

[20] Face gear design system iii

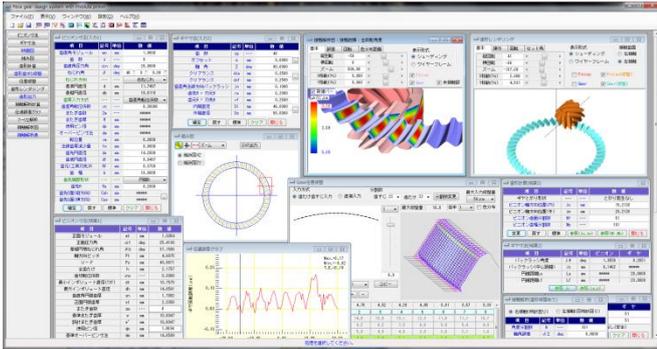


図 20.1 Face gear design system iii

20.1 概要

本ソフトウェアは、Face Gear Design System を新しくした商品です。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ています。また、軸角は90°以外も計算でき、ピニオン歯数1歯（少歯数オプション）にも対応しています。

本ソフトウェアは、ピニオンの歯形（インボリュート）を基にして、それにかみ合うフェースギヤの3次元歯形を決定し、軸角誤差を与えたときの、かみ合い時の歯当たり（接触距離）や実かみ合い率、伝達誤差、すべり速度、そして、すべり率の機能も追加しました。図 20.1 にソフトウェアの全体画面を示します。

20.2 ソフトウェアの構成

ソフトウェアの構成を表 20.1 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。

表 20.1 ソフトウェアの構成

No.	項目	掲載項	構成
1	ピニオン寸法	20.3	○
2	ギヤ寸法	20.4	○
3	組み図	20.4	○
4	断面図	20.5	○
5	歯形計算	20.6	○
6	歯形、歯すじ修整	20.7	○
7	任意修整	20.7	○
8	歯形レンダリング	20.8	○
9	接触解析	20.9	○
10	歯形出力	20.10	○
11	少歯数	20.12	◎
12	設計データ管理	---	○

20.3 ピニオン寸法

図 20.2 にピニオン諸元の設定画面を示します。ピニオン歯数は6~99 入力できますが、少歯数対応機能（オプション）として1~5 歯入力することができます。少歯数の設計例は 20.12 項に示します。

ねじれ角は0°~80° までを設定することができ、歯厚入力方式では、転位係数、またぎ歯厚、オーバーピンそして転位量から選択することができます。また、面取りはC面とR面で設定することができます。

