

(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)



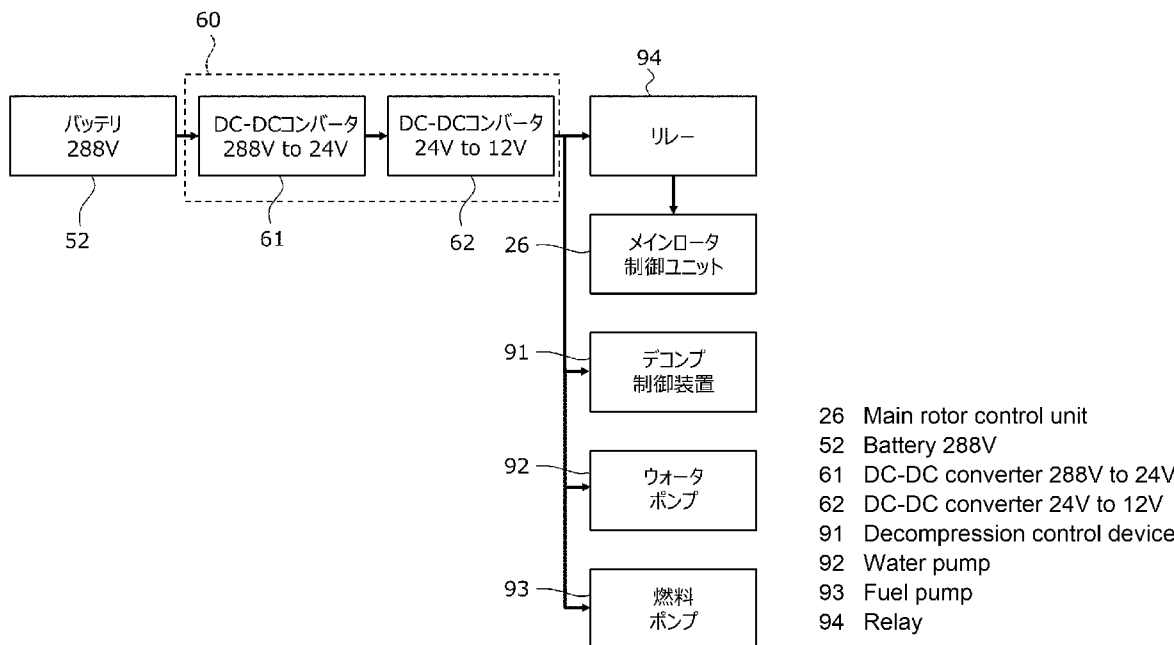
(10) 国際公開番号

WO 2024/142245 A1

- (51) 国際特許分類:
B64U 10/16 (2023.01) *B64U 50/33* (2023.01)
B64U 50/11 (2023.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/048188
- (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). 株式会社石川エネルギーリサーチ (ISHIKAWA ENERGY RESEARCH CO., LTD.) [JP/JP]; 〒3792304 群馬県太田市大原町2225-41 Gunma (JP).
- (72) 発明者: 大澤 郁郎 (OSAWA, Ikuo); 〒3792304 群馬県太田市大原町2225-41 株式会社石川エネルギーリサーチ内 Gunma (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,

(54) Title: UNMANNED AERIAL VEHICLE

(54) 発明の名称: 無人航空機



(57) Abstract: This unmanned aerial vehicle is provided with a plurality of rotors, and comprises: an internal combustion engine; a power generation device that is driven by the internal combustion engine to generate power; a battery that stores the power, and a plurality of electrical components to which the power is supplied from the battery. The plurality of electrical components include: a first electrical component group that consumes less power than the threshold power at the time of startup; and a second electrical component group that consumes more power than the threshold power at the time of startup. The second electrical component group includes: a first electrical component that consumes first power

WO 2024/142245 A1

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, 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))

at the time of startup; and a second electrical component that consumes second power at the time of startup. After the internal combustion engine is started, the timing at which the first electrical component starts is different from the timing at which the second electrical component starts.

(57) 要約: 無人航空機は、複数のロータを備える無人航空機であって、内燃機関と、内燃機関によって駆動されて電力を生成する発電装置と、電力を蓄えるバッテリーと、バッテリーから電力が供給される複数の電装品と、を備える。複数の電装品は、起動時に閾値電力よりも小さい電力を消費する第1の電装品群、および、起動時に閾値電力よりも大きい電力を消費する第2の電装品群を含む。第2の電装品群は、起動時に第1電力を消費する第1電装品、および、起動時に第2電力を消費する第2電装品を含む。内燃機関が始動してから、第1電装品が起動するタイミングが、第2電装品が起動するタイミングと異なる。

明 細 書

発明の名称： 無人航空機

技術分野

[0001] 本開示は、無人航空機に関する。

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] 本開示は、無人航空機に搭載される電装品の起動シーケンスを提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 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、内燃機関と、前記内燃機関によって駆動されて電力を生成する発電装置と、前記電力を蓄えるバッテリーと、前記バッテリーから電力が供給される複数の電装品と、を備え、前記複数の電装品は、起動時に閾値電力よりも小さい電力を消費する第1の電装品群、および、

起動時に前記閾値電力よりも大きい電力を消費する第2の電装品群を含み、前記第2の電装品群は、起動時に第1電力を消費する第1電装品、および、起動時に第2電力を消費する第2電装品を含み、前記内燃機関が始動してから、前記第1電装品が起動するタイミングが、前記第2電装品が起動するタイミングと異なる。

発明の効果

[0007] 本開示の実施形態によれば、無人航空機に搭載される電装品の新規な起動シーケンスが提供される。

図面の簡単な説明

[0008] [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]バッテリー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5] バッテリ 5 2 から各電装品に供給される電力系統の例を示すブロック図である。

[図6] 第 1 および第 2 の電装品群の起動シーケンスを例示するフローチャートである。

[図7] 本実施形態における制御装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。

[図8] DC-DC コンバータ、第 1 電装品および第 2 電装品のそれぞれの消費電力の時間変化を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0009] 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。

[0010] 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 1 A 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。

[0011] 図 1 A に示される第 1 の回転駆動装置 3 A 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。） 1 4 と、各モータ 1 4 に供給する電力を蓄えるバッテリー 5 2 とを有している。バッテリー 5 2 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 1 4 の出力軸に連結され、モータ 1 4 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、バッテリー 5 2 の蓄電容量を増加させることが必要である。バッテリー 5 2 の蓄電容量は、バッテリー 5 2 を大型化することによって可能であるが、バッテリー 5 2 の大型化は重量の増加を招く。

[0012] 図 1 A に示される第 2 の回転駆動装置 3 B は、ロータ 2 に機械的に接続される動力伝達系 2 3 と、動力伝達系 2 3 に駆動力（トルク）を与える内燃機関 7 a とを有している。動力伝達系 2 3 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 7 a の出力軸のトルクをロータ 2 に伝達する。

内燃機関 7 a は、燃料の燃焼によって効率よく機械的エネルギーを発生させることができる。内燃機関 7 a 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 3 B に含まれる内燃機関 7 a の個数は 1 個に限定されない。

[0013] 図 1 A に示される第 3 の回転駆動装置 3 C は、複数のモータ 1 4 と、各モータ 1 4 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ーを与える内燃機関 7 a 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ーであるが、キャパシタであってもよい。第 3 の回転駆動装置 3 C では、電力バッファ 9 の蓄電容量が大きい場合でも、内燃機関 7 a の駆動力（機械的エネルギー）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 7 a 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。

[0014] 図 1 A に示される第 4 の回転駆動装置 3 D は、複数のモータ 1 4 と、各モータ 1 4 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 7 a と、内燃機関 7 a 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 2 3 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 7 a によって回転させられ、他のロータ 2 がモータ 1 4 によって回転させられる。第 4 の回転駆動装置 3 D では、内燃機関 7 a が生成する機械的エネルギー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、エネルギー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。

[0015] 図 1 B は、マルチコプタ 1 0 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 1 B の構成例は、回転駆動装置 3 として、図 1 A に示される第 1 の回転駆動装置 3 A を備えている。すなわち、この例における回転駆動

装置 3 (3 A) は、モータ 1 4 と、バッテリー 5 2 とを有している。図 1 C は、マルチコプタ 1 0 を模式的に示す側面図である。

[0016] 図 1 B および図 1 C に示されるマルチコプタ 1 0 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 5 A で複数のロータ 2 を回転可能に支持している。各アーム 5 A の先端付近にはロータ 2 を回転させるモータ 1 4 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 1 1」ということがある。

[0017] 図 1 B の例において、マルチコプタ 1 0 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。

[0018] 機体本体 4 は、マルチコプタ 1 0 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 4 a と、制御装置 4 a に接続されたセンサ群 4 b と、制御装置 4 a に接続された通信装置 4 c と、バッテリー 5 2 と、を含む。

[0019] 制御装置 4 a 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 4 b 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。

[0020] センサ群 4 b 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) を含む得る。

[0021] 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む得る。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。

[0022] 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。

[0023] 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、その推力が相対的に小さなロータ2とを含んでもよい。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。

[0024] 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。

[0025] 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は、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。

[0026] 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およびバッテリー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。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] 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、「インプラメント」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、モア（草刈機）、シーダ（播種機）、スプレッタ（施肥機）、レーキ、ベアラ（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。

[0031] 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。

[0032] 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が備えるバッテリー52または発電装置8などの駆動エネルギー源から、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ーを備えていることが好ましい。

[0033] 図2Aは、バッテリー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。バッテリー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ー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、バッテリー52に電氣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。

[0034] 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。

[0035] 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、バッテリー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 に電氣的に接続される給電装置 7 6 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ーである。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 ESC 1 6 を介してモータ 1 4 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 7 6 を介して作業機 2 0 0 にも供給され得る。

[0036] 図 2 C は、パラレルハイブリッド駆動型のマルチコプタ 1 0 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 1 0 は、シリーズハイブリッド駆動型のマルチコプタ 1 0 と同様に、複数のロータ 1 2 と、複数のロータ 1 2 をそれぞれ駆動する複数のモータ 1 4 と、複数の ESC 1 6 と、制御装置 4 a と、センサ群 4 b と、通信装置 4 c と、内燃機関 7 a と、燃料タンク 7 b と、発電装置 8 と、電力バッファ 9 と、給電装置 7 6 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 1 0 は、更に、内燃機関 7 a の駆動力を伝達するドライブトレイン 2 7 と、ドライブトレイン 2 7 から内燃機関 7 a の駆動力を受けて回転するロータ 2 2 と、を備える。ロータ 1 2 およびロータ 2 2 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 2 7 に接続されて回転するロータ 2 2 は、1 個であってもよいし、2 個以上であってもよい。

