

(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2021-146822

(P2021-146822A)

(43) 公開日 令和3年9月27日(2021.9.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 6 4 C 27/605 (2006.01)	B 6 4 C 27/605	
B 6 4 C 11/44 (2006.01)	B 6 4 C 11/44	
B 6 4 C 27/68 (2006.01)	B 6 4 C 27/68	
B 6 4 C 11/32 (2006.01)	B 6 4 C 11/32	
B 6 4 D 27/24 (2006.01)	B 6 4 D 27/24	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2020-47050 (P2020-47050)
 (22) 出願日 令和2年3月17日 (2020.3.17)

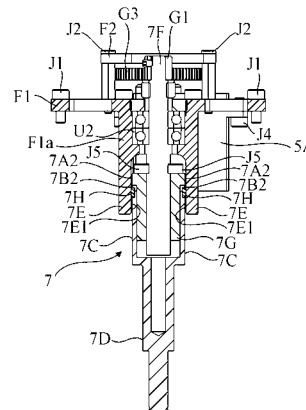
(71) 出願人 000004204
 日本精工株式会社
 東京都品川区大崎1丁目6番3号
 (74) 代理人 100109380
 弁理士 小西 恵
 (74) 代理人 100109036
 弁理士 永岡 重幸
 (72) 発明者 郡司 大輔
 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号
 日本精工株式会社内
 (72) 発明者 熊谷 浩保
 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号
 日本精工株式会社内

(54) 【発明の名称】 推力発生装置

(57) 【要約】

【課題】小型化を実現可能な推力発生装置を提供する。
 【解決手段】推力発生装置は、複数の回転翼を回転させる推力発生モータと、回転翼のピッチ角を変更するピッチ角変更モータと、ピッチ角変更モータに連結された回転伝達部と、第1の運動変換部と、第2の運動変換部を備える。第1の運動変換部は、回転伝達部の回転を直動軸の直線運動に変換する。第2の運動変換部は、直動軸の直線運動を回転運動に変換して、回転翼のピッチ角を変更する。第1の運動変換部は、回転伝達部により回転させられる送りねじ軸と、送りねじ軸を支持する支持部材と、送りねじ軸に噛み合わせられ直動軸に固定されたナットと、送りねじ軸の回転時にナットが直線運動するように案内する直動案内部を備える。直動案内部は、支持部材に支持された一对の平行な案内平坦面を有する。ナットと直動軸の少なくとも一方は、案内平坦面にそれぞれ対向する一对の平行な被案内平坦面を有する。

【選択図】 図 1 0



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の回転翼を有するプロペラを回転させて推力を発生させる推力発生モータと、
前記回転翼のピッチ角を変更するピッチ角変更モータと、
前記ピッチ角変更モータに連結された回転伝達部と、
直動軸と、前記回転伝達部と前記直動軸に連結され前記回転伝達部の回転を前記直動軸
の直線運動に変換する運動変換機構を有する第 1 の運動変換部と、
前記直動軸の直線運動を回転運動に変換して、前記回転翼のピッチ角を変更する第 2 の
運動変換部とを備え、

前記第 1 の運動変換部の前記運動変換機構は、
前記回転伝達部によって回転させられる送りねじ軸と、
前記送りねじ軸を回転可能に支持する支持部材と、
前記送りねじ軸に噛み合わせられており、前記直動軸に固定されたナットと、
前記ナットの回転を規制し、前記送りねじ軸の回転時に前記ナットが直線運動するよう
に案内する直動案内部とを備え、
前記直動案内部は、前記支持部材に支持された一对の平行な案内平坦面を有し、
前記ナットと前記直動軸の少なくとも一方の外周面は、前記直動案内部の前記案内平坦
面にそれぞれ対向する一对の平行な被案内平坦面を有する
ことを特徴とする推力発生装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 の運動変換部の前記運動変換機構は、さらに、前記案内平坦面と前記被案内平
坦面の間に配置された樹脂製の一对の摺動部材を有し、前記摺動部材は前記案内平坦面ま
たは前記被案内平坦面に形成された凹部に配置されている
ことを特徴とする請求項 1 に記載の推力発生装置。

20

【請求項 3】

前記直動軸はフランジを有し、
前記ナットはフランジを有し、
前記直動軸のフランジと前記ナットのフランジの各々は、円筒を平行な 2 つの平面で切
り取った形状であり、2 つの円弧状の突出部分と 2 つの平面部分を有しており、
前記直動軸のフランジの前記突出部分と前記ナットのフランジの前記突出部分が固定ね
じにより固定されており、
前記直動軸のフランジの前記平面部分は前記被案内平坦面の部分であり、
前記ナットのフランジの前記平面部分は、前記案内平坦面に接触せずに、前記案内平坦
面に対向する
ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の推力発生装置。

30

【請求項 4】

前記直動軸はフランジを有し、
前記ナットはフランジを有し、
前記直動軸のフランジと前記ナットのフランジの各々は、円筒を平行な 2 つの平面で切
り取った形状であり、2 つの円弧状の突出部分と 2 つの平面部分を有しており、
前記直動軸のフランジの前記突出部分と前記ナットのフランジの前記突出部分が固定ね
じにより固定されており、
前記直動軸のフランジの前記平面部分は、前記案内平坦面に接触せずに、前記案内平坦
面に対向し、
前記ナットのフランジの前記平面部分は前記被案内平坦面の部分である
ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の推力発生装置。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、推力発生装置に関する。

50

【背景技術】

【0002】

油圧を用いることなく、電動でプロペラ（回転翼）のピッチを変更する技術としては、例えば、特許文献1に開示がある。この技術では、回転主軸が中空状に形成され、この回転主軸内に操作ロッドが軸線方向にのみ移動可能に同心状に配設され、その操作ロッドの下端に固着されたアームが、リンクおよびレバー機構を介して羽根の各支持軸に連結されている。そして、操作ロッドを軸線方向に往復移動させることによって、リンクおよびレバー機構を介して各羽根の取付角度が変化される。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0003】

【特許文献1】特開平5-87037号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

マルチコプター、飛行機、回転翼機、飛行可能な自動車などの飛行可能な飛翔体の軽量化のためには、飛翔体に推力を与える推力発生装置が小型で軽量であることが望ましい。

【0005】

そこで、本発明は、小型化および軽量化を実現することができる推力発生装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のある態様に係る推力発生装置は、複数の回転翼を有するプロペラを回転させて推力を発生させる推力発生モータと、前記回転翼のピッチ角を変更するピッチ角変更モータと、前記ピッチ角変更モータに連結された回転伝達部と、直動軸と、前記回転伝達部と前記直動軸に連結され前記回転伝達部の回転を前記直動軸の直線運動に変換する運動変換機構を有する第1の運動変換部と、前記直動軸の直線運動を回転運動に変換して、前記回転翼のピッチ角を変更する第2の運動変換部とを備える。前記第1の運動変換部の前記運動変換機構は、前記回転伝達部によって回転させられる送りねじ軸と、前記送りねじ軸を回転可能に支持する支持部材と、前記送りねじ軸に噛み合わせられており、前記直動軸に固定されたナットと、前記ナットの回転を規制し、前記送りねじ軸の回転時に前記ナットが直線運動するように案内する直動案内部とを備える。前記直動案内部は、前記支持部材に支持された一对の平行な案内平坦面を有する。前記ナットと前記直動軸の少なくとも一方の外周面は、前記直動案内部の前記案内平坦面にそれぞれ対向する一对の平行な被案内平坦面を有する。

