

[11] Gear navigation system

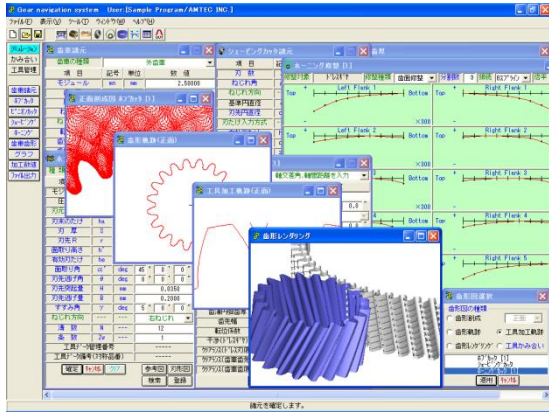


図 11.1 Gear navigation system

11.1 概要

Gear navigation system は、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 の画面の様子を示します。

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、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

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。また被削歯車と諸元の異なるドレスギヤ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1回づつ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。

歯車諸元			
歯車の種類	外歯車		
項目	記号	単位	数値
モジュール	mn	mm	2.50000
歯数	z	---	20
圧力角	α_n	deg	20.00000°
ねじれ角	β	deg	20° 0' 0.0"
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
転位係数	xn	---	0.0000
歯先円直径	da	mm	58.2089
歯底円直径	df	mm	46.9589
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	β_b	deg	18° 44' 50.1"

図 11.2 歯車諸元設定

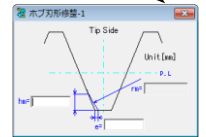
ホブカッタ諸元 [1]			
種類	標準		
項目	記号	単位	数値
モジュール	mn	mm	2.50000
圧力角	α_n	deg	20.00000°
刃先のたけ	ha	mm	3.1250
刃元のたけ	hf	mm	3.1250
刃厚	s	mm	3.9270
刃先R	r	mm	0.9375
すずみ角	γ	deg	5° 0' 0"
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
溝数	N	---	12
条数	Zw	---	1
工具データベース管理番号	---	---	---
工具データベース備考(対称品番)	---	---	---

図 11.3 標準ホブ

11.5 工具諸元設定

11.5.1 ホブ諸元設定

各種ホブの設定項目を図 11.3~11.6 に示します。ホブ諸元は、最大3工程まで設定することが可能です。入力したホブ数値の実刃形形状を[刃形図]で作図することができます。また、図 11.3 のようにホブの刃元を修整することもできます。ここでは図 11.6 のホブを使用してシミュレーションをします。



ホブ			
種類	プロチュバランス		
項目	記号	単位	数値
モジュール	mn	mm	2.50000
圧力角	α_n	deg	20.00000°
刃元の形状	---	---	C面
刃先のたけ	ha	mm	3.1250
刃厚	s	mm	3.9270
刃先R	r	mm	0.9375
面取り高さ	h'	mm	5.1000
有効刃たけ	he	mm	6.2500
面取り角	α'	deg	45° 0' 0"
すずみ角	γ	deg	5° 0' 0"
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
溝数	N	---	12
条数	Zw	---	1
工具データベース管理番号	---	---	---
工具データベース備考(対称品番)	---	---	---

図 11.4 セミトッピングホブ

ホブカッタ諸元 [1]			
種類	セミトッピング		
項目	記号	単位	数値
モジュール	mn	mm	2.42652
圧力角	α_n	deg	14.50000°
刃元の形状	---	---	C面
刃先のたけ	ha	mm	3.1250
刃厚	s	mm	3.9270
刃先R	r	mm	0.9375
面取り高さ	h'	mm	5.1000
有効刃たけ	he	mm	6.2500
面取り角	α'	deg	45° 0' 0"
すずみ角	γ	deg	5° 0' 0"
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
溝数	N	---	12
条数	Zw	---	1
工具データベース管理番号	---	---	---
工具データベース備考(対称品番)	---	---	---

