

(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  
2020年4月2日(02.04.2020)



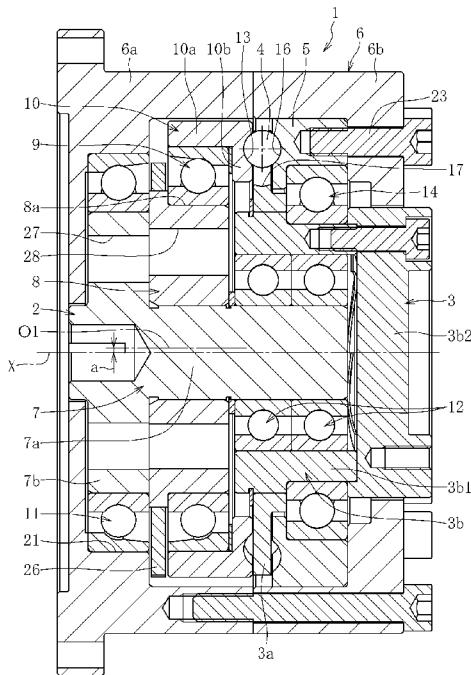
(10) 国際公開番号

WO 2020/067160 A1

- (51) 国際特許分類:  
*F16H 25/06* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/037606
- (22) 国際出願日: 2019年9月25日(25.09.2019)
- (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 2018-183654 2018年9月28日(28.09.2018) JP  
特願 2018-183660 2018年9月28日(28.09.2018) JP
- (71) 出願人: N T N株式会社(NTN CORPORATION)  
[JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀  
1丁目3番17号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 井木 泰介(IGI Taisuke); 〒4388510 静  
岡県警田市東貝塚1578番地 N T  
N株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 城村 邦彦, 外(SHIROMURA Kunihiko  
et al.); 〒5410059 大阪府大阪市中央区博労町4  
丁目2番15号 江原特許事務所 Osaka (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, JO, 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,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, 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,

(54) Title: REDUCTION GEAR

(54) 発明の名称: 減速装置



(57) Abstract: This reduction gear 1 is provided with: an input rotation unit 2; an output rotation unit 3 arranged coaxially with the input rotation unit 2; a fixed member 5; a first rolling element engagement groove 13 which is formed in the input rotation unit 2 and which is provided along a circle of which the center of curvature O1 is eccentric from the rotation center X of the input rotation unit; a second rolling element engagement groove 16 which is formed in the fixed member 5 and which is provided along a wave curve that intersects alternately with a pitch circle of which the center of curvature is on a straight line that includes the rotation center X; multiple balls 4 which engage with the first rolling element engagement groove 13 and the second rolling element engagement groove 16 facing each other in the axial direction; and multiple pockets 17 which are formed in the output rotation unit 3 and which, between the first rolling element engagement groove 13 and the second rolling element engagement groove 16 in the axial direction, hold the multiple balls 4 in the circumferential direction in a state capable of moving in the radial direction.



WO 2020/067160 A1

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)）

---

(57) 要約：減速装置 1 は、入力回転部 2 と、入力回転部 2 と同軸に配された出力回転部 3 と、固定部材 5 と、入力回転部 2 に形成され、入力回転部の回転中心 X から偏心した曲率中心 O 1 を有する円に沿って設けられた第 1 の転動体係合溝 1 3 と、固定部材 5 に形成され、回転中心 X を含む直線上に曲率中心を有するピッチ円に対して交互に交差する波形曲線に沿って設けられた第 2 の転動体係合溝 1 6 と、軸方向に対向する第 1 の転動体係合溝 1 3 と第 2 の転動体係合溝 1 6 に係合する複数のボール 4 と、出力回転部 3 に形成され、第 1 の転動体係合溝 1 3 と第 2 の転動体係合溝 1 6 との軸方向間で、複数のボール 4 を半径方向に移動可能な状態で周方向に保持する複数のポケット 1 7 とを備える。

## 明 細 書

発明の名称：減速装置

技術分野

[0001] 本発明は減速装置に関する。

背景技術

[0002] 例えば特許文献1には、図10に示すように、ボール係合溝111が形成された入力板110及びボール係合溝121が形成された出力板120を軸方向に対向させて配置し、両ボール係合溝111、121に係合させたボール130を介して、入力板110から出力板120に回転トルクを伝達する減速装置が示されている。

[0003] 具体的に、この減速装置は、共通の回転中心X周りに回転自在に設けられた入力板110及び出力板120と、これらの間に介在した複数のボール130と、ハウジング160に固定された保持器140とを備える。入力板110に設けられた第1のボール係合溝111は円形に形成され、出力板120に設けられた第2のボール係合溝121は波形に形成される（図11参照）。入力板110は、入力軸170の外周に偏心カム180を介して取り付けられ、これにより、円形の第1のボール係合溝111の曲率中心O1は、回転中心Xから偏心量aだけ偏心している。入力軸170が回転すると、入力板110が回転中心X周りに振れ回り半径aで公転し、これに伴って第1のボール係合溝111に係合したボール130が、保持器140に設けられたポケット141内で半径方向に往復動する。このボール130と波形の第2のボール係合溝121との接触力の回転方向の分力により、出力板120が回転する。

[0004] 例えば、入力軸170の回転に伴って、入力板110の中心線O1が図11に示す位置から矢印方向に公転すると、回転中心Xよりも上方に位置するボール130（A）が波形の第2のボール係合溝121の外径側部分に押しつけられ、回転中心Xよりも下方に位置するボール130（B）が波形の第

2のボール係合溝121の内径側部分に押しつけられる。このときのボール130から第2のボール係合溝121に付与される接触力の回転方向の分力F（矢印参照）により、出力板120が回転する。このように、上記の減速装置では、複数のボール130のうち、回転中心Xよりも上側のボール130（A）のみでなく、回転中心Xよりも下側のボール130（B）もトルク伝達に寄与するため、負荷容量の増大や振動軽減を図ることができる。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2018-021602号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、上記の減速装置では、図12に示すように、ボール130と各ボール係合溝111、121とがアキシャル方向に対して傾斜した角度で接触するため、入力板110及び出力板120がボール130から受ける接触力 $F_3'$ 、 $F_4'$ （ボール130に加わる接触力 $F_3$ 、 $F_4$ の反力）は、ラジアル方向成分 $F_3a'$ 、 $F_4a'$ 及びアキシャル方向成分 $F_3b'$ 、 $F_4b'$ を有する。このため、入力板110を支持する軸受151、152及び出力板120を支持する軸受153、154には、ラジアル・アキシャル両方向の荷重を受けられるものを使用する必要がある。このような軸受としては、深溝玉軸受やアンギュラ玉軸受が一般的であるが、これらの軸受は、ラジアル方向の許容不可と比べてアキシャル方向の許容不可が小さいため、ラジアル・アキシャル両方向の荷重に耐え得るものを選定しようとする、軸受サイズが大きくなり、結果として減速装置全体のサイズが大きくなってしまふ。また、ラジアル・アキシャル両方向の荷重が作用する環境下で軸受を使用すると、軸受内部におけるトルク損失が大きくなり、結果として減速装置全体の伝達効率が低下してしまふ。

[0007] 以上の事情から、本発明は、転動体を介して軸方向に回転トルクを伝達す

る減速装置において、装置全体の小型化を図ると共に、回転トルクの伝達効率の向上を図ることを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0008] 前記課題を解決するために、本発明は、入力回転部と、前記入力回転部と同軸に配された出力回転部と、固定部材と、前記入力回転部に形成され、前記入力回転部及び前記出力回転部の回転中心から偏心した曲率中心を有する円に沿って設けられた第1の転動体係合溝と、前記固定部材に形成され、前記回転中心上に曲率中心を有するピッチ円に対して交互に交差する波形曲線に沿って設けられた第2の転動体係合溝と、軸方向に対向する前記第1の転動体係合溝と前記第2の転動体係合溝に係合する複数の転動体と、前記出力回転部に形成され、前記第1の転動体係合溝と前記第2の転動体係合溝との軸方向間で複数の転動体を周方向に保持する複数のポケットとを備えた減速装置を提供する。

[0009] このように、第2の転動体係合溝を固定部材に形成することにより、転動体と第2の転動体係合溝との間に発生する接触力を固定部材で支持することができるため、この接触力を支持するための軸受が不要となる。また、上記の減速装置では、入力回転部の回転に伴って、第1の転動体係合溝が偏心回転しながら転動体に係合することにより、転動体が、固定部材に形成された波形の第2の転動体係合溝に沿って移動する。この転動体が、出力回転部に設けられたポケットに周方向で係合することで、出力回転部を回転させる。このとき、転動体とポケットの周壁との間には周方向（回転方向）の接触力のみが生じるため、ポケットが設けられた出力回転部にはアキシャル方向の荷重は加わらない。これにより、出力回転部を支持する軸受は、ラジアル荷重のみを支持するもので足りるため、この軸受に加わる負荷が軽減されて、例えば図10に示す従来の減速装置における出力回転部（出力板120）を支持する軸受153、154と比べて軸受サイズを縮小することができると共に、軸受内部におけるトルク損失を低減することができる。

[0010] 両転動体係合溝に係合して軸方向にトルクを伝達する転動体としては、ポ

ール又はローラを使用することができる。特に、転動体として、筒状の外周面を有するローラ（例えば、円筒ころ）を使用すれば、ローラの外周面と各転動体係合溝の側壁との間にアキシャル方向の荷重はほとんど生じない。このため、各転動体係合溝から上記の接触力を受ける入力回転部及び出力回転部を支持する軸受は、ラジアル荷重のみを支持するもので足りるため、耐久力を維持しつつ小型化することができる。また、軸受に加わる荷重がラジアル方向に限定されることで、軸受内部におけるトルク損失を低減することができる。

[0011] 転動体としてローラを用いる場合、ローラの外周面と、前記第1の転動体係合溝、前記第2の転動体係合溝、及び前記ポケットとの接触部のうちの少なくとも一箇所に、摩擦低減部材（例えば、ニードル軸受又は滑り軸受）を設けることが好ましい。このように、ローラと各部材（入力回転部、出力回転部、又は固定部材）とを摩擦低減部材を介して接触させることで、これらを直接接触させる場合と比べて、接触部の摩擦損失が大幅に低減されるため、トルクの伝達効率がさらに高められる。

[0012] また、前記課題を解決するために、本発明は、入力回転部に入力された回転を、同軸に配された出力回転部に所定の変速比で伝達する動力伝達装置であって、軸方向両側の側面に第1の転動体係合溝を有する第1部材と、前記第1部材の軸方向両側に設けられ、それぞれ第2の転動体係合溝を有する一対の第2部材と、前記第1部材と前記一対の第2部材との軸方向間にそれぞれ設けられ、軸方向に対向する前記第1の転動体係合溝と前記第2の転動体係合溝に係合する複数のボールと、前記第1部材と前記一対の第2部材との軸方向間にそれぞれ設けられ、前記複数のボールを周方向に保持する複数のポケットを有する一対の第3部材とを備え、前記第1の転動体係合溝と前記第2の転動体係合溝のうち的一方が、前記入力回転部及び前記出力回転部の回転中心から偏心した曲率中心を有する円に沿って形成され、前記第1の転動体係合溝と前記第2の転動体係合溝のうち他方が、前記回転中心上に曲率中心を有するピッチ円に対して交互に交差する波状曲線に沿って形成され

、前記第1部材、前記一对の第2部材、及び前記一对の第3部材のうちの何れかが前記入力回転部に設けられ、前記第1部材、前記一对の第2部材、及び前記一对の第3部材のうちの他の何れかが前記出力回転部に設けられた動力伝達装置を提供する。

[0013] このように、本発明の動力伝達装置では、軸方向両側の側面に第1の転動体係合溝が形成された第1部材を中心として、第2の転動体係合溝を有する一对の第2部材、ポケットを有する一对の第3部材、及び複数のボールをそれぞれ軸方向対称に配置する。これにより、第1部材には、軸方向両側からボールとの接触力が加わるため、これらの接触力のアキシャル成分が相殺される。これにより、第1部材にアキシャル方向の負荷が加わらないため、第1部材を支持する軸受等の支持部に加わる負荷が軽減され、この支持部を小型化することができる。

[0014] 上記の動力伝達装置が第1部材を回転可能に支持する軸受を有する場合、この第1部材を回転自在に支持する軸受は、ラジアル荷重のみを支持するもので足りるため、耐久力を維持しつつ小型化することができる。また、軸受に加わる荷重の方向が限定されることで、軸受内部におけるトルク損失を低減することができる。

[0015] 上記の動力伝達装置は、例えば、第1部材を入力回転部に設け、一对の第3部材を出力回転部に設け、一对の第2部材を固定部材とすることができる。このように、第2部材を固定部材とすることで、ボールと第2の転動体係合溝との間に発生する接触力を固定部材で支持することができるため、この接触力を支持するための大型の軸受が不要となる。また、第3部材を出力回転部に設けることで、ボールと出力回転部（第3部材）のポケットとの間に周方向（回転方向）の接触力のみが生じるため、第3部材を支持する軸受に加わる負荷が軽減されて、軸受サイズを縮小できると共に、軸受内部におけるトルク損失を低減することができる。この場合、出力回転部に設けられた一对の第3部材を一体に回転可能とすれば、入力回転部に設けられた第1部材から軸方向両側のボールに分かれて伝達された動力を、再び合

成して出力することができる。

[0016] 上記の動力伝達装置では、第2部材や第3部材がそれぞれ一対ずつ設けられるため、部品数が増えることによるコスト増が懸念される。そこで、一対の第2部材や一対の第3部材をそれぞれ同一形状とすれば、部品を共有することで各部材の製作コストを低減できるため、部品数増によるコスト増を抑えることができる。