30

この態様においては、回転伝達部によって回転させられる送りねじ軸に噛み合わせられたナットと、ナットに固定された直動軸の少なくとも一方の外周面が、一对の平行な被案内平坦面を有する。一方、直動案内部は一对の平行な案内平坦面を有する。ナットと直動軸の少なくとも一方は、直動案内部の案内平坦面に挟まれており、送りねじ軸の回転時に、回転が規制された状態で送りねじ軸に沿って直線運動する。直動案内部は、送りねじ軸を回転可能に支持する支持部材に支持されており、第1の運動変換部については推力発生装置を大型化する必要がない。したがって、推力発生装置の小型化および軽量化を実現することができる。

40

【0007】

好ましくは、前記第1の運動変換部の前記運動変換機構は、さらに、前記案内平坦面と前記被案内平坦面の間に配置された樹脂製の一对の摺動部材を有し、前記摺動部材は前記案内平坦面または前記被案内平坦面に形成された凹部に配置されている。

この場合には、直動案内部の案内平坦面と、ナットと直動軸の少なくとも一方の被案内平坦面の間に、樹脂製の摺動部材が配置されている。樹脂製の摺動部材は、直動軸の直線運動時に発生する摩擦を低減することができる。摺動部材は、直動案内部の案内平坦面と

50

、ナットと直動軸の少なくとも一方の被案内平坦面の間に配置されおり、第1の運動変換部については推力発生装置を大型化する必要がない。

【0008】

好ましくは、前記直動軸はフランジを有し、前記ナットはフランジを有し、前記直動軸のフランジと前記ナットのフランジの各々は、円筒を平行な2つの平面で切り取った形状であり、2つの円弧状の突出部分と2つの平面部分を有する。前記直動軸のフランジの前記突出部分と前記ナットのフランジの前記突出部分が固定ねじにより固定されており、前記直動軸のフランジの前記平面部分は前記被案内平坦面の部分であり、前記ナットのフランジの前記平面部分は、前記案内平坦面に接触せずに、前記案内平坦面に対向する。

この場合には、直動軸とナットのフランジに平面部分を設けることにより、直動案内部のサイズを小さくすることができ、推力発生装置のさらなる小型化および軽量化を実現することができる。

【0009】

あるいは、前記直動軸はフランジを有し、前記ナットはフランジを有し、前記直動軸のフランジと前記ナットのフランジの各々は、円筒を平行な2つの平面で切り取った形状であり、2つの円弧状の突出部分と2つの平面部分を有してもよい。前記直動軸のフランジの前記突出部分と前記ナットのフランジの前記突出部分が固定ねじにより固定されており、前記直動軸のフランジの前記平面部分は、前記案内平坦面に接触せずに、前記案内平坦面に対向し、前記ナットのフランジの前記平面部分は前記被案内平坦面の部分であってよい。

この場合にも、直動軸とナットのフランジに平面部分を設けることにより、直動案内部のサイズを小さくすることができ、推力発生装置のさらなる小型化および軽量化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、回転翼が取り付けられた実施形態に係る推力発生装置を示す斜視図である。

【図2】図2は、回転翼が取り付けられた実施形態に係る推力発生装置を示す側面図である。

【図3】図3は、回転翼が取り付けられた実施形態に係る推力発生装置を示す側面図である。

【図4】図4は、実施形態に係る推力発生装置の分解斜視図である。

【図5】図5は、他の方向から見た実施形態に係る推力発生装置の分解斜視図である。

【図6】図6は、実施形態に係る推力発生装置の平面図である。

【図7】図7は、図6のVII-VII線矢視断面図である。

【図8】図8は、実施形態に係る推力発生装置の回転伝達部と回転直動変換部の平面図である。

【図9】図9は、図8のIX-IX線矢視断面図である。

【図10】図10は、図8のX-X線矢視断面図である。

【図11】図11は、実施形態に係る推力発生装置の回転伝達部と回転直動変換部の斜視図である。

【図12】図12は、回転直動変換部の直動伝達軸とボールねじナットの斜視図である。

【図13】図13は、実施形態に係る推力発生装置の直動回転変換部の直動体を示す斜視図であり、直動体の位置は図2の回転翼のピッチ角に対応する。

【図14】図14は、直動体を示す斜視図であり、直動体の位置は図3の回転翼のピッチ角に対応する。

【図15】図15は、実施形態に係る推力発生装置のハブの分解斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付の図面を参照しながら、本発明の実施形態を詳細に説明する。以下の実施形

10

20

30

40

50

態は本発明を限定するものではなく、実施形態で説明されている特徴の組み合わせの全てが本発明の構成に必須のものとは限らない。実施形態の構成は、本発明が適用される装置の仕様や各種条件（使用条件、使用環境等）によって適宜修正または変更され得る。本発明の技術的範囲は、特許請求の範囲によって確定され、以下の個別の実施形態によって限定されない。図面の縮尺は必ずしも正確ではなく、一部の特徴は誇張または省略されることもある。

【0012】

以下の説明では、推力発生装置で駆動される回転翼が3枚の場合を例にとるが、推力発生装置で駆動される回転翼は、必ずしも3枚に限定されることなく、N（Nは正の整数）枚であればよい。

10

【0013】

図1は、回転翼が取り付けられた実施形態に係る推力発生装置を示す斜視図である。図2および図3は、回転翼が取り付けられた実施形態に係る推力発生装置を示す側面図であり、回転翼のピッチ角が異なる。

【0014】

図1から図3に示すように、推力発生装置1は、複数の回転翼H1～H3を有するロータまたはプロペラRを回転させる。プロペラRは推力発生装置1の真下に配置されている。プロペラRは、グリップP1～P3を有し、グリップP1～P3は、推力発生装置1から水平方向に放射状に延びるように回転翼H1～H3を支持する。

20

【0015】

推力発生装置1は、上方の装着部1Aを介して飛翔体の機体に装着される。推力発生装置1が装着された飛翔体は、例えば、モータで飛行するマルチコプター、飛行機、回転翼機および飛行機能を備える自動車などの飛行可能な機体または車体である。図示しないが、飛翔体の機体には、プロペラRが取り付けられた複数の推力発生装置1が装着されてよい。

【0016】

推力発生装置1は、推力発生モータ2、ピッチ角変更モータ5A、および運動伝達ユニット6を備える。推力発生モータ2は、プロペラRを回転させて、飛翔体に与えられる推力を発生させる。ピッチ角変更モータ5Aは、回転翼H1～H3のピッチ角1～3を変更する。回転翼H1～H3のピッチ角1～3を変更することにより、飛翔体に与えられる推力を変化させることができる。運動伝達ユニット6は、ピッチ角変更モータ5Aの回転運動を回転翼H1～H3に伝達する。

30

【0017】

図4および図5は、推力発生装置1の分解斜視図である。図6は推力発生装置1の平面図であり、図7は図6のVII-VII線矢視断面図である。図4から図7に示すように、推力発生モータ2は、ステータ2A、ロータ2Bおよびフレーム2Cを備える。ロータ2Bは、径方向内側にロータ軸4および中空部3A、3Cを備える。

【0018】

ステータ2Aは、電磁鋼板と巻線により構成され、ロータ2Bの外側に位置する。ステータ2Aは、ステータ2Aの外側に配置されたフレーム2Cの円環部に固定されている。推力発生装置1の装着部1Aは、フレーム2Cの中央に設けることができる。装着部1Aは開口1Bを備え、開口1Bには運動伝達ユニット6が挿入される。装着部1Aは、放射状に延びる複数のスポーク1Cを介して円環部に連結されている。フレーム2Cには内側円筒部1Dが形成されており、内側円筒部1Dは軸受U1を介してロータ軸4を回転自在に支持する。円環部、装着部1A、スポーク1Cおよび内側円筒部1Dを含むフレーム2Cは、例えば、ジュラルミンなどの合金の切削加工で形成することができる。

