

(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12月12日(12.12.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/253087 A1

(51) 国際特許分類:
B64D 27/24 (2024.01) H02P 29/62 (2016.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/020358

(22) 国際出願日: 2024年6月4日(04.06.2024)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2023-094322 2023年6月7日(07.06.2023) JP

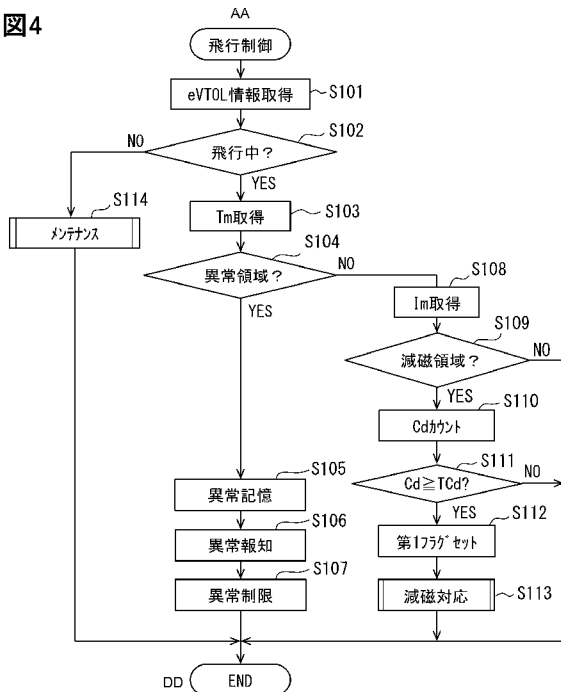
(71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 竹村 優一 (TAKEMURA Yuichi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 川津 信介 (KAWAZU Shinsuke); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 林 二郎 (HAYASHI Jiro); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 山本 毅広 (YAMAMOTO Takehiro); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 鈴木 彰 (SUZUKI Akira); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 杉田 俊 (SUGITA Shun); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 鈴木 秀

(54) Title: PROPULSION SYSTEM, PROPULSION CONTROL DEVICE, AND PROPULSION CONTROL PROGRAM

(54) 発明の名称: 推進システム、推進制御装置及び推進制御プログラム

図4



S101 Acquire eVTOL information
S102 In flight?
S103 Acquire Tm
S104 In abnormal region?
S105 Store abnormality
S106 Report abnormality
S107 Limit abnormality
S108 Acquire Im
S109 In demagnetization region?
S110 Cd count
S112 First flag set
S113 Demagnetization response
S114 Maintenance
AA Flight control
DD END

(57) Abstract: This propulsion system has a propulsion device and a flight control device. The propulsion device has a motor. The motor has a rotor magnet. The flight control device acquires a motor temperature (Tm) in step S103 of flight control processing. The flight control device (40) acquires a motor current (Im) in step S108. In steps S109-S113, the flight control device (40) uses drive information, such as the motor temperature (Tm) and the motor current (Im), to perform management processing for managing demagnetization of the rotor magnet. The management processing includes

WO 2024/253087 A1

明 (SUZUKI Hideaki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 中田 真吾 (NAKATA Shingo); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人:野々部 泰平, 外(NONOBE Taihei et al.); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦 2 丁目 1 3 番 1 9 号 瀧定ビル 3 階 Aichi (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, MU, 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))

processing for determining whether the state of the motor is in an abnormal region, a demagnetization region, or a normal region. In the management processing, the motor current is limited according to which region the state of the motor is in.

(57) 要約: 推進システムは推進装置及び飛行制御装置を有している。推進装置はモータを有している。モータはロータ磁石を有している。飛行制御装置は、飛行制御処理のステップ S 103 においてモータ温度 (T_m) を取得する。飛行制御装置 (40) は、ステップ S 108 においてモータ電流 (I_m) を取得する。飛行制御装置 (40) は、ステップ S 109~S 113 において、モータ温度 (T_m) 及びモータ電流 (I_m) といった駆動情報を用いて、ロータ磁石の減磁を管理するための管理処理を行う。管理処理には、モータの状態が異常領域、減磁領域及び通常領域のいずれにあるのかを判定する処理が含まれている。管理処理では、モータの状態がいずれの領域にあるのかに応じて、モータ電流の制限が行われる。

明 細 書

発明の名称：

推進システム、推進制御装置及び推進制御プログラム

関連出願の相互参照

[0001] この出願は、2023年6月7日に日本に出願された特許出願第2023-094322号を基礎としており、基礎の出願の内容を、全体的に、参照により援用している。

技術分野

[0002] この明細書における開示は、推進システム、推進制御装置及び推進制御プログラムに関する。

背景技術

[0003] 特許文献1には、モータを有するモータシステムについて記載されている。このモータシステムでは、モータ温度が基準温度を超えた場合に、モータ温度の異常が発生したとして、モータ出力が低下される。特許文献1では、モータ温度の異常が発生したモータについて、状態が更に悪化することを抑制できる、とされている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2020-205709号公報

発明の概要

[0005] 永久磁石を備えたモータでは、モータの駆動に伴って永久磁石の減磁が進行することがある。これに対して、上記特許文献1では、モータの駆動について永久磁石の減磁が考慮されておらず、モータの異常が発生するほどに永久磁石の減磁が進行することが考えられる。モータの異常が発生するほどに永久磁石の減磁が進行した場合、モータの駆動により推進する移動体では、移動体の安全性が低下することが懸念される。

[0006] 本開示の主な目的は、移動体の安全性を高めることができる推進システム

、推進制御装置及び推進制御プログラムを提供することである。

[0007] この明細書に開示された複数の態様は、それぞれの目的を達成するために、互いに異なる技術的手段を採用する。また、請求の範囲及びこの項に記載した括弧内の符号は、一つの態様として後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示す一例であって、技術的範囲を限定するものではない。

[0008] 上記目的を達成するため、開示された態様は、
移動体を推進させる推進システムであって、
永久磁石を有し、移動体を推進させるために駆動するモータと、
モータの駆動状態を示す駆動情報を取得する情報取得部と、
情報取得部により取得された駆動情報を用いて永久磁石の減磁を管理する減磁管理部と、
を備えている推進システムである。

[0009] 上記推進システムによれば、モータの駆動情報を用いて永久磁石の減磁が管理される。この構成では、永久磁石の減磁が生じにくくなるようにモータを駆動させることが可能である。このため、永久磁石の減磁が生じること自体を抑制できる。また、この構成では、モータの異常が発生するほどに永久磁石の減磁が進行してしまうよりも前のタイミングで、永久磁石の負担を低減するなどの異常対策を行うことが可能である。このため、永久磁石の減磁が進行することで移動体の安全性が低下する、ということを抑止できる。以上のように、永久磁石の減磁が管理されることで移動体の安全性を高めることができる。

[0010] 開示された態様は、
移動体推進させるために駆動するモータを有する推進システム、を制御する推進制御装置であって、
モータの駆動状態を示す駆動情報を取得する情報取得部と、
情報取得部により取得された駆動情報を用いて、モータが有する永久磁石の減磁を管理する減磁管理部と、
を備えている推進制御装置である。

[0011] 上記推進制御装置によれば、上記推進システムと同様に、移動体の安全性を高めることができる。

[0012] 開示された態様は、

移動体推進させるために駆動するモータを有する推進システムの制御を少なくとも1つのプロセッサに実行させるための推進制御プログラムであって、

モータの駆動状態を示す駆動情報を取得する処理と、
駆動情報を用いて、モータが有する永久磁石の減磁を管理する処理と、
を少なくとも1つのプロセッサに実行させるための推進制御プログラムである。

[0013] 上記推進制御プログラムによれば、上記推進システムと同様に、移動体の安全性を高めることができる。

[0014] 上記推進制御装置によれば、上記推進システムと同様の効果を実現できる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]第1実施形態におけるeVTOLの構成を示す図。

[図2]推進システムの電気的な構成を示すブロック図。

[図3]減磁領域について説明するための図。

[図4]飛行制御処理の手順を示すフローチャート。

[図5]減磁対応処理の手順を示すフローチャート。

[図6]第2制限範囲処理の手順を示すフローチャート。

[図7]制限対応処理の手順を示すフローチャート。

[図8]メンテナンス処理の手順を示すフローチャート。

[図9]第2実施形態における減磁対応処理の手順を示すフローチャート。

[図10]乖離量について説明するための図。

[図11]第3実施形態における飛行制御処理の手順を示すフローチャート。

[図12]減磁領域について説明するための図。

[図13]第4実施形態における飛行制御処理の手順を示すフローチャート。

[図14]減磁対応処理の手順を示すフローチャート。

[図15]第5実施形態における推進システムの電氣的な構成を示すブロック図。

[図16]飛行制御処理の手順を示すフローチャート。

[図17]着陸対応処理の手順を示すフローチャート。

[図18]第1冷却閾値や第1停止閾値について説明するための図。

[図19]駆動点検処理の手順を示すフローチャート。

[図20]離陸準備処理の手順を示すフローチャート。

[図21]充電対応処理の手順を示すフローチャート。

発明を実施するための形態

[0016] 以下に、図面を参照しながら本開示を実施するための複数の形態を説明する。各形態において先行する形態で説明した事項に対応する部分には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する場合がある。各形態において構成の一部のみを説明している場合は、構成の他の部分については先行して説明した他の形態を適用することができる。各実施形態で具体的に組み合わせが可能であることを明示している部分同士の間組み合わせばかりではなく、特に組み合わせに支障が生じなければ、明示していなくても実施形態同士を部分的に組み合わせることも可能である。

[0017] <第1実施形態>

図1に示す推進システム30は、eVTOL10に搭載されている。eVTOL10は、電動垂直離着陸機である。電動垂直離着陸機は、電動式の垂直離着陸機であり、垂直離着陸することが可能である。eVTOLは、electric Vertical Take-off and Landing aircraftの略称である。eVTOL10は、大気中を飛行する電動式の飛行体であり、電動飛行体と称されることがある。eVTOL10は、電動式の航空機でもあり、電動航空機と称されることがある。eVTOL10は、乗員が乗る有人飛行体である。eVTOL10の乗員には、操縦者や運転手としてのパイロットが含まれる。推進システム30は、eVTOL10を推進させるために駆動するシステムである。

。推進システム30は、飛行システムと称されることがある。

[0018] eVTOL10は、機体11及びプロペラ20を有している。機体11は、機体本体12、翼13を有している。機体本体12は、機体11の胴体であり、例えば前後に延びた形状になっている。機体本体12は、乗員が乗るための乗員室14を有している。翼13は、機体本体12から延びており、機体本体12に複数設けられている。翼13は固定翼である。複数の翼13には、主翼、尾翼などが含まれている。

[0019] eVTOL10は、機室を有している。機室は、eVTOL10の内部に設けられている。例えば、機室は、機体本体12の内部空間であり、機体本体12により形成されている。機室としては、乗員室14や貨物室などがある。乗員室14としては、客室やパイロット室などがある。乗員室14には、乗員が座るための座席が設けられている。乗員室14には、乗員が乗っていてもよく、貨物が収容されていてもよい。

[0020] プロペラ20は、機体11に複数設けられている。eVTOL10は、少なくとも3つのプロペラ20を有するマルチコプタである。例えばプロペラ20は、機体11に少なくとも6つ設けられている。プロペラ20は、機体本体12及び翼13のそれぞれに設けられている。プロペラ20は、プロペラ軸線を中心に回転する。プロペラ軸線は、例えばプロペラ20の中心線である。プロペラ20は、eVTOL10に推力や揚力を生じさせることが可能である。プロペラ20は、ロータや回転翼と称されることがある。

[0021] eVTOL10では、プロペラ20が複数あることで、機体バランスを維持しやすくなっている。eVTOL10では、1つのプロペラ20でプロペラ出力が意図せずに低下したとしても、残りのプロペラ20により飛行を継続することが可能である。プロペラ出力としては、プロペラ20の回転数やトルクなどがある。

[0022] プロペラ20は、ブレード、ボス及びプロペラシャフトを有している。ブレードは、プロペラ軸線の周方向に複数並べられている。ボスは、複数のブレードを連結している。プロペラシャフトは、プロペラ20の回転軸であり

、ボスからプロペラ軸線に沿って延びている。

- [0023] eVTOL10の飛行モードとしては、垂直離陸や垂直着陸、クルーズ、ホバリング等がある。飛行モードは、飛行態様と称されることがある。垂直離陸では、eVTOL10が滑走せずに離陸可能である。垂直離陸では、eVTOL10が垂直方向に上昇してもよく、斜め上方に上昇してもよい。垂直着陸では、eVTOL10が滑走せずに着陸可能である。垂直着陸では、eVTOL10が垂直方向に下降してもよく、斜め下方に下降してもよい。
- [0024] クルーズは、水平飛行と称されることがある。クルーズでは、eVTOL10が上下方向に移動せずに水平方向に飛行してもよく、上下方向に移動しながら水平方向に飛行してもよい。ホバリングは、停止飛行と称されることがある。ホバリングでは、eVTOL10が空中の所定位置に停止したように飛行していてもよく、eVTOL10が所定位置から上下方向や水平方向にずれてもよい。
- [0025] また、eVTOL10の飛行モードには、リフトが含まれている。リフトでは、eVTOL10が上下方向に移動する。eVTOL10は、リフトとして、斜め上方に上昇してもよく、斜め下方に下降してもよい。eVTOL10は、上方にリフトすることで垂直離陸する。eVTOL10は、下方にリフトすることで垂直着陸する。
- [0026] eVTOL10は、チルトロータ機である。eVTOL10では、プロペラ20のチルト角が調整可能になっている。eVTOL10では、1つのプロペラ20をリフト用プロペラ及びクルーズ用プロペラの両方として機能させることが可能である。例えば、eVTOL10がリフトする場合には、プロペラ20がリフト用ロータとして機能するようにチルト角が調整される。eVTOL10がクルーズする場合には、プロペラ20がクルーズ用ロータとして機能するようにチルト角が調整される。なお、eVTOL10は、チルトロータ機でなくてもよい。例えば、eVTOL10は、リフト用のプロペラ20とクルーズ用のプロペラ20とを個別に有していてもよい。
- [0027] eVTOL10は、バッテリー31、分配器32、通信部34、飛行制御装

置40、EPU50を有している。バッテリー31、分配器32、通信部34、飛行制御装置40、EPU50は、推進システム30に含まれている。なお、推進システム30には、少なくとも飛行制御装置40及びEPU50が含まれていればよい。飛行制御装置40は、フライトコントローラと称されることがある。

[0028] バッテリー31は、EPU50に通電可能に接続されている。バッテリー31は、EPU50に電力を供給する電力供給部であり、電源部に相当する。バッテリー31は、EPU50に直流電圧を印加する直流電圧源である。バッテリー31は、充放電可能な2次電池を有している。この2次電池としては、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池などがある。バッテリー31は、電力を蓄えることが可能であり、蓄電装置に相当する。なお、電源部としては、バッテリー31に加えて又は代えて、燃料電池や発電機などが用いられてもよい。

[0029] 分配器32は、バッテリー31及び複数のEPU50に電氣的に接続されている。分配器32は、バッテリー31からの電力を複数のEPU50に分配する。バッテリー31は、分配器32を介して複数のEPU50に電氣的に接続されている。バッテリー31は、分配器32を介してEPU50に電力を供給する。

[0030] 通信部34は、外部装置との無線通信が可能な通信装置である。外部装置は、eVTOL10から離れた位置にある装置である。外部装置としては、地上の外部施設に設けられた通信装置や、他の飛行体に設けられた通信装置などがある。外部施設としては、管制センタや管理センタなどがある。通信部34は、飛行制御装置40との通信が可能になっている。通信部34は、飛行制御装置40に有線通信可能に接続されている。なお、通信部34は、飛行制御装置40と無線通信可能でもよい。

[0031] 図1、図2において、EPU50は、プロペラ20を駆動回転させるために駆動する装置であり、駆動装置に相当する。EPUは、Electric Propulsion Unitの略称である。EPU50は、電駆動装置及び電駆動システムと称さ

れることがある。EPU50は、複数のプロペラ20のそれぞれに対して個別に設けられている。EPU50は、プロペラ軸線に沿ってプロペラ20に並べられている。複数のEPU50はいずれも、機体11に固定されている。EPU50は、プロペラ20を回転可能に支持している。EPU50は、プロペラ20に接続されている。プロペラ20は、EPU50を介して機体11に固定されている。

[0032] 図2に示すように、eVTOL10は、推進装置100を有している。推進装置100は、プロペラ20及びEPU50を含んで形成されている。推進装置100は、eVTOL10を推進させるための装置である。推進装置100は、プロペラ20を回転させることでeVTOL10を飛行させる。eVTOL10は、推進装置100により移動する移動体でもある。推進装置100は、eVTOL10に複数設けられている。1つの推進装置100には、プロペラ20と、このプロペラ20を駆動させるためのEPU50と、が1つずつ含まれている。なお、プロペラ20及びEPU50のうちEPU50だけが推進装置100と称されてもよい。

[0033] EPU50は、モータ装置60及びインバータ装置80を有している。モータ装置60は、モータ61及びモータハウジング70を有している。モータハウジング70は、筐体であり、モータ61を収容している。モータ61は、複数相の交流モータである。モータ61は、複数相交流方式の回転電機である。モータ61は、eVTOL10の飛行駆動源であり、電動機として機能する。モータ61は、プロペラ20を駆動回転させることでeVTOL10を飛行可能にする。モータ61は、eVTOL10を飛行させるための飛行用モータである。EPU50は、モータ61の駆動によりプロペラ20を駆動回転させる。モータ61としては、例えばブラシレスモータが用いられている。

[0034] モータ61は、モータステータ62及びモータロータ63を有している。モータ61は、モータステータ62を有している。モータステータ62は、固定子であり、モータハウジング70に固定されている。モータロータ63

は、モータステータ62に対して相対的に回転する。モータ61は、例えばアキシアルギャップ式のモータである。モータ61では、モータステータ62とモータロータ63とが軸方向に並べられている。モータ61は、モータロータ63と共に回転するモータシャフトを有している。モータシャフトは、モータハウジング70等により回転可能に支持されている。

[0035] モータ61は、モータステータ62に電力が供給されることで駆動する。モータステータ62は、ステータコイル62aを有している。ステータコイル62aは、複数相のコイルである。ステータコイル62aは、電機子を形成している。モータステータ62に電力が供給された場合、ステータコイル62aに電流が流れることでモータロータ63が回転する。

[0036] モータロータ63は、ロータ磁石63aを有している。ロータ磁石63aは、界磁を形成している。ロータ磁石63aは、永久磁石である。ロータ磁石63aは、希土類磁石やフェライト磁石等により形成されている。例えば、ロータ磁石63aは、ネオジウム磁石により形成されている。ロータ磁石63aでは、熱減磁が生じることがある。ロータ磁石63aでは、ロータ磁石63aの温度が高いほど、熱減磁により磁力が減少しやすい。

[0037] ロータ磁石63aに生じる減磁としては、可逆減磁及び不可逆減磁がある。可逆減磁及び不可逆減磁は、ロータ磁石63aの熱減磁により生じることがある。熱減磁では、ロータ磁石63aの磁力が熱によって減少する。熱減磁によりロータ磁石63aの可逆減磁が生じる場合、ロータ磁石63aの温度が高いほど可逆減磁による減磁量が大きくなりやすい。すなわち、ロータ磁石63aの温度が高いほどロータ磁石63aの磁力が可逆減磁により減少しやすい。この場合、ロータ磁石63aの温度が常温等の基準温度に戻ることによって、ロータ磁石63aの磁力が元に戻るよう回復する。

[0038] 熱減磁によりロータ磁石63aに不可逆減磁が生じる場合、ロータ磁石63aの温度が高いほど不可逆減磁による減磁量が大きくなりやすい。すなわち、ロータ磁石63aの温度が高いほどロータ磁石63aの磁力が不可逆減磁により減少しやすい。ロータ磁石63aに不可逆減磁が生じた場合、ロー

タ磁石 63a の温度が常温等の基準温度に戻ってもロータ磁石 63a の磁力が元通りには復活しない。また、後述するように、ロータ磁石 63a では、モータ電流 I_m によっても不可逆減磁が生じやすい。

[0039] モータ 61 では、モータ出力がロータ磁石 63a の磁力に応じて変化する。モータ出力は、モータ 61 の出力を示すパラメータである。例えば、モータ出力は、モータ 61 の出力トルクである。出力トルクは、モータロータ 63 を回転させるためのモータトルクである。モータ 61 では、ロータ磁石 63a の磁力が減少するとモータ出力が低下しやすい。例えば、モータ 61 では、ロータ磁石 63a の不可逆減磁が進行するほどモータ出力が低下しやすい。ロータ磁石 63a については、不可逆減磁の進行が劣化の進行と称されることがある。

[0040] モータ装置 60 は、空冷式の装置である。モータ装置 60 は、モータフィン を有している。モータフィンは、モータ装置 60 の熱を外部空気に放出する。モータフィンは、放熱フィンであり、モータハウジング 70 に含まれている。モータフィンは、モータハウジング 70 の外面に設けられている。

[0041] インバータ装置 80 は、モータ装置 60 に電力を供給することでモータ装置 60 を駆動させる。インバータ装置 80 は、モータ 61 を駆動させるための駆動部であり、モータ駆動部に相当する。インバータ装置 80 は、インバータ回路 85 及びインバータハウジング 90 を有している。インバータハウジング 90 は、筐体であり、インバータ回路 85 を収容している。インバータ回路 85 は、モータ 61 に供給される電力を変換する。インバータ回路 85 は、インバータや電力変換部、制御回路と称されることがある。インバータ回路 85 は、複数相のそれぞれについて電力変換を行う。モータ 61 は、インバータ回路 85 から供給される電圧や電流に応じて駆動する。

[0042] インバータ装置 80 は、空冷式の装置である。インバータ装置 80 は、インバータフィン を有している。インバータフィンは、インバータ装置 80 の熱を外部空気に放出する。インバータフィンは、放熱フィンであり、インバータハウジング 90 に含まれている。インバータフィンは、インバータハウ

ジング90の外面に設けられている。

- [0043] 推進装置100は、空冷式の装置である。推進装置100では、モータフィンやインバータフィンにより空冷が可能になっている。推進装置100では、外部空気等の気体が推進装置100の内部に流入してもよい。例えば、気体がモータハウジング70の内部やインバータハウジング90の内部を通過してもよい。空冷式の推進装置100では、推進装置100の少なくとも一部が空気等の気体により冷却されればよい。
- [0044] 図2に示すように、インバータ装置80は、インバータ制御部81を有している。インバータ制御部81は、インバータ回路85を介してモータ制御を行う。モータ制御は、モータ61を駆動させるための制御である。また、インバータ制御部81は、推進制御を行う。推進制御は、推進装置100を駆動させるための制御である。推進制御には、モータ制御が含まれている。推進制御は、EPU50を制御するための制御でもあり、EPU制御と称されることがある。
- [0045] インバータ制御部81は、例えばECUを有している。ECUは、Electronic Control Unitの略称である。インバータ制御部81は、プロセッサ82、メモリ83及びプログラム84を有している。インバータ制御部81は、コンピュータを主体として構成されている。このコンピュータは、プロセッサ82、メモリ83、入出力インターフェース、これらを接続するバス等を有している。メモリ83には、プログラム84が記憶されている。プログラム84は、推進制御を行うためのプログラムである。プログラム84が推進制御プログラムに相当する。
- [0046] プロセッサ82は、メモリ83に結合された演算処理のためのハードウェアである。プロセッサ82は、メモリ83へのアクセスにより各種処理を実行する。メモリ83は、制御プログラム等を記憶した記憶媒体である。例えば、メモリ83は、コンピュータによって読み取り可能なプログラム及びデータを非一時的に格納する非遷移的実体的記憶媒体である。非遷移的実体的記憶媒体は、non-transitory tangible storage mediumであり、半導体メモ

り又は磁気ディスクなどによって実現される。プログラム 84 は、プロセッサ 82 に様々な機能を実行させるコンピュータ可読命令を含んでいる。プロセッサ 82 は、プログラム 84 に含まれる命令を実行することで、所定の処理を実行する処理部である。

[0047] インバータ制御部 81 は、要求出力に応じてモータ制御を行う。要求出力は、インバータ制御部 81 に要求されるモータ出力である。要求出力としては、出力トルクに対して要求される要求トルクなどがある。要求出力は、飛行制御装置 40 がインバータ制御部 81 に対して出力する指令信号等に含まれている。インバータ制御部 81 は、要求出力に応じてモータ出力を調整する。要求出力や要求トルクは、目標出力や目標トルクと称されることがある。なお、モータ出力としては、トルクや電流、電圧、モータ回転数などが用いられてもよい。

[0048] インバータ制御部 81 は、飛行制御装置 40 からの指令信号や、各種センサからの検出信号などを用いてモータ制御を行う。各種センサは、インバータ制御部 81 に通信可能に接続されている。各種センサとしては、モータセンサやバッテリーセンサ、インバータセンサなどがある。バッテリーセンサは、バッテリー 31 に設けられた温度センサ等である。インバータセンサは、インバータ装置 80 に設けられた温度センサ等である。

[0049] モータセンサとしては、温度センサ 65 や電流センサ 66 などがある。温度センサ 65 は、モータ装置 60 に設けられている。温度センサ 65 は、モータ 61 の温度を検出する。モータ 61 の温度としては、ロータ磁石 63 a の温度、ステータコイル 62 a の温度などがある。温度センサ 65 は、少なくともロータ磁石 63 a の温度を検出可能である。温度センサ 65 は、ロータ磁石 63 a の温度に応じた検出信号を出力する。温度センサ 65 は、インバータ制御部 81 に対して検出信号を出力する。なお、温度センサ 65 は、モータハウジング 70 などモータ装置 60 の温度を検出してもよい。

[0050] 電流センサ 66 は、モータ装置 60 に設けられている。電流センサ 66 は、モータ 61 に流れる電流を検出する。例えば、電流センサ 66 は、ステー

タコイル62aに流れる電流を検出する。電流センサ66は、ステータコイル62aに流れる電流に応じた検出信号を出力する。電流センサ66は、検出信号をインバータ制御部81に対して出力する。

[0051] 飛行制御装置40は、インバータ制御部81に通信可能に接続されている。飛行制御装置40とインバータ制御部81とは、無線通信可能でもよい。飛行制御装置40は、複数の推進装置100の駆動を統括するための統括制御を行う。統括制御では、複数のインバータ制御部81のそれぞれが行う推進制御が統括される。飛行制御装置40は、飛行制御を行う。飛行制御は、eVTOL10を飛行させるための制御である。飛行制御装置40は、飛行制御として、推進システム30やEPU50の制御を行う。飛行制御は、eVTOL10を推進させるための制御でもあり、推進制御と称されることがある。飛行制御装置40は、推進制御装置に相当する。

[0052] 飛行制御装置40は、例えばECUを有している。飛行制御装置40は、プロセッサ42、メモリ43及びプログラム44を有している。飛行制御装置40は、コンピュータを主体として構成されている。このコンピュータは、プロセッサ42、メモリ43、入出力インターフェース、これらを接続するバス等を有している。メモリ43には、プログラム44が記憶されている。プログラム44は、飛行制御を行うためのプログラムである。

[0053] プロセッサ42は、メモリ43に結合された演算処理のためのハードウェアである。プロセッサ42は、メモリ43へのアクセスにより各種処理を実行する。メモリ43は、制御プログラム等を記憶した記憶媒体である。例えば、メモリ43は、コンピュータによって読み取り可能なプログラム及びデータを非一時的に格納する非遷移的実体的記憶媒体である。プログラム44は、プロセッサ42に様々な機能を実行させるコンピュータ可読命令を含んでいる。プロセッサ42は、プログラム44に含まれる命令を実行することで、所定の処理を実行する処理部である。

[0054] 飛行制御装置40は、推進制御に必要な情報をインバータ制御部81に対して出力する。飛行制御装置40は、インバータ制御部81にとっての上位

ECUである。飛行制御装置40は、eVTOL10の飛行モードなどに応じて、複数の推進装置100を個別に制御する。飛行制御装置40は、推進装置100の出力を推進装置100ごとに個別に調整可能である。例えば、飛行制御装置40は、複数の推進装置100のそれぞれに対して要求出力を出力する。要求出力は、推進装置100に要求する出力である。要求出力としては、モータ61に対して要求される要求トルクなどがある。なお、要求出力としては、トルクや電流、電圧、プロペラ回転数などが用いられてもよい。

[0055] 飛行制御装置40は、eVTOL10の飛行状態や各種センサからの検出信号などに応じて飛行制御を行う。eVTOL10の飛行状態としては、飛行モードや、eVTOL10の飛行姿勢などがある。各種センサは、飛行制御装置40に通信可能に接続されている。各種センサとしての温度センサ65及び電流センサ66は、インバータ制御部81及び飛行制御装置40の両方に通信可能に接続されている。温度センサ65及び電流センサ66は、飛行制御装置40に対して検出信号を出力する。なお、温度センサ65や電流センサ66は、飛行制御装置40に直接的に接続されていてもよく、インバータ制御部81等を介して飛行制御装置40に間接的に接続されていてもよい。

