

(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2012-180050

(P2012-180050A)

(43) 公開日 平成24年9月20日(2012.9.20)

(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 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-45235 (P2011-45235)
 (22) 出願日 平成23年3月2日(2011.3.2)

(71) 出願人 390020189
 ユーハ味覚糖株式会社
 奈良県大和郡山市今国府町123番地の8
 (71) 出願人 504180239
 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

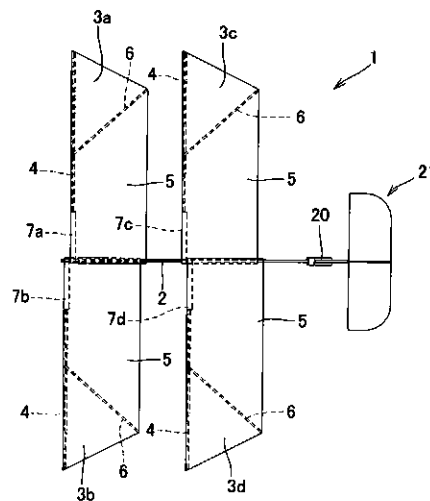
(54) 【発明の名称】 羽ばたき飛行装置

(57) 【要約】

【課題】 トンボのように複数対の左右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こと。

【解決手段】 前後に長い支持本体に、上下揺動可能に支持される左右の羽体を複数対設け、各羽体を駆動するための駆動手段を設けてなる羽ばたき飛行装置であって、全重量と前記羽体の面積との比が0.357m²/N以下であり、前記羽体が弾性軸部材と薄膜羽部からなり、前後の羽体の間に段差が設けられていることを特徴とする安定な飛行を可能としている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

前後に長い支持本体に、上下揺動可能に支持される左右の羽体を複数対設け、各羽体を駆動するための駆動手段を設けてなる羽ばたき飛行装置であって、
全重量と前記羽体の面積との比が $0.357 \text{ m}^2 / \text{N}$ 以下であり、
前記羽体が弾性軸部材と薄膜羽部からなり、
前後の羽体の間に段差が設けられていることを特徴とする羽ばたき飛行装置。

【請求項 2】

前方の羽体の位置が後方の羽体の上方にある請求項 1 記載の羽ばたき飛行装置。

【請求項 3】

前方の羽体の位置が前記支持本体よりも上方にある請求項 2 記載の羽ばたき飛行装置。

【請求項 4】

前記羽体の羽ばたき角が 60° 以下であり、前方の羽体の位相に対して、後方の羽体の位相が 90° 以下の遅れがあるように調節されている請求項 1～3 いずれか記載の羽ばたき飛行装置。

【請求項 5】

前記駆動手段が、
前記支持本体の前後方向に略沿った回転軸心を有し、位相の異なる複数のクランク部を備える回転体を設けるとともに、
一端側が前記クランク部に軸支されるとともに他端側が前記羽体の所定部位に支持され、
前記クランク部と前記羽体とを連結する連結アームを設け、
前記左右対を成す羽体にそれぞれ支持される連結アームの一端側を、互いに位相の異なるクランク部に軸支し、
前記回転体を回転駆動する駆動モータを設けてなる請求項 1～4 いずれか記載の羽ばたき飛行装置。

【請求項 6】

尾翼を設けた請求項 1～5 いずれか記載の羽ばたき飛行装置。

【請求項 7】

前記支持本体に飛行制御用の錘を設けた請求項 1～6 いずれか記載の羽ばたき飛行装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

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

【背景技術】

【0002】

近年、災害現場や屋内外の高所などの人が容易に近づけない場所等の極限環境下で作業や観察を行なうことができる飛行装置が注目されている。この飛行装置の飛行に、昆虫や鳥の羽ばたきを利用すると、固定翼機や回転翼機に比べ、非常に高い旋回性や加速性など、複雑な飛行性能が期待できる。

これまで、羽ばたき飛行装置が研究されており、従来から提案、製作されているものとしては、2枚羽で飛ぶ蝶（特許文献1）、鳥（特許文献2）、蜂（特許文献3）をモデルにしたものである。4枚羽の羽ばたき飛行装置も提案されているが、単に前後の羽を交互に羽ばたかすもの（特許文献4）、羽を交差してはばたかすものが知られている（特許文献5）。

【0003】

しかしながら、飛翔生物の中でも飛翔性能が高いトンボをモデルとした羽ばたき飛行装置の研究はあまり行われていない。

トンボは主に、体軸を中心に翅を上下させるフラッピング運動と、翅の前縁を中心に翅

10

20

30

40

50

を上下させるフェザリング運動を駆使して、ホバリング運動や旋回性が高い飛翔を行うことが知られている。

本件出願人も、以前にトンボのようにホバリングをして、急旋回、急上昇など繰り返して飛ぶことが可能な飛翔装置を提案している（特許文献6）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-90770号公報

