

[20] Face gear design system iii

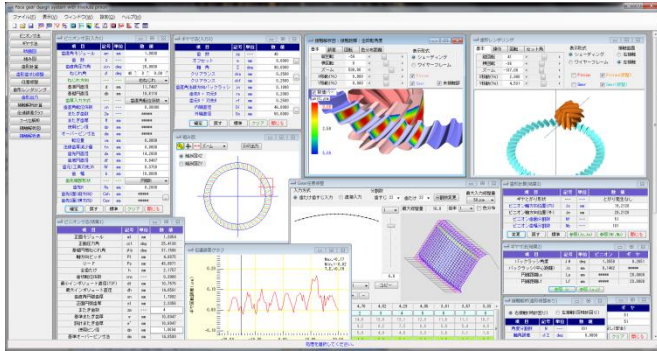


図 20.1 Face gear design system iii

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。

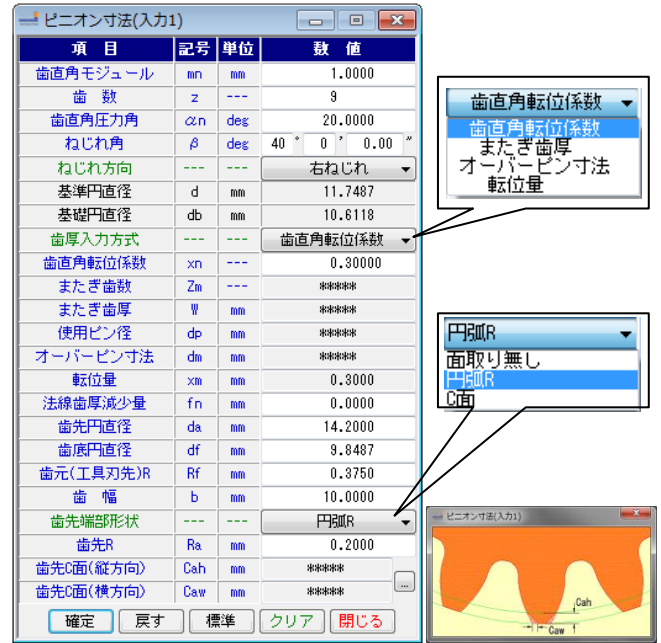


図 20.2 ピニオン諸元

| 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

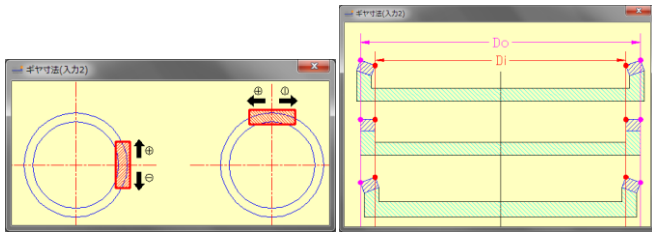


図 20.5 オフセットと内径, 外径の定義

| 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 | 0.2851 |
| 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

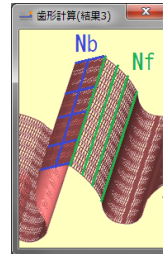


図 20.11 歯形分割

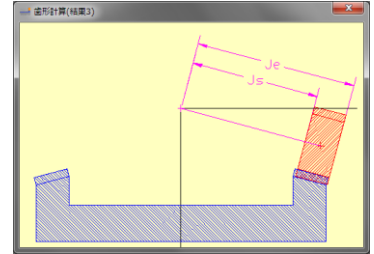


図 20.12 ピニオンの位置

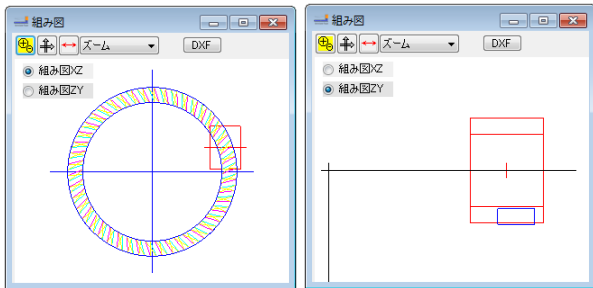
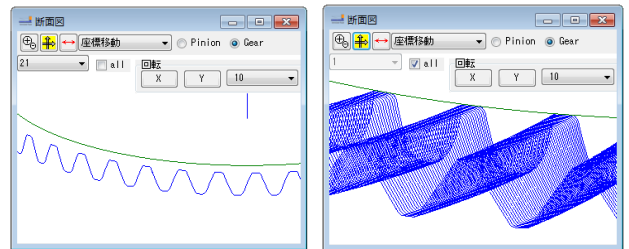


