

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6825011号
(P6825011)

(45) 発行日 令和3年2月3日(2021.2.3)

(24) 登録日 令和3年1月15日(2021.1.15)

(51) Int.Cl.

B64C 29/02 (2006.01)

F 1

B 6 4 C 29/02

請求項の数 20 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2018-562089 (P2018-562089)
 (86) (22) 出願日 平成29年6月2日 (2017.6.2)
 (65) 公表番号 特表2019-517412 (P2019-517412A)
 (43) 公表日 令和1年6月24日 (2019.6.24)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2017/035742
 (87) 國際公開番号 WO2017/210595
 (87) 國際公開日 平成29年12月7日 (2017.12.7)
 審査請求日 令和2年5月29日 (2020.5.29)
 (31) 優先権主張番号 62/345,618
 (32) 優先日 平成28年6月3日 (2016.6.3)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 512059877
エアロバイロメント、インコーポレイテッド
AEROVIRONMENT, INC.
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 91
016-6347, モンロビア, ロイヤル
オークスドライヴ 800, スイート 2
10
(74) 代理人 110001302
特許業務法人北青山インターナショナル
(72) 発明者 ウォン, ヘンリー トム
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 91
016, モンロビア, ロイヤルオークスド
ライヴ 800, スイート 210

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】補完的な角度がついたロータを有する垂直離着陸用翼付き航空機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

方法であつて：

垂直離着陸(VTOL)航空機の上部左舷モータ、下部左舷モータ、上部右舷モータおよび下部右舷モータにほぼ等しい推進力を与えて垂直離陸を達成するステップであつて、上部および下部の左舷モータが翼の第1の端部に配置され、上部および下部の右舷モータが前記翼の第1の端部から遠位にある翼の第2の端部に配置され、前記上部および下部の右舷モータが、前記翼の平面にほぼ垂直な第1の平面内で互いに離れるように角度がつけられ、前記上部および下部の左舷モータが、前記翼の平面にほぼ垂直な第2の平面内で互いに離れるように角度がつけられているステップと；

上部のモータの推力を上げるとともに下部のモータの推力を下げて、VTOL航空機の重心の周りに正味のモーメントを生成して、航空機を前方に回転させるステップと；

前記上部のモータの推力を上げるとともに前記下部のモータの推力を上げて、水平飛行を達成するステップであつて、前記VTOL航空機の翼が水平飛行の初期の揚力を提供するステップと；を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

請求項1に記載の方法が、さらに：水平飛行時に、上部の2つのモータの推力を上げるとともに下部の2つのモータの推力を下げて、前記VTOL航空機を下方に向けるステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 3】

10

20

請求項 1 に記載の方法が、さらに；水平飛行時に、上部の 2 つのモータの推力を下げるとともに下部の 2 つのモータの推力を上げて、前記 V T O L 航空機を上方に向けるステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の方法が、さらに：水平飛行時に、前記上部左舷モータおよび前記下部右舷モータの推力を上げるとともに、前記上部右舷モータおよび前記下部左舷モータの推力を下げて、前記 V T O L 航空機の背面から見て、前記 V T O L 航空機を時計回りに回転させるステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法が、さらに：水平飛行時に、前記上部左舷モータおよび前記下部右舷モータの推力を下げるとともに、前記上部右舷モータおよび前記下部左舷モータの推力を上げて、前記 V T O L 航空機の背面から見て、前記 V T O L 航空機を反時計回りに回転させるステップを含むことを特徴とする方法。 10

【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法が、さらに：水平飛行時に、両方の左舷のモータの推力を上げるとともに、両方の右舷のモータの推力を下げて、前記 V T O L 航空機の機首を右に向けるステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の方法が、さらに：水平飛行時に、両方の左舷のモータの推力を下げるとともに、両方の右舷のモータの推力を上げて、前記 V T O L 航空機の機首を左に向けるステップを含むことを特徴とする方法。 20

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法において、各モータが、前記航空機の縦軸から 5 度から 35 度の間で傾斜していることを特徴とする方法。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の方法が、さらに：前記翼に対する各モータの角度に基づいて、各モータに横方向の推力成分を提供するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の方法において、各モータが、前記 V T O L 航空機の垂直飛行における十分なヨーを提供するのに必要な所望の横力成分に基づいて、前記航空機の縦軸から傾斜していることを特徴とする方法。 30

【請求項 11】

請求項 1 に記載の方法において、各モータが、前記 V T O L 航空機の水平飛行における十分なロールを提供するのに必要な所望の横力成分に基づいて、前記航空機の縦軸から傾斜していることを特徴とする方法。

【請求項 12】

請求項 1 に記載の方法において、各モータにプロペラが取り付けられていることを特徴とする方法。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の方法において、各プロペラが前記翼から離れて配置され、各プロペラが、水平飛行時に前記翼から発生する乱流から離れた乱れていない気流の領域にあることを特徴とする方法。 40

【請求項 14】

請求項 12 に記載の方法において、各プロペラが、固定ピッチのプロペラであることを特徴とする方法。

【請求項 15】

請求項 1 に記載の方法が、さらに：前記 V T O L 航空機の胴体に配置された 1 以上のセンサによって、水平飛行時にデータを捕捉するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の方法において、前記 1 以上のセンサのうちの 1 つのセンサがカメラ 50

であることを特徴とする方法。

【請求項 17】

請求項15に記載の方法において、前記1以上のセンサのうちの1つのセンサが、前記V T O L 航空機の胴体に対して固定されていることを特徴とする方法。

【請求項 18】

請求項15に記載の方法において、前記1以上のセンサのうちの1つのセンサが、前記V T O L 航空機の胴体に対して旋回可能であることを特徴とする方法。

【請求項 19】

請求項1に記載の方法が、さらに：垂直安定板によって、水平飛行において前記V T O L 航空機に安定状態を提供するステップを含むことを特徴とする方法。 10

【請求項 20】

請求項19に記載の方法が、さらに：前記垂直安定板によって、離陸前または着陸後に、前記V T O L 航空機を鉛直の配向に維持するステップを含むことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、2016年6月3日に出願された米国仮特許出願第62/345,618号の優先権と利益を主張し、その内容はすべての目的のために参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

本実施例は、概して無人航空機(UAV)に関するものであり、より具体的には垂直離着陸(VTOL) UAVに関する。

【背景技術】

【0003】

垂直離着陸(VTOL)航空機は、垂直に離陸して、垂直飛行から水平飛行に移行し、水平に前進して飛行することができる。クワッドロータ航空機は、4つのモータと4つのプロペラを有しており、これらはすべてクワッドロータの縦軸に向かって垂直に並んでいる。クワッドロータのプロペラのサイズは、クワッドロータを適切に制御して、クワッドロータが飛行するのに要するパワーを低減させるために、クワッドロータ全体のサイズに対してかなり大きい。 30

【発明の概要】

【0004】

例示的な航空機の実施例は：胴体と；胴体の両側から延在して、第1の側面および第2の側面を有する翼と；胴体から遠位にある翼の第1の端部に配置された一対の第1のモータであって、一対の第1のモータのうちの一つのモータが翼の第1の側面にあり、他方の一つのモータが翼の第2の側面にある一対の第1のモータと；胴体から遠位にある翼の第2の端部に配置された一対の第2のモータであって、翼の第2の端部が翼の第1の端部の反対側にあり、一対の第2のモータのうちの一つのモータが翼の第1の側面にあり、他方の一つのモータが翼の第2の側面にある一対の第2のモータと；を有しており、各モータは、所望の航空機の動きのために、取り付けられたプロペラによる推力の成分を提供するように角度をつけることができ、プロペラの回転により生成される生成トルクに追加の生成トルクを加えることができることを特徴とする。各モータは、航空機の縦軸から5-35度の間で角度を付けることができる。他の実施例では、各モータは航空機の縦軸から約10度角度が付けられている。各モータは、翼の平面に対してほぼ垂直な第1の平面内で角度をつけることができる。他の実施例では、各モータは、翼の平面により画定された平面にほぼ垂直な第1の平面内で角度をつけることができる。 40

【0005】

例示的な方法の実施例は：垂直離着陸(VTOL)航空機の上部左舷モータ、下部左舷モータ、上部右舷モータおよび下部右舷モータにほぼ等しい推力を与えて垂直離陸を達成するステップであって、上部および下部の左舷モータが翼の第1の端部に配置され、上部

