

(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
2010 年 6 月 24 日(24.06.2010)

PCT

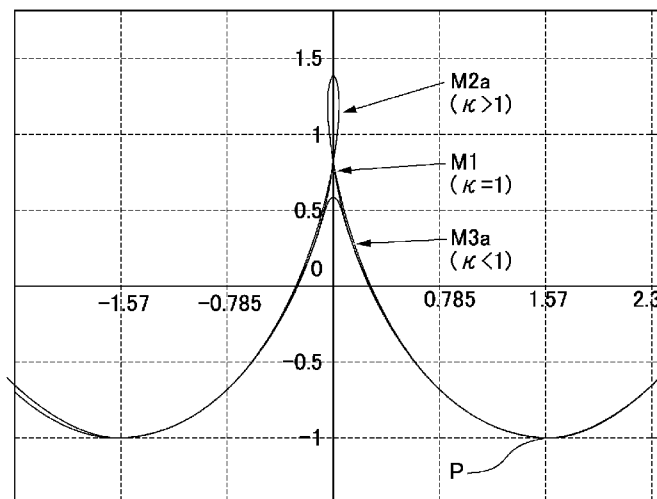
(10) 国際公開番号
WO 2010/070712 A1

- (51) 国際特許分類:
F16H 1/32 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/003848
- (22) 国際出願日: 2008 年 12 月 18 日(18.12.2008)
- (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 (米国を除く全ての指定国について): 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 2 5 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石川昌一 (ISHIKAWA, Shoichi) [JP/JP]; 〒2300076 神奈川県横浜市鶴見区馬場 4 丁目 3 1 - 9 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 横沢志郎 (YOKOZAWA, Shiro); 〒3900852 長野県松本市島立 1 1 3 2 番地 1 8 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: WAVE GEAR DEVICE HAVING THREE-Dimensionally CONTACTABLE SHIFTED TOOTH PROFILE

(54) 発明の名称: 3次元接触可能な転位歯形を有する波動歯車装置

[図7]



(57) Abstract: Disclosed is a wave gear device (1) for setting the flexible state of the principal section (30) of a flexible external gear in a non-deflection state (at a deflection coefficient $\kappa = 1$). The moving locus of a tooth profile in the principal section (30) is determined by a rack approximation, and a similar curve (BC), which is obtained by similarly transforming a curve (AB) cut from that moving locus, is used to define the fundamental addendum shape of the tooth profile in the principal section. The portion of the tooth profile of the flexible external gear other than the principal section is dislocated so that both each negative-deflection side moving locus (M3), which is obtained in each plane of rotation to deflect in a negative deflection state (at the deflection coefficient $\kappa < 1$) closer to the diaphragm side than the principal section and each positive-deflection side moving locus (M2), which is obtained in each plane of rotation to deflect in a positive deflection state (at the deflection coefficient $\kappa > 1$) closer to the front end opening side than the principal section, may become

curves (M3a and M2a) to contact at the bottom (a point (P)) of a non-deflection moving locus (M1). The partial meshing engagement can also be held at the section other than the principal section in the tooth trace direction, so that the load torque performance of the wave gear device can be advantageously improved.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/070712 A1



波動歯車装置（１）の可撓性外歯車の主断面（３０）の撓み状態を無偏位状態（撓み係数 $\kappa=1$ ）に設定する。当該主断面（３０）における歯形の移動軌跡をラック近似により求め、当該移動軌跡から切り出した曲線ＡＢを相似変換して得られる相似曲線ＢＣを用いて主断面における歯形の基本歯末歯形を規定する。主断面よりもダイヤフラム側における負偏位状態（撓み係数 $\kappa<1$ ）に撓む各軸直角断面において得られる各負偏位側移動軌跡Ｍ３、および、主断面よりも前端開口側における正偏位状態（撓み係数 $\kappa>1$ ）に撓む各軸直角断面において得られる各正偏位側移動軌跡Ｍ２の双方が、無偏位移動軌跡Ｍ１の底部（点Ｐ）で接する曲線Ｍ３ａ、Ｍ２ａとなるように、可撓性外歯車の歯形の主断面以外の部分に転位を施す。歯筋方向の主断面以外の断面においても部分的な噛み合いを保持できるので、波動歯車装置の負荷トルク性能の向上に有利である。

明 細 書

3次元接触可能な転位歯形を有する波動歯車装置

技術分野

- [0001] 本発明は、波動歯車装置における剛性内歯車および可撓性外歯車の歯形の改良に関するものである。さらに詳しくは、両歯車が、歯筋方向における所定の位置に設定した主断面（軸直角断面）においては広範囲の噛み合いを維持しつつ、歯筋方向の他の軸直角断面においても部分的な噛み合いを保持できる歯の形状に関するものである。

背景技術

- [0002] 波動歯車装置は、創始者 C. W. Musser 氏の発明（特許文献 1）以来、今日まで同氏を始め、本発明者を含め多くの研究者によって本装置の各種の発明考案がなされている。その歯形に関する発明に限っても、各種のものがある。例えば、本発明者は、特許文献 2 において基本歯形をインボリュート歯形とすることを提案し、特許文献 3、4 において、剛性内歯車と可撓性外歯車の歯の噛み合いをラックで近似する手法を用いて広域接触を行う両歯車の歯末歯形を導く歯形設計法を提案している。

特許文献 1：米国特許第 2 9 0 6 1 4 3 号公報

特許文献 2：特公昭 4 5－4 1 1 7 1 号公報

特許文献 3：特開昭 6 3－1 1 5 9 4 3 号公報

特許文献 4：特開昭 6 4－7 9 4 4 8 号公報

- [0003] 一般に、波動歯車装置は、円環状の剛性内歯車と、この内側に同軸状に配置された可撓性外歯車と、この内側に嵌めた波動発生器とを有している。可撓性外歯車は、可撓性の円筒状胴部と、この円筒状胴部の後端から半径方向に延びているダイヤフラムと、円筒状胴部の前端開口側の外周面部分に形成した外歯とを備えている。可撓性外歯車は波動発生器によって楕円状に撓められ、楕円の長軸方向の両端部において剛性内歯車に噛み合っている。

- [0004] 楕円状に撓められた可撓性外歯車の外歯は、その歯筋方向に沿って、ダイ

ヤフラムの側から前端開口に向けて、ダイヤフラムからの距離にほぼ比例して撓み量が増加している。また、波動発生器の回転に伴って、可撓性外歯車の歯部の各部分は半径方向への撓みを繰り返す。

- [0005] ここで、このような波動発生器による可撓性外歯車の撓み動作（コーニング）を考慮した合理的な歯形の設定法については、これまで十分には考慮されてこなかった。現在、波動歯車装置の負荷トルク性能の向上を望む市場の強い要求がある。これを達成するには、歯筋全体にわたって、歯のコーニングを考慮した連続的な噛み合いを可能とする合理的な歯形が必要である。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] 本発明の課題は、可撓性外歯車のコーニングを考慮して、両歯車が、歯筋方向における所定の位置に設定した主断面（軸直角断面）においては広範囲の噛み合いを維持し、歯筋方向の他の軸直角断面においても部分的な噛み合いを保持できるようにした波動歯車装置を提案することにある。

課題を解決するための手段

- [0007] 上記の課題を達成するために、本発明の波動歯車装置は、
- 円環状の剛性内歯車と、この内側に同軸状に配置された可撓性外歯車と、この内側に嵌めた波動発生器とを有し、
- 前記可撓性外歯車は、可撓性の円筒状胴部と、この円筒状胴部の後端から半径方向に延びているダイヤフラムと、前記円筒状胴部の前端開口側の外周面部分に形成した外歯とを備え、
- 前記可撓性外歯車は前記波動発生器によって楕円状に撓められ、楕円の長軸方向の両端部において前記剛性内歯車に噛み合っており、
- 楕円状に撓められた前記可撓性外歯車の前記外歯は、その歯筋方向に沿って、前記ダイヤフラムの側から前記前端開口側に向けて、前記ダイヤフラムからの距離にほぼ比例して撓み量が増加しており、
- 前記可撓性外歯車の歯筋方向における任意の位置の軸直角断面を主断面として定め、この主断面における前記剛性内歯車および前記可撓性外歯車を共

