(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 2024/142242 A1

(51) 国際特許分類:
B64U 10/16 (2023.01) *B64U 50/33* (2023.01)
B64U 50/11 (2023.01) *B64U 101/40* (2023.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/048185

(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). 株式会社石川エナジーリサーチ(**ISHIKAWA ENERGY RESEARCH CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒3792304 群馬県太田市大原町２２２５－４１ Gunma (JP).

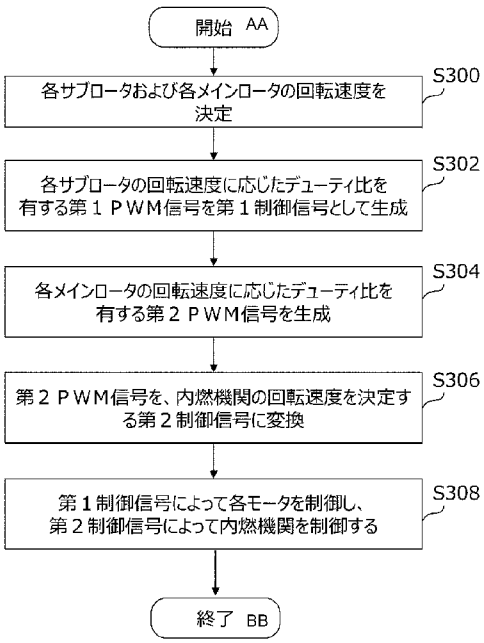
(72) 発明者: 清野 幸平(**SEINO, Kohei**); 〒5900908 大阪府堺市堺区匠町１番地１１ 株式会社クボタ グローバル技術研究所内 Osaka (JP). 長島 弘幸(**NAGASHIMA, Hiroyuki**); 〒3792304 群馬県太田市大原町２２２５－４１ 株式会社石川エナジーリサーチ内 Gunma (JP). 工藤 徳征(**KUDO, Noriyuki**); 〒3792304 群馬県太田市大原町２２２５－４１ 株式会社石川エナジーリサーチ内 Gunma (JP).

(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１

WO 2024/142242 A1

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

(54) 発明の名称： 無人航空機、ならびに無人航空機の制御システムおよび制御方法



S300 Determine rotation speed of each sub-rotor and each main rotor
S302 Generate first PWM signal with duty ratio according to rotation speed of each sub-rotor as first control signal
S304 Generate second PWM signal with duty ratio according to rotation speed of each main rotor
S306 Convert second PWM signal to second control signal for determining rotation speed of internal combustion engine
S308 Control each motor using first control signal, control internal combustion engine using second control signal
AA Start
BB End

(57) **Abstract:** Provided is an unmanned aerial vehicle comprising: a plurality of electric motors; an internal combustion engine; a plurality of first rotors respectively driven by the plurality of electric motors; at least one second rotor driven by the internal combustion engine; and a control device. In this invention, the control device determines a first rotation speed for each of the plurality of first rotors and a second rotation speed for the at least one second rotor, generates a first control signal for causing each of the plurality of electric motors to rotate on the basis of the first rotation speed for each of the plurality of first rotors, and generates a second control signal for driving the internal combustion engine on

［続葉有］

６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, 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))

the basis of the second rotation speed.

(57) 要約: 無人航空機は、複数の電動モータと、内燃機関と、前記複数の電動モータによってそれぞれ駆動される複数の第１ロータと、前記内燃機関によって駆動される少なくとも１つの第２ロータと、制御装置と、を備える。前記制御装置は、前記複数の第１ロータの各々の第１回転速度、および前記少なくとも１つの第２ロータの第２回転速度を決定し、前記複数の第１ロータの各々の前記第１回転速度に基づいて、前記複数の電動モータの各々を回転させる第１制御信号を生成し、前記第２回転速度に基づいて、前記内燃機関を駆動する第２制御信号を生成する。

明　細　書

発明の名称 ：

無人航空機、ならびに無人航空機の制御システムおよび制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、無人航空機、ならびに無人航空機の制御システムおよび制御方法に関する。

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。

[0004] 特許文献２には、ペイロードおよび連続飛行時間を増加させることが可能で、かつ飛行時における位置姿勢の調整を正確に行うことができる無人航空機（自律型飛行装置）が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０２２－１０４７３７号公報

特許文献2：特開２０１９－５９３６２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 無人航空機の最大積載量（ペイロード）および飛行時間は、用途によって

は不十分であり、更なる改良が求められている。

[0007] 本開示は、ペイロードおよび／または飛行時間を増加することが可能で農業用途に適した無人航空機を提供する。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示は、以下の項目に記載した解決手段を提供する。

[0009] ［項目Ａ１］

複数の第１ロータと、

複数の第２ロータと、

前記複数の第１ロータの回転を制御することによって機体の姿勢制御を実行し、前記複数の第２ロータの回転を制御することによって主推力を発生させる制御装置と、

を備え、

前記制御装置は、前記複数の第１ロータの回転を制御して前記機体のヨー角を調整するラダー制御を行うとき、前記複数の第２ロータの合計の推力を低下させる、

無人航空機。

[0010] ［項目Ａ２］

前記制御装置は、前記複数の第２ロータの各々の回転速度を低下させることにより、前記複数の第２ロータの合計の推力を低下させる、項目Ａ１に記載の無人航空機。

[0011] ［項目Ａ３］

前記制御装置は、目標のヨー角への制御時、前記ヨー角の制御遅延の発生時、またはヨー方向の回転もしくは揺れの発生時に、前記ラダー制御を行う、項目Ａ１またはＡ２に記載の無人航空機。

[0012] ［項目Ａ４］

前記複数の第２ロータの各々の直径は、前記複数の第１ロータの各々の直径よりも大きい、項目Ａ１からのＡ３のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0013] ［項目Ａ５］

前記複数の第２ロータの各々の１回転あたりの推力は、前記複数の第１ロータの各々の１回転あたりの推力よりも大きい、項目Ａ１からＡ４のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0014] ［項目Ａ６］

前記機体の中心から前記複数の第２ロータの各々の回転軸までの距離は、前記機体の中心から前記複数の第１ロータの各々の回転軸までの距離よりも短い、項目Ａ１からＡ５のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0015] ［項目Ａ７］

前記制御装置は、ホバリング時に、前記複数の第２ロータの合計の推力を前記複数の第１ロータの合計の推力よりも大きくし、前記ラダー制御を行うとき、前記複数の第２ロータの合計の推力を前記複数の第１ロータの合計の推力よりも小さくする、項目Ａ１からＡ６のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0016] ［項目Ａ８］

前記制御装置は、前記ラダー制御を行うとき、前記複数の第２ロータの合計の推力を、５％以上減少させるように前記複数の第２ロータの各々の回転速度を低下させる、項目Ａ１からＡ７のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0017] ［項目Ａ９］

前記制御装置は、前記ラダー制御を行うとき、前記複数の第２ロータの各々の回転速度の低下によって減少した前記複数の第２ロータの合計の推力を、前記複数の第１ロータの回転速度を増加させることで補完する、項目Ａ８に記載の無人航空機。

[0018] ［項目Ａ１０］

前記制御装置は、前記ラダー制御を行うとき、前記複数の第２ロータの各々の回転を停止させる、項目Ａ１からＡ９のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0019] ［項目Ａ１１］

前記複数の第１ロータをそれぞれ駆動する複数の電動モータと、

前記複数の第２ロータを駆動する内燃機関と、

をさらに備え、

前記制御装置は、前記複数の電動モータを制御することによって前記複数の第１ロータの回転を制御し、前記内燃機関を制御することによって前記複数の第２ロータの回転を制御する、項目Ａ１からＡ１０のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0020] ［項目Ａ１２］

複数の第１ロータと、複数の第２ロータと、を備える無人航空機の制御方法であって、

前記複数の第１ロータの回転を制御することによって機体の姿勢制御を実行することと、

前記複数の第２ロータの回転を制御することによって主推力を発生させることと、

を含み、

前記姿勢制御を実行することは、

前記複数の第１ロータの回転を制御して前記機体のヨー角を調整するラダー制御を実行することと、

前記ラダー制御を実行するとき、前記複数の第２ロータの合計の推力を低下させることと、

を含む、制御方法。

[0021] ［項目Ｂ１］

複数の第１ロータおよび少なくとも１つの第２ロータを含む複数のロータと、

前記複数の第１ロータの回転を制御することによって機体の姿勢制御を実行し、前記少なくとも１つの第２ロータの回転を制御することによって主推力を発生させる制御装置と、

を備え、

前記制御装置は、

前記複数の第１ロータに発生させる合計の推力である第１推力を演算し、前記第１推力と飛行に必要な合計推力とに基づいて、前記少なくとも１つの第２ロータに発生させる合計の推力である第２推力を演算し、

前記第１推力に基づいて前記複数の第１ロータの各々の回転速度を決定し、

前記第２推力に基づいて前記少なくとも１つの第２ロータの回転速度を決定する、

無人航空機。

[0022] ［項目Ｂ２］

前記制御装置は、前記飛行に必要な合計推力から前記第１推力を減算することで、前記第２推力を演算する、項目Ｂ１に記載の無人航空機。

[0023] ［項目Ｂ３］

前記制御装置は、

前記飛行に必要な合計推力に０以上１以下の第１係数を乗じることによって前記第１推力を決定し、

前記合計推力に、１から前記第１係数を減じた値である第２係数を乗じることによって、または、前記第１推力に、前記第２係数を前記第１係数で割った値である第３係数を乗じることによって、前記第２推力を決定する、

項目Ｂ１に記載の無人航空機。

[0024] ［項目Ｂ４］

前記制御装置は、前記第１係数、および前記第２係数または前記第３係数を、前記無人航空機の状態に応じて変更する、項目Ｂ３に記載の無人航空機。

[0025] ［項目Ｂ５］

前記制御装置は、ホバリング時において、前記第１係数を０．５よりも小さい値に設定する、項目Ｂ３またはＢ４に記載の無人航空機。

[0026] ［項目Ｂ６］

前記制御装置は、前記第１推力に前記第３係数を乗じることによって前記

第２推力を決定する、

項目Ｂ３からＢ５のいずれかに記載の無人航空機。

[0027] ［項目Ｂ７］

前記制御装置は、飛行モードに応じて、前記第１係数、および前記第２係数または前記第３係数を変更する、項目Ｂ３からＢ６のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0028] ［項目Ｂ８］

前記制御装置は、ユーザの操作に応答して、前記第１係数、および前記第２係数または前記第３係数を変更する、項目Ｂ３からＢ７のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0029] ［項目Ｂ９］

前記少なくとも１つの第２ロータの直径は、前記複数の第１ロータの各々の直径よりも大きい、項目Ｂ１からＢ８のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0030] ［項目Ｂ１０］

前記複数の第２ロータの各々の１回転あたりの推力は、前記複数の第１ロータの各々の１回転あたりの推力よりも大きい、項目Ｂ１からＢ９のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0031] ［項目Ｂ１１］

前記機体の中心から前記複数の第２ロータの各々の回転軸までの距離は、前記機体の中心から前記複数の第１ロータの各々の回転軸までの距離よりも短い、項目Ｂ１からＢ１０のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0032] ［項目Ｂ１２］

前記複数の第１ロータをそれぞれ駆動する複数の電動モータと、

前記少なくとも１つの第２ロータを駆動する内燃機関と、

をさらに備え、

前記制御装置は、前記複数の電動モータを制御することによって前記複数の第１ロータの回転を制御し、前記内燃機関を制御することによって前記少

なくとも１つの第２ロータの回転を制御する、

項目Ｂ１からＢ１１のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0033] ［項目Ｂ１３］

複数の第１ロータおよび少なくとも１つの第２ロータを含む複数のロータと、前記複数の第１ロータの回転を制御することによって機体の姿勢制御を実行し、前記少なくとも１つの第２ロータの回転を制御することによって主推力を発生させる制御装置と、を備える無人航空機における前記制御装置によって実行される制御方法であって、

前記複数の第１ロータに発生させる第１推力を演算することと、

前記第１推力と飛行に必要な合計推力とに基づいて、前記少なくとも１つの第２ロータに発生させる第２推力を演算することと、

前記第１推力に基づいて前記複数の第１ロータの各々の回転速度を決定することと、

前記第２推力に基づいて前記少なくとも１つの第２ロータの回転速度を決定することと、

を含む制御方法。

[0034] ［項目Ｃ１］

複数の電動モータと、

内燃機関と、

前記複数の電動モータによってそれぞれ駆動される複数の第１ロータと、

前記内燃機関によって駆動される少なくとも１つの第２ロータと、

制御装置と、

を備え、

前記制御装置は、

前記複数の第１ロータの各々の第１回転速度、および前記少なくとも１つの第２ロータの第２回転速度を決定し、

前記複数の第１ロータの各々の前記第１回転速度に基づいて、前記複数の電動モータの各々を回転させる第１制御信号を生成し、

前記第２回転速度に基づいて、前記内燃機関を駆動する第２制御信号を生成する、

無人航空機。

[0035] ［項目Ｃ２］

前記制御装置は、前記第２回転速度を前記内燃機関の回転速度に変換するテーブルに基づいて、前記第２制御信号を生成する、項目Ｃ１に記載の無人航空機。

[0036] ［項目Ｃ３］

前記制御装置は、前記複数の電動モータを制御することによって前記複数の第１ロータの回転を制御して機体の姿勢制御を実行し、前記内燃機関を制御することによって前記少なくとも１つの第２ロータの回転を制御して主推力を発生させる、項目Ｃ１またはＣ２に記載の無人航空機。

[0037] ［項目Ｃ４］

前記制御装置は、

前記第１回転速度に応じたデューティ比を有する第１ＰＷＭ（Pulse Width Modulation）信号を前記第１制御信号として生成し、

前記少なくとも１つの第２ロータの前記第２回転速度に応じたデューティ比を有する第２ＰＷＭ信号を生成し、前記第２ＰＷＭ信号を、前記内燃機関の回転速度を決定する前記第２制御信号に変換する、

項目Ｃ１からＣ３のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0038] ［項目Ｃ５］

前記制御信号は、

前記第２ＰＷＭ信号の前記デューティ比と、前記内燃機関の単位時間あたりの回転数との関係を示すデータを記憶装置から読み出し、

前記データと、前記第２ＰＷＭ信号とに基づいて、前記回転数を決定し、

前記回転数に基づいて、前記第２制御信号を生成する、

項目Ｃ４に記載の無人航空機。

[0039] ［項目Ｃ６］

前記第２制御信号は、前記内燃機関のスロットルバルブの開度を決定し、

前記制御装置は、前記第２ＰＷＭ信号の前記デューティ比と、前記スロットルバルブの開度との関係を示すデータを記憶装置から読み出し、前記データに基づいて、前記第２ＰＷＭ信号を前記第２制御信号に変換する、項目Ｃ４に記載の無人航空機。

[0040] ［項目Ｃ７］

前記制御装置は、

前記複数の第１ロータが発生すべき推力の合計である第１推力と、前記少なくとも１つの第２ロータが発生すべき推力の合計である第２推力とを決定し、

前記第１推力に基づいて、前記複数の第１ロータの各々の前記第１制御信号を生成し、

前記第１制御信号と、前記第２推力と前記第１推力との比に基づいて、前記第２ＰＷＭ信号を決定する、

項目Ｃ４からＣ６のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0041] ［項目Ｃ８］

前記少なくとも１つの第２ロータの直径は、前記複数の第１ロータの各々の直径よりも大きい、項目Ｃ１からＣ７のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0042] ［項目Ｃ９］

前記複数の第２ロータの各々の１回転あたりの推力は、前記複数の第１ロータの各々の１回転あたりの推力よりも大きい、項目Ｃ１からＣ８のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0043] ［項目Ｃ１０］

前記機体の中心から前記複数の第２ロータの各々の回転軸までの距離は、前記機体の中心から前記複数の第１ロータの各々の回転軸までの距離よりも短い、項目Ｃ１からＣ９のいずれか１項に記載の無人航空機。

[0044] ［項目Ｃ１１］

複数の電動モータと、内燃機関と、前記複数の電動モータによってそれぞれ駆動される複数の第１ロータと、前記内燃機関によって駆動される少なくとも１つの第２ロータと、制御装置と、を備える無人航空機における前記制御装置によって実行される制御方法であって、

前記複数の第１ロータの各々の第１回転速度、および前記少なくとも１つの第２ロータの第２回転速度を決定することと、

前記第１回転速度に基づいて、前記複数の電動モータの各々を回転させる第１制御信号を生成することと、

前記第２回転速度に基づいて、前記内燃機関を駆動する第２制御信号を生成することと、

を含む制御方法。

発明の効果

[0045] 本開示の無人航空機、ならびにその制御システムおよび制御方法の実施形態によれば、ペイロードおよび／または飛行時間を増加することが可能で農業用途に適した無人航空機を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0046] [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]例示的な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]例示的な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]例示的な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]パラレルハイブリッド駆動型のマルチコプタを模式的に示す平面図である。

[図6]各サブロータおよび各メインロータの回転速度を決定する処理の一例を示すフローチャートである。

[図7]ラダー制御に関する制御装置の動作の概略を示すフローチャートである。

[図8]電動モータおよび内燃機関の制御方法の一例を示すフローチャートである。

[図9]フライトコントローラの構成例を示すブロック図である。

[図10]メインロータ用のＰＷＭ信号を生成するモジュールの構成例を示す図である。

[図11]サブロータ用のＰＷＭ信号のデューティ合算値およびメインロータ用のＰＷＭ信号のデューティ値の時間変化の一例を示すグラフである。

[図12]メインロータ制御ユニットの構成例を示す図である。

[図13]ＰＷＭ信号のデューティ比と、エンジン回転数との対応関係の一例を示すグラフである。

[図14]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15]マルチコプタが接続される通信ネットワークの例を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0047] 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。

