

[14] GearPro Master (インボリュート歯形出カソフト)

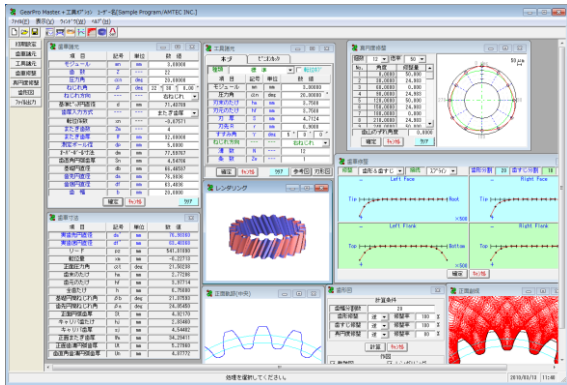


図14.1 GearPro Master

14.1 概要

GearPro Master は、GearPro2000 の上位版ソフトです。2006年5月を以って GearPro2000 の販売は中止し GearPro Master の販売とさせていただきます。

GearPro2000 は、真円歯車を対象とした歯形を生成していましたが GearPro Master は、成形歯車にも考慮して真円歯車ではない歯車の歯形も生成することができます。また、歯すじ修整にも対応していますので成形歯車の製造には最適なソフトウェアといえます。

また、加工工具(ホブ、ピニオンカッタ)にも対応した歯形を生成することができますので金属歯車の加工シミュレーションとしても使用することができます。図14.1に GearPro Master の全体画面を示します。

14.2 適用

- (1) 歯車の種類：円筒歯車(外歯車，内歯車)
- (2) 歯形：インボリュート
- (3) ホブ、転位ホブ：標準，セミトッピング，プロチュバランス，プロチュバランスセミトッピング)
- (4) ピニオンカッタ：標準，セミトッピング，プロチュバランス，プロチュバランスセミトッピング)
- (5) 工具による加工：外歯車はホブまたはピニオンカッタで加工し，内歯車はピニオンカッタで加工します。

14.3 初期設定

初期設定で、歯車の種類(外歯車，内歯車)を選択し、歯形生成の基準(基準ラックまたは工具)を選択します。図14.2に初期設定の画面を示します。(DIN58400, BS はオプション)
ここでは、ホブを基準にして歯形を生成する手順を説明します。

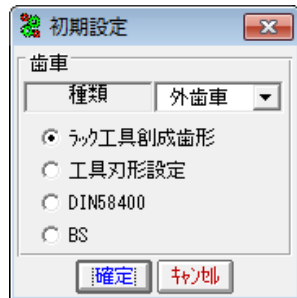


図14.2 初期設定

14.4 歯車諸元設定

図14.3に示すように歯車諸元を設定します。歯厚入力方式では、①転位係数，②またぎ歯厚，③オーバーボール寸法④円弧歯厚の内から1つを選択します。



図14.3 歯車諸元

14.5 工具諸元入力 (オプション)

歯切り工具は、ホブまたはピニオンカッタを選択することができます。工具の参考図を図14.5に、入力した工具の実刃形を図14.6に示します。また、図14.2に示したラック工具創成では工具寸法を設定する必要はありません。

プロチュバランスセミトッピングピニオンカッタの入力画面を図14.7に、工具の参考図を図14.8に、入力した工具の実刃形を図14.9に示します。



図14.4 工具諸元入力(ホブ)

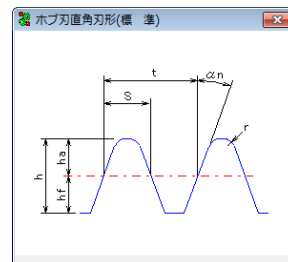


図14.5 工具参考図

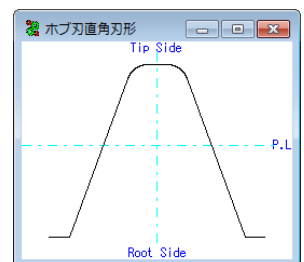


図14.6 入力工具刃形

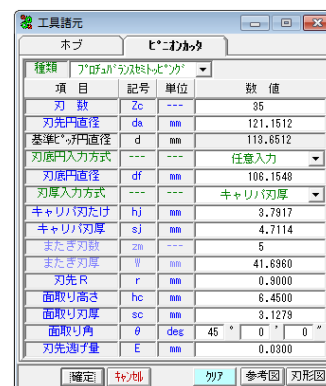


図14.7 工具諸元入力(ピニオンカッタ)

