

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2006年10月19日 (19.10.2006)

PCT

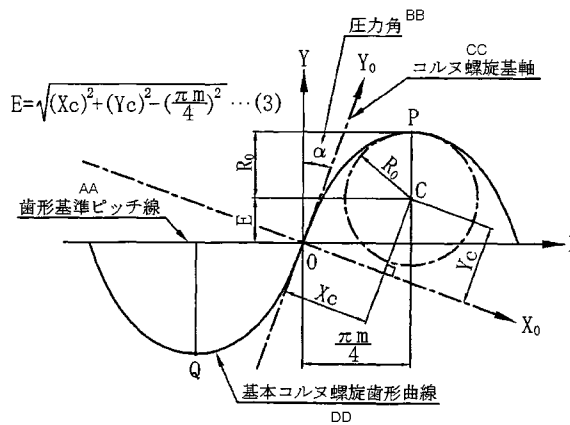
(10) 国際公開番号  
WO 2006/109838 A1

- (51) 国際特許分類: *F16H 55/08* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/307786
- (22) 国際出願日: 2006年4月6日 (06.04.2006)
- (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2005-139033 2005年4月8日 (08.04.2005) JP
- (71) 出願人 および
- (72) 発明者: 宮奥 勉 (MIYAOKU, Tsutomu) [JP/JP]; 〒7260005 広島県府中市府中町123番7 Hiroshima (JP). 兼廣 二郎 (KANEHIRO, Jiro) [JP/JP]; 〒7200012 広島県福山市横尾二丁目249番 Hiroshima (JP). 佐々木 秀和 (SASAKI, Hidekazu) [JP/JP]; 〒7210974 広島県福山市東深津町三丁目2番39号 広島県東部工業技術センター内 Hiroshima (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,

[ 続葉有 ]

(54) Title: GEAR WITH CORNU'S SPIRAL TOOTH PROFILE

(54) 発明の名称: コルヌ螺旋歯形歯車



AA... TOOTH PROFILE REFERENCE LINE  
 BB... PRESSURE ANGLE  
 CC... CORNU'S SPIRAL BASE AXIS  
 DD... BASIC CORNU'S SPIRAL TOOTH PROFILE CURVE

(57) Abstract: A gear with a Cornu's spiral tooth profile, wherein a Cornu's spiral is used in the tooth profile thereof. The Cornu's spiral may be two-dimensionally deformed at a specified rate according to the application of the gear. Since the Cornu's spiral comprises a similarity, when a pressure angle is determined, the tooth profile can be standardized by module and can provide high usability. The application of the gear can be further increased by replacing the portions of the addendum and the dedendum of the gear with other curves such as circular arcs. The engagement of the gear is always performed by the surface contact of a projected surface on a recessed surface. Accordingly, since a contact surface pressure is low and the radius of curvature of the dedendum is large, the bending stress of the teeth of the gear is low and the fatigue strength thereof is also high. Even if the number of teeth is low, undercut does not occur in the teeth of the gear. Since the gear can be smoothly engaged without backlash, it can be suitably used for apparatuses for which accurate positioning is requested.

(57) 要約: コルヌ螺旋を歯車の歯形に応用した。歯車の用途に応じて、コルヌ螺旋を2次元的に一定比率で変形させてもよい。コルヌ螺旋は相似性を有するので、圧力角を決めるとモジュールによって歯形を規格化できるので汎用性が高い。歯先と歯底の部分を円弧など他の曲線に置き換えることによって更に用途を広げることが出来る。噛合いは常に凸面と凹面の面接触であるので接触面圧が低く、また

[ 続葉有 ]

WO 2006/109838 A1



RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

(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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## コルヌ螺旋歯形歯車

## 技術分野

本発明はラックとピニオンを含む歯車（以下、総称して歯車と言う）の基本歯形に関するものである。歯車の振動、騒音及び歯面の摩耗を軽減し、歯の面圧強度及び曲げ強度を高める新規な歯形曲線を提供するものである。

## 背景技術

現在最も一般的な歯車用基本歯形としてインボリュート歯形があり、産業社会のあらゆる機械装置に使用されている。その主な長所としては次の4点が挙げられる。(a) 定速比で伝動回転を行う。(b) ホブカッタによる創成加工が容易である。(c) 歯形の加工精度または歯車系の組立て精度に多少の誤差があっても回転の伝達には実用上差し支えない。(d) 基本歯形の形状がモジュールで管理されている。その一方で未解決の問題点としては次の6点が挙げられる。(1) 使用時、歯面に於けるすべり率が大きく、歯面が摩耗しやすい。(2) 凸面と凸面の噛合いであるので、歯面の接触面圧が大きく摩耗やピッチングが発生しやすい。(3) 歯元形状に基づく歯元応力が大きく、高負荷や衝撃による歯元の折損を生じやすい。(4) ホブ加工に於いて或る歯数以下で歯元に切下げ（アンダカット）を生じる。(5) 実用的にはバックラッシュがなければ円滑な噛合い回転運動が困難である。(6) 歯の振動及びバックラッシュなどによる運転時の騒音が大きい。

これ等の問題点を解消すべく、これまでに多くの提案がなされてきている。

その歴史的流れとして、一方にインボリュート歯形の修正がある。また他方にサイクロイド歯形や円弧歯形を主とした新しい歯形の探求があり、各々の方面でさらなる改良が加えられている。

新しい歯形の探求の一つとして日本特公昭55-38541号に於いて、対称円弧歯形歯車の修正方法が提案されている。これは円弧と円弧の接続点（ピッチ線上にある）の近傍がインボリュート曲線の噛合いになることを避ける為の工夫である。しかし、わざわざ修正の為の創成加工を再度加えなくてはならない。さらにその修正加工によって削除する範囲や分量も明確でない。しかも実歯車に於いては、組立誤差に起因する歯車対の芯間距離の誤差が避けられないので、この修正加工はほとんど効果がない。

さらにWN歯車（Wildhaber-Novikov歯車）の改良として日本特公昭55-14934号が提案されている。この改良提案はWN歯車の最大の欠点である噛合いに於ける点接触を改良して2線噛合いとするものである。WN歯車に於いて歯面の強度が最も大きくなるような凹凸両円弧歯形の平均半径を、歯末のたけと最小圧力角の関係式から求め、噛合いが2線噛合いとなる圧力角とはすば角との関係式を提案している。しかしながらWN歯車は、はすば歯車としなければ回転を伝えることが出来ない。必然的に歯幅に制限があると同時に高度の歯切加工精度や組立精度が要求される。しかも、振動、騒音が大きく、中速、高速域ではあまり実用されていない。

近年商品名ロジックス（Logix）歯車と呼ばれる曲率波状変動歯車とその改良が日本特許第1606158号、日本特公平2-15743号及び日本特開平11-94052号に於いて提案されている。これ等の提案の主要な点は、歯面の噛合い始めと噛合い終わりの近傍を円弧歯形とし、その間を歯たけ方向に曲率が周期的に増減する連続かつ微分可能な曲線で接続するものである。しかし