[0048] 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。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] 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。

[0055] 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。

[0056] 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。

[0057] 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。

[0058] 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。

[0059] 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。

[0060] 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。

[0061] 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。

[0062] 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。

[0063] 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。

[0064] 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。

[0065] 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。

[0066] 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。

[0067] 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。

[0068] 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。

[0069] 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。

[0070] 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。

[0071] 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。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。

[0072] 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。

[0073] 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。

[0074] 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。

[0075] 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。

[0076] 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。

[0077] ＜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。

[0078] 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。

[0079] 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。

[0080] 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。

[0081] ＜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。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 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。

[0085] 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。

[0086] 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。

[0087] 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。

[0088] 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。

[0089] 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。

[0090] 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。

[0091] 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。

[0092] 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。

[0093] 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。

[0094] 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。

[0095] 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。

[0096] 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。

[0097] 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。

[0098] 図４に示される例において、制御装置３０とメインロータ制御ユニット２６とは別々の構成要素であるが、１個の制御装置（コンピュータまたはＥＣＵ）が制御装置３０およびメインロータ制御ユニット２６の機能を有していてもよい。

[0099] 本実施形態では、制御装置３０が、複数のモータ１４から得られるサブロータ１２の合計の推力（第１推力）と、メインロータ駆動部２４から得られるメインロータ２２の合計の推力（第２推力）との比率(推力比率)を変化させることが可能である。以下、この点を詳細に説明する。

[0100] 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。

[0101] 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、機械的エネルギを電気的エネルギに変換するときのエネルギ損失が発生する。このため、エネルギ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、複数のサブロータ１２のそれぞれの直径よりも大きいことが好ましい。

[0102] しかし、主推力発生用のメインロータ２２が大きな推力を発生させているとき、その大きな推力および回転モーメントが、かえってサブロータ１２による姿勢制御の働きを抑制することがある。その結果、応答性に優れた複数のモータ１４を用いて複数のサブロータ１２を回転させても、姿勢制御に応答の遅れが生じる場合がある。一方、メインロータ２２の回転数を下げると、姿勢制御性能は向上するが、エネルギ消費効率は下がってしまう。

[0103] なお、バッテリ駆動型のマルチコプタでは、複数のモータのそれぞれのトルクを調整して各ロータの推力を整え、所望の姿勢に制御する種々のアルゴリズムが用いられている。そのような複数のモータによって姿勢制御を行う場合において、内燃機関によって回転させられるロータを追加することは、姿勢制御に必要な演算を複雑にする可能性がある。このような複雑化を回避するには、複数のモータから得られる推力と内燃機関から得られる推力との「比率」を固定することが有効である。このため、従来のパラレルハイブリッド型では、この比率を固定する制御方法が採用されてきた。

[0104] しかしながら、本発明者らの検討の結果、マルチコプタ１００を例えば農

作業に利用する場合は、単なる物流や監視の用途でマルチコプタ１００を飛行させる場合に比べ、上記の「比率」を固定するのではなく可変にすることが好ましいことが分かった。これは、農業用途で飛行するときのマルチコプタ１００は、圃場内における種々の農作業（対地作業）、複数の圃場間の移動、農業資材または収穫物の運搬など、様々に異なる条件のもとで飛行するため、それらの条件によって、姿勢制御に求められる応答速度のレベルが大きく変化するためである。また、農作業の内容に応じて重量および形状が多様な作業機を適宜選択して連結する場合、必要な揚力および姿勢制御の精度も大きく変化し得る。

[0105] 本実施形態では、精密な姿勢制御が不要であるとき、例えば風などの外乱が少なく、ペイロードも小さいとき、あるいは、作業機による作業を行わずに移動のみを行うときなどの状況では、メインロータ２２の推力を増加し、その代わりに、サブロータ１２の推力を減らすことができる。

[0106] 一方、精密な姿勢制御が必要なとき、例えば、作業機を連結して飛行しながら対地作業を実行するとき、あるいは、通常の飛行よりも機体本体を俊敏に動かして姿勢を変化させることが求められるときには、メインロータ２２の推力を減らし（あるいは無くし）、その代わりに、サブロータ１２の推力を増やすことが好ましい。このようにメインロータの推力を減少させることは、エネルギ消費効率の全体としての低下を招くが、姿勢制御性能（応答性能）を向上させることを可能にする。

[0107] ＜メインロータおよびサブロータの回転速度の決定＞

次に、各メインロータ２２および各サブロータ１２の回転速度を決定する方法の例を説明する。

[0108] 図５は、パラレルハイブリッド駆動型のマルチコプタ１００を模式的に示す平面図である。図５には、互いに直交するｘ軸、ｙ軸、ｚ軸によって規定されるｘｙｚ座標系が示されている。この座標系はマルチコプタ１００の機体に固定されており、その原点は機体の中心（例えば重心）に位置している。ｘ軸は、機体の前方向に延びる軸であり、「ロール軸」とも称する。ｙ軸

は、機体の左方向に延びる軸であり、「ピッチ軸」とも称する。ｚ軸は、機体の上方向に延びる軸であり、「ヨー軸」とも称する。

[0109] 図５に示すマルチコプタ１００は、２個のメインロータ２２と、８個のサブロータ１２とを備えている。２個のメインロータ２２は、ｘ軸に沿って延びる２本のアーム１１０Ｂ１、１１０Ｂ２によってそれぞれ支持されている。２個のメインロータ２２は、互いに反対の方向に回転するように制御される。８個のサブロータ１２は、同軸の２個のサブロータ１２を１組とする４組のサブロータ１２によって構成されている。４組のサブロータ１２は、ｘ軸およびｙ軸と４５度の角度をなす４本のアーム１１０Ａ１、１１０Ａ２、１１０Ａ３、１１０Ａ４によってそれぞれ支持されている。各組における２個のサブロータ１２は、互いに反対の方向に回転するように制御される。機体の中心から各メインロータ２２の回転軸までの距離は、機体の中心から各サブロータ１２の回転軸までの距離よりも短い。各メインロータ２２の直径は、各サブロータ１２の直径よりも大きい。図５において、各メインロータ２２は相対的に大きい円で表現され、同軸の２個のサブロータ１２は相対的に小さい１つの円で表現されている。上側（ｚ軸の正方向側）に位置する４個のサブロータ１２の回転速度の大きさをω_1、ω_2、ω_3、ω_4とし、下側（ｚ軸の負方向側）に位置する４個のサブロータ１２の回転速度の大きさをω_5、ω_6、ω_7、ω_8とする。また、２個のメインロータ２２の回転速度の大きさをω_{m1}、ω_{m2}とする。ここで、「回転速度」は、単位時間あたりの回転数（例えば単位：ｒｐｍ）、または角速度（例えば単位：ｒａｄ／ｓ）である。

[0110] 図５における右上のアーム１１０Ａ１に支持される２個のサブロータ１２のうち、ｚ軸の正方向側（上側）のサブロータ１２は時計回りに回転速度ω_1で回転し、ｚ軸の負方向側（下側）のサブロータ１２は反時計回りに回転速度ω_5で回転する。右下のアーム１１０Ａ２に支持される２個のサブロータ１２のうち、ｚ軸の正方向側のサブロータ１２は反時計回りに回転速度ω_2で回転し、ｚ軸の負方向側のサブロータ１２は時計回りに回転速度ω_6で回転する。左下のアーム１１０Ａ３に支持される２個のサブロータ１２のうち、ｚ軸

の正方向側のサブロータ１２は時計回りに回転速度ω_3で回転し、ｚ軸の負方向側のサブロータ１２は反時計回りに回転速度ω_7で回転する。左上のアーム１１０Ａ４に支持される２個のサブロータ１２のうち、ｚ軸の正方向側のサブロータ１２は反時計回りに回転速度ω_4で回転し、ｚ軸の負方向側のサブロータ１２は時計回りに回転速度ω_8で回転する。機体の中心からｘ軸の正方向に延びるアーム１１０Ｂ１に支持されるメインロータ２２は、時計回りに回転速度ω_{m1}で回転する。機体の中心からｘ軸の負方向側に延びるアーム１１０Ｂ２に支持されるメインロータ２２は、反時計回りに回転速度ω_{m2}で回転する。

[0111] サブロータ１２を支持する４本のアーム１１０Ａ１、１１０Ａ２、１１０Ａ３、１１０Ａ４のそれぞれの長さをｌ、メインロータ２２を支持する２本のアーム１１０Ｂ１、１１０Ｂ２のそれぞれの長さをl_mとする。また、複数のメインロータ２２および複数のサブロータ１２の回転によって生じる推力の合計をＴ、ｘ軸周りの回転のトルクをτ_ϕ、ｙ軸周りの回転のトルクをτ_θ、ｚ軸周りの回転のトルクをτ_ϕとする。

[0112] 合計推力Ｔおよびトルクτ_ϕ、τ_θ、τ_ϕと、サブロータ１２の回転速度ω_1、ω_2、ω_3、ω_4、ω_5、ω_6、ω_7、ω_8およびメインロータ２２の回転速度ω_{m1}、ω_{m2}との間の関係は、以下の数１で表される。

[数1]

$$\begin{pmatrix} T \\ \tau_{\phi} \\ \tau_{\theta} \\ \tau_{\psi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_m & k_m & k & k & k & k & k & k & k & k \\ 0 & 0 & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} \\ -k_m l_m & k_m l_m & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} \\ b_m & -b_m & b & -b & b & -b & -b & b & -b & b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_{m1}^2 \\ \omega_{m2}^2 \\ \omega_1^2 \\ \omega_2^2 \\ \omega_3^2 \\ \omega_4^2 \\ \omega_5^2 \\ \omega_6^2 \\ \omega_7^2 \\ \omega_8^2 \end{pmatrix}$$

ここで、ｋ、ｋ$_m$、ｂ、ｂ$_m$は、所定の係数である。係数ｋ、ｋ$_m$、ｂ、ｂ$_m$は、サブロータ１２およびメインロータ２２のサイズ、形状、および配置等によって決まる固定値であり、予め記憶装置に記憶されている。なお、数１に示す関係はあくまでも例示にすぎず、図５に示す構成とは異なる構成を採用する場合、数１とは異なる関係式が成立する。ここでは、数１が成立する場合における一例を説明する。

[0113] 数１の右辺においてメインロータ２２に関する項とサブロータ１２に関する項とを分離すると、以下の数２が得られる。

[数2]

$$\begin{bmatrix} T \\ \tau_\phi \\ \tau_\theta \\ \tau_\psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_m(\omega_{m1}^2+\omega_{m2}^2) \\ 0 \\ k_m l_m(-\omega_{m1}^2+\omega_{m2}^2) \\ b_m(\omega_{m1}^2-\omega_{m2}^2) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k & k & k & k & k & k & k & k \\ -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} \\ -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} \\ b & -b & b & -b & -b & b & -b & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1^2 \\ \omega_2^2 \\ \omega_3^2 \\ \omega_4^2 \\ \omega_5^2 \\ \omega_6^2 \\ \omega_7^2 \\ \omega_8^2 \end{bmatrix}$$

[0114] 本実施形態における２個のメインロータ２２は、互いに反対方向に同期して回転するように制御される。このため、$\omega_{m1}=\omega_{m2}=\omega_m$とおくことができる。これにより、トルク$\tau_\theta$および$\tau_\phi$のメインロータ２２に起因する成分は打ち消し合い、メインロータ２２による寄与としては推力の成分のみが残る。したがって、数２は、以下のように変形される。

[数3]

$$\begin{bmatrix} T-2k_m\omega_m^2 \\ \tau_\phi \\ \tau_\theta \\ \tau_\psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k & k & k & k & k & k & k & k \\ -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} \\ -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & \frac{\sqrt{2}lk}{2} & -\frac{\sqrt{2}lk}{2} \\ b & -b & b & -b & -b & b & -b & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1^2 \\ \omega_2^2 \\ \omega_3^2 \\ \omega_4^2 \\ \omega_5^2 \\ \omega_6^2 \\ \omega_7^2 \\ \omega_8^2 \end{bmatrix}$$

[0115] 数３の右辺における行列の逆行列を両辺に左から作用させると、以下の数４の関係が得られる。

[数4]

$$\begin{pmatrix} \omega_1^2 \\ \omega_2^2 \\ \omega_3^2 \\ \omega_4^2 \\ \omega_5^2 \\ \omega_6^2 \\ \omega_7^2 \\ \omega_8^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{8k} & -\frac{\sqrt{2}}{8lk} & -\frac{\sqrt{2}}{8lk} & \frac{1}{8b} \\ \frac{1}{8k} & -\frac{\sqrt{2}}{8lk} & \frac{\sqrt{2}}{8lk} & -\frac{1}{8b} \\ \frac{1}{8k} & \frac{\sqrt{2}}{8lk} & \frac{\sqrt{2}}{8lk} & \frac{1}{8b} \\ \frac{1}{8k} & \frac{\sqrt{2}}{8lk} & -\frac{\sqrt{2}}{8lk} & -\frac{1}{8b} \\ \frac{1}{8k} & -\frac{\sqrt{2}}{8lk} & -\frac{\sqrt{2}}{8lk} & -\frac{1}{8b} \\ \frac{1}{8k} & -\frac{\sqrt{2}}{8lk} & \frac{\sqrt{2}}{8lk} & \frac{1}{8b} \\ \frac{1}{8k} & \frac{\sqrt{2}}{8lk} & \frac{\sqrt{2}}{8lk} & -\frac{1}{8b} \\ \frac{1}{8k} & \frac{\sqrt{2}}{8lk} & -\frac{\sqrt{2}}{8lk} & \frac{1}{8b} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T - 2k_m\omega_m^2 \\ \tau_\phi \\ \tau_\theta \\ \tau_\psi \end{pmatrix}$$

[0116] したがって、Ｔ－２ｋ$_m$ω$_m$^{2}、τ$_\phi$、τ$_\theta$、τ$_\phi$が決まれば、数４の演算により、サブロータ１２の回転速度ω$_1$、ω$_2$、ω$_3$、ω$_4$、ω$_5$、ω$_6$、ω$_7$、ω$_8$を決定することができる。Ｔ－２ｋ$_m$ω$_m$^{2}は、複数のサブロータ１２の推力の合計に相当する。Ｔ－２ｋ$_m$ω$_m$^{2}は、未知数ω$_m$を含むが、メインロータ２２の推力の合計とサブロータ１２の推力の合計との比率を固定した場合、Ｔ－２ｋ$_m$ω$_m$^{2}を決定することができる。Ｔ－２ｋ$_m$ω$_m$^{2}は、Ｔに一定の係数を乗じることによって算出することができる。例えば、メインロータ２２の推力の合計とサブロータ１２の推力の合計との比率を、６：４に固定した場合、Ｔに係数０．４を乗じることにより、Ｔ－２ｋ$_m$ω$_m$^{2}を決定することができる。また、メインロータ２２の推力の合計と、サブロータ１２の推力の合計との比率を、例えば３：７に固定した場合、Ｔに係数０．７を乗じることにより、Ｔ－２ｋ$_m$ω$_m$^{2}を決定することができる。したがって、メインロータ２２の推力の合計とサブロータ１２の推力の合計との比率が固定されている場合、全てのロータの合計推力Ｔおよび各軸の周りのトルクτ$_\phi$、τ$_\theta$、τ$_\phi$が決まれば、数４の演算により、サブロータ１２の回転速度ω$_1$、ω$_2$、ω$_3$、ω$_4$、ω$_5$、ω$_6$、ω$_7$、ω$_8$を決定することができる。また、全ロータによる合計推力Ｔ

またはサブロータ１２による合計の推力Ｔ－２$k_m\omega_m^2$に、所定の係数を乗じることにより、メインロータ２２による合計の推力２$k_m\omega_m^2$を計算できる。k_mは既知であるため、２$k_m\omega_m^2$の値から、ω_mを計算することができる。

[0117] 以上のように、制御装置３０は、所望の推力Ｔおよび各軸の周りのトルクτ_ϕ、τ_θ、τ_ϕと、数４の関係とに基づいて、サブロータ１２の回転速度ω_1、ω_2、ω_3、ω_4、ω_5、ω_6、ω_7、ω_8およびメインロータ２２の回転速度ω_mを決定することができる。

[0118] 以下、図６を参照しながら、制御装置３０による各ロータの回転速度を決定する処理の例を説明する。

[0119] 図６は、各サブロータ１２および各メインロータ２２の回転速度を決定する処理の一例を示すフローチャートである。図６に示す処理は、例えば制御装置３０におけるフライトコントローラ３２によって実行され得る。制御装置３０は、ステップＳ１００からＳ１１４の処理を実行することにより、８個のサブロータ１２の回転速度ω_1、ω_2、ω_3、ω_4、ω_5、ω_6、ω_7、ω_8および各メインロータ２２の回転速度ω_mを決定することができる。

[0120] ステップＳ１００において、制御装置３０は、マルチコプタ１００および作業機２００の総重量の情報を取得する。総重量の情報は、例えば予め記憶装置に記憶され得る。あるいは、マルチコプタ１００の重量が予め記憶装置に記憶され、作業機２００の重量はセンサによって計測されてもよい。そのようなセンサを設けることにより、薬剤散布または収穫等の作業に伴って作業機２００の重量が変動する場合であっても、総重量をより正確に推定することができる。制御装置３０は、記憶装置またはセンサから取得したデータに基づいて、マルチコプタ１００および作業機２００の総重量を計算によって求めてもよい。

[0121] ステップＳ１０２において、制御装置３０は、複数のサブロータ１２および複数のメインロータ２２が発生すべき推力の合計（合計推力）Ｔを決定する。制御装置３０は、マルチコプタ１００および作業機２００の総重量の情報および飛行状態に基づき、合計推力Ｔを決定することができる。例えば、