図 11.5 プロチュバランス転位ホブ

ホブカッタ諸元 [1]			
種類	プロチュバランスセミトッピング		
項目	記号	単位	数値
モジュール	mn	mm	2.50000
圧力角	α_n	deg	20.00000°
刃元の形状	---	---	C面
刃先のたけ	ha	mm	3.1250
刃厚	s	mm	3.9270
刃先R	r	mm	0.9375
面取り高さ	h'	mm	5.1000
有効刃たけ	he	mm	6.2500
面取り角	α'	deg	45° 0' 0"
刃先すずみ角	θ	deg	8° 0' 0"
刃先突起量	H	mm	0.0350
刃先逃げ量	B	mm	0.2000
すずみ角	γ	deg	5° 0' 0"
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
溝数	N	---	12
条数	Zw	---	1
工具データベース管理番号	---	---	---
工具データベース備考(対称品番)	---	---	---

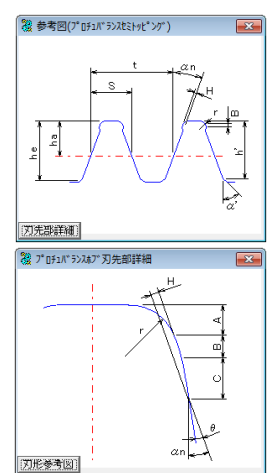


図 11.6 プロチュバランスセミトッピングホブ

11.5.2 ピニオンカッタ諸元設定

各種ピニオンカッタの設定項目を図 11.7~11.10 に示します。ピニオンカッタ諸元は、最大3工程まで設定することができます。ホブと同様に入力した数値の実刃形形状を[刃形図]で作図することができます。

項目	記号	単位	数値
刃数	Zc	---	69
刃先円直径	da	mm	189.8207
基準円直径	d	mm	189.5707
刃面円直径	df	mm	141.8685
刃厚入力方式	---	---	キャリバ刃厚
キャリバ刃たけ	hj	mm	3.1486
キャリバ刃厚	sj	mm	3.9268
またぎ刃数	zm	---	10
またぎ刃厚	W	mm	72.9874
刃先R	r	mm	0.9375

図 11.7 標準ピニオンカッタ

項目	記号	単位	数値
刃数	Zc	---	69
刃先円直径	da	mm	189.8207
基準円直径	d	mm	189.5707
刃面円直径	df	mm	177.5891
刃厚入力方式	---	---	面取り高さから決定
刃厚入力方式	---	---	キャリバ刃厚
キャリバ刃たけ	hj	mm	3.1486
キャリバ刃厚	sj	mm	3.9268
またぎ刃数	zm	---	10
またぎ刃厚	W	mm	72.9874
刃先R	r	mm	0.9375
面取り高さ	hc	mm	5.2000
面取り刃厚	sc	mm	2.6691
面取り角	θ	deg	48° 30' 0"

図 11.8 セミトッピングピニオンカッタ

項目	記号	単位	数値
刃数	Zc	---	69
刃先円直径	da	mm	189.8207
基準円直径	d	mm	189.5707
刃面円直径	df	mm	176.9405
刃厚入力方式	---	---	キャリバ刃厚
キャリバ刃たけ	hj	mm	3.1486
キャリバ刃厚	sj	mm	3.9268
またぎ刃数	zm	---	10
またぎ刃厚	W	mm	72.9874
刃先R	r	mm	0.9375
刃先逃げ量	E	mm	0.0250

図 11.9 プロファイルバランスピニオンカッタ

項目	記号	単位	数値
刃数	Zc	---	69
刃先円直径	da	mm	189.8207
基準円直径	d	mm	189.5707
刃面円直径	df	mm	176.9405
刃厚入力方式	---	---	面取り高さから決定
刃厚入力方式	---	---	キャリバ刃厚
キャリバ刃たけ	hj	mm	3.1486
キャリバ刃厚	sj	mm	3.9268
またぎ刃数	zm	---	10
またぎ刃厚	W	mm	72.9874
刃先R	r	mm	0.9375
面取り高さ	hc	mm	5.3750
面取り刃厚	sc	mm	2.6691
面取り角	θ	deg	45° 0' 0"
刃先逃げ量	E	mm	0.0250

