

## [43] 円弧歯すじ歯車設計システム

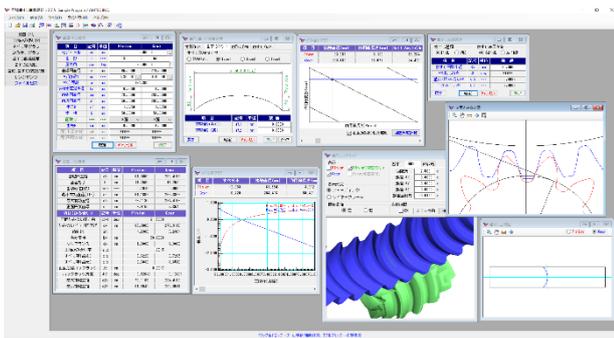


図 43.1 円弧歯すじ歯車設計システム

### 43.1 はじめに

円弧歯すじを持つ歯車はスラスト荷重がなく、歯の位置合わせ能力があり、かみ合い率を大きく（平歯車に対して）することができます。この歯車は古くから知られていますが広く採用されて来ませんでした。それは、図 43.2 の方法では歯すじの曲率は工具半径で決まるため自由度が制限されてしまうからだと推察することができます。例えば、小歯車と大歯車が同じ歯数であれば図 43.2 のカット直径は同じで良いのですが、歯数比が異なる場合は同じ工具を使用することができません。また、良好な歯当たりを得るためには大歯車に合わせた適切な直径（楕円となるので難しい）を持つ工具が必要です。本ソフトウェアの全体画面を図 43.1 に示します。

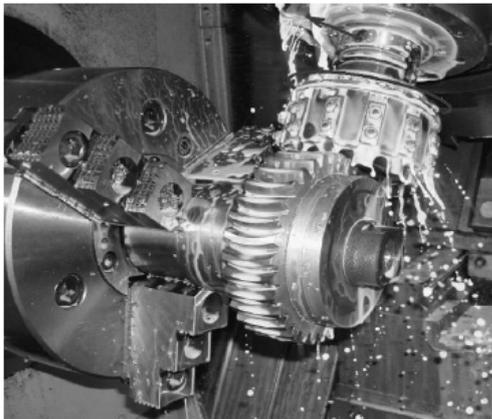


図 43.2 円弧歯すじ歯車の加工<sup>1)</sup>

### 43.2 概要

本ソフトウェアでは円弧歯すじ（半径）を任意に設定することができますので平歯車に近いものから小さな曲率まで自由（歯幅に対する制限はあります）に設定することができます。また、円弧だけでなく V 字歯すじの歯形も生成する機能も有しています。更に、歯形修整、歯すじ修整機能を有していますので歯幅中央部のかみ合い（歯当たり）とすることもできます。

ソフトウェアで歯車諸元設定後は、正面かみ合い図、すべり率グラフ、かみ合いグラフを表示し、歯すじ入力、歯形・歯すじ修整入力（無修整も可能）をすると歯形を生成します。

歯形レンダリングで、かみ合い接触線を確認することができます。そして、生成した歯形は DXF、3D-IGES ファイルで出力することができますので 5 軸加工機などで容易に加工することができます。

### 43.3 ソフトウェアの構成

円弧歯すじ歯車設計システムの構成を表 43.1 に示します。表中の○は基本ソフトウェアに含まれます。

適応歯車：インポリユート歯車（外歯車）

表 43.1 ソフトウェアの構成

No.	項目	掲載項	構成
1	歯車寸法	43.4	○
2	正面かみ合い図	43.5	○
3	すべり率グラフ	43.5	○
4	かみ合いグラフ	43.5	○
5	歯すじ曲線（円弧、V字）	43.6	○
6	歯形修整、歯すじ修整	43.7	○
7	歯形レンダリング	43.8	○
8	歯形出力	43.9	○
9	設計データ管理	---	○

### 43.4 歯車寸法

歯車諸元は平・はすば歯車と同様に図 43.3 のように設定します。数値設定後、[確定]すると歯車寸法を図 43.4 のように表示します。ここでのかみ合い率は、正面かみ合い率を示しますが、図 43.8 で歯すじ曲線を設定した後で重なりかみ合い率を計算します。

項目	記号	単位	Pinion	Gear
モジュール	mn	mm	5.00000	
歯数	z	---	13	55
圧力角	$\alpha_n$	deg	20.00000	
基準円直径	d	mm	85.0000	275.0000
転位係数	xn	---	0.35000	0.00000
中心距離	a	mm	171.8000	
法線歯厚減少量	fn	mm	0.2000	0.0000
歯先円直径	da	mm	78.5000	285.0000
歯底円直径	df	mm	56.0000	262.5000
歯元R	rf	mm	1.8750	1.8750
歯幅	b	mm	50.0000	50.0000
面取り	---	---	R面	R面
歯先R	ra	mm	0.5000	無し
C面(半径方向)	cah	mm	*****	R面
C面(円周方向)	caw	mm	*****	C面

