(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
2023年3月30日(30.03.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/047469 A1

(51) 国際特許分類:
F16H 1/32 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/034641

(22) 国際出願日： 2021年9月21日(21.09.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ(**HARMONIC DRIVE SYSTEMS INC.**) [JP/JP]; 〒1400013 東京都品川区南大井６丁目２５番３号 Tokyo (JP).

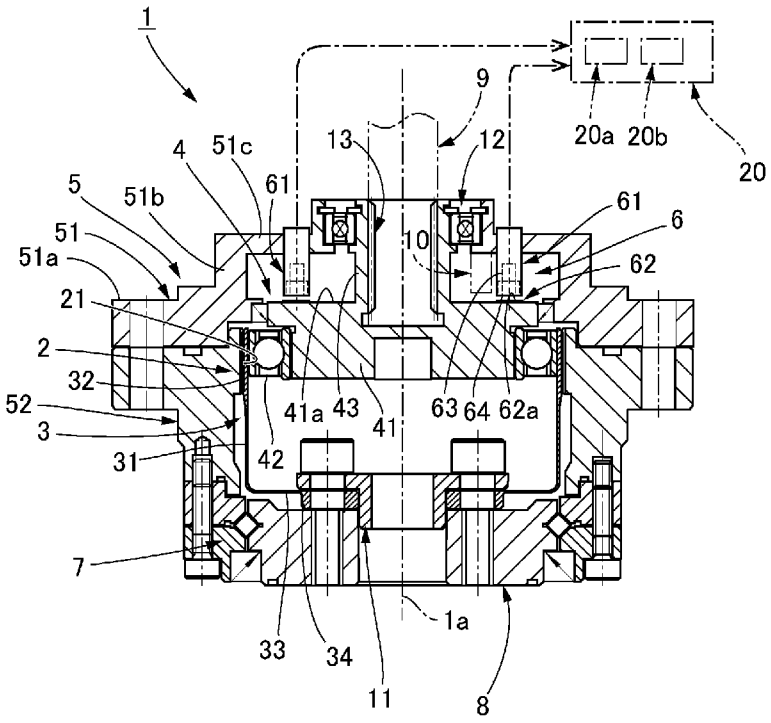
(72) 発明者: 小 林 優 (**KOBAYASHI Masaru**); 〒3998305 長野県安曇野市穂高牧１８５６－１ 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ 穂高工場内 Nagano (JP).

(74) 代理人: 横 沢 志 郎 (**YOKOZAWA Shiro**); 〒3900852 長野県松本市島立１１３２番地１８ Nagano (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) **Title:** WAVE GEAR DEVICE AND ACTUATOR

(54) 発明の名称： 波動歯車装置およびアクチュエータ



(57) **Abstract:** In the interior of a device housing (5) of a wave gear device (1), a detection mechanism (6) is incorporated at a site on the outer peripheral side of a hub (43) of a wave generator (4). The hub (43) of the wave generator (4) is linked to a motor shaft (9) so that axial force does not act thereon. The detection mechanism (6) detects minute displacements in the axial direction that occur in the hub (43) of the wave generator (4) due to thrust force acting on the wave generator (4). Thrust force acting on the wave generator (4) is obtained on the basis of the detected minute displacements. With this

WO 2023/047469 A1

［続葉有］

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

wave gear device (1) in which the detection mechanism (6) is incorporated, operation control that is responsive to sensed thrust force is possible through the use of thrust force information during operation.

(57) 要約:波動歯車装置(1)の装置ハウジング(5)の内部には、波動発生器(4)のハブ(43)の外周側の部位に、検出機構(6)が組み込まれている。波動発生器(4)のハブ(43)はモータ軸(9)に対して、軸方向力が作用しないように連結されている。検出機構(6)は、波動発生器(4)に作用するスラスト力によって波動発生器(4)のハブ(43)に生じる軸線の方向の微小変位を検出する。検出された微小変位から、波動発生器(4)に作用するスラスト力が得られる。検出機構(6)が組み込まれた波動歯車装置(1)では、運転中のスラスト力情報を利用して、検知したスラスト力に応じた運転制御が可能になる。

明　細　書

発明の名称 ： 波動歯車装置およびアクチュエータ

技術分野

[0001] 本発明は、スラスト力を検出するための機構を備えた波動歯車装置およびアクチュエータに関する。

背景技術

[0002] 波動歯車装置では、減速時に、波動発生器に減速回転出力側に向かう方向のスラスト力が作用し、増速時には、波動発生器に反対方向のスラスト力が作用する。本発明者は、特許文献１において、カップ型あるいはシルクハット型の波動歯車装置において、波動発生器が負荷側トルクによって回転することの無いように保持するために必要な入力側保持トルクを低減する方法を提案している。この方法では、可撓性の外歯歯車を備えた波動歯車装置において、減速時および増速時において波動発生器に作用するスラスト力の方向の違いを利用して、入力側保持トルクを低減している。

[0003] 一方、波動歯車装置として、パンケーキ型あるいはフラット型と呼ばれる波動歯車装置が知られている。この形式の波動歯車装置は、２枚の内歯歯車と、これらの内側に同軸に配置した円筒形状をした可撓性の外歯歯車と、この内側に同軸に装着した波動発生器とを備えている。一方の内歯歯車は、外歯歯車と歯数が異なる固定側（静止側）歯車であり、他方の内歯歯車は、外歯歯車と歯数が同一で一体回転する出力側（駆動側）歯車である。減速運転においては、モータ等から波動発生器に高速回転が入力されると、波動発生器の回転が固定側の内歯歯車と外歯歯車の歯数差に応じて大幅に減速されて、外歯歯車が減速回転する。減速回転は、外歯歯車と一体回転する出力側の内歯歯車から負荷側に出力される。逆に、増速運転においては、出力側の内歯歯車からの入力回転が、外歯歯車と固定側の内歯歯車との間で大幅に増速されて、波動発生器から高速回転が出力される。特許文献２に記載の波動歯車装置においては、外歯歯車と波動発生器との間に生じるスラスト力によっ

て外歯歯車が移動することを規制する規制部材を備えている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００７－２３１９９６号公報

特許文献2：特開２０１９－１０５３１４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 波動歯車装置においては、減速運転時と増速運転時に発生するスラスト力を検出する小型で装置に内蔵可能な検出器については提案されていない。小型で内蔵可能な検知器があれば、運転中のスラスト力に関する情報を利用して、検出したスラスト力に応じた運転制御が可能となる。

[0006] 本発明の目的は、この点に鑑みて、小型で内蔵可能なスラスト力を検出するための機構を備えた波動歯車装置、および当該波動歯車装置を備えたアクチュエータを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の波動歯車装置は、

剛性の内歯歯車と、

前記内歯歯車の内側に配置された可撓性の外歯歯車と、

前記外歯歯車の内側に配置され、前記外歯歯車を非円形に撓めて前記内歯歯車に部分的にかみ合わせている波動発生器と、

前記波動発生器を回転自在の状態で支持している装置ハウジングと、

前記波動発生器と前記外歯歯車との間に発生するスラスト力を検出するために、前記スラスト力により前記波動発生器に生じる軸線の方向の変位を検出する検出機構と、

を備えており、

前記波動発生器は、前記軸線の方向に相対移動可能な状態で一体回転するように、外部の回転軸に連結されるハブを備えており、

前記装置ハウジングは前記ハブを取り囲む筒状ハウジング部分を備えており、

前記検出機構は、前記ハブと前記筒状ハウジング部分との間に配置され、前記ハブに生じる前記軸線の方向の変位を検出することを特徴としている。

[0008] 波動歯車装置の波動発生器には、外部から回転力のみが伝達され、軸方向力は伝達されない。波動発生器には、軸方向力として、外歯歯車との間に発生するスラスト力が作用する。作用するスラスト力により、波動発生器のハブには軸線の方向に微小変位が生じる。この微小変位が検出機構により検出される。検出された微小変位に基づき波動発生器に作用するスラスト力を算出できる。

