

明 細 書

発明の名称：

無人航空機、及び、無人航空機を制御するための方法

技術分野

[0001] 本発明は、無人航空機、及び、これを制御するための方法に関するものであり、特に、複数のロータ（回転翼）を有する無人航空機（回転翼無人機）、及び、これを制御するための方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、遠隔操作又は自律制御によって飛行する無人航空機（ドローンと呼ばれることがある。）が知られている。こうした無人航空機は、典型的には、複数のロータ（回転翼）を有するマルチコプターとして構成され、産業用を含む様々な分野において用いられる。例えば、物流、災害対応、インフラ維持管理、測量、及び農林水産業等の分野において、こうした無人航空機の活用が期待されている。

[0003] 下記特許文献1は、こうした無人航空機の異常時における動作について開示する。具体的には、当該文献は、バッテリー及びモータ等の異常時において、継続飛行が可能な場合には、飛行を継続しつつユーザによる遠隔操作に従って着陸し、継続飛行が不可能な場合には、エアバック及びパラシュートを使用して不時着するように構成されたマルチコプターを開示している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2016-088111号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上述した従来のマルチコプターは、異常時において、継続飛行が可能な場合にユーザによる遠隔操作が必要となるから、例えば、無人航空機がユーザによる遠隔操作なしに自律飛行する場合には対応することが

できず、継続飛行が可能な場合であっても、エアバック等を使用して任意の位置に軟着陸せざるを得ない。このように、無人航空機の異常時における動作には改善の余地が残されている。

[0006] 本発明の実施形態は、異常時において適切に不時着する無人航空機を実現することを目的の一つとする。本発明の実施形態の他の目的は、本明細書全体を参照することにより明らかとなる。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一実施形態に係る無人航空機は、複数のロータを有する無人航空機であって、前記複数のロータをそれぞれ駆動する複数のモータと、少なくとも前記複数のモータを制御する制御部と、を備え、前記制御部が、飛行中において異常を検出した場合に、不時着地点を特定し、特定した不時着地点に着陸するように前記複数のモータの少なくとも一部を制御する。こうした構成は、異常時における特定の地点への自律的な不時着を可能とする。

[0008] ここで、不時着地点は、様々な手法を用いて特定され得る。例えば、上述した無人航空機は、所定の複数の地点の中から不時着地点を特定する、ように構成され得る。より具体的には、例えば、上述した無人航空機は、前記制御部が、1又は複数の経由地点を含む目標地点までの飛行ルート情報に従って自動的に飛行するように前記複数のモータを制御し、飛行中において異常を検出した場合に、通過した経由地点に少なくとも基づいて前記所定の複数の地点の中から不時着地点を特定する、ように構成され得る。また、例えば、上述した無人航空機は、現在位置を検出する位置検出部を更に備え、前記制御部が、前記位置検出部によって検出される現在位置に少なくとも基づいて、所定の複数の地点の中から不時着地点を特定する、ように構成され得る。こうした構成は、不時着地点の簡易な特定を支援する。なお、所定の複数の地点の少なくとも一部は、操作者によって任意の地点が設定されており、又は、地図上に予め設定されている。

[0009] また、例えば、上述した無人航空機は、撮影部を更に備え、前記制御部が、前記撮影部によって撮影された地上の画像に少なくとも基づいて不時着地

点を特定する、ように構成され得る。より具体的には、例えば、上述した無人航空機は、前記制御部が、前記地上の画像を複数のセクションに分割し、分割した前記複数のセクションの各々の安全度を判定し、判定した前記複数のセクションの各々の安全度に少なくとも基づいて、前記地上の画像に含まれる不時着地点を特定する、ように構成され得る。例えば、制御部は、学習済みモデルを用いて前記複数のセクションの各々の安全度を判定するように構成され得る。こうした構成は、異常が発生したときの無人航空機の位置にかかわらず、地上の画像に基づいて、適切な不時着地点を特定することを支援する。

