

(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2014-28585
(P2014-28585A)

(43) 公開日 平成26年2月13日(2014.2.13)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
B 6 4 C 33/02 (2006.01) B 6 4 C 33/02 2 C 1 5 0
A 6 3 H 27/28 (2006.01) A 6 3 H 27/28

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-170112 (P2012-170112)	(71) 出願人	390020189 ユーハ味覚糖株式会社
(22) 出願日	平成24年7月31日 (2012.7.31)	(71) 出願人	504180239 奈良県大和郡山市今国府町123番地の8 国立大学法人信州大学 長野県松本市旭三丁目1番1号
		(74) 代理人	100074561 弁理士 柳野 隆生
		(74) 代理人	100124925 弁理士 森岡 則夫
		(74) 代理人	100141874 弁理士 関口 久由
		(72) 発明者	奥田 一郎 奈良県大和郡山市今国府町123番地の8 ユーハ味覚糖株式会社内

最終頁に続く

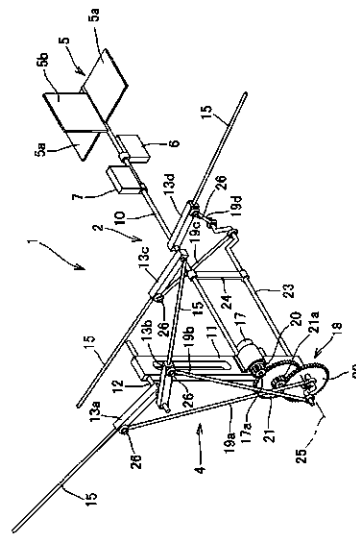
(54) 【発明の名称】 羽ばたき飛行装置

(57) 【要約】

【課題】 トンボのように複数対の羽体を羽ばたかせながら、体軸のブレが少なく安定して飛行することができる飛行装置を提供する。

【解決手段】 第1支持軸と、第1支持軸の上方に設けられる第2支持軸とを含む支持本体と、弾性軸部材と薄膜羽部とからなる羽体を含み、左右一対として複数対の羽体が支持本体により上下揺動可能に支持され、支持本体の前側の一対の羽体を第2支持軸に取り付け、後側の一対の羽体を第1支持軸に取り付けることにより、前側の一対の羽体と後側の一対の羽体とが段差を設けて支持本体に取り付けられている羽ばたき翼と、各羽体を上下に揺動させる駆動手段と、支持本体の後側の端部近傍に取り付けられ、水平尾翼と垂直尾翼とからなる尾翼と、を備え、羽ばたき飛行装置の全重量と各羽体の総面積との比が $0.357\text{ m}^2/\text{N}$ 以下であり、水平尾翼の面積が 18 cm^2 以上であり、且つ、垂直尾翼の面積が 3 cm^2 以上である羽ばたき飛行装置。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

羽ばたき翼の上下揺動により飛行する羽ばたき飛行装置であって、
一方向に延びる軸体である第 1 支持軸と、前記第 1 支持軸の上方に設けられかつ前記第 1 支持軸と同じ方向に延びる第 2 支持軸とを含む支持本体と、

弾性軸部材と薄膜羽部とからなる羽体を含み、左右一対として複数対の前記羽体が前記支持本体により上下揺動可能に支持され、前記支持本体の前側の一対の羽体を前記第 2 支持軸に取り付け、後側の一対の羽体を前記第 1 支持軸に取り付けることにより、前記前側の一対の羽体と前記後側の一対の羽体とが段差を設けて前記支持本体に取り付けられている羽ばたき翼と、

10

前記各羽体を上下に揺動させる駆動手段と、

前記支持本体の後側の端部近傍に取り付けられ、水平尾翼と垂直尾翼とからなる尾翼と、を備え、

羽ばたき飛行装置の全重量と前記各羽体の総面積との比が $0.357 \text{ m}^2 / \text{N}$ 以下であり、前記水平尾翼の面積が 18 cm^2 以上であり、且つ、前記垂直尾翼の面積が 3 cm^2 以上である羽ばたき飛行装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、羽ばたき飛行装置に関する。より詳しくは、本発明は、トンボのように羽ばたきながら大気中を飛行する羽ばたき飛行装置に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

トンボは、4枚の翼を羽ばたかせ、急旋回、急上昇、ホバリング等を繰り返して、自由自在に飛ぶことができる唯一の昆虫である。トンボは、蚊や蠅等を空中で簡単に捕食することができ、昆虫の中では最強の飛行能力を備えている。トンボの飛行能力を飛行装置に利用することが出来れば、従来からある飛行機、ヘリコプター等に比べ、格段に高い旋回性、加速性、さらに複雑な飛行が可能な飛行装置の実現が期待される。

【0003】

これまでに、羽ばたきを利用した小型の飛行装置の開発が行われている。千葉大学の劉教授が開発したハチドリ型ロボットや、オランダのデルフト工科大学が開発した羽ばたき型ラジコン飛行機（商品名：DeIFly micro）、トンボ型ラジコン玩具（商品名：メカトンボ、（株）シー・シー・ピー製）等が有名である。これらは、いずれも、交差翅型で2枚の翅を打ち合わせて飛行する機構を有することを特徴とする。このような機構は、効率的に推力を出せるため、多くのラジコン飛行機や玩具に採用されている。

30

【0004】

一方、トンボのように前後2対の羽を交互に羽ばたかせて飛行する羽ばたき飛行装置としては、例えば、前後2対の羽体と、動力源と、動力源から発生する動力を伝達する動力シャフトと、動力シャフトから伝達される動力により2対の羽体を交互に駆動させる天秤アームと、羽体と連動して上下に駆動する尾翼と、機首に取り付けられ、2対の羽体及び尾翼を滑空時に最適角度に固定する動力シャフト停止手段と、を備える羽ばたき飛行装置が提案されている（特許文献1参照）。しかしながら、この羽ばたき飛行装置における動力はゴムの張力であり、モータではない。