### 発明の効果

[0017] 以上のように、波形の第2の転動体係合溝を有する部材を固定部材とすることで、第2の転動体係合溝と転動体との接触力を支持する軸受が不要となる。また、ポケットを有する部材を出力回転部とすることで、出力回転部を支持する軸受を小型化して減速装置全体を小型化すると共に、軸受内部のトルク損失を低減してトルク伝達効率を高めることができる。

### 図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の第1の実施形態に係る減速装置の断面図である。  
[図2]入力部材を出力側（図1の右側）から見た正面図である。  
[図3]出力部材を入力側（図2の左側）から見た正面図である。  
[図4]保持器の正面図である。  
[図5]図4のV部の拡大図である。  
[図6]入力部材、出力部材、固定部材、及びローラを模式的に示す分解斜視図である。  
[図7]ボールに加わる接触力を示す正面図である。  
[図8]他の実施形態に係る減速装置の断面図である。  
[図9]さらに他の実施形態に係る減速装置の断面図である。  
[図10]従来の減速装置の断面図である。  
[図11]図10の減速装置の出力板及びボールの正面図である。  
[図12]図10の減速装置の拡大図である。  
[図13]本発明の第2の実施形態に係る減速装置の断面図である。  
[図14]入力部材（第1部材）の正面図である。



[図15]固定部材（第2部材）の正面図である。

[図16]出力部材（第3部材）の正面図である。

[図17]図16のV部の拡大図である。

[図18]入力部材、出力部材、固定部材、及びボールを模式的に示す分解斜視図である。

[図19]ボールに加わる接触力を示す正面図である。

[図20]図13の減速装置の拡大図である。

### 発明を実施するための形態

- [0019] 以下、本発明の第1の実施の形態を図1～9に基づいて説明する。
- [0020] 本発明の一実施形態に係る減速装置1は、図1に示すように、入力回転部2と、出力回転部3と、転動体としてのボール4と、固定部材5と、これらを収容するハウジング6とを主に備える。図示例では、ハウジング6が、入力側（図1では左側）に設けられた第1ハウジング部材6aと、出力側（図1では右側）に設けられた第2ハウジング部材6bとで構成される。入力回転部2と出力回転部3とは同軸に配置され、共通の回転中心Xを有する。固定部材5は、ハウジング6に固定されている。
- [0021] 入力回転部2は、入力軸7、偏心カム8、転がり軸受9および入力部材10を有する。入力軸7は、軸部7aと、軸部7aの入力側端部（図1では左端）付近に設けられたフランジ部7bとを有する。入力軸7は、ハウジング6に対して回転中心X周りに回転自在とされる。本実施形態では、フランジ部7bの外周面とハウジング6の第1ハウジング部材6aの内周面21との間に装着された転がり軸受11と、軸部7aの外周面と出力回転部3の内周面との間に装着された転がり軸受12とによって、入力軸7がハウジング6に対して回転自在に支持されている。偏心カム8は入力軸7の軸部7aの外周面に嵌合固定されている。偏心カム8の円筒形外周面8aの中心線O1は、回転中心Xに対して偏心量aだけ半径方向に偏心している。
- [0022] 入力部材10は、環状に形成され、図示例では、円筒部10aと、円筒部10aの出力側端部から内径向きに延びる円盤部10bとを有する。偏心力

ム8の円筒形外周面8aの中心線O1は、入力部材10の円筒部10a及び円盤部10bの中心線でもある。偏心カム8の円筒形外周面8aと入力部材10の円筒部10aの内周面との間には、転がり軸受9が装着される。これにより、入力部材10が偏心カム8に対して相対回転自在とされる。

[0023] 入力軸7のフランジ部7b及び偏心カム8には、軽量化のための軸方向の貫通穴27, 28が周方向複数箇所形成されている。また、入力回転部2には、偏心カム8を介して振れ回る軸受9及び入力部材10の回転時の重量バランスを改善するために、バランス26が設けられる。バランス26の重心は、回転中心Xに対して、入力部材10の中心線O1の偏心方向と180°位相が異なる方向に偏心して設けられる。図示例では、バランス26が偏心カム8の外周面に固定され、軸受9と軸受11の軸方向間に配置される。

[0024] 固定部材5は、環状を成し、ボルト23等の適宜の手段によりハウジング6の第2ハウジング部材6bに固定される。入力部材10と固定部材5とは、所定の間隔で軸方向に並べて配置される。入力部材10及び固定部材5の互いに軸方向で対向する側面には、それぞれ第1の転動体係合溝13及び第2の転動体係合溝16が形成される。

[0025] 図2に示すように、入力部材10の円盤部10bに形成された第1の転動体係合溝13の軌道中心線L1は、半径rの円形に形成される。第1の転動体係合溝13の軌道中心線L1の曲率中心は、偏心カム8の円筒形外周面8aおよび入力部材10の中心線O1と一致する。すなわち、軌道中心線L1の曲率中心（すなわち中心線O1）は、入力回転部2の回転中心Xに対して偏心量aだけ偏心している。この第1の転動体係合溝13と係合することにより、各ボール4が、周方向（軌道中心線L1に沿う方向）に移動可能な状態で所定の半径方向位置に保持される。尚、第1の転動体係合溝13の軌道中心線L1とは、第1の転動体係合溝13に沿ってボール4を移動させたときのボール4の中心の軌跡を意味する。

[0026] 図3に示すように、固定部材5に形成された第2の転動体係合溝16の軌道中心線L2は、回転中心Xを中心とした基準ピッチ円Cに対して一定のピ

ッチで交互に交差する波状曲線で形成される。すなわち、第2の転動体係合溝16は、回転中心Xとの距離Rが基準ピッチ円半径PCRに対して増減変動する波状曲線で形成される。本実施形態では、軌道中心線L2の波状曲線に、回転中心Xとの距離Rが基準ピッチ円半径PCRより大きい山部が10個、回転中心Xとの距離Rが基準ピッチ円半径PCRより小さい谷部が10個設けられる。尚、第2の転動体係合溝16の軌道中心線とは、第2の転動体係合溝16に沿ってボール4を移動させたときのボール4の中心の軌跡を意味する。

[0027] 図1に示すように、出力回転部3は、出力部材として機能する円盤部3aと、出力軸として機能する軸部3bとを備える。図示例では、円盤部3aと軸部3bとが別体に形成される。また、軸部3bが、円筒部3b1と、円筒部3b1の開口部を閉塞する蓋部3b2とを別体に有する。蓋部3b2には、減速された回転を伝達すべき他の部材が連結される連結部が設けられる。出力回転部3は、ハウジング6に対して回転中心X周りに回転自在とされる。本実施形態では、軸部3bの円筒部3b1の外周面と固定部材5の内周面との間に装着された転がり軸受14と、軸部3bの円筒部3b1の内周面と入力軸7の軸部7aの外周面との間に装着された転がり軸受12とにより、出力回転部3がハウジング6に対して回転自在に支持されている。図示例では、2個の転がり軸受12が軸方向に並べて配置される。

[0028] 出力回転部3の円盤部3aは、ボール4を保持する複数のポケット17を有する。本実施形態では、図4に示すように、ポケット17が、両回転部材2, 3の回転中心Xを中心に径方向に放射状に延びる長穴で形成されている。図示例では、各ポケット17が円盤部3aの外周面に開口している。ポケット17は、周方向に等間隔に形成され、各ポケット17にボール4が1個ずつ配置されている。ポケット17の個数（すなわちボール4の個数）は、軌道中心線L2の波状曲線の山部又は谷部の個数（10個）より1個多い11個である。図5に示すように、ボール4は、各ポケット17内で、基準ピッチ円Cを中心として半径方向に所定量mの範囲で移動することができる。

本実施形態では、各ポケット17の周壁に、周方向に対向する一对の平行な平坦面17aが設けられ、この平坦面17aの周方向間隔が、ボール4の外径と略同等（僅かに大径）とされる。これにより、各ボール4が、各ポケット17により、半径方向移動可能な状態で所定の周方向位置に保持される。

[0029] 図6に示すように、入力回転部2と出力回転部3とは共通の回転中心Xを有し、この回転中心X上に固定部材5の軸心が配置されている。入力部材10に形成された第1の転動体係合溝13の軌道中心線L1の曲率中心O1は、回転中心Xに対して偏心量aだけ偏心している。出力回転部3の各ポケット17内に配置されたボール4が、ポケット17から入力側（図中左側）及び出力側（図中右側）に突出した状態となり、この突出部分が入力部材10の第1の転動体係合溝13及び固定部材5の第2の転動体係合溝16に係合する。尚、図6では、各部材を模式的に示しており、例えば、ポケット17を、出力回転部3の円盤部3aの外周面に開口していない長穴で表している。

[0030] 本実施形態の減速装置1では、第2の転動体係合溝16の軌道中心線L2の山部の個数が10個（谷部の個数も同様に10個）で、ボール4の個数が11個であるので、次式により求められる減速比*i*は1/11となる。

$$\text{減速比 } i = (\text{ボール個数} - \text{山部の個数}) / \text{ボールの個数}$$

なお、山部の個数はボールの個数±1とされ、減速比*i*がマイナスの値となる場合は、入力回転部2の回転方向に対して出力回転部3の回転方向が逆であることを意味する。

[0031] 第2の転動体係合溝16の軌道中心線L2の形状は、入力回転部2から出力回転部3に減速された回転運動が同期回転で伝達されるように設定される。具体的に、減速装置1の減速比を*i*としたとき、入力軸7の回転角θにおいて、出力回転部3が回転角*i*θの状態、第1の転動体係合溝13に係合したボール4が第2の転動体係合溝16に係合してトルクを伝達するように、第2の転動体係合溝16の形状が設定される。詳しくは、入力回転部2及び出力回転部3の回転中心Xと第2の転動体係合溝16の軌道中心線L2と

の距離Rが下記の式（1）を満たすように、第2の転動体係合溝16の形状が設定される。

$$R = a \cdot \cos(\phi / i) + \sqrt{\{r^2 - (a \cdot \sin(\phi / i))^2\}} \cdot \cdot \cdot \quad (1)$$

但し、

R：回転中心Xと第2の転動体係合溝16の軌道中心線L2との距離

a：回転中心Xに対する第1の転動体係合溝13の軌道中心線L1の中心O1の偏心量

i：減速比

$\phi$ ：出力回転部3の回転角

r：第1の転動体係合溝13の軌道中心線L1の半径

[0032] 入力部材10、出力部材（出力回転部3の円盤部3a）、及び固定部材5のうち、少なくともボール4と接触する第1の転動体係合溝13の側壁、第2の転動体係合溝16の側壁、及びポケット17の周壁は、ボール4との表面硬度差による摩耗を低減するために、ボール4の表面と同程度の表面硬度を付与することが好ましい。例えば、第1の転動体係合溝13の側壁、第2の転動体係合溝16の側壁、及びポケット17の周壁の表面硬度を、HRC50～60の範囲内とすることが好ましい。具体的には、入力部材10、出力部材、及び固定部材5を、S45CやS50Cなどの機械構造用炭素鋼や、SCM415やSCM420などの機械構造用合金鋼を用いて形成し、これに全体熱処理又は浸炭熱処理を行うことで、上記の表面硬度を得ることができる。あるいは、上記の各部材を、SUJ2などの軸受鋼を用いて形成し、これに全体熱処理又は高周波熱処理を行うことでも、上記の表面硬度を得ることができる。

[0033] 次に、本実施形態の減速装置1の動作を要約して説明する。図1に示す入力回転部2の入力軸7を回転させると、入力部材10が、回転中心Xを中心に振れ回り半径aで公転運動を行う。その際、入力部材10は、入力軸7に設けられた偏心カム8に対して回転自在であるので、自転運動をほとんど行

わない。これにより、第1の転動体係合溝13とボール4との間の相対的な摩擦量が低減され、回転トルクの伝達効率が高められる。

[0034] 入力部材10が公転運動を行うと、円形の第1の転動体係合溝13に係合する各ボール4が、固定部材5に形成された第2の転動体係合溝16に沿って移動する。詳しくは、入力部材10の中心線O1が図4に示す位置から矢印方向に公転すると、図7に示すように、入力部材10に形成された第1の転動体係合溝13がボール4に係合して、ボール4に略上向きの接触力F1が作用する。このボール4が、第2の転動体係合溝16と係合することで、第2の転動体係合溝16にボール4との接触力F2'が作用すると同時に、ボール4に、第2の転動体係合溝16との接触による接触力F2が作用する。この接触力F2の周方向成分F2aにより、ボール4が第2の転動体係合溝16に沿って周方向に移動する。このボール4が、出力回転部3のポケット17と周方向に係合し、これにより生じる接触力F3'が、出力回転部3を入力軸7と同方向に回転させる力として作用する（図4参照）。

[0035] 出力回転部3を回転させる力（すなわち、ボール4から出力回転部3のポケット17に作用する接触力F3' ≒ ボール4が第2の転動体係合溝16から受ける接触力F2の周方向成分F2a）は、ボール4と波形の第2の転動体係合溝16との接触状態によって変化するため、各々のボール4の位置によって大きさが異なる（図4参照）。ボール4は、入力回転部2及び出力回転部3の回転中心Xを中心として配置されているため、出力回転部3を回転させる力は、回転中心Xを中心に分布される。具体的に、波形の第2の転動体係合溝16のうち、山部の頂部と谷部の頂部との中央付近（回転中心Xを中心としたピッチ円に対する傾斜角度が大きい部位）に接触する図中上下両端のボール4は、出力回転部3を回転させる力が大きく、波形の第2の転動体係合溝16の山部の頂部又は谷部の頂部付近（回転中心Xを中心としたピッチ円に対する傾斜角度が小さい部位）に接触する図中左右両端のボール4は、出力回転部3を回転させる力が小さい。