[0010] また、上述した無人航空機は、軟着陸するための軟着陸用装置を更に備え、前記制御部が、飛行中において異常を検出した場合であって、特定の不時着地点への着陸が不可能である場合に、前記軟着陸用装置を作動する、ように構成され得る。ここで、軟着陸用装置は、例えば、パラシュート、又は、エアバッグを用いて軟着陸するための装置として構成され得る。こうした構成は、特定の地点への不時着が不可能である場合における軟着陸を可能とする。

[0011] また、上述した無人航空機は、前記制御部が、外部から受信した情報に基づいて異常を検出する、ように構成され得る。例えば、制御部は、無人航空機の稼働情報を管理するクラウドサーバから、当該稼働情報、又は、当該稼働情報に基づく異常検出情報を受信し、これらの情報に基づいて異常を検出する、ように構成され得る。

[0012] また、上述した無人航空機は、前記制御部が、モータ駆動制御部を介して前記モータを制御し、前記モータ駆動制御部から受信する前記モータの稼働情報に少なくとも基づいて、前記モータの異常を検出する、ように構成され得る。

[0013] 本発明の一実施形態に係る方法は、複数のロータを有する無人航空機を制御するための方法であって、飛行中において異常を検出した場合に不時着地点を特定するステップと、特定した不時着地点に着陸するように、前記複数

のロータをそれぞれ駆動する複数のモータの少なくとも一部を制御するステップと、を備える。こうした構成は、異常時における特定の地点への自律的な不時着を可能とする。

発明の効果

[0014] 本発明の様々な実施形態は、異常時において適切に不時着する無人航空機を実現する。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の一実施形態に係る無人航空機 1 の外観図。

[図2]無人航空機 1 の構成を概略的に示すブロック図。

[図3]無人航空機 1 の異常時に実行される処理の一例を示すフローチャート。

[図4]飛行ルート及び緊急着陸地点の一例を示す図。

[図5]飛行ルートに含まれる地点と不時着地点との対応関係の一例を示す図。

[図6]地上の画像に基づいて不時着地点を特定する際に実行される処理の一例を示すフローチャート。

[図7]画像 4 0 1 が複数のセクション 4 1 に分割されて安全度が判定される様子を説明するための図。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。図 1 は、本発明の一実施形態に係る無人航空機 1 の外観図であり、図 2 は、無人航空機 1 の構成を概略的に示すブロック図である。

[0017] 無人航空機 1 は、図 1 に示すように、上から見た輪郭が六角形の箱型の部材である本体部 1 0 と、本体部 1 0 から外側に直線状に延びる 6 つのアーム 1 1 と、各アーム 1 1 の外側端部に 1 つずつ設けられた 6 つのモータ 1 2 と、各モータ 1 2 の上側に 1 つずつ設けられ当該モータ 1 2 によって駆動される 6 つのロータ 1 3 と、本体部 1 0 の下側に設けられた脚部 1 4 とを有する。6 つのロータ 1 3 は、本体部 1 0 を中心とする仮想的な円上に略等間隔で配置されている。無人航空機 1 は、これらのロータ 1 3 の回転によって生じる揚力及び推力により飛行（上昇、下降、水平移動、及び、方向転換等）す

るマルチコプターとして構成されている。

[0018] 図 1 に示すように、本体部 10 は、その上面に、パラシュートが格納されるパラシュート格納部 102 が設けられている。

[0019] また、図 2 に示すように、無人航空機 1 は、制御部 20 と、通信部 22 と、各種センサ 24 と、位置検出部 25 と、撮影部 26 と、情報を記憶する記憶部 28 と、パラシュート装置 29 と、無人航空機 1 の各部に電力を供給する電源 30 とを有する。これらの各部の少なくとも一部は、箱型の本体部 10 の内部に収容され得る。

[0020] 制御部 20 は、例えば、小型のコンピュータとして構成され、モータ 12 を含む無人航空機 1 の各部を制御する。本実施形態において、制御部 20 は、モータ 12 等の制御に加えて、より高度な制御を行うように構成することができ、例えば、後述する各種センサ 24 を介して取得した様々な情報を総合的に評価するセンサ・フュージョン、各種の画像処理、リスク判定、AI（ニューラルネットワーク等の学習済みモデル等）による各種の演算等を行うように構成され得る。