40

【0005】

また、本出願人は、前後に長い支持本体に上下揺動可能に支持された前後2対、計4枚の羽体をモータ駆動により交互に羽ばたかせて飛行する羽ばたき飛行装置を提案している（特許文献2～4参照）。これらの羽ばたき飛行装置は、複数対の左右の羽体を羽ばたかせながら、かつ、体軸となる支持本体を略水平に維持しながら、トンボのように安定して飛行するが、さらなる改良の余地が残されている。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2000-317148号公報

【特許文献2】特開2009-190651号公報

【特許文献3】特開2009-240501号公報

【特許文献4】特開2011-195050号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明者らは、特許文献2～4に開示の羽ばたき飛行装置において、その全重量と羽体の総面積との比を $0.357\text{ m}^2/\text{N}$ 以下とし、かつ、支持本体の前側の一对の羽体と後側の一对の羽体とを段差を設けて支持本体に取り付けることにより、羽ばたき飛行装置の飛行安定性の向上を図り得ることを見出した。さらに、本発明者らは、支持本体の前側の一对の羽体の羽ばたき角と後側の一对の羽体の羽ばたき角との間に所定の位相差を設けることにより、一層の飛行安定性を得ることに成功した。本発明者らは、これらの知見に基づいて、先に特許出願を行なった（特願2011-045235）。

10

【0008】

しかしながら、上述の羽ばたき飛行装置においても、飛行中での支持本体のブレ等により飛行安定性が低下する場合があります。さらに、飛行方向の制御性の面で改良の余地が残されていることが、本発明者らの研究により判明した。

20

【0009】

そこで、本発明は、トンボのように複数対の左右の羽体を羽ばたかせながら、体軸となる支持本体のブレが抑制されるとともに、方向の制御性も備わり、安定した飛行が可能な羽ばたき飛行装置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】

【0010】

本発明者らは、上記従来技術の課題を解決するため鋭意研究を重ねた結果、上述の羽ばたき飛行装置において、水平尾翼と垂直尾翼とからなる尾翼を設け、水平尾翼及び垂直尾翼の面積をそれぞれ所定範囲内から選択することにより、所望の羽ばたき飛行装置が得られることを見出し、本発明を完成するに至った。

30

【0011】

本発明は、羽ばたき翼の上下揺動により飛行する羽ばたき飛行装置であって、一方向に延びる軸体である第1支持軸と、第1支持軸の上方に設けられかつ第1支持軸と同じ方向に延びる第2支持軸とを含む支持本体と、弾性軸部材と薄膜羽部とからなる羽体を含み、左右一对として複数対の羽体が支持本体により上下揺動可能に支持され、支持本体の前側の一对の羽体を第2支持軸に取り付け、後側の一对の羽体を第1支持軸に取り付けることにより、前側の一对の羽体と後側の一对の羽体とが段差を設けて支持本体に取り付けられている羽ばたき翼と、各羽体を上下に揺動させる駆動手段と、支持本体の後側の端部近傍に取り付けられ、水平尾翼と垂直尾翼とからなる尾翼と、を備え、羽ばたき飛行装置の全重量と各羽体の総面積との比が $0.357\text{ m}^2/\text{N}$ 以下であり、水平尾翼の面積が 18 cm^2 以上であり、且つ、垂直尾翼の面積が 3 cm^2 以上である羽ばたき飛行装置を提供する。

40

【発明の効果】

【0012】

本発明の羽ばたき飛行装置は、1) 全重量と羽体の総面積との比を $0.357\text{ m}^2/\text{N}$ 以下とすることにより、飛行するための揚力を得ることが可能になり、2) 弾性軸部材と薄膜羽部とからなる羽体を備えることにより、実際のトンボの翅のようにフラッピング運動とフェザリング運動を行うことが可能になり、3) 支持本体における前側の一对の羽体の取り付け位置と後側の一对の羽体の取り付け位置との間に段差を設けることにより、飛行姿勢が安定して推力が大きくなって安定な飛行が可能となり、4) 水平尾翼と垂直尾翼

50

とからなる尾翼を設け、垂直尾翼及び水平尾翼の面積をそれぞれ所定の範囲から選択することにより、飛行中における支持本体（第1支持軸）のブレを抑制するとともに、飛行方向の制御性が向上することにより、飛行安定性がより一層向上し、これらの結果として長時間の安定な飛行が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の一実施形態である羽ばたき飛行装置1の構成を模式的に示す平面図である。

【図2】図1に示す羽ばたき飛行装置1を前方斜め上方から見た斜視図である。

【図3】図1に示す羽ばたき飛行装置1を右側の横方向から見た側面図である。

10

【図4】図1に示す羽ばたき飛行装置1を前方向から見た正面図である。

【図5】図1に示す羽ばたき飛行装置1を後方向から見た背面図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明の羽ばたき飛行装置は、支持本体と、左右一対として複数対の羽体を含む羽ばたき翼と、各羽体を上下に揺動させる駆動手段と、支持本体の後側の端部近傍に取り付けられ、水平尾翼と垂直尾翼とからなる尾翼とを備え、本装置の全重量と羽体の総面積との比が $0.357\text{ m}^2/\text{N}$ 以下であり、水平尾翼の面積が 18 cm^2 以上であり、且つ、垂直尾翼の面積が 3 cm^2 以上であることを特徴とする。

【0015】

20

また、本発明の羽ばたき飛行装置において、支持本体は、一方向に延びる軸体である第1支持軸と、第1支持軸の上方に設けられかつ第1支持軸と同じ方向に延びる第2支持軸とを含むことを特徴とする。また、羽ばたき翼は、左右一対として複数対の羽体が支持本体により上下揺動可能に支持され、支持本体の前側の一対の羽体を第2支持軸に取り付け、後側の一対の羽体を第1支持軸に取り付けることにより、支持本体の前側の一対の羽体と後側の一対の羽体とが段差を設けて支持本体に取り付けられていることを特徴とし、羽体は、弾性軸部材と薄膜羽部とからなることを特徴とする。

【0016】

本発明の羽ばたき飛行装置の一実施形態は、図1～5に示す通りである。図1は、本発明の一実施形態である羽ばたき飛行装置1の構成を模式的に示す平面図である。図2～図5は、それぞれ、羽ばたき飛行装置1の斜視図、側面図、正面図及び背面図である。