図 20.7 組み図



(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。

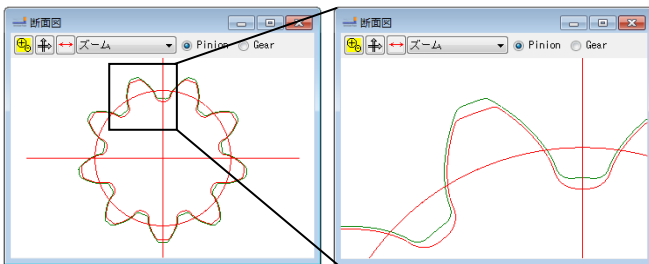


図 20.8 ピニオン歯形

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)

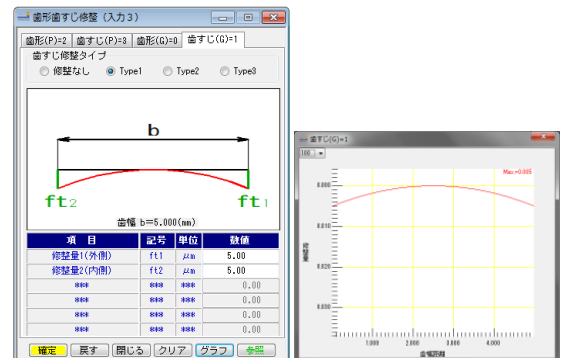
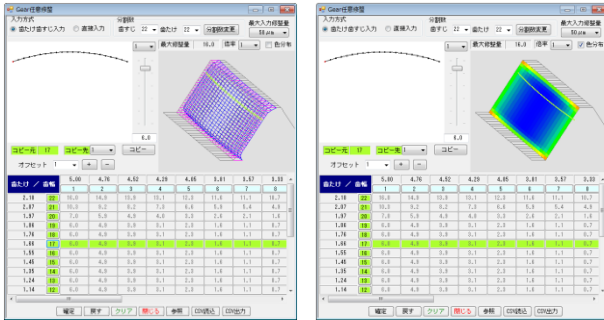


図 20.16 歯すじ修整の例

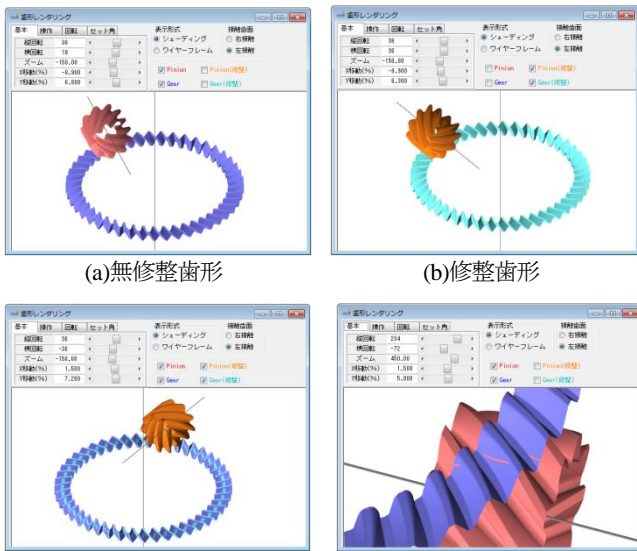
図 20.17 の任意修整では、歯面の分割や各位置でのデータの変更が容易であり図 20.17(b)のように修整を色分布で表すことができます。本例では、図 20.17 のようにピニオンは無修整とし、ギヤに歯面修整を与えるものとします。ここで設定した歯面修整は、CSV ファイルとして出力することができますし、他で作成した CSV ファイルを読み込むこともできます。