10

20

30

40

50

および下部の右舷モータが、翼の第1の端部から遠位にある翼の第2の端部に配置され、上部および下部の右舷モータは、翼の平面に対してほぼ垂直な第1の平面内で互いに離れるよう角度をつけることができ、上部および下部の左舷モータは、翼の平面に対してほぼ垂直な第2の平面内で互いに離れるよう角度をつけることができるものであるステップと；上部のモータの推力を上げるとともに下部のモータの推力を下げて、V T O L 航空機の重心の周りに正味のモーメントを生成して、航空機を前方に回転させるステップと；上部のモータの推力を上げるとともに下部のモータの推力を下げて水平飛行を達成するステップであって、V T O L 航空機の翼が水平飛行の初期の揚力を提供するステップと；を含むことができる。

【0006】

10

追加的な方法の実施例は、水平飛行時に、上部の2つのモータの推力を上げるとともに下部の2つのモータの推力を下げて、V T O L 航空機を下方に向けるステップを含むことができる。追加的な方法の実施例は、水平飛行時に、上部の2つのモータの推力を下げるとともに下部の2つのモータの推力を上げて、V T O L 航空機を上方に向けるステップを含むことができる。

【0007】

追加的な方法の実施例は、水平飛行時に、上部の左舷のモータと下部の右舷のモータの推力を上げるとともに、上部の右舷のモータと下部の左舷のモータの推力を下げて、V T O L 航空機の背面から見てV T O L 航空機を時計回りに回転させるステップを含むことができる。追加的な実施例は、水平飛行時に、上部の左舷のモータと下部の右舷のモータの推力を下げるとともに、上部の右舷のモータと下部の左舷のモータの推力を上げて、V T O L 航空機の背面から見てV T O L 航空機を反時計回りに回転させるステップを含む。

20

【0008】

方法の追加的な実施例は、水平飛行時に、左舷の両方のモータの推力を上げるとともに、右舷の両方のモータの推力を下げて、V T O L 航空機の機首を右側に向けるステップを含むことができる。方法の追加的な実施例は、水平飛行時に、左舷の両方のモータの推力を下げるとともに、右舷の両方のモータの推力を上げて、V T O L 航空機の機首を左側に向けるステップを含むことができる。

【0009】

30

例示的な垂直離着陸（V T O L）航空機の実施例は：第1の側面および第2の側面を有する翼と；翼の第1の端部に配置された第1のモータアセンブリと；を具え、第1のモータアッセンブリが：翼の第1の側面に配置されて翼の第1の側面から離れるように鉛直から傾斜している第1のモータと；第1のウイングレットであって、これにより第1のモータが翼の第1の端部から離間している第1のウイングレットと；翼の第2の側面に配置されて翼の第2の側面から離れるように鉛直から傾斜している第2のモータと；第2のウイングレットであって、これにより第2のモータが翼の第1の端部から離間している第2のウイングレットと；を含み、各モータは、所望の航空機の動きのために、取り付けられたプロペラによる推力の成分を提供するように角度をつけることができ、プロペラの回転により生成される生成トルクに追加の生成トルクを加えることを特徴とする。

40

【0010】

追加的な航空機の実施例では、第1のモータアセンブリがさらに：翼の第1の側面に配置された第1のモータポッドであって、第1のモータを支持する第1のモータポッド構造および第1のプロペラを有する第1のモータポッドと；翼の第2の側面に配置された第2のモータポッドであって、第2のモータを支持する第2のモータポッド構造および第2のプロペラを有する第2のモータポッドと；を含む。航空機は、また、翼の第2の端部に配置された第2のモータアセンブリを含むことができ、第2のモータアセンブリが：翼の第1の側面に配置されて翼の第1の側面から離れるように鉛直線から傾斜している第3のモータと；第3のウイングレットであって、これにより第3のモータが翼の第2の端部から離間している第3のウイングレットと；翼の第2の側面に配置されて翼の第2の側面から

50

離れるように鉛直線から傾斜している第4のモータと；第4のウイングレットであって、これにより第4のモータが翼の第2の端部から離間している第4のウイングレットと；を含むことができる。

【0011】

追加的な航空機の実施例では、第1および第2のウイングレットは、翼の平面からほぼ垂直にすることができる。第1および第2のウイングレットは、それぞれ、翼の平面に対して鈍角となるように配置してもよい。モータの角度は、垂直飛行における十分なヨーおよび水平飛行における十分なロールのうちの少なくとも一つを提供するために必要な、所望の横力成分によって決定することができる。第1のモータと第2のモータの間の推力の変動は、航空機に加わる生成モーメントを生成して、制御された方法で航空機を移動させることができる。各モータの角度は、鉛直線から5 - 35度の間とすることができる。10

【図面の簡単な説明】

【0012】

図中の構成要素は必ずしも縮尺通りではなく、むしろ本発明の原理を説明することに重点が置かれている。同様の参照番号は、異なる図面を通して対応する部品を示している。実施例は、例示として示されたものであり、添付した図面の図に限定されるものではない。。

【0013】

【図1】図1は、例示的な垂直離着陸（V T O L）航空機の斜視図を示す。

【図2】図2は、モータにより生成される推力を変化させることにより、垂直飛行から水平飛行に移行する例示的なV T O L航空機を示す。20

【図3A】図3Aは、垂直飛行のために垂直に配置された例示的なV T O L航空機の概略の斜視図を示す。

【図3B】図3Bは、図3Aの例示的なV T O L航空機の概略の側面図を示す。

【図4】図4は、例示的なV T O L航空機の概略の斜視図であり、各モータがV T O L航空機の中心線に向かって角度がつけられている。

【図5A】図5Aは、例示的なV T O L航空機の斜視図であり、各ウイングレットが、翼の平面から鈍角に配置されている。

【図5B】図5Bは、図5Aの例示的なV T O L航空機の正面図を示す。

【図6A】図6Aは、例示的なV T O L航空機用の例示的なプロペラの正面図を示す。30

【図6B】図6Bは、図6Aの例示的なプロペラの上面図を示す。

【図6C】図6Cは、図6Aの例示的なプロペラの斜視図を示す。

【図7】図7は、限定された垂直離着陸（V T O L）航空機の正面図であり、胴体に近接して翼の平面と平行な平面に傾斜したモータを有する。

【図8】図8は、横風において着陸する例示的なV T O L航空機の斜視図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明は、鉛直線から角度がついた4つのモータを有する垂直離着陸（V T O L）航空機を実現するものである。モータの2つのセットは航空機の翼の各端部にあり、モータは、それぞれのウイングレットによって翼の端部から離間されている。2つのモータが航空機の上側にあり、2つのモータは下側にある。翼の平面に対するモータの角度が、各モータに横方向の推力成分を提供する。この推力は、ロータを回転させることで生じる生成トルクに追加の生成トルクを加えることができる。各モータの推力を変化させることは、モータの角度やそれぞれのプロペラのブレードのピッチを変更することなく、航空機の重心の周りを航空機が回転するように推進するモーメントを与える。翼の先端における角度のついたモータの位置は、航空機の中心線または重心からの距離を延ばすため、より長いモーメントアームを形成して、航空機の所望の動きを達成するのに少ない横方向推力で足りることになる。固定ピッチのプロペラを使用することは、可変ピッチプロペラ用の高価なハブの必要性を低減させ、航空機の耐久性を増加させ、航空機の重量を減らしながら、なおも必要な航空機の操縦性を提供する。航空機は自律的なものでもよく、および／または40

地上制御システムを介して遠隔のユーザにより制御されてもよい。

【0015】

図1は、例示的な垂直離着陸（V T O L）航空機100の斜視図を示す。航空機100は、垂直離着陸、ホバリング、垂直飛行、垂直方向における操縦、垂直飛行と水平飛行の間の移行、前進飛行時における水平方向での操縦を可能とすることができます。航空機100は、各モータ132b、133b、142b、143bの推力を調整し、操縦面122、124を制御する搭載制御システムによって制御することができます。搭載制御システムは、アドレス可能メモリを有するプロセッサを含むことができ、力およびトルクの両方を航空機100に加えるようにモータ132b、133b、142b、143bの異なる推力を加えることができる。

