

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6777404号
(P6777404)

(45) 発行日 令和2年10月28日(2020.10.28)

(24) 登録日 令和2年10月12日(2020.10.12)

(51) Int.Cl.	F 1
F 1 6 H 1/32 (2006.01)	F 1 6 H 1/32 C
F 1 6 H 55/08 (2006.01)	F 1 6 H 55/08 A

請求項の数 4 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2016-39522 (P2016-39522)	(73) 特許権者	390029805 T H K 株式会社 東京都港区芝浦二丁目12番10号
(22) 出願日	平成28年3月2日(2016.3.2)	(74) 代理人	100112140 弁理士 塩島 利之
(65) 公開番号	特開2016-166673 (P2016-166673A)	(74) 代理人	100119297 弁理士 田中 正男
(43) 公開日	平成28年9月15日(2016.9.15)	(72) 発明者	斉藤 秀生 東京都品川区西五反田3丁目11番6号 T H K 株式会社内
審査請求日	平成31年1月25日(2019.1.25)	(72) 発明者	水谷 雄一 東京都品川区西五反田3丁目11番6号 T H K 株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2015-39783 (P2015-39783)	審査官	増岡 亘
(32) 優先日	平成27年3月2日(2015.3.2)		最終頁に続く
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54) 【発明の名称】 減速又は増速装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第一冠ギヤと、

前記第一冠ギヤと歯数が異なり、前記第一冠ギヤに対向する第二冠ギヤと、

前記第一冠ギヤが前記第二冠ギヤに噛み合うように前記第一冠ギヤを前記第二冠ギヤに対して傾斜させ、かつ噛み合う箇所が移動するように前記第一冠ギヤを波動運動させるカム部と、を備える減速又は増速装置において、

前記第一冠ギヤ及び前記第二冠ギヤは、歯先部と歯底部とを円周方向に交互に有し、

前記第一冠ギヤ及び前記第二冠ギヤの前記歯先部が、円錐の側面の一部から構成される凸形状であり、

前記第一冠ギヤ及び前記第二冠ギヤの前記歯先部の基準円上の曲線を円弧とし、

前記第一冠ギヤ及び前記第二冠ギヤの前記歯底部の前記基準円上の歯底曲線を前記第一冠ギヤ及び前記第二冠ギヤの前記歯先部が描く曲線とする減速又は増速装置。

【請求項2】

前記円錐の頂点が、前記第一冠ギヤの前記波動運動の中心に一致することを特徴とする請求項1に記載の減速又は増速装置。

【請求項3】

前記第一冠ギヤの前記歯先部の前記円錐の半径と前記第二冠ギヤの前記歯先部の前記円錐の半径とが一致することを特徴とする請求項1又は2に記載の減速又は増速装置。

【請求項4】

前記歯先部及び前記歯底部の歯すじが、ヘリカル状であることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の減速又は増速装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、互いに歯数の異なる第一冠ギヤと第二冠ギヤを対向させ、第一冠ギヤが第二冠ギヤに噛み合うように第一冠ギヤを第二冠ギヤに対して傾斜させ、かつ噛み合う箇所が移動するように第一冠ギヤを波動運動させる減速又は増速装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の減速又は増速装置として、インボリュート歯形を持つ2つの平歯車を噛み合わせたものが知られている。製作が容易で、効率も良いため、インボリュート歯形を持つ平歯車は、減速又は増速装置に多用されている。しかし、2つの平歯車の歯数差に限界があるので、減速比又は増速比を大きくすることができないという課題がある。

【0003】

減速比又は増速比を大きくするために、互いに歯数の異なる第一冠ギヤと第二冠ギヤを対向させ、第一冠ギヤが第二冠ギヤに噛み合うように第一冠ギヤを第二冠ギヤに対して傾斜させ、かつ噛み合い箇所が移動するように第一冠ギヤを波動運動させる減速又は増速装置が開発されている。第一冠ギヤを波動運動させると、噛み合い箇所が一周する毎に歯数差の分だけ第二冠ギヤが第一冠ギヤに対して相対的に回転する。両者の歯数差の分だけの回転を出力することで、大きな減速比を得ることができる。逆に、第二冠ギヤを回転させることで、大きな増速比を得ることができる。

【0004】

この種の減速装置として、例えば特許文献1には、第一冠ギヤと、第二冠ギヤと、傾斜カムと、を備える減速装置が開示されている。第一冠ギヤと第二冠ギヤとは、歯数が異なり互いに対向する。第一冠ギヤは、入力軸と一体の傾斜カムによって傾斜させられる。第一冠ギヤを傾けると、第一冠ギヤと第二冠ギヤとが一箇所で噛み合う。第二冠ギヤは、ハウジングに固定される。第一冠ギヤは、その半径方向の内側に配置される球形のスラインジョイントに波動運動可能に支持される。

【0005】

入力軸を回転させると、入力軸と一体の傾斜カムによって、第一冠ギヤが第二冠ギヤとの噛み合い箇所を移動させながら波動運動する。第一冠ギヤの波動運動によって、第一冠ギヤが第二冠ギヤに対して歯数差の分だけ回転する。第一冠ギヤの回転は、球形のスラインジョイントを介して出力軸に伝達される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開昭51-126467号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、従来の減速装置にあっては、第一冠ギヤ及び第二冠ギヤの歯の形状が三角形又は台形に形成される。そして、第一冠ギヤと第二冠ギヤとの噛み合い箇所では、第一冠ギヤの歯が第二冠ギヤの歯の間の溝に隙間なく嵌まる。このため、もし、第一冠ギヤ及び第二冠ギヤの歯にピッチ誤差及びノ又は歯形誤差があると、第一冠ギヤの歯を第二冠ギヤの溝に円滑に嵌めることができなくなる。しかも、第一冠ギヤと第二冠ギヤとの噛み合いのほとんどが、転がりではなく、滑りであるので、歯車の効率が悪いという課題がある。

【0008】

そこで、本発明は、第一冠ギヤの歯を第二冠ギヤの溝に円滑に嵌めることができる高効率な減速又は増速装置を提供することを目的とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明の一態様は、第一冠ギヤと、前記第一冠ギヤと歯数が異なり、前記第一冠ギヤに対向する第二冠ギヤと、前記第一冠ギヤが前記第二冠ギヤに噛み合うように前記第一冠ギヤを前記第二冠ギヤに対して傾斜させ、かつ噛み合う箇所が移動するように前記第一冠ギヤを波動運動させるカム部と、を備える減速又は増速装置において、前記第一冠ギヤ及び前記第二冠ギヤは、歯先部と歯底部とを円周方向に交互に有し、前記第一冠ギヤ及び前記第二冠ギヤの前記歯先部が、円錐の側面の一部から構成される凸形状であり、前記第一冠ギヤ及び前記第二冠ギヤの前記歯先部の基準円上の曲線を円弧とし、前記第一冠ギヤ及び前記第二冠ギヤの前記歯底部の前記基準円上の歯底曲線を前記第一冠ギヤ及び前記第二冠ギヤの前記歯先部が描く曲線とする減速又は増速装置である。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、第一冠ギヤの歯先部と第二冠ギヤの歯底部及び第二冠ギヤの歯先部と第一冠ギヤの歯底部との噛み合いのほとんどが転がりであるので、歯車の効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の第一の実施形態の減速装置の入力軸側外観斜視図である。

20

【図2】本発明の第一の実施形態の減速装置の出力部側外観斜視図である。

【図3】本発明の第一の実施形態の減速装置の断面斜視図である。

【図4】本発明の第一の実施形態の減速装置の分解斜視図である。

【図5】第一冠ギヤ及び第二冠ギヤを示す斜視図である（図5（a）は第二ギヤ、及び第二冠ギヤに傾斜して噛み合う第一冠ギヤを示し、図5（b）は第二冠ギヤを示し、図5（c）は第一冠ギヤを示す）。

【図6】第一冠ギヤ及び第二冠ギヤの歯の展開図である。

【図7】第一冠ギヤ及び第二冠ギヤの歯に円錐を付記した斜視図である（図7（a）は第一冠ギヤ及び第二冠ギヤを示し、図7（b）は第二冠ギヤを示す）。

【図8】第一冠ギヤ及び第二冠ギヤの歯の展開図である。

30

【図9】第一冠ギヤ及び第二冠ギヤの基準円 r_c 上の歯形曲線を示す斜視図である。

【図10】図10（a）は動円錐（第一冠ギヤの母体）と定円錐（第二冠ギヤの母体）の頂点と母線が接触した状態を示す斜視図であり、図10（b）は動円錐の歳差運動を示す斜視図である。

