

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-210111

(P2017-210111A)

(43) 公開日 平成29年11月30日(2017.11.30)

| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード (参考) |
|--------------------------------|---------------|-------------|
| B 6 4 D 25/00 (2006.01) | B 6 4 D 25/00 | |
| B 6 4 C 27/08 (2006.01) | B 6 4 C 27/08 | |
| B 6 4 C 39/02 (2006.01) | B 6 4 C 39/02 | |
| B 6 4 D 27/24 (2006.01) | B 6 4 D 27/24 | |
| B 6 4 D 31/10 (2006.01) | B 6 4 D 31/10 | |

審査請求 有 請求項の数 19 O L (全 23 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2016-104673 (P2016-104673) | (71) 出願人 | 000010076 ヤマハ発動機株式会社 静岡県磐田市新貝2500番地 |
| (22) 出願日 | 平成28年5月25日 (2016.5.25) | (74) 代理人 | 100098305 弁理士 福島 祥人 |
| | | (74) 代理人 | 100108523 弁理士 中川 雅博 |
| | | (74) 代理人 | 100187931 弁理士 澤村 英幸 |
| | | (72) 発明者 | 春田 祐吾 静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 鳥居 裕貴 静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機株式会社内 |

最終頁に続く

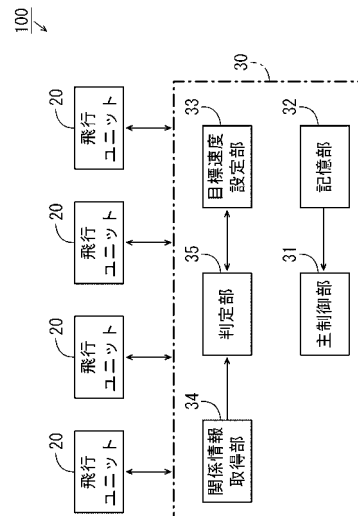
(54) 【発明の名称】 無人飛行体

(57) 【要約】

【課題】 より広範な要因により発生する異常を検出することが可能な無人飛行体を提供する。

【解決手段】 本体部に複数のモータおよびそれらにそれぞれ対応する複数のロータが設けられる。各ロータは、対応するモータの出力により駆動される。各モータの回転速度が出力検出部により検出され、各モータに流れる電流が特性値検出部により検出される。各モータの回転速度と電流との関係を示す関係情報が関係情報取得部34により取得される。取得された関係情報ならびに検出された各モータの回転速度および電流に基づいて、各モータまたはそれに対応するロータが異常であるか否かが判定部35により判定される。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

飛行本体と、

前記飛行本体に設けられる複数のモータと、

前記複数のモータにそれぞれ対応して設けられ、対応するモータの出力により駆動される複数のロータと、

各モータの出力に関連する情報を出力情報として検出する出力検出部と、

各モータの出力情報に依存して変化する第 1 のパラメータを検出する第 1 のパラメータ検出部と、

各モータの出力情報と第 1 のパラメータとの関係を示す関係情報を取得する取得部と、

前記取得部により取得された関係情報、前記出力検出部により検出された出力情報および前記第 1 のパラメータ検出部により検出された第 1 のパラメータに基づいて、各モータまたは各モータに対応するロータが異常であるか否かを判定する判定部とを備える、無人飛行体。

10

【請求項 2】

前記出力情報は、各モータの回転速度およびトルクの少なくとも一方を含む、請求項 1 記載の無人飛行体。

【請求項 3】

前記第 1 のパラメータは、各モータに流れる電流、各モータの電圧および各モータの温度の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 または 2 記載の無人飛行体。

20

【請求項 4】

前記関係情報は、各モータおよび各モータに対応するロータの正常動作時における第 1 のパラメータの許容範囲を有し、

前記判定部は、前記第 1 のパラメータ検出部により検出された第 1 のパラメータが前記出力検出部により検出された出力情報に対応する許容範囲内にある場合に、各モータおよび各モータに対応するロータが異常ではないと判定する、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の無人飛行体。

【請求項 5】

前記判定部は、前記第 1 のパラメータ検出部により検出された第 1 のパラメータが前記出力検出部により検出された出力情報に対応する前記許容範囲外にある状態が予め定められた第 1 の時間以上継続した場合には、各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定する、請求項 4 記載の無人飛行体。

30

【請求項 6】

前記判定部は、前記第 1 のパラメータ検出部により検出された第 1 のパラメータが前記出力検出部により検出された出力情報に対応する前記許容範囲外にある状態が予め定められた第 2 の時間以内に所定の回数以上発生した場合には、各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定する、請求項 4 または 5 記載の無人飛行体。

【請求項 7】

前記許容範囲は、各モータの個体差または各モータに対応するロータの個体差に起因する第 1 のパラメータのばらつきに基づいて設定される第 1 の範囲を含み、

40

前記判定部は、前記第 1 のパラメータ検出部により検出された第 1 のパラメータが前記出力検出部により検出された出力情報に対応する前記第 1 の範囲を含む前記許容範囲内にある場合に、各モータおよび各モータに対応するロータが異常ではないと判定する、請求項 4 ~ 6 のいずれか一項に記載の無人飛行体。

【請求項 8】

前記許容範囲は、環境因子の変動に基づいて設定される第 2 の範囲を含み、

前記判定部は、前記第 1 のパラメータ検出部により検出された第 1 のパラメータが前記出力検出部により検出された出力情報に対応する前記第 2 の範囲を含む前記許容範囲内にある場合に、各モータおよび各モータに対応するロータが異常ではないと判定する、請求項 4 ~ 7 のいずれか一項に記載の無人飛行体。

50

【請求項 9】

前記無人飛行体の使用環境に関連する第 2 のパラメータを検出する第 2 のパラメータ検出部をさらに備え、

前記第 2 の範囲は、前記第 2 のパラメータ検出部により検出された第 2 のパラメータに基づいて変化する、請求項 8 記載の無人飛行体。

【請求項 10】

前記第 2 のパラメータは、気温、気圧、前記無人飛行体の速度、前記無人飛行体の加速度および前記無人飛行体の角速度の少なくとも 1 つを含む、請求項 9 記載の無人飛行体。

【請求項 11】

前記許容範囲は、各モータまたは各モータに対応するロータの過渡応答に基づいて設定される第 3 の範囲を含み、

前記判定部は、前記第 1 のパラメータ検出部により検出された第 1 のパラメータが前記出力検出部により検出された出力情報に対応する前記第 3 の範囲を含む前記許容範囲内にある場合に、各モータおよび各モータに対応するロータが異常ではないと判定する、請求項 4 ~ 10 のいずれか一項に記載の無人飛行体。

【請求項 12】

前記複数のモータが目標速度で回転するように各モータの回転速度を制御する回転制御部をさらに備え、

前記出力検出部は、前記出力情報として各モータの回転速度を検出し、

前記第 3 の範囲は、前記回転制御部による各モータの目標速度と前記出力検出部により検出された当該モータの回転速度との回転速度差に基づいて変化する、請求項 11 記載の無人飛行体。

【請求項 13】

前記許容範囲は、前記回転速度差が予め定められた第 1 のしきい値以上である場合に、前記第 3 の範囲を含む、請求項 12 記載の無人飛行体。

【請求項 14】

前記第 3 の範囲は、前記回転制御部による各モータの目標速度が前記出力検出部により検出された当該モータの回転速度より低い場合には、前記回転速度差が大きいほど前記第 3 の範囲の下限が小さくなるように変化する、請求項 12 または 13 記載の無人飛行体。

【請求項 15】

前記第 3 の範囲は、前記回転制御部による各モータの目標速度が前記出力検出部により検出された当該モータの回転速度より高い場合には、前記回転速度差が大きいほど前記第 3 の範囲の上限が大きくなるように変化する、請求項 12 ~ 14 のいずれか一項に記載の無人飛行体。

【請求項 16】

前記判定部は、前記回転制御部による各モータの目標速度が前記出力検出部により検出された当該モータの回転速度より低く、かつ前記回転速度差が予め定められた第 2 のしきい値以上である場合には、各モータおよび各モータに対応するロータの異常の判定を保留する、請求項 12 ~ 15 のいずれか一項に記載の無人飛行体。

【請求項 17】

前記判定部は、前記回転制御部による各モータの目標速度が前記出力検出部により検出された当該モータの回転速度より高く、前記回転速度差が予め定められた第 3 のしきい値以上でありかつ前記出力検出部により検出された回転速度が予め定められた第 4 のしきい値以上である場合には、各モータおよび各モータに対応するロータの異常の判定を保留する、請求項 12 ~ 16 のいずれか一項に記載の無人飛行体。

【請求項 18】

前記判定部は、前記出力検出部により検出された回転速度が予め定められた第 5 のしきい値よりも低い場合には、各モータおよび各モータに対応するロータの異常の判定を行わない、請求項 12 ~ 17 のいずれか一項に記載の無人飛行体。

