

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011年2月3日(03.02.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/013667 A1

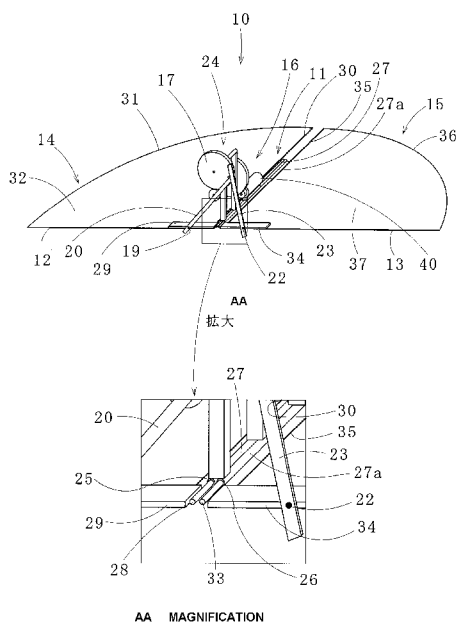
- (51) 国際特許分類:
B64C 33/02 (2006.01) A63H 27/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/062627
- (22) 国際出願日: 2010年7月27日(27.07.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-175640 2009年7月28日(28.07.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人 九州工業大学 (Kyushu Institute of Technology) [JP/JP]; 〒8048550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 瀧脇 正樹 (FUCHIWAKI Masaki) [JP/JP]; 〒8048550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学内 Fukuoka (JP). 井村 忠継 (IMURA Tadatsugu) [JP/JP]; 〒8048550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学内 Fukuoka (JP). 田中和博 (TANAKA Kazuhiro) [JP/JP]; 〒8048550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学内 Fukuoka (JP).
- (74) 代理人: 中前 富士男 (NAKAMAE Fujio); 〒8028691 福岡県北九州市小倉北区浅野2丁目13番23号 幹線ビル401号 中前国際特許商標事務所 Fukuoka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: FLAPPING FLIGHT CAPABLE ROBOT

(54) 発明の名称: 羽ばたき飛翔ロボット

[図2]



(57) Abstract: A flapping flight capable robot comprises a body (11), the longitudinal direction of which is oriented in a forward and backward direction; a left wing (14) and a right wing (15), having a left front frame (12) and a right front frame (13), respectively, the base ends of which are rotatably connected to the front side of the body (11); and a flapping means (24) for flapping the left wing (14) and the right wing (15). The flapping means (24) has 1) a crank member (17) which is arranged on the body (11), with the axis being oriented in the forward and backward direction, and which is rotated in one direction by a rotating drive source (16), 2) a first crank rod (20) which rotatably connects a first fulcrum portion (18) of the crank member (17) and a left connection portion (19) provided on the left front frame (12), and 3) a second crank rod (23) which rotatably connects a second fulcrum portion (21) of the crank member (17) and a right connection portion (22) provided on the right front frame (13). The period of time for the raising operation of the left wing (14) and the right wing (15) is shorter than the period of time for the lowering operation of the left wing (14) and the right wing (15) thereby generating a lifting force.

(57) 要約: 長手方向を前後方向に向けた胴体 11 と、胴体 11 の前側に基端が回動自在に連結された左前フレーム 12 及び右前フレーム 13 をそれぞれ備える左翼 14 及び右翼 15 と、左翼 14 と右翼 15 の羽ばたきを行う羽ばたき手段 24 を有し、しかも、羽ばたき手段 24 は、1) 軸心を前後方向に向けて胴体 11 に配置され、回転駆動源 16 によって一方方向に回転駆動されるクランク部材 17 と、2) クランク部材 17 の第 1 の支点部 18 と左前フレーム 12

に設けた左連結部 19 とを回動自在に連結する第 1 のクランクロッド 20 と、3) クランク部材 17 の第 2 の支点部 21 と右前フレーム 13 に設けた右連結部 22 とを回動自在に連結する第 2 のクランクロッド 23 とを有して、左翼 14 及び右翼 15 の打ち上げ動作の時間を左翼 14 及び右翼 15 の打ち下げ動作の時間より短くして揚力を発生させている。

WO 2011/013667 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：羽ばたき飛翔ロボット

技術分野

[0001] 本発明は、蝶のように飛翔する羽ばたき飛翔ロボットに関する。

背景技術

[0002] 従来、鳥や昆虫等の飛行を模した羽ばたき飛翔ロボットとして、4枚の翼のクラッピングにより翼面同士の間挟み込んだ空気を翼面に平行な方向に噴出させることにより推力を発生させてホバリングを行い、尾翼（垂直尾翼）でホバリング時の安定性を確保すると共に、尾翼の操作で方向制御を行う形式のものが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-273270号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1に記載された発明では、4枚の翼と尾翼を供えるため、部品点数が多くなるという問題がある。また、4枚の翼のクラッピングと尾翼の操作をそれぞれ独立して行うためには、構造が大変複雑になると共に、最低2つの駆動部を搭載しなければならず駆動力の伝達機構も複雑になるという問題が生じる。更に、4枚の翼と尾翼を有するために、実際に飛翔している鳥や昆虫等の生物とはその飛翔形態、メカニズム、外観が大きく異なり、例えば、玩具としては適用される可能性があるものの、欧米で提案されている人物監視のテロ対策システムや人物追跡システムに適用することは不向きとなっている。

[0005] 本発明はかかる事情に鑑みてなされたもので、蝶のように左右の翼の羽ばたきで安定的に飛翔することが可能な無尾翼の羽ばたき飛翔ロボット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

- [0006] 前記目的に沿う第1の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、長手方向を前後方向に向けた胴体と、前記胴体の前側に基端が回動自在に連結された左前フレーム及び右前フレームをそれぞれ備える左翼及び右翼と、回転駆動源を動力とし、前記左前フレーム及び前記右前フレームを回動し、前記左翼と前記右翼の羽ばたきを行う羽ばたき手段を有し、しかも、前記左翼及び前記右翼の打ち上げ動作の時間を前記左翼及び前記右翼の打ち下げ動作の時間より短くして揚力を発生させている。なお、ここで胴体とは、通常の飛行体のように一定の大きさや容積を有さなくとも、実質的に左前フレーム及び右前フレームを回動自在に連結する支持体又は構造体であればよく、ロッド、パイプ等の芯材からなる場合や電池を保持するケースからなる場合も含む。
- [0007] なお、左翼及び右翼（正確には、左前フレーム及び右前フレーム）の打ち上げ動作の時間を、左翼及び右翼の打ち下げ動作の時間より短くする具体的方法としては、例えば、1）左翼及び右翼の回転駆動源（モータ）を制御して、左翼及び右翼の打ち上げ時間及び打ち下げ時間を制御する方法、2）左翼及び右翼の打ち下げ時は、この羽ばたき飛翔ロボット全体を左翼及び右翼によって浮き上がらせる必要があつて、左翼及び右翼の打ち上げ時より負荷が掛かるので、回転駆動源に出力トルクの増加によって回転数が減少する例えば直流モータを使用する方法、3）左翼及び右翼の羽ばたき中心角度を上向き角度（即ち、左前フレーム及び右前フレームの回動中心を通る水平線より上傾斜の角度）にして、左翼及び右翼の打ち上げ時の抵抗を打ち下げ時の抵抗より積極的に減らす方法、等がある。
- [0008] 第2の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、第1の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記左翼及び前記右翼の打ち下げ開始時を実質的に一致させている。ここで、左翼及び右翼の打ち下げ開始時を完全に一致させることは、この羽ばたき飛翔ロボットの飛行には必要ではなく、左翼及び右翼の打ち下げ時間の±10%の範囲で一致させれば十分である。なお、左翼及び右翼の打ち上げ開始時を一致させる必要はない。

- [0009] 第3の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、第1、第2の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットにおいて、該羽ばたき飛翔ロボットは尾翼を有せず、羽ばたき時に撓り可能な前記左翼と前記右翼の羽ばたきのみで飛行を行うようにしている。
- [0010] 第4の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、第1～第3の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記左翼及び前記右翼の羽ばたき中心角度を前記左前フレーム及び前記右前フレームの回動中心を通る水平線より上位置角度にした。
- そして、第5の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、第4の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記左翼と前記右翼の羽ばたき中心角度は、それぞれ前記左前フレーム及び前記右前フレームの回動中心を通る水平線を基準として、上側5～20度の範囲にある。
- [0011] 第6の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、第1～第5の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記羽ばたき手段は、前記胴体の上側に取付けられている。
- [0012] また、第7の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、第1～第6の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記左翼及び前記右翼は羽ばたき時に撓り可能となって、前記左翼及び前記右翼の打ち上げ時間に対する前記左翼及び前記右翼の打ち下げ時間を1.1～1.5倍（より好ましくは、1.2～1.3倍）としている。
- [0013] 左翼及び右翼の打ち上げ時間に対する左翼及び右翼の打ち下げ時間を1.1倍未満とすると、左翼及び右翼に発生する揚力が小さくなって飛行しにくい。また、左翼及び右翼の打ち上げ時間に対する左翼及び右翼の打ち下げ時間が1.5倍を超えると打ち下げ時に発生する左翼及び右翼の下側の気流が逃げて揚力の発生が困難になる。
- [0014] 第8の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、第1～第7の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記左翼と前記右翼の羽ばたき速度に差を設けている。ここで、羽ばたき速度に差を設けるとは、左翼及び右翼が垂直線を中