【図11】動円錐上の点とベクトルの関係を示す図である。

【図12】 と の関係を示すグラフである。

【図13】ベクトル p_2 が描くトロコイド曲線を示す斜視図である。

【図14】歯底曲線 p_3 の形成過程を示す斜視図である。

【図15】歯底曲線 p_3 の求め方を示すグラフである。

【図16】図16（a）は第一冠ギヤの歯底曲線を示し、図16（b）は第二冠ギヤの歯底曲線を示す。

40

【図17】第一冠ギヤと第二冠ギヤとの歯形曲線上での噛み合いを示す図である。

【図18】歯すじがヘリカル状である場合の第二冠ギヤの斜視図である。

【図19】対数らせんを示す斜視図である。

【図20】本発明の第二の実施形態の減速装置の断面斜視図である。

【図21】本発明の第二の実施形態の減速装置の分解斜視図である。

【図22】本発明の第三の実施形態の減速装置の断面斜視図である。

【図23】図23（a）は第二冠ギヤ及び第三冠ギヤの側面図を示し、図23（b）は第一冠ギヤの側面図を示す。

【図24】図24（a）は動円錐（第三冠ギヤの母体）と定円錐（第一冠ギヤの母体）の

50

頂点と母線が接触した状態を示す斜視図であり、図 2 4 (b) は動円錐の歳差運動を示す斜視図である。

【図 2 5】ベクトル p_2 が描くトロコイド曲線を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付図面を参照して、本発明の減速装置の実施形態を詳細に説明する。ただし、本発明の減速装置は種々の形態で具体化することができ、本明細書に記載される実施形態に限定されるものではない。この実施形態は、明細書の開示を十分にすることによって、当業者が発明の範囲を十分に理解できるようにする意図をもって提供されるものである。

< 第一の実施形態の減速装置の全体構成 >

10

【0014】

図 1 は本発明の第一の実施形態の減速装置の入力軸側の外観斜視図を示し、図 2 は減速装置の出力部側の外観斜視図を示す。なお、添付の図面及び以下の明細書を通して、同一の構成には同一の符号を附す。

【0015】

ハウジング 1 には、入力軸 2、出力部 3 が回転可能に収容される。入力軸 2 の軸線 2 a と出力部 3 の軸線 3 a 1 とは一致する。入力軸 2 を軸線 2 a の回りを回転させると、出力部 3 が減速されて軸線 3 a 1 の回りを回転する。入力軸 2 に対する出力部 3 の減速比は、ハウジング 1 に収容される第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 (図 3 参照) の歯数によって決定される。

20

【0016】

ハウジング 1 は、フランジ 1 a 1 を有する筒形のハウジング本体 1 a と、ハウジング本体 1 a の軸方向の両端部に取り付けられる円盤形の蓋部材 1 b , 1 c と、を備える。ハウジング本体 1 a のフランジ 1 a 1 には、相手部品に取り付けるための通し孔が開けられる。蓋部材 1 b , 1 c は、ボルト等の締結部材によってハウジング本体 1 a に固定される。

【0017】

図 3 は本実施形態の減速装置の断面斜視図を示し、図 4 は本実施形態の減速装置の分解斜視図を示す。図 3 に示すように、減速装置は、ハウジング 1 と、傾斜カム 4 が入力軸 2 に一体に設けられるカム部 5 と、第一冠ギヤ 1 1 と、第一冠ギヤ 1 1 を波動運動可能にかつ回転不可能に支持する支持部 1 4 と、第二冠ギヤ 1 2 と、第二冠ギヤ 1 2 に連結される出力部 3 と、を備える。なお、以下においては、説明の便宜上、入力軸 2 及び出力部 3 の軸線 2 a を X 方向に配置したときの方向、すなわち図 3 に示す X , Y , Z 方向を用いて減速装置の構成を説明する。

30

【0018】

図 4 に示すように、第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 は円盤形である。第一冠ギヤ 1 1 の対向面 1 1 a 及び第二冠ギヤ 1 2 の対向面 1 2 a には、放射状に複数の歯が形成される。第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯数は特に限定されるものではない。例えば第一冠ギヤ 1 1 の歯数は 4 9、第二冠ギヤ 1 2 の歯数は 5 0 である。第一冠ギヤ 1 1 の歯数と第二冠ギヤ 1 2 の歯数とは異なる。歯数が異なるので、第一冠ギヤ 1 1 の軸線と第二冠ギヤ 1 2 の軸線とを一致させた状態で噛み合わせることはできない。このため、第一冠ギヤ 1 1 を第二冠ギヤ 1 2 に対して傾斜させて、第一冠ギヤ 1 1 の一部を第二冠ギヤ 1 2 の一部に噛み合わせる。第二冠ギヤ 1 2 の対向面 1 2 a は、図 3 の Y Z 平面内に配置される。第一冠ギヤ 1 1 の対向面 1 1 a は、図 3 の Y Z 平面に対して Z 軸の回りに角度 だけ傾いている。

40

【0019】

図 3 に示すように、カム部 5 は、ハウジング 1 に軸線の回りを回転可能に支持される入力軸 2 と、入力軸 2 に一体に設けられる円盤形の傾斜カム 4 と、傾斜カム 4 と第一冠ギヤ 1 1 (正確に言えば、第一冠ギヤ 1 1 に一体に固定される内輪部) との間に転がり運動可能に介在する転動体としてのボール 6 と、を備える (図 4 も参照) 。傾斜カム 4 は、第一冠ギヤ 1 1 を傾けるために設けられる。傾斜カム 4 のカム面 4 a は、第一冠ギヤ 1 1 と同

50

様に Y Z 平面に対して Z 軸の回りに角度 だけ傾いている。傾斜カム 4 のカム面 4 a には、円形のボール転走溝 4 b が形成される。支持部 1 4 の内輪部 7 にも、傾斜カム 4 のボール転走溝 4 b に対向する円形のボール転走溝 7 b が形成される。ボール転走溝 4 b とボール転走溝 7 b との間には、周方向に転がり運動可能に複数のボール 6 が配列される。第一冠ギヤ 1 1 を第二冠ギヤ 1 2 に押し付け、これらの間のバックラッシを無くすために、ボール 6 には予圧が付与される。ボール転走溝 4 b とボール転走溝 7 b との間の隙間はボール 6 の直径よりも小さく、ボール 6 はこれらの間で圧縮される。ボール 6 はリング形の保持器 1 6 に保持される。

【 0 0 2 0 】

入力軸 2 は、第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 を貫通する。入力軸 2 は中空である。入力軸 2 の軸方向の両端部は、軸受 2 1 , 2 2 によって回転可能に支持される。軸受 2 1 , 2 2 は、第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の軸方向の外側に配置される。

【 0 0 2 1 】

図 3 に示すように、支持部 1 4 は、第一冠ギヤ 1 1 の半径方向の外側に配置され、第一冠ギヤ 1 1 をハウジング 1 に対して波動運動可能に（言い換えれば、図 3 に示すように、第一冠ギヤ 1 1 の軸線 1 1 b が点 P 1 を頂点にした円錐の軌跡を描くように回転可能に）かつ軸線の回りを回転不可能に支持する。第一冠ギヤ 1 1 の波動運動は歳差運動とも呼ばれる。

【 0 0 2 2 】

図 3 に示すように、支持部 1 4 は、球形の内周面に外輪スプライン溝 1 0 a（図 4 参照）を有する外輪部 1 0 と、外輪部 1 0 の内側に配置され、球形の外周面に外輪スプライン溝 1 0 a に対向する内輪スプライン溝 7 a（図 4 参照）を有する内輪部 7 と、外輪スプライン溝 1 0 a と内輪スプライン溝 7 a との間に軸方向の円弧の軌道に沿って転がり運動可能に介在する転動体としてのボール 9 と、を備える。外輪部 1 0 は、ハウジング 1 と一体である。内輪部 7 は、ボルト等の締結部材によって第一冠ギヤ 1 1 に固定される。ボール 9 は、保持器 8 に保持される。支持部 1 4 によって、第一冠ギヤ 1 1 は、軸線 2 a 上の点 P 1 を中心にして Z 軸の回り及び Y 軸の回りを揺動可能になる。第一冠ギヤ 1 1 の軸線 2 a の回りの回転運動は、支持部 1 4 のスプライン機構によって制限される。

【 0 0 2 3 】

出力部 3 の内輪 3 a は、ボルト等の締結部材によって第二冠ギヤ 1 2 に固定される。出力部 3 は、クロスローラ 2 3 によってハウジング 1 に回転可能に支持される。クロスローラ 2 3 は、周方向に隣接するローラの軸線が周方向から見て直交するローラ列である（図 4 参照）。第二冠ギヤ 1 2 は、出力部 3 を介してハウジング 1 に回転可能に支持される。ハウジング 1 の蓋部材 1 c の内周面には、円形のレースウェイ 1 c 1 が形成される。出力部 3 の内輪 3 a の外周面には、レースウェイ 1 c 1 に対向する円形のレースウェイ 3 b が形成される。レースウェイ 1 c 1 とレースウェイ 3 b との間に転動体としてクロスローラ 2 3 が配置される。出力部 3 には、第一冠ギヤ 1 1 と第二冠ギヤ 1 2 との噛み合い箇所の反力に起因したモーメントが作用する。クロスローラ 2 3 を用いることで、出力部 3 のモーメント剛性を向上させることができる。なお、入力軸 2 の一端部を回転可能に支持する軸受 2 2 は、出力部 3 と入力軸 2 との間に配置される。