30

【0017】

図2及び図3では、図面を簡略化するため、羽体8a、8b、8c、8dに備わる薄膜羽部16の図示を省略する。また、図5では、揺動支持軸13c、13dの動作を見易くするために、垂直尾翼5bの図示を省略する。また、本明細書では、第1支持軸10の延びる方向（＝支持本体2が延びる方向）において、羽ばたき飛行装置1の機首側を前側及び尾翼側を後側とする。

【0018】

図1～5に示す羽ばたき飛行装置1は、支持本体2と、羽ばたき翼3と、駆動手段4と、尾翼5と、電池6と、受信機7とを備えている。ここで、羽ばたき翼3は、羽ばたき飛行装置1の機首側に設けられる。駆動手段4は、羽ばたき翼3に連結するように設けられる。尾翼5は支持本体2の後側の端部近傍に設けられる。電池6及び受信機7は、羽ばたき翼3と尾翼5との間の第1支持軸10の所定位置に設けられる。

40

【0019】

支持本体2は、図2及び図3に示すように、第1支持軸10と、第1支持軸10の前側先端に取り付けられ、上下方向（鉛直方向）に延び、その上端及び下端に幅方向の貫通孔11a、11bが形成され、さらに厚み方向の貫通孔11cが形成された支持板11と、貫通孔11aに挿通されて支持板11により回転可能に支持された第2支持軸12と、第1支持軸10により回転可能に支持される揺動支持軸13c、13dと、第2支持軸12により回転可能に支持される揺動支持軸13a、13b（以下これらの揺動支持軸を「揺

50

動支持軸 13」と総称することがある)と、を備えている。

【0020】

第1支持軸10は、円柱状、角柱状等の形状を有する一方向に延びる軸体である。第1支持軸10を構成する材料は特に限定されないが、例えば、炭素繊維強化樹脂材料、ガラス繊維強化樹脂材料、各種金属材料等が挙げられる。第1支持軸10の長さ及び外径は特に限定されないが、それぞれ、好ましくは、100～300mm程度及び0.5～30mm程度である。

【0021】

支持板11の形状は、本実施形態では板状であるが、それに限定されず、例えば、角柱状、円柱状等であってもよい。支持板11の第1支持軸10への取り付け方法は特に限定されないが、例えば、支持板11の所定位置に、第1支持軸10の先端部の形状に対応する内部空間を有する幅方向の穴を形成し、第1支持軸10の先端部をその穴に嵌入し、接着剤等で固定する方法、支持板11の所定位置にネジ穴を形成し、第1支持軸10のネジ山が形成された先端部をそのネジ穴に係合する方法、ビス止めする方法等が挙げられる。

10

【0022】

支持板11の上端部の貫通孔11aには第2支持軸12が挿通され、支持板12により回転可能に支持される。支持板11の下端部の貫通孔11bにはクランク部23が挿通され、支持板12により回転可能に支持される。また、支持板11の第1支持軸10よりも上方の領域に長円状の貫通孔11cが形成されている。

20

【0023】

第2支持軸12は、第1支持軸10とほぼ平行にかつ同じ方向に延びる軸体である。第2支持軸12は、第1支持軸10から上方に延びる支持板11の上端部に形成された貫通孔11aにより回転可能に支持されているので、第1支持軸10よりも高い位置にある。第2支持軸12には、第1支持軸10と同じ材質の軸体を使用できる。第2支持軸12の外径は、第1支持軸10と同様の外径範囲から選択できる。

【0024】

揺動支持軸13a, 13bは、その一端に形成された不図示の貫通孔に挿通された第2支持軸12により回転可能に軸支され、羽体8a, 8bを支持する。近接して回転する揺動支持軸13a, 13bは、互いに接触しないように所定の間隔を空けて設けられる。本実施形態では、揺動支持軸13aを揺動支持軸13bよりも前側に設けているが、これに

30

【0025】

揺動支持軸13c, 13dは、その一端に形成された不図示の貫通孔に挿通された第1支持軸10により回転可能に軸支され、羽体8c, 8dを支持する。近接して回転する揺動支持軸13c, 13dは、互いに接触しないように所定の間隔を空けて設けられる。本実施形態では、揺動支持軸13cを揺動支持軸13dよりも前側に設けているが、これに

【0026】

羽ばたき翼3は、揺動支持軸13a, 13bを介して第2支持軸12に取り付けられて上下揺動可能に支持された左右一对の羽体8a, 8bと、揺動支持軸13c, 13dを介して第1支持軸10に取り付けられて上下揺動可能に支持された左右一对の羽体8c, 8dと、を含む。羽体8a, 8bは、羽体8c, 8dよりも前側に位置する。また、図2及び図3に示すように、羽体8a, 8bは、第1支持軸10よりも高い位置にある第2支持軸12に取り付けられ、羽体8c, 8dは第1支持軸10に取り付けられるので、羽体8a, 8bの取り付け位置と羽体8c, 8dの取り付け位置との間には段差が生じる。

40

【0027】

羽体8a, 8bを、羽体8c, 8dよりも高い位置に取り付けることにより（前側にある一对の羽体を、後側にある一对の羽体よりも高い位置に取り付けることにより）、羽ばたき飛行装置1の飛行安定性が向上する。また、羽体8a, 8bの取り付け位置と、羽体8a, 8bよりも後側にある羽体8c, 8dの取り付け位置との間に段差を設けることに

50

より、本発明の羽ばたき飛行装置 1 がトンボと同様の飛行姿勢を採ることが可能になり、その飛行安定性が一層向上する。

【0028】

本実施形態では、羽体 8 a, 8 b が上側に揺動する場合、羽体 8 c, 8 d は下側に揺動し、羽体 8 a, 8 b が下側に揺動する場合、羽体 8 c, 8 d は上側に揺動する。また、本実施形態では、羽体 8 a, 8 b と、羽体 8 c, 8 d という 2 対の羽体を設けているが、これに限定されず、支持本体 2 の長さ、特に第 1 支持軸 10 の長さ等に応じて、3 対以上の羽体を設けても良い。3 対以上の羽体を設ける場合、相対的に最も前側の羽体を第 1 支持軸 10 から最も高い位置に取り付け、後側に行くほど羽体の取り付け位置を低くすることにより段差を設けることが好ましい。