[0036] 上記の減速装置1では、ボール4と第2の転動体係合溝16との接触力F

2' は、ハウジング6に固定された固定部材5で支持されるため、この接触力 $F_{2'}$ を支持する大型の軸受が不要となる。また、ボール4が、半径方向に往復動しながらポケット17と回転方向で係合することで、ボール4から出力回転部3に回転方向の接触力 $F_{3'}$ のみが加わる。このように、接触力 $F_{3'}$ の方向が回転方向に限定されることで、出力回転部3を支持する軸受12, 14を小型化し、ひいては減速装置1の小型化が図られると共に、軸受内部におけるトルク損失が低減され、減速装置1のトルク伝達効率が高められる。

[0037] 上記のように、トルク伝達時には、出力回転部3の円盤部3aのうち、ポケット17間に設けられた柱部に、ボール4との接触による周方向の接触力 $F_{3'}$ が加わる。従って、円盤部3aのポケット17間に設けられた柱部が、ボール4から受ける接触力 $F_{3'}$ により損傷することが懸念される。特に、減速比を大きくするためにポケット17の数（すなわちボール4の数）を多くすると、ポケット17間の柱部の周方向幅が細くなるため、ボール4との接触力 $F_{3'}$ により柱部が損傷する懸念が高まる。

[0038] この点に関し、本実施形態では、図4に示すように、回転中心Xよりも上側のボール4だけでなく、回転中心Xよりも下側のボール4にもポケット17との接触力 $F_{3'}$ が作用し、トルク伝達に寄与する。このため、例えば回転中心Xよりも上側のボール4だけでトルク伝達を行う場合と比べて、各ボール4から円盤部3aに加わる接触力 $F_{3'}$ が分散されるため、円盤部3aの各柱部に加わる荷重が軽減される。また、本実施形態では、上述のように、円盤部3aの材料選択や熱処理により、ポケット17の周壁の表面硬度をHRC50以上まで高めている。以上により、出力回転部3の円盤部3aのポケット17間の柱部の耐久性が高められ、あるいは、柱部の耐久性を維持しながら負荷容量を高めることができる。

[0039] こうして、入力回転部2の入力軸7に入力された回転が、ボール4を介して出力回転部3に伝達される。その際、入力回転部2及び出力回転部3の回転中心Xと第2の転動体係合溝16の軌道中心線L2との距離Rが上記の式

(1) を満たすように、第2の転動体係合溝16の軌道中心線L2が設計されていることで、出力回転部3は入力軸7に対して減速された回転数で常に同期して回転する。

[0040] 本発明の実施形態は上記に限られない。以下、本発明の他の実施形態を説明するが、上記の実施形態と同様の点については説明を省略する。

[0041] 図8に示す実施形態では、両転動体係合溝13、16に係合する転動体として、筒状の外周面を有するローラ25を使用している。図示例では、ローラ25として円筒ころを使用している。入力軸7が回転すると、ローラ25の外周面が両転動体係合溝13、16の外径側あるいは内径側の側壁と接触しながら、ローラ25を介して出力回転部3に回転が伝達される。ローラ25の軸方向両端面と両転動体係合溝13、16の底面とは、接触させてもよいし、これらの間に軸方向隙間を設けてもよい。

[0042] この実施形態では、ローラ25の外周面と各転動体係合溝13、16と間に生じる接触力の方向が、アキシャル方向と直交する方向となる。これにより、入力部材10を支持する軸受9や、入力軸7を支持する軸受11、12（図1参照）に加わる荷重の方向が限定されるため、ラジアル・アキシャル両方向の荷重が加わる場合と比べて、耐久性を維持しつつ軸受を小型化でき、ひいては減速装置1全体をさらに小型化することができる。また、軸受9、11、12に加わる荷重がラジアル方向に限定されることで、これらの軸受の内部におけるトルク損失が小さくなるため、回転トルクの伝達効率がさらに高められる。

[0043] 尚、ローラ25は、円筒ころに限らず、例えば外周面の軸方向中央が若干大径となった樽型ころや、外周面がテーパ状の円すいころを用いてもよい。これらの場合、ローラ25を介して入力回転部2に若干のアキシャル荷重が加わるが、その大きさは転動体としてボールを用いる場合よりも小さいため、入力回転部2を支持する軸受を小型化する効果を得ることができる。

[0044] 上記のように転動体としてローラ25を用いる場合、図9に示すように、ローラ25の外周面と、第1の転動体係合溝13、第2の転動体係合溝16



、及びポケット17との接触部に摩擦低減部材30を設けてもよい。摩擦低減部材30としては、例えばニードル軸受や滑り軸受（例えば焼結含油軸受）を使用することができる。このように、ローラ25と、第1の転動体係合溝13、第2の転動体係合溝16、及びポケット17とが摩擦低減部材30を介して接触することで、各接触部における摩擦損失が大幅に低減されるため、トルクの伝達効率が向上する。

[0045] 尚、上記のように、ローラ25と、第1の転動体係合溝13、第2の転動体係合溝16、及びポケット17の3要素の全てとの接触部に摩擦低減部材30（ニードル軸受あるいは滑り軸受）を設けることが最も効果的であるが、ローラ25と上記の3要素のうちの少なくとも1要素との接触部に摩擦低減部材30を設ければ、摩擦損失の低減によるトルクの伝達効率の向上効果が得られる。特に、ローラ25と、上記の3要素のうちの少なくとも2要素との接触部に摩擦低減部材30を設ければ、残りの1要素との接触が転がり接触となるため、トルクの伝達効率の向上効果が高まる。

[0046] また、上記の実施形態では、第1の転動体係合溝13が全周で連続している場合を示したが、これに限らず、第1の転動体係合溝13を、例えば、中心線01を中心とした円に沿って形成された複数（例えば転動体と同数）の円弧状の溝で構成してもよい。

[0047] また、上記の実施形態では、入力部材10は、入力軸7に設けられた偏心カム8に対して回転自在としたが、入力部材10と入力軸7とを一体に回転する構成としてもよい。また、上記の実施形態では、入力軸7に別体の偏心カム8を嵌合させた構成を例示したが、これに限られず、入力軸7と偏心カム8とを一体品としてもよい。また、上記の実施形態では、出力回転部3の円盤部3a、軸部3bの円筒部3b1及び蓋部3b2を、製造上の都合により別体に形成しているが、これに限らず、例えば円盤部3aと軸部3bの円筒部3b1とを一体品としてもよい。

[0048] 上記実施形態では、減速比*i*の大きさが1/11の減速装置1に本発明を適用した場合を例示したが、これに限らず、本発明は、例えば1/5～1/

50の範囲内の任意の大きさの減速比を有する減速装置に好適に適用することができる。この場合は、減速比 $i$ に応じて、転動体係合溝の軌道中心線の波状曲線の山部／谷部の数や、固定部材のポケットおよびローラを適宜設定すればよい。

[0049] 以下、本発明の第2の実施の形態を図13～20に基づいて説明する。

[0050] 本発明の一実施形態に係る動力伝達装置としての減速装置1は、図1に示すように、入力回転部2と、出力回転部3と、転動体としてのボール4と、固定部材5と、これらを収容するハウジング6とを主に備える。図示例では、ハウジング6が、入力側（図1では左側）に設けられた第1ハウジング部材6aと、出力側（図1では右側）に設けられた第2ハウジング部材6bとで構成される。両ハウジング部材6a、6bは、ボルト23等の適宜の手段により固定される。入力回転部2と出力回転部3とは同軸に配置され、共通の回転中心Xを有する。固定部材5は、ハウジング6に固定されている。

[0051] 入力回転部2は、入力軸7、偏心カム部8、転がり軸受9および入力部材10を有する。入力軸7は、ハウジング6に対して回転中心X周りに回転自在とされる。本実施形態では、出力回転部3の内周面との間に装着された複数の転がり軸受11によって、入力軸7がハウジング6に対して回転自在に支持されている。図示例では、偏心カム部8の軸方向両側に、軸受11がそれぞれ2個ずつ設けられる。入力軸7の外周面と第1ハウジング部材6aの内周面との間には、ハウジング6内に充填されたグリース又は油の漏れだしを防止するためのシール部材21が設けられる。偏心カム部8は入力軸7の外周に設けられ、図示例では入力軸7と一体に設けられている。偏心カム部8の円筒形外周面8aの中心線O1は、回転中心Xに対して偏心量 $a$ だけ半径方向に偏心している。入力部材10は略円盤状を成し、入力部材10の中心線は、偏心カム部8の円筒形外周面8aの中心線O1と一致している。偏心カム部8の円筒形外周面8aと入力部材10の内周面との間には、転がり軸受9が装着される。これにより、入力部材10が偏心カム部8に対して相対回転自在とされる。

- [0052] 固定部材 5 は、入力部材 10 の軸方向両側に設けられる。固定部材 5 は環状を成し、図示例では両固定部材 5 が同一材料で同一形状に形成される。各固定部材 5 は、適宜の手段によりハウジング 6 に固定される。図示例では、固定部材 5 のハウジング 6 に対する周方向移動を規制する規制部材 24 が設けられる。規制部材 24 は、各ハウジング部材 6 a, 6 b の内周面及び各固定部材 5 の外周面に設けられたキー溝に装着され、これらと周方向で係合することで、固定部材 5 のハウジング 6 に対する周方向移動を規制している。
- [0053] 入力部材 10 と各固定部材 5 とは、所定の間隔で軸方向に並べて配置される。入力部材 10 の軸方向両側の側面には、それぞれ第 1 の転動体係合溝 13 が形成される。各固定部材 5 には、それぞれ第 1 の転動体係合溝 13 と軸方向で対向する第 2 の転動体係合溝 16 が形成される。すなわち、本実施形態では、第 1 の転動体係合溝 13 を有する第 1 部材が入力部材 10 として入力回転部 2 に設けられ、第 2 の転動体係合溝 16 を有する第 2 部材が固定部材 5 とされる。
- [0054] 図 2 に示すように、入力部材 10 に形成された第 1 の転動体係合溝 13 の軌道中心線 L1 は、半径  $r$  の円形に形成される。第 1 の転動体係合溝 13 の軌道中心線 L1 の曲率中心は、偏心カム部 8 の円筒形外周面 8 a および入力部材 10 の中心線 O1 と一致する。すなわち、軌道中心線 L1 の曲率中心（すなわち中心線 O1）は、入力回転部 2 の回転中心 X に対して偏心量  $a$  だけ偏心している。この第 1 の転動体係合溝 13 と係合することにより、各ボール 4 が、周方向（軌道中心線 L1 に沿う方向）に移動可能な状態で所定の半径方向位置に保持される。尚、第 1 の転動体係合溝 13 の軌道中心線 L1 とは、第 1 の転動体係合溝 13 に沿ってボール 4 を移動させたときのボール 4 の中心の軌跡を意味する。
- [0055] 図 3 に示すように、固定部材 5 に形成された第 2 の転動体係合溝 16 の軌道中心線 L2 は、回転中心 X 上に曲率中心を有する基準ピッチ円 C に対して一定のピッチで交互に交差する波状曲線で形成される。すなわち、第 2 の転動体係合溝 16 は、回転中心 X との距離  $R$  が基準ピッチ円半径  $PCR$  に対し

て増減変動する波状曲線で形成される。本実施形態では、軌道中心線L2の波状曲線に、回転中心Xとの距離Rが基準ピッチ円半径PCRより大きい山部が10個、回転中心Xとの距離Rが基準ピッチ円半径PCRより小さい谷部が10個設けられる。両固定部材5に形成される第2の転動体係合溝16は、同じ形状を有し、且つ同じ位相となるように配される。尚、第2の転動体係合溝16の軌道中心線とは、第2の転動体係合溝16に沿ってボール4を移動させたときのボール4の中心の軌跡を意味する。

[0056] 図1に示すように、出力回転部3は、入力部材10の軸方向一方側（図中左側）に設けられた第1出力部材31と、入力部材10の軸方向他方側（図中右側）に設けられた第2出力部材32と、第1出力部材31と第2出力部材32とを連結する連結部材33とを有する。第1出力部材31は、円筒状の軸部31aと、軸部31aから外径側に延びる円盤部31bとを有する。第2出力部材32は、出力軸として機能する軸部32aと、軸部32aから外径側に延びる円盤部32bとを有する。第2出力部材32の軸部32aは、円筒部32a1と、円筒部32a1の開口部を閉塞する蓋部32a2とを有する。蓋部32a2には、減速された回転を伝達すべき他の部材を連結するための連結部が設けられる。図示例では、第1出力部材31の軸部31a及び円盤部31bが一体成形され、第2出力部材32の軸部32a及び円盤部32bが一体成形される。

[0057] 出力回転部3は、ハウジング6に対して回転中心X周りに回転自在とされる。本実施形態では、第1出力部材31の円盤部31bの外径端と第2出力部材32の円盤部32bの外径端とが連結部材33で連結され、これにより両出力部材31, 32が一体に回転可能とされる。具体的には、第1出力部材31の軸部31aの外周面と軸方向一方側の固定部材5の内周面との間に装着された転がり軸受14と、第2出力部材32の軸部32aの外周面と軸方向他方側の固定部材5の内周面との間に装着された転がり軸受15とで、出力回転部3がハウジング6に対して一体に回転自在に支持されている。第2出力部材32の軸部32aの外周面と第2ハウジング部材6bの内周面と