(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。

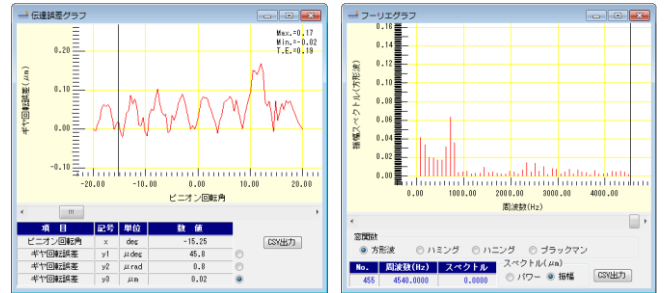
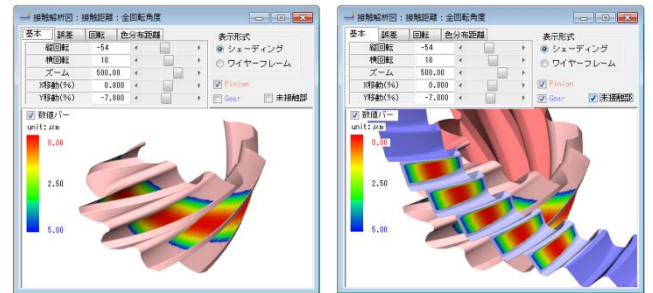
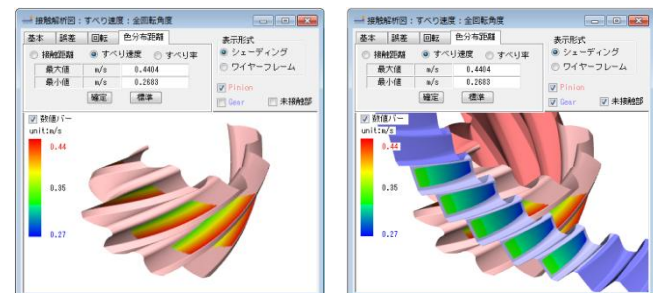


図 20.20 伝達誤差 (TE=0.17 μm) 図 20.21 フーリエ解析

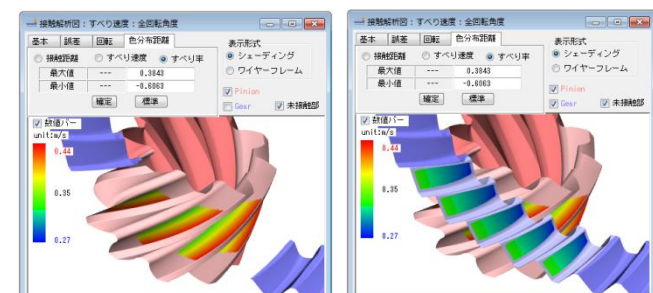
歯当たり解析 (接触距離) とすべり速度、そして、すべり率を図 20.22~20.24 に示します。本例では、図 20.17 でギヤに歯面修整を与えていることから図 20.22 では歯面両端部で接触が弱くなっていることが解ります。また、フェースギヤは、ギヤの外側と内側で、すべりの差が大きくなることから図 20.23 や図 20.25 で、すべり速度を確認することができます。なお、伝達誤差や、すべり速度 (率) は、軸の取り付け誤差を与えても解析することができます、これらは両歯面について解析可能です。



(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

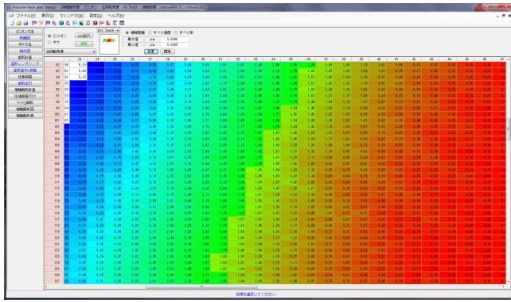


図 20.25 歯当たり解析 (接触距離) のセル表示

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。

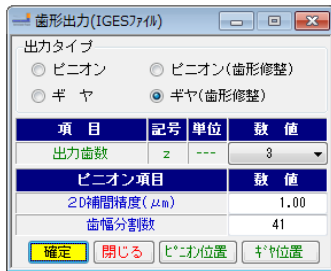
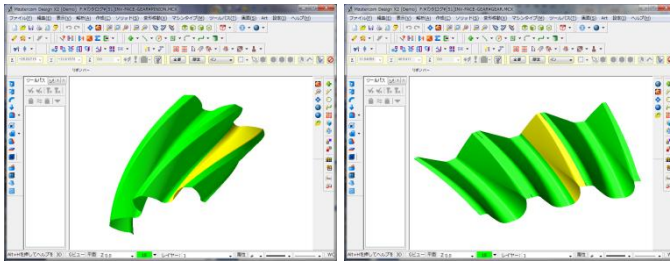