[0009] また、検出機構は、波動発生器のハブと、これを取り囲む装置ハウジングの部位との間に形成される空間に配置されるので、波動歯車装置の軸長の増加を伴うことなく、検出機構を組み込むことができる。

[0010] さらに、この検出機構が組み込まれた波動歯車装置、および、当該波動歯車装置とモータを備えたアクチュエータにおいては、運転中のスラスト力に関する情報を利用して、スラスト力に応じた運転制御が可能になる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1A]本発明を適用したカップ型の波動歯車装置の一例を示す説明図である。

[図1B]波動歯車装置の内歯歯車に対する外歯歯車のかみ合い状態を示す説明図である。

[図2]波動歯車装置の半縦断面を示す説明図であり、検出機構の別の取り付け例を示す。

[図3]波動歯車装置を備えたアクチュエータの一例を示す説明図である。

[図4A]本発明を適用した波動歯車装置の別の例を示す説明図である。

[図4B]光学式の検出機構を示す説明図である。

[図4C]磁気式の検出機構を示す説明図である。

[図5]本発明を適用したシルクハット型の波動歯車装置の例を示す説明図であ

る。

[図6]本発明を適用したパンケーキ型の波動歯車装置の例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下に、図面を参照して本発明を適用した波動歯車装置の実施の形態を説明する。以下に述べる実施の形態は本発明の一例であり、本発明を実施の形態に限定することを意図したものではない。

[0013] （全体構成）

図１Ａおよび図１Ｂを参照して説明すると、本発明を適用したカップ型の波動歯車装置１は、剛性の内歯歯車２と、この内側に同軸に配置したカップ形状をした可撓性の外歯歯車３と、この内側に同軸に装着した波動発生器４と、装置ハウジング５と、装置ハウジング５の内側に組み込まれた検出機構６とを備えている。検出機構６は、外歯歯車３と波動発生器４との間に発生するスラスト力によって波動発生器４に生じる軸線１ａの方向の微小変位を検出する機構である。検出機構６の検出結果は、有線あるいは無線により、駆動制御装置２０に供給される。

[0014] 駆動制御装置２０は、コンピュータを中心に構成され、運転状態判別部２０ａおよび運転制御部２０ｂを備えている。運転状態判別部２０ａは、検出機構６の検出結果に基づき、波動発生器４に作用するスラスト力の発生の有無、スラスト力の方向、スラスト力の大きさ、スラスト力の時間的変化などの情報を算出する。また、運転状態判別部２０ａは、スラスト力に関する算出情報に基づき、波動歯車装置１の運転状態を判別する。運転制御部２０ｂは、運転状態の判別結果に基づき、波動歯車装置１の運転状態を制御する。

[0015] 装置ハウジング５は、円筒状の入力側ハウジング５１と、この入力側ハウジング５１の一端に同軸に締結固定された円筒状の出力側ハウジング５２とを備えている。入力側ハウジング５１は、大径の取付用フランジ５１ａと、取付用フランジ５１ａの端面から同軸に突出している筒状ハウジング部分５１ｂと、この筒状ハウジング部分５１ｂの端を封鎖している端板部分５１ｃ

とを備えている。一方、出力側ハウジング５２における出力側の端部には、クロスローラベアリング７を介して、出力軸８が回転自在の状態で支持されている。

[0016] 内歯歯車２は固定側部材であり、本例の内歯歯車２は、装置ハウジング５における出力側ハウジング５２の内周面に一体形成されている。波動発生器４は高速回転が入力される入力側の部材であり、想像線で示すようにモータ軸９に同軸に連結される。外歯歯車３は、減速回転を出力する出力側の部材であり、外歯歯車３には円盤状の出力軸８が同軸に連結されている。

[0017] 外歯歯車３は、半径方向に撓み可能な円筒状胴部３１と、この円筒状胴部３１の開口端の側の外周面部分に形成した外歯３２と、円筒状胴部３１の開口端とは反対側の端から半径方向の内方に延びているダイヤフラム３３と、ダイヤフラム３３の内周縁に繋がっている円環形状をした剛性のボス３４とを備えている。外歯歯車３は内歯歯車２の内側に同軸に装着されて、外歯３２が内歯歯車２の内歯２１に半径方向の内側から対峙している。ボス３４は、円環形状の押さえ部材１１と出力軸８の間に挟まれており、これら三部材が複数本の締結ボルトによって締結固定されている。

[0018] 波動発生器４は、楕円状外周面を備えた剛性のウエーブプラグ４１と、楕円状外周面に装着したウエーブベアリング４２とを備えている。ウエーブベアリング４２は、ウエーブプラグ４１の楕円状外周面と外歯歯車３の円筒状胴部３１の内周面との間に装着され、ウエーブプラグ４１および外歯歯車３を相対回転可能な状態に保持している。また、ウエーブプラグ４１に装着されて楕円状に撓められたウエーブベアリング４２によって、外歯歯車３における外歯３２が形成されている円筒状胴部３１の部分が楕円形状に撓められている。楕円形状の長軸Ｌｍａｘの両端部分に位置する外歯３２が内歯歯車２の内歯２１にかみ合っている。

[0019] ウエーブプラグ４１における軸線１ａの方向の一方のプラグ端面４１ａ（入力側のプラグ端面）には、同軸状態で円筒形状をしたハブ４３が一体形成されている。ハブ４３の先端部は、入力側ハウジング５１の端板部分５１ｃ

における中心開口部の内周縁部に、ベアリング１２を介して、回転自在の状態で支持されている。また、ハブ４３は、入力側ハウジング５１に対して、軸線１ａの方向には移動しないように、ベアリング１２を介して、入力側ハウジング５１に取り付けられている。

[0020] ハブ４３の中心軸孔には、その先端開口から、想像線で示すモータ軸９が挿入されて、ハブ４３に同軸に連結されている。ハブ４３とモータ軸９との間は、例えば、スプライン結合部１３を介して連結されており、ハブ４３とモータ軸９は一体回転するが、軸線１ａの方向には相対的にスライド可能である。これにより、モータ軸９と波動発生器４の間では、実質的に軸方向力が伝達されることがなく、これらの間で回転力のみが伝達される。

[0021] （検出機構）

検出機構６は、波動発生器４におけるウエーブプラグ４１のハブ４３に発生する軸線方向の微小軸変位を検出する。検出機構６は、ハブ４３と、これを取り囲む装置ハウジング５の入力側ハウジング５１との間に組み込まれている。

[0022] 本例の検出機構６はレーザー測長器式の検出機構であり、レーザー光の射出および受光を行う検出ユニット６１と、レーザー光を反射する反射面６２ａを備えた反射部６２とを備えている。検出ユニット６１は、反射面６２ａに向けてレーザー光を射出するレーザー光源６３と、反射面６２ａで反射されたレーザー光を受光する受光部６４とを備えている。公知のように、レーザー測長器では、三角測距方式、位相差測距方式等により距離計測が精度良く行われる。

[0023] 検出ユニット６１は、入力側ハウジング５１の端板部分５１ｃに取り付けられている。反射部６２は、端板部分５１ｃに対して、軸線１ａの方向から対峙しているウエーブプラグ４１のプラグ端面４１ａに取り付けられている。反射部６２の反射面６２ａは、ハブ４３を同軸状に取り囲む一定幅のリング形状をしている。本例では、反射面６２ａは、軸線１ａに直交する面であり、検出ユニット６１は、軸線１ａに沿った方向から反射面６２ａに対峙し

ている。また、本例では、軸線１ａを中心として、反射面６２ａにおける円周方向に１８０度離れた対称の角度位置に、一対の検出ユニット６１が配置されている。３以上の複数の検出ユニット６１を配置して、検出精度を高めることができる。

[0024] （動作の説明）

この構成の波動歯車装置１において、モータ軸９によって波動発生器４が高速回転すると、外歯歯車３の内歯歯車２に対するかみ合い位置が、内歯歯車２の円周方向に移動する。外歯歯車３は内歯歯車２よりも歯数が２ｎ枚少ない（ｎ：正の整数）。本例では内歯歯車２が固定されているので、波動発生器４の回転に伴って外歯歯車３が減速回転する。外歯歯車３の減速回転が、そのボス３４に連結されている出力軸８から不図示の負荷側に出力される。