ながら現実の基本歯形曲線を作成させるのに必須の具体的な微分方程式や曲率変化の周期的増減率は開示されていない。特に歯形に於いて最も重要である曲線と円弧との接続の方法が明らかでない。

上述の数々の試みによっても未だ実用レベルの解決に至っていない前記(1)～(4)の問題点を、歯形の改良によって根本的に解決することが本発明の課題である。併せて、新しい歯形はインボリュート歯形の長所である前記(a)～(d)の特性を同等程度に具備するものであることを目標とした。

#### 発明の開示

発明者等は、これまで歯形として使用されていない曲線を種々探索して歯形への適用を試みた。その結果、コルヌ螺旋を歯形とする歯車が従来の歯形にない優れた特性を有することを見出し、この発明を完成するに至った。コルヌ螺旋(CORNUS SPIRAL)とは、第1図で示されるように、曲線の曲率が曲線に沿って測った長さに比例して一定の割合で絶えず増加又は減少し、或る点に収束することを特徴とする曲線として知られている。コルヌ螺旋を産業に応用している例としては土木構造物に於けるクロソイド(CLOTHOID)曲線がある。クロソイド曲線とは緩和曲線とも呼ばれ、小曲率の高速走行路から大曲率の低速誘導路へ移る際に、滑らかに安全なステアリング操作を実現するものである。クロソイド曲線の数理は、例えば文献「金井彌太郎著、クロソイド曲線の設計と設置」に詳細に述べられており、発明者等はこの文献に開示されている基本図形の解法を使って歯車を試作した。

このコルヌ螺旋を用いて歯形を構成するとき、(1)歯形曲線の歯底から歯先に至る全軌跡をコルヌ螺旋のみで構成したものを特に基本コルヌ螺旋歯形と呼ぶ。(2)全歯形曲線の内、面圧の高い範囲にコルヌ螺旋を使用し、他をこれ

に接続するコルヌ螺旋以外の曲線又は直線としてもよい。(3) コルヌ螺旋を所要のアスペクト比で伸縮させて得られる変成コルヌ螺旋を用いて、上記(1)及び(2)と同様に歯形を構成することが出来る。これら上記(1)～(3)の方法で構成された歯形を総称して以下、コルヌ螺旋歯形と記述する。

### 図面の簡単な説明

第1図は本発明で採用したコルヌ螺旋の説明図である。第2図及び第3図はコルヌ螺旋から歯形曲線を作成する過程を示す説明図である。第4図は本発明の一実施例に係る歯形曲線の全軌跡をコルヌ螺旋のみで構成した基本コルヌ螺旋歯形を示す説明図である。第5図は本発明に係るコルヌ螺旋歯形の各種圧力角に於ける $Y_c$ と $R_o$ の値を与えるコルヌ螺旋歯形特性線図の一例である。第6図は変成コルヌ螺旋の実施例を示す説明図である。第7図は基本コルヌ螺旋歯形歯車の一実施例に於ける歯元形状を示す。第8図はコルヌ螺旋歯形歯車の他の実施例に於ける歯元形状を示す。第9図は従来のインボリュート歯形歯車の一実施例に於ける歯元形状を示す。以上の第7図～第9図は比較の為に歯形のサイズを揃えてある。第10図はコルヌ螺旋の相似性を示す説明図である。第11図は本発明の一実施例に係る基本コルヌ螺旋歯形形状のホブカッタを用いて創成加工する状況を示す包絡線図である。第12図は本発明の一実施例に係る基本コルヌ螺旋歯形によって成る歯車対の噛合い状況を示す。第13図は本発明の一実施例に係るコルヌ螺旋歯形歯車対の噛合い状態を示す。第1表は本発明の実施例に係る各種コルヌ螺旋歯形歯車とインボリュート歯形歯車の騒音試験の結果を示す。

### 発明を実施する為の形態

コルヌ螺旋を描き、それから歯形曲線を得る方法を第1図から第4図を用い

て説明する。先ず、コルヌ螺旋は前記のクロソイド曲線に関する文献で開示されている金井の式を用いた。第1図に於いてコルヌ螺旋上の任意の一点PのX座標、Y座標の値は次の数式(1)及び(2)で与えられる。

$$X = A\sqrt{2\tau} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{1}{(4i-3)\{(2i-2)!\}} (-1)^{i+1} \tau^{2i-2} \right\}$$

$$= A\sqrt{2\tau} \left\{ 1 - \frac{1}{10} \tau^2 + \frac{1}{216} \tau^4 - \frac{1}{9360} \tau^6 + \frac{1}{685440} \tau^8 - \Lambda \Lambda \right\} \Lambda \Lambda \quad (1)$$

$$Y = A\sqrt{2\tau} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{1}{(4i-1)\{(2i-1)!\}} (-1)^{i+1} \tau^{2i-1} \right\}$$

$$= A\sqrt{2\tau} \left\{ \frac{1}{3} \tau - \frac{1}{42} \tau^3 + \frac{1}{1320} \tau^5 - \frac{1}{75600} \tau^7 + \frac{1}{6894720} \tau^9 - \Lambda \Lambda \right\} \Lambda \Lambda \quad (2)$$

ここで、

A :  $LR = A^2$  で定義されるコルヌ螺旋のパラメータ (長さのディメンジョンを持つ) (mm)

L : 原点OからP点までの曲線の弧の長さ (mm)

R : P点に於ける曲率半径 (mm)

$\tau$  : P点に於ける接線がX軸となす角 (ラジアン)

コルヌ螺旋に於ける式(1)及び式(2)からX、Yの座標値を算出することによって、数値制御による機械加工が可能である。すなわち、歯車創成加工用のホブカッタの製造はもとより、マシニングセンタ、ワイヤカット放電加工機等、現在実用されている歯車加工設備によって何ら支障なく、安価で汎用的に歯車を製作することが可能である。

次に第2図、第3図及び第4図を用いて、コルヌ螺旋から歯形曲線を得る手

順を詳細に説明する。以下座標値を含めて長さの単位は全てmmである。また、数式中の角度の単位は全てラジアンである。

手順1；第2図に示されるコルヌ螺旋上の一点P<sub>n</sub>の座標をX<sub>n</sub>、Y<sub>n</sub>とし、点P<sub>n</sub>に於いて曲線に内接する円の半径をR<sub>0</sub>、中心点をCとする。このときの座標軸X<sub>0</sub>、Y<sub>0</sub>をコルヌ螺旋基軸と呼ぶ。

手順2；コルヌ螺旋にP<sub>n</sub>点で内接する円の中心点Cの座標をX<sub>c</sub>、Y<sub>c</sub>とすれば、X<sub>c</sub>、Y<sub>c</sub>の値は次式で与えられる。

$$X_c = X_n - R_0 \times \sin \tau \Lambda \Lambda \quad (3)$$

$$Y_c = Y_n + R_0 \times \cos \tau \Lambda \Lambda \quad (4)$$

手順3；求める基本歯形のモジュールを決め、完成させる歯形の歯末のたけを予測してR<sub>0</sub>とY<sub>c</sub>の仮値を与える。ここで、仮値を決めるには後述する第5図を採用する。