10

【0016】

航空機100は、胴体110と、胴体110の両側から延在している翼120を有する。翼120は、胴体110の両側に配置された操縦面122、124を含むことができる。いくつかの実施例では、重量と複雑性を軽減するために、翼120は操縦面を含まなくてもよい。翼120の上側面または第1の側面128は、水平飛行時に地面に対して上方に向くことができる。翼120の下側面または第2の側面126は、水平飛行時に地面に対して下方向に向くことができる。翼120は翼の平面125内に、および/またはその周りに配置されている。翼の平面125は、図1に示すx-y-z座標系により規定されるx-y平面と平行にすることができ、x方向は航空機100の縦軸の方向であり、y方向は翼120に沿った方向である。翼120は、翼の平面125にほぼ位置し、および/またはこれと整列してもよい。いくつかの実施例では、翼120は、翼が少なくとも対称に配置される平面を画定するか、有することができる。

20

【0017】

1以上のセンサ104を第2の側面126における航空機100の胴体110に配置して、水平前進飛行時にデータを捕捉することができる。センサ104をカメラにして、航空機100の飛行時に撮影した画像を保存し、および/または外部機器に転送することができる。センサ104は、航空機100の胴体110に固定するか、旋回可能にすることができる。いくつかの実施例では、L I D A Rを夜間飛行用に赤外線カメラに交換するなど、任務の必要性に基づいてセンサ104を交換することができる。

30

【0018】

航空機100は、離陸前または着陸後に鉛直に配向されるため、鉛直方向に描かれている。着陸用具103が、航空機100を鉛直方向に維持することができる。いくつかの実施例では、着陸用具103は、航空機100の水平前進飛行時に垂直安定板として機能することができる。

【0019】

第1のモータアセンブリ130が、胴体110から遠位にある翼120の第1の端部または先端に配置されている。第1のモータアセンブリ130は：ポッド構造132a、133aおよびモータ132b、133b有する一対のモータポッド132、133と；ウイングレット138、139と；プロペラ134、135と；を有する。上部左舷モータポッド132は、上部左舷モータ132bを支持する上部左舷ポッド構造132aを含むことができる。上部左舷モータ132bによりロータまたはプロペラ134が駆動され、航空機100に推力が提供される。上部左舷モータポッド132は、翼120の第1の側面128に配置することができ、スペーサまたはウイングレット138により翼120の第1の端部から離間して配置することができる。モータ132bは、プロペラ134にモーメントまたはトルクを加えて回転させ、こうすることで航空機100に反対のモーメントまたはトルク136を加える。反対のモーメント136は、重心102の周りを回転するように航空機100を回転または付勢するように作用する。モーメント136はプロペラ134の速度とともに変化して、プロペラ134が加速または減速する際に変化する。プロペラ134は、固定ピッチまたは可変ピッチのプロペラとすることができます。

40

【0020】

50

モータポッド132、モータ132b、プロペラ134をすべて整列させて、翼120の第1の側面128の方向で上方に、x-y平面から負のz方向に上方に、鉛直線からウイングレット138の平面内にとどまるように傾斜させることができ、プロペラ134から生成される力とその力成分が、ウイングレット138の平面と整列し、および/またはこの平面内にあるようにして、ウイングレット138の平面への横方向の力が最小になるか発生しないようにすることができる。モータ132bとプロペラ134との並びは、それぞれの回転軸に同軸上に整列させることができる。

【0021】

モータ132bとロータ134の軸の角度は、鉛直のx方向から、5度から35度まで変化させることができる。一実施例では、角度を鉛直線から約10度にすることができる。モータ132bとロータ134の軸の角度は、翼120への風の影響を克服するのに必要な、垂直飛行時の十分なヨーおよび/または水平飛行時の十分なロールを提供するのに必要な所望の横力成分によって決定することができる。この角度を最小化して、垂直飛行のための垂直推力成分および水平飛行のための前方推力成分を最大化することもできる。

10

【0022】

モータ132bとプロペラ134との回転軸の鉛直線からの角度は、ウイングレット138の平面および/または翼の平面125に垂直な平面と整列しているが、プロペラ134の動作により生成される推力の成分であって、x方向に鉛直である成分と、翼120に垂直な負のz方向の他の推力の成分とをもたらす。この垂直な推力の成分は、翼120に沿ってモーメントアームに作用して、航空機100の重心102にモーメントを与えることにより、航空機100が垂直飛行している際に航空機100をその垂直軸を中心に回転させ、および航空機が前進水平飛行している際に水平軸を中心に回転させる、または少なくともそのように促す。いくつかの実施例では、翼120に垂直な、または負のz方向の推力成分を、航空機100の重心102から離れて配置されたプロペラ134の位置に加えて、航空機100にモーメントを加えて航空機100をその重心102の周りで上下に回転させる、または少なくともそのように促すことができる。この上下の回転は、航空機100を垂直飛行から水平飛行に、水平飛行から垂直飛行に移行させ、または少なくともそのように促す。

20

【0023】

下部左舷モータポッド133は、下部左舷モータ133bを支持する下部左舷ポッド構造133aを含むことができる。下部左舷モータ133bは、上部左舷モータ132bの反対側である翼120の第2の側面126に配置されている。下部左舷モータ133bによりロータまたはプロペラ135が駆動され、航空機100に推力を提供する。下部左舷モータポッド133は、翼120の第2の側面126に配置することができ、スペーサまたはウイングレット139により翼120の第1の端部から離間させることができる。

30

【0024】

モータ133bは、プロペラ135にモーメントまたはトルクを加えて回転させ、こうすることで航空機100に反対のモーメントまたはトルク137を加える。反対のモーメント137は、重心102の周りを回転するように航空機100を回転させ、または付勢するように作用する。モーメント137はプロペラ135の速度とともに変化して、プロペラ135が加速または減速する際に変化する。プロペラ135は、固定ピッチまたは可変ピッチのプロペラとすることができます。

40

【0025】

モータポッド133、モータ133bおよびプロペラ135をすべて整列させて、翼120の第2の側面126の方向で下方に、x-y平面からz方向に下方に、鉛直線からウイングレット139の平面内にとどまるように傾斜させることができ、プロペラ135により生成される力とその力成分が、ウイングレット139の平面と整列し、および/またはこの平面内にあるようにして、ウイングレット139の平面への横方向の力が最小になるか発生しないようにすることができる。モータ133bとプロペラ135との並びは、それぞれの回転軸に同軸上に整列させることができる。

50

【0026】

モータ133bとプロペラ135の軸の角度は、鉛直のx方向から、5度から35度まで変化させることができる。一実施例では、角度を鉛直線から約10度にすることができる。モータ133bとロータ135の軸の角度は、翼120への風の影響を克服するのに必要な、垂直飛行時の十分なヨーおよび／または水平飛行時の十分なロールを提供するのに必要な所望の横力成分によって決定することができる。この角度を最小化して、垂直飛行のための垂直推力成分および水平飛行のための前方推力成分を最大化することもできる。

【0027】

モータ133bとプロペラ135との回転軸の鉛直線からの角度は、ウイングレット139の平面および／または翼の平面125に垂直な平面と整列しているが、プロペラ135の動作により生成される推力の成分であって、x方向に鉛直である成分と、翼120に垂直なz方向の他の推力の成分とをもたらす。この垂直な推力の成分は、翼120に沿ってモーメントアームに作用して、航空機100の重心102にモーメントを与えることにより、航空機100が垂直飛行している際に航空機100をその垂直軸を中心に回転させ、および航空機が前進水平飛行している際に水平軸を中心に回転させる、または少なくともそのように促す。いくつかの実施例では、翼120に垂直な、または負のz方向の推力成分を、航空機100の重心102から離れて配置されたプロペラ135の位置に加えて、航空機100にモーメントを加えて航空機100をその重心102の周りで上下に回転させる、または少なくともそのように促すことができる。いくつかの実施例では、翼120に垂直な、またはz方向の推力成分を、航空機100の重心102から離れて配置されたプロペラ135の位置に加えて、航空機100にモーメントを加えて航空機100をその重心102の周りで上下に回転させる、または少なくともそのように促すことができる。この上下の回転は、航空機100を垂直飛行から水平飛行に、水平飛行から垂直飛行に移行させ、または少なくともそのように促す。

10

20

30

【0028】

いくつかの実施例では、ウイングレット138と139を、翼の平面125に垂直な第1のウイングレット平面で、少なくともほぼ対称にすることができます。第1のウイングレット平面は、図1に示す座標系のx-z平面とほぼ平行にすることができる。ウイングレット平面における垂直は、翼の平面125とウイングレット138、139との交線により画定することができ、図示のx方向とすることができる。