【特許文献2】特開2010-18059号公報

【特許文献3】特開2006-312436号公報

【特許文献4】特開2000-317148号公報

【特許文献5】特開2008-273270号公報

【特許文献6】特開2009-190651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、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を略水平に維持しながら安定した飛行を行うには、前記の飛翔装置でも十分とはいえなかった。

【0006】

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ことを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の羽ばたき飛行装置は、前後に長い支持本体に、上下揺動可能に支持される左右の羽体を複数対設け、各羽体を駆動するための駆動手段を設けてなる羽ばたき飛行装置であって、

全重量と前記羽体の面積との比が $0.357\text{ m}^2/\text{N}$ 以下であり、

前記羽体が弾性軸部材と薄膜羽部からなり、

前後の羽体の間に段差が設けられていることを特徴とする。

【0008】

本発明の羽ばたき飛行装置において、前方の羽体の位置が後方の羽体の上方にあるように調整することができる。

【0009】

また、前記羽ばたき前方の羽体の位置は、前記支持本体よりも上方にあるように調整することができる。

【0010】

前記羽体の羽ばたき角は 60° 以下であり、前方の羽体の位相に対して、後方の羽体の位相が 90° 以下の遅れがあるように調節することができる。

【0011】

また、前後に長い支持本体に、上下揺動可能に支持される左右の羽体を前後方向に単又は複数対設け、各羽体を駆動するための駆動手段を設けてなる飛行装置であって、前記駆動手段が、前記支持本体の前後方向に略沿った回転軸心を有し、位相の異なる複数のクランク部を備える回転体を設けるとともに、一端側が前記クランク部に軸支されるとともに他端側が前記羽体の所定部位に支持され、前記クランク部と前記羽体とを連結する連結アームを設け、前記左右対を成す羽体にそれぞれ支持される連結アームの一端側を、互いに位相の異なるクランク部に軸支し、前記回転体を回転駆動する駆動モータを設けてなる。したがって、単又は複数対の羽体を略左右対象に羽ばたかせることができる。

【0012】

本発明の羽ばたき飛行装置では、尾翼を設けることができる。

【0013】

10

20

30

40

50

本発明の羽ばたき飛行装置では、前記支持本体に飛行制御用の錘を設けることができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明に係る羽ばたき飛行装置では、全重量と前記羽体の面積との比が $0.357 \text{ m}^2 / \text{N}$ 以下であることで飛行するための揚力を得ることが可能になり、前記羽体が弾性軸部材と薄膜羽部からなることで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、前後の羽体の間に段差が設けられていることで飛行姿勢が安定して推力が大きくなり、これらの結果として安定な飛行が可能となる。

【0015】

本発明の羽ばたき飛行装置において、前方の羽体の位置が後方の羽体の上方にあるように調整することでトンボと同様に飛行姿勢を安定させることができる。

【0016】

また、前記羽ばたき前方の羽体の位置は、前記支持本体よりも上方にあるように調整することで安定に飛行することができる。

【0017】

前記羽体の羽ばたき角は 60° 以下であり、前方の羽体の位相に対して、後方の羽体の位相が 90° 以下の遅れがあるように調節されていることで飛行に必要な揚力と推力を得ることができる。

【0018】

また、本発明の羽ばたき飛行装置は、前後に長い支持本体に沿って回転軸心を有し、位相の異なる複数のクランク部を備えた回転体を設け、当該クランク部に軸支された連結アームによって単又は複数対の羽体を揺動するので、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、位相の異なるクランク部に連結アームを軸支し、クランク部の回転で羽体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。

【0019】

本発明の羽ばたき飛行装置では、尾翼を設けることで飛行姿勢を安定させることができる。

【0020】

本発明の羽ばたき飛行装置では、前記支持本体に飛行制御用の錘を設けることで、重心を移動させて、直進、上昇、下降、左旋回、右旋回等の姿勢制御ができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】図1は、羽ばたき飛行装置1の全体構成の概略を示す図である。

【図2】図2は、羽ばたき飛行装置1の斜上方向から見た場合の概略説明図である。

【図3】図3は、羽ばたき飛行装置1を左方向から見た概略説明図である。

【図4】図4は、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5は、羽ばたき飛行装置1を後方向から見た背面図である。

【図6】図6は、前の羽体（前羽）と後ろの羽体（後羽）とがともに羽ばたき角 60° で羽ばたいており、その位相のずれが 90° である場合を説明する概略図である。

【図7】図7（a）は、羽ばたき飛行装置1に設ける段差の高さ（ ΔZ ）を示し、図7（b）は、前記 ΔZ と揚力との関係を示すグラフである。

【図8】図8（a）は羽ばたき飛行装置1の前後の羽体の位相の遅れと推進力との関係を示すグラフである。図8（b）は、段差を有する本発明の羽ばたき飛行装置1（実線）と、従来のように段差のない羽ばたき飛行装置（点線）との羽体の面積に対する揚力の関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0022】

