

[41] 内歯ねじ歯車設計システム

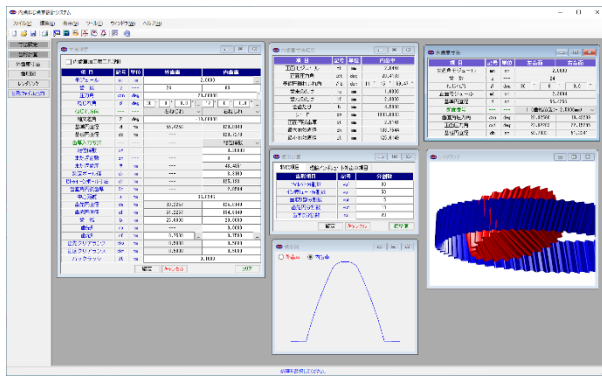


図 41.1 内歯ねじ歯車設計システム

41.1 概要

外歯車同士のねじ歯車対は、両歯車ともインボリュート歯形であればかみ合いは成立（無修整歯形では点接触）しますが、内歯車と外歯車に軸交差角を与え、ねじ歯車としてかみ合わせた場合、内歯車と外歯車がともにインボリュート歯形であれば歯面に大きな3次元干渉が発生するため、かみ合いが成立しません。しかし、本ソフトウェアは、内歯車と外歯車に任意の軸角を与えた場合であってもかみ合いが成立する外歯車の歯形を生成することができますので内歯ウォームギヤ（カタログ[39]）と同様に外歯車を工具として扱うこともできます。また、本ソフトウェアは、内歯ウォームギヤと類似のものですが、内歯のねじ歯車として設計できるようにしたものです。

41.2 内歯ねじ歯車

図 41.2 に歯車諸元の入力画面を示します。諸元の入力範囲は、 $0.1 \leq m_n \leq 50$, $10 \leq z_2 \leq 999$, $5^\circ \leq \alpha_n \leq 40^\circ$, $0^\circ \leq \beta \leq 50^\circ$ です。転位係数

項目	記号	単位	外歯車	内歯車
モジュール	m_n	mm	2.0000	
歯数	z	---	24	63
圧力角	α_n	deg	20.00000	
ねじれ角	β	deg	30 * 0' 0"	12 * 0' 0"
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	右ねじれ
軸交差角	Σ	deg		-18.00000
基準円直径	d	mm	55.4256	120.8149
基準円直径	db	mm		120.7278
歯厚入力方式	---	---		転位係数
転位係数	x_n	---		0.20000
またぎ歯数	z_m	---		8
またぎ歯厚	ψ	mm		46.4351
測定ボール径	d_p	mm		3.8180
ピトインボール寸法	d_m	mm		126.1981
歯直角円弧歯厚	S_n	mm		2.8504
中心距離	a	mm		36.6846
歯直角円直径	d_a	mm	60.2257	125.6149
歯直角円直径	d_f	mm	51.2257	134.6149
歯幅	b	mm	25.0000	20.0000
歯先R	r_a	mm		0.0000
歯元R	r_f	mm	0.7500	0.7500
歯先クリアランス	c_{ka}	mm	0.5000	0.5000
歯底クリアランス	c_{kf}	mm	0.5000	0.5000
バックラッシュ	J_t	mm		0.1000

図 41.2 内歯車諸元

項目	記号	単位	内歯車
正面モジュール	m_t	mm	2.0447
正面圧力角	α_t	deg	20.4103
基準円間ねじれ角	β_b	deg	11 * 15' 59.47"
歯末のたけ	h_a	mm	1.8000
歯元のたけ	h_f	mm	2.8000
全歯たけ	h	mm	4.5000
リード	p_z	mm	1903.8893
正面円弧歯厚	S_t	mm	2.9141
最大有効直径	d_h	mm	133.7544
最小有効直径	d_t	mm	125.8149

図 41.3 内歯車寸法

入力後に[TAB]を押すとそれ以降、標準値が入力されます。そして[確定]ボタンで内歯車寸法（図 41.3）を表示します。

諸元設定の後、図 41.4 で歯形計算に進みますが、図 41.5 では理論インボリュートでの歯形計算（干渉確認のため）を進めることができます。

干渉を考慮した外歯車の寸法を表示する際、図 41.6 で歯幅方向の断面（例では 21）を選択すると図 41.7 のように歯車寸法を表示します。

精度項目	記号	分割数
フィレット分割数	vuf	30
インボリュート分割数	vui	50
面取り部分分割数	vur	15
歯先円分割数	vut	10
歯すじ分割数	hul	20