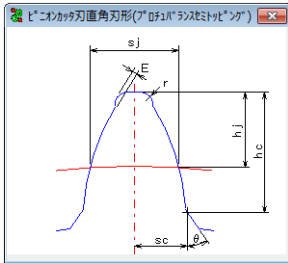


図 14.8 工具参考図

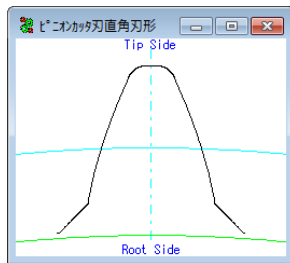


図 14.9 入力工具刃形

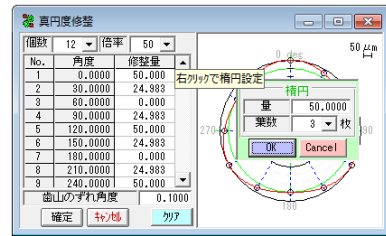


図 14.13 真円度修整 1

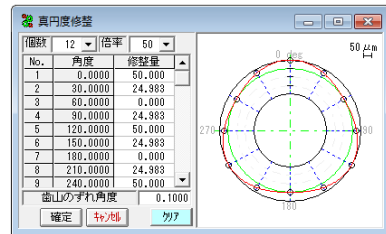


図 14.14 真円度修整 2

14.6 歯形・歯すじ修整 (オプション)

歯形と歯すじ修整をしたグラフを図 14.10 に示します。修整入力方法は、修整量をスライダーで入力する方法(図 14.11)、修整量を数値で入力する方法(図 14.12)があります。補助機能として、コピー、オフセット、反転機能があります。また、歯形・歯すじ修整の分割数を任意に設定することができ、修整後のグラフ線をスプラインで滑らかに接続することができます。

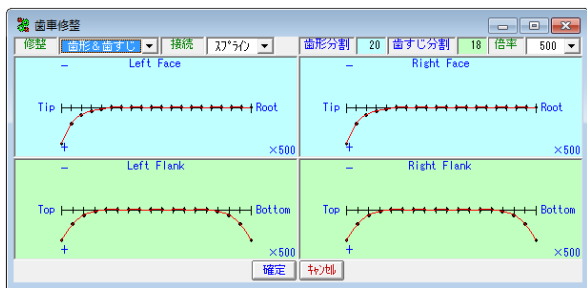


図 14.10 歯形・歯すじ修整グラフ

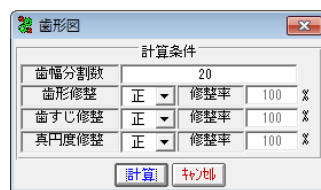


図 14.15 歯形出力 1



図 14.16 歯形出力 2

14.8 歯形作図 1

14.8.1 歯形軌跡&歯形創成図

表示する歯形図の選択は、図 14.17 の歯形図選択で行うことができます。図 14.18 は、図 14.10 の歯形・歯すじ修整を持つ歯形を図 14.14 のピッチ円(赤線)を基準として作図した歯形軌跡図です。この図 14.18 に理論歯形を重ね合わせたものを図 14.19 に示します。歯先部分を拡大したものを図 14.20~14.22 に示しますが、これら歯先のずれは、歯先修整と偏心により違いが現れています。ここで、図 14.20 の A の歯先のずれが大きく、B と C は大きくずれていません。この理由は図 14.14 の基準円(緑線)と強制変更したピッチ線(赤線)のずれからも明らかです。図 14.23 に歯形創成図を示します。また、図 14.24 に測定ボール位置図を示しますが、これは低歯などを測定する際は、ボールと歯底が接触する場合があります。このようなとき事前に確認することができるため現場で有効に活用することができます。