[0021] 通信部 22 は、ユーザ（操作者）が使用する遠隔操作装置（プロポ）等のユーザ装置、並びに、他の無人航空機等との間で無線通信を行う。

[0022] 各種センサ 24 は、無人航空機 1 の各種の制御に必要な様々なセンサを含む。例えば、各種センサ 24 には、高度センサ（気圧センサ）、方位センサ（電子コンパス）、加速度センサ、及び、ジャイロセンサ（角速度センサ）等が含まれる。

[0023] 位置検出部 25 は、無人航空機 1 の現在位置を検出する。例えば、位置検出部 25 は、GPS 受信機を含む。

[0024] 撮影部 26 は、静止画像及び動画を撮影可能な一般的なデジタルカメラとして構成されている。本実施形態において、撮影部 26 は、本体部 10 の下面に設けられており、地上方向（本体部 10 の下方向）の画像を撮影できるように構成されている。撮影部 26 を介して撮影された画像は、記憶部 28 に記録され得る。

- [0025] パラシュート装置 29 は、パラシュート格納部 102 に格納されているパラシュート、及び、当該パラシュートを放出するための公知の機構を含む。
- [0026] 次に、このように構成された無人航空機 1 の動作について説明する。まず、無人航空機 1 の正常時における動作について説明する。無人航空機 1 は、ユーザによる遠隔操作装置を用いた遠隔操作、又は、自律制御によって飛行する。具体的には、遠隔操作又は自律制御に基づく飛行指令、及び、各種センサ 24 から入力される各種の値に基づいて制御部 20 がモータ 12 を制御すると、当該モータ 12 によって回転駆動されるロータ 13 に作用する揚力及び推力により、無人航空機 1 は、上昇、下降、水平移動、及び、方向転換する。なお、6 つのロータ 13 は、隣接する 2 つのロータ 13 の回転方向が相互に逆方向となり、且つ、本体部 10 を介して対向する 2 つのロータ 13 の回転方向が同方向となるように構成されている。
- [0027] 例えば、無人航空機 1 は、無人航空機 1 自体に作用する重力と、回転するロータ 13 に作用する揚力を含む上向きの力とをバランスさせることによりホバリングし、6 つのロータ 13 の回転数を増加させて重力よりも上向きの力を大きくすることにより上昇し、ロータ 13 の回転数を減少させて重力よりも上向きの力を小さくすることにより下降する。
- [0028] また、例えば、無人航空機 1 は、6 つのロータ 13 の少なくとも一部の回転数を変化させることにより特定の方向に傾斜し、当該傾斜に伴ってロータ 13 の回転面が水平に対して傾斜することによって生じる水平方向の推力成分により、当該特定の方向に水平移動する。例えば、無人航空機 1 は、6 つのロータ 13 のうち特定の方向側に位置する 2 つのロータ 13 の回転数を、当該特定の方向の反対側に位置する 2 つのロータ 13 の回転数よりも小さくすることにより、当該特定の方向に水平移動することができる。
- [0029] また、例えば、無人航空機 1 は、6 つのロータ 13 のうち特定の方向に回転する 3 つのロータ 13 の回転数を、当該特定の方向の反対方向に回転する 3 つのロータ 13 の回転数よりも小さくすることにより、当該特定の方向に方向転換（水平回転）する。

[0030] 次に、無人航空機 1 の異常時における動作について説明する。図 3 は、無人航空機 1 の異常が検出されたときに制御部 20 によって実行される処理の一例を示すフローチャートである。当該処理は、例えば、制御部 20 がモータ 12 の異常を検出したときに実行される。モータ 12 の異常は、例えば、電流、電圧、振動数、回転数、及び温度等に基づいて検出される。本発明の実施形態において、無人航空機 1 の異常は、モータ 12 の異常に限定されず、モータ 12 の他、電源 30 又はその他の各部の異常、及び、通信部 22 を介した無線通信の異常等が含まれ得る。

[0031] 本実施形態において、モータ 12 は、例えば、三相ブラシレスモータとして構成され、公知のセンサレスベクトル制御を用いた電流制御によって駆動される。具体的には、ESC (Electronic Speed Controller、モータ駆動制御部) が、ロータの回転位置を誘起電圧等に基づいて推定し、推定した回転位置に基づいて、U、V、W 各相に供給する電流 (又は電圧) を、ベクトル制御を用いて決定する。

