

[20a] involute Faceiii (小形フェースギヤ)

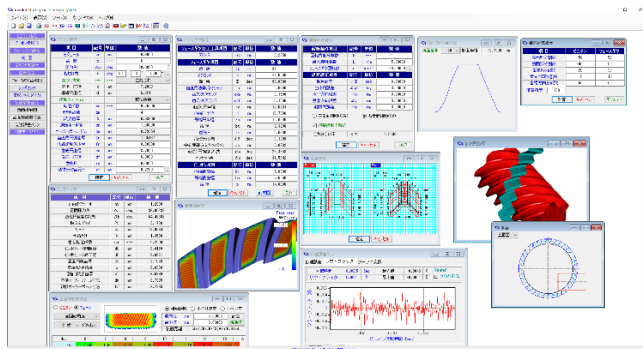


図 20a.1 involute Face gear iii

20a.1 概要

本ソフトウェアは、小形フェースギヤを対象としたソフトウェアです。[20]Face Gear design system iiiの軸角は、90°以外も可能ですが、本ソフトウェアは 90°のみです。しかし、左右歯面に歯面修整を施すことができますので両駆動機器（例えばリール用歯車など）に適しています。

[20] Specific Face Gear design system iiiと同様、フェースギヤの3次元歯形を基に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、すべり率解析機能も含みます。図 20a.1 にソフトウェアの全体画面を示します。

- モジュール : $0.1 \leq m_n \leq 40$
- 歯数 : $4 \leq z_1 \leq 100, 8 \leq z_2 \leq 999$
- ねじれ角 : $0^\circ \leq \beta \leq 80^\circ$ (ピニオン)
- 軸角 : 90°
- 歯面修整 : 両歯面設定可能

20a.2 ソフトウェアの構成

ソフトウェアの構成を表 20a.1 に示します。

表 20a.1 ソフトウェアの構成

No.	項 目	掲載項
1	ピニオン寸法	20a.3
2	フェースギヤ寸法	20a.4
3	ピニオン歯形図	20a.5
4	断面図	20a.6
5	歯形計算	20a.7
6	歯面修整	20a.8
7	フェースギヤ歯形図	20a.9
8	レンダリング	20a.10
9	歯形ファイル出力	20a.11
10	歯面接触解析	20a.12
11	測定データ出力	20a.13
12	設計データ管理	省略

20a.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。歯厚入力方式は、転位係数、またぎ歯厚、オーバーピンそして円弧歯厚から選択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 20a.2 ピニオン諸元

項 目	記号	単位	数 値
正面モジュール	mt	mm	1.2000
正面圧力角	α_t	deg	36.05239
基礎円間ねじれ角	β_b	deg	54.46865
軸方向ピッチ	Pt	mm	2.1766
リード	pz	mm	13.0594
全歯たけ	h	mm	1.3500
歯切転位係数	xnc	---	0.2500
インボリュート開始径	dt	mm	6.4159
インボリュート終了径	dh	mm	8.6691
正面円弧歯厚	st	mm	2.1033
基準またぎ歯厚	w	mm	6.6360
設計またぎ歯厚	w'	mm	6.6360
基準オーバーボール寸法	dm	mm	8.7935
設計オーバーボール寸法	dm'	mm	8.7935

図 20a.3 ピニオン寸法

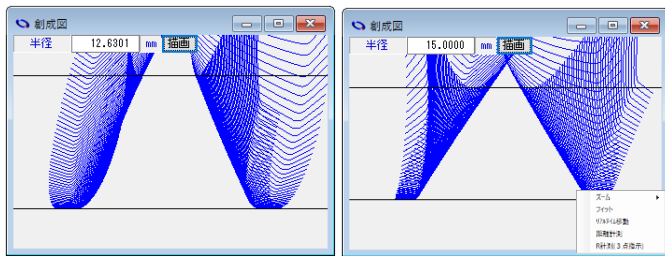
20a.4 フェースギヤ寸法

図 20a.4 にフェースギヤ諸元設定画面を示します。軸角は 90°固定です。オフセットを与えるとフェースギヤの歯形に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。内径の最小半径は、転がり円半径が最小値です。なお、転がり円半径は、ピニオンのねじれ方向およびオフセットの方向により限界値が変わります。