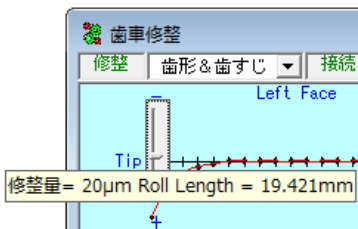


図 14.11 修整入力 1

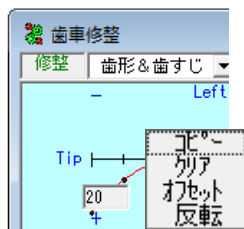


図 14.12 修整入力 2

14.7 真円度修整 (オプション)

射出成形プラスチック歯車は、ゲートの位置によって完成した歯車が真円形状になりません。対策としてゲート数を多くすれば解決する場合がありますが余分な工数が必要となります。そこで、本例では完成した歯車のゲート数が 3ヶ所の成形歯車を想定し、図 14.13 のピッチ線を持つ歯車を考え、その逆形状の歯形を出力すると成形完成時に真円歯車が出来上がるものとしています。図 14.13 で修整量を 50μm、楕円の葉数、即ちゲート数を 3 として設定しています(変更は任意可)。図 14.14 に真円度修整を与えた歯車のピッチ円を表示します。

図 14.15 歯形出力 1 は、歯形修整、歯すじ修整、真円度修整を「正」としていますが、これは図 14.13 で設定した歯形をそのまま出力するという事です。これに対し、図 14.15 歯形出力 2 は「逆」としています。これは与えた修整量の逆形状を出力する意味です。即ち、この「逆」で金型を製作すれば完成時に真円となることを目的としています。ただし、「逆」としても 100% 予測した通りにはなりませんので収縮率の程度を設定することができます。例題では真円度だけが 80% として他は 100% としています。

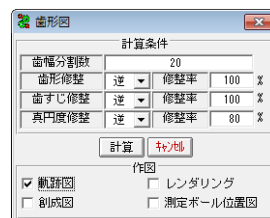


図 14.17 歯形図選択

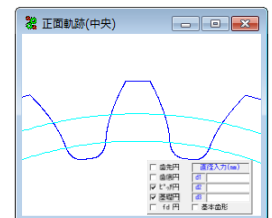


図 14.18 軌跡図 1

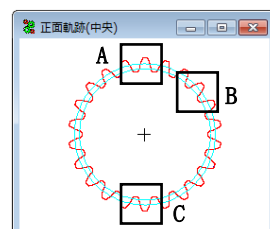


図 14.19 軌跡図 2

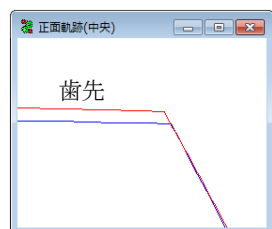


図 14.20 軌跡図 A

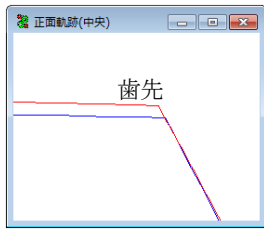


図 14.21 軌跡図 B

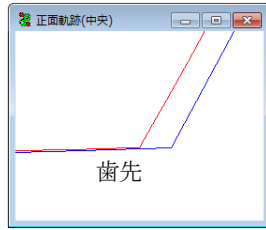


図 14.22 軌跡図 C

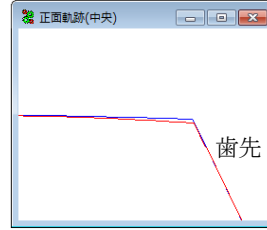


図 14.31 軌跡図 E(逆)