図 20.26 歯形出力



(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

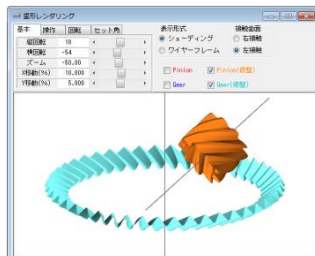


図 20.29 歯形レンダリング

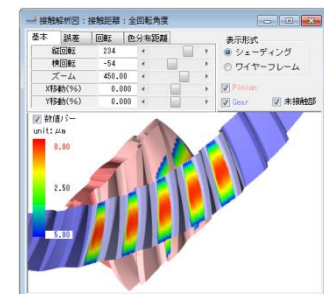


図 20.30 接触距離

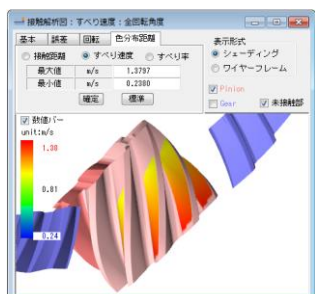


図 20.31 すべり速度

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

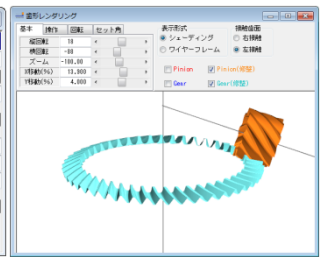


図 20.33 歯形レンダリング

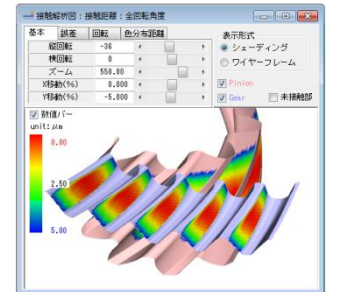


図 20.34 接触距離

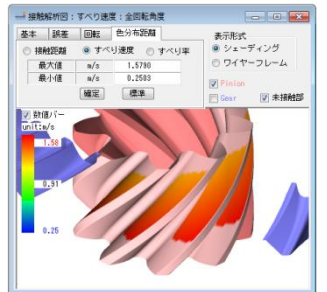


図 20.35 すべり速度

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 |
|----------------|----------|-----|----------|
| 歯数 | z | --- | 51 |
| オフセット | e | mm | 15.0000 |
| 軸角 | Σ | deg | 90.0000 |
| クリアランス | cka | mm | 0.2500 |
| クリアランス | ckf | mm | 0.2500 |
| 歯直角法線方向バックラッシュ | jn | mm | 0.1000 |
| 歯先R = 刃元R | ra | mm | 0.2000 |
| 歯元R = 刃先R | rf | mm | 0.2500 |
| 内端直径 | Di | mm | 145.0000 |
| 外端直径 | Do | mm | 165.0000 |

図 20.37 ギヤ諸元

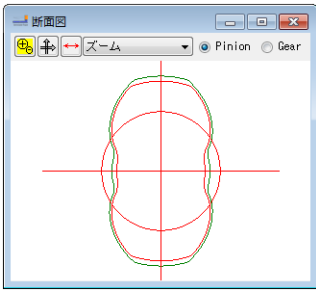


図 20.38 ピニオン歯形

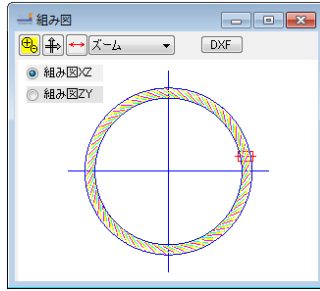


図 20.39 組み図

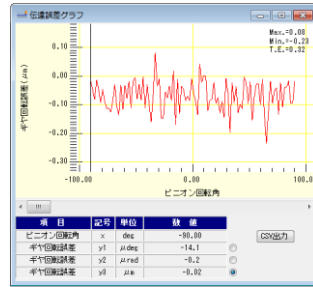


図 20.44 伝達誤差

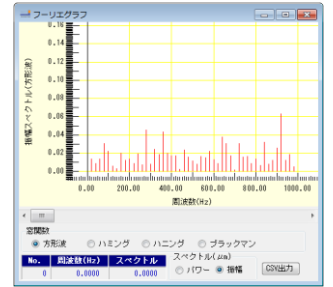
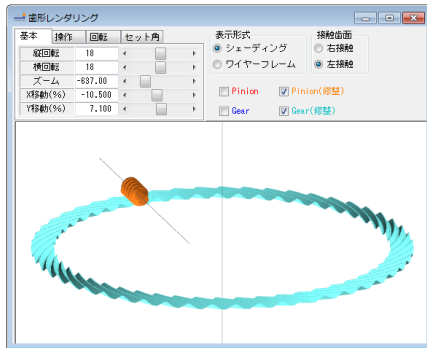