次に、本発明の実施形態を添付図面に基づき詳細に説明する。

10

20

30

40

50

図 1 は、本発明の羽ばたき飛行装置 1 の上方向からの全体構成の概略を示す図である。

【0023】

図 1 は、前後に長い支持本体 2 に、上下揺動可能に支持される左右の 4 枚の羽体 3 a, 3 b, 3 c, 3 d を前後方向に 2 対設けてなる羽ばたき飛行装置 1 を示している。

【0024】

前記支持本体 2 は、1 本の支持軸にて構成されている。

【0025】

前記羽体の数については、支持本体 2 の長さに応じて、3 対以上にしてもよい。なお、羽体 3 a, 3 b は前方向の羽体、羽体 3 c, 3 d は後方向の羽体を示す。

【0026】

前記羽体 3 a, 3 b, 3 c, 3 d は、図 1 に示すように、前記支持本体 2 に対して前後左右に配置されているが、羽ばたき飛行装置 1 の全重量と羽体 3 a, 3 b, 3 c, 3 d の面積との比が $0.357 \text{ m}^2 / \text{N}$ 以下である。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。前記の比は、羽ばたき飛行体 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、 $0.255 \text{ m}^2 / \text{N}$ 以上であることが好ましい。

10

前記の比は、以下の式で計算することができる。

比 (m^2 / N) = (羽ばたき飛行装置の羽体の総面積: $c \text{ m}^2$) / (羽ばたき飛行装置の全重量 ($g f$)) $\times 1.019642857 \times 10^{-2}$

20

【0027】

前記羽体 3 a, 3 b, 3 c, 3 d は、いずれも弾性軸部材 4 と薄膜羽部 5 からなる。

【0028】

前記弾性軸部材 4 は、羽体の略前縁に位置しており、弾性材料、例えば、カーボンロッド、弾性樹脂材、竹材などで構成される。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、上下に羽ばたかせた（フラッピング運動）際に、弾性軸部材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ことができる。また、弾性軸部材 4 の直径は、上下に羽ばたかせやすい観点から、直径が $0.3 \sim 1.0 \text{ mm}$ 程度であればよい。

30

【0029】

前記羽体 3 a, 3 b, 3 c, 3 d では、前記弾性軸部材 4 の中央付近から支脈 6 を羽ばたき飛行装置 1 の後ろ方向に伸ばすことが好ましい。このように支脈 6 を設けることで、羽体 3 a, 3 b, 3 c, 3 d を上下に羽ばたかせた際に、羽体 3 a, 3 b, 3 c, 3 d の端部において薄膜羽部 5 が揺動することで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。

【0030】

前記薄膜羽部 5 は、揚力を得るための部分であり、ポリプロピレン、ポリエチレンなどの薄くても上部で軽い材料で構成される。中でも、上下に羽ばたかせた際に、薄膜羽部 5 の後方端部が揺動しやすい観点から、ポリプロピレンが好ましい。

40

前記薄膜羽部 5 の厚みとしては、特に限定はないが、飛行しやすくなる観点から、 0.1 mm 以下であればよい。

また、前記薄膜羽部 5 の先端部分の形状としては、特に限定はなく、上から見た場合に、図 1 に示すように、前縁部が後縁部よりも長い形状でも、前縁部と後援部との長さが略等しい形状でも、後縁部が前縁部よりも長い形状でもよい。また、略半円状などの丸みのある端部としてもよい。

なお、前記羽ばたき飛行装置 1 の全重量と前記羽体 3 a, 3 b, 3 c, 3 d の面積との比には、前記薄膜羽部 5 の面積を用いて算出する。

【0031】

50

前記弾性軸部材 4 と前記薄膜羽部 5 との固定方法としては、両部材を接着剤で固着すること、粘着テープで固着することなどが挙げられるが、特に限定はない。

本発明の羽ばたき飛行装置 1 では、前記薄膜羽部 5 は、支持本体 2 のある基端側で、後述の揺動支持軸 7 a, 7 b, 7 c, 7 d および支持本体 2 と固定されていることでより大きな揚力を得ることができる。

【0032】

本発明では、前記羽体 3 a, 3 b, 3 c, 3 d のそれぞれの弾性軸部材 4 は、その基端側で揺動支持軸 7 a, 7 b, 7 c, 7 d の端部に固定されている。揺動支持軸 7 a, 7 b は前方の羽体 3 a, 3 b、揺動支持軸 7 c, 7 d は後方の羽体 3 c, 3 d をそれぞれ上下に揺動させることができる。なお、左右の羽体について、図 1～5 では、揺動支持軸 7 a が揺動支持軸 7 b の後方に配置されているが、反対に前方に配置されていてもよい。同様に、揺動支持軸 7 c は揺動支持軸 7 d の前方に配置されているが、反対に後方に配置されていてもよい。