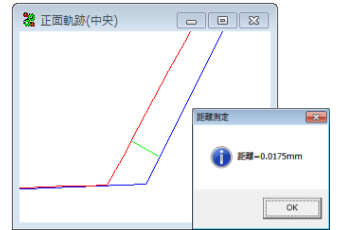


図 14.32 距離測定(F)

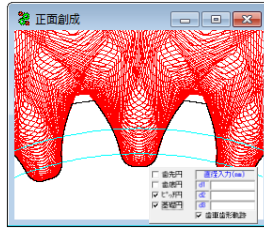


図 14.23 歯形創成図

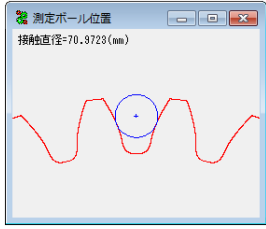


図 14.24 ボール位置図

14.8.2 歯形レンダリング

図 14.10 の歯形・歯すじ修整を持つ歯形を図 14.25 に、また、その歯形に理論・無修整歯形を重ね合わせたものを図 14.26 に示します。歯面の模様は、真円度修整のため均一ではありません。更に、図 14.19 の C 部分を拡大したものが図 14.27 です。この歯面模様は、歯形・歯すじ修整部分が明確に現れています。図 14.28 にコントロールフォームを示します。

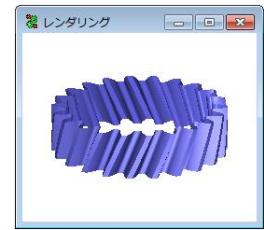


図 14.25 レンダリング 1

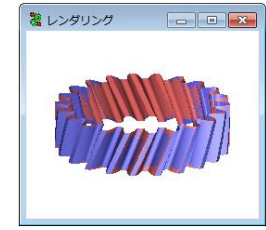


図 14.26 レンダリング 2

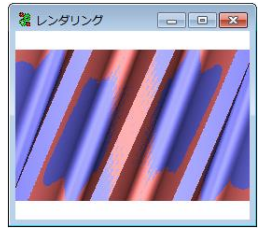


図 14.27 レンダリング 3

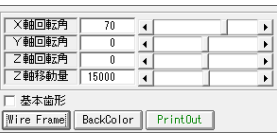


図 14.28 コントロールフォーム

14.9 歯形作図 2

14.8 項で示した歯形は、図 14.17 で「正」歯形を出力しましたが、ここでは図 14.16 で設定した「逆」歯形を出力した例を示します。図 14.29 の歯形 3ヶ所 D, E, F の拡大図を図 14.30 ~14.31 に示しますが、これらは図 14.20~14.22 と丁度正反対の歯形となっています。また、本ソフトウェアの距離計測機能を使用して図 14.29 の理論歯形と生成した歯形の歯先の差を実測しますと、図 14.32 のように 0.0175mm となります。

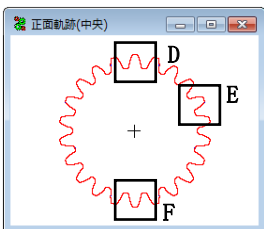


図 14.29 軌跡図(逆)

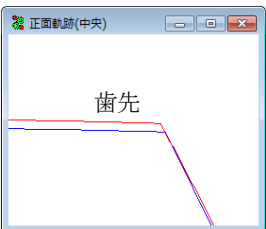


図 14.30 軌跡図 D(逆)

次に、この「逆」歯形を歯形レンダリングで確認をしますと図 14.33 となり、図 14.27 と同じ場所を拡大すると図 14.34 となり模様が逆転していることが解ります。

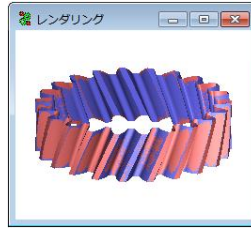


図 14.33 レンダリング 4

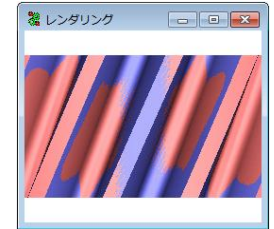


図 14.34 レンダリング 5

14.10 歯形出力

生成した歯形は、DXF と IGES ファイル(オプション)で出力することができます。図 14.35 に歯形出力フォームを、図 14.36 に歯形作図例を示します。