【 0 0 2 4 】

図示しないモータ等の駆動源を用いて、カム部 5 を軸線の回りに回転させると、カム部 5 の傾斜カム 4 によって第一冠ギヤ 1 1 が第二冠ギヤ 1 2 との噛み合い箇所を移動させながら波動運動する。第一冠ギヤ 1 1 の波動運動に伴って、第二冠ギヤ 1 2 が第一冠ギヤ 1 1 に対して歯数差の分だけ相対的に回転する。この実施形態では、例えば第一冠ギヤ 1 1 の歯数を 4 9 とし、第二冠ギヤ 1 2 の歯数を 5 0 とする。そして、ハウジング 1 に対する第一冠ギヤ 1 1 の回転は支持部 1 4 によって制限され、ハウジング 1 に対する出力部 3 の回転は許容される。このため、出力部 3 が 1 歯分だけ減速して回転し、1 / 5 0 の減速比が得られる。ここで、第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯数は限定されない。

< 第一冠ギヤ及び第二冠ギヤの歯の形状（歯先部及び歯底部が円錐の側面から構成される

10

20

30

40

50

例) >

【0025】

第一冠ギヤ11及び第二冠ギヤ12の歯の形状は、以下のとおりである。図5(a)は、第二冠ギヤ12、及び第二冠ギヤ12に傾斜して噛み合う第一冠ギヤ11を示す。図5(a)に示すように、第一冠ギヤ11と第二冠ギヤ12とは1カ所(図5(a)の左端の位置A)で噛み合う。ただし、第一冠ギヤ11にはカム部5から予圧がかかるので、第一冠ギヤ11と第二冠ギヤ12の接触箇所は、噛み合い箇所を中心に周方向に複数の歯に広がる。第一冠ギヤ11が傾斜しているため、図5(a)の右側に向かって第一冠ギヤ11と第二冠ギヤ12との間の隙間が徐々に大きくなる。

【0026】

図5(a)に示すように、第一冠ギヤ11の直径と第二冠ギヤ12との直径とは等しい。第一冠ギヤ11の歯数と第二冠ギヤ12の歯数が異なっているため、第一冠ギヤ11の歯のピッチと第一冠ギヤ11の歯のピッチとが異なる。

【0027】

図5(b)は第二冠ギヤ12を示す。第二冠ギヤ12は、傘歯車状であり、円錐形の母体を持つ。第二冠ギヤ12の表面には、波形の歯30が円周方向に連続して形成される。第二冠ギヤ12は、放射状に配置される複数の歯先部31と、放射状に配置される複数の歯底部32と、を円周方向に交互に有する。第二冠ギヤ12の歯先部31は、円錐の側面から構成される凸形状である。第二冠ギヤ12の歯底部32は、円錐の側面から構成される凹形状である。

【0028】

図5(c)は第一冠ギヤ11を示す。第一冠ギヤ11も、傘歯車状であり、円錐形の母体を持つ。第一冠ギヤ11の表面にも、波形の歯35が円周方向に連続して形成される。第一冠ギヤ11も、放射状に配置される複数の歯先部33と放射状に配置される複数の歯底部34とを円周方向に交互に有する。第一冠ギヤ11の歯先部33は、円錐の側面から構成される凸形状である。第一冠ギヤ11の歯底部34は、円錐の側面から構成される凹形状である。

【0029】

図6の展開図に示すように、第二冠ギヤ12の歯底部32の半径は、第一冠ギヤ11の歯先部33の半径よりも大きく、第一冠ギヤ11の歯先部33が第二冠ギヤ12の歯底部32に嵌まる。そして、第一冠ギヤ11の歯先部33の頂点と第二冠ギヤ12の歯底部32とが噛み合い位置Aで接触する。第一冠ギヤ11の歯底部34の半径は、第二冠ギヤ12の歯先部31の半径よりも大きく、第二冠ギヤ12の歯先部31が第一冠ギヤ11の歯底部34に嵌まる。第一冠ギヤ11の波動運動に伴い、噛み合い位置Aが移動し、第二冠ギヤ12の歯先部31の頂点と第一冠ギヤ11の歯底部34とが接触するようになる。

【0030】

図7(a)及び図7(b)は、第二冠ギヤ12及び第一冠ギヤ11の歯に円錐を付記した斜視図を示す。ここでは、歯の形状を分かり易くするために円錐を付記している。図7(b)に示すように、第二冠ギヤ12の歯先部31は、円錐C1の側面の一部から構成される。第二冠ギヤ12の歯底部32も、円錐C2の側面の一部から構成される。同一の円周上において、歯底部32の円錐C2の半径は、歯先部31の円錐C1の半径よりも大きい。複数の歯先部31の円錐C1の頂点は噛み合い中心P2で交わる。複数の歯底部32の円錐C2の頂点も噛み合い中心P2で交わる。図3に示すように、この噛み合い中心P2は入力軸2の軸線2a上に位置し、第一冠ギヤ11の波動運動の中心P1と一致する。

【0031】

図7(a)に示すように、第一冠ギヤ11の歯先部33は、円錐C3の側面の一部から構成される。第一冠ギヤ11の歯底部34は、円錐C4の側面の一部から構成される。歯底部34の円錐C4の半径は、歯先部33の円錐C3の半径よりも大きい。第一冠ギヤ11の歯のピッチと第二冠ギヤ12の歯のピッチとを異ならせるため、第一冠ギヤ11の歯先部33の円錐C3の半径は、第二冠ギヤ12の歯先部31の円錐C1の半径に等しく、

10

20

30

40

50

第一冠ギヤ 1 1 の歯底部 3 4 の円錐 C 4 の半径は、第二冠ギヤ 1 2 の歯底部 3 2 の円錐 C 2 の半径よりも小さい。第一冠ギヤ 1 1 の複数の歯先部 3 3 の円錐 C 3 の頂点は、噛み合い中心 P 2 に一致し、第一冠ギヤ 1 1 の複数の歯底部 3 4 の円錐 C 4 の頂点は、噛み合い中心 P 2 に一致する。

【 0 0 3 2 】

図 6 の展開図に示すように、第一冠ギヤ 1 1 の歯先部 3 3 は円弧に形成され、歯底部 3 4 も円弧に形成される。第二冠ギヤ 1 2 の歯先部 3 1 は円弧に形成され、歯底部 3 2 も円弧に形成される。厳密に言えば、円錐形の第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯 3 0 , 3 5 を展開すると楕円になるが、円弧とみなす。上記のように、第一冠ギヤ 1 1 の歯先部 3 3 の円弧の半径は、第二冠ギヤ 1 2 の歯先部 3 1 の円弧の半径に等しい。第一冠ギヤ 1 1 の歯 3 5 のピッチと第二冠ギヤ 1 2 の歯 3 0 のピッチとを異ならせるために、第一冠ギヤ 1 1 の歯底部 3 4 の半径は第二冠ギヤ 1 2 の歯底部 3 2 の半径よりも小さい。

【 0 0 3 3 】

第一冠ギヤ 1 1 に予圧をかけない状態では、第一冠ギヤ 1 1 の歯先部 3 3 が 1 力所 A でのみ第二冠ギヤ 1 2 に接触する。第一冠ギヤ 1 1 に予圧をかけると、第一冠ギヤ 1 1 の複数の歯 3 5 と第二冠ギヤ 1 2 の複数の歯 3 0 が接触する。第一冠ギヤ 1 1 を波動運動させると、噛み合い位置 A が第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の円周方向に移動し、第二冠ギヤ 1 2 が第一冠ギヤ 1 1 に対して歯数差の分だけ相対的に回転する。

< 第一冠ギヤ及び第二冠ギヤの歯の形状の他の例（歯先部が円錐の側面から構成され、歯底部がトロコイド曲線を用いて生成される例） >

【 0 0 3 4 】

第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯先部 3 3 , 3 1 及び歯底部 3 4 , 3 2 が円錐の側面から構成される形状であると、第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の製作が容易である。しかし、図 8 の第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯の展開図に示すように、第一冠ギヤ 1 1 の歯先部 3 3（円形で示す）の軌跡を描くと、第一冠ギヤ 1 1 と第二冠ギヤ 1 2 との間に僅かな隙間 g が空く。この隙間 g は、角度伝達誤差や駆動音の増大を招くおそれがある。この隙間 g を埋めて、歯先部 3 3 と歯底部 3 2 が完全に転がるようにし、角度伝達精度と静音性とを向上させたのがこの例である。ただし、この隙間 g は極めて僅かなものであり、隙間 g を埋めなくても、インポリュート歯形と同等の角度伝達精度は得られる。