40

【0019】

推力発生モータ2のロータ2Bは、放射状に延びる複数のスポーク2Dを介してロータ軸4に連結されている。ロータ2Bは、中心軸線S0（図2および図3参照）を中心としてロータ軸4とともに回転する。ロータ2Bとロータ軸4は、軸受U1を介して、フレ-

50

ム 2 C に回転可能に支持されている。

【 0 0 2 0 】

中空部 3 A は、ロータ 2 B とロータ軸 4 の間に設けられている。中空部 3 A には、ピッチ角変更モータ 5 A が配置されている。ピッチ角変更モータ 5 A はフレーム 2 C に固定されている。

【 0 0 2 1 】

中空部 3 C は、ロータ軸 4 の中心孔であり、ロータ軸 4 の軸線方向に沿って延びている。中空部 3 C には、運動伝達ユニット 6 の一部が挿入されている。

【 0 0 2 2 】

推力発生モータ 2 のロータ軸 4 の下端面には、中空円筒であるエクステンション 9 が固定され、エクステンション 9 は、ロータ R のハブ 1 0 に固定されている。したがって、ハブ 1 0 は、中心軸線 S 0 周りに回転可能な状態でフレーム 2 C に支持される。ハブ 1 0 には、回転翼 H 1 ~ H 3 を支持するグリップ P 1 ~ P 3 が取り付けられている。このようにして、推力発生モータ 2 は、回転翼 H 1 ~ H 3 を有するプロペラ R を回転させる。すなわち、推力発生モータ 2 が動作して、ロータ 2 B が回転すると、ロータ軸 4 が回転し、中心軸線 S 0 を中心として回転翼 H 1 ~ H 3 が回転する。回転翼 H 1 ~ H 3 の回転に伴って、飛翔体に与えられる推力が発生する。

【 0 0 2 3 】

エクステンション 9 は、推力発生装置 1 の軸線方向において、推力発生モータ 2 と回転翼 H 1 ~ H 3 との間の間隔を保つためのスペーサであって、回転翼 H 1 ~ H 3 が推力発生モータ 2 に衝突するのを防止する。エクステンション 9 の材料は、例えば、ジュラルミンである。

【 0 0 2 4 】

回転翼 H 1 ~ H 3 のピッチ角を変更するピッチ角変更モータ 5 A は、推力発生モータ 2 のフレーム 2 C に固定されており、推力発生モータ 2 の内部、具体的には、中空部 3 A に配置されている。ピッチ角変更モータ 5 A の回転軸は、推力発生モータ 2 のロータ軸 4 と同様に鉛直方向に延びる。すなわち、ピッチ角変更モータ 5 A の回転軸とロータ軸 4 は平行な異なる軸である。

【 0 0 2 5 】

次に、ピッチ角変更モータ 5 A の回転運動を回転翼 H 1 ~ H 3 に伝達する運動伝達ユニット 6 を説明する。運動伝達ユニット 6 は、回転伝達部 6 A、回転直動変換部 7、および直動回転変換部 8 を備える。

【 0 0 2 6 】

回転伝達部 6 A は、ピッチ角変更モータ 5 A の回転軸の回転を回転直動変換部 7 のボールねじ軸 7 F に伝達する。ボールねじ軸 7 F は、推力発生装置 1 の中心軸線 S 0 に沿って鉛直方向に延び、ロータ軸 4 の中心孔である中空部 3 C 内に配置されている。したがって、回転伝達部 6 A はピッチ角変更モータ 5 A の回転運動を中心軸線 S 0 上の軸に伝達する。回転伝達部は、ピッチ角変更モータの回転軸の回転に伴って回転する回転部材を有する。回転伝達部 6 A はフレーム 2 C に固定される。

【 0 0 2 7 】

回転直動変換部（第 1 の運動変換部）7 は、推力発生装置 1 の中心軸線 S 0 に沿って鉛直方向に延びる直動伝達軸（直動軸）7 D と、回転伝達部 6 A の回転を直動伝達軸 7 D の直線運動に変換する運動変換機構を有する。回転直動変換部 7 の運動変換機構は、回転伝達部 6 A と直動伝達軸 7 D に連結されている。この運動変換機構は、直動伝達軸 7 D の上方に同軸に配置されたボールねじ軸 7 F を有する。回転直動変換部 7 の上部は、推力発生モータ 2 内に収容されているが、回転直動変換部 7 の下部は、推力発生モータ 2 から下方に突出する。回転直動変換部 7 は、フレーム 2 C に固定される。

【 0 0 2 8 】

直動回転変換部（第 2 の運動変換部）8 は、回転直動変換部 7 の直動伝達軸 7 D の直線運動を回転運動に変換して、回転翼 H 1 ~ H 3 のピッチ角を変更する。直動回転変換部 8

10

20

30

40

50

は、推力発生用モータ 2 の下方に位置する。

【 0 0 2 9 】

ピッチ角変更モータ 5 A、回転伝達部 6 A および回転直動変換部 7 は、推力発生モータ 2 のフレーム 2 C に固定される。このため、ロータ軸 4 が回転しても、ピッチ角変更モータ 5 A、回転伝達部 6 A および回転直動変換部 7 は、ロータ軸 4 の周りに回転しない。一方、直動回転変換部 8 は、ロータ軸 4 に支持される。このため、直動回転変換部 8 は、ロータ軸 4 の回転に伴ってロータ軸 4 の周りに回転する。

【 0 0 3 0 】

図 8 ~ 図 1 1 に示すように、回転直動変換部 7 のボールねじ軸 7 F の上端には、歯車 G 1 が固定されている。回転伝達部 6 A は、歯車 G 2 , G 3 を有しており、歯車 G 3 はピッチ角変更モータ 5 A の回転軸に固定され、歯車 G 2 は歯車 G 3 と歯車 G 1 に噛み合わせられている。したがって、回転伝達部 6 A において、歯車 G 3 , G 2 はピッチ角変更モータ 5 A の回転運動を歯車 G 1 に固定されたボールねじ軸 7 F に伝達することが可能である。歯車 G 1 ~ G 3 の材料は、例えば、炭素鋼である。

10

【 0 0 3 1 】

回転直動変換部 7 は支持部材 F 1 に支持されている。図 4、図 6 および図 7 に示すように、支持部材 F 1 は、推力発生モータ 2 のフレーム 2 C の装着部 1 A の開口 1 B の中に配置されている。支持部材 F 1 は、例えば 4 つのボルト J 1 (図 8 ~ 図 1 1 参照) によってフレーム 2 C に支持されている。ボルト J 1 は、例えば、支持部材 F 1 の四隅に配置することができる。また、推力発生モータ 2 の中空部 3 A には、支持部材 F 3 が配置されている。支持部材 F 3 もボルト J 3 (図 8、図 9、図 1 1 参照) によってフレーム 2 C に支持されている。中空部 3 A 内の支持部材 F 3 にはボルト J 4 によってピッチ角変更モータ 5 A が固定されている (図 8 ~ 図 1 1 参照) 。

20

【 0 0 3 2 】

図 8 ~ 図 1 1 に示すように、支持部材 F 1 には支持部材 F 2 がボルト J 2 によって支持されており、支持部材 F 1 と支持部材 F 2 は、回転伝達部 6 A の歯車 G 2 を回転可能に支持する。支持部材 F 1 ~ F 3 の材料は、例えば、アルミニウム合金である。