図 41.4 歯形計算

項目	記号	単位	外歯車
モジュール	m_n	mm	2.0000
歯数	z	---	24
圧力角	α_n	deg	20.00000
ねじれ角	β	deg	30 * 0' 0"
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
基準円直径	d	mm	55.4256
基準円直径	db	mm	51.0964
転位係数	x_n	---	0.12693
またぎ歯数	z_m	---	5
またぎ歯厚	ψ	mm	27.7538
測定ピン径	d_p	mm	3.4530
オーバーホール寸法	d_m	mm	60.6961
歯直角円弧歯厚	S_n	mm	3.3284
中心距離	a	mm	36.6846
歯直角円直径	d_a	mm	60.2257
歯底円直径	d_f	mm	51.2257
歯先R	r_a	mm	0.0000
歯底R	r_f	mm	0.7500
歯幅	b	mm	25.0000

図 41.5 歯形計算（理論インボリュート）

項目	記号	単位	左歯面	右歯面
歯直角モジュール	m_n	mm	2.0000	
歯数	z	---	24	
ねじれ角	β	deg	30 * 0' 0"	0.0"
正面モジュール	m_t	mm	2.3094	
基準円直径	d	mm	55.4256	
断面番号	---	---	5 (歯幅位置:-7.5000mm)	
歯直角圧力角	α_n	deg		
正面圧力角	α_t	deg		
基準円直径	db	mm		

図 41.6 外歯車寸法（断面選択）

項目	記号	単位	左歯面	右歯面
歯直角モジュール	m_n	mm	2.0000	
歯数	z	---	24	
ねじれ角	β	deg	30 * 0' 0"	0.0"
正面モジュール	m_t	mm	2.3094	
基準円直径	d	mm	55.4256	
断面番号	---	---	21 (歯幅位置:12.5000mm)	
歯直角圧力角	α_n	deg	19.42209	20.92560
正面圧力角	α_t	deg	22.15295	23.82283
基準円直径	db	mm	51.3341	50.7093

図 41.7 外歯車寸法（断面 21 の例）

外歯車の歯形を図 41.8～41.10 に示します。図 41.8 は、断面番号 1 (歯幅端面部) の歯形であり図 41.9 は、歯幅中央の歯形にインボリュートを重ね合わせた図です。また、図 41.10 は、歯幅端面部の歯形にインボリュートと理論インボリュート歯形を重ね合わせた図でインボリュートと比較計測するとその差は $0.3\mu\text{m}$ です。

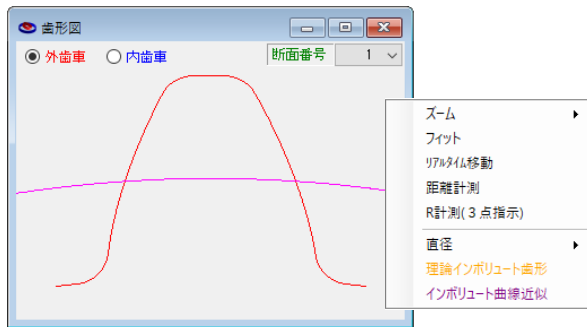


図 41.8 外歯車歯形 (断面番号 1)

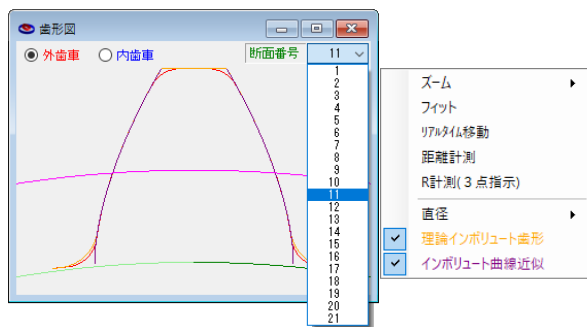


図 41.9 外歯車歯形とインボリュート (歯幅中央)

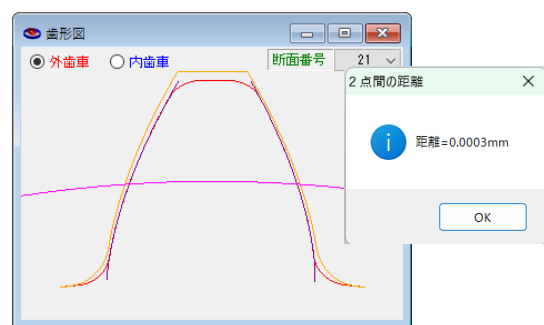


図 41.10 外歯車歯形とインボリュート (断面番号 21)