[0025] モータ軸９と波動発生器４のハブ４３との間は、スプライン結合部１３を介して連結されており、軸線１ａの方向に相対移動可能な状態で一体回転する。外部のモータ軸９から波動発生器４には、回転力のみが伝達され、軸方向力は伝達されない。ハブ４３が一体形成されているウエーブプラグ４１には、外歯歯車３と波動発生器４との間に発生するスラスト力が作用する。

[0026] 波動発生器４のウエーブプラグ４１のハブ４３は、ベアリング１２を介して、軸線１ａの方向に移動しないように、固定側の装置ハウジング５の入力側ハウジング５１によって支持されている。波動発生器４にスラスト力が作用すると、ウエーブプラグ４１のハブ４３には軸線１ａの方向に微小変位が生じる。ハブ４３の微小変位に応じて、ウエーブプラグ４１の側の反射面６２ａの位置が検出ユニット６１の受光部６４に対して相対的に軸線１ａの方向に微小に変位する。検出機構６によって微小変位量が測定される。

[0027] 検出機構６の検出結果（測定された微小変位量）は、有線あるいは無線により、駆動制御装置２０に供給される。駆動制御装置２０の運転状態判別部２０ａは、検出機構６の検出結果に基づき、スラスト力の発生の有無、スラスト力の方向、スラスト力の大きさ、スラスト力の時間的変化等を判別ある

いは算出する。運転制御部２０ｂは、検出機構６による検出結果、または、運転状態判別部２０ａによる判別結果に基づき、波動歯車装置１の運転制御を行う。

[0028] ここで、検出機構６の温度補正を行って検出精度を高めることができる。この場合には、例えば、図１Ａに想像線で示すように、ウエーブプラグ４１のプラグ端面４１ａあるいはハブ４３の外周面の近傍に、温度センサ１０を配置する。温度センサ１０の出力を駆動制御装置２０に取り込み、検出結果の温度補正を行う。後述の実施例においても、温度センサを配置して温度補正を行うことができる。

[0029]（検出機構の別の取付例）

図２は波動歯車装置１の半縦断面を含む説明図であり、波動歯車装置１に組み込まれた検出機構６の別の取付例を示してある。図２に示す検出機構６の検出ユニット６１は、軸線１ａに対して９０度未満の角度だけ傾斜した向きとなるように、入力側ハウジング５１に取り付けられている。検出ユニット６１から射出されるレーザー光の向きに対応させて、ウエーブプラグ４１のプラグ端面４１ａに配置した反射部６２の反射面６２ａも、軸線１ａに対して傾斜させてある。このように、軸線１ａに対して検出機構６を傾斜して配置することもできる。

[0030]（アクチュエータ）

図３は、本例の波動歯車装置１を用いたアクチュエータ（回転アクチュエータ）の一例を示す説明図である。この図に示すように、アクチュエータ１００は、モータ１１０と、モータ出力回転を減速して出力する波動歯車装置１と、モータ１１０に組み込まれた回転検出機構１２０およびブレーキ機構１３０と、制御装置１４０とから構成される。制御装置１４０は、先に述べた運転状態判別部２０ａおよび運転制御部２０ｂの機能を備えている。

[0031] 制御装置１４０は、検出される波動発生器４の微小変位からスラスト力を求める。スラスト力に基づき、モータ１１０およびブレーキ機構１３０の駆動を制御して、波動歯車装置１（波動発生器４）への入力回転を制御するこ

とで、波動歯車装置１の運転制御を行うことができる。

[0032] 例えば、次のように運転状態が判別されて波動歯車装置１の運転制御が行われる。

（１）スラスト力の方向検出によって、波動歯車装置１が減速運転か増速運転状態にあるのかを判別する。増速運転時には、ブレーキ機構１３０などによる摩擦トルクで、効率を低下させ、モータ１１０の保持トルクを低減させることができる。

（２）スラスト力の発生の有無に基づき次の状態を判別できる。波動発生器４及びこれに連結されるモータ軸９が完全にロック状態であればスラスト力は発生しない。よって、動作停止時の対象軸のロック力の過不足を判別できる。

多軸ロボットなど他の軸が動作中の場合、対象軸の波動歯車装置１によるロックが不足の場合では、増速運転となり、スラスト力が発生する。よって、ブレーキ機構１３０等を利用して、動作停止時の対象軸のロック力を大きくすることで、ロック力の不足に対応できる。

（３）スラスト力の大きさ、変動には、負荷トルクと、外歯歯車３の内周面と波動発生器４の外輪外周面の間の潤滑状態が大きく影響する。スラスト力の大きさ、変動に基づき、外歯歯車３の内周面と波動発生器４のウエーブベアリングの外輪外周面との間の潤滑状態の状態を知ることができる。

潤滑状態は、波動歯車装置１の運転姿勢、運転状態（一方向一定連続運転、高負荷低速運転、正逆時の短サイクルと大きな加速レート、長期停止時間、潤滑剤の種類・状態）によって変動する。潤滑状態に基づき、寿命予知、診断を行うことができる。

潤滑状態が悪化していることが分かれば、潤滑状態を良好な状態に復帰させることができる。例えば、負荷トルクの低下、加速レートの低減、適正な回転数と運転時間の設定等を行うことができる。

[0033] （その他の実施の形態）

（光学式の検出機構の例）

図４Ａは、異なる形式の検出機構が組み込まれた波動歯車装置の縦断面を含む説明図であり、図４Ｂはその検出機構の部分を示す説明図である。波動歯車装置１Ａは波動歯車装置１と同一構成であるので、対応する部位には同一の符号を使用し、それらの部位の説明を省略する。

[0034] 波動歯車装置１Ａに組み込まれている検出機構１６０は光学式の検出機構であり、ウエーブプラグ４１のハブ４３の外周面４３ａに配置された光学的に検出可能な検出模様１６１と、装置ハウジング５の入力側ハウジング５１に取り付けた光学式の検出ユニット１６２とを備えている。

[0035] ハブ４３の外周面４３ａに配置した検出模様１６１は、ハブ外周部の軸線１ａの方向の変位に追従して伸縮可能な模様である。本例の検出模様１６１は、軸線１ａの方向に沿って、等間隔で交互に形成された一定幅の光の反射部１６１ａおよび非反射部１６１ｂであり、例えば、ハブ４３の外周面４３ａの全周に亘って形成されている。

[0036] 検出ユニット１６２は、発光部１６３、固定スリット板１６４および受光部１６５を備えている。発光部１６３は、検出光を、固定スリット板１６４に形成した光透過部である固定スリット１６４ａを介して、検出模様１６１に向けて射出する。固定スリット１６４ａも軸線１ａの方向に沿って等間隔で配列された一定幅のスリットである。受光部１６５は、検出模様１６１で反射された検出光の反射光を、固定スリット板１６４の固定スリット１６４ａを介して受光する。

[0037] 波動発生器４のウエーブプラグ４１にスラスト力が作用して、そのハブ４３が軸線１ａの方向に微小変位すると、それに追従して、検出模様１６１が軸線１ａの方向に伸縮する。この結果、ハブ４３の微小変位に応じて、受光部１６５における反射光の受光量が変化する。これらの対応関係を事前に記憶保持しておくことで、検出された受光量に基づき、スラスト力の大きさ、方向等が求まる。

[0038] 検出ユニット１６２を、ハブ４３の外周面４３ａの円周方向における複数の位置に配置することができる。例えば、軸線１ａを中心として１８０度離

れた対称の角度位置に、一対の検出ユニット１６２を配置する。これにより検出精度を高めることができる。なお、検出ユニット１６２として、検出模様１６１を同軸状に取り囲むリング状の発光部およびリング状の受光部を備えたものを用いることができる。３つ以上の複数の検出ユニット１６２を配置することもできる。