（設計の概要）

【 0 0 3 5 】

第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯形曲面の設計は、図 9 に示すように、まず、第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の基準円 r_c 上の歯形曲線を作成することから始まる。作成した歯形曲線は一本の曲線であり、面ではない。第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯形曲面を得るために、基準円の半径 r_c を変化させて得られる歯形曲線を第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の円錐形の母体に沿って並べる。これにより、第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯形曲面が得られる。

（歯形曲線の設計指針）

【 0 0 3 6 】

第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯先部 3 3 , 3 1 が円錐の側面から構成されるとし、基準円 r_c 上の第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯先部 3 3 , 3 1 の曲線を単一 R の円弧とする。このとき、歯先部 3 3 , 3 1 と歯底部 3 4 , 3 2 が互いに転がり運動を行うためには、歯底部 3 4 , 3 2 の歯底曲線は、歯先部 3 3 , 3 1 が描く軌跡となる。歯先部 3 3 , 3 1 の単一 R の円弧と歯底部 3 4 , 3 2 の歯底曲線を滑らかに接続することで、図 9 に示すように、第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の基準円 r_c 上の歯形曲線が得られる。歯形曲線の作成は、下記の順序で行われる。

【 0 0 3 7 】

(i) 波動運動（以下、歳差運動という）によって歯先部 3 3 , 3 1 が通るべき曲線（トロコイド曲線）を求める。

(ii) 歯先部 33, 31 の半径を仮定し、歯先部 33, 31 が (i) で求めたトロコイド曲線上を通ったときに描く曲線を求め、これを歯底部 34, 32 の歯底曲線とする。

(iii) 歯先部 33, 31 の歯先曲線(円弧)と歯底部 34, 32 の歯底曲線とを互いになめらかに接続するように歯先部 33, 31 の半径を決定する。

(歯先部が通るべきトロコイド曲線の計算)

【0038】

第一冠ギヤ 11 は、歳差運動をしながら第二冠ギヤ 12 に噛み合う。第一冠ギヤ 11 及び第二冠ギヤ 12 は、円錐形の母体を持ち、これらの歯面は円錐形の母体上にある。したがって、周方向には合同な歯形曲線が並ぶが、半径方向では歯形曲線は相似ではあるが合同ではない。このため、ある基準円 r_c を定め、この基準円 r_c 上での歯形曲線を求める

10

【0039】

まず、この基準円 r_c を底面にもつ 2 つの円錐があり、図 10 (a) に示すように互いの頂点と母線が接触している状態を仮定し、歳差運動を行う円錐を動円錐、固定された円錐を定円錐とする。ここで、円錐頂点を原点 O 、底面同士の接触点を点 P_1 、動円錐の底面上の定点を点 P_2 、定円錐の頂点から底面へ下ろした垂線の足を H_1 、動円錐の頂点から底面へ下ろした垂線の足を H_2 とする。このとき、動円錐を歳差運動させたときの点 P_2 の描く軌跡が歯の通るべき曲線(トロコイド曲線)となる。いま、図 10 (b) に示すように、動円錐が定円錐から離れることなく歳差運動を行った場合を考える。この歳差運動が、動円錐が自身の軸 OH_2 回りに ψ だけ回転し、かつ定円錐回りを n 回回転するものだとすれば、点 P_1 が OH_1 回りに n 回、点 P_2 が OH_2 回りに n 回回転したものとみなせる。ここで、図 11 に示すように、線分 OH_2 に平行で正規化したベクトルを n 、点 O から点 P_1 までのベクトルを p_1 、点 O から点 P_2 までのベクトルを p_2 とすれば、 p_2 は p_1 を n 回回りに ψ だけ回転したベクトルとみなせるため、

20

【0040】

【数 1】

$$p_2 = p_1 \cos \psi + n(n \cdot p_1)(1 - \cos \psi) + (n \times p_1) \sin \psi$$

30

と表すことができる。ここで、動円錐と定円錐がともに底面半径 r_c 、底角 ϕ_c であれば、 n と p_1 はそれぞれ、

【0041】

【数 2】

$$n = \begin{pmatrix} \cos \theta \sin 2\phi_c \\ \sin \theta \sin 2\phi_c \\ \cos 2\phi_c \end{pmatrix}$$

40

$$p_1 = \begin{pmatrix} r_c \cos \theta \\ r_c \sin \theta \\ -r_c \tan \phi_c \end{pmatrix}$$

と表すことができる。

【0042】

ここまで求めてきた p_2 は、 ψ の値を変えることで第一冠ギヤ 11 と第二冠ギヤ 12 それぞれの歯先部 33, 31 の中心が通るべき曲線を表すベクトルを表すことができる。ま

50

ず、第一冠ギヤ 1 1 の歯先部 3 3 の中心が通るべき曲線を求める。動円錐が第一冠ギヤ 1 1、定円錐が第二冠ギヤ 1 2 とみなし、歯数をそれぞれ z_i 、 z_o とする。また、動円錐の歳差運動のパラメータは θ_i 、 ψ_i とする。このとき、正転ギヤであれば、図 1 2 に示すように θ_i が 1 回転する間に ψ_i は反対方向に 1 歯分だけ多く回転し、逆転ギヤであれば、 θ_i が 1 回転する間に ψ_i は反対方向に 1 歯分だけ少なく回転するため、数 3 が成り立つ。

【 0 0 4 3 】

【数 3】

$$\begin{cases} \theta_i : \psi_i = 2\pi : -2\pi \left(1 + \frac{1}{z_i}\right) & \text{(NORMAL ROTATION)} \\ \theta_i : \psi_i = 2\pi : -2\pi \left(1 - \frac{1}{z_i}\right) & \text{(REVERSE ROTATION)} \end{cases}$$

10

これを整理して、

【 0 0 4 4 】

【数 4】

$$\begin{cases} \psi_i = -\frac{z_i + 1}{z_i} \theta_i & \text{(NORMAL ROTATION)} \\ \psi_i = -\frac{z_i - 1}{z_i} \theta_i & \text{(REVERSE ROTATION)} \end{cases}$$

20

【 0 0 4 5 】

第二冠ギヤ 1 2 の歯先部 3 1 の中心が通るべき曲線を求める場合、動円錐を第二冠ギヤ 1 2、定円錐を第一冠ギヤ 1 1 とみなし、歳差運動のパラメータは θ_o 、 ψ_o とすれば、同様にして数 5 が成り立つ。

30

【 0 0 4 6 】

【数 5】

$$\begin{cases} \psi_o = -\frac{z_o - 1}{z_o} \theta_o & \text{(NORMAL ROTATION)} \\ \psi_o = -\frac{z_o + 1}{z_o} \theta_o & \text{(REVERSE ROTATION)} \end{cases}$$

40

【 0 0 4 7 】

このように、組み合わせるギヤの特性によって、数 4、数 5 を選択し、 ψ_i 、 ψ_o について数 1 に代入することで、歯先部の中心が通るべき曲線を求められる。このとき、求めた曲線の例を図 1 3 に示す。図 1 3 において、ベクトル p_2 が描く軌跡がトロコイド曲線である。 p_1 と p_2 の回転角と方向は図 1 2 と同じである。

(歯底曲線の計算)

【 0 0 4 8 】

次に、歯底曲線を求める。図 1 4 に示すように相手側ギヤの歯先部 3 3 が描く軌跡が歯底曲線 p_3 となる。すなわち、相手側ギヤの歯先部 3 3 の中心が通るべきトロコイド曲線

50

p_2 を求め、相手側ギヤの歯先部 33 の半径をもつ円をこのトロコイド曲線 p_2 上で動かしたときに得られる軌跡を計算すればよい。ここで、相手側ギヤの歯先半径を h_k 、この円を C とする。このとき、図 15 に示すように、歯底曲線を表すベクトル p_3 は、 p_2 上に円 C を描いたときの点のうち、 p_2 と p_2 の方向ベクトル Δp_2 のどちらにも直交する点 P_3 までのベクトルとなる。したがって、数 6 と数 7 の関係が成り立つ。

【 0 0 4 9 】

【 数 6 】

$$|p_3 - p_2| = h_k \quad 10$$

【 0 0 5 0 】

【 数 7 】

$$p_2 \perp (p_3 - p_2) \text{ かつ } \Delta p_2 \perp (p_3 - p_2) \text{ かつ } p_2 \perp \Delta p_2$$

