

## [11] Gear navigation system iii

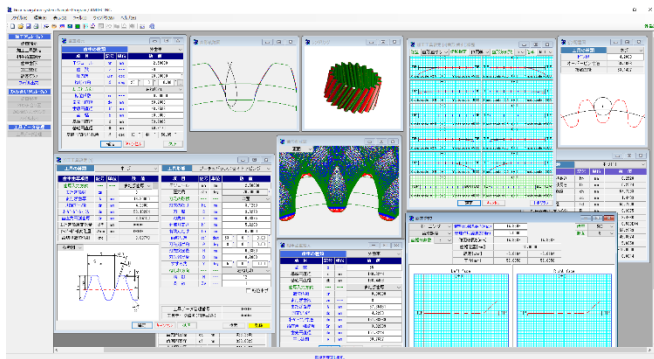


図 11.1 Gear navigation system

### 11.1 概要

Gear navigation system iii を新しく開発しました。本ソフトウェアは、従来と同様、ホブ、ピニオンカッタ、シェービングカッタ、ホーニングの各工具による歯車加工形状解析と、そのかみ合いのシミュレーションをすることができるソフトウェアです。また、データベースによる工具管理機能を有し、条件に見合う工具を共用計算することにより検索することができます。

歯車加工シミュレーションは、歯面、歯元、歯先、面取り形状と各数値の計算、特にホーニングでは、歯形修整、歯すじ修整、歯面修整後の形状を計算しグラフ表示します。更に、かみ合いシミュレーションでは、加工後の歯形をかみ合わせて歯当たりを観察することができます。図 11.1 に Gear navigation system iii の画面を示します。

### 11.2 適用歯車

- ・インボリュート平、はすば歯車
- ・外歯車、内歯車

### 11.3 適用工具

#### 3.1 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、転位ホブ、刃先修整ホブ  
(セミトッピングホブは刃底のR面およびC面が可能)

#### 3.2 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 (セミトッピングは刃底R面及びC面が可能)  
ピニオンカッタは、外歯車と内歯車に適用します。

#### 3.3 シェービングカッタ

#### 3.4 ホーニング (オプション)

ドレスギヤには、歯形修整、歯すじ修整および歯面修整の設定が可能です。また、ドレスギヤは、被削歯車と異なる諸元を設定することも可能です。

### 11.4 歯車諸元設定

被削歯車の諸元設定を図 11.2 に示します。ここではホブ加工、シェービング加工、ホーニング加工をそれぞれ 1 回行うものとしてドレスギヤに歯面修整を与えた場合の例を以下に示します。

歯車の種類			外歯車	
項目	記号	単位	数値	
モジュール	m	mm	2.50000	
歯数	z	---	20	
圧力角	$\alpha_n$	deg	20.00000	
ねじれ角	$\beta$	deg	20° 0' 0.00"	
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	
転位係数	xn	---	0.00000	
歯先円直径	da	mm	58.2089	
歯底円直径	df	mm	46.3589	
歯幅	b	mm	30.0000	
基準円直径	d	mm	53.2089	
基準円直径	db	mm	49.6170	
基準円間ねじれ角	$\beta$	deg	18° 44' 50.05"	

図 11.2 歯車諸元設定

### 11.5 工具諸元設定と加工歯厚

#### 11.5.1 ホブ諸元設定

各種ホブの設定項目を図 11.3～11.10 に示します。ホブとピニオンカッタを混在させ最大 3 工程まで設定することが可能です。入力したホブの実刃形形状を[刃形図]で作図することができますし、図 11.3 のようにホブの刃元を修整することもできます。更に図 11.5 のように転位ホブとして設定することができます。加工歯厚は、またぎ歯厚、ピン寸法、円弧歯厚での設定が可能です。

工具の種類			標準	
項目	記号	単位	数値	
モジュール	m	mm	2.50000	
圧力角	$\alpha_n$	deg	20.00000	
ねじれ角	$\beta$	deg	20° 0' 0.00"	
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	
転位係数	xn	---	0.00000	
歯数	z	---	20	
歯先円直径	da	mm	58.2089	
歯底円直径	df	mm	46.3589	
歯幅	b	mm	30.0000	
基準円直径	d	mm	53.2089	
基準円直径	db	mm	49.6170	
基準円間ねじれ角	$\beta$	deg	18° 44' 50.05"	

図 11.3 標準ホブの例

工具の種類			標準	
項目	記号	単位	数値	
モジュール	m	mm	2.50000	
圧力角	$\alpha_n$	deg	20.00000	
ねじれ角	$\beta$	deg	20° 0' 0.00"	
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	
転位係数	xn	---	0.00000	
歯数	z	---	20	
歯先円直径	da	mm	58.2089	
歯底円直径	df	mm	46.3589	
歯幅	b	mm	30.0000	
基準円直径	d	mm	53.2089	
基準円直径	db	mm	49.6170	
基準円間ねじれ角	$\beta$	deg	18° 44' 50.05"	

図 11.4 標準ホブ (刃元修整) の例

工具の種類			標準	
項目	記号	単位	数値	
モジュール	m	mm	2.44330	
圧力角	$\alpha_n$	deg	16.00000	
ねじれ角	$\beta$	deg	20° 0' 0.00"	
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	
転位係数	xn	---	0.00000	
歯数	z	---	20	
歯先円直径	da	mm	58.2089	
歯底円直径	df	mm	46.3589	
歯幅	b	mm	30.0000	
基準円直径	d	mm	53.2089	
基準円直径	db	mm	49.6170	
基準円間ねじれ角	$\beta$	deg	18° 44' 50.05"	