【請求項 19】

10

20

30

40

50

前記判定部は、予め定められた第3の時間以内に前記第1のパラメータ検出部により複数回検出された第1のパラメータに基づいて各モータまたは各モータに対応するロータが異常であるか否かを判定する、請求項1～18のいずれか一項に記載の無人飛行体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無人で飛行する無人飛行体に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、人間の立ち入り困難な地域での写真撮影または農地への農薬の散布を行うために、無人ヘリコプタ等の無人飛行体が用いられることがある。このような無人飛行体において、ロータ（プロペラ）およびモータを含む動力系に異常が発生する場合がある。そのため、無人飛行体の動力系の異常を迅速に検出することが求められる。

10

【0003】

特許文献1には、8個のロータユニットを備えた垂直離着陸飛行体が記載されている。各ロータユニットには回転検出センサが設けられ、各ロータの回転数が検出される。各ロータユニットに送られる回転数指令信号による回転数と検出された回転数との差が所定値以上である場合には、当該ロータユニットが故障していると判定される。

【0004】

特許文献2には、4個の回転翼を有する無人飛行体が記載されている。また、回転翼のモータの駆動電流を取得する電流検知デバイスが各回転翼に対応して設けられる。取得された駆動電流のデータが予め定めた異常条件に合致した場合、異常を示す表示が行われる。異常条件には、回転翼モータの一部が欠損する場合に起こり得る異常電流値、または異常に増減した負荷電流の平均が含まれる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2014-227155号公報

【特許文献2】特許5857326号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、ロータおよびモータを含む動力系には、種々の要因により異常が発生し得る。特許文献1、2に記載された回転数の差および駆動電流を監視する方式では、限られた要因による動力系の異常を検出することができるが、種々の要因により発生する動力系の異常を検出することができない。

【0007】

本発明の目的は、より広範な要因により発生する異常を検出することが可能な無人飛行体を提供することである。

【課題を解決するための手段】

40

【0008】

(1)本発明に係る無人飛行体は、飛行本体と、飛行本体に設けられる複数のモータと、複数のモータにそれぞれ対応して設けられ、対応するモータの出力により駆動される複数のロータと、各モータの出力に関連する情報を出力情報として検出する出力検出部と、各モータの出力情報に依存して変化する第1のパラメータを検出する第1のパラメータ検出部と、各モータの出力情報と第1のパラメータとの関係を示す関係情報を取得する取得部と、取得部により取得された関係情報、出力検出部により検出された出力情報および第1のパラメータ検出部により検出された第1のパラメータに基づいて、各モータまたは各モータに対応するロータが異常であるか否かを判定する判定部とを備える。

【0009】

50

この無人飛行体においては、飛行本体に複数のモータおよび複数のモータにそれぞれ対応する複数のロータが設けられる。各ロータは、各ロータに対応するモータの出力により駆動される。各モータの出力情報が出力検出部により検出され、各モータの第1のパラメータが第1のパラメータ検出部により検出される。ここで、各モータまたは各モータに対応するロータに何らかの要因による異常が発生する場合には、当該モータの出力情報と当該モータの第1のパラメータとの対応関係が変化する。

【0010】

そこで、各モータの出力情報と第1のパラメータとの関係を示す関係情報が取得部により取得される。また、取得された関係情報ならびに各モータの出力情報および第1のパラメータに基づいて、当該モータまたは当該モータに対応するロータが異常であるか否かが判定部により判定される。この構成によれば、より広範な要因により発生する各モータまたは各モータに対応するロータの異常を検出することができる。

10

【0011】

(2) 出力情報は、各モータの回転速度およびトルクの少なくとも一方を含んでもよい。この場合、出力情報を容易に検出することができる。また、出力情報として検出された各モータの回転速度およびトルクのいずれかと第1のパラメータとを用いて、各モータまたは各モータに対応するロータの異常を容易に検出することができる。

【0012】

(3) 第1のパラメータは、各モータに流れる電流、各モータの電圧および各モータの温度の少なくとも1つを含んでもよい。この場合、第1のパラメータを容易に検出することができる。また、第1のパラメータとして検出された各モータに流れる電流、各モータの電圧および各モータの温度のいずれかと出力情報とを用いて、各モータまたは各モータに対応するロータの異常を容易に検出することができる。

20

【0013】

(4) 関係情報は、各モータおよび各モータに対応するロータの正常動作時における第1のパラメータの許容範囲を有し、判定部は、第1のパラメータ検出部により検出された第1のパラメータが出力検出部により検出された出力情報に対応する許容範囲内にある場合に、各モータおよび各モータに対応するロータが異常ではないと判定してもよい。

【0014】

この場合、各モータおよび各モータに対応するロータが異常ではないことを容易に判定することができる。また、正常動作中の各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定されることが抑制される。

30

【0015】

(5) 判定部は、第1のパラメータ検出部により検出された第1のパラメータが出力検出部により検出された出力情報に対応する許容範囲外にある状態が予め定められた第1の時間以上継続した場合には、各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定してもよい。

【0016】

各モータまたは各モータに対応するロータが異常である場合には、一定時間以上第1のパラメータが許容範囲外になる。上記の構成によれば、各モータまたは各モータに対応するロータの異常を精度よく検出することができる。

40

【0017】

(6) 判定部は、第1のパラメータ検出部により検出された第1のパラメータが出力検出部により検出された出力情報に対応する許容範囲外にある状態が予め定められた第2の時間以内に所定の回数以上発生した場合には、各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定してもよい。

【0018】

各モータまたは各モータに対応するロータが異常である場合には、一定時間以内に第1のパラメータが頻繁に許容範囲外になる。上記の構成によれば、各モータまたは各モータに対応するロータの異常を精度よく検出することができる。

50

【 0 0 1 9 】

(7) 許容範囲は、各モータの個体差または各モータに対応するロータの個体差に起因する第 1 のパラメータのばらつきに基づいて設定される第 1 の範囲を含み、判定部は、第 1 のパラメータ検出部により検出された第 1 のパラメータが出力検出部により検出された出力情報に対応する第 1 の範囲を含む許容範囲内にある場合に、各モータおよび各モータに対応するロータが異常ではないと判定してもよい。

【 0 0 2 0 】

出力情報と第 1 のパラメータとの関係は、個体差によりモータとロータとの組ごとにわずかに異なることがある。上記の構成によれば、ロータまたはモータの個体差に基づいて許容範囲が設定される。これにより、正常動作中の各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定されることがより抑制される。

10

【 0 0 2 1 】

(8) 許容範囲は、環境因子の変動に基づいて設定される第 2 の範囲を含み、判定部は、第 1 のパラメータ検出部により検出された第 1 のパラメータが出力検出部により検出された出力情報に対応する第 2 の範囲を含む許容範囲内にある場合に、各モータおよび各モータに対応するロータが異常ではないと判定してもよい。

【 0 0 2 2 】

出力情報と第 1 のパラメータとの関係は、無人飛行体の使用環境により異なることがある。上記の構成によれば、環境因子の変動に基づいて許容範囲が設定される。これにより、正常動作中の各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定されることがより抑制される。

20

【 0 0 2 3 】

(9) 無人飛行体の使用環境に関連する第 2 のパラメータを検出する第 2 のパラメータ検出部をさらに備え、第 2 の範囲は、第 2 のパラメータ検出部により検出された第 2 のパラメータに基づいて変化してもよい。

【 0 0 2 4 】

この場合、第 2 のパラメータ検出部により検出される第 2 のパラメータに基づいて許容範囲が変動する。そのため、無人飛行体の使用環境により適した許容範囲に基づいて各モータまたは各モータに対応するロータの異常が判定される。これにより、正常動作中の各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定されることがさらに抑制される。

30

【 0 0 2 5 】

(1 0) 第 2 のパラメータは、気温、気圧、無人飛行体の速度、無人飛行体の加速度および無人飛行体の角速度の少なくとも 1 つを含んでもよい。この場合、第 2 のパラメータを容易に検出することができる。また、第 2 のパラメータとして検出された気温、気圧、無人飛行体の速度、無人飛行体の加速度および無人飛行体の角速度のいずれかを用いて、許容範囲を適切に変化させることができる。

【 0 0 2 6 】

(1 1) 許容範囲は、各モータまたは各モータに対応するロータの過渡応答に基づいて設定される第 3 の範囲を含み、判定部は、第 1 のパラメータ検出部により検出された第 1 のパラメータが出力検出部により検出された出力情報に対応する第 3 の範囲を含む許容範囲内にある場合に、各モータおよび各モータに対応するロータが異常ではないと判定してもよい。

40

【 0 0 2 7 】

出力情報と第 1 のパラメータとの関係は、各モータまたは各モータに対応するロータの過渡応答時に異なることがある。上記の構成によれば、各モータまたは各モータに対応するロータの過渡応答時の許容範囲が設定される。これにより、正常動作中の各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定されることがより抑制される。

【 0 0 2 8 】

(1 2) 複数のモータが目標速度で回転するように各モータの回転速度を制御する回転

50

制御部をさらに備え、出力検出部は、出力情報として各モータの回転速度を検出し、第3の範囲は、回転制御部による各モータの目標速度と出力検出部により検出された当該モータの回転速度との回転速度差に基づいて変化してもよい。

【0029】

この場合、各モータの目標速度と検出された回転速度との回転速度差に基づいて許容範囲が変動する。そのため、各モータまたは各モータに対応するロータの過渡応答時に、より適した許容範囲に基づいて各モータまたは各モータに対応するロータの異常が判定される。これにより、正常動作中の各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定されることがさらに抑制される。