10

【0033】

本発明では、前後の羽体の間に段差が設けられていることを特徴の一つとしている。

具体的には、図 2 に示すように、前方の羽体 3 a, 3 b の弾性軸部材 4 が連結する揺動支持軸 7 a, 7 b と支持本体 2 との連結位置と、後方の羽体 3 c, 3 d の弾性軸部材 4 が連結する揺動支持軸 7 c, 7 d と支持本体 2 との連結位置とが、支持本体 2 の上下方向に段差があるように間隔が設けられている。なお、図 2 は羽ばたき飛行装置 1 を斜上方向から見た概略説明図であるが、駆動手段 8 の説明のために羽体 3 a, 3 b, 3 c, 3 d の薄膜羽部 5 を省略している。

20

【0034】

図 2 に示すように、前方の羽体 3 a, 3 b の位置が後方の羽体 3 c, 3 d の上方にあるように調整することで実物のトンボと同様に飛行姿勢を安定させることができる。

また、前方の羽体 3 a, 3 b の位置は、前記支持本体 2 よりも上方にあるように調整することで安定に飛行することができる。

この場合、揺動支持軸 7 a, 7 b の基端側は、支持本体 2 の先端部に接続した支持板 9 の上部で前方向に突き出すように接続されている支持軸 10 に軸支され、上下揺動可能に構成されている。前記支持板 9 は、支持本体 2 の先端部に、支持本体 2 の水平方向に対して垂直になるように接続されており、駆動手段 8 を構成する駆動モータ 11 が固定されている。

30

一方、揺動支持軸 7 c, 7 d の基端側は、支持本体 2 に軸支され、上下揺動可能に構成されている。

前記のように、支持板 9 によって前後の羽体の間に段差を設けることが可能になる。

【0035】

ここで、図 7 (a) に、羽ばたき飛行装置 1 に設ける段差の高さ (ΔZ) を示し、図 7 (b) に、前記 ΔZ と揚力との関係を示す。図 7 (b) に示すように、 ΔZ が変化することで得られる揚力も変化することがわかる。したがって、従来のように ΔZ が略 0 である水平な位置としている場合に比べて ΔZ の範囲を調整することでより大きな推力を得ることが可能になる。

40

【0036】

なお、前記左右の羽体を 3 対以上有する羽ばたき飛行装置における段差としては、前方の羽体が最も高く、後方にいくにしたがって下がるように設けていけばよい。

【0037】

前記揺動支持軸 7 a, 7 b, 7 c, 7 d は、それぞれ連結アーム 12 a, 12 b, 12 c, 12 d によって揺動支持軸 7 a, 7 b, 7 c, 7 d が上下方向に揺動するに伴い、羽体 3 a, 3 b, 3 c, 3 d も一体に揺動可能に構成されている。

前記揺動支持軸 7 a, 7 b, 7 c, 7 d とそれぞれの連結アーム 12 a, 12 b, 12 c, 12 d とは、ピン 13 によって軸支されている。なお、ピン 13 での軸支の方向としては、図 2 に示すように揺動支持軸 7 a, 7 b, 7 c, 7 d の前方でもよいし、反対に後

50

方でもよい。

ただし、近接して上下動する揺動支持軸 7 a, 7 b の間は互いに接触しないように間隔が設けられるが、その間隔に収まるように前記ピン 1 3 が設けられる必要がある。揺動支持軸 7 c, 7 d の間も同様である。

【0038】

前記駆動手段 8 は、駆動モータ 1 1、該駆動モータ 1 1 によって回転する回転体 1 4、および、該回転体 1 4 と前記羽体 3 a, 3 b, 3 c, 3 d とを連結する連結アーム 1 2 a, 1 2 b, 1 2 c, 1 2 d から構成される。

前記駆動モータ 1 1 にはギア 1 5 が設けられ、当該ギア 1 5 を介して回転体 1 4 を回転させる。

10

【0039】

前記回転体 1 4 には、前記ギア 1 5 を介して回転する 2 つの回転ギア 1 6 a, 1 6 b と、前記支持本体 2 の前後方向に略沿った回転軸心 1 7 を有し、この回転軸心 1 7 に対して位相が 60°~90° の範囲でずれた 5 つのクランク部 1 8 a, 1 8 b, 1 8 c, 1 8 d, 1 8 e とが設けられている。前記ギア 1 5 は回転ギア 1 6 a を回転し、回転ギア 1 6 a は回転ギア 1 6 b を回転するように構成されている。