手順4；前記の式(1)と(2)を利用し、第2図に於けるコルヌ螺旋のAとτの値を求める。

手順5；原点0から点P<sub>n</sub>までの曲線の弧の長さをL<sub>n</sub>とし、L<sub>n</sub>をN個(Nは整数値)に分割した単位長さをsとすれば、L<sub>n</sub>及びsは式(5)、(6)から求められる。

$$L_n = 2\tau \times R_0 \Lambda \Lambda \quad (5)$$

$$s = L_n / N \Lambda \Lambda \quad (6)$$

手順6；次に、原点0から点P<sub>n</sub>までのコルヌ螺旋上のN個の各点に於けるτ<sub>j</sub>を次式から求める。

$$\tau_j = \frac{1}{2} \left( \frac{s \times j}{A} \right)^2 \Lambda \Lambda \quad (7)$$

但し、j=1,2,3,Λ,N



手順7；こうして得られたA、 $\tau_j$ の値を、前述の式(1)、(2)に代入して、コルヌ螺旋上の各点の $X_0$ 座標値、 $Y_0$ 座標値を得る。各点を滑らかな曲線で結んでコルヌ螺旋を完成させる。

手順8；さらに $j=N$ のときの $X_0$ 座標値 $X_n$ と $\tau_n$ を用いて、 $X_c$ の値を次式から求める。

$$X_c = X_n - R_0 \times \sin \tau_n \Lambda \Lambda \quad (8)$$

手順9；このようにして得られた図形及びコルヌ螺旋基軸の全体を、原点Oを回転中心として反時計回り方向に $\alpha$ 度だけ回転させる。そして改めて原点Oを通り水平、垂直な座標軸X、Yを設け、第3図を得る。ここで、軸 $Y_0$ と軸Yのなす角度 $\alpha$ が歯形に於ける圧力角となる。この新しい座標に於ける点Cの座標値 $X_{cc}$ 、 $Y_{cc}$ は次式の座標変換式によって得られる。

$$X_{cc} = X_c \times \cos \alpha - Y_c \times \sin \alpha \Lambda \Lambda \quad (9)$$

$$Y_{cc} = X_c \times \sin \alpha + Y_c \times \cos \alpha \Lambda \Lambda \quad (10)$$

手順10；次に第3図に於いて、コルヌ螺旋のX座標値が最大値となるときのY座標値 $Y_{cc}$ が $\pi m / 4$ に極めて近い値となるまで、手順3から手順10までの計算を繰り返し行う。このとき $R_0$ を固定値とし、 $Y_{cc}$ を変数とし次式(11)を満足することが望ましい。

$$\left| Y_{cc} - \frac{\pi m}{4} \right| < 0.00005 \Lambda \Lambda \quad (11)$$

手順11；上記の手順によって得られたコルヌ螺旋を、原点Oを通り、X軸と $45^\circ$ をなす傾斜軸を回転軸として反転する。こうして得られたコルヌ螺旋が第4図に示される基本コルヌ螺旋歯形曲線である。すなわち原点Oから歯先Pまでの間が基本コルヌ螺旋歯形の $1/4$ ピッチを形成する。

第4図に於いて、得られた曲線を歯形曲線として利用する為には次の2つの

関係を同時に満足する幾何学的条件が必要である。(A) 歯先 P に内接する半径  $R_0$  の円の中心 C の Y 座標値が E である。(B) C の X 座標値が  $\pi m / 4$  である。ここで m は歯形のモジュールであり、任意に選択出来る。内接する円の中心点 C のコルヌ螺旋基軸からの距離を  $X_c$ 、 $Y_c$  とすれば、E は上記の幾何学的条件から (12) 式によって与えられる。

$$E = \sqrt{(X_c)^2 + (Y_c)^2 - \left(\frac{\pi m}{4}\right)^2} \quad \Lambda \quad (12)$$

本発明者等は、上述の手順によって歯形曲線の 1 / 4 ピッチ分を求め、コルヌ螺旋のパラメータ A をそのまま歯形のモジュール m に置換した。さらに圧力角  $\alpha$  を与えて、点 P を歯先、点 Q を歯底とする基本コルヌ螺旋（コルヌ螺旋のみで構成された第 4 図に示す曲線）からなる基本歯形図形を得た。さらにモジュール m と圧力角  $\alpha$  を与えることによって基本コルヌ螺旋から成る歯形は、ただ 1 個の曲線に特定されることを見出した。これは、言い換えると、圧力角  $\alpha$  の基本コルヌ螺旋歯形は各モジュール m に対し各々 1 つずつしか与えられないことを示すものであり、従来のインボリュート歯形歯車と全く同様にモジュール m によって歯形を規格化し、管理することが出来る。

コルヌ螺旋は先に述べた如く、直線と円弧を結ぶ緩和曲線であることから、直線が或る角度をもっている、或る位置の円弧と滑らかに接続することが可能である。従って圧力角は、歯車の使用目的に合わせて最適の角度を任意に選択することが出来る。このことは、今後の用途開発の可能性が極めて大きいことを示唆する。発明者らは圧力角を広い範囲にわたって変化させて、得られた歯形図形を評価した結果、次のことが分かった。即ち、圧力角が小さくなると歯先、歯底の形状が先鋭となり、 $10^\circ$  未満であればそのままでは歯形として利用しにくい。また圧力角が大きくなると、逆に歯先及び歯底がなだらかに過ぎて歯形の機能を

減じる。大きい側では $25^\circ$ を超えるとコルヌ螺旋のみでは実用性を失う。

上記の歯形図形に関する評価の成果として第5図に示す歯形特性線図が得られた。第5図は特定の圧力角に於ける $Y_c$ の値と、歯先・歯元で歯形曲線に内接する円弧の半径 $R_o$ の値との関係を、双方ともモジュール $m$ で表したものである。本図を用いて或るモジュールの歯形諸元を決定する方法を説明する。例えばモジュール3、圧力角 $\alpha = 20^\circ$ のとき、 $R_o = 1.8\text{ mm}$ とすれば、縦軸に於いて $R_o = 0.6$ モジュールの点から発する水平線と圧力角 $20^\circ$ の特性曲線との交点を求める。次にこの交点から垂直線を下ろして横軸上の目盛を読むと $0.663$ モジュール即ち $Y_c = 1.989\text{ mm}$ を得る。

本発明者等はコルヌ螺旋歯形の設計に於ける自由度を高める方策を探求して、コルヌ螺旋の変形を試みた。その結果、コルヌ螺旋のX座標値及びY座標値に各々定数を乗じることによって出来る変成コルヌ螺旋も歯形曲線として用いることが出来ることを見出した。すなわち、選択した或るモジュール、圧力角、 $R_o$ 及び $Y_c$ の条件のもとで、変成の比率を選ぶことによって歯先と歯底との頂隙や歯末のたけを最適化することができる。変成の比率は、歯車の大きさや用途及び求められる性能と特性に応じて自由に選択出来る。該変成コルヌ螺旋の実施例を第6図に示す。