図 43.3 諸元

項目	記号	単位	Pinion	Gear
基礎円直径	db	mm	61.0800	258.4155
全歯たけ	h	mm	11.2500	11.2500
歯切転位係数	xnc	---	0.2915	0.0000
最小有効直径(TIF)	dt	mm	61.1602	268.3973
最大有効直径	dh	mm	78.1195	284.4163
正面円弧歯厚	st	mm	8.9150	7.8540
項目(かみ合い)	記号	単位	Pinion	Gear
正面かみ合い圧力角	$\alpha_{wt}$	deg	21.5890	
かみ合いピッチ円直径	d <sub>w</sub>	mm	65.6882	277.9118
歯数比	zh	---	4.2308	0.2364
有効歯幅	b <sub>w</sub>	mm	50.0000	
クリアランス	ck	mm	1.3000	1.3000
正面かみ合い率	$\epsilon_{\alpha}$	---	1.3915	
すべり率(歯先)	$\sigma_a$	---	0.6228	0.7285
すべり率(歯元)	$\sigma_b$	---	-2.6833	-1.8510
正面法線バックラッシ	jt	mm	0.2817	
バックラッシ角度	J $\theta$	deg	0.52846	0.12491
最大接触直径	d <sub>ja</sub>	mm	78.1195	284.4163
最小接触直径	d <sub>jf</sub>	mm	61.5540	268.8511

図 43.4 寸法

### 43.5 歯形図, すべり率

図 43.3 で設定した歯車の正面歯形は図 43.5 のように表示することができます。歯形の拡大や回転角度などは図 43.5 に示すコントロールフォームで操作することができます。

図 43.6 のかみ合いグラフは、ピニオンとギヤの作用線の関係を示すもので図 43.6 の歯形図と連動することができます。また、図 43.7 にすべり率グラフを示します。

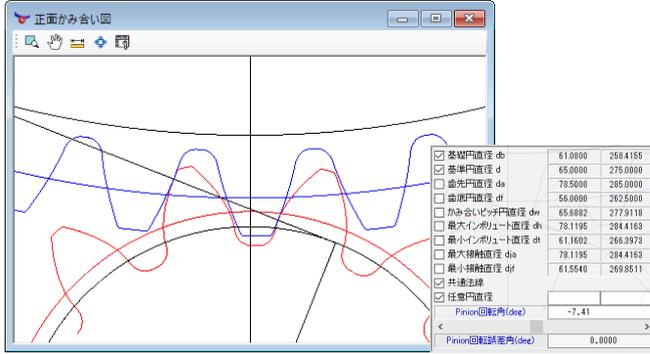


図 43.5 歯形



図 43.6 かみ合いグラフ



図 43.7 すべり率

### 43.6 歯すじ曲線

歯すじ曲線を図 43.8 で設定します。ここでは、歯すじの種類(円弧と V 字の 2 種類)と円弧の方向(ピニオンを基準として歯車中心軸に対して右側に位置する場合、右円弧とする)を選択します。

ここでは「円弧」を選択し、歯すじ半径を  $R_s=35\text{mm}$  (歯すじ半径の最小値:  $R_{smin}=b/2$ ) とすると、重なりかみ合い率は  $\epsilon_p=0.669$  となることから全かみ合い率は  $\epsilon_\gamma=2.060$  となります。歯車を観察し

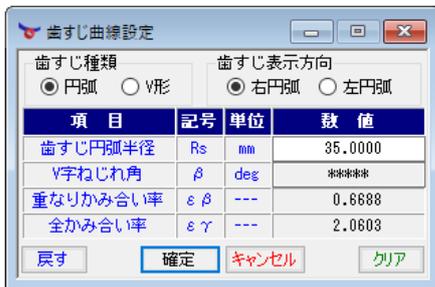
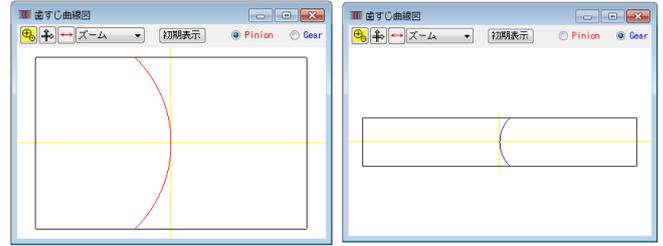