【0029】

第2のモータアセンブリ140が、胴体110から遠位で第1のモータアセンブリ130から遠位にある翼120の第2の端部または先端に配置されている。第2のモータアセンブリ140は：ポッド構造143a、144aおよびモータ143b、144bを有する一対のモータポッド143、144と；ウイングレット148、149と；プロペラ144、145と；を有する。上部右舷モータポッド143は、上部右舷モータ143bを支持する上部右舷ポッド構造143aを含む。上部右舷モータ143bによりロータまたはプロペラ145が駆動され、航空機100に推力をもたらす。上部右舷モータポッド143は、翼120の第1の側面128に配置することができ、スペーサまたはウイングレット149により翼120の第2の端部から離間して配置することができる。モータ143bは、プロペラ145にモーメントまたはトルクを加えて回転させ、これにより航空機100に反対のモーメントまたはトルク147を加える。反対のモーメント147は、重心102の周りを回転するように航空機100を回転させ、または付勢するように作用する。モーメント147はプロペラ145の速度とともに変化して、プロペラ145が加速または減速する際に変化する。プロペラ145は、固定ピッチまたは可変ピッチのプロペラとすることができます。

40

【0030】

モータポッド143、モータ143b、プロペラ145をすべて整列させて、翼120の第1の側面128の方向で上方に、x-y平面から負のz方向に上方に、鉛直線からウ

50

イングレット 149 の平面内にとどまるように傾斜させることができ、プロペラ 147 から生成される力とその力成分が、ウイングレット 149 の平面と整列し、および / またはこの平面内にあるようにして、ウイングレット 149 の平面への横方向の力が最小になるか発生しないようにすることができる。モータ 143b とプロペラ 145との並びは、それぞれの回転軸に同軸上に整列させることができる。

【0031】

モータ 143b とプロペラ 145 の軸の角度は、鉛直線の x 方向から、5 度から 35 度まで変化させることができる。一実施例では、角度を鉛直線から約 10 度にすることができる。モータ 143b とプロペラ 145 の軸の角度は、翼 120 への風の影響を克服するのに必要な、垂直飛行時の十分なヨーおよび / または水平飛行時の十分なロールを提供するのに必要な所望の横力成分によって決定することができる。この角度を最小化して、垂直飛行のための垂直推力成分および水平飛行のための前方推力成分を最大化することもできる。10

【0032】

モータ 143b とプロペラ 145 との回転軸の鉛直線からの角度は、ウイングレット 149 の平面および / または翼の平面 125 に垂直な平面と整列しているが、プロペラ 145 の動作により生成される推力の成分であって、x 方向に鉛直である成分と、翼 120 に垂直な負の z 方向の他の推力の成分とをもたらす。この垂直な推力の成分は、翼 120 に沿ってモーメントアームに作用して、航空機 100 の重心 102 にモーメントを与えることにより、航空機 100 が垂直飛行している際に航空機 100 をその垂直軸を中心に回転させ、および航空機が前進水平飛行している際に水平軸を中心に回転させる、または少なくともそのように促す。いくつかの実施例では、翼 120 に垂直な、または負の z 方向の推力成分を、航空機 100 の重心 102 から離れて配置されたプロペラ 145 の位置に加えて、航空機 100 にモーメントを加えて航空機 100 をその重心 102 の周りで上下に回転させる、または少なくともそのように促すことができる。この上下の回転は、航空機 100 を垂直飛行から水平飛行に、水平飛行から垂直飛行に移行させ、または少なくともそのように促す。20

【0033】

下部右舷モータポッド 142 は、下部右舷モータ 142b を支持する下部右舷ポッド構造 142a を含む。下部右舷モータ 142b は、上部右舷モータ 143b の反対側である翼 120 の第 2 の側面 126 に配置されている。下部右舷モータ 142b によりロータまたはプロペラ 144 が駆動され、航空機 100 に推力をもたらす。下部右舷モータポッド 142 は、翼 120 の第 2 の側面 126 に配置することができ、スペーサまたはウイングレット 148 により翼 120 の第 2 の端部から離間して配置することができる。30

【0034】

モータポッド 142、モータ 142b およびプロペラ 144 をすべて整列させて、翼 120 の第 2 の側面 126 の方向で下方に、x - y 平面から z 方向に下方に、鉛直線からウイングレット 148 の平面内にとどまるように傾斜させることができ、プロペラ 144 により生成される力とその力成分が、ウイングレット 148 の平面と整列し、および / またはこの平面内にあるようにして、ウイングレット 148 の平面への横方向の力が最小になるか発生しないようにすることができる。モータ 142b とプロペラ 144 との並びは、それぞれの回転軸に同軸上に整列させることができる。40

【0035】

モータ 142b とプロペラ 144 の軸の角度は、鉛直の x 方向から、5 度から 35 度まで変化させることができる。一実施例では、角度を鉛直線から約 10 度にすることができる。モータ 142b とプロペラ 144 の軸の角度は、翼 120 への風の影響を克服するのに必要な、垂直飛行時の十分なヨーおよび / または水平飛行時の十分なロールを提供するのに必要な所望の横力成分によって決定することができる。この角度を最小化して、垂直飛行のための垂直推力成分および水平飛行のための前方推力成分を最大化することもできる。50

【0036】

モータ142bとプロペラ144との回転軸の鉛直線からの角度は、ウイングレット148の平面および／または翼の平面125に垂直な平面と整列しているが、プロペラ144の動作により生成される推力の成分であって、x方向に鉛直である成分と、翼120に垂直なz方向の他の推力の成分とをもたらす。この垂直な推力の成分は、翼120に沿ってモーメントアームに作用して、航空機100の重心102にモーメントを与えることにより、航空機100が垂直飛行している際に航空機100をその垂直軸を中心回転させ、および航空機が前進水平飛行している際に水平軸を中心回転させる、または少なくともそのように促す。いくつかの実施例では、翼120に垂直な、またはz方向の推力成分を、航空機100の重心102から離れて配置されたプロペラ144の位置に加えて、航空機100にモーメントを加えて航空機100をその重心102の周りで上下に回転させる、または少なくともそのように促すことができる。この上下の回転は、航空機100を垂直飛行から水平飛行に、水平飛行から垂直飛行に移行させ、または少なくともそのように促す。

【0037】

いくつかの実施例では、ウイングレット148と149を、翼の平面125に垂直な第2のウイングレット平面で、少なくともほぼ対称にすることができる。第1のウイングレット平面は、第2のウイングレット平面と平行にすることができる。第2のウイングレット平面は、図1に示す座標系のx-z平面とほぼ平行にすることができる。ウイングレット平面における垂直は、翼の平面125とウイングレット148、149との交線により画定することができ、図示のx方向とすることができる。

【0038】

モータ132b、133b、142b、143bは、固定ピッチのロータの推力または回転の変動と、一対のモータの生成トルクまたはモーメントが、制御された方法で航空機100を移動させるために航空機100に加えられる生成モーメントを生成することができるように動作する。モータ132b、133b、142b、143bの動作の差異により付与されるモーメントに加えて、ホバリング時の鉛直で前進水平飛行時の水平である航空機の縦方向中心線から、各モータ132b、133b、142b、143bが角度が付いていることによって補完的な力成分が発生し、これが同じように航空機100に加えられて航空機を移動させることになる。

【0039】

水平飛行において、上部の2つのモータ132bと143bの推力を上げて、下部の2つのモータ133bと142bの推力を下げることにより、航空機100は下方に向く。水平飛行において、上部の2つのモータ132bと143bの推力を下げて、下部の2つのモータ133bと142bの推力を挙げることにより、航空機100は上方に向く。上部の2つのモータ132bおよび143bと下部の2つのモータ133bおよび142bとの間の推力の差異は、水平飛行時における航空機100の上下の回転を制御するのに使用することができる。いくつかの実施例では、翼120上の操縦面122、124を、航空機100の上下の回転の制御を補うのに使用することができる。各ウイングレットによる上部と下部のモータの分離は、航空機100の上下への回転のモーメントを生成するのに必要となる。

