

[14] GearPro iii (involute gear profile design system)

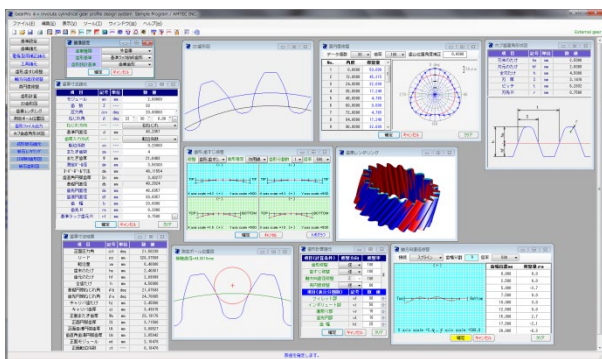


図 14.1 GearPro iii (インボリュート歯形出力)

14.1 概要

本ソフトウェアは、GearPro Master を新しくしたソフトウェアです。2016年2月を以ってGearPro Masterの販売は終了し、GearPro iiiの販売とさせていただきます。

本ソフトウェアは成形歯車にも考慮し真円ではない歯車の歯形も生成することができ、歯形・歯すじ修整、そして軸方向直径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、工具（ホブ、ピニオンカッタ）加工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。

今までオプション扱いしていた機能も一部、基本ソフトウェアに含めると共に種々新しい機能も追加し、HELP機能も設けています。図 14.1 に GearPro iii の全体画面を示します。

14.2 ソフトウェアの構成

GearPro iii の構成を表 14.1 に示します。表中の○は基本ソフトウェアに含まれ◎はオプションです。また、△は、別途お問い合わせください。

表 14.1 ソフトウェアの構成

No.	項 目	掲載項	構成
1	基準ラック (JIS)	14.4	○
	BS 規格	14.4	◎
	DIN58400	14.4	◎
2	歯車諸元	14.5	○
3	工具諸元	14.6	◎
4	歯形、歯すじ修整	14.7	◎
5	軸方向直径修整	14.8	◎
6	真円度修整	14.9	◎
7	歯形計算	-----	○
8	2D 歯形図	14.10	○
9	測定ボール位置図	14.10	○
10	歯形レンダリング	14.11	○
11	歯形出力ファイル	14.12	○
12	カウンターラック歯形	14.13	◎
13	成形砥石歯形	-----	△
14	設計データ管理	14.14	○

14.3 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) 基準ラック：JIS, BS, DIN58400

(4) 工具

- (4.1) 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
- (4.2) 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
- (4.3) 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。

(5) 生成歯形：歯車歯形、電極歯形

(6) 修整：歯形、歯すじ、真円度、軸方向直径

14.4 基準ラック (プロパティ)

基準ラックを図 14.2 に示します。基準ラックの種類は JIS 規格の他に、BS 規格 (オプション) および DIN4158400 規格 (オプション) による基準ラックも設定することができます。図 14.3 に BS 規格と DIN58400 規格の基準ラックを示します。

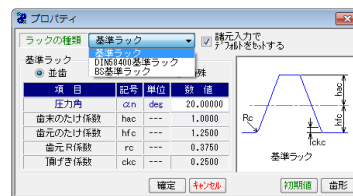
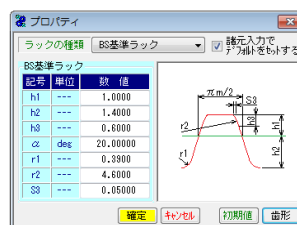
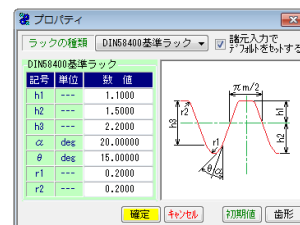


図 14.2 基準ラック 1 (JIS)



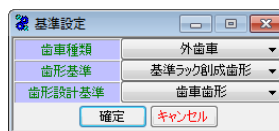
(a)BS 規格



(b)DIN58400 規格

図 14.3 基準ラック 2

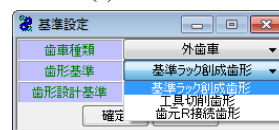
「基準設定」では図 14.4 のように歯車の種類 (外・内歯車の選択)、歯形基準 (基準ラック創成、工具切削、歯元 R 接続) そして歯形設計基準 (歯車歯形、電極) を設定することができます。歯形基準で歯元 R 接続を選択できますが、これは古い図面にも対応することを考慮して設けています。



