

[11] Gear Navigation System

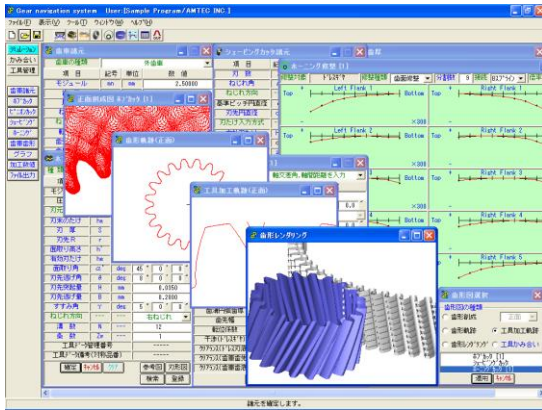


図 11.1 Gear navigation system 画面

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(バイアス)を与えた場合のシミュレーション例を下記に示します。

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
歯根円直径	df	mm	48.9589
歯幅	b	mm	30.0000
基準ピッチ円直径	d	mm	58.2089
基礎円間ねじれ角	β_b	deg	18° 44' 50.1"

図 11.2 歯車諸元設定

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
工具管理番号	---	---	---
工具管理番号(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。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。

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
工具管理番号	---	---	---
工具管理番号(対称品番)	---	---	---

図 11.4 セミトッピングホブ

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
工具管理番号	---	---	---
工具管理番号(対称品番)	---	---	---

図 11.5 プロチュバランス転位ホブ

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"
刃先過角	θ	deg	8° 0' 0"
刃先過り量	H	mm	0.0350
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
工具管理番号	---	---	---
工具管理番号(対称品番)	---	---	---

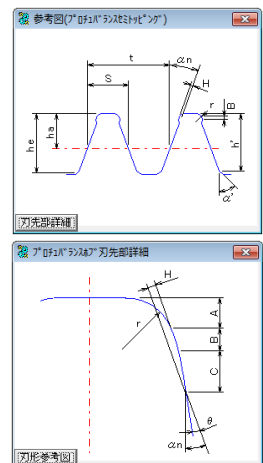


図 11.6 プロチュバランスセミトッピングホブ

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

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ます。

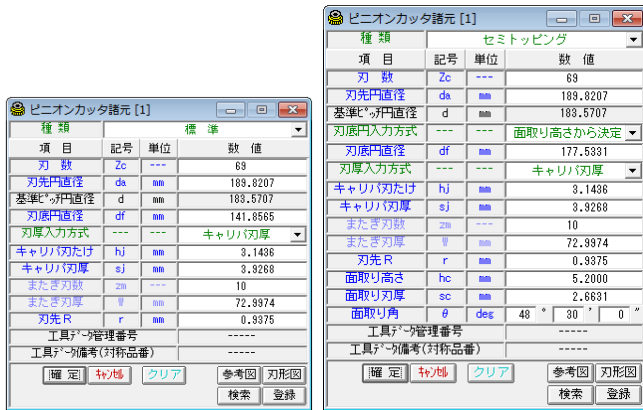


図 11.7 標準ピニオンカッタ



図 11.8 セミトッピングピニオンカッタ



図 11.9 プロチェバランスピニオンカッタ

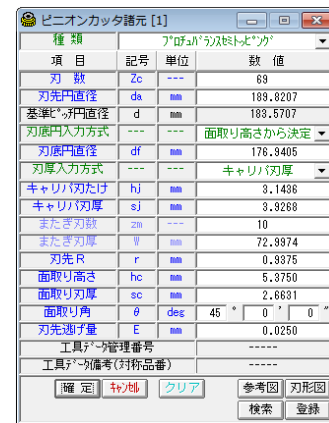


図 11.10 プロチェバランスセミトッピングピニオンカッタ

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。



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、ドレッシング諸元、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。ドレッシング諸元項目を図 11.12、ドレッシングの

