

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5857658号  
(P5857658)

(45) 発行日 平成28年2月10日(2016.2.10)

(24) 登録日 平成27年12月25日(2015.12.25)

(51) Int.Cl. F I  
**B 6 4 C 33/02 (2006.01)** B 6 4 C 33/02

請求項の数 5 (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-251298 (P2011-251298)                  (22) 出願日 平成23年11月17日(2011.11.17)                  (65) 公開番号 特開2013-103702 (P2013-103702A)                  (43) 公開日 平成25年5月30日(2013.5.30)                  審査請求日 平成26年10月9日(2014.10.9)</p> <p>特許法第30条第1項適用 平成23年5月26日~28日 一般社団法人日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門主催の「ロボティクス・メカトロニクス講演会2011」において文書をもって発表</p>	<p>(73) 特許権者 899000068                  学校法人早稲田大学                  東京都新宿区戸塚町1丁目104番地                  (74) 代理人 100114524                  弁理士 榎本 英俊                  (72) 発明者 渡邊 孝信                  東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内                  (72) 発明者 澤根 慧                  東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内                  (72) 発明者 富永 峻平                  東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 羽ばたきロボット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

片持ち支持されて所定の羽ばたき動作を行う翼部材と、当該翼部材を動作させる翼動作機構と、当該翼動作機構による前記翼部材の動作を制御する制御装置とを備えた羽ばたきロボットにおいて、

前記翼動作機構は、前記翼部材の基端側の前部に上下方向の動力を伝達する前方動力伝達手段と、前記翼部材の基端側の後部に上下方向の動力を伝達する後方動力伝達手段とを備え、

前記前方動力伝達手段は、前記翼部材の基端側の前部に取り付けられて振り回転可能な前側アームと、前記制御装置によって駆動制御され、前記前側アームを上下方向に揺動させる前側駆動装置とを備え、

前記後方動力伝達手段は、前記翼部材の基端側の後部に連なって設けられた連設部材と、この連設部材の支持位置と支持姿勢を可変に当該連設部材を支持する後側アームと、前記制御装置によって駆動制御され、前記後側アームを上下方向に揺動させる後側駆動装置とを備え

前記制御装置は、前記翼部材を上下に動かすフラッピング運動と前記翼部材を傾けるフェザリング運動を行えるように、前記前方動力伝達手段と前記後方動力伝達手段による動力の伝達をそれぞれ独立して制御可能に設けられることを特徴とする羽ばたきロボット。

【請求項2】

前記制御装置は、前記フラッピング運動を行う際に、前記前方動力伝達手段と前記後方

動力伝達手段による動力の伝達が同一の状態で行われるように前記翼動作機構を制御する一方、前記フェザリング運動を行う際に、前記前方動力伝達手段と前記後方動力伝達手段による動力の伝達が異なる状態で行われるように前記翼動作機構を制御することを特徴とする請求項 1 記載の羽ばたきロボット。

【請求項 3】

前記制御装置は、前記翼部材の打ち下ろし時に前記フラッピング運動を行わせ、且つ、前記翼部材の打ち上げ時に前記フェザリング運動を行わせるように前記翼動作機構を制御することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の羽ばたきロボット。

【請求項 4】

前記制御装置では、前記前側アーム及び前記後側アームの上下動の可動範囲を変えるように、前記前側駆動装置及び前記後側駆動装置を制御することで、前記フラッピング運動時の前記翼部材の振幅を調整可能に設けられていることを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載の羽ばたきロボット。

10

【請求項 5】

前記制御装置では、前記前側アーム及び前記後側アームの上下動の可動状態の差を変えるように、前記前側駆動装置及び前記後側駆動装置を制御することで、前記フェザリング運動時の前記翼部材の傾き角度を調整可能に設けられていることを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れかに 記載の羽ばたきロボット。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は羽ばたきロボットに係り、更に詳しくは、昆虫や鳥のような羽ばたき状態を得ることのできる羽ばたきロボットに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、災害現場の偵察等、陸上車両でアクセスできない環境の遠隔監視を目的とした小型の無人飛翔体の研究開発が盛んに行われている。この無人飛翔体としては、航空機のような固定翼型やヘリコプターのような回転翼型の他に、昆虫や鳥のような動作をする羽ばたき型のものがある。中でも、羽ばたき型のは、静止飛行や急旋回等、高い機動能力を有する究極の無人飛翔体の姿として、実現に大きな期待が寄せられている。

