

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6382131号  
(P6382131)

(45) 発行日 平成30年8月29日(2018.8.29)

(24) 登録日 平成30年8月10日(2018.8.10)

(51) Int.Cl. F I  
**B 6 4 C 27/10 (2006.01)** B 6 4 C 27/10  
**B 6 4 C 27/14 (2006.01)** B 6 4 C 27/14

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2015-37627 (P2015-37627)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成27年2月27日(2015.2.27)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2016-159671 (P2016-159671A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成28年9月5日(2016.9.5)	(74) 代理人	100098660
審査請求日	平成29年1月26日(2017.1.26)		弁理士 戸田 裕二
		(72) 発明者	網野 梓
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
			株式会社日立製作所
			内
		(72) 発明者	山本 幸生
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
			株式会社日立製作所
			内
		審査官	川村 健一
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 小型飛翔体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転によって推力を発生する上側ロータと、  
前記上側ロータを駆動する上側モータと、  
 前記上側モータよりも下方に備えられ、前記上側モータと同軸に、かつ、前記上側モータとは逆回りに回転する下側モータと、  
前記下側モータによって駆動される下側ロータと、  
 前記上側ロータと前記下側ロータのうち、ホバリング時の回転数が低い一方のロータに接続され、当該一方のロータと一体となって回転する慣性バランサと、を備え、  
 前記慣性バランサは、ホバリング時における、前記一方のロータの角運動量と、他方のロータの角運動量との差を補うことを特徴とする小型飛翔体。

【請求項 2】

請求項 1 において、  
 前記一方のロータとは前記上側ロータであり、前記他方のロータとは前記下側ロータであることを特徴とする小型飛翔体。

【請求項 3】

請求項 2 において、  
 前記慣性バランサの慣性モーメントを  $I_{add}$ 、前記上側ロータの慣性モーメントを  $I_1$ 、前記下側ロータの慣性モーメントを  $I_2$ 、前記上側ロータのホバリング時回転数を  $w_1$ 、前記下側ロータのホバリング時回転数を  $w_2$  とすると、下記の(式 1) で与えられる関係を

10

20

満たすことを特徴とする小型飛翔体。

$$(式1) \quad I_{add} = (I_2 w_2 - I_1 w_1) / w_1$$

【請求項4】

請求項1において、さらに  
前記上側モータと前記下側モータを接続する中央ジンバル部と、  
前記中央ジンバル部を前記上側ロータと前記下側ロータの回転軸と直交した向きに揺動  
駆動する第1の駆動モータと、  
前記第1の駆動モータの揺動軸および前記上側ロータと前記下側ロータの回転軸と直交  
した向きに揺動駆動する第2の駆動モータと、  
前記第1の駆動モータ、および、前記第2の駆動モータを制御する制御装置と、  
前記上側ロータと前記下側ロータの推力方向を前記第1の駆動モータと前記第2の駆動  
モータを制御して偏向させて姿勢制御を行う制御装置と、  
を備える小型飛翔体。

10

【請求項5】

請求項1において、  
前記上側ロータ、および、前記下側ロータの回転翼の迎え角は固定されていることを特  
徴とする小型飛翔体。

【請求項6】

回転によって推力を発生する上側ロータと、  
前記上側ロータを駆動する上側モータと、  
前記上側モータよりも下方に備えられ、前記上側モータと同軸に、かつ、前記上側モ  
ータとは逆回りに回転する下側モータと、  
前記下側モータによって駆動される下側ロータと、を備え、  
ホバリング中において、前記上側ロータと前記下側ロータの角運動量が等しくなるよう  
に、前記上側ロータの同軸にイナーシャが付与される小型飛翔体。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、2つのロータにより推力を発生し飛翔する小型飛翔体に関する。

【背景技術】

30

【0002】

ロータの回転によって推力を発生して飛翔する飛翔体には、上下に2つのロータを備え  
、互いに反対回転させることによって、ロータの回転によって発生する反力を相殺するよ  
う構成するものがあり、例えば下記の特許文献1に記載の技術が知られている。