[0039] また、光学的に検出可能な検出模様１６１は、ハブ４３の外周面４３ａに、表面処理、あるいは、印刷等により、直接形成することができる。ハブ４３の外周面４３ａに、検出模様１６１が形成あるいは印刷されたフレキシブルフィルム等を貼り付けてもよい。

[0040] （磁気式の検出機構の例）

次に、検出機構として、磁気式の検出機構を用いることができる。図４Ｃは、磁気式の検出機構の一例を示す説明図である。この図を参照して説明すると、波動歯車装置１Ａ（図４Ａ参照）に組み込まれる磁気式の検出機構２６０は、ウエーブプラグ４１のハブ４３の外周面４３ａに配置された磁気的に検出可能な検出模様２６１と、装置ハウジング５の入力側ハウジング５１に取り付けた磁気式の検出ユニット２６２とを備えている。

[0041] ハブ４３の外周面４３ａに配置した検出模様２６１は、ハブ外周部の軸線１ａの方向の変位に追従して伸縮可能な模様である。本例の検出模様１６１は、軸線１ａの方向に沿って、等間隔で交互に形成された一定幅の磁性部２６１ａおよび非磁性部２６１ｂであり、ハブ４３の外周面４３ａの全周に亘って形成されている。例えば、ハブ４３の外周面４３ａにおいて、一定幅でメタル系磁性粉等を塗布して形成した磁性輪帯を、軸線１ａの方向に等間隔に配列することで、検出模様２６１が得られる。

[0042] ハブ４３の外周面４３ａの表面処理によって直接に磁性輪帯を形成してもよい。例えば、オーステナイト系ステンレス鋼からなるハブ４３の外周面４３ａに対して、非磁性で塑性変形しやすい残留オーステナイトをマルテンサイトに変態させるショットピーニング処理を施し、処理面を研磨仕上げすることで、軸線の方向に一定の間隔で磁性部が形成される。また、ハブ４３の

外周面４３ａに、磁性媒体からなる検出模様２６１が印刷されたフレキシブルフィルム等を、貼り付けてもよい。

[0043] 検出ユニット２６２は、検出模様２６１の軸線１ａの方向の伸縮に伴って磁場強度が変化するように検出模様２６１に対峙させた磁石２６３および磁場強度の変化を検出するＭＲ素子などの磁気検出素子２６４を備えている。磁石２６３には、軸線１ａの方向に沿って等間隔で交互に一定幅のＮ極およびＳ極が形成されている。

[0044] 磁気式の検出ユニット２６２も、ハブ４３の外周面４３ａの円周方向における複数の位置に配置することができる。例えば、軸線１ａを中心として１８０度離れた対称の角度位置に、一対の検出ユニット２６２を配置する。これにより検出精度を高めることができる。なお、検出ユニット２６２として、検出模様２６１を同軸状に取り囲むリング状の磁石およびリング状の磁気検出素子を備えたものを用いることもできる。３つ以上の検出ユニットを配置することもできる。

[0045] （波動歯車装置の別の例）

上記の例は、本発明をカップ型の波動歯車装置に適用した場合のものである。本発明は、シルクハット型の波動歯車装置、パンケーキ型の波動歯車装置に対しても適用可能である。

[0046] 図５は、検出機構６が組み込まれたシルクハット型の波動歯車装置１Ｂを示す説明図である。シルクハット型の波動歯車装置１Ｂは、剛性の内歯歯車２Ｂと、シルクハット形状の外歯歯車３Ｂと、波動発生器４Ｂと、入力側ハウジング５１Ｂ（装置ハウジング）とを備えている。シルクハット形状の外歯歯車３Ｂは、円筒状胴部３１Ｂと、この外周面に形成した外歯３２Ｂと、円筒状胴部３１Ｂの一端から半径方向の外方に広がるダイヤフラム３３Ｂと、ダイヤフラム３３Ｂの外周縁に形成した円環形状をした剛性のボス３４Ｂとを備えている。

[0047] ボス３４Ｂには、同軸状態で、円盤状の出力軸８Ｂおよびクロスローラベアリング７Ｂの外輪に固定されている。波動発生器４Ｂのウエーブプラグ４

１Ｂのハブ４３Ｂと、これを取り囲む入力側ハウジング５１Ｂとの間には、検出機構６（１６０、２６０）が組み込まれている。

[0048] 図６は、検出機構が組み込まれたパンケーキ型の波動歯車装置１Ｃを示す説明図である。パンケーキ型の波動歯車装置１Ｃは、剛性の内歯歯車２Ｃと、内歯歯車２Ｃの内側に同軸に配置された可撓性の外歯歯車３Ｃと、外歯歯車３Ｃの内側に同軸に配置され、外歯歯車３Ｃを非円形に撓めて内歯歯車２Ｃに部分的にかみ合わせている波動発生器４Ｃと、入力側ハウジング５１Ｃ（装置ハウジング）と、波動発生器４Ｃと外歯歯車３Ｃとの間に発生するスラスト力による波動発生器４Ｃの軸線の方向の微小変位を検出する検出機構６（１６０、２６０）とを有している。

[0049] また、波動歯車装置１Ｃは、内歯歯車２Ｃに対して、軸線の方向に並べて同軸に配置した剛性の駆動側内歯歯車２Ｄを備えている。駆動側内歯歯車２Ｄには、同軸に、円盤状の出力軸８Ｃが固定されている。波動発生器４Ｃによって非円形に撓められた外歯歯車３Ｃは駆動側内歯歯車２Ｄにも部分的にかみ合っている。外歯歯車３Ｃは、半径方向に撓み可能な円筒状胴部を備え、その外周面に外歯が形成されている。内歯歯車２Ｃは外歯歯車３Ｃとは歯数が相違し、駆動側内歯歯車２Ｄは、外歯歯車３Ｃと一体回転するように、外歯歯車３Ｃとは歯数が同一である。波動発生器４Ｃのウエーブプラグ４１Ｃのハブ４３Ｃと、これを取り囲む入力側ハウジング５１Ｃとの間には、検出機構６（１６０、２６０）が組み込まれている。

請求の範囲

[請求項1] 剛性の内歯歯車と、

前記内歯歯車の内側に配置された可撓性の外歯歯車と、

前記外歯歯車の内側に配置され、前記外歯歯車を非円形に撓めて前記内歯歯車に部分的にかみ合わせている波動発生器と、

前記波動発生器を回転自在の状態で支持している装置ハウジングと、

前記波動発生器と前記外歯歯車との間に発生するスラスト力を算出するために、前記スラスト力により前記波動発生器に生じる軸線の方向の変位を検出する検出機構と、

を備えており、

前記波動発生器は、前記軸線の方向に相対移動可能な状態で一体回転するように、外部の回転軸に連結される円筒状のハブを備えており、

前記装置ハウジングは前記ハブを取り囲む筒状ハウジング部分を備えており、

前記検出機構は、前記ハブと前記筒状ハウジング部分との間に配置され、前記ハブに生じる前記軸線の方向の変位を検出する波動歯車装置。

[請求項2] 請求項１において、

前記波動発生器は非円形外周面を備えた剛性のウエーブプラグを備え、

前記ハブは、前記ウエーブプラグにおける前記軸線の方向の一方のプラグ端面に、一体形成され、あるいは、固定されており、

前記検出機構は、レーザー光源、このレーザー光源からのレーザー光を反射する反射部、および前記反射部で反射した前記レーザー光を受光する受光部を備えており、

前記レーザー光源および前記受光部を備えた検出ユニットは、前記

装置ハウジングに取り付けられ、

前記反射部は、前記プラグ端面に設けられている波動歯車装置。

[請求項3] 請求項２において、

前記反射部は、前記プラグ端面において前記軸線を中心とするリング形状の反射面を備えており、

前記軸線を中心として１８０度離れた対称の角度位置に配置した少なくとも一対の前記検出ユニットを備えている波動歯車装置。

[請求項4] 請求項１において、

前記検出機構は、

前記ハブの外周面に配置され、このハブの変位に追従して前記軸線の方向に伸縮可能な検出模様と、

前記装置ハウジングに取り付けられ、前記検出模様の伸縮を光学的あるいは磁気的に検出する検出ユニットと、

を備えている波動歯車装置。

[請求項5] 請求項４において、

前記検出模様は、前記軸線の方向に沿って、等間隔で交互に形成された光の反射部および非反射部であり、

前記検出ユニットは、前記軸線の方向に沿って等間隔に形成した光通過部が形成された固定スリット板、前記光通過部を介して前記検出模様に検出光を照射する発光部、および前記反射部で反射された前記検出光を前記光通過部を介して受光する受光部を備えている光学式の検出ユニットである波動歯車装置。