10

【0029】

羽体 8 a, 8 b, 8 c, 8 d (以下においてこれらを「羽体 8」と総称することがある) は、いずれも、揺動支持軸 13 により支持された弾性軸部材 15 と、揺動支持軸 13 及び弾性軸部材 15 により支持された薄膜羽部 16 とからなる。このように、薄膜羽部 16 を、弾性軸部材 15 だけでなく、揺動支持軸 13 にも取り付けることにより、大きな揚力が得られる。但し、薄膜羽部 16 を弾性軸部材 15 だけに取り付けてもよく、これでも必要十分な揚力が得られる。

【0030】

弾性軸部材 15 は、一方向に延びる軸体であり、羽体 8 を支持本体 2 に取り付けた状態で羽体 8 の略前縁部に位置している。ここで、羽体 8 の前縁部及び後縁部とは、それぞれ、第 1 支持軸 10 の延びる方向における前側及び後側の縁を意味する。弾性軸部材 15 は直線状に形成してもよく、又は、所定の曲線形状を有するように形成してもよい。

20

【0031】

弾性軸部材 15 の材質としては、弾性を有しかつ機械的強度の高い弾性材料であれば特に限定されないが、例えば、カーボンロッド、グラスロッド、弾性樹脂材、竹材等が挙げられる。これらの中でも、軽量で丈夫であるという観点から、カーボンロッドが好ましい。このような材料で構成されることで、上下に羽ばたかせるフラッピング運動の際に、弾性軸部材 15 の端部がしなりフェザリング運動を促すことで、昆虫であるトンボの羽のような羽ばたきを実現しやすくなる。弾性軸部材 15 の直径(外径)は、上下に羽ばたかせやすい観点から、0.3~1.0mm 程度であればよい。

30

【0032】

弾性軸部材 15 は、羽体 8 の前縁から後縁に向けて延びる支脈 15 a を有している。支脈 15 a は、弾性軸部材 15 の延びる方向における、弾性軸部材 15 の中央付近に形成することが好ましい。支脈 15 a は弾性軸部材 15 と一体成形してもよく、また、接着剤や熱圧着等により弾性軸部材 15 に接着しても良い。支脈 15 a を設けることで、羽体 8 を上下に羽ばたかせる際に、羽体 8 の端部において薄膜羽部 16 が揺動し、フラッピング運動に連動してフェザリング運動を引き起こすことができる。本実施形態では、弾性軸部材 15 に支脈 15 a を 1 つ設けているが、複数設けてもよい。また、本実施形態では、弾性軸部材 15 に支脈 15 a を設けているが、支脈 15 a を設けなくてもよい。

【0033】

薄膜羽部 16 は、揚力を得るための部材であり、薄くても丈夫で軽い樹脂材料で構成される。樹脂材料の中でも、ポリプロピレン、ポリエチレン等のポリオレフィン樹脂材料、発泡樹脂材料等が好ましく、羽体 8 を上下に羽ばたかせた際に、薄膜羽部 16 の後方端部が揺動しやすい観点から、ポリプロピレンがさらに好ましい。

40

【0034】

薄膜羽部 16 の厚みは特に限定されないが、飛行しやすくする観点から、0.1mm 以下であればよい。

【0035】

また、薄膜羽部 16 の先端部分の形状は、本実施形態では図 1 に示すように前縁部が後縁部よりも長い形状になっているが、これに限定されず、前縁部と後援部との長さが略等

50

しい形状や、後縁部が前縁部よりも長い形状でもよい。また、後縁部を略半円状等の丸みのある形状としてもよい。ここで、薄膜羽部 16 の前縁部及び後縁部とは、それぞれ、第 1 支持軸 10 の延びる方向における前側及び後側の縁を意味する。

【0036】

薄膜羽部 16 を弾性軸部材 15 に固定することにより、羽体 8 が得られる。また、羽体 8 を揺動支持軸 13 に固定するに際しては、羽体 8 を揺動支持軸 13 に直接固定してもよく、弾性軸部材 15 を揺動支持軸 13 に固定し、次いで薄膜羽部 16 を弾性軸部材 15 および揺動支持軸 13 に固定しても良い。固定方法としては特に限定されないが、例えば、各部材を接着剤で固定する方法、各部材を粘着テープで固定する方法等が挙げられる。

【0037】

本発明では、下記式 (1) で定義される、羽ばたき飛行装置 1 と羽体 8 の総面積との比を $0.357 \text{ m}^2 / \text{N}$ 以下に調整する。この比に調整することで、羽ばたき飛行装置 1 が飛行に必要な揚力を得ることができる。羽ばたき飛行装置 1 のサイズに関わらず、十分な揚力を得るという観点から、この比を $0.255 \text{ m}^2 / \text{N}$ 以上であることが好ましい。

比 (m^2 / N) = [(羽ばたき飛行装置の羽体の総面積 : cm^2) / (羽ばたき飛行装置の全重量 (gf))] $\times 1.019642857 \times 10^{-2}$ (1)

【0038】

ここで羽体 8 の総面積とは、全ての羽体の面積の和を意味し、本実施形態では羽体 8 a, 8 b, 8 c, 8 d の面積の和である。また、羽体の面積とは羽体の厚み方向における一方の表面の面積であり、羽体の全表面積のことではない。

【0039】

駆動手段 4 は、駆動モータ 17 と、駆動モータ 17 の回転を連結アーム 19 に伝達する回転体 18 と、回転体 18 から伝達された回転を揺動支持軸 13 に伝達する連結アーム 19 とを含む。駆動手段 4 により、駆動モータ 17 の回転出力が揺動支持軸 13 及びそれに固定された羽体 8 に伝達され、前側の一对の羽体 8 a, 8 b と後側の一对の羽体 8 c, 8 d とが交互に上下に揺動し、トンボのような飛行が可能になる。