図 11.10 プロファイルバランスセミトッピングピニオンカッタ

11.5.3 シェービングカッタ諸元設定

シェービングカッタ諸元設定例を図 11.11 に示します。

項目	記号	単位	数値
刃数	Z	---	71
ねじれ角	β	deg	10° 0' 0"
ねじれ方向	---	---	左ねじれ
基準円直径	d	mm	180.2382
刃先円直径	da	mm	185.2382
刃たけ入力方式	---	---	任意入力
有効刃たけ	he	mm	5.6250
基礎円直径	db	mm	169.0614
またぎ刃数	zm	---	9
またぎ刃厚	W	mm	65.9298
刃幅	b	mm	30.0000
セット角	θ	deg	-10.00000

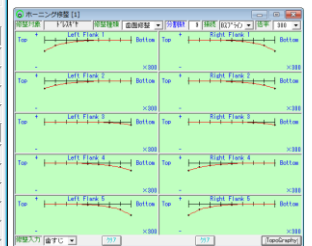
図 11.11 シェービングカッタ諸元

11.5.4 ホーニング諸元設定

ホーニング諸元設定は、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 11.12、ドレスギヤの歯面修整設定を図 11.13、ドレスギヤ修整トポグラフを図 11.14、ホーニング砥石諸元項目を図 11.15 に示します。

項目	記号	単位	数値
歯数	Z	---	20
ねじれ角	β	deg	20° 0' 0.0"
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
基準円直径	d	mm	58.2089
基準円直径	db	mm	49.6170
刃先円直径	da	mm	58.4589
歯面円直径	df	mm	46.7089
歯厚入力方式	---	---	またぎ歯厚
またぎ歯数	Zm	---	3
またぎ歯厚	W	mm	19.32000
測定ピン径	dp	mm	4.2800
オーバーピン寸法	dm	mm	59.06991
歯幅	b	mm	30.0000
ドレスリング外径	d0	mm	58.4589

図 11.12 ドレスギヤ諸元



(歯面修整, 歯すじ)

図 11.13 ドレスギヤ修整

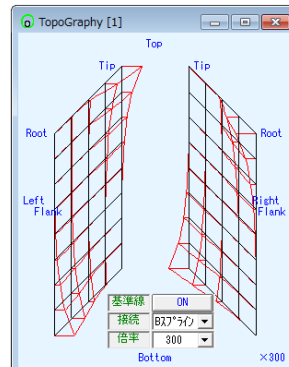


図 11.14 ドレスギヤ修整トポグラフ

項目	記号	単位	数値
歯数	Z	---	181
ねじれ角	β	deg	10° 0' 0.0"
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
軸交差角(トリス)	ΣD	deg	-10° 0' 0.0"
軸間距離(トリス)	aD	mm	139.6717
軸間距離(リク)	aR	mm	134.7000
軸交差角(歯車)	Σ	deg	-10° 0' 13.3"
軸間距離(歯車)	s	mm	139.7201
基準円直径	d	mm	392.5522
刃先円直径	da	mm	328.8589
歯面円直径	df	mm	398.8023
基準円直径	db	mm	311.9301
歯溝円弧歯厚	Sn	mm	3.9623
歯先幅	S	mm	2.5762
転位係数	xn	---	0.01941
干渉(トリス)	---	---	発生しない
刃先(トリス)	---	---	1.9039
刃先(歯車)	---	---	0.5766
刃先(歯車歯面)	---	---	1.2299