【0040】

水平飛行時に上部左舷モータ132bと下部右舷モータ142bの推力を上げて、上部右舷モータ143bと下部左舷モータ133bの推力を下げることにより、航空機100の背面から見て航空機100が時計回りに回転する。水平飛行時に上部左舷モータ132bと下部右舷モータ142bの推力をさげて、上部右舷モータ143bと下部左舷モータ133bの推力を挙げることにより、航空機100の背面から見て航空機100が反時計回りに回転する。上部左舷モータおよび下部右舷モータの推力と上部右舷モータおよび下部左舷モータの推力との間の差異は、水平飛行時における航空機100の回転を制御するのに使用することができる。いくつかの実施例では、翼120上の操縦面122、124

を、航空機 100 の回転の制御を補うのに使用することができる。

【0041】

水平飛行時に、左舷の両方のモータ 132b と 133b の推力を上げて、右舷の両方のモータ 142b と 143b の推力を下げることにより、航空機 100 は機首が右側に向く。水平飛行時に、左舷の両方のモータ 132b と 133b の推力を下げて、右舷の両方のモータ 142b と 143b の推力を上げることにより、航空機 100 は機首が左側に向く。上下の右舷モータ 142b、143b の推力と上下の左舷モータ 132b、133b の推力の間の差異は、水平飛行における航空機 100 の機首方向を制御するのに使用することができる。

【0042】

いくつかの実施例では、モータ 132b、133b、142b、143b をそれぞれのポッド構造 132a、133a、142a、143a から取り外すことができ、損傷または欠陥のあるモータを迅速に交換することが可能である。他の実施例では、モータアセンブリ 130、140 を翼 120 の先端から取り外すことができ、着陸によるまたは飛行中の損傷などの損傷や欠陥があるモータ、ハウジングまたはウイングレットを迅速に交換することが可能である。強風のための大きな推力や長時間の任務のための高い効率性のように、所望の飛行任務に基づいて、モータ 132b、133b、142b、143b、ポット構造 132a、133a、142a、143a および / またはモータアセンブリ 130、140 を他の構成要素と交換することができる。いくつかの実施例では、プロペラ 134、135、144、145 を、航空機 100 の重心 102 の前方に配置することができる。

10

【0043】

図 2 は、モータにより生成される推力を変化させることにより、垂直飛行から水平飛行に移行する例示的な VTO L 航空機 200 を示す。地面で第 1 の位置 201 にある航空機 200 は、垂直離陸の準備ができている。上部のプロペラ 212 に接続された上部のモータ 210 は、鉛直線から外向きに翼 230 から離れるように傾斜している。下部のプロペラ 222 に接続された下部のモータ 220 は、鉛直線から外向きに翼 230 から離れるように傾斜している。上部のモータ 210 と下部のモータ 220 は、航空機 200 の翼 230 の端部に配置されており、ウイングレットまたはスペーサにより翼 230 から離間させることができる。さらなる上部および下部のモータと、これに対応するプロペラが、図 1 に示すように、上部モータ 210 と下部モータ 220 の後に翼 230 の反対側の端部に配置することができる。

20

【0044】

プロセッサとアドレス可能メモリを有する搭載コントローラは、モータに信号を送信して、垂直離陸とこれに続く飛行時の推力の調整に必要な推力を生成することができる。飛行制御は、自律的なもの、予めプログラムされたものでもよく、および / または地上制御システムにおける外部のユーザによって制御されてもよい。上部のモータ 210 が上部の推力 214 を生成し、下部のモータが下部の推力 224 を生成する。垂直離陸時には、上部の推力 214 と下部の推力 224 をほぼ等しくしてもよい。上部の推力 214 と下部の推力 224 は、各モータ 210、220 とプロペラ 212、222 との角度に基づいて傾斜して描かれており、垂直成分および横方向成分の両方を有する。

30

【0045】

第 2 の位置 203 にある航空機 200 は、垂直飛行から水平飛行に移行している。航空機 200 は、上部のモータ 210 により生成する推力 216 を上げて、下部のモータ 220 により生成する推力 226 を下げることにより、前方に回転する。推力の差異が航空機 200 の重心 202 の周りに正味のモーメント 204 を生成し、これが航空機 200 を前方に回転させる。横方向 217 における上部の推力 216 の成分は、下部の推力 226 からの反対向きの横方向の成分 219 よりも大きく、横方向の推力 217 が翼 230 により生成される揚力 236 に加わる。

40

【0046】

50

第3の位置205にある航空機200は、前進水平飛行中である。翼の揚力238が、航空機200の質量を運んでいる。上部の推力218と下部の推力228を調整することにより、航空機200を上下に回転させることができる。航空機200の翼230の反対側の端部のモータの推力を調整することで、右側と左側の間の推力の差異によって、航空機200を左または右側に機首を向けることができる。

【0047】

図3Aは、垂直飛行のために垂直に配置された例示的なVTOIL航空機300の概略の斜視図である。図3Bは、図3Aの例示的なVTOIL航空機300の概略の側面図を示す。航空機300は、中心線310上に重心316を有する。翼321、323およびウイングレット338、339、348、349は、実線で表されている。

10

【0048】

下部の右舷モータポッド332が、ウイングレット338の端部に破線で表されている。モータポッド332は、ウイングレット338、339の上下に沿って延在して翼321、323に垂直であるX-Z1平面中の鉛直線から、角度392で配置された回転軸を有する。角度392は、5度から35度までの範囲とすることができます。いくつかの実施例では、角度392を10度または約10度とすることができます。モータポッド332はプロペラ334を含み、このプロペラは、図3Aの航空機300の正面から見て反時計回りのトルクまたはモーメント336を航空機300に加える。プロペラ334により生成されて横方向成分354を有する推力352は、同様に、航空機300にトルクまたはモーメントを加える。

20

【0049】

上部の右舷モータポッド333が、ウイングレット339の端部に破線で表されている。モータポッド333は、ウイングレット338、339の上下に沿って延在して翼321、323に垂直であるX-Z1平面中の鉛直線から、角度391で配置された回転軸を有する。角度391は、5度から35度までの範囲とすることができます。いくつかの実施例では、角度391を10度または約10度とすることができます。上部の右舷モータポッド333の角度391は、下部の右舷モータポッド332の角度392と同じにしてもよい。モータポッド333はプロペラ335を含み、このプロペラは、航空機300の正面から見て時計回りのトルクまたはモーメント337を航空機300に加える。プロペラ335により生成されて横方向成分353を有する推力351は、同様に、航空機300にトルクまたはモーメントを加える。横方向の推力354により生成されるモーメントは、横方向の推力353により生成されるモーメントの反対方向である。それぞれの推力352、351に応じて、横方向の推力354を横方向の推力353よりも大きくすることができます。

30

【0050】

上部の左舷モータポッド342が、ウイングレット348の端部に破線で表されている。モータポッド342は、ウイングレット348、349の上下に沿って延在して翼321、323に垂直であるX-Z2平面中の鉛直線から、角度382で配置された回転軸を有する。角度382は、5度から35度までの範囲とすることができます。いくつかの実施例では、角度382を10度または約10度とすることができます。上部の左舷モータポッド342の角度382を、上部の右舷モータポッドの角度391と同じにして、および/または下部の右舷モータポッド332の角度392の反対の角度とすることができます。モータポッド342はプロペラ344を含み、このプロペラは、航空機300の正面から見て反時計回りのトルクまたはモーメント346を航空機300に加える。プロペラ344により生成されて横方向成分364を有する推力362は、同様に、航空機300にトルクまたはモーメントを加える。

40

【0051】

下部の左舷モータポッド343が、ウイングレット349の端部に破線で表されている。モータポッド343は、ウイングレット348、349の上下に沿って延在して翼321、323に垂直であるX-Z2平面中の鉛直線から、角度381で配置された回転軸を

50

有する。角度 381 は、5 度から 35 度までの範囲とすることができます。いくつかの実施例では、角度 381 を 10 度または約 10 度とすることができます。下部の左舷モータポッド 343 の角度 381 を、下部の右舷モータポッド 332 の角度 392 と同じにして、上部の左舷モータポッド 342 の角度 382 の反対の角度として、および / または上部の右舷モータポッドの角度 391 の反対の角度とすることができます。モータポッド 343 はプロペラ 345 を含み、このプロペラは、航空機 300 の正面から見て時計回りのトルクまたはモーメント 347 を航空機 300 に加える。プロペラ 345 により生成されて横方向成分 363 を有する推力 361 は、同様に、航空機にトルクまたはモーメントを加える。横方向の推力 364 により生成されるモーメントは、横方向の推力 363 により生成されるモーメントの反対方向である。それぞれの推力 361、362 に応じて、横方向の推力 363 を横方向の推力 364 よりも大きくすることができます。10