[0037] パラレルハイブリッド駆動型のマルチコプタ 1 0 では、内燃機関 7 a は、発電装置 8 を駆動して発電を行うだけでなく、ロータ 2 2 を回転させるためのエネルギーを機械的にロータ 2 2 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 1 0 では、発電装置 8 が生成する電力によって全てのロータ 1 2 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 1 0 では、発電装置 8 が例えば燃料電池であれば、内燃機関 7 a は必須の構成要素ではない。

[0038] 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。

[0039] <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。

[0040] 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。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] <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。

[0044] 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。

[0045] 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。

[0046] 制御装置30は、電氣的に独立した配線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。

[0047] 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を、内燃機関を制御する「コントローラ」と呼ぶ場合がある。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、デジタルーアナログ変換器（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、減速機などの機械装置が設けられ得る。

[0048] 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。

[0049] 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。

[0050] 発電装置42は、パワーマネジメント装置44に接続されている。パワーマネジメント装置44は、制御装置30および後述するバッテリーマネジメント装置54に接続されている。パワーマネジメント装置44は、制御装置30またはバッテリーマネジメント装置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およびバッテリー52が必要とする電力に応じて、パワーマネジメント装置44によって可変に制御され得る。

[0051] 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ー52と、バッテリー52の充放電を制御するバッテリーマネジメント装置54と、を更に備えている。

[0052] バッテリー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、バッテリーマネジメント装置54および制御装置30によって制御され

得る。バッテリーマネジメント装置54は、バッテリー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、バッテリー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。

[0053] バッテリーマネジメント装置54は、バッテリー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、バッテリー52が充電を必要とする状態にあるとき、バッテリーマネジメント装置54は、パワースイッチ56によって発電装置42とバッテリー52とを電氣的に接続し、発電装置42からの電力をバッテリー52に供給して充電動作を実行する。このとき、バッテリーマネジメント装置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、バッテリー52が充電を必要としない状態にあるとき、バッテリーマネジメント装置54は、パワースイッチ56によって発電装置42とバッテリー52との間の電氣的接続を切断し、バッテリー52への充電を停止する。

[0054] 本実施形態において、バッテリー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、バッテリー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ー52の蓄電容量を増加させる必要性は低い。

[0055] なお、バッテリー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、バッテリーマ

ネジメント装置 54 は、発電装置 42 からの直流電力の一部をバッテリー 52 に供給してバッテリー 52 の充電を行うように動作する。

[0056] バッテリー 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、バッテリー 52 から出力される電圧を、例えば 24 V、12 V、5 V に降圧する機能を有している。バッテリー 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。

[0057] 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 またはバッテリー 52 に電氣的に接続される。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。

[0058] 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ー(補機バッテリー)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ーの充電がバッテリー 52 または発電装置 42 から行われてもよい。

[0059] 本実施形態において、モータ 14 は、複数の第 1 ロータ (サブロータ) 12 をそれぞれ駆動する複数の「姿勢制御装置」として機能する。また、内燃機関であるメインロータ駆動部 24 は、第 2 ロータ (メインロータ) 22 を駆動する「主推力発生装置」として機能する。

[0060] 本実施形態では、制御装置 30 が、複数のモータ 14 から出力される第 1 駆動パワーと、メインロータ駆動部 24 から出力される第 2 駆動パワーとの比率(パワー比率)を変化させることが可能である。

[0061] 一般に、モータ 14 の応答性は内燃機関の応答性よりも優れている。ロータ 12、22 の回転に必要なトルクについて、トルク指令信号が入力された

時点からトルク目標値に達するまでの時間を「応答時間」と呼ぶ場合、モータの応答時間は、内燃機関の応答時間の例えば1/100程度である。このため、マルチコプタ100の姿勢を制御するには、マルチコプタ100の姿勢角について、現在値と目標値との差異を検出し、この差異を小さくするように、複数のサブロータ12のそれぞれの回転速度を高い応答速度で制御することが望ましい。ロータの回転速度の増加は推力の増加を生む。複数のサブロータ12のそれぞれの推力を調整することにより、マルチコプタ100の姿勢を高精度に、かつ、迅速に制御することが可能になる。

[0062] 一方、内燃機関は大きな推力を効率的に発生させることができる。サブロータ12の回転は、内燃機関であるメインロータ駆動部24の動力によって生成される電力を用いて行われるが、機械的エネルギーを電気的エネルギーに変換するときのエネルギー損失が発生する。このため、エネルギー消費効率を高める観点から、メインロータ駆動部24は、メインロータ22を回転させて主推力発生に利用されることが好ましい。また、メインロータ22の推力を高めるため、メインロータ22の直径は、複数の第1ロータ12のそれぞれの直径よりも大きいことが好ましい。

[0063] 図4に例示する機体本体120は、デコンプレッション制御装置91と、ウォータポンプ92と、燃料ポンプ93とを更に備えている。デコンプレッション制御装置91は、内燃機関であるメインロータ駆動部24に設けられたデコンプレッションの動作を制御するための装置である。デコンプレッション制御装置91の例はソレノイドである。ソレノイドはモータの一種である。

[0064] 機体本体120には、メインロータ駆動部24を冷却するための水冷システムが設けられている。水冷システムは、例えばウォータポンプ92、ラジエータ、ラジエータファン、およびサーモスタットを備える。ウォータポンプ92は、メインロータ駆動部24に供給するクーラント（冷却水）の循環を制御するための電装品である。燃料ポンプ93は、燃料タンクからメインロータ駆動部24に燃料を供給するための電装品である。

[0065] 図4に示す例において、デコンプレッション制御装置91、ウォータポンプ92および

び燃料ポンプ93のそれぞれは、配線80を介してパワー回路基板60に接続され、パワー回路基板60から電力の供給を受ける。例えば、デコンプレッソ制御装置91、ウォータポンプ92および燃料ポンプ93のそれぞれに接続する配線80に、メインロータ制御ユニット26の制御下で動作するリレーが設けられ得る。パワー回路基板60から当該リレーを介して、パワー回路基板60によって降圧された所望の電力がこれらの電装品に供給され得る。また、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にも供給されている。

[0066] 図4に例示する機体本体120は、メインロータ制御ユニット26とパワー回路基板60との間に接続されたりレー94を更に備えている。パワー回路基板60からリレー94を介してメインロータ制御ユニット26に所望の電力が供給される。リレー94は、配線82を介して制御装置30に電氣的に接続されており、制御装置30の制御下で動作する。リレー94をオフすることによって、メインロータ制御ユニット26とパワー回路基板60との間の電氣的接続を切断し、メインロータ制御ユニット26への電力供給を瞬時に停止することが可能である。

[0067] 図5は、バッテリー52から各電装品に供給される電力システムの例を示すブロック図である。

[0068] 前述したように、パワー回路基板60は、バッテリー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。本実施形態におけるバッテリー52のバッテリー電圧は288Vである。言い換えると、バッテリー52から出力される直流電圧は288Vである。ただし、この電圧値は例示であり、直流電圧は例えば250V以上であり得る。パワー回路基板60は、バッテリー52のバッテリー電圧に基づく第1直流電圧を第2直流電圧に降圧する第1電源回路を有し、バッテリー52のバッテリー電圧を第1直流電圧に降圧する第2電源回路を更に有し得る。第1および第2電源回路のそれぞれは、例えばDC-DCコンバータである。第1直流電圧は例えば20V以上30V以下であり、第2直流電圧は例えば10V以上20V以下であ

る。第2直流電圧に対する第1直流電圧の比は、例えば1.5以上3以下である。

[0069] 本実施形態において、バッテリー電圧は288Vであり、第1直流電圧は24Vであり、第2直流電圧は12Vである。図5に示す例におけるパワー回路基板60は、288Vのバッテリー電圧を24Vの第1直流電圧に降圧するDC-DCコンバータ61、および24Vの第1直流電圧を12Vの第2直流電圧に降圧するDC-DCコンバータ62を有する。DC-DCコンバータ61が第2電源回路に相当し、DC-DCコンバータ62が第1電源回路に相当する。パワー回路基板60は、24Vの第1直流電圧または12Vの第2直流電圧を5Vの直流電圧に降圧するDC-DCコンバータを更に有し得る。5Vの直流電圧は、例えば制御装置30に含まれるフライトコントローラ32のような電子部品の電源電圧として利用される。

[0070] パワー回路基板60のDC-DCコンバータ62から複数の電装品に12Vの第2直流電圧が供給される。図5に示す例において、複数の電装品は、メインロータ制御ユニット26（ECU）、デコンプ制御装置91、ウォータポンプ92、燃料ポンプ93、およびリレー94を含む。DC-DCコンバータ62に接続するこれらの電装品にDC-DCコンバータ62から12Vの第2直流電圧が供給される。

[0071] DC-DCコンバータ62に接続する複数の電装品は、起動時に閾値電力よりも小さい電力を消費する第1の電装品群、および、起動時に閾値電力よりも大きい電力を消費する第2の電装品群を含む。起動とは、電装品に電力を供給して所望の動作を開始させることである。図5に示す例において、第1の電装品群は、リレー94およびメインロータ制御ユニット26を含む。第2の電装品群は、デコンプ制御装置91、ウォータポンプ92および燃料ポンプ93を含む。更に、第2の電装品群は、起動時に第1電力を消費する第1電装品、および、起動時に第2電力を消費する第2電装品を含む。第1電力は第2電力と同じであっても異なってもよい。第2の電装品群は、起動時に第1電力よりも小さく、かつ、第2電力よりも小さい第3電力を消

費する第3電装品を更に含む。図5に示す例において、第1電装品が燃料ポンプ93であり、第2電装品がデコンプレッション制御装置91であり、第3電装品がウォータポンプ92である。

[0072] 第2の電装品群に含まれるデコンプレッション制御装置（ソレノイド）91、ウォータポンプ92または燃料ポンプ93などの電動モータは、起動時に大きな電力を必要とする。言い換えると、これらの電装品は、起動時に大きな電力を消費する。起動時に突入電流がこれらの電装品に一時的に流れるためである。起動時に消費される電力を比較すると、デコンプレッション制御装置91、ウォータポンプ92および燃料ポンプ93のそれぞれの消費電力が、リレー94またはメインロータ制御ユニット26のいずれの消費電力よりも大きい。

[0073] 本実施形態において、起動時の消費電力は、リレー94、メインロータ制御ユニット26、デコンプレッション制御装置91、ウォータポンプ92および燃料ポンプ93の順番で、例えば2W、24W、144W、72Wおよび180Wである。第1電装品の例である燃料ポンプ93は、起動時に180Wの第1電力を消費する。第2電装品の例であるデコンプレッション制御装置91は、起動時に144Wの第2電力を消費する。第3電装品の例であるウォータポンプ92は、起動時に72Wの第3電力を消費する。このように、第1電力>第2電力>第3電力の関係が成立する。前述した閾値電力は、例えば30W以上70W以下の範囲に設定される。