図 20.45 フーリエ解析



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

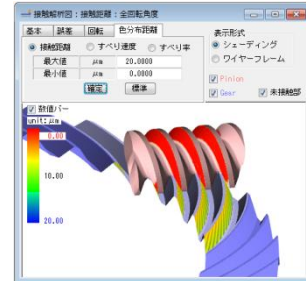


図 20.46 接触距離

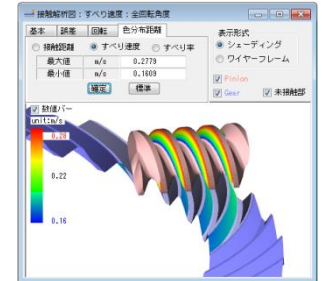


図 20.47 すべり速度

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

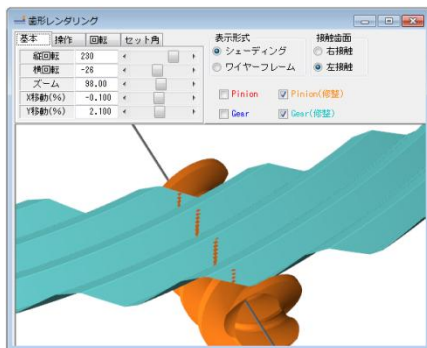
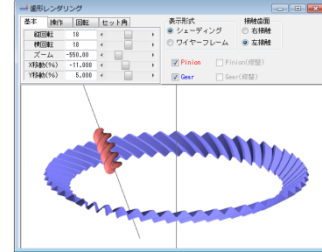


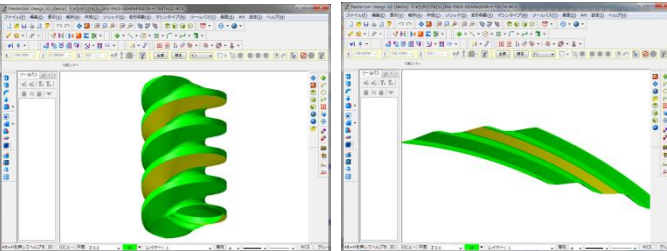
図 20.41 歯形レンダリング



$z_1=2, z_2=51, \Sigma=120^\circ, \text{Offset}=12$
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

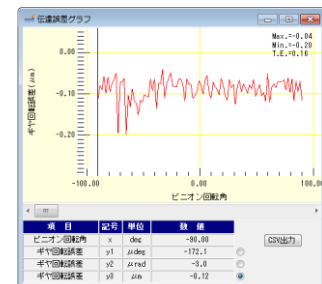


図 20.50 伝達誤差

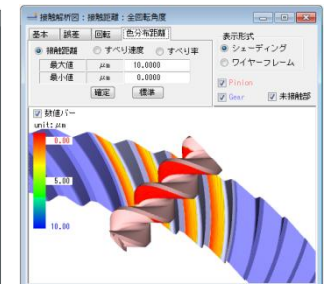


図 20.51 接触距離

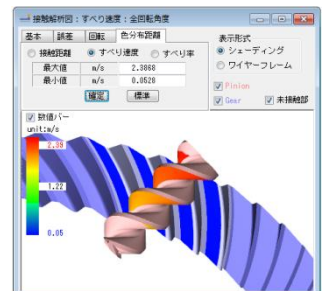


図 20.52 すべり速度

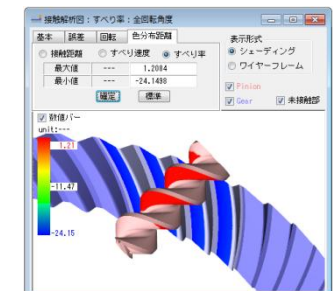


図 20.53 すべり率

| 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