

[3] involute Σ iii (worm gear design system)

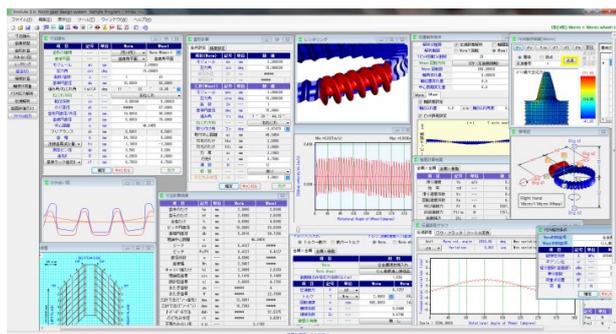


図 3.1 involute Σ iii (worm gear)

3.1 概要

本ソフトウェアは、今まで、別々にしていた involute Σ (worm gear) と involute Σ (worm and helical gear) を一体として新しく開発したソフトウェアです。また、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ています。また、本カタログから JGMA4301-01 も追加しました。全体画面を図 3.1 に示します。

3.2 ソフトウェアの構成

ソフトウェアの構成を表 3.1 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。

involute Σ iii (worm gear) は、ウォームの相手歯車はウォームホイールですが、相手歯車をヘリカルギヤにすることもできます。相手歯車がヘリカルギヤの場合の説明は 3.16 以降をご覧ください。ご注文時は、価格表から必要なソフトウェアをお選びください。

表 3.1 ソフトウェアの構成

No.	項目	掲載項		構成
		WG	WH	
1	基準ラック	3.3	3.16	○
2	寸法諸元	3.4	3.17	○
3	歯車修整	3.5	3.18	◎
4	歯形計算	3.6	3.19	○
5	かみ合い図	3.7	3.20	○
6	歯形レンダリング	3.8	3.21	○
7	歯当たり	3.9	3.22	◎
8	強度計算(金属×金属)	3.10	-----	○
9	強度計算(金属×樹脂)	3.10	3.23	○
10	軸受荷重	3.11	3.24	○
11	FEM 歯形応力解析	3.12	3.25	◎
12	伝達誤差解析	3.13	3.26	◎
13	軸間距離変動解析	3.13	3.26	◎
14	歯面評価	3.14	3.27	◎
15	歯形ファイル出力	3.15	3.28	○
16	設計データ管理	3.29		○
17	JGMA4301-01 (強度)	3.10.2	-----	◎

WG : worm gear, WH : worm and helical gear

3.3 基準ラック (プロパティ)

ウォームギヤの基準ラックを図 3.2 に示します。基準平面は、歯直角または軸平面を選択することができます。また、図 3.2 のように基準ラックの実寸法図を表示することができ、ウォームの基準円直径から進み角を決める方式と、進み角から基準円直径を決める方式を選択することができます。

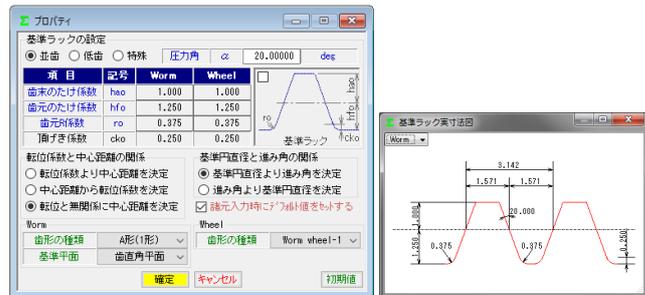


図 3.2 基準ラック (ウォームギヤ)

3.4 寸法諸元

ウォームギヤ寸法諸元の入力画面を図 3.3 に示します。ウォームの歯形は図 3.4(a) に示すように A 形, N 形, K 形, I 形, C 形の 5 種類を標準ソフトウェアに含めています。ただし, C 形は強度計算規格の適用外ですので寸法や歯形生成に留めています。また, 諸元の入力範囲は, モジュールは 0.001~50, 圧力角は 5~30°, 条数は 1~15 です。歯厚を調整する方法は, 図 3.4(c) のように歯厚減少量または横転位係数で設定することができます。本例ではウォームの歯厚を減少させウォームホイールの歯厚を増加させる例を示します。



図 3.3 寸法諸元入力



図 3.4 補助フォーム

3.5 歯車修整 (オプション)

図 3.5 のようにウォームの歯形修整を設定します。ここでは, 図 3.6 ウォーム歯形修整 2 のように歯先および歯元で 3 μ m の歯形修整を与えたウォームとします。

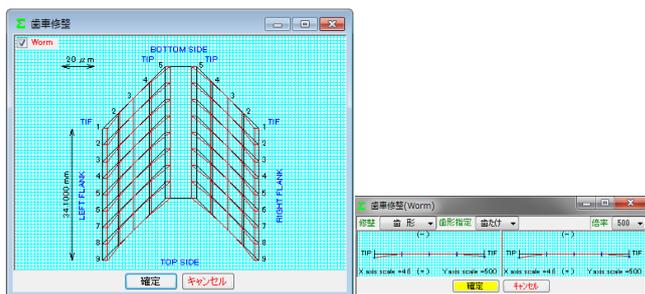


図 3.5 ウォーム歯形修整 1



図 3.6 ウォーム歯形修整 2

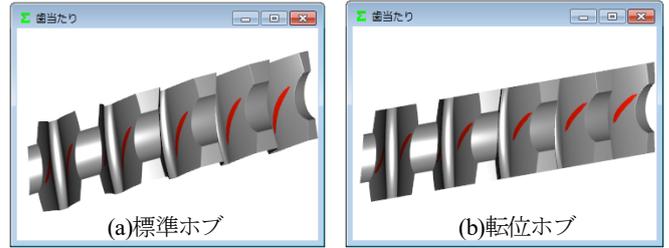


図 3.10 歯当たり (無修整歯形)