[0032] 例えば、ESC が、制御部 20 からの回転速度指令を入力として、一定電圧の供給時間比 (デューティ比) を変化させることによって実効的な供給電圧を変化させる PWM 方式に従ってモータ 12 を駆動すると共に、モータ 12 の回転速度及び電流等の稼働情報を制御部 20 に送信する。そして、制御部 20 は、モータ 12 の回転速度の指令値と、ESC から受信する実測値とを比較することによってモータ 12 の異常を判定することができ、例えば、当該実測値が、一定 (比率) 以上低い場合にモータ 12 の異常と判定することができる。また、モータ 12 の負荷が大きくなれば、モータ 12 に流れる電流も大きくなるから、モータ 12 の電流を検出することにより、モータ 12 の負荷を推定することが可能となり、その変動、すなわち外乱の推定も可能となる。そして、制御部 20 は、過大な外乱が検出された場合に、モータ 12 の異常と判定することができる。

[0033] 図 3 に戻り、無人航空機 1 の異常が検出されると、制御部 20 は、まず、特定の地点への不時着が可能であるか否かを判定する (ステップ S100)

。当該判定は、様々な基準を適用して行われ得る。例えば、制御部 20 は、6 つのモータ 12 のうち故障したモータ 12 の数及び／又は配置に基づいて、特定の地点への不時着が可能であるか否かを判定する。例えば、制御部 20 は、故障したモータ 12 の数が 1 つである場合には、特定の地点への不時着が可能であると判定し、故障したモータ 12 の数が 2 つ以上である場合には、特定の地点への不時着が不可能であると判定する。

[0034] そして、特定の地点への不時着が可能であると判定されると（ステップ S100 において YES）、制御部 20 は、不時着地点を特定する（ステップ S110）。本実施形態において、不時着地点は、予め定められた複数の地点（不時着地点の候補）の中から不時着地点を特定する。この場合、制御部 20 は、例えば、位置検出部 25 によって検出された無人航空機 1 の現在位置に基づいて、複数の不時着地点の候補のうち、現在位置から最も近い候補を不時着地点として選択する。複数の不時着地点は、例えば、記憶部 28 に予め記憶され得る。複数の不時着地点は、ユーザによって任意の地点が設定され、又は、公共の離着陸地点等として地図上に予め設定されている。

[0035] ここで、本実施形態における無人航空機 1 は、予め定められた飛行ルートに沿って自律飛行する自律飛行モードを有している。以下、当該自律飛行モードにおける不時着地点の特定方法について説明する。

[0036] 自律飛行モードにおいて、制御部 20 は、記憶部 28 等に記憶されている飛行ルート情報に含まれる飛行ルートに沿って飛行するようにモータ 12 を制御する。飛行ルートは、出発地点から目的地点までの 1 又は複数の経由地点を含む。各地点は、地理座標（緯度及び経度）並びに高度によって特定され得る。

[0037] 図 4 は、飛行ルートの一例を示す図である。図 4 の例において、1 の数字が付された六角形が出発地点を示しており、2 から 7 の数字が付された六角形が 6 つの経由地点を示しており、また、8 の数字が付された六角形が目的地点を示している。当該飛行ルートは、各地点に対応する六角形に付されている数字の順序に従って、各地点間を順に移動することを示している。

[0038] 本実施形態において、飛行ルート情報は、不時着地点の候補となる複数（例えば、3つ）の緊急着陸地点に関する情報を含む。図4の例において、A、B、及びCの文字が付された3つの円形が緊急着陸地点を示している。なお、緊急着陸地点を、飛行ルートにおける経由地点とすることも可能である。