[0056] 飛行制御装置40は、温度センサ65の検出信号を用いてモータ温度 T_m を検出する。モータ温度 T_m は、モータ装置60の温度である。モータ温度 T_m は、磁石温度に応じた温度になっている。磁石温度は、ロータ磁石63aの温度である。本実施形態では、磁石温度がモータ温度 T_m として検出されるようになっている。例えば、飛行制御装置40は、モータ温度 T_m としてロータ磁石63aの温度を検出できるように、温度センサ65の検出信号を補正するなどしてモータ温度 T_m を算出する。

[0057] 飛行制御装置40は、電流センサ66の検出信号を用いてモータ電流 I_m を検出する。モータ電流 I_m は、モータ61に流れる電流である。例えば、モータ電流 I_m は、ステータコイル62aに流れる電流である。飛行制御装

置40は、少なくとも1つの相のステータコイル62aについてモータ電流 I_m を検出する。モータ制御では、モータ61に対する要求トルクが大きいほどモータ電流が大きくなりやすい。そして、モータ電流が大きいほどモータ61の出力トルクが大きくなりやすい。

[0058] 図2では、モータ装置60をMOT、モータステータ62をSTA、モータロータ63をROT、と図示している。また、ステータコイル62aをCoil、ロータ磁石63aをMag、温度センサ65をTS、電流センサ66をCS、と図示している。インバータ装置80をMCU、インバータ回路85をINV、インバータ制御部81をICD、と図示している。プロセッサ82をPRO、メモリ83をMEM、プログラム84をPG、と図示している。飛行制御装置40をFCD、プロセッサ42をPRO、メモリ43をMEM、プログラム44をPG、通信部34をWCD、と図示している。

[0059] モータ61では、モータ61の状態に応じてロータ磁石63aの状態が変化する。モータ61の状態は、モータ温度 T_m 及びモータ電流 I_m に応じて変化する。例えば、モータ温度 T_m が高すぎると、ロータ磁石63aの異常が発生しやすい。また、モータ温度 T_m が高すぎない範囲では、ロータ磁石63aの異常が発生しない一方で、ロータ磁石63aの不可逆減磁が生じることがある。例えば、モータ温度 T_m が高すぎない範囲では、モータ温度 T_m 及びモータ電流 I_m の少なくとも一方の値が大きいほどロータ磁石63aの不可逆減磁が生じやすい。特に、モータ温度 T_m 及びモータ電流 I_m の両方の値が大きいほど、ロータ磁石63aの不可逆減磁が生じやすい。なお、本実施形態では、不可逆減磁のことを単に減磁と称することがある。

[0060] 本実施形態では、モータ61の状態を示すための状態領域が、モータ温度 T_m 及びモータ電流 I_m に対して複数設定されている。図3に示すように、複数の状態領域には、異常領域A1、減磁領域A2及び通常領域A3が含まれている。異常領域A1は、ロータ磁石63aの異常が発生しやすいことを示す領域である。異常領域A1は、モータ温度 T_m がロータ磁石63aやモータ61の異常に該当するほどに上昇したことを示す領域でもある。モータ

61の状態が継続して異常領域A1にある場合、その継続時間が短時間でもロータ磁石63aやモータ61に異常が発生するリスクや可能性がある。また、その継続時間が長時間になるほどロータ磁石63aやモータ61に異常が発生するリスクや可能性が高くなる。

[0061] 減磁領域A2及び通常領域A3は、異常領域A1に比べてロータ磁石63aの異常が発生しにくいことを示す領域である。減磁領域A2及び通常領域A3は、ロータ磁石63aが正常であることを示す領域であり、正常領域と称されることがある。減磁領域A2及び通常領域A3は、モータ温度 T_m がロータ磁石63aやモータ61の異常に該当するほどには上昇していないことを示す領域でもある。減磁領域A2及び通常領域A3は、異常領域A1とは異なる領域であって、異常領域A1に比べてモータ温度 T_m が低いことを示す領域である。

[0062] 通常領域A3は、ロータ磁石63aの異常に該当しない範囲で、減磁領域A2に比べてロータ磁石63aの減磁が生じにくいことを示す領域である。モータ61の状態が通常領域A3にある場合、ロータ磁石63aの減磁がほとんど生じない。

[0063] 減磁領域A2は、ロータ磁石63aの異常に該当しない範囲で、ロータ磁石63aの減磁が生じやすいことを示す領域である。モータ61では、ロータ磁石63aの状態が減磁領域A2にあることでロータ磁石63aの減磁が徐々に進行する。例えば、ロータ磁石63aがネオジウム磁石により形成されていると、モータ61の状態が減磁領域A2のように高温大電流領域にあると、ネオジウム磁石の減磁進行が顕著になりやすい。モータ61では、減磁累積時間が長いほどロータ磁石63aの減磁が進行しやすい。そして、ロータ磁石63aについては、減磁が進行することで磁力が減少しやすい。減磁累積時間は、モータ61の状態が減磁領域A2にある時間を累積した値である。減磁累積時間は、eVTOL10が製造された後、モータ61の状態が減磁領域A2にある全ての時間を合計した値である。モータ61の状態が異常領域A1や通常領域A3にある時間は、減磁累積時間に含まれない。

- [0064] 異常領域 A 1、減磁領域 A 2 及び通常領域 A 3 に対しては、第 1 境界線 L B 1 及び第 2 境界線 L B 2 が存在している。第 1 境界線 L B 1 は、異常領域 A 1 と減磁領域 A 2 及び通常領域 A 3 との境界を示している。第 1 境界線 L B 1 は、異常領域 A 1 と正常領域との境界が上限温度 T L B 1 であることを示している。上限温度 T L B 1 は、正常領域の上限値である。第 1 境界線 L B 1 は、モータ電流 I m の軸と平行に延びている。
- [0065] 第 2 境界線 L B 2 は、正常領域において減磁領域 A 2 と通常領域 A 3 との境界を示している。第 2 境界線 L B 2 は、モータ電流 I m の軸及びモータ温度 T m の軸の両方に対して傾斜するように延びている。例えば、第 2 境界線 L B 2 は、モータ温度 T m 及びモータ電流 I m の少なくとも一方の値が大きいくらいほど、モータ 6 1 の状態が減磁領域 A 2 に含まれやすくなるように延びている。モータ 6 1 では、モータ温度 T m が低めでもモータ電流 I m が大きめだとロータ磁石 6 3 a の減磁が生じやすい。また、モータ電流 I m が小さめでもモータ温度 T m が高めだとロータ磁石 6 3 a の減磁が生じやすい。
- [0066] 飛行制御装置 4 0 は、飛行制御処理を行う。飛行制御処理について、図 4 のフローチャートを参照しつつ説明する。飛行制御装置 4 0 は、飛行制御処理を所定の制御周期で繰り返し実行する。
- [0067] 図 4 に示すように、飛行制御装置 4 0 は、ステップ S 1 0 1 において、e V T O L 情報を取得する。e V T O L 情報は、e V T O L 1 0 の状態を示す情報である。e V T O L 情報としては、e V T O L 1 0 の飛行状態を示す情報や、複数の推進装置 1 0 0 のそれぞれの状態を示す情報などがある。推進装置 1 0 0 の状態を示す情報には、温度センサ 6 5 や電流センサ 6 6 の検出信号が含まれている。また、e V T O L 情報としては、外部装置から通信部 3 4 を介して飛行制御装置 4 0 に入力された情報などがある。
- [0068] 飛行制御装置 4 0 は、ステップ S 1 0 2 において、e V T O L 1 0 が飛行中であるか否かを判定する。例えば、e V T O L 1 0 の離陸開始後や着陸完了前については、e V T O L 1 0 が飛行中であると判断される。また、e V T O L 1 0 の離陸準備中や着陸完了後については、e V T O L 1 0 が飛行中

ではないと判断される。

- [0069] eVTOL10が飛行中である場合、飛行制御装置40は、ステップS103～S113の処理を複数の推進装置100のそれぞれについて個別に実行する。本実施形態では、基本的に、1つの推進装置100に対して実行されるステップS103～S111について説明する。また、他の推進装置100については、ステップS103～S111の処理が済んでいるとする。
- [0070] 飛行制御装置40は、ステップS103において、モータ温度 T_m を検出や算出により取得する。モータ温度 T_m は、モータ61の駆動状態を示すパラメータであり、駆動情報に相当する。飛行制御装置40におけるステップS103の処理を実行する機能が情報取得部に相当する。
- [0071] 飛行制御装置40は、ステップS104において、モータ61の状態が異常領域A1にあるか否かを判定する。例えば、飛行制御装置40は、モータ温度 T_m が上限温度 T_{LB1} より高いか否かを判定する。モータ温度 T_m が上限温度 T_{LB1} より高い場合、飛行制御装置40は、モータ61の状態が異常領域A1にあると判断する。
- [0072] モータ61の状態が異常領域A1にある場合、飛行制御装置40は、ステップS105～S107にて異常対応処理を行う。異常対応処理は、ロータ磁石63aの異常に対応するための処理である。飛行制御装置40は、ステップS105において異常記憶処理を行う。異常記憶処理では、モータ61の状態が異常領域A1にあることをメモリ43等に記憶するための処理が行われる。異常記憶処理では、ロータ磁石63aやモータ61の異常に該当するほどにモータ温度 T_m が上昇したことなどが記憶される。例えば、異常記憶処理では、異常フラグが管理記憶部などにセットされる。異常フラグは、モータ61の状態が異常領域A1にあることを示すためのフラグである。
- [0073] 管理記憶部は、揮発性メモリや不揮発性メモリを有している。揮発性メモリとしては、RAMなどがある。RAMは、Random Access Memoryの略称である。不揮発性メモリとしては、メモリ43、83などがある。異常フラグ等のフラグは、不揮発性メモリに記憶される。管理記憶部の不揮発性メモリ

に記憶されたフラグ等の記憶データは、eVTOL10の電源が遮断されても消えず、eVTOL10の電源が再びオンされた時に管理記憶部に残っている。なお、異常フラグ等のフラグは、RAM等の揮発性メモリに記憶されてもよい。

[0074] 飛行制御装置40は、ステップS106において異常報知処理を行う。異常報知処理では、モータ61の状態が異常領域A1にあることを報知するための処理が行われる。異常報知処理では、ロータ磁石63aやモータ61の異常に該当するほどにモータ温度 T_m が上昇したことなどが、パイロットや外部施設等に報知される。各種情報などを報知することが、各種情報などを通知すると称されることがある。

[0075] 飛行制御装置40は、ステップS107において異常制限処理を行う。異常制限処理では、モータ電流 I_m を制限するための処理が行われる。例えば、モータ電流 I_m を低減させるための処理が行われることで、モータ温度 T_m が低下し、モータ61の状態が異常領域A1から正常領域に移行する、ということが生じやすくなる。すなわち、ロータ磁石63aやモータ61の異常が解消されやすくなる。例えば、異常制限処理では、モータ電流 I_m が遮断される。

[0076] モータ61の状態が異常領域A1にない場合、飛行制御装置40は、ステップS108に進む。飛行制御装置40は、ステップS108において、モータ電流 I_m を検出や算出により取得する。モータ電流 I_m は、モータ61の駆動状態を示すパラメータであり、駆動情報に相当する。飛行制御装置40におけるステップS108の処理を実行する機能が情報取得部に相当する。

[0077] 飛行制御装置40は、ステップS109～S113において、ロータ磁石63aの減磁を管理するための管理処理を行う。管理処理では、ロータ磁石63aの減磁状態が管理される。減磁状態は、ロータ磁石63aの減磁が生じているか否かなど、ロータ磁石63aでの減磁の状態を示す。減磁状態には、ロータ磁石63aの減磁度合いなどが含まれている。減磁度合いは、ロ

ータ磁石63aの減磁がどの程度進行しているのかを示す度合いである。減磁度合いは、ロータ磁石63aの劣化度合いと称されることがある。飛行制御装置40におけるステップS109～S113の処理を実行する機能が減磁管理部に相当する。

[0078] 飛行制御装置40は、ステップS109において、モータ61の状態が減磁領域A2にあるか否かを判定する。この判定には、モータ温度 T_m 及びモータ電流 I_m が用いられる。詳しくは、飛行制御装置40は、現在のモータ61の状態について、減磁領域A2にあるか否かの判定を行う。この判定には、現在のモータ温度 T_m 及びモータ電流 I_m として、今回の飛行制御処理においてステップS103, S108により取得されたモータ温度 T_m 及びモータ電流 I_m が用いられる。

[0079] モータ61の状態が減磁領域A2にある場合、飛行制御装置40は、ステップS110に進む。飛行制御装置40は、ステップS110において、減磁カウンタCdをカウントする。飛行制御装置40は、減磁カウンタCdを所定の加算値だけ加算する。加算値は、カウントアップ量と称されることがある。例えば、飛行制御装置40は、加算値を1として、減磁カウンタCdを1だけインクリメントする。減磁カウンタCdのカウント値は、減磁累積時間を示している。飛行制御装置40は、減磁カウンタCdをカウントすることで、ロータ磁石63aの減磁度合いを取得する。減磁カウンタCdのカウント値が大きいほど、ロータ磁石63aの減磁が進行した状態になりやすい。減磁カウンタCdは、管理記憶部にセットされている。なお、減磁カウンタCdは、管理記憶部のRAM値としてカウントされてもよい。

[0080] 減磁カウンタCdのカウント値には、モータ履歴情報が含まれている。例えば、減磁カウンタCdのカウント値がモータ履歴情報に相当する。モータ履歴情報は、モータ61について過去の状態を履歴として示す情報である。モータ履歴情報は、今回よりも以前に実行された過去の飛行制御処理について、モータ61の履歴を示す情報である。モータ61の履歴には、モータ温度 T_m の履歴及びモータ電流 I_m の履歴が含まれている。モータ温度 T_m の

履歴には、モータ61の状態が減磁領域A2にある場合に、モータ温度 T_m が第2境界線LB2よりも高い温度であることを示す情報、が含まれている。モータ電流 I_m の履歴には、モータ61の状態が減磁領域A2にある場合に、モータ電流 I_m が第2境界線LB2よりも大きい電流であることを示す情報、が含まれている。飛行制御装置40におけるステップS110の処理を実行する機能が履歴取得部に相当する。飛行制御装置40は、ステップS109～S113において、減磁カウンタCdのカウント値を用いてロータ磁石63aの減磁を管理する。

[0081] 飛行制御装置40は、ステップS111において、減磁カウンタCdがカウンタ閾値TCdに達したか否かを判定する。カウンタ閾値TCdは、試験等によりあらかじめ定められた値であり、管理記憶部に記憶されている。カウンタ閾値TCdは、ロータ磁石63aの減磁がある程度進行するほどに減磁カウンタCdがカウントされたことを示す値である。

[0082] 飛行制御装置40は、ステップS109～S111において、減磁累積時間が閾時間に達したか否かを判定する。ステップS109については、モータ61の状態が減磁領域A2にあることが、ロータ磁石63aの減磁が生じる条件を満たした状態に相当する。ステップS110については、減磁カウンタCdのカウント値が、ロータ磁石63aの減磁が生じる条件を満たした状態でのモータ61の累積駆動時間に相当する。ステップS111については、カウンタ閾値TCdが閾時間に相当する。飛行制御装置40におけるステップS109～S111の処理を実行する機能が累積判定部に相当する。飛行制御装置40は、ステップS109～S113において、ステップS109～S111の判定結果を用いてロータ磁石63aの減磁を管理する。

[0083] ステップS109について、モータ61の状態が減磁領域A2にない場合、飛行制御装置40は、ロータ磁石63aの減磁が生じにくいとして、そのまま飛行制御処理を終了する。また、ステップS111について、減磁カウンタCdがカウンタ閾値TCdに達していない場合、飛行制御装置40は、ロータ磁石63aの減磁があまり進んでいないとして、そのまま飛行制御処

理を終了する。

[0084] 減磁カウンタ C_d がカウンタ閾値 T_{C_d} に達した場合、飛行制御装置 40 は、ステップ S_{112} に進む。飛行制御装置 40 は、ステップ S_{112} において、第 1 フラグを管理記憶部にセットする。第 1 フラグは、減磁カウンタ C_d がカウンタ閾値 T_{C_d} に達したことを示すフラグである。第 1 フラグは、ロータ磁石 63a の減磁がある程度進行している可能性があることを示すフラグである。

[0085] 飛行制御装置 40 は、ステップ S_{113} において、減磁対応処理を行う。減磁対応処理については、図 5 に示すフローチャートを参照しつつ説明する。飛行制御装置 40 は、図 5 に示すステップ S_{201} において、第 1 フラグがセットされているか否かを判定する。

[0086] 第 1 フラグがセットされている場合、飛行制御装置 40 は、ステップ S_{202} に進み、補正量 A_c を算出する。飛行制御装置 40 は、モータ 61 について、出力トルク等のモータ出力が目標トルク等の目標出力になるようにモータ制御を行う。モータ制御では、モータ出力が目標出力になるように、モータ電流 I_m についてフィードバック制御や学習制御などが行われる。モータ制御では、モータ出力が目標出力になるように補正量 A_c が算出され、モータ電流 I_m の制御に補正量 A_c が用いられる。例えば、モータ制御では、目標出力を用いて目標電流が算出され、目標電流が補正量 A_c で補正されることによりモータ電流 I_m が制御される。目標電流は、モータ電流 I_m の目標値であり、マップや演算式などを用いて目標出力に応じて算出される。モータ出力は、モータ電流 I_m などを用いて算出される。モータ 61 については、モータ出力が出力値に相当し、目標出力が目標値に相当する。目標電流は、制御初期値と称されることがある。

[0087] モータ 61 では、ロータ磁石 63a の減磁が進行しているほど、補正量 A_c が大きくなりやすい。例えば、ロータ磁石 63a の減磁が進行するほど、ロータ磁石 63a の磁力が不足しやすい。ロータ磁石 63a の磁力が不足した場合、モータ制御では、磁力不足を補うようにモータ電流 I_m が大きくな

りやすい。

[0088] 飛行制御装置40は、ステップS203において、補正量Acが補正閾値TAc以上であるか否かを判定する。補正閾値TAcは、試験等によりあらかじめ定められた値であり、メモリ43等に記憶されている。補正量Acが補正閾値TAc以上であるか否かを判定することが、補正量Acが過剰であるか否かを判定すること、及びロータ磁石63aについて磁力の不足条件が満たされるか否かを判定することに相当する。不足条件は、ロータ磁石63aについて減磁の進行による磁力の不足を示す条件である。また、補正量Acが補正閾値TAc以上であることが、補正量Acが過剰であること、及びロータ磁石63aについての磁力の不足条件が満たされることに相当する。飛行制御装置40におけるステップS203の処理を実行する機能が補正判定部及び進行判定部に相当する。

[0089] 補正量Acが補正閾値TAc以上である場合、飛行制御装置40は、ステップS204に進み、第2フラグを管理記憶部にセットする。第2フラグは、補正量Acが補正閾値TAc以上であることを示すフラグである。第2フラグは、ロータ磁石63aの減磁がある程度進行していることを示すフラグである。

[0090] 飛行制御装置40は、ステップS205において、第2制限範囲処理を行う。第2制限範囲処理は、モータ電流Imを制限する制限範囲をモータ温度Tmに応じて調整するための処理である。モータ電流Imの制限範囲が調整されることで、モータ電流Imを制限する制限度合いが調整される。例えば、第2制限範囲処理では、モータ電流Imの最大値を制限する電流制限値が設定される。電流制限値は、モータ電流Imの制限度合いに応じた値に設定される。モータ電流Imの制限度合いが大きいほど、電流制限値が小さい値に設定される。例えば、電流制限値は、目標電流に対して設定される。電流制限値は、目標電流の最大値を制限することでモータ電流Imの最大値を制限する。

[0091] 第2制限範囲処理では、モータ電流Imに対して電流制限値が設定される

ことで、モータ出力や出力トルクが電流制限値により制限されることになる。なお、第2制限範囲処理では、モータ出力を制限するための出力制限値や、出力トルクを制限するためのトルク制限値が設定されてもよい。出力制限値やトルク制限値が設定される構成でも、モータ電流 I_m が制限されることに変わりがない。

[0092] 第2制限範囲処理については、図6に示すフローチャートを参照しつつ説明する。飛行制御装置40は、図6に示すステップS301, S302において、モータ温度 T_m が複数の温度範囲のいずれに含まれているのかを判定する。複数の温度範囲には、低め範囲、中間範囲及び高め範囲が含まれている。低め範囲は、中間範囲よりも低い温度の範囲である。高め範囲は、中間範囲よりも高い温度の範囲である。

[0093] 飛行制御装置40は、ステップS301において、モータ温度 T_m が第1温度閾値 T_1 より低いか否かを判定する。第1温度閾値 T_1 は、試験等によりあらかじめ定められた値であり、メモリ43等に記憶されている。飛行制御装置40は、モータ温度 T_m が第1温度閾値 T_1 より低いか否かを判定することで、モータ温度 T_m が低め範囲にあるか否かを判定する。モータ温度 T_m が第1温度閾値 T_1 より低い場合に、飛行制御装置40は、モータ温度 T_m が低め範囲にあると判断する。

[0094] 飛行制御装置40は、ステップS301においてモータ温度 T_m が第1温度閾値 T_1 より低くない場合に、ステップS302において、モータ温度 T_m が第2温度閾値 T_2 より低いか否かを判定する。第2温度閾値 T_2 は、第1温度閾値 T_1 よりも高い値に設定されている。第2温度閾値 T_2 は、試験等によりあらかじめ定められた値であり、メモリ43等に記憶されている。飛行制御装置40は、モータ温度 T_m が第1温度閾値 T_1 以上である場合に、モータ温度 T_m が第2温度閾値 T_2 より低いか否かを判定することで、モータ温度 T_m が中間範囲にあるか否かを判定する。モータ温度 T_m が第1温度閾値 T_1 以上であって第2温度閾値 T_2 より低い場合に、飛行制御装置40は、モータ温度 T_m が中間範囲にあると判断する。

[0095] モータ温度 T_m が第 1 温度閾値 T_1 より低い場合、飛行制御装置 40 は、ステップ S 303 に進み、低め範囲処理を行う。低め範囲処理では、モータ温度 T_m が低め範囲にあることに合わせてモータ電流 I_m の制限度合いが調整される。低め範囲処理では、モータ電流 I_m の制限度合いが緩めに設定される。例えば、低め範囲処理では、モータ電流 I_m が制限されないように制限度合いが設定される。この場合、飛行制御装置 40 は、電流制限値をモータ電流 I_m にとっての最大出力値に設定する。最大出力値は、モータ 61 が出力可能な範囲でのモータ電流 I_m の最大値である。例えば、最大出力値は、モータ 61 の定格出力に応じて決まる値である。なお、この場合、飛行制御装置 40 は、電流制限値を設定しないことで、モータ電流 I_m が制限されないようにしてもよい。

[0096] モータ温度 T_m が第 1 温度閾値 T_1 以上であり且つ第 2 温度閾値 T_2 より低い場合、飛行制御装置 40 は、ステップ S 304 に進み、中間範囲処理を行う。中間範囲処理では、モータ温度 T_m が中間範囲にあることに合わせてモータ電流 I_m の制限度合いが設定される。中間範囲処理でのモータ電流 I_m の制限度合いは、低め範囲処理でのモータ電流 I_m の制限度合いよりも厳しめに設定される。例えば、中間範囲処理では、モータ電流 I_m が制限されるように制限度合いが設定される。この場合、飛行制御装置 40 は、電流制限値をモータ電流 I_m にとっての最大出力値よりも小さく且つゼロよりも大きい値に設定する。例えば、電流制限値は、最大出力値の 50% などの大きさに設定される。なお、電流制限値は、最大出力値より小さく且つゼロより大きい範囲で、モータ温度 T_m に応じて可変設定されてもよい。

[0097] モータ温度 T_m が第 2 温度閾値 T_2 より低い場合、飛行制御装置 40 は、ステップ S 305 に進み、高め範囲処理を行う。高め範囲処理では、モータ温度 T_m が高め範囲にあることに合わせてモータ電流 I_m の制限度合いが設定される。高め範囲処理でのモータ電流 I_m の制限度合いは、中間範囲処理でのモータ電流 I_m の制限度合いよりも厳しめに設定される。例えば、高め範囲処理では、モータ電流 I_m を遮断するように制限度合いが設定される。

この場合、飛行制御装置40は、電流制限値をゼロに設定する。すなわち、飛行制御装置40は、モータ61の駆動が停止するように電流制限値を設定する。

[0098] 図5に戻り、飛行制御装置40は、ステップS206においてeVTOL10の制限飛行が可能であるか否かを判定する。制限飛行は、モータ電流 I_m が電流制限値に制限された状態でeVTOL10が飛行することである。eVTOL10の制限飛行が可能な場合としては、モータ電流 I_m について目標電流が電流制限値よりも小さい場合がある。この場合、電流制限値が設定されても、電流制限値によるモータ電流 I_m の制限が実行されない状態になるため、eVTOL10の制限飛行が可能である。また、eVTOL10の制限飛行が可能な場合としては、第2フラグがセットされていない他の推進装置100の駆動によりeVTOL10の飛行が可能な場合などがある。この場合、飛行制御装置40は、他の推進装置100について、目標出力や目標トルクを変更する処理など、eVTOL10の制限飛行を行うための処理を行う。

[0099] eVTOL10の制限飛行が可能である場合、飛行制御装置40は、ステップS207に進み、第2制限処理を行う。第2制限処理は、モータ電流 I_m を制限するための処理である。第2制限処理では、モータ電流 I_m が電流制限値により制限された状態でモータ制御が行われる。飛行制御装置40は、上記ステップS205にて設定された電流制限値を用いて、モータ温度 T_m に応じてモータ電流 I_m の制限度合いを調整する。また、飛行制御装置40は、ロータ磁石63aについて磁力の不足条件が満たされる場合に、第2制限処理を行うことでモータ電流 I_m を制限可能である。飛行制御装置40におけるステップS205、S207の処理を実行する機能が温度対応部及び電流制限部に相当する。

[0100] 第2制限処理について説明する。例えば、モータ温度 T_m が低め範囲にある場合、飛行制御装置40は、上記ステップS303にて設定された電流制限値を用いてモータ電流 I_m を制限する。この場合、電流制限値が最大出力

値に設定されていることで、モータ電流 I_m が電流制限値では制限されない状態になる。このため、飛行制御装置 40 は、ステップ S 207, S 303 において、モータ電流 I_m を制限しない。飛行制御装置 40 におけるステップ S 207, S 303 の処理を実行する機能が非制限部に相当する。

[0101] モータ温度 T_m が中間範囲にある場合、飛行制御装置 40 は、上記ステップ S 304 にて設定された電流制限値を用いてモータ電流 I_m を制限する。この場合、電流制限値が最大出力値よりも小さく且つゼロよりも大きい値に設定されている。このため、飛行制御装置 40 は、ステップ S 207, S 304 において、モータ電流 I_m を遮断しないように電流制限値で制限する。飛行制御装置 40 におけるステップ S 207, S 304 の処理を実行する機能が特定制限部に相当する。

[0102] モータ温度 T_m が高め範囲にある場合、飛行制御装置 40 は、上記ステップ S 305 にて設定された電流制限値を用いてモータ電流 I_m を制限する。この場合、電流制限値がゼロに設定されている。このため、飛行制御装置 40 は、ステップ S 207, S 305 において、モータ電流 I_m が流れないようにモータ電流 I_m を遮断する。飛行制御装置 40 における S 207, S 305 の処理を実行する機能が電流遮断部に相当する。

[0103] 第 2 制限範囲処理では、モータ温度 T_m に応じて電流制限値が設定される。飛行制御装置 40 は、上記ステップ S 303 ~ S 305 のいずれにより電流制限値を設定するのかを、ステップ S 301, S 302 においてモータ電流 I_m に応じて選択する。また、飛行制御装置 40 は、モータ温度 T_m に応じて非制限部、電流制限部及び電流遮断部を選択する。飛行制御装置 40 におけるステップ S 301, S 302 の処理を実行する機能が制限選択部に相当する。

[0104] 飛行制御装置 40 は、第 2 制限処理の後、ステップ S 215 に進み、減磁報知処理を行う。減磁報知処理では、ロータ磁石 63 a の減磁情報が通信部 34 等を介して報知される。例えば、減磁情報は、パイロットや外部装置に報知される。また、減磁情報は、メモリ 43 等に記憶される。減磁情報は、

メモリ43等を介して作業員やメンテナンス装置に報知される。減磁情報は、ロータ磁石63aの減磁に関する情報である。減磁情報には、ロータ磁石63aの減磁状態や減磁度合いを示す情報が含まれている。減磁報知処理では、現在のモータ61の状態が減磁領域A2にあることや、減磁累積時間が閾時間に達したこと、などが報知される。