[請求項6] 請求項５において、

前記軸線を中心として１８０度離れた対称の角度位置に配置した少なくとも一対の前記検出ユニットを備えている波動歯車装置。

[請求項7] 請求項６において、

前記検出模様は、前記ハブの全周に亘って形成されており、

前記検出ユニットは、前記検出模様を同軸状に取り囲むリング状の

発光部およびリング状の受光部を備えている波動歯車装置。

[請求項8] 請求項５において、

前記検出模様は、

前記ハブの外周面に直接形成されているか、または、

前記ハブの外周面に貼り付けたフィルムに形成されている波動歯車装置。

[請求項9] 請求項４において、

前記検出模様は、前記軸線の方向に沿って等間隔で交互に形成した磁性部および非磁性部であり、

前記検出ユニットは、

前記検出模様の前記軸線の方向の伸縮に伴って磁場強度が変化するように前記検出模様に対峙させた磁石および前記磁場強度の変化を検出する磁気検出素子を備えた磁気式の検出ユニットである波動歯車装置。

[請求項10] 請求項９において、

前記軸線を中心として１８０度離れた対称の角度位置に配置した少なくとも一対の前記検出ユニットを備えている波動歯車装置。

[請求項11] 請求項９において、

前記検出模様は、前記ハブの全周に亘って形成されており、

前記検出ユニットは、前記検出模様を同軸状に取り囲むリング状の磁石およびリング状の磁気検出素子を備えている波動歯車装置。

[請求項12] 請求項９において、

前記検出模様は、

前記ハブの外周面に直接形成されているか、または、

前記ハブの外周面に貼り付けたフィルムに形成されている波動歯車装置。

[請求項13] 請求項１において、

前記検出機構によって検出された前記変位の温度補正を行うための

温度センサが、前記ハブの近傍に配置されている波動歯車装置。

[請求項14] 請求項１において、更に、

前記検出機構による検出結果に基づき、前記スラスト力の発生の有無、前記スラスト力の方向、前記スラスト力の大きさ、および、前記スラスト力の時間的変化のうちの少なくとも一つを算出する算出部と、

前記算出部の算出結果に基づき、前記波動歯車装置の運転状態を判別する運転状態判別部と、

を備えている波動歯車装置。

[請求項15] 請求項１４において、更に、

前記検出機構による検出結果、または、前記運転状態判別部による判別結果に基づき、前記波動歯車装置の運転制御を行う運転制御部を備えている波動歯車装置。

[請求項16] 請求項１５に記載の波動歯車装置と、

前記波動発生器の前記ハブにモータ軸が連結されたモータと、

を備えており、

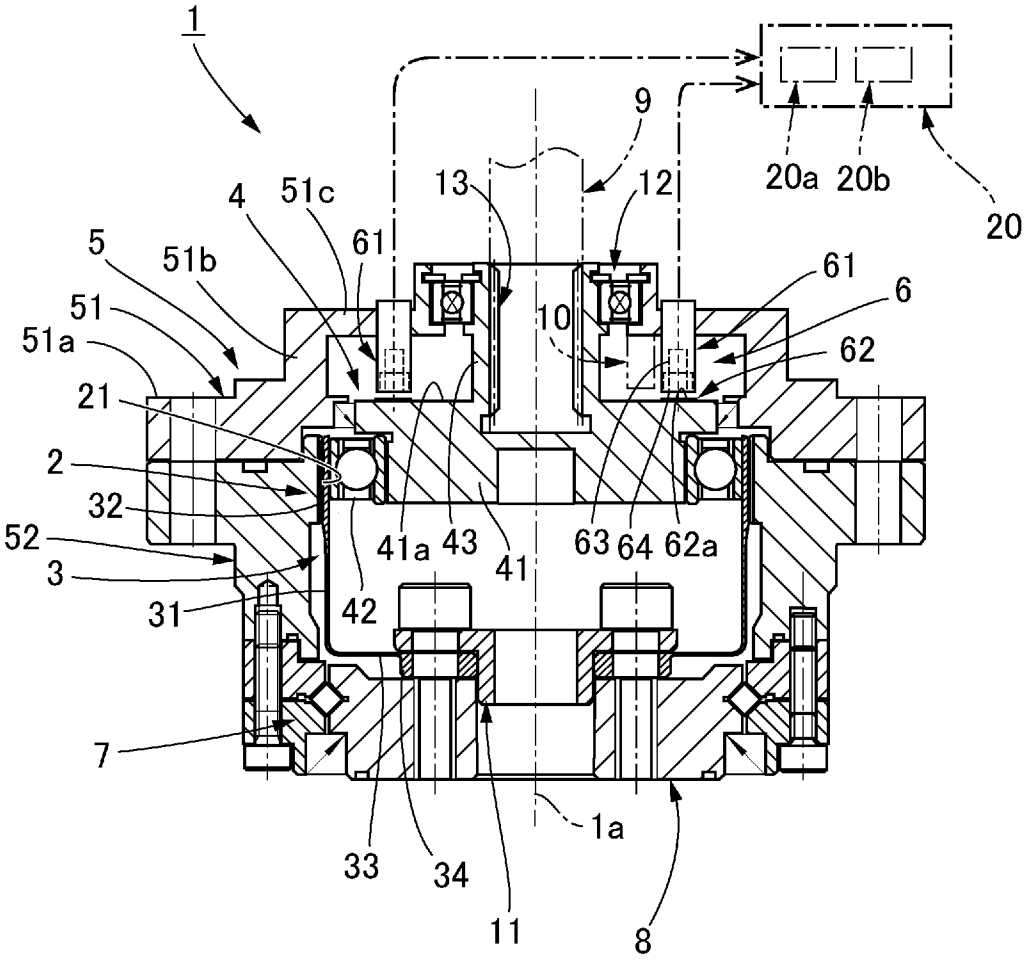
前記運転制御部は、前記モータから前記波動歯車装置への入力回転を制御することで、前記波動歯車装置の前記運転制御を行うアクチュエータ。