以上の結果から、

【 0 0 5 1 】

【 数 8 】

$$p_3 - p_2 = \pm h_k \frac{\Delta p_2 \times p_2}{|\Delta p_2 \times p_2|}$$

$$\Leftrightarrow p_3 = p_2 \pm h_k \frac{\Delta p_2 \times p_2}{|\Delta p_2 \times p_2|}$$

20

30

が成り立つ。なお、式中の正負は、方向ベクトルの向きによって決定される。

(歯先曲線と歯底曲線の接続)

【 0 0 5 2 】

図 16 (a) は、上記に従って計算した第一冠ギヤ 11 の歯形曲線 (歯先曲線と歯底曲線) を示し、図 16 (b) は、上記に従って計算した第二冠ギヤ 12 の歯形曲線 (歯先曲線と歯底曲線) を示す。ここでは、歯先曲線と歯底曲線が滑らかに繋がるように歯先曲線の半径を決定する。歯先曲線の半径は、「歯先曲線と歯底曲線が接点をただ一つ持つとき」を条件にして決定する。(歯先曲線の方程式) = (歯底曲線の方程式) を立式し、これが重解を持つときの歯先半径の値を探せばよい。以上により、第一冠ギヤ 11 及び第二冠ギヤ 12 の歯形曲線を生成することができる。

40

【 0 0 5 3 】

図 17 は、上記に従って得られた第一冠ギヤ 11 及び第二冠ギヤ 12 の歯形曲線を示す。図中の黒丸が接触点を示す。(S 1) の接触開始時から (S 5) の接触終了時に至るまで、第一冠ギヤ 11 と第二冠ギヤ 12 とが常に接触し、接触点が移動することがわかる。接触点が移動することから、第一冠ギヤ 11 と第二冠ギヤ 12 とが互いに転がることわかる。

【 0 0 5 4 】

なお、第一冠ギヤ 11 及び第二冠ギヤ 12 の歯底部 34 , 32 を円錐の側面から構成し、第一冠ギヤ 11 及び第二冠ギヤ 12 の歯先部 33 , 31 をトロコイド曲線を用いて生成することもできる。この場合、基準円 r_c 上の第一冠ギヤ 11 及び第二冠ギヤ 12 の歯底

50

部 3 4 , 3 2 の曲線を単一 R の円弧とし、トロコイド曲線を用いて歯先部 3 3 , 3 1 の歯先曲線を計算すればよい。

< 第一冠ギヤ及び第二冠ギヤの歯の形状のさらに他の例 (歯すじがヘリカル状である例) >

【 0 0 5 5 】

図 1 8 に示すように、第二冠ギヤ 1 2 の基準円上の歯形曲線の位相を、基準円の半径を変化させる毎に円周方向にずらすことで、歯すじをヘリカル状にすることができる。図 1 8 に示すように、第二冠ギヤ 1 2 の外側と内側とでは、歯形曲線の位相が異なる。同様に、第一冠ギヤ 1 1 の歯すじも同様にヘリカル状にすることができる。

【 0 0 5 6 】

ヘリカル状の歯すじには、図 1 9 に示す対数らせんを採用することができる。対数らせんは、円錐形の母体の母線とのなす角 β が常に一定のらせんであり、数 9 で表すことができる。

【 0 0 5 7 】

【 数 9 】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ae^{b\theta} \cos \theta \\ ae^{b\theta} \sin \theta \\ ae^{b\theta} \tan \beta \end{pmatrix}$$

ここで、 a , b はらせんの巻き方のパラメータである。

< 本実施形態の減速装置の効果 >

【 0 0 5 8 】

本実施形態の減速装置によれば、以下の効果を奏する。第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯先部 3 3 , 3 1 が円錐の側面を基礎とした凸形状であり、第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯底部 3 4 , 3 2 が円錐の側面を基礎とした凹形状であるので、第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 のいずれか一方の歯先部 3 3 , 3 1 を他方の歯底部 3 4 , 3 2 に円滑に嵌めることができる。また、一方の歯先部 3 3 , 3 1 と他方の歯底部 3 4 , 3 2 との噛み合いのほとんどが転がりであるので、歯車の効率を向上させることができる。

【 0 0 5 9 】

第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯先部 3 3 , 3 1 及び歯底部 3 4 , 3 2 の円錐の頂点 P 2 が、第一冠ギヤ 1 1 の歳差運動の中心 P 1 に一致するので、歯先部 3 3 , 3 1 と歯底部 3 4 , 3 2 とを線接触させることができる。歯当たり面積を大きく、噛み合い率を大きくすることができるので、高剛性化、高効率、静音化が実現できる。

【 0 0 6 0 】

第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯先部 3 3 , 3 1 が、円錐の側面から構成される形状であり、第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯底部 3 4 , 3 2 が、第一冠ギヤ 1 1 の円錐形の母体を第二冠ギヤ 1 2 の円錐形の母体に沿って転がしたときに描かれるトロコイド曲線を用いて生成された形状であるので、歯先部 3 3 , 3 1 と歯底部 3 4 , 3 2 との噛み合いを完全な転がりにすることができ、さらなる高剛性化、高効率、静音化が実現できる。

【 0 0 6 1 】

第一冠ギヤ 1 1 の歯先部 3 3 の円錐の半径 R と第二冠ギヤ 1 2 の歯先部 3 1 の円錐の半径 R とが一致するので、両者の歯先部 3 3 , 3 1 の製造が容易であり、強度も一致させることができる。

【 0 0 6 2 】

第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯先部 3 3 , 3 1 及び歯底部 3 4 , 3 2 の歯すじ

10

20

30

40

50

が、ヘリカル状であるので、歯当たり面積を大きく、噛み合い率を大きくすることができ、さらなる高剛性化、高効率、静音化が実現できる。

< 第二の実施形態の減速装置の全体構成 >

【 0 0 6 3 】

図 2 0 及び図 2 1 は、本発明の第二の実施形態の減速装置を示す。図 2 0 は減速装置の断面斜視図を示し、図 2 1 は減速装置の分解斜視図を示す。上記第一の実施形態の減速装置では、波動運動と回転運動を第一冠ギヤ 1 1 と第二冠ギヤ 1 2 とに分担し、第一冠ギヤ 1 1 を波動運動させ、第二冠ギヤ 1 2 を回転運動させる。第二の実施形態の減速装置では、第二冠ギヤ 4 2 をハウジング 5 0 に固定する。そして、第一冠ギヤ 4 1 のみを波動運動及び回転運動させる。第一冠ギヤ 4 1 の回転運動は、第一冠ギヤ 4 1 の内側に配置した球形のスプラインジョイント 4 4 を介して出力部 6 2 に伝達される。

10

【 0 0 6 4 】

この実施形態の減速装置は、ハウジング 5 0 と、入力軸 6 1 に傾斜カム 6 3 が一体に設けられるカム部 6 4 と、第一冠ギヤ 4 1 と、第一冠ギヤ 4 1 に対向する第二冠ギヤ 4 2 と、第一冠ギヤ 4 1 を波動運動可能に支持するスプラインジョイント 4 4 と、スプラインジョイント 4 4 のスプライン軸 4 5 に回転不可能に連結される出力部 6 2 と、を備える。入力軸 6 1 を軸線 6 1 a の回りを回転させると、出力部 6 2 が減速されて軸線 6 1 a の回りを回転する。なお、以下においては、説明の便宜上、入力軸 6 1 及び出力部 6 2 の軸線を X 方向に配置したときの方向、すなわち図 2 0 に示す X, Y, Z 方向を用いて減速装置の構成を説明する。

20

【 0 0 6 5 】

図 2 1 に示すように、第一冠ギヤ 4 1 と第二冠ギヤ 4 2 とは、互いに対向する。第一冠ギヤ 4 1 及び第二冠ギヤ 4 2 の対向面には、放射状に複数の歯が形成される。第一冠ギヤ 4 1 及び第二冠ギヤ 4 2 の歯の形状は、第一の実施形態の第一冠ギヤ 1 1 及び第二冠ギヤ 1 2 の歯の形状と同一である。第一冠ギヤ 4 1 の歯数と第二冠ギヤ 4 2 の歯数とは特に限定されるものでない。例えば第一冠ギヤ 4 1 の歯数は 5 1、第二冠ギヤ 4 2 の歯数は 5 0 に設定される。第一冠ギヤ 4 1 は第二冠ギヤ 4 2 に対して傾斜して、第二冠ギヤ 4 2 に噛み合う。図 2 0 に示すように、第二冠ギヤ 4 2 は、YZ 平面内に配置される。第一冠ギヤ 4 1 の対向面は、YZ 平面に対して Z 軸の回りに角度 だけ傾く。