図 20.3 にピニオン寸法の計算結果を示します。オーバーピン径は理論値を表示しますが、使用するピン径に合わせて変更することができます。

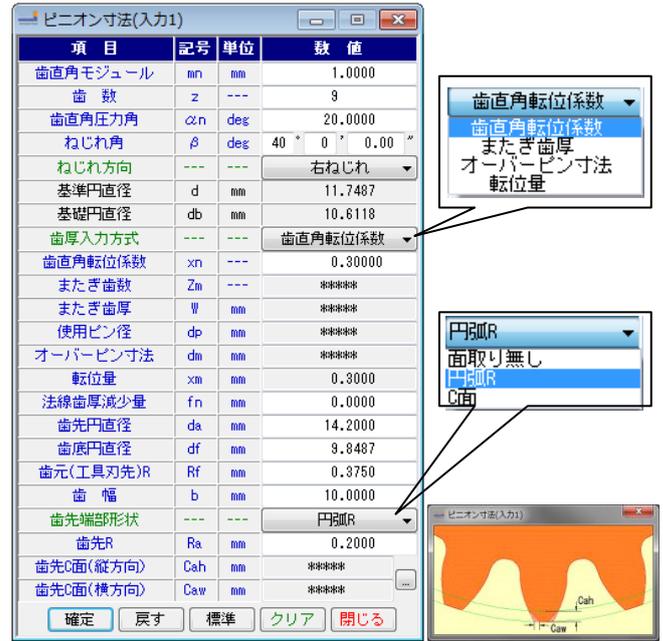


図 20.2 ピニオン諸元

項目	記号	単位	数値
正面モジュール	mt	mm	1.3054
正面圧力角	αt	deg	25.4138
基礎円筒ねじれ角	β b	deg	37.1588
軸方向ピッチ	Pt	mm	4.8875
リード	Pz	mm	43.3871
全歯たけ	h	mm	2.1757
歯切転位係数	xnc	---	0.3000
最小インボリュート直径(TIF)	dt	mm	10.7575
最大インボリュート直径	dh	mm	14.0591
歯直角円弧歯厚	sn	mm	1.7892
正面円弧歯厚	st	mm	2.3356
またぎ歯数	zm	---	1
基準またぎ歯厚	w	mm	10.8047
設計またぎ歯厚	w'	mm	10.8047
使用ピン径	dp	mm	1.8694
基準オーバーピン寸法	dm	mm	14.8593
設計オーバーピン寸法	dm'	mm	14.8593

図 20.3 ピニオン寸法

20.4 フェースギヤ寸法

図 20.4 にフェースギヤ諸元設定画面を示します。軸角入力範囲は45°~135°です。オフセットを与えるとフェースギヤの歯形生成に強く影響を及ぼすためフェースギヤの外径側には歯先尖りが、また、内径側にはアンダーカットが生じ易くなります。そのため、入力時には注意が必要ですが、標準値および制限値を示しますので入力は容易です。なお、「刃先R」はフェースギヤを生成するときの工具の刃先Rを示しています。また、オフセットと内径、外径の定義を図 20.5 に示し、寸法結果と組み図を図 20.6 および図 20.7 に示します。なお、オフセットとねじれ角には制限があります。



図 20.4 フェースギヤ諸元

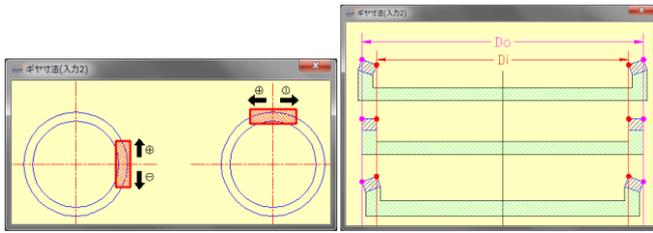


図 20.5 オフセットと内径, 外径の定義

項目	記号	単位	数値
ギヤとがり形状	---	---	とがり発生なし
ピニオン軸方向位置(内)	Js	mm	19.2126
ピニオン軸方向位置(外)	Je	mm	29.2126
ピニオン歯面分割数	Nf	---	51
ピニオン歯幅分割数	Nb	---	101

図 20.10 歯形計算結果

項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ
バックラッシュ角度	Jθ	deg	1.3550	0.2651
バックラッシュ(中心距離)	Jc	mm	0.1462	---
円錐距離La	La	mm	---	28.0000
円錐距離Lf	Lf	mm	---	28.0000