歯形レンダリングを図 41.11 に示しますが、3 次元干渉を考慮して外歯車の歯形を生成しているため綺麗なかみ合い接触線を確認することができます。

歯形の 3 次元干渉を考慮しない場合は、図 41.12 のように歯幅

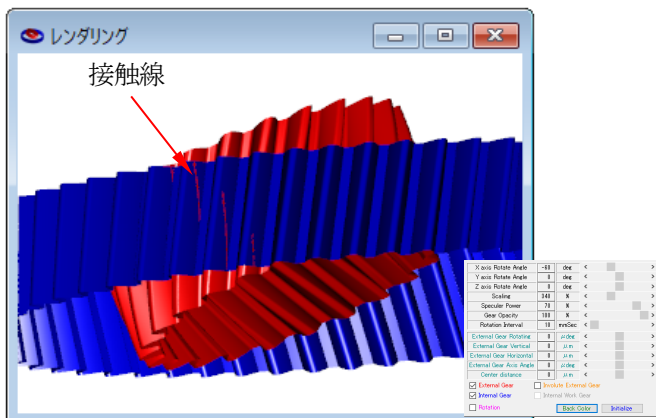
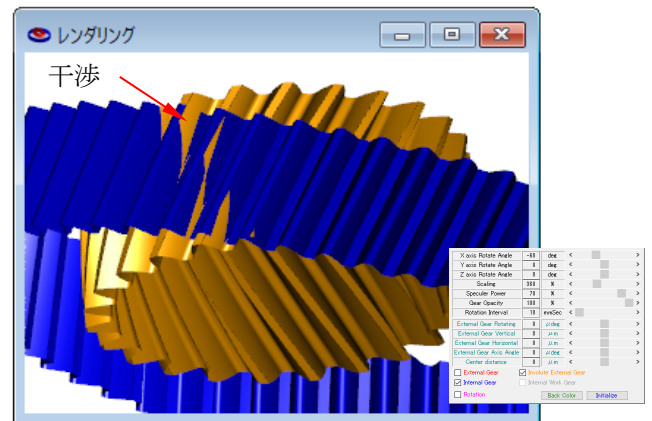


図 41.11 レンダリング (干渉を考慮した外歯車歯形)

端部で大きな干渉が発生することが分かります。更に、レンダリングでは回転させることができますので歯のかみ合い変化を確認することができます。

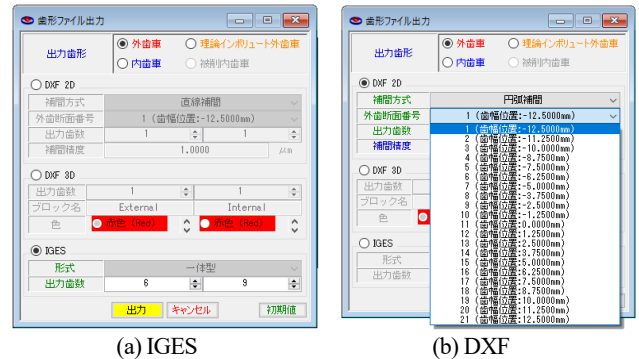


(外歯が理論インボリュート歯形)

図 41.12 内歯ねじ歯車のかみ合い

生成した歯形 (外歯車、内歯車、理論インボリュート外歯車) を図 41.13 のように CAD ファイルを出力することができます。

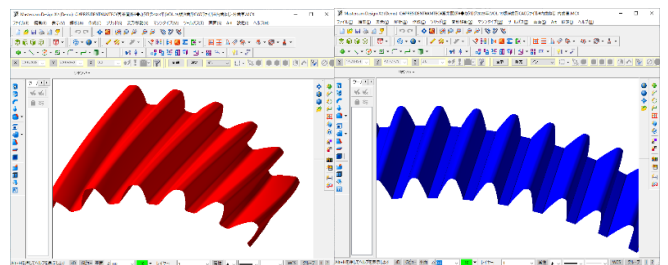
3D-IGES の CAD 作図例を図 41.14 に示します。また、歯形断面番号 1 の DXF 作図例を図 41.15 に示しますが、外歯車とインボリュート歯形には大きな違いがあることが解ります。



(a) IGES

(b) DXF

図 41.13 歯形出力



(a) 外歯車

(b) 内歯車

図 41.14 CAD 作図例 (IGES)

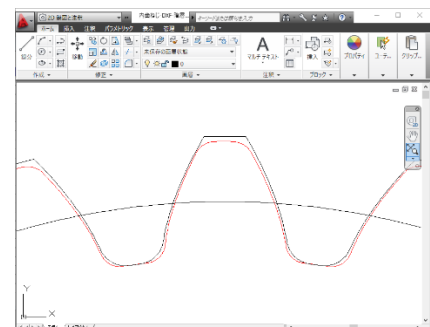


図 41.15 歯形断面 1 とインボリュート歯形

41.3 内歯ねじ歯車 (工具)

図 41.2 のクリアランスやバックラッシが 0 であれば外歯車を工具と見立てることができます。本例では内歯車のねじれ角が 20° 、外歯車 (工具) のねじれ角が 30° の歯車諸元を図 41.6 に示します。クリアランス cka は、歯車の歯先と工具の隙間を 0.5mm として与えています。また、本ソフトウェアではねじれ角から決まる交差角に対し $\pm 10^\circ$ の補正角度を与えることができますので本例では交差角を 15° としています。さらに、中心距離も任意に設定することができます。図 41.16 の歯車諸元[確定]後、図 41.4 の歯形計算を終えると図 41.17 の内歯車寸法を表示します。