図 11.15 ホーニング砥石

11.6 歯車仕上歯厚設定

各工具での歯車仕上歯厚は、またぎ歯厚、ピン寸法、円弧歯厚での設定が可能です。図 11.16 に歯車仕上歯厚設定画面を示します。本例ではホブ加工、シェービング加工、ホーニング加工を1 回づつ行います。ホブでまたぎ歯厚 $W_1=19.350\text{mm}$ の粗加工を行い、最終のホーニング加工で $W_3=19.287\text{mm}$ に仕上げる手順を示しています。

項目	記号	単位	ホブ加工 [1]	シェービングカッタ	ホーニングカッタ [1]
歯厚入力方式	---	---	またぎ歯厚	またぎ歯厚	またぎ歯厚
またぎ歯数	Zm	---	xnc=0.03694	3	3
またぎ歯厚	W	mm	19.35000	19.32000	19.28684
測定ピン径	dp	mm	4.2800	4.2800	4.2800
オーバーピン寸法	dm	mm	59.22616	59.15220	59.06992
歯直円弧歯厚	Sn	mm	3.99421	3.96228	3.92699
またぎ歯厚変化量	δW	mm	-----	-0.0300	-0.0332
オーバーピン変化量	δdm	mm	-----	-0.0740	-0.0829

図 11.16 歯車仕上歯厚設定

11.7 歯車歯形

諸元と加工条件を設定すると、歯車形状を表示します。歯形図では、各工具で加工した歯形形状の重ね合わせや直径、距離の計測、加工後の歯形などを容易に確認することができます。図 11.17 に歯形選択画面を、図 11.18~11.25 に解析後の歯形を示します。

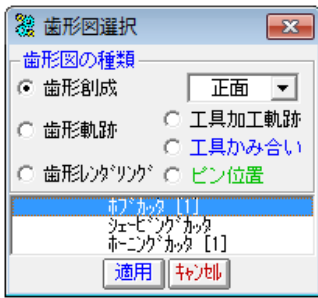


図 11.17 歯形選択

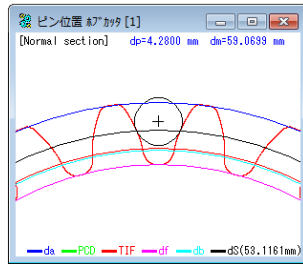


図 11.17a ピン位置図

加工数値表

項目	記号	単位	数値
半径方向面取り長さ	hp	mm	0.2609
円周方向面取り長さ	hk	mm	0.1680
面取り開始直径	dh	mm	57.6870
歯先幅	Sc	mm	1.6750
歯面開始径	fd	mm	50.7979
作用線長さ(dh~fd)	RL	mm	9.2689
有効歯たけ	he	mm	3.4446
歯車体積	V	mm ³	6.610E+4
歯先円直径	da	mm	58.2089
歯底円直径	df	mm	47.1436
切込み深さ	h	mm	5.5327
ホブセット角	βs	deg	-15.0000
歯面多角形誤差	Δe	mm	0.0014

図 11.26 ホブ加工数値

加工数値表

項目	記号	単位	数値
半径方向面取り長さ	hp	mm	0.3611
円周方向面取り長さ	hk	mm	0.3273
面取り開始直径	dh	mm	57.4868
歯先幅	Sc	mm	1.2742
歯面開始径	fd	mm	49.9951
作用線長さ(dh~fd)	RL	mm	11.4478
有効歯たけ	he	mm	3.7458
歯車体積	V	mm ³	6.581E+4
歯先円直径	da	mm	58.2089
歯底円直径	df	mm	46.9589
切込み深さ	h	mm	5.6250