【0052】

図 3B に示すように、横方向の推力成分 364 と横方向の推力成分 363 は、平面 X-Z において反対方向を向いており、各プロペラ 344 と 345 が同じ推力 361 と 362 を生成するときに、例えばホバリングまたは安定状態の前進飛行時に、横方向の推力成分 363 と 364 が互いに打ち消しあって、航空機 300 に y 軸の周りに正味のモーメントまたはトルクを与えないようになっている。一方で、推力 361 と 362 のうちの一方が他方よりも大きい場合には、横方向成分 363 と 364 も異なることになり、正味の力が重心 316 の周りのモーメントアーム 390 に加えられてモーメントまたはトルク 393 が生成され、これが航空機 300 を対応する方向に上下に回転させることになる。構成のように、上下回転のモーメントは、プロペラ 344、345 により生成された x 方向の推力成分の差異によって生成される上下回転の力を補完する。同様に、図 3A に示す右舷のモータポッドとプロペラの横方向の推力成分 353 と 354 にも、同じことがあてはまる。20

【0053】

図 4 は、例示的な VTOVL 航空機 400 の概略の斜視図であり、各モータが航空機の中心線に向かってさらに角度がつけられている。プロペラまたはロータ 434、435、444、445 は、それぞれ、これらの推力が航空機 400 の中心線 410 または重心 416 に戻る直線と直交するように配置されているが、いずれのプロペラ 434、435、444、445 も他のプロペラ 434、435、444、445 と平行ではない。航空機 400 の構造は、翼 423 とウイングレット 438、439、448、449 を含む実線で表されている。線 401、402、403、404 はそれぞれ、それぞれのモータポッドと重心 416 との間に引かれ、中心 / 推力線および回転軸は、重心 416 へのそれぞれの直交線に平行な平面内にある。30

【0054】

下部の右舷モータポッド 432 は、x 方向の鉛直線から傾斜して配置されているが、航空機 400 の中心線 410 または重心 416 への直線 403 と直角 407 で直交している。モータポッド 432 の中心線と、モータおよびプロペラ 434 の回転軸は、線 403 と垂直な平面内に配置されている。このモータ 432 の配置は、x 方向の鉛直線から内向きの、負の y 方向の、傾き、傾斜または角度をもたらす。40

【0055】

上部の右舷モータポッド 433 は、x 方向の鉛直線から傾斜して配置されているが、航空機 400 の中心線 410 または重心 416 への直線 404 と直角 408 で直交している。モータポッド 433 の中心線と、モータおよびプロペラ 435 の回転軸は、線 404 と垂直な平面内に配置されている。このモータポッド 433 の配置は、x 方向の鉛直線から内向きの、負の y 方向の、傾き、傾斜または角度をもたらす。

【0056】

上部の左舷モータポッド 442 は、x 方向の鉛直線から傾斜して配置されているが、航空機 400 の中心線 410 または重心 416 への直線 401 と直角 405 で直交している。モータポッド 442 の中心線と、モータおよびプロペラ 444 の回転軸は、線 401 と

10

20

30

40

50

垂直な平面内に配置されている。このモータポッド 442 の配置は、 x 方向の鉛直線から内向きの、 y 方向の、傾き、傾斜または角度をもたらす。

【0057】

下部の左舷モータポッド 443 は、 x 方向の鉛直線から傾斜して配置されているが、航空機 400 の中心線 410 または重心 416 への直線 402 と直角 406 で直交している。モータポッド 443 の中心線と、モータおよびプロペラ 445 の回転軸は、線 402 と垂直な平面内に配置されている。このモータポッド 443 の配置は、 x 方向の鉛直線から内向きの、 y 方向の、傾き、傾斜または角度をもたらす。

【0058】

図 5A は、例示的な VTO 機 500 の斜視図であり、各ウイングレット 538、539、548、549 が、翼 520 の平面から鈍角 501、503、505、507 で配置されている。図 5B は、図 5A の例示的な VTO 機 500 の正面図を示す。ウイングレット 538、539、548、549 は、翼 520 または翼の平面から各モータポッド 532、533、542、543 に向かって外側に傾斜している。このウイングレット 538、539、548、549 の傾斜は、翼端の渦の形成を抑制または防止し、この結果翼 520 の性能と効率が高められる。ウイングレット 538、539、548、549 を、ゼロでない迎角で配置して、または形成して、翼端の渦の影響を打ち消すようにしてもよい。

【0059】

翼 520 上と航空機 500 の胴体 521 の周りの気流 526 の一部が、矢印で表されている。気流 526a は、前方水平飛行または巡航飛行時に生じるように、翼に対してゼロの迎角またはほぼゼロの迎角である。気流 526b は、上昇時、水平飛行へ／からの移行時、および／または低速飛行時のように、翼に対して（ゼロでない）迎角を示す。航空機 500 は、気流 526 を伴い水平飛行している際に翼 520 の近くにいくつかの乱流 527a を発生させて、ここで翼 520 は典型例では一次揚力を提供している。航空機 500 は、飛行時に胴体 521 の近くに乱流 528 も発生させる。巡航水平飛行時のように、気流 526a の迎角が小さいかゼロの場合、図 5A に示すように、翼 520 からの乱流 527a の影響は比較的小さく、翼 520 に近い。上昇操作時のように気流 526b の迎角が大きい場合は、図 5A に示すように、翼 520 からの乱流 527b の影響は大きく、翼 520 からさらに遠くに移る。気流 526a または 526b と乱流 527a または 527b を伴う状況では、ウイングレット 538、539、548、549 は、翼 520 から発生する乱流 527 から離れた前方の乱れのない気流領域 522、523、524、525 に、モータと対応するプロペラとを配置することになる。ウイングレット 538、539、548、549 上のモータ 532、533、542、543 は、胴体の乱流 529 からも十分に離れているので、モータのロータやプロペラが乱れた気流の領域にある可能性は少ない。さらに、モータとこれに対応するプロペラが乱流または乱れた気流の領域にある場合でも、乱流または乱れた空気の強度は、影響を受ける 1 以上のモータと対応するプロペラに到達するまでに、著しく低減することになる。

【0060】

図 5a と 5b に示す航空機 500 の構成とは対照的に、図 7 に示す限定的な VTO 機 700 は、胴体 710 の近くに配置されたモータ 702、704 を有しており、モータと各ロータ 706、708 が、翼の上および／または周りの気流によりもたらされる乱流領域 727 内にあり、かつ胴体 710 の上および／または周りの気流によりもたらされる乱流領域 729 内にあるようになっている。

【0061】

モータの角度が、シャフトのトルクに必要な要件を軽減する。シャフトのトルクの要件を軽減させると、モータの重量の要件が軽減されて、水平プロペラの効率が上がることになる。モータの角度は、また、プロペラの後流を支持パイロンと一致するように維持する。

【0062】

10

20

30

40

50

翼 520 の長さと上部のウイングレット 539、548 の長さの比は、約 1.04 : 0.16 とすることができます。翼 520 の長さと下部のウイングレット 538、549 の長さの比は、約 1.04 : 0.13 とすることができます。上部のウイングレット 539、548 の長さと下部のウイングレット 538、549 の長さとの比は、約 0.82 : 0.66 とすることができます。翼 520 への上部のモータの距離と翼 520 への下部のモータの距離との比は、約 0.75 : 0.57 とすることができます。翼 520 の長さと航空機 500 の長さとの比は、約 7.1 : 3.7 とすることができます。翼 520 の長さとプロペラの長さとの比は、約 5.2 : 1.3 とすることができます。翼 520 の平面と平行な重心を通る平面との上部のモータの距離と、翼の平面と平行な重心を通る平面との下部のモータの距離との比は、約 1 : 1 とすることができます。上部右舷モータから下部左舷モータまでの距離と、下部右舷モータから上部左舷モータまでの距離は、約 1 : 1 とすることができます。
10

【0063】

下部右舷モータと上部左舷モータとを結ぶ直線の角度は、翼 520 の平面と平行な平面から約 13 度とすることができます。下部左舷モータと上部右舷モータとを結ぶ直線の角度は、翼 520 の平面と平行な平面から約 13 度とすることができます。下部のウイングレット 538、549 の翼 520 の平面に対する角度 503、507 は、約 120 度とすることができます。上部のウイングレット 539、548 の翼 520 の平面に対する角度 501、505 は、約 115 度とすることができます。