の間には、ハウジング6内に充填されたグリース又は油の漏れだしを防止するためのシール部材22が設けられる。

[0058] 第1出力部材31の円盤部31b及び第2出力部材32の円盤部32bには、それぞれボール4を保持する複数のポケット17が形成される。すなわち、本実施形態では、ポケット17を有する一对の第3部材が出力部材31, 32として出力回転部3に設けられる。ポケット17は、図4に示すように、両回転部材10, 20の回転中心Xを中心に径方向に放射状に延びる長穴で形成されている。図示例では、各ポケット17が円盤部31b, 32bの外周面に開口している。ポケット17は、同一円周上で周方向等間隔に形成される。本実施形態では、両出力部材31, 32に設けられたポケット17が、軸方向と直交する面内で同じ位置に設けられ、各ポケット17にボール4が1個ずつ配置されている。各出力部材31, 32に形成されるポケット17の個数（すなわち、各出力部材31, 32と入力部材10との間に配されるボール4の個数）は、軌道中心線L2の波状曲線の山部又は谷部の個数（10個）より1個多い11個である。

[0059] 図5に示すように、ボール4は、各ポケット17内で、基準ピッチ円Cを中心として半径方向に所定量mの範囲で移動することができる。本実施形態では、各ポケット17の周壁に、周方向に対向する一对の平行な平坦面17aが設けられ、この平坦面17aの周方向間隔が、ボール4の外径と略同等（僅かに大径）とされる。これにより、各ボール4が、各ポケット17により、半径方向移動可能な状態で所定の周方向位置に保持される。

[0060] 図6に示すように、入力部材10と両出力部材31, 32とは共通の回転中心Xを有し、この回転中心X上に両固定部材5の軸心が配置されている。入力部材10の中心軸O1（すなわち、第1の転動体係合溝13の軌道中心線L1の曲率中心）は、回転中心Xに対して偏心量aだけ偏心している。各出力部材31, 32のポケット17内に配置されたボール4が、ポケット17から軸方向両側に突出した状態となり、この突出部分が入力部材10の第1の転動体係合溝13及び固定部材5の第2の転動体係合溝16に係合する

(図1参照)。尚、図6では、各部材を模式的に示しており、例えば、ポケット17を、各出力部材31、32の外周面に開口していない長穴で表している。

[0061] 本実施形態の減速装置1では、第2の転動体係合溝16の軌道中心線L2の山部の個数が10個（谷部の個数も同様に10個）で、ボール4の個数が11個であるので、次式により求められる減速比*i*は1/11となる。

減速比  $i = (\text{ボール個数} - \text{山部の個数}) / \text{ボールの個数}$

なお、山部の個数はボールの個数±1とされ、減速比*i*がマイナスの値となる場合は、入力回転部2の回転方向に対して出力回転部3の回転方向が逆であることを意味する。

[0062] 第2の転動体係合溝16の軌道中心線L2の形状は、入力回転部2から出力回転部3に減速された回転運動が同期回転で伝達されるように設定される。具体的に、減速装置1の減速比を*i*としたとき、入力軸7の回転角θにおいて、出力回転部3が回転角*i*θの状態、第1の転動体係合溝13に係合したボール4が第2の転動体係合溝16に係合してトルクを伝達するように、第2の転動体係合溝16の形状が設定される。詳しくは、入力回転部2及び出力回転部3の回転中心Xと第2の転動体係合溝16の軌道中心線L2との距離Rが下記の式(1)を満たすように、第2の転動体係合溝16の形状が設定される。

$$R = a \cdot \cos(\phi / i) + \sqrt{\{r^2 - (a \cdot \sin(\phi / i))^2\}} \cdot \cdot \cdot (1)$$

但し、

R：回転中心Xと第2の転動体係合溝16の軌道中心線L2との距離

a：回転中心Xに対する第1の転動体係合溝13の軌道中心線L1の中心O1の偏心率

i：減速比

φ：出力回転部3の回転角

r：第1の転動体係合溝13の軌道中心線L1の半径

[0063] 入力部材10、両出力部材31、32、及び両固定部材5のうち、少なくともボール4と接触する第1の転動体係合溝13の側壁、第2の転動体係合溝16の側壁、及びポケット17の周壁は、ボール4との表面硬度差による摩耗を低減するために、ボール4の表面と同程度の表面硬度を付与することが好ましい。例えば、第1の転動体係合溝13の側壁、第2の転動体係合溝16の側壁、及びポケット17の周壁の表面硬度を、HRC50~60の範囲内とすることが好ましい。具体的には、入力部材10、出力部材31、32、及び固定部材5を、S45CやS50Cなどの機械構造用炭素鋼や、SCM415やSCM420などの機械構造用合金鋼を用いて形成し、これに全体熱処理又は浸炭熱処理を行うことで、上記の表面硬度を得ることができる。あるいは、上記の各部材を、SUJ2などの軸受鋼を用いて形成し、これに全体熱処理又は高周波熱処理を行うことでも、上記の表面硬度を得ることができる。

[0064] 次に、本実施形態の減速装置1の動作を要約して説明する。図1に示す入力回転部2の入力軸7を回転させると、入力部材10が、回転中心Xを中心に振れ回り半径aで公転運動を行う。その際、入力部材10は、入力軸7に設けられた偏心カム部8に対して回転自在であるので、自転運動をほとんど行わない。これにより、第1の転動体係合溝13とボール4との間の相対的な摩擦量が低減され、回転トルクの伝達効率が高められる。

[0065] 入力部材10が公転運動を行うと、円形の第1の転動体係合溝13に係合する各ボール4が、固定部材5に形成された第2の転動体係合溝16に沿って移動する。詳しくは、入力部材10の中心線O1が図4に示す位置から矢印方向に公転すると、図7に示すように、入力部材10に形成された第1の転動体係合溝13がボール4に係合して、各ボール4に略上向きの接触力F1が作用する。このボール4が、第2の転動体係合溝16と係合することで、第2の転動体係合溝16にボール4との接触力F2'が作用すると同時に、ボール4に、第2の転動体係合溝16との接触による接触力F2が作用する。この接触力F2の周方向成分F2aにより、ボール4が第2の転動体係

合溝 16 に沿って周方向に移動する。このボール 4 が、出力回転部 3 のポケット 17 と周方向に係合し、これにより生じる接触力  $F_{3'}$  が、出力回転部 3 を入力軸 7 と同方向に回転させる力として作用する（図 4 参照）。

[0066] 出力回転部 3 を回転させる力（すなわち、ボール 4 から各出力部材 31, 32 のポケット 17 に作用する接触力  $F_{3'}$  ≡ ボール 4 が第 2 の転動体係合溝 16 から受ける接触力  $F_2$  の周方向成分  $F_{2a}$ ）は、ボール 4 と波形の第 2 の転動体係合溝 16 との接触状態によって変化するため、各々のボール 4 の位置によって大きさが異なる（図 4 参照）。ボール 4 は、入力回転部 2 及び出力回転部 3 の回転中心 X を中心として配置されているため、出力回転部 3 を回転させる力は、回転中心 X を中心に分布される。具体的に、波形の第 2 の転動体係合溝 16 のうち、山部の頂部と谷部の頂部との中央付近（回転中心 X を中心としたピッチ円に対する傾斜角度が大きい部位）に接触する図中上下両端のボール 4 は、出力回転部 3 を回転させる力が大きく、波形の第 2 の転動体係合溝 16 の山部の頂部又は谷部の頂部付近（回転中心 X を中心としたピッチ円に対する傾斜角度が小さい部位）に接触する図中左右両端のボール 4 は、出力回転部 3 を回転させる力が小さい。

[0067] 上記の減速装置 1 では、入力部材 10 を中心として、一对の固定部材 5、一对の出力部材 31, 32、及び複数のボール 4 をそれぞれ軸方向対称に配置している。これにより、図 8 に示すように、入力部材 10 は、軸方向両側に設けられたボール 4 から接触力  $F_{1'}$  を受け、この接触力  $F_{1'}$  のアキシャル成分  $F_{1a'}$  が相殺される。これにより、入力部材 10 を支持する軸受 9 や、入力軸 7 を支持する軸受 11（図 1 参照）にアキシャル方向の負荷が伝達されないため、軸受 9, 11 を小型化し、ひいては減速装置 1 を小型化することができる。また、軸受 9, 11 に加わる荷重の方向が限定されることで、軸受内部におけるトルク損失が低減され、減速装置 1 のトルク伝達効率が高められる。

[0068] また、上記の減速装置 1 では、ボール 4 と第 2 の転動体係合溝 16 との接触力  $F_{2'}$  が、ハウジング 6 に固定された固定部材 5 で支持されるため、こ



の接触力 $F_{2'}$ を支持する大型の軸受が不要となる。また、ボール4が、半径方向に往復動しながらポケット17と回転方向で係合することで、ボール4から出力回転部3に回転方向の接触力 $F_{3'}$ のみが加わる。このように、接触力 $F_{3'}$ の方向が回転方向に限定されることで、出力回転部3を支持する軸受14, 15を小型化して減速装置1の小型化が図られると共に、軸受内部におけるトルク損失が低減され、減速装置1のトルク伝達効率が高められる。

[0069] 上記のように、トルク伝達時には、各出力部材31, 32の円盤部31b, 32bのうち、ポケット17間に設けられた柱部に、ボール4との接触による周方向の接触力 $F_{3'}$ が加わる。従って、円盤部31b, 32bのポケット17間に設けられた柱部が、ボール4から受ける接触力 $F_{3'}$ により損傷することが懸念される。特に、減速比を大きくするためにポケット17の数（すなわちボール4の数）を多くすると、ポケット17間の柱部の周方向幅が細くなるため、ボール4との接触力 $F_{3'}$ により柱部が損傷する懸念が高まる。

[0070] この点に関し、本実施形態では、図4に示すように、回転中心Xよりも上側のボール4だけでなく、回転中心Xよりも下側のボール4にもポケット17との接触力 $F_{3'}$ が作用し、トルク伝達に寄与する。このため、例えば回転中心Xよりも上側のボール4だけでトルク伝達を行う場合と比べて、各ボール4から円盤部31b, 32bに加わる接触力 $F_{3'}$ が分散されるため、円盤部31b, 32bの各柱部に加わる荷重が軽減される。特に、本実施形態では、入力部材10の両側に出力部材31, 32を設けることで、ボール4と出力部材31, 32との接触点が増えるため、各接触点における荷重をさらに軽減できる。さらに、本実施形態では、上述のように、円盤部31b, 32bの材料選択や熱処理により、ポケット17の周壁の表面硬度をHRC50以上まで高めている。以上により、各出力部材31, 32のポケット17間の柱部の耐久性が高められ、あるいは、柱部の耐久性を維持しながら負荷容量を高めることができる。

- [0071] こうして、入力回転部 2 の入力軸 7 に入力された回転が、ボール 4 を介して出力回転部 3 に伝達される。その際、入力回転部 2 及び出力回転部 3 の回転中心 X と第 2 の転動体係合溝 1 6 の軌道中心線 L 2 との距離 R が上記の式 (1) を満たすように、第 2 の転動体係合溝 1 6 の軌道中心線 L 2 が設計されていることで、出力回転部 3 は入力軸 7 に対して減速された回転数で常に同期して回転する。
- [0072] 本発明の実施形態は上記に限られない。以下、本発明の他の実施形態を説明するが、上記の実施形態と同様の点については説明を省略する。
- [0073] 上記の実施形態では、円形の第 1 の転動体係合溝 1 3 が全周で連続している場合を示したが、これに限らず、第 1 の転動体係合溝 1 3 を、例えば、円形の軌道中心線 L 1 に沿って形成された複数 (例えば転動体と同数) の円弧状の溝で構成してもよい。
- [0074] また、上記の実施形態では、入力部材 1 0 を入力軸 7 に対して回転自在としたが、入力部材 1 0 と入力軸 7 とを一体に回転する構成としてもよい。また、上記の実施形態では、入力軸 7 と偏心カム部 8 とを一体形成した構成を例示したが、これに限らず、入力軸 7 と偏心カム部 8 とを別体に形成し、入力軸 7 の外周面に偏心カム部 8 を固定してもよい。
- [0075] また、上記の実施形態では、第 1 出力部材 3 1 の軸部 3 1 a 及び円盤部 3 1 b や、第 2 出力部材 3 2 の軸部 3 2 a 及び円盤部 3 2 b をそれぞれ一体形成しているが、これらの部材を別体に形成してもよい。また、第 1 出力部材 3 1 と第 2 出力部材 3 2 とを同一材料で同一形状に形成すれば、これらの製作コストを低減できる。
- [0076] また、上記の実施形態では、第 1 出力部材 3 1 と第 2 出力部材 3 2 とを連結部材 3 3 により連結した場合を示したが、これに限らず、例えば、両出力部材 3 1, 3 2 を一体形成したり、これらを溶接により一体化したりしてもよい。また、両出力部材 3 1, 3 2 は、必ずしも連結する必要はなく、これらをそれぞれ独立して回転可能としてもよい。
- [0077] また、上記実施形態では、減速比  $i$  の大きさが  $1/11$  の減速装置 1 に本

発明を適用した場合を例示したが、これに限らず、本発明は、例えば1/5～1/50の範囲内の任意の大きさの減速比を有する減速装置に好適に適用することができる。この場合は、減速比*i*に応じて、転動体係合溝の軌道中心線の波状曲線の山部／谷部の数や、固定部材のポケットおよびローラを適宜設定すればよい。

[0078] また、上記の実施形態では、第1の転動体係合溝13を有する第1部材を入力部材10、第2の転動体係合溝16を有する第2部材を固定部材5、ポケット17を有する第3部材を出力部材31、32とした場合を示したが、これに限らず、使用者の要求仕様や使用環境等によって、第1部材、第2部材、及び第3部材を、入力回転部、固定部材、及び出力回転部のそれぞれに適宜割り当てることで、動力伝達形態を任意に変更することができる。