【0003】

特許文献1の段落0014には、「前記メインロータ14、15は、前記回転軸16の  
同軸上に上下2段に設けられ、回転軸16は下段のメインロータ15を回転駆動するとと  
もに上段のメインロータ14を回転可能に支持し、上段のメインロータ14は前記回転軸  
16の内側の回転軸19によって回転駆動され、メインロータ14、15は相互に逆回転  
する。なお、前記回転軸16、19は、本体13内のモータによってそれぞれの回転翼を  
回転駆動する。」と記載されており、段落0029には、「またメインロータ用モータ5  
5、56に指令を出すヨー軸レイトジャイロ58、サイクリックピッチ用サーボモータ5  
7に信号を送りメインロータの迎角を変化させるロール・ピッチ軸レイトジャイロ59も  
装備されている。」と記載されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特表2013-512149

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

## 【0005】

上記のような2重反転するロータを備えた飛翔体では、下側ロータには上側ロータにより速度を増した気体が流入するため、上下のロータが鏡像対称とすると、飛翔体がヨー方向に対し静止するためには、下側ロータの方が上側ロータよりも大きい回転数が必要となる。このように、上下のロータで回転数が生じると、角運動量が上下で異なるためにピッチ、もしくは、ロール方向に動作させるとジャイロ効果によりふれ回り運動が発生し、姿勢の安定が困難になるという課題があった。

## 【0006】

ここで、特許文献1に記載されている方法では、回転翼の迎え角を変更可能なロータを上下同軸で互いに逆回転可能なように備え、上下ロータの回転数および、回転翼の迎え角を变化させることで姿勢の制御を行っている。しかし、従来の特許文献1の技術では姿勢制御に用いるために回転翼の迎え角が変更可能なロータが必須であり、これは構造が複雑であり、またリンク機構の長さ調整等が煩雑であるため、コストが高くなってしまふ恐れがあった。

## 【0007】

そこで本発明は上記課題に鑑み、安価で安定飛翔が可能な小型飛翔体を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

上記課題を解決するために、代表的な本発明の小型飛翔体の一つは、回転によって推力を発生する上側ロータと、前記上側ロータを駆動する上側モータと、前記上側モータよりも下方に備えられ、前記上側モータと同軸に、かつ、前記上側モータとは逆回りに回転する下側モータと、前記上側ロータと前記下側ロータのうち、ホバリング時の回転数が低い一方のロータに接続され、当該一方のロータと一体となって回転する慣性バランサと、を備え、前記慣性バランサは、ホバリング時における、前記一方のロータの角運動量と、他方のロータの角運動量との差を補うことを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0009】

本発明によれば、安価で安定飛翔が可能な小型飛翔体を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0010】

【図1】本発明の実施例1の小型飛翔体の全体斜視図

【図2】本発明の実施例1の制御装置11を説明する図

【図3】本発明の実施例1の制御アルゴリズムを説明する図

【図4】本発明の実施例1のロータまわりの運動を説明する図

【図5】本発明の実施例1のふれ回り運動の図

【図6】本発明の実施例1のロータ回りの角運動量を説明する図

【図7】本発明の実施例1のふれ回り運動の図

## 【発明を実施するための形態】

## 【0011】

図1は、本発明の実施例1の小型飛翔体の全体斜視図である。なお、以下の説明では、飛翔体の進行方向をX軸、重力方向をZ軸、X軸とZ軸に対し共に直交する軸をY軸とする。また、X軸回りの回転をロール、Y軸回りの回転をピッチ、Z軸周りの回転をヨーとそれぞれ定義する。

## 【0012】

図1に示す小型飛翔体1は、小型飛翔体1を浮上させるための推力発生部として、回転翼を備えた上側ロータ3と、上側ロータ3を駆動するための上側モータ2と、上側モータ2と回転方向が逆となるように駆動され、かつ回転軸が同軸となるように配置される下側モータ5と、下側モータ5に駆動され回転翼を備えた下側ロータ6を備える。上側ロータ3および上側モータ2の回転部には、一体となって回転するように配置され、上側ロー