[0074] 定常時の消費電力は、リレー94、メインロータ制御ユニット26、デコンプレッション制御装置（ソレノイド）91、ウォータポンプ92および燃料ポンプ93の順番で、例えば2W、24W、0W、72Wおよび72Wである。ソレノイドは、デコンプレッションを動作させるために内部のコイルを通电している間に吸引力を発生し、同時に電力を消費する。このため、ソレノイドは、定常時において電力を消費しない。

[0075] 第1電源回路の定格電力は、例えば200W以上400W以下である。第2電源回路の定格電力は、例えば500W以上700W以下である。第1電源回路の定格電力に対する第2電源回路の定格電力の比は、例えば1.5以

上3. 5以下であることが好ましい。本実施形態において、第1電源回路であるDC-DCコンバータ62の定格電力は300Wであり、第2電源回路であるDC-DCコンバータ61の定格電力は600Wである。第1電源回路であるDC-DCコンバータ62に接続する第1および第2の電装品群のすべてを同時に起動させた場合を考える。この場合、起動時の消費電力の合計が422Wとなり、DC-DCコンバータ62の定格電力(300W)を上回る事となる。したがって、第1および第2の電装品群のすべてを同時に起動させるためには、422W以上の定格電力を有するより大規模の電源回路が必要になる。この問題を解決するために、本実施形態においては、メインロータ駆動部24が始動してから、第2の電装品群に含まれる第1電装品が起動するタイミングを、第2の電装品群に含まれる第2電装品が起動するタイミングと異ならせる。

[0076] 本実施形態において、制御装置30が第1および第2の電装品群の起動のタイミングを制御する。言い換えると、制御装置30が第1および第2の電装品群の起動シーケンスを制御する。具体的には、メインロータ駆動部24が始動してから(例えばイグニッションスイッチがオンしてから)、制御装置30が、第1の電装品群および第1電装品を起動した後に、第2電装品を起動する。制御装置30は、第2電装品群に含まれる一部の電装品(例えば第2電装品)を起動した後、第2電装品群に含まれる他の電装品(例えば第3電装品)を更に起動する。

[0077] 図8は、DC-DCコンバータ62、第1電装品および第2電装品のそれぞれの消費電力の時間変化を示すグラフである。図8における上段のグラフ(A)が、DC-DCコンバータ62の消費電力を示し、中段のグラフ(B)が第1電装品の消費電力を示し、下段のグラフ(C)が第2電装品の消費電力を示す。各グラフの縦軸が消費電力であり、横軸が時間である。図8に示すように、制御装置30は、第1の電装品群および第1電装品を起動した後、当該電装品による消費電力が低下してから、第2電装品群の一部又は全部を起動する。このような起動シーケンスによれば、DC-DCコンバータ

62に接続する複数の電装品の合計の消費電力をDC-DCコンバータ62の定格電力に収めることが可能となる。

[0078] 図6は、第1および第2の電装品群の起動シーケンスを例示するフローチャートである。制御装置30は、先ず、第1の電装品群に含まれるリレー94、メインロータ制御ユニット26、および第2の電装品群に含まれる第1電装品である燃料ポンプ93を起動する（ステップS10）。リレー94、メインロータ制御ユニット26、および燃料ポンプ93の起動時の消費電力の合計は206Wであり、DC-DCコンバータ61の定格電力（300W）未満である。

[0079] 次に、制御装置30は、リレー94、メインロータ制御ユニット26および燃料ポンプ93を起動した後、例えば2秒後に、第2の電装品群に含まれる第2電装品であるデコンプ制御装置91を起動する（ステップS20）。デコンプ制御装置91を起動するフェーズにおいて、起動済のリレー94、メインロータ制御ユニット26、および燃料ポンプ93は、それぞれ、定常時の電力を消費する。このため、電装品の消費電力は、リレー94、メインロータ制御ユニット26および燃料ポンプ93の定常時の消費電力の合計と、デコンプ制御装置91の起動時の消費電力との合計に相当する。この合計の消費電力は242Wであり、DC-DCコンバータ61の定格電力（300W）未満である。このように、本実施形態では、ステップS10～S30の3つのフェーズにおいて、定常時に電力を消費しないデコンプ制御装置91を、ステップS10とS30との間のフェーズ（ステップS20）で起動させる。

[0080] 次に、制御装置30は、デコンプ制御装置91を起動した後、例えば1秒後に、第2の電装品群に含まれる第3電装品であるウォータポンプ92を起動する（ステップS30）。ウォータポンプ92を起動するフェーズにおいて、起動済のリレー94、メインロータ制御ユニット26および燃料ポンプ93は、それぞれ、定常時の電力を消費する。なお、前述したように、デコンプ制御装置91は定常時に電力を消費しない。このため、電装品の消費電

力は、リレー94、メインロータ制御ユニット26および燃料ポンプ93の定常時の消費電力の合計と、ウォータポンプ92の起動時の消費電力との合計に相当する。この合計の消費電力は170Wであり、DC-DCコンバータ61の定格電力(300W)未満である。

[0081] ウォータポンプ92を起動した後、第1および第2の電装品群に含まれる電装品のすべては、定常時の電力を消費する。図5に例示する第1および第2の電装品群が定常時に消費する電力の合計は、170Wであり、DC-DCコンバータ61の定格電力(300W)未満である。

[0082] このように本実施形態における起動シーケンスによれば、第1電源回路に接続される複数の電装品を起動させるときに、第2の電装品群に含まれる第1~第3電装品のそれぞれに一時的に流れる突入電流によって生じる電力ピークが時間的に重ならないように、第1~第3電装品の起動のタイミングが調整される。具体的には、第2電装品の起動のタイミングを第1電装品の起動のタイミングよりも後にずらし、第3電装品の起動のタイミングを第2電装品の起動のタイミングよりも後にずらすことで、それぞれの電力ピークがずらされる。これにより、複数の電装品が起動時に消費する電力の合計が定格電力を上回る場合であっても、その消費電力を第1電源回路の定格電力未満とすることが可能となる。結果として、定格電力のより小さい電源回路(DC-DCコンバータ)を利用することが可能となる。このことは、電源回路の規模縮小、コストおよび重量の削減に寄与し得る。マルチコプタは、飛行時間を増加させる観点から軽量化が望まれている。とりわけ、電源回路の軽量化は、マルチコプタの軽量化に貢献し得る。

[0083] 図7は、制御装置30のハードウェア構成例を示すブロック図である。制御装置30は、プロセッサ34、ROM(Read Only Memory)35、RAM(Random Access Memory)36、記憶装置37、および通信I/F38を備える。これらの構成要素は、バス39を介して相互に接続される。

[0084] プロセッサ34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34は、ROM35に格納された、コンピュータプログラムを逐次実行し、前述した処理を実現する。プロセッサ34は、CPUを搭載したFPGA（Field Programmable Gate Array）、GPU（Graphic Processor 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。

[0085] ROM35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である。ROM35は、プロセッサの動作を制御するプログラムを記憶している。ROM35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。

[0086] RAM36は、ROM35に格納されたプログラムをブート時に一旦展開するための作業領域を提供する。RAM36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。

[0087] 通信I/F38は、制御装置30と他の電子部品または電子制御ユニット（ECU）との間で通信を行うためのインタフェースである。例えば、通信I/F38は、種々のプロトコルに準拠した有線通信を行うことができる。通信I/F38は、Bluetooth（登録商標）規格および／またはWi-Fi（登録商標）規格に準拠した無線通信を行ってもよい。いずれの規格も、2.4GHz帯の周波数を利用した無線通信規格を含む。

[0088] 記憶装置37は、例えば、半導体メモリ、磁気記憶装置、または光学記憶装置、またはそれらの組合せであり得る。記憶装置37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] なお、制御装置4aは、前述したように、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が図6に示される各処理を実行し、その処理の結果に基づく起動シーケンスに関する指令をコンパニオンコンピュータから制御装置30に与えてもよい。また、マルチコプタ100に搭載される制御装置30のような電装品の一部または全部の機能は、通信ネットワークによってマルチコプタ100の通信装置4cに接続される1または複数のサーバー（コンピュータ）または端末装置（携帯型および固定型を含む）によって実現されてもよい。

[0090] 実施形態における各種の機能を提供するシステムを、それらの機能を有しないマルチコプタに後から取り付けることもできる。そのようなシステムは、マルチコプタとは独立して製造および販売され得る。そのようなシステムで使用されるコンピュータプログラムも、マルチコプタとは独立して製造および販売され得る。コンピュータプログラムは、例えばコンピュータが読み取り可能な非一時的な記憶媒体に格納されて提供され得る。コンピュータプログラムは、電気通信回線（例えばインターネット）を介したダウンロードによっても提供され得る。

[0091] 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。

[0092] [項目1]

複数のロータを備える無人航空機であって、
内燃機関と、
前記内燃機関によって駆動されて電力を生成する発電装置と、
前記電力を蓄えるバッテリーと、
前記バッテリーから電力が供給される複数の電装品と、
を備え、
前記複数の電装品は、起動時に閾値電力よりも小さい電力を消費する第1の電装品群、および、起動時に前記閾値電力よりも大きい電力を消費する第2の電装品群を含み、
前記第2の電装品群は、起動時に第1電力を消費する第1電装品、および

、起動時に第2電力を消費する第2電装品を含み、

前記内燃機関が始動してから、前記第1電装品が起動するタイミングが、前記第2電装品が起動するタイミングと異なる、無人航空機。

[0093] [項目2]

前記内燃機関が始動してから前記第1の電装品群および前記第1電装品が起動した後に、前記第2電装品が起動する、項目1に記載の無人航空機。

[0094] [項目3]

前記第2電装品は、定常時において電力を消費しない、項目1または2に記載の無人航空機。

[0095] [項目4]

前記複数のロータに含まれる複数の第1ロータをそれぞれ駆動する複数の電動モータを備え、

前記内燃機関は、前記複数のロータに含まれる少なくとも1つの第2ロータを駆動する、項目1から3のいずれか1項に記載の無人航空機。

[0096] [項目5]

前記第2電装品は、前記内燃機関に設けられたデコンプレッションの動作を制御するデコンプレッション制御装置である、項目4に記載の無人航空機。

[0097] [項目6]

前記内燃機関を制御するコントローラと、
を備え、

前記第1の電装品群は、前記コントローラを含む、項目5に記載の無人航空機。

[0098] [項目7]

