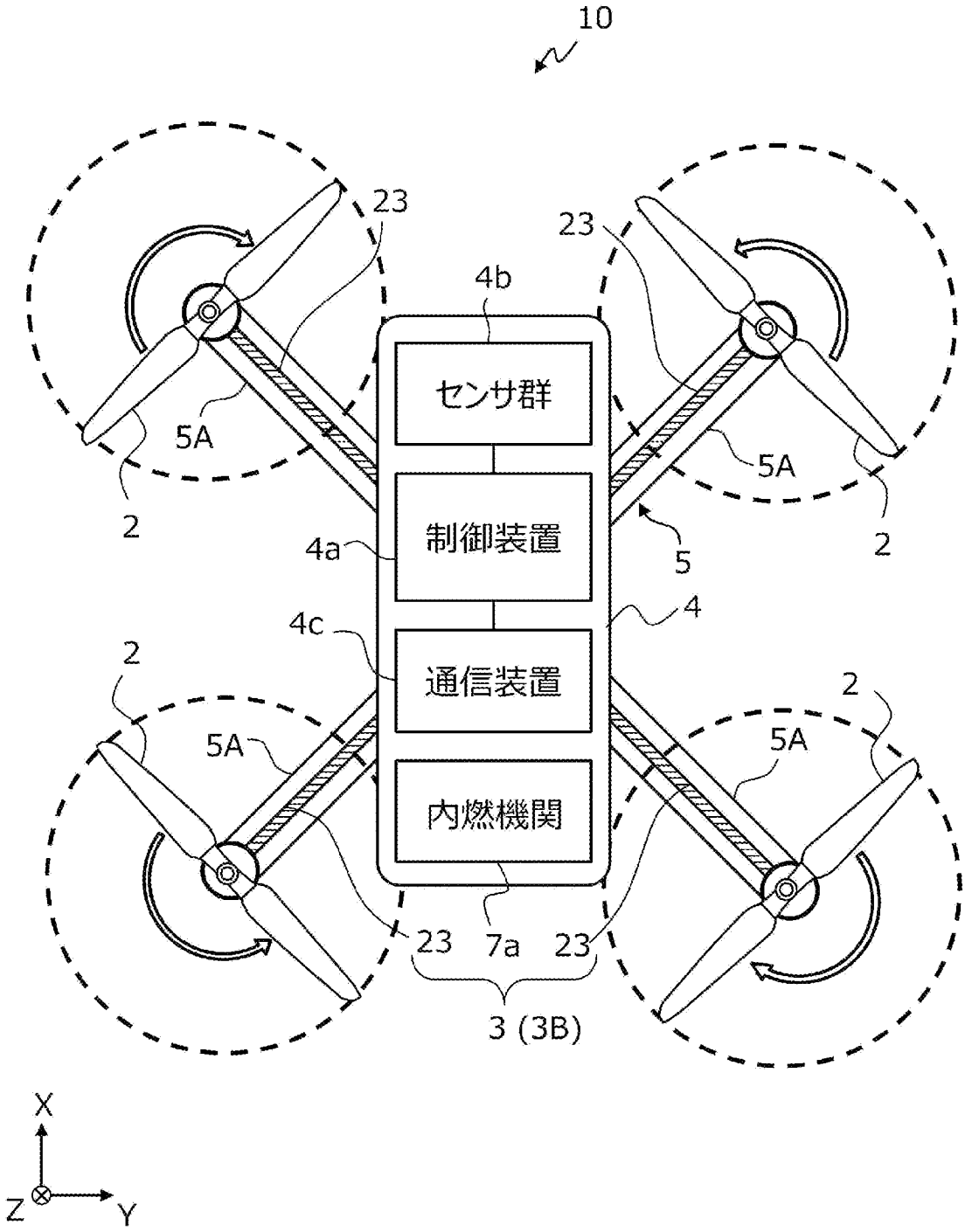
[図1B]



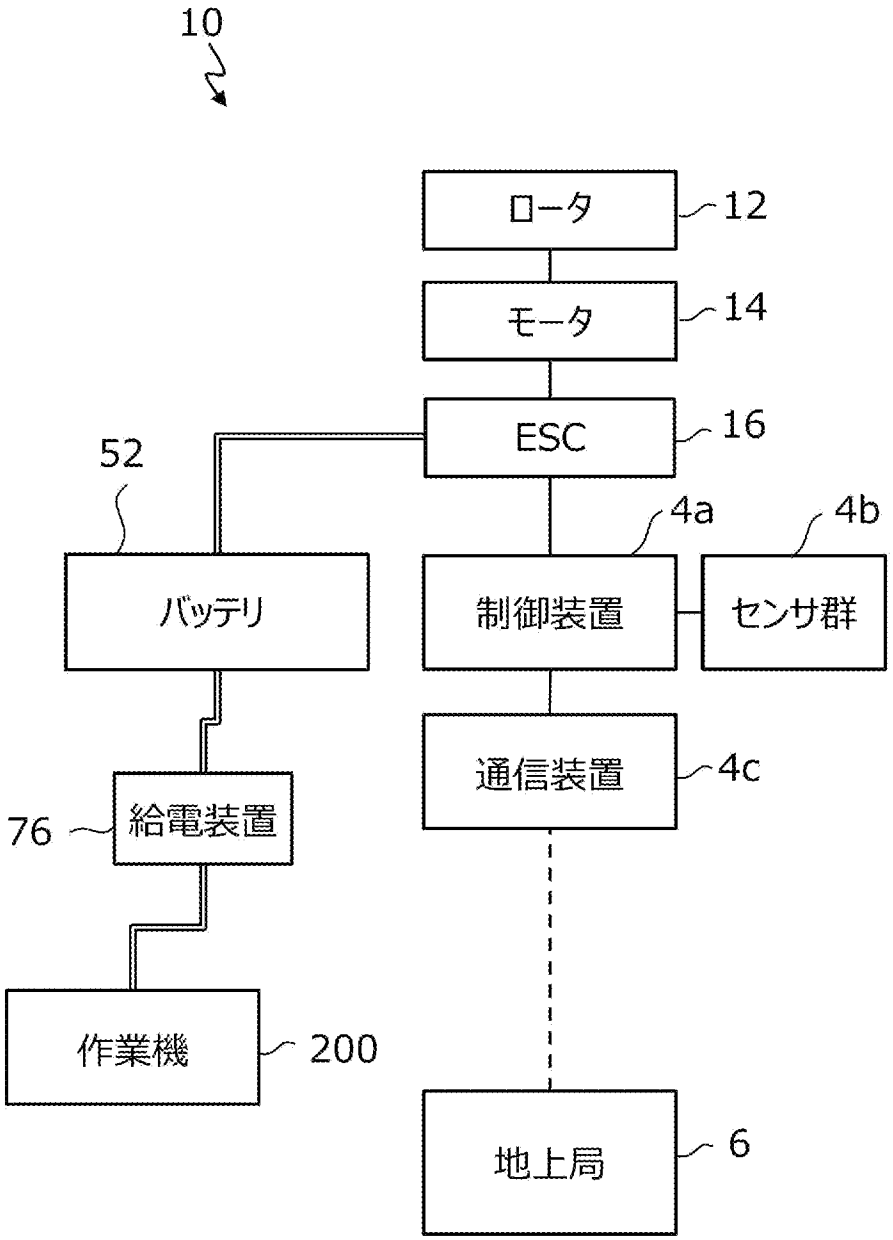
[図1C]