にモジュール m の平歯車とし、

前記可撓性外歯車の歯数を前記剛性内歯車の歯数より $2n$ 枚 (n は正の整数) 少なく設定し、

前記主断面における前記可撓性外歯車の楕円状リム中立線における長軸位置において、その撓み前のリム中立円に対する撓み量 $2\kappa mn$ (κ は撓み係数) が、 $2mn$ ($\kappa = 1$) の無偏位状態に撓むように設定し、

前記可撓性外歯車の歯形には、前記主断面を挟み、それらの歯筋方向の両側の歯形部分に転位を施してあり、

前記可撓性外歯車および前記剛性内歯車の噛み合いをラック噛み合いで近似し、前記可撓性外歯車の歯筋方向における前記主断面を含む各位置の軸直角断面において、前記波動発生器の回転に伴う前記可撓性外歯車の歯の前記剛性内歯車の歯に対する各移動軌跡を求め、

前記主断面において得られる無偏位移動軌跡における頂部の点 A から次の底部の点 B に至る曲線部分を、点 B を相似の中心として λ 倍 ($\lambda < 1$) に縮小した第 1 相似曲線 BC を求め、当該第 1 相似曲線 BC を前記剛性内歯車の歯末の基本歯形として採用し、

前記第 1 相似曲線 BC の端点 C を中心として当該第 1 相似曲線 BC を 180 度回転することにより得られた曲線を、当該端点 C を相似の中心として ($1 - \lambda$) / λ 倍した第 2 相似曲線を求め、当該第 2 相似曲線を前記可撓性外歯車の歯末の基本歯形とし、

前記主断面よりも前記ダイヤフラム側における負偏位状態 (撓み係数 $\kappa < 1$) に撓む各軸直角断面において得られる各負偏位側移動軌跡、および、前記主断面よりも前記前端開口側における正偏位状態 (撓み係数 $\kappa > 1$) に撓む各軸直角断面において得られる各正偏位側移動軌跡の双方が、前記主断面における前記無偏位移動軌跡の前記底部で接する曲線を描くように、前記可撓性外歯車の歯形における歯筋方向の転位の大きさが設定されていることを特徴としている。

[0008] ここで、前記外歯における前記主断面の位置から前記前端開口側の外歯前

端までの歯筋方向の距離を a 、

当該外歯における前記主断面の位置から前記ダイヤフラム側の外歯後端までの歯筋方向の距離を b 、

前記外歯後端から前記ダイヤフラムまでの距離を c とすると、

前記外歯における前記正偏位状態に撓む各軸直角断面の前記撓み係数 κ は、主断面 30 からの距離が s の位置において、次式で規定することができる。

$$\kappa = (s + b + c) / (b + c)$$

[0009] また前記外歯における前記負偏位状態に撓む各軸直角断面の前記撓み係数 κ は次式で規定することができる。

$$\kappa = (-s + b + c) / (b + c)$$

[0010] この場合、前記外歯に施す転移の量は hmn であり、 h は次式で規定することができる。

$$h = \kappa - 1$$

発明の効果

[0011] 本発明の波動歯車装置では、その可撓性外歯車のコーニングを考慮した歯筋の転位を行い、主断面における可撓性外歯車の歯の剛性内歯車の歯に対する相対的な移動軌跡に、他断面の移動軌跡がその底部を共有するように設定することにより、主断面における正規の広範囲の噛み合いに加え、歯筋全般に亘る合理的な噛み合いを実現している。

[0012] したがって、本発明によれば、主断面における広範囲に亘る連続的な歯形の噛み合いを中心とし、主断面より開口部にいたる歯筋の範囲および主断面よりダイヤフラム側にいたる歯筋の全範囲において、有効な噛み合いを実現することができる。よって、従来の狭い歯筋範囲で噛み合う波動歯車装置に比べて、より多くのトルクを伝達することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1] 一般的な波動歯車装置の概略正面図である。

[図2] 可撓性外歯車の撓み状況を示す説明図であり、(a) は変形前の状態を

示し、（b）は楕円形に変形した可撓性外歯車の長軸を含む断面の状態を示し、（c）は楕円形に変形した可撓性外歯車の短軸を含む断面の状態を示す。

[図3] 歯形の歯筋方向の任意の軸直角断面における両歯車の相対運動をラックで近似した場合に得られる移動軌跡を示す説明図である。

[図4] 歯形の主断面の移動軌跡より導いた両歯車のそれぞれの歯末の基本歯形を示す説明図である。

[図5] 本発明による両歯車の歯形の一例を示す説明図である。

[図6] （a）は、歯筋方向の全体に亘る歯形が、主断面において得られた基本歯末歯形によって規定されている可撓性外歯車の歯の軸方向の形状を示す説明図であり、（b）は本発明により転位が施された後の歯の形状を示す説明図である。

[図7] 図6（b）に示す転位が施された歯形における主断面と、その前後の断面の3種の移動軌跡を示す説明図である。

[図8A] 本発明により転位が施された歯形の開口側の外歯前端部の軸直角断面における噛み合いの様相を示す説明図である。

[図8B] 本発明により転位が施された歯形の主断面における噛み合いの様相を示す説明図である。

[図8C] 本発明により転位が施された歯形のダイヤフラム側の外歯後端部における噛み合いの様相を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

[0014] 以下に、図面を参照して、本発明を適用した波動歯車装置を説明する。

[0015] （波動歯車装置の構成）

図1は本発明の対象である波動歯車装置の正面図であり、図2（a）～（c）はその可撓性外歯車の開口部を楕円状に撓ませた状況を含軸断面で示す断面図であり、図2（a）は変形前の状態、図2（b）は変形後における楕円形の長軸を含む断面、図2（c）は変形後における楕円の短軸を含む断面をそれぞれ示してある。なお、図2（a）～（c）において実線はカップ状

の可撓性外歯車を示し、破線はシルクハット状の可撓性外歯車を示す。

[0016] これらの図に示すように、波動歯車装置 1 は、円環状の剛性内歯車 2 と、その内側に配置された可撓性外歯車 3 と、この内側にはめ込まれた楕円形輪郭の波動発生器 4 とを有している。剛性内歯車 2 と可撓性外歯車 3 の歯数差は $2n$ (n は正の整数) であり、波動歯車装置 1 の可撓性外歯車 3 は、楕円形輪郭の波動発生器 4 によって楕円形に撓められ、楕円形の長軸 L_1 方向の両端部分において剛性内歯車 2 に噛み合っている。波動発生器 4 を回転すると、両歯車 2、3 の噛み合い位置が周方向に移動し、両歯車の歯数差に応じた相対回転が両歯車 2、3 の間に発生する。可撓性外歯車 3 は、可撓性の円筒状胴部 31 と、その後端 31b に連続して半径方向に広がるダイヤフラム 32 と、ダイヤフラム 32 に連続しているボス 33 と、円筒状胴部 31 の開口端 31a の側の外周面部分に形成した外歯 34 とを備えている。