図 14.35 歯形出力

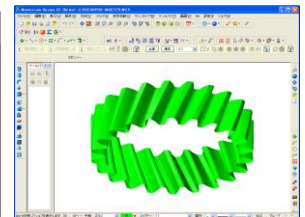


図 14.36 歯形作図(IGES)

14.11 平歯車の歯形生成例

図 14.2 のラック工具創成歯形を選択し、図 14.37 の平歯車の「逆」歯形を生成する例を下記に示します。この歯車は 1 度製造されたものとして、その歯形検査結果が図 14.39 の歯形誤差グラフと図 14.40 の両歯面かみ合い誤差の検査結果を持つ歯車であったと仮定して計算を進めます。

歯すじ誤差は無いものとして図 14.39 の歯形誤差を本ソフトウェアの歯形修整グラフに入力し、両歯面かみ合い誤差の測定値を基にして図 14.42 の真円度修整を入力します。

項目	記号	単位	数値
モジュール	m	mm	1.00000
歯数	Z	---	8
圧力角	α_n	deg	20.00000
ねじれ角	β	deg	0° 0' 0.00"
ねじれ方向	---	---	***
基準円分円直径	d	mm	8.00000
歯厚入力方式	---	---	またぎ歯厚
転位係数	xn	---	0.40898
またぎ歯数	Zm	---	2
またぎ歯厚	ψ	mm	4.82000
測定ボール径	dp	mm	1.8256
ボール半径法	dm	mm	11.12278
歯面角半径歯厚	Sn	mm	1.86651
基準円直径	db	mm	7.51754
歯頂円直径	da	mm	10.8180
歯底円直径	df	mm	6.3180
歯幅	b	mm	3.00000
歯元形状	---	---	フルホト
基準円歯元円係数	ro	---	0.3750
歯車歯先 R	ra	mm	0.1000

図 14.37 歯車諸元

図 14.13 に示した真円度修整量は、3ヶ所共同じ 50 μ m としましたが、本例では図 14.40 に基づいて入力しています。歯形修整および真円度修整を基に歯形を「逆」に生成し理論歯形と重ね合わせると図 14.44 となり歯番号 1 の歯元部 G を拡大すると図 14.45 となります。更に歯底部を拡大し、その距離を測定すると 0.0145mm 離れていることが解ります。図 14.47 および図 14.48 は、生成歯形(青色)と理論歯形(赤色)の重ね合わせでありその差が鮮明に表れています。

項目	記号	単位	数値
リード	p2	mm	∞
転位量	xa	mm	0.40838
歯末のたけ	ha	mm	1.40300
歯元のたけ	hf	mm	0.84100
全歯たけ	h	mm	2.25000
基礎円歯厚	βb	deg	0.00000
歯先円歯厚	βa	deg	0.00000
正面歯厚	St	mm	1.86851
キャリブ歯厚	hj	mm	1.51761
キャリブ歯厚	sj	mm	1.85157
正面歯厚	Wa	mm	4.82000
正面歯厚	Ut	mm	1.27308
歯底歯厚	Un	mm	1.27308