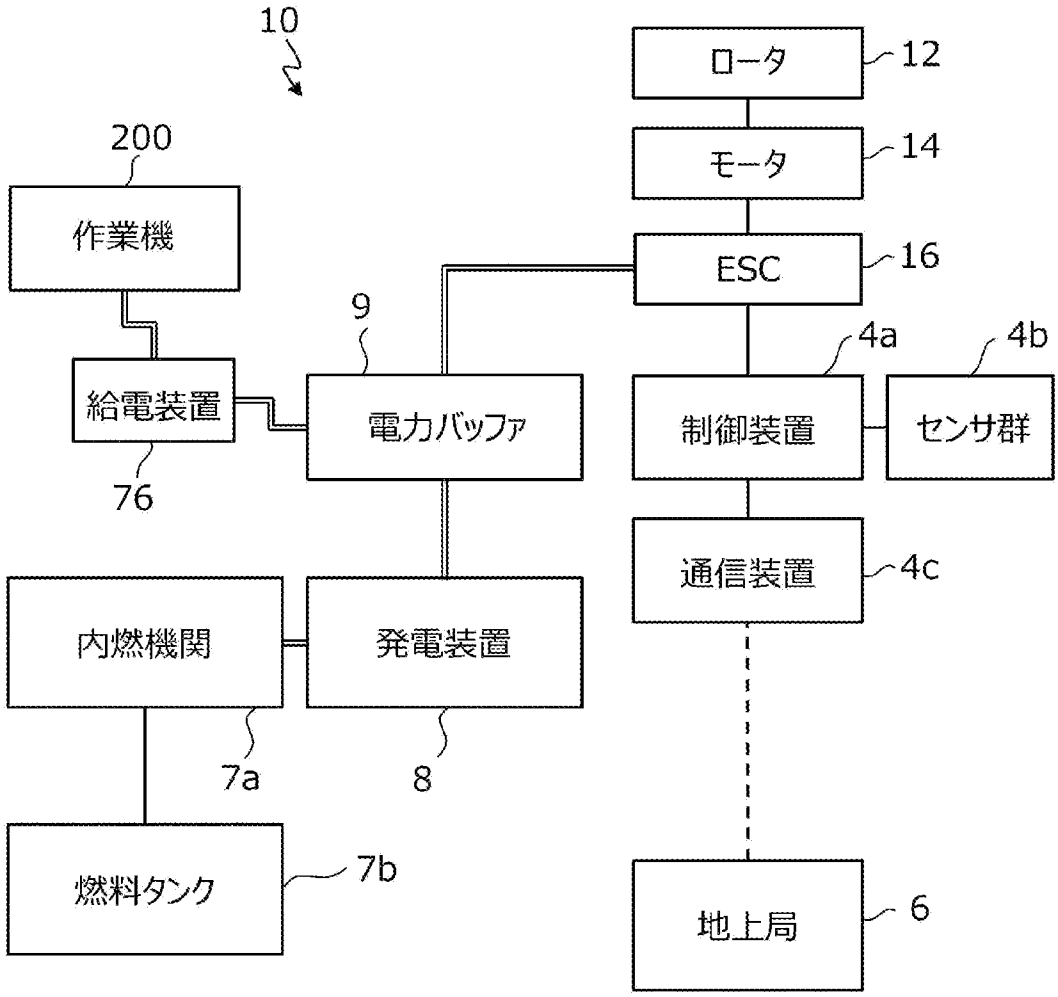
[図1D]


10
23
23
4b
センサ群
5A
5A
制御装置
4a
5
2
2
4
4c
通信装置
2
2
5A
5A
内燃機関
23
7a
23
3 (3B)
X
Z
Y

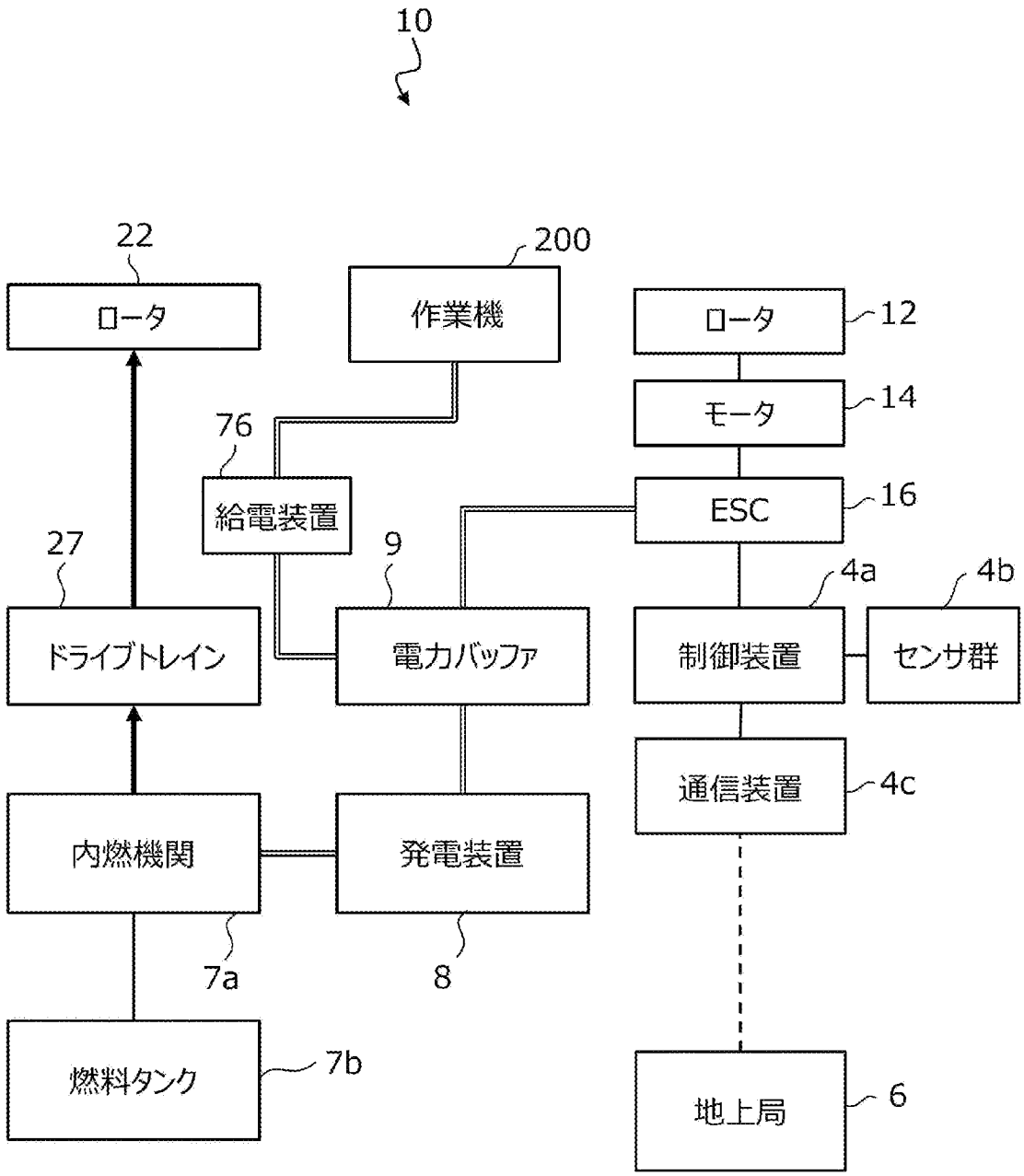
[図2A]


