

[22] CT-FEM ASM (非対称歯形歯車応力解析)

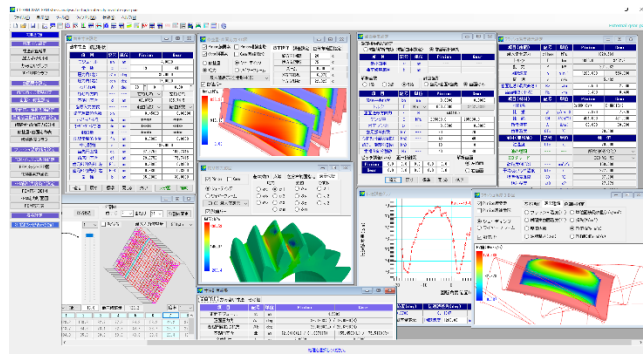


図 22.1 CT-FEM ASM

22.1 概要

非対称歯形歯車は、ギヤの大きさや材料を変更しないで歯面負荷容量を増大させることができます。高圧力角歯形は標準圧力角に比べ、ヘルツ応力は低下し、摩擦係数およびすべり率は小さく、そしてフラッシュ温度を低く抑えることができます。詳しくは【付録 H】をご覧ください。

CT-FEM ASM は、非対称歯形歯車（高強度歯車）の FEM 応力解析ソフトウェアです。CT-FEM Opera iii と同様フラッシュ温度、摩擦係数、油膜厚さ、スカuffing や摩耗の発生確率そして寿命時間の計算ができ、また、歯面端部接触解析や最適歯面修整機能も付加しています。図 22.1 に全体画面を示します。

22.2 ソフトウェアの構成

CT-FEM ASM の構成を表 22.1 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。

適応歯車：インボリュート平、はすば歯車（外歯車、内歯車）

表 22.1 ソフトウェアの構成

項 目	機能
<1>基準ラックの設定（非対称歯形）	○
<2>歯車寸法	○
<3>歯車かみ合い図	○
<4>歯面修整	○
<5>3D 応力分布	○
<6>歯面評価 ⁽¹⁾ 摩擦係数、油膜厚さ、発熱量、 損失動力、PV 値、PVT 値	○
<7>スカuffing 発生確率 ⁽¹⁾	○
<8>摩耗発生確率 ⁽¹⁾	○
<9>寿命時間 ⁽¹⁾	○
<10>効率 ⁽¹⁾	○
<11>3D-FEM 歯形応力解析	○
<12>端部当たり解析	◎
<13>回転伝達誤差解析、フーリエ解析、CSV	◎
<14>内歯車	◎
<15>最適歯面修整の生成機能	◎

(1) 樹脂歯車には対応していません。

22.3 基準ラックの設定

図 22.2 に設定画面を示します。

- ・歯車の組み合わせ：外歯車×外歯車、外歯車×内歯車
- ・基準ラック：並歯、低歯、特殊
- ・歯先円決定の方式：標準方式、等クリアランス方式

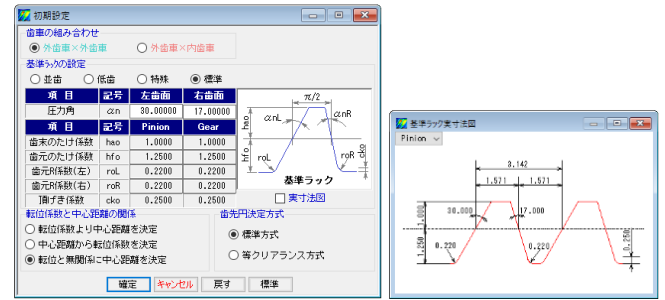


図 22.2 基準ラック

22.4 歯車寸法

歯車寸法は、各部寸法、かみ合い率、すべり率、歯厚などを計算します。アンダーカットが発生している歯車のかみ合い率は、TIF (True Involute Form) 径を基準にかみ合い率を決定します。また、歯先に C 面や丸みがある場合は C または R を考慮したかみ合い率を算出します。

(1) 中心距離と転位係数の関係は、以下の 3 種類です。

- <1>転位係数をピニオンとギヤに与え中心距離を決定
- <2>中心距離を基準として各歯車の転位係数を決定
- <3>転位係数を無視して任意に中心距離を決定

(2) 転位係数の設定方式は、以下の 3 種類です。

- <1>転位係数を直接入力
- <2>オーバークリンチ法を入力して転位係数を決定
- <3>転位量を入力して転位係数を決定

転位係数の入力は、転位係数を直接入力方法以外に、歯厚を基準にして転位係数を逆算することもできます。なお、非対称歯形歯車の「またぎ歯厚」測定はできませんので転位係数の設定方式には含まれません。図 22.3～22.3b に諸元設定画面を示します。また、補助機能の図 22.3b では、圧力角を変更（スライドバー操作）したときの歯形を表示します。



(a) 歯車諸元

(b) 面取り

図 22.3 諸元設定

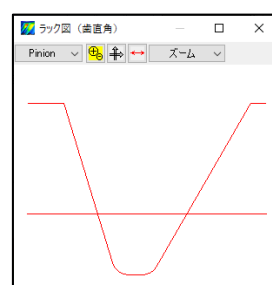


図 22.3a 基準ラック

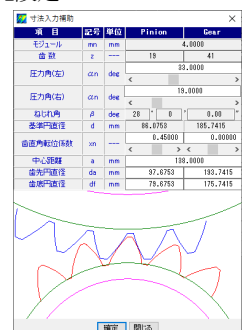


図 22.3b 補助機能

図 22.4～22.6 に寸法結果を示します。また、図 22.7 に非対称歯形歯車のオーバーボール測定位置図を示します。

項目	記号	単位	Pinion	Gear
正面モジュール	mt	mm	4.5303	
正面圧力角	α_t	deg	33.1803(L) / 19.0390(R)	
基礎円歯角	β_b	deg	23.8836(L) / 26.8768(R)	
基礎円直径	db	mm	72.0410(L) / 81.3373(R)	155.4569(L) / 175.5173(R)
全歯厚	h	mm	9.0000	9.0000
歯切歯位係数	xnc	---	0.4500	0.0000
最小インポート直径	dt	mm	80.9364(L) / 82.2706(R)	177.1719(L) / 178.7037(R)
最大インポート直径	dh	mm	96.6753(L) / 96.6753(R)	192.7415(L) / 192.7415(R)
歯面厚	sn	mm	7.8727	6.2832
正面歯面厚	st	mm	8.9164	7.1161
オーバール径	dp	mm	8.0000	8.0000
基準オーバール径	dm	mm	101.7497	189.8868
設計オーバール径	dmt	mm	101.7497	189.8868