図 20a.4 フェースギヤ諸元

フェースギヤ諸元画面の最下段にある「創成図」でフェースギヤ創成歯形を描くことができます。図 20a.5 (半径 12.63mm) では、左歯面で大きくアンダーカットが発生していることが判ります。



(a) 半径 12.63mm (b) 半径 15.00mm

図 20a.5 フェースギヤ歯形創成図

20a.5 ピニオン歯形図

ピニオン (図 20a.2) の正面歯形を図 20a.6 に示します。

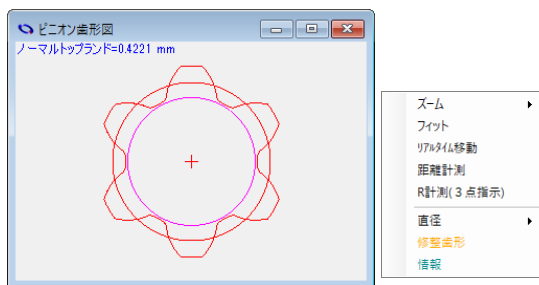
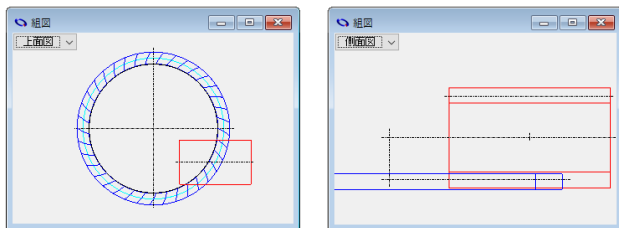


図 20a.6 ピニオン歯形図

20a.6 断面図

断面図を図 20a.7 に示します。



(a) 上面図 (b) 側面図

図 20a.7 断面図

20a.7 歯形計算諸元

歯形計算諸元を図 20a.8 に示します。歯形計算する際の分割数および演算精度 (運動の細かさ) の変更が可能です。

項目	ピニオン	フェースギヤ
歯元部分割数	50	50
歯面部分割数	100	100
歯先R分割数	20	20
歯先円部分割数	10	10
歯幅方向分割数	50	50
演算精度	100	

計算 キャンセル デフォルト

図 20a.8 歯形計算諸元

20a.8 歯面修整

歯面修整は、図 20a.9 のように(a)歯形、(b)歯すじ、(c)歯形・歯すじ、(d)データ読み込みを選択することができます。歯形修整の場合、図 20a.10 のように、この画面で修整を与えることができますし、図 20a.11 のように円弧として与えることができます。また、歯形・歯すじ修整は、図 20a.12 のように設定することができます。

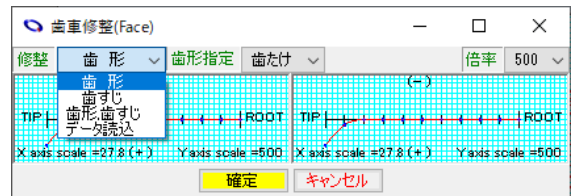


図 20a.9 歯面修整の選択



図 20a.10 歯先修整

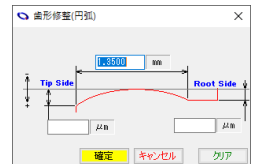


図 20a.11 修整

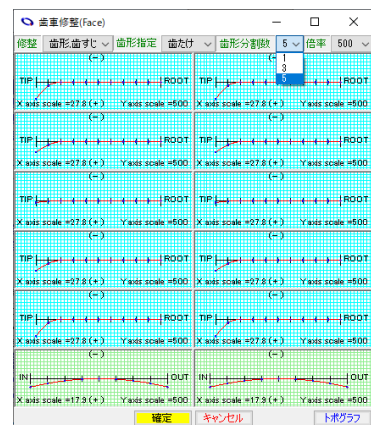


図 20a.12 歯形・歯すじ修整 (歯形 5 の例)

歯形修整データを図 20a.13 のように作成し、これを読み込むことで理論歯形に歯面修整を施すことができます。図 20a.14 の最下段の左右にある「左データ」および「右データ」ボタンで図 20a.13 の csv ファイルを読むことで図 20a.14 のトポグラフを表示します。なお、本例では左右同じ修整としていますが、左右歯面の修整は任意に設定することができます。また、図 20a.14 で読み込んだデータを図 20a.15 で編集することも可能です。