さらに、モジュールと圧力角を任意に選んで得られる基本コルヌ螺旋又は他のコルヌ螺旋（変成コルヌ螺旋を含む）の歯先のX座標値が $\pi m / 4$ とならない場合は、X座標値が $\pi m / 4$ であるY軸と平行な垂直線上の任意の点をその中心として、該曲線に内接する円と該曲線とをその接点で接続して歯形曲線を構成することが出来る。これがコルヌ螺旋と他の曲線からなる歯形曲線である。

このようにして得られた本発明に係るコルヌ螺旋歯形の第1の特質は、噛合い時の接触面が相互に凹面と凸面による面接触となることである。これはコルヌ

螺旋が曲率の変化率が一定である連続した曲線であることに起因する。つまり接触点に於ては凸面の曲率半径と凹面の曲率半径はほぼ等しい。これによって、面接触が生まれて、接触点に於ける面圧応力が低下し、摩耗が少なく低騒音の歯車を得られた。これと対照的に、インボリュート歯形歯車では凸面と凸面の点接触であって、接触点の面圧応力が高い。

第2の特質としては、第1図から明らかな様に、コルヌ螺旋は直線と円弧とを極めて滑らかに結ぶ緩和曲線である。従って第4図のO点近傍では極めて直線に近い形状であり、P点近傍では極めて円弧に近い形状となる。このことは歯形曲線に於いては、ピッチ点近傍が直線に近い形状をなし、歯先及び歯底が円弧に近い形状となることを意味する。即ち歯車の噛合いに於いて現実には生ずる加工、組立誤差等による歯車の芯間距離の多少のズレに対してもインボリュート歯形歯車と同等に円滑な噛合いをする。また歯元に於いては、インボリュート歯形歯車に比べて歯元のR寸法が大きく、かつ歯数の少ない歯車でも創成加工によるアンダカットを生じない歯底形状を呈している。これによって、伝動荷重による応力集中が少なく、従って歯元の曲げ強度の高い歯車となる。第7図、第8図及び第9図は、同一サイズのコルヌ螺旋歯形歯車とインボリュート歯形歯車について、歯元形状を比較したものである。これら三実施例について、同一解析条件のもとで有限要素法により歯元強度を比較した。その結果、第8図のコルヌ螺旋歯形歯車の歯元強度は、第9図のインボリュート歯形歯車の歯元強度に対して120%であった。

第3の特質は、コルヌ螺旋が放物線や楕円と異なり、すべて相似であることである。即ち異なる条件でコルヌ螺旋を描いても、図形の大きさが異なるのみで完全な相似形となる。この状況を第10図に示す。この特質ゆえにコルヌ螺旋歯形歯車に於いても、インボリュート歯形歯車と同一の概念でモジュールを用いて

歯の形状寸法を特定し、規格化することが出来る。従って現在ひろく行なわれている歯切り加工に於いても、ホブカッタをモジュールで管理することが出来る。このことはコルヌ螺旋歯形歯車の普及の点で非常に重要で有意義な特質である。第11図は基本コルヌ螺旋歯形のホブカッタによる創成加工状態を示す包絡線図である。

歯形を動力伝達用歯車として用いるときには頂隙を必要とする場合が多い、これは基本コルヌ螺旋歯形に於いても、コルヌ螺旋と円弧や直線からなる歯形に於いても共通する。頂隙を設けるには、歯先又は歯底のどちらか一方について、これに内接する円弧の半径 $R_0$ を僅かに大きく又は小さくしてコルヌ螺旋に滑かに接続させる。あるいは噛合いに関与しない歯先頂部を水平線で切り取ることによって任意の頂隙を設けてもよい。

またインボリュート歯形歯車に於いては、歯車の噛合率を大きくする為に平歯車よりもはすば歯車が選択される。これは本発明に係るコルヌ螺旋歯形歯車に於いても同様に、何等支障なく平歯車とはすば歯車を製作できる。はすば歯車とすることによって、より曲げ強度の大きい低騒音の歯車が得られる。

【実施例1】発明者等はモジュール $m=3$ 、圧力角 $\alpha=20^\circ$ 、歯数 $Z=18$ の平歯車を2個製作した。第5図より $R_0=1.80\text{mm}$ 、 $Y_c=1.989\text{mm}$ の諸元を得て、基本コルヌ螺旋歯形を決め、数値制御式のワイヤカット放電加工機を使用して高炭素鋼材から切り出して歯車を製作した。この際に、発明者等は基本歯形の図形データを用いて創成歯車の形状を作製するコンピュータプログラムを完成した。こうして製作した歯車の一方を駆動軸に嵌着し、他を従動軸に嵌着して両者を噛合せて回転させた。第12図に噛合い状態を部分拡大して示す。同一モジュールのインボリュート歯形歯車の一对を上記と同様の材質、加工方法によって製作して同様に試験した。その結果、本発明に係るコルヌ螺旋

歯形歯車はインボリュート歯形歯車に対して遜色ない円滑な回転伝達が確認された。さらに第12図に示す隙間のない噛合い状態から明らかなように、基本コルヌ螺旋歯形歯車は歯車ポンプに好適であることが分かった。

【実施例2】歯車の噛合い運転時に発生する騒音の主原因の一つは、駆動側歯車の歯元部と従動側歯車の歯先部との噛合い開始点での双方の形状の組み合わせにあるとされている。発明者等はこの点に留意して、実施例1の基本コルヌ螺旋歯形歯車と同一のモジュール及び歯数で、かつ同一の材質、加工方法によって、歯形（圧力角、歯末のたけ、歯元のたけ、歯先形状等）を種々に変えたコルヌ螺旋歯形歯車及びインボリュート歯形歯車を製作した。これら歯形の異なる歯車の噛合い運転試験を、試験条件を同一にして実施した。その結果、第1表に示す如くコルヌ螺旋歯形歯車の中にインボリュート歯形歯車より低騒音のものがあつたことを確認した。

以上の実施例はすべて金井の式(1)、(2)を用いてコルヌ螺旋歯形を製作した。しかしながら、コルヌ螺旋は他の解法によつても作図が可能である。例えば村上が提供する式(13)、(14)、(15)、(16)、(17)によつても同様にコルヌ螺旋の座標データを得ることが可能である。

$$X_{i+1} = X_i + d_i \cos \theta_i \cos \tau_i - d_i \sin \theta_i \sin \tau_i \Lambda \Lambda \quad (13)$$

$$Y_{i+1} = Y_i + d_i \sin \theta_i \cos \tau_i + d_i \cos \theta_i \sin \tau_i \Lambda \Lambda \quad (14)$$

$$\tau_i = \frac{\rho L^2}{2} i^2 \Lambda \Lambda \quad (15)$$

$$d_i \cos \theta_i = \left( L - \frac{\kappa_i^2}{3!} L^3 - \frac{3\kappa_i \rho}{4!} L^4 + \frac{\kappa_i^4 - 3\rho^2}{5!} L^5 + \frac{10\kappa_i^3 \rho}{6!} L^6 + \Lambda \Lambda \right) \Lambda \Lambda \quad (16)$$

$$d_i \sin \theta_i = \left( \frac{\kappa_i}{2!} L^2 + \frac{\rho}{3!} L^3 - \frac{\kappa_i^3}{4!} L^4 - \frac{6\kappa_i^2}{5!} L^5 + \frac{\kappa_i^5 - 15\kappa_i \rho^2}{6!} L^6 + \Lambda \Lambda \right) \Lambda \Lambda \quad (17)$$