30

【 0 0 6 6 】

図 2 0 に示すように、第一冠ギヤ 4 1 は、支持部としての球形のスプラインジョイント 4 4 に波動運動可能にかつ軸線 6 1 a の回りを回転不可能に支持される。スプラインジョイント 4 4 は、第一冠ギヤ 4 1 に一体に設けられ、球形の内周面に外輪スプライン溝 4 6 a を有する外輪部 4 6 と、外輪部 4 6 の内側に配置され、球形の外周面に外輪スプライン溝 4 6 a に対向する内輪スプライン溝 4 7 a を有する内輪部 4 7 と、外輪スプライン溝 4 6 a と内輪スプライン溝 4 7 a との間に軸方向に円弧の軌道に沿って転がり運動可能に介在する転動体としてのボール 4 8 と、を備える。内輪部 4 7 のスプライン軸 4 5 は、出力部 6 2 にキー等を用いて回転不可能に連結される。ボール 4 8 は、保持器 4 9 に保持される。第一冠ギヤ 4 1 の軸線 6 1 a の回りの回転運動は、スプラインジョイント 4 4 を介して出力部 6 2 に伝達される。出力部 6 2 は、クロスローラ 6 9 によってハウジング 5 0 に回転可能に支持される。

40

【 0 0 6 7 】

カム部 6 4 は、ハウジング 5 0 に軸線 6 1 a の回りを回転可能に支持される入力軸 6 1 と、入力軸 6 1 に一体に設けられる円盤形の傾斜カム 6 3 と、傾斜カム 6 3 と第一冠ギヤ 4 1 との間に転がり運動可能に介在する転動体としてのボール 6 5 と、を備える。入力軸 6 1 は、二つの軸受 6 7, 6 8 によってハウジング 5 0 に回転可能に支持される。

【 0 0 6 8 】

図示しないモータ等の駆動源を用いて、カム部 6 4 を軸線 6 1 a の回りに回転させると、カム部 6 4 の傾斜カム 6 3 によって第一冠ギヤ 4 1 が第二冠ギヤ 4 2 との噛み合い箇所を移動させながら波動運動する。第一冠ギヤ 4 1 の波動運動に伴って、第一冠ギヤ 4 1 が

50

第二冠ギヤ 4 2 に対して歯数差の分だけ相対的に回転する。第二冠ギヤ 4 2 はハウジング 5 0 に固定されるので、第一冠ギヤ 4 1 が回転する。第一冠ギヤ 4 1 の回転しながらの波動運動は、歳差運動とも呼ばれる。第一冠ギヤ 4 1 の回転運動は、スプラインジョイント 4 4 を介して出力部 6 2 に伝達される。この実施形態では、第二冠ギヤ 4 2 が固定されるので、1 / 5 0 の減速比が得られる。

< 第三の実施形態の減速装置の全体構成 >

【 0 0 6 9 】

図 2 2 は、本発明の第三の実施形態の減速装置の断面斜視図を示す。この実施形態の減速装置は、第二冠ギヤ 7 2 と、第三冠ギヤ 7 3 と、第二冠ギヤ 7 2 に対向する対向歯 7 1 a と第三冠ギヤ 7 3 に対向する対向歯 7 1 b とを背面合わせで持つ第一冠ギヤ 7 1 と、を備える。カム部 7 4 a , 7 4 b は、第一冠ギヤ 7 1 が第二冠ギヤ 7 2 に噛み合い、第一冠ギヤ 7 1 が第三冠ギヤ 7 3 に噛み合うように、第一冠ギヤ 7 1 を第二冠ギヤ 7 2 及び第三冠ギヤ 7 3 に対して傾斜させ、かつ噛み合う箇所が円周方向に移動するように第一冠ギヤ 7 1 を波動運動させる。

10

【 0 0 7 0 】

入力軸 7 5 を回転させると、第一冠ギヤ 7 1 が波動運動する。入力軸 7 5 の回転数は減速されて出力部 7 6 に伝達される。減速比は、第一冠ギヤ 7 1、第二冠ギヤ 7 2、及び第三冠ギヤ 7 3 の歯数によって決定される。第一冠ギヤ 7 1、第二冠ギヤ 7 2 の歯の形状は、第一の実施形態の第一冠ギヤ 1 1、第二冠ギヤ 1 2 と同一であり、第一冠ギヤ 7 1、第三冠ギヤ 7 3 の歯の形状は、第一の実施形態の第一冠ギヤ 1 1、第二冠ギヤ 1 2 と同一である。

20

【 0 0 7 1 】

図 2 3 (a) は第二冠ギヤ 7 2 及び第三冠ギヤ 7 3 の側面図を示し、図 2 3 (b) は第一冠ギヤ 7 1 の側面図を示す。第二冠ギヤ 7 2 の対向歯 7 2 a には、円錐 C o 1 の側面から構成される歯底部 7 2 a 1 が形成される。歯底部 7 2 a 1 の円錐 C o 1 の頂点は、第一冠ギヤ 7 1 の波動運動の中心 P で交わる。第二冠ギヤ 7 2 の歯先部 7 2 a 2 も、円錐 (図示せず) の側面の一部に形成される。歯先部 7 2 a 2 の円錐の頂点も P で交わる。同様に、第三冠ギヤ 7 3 の歯底部 7 3 a 1 及び歯先部 7 3 a 2 も、円錐 (歯底部 7 3 a 1 の円錐 C o 2 のみを示す) の側面から構成され、円錐の頂点は P で交わる。

30

【 0 0 7 2 】

図 2 3 (b) に示すように、第一冠ギヤ 7 1 には、第二冠ギヤ 7 2 に対向する対向歯 7 1 a と第三冠ギヤ 7 3 に対向する対向歯 7 1 b とが背面合わせで設けられる。対向歯 7 1 a の歯底部 7 1 a 1 及び歯先部 7 1 a 2 は、円錐 (歯底部 7 1 a 1 の円錐 C o 3 のみを示す) の側面から構成され、円錐の頂点は P で交わる。対向歯 7 1 b の歯底部 7 1 b 1 及び歯先部 7 1 b 2 は、円錐 (歯底部 7 1 b 1 の円錐 C o 4 のみを示す) の側面から構成され、円錐の頂点は P で交わる。

【 0 0 7 3 】

図 2 2 に示すように、図示しないモータ等の駆動源を用いて、入力軸 7 5 を回転させると、第一冠ギヤ 7 1 が波動運動する。第一冠ギヤ 7 1 の波動運動に伴い、第一冠ギヤ 7 1 と第二冠ギヤ 7 2 との噛み合い箇所、第一冠ギヤ 7 1 と第三冠ギヤ 7 3 との噛み合い箇所が円周方向に移動する。そして、第一冠ギヤ 7 1 の波動運動に伴い、第一冠ギヤ 7 1 が第二冠ギヤ 7 2 に対して両者の歯数差の分だけ相対的に回転する。また、第三冠ギヤ 7 3 が第一冠ギヤ 7 1 に対して両者の歯数差の分だけ相対的に回転する。第三冠ギヤ 7 3 の回転数は、第二冠ギヤ 7 2 に対する第一冠ギヤ 7 1 の相対的な回転数と、第一冠ギヤ 7 1 に対する第三冠ギヤ 7 3 の相対的な回転数とを合算したものになる。二組のギヤを、互いに打ち消し合う方向に回転させれば、大きな減速比が得られるし、互いに助長する方向に回転させれば、小さな減速比が得られる。

40

< 第三の実施形態の減速装置の歯の設計 >

【 0 0 7 4 】

第三の実施形態の減速装置の歯の設計は、第一の実施形態の減速装置の歯の設計と略同

50

一である。ただし、第一冠ギヤ71は、第三冠ギヤ73に向かって凸の円錐形の母体を持ち、第三冠ギヤ73は、第一冠ギヤ71に向かってすり鉢状の円錐形の母体を持つ。このため、図24(a)に示すように、定円錐である第一冠ギヤ71に動円錐である第三冠ギヤ73が覆い被さるような形となる。トロコイド曲線を求めるにあたって、上記の数2を

【0075】

【数2a】

$$n = \begin{pmatrix} -\cos\theta \sin(\phi_{cf} - \phi_{cr}) \\ -\sin\theta \sin(\phi_{cf} - \phi_{cr}) \\ -\cos(\phi_{cf} - \phi_{cr}) \end{pmatrix}$$

$$p_1 = \begin{pmatrix} r_{cf} \cos\theta \\ r_{cf} \sin\theta \\ -r_{cf} \tan\phi_{cf} \end{pmatrix}$$

10

に変更する必要がある。ここで、動円錐の底面半径が r_{cr} 、底角が ϕ_{cr} 、定円錐の底面半径が r_{cf} 、底角が ϕ_{cf} である。他の数3～数7は、変更する必要がない。