[0105] 今回のようにステップS207の後にステップS215に進んだ場合、減磁報知処理では、補正量Acが補正閾値TAc以上であることが報知される。すなわち、減磁報知処理では、ロータ磁石63aについて磁力の不足条件が満たされることが報知される。飛行制御装置40におけるステップS215の処理を実行する機能が報知実行部に相当する。また、今回の減磁報知処理では、eVTOL10が制限飛行可能であることや、第2制限処理が実行されたことなどが報知される。第2制限処理については、モータ温度Tmが低め範囲、中間範囲及び高め範囲のいずれにあるのかなどが報知される。

[0106] 飛行制御装置40は、ステップS215の後、ステップS216に進み、制限対応処理を行う。制限対応処理の説明については、後述する。

[0107] ステップS206についてeVTOL10の制限飛行が可能でない場合、飛行制御装置40は、ステップS208に進む。飛行制御装置40は、ステップS208において第3フラグを管理記憶部にセットする。第3フラグは、補正量Acが補正閾値TAc以上であり、且つeVTOL10の制限飛行が可能ではないことを示すフラグである。第3フラグは、第2フラグがセットされている状態で第2制限処理を実行しないことを示すフラグでもある。

[0108] 飛行制御装置40は、ステップS209において第2緩和処理を行う。第2緩和処理は、モータ電流Imの制限よりもeVTOL10の飛行を優先するための処理である。第2緩和処理では、モータ電流Imの制限が緩和される。すなわち、第2緩和処理では、モータ電流Imの制限度合いが低めに設定される。例えば、第2緩和処理では、上記ステップS207での第2制限処理に比べて、モータ電流Imの制限が緩和されるようにモータ電流Imの制限度合いが調整される。第2緩和処理は、eVTOL10が目的地等に着

陸した後、後述するメンテナンスで適切な措置が確実に行われることを前提として、モータ電流 I_m の制限を一時的に緩和するための処理である。

[0109] 第2制限処理にとっては、eVTOL10の制限飛行が可能でないことが、第2制限処理がモータ電流 I_m を制限されるとeVTOL10の推進によってモータ電流 I_m が不足することに相当する。飛行制御装置40におけるステップS209の処理を実行する機能が制限緩和部に相当する。

[0110] 第2緩和処理では、第2制限処理に比べてモータ電流 I_m の制限が緩和されるように、モータ電流 I_m が制限される。例えば、飛行制御装置40は、モータ温度 T_m が低め範囲にある場合に、上記ステップS303と同様にモータ電流 I_m を制限しないことに加えて、補正量 A_c の補正制限を緩和する。モータ制御では、補正量 A_c の大きさを制限するための補正量範囲が設定されている。モータ制御では、補正量 A_c が補正量範囲を超えた値に設定されないようになっている。例えば、補正量 A_c は、補正量範囲の上限値以下であり、且つ補正量範囲の下限値以上である値に設定される。

[0111] 補正量範囲は、目標電流の大きさを基準に設定されている。例えば、補正量範囲では、上限値が目標電流の+20%の値に設定され、下限値が目標電流の-20%の値に設定されている。飛行制御装置40は、補正量範囲の緩和として補正量範囲を広げる処理を行う。この処理では、補正量範囲の上限値及び下限値の少なくとも一方が変更される。例えば、飛行制御装置40は、補正量範囲の上限値を目標電流の+40%の値に変更する。一方、補正量範囲の下限値は、目標電流の-20%のまま維持される。

[0112] また、飛行制御装置40は、モータ温度 T_m が中間範囲にある場合に、上記ステップS303と同様に、モータ電流 I_m を制限しない。このため、第2緩和処理では、モータ温度 T_m が中間範囲にある場合について、上記ステップS304と同様の処理ではなく、上記ステップS303と同様の処理が行われることで、モータ電流 I_m の制限が緩和される。

[0113] 飛行制御装置40は、モータ温度 T_m が高め範囲にある場合に、上記ステップS304と同様に、モータ電流 I_m を遮断しないように電流制限値で制

限する。このため、第2緩和処理では、モータ温度 T_m が高め範囲にある場合について、上記ステップS305と同様の処理ではなく、上記ステップS304と同様の処理が行われることで、モータ電流 I_m の制限が緩和される。

[0114] 飛行制御装置40は、ステップS210において禁止フラグを管理記憶部にセットする。禁止フラグは、eVTOL10の再離陸を禁止するためのフラグである。再離陸は、eVTOL10が目的地等に着陸して現在の飛行が終了した後、eVTOL10が再び離陸することである。禁止フラグは、eVTOL10の再離陸等の離陸を制限するためのフラグでもある。飛行制御装置40は、禁止フラグをセットすることで、ロータ磁石63aについて磁力の不足条件が満たされる場合にeVTOL10の離陸を制限することになる。飛行制御装置40におけるステップS210の処理を実行する機能が離陸制限部に相当する。

[0115] 飛行制御装置40は、本ステップS210において、eVTOL10の再離陸を禁止するための禁止処理を行う。禁止処理には、禁止フラグをセットすることが含まれている。禁止処理としては、eVTOL10を再離陸させるための操作を制限する処理や、eVTOL10を再離陸させるために推進装置100が駆動することを制限する処理、などがある。禁止処理は、eVTOL10の再離陸を制限することが可能である。禁止処理は、制限処理と称されることがある。

[0116] 飛行制御装置40は、第2緩和処理を行って禁止フラグをセットした後、ステップS215に進み、減磁報知処理を行う。今回のようにステップS209の後にステップS215に進んだ場合、減磁報知処理では、ステップS207の後にステップS215に進んだ場合と同様に、ロータ磁石63aについて磁力の不足条件が満たされることが報知される。また、今回の減磁報知処理では、eVTOL10が制限飛行可能でないことや、第2緩和処理が実行されたことなどが報知される。第2緩和処理については、モータ温度 T_m が低め範囲、中間範囲及び高め範囲のいずれにあるのかなどが報知される。

。さらに、今回の減磁報知処理では、eVTOL10の再離陸が制限されることが報知される。

[0117] 飛行制御装置40は、ステップS215の後、ステップS216において制限対応処理を行う。制限対応処理については、図7に示すフローチャートを参照しつつ説明する。飛行制御装置40は、図7に示すステップS401において、第3フラグがセットされているか否かを判定する。第3フラグがセットされている場合としては、ステップS206にてeVTOL10が制限飛行可能と判断された後にステップS216に進んだ場合と、eVTOL10が制限飛行可能ではないと判断された後にステップS216に進んだ場合とがある。

[0118] ステップS206についてeVTOL10が制限飛行可能か否かの判定結果は、eVTOL10の飛行状態に応じて変化することがある。このため、目標出力や目標電流がeVTOL10の飛行状態に応じて増減することが、eVTOL10が制限飛行可能か否かの判定結果に反映される。例えば、前回の飛行制御処理において、eVTOL10が制限飛行可能ではないと判断されて第3フラグがセットされた場合でも、今回の飛行制御処理では、eVTOL10が制限飛行可能であると判断されて第2制限処理が行われることがある。

[0119] 第3フラグがある場合、飛行制御装置40は、ステップS402に進む。飛行制御装置40は、ステップS402において、上記ステップS209と同様に第2緩和処理を行う。このように、飛行制御装置40は、今回の飛行制御処理においてステップS206によりeVTOL10が制限飛行可能であると判断された場合でも、第3フラグがセットされていれば第2緩和処理を行う。飛行制御装置40におけるステップS402の処理を実行する機能が制限緩和部に相当する。

[0120] 飛行制御装置40は、ステップS403において第2緩和報知処理を行う。第2緩和報知処理では、第3フラグがセットされていることや、eVTOL10が制限飛行可能でも第2緩和処理が行われることなどが報知される。

第2緩和報知処理では、減磁報知処理と同様に、ロータ磁石63aについて磁力の不足条件が満たされることが報知される。飛行制御装置40におけるステップS403の処理を実行する機能が報知実行部に相当する。

[0121] ステップS402について第3フラグがない場合、飛行制御装置40は、そのまま本制限対応処理を終了する。また、この場合、飛行制御装置40は、そのまま本飛行制御処理を終了する。第3フラグがない場合としては、eVTOL10の飛行中に1度もステップS209にて第2緩和処理を行っていない場合がある。

[0122] 図5に戻り、ステップS203について、補正量Acが補正閾値TAc以上でない場合、飛行制御装置40は、ステップS211に進む。飛行制御装置40は、ステップS211において第1制限範囲処理を行う。第1制限範囲処理は、モータ電流Imの制限範囲を調整するための処理である。第1制限範囲処理は、第2制限範囲処理に比べてモータ電流Imの制限を緩和するように、モータ電流Imの制限範囲を調整するための処理である。第1制限範囲処理では、第2制限範囲処理と同様に、モータ温度Tmに応じてモータ電流Imの制限度合いが調整される。

[0123] 飛行制御装置40は、ステップS212において、上記ステップS206と同様にeVTOL10が制限飛行可能であるか否かを判定する。eVTOL10が制限飛行可能である場合、飛行制御装置40は、ステップS213に進み、第1制限処理を行う。第1制限処理は、モータ電流Imを制限するための処理である。飛行制御装置40は、上記ステップS211にて設定された電流制限値を用いて、モータ温度Tmに応じてモータ電流Imの制限度合いを調整する。第1制限処理では、第2制限処理に比べてモータ電流Imの制限を緩和するように、モータ電流Imが制限される。

[0124] 飛行制御装置40は、第1制限処理の後、ステップS215に進み、減磁報知処理を行う。今回のようにステップS213の後にステップS215に進んだ場合、減磁報知処理では、補正量Acが補正閾値TAc以上ではないことが報知される。すなわち、今回の減磁報知処理では、ロータ磁石63a

について磁力の不足条件が満たされないことが報知される。また、今回の減磁報知処理では、eVTOL10が制限飛行可能であることや、第1制限処理が行われたことなどが報知される。

[0125] ステップS212についてeVTOL10が制限飛行可能ではない場合、飛行制御装置40は、ステップS214に進み、第1緩和処理を行う。第1緩和処理は、モータ電流Imの制限よりもeVTOL10の飛行を優先するための処理である。第1緩和処理では、モータ電流Imの制限が緩和される。すなわち、第1緩和処理では、モータ電流Imの制限度合いが低めに設定される。例えば、第1緩和処理では、上記ステップS213での第1制限処理に比べて、モータ電流Imの制限が緩和されるようにモータ電流Imの制限度合いが調整される。また、第1緩和処理では、上記ステップS209での第2緩和処理に比べて、モータ電流Imの制限が緩和されるようにモータ電流Imの制限度合いが調整される。例えば、第1緩和処理では、モータ温度Tmに関係なくモータ電流Imの制限が行われない。

[0126] 飛行制御装置40は、第1緩和処理の後、ステップS215に進み、減磁報知処理を行う。今回のようにステップS214の後にステップS215に進んだ場合、減磁報知処理では、ロータ磁石63aについて磁力の不足条件が満たされないことが報知される。また、今回の減磁報知処理では、eVTOL10が制限飛行可能ではないことや、第1緩和処理が行われたことなどが報知される。

[0127] 図4に戻り、ステップS102についてeVTOL10が飛行中でない場合、飛行制御装置40は、ステップS114に進む。飛行制御装置40は、ステップS114においてメンテナンス処理を行う。メンテナンス処理は、eVTOL10の着陸後や離陸前などeVTOL10が飛行していないタイミングで行われる。メンテナンス処理については、図8に示すフローチャートを参照しつつ説明する。

[0128] 飛行制御装置40は、図8に示すステップS501において、リセット処理の要求の有無を判定する。リセット処理は、各種フラグなどをリセットす

るための処理である。各種フラグとしては、異常フラグや第1フラグなどがある。飛行制御装置40は、リセット処理を要求するリセット要求が入力されたか否かを判定する。リセット要求は、パイロット等の作業者がメンテナンス装置などの操作部を操作した場合などに飛行制御装置40に入力される。リセット要求は、作業者が適切なツールや手順を用いてリセット要求のための操作を行った場合に限り、適切なツールであるメンテナンス装置などから飛行制御装置40に入力される。飛行制御装置40にリセット要求が入力された場合、飛行制御装置40は、リセット処理を行うと判断し、ステップS502に進む。

[0129] 飛行制御装置40は、ステップS502において、eVTOL10のメンテナンスが実施済みであるか否かを判定する。飛行制御装置40は、メンテナンスが実施されたことを示すメンテナンス記録が管理記憶部に記憶されているか否かを判定する。メンテナンス記録は、eVTOL10の飛行完了後にメンテナンスが実施されたことを示す記録である。作業者がメンテナンス装置などを用いてメンテナンスを実施した場合、メンテナンス装置などがメンテナンス記録を管理記憶部に記憶する。メンテナンスとしては、eVTOL10を整備する作業や、eVTOL10を点検する作業、eVTOL10の部品などを交換する作業、などがある。

[0130] メンテナンスが実施済みである場合、飛行制御装置40は、ステップS503に進む。飛行制御装置40は、ステップS503においてリセット処理を行う。リセット処理では、各種フラグなどがリセットされる。例えば、リセット処理では、各種フラグのうち管理記憶部にセットされているフラグがゼロ等の初期値にクリアされる。

[0131] リセット処理では、減磁カウンタCdがリセットされることがある。例えば、第3フラグがセットされている状態で、メンテナンスにおいてロータ磁石63aやモータ61の修理や部品交換などが行われた場合、減磁カウンタCdをリセットするための要求がリセット要求に含まれる。この場合、リセット処理では、減磁カウンタCdがリセットされる。例えば、減磁カウンタ

C dのカウンタ値がゼロ等の初期値になるようにクリアされることで、減磁カウンタC dがリセットされる。

[0132] なお、管理記憶部は、複数の推進装置100のそれぞれに対応した状態で各種フラグや減磁カウンタC dをセット可能になっている。また、管理記憶部は、複数のモータ61におそれぞれに対応した状態で各種フラグや減磁カウンタC dをセット可能になっている。例えば1つの推進装置100が複数のモータ61を有している構成では、管理記憶部は、1つの推進装置100に対して複数の各種フラグや減磁カウンタC dをセット可能になっていることが好ましい。

[0133] 飛行制御装置40は、ステップS504においてリセット報知処理を行う。リセット報知処理では、各種フラグなどがリセットされたことを示すリセット情報が作業員や外部装置に報知される。リセット情報には、各種フラグのどのフラグがリセットされたのかを示す情報や、減磁カウンタC dがリセットされたのかを示す情報などが含まれている。

[0134] ステップS502についてメンテナンスが実施済みでない場合、飛行制御装置40は、ステップS505に進む。飛行制御装置40は、ステップS505においてリセット禁止処理を行う。リセット禁止処理は、各種フラグや減磁カウンタC dなどがリセットされることを禁止するための処理である。

[0135] 飛行制御装置40は、ステップS506において禁止報知処理を行う。禁止報知処理では、各種フラグや減磁カウンタC dなどのリセットが禁止されたことを示すリセット禁止情報が作業員や外部装置に報知される。リセット禁止情報には、メンテナンスが実施されていないことや、管理記憶部にセットされているフラグの種類などが含まれている。

[0136] ここまで説明した本実施形態によれば、飛行制御装置40は、モータ温度 T_m やモータ電流 I_m などの駆動情報を用いてロータ磁石63aの減磁を管理する。この構成では、第1制限処理によりモータ電流 I_m が制限されるなど、ロータ磁石63aの減磁が生じにくくなるようにモータ61を駆動させることが可能である。このため、ロータ磁石63aの減磁が生じるというこ

と自体を抑制できる。また、この構成では、モータ61の異常が発生するほどにロータ磁石63aの減磁が進行してしまうよりも前のタイミングで、第2制限処理によりモータ電流 I_m が制限されるなど、ロータ磁石63aの負担を低減するなどの異常対策を行うことが可能である。このため、ロータ磁石63aの減磁が進行することでeVTOL10の安全性が低下する、ということを抑止できる。以上のように、ロータ磁石63aの減磁が管理されることでeVTOL10の安全性を高めることができる。

[0137] モータ装置60では、モータ温度 T_m が高く且つモータ電流 I_m が大きい時に、ロータ磁石63aの減磁が生じやすい。これに対して、本実施形態では、モータ61が高温且つ大電流という状態になることが第1制限処理や第2制限処理により抑制される。この構成では、第1制限処理や第2制限処理によりロータ磁石63aの減磁が生じにくくなるため、モータ61の性能低下を予防することができる。また、この構成では、モータ61の異常に該当するほどにモータ温度 T_m が高温になる、ということを抑止処理により抑制することができる。

[0138] モータ装置60では、ロータ磁石63aの温度などモータ温度 T_m が高いほどロータ磁石63aの減磁が生じやすい。そこで、モータ装置60の冷却効果を高めることや、モータ61の大型化して目標トルクを実現するために必要な電流の低減を図ることで、ロータ磁石63aの減磁を生じにくくすることが考えられる。ところが、モータ61の体格や冷却効果を増加させるほど、モータ61の搭載性が悪化することや、重量及びコストなどが増加することが懸念される。例えば、モータ装置60を液冷式の装置にすることで冷却効果を向上させることが考えられる。また、モータ装置60に液冷式が適用されると、冷却液を循環させるための流路やポンプ、放熱のための熱交換器をモータ装置60に追加せざるを得ず、モータ装置60の体格や重量、コストが増加してしまう。また、モータ装置60の体格や重量が増加することは、モータ装置60が搭載されたeVTOL10の安全性を確保する上でデメリットが大きい。

[0139] これに対して、本実施形態では、モータ温度 T_m が高温になるなどロータ磁石 63 a の減磁が生じやすい状態では、第 1 制限処理や第 2 制限処理によりモータ電流 I_m が制限されることで、ロータ磁石 63 a の減磁が生じやすい状態を脱することができる。このため、モータ 61 の出力や冷却効果を増加させなくても、ロータ磁石 63 a の減磁を抑制できる。したがって、ロータ磁石 63 a の減磁を抑制する上で、モータ装置 60 の体格や重量、コストを大きくする必要がない。

[0140] 有人飛行体としての eVTOL10 では、モータ 61 に対して、軽量であることが強く要求される一方で、数十～数百 kW の高出力が要求される。すなわち、モータ 61 の出力密度を高めることが要求される。モータ 61 では、出力密度が高くなるほどモータ温度 T_m が高くなりやすい。そして、モータ温度 T_m の上昇に伴ってロータ磁石 63 a の減磁が生じやすくなる。このため、本実施形態のように、ロータ磁石 63 a の減磁が生じやすい状態でモータ電流 I_m が制限される構成は、有人飛行体においてロータ磁石 63 a の減磁を抑制する上で効果的である。

[0141] ロータ磁石 63 a に生じる不可逆減磁は、モータ 61 の駆動に伴って徐々に進行していく。このため、ロータ磁石 63 a の減磁度合いは、モータ 61 の過去の駆動状態に影響されやすい。これに対して、本実施形態によれば、飛行制御装置 40 は、減磁カウンタ C_d などのモータ履歴情報を用いて、ロータ磁石 63 a の減磁を管理する。この構成では、モータ 61 についてモータ履歴情報という過去の情報を用いて、ロータ磁石 63 a の減磁や負担を抑制することができる。このため、ロータ磁石 63 a について減磁の管理精度を高めることができる。

[0142] 本実施形態によれば、飛行制御装置 40 は、減磁カウンタ C_d がカウンタ閾値 T_{C_d} に達したか否かの判定結果を用いて、ロータ磁石 63 a の減磁を管理する。この判定結果には、ロータ磁石 63 a の減磁度合いが反映されているため、飛行制御装置 40 は、ロータ磁石 63 a の減磁度合いに応じてモータ電流 I_m を制限することなどにより、ロータ磁石 63 a の減磁状態を管

理できる。例えば、減磁カウンタ C_d がカウンタ閾値 T_{C_d} に達していない場合には、モータ電流 I_m を制限しないことでモータ出力が不足することを抑制できる。また、減磁カウンタ C_d がカウンタ閾値 T_{C_d} に達した場合には、第1制限処理や第2制限処理によりモータ電流 I_m を制限することで、ロータ磁石 63a の減磁を抑制できる。

[0143] 本実施形態によれば、補正量 A_c が補正閾値 T_{A_c} 以上である場合に、ロータ磁石 63a について磁力の不足条件が満たされるとして、第2制限処理によりモータ電流 I_m が制限される。この構成では、磁力の不足条件が満たされるほどにロータ磁石 63a の減磁が進行している場合に、減磁が更に進行してしまうということをモータ電流 I_m の制限により抑制できる。

[0144] モータ 61 では、モータ温度 T_m が高いほどロータ磁石 63a の減磁が生じやすい。例えば、現在のモータ温度 T_m が十分に低ければ、モータ電流 I_m が大きくてもロータ磁石 63a の減磁が生じにくい。このため、仮に補正量 A_c が補正閾値 T_{A_c} 以上であっても、現在のモータ温度 T_m が低ければ、ロータ磁石 63a の減磁が更に進行するということが生じにくい。

[0145] これに対して、本実施形態によれば、飛行制御装置 40 は、第2制限処理によるモータ電流 I_m の制限度合いをモータ温度 T_m に応じて調整する。この構成では、仮にロータ磁石 63a について磁石の不足条件が満たされていても、ロータ磁石 63a での減磁の生じやすさに応じてモータ電流 I_m を調整できる。このように、現在のモータ温度 T_m を温度情報として加味することで、より適切にロータ磁石 63a の減磁を管理できる。例えば、モータ温度 T_m が低めでロータ磁石 63a の減磁が生じにくい場合には、ロータ磁石 63a の減磁を抑制することよりも、モータ電流 I_m が不足しないようにすることを優先できる。また、モータ温度 T_m が高めでロータ磁石 63a の減磁が生じやすい場合には、モータ電流 I_m の確保よりも、ロータ磁石 63a の減磁抑制を優先することができる。

[0146] 本実施形態によれば、第2制限処理では、低め範囲処理と中間範囲処理と高め範囲処理とがモータ温度 T_m に応じて選択される。低め範囲処理ではモ

ータ電流 I_m が制限されず、中間範囲処理ではモータ電流 I_m が遮断されないように制限され、高め範囲処理ではモータ電流 I_m が遮断されるようになっている。このため、モータ温度 T_m に応じて複数段階の電流制限をモータ電流 I_m に適用する、という構成を実現できる。このように、モータ温度 T_m について、減磁しやすい高温域では電流制限を厳しくし、減磁しにくい低温域では制限せず、高温域ほどは減磁しないが減磁が生じる中間域では電流制限を緩めにするすることで、ロータ磁石 63a の減磁を適正に管理できる。例えば、ロータ磁石 63a の減磁が異常に該当するほどに進行した状態のままモータ 61 の駆動が継続されることを抑制できる。

[0147] モータ 61 では、ロータ磁石 63a での減磁の進行により磁力が低下すると、モータ電流 I_m 等のモータ出力が目標出力に対して不足しやすくなる。そうすると、その不足分を補うために補正量 A_c が過剰に大きい値に設定されてしまう。これに対して、本実施形態によれば、補正量 A_c が補正閾値 T_{A_c} 以上であるほどに過剰である場合に、ロータ磁石 63a について磁力の不足条件が満たされる。このため、ロータ磁石 63a の減磁管理では、補正量 A_c が補正閾値 T_{A_c} 以上になるほどにロータ磁石 63a の減磁が進行していることを、ロータ磁石 63a の磁力が不足しやすいこととして管理できる。

[0148] また、フィードバック制御や学習制御などによりモータ制御が行われていると、ロータ磁石 63a の減磁が徐々に進行してモータ 61 の性能が低下しても、補正量 A_c の補正量範囲内であればモータ出力に影響がでにくい。このため、ロータ磁石 63a の減磁がある程度進行した状態であっても、減磁の進行にパイロット等が気づきにくい。これに対して、本実施形態では、補正量 A_c が補正閾値 T_{A_c} 以上であることが減磁報知処理によりパイロット等に報知される。例えば、補正量 A_c が補正閾値 T_{A_c} 以上である場合に、ロータ磁石 63a の減磁がそれ以上進む前に点検や交換が行われるように、減磁情報の記憶や発信が行われる。

[0149] 本実施形態によれば、第 2 制限処理によりモータ電流 I_m が制限されると

eVTOL10の推進にとってモータ電流 I_m が不足する場合に、モータ電流 I_m の制限が第2緩和部により緩和される。この構成では、ロータ磁石63aの減磁を抑制することよりも、eVTOL10の推進にとってモータ電流 I_m が不足しないようにすることを優先できる。したがって、ロータ磁石63aの減磁抑制とeVTOL10の安全性確保とのバランスを適正化できる。

[0150] ロータ磁石63aの減磁を防ぐにはモータ電流 I_m を制限した方が望ましいが、モータ電流 I_m を制限することでeVTOL10の移動能力に支障が生じると、eVTOL10や乗員の安全性が低下することが懸念される。これに対して、本実施形態では、モータ電流 I_m が制限されるとeVTOL10の移動能力に支障が生じる場合には、eVTOL10や乗員の安全性低下を回避するために、モータ電流 I_m の制限が緩和される。そして、eVTOL10の移動能力に支障が生じるほどにモータ電流 I_m が制限される状態では、ロータ磁石63aの減磁が異常に該当するほどに顕在化していると推定される。このため、本実施形態では、eVTOL10の移動能力に支障が生じるほどにモータ電流 I_m が制限される場合には、速やかに点検または交換が行われるように減磁情報の記録や発信が行われる。

[0151] 特に、eVTOL10等の航空機では、モータ電流 I_m の制限によって推進装置100の出力が低下すると、飛行姿勢が不安定になるなどのリスクが高い。このため、航空機が飛行している状態では、ロータ磁石63aにとって望ましい電流制限を実行することができない場合がある。そのような場合は、ロータ磁石63aの減磁抑制より航空機の安全な飛行を優先しつつ、次の飛行までに点検または交換が行われるように減磁情報の記録や発信が行われる。

[0152] 本実施形態によれば、飛行制御装置40は、ロータ磁石63aについて磁力の不足条件が満たされることを減磁報知処理等により報知する。この構成では、モータ61の異常や性能低下が生じるほどにロータ磁石63aの減磁が進行するよりも前のタイミングで、ロータ磁石63aの磁力不足をパイロ

ット等に知らせることができる。このため、モータ61の異常や性能低下に至る前に、ロータ磁石63aを対象とした点検や部品効果が行われることで、モータ61の異常や性能低下が発生することを抑制できる。

[0153] ロータ磁石63aの磁力が不可逆減磁によって不足した場合、ロータ磁石63aの磁力不足を解消するにはモータ61のメンテナンスを行う必要がある。これに対して、本実施形態によれば、飛行制御装置40は、ロータ磁石63aについて磁力の不足条件が満たされる場合に、eVTOL10の離陸を制限する。このため、ロータ磁石63aの磁力不足が生じているにもかかわらず、モータ61のメンテナンスが行われずにeVTOL10が再離陸する、という事態を回避できる。したがって、ロータ磁石63aの磁力不足によりeVTOL10の安全性が低下するということを確実に抑制できる。

[0154] 特に、eVTOL10の航空機においては、ロータ磁石63aの減磁が進んだ状態の推進装置100で飛行を継続することは非常にリスクが高い。したがって、本実施形態のように、モータ61に対する点検や交換など適切な対処がなされるまではeVTOL10の離陸を禁止することが、eVTOL10の安全を確保する上で好ましい。

[0155] 本実施形態では、モータ61の状態を示す領域として、異常領域A1と減磁領域A2とがモータ温度 T_m に応じて設定されている。異常領域A1は、モータ温度 T_m について、モータ電流 I_m に速やかに制限をかける温度条件を有している。減磁領域A2は、モータ温度 T_m について、異常領域A1の温度条件より低温側である減磁判定のための温度条件を有している。そして、モータ61の状態が異常領域A1にある場合、異常制限処理によりモータ電流 I_m が速やかに制限される。したがって、モータ61の状態が異常領域A1にあることに起因して推進装置100の出力が意図せずに不足する、ということを抑制できる。

[0156] モータ61では、ロータ磁石63aの減磁に気づかずにeVTOL10の飛行が継続されると、モータ61の出力性能低下が進み、いずれ飛行に支障が生じることが懸念される。これに対して、ロータ磁石63aの減磁が起こ

らないようにモータ61を駆動しようとする、減磁が起こらない程度にモータ温度 T_m の上昇を抑制するように、且つモータ電流 I_m が低電流になるようにモータ61を駆動する必要がある。そうすると、冷却機構をモータ61に追加したりモータ61を大型化したりすることになり、モータ装置60の体格や重量が増加してしまう。また、モータ装置60の体格や重量が増加すると、eVTOL10に対する搭載性の悪化につながってしまう。

[0157] これに対して、本実施形態では、モータ61の状態が異常領域A1、減磁領域A2及び通常領域A3のいずれにあるのかを判定することなどにより、ロータ磁石63aでの減磁の進行を監視できる。このため、モータ61の駆動に伴ってロータ磁石63aの減磁がある程度進行するリスクを許容しつつ、実際にロータ磁石63aの減磁がeVTOL10の飛行に影響を与える前に、部品交換などの処置を行うことが可能になる。