【0030】

(13) 許容範囲は、回転速度差が予め定められた第1のしきい値以上である場合に、第3の範囲を含んでもよい。この構成によれば、各モータにおける回転速度差が第1のしきい値未満の場合には、許容範囲は過渡応答に基づいて設定される第3の範囲を含まない。これにより、各モータまたは各モータに対応するロータの異常を精度よく検出することができる。

【0031】

(14) 第3の範囲は、回転制御部による各モータの目標速度が出力検出部により検出された当該モータの回転速度より低い場合には、回転速度差が大きいほど第3の範囲の下限が小さくなるように変化してもよい。この構成によれば、正常動作中において、各モータの回転速度の減少時に第1のパラメータが大きく減少する場合でも、各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定されることが抑制される。

【0032】

(15) 第3の範囲は、回転制御部による各モータの目標速度が出力検出部により検出された当該モータの回転速度より高い場合には、回転速度差が大きいほど第3の範囲の上限が大きくなるように変化してもよい。この構成によれば、正常動作中において、各モータの回転速度の増加時に第1のパラメータが大きく増加する場合でも、各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定されることが抑制される。

【0033】

(16) 判定部は、回転制御部による各モータの目標速度が出力検出部により検出された当該モータの回転速度より低く、かつ回転速度差が予め定められた第2のしきい値以上である場合には、各モータおよび各モータに対応するロータの異常の判定を保留してもよい。

【0034】

正常動作中であっても、回転速度差が第2のしきい値以上であるときには第1のパラメータが許容範囲外になることがある。上記の構成によれば、このような場合であっても、各モータおよび各モータに対応するロータの異常の判定が保留される。これにより、正常動作中の各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定されることが抑制される。

【0035】

(17) 判定部は、回転制御部による各モータの目標速度が出力検出部により検出された当該モータの回転速度より高く、回転速度差が予め定められた第3のしきい値以上でありかつ出力検出部により検出された回転速度が予め定められた第4のしきい値以上である場合には、各モータおよび各モータに対応するロータの異常の判定を保留してもよい。

【0036】

正常動作中であっても、回転速度差が第3のしきい値以上でありかつ回転速度が第4のしきい値以上であるときには第1のパラメータが許容範囲外になることがある。上記の構成によれば、このような場合であっても、各モータおよび各モータに対応するロータの異常の判定が保留される。これにより、正常動作中の各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定されることが抑制される。

【0037】

10

20

30

40

50

(18) 判定部は、出力検出部により検出された回転速度が予め定められた第5のしきい値よりも低い場合には、各モータおよび各モータに対応するロータの異常の判定を行わなくてもよい。

【0038】

正常動作中であっても、回転速度が予め定められた第5のしきい値よりも低い場合には、第1のパラメータが許容範囲外になることがある。上記の構成によれば、このような場合であっても、各モータおよび各モータに対応するロータの異常の判定が行われず。これにより、正常動作中の各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定されることが抑制される。

【0039】

(19) 判定部は、予め定められた第3の時間以内に第1のパラメータ検出部により複数回検出された第1のパラメータに基づいて各モータまたは各モータに対応するロータが異常であるか否かを判定してもよい。

【0040】

正常動作中であっても、第1のパラメータが瞬間的に許容範囲外になることがある。上記の構成によれば、一定時間以内に複数回検出された第1のパラメータが異常の判定に用いられるので、正常動作中の各モータまたは各モータに対応するロータが異常であると判定されることが抑制される。

【発明の効果】

【0041】

本発明によれば、より広範な要因により発生する無人飛行体の異常を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る飛行体を示す斜視図である。

【図2】1つの飛行ユニットの構成を示すブロック図である。

【図3】制御装置の構成を示すブロック図である。

【図4】モータの回転速度とモータに流れる電流との関係を示す図である。

【図5】モータおよびそれに対応するロータの定常応答時における許容範囲の第1の例を示す図である。

【図6】モータおよびそれに対応するロータの定常応答時における許容範囲の第2の例を示す図である。

【図7】モータおよびそれに対応するロータの定常応答時における許容範囲の第3の例を示す図である。

【図8】モータまたはそれに対応するロータの減速の過渡応答時における許容範囲の第1の例を示す図である。

【図9】モータまたはそれに対応するロータの加速の過渡応答時における許容範囲の第2の例を示す図である。

【図10】モータの実回転速度に基づく異常の判定の不実行を説明するための図である。

【図11】主制御部による判定処理の一例を示すフローチャートである。

【図12】主制御部による判定処理の一例を示すフローチャートである。

【図13】第2の実施の形態における飛行体の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図14】第2の実施の形態における主制御部による判定処理の一例を示すフローチャートである。

【図15】第3の実施の形態に係る飛行体の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0043】

[1] 第1の実施の形態

(1) 無人飛行体

以下、本発明の第1の実施の形態に係る無人飛行体（以下、単に飛行体と呼ぶ。）につ

10

20

30

40

50

いて図面を用いて説明する。本実施の形態においては、飛行体は、複数のロータ（プロペラ）を有するマルチコプタである。図1は、本発明の第1の実施の形態に係る飛行体を示す斜視図である。図1に示すように、飛行体100は、本体部10、複数の飛行ユニット20および制御装置（フライトコントローラ）30を含む。

【0044】

本体部10は、円盤形状の筐体部11、複数のアーム部12および脚部（スキッド）13を含む。複数（本例では4個）のアーム部12は、略90°間隔で筐体部11の側面から突出するように筐体部11に設けられる。各アーム部12の先端には、円形の保持部12aが設けられる。脚部13は、筐体部11の底面に取り付けられる。複数の飛行ユニット20は、複数のアーム部12にそれぞれ対応するように設けられる。制御装置30は、筐体部11の内部空間に収容される。

10

【0045】

図2は、1つの飛行ユニット20の構成を示すブロック図である。飛行ユニット20は、モータ21、ロータ22、出力検出部23、特性値検出部24およびモータ制御部25を含む。モータ21は、回転軸が上方を向く状態で、対応するアーム部12の保持部12a（図1）に取り付けられる。ロータ22は、モータ21の回転軸に取り付けられ、モータ21により駆動される。

【0046】

出力検出部23、特性値検出部24およびモータ制御部25は、図1のアーム部12または保持部12a内に収容される。出力検出部23は、モータ21の出力に関連する情報を出力情報として検出する。特性値検出部24は、モータの出力情報に依存して変化する特性値を検出する。本実施の形態においては、モータ21の出力情報はモータ21（ロータ22）の回転速度であり、モータ21の特性値はモータ21に流れる電流である。

20

【0047】

モータ制御部25は、出力検出部23により検出された回転速度および特性値検出部24により検出された電流を取得し、図1の制御装置30に与える。また、モータ制御部25は、制御装置30により与えられた目標速度でモータ21（ロータ22）が回転するようにモータ21を制御する。

【0048】

制御装置30は、例えばCAN（Controller Area Network）通信により複数の飛行ユニット20のモータ制御部25に接続される。図3は、制御装置30の構成を示すブロック図である。図3に示すように、制御装置30は、主制御部31、記憶部32、目標速度設定部33、関係情報取得部34および判定部35を含む。

30

【0049】

主制御部31は、例えば中央演算処理装置（CPU；Central Processing Unit）を含む。記憶部32は、例えば揮発性メモリまたはハードディスクを含む。記憶部32には、コンピュータプログラムが記憶される。また、主制御部31が記憶部32に記憶されるコンピュータプログラムを実行することにより、目標速度設定部33、関係情報取得部34および判定部35の機能が実現される。

【0050】

目標速度設定部33は、図2の複数のモータ21の目標速度を設定する。また、目標速度設定部33は、設定した目標速度を判定部35および図2のモータ制御部25に与える。さらに、目標速度設定部33は、判定部35によりいずれかのモータ21またはそれに対応するロータ22が異常であると判定されたときは、他のモータ21の目標速度を適切に更新する。これにより、飛行体100の不安定な飛行を回避するための種々の動作を行うことができる。飛行体100の不安定な飛行を回避するための動作は、飛行体100の姿勢を安定に維持すること、または飛行体100を安全な場所に着陸させること等を含む。

40

【0051】

関係情報取得部34は、各モータ21の回転速度とモータ21に流れる電流との関係を

50

示す関係情報を取得し、取得した関係情報を判定部 35 に与える。関係情報は、各モータ 21 およびそれに対応するロータ 22 の正常動作時（以下、単に正常動作時と呼ぶ。）におけるモータ 21 に流れる電流の許容範囲を有してもよい。また、関係情報および許容範囲は、記憶部 32 に記憶された関係式に基づいて取得されてもよいし、記憶部 32 に記憶されたテーブルに基づいて取得されてもよい。関係情報および許容範囲の詳細については後述する。

【0052】

判定部 35 は、図 2 の出力検出部 23 により検出された回転速度（以下、実回転速度と呼ぶ。）および図 2 の特性値検出部 24 により検出された電流を取得する。また、判定部 35 は、目標速度設定部 33 により設定された各モータ 21 の目標速度と出力検出部 23 により検出された実回転速度との差を算出する。