【 0 0 3 3 】

この実施形態では、回転伝達部 6 A において、歯車がピッチ角変更モータ 5 A の回転運動を回転直動変換部 7 のボールねじ軸 7 F に伝達する。回転伝達部は、ベルト・プリー機構またはチェーン・スプロケットを有してもよい。具体的には、ボールねじ軸 7 F にプリーを固定し、このプリーとピッチ角変更モータ 5 A の回転軸に固定されたプリーにベルトを巻いてもよい。ベルトとしてタイミングベルトを使用してもよい。ボールねじ軸 7 F にスプロケットを固定し、このスプロケットとピッチ角変更モータ 5 A の回転軸に固定されたスプロケットにチェーンを巻いてもよい。

30

【 0 0 3 4 】

この実施形態では、回転直動変換部 7 は、運動変換機構としてボールねじを用いて、ボールねじ軸 7 F の回転運動を直動伝達軸 7 D の直線運動に変換する。運動変換機構は、支持部材 F 1、ボールねじ軸 7 F、ボールねじナット 7 G および一對の直動案内部 7 E を備える。但し、ボールねじの代わりに、すべりねじ、またはその他の送りねじを用いてもよい。この実施形態では、回転直動変換部 7 の運動変換機構としてボールねじを用いることにより、すべりねじを用いた場合に比べて、ピッチ角変更に要する駆動トルクを低減することができる。

40

【 0 0 3 5 】

ボールねじ軸 7 F は、鉛直方向に延びている。ボールねじ軸 7 F は、図 7 に示すように、支持部材 F 1 の筒状部分 F 1 a に固定された軸受 U 2 によって回転可能に支持されており、歯車 G 1 の回転に伴ってボールねじ軸 7 F の長手軸線を中心にして回転する。

【 0 0 3 6 】

図 9 および図 1 0 に示すように、ボールねじナット 7 G は、ボールねじ軸 7 F に噛み合わせられている。ボールねじナット 7 G も鉛直方向に延びており、ボールねじナット 7 G

50

の下方に配置された鉛直方向に延びる直動伝達軸 7 D に固定されている。

【 0 0 3 7 】

図 9 から図 1 1 に示すように、ボールねじナット 7 G と直動伝達軸 7 D は、支持部材 F 1 の筒状部分 F 1 a から突出する一对の平行な長尺な板壁である直動案内 7 E に挟まれており、一对の直動案内 7 E によって回転しないように規制されている。ボールねじ軸 7 F の回転に伴って、ボールねじナット 7 G と直動伝達軸 7 D は、ボールねじ軸 7 F の軸線方向に沿って鉛直方向に直線運動する。直動案内 7 E は、ボールねじナット 7 G と直動伝達軸 7 D の直線運動を許容する。換言すれば、直動案内 7 E は、ボールねじナット 7 G と直動伝達軸 7 D を直線運動するよう案内する。したがって、歯車 G 1 とともにボールねじ軸 7 F が回転すると、直動案内 7 E に案内されて、ボールねじナット 7 G と直動伝達軸 7 D が鉛直方向に直線運動する。直動案内 7 E は支持部材 F 1 と一体的に設けることができる。

10

【 0 0 3 8 】

図 9 および図 1 0 に示すように、直動伝達軸 7 D の上部には、鉛直方向に延びる空洞が形成されており、この空洞に、ボールねじ軸 7 F に噛み合わせられたボールねじナット 7 G が挿入されている。

【 0 0 3 9 】

図 1 0 および図 1 1 に示すように、直動伝達軸 7 D の上部の外周面には、2 つの被案内平坦面 7 C が形成されている。2 つの被案内平坦面 7 C は互いに平行である。一方、2 つの直動案内 7 E は、それぞれ案内平坦面 7 E 1 を有し、これらの案内平坦面 7 E 1 は互いに平行である。2 つの被案内平坦面 7 C は、2 つの直動案内 7 E の案内平坦面 7 E 1 に対してそれぞれ対向する。但し、被案内平坦面 7 C は案内平坦面 7 E 1 に接触せず、被案内平坦面 7 C と案内平坦面 7 E 1 の間には微小なクリアランスが設けられている。

20

【 0 0 4 0 】

図 1 0 および図 1 2 に示すように、被案内平坦面 7 C の各々には凹部が形成され、凹部には低摩擦材料、例えばフッ素樹脂から形成された摺動部材 7 H が嵌め込まれている。摺動部材 7 H の一部は凹部から突出し、直動案内 7 E の案内平坦面 7 E 1 に摺動可能に接触する。したがって、ボールねじナット 7 G と直動伝達軸 7 D が鉛直方向に直線運動する時、摺動部材 7 H は直動案内 7 E との摩擦を減少させる。摺動部材 7 H は凹部に接着剤などで固定してもよい。摩擦をさらに低減するため、被案内平坦面 7 C と案内平坦面 7 E 1 の間のクリアランスに、グリース等の潤滑剤をコーティングしてもよい。

30

【 0 0 4 1 】

図 9 から図 1 2 に示すように、ボールねじナット 7 G の上端にはフランジ 7 A が形成され、直動伝達軸 7 D の上端にもフランジ 7 B が形成されている。フランジ 7 A , 7 B は、円筒を平行な 2 つの平面で切り取った形状であり、フランジ 7 A は 2 つの円弧状の突出部分 7 A 1 と 2 つの平面部分 7 A 2 を有し、フランジ 7 B は 2 つの円弧状の突出部分 7 B 1 と 2 つの平面部分 7 B 2 を有する。

【 0 0 4 2 】

フランジ 7 A , 7 B の円弧状の突出部分 7 A 1 , 7 B 1 は、一对の直動案内 7 E の間から露出している。フランジ 7 A , 7 B の突出部分 7 A 1 , 7 B 1 はボルト J 5 によって固定されており、したがって直動伝達軸 7 D はボールねじナット 7 G に固定されている。

40

【 0 0 4 3 】

一方、図 1 0 に示すように、フランジ 7 A , 7 B の平面部分 7 A 2 , 7 B 2 は、2 つの直動案内 7 E の案内平坦面 7 E 1 にそれぞれ対向する。フランジ 7 A の平面部分 7 A 2 は、直動案内 7 E の案内平坦面 7 E 1 には接触しない。フランジ 7 B の平面部分 7 B 2 は、被案内平坦面 7 C の部分であり、ここに形成された凹部に摺動部材 7 H が嵌め込まれている。このように、フランジ 7 A , 7 B に平面部分 7 A 2 , 7 B 2 を設けることにより、一对の直動案内 7 E の外径を小さくすることができ、ロータ軸 4 の径の増大を抑制しつつ、回転直動変換部 7 をロータ軸 4 内に収納することが可能である。したがって、推力発生装置 1 のさらなる小型化および軽量化を実現することができる。

50

【 0 0 4 4 】

図 7 に示すように、直動伝達軸 7 D の上部を含む回転直動変換部 7 の大部分は推力発生モータ 2 の内部に配置されている一方、直動伝達軸 7 D の下部は中空円筒であるエクステンション 9 の内部空間を貫通し、さらにプロペラ R のハブ 1 0 の内部に到達する。

【 0 0 4 5 】

直動伝達軸 7 D の下部は、回転翼 H 1 ~ H 3 のピッチ角を変更するために、回転直動変換部 7 の直線運動を回転運動に変換する直動回転変換部 8 に連結されている。この実施形態では、直動回転変換部 8 は、運動変換機構としてラックピニオンを用いて、回転直動変換部 7 の直動伝達軸 7 D の直線運動を回転運動に変換する。

【 0 0 4 6 】

図 4 および図 5 に示すように、直動回転変換部 8 は、直動体 1 1、ラック A 1 ~ A 3、ケース 2 1、支持軸 M 1 ~ M 3、軸受 E 1 ~ E 3、シャフトアダプタ D 1 ~ D 3 およびピニオン B 1 ~ B 3 を備える。