ホバリング時においては、制御装置３０は、マルチコプタ１００および作業機２００の総重量と釣り合う推力を合計推力Ｔとして決定することができる。水平飛行時においては、制御装置３０は、機体の傾きを考慮して、推力の鉛直成分が重力と釣り合うという条件に基づき、合計推力Ｔを決定することができる。上昇時または下降時においては、制御装置３０は、所望の加速度で機体が上昇または下降するように合計推力Ｔを決定する。

[0122] ステップＳ１０４において、制御装置３０は、ＩＭＵおよび地磁気センサ等の１つ以上のセンサから取得したデータに基づいて、マルチコプタ１００の現在の姿勢角を推定する。姿勢角は、地面に固定された座標系におけるマルチコプタ１００の基準姿勢からの傾きを表す。

[0123] ステップＳ１０６において、制御装置３０は、マルチコプタ１００の現在の姿勢角と目標の姿勢角との差に基づいて、各軸の周りの必要なトルクτ_{ϕ}、τ_{θ}、τ_{ϕ}を決定する。目標の姿勢角は、例えば操縦機を用いたユーザによる操作、または予め設定された飛行プログラムに従って決定され得る。制御装置３０は、例えば、ロール角、ピッチ角、ヨー角のそれぞれについて、目標の角度との差が大きいほど、それぞれのトルクを大きい値に決定する。

[0124] なお、ステップＳ１０４およびＳ１０６の処理は、ステップＳ１００およびＳ１０２の処理の前に行われてもよいし、並行して行われてもよい。

[0125] ステップＳ１０８において、制御装置３０は、ステップＳ１０２で決定した合計推力Ｔに、０以上１以下の第１係数K_1を乗じることにより、複数のサブロータ１２が発生すべき推力の合計である第１推力T_1を決定する。第１係数K_1は、例えば０．４などの所定の値に設定され得る。

[0126] ステップＳ１１０において、制御装置３０は、合計推力Ｔに、１から第１係数を減じた値である第２係数K_2（＝１－K_1）を乗じるか、あるいは、第１推力T_1に、第２係数K_2を第１係数K_1で割った値である第３係数K_3（＝K_2／K_1）を乗じることにより、複数のメインロータ２２が発生すべき推力の合計である第２推力T_2を決定する。合計推力Ｔに第２係数K_2を乗じる演算と、第１推力T_1に第３係数K_3を乗じる演算は、同一の結果をもたらす。

[0127] メインロータ２２の合計推力である第２推力T_2と、サブロータ１２の合計推力である第１推力T_1との比は、例えば６：４などの所定の比に設定され得る。T_2：T_1＝６：４である場合、第１係数は０．４、第２係数は０．６、第３係数は１．５に設定される。また、T_2：T_1＝５：５である場合、第１係数は０．５、第２係数は０．５、第３係数は１に設定される。T_2：T_1＝２：８である場合、第１係数は０．８、第２係数は０．２、第３係数は０．２５に設定される。第３係数は、T_2／T_1に相当し、これを「ブースト係数」と称することがある。第１推力T_1は、数４における$T-2k_m\omega_m^2$に相当し、第２推力T_2は、数４における$2k_m\omega_m^2$に相当する。

[0128] ステップＳ１１２において、制御装置３０は、決定した第１推力T_1（＝$T-2k_m\omega_m^2$）と、各軸の周りの必要なトルクτ_ϕ、τ_θ、τ_ϕとに基づいて、数４に示す演算を実行する。これにより、制御装置３０は、サブロータ１２の回転速度ω_1、ω_2、ω_3、ω_4、ω_5、ω_6、ω_7、ω_8を決定することができる。

[0129] ステップＳ１１４において、制御装置３０は、ステップＳ１０６で決定した第２推力T_2に基づいて、$T_2=2k_m\omega_m^2$の関係から、各メインロータ２２の回転速度ω_mを決定する。

[0130] 以上の処理により、制御装置３０は、所望の合計推力Ｔと、各軸の周りの必要なトルクτ_ϕ、τ_θ、τ_ϕとに基づいて、各ロータの回転速度を決定することができる。なお、上記のステップＳ１１０における処理の代わりに、制御装置３０は、飛行に必要な合計推力Ｔから第１推力T_1を減算することによって第２推力T_2を演算してもよい。そのような演算によっても第２推力T_2を求めることができる。

[0131] 制御装置３０は、決定した各サブロータ１２の回転速度および各メインロータ２２の回転速度に基づいて、各モータ１４および内燃機関（メインロータ駆動部２４）を制御する。制御装置３０は、各ＥＳＣ１６に、決定したサブロータ１２の回転速度を示すモータ制御信号（例えばＰＷＭ信号）を送出することにより、各ＥＳＣ１６を介して各モータ１４を制御する。また、制

御装置３０は、メインロータ制御ユニット２６に決定したメインロータ２２の回転速度を示す制御信号を送出することにより、メインロータ制御ユニット２６を介して内燃機関を制御する。以上の動作は、飛行中に繰り返し実行される。

[0132] このように、本実施形態における制御装置３０は、複数のサブロータ１２に発生させる合計の推力である第１推力T_1を演算し、第１推力T_1と飛行に必要な合計推力Ｔとに基づいて、メインロータ２２に発生させる合計の推力である第２推力T_2を演算する。制御装置３０は、第１推力T_1に基づいて複数のサブロータ１２の各々の回転速度ω_1～ω_8を決定し、第２推力T_2に基づいて各メインロータ２２の回転速度ω_mを決定する。より具体的には、制御装置３０は、複数のサブロータ１２（第１ロータ）および複数のメインロータ２２（第２ロータ）が発生すべき合計推力Ｔを決定し、合計推力Ｔに第１係数K_1を乗じることによって複数のサブロータ１２が発生すべき推力の合計である第１推力T_1を決定する。制御装置３０は、さらに、合計推力Ｔから第１推力T_1を減算する処理、合計推力Ｔに第２係数K_2（＝１－K_1）を乗じる処理、または、第１推力T_1に第３係数（＝（１－K_1）／K_1）を乗じる処理によって、複数のメインロータ２２が発生すべき推力の合計である第２推力T_2を決定する。制御装置３０は、第１推力T_1に基づいて複数のサブロータ１２の各々の回転速度を決定し、第２推力T_2に基づいて複数のメインロータ２２の各々の回転速度を決定する。

[0133] 以上の動作により、制御装置３０は、飛行中に各サブロータ１２および各メインロータ２２の回転速度を逐次決定し、決定した回転速度で各サブロータ１２および各メインロータ２２を回転させることができる。これにより、マルチコプタ１００を目標の姿勢に近づけ、所望の飛行を実行させることができる。

[0134] なお、図３Ａおよび図５の例では、マルチコプタ１００は２つのメインロータ２２および８個のサブロータ１２を備えているが、メインロータ２２およびサブロータ１２の個数は、この例に限定されない。例えば、メインロー

タ２２の個数は１個または３個以上であってもよい。また、サブロータ１２の個数は、例えば４個または６個等の他の数であってもよい。サブロータ１２に関しては、図３Ａおよび図５に示すオクト・クワッドコプタの構成に限らず、例えばクワッドコプタ、ヘキサコプタ、またはオクトコプタ等の多様な構成を採用できる。

[0135] 前述の動作において、第１係数K_1、および第２係数K_2または第３係数K_3は、可変であってもよい。言い換えれば、メインロータ２２による合計の推力T_2と、サブロータ１２による合計の推力T_1との比であるブースト係数T_2/T_1（第３係数K_3に相当）は、可変であってもよい。ブースト係数は、メインロータ駆動部２４から得られるメインロータ２２の合計の推力（第２推力）と、複数のモータ１４から得られるサブロータ１２の合計の推力（第１推力）との比率に相当する。制御装置３０は、第１係数K_1、および第２係数K_2または第３係数K_3を、マルチコプタ１００の状態に応じて変更してもよい。例えば、制御装置３０は、飛行モードに応じて、第１係数K_1、および第２係数K_2または第３係数K_3を変更してもよい。飛行モードは、例えばホバリング、水平飛行（前進、後進、または横移動（エルロン））、上昇、下降、回転（ラダー）などのモードを含む。制御装置３０は、例えば上昇時およびホバリング時において、第１係数K_1を０．５よりも小さい値に維持するように構成され得る。第１係数K_1を０．５よりも小さい値に維持する場合、第２係数K_2は０．５よりも大きい値に維持され、第３係数K_3（ブースト係数）は１よりも大きい値に維持される。これにより、メインロータ２２によって大きな推力を効率的に発生させることができる。制御装置３０は、例えば着陸、水平飛行、またはラダー等の動作のために機体の姿勢（ヨー、ピッチ、および／またはロール）を所望の姿勢に調整するときには、ブースト係数を、ホバリング時における値よりも小さい値（例えば１よりも小さい値）に設定してもよい。これにより、メインロータ２２の回転に伴って発生する大きい推力および回転モーメントが、サブロータ１２による姿勢制御の働きを妨げることを抑制することができる。

[0136] 制御装置３０は、操縦機または遠隔監視装置などの外部の装置を用いたユーザの操作に応答して、第１係数K_1、および第２係数K_2または第３係数K_3を変更するように構成されていてもよい。これにより、ユーザが例えば操縦しやすいように、推力発生の効率と姿勢制御の応答性とのバランスを調整することができる。

[0137] ＜ラダー制御＞

次に、本実施形態における姿勢制御の一例として、ラダー制御の動作の例を説明する。

[0138] マルチコプタ１０の姿勢制御は、機体のヨー、ピッチ、ロールのそれぞれの角度を、目標の角度に近づけることによって行われる。このうち、ヨー角を目標の角度に近づける制御は「ラダー制御」と呼ばれる。以下、ラダー制御において、機体の実際のヨー角が目標の角度からずれることを抑制するための制御方法を説明する。なお、以下の制御方法は、ラダー制御に限らず、機体のピッチ角またはロール角を目標の角度に調整する制御にも同様に適用することができる。

[0139] 制御装置３０は、機体のヨー角を目標の角度に調整するラダー制御を行うとき、メインロータ２２の合計の推力あるいは回転速度を減らし（あるいは無くし）、代わりに、サブロータ１２の合計の推力あるいは回転速度を増やすように制御するように構成され得る。メインロータ２２の合計の推力あるいは回転速度を低下させることにより、ラダー制御における姿勢角の変動を小さくし、姿勢を安定化させることができる。

[0140] 図７は、ラダー制御に関する制御装置３０の動作の概略を示すフローチャートである。制御装置３０は、マルチコプタ１００の飛行中、図７に示す処理を実行することにより、機体のヨー角を目標の角度に近づける制御を実行する。

[0141] まずステップＳ２００において、制御装置３０は、ラダー制御を開始するか否かを判断する。制御装置３０は、例えば、ユーザが使用する操縦機または遠隔監視装置などの外部の装置からの指令、または、予め設定された飛行

プログラムに基づいて、ラダー制御を開始するか否かを判断する。ラダー制御は、例えば飛行方向の転換または着陸等のために機体の向きを所望の向きに変更または維持する場合に行われ得る。制御装置３０は、目標のヨー角への制御時、ヨー角の制御遅延の発生時、またはヨー方向の回転もしくは揺れの発生時に、ラダー制御を行う。制御装置３０がラダー制御を開始すると判断した場合、ステップＳ２０２に進む。

[0142] ステップＳ２０２において、制御装置３０は、メインロータ２２の合計の推力を低下させる。例えば、前述のブースト係数を小さくすることによって、各メインロータ２２の回転速度を低下させることにより、メインロータ２２の合計の推力を低下させることができる。前述のように、制御装置３０は、ホバリング時には、ブースト係数を１よりも大きい値に設定し、複数のメインロータ２２の合計の推力T_2を複数のサブロータ１２の合計の推力T_1よりも大きくするように構成され得る。これに対し、ラダー制御を実行するとき、制御装置３０は、ブースト係数を１よりも小さい値に変更することにより、複数のメインロータ２２の合計の推力T_2を複数のサブロータ１２の合計の推力T_1よりも小さくなるように制御することができる。制御装置３０は、ラダー制御を行うとき、複数のメインロータ２２の合計の推力を、５％以上減少させるように各メインロータ２２の回転速度を低下させてもよい。例えば、制御装置３０は、複数のメインロータ２２の各々の回転速度を、ホバリング時における複数のメインロータ２２の各々の回転速度の７０％未満、５０％未満、３０％未満、または１０％未満に低下させてもよい。あるいは、制御装置３０は、ラダー制御を行うとき、複数のメインロータ２２の各々の回転を停止させてもよい。言い換えれば、制御装置３０は、ラダー制御を行うとき、ブースト係数を０（ゼロ）に変更してもよい。

[0143] ステップＳ２０４において、制御装置３０は、各サブロータ１２の回転速度を調整する。制御装置３０は、図６に示すステップＳ１１２と同様の処理により、各サブロータ１２の回転速度を決定することができる。このとき、メインロータ２２の回転速度の低下による推力の低下を補うために、各サブ

ロータ１２の回転速度は増加する。言い換えれば、制御装置３０は、複数のメインロータ２２の各々の回転速度の低下によって減少した複数のメインロータ２２の合計の推力を、複数のサブロータ１２の各々の回転速度を増加させることで補完する。制御装置３０は、サブロータ１２ごとに決定した回転速度を示すモータ制御信号をそれぞれのＥＳＣ１６に入力する。

[0144] ステップＳ２０６において、制御装置３０は、現在のヨー角と目標の角度との差が閾値よりも小さいか否かを判定する。閾値は、０度に近い十分に小さい値に設定される。現在のヨー角と目標の角度との差が閾値以上の場合（Ｎｏの場合）、ステップＳ２０４に戻る。現在のヨー角と目標の角度との差が閾値よりも小さい場合（Ｙｅｓの場合）、ラダー制御を終了してステップＳ２０８に進む。

[0145] ステップＳ２０８において、制御装置３０は、各メインロータ２２の回転速度を元の速度に戻す。例えば、制御装置３０は、ブースト係数をステップＳ２０２で変更する前の値に戻すことによって各メインロータ２２の回転速度を元の値に戻す。これに伴い、各サブロータ１２の回転速度も元の値に戻るように調整される。

[0146] 図７に示す動作は、例えば制御装置３０のフライトコントローラ３２によって、マルチコプタ１０の飛行中、繰り返し実行され得る。

[0147] 以上の動作により、制御装置３０は、ラダー制御を実行するとき、各メインロータ２２の回転速度を低下させることによって複数のメインロータ２２が発生する推力を低下させることができる。これにより、ラダー制御におけるヨー角の変動を低減でき、所望の角度に近づけることが容易になる。本発明者らが行った数値実験によれば、ブースト係数が０に近づくほど、ラダー制御を行っているときのヨー角の変動を低減できることが確認された。

[0148] 上記の制御は、機体のヨー角を調整するラダー制御だけでなく、機体のロール角および／またはピッチ角を調整する制御にも適用できる。すなわち、制御装置３０は、機体のロール、ピッチ、ヨーのそれぞれの角度を目標の角度に近づける姿勢制御を行う場合に、メインロータ２２の合計の推力を低下

させ、サブロータ１２の合計の推力を増加させてもよい。そのような制御により、姿勢制御の応答性を向上させることができる。

[0149] ＜エンジン制御＞

次に、内燃機関（エンジン）を制御する方法の例を説明する。

[0150] 上記のように、本実施形態におけるマルチコプタ１００は、複数のサブロータ１２および少なくとも１つのメインロータ２２を含む複数のロータを備えている。複数のサブロータ１２は、複数のモータ１４によってそれぞれ駆動される。少なくとも１つのメインロータ２２は、メインロータ駆動部２４すなわち内燃機関によって駆動される。制御装置３０は、複数のモータ１４を制御することによって複数のサブロータ１２の回転を制御して機体の姿勢制御を実行する。制御装置３０は、メインロータ制御ユニット２６を介して内燃機関を制御することによって少なくとも１つのメインロータ２２の回転を制御して主推力を発生させる。

[0151] 図８は、モータ１４および内燃機関の制御方法の一例を示すフローチャートである。図８に示す制御方法は、制御装置３０およびメインロータ制御ユニット２６によって実行される。

[0152] ステップＳ３００において、制御装置３０は、各サブロータ１２の回転速度と、各メインロータ２２の回転速度とを決定する。各ロータの回転速度は、例えば図６を参照して説明した方法で決定される。以下、各サブロータ１２の回転速度を「第１回転速度」と称し、各メインロータ２２の回転速度を「第２回転速度」と称することがある。第１回転速度は、サブロータ１２ごとに個別に決定される。第２回転速度は、メインロータ２２ごとに個別に決定されてもよいし、一括で共通の値に決定されてもよい。

[0153] ステップＳ３０２において、制御装置３０は、各サブロータ１２の回転速度に応じたデューティ比を有する第１ＰＷＭ信号を、第１制御信号として、サブロータ１２ごとに生成する。第１ＰＷＭ信号は、前述のモータ制御信号に相当する。ＰＷＭ信号のデューティ比は、モータの回転速度を示す。なお、第１制御信号は、ＰＷＭ信号に限らず、他の種類の信号でもよい。

[0154] ステップＳ３０４において、制御装置３０は、各メインロータ２２の回転速度に応じたデューティ比を有する第２ＰＷＭ信号を生成する。本実施形態では、各メインロータ２２は内燃機関によって駆動されるが、各メインロータ２２は電動モータによって駆動されてもよい。例えば、図１Ａに示す第１の回転駆動装置３Ａまたは第３の回転駆動装置３Ｃの構成を採用して、一部のロータをメインロータとして駆動し、残りのロータをサブロータとして駆動してもよい。制御装置３０は、各メインロータ２２が電動モータによって駆動される場合に当該電動モータを駆動するＥＳＣに入力するＰＷＭ信号を第２ＰＷＭ信号として生成することができる。