図 14.38 歯車寸法

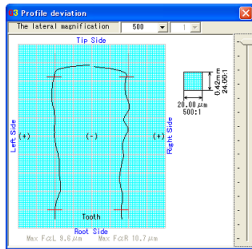


図 14.39 歯形誤差

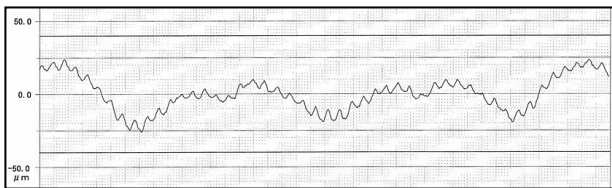


図 14.40 両歯面かみ合い検査



図 14.41 歯形修整

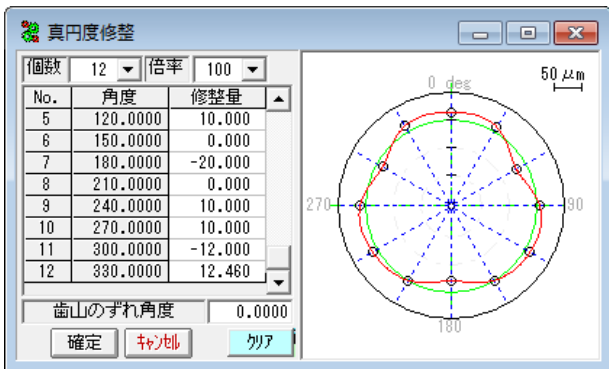


図 14.42 真円度修整

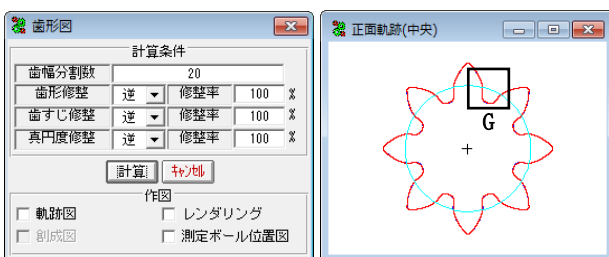


図 14.43 歯形図選択

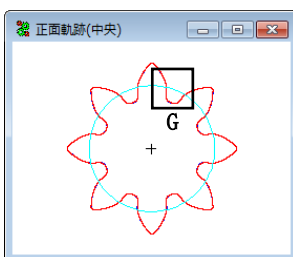


図 14.44 歯形図

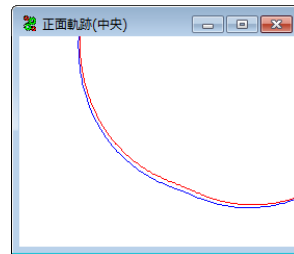


図 14.45 歯形拡大 G

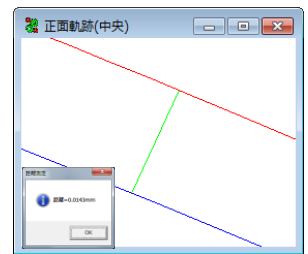


図 14.46 歯底拡大

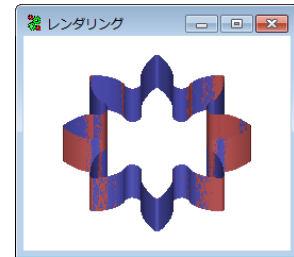


図 14.47 重ね合わせ

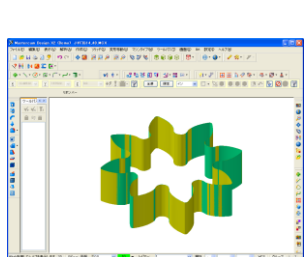


図 14.48 CAD 作図(IGES)

14.12 内歯車の歯形生成例

ピニオンカッタで歯切りをしたときの計算例を図 14.49～14.53 に示します

項目	記号	単位	数値(内歯車)
モジュール	mn	mm	3.00000
歯数	Z	---	50
圧力角	αn	deg	20.00000
ねじれ角	β	deg	30° 0' 0.00"
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
基準ピニオン直径	d	mm	173.2051
歯厚入力方式	---	---	転位係数
転位係数	xa	---	0.40000
またぎ歯数	Zm	---	9
またぎ歯厚	W	mm	79.25847
測定ボール径	dp	mm	4.9785
ピニオンピッチ	dm	mm	189.00776
歯直角円弧歯厚	Sn	mm	3.83886
基礎円直径	db	mm	159.6762
歯先円直径	da	mm	187.2051
歯底円直径	df	mm	180.7051
歯幅	b	mm	30.0000

