

[34] Hyp-Trochoid Gear Design System

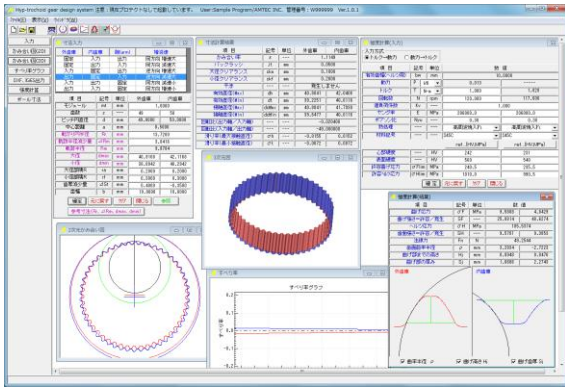


図34.1 Hyp-Trochoid Gear Design System

34.1 概要

「Hyp-Trochoid Gear Design System」は、トロコイド曲線歯車（外歯車×内歯車）を設計するソフトウェアであり、歯形設計、歯のかみ合い、すべり率を計算することができます。この歯車の歯形はトロコイド曲線であるため、すべり率はインボリュート歯形に比べて小さく、且つ、ほぼ一定であるため動力損失の低減に有効です。また、本例（図 34.3）のようにピニオンを自公転させてかみ合う歯車とすれば、1 対の歯車で高減速比（本例 $i=1/49$ ）とすることができます。

34.2 設計・歯形

内転トロコイド歯形を図 34.2 の考え方で生成します。ピッチ円半径 (R_p) に接しながら滑りなく転がり円半径 (R_r) を回転させ、運動する軌跡半径 (R_m) 上の 1 点が描く軌跡を歯形座標としています。なお、 $R_m=R_r$ とすると、内転サイクロイド曲線です。

歯数差を小さく（1~2 歯差）してピニオン（外歯車）の自公転を利用して速比を大きくすることができます。しかし、かみ合い率を 1 以上とする設計とするための数値を直接入力することは非常に困難であるため、本ソフトウェアではモジュールと歯数の入力後、かみ合い率を基準にして設計基準値を表示する機能を有しています。

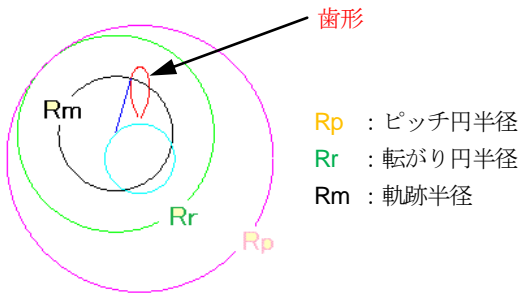


図 34.2 内転トロコイド歯形

34.3 寸法設定

本例では、ピニオンを自公転させてかみ合う歯形の生成例を示します。図 34.3 上部の青抜き枠の組み合わせ（外歯車；出力、内歯車；固定、腕；入力）として、モジュール 1，外歯車歯数

($z_1=49$)，内歯車歯数 ($z_2=50$) としたとき、かみ合い率を満足させ、且つ、内転トロコイド歯形の転がり円半径 (R_r) や軌跡半径 (R_m) を設定する場合、図 34.3 でモジュール、歯数入力後、**参考寸法($R_r, \Delta R_m, d_{max}, d_{min}$)** により設計基準値を決定することができます。図 34.4 は、最小かみ合い率を 3.00 としたときの組み合わせであり、この中から 10 番目の寸法を選択すると紫色の項目は、図 34.5 に示す値となります。

外歯車	内歯車	腕(arm)	増減速
固定	入力	出力	同方向 増速大
固定	出力	入力	同方向 減速大
入力	固定	出力	逆方向 増速大
出力	固定	入力	逆方向 減速大
入力	出力	固定	同方向 減速小
出力	入力	固定	同方向 増速小