10
ロータ
12
モータ
14
ESC
16
52
4a
4b
バッテリ
制御装置
センサ群
通信装置
4c
76
給電装置
作業機
200
地上局
6

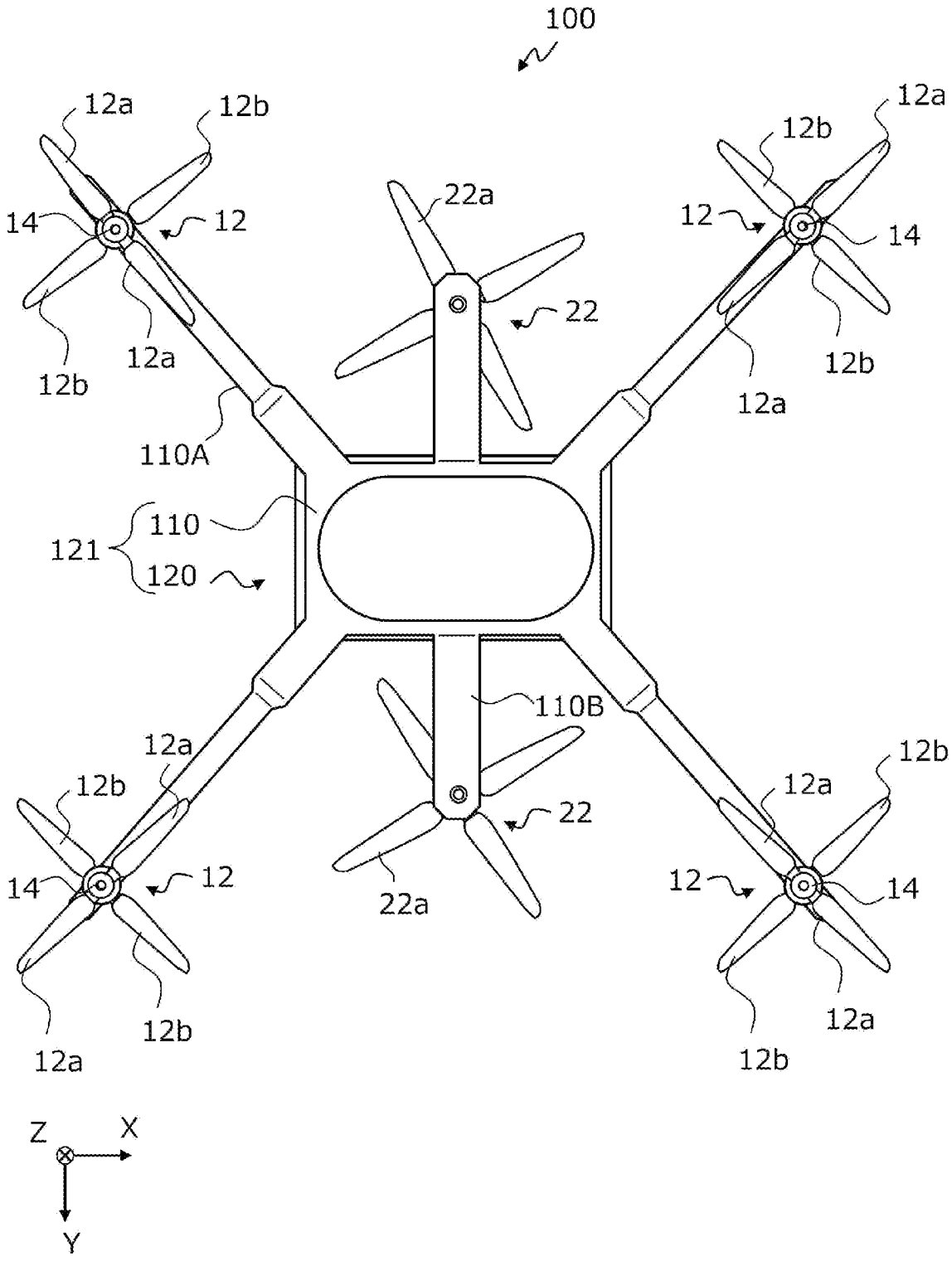
[図2B]


10
200
作業機
給電装置
76
9
電力バッファ
内燃機関
7a
発電装置
8
燃料タンク
7b
ロータ
12
モータ
14
ESC
16
4a
制御装置
4b
センサ群
通信装置
4c
地上局
6

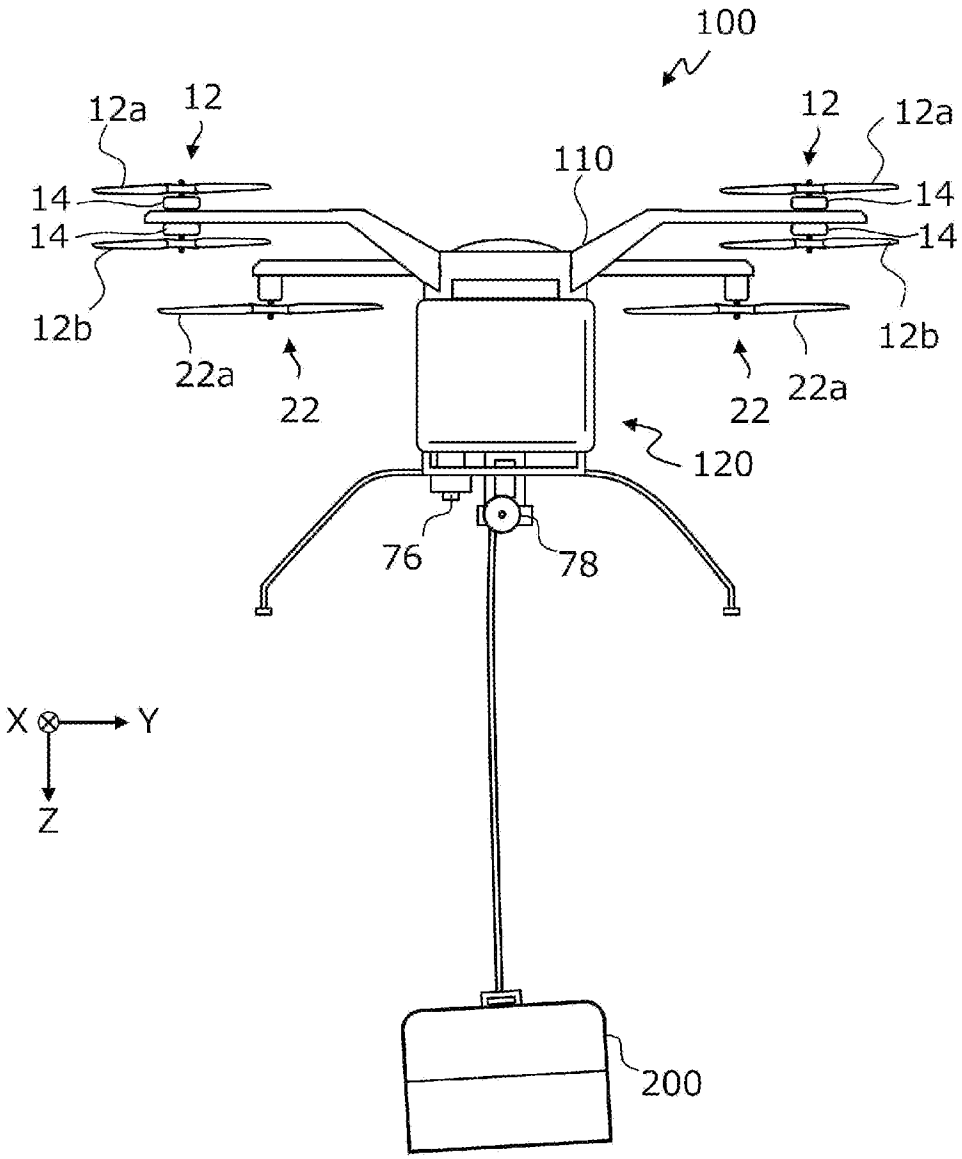
[図2C]