図 43.8 歯すじ曲線設定

たときの円弧歯すじ図を図 43.9 に示します。また、歯すじ曲線を V 形とすると図 43.10(a)のように円弧 ( $R_s$ ) とねじれ角 ( $\beta$ ) を設定したときの歯すじ曲線図を図 43.10 に示します。



(a)ピニオン (b)ギヤ

図 43.9 歯すじ曲線図 (円弧)



(a)V形設定 (b)歯すじ曲線図

図 43.10 歯すじ曲線(V形)

### 43.7 歯形・歯すじ修整

歯形・歯すじ修整は、図 43.11 で選択し、歯形修整を図 43.12 で歯すじ修整を図 43.13 で設定することができます。

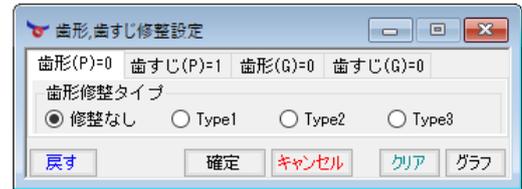


図 43.11 歯形・歯すじ修整



(a)Type1 (b)Type2 (c)Type3

図 43.12 歯形修整



(a)Type1 (b)Type2 (c)Type3

図 43.13 歯すじ修整

例として、図 43.13(a)のようにピニオンに歯すじ修整を与えたとき、図 43.13 の **グラフ** で図 43.14 を示しますので与えた修整量を確認することができます。



図 43.14 歯すじ修整 (500倍)

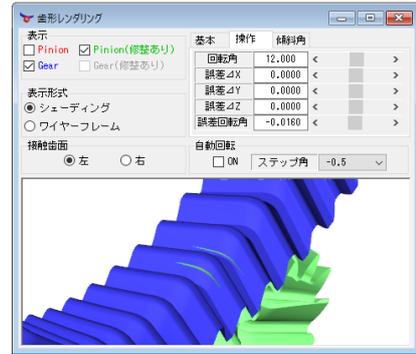


図 43.18 歯形レンダリング (V形)

### 43.8 歯形レンダリング

図 43.15 の無修整の歯形レンダリングでは、歯幅両端まで接触線を確認することができますが、図 43.16 の歯すじ修整を与えた歯形では、歯幅両端部で接触線を認めることができません。また、図 43.17 では食い違い誤差 ( $\angle\alpha=0.02^\circ$ ) を与えた場合の歯形レンダリングでは接触線が歯幅の片方に寄っていることが解ります。図 43.18 に V 形歯すじ (図 43.10 で設定) の歯形レンダリングを示します。

歯形レンダリングでは、観察角度、回転角度、軸誤差を任意に変更することができます。また、自動回転機能で接触線を連続して観察することができます。

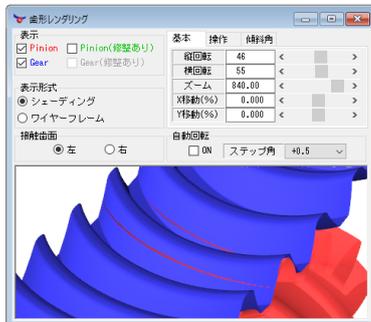


図 43.15 歯形レンダリング (無修整)



図 43.16 歯形レンダリング (歯すじ修整)

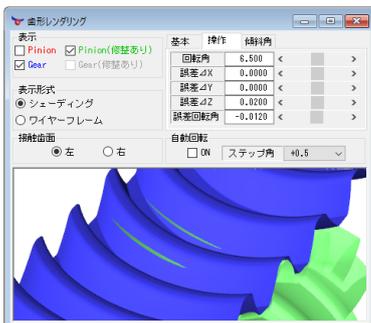


図 43.17 歯形レンダリング (軸角誤差=0.02°)

### 43.9 歯形出力

図 43.19 に歯形ファイル出力設定画面を示します。ソフトウェアでは 2D-DXF と 3D-IGES ファイルを出力することができます。ピニオンの修整歯形の CAD 表示例を図 43.20 に示します。



図 43.19 歯形ファイル出力設定

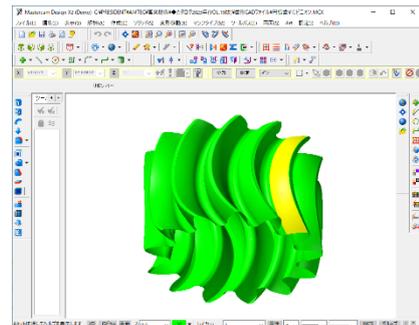


図 43.20 CAD 作図例 (ピニオン)

### 参考文献

- 1) A. N. Parshin, Arched Toothed Cylindrical Gears Manufacture on CNC Lathes and Experience of their inculcation, "Thory and Pactice of Gearing", Russia, pp.151,2014