### 符号の説明

- [0079]
- 1 減速装置
  - 2 入力回転部
  - 3 出力回転部
  - 3 a 円盤部（出力部材）
  - 4 ボール（転動体）
  - 5 固定部材
  - 6ハウジング
  - 7 入力軸
  - 8 偏心カム
  - 10 入力部材
  - 13 第1の転動体係合溝
  - 16 第2の転動体係合溝
  - 17 ポケット
  - 25 ローラ（転動体）
  - 30 摩擦低減部材
  - F 1, F 1' ボールと第1の転動体係合溝との接触力

- F 2, F 2' ボールと第 2 の転動体係合溝との接触力
- F 3, F 3' ボールとポケットとの接触力
- L 1 第 1 の転動体係合溝の軌道中心線
- L 2 第 2 の転動体係合溝の軌道中心線
- O 1 第 1 の転動体係合溝の軌道中心線の曲率中心（入力部材の中心線）
- X 入力回転部及び出力回転部の回転中心

## 請求の範囲

- [請求項1] 入力回転部と、前記入力回転部と同軸に配された出力回転部と、固定部材と、前記入力回転部に形成され、前記入力回転部及び前記出力回転部の回転中心から偏心した曲率中心を有する円に沿って設けられた第1の転動体係合溝と、前記固定部材に形成され、前記回転中心上に曲率中心を有するピッチ円に対して交互に交差する波形曲線に沿って設けられた第2の転動体係合溝と、軸方向に対向する前記第1の転動体係合溝と前記第2の転動体係合溝に係合する複数の転動体と、前記出力回転部に形成され、前記第1の転動体係合溝と前記第2の転動体係合溝との軸方向間で複数の転動体を周方向に保持する複数のポケットとを備えた減速装置。
- [請求項2] 前記転動体がボールである請求項1に記載の減速装置。
- [請求項3] 前記転動体がローラである請求項1に記載の減速装置。
- [請求項4] 前記ローラの外周面と、前記第1の転動体係合溝、前記第2の転動体係合溝、及び前記ポケットとの接触部のうちの少なくとも一箇所に摩擦低減部材を設けた請求項3に記載の減速装置。
- [請求項5] 前記摩擦低減部材がニードル軸受又は滑り軸受である請求項4に記載の減速装置。
- [請求項6] 軸方向両側の側面に第1の転動体係合溝を有する入力回転部と、前記入力回転部の軸方向両側に設けられ、それぞれ第2の転動体係合溝を有する一对の固定部材と、前記入力回転部と前記一对の固定部材との軸方向間にそれぞれ設けられ、軸方向に対向する前記第1の転動体係合溝と前記第2の転動体係合溝に係合する複数の転動体と、前記入力回転部と前記一对の固定部材との軸方向間にそれぞれ設けられ、前記複数の転動体を周方向に保持する複数のポケットを有する一对の出力回転部とを備え、  
前記第1の転動体係合溝と前記第2の転動体係合溝のうち的一方が、前記入力回転部及び前記出力回転部の回転中心から偏心した曲率中

心を有する円に沿って形成され、前記第1の転動体係合溝と前記第2の転動体係合溝のうち他方が、前記回転中心上に曲率中心を有するピッチ円に対して交互に交差する波状曲線に沿って形成された動力伝達装置。

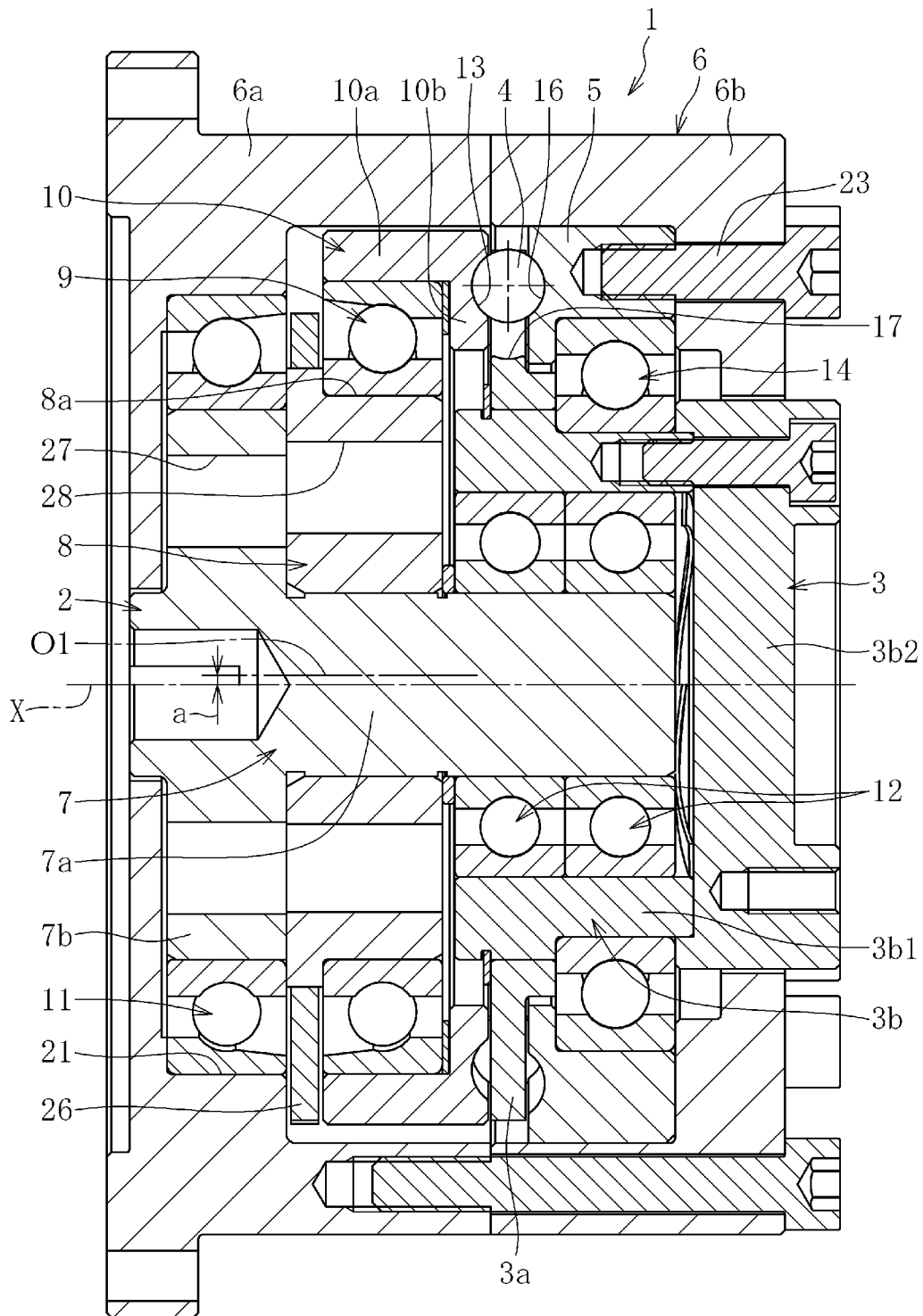
[請求項7] 前記入力回転部を回転可能に支持する軸受を有する請求項6に記載の動力伝達装置。

[請求項8] 前記一对の出力回転部を一体に回転可能とした請求項6又は7に記載の動力伝達装置。

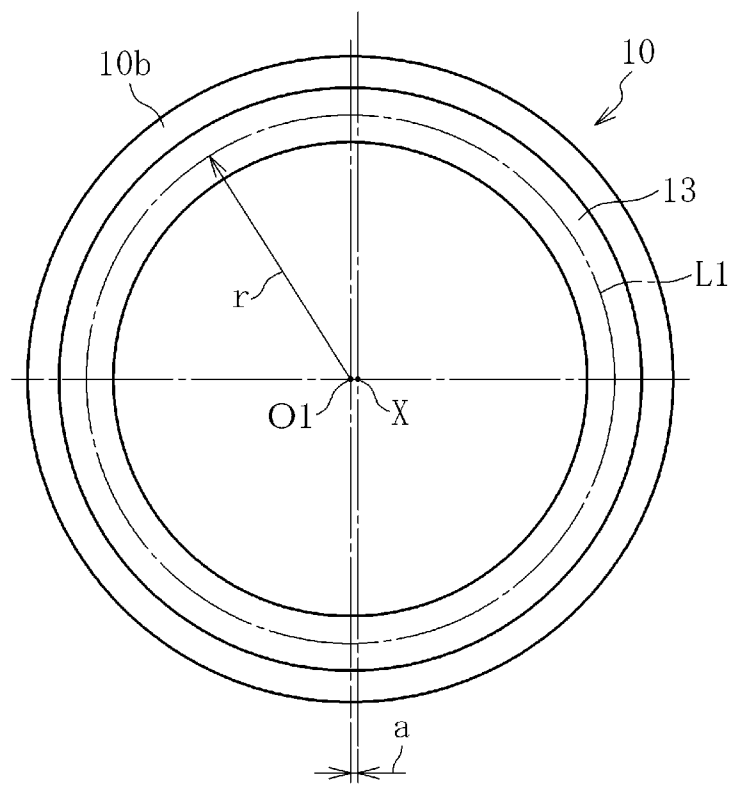
[請求項9] 前記一对の固定部材が同一形状である請求項6～8の何れか1項に記載の動力伝達装置。

[請求項10] 前記一对の出力回転部が同一形状である請求項6～9の何れか1項に記載の動力伝達装置。

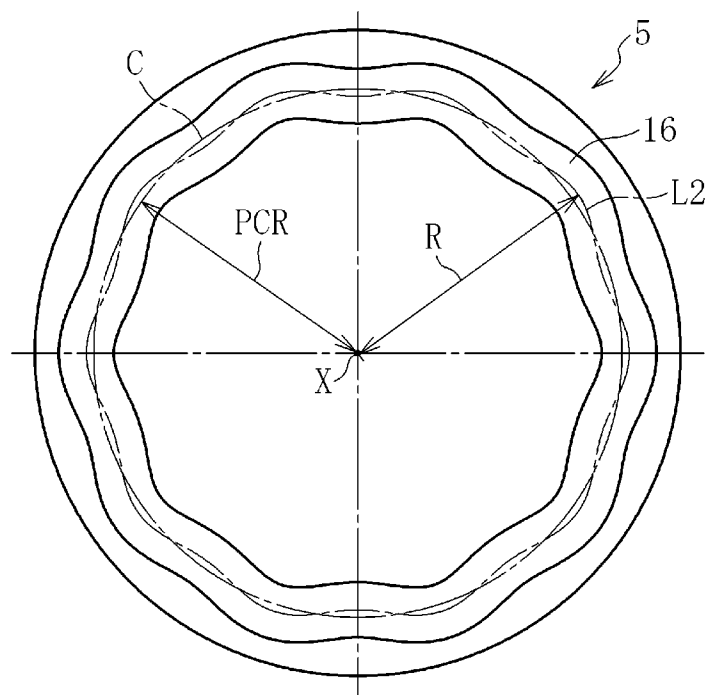
[図1]



[図2]

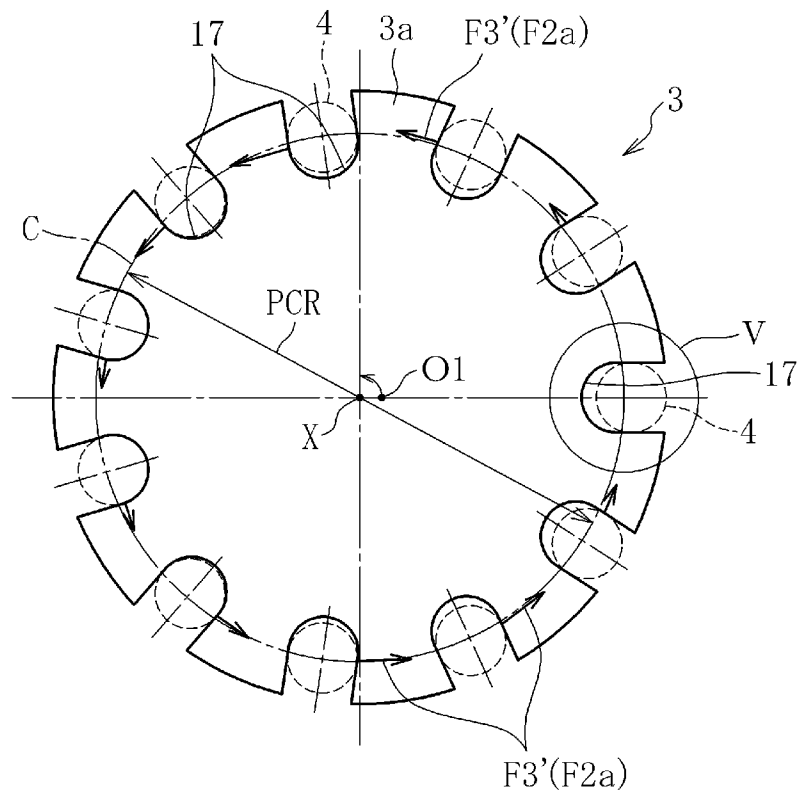


[図3]