図 11.5 標準ホブ (転位ホブ) の例

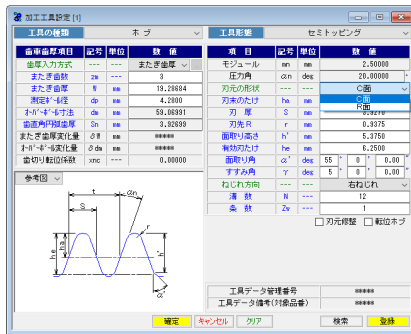


図 11.6 セミトッピングホブ (C 面の例)

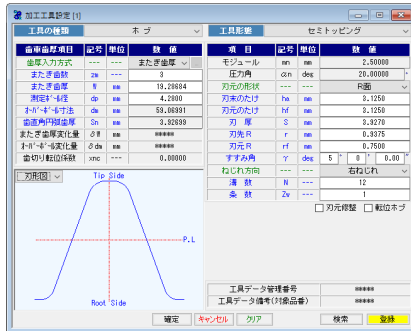


図 11.7 セミトッピングホブ (R 面の例)

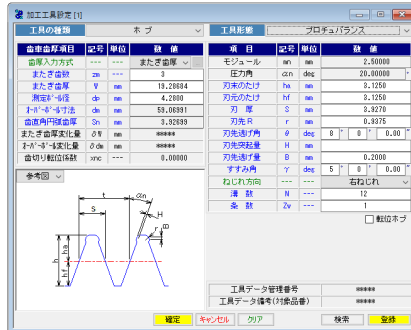


図 11.8 プロチュバランシングホブ



図 11.9 プロチュバランシングセミトッピングホブ

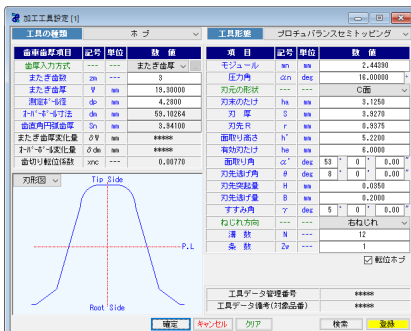


図 11.10 プロチュバランシングセミトッピングホブ (転位ホブ)

## 11.5.2 ピニオンカット諸元設定

各種ピニオンカットの設定項目を図 11.10～11.13 に示します。ホブと同様に、入力した数値の実刃形状を[刃形図]で作図することができ画面右下 **登録** でホブを登録することができます (11.5 項へ)。また、ホブとピニオンカットを混在させ最大 3 工程まで設定することができます。

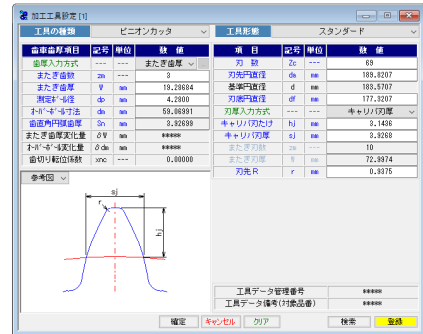


図 11.11 標準ピニオンカット

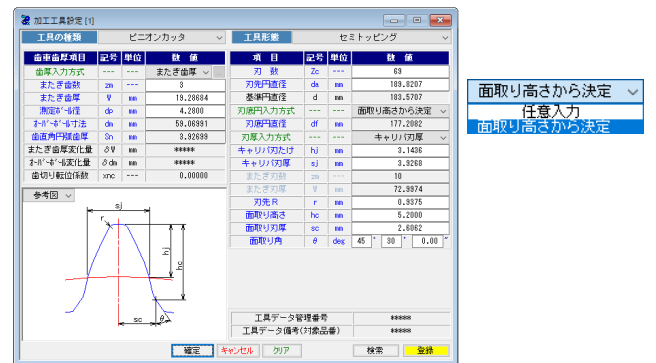


図 11.12 セミトッピングピニオンカット

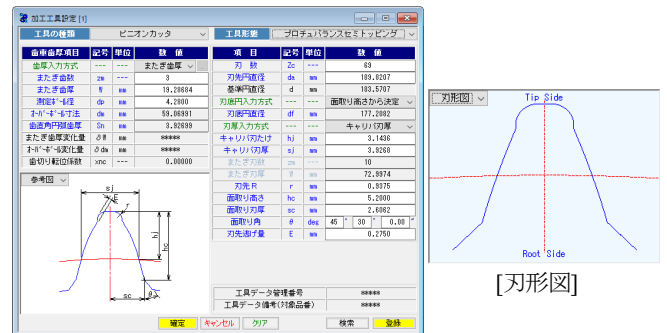


図 11.13 プロチュバランシングセミトッピングピニオンカット

## 11.5.3 シェービングカット諸元設定

シェービングカット諸元設定例を図 11.14 に示します。



図 11.14 シェービングカット諸元

#### 11.5.4 ホーニング（オプション）諸元設定

ホーニングシミュレーションは、ドレスギヤ諸元、ホーニング砥石諸元をそれぞれ設定します。ホーニングは2工程まで設定することができます。ドレスギヤ諸元項目を図 11.15 に、ドレスギヤの歯面修整設定を図 11.16 に、ドレスギヤ歯面修整を図 11.16 に、そしてホーニング砥石諸元項目を図 11.18 に示します。なお、ドレスギヤは被削歯車諸元以外の例を示しています。