図 11.27 ピニオンカッタ加工数値

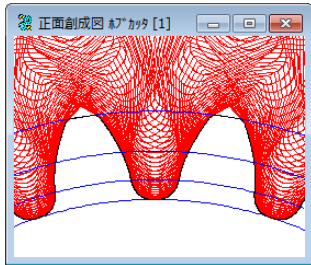


図 11.18 歯形創成図

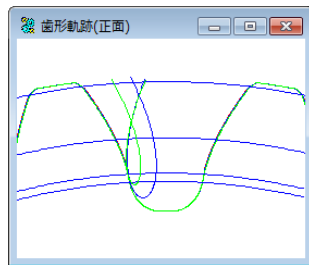


図 11.19 歯形軌跡図

加工数値表

項目	記号	単位	数値
半径方向面取り長さ	hp	mm	0.2322
円周方向面取り長さ	hk	mm	0.1474
面取り開始直径	dh	mm	57.7446
歯先幅	Sc	mm	1.6750
歯面開始径	fd	mm	50.8211
作用線長さ(dh~fd)	RL	mm	9.7535
有効歯たけ	he	mm	3.5617
歯車体積	V	mm ³	6.608E+4
かみ合い中心距離	a	mm	116.7719
加工最小直径	TC	mm	50.8211
刃先と歯車歯底の隙間	C	mm	0.5810
歯直角かみ合い圧力角	αmc	deg	20.0618
かみ合い率	ϵ	---	1.8916

図 11.28 シェービングカッタ加工数値

加工数値表

項目	記号	単位	数値
半径方向面取り長さ	hp	mm	0.1976
円周方向面取り長さ	hk	mm	0.1269
面取り開始直径	dh	mm	57.8137
歯先幅	Sc	mm	1.6750
歯面開始径	fd	mm	50.2975
作用線長さ(dh~fd)	RL	mm	10.7144
有効歯たけ	he	mm	3.7581
歯車体積	V	mm ³	6.594E+4
加工最小直径	TC	mm	50.2975

図 11.29 ホーニング加工数値

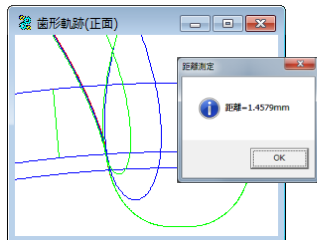


図 11.20 距離計測

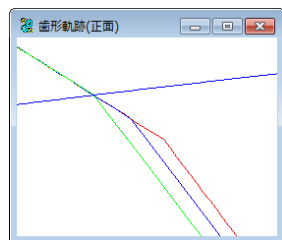


図 11.21 部分拡大

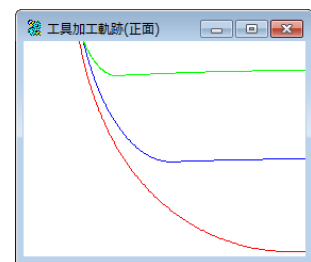


図 11.22 工具の加工軌跡

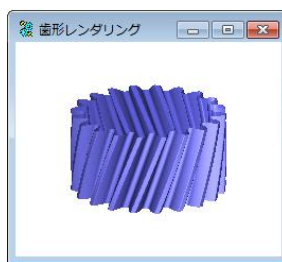


図 11.23 歯形レンダリング

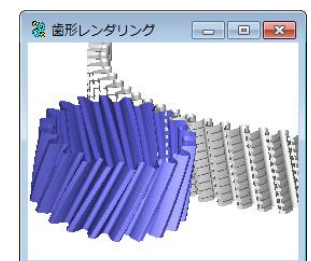


図 11.24 シェービングカッタと歯車のかみ合い

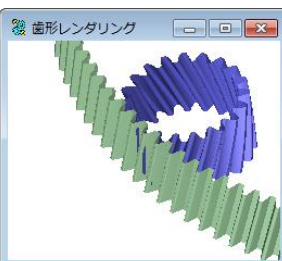


図 11.25 ホーニング砥石と歯車のかみ合い

11.8 加工数値

各工具での加工数値を図 11.26~11.29 に示します。これらの表で面取り長さ、歯面直径、歯車体積、各直径などの詳細数値を確認することができます。

11.9 歯形誤差グラフ

加工後の歯形形状を示す歯形誤差グラフを図 11.30 に示します。特に、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場合、正確に歯形が加工されるか否かの判断を容易にすることができるように各直径での修整量や歯形全体の傾向を示すトポグラフ、倍率の指定など豊富な機能を備えています。