3.6 歯形計算

歯形計算条件は図 3.7(a)のようにホイール加工用工具 (ホブ) の諸元を設定することができます。また、歯形を表示する際の分割数は図 3.7(b)で設定することができます。

ホイール加工用工具に歯形修整を与える場合は、図 3.7 で「修整有り」として図 3.8 のように設定することができます。



(a)条件設定

(b)精度設定

図 3.7 歯形計算設定

項目	記号	単位	Worm	Wheel
歯末のたけ	ha	mm	2.0000	2.0000
歯元のたけ	hf	mm	2.5000	2.5000
全歯たけ	h	mm	4.5000	4.5000
ピッチ円直径	dw	mm	10.0000	83.6909
基準円直径	db	mm	5.9816	80.7266
理論中心距離	a	mm		46.8454
リード	pz	mm	6.4127	****
ピッチ	Px/Pl	mm	6.4127	6.4127
直径係数	q	---	4.8930	****
歯度幅	Wn	mm	2.9407	****
キャリア歯たけ	hj	mm	2.0099	2.0283
理論弦歯厚	sjo	mm	3.1416	3.1409
設計弦歯厚	sj	mm	2.0028	4.1762
またぎ歯数	zm	---	****	4
またぎ歯厚	W	mm	****	22.7588
三針寸法(1°~歯先)	dma	mm	12.3691	****
三針寸法(1°~歯底)	dmm	mm	10.7393	****
オボ-キール寸法	dnh	mm	****	91.5375
のど丸み半径	rt	mm	****	3.0001
正面かみ合い率	$\epsilon \alpha$	---		2.1193
軸/円周方向バックラッシュ	B.Lx	mm	0.1064	0.1026

図 3.11 寸法結果

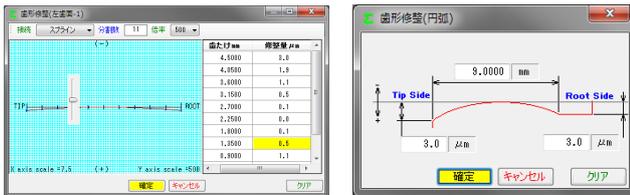


図 3.8 歯形修整

ホイール加工用ホブを図 3.9 のように転位ホブ (例: $\alpha=12^\circ$) として設定することもできます ($\alpha=12^\circ$ とすることにより $m_n=1.975$ と定まる)。この方法は、歯当たり調整方式の一種として採用されています。

図 3.10 に標準ホブと転位ホブで加工したときの歯当たりを示しますが、転位ホブで加工した方の歯当たりが歯たけ中央に寄っていることが解ります。歯当たりに関しては 3.9 をご覧ください。



図 3.9 転位ホブの設定

3.7 かみ合い図

歯形計算終了後、図 3.12 のように歯形を表示することができ、図 3.13 のように歯形の拡大作図や距離計測、R 計測、そして回転機能などがあります。

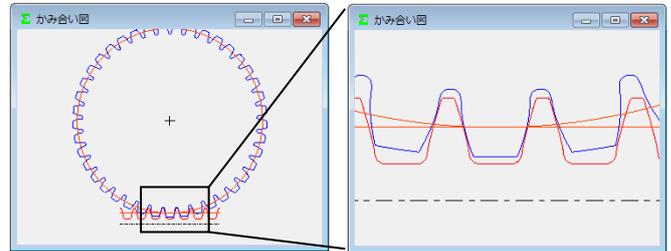


図 3.12 かみ合い図

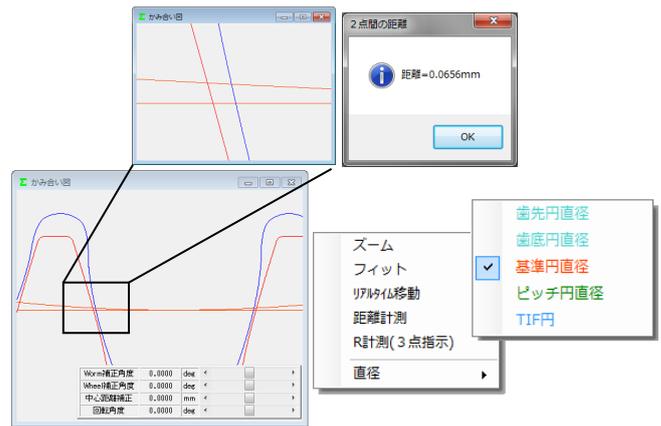


図 3.13 歯のかみ合いと補助フォーム

3.8 歯形レンダリング

歯形計算終了後、図 3.14 のように歯形レンダリングを表示することができます。図 3.13 では歯面が接触していませんが、これはピッチ円部分では歯面接触せず、図 3.15 のようにホイールの歯底と側面部付近で歯面接触しているからです。

図 3.15 の補助フォームは、観察角度や歯車の位置変更、拡大機能、そして自動回転機能などがあります。

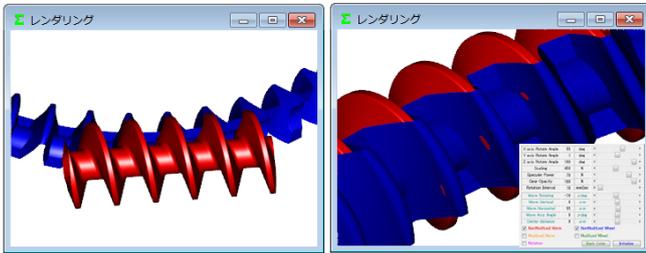


図 3.14 レンダリング

図 3.15 歯の接触

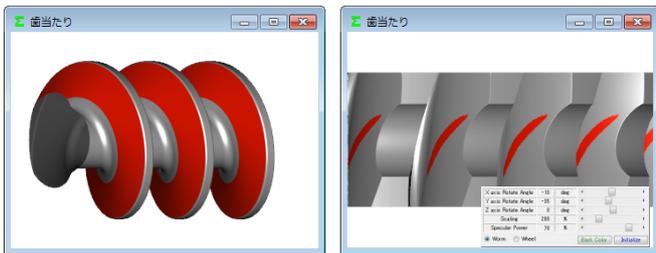
3.9 歯当たり (オプション)