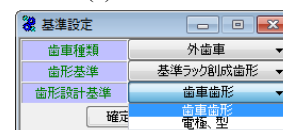
(a)基準設定



(b)歯車の種類



(c)歯形基準



(d)歯形設計基準

図 14.4 基準設定

歯元を単一 R にすることの不具合は、歯数が少ない場合、相手歯車の歯先干渉の原因となります。また、強度計算は歯元形状がトロコイド形状であることを前提としていますのでそこに単一 R で歯車を製作すると強度計算の意味をなしません。そして、歯元単一 R 形状は、トロコイド形状に比して応力集中が大きくなります。このことは JIS B 1759(2013)「プラスチック円筒歯車の曲げ強さ評価方法」や成形プラスチック歯車研究専門委員会発行の「プラスチック歯車の設計指針」にも記載されています。

14.5 齒車諸元

図 14.5 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オーバークール寸法④円弧歯厚の内から 1 つを選択します。図 14.6 に寸法結果を示します。

歯車寸法諸元

項目	記号	単位	数 値
モジュール	m	mm	2.00000
歯 数	Z	---	20
圧力角	α_n	deg	20.00000
ねじれ角	β	deg	22° 30' 0.00"
ねじれ方向	---		右ねじれ
基準円直径	d	mm	40.2857
歯厚入力方式	---		転位係数
転位係数	xn	---	0.20000
またぎ歯数	zm	---	4
またぎ歯厚	w	mm	21.64034
測定ギ-径	dp	mm	3.56300
オグ-ギ-寸法	dm	mm	49.11654
歯直角円弧歯厚	Sn	mm	3.43277
基礎円直径	db	mm	40.2824
歯先円直径	da	mm	48.0957
歯底円直径	df	mm	39.0957
歯 幅	b	mm	20.0000
歯先R	ra	mm	0.2000
基準ラック歯元R	rf	mm	0.7500

転位係数

転位係数

またぎ歯厚

オグ-ギ-寸法

歯直角円弧歯厚

図 14.5 歯車諸元

項目	記号	単位	数 値
正面力方向	α_t	deg	21.50238
リード	p _z	mm	328.37509
転位量	x _m	mm	0.40000
歯末のたけ	h _a	mm	2.40001
歯元のたけ	h _f	mm	2.09399
全歯のたけ	h	mm	4.50000
基礎円間ねじれ角	$\beta \beta$	deg	21.07593
歯先円間ねじれ角	$\beta \alpha$	deg	24.70885
キャリバ歯たけ	h _j	mm	2.45806
キャリバ歯厚	s _j	mm	3.43015
正面またぎ歯厚	W _a	mm	28.19176
正面円弧歯厚	St	mm	3.71560
正面歯溝円弧歯厚	Ut	mm	3.08527
歯道角歯溝円弧歯厚	Un	mm	2.85042
正面モジュール	mt	mm	2.16478
正面転位係数	x	---	0.18478

图 14.6 寸法

図 14.4(d)の設定で「電極」として収縮率を図 14.7 のように設定したとき、歯車寸法および電極寸法は図 14.8 のように決まります。

項目	記号	単位	数 値
モジュール収縮率	S _p	---	20.00
圧力角補正率	S _α	---	0.00
ねじれ角補正率	S _β	---	3.00
放電ギャップ	d	μm	20.00
歯 幅	b	mm	20.0000

図 14.7 電極設定

項目	記号	単位	数値(歯数)	数値(電圧, 型)
正面圧力角	α_t	deg	21.50238	21.50238
リード	cz	mm	328.37509	398.02972
転位量	xm	mm	0.40000	0.40816
歯末のたけ	ha	mm	2.40001	2.42899
歯元のたけ	hf	mm	2.09399	2.16285
全歯たけ	h	mm	4.50000	4.59184
基礎円間ねじれ角	β_b	deg	21.07593	21.07593
歯先円間ねじれ角	β_a	deg	24.70885	24.69111
キャリバ歯たけ	hj	mm	2.45806	2.48823
キャリバ歯厚	sj	mm	3.43015	3.45774
正面太さ歯厚	Wa	mm	23.19176	23.62177
正面平弧歯厚	St	mm	3.71560	3.74638
正面歯溝平弧歯厚	Us	mm	3.08527	3.19431
歯直角歯溝平弧歯厚	Un	mm	2.85042	2.95116
正面モジュール	mt	mm	2.16478	2.20986
正面転位係数	xt	---	0.16478	0.18478