図 11.31 は、ホーニング後の歯すじ誤差グラフ例であり、歯面形状と歯すじ形状を表したトポグラフを図 11.32 に示します。

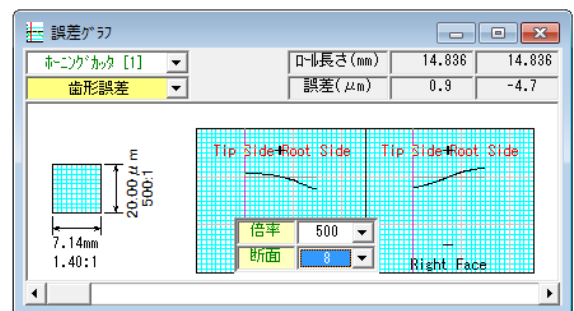


図 11.30 ホーニング後の歯形誤差グラフ例

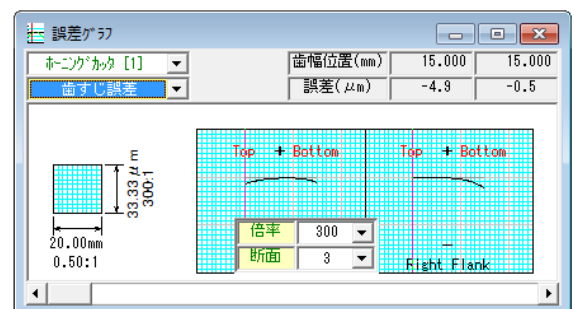


図 11.31 ホーニング後の歯すじ誤差グラフ例

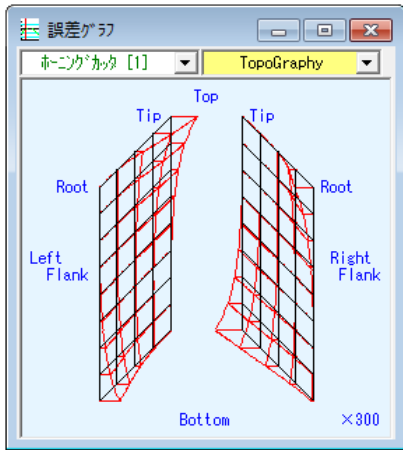


図 11.32 トポグラフ

項目	記号	単位	駆動(外)	従動(外)
管理番号	---	---	Demo-P	Demo-G
モジュール	mn	mm	2.50000	
歯数	Z	---	20	40
圧力角	α_n	deg	20.00000	
ねじれ角	β	deg	20° 0' 0.0"	
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	6
またぎ歯厚	W	mm	19.28684	42.26984
測定ピン径	dp	mm	4.2800	4.2800
ピン寸法	dm	mm	58.06992	112.15778
歯直角円弧歯厚	Sn	mm	3.92699	3.92699
基準円直径	d	mm	58.2089	106.4178
基準円直径	db	mm	49.6170	99.2341
歯先円直径	da	mm	58.2089	111.4178
歯底円直径	df	mm	46.9589	100.1678
歯幅	b	mm	30.0000	30.0000
設計中心距離	a	mm	80.0000	
設計別アキ	ck	mm	0.8117	0.8117

図 11.36 かみ合い歯車歯形データ選択

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 IGES をサポートしています。図 11.33 に歯形座標値ファイル出力フォームを図 11.34 に CAD 作図例を示します。

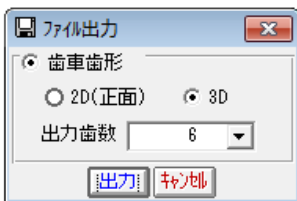


図 11.33 歯形座標値ファイル出力

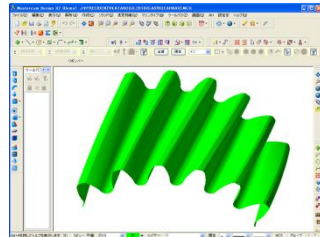


図 11.34 歯形作図例(IGES)