[0155] ステップＳ３０６において、メインロータ制御ユニット２６は、制御装置３０によって生成された第２ＰＷＭ信号を、内燃機関の回転速度を決定する第２制御信号に変換する。本実施形態のように、各メインロータ２２が内燃機関によって駆動される場合、電動モータを駆動するための第２ＰＷＭ信号は、そのままでは内燃機関の制御に利用できない。そこで、メインロータ制御ユニット２６は、第２ＰＷＭ信号を、内燃機関を制御するための第２制御信号に変換する。第２制御信号は、例えば、内燃機関のスロットルバルブの開度を決定する信号であり得る。メインロータ制御ユニット２６は、例えば、第２ＰＷＭ信号のデューティ比とスロットルバルブの開度との関係、または第２ＰＷＭ信号のデューティ比と内燃機関の回転速度との関係を示すテーブル等のデータに基づいて、第２ＰＷＭ信号を第２制御信号に変換することができる。第２ＰＷＭ信号のデューティ比は、各メインロータ２２の回転速度（第２回転速度）と相関する。したがって、第２ＰＷＭ信号のデューティ比と内燃機関の回転速度との関係を示すテーブルは、第２回転速度を内燃機関の回転速度に変換するテーブルに相当する。当該テーブルなどのデータは、制御装置３０の内部または外部の記憶装置に予め記憶され得る。制御装置３０は、当該データを記憶装置から読み出し、当該データを参照することで、第２ＰＷＭ信号を第２制御信号に変換することができる。上記テーブル等のデータは、クラウド上のサーバコンピュータに保存されていてもよい。そ

の場合、制御装置３０は、通信装置７４を介して当該データを取得することができる。

[0156] ステップＳ３０８において、制御装置３０は、サブロータ１２ごとに生成した第１制御信号を、それぞれのＥＳＣ１６に入力することにより、各モータ１４を制御する。また、メインロータ制御ユニット２６は、第２制御信号を用いてメインロータ駆動部２４（内燃機関）を制御する。

[0157] 以上の動作により、各モータ１４および内燃機関を制御して、各サブロータ１２および各メインロータ２２を、所望の回転速度で回転させることができる。なお、本実施形態では制御装置３０とメインロータ制御ユニット２６とによって図８に示す制御が実行されるが、制御装置３０およびメインロータ制御ユニット２６の機能を備える１つの制御装置または制御システムが図８に示す制御を実行するように構成されていてもよい。すなわち、制御装置または制御システムは、複数のサブロータ１２の各々の回転速度（第１回転速度）、および少なくとも１つのメインロータ２２の回転速度（第２回転速度）を決定し、第１回転速度に基づいて複数の電動モータ１４の各々を回転させる第１制御信号を生成し、第２回転速度に基づいて内燃機関を駆動する第２制御信号を生成するように構成され得る。そのような制御装置または制御システムは、例えば、各サブロータ１２の第１回転速度に応じたデューティ比を有する信号（例えば、前述の第１ＰＷＭ信号）を第１制御信号として生成し、少なくとも１つの第２ロータの第２回転速度に応じたデューティ比を有する信号（例えば、前述の第２ＰＷＭ信号）を生成し、第２ＰＷＭ信号を、前述のテーブル等のデータに基づいて、内燃機関の回転速度を規定する第２制御信号に変換してもよい。

[0158] 以下、図９から図１２を参照しながら、上記の制御を実現するための構成例をより詳細に説明する。

[0159] 図９は、制御装置３０におけるフライトコントローラ３２の構成例を示すブロック図である。この例におけるフライトコントローラ３２は、姿勢制御のために各サブロータ１２の回転速度を決定するモジュール３２２と、各サ

ブロータ１２の回転速度に応じたデューティ比を有する第１ＰＷＭ信号（第１制御信号）を生成するモジュール３２４と、各メインロータ２２の回転速度に応じたデューティ比を有する第２ＰＷＭ信号を生成するモジュール３２６とを含む。第１ＰＷＭ信号は、複数のＥＳＣ１６の各々に入力される。図９に示す例では、８個のサブロータ１２にそれぞれ対応する８個のＥＳＣ１６に、ＰＷＭ信号＃１～＃８がそれぞれ入力される。図９の例では、ＰＷＭ信号＃１～＃８は、メインロータ２２用のＰＷＭ信号を生成するモジュール３２６にも入力される。モジュール３２６は、それらのＰＷＭ信号＃１～＃８に基づいて、メインロータ２２のためのＰＷＭ信号（第２ＰＷＭ信号）を生成し、第２ＰＷＭ信号をメインロータ制御ユニット２６に出力する。メインロータ制御ユニット２６は、第２ＰＷＭ信号をエンジン制御信号である第２制御信号に変換し、第２制御信号に基づいて内燃機関を制御する。

[0160] 図１０は、メインロータ２２用のＰＷＭ信号を生成するモジュール３２６の構成例を示す図である。モジュール３２６は、複数の加算器３２６ａと、フィルタ演算器３２６ｂと、乗算器３２６ｃとを含む。加算器３２６ａは、サブロータ１２の個数と同数だけ設けられる。加算器３２６ａは、モジュール３２４から入力されたＰＷＭ信号＃１～＃８のデューティ値を加算してデューティ合算値を出力する。デューティ合算値は、複数のサブロータ１２の合計の推力に相関（例えば比例）する。デューティ合算値の信号は、フィルタ演算器３２６ｂに入力される。フィルタ演算器３２６ｂは、デューティ合算値の信号の高周波成分を除去し、信号の時間変化を滑らかにして出力する。フィルタ演算器３２６ｂから出力された信号は、乗算器３２６ｃに送られる。乗算器３２６ｃは、当該信号にブースト係数を乗算することによってメインロータ２２用のＰＷＭ信号を生成して出力する。なお、図１０に示す機能は、ハードウェアによって実現されてもよいし、ソフトウェアによって実現されてもよい。

[0161] 図１１は、サブロータ１２用のＰＷＭ信号のデューティ合算値およびメインロータ２２用のＰＷＭ信号のデューティ値の時間変化の一例を示すグラフ

である。図１１の例では、ブースト係数は常に一定の値に維持されており、サブロータ１２用のＰＷＭ信号のデューティ合算値と、メインロータ２２用のＰＷＭ信号のデューティ値との比が一定である。前述のように、ブースト係数は、飛行中、マルチコプタ１００の状態または外部の装置からの指令等に応じて変動してもよい。

[0162] 図１２は、メインロータ制御ユニット２６の構成例を示す図である。図１２に示すメインロータ制御ユニット２６は、内燃機関（エンジン）の目標回転数を決定するモジュール２６ａと、減算器２６ｂと、ＰＩＤ制御のための演算を実行するモジュール２６ｃと、ＣＡＮ通信のための信号を生成するモジュール２６ｄと、内燃機関に設けられたセンサから出力されたエンジン回転パルス信号のパルス間隔を計測するモジュール２６ｆと、パルス間隔に基づいてエンジンの実際の回転数を演算するモジュール２６ｅとを含む。メインロータ制御ユニット２６は、さらに、メインロータ２２用のＰＷＭ信号のデューティ比とエンジンの目標回転数との関係を示すデータである目標回転数テーブルを記憶する記憶装置２６ｇを含む。ここでエンジンの回転数は、単位時間（例えば１分）あたりのエンジンの回転数（例えば単位：ｒｐｍ）を意味する。なお、図１２に示す機能は、ハードウェアによって実現されてもよいし、ソフトウェアによって実現されてもよい。

[0163] メインロータ制御ユニット２６は、フライトコントローラ３２から出力されたメインロータ２２用のＰＷＭ信号と、目標回転数テーブルとに基づいて、エンジンの目標回転数を決定する。

[0164] 図１３は、ＰＷＭ信号のデューティ比と、エンジン回転数との対応関係の一例を示すグラフである。目標回転数テーブルは、図１３に示すような関係に基づいて予め作成され、記憶装置２６ｇに記憶され得る。この例では、各メインロータ２２の回転速度は、ＰＷＭ信号のデューティ比と比例する。目標回転数テーブルは、各メインロータ２２の回転速度を内燃機関の回転速度に変換するテーブルの一例である。メインロータ制御ユニット２６は、このようなテーブルに基づいて、ＰＷＭ信号を、内燃機関を駆動するエンジン制

御信号（第２制御信号）に変換することができる。

[0165] メインロータ制御ユニット２６は、エンジンの目標回転数を決定する一方で、センサから出力されたエンジン回転パルス信号のパルス間隔を計測し、そのパルス間隔に基づいて実際のエンジン回転数を演算する。メインロータ制御ユニット２６は、エンジンの目標回転数と実際の回転数との減算を行い、それらの差が０に近づくようにエンジン制御信号を調整するＰＩＤ制御を実行する。メインロータ制御ユニット２６は、エンジンの目標回転数と実際の回転数との差が０に近づくように決定したエンジン制御信号によってメインロータ駆動部２４（内燃機関）を制御する。これにより、メインロータ２２を所望の回転速度で回転させることができる。

[0166] なお、上記の例では、ＰＷＭ信号のデューティ比とエンジンの目標回転数との関係を示すテーブルが用いられるが、代わりに、ＰＷＭ信号のデューティ比と内燃機関のスロットルバルブの開度との関係を示すテーブルなどのデータを用いてもよい。そのようなデータに基づいて、メインロータ制御ユニット２６は、メインロータ２２用のＰＷＭ信号（第２ＰＷＭ信号）を、スロットルバルブの開度を示すエンジン制御信号に変換することができる。そのようなエンジン制御信号を、内燃機関を駆動する第２制御信号として用いることができる。

[0167] 以上のように、本実施形態における制御装置３０におけるフライトコントローラ３２は、各メインロータ２２の回転速度を制御するとき、回転速度に応じたデューティ比を有するＰＷＭ信号を生成する。メインロータ制御ユニット２６は、図１３に示すような関係を規定するテーブルに基づいて、当該ＰＷＭ信号をエンジン制御信号に変換し、当該エンジン制御信号を用いて内燃機関を制御する。このような構成により、メインロータ２２が電動モータによって駆動されるバッテリ駆動型またはシリーズハイブリッド駆動型において使用されるフライトコントローラを、本実施形態におけるパラレルハイブリッド駆動型の構成にも流用することが可能になる。したがって、フライトコントローラを変更することなく、パラレルハイブリッド駆動型における

メインロータ２２を駆動する内燃機関を制御することが可能になる。

[0168] 本開示の実施形態における制御装置３０は、図６から図８を参照しながら説明した各処理を実行するようにプログラムされたデジタルコンピュータシステムによって実現され得る。

[0169] 図１４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。

[0170] 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 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。

[0171] 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。

[0172] 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。

[0173] 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。

[0174] 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。

[0175] なお、制御装置３０は、前述したように、例えば、フライトコントローラ３２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、別の部品として含み得る。また、制御装置３０とメインロータ制御ユニット２６とを含むシステムを「制御装置」として利用してもよい。

[0176] また、制御装置３０の一部または全部の機能は、図１５に示されるように、通信ネットワークＮによってマルチコプタ１００の通信装置７４に接続される１または複数のサーバー（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）４００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１００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３０の処理に用いられるデータの一部、およびマルチコプタ１００に対する制御信号が農業機械７００からマルチコプタ１００に与えられてもよい。

[0177] 上記の実施形態に係る無人航空機では、「姿勢制御装置」が複数の電気モータを備え、「主推力発生装置」が内燃機関を備えている。言い換えると、上記の実施形態に係る無人航空機は、図１Ａの回転駆動装置３Ｄを備えている。しかし、図１Ａに示される回転駆動装置３Ａ、３Ｂ、３Ｃにおいても、一部のモータ１４または動力伝達系２３を他のモータ１４または動力伝達系２３とは異ならせることにより、「姿勢制御装置」と「主推力発生装置」を

備える無人航空機を実現することができる。

[0178] また、無人航空機は、出力および応答速度が異なる複数の内燃機関を備えていてもよい。その場合、出力が相対的に低くて応答速度が相対的に高い内燃機関は「姿勢制御装置」を構成し、出力が相対的に高くて応答速度が相対的に低い内燃機関は「主推力発生装置」を構成し得る。

産業上の利用可能性

[0179] 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

[0180] 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、１４・・・モータ、１６・・・ＥＳＣ、２２・・・メインロータ、２４・・・メインロータ駆動部、２６・・・メインロータ制御ユニット、３０・・・制御装置、３２・・・フライトコントローラ、４２・・・発電装置、４４・・・パワーマネージメント装置、５２・・・バッテリ、５４・・・バッテリマネージメント装置、７２・・・センサ群、７４・・・通信装置、１００・・・マルチコプタ、２００・・・作業機

請求の範囲

[請求項1] 複数の電動モータと、

内燃機関と、

前記複数の電動モータによってそれぞれ駆動される複数の第１ロータと、

前記内燃機関によって駆動される少なくとも１つの第２ロータと、

制御装置と、

を備え、

前記制御装置は、

前記複数の第１ロータの各々の第１回転速度、および前記少なくとも１つの第２ロータの第２回転速度を決定し、

前記複数の第１ロータの各々の前記第１回転速度に基づいて、前記複数の電動モータの各々を回転させる第１制御信号を生成し、

前記第２回転速度に基づいて、前記内燃機関を駆動する第２制御信号を生成する、

無人航空機。

[請求項2] 前記制御装置は、前記第２回転速度を前記内燃機関の回転速度に変換するテーブルに基づいて、前記第２制御信号を生成する、請求項１に記載の無人航空機。

[請求項3] 前記制御装置は、前記複数の電動モータを制御することによって前記複数の第１ロータの回転を制御して機体の姿勢制御を実行し、前記内燃機関を制御することによって前記少なくとも１つの第２ロータの回転を制御して主推力を発生させる、請求項１または２に記載の無人航空機。

[請求項4] 前記制御装置は、

前記第１回転速度に応じたデューティ比を有する第１ＰＷＭ（Pulse Width Modulation）信号を前記第１制御信号として生成し、

前記少なくとも１つの第２ロータの前記第２回転速度に応じたデュ

ーティ比を有する第２ＰＷＭ信号を生成し、前記第２ＰＷＭ信号を、前記内燃機関の回転速度を決定する前記第２制御信号に変換する、

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] 前記制御信号は、

前記第２ＰＷＭ信号の前記デューティ比と、前記内燃機関の単位時間あたりの回転数との関係を示すデータを記憶装置から読み出し、

前記データと、前記第２ＰＷＭ信号とに基づいて、前記回転数を決定し、

前記回転数に基づいて、前記第２制御信号を生成する、

請求項４に記載の無人航空機。

[請求項6] 前記第２制御信号は、前記内燃機関のスロットルバルブの開度を決定し、

前記制御装置は、前記第２ＰＷＭ信号の前記デューティ比と、前記スロットルバルブの開度との関係を示すデータを記憶装置から読み出し、前記データに基づいて、前記第２ＰＷＭ信号を前記第２制御信号に変換する、請求項４に記載の無人航空機。

[請求項7] 前記制御装置は、

前記複数の第１ロータが発生すべき推力の合計である第１推力と、前記少なくとも１つの第２ロータが発生すべき推力の合計である第２推力とを決定し、

前記第１推力に基づいて、前記複数の第１ロータの各々の前記第１制御信号を生成し、

前記第１制御信号と、前記第２推力と前記第１推力との比に基づいて、前記第２ＰＷＭ信号を決定する、

請求項４から６のいずれか１項に記載の無人航空機。

[請求項8] 前記少なくとも１つの第２ロータの直径は、前記複数の第１ロータの各々の直径よりも大きい、請求項１から７のいずれか１項に記載の無人航空機。

[請求項9] 前記複数の第２ロータの各々の１回転あたりの推力は、前記複数の第１ロータの各々の１回転あたりの推力よりも大きい、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] 前記機体の中心から前記複数の第２ロータの各々の回転軸までの距離は、前記機体の中心から前記複数の第１ロータの各々の回転軸までの距離よりも短い、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] 複数の電動モータと、内燃機関と、前記複数の電動モータによってそれぞれ駆動される複数の第１ロータと、前記内燃機関によって駆動される少なくとも１つの第２ロータと、制御装置と、を備える無人航空機における前記制御装置によって実行される制御方法であって、