30

【0003】

ところで、特許文献 1 には、翼を上下に動かすフラッピング運動と、翼を傾けるフェザリング運動とを可能にした羽ばたき飛行機が開示されている。この羽ばたき飛行機は、フラッピング振動とフェザリング振動の 2 自由度で連成共振振動する翼振動系からなる翼を有し、当該翼振動系は、加振手段と減衰手段を備え、当該減衰手段の減衰係数を調整することで、翼のフラッピング振動振幅及びフェザリング振動振幅を独立に変更可能となっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0004】

【特許文献 1】特許第 3 8 7 9 7 7 1 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、前記特許文献 1 の羽ばたき飛行機にあっては、フラッピング振動とフェザリング振動が、共振モードの範囲内でしか実現できず、翼の動作が限定的になるという不都合がある。また、減衰係数と飛行効果との関係が不明であることから、所望の飛行を行うための減衰係数の調整が難しいという不都合もある。

【0006】

50

本発明は、このような不都合に着目して案出されたものであり、その目的は、装置構成を小型軽量化しつつ、所望となる数多くの態様のフラッピング運動やフェザリング運動を簡単に行うことができる羽ばたきロボットを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記目的を達成するため、本発明は、主として、片持ち支持されて所定の羽ばたき動作を行う翼部材と、当該翼部材を動作させる翼動作機構と、当該翼動作機構による前記翼部材の動作を制御する制御装置とを備えた羽ばたきロボットにおいて、

前記翼動作機構は、前記翼部材の基端側の前部に上下方向の動力を伝達する前方動力伝達手段と、前記翼部材の基端側の後部に上下方向の動力を伝達する後方動力伝達手段とを備え、

10

前記制御装置は、前記翼部材を上下に動かすフラッピング運動と前記翼部材を傾けるフェザリング運動を行えるように、前記前方動力伝達手段と前記後方動力伝達手段による動力の伝達をそれぞれ独立して制御可能に設けられる、という構成を採っている。

【0008】

なお、本明細書及び特許請求の範囲において、「前」、「後」は、特に明示しない限り、羽ばたきロボットの空中での進行方向における「前」、「後」を意味する。また、「左」、「右」は、特に明示しない限り、図1における「左」、「右」を意味する。更に、「上」、「下」は、羽ばたきロボットの上昇・下降方向における「上」、「下」、すなわち、図2における「上」、「下」を意味する。

20

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、翼部材の内部に当該翼部材を変位させるための機構を設ける必要がなく、また、一つの駆動手段を分配するためのクランク機構等の複雑な機構が不要になり、装置全体の小型化及び軽量化を実現することができる。しかも、前方動力伝達手段と後方動力伝達手段による動力の伝達をそれぞれ独立して制御することで、フラッピング運動とフェザリング運動とが行え、所望となる数多くの態様のフラッピング運動やフェザリング運動を簡単に行うことができる。

【0010】

特に、翼部材の打ち下ろし時にフラッピング運動を行わせることで、翼部材の揚力をより大きくすることができ、翼部材の打ち上げ時にフェザリング運動を行わせることで、翼部材のダウンフォースをより小さくすることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本実施形態に係る羽ばたきロボットの概略平面図。

【図2】前記羽ばたきロボットを前方（図1中上方）から見た概略正面図。

【図3】左サイド部を示す図1の要部拡大図。

【図4】図3のA-A線に沿う断面図。

【図5】図3のB-B線に沿う断面図。

【図6】図3のC-C線に沿う断面図。

40

【図7】(A)、(B)は、フェザリング運動時のアームの動作を説明するための図6と同様の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0013】

図1には、本実施形態に係る羽ばたきロボットの概略平面図が示され、図2には、前記羽ばたきロボットを図1中上方となる前方から見た概略正面図が示されている。これらの図において、羽ばたきロボット10は、左右一対の翼部材11、11と、翼部材11を動作させる翼動作機構12と、翼動作機構12による翼部材11の動作を制御する制御装置