【0040】

駆動モータ 17 は、支持板 11 の厚み方向の表面のうち、羽ばたき飛行装置 1 の機首を正面から見た場合に向かって右側の表面において、第 1 支持軸 10 よりも下側に、その出力軸 17 a が前方を向くように取り付けられる。駆動モータ 17 の出力軸 17 a にはギア 20 が取り付けられる。駆動モータ 17 は、電池 6 と電氣的に接続され、電池 6 から電力の供給を受けて回転する。

【0041】

回転体 18 は、ギア 20 に噛み合い、駆動モータ 17 からの出力により回転するギア 21 と、ギア 21 の回転軸に取り付けられたギア 21 a と噛み合い、ギア 21 の回転により回転するギア 22 と、ギア 22 の回転を連結アーム 19 に伝達するクランク部 23 と、第 1 支持軸 10 とクランク部 23 とを連結して、クランク部 23 を回転可能に支持する連結具 24 とを含む。回転体 18 は、駆動モータ 17 の回転を、ギア 21 及びギア 22 を介して、ギア 22 と同期して回転するクランク部 23 に伝達し、最終的に連結アーム 19 に伝達する。

【0042】

駆動モータ 17 としては、市販品を適宜選択して使用できる。ギア 20, 21, 21 a, 22 としては、金属材料からなるギア、樹脂材料からなるギア等を使用できる。ギア 22 は、厚み方向に貫通するほぼ円形の貫通孔 (不図示) を有し、その貫通孔にはクランク部 23 が挿通され、固定される。これにより、ギア 22 とクランク部 23 とは同期して回転する。ギア 22 の軸心と貫通孔の円形の中心とはほぼ一致する。

【0043】

クランク部 23 は、図 3 に示すように、第 1 支持軸 10 の延びる方向にほぼ沿った回転軸心 25 を有し、この回転軸心 25 に対して位相が $60 \sim 90$ 度の範囲でずれるように設けられる 5 つのクランク部である第 1 クランク部 23 a、第 2 クランク部 23 b、第 3 ク

10

20

30

40

50

ランク部 2 3 c、第 4 クランク部 2 3 d 及び第 5 クランク部 2 3 e を含む。この回転軸心 2 5 は、ギア 2 2 の回転軸心とほぼ一致する。

【0044】

第 1 クランク部 2 3 a、第 2 クランク部 2 3 b、第 3 クランク部 2 3 c、第 4 クランク部 2 3 d 及び第 5 クランク部 2 3 e は、この順番で前側から後側に向けて配置される。

【0045】

第 1 クランク部 2 3 a は、前側の先端部分であり、クランク部 2 3 の回転軸心 2 5 にほぼ平行でありかつ回転軸心 2 5 に対して偏心した回転軸心を有する。第 1 クランク部 2 3 a は、連結アーム 1 9 b の一端に形成された厚み方向の不図示の貫通孔に挿通される。

【0046】

第 2 クランク部 2 3 b は、クランク部 2 3 の回転軸心 2 5 にほぼ平行であり、回転軸心 2 5 及び第 1 クランク部 2 3 a の回転軸心に対して偏心した回転軸心を有し、第 1 クランク部 2 3 a より 60～90 度の範囲でずれるように設けられる。第 2 クランク部 2 3 b は、連結アーム 1 9 a の一端に形成された厚み方向の不図示の貫通孔に挿通される。

【0047】

第 3 クランク部 2 3 c は、クランク部 2 3 の回転軸心 2 5 に一致しかつ第 2 クランク部 2 3 b の回転軸心に対して偏心した回転軸心を有し、第 2 クランク部 2 3 b より 60～90 度の範囲でずれるように設けられる。また、第 3 クランク部 2 3 c は、前側において支持板 1 1 の下端部に形成された幅方向の貫通孔 1 1 b に挿通され、後側において連結具 2 4 の下端部に形成された不図示の貫通孔に挿通される。

【0048】

第 4 クランク部 2 3 d は、クランク部 2 3 の回転軸心 2 5 にほぼ平行でありかつ回転軸心 2 5 に対して偏心した回転軸心を有し、第 3 クランク部 2 3 c より 60～90 度の範囲でずれるように設けられる。第 4 クランク部 2 3 d は、連結アーム 1 9 c の一端に形成された厚み方向の貫通孔に挿通される。

【0049】

第 5 クランク部 2 3 e は、クランク部 2 3 の回転軸心 2 5 にほぼ平行でありかつ第 4 クランク部 2 3 d の回転軸心に対して偏心した回転軸心を有し、第 4 クランク部 2 3 d より 60～90 度の範囲でずれるように設けられる。第 5 クランク部 2 3 e は、連結アーム 1 9 d の一端に形成された厚み方向の不図示の貫通孔に挿通される。

上記した機構により、駆動モータ 1 7 から出力される回転運動が、連結アーム 1 9 a、1 9 b、1 9 c、1 9 d に伝達される。

【0050】

連結アーム 1 9 a、1 9 b、1 9 c、1 9 d（以後これらを「連結アーム 1 9」と総称することがある）は、いずれも、一方向に延びる軸体であり、その両端に貫通孔を有する。連結アーム 1 9 a の一端の貫通孔には第 2 クランク部 2 3 b が挿通され、他端は揺動支持軸 1 3 a の第 2 支持軸 1 2 から離反する側の端部にピン 2 6 により軸支される。連結アーム 1 9 a は、第 2 クランク部 2 3 b と揺動支持軸 1 3 a とにより、上下揺動可能に支持される。第 2 クランク部 2 3 b の回転により、揺動支持軸 1 3 a に固定された羽体 8 a が上下揺動する。