[請求項17] 請求項１６において、更に、

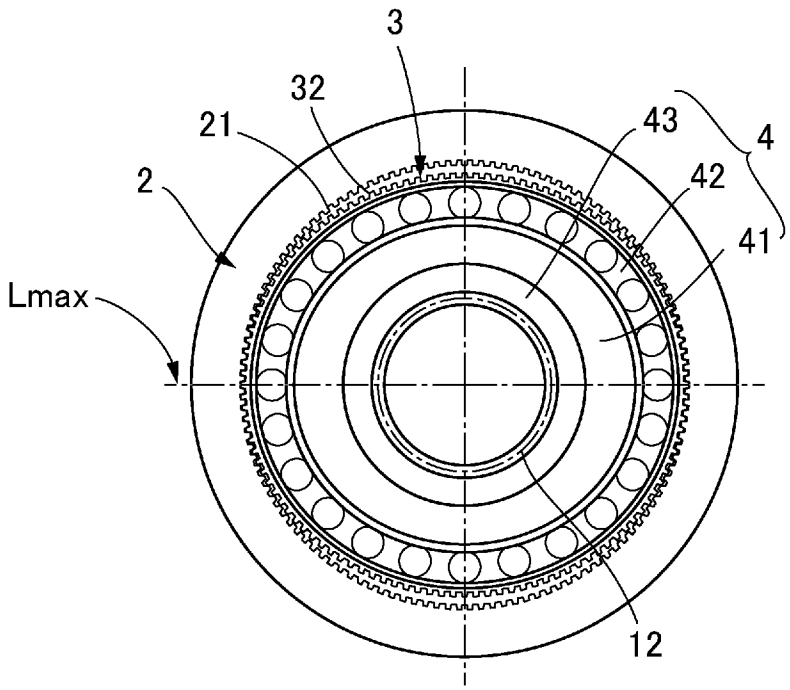
前記波動歯車装置への入力回転を制御するブレーキ機構を備えており、

前記運転制御部は、前記ブレーキ機構を制御することで、前記波動歯車装置の前記運転制御を行うアクチュエータ。

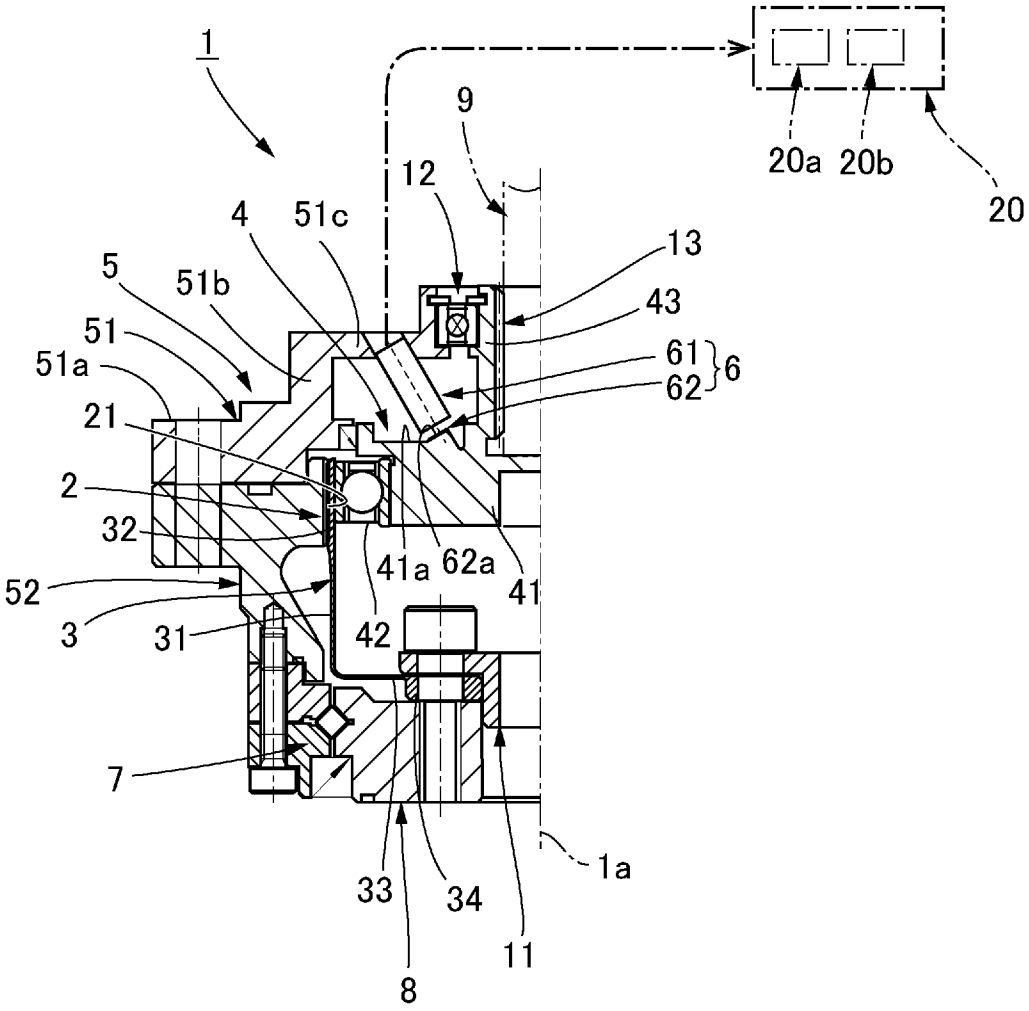
[図1A]


1
9
20a
20b
20
4
51c
13
12
61
5
51b
61
6
51
10
62
51a
21
2
32
52
41a
43
41
63
64
62a
3
31
42
7
1a
33
34
11
8

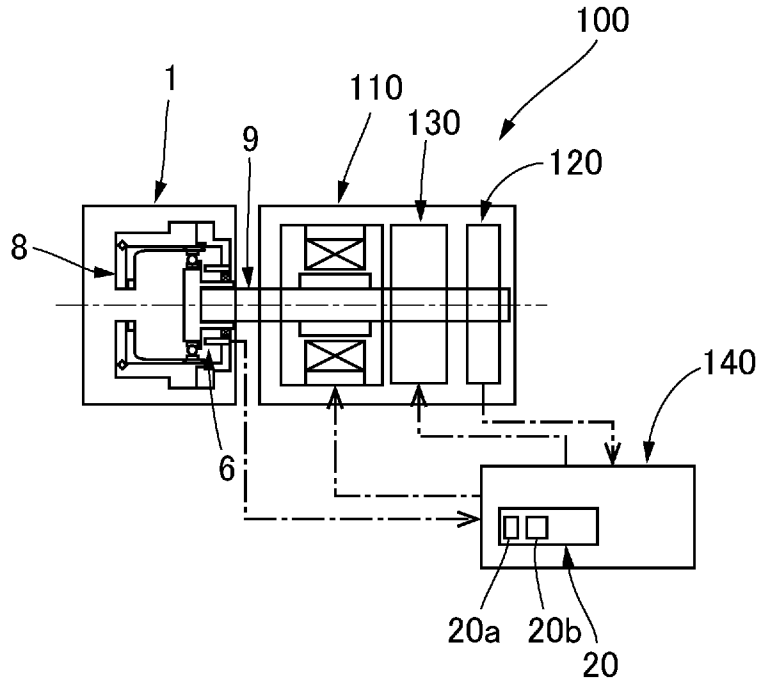
[図1B]


3
32
21
43
4
2
42
41
Lmax
12

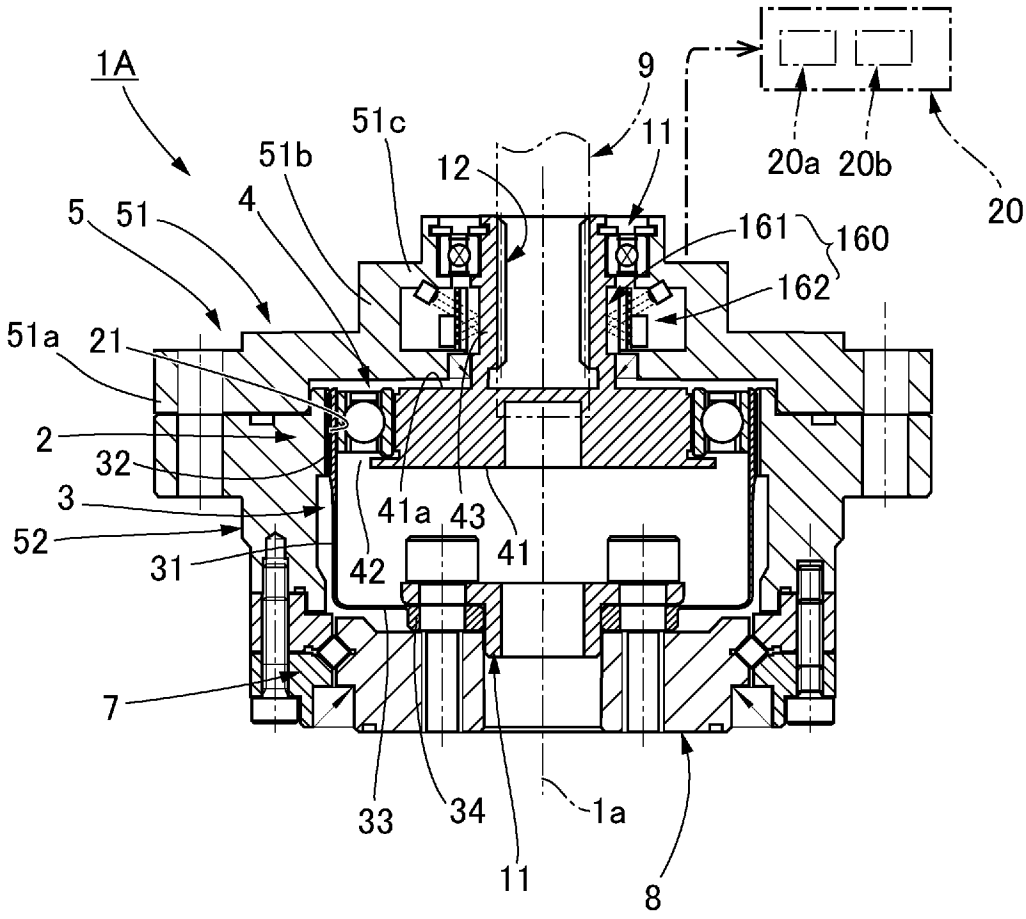
[図2]