【0040】

前記クランク部 1 8 には、前記連結アーム 1 2 が軸支される。

図 3 に示すように、クランク部 1 8 は、回転ギア 1 6 b の前方に設けられたクランク部 1 8 a, 1 8 b、回転ギア 1 6 b の後方に設けられたクランク部 1 8 c, 1 8 d, 1 8 e から構成される。第 3 クランク部 1 8 c は回転ギア 1 6 b の軸心を構成している。図 3 は、羽ばたき飛行装置 1 を左方向から見た概略説明図である。なお、羽体 3 の薄膜羽部 5 は除いている。

20

最も前方側の第 1 クランク部 1 8 a の前方側端部は、前記回転ギア 1 6 b の軸心（第 3 クランク部 1 8 c）に対して偏心した位置に設け、この第 1 クランク部 1 8 a には、左側前羽 3 b を揺動させる連結アーム 1 2 b が軸支される。

第 1 クランク部 1 8 a の後方端に設けられた第 2 クランク部 1 8 b は、第 1 クランク部 1 8 a より 60°~90° の範囲でずれて設けられている。また、第 2 クランク部 1 8 b には、右側前羽 3 a を揺動させる連結アーム 1 2 a が軸支されている。

そして、第 2 クランク部 1 8 b の後方端に設けられた第 3 クランク部 1 8 c は、第 2 クランク部 1 8 b より 60°~90° の範囲でずれて設けられている。また、クランク部 1 8 は、第 3 クランク部 1 8 c の前部分が支持板 9 の下部で軸支され、第 3 クランク部 1 8 c の後部分が支持板 1 9 で軸支される。

30

さらに、第 3 クランク部 1 8 c の後方端に設けられた第 4 クランク部 1 8 d は、第 3 クランク部 1 8 c より 60°~90° の範囲でずれて設けられている。第 4 クランク部 1 8 d には、右側後羽 3 c を揺動させる連結アーム 1 2 c が軸支されている。

そして、第 4 クランク部 1 8 d の後方端に設けられた第 5 クランク部 1 8 e は、第 4 クランク部 1 8 d より 60°~90° の範囲でずれて設けられている。第 5 クランク部 1 8 e には、左後羽 3 d を揺動させる連結アーム 1 2 d が軸支されている。

このように、対を成す左側の羽部と右側の羽部とを上下方向に揺動させる連結アーム 1 2 を軸支するクランク部 1 8 の位相を回転ギア 1 6 b の軸心（第 3 クランク部 1 8 c）に対して 60°~90° の範囲でずらすことによって図 4 に示すように前方の羽体 3 a, 3 b、図 5 に示すように後方の羽体 3 c, 3 d をそれぞれ略左右対称に揺動可能となる。

40

【0041】

さらに、前記のように羽体 3 が揺動する際に、前羽の位相と後羽の位相とが図 6 に示すようにずれることで昆虫のトンボと同様の羽ばたきを実現することができる。図 6 は、前羽と後羽とがともに羽ばたき角 60° で羽ばたいており、その位相のずれが 90° である場合を示す。本発明では、この位相のずれが 60°~90° に調整されていることが好ましい。

【0042】

50

前記連結アーム 12 a, 12 b は、図 4 に示すように、羽体 3 a, 3 b の羽ばたき角 $\theta 1$ が 60° 以下となるように揺動支持軸 7 a, 7 b に接続されていることで、飛行に必要な揚力と推力を得ることができる。なお、図 4 は、羽ばたき飛行装置 1 を前方向から見た正面図である。

一方、連結アーム 12 c, 12 d も、図 5 に示すように、羽体 3 c, 3 d の羽ばたき角 $\theta 2$ が 60° 以下となるように揺動支持軸 7 c, 7 d に接続されていることで、飛行に必要な揚力と推力を得ることができる。なお、図 5 は、羽ばたき飛行装置 1 を後方向から見た背面図である。また、揺動支持軸 7 c, 7 d の動きを見易くするために尾翼 21 の中央部分は省略している。

【0043】

なお、前記 $\theta 1$ と $\theta 2$ とは同じ角度になるように調整しておくことで、水平飛行を行う際に大きな推力を得ることができる。

$\theta 1$ 、 $\theta 2$ の角度の調整は、前記連結アームの長さを変えたり、連結アームと揺動支持軸との軸支位置を変えることで可能である。

【0044】

また、本発明では、前記 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ を 60° 以下とすることに加えて、前方の羽体 3 a、3 b の位相に対して後方の羽体 3 c、3 d の位相が 90° 以下の遅れがあるように調節されていることで、水平方向への飛行をより安定して行うことができる。図 8 (a) に示すように、羽ばたき飛行装置 1 では、前後の羽体の位相が 90° 以下とすることで、 90° を超えた場合に比べて推進力を高く維持することができる。

【0045】

羽体 3 の位相は、回転軸心 17 に対する前記クランク部 18 a ~ クランク部 18 d の位相を調整することで、調節することでできる。

例えば、前方右側の羽体 3 a の動きを制御するクランク部 18 b と、後方右側の羽体 3 c の動きを制御するクランク部 18 d の角度が回転軸心 17 に対して 90° 以下となるようにすると、前方の羽体 3 a、3 b の位相に対して後方の羽体 3 c、3 d の位相が 90° 以下の遅れがあるようになる。