図 14.49 歯車諸元

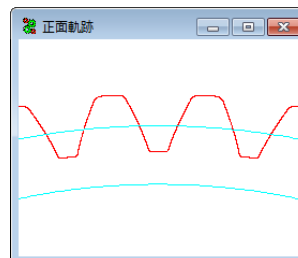


図 14.50 歯形図(正面)

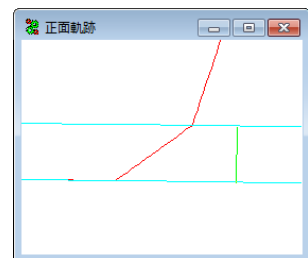


図 14.51 面取り量計測

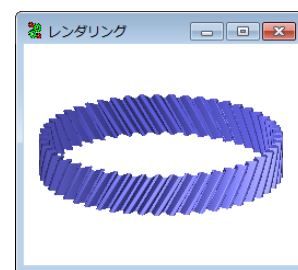


図 14.52 歯形レンダリング

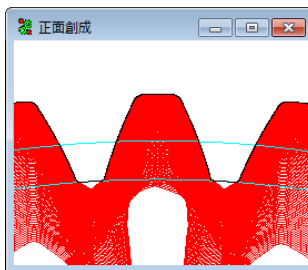


図 14.53 歯形創成

[15]ねじ歯車

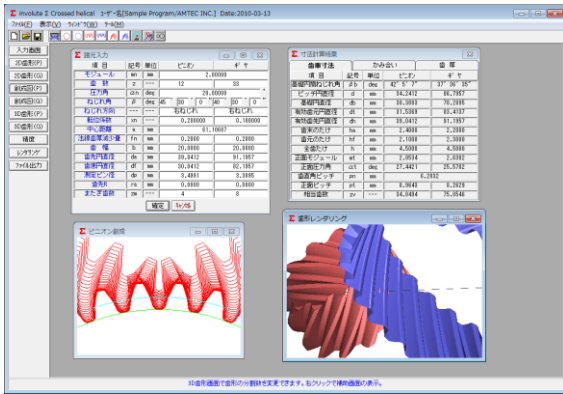


図 15.1 ねじ歯車

15.1 概要

ねじ歯車寸法計算ソフトウェアは、ねじ歯車の寸法計算を行い、歯形かみ合いと2次元と3次元歯形のCADデータを出力します。

15.2 初期設定

図 15.2 に設計基準の設定を示します。

(1)軸角の変更

転位を与えた場合や中心距離を変更した場合に、軸角を変更する方式と軸角を変更しない方式(Buckingham)を選択します。

(2)歯先円直径の決定方式：標準方式および等クリアランス方式

(3)基準ラックの設定：並歯、低歯、特殊

(4)中心距離と転位係数の関係は、以下の3種類です。

- <1>転位係数をピニオンとギヤに与え中心距離を決定
- <2>中心距離を基準として各歯車の転位係数を決定
- <3>転位係数を無視して任意に中心距離を決定



図 15.2 初期設定

15.3 諸元入力画面

図 15.3 に諸元入力画面を示します。

項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ
モジュール	m	mm	2.00000	
歯数	z	---	12	33
圧力角	α_n	deg	20.00000	
ねじれ角	β	deg	45' 30" 0"	40' 30" 0"
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	右ねじれ
転位係数	xn	---	0.200000	0.100000
中心距離	a	mm	61.10687	
法線歯厚減少量	fn	mm	0.2000	0.2000
歯幅	b	mm	20.0000	20.0000
歯先円直径	da	mm	39.0412	91.1957
歯底円直径	df	mm	39.0412	82.1957
測定ピン径	dp	mm	3.4931	3.3895
歯先R	ra	mm	0.0000	0.0000
またぎ歯数	zm	---	4	8