図 20a.13 歯形修整データ (csv) 分割 22×22 の例

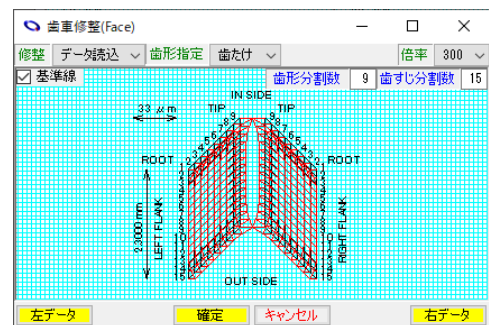


図 20a.14 歯面修整データ読み込み

No.	歯たけ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.2090	10.0	8.1	6.6	5.6	5.1	5.0	5.0	5.0	5.0
2	1.2057	8.4	6.5	5.1	4.1	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4
3	1.2214	7.2	5.2	3.9	2.9	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2
4	1.1571	6.2	4.3	2.9	1.9	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
5	1.0929	5.5	3.6	2.1	1.1	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5
6	1.0286	5.1	3.2	1.7	0.7	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
7	0.9643	5.0	3.1	1.6	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.9000	5.0	3.1	1.6	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.8357	5.0	3.1	1.6	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.7714	5.0	3.1	1.6	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.7071	5.0	3.1	1.6	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0

図 20a.15 歯形修整データの編集画面

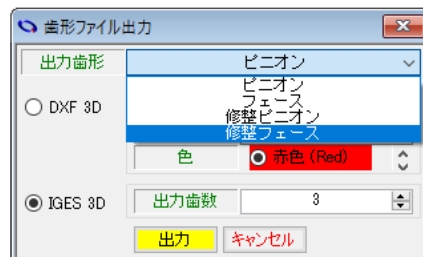
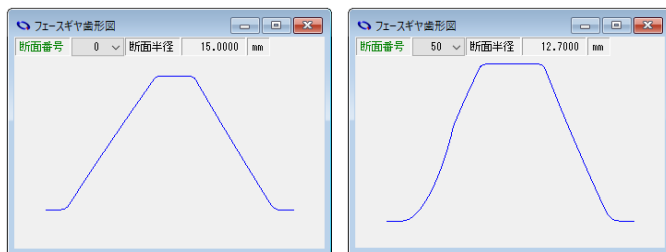


図 20a.18 歯形出力

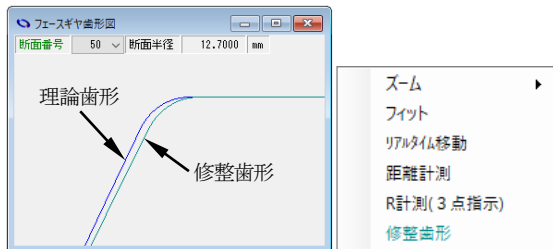
20a.9 フェースギヤ歯形図

フェースギヤの歯形（断面半径方向）を図 20a.16 のように表示することができます。



(a) 外径側 (r=15.00) 歯形

(b) 内径側 (r=12.70) 歯形



(c) 内径側 (r=12.70) 歯形と修整歯形の重ね合わせ

図 20a.16 フェースギヤ歯形

20a.10 レンダリング

生成した歯形を図 20a.17 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。なお、詳細な歯面接触距離、かみ合い率、そして伝達誤差などは、20a.12 で解析することができます。

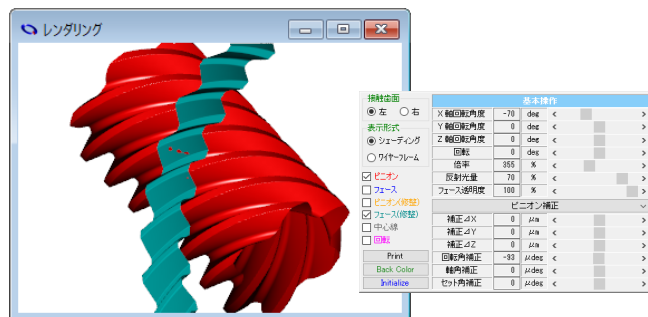
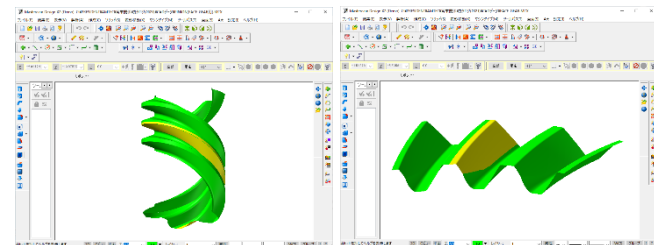