【 0 0 4 7 】

直動体 1 1 は正三角柱の形状を有し、その中央には空洞が形成されている。図 7 に示すように、直動伝達軸 7 D の下端は、軸受 U 3 の内輪に嵌め込まれており、軸受 U 3 の外輪は直動体 1 1 の空洞に嵌め込まれている。したがって、直動体 1 1 は直動伝達軸 7 D の周りを回転可能であり、直動伝達軸 7 D とともに鉛直方向に直線運動する。軸受 U 3 としては、例えば、複列アンギュラ玉軸受を用いることができる。

【 0 0 4 8 】

ラック A 1 ~ A 3 は、直動体 1 1 の 3 つのコーナーに固定されており、直動体 1 1 とともに直線運動する。ラック A 1 ~ A 3 は、それぞれピニオン B 1 ~ B 3 と噛み合わせられ、ピニオン B 1 ~ B 3 は、直動体 1 1 とラック A 1 ~ A 3 の直線運動に伴って、同時に回転運動させられる。

【 0 0 4 9 】

支持軸 M 1 ~ M 3 は、プロペラ R の回転翼 H 1 ~ H 3 を支持するグリップ P 1 ~ P 3 の延長線上にそれぞれ配置されている。すなわち、支持軸 M 1 ~ M 3 は、推力発生装置 1 から水平方向に放射状に伸びるようにグリップ P 1 ~ P 3 をそれぞれ支持する。グリップ P 1 と支持軸 M 1 は一体的に設け、グリップ P 2 と支持軸 M 2 は一体的に設け、グリップ P 3 と支持軸 M 3 は一体的に設けることができる。グリップ P 1 ~ P 3 と支持軸 M 1 ~ M 3 の材料は、例えば、ジュラルミンである。但し、グリップ P 1 ~ P 3 と支持軸 M 1 ~ M 3 の耐久性を増大させるため、グリップ P 1 ~ P 3 と支持軸 M 1 ~ M 3 の材料として、例えば、チタンを用いてもよい。

【 0 0 5 0 】

支持軸 M 1 ~ M 3 は、ケース 2 1 に固定された軸受 E 1 ~ E 3 によって、支持軸 M 1 ~ M 3 の軸回りに回転可能に支持されている。E 1 ~ E 3 としては、例えば、複列アンギュラ玉軸受を用いることができる。

【 0 0 5 1 】

ピニオン B 1 ~ B 3 は、それぞれ支持軸 M 1 ~ M 3 の先端に固定されている。したがって、直動体 1 1 とラック A 1 ~ A 3 の直線運動に伴って、ピニオン B 1 ~ B 3 が回転すると、支持軸 M 1 ~ M 3 もグリップ P 1 ~ P 3 とともに回転する。ピニオン B 1 ~ B 3 およびラック A 1 ~ A 3 の材料は、例えば、クロムモリブデン鋼である。

【 0 0 5 2 】

ケース 2 1 は、プロペラ R のハブ 1 0 の一部である。ケース 2 1 は、直動体 1 1、ラック A 1 ~ A 3、支持軸 M 1 ~ M 3、軸受 E 1 ~ E 3、シャフトアダプタ D 1 ~ D 3 およびピニオン B 1 ~ B 3 を収容する。したがって、ケース 2 1 は、直動回転変換部 8 のケースであるとみなすこともできる。

【 0 0 5 3 】

ケース 2 1 の上部は、中空円筒であるエクステンション 9 の下端に固定され、エクステンション 9 の上端は、推力発生モータ 2 のロータ軸 4 に固定されている。したがって、ケ

10

20

30

40

50

ース 2 1 はロータ 2 B とロータ軸 4 とともに、推力発生装置 1 の軸線周りに回転する。

【 0 0 5 4 】

ケース 2 1 に固定された軸受 E 1 ~ E 3 は、推力発生装置 1 の軸線周りの回転時に、回転翼 H 1 ~ H 3 にかかる遠心力に対抗して支持軸 M 1 ~ M 3 を支持することができる。

【 0 0 5 5 】

シャフトアダプタ D 1 ~ D 3 は、それぞれ支持軸 M 1 ~ M 3 の外側、かつ軸受 E 1 ~ E 3 の内側に配置され、それぞれ支持軸 M 1 ~ M 3 に支持される。各シャフトアダプタ D 1 ~ D 3 の内周面は、径が変化する支持軸 M 1 ~ M 3 の外周面にフィットするように形成され、各シャフトアダプタ D 1 ~ D 3 の外周面は、円柱形の軸受 E 1 ~ E 3 の内周面にフィットするように形成される。シャフトアダプタ D 1 ~ D 3 により、各支持軸 M 1 ~ M 3 の径の変化に対応しつつ、軸受 E 1 ~ E 3 は支持軸 M 1 ~ M 3 を支持することができる。ケース 2 1 およびシャフトアダプタ D 1 ~ D 3 の材料は、例えば、ジュラルミンである。

10

【 0 0 5 6 】

ケース 2 1 に収容された、直動体 1 1、ラック A 1 ~ A 3、支持軸 M 1 ~ M 3、軸受 E 1 ~ E 3、シャフトアダプタ D 1 ~ D 3 およびピニオン B 1 ~ B 3 は、ケース 2 1 とともに、推力発生装置 1 の軸線周りに回転する。上記の通り、直動体 1 1 は軸受 U 3 の外輪に固定され、軸受 U 3 の内輪に固定された直動伝達軸 7 D とは独立して、推力発生装置 1 の軸線周りに回転することが可能である。図 7 に示すように、軸受 U 3 の内輪は、例えば、ナット 1 5 によって直動伝達軸 7 D の下端に固定することができ、軸受 U 3 の外輪は、例えば、C 型留め輪 1 6 にて直動体 1 1 に固定することができる。

20

【 0 0 5 7 】

図 1 3 は、図 2 の回転翼のピッチ角に対応した直動体 1 1 の位置を示し、図 1 4 は、図 3 の回転翼のピッチ角に対応した直動体 1 1 の位置を示す。図 1 3 および図 1 4 に示すように、直動回転変換部 8 は、直動体 1 1 の直動方向の移動範囲を制限するため、ベース 1 3、リフトガイド T 1 ~ T 3 およびナット S 1 ~ S 3 を備える。ベース 1 3 は、輪郭が直動体 1 1 の輪郭と同じ正三角形の板であり、ベース 1 3 の中央には、直動伝達軸 7 D の下端が通過可能な貫通した開口 1 4 が形成されている。ベース 1 3 は、鉛直方向に延びる棒である互いに平行なリフトガイド T 1 ~ T 3 を支持する。リフトガイド T 1 ~ T 3 は、ベース 1 3 と一体的に設けることができる。

【 0 0 5 8 】

正三角柱の形状を有する直動体 1 1 は、3 つの側面 Z 1 ~ Z 3 を有する。側面 Z 1 ~ Z 3 には、ラック A 1 ~ A 3 がそれぞれ固定されている。直動体 1 1 の中央には、空洞 1 2 が形成され、空洞 1 2 には、軸受 U 3 (図 7 参照) が配置されている。

30

【 0 0 5 9 】

直動体 1 1 の 3 つのコーナーには、開口 V 1 ~ V 3 がそれぞれ形成されている。開口 V 1 ~ V 3 には、ベース 1 3 に固定されたリフトガイド T 1 ~ T 3 がそれぞれ挿入される。リフトガイド T 1 ~ T 3 の下端には、ナット S 1 ~ S 3 がそれぞれ装着される。