【0046】

本発明の羽ばたき飛行装置 1 では、前後の羽体との間に段差を設け、上記のように羽ばたき角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ や位相を調整することで、図 8 (b) に示すように、従来のように前後の羽体が水平に設置された羽ばたき飛行装置に比べて、顕著な推力（水平方向の力）を得ることが可能になる。

【0047】

また、前記支持本体 2 の揺動支持軸 7 d の後方には、図 1 ~ 3 に示すように、駆動モータ 11 に電力を供給する電池 20 が接続されている。前記電池 20 は錘として利用することができる。

【0048】

本発明では、前記錘を移動することもできる。

例えば、電池 20 に電磁力により前後方向に移動するアクチュエータを取り付け、このアクチュエータを支持本体 2 に接続させてもよい。

アクチュエータが前後方向に移動するにともなって前記錘が前記羽ばたき型飛行装置 1 の前後方向に偏るように調整することが可能となり、結果として、羽ばたき飛行装置 1 の重心が前後に移動することで、上下方向の飛行の制御を可能にすることができる。具体的には、前方向に錘を移動すれば、羽ばたき飛行装置 1 は下降し、逆に後方向に錘を移動すれば羽ばたき飛行装置 1 は上昇することができる。

【0049】

また、電池 20 に電磁力により左右方向に移動するアクチュエータが取り付けられ、このアクチュエータを支持本体 2 に接続させてもよい。

アクチュエータが左右方向に移動するにともなって前記錘が羽ばたき飛行装置 1 の左右方向に偏るように調整することが可能となり、結果として、羽ばたき飛行装置 1 の重心が

10

20

30

40

50

左右に移動することで、左右方向の飛行の制御を可能にすることができる。具体的には、右方向に錘を移動すれば、羽ばたき飛行装置 1 は右に旋回し、逆に左方向に錘を移動すれば羽ばたき飛行装置 1 は左に旋回することができる。

【0050】

なお、前記錘は電池 20 とは別に前記支持本体 2 の中央部付近の前後の羽体の間に設けてもよい。

【0051】

また、支持本体 2 には、前記駆動モータ 11、必要であれば前記アクチュエータの制御をするための電子回路基板（図示せず）が接続されていてもよい。

【0052】

支持本体 2 の後方端部には飛行を安定させるために尾翼 21 が設けられている。尾翼 21 としては、水平尾翼とともに垂直尾翼が設けられることで、飛行時の羽ばたき飛行装置 1 の揺れを小さくすることができるという利点がある。また、水平尾翼も水平であることには限定されず、支持部材 2 を中心として上下方向に角度をつけてもよい。また、尾翼 21 の形状や大きさについても、特に限定はない。

【0053】

以上のような構成を備えことで、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】

【0054】

(実施例 1)

次に、図 1 に示すような外観と図 2、3 に示すような構造を有する羽ばたき飛行装置 1 (全長 22 cm、総重量 7.5 g、羽体の総面積 205 cm²) を作製した。

前後の羽体の段差を 5 cm、前方の羽体の後端部と後方の羽体の前縁部との間隔を 7.5 cm となるように調整した。

また、主な部材の構成は以下のとおりである。

駆動モータ 11：直径 6 mm コアレスモータ「Mk06-10」

ギア 15：M0.3 9 枚ピニオン「G309-097」

回転ギア 16a、16b：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。

尾翼 21：発泡ポリスチレン（厚さ 1 mm）、同面積の水平尾翼と垂直尾翼を供える。

支持部材 2：カーボンロッド（直径 1 mm）

羽体 3 の弾性軸部材 4：カーボンロッド（直径 0.7 mm）

羽体 3 の支脈 6：カーボンロッド（直径 0.3 mm）

羽体 3 の薄膜羽部 5：ポリプロピレン膜（厚さ 0.45 mm、幅 4.5 cm）

揺動支持軸 7：スチロール樹脂（2 mm 角材）

クランク部分 18：ピアノ線（直径 0.7 mm）、各クランク部の位相差を 90° となるように調整

連結アーム 12：アルミ棒（直径 1 mm）

支持板 9、19：バルサ材

電池 20：Li-Po 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、前後の羽体 3 の位相が 90° ずれたものであり、14 Hz の周波数で羽ばたくことが可能であった。

【0055】

(比較例 1)

前記支持板 9 の上部をなくし、尾翼を水平尾翼を下方に略 30° 下げた以外は、実施例 1 と同様の部材を用いて、前後の羽体の間の段差をなくした同軸型の羽ばたき飛行装置も作製した（重量 7.1 g）。

【0056】

(試験例：推力の測定)