前記第2の電装品群は、起動時に前記第1電力よりも小さく、かつ、前記第2電力よりも小さい第3電力を消費する第3電装品を更に含み、

前記内燃機関が始動してから前記第1の電装品群および前記第1電装品が起動した後に、前記第2電装品が起動し、前記第2電装品の起動後に前記第3電装品が起動する、項目6に記載の無人航空機。

[0099] [項目 8]

前記内燃機関に供給するクーラントの循環を制御するウォータポンプと、
前記内燃機関に燃料を供給する燃料ポンプと、
を備え、

前記第 1 電装品は前記燃料ポンプであり、前記第 3 電装品は前記ウォータポンプである、項目 7 に記載の無人航空機。

[0100] [項目 9]

前記バッテリーのバッテリー電圧に基づく第 1 直流電圧を第 2 直流電圧に降圧する第 1 電源回路を備える、項目 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の無人航空機。

[0101] [項目 10]

前記バッテリーの前記バッテリー電圧を前記第 1 直流電圧に降圧する第 2 電源回路を備える、項目 9 に記載の無人航空機。

[0102] [項目 11]

前記第 1 電源回路の定格電力に対する前記第 2 電源回路の定格電力の比は、1.5 以上であり、

前記第 2 直流電圧に対する前記第 1 直流電圧の比は、1.5 以上である、
項目 10 に記載の無人航空機。

産業上の利用可能性

[0103] 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

[0104] 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・・・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・・・バッテリー、54・・・バッテリー

マネジメント装置

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、
内燃機関と、
前記内燃機関によって駆動されて電力を生成する発電装置と、
前記電力を蓄えるバッテリーと、
前記バッテリーから電力が供給される複数の電装品と、
を備え、
前記複数の電装品は、起動時に閾値電力よりも小さい電力を消費する第1の電装品群、および、起動時に前記閾値電力よりも大きい電力を消費する第2の電装品群を含み、
前記第2の電装品群は、起動時に第1電力を消費する第1電装品、および、起動時に第2電力を消費する第2電装品を含み、
前記内燃機関が始動してから、前記第1電装品が起動するタイミングが、前記第2電装品が起動するタイミングと異なる、無人航空機。
- [請求項2] 前記内燃機関が始動してから前記第1の電装品群および前記第1電装品が起動した後に、前記第2電装品が起動する、請求項1に記載の無人航空機。
- [請求項3] 前記第2電装品は、定常時において電力を消費しない、請求項1または2に記載の無人航空機。
- [請求項4] 前記複数のロータに含まれる複数の第1ロータをそれぞれ駆動する複数の電動モータを備え、
前記内燃機関は、前記複数のロータに含まれる少なくとも1つの第2ロータを駆動する、請求項1から3のいずれか1項に記載の無人航空機。
- [請求項5] 前記第2電装品は、前記内燃機関に設けられたデコンプレッションの動作を制御するデコンプレッション制御装置である、請求項4に記載の無人航空機。
- [請求項6] 前記内燃機関を制御するコントローラと、

を備え、

前記第 1 の電装品群は、前記コントローラを含む、請求項 5 に記載の無人航空機。

[請求項7]

前記第 2 の電装品群は、起動時に前記第 1 電力よりも小さく、かつ、前記第 2 電力よりも小さい第 3 電力を消費する第 3 電装品を更に含み、

前記内燃機関が始動してから前記第 1 の電装品群および前記第 1 電装品が起動した後に、前記第 2 電装品が起動し、前記第 2 電装品の起動後に前記第 3 電装品が起動する、請求項 6 に記載の無人航空機。

[請求項8]

前記内燃機関に供給するクーラントの循環を制御するウォータポンプと、

前記内燃機関に燃料を供給する燃料ポンプと、
を備え、

前記第 1 電装品は前記燃料ポンプであり、前記第 3 電装品は前記ウォータポンプである、請求項 7 に記載の無人航空機。

[請求項9]

前記バッテリーのバッテリー電圧に基づく第 1 直流電圧を第 2 直流電圧に降圧する第 1 電源回路を備える、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]

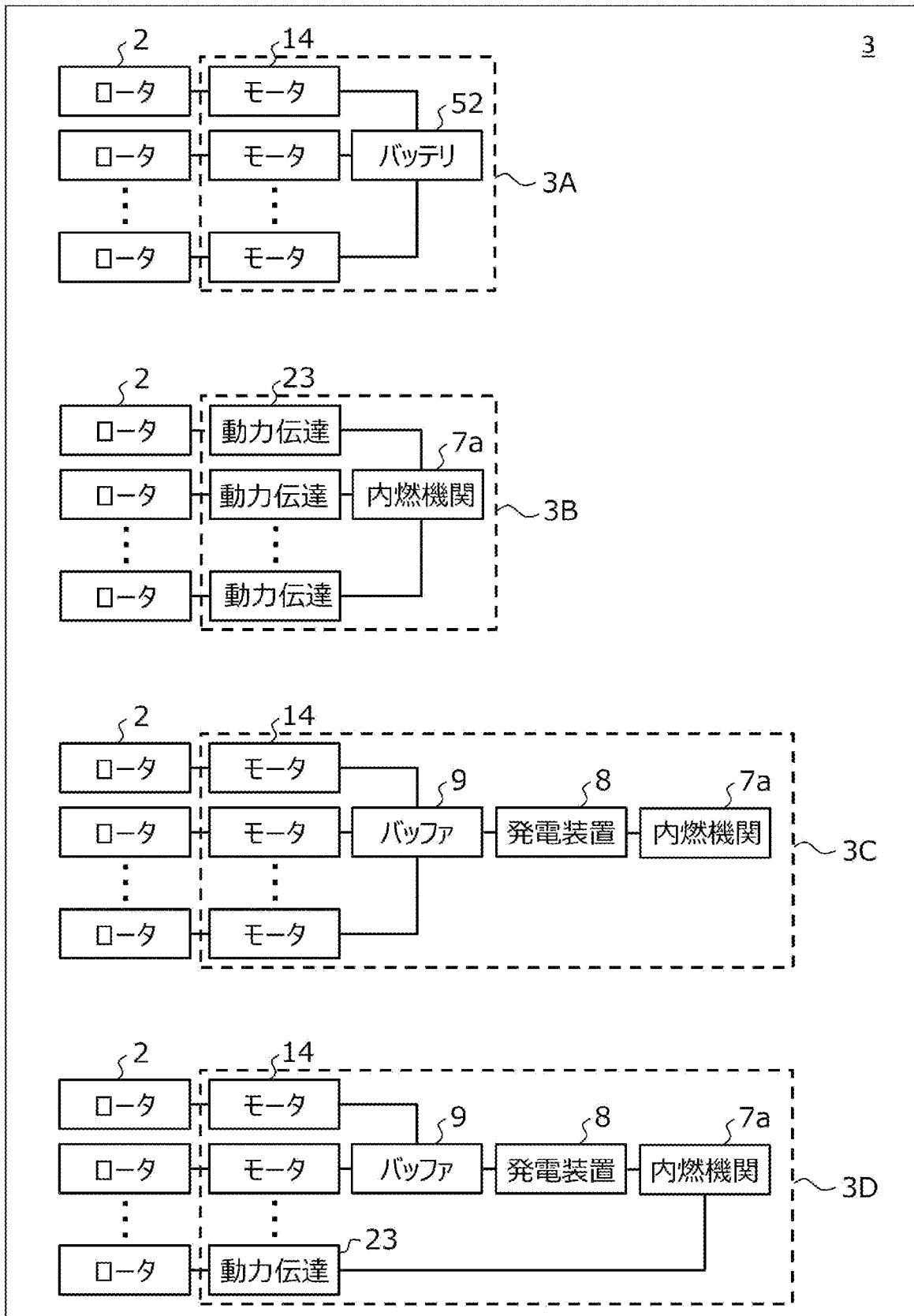
前記バッテリーの前記バッテリー電圧を前記第 1 直流電圧に降圧する第 2 電源回路を備える、請求項 9 に記載の無人航空機。

[請求項11]

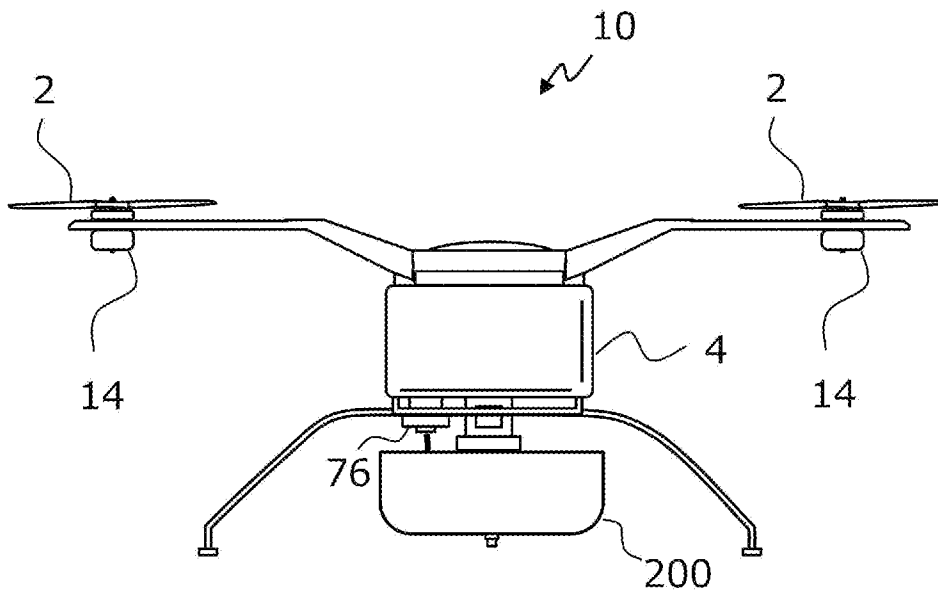
前記第 1 電源回路の定格電力に対する前記第 2 電源回路の定格電力の比は、1.5 以上であり、