図 15.3 諸元設定

15.4 寸法結果

図 15.4~図 15.6 にねじ歯車の寸法、かみ合い、歯厚計算結果を表示します。

歯車寸法		かみ合い		歯厚	
項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ	キヤ
基礎円筒ねじれ角	β_b	deg	42° 5' 7"	37° 36' 35"	
ピッチ円直径	d	mm	34.2412	86.7957	
基礎円直径	db	mm	30.3883	78.2895	
有効歯先円直径	dt	mm	31.5369	83.4137	
有効歯底円直径	dh	mm	39.0412	91.1957	
歯先のたけ	ha	mm	2.4000	2.2000	
歯底のたけ	hf	mm	2.1000	2.3000	
全歯たけ	h	mm	4.5000	4.5000	
正面モジュール	mt	mm	2.8534	2.6302	
正面圧力角	α_t	deg	27.4421	25.5782	
歯面角ピッチ	pn	mm		6.2832	
正面ピッチ	pt	mm	8.9843	8.2829	
相当歯数	zv	---	34.8494	75.0546	

図 15.4 歯車寸法結果

歯車寸法		かみ合い		歯厚	
項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ	キヤ
歯面角かみ合い圧力角	α_{wn}	deg		20.8168	
正面かみ合い圧力角	α_{wt}	deg	28.8106	26.6544	
かみ合いピッチ円直径	dw	mm	34.8150	87.5987	
かみ合いピッチ円ねじれ角	β_w	deg	45° 48' 38"	40° 45' 38"	
軸角	Σ	deg		88.5717	
クリアランス	c	mm	0.4884	0.4884	
歯面角かみ合い率	ϵ_n	---		1.7042	
歯面角法線方向のクリアランス	j _{nn}	mm		0.400	
歯面角円周方向のクリアランス	j _{tn}	mm		0.428	
接触歯幅	b _w	mm	7.1661	6.5251	

図 15.5 かみ合い数値

歯車寸法		かみ合い		歯厚	
項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ	キヤ
歯面角基準円筒歯厚	srn	mm	3.4328	3.2872	
歯面角設計円筒歯厚	srn'	mm	3.2139	3.0743	
正面法線基準円筒歯厚	st	mm	4.8976	4.9229	
正面法線設計円筒歯厚	st'	mm	4.5939	4.0490	
またぎ歯数	zm	---	4	8	
基準またぎ歯厚	w	mm	21.8480	46.4176	
設計またぎ歯厚	w'	mm	21.6480	46.2176	
オーバードライブ径	dp	mm	3.4931	3.3895	
基準オグベリ寸法	da	mm	39.9141	91.7010	
設計オグベリ寸法	da'	mm	38.4170	91.1520	
基準キャリア歯たけ	hj	mm	2.4422	2.2180	
設計キャリア歯たけ	hj'	mm	2.4372	2.2157	
基準キャリア歯厚	sj	mm	3.4814	3.2889	
設計キャリア歯厚	sj'	mm	3.2188	3.0741	

図 15.6 歯厚数値

15.5 歯形図

図 15.7 に3D歯形を示します。図 15.8 の歯形レンダリングでかみ合い接触線が歯車の回転に伴い移動する様子を確認することができます。

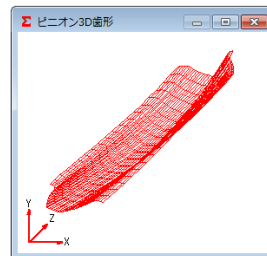


図 15.7 歯形図

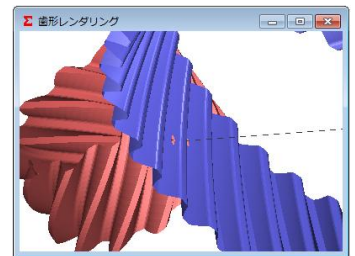


図 15.8 歯形レンダリング

15.6 歯形データ

ねじ歯車の歯形座標を DXF または IGES ファイルに出力することができます。(IGES ファイル出力は、オプションです。)

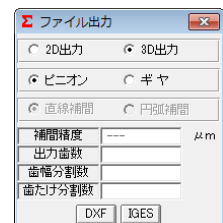


図 15.9 歯形データ出力