50

14とを備えている。

【0014】

前記翼部材11, 11は、左右共に同一の構成となっており、それら各一端側が翼動作機構12に片持ち支持され、翼動作機構12の作動によって、当該一端側を基端側とした羽ばたき運動を行うようになっている。具体的に、翼部材11, 11は、羽ばたき運動として、翼部材11, 11を上下に動かすフラッピング運動と、翼部材11, 11を傾ける（振る）フェザリング運動とを行えるようになっている。また、詳細な図示を省略しているが、本実施形態の翼部材11は、線材によって骨格部分が形成され、当該骨格部分にシート材を貼付けることで横長の面状に形成されている。なお、翼部材11は、その自由端側となる先端側から基端側に広がる面状部分を有する限りにおいて、種々の形状及び構成

10

【0015】

前記翼動作機構12は、左側の翼部材11を動作させるための左サイド部16と、右側の翼部材11を動作させるための右サイド部17と、これら左右両サイド部16, 17を支持する板状のベース18とからなる。左サイド部16と右サイド部17は、相互に同一の構成となっており、ベース18上に左右対称に配置されている。なお、以下においては、左サイド部16についてのみ構造の詳細な説明を行い、右サイド部17については、左サイド部16と同一若しくは同等の構成部分に同一符号を用いて説明を省略する。

【0016】

前記左サイド部16は、図3及び図4に示されるように、翼部材11の基端側の前部11Aに上下方向の動力を伝達する前方動力伝達手段20と、翼部材11の基端側の後部11Bに上下方向の動力を伝達する後方動力伝達手段21とにより構成されている。

20

【0017】

前方動力伝達手段20は、図3、図4及び図5に示されるように、ベース18に固定された前側駆動装置としての前側モータ24と、前側モータ24の駆動によって上下方向に揺動可能に設けられた前側アーム25とを備えている。

【0018】

前側アーム25は、前側モータ24から翼部材11に向かって延びる形状となっており、前側モータ24に接続された第1の前側接続部材26と、第1の前側接続部材26と翼部材11との間を接続する第2の前側接続部材27とからなる。

30

【0019】

第1の前側接続部材26は、その一端側が前側モータ24の回転軸24Aに固定されており、前側モータ24の正逆回転により、他端側を自由端側とした上下動が可能となる。

【0020】

第2の前側接続部材27は、その一端側が第1の前側接続部材26の他端側にピン等の締結具Pにより回転可能に接続されるとともに、他端側が翼部材11の基端側の前部11Aに固定されている。具体的に、第2の前側接続部材27は、第1の前側接続部材26に対し締結具Pを中心として回転可能となるように接続されている。従って、前側アーム25は、第1及び第2の前側接続部材26, 27の接続部分において振り回転可能となっている。なお、特に限定されるものではないが、本実施形態の第2の前側接続部材27は、翼部材11に対して着脱自在になるように、ねじやリベット等の締結具Bによって取り付けられている。

40

【0021】

前記後方動力伝達手段21は、図3、図4及び図6に示されるように、翼部材11の基端側の後部11Bに連なって後方に延びる棒状の連設部材28と、ベース18に固定された後側駆動装置としての後側モータ29と、後側モータ29の駆動によって上下方向に揺動可能に設けられた後側アーム30とにより構成されている。

【0022】

後側アーム30は、後側モータ29から翼部材11に向かって延び、後側モータ29に接続された後側接続部材32と、後側接続部材32の他端側に固定された球面滑り軸受3

50

3 とからなる。

【0023】

後側接続部材32は、その一端側が後側モータ29の回転軸29Aに固定されており、後側モータ29の正逆回転により、他端側を自由端側とした上下動が可能となる。

【0024】

球面滑り軸受33は、後側接続部材32の他端側に固定されており、連設部材28の支持位置と支持姿勢を可変に連設部材28を支持するようになっている。すなわち、接続部材28は、球面滑り軸受33に挿通されており、球面滑り軸受33に対する接続部材28の延出方向の移動と、球面滑り軸受33における連設部材28の支点を中心とした旋回運動とが許容された状態で、球面滑り軸受33に支持されている。