10

20

30

40

50

タ 3 の回転軸に対し対称に構成されているイナーシャ 1 2 を備える。

【 0 0 1 3 】

小型飛翔体 1 の姿勢制御を行うため、推力発生部の推力方向をピッチ、ロール方向に変更することを目的として、上部に上側モータ 2 を備え、その逆方向には下側モータ 5 を備える中央ジンバル部 4 と、中央ジンバル部 4 の下端に備えられ、中央ジンバル部 4 をピッチ方向に揺動可能なよう出力部を備えるピッチ駆動モータ 7 と、ピッチ駆動モータ 7 を備える周囲ジンバル部 8 と、周囲ジンバル部 8 をロール方向に揺動可能なよう出力部を備えるロール駆動モータ 9 と、ロール駆動モータ 9 を備える。

【 0 0 1 4 】

上記の機構を支える構造は、上側ロータ 3 および下側ロータ 6 の回転軸に対し X 方向、Y 方向に略対称な形状であり、かつ上側ロータ 3 および下側ロータ 6 の回転を妨げないように備えられ、例えば地面に着陸する際に安定となるような形状を備えているメインフレーム 1 0 と、小型飛翔体 1 の重心をなるべく低くするようにメインフレーム 1 0 の下部に備えられる制御装置 1 1 とで構成される。制御装置 1 1 は、小型飛翔体 1 において大部分の重量を占めているおり、小型飛翔体 1 の空中での安定性を向上するためには、小型飛翔体 1 の重心が上側ロータ 3 および下側ロータ 6 の回転軸上に位置するように制御装置 1 1 の位置を調整し搭載すると良い。

【 0 0 1 5 】

上側ロータ 3 および下側ロータ 6 は、互いに逆方向に回転駆動され鉛直下向きに推力を発生させ、小型飛翔体 1 を飛翔させる。上側ロータ 3 および下側ロータ 6 の回転数を変更することにより、推力を変更することが可能である。また、互いに逆方向に回転することにより、上側ロータ 3 と下側ロータ 6 が推力を発生する際の反トルクを利用しヨー方向の運動を制御可能である。上側ロータ 3 および下側ロータ 6 を駆動する上側モータ 2 と下側モータ 5 は、制御装置 1 1 から回転数を制御される。

【 0 0 1 6 】

ピッチ駆動モータ 7 とロール駆動モータ 8 は、例えば電動モータ（ステッピングモータやブラシレスモータ、超音波モータ等）のような動力源と、減速機と角度検出器（ロータリエンコーダやポテンシオメータ等を内蔵しており、制御装置 1 1 から適切に回転角度を制御される。上側ロータ 3 および下側ロータ 6 による推力の方向をピッチ駆動モータ 7 とロール駆動モータ 8 を用いて偏向させることにより、小型飛翔体 1 の姿勢を安定に制御している。

【 0 0 1 7 】

図 2 は制御装置 1 1 の構成を示した図である。制御装置 1 1 は、内部に 3 軸姿勢検出手段 2 0 と、指令受信手段 2 1 と、外界認識手段 2 2 と、バッテリー 2 3 と、中央演算器 2 4 とを備える。3 軸姿勢検出手段 2 0 は、例えば 3 軸ジャイロのようなロール、ピッチ、ヨー方向の角度および角速度を検出可能な手段であり、小型飛翔体 1 の姿勢を取得する目的で用いる。指令受信手段 2 1 は、外部からの指令を受け取る手段であり、無線による指示を受けても良いし、有線によるものでも良い。外界認識手段 2 2 は、小型飛翔体 1 の地面からの高さを測定するセンサであったり、周囲物体との距離を測定するセンサ等である。バッテリー 2 3 は、小型飛翔体 1 の動力源であるが、例えば指令受信手段 2 1 が有線の場合であるときには、信号線を通じて給電を行っても良い。中央演算器 2 4 は、3 軸姿勢検出手段 2 0 と指令受信手段 2 1 および外界認識手段 2 2 からの情報をもとに、上側モータ 2、下側モータ 5、ロール駆動モータ 9、ピッチ駆動モータ 7 を適切に制御する。