心にして同一の回動角度にある場合、左翼と右翼の回動速度が異なることをいい、羽ばたき動作の全範囲に渡って左翼及び右翼の回動速度が異なる場合と、羽ばたき動作の一部の時期に左翼及び右翼の回動速度が異なる場合がある。なお、左翼及び右翼の羽ばたき速度が異なると、左翼及び右翼の揚力が異なり、羽ばたき飛翔ロボットを旋回させる力を与えることになる。

[0015] 第9の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、第8の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記羽ばたき速度の差に応じて、前記左翼と前記右翼の前記胴体に対する取付け位置を前後方向に変えて、該羽ばたき飛翔ロボットの直進性を確保している。即ち、一方の翼の羽ばたき速度を速くすると、羽ばたき飛翔ロボットは旋回する。また、一方の翼と他方の翼とを前後方向の取付け位置を変えて胴体に取り付けると旋回する。従って、これらを合わせて左翼及び右翼を制御すると、この羽ばたき飛翔ロボットを真っ直ぐ飛行させることができる。このためには、左翼又は右翼を胴体に対して前後動可能に取り付け、飛行実験を行って羽ばたき飛翔ロボットの直進性を検知することになる。

[0016] 第10の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、第1～第9の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記羽ばたき手段は、1) 軸心を前後方向に向けて前記胴体に配置され、前記回転駆動源によって一方向に回転駆動されるクランク部材と、2) 該クランク部材の第1の支点部と前記左前フレームに設けた左連結部とを回動自在に連結する第1のクランクロッドと、3) 前記クランク部材の第2の支点部と前記右前フレームに設けた右連結部とを回動自在に連結する第2のクランクロッドとを有する。

[0017] この第10の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットの動作を図1を参照して説明する。図1において、左前フレーム（左翼）及び右前フレーム（右翼）の回動中心をO、左連結部P_u、P_d（右連結部Q_u、Q_d）と回動中心Oまでの距離をR、回動中心Oからクランク部材の回転中心Aまでの距離をH、クランク部材のクランク半径をr、第1、第2のクランクロッドの回動中心間の長さをS、左翼及び右翼の最大打ち上げ角度φ_uに対応する第1、第2の

支点部のクランク角度位置をそれぞれ M_u 、 N_u 、左翼及び右翼の最大打ち下げ角度 ϕ_d に対する第1、第2の支点部のクランク角度位置をそれぞれ M_d 、 N_d 、左翼及び右翼の羽ばたき中心角度を α とする。

[0018] 図1に示すような配置で、クランク部材の回転中心A、左翼及び右翼の回転中心O、第1のクランクロッド（第2のクランクロッドに同じ）の長さS、クランク半径 r 、クランク角度 2θ を決めると、クランク部材の回転によって左翼及び右翼にフラッピング動作を与えることになる。この場合、左翼及び右翼に第1、第2のクランクロッドを介して連結される第1、第2の支点部が M_u 、 N_u にあるときに、左翼及び右翼の最大打ち上げ角度位置となり、第1、第2の支点部が M_d 、 N_d にあるときに、左翼及び右翼の最大打ち下げ角度位置となるので、左翼及び右翼はそれぞれ角度 $P_u O P_d$ と角度 $Q_u O Q_d$ の間で羽ばたくことになる。

[0019] この場合、クランク部材が時計方向に回ったとして、左翼は第1の支点部が角度 $M_u A M_d$ で打ち下げを行い、右翼は第2の支点部が角度 $N_u A N_d$ の間で打ち下げを行うことになる。図1から明白なように、角度 $M_u A M_d <$ 角度 $N_u A N_d$ であるので、クランク部材が一定の角度で回転すると、左翼の打ち下げ時間の方が右翼の打ち下げ時間より短いことになる。クランク部材を反時計方向に回転させるとこの現象は反転する。

[0020] 更に、第2の支点部を任意の角度位置 N_x とした場合、第1の支点部の角度位置は M_x となる。この角度位置での左翼及び右翼の角度を求めるとそれぞれ δ_1 、 δ_2 となり、 $\delta_2 > \delta_1$ となる。このことから、このような構造の羽ばたき手段を用いると、左翼及び右翼の打ち下げ開始角度及びその時間を一致させると、左翼及び右翼は同期して羽ばたきせず、少しの角度ずれ及び速度ずれを生じる。なお、打ち上げ時においても左翼及び右翼は同期しないことになる。

[0021] この理由は、クランク部材の回転中心が胴体の前後方向を向いているので、第1、第2のクランクロッドの第1、第2の支点部が平面視して作用方向にずれているからである。このような条件となるためには、回転中心Oから左

右の連結部までの距離 R がクランク部材の回転半径 r に比較して十分に大きいこと、例えば、 R/r が $2.5 \sim 3.5$ （より好ましくは、 $2.9 \sim 3.1$ ）となっていることが必要である。ここで、 R/r が 2.5 未満であると、クランク部材の回転に対する左翼及び右翼の回動角度が大きくなりすぎ、 R/r が 3.5 を超えるとクランク部材の回転に対する左翼及び右翼の回動角度が小さくなりすぎる。

[0022] また、回動中心 O から回転中心 A までの距離 H は、左右の連結部 P_u 、 Q_u と回動中心 O までの距離 R の $1.4 \sim 2.5$ （より好ましくは $1.4 \sim 1.6$ ）とするのがよい。 H/R が 1.4 未満の場合は、クランクロッドが水平に近くなり、押し下げに対する力が弱くなり、 H/R が 2.5 を超えると羽ばたき手段の位置が胴体から突出し、全体の安定性が悪くなり易い。

[0023] 第1、第2のクランクロッドの長さ（正確には、第1の支点部と左連結部、及び第2の支点部と右連結部の距離） S は、距離 R と距離 H に応じて変える必要があり、第1、第2の支点部の回転中心 A に対する角度（クランク角度）を、例えば、 $20 \sim 80$ 度（より好ましくは、 $40 \sim 80$ 度、更に好ましくは、 $55 \sim 75$ 度）として、決定するのがよい。概ね、長さ S は回動中心 O と回転中心 A の間の距離 H 近傍となる。

[0024] 図1に示すように、左翼及び右翼の羽ばたき中心角度 α は、 $5 \sim 20$ 度の範囲にある。これによって、左翼及び右翼はこの中心角度 α を中心にして羽ばたきすることになり、左翼及び右翼の打ち下げ時の力よりも、左翼及び右翼の打ち上げ時の力の方が小さくなり、回転駆動源に例えば直流モータを用いた場合には、一般的に左翼及び右翼の打ち下げ時間より、左翼及び右翼の打ち上げ時間の方が短くなる。

[0025] そして、第11の発明に係る羽ばたき飛行ロボットは、第10の発明に係るの羽ばたき飛行ロボットにおいて、前記第1のクランクロッドは、前記左前フレームの基側に設けられた左補強部材を介して該左前フレームに回動自在に連結され、前記第2のクランクロッドは、前記右前フレームの基側に設けられた右補強部材を介して該右前フレームに回動自在に連結されている。

発明の効果

- [0026] 第1～第11の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、左翼及び右翼の打ち上げ時間より、左翼及び右翼の打ち下げ時間を長くして揚力を発生させているので、落下することなく前方に飛行することができる。そして、羽ばたき飛翔ロボットを左翼及び右翼を羽ばたかせる（フラッピング運動）だけで、飛翔させることができるので、構造が簡単となる。
- [0027] 特に、第2の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、左翼及び右翼の打ち下げ開始時を一致させているので、羽ばたき手段は左翼及び右翼を連動させて回動すればよく、構造が簡略化される。
- 更には、これによって、左翼及び右翼を同時に打ち下げることになり、羽ばたき飛翔ロボット全体に揚力を発生させる。
- [0028] 第3の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、尾翼を有せず、羽ばたき時に撓り可能な左翼と右翼の羽ばたきのみで飛行を行うようにしているので、構造が簡単で部品数が減少する。更に、尾翼等の制御も不要となり、飛行制御も容易となる。
- [0029] 第4の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、左翼及び右翼の羽ばたき中心角度を左前フレーム及び右前フレームの回動中心を通る水平線より上位置角度にしている。そして、第5の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、左翼と右翼の羽ばたき中心角度は、それぞれ5～20度の範囲にしているので、左翼及び右翼の打ち下げ抵抗を左翼及び右翼の打ち上げ抵抗より大きくすることができ、左翼及び右翼を駆動するモータの選定が容易となる。更には、この羽ばたき飛翔ロボットの重心位置を下げるできるので、安定した飛行もできる。
- [0030] 第6の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、羽ばたき手段が、胴体の上側に取付けられているので、胴体着陸をしても、羽ばたき手段の破損を防止できる。
- 更には、羽ばたき手段を覆う保護部材（カバー）等も省略できるので、軽量化を図ることができ、メンテナンスも容易となる。