図 20.6 ギヤ寸法

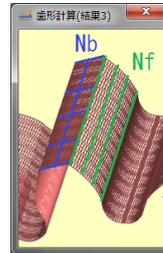


図 20.11 歯形分割

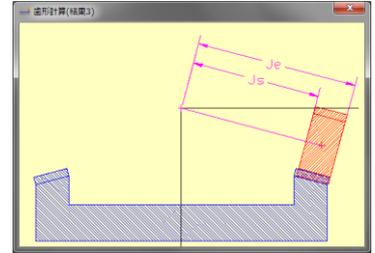


図 20.12 ピニオンの位置

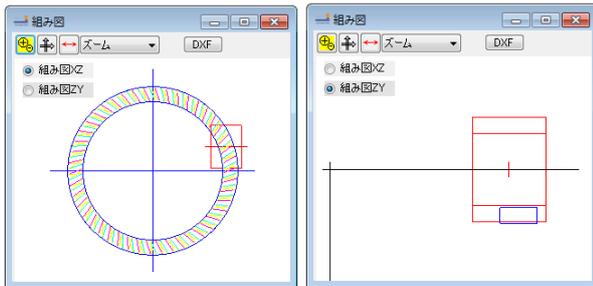
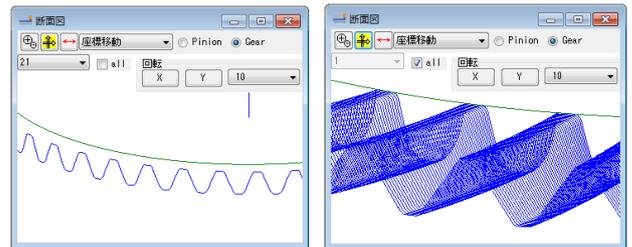


図 20.7 組み図



(a) 断面 No.21 の歯形

(b) 全断面歯形

図 20.13 ギヤ歯形 (断面)

20.5 断面図

図 20.8 にピニオン歯形を示します。ただし、ピニオンの赤線の歯形は図 20.2 で設定したピニオン諸元に基いた歯形で、緑線はギヤを加工する工具の刃形です。

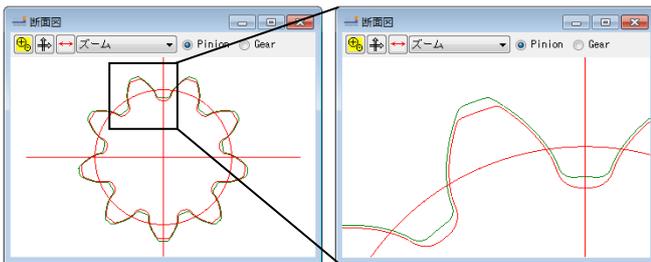


図 20.8 ピニオン歯形

20.6 歯形計算

ギヤの歯形を計算する際、歯形分割数 (図 20.9 参照) と歯幅分割数 (図 20.11 参照) を設定します。このとき、図 20.9 に刃先とがりに発生の有無を表示します。刃先尖りが生じる場合は、フェースギヤの歯形を正しく生成することができません。

項目	記号	単位	ギヤ
歯面分割数	Nf	---	51
歯幅分割数	Nb	---	51
刃形とがり			なし(安全)

図 20.9 設定 (フェースギヤ歯形)

歯形計算終了後、図 20.10 を表示します。ピニオンとギヤの位置 (Js, Je) の定義を図 20.12 に示し、ギヤの歯形 (断面) の例を図 20.13 に示します。

20.7 歯形・歯すじ修整

歯形および歯すじ修整は図 20.14~20.16 のように定型で与えることができ、設定した修整を図 20.16 のように表示することができます。また、定型で設定した修整は図 20.17 のように任意修整にデータを引き継ぐことができます。

項目	記号	単位	数値
歯先修整量1	f1.1	μm	0.00
歯先修整量2	f1.2	μm	0.00
歯たけ1	H1	mm	0.00
歯たけ2	H2	mm	0.00

図 20.14 歯形修整 (定型)

項目	記号	単位	数値
修整量1(外側)	f1.1	μm	0.00
修整量1(内側)	f1.2	μm	0.00
歯幅方向距離1	B1	mm	0.00
歯幅方向距離2	B2	mm	0.00
歯幅方向距離3	B3	mm	0.00
歯幅方向距離4	B4	mm	0.00

図 20.15 歯すじ修整 (定型)