項目	記号	単位	外歯車	内歯車
モジュール	mt	mm	1.0000	
歯数	z	---	49	50
ピッチ円直径	d	mm	49.0000	50.0000
中心距離	a	mm	0.5000	
転がり円半径	R_r	mm		
軌跡半径減少量	ΔR_m	mm		
軌跡半径	R_m	mm		
大径	d_{max}	mm		
小径	d_{min}	mm		
大径部隔R	ra	mm		
小径部隔R	rf	mm		
歯厚減少量	ΔSt	mm		
歯幅	b	mm		

参考寸法($R_r, \Delta R_m, d_{max}, d_{min}$)

図 34.3 寸法設定

番号	転がり円半径	軌跡半径減少量	軌跡半径	大径	小径	大径差	小径差	かみ合い率
1	29.5800	7.8204	12.7596	32.3592	30.7841	34.1592	32.1841	3.0000
2	29.5800	6.8262	12.5538	32.5476	30.9774	33.7476	31.7774	3.0000
3	29.5800	6.2920	12.3480	32.7360	31.1706	33.3360	31.3710	3.0000
4	29.5800	5.7578	12.1422	32.9244	31.3638	32.9244	30.9642	3.0000
5	29.5800	5.2236	11.9364	33.1128	31.5570	32.5128	30.5570	3.0000
6	29.5800	4.6894	11.7306	33.3012	31.7502	32.1012	30.1502	3.0000
7	29.5800	4.1552	11.5248	33.4896	31.9434	31.6896	29.7434	3.0000
8	29.5800	3.6210	11.3190	33.6780	32.1366	31.2780	29.3366	3.0000
9	21.0700	7.8745	13.6955	33.8510	31.8047	35.0510	33.2041	3.0000
10	21.0700	7.7955	13.2741	33.8992	31.8973	34.2952	32.2973	3.1000
11	21.0700	6.8066	13.0684	32.5985	30.4800	33.7858	31.8800	3.1000
12	21.0700	6.2179	12.8627	32.1854	29.9905	33.3654	31.4605	3.2000
13	21.0700	5.6292	12.6570	31.7723	29.5010	32.9450	31.0410	3.3000
14	21.0700	5.0405	12.4513	31.3592	29.0115	32.5246	30.6215	3.4000
15	21.0700	4.4518	12.2456	30.9461	28.5220	32.1042	30.2020	3.5000
16	21.0700	3.8631	12.0399	30.5330	28.0325	31.6838	29.7825	3.6000
17	21.0700	3.2744	11.8342	30.1200	27.5430	31.2634	29.3630	3.7000
18	21.0700	2.6857	11.6285	29.7069	27.0535	30.8430	28.9435	3.8000

図 34.4 寸法一覧

外歯車	内歯車	腕(arm)	増減速
固定	入力	出力	同方向 増速大
固定	出力	入力	同方向 減速大
入力	固定	出力	逆方向 増速大
出力	固定	入力	逆方向 減速大
入力	出力	固定	同方向 減速小
出力	入力	固定	同方向 増速小

項目	記号	単位	外歯車	内歯車
モジュール	mt	mm	1.0000	
歯数	z	---	49	50
ピッチ円直径	d	mm	49.0000	50.0000
中心距離	a	mm	0.5000	
転がり円半径	R_r	mm	20.5800	
軌跡半径減少量	ΔR_m	mm	7.8204	
軌跡半径	R_m	mm	12.7596	
大径	d_{max}	mm	32.3592	34.1592
小径	d_{min}	mm	30.7841	32.1841
大径部隔R	ra	mm	0.1000	0.2000
小径部隔R	rf	mm	0.2000	0.1000
歯厚減少量	ΔSt	mm	0.5000	-0.4000
歯幅	b	mm	10.0000	10.0000

参考寸法($R_r, \Delta R_m, d_{max}, d_{min}$)

図 34.5 寸法設定

図 34.5 の大径部丸み半径 (r_a) や小径部の丸み半径 (r_f) そして歯厚減少量 (ΔS) を与えることにより歯形や各部寸法が決まります。その結果を図 34.6 に示しますが、 $r_a=0.1\text{mm}$ 、 $r_f=0.2\text{mm}$ とすることでかみ合い率は $\epsilon=2.6220$ に低下していることが解ります。また、外歯車の歯厚を小さく (0.50mm) し、内歯車の歯厚を大きく (0.40mm) してバックラッシ $j_i=0.10\text{mm}$ を与えています。また、回転比 (本例の場合 $1/49$) を表示します。