10

【0025】

なお、本実施形態では、前側モータ24及び後側モータ25として、ボイスコイルモータが用いられているが、本発明はこれに限定されるものではなく、後述する作用を奏する限りにおいて、種々の駆動装置を用いることができる。

【0026】

前記制御装置14は、ソフトウェア及び/又はハードウェアによって構成され、プロセッサ等、複数のプログラムモジュール及び/又は処理回路より成り立っている。この制御装置14では、図示省略した入力手段による入力、及び/又は、予め記憶されたプログラムに基づいて、前側モータ24及び後側モータ29への各指令電圧が制御され、左右の翼部材11、11のフラッピング運動とフェザリング運動が選択的若しくは複合的に行われる。また、フラッピング運動時における翼部材11の上下動作量(振幅)やフェザリング運動時における翼部材11の傾き角度(仰角)の大きさについても、所望の大きさになるように制御可能になっている。

20

【0027】

次に、本実施形態における羽ばたきロボット10の動作について説明する。

【0028】

例えば、単純なフラッピング運動を行う場合には、制御装置14によって、前側モータ24及び後側モータ29への時間に対する指令電圧が、相互に同一位相で且つ同一振幅となる周期的な電圧波形の状態に制御され、前側モータ24及び後側モータ29は、同一の駆動状態、すなわち、駆動タイミング、駆動速度、駆動範囲がそれぞれ同一となるように、繰り返し正逆回転することになる。このとき、前側アーム25と後側アーム30の各先端側は、前側モータ24及び後側モータ29から同一の状態に動力が伝達され、相互に同一の高さ位置(上下位置)で上下に連動する。ここで、前側アーム25の先端側は、翼部材11の基端側の前部11Aに接続されているとともに、後側アーム30の先端側は、翼部材11の基端側の後部11Bに接続されている。このため、前側アーム25と後側アーム29が同一の動作をすることにより、翼部材11は、同じ姿勢を保ったまま上下に繰り返し動作することになる。なお、フラッピング運動の振幅、すなわち、翼部材11の上下動の範囲を変更する場合には、制御装置14で前側モータ24及び後側モータ29への指令電圧の振幅を変更し、前側アーム25及び後側アーム30の上下動の可動範囲を変えれば良い。

30

40

【0029】

また、フェザリング運動を行う場合には、制御装置14によって、前側モータ24及び後側モータ29への時間に対する指令電圧が、相互に位相のずれている周期的な電圧波形の状態に制御され、前側モータ24及び後側モータ29は、それぞれ駆動のタイミングがずれた状態で繰り返し正逆回転することになる。このとき、前側アーム25と後側アーム30の各先端側は、前側モータ24及び後側モータ29から異なる状態で動力が伝達され、それぞれ独自のタイミングで上下動することになる。ここで、前側アーム25は、その途中で振り回転が可能になっており、後側アーム30は、図7に示されるように、前球面滑り軸受33によって連設部材28の位置及び姿勢が可変になっているため、前側アーム25と後側アーム30の動作に応じて翼部材11に前後の傾きを生じさせることになる。

50

なお、翼部材 1 1 の傾き角度の調整は、前側モータ 2 4 及び後側モータ 2 9 への指令電圧の位相のずれと振幅の調整によって行われる。

【 0 0 3 0 】

ここで、本発明者らの実験研究の結果、翼部材 1 1 を打ち下ろす際に生じる揚力は、前側モータ 2 4 及び後側モータ 2 9 への指令電圧に位相差を設けない場合が最大となり、翼部材 1 1 を打ち上げる際に生じるダウンフォースは、前側モータ 2 4 及び後側モータ 2 9 への指令電圧の位相差が大きい程減少し、当該位相差が所定値（例えば、4 5 d e g）以上になると、ダウンフォースが揚力に比べほぼ無視できる程度になることを知見した。従って、羽ばたきロボット 1 0 の飛行時において、翼部材 1 1 を打ち下ろす際には、前側モータ 2 4 及び後側モータ 2 9 への指令電圧の位相差及び振幅を同一にしたフラッピング運動を行わせ、翼部材 1 1 を打ち上げる際には、前側モータ 2 4 及び後側モータ 2 9 への指令電圧の位相差をある程度以上にしたフェザリング運動を行わせるように、前側モータ 2 4 及び後側モータ 2 9 の駆動を制御することが好ましい。