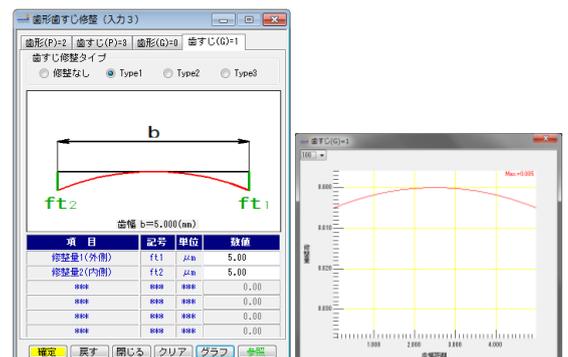
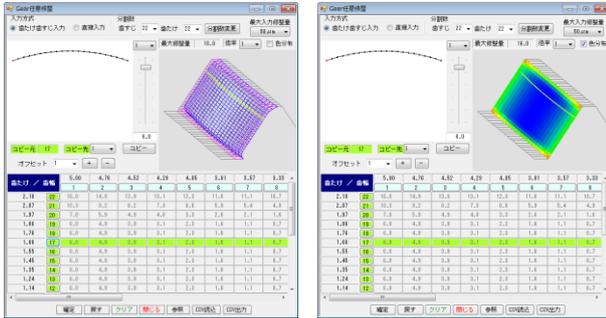


図 20.16 歯すじ修整の例

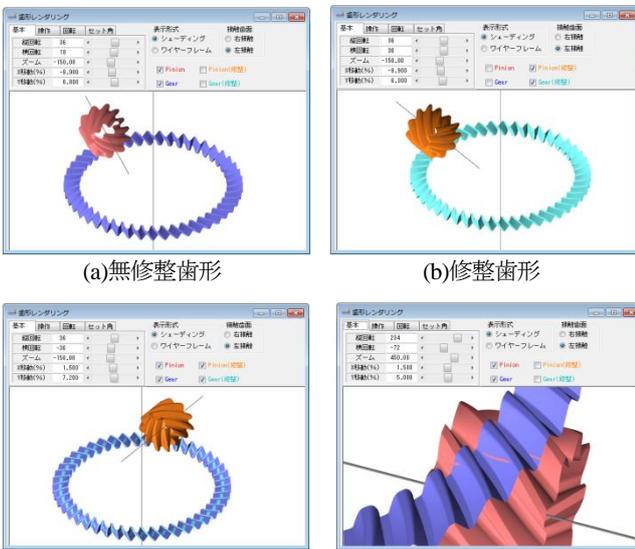
図 20.17 の任意修整では、歯面の分割や各位置でのデータの変更が容易であり図 20.17(b)のように修整を色分布で表すことができます。本例では、図 20.17 のようにピニオンは無修整とし、ギヤに歯面修整を与えるものとします。ここで設定した歯面修整は、CSV ファイルとして出力することができますし、他で作成した CSV ファイルを読み込むこともできます。



(a)歯面修整 (b)色分布表示
図 20.17 歯面修整 (任意修整), ギヤの例

20.8 歯形レンダリング

生成した歯形を図 20.18 のように表示することができます。歯の接触を確認するため自動回転機能や回転補正、そして軸角に誤差を与え歯の接触を確認することができます。



(a)無修整歯形 (b)修整歯形
(c) 無修整歯形と修整歯形 (d)歯面接触
図 20.18 歯形レンダリング

20.9 接触解析

図 20.19 で接触解析の設定を行い[確定]すると生成した歯形の伝達誤差解析、歯当たり (接触距離) や、すべり速度を計算します。

項目	記号	単位	数値
角度分割数	N	---	101
軸角誤差	$\Delta \Sigma$	deg	0.0000
ねじれ角誤差	$\Delta \beta$	deg	0.0000
誤差X	Δx	mm	0.0000
誤差Y	Δy	mm	0.0000
誤差Z	Δz	mm	0.0000
回転数	n	1/min	800.000
最大接触距離	L	μm	5.00
全かみ合い率	$\epsilon \gamma$	---	2.29

図 20.19 接触解析設定

そして、歯面修整を考慮し、かみ合い接触を基にして全かみ合い率 (本例では $\epsilon \gamma=2.29$) を計算します。伝達誤差解析結果 (TE=0.19 μm) を図 20.20 に、フーリエ解析結果を図 20.21 に示します。