歯面修整設定を図 11.13、ドレッシング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。

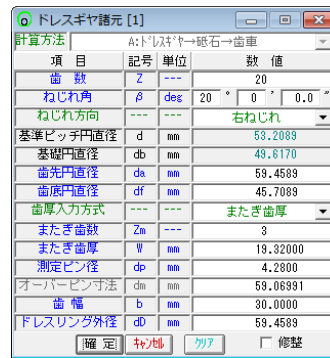


図 11.12 ドレッシング諸元

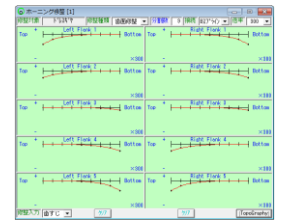


図 11.13 ドレッシング修整

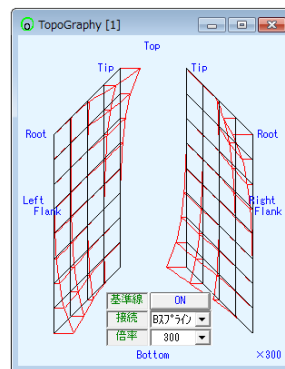


図 11.14 ドレッシング修整トポグラフ



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。

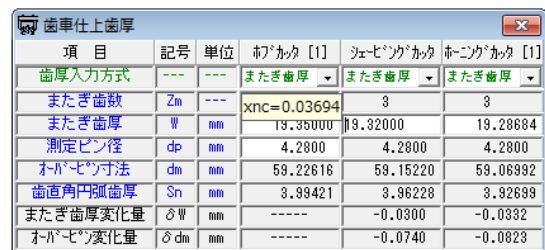


図 11.16 歯車仕上歯厚設定

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。

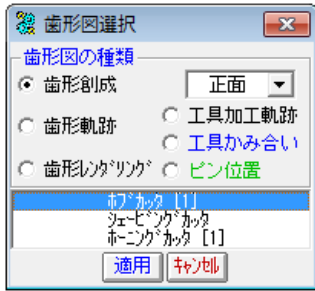


図 11.17 歯形選択

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	0.1880
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	50.7879
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	6.810E+4
歯先直径	da	mm	58.2089
歯底門直径	df	mm	47.1436
切込み深さ	h	mm	6.5827
ホブセット角	β s	deg	-15.0000
歯面多角形誤差	Δ e	mm	0.0014

図 11.26 ホブ加工数値

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
歯先直径	da	mm	58.2089
歯底門直径	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

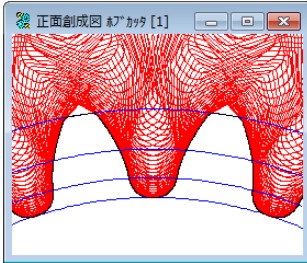


図 11.18 歯形創成図

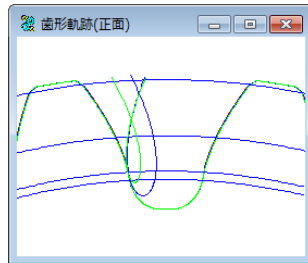


図 11.19 歯形軌跡図

項目	記号	単位	数値
半径方向面取り長さ	hp	mm	0.2822
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	8.7635
有効歯たけ	he	mm	3.5617
歯車体積	V	mm ³	6.603E+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	0.6810
歯角かみ合い仕方角	α nc	deg	20.0618
かみ合い率	e	---	1.6918