[0017] 円筒状胴部 31 の外歯形成部分の内周面部分にはめ込まれた楕円形輪郭の波動発生器 4 によって、円筒状胴部 31 は、そのダイヤフラム側の後端 31b から開口端 31a に向けて、半径方向の外側あるいは内側への撓み量が漸増している。図 2 (b) に示すように、楕円形の長軸 L_1 を含む断面では外側への撓み量が後端 31b から開口端 31a への距離に比例して漸増し、図 2 (c) に示すように、楕円形の短軸 L_2 を含む断面では内側への撓み量が後端 31b から開口端 31a への距離に比例して漸増している。したがって、開口端 31a 側の外周面部分に形成されている外歯 34 も、その歯筋方向の外歯後端部 34b から開口側の外歯前端部 34a に向けて、後端 31a からの距離に比例して撓み量が漸増している。

[0018] 図 3 は波動歯車装置 1 の両歯車 2、3 の相対運動をラックで近似した場合に得られる、剛性内歯車 2 に対する可撓性外歯車 3 の外歯 34 の移動軌跡を示す図である。図において、 x 軸はラックの併進方向、 y 軸はそれに直角な方向を示す。また、剛性内歯車 2 と可撓性外歯車 3 の歯数差が $2n$ (n は正の整数)、可撓性外歯車の任意断面の剛性内歯車に対する移動軌跡の全振幅を $2\kappa mn$ (κ は撓み係数であり、1 を含む実数、 m はモジュール) とする

と、可撓性外歯車 3 の外歯 3 4 の移動軌跡は次式で与えられる。

$$x = 0.5mn(\theta - \kappa \sin \theta) \quad (1)$$

$$y = \kappa m n \cos \theta$$

[0019] 説明を簡単にするために、 $m=1$ 、 $n=1$ （歯数差が 2）とすると、移動軌跡は次のようになる。

$$x = 0.5(\theta - \kappa \sin \theta) \quad (1A)$$

$$y = \kappa \cos \theta$$

[0020] 図 3 の y 軸の原点は移動軌跡の振幅の平均位置としてある。移動軌跡のうち無偏位移動軌跡 M 1 は、撓み係数 $\kappa=1$ である偏位なしの標準の撓み状態の場合に得られるものであり、正偏位移動軌跡 M 2 は、撓み係数 $\kappa>1$ である正偏位の撓み状態の場合に得られるものであり、負偏位移動軌跡 M 3 は、撓み係数 $\kappa<1$ である負偏位の撓み状態の場合に得られるものである。本例では、両歯車 2、3 の歯形形成の基礎となる主断面（可撓性外歯車 3 の外歯 3 4 の歯筋方向における所定の位置に選んだ軸直角断面）において、撓み係数 $\kappa=1$ の無偏位移動軌跡が得られるように、撓み量が設定されている。

[0021] 例えば、主断面は、図 2（a）に示すように、波動発生器 4 の軸受けのボールの中心を通る直線で示す位置の主断面 3 0 に設定される。この場合には、 $\kappa>1$ は主断面 3 0 より外歯前端 3 4 a に掛けての断面、 $\kappa<1$ は主断面 3 0 よりダイヤフラム側の外歯後端 3 4 b に掛けての断面における移動軌跡となる。

[0022] （主断面における歯形の形成方法）

図 4 は主断面 3 0 における歯の無偏位移動軌跡 M 1 に設定した利用範囲を示す説明図である。この図において、主断面 3 0 の無偏位移動軌跡 M 1 のパラメータ θ が π （B 点：移動軌跡の底部）から 0（A 点：移動軌跡の頂部）までの範囲を取り、B 点を相似の中心として、この軌跡 M 1 を λ 倍（ $\lambda<1$ ）に相似変換して第 1 相似曲線 BC を得る。この第 1 相似曲線 BC を剛性内歯車 2 の基本歯末歯形を規定する歯形曲線として採用する。

[0023] また、この第 1 相似曲線 BC の端点 C（ $\theta=0$ ）を相似変換の中心として

、当該第 1 相似曲線 BC を 180 度回転し、これにより得られた曲線を、当該端点 C を相似の中心として $(1-\lambda)/\lambda$ 倍して第 2 相似曲線 AC を得る。この

2 相似曲線 AC を可撓性外歯車 3 の歯末の基本歯形として採用する。

[0024] 図 4 においては $\lambda = 0.5$ の場合を示している。式で表わすと一般に両歯車の基本歯末歯形は次のようになる。

[0025] 剛性内歯車の歯末歯形の基本式：

$$\begin{aligned} x_{Ca} &= 0.5 \{ (1-\lambda) \pi + \lambda (\theta - \sin \theta) \} \\ y_{Ca} &= \lambda (1 + \cos \theta) - 1 \quad (0 \leq \theta \leq \pi) \quad (2) \end{aligned}$$

可撓性外歯車の歯末歯形の基本式：

$$\begin{aligned} x_{Fa} &= 0.5 (1-\lambda) (\pi - \theta + \sin \theta) \\ y_{Fa} &= \lambda (1 + \cos \theta) - \cos \theta \quad (0 \leq \theta \leq \pi) \quad (3) \end{aligned}$$

[0026] 主断面 30 の歯形の噛み合いは両歯車 2、3 の歯末歯形同士の噛み合いであって、無偏位移動軌跡 M1 に沿って可撓性外歯車 3 が剛性内歯車 2 に対して移動するとき、歯末歯形同士は相似曲線の性質から連続的に接触する。

[0027] 歯元の歯形は噛み合いに参加しない。従ってそれぞれの歯元の歯形は相手の歯末の歯形と干渉しなければよく、自由に設定できる。

[0028] 図 5 は、両歯車 2、3 の歯形全体の一例を示したものである。この場合、歯末歯形の圧力角が 0 度に近い部分は、歯車加工の面から避けた方が望ましく、圧力角が 6 度付近の点から直線歯形とし、歯元の歯形につなぐようにする。図においては簡単のために圧力角が 0 度の場合を示している。

[0029] (主断面以外の位置における歯形の形成方法)

図 6 を参照して、主断面 30 以外の軸直角断面の歯形の形成方法を説明する。まず、図 6 (a) に示すように、外歯の歯筋方向の全体の歯形を主断面 30 の歯形と同一の歯形とする。そして、当該歯形に対して、歯筋の位置に応じて以下のようにして設定した転位を施した転位歯形を求める。この転位歯形を主断面 30 以外の歯形として採用する。

[0030] すなわち、図 6 (b) において、主断面 30 から外歯前端 34 a までの距

離を a 、主断面 30 からダイヤフラム側の外歯後端 34 b までの距離を b 、この外歯後端 34 b からダイヤフラム 32 までの距離を c とする。可撓性外歯車 3 の撓み量は、円筒状胴部 31 の中立円筒面が波動発生器 4 を挿入することによって楕円形に変形した状態において、その円筒母線の直線性が十分に保持されることから、長軸上でダイヤフラム側から開口部に掛けてダイヤフラムからの距離にほぼ比例した撓み量とする。主断面 30 の偏位係数は $\kappa = 1$ であり、主断面 30 から開口側の外歯前端 34 a に掛けての外歯の各軸直角断面は、主断面 30 からの距離を s とすると、当該軸直角断面の偏位係数は次のようになる。

$$\kappa = (s + b + c) / (b + c)$$

また、主断面 30 からダイヤフラム側の外歯後端 34 b に掛けての各軸直角断面の偏位係数は、主断面 30 からの距離を s とすると次のようになる。

$$\kappa = (-s + b + c) / (b + c)$$

[0031] 以上のことから、主断面 30 から開口部 31 a に掛けての外歯 34 の各軸直角断面では、歯形は可撓性外歯車 3 のコーニングによって偏位係数が $\kappa > 1$ となる。図 3 に示したように、その正偏位移動軌跡 M2 の頂部はループを描く正偏位の噛み合いとなる。このため、主断面 30 で定めた歯形と干渉し、このままでは主断面 30 における場合のような噛み合いを維持することはできない。また主断面 30 からダイヤフラム側に掛けての外歯の各軸直角断面では、偏位係数は $\kappa < 1$ となり、負偏位移動軌跡 M3 は無偏位移動軌跡 M1 と干渉し、この場合もこのままでは主断面 30 における場合のような噛み合いを維持することはできない。