但し 式(13)~(17)については、 $i = 0, 1, 2, 3, \Lambda, N$

#### 産業上の利用可能性

本発明になるコルヌ螺旋歯形歯車は、現在主流のインボリュート歯形歯車が持っている実用的な利点をほとんど損なうことなく、インボリュート歯形歯車にはない有用性を数多く具えているので、様々な用途が開けている。この歯形の利用効果が顕著であると考えられる用途を2、3挙げると、その第1は、噛合い接触面に於ける面圧応力の低下及び、アンダカットのない形状がもたらす歯元応力の低下によって許容荷重が増大したことである。これにより歯車の厚さすなわち重量を軽減できるので、軽量化が命題となっているところの機器、例えば、飛翔体、高速走行体、遠隔操縦ロボット、人体装着機械などには非常に魅力的な歯形である。

有用性の第2は、モジュール管理が出来るのみならず特定のモジュールに於いても、圧力角、コルヌ螺旋の形状、歯たけを自由に設定して用途に最適の歯形を持つ歯車を製作できることである。すなわち、現用の機械装置に於いても、インボリュート歯形歯車では不満足である場合に、モジュールと歯数が同一のコルヌ螺旋歯形歯車を、芯間距離を替えることなく換装することによって不満を解消することが可能となった。

有用性の第3はバックラッシュを完全になくしても円滑な噛合い回転が行なわれることである。従来歯形の歯車系をバックラッシュなしで運転する為には、数多くの工夫が成されており、その為の機構や装置を必要としている。本発明の歯車では、歯形と歯たけを適切にすればバックラッシュを完全になくして滑かに回転させることが出来る。この特長は正確な位置合わせを要求されるハイテク機械装置、例えば印刷機、医療機器、マニピュレータなどに於いて有用である。

表 1

## 歯車騒音試験

歯車	圧力角(度)	歯末のたけ (m×)H <sub>1</sub>	歯元のたけ (m×)H <sub>2</sub>	騒音 (dB)
インボリュート歯形歯車(第9図)	20	1.00	1.25	78~79
コルヌ螺旋歯形歯車A	20.5	1.18	1.20	76~78
コルヌ螺旋歯形歯車B	22	1.12	1.15	76
コルヌ螺旋歯形歯車C(第8図)	20	1.13	1.20	76~77
試験条件ほか				
モジュール	m=3, 歯数 Z=18, 転位係数 0			
騒音測定	機側 1,000mm, 回転数 1800 rpm			
歯車加工方法	ワイヤカット放電加工			
歯車材質	高炭素鋼, 板厚 10mm			
潤滑方法	運転直前オイルスプレー			
運転方法	オープンギヤ方式			
負荷	2 Nm			



## 請 求 の 範 囲

1. 齒形曲線の全軌跡または軌跡の一部をコルヌ螺旋で構成したことを特徴とする齒形齒車。
2. 請求項 1 に於いて、使用するコルヌ螺旋を X 軸及び／または Y 軸方向に伸縮することによって出来る変成コルヌ螺旋としたことを特徴とする齒形齒車。
3. 請求項 1 ないし 2 に於いて、齒先を水平線として齒底を円弧とし、嚙合う範囲をコルヌ螺旋としたことを特徴とする齒形齒車。