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任意の歯車歯形データ同士のかみ合いシミュレーションを行うことができます。図 11.35 にかみ合いシミュレーションの画面を示します。

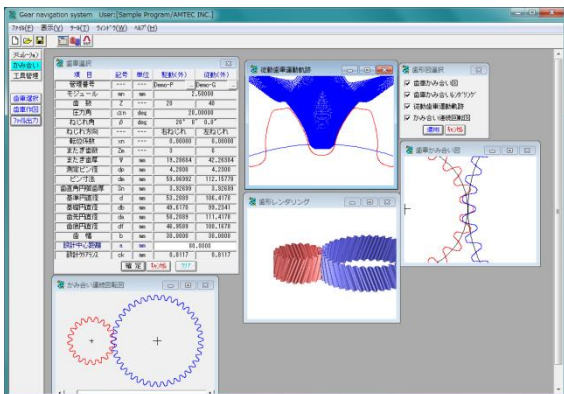


図 11.35 かみ合いシミュレーション

11.12 歯車データの選択

登録したデータから、かみ合わせる歯車のデータを選択し設定します。図 11.36 にかみ合い歯車を選択した画面を示します。

11.13 歯車かみ合い図

図 11.37 の歯形図選択で 2D 歯車かみ合い図、3D かみ合いモデル、従動歯車の回転運動軌跡、連続回転図を表示します。2D 歯車かみ合い図は、部分拡大、距離計測機能や円作図機能をサポートしていますので、かみ合いの状態を細部に渡り確認することができます。図 11.38~11.44 にかみ合い図および運動軌跡図を示します。

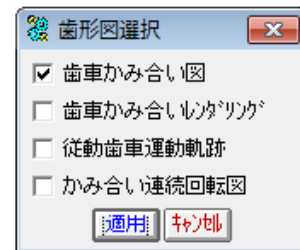


図 11.37 かみ合い歯形図選択

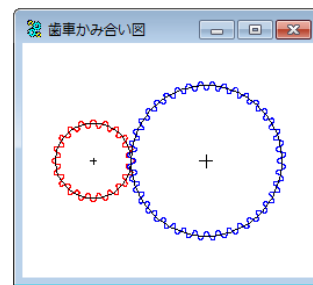


図 11.38 かみ合い図

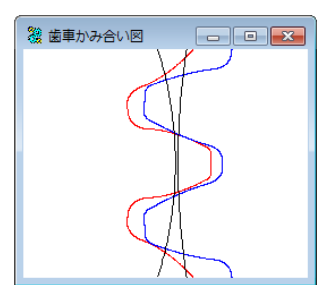


図 11.39 かみ合い図拡大

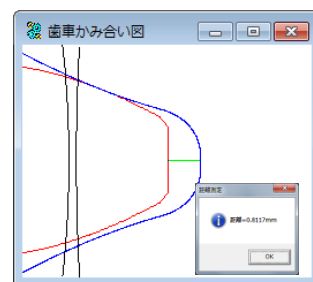


図 11.40 かみ合い図距離計測 (トップクリアランスの測定)