ホーニングシミュレーションでは、軸交差角または、ねじれ角を基準として軸間距離を決定する方式がありますが、本例では、軸交差角を基準として軸間距離を決定する例を示します。



図 11.15 ドレスギヤ諸元 (仕上げ歯厚)

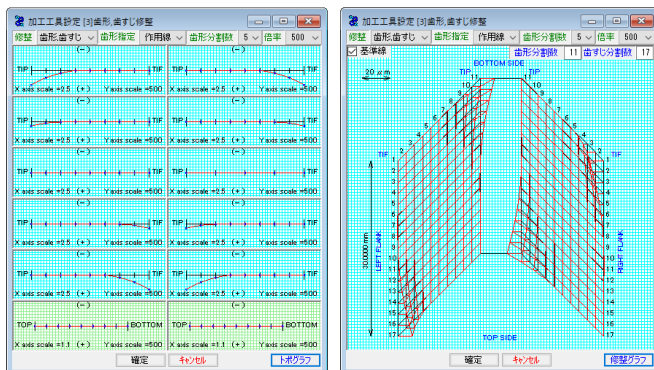


図 11.16 ドレスギヤ歯面修整とトポグラフ (11×17 の例)

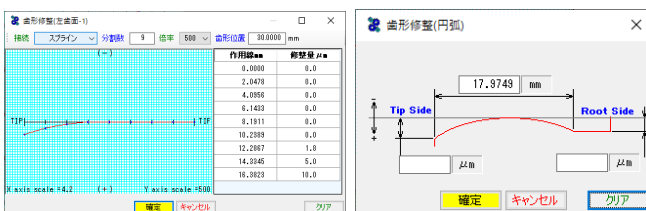


図 11.17 歯形修整補助機能



図 11.18 ホーニング砥石

## 11.6 相手歯車諸元

歯切り加工した歯形とかみ合う相手歯車の諸元を図 11.19 で設定すると図 11.19 のように被削歯車とのかみ合い径とかみ合い率を計算し表示します。



図 11.19 相手歯車諸元



図 11.19 相手歯車との値

## 11.7 齒車齒形

本例では、ホブ加工（図 11.10）の歯厚を  $W=19.287$ 、シェービング加工（図 11.14）歯厚を  $W=19.200$ 、ホーニング加工（図 11.18）の歯厚を  $W=19.100$  として加工したときの歯形を図 11.20 で計算します。ホブ、シェービング、ホーニング加工の歯形図を図 11.21～11.31 に示します。創成図の補助フォームでは、図 11.21 のように歯形を拡大、縮小、距離計測、直径表示などの機能があります。

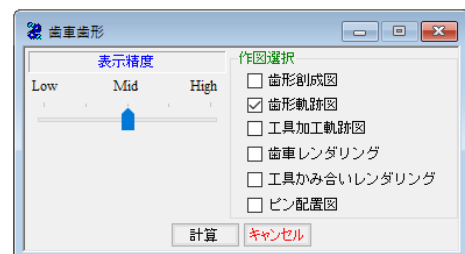


図 11.20 歯形計算

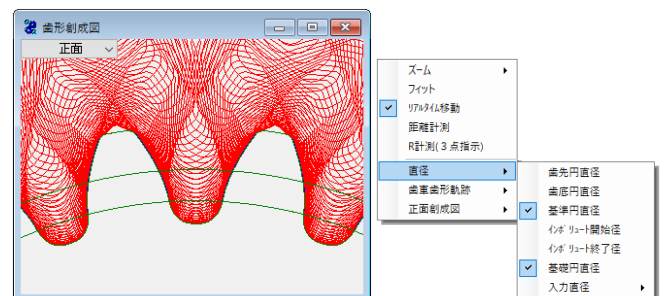
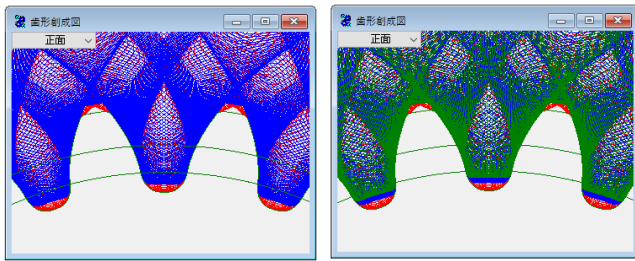


図 11.21 創成歯形 (HOB)