図 3.16 の歯当たり設定では、軸の取り付け誤差や接触最大クリアランス (光明丹厚さ) を設定することができます。本例では、接触最大クリアランスを $c=3\mu\text{m}$ としたときの歯当たりを図 3.17 に示します。ウォームの歯形の種類や歯形修整、そしてホイールを転位ホブで加工したときや、取り付け誤差を与えたとき歯当たりがどのように変化するかを把握することができます。

また、図 3.17(b) 右下の補助フォームで歯形を拡大することや観察角度を変更することができます。図 3.18 は、進み角を $\gamma=5.74^\circ$ としたときの歯当たりで歯当たり模様が大きく変わることが解ります。



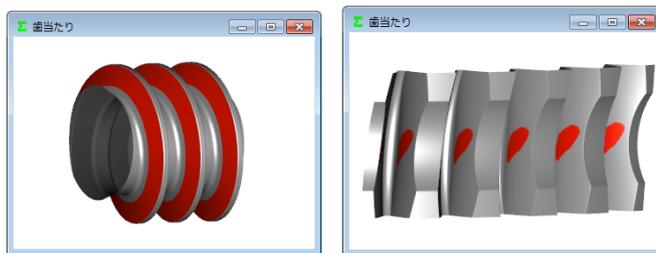
図 3.16 歯当たり設定



(a) ウォーム

(b) ホイール

図 3.17 歯当たり 1 ($m_n=2, \alpha=15^\circ, \gamma=11.54^\circ, I$ 形)



(a) ウォーム

(b) ホイール

図 3.18 歯当たり 2 ($m_n=2, \alpha=15^\circ, \gamma=5.74^\circ, I$ 形)

3.10 強度計算

3.10.1 金属×金属

強度諸元を図 3.19 に、強度計算結果を図 3.20 に示します。強度計算は JGMA405-01:1978 に基づいて計算します。動力は kW と W、トルクは MN·m、kN·m、N·m、N·cm を選択することができます。また、歯面強さ許容応力係数 (S_{cLim}) は、任意に設定することができます。各種係数は標準値を表示しますが、任意に変更可能ですし、規格適用外の歯車であっても設計者の判断で任意に入力することができます。



図 3.19 強度諸元 (金属×金属)



図 3.20 強度結果

3.10.2 金属×金属 (JGMA4301-01:2017), (オプション)

JGMA4301-01 は、ISO/TR 14521 を基本にした円筒ウォームギヤの強度計算式です。図 3.21~3.26 に計算例を示します。



図 3.21 動力などの設定



図 3.22 材料設定



図 3.23 ピッチング強さの設定



M90-44
KT-20
GH-25
MCナイロン

図 3.27 強度諸元 (金属×樹脂)



図 3.24 摩耗強さの設定



図 3.28 強度結果 (金属×樹脂)

3.11 軸受荷重

軸受荷重の計算結果を図 3.29 に示します。



図 3.25 せん断強さの設定

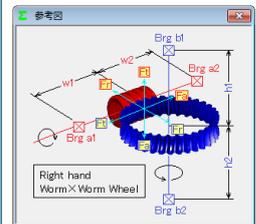


図 3.29 軸受荷重



図 3.26 強度結果

3.12 2D-FEM 歯形応力解析 (オプション)

図 3.30 の FEM の設定画面では縦弾性係数, ポアソン比, 分割数および荷重 (例では円周力を ε で除した値) を設定します。図 3.31 および図 3.32 にウォームとホイールの解析結果を示します。また, 最大値の節点や要素を点滅表示で示すこともできます。

3.10.3 金属×樹脂

ウォームが金属でホイールが樹脂の強度諸元を図 3.27 に, 強度計算結果を図 3.28 に示します。強度計算は, Lewis の式に基づき歯面強さはヘルツの応力に基づいて計算します。

樹脂材料は M90-44 を標準としています。他の材料 (KT-20, GH-25, MC ナイロン) を選択することができます。また, これ以外の材料では M90 比率係数 (共通物性値との比) で対処することができます。



図 3.30 FEM 解析の設定

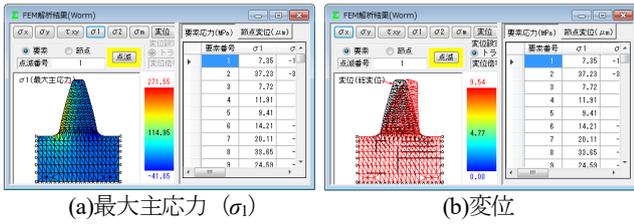


図 3.31 ウォーム

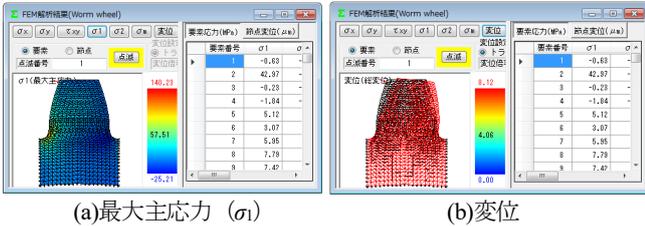
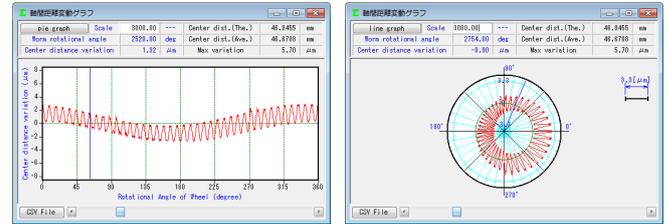


図 3.32 ホイール

3.13.2 軸間距離変動解析 (オプション)