- [0031] また、第7の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、左翼及び右翼は羽ばたき時に撓り可能となって、左翼及び右翼の打ち上げ時間に対する左翼及び右翼の打ち下げ時間を1.1～1.5倍（より好ましくは、1.2～1.3倍）としているので、左翼及び右翼のフラッピング動作の制御が比較的容易であり、更には、確実に飛行できる。
- [0032] 第8の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、左翼と右翼の羽ばたき速度に差を設けているので、左翼及び右翼に揚力の違いができて、この羽ばたき飛翔ロボットに旋回力を与えることになる。従って、この羽ばたき飛翔ロボットを限られた空間（例えば、室内）で飛行させることができる。
- [0033] 第9の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、羽ばたき速度の差に応じて、左翼と右翼の胴体に対する取付け位置を前後方向に変えて、羽ばたき飛翔ロボットの直進性を確保しているので、旋回力を有する羽ばたき飛翔ロボットの旋回力をキャンセルして、羽ばたき飛翔ロボットを通常飛行させることができる。
- [0034] 第10の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、羽ばたき手段が、軸心を前後方向に向けて胴体に配置され、回転駆動源によって一方向に回転駆動されるクランク部材と、クランク部材の第1の支点部と左前フレームに設けた左連結部とを回動自在に連結する第1のクランクロッドと、クランク部材の第2の支点部と右前フレームに設けた右連結部とを回動自在に連結する第2のクランクロッドとを有するので、クランク部材を回転させると、左翼及び右翼の左前フレームと右前フレームを回動させることができる。
- この場合、左翼及び右翼は完全には同期しないので、左翼及び右翼の羽ばたきの相違が旋回力になる。
- [0035] そして、第11の発明に係る羽ばたき飛翔ロボットは、第1のクランクロッドが、左前フレームの基側に設けられた左補強部材を介して左前フレームに回動自在に連結され、第2のクランクロッドは、右前フレームの基側に設けられた右補強部材を介して右前フレームに回動自在に連結されているので、左翼及び右翼を羽ばたきさせる力を増加でき、更には、左補強部材及び右補

強部材が設けられていない左前フレーム及び右前フレームに撓りを与えることができる。

図面の簡単な説明

- [0036] [図1]本発明の羽ばたき飛翔ロボットの羽ばたき部分の説明図である。
- [図2]本発明の一実施例に係る羽ばたき飛翔ロボットの説明図である。
- [図3]同羽ばたき飛翔ロボットの羽ばたき手段の説明図である。
- [図4] (A)、(B)はクランク部材と第1、第2のクランクロッドの接続方法の説明図である。
- [図5]クランク部材と第1、第2のクランクロッドの動作を示す説明図である。
- [図6]第1、第2の支点部の回転と左右翼の羽ばたきの関係を示す説明図である。
- [図7]羽ばたき飛翔ロボットのフラッピング角度と時間の関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

- [0037] 続いて、添付した図面を参照しつつ、本発明を具体化した実施例につき説明し、本発明の理解に供する。

図2、図3に示すように、本発明の一実施例に係る羽ばたき飛翔ロボット10は、長手方向を前後方向に向けて配置された胴体11と、胴体11の前側に基端が回動自在に連結された左前フレーム12及び右前フレーム13をそれぞれ備えた左翼14及び右翼15と、回転駆動源16を動力とし左前フレーム12及び右前フレーム13を回動し、左翼14及び右翼15の羽ばたきを行う羽ばたき手段24とを有している。なお、この羽ばたき飛翔ロボット10は尾翼を有していない。

- [0038] そして、羽ばたき手段24は、軸心を前後方向に向けて胴体11に配置され、回転駆動源16によって一方向に回転駆動されるクランク部材17、クランク部材17の第1の支点部18と左前フレーム12の中間位置に設けた左連結部19とを回動自在に連結してクランク部材17の回転によって左翼1

4の羽ばたきを行う第1のクランクロッド20、及び第1の支点部18と前後方向の異なる位置に設けられたクランク部材17の第2の支点部21と右前フレーム13の中間位置に設けた右連結部22とを回動自在に連結してクランク部材17の回転によって右翼15の羽ばたきを行う第2のクランクロッド23を備えている。以下、詳細に説明する。

[0039] 胴体11は、平行に水平配置され、それぞれの軸心を前後方向に向けて配置された2本のパイプ部材27、27aを有している。ここで、パイプ部材27、27aは、例えば、炭素連続繊維を樹脂を用いて成形した炭素系複合材料等の軽量で剛性が高い素材で形成されているのが好ましい。胴体11の先端部にはパイプ部材27、27aの軸孔25、26が露出する状態となっている。

[0040] 左翼14は、図2に示すように、左翼14の前縁部に配置された左前フレーム12と、左前フレーム12の基端に、軸心を前後方向に向けて先端部（前端部）が取付けられた左の軸芯ロッド28と、左前フレーム12の中央部より基側に設けられ、左前フレーム12の基側から左連結部19のある部分を補強する左補強部材29と、胴体11に近接して配置され、先端部（前端部）が左前フレーム12の基側に連結した左側補強フレーム30と、左前フレーム12と左側補強フレーム30との間に張られ、左前フレーム12の先端部と左側補強フレーム30の後端部を結ぶ左翼端領域31が自由端となった左翼シート32とを有している。そして、パイプ部材27の軸孔25の前側から左の軸芯ロッド28を嵌入させることにより、左の軸芯ロッド28が軸孔25に回動可能に装着されている。

[0041] また、右翼15は、右翼15の前縁部に配置された右前フレーム13と、右前フレーム13の基端に、軸心を前後方向に向けて先端部（前端部）が取付けられた右の軸芯ロッド33と、右前フレーム13の中央部より基側に設けられ、右前フレーム13の基側から右連結部22のある部分を補強する右補強部材34と、胴体11に近接して配置され、先端部（前端部）が右前フレーム13の基側に連結した右側補強フレーム35と、右前フレーム13と右

側補強フレーム 35 との間に張られ、右前フレーム 13 の先端部と右側補強フレーム 35 の後端部を結ぶ右翼端領域 36 が自由端となった右翼シート 37 とを有している。そして、パイプ部材 27a の軸孔 26 の前側から右の軸芯ロッド 33 を嵌入させることにより、右の軸芯ロッド 33 が軸孔 26 に回動可能に装着されている。

- [0042] ここで、左前フレーム 12 と右前フレーム 13 の長さ、左の軸芯ロッド 28 と右の軸芯ロッド 33 の長さ、左補強部材 29 と右補強部材 34 の長さ、左側補強フレーム 30 と右側補強フレーム 35 の長さはそれぞれ同一である。また、左翼 14 の回動中心（左の軸芯ロッド 28 の軸心）から左連結部 19 までの距離と、右翼 15 の回動中心（右の軸芯ロッド 33 の軸心）から右連結部 22 までの距離は同一である。なお、左の軸芯ロッド 28、右の軸芯ロッド 33 の長さは、軸孔 25、26 の長さより短くても長くてもよい。また、ピンを用いて第 1 のクランクロッド 20 及び第 2 のクランクロッド 23 を回動自在に連結する左連結部 19 及び右連結部 22 は、左前フレーム 12 及び右前フレーム 13 に直接設けてもよいが、これらを補強するために取付けた左補強部材 29 及び右補強部材 34 に設けてもよい。
- [0043] 左翼シート 32 は左前フレーム 12 を長半径、左側補強フレーム 30 を短半径とした 1/4 サイズの楕円形状であり、右翼シート 37 は右側フレーム 13 を長半径、右側補強フレーム 35 を短半径とした 1/4 サイズの楕円形状である。また、前側フレーム 12、右前フレーム 13、左側補強フレーム 30、右側補強フレーム 35 には、炭素連続繊維を樹脂を用いて成形した炭素系複合材料等の軽量で高強度かつ可撓性を備えた棒部材で形成されているのが好ましい。左補強部材 29、右補強部材 34 は炭素連続繊維を樹脂を用いて成形した炭素系複合材料等の軽量で高強度かつ高剛性を備えた梁状部材で形成されているのが好ましい。更に、左翼シート 32、右翼シート 37 は、例えば、厚みが 25 ~ 40 μm で軽量かつ高強度の素材、例えば、和紙で形成されている。
- [0044] 左の軸芯ロッド 28、右の軸芯ロッド 33 は、軸孔 25、26 内で回動自在

に保持されるので、左前フレーム 12、右前フレーム 13 を胴体 11 にそれぞれ回動自在に連結することができる。従って、第 1 のクランクロッド 20 の下端部を左補強部材 29 を介して又は直接左前フレーム 12 に回動自在に連結し、第 2 のクランクロッド 23 の下端部を右補強部材 34 を介して又は直接右前フレーム 13 に回動自在に連結して第 1、第 2 のクランクロッド 20、23 をそれぞれ回動させると、軸孔 25、26 内で左の軸芯ロッド 28、右の軸芯ロッド 33 がそれぞれ回動して、胴体 11 の左右両側で、左翼 14、右翼 15 を独立して羽ばたかせる（フラッピング運動させる）ことができる。

[0045] 続いて、羽ばたき手段 24 について説明する。

羽ばたき手段 24 は、胴体 11 の上側に取付けられている。胴体 11 の上側に取付けることにより、羽ばたき飛翔ロボット 10 が着陸する際に羽ばたき手段 24 が地面と接触して損傷するのを防止できる。これにより、羽ばたき手段 24 に保護部材（例えば、カバー）を設ける必要がなくなり、羽ばたき飛翔ロボット 10 の軽量化を図ることができる。