[0032] そこで、外歯 34 については、以下に述べるように外歯に転位を施して、主断面 30 から開口側の外歯前端部 34 a に掛けてと、ダイヤフラム側の外歯後端部 34 b に掛けてのすべての外歯断面において、近似的ながら、部分的にせよ正常な噛み合いを保証しようとするものである。

[0033] すなわち、主断面 30 から開口側の外歯前端 34 a に掛けての外歯 34 の断面、および、主断面 30 からダイヤフラム側の外歯後端 34 b に掛けての

外歯の断面では、各断面での撓みの偏位係数 κ に応じて、各断面での移動軌跡M2、M3が無偏位移動軌跡M1の底部に接するように、転位の量 mnh を設定する。 $m=1$ 、 $n=1$ とした場合には転位の量は h になり、次式によって表わされる。

$$h = \kappa - 1 \quad (4)$$

h は正負の値をとり、主断面30から開口側の外歯前端34aに掛けての各軸直角断面では正、主断面30からダイヤフラム側の外歯後端34bに掛けての各軸直角断面では負となる。図6(b)にはこの場合の歯の形状を示している。

[0034] 次に、図7は、このように転位を施した後の外歯34における主断面30と、その前後の軸直角断面の3種の移動軌跡M1、M2a、M3aを示したものである。これらの移動軌跡M2a、M3aは、主断面30の無偏位移動軌跡M1と底部(P点)において接し、しかも頂部の一部を除き、軌跡がよく近似している。このことが、移動軌跡から誘導した本発明の歯形が、頂部の一部を除き、歯筋全般に亘り噛み合うことができる可能性を示すものである。

[0035] 図8A～図8Cは、本例の歯形の各軸直角断面における歯形の噛み合いの様相をラック近似で示したものである。図8Aは開口側の外歯前端部34aの軸直角断面における噛み合いの様相を示す説明図であり、図8Bは主断面30における噛み合いの様相を示す説明図であり、図8Cはダイヤフラム側の外歯後端部34bにおける噛み合いの様相を示す説明図である。各断面における歯形の移動軌跡は、それらの底部に到る移動軌跡部分が良く一致しており、本例の歯形の歯筋全般に亘る噛み合いの可能性が示されている。

請求の範囲

- [1] 円環状の剛性内歯車と、この内側に同軸状に配置された可撓性外歯車と、この内側に嵌めた波動発生器とを有し、

前記可撓性外歯車は、可撓性の円筒状胴部と、この円筒状胴部の後端から半径方向に延びているダイヤフラムと、前記円筒状胴部の前端開口側の外周面部分に形成した外歯とを備え、

前記可撓性外歯車は前記波動発生器によって楕円状に撓められ、楕円の長軸方向の両端部において前記剛性内歯車に噛み合っており、

楕円状に撓められた前記可撓性外歯車の前記外歯は、その歯筋方向に沿って、前記ダイヤフラムの側から前記前端開口側に向けて、前記ダイヤフラムからの距離にほぼ比例して撓み量が増加しており、

前記可撓性外歯車の歯筋方向における任意の位置の軸直角断面を主断面として定め、この主断面における前記剛性内歯車および前記可撓性外歯車を共にモジュール m の平歯車とし、

前記可撓性外歯車の歯数を前記剛性内歯車の歯数より $2n$ 枚（ n は正の整数）少なく設定し、

前記主断面における前記可撓性外歯車の楕円状リム中立線における長軸位置において、その撓み前のリム中立円に対する撓み量 $2\kappa mn$ （ κ は撓み係数）が、 $2mn$ （ $\kappa=1$ ）の無偏位状態に撓むように設定し、

前記可撓性外歯車の歯形には、前記主断面を挟み、それらの歯筋方向の両側の歯形部分に転位を施してあり、

前記可撓性外歯車および前記剛性内歯車の噛み合いをラック噛み合いで近似し、前記可撓性外歯車の歯筋方向における前記主断面を含む各位置の軸直角断面において、前記波動発生器の回転に伴う前記可撓性外歯車の歯の前記剛性内歯車の歯に対する各移動軌跡を求め、

前記主断面において得られる無偏位移動軌跡における頂部の点Aから次の底部の点Bに至る曲線部分を、点Bを相似の中心として λ 倍（ $\lambda < 1$ ）に縮小した第1相似曲線BCを求め、当該第1相似曲線BCを前記剛性内歯車の

歯末の基本歯形として採用し、

前記第 1 相似曲線 B C の端点 C を中心として当該第 1 相似曲線 B C を 180 度回転することにより得られた曲線を、当該端点 C を相似の中心として $(1 - \lambda) / \lambda$ 倍した第 2 相似曲線を求め、当該第 2 相似曲線を前記可撓性外歯車の歯末の基本歯形とし、

前記主断面よりも前記ダイヤフラム側における負偏位状態（撓み係数 $\kappa < 1$ ）に撓む各軸直角断面において得られる各負偏位側移動軌跡、および、前記主断面よりも前記前端開口側における正偏位状態（撓み係数 $\kappa > 1$ ）に撓む各軸直角断面において得られる各正偏位側移動軌跡の双方が、前記主断面における前記無偏位移動軌跡の前記底部で接する曲線を描くように、前記可撓性外歯車の歯形における歯筋方向の転位の大きさが設定されていることを特徴とする波動歯車装置。

[2] 請求項 1 に記載の波動歯車装置において、

前記外歯における前記主断面の位置から前記前端開口側の外歯前端までの歯筋方向の距離を a、

当該外歯における前記主断面の位置から前記ダイヤフラム側の外歯後端までの歯筋方向の距離を b、

前記外歯後端から前記ダイヤフラムまでの距離を c、

主断面からの距離を s とすると、

前記外歯における前記正偏位状態に撓む各軸直角断面の前記撓み係数 κ は次式で規定され、

$$\kappa = (s + b + c) / (b + c)$$

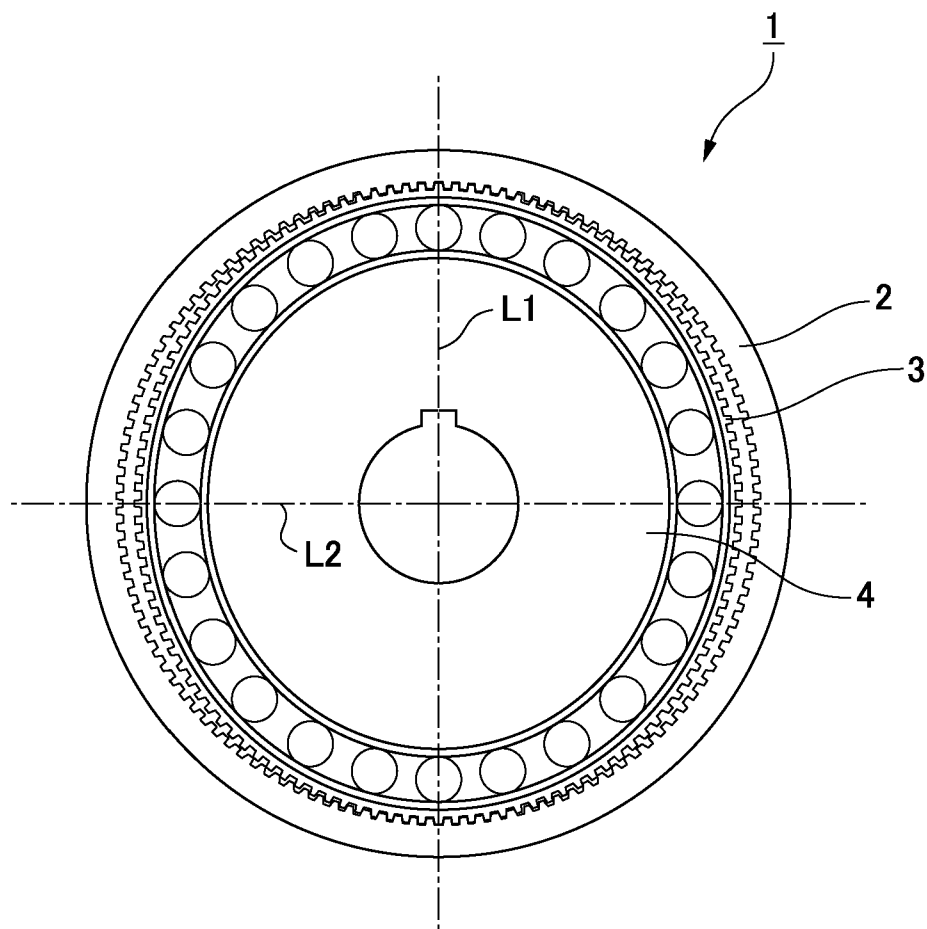
前記外歯における前記負偏位状態に撓む各軸直角断面の前記撓み係数 κ は次式で規定され、