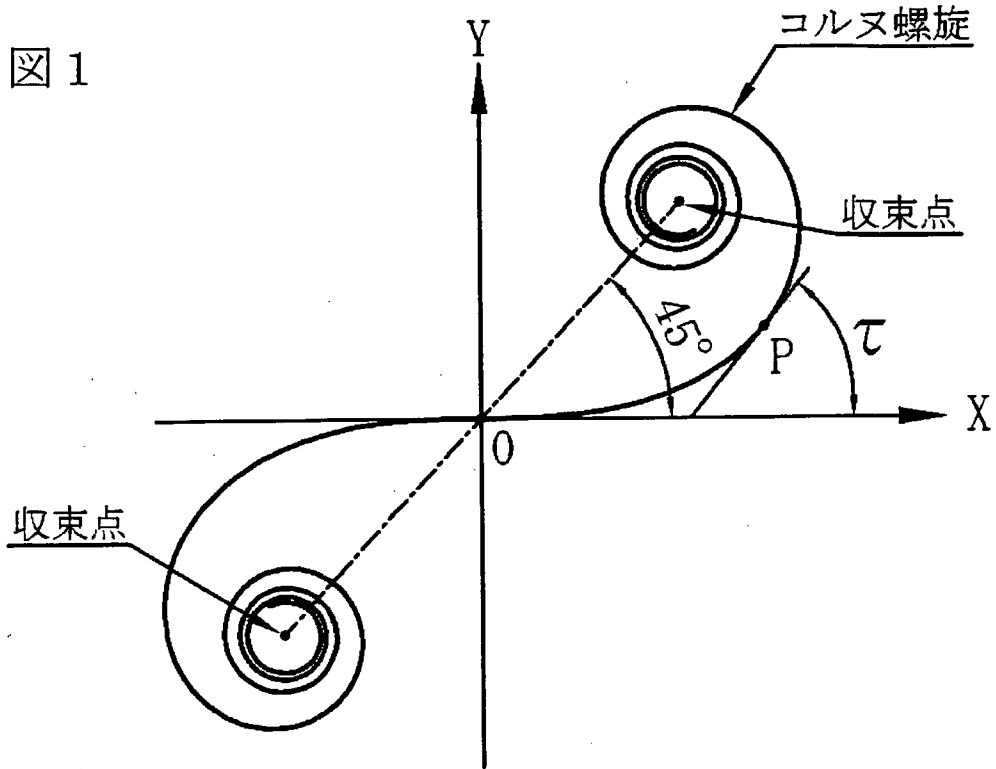


図 2

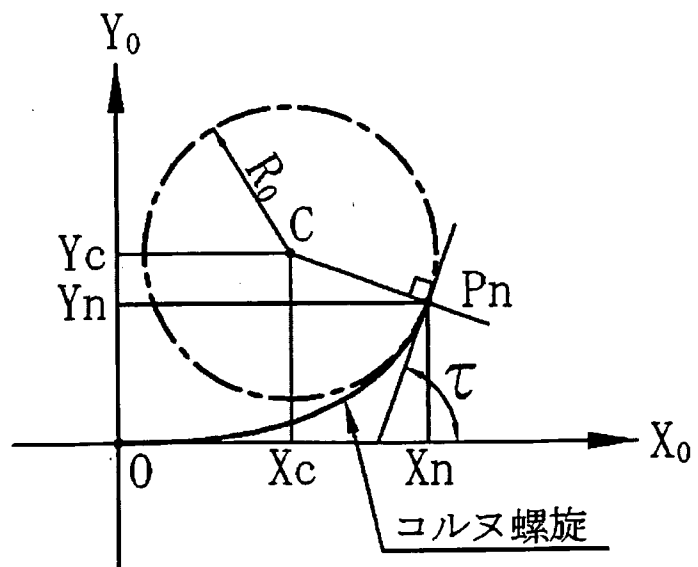


図 3

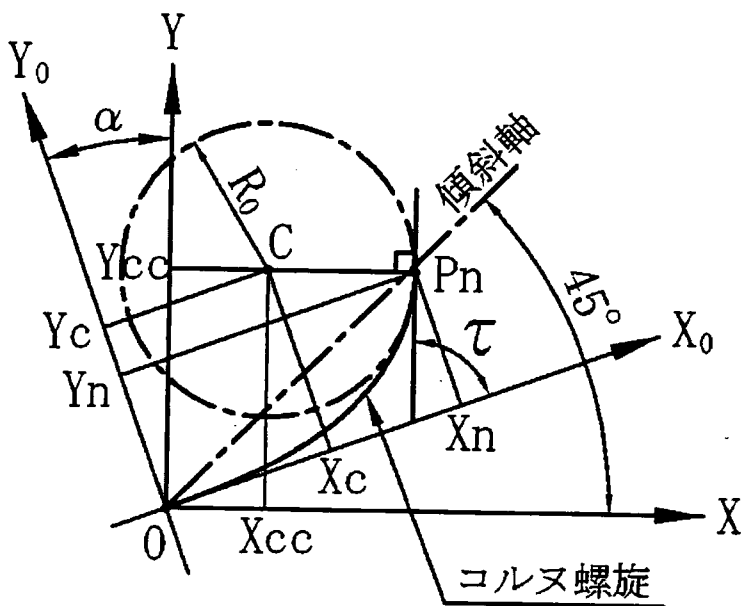


図 4

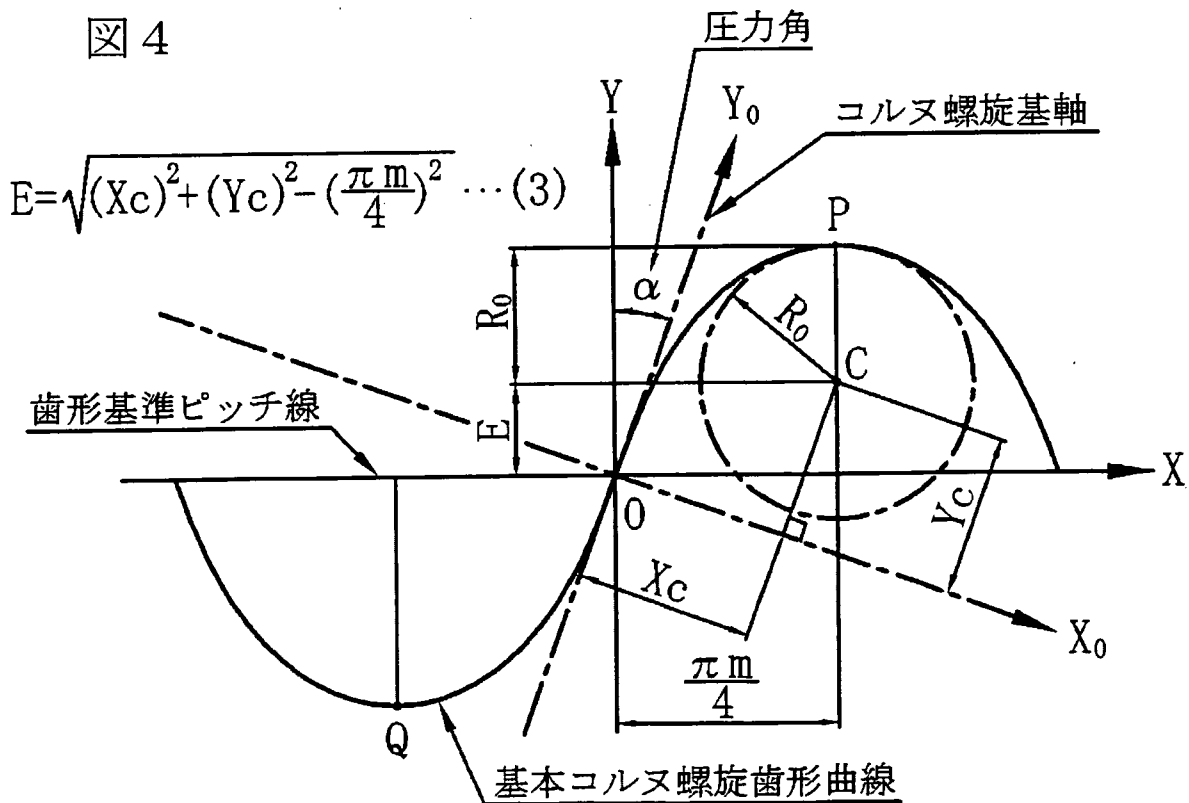


図 5

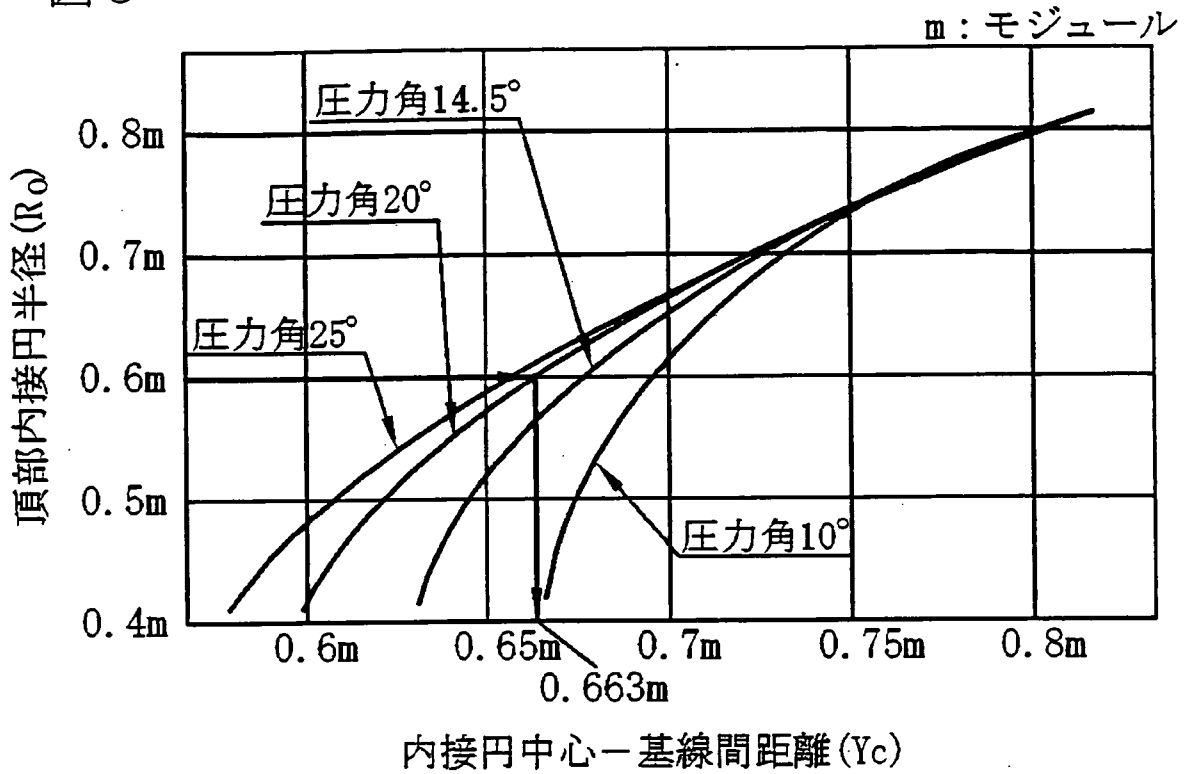