寸法計算結果				
項目	記号	単位	外歯車	内歯車
かみ合い率	ϵ	---		2.6220
バックラッシ	j_t	mm		0.1000
大径クリアランス	cka	mm		0.1000
小径クリアランス	ckf	mm		0.2000
干渉	---	---	発生しません	
有効直径(Max)	d_h	mm	32.8941	34.0777
有効直径(Min)	d_t	mm	31.1084	32.3302
接触直径(Max)	dc_{Max}	mm	32.8941	33.8498
接触直径(Min)	dc_{Min}	mm	31.5092	32.3302
回転比(出力軸/入力軸)	---	---		-0.020408
回転比(入力軸/出力軸)	---	---		-49.000000
滑り率(最大接触直径)	σ_h	---	-0.0656	0.0615
滑り率(最小接触直径)	σ_t	---	-0.0178	0.0175

図 34.6 寸法計算結果

34.4 歯形図

図 34.5 で設定した歯車諸元に基づき内転トロコイド歯形を生成し図 34.7 のように作図します。図 34.8 は、図 34.7 のかみ合い部 (A) の拡大図であり、図 34.9 は同じく B の拡大図です。

かみ合い図 (2D) では、図 34.10 のように距離計測をすることができます (本例では歯先間距離が 0.09mm)。

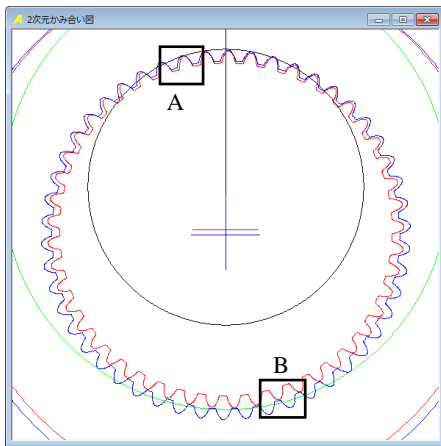


図 34.7 かみ合い (2D)

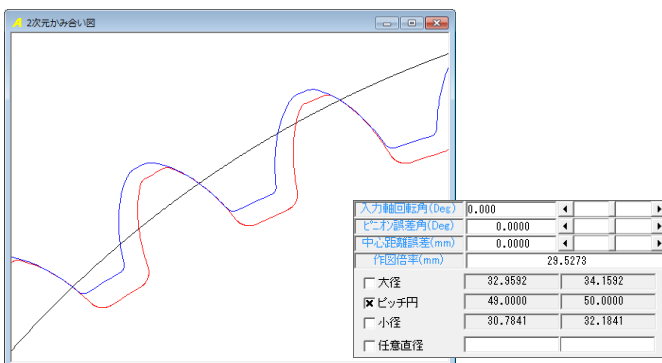


図 34.8 かみ合い (拡大 A)

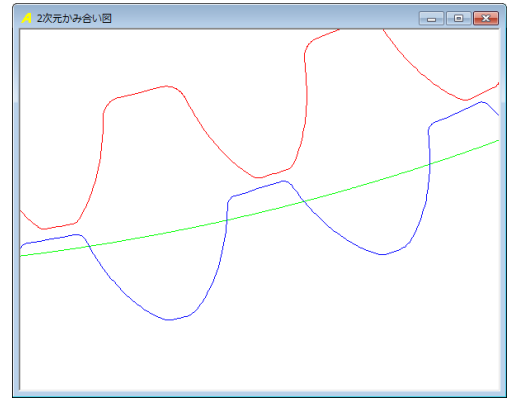


図 34.9 かみ合い (拡大 B)