$$\kappa = (-s + b + c) / (b + c)$$

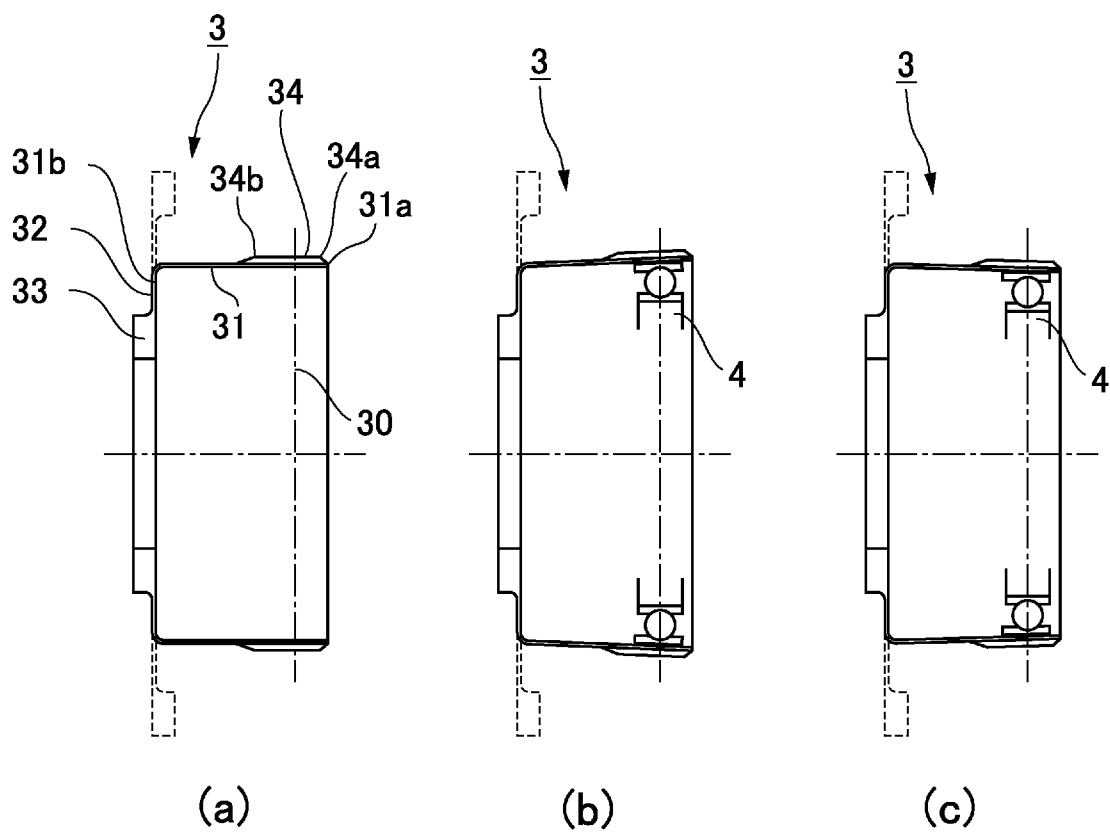
前記外歯に施す転移の量は $h m n$ であり、 h は次式で規定されることを特徴とする波動歯車装置。

$$h = \kappa - 1$$

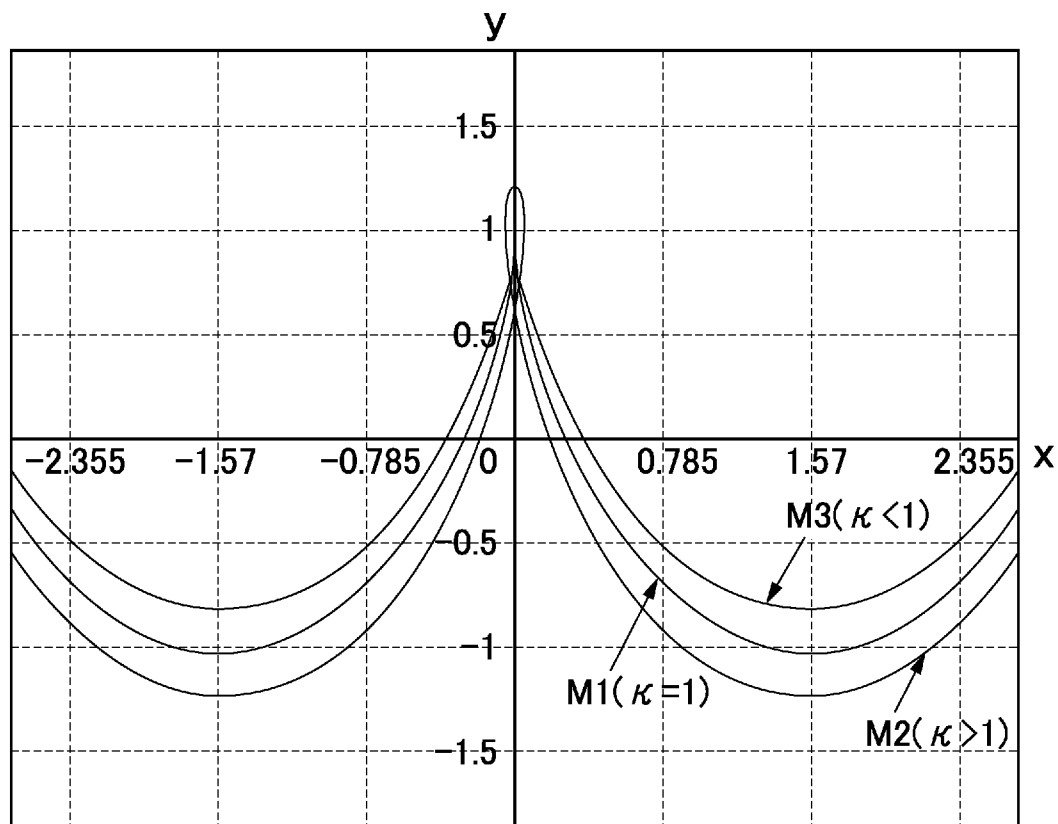
[図1]