図 14.8 歯車と電極歯車の寸法

14.6 工具諸元 (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。工具寸法入力画面を 14.9 に、参考図を図 14.10 に、入力した工具の実刃形を図 14.11 に示します。設定した工具による創成歯形を図 14.12 および図 14.13 に示します。工具の種類は、14.2 の適用に示すように種々工具に対応しています。

工具工事読取

47 (ヒトドク)

項目	記号	単位	数 値
モジュール	mm	mm	2.000000
圧力管	αn	dec	26.000000
円形の穴状	---	---	2.0000
円 管	ha	mm	9.1416
円先R	r	mm	0.7500
面取り高さ	h'	mm	4.0000
有効打ち角	he	mm	4.5000
面取り角	α'	deg	45
すすみ角	γ	deg	5
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
溝 深	N	mm	12
条 数	Zv	mm	1

軽圧ホブ 円元修整

確定 キャンセル クリア

図 14.9 工具寸法諸元入力

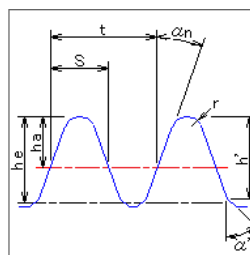


图 14.10 工具参考图

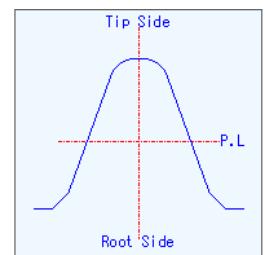


图 14.11 工具刃形

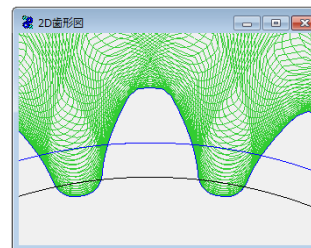


图 14.12 正面齿形

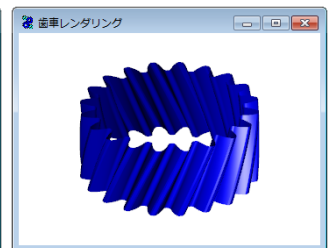


図 14.13 レンダリング

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 14.14 に、設定した工具による創成歯形を図 14.12 および図 14.13 に示します。

項目	記号	単位	数値
径	dc	mm	35
刃面半径	rc	mm	89.7514
基準面中心位置	---	---	75.7575
刃幅入り方	---	---	任意入り方
刃面直徑	dfr	mm	79.7574
刃面入り方	---	---	半入り刃面
半入り刃面	hfr	mm	2.5278
半入り刃面	sj	mm	3.1409
またり刃面	sm	mm	5
またり刃面	st	mm	27.7970
刃先 R	r	mm	0.7500
面取り高さ	hrc	mm	4.0000
面取り刃厚	sc	mm	1.9324
面取り角	β	deg	45 ° 0' 0.00 "
刃先逃げ量	E	mm	0.0200

図 14.14 工具寸法諸元入力 (ピニオンカッタ)

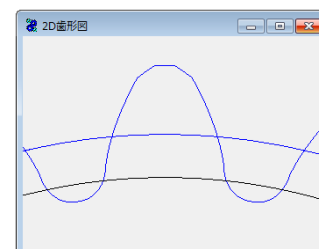


图 14.15 正面齿形

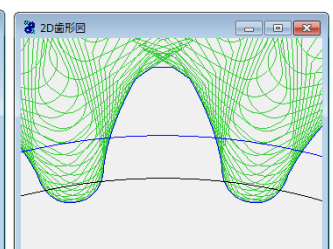


図 14.16 創成齒形

14.7 歯形、歯すじ修整 (オプション)

歯面修整を与える場合、図 14.17 で設定します。修整は、歯形修整、歯すじ修整、歯形・歯すじ修整の3通りを選択することができます。ここでは、歯形・歯すじ修整の例を示します。図 14.18 で歯形修整、図 14.19 で歯すじ修整を与えた結果を図 14.20 に示します。修整量の与え方は、図 14.18 の場合、数値を直接入力することもパターン形状から入力することもできます。また、分割数は最大 50 点まで設定することができます。

