

[30] Tapered and crossed gear design system

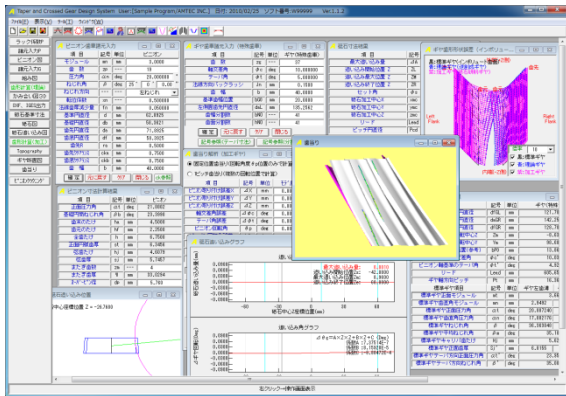


図 30.1 Tapered and crossed gear

30.1 概要

Tapered and crossed gear design system は、平行軸歯車の組み合わせではなく、軸交差角を持つインボリュート歯車を設計するソフトウェアです。ピニオンは修整を与えない歯車であり、これに軸角を持つ相手歯車の理論歯形の生成と、ねじ状砥石で研削することを前提として、砥石歯形の決定および砥石の運動を決め研削後の歯形を解析します。そして、ピニオン歯形と研削後の歯形またはギヤの理論歯形をかみ合わせることで、かみ合い接触線や歯当たりを確認することができます。図 30.1 に全体画面を示します。

30.2 歯車諸元入力

図 30.2 に、歯車諸元(ピニオン)の入力画面を、図 30.3 にピニオンの歯形を示します。諸元入力は、円筒歯車と同じです。

項目	記号	単位	ピニオン
モジュール	m	mm	3.0000
歯数	z	---	19
圧力角	α_n	deg	20.000000
ねじれ角	β	deg	25° 0' 0.00"
ねじれ方向	---	---	左ねじれ
転位係数	xn	---	0.500000
法線歯厚減少量	fn	mm	0.050000
基準円直径	d	mm	62.8925
基準円直径	db	mm	58.3821
歯先円直径	da	mm	71.8925
歯底円直径	df	mm	58.3925
歯先R	ra	mm	0.5000
歯先外円半径	cka	mm	0.7500
歯底外円半径	ckb	mm	0.7500
歯幅	b	mm	40.0000

図 30.2 歯車諸元入力

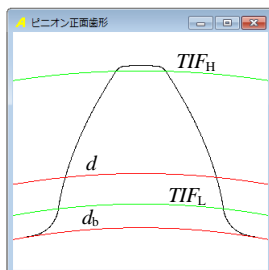


図 30.3 ピニオン歯形

30.3 ギヤ諸元の設定

図 30.4 に、ギヤ諸元の入力画面を示します。図 30.2 で与えたピニオンに、かみ合うギヤの諸元を設定します。ここで入力するバックラッシュは、一對歯車としてのバックラッシュです。図 30.3 で与えたピニオンの歯厚減少量を考慮してギヤの歯厚減少量を決定します。なお、入力諸元項目および基準歯幅位置は「記号参照」ボタンで確認することができます。

図 30.4 に、ギヤの歯形を決定する際に基準とする歯形分割数と歯幅分割数を示します。例題では歯形、歯幅ともに 41 分割とし

てピニオンとかみ合うギヤの理論歯形を計算します。

項目	記号	単位	ギヤ(特殊歯車)
歯数	z	---	37
軸交差角	ϕ_c	deg	10.000000
テーパ角	ϕ_t	deg	5.000000
法線方向バックラッシュ	Jn	mm	0.1500
歯幅	b	mm	40.0000
基準歯幅位置	bG0	mm	20.0000
左側面歯先円直径	daL	mm	135.2562
歯幅分割数	hNO	---	41
歯面分割数	hNO	---	41

図 30.4 ギヤ歯車諸元入力

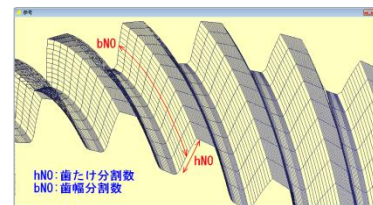
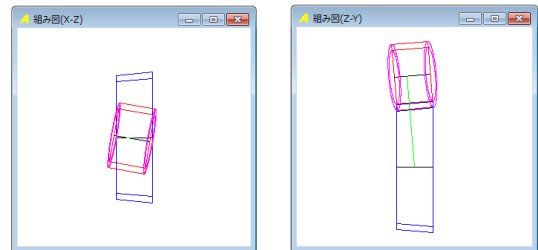