[0039] 自律飛行モードにおいて、制御部20は、通過した経由地点に基づいて不時着地点を特定する。具体的には、制御部20は、飛行ルート情報に含まれる、通過地点と不時着地点との対応関係に従って、不時着地点を特定する。図5は、通過地点と不時着地点との対応関係の一例を示す図である。この例において、経由地点2に到達していない場合（通過地点が出発地点1のみである場合）には、不時着地点として出発地点1が特定される。また、同様に、経由地点2又は3を通過している場合には、不時着地点として緊急着陸地点Aが特定され、経由地点4を通過している場合には、不時着地点として緊急着陸地点Bが特定され、経由地点5又は6を通過している場合には、不時着地点として緊急着陸地点Cが特定され。また、最後の経由地点7を通過している場合には、不時着地点として目的地点8が特定される。

[0040] ここで、図4における3つの領域aは、飛行ルートから緊急着陸地点A、B又はCへと飛行する際に通過する可能性がある領域を示している。これらの領域aが無人航空機1の飛行可能領域となるように、飛行ルート及び緊急着陸地点が設定され得る。

[0041] また、本発明の他の実施形態においては、不時着地点は、他の手法を用いて特定され得る。具体的には、例えば、制御部20が、撮影部26を介して撮影される地上の画像に基づいて不時着地点を特定するようにしても良い。より具体的には、制御部20が、撮影部26を介して撮影されるその時点の地上の画像を解析し、当該画像に含まれる（撮影部26のその時点の視野に含まれる）地上の領域のうち、所定の条件に合致する地点を不時着地点として特定する。ここで、異常が検出された時点の撮影部26の視野に含まれる地上の領域に適切な（上記所定の条件に合致する）不時着地点が存在しない

場合に、無人航空機 1 を任意の方向に水平移動させて、適切な不時着地点を探索するようにしても良い。

[0042] 図 6 は、地上の画像に基づいて不時着地点を特定するように構成された本発明の他の実施形態において、不時着地点を特定する際に制御部 20 によって実行される処理の一例を示すフローチャートである。制御部 20 は、まず、図示するように、撮影部 26 を介して撮影した地上の画像を複数のセクションに分割する（ステップ S 200）。この実施形態において、当該画像は、各々が略正方形の形状を有し格子状に配列された複数のセクションに分割される。なお、セクションの形状及び配列はこれに限定されず、例えば、正六角形の形状を有するセクションがハニカム構造となるように配列されても良い。また、セクションの大きさ（縦横の画素数）は、制御部 20 の処理能力等に応じて適切な値が設定される。

[0043] 続いて、制御部 20 は、複数のセクションの各々の安全度を判定する（ステップ S 210）。この実施形態において、各セクションの安全度の判定は、学習済みモデル（AI）を用いて行われる。学習済みモデルは、ニューラルネットワークとして構成され、教師データを用いた機械学習によって生成される。教師データ（正解データ）は、上記セクションに対応する多数の画像であり、各画像には、「安全」又は「非安全」のラベリングがなされている。例えば、障害物（人、物、建造物、及び、樹木等）が存在する画像に対して「非安全」のラベリングがなされ、こうした障害物が存在しない画像に対して「安全」のラベリングがなされる。このように生成された学習済みモデルは、各セクションの画像が入力されると、対応する安全度を出力するように構成されている。安全度は、「安全」、「非安全」、「不明」の 3 つに分類される。

[0044] 図 7 は、ステップ S 200－S 210 において、地上の画像 401 が複数のセクション 41 に分割され、当該複数のセクション 41 の各々の安全度が判定される様子を説明するための図である。図 7 において、上下中央に位置する画像 402 は、上側に位置する画像 401 が複数のセクション 41 に分

割された状態を示している。また、下側に位置する画像403は、複数のセクション41の各々に対して安全度が判定された状態を示している。画像403において、グレーで塗り潰されているセクション411は「安全」と判定されたセクションであり、ハッチングが施されているセクション412は「非安全」と判定されたセクションであり、その他のセクション413は「不明」と判定されたセクションである。

[0045] こうして各セクションの安全度を判定すると、制御部20は、当該安全度の判定結果に基づいて不時着地点を特定する（ステップS220）。この実施形態において、不時着地点の特定は、ヒューリスティックアルゴリズム（近似アルゴリズム）を用いて行われ、例えば、以下の非線形費用関数を用いた費用最小化問題として考慮される。

$$f(x, u, \theta) = s(x) + \varepsilon(x, \theta, d(x)) v(u)$$

ここで、 x は、各セクションの画像内における位置（セクションの中央部分の座標）であり、 θ は、無人航空機1の姿勢（傾斜する方向及び角度等）を表すパラメータであり、 $d(x)$ は、無人航空機1と x （セクション）との間の距離であり、 u は、不時着の緊急度を表すパラメータである。