多くのウォームギヤは片歯面接触として使用しますが、装置によっては両歯面を接触させかみ合わせる場合があります。軸間距離変動解析は、図 3.33 で設定したピッチ誤差や取り付け誤差などを考慮して中心距離の変動を解析します。図 3.38 に解析結果を示します。また、解析結果を CSV ファイルに出力することができます。



(a) グラフ 1 (b) グラフ 2

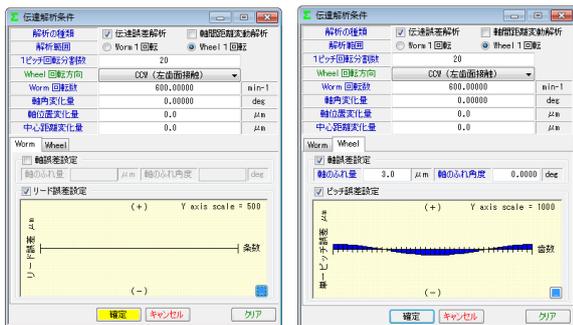
図 3.38 軸間距離変動解析

3.13 伝達解析 (オプション)

3.13.1 伝達誤差解析 (オプション)

伝達誤差解析は図 3.33 に示すように、片歯面かみ合いによる伝達誤差解析と、両歯面かみ合いによる軸間距離変動解析ができ、ウォーム1回転時とホイール1回転時を選択することができます。例題では、ウォーム回転速度 600min⁻¹ でホイール1回転とし、軸の取り付け誤差は無いものとして解析します。

ピッチ誤差は、図 3.34 のように設定 (最大値設定または、歯ごとに設定可) することができます。伝達誤差解析結果を図 3.35 に、ワウ・フラッタ (回転むら) を図 3.36 に、フーリエ解析結果を図 3.37 に示します。また、ワウ・フラッタを「音」に変換させる機能もありますし、解析結果を CSV ファイルに出力することもできます。



(a) ウォーム (リード誤差) (b) ホイール (ピッチ誤差)

図 3.33 ピッチ誤差設定

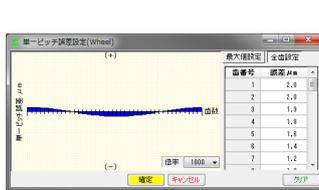


図 3.34 ピッチ誤差(ホイール)

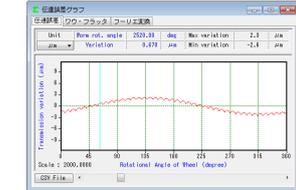


図 3.35 伝達誤差結果

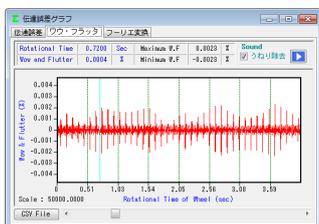


図 3.36 ワウ・フラッタ

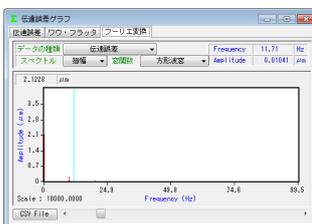


図 3.37 フーリエ解析

3.14 歯面評価 (オプション)

歯面評価には、すべり速度グラフ (図 3.39) とヘルツ応力グラフ (図 3.40) があります。すべり速度は、歯の接触位置における速度を計算し、ヘルツ応力も歯の接触位置における歯形 (歯の変形は考慮していません) から計算しています。いずれも強度計算および伝達誤差解析後に有効です。

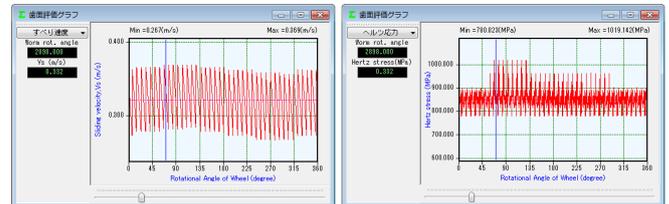


図 3.39 すべり速度グラフ

図 3.40 ヘルツ応力

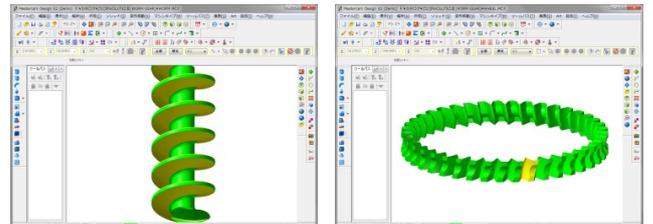
3.15 歯形ファイル出力

歯形ファイルは図 3.41 のようにウォーム、ホイールそして工具 (ホブ) の歯形 (任意歯数出力可) を生成します。ファイルの種類は DXF-2D, DXF-3D, IGES-3D の 3 種類です。CAD 作図例を図 3.42 に示します。



(a) 出力歯形 (b) 3D-IGES の例

図 3.41 歯形ファイル出力



(a) ウォーム (b) ホイール (全歯数出力の例)

図 3.42 CAD 作図例

◆ウォームの相手歯車がヘリカルギヤの場合◆

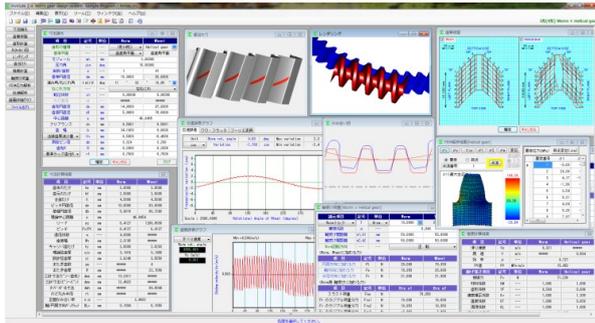


図 3.43 ウォームの相手歯車がヘリカルギヤの例

3.16 基準ラック

ウォームギヤの基準ラックを図 3.44 に示します。基準平面は、歯直角または軸平面を選択することができます。

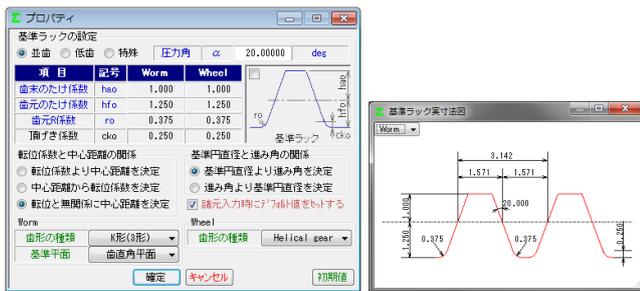


図 3.44 基準ラック (ウォーム&ヘリカルギヤ)