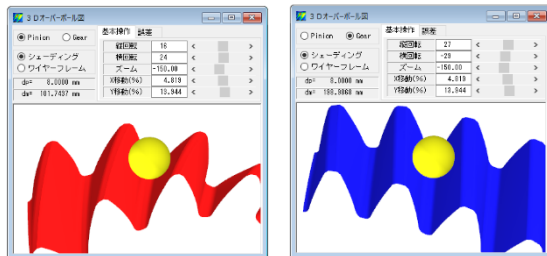
図 22.4 寸法結果 1

項目	記号	単位	Pinion	Gear
正面かみ合い圧力角	α_{wt}	deg	34.4857(L) / 21.4684(R)	
かみ合い歯角	β_w	deg	28.9643	
かみ合いピッチ円直径	dwt	mm	87.4000	189.8000
歯距比	zh	---	2.1579	0.4634
有効歯幅	bw	mm	30.0000	
クリアランス	ck	mm	1.2916	1.2916
正面かみ合い率	ε_{α}	---	0.9292(L) / 1.1405(R)	
重なりかみ合い率	ε_{β}	---	1.1208(L) / 1.1208(R)	
全かみ合い率	ε_{γ}	---	2.0500(L) / 2.2693(R)	
すべり率	σ_1	---	-0.2474(L) / -0.7278(R)	0.1983(L) / 0.4212(R)
すべり率	σ_2	---	-0.3401(L) / 0.5676(R)	-0.5154(L) / -1.3129(R)
正面法線バックラッシュ	Jt	mm	0.3010(L) / 0.3398(R)	
バックラッシュ角度	Jθ	deg	0.4788	
最大接触直径	dja	mm	96.6753(L) / 96.6753(R)	192.7415(L) / 192.7415(R)
最小接触直径	djf	mm	89.5572(L) / 84.0954(R)	180.5398(L) / 182.1619(R)

図 22.5 寸法結果 2

項目	記号	単位	Pinion	Gear
最大面圧(膜要素応力)	σ_H	MPa	1836.32	
要素数	---	---	55754	45402
節点数	---	---	93433	76279
最大曲げ応力(σ_1)	σ_1	MPa	490.59	558.56
最大曲げ要素番号	---	---	36125	29417

図 22.6 計算結果 3



(a)ピニオン (b)ギヤ

図 22.7 非対称歯形歯車のオーバーボール測定位置

22.5 かみ合い図

図 22.8 に正面かみ合い図(左歯面接触)を示します。補助フォームで基準円直径や作用線を作図することができます。また、歯車を回転させることができます。また、歯形を拡大することもできます。

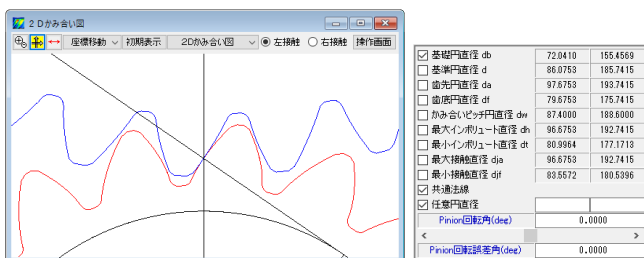
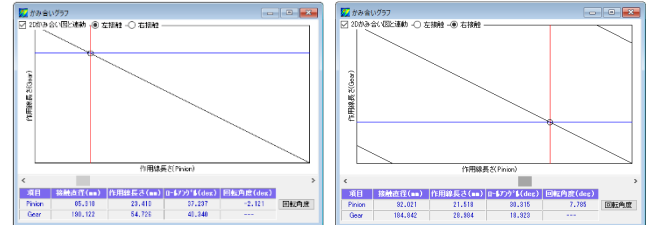


図 22.8 正面かみ合い図

22.6 かみ合いグラフおよびすべり率グラフ

図 22.9 にかみ合いグラフを示します。このグラフでは横軸にピニオンの作用線長さを、縦軸にギヤの作用線長さを示していますのでかみ合いの関係が良く解ります。図 22.9(a)の場合、ピニオンの接触直径が 85.918mm のときギヤの接触直径は 190.122mm です。また、そのときのピニオンの作用線長さは 23.410mm で、ギヤは 54.726mm です。さらに、図 22.8 の正面かみ合い図と連動させることができますので歯のかみ合いも把握することができます。

図 22.10 の回転角度計算(図 22.9 中の[逆算]ボタン)は、接触直径、作用線長さ、ロールアングルそして回転角度の関係を計算するための補助計算機能です。図 22.11 にすべり率グラフを示します。

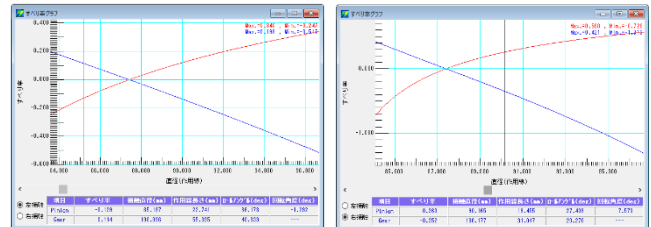


(a) 左歯面 (b) 右歯面

図 22.9 かみ合いグラフ

項目	記号	単位	Pinion	Gear
接触直径	d'	mm	85.9183	190.1225
作用線長さ	L	mm	23.4097	54.7260
ロールアングル	ϕ	deg	37.2364	40.3400
回転角度	θ	deg	-2.1208	歯速比で決まる

図 22.10 回転角度計算(左歯面)



(a)左歯面 (b)右歯面

図 22.11 すべり率グラフ

22.7 歯面要素(入力2)

図 22.12 に歯面要素設定画面を示します。ここではトルクとヤング率, ボアソン比そして歯形の分割数を設定します。ヤング率,

項目	記号	単位	Pinion	Gear
最小曲率	ρ	mm	---	---
曲率修整範囲	h	mm	---	---
解析歯数	---	---	1歯	3歯
計算箇所	---	---	歯元+歯面+歯先	歯面のみ
歯幅中央位置	bw	mm	0.0000	0.0000
トルク	T	N·m	1600.0000	3452.6316
正面法線方向力	F	N	44419.2	---
ヤング率	E	MPa	205800.0	205800.0
ボアソン比	ν	---	0.3000	0.3000
歯元部分分割数	Nh1	---	20	20
歯先部分分割数	Nh2	---	40	40
歯先、端部分割数	Nh3	---	10	10
歯幅方向分割数	Nb	---	40	40
ピッチ誤差(μm)	---	---	0.0	0.0
Pinion	0.0	0.0	0.0	0.0
Gear	0.0	0.0	0.0	0.0