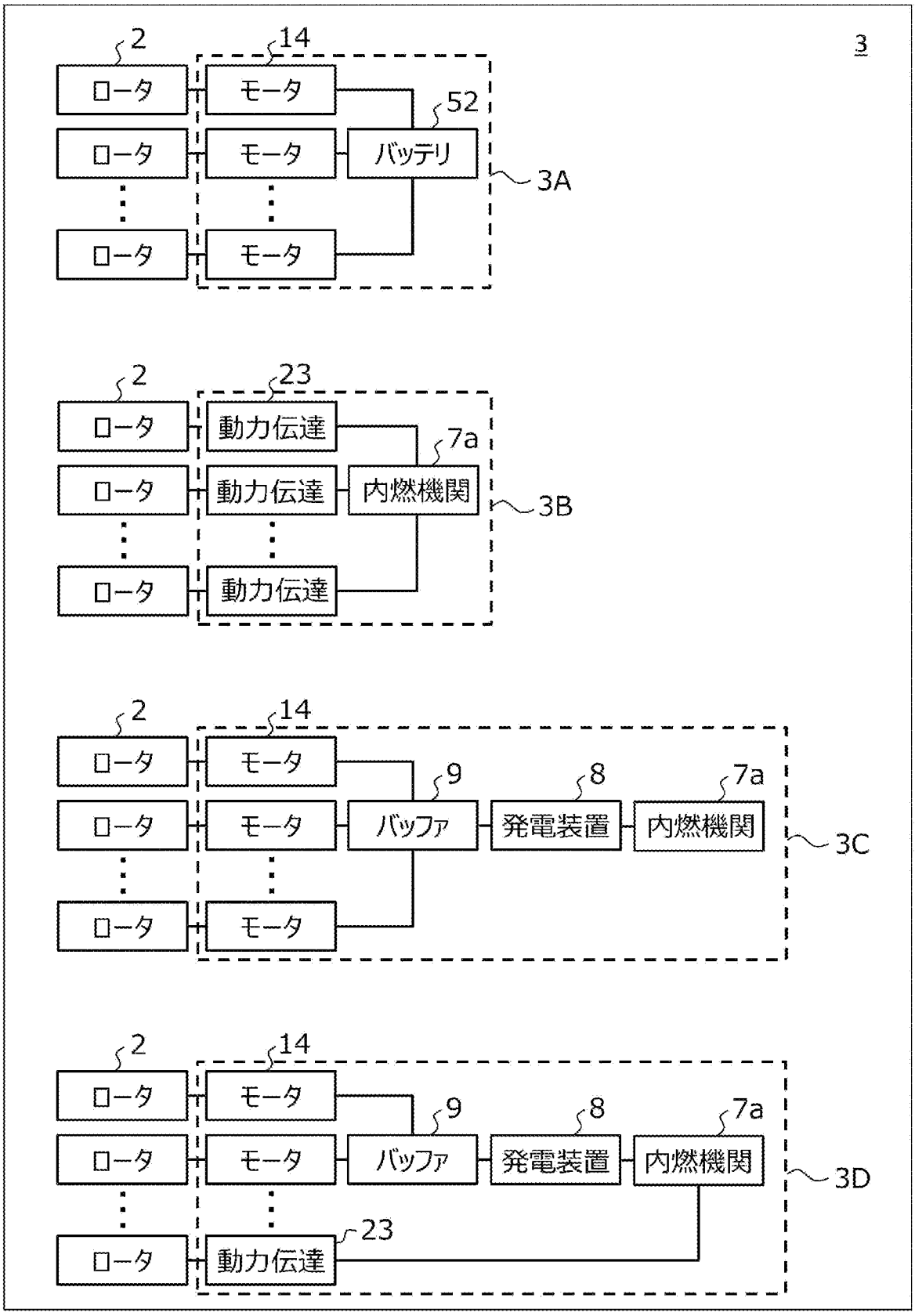
前記複数の第１ロータの各々の第１回転速度、および前記少なくとも１つの第２ロータの第２回転速度を決定することと、

前記第１回転速度に基づいて、前記複数の電動モータの各々を回転させる第１制御信号を生成することと、

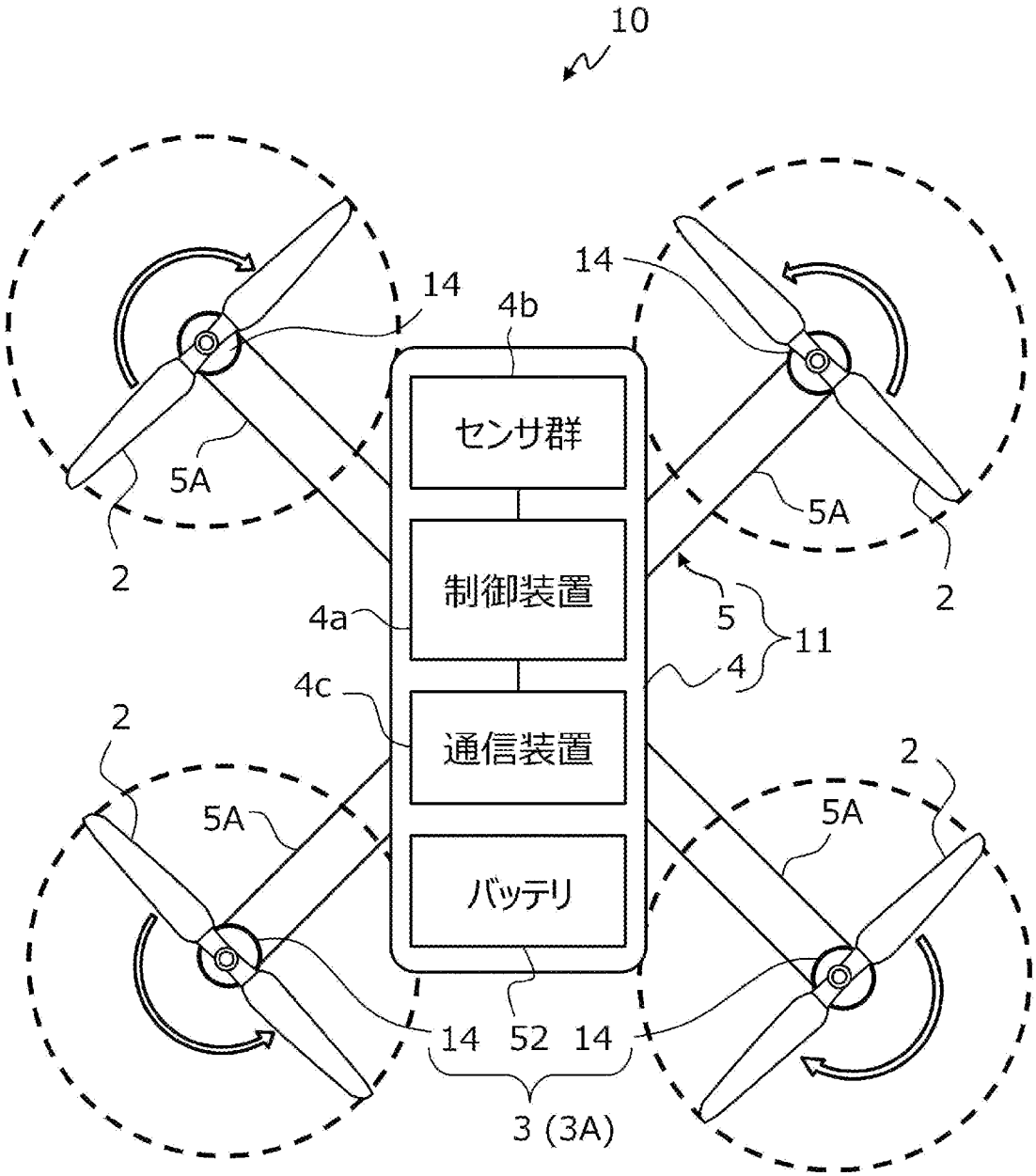
前記第２回転速度に基づいて、前記内燃機関を駆動する第２制御信号を生成することと、

を含む制御方法。

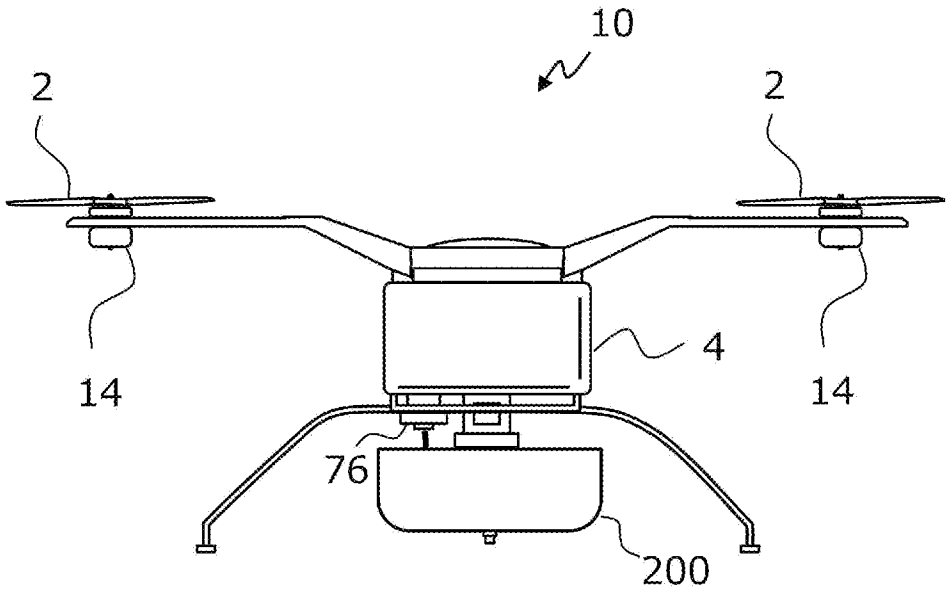
[図1A]



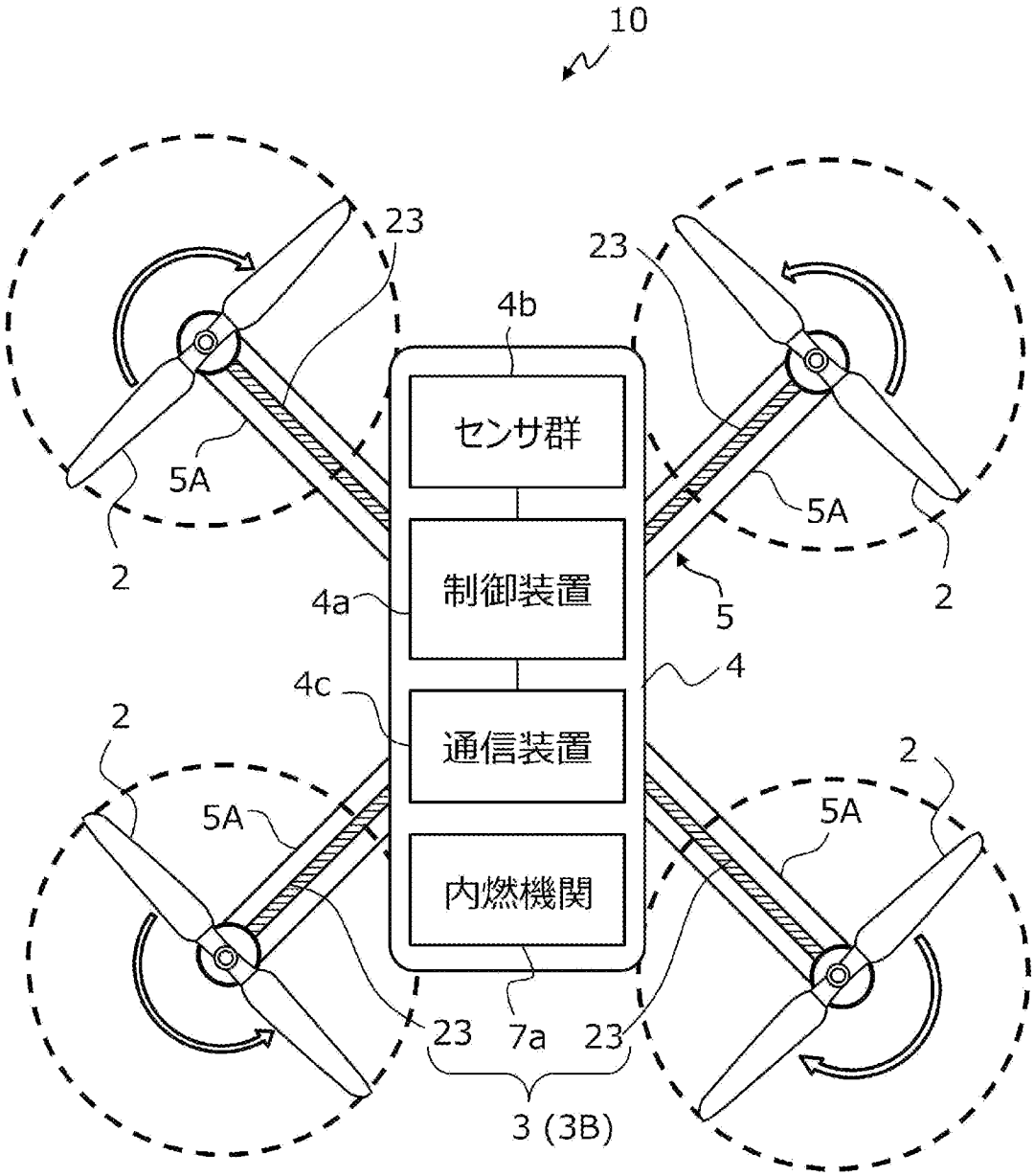
[図1B]



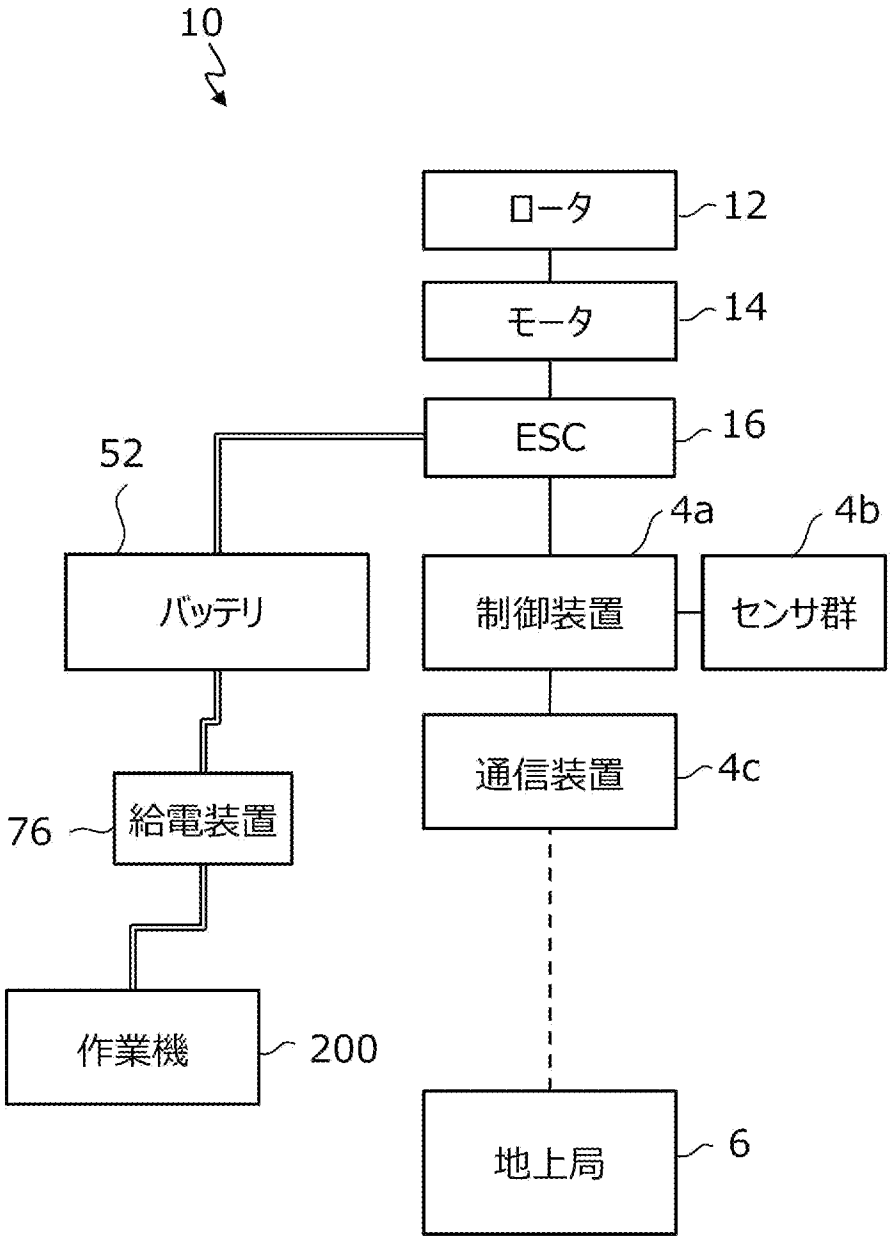
[図1C]



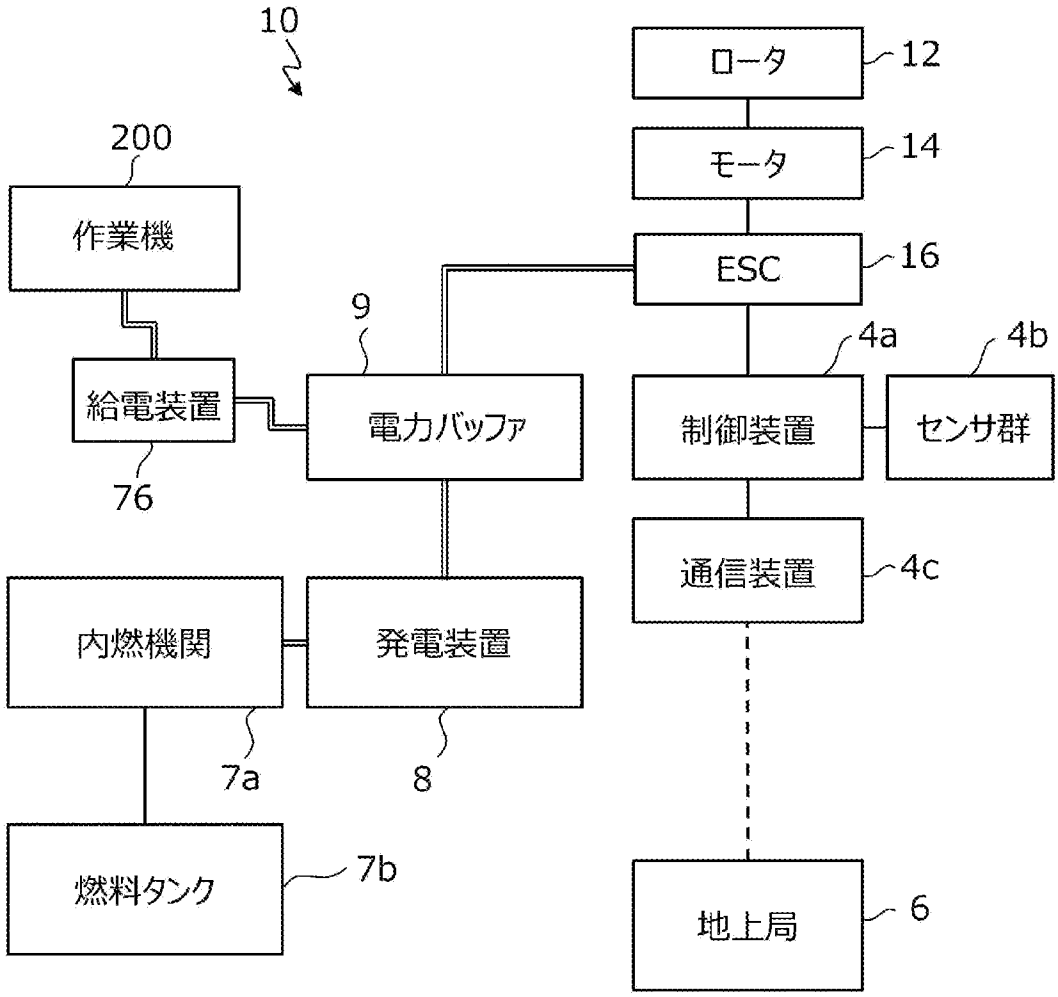
[図1D]