【 0 0 6 0 】

図 1 5 はハブ 1 0 の分解斜視図である。ハブ 1 0 は、ケース 2 1、外蓋 2 2 および中蓋 2 3 を備える。ケース 2 1 は、収容部 2 1 A、開口 2 1 B、中空部 Q 1 ~ Q 3 および開口 K 1 ~ K 3 (図 4 および図 5 参照) を備える。

40

【 0 0 6 1 】

収容部 2 1 A は、ケース 2 1 の中央に形成されており、ラック A 1 ~ A 3 が取り付けられた直動体 1 1 をベース 1 3 とともに収容する。収容部 2 1 A は、例えば、ケース 2 1 内に設けられた中空部または凹部である。収容部 2 1 A の平面形状は、ベース 1 3 の平面形状に対応し、ほぼ正三角形にすることができる。開口 2 1 B は、開口 2 1 B を通じて、収容部 2 1 A にラック A 1 ~ A 3 が取り付けられた直動体 1 1 とベース 1 3 を配備するために形成されている。

【 0 0 6 2 】

中空部 Q 1 ~ Q 3 は、収容部 2 1 A の外側に 1 20 度の角間隔をおいて配置され、収容

50

部 2 1 A に連通する。中空部 Q 1 には、支持軸 M 1、ピニオン B 1、軸受 E 1 およびシャフトアダプタ D 1 が配置され、中空部 Q 2 には、支持軸 M 2、ピニオン B 2、軸受 E 2 およびシャフトアダプタ D 2 が配置され、中空部 Q 3 には、支持軸 M 3、ピニオン B 3、軸受 E 3 およびシャフトアダプタ D 3 が配置される。これらの中空部 Q 1 ~ Q 3 には、開口 2 1 B と収容部 2 1 A を通じて、ピニオン B 1 ~ B 3、軸受 E 1 ~ E 3 およびシャフトアダプタ D 1 ~ D 3 を配備することが可能である。

【 0 0 6 3 】

開口 K 1 ~ K 3 は、ケース 2 1 の外側面に 1 2 0 度の角間隔をおいて形成されており、それぞれ中空部 Q 1 ~ Q 3 に連通する。支持軸 M 1 ~ M 3 をそれぞれ開口 K 1 ~ K 3 に挿入することにより、支持軸 M 1 ~ M 3 を収容部 2 1 A 内に配備することが可能である。

10

【 0 0 6 4 】

中蓋 2 3 は、複数のボルト J 7 によってケース 2 1 に固定される。さらに中蓋 2 3 をカバーする外蓋 2 2 が中蓋 2 3 に固定される。中蓋 2 3 の材料は、例えば、ジュラルミンであり、外蓋 2 2 の材料は、例えば、樹脂である。

【 0 0 6 5 】

中蓋 2 3 には、複数の貫通孔 2 3 A が形成されている。リフトガイド T 1 ~ T 3 (図 1 3 および図 1 4 参照) の下端は、中蓋 2 3 の貫通孔 2 3 A にそれぞれ挿入されて、中蓋 2 3 の外側に突出する。中蓋 2 3 の外側において、リフトガイド T 1 ~ T 3 の下端にはナット S 1 ~ S 3 が装着される。これにより、ケース 2 1 の収容部 2 1 A 内にベース 1 3 を配置することができる。

20

【 0 0 6 6 】

上記の構成の下、ピッチ角変更モータ 5 A が回転すると、回転伝達部 6 A において、歯車 G 3、G 2 がピッチ角変更モータ 5 A の回転運動を歯車 G 1 に伝達する (図 8 ~ 図 1 1 参照)。歯車 G 1 は、回転直動変換部 7 のボールねじ軸 7 F に固定されているので、ピッチ角変更モータ 5 A の回転運動はボールねじ軸 7 F に伝達される。ボールねじ軸 7 F が回転すると、ボールねじナット 7 G と直動伝達軸 7 D は、直動案内 7 E に案内されて、鉛直方向に直線運動する (図 9 ~ 図 1 1 参照)。

【 0 0 6 7 】

直動伝達軸 7 D の直線運動は、直動体 1 1 に伝達される。直動伝達軸 7 D の直線運動に伴って、直動体 1 1 とともに直動体 1 1 に固定されたラック A 1 ~ A 3 が鉛直方向に直線運動する。直動体 1 1 とともにラック A 1 ~ A 3 が直線運動するとき、リフトガイド T 1 ~ T 3 は、直動体 1 1 を案内する (図 1 3 および図 1 4 参照)。直動体 1 1 の移動範囲は、ベース 1 3 およびナット S 1 ~ S 3 にて制限される。ラック A 1 ~ A 3 には、それぞれピニオン B 1 ~ B 3 が噛み合わせられており、ラック A 1 ~ A 3 が直線運動すると、支持軸 M 1 ~ M 3 に固定されたピニオン B 1 ~ B 3 が同時に回転する (図 4 および図 5 参照)。したがって、ピニオン B 1 ~ B 3 の回転運動に伴って、支持軸 M 1 ~ M 3 がそれぞれの軸線周りに回転する。支持軸 M 1 ~ M 3 には、回転翼 H 1 ~ H 3 を支持するグリップ P 1 ~ P 3 が取り付けられており、支持軸 M 1 ~ M 3 の回転運動は回転翼 H 1 ~ H 3 に伝達される。したがって、回転翼 H 1 ~ H 3 のピッチ角が同時に変更される。例えば、直動体 1 1 が図 1 3 の位置にあるときは、回転翼 H 1 ~ H 3 のピッチ角が図 2 に示すように設定され、直動体 1 1 が図 1 4 の位置にあるときは、回転翼 H 1 ~ H 3 のピッチ角が図 3 に示すように設定される。

30

40

【 0 0 6 8 】

推力発生装置 1 は、ピッチ角変更モータ 5 A の回転角ひいては回転翼 H 1 ~ H 3 のピッチ角を変更することにより、飛翔体に与えられる推力を変化させることができる。ピッチ角の変更により推力を変化させることで、推力発生モータ 2 の回転数を変えて推力を変化させる方法に比べ、推力変化の応答速度を高めることができ、飛翔体の安定性を向上させることが可能である。また、回転翼 H 1 ~ H 3 のピッチ角を変更することにより、飛翔体に与えられる推力を変更できるので、回転翼 H 1 ~ H 3 を大きくする必要がなく、推力発生モータ 2 の回転数を過剰に増加させる必要もない。回転翼 H 1 ~ H 3 を大きくする必要

50

がないので、飛翔体の大型化および重量増を抑制することができる。また、推力発生モータ 2 の回転数の増加が抑制されるので、回転数に依存する騒音を抑制することができる。

【0069】

また、推力発生装置 1 では、回転翼 H 1 ~ H 3 のピッチ角を電動で変更することにより、油圧を用いる必要がなくなる。このため、油の給排を制御する油圧制御ユニットおよび回転体に対してオイルシールを行うための複雑な回転シール機構を設ける必要がなくなり、推力発生装置 1 の大型化を抑制することが可能となるとともに、推力発生装置 1 の維持および修理を容易にすることができる。

【0070】

この実施形態では、直動回転変換部 8 の運動変換機構として、ラックピニオンを用いることにより、ラック A 1 ~ A 3 の各々の長手方向を直動体 1 1 の直動方向に揃えることが可能であり、ピニオン B 1 ~ B 3 の各々を支持軸と同心に揃えることが可能である。このため、3 個のラックピニオンの配置をコンパクトにまとめることができ、ハブ 1 0 の大型化を抑制しつつ、直動回転変換部 8 をハブ 1 0 内に収容することが可能である。