図 22.12 歯面要素設定(左歯面)

ポアソン比をプラスチック材料とすることによりプラスチック歯車も解析することができます。解析歯形は1歯、3歯、5歯を選択することができますので、例題歯車のように全かみ合い率が高い場合には5歯を選択します。また、ピッチ誤差を与えることができますが、例題歯車ではピッチ誤差を0として解析します。

22.8 歯形歯すじ入力

定型の歯形修整および歯すじ修整は各々3種類（Type1～3）あります。本例で与えるピニオンの歯形修整を図22.13に、歯すじ修整を図22.14に示しますが、本例のギヤは無修整とします。

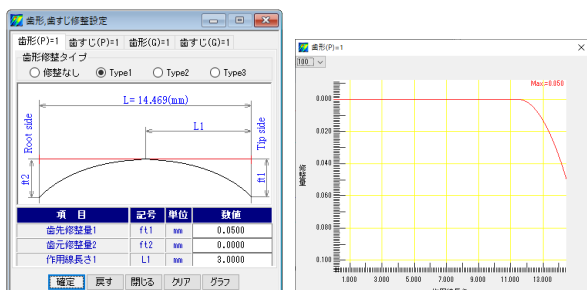


図 22.13 歯形修整とグラフ

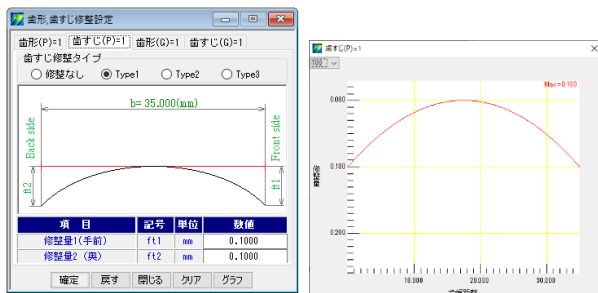
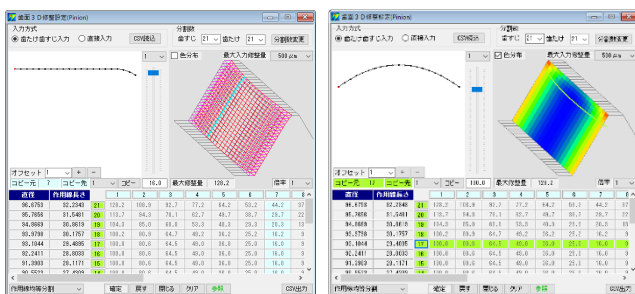


図 22.14 歯すじ修整とグラフ

22.9 3D 任意歯面修整

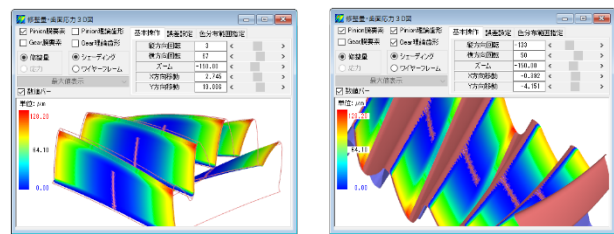
3D 歯面修整は図22.15のように直接入力することもできますし、図22.13および図22.14で設定した修整を引き継ぐこともできます。図22.15は、図22.13と図22.14で設定した修整を3D表示したものです（ギヤは無修整のため省略）。また、この歯形をCSVファイルで出力することも、歯車検査結果データ（CSVファイル）を読み込むこともできます。



(a)歯形修整表示 (b)歯すじ修整表示+色分布
図 22.15 歯面修整（ピニオン）

22.10 歯面要素 3D 図

図22.15で設定した歯形を3D図で確認することができます。補助フォームでは歯車を回転、ズームさせることができ、中心距離誤差や組み立て誤差角度を設定し、歯当たりを確認することができます。図22.16(a)は歯面修整を持つ歯形を表示したもので、(b)は、それに理論歯形（ピニオン赤色とギヤ青色）を重ねた合わせた図です。また、図22.17に歯面要素メッシュモデルを示します。



(a)歯面修整 (b)歯面修整+理論歯形

図 22.16 歯面要素

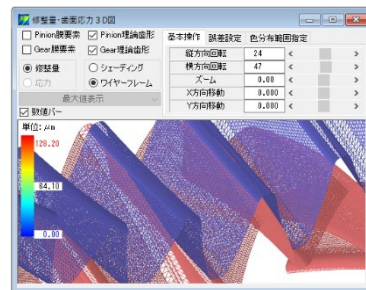


図 22.17 歯面要素メッシュモデル

22.11 歯面解析

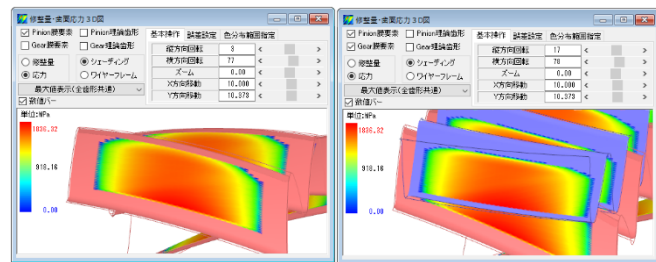
歯車諸元やトルクそして歯面修整を与えたときの歯面応力を解析します。解析角度は1ピッチ角度と最大接触角度の2種類あります。ここでは例題として図22.18のように最大接触角を60分割し、食い違い角誤差と平行度誤差共に0°として計算します。この軸角誤差は、負荷により軸受や歯車箱が歪んだときの誤差角であり、この原因により歯当たりが変化し応力分布に変化を生じさせます。



図 22.18 歯面解析設定

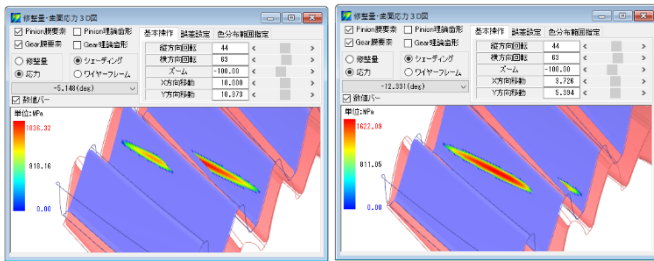
22.12 歯面応力解析結果

歯面応力解析結果を図22.19に示しますが、図22.15で歯面修整を施していることから歯幅側面領域で応力が小さくなっていることが解ります。また、本例の場合、歯面応力の最大、最小値は、図22.20のように歯面最大応力（ $\sigma_{Hmax}=1836\text{MPa}$ ）は、ピニオン回転角 $\theta_p=-5.148^\circ$ のときであり、最小歯面応力（ $\sigma_{Hmin}=1622\text{MPa}$ ）は、ピニオン回転角 $\theta_p=-12.33^\circ$ のときということが解ります。