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

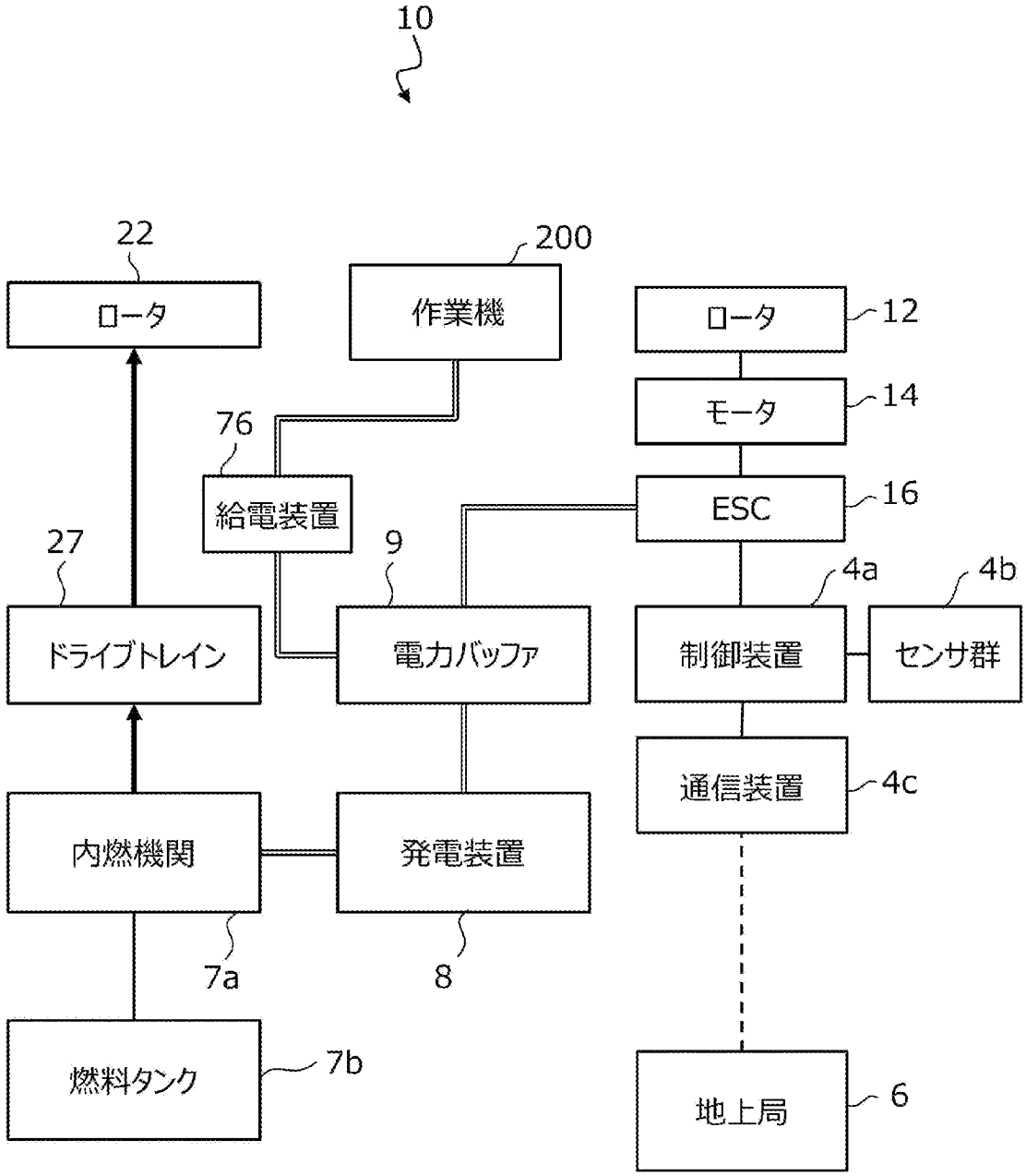
[図2A]


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

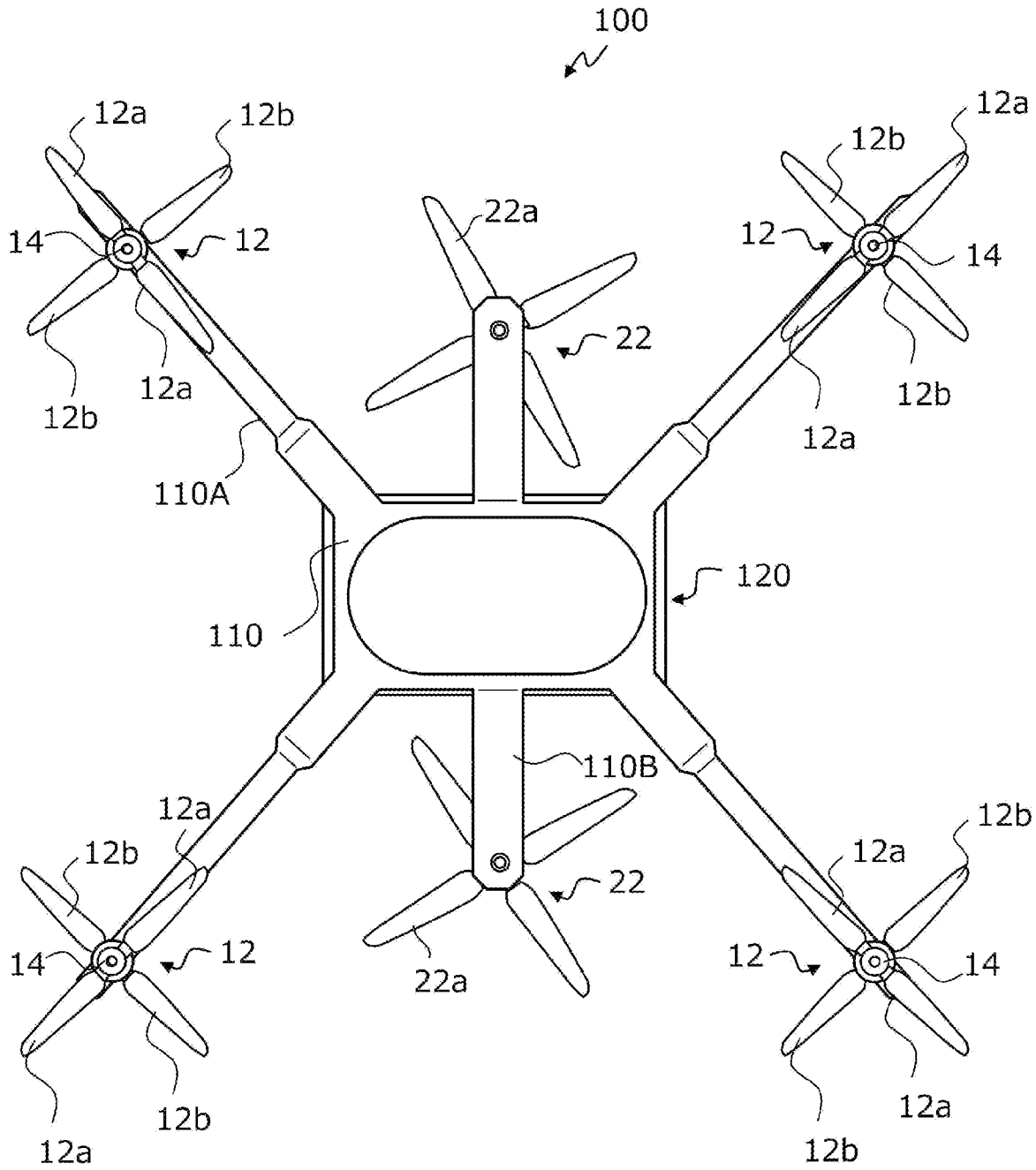
[図2B]


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

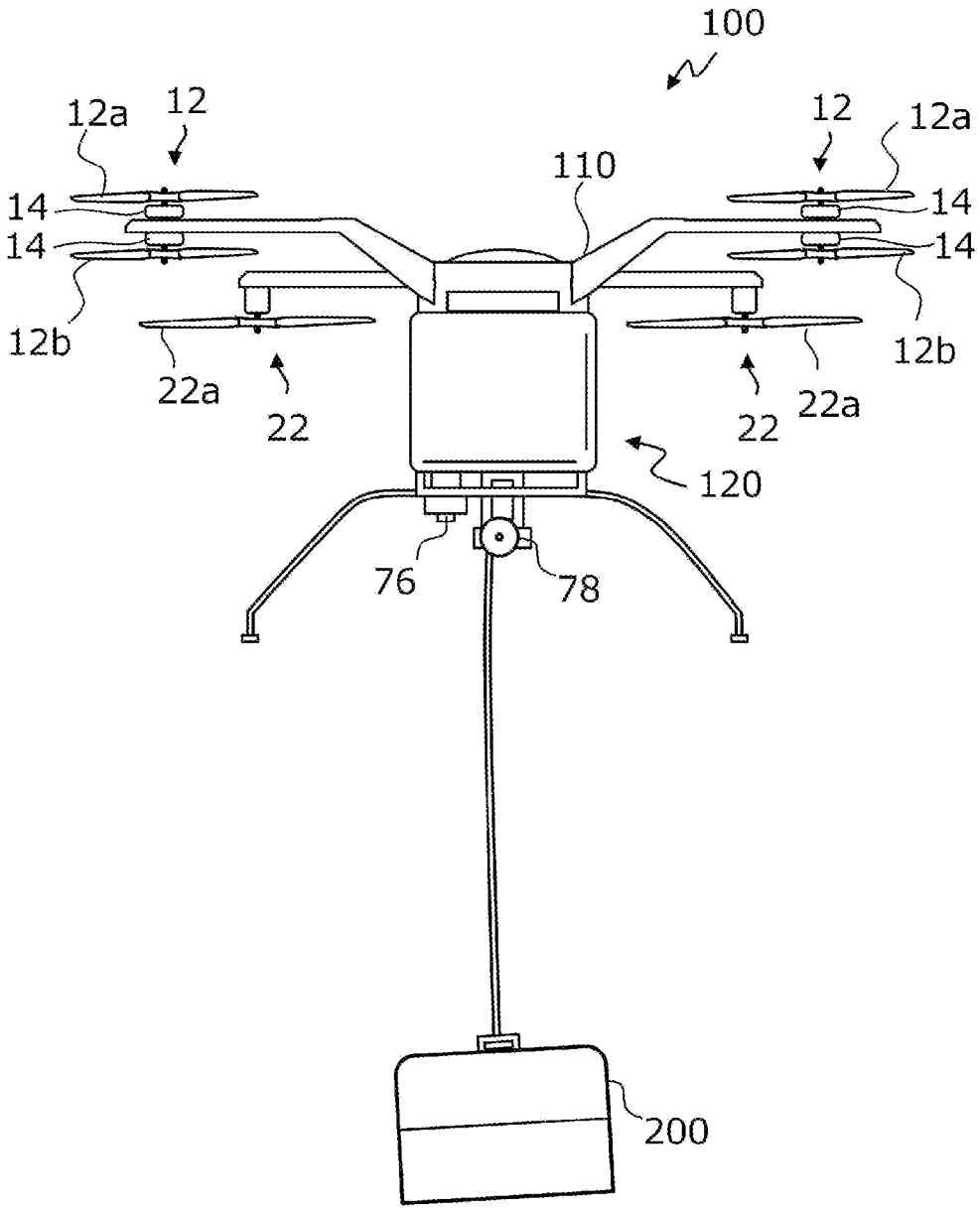
[図2C]


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

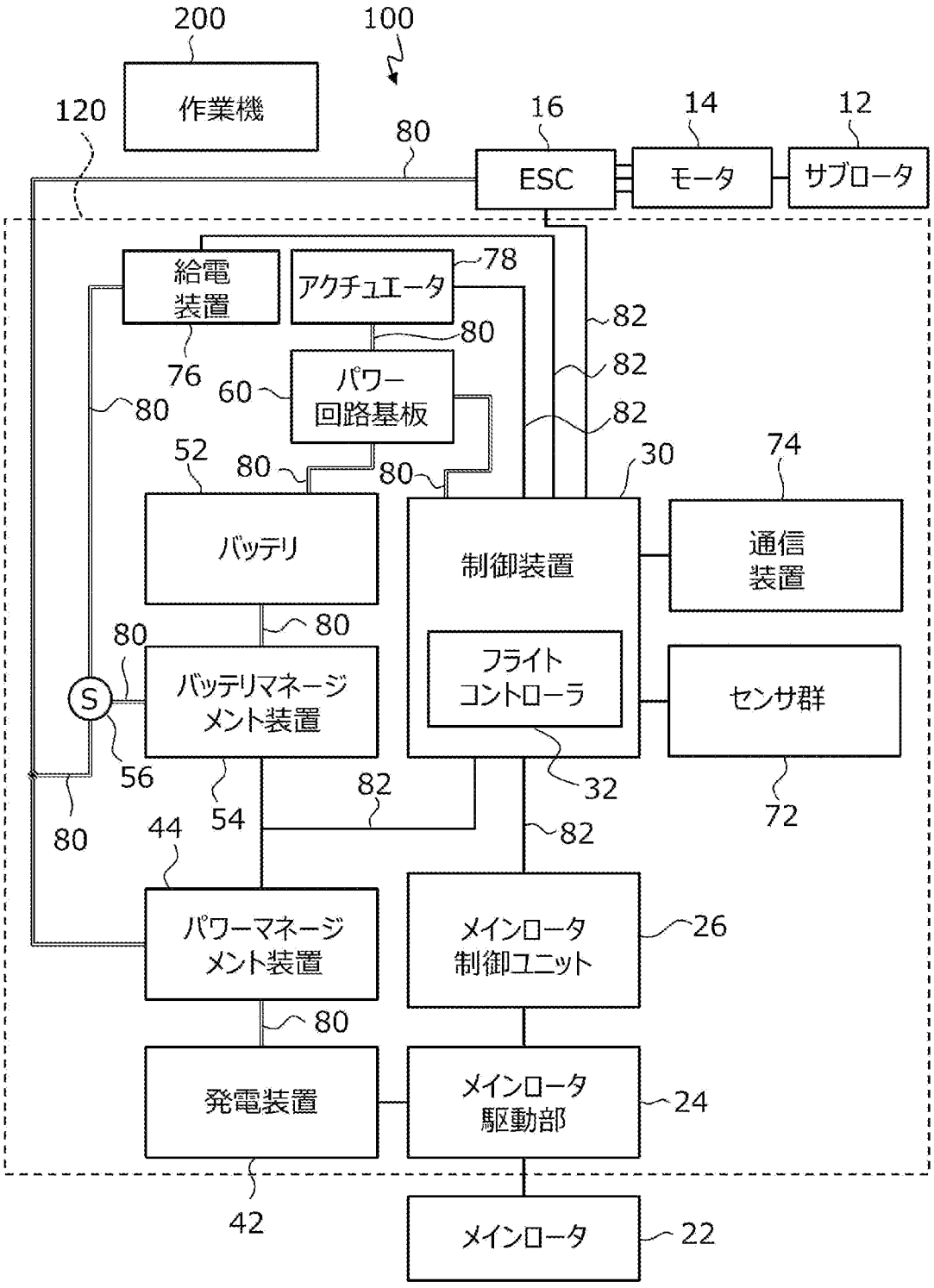
[図3A]


100
12a
12b
14
12
22a
22
110A
110
120
110B
22a
12a
12b
14
12
22
12a
12b
12a
12b
14
12
12a
12b
12a
12b
14
12
12a
12b

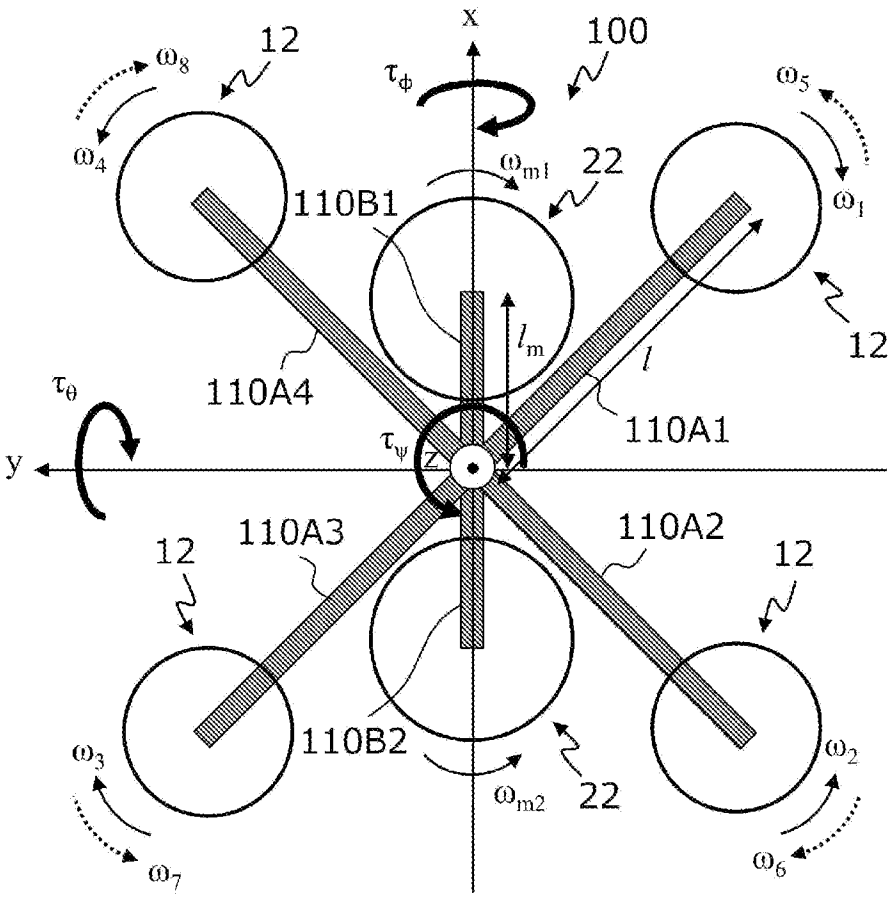
[図3B]