10

20

30

40

50

電子天秤（（株）島津製作所製「BL-220H」）上に設けた固定具に実施例1および比較例1で作製した羽ばたき飛行装置をそれぞれ吊るし、羽ばたかせたときの電気天秤の出力電圧をローパスフィルタ（カット周波数：約60Hz）を介して電氣的に接続したデジタルオシロスコープ（岩通計測（株）製「wave Surfer 424」）で記録した。

いずれの羽ばたき飛行装置も羽ばたき周波数が14Hzであったが、実施例1の平均推力7.6gf、最大推力14.7gf、最小推力2.2gfであったのに対して、比較例1では平均推力6.3gf、最大推力13.7gf、最小推力-0.11gfとなり、実施例1の羽ばたき飛行装置の推力がいずれも有意に大きいことがわかる。

【0057】

10

（試験例：旋回飛行）

実施例1の羽ばたき飛行装置を水平飛行させたところ、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であった。また、水平飛行させている際に、手元の発信機からアクチュエータを左方向に偏らせる指令を出したところ、羽ばたき飛行装置は左に旋回する飛行を行った。次いで、アクチュエータを右方向に偏らせる指令を出したところ、羽ばたき飛行装置は右に旋回する飛行を行った。このことから、遠隔操作で羽ばたき飛行装置に旋回飛行をさせることができた。

【符号の説明】

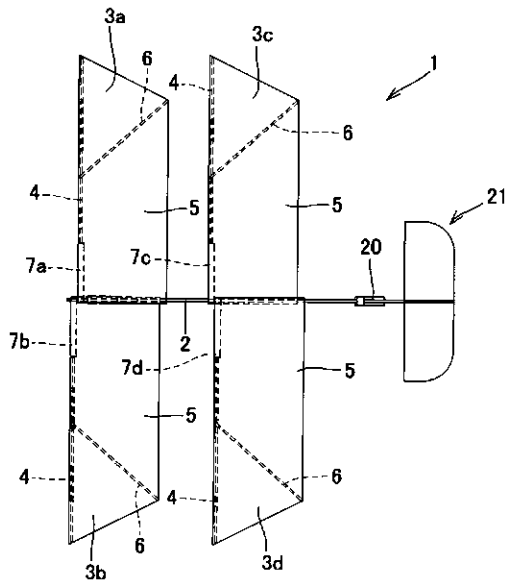
【0058】

- | | | |
|------------|----------|--|
| 1 羽ばたき飛行装置 | 2 支持本体 | |
| 3 羽体 | 4 弾性軸部材 | |
| 5 薄膜羽部 | 6 支脈 | |
| 7 揺動支持軸 | 8 駆動手段 | |
| 9 支持板 | 10 支持軸 | |
| 11 駆動モータ | 12 連結アーム | |
| 13 ピン | 14 回転体 | |
| 15 ギア | 16 回転ギア | |
| 17 回転軸心 | 18 クランク部 | |
| 19 支持板 | 20 電池 | |
| 21 尾翼 | | |