3.17 寸法諸元

ウォーム&ヘリカルギヤ寸法諸元の入力画面を図 3.45 に示します。ウォームの歯形は図 3.46(a) に示すように A 形、N 形、K 形、I 形、C 形の 5 種類を標準ソフトウェアに含めています。ただし、C 形は強度計算規格の適用外ですので寸法や歯形生成に留めています。また、諸元の入力範囲は、モジュールは 0.001~50、圧力角は 5~30°、条数は 1~15 です。歯厚を調整する方法は、図 3.46(c) のように歯厚減少量または横転位係数で設定することができます。本例ではウォームの歯厚を減少させヘリカルギヤの歯厚を増加させる例を示します。



図 3.45 寸法諸元入力



図 3.46 補助フォーム

3.18 歯車修整 (オプション)

図 3.47 のようにウォームに歯形修整を、ヘリカルギヤに歯面修整を与えることができます。図 3.48 および図 3.49 にウォームの歯形設定とヘリカルギヤの歯面修整の例を示します。

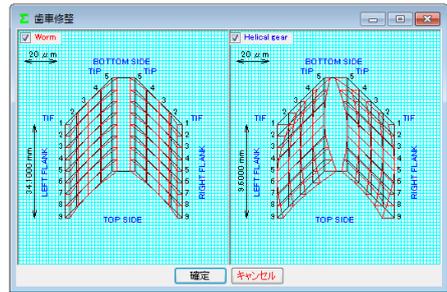


図 3.47 歯形修整 (ウォームとヘリカルギヤ)



図 3.48 ウォーム歯形修整

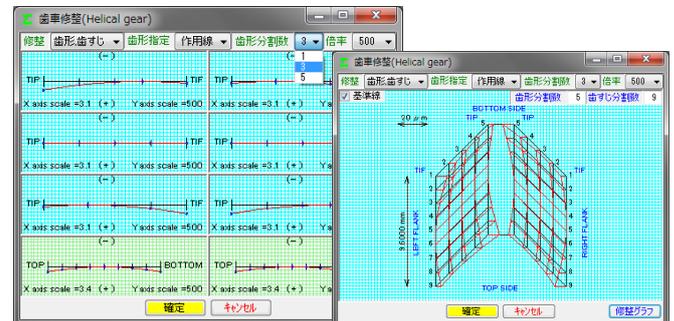


図 3.49 ヘリカルギヤ歯形・歯すじ修整とトポグラフ

3.19 歯形計算

歯形計算条件は図 3.50 (a) のようにヘリカルギヤ加工用工具 (ホブ) の諸元を設定することができます。また、歯形を表示する際の分割数は図 3.50 (b) で設定することができます。歯形計算終了後、図 3.51 に寸法結果を表示します。なお、ウォームの三針寸法およびバックラッシュは歯形修整を考慮した実歯形を基に計算しています。なお、ヘリカルギヤは図 3.50 の工具に基づいて生成した歯形です。



(a) 条件設定

(b) 精度設定

図 3.50 歯形計算設定

項目	記号	単位	Worm	Wheel
歯末のたけ	ha	mm	2.0000	2.0000
歯元のたけ	hf	mm	2.5000	2.5000
全歯たけ	h	mm	4.5000	4.5000
ピッチ円直径	dw	mm	10.0000	83.6909
基準円直径	db	mm	5.9816	80.7286
理論中心距離	a	mm	46.8454	
リード	pz	mm	6.4127	1288.0530
ピッチ	Px/Pl	mm	6.4127	6.4127
直径係数	q	---	4.8990	*****
歯度幅	ln	mm	2.3195	*****
キャリア歯たけ	hj	mm	2.0099	2.0283
理論弦歯厚	sjo	mm	3.1416	3.1409
設計弦歯厚	sj	mm	2.6240	3.5550
またぎ歯数	zm	---	*****	4
またぎ歯厚	l	mm	*****	22.1598
三針寸法(フー歯先)	dna	mm	13.2411	*****
三針寸法(フーピッチ)	dww	mm	12.4923	*****
オグ(ギ)寸法	dah	mm	*****	89.0944
のど丸み半径	rt	mm	*****	*****
正面かみ合い率	εc	---	2.0662	
軸/円周方向かみ合い率	BLx	mm	0.1094	0.1055