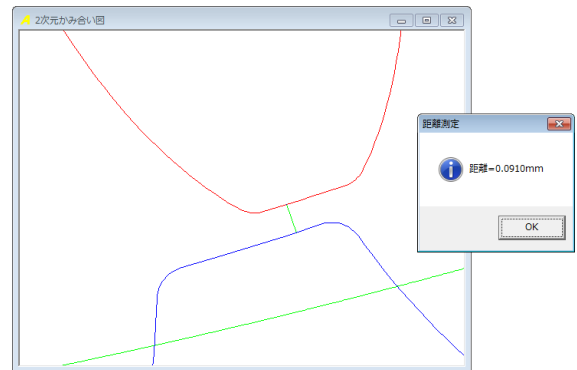


図 34.10 かみ合い (距離計測)

図 34.11 および図 34.12 に歯形レンダリングを示します。この図では図 34.3 で設定した歯車の組み合わせに応じて歯車が回転します。また、図 34.12 に示すように接触線を観察することができます。

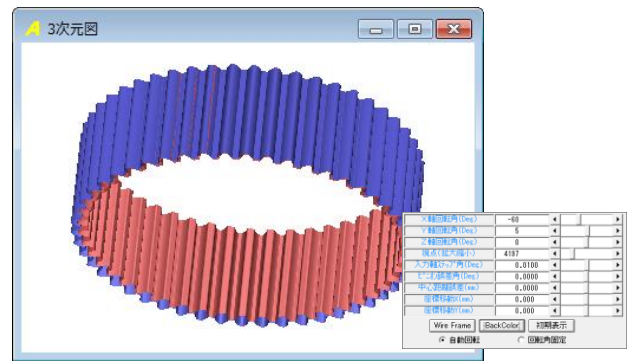


図 34.11 歯形レンダリング 1

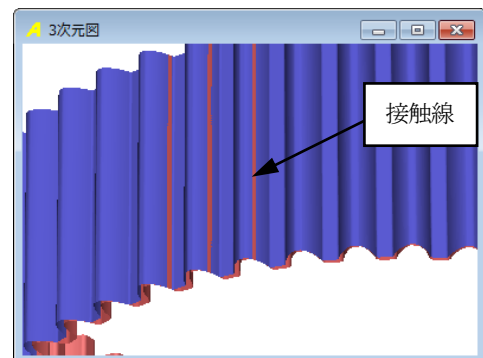


図 34.12 歯形レンダリング 2

34.5 オーバーボール寸法

生成した歯形の管理のためオーバーボール（ビットイン）寸法を図 34.13 および図 34.14 のように計算することができます。

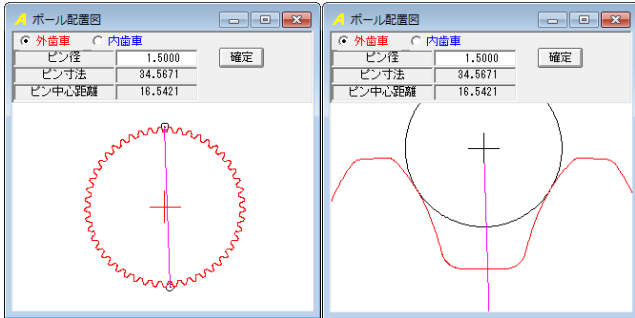


図 34.13 オーバーボール寸法（外歯車）

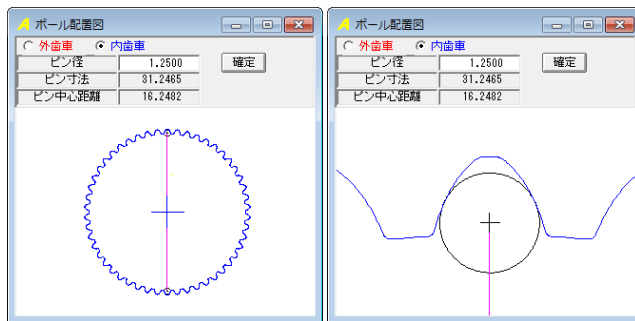


図 34.14 オーバーボール寸法（内歯車）

34.6 すべり率

本例の内転トロコイド歯形のすべり率は、図 34.6 の寸法計算結果に示すように最大接触直径では $\sigma_h = -0.0656$ であり、最小接触直径では $\sigma_f = -0.0178$ ですが、歯形位置（直径）におけるすべり率の変化は、図 34.15 で知ることができます。この図から本例の内転トロコイド歯形のすべり率は、ほぼ一定であることが解ります。