(a) HOB+SHV (b) HOB+SHV+ホーニング

図 11.22 創成歯形

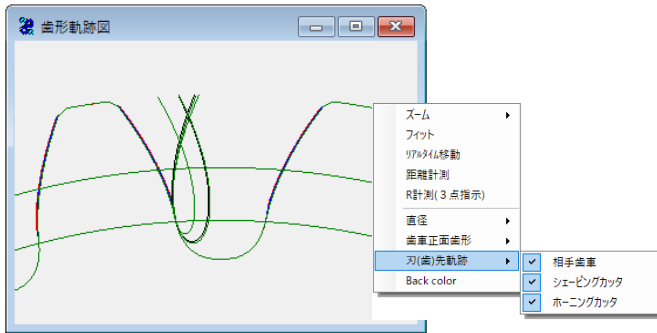


図 11.23 歯形軌跡図

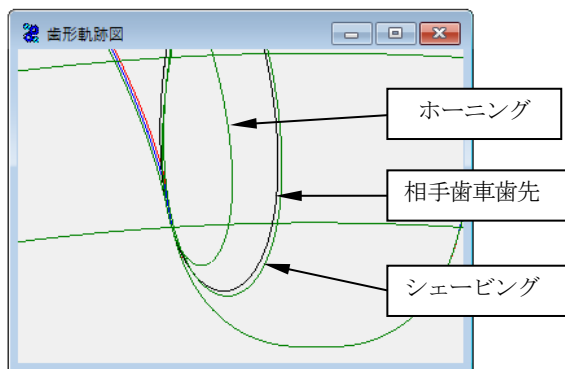


図 11.24 歯形 (拡大) と工具運動軌跡

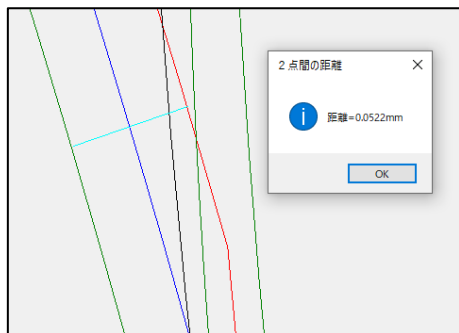


図 11.25 距離計測の例

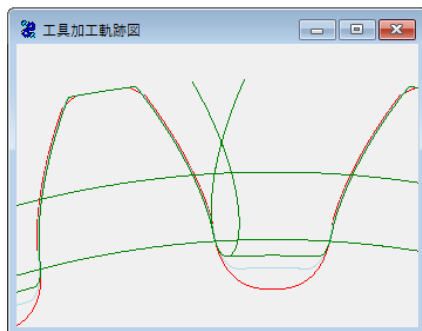


図 11.26 工具加工軌跡

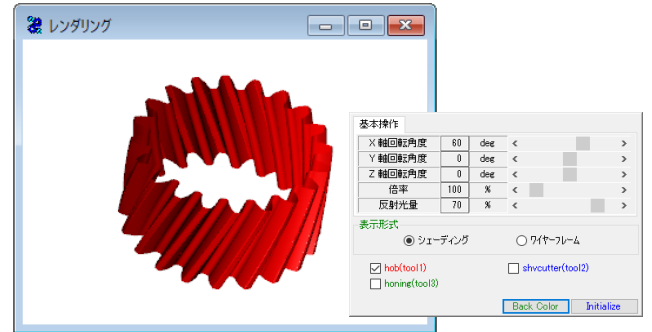


図 11.27 レンダリング (HOB)

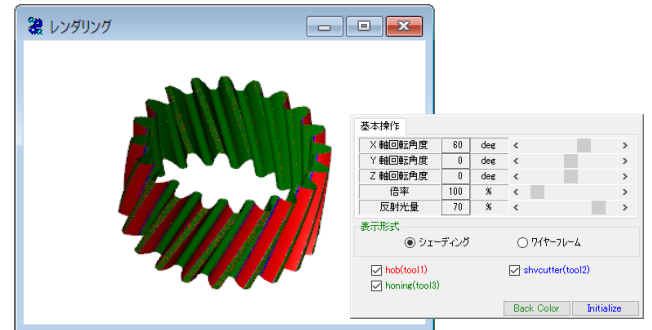


図 11.28 レンダリング (HOB+SHV+ホーニング)

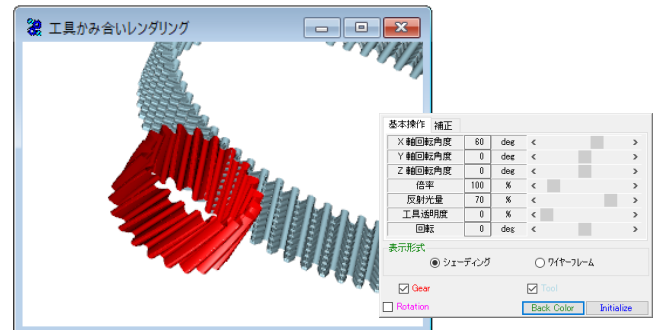


図 11.29 工具かみ合い (SHV)

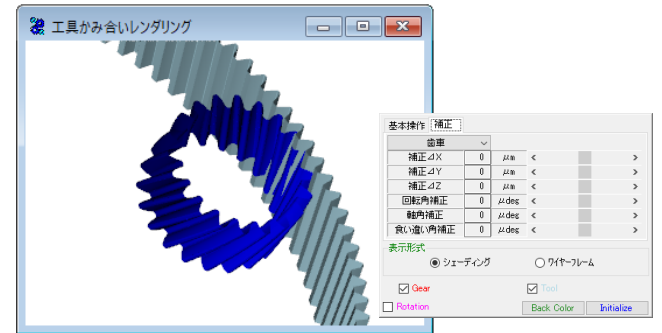


図 11.30 工具かみ合い (ホーニング)