前記第 2 直流電圧に対する前記第 1 直流電圧の比は、1.5 以上である、請求項 10 に記載の無人航空機。

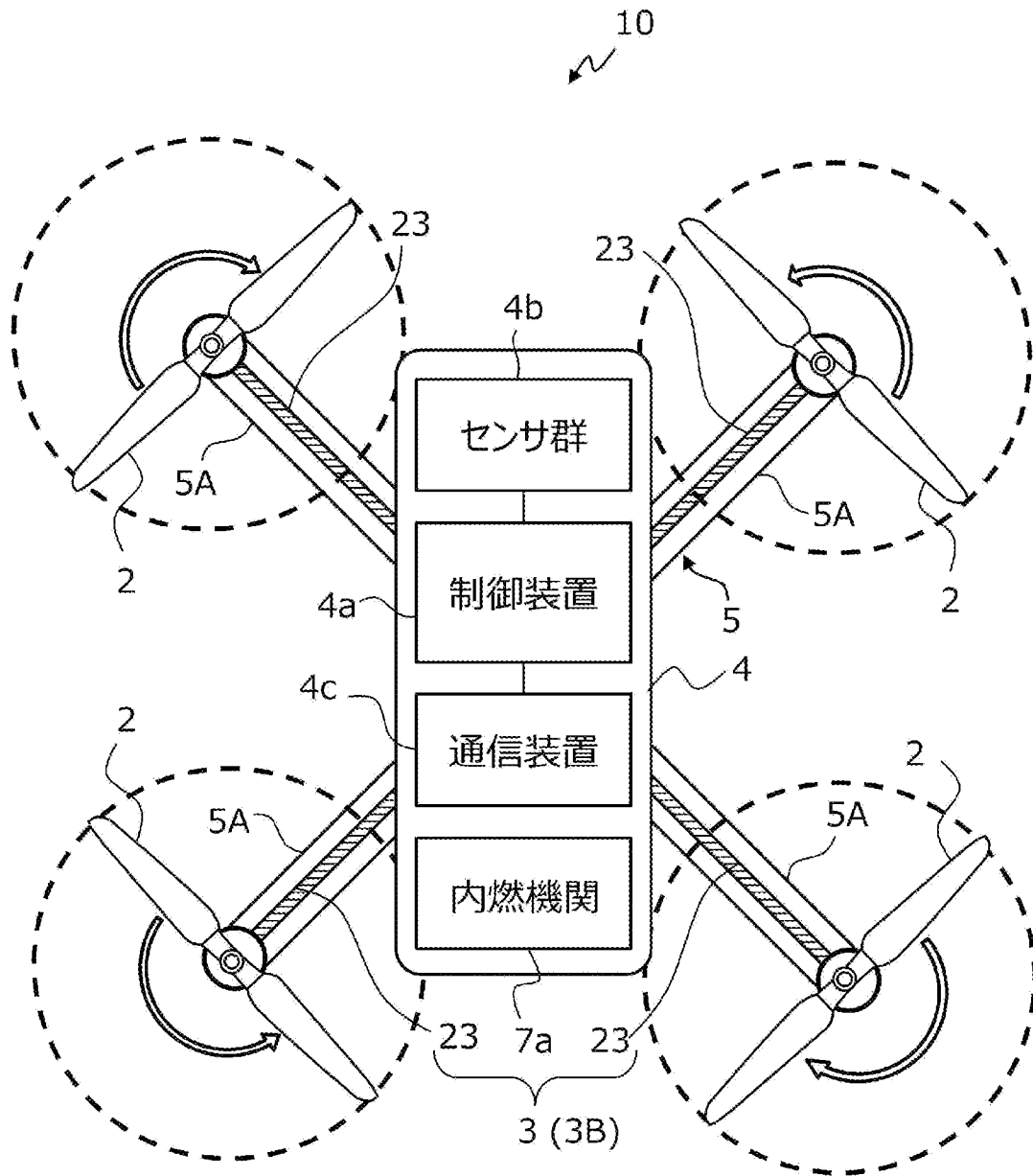
[図1A]



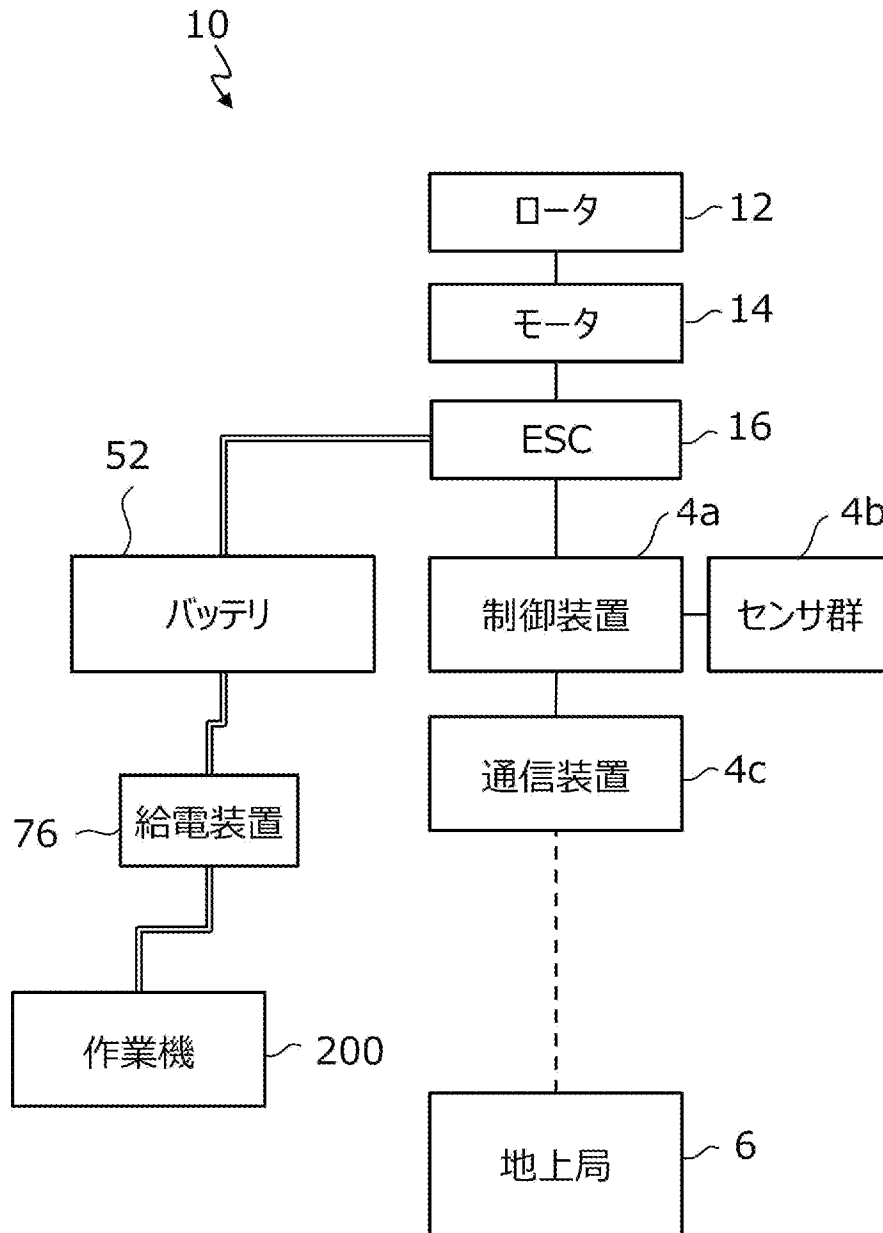
[図1C]



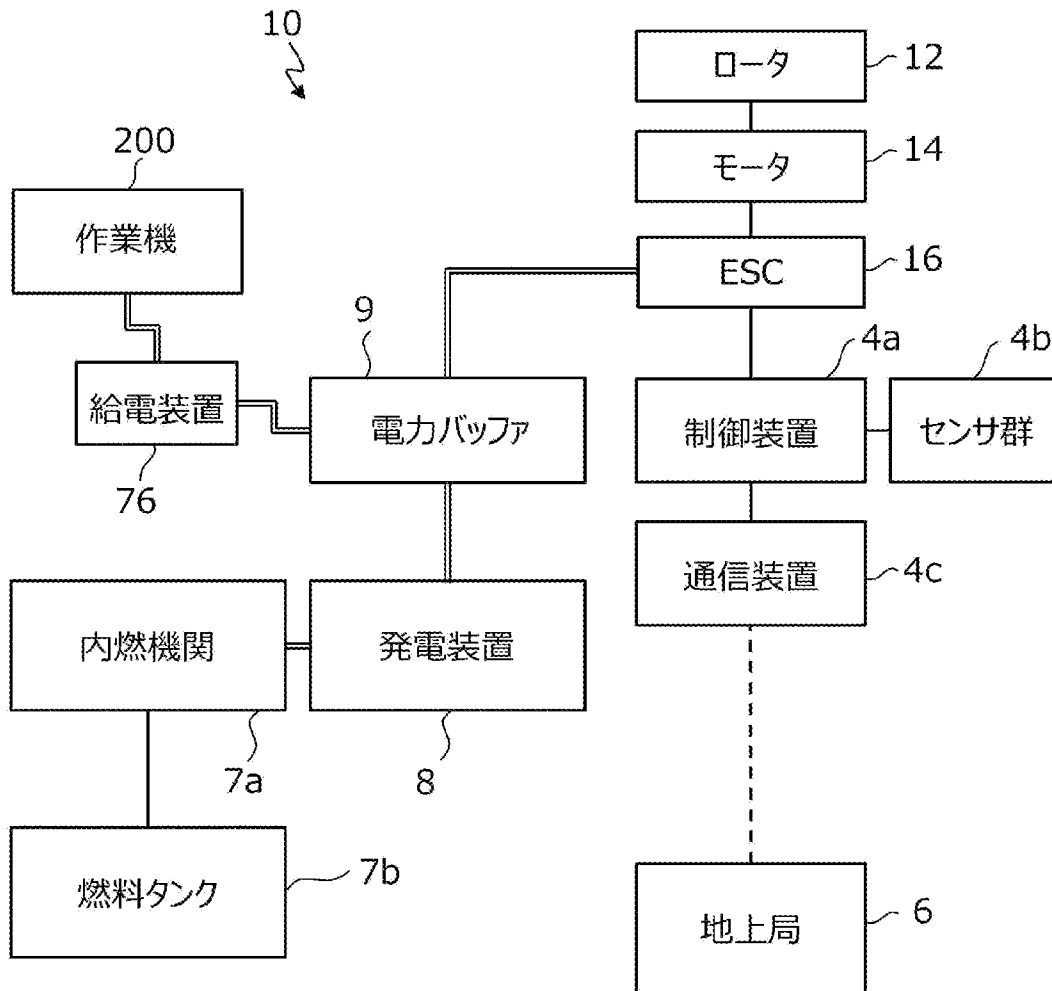
[図1D]