(a) ピニオン (b) ギヤ

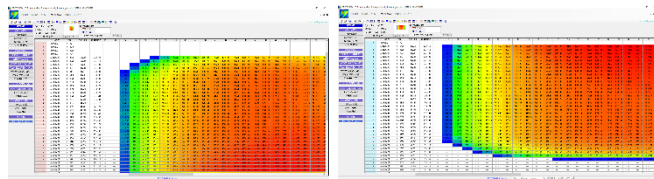
図 22.19 歯面応力（ $\sigma_{Hmax}=1836\text{MPa}$ ）



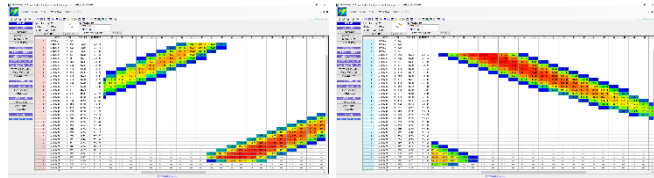
(a) $\sigma_{Hmax}=1836\text{MPa}(\theta_p=5.148^\circ)$ (b) $\sigma_{Hmin}=1622\text{MPa}(\theta_p=-12.33^\circ)$
図 22.20 歯面応力の最大と最小

歯面全体の応力分布（セル表示）を図 22.21 に示します。例題の場合、歯幅方向に 98 個（歯幅面取り部含む）、歯たけ方向に 70 個（歯先面取り含む）の領域の応力を表示しますので歯面位置における応力値が解ります。また、ここに表示している応力値は CSV ファイルで出力することができます。

各々の回転角時の応力は、図 22.22 のようにピニオン回転角に応じた応力分布を表示することができますので応力変化と接触位置を把握することができます。



(a) ピニオン (b) ギヤ
図 22.21 歯面応力 ($\sigma_{Hmax}=1836\text{MPa}$)



(a) ピニオン (b) ギヤ
図 22.22 $\theta_p=5.148^\circ$ の応力 ($\sigma_{Hmax}=1836\text{MPa}$)

22.13 フラッシュ温度、摩擦係数、油膜厚さ 他

フラッシュ温度を計算するときの設定画面を図 22.23 に示します。ここでは、回転速度、歯面粗さの他に材料（熱伝導率）を選択します（図 22.24）。潤滑油の種類は鉱物油、合成油を選択することができますが、規格外の場合は、任意に動粘度や油の平均温度などを設定することができます。フラッシュ温度、摩擦係数、油膜厚さなどの計算結果を図 22.25～22.32 に示します。また、スカuffing 発生確率、摩耗の発生確率を図 22.33 に示します。



図 22.23 フラッシュ温度設定画面

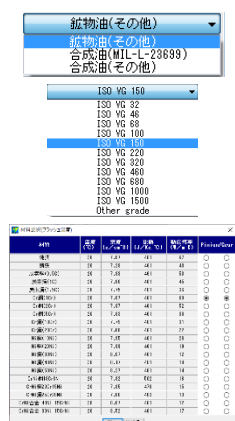
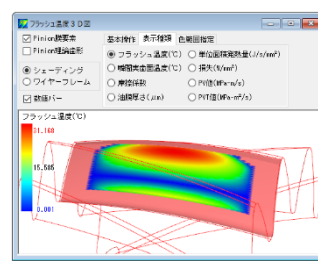
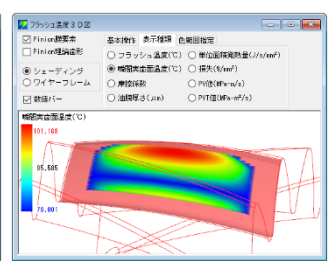


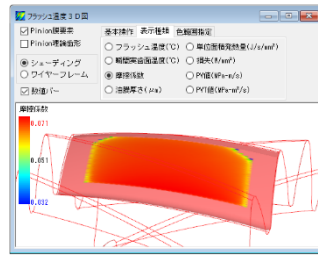
図 22.24 材料と潤滑油



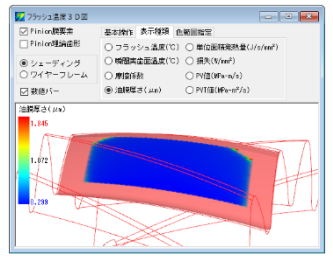
$T_f=31.2(^\circ\text{C})$
図 22.25 フラッシュ温度



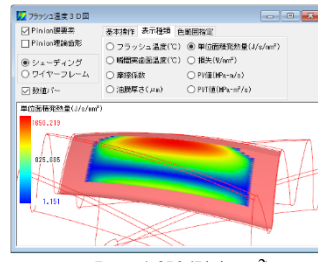
$T_{IB}=101.2(^\circ\text{C})$
図 22.26 瞬間実歯面温度



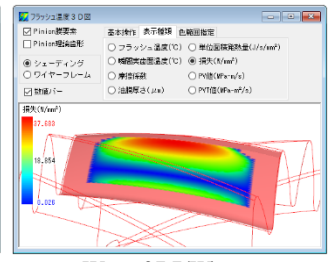
$\mu_{max}=0.071$
図 22.27 摩擦係数



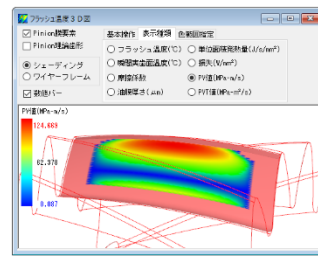
$\lambda_{min}=0.299(\mu\text{m})$
図 22.28 油膜厚さ



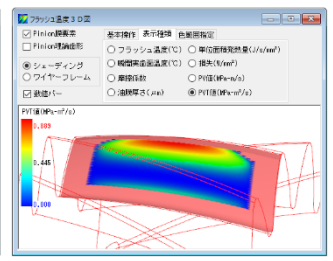
$J_{max}=1650(\text{J/s/mm}^2)$
図 22.29 発熱量



$W_{max}=37.7(\text{W})$
図 22.30 損失動力



$PV_{max}=125(\text{MPa}\cdot\text{m/s})$
図 22.31 PV 値



$PVT_{max}=0.889(\text{MPa}\cdot\text{m}^2/\text{s})$
図 22.32 PVT 値

損傷確率・損失				
項目	記号	単位	Pinion	Gear
スカuffing 発生確率	η_s	%		<5
摩耗の発生確率	η_f	%		5.00
動力損失	η_e	%		0.79