図 3.51 寸法結果

3.20 かみ合い図

歯形計算終了後、図 3.52 のように歯形を表示することができます。図 3.53 のように歯形の拡大図や距離計測、R 計測、そして回転機能などがあります。

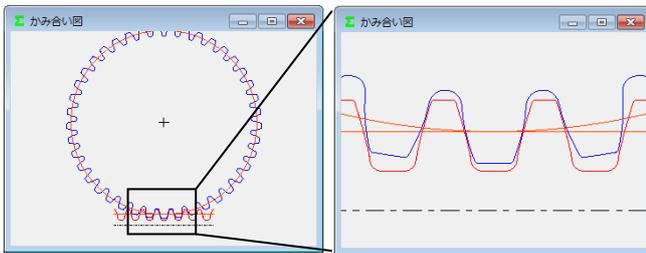


図 3.52 かみ合い図

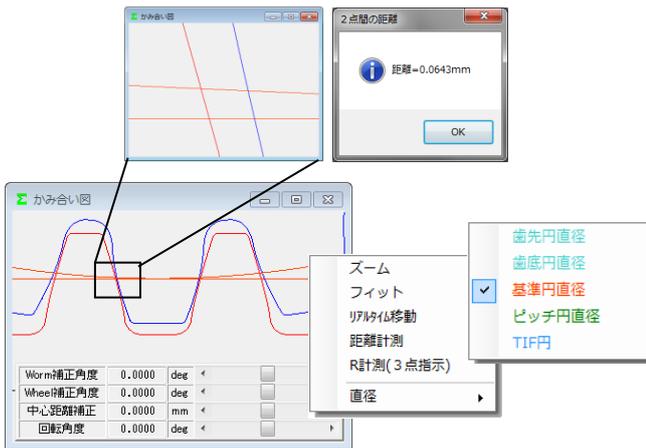


図 3.53 歯のかみ合いと補助フォーム

3.21 歯形レンダリング

歯形計算終了後、図 3.54 のように歯形レンダリングを表示することができます。図 3.55 の補助フォームは、観察角度や歯車の位置変更、拡大機能、そして自動回転機能などがあります。

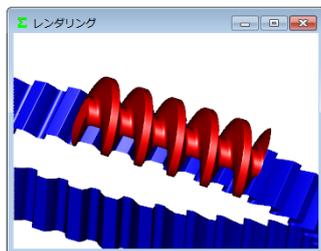


図 3.54 レンダリング

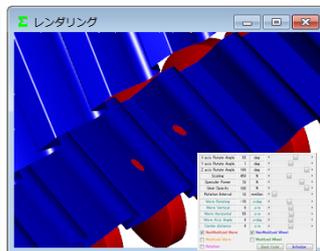


図 3.55 歯の接触

3.22 歯当たり (オプション)

図 3.56 の歯当たり設定では、軸の取り付け誤差や接触最大クリアランス (光明丹厚さ) を設定することができます。本例では、接触最大クリアランスを $c=3\mu\text{m}$ としたときの歯当たりを図 3.57 に示します。ウォームの型式や歯形修整、そして軸の取り付け誤差を与えたとき歯当たりがどのように変化するかを把握することができます。

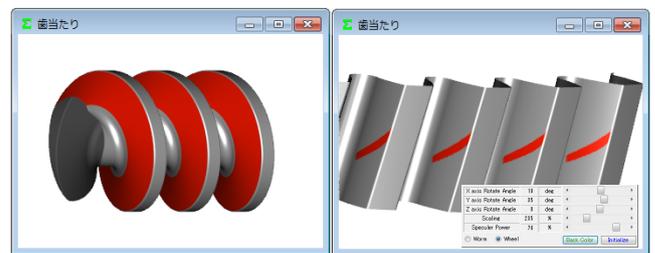
また、図 3.57(b)右下の補助フォームで歯形を拡大することや観察角度を変更することができます。

項目	記号	単位	数値
軸位置変化量	ΔY	μm	0.0
軸角変化量	$\Delta \Sigma$	deg	0.00000
中心距離変化量	Δa	μm	0.0
接触最大クリアランス	c	μm	5.0
1ピッチ回転分割数	---	---	40

回転方向
 BOTH(両歯面) CCW(左歯面) CW(右歯面)

確定 キャンセル クリア

図 3.56 歯当たり設定



(a) ウォーム

(b) ホイール

図 3.57 歯当たり

3.23 強度計算

強度諸元を図 3.58 に、強度計算結果を図 3.59 に示します。曲げ強さは Lewis の式に基づき、歯面強さはヘルツの応力に基づいて計算します。動力は kW と W、トルクは MN \cdot m、kN \cdot m、N \cdot m、N \cdot cm を選択することができます。

材料の設定は、ウォームとヘリカルギヤ共に図 3.58a の材料を選択することができます。また、摩擦係数や各種係数は標準値を表示しますが、任意に変更することができます。

項目	記号	単位	Worm	Helical gear
材料	---	---	構造用鋼	M90-44
材料の種類	---	---	金 属	樹 脂
材料名	---	---	S45C	*****
応力比率	---	---	*****	*****
摩擦係数	μ	---	---	0.070
伝達動力	P	kW	---	0.0063
モータ停動トルク	Tmax	N \cdot cm	---	*****
トルク	T	N \cdot cm	10.0000	298.1013
回転速度	n	rpm	800.0000	14.6341
寿命繰り返し回数	L	---	410000000	10000000
潤滑状態	---	---	---	グリス
周囲温度	t	°C	---	60.000
弾性率	E	MPa	205340.000	*****
許容曲げ応力	σ_{blim}	MPa	196.000	*****
許容せん断応力	σ_{slim}	MPa	*****	*****
許容ヘルツ応力	σ_{Hlim}	MPa	490.500	*****
曲げ安全率	SF	---	---	1.200
面圧安全率	SH	---	---	1.150
せん断安全率	SS	---	---	1.200