[0046] 図 3、図 5 に示すように、クランク部材 17 は、円板形状であって、回転軸の軸方向を前後方向に向けて胴体 11 の上側に取付けフレーム 38 を介して搭載され、外周部には図示しない外歯が形成されている。ここで、左翼 14 の回動中心（左の軸芯ロッド 28 の軸心）から左連結部 19 までの距離 R （図 5 参照）に対するクランク部材 17 の回転中心（回転軸の軸心）A から胴体 11 の軸心までの距離 H の比の値、及び右翼 15 の回動中心（右の軸芯ロッド 33 の軸心）から右連結部 22 までの距離 R に対するクランク部材 17 の回転中心 A から胴体 11 の軸心までの距離 H の比の値は、それぞれ例えば、 $1.4 \sim 1.6$ となるように、クランク部材 17 の回転軸の軸心位置が調整されている。ここで、左右の軸芯ロッド 28、33 の距離は僅少であるので、図 5 において回動中心 O と見做せる。

[0047] 回転駆動源 16 は、胴体 11 の上側に設けられた取付けベース 39 に出力軸を前後方向に向けて載置された直流モータの一例であるコアレスモータ 40

と、コアレスモータ 40 用の電源の一例であり、胴体 11 に搭載されたりチウムイオン電池（図示せず）と、コアレスモータ 40 の出力軸に取付けられた第 1 の歯車 41 を介して回転駆動力をクランク部材 17 に伝達する伝達機構 42 とを有している。ここで、伝達機構 42 は、取付けフレーム 38 に軸受を介して前後方向に向けて回転可能に取付けられた回転軸 43 と、回転軸 43 に取り付けられて外周部に第 1 の歯車 41 と噛合する外歯が形成された第 2 の歯車 44 と、回転軸 43 の先側に設けられ、クランク部材 17 の外周部に形成された外歯と噛合する第 3 の歯車 44 a とを有している。これによって、コアレスモータ 40 の回転速度を大幅に減速してクランク部材 17 を低速回転させている。

[0048] クランク部材 17 の第 1 の支点部 18 と第 1 のクランクロッド 20 との連結及びクランク部材 17 の第 2 の支点部 21 と第 2 のクランクロッド 23 との連結は、この実施例では図 4 (A)、(B) に示す屈曲部材（又はクランクシャフト）の一例である一つの屈折ピン 45 を介して行われている。ここで、屈折ピン 45 は、例えば、第 1 のクランクロッド 20、第 2 のクランクロッド 23 のいずれか一方、例えば、第 2 のクランクロッド 23 が接続される第 2 の支点部 21 として機能する第 2 の水平部 46 と、第 1 のクランクロッド 20 が接続されて第 1 の支点部 18 として機能する第 1 の水平部 47 と、第 2 の水平部 46 の先端と第 1 の水平部 47 の後端とを連結する接続部 48 とを有している。

[0049] ここで、屈折ピン 45 の基部となる第 2 の水平部 46 は、クランク部材 17 に回転不能に固定され、かつ第 2 の水平部 46 とクランク部材 17 の軸心までの距離と、第 1 の水平部 47 とクランク部材 17 の軸心までの距離は一定（図 5 における r ）となっている。

第 1 のクランクロッド 20 の上端側は第 1 の水平部 47（正確には第 1 の支点部 18）に回動可能に連結し、第 2 のクランクロッド 23 の上端側は第 2 の水平部 46（正確には第 2 の支点部 21）に回動可能に連結するので、第 1 のクランクロッド 20 が第 2 のクランクロッド 23 の前側に、最小限接続

部 4 8 の前後方向の厚みを有して、位置することになり、クランク部材 1 7 の回転によって第 1 のクランクロッド 2 0 と第 2 のクランクロッド 2 3 が衝突しないで、クランク部材 1 7 を回転させることができる。

なお、第 1、第 2 のクランクロッド 2 0、2 3 の下端側が連結される左連結部 1 9 と右連結部 2 2 も、第 1、第 2 のクランクロッド 2 0、2 3 の前後方向の位置に合わせて前後配置するのが好ましい。

[0050] そして、第 1 の支点部 1 8 とクランク部材 1 7 の回転中心を連結するクランク半径線と、第 2 の支点部 2 1 とクランク部材 1 7 の回転中心を連結するクランク半径線のなす角度が、第 1 の支点部 1 8 と第 2 の支点部 2 1 のクランク角度 (2θ) となる。ここで、第 1 の支点部 1 8 のクランク半径長さ r に対する左翼 1 4 の回動中心から左連結部 1 9 までの距離 R の比の値、及び第 2 の支点部 2 1 のクランク半径長さ r に対する右翼 1 5 の回動中心から右連結部 2 2 までの距離 R の比の値は、それぞれ例えば 2.9 ~ 3.1 に設定されている。また、左翼 1 4 の回動中心から左連結部 1 9 までの距離に対する第 1 のクランクロッド 2 0 の長さの比の値、及び右翼 1 5 の回動中心から右連結部 2 2 までの距離に対する第 2 のクランクロッド 2 3 の長さの比の値は、それぞれ例えば 1.5 ~ 1.7 に設定されている。

[0051] 以上の構成とすることで、第 1 の支点部 1 8 と第 2 の支点部 2 1 のクランク角度を設定すると、クランク部材 1 7 の回転により、左翼 1 4 と右翼 1 5 の打ち下げ開始時を同期（一致）させ、かつ左翼 1 4 と右翼 1 5 の羽ばたき中心角度を水平（左前フレーム 1 2 及び右前フレーム 1 3 の回動中心を通る水平線）より 5 ~ 20 度の範囲で上位置にして、左翼 1 4 と右翼 1 5 をそれぞれ 20 ~ 35 度の羽ばたき角度幅で羽ばたかせることができる。

ここで、羽ばたき中心角度は、水平線に対する左右翼 1 4、1 5 の最大打ち上げ角度位置と最大打ち下げ角度位置の平均角度位置をいい、羽ばたき角度幅は、羽ばたき中心角度位置に配置された左右翼 1 4、1 5 が、最大打ち上げ角度位置（最大打ち下げ角度位置）まで回動する際の角度を指す。

[0052] また、左翼 1 4 と右翼 1 5 の総羽ばたき角（水平状態を基準にした最大打ち

上げ角度と水平状態を基準にしたマイナス側にある最大打ち下げ角度との和で、総フラッピング角ともいう)は、第1のクランクロッド20の長さ及び第2のクランクロッド23の長さを一定にして、左翼14の回動中心から左連結部19までの距離及び右翼15の回動中心から右連結部22までの距離を変化させることにより設定できる。また、左翼14と右翼15の上側羽ばたき角(上フラッピング角)及び下側羽ばたき角(下フラッピング角)の配分は、左翼14の回動中心から左連結部19までの距離及び右翼15の回動中心から右連結部22までの距離を一定にして、第1のクランクロッド20の長さ及び第2のクランクロッド23の長さを変化させることにより設定できる。

[0053] そして、左翼14と右翼15の羽ばたき中心角度、総羽ばたき角、上側羽ばたき角、及び下側羽ばたき角を決め、左翼14の羽ばたきと右翼15の羽ばたきが対称に行われる場合、第1の支点部18と第2の支点部21のクランク角度 2θ は、例えば、以下の方法で決めることができる。

[0054] 図5に示すように、胴体11の軸心を原点O、水平方向にX軸、垂直方向にY軸とした座標を設定し、Y軸上にクランク部材17の中心Aを設け、右翼15が水平状態から羽ばたき中心角度まで回動した際の右連結部22の位置をB、右翼15が羽ばたき中心角度まで回動した際の第2の支点部21の位置をC、Dとする。ここで、クランク部材17が正面視して時計回りに回転する場合、右翼15の打ち下げ時の第2の支点部21はC、右翼15の打ち上げ時の第2の支点部21はDに存在する。同様に、左翼14が羽ばたき中心角度まで回動した際の第1の支点部18の位置をE、Fとすると、Y軸に対してCとE及びDとFはそれぞれ対称の位置にあり、 $\angle DAF = \angle CAE = 2\eta$ である。また、 $\angle OAD = \angle OAF = \eta$ である。

[0055] そして、左翼14と右翼15の羽ばたき中心角度を α 、第1の支点部18と第2の支点部21のクランク半径を r 、左翼14の回動中心から左連結部19までの距離及び右翼15の回動中心から右連結部22までの距離を R 、第1のクランクロッド20と第2のクランクロッド23の長さを S 、胴体11

の軸心とクランク部材 17 の中心との距離を H とすると、 B の座標は $(R \cos \alpha, R \sin \alpha)$ 、 A の座標は $(0, H)$ である。また、 $\triangle BCD$ において、辺 BC 、辺 BD の長さは第 2 のクランクロッド 23 の長さ S となる。ここで、 C を通り Y 軸に平行な直線と、 B を通り X 軸に平行な直線との交点を G とすると、 $CB^2 = BG^2 + CG^2$ の関係が成立つので、

$$S^2 = R^2 + r^2 + H^2 + 2Hr \cos \eta - 2HR \sin \alpha - 2Rr \sin(\alpha + \eta)$$

となる。 α は既知であるので、この η に関する方程式を解くことにより η が求まる。そして、 $2\theta = 180^\circ - 2\eta$ であるから、第 1 の支点部 18 と第 2 の支点部 21 のクランク角度 2θ を決めることができる。なお、クランク角度 2θ は、 $55 \sim 75$ 度の範囲になる。