図 20a.17 レンダリング

20a.11 歯形ファイル出力

生成した歯形を図 20a.18 の歯形出力画面で設定し、ピニオンおよびフェースギヤの理論歯形と修整歯形を出力することができますが、ここでは例としてピニオン理論歯形とフェースギヤ修整歯形を 3D-IGES で出力し、CAD で作図した例を図 20a.19 に示します。



(a) ピニオン

(b) フェースギヤ

図 20a.19 CAD 作図例

20a.12 歯面接触解析

図 20a.20 で接触解析の設定を行い[確定]すると生成した歯形の全かみ合い率、伝達誤差、歯当たり（接触距離）、そして、すべり速度を解析します。

図 20a.20(a)の左歯面では全かみ合い率 $\varepsilon_F=1.794$ （理論歯形では $\varepsilon_F=2.014$ ）と表示していますが、これは図 20a.14 の歯面修整を持つ歯形で接触距離を $5\mu\text{m}$ としたときの結果です。また、右歯面では図 20a.20(b)のように $\varepsilon_F=2.020$ （理論歯形では $\varepsilon_F=2.282$ ）です。

解析条件項目	記号	単位	数値
回転角度分割数	N	---	51
最大接触距離	L	μm	5.00000
フェースギヤ回転数	n	min ⁻¹	60.00000

誤差設定項目	記号	単位	数値
軸角誤差	$\Delta \Sigma$	deg	0.00000
セッ角誤差	$\Delta \beta$	deg	0.00000
水平方向誤差	Δx	mm	0.00000
垂直方向誤差	Δy	mm	0.00000
軸方向誤差	Δz	mm	0.00000

(a) 左歯面接触 (CCW)

(b) 右歯面接触 (CW)

図 20a.20 接触解析設定

右歯面 (CW) について歯面接触、すべり速度、すべり率を解析した結果を図 20a.21~20a.24 に示します。すべり速度やすべり率は、図 20a.21 のコントロールフォームで切り替えます。また、角度回転や観察角度も自在に変更することができます。

図 20a.25 の数値表では歯面上の接触距離などの数値を表示し、これを csv ファイルで出力することができます。

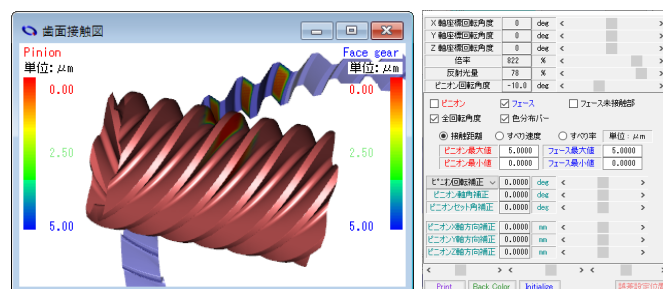
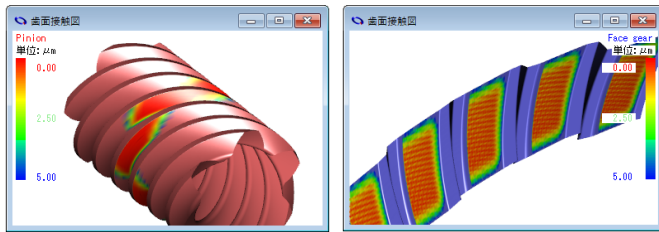