トルク入力方式
 トルク→動力 動力→トルク トルク、回転速度入力基準
 Helical gear 駆動 モータ停動トルク

材料選択メニュー: N \cdot m, MN \cdot m, kN \cdot m, N \cdot cm, N \cdot cm

材料選択リスト: M90-44, 構造用細リン青銅, BS, M90-44, KT-20, GH-25, 14G15, MCナイロ

確定 キャンセル クリア

図 3.58 強度諸元

図 3.52a 材料

強度計算結果				
項目	記号	単位	Worm	Helical gear
滑り速度	Vs	m/s	0.321	****
周速	V	m/s	****	0.064
効率	μ	---	0.727	
PV値	PV	MPa·m/s	15.452	
曲げ強さ項目	記号	単位	Worm	Helical gear
接線力	Fx	N	71,239	
材料係数	KM	---	1.000	1.000
歯形係数	YF	---	0.504	0.636
速度補正係数	Kv	---	1.000	1.399
温度係数	KT	---	1.000	0.650
潤滑係数	KL	---	1.000	1.000
複合有効歯幅	bw	mm	19,835	
許容曲げ応力	σ_{blim}	MPa	196,000	8,828
最大許容曲げ応力	σ	MPa	163,333	6,691
許容円周力	Fa	N	3268,407	184,838
曲げ応力	σ_b	MPa	3,560	2,579
歯面強さ	Sf1	---	45,880	2,535
歯面強さ項目	記号	単位	Worm	Helical gear
許容ヘルツ応力	σ_{Hlim}	MPa	490,500	57,303
弾性率	E	MPa	205940,000	1721,067
許容円周力	Fh	N	7379,542	100,718
ヘルツ応力	σ_H	MPa	48,193	48,193
歯面強さ	Sfh	---	103,589	1,414
せん断強さ項目	記号	単位	Worm	Helical gear
円弧歯厚	So	mm	****	3,564
断面積	A	mm ²	****	57,715
許容せん断応力	σ_{slim}	MPa	****	4,863
許容円周力	Fs	N	****	233,904
せん断応力	σ_s	MPa	****	1,481
せん断強さ	Sfs	---	****	3,283

図 3.59 強度結果

3.24 軸受荷重

軸受荷重の計算結果を図 3.60 に示します。

項目	記号	単位	Worm	Wheel
円弧方向に加わる力	Ft	N	20,000	79,359
軸方向に加わる力	Fa	N	78,359	20,000
半径方向に加わる力	Fr	N	21,306	21,306
スラスト荷重	Faa	N	78,359	
Fr のラジアル荷重分力	Fra1	N	10,000	10,000
Ft のラジアル荷重分力	Fra2	N	10,859	10,353
Fa のラジアル荷重分力	Fra3	N	-3,369	3,369
ラジアル荷重合力	Fra	N	12,188	17,362
スラスト荷重	Fab	N	20,000	
Fr のラジアル荷重分力	Frb1	N	10,859	10,353
Ft のラジアル荷重分力	Frb2	N	39,878	39,878
Fa のラジアル荷重分力	Frb3	N	-8,369	8,369
ラジアル荷重合力	Frb	N	39,763	44,134

図 3.60 軸受荷重

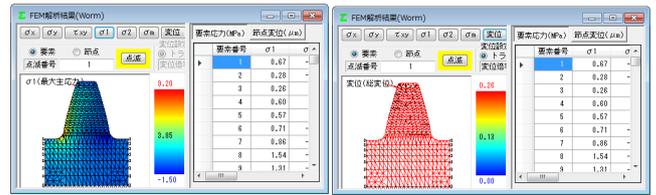
3.25 2D-FEM 歯形応力解析 (オプション)

図 3.61 の FEM の設定画面では縦弾性係数, ポアソン比, 分割数および荷重 (例では円周力を ϵ で除した値) を設定します。

図 3.62 および図 3.63 にウォームとヘリカルギヤの解析結果を示します。また, 最大値の節点や要素を点滅表示で示すこともできます。

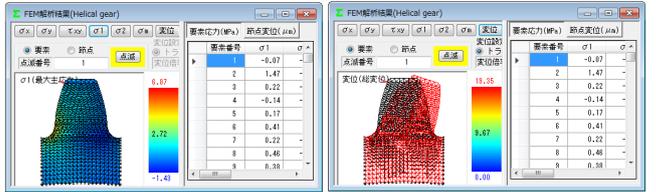
項目	記号	単位	Worm	Wheel
縦弾性係数	E	MPa	205940.0	1721.1
ポアソン比	ν	---	0.30	0.35
縦分割数(歯面部)	mNo	---	21	21
横分割数	wNo	---	21	21
荷重点位置	Nf	---	2	2
荷重	F	N		34,5000

図 3.61 FEM 解析の設定



(a)最大主応力 (σ_1) (b)変位

図 3.62 ウォーム



(a)最大主応力 (σ_1) (b)変位

図 3.63 ヘリカルギヤ

3.26 伝達誤差 (オプション)

3.26.1 伝達誤差解析

伝達誤差解析は図 3.64 上部に示すように, 片歯面かみ合いによる伝達誤差解析と, 両歯面かみ合いによる軸間距離変動解析ができます。例題では, ウォーム回転速度 600min^{-1} でヘリカルギヤ 1 回転とし, 軸の取り付け誤差は無いものとして解析します。

ピッチ誤差は, 図 3.64 のように設定 (最大値設定または, 歯ごとに設定可) することができます。伝達誤差解析結果を図 3.66 に, ワウ・フラッタ (回転むら) を図 3.67 に, フーリエ解析結果を図 3.68 に示します。また, ワウ・フラッタを「音」に変換させる機

(a)ウォーム (リード誤差) (b)ギヤ (ピッチ誤差)

図 3.64 ピッチ誤差設定

3.25 2D-FEM 歯形応力解析 (オプション)

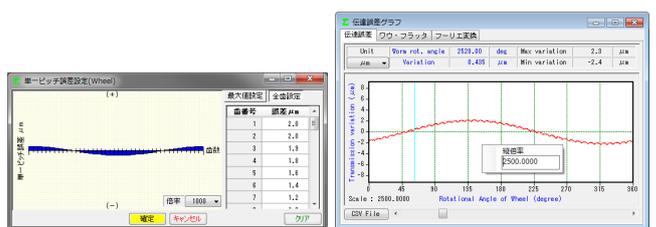


図 3.65 ピッチ誤差(ギヤ)