10
22
ロータ
200
作業機
ロータ
12
モータ
14
76
給電装置
ESC
16
27
9
4a
4b
ドライブトレイン
電力バッファ
制御装置
センサ群
通信装置
4c
内燃機関
発電装置
7a
8
燃料タンク
7b
地上局
6

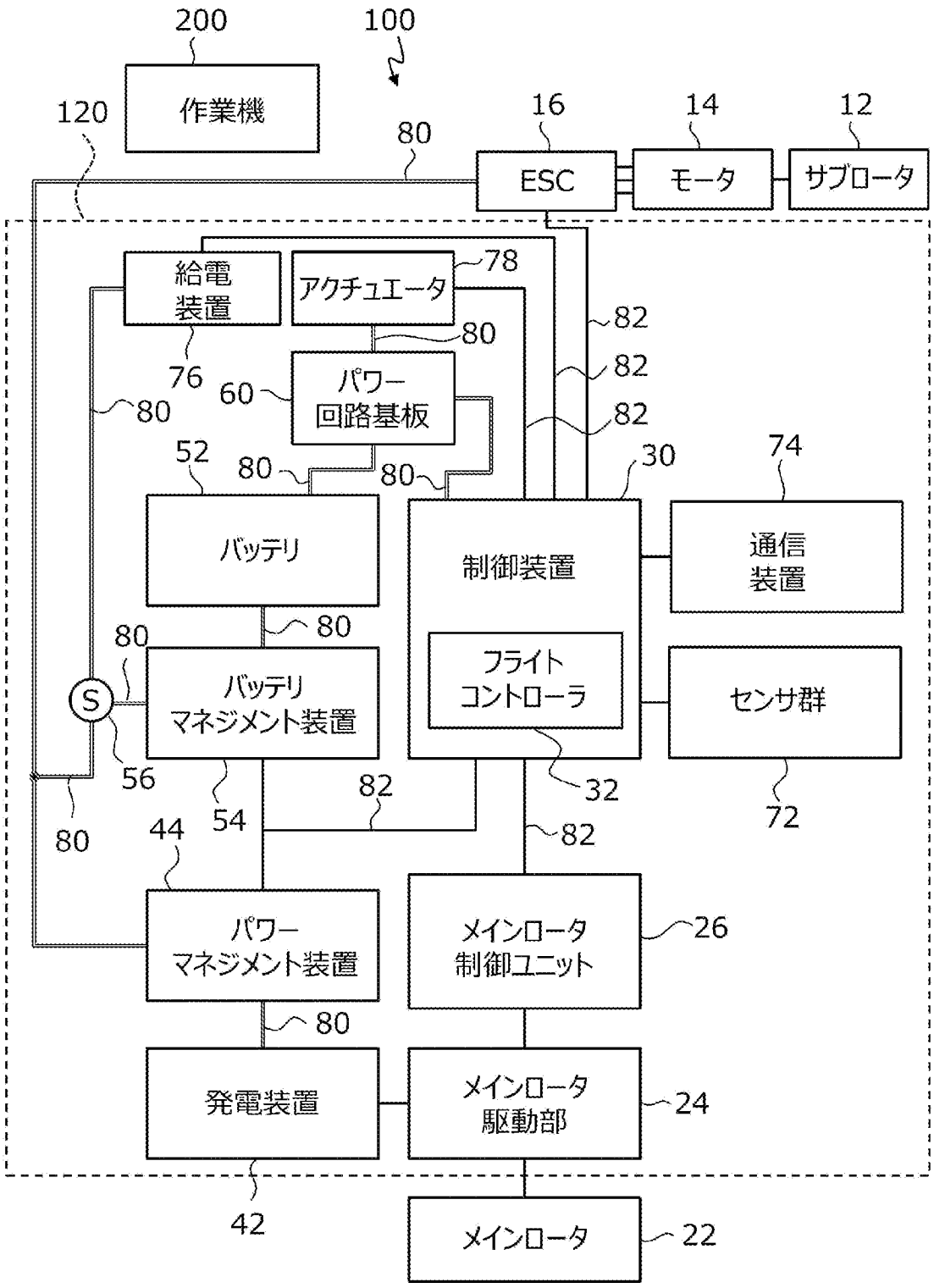
[図3A]