図 11.28 シェービングカッタ加工数値

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

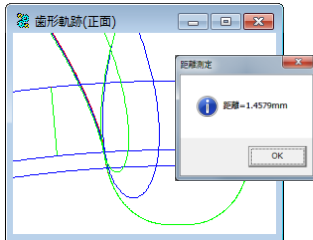


図 11.20 距離計測

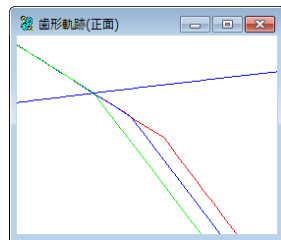


図 11.21 部分拡大

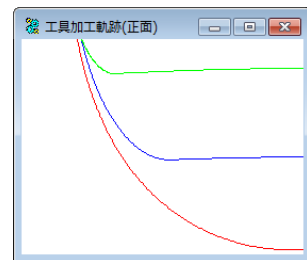


図 11.22 工具の加工軌跡

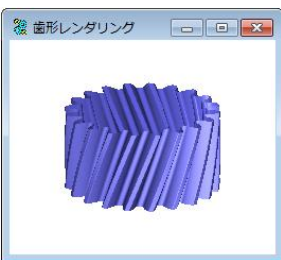


図 11.23 歯形レンダリング

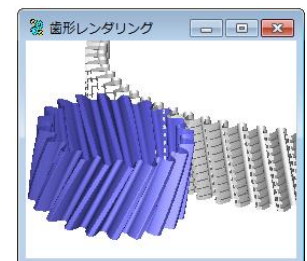


図 11.24 シェービングカッタと歯車のかみ合い

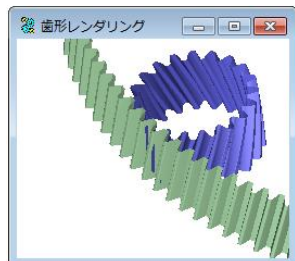


図 11.25 ホーニング砥石と歯車のかみ合い

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。

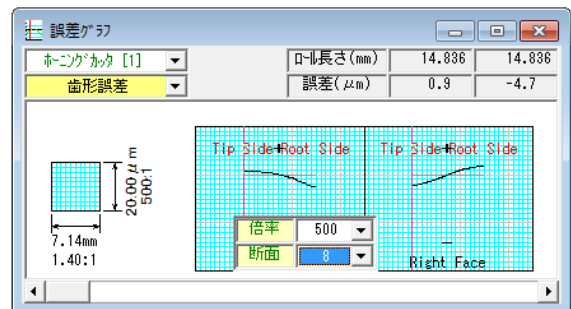


図 11.30 ホーニング後の歯形誤差グラフ例

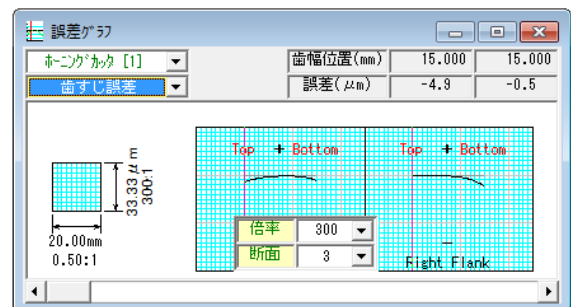


図 11.31 ホーニング後の歯すじ誤差グラフ例

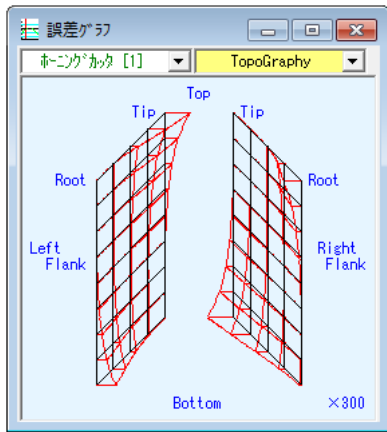


図 11.32 トポグラフ

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	mm	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	19.26684	42.26384
測定ピン径	dp	mm	4.2800	4.2300
ピン寸法	dm	mm	59.06392	112.15778
歯直角円弧歯厚	S _n	mm	3.92699	3.92699
基準ピッチ円直径	d	mm	53.2089	106.4178
基礎円直径	db	mm	49.8170	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
設計クリアランス	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

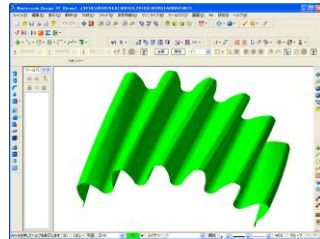


図 11.34 歯形作図例(IGES)