図 6

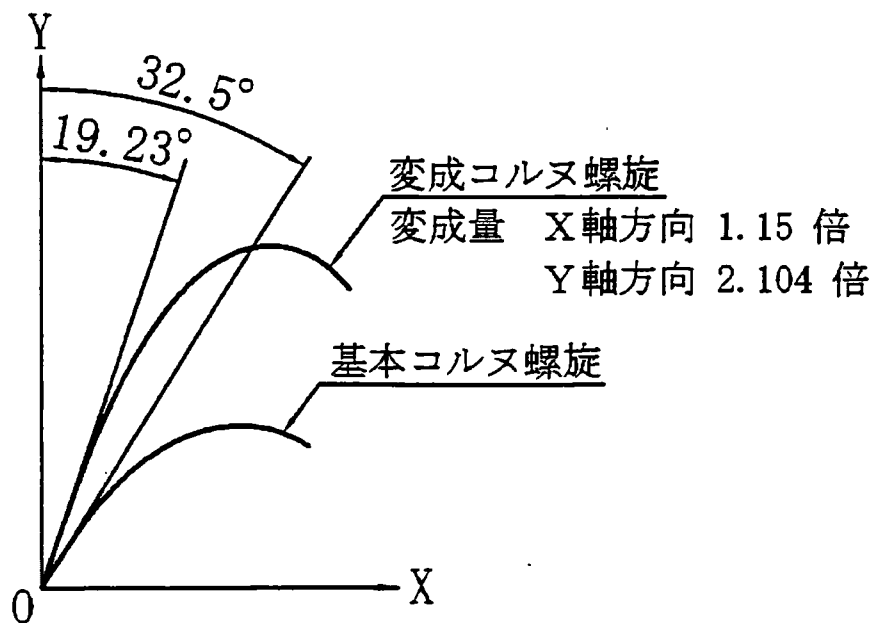
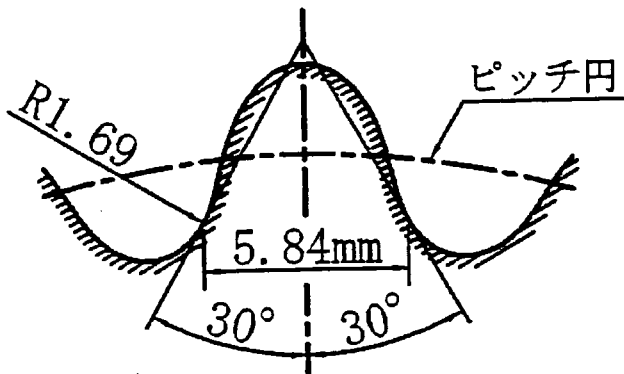
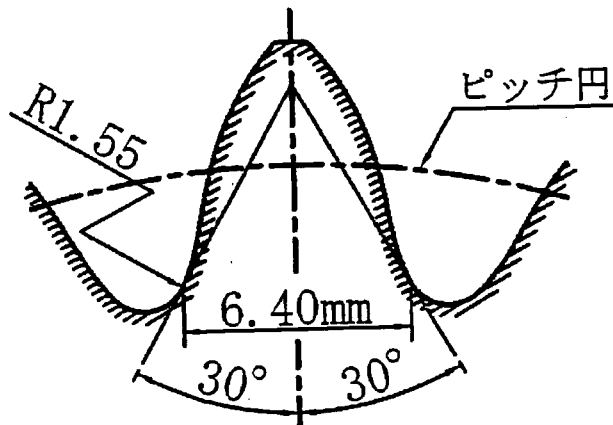


図 7



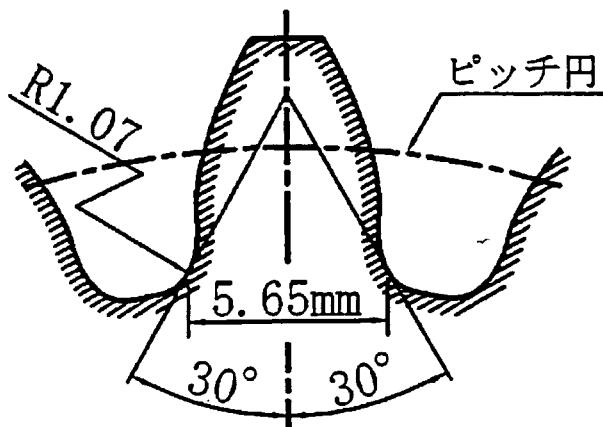
モジュール  $m=3$   
 圧力角  $\alpha=20^\circ$   
 歯数  $Z=18$