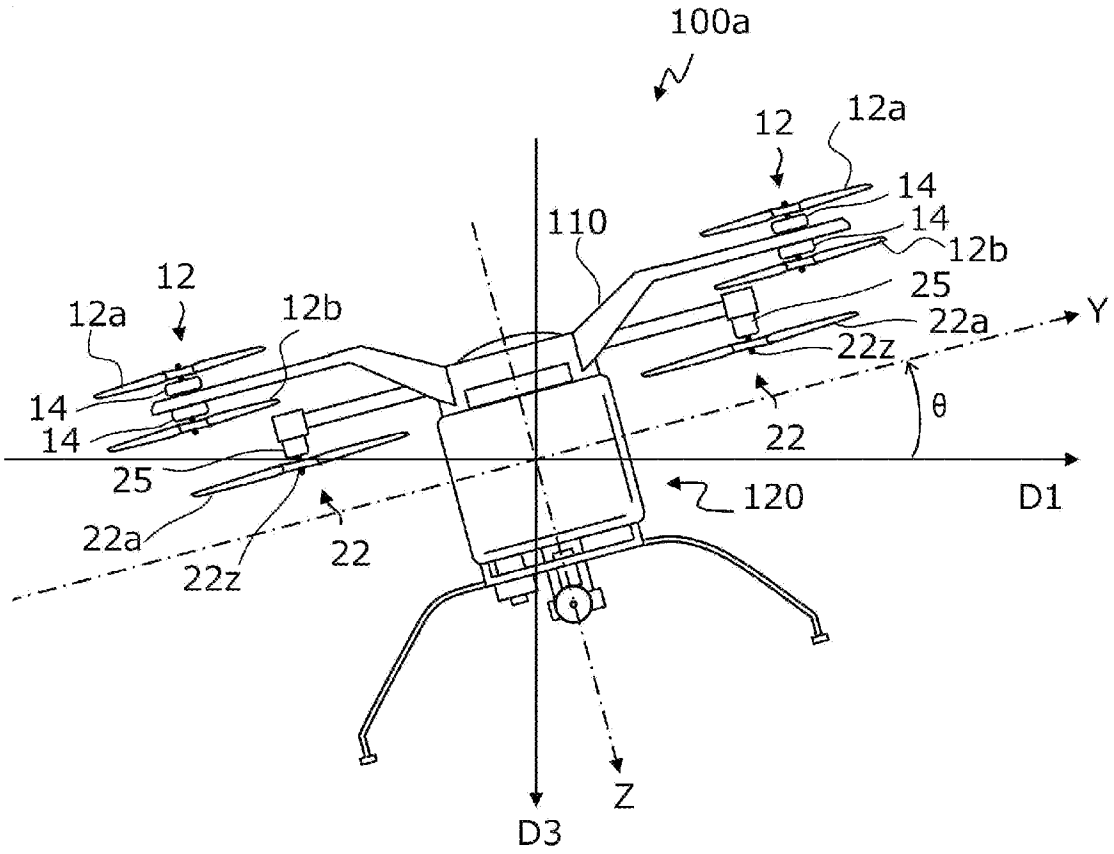
[図3B]


100
12a
12
110
12
12a
14
14
14
14
12b
12b
22a
22
22
22a
120
76
78
X
Y
Z
200

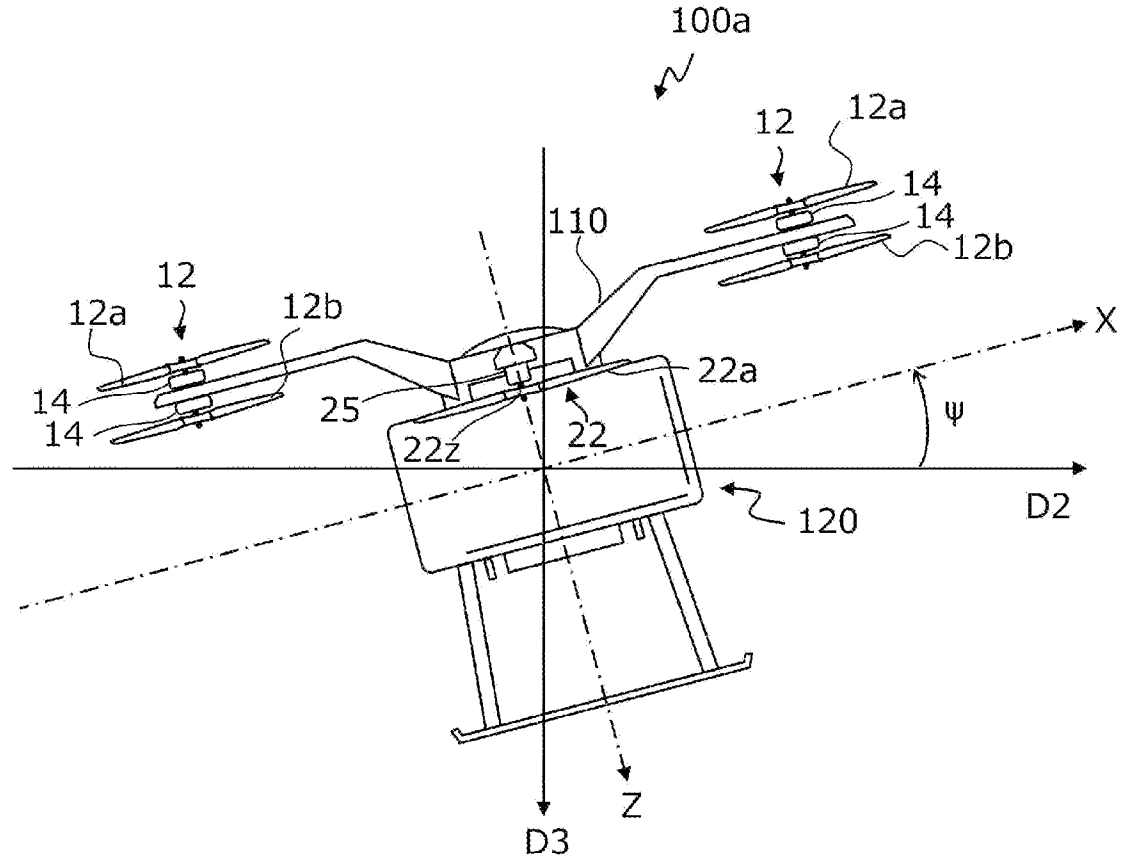
[図4]


200
100
作業機
120
80
16
14
12
ESC
モータ
サブロータ
給電装置
アクチュエータ
78
82
80
76
60
パワー回路基板
82
82
80
52
80
80
30
74
バッテリ
制御装置
通信装置
80
80
フライトコントローラ
センサ群
S
56
54
82
32
72
80
44
82
パワーマネジメント装置
メインロータ制御ユニット
26
80
発電装置
メインロータ駆動部
24
42
メインロータ
22

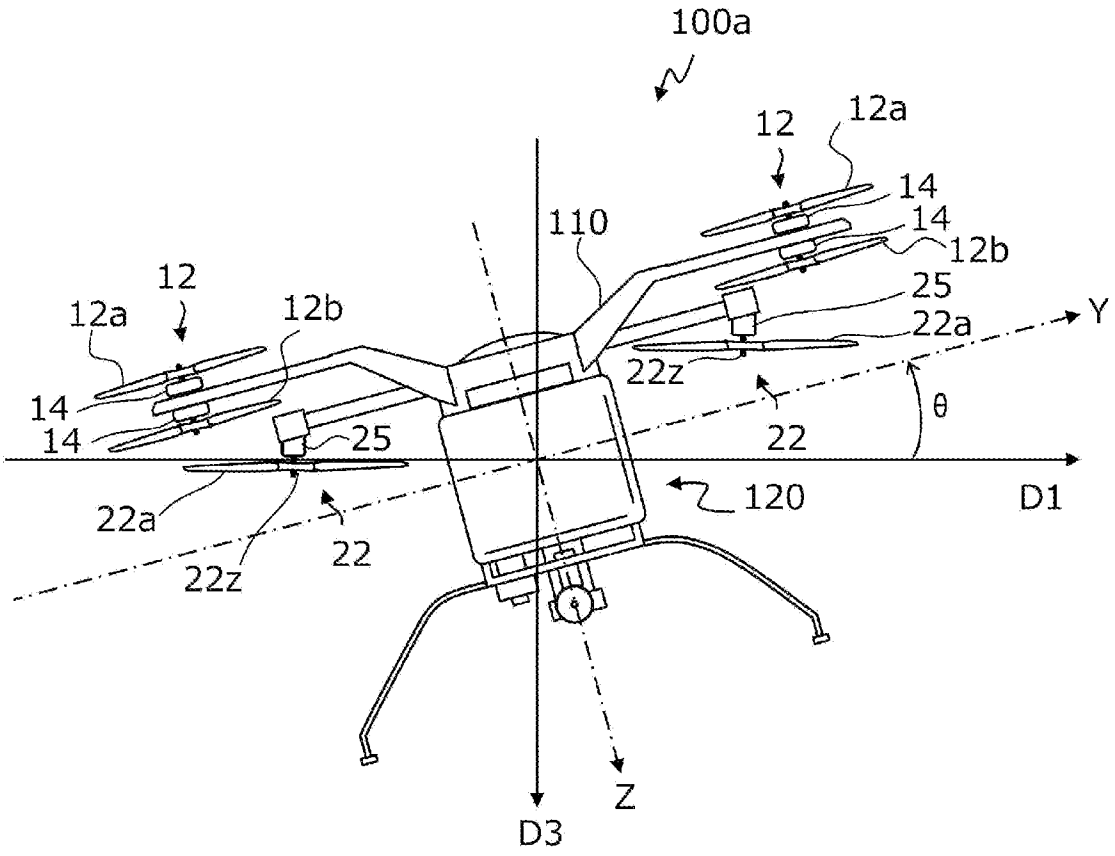
[図5A]