図 20a.21 歯面接触解析結果



(a) ピニオン (b) フェースギヤ

図 20a.22 歯面接触解析結果

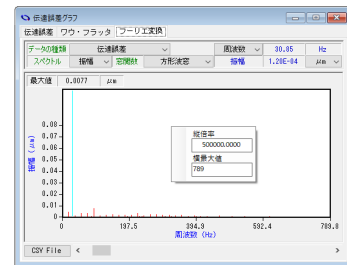


図 20a.28 フーリエ解析

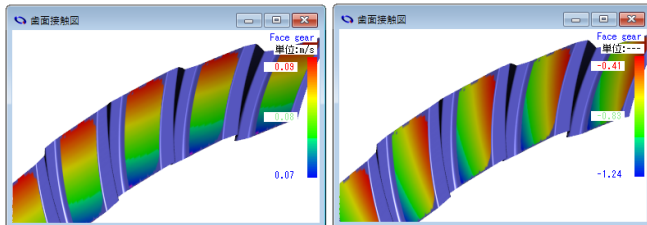
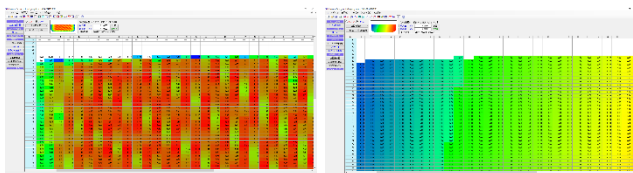


図 20a.23 すべり速度

図 20a.24 すべり率



(a) 歯面接触

(b) すべり速度



(c) すべり率

(d) [CSV 出力]

図 20a.25 数値表

伝達誤差, ワウ・フラッタ (回転むら) そして, フーリエ解析結果を図 20a.26~20a.28 に示します. 解析結果は, 図 20a.14 の歯面修整を持つ歯車のものです, 伝達誤差は $TE=0.09\mu m$ でありワウ・フラッタも $WF=0.01\%$ と非常に小さく, うねり波形は現れていません. これらの解析結果は, 図 20a.20(b) のように取り付け誤差を 0 として与えていますが, 運転時の誤差を考慮して解析することが可能です.

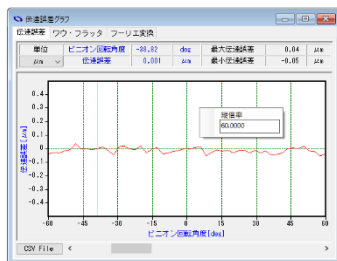


図 20a.26 伝達誤差, $TE=0.09\mu m$

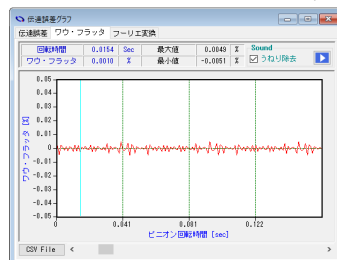


図 20a.27 ワウ・フラッタ, $WF=0.01\%$

20a.13 測定データ

三次元測定機 (Carl Zeiss) 用の測定データを図 20a.29 の設定で出力することができます. 本例では歯幅方向 9, 歯たけ方向 5 として設定していますが, 最大 301×301 として出力することができます. 分割数 9×5 の測定データを図 20a.30 に示します.

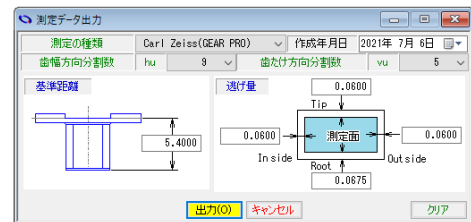


図 20a.29 測定データ出力

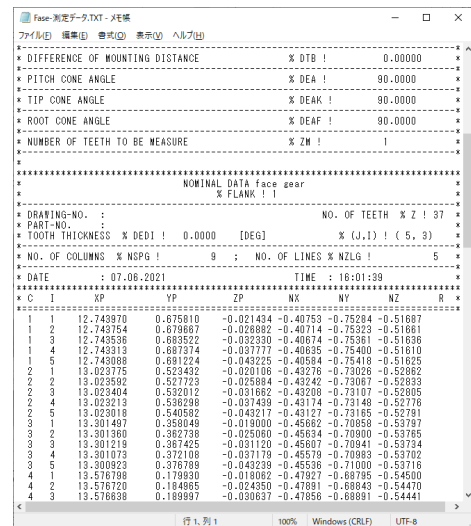


図 20a.30 測定データ (Carl Zeiss) (TXT ファイル)