10

【 0 0 3 1 】

例えば、翼部材 1 1 が最上点にあるときには、図 4 に示されるように、前側アーム 2 5 の先端側と後側アーム 3 0 の先端側を同じ高さ位置（上下位置）にして、翼部材 1 1 を水平状態にする。そして、前側モータ 2 4 と後側モータ 2 9 が同一速度で回転駆動することにより、前側アーム 2 5 と後側アーム 3 0 の各先端側が同一速度で下降し、翼部材 1 1 は、水平状態を保ったまま最上点から最下点まで移動する。その後、当該最下点から翼部材 1 1 を上昇させる際には、先ず、後側モータ 2 9 を停止させた状態で、前側モータ 2 4 のみが前述と逆方向に駆動し、前側アーム 2 5 の先端側が上昇し（図 7（A）参照）、翼部材 1 1 の前側が上向きに傾くように動作する。そして、前側アーム 2 5 の先端側が最上点に移動すると、前側モータ 2 4 の駆動を停止させ、後側モータ 2 9 が翼部材 1 1 の下降時と逆方向の駆動を開始する。これにより、後側アーム 3 0 の先端側が上昇し（図 7（B）参照）、翼部材 1 1 の後側が上方に持ち上げられ、翼部材 1 1 の傾き角度が次第に減少する。そして、後側アーム 3 0 の先端側が、前側アーム 2 5 の先端側と同じ高さ位置の最上点に移動し、翼部材 1 1 が水平状態になると、前述した翼部材 1 1 の下降動作が行われる。以上で説明した動作が繰り返し行われることで、翼部材 1 1 が継続的な羽ばたき動作をすることになる。

20

【 0 0 3 2 】

なお、前側モータ 2 4 及び後側モータ 2 9 への指令電圧の制御は、前述の例示に限定されるものでなく、制御装置 1 4 による指令を任意に設定することによって、種々の態様を採用することができる。

30

【 0 0 3 3 】

また、左サイド部 1 6 と右サイド部 1 7 とにおいて、各モータ 2 4 , 2 9 の制御を同一にし、左右の翼部材 1 1 , 1 1 の羽ばたき動作を合わせる他、各モータ 2 4 , 2 9 の制御を左右で変えることで、左右の翼部材 1 1 , 1 1 の羽ばたき動作を相違させることもできる。

【 0 0 3 4 】

その他、本発明における装置各部の構成は図示構成例に限定されるものではなく、実質的に同様の作用を奏する限りにおいて、種々の変更が可能である。

40

【 符号の説明 】

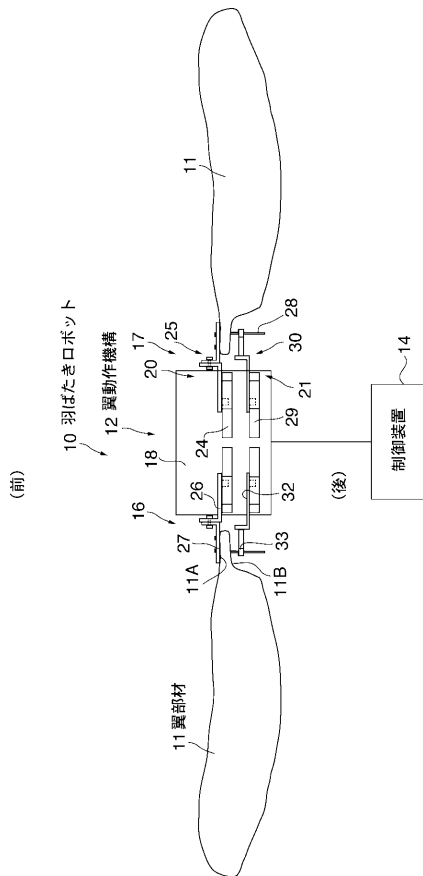
【 0 0 3 5 】

- 1 0 羽ばたきロボット
- 1 1 翼部材
- 1 1 A 前部
- 1 1 B 後部
- 1 2 翼動作機構
- 1 4 制御装置
- 2 0 前方動力伝達手段