100a
12
12a
14
14
12b
110
12
12a
12b
25
22a
Y
22z
θ
14
14
22
25
120
D1
22a
22z
22
Z
D3

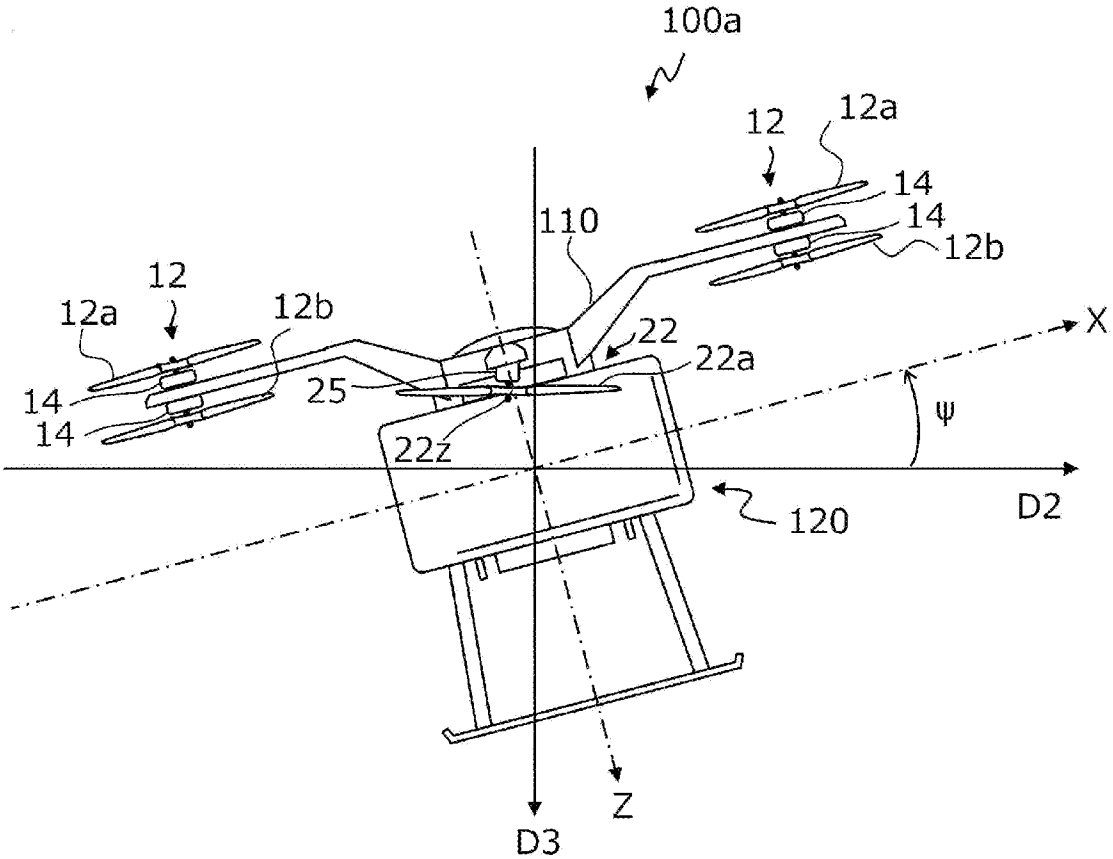
[図5B]


100a
12
12a
14
14
12b
110
12
12a
12b
X
22a
14
14
25
22z
22
ψ
120
D2
Z
D3

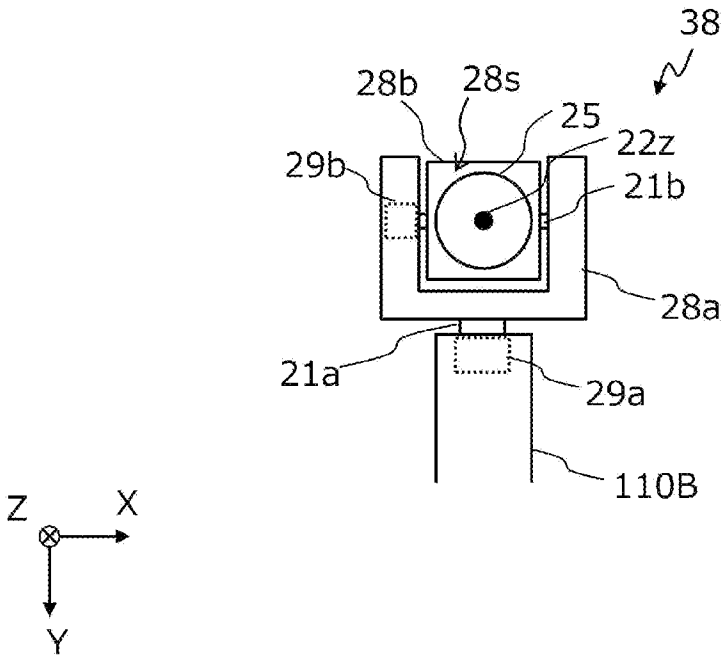
[図6A]


100a
12
12a
14
14
12b
110
12
12a
12b
25
22a
Y
22z
θ
14
14
25
22
22a
120
D1
22z
22
D3
Z