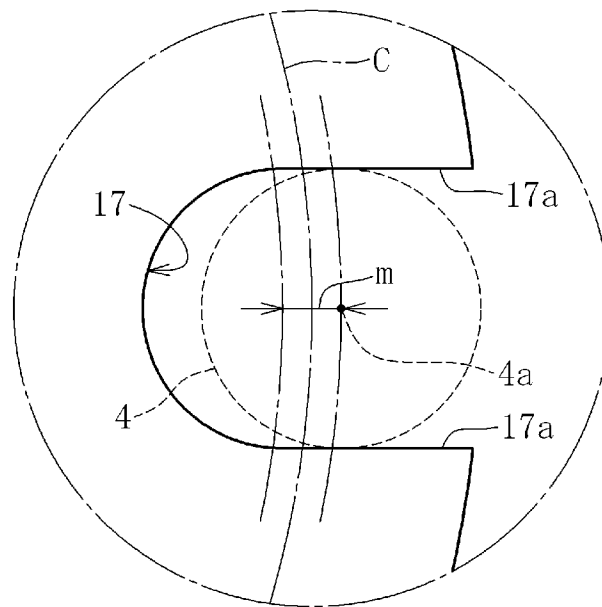




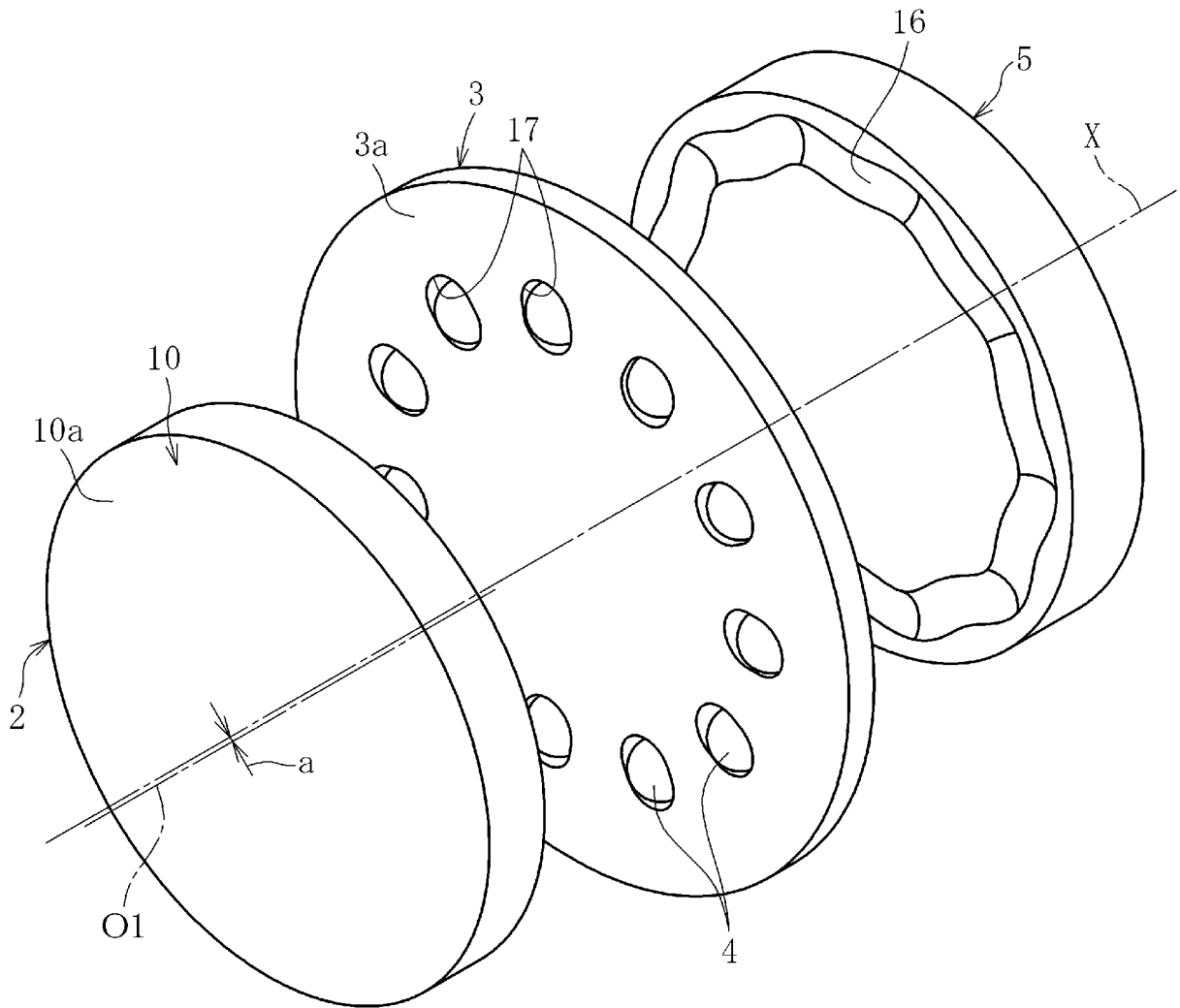
[図4]



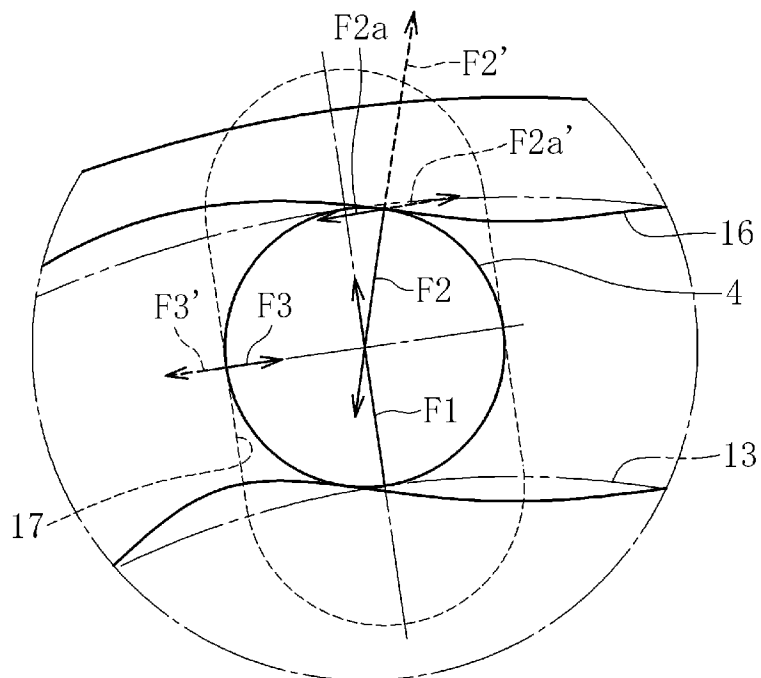
[図5]



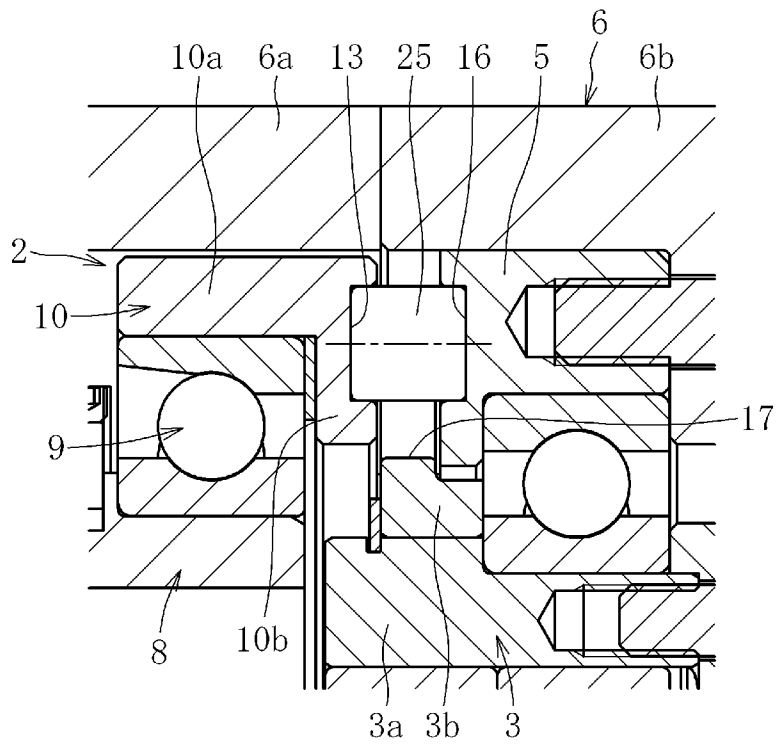
[図6]



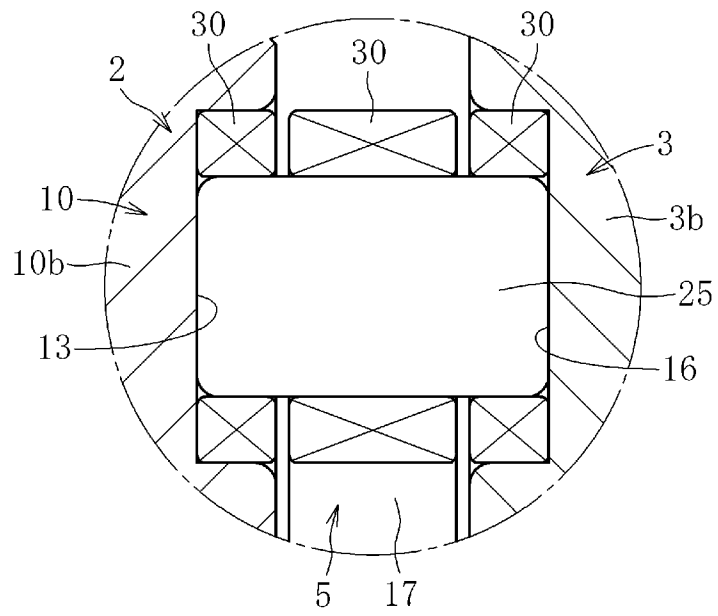
[図7]



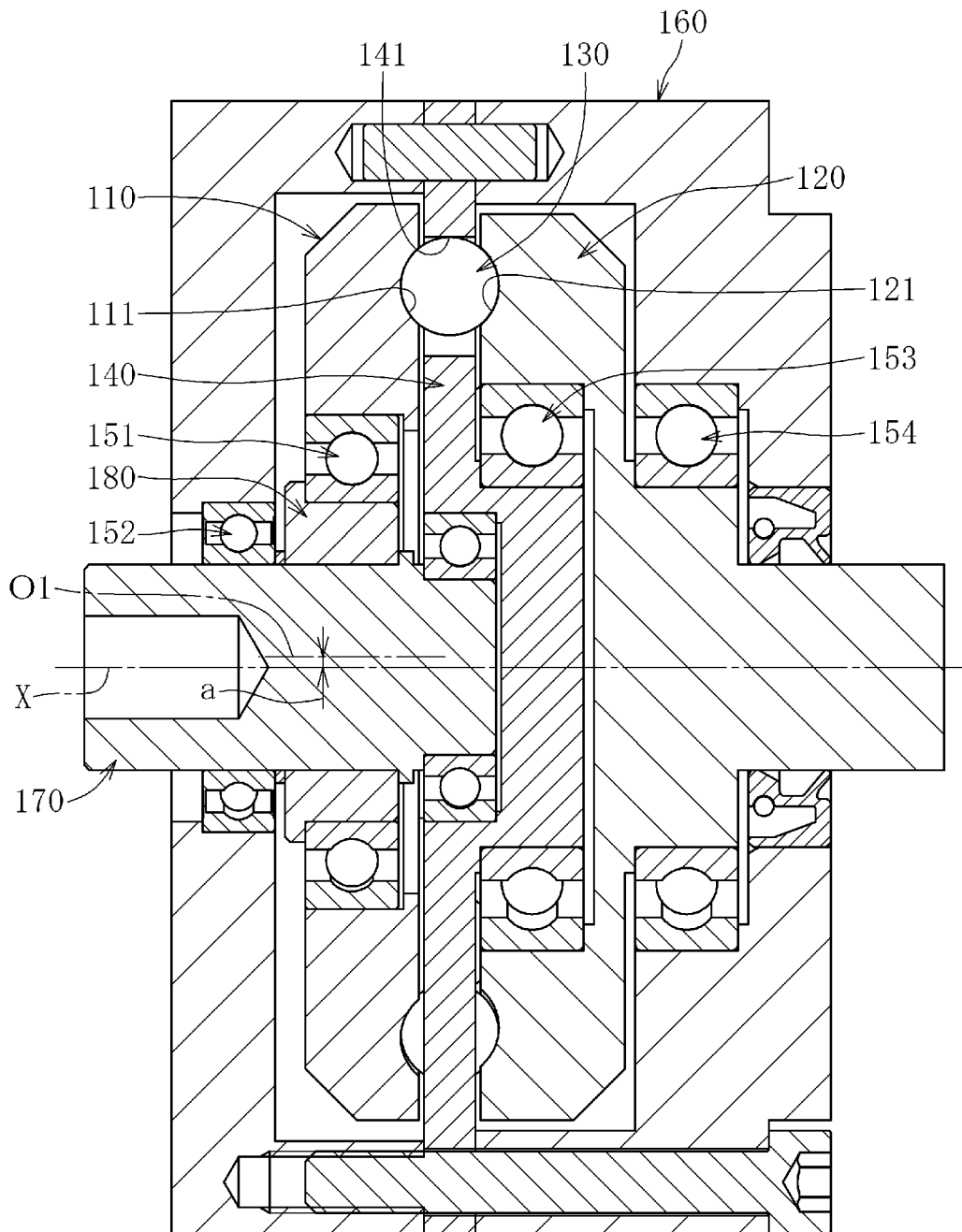
[図8]