【 0 0 1 8 】

図 3 は実施例 1 の小型飛翔体のヨー方向の制御アルゴリズムを示した図である。以下、制御方法を順に説明する。

指令受信手段 2 1 から目標ヨー角速度  $\dot{\gamma}_y$ 、プロペラ回転数  $N_{th}$  を取得する ( S 1 1 )。

3 軸姿勢検出手段 2 0 よりヨー角速度  $G_y$  を取得する ( S 1 2 )。

上側モータに回転数  $N_{th} + ( \dot{\gamma}_y - G_y ) \times K_y$  を出力、下側モータに回転数  $- N_{th} + ($

10

20

30

40

50

$\gamma - G_Y) \times K_Y$  を出力する (S13)。ここでの回転数は左回りを正とし、 $K_Y$  はヨー制御ゲインとする。

その後スタートに戻る。上記のステップを所定の時間刻みにより実行する。

【0019】

図4は実施例1の小型飛翔体がホバリング中にヨー方向に対して静止している時のロータまわりの運動を説明する図である。ホバリング中の上側ロータ3および下側ロータ6のある断面をそれぞれ上側ロータ断面F22と下側ロータ断面F26とする。ここでは、上側ロータ3と下側ロータ6は入手性、低コスト性を鑑み、同一迎え角、同一プロファイルの翼断面とし、上側ロータ3と下側ロータ6の相違点は鏡像対称である点のみとする。

【0020】

上側ロータ断面F22での気体から見た速度を上側ロータ速度F24、上側ロータ迎え角F23、その時に発生する上側ロータ推力F20、上側ロータ反力をF21とする。下側ロータ断面F26での気体から見た速度を下側ロータ速度F28、下側ロータ迎え角F29、下側ロータ推力F25、下側ロータ反力をF27とする。下側ロータ断面F26には上側ロータ3により速度を増した気体が流入するため、気体は速度F29を持つため、その結果上側ロータ迎え角F29は下側ロータ迎え角F23よりも小さくなる。一方で、小型飛翔体1がヨー方向に対し静止するためには、上側ロータ反力F21と下側ロータ反力F27の大きさが等しくなる必要があるため、迎え角の小さい下側ロータ6は上側ロータ3よりも大きい回転数となる必要がある。

【0021】

主にコストの制約により、上側ロータ3と下側ロータ6は同一迎え角、同一プロファイルの翼断面で、相違点は鏡像対称である点のみであるものを用いることが多い。また、同様の理由により上側モータ2と下側モータ5は同一のものを用いることが多い。さて、ホバリング中においては、前述したように本実施例では下側ロータ6は上側ロータ3よりも大きい回転数となっている。上側モータ2と上側ロータ3のZ軸まわりの慣性モーメントの合計をI1、下側モータ5と下側ロータ6のZ軸まわりの慣性モーメントの合計をI2とし、上側ロータ3の回転数をw1、下側ロータ6の回転数をw2とすると、上下のロータの角運動量はそれぞれI1w1、I2w2となる。上側ロータ3と下側ロータ6の回転数が等しければこれらの角運動量は互いに打ち消しあうが、前述したように下側ロータ6の回転数のほうが大きいため、上下のロータ合計の角運動量が存在する。本実施例の小型飛翔体1は前述したように、上下のロータ推力の向きをピッチ駆動モータ7とロール駆動モータ8で偏向し姿勢制御を行うため、ロータ推力を偏向させる際にジャイロ効果により小型飛翔体1全体にふれ回り運動が発生する。図5にふれ回り運動の様子を示す。ピッチ回りの変位とロール回りの変位が周期的に発生し、減衰せず継続して振動している。

【0022】

そこで、本実施例1の小型飛翔体1は図6に示すように上側ロータ3と一体となって回転するようにイナーシャI2を備える。イナーシャI2の慣性モーメントは以下のように決定する。