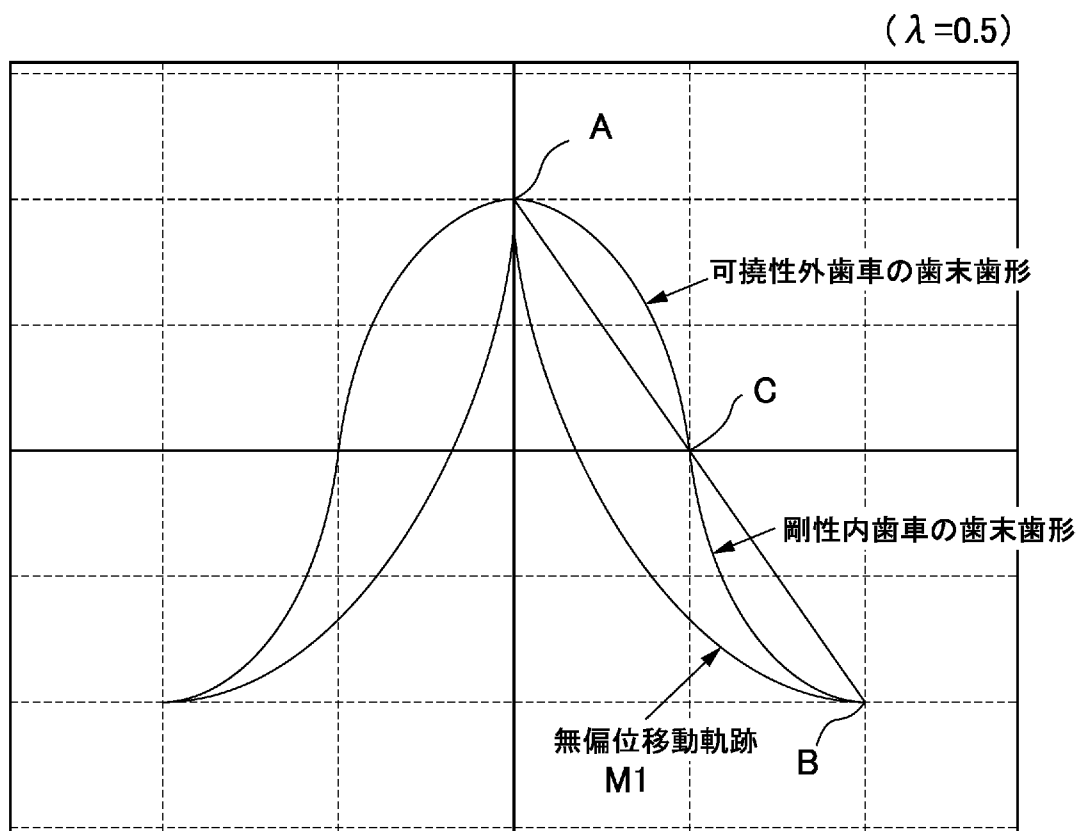
[図2]



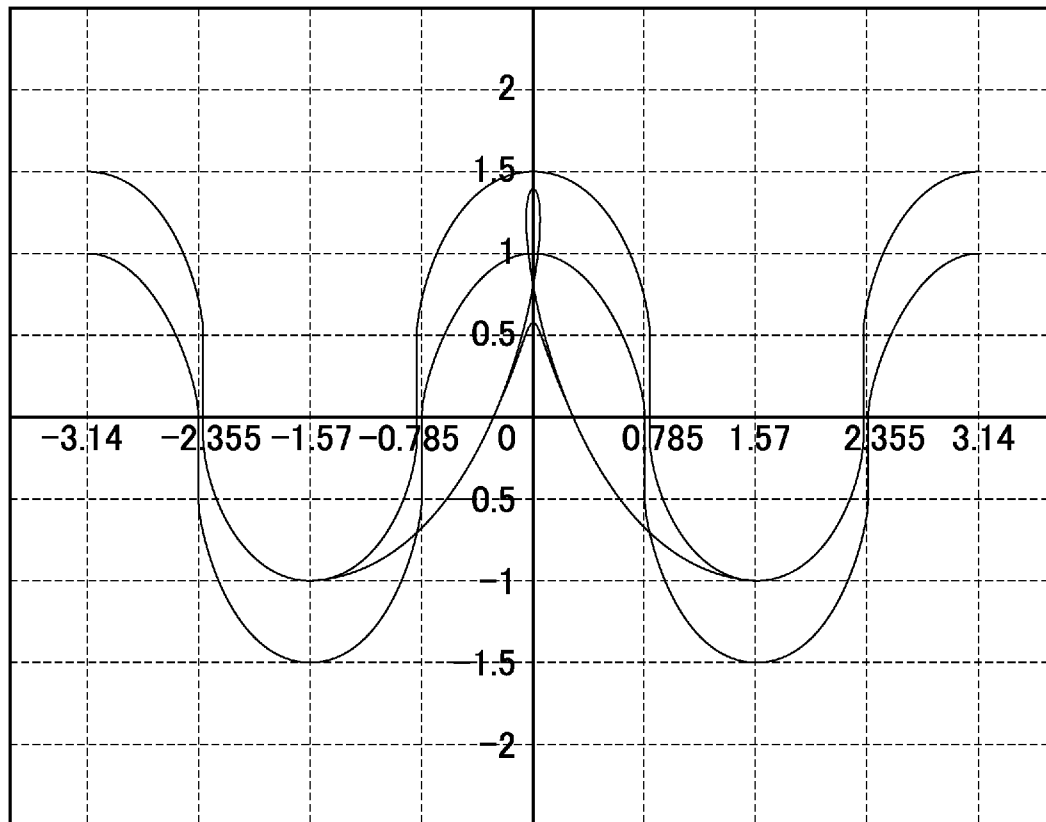
[図3]



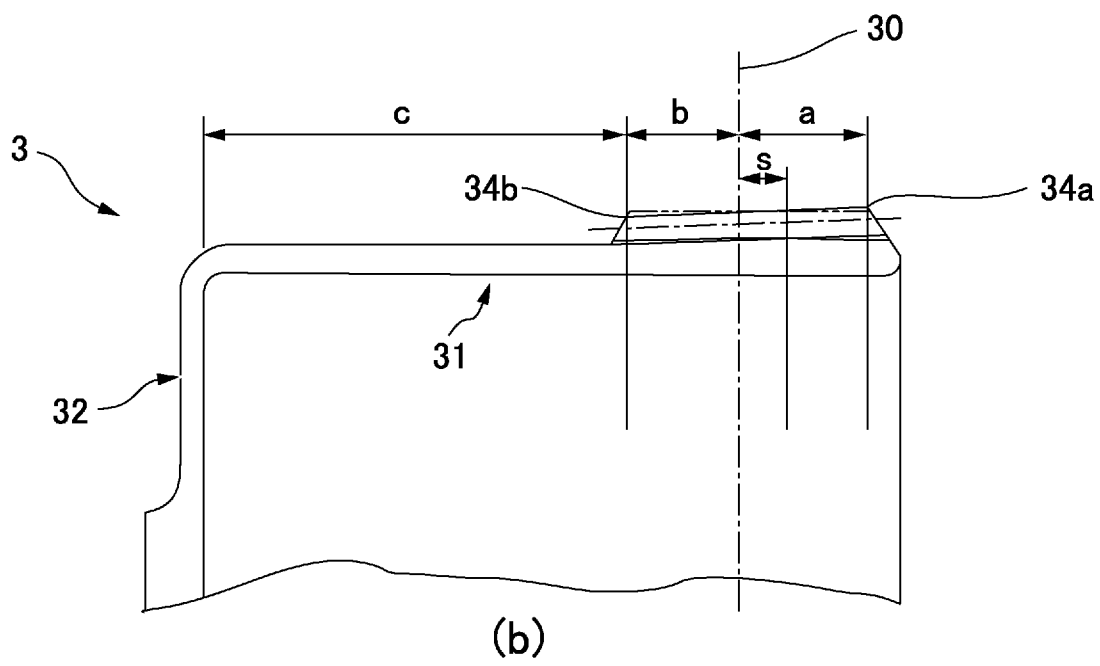
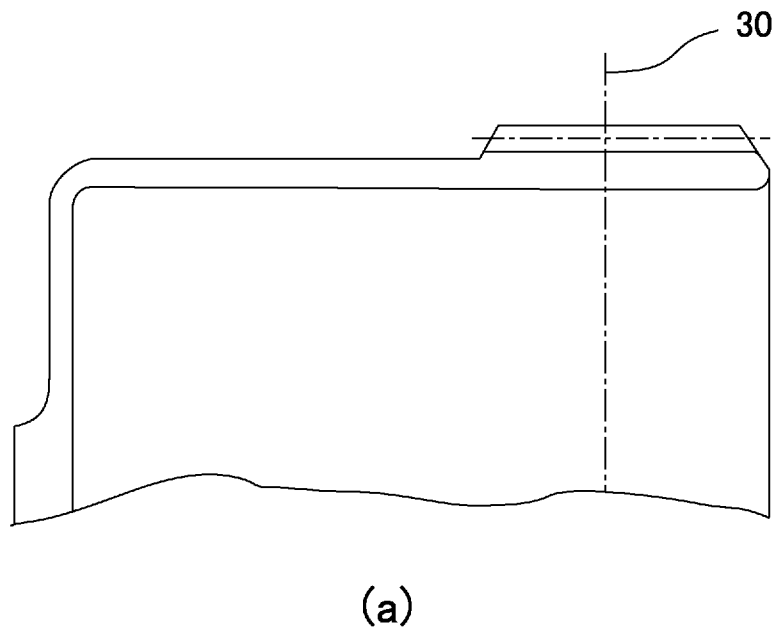
[図4]