【0051】

同様に、連結アーム 1 9 b は、第 1 クランク部 2 3 a と揺動支持軸 1 3 b とにより、上下揺動可能に支持される。第 1 クランク部 2 3 a の回転により、揺動支持軸 1 3 b に固定された羽体 8 b が上下揺動する。連結アーム 1 9 c は、第 4 クランク部 2 3 d と揺動支持軸 1 3 c とにより、上下揺動可能に支持される。第 4 クランク部 2 3 d の回転により、揺動支持軸 1 3 c に固定された羽体 8 c が上下揺動する。連結アーム 1 9 d は、第 5 クランク部 2 3 e と揺動支持軸 1 3 d とにより、上下揺動可能に支持される。第 5 クランク部 2 3 e の回転により、揺動支持軸 1 3 d に固定された羽体 8 d が上下揺動する。本実施形態では、連結アーム 1 9 の一端は揺動支持軸 1 3 の前側の面に固定されるが、これに限定されず、揺動支持軸 1 3 の後側の面に固定されてもよい。

10

20

30

40

50

【0052】

但し、近接して上下動する揺動支持軸13a, 13bは互いに接触せず、離隔するように設けられるが、その間隔に収まるようにピン26を設ける必要がある。揺動支持軸13c, 13dも同様である。

【0053】

図4に示すように、羽体8a, 8bの羽ばたき角 θ_1 が60度以下になるように、連結アーム19a, 19bを揺動支持軸13a, 13bに接続することで、飛行に必要な揚力と推力とが得られる。一方、図5に示すように、羽体8c, 8dの羽ばたき角 θ_2 が60度以下になるように、連結アーム19c, 19dを揺動支持軸13c, 13dに接続することで、飛行に必要な揚力と推力とが得られる。

10

【0054】

羽体8a, 8bの羽ばたき角 θ_1 及び羽体8c, 8dの羽ばたき角 θ_2 を、同じ角度に調整することが好ましい。これにより、羽ばたき飛行装置1が水平飛行を行なう際の推力を大きくすることができる。 θ_1 及び θ_2 の角度は、例えば、クランク部23における各部の位相角の角度等を適宜選択することにより調整できる。

【0055】

本発明では、 θ_1 及び θ_2 を60度以下にすることに加えて、前側の羽体8a, 8bの上下揺動の位相に対して、後側の羽体8c, 8dの上下揺動の位相が90度以下の範囲で遅れるように調節することが好ましい。これにより、羽体8a, 8bの上下揺動の位相に対する羽体8c, 8dの上下揺動の位相の遅れが90度を越えた場合に比べて、推進力を高く維持できる。その結果、水平方向への飛行安定性が一層向上する。

20

【0056】

羽体8の上下揺動の位相は、例えば、第1クランク部23a～第5クランク部23eの回転軸心25に対する角度を適宜選択することにより調整できる。例えば、回転軸心25を基準にして、羽体8aの動作を制御する第2クランク部23bと、羽体8cの動作を制御する第4クランク部23dとにより形成される位相角の角度が90度以下になると、前側の羽体8a, 8bの上下揺動の位相に対する羽体8c, 8dの上下揺動の位相の遅れ(上下揺動の位相差)が90度以下になる。

【0057】

また、本発明では、前側の羽体8a, 8bと後側の羽体8c, 8dとの間に高低差である段差を設け、羽体8a, 8bの羽ばたき角 θ_1 、羽体8c, 8dの羽ばたき角 θ_2 や位相を調整することにより、前側及び後側に水平に取り付けられた羽体を有する従来の羽ばたき飛行装置に比べて、水平方向の顕著な推力が得られる。

30

【0058】

また、本発明の羽ばたき飛行装置1は、第1支持軸10に沿う回転軸心25を有し、位相の異なる複数の部位を含むクランク部23を備えた回転体18を設け、クランク部23に軸支された連結アーム19によって複数対の羽体8を揺動するので、昆虫のような羽ばたき動作をして飛行することができる。また、複数の位相を有するクランク部23により連結アーム19を軸支し、クランク部23の回転で羽体8を揺動しているので、略左右対称に揺動させることができる。

40

【0059】

尾翼5は、水平尾翼5aと垂直尾翼5bとからなり、第1支持軸10の後側端部近傍に取り付けられる。水平尾翼5aは、第1支持軸10の左右両側から水平方向に延びる左右対称の板状部材であり、その長さ方向の中央部分を第1支持軸10に取り付ける。垂直尾翼5bは、第1支持軸10から鉛直方向に立ち上がるように取り付けられる。水平尾翼5a及び垂直尾翼5bの形状は適宜選択できる。

【0060】

本発明では、水平尾翼5aの面積を 18cm^2 以上、好ましくは 18cm^2 以上、 80cm^2 以下とする。水平尾翼5aの面積が 18cm^2 未満では、羽ばたき飛行装置1の体軸である第1支持軸10が飛行中にブレ易くなり、飛行が不安定になるおそれがある。水平尾

50

翼 5 a の面積は、その厚み方向の一方の面の面積であり、総表面積ではない。

【0061】

本実施形態では、長さ（第 1 支持軸 10 に対して垂直な方向の長さ）60 mm、幅（第 1 支持軸 10 の延びる方向の長さ）30 mm の水平尾翼 5 a を用いているが、これに限定されず、水平尾翼 5 a の長さ及び幅は、面積が 18 cm^2 以上であれば、適宜選択できる。また、本実施形態では、水平尾翼 5 a は、第 1 支持軸 10 から水平方向に延びる板状部材であるが、これに限定されず、長手方向の中心部分で折れ曲がり、第 1 支持軸 10 にその中心部分を取り付けた場合に、水平面に対して所定の角度を有する部材としてもよい。

【0062】

また、本発明では、垂直尾翼 5 b の面積を 3 cm^2 以上とする。垂直尾翼 5 b の面積が 3 cm^2 未満では、羽ばたき飛行装置 1 の体軸である第 1 支持軸 10 が飛行中にブレ易くなり、飛行が不安定になるおそれがある。垂直尾翼 5 b の面積は、その厚み方向の一方の面の面積であり、総表面積ではない。なお、垂直尾翼 5 b の面積は、羽体 8 の総面積、水平尾翼 5 a の面積、羽ばたき飛行装置 1 の重量等に応じて、 3 cm^2 以上の範囲から適宜選択すればよい。

10

【0063】

なお、水平尾翼 5 a 及び垂直尾翼 5 b が上記のような面積を有する羽ばたき飛行装置 1 においては、その全重量や全長は特に限定されないが、好ましくは全重量が $1 \text{ g} \sim 30 \text{ g}$ であり、全長が $100 \text{ mm} \sim 300 \text{ mm}$ である。