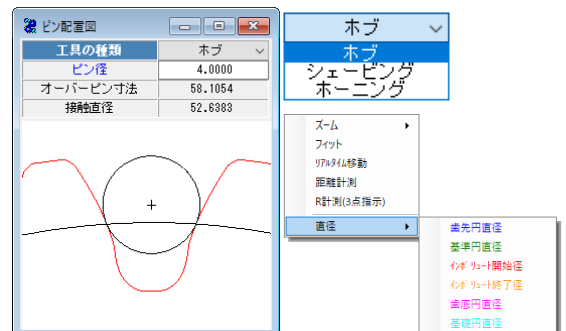


図 11.31 ピン配置図



## 11.8 加工数値

各工具での加工数値を図 11.32～11.34 に示します。これらの数値で面取り長さ、歯面直径、歯車体積、そして、各直径などを確認することができます。

加工数値			
工具の種類			
項目	記号	単位	数 値
半径方向面取り長さ	hp	mm	0.2528
円周方向面取り長さ	hk	mm	0.2524
面取り開始直径	dh	mm	57.7038
歯先幅	sc	mm	1.4403
歯面開始径	fd	mm	50.7500
作用線長さ (dh～fd)	RL	mm	9.3975
有効歯たけ	he	mm	3.4768
歯車体積	V	mm <sup>3</sup>	6.580E+4
歯先円直径	da	mm	58.2088
歯底円直径	df	mm	46.3974
切り込み深さ	h	mm	5.6058
ホブセット角	$\beta$	deg	-15.0000
歯面多角形誤差	$\Delta e$	mm	0.0014

図 11.32 加工数値 (HOB)

加工数値			
工具の種類			
項目	記号	単位	数 値
半径方向面取り長さ	hp	mm	0.2221
円周方向面取り長さ	hk	mm	0.2214
面取り開始直径	dh	mm	57.7847
歯先幅	sc	mm	1.4403
歯面開始径	fd	mm	50.0094
作用線長さ (dh～fd)	RL	mm	11.6693
有効歯たけ	he	mm	3.8777
歯車体積	V	mm <sup>3</sup>	6.568E+4
かみ合い中心距離	a	mm	116.6898
加工最小直径	TC	mm	50.4080
刃先と歯車歯底の隙間	C	mm	0.5518
歯直角かみ合い圧力角	$\alpha_{nc}$	deg	19.3908
かみ合い率	$\varepsilon$	---	1.7821

図 11.33 加工数値 (SHV)

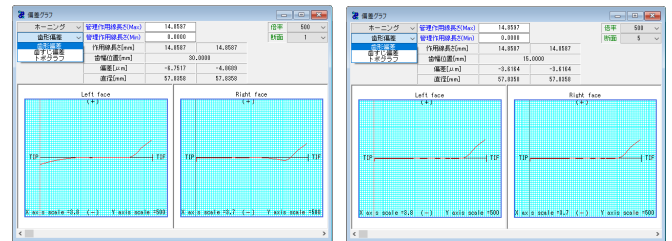
加工数値			
工具の種類			
項目	記号	単位	数 値
半径方向面取り長さ	hp	mm	0.1881
円周方向面取り長さ	hk	mm	0.1904
面取り開始直径	dh	mm	57.8368
歯先幅	sc	mm	1.4403
歯面開始径	fd	mm	49.3839
作用線長さ (dh～fd)	RL	mm	14.8597
有効歯たけ	he	mm	4.1841
歯車体積	V	mm <sup>3</sup>	6.554E+4
加工最小直径	TC	mm	49.4687

図 11.34 加工数値 (ホーニング)

## 11.9 歯形偏差グラフ

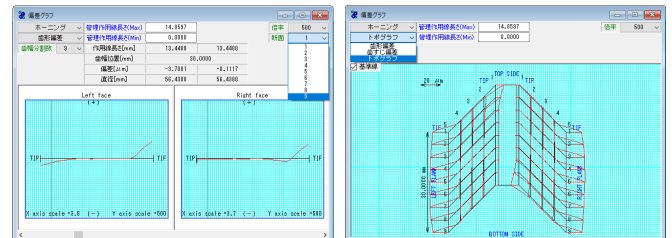
被削歯車と異なる諸元のドレスギヤや、バイアス修整等の複雑な修整を施したドレスギヤを使用したとき、正確に歯形が加工されるか否かの判断を容易に確認することができるよう作用線長さや各直径での修整量を知ることができます。また、歯形全体の傾向を示すトポグラフを表示することや倍率の指定などの機能を備えています。

本例では、ドレスギヤ (図 11.16 : ドレスギヤ歯面修整とトポグラフ) を図 11.18 のホーニング砥石設定で加工したときの歯形偏差グラフを図 11.35 に示します。歯形偏差、歯すじ偏差グラフは断面ごとに表示することができますが、ここでは断面 1、断面 5、断面 9 (図 11.16 で歯すじ方向を 9 断面で設定) の歯形偏差グラフを示しています。



(a) 断面 1

(b) 断面 5



(c) 断面 9

(d) トポグラフ

図 11.35 歯形偏差とトポグラフ

## 11.10 歯形座標値ファイル出力

加工後の歯形座標値を CAD データとして出力することができます。ファイル形式は DXF と 3D-IGES をサポートしています。

図 11.36 にファイル出力フォームを、図 11.37 および図 11.38 に CAD 作図例を示します。



図 11.36 ファイル出力

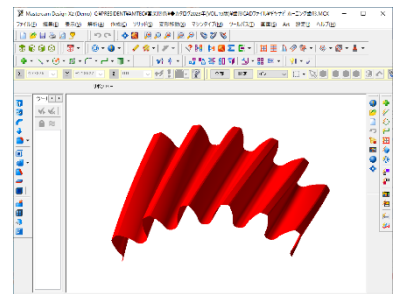


図 11.37 CAD 作図例 (IGES)

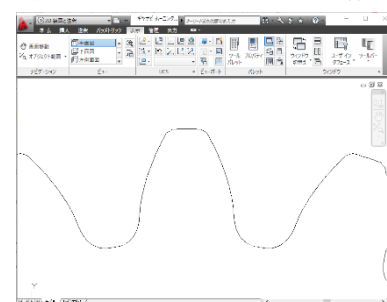


図 11.38 CAD 作図例 (dxf)