20

【0076】

図25は、求めたトロコイド曲線を示す。図25において、ベクトル p_2 が描く軌跡がトロコイド曲線である。

【0077】

なお、本発明は、上記実施形態に具現化されるのに限られることはなく、本発明の要旨を変更しない範囲でさまざまな実施形態に具現化可能である。

【0078】

上記実施形態では、減速機を中心に説明したが、入力側と出力側を逆にすることで、軸方向にコンパクトな増速機としても利用できる。例えば、水力発電機のような入力側のパワーの大きい発電機に対して本発明を増速機として利用することで、軸方向のコンパクト化が図れる。

30

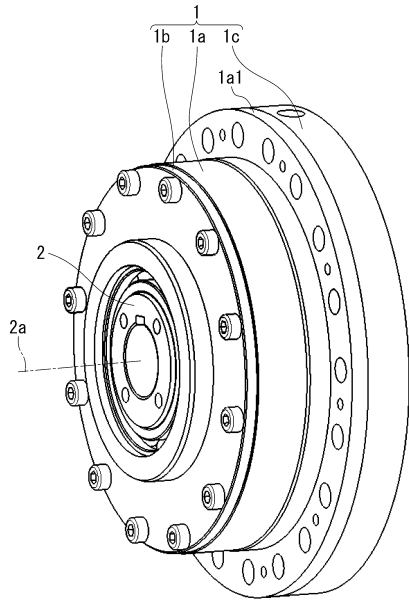
【符号の説明】

【0079】

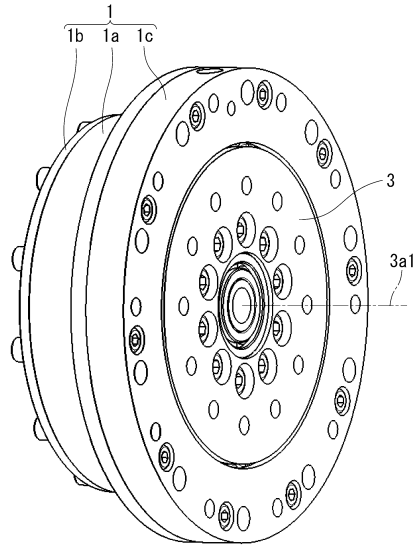
11, 41, 71...第一冠ギヤ、12, 42, 72...第二冠ギヤ、73...第三冠ギヤ、31...第二冠ギヤの歯先部、32...第二冠ギヤの歯底部、33...第一冠ギヤの歯先部、34...第一冠ギヤの歯底部、71a1, 71b1...第一冠ギヤの歯底部、71a2, 71b2...第一冠ギヤの歯先部、72a1...第二冠ギヤの歯底部、72a2...第二冠ギヤの歯底部、73a1...第三冠ギヤの歯底部、73a2...第三冠ギヤの歯先部、C1...円錐(第二冠ギヤの歯先部の円錐)、C2...円錐(第二冠ギヤの歯底部の円錐)、C3...円錐(第一冠ギヤの歯先部の円錐)、C4...円錐(第一冠ギヤの歯底部の円錐)、Co1...円錐(第二冠ギヤの歯底部の円錐)、Co2...円錐(第三冠ギヤの歯底部の円錐)、Co3, Co4...円錐(第一冠ギヤの歯底部の円錐)、P2, P...円錐の頂点、P1, P...波動運動の中心、 p_2 ...トロコイド曲線