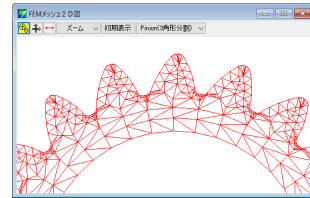
図 22.33 損傷確率

22.14 端部解析（オプション）

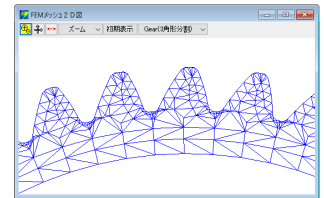
22.11～22.13 項ではインボリュート歯面について解析しましたが、ここでは歯先や側面部の端部解析（図 22.34）をした結果を示します。解析の結果、図 22.35 のようにピニオン歯元とギヤ歯先に $\sigma_{Hmax}=4474\text{MPa}$ の大きな応力が発生します。フラッシュ温度はインボリュート歯面の解析では図 22.25 のように歯先部で 31.2°C だったものが端部解析では図 22.36 のようにピニオン歯先部で 147°C に上昇していることが解ります。



図 22.34 歯面設定（端部解析）



(a) ピニオン



(b) ギヤ

図 22.38 2D メッシュモデル

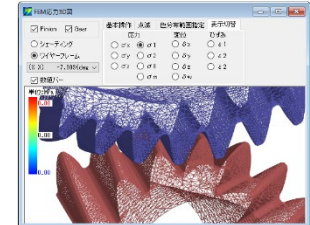
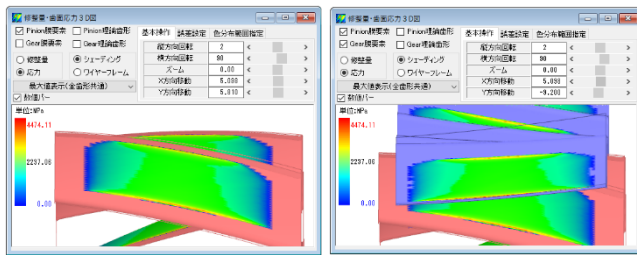


図 22.39 3D メッシュモデル



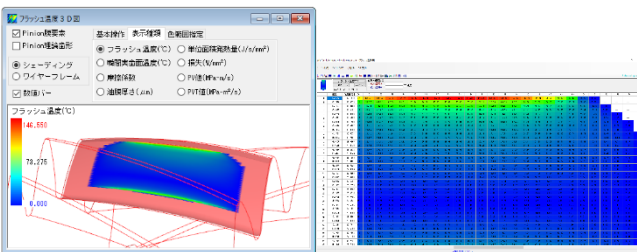
図 22.40 FEM メッシュ要素



(a) ピニオン

(b) ギヤ

図 22.35 歯面応力（端部解析， $\sigma_{Hmax}=4474MPa$ ）



(a) 歯形上表示

(b) セル表示

図 22.36 フラッシュ温度， $T_f=147(^\circ C)$

22.15 FEM 解析

FEM 解析するため図 22.37 でメッシュモデルを作成します。ここでは標準モデルでメッシュを作成しますが、設定の方法は歯形を精度で決める方法と歯形を分割数で決める方法の 2 通りがあります。メッシュ分割した歯形は、図 22.38 のように 2D メッシュモデルや図 22.39 の 3D メッシュモデルで確認することができます。また、3D-FEM メッシュ要素は座標と節点を図 22.40 のように表示することができます。また、メッシュモデルは図 22.41 のようにリム・ハブモデルとして生成することができます。



図 22.37 メッシュモデル設定



図 22.42 FEM 解析角度の設定

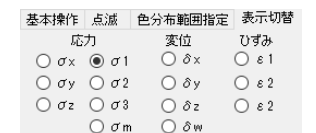
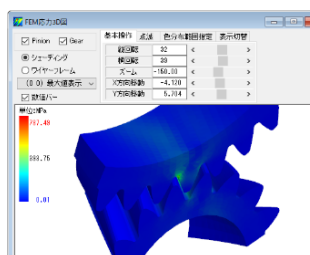
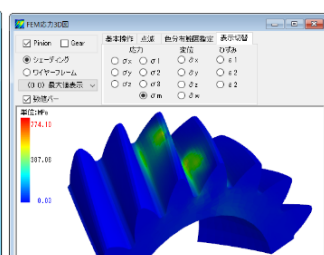


図 22.43 解析の種類



(a) 1 対歯車



(b) ピニオン $\sigma_{max}=774MPa$

図 22.44 ミーゼス応力

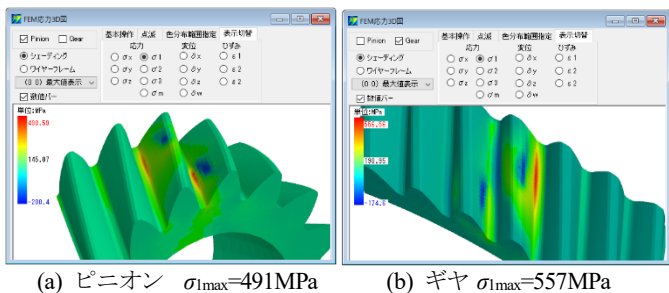


図 22.45 最大主応力

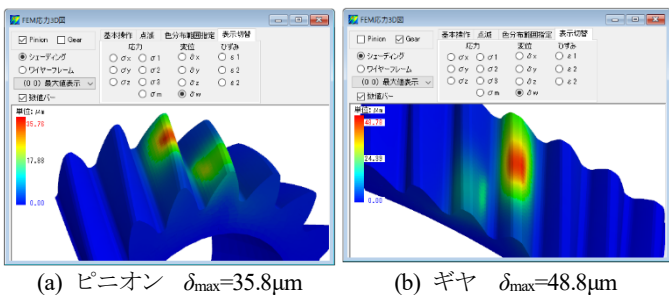


図 22.46 変位

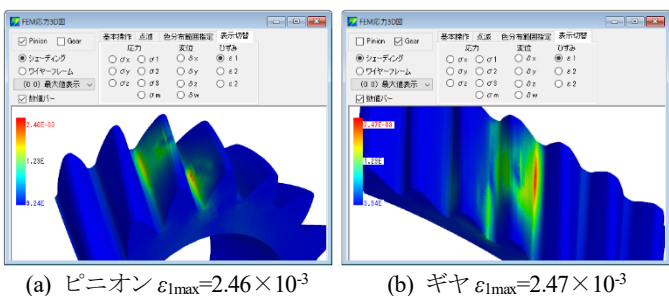


図 22.47 ひずみ

図 22.48 の解析結果一覧表でピニオンの最大主応力の最大値 $\sigma_{1\max}=491\text{MPa}$ の要素番号は 36125 ということが解りますので、この番号を図 22.49 の「点滅」に入力すると応力分布図(○印中で▲が点滅します)で確認することができます。