【0064】

図 6 A は、例示的な V T O L 航空機用の例示的なプロペラ 600 の正面図である。図 6 B は、図 6 A の例示的なプロペラ 600 の上面図である。図 6 C は、図 6 A の例示的なプロペラ 600 の斜視図である。本開示の V T O L 航空機に使用するプロペラ 600 のサイズは、既存のクワッドコプターおよび V T O L 航空機よりも大幅に小さい。プロペラ 600 の角度は、所望の動きのために追加的なトルクを提供して V T O L 航空機の操作性を高め、水平飛行時において効率性が悪い大きなプロペラを必要としない。プロペラ 600 は、垂直飛行に適応するように最適化されており、さらに水平飛行時の効率性も最大化する。ブレードの平面形状、ねじれ、および翼形は、専用の航空機プロペラの水平飛行効率に近い効率を維持するように調整されており、一方で、垂直飛行に必要なトルク要件を低減して、高い設計推力のマージンを維持する。
20

【0065】

図 7 は、限定された垂直離着陸 (V T O L) 航空機 700 の正面図であり、胴体に近接して翼 712、714 の平面と平行な平面において傾斜したモータを有する。2つのさらなるモータと、これに対応するプロペラが、航空機 700 の反対側に存在する。限定的な航空機 700 は、2つのモータ 702、704 と、これに対応するプロペラ 706、708 を有しており、これらは翼 712、714 の平面と平行な平面においてのみ傾斜しており、すなわちモータ 702、704 の角度は、図 1 および 5A - 5B に記載されているような本明細書の例示的な実施例で開示されたモータの角度と垂直である。限定的な航空機 700 は、翼幅に対して垂直ではなく、翼幅に沿った平面の方向において傾斜したモータ 702、704 を有する。限定的な航空機 700 の翼幅に沿った平面におけるモータ 702、704 の角度は、この方向におけるモーメントを伴う上下の回転を促進するものではない。さらに、プロペラのダウンウォッシュが、垂直飛行中に、支持パイロン / フィンに逆方向モーメントおよび追加のダウンフォースを生成する。
30

【0066】

限定的な V T O L 航空機 700 は、また、モータ 702、704 を、重心の近くの胴体 710 に近接させて配置する。垂直飛行中に、横風により胴体 710 および / または翼 712、714 からの乱流 716 が増大する。縦方向への横風は、水平飛行からの移行時に失速空気を取り込むことになり、この場合に制御が最も重要になる。増大した乱流 716 は、胴体 710 に近接して配置されたモータ 702、704 に悪影響を与える。対照的に、本明細書に開示された例示的な実施例の航空機では、モータの両セットが、翼の端部の
40

近くに配置されている。乱れていない空気の領域 718、720 が、本明細書に開示の例示的な実施例の翼の端部の近くに存在しており、長いモーメントアームと横風からの乱流の軽減を実現する。本明細書に開示された例示的な実施例では、翼面に垂直で翼端の近くにあるモータの角度は、支持パイロン／フィンの迎角を生じさせず、ベクトル推力によって作成された制御権限を損なうことなく、飛行に必要な力を減らす。

【0067】

図 8 は、横風 822において着陸 801 を行う例示的な V T O L 航空機 800 の斜視図を示す。横風とは、航空機の移動方向に垂直な成分を有する風である。横風は、滑走路を使用する航空機の離着陸をより困難にする。V T O L 航空機の垂直離陸時における横風の影響は、このような横風にさらされる翼と胴体の表面積が大きくなるために、拡大する。これらの表面は、プロペラの動作と効率に悪影響を与える乱流の領域を形成しうる。いくつかの V T O L 航空機では、横風の影響に対抗するためにより大きなモータおよび／またはプロペラを必要としている。

10

【0068】

例示的な V T O L 航空機 800 が、図 8 の軸に示すような負の x 方向に着陸 801 を行っている。z 方向および負の y 方向の強い横風 822 が、航空機 800 を意図した着陸地点から離れるように促している。横風 822 が左翼 804 に衝突して、左翼 804 の下側に近接して乱流 824 の領域を生じさせる。横風 822 は胴体 802 にも衝突して、胴体 802 の底側に近接して乱流 826 の領域を生じさせる。横風 822 は右翼 805 にも衝突して、右翼 805 の下側に近接して乱流 828 の領域を生じさせる。

20

【0069】

プロペラ 814、816、818、820 が、対応するウイングレット 806、808、810、812 によって翼 804、805 から離して配置されている。ウイングレット 806、808、810、812 は、翼 804、805 に対して垂直に示されているが、図 5A - 5B のように翼に対して角度をつけて配置することもできる。さらに、プロペラ 814、816、818、820 は、翼 804、805 の前縁より上に配置されている。したがって、横風 822 は、下部右舷プロペラ 820 に影響する乱流 828 の領域のみを形成し、他のプロペラ 814、816、818 は、翼 804、805 および／または胴体 802 から発生する乱流の影響を受けない。一方で、プロペラ 820 はウイングレット 812 により翼から離されて、翼 805 の前縁よりも上に配置されているため、乱流または乱れた気流 828 の強度は、下部右舷プロペラ 820 に届くまでに著しく減少している。プロペラ 818、814、816 は、乱れていない気流の領域にある。したがって、横風の影響は、プロペラ 814、816、818、820 を翼 804、805 および胴体 802 から離して配置することにより解消されるため、航空機 800 は小さなモータおよび／またはプロペラを使用することができる。

30

【0070】

上述の実施例の特定の特徴と態様の様々な組合せ、およびまたはサブコンビネーションが形成されてもよく、それらは本発明の範囲内にあるものと考えられる。したがって、開示された実施例の様々な特徴と態様を組み合わせて、または互いに置き換えることで、開示した発明の様々な態様を形成できることを理解すべきである。さらに、本発明の範囲は例として本明細書に開示されたものであり、上述に記載の特定の開示した実施例に限定すべきではない。