## 11.11 歯車かみ合い

加工シミュレーションした歯形データを保存しておくことで歯車歯形データのかみ合いシミュレーションを行うことができます。  
[かみ合いシミュレーション] でモードの切り替えをします。

図 11.39 の管理番号の駆動歯車および被動歯車を読み込むことで歯切り加工した対歯形かみ合いを確認することができます。

項目	記号	単位	駆動数値	従動数値
管理番号	---	---		

図 11.39 対象とする歯車の選択

登録したデータから、かみ合わせの歯車のデータを選択し設定します。図 11.40 にかみ合い歯車を選択した画面を示しますが、中心距離を  $a=99.700$  に変更したときの例を示します。この歯車対の 2D 歯車かみ合い図 (図 11.41) および、従動歯車の回転運動軌跡 (図 11.42) を選択することができます。この図の補助フォームで部分拡大、距離計測機能などの補助機能でかみ合い状態を確認することができます。

項目	記号	単位	駆動値	従動値
管理番号	---	---	カタログ---	カタログ---
歯車の種類	---	---	外歯車	外歯車
モジュール	mn	mm	2.50000	
歯数	z		20	55
圧力角	$\alpha_n$	deg	20.00000	*
ねじれ角	$\beta$	deg	20 * 0	0.00
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	左ねじれ
転位係数	xn		0.00000	0.00000
またぎ歯数	zm		3	8
またぎ歯厚	w	mm	19.2000	57.6515
測定円直径	dp	mm	4.280	4.210
ボール寸法	dm	mm	58.8517	151.9462
歯直角円弧歯厚	Sn	mm	3.8346	3.9270
基準円直径	d	mm	53.2089	146.3244
基準円直径	db	mm	49.6170	136.4468
歯先円直径	da	mm	58.2089	151.3244
歯底円直径	df	mm	46.9569	140.0744
歯幅	b	mm	30.0000	26.0000
中心距離	a	mm	99.7000	
クリアランス	ck	mm	0.5584	0.5584

図 11.40 かみ合い歯車歯形データ選択

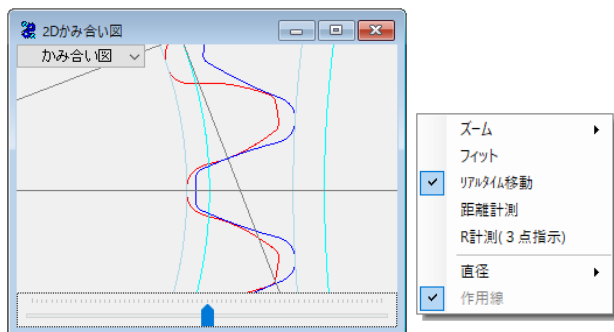


図 11.41 歯車かみ合い

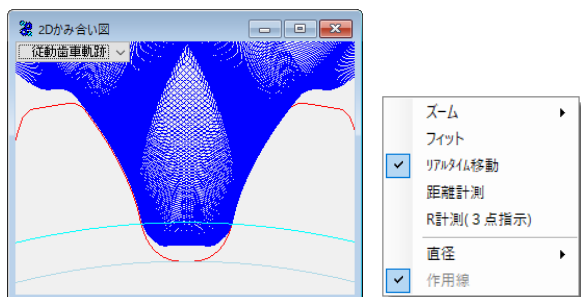


図 11.42 従動歯車の回転運動軌跡

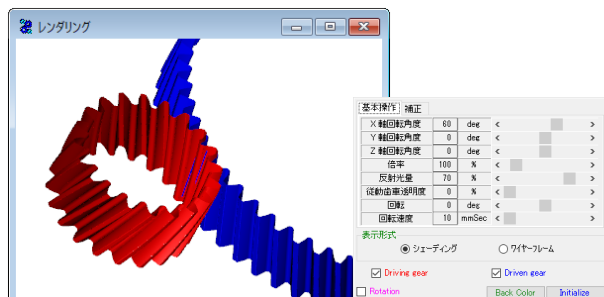


図 11.43 レンダリング

## 11.12 かみ合い歯形ファイル出力

対歯車の歯形データを CAD データとして DXF および D-IGES 形式で出力することができます。図 11.45 にかみ合い歯形ファイル出力フォームを示します。

図 11.44 ファイル出力

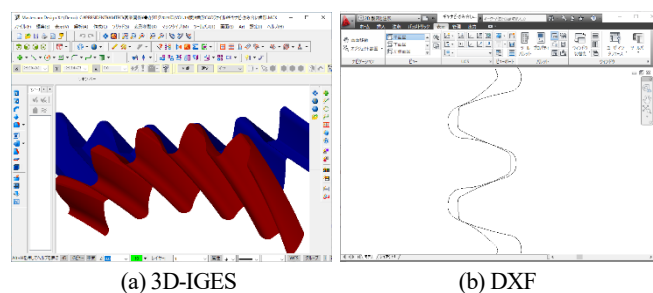


図 11.45 CAD 作図例

## 11.13 工具管理 (オプション)

Gear navigation system iii は、保有の工具諸元をデータベースに登録しておくことにより、加工シミュレーション時に共用計算や加工後の面取り長さや有効歯面長さなどの条件に見合う適正工具を検索することができます。また、図 11.6 などの画面 (右下) の **登録** ボタンでも工具を登録することができます。登録工具の種類を図 11.46 に、工具管理の画面および設定項目を図 11.47~11.52 に示します。