1
9
20a
20b
20
12
4
51c
13
5
51b
43
51
61
6
51a
62
21
2
32
41a
62a
41
52
3
31
42
7
1a
33
34
11
8

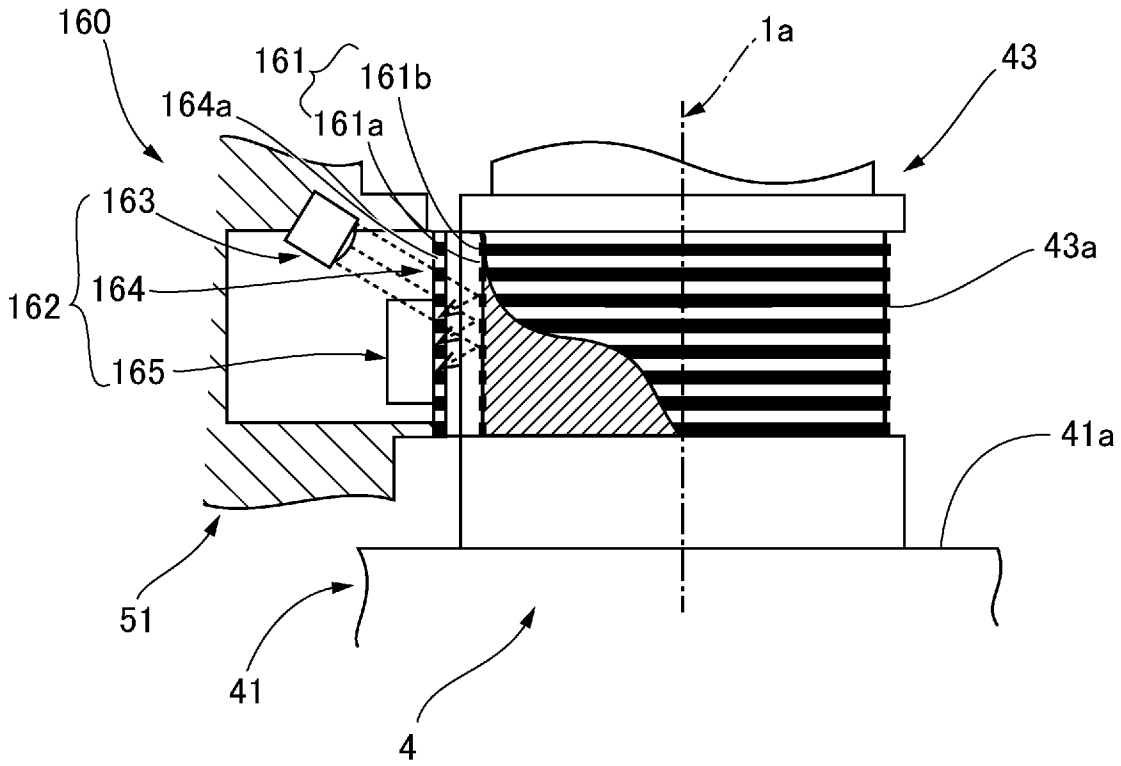
[図3]


100
1
110
130
9
120
8
140
6
20a
20b
20

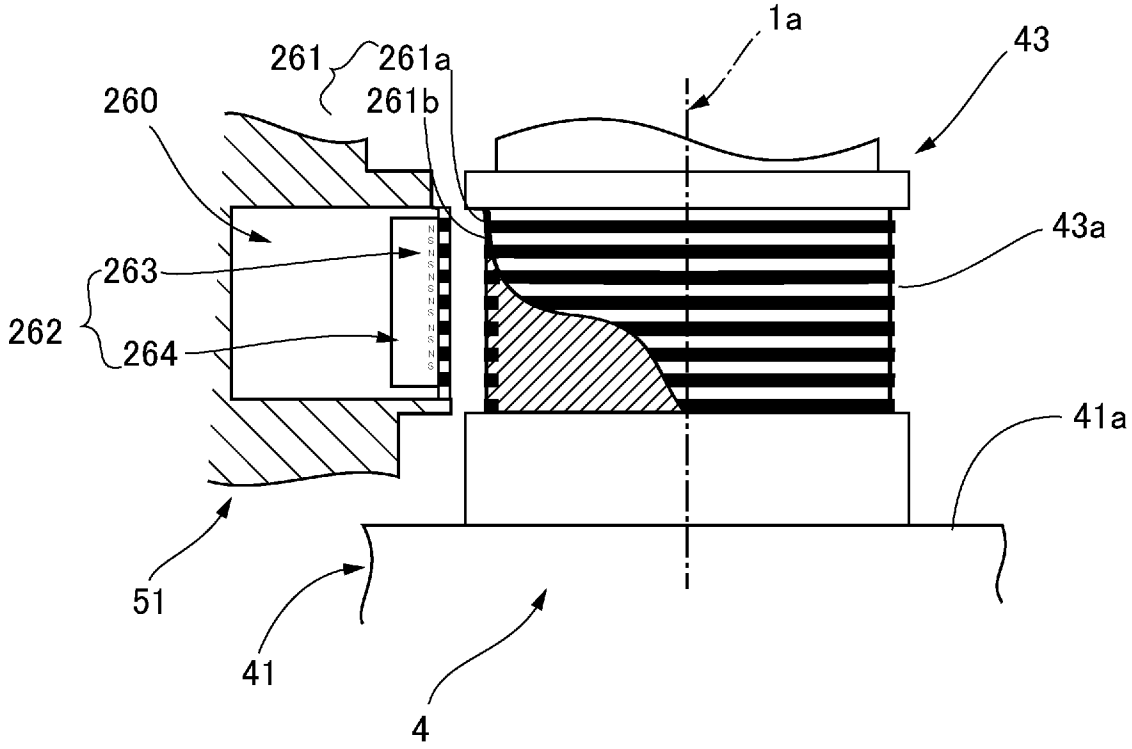
[図4A]


1A
9
51c
11
51b
12
20a
20b
20
4
5
51
161
160
162
51a
21
2
32
3
41a
43
52
41
31
42
7
33
34
1a
11
8