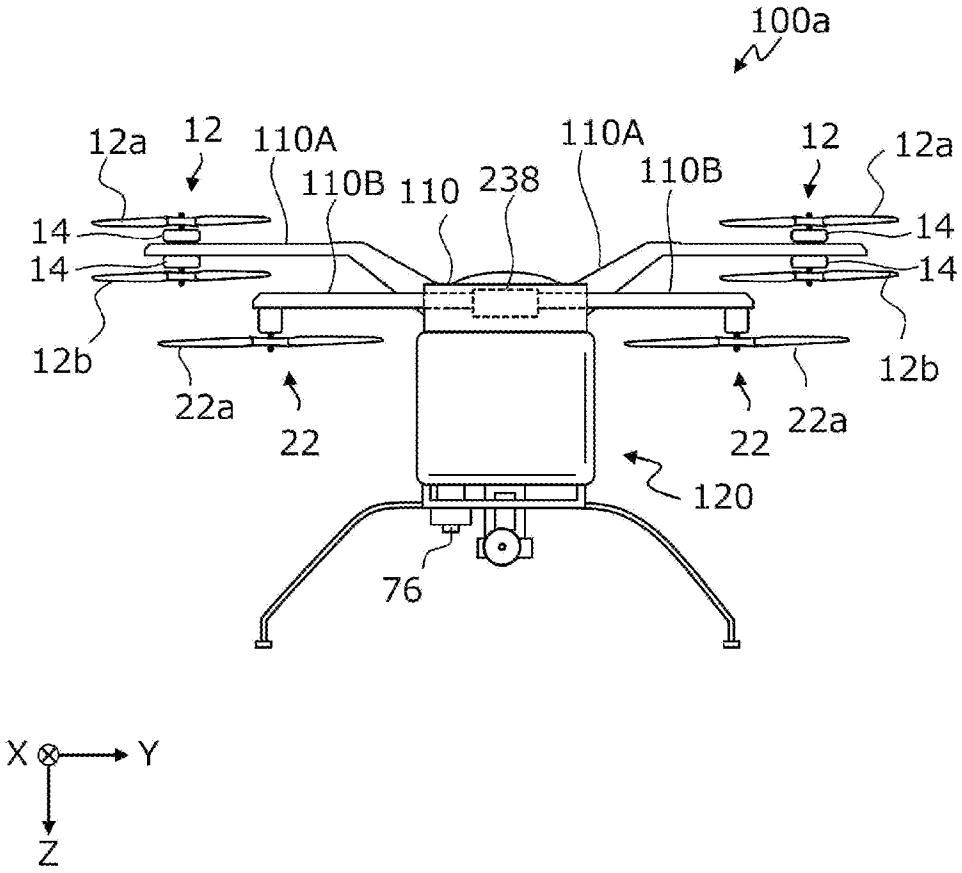
[図6B]


100a
12
12a
14
14
12b
110
12
12a
12b
22
X
22a
14
14
25
ψ
22z
120
D2
D3
Z

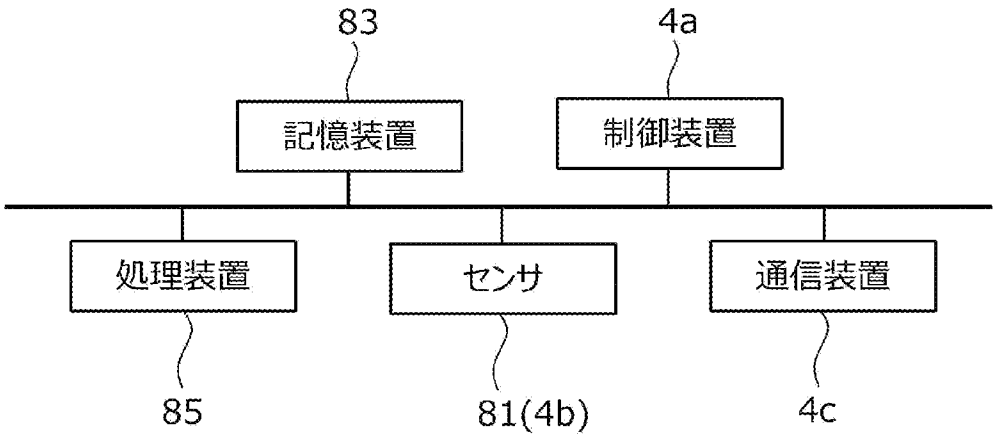
[図6C]


38
28b
28s
25
22z
29b
21b
28a
21a
29a
110B
Z
X
Y

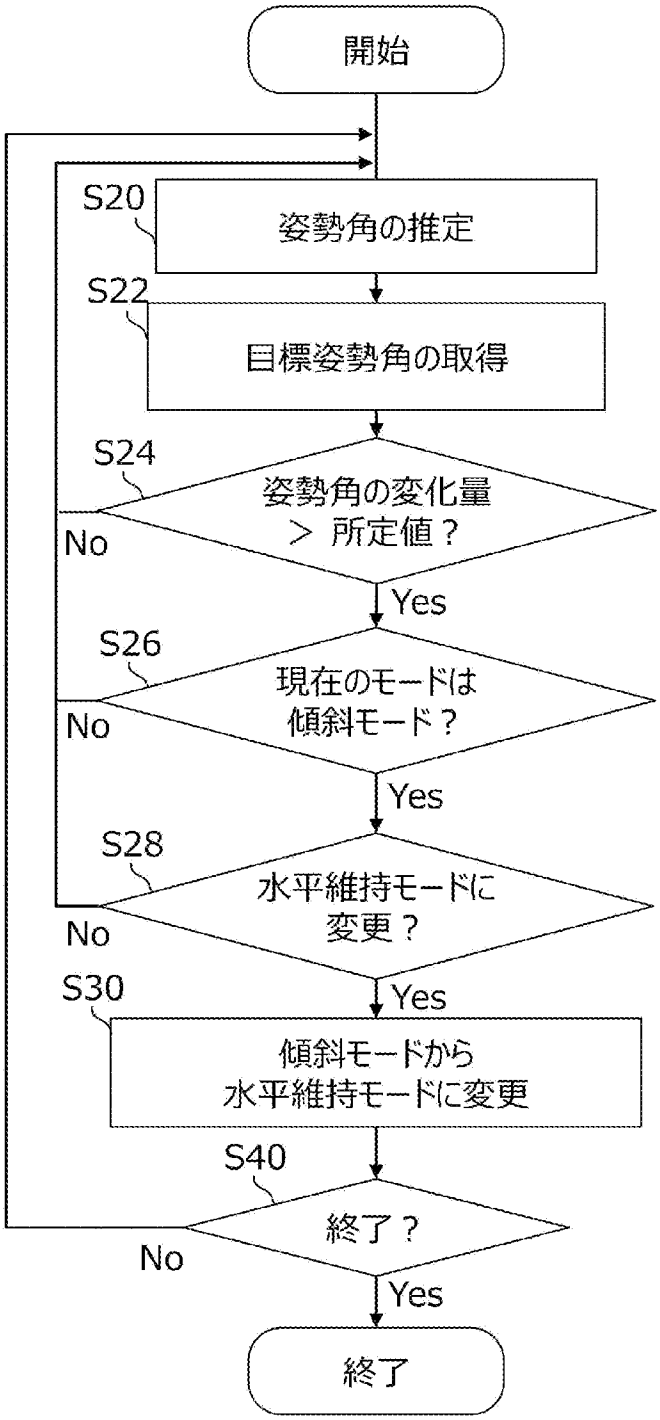
[図6D]