10

【0053】

以下、目標速度と実回転速度との差の絶対値を回転速度差と呼ぶ。また、目標速度から実回転速度を減算した結果を相対速度差と呼ぶ。目標速度が実回転速度より高い場合には相対速度差は正の値で表され、目標速度が実回転速度より低い場合には相対速度差は負の値で表される。判定部 35 は、取得した関係情報、回転速度および電流ならびに算出した回転速度差（または相対速度差）に基づいて、各モータ 21 またはそれに対応するロータ 22 が異常であるか否かを判定する。

【0054】

（2）関係情報

図 4 は、モータ 21 の回転速度とモータ 21 に流れる電流との関係を示す図である。図 4 の横軸はいずれかのモータ 21 の回転速度を示し、図 4 の縦軸は当該モータ 21 に流れる電流を示す。後述する図 5 ~ 図 10 においても同様である。図 4 に太い曲線 L0 で示すように、特定の環境におけるモータ 21 の回転速度とモータ 21 に流れる電流との関係（以下、モータ 21 の基本特性と呼ぶ。）は既知である。

20

【0055】

図 3 の判定部 35 は、図 3 の関係情報取得部 34 により取得されたモータ 21 の基本特性を示す関係情報に基づいて、正常動作時におけるモータ 21 の所定の回転速度に対応してモータ 21 に流れる電流を特定可能である。しかしながら、モータ 21 またはそれに対応するロータ 22 に何らかの要因による異常が発生することがある。このような場合には、当該モータ 21 の回転速度と当該モータ 21 に流れる電流との対応関係が変化する。

30

【0056】

ここで、モータ 21 の異常は、モータ 21 の焼損、脱調、断線、短絡または減磁等を含む。また、モータ 21 の異常は、ベアリングの劣化、グリス切れもしくは錆等による摺動抵抗の増大またはギャップへの異物の混入を含む。ロータ 22 の異常は、異物がロータ 22 に衝突または付着すること等によるロータ 22 の回転速度の一時的な変動を含む。また、ロータ 22 の異常は、ロータ 22 の変形、汚染、欠損もしくは脱落によるロータ 22 の特性の変化、またはロータ 22 の内部破損に起因する剛性変化によるロータ 22 の特性の変化を含む。

【0057】

さらに、モータ 21 またはロータ 22 の構成部材の経年劣化に伴う特性変化により、モータ 21 またはロータ 22 に異常が発生することがある。また、飛行体 100 の変形または破損等によるアライメントのずれにより、モータ 21 またはロータ 22 に異常が発生することがある。

40

【0058】

そこで、図 3 の判定部 35 は、図 2 の特性値検出部 24 により検出された電流が図 2 の出力検出部 23 により検出された実回転速度に対応する電流と略一致する場合に、各モータ 21 およびそれに対応するロータ 22 が異常ではないと判定する。これにより、上記の広範な要因による異常がモータ 21 またはそれに対応するロータ 22 に発生していないことを検出することができる。

50

【 0 0 5 9 】

また、本実施の形態においては、正常動作中のモータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると誤判定されることを抑制するために、正常動作時におけるモータ 2 1 に流れる電流の許容範囲が関係情報に設けられる。以下、モータ 2 1 およびロータ 2 2 の定常応答時および過渡応答時における許容範囲について説明する。

【 0 0 6 0 】

(3) 定常応答時における許容範囲

図 5 は、モータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 の定常応答時における許容範囲の第 1 の例を示す図である。定常応答時における許容範囲の第 1 の例では、図 5 に示すように、モータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 の個体差に起因する電流のばらつきに基づく電流の下限および上限がモータ 2 1 の回転速度ごとに関係情報に設定される。図 5 においては、電流の下限に対応する細い曲線 L 1 が太い曲線 L 0 の下方に示され、電流の上限に対応する細い曲線 L 2 が太い曲線 L 0 の上方に示される。

10

【 0 0 6 1 】

モータ 2 1 の各回転速度における曲線 L 1 上の電流と曲線 L 2 上の電流との間の範囲が許容範囲 D 1 となる。図 3 の判定部 3 5 は、図 2 の特性値検出部 2 4 により検出された電流が図 2 の出力検出部 2 3 により検出された実回転速度に対応する許容範囲 D 1 内にある場合に、モータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 が異常ではないと判定する。

【 0 0 6 2 】

モータ 2 1 の回転速度とモータ 2 1 に流れる電流との関係は、個体差によりモータ 2 1 とロータ 2 2 との組ごとにわずかに異なることがある。このような場合であっても、各関係情報に許容範囲 D 1 が設定されることにより、正常動作中のモータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると誤判定されることが抑制される。

20

【 0 0 6 3 】

図 6 は、モータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 の定常応答時における許容範囲の第 2 の例を示す図である。定常応答時における許容範囲の第 2 の例では、図 6 に示すように、モータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 の環境因子の変動に基づく電流の下限および上限がモータ 2 1 の回転速度ごとに関係情報に設定される。ここで、環境因子の変動とは、気温、気圧もしくは湿度等の気象条件の変化または飛行体 1 0 0 のバッテリー残量の変化を含む。図 6 においては、電流の下限に対応する細い曲線 L 3 が太い曲線 L 0 の下方に示され、電流の上限に対応する細い曲線 L 4 が太い曲線 L 0 の上方に示される。

30

【 0 0 6 4 】

モータ 2 1 の各回転速度における曲線 L 3 上の電流と曲線 L 4 上の電流との間の範囲が許容範囲 D 2 となる。判定部 3 5 は、特性値検出部 2 4 により検出された電流が出力検出部 2 3 により検出された実回転速度に対応する許容範囲 D 2 内にある場合に、モータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 が異常ではないと判定する。

【 0 0 6 5 】

モータ 2 1 の回転速度とモータ 2 1 に流れる電流との関係は、飛行体 1 0 0 の使用環境により異なることがある。このような場合であっても、各関係情報に許容範囲 D 2 が設定されることにより、正常動作中のモータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると誤判定されることが抑制される。

40

【 0 0 6 6 】

図 7 は、モータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 の定常応答時における許容範囲の第 3 の例を示す図である。定常応答時における許容範囲の第 3 の例では、図 7 に示すように、図 5 の例における電流のばらつきと図 6 の例における環境因子の変動とに基づく電流の下限および上限がモータ 2 1 の回転速度ごとに関係情報に設定される。図 7 においては、電流の下限に対応する細い曲線 L 5 が太い曲線 L 0 の下方に示され、電流の上限に対応する細い曲線 L 6 が太い曲線 L 0 の上方に示される。

【 0 0 6 7 】

モータ 2 1 の各回転速度における曲線 L 5 上の電流と曲線 L 6 上の電流との間の範囲が

50

許容範囲 D 1 2 となる。判定部 3 5 は、特性値検出部 2 4 により検出された電流が出力検出部 2 3 により検出された実回転速度に対応する許容範囲 D 1 2 内にある場合に、モータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 が異常ではないと判定する。モータ 2 1 の基本特性に個体差がありかつ環境因子の変動により基本特性が変動する場合であっても、正常動作中のモータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると誤判定されることが抑制される。

【 0 0 6 8 】

(4) 過渡応答時における許容範囲

モータ 2 1 の回転速度とモータ 2 1 に流れる電流との関係は、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 の減速または加速等の過渡応答時に定常応答時とは異なることがある。そこで、本実施の形態においては、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 の過渡応答時における電流のさらなる許容範囲が関係情報に設定される。

10

【 0 0 6 9 】

ここで、過渡応答時における許容範囲は、回転速度差に基づいて変化する。そのため、過渡応答時に、より適した許容範囲に基づいてモータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 の異常が判定される。これにより、過渡応答時に、正常動作中のモータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると誤判定されることがより抑制される。

【 0 0 7 0 】

図 8 は、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 の減速の過渡応答時における許容範囲の第 1 の例を示す図である。モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 の減速の過渡応答時では、目標速度が減少した後、モータ 2 1 の実回転速度が目標速度に近づくように減少し、ロータ 2 2 が減速する。この場合、相対速度差は負の値となる。この例では、相対速度差により定まる電流の下限がモータ 2 1 の回転速度ごとに関係情報に設定される。図 8 においては、減速の過渡応答時の電流の下限に対応する曲線 L 7 が定常応答時における許容範囲 D s の下方に示される。

20

【 0 0 7 1 】

ここで、定常応答時における許容範囲 D s は、定常応答時に設定される電流の許容範囲である。したがって、図 4 の例では、許容範囲は設定されないの、許容範囲 D s は曲線 L 0 に相当する。一方、図 5、図 6 および図 7 の例では、許容範囲 D s はそれぞれ許容範囲 D 1 , D 2 , D 1 2 である。後述する図 9 および図 1 0 においても同様である。

30

【 0 0 7 2 】

図 8 には、回転速度差（相対速度差の絶対値）が小さいときの曲線 L 7 が実線で示され、回転速度差が大きいときの曲線 L 7 が点線で示される。モータ 2 1 の各回転速度における許容範囲 D s の下限の電流と曲線 L 7 上の電流との間の範囲がさらなる許容範囲 D 3 1 となる。このようにして、許容範囲 D 3 1 は回転速度差により変化する。具体的には、許容範囲 D 3 1 は、回転速度差が大きいほどその下限が小さくなるように変化する。