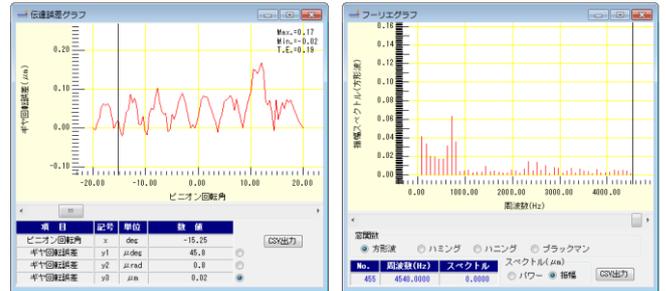
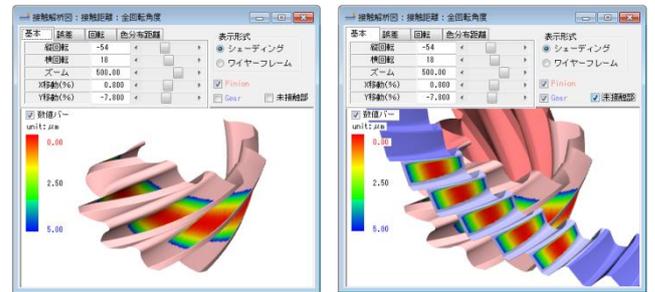
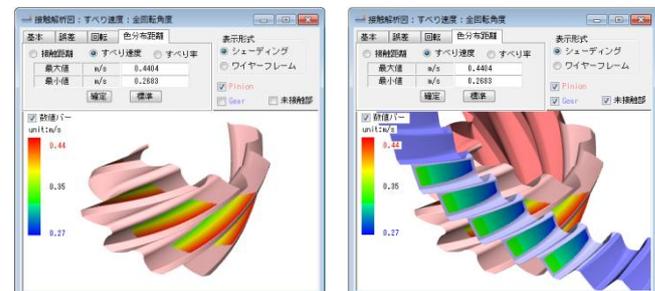


図 20.20 伝達誤差(TE=0.17 μm) 図 20.21 フーリエ解析

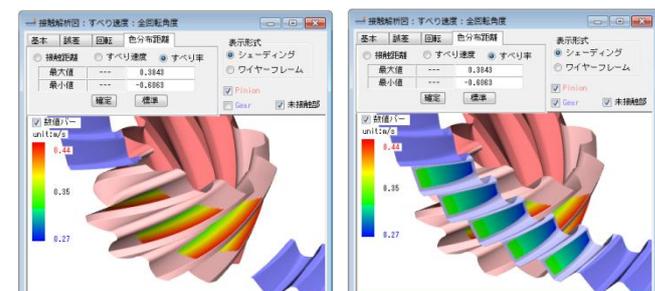
歯当たり解析 (接触距離) とすべり速度、そして、すべり率を図 20.22~20.24 に示します。本例では、図 20.17 でギヤに歯面修整を与えていることから図 20.22 では歯面両端部で接触が弱くなっていることが解ります。また、フェースギヤは、ギヤの外側と内側で、すべりの差が大きくなることから図 20.23 や図 20.25 で、すべり速度を確認することができます。なお、伝達誤差や、すべり速度 (率) は、軸の取り付け誤差を与えても解析することができます、これらは両歯面について解析可能です。



(a)ピニオン (b)ギヤ
図 20.22 歯当たり解析 (接触距離)