[0158] <第2実施形態>

第2実施形態では、補正量 A_c の変化態様に応じてロータ磁石63aの減磁が管理される。第2実施形態で特に説明しない構成、作用、効果については上記第1実施形態と同様である。第2本実施形態では、上記第1実施形態と異なる点を中心に説明する。

[0159] 飛行制御装置40は、上記第1実施形態と同様に、飛行制御処理を行う。本実施形態では、飛行制御処理の減磁対応処理について、図9のフローチャートを参照しつつ説明する。図9に示すように、飛行制御装置40は、上記第1実施形態と同様にステップS201～S216の処理を行う。ただし、飛行制御装置40は、ステップS202の後、ステップS601、S602の処理を行う。

[0160] 飛行制御装置40は、ステップS601においてスムージング値 S_m を算出する。スムージング値 S_m は、補正量 A_c をスムージングするための値である。スムージング値 S_m は、補正量 A_c の変化を平滑化した値である。例えば、スムージング値 S_m は、式1を用いて算出される。

[0161] $S_m [t] = \alpha \times A_c [t] + (1 - \alpha) \times S_m [t - 1] \dots$ 式1

式1では、 α がゼロよりも大きく且つ1よりも小さい値である。すなわち、 $0 < \alpha < 1$ である。式1では、 $[t]$ が今回の減磁対応処理にて取得された値であり、 $[t-1]$ が前回の減磁対応処理にて取得された値である。例えば、 $S_m[t]$ は、今回のステップS610にて算出されたスムージング値 S_m である。 $S_m[t-1]$ は、前回のステップS601にて算出されたスムージング値 S_m である。 $A_c[t]$ は、今回のステップS202にて算出された補正量 A_c である。なお、スムージング値 S_m としては、学習制御により算出された外周値が用いられてもよい。

[0162] 図10に示すように、スムージング値線 L_{S_m} は、補正量線 L_{A_c} に比べて変化が緩やかになっている。スムージング値線 L_{S_m} は、スムージング値 S_m の変化態様を示す線である。補正量線 L_{A_c} は、補正量 A_c の変化態様を示す線である。図10に示す例では、補正量 A_c が補正閾値 T_{A_c} 以上になっている。

[0163] 図9に戻り、飛行制御装置40は、ステップS602において、突発フラグがセットされているか否かを判定する。突発フラグは、突発異常が発生したことを示すフラグである。突発異常は、補正量 A_c の急激な変化を伴うような突発的に発生する異常である。突発異常としては、モータシャフトやプロペラシャフトが異物を噛み込むことで発生する異常などがある。ロータ磁石63aの減磁が進行することでロータ磁石63aやモータ61に異常が発生したとしても、この異常は突発異常に含まれない。換言すれば、突発異常は、ロータ磁石63aの減磁に起因した異常ではない。

[0164] 突発フラグがセットされておらず、且つステップS203について補正量 A_c が補正閾値 T_{A_c} 以上である場合、飛行制御装置40は、ステップS603に進む。飛行制御装置40は、ステップS603において、スムージング値 S_m と補正量 A_c とが乖離しているか否かを判定する。例えば、飛行制御装置40は、乖離量 D_t が乖離閾値 T_{D_t} より大きいかなんかを判定する。乖離量 D_t は、スムージング値 S_m と補正量 A_c との差である。乖離閾値 T_{D_t} は、試験等によりあらかじめ定められた値であり、メモリ43等に記憶

されている。

[0165] スムージング値 S_m と補正量 A_c とが乖離していない場合、飛行制御装置 40 は、上記第 1 実施形態において補正量 A_c が補正閾値 T_{A_c} 以上である場合と同様に、ステップ $S_{204} \sim S_{216}$ の処理を行う。

[0166] スムージング値 S_m と補正量 A_c とが乖離している場合、飛行制御装置 40 は、ステップ S_{604} に進む。飛行制御装置 40 は、ステップ S_{604} において、突発フラグを管理記憶部にセットする。図 10 に示すように、タイミング t_{11} にて突発異常が発生した場合、突発フラグは、タイミング t_{11} より後のタイミング t_{12} にてセットされる。この場合、乖離量 D_t は、タイミング t_{12} でのスムージング値 S_m と補正量 A_c との差である。

[0167] 飛行制御装置 40 は、ステップ S_{605} において突発対応処理を行う。突発対応処理では、突発異常が発生したことをメモリ 43 等に記憶するための処理や、突発異常が発生したことをパイロットや外部施設等に報知するための処理などが行われる。なお、突発対応処理では、モータ電流 I_m 等のモータ出力が制限されてもよく、モータ 61 の駆動が停止されてもよい。

[0168] <第 3 実施形態>

第 3 実施形態では、ロータ磁石 63a での減磁の発生しやすさが累積駆動時間に反映される。第 3 実施形態で特に説明しない構成、作用、効果については上記第 1 実施形態と同様である。第 3 本実施形態では、上記第 1 実施形態と異なる点を中心に説明する。

[0169] 本実施形態では、飛行制御処理について、図 11 のフローチャートを参照しつつ説明する。図 11 に示すように、飛行制御装置 40 は、上記第 1 実施形態と同様にステップ $S_{101} \sim S_{114}$ の処理を行う。ただし、飛行制御装置 40 は、ステップ S_{109} についてモータ 61 の状態が減磁領域 A_2 にある場合、ステップ S_{701} に進む。飛行制御装置 40 におけるステップ $S_{109} \sim S_{113}$, S_{701} の処理を実行する機能が減磁管理部に相当する。

[0170] 飛行制御装置 40 は、ステップ S_{701} においてカウント補正処理を行う

。カウント補正処理では、減磁カウンタC dの加算値を補正する。加算値は、ステップS 1 1 0にて減磁カウンタC dに加算される値である。上記第1実施形態では加算値が固定値とされていたが、本実施形態では、加算値が可変値になっている。飛行制御装置4 0は、ロータ磁石6 3 aの減磁しやすさに応じて加算値を変更する。例えば、加算値は、モータ6 1の状態が減磁領域A 2のどの位置にあるかに応じて可変設定される。

[0171] 図1 2に示すように、減磁領域A 2には、第1減磁領域A 2 1、第2減磁領域A 2 2及び第3減磁領域A 2 3が含まれている。第1減磁領域A 2 1は、第2減磁領域A 2 2よりもロータ磁石6 3 aの減磁が生じにくい領域である。このため、第1減磁領域A 2 1に対する加算値は、第2減磁領域A 2 2に対する加算値よりも小さい値に設定されている。第3減磁領域A 2 3は、第2減磁領域A 2 2よりもロータ磁石6 3 aの減磁が生じやすい領域である。このため、第3減磁領域A 2 3に対する加算値は、第2減磁領域A 2 2に対する加算値よりも大きい値に設定されている。例えば、第1減磁領域A 2 1に対する加算値が1とされ、第2減磁領域A 2 2に対する加算値が2とされ、第3減磁領域A 2 3に対する加算値が3とされている。

[0172] 飛行制御装置4 0は、ステップS 7 0 1の後、ステップS 1 1 0に進み、減磁カウンタC dに加算値を加算する。例えば、モータ6 1の状態が第3減磁領域A 2 3にある時間が長いほど、減磁カウンタC dがカウンタ閾値T C dに達する時間が短くなりやすい。また、モータ6 1の状態が第1減磁領域A 2 1にある時間が長いほど、減磁カウンタC dがカウンタ閾値T C dに達する時間が長くなりやすい。

[0173] 本実施形態では、ロータ磁石6 3 aの減磁しやすさに応じて減磁カウンタC dの加算値が可変設定されるように、モータ6 1の状態を示す領域に重みづけが行われている。減磁領域A 2では、ロータ磁石6 3 aが減磁しやすい領域ほど減磁カウンタC dが早く増えるようになっている。このように減磁カウンタC dのカウントに重みづけが行われると、重みづけが行われない構成に比べて飛行制御装置4 0の処理負担などが増加しやすい一方で、ロータ

磁石 63a の減磁度合いを正確に推定することができる。ロータ磁石 63a について減磁度合いの推定精度を高めることで、eVTOL10 の安全性を高めることができる。

[0174] <第4実施形態>

上記第1実施形態では、モータ61の状態が減磁領域A2にある減磁累積時間がある程度長いと減磁対応処理が行われるようになっていた。これに対して、第4実施形態では、補正量Acがある程度大きいと減磁対応処理が行われるようになっている。第4実施形態で特に説明しない構成、作用、効果については上記第1実施形態と同様である。第4本実施形態では、上記第1実施形態と異なる点を中心に説明する。

[0175] 本実施形態では、飛行制御処理について、図13のフローチャートを参照しつつ説明する。図13に示すように、飛行制御装置40は、上記第1実施形態と同様にステップS101~S108, S112~S114の処理を行う。ただし、飛行制御装置40は、ステップS108の後、ステップS801, S802の処理を行う。

[0176] 飛行制御装置40は、ステップS801, S802において、上記第1実施形態のステップS202, S203と同様の処理を行う。飛行制御装置40は、ステップS801において補正量Acを算出する。補正量Acは、モータ61の駆動状態を示すパラメータであり、駆動情報に相当する。飛行制御装置40におけるステップS801の処理を実行する機能が情報取得部に相当する。

[0177] 飛行制御装置40は、ステップS802において補正量Acが補正閾値TAc以上であるか否かを判定する。補正量Acが補正閾値TAc以上であるか否かを判定することが、モータ出力が目標出力に対して不足するか否かを判定することに相当する。飛行制御装置40におけるステップS802の処理を実行する機能が出力判定部に相当する。飛行制御装置40におけるステップS109~S113, S802の処理を実行する機能が減磁管理部に相当する。

- [0178] 補正量 A_c が補正閾値 $T A_c$ 以上である場合、飛行制御装置 40 は、ステップ S 112, S 113 の処理を行う。すなわち、飛行制御装置 40 は、ステップ S 113 において減磁対応処理を行う。減磁対応処理について、図 14 のフローチャートを参照しつつ説明する。
- [0179] 飛行制御装置 40 は、図 14 に示すステップ S 201 について第 1 フラグがセットされている場合に、ステップ S 901 に進む。飛行制御装置 40 は、ステップ S 901 において、補正量 A_c が補正量範囲の上限値に達したか否かを判定する。補正量 A_c が補正量範囲の上限値に達している場合としては、モータ出力を目標出力に近づけるためには補正量 A_c を補正量範囲の上限値よりも更に大きい値に設定する必要がある場合などがある。すなわち、補正量 A_c が補正量範囲の上限値に設定されても、モータ出力が目標出力に対して不足する場合などがある。この場合、ロータ磁石 63a の減磁がある程度進行していることでモータ電流 I_m が不足しやすい。
- [0180] 補正量 A_c が補正量範囲の上限値に達したか否かを判定することが、モータ出力が目標出力に対して不足するか否かを判定することに相当する。飛行制御装置 40 におけるステップ S 901 の処理を実行する機能が出力判定部に相当する。
- [0181] 補正量 A_c が補正量範囲の上限値に達した場合、飛行制御装置 40 は、ステップ S 204 に進み、第 2 フラグをセットする。本実施形態の第 2 フラグは、補正量 A_c が補正量範囲の上限値に達したことを示すフラグである。本実施形態でも、第 2 フラグは、上記第 1 実施形態と同様に、ロータ磁石 63a の減磁がある程度進行していることを示すフラグである。
- [0182] 飛行制御装置 40 は、ステップ S 204, S 205 の後、ステップ S 902, S 903 の処理を行う。飛行制御装置 40 は、ステップ S 902 において、モータ 61 の出力トルクを算出する。例えば、飛行制御装置 40 は、モータ電流 I_m などを用いて出力トルクを算出する。出力トルクは、モータ 61 の駆動状態を示すパラメータであり、駆動情報に相当する。飛行制御装置 40 におけるステップ S 902 の処理を実行する機能が情報取得部に相当す

る。

[0183] 飛行制御装置40は、ステップS903において、トルク不足であるか否かを判定する。すなわち、飛行制御装置40は、出力トルクが目標トルクに対して不足しているか否かを判定する。例えば、飛行制御装置40は、出力トルクと目標トルクとのトルク差が所定のトルク閾値より小さいか否かを判定する。トルク差がトルク閾値より小さい場合、飛行制御装置40は、トルク不足であると判断する。トルク不足であるか否かを判定することが、モータ出力が目標出力に対して不足するか否かを判定することに相当する。飛行制御装置40におけるステップS903の処理を実行する機能が出力判定部に相当する。

[0184] トルク不足でない場合、飛行制御装置40は、ステップS207において第2制限処理を実行する。トルク不足である場合、飛行制御装置40は、ステップS209において第2緩和処理を実行する。

[0185] 本実施形態によれば、飛行制御装置40は、モータ出力が目標出力に対して不足するか否かの判定結果を用いて、ロータ磁石63aの減磁を管理する。この判定結果には、モータ出力を介してロータ磁石63aの減磁度合いが反映されているため、飛行制御装置40は、ロータ磁石63aの減磁度合いに応じてモータ電流 I_m を制限することなどにより、ロータ磁石63aの減磁状態を管理できる。例えば、補正量 A_c が補正閾値 $T A_c$ 以上でない場合には、モータ電流 I_m を制限しないことでモータ出力が不足することを抑制できる。また、補正量 A_c が補正閾値 $T A_c$ 以上である場合には、第1制限処理や第2制限処理によりモータ電流 I_m を制限することで、ロータ磁石63aの減磁を抑制できる。

[0186] <第5実施形態>

第5実施形態では、推進システム30は、モータ61を冷却することが可能な冷却機構を有している。第5実施形態で特に説明しない構成、作用、効果については上記第1実施形態と同様である。第5本実施形態では、上記第1実施形態と異なる点を中心に説明する。

[0187] 図15に示すように、推進システム30は、冷却装置110を有している。冷却装置110は、モータ61を冷却することが可能である。冷却装置110は、冷却機構に含まれている。冷却装置110は、eVTOL10に設けられている。冷却装置110は、EPU50の少なくともモータ61を冷却する。冷却装置110は、EPU50に設けられている。冷却装置110の駆動源は、モータ61である。冷却装置110は、モータ61により駆動される。

[0188] 冷却装置110は、空冷式や液冷式の冷却装置である。例えば、空冷式の冷却装置110は、空冷ファンを有している。空冷ファンは、モータ61の駆動に伴って送風する送風ファンである。空冷ファンは、モータシャフトに固定されている。空冷ファンは、モータシャフトに沿ってモータハウジング70やインバータハウジング90に並べられている。空冷ファンは、外気等の空気をハウジング70、90の外面に沿って流すことで、モータ61やインバータ装置80を冷却する。

[0189] 液冷式の冷却装置110は、水等の冷媒によりモータ61を冷却する。液冷式の冷却装置110は、流路を形成する配管等の流路形成部や、流路に冷媒を流すための冷媒ポンプ、冷媒の熱を外部に放出するための放熱部などを有している。流路は、冷媒がモータ61やインバータ装置80を冷却しやすいように設けられている。冷媒ポンプは、モータ61の駆動に伴って駆動する。例えば、冷媒ポンプは、モータシャフトに設けられており、モータシャフトの回転に伴って冷媒を圧送する。冷媒は、液体冷媒や気体冷媒であってもよい。

[0190] インバータ回路85は、IGBTやMOSFET等のスイッチング素子を複数有している。例えば、インバータ回路85では、上下アーム回路の上アーム及び下アームのそれぞれがスイッチング素子を含んで形成されている。インバータ回路85は、スイッチング素子のスイッチングにより電力を変換することでモータ61を駆動させる。インバータ回路85は、インバータに相当する。インバータ制御部81は、指令信号としてPWM信号を出力する

ことで、インバータ回路85を駆動させる。PWM信号は、パルス信号である。インバータ制御部81は、PWM信号の周波数を変更することでモータ回転数などモータ61の駆動状態を変更する。PWM信号の周波数は、インバータ回路85を駆動させるための周波数であり、駆動周波数に相当する。PWM信号の周波数は、PWM周波数と称されることがある。PWM信号は、三角波等のキャリア信号を用いて生成される。PWM信号の周波数は、キャリア信号の周波数である。

[0191] 本実施形態では、飛行制御処理について、図16のフローチャートを参照しつつ説明する。図16に示すように、飛行制御装置40は、上記第1実施形態と同様に、ステップS101～S114の処理を行う。本実施形態では、ステップS102についてeVTOL10が飛行中でない場合、飛行制御装置40は、ステップS114の処理に加えて、ステップS1001～S1004の処理を行う。飛行制御装置40は、ステップS1001において着陸対応処理を行う。着陸対応処理は、eVTOL10の着陸に対応して行われる処理である。着陸対応処理については、図17に示すフローチャートを参照しつつ説明する。

[0192] 飛行制御装置40は、図17に示す着陸対応処理のステップS1101において、eVTOL10の着陸が完了したか否かを判定する。eVTOL10の着陸が完了していない場合、飛行制御装置40は、eVTOL10が飛行していると判断して、そのまま着陸対応処理を終了する。eVTOL10の着陸が完了した場合、飛行制御装置40は、ステップS1102に進む。

[0193] 飛行制御装置40は、ステップS1102において、上記第1実施形態のステップS103と同様に、モータ温度 T_m を取得する。飛行制御装置40は、ステップS1103において、モータ温度 T_m が第1冷却閾値 C_1 以上であるか否かを判定する。第1冷却閾値 C_1 は、試験等によりあらかじめ定められた値であり、メモリ43等に記憶されている。第1冷却閾値 C_1 は、着陸後のeVTOL10において、モータ61の冷却が必要なほどにモータ温度 T_m が高いことを示す値や、ロータ磁石63aの減磁が進行する可能性

があることを示す値などである。第1冷却閾値C1は、冷却温度に相当する。モータ温度 T_m が第1冷却閾値C1以上である場合、飛行制御装置40は、着陸後のeVTOL10にとってモータ61が高温であると判断する。

[0194] 図18に示すように、第1冷却閾値C1は、上限外気温 T_{out} と上限温度 T_{LB1} との間の温度に設定されている。上限外気温 T_{out} は、eVTOL10の外気温として想定される想定範囲で最も高い上限温度である。この想定範囲は、eVTOL10が地上にある場合に想定される外気温の範囲である。上限外気温 T_{out} は、上限温度 T_{LB1} よりも低い温度であると想定されている。例えば、第1冷却閾値C1は、上限外気温 T_{out} から所定温度だけ高い温度に設定されている。また、第1冷却閾値C1は、上限温度 T_{LB1} から所定温度だけ低い温度に設定されている。

[0195] 図17に戻り、モータ温度 T_m が第1冷却閾値C1以上である場合、飛行制御装置40は、ステップS1104に進む。飛行制御装置40は、ステップS1104において、電源オフ禁止処理を行う。電源オフ禁止処理では、eVTOL10の電源オフを禁止するための処理を行う。例えば、飛行制御装置40は、eVTOL10の電源オフを禁止するための禁止フラグをメモリ43等にセットする。eVTOL10の電源オフが禁止されることで、バッテリー31からEPU50への電力供給の停止が禁止される。すなわち、電源オフ禁止処理では、バッテリー31からEPU50への電力供給が強制的に継続される。

[0196] 飛行制御装置40は、eVTOL10の電源オフを禁止することで、eVTOL10の電源オフを制限する。電源オフ禁止処理では、eVTOL10の電源スイッチを操作されないようにするための処理や、eVTOL10の電源スイッチが操作されてもeVTOL10の電源がオフにならないようにするための処理などが行われる。

[0197] 飛行制御装置40は、ステップS1105において、冷却処理を行う。冷却処理では、冷却装置110がモータ61を冷却するようにモータ61を駆動させるための処理が行われる。冷却処理では、プロペラ20が回転しても

eVTOL10を飛行させないように、且つ冷却装置110がモータ61を冷却するように、飛行制御装置40がモータ61を駆動させる。例えば、飛行制御装置40は、プロペラ20が回転してもeVTOL10が地面から浮かないように且つeVTOL10の姿勢が不安定にならないように、モータ61の回転数を制限しながら制御する。飛行制御装置40は、eVTOL10が着陸した後、冷却装置110を駆動させるために駆動しているモータ61の回転数を、eVTOL10を飛行させるために駆動するモータ61の回転数よりも小さい値に設定する。

[0198] 飛行制御装置40は、冷却処理でのPWM周波数をeVTOL10の飛行中でのPWM周波数よりも小さい値に設定する。インバータ回路85では、PWM周波数が小さいほどスイッチング素子のスイッチング回数が少なくなりやすい。このため、冷却処理では、インバータ回路85でのスイッチング素子のスイッチング回数が、eVTOL10の飛行中でのスイッチング回数に比べて少なくなりやすい。したがって、冷却処理では、インバータ回路85の駆動に伴ってインバータ装置80で発生する熱が、eVTOL10の飛行中にインバータ装置80で発生する熱よりも小さくなりやすい。飛行制御装置40におけるステップS1105の処理を実行する機能は、冷却実行部に相当する。この冷却実行部は、減磁管理部に含まれていてもよい。なお、スイッチング回数は、単位時間当たりのスイッチング回数である。

[0199] 飛行制御装置40は、ステップS1106において、モータ温度 T_m が第1停止閾値 C_{1a} より低くなったか否かを判定する。第1停止閾値 C_{1a} は、試験等によりあらかじめ定められた値であり、メモリ43等に記憶されている。第1停止閾値 C_{1a} は、冷却装置110によりモータ61の冷却を停止するか否かを判定するための閾値である。第1停止閾値 C_{1a} は、着陸後のeVTOL10について、冷却処理によりモータ温度 T_m が十分に低下したことを示す値である。モータ温度 T_m が第1停止閾値 C_{1a} より低くなった場合、飛行制御装置40は、モータ61が高温である高温状態が冷却処理により解消されたと判断する。

[0200] 図18に示すように、第1停止閾値C1aは、第1冷却閾値C1と上限外気温 T_{out} との間の温度に設定されている。第1停止閾値C1aは、第1冷却閾値C1よりも所定温度だけ低い温度に設定されている。また、第1停止閾値C1aは、上限外気温 T_{out} よりも所定温度だけ高い温度に設定されている。なお、第1停止閾値C1aは、第1冷却閾値C1と同じ温度や、上限外気温 T_{out} 以下の温度に設定されていてもよい。ただ、空冷式の冷却装置110では、モータ温度 T_m を上限外気温 T_{out} 以下まで冷却することは現実的に難しいと考えられる。

[0201] 図17に戻り、飛行制御装置40は、モータ温度 T_m が第1冷却閾値C1より高かった場合に、モータ温度 T_m が第1停止閾値C1aより低くなるまで電源オフ禁止処理及び冷却処理を継続して行う。飛行制御装置40は、冷却処理が実行されている状態で電源オフ禁止処理を実行することで、冷却処理の停止を禁止する。すなわち、飛行制御装置40は、ステップS1104において、eVTOL10の電源オフを制限することで、冷却装置110によるモータ61の冷却が停止されることを規制する。飛行制御装置40におけるステップS1104の処理を実行する機能は、停止規制部に相当する。この停止規制部は、減磁管理部に含まれていてもよい。

[0202] 飛行制御装置40が冷却処理を行うことで、eVTOL10が着陸した後にモータ61やモータ61やモータハウジング70に熱がこもることが抑制される。このため、eVTOL10の着陸後、モータ61やモータハウジング70にこもった熱によりモータ温度 T_m が上限温度 T_{LB1} まで上昇する、ということなどが生じにくい。したがって、eVTOL10の着陸後にモータ61の状態が異常領域A1に移行するなどしてロータ磁石63aの減磁が進行する、ということが抑制される。また、次回離陸前にモータ温度 T_m が高い状態で離陸開始することを防ぐことができるので、離陸中にモータ温度 T_m が上限温度 T_{LB1} まで上昇することなども生じにくい。

[0203] モータ温度 T_m が第1停止閾値C1aよりも低くなった場合、飛行制御装置40は、ステップS1107に進む。飛行制御装置40は、ステップS1

107において冷却停止処理を行う。冷却停止処理では、冷却処理を停止させるための処理や、冷却装置110の駆動を停止させるための処理などが行われる。例えば、冷却停止処理では、モータ61の駆動を停止させるための処理が行われることで、冷却装置110の駆動が停止する。

[0204] 飛行制御装置40は、ステップS1108において、電源オフ禁止を解除するための解除処理を行う。この解除処理では、eVTOL10の電源オフを許可するための処理が行われる。例えば、解除処理では、eVTOL10の電源オフを禁止するための禁止フラグがクリアされる。解除処理では、eVTOL10の電源スイッチを操作可能にするための処理などが行われる。

[0205] 着陸対応処理についてまとめて説明する。eVTOL10が着陸した後、モータ61の冷却が行われない状態でeVTOL10が電源オフされると、eVTOL10においてデッドソークが発生することが懸念される。例えば、デッドソークは、eVTOL10が電源オフされた後に、eVTOL10の飛行中にモータ61にて生じた熱がモータ装置60にこもることなどにより、着陸後のモータ温度 T_m が飛行中のモータ温度 T_m よりも高くなりやすい現象である。これに対して、eVTOL10が着陸した後に、着陸対応処理の冷却処理によりモータ61が冷却されることで、デッドソークの発生が抑制される。なお、飛行制御装置40におけるステップS1001の処理を実行する機能は、減磁管理部に含まれていてもよい。

[0206] 図16に戻り、飛行制御装置40は、着陸対応処理の後、ステップS1002に進み、駆動点検処理を行う。駆動点検処理は、モータ61を駆動させながらeVTOL10の点検を行うための処理である。この点検には、モータ61の駆動状態に関する点検や、ロータ磁石63aの減磁状態に関する点検などが含まれている。駆動点検処理については、図19のフローチャートを参照しつつ説明する。

[0207] 飛行制御装置40は、図19に示す駆動点検処理のステップS1201において、モータ61について点検用駆動の要求があるか否かを判定する。点検用駆動は、駆動点検を行うためにモータ61を駆動させることである。点

検用駆動の要求は、作業者がメンテナンス装置やeVTOL10の操作部を操作した場合などに飛行制御装置40に入力される。点検用駆動の要求がない場合、飛行制御装置40は、モータ61の駆動点検を行う必要がないとして、そのまま駆動点検処理を終了する。点検用駆動の要求がある場合、飛行制御装置40は、ステップS1202に進む。

[0208] 飛行制御装置40は、ステップS1202において点検用駆動処理を行う。点検用駆動処理では、モータ61を点検用駆動させるための処理が行われる。点検用駆動では、プロペラ20が回転してもeVTOL10を飛行させないように、飛行制御装置40がモータ61を駆動させる。点検用駆動では、プロペラ20が回転してもeVTOL10が地面から浮かないように且つeVTOL10の姿勢が不安定にならないように、モータ61の回転数が制限される。点検用駆動では、モータ61の回転数が、eVTOL10を飛行させるために駆動するモータ61の回転数よりも小さい値に設定される。

[0209] 飛行制御装置40は、ステップS1203において、上記第1実施形態のステップS108と同様に、モータ電流 I_m を取得する。飛行制御装置40は、ステップS1204においてモータ61の出力トルク T_r [Nm]を取得する。eVTOL10の駆動点検が行われる場合、出力トルク T_r は、トルクセンサを含むメンテナンス装置などにより検出される。例えば、飛行制御装置40は、トルクセンサの検出信号を用いて出力トルク T_r を検出する。

[0210] 飛行制御装置40は、ステップS1205において、トルク定数 K_m [Nm/A]が定数閾値 J_{K_m} 以下であるか否かを判定する。すなわち、飛行制御装置40は、モータ電流 I_m に対する出力トルク T_r が所定値以下であるか否かを判定する。トルク定数 K_m は、単位電流当たりのトルクを示す値である。飛行制御装置40は、モータ電流 I_m 及び出力トルク T_r を用いてトルク定数 K_m を算出する。定数閾値 J_{K_m} は、試験等によりあらかじめ定められた値であり、メモリ43等に記憶されている。定数閾値 J_{K_m} は、eVTOL10を飛行させる観点でトルク定数 K_m が不足するほどに出力トルク