【 0 0 7 3 】

図 8 の例では、モータ 2 1 の各回転速度における許容範囲 D s の上限の電流と曲線 L 7 上の電流との間の範囲がモータ 2 1 の減速の過渡応答時における総合的な許容範囲 D t 1 となる。判定部 3 5 は、回転速度差に基づいて許容範囲 D 3 1 を動的に変化させつつ、図 2 の特性値検出部 2 4 により検出された電流が出力検出部 2 3 により検出された実回転速度に対応する許容範囲 D t 1 内にある場合に、モータ 2 1 およびそれに対応するロータが異常ではないと判定する。これにより、正常動作中において減速の過渡応答時にモータ 2 1 に流れる電流が大きく減少する場合でも、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると誤判定されることが抑制される。

40

【 0 0 7 4 】

図 9 は、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 の加速の過渡応答時における許容範囲の第 2 の例を示す図である。モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 の加速の過渡応答時では、目標速度が増加した後、モータ 2 1 の実回転速度が目標速度に近づくように増加し、ロータ 2 2 が加速する。この場合、相対速度差は正の値となる。この例では、

50

相対速度差により定まる電流の上限がモータ 2 1 の回転速度ごとに関係情報に設定される。図 9 においては、加速の過渡応答時の電流の上限に対応する曲線 L 8 が定常応答時における許容範囲 D s の上方に示される。

【 0 0 7 5 】

図 9 には、回転速度差が小さいときの曲線 L 8 が実線で示され、回転速度差が大きいときの曲線 L 8 が点線で示される。モータ 2 1 の各回転速度における許容範囲 D s の上限の電流と曲線 L 8 上の電流との間の範囲がさらなる許容範囲 D 3 2 となる。このようにして、許容範囲 D 3 2 は回転速度差により変化する。具体的には、回転速度差が大きいほどその上限が大きくなるように変化する。

【 0 0 7 6 】

図 9 の例では、モータ 2 1 の各回転速度における許容範囲 D s の下限の電流と曲線 L 8 上の電流との間の範囲がモータ 2 1 の加速の過渡応答時における総合的な許容範囲 D t 2 となる。判定部 3 5 は、回転速度差に基づいて許容範囲 D 3 2 を動的に変化させつつ、特性値検出部 2 4 により検出された電流が出力検出部 2 3 により検出された実回転速度に対応する許容範囲 D t 2 内にある場合に、モータ 2 1 およびそれに対応するロータが異常ではないと判定する。これにより、正常動作中において過渡応答時にモータ 2 1 に流れる電流が大きく増加する場合でも、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると誤判定されることが抑制される。

【 0 0 7 7 】

(5) 異常の判定の不実行

回転速度差（目標速度と実回転速度との差の絶対値）が予め設定されたしきい値速度差 G 0 未満である場合には、過渡応答時であっても、モータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 の挙動は定常応答時におけるモータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 の挙動と略等しい。そこで、本実施の形態においては、許容範囲 D 3 1 , D 3 2 は、回転速度差がしきい値速度差 G 0 以上である場合に設定され、回転速度差がしきい値速度差 G 0 未満の場合には設定されない。これにより、正常動作中のモータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 の異常を精度よく検出することができる。

【 0 0 7 8 】

減速の過渡応答時に、正常動作中であっても、回転速度差が一定の値を超えるとモータ 2 1 に流れる電流が著しく減少する場合がある。そこで、相対速度差が負であるとき、負のしきい値速度差 G 1 が予め設定される。判定部 3 5 は、相対速度差がしきい値速度差 G 1 以下である場合には、モータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 の異常の判定を行わない。これにより、正常動作中のモータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると誤判定されることが抑制される。

【 0 0 7 9 】

同様に、加速の過渡応答時に、正常動作中であっても、回転速度差が一定の値を超えかつ回転速度が一定の値を超えるとモータ 2 1 に流れる電流が著しく増加する場合がある。そこで、相対速度差が正であるとき、正のしきい値速度差 G 2 が予め設定される。また、モータ 2 1 の実回転速度について、しきい値速度 R 1 が予め設定される。判定部 3 5 は、相対速度差がしきい値速度差 G 2 以上でありかつ実回転速度がしきい値速度 R 1 以上である場合には、モータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 の異常の判定を行わない。これにより、正常動作中のモータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると誤判定されることが抑制される。

【 0 0 8 0 】

また、判定部 3 5 は、モータ 2 1 またはロータ 2 2 の過渡応答時には、予め定められた時間 t 0 だけモータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 の異常の判定を行わなくてもよい。この場合、過渡応答時において正常動作中のモータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると誤判定されることが抑制される。

【 0 0 8 1 】

以上のように、モータ 2 1 またはロータ 2 2 の過渡応答時には、異常の判定が実行され

10

20

30

40

50

ないことがある。

【 0 0 8 2 】

一方で、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常である場合には、一定時間以上モータ 2 1 に流れる電流が許容範囲外になる。そこで、判定部 3 5 は、モータ 2 1 に流れる電流が許容範囲外である状態が予め定められた時間 t_1 以上継続した場合には、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると判定する。これにより、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 の異常を精度よく検出することができる。

【 0 0 8 3 】

また、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常である場合には、モータ 2 1 に流れる電流が頻繁に許容範囲外になる。そこで、判定部 3 5 は、モータ 2 1 に流れる電流が許容範囲外である状態が予め定められた時間 t_2 以内に所定の回数以上発生した場合には、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると判定する。これにより、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 の異常を精度よく検出することができる。

10

【 0 0 8 4 】

さらに、判定部 3 5 は、モータ 2 1 の実回転速度に基づいて異常の判定を不実行とする。図 1 0 は、モータ 2 1 の実回転速度に基づく異常の判定の不実行を説明するための図である。正常動作中であっても、実回転速度がホバリング時の回転速度よりも低い場合には、モータ 2 1 に流れる電流が許容範囲外になることがある。そこで、判定部 3 5 は、図 1 0 に示すように、実回転速度がしきい値速度 R_0 よりも低い場合には、当該モータ 2 1 およびそれに対応するロータ 2 2 の異常の判定を行わない。しきい値速度 R_0 は、ホバリング時の回転速度よりも低い。これにより、正常動作中のモータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると誤判定されることが抑制される。

20

【 0 0 8 5 】

また、正常動作中であっても、モータ 2 1 に流れる電流が瞬間的に許容範囲外になることがある。そこで、判定部 3 5 は、予め定められた時間 t_3 以内に複数回検出された電流に基づいてモータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であるか否かを判定してもよい。

【 0 0 8 6 】

例えば、判定部 3 5 は、時間 t_3 以内に複数回検出された電流の平均値または標準偏差値等の代表値が許容範囲外になった場合に、モータ 2 1 またはロータ 2 2 が異常であると判定してもよい。あるいは、判定部 3 5 は、時間 t_3 以内に連続して電流が許容範囲外になった場合に、モータ 2 1 またはロータ 2 2 が異常であると判定してもよい。これらにより、正常動作中のモータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると誤判定されることが抑制される。

30

【 0 0 8 7 】

(6) 判定処理

図 1 1 は、主制御部 3 1 による判定処理の一例を示すフローチャートである。判定処理は、主制御部 3 1 が記憶部 3 2 に記憶されたコンピュータプログラムを目標速度設定部 3 3、関係情報取得部 3 4 および判定部 3 5 に実行させることにより行われる。以下、図 5 ~ 図 1 0 の許容範囲ならびに図 1 1 および図 1 2 のフローチャートにしたがって判定処理を説明する。

40

【 0 0 8 8 】

判定部 3 5 は、モータ 2 1 の実回転速度がしきい値速度 R_0 以上であるか否かを判定する (ステップ S 1 1)。モータ 2 1 の実回転速度がしきい値速度 R_0 よりも低い場合には、判定部 3 5 は、異常の判定を行わずに、モータ 2 1 の実回転速度がしきい値速度 R_0 以上になるまでステップ S 1 1 の処理を繰り返す。

【 0 0 8 9 】

ステップ S 1 1 において、モータ 2 1 の実回転速度がしきい値速度 R_0 以上である場合には、判定部 3 5 は、モータ 2 1 の相対速度差がしきい値速度差 G_1 以下であるか否かを判定する (ステップ S 1 2)。相対速度差が負のしきい値速度差 G_1 以下である場合には

50

、判定部 35 は、異常の判定を行わずに、ステップ S 11 の処理に戻る。判定部 35 は、相対速度差が負のしきい値速度差 G 1 より大きくなるまでステップ S 11 , S 12 の処理を繰り返す。

【 0090 】

ステップ S 12 において、相対速度差が負のしきい値速度差 G 1 より大きい場合には、判定部 35 は、モータ 21 の相対速度差が正のしきい値速度差 G 2 以上でかつモータ 21 の実回転速度がしきい値速度 R 1 以上であるか否かを判定する（ステップ S 13）。相対速度差が正のしきい値速度差 G 2 以上でかつ実回転速度がしきい値速度 R 1 以上である場合には、判定部 35 は、異常の判定を行わずに、ステップ S 11 の処理に戻る。判定部 35 は、相対速度差が正のしきい値速度差 G 2 より小さくなるかまたは実回転速度がしきい値速度 R 1 より低くなるまでステップ S 11 ~ S 13 の処理を繰り返す。