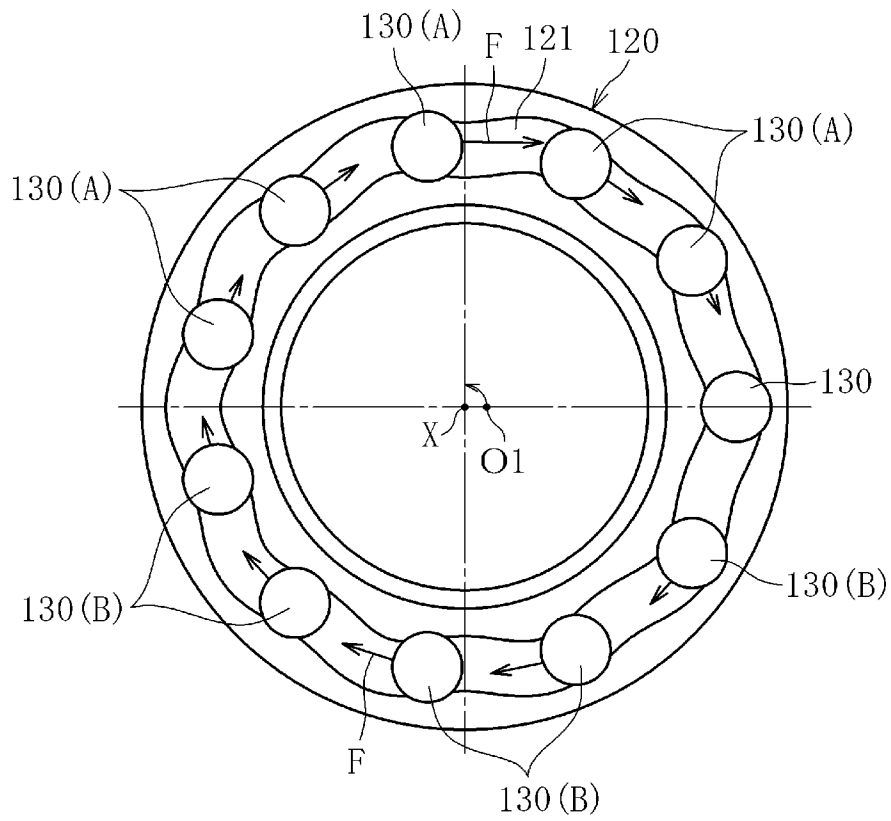
[図9]



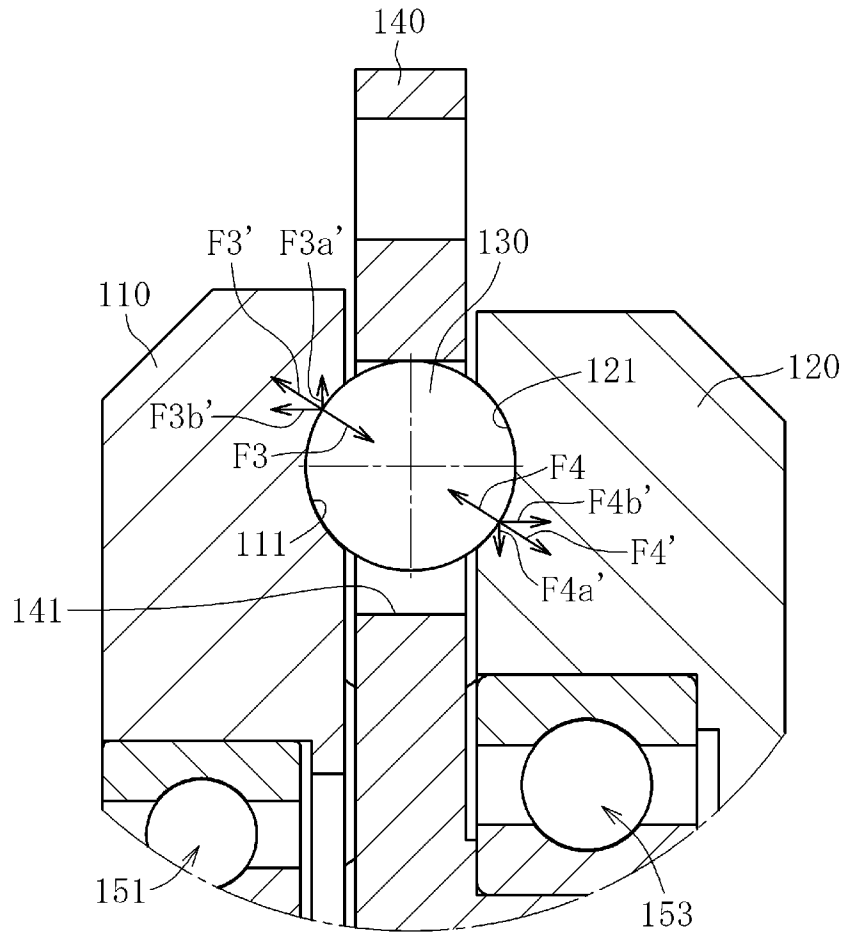
[図10]



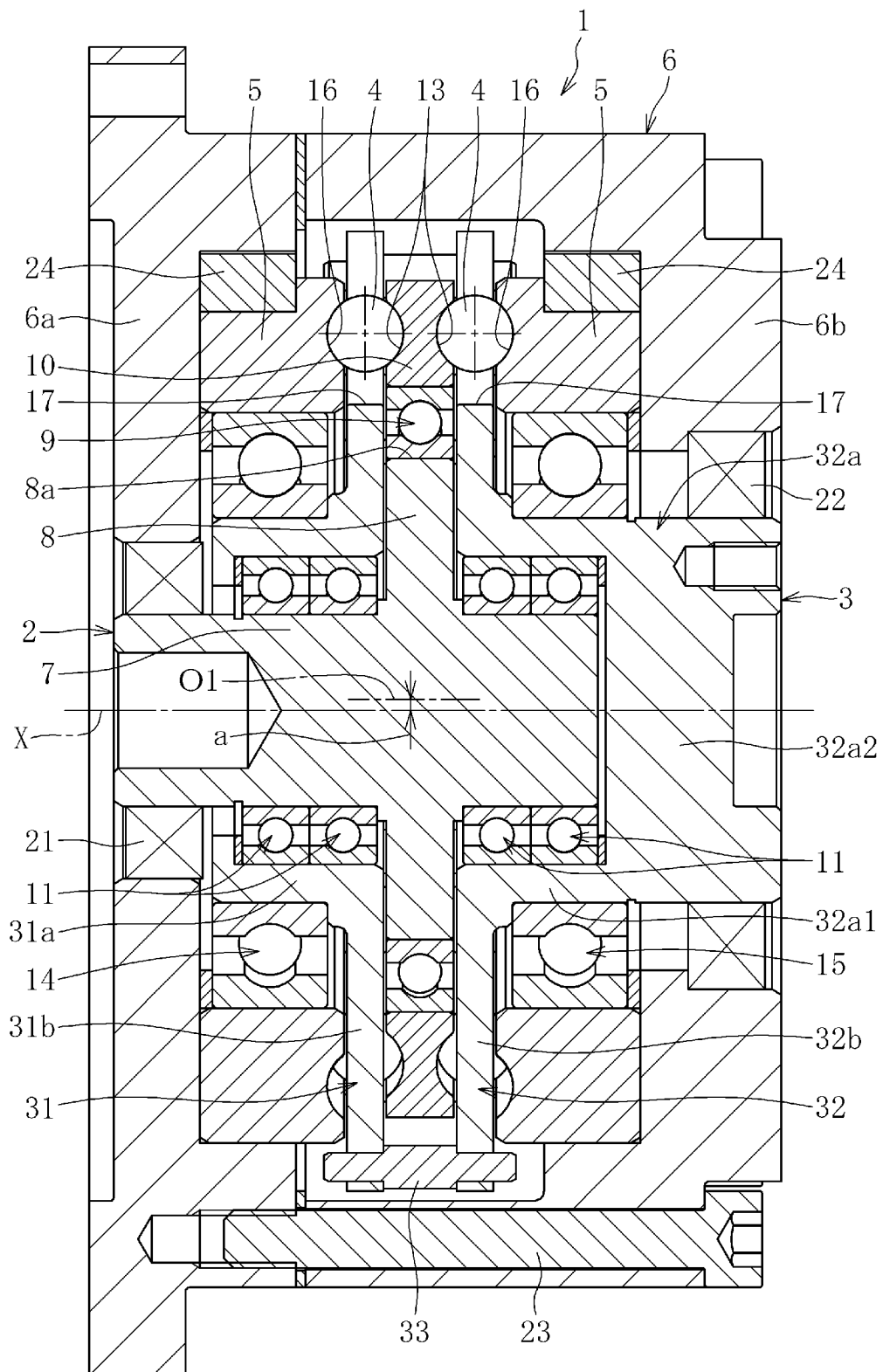
[図11]



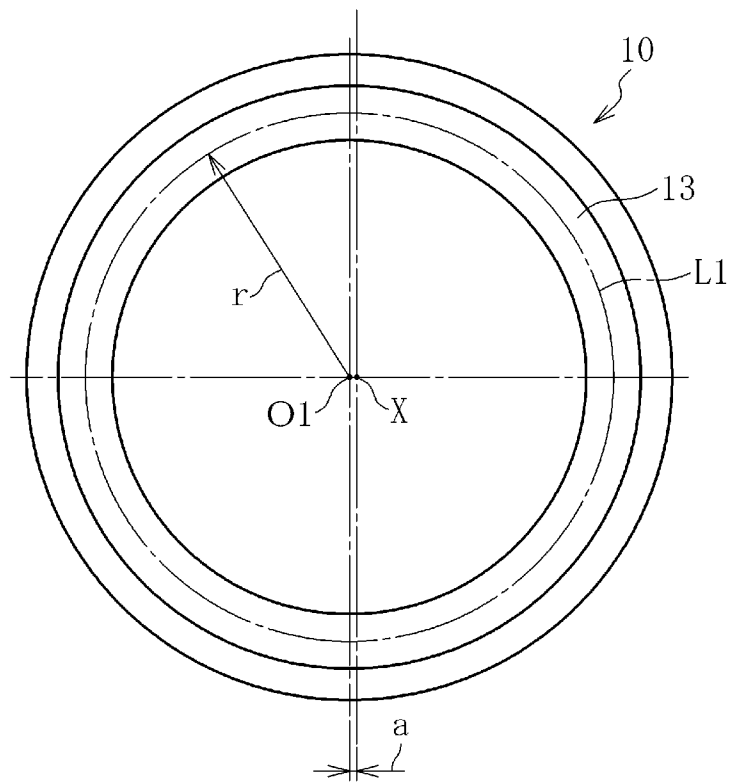
[図12]



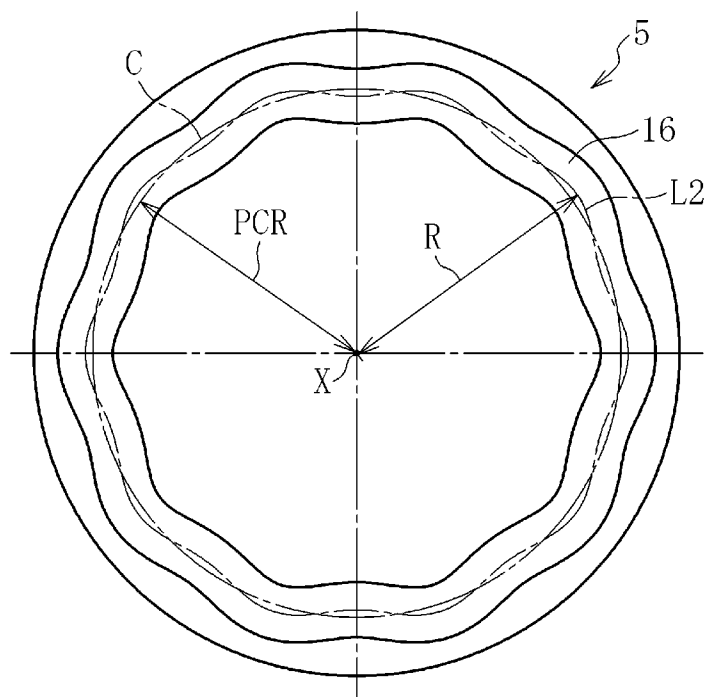
[図13]



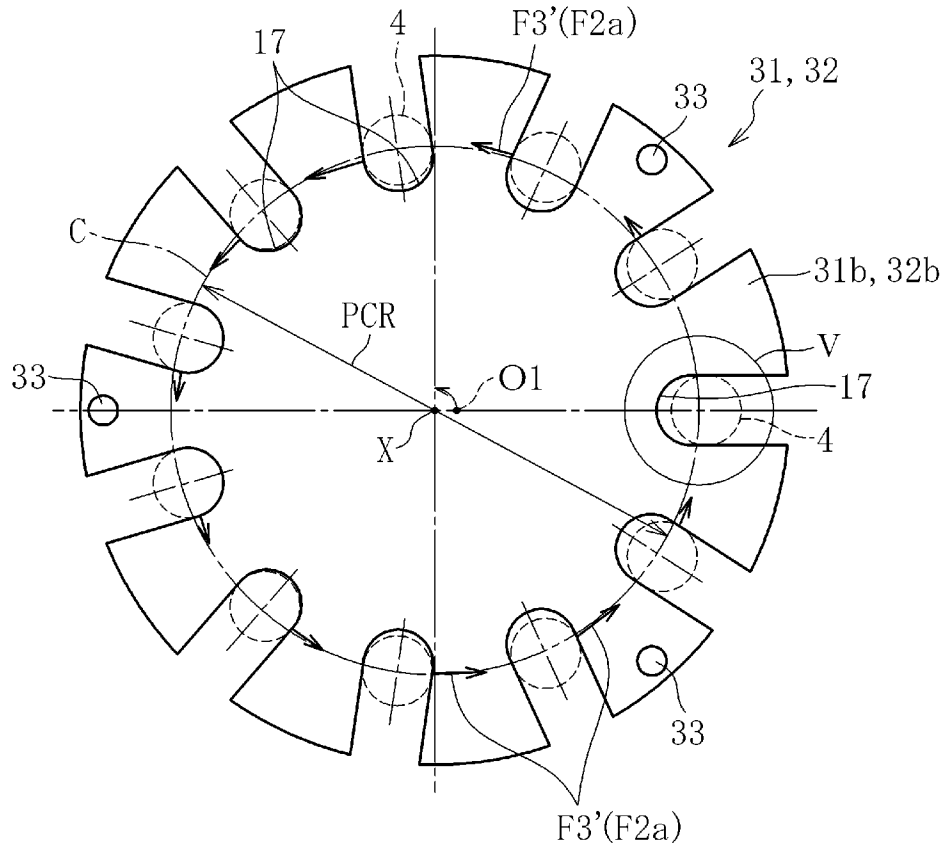
[図14]