FEM 解析結果後、図 22.50 のように歯幅方向の任意の位置での応力を表示することができます。図 22.50 は歯幅断面位置 $z\text{d}=3\text{mm}$ の応力を示しています。

FEM解析結果											
最大変位											
確定											
要素番号	変位方向(°)	節点番号	節点変位(mm)	節点変位(mm)	変位方向(°)	主方向1	主方向2	主方向3	主方向4	主方向5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	18124	251.75	277.45	65.49	225.51	3.51	6.57	489.59	65.87	18.52	488.89
2	18424	277.44	57.72	205.63	-5.27	-6.86	489.62	57.48	15.44	488.96	
3	18124	282.52	262.80	41.84	226.67	31.08	16.29	479.38	49.59	16.41	488.90
4	16118	217.13	246.13	52.85	288.08	16.84	21.06	442.92	51.57	22.53	405.75
5	35827	338.68	124.43	67.45	171.01	-23.61	-29.49	437.79	64.47	27.08	392.80
6	16228	246.18	209.39	51.82	289.37	15.18	-1.80	489.95	59.55	20.58	398.89
7	16219	247.57	218.84	69.44	189.05	-7.87	-6.48	488.54	69.31	15.48	392.82
8	35828	336.51	129.80	64.25	185.16	-16.34	-22.70	429.85	62.54	31.08	392.21
9	36488	169.58	84.64	-41.68	280.22	125.89	65.96	427.74	-50.29	-107.52	546.16
10	16225	251.05	196.87	46.81	197.28	-11.13	-18.27	424.59	46.15	24.99	398.36
11	15828	328.61	116.70	72.80	187.87	-19.19	-19.83	425.95	69.39	25.79	378.89
12	16217	245.19	209.69	68.82	197.14	7.86	10.61	429.78	69.39	25.82	398.63
13	35825	338.13	113.29	68.18	183.88	-16.88	-18.39	418.74	59.72	24.98	378.86
14	15824	328.89	118.80	65.81	184.38	-10.47	-11.59	419.71	69.29	27.79	374.83
15	15821	323.29	105.82	78.47	186.58	-16.16	-12.44	419.24	71.89	28.44	378.79
16	36119	199.80	241.37	76.40	186.24	3.35	14.80	418.42	77.58	21.87	371.84
17	16222	251.05	182.44	46.25	185.82	10.12	2.18	416.28	47.45	16.88	384.84
18	35818	338.88	102.45	68.78	185.94	-18.58	-18.86	415.84	67.54	27.52	368.36

図 22.48 解析結果一覧

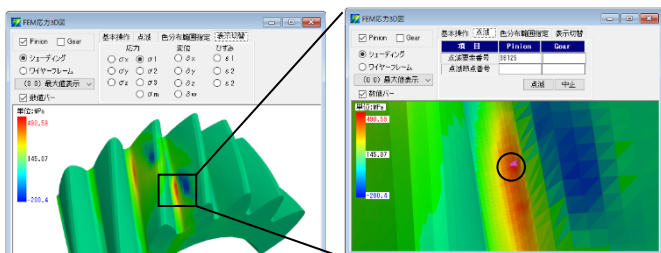
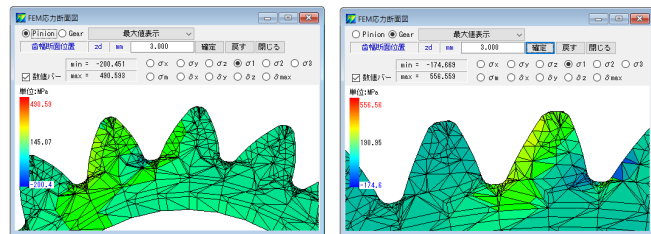


図 22.49 ピニオン $\sigma_{1\max}$ の位置



(a) ピニオン (b) ギヤ

図 22.50 FEM 断面図

22.16 寿命時間

歯面応力解析および FEM 解析後に寿命時間を計算します。ここでは材料の歯面強さに対する許容応力値を $\sigma_{\text{lim}}=2000\text{MPa}$ 、曲げ強さに対する許容応力値を $\sigma_{\text{flim}}=400\text{MPa}$ としたときの寿命時間を図 22.51 に示します。

項目	記号	単位	Pinion	Gear
歯面最大応力	σ_{Hmax}	MPa	1828.921	1838.316
最大曲げ応力 (σ_1)	σ_1	MPa	489.593	558.558
回転速度	n	min ⁻¹	1200.000	558.098
許容ヘルツ応力	σ_{Hlim}	MPa	2000.000	2000.000
許容曲げ応力	σ_{flim}	MPa	400.000	400.000
過負荷の回数	N_e	---	1	---
材料の劣化の有無	---	---	非劣化材料	一般
使用状態	---	---	一般	---
項目(歯面)				
予想応力繰り返し係数	Z_N	---	0.914	0.918
予想寿命負荷回数	N_c	---	4.88E+08	4.10E+08
予想寿命時間	L_c	hrs	6.78E+03	1.23E+04
項目(歯牙)				
予想応力繰り返し係数	Z_N	---	1.228	1.391
予想寿命負荷回数	N_c	---	7.50E+05	2.80E+05
予想寿命時間	L_c	hrs	1.04E+01	7.80E+00

図 22.51 寿命時間

22.17 回転伝達誤差 (オプション)

図 22.18 の歯面解析設定画面で与えた回転角度内での回転伝達誤差を図 22.52 に、フーリエ解析結果を図 22.53 に示します。

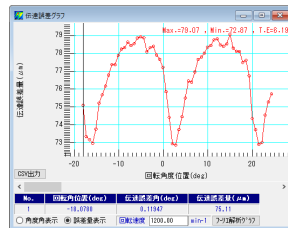


図 22.52 回転伝達誤差

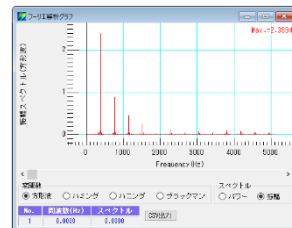


図 22.53 フーリエ解析

22.18 最適歯面修整量解析 (オプション)