[0056] 続いて、本発明の一実施例に係る羽ばたき飛翔ロボット 10 の作用について、図 6 を参照しながら説明する。

第 1 の支点部 18 のクランク半径 r に対する左翼 14 の回動中心から左連結部 19 までの距離 R の比の値、及び第 2 の支点部 21 のクランク半径 r に対する右翼 15 の回動中心から右連結部 22 までの距離 R の比の値を、それぞれ 2.9 ~ 3.1 に設定することにより、クランク部材 17 の回転方向によって、打ち上げ、打ち下げのどちらで速く運動させるかを定めることができる。

[0057] 例えば、クランク部材 17 を正面視して時計回りに回転させた場合、左翼 14 が最も打ち下げられたときの左連結部 19 の位置を P_d 、そのときのクランク部材 17 の第 1 の支点部 18 の位置を M_d 、最も打ち上げられたときの左連結部 19 の位置 P_u 、そのときのクランク部材 17 の第 1 の支点部 18 の位置を M_u とする。また、右翼 15 が最も打ち下げられたときの右連結部 22 の位置を Q_d 、そのときのクランク部材 17 の第 2 の支点部 21 の位置を N_d 、最も打ち上げられたときの右連結部 22 の位置を Q_u 、そのときのクランク部材 17 の第 2 の支点部 21 の位置を N_u とすると、これらの関係は、図 6 に示すようになる。なお、図 6 から明らかなように、通常は左翼

14及び右翼15の打ち下げ開始時を一致させる。

[0058] ここで、左翼14が最も打ち下げられた状態から最も打ち上げられた状態になるまでに（左連結部19がPdからPuまで移動するまでに）、クランク部材17の第1の支点部18はMdから角度 β だけ時計回りに回転してMuまで移動する。右翼15が最も打ち下げられた状態から最も打ち上げられた状態になるまでに（右連結部22がQdからQuまで移動するまでに）、クランク部材17の第2の支点部21はNdから角度 γ だけ時計回りに回転してNuまで移動する。同様に、左翼14が最も打ち上げられた状態から最も打ち下げられた状態になるまでに（左連結部19がPuからPdに戻るまでに）、クランク部材17の第1の支点部18はMuから角度 $360 - \beta$ だけ時計回りに回転してMdに戻り、右翼15が最も打ち上げられた状態から最も打ち下げられた状態になるまでに（右連結部22がQuからQdに戻るまでに）クランク部材17の第2の支点部21はNuから角度 $360 - \gamma$ だけ回転してNdに戻る。

[0059] そして、第1のクランクロッド20と第1の支点部18の軌跡（クランク部材17の中心Aを中心とする半径rの円）との交点をK、第2のクランクロッド23と第2の支点部21の軌跡（クランク部材17の中心Aを中心とする半径rの円）との交点をJとすると、 $\beta = \angle MdAK + \angle KANu + \angle NuAMu$ 、

$$360 - \beta = \angle MuAJ + \angle JAMd$$

であり、

$$\angle KANu = \angle MuAJ、$$

$$\angle NuAMu = \angle JAMd + \angle MdAK$$

の関係が成り立つので、

$$\begin{aligned} \beta - (360 - \beta) &= \angle MdAK + \angle JAMd + \angle MdAK - \angle JAMd \\ &= 2\angle MdAK > 0 \end{aligned}$$

となる。従って、第1の支点部18がMdからMuまで移動するために回転する（左翼14を打ち上げるための）角度は、第1の支点部18がMuから

Mdに戻るために回転する（左翼14を打ち下げるための）角度より大きい。同様に、第2の支点部21がNdからNuまで移動するために回転する（右翼15を打ち上げるための）角度は、第2の支点部21がNuからNdに戻るために回転する（右翼15を打ち下げるための）角度より小さい。

[0060] その結果、クランク部材17が一定速度で回転すると、左翼14をゆっくり打ち上げ、素早く打ち下げることができ、右翼15は素早く打ち上げ、ゆっくり打ち下げることができ、左翼14及び右翼15において打ち上げ動作の時間と打ち下げ動作の時間を変えることができる。ここで、左翼14及び右翼15の羽ばたき中心角度を水平より上位置に設定している（上反角を設けている）ので、左翼14と右翼15においては打ち上げ時に働く空気抵抗を、打ち下げ時に働く空気抵抗より小さくすることができる。その結果、左翼14及び右翼15の打ち下げ力と打ち上げ力に差が生じて、これにモータが対応し、左翼14及び右翼15を羽ばたかせる際に、左翼14及び右翼15いずれに対しても、ゆっくり打ち下げ、素早く打ち上げる動作を実現させることができ、蝶のように飛翔させることができる。

[0061] また、第1の支点部18のクランク半径の長さ、第2の支点部21のクランク半径の長さが異なると、例えば、右翼15のクランク半径の長さに対して左翼14のクランク半径の長さが大きい場合、右翼15の最大打ち上げ角度に対して左翼14の最大打ち上げ角度が大きくなり、右翼15の最大打ち下げ角度に対して左翼14の最大打ち下げ角度が大きくなる。また、右翼15のクランク半径の長さに対して左翼14のクランク半径の長さが小さい場合、右翼15の最大打ち上げ角度に対して左翼14の最大打ち上げ角度が小さくなり、右翼15の最大打ち下げ角度に対して左翼14の最大打ち下げ角度が小さくなる。このため、羽ばたき飛翔ロボット10は、姿勢を維持して飛翔することができない。

[0062] 従って、第1の支点部18のクランク半径の長さ、第2の支点部21のクランク半径の長さを等しくすることで、右翼15の最大打ち上げ角度と左翼14の最大打ち上げ角度、右翼15の最大打ち下げ角度と左翼14の最大打

ち下げ角度をそれぞれ一致させることができる。これにより、羽ばたき飛翔ロボット10は、姿勢を維持して飛翔することができる。

[0063] 第1の支点部18と第2の支点部21のクランク角度 2θ は、左翼14の羽ばたきと右翼15の羽ばたきが略対称に行われるように設定されたものである。従って、クランク角度 2θ を調整することで、例えば、クランク角度を求めた値の $\pm 10\%$ の範囲内で変化させることで、例えば、第1のクランクロッド20の第1の支点部18及び左連結部19に対する取付け誤差、第2のクランクロッド23の第2の支点部21及び右連結部22に対する取付け誤差等で生じる左翼14と右翼15の打ち上げ開始時と打ち下げ開始時のずれを調整することができる。

[0064] 左前フレーム12、右前フレーム13、左側補強フレーム30、及び右側補強フレーム35はそれぞれ可撓性を有し、左翼端領域31、右翼端領域36はそれぞれ自由端となっている。これにより、左翼14、右翼15を羽ばたかせた際に、左前フレーム12、右前フレーム13、左側補強フレーム30、及び右側補強フレーム35の慣性と左前フレーム12、右前フレーム13、左側補強フレーム30、及び右側補強フレーム35に対する空気抵抗の作用により、左前フレーム12、右前フレーム13の先側及び左側補強フレーム30、右側補強フレーム35の後側が撓って、張られた左翼シート32、右翼シート37にねじれを発生させることができる。その結果、左翼14、右翼15の羽ばたき運動に伴って左翼14、右翼15にねじれが生じ（左翼14、右翼15のフェザリング角が受動的に変化し）、飛翔中に安定した大きな揚力及び推進力を発生することが可能になる。更に、左翼14、右翼15にねじれを発生させる機構が不要となるため、構造がシンプルになると共に軽量化を図ることができる。

[0065] また、左翼14と右翼15の羽ばたき動作（羽ばたき速度及び羽ばたき角度位置）に差異があると、羽ばたき飛翔ロボット10に旋回力を与えることになる。従って、そのままの状態では、羽ばたき飛翔ロボット10は旋回飛行をすることになる。そこで、左翼14と右翼15の胴体11に対する取付け

位置を前後方向に変えると、羽ばたき飛翔ロボット10の旋回飛行をキャンセルして直線に近づく飛行をさせることができる。この場合、左翼14又は右翼15のいずれか一方を胴体11に前後動可能に取付けておき、例えば、左翼14が右翼15より後側にあると左旋回力が発生するので、実際に取付け位置を変えて直線飛行に近づけるようにする。

実験例

[0066] 左翼の左端から右翼の右端までのスパン長が245mm、左翼と右翼の前後方向の最大長さ（弦長）が80mm、胴体長が40mm、全重量（コアレスモータとリチウムイオン電池の重量を含む）が1.9g、左翼及び右翼の羽ばたき速度が10～11Hzの羽ばたき飛翔ロボットを作製した。

ここで、左翼と右翼の羽ばたき中心角度は、それぞれ14.1度、左翼と右翼の羽ばたき角度幅は、23.2度である。また、第1の支点部のクランク半径の長さ（第2の支点部のクランク半径の長さは同一で4.5mm、左翼の回動中心から左連結部までの距離と右翼の回動中心から右連結部までの距離は同一で12mmである。更に、クランク部材の中心から胴体の軸心までの距離は18mmである。

[0067] 従って、左翼（右翼）の回動中心から左連結部（右連結部）までの距離に対するクランク部材の中心から胴体の軸心までの距離の比は1.5、第1の支点部（第2の支点部）のクランク半径長さに対する左翼（右翼）の回動中心から左連結部（右連結部）までの距離の比は2.7～3、左翼（右翼）の回動中心から左連結部（右連結部）までの距離に対する第1のクランクロッド（第2のクランクロッド）の長さの比は1.6である。このとき、左翼及び右翼において、打ち上げ時間と打ち下げ時間の比は1：1.25となった。なお、左翼及び右翼において、クランク半径の長さ、胴体に対するクランク部材の位置、左右の連結部の位置を変えることによって、左翼及び右翼の打ち上げ時間と打ち下げ時間の比は1：1.1～1.5とすることもできる。図7は実際の羽ばたき飛翔ロボットを飛ばした場合のフラッピング角の変化を示すグラフであるが、図に示すように、左翼及び右翼のいずれにおいても