T_r が低下していることを示す値である。

- [0211] トルク定数 K_m が定数閾値 J_{K_m} 以下である場合、飛行制御装置40は、トルク異常が発生したとして、ステップS1206に進む。飛行制御装置40は、ステップS1206においてトルク異常処理を行う。トルク異常処理では、トルク異常が発生したという診断がトルク異常情報としてメモリ43等に記憶される。飛行制御装置40は、ステップS1207において報知処理を行う。報知処理では、eVTOL10でトルク異常が発生したことが、パイロットや外部施設等に報知される。
- [0212] 一方、トルク定数 K_m が定数閾値 J_{K_m} 以下でない場合、飛行制御装置40は、トルク異常が発生していないとして、ステップS1207に進み、報知処理を行う。この報知処理では、eVTOL10でトルク異常が発生していないことが、パイロットや外部施設等に報知される。
- [0213] 飛行制御装置40は、ステップS1208において、点検完了処理を行う。点検完了処理では、モータ61の駆動点検が完了したことを示す点検完了情報がメモリ43や、メンテナンス装置等の外部装置に記憶される。点検完了情報には、駆動点検が実施された日時や、トルク異常の有無、出力トルク T_r の値、トルク定数 K_m の値、などが含まれている。このように駆動点検の記録がメモリ43や外部装置に残されることで、適切な機体管理が可能になる。
- [0214] 作業者は、管理記憶部やメモリ43に記録された情報などに応じて部品交換作業などを行う。例えば、劣化フラグがセットされた履歴を示すフラグ履歴情報が管理記憶部に残っている場合、作業者は、飛行中のフラグ情報と駆動点検でのトルク異常情報との両方に応じて、部品交換を行う。劣化フラグとしては、第1フラグや第2フラグ、第3フラグなどがある。作業者は、eVTOL10の飛行中に取得されたフラグ情報だけでロータ63やロータ磁石63aなどの部品を交換する判断を行ってもよいが、地上で改めて駆動点検など検査した上で部品交換など必要な処置を判断してもよい。
- [0215] 飛行制御装置40は、ステップS1207において、飛行中のフラグ履歴

情報と駆動点検でのトルク異常情報との両方を報知してもよい。また、飛行制御装置40は、ステップS1207において、ロータ磁石63aの減磁状態を示す情報や、部品交換の必要性を示す情報などを報知してもよい。

[0216] 例えば、劣化フラグがセットされた履歴があり、且つ駆動点検でトルク異常が診断された場合、飛行制御装置40は、これら履歴及び診断結果を報知する。また、飛行制御装置40は、ロータ磁石63aの不可逆減磁が進行していることでモータ出力が低下した状態になっていることや、モータ61やモータ部品の交換が必要であること、などを報知する。

[0217] 劣化フラグがセットされた履歴がある一方で、駆動点検ではトルク異常と診断されなかった場合、飛行制御装置40は、これら履歴及び診断結果を報知する。また、飛行制御装置40は、モータ61について劣化フラグがセットされる状態に達したものの、実際にはロータ磁石63aの不可逆減磁が進行していない状態である、ことを報知する。この場合、飛行制御装置40は、モータ61に異常が発生していないことを確認するために、追加の検査を作業者に要請するための報知を行ってもよい。

[0218] 劣化フラグがセットされた履歴がない一方で、駆動点検でトルク異常と診断された場合、飛行制御装置40は、これら履歴及び診断結果を報知する。また、飛行制御装置40は、ロータ磁石63aの減磁や劣化とは異なる要因でモータ61が正常な出力を出せない状態になっていることを報知する。すなわち、飛行制御装置40は、EPU50の異常が発生していることを報知する。この場合、飛行制御装置40は、駆動点検とは異なる検査や調査が必要であることを報知してもよい。

[0219] 劣化フラグがセットされた履歴がなく、駆動点検でトルク異常と診断されなかった場合、飛行制御装置40は、これら履歴及び診断結果を報知する。また、飛行制御装置40は、EPU50が正常であることを報知する。

[0220] 図16に戻り、飛行制御装置40は、駆動点検処理の後、ステップS114に進み、メンテナンス処理を行う。その後、飛行制御装置40は、ステップS1003に進み、離陸準備処理を行う。離陸準備処理は、eVTOL1

0を離陸させるための準備を進める処理である。離陸準備処理については、図20に示すフローチャートを参照しつつ説明する。

- [0221] 飛行制御装置40は、図20に示す離陸準備処理のステップS1301において、eVTOL10の電源がオンであるか否かを判定する。eVTOL10の電源がオンである場合、バッテリー31がEPU50に電力を供給可能な状態になっている。飛行制御装置40は、ステップS1302において、eVTOL10が地上にあるか否かを判定する。すなわち、飛行制御装置40は、eVTOL10が飛行中であるか否かを判定する。eVTOL10が飛行中でない場合、飛行制御装置40は、eVTOL10が地上にあると判断する。
- [0222] eVTOL10の電源がオンされていること、及びeVTOL10が地上にあること、の少なくとも一方が否定された場合、飛行制御装置40は、そのまま離陸準備処理を終了する。eVTOL10の電源がオンされていること、及びeVTOL10が地上にあること、の両方が肯定された場合、飛行制御装置40は、ステップS1303に進む。飛行制御装置40は、ステップS1303において、上記第1実施形態のステップS103と同様に、モータ温度 T_m を取得する。
- [0223] 飛行制御装置40は、ステップS1304において、モータ温度 T_m が第2冷却閾値 C_2 以上であるか否かを判定する。第2冷却閾値 C_2 は、試験等によりあらかじめ定められた値であり、メモリ43等に記憶されている。第2冷却閾値 C_2 は、離陸前のeVTOL10において、モータ61の冷却が必要なほどにモータ温度 T_m が高いことを示す値や、ロータ磁石63aの減磁が進行する可能性があることを示す値などである。第2冷却閾値 C_2 は、制限温度に相当する。モータ温度 T_m が第2冷却閾値 C_2 以上である場合、飛行制御装置40は、離陸前のeVTOL10にとってモータ温度 T_m が高温であると判断する。
- [0224] 第2冷却閾値 C_2 は、第1冷却閾値 C_1 と同様に、上限外気温 T_{out} と上限温度 T_{LB1} との間の温度に設定されている。第2冷却閾値 C_2 は、上

限外気温 T_{out} から所定温度だけ高い温度に設定されている。また、第2冷却閾値 C_2 は、上限温度 T_{LB1} から所定温度だけ低い温度に設定されている。なお、第2冷却閾値 C_2 は、第1冷却閾値 C_1 や第1停止閾値 C_{1a} とは異なる値に設定されていてもよく、第1冷却閾値 C_1 や第1停止閾値 C_{1a} と同じ値に設定されていてもよい。

[0225] モータ温度 T_m が第2冷却閾値 C_2 以上である場合、飛行制御装置40は、ステップ S_{1305} に進む。飛行制御装置40は、ステップ S_{1305} において、離陸禁止処理を行う。離陸制限処理では、 $eVTOL10$ の離陸を禁止するための処理を行う。例えば、飛行制御装置40は、 $eVTOL10$ の離陸を禁止するための禁止フラグをメモリ43等にセットする。飛行制御装置40は、 $eVTOL10$ の離陸を禁止することで、 $eVTOL10$ の離陸を制限する。離陸禁止処理では、 $eVTOL10$ を離陸させるための操作がパイロットにより行われることを制限する処理などが行われる。飛行制御装置40におけるステップ S_{1305} の処理を実行する機能が制限実行部に相当する。この制限実行部は、減磁管理部に含まれていてもよい。

[0226] 飛行制御装置40は、ステップ S_{1306} において、上記ステップ S_{1105} と同様に、冷却処理を行う。飛行制御装置40は、モータ温度 T_m が第2冷却閾値 C_2 以上であることで $eVTOL10$ の離陸が制限された場合に、冷却処理を行う。飛行制御装置40におけるステップ S_{1306} の処理を実行する機能が制限冷却部及び冷却実行部に相当する。これら制限冷却部及び冷却実行部は、減磁管理部に含まれていてもよい。

[0227] 飛行制御装置40は、ステップ S_{1307} において、モータ温度 T_m が第2停止閾値 C_{2a} より低くなったか否かを判定する。第2停止閾値 C_{2a} は、試験等によりあらかじめ定められた値であり、メモリ43等に記憶されている。第2停止閾値 C_{2a} は、離陸前の $eVTOL10$ について、冷却処理によりモータ温度 T_m が十分に低下したことを示す値である。モータ温度 T_m が第2停止閾値 C_{2a} より低くなった場合、飛行制御装置40は、モータ61の高温状態が冷却処理により解消されたと判断する。飛行制御装置40

は、モータ温度 T_m が第2冷却閾値 C_2 より高かった場合に、モータ温度 T_m が第2停止閾値 C_{2a} より低くなるまで離陸禁止処理及び冷却処理を継続して行う。

[0228] 第2停止閾値 C_{2a} は、第2冷却閾値 C_2 と上限外気温 T_{out} との間の温度に設定されている。第2停止閾値 C_{2a} は、第2冷却閾値 C_2 よりも所定温度だけ低い温度に設定されている。また、第2停止閾値 C_{2a} は、上限外気温 T_{out} よりも所定温度だけ高い温度に設定されている。なお、第2停止閾値 C_{2a} は、第2冷却閾値 C_2 と同じ温度や、上限外気温 T_{out} 以下の温度に設定されていてもよい。また、第2停止閾値 C_{2a} は、第1冷却閾値 C_1 や第1停止閾値 C_{1a} とは異なる値に設定されていてもよく、第1冷却閾値 C_1 や第1停止閾値 C_{1a} と同じ値に設定されていてもよい。

[0229] モータ温度 T_m が第2停止閾値 C_{2a} よりも低くなった場合、飛行制御装置 40 は、ステップ S1308 に進む。飛行制御装置 40 は、ステップ S1308 において、上記ステップ S1107 と同様に、冷却停止処理を行う。

[0230] 飛行制御装置 40 は、ステップ S1309 において、eVTOL10 の離陸禁止を解除するための解除処理が行われる。この解除処理では、eVTOL10 の離陸を許可するための処理が行われる。例えば、解除処理では、eVTOL10 の離陸を禁止するための禁止フラグがクリアされる。eVTOL10 を離陸させるための操作がパイロットにより行われることを許可するための処理などが行われる。

[0231] 離陸準備処理についてまとめて説明する。eVTOL10 では、一般的に重力に逆らって eVTOL10 を浮上させる離陸動作で消費する電力が、eVTOL10 を水平飛行させる時に消費する電力よりも大きくなる。すなわち、離陸中にモータ 61 に流れる電流は、水平飛行中にモータ 61 に流れる電流よりも大きくなる。また、離陸時には、水平飛行中のような飛行風によるモータ 61 の冷却も期待できないことから、モータ温度 T_m が上昇しやすいと考えられる。よって、eVTOL10 では、離陸前にすでにモータ温度 T_m が高いまま離陸を開始した場合に、大電流によってさらにモータ温度 T_m

mが上昇し、減磁領域A2の使用時間が長くなることでロータ磁石63aの減磁進行を早くなることが懸念される。また、この場合、EPU50にて異常が発生していないのにモータ温度Tmが異常領域A1まで上昇することや、ロータ磁石63aの可逆減磁によって離陸に必要な出力トルクTrをモータ61が出力できなくなること、などが懸念される。

[0232] これに対して、離陸準備処理では、モータ温度Tmが高温の場合、離陸前にモータ61が冷却される。このため、離陸中にロータ磁石63aの減磁進行が早くなることや、EPU50の異常が発生していないにもかかわらずモータ温度Tmが異常領域A1まで上昇すること、ロータ磁石63aの可逆減磁によって出力トルクTrが不足すること、が抑制される。なお、飛行制御装置40におけるステップS1003の処理を実行する機能は、減磁管理部に含まれていてもよい。

[0233] 図16に戻り、飛行制御装置40は、離陸準備処理の後、ステップS1004に進み、充電対応処理を行う。充電対応処理は、バッテリー31の充電に対応して行われる処理である。充電対応処理については、図21のフローチャートを参照しつつ説明する。

[0234] 飛行制御装置40は、図21に示す充電対応処理のステップS1401において、バッテリー31の充電中であるか否かを判定する。すなわち、飛行制御装置40は、外部施設等に設けられた充電装置によりバッテリー31の充電が行われている最中であるか否かを判定する。例えば、バッテリー31の蓄電量が増加している場合に、飛行制御装置40は、バッテリー31が充電中であると判断する。バッテリー31の充電中でない場合、飛行制御装置40はそのまま充電対応処理を終了する。バッテリー31の充電中である場合、飛行制御装置40は、ステップS1402に進む。

[0235] 飛行制御装置40は、ステップS1402において、上記第1実施形態のステップS103と同様に、モータ温度Tmを取得する。飛行制御装置40は、ステップS1403において、モータ温度が第3冷却閾値C3以上であるか否かを判定する。第3冷却閾値C3は、試験等によりあらかじめ定めら

れた値であり、メモリ43等に記憶されている。第3冷却閾値C3は、充電中のeVTOL10において、モータ61の冷却が必要なほどにモータ温度が高いことを示す値や、ロータ磁石63aの減磁が進行する可能性がある事を示す値などである。第3冷却閾値C3は、充電温度に相当する。モータ温度Tmが第3冷却閾値C3以上である場合、飛行制御装置40は、充電中のeVTOL10にとってモータ61が高温であると判断する。

[0236] 第3冷却閾値C3は、第1冷却閾値C1と同様に、上限外気温Toutと上限温度TLB1との間の温度に設定されている。第3冷却閾値C3は、上限外気温Toutから所定温度だけ高い温度に設定されている。また、第3冷却閾値C3は、上限温度TLB1から所定温度だけ低い温度に設定されている。なお、第3冷却閾値C3は、冷却閾値C1、C2や停止閾値C1a、C2aとは異なる値に設定されていてもよく、冷却閾値C1、C2や停止閾値C1a、C2aと同じ値に設定されていてもよい。

[0237] モータ温度Tmが第3冷却閾値C3以上である場合、飛行制御装置40は、ステップS1404に進む。飛行制御装置40は、ステップS1404において、上記ステップS1105と同様に、冷却処理を行う。飛行制御装置40は、バッテリー31が充電されている最中に、冷却装置110によりモータ61を冷却する。飛行制御装置40におけるステップS1404の処理を実行する機能が充電冷却部及び冷却実行部に相当する。これら充電冷却部及び冷却実行部は、減磁管理部に含まれていてもよい。

[0238] バッテリー31の充電中では、eVTOL10が電源オフの状態になっていることが考えられる。例えば、バッテリー31からEPU50への電力供給が遮断スイッチにより遮断された状態になっている。遮断スイッチは、SMR等のスイッチである。SMRは、System Main Relayの略称である。そこで、飛行制御装置40は、冷却処理を行う場合に、遮断スイッチを通電状態に切り替えるなどして、バッテリー31からEPU50に電力が供給される状態にする。そして、飛行制御装置40は、モータ61を駆動させることで冷却装置110によるモータ冷却を実行する。

- [0239] 飛行制御装置40は、ステップS1405において、モータ温度 T_m が第3停止閾値 C_{3a} より低くなったか否かを判定する。第3停止閾値 C_{3a} は、試験等によりあらかじめ定められた値であり、メモリ43等に記憶されている。第3停止閾値 C_{3a} は、充電中のeVTOL10について、冷却処理によりモータ温度 T_m が十分に低下したことを示す値である。モータ温度 T_m が第3停止閾値 C_{3a} より低くなった場合、飛行制御装置40は、モータ61の高温状態が冷却処理により解消されたと判断する。飛行制御装置40は、モータ温度 T_m が第3冷却閾値 C_3 より高かった場合に、モータ温度 T_m が第3停止閾値 C_{3a} より低くなるまで冷却処理を継続して行う。
- [0240] 第3停止閾値 C_{3a} は、第3冷却閾値 C_3 と上限外気温 T_{out} との間の温度に設定されている。第3停止閾値 C_{3a} は、第3冷却閾値 C_3 よりも所定温度だけ低い温度に設定されている。また、第3停止閾値 C_{3a} は、上限外気温 T_{out} よりも所定温度だけ高い温度に設定されている。なお、第3停止閾値 C_{3a} は、第3冷却閾値 C_3 と同じ温度や、上限外気温 T_{out} 以下の温度に設定されていてもよい。また、第3停止閾値 C_{3a} は、冷却閾値 C_1 、 C_2 や停止閾値 C_{1a} 、 C_{2a} とは異なる値に設定されていてもよく、冷却閾値 C_1 、 C_2 や停止閾値 C_{1a} 、 C_{2a} と同じ値に設定されていてもよい。
- [0241] モータ温度 T_m が第3停止閾値 C_{3a} よりも低くなった場合、飛行制御装置40は、ステップS1406に進む。飛行制御装置40は、ステップS1406において、上記ステップS1107と同様に、冷却停止処理を行う。なお、バッテリー31の充電は、モータ温度 T_m が第3冷却閾値 C_3 や第3停止閾値 C_{3a} よりも高いか否かに関係なく、バッテリー31の蓄電量が所定量に達するまで継続して行われる。
- [0242] 充電対応処理についてまとめて説明する。eVTOL10の離陸前にモータ温度 T_m が高い状態は、前回の飛行から時間を空けずに再飛行する場合に発生しやすい。また、eVTOL10が再飛行する前にバッテリー31が充電されることが多い。そこで、充電対応処理では、バッテリー31の充電中にモ

ータ61の冷却が行われることで、モータ冷却のために離陸が制限されにくくなるだけでなく、モータ61が冷却された分だけバッテリー31の蓄電量が減ったまま再飛行するという事態を回避できる。なお、飛行制御装置40におけるステップS1004の処理を実行する機能は、減磁管理部に含まれていてもよい。

[0243] 本実施形態によれば、飛行制御装置40は、モータ温度 T_m が第1冷却閾値 C_1 以上である場合に、eVTOL10の離陸を制限する。この構成では、eVTOL10の離陸に伴ってモータ温度 T_m が第1冷却閾値 C_1 から更に上昇するというのを回避できる。このため、eVTOL10の離陸に際して、ロータ磁石63aの減磁が生じるほどにモータ温度 T_m が上昇するというのを抑制できる。

[0244] 本実施形態によれば、飛行制御装置40は、モータ温度 T_m が第1冷却閾値 C_1 以上であることでeVTOL10の離陸が制限された場合に、冷却装置110によりモータ61の冷却を行う。この構成では、モータ温度 T_m が第1冷却閾値 C_1 よりも低くなるまでモータ61が冷却された後に、eVTOL10の離陸を開始することが可能である。このため、eVTOL10の離陸中にモータ温度 T_m が過剰に高くなるというのを抑制できる。

[0245] 離陸前に既にモータ61が高温という状態は、前回の飛行から時間を空けずに再飛行する場合に起こりやすい。地上でモータ61に電流を流さなければ、モータ温度 T_m はいずれ外気温付近まで下がるが、その間に飛行できないのは運用上の効率が低下すると考えられる。そこで、本実施形態では、eVTOL10の離陸が制限されるほどにモータ温度 T_m が高い場合には、冷却装置110によりモータ61を積極的に冷やすことで、モータ61が高温であることが原因で離陸できない時間を短縮する。これにより、運用上の効率を高めることができる。

[0246] 本実施形態によれば、飛行制御装置40は、バッテリー31の充電中にモータ温度 T_m が第3冷却閾値 C_3 以上である場合、冷却装置110によりモータ61を冷却する。この構成では、バッテリー31の充電に要する時間を利用

して、モータ温度 T_m が低下するようにモータ61を冷却することができる。このため、モータ61の冷却に要する時間の分だけeVTOL10の離陸が送れることを抑制できる。また、バッテリー31の充電完了後に冷却装置110がモータ61を冷却する構成とは異なり、モータ61を冷却した分だけバッテリー31の蓄電量が減少した状態でeVTOL10が離陸せざるを得ない、という事態を回避できる。

[0247] 本実施形態によれば、飛行制御装置40は、冷却装置110がモータ61を冷却している状態で、モータ温度 T_m が第1冷却閾値 C_1 以上である場合に、冷却装置110によるモータ61の冷却が停止されることを規制する。この構成では、モータ61の冷却が必要なほどにモータ温度 T_m が高くなっているにもかかわらず、モータ61の冷却が停止されてモータ61やモータハウジング70に熱がこもるということを抑制できる。

[0248] 本実施形態によれば、飛行制御装置40は、eVTOL10が着陸した後に、モータ温度 T_m が第1冷却閾値 C_1 以上である場合に、冷却装置110によるモータ61の冷却が停止されることを規制する。この構成では、eVTOL10の着陸後に、モータ61の熱がモータハウジング70の内部にこもるなどしてeVTOL10の飛行中よりもモータ温度 T_m が上昇する、ということ抑制できる。

[0249] eVTOL10が地上にとめられた状態である駐機中にモータ61が高温になる主要因は、着陸時にモータ61が高温状態にあって、その状態でeVTOL10が電源オフされることにある。例えば、eVTOL10の電源オフに伴って冷却装置110の駆動が停止されると、着陸時に高温状態だったモータ61の熱がモータハウジング70の内部にこもり、モータ温度 T_m が上昇してロータ磁石63aの減磁が生じることが懸念される。これに対して、本実施形態では、eVTOL10が着陸した後でも、モータ61が冷えるまでeVTOL10の電源オフを禁止して冷却装置110を駆動させ続けることが効果的である。

[0250] 本実施形態によれば、飛行制御装置40は、eVTOL10が飛行してい

ない場合に、モータ61がeVTOL10を飛行させている場合に比べてモータ61の回転数が小さくなるように且つ冷却装置110がモータ61を冷却するように、モータ61を駆動する。この構成では、モータ61が冷却装置110を駆動させる場合のモータ61の回転数を、冷却装置110がモータ61を冷却するための冷却風などを発生させることができる程度に、十分に小さい回転数に設定することができる。このため、冷却装置110がモータ61を冷却しているにもかかわらずモータ温度 T_m が上昇するという事態を回避できる。また、モータ回転数が極力小さくされることでプロペラ20の回転数を低減できるため、eVTOL10が地面から浮くことや、eVTOL10の姿勢が不安定になることを抑制できる。

[0251] 本実施形態によれば、飛行制御装置40は、冷却装置110がモータ61を冷却するようにモータ61を駆動させるためのPWM周波数を、eVTOL10が飛行するようにモータ61を駆動させるためのPWM周波数よりも小さい値に設定する。この構成では、冷却装置110がモータ61を冷却する場合でのインバータ回路85のスイッチング回数が、eVTOL10が飛行する場合でのインバータ回路85のスイッチング回数よりも少なくなりやすい。このため、冷却装置110がモータ61を冷却する場合にインバータ回路85の駆動に伴って発生する熱を、eVTOL10が飛行する場合にインバータ回路85の駆動に伴って発生する熱よりも低減できる。

[0252] 飛行中のPWM周波数は、電流リップルを抑えるためにある程度以上の高周波に設定することが多い一方、インバータの加熱抑制の観点では低周波の方が有利である。モータ61を冷却する冷却制御は飛行時より低回転でモータ61を駆動するため、電流リップルを抑える必要が生じにくい。このため、冷却制御では、インバータの加熱抑制を優先し、PWM周波数を低周波に設定することが好ましい。

[0253] 本実施形態では、モータ61の冷却に空冷式の冷却装置110が用いられた構成では、空冷式の冷却効果が比較的厳しいことに起因して、ロータ磁石63aの減磁を抑制するように冷却装置110による冷却を行うことが効果

的である。一方で、モータ61の冷却に液冷式の冷却装置110が用いられた構成では、不可逆減磁を抑制することで、減磁を考慮した出力余裕代を減らせるため、モータ61の体格を小さくできる効果を空冷式と同様に得られる。また、液冷式では、高温異常を防ぐ効果があるため、冷却性能の余裕代も減らせるので、冷却機構の体格を小さくできる効果もある。

[0254] <他の実施形態>

この明細書の開示は、例示された実施形態に制限されない。開示は、例示された実施形態と、それらに基づく当業者による変形態様を包含する。例えば、開示は、実施形態において示された部品、要素の組み合わせに限定されず、種々変形して実施することが可能である。開示は、多様な組み合わせによって実施可能である。開示は、実施形態に追加可能な追加的な部分をもつことができる。開示は、実施形態の部品、要素が省略されたものを包含する。開示は、一つの実施形態と他の実施形態との間における部品、要素の置き換え、又は組み合わせを包含する。開示される技術的範囲は、実施形態の記載に限定されない。開示される技術的範囲は、請求の範囲の記載によって示され、さらに請求の範囲の記載と均等の意味及び範囲内での全ての変更を含むものと解されるべきである。

[0255] 上記各実施形態において、モータ61の状態を示すための状態領域は、どのように設定されていてもよい。例えば上記第3実施形態のように減磁領域A2に複数の領域が含まれていてもよい。また、状態領域には、異常領域A1、減磁領域A2及び通常領域A3の少なくとも1つが含まれていてもよい。さらに、異常領域A1は、モータ温度 T_m だけで規定される領域ではなく、モータ温度 T_m 及びモータ電流 I_m の両方により規定される領域でもよい。例えば、第1境界線LB1がモータ電流 I_m の軸に対して傾斜していてもよい。

[0256] 上記各実施形態において、減磁カウンタCdのカウントは、モータ61の状態がロータ磁石63aの減磁が生じやすい場合に行われてもよい。例えば、減磁カウンタCdのカウントは、モータ61の状態が減磁領域A2にある

場合に加えて、モータ61の状態が異常領域A1にある場合に行われてもよい。すなわち、減磁カウンタCdに相当する減磁累積時間に、モータ61の状態が減磁領域A2にある時間に加えて、モータ61の状態が異常領域A1にある時間が含まれていてもよい。

[0257] 上記各実施形態において、第1フラグがセットされていない場合に、モータ電流Imが制限されないことがあってもよい。例えば、第1フラグがセットされていても、第2フラグがセットされていない場合には、モータ電流Imが制限されなくてもよい。例えば上記第1実施形態において、補正量Acが補正閾値TAc以上でない場合に、第1制限処理が行われなくてもよい。上記第4実施形態において、補正量Acが補正量範囲の上限値でない場合に、第1制限処理が行われなくてもよい。

[0258] 上記各実施形態において、第2フラグがセットされている場合に、第3フラグの有無に関係なく第2制限処理が行われてもよい。例えば、第2フラグがセットされている場合に、モータ電流Imの制限が緩和されなくてもよい。

[0259] 上記各実施形態において、第1フラグ等のフラグをセットするか否かを判定するためのパラメータが、第1フラグ、第2フラグ及び第3フラグの少なくとも2つで同じでもよい。例えば上記第1実施形態において、第1フラグ及び第2フラグをセットするか否かの判定に減磁カウンタCdが用いられてもよい。例えば、第2フラグをセットするか否かの判定に用いられるカウンタ閾値TCdが、第1フラグをセットするか否かの判定に用いられるカウンタ閾値TCdよりも大きい値に設定されることが好ましい。

[0260] 上記各実施形態において、モータ温度Tmの履歴とモータ電流Imの履歴とは、減磁カウンタCdなどの1つの情報に含まれていてもよく、別々の情報に含まれていてもよい。例えば、モータ温度Tmの履歴は、温度履歴情報に含まれていてもよい。また、モータ電流Imの履歴は、電流履歴情報に含まれていてもよい。この構成では、温度履歴情報及び電流履歴情報のそれぞれに対して個別に、モータ61の累積駆動時間が閾時間に達したか否かの判

定が行われてもよい。例えば上記第1実施形態において、温度履歴情報用のカウンタがセットされ、このカウンタ値が閾値に達したか否かの判定が行われてもよい。また、電流履歴情報用のカウンタがセットされ、このカウンタ値が閾値に達したか否かの判定が行われてもよい。そして、温度履歴情報用のカウンタ及び電流履歴情報用のカウンタのそれぞれが閾値に達した場合に、第1フラグがセットされてもよい。

[0261] 上記各実施形態において、冷却閾値C1, C2, C3や停止閾値C1a, C2a, C3aは、外気温などに応じて可変設定されてもよい。例えば、冷却閾値C1, C2, C3は、外気温が高いほど低温に設定されてもよく、外気温が低いほど高温に設定されてもよい。また、冷却閾値C1, C2, C3は、外気温よりも所定温度だけ高い温度に設定されてもよい。

[0262] 上記各実施形態において、冷却装置110の駆動源はモータ61でなくてもよい。例えば、eVTOL10では、モータ61から独立して設けられた独立駆動源により冷却装置110が駆動されてもよい。独立駆動源は、モータ61から独立して設けられた独立モータを含んで形成されていてもよい。この構成では、モータ61の駆動が停止していても、独立駆動源により冷却装置110を駆動させることが可能である。例えば、空冷式の冷却装置110では、独立駆動源の駆動により空冷ファンが送風してもよい。液冷式の冷却装置110では、独立駆動源の駆動により冷媒ポンプが冷媒を圧送してもよい。

[0263] 上記各実施形態において、eVTOL10が地上にある場合、外部施設等に設けられた冷却設備によりモータ61の冷却が行われてもよい。冷却設備は、モータ61やEPU50、eVTOL10を冷却可能な定置式の設備である。冷却設備は、空冷ファンを有していてもよい。冷却設備は、飛行制御装置40に対する無線通信や有線通信が可能である。冷却設備は、モータ61の冷却を要求する冷却要求を飛行制御装置40から受信した場合に、モータ61を冷却するために駆動する。

[0264] 上記各実施形態において、温度センサ65は、モータ61の温度を検出可

能であれば、どのような種類のセンサでもよい。例えば、温度センサ65は、熱電対を含んで形成されていてもよい。また、温度センサ65は、電気抵抗体やサーミスタなどを含んで形成されていてもよい。