【0071】

この実施形態では、回転直動変換部 7 において、ボールねじナット 7 G と直動伝達軸 7 D は、直動案内内部 7 E の案内平坦面 7 E 1 に挟まれており、ボールねじ軸 7 F の回転時に、回転が規制された状態でボールねじ軸 7 F に沿って直線運動する。直動案内内部 7 E は、ボールねじ軸 7 F を回転可能に支持する支持部材 F 1 に支持されており、回転直動変換部 7 ひいては推力発生装置 1 を大型化する必要がない。したがって、推力発生装置 1 の小型化および軽量化を実現することができる。

【0072】

また、直動案内内部 7 E の案内平坦面 7 E 1 と、直動伝達軸 7 D の被案内平坦面 7 C の間に、樹脂製の摺動部材 7 H が配置されている。樹脂製の摺動部材 7 H は、直動伝達軸 7 D の直線運動時に発生する摩擦を低減することができる。摺動部材 7 H は、直動案内内部 7 E の案内平坦面 7 E 1 と、直動伝達軸 7 D の被案内平坦面 7 C の間に配置されおり、回転直動変換部 7 ひいては推力発生装置 1 を大型化する必要がない。

【0073】

さらに、直動伝達軸 7 D とボールねじナット 7 G のフランジ 7 A , 7 B に平面部分 7 A 2 , 7 B 2 を設けることにより、直動案内内部 7 E のサイズを小さくすることができ、推力発生装置 1 のさらなる小型化および軽量化を実現することができる。

【0074】

以上、本発明の好ましい実施形態を参照しながら本発明を図示して説明したが、当業者にとって特許請求の範囲に記載された発明の範囲から逸脱することなく、形式および詳細の変更が可能であることが理解されるであろう。このような変更、改変および修正は本発明の範囲に包含されるはずである。

【0075】

例えば、上記の実施形態においては、直動伝達軸 7 D の上部の外周面に形成された被案内平坦面 7 C の一部である、直動伝達軸 7 D のフランジ 7 B の平面部分 7 B 2 に摺動部材 7 H が固定されている。しかし、摺動部材 7 H は、被案内平坦面 7 C の他の部分に固定されてもよい。

【0076】

また、ボールねじナット 7 G のフランジ 7 A の平面部分 7 A 2 も、直動案内内部 7 E の案内平坦面 7 E 1 に対向する被案内平坦面であるとみなすことができる。摺動部材 7 H はフランジ 7 A の平面部分 7 A 2 に固定されてもよい。ボールねじナット 7 G と直動伝達軸 7 D の両方の被案内平坦面に摺動部材が固定されてもよい。

【0077】

さらには、摺動部材は、被案内平坦面ではなく、直動案内内部 7 E の案内平坦面 7 E 1 に固定されてもよい。

【0078】

10

20

30

40

50

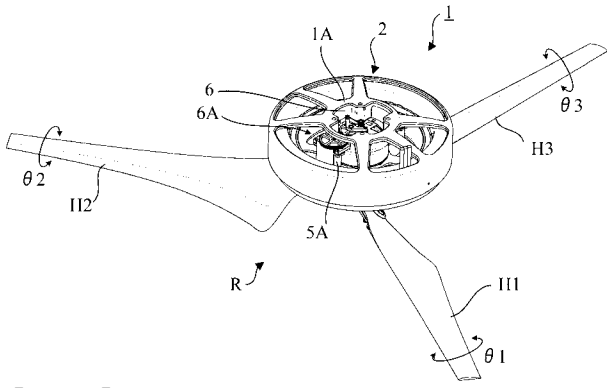
上記の実施形態においては、プロペラ R は推力発生装置 1 の真下に配置され、推力発生装置 1 は飛翔体の機体の下部に装着されるが、プロペラ R は推力発生装置 1 の真上に配置され、推力発生装置 1 は飛翔体の機体の上部に装着されてもよい。

【符号の説明】

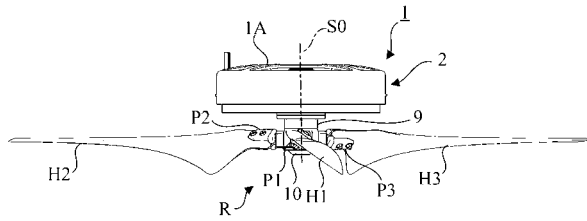
【 0 0 7 9 】

1	推力発生装置	
2	推力発生モータ	
2 A	ステータ	
2 B	ロータ	
2 C	フレーム	10
R	プロペラ	
H 1 ~ H 3	回転翼	
P 1 ~ P 3	グリップ	
4	ロータ軸	
5 A	ピッチ角変更モータ	
6	運動伝達ユニット	
6 A	回転伝達部	
7	回転直動変換部	
7 A	フランジ	
7 A 1	突出部分	20
7 A 2	平面部分	
7 B	フランジ	
7 B 1	突出部分	
7 B 2	平面部分	
7 C	被案内平坦面	
7 D	直動伝達軸	
7 E	直動案内内部	
7 E 1	案内平坦面	
7 F	ボールねじ軸	
7 G	ボールねじナット	30
7 H	摺動部材	
8	直動回転変換部	
F 1	支持部材	