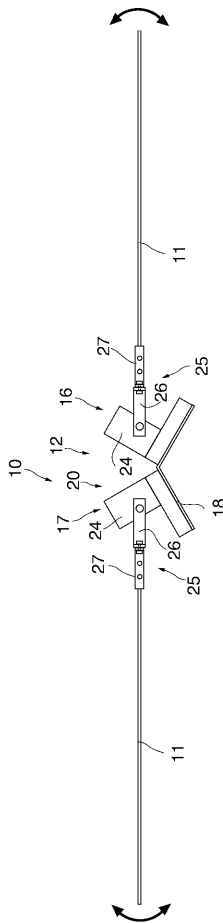
50

- 2 1 後方動力伝達手段
- 2 4 前側モータ（前側駆動装置）
- 2 5 前側アーム
- 2 8 連設部材
- 2 9 後側モータ（後側駆動装置）
- 3 0 後側アーム

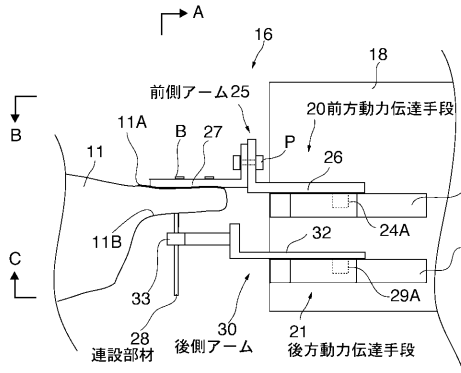
【図 1】



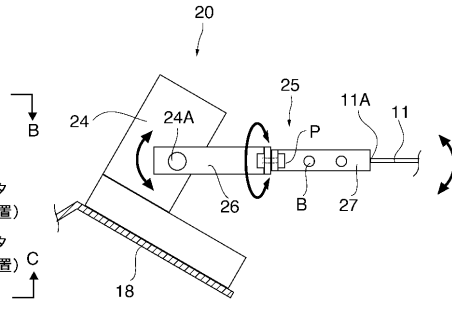
【図 2】



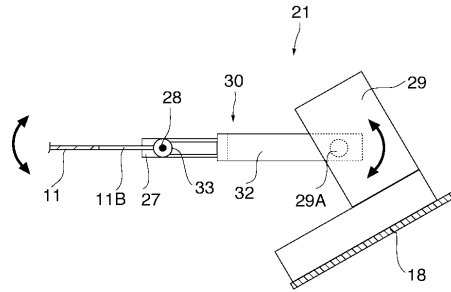
【図3】



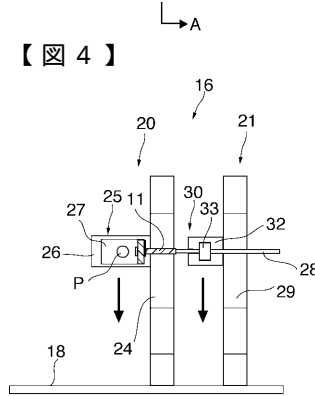
【図5】



【図6】

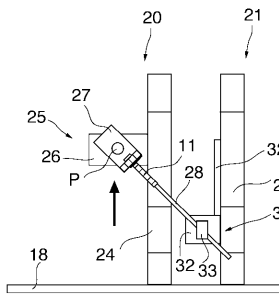


【図4】

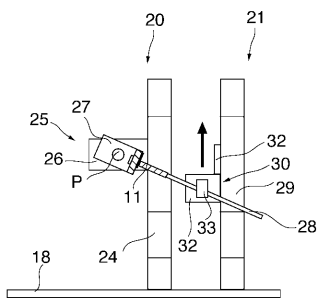


【図7】

(A)



(B)





---

フロントページの続き

- (72)発明者 金川 清  
東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内
- (72)発明者 山本 英明  
東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内

審査官 志水 裕司

- (56)参考文献 特開2006-312436(JP,A)  
特開2005-119658(JP,A)  
米国特許出願公開第2007/0262194(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |   |       |
|------|-------|---|-------|
| B64C | 33/00 | - | 33/02 |
| A63H | 27/28 |   |       |