[0265] 上記各実施形態において、温度センサ65は、モータ温度 T_m を検出可能であれば、eVTOL10においてどの部位の温度を検出してもよい。例えば、温度センサ65は、モータステータ62の温度をモータ温度 T_m として検出してもよい。また、液冷式の冷却装置110がEPU50に設けられた構成であれば、温度センサ65が冷媒の温度をモータ温度 T_m として検出してもよい。例えば、EPU50やモータ61において、温度を知りたい部位に温度センサ65を設けることができれば、温度センサ65の検出値だけで温度を知りたい部位の温度を検出できたと判断してよい。仮に、温度を知りたい部位に直接的に温度センサ65を設けることができなくても、相関がある部位に設けられた温度センサ65の検出値によって判断してもよい。温度を知りたい部位の温度がモータ温度 T_m に含まれる。

[0266] 上記各実施形態において、飛行制御装置40は、温度センサ65の検出値を用いてモータ温度 T_m を推定してもよい。例えば、飛行制御装置40は、温度センサ65の検出値とeVTOL10の駐機履歴とを用いてロータ磁石63aの温度をモータ温度 T_m として推定してもよい。駐機履歴としては、駐機されている駐機時間や、eVTOL10の周辺における外気温の履歴を示す外気温履歴などがある。温度を知りたい部位に温度センサを設置できないが、できるだけその部位の温度を正確に算出したい場合は、温度センサ65の検出値を用いて温度を知りたい部位の温度を推定してもよい。例えば、本当に知りたい温度はロータ磁石63aの温度だが、それをモータステータ62の温度と駐機履歴とから推定してもよい。また、ロータ磁石63aの温度を、液体冷媒の温度と駐機履歴とから推定してもよい。さらに、機体11が直射日光に晒される環境だと、長時間駐機してもモータ61の温度が外気温以上になることもあるため、駐機場所の日照条件を考慮してロータ磁石63aの温度を推定してもよい。

- [0267] 上記各実施形態において、飛行制御装置40は、温度センサ65を使用せずにモータ温度 T_m を推定してもよい。例えば、飛行制御装置40は、駐機時間が短い場合にモータ温度 T_m が高い状態を推定してもよい。駐機時間が短い場合としては、前回の飛行終了からの経過時間が短い場合などがある。一般的に、着陸後にモータ61及び冷却装置110を停止すると、モータ61の温度は冷却機能の停止によって一時的に上昇した後、徐々に外気温付近まで低下する。よって温度センサ65に頼らず駐機時間からだけでも、冷却が必要なほどにモータ61が高温であるか否かを推定することが可能である。
- [0268] 飛行制御装置40は、温度センサ65だけを用いてモータ温度 T_m を検出する構成と、温度センサ65の検出値を用いてモータ温度 T_m を推定する構成と、温度センサ65を用いずにモータ温度 T_m を推定する構成と、の少なくとも2つを組み合わせてもよい。例えば、飛行制御装置40は、機駐時間が短いことを用いてモータ温度 T_m を推定する構成と、温度センサ65の検出値がモータステータ62の温度などが高いことを示す構成と、を組み合わせてモータ61が高温であると判断してもよい。
- [0269] 上記各実施形態において、異常領域A1は、高温領域であってもよい。この高温領域としては、可逆減磁の影響が著しく、飛行に必要な出力が出せないおそれがあるほどの高温領域や、正常時の駆動条件であり得る温度範囲を超えた高温領域などがある。正常時の駆動条件であり得る温度範囲としては、設計値などがある。
- [0270] 上記各実施形態において、メモリ43に記憶されたプログラムの少なくとも一部は、OTAなど無線通信を介して書き換えられてもよい。OTAは、Over the Airの略称である。
- [0271] 上記各実施形態において、インバータ制御部81及び飛行制御装置40の少なくとも一方が飛行制御処理を行ってもよい。また、推進制御プログラムは、プログラム44, 84の少なくとも一方に含まれていてもよい。さらに、推進制御プログラムを実行する少なくとも1つの処理部には、プロセッサ

42, 82の少なくとも一方が含まれていてもよい。

[0272] 上記各実施形態において、飛行制御装置40が搭載される垂直離着陸機は、少なくとも1つのプロペラ20を少なくとも1つのEPU50が駆動するという電動式の垂直離着陸機であればよい。例えば、1つのプロペラ20を複数のEPU50が駆動する構成でもよく、複数のプロペラ20を1つのEPU50が駆動する構成でもよい。

[0273] 上記各実施形態において、EPU50が搭載される飛行体は、電動式であれば、垂直離着陸機でなくてもよい。例えば、飛行体は、電動航空機として、滑走を伴う離着陸が可能な飛行体でもよい。さらに、飛行体は、回転翼機又は固定翼機でもよい。飛行体は、人が乗らない無人飛行体でもよい。無人飛行体は、乗員室14を有していてもよく、乗員室14を有していなくてもよい。また、パイロットは、飛行体を遠隔操作してもよい。

[0274] 上記各実施形態において、EPU50が搭載される移動体は、回転体の回転により移動可能であれば、飛行体でなくてもよい。例えば、移動体は、車両、船舶、建設機械、農業機械であってもよい。例えば、移動体が車両や建設機械などである場合、回転体は移動用の車輪などであり、出力軸部は車軸などである。移動体が船舶である場合、回転体は推進用のスクループロペラなどであり、出力軸部はプロペラ軸などである。

[0275] 上記各実施形態において、飛行制御装置40やインバータ制御部81は、少なくとも1つのコンピュータを含む制御システムによって提供される。制御システムは、ハードウェアである少なくとも1つのプロセッサを含む。このプロセッサをハードウェアプロセッサと称すると、ハードウェアプロセッサは、下記(i)、(ii)、又は(iii)により提供することができる。

[0276] (i) ハードウェアプロセッサは、ハードウェア論理回路である場合がある。この場合、コンピュータは、プログラムされた多数の論理ユニット(ゲート回路)を含むデジタル回路によって提供される。デジタル回路は、プログラム及びデータの少なくとも一方を格納したメモリを備える場合がある。

コンピュータは、アナログ回路によって提供される場合がある。コンピュータは、デジタル回路とアナログ回路との組み合わせによって提供される場合がある。

[0277] (i i) ハードウェアプロセッサは、少なくとも1つのメモリに格納されたプログラムを実行する少なくとも1つのプロセッサコアである場合がある。この場合、コンピュータは、少なくとも1つのメモリと、少なくとも1つのプロセッサコアとによって提供される。プロセッサコアは、例えばCPUと称される。メモリは、記憶媒体とも称される。メモリは、プロセッサによって読み取り可能な「プログラム及びデータの少なくとも一方」を非一時的に格納する非遷移的かつ実体的な記憶媒体である。

[0278] (i i i) ハードウェアプロセッサは、上記(i)と上記(i i)との組み合わせである場合がある。(i)と(i i)とは、異なるチップの上、又は共通のチップの上に配置される。

[0279] すなわち、飛行制御装置40やインバータ制御部81が提供する手段及び機能の少なくとも一方は、ハードウェアのみ、ソフトウェアのみ、又はそれらの組み合わせにより提供することができる。

[0280] (技術的思想の開示)

この明細書は、以下に列挙する複数の項に記載された複数の技術的思想を開示している。いくつかの項は、後続の項において先行する項を択一的に引用する多項従属形式(a multiple dependent form)により記載されている場合がある。さらに、いくつかの項は、他の多項従属形式の項を引用する多項従属形式(a multiple dependent form referring to another multiple dependent form)により記載されている場合がある。これらの多項従属形式で記載された項は、複数の技術的思想を定義している。

[0281] (技術的思想1)

移動体(10)を推進させる推進システム(30)であって、
永久磁石(63a)を有し、前記移動体を推進させるために駆動するモータ(61)と、

前記モータの駆動状態を示す駆動情報を取得する情報取得部（S103，S108，S801，S902）と、

前記情報取得部により取得された前記駆動情報を用いて前記永久磁石の減磁を管理する減磁管理部（S109～S113，S701，S802）と、
を備えている推進システム。

[0282] （技術的思想2）

前記情報取得部は、

前記駆動情報として、前記モータのモータ温度（ T_m ）の履歴及び前記モータのモータ電流（ I_m ）の履歴を含むモータ履歴情報（ C_d ）を取得する履歴取得部（S110）、を有しており、

前記減磁管理部は、前記モータ履歴情報を用いて前記永久磁石の減磁を管理する、技術的思想1に記載の推進システム。

[0283] （技術的思想3）

前記減磁管理部は、

前記永久磁石の減磁が生じる条件を満たした状態での前記モータの累積駆動時間（ C_d ）が閾時間（ T_{Cd} ）に達したか否かを判定する累積判定部（S109～S111）、を有しており、前記累積判定部の判定結果を用いて前記永久磁石の減磁を管理する、技術的思想1又は2に記載の推進システム。

[0284] （技術的思想4）

前記減磁管理部は、

前記モータの出力値が目標値に対して不足するか否かを判定する出力判定部（S801，S901，S903）、を有しており、前記出力判定部の判定結果を用いて前記永久磁石の減磁を管理する、技術的思想1～3のいずれか1つに記載の推進システム。

[0285] （技術的思想5）

前記減磁管理部は、

前記永久磁石について減磁の進行による磁力の不足を示す不足条件が満た

されるか否かを判定する進行判定部（S203）と、

前記不足条件が満たされる場合に前記モータのモータ電流（ I_m ）を制限する電流制限部（S205, S207）と、

を有している技術的思想1～4のいずれか1つに記載の推進システム。

[0286] （技術的思想6）

前記電流制限部は、

前記モータのモータ温度（ T_m ）に応じて前記モータ電流の制限度合いを調整する温度対応部（S205, S207）、を有している技術的思想5に記載の推進システム。

[0287] （技術的思想7）

前記電流制限部は、

前記モータ電流を制限しない非制限部（S207, S303）と、

前記モータ電流を遮断しないように制限する特定制限部（S207, S304）と、

前記モータ電流を遮断する電流遮断部（S207, S305）と、

前記モータのモータ温度（ T_m ）に応じて前記非制限部、前記特定制限部及び前記電流遮断部を選択する制限選択部（S301, S302）、を有している技術的思想5又は6に記載の推進システム。

[0288] （技術的思想8）

前記進行判定部は、

前記モータ電流の目標電流を補正する補正量（ A_c ）が過剰であるか否かを判定する補正判定部（S203）を有し、前記補正量が過剰である場合に前記不足条件が満たされると判断する、技術的思想5～7のいずれか1つに記載の推進システム。

[0289] （技術的思想9）

前記減磁管理部は、

前記電流制限部が前記モータ電流を制限すると前記移動体の推進にとって前記モータ電流が不足する場合に、前記モータ電流の制限を緩和する制限緩

和部（S 2 0 9， S 4 0 2）、を有している技術的思想 5～8 のいずれか 1 つに記載の推進システム。

[0290] （技術的思想 1 0）

前記減磁管理部は、

前記永久磁石について減磁の進行による磁力の不足を示す不足条件が満たされる場合に、前記不足条件が満たされることを報知する報知実行部（S 2 1 5， S 4 0 3）、を有している技術的思想 1～9 のいずれか 1 つに記載の推進システム。

[0291] （技術的思想 1 1）

前記移動体は、前記モータの駆動により飛行する飛行体（1 0）であり、

前記減磁管理部は、

前記永久磁石について減磁の進行による磁力の不足を示す不足条件が満たされる場合に、前記飛行体が離陸することを制限する離陸制限部（S 2 1 0）、を有している技術的思想 1～1 0 のいずれか 1 つに記載の推進システム。

[0292] （技術的思想 1 2）

前記モータのモータ温度（ T_m ）が所定の制限温度（ C_1 ）以上である場合に、飛行可能な前記移動体の離陸を制限する制限実行部（S 1 3 0 5）、を備えている技術的思想 1～1 1 のいずれか 1 つに記載の推進システム。

[0293] （技術的思想 1 3）

前記移動体に設けられ、前記モータを冷却する冷却装置（1 1 0）と、

前記制限実行部により前記移動体の離陸が制限された場合に、前記冷却装置により前記モータの冷却を行う制限冷却部（S 1 3 0 6）、を備えている技術的思想 1 2 に記載の推進システム。

[0294] （技術的思想 1 4）

前記移動体に設けられ、前記モータを冷却する冷却装置（1 1 0）と、

前記移動体において前記モータに電力を供給する蓄電装置（3 1）が充電されている最中に、前記モータのモータ温度（ T_m ）が所定の充電温度（ C

3) 以上である場合に、前記冷却装置により前記モータの冷却を行う充電冷却部 (S 1 4 0 4)、を備えている技術的思想 1 ~ 1 3 のいずれか 1 つに記載の推進システム。

[0295] (技術的思想 1 5)

前記移動体に設けられ、前記モータを冷却する冷却装置 (1 1 0) と、
前記冷却装置が前記モータを冷却している状態で、前記モータのモータ温度 (T_m) が所定の冷却温度 (C_1) 以上である場合に、前記冷却装置による前記モータの冷却が停止されることを規制する停止規制部 (S 1 1 0 4)、を備えている技術的思想 1 ~ 1 4 のいずれか 1 つに記載の推進システム。

[0296] (技術的思想 1 6)

前記停止規制部は、飛行可能な前記移動体が着陸した後に、前記モータ温度が前記冷却温度以上である場合に、前記冷却装置による前記モータの冷却が停止されることを規制する、技術的思想 1 5 に記載の推進システム。

[0297] (技術的思想 1 7)

前記移動体に設けられ、前記モータを駆動源として前記モータを冷却するように駆動する冷却装置 (1 1 0) と、

飛行可能な前記移動体が飛行していない場合に、前記モータが前記移動体を飛行させている場合に比べて前記モータの回転数が小さくなるように且つ前記冷却装置が前記モータを冷却するように、前記モータを駆動させる冷却実行部 (S 1 1 0 5, S 1 3 0 6, S 1 4 0 4) と、

を備えている技術的思想 1 ~ 1 6 のいずれか 1 つに記載の推進システム。

[0298] (技術的思想 1 8)

前記モータを駆動させるために、前記モータに供給される電力を変換するように駆動するインバータ (8 5) を備え、

前記冷却実行部は、前記冷却装置が前記モータを冷却するように前記モータを駆動させるための前記インバータの駆動周波数を、前記移動体が飛行するように前記モータを駆動させるための前記インバータの駆動周波数よりも小さい値に設定する、技術的思想 1 7 に記載の推進システム。

[0299] (技術的思想19)

移動体(10)推進させるために駆動するモータ(61)を有する推進システム(30)、を制御する推進制御装置(40)であって、

前記モータの駆動状態を示す駆動情報を取得する情報取得部(S103, S108, S801, S902)と、

前記情報取得部により取得された前記駆動情報を用いて、前記モータが有する永久磁石(63a)の減磁を管理する減磁管理部(S109~S113, S701, S802)と、

を備えている推進制御装置。

[0300] (技術的思想20)

移動体(10)推進させるために駆動するモータ(61)を有する推進システム(30)の制御を少なくとも1つのプロセッサ(42)に実行させるための推進制御プログラム(44)であって、

モータの駆動状態を示す駆動情報を取得する処理(S103, S108, S801, S902)と、

駆動情報を用いて、モータが有する永久磁石(63a)の減磁を管理する処理(S109~S113, S701, S802)と、

を少なくとも1つのプロセッサに実行させるための推進制御プログラム。

請求の範囲

- [請求項1] 移動体（10）を推進させる推進システム（30）であって、永久磁石（63a）を有し、前記移動体を推進させるために駆動するモータ（61）と、前記モータの駆動状態を示す駆動情報を取得する情報取得部（S103, S108, S801, S902）と、前記情報取得部により取得された前記駆動情報を用いて前記永久磁石の減磁を管理する減磁管理部（S109～S113, S701, S802）と、を備えている推進システム。
- [請求項2] 前記情報取得部は、前記駆動情報として、前記モータのモータ温度（ T_m ）の履歴及び前記モータのモータ電流（ I_m ）の履歴を含むモータ履歴情報（ C_d ）を取得する履歴取得部（S110）、を有しており、前記減磁管理部は、前記モータ履歴情報を用いて前記永久磁石の減磁を管理する、請求項1に記載の推進システム。
- [請求項3] 前記減磁管理部は、前記永久磁石の減磁が生じる条件を満たした状態での前記モータの累積駆動時間（ C_d ）が閾時間（ T_{Cd} ）に達したか否かを判定する累積判定部（S109～S111）、を有しており、前記累積判定部の判定結果を用いて前記永久磁石の減磁を管理する、請求項1又は2に記載の推進システム。
- [請求項4] 前記減磁管理部は、前記モータの出力値が目標値に対して不足するか否かを判定する出力判定部（S801, S901, S903）、を有しており、前記出力判定部の判定結果を用いて前記永久磁石の減磁を管理する、請求項1又は2に記載の推進システム。
- [請求項5] 前記減磁管理部は、

前記永久磁石について減磁の進行による磁力の不足を示す不足条件が満たされるか否かを判定する進行判定部（S 2 0 3）と、

前記不足条件が満たされる場合に前記モータのモータ電流（ I_m ）を制限する電流制限部（S 2 0 5, S 2 0 7）と、

を有している請求項 1 又は 2 に記載の推進システム。

[請求項6]

前記電流制限部は、

前記モータのモータ温度（ T_m ）に応じて前記モータ電流の制限度合いを調整する温度対応部（S 2 0 5, S 2 0 7）、を有している請求項 5 に記載の推進システム。

[請求項7]

前記電流制限部は、

前記モータ電流を制限しない非制限部（S 2 0 7, S 3 0 3）と、前記モータ電流を遮断しないように制限する特定制限部（S 2 0 7, S 3 0 4）と、

前記モータ電流を遮断する電流遮断部（S 2 0 7, S 3 0 5）と、

前記モータのモータ温度（ T_m ）に応じて前記非制限部、前記特定制限部及び前記電流遮断部を選択する制限選択部（S 3 0 1, S 3 0 2）、を有している請求項 5 に記載の推進システム。

[請求項8]

前記進行判定部は、

前記モータ電流の目標電流を補正する補正量（ A_c ）が過剰であるか否かを判定する補正判定部（S 2 0 3）を有し、前記補正量が過剰である場合に前記不足条件が満たされると判断する、請求項 5 に記載の推進システム。

[請求項9]

前記減磁管理部は、

前記電流制限部が前記モータ電流を制限すると前記移動体の推進にとって前記モータ電流が不足する場合に、前記モータ電流の制限を緩和する制限緩和部（S 2 0 9, S 4 0 2）、を有している請求項 5 に記載の推進システム。

[請求項10]

前記減磁管理部は、

前記永久磁石について減磁の進行による磁力の不足を示す不足条件が満たされる場合に、前記不足条件が満たされることを報知する報知実行部（S 2 1 5, S 4 0 3）、を有している請求項 1 又は 2 に記載の推進システム。

[請求項11] 前記移動体は、前記モータの駆動により飛行する飛行体（1 0）であり、

前記減磁管理部は、

前記永久磁石について減磁の進行による磁力の不足を示す不足条件が満たされる場合に、前記飛行体が離陸することを制限する離陸制限部（S 2 1 0）、を有している請求項 1 又は 2 に記載の推進システム。

[請求項12] 前記モータのモータ温度（ T_m ）が所定の制限温度（ C_1 ）以上である場合に、飛行可能な前記移動体の離陸を制限する制限実行部（S 1 3 0 5）、を備えている請求項 1 又は 2 に記載の推進システム。

[請求項13] 前記移動体に設けられ、前記モータを冷却する冷却装置（1 1 0）と、

前記制限実行部により前記移動体の離陸が制限された場合に、前記冷却装置により前記モータの冷却を行う制限冷却部（S 1 3 0 6）、を備えている請求項 1 2 に記載の推進システム。

[請求項14] 前記移動体に設けられ、前記モータを冷却する冷却装置（1 1 0）と、

前記移動体において前記モータに電力を供給する蓄電装置（3 1）が充電されている最中に、前記モータのモータ温度（ T_m ）が所定の充電温度（ C_3 ）以上である場合に、前記冷却装置により前記モータの冷却を行う充電冷却部（S 1 4 0 4）、を備えている請求項 1 又は 2 に記載の推進システム。

[請求項15] 前記移動体に設けられ、前記モータを冷却する冷却装置（1 1 0）と、

前記冷却装置が前記モータを冷却している状態で、前記モータのモータ温度 (T_m) が所定の冷却温度 (C_1) 以上である場合に、前記冷却装置による前記モータの冷却が停止されることを規制する停止規制部 (S_{1104})、を備えている請求項 1 又は 2 に記載の推進システム。

[請求項16] 前記停止規制部は、飛行可能な前記移動体が着陸した後に、前記モータ温度が前記冷却温度以上である場合に、前記冷却装置による前記モータの冷却が停止されることを規制する、請求項 15 に記載の推進システム。

[請求項17] 前記移動体に設けられ、前記モータを駆動源として前記モータを冷却するように駆動する冷却装置 (110) と、

飛行可能な前記移動体が飛行していない場合に、前記モータが前記移動体を飛行させている場合に比べて前記モータの回転数が小さくなるように且つ前記冷却装置が前記モータを冷却するように、前記モータを駆動させる冷却実行部 (S_{1105} , S_{1306} , S_{1404}) と、

を備えている請求項 1 又は 2 に記載の推進システム。

[請求項18] 前記モータを駆動させるために、前記モータに供給される電力を変換するように駆動するインバータ (85) を備え、

前記冷却実行部は、前記冷却装置が前記モータを冷却するように前記モータを駆動させるための前記インバータの駆動周波数を、前記移動体が飛行するように前記モータを駆動させるための前記インバータの駆動周波数よりも小さい値に設定する、請求項 17 に記載の推進システム。

[請求項19] 移動体 (10) 推進させるために駆動するモータ (61) を有する推進システム (30)、を制御する推進制御装置 (40) であって、

前記モータの駆動状態を示す駆動情報を取得する情報取得部 (S_{103} , S_{108} , S_{801} , S_{902}) と、

前記情報取得部により取得された前記駆動情報を用いて、前記モータが有する永久磁石（63a）の減磁を管理する減磁管理部（S109～S113, S701, S802）と、

を備えている推進制御装置。

[請求項20]

移動体（10）推進させるために駆動するモータ（61）を有する推進システム（30）の制御を少なくとも1つのプロセッサ（42）に実行させるための推進制御プログラム（44）であって、

前記モータの駆動状態を示す駆動情報を取得する処理（S103, S108, S801, S902）と、

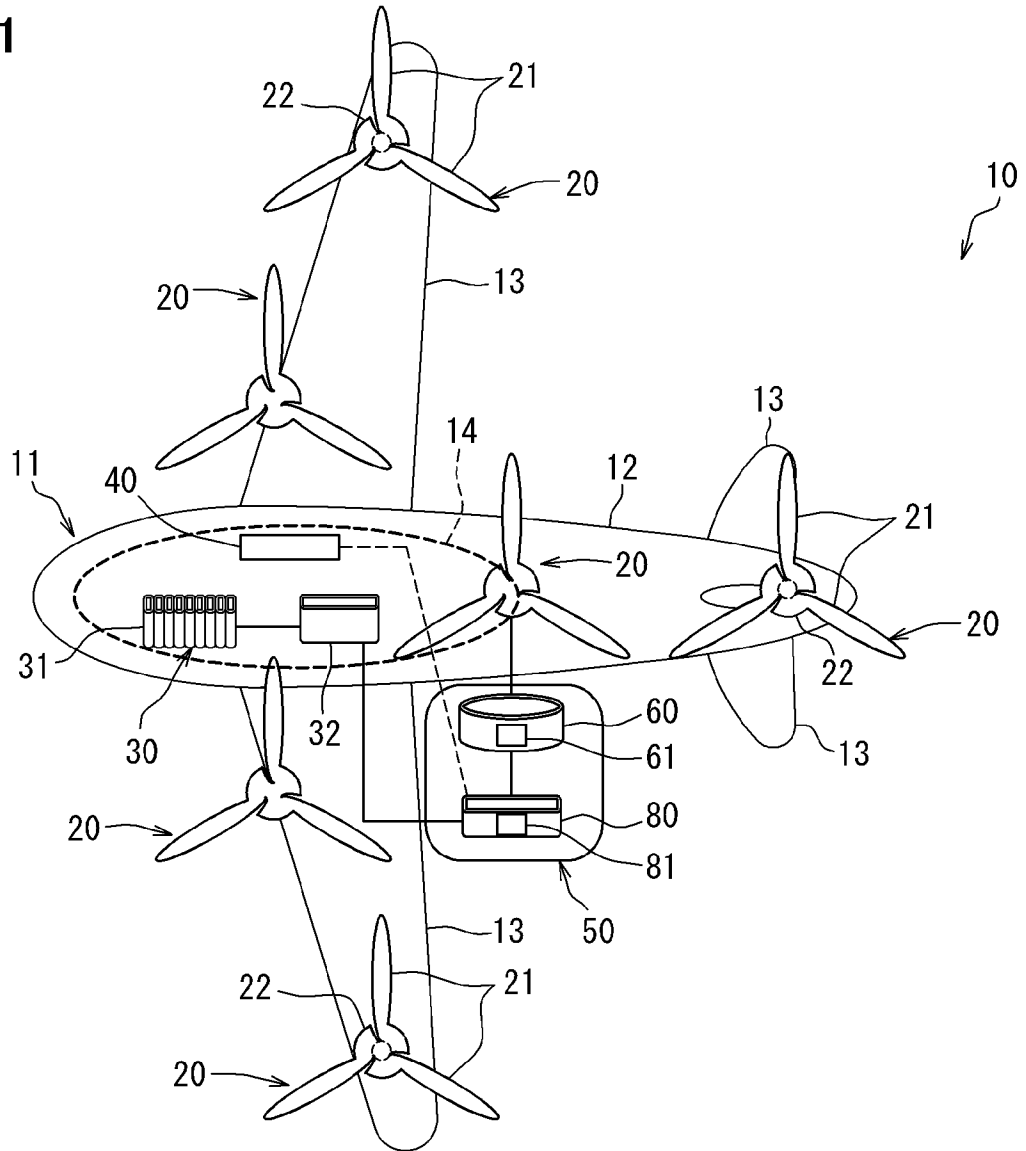
前記駆動情報を用いて、前記モータが有する永久磁石（63a）の減磁を管理する処理（S109～S113, S701, S802）と

、

を少なくとも1つの前記プロセッサに実行させるための推進制御プログラム。

[図1]

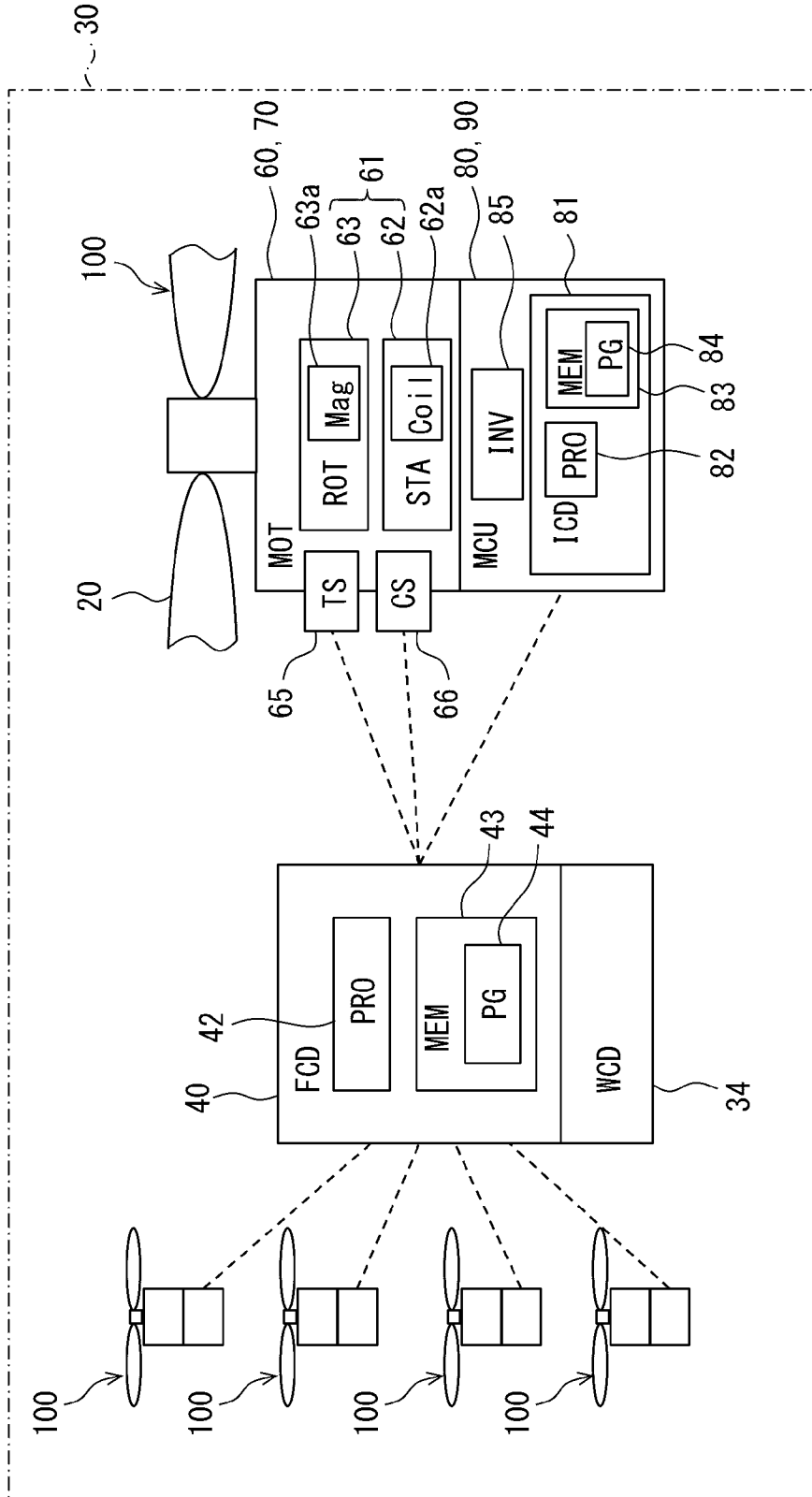
図1



[図2]