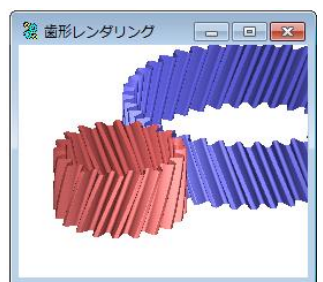


図 11.41 かみ合いレンダリング

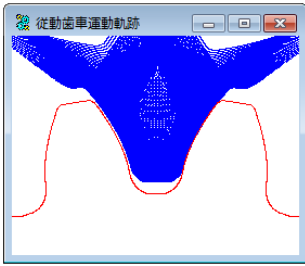


図 11.42 従動歯車運動軌跡

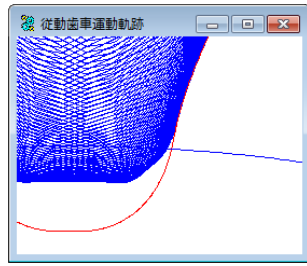


図 11.43 運動軌跡拡大

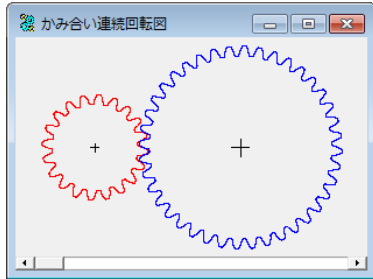


図 11.44 かみ合い連続回転

11.14 かみ合い歯形ファイル出力

かみ合った状態の歯車歯形データを CAD データとして DXF および 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。

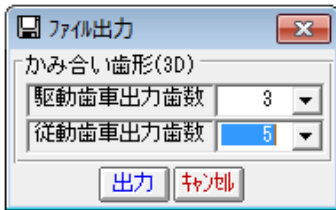


図 11.45 かみ合い歯形ファイル出力

11.15 工具管理 (オプション)

Gear navigation system 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。工具管理の画面の様子および設定項目を図 11.46~11.50 に示します。

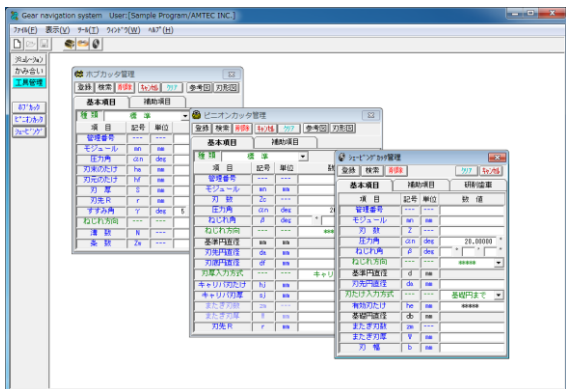


図 11.46 工具管理の画面



図 11.47 ホブ諸元



図 11.48 ピニオンカッタ諸元



図 11.49 シェービングカッタ諸元

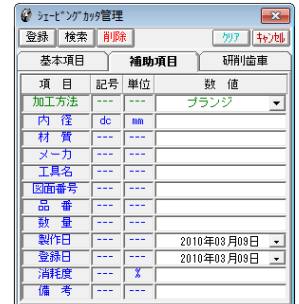


図 11.50 基礎円盤諸元

11.16 その他の機能

16.1 ホブの取り付け角度計算 (オプション), (図 11.51) 転位ホブのホブ取り付け角度を計算します。



図 11.51 ホブの取り付け角度

16.2 データベースの形式

Gear navigation system は、設計データの管理、工具管理などの情報、検索などは SQL サーバを使用して行います。

データベースを容易に構築、管理することができるように補助ツールが付属されています (図 11.52~11.53 参照)。

本ソフトウェアでは Microsoft SQL Server が必要です¹⁾。

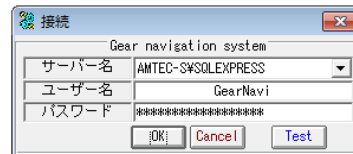


図 11.52 データベースへの接続

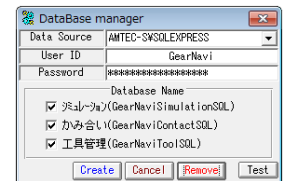


図 11.53 データベースマネージャ

1) SQL サーバを準備していない場合

データベースを mdb ファイルで管理するソフトウェアもご用意していますのでご注文の際にお申し付けください。

※付録[B]のギヤホーニングシミュレーションをご覧ください。