40

【図1】

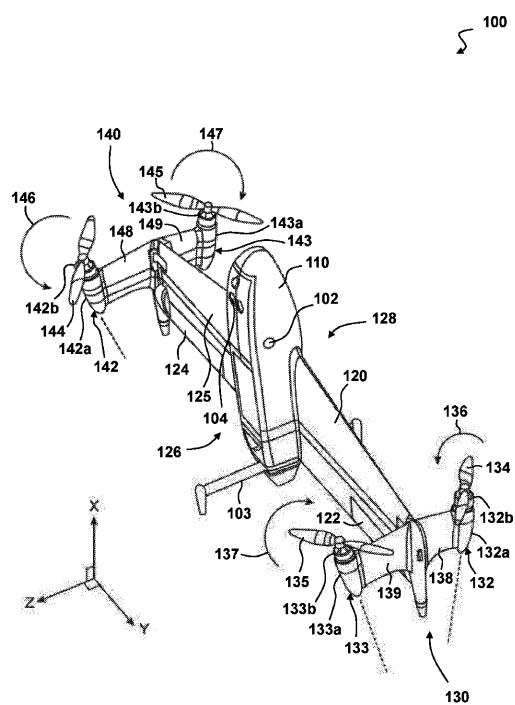


FIG. 1

【図2】

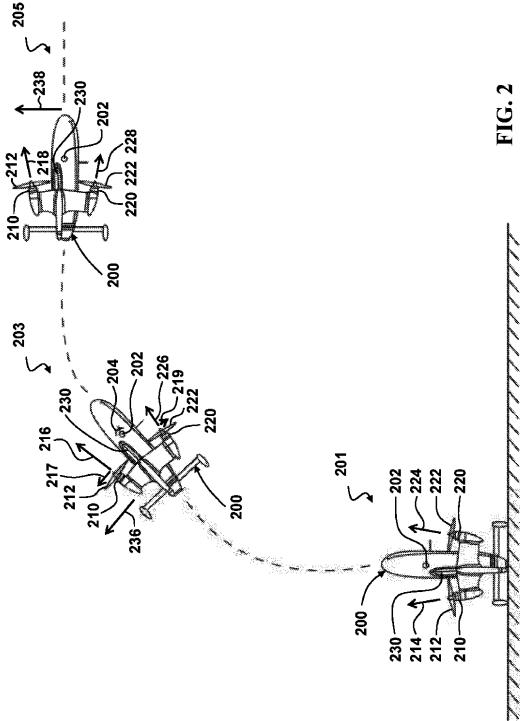


FIG. 2

【図3A】

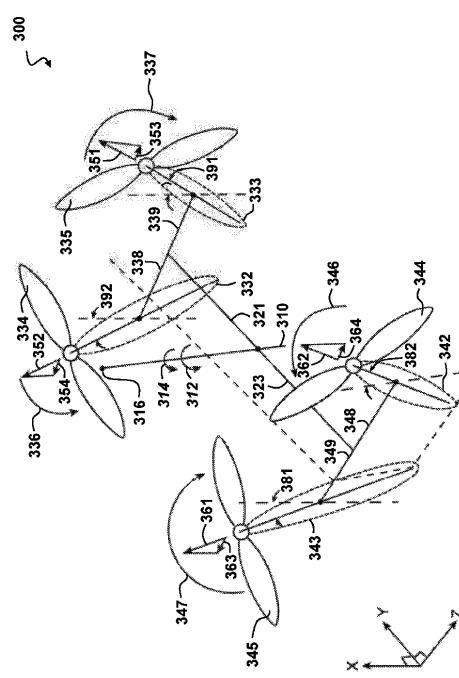


FIG. 3A

【図3B】

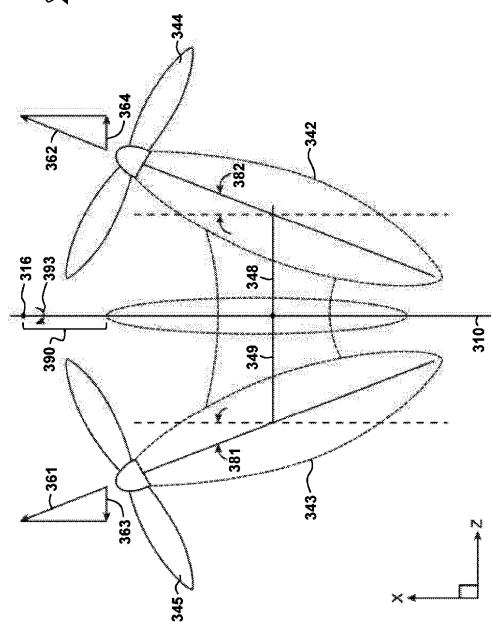
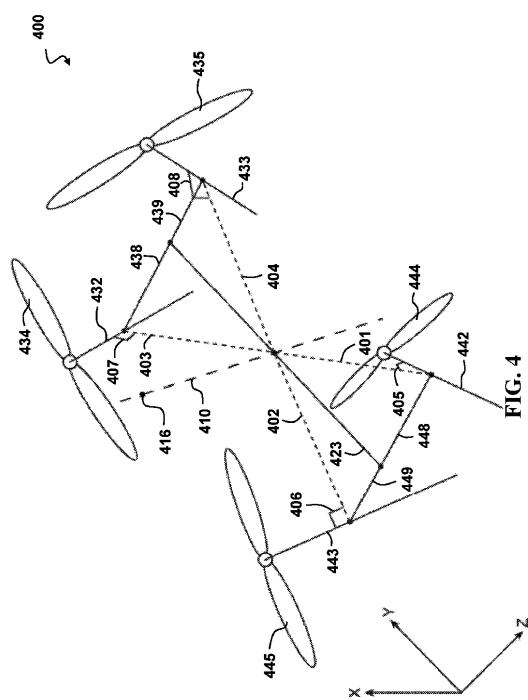
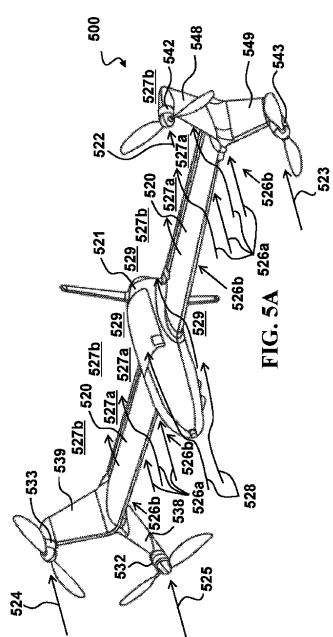


FIG. 3B

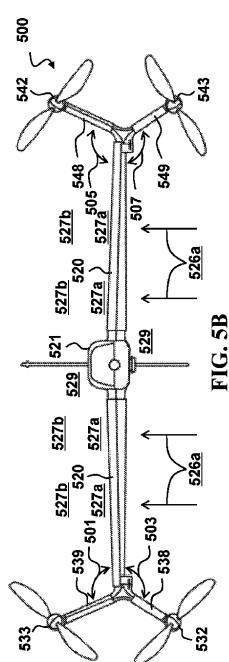
【図4】



【図 5 A】



【図 5 B】



【図 6 A】

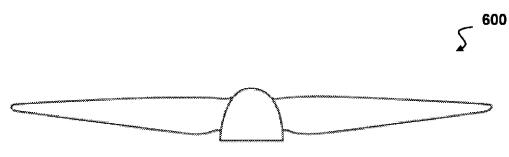
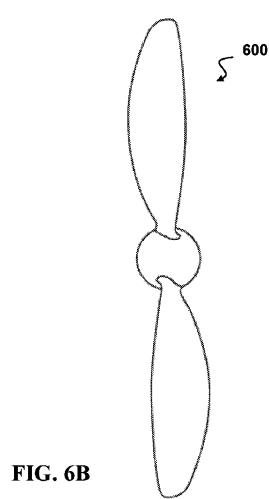


FIG. 6A

【図6B】



(図 6 C)

110

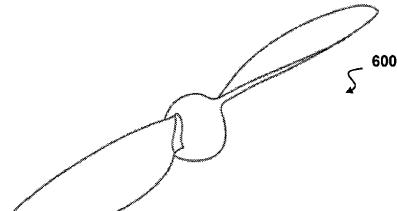


FIG. 6C

【図7】

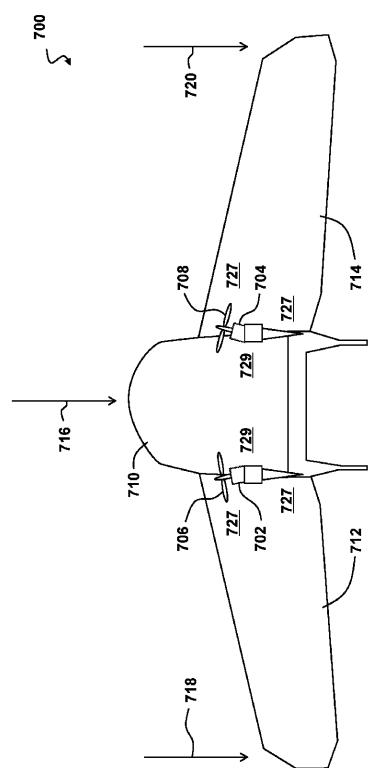


FIG. 7

【図8】

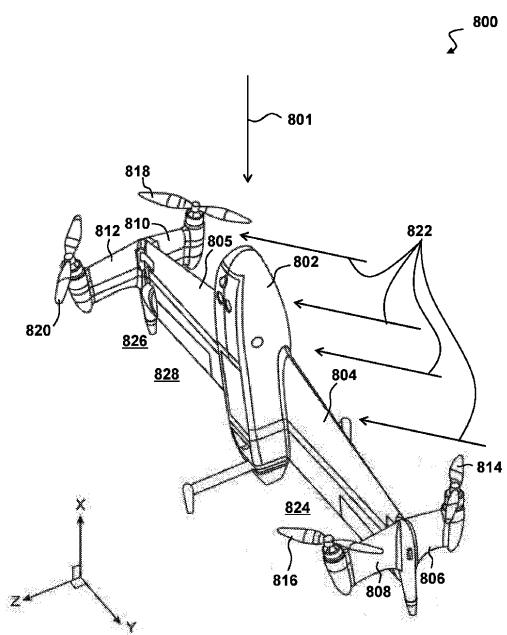


FIG. 8

フロントページの続き

(72)発明者 リンジー , クエンティン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 91016 , モンロビア , ロイヤルオークスドライブ 80
0 , スイート 210

審査官 塚本 英隆

(56)参考文献 米国特許出願公開第2005 / 0178879 (US , A1)

米国特許第07159817 (US , B2)

米国特許出願公開第2015 / 0102157 (US , A1)

米国特許出願公開第2016 / 0144957 (US , A1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

B64C 29 / 02