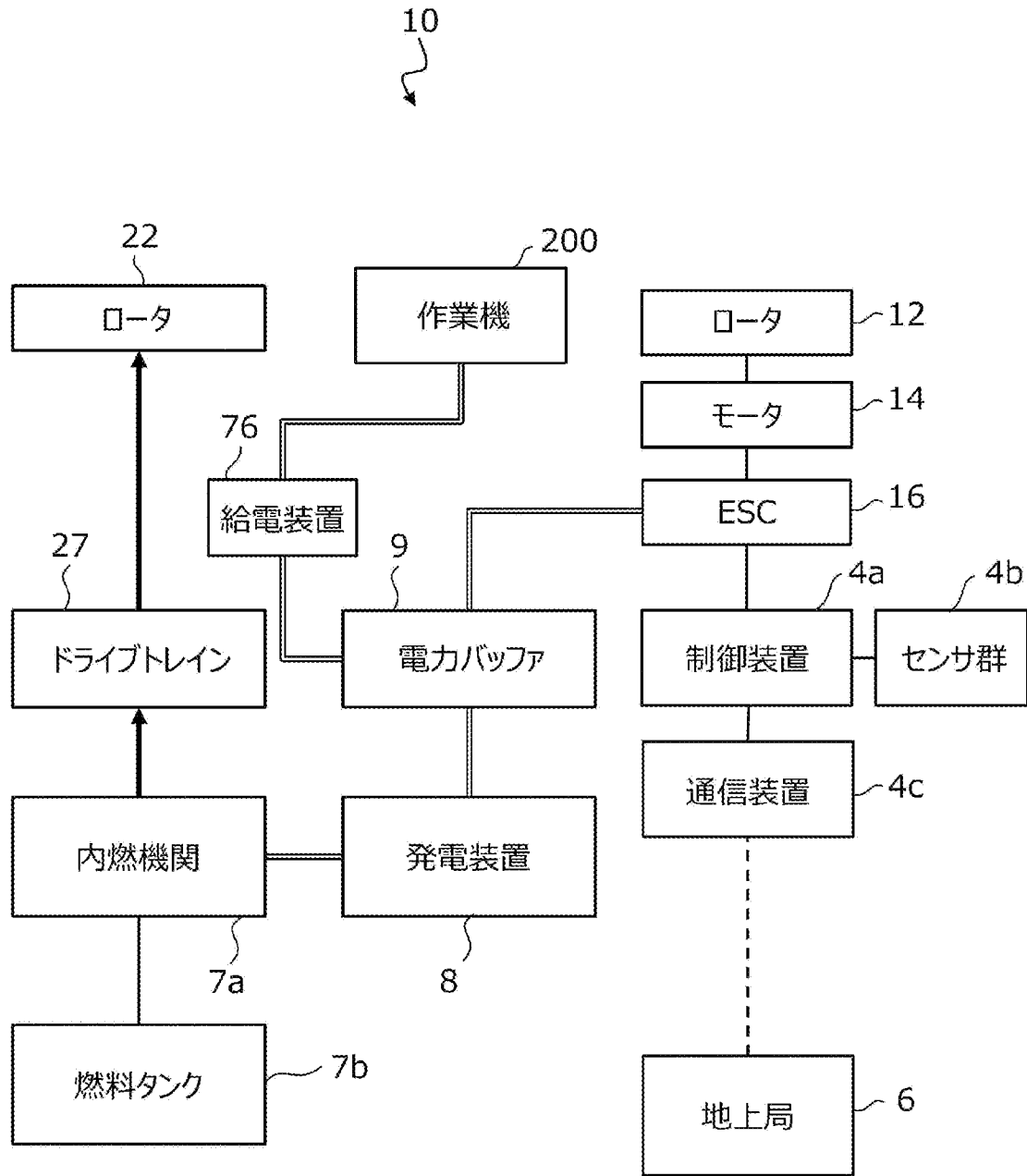
[図2A]



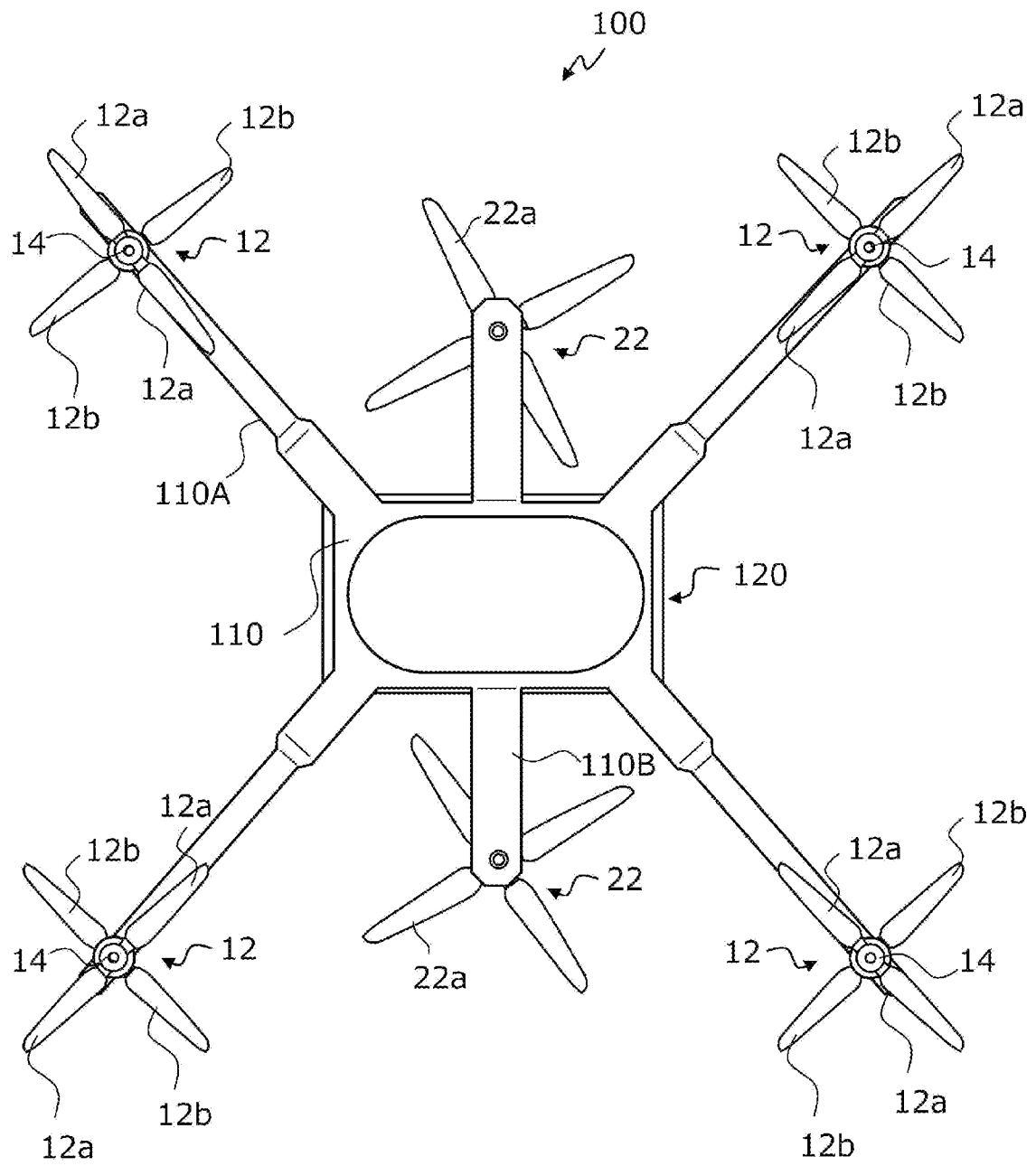
[図2B]



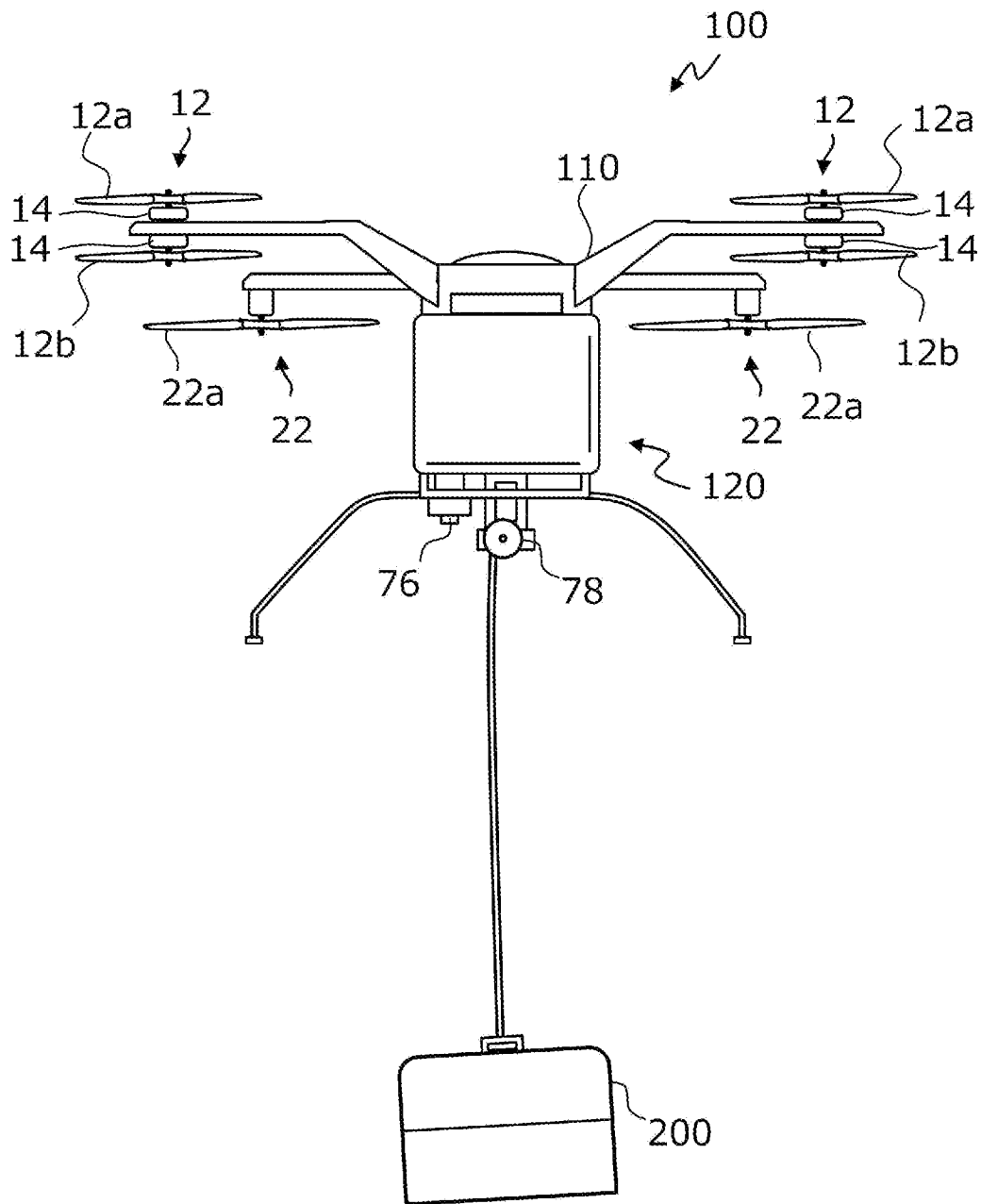
[図2C]