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。

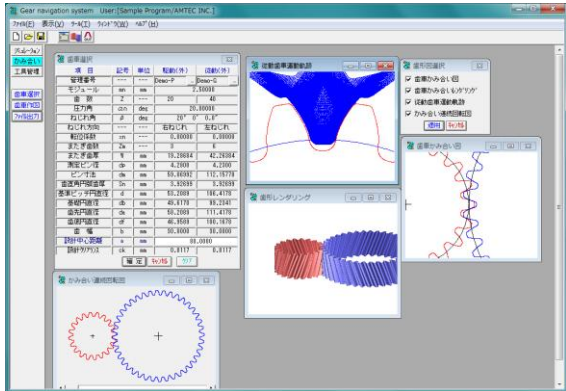


図 11.35 かみ合いシミュレーション

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。

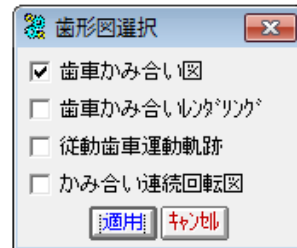


図 11.37 かみ合い歯形図選択

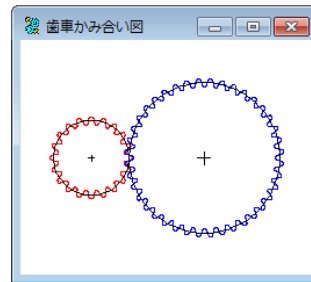


図 11.38 かみ合い図

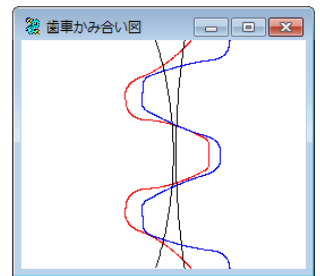


図 11.39 かみ合い図拡大

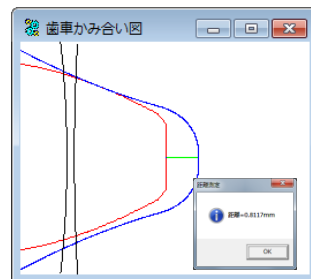


図 11.40 かみ合い図距離計測 (トップクリアランスの測定)

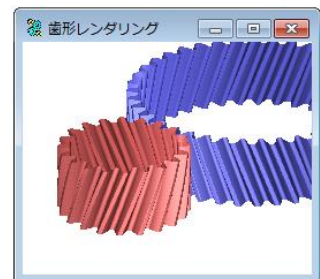


図 11.41 かみ合いレンダリング

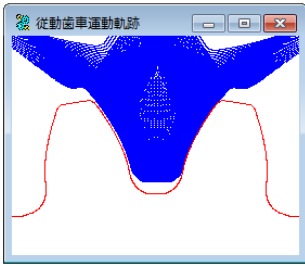


図 11.42 従動歯車運動軌跡

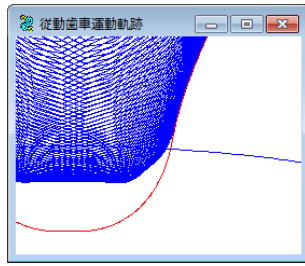


図 11.43 運動軌跡拡大

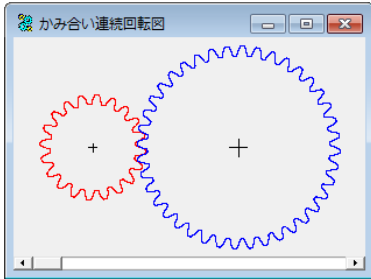


図 11.44 かみ合い連続回転

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。

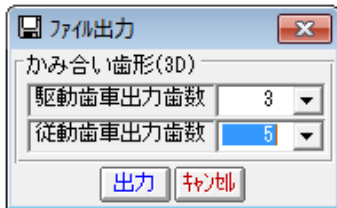


図 11.45 かみ合い歯形ファイル出力

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。

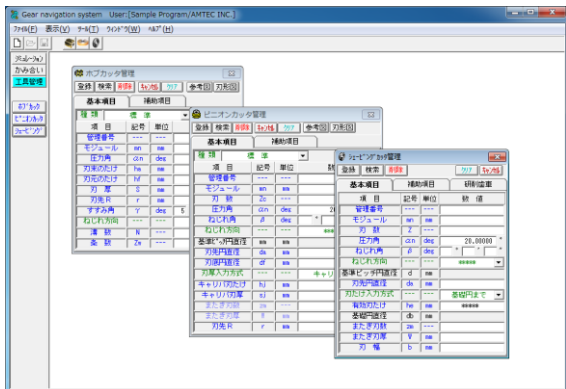


図 11.46 工具管理の画面



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

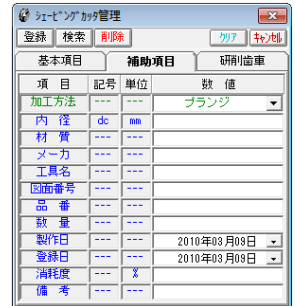


図 11.50 基礎円盤諸元

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 サーバを使用していきます。

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)

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

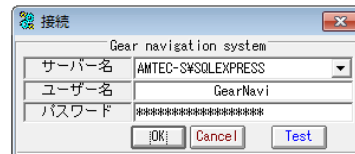


図 11.52 データベースへの接続

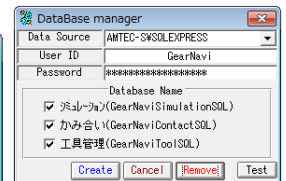


図 11.53 データベースマネージャー

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ざいますのでご注文の際にお申し付けください。

※付録:Bのギャホーニングシミュレーションをご覧ください。