図 8



モジュール  $m=3$   
 圧力角  $\alpha=20^\circ$   
 歯数  $Z=18$

図 9



モジュール  $m=3$   
 圧力角  $\alpha=20^\circ$   
 歯数  $Z=18$

図 10

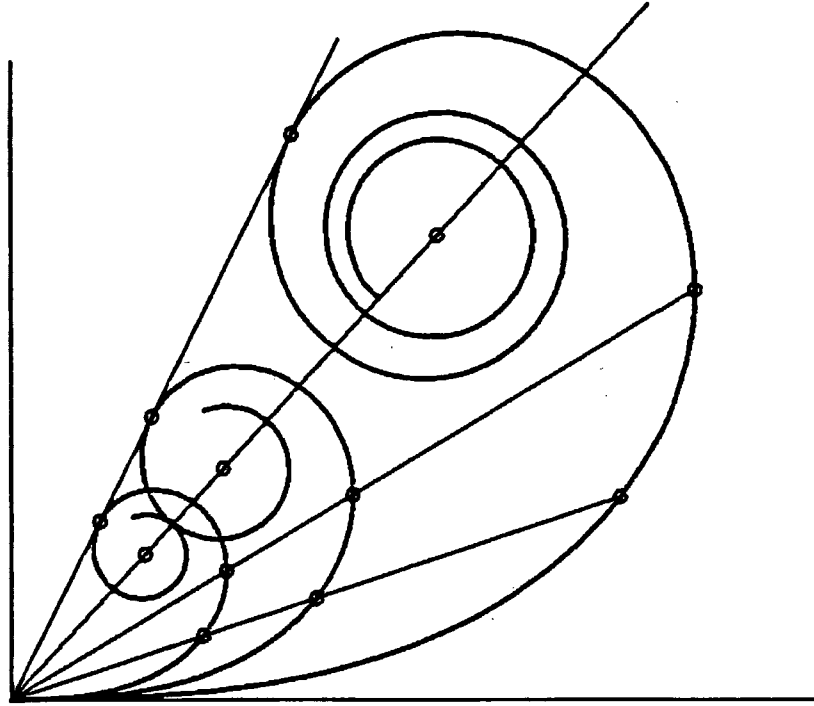


図 11

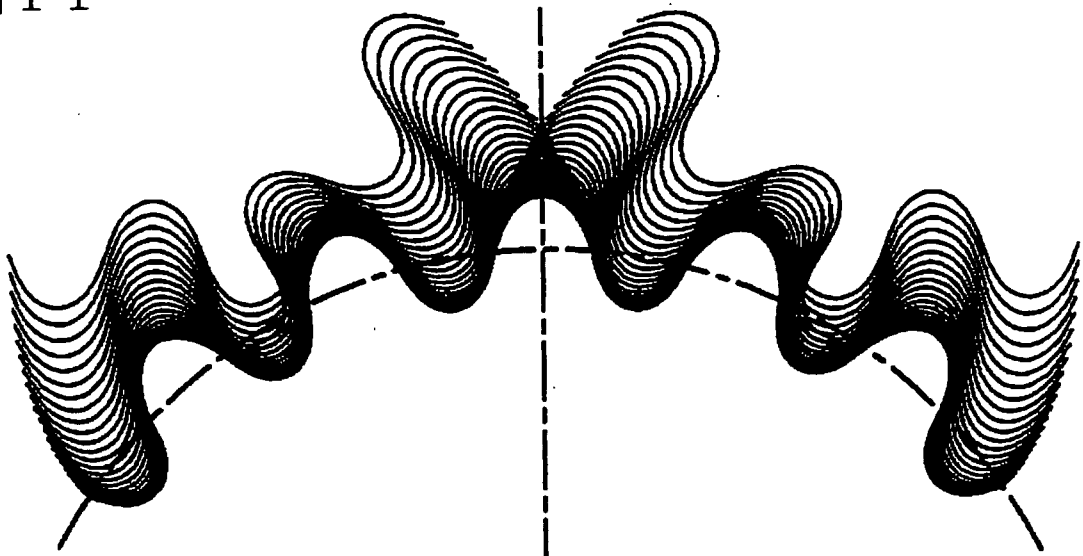


図 1 2

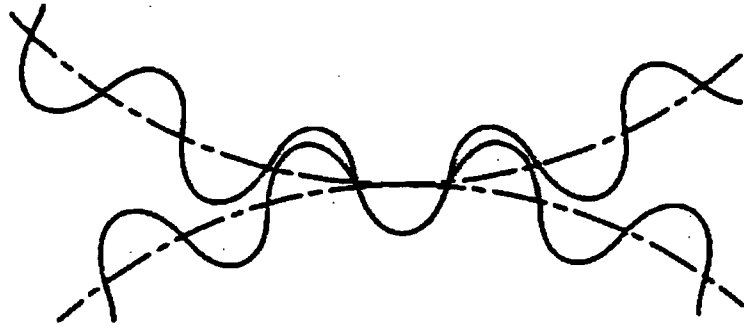
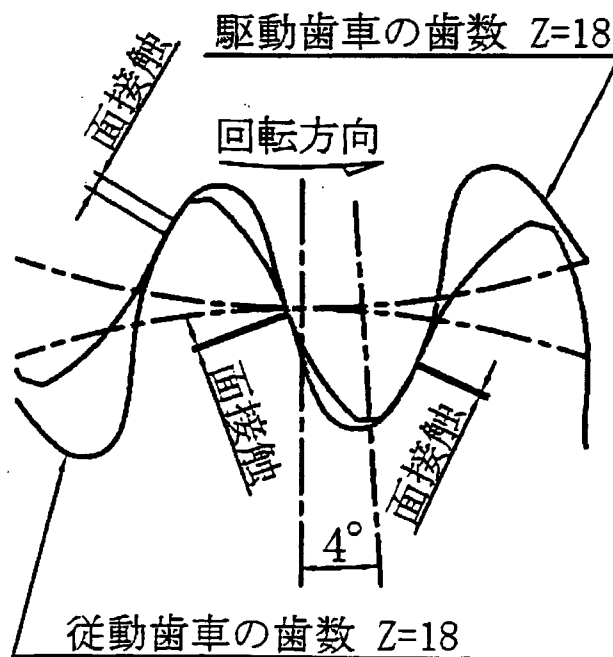


図 1 3

モジュール  $m=3$ , 芯間距離 54mm

4° 回転状態



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2006/307786

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

**F16H55/08** (2006.01)

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)

**F16H55/08** (2006.01) - **F16H55/30** (2006.01)

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	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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.
X A	JP 53-52852 A (Sato Zoki Kabushiki Kaisha), 13 May, 1978 (13.05.78), Page 2, upper left column, line 16 to lower left column, line 2; Figs. 2, 6 (Family: none)	1, 3 2
A	JP 2000-170882 A (Hitachi, Ltd.), 23 June, 2000 (23.06.00), Par. Nos. [0025] to [0028]; Figs. 8, 9 (Family: none)	1-3
A	JP 2001-248710 A (Hitachi, Ltd.), 14 September, 2001 (14.09.01), Par. Nos. [0024], [0025]; Figs. 10, 11 (Family: none)	1-3

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  
04 July, 2006 (04.07.06)

Date of mailing of the international search report  
11 July, 2006 (11.07.06)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F16H55/08 (2006.01)

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. F16H55/08 (2006.01) - F16H55/30 (2006.01)

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	1971-2006年
日本国実用新案登録公報	1996-2006年
日本国登録実用新案公報	1994-2006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
X A	JP 53-52852 A (佐藤造機株式会社) 1978.05.13, 第2頁左上欄第16行-左下欄第2行, 第2図, 第6図 (ファミリーなし)	1, 3 2
A	JP 2000-170882 A (株式会社日立製作所) 2000.06.23, 段落【0025】-【0028】, 図8, 図9 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2001-248710 A (株式会社日立製作所) 200	1-3

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、一般的な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  
04.07.2006

国際調査報告の発送日  
11.07.2006

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/JP)  
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)  
小林 忠志  
電話番号 03-3581-1101 内線 3328

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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
	1. 09. 14, 段落【0024】, 【0025】, 図10, 図11 (ファミリーなし)	