ホブ	スタンダード
ホブ	スタンダード
ピニオンカッタ	セミトップピング
シェーピングカッタ	プロデュバランス
	プロデュバランスセミトップピング

図 11.46 登録工具の種類

図 11.47 PGSP ホブの登録画面 (諸元)

**工具データ管理**

工具の種類      ピンオンカッタ

ピンオンカッタ諸元    補助項目

工具形態		セミトッピング	
項目	記号	単位	数 値
管理番号	---		PC-001
モジュール	mm		2.50000
刃 数	Zn		55
圧力角	$\alpha_n$	deg	20.00000
ねじれ角	$\beta$	deg	20 °   0 '   0.00 "
ねじれ方向			右ねじれ
基準円直径	d	mm	148.3244
刃先円直径	ds	mm	152.5745
刃底円入力方式	---		面取り高さから決定
刃底円直径	df	mm	139.8308
刃厚入力方式	---		キヤリリ刃厚
キヤリリ刃たけ	hj	mm	3.1483
キヤリリ刃厚	sj	mm	3.9288
またぎ刃跡	2w		8
またぎ刃厚	w	mm	57.8515
刃先R	r	mm	0.9375
面取り高さ	hc	mm	5.5000
面取り刃厚	sc	mm	2.7750
面取り角	$\theta$	deg	46 °   0 '   0.00 "

登録   検索   削除   参考図   刃形図   クリア   キャンセル

**参考図**

**刃形図**

登録工具の中から目的の工具を検索する場合、*m1*～2のホブを  
検索する場合、図 11.53 で **検索** を押すことで図 11.54 を表示  
します。そして、**CSV出力** で図 11.55 の登録工具一覧のように出  
力することができます。

工具データの読み込み

基本項目 補助項目

No.	管理番号	工具形態	モジュール	圧力角
1	AD01	アガタ'ラガイト'ク'	3.00000	20.0000
2	TC-001	ア'ロガ'ラガイト'ク'	2.50000	20.0000
3	TC-002	スタンダード	3.00000	20.0000

< >

CSV出力 読み込み キャンセル

### 工具データ管理

工具の種類

ホブ

項目

補助項目

項目	記号	単位	数 値
タイプ	---	---	F
全 径	D	mm	35.0000
穴 径	dc	mm	16.0000
全 長	L	mm	41.0000
ギヤンジュリッド	GL	mm	∞
向心角	δ	deg	0.0000
材 質	---	---	ssa
メーカ	---	---	bbb
工具名	---	---	ccc
図面番号	---	---	A-001
品 番	---	---	S-001
数 量	---	---	1
製作日	---	---	2023年05月28日
登録日	---	---	2023年05月28日
消耗度	---	%	0.00
備 考			

### 工具データ管理

工具の種類

ピニオンカッター

項目

補助項目

項目	記号	単位	数 値
タイプ	---	---	ディスク形
全 径	L	mm	
穴 径	dc	mm	46.9415
リード	CL	mm	1262.8928
すくい角	δ	deg	0.00000
材 質	---	---	
メーカ	---	---	
工具名	---	---	
図面番号	---	---	
品 番	---	---	
数 量	---	---	
製作日	---	---	2023年05月28日
登録日	---	---	2023年05月28日
消耗度	---	%	0.00
備 考			

[登録](#)
[検索](#)
[削除](#)
[参考図](#)
[刀形図](#)
[クリア](#)
[キャンセル](#)

[登録](#)
[検索](#)
[削除](#)
[参考図](#)
[刀形図](#)
[クリア](#)
[キャンセル](#)

(a) ホブ (b) ピニオンカッタ

図 11.49 ホブとピニオンカッタ補助項目入力画面

ツールデータ管理				ツールデータ管理			
工具の種類		シェーピングカッタ		工具の種類		シェーピングカッタ	
シェーピングカッタ読入	補助項目	補助読み車読入		シェーピングカッタ読入	補助項目	補助読み車読入	
項目	記号	単位	数 値	項目	記号	単位	数 値
管理番号	---		SC-001	加工方法	---		ブランジ
スケジュール	nn	mm	2,50000	内 径	dc	mm	58,2466
刃 数	Zc		71	材 質	---		AAA
刃 角	αn	deg	20,00000	メーカ	---		BBB
ねじれ角	β	deg	10 * 0 * 0,00	国名	---		CCC
ねじれ方向	---		左ねじれ	図番	---		A0091
基準刃直径	d	mm	180,2382	品 番	---		xxxx
刃先直径	da	mm	185,2382	数 量	---		3
刃たけ入り方	---		任意入り方	有効日	---		2023年05月29日
有効刃たけ	he	mm	5,6250	有効日	---		2023年05月29日
基準刃直径	db	mm	169,0814	消滅日	---		0,00
またぎ刃数	zn		9	備 考	---		
またぎ刃厚	W	mm	65,3298				
刃 幅	b	mm	30,0000				

図 11.50 シェービングカッタ登録画面

工具データ管理

工具の種類 シェーピングカッタ

シェーピングカッタ 諸元 補助項目: 特別目録諸元

項目	記号	単位	数値
面 数	Z	---	20
ねじり角	$\beta$	deg	15 ° 0 ' 0 " °
面 幅	b	mm	30.0000
クリアランス	ck	mm	0.7500
図面番号	---		A002

登録 検索 削除 クリア キャンセル

項目	記号	単位	数値
管理番号	---	---	Base-001
外径	D	mm	170.0000
内径	d	mm	50.0000
厚さ	t	mm	30.0000