(a)ピニオン (b)ギヤ
図 20.23 すべり速度



(a)ピニオン (b)ギヤ
図 20.24 すべり率

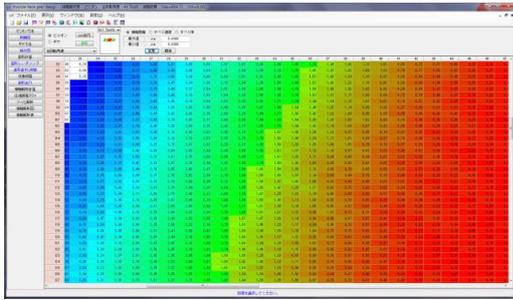


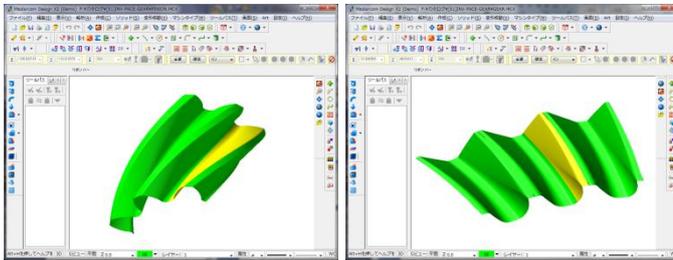
図 20.25 歯当たり解析 (接触距離) のセル表示

20.10 歯形出力

生成した歯形を図 20.26 で出力することができます。図 20.18 の歯形を 3D-IGES で出力し、CAD で作図した例を図 20.27 に示します。



図 20.26 歯形出力



(a)ピニオン (b)フェースギヤ

図 20.27 CAD 作図例

20.11 軸角 $\Sigma=120^\circ$ および $\Sigma=70^\circ$ の例

ピニオンおよびギヤの諸元を同じとして図 20.28 のように軸角を $\Sigma=120^\circ$ としたときの計算例を図 20.29~20.31 に示します。



図 20.28 ギヤ諸元

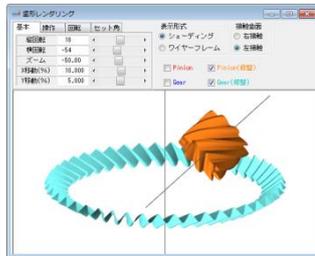


図 20.29 歯形レンダリング

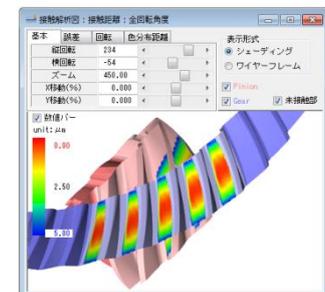


図 20.30 接触距離

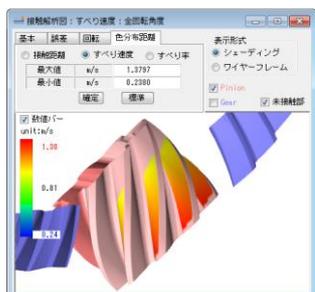


図 20.31 すべり速度

また、ピニオンおよびギヤの諸元を同じとして図 20.32 のように軸角を $\Sigma=70^\circ$ としたときの計算例を以下に示します。



図 20.32 ギヤ諸元

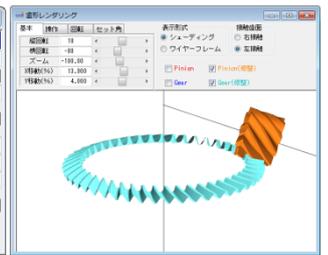


図 20.33 歯形レンダリング

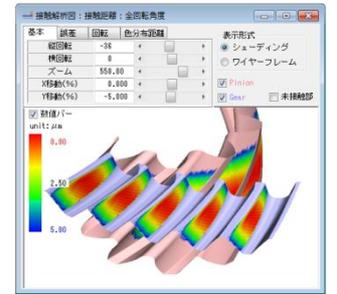


図 20.34 接触距離

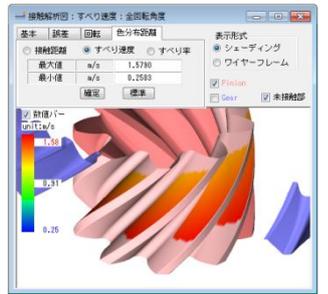


図 20.35 すべり速度

20.12 少歯数 (オプション)

高減速比を得るためピニオン歯数 $z_1=1$ を設定することができます。ここでは $z_1=2$ とし、ギヤ歯数を $z_2=51$ とした例を以下に示します。また、少歯数の場合でも図 20.28 のように軸角を 90° 以外で設計することができます。