10

【 0091 】

ステップ S 13 において、相対速度差が正のしきい値速度差 G 2 より小さいかまたは実回転速度がしきい値速度 R 1 より低い場合には、判定部 35 は、モータ 21 に流れる電流が定常応答時における許容範囲 D s 内にあるか否かを判定する（ステップ S 14）。電流が許容範囲 D s 内にある場合には、判定部 35 は、モータ 21 およびそれに対応するロータが異常ではないと判定し、ステップ S 11 の処理に戻る。判定部 35 は、電流が許容範囲 D s 外になるまでステップ S 11 ~ S 14 の処理を繰り返す。

【 0092 】

ステップ S 14 において、電流が許容範囲 D s 外にある場合には、判定部 35 は、モータ 21 の回転速度差（目標速度と実回転速度との差の絶対値）がしきい値速度差 G 0 未満であるかを判定する（ステップ S 15）。回転速度差がしきい値速度差 G 0 未満である場合には、判定部 35 はステップ S 18 の処理に進む。

20

【 0093 】

ステップ S 15 において、回転速度差がしきい値速度差 G 0 以上である場合には、判定部 35 は、モータ 21 の相対速度差に基づいて過渡応答時における許容範囲 D t 1 , D t 2 を取得する（ステップ S 16）。次に、判定部 35 は、モータ 21 に流れる電流が過渡応答時における許容範囲 D t 1 内または許容範囲 D t 2 内にあるか否かを判定する（ステップ S 17）。電流が許容範囲 D t 1 内または許容範囲 D t 2 内にある場合には、判定部 35 は、モータ 21 およびそれに対応するロータ 22 が異常ではないと判定し、ステップ S 11 の処理に戻る。判定部 35 は、回転速度差がしきい値速度差 G 0 未満になるか、電流が許容範囲 D t 1 外または許容範囲 D t 2 外になるまでステップ S 11 ~ S 15 の処理またはステップ S 11 ~ S 17 の処理を繰り返す。

30

【 0094 】

ステップ S 17 において、電流が許容範囲 D t 1 外または許容範囲 D t 2 外にある場合には、判定部 35 は、異常の判定を保留する（ステップ S 18）。このとき、主制御部 31 は、図示しないタイマを作動させることにより、異常の判定の保留の開始からの経過時間を計測する。その後、判定部 35 は、異常の判定の保留が時間 t 1 以上継続したか否かを判定する（ステップ S 19）。異常の判定の保留が時間 t 1 以上継続した場合には、判定部 35 はステップ S 21 の処理に進む。

40

【 0095 】

ステップ S 19 において、異常の判定の保留が時間 t 1 以上継続していない場合には、判定部 35 は、異常の判定の保留が時間 t 2 以内に所定の回数以上発生したか否かを判定する（ステップ S 20）。異常の判定の保留が時間 t 2 以内に所定の回数以上発生していない場合には、判定部 35 は、異常の判定を保留したままステップ S 11 の処理に戻る。判定部 35 は、異常の判定の保留が時間 t 1 以上継続するか、または異常の判定の保留が時間 t 2 以内に所定の回数以上発生するまでステップ S 11 ~ S 19 の処理またはステップ S 11 ~ S 20 の処理を繰り返す。

【 0096 】

ステップ S 19 において異常の判定の保留が時間 t 1 以上継続した場合、またはステッ

50

ブ S 2 0 において異常の判定の保留が時間 t_2 以内に所定の回数以上発生した場合、判定部 3 5 は、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であると判定する（ステップ S 2 1）。これにより、判定部 3 5 は判定処理を終了し、主制御部 3 1 は飛行体 1 0 0 の不安定な飛行を回避するための種々の制御を行う。

【 0 0 9 7 】

上記の判定処理においては、一部の処理が他の順序で実行されてもよい。例えば、ステップ S 1 1 ~ S 1 3 の処理はいずれが先に実行されてもよい。また、過渡応答時における許容範囲 D_{t1} , D_{t2} が関係情報に設けられない場合には、ステップ S 1 5 ~ S 2 0 の処理は省略される。過渡応答時に異常の判定の保留が行われない場合には、ステップ S 1 8 ~ S 2 0 の処理は省略される。

10

【 0 0 9 8 】

(7) 効果

本実施の形態に係る飛行体 1 0 0 においては、複数のモータ 2 1 およびそれらにそれぞれ対応する複数のロータ 2 2 が本体部 1 0 に設けられる。各モータ 2 1 の実回転速度が出力検出部 2 3 により検出され、各モータ 2 1 に流れる電流が特性値検出部 2 4 により検出される。各モータ 2 1 の回転速度と電流との関係を示す関係情報が関係情報取得部 3 4 により取得される。

【 0 0 9 9 】

取得された関係情報ならびに各モータ 2 1 の実回転速度および電流に基づいて、当該モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 が異常であるか否かが判定部 3 5 により判定される。これにより、より広範な要因により発生する各モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 の異常を検出することができる。

20

【 0 1 0 0 】

[2] 第 2 の実施の形態

第 2 の実施の形態に係る飛行体 1 0 0 について、第 1 の実施の形態に係る飛行体 1 0 0 と異なる点を説明する。本実施の形態に係る飛行体 1 0 0 には、本体部 1 0 が離陸しない程度に各モータ 2 1 を回転させることを使用者に促す校正情報取得モードが設けられる。

【 0 1 0 1 】

図 1 3 は、第 2 の実施の形態に係る飛行体 1 0 0 の制御装置 3 0 の構成を示すブロック図である。図 1 3 に示すように、本実施の形態においては、制御装置 3 0 は校正情報取得部 3 6 をさらに含む。主制御部 3 1 が記憶部 3 2 に記憶されるコンピュータプログラムを実行することにより、校正情報取得部 3 6 の機能が実現される。校正情報取得部 3 6 は、校正情報取得モードにおいて各モータ 2 1 の回転速度を校正情報として取得し、関係情報取得部 3 4 に与える。

30

【 0 1 0 2 】

関係情報取得部 3 4 は、取得した校正情報に基づいて、関係情報における各モータ 2 1 の基本特性を校正する。この場合、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 の個体差に起因する電流のばらつきを関係情報から排除することができる。また、関係情報における環境因子の変動による電流の変動の影響を低減することができる。

【 0 1 0 3 】

この構成によれば、モータ 2 1 またはそれに対応するロータ 2 2 の個体差に起因する電流のばらつきに基づく電流の下限および上限がモータ 2 1 の回転速度ごとに関係情報に設定される必要がない。そのため、本実施の形態においては、定常応答時における許容範囲 D_s として、図 5 の許容範囲 D_1 および図 7 の許容範囲 D_{12} は用いられない。本実施の形態においては、許容範囲 D_s として図 6 の許容範囲 D_2 が設けられればよい。

40

【 0 1 0 4 】

本実施の形態においては、飛行体 1 0 0 に図示しない校正スイッチが設けられる。校正スイッチがオン状態である場合には、校正された基本特性に基づく関係情報を用いて判定処理が行われる。一方、校正スイッチがオフ状態である場合には、初期状態の基本特性に基づく関係情報を用いて判定処理が行われる。初期状態の基本特性とは、例えば飛行体 1

50

00または各飛行ユニット20の工場出荷時における基本特性である。

【0105】

図14は、第2の実施の形態における主制御部31による判定処理の一例を示すフローチャートである。図14に示すように、本実施の形態における判定処理では、判定部35は校正スイッチがオン状態であるか否かを判定する(ステップS1)。校正スイッチがオン状態でない場合、判定部35は図11のステップS11の処理に進む。これにより、初期状態の関係情報を用いて、第1の実施の形態と同様の判定処理が実行される。

【0106】

ステップS1において、校正スイッチがオン状態である場合、判定部35は関係情報を校正後の基本特性に基づく関係情報に更新する(ステップS2)。その後、判定部35は、更新後の関係情報が初期状態の関係情報から一定以上乖離しているか否かを判定する(ステップS3)。更新後の関係情報が初期状態の関係情報から乖離している場合、判定部35は飛行ユニット20の組み立てが異常であると判定し(ステップS4)、判定部35は判定処理を終了する。

10

【0107】

ステップS3において、更新後の関係情報が初期状態の関係情報から乖離していない場合、判定部35は図11のステップS11の処理に進む。これにより、更新後の関係情報を用いて、第1の実施の形態と同様の判定処理が実行される。

【0108】

[3]第3の実施の形態

第3の実施の形態に係る飛行体100について、第1の実施の形態に係る飛行体100と異なる点を説明する。図15は、第3の実施の形態に係る飛行体100の構成を示すブロック図である。図15に示すように、本実施の形態に係る飛行体100には、使用環境に関連する環境値を検出する環境値検出部40がさらに設けられる。環境値は、気温、気圧、飛行体100の速度、飛行体100の加速度および飛行体100の角速度の少なくとも1つを含む。