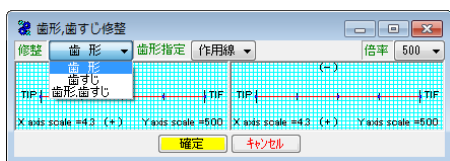


図 14.17 歯形、歯すじ修整の設定

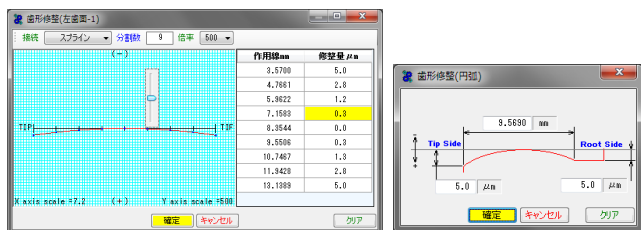


図 14.18 歯形修整の設定

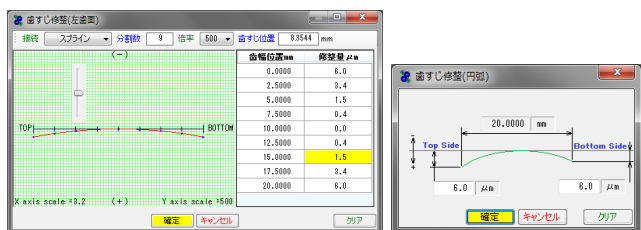


図 14.19 歯すじ修整の設定

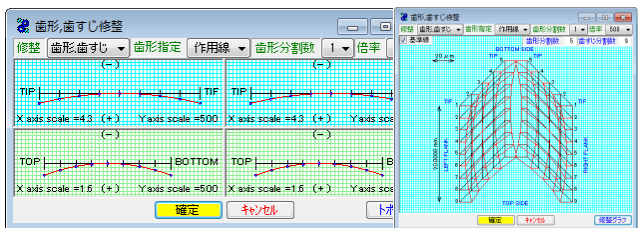


図 14.20 歯形・歯すじ修整の設定とトポグラフ

図 14.26 では歯形修整 1 本と歯すじ修整 1 本を与えた例を示していますが、バイアス修整の場合は、図 14.21 のように歯形 3 本 (5 本も可能)、歯すじ 1 本で設定することができます。

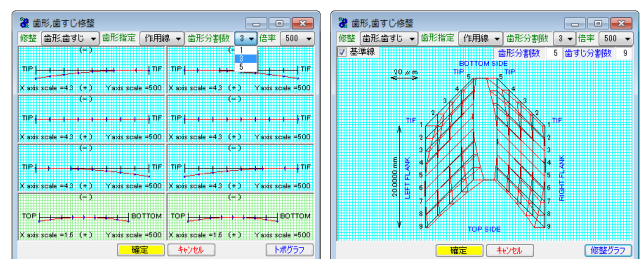


図 14.21 バイアス修整とトポグラフ

14.8 軸方向直径修整 (オプション)

軸方向直径修整は、例えば、2 段歯車を樹脂成型する場合、成形時の収縮による歯幅方向の直径変化を補正するための機能です。例として、図 14.22 のような直径変化があった場合の歯車は、図 14.23 のように表示することができます。

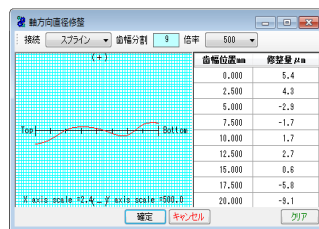


図 14.22 軸方向直径修整の設定の例

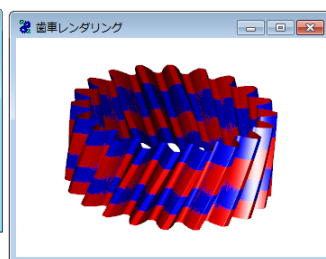


図 14.23 基準歯形(青色)と軸方向直径修整歯形(赤色)

14.9 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も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 14.24 の楕円形状の歯車を考え、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 14.24 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、最大 20)。図 14.25 に真円度修整のグラフを表示します。