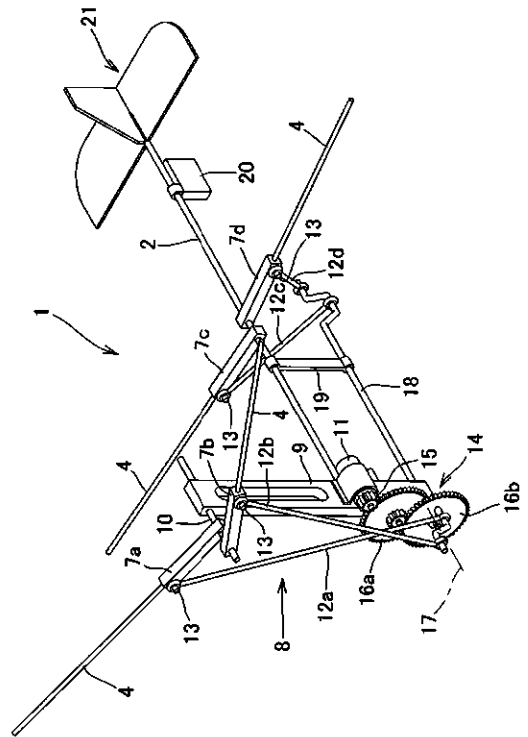
20

30

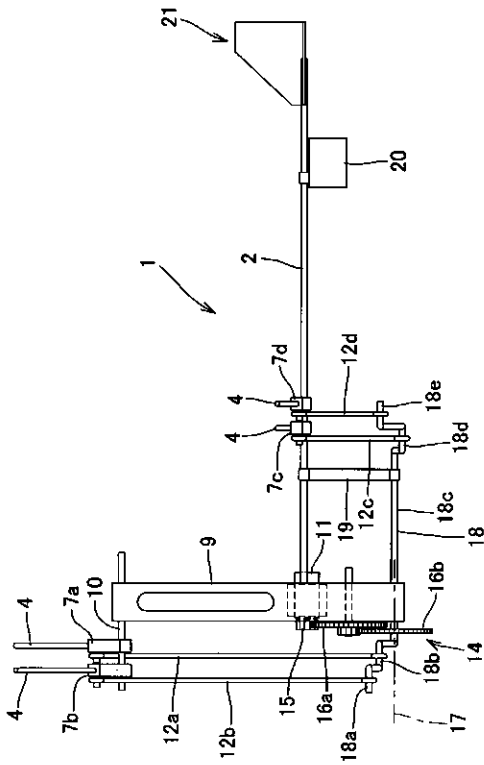
【図 1】



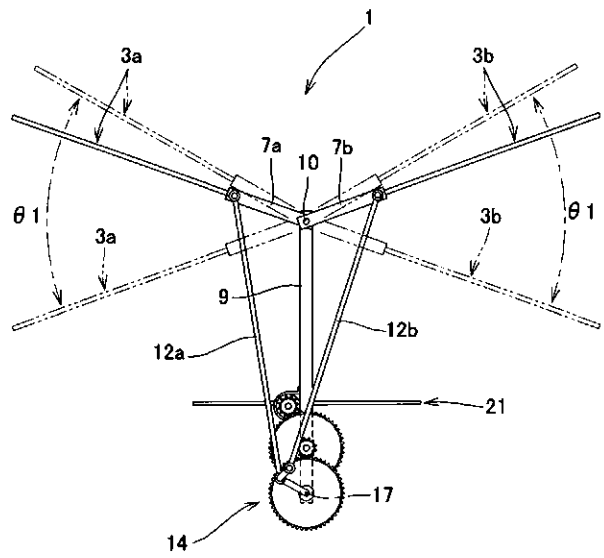
【図 2】



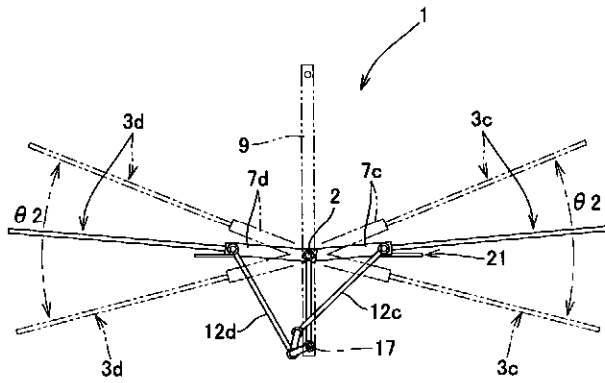
【図 3】



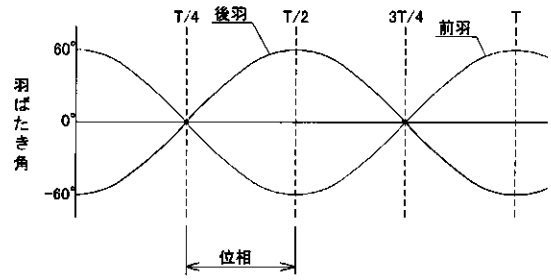
【図 4】



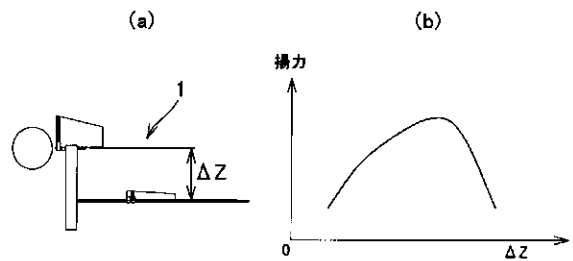
【図5】



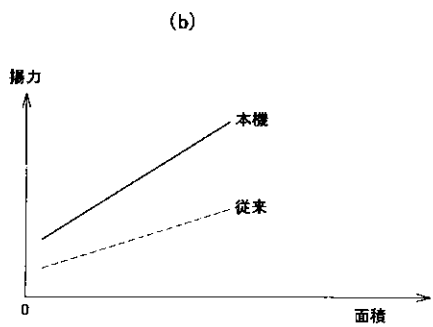
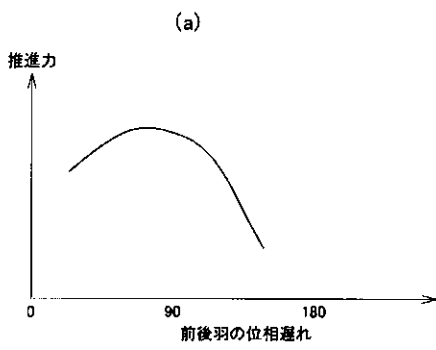
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (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 信州大学繊維学部内
- Fターム(参考) 2C150 CA02 DA17 EB01 EC03 EC15 EG12 FA04 FB43