20

【0109】

環境値検出部40は、本体部10の筐体部11(図1)の内部空間に收容され、検出した環境値を関係情報取得部34に与える。ここで、記憶部32には、環境値ごとに許容範囲D2(図6)が異なる関係情報を算出するための関係式または当該関係情報を取得するためのテーブルが記憶されている。関係情報取得部34は、取得した環境値に対応する関係情報を記憶部32に記憶された関係式またはテーブルに基づいて取得する。

30

【0110】

この構成によれば、環境値検出部40により検出される環境値に基づいて許容範囲D2を適切に変動させることができる。そのため、飛行体100の使用環境により適した許容範囲D2に基づいてモータ21またはそれに対応するロータ22の異常が判定される。これにより、正常動作中のモータ21またはそれに対応するロータ22が異常であると誤判定されることがより抑制される。

【0111】

本実施の形態において、第2の実施の形態と同様の校正情報取得部36(図13)が制御装置30に設けられてもよい。この場合、正常動作中のモータ21またはそれに対応するロータ22が異常であると誤判定されることがさらに抑制される。

40

【0112】

[4]他の実施の形態

(1)上記実施の形態において、出力検出部23はモータ21の出力に関連する出力情報としてモータ21の実回転速度を検出するが、本発明はこれに限定されない。出力検出部23は、モータ21の出力に関連する他の出力情報を検出してもよい。例えば、出力検出部23は、モータ21のトルクを出力情報として検出してもよいし、モータ21の実回転速度およびトルクの両方を出力情報として検出してもよい。

【0113】

50

(2) 上記実施の形態において、特性値検出部 24 はモータ 21 の出力情報に依存して変化する特性値としてモータ 21 に流れる電流を検出するが、本発明はこれに限定されない。特性値検出部 24 は、モータ 21 の出力情報に依存して変化する他の特性値を検出してもよい。例えば、特性値検出部 24 は、モータ 21 の電圧またはモータ 21 の温度を特性値として検出してもよいし、モータ 21 に流れる電流、モータ 21 の電圧およびモータ 21 の温度の 2 つ以上を特性値として検出してもよい。

【0114】

[5] 請求項の各構成要素と実施の形態の各部との対応関係

以下、請求項の各構成要素と実施の形態の各要素との対応の例について説明するが、本発明は下記の例に限定されない。

10

【0115】

上記実施の形態では、本体部 10 が飛行本体の例であり、モータ 21 がモータの例であり、ロータ 22 がロータの例であり、出力検出部 23 が出力検出部の例である。特性値検出部 24 および環境値検出部 40 がそれぞれ第 1 および第 2 のパラメータ検出部の例であり、関係情報取得部 34 が取得部の例であり、判定部 35 が判定部の例である。

【0116】

飛行体 100 が無人飛行体の例であり、許容範囲 D1, D2, D12, D31, D32, Ds, Dt1, Dt2 が許容範囲の例であり、許容範囲 D1, D2 がそれぞれ第 1 および第 2 の範囲の例である。許容範囲 D31, D32 が第 3 の範囲の例であり、モータ制御部 25 が回転制御部の例であり、しきい値速度差 G0, G1, G2 がそれぞれ第 1、第 2 および第 3 のしきい値の例である。しきい値速度 R0, R1 がそれぞれ第 5 および第 4 のしきい値の例であり、時間 t1, t2, t3 がそれぞれ第 1、第 2 および第 3 の時間の例である。

20

【0117】

請求項の各構成要素として、請求項に記載されている構成または機能を有する他の種々の要素を用いることもできる。

【産業上の利用可能性】

【0118】

本発明は、無人で飛行する種々の飛行体に有効に利用することができる。

【符号の説明】

30

【0119】

- 10 本体部
- 11 筐体部
- 12 アーム部
- 12 a 保持部
- 13 脚部
- 20 飛行ユニット
- 21 モータ
- 22 ロータ
- 23 出力検出部
- 24 特性値検出部
- 25 モータ制御部
- 30 制御装置
- 31 主制御部
- 32 記憶部
- 33 目標速度設定部
- 34 関係情報取得部
- 35 判定部
- 36 校正情報取得部
- 40 環境値検出部

40

50

100 飛行体

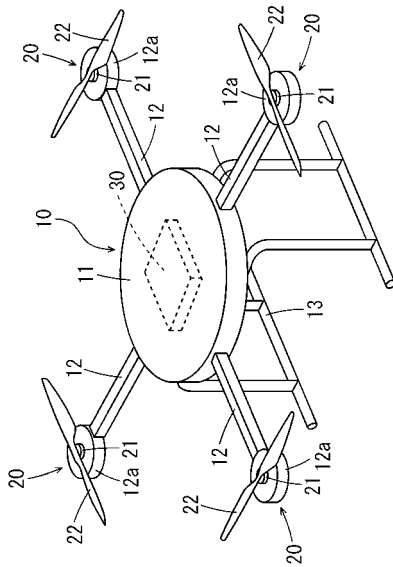
D1, D2, D12, D31, D32, Ds, Dt1, Dt2 許容範囲