図 22.13 のように歯面修整を一樣に決めるのではなくトルク、ピッチ誤差そして軸角誤差を考慮したとき歯面応力が最小となる

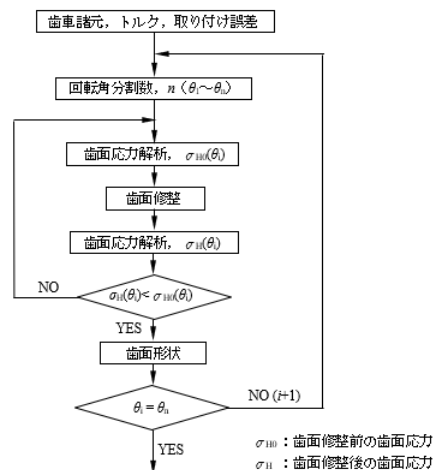


図 22.54 歯面応力が最小となる歯面修整フローチャート

修整量を決めることができる機能です。ここでは、トルクなどを図 22.12 の条件としたとき、図 2.54 のフローチャートに基づいて歯面応力が最小となる歯面形状を生成します。

本例は、**最適修整量解析条件設定** で、図 22.55 の食い違い誤差、および並行度誤差を 0 とし、回転分割数と繰り返し計算回数を共に 5 とし、修整量振り分け比をピニオン 1.0、ギヤを 0 としています（標準の修整量振り分け比は 0.5, 0.5）。

最適歯面修整解析の結果、図 22.56 の歯面形状を得ることができ、この歯面で応力解析をすると図 22.57 のように歯面応力は、 $\sigma_{Hmax}=1435MPa$ となり、図 22.19 の歯面応力 ($\sigma_{Hmax}=1836MPa$) より 400MPa 低下することが解ります。また、フラッシュ温度は図 22.23 と同じ条件で解析すると図 22.58 のように $T_f=27.4^\circ C$ となり図 22.25 より $3.8^\circ C$ 低下します。



図 22.55 最適歯面修整設定

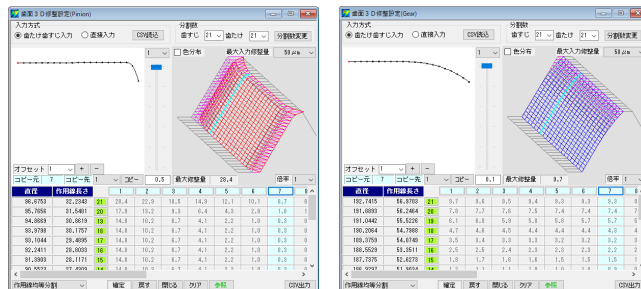


図 22.56 最適歯面修整

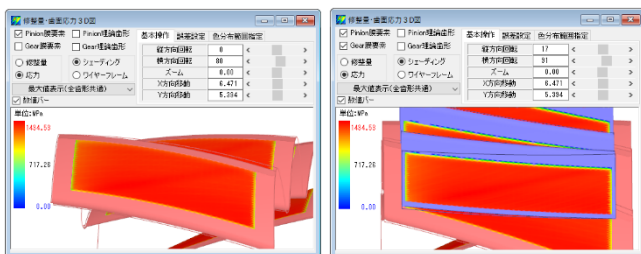


図 22.57 歯面応力, $\sigma_{Hmax}=1435MPa$

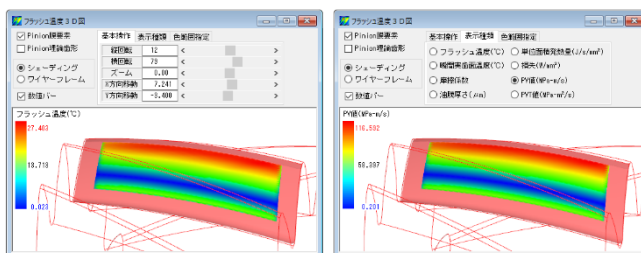


図 22.58 フラッシュ温度

図 22.59 PV 値

22.19 内歯車の解析 (オプション)

図 22.2 で「外歯車×内歯車」を選択し、図 22.60 で歯車諸元を設定し、外歯車対と同様に解析します。解析結果を図 22.60~22.73 に示します。ピニオンの歯面修整は「外歯車×外歯車」の図 22.15 と同じにしています。

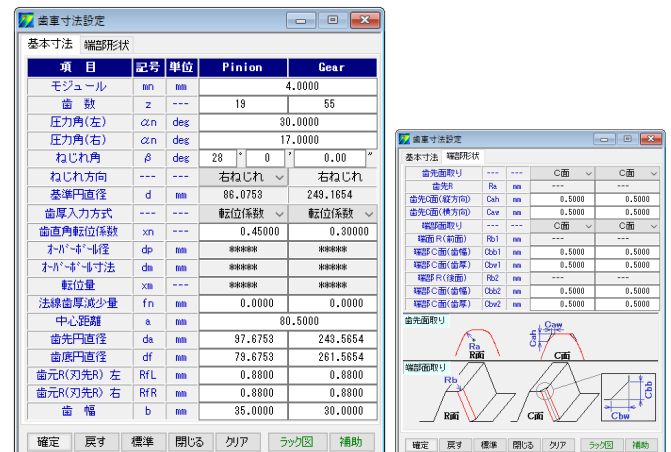


図 22.60 諸元設定

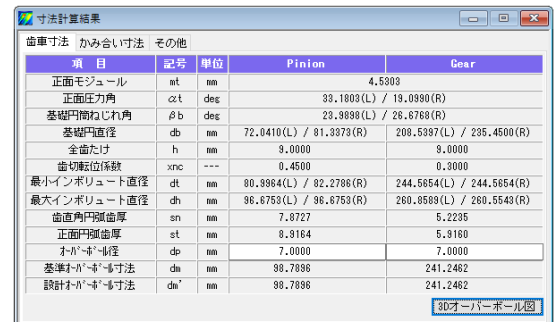


図 22.61 寸法結果 1



図 22.62 寸法結果 2

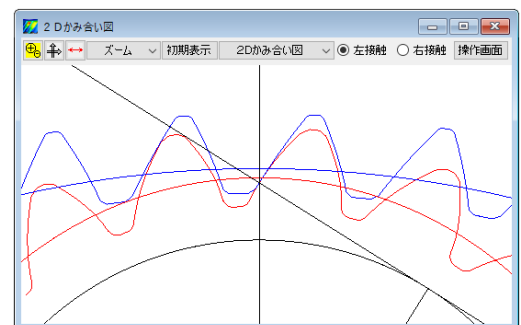


図 22.63 正面かみ合い図

歯面要素設定

端部解析設定
☐ 端部解析有効 (端部曲率設定) ☒ 端部解析無効

項目	記号	単位	Pinion	Gear
最小曲率	ρ	mm	---	---
曲率修整範囲	h	mm	---	---

解析歯数
☐ 1歯 ☐ 3歯 ☒ 5歯

計算箇所
☐ 歯元+歯面+歯先 ☒ 歯面のみ

項目	記号	単位	Pinion	Gear
歯幅中央位置	bm	mm	0.0000	0.0000
トルク	T	N・m	1600.0000	4631.5788
正面法線方向	F	N	44419.2	---
ヤング率	E	MPa	205800.0	205800.0
ポアソン比	ν	---	0.3000	0.3000
歯元部分割数	Nh1	---	20	10
歯先・端部部分割数	Nh2	---	40	40
歯幅方向部分割数	Nb	---	40	40