、多少時間の差はあるが、打ち下げ時間が打ち上げ時間より長いことがわかる。

[0068] 以上、本発明を、実施例を参照して説明してきたが、本発明は何ら上記した実施例に記載した構成に限定されるものではなく、請求の範囲に記載されている事項の範囲内で考えられるその他の実施例や変形例も含むものである。例えば、クランク部材を正面視して時計回りに回転させたが、反時計回りに回転させてもよい。この場合、左翼と右翼に羽ばたき運動の位相差が発生していると、位相差が逆転することになって旋回方向も逆転する。

産業上の利用可能性

[0069] 本発明の羽ばたき飛翔ロボットに小型カメラやセンサ、更にGPSを搭載することにより、地震等の災害で倒壊した建物や被災地での人命救助支援を行うことが可能になる。羽ばたき飛翔ロボットを使用することで、災害救助活動中に二次災害が発生した場合でも、人的な被害がなく、救援活動が可能である。また、歴史的建築物のように人の進入が困難な構造物等の保守点検活動も可能である。更に、蝶のように飛翔することができるので、危険人物の監視としてのテロ対策システム、犯人追跡システムへの応用も可能である。

符号の説明

[0070] 10：羽ばたき飛翔ロボット、11：胴体、12：左前フレーム、13：右前フレーム、14：左翼、15：右翼、16：回転駆動源、17：クランク部材、18：第1の支点部、19：左連結部、20：第1のクランクロッド、21：第2の支点部、22：右連結部、23：第2のクランクロッド、24：羽ばたき手段、25、26：軸孔、27、27a：パイプ部材、28：左の軸芯ロッド、29：左補強部材、30：左側補強フレーム、31：左翼端領域、32：左翼シート、33：右の軸芯ロッド、34：右補強部材、35：右側補強フレーム、36：右翼端領域、37：右翼シート、38：取付けフレーム、39：取付けベース、40：コアレスモータ、41：第1の歯車、42：伝達機構、43：回転軸、44：第2の歯車、44a：第3の歯車、45：屈折ピン、46：第2の水平部、47：第1の水平部、48：接

続部

請求の範囲

- [請求項1] 長手方向を前後方向に向けた胴体と、
前記胴体の前側に基端が回動自在に連結された左前フレーム及び右前フレームをそれぞれ備える左翼及び右翼と、
回転駆動源を動力とし、前記左前フレーム及び前記右前フレームを回動し、前記左翼と前記右翼の羽ばたきを行う羽ばたき手段を有し、
しかも、前記左翼及び前記右翼の打ち上げ時間を前記左翼及び前記右翼の打ち下げ時間より短くして揚力を発生させていることを特徴とする羽ばたき飛翔ロボット。
- [請求項2] 請求項1記載の羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記左翼及び前記右翼の打ち下げ開始時を一致させていることを特徴とする羽ばたき飛翔ロボット。
- [請求項3] 請求項1又は2記載の羽ばたき飛翔ロボットにおいて、該羽ばたき飛翔ロボットは尾翼を有せず、前記左翼と前記右翼の羽ばたきのみで飛行を行うことを特徴とする羽ばたき飛翔ロボット。
- [請求項4] 請求項1～3のいずれか1記載の羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記左翼及び前記右翼の羽ばたき中心角度を前記左前フレーム及び前記右前フレームの回動中心を通る水平線より上位置角度にしたことを特徴とする羽ばたき飛翔ロボット。
- [請求項5] 請求項4記載の羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記左翼と前記右翼の羽ばたき中心角度は、それぞれ前記左前フレーム及び前記右前フレームの回動中心を通る水平線を基準として、上側5～20度の範囲にあることを特徴とする羽ばたき飛翔ロボット。
- [請求項6] 請求項1～5のいずれか1記載の羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記羽ばたき手段は、前記胴体の上側に取付けられていることを特徴とする羽ばたき飛翔ロボット。
- [請求項7] 請求項1～6のいずれか1記載の羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前

記左翼及び前記右翼の打ち上げ時間に対する前記左翼及び前記右翼の打ち下げ時間を1.1～1.5倍としたことを特徴とする羽ばたき飛翔ロボット。

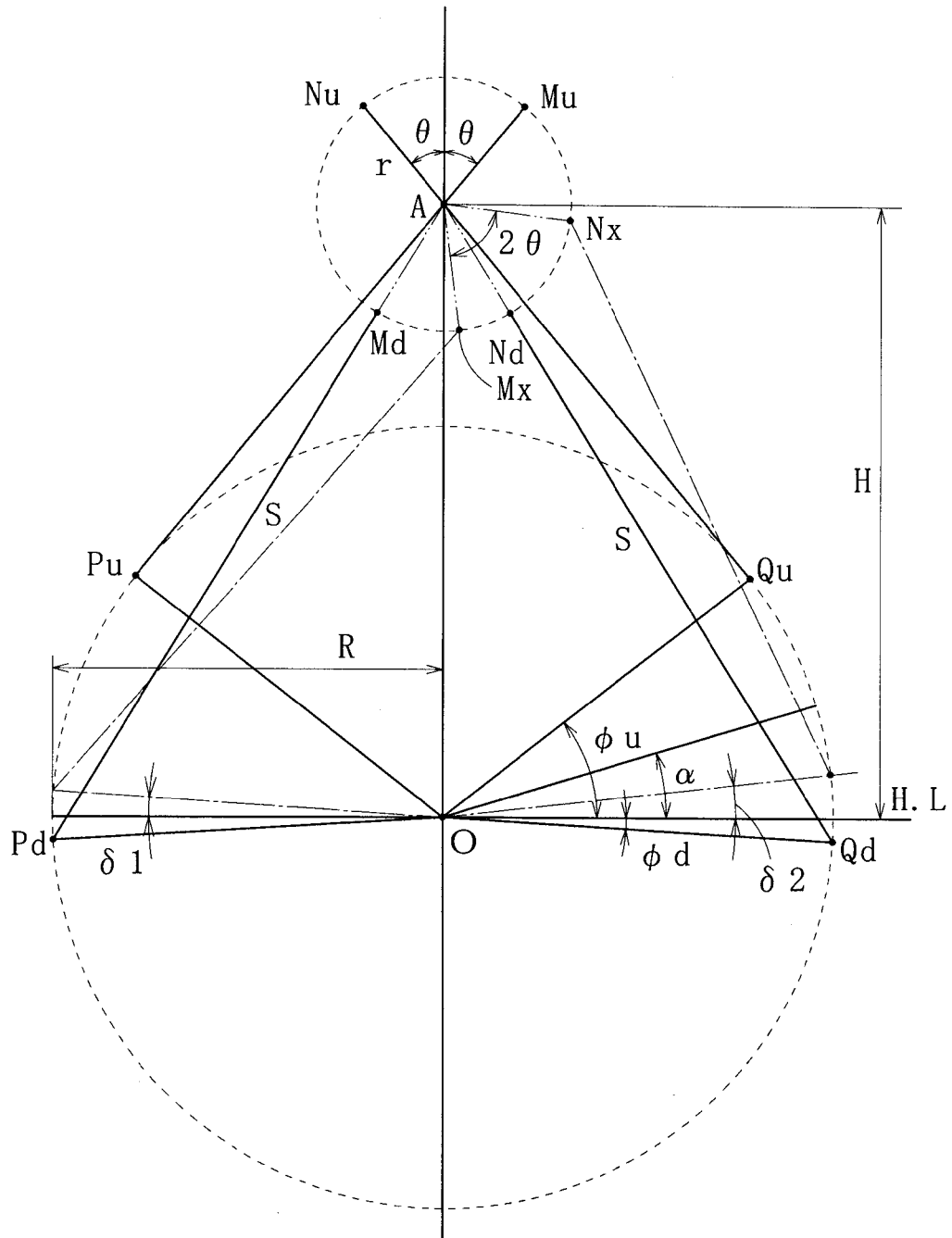
[請求項8] 請求項1～7いずれか1記載の羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記左翼と前記右翼の羽ばたき速度に差を設けたことを特徴とする羽ばたき飛翔ロボット。

[請求項9] 請求項8記載の羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記羽ばたき速度の差に応じて、前記左翼と前記右翼の前記胴体に対する取付け位置を前後方向に変えて、該羽ばたき飛翔ロボットの直進性を確保したことを特徴とする羽ばたき飛翔ロボット。