図 30.5 分割数

30.4 組み図

図 30.6 に歯車組図を示します。

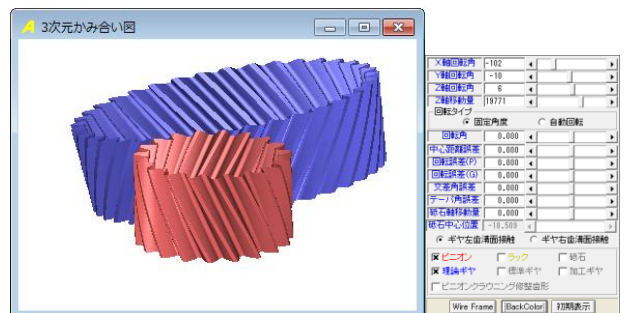


(a) X-Z 基準 (b) Z-Y 基準

図 30.6 組図

30.5 歯形レンダリング

図 30.7 に歯形レンダリング画面を示します。この画面のギヤの歯形は、理論歯形ですが、図 30.8 は研削後のギヤとピニオンのかみ合いです。図中に綺麗な接触線を確認することができます。表示画像は、コントロールフォームで回転角や観察位置を変更することができます。ねじ状砥石とギヤを研削している歯形レンダリング画面(図 30.9)では、ねじ状砥石とギヤの研削線を確認することができます。



ピニオンとギヤ(理論歯形)のかみ合い

図 30.7 歯形レンダリング 1

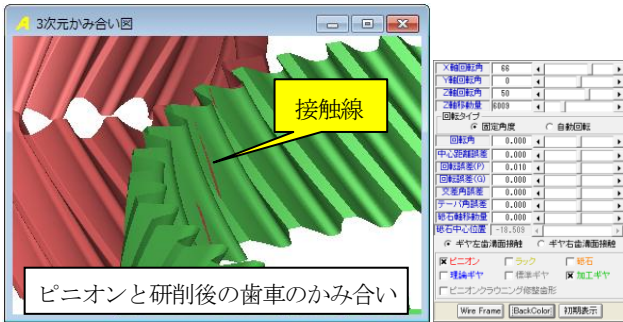


図 30.8 歯形レンダリング 2

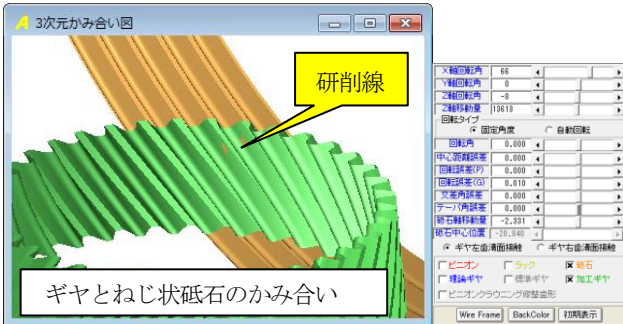


図 30.9 歯形レンダリング 3

30.6 砥石基準寸法入力

図 30.10 に、ねじ状砥石の設定画面を示します。ここでは、ねじ状砥石形状および加工基準を設定します。画面に示す「 Δ ギヤ回転」とは、ピニオン歯面とかみ合うギヤの歯面を研削する際、歯車（テーブル）に微小な回転調整を与える方法を採用することを意味します。また、砥石の追い込みは、歯車と砥石の軸間調整を行いギヤの歯面を仕上げます。

ピニオンにかみ合うギヤの理論歯形を、ねじ状砥石で研削するため図 30.10 の条件から砥石の歯形は図 30.11 に示す形状となり、砥石歯形は DXF ファイルで出力することができます。