100a
12a
12
110A
110B
110
238
110A
110B
12
12a
14
14
14
14
12b
12b
22a
22
22
22a
120
76
X
Y
Z

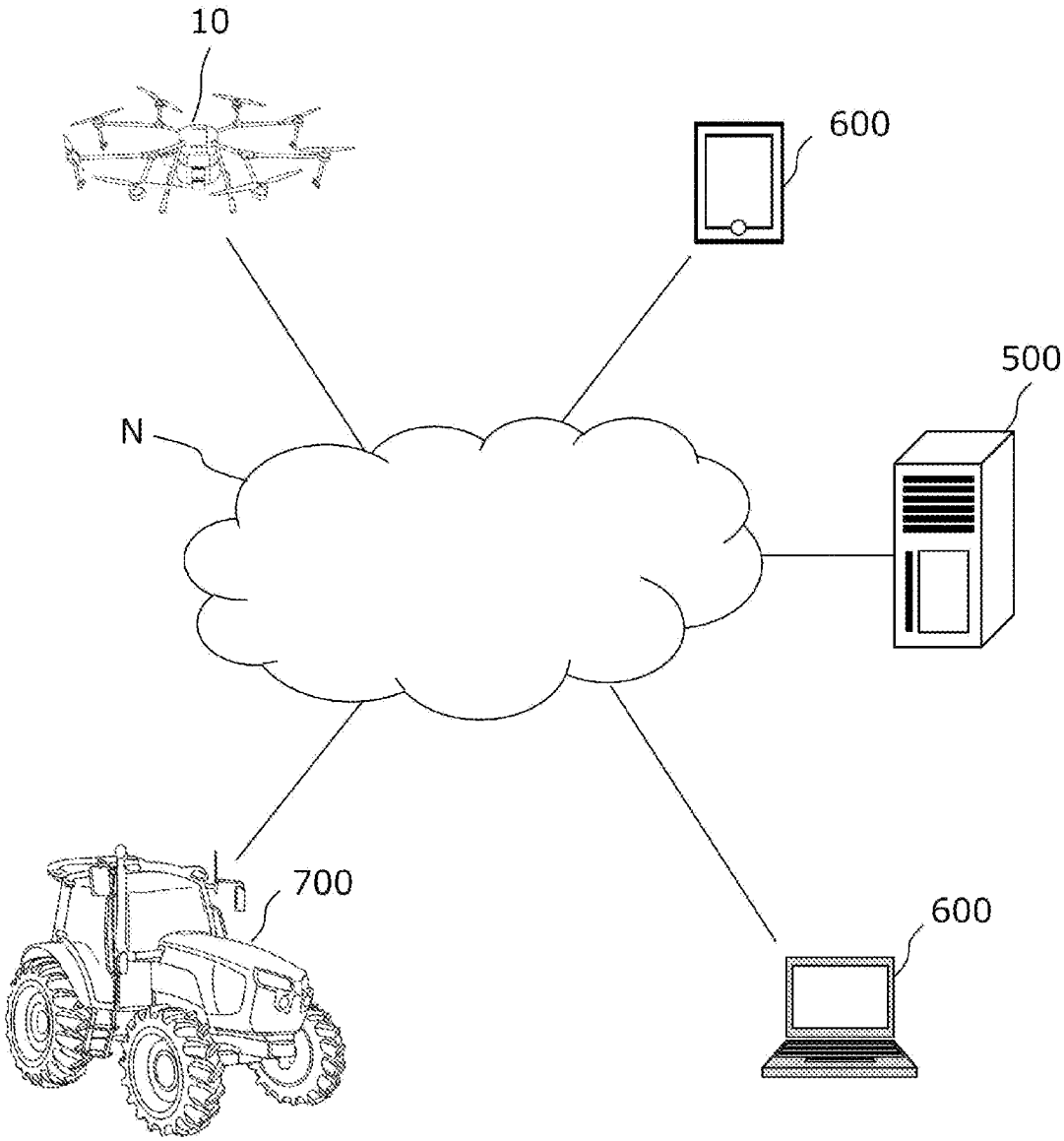
[図7]



[図8]


開始
S20
姿勢角の推定
S22
目標姿勢角の取得
S24
姿勢角の変化量
＞ 所定値？
No
Yes
S26
現在のモードは
傾斜モード？
No
Yes
S28
水平維持モードに
変更？
No
Yes
S30
傾斜モードから
水平維持モードに変更
S40
終了？
No
Yes
終了

[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/048163

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B64C 27/52(2006.01)i; ***B64U 10/16***(2023.01)i; ***B64U 40/10***(2023.01)i; *B64U 101/40*(2023.01)n
FI: B64C27/52; B64U10/16; B64U40/10; B64U101:40

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)

B64C27/52; B64U10/16; B64U40/10; B64U101/40

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2018-0137633 A (NA, Jong-Min) 28 December 2018 (2018-12-28) paragraphs [0030]-[0125], fig. 2-23	1, 9-13
A		2-8
A	JP 2019-26233 A (MMLABO CO., LTD.) 21 February 2019 (2019-02-21)	1-13
A	JP 2019-59362 A (ISHIKAWA ENERGY RESEARCH CO., LTD.) 18 April 2019 (2019-04-18)	1-13
A	US 2021/0362857 A1 (TEXTRON INNOVATIONS INC.) 25 November 2021 (2021-11-25)	1-13

☐ 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	Date of mailing of the international search report
15 March 2023	**28 March 2023**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/048163

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
KR 10-2018-0137633 A	28 December 2018	(Family: none)	
JP 2019-26233 A	21 February 2019	(Family: none)	
JP 2019-59362 A	18 April 2019	US 2021/0016880 A1	
		WO 2019/065848 A1	
		CN 110546069 A	
US 2021/0362857 A1	25 November 2021	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/048163

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B64C 27/52(2006.01)i; B64U 10/16(2023.01)i; B64U 40/10(2023.01)i; B64U 101/40(2023.01)n
FI: B64C27/52; B64U10/16; B64U40/10; B64U101:40

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

B64C27/52; B64U10/16; B64U40/10; B64U101/40

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	KR 10-2018-0137633 A (NA, Jong-min) 28.12.2018 (2018-12-28) 段落[0030]-[0125], 図2-23	1, 9-13
A		2-8
A	JP 2019-26233 A (株式会社ＭＭラボ) 21.02.2019 (2019-02-21)	1-13
A	JP 2019-59362 A (株式会社石川エナジーリサーチ) 18.04.2019 (2019-04-18)	1-13
A	US 2021/0362857 A1 (TEXTRON INNOVATIONS INC.) 25.11.2021 (2021-11-25)	1-13

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
15.03.2023	28.03.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
諸星　圭祐 3D 5784
電話番号 03-3581-1101 内線 3339

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/048163

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
KR 10-2018-0137633 A	28.12.2018	（ファミリーなし）	
JP 2019-26233 A	21.02.2019	（ファミリーなし）	
JP 2019-59362 A	18.04.2019	US 2021/0016880 A1	
		WO 2019/065848 A1	
		CN 110546069 A	
US 2021/0362857 A1	25.11.2021	（ファミリーなし）	