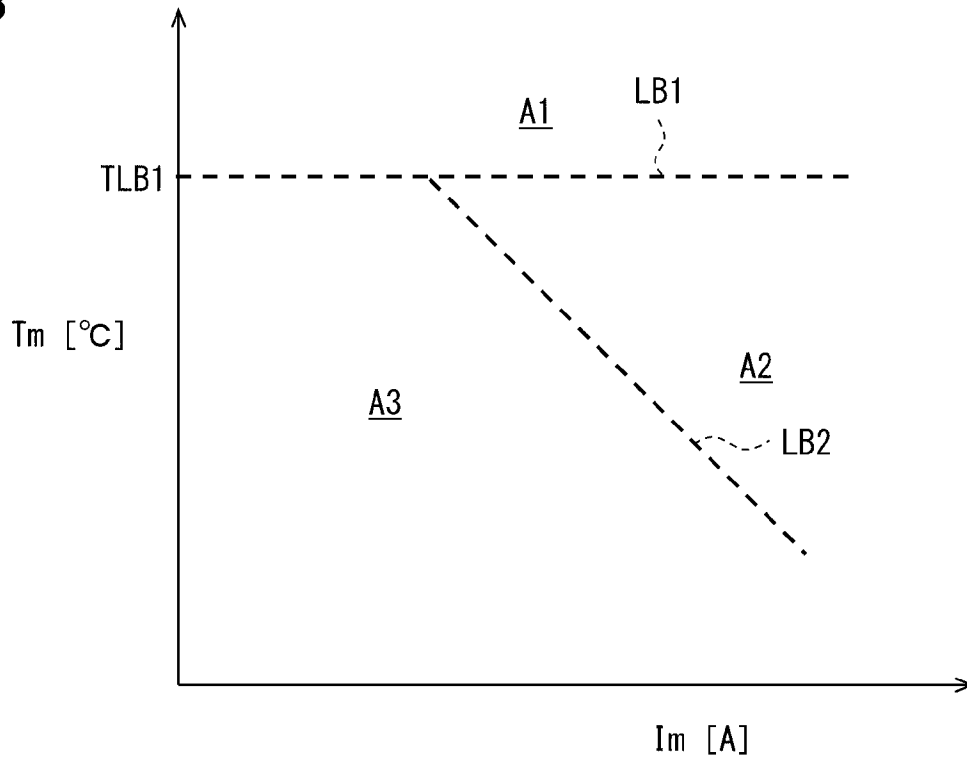
図2

10



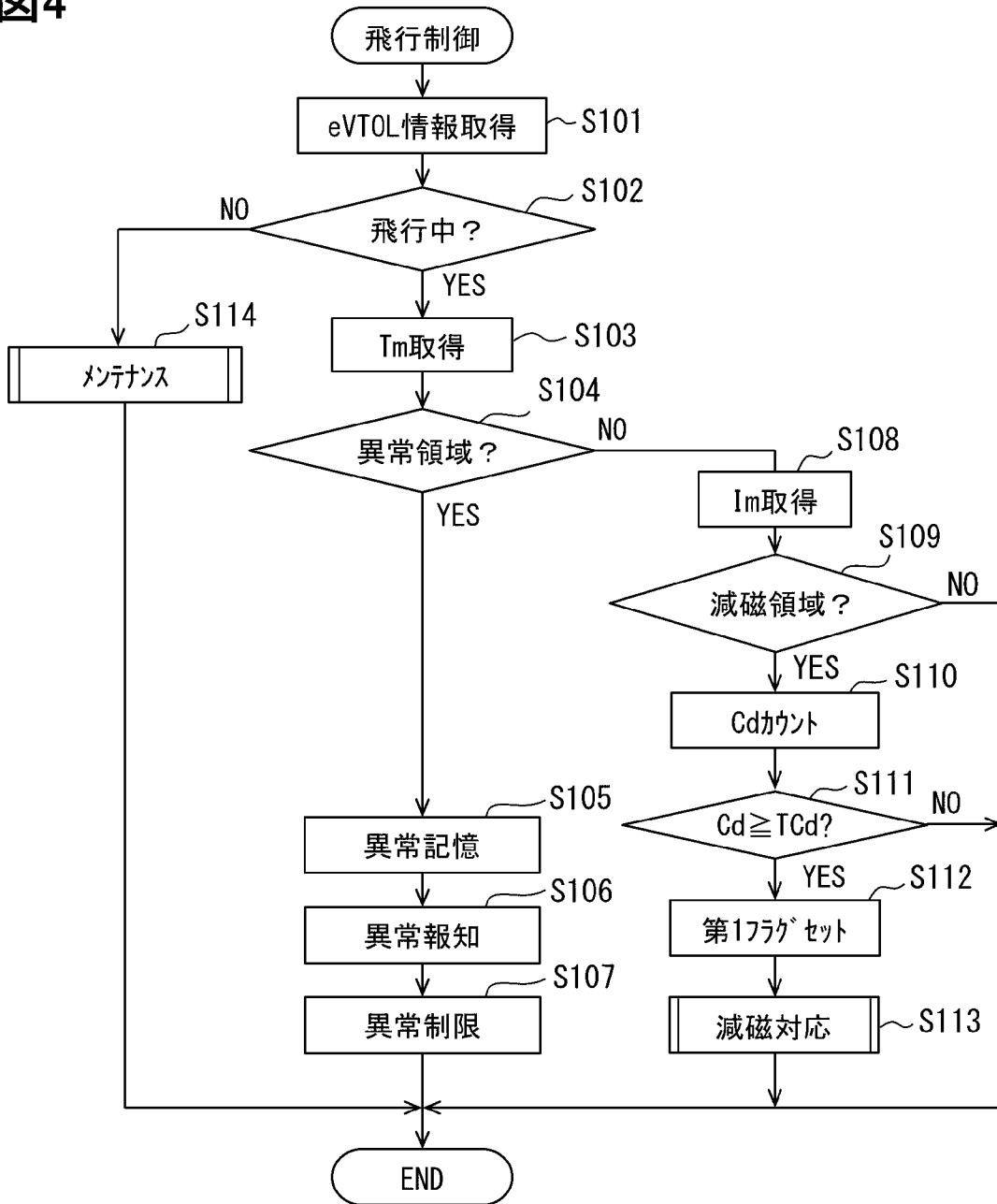
[図3]

図3



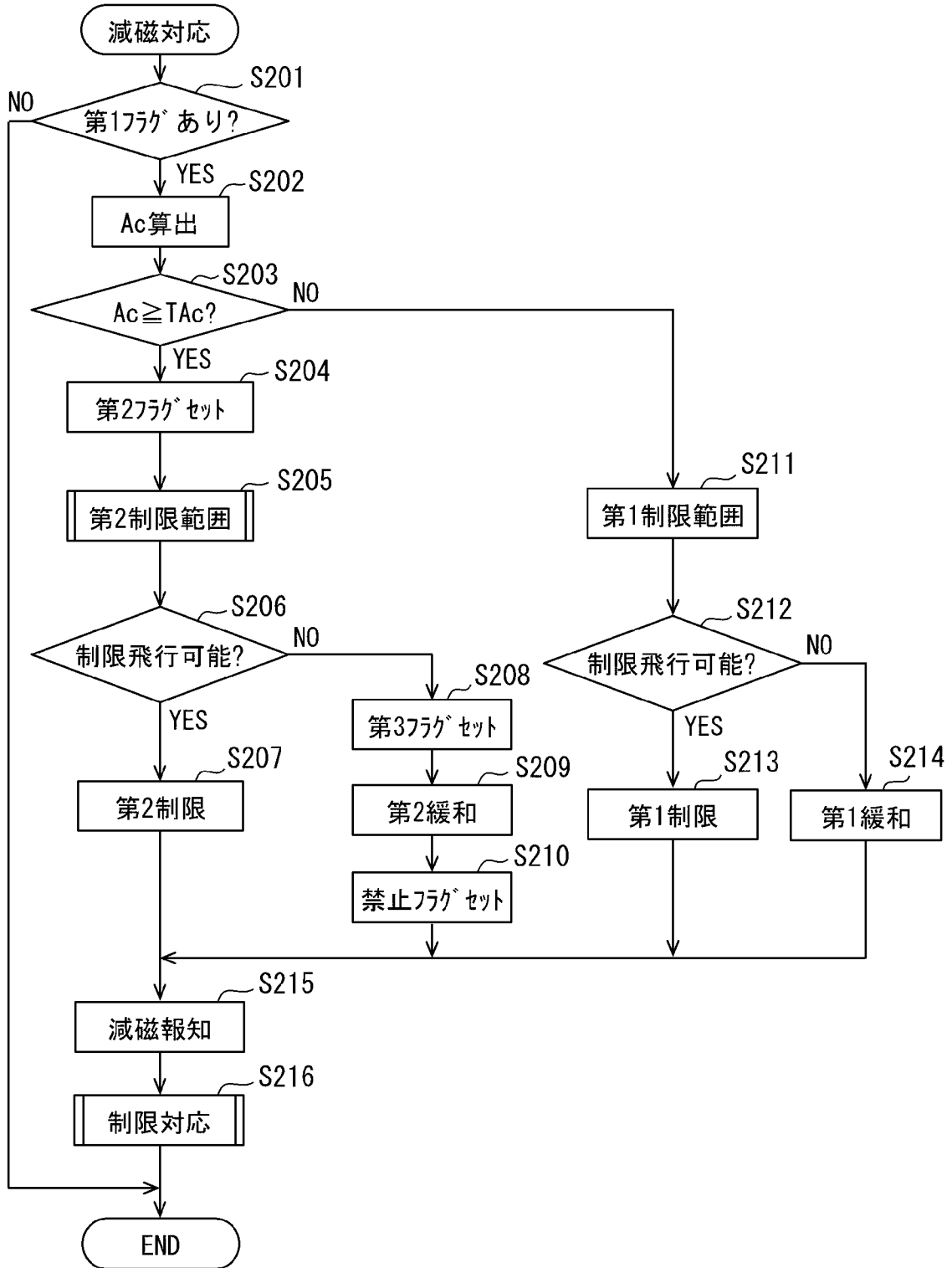
[図4]

図4



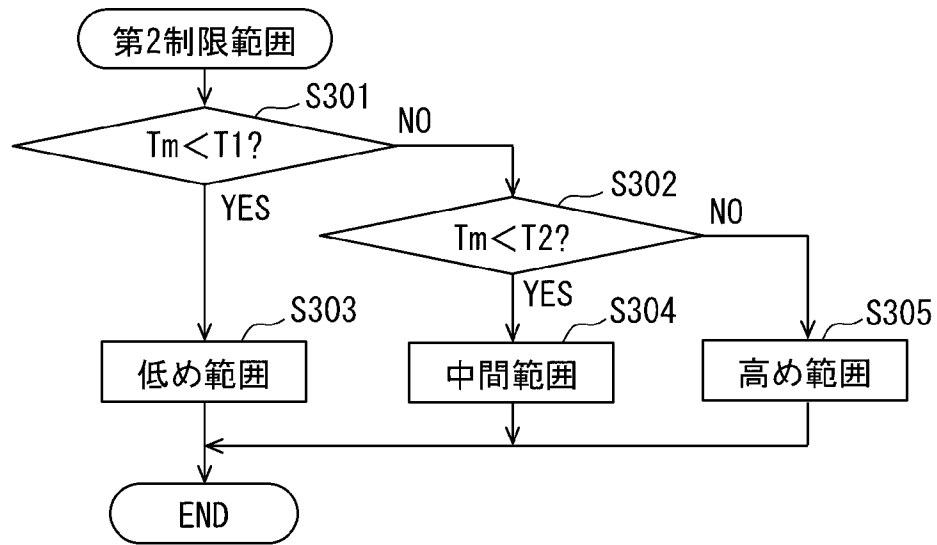
[図5]

図5



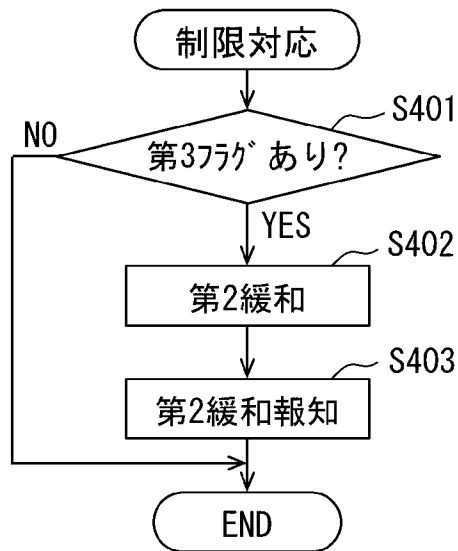
[図6]

図6



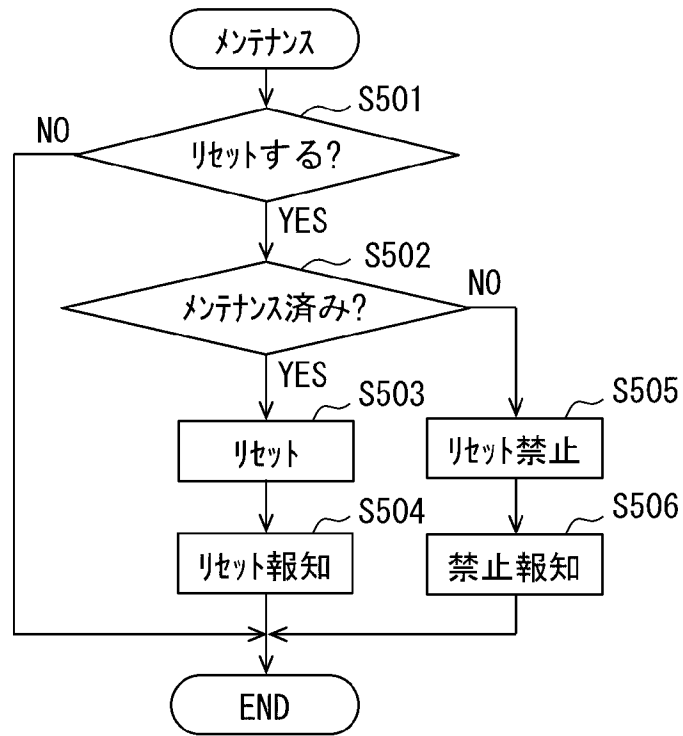
[図7]

図7



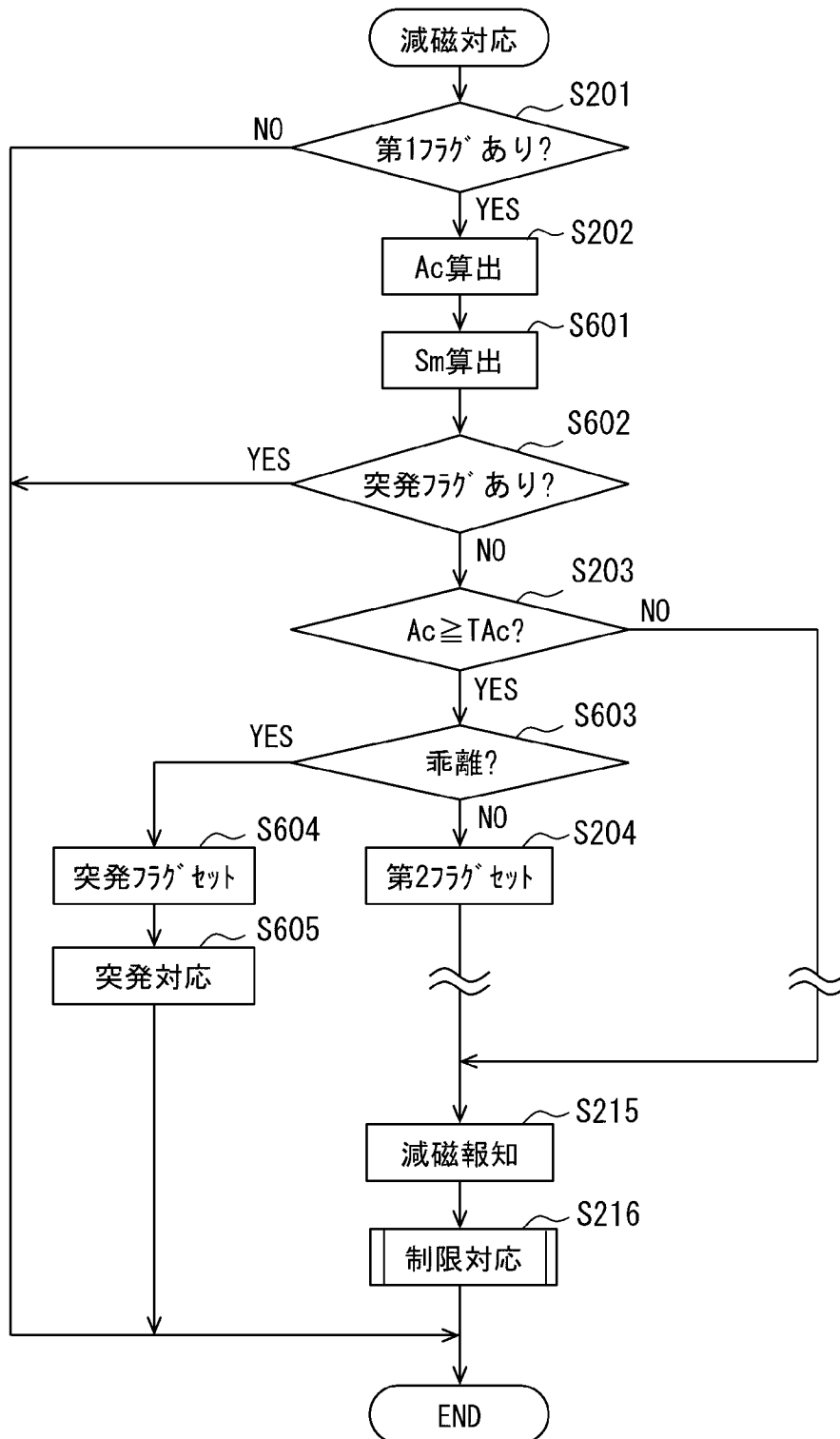
[図8]

図8



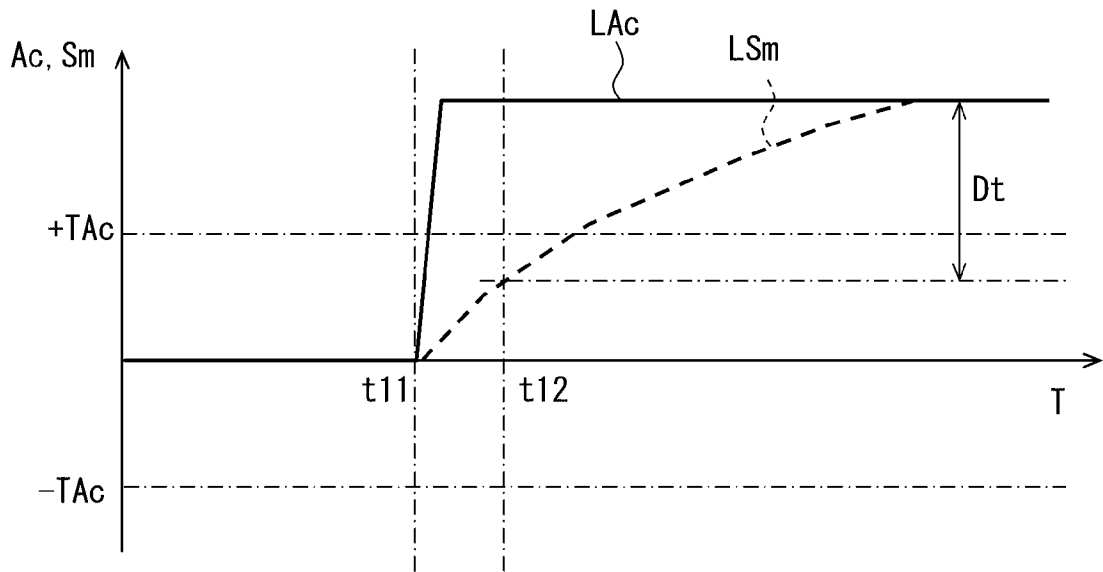
[図9]

図9



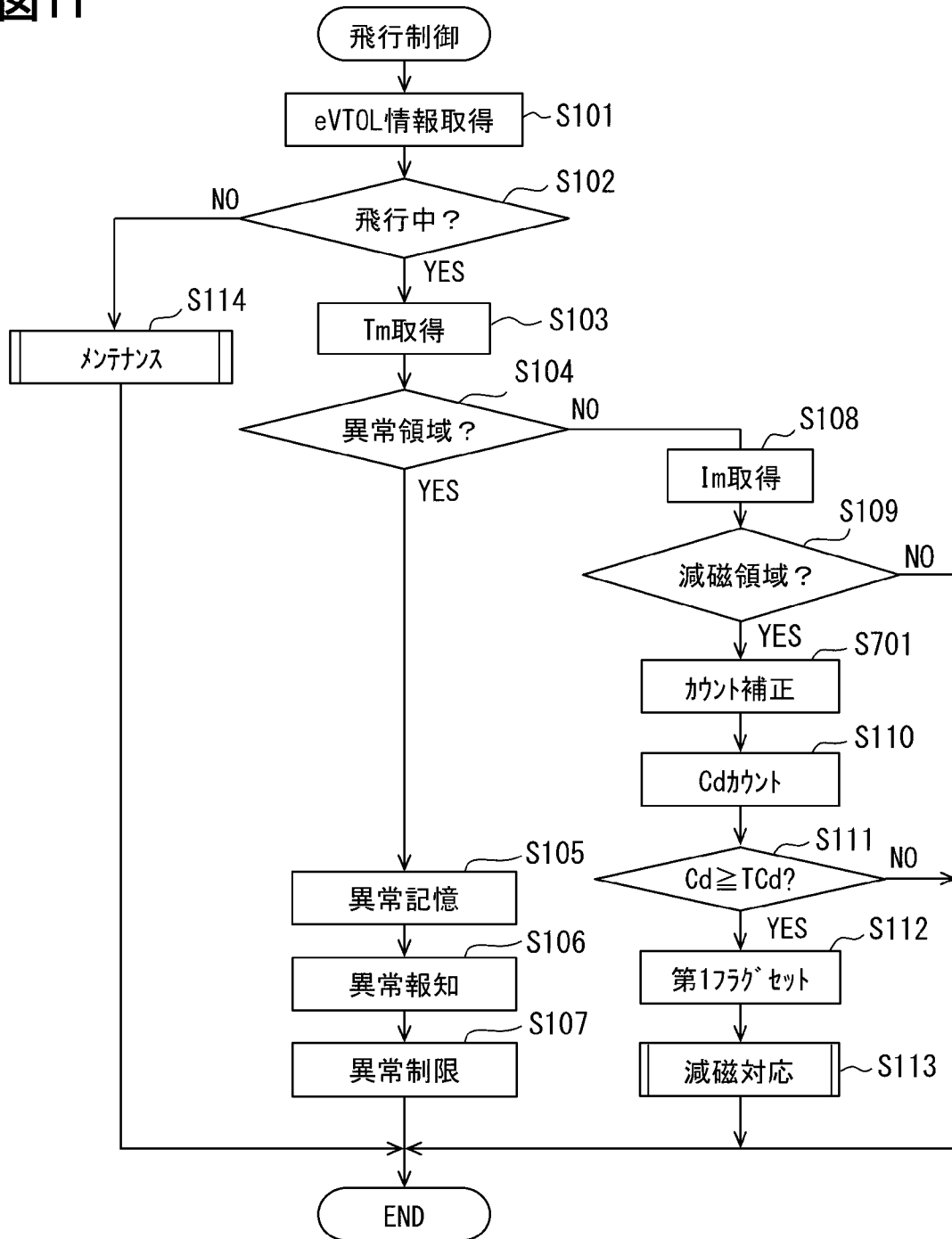
[図10]

図10



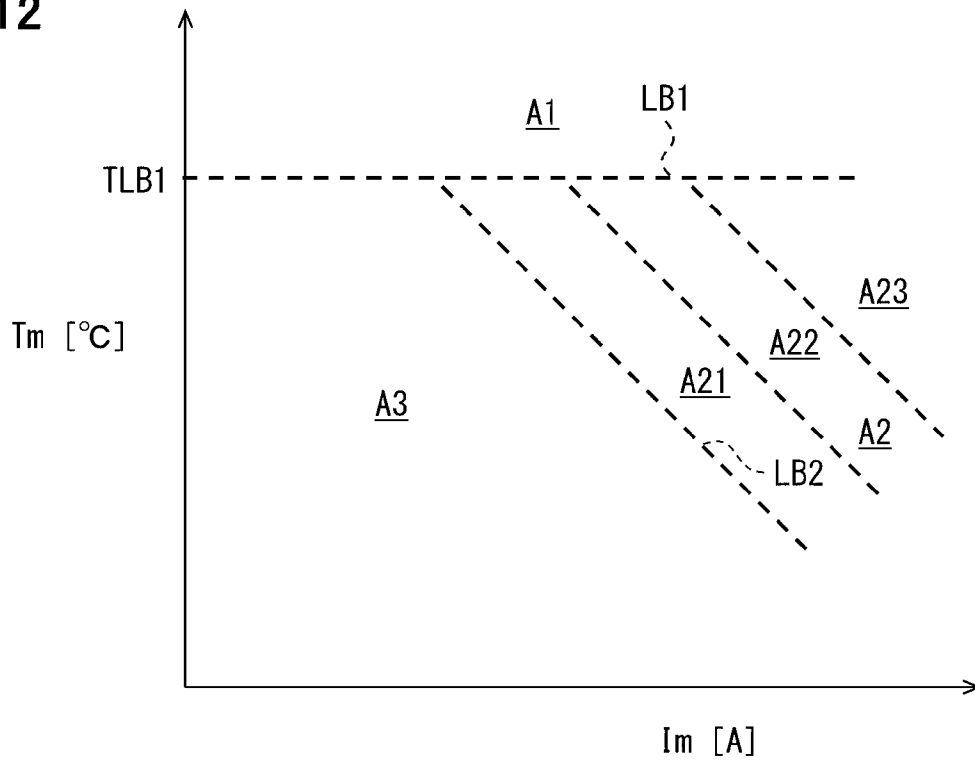
[図11]