【0064】

電池 6 は、羽ばたき翼 3 と尾翼 5 との間で、第 1 支持軸 10 に取り付けられる。電池 6 は、駆動モータ 17 及び後述する受信機 7 にそれぞれ電氣的に結線され、これらの装置に電力を供給する。なお、電池 6 は、錘としても利用できる。

20

【0065】

電池 6 を錘として用いる場合、電池 6 を前後方向に移動させることもできる。電池 6 の移動は、例えば、電磁力により前後方向に移動する不図示のアクチュエータを第 1 支持軸 10 に取り付け、このアクチュエータに電池 6 を取り付けることにより実施できる。電池 6 の移動により、羽ばたき飛行装置 1 の重心が前後方向に移動し、羽ばたき飛行装置 1 の鉛直方向の飛行を制御できる。具体的には、電池 6 を前側に移動させると羽ばたき飛行装置 1 は下降し、電池 6 を後側に移動させると羽ばたき飛行装置 1 は上昇する。

30

【0066】

また、第 1 支持軸 10 の延びる方向に垂直な方向（左右方向）に移動可能なアクチュエータを第 1 支持軸 10 に取り付け、このアクチュエータに電池 6 を取り付けてもよい。アクチュエータが右方向に移動すると重心が右方向に移動し、羽ばたき飛行装置 1 は右に旋回する。また、アクチュエータが左方向に移動すると重心が左方向に移動し、羽ばたき飛行装置 1 は左に旋回する。

【0067】

本実施形態では、電池 6 を錘として使用する構成を挙げたが、これに限定されず、例えば、電池 6 とは別に錘を、アクチュエータを介し又は介さずに第 1 支持軸 10 に取り付けても良い。この別の錘は、例えば、第 1 支持軸 10 における前側の羽体 8 a、8 b と後側の羽体 8 c、8 d との間に取り付けても良い

40

【0068】

受信機 7 は、本実施形態では羽ばたき翼 3 と電池 6 との間で、第 1 支持軸 10 に取り付けられるが、所定の位置に取り付け可能である。受信機 7 は、図示しない制御手段を含む。制御手段は、例えば、CPU 等の中央演算装置と各種メモリ等からなる回路であり、例えば、駆動モータ 17 の回転数、電池 6 を錘として用いる場合の電池 6 の位置、電池 6 以外の錘を取り付けた場合のその位置等を制御する。受信機 7 は、駆動モータ 17 やアクチュエータとの制御信号の遣り取りが可能ないように結線される。受信機 7 は、不図示のコントローラから発信される制御命令を受信し、所定の制御を実施する。これにより、羽ばたき飛行装置 1 の飛行方向、飛行姿勢、飛行速度、飛行高度等を制御できる。

50

【0069】

以上のような構成を備えることで、本発明の羽ばたき飛行装置1は、実物のトンボのように羽ばたきながら体軸のブレが少なく安定した飛行が可能となる。

【実施例】

【0070】

以下に実施例を挙げ、本発明をより具体的に説明する。

(実施例1)

図1に示すような外観と図2、図3に示すような構造を有する羽ばたき飛行装置1(全長22cm、全重量7.5g、羽体の総面積205cm²)を作製した。羽ばたき飛行装置1の全重量と羽体の総面積との比は、小数点第4位を四捨五入した値で0.279であった。

10

【0071】

前側の一对の羽体と後側の一对の羽体との段差を5cm、前側の羽体の後縁部と後側の羽体の前縁部との間隔が図1の平面図において7.5cmとなるように調整した。面積18cm²(長さ60mm、幅30mm)の水平尾翼5a及び面積3cm²の垂直尾翼5bを取り付けた。水平尾翼5a及び垂直尾翼5bは、厚さ1mmの発泡ポリスチレンを前記の寸法に加工して用いた。

【0072】

また、主な部材の構成は以下のとおりである。

駆動モータ17:直径6mmコアレスモータ「Mk06-10」

ギア20:M0.3 9枚ピニオン「G309-097」

ギア21, 22:M0.3 60枚スパー「G360L」

なお、ギアの減速比は33.3になるように調整した。

20

【0073】

第1支持軸10:カーボンロッド(直径1mm)

羽体8の弾性軸部材15:カーボンロッド(直径0.7mm)

羽体8の支脈15a:カーボンロッド(直径0.3mm)

羽体8の薄膜羽部16:ポリプロピレン膜(厚さ0.45mm、幅4.5cm)

揺動支持軸13:スチロール樹脂(2mm角材)

クランク部23:ピアノ線(直径0.7mm)。第1~第5の各クランク部の位相差が90°となるように調整した。

30

【0074】

連結アーム19:アルミ棒(直径1mm)

支持板11、連結具24:バルサ材

電池6:L i - P o電池(左右方向に変動可能なソノイドアクチュエータ付)

なお、作製した羽ばたき飛行装置1は、前側の一对の羽体と後側の一对の羽体との位相差が90°のものであり、14Hzの周波数で羽ばたくことが可能であった。

【0075】

(試験例:尾翼の取り付け)

特開2009-190651号公報、特開2011-195050号公報及び特願2011-045235に開示の、尾翼を有さない羽ばたき飛行装置(尾翼面積0cm²)を作製した。これらの羽ばたき飛行装置では、10回飛行させた場合、半数近くの5回程度、飛行の途中で安定を崩し墜落することがあった。

40

【0076】

一方、実施例1の羽ばたき飛行装置、及び、実施例1の羽ばたき飛行装置において、水平尾翼の面積を0cm²、8cm²又は12.5cm²に変更した羽ばたき飛行装置を、10回ずつ飛行させた。結果を表1に示す。

【0077】

【表 1】

	水平尾翼の面積 (c m ²)			
	0	8	12	18
10回飛行中の成功回数	5回	5回	6回	10回

【0078】

10

水平尾翼の面積が18 c m²以上の場合は10回とも墜落することなく、実物のトンボのように、羽ばたきながら、体軸である第1支持軸のブレが少なく安定した飛行が可能となった。飛行時間も1分以上安定して、駆動モータの電源である電池が無くなるまで飛行できるようになった。また、垂直尾翼の面積を3 c m²以上にするほうが、飛行安定性が一層向上することを確認した。