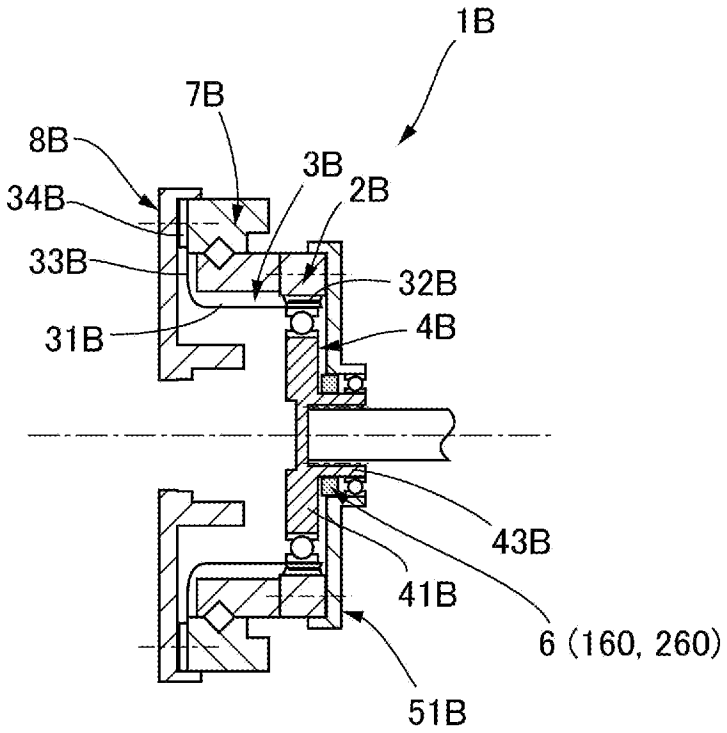
[図4B]


160
161
161b
164a
161a
1a
43
163
43a
162
164
165
41a
51
41
4

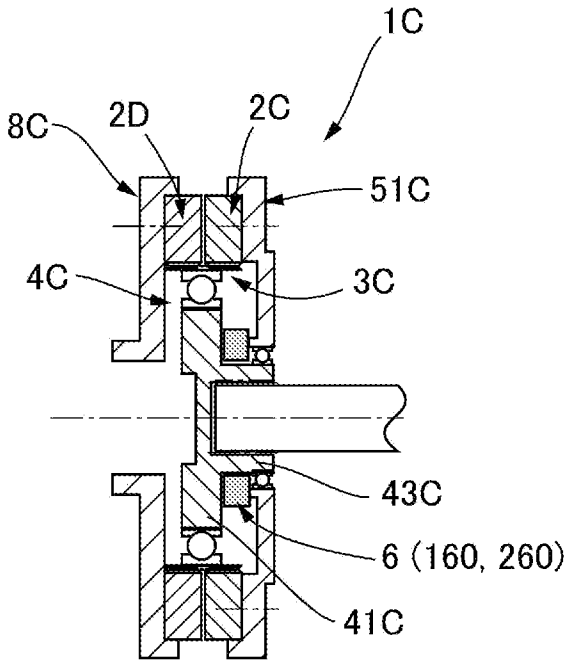
[図4C]


261
261a
261b
260
1a
43
43a
263
262
264
41a
51
41
4

[図5]


1B
7B
8B
3B
2B
34B
33B
32B
31B
4B
43B
41B
6 (160, 260)
51B

[図6]


1C
8C
2D
2C
51C
4C
3C
43C
6 (160, 260)
41C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/034641

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16H 1/32(2006.01)i
FI: F16H1/32 B

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)

F16H1/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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 2007-231996 A (HARMONIC DRIVE SYST. IND. COMPANY, LIMITED) 13 September 2007 (2007-09-13) paragraphs [0007]-[0008], [0024]-[0035], fig. 1-2	1-6, 8-10, 12-17
Y	JP 2020-200845 A (SOKEN INCORPORATED) 17 December 2020 (2020-12-17) paragraphs [0027]-[0032], fig. 1-4	1-6, 8-10, 12-17
A	paragraphs [0027]-[0032], fig. 1-4	7
Y	WO 02/076813 A1 (SUNSTAR GIKEN KABUSHIKI KAISHA) 03 October 2002 (2002-10-03) page 13, line 26 to page 15, line 6, fig. 6	1-6, 8-10, 12-17
A	page 13, line 26 to page 15, line 6, fig. 6	11
Y	JP 2011-236629 A (SANWA KIZAI COMPANY, LIMITED) 24 November 2011 (2011-11-24) paragraph [0037], fig. 4	2-3
Y	JP 2017-83311 A (RICOH COMPANY, LIMITED) 18 May 2017 (2017-05-18) paragraphs [0022]-[0025], fig. 2-5	4-6, 8

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ 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	Date of mailing of the international search report
19 October 2021	**09 November 2021**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-15518 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND. COMPANY, LIMITED) 20 January 1992 (1992-01-20) page 4, upper right column, line 19 to lower left column, line 4, fig. 2	4, 9-10, 12
Y	JP 2011-240488 A (PANASONIC ELECTRIC WORKS POWER TOOLS COMPANY, LIMITED) 01 December 2011 (2011-12-01) paragraphs [0021]-[0029], fig. 2-7	13
Y	WO 2018/159032 A1 (SONY CORPORATION) 07 September 2018 (2018-09-07) paragraphs [0020], [0043], fig. 1	17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/034641

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2007-231996 A	13 September 2007	US 2007/0199405 A1 paragraphs [0033]-[0044], fig. 1-2 DE 102007009868 A1	
JP 2020-200845 A	17 December 2020	(Family: none)	
WO 02/076813 A1	03 October 2002	(Family: none)	
JP 2011-236629 A	24 November 2011	(Family: none)	
JP 2017-83311 A	18 May 2017	US 2017/0126905 A1 paragraphs [0046]-[0051], fig. 2-5	
JP 4-15518 A	20 January 1992	(Family: none)	
JP 2011-240488 A	01 December 2011	(Family: none)	
WO 2018/159032 A1	07 September 2018	US 2020/0235636 A1 paragraphs [0033], [0067], fig. 1 CN 110383648 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/034641

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

F16H 1/32(2006.01)i
FI: F16H1/32 B

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））

F16H1/32

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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 2007-231996 A (株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ) 13.09.2007 (2007-09-13) 段落【0007】-【0008】, 【0024】-【0035】, 図1-2	1-6,8-10,12-17
Y	JP 2020-200845 A (株式会社ＳＯＫＥＮ) 17.12.2020 (2020-12-17) 段落【0027】-【0032】, 図1-4	1-6,8-10,12-17
A	段落【0027】-【0032】, 図1-4	7
Y	WO 02/076813 A1 (SUNSTAR GIKEN KABUSHIKI KAISHA) 03.10.2002 (2002-10-03) 第13ページ第26行-第15ページ第6行, 図6	1-6,8-10,12-17
A	第13ページ第26行-第15ページ第6行, 図6	11
Y	JP 2011-236629 A (三和機材株式会社) 24.11.2011 (2011-11-24) 段落【0037】, 図4	2-3
Y	JP 2017-83311 A (株式会社リコー) 18.05.2017 (2017-05-18) 段落【0022】-【0025】, 図2-5	4-6,8
Y	JP 4-15518 A (松下電器産業株式会社) 20.01.1992 (1992-01-20) 第4ページ右上欄第19行-左下欄第4行, 第2図	4,9-10,12

☑ 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の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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
19.10.2021	09.11.2021

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

増岡　亘 3J 2554

電話番号 03-3581-1101 内線 3328

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 2011-240488 A（パナソニック電工パワーツール株式会社）01.12.2011（2011-12-01） 段落【0021】-【0029】,図2-7	13
Y	WO 2018/159032 A1（ソニー株式会社）07.09.2018（2018-09-07） 段落【0020】,【0043】,図1	17

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/034641

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2007-231996 A	13.09.2007	US 2007/0199405 A1 段落[0033]-[0044],図1-2 DE 102007009868 A1	
JP 2020-200845 A	17.12.2020	（ファミリーなし）	
WO 02/076813 A1	03.10.2002	（ファミリーなし）	
JP 2011-236629 A	24.11.2011	（ファミリーなし）	
JP 2017-83311 A	18.05.2017	US 2017/0126905 A1 段落[0046]-[0051],図2-5	
JP 4-15518 A	20.01.1992	（ファミリーなし）	
JP 2011-240488 A	01.12.2011	（ファミリーなし）	
WO 2018/159032 A1	07.09.2018	US 2020/0235636 A1 段落[0033],[0067]図1 CN 110383648 A	