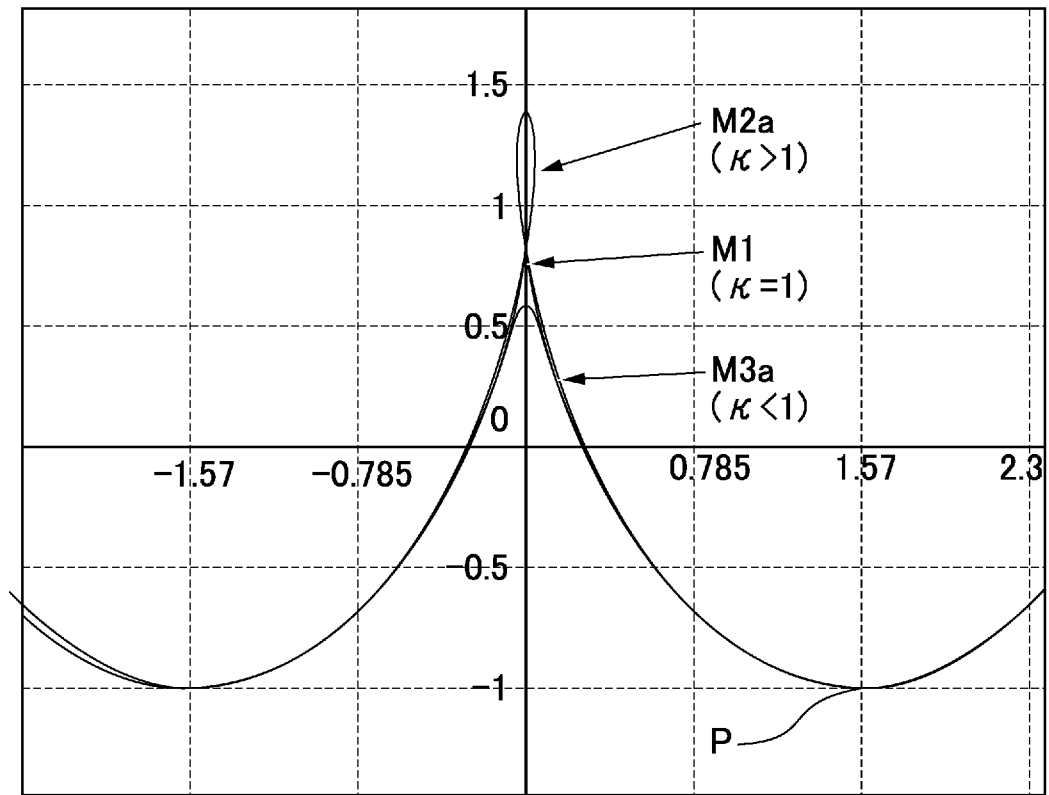
[図5]



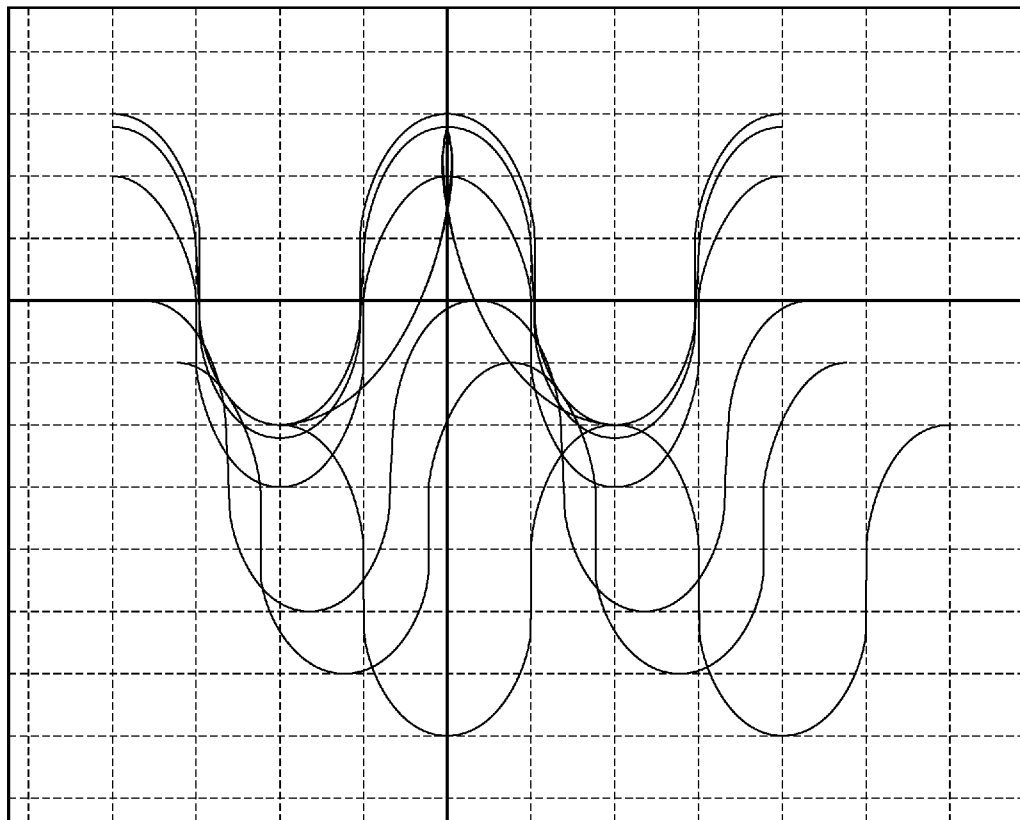
[図6]