[0046] 関数 $s(x)$ は、各セクションにおける安全度の判定結果に対応する関数であり、具体的には、安全度が「安全」である場合は小さい値（費用）となり、安全度が「非安全」である場合は大きい値（費用）となる。関数 $\varepsilon(x, \theta, d(x))$ は、 x （セクション）に着陸する際に無人航空機1が消費するエネルギーを推定するための関数である。この関数は、画像上の平面を実際の地面に変換し、無人航空機1からセクションに含まれる実際の地面の位置までの距離を推定する。関数 $v(u)$ は、不時着の緊急度に応じて、関数 $\varepsilon(x, \theta, d(x))$ に対する重み付けを与えるための関数である。当該緊急度は、制御部20によって判定され、例えば、モータ12の異常を検出した場合の緊急度は、無線通信の異常を検出した場合の緊急度と比べて高

い緊急度が設定される。

[0047] このように構成された関数 $f(x, u, \theta)$ は、安全度が高いほど、また、着陸する際に消費するエネルギーが小さいほど、その値が小さくなる。制御部20は、当該関数 $f(x, u, \theta)$ の値が最小となる x (セクション) を不時着地点として特定する。

[0048] 図3のフローチャートに戻り、不時着地点を特定すると、次に、制御部20は、特定した不時着地点に着陸するようにモータ12を制御する(ステップS120)。例えば、制御部20は、1つのモータ12が故障した場合に、残りの5つのモータ12に対応する5つのロータ13を用いて無人航空機1を不時着地点へと着陸させる。ここで、こうしたモータ故障時等における無人航空機1の飛行制御は、当業者に一般に知られているフォールトトレランス技術を適用して実現することができる。例えば、Hossein Hashemi Nejad、Dominique Sauter、Samir Aberkane、Suzanne Lesecqらによって執筆された論文 “Actuator fault tolerant control in experimental Networked Embedded mini Drone”, 17th Mediterranean Conference on Control & Automation, 2009年6月, IEEE発行、並びに、Mark W. Mueller及びRaffaello D’Andreaによって執筆された論文 “Stability and control of a quadcopter despite the complete loss of one, two, or three propellers”, 2014 IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA), 2014年5-6月, IEEE発行、には、マルチコプターのモータ故障時におけるフォールトトレラント制御の手法が開示されている。また、例えば、Guillaume Jacques Joseph Ducardの博士論文である “Fault-Tolerant Flight Control and Guidance Systems for a Small Unmanned Aerial Vehicle”, チューリッヒ工科大学(2007年)には(特に、図2.3, 2.4, 5.2, 10.1, 11.3及び関連する記載において)、無人航空機におけるフォールトトレラント飛行制御の手法が開示されている。こうした技術を適用することにより、無人航空機1を比較的安全に不時着地点へと着陸させることができる。

[0049] ここで、地上の画像に基づいて不時着地点を特定する実施形態においては

、無人航空機 1 は、その現在位置から不時着地点（画像内の特定のセクション）までを結ぶ直線状の着陸軌道を演算し、当該直線状の軌道に沿って飛行するように制御される。そして、無人航空機 1 が備える近接センサ等を用いて地面に対する接近を検出すると、無人航空機 1 は、所定の軟着陸用の自律制御を開始する。

[0050] 一方、特定の地点への不時着が不可能であると判定されると（ステップ S 100 において NO）、制御部 20 は、パラシュートを放出する（ステップ S 130）。具体的には、制御部 20 は、パラシュート装置 29 を制御して、パラシュート格納部 102 に格納されているパラシュートを放出させると共に、全てのモータ 12 を停止する。この結果、無人航空機 1 は、現在位置付近に軟着陸する。

[0051] 以上説明した本実施形態の無人航空機 1 は、飛行中において異常を検出した場合に不時着地点を特定し、特定した不時着地点に着陸するようにモータ 12 を制御するから、異常時における特定の地点への自律的な不時着が可能となる。このように、本発明の実施形態は、異常時において適切に不時着する無人航空機を実現する。