図 3.66 伝達誤差結果

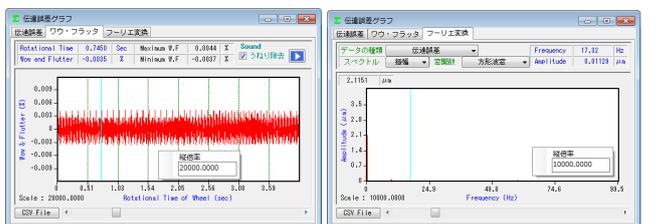


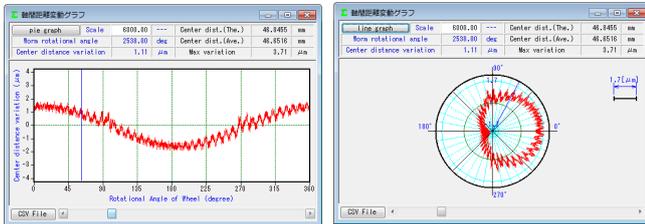
図 3.67 ワウ・フラッタ

図 3.68 フーリエ解析

能もあり、解析結果を CSV ファイルに出力することもできます。

3.26.2 軸間距離変動解析

多くのウォームギヤは片歯面接触として使用しますが、装置によっては両歯面を接触させかみ合わせる場合があります。軸間距離変動解析は、図 3.64 で設定したピッチ誤差や取り付け誤差などを考慮して中心距離の変動を解析します。図 3.69 に解析結果を示します。また、解析結果を CSV ファイルに出力することができます。



(a)グラフ 1 (b)グラフ 2

図 3.69 軸間距離変動解析

3.27 歯面評価 (オプション)

歯面評価には、すべり速度グラフ (図 3.70) とヘルツ応力グラフ (図 3.71) があります。すべり速度は、歯の接触位置における速度を計算し、ヘルツ応力も歯の接触位置における歯形 (歯の変形は考慮していません) から計算しています。いずれも強度計算および伝達誤差解析後に有効です。

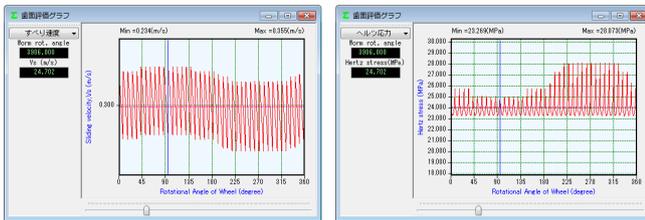


図 3.70 すべり速度グラフ

図 3.71 ヘルツ応力

3.28 歯形ファイル出力

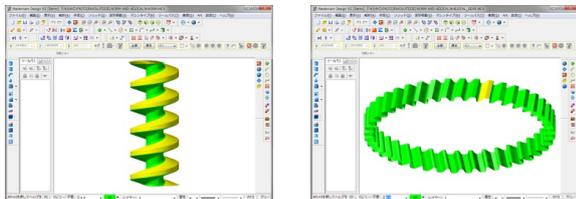
歯形ファイルは図 3.72 のようにウォーム、ヘリカルギヤそして工具 (ホブ) の歯形 (任意歯数出力可) を生成します。ファイルの種類は DXF-2D, DXF-3D, IGES-3D の 3 種類です。CAD 作図例を図 3.73 に示します。



(a)出力歯形

(b)3D-IGES の例

図 3.72 歯形ファイル出力



(a)ウォーム

(b)ギヤ (全歯数出力の例)

図 3.73 CAD 作図例

3.29 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 involute Σ (Worm Gear) および involute Σ (Worm and Helical Gear) で作成した設計データの読み込みも可能です。データベースの設定画面を図 3.74 に示します。

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



図 3.74 データベースの設定

3.30 HELP 機能

操作途中で使い方が解らない場合は、アクティブ画面で[F1]キーを押すことで図 3.75 のように説明文を表示します。

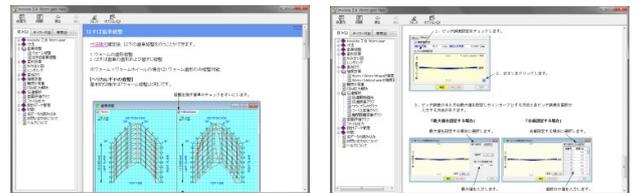


図 3.75 HELP 機能の例

3.31 ウォームギヤの種類

ウォームギヤの種類を図 3.76~3.83 に示します。なお、[] 内数値はソフトウェア番号です。

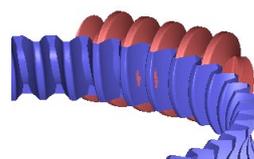


図 3.76 [3]円筒ウォームギヤ

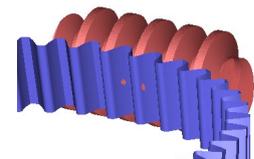


図 3.77 [3]ウォーム×ヘリカルギヤ

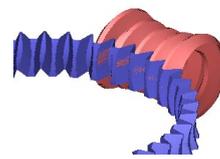


図 3.78 [36]ヒンドレーウォーム

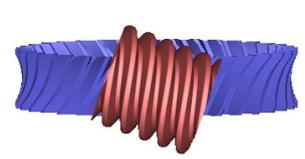


図 3.79 [28]傾斜ウォームギヤ

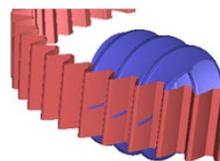


図 3.80 [39]内歯ウォーム

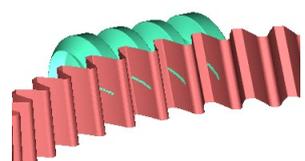
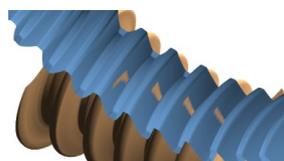
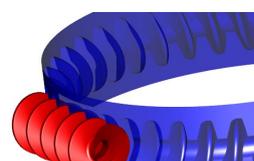


図 3.81 [37]LCCW ウォームギヤ



ホブ加工ホイールと鼓形ウォーム

図 3.82 [44]SS-Worm gear



ホイール歯幅が広い例

図 3.83 [3]円筒ウォームギヤ