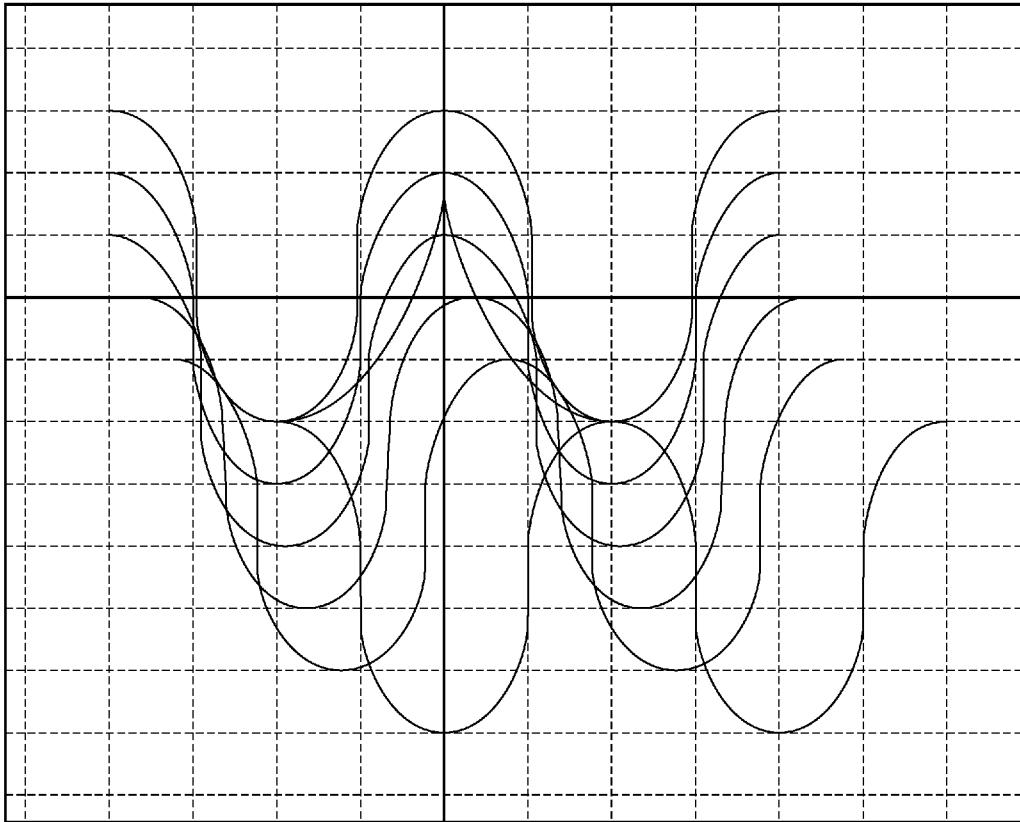
[図7]



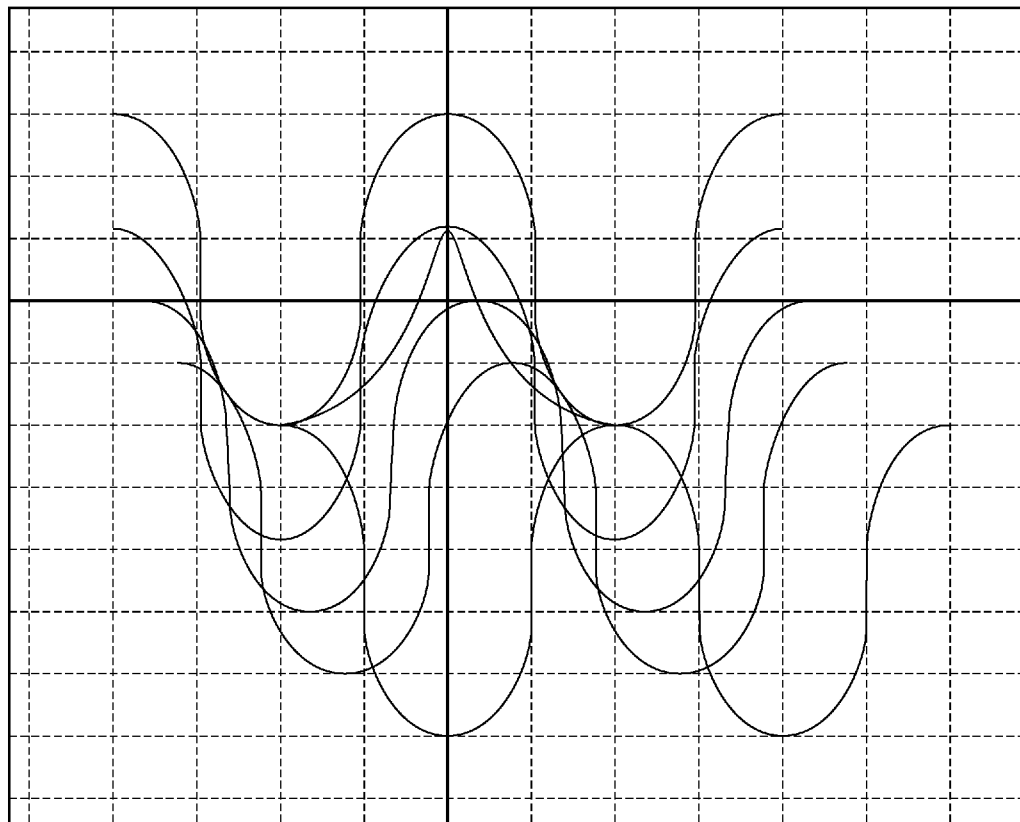
[図8A]



[図8B]



[図8C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/003848

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16H1/32 (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)

F16H1/32

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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.
A	JP 2001-146945 A (Harmonic Drive Systems Inc.), 29 May, 2001 (29.05.01), Full text; all drawings & DE 10057595 A1 & US 6526849 B1	1,2
A	JP 11-159584 A (Harmonic Drive Systems Inc.), 15 June, 1999 (15.06.99), Full text; all drawings & US 6167783 B1 & EP 0961054 A1 & WO 1999/028651 A1	1,2
A	JP 09-166186 A (Harmonic Drive Systems Inc.), 24 June, 1997 (24.06.97), Full text; all drawings & WO 1997/022818 A1 & EP 0810390 A1 & US 5918508 A	1,2



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
13 February, 2009 (13.02.09)

Date of mailing of the international search report
24 February, 2009 (24.02.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/003848

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 07-293643 A (Harmonic Drive Systems Inc.), 07 November, 1995 (07.11.95), Full text; all drawings & US 5687620 A & EP 0703385 A1 & WO 1995/028583 A1	1,2
A	JP 64-079448 A (Harmonic Drive Systems Inc.), 24 March, 1989 (24.03.89), Full text; all drawings & US 4974470 A & EP 0309197 A2	1,2
A	JP 63-115943 A (Harmonic Drive Systems Inc.), 20 May, 1988 (20.05.88), Full text; all drawings & US 4823638 A & EP 0266972 A2	1,2
A	JP 64-083972 A (Harmonic Drive Systems Inc.), 29 March, 1989 (29.03.89), Full text; all drawings (Family: none)	1,2

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F16H1/32(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（I P C））

Int.Cl. 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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 請求の範囲の番号
A	JP 2001-146945 A（株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ） 2001.05.29, 全文, 全図 & DE 10057595 A1 & US 6526849 B1	1, 2
A	JP 11-159584 A（株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ） 1999.06.15, 全文, 全図 & US 6167783 B1 & EP 0961054 A1 & WO 1999/028651 A1	1, 2
A	JP 09-166186 A（株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ） 1997.06.24, 全文, 全図 & WO 1997/022818 A1 & EP 0810390 A1 & US	1, 2

☒ 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

「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

1 3 . 0 2 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 2 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

小林 忠志

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 2 8

3 J

3 5 2 2

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 請求の範囲の番号
	5918508 A	
A	JP 07-293643 A (株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ) 1995.11.07, 全文, 全図 & US 5687620 A & EP 0703385 A1 & WO 1995/028583 A1	1, 2
A	JP 64-079448 A (株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ) 1989.03.24, 全文, 全図 & US 4974470 A & EP 0309197 A2	1, 2
A	JP 63-115943 A (株式会社 ハーモニック・ドライブ・システムズ) 1988.05.20, 全文, 全図 & US 4823638 A & EP 0266972 A2	1, 2
A	JP 64-083972 A (株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ) 1989.03.29, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2