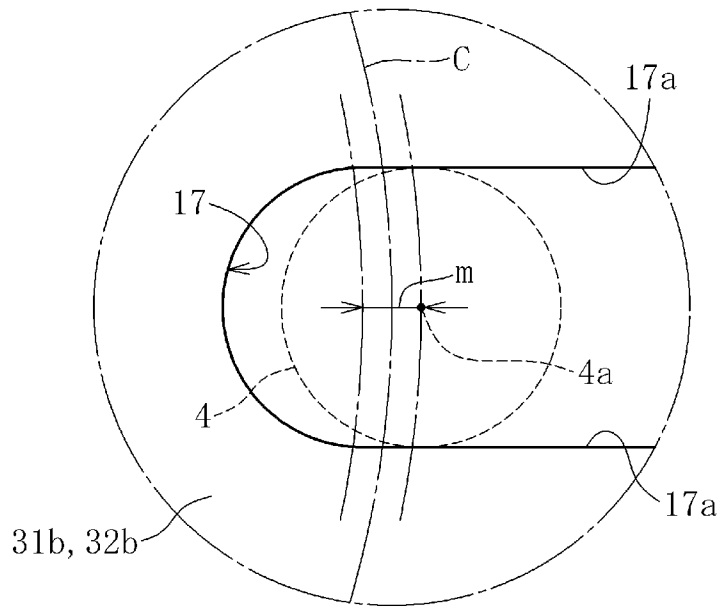
[図15]



[圖16]

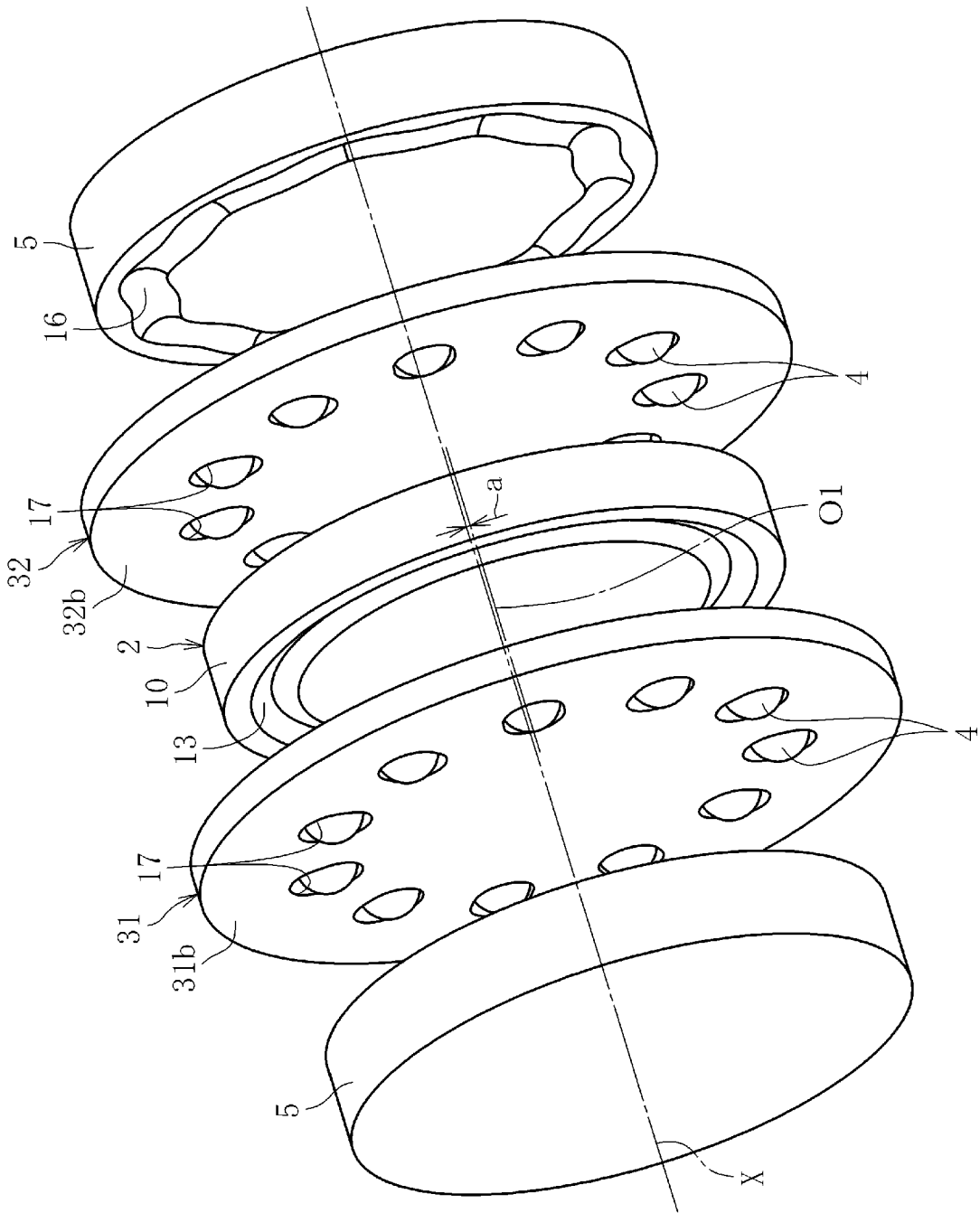


[圖17]

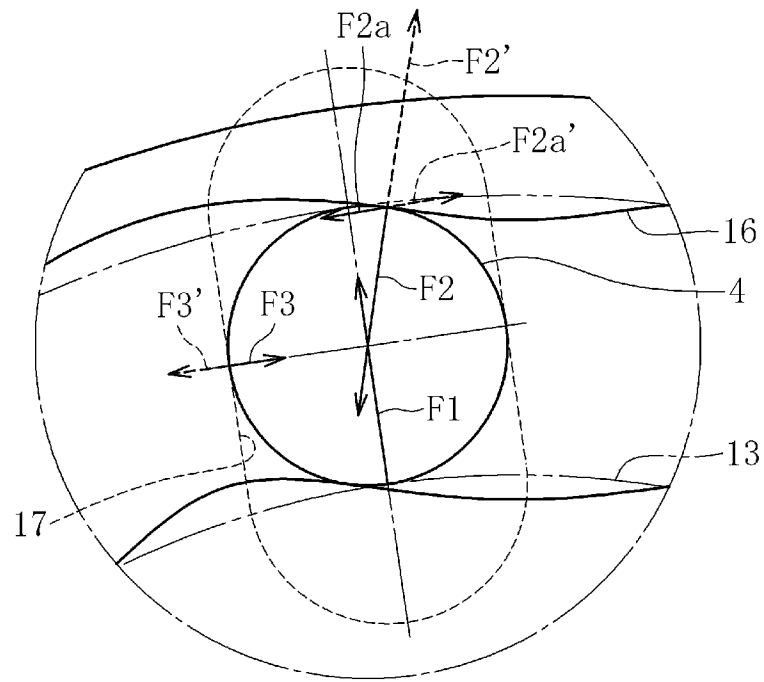




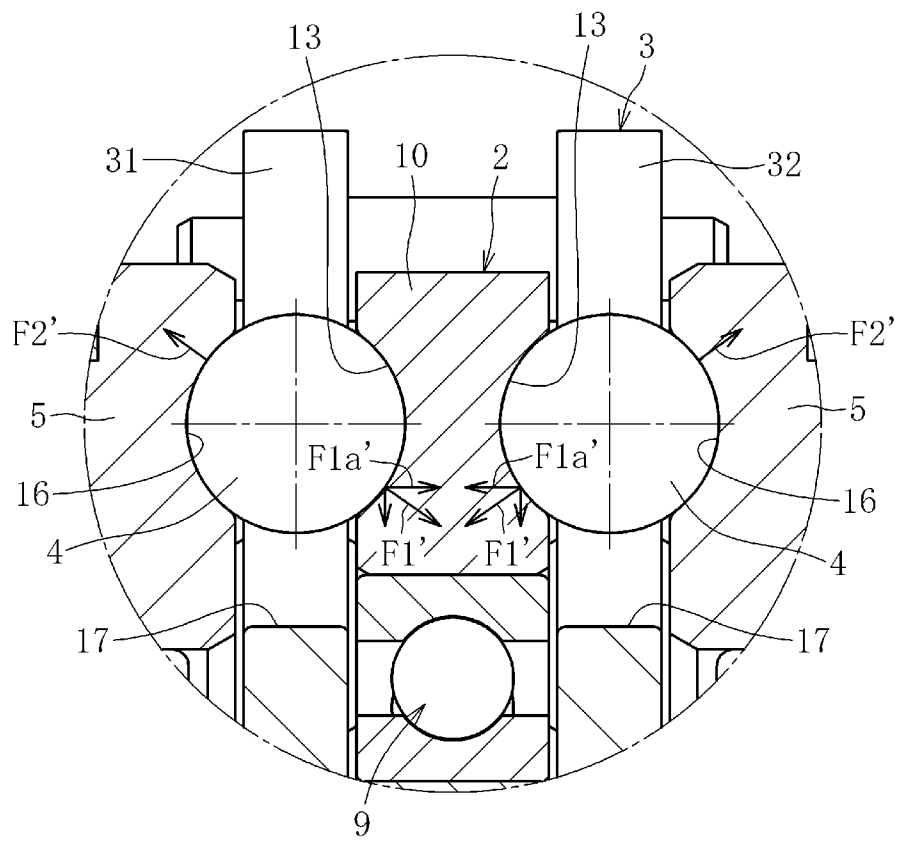
[図18]



[図19]



[図20]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2019/037606

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. F16H25/06 (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)

Int.Cl. F16H25/06

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 A	JP 2018-21602 A (NTN CORPORATION) 08 February 2018, paragraphs [0015]-[0045], fig. 1-9 & EP 3495689 A1, paragraphs [0024]-[0053], fig. 1-9 & WO 2018/025591 A1 & CN 109477560 A	1-5 6-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 06.11.2019	Date of mailing of the international search report 19.11.2019
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/037606

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 57936/1991 (Laid-open No. 3713/1993) (TSUBAKIMOTO CHAIN CO.) 22 January 1993, paragraphs [0018], [0019], fig. 1-11 & US 5286236 A, column 4, line 56 to column 5, line 5, fig. 1-15	1-5
Y	JP 59-133863 A (TOSHIBA CORPORATION) 01 August 1984, page 2, upper left column, line 14 to page 2, lower right column, line 12, fig. 2-6 (Family: none)	1-5
Y	JP 2-503108 A (MOGILEVSKY MASHINOSTROITROITELNY INSTITUT) 27 September 1990, page 5, upper left column, line 2 to page 5, lower right column, line 21, fig. 1-10 & DE 3891233 T1 & GB 2220461 A & WO 89/07212 A1 & FR 2637667 A1 & CH 677391 A5	3-5
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 41371/1971 (Laid-open No. 38279/1972) (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO., LTD.) 27 December 1972, page 2, line 16 to page 3, line 20, fig. 1-5 (Family: none)	4-5
A	JP 60-4663 A (TOSHIBA CORPORATION) 11 January 1985, fig. 1 (Family: none)	6-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F16H25/06 (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. F16H25/06

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 A	JP 2018-21602 A (NTN株式会社) 2018.02.08, 段落【0015】 - 【0045】 , 図 1-9 & EP 3495689 A1 段落 [0024] - [0053] , 図 1-9 & WO 2018/025591 A1 & CN 109477560 A	1-5 6-10

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 06.11.2019	国際調査報告の発送日 19.11.2019
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) 増岡 亘 電話番号 03-3581-1101 内線 3328
	3 J   9143

C (続き) . 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	日本国実用新案登録出願 3-57936 号(日本国実用新案登録出願公開 5-3713 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM (株式会社椿本チエイン) 1993. 01. 22, 段落【0018】 - 【0019】 , 図 1-11 & US 5286236 A, 第 4 欄第 56 行-第 5 欄第 5 行, 図 1-15	1-5
Y	JP 59-133863 A (株式会社東芝) 1984. 08. 01, 第 2 頁左上欄第 14 行-第 2 頁右下欄第 12 行, 第 2-6 図 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 2-503108 A (モギレブスキイ マシノストロイテルニイ インス ティトゥト) 1990. 09. 27, 第 5 頁左上欄第 2 行-第 5 頁右下欄第 21 行, 第 1-10 図 & DE 3891233 T1 & GB 2220461 A & WO 89/07212 A1 & FR 2637667 A1 & CH 677391 A5	3-5
Y	日本国実用新案登録出願 46-41371 号(日本国実用新案登録出願公開 47-38279 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム (東京芝浦電気株式会社) 1972. 12. 27, 第 2 頁第 16 行-第 3 頁第 20 行, 第 1-5 図 (ファミリーなし)	4-5
A	JP 60-4663 A (株式会社東芝) 1985. 01. 11, 第 1 図 (ファミリーなし)	6-10