40

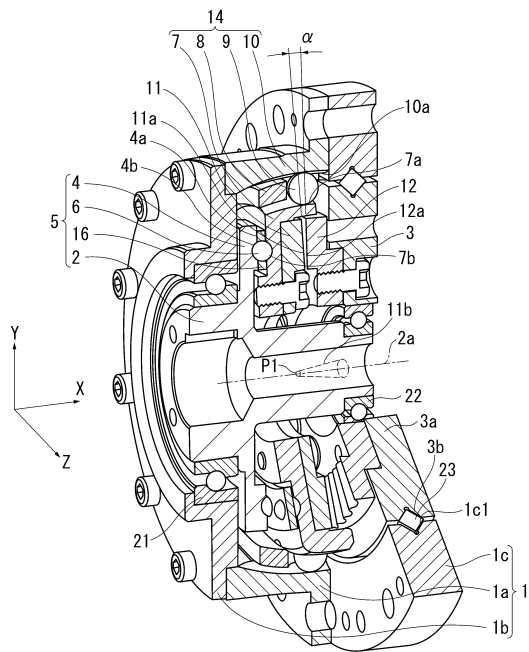
【図 1】



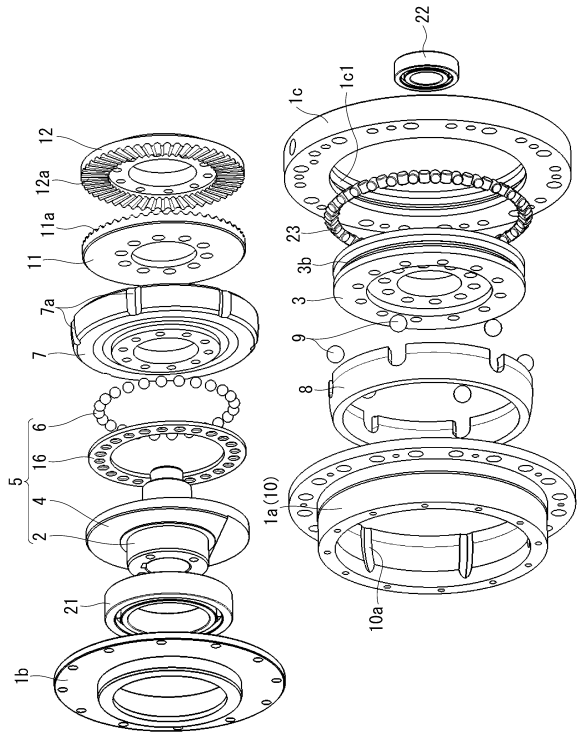
【図 2】



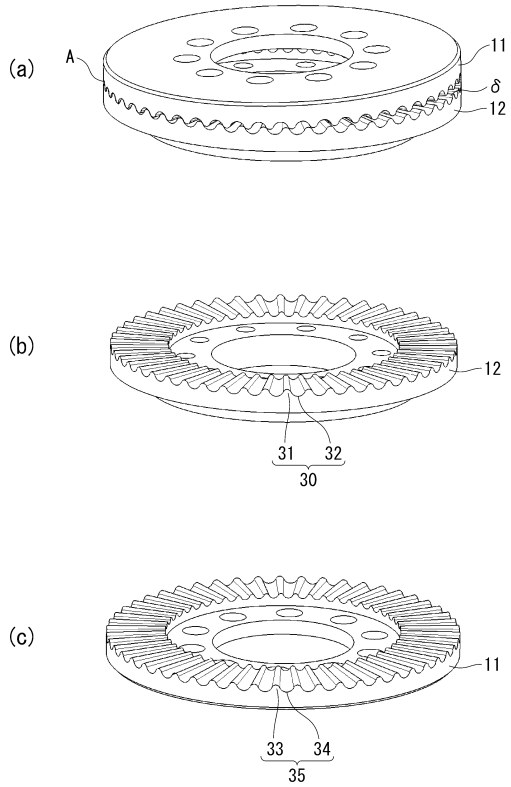
【図 3】



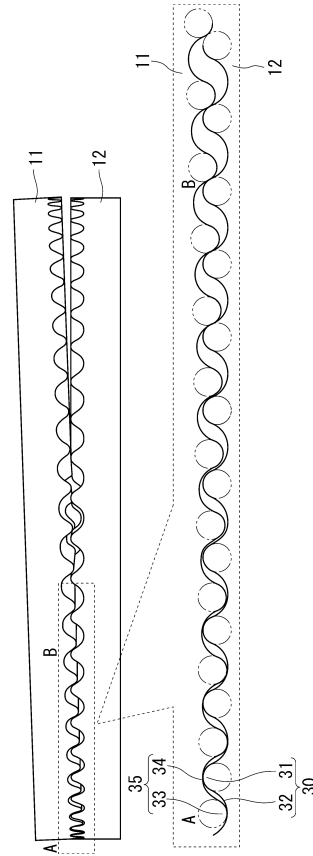
【図 4】



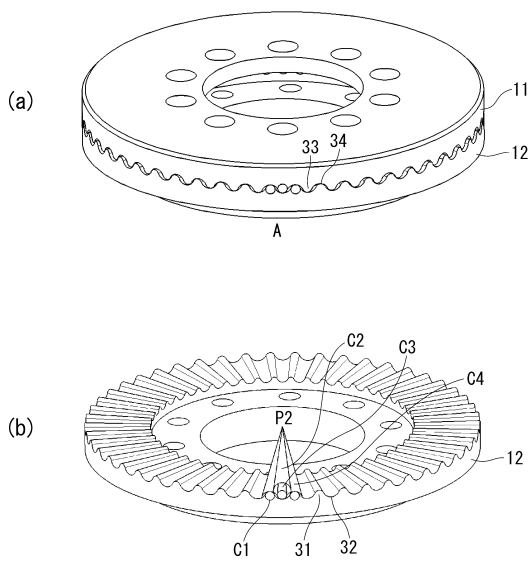
【 図 5 】



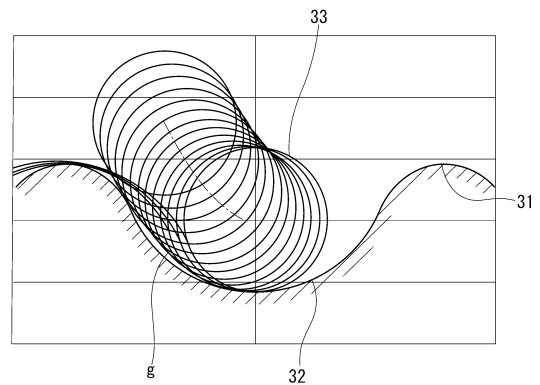
【 図 6 】



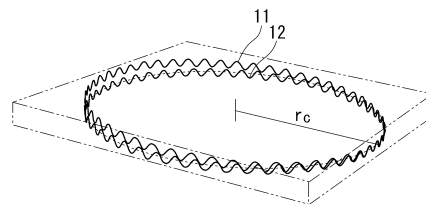
【 図 7 】



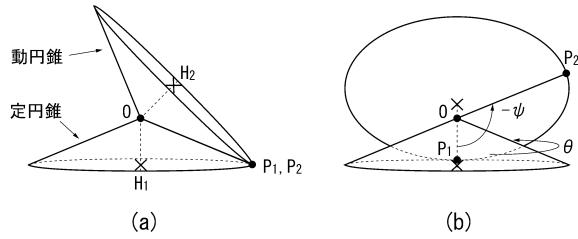
【 図 8 】



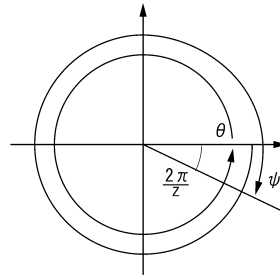
【 図 9 】



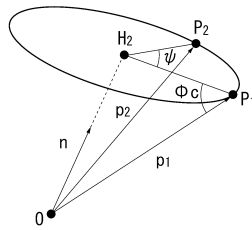
【図10】



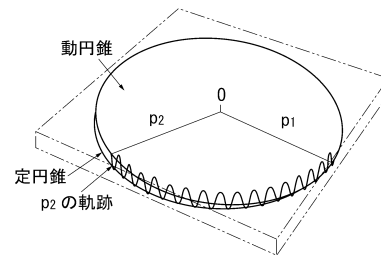
【図12】



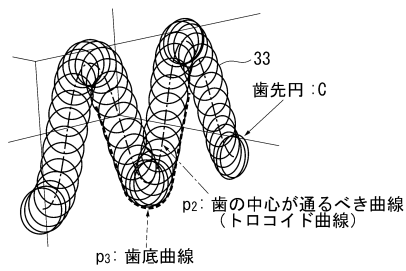
【図11】



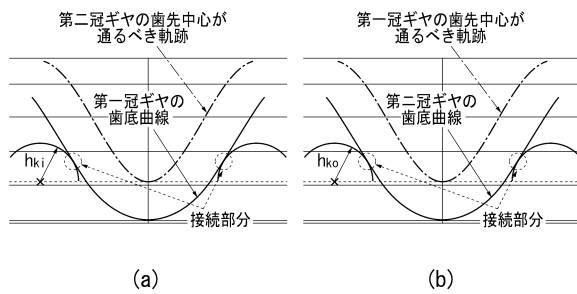
【図13】



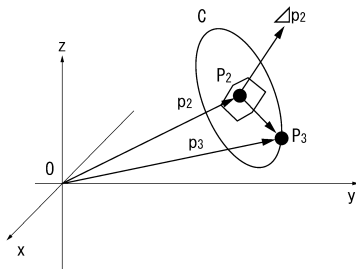
【図14】



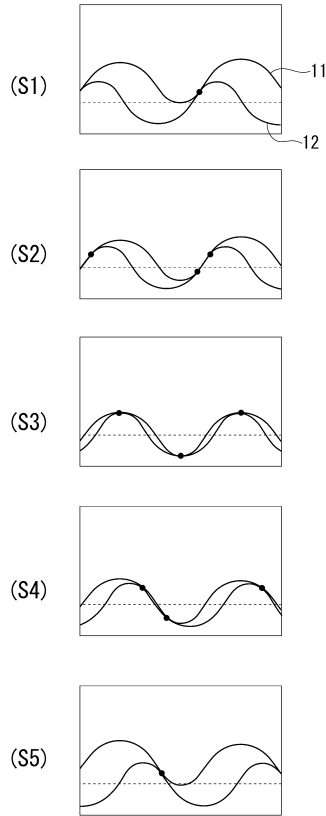
【図16】



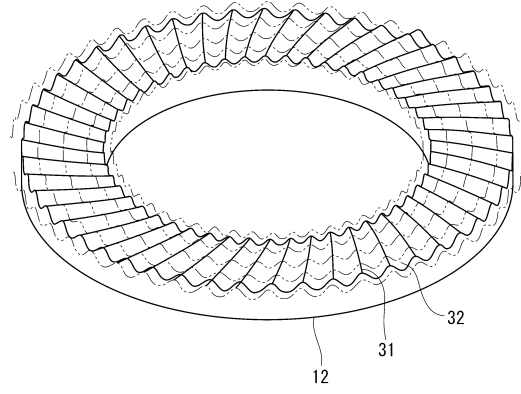
【図15】



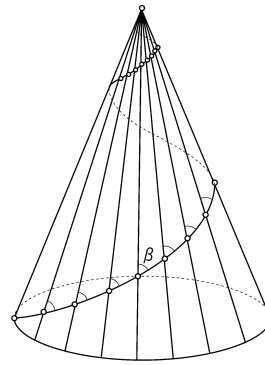
【 図 17 】



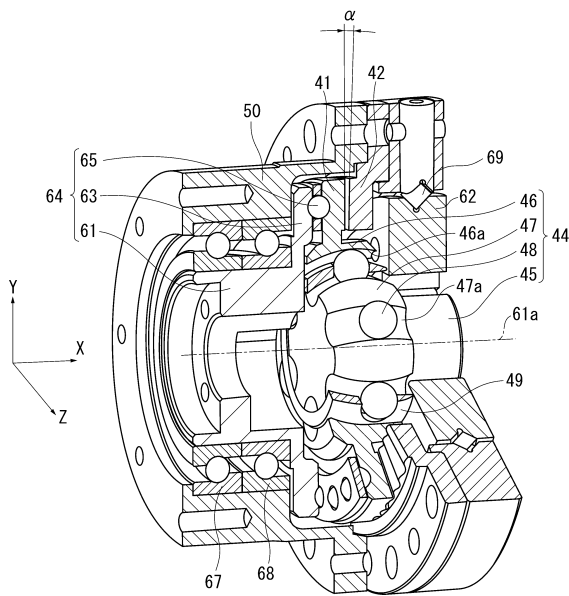
【 図 18 】



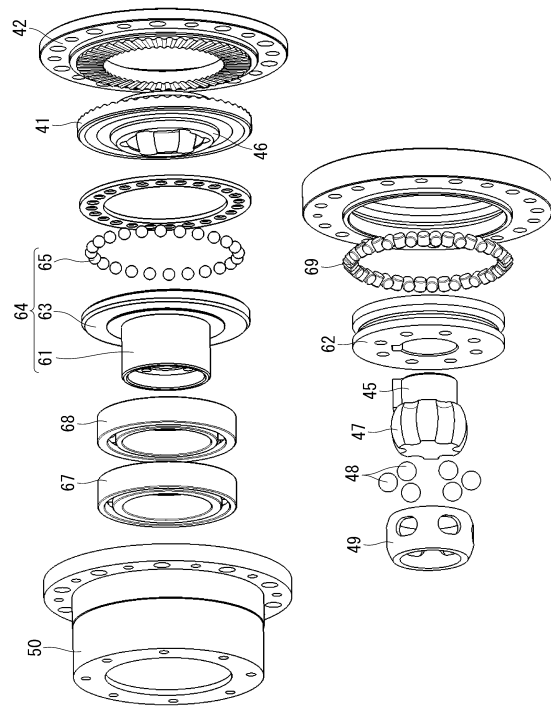
【 図 19 】



【 図 20 】



【 図 21 】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2014/076772(WO, A1)

特開平1-247847(JP, A)

特開2003-42240(JP, A)

特開昭57-15140(JP, A)

特開2016-17607(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16H 1/32

F16H 55/08