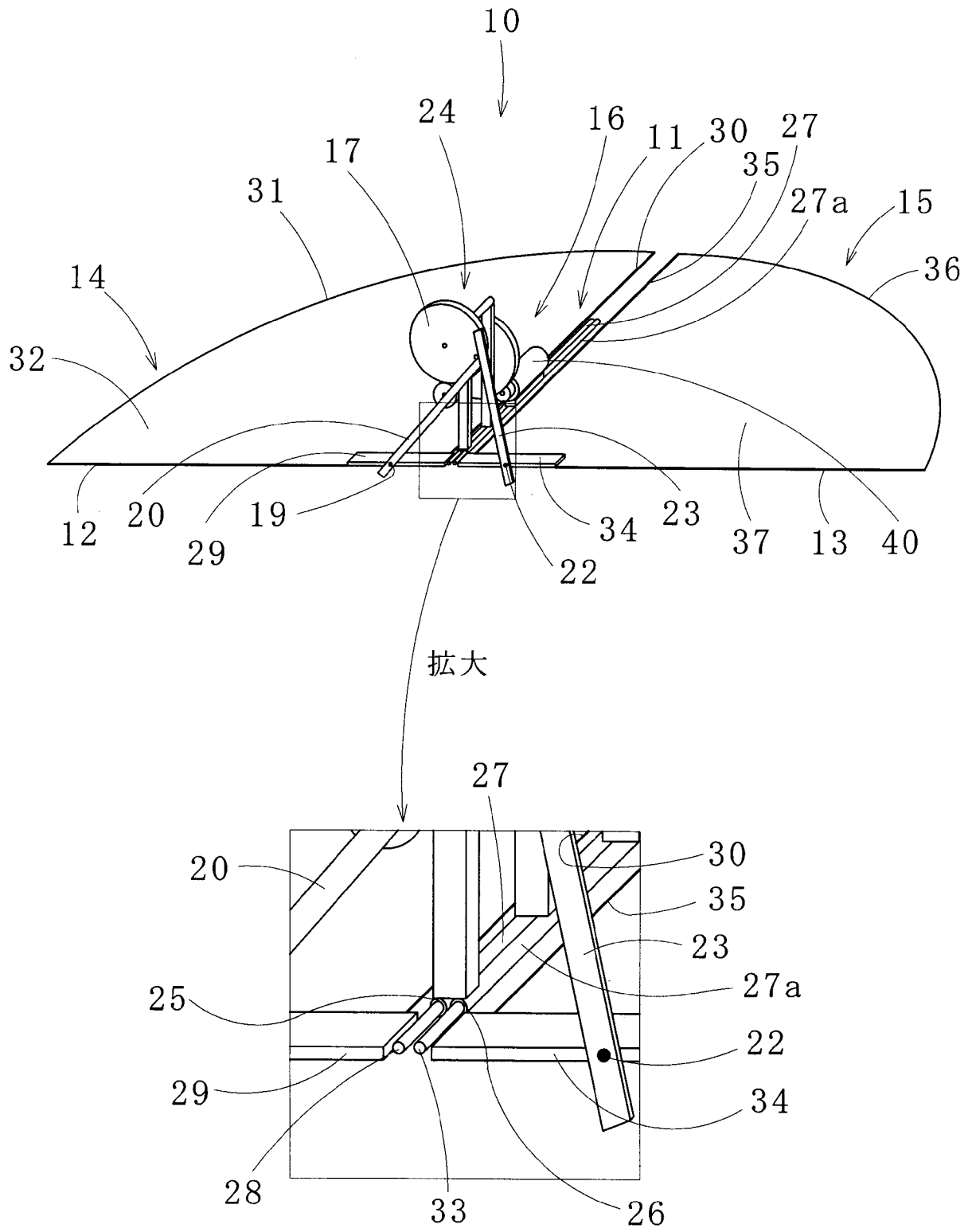
[請求項10] 請求項1～9のいずれか1記載の羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記羽ばたき手段は、1) 軸心を前後方向に向けて前記胴体に配置され、前記回転駆動源によって一方向に回転駆動されるクランク部材と、2) 該クランク部材の第1の支点部と前記左前フレームに設けた左連結部とを回動自在に連結する第1のクランクロッドと、3) 前記クランク部材の第2の支点部と前記右前フレームに設けた右連結部とを回動自在に連結する第2のクランクロッドとを有することを特徴とする羽ばたき飛翔ロボット。

[請求項11] 請求項10記載の羽ばたき飛翔ロボットにおいて、前記第1のクランクロッドは、前記左前フレームの基側に設けられた左補強部材を介して該左前フレームに回動自在に連結され、前記第2のクランクロッドは、前記右前フレームの基側に設けられた右補強部材を介して該右前フレームに回動自在に連結されていることを特徴とする羽ばたき飛翔ロボット。

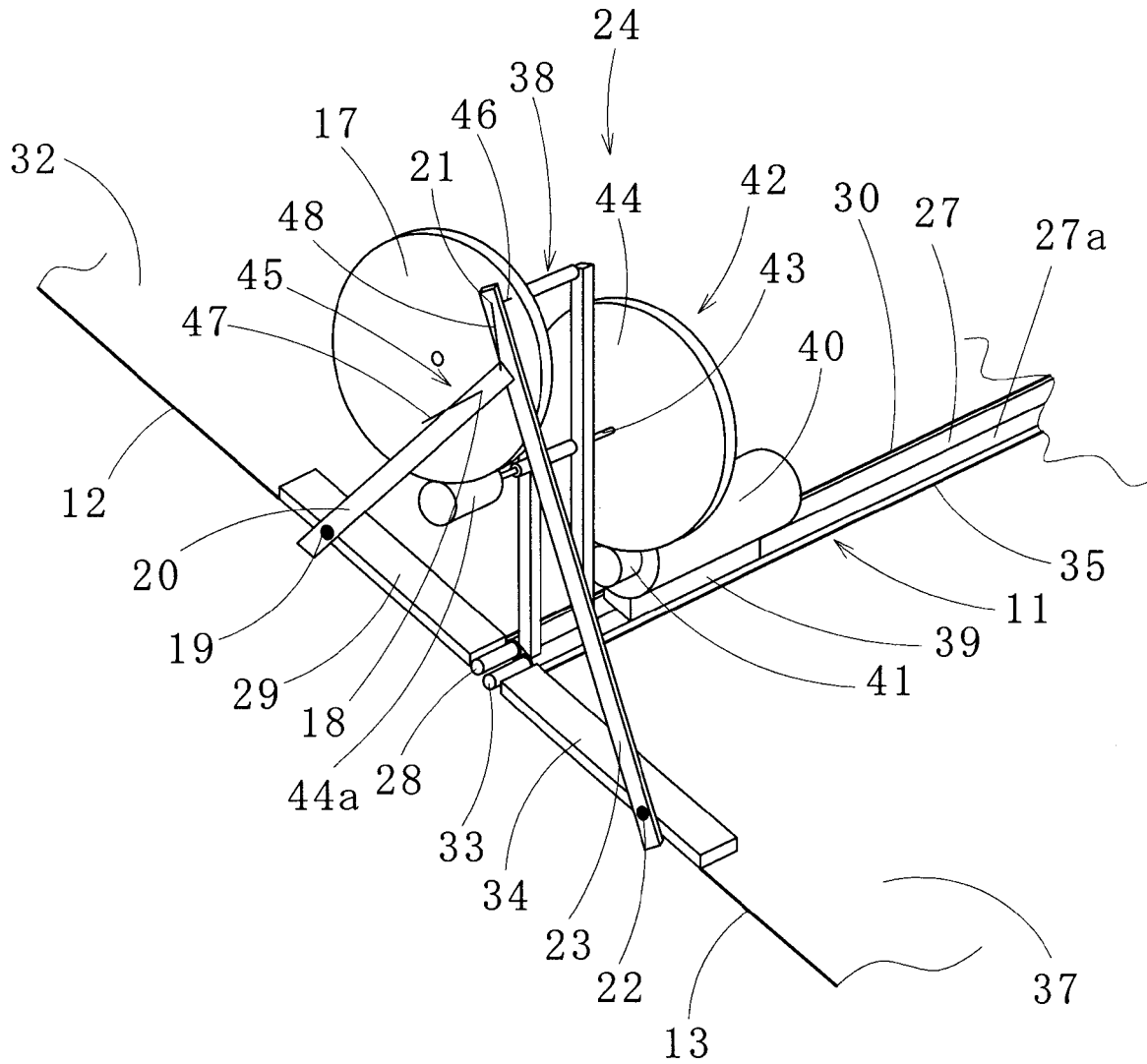
[図1]



[図2]

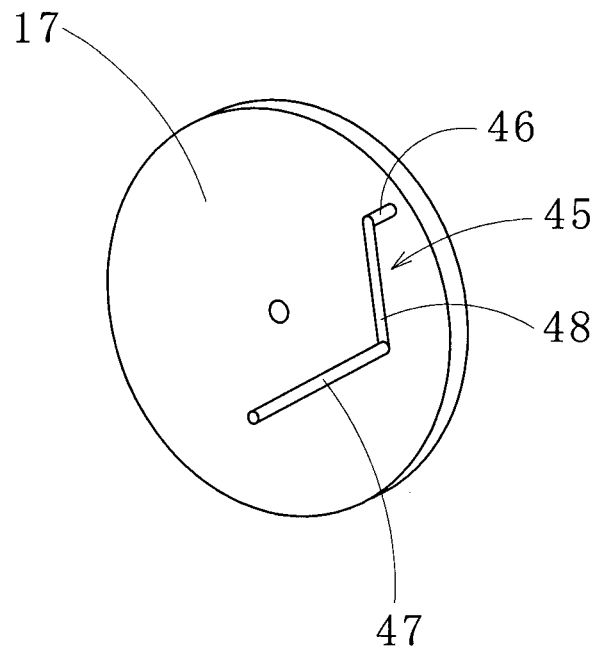


[図3]