【符号の説明】

【0079】

1 羽ばたき飛行装置

2 支持本体

3 羽ばたき翼

20

4 駆動手段

5 尾翼

5 a 水平尾翼

5 b 垂直尾翼

6 電池

7 受信機

8, 8 a, 8 b, 8 c, 8 d 羽体

10 第1支持軸

11 支持板

11 a, 11 b, 11 c 貫通孔

30

12 第2支持軸

13, 13 a, 13 b, 13 c, 13 d 揺動支持軸

15 弾性軸部材

15 a 支脈

16 薄膜羽部

17 駆動モータ

18 回転体

19, 19 a, 19 b, 19 c, 19 d 連結アーム

20 出力軸

20, 21, 21 a, 22 ギア

40

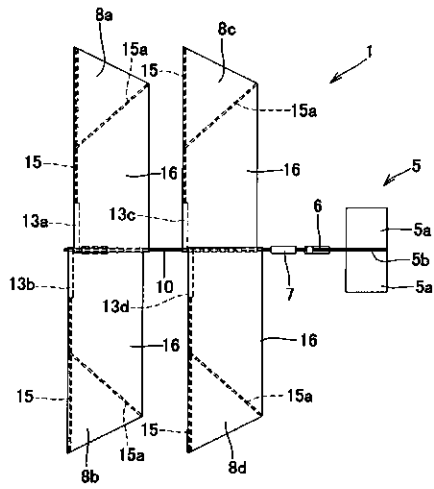
23, 23 a, 23 b, 23 c, 23 d, 23 e クランク部

24 連結具

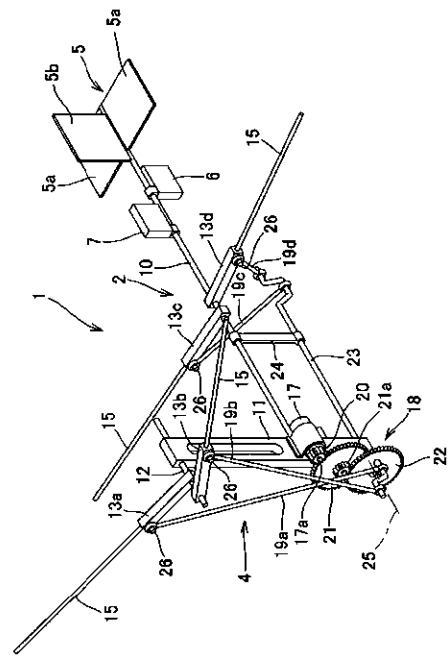
25 回転軸心

26 ピン

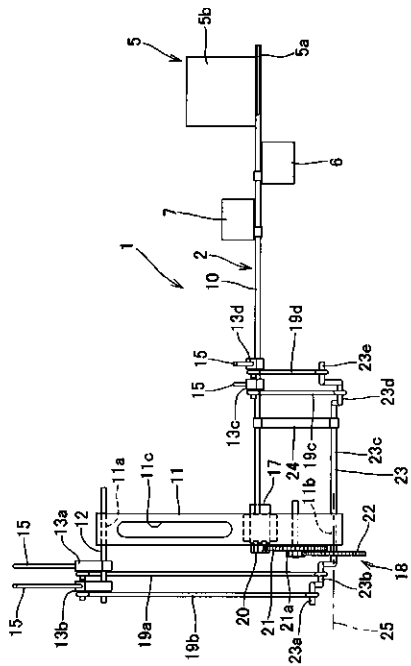
【図 1】



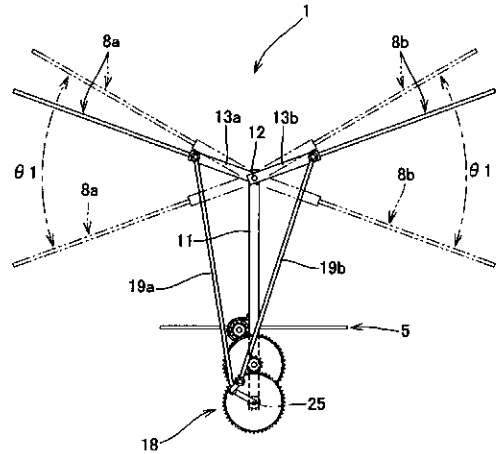
【図 2】



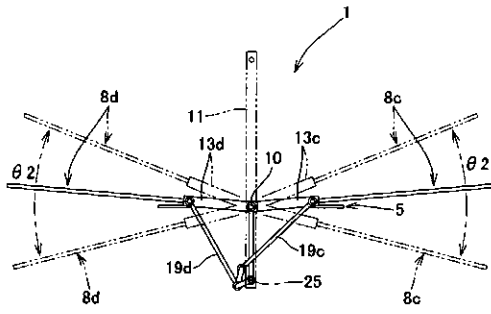
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 松川 泰治
奈良県大和郡山市今国府町1 2 3番地の8 ユーハ味覚糖株式会社内
- (72)発明者 松居 雄毅
奈良県大和郡山市今国府町1 2 3番地の8 ユーハ味覚糖株式会社内
- (72)発明者 山田 泰正
奈良県大和郡山市今国府町1 2 3番地の8 ユーハ味覚糖株式会社内
- (72)発明者 山田 一郎
奈良県大和郡山市今国府町1 2 3番地の8 ユーハ味覚糖株式会社内
- (72)発明者 河村 隆
長野県上田市常田3-1 5-1 国立大学法人信州大学繊維学部内
- (72)発明者 根本 剛
長野県上田市常田3-1 5-1 国立大学法人信州大学繊維学部内
- (72)発明者 長谷川 一紀
長野県上田市常田3-1 5-1 国立大学法人信州大学繊維学部内
- Fターム(参考) 2C150 CA02 CA09 EB01 EC03 EC15 EG12 FA04 FB33 FB43