【0023】

イナーシャI2の慣性モーメントをI<sub>add</sub>とすると、角運動量の釣り合い条件から、

$$(I_1 + I_{add}) w_1 = I_2 w_2 \quad \text{式(1)}$$

よって、

$$I_{add} = (I_2 w_2 - I_1 w_1) / w_1 \quad \text{式(2)}$$

【0024】

なお、このときのw1とw2はホバリング時に回転数を測定し、イナーシャI2の慣性モーメントI<sub>add</sub>を算出する。

【0025】

図7にイナーシャI2を搭載後のピッチ回りとロール回りの運動の様子を示す。イナーシャI2の搭載により、ふれまわり運動が軽減し振動的な挙動が収束している。

【0026】

10

20

30

40

50

以上で説明したように、本発明の方式によれば、低コストなロータを用い、最低限の構造にして安定した姿勢制御が可能な小型飛翔体の実現が可能である。

【 0 0 2 7 】

すなわち本発明では、回転翼の迎え角が固定である2重反転するロータを備えた推力発生部の推力方向をロール、ピッチに変化させ姿勢制御を行う飛翔体において、逆方向に回転するロータの回転数の小さいほうに角運動量が上下のロータで釣り合うように慣性質量を付与し、上下のロータの角運動量の大きさを釣り合わせることで、より推力発生部の角運動量を0に近づけることで、ロール、ピッチ動作の際にジャイロ効果による姿勢変化を低減することができる。

【 0 0 2 8 】

また上記の実施例では、上側ロータと下側ロータのホバリング時の角運動量を釣り合わせるようにイナーシャ  $I_2$  の慣性モーメントを算出し付与していたが、例えばシミュレーション等により事前に推力・回転数を予測することにより、上側ロータに付与する慣性モーメントを算出することにより、上側モータ2の回転部の慣性モーメントに予め付与しておいても良い。

【符号の説明】

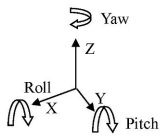
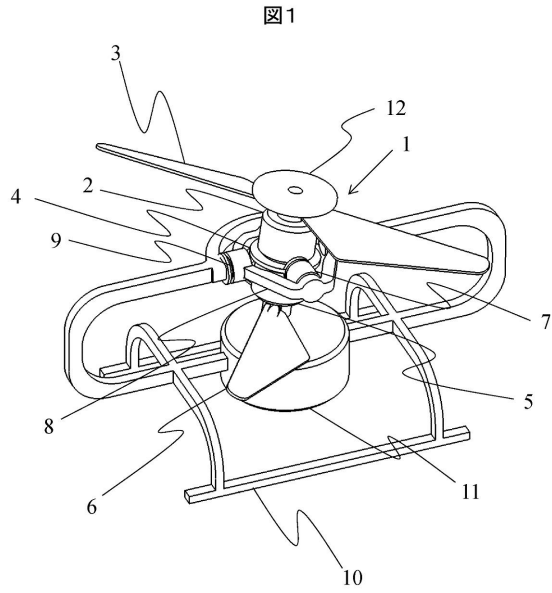
【 0 0 2 9 】

- 1 ... 小型飛翔体
- 2 ... 上側モータ
- 3 ... 上側ロータ
- 4 ... 中央ジンバル部
- 5 ... 下側モータ
- 6 ... 下側ロータ
- 7 ... ピッチ駆動モータ
- 8 ... 周囲ジンバル部
- 9 ... ロール駆動モータ
- 10 ... メインフレーム
- 11 ... 制御装置
- 12 ... イナーシャ