[0052] 本実施形態において、制御部 20 が、外部から受信した情報に基づいて異常を検出するように構成しても良い。例えば、制御部 20 は、通信部 22 を介して受信するクラウドサーバからの情報に基づいて、無人航空機 1 の異常を検出するようにしても良い、例えば、クラウドサーバは、無人航空機 1 の稼働情報（例えば、モータ 12 の稼働情報等）を収集及び管理しており、当該稼働情報自体を無人航空機 1 に送信し、又は、当該稼働情報に基づいて異常を検出した場合に、その異常を示す異常検出情報を無人航空機 1 に送信する。なお、制御部 20 において、異常を検出するための異常検出基板を、飛行の制御等を行うための基板とは物理的に独立して設けるようにしても良い。

[0053] 本発明の実施形態は、上述した実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲内で様々な変更が可能である。例えば、上述した実施

形態における各部材の形状、数、又は配置等は適宜変更される。例えば、本発明の実施形態に係る無人航空機が有するロータの数は6つに限定されず、5つ以下又は7つ以上であっても良い。

請求の範囲

- [請求項1] 複数のロータを有する無人航空機であって、
前記複数のロータをそれぞれ駆動する複数のモータと、
少なくとも前記複数のモータを制御する制御部と、を備え、
前記制御部が、飛行中において異常を検出した場合に、不時着地点を特定し、特定した不時着地点に着陸するように前記複数のモータの少なくとも一部を制御する、
無人航空機。
- [請求項2] 前記制御部が、所定の複数の地点の中から不時着地点を特定する請求項1の無人航空機。
- [請求項3] 前記所定の複数の地点の少なくとも一部は、操作者によって任意の地点が設定されており、又は、地図上に予め設定されている請求項2の無人航空機。
- [請求項4] 前記制御部が、1又は複数の経由地点を含む目標地点までの飛行ルート情報に従って自動的に飛行するように前記複数のモータを制御し、飛行中において異常を検出した場合に、通過した経由地点に少なくとも基づいて前記所定の複数の地点の中から不時着地点を特定する請求項2又は3の無人航空機。
- [請求項5] 請求項2又は3の無人航空機であって、
現在位置を検出する位置検出部を更に備え、
前記制御部が、前記位置検出部によって検出される現在位置に少なくとも基づいて、前記所定の複数の地点の中から不時着地点を特定する、
無人航空機。
- [請求項6] 請求項1の無人航空機であって、
撮影部を更に備え、
前記制御部が、前記撮影部によって撮影された地上の画像に少なくとも基づいて不時着地点を特定する、

無人航空機。

[請求項7] 前記制御部が、前記地上の画像を複数のセクションに分割し、分割した前記複数のセクションの各々の安全度を判定し、判定した前記複数のセクションの各々の安全度に少なくとも基づいて、前記地上の画像に含まれる不時着地点を特定する請求項6の無人航空機。

[請求項8] 前記制御部が、学習済みモデルを用いて前記複数のセクションの各々の安全度を判定する請求項7の無人航空機。

[請求項9] 請求項1ないし8何れかの無人航空機であって、
軟着陸するための軟着陸用装置を更に備え、
前記制御部が、飛行中において異常を検出した場合であって、特定の不時着地点への着陸が不可能である場合に、前記軟着陸用装置を作動する、
無人航空機。

[請求項10] 前記制御部が、外部から受信した情報に基づいて異常を検出する請求項1ないし9何れかの無人航空機。

[請求項11] 前記制御部が、モータ駆動制御部を介して前記モータを制御し、前記モータ駆動制御部から受信する前記モータの稼働情報に少なくとも基づいて、前記モータの異常を検出する請求項1ないし10何れかの無人航空機。

[請求項12] 複数のロータを有する無人航空機を制御するための方法であって、
飛行中において異常を検出した場合に不時着地点を特定するステップと、
特定した不時着地点に着陸するように、前記複数のロータをそれぞれ駆動する複数のモータの少なくとも一部を制御するステップと、を備える、
方法。