登録 検索 削除 クリア キャンセル

工具データの検索(読み込み)

工具検索の種別: 工具

工具名: プロダクションシステムトッピング

☐ 計算計算

項目名	単位	数 値
モジュール	mm	2,500.000
刀 刃	---	---
刀片内	deg	20,000.00
切削刃	deg	---
刀 身	mm	---

2,500.00 ~ 20,000.00

計算計算

項 目	数 値
最小値範囲選択	
有効値だけ	
取得し直す	0.1000 ~ 0.3000

検索 キャンセル

图 11.56 工具共用

工具の読み込み

基本項目 補助項目

No.	管理番号	元金の形状	元金のたけ	元金のたけ
1	TC-001	丸型	φ1250	*****


CSV出力

読み込み キャンセル

図 11.57 工具共用結果

## 11.14 その他の機能

#### 11.14.1 工具共用計算（工具管理オプション機能）

例えば、セミトッピングホブで面取りが共用できるかを登録工具の中から検索する場合、図 11.9 の  で図 11.56 を表示します。ここで面取りの大きさを 0.1~0.3mm として工具の共用計算をすると図 11.57 のように工具共用結果を表示します。本例では登録ホブが少ないため 1 件のみの表示ですが、検索条件に合致する登録工具を全て表示します。

### 11.14.2 転位ホブ取り付け角度 (オプション)

転位ホブの場合、ホブの取り付け角は歯車ねじれ角とホブの進み角の差ではなく図 11.58 の転位ホブで加工する場合、ホブ取り付け角は図 11.59 のようになります。

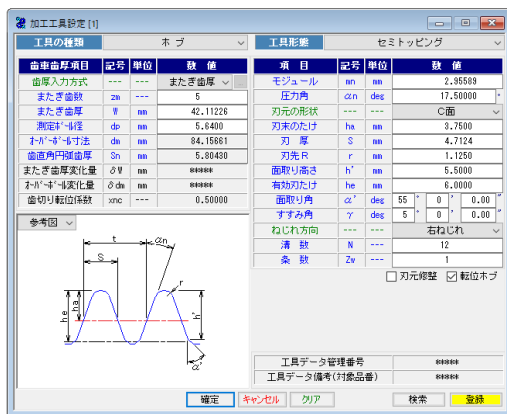


図 11.58 転位ホブ ( $m=3, z=22, \alpha_n 20, \beta=25^\circ 20' 30''$ )

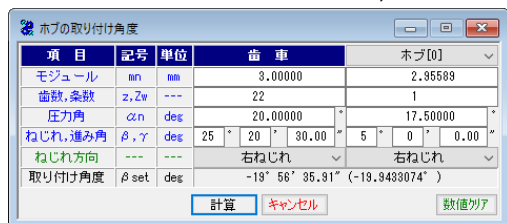


図 11.59 転位ホブの取り付け角

#### 11.14.3 転位ホブ圧力角算出 (オプション)

転位ホブ圧力角の算出は、図 11.60 で最大径 (歯先円) と最小径 (TIF, 歯形管理径など) を入力することで転位ホブ圧力角を表示します。この圧力角  $\alpha_H$  は、最大径と最小径の歯面位置が同時接触する工具圧力角です。そして、図 11.61 でホブ創成角を入力することで図 11.62 のように確認することができます。



図 11.60 転位ホブ圧力角の算出



図 11.61 歯形創成図 (補助)

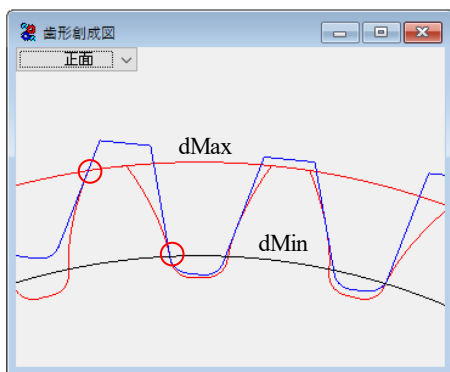


図 11.62 歯形と工具の位置確認図

#### 11.14.4 旧ソフトウェアで登録した工具の読み込み

旧ソフトウェア (Gear Navigation system) で登録した工具データを使用する場合は、本ソフトウェア (Gear Navigation system iii) で読み込むことができます。例えば、旧データベースの中からホブを選択すると図 11.63 のように登録したホブ一覧を表示することができます。ただし、旧データベースの登録内容と新データベースの項目に若干の違いがあるため個々のホブを読み込み保存する必要があります。



図 11.63 旧データの読み込み



(a) 旧データ登録データ

(b) 新登録データ

図 11.64 工具登録

#### 11.14.5 データベースの形式

Gear navigation system iii は、図 11.65 のように設計データの管理、工具管理などの情報、検索などは、Microsoft Access Database, Microsoft SQL Server, ORACLE MySQL Server で行うことができます。また、mdb ファイルで管理することもできます。

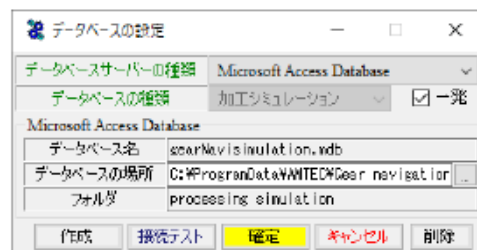


図 11.65 データベースの設定

※付録[B]のギャホーニングシミュレーションをご覧ください。