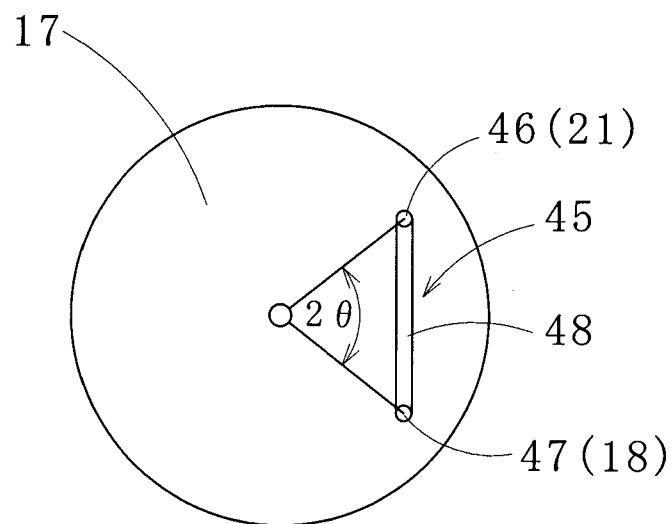


[図4]

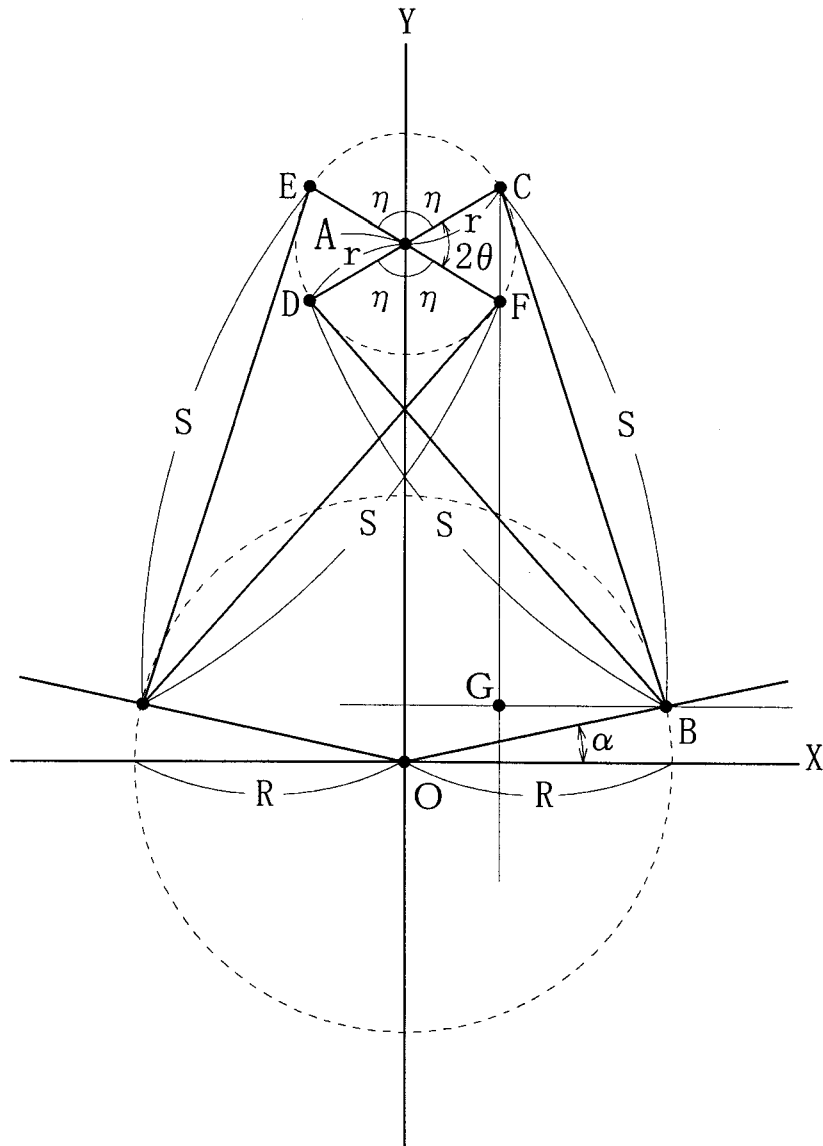
(A)



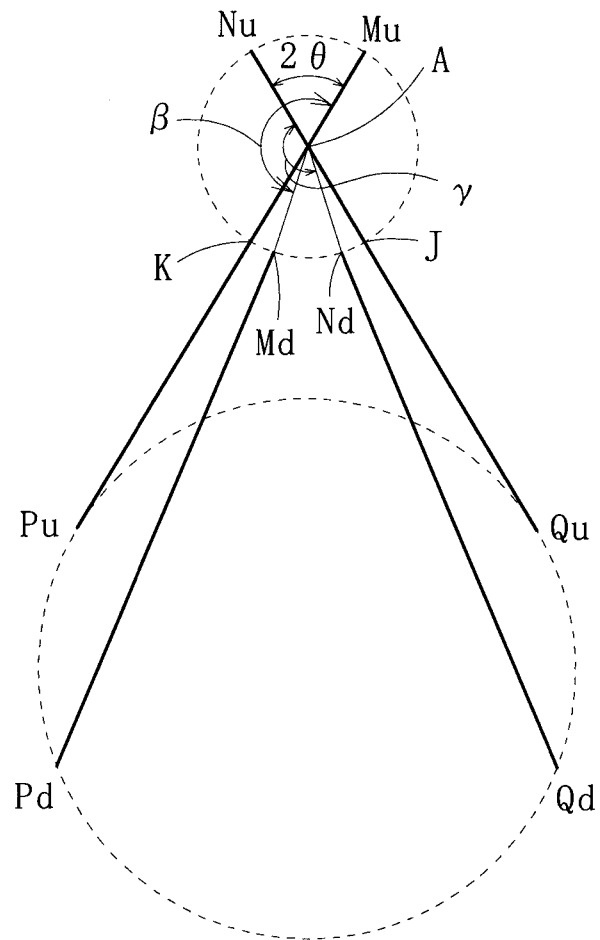
(B)



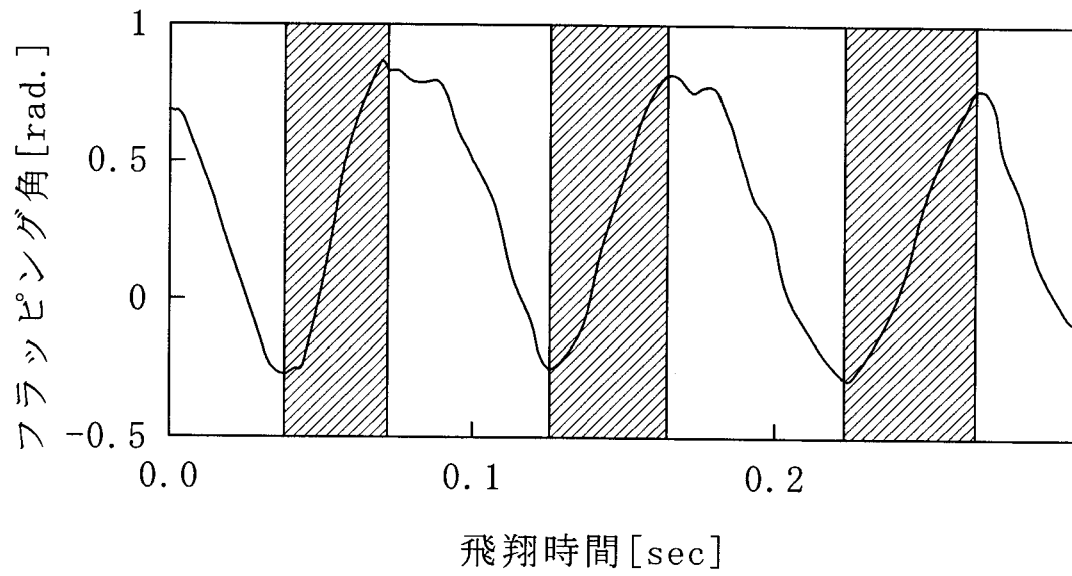
[圖5]



[圖6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/062627

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B64C33/02(2006.01) i, A63H27/28(2006.01) i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B64C33/02, A63H27/28 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2010 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4150799 B2 (Kyushu Institute of Technology), 17 September 2008 (17.09.2008), entire text; fig. 1 to 20 & WO 2007/026701 A1	1-11
Y	JP 2004-90909 A (Sharp Corp.), 25 March 2004 (25.03.2004), entire text; fig. 1 to 80 & US 2004/0195439 A1	1-11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 11 August, 2010 (11.08.10)		Date of mailing of the international search report 24 August, 2010 (24.08.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer Telephone No.
Facsimile No.		Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B64C33/02(2006.01)i, A63H27/28(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B64C33/02, A63H27/28		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2010年 日本国実用新案登録公報 1996-2010年 日本国登録実用新案公報 1994-2010年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 4150799 B2 (国立大学法人九州工業大学) 2008.09.17, 全文, 第1-20図 & WO 2007/026701 A1	1-11
Y	JP 2004-90909 A (シャープ株式会社) 2004.03.25, 全文, 第1-80図 & US 2004/0195439 A1	1-11
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 11.08.2010	国際調査報告の発送日 24.08.2010	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 杉山 悟史 電話番号 03-3581-1101 内線 3341	3D 3322