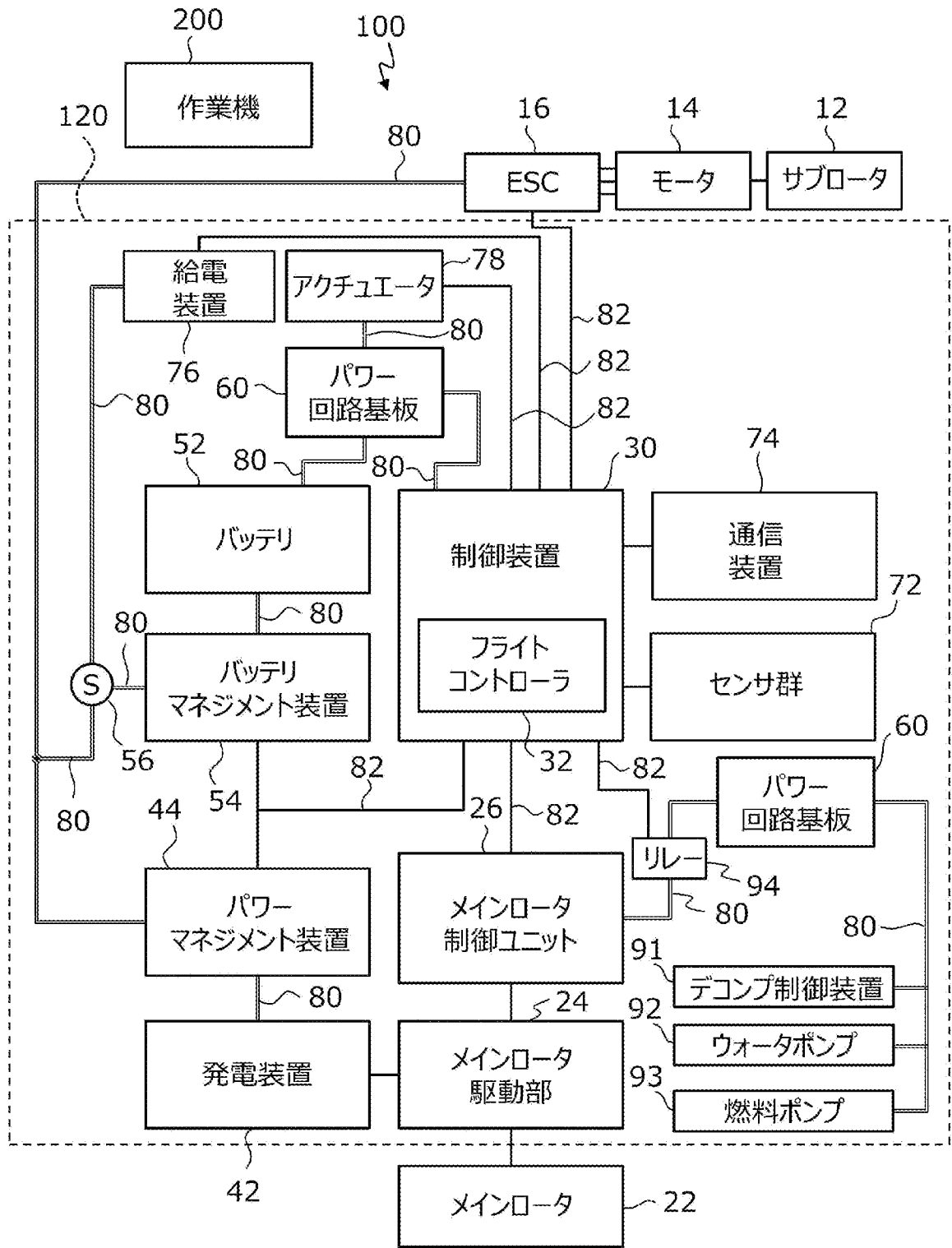
[図3A]



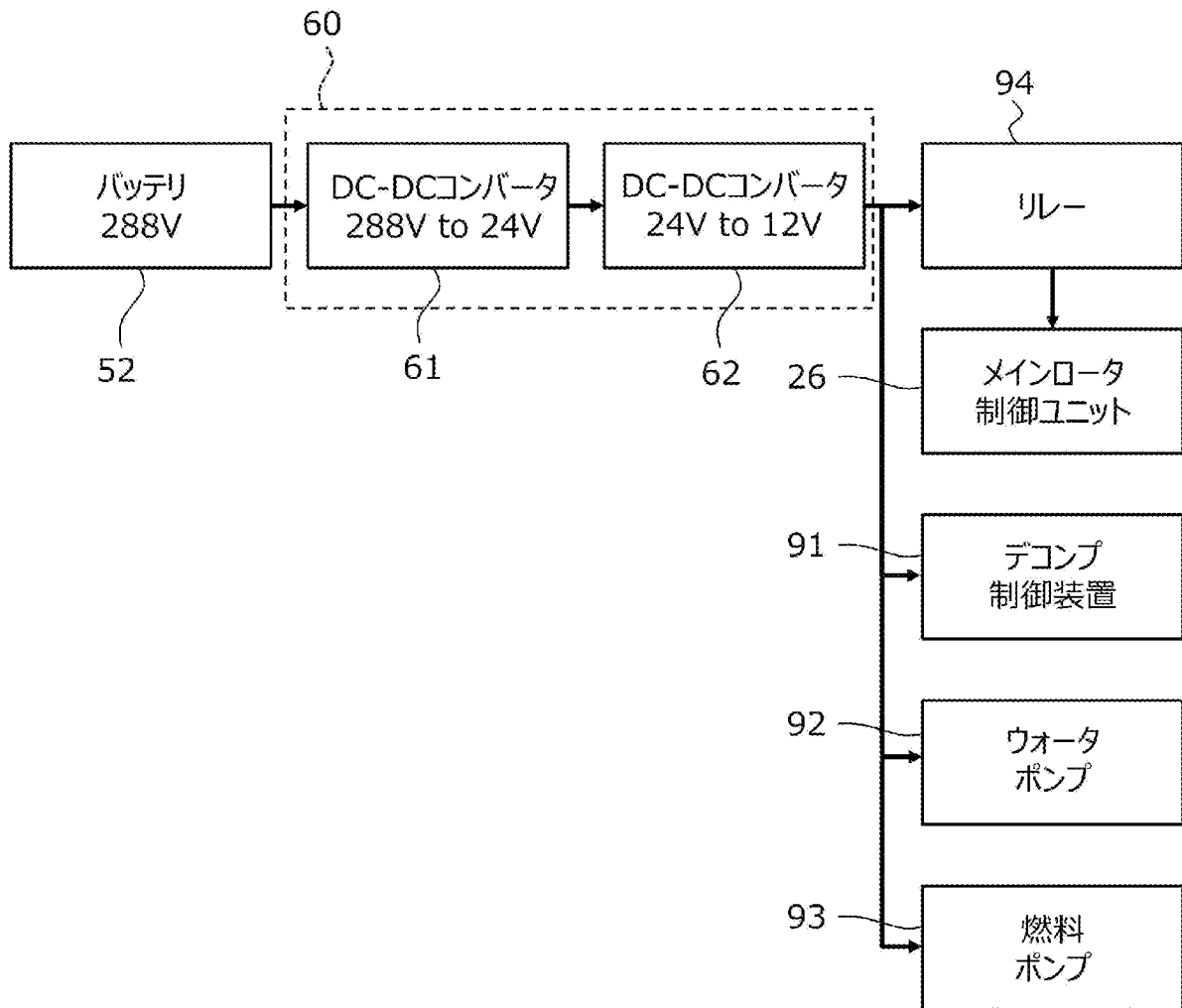
[図3B]



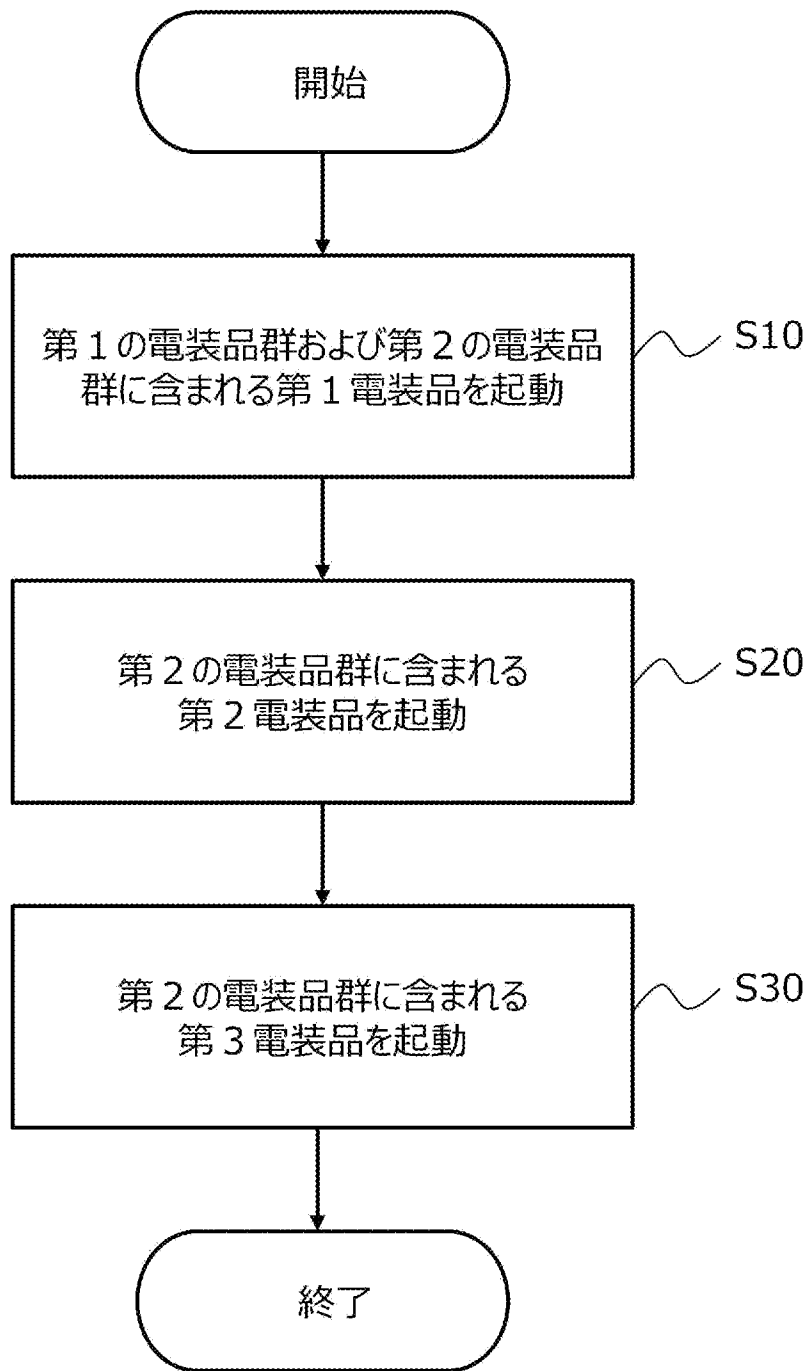
[図4]