G0 ~ G2 しきい値速度差

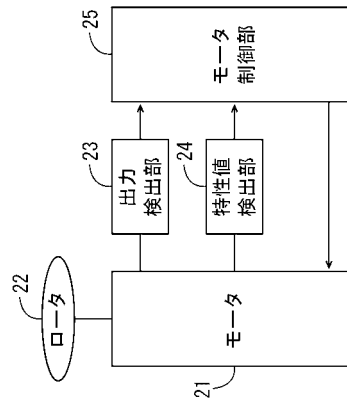
L0 ~ L8 曲線

R0, R1 しきい値速度

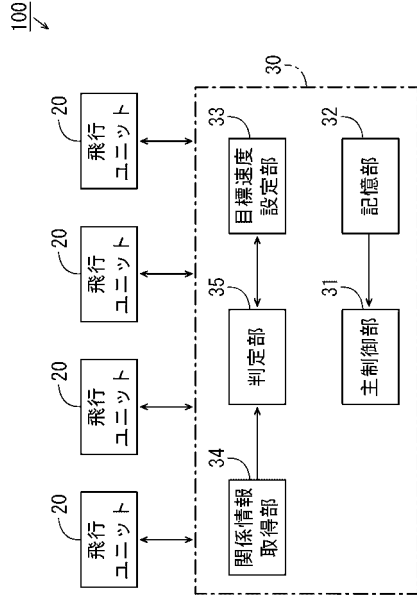
【図1】
100



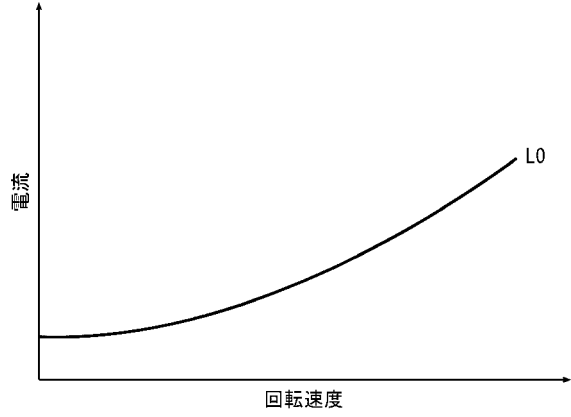
【図2】
20



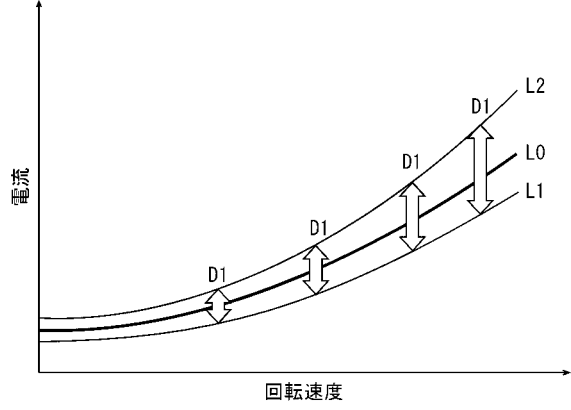
【 図 3 】



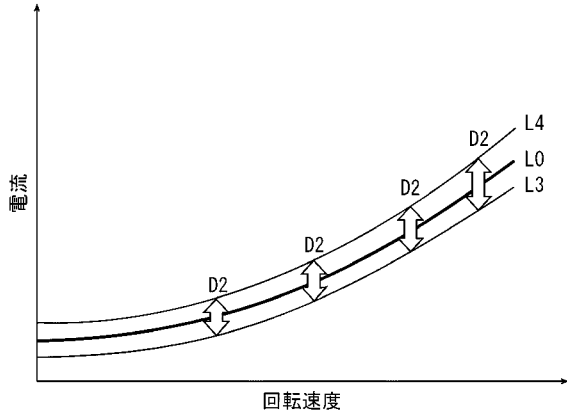
【 図 4 】



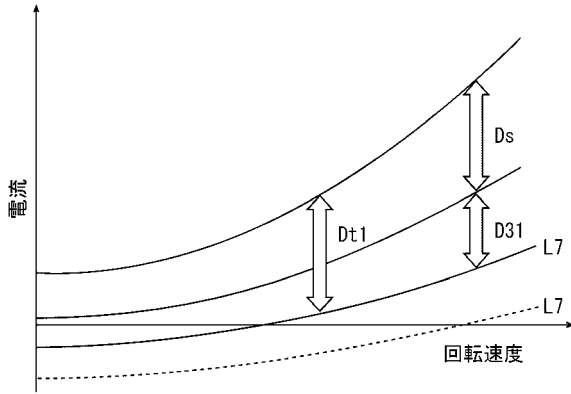
【 図 5 】



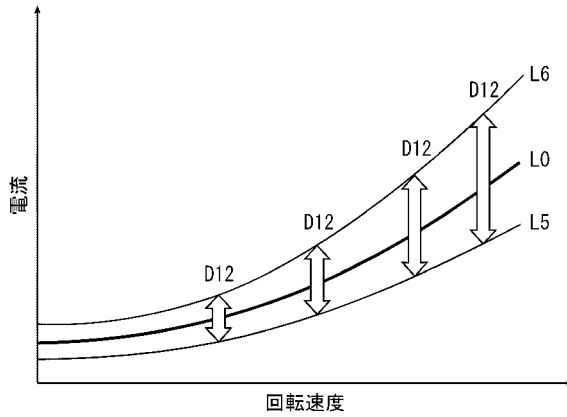
【 図 6 】



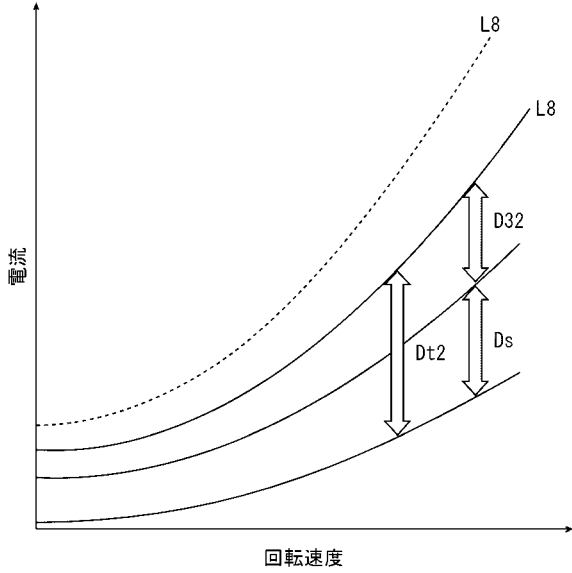
【 図 8 】



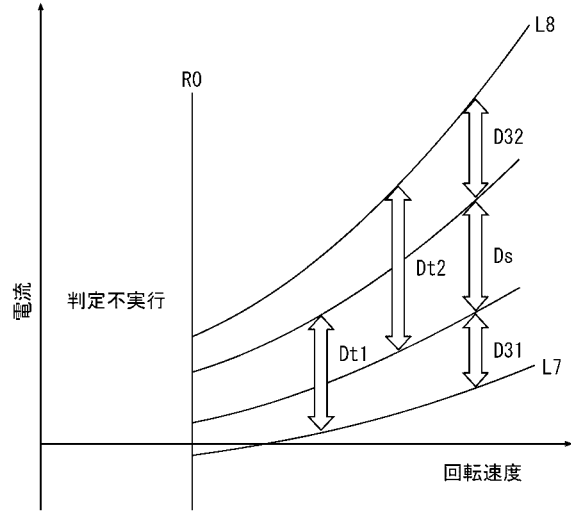
【 図 7 】



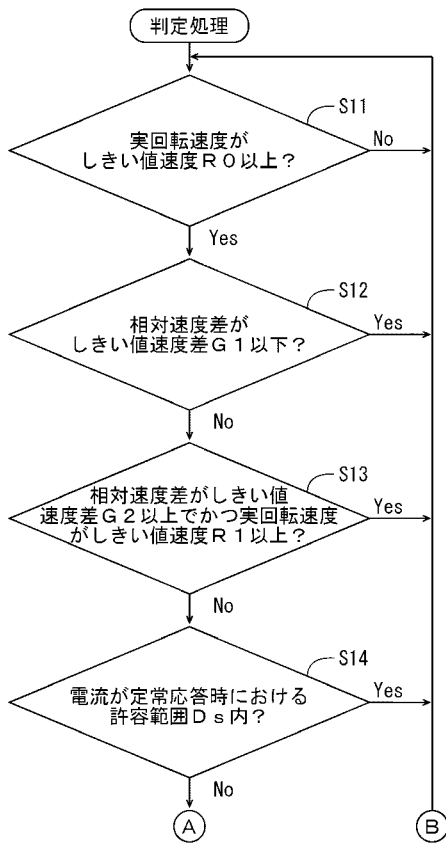
【図 9】



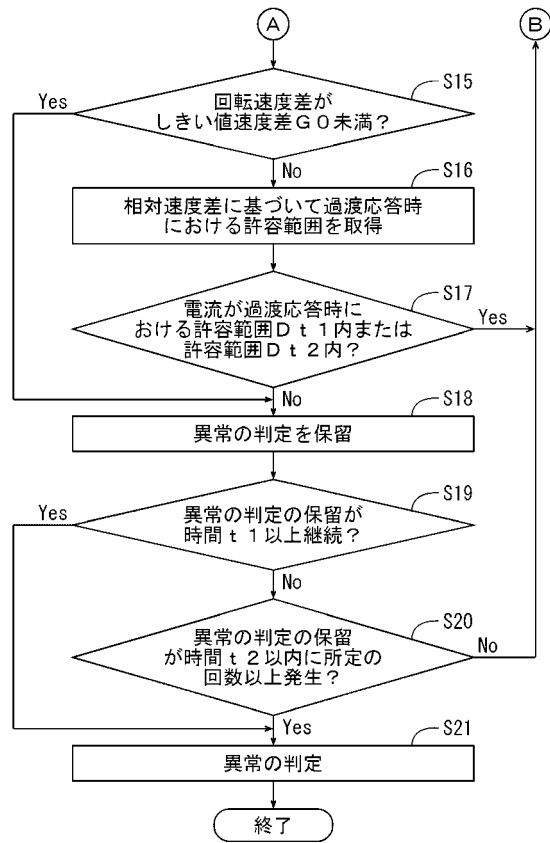
【図 10】



【図 11】

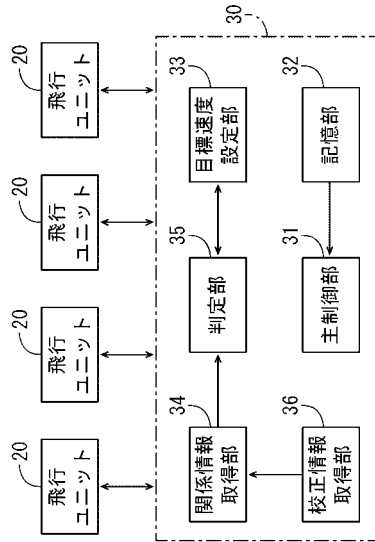


【図 12】

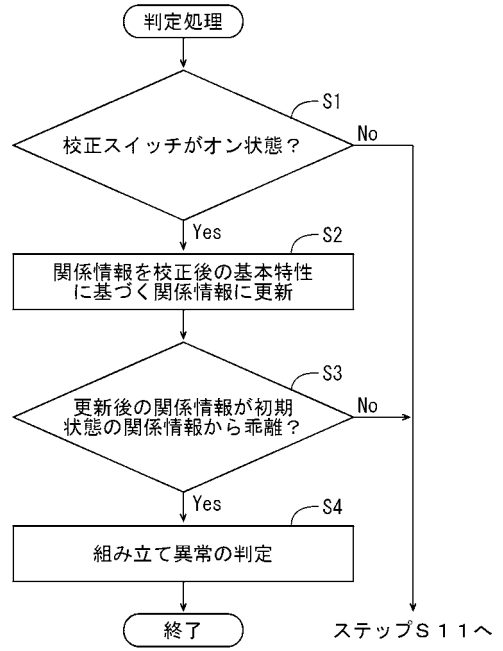


【図 1 3】

100 ↙

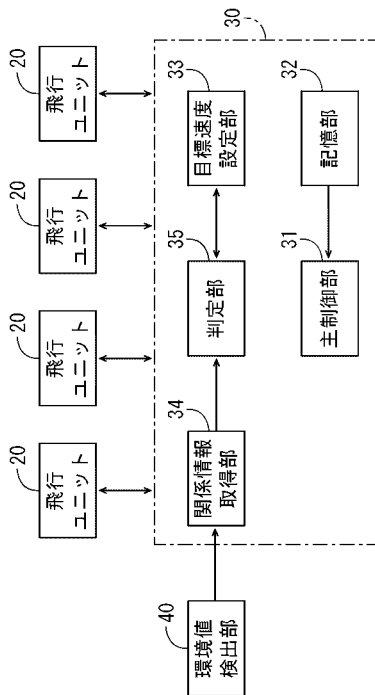


【図 1 4】



【図 1 5】

100 ↙



フロントページの続き

- (72)発明者 林 隼之
静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 ヤマハ発動機株式会社内
- (72)発明者 神田 大
静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 ヤマハ発動機株式会社内
- (72)発明者 松村 大祐
静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 ヤマハ発動機株式会社内
- (72)発明者 吉原 正典
静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 ヤマハ発動機株式会社内
- (72)発明者 米原 慧紀
静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 ヤマハ発動機株式会社内