100
12a
12
110
12
12a
14
14
14
14
12b
12b
22a
22
22
22a
120
76
78
200

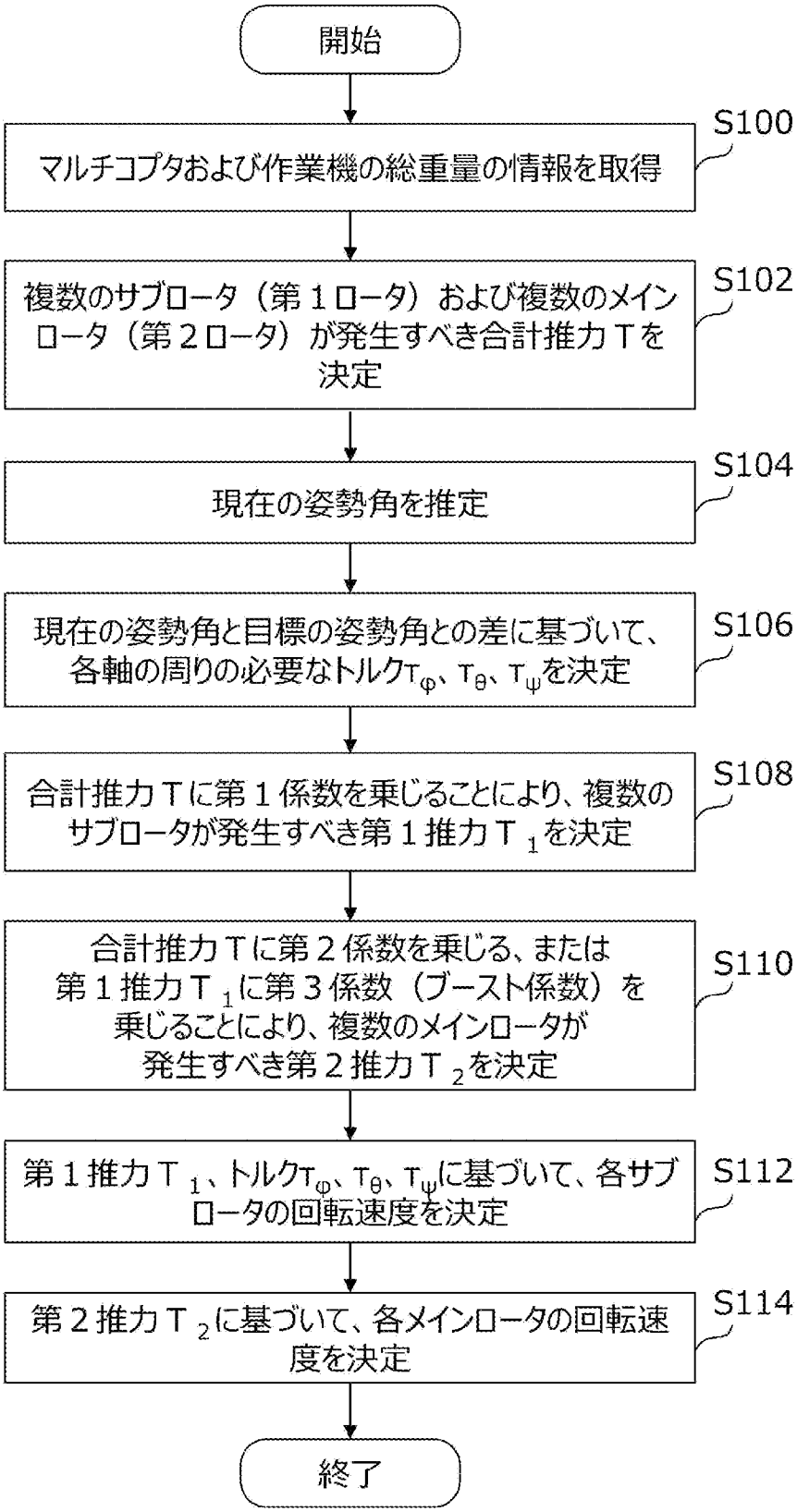
[図4]


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
52
30
74
バッテリ
制御装置
通信装置
S
バッテリマネージメント装置
フライトコントローラ
センサ群
56
54
32
72
44
パワーマネージメント装置
メインロータ制御ユニット
26
発電装置
メインロータ駆動部
24
42
メインロータ
22

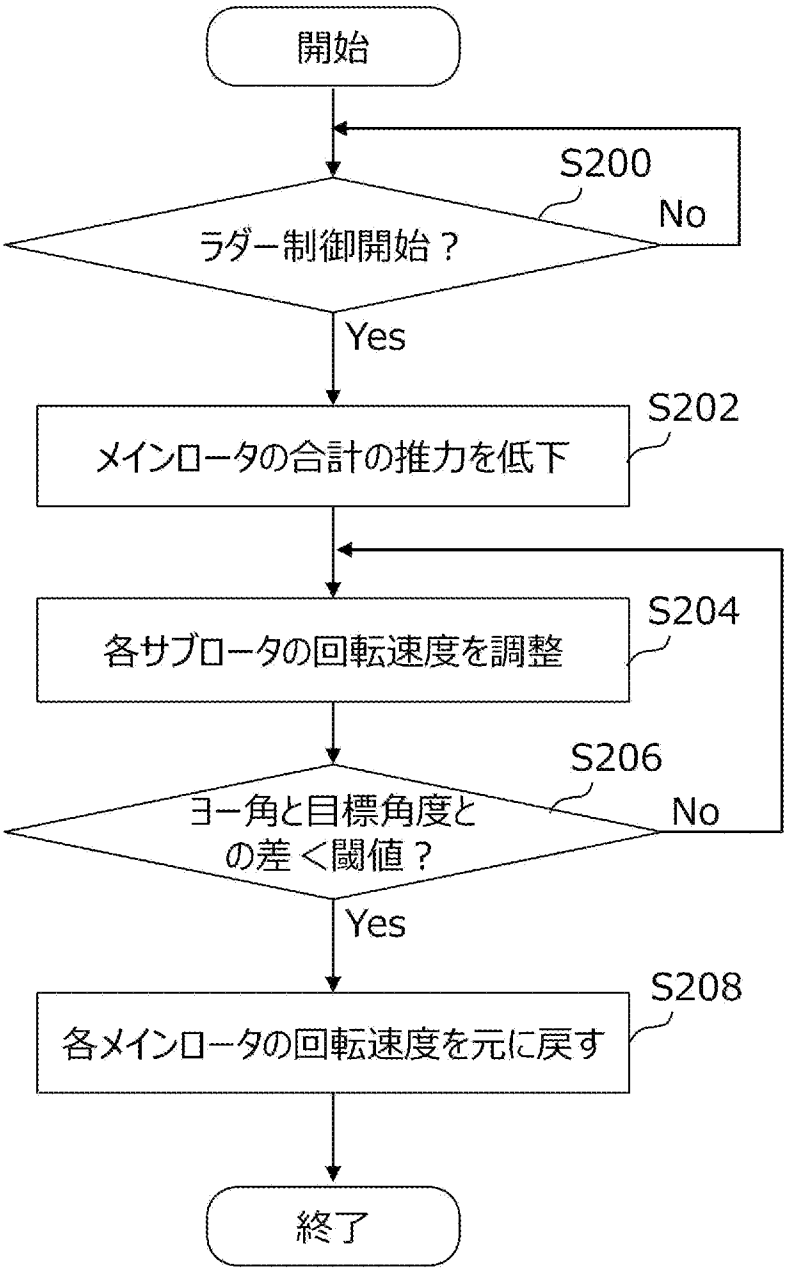
[図5]


x
y
z
100
12
22
110A1
110A2
110A3
110A4
110B1
110B2
ω_1
ω_2
ω_3
ω_4
ω_5
ω_6
ω_7
ω_8
ω_{m1}
ω_{m2}
τ_ϕ
τ_θ
τ_ψ
l
l_m

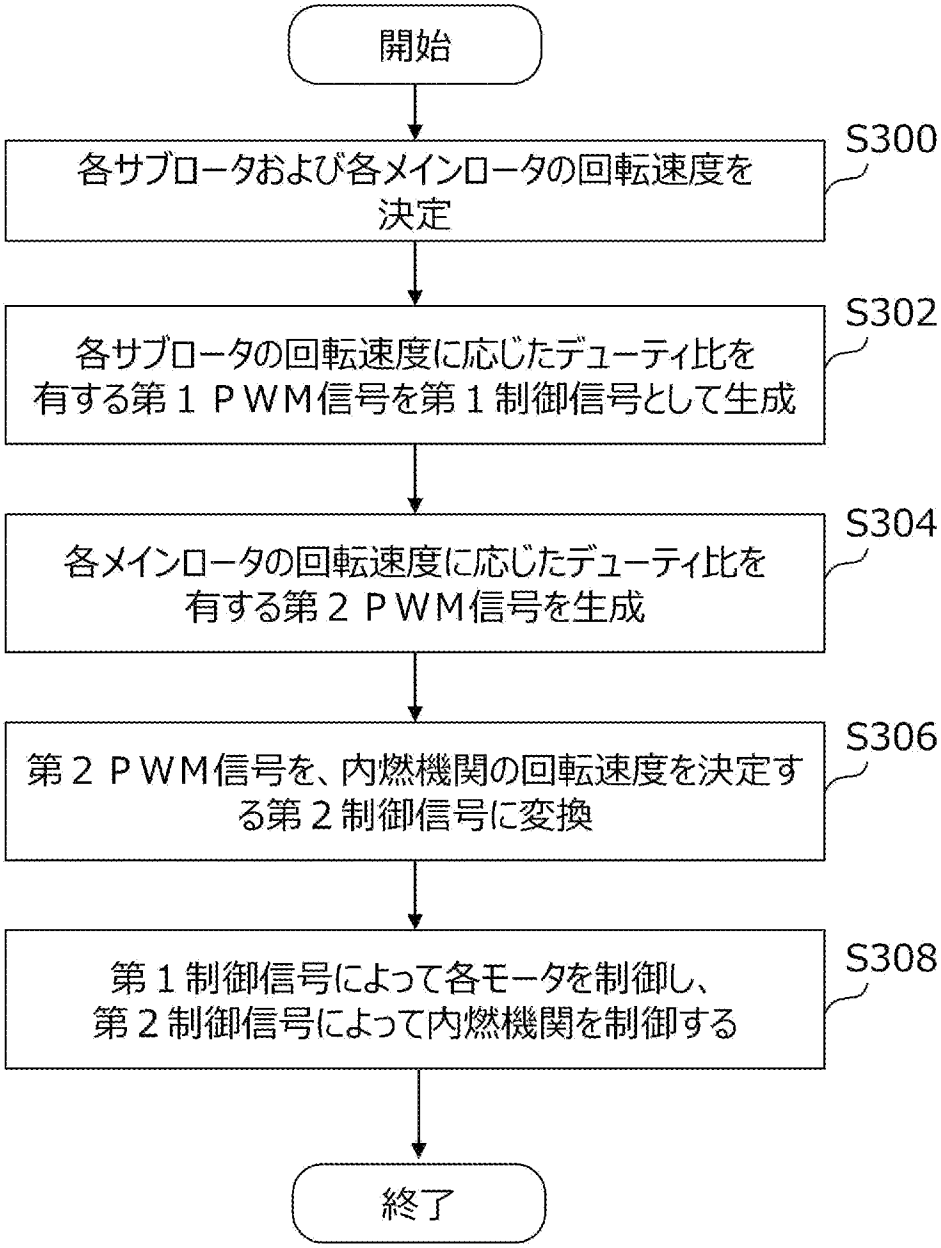
[図6]


開始
S100
マルチコプタおよび作業機の総重量の情報を取得
S102
複数のサブロータ（第１ロータ）および複数のメインロータ（第２ロータ）が発生すべき合計推力Ｔを決定
S104
現在の姿勢角を推定
S106
現在の姿勢角と目標の姿勢角との差に基づいて、各軸の周りの必要なトルクTφ、Tθ、Tψを決定
S108
合計推力Ｔに第１係数を乗じることにより、複数のサブロータが発生すべき第１推力Ｔ1を決定
S110
合計推力Ｔに第２係数を乗じる、または第１推力Ｔ1に第３係数（ブースト係数）を乗じることにより、複数のメインロータが発生すべき第２推力Ｔ2を決定
S112
第１推力Ｔ1、トルクTφ、Tθ、Tψに基づいて、各サブロータの回転速度を決定
S114
第２推力Ｔ2に基づいて、各メインロータの回転速度を決定
終了

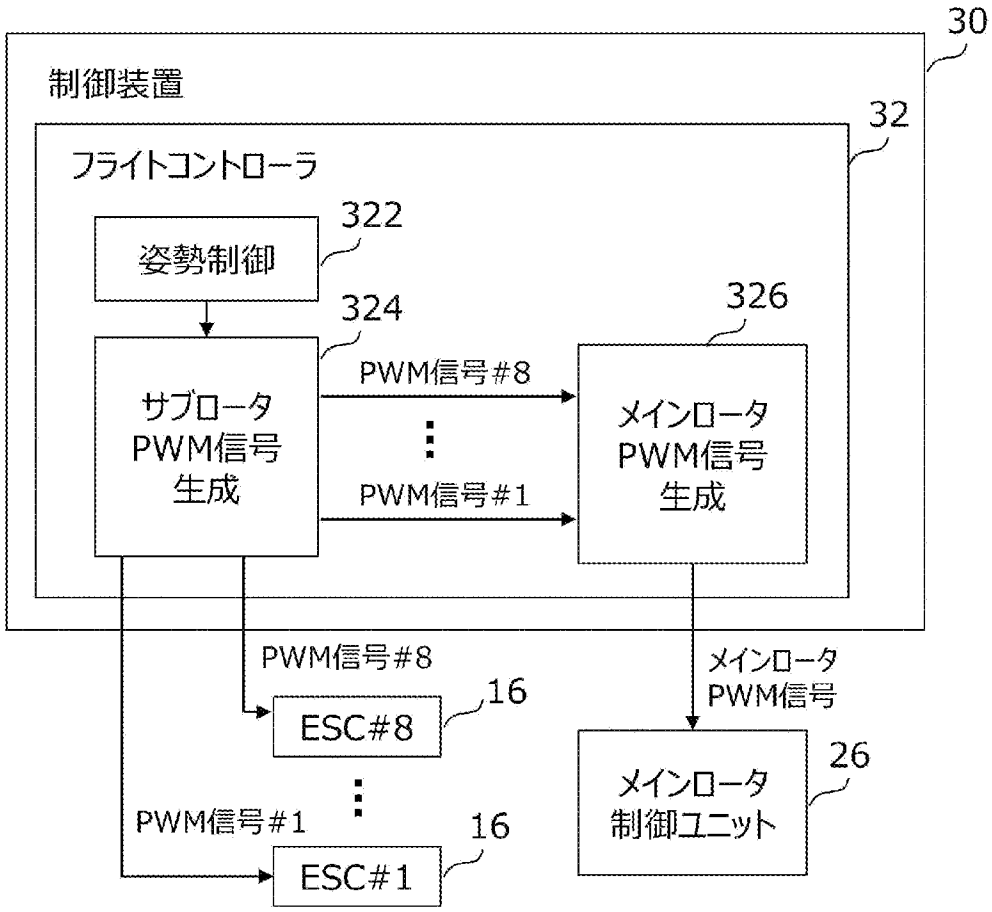
[図7]


開始
S200
No
ラダー制御開始？
Yes
S202
メインロータの合計の推力を低下
S204
各サブロータの回転速度を調整
S206
No
ヨー角と目標角度と
の差＜閾値？
Yes
S208
各メインロータの回転速度を元に戻す
終了