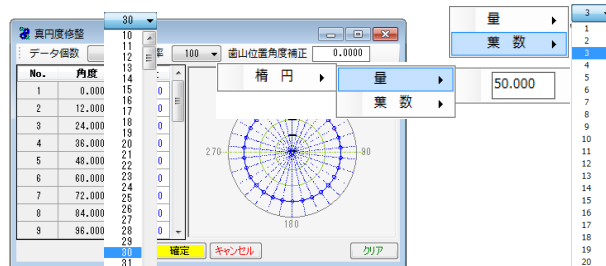


図 14.24 真円度修整 1

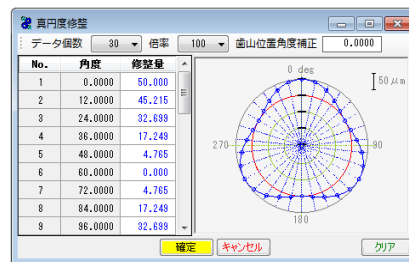


図 14.25 真円度修整 2

図 14.26 歯形生成 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 14.25 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 14.27 歯形出力 2 は修整方向を「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。例題では真円度のみ 80% とし、他は 100% としています。

項目(計算条件)	修整方向	修整率
歯形修整	正	100
歯すじ修整	正	100
軸方向直径修整	正	100
真円度修整	正	100

項目(表示分割数)	記号	数値
フィレット部	vf	30
インボリュート部	vi	50
面取り部	vr	15
歯先円部	vt	10
歯幅	hi	18

図 14.26 歯形生成 1

項目(計算条件)	修整方向	修整率
歯形修整	逆	100
歯すじ修整	逆	100
軸方向直径修整	正	100
真円度修整	逆	80

項目(表示分割数)	記号	数値
フィレット部	vf	30
インボリュート部	vi	50
面取り部	vr	15
歯先円部	vt	10
歯幅	hi	25

図 14.27 歯形生成 2

14.10 2D 歯形図

図 14.28 は、図 14.20 の歯形・歯すじ修整を持つ歯形を図 14.25 で真円度修整を設定し、図 14.27 の[逆]で作図した歯形軌跡図です。歯先部分の拡大図を図 14.29 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、図 14.29 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 14.25 の真円度修整量からも明らかです。図 14.28 の A 部のずれを図 14.30 のように距離計測すると 0.041mm の違いがあることが解ります。また、図 14.28 の補助フォームに示す R 計測機能は歯元形状の隅部の大きさなどを計測する際には非常に便利です。

図 14.31 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、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も有効に活用することができます。

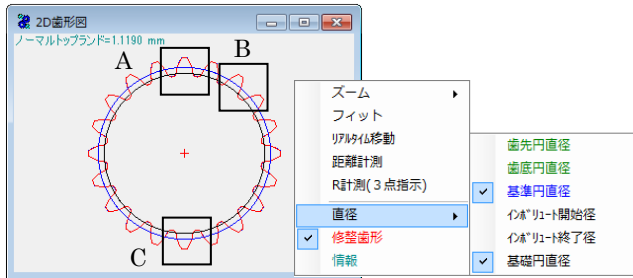


図 14.28 正面歯形

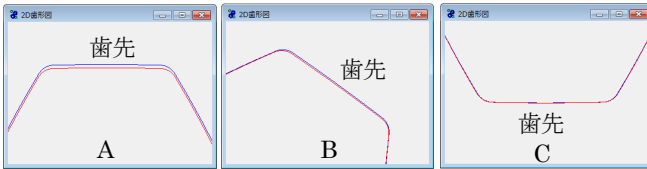


図 14.29 歯先部拡大

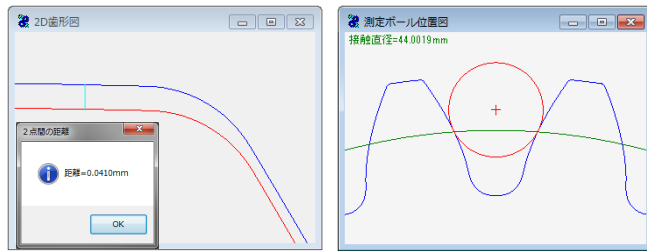


図 14.30 距離計測

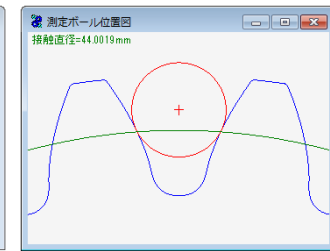
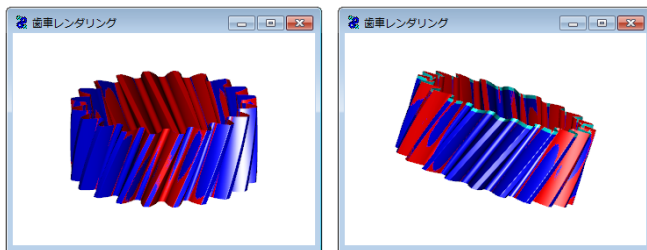