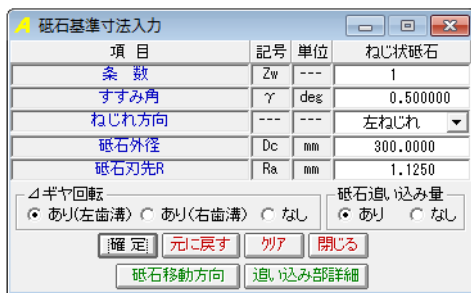


図 30.10 砥石設定

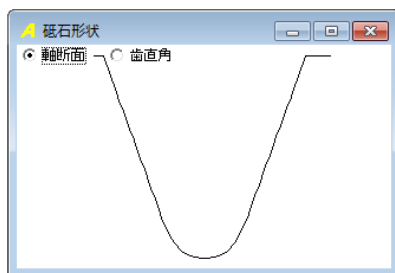


図 30.11 砥石歯形

30.7 砥石追い込み線図

図 30.12 に砥石の追い込み線図を示します。例題の場合、 Δ ギヤ回転（テーブル回転）と砥石と歯車の軸間調整を許可していますので両者の運動でギヤの歯面を仕上げます。また、図 30.12 の線図は、Z 方向位置（歯幅方向）が、-31.872mm のとき砥石追い込み量は、-0.0004mm でありテーブル規定の回転角に-0.0027(deg)を与え研削していることとなります。この線図と歯車および砥石の位置関係は、図 30.12 下方のスライドバーを移動することにより、図 30.13 のギヤと砥石の位置関係図で確認することができます。また、砥石の追い込み量とギヤの Δ 回転角は[CSV]ファイルに出力することができます。

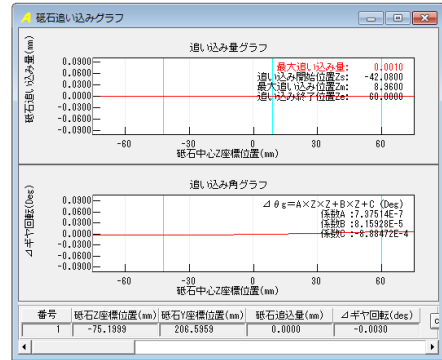


図 30.12 砥石追い込み線図

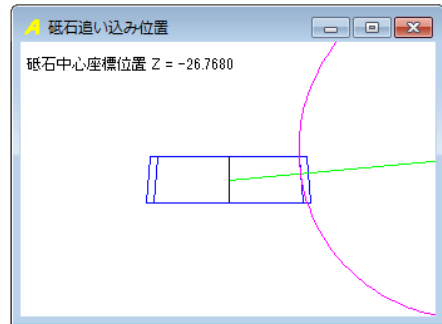


図 30.13 ギヤと砥石の位置関係

30.8 研削後の歯形

研削後の歯幅中央の歯形(No.21)を図 30.14 に示します。歯幅端部の歯形と、歯幅中央の歯形はわずかですが変化します。図 30.14 のピッチ円部を拡大すると理論歯形と加工後の歯形に 0.0044mm の差がありますが、理論歯形と研削後の歯形を重ねた図 30.15 に示すように両者の歯形は、ほぼ同じです。

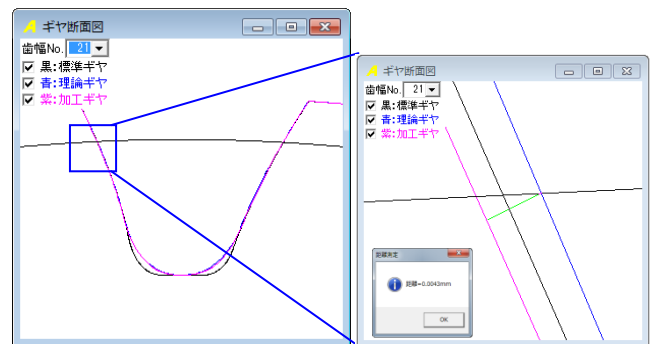


図 30.14 研削後の歯形と理論歯形(No.21)

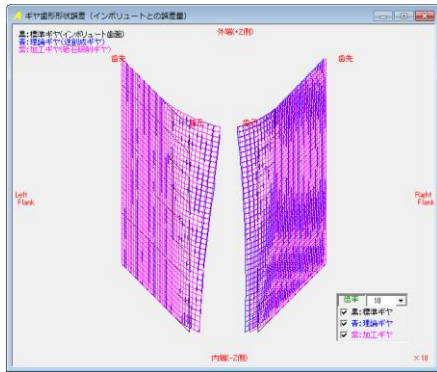


図 30.15 歯形(Topography)