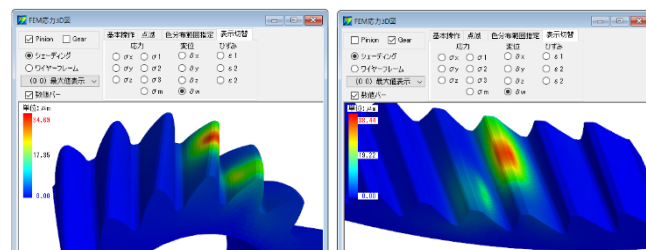
ピッチ誤差 (μm) 正→接触弱

	Pinion	Gear
Pinion	0.0	0.0
Gear	0.0	0.0

解析歯面
☒ 左歯面 ☐ 右歯面

確定 戻す 標準 閉じる クリア

図 22.64 歯面要素設定



(a) ピニオン $\delta_{\max}=34.6\mu\text{m}$ (b) ギヤ $\delta_{\max}=88.4\mu\text{m}$

図 22.71 変位

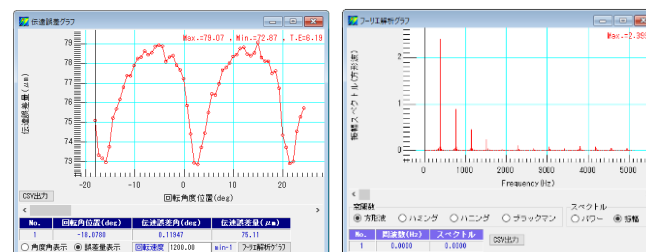
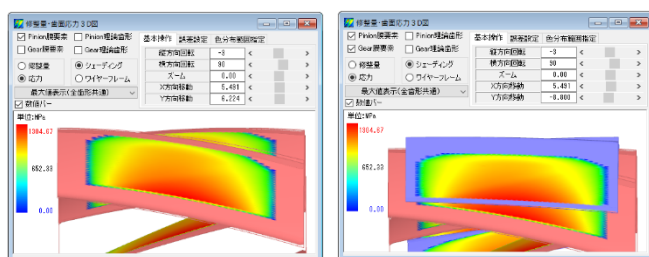


図 22.72 回転伝達誤差

図 22.73 フーリエ解析

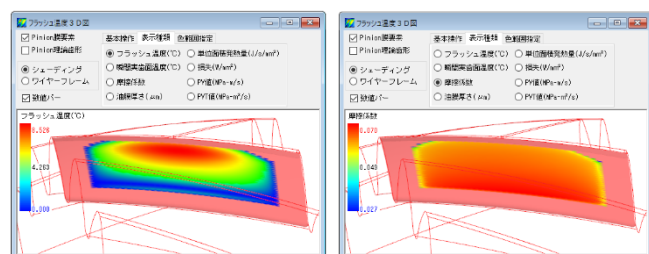
22.20 潤滑油特性 (オプション)

図 22.23 のフラッシュ温度設定画面において ☒ 物性入力 とすることで図 22.74 の潤滑油特性を設定することができ図 22.25 のフラッシュ温度などの計算をすることができます。



(a) ピニオン (b) ギヤ

図 22.65 歯面応力, $\sigma_{H\max}=1305\text{MPa}$

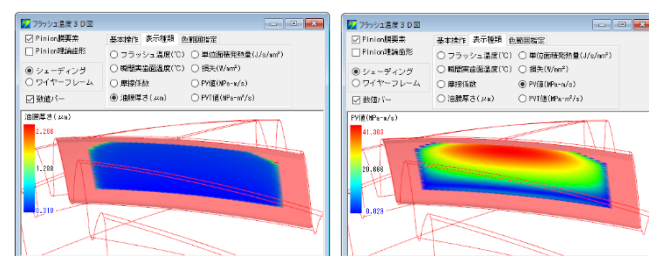


$T_f=8.53(^{\circ}\text{C})$

$\mu_{\max}=0.070$

図 22.66 フラッシュ温度

図 22.67 摩擦係数

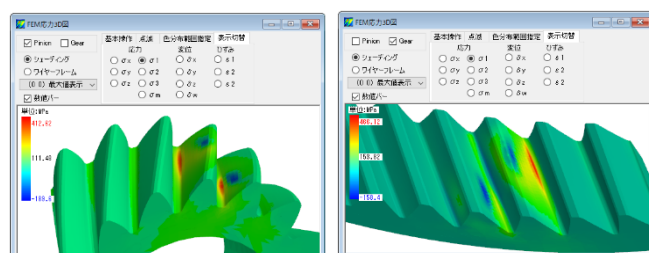


$\lambda_{\min}=0.310(\mu\text{m})$

$PV_{\max}=41.3(\text{MPa}\cdot\text{m/s})$

図 22.68 油膜厚さ

図 22.69 PV 値



(a) ピニオン $\sigma_{I\max}=413\text{MPa}$

(b) ギヤ $\sigma_{I\max}=466\text{MPa}$

図 22.70 最大主応力

潤滑油の物性

潤滑油の物性と油温

項目	記号	単位	数 値
密度 (15℃)	ρ_{15}	g/cm ³	0.877
動粘度 (40℃)	ν_{40}	mm ² /s	28.000
動粘度 (100℃)	ν_{100}	mm ² /s	4.980
油 温	t	℃	40.000

計算

平均スカuffing温度 (AGMA 325-A03)

項目	記号	単位	数 値
☒ R&Oギヤ油	MTc, RO	℃	172.963
☐ EPギヤ油	MTc, EP	℃	227.963

t℃における物性

項目	記号	単位	数 値
密度 (t℃)	ρ_t	g/cm ³	0.881
動粘度 (t℃)	ν_t	mm ² /s	28.000
粘度 (t℃)	η_t	mPa·s	24.114
圧力-粘度係数	α	1/GPa	20.171

松本式の係数

項目 (油種)	f L	f S
☐ 鉱物油	0.01	0.11
☐ トラクション油	0.02	0.11
☒ 任意指定	0.024	0.105

確定 キャンセル

図 22.74 潤滑油特性設定の例

※ 非対称歯形歯車の検討例は、付録[H]の「非対称歯車の特性」をご覧ください。