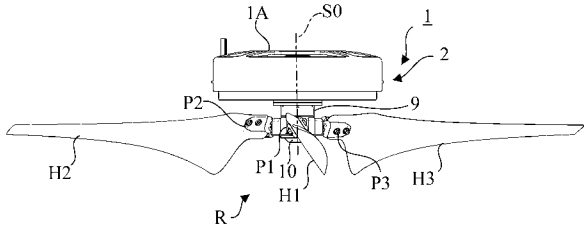
【 図 1 】



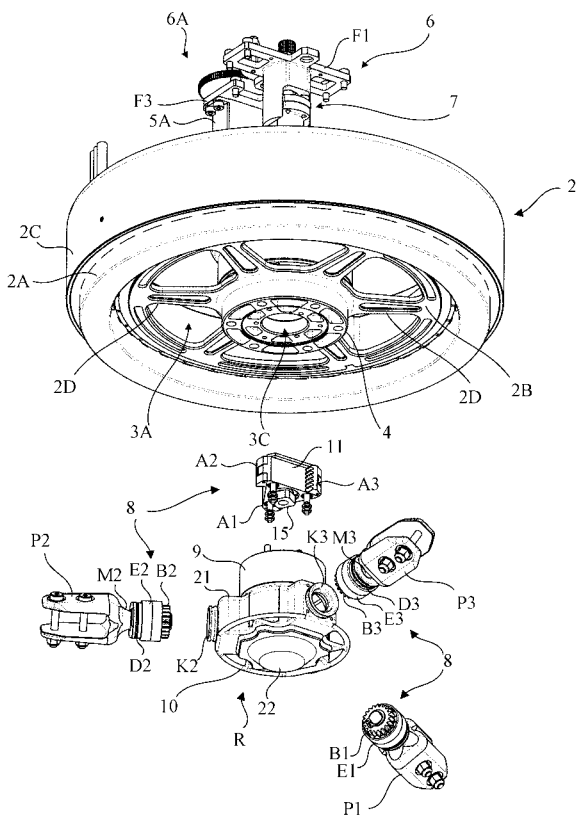
【 図 2 】



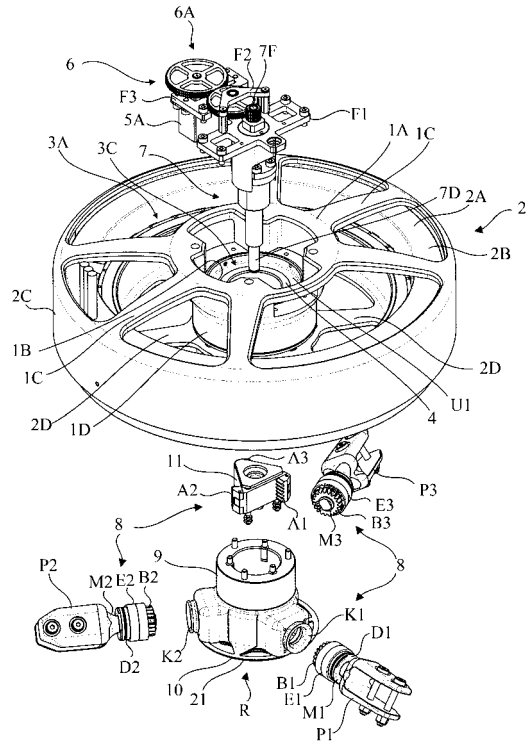
【 図 3 】



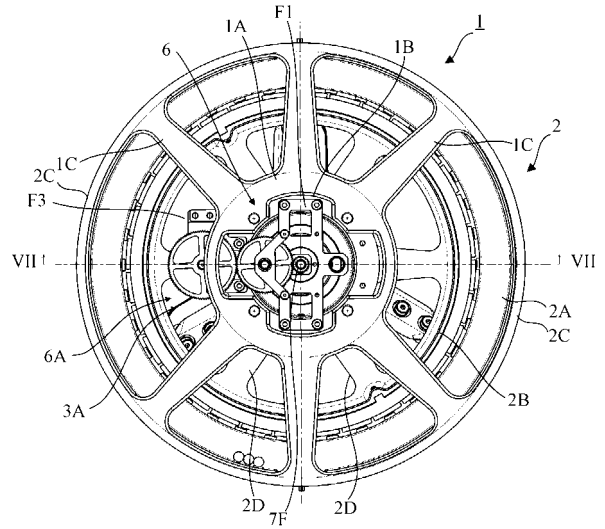
【 図 5 】



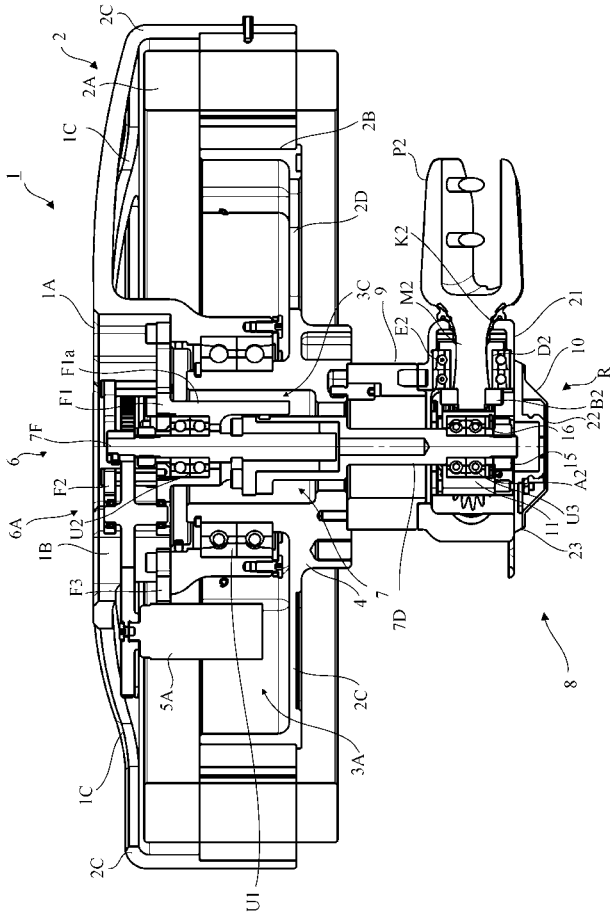
【 図 4 】



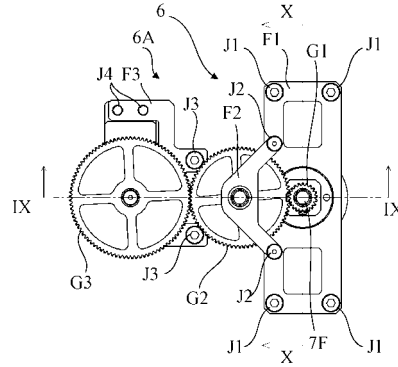
【 図 6 】



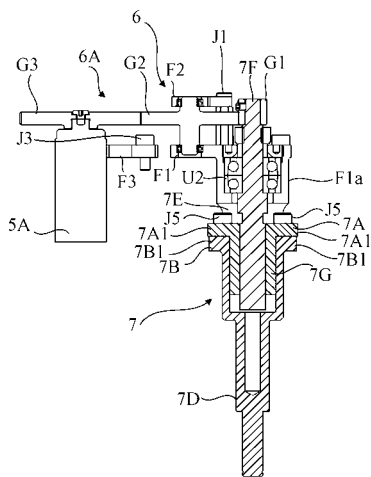
【 図 7 】



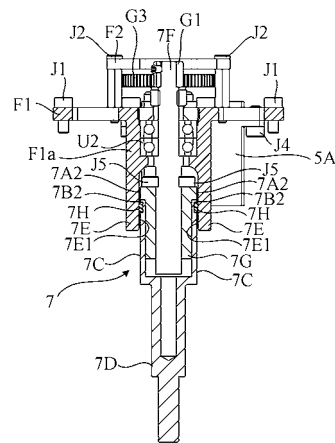
【 図 8 】



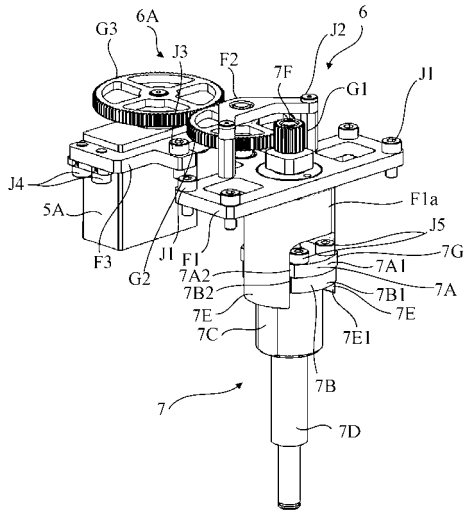
【 図 9 】



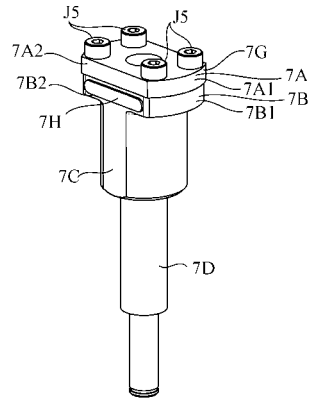
【 図 10 】



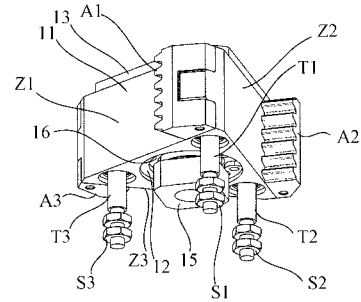
【 図 1 1 】



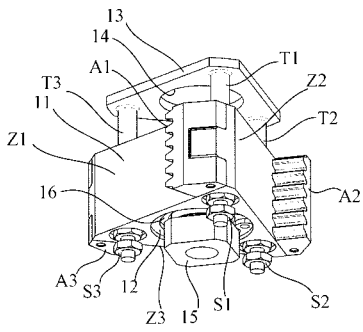
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