図 14.31 ボール位置

14.11 歯形レンダリング

図 14.32 は、図 14.20 の歯形・歯すじ修整を持つ歯形を図 14.25 で真円度修整を設定し図 14.27 の[逆]で作図した歯形です。また、図 14.33 の歯形レンダリングは、図 14.26 の[正]で作図していますので図 14.32 と色合いが反転しています。

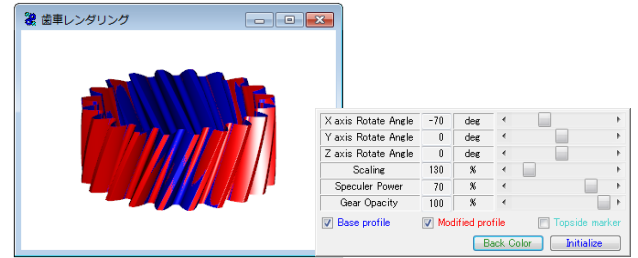


(a) 0° 方向観察

(b) 90° 方向観察

修整方向[逆]の図

図 14.32 歯形レンダリング（標準歯形と修整歯形）



修整方向[正]の図

図 14.33 歯形レンダリングと補助フォーム

14.12 歯形ファイル出力

歯形ファイルは、図 14.37 のように DXF-2D, DXF-3D, IGES-3D, TEXT 2D を生成（任意歯数出力可）することができます。また、工具刃形も出力できます。図 14.38 および図 14.39 に CAD 作図例を示します。

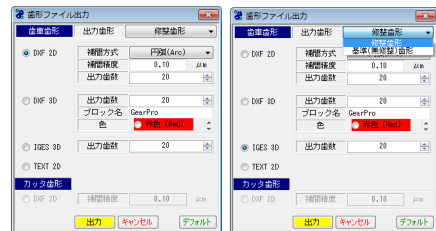


図 14.34 歯形ファイル出力

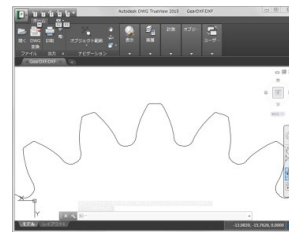


図 14.35 DXF-2D の例

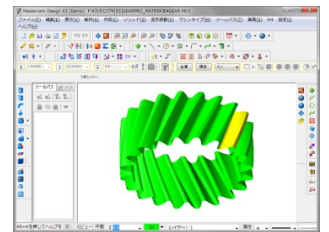


図 14.36 IGES-3D の例

14.13 カウンターラック歯形

図 14.37 の歯車（標準ラック創成歯形）を加工する場合のホブ寸法を図 14.38 に示します。

項目	記号	単位	数値
モジュール	m	mm	2.00000
歯数	Z	---	20
圧力角	αn	deg	20.00000
ねじれ角	β	deg	22.50000
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
基準円直径	d	mm	41.7567
歯厚入力方式	---	---	単位換算
単位換算	mm	---	0.20000
またぎ歯数	zn	---	4
またぎ歯厚	Y	mm	21.6403
測径球径	ds	mm	3.56000
ねじれ-β寸法	ds	mm	40.11554
歯底内円径	Sn	mm	3.40277
歯根円直径	db	mm	40.2004
歯形円直径	da	mm	46.2000
歯頂円直径	df	mm	39.7000
歯幅	b	mm	20.0000
歯先 R	ra	mm	0.0000
基準ラック歯元 R	rF	mm	0.7500

図 14.37 歯車諸元 2

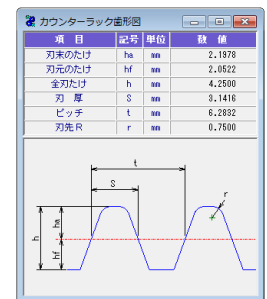


図 14.38 ホブ寸法

14.14 設計データ管理

データベースは、Microsoft Access Database, Microsoft SQL Server そして ORACLE MySQL Server に対応しています。また、旧ソフトウェアの GearPro Master で作成した設計データの読み込みも可能です。

※Microsoft SQL Server および ORACLE MySQL 配は、インストールされている必要があります。

◆成形研削用の砥石歯形の生成も可能です。詳しくは、別途お問い合わせください。