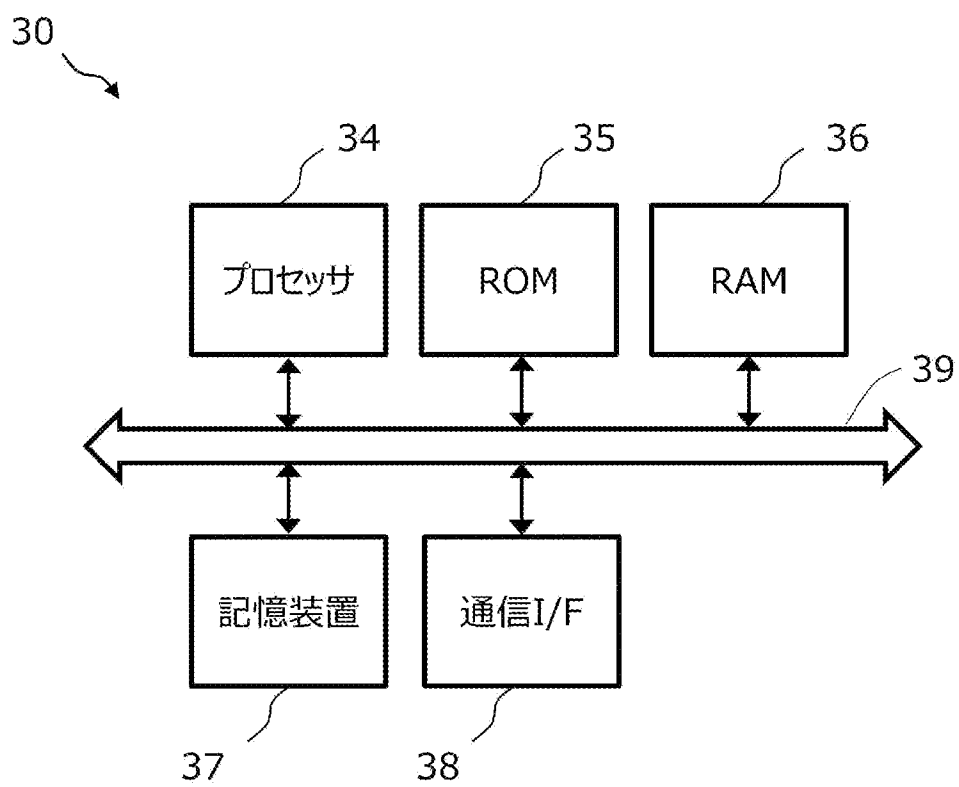
[図5]



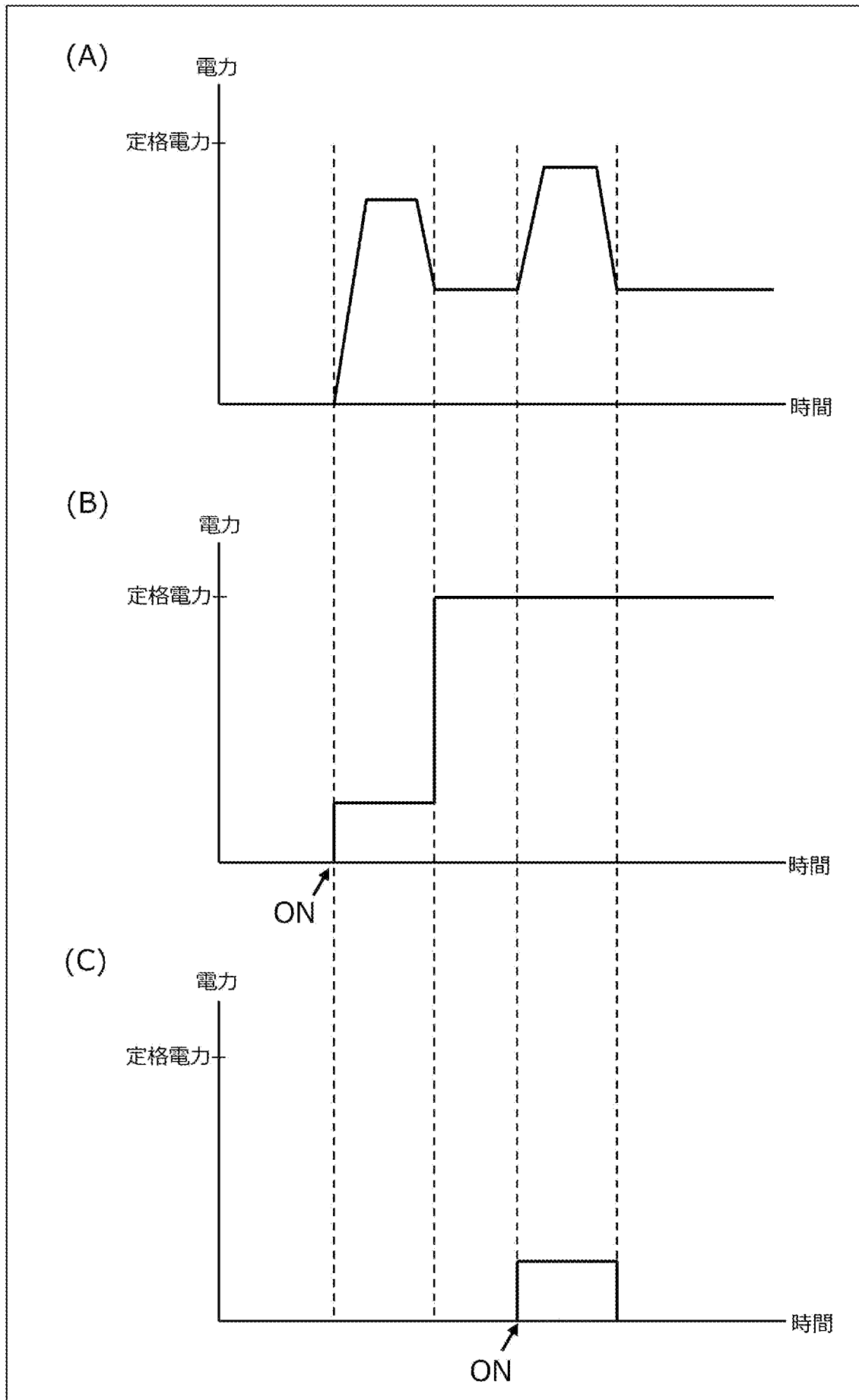
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/048188

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B64U 10/16</i> (2023.01)i; <i>B64U 50/11</i> (2023.01)i; <i>B64U 50/33</i> (2023.01)i FI: B64U50/33; B64U10/16; B64U50/11		
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) B64U10/16; B64U50/11; B64U50/33		
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.
Y	JP 7004369 B1 (ISHIKAWA ENERGY RES CO LTD) 21 January 2022 (2022-01-21) paragraphs [0021], [0059], [0060], fig. 1-4	1-11
Y	JP 11-243640 A (NEC CORPORATION) 07 September 1999 (1999-09-07) paragraphs [0002]-[0007]	1-11
A	JP 2019-501057 A (TOP FLIGHT TECHNOLOGIES, INC) 17 January 2019 (2019-01-17) fig. 1	1-11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 22 February 2023		Date of mailing of the international search report 07 March 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/048188

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 7004369 B1	21 January 2022	(Family: none)	
JP 11-243640 A	07 September 1999	(Family: none)	
JP 2019-501057 A	17 January 2019	WO 2017/087399 A1 fig. 1	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>B64U 10/16(2023.01)i; B64U 50/11(2023.01)i; B64U 50/33(2023.01)i FI: B64U50/33; B64U10/16; B64U50/11</p>														
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>B64U10/16; B64U50/11; B64U50/33</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			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				
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													
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>JP 7004369 B1 (株式会社石川エナジーリサーチ) 21.01.2022 (2022 - 01 - 21) 段落[0021]、[0059] [0060]、図1-4</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 11-243640 A (日本電気株式会社) 07.09.1999 (1999 - 09 - 07) 段落 [0002] - [0007]</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2019-501057 A (トップ フライト テクノロジーズ, インコーポレイテッド) 17.01.2019 (2019 - 01 - 17) 図1</td> <td>1-11</td> </tr> </tbody> </table>			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	Y	JP 7004369 B1 (株式会社石川エナジーリサーチ) 21.01.2022 (2022 - 01 - 21) 段落[0021]、[0059] [0060]、図1-4	1-11	Y	JP 11-243640 A (日本電気株式会社) 07.09.1999 (1999 - 09 - 07) 段落 [0002] - [0007]	1-11	A	JP 2019-501057 A (トップ フライト テクノロジーズ, インコーポレイテッド) 17.01.2019 (2019 - 01 - 17) 図1	1-11
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												
Y	JP 7004369 B1 (株式会社石川エナジーリサーチ) 21.01.2022 (2022 - 01 - 21) 段落[0021]、[0059] [0060]、図1-4	1-11												
Y	JP 11-243640 A (日本電気株式会社) 07.09.1999 (1999 - 09 - 07) 段落 [0002] - [0007]	1-11												
A	JP 2019-501057 A (トップ フライト テクノロジーズ, インコーポレイテッド) 17.01.2019 (2019 - 01 - 17) 図1	1-11												
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>														
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p>														
<p>国際調査を完了した日</p> <p>22.02.2023</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>07.03.2023</p>													
<p>名称及びあて先</p> <p>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</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>塚本 英隆 3D 3331</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3339</p>													

国際調査報告
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/048188

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
JP 7004369 B1	21.01.2022	(ファミリーなし)	
JP 11-243640 A	07.09.1999	(ファミリーなし)	
JP 2019-501057 A	17.01.2019	WO 2017/087399 A1 FIG.1	