図 20.36 ピニオン諸元と寸法

項目	記号	単位	数値
正面モジュール	mt	mm	2.9378
正面圧力角	cut	deg	47.7808
歯幅円筒ねじれ角	β	deg	62.0091
軸方向ピッチ	Px	mm	3.3432
歯幅円筒ねじれ	Fz	mm	6.6854
全歯だけ	fn	mm	2.2500
歯切り歯数	znc	---	0.5000
最大インボリュート直径(TIF)	dT	mm	4.9328
最大インボリュート直径	dH	mm	8.9818
歯厚円筒歯厚	mn	mm	1.9348
正面円筒歯厚	at	mm	5.9569
またぎ歯数	zm	---	1
基準またぎ歯厚	w	mm	---
設計またぎ歯厚	w'	mm	---
歯厚円筒	dp	mm	0.2000
基準オーバピン寸法	da	mm	---
設計オーバピン寸法	da'	mm	---
測定ピッチ	dp	mm	2.0000
三針寸法(オーバ歯)	dha	mm	9.5452
三針寸法(オーバ歯)	dhp	mm	18.2429



図 20.37 ギヤ諸元

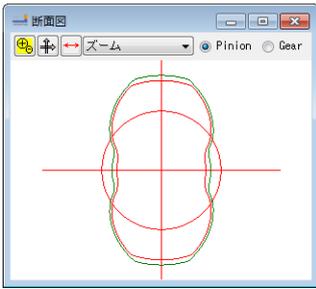


図 20.38 ピニオン歯形

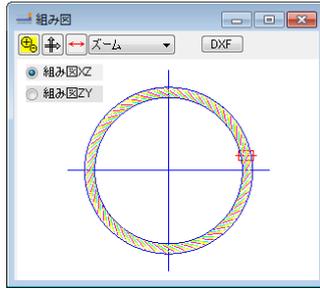


図 20.39 組み図

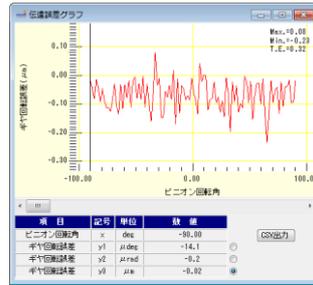


図 20.44 伝達誤差

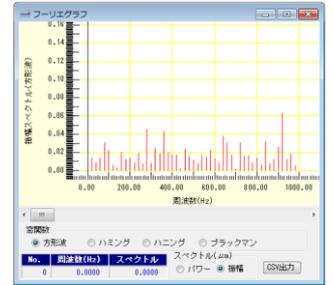
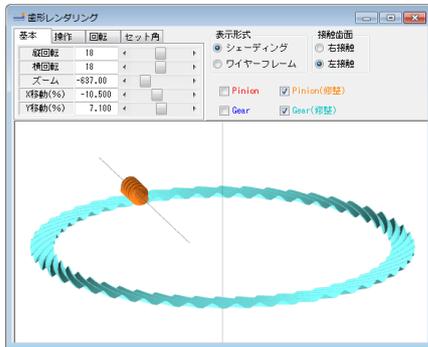


図 20.45 フーリエ解析



$z_1=2, z_2=51, \Sigma=90^\circ, \text{Offset}=15$
図 20.40 歯形レンダリング

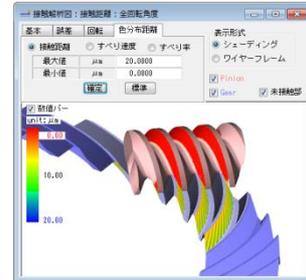


図 20.46 接触距離

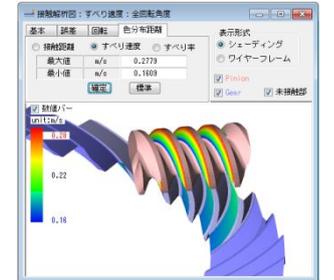


図 20.47 すべり速度

$m_n=1, z_1=2, d_{a1}=5.80, d_{a2}=65.00, d_{f1}=1.611, z_2=51, d_{a0}=80, \Sigma=120^\circ, e=12.0$ としたときの計算結果を図 20.50~20.53 に示します。