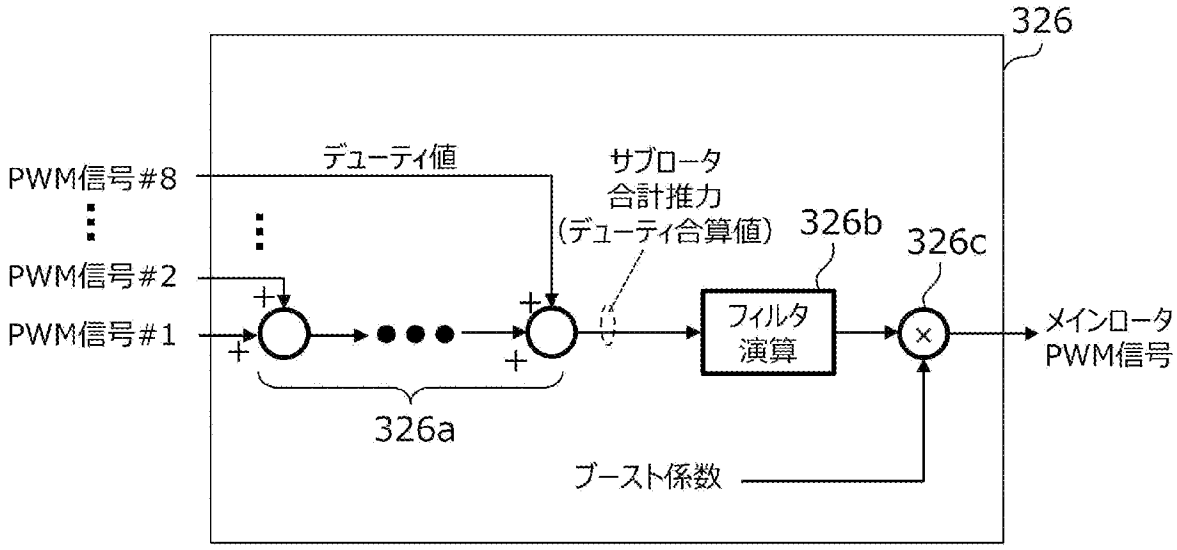
[図8]


開始
各サブロータおよび各メインロータの回転速度を決定
S300
各サブロータの回転速度に応じたデューティ比を有する第１ＰＷＭ信号を第１制御信号として生成
S302
各メインロータの回転速度に応じたデューティ比を有する第２ＰＷＭ信号を生成
S304
第２ＰＷＭ信号を、内燃機関の回転速度を決定する第２制御信号に変換
S306
第１制御信号によって各モータを制御し、第２制御信号によって内燃機関を制御する
S308
終了

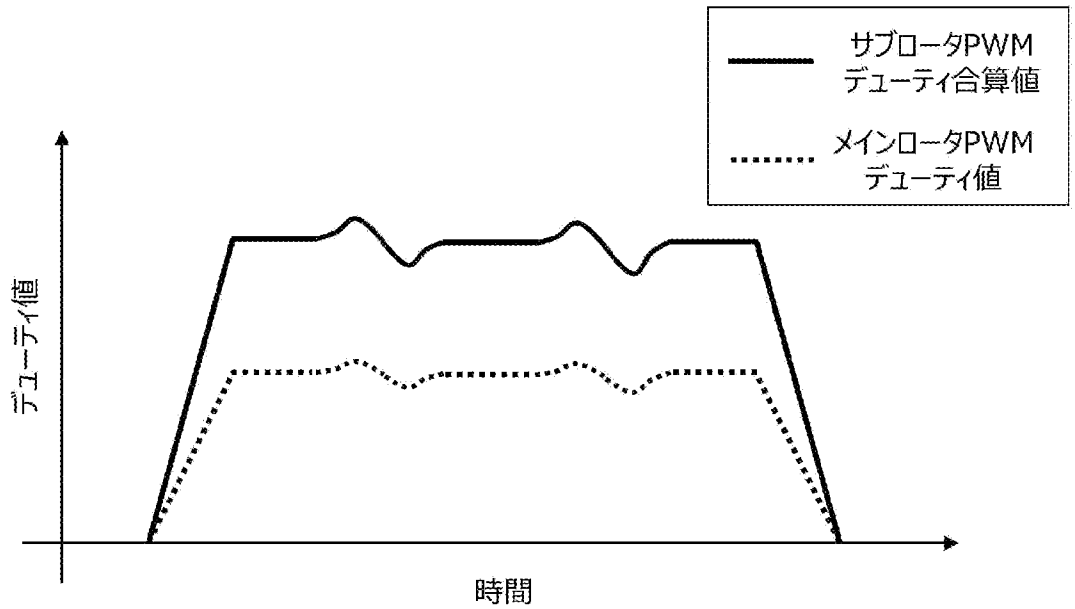
[図9]


30
制御装置
32
フライトコントローラ
322
姿勢制御
324
326
サブロータ
PWM信号
生成
PWM信号#8
PWM信号#1
メインロータ
PWM信号
生成
PWM信号#8
16
ESC#8
メインロータ
PWM信号
26
メインロータ
制御ユニット
PWM信号#1
16
ESC#1

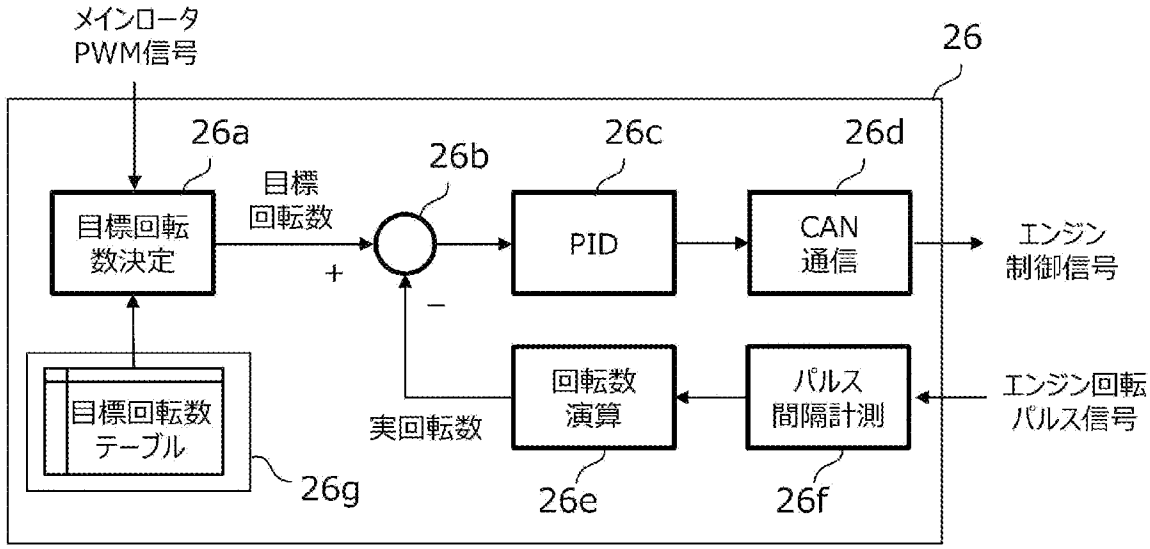
[図10]


326
PWM信号#8
デューティ値
サブロータ
合計推力
(デューティ合算値)
326b
326c
PWM信号#2
PWM信号#1
フィルタ
演算
メインロータ
PWM信号
326a
ブースト係数

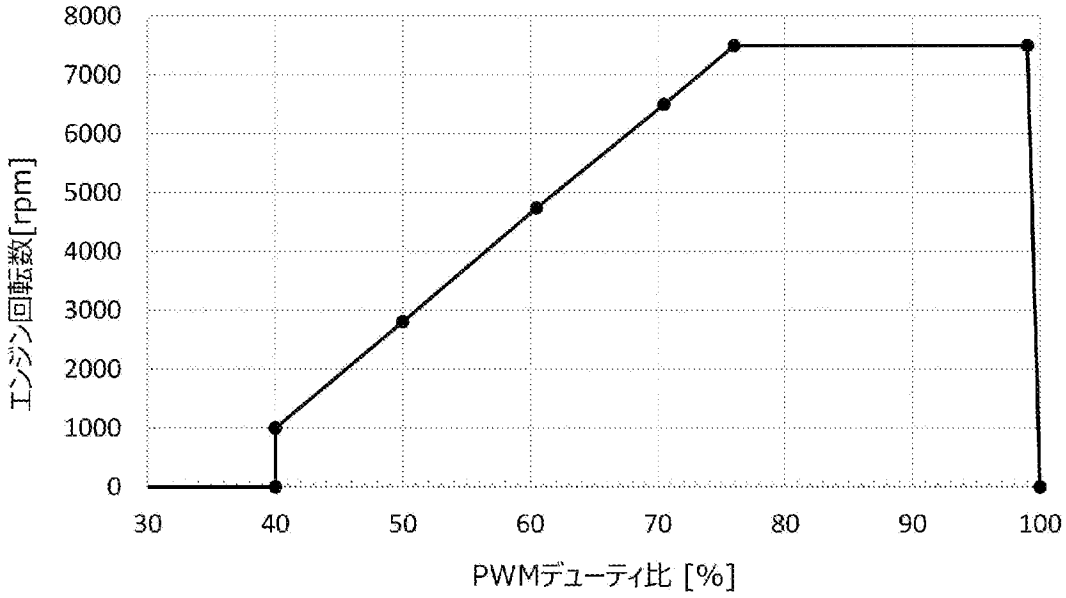
[図11]


サブロータPWM
デューティ合算値
メインロータPWM
デューティ値
デューティ値
時間

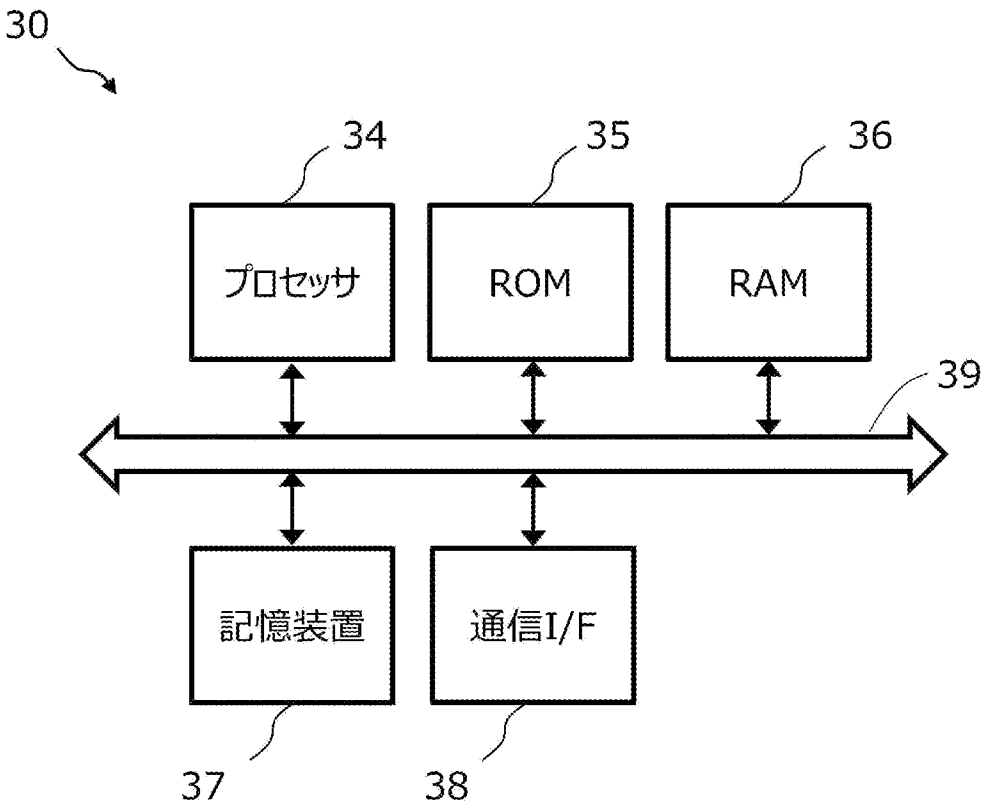
[図12]


メインロータ
PWM信号
26
26a
目標回転
数決定
目標
回転数
26b
+
−
26c
PID
26d
CAN
通信
エンジン
制御信号
目標回転数
テーブル
26g
実回転数
回転数
演算
26e
パルス
間隔計測
26f
エンジン回転
パルス信号

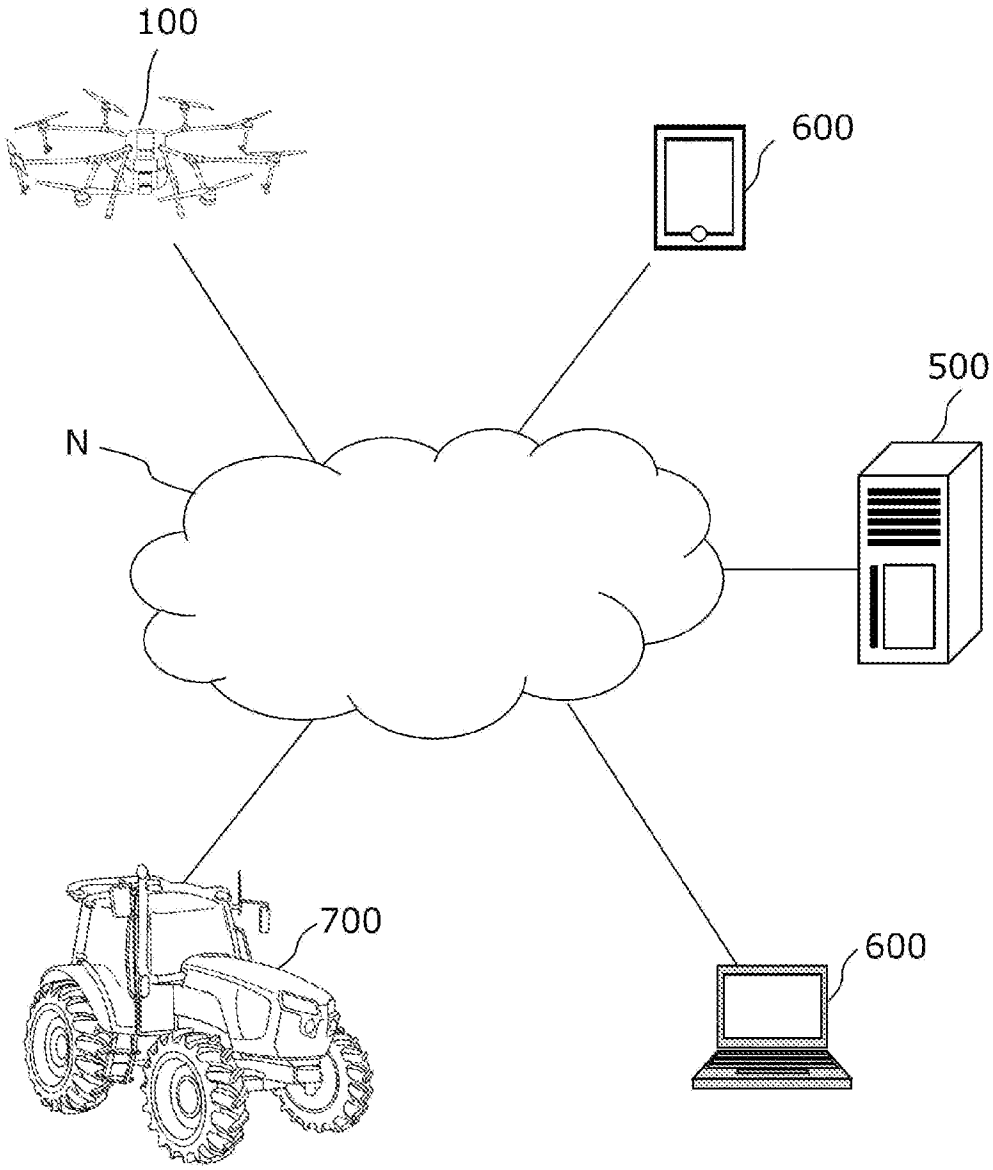
[図13]


8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
エンジン回転数[rpm]
30
40
50
60
70
80
90
100
PWMデューティ比 [%]

[図14]


30
34
35
36
プロセッサ
ROM
RAM
39
記憶装置
通信I/F
37
38

[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/048185

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B64U 10/16(2023.01)i; ***B64U 50/11***(2023.01)i; ***B64U 50/33***(2023.01)i; *B64U 101/40*(2023.01)n
FI: B64U10/16; B64U50/11; B64U50/33; 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)

B64U10/16; B64U50/11; B64U50/33; 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.
Y	JP 6954708 B1 (ISHIKAWA ENERGY RES CO., LTD.) 27 October 2021 (2021-10-27) paragraphs [0023], [0029], [0051]-[0059], [0070], fig. 1-3	1–11
Y	WO 2018/021300 A1 (NIDEC CORPORATION) 01 February 2018 (2018-02-01) paragraphs [0035], [0036]	1-11
Y	JP 7004369 B1 (ISHIKAWA ENERGY RES CO., LTD.) 21 January 2022 (2022-01-21) fig. 1, 2	10

☐ 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
06 February 2023	**21 February 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/JP2022/048185

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 6954708 B1	27 October 2021	(Family: none)	
WO 2018/021300 A1	01 February 2018	US 2019/0272732 A1 paragraphs [0055], [0056] EP 3492947 A1 paragraphs [0035], [0036]	
JP 7004369 B1	21 January 2022	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/048185

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B64U 10/16(2023.01)i; B64U 50/11(2023.01)i; B64U 50/33(2023.01)i; B64U 101/40(2023.01)n
FI: B64U10/16; B64U50/11; B64U50/33; 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））

B64U10/16; B64U50/11; B64U50/33; 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
Y	JP 6954708 B1 (株式会社石川エナジーリサーチ) 27.10.2021 (2021-10-27) 段落［００２３］、［００２９］、［００５１］－［００５９］、［００７０］、図１－３	１－１１
Y	WO 2018/021300 A1 (日本電産株式会社) 01.02.2018 (2018-02-01) 段落［００３５］－［００３６］	１－１１
Y	JP 7004369 B1 (株式会社石川エナジーリサーチ) 21.01.2022 (2022-01-21) 図１－２	１０

☐ 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
06.02.2023	21.02.2023

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）
塚本　英隆 3D 3331
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/JP2022/048185

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 6954708 B1	27.10.2021	（ファミリーなし）	
WO 2018/021300 A1	01.02.2018	US 2019/0272732 A1 段落［００５５］－［００５６］ EP 3492947 A1 段落［００３５］－［００３６］	
JP 7004369 B1	21.01.2022	（ファミリーなし）	