図 30.18 歯当たり解析(接触数値)

30.9 歯当たり

歯当たり解析の設定画面を図 30.16 に、歯当たり解析結果を図 30.17 に示します。そして図 30.18 に接触距離を色分布表示した画面を示します。例題歯車の場合、この歯当たり解析結果から、平行軸はすば歯車のように両端部まで接触線を確認することができます。

以上のように、ねじ状砥石を図 30.12 の線図に従って研削すると、平行軸はすば歯車のように長い接触線を持つテーパギヤを設計（製造）することができます。また、ギヤの理論歯形を金型で製造する方法でも良好な歯当たりを持つ歯車が得られます。

30.10 歯形出力

歯形出力は、砥石歯形、理論歯形(ピニオン、ギヤ)そしてねじ状砥石で研削したギヤの歯形を DXF または IGES ファイルで出力することができます。図 30.19 に、ねじ状砥石で研削した歯形を 3D-IGES 出力し CAD で作図した例を示します。

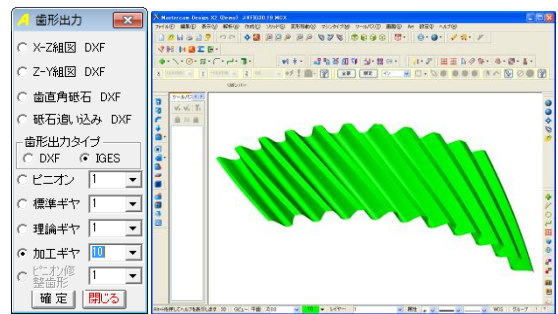


図 30.19 CAD 作図例(3D-IGES)

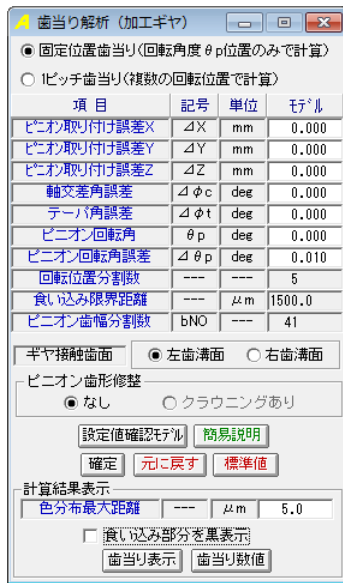
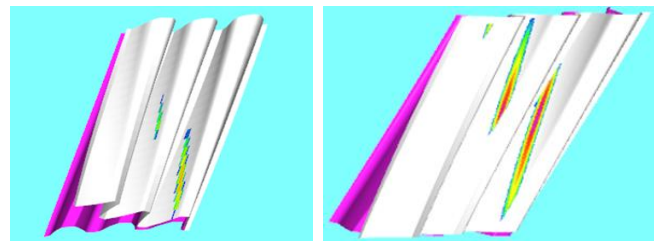


図 30.16 歯当たり解析(設定)

30.11 計算例

本ソフトウェアを用いて ASME DETC2003・PTG-48089 で発表された自動車用歯車（欧州メーカー）の歯当たりを検証すると図 30.20 のように B 社のほうが良好な歯当たりを有していることが解ります。



$$m3, z1=27, z2=27, \alpha=20^\circ, \beta=28^\circ, \Sigma=8.0^\circ$$

(a) A 社

$$m2.5, z1=31, z2=29, \alpha=17.5^\circ, \beta=29.5^\circ, \Sigma=8.6^\circ$$

(b) B 社

図 30.20 歯当たり確認

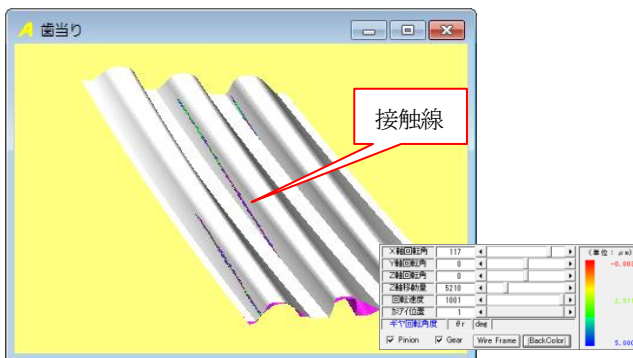


図 30.17 歯当たり解析(歯の接触)