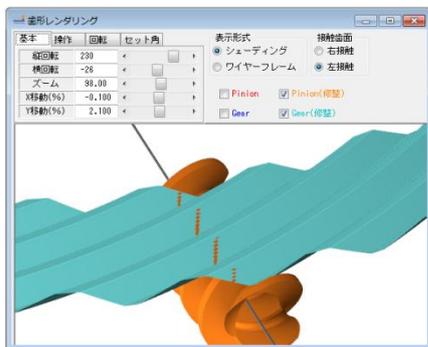
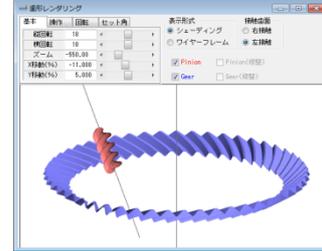


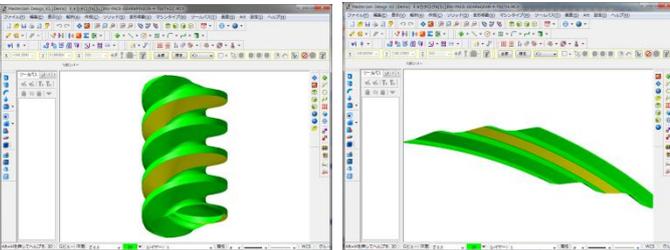
図 20.41 歯形レンダリング



$z_1=2, z_2=51, \Sigma=120^\circ, \text{Offset}=12$
図 20.48 歯形レンダリング

項目	記号	単位	数値
角度分割数	N	---	101
軸角誤差	$\Delta \Sigma$	deg	0.0000
ねじれ角誤差	$\Delta \beta$	deg	0.0000
誤差X	Δx	mm	0.0000
誤差Y	Δy	mm	0.0000
誤差Z	Δz	mm	0.0000
回転数	n	1/min	600.000
最大接触距離	L	μm	10.00
全かみ合い率	$\varepsilon \gamma$	---	2.91

図 20.49 接触解析設定



(a)ピニオン (b)フェースギヤ

図 20.42 CAD 作図例

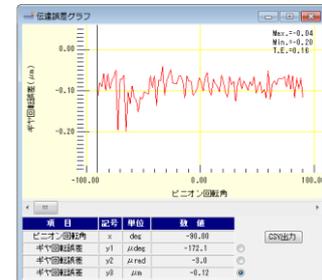


図 20.50 伝達誤差

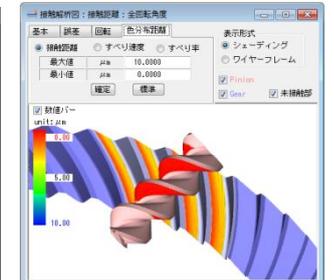


図 20.51 接触距離

項目	記号	単位	数値
角度分割数	N	---	101
軸角誤差	$\Delta \Sigma$	deg	0.0000
ねじれ角誤差	$\Delta \beta$	deg	0.0000
誤差X	Δx	mm	0.0000
誤差Y	Δy	mm	0.0000
誤差Z	Δz	mm	0.0000
回転数	n	1/min	600.000
最大接触距離	L	μm	10.00
全かみ合い率	$\varepsilon \gamma$	---	3.34

図 20.43 接触解析設定

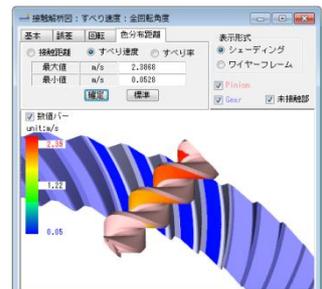


図 20.52 すべり速度

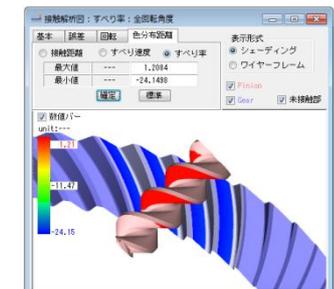


図 20.53 すべり率