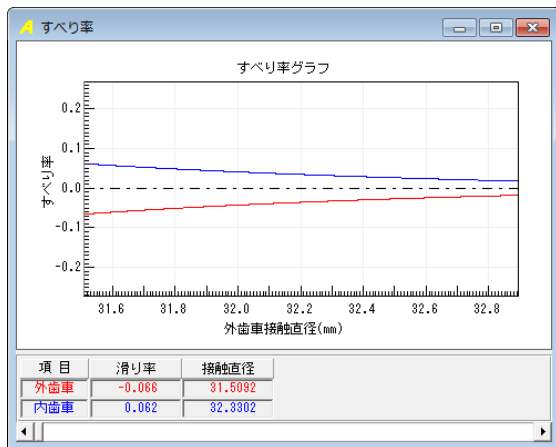


図 34.15 すべり率

34.7 強度計算

強度計算は、図 34.16 に示す強度設定画面でトルク、回転速度、過負荷係数等を入力します。材料の許容応力は、直接入力するか、または、図 34.17 の材料選択表を用いて設定することができます。

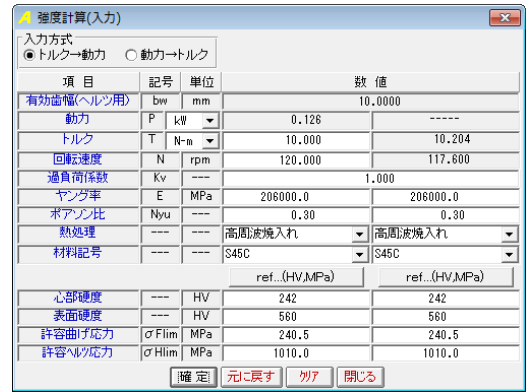


図 34.16 強度設定

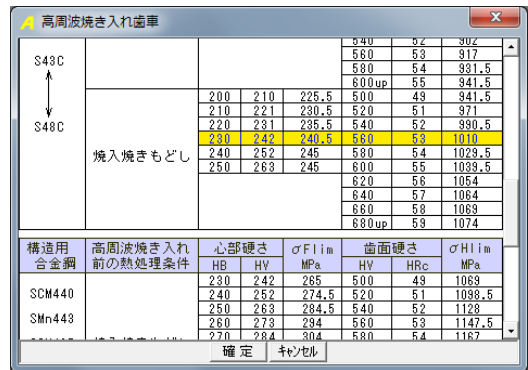


図 34.17 材料選択

歯の曲げ強さは、歯たけ中央位置における歯形の曲率半径を基本とします。また、最弱断面歯厚は 30 度接線法（内歯は 60 度接線法）により決定し、歯先に荷重が作用するものとして歯元に発生する応力を計算します。さらに、曲率半径、曲げ高さそして最弱断面歯厚は、図 34.18 の歯形図で確認することができます。

歯面強さも曲げ強さと同様に歯たけの中央位置における歯形の曲率半径を基本とし、発生ヘルツ応力を計算します。

曲げ強さおよび歯面強さは、材料の許容応力と発生する応力の比としています。図 34.18 に強度計算結果例を示します。

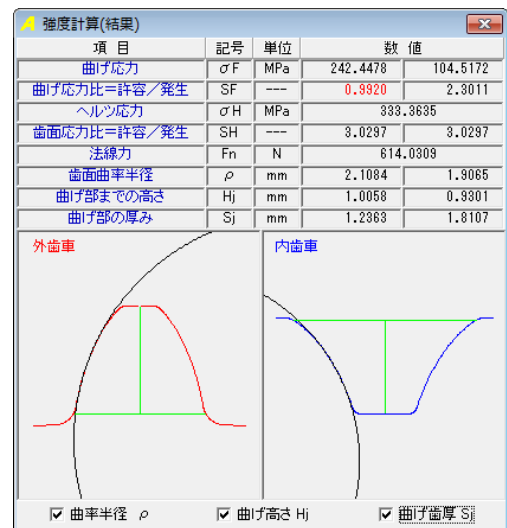


図 34.18 強度計算結果

34.8 歯形出力

生成した歯形は、CAD データとして出力することができます。図 34.19 の歯形出力機能により出力した CAD データの作図例を図 34.20～34.23 に示します。