図11



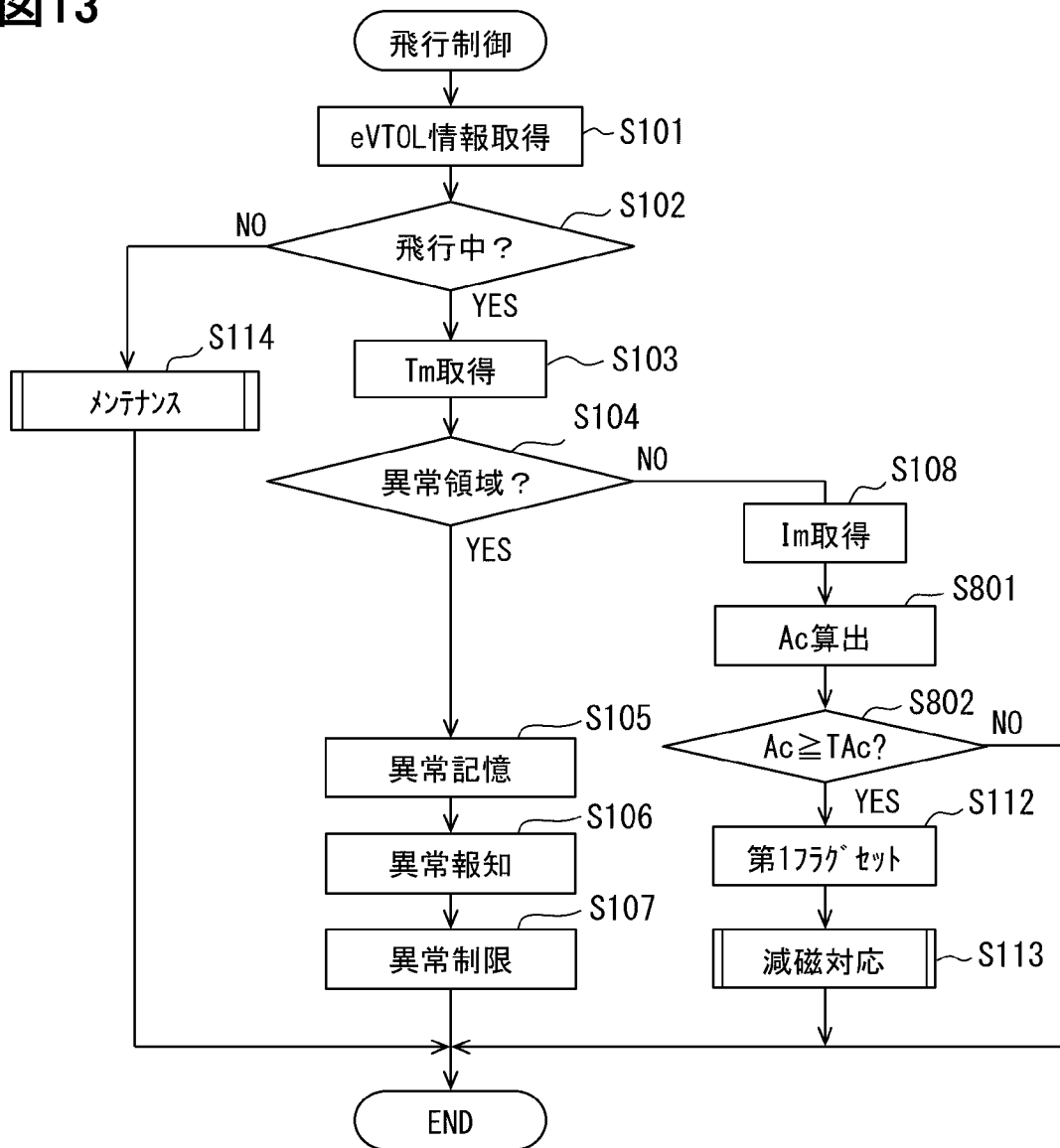
[図12]

図12



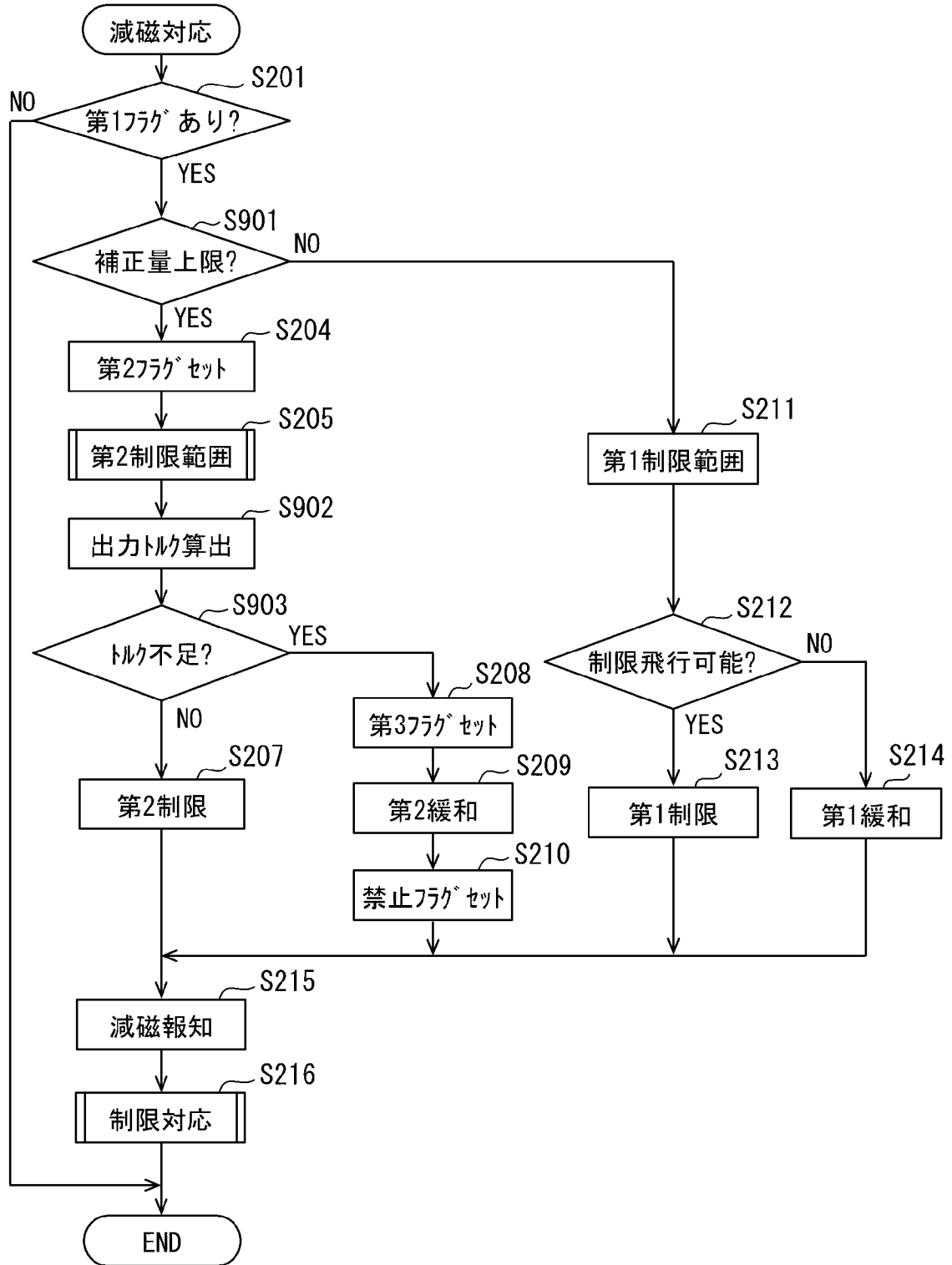
[図13]

図13



[図14]

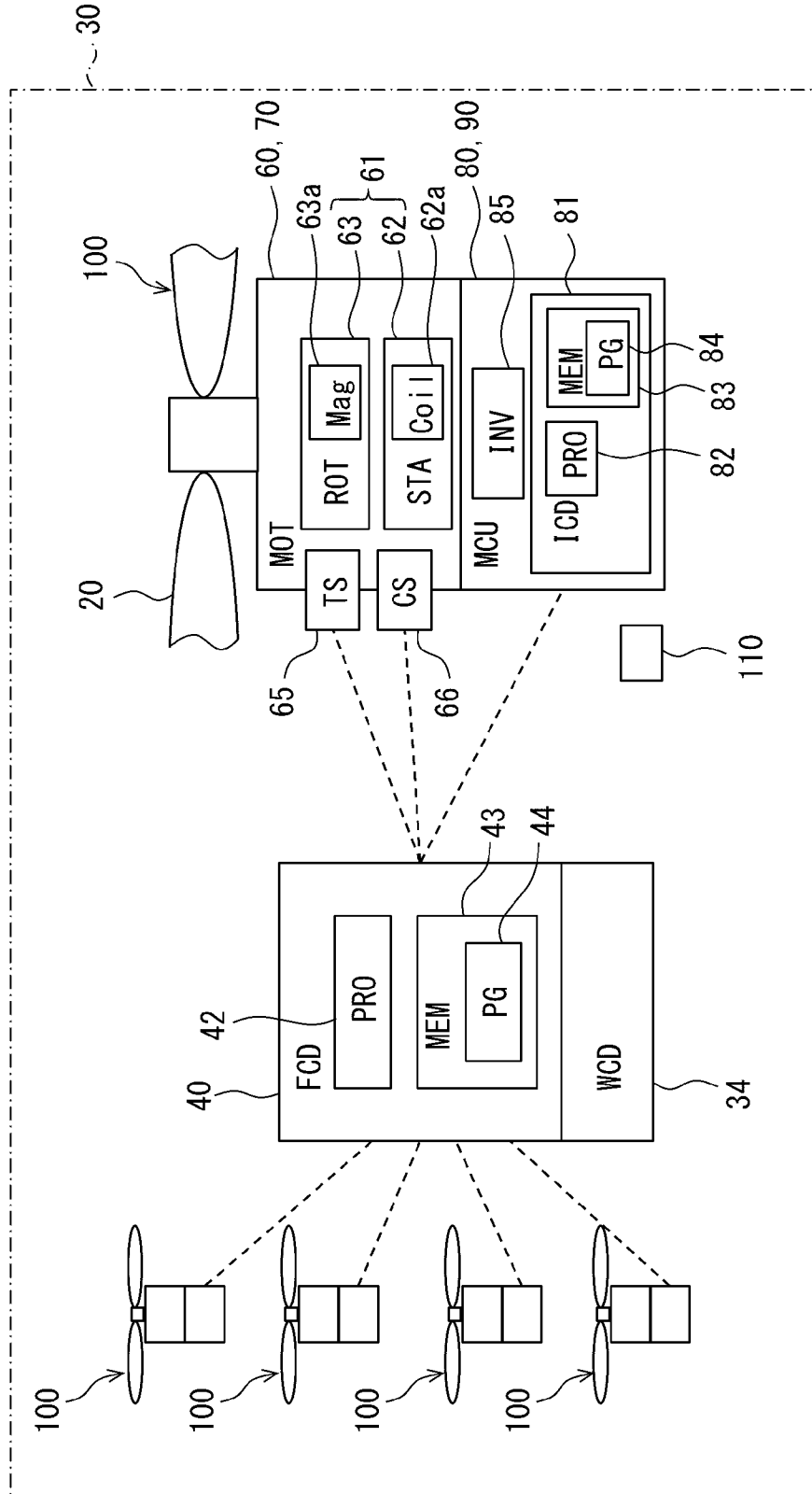
図14



[図15]

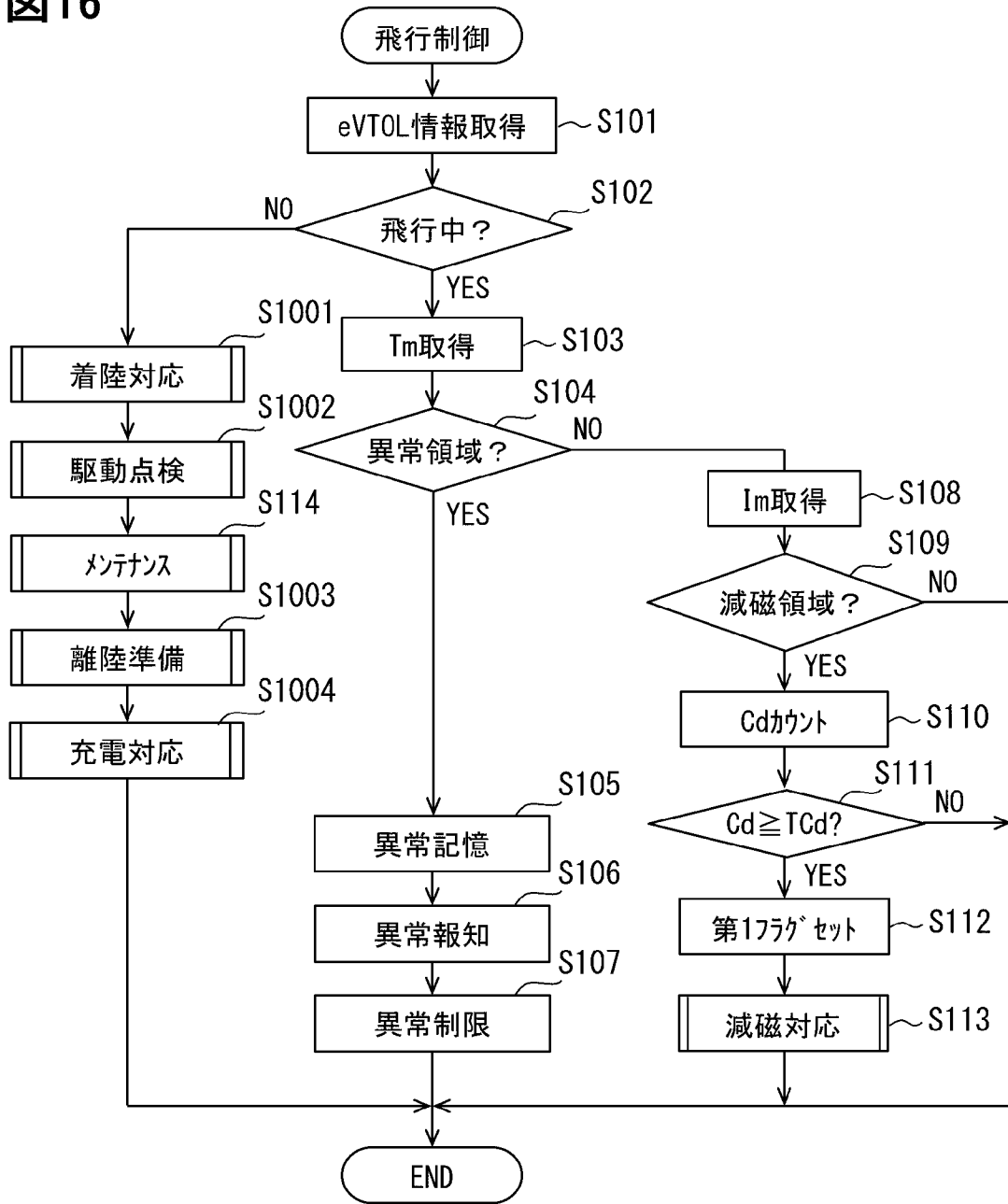
図15

10



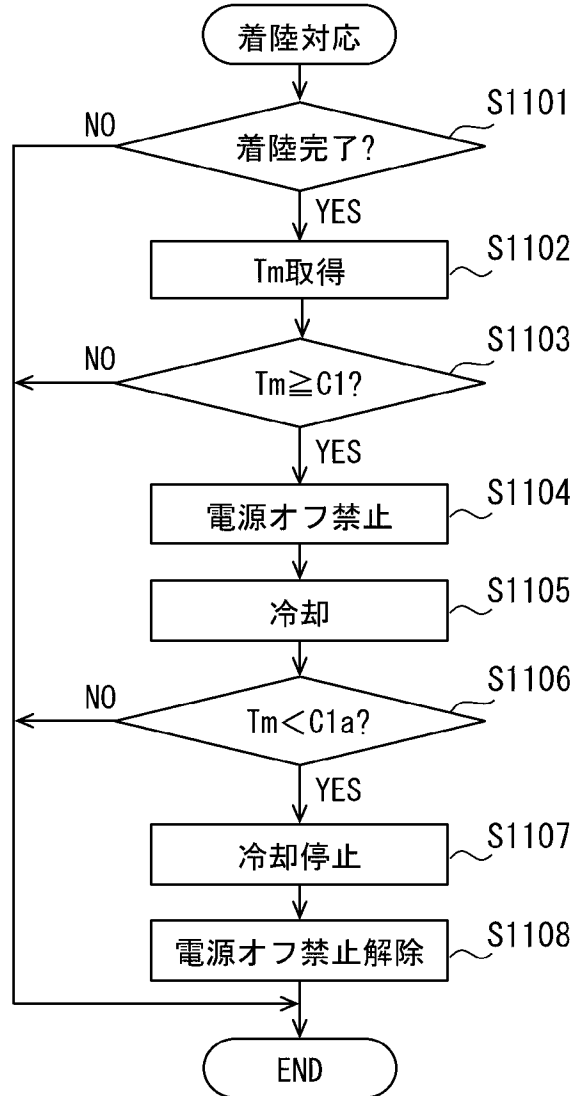
[図16]

図16



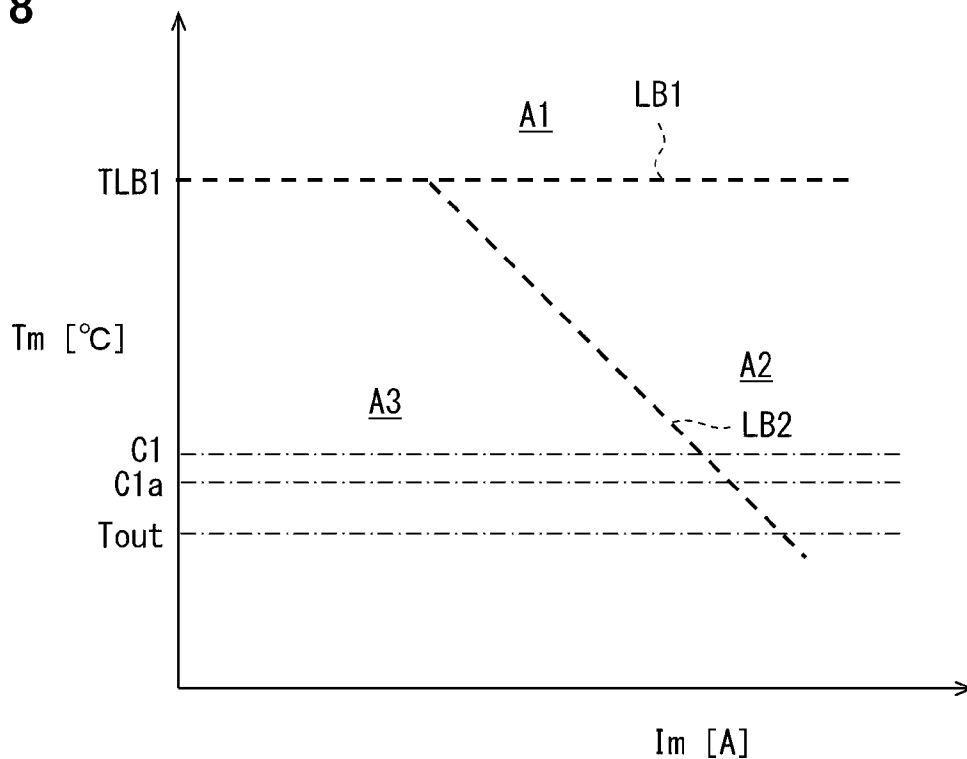
[図17]

図17



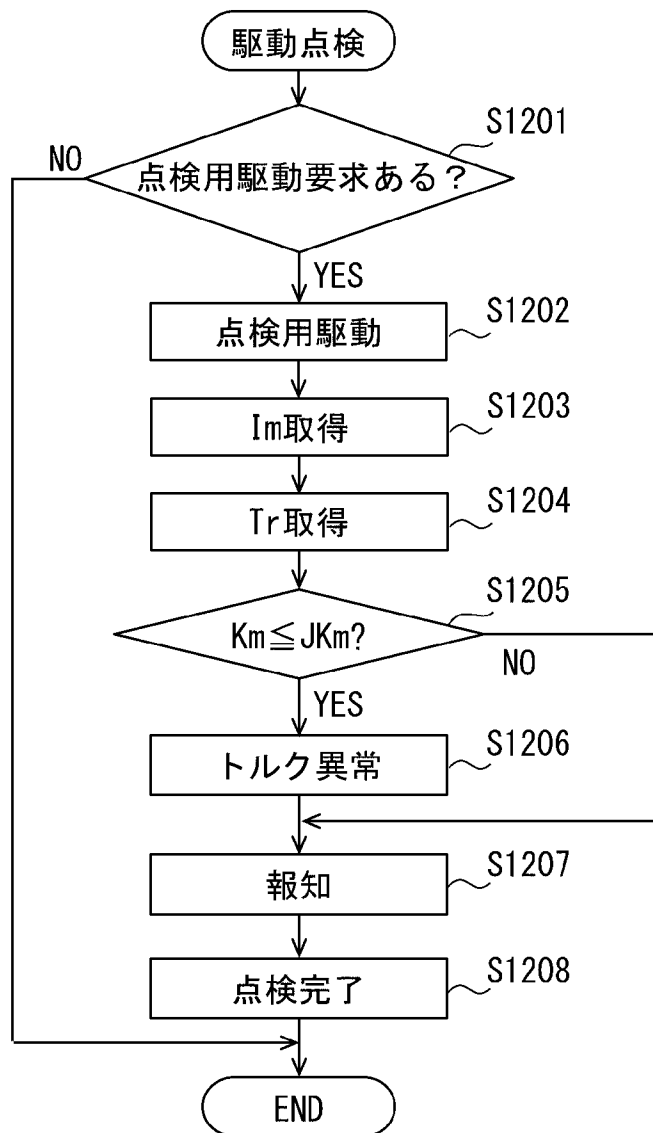
[図18]

図18



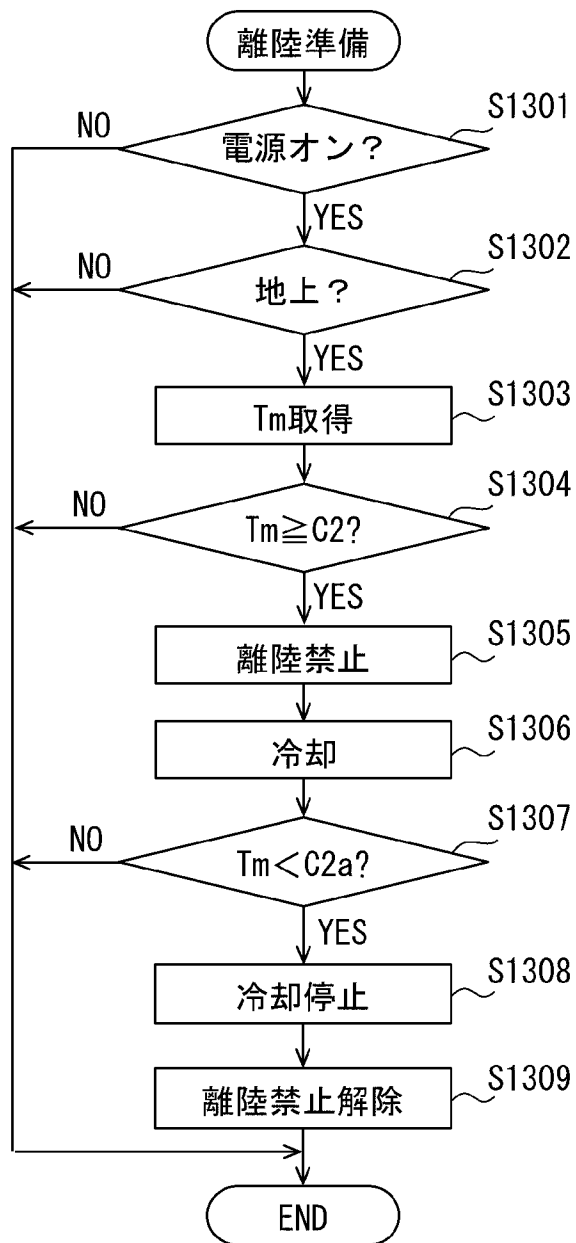
[図19]

図19



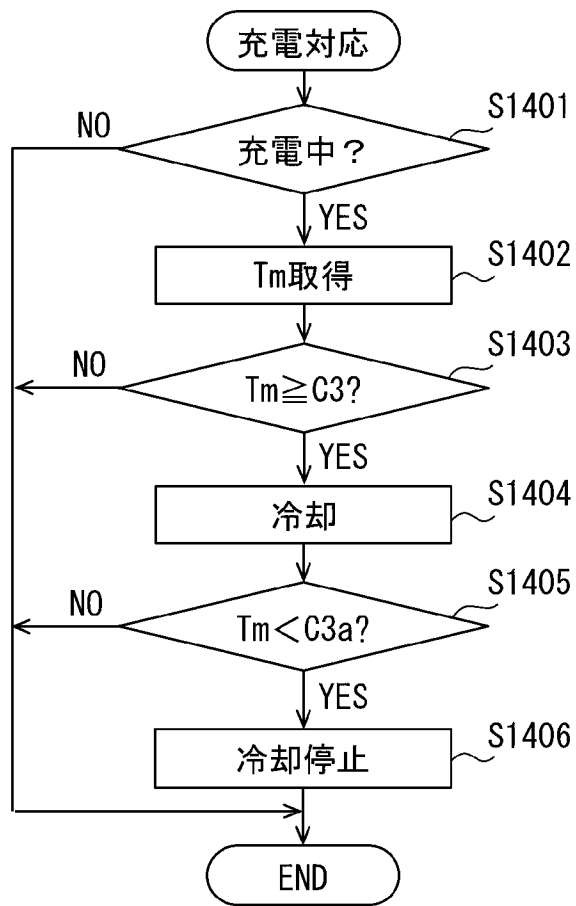
[図20]

図20



[図21]

図21



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/020358

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
B64D 27/24 (2024.01)i; H02P 29/62 (2016.01)i FI: B64D27/24; H02P29/62		
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) B64D27/24; H02P29/62		
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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 111211719 A (ZHUZHOU CRRC TIMES ELECTRIC CO., LTD.) 29 May 2020 (2020-05-29) paragraphs [0002], [0023], [0028]-[0030], [0054], fig. 1-3	1-2, 4-10, 19-20
Y		3, 11-18
Y	CN 114400941 A (MIDDLE VEHICLE PERMANENT MOTOR LIMITED COMPANY) 26 April 2022 (2022-04-26) paragraphs [0003]-[0004], [0026], fig. 1-8	3, 11-18
Y	CN 107591981 A (LI, Yangyuan) 16 January 2018 (2018-01-16) paragraph [0012]	11-18
Y	WO 2022/123940 A1 (KYOCERA CORPORATION) 16 June 2022 (2022-06-16) paragraph [0009], fig. 1-13	14-18
Y	JP 6475899 B1 (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) 27 February 2019 (2019-02-27) paragraphs [0012]-[0013], [0034], [0092], fig. 1-16	14-18
<input checked="" 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 08 August 2024		Date of mailing of the international search report 20 August 2024
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

International application No.

PCT/JP2024/020358

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2020-040550 A (SHINDENGEN ELECTRIC MANUFACTURING CO., LTD.) 19 March 2020 (2020-03-19) paragraph [0036], fig. 1-24	18
A	CN 114785225 A (CHONGQING MIDEA GENERAL REFRIGERATING EQUIPMENT CO., LTD.) 22 July 2022 (2022-07-22) entire text, all drawings	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2024/020358

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 111211719 A	29 May 2020	(Family: none)	
CN 114400941 A	26 April 2022	(Family: none)	
CN 107591981 A	16 January 2018	(Family: none)	
WO 2022/123940 A1	16 June 2022	(Family: none)	
JP 6475899 B1	27 February 2019	WO 2019/135273 A1 paragraphs [0012]-[0013], [0034], [0092], fig. 1-16	
JP 2020-040550 A	19 March 2020	(Family: none)	
CN 114785225 A	22 July 2022	WO 2023/213171 A1 entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B64D 27/24(2024.01)i; H02P 29/62(2016.01)i FI: B64D27/24; H02P29/62		
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）） B64D27/24; H02P29/62		
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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	CN 111211719 A (ZHUSHOU CRRC TIMES ELECTRIC CO., LTD.) 29.05.2020 (2020 - 05 - 29) 段落[0002], [0023], [0028]-[0030], [0054], 図1-3	1-2, 4-10, 19-20
Y		3, 11-18
Y	CN 114400941 A (MIDDLE VEHICLE PERMANENT MOTOR LIMITED COMPANY) 26.04.2022 (2022 - 04 - 26) 段落[0003]-[0004], [0026], 図1-8	3, 11-18
Y	CN 107591981 A (LI, Yangyuan) 16.01.2018 (2018 - 01 - 16) 段落[0012]	11-18
Y	WO 2022/123940 A1 (京セラ株式会社) 16.06.2022 (2022 - 06 - 16) 段落[0009], 図1-13	14-18
Y	JP 6475899 B1 (中国電力株式会社) 27.02.2019 (2019 - 02 - 27) 段落[0012]-[0013], [0034], [0092], 図1-16	14-18
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な技術水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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 08.08.2024	国際調査報告の発送日 20.08.2024	
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） 長谷井 雅昭 3D 3940 電話番号 03-3581-1101 内線 3339	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 2020-040550 A (新電元工業株式会社) 19.03.2020 (2020 - 03 - 19) 段落[0036], 図1-24	18
A	CN 114785225 A (CHONGQING MIDEA GENERAL REFRIGERATING EQUIPMENT CO., LTD.) 22.07.2022 (2022 - 07 - 22) 全文・全図	1-20

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/JP2024/020358

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN 111211719 A	29.05.2020	(ファミリーなし)	
CN 114400941 A	26.04.2022	(ファミリーなし)	
CN 107591981 A	16.01.2018	(ファミリーなし)	
WO 2022/123940 A1	16.06.2022	(ファミリーなし)	
JP 6475899 B1	27.02.2019	WO 2019/135273 A1 段落[0012]-[0013], [0034], [0092], 図1-16	
JP 2020-040550 A	19.03.2020	(ファミリーなし)	
CN 114785225 A	22.07.2022	WO 2023/213171 A1 全文・全図	