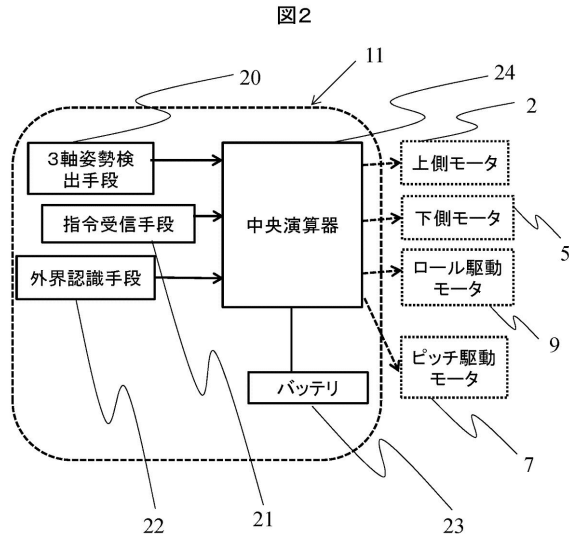
10

20

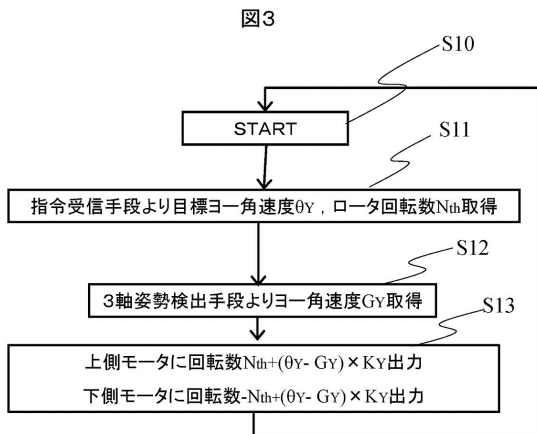
【図1】



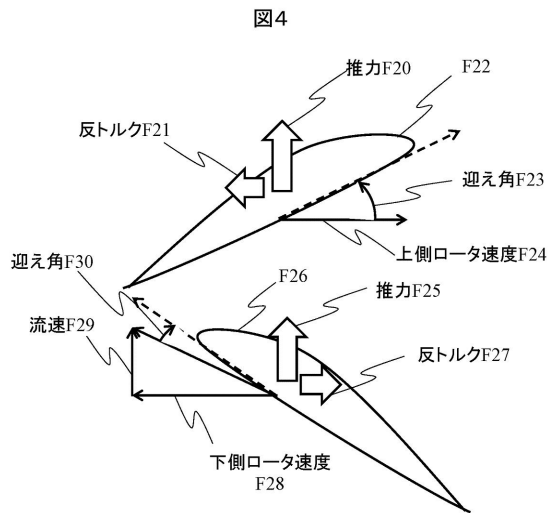
【図2】



【図3】

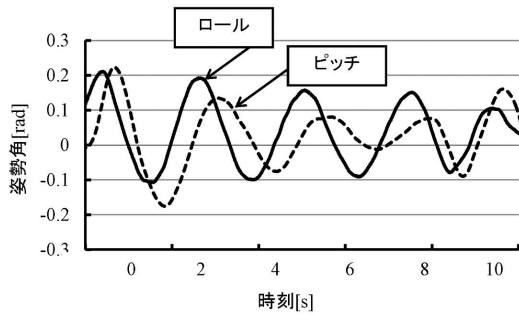


【図4】



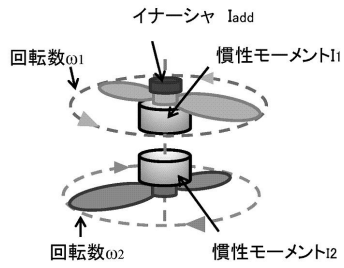
【 図 5 】

図5



【 図 6 】

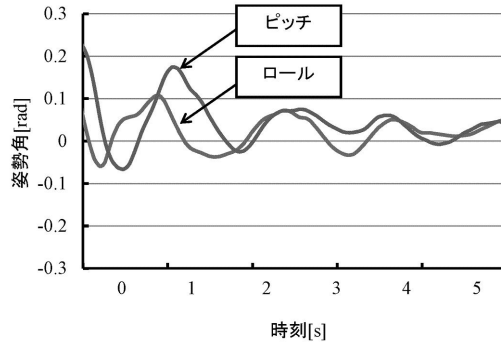
図6



角運動量  $(I_1 + I_{add}) \omega_1 = I_2 \omega_2$

【 図 7 】

図7





---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-058779(JP,A)  
特開2006-193027(JP,A)  
特表2013-512149(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B64C 27/10