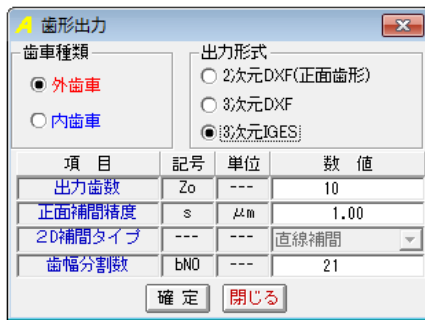


図 34.19 歯形出力

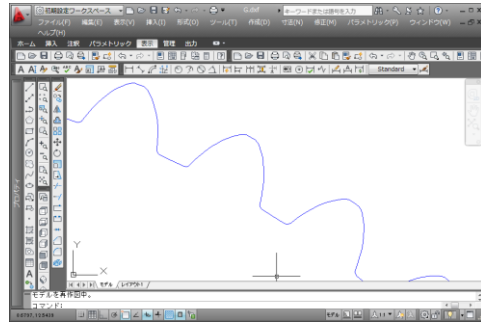


図 34.23 CAD 作図例 (2D, 内歯車)

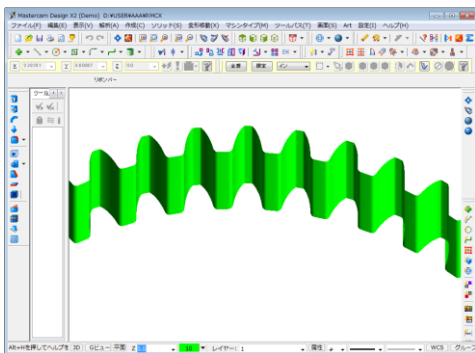


図 34.20 CAD 作図例 (3D, 外歯車)

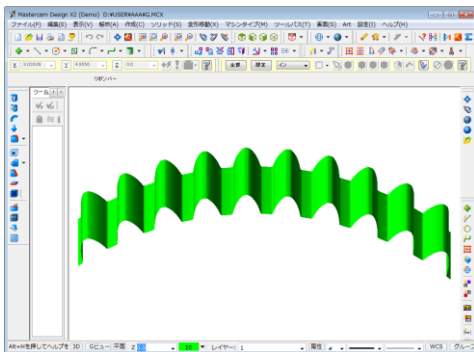


図 34.21 CAD 作図例 (3D, 内歯車)

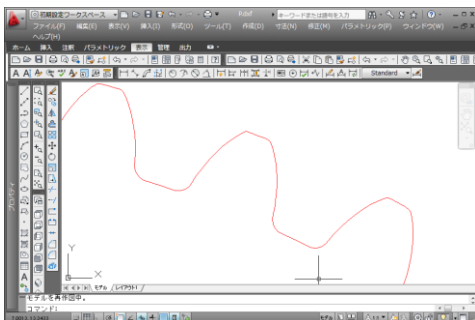


図 34.22 CAD 作図例 (2D, 外歯車)

34.9 動作環境

① コンピュータ本体

Pentium 1GHz 以上を搭載し Windows が稼動するパーソナルコンピュータ

② オペレーティングシステム

Windows XP, Windows 7

③ CD-ROM ドライブ

④ Windows 対応の解像度 1024×768 以上のディスプレイ

⑤ 動作用に 1GB 以上の使用可能メモリ

⑥ ハードディスク 1GB 以上の空き領域

⑦ Windows 対応のマウスまたは他の適切なポインティングデバイス

⑧ Windows 対応のプリンタ

⑨ Open GL Ver.1.5 以上に対応したビデオボード(推奨)

* Windows XP, Windows 7 は、米国 Microsoft 社の登録商標です。

* DXF ファイルのバージョンは、Release 12J です。

* IGES ファイルは、一般的な CAD では確認していますが未確認の CAD もあります。