寸法設定				
☒ 内歯車加工用工具設計				
項目	記号	単位	外歯車	内歯車
モジュール	m	mm	2.0000	
歯数	z	---	24	63
圧力角	α_n	deg	20.0000	
ねじれ角	β	deg	30°	20°
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	右ねじれ
軸交差角	Σ	deg	-15.0000	
基準円直径	d	mm	55.4256	134.0864
基準円直径	db	mm	---	125.0349
歯厚入力方式	---	---	---	転位係数
転位係数	x_n	---	0.20000	
またぎ歯数	z_m	---	---	9
またぎ歯厚	w	mm	---	52.5666
測定ボール径	d_p	mm	---	3.3470
ピッチボール寸法	d_m	mm	---	130.3401
歯直円弧歯厚	S_n	mm	---	2.8504
中心距離	a	mm	39.3304	
歯先円直径	da	mm	61.2256	130.8864
歯底円直径	df	mm	51.2256	139.8864
歯幅	b	mm	25.0000	20.0000
歯先R	ra	mm	---	0.2000
歯底R	rf	mm	0.7500	0.7500
歯先クリアランス	cka	mm	0.0000	0.5000
歯底クリアランス	ckf	mm	0.5000	0.0000
バックラッシ	j_t	mm	---	0.0000
確定 キャンセル クリア				

図 41.16 歯車諸元 (工具)

内歯車寸法結果			
項目	記号	単位	内歯車
正面モジュール	m_t	mm	2.1284
正面圧力角	α_t	deg	21.1728
基準円歯ねじれ角	β_b	deg	$18^\circ 44' 50.05''$
歯末のたけ	ha	mm	1.6000
歯元のたけ	hf	mm	2.9000
全歯たけ	h	mm	4.5000
リード	p_z	mm	1157.3607
正面円弧歯厚	S_t	mm	3.0333
最大有効直径	d_h	mm	139.0330
最小有効直径	d_t	mm	131.1653

図 41.17 内歯車寸法

3 次元干渉を考慮した外歯車 (工具) の歯形と内歯車のかみ合いは、図 41.18 のように綺麗な接触線を確認することができます。この工具で加工した歯形と工具との接触線は図 41.18 のように綺麗に表れています。この工具の寸法および歯形を図 41.19、図 41.20 に示します。

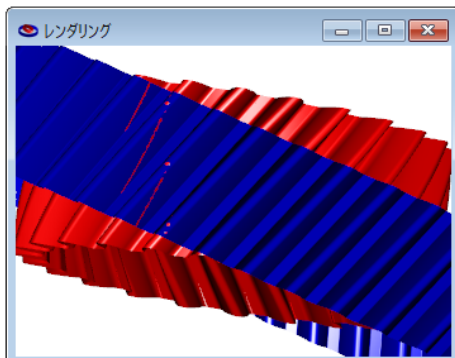


図 41.17 内歯ねじ歯車のかみ合い (工具)

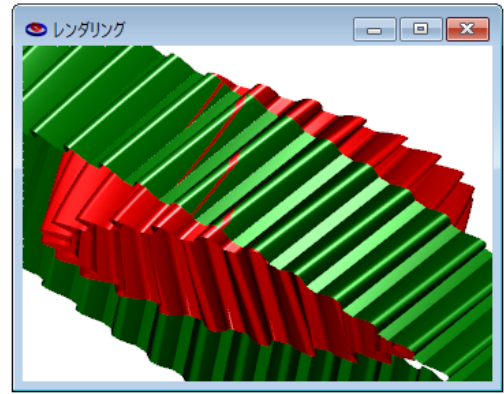


図 41.18 内歯ねじ歯車のかみ合い (外歯がインボリュート)

外歯工具寸法				
項目	記号	単位	左歯面	右歯面
歯直円モジュール	m_n	mm	2.0000	
歯数	z	---	24	
ねじれ角	β	deg	30°	0°
正面モジュール	m_t	mm	2.3094	
基準円直径	d	mm	55.4256	
断面番号	---	---	3 (歯幅位置:-10.0000mm)	
歯直円圧力角	α_n	deg	1 (歯幅位置:-12.5000mm)	
正面圧力角	α_t	deg	2 (歯幅位置:-11.2500mm)	
基準円直径	db	mm	3 (歯幅位置:-10.0000mm)	
			4 (歯幅位置:-8.7500mm)	
			5 (歯幅位置:-7.5000mm)	
			6 (歯幅位置:-6.2500mm)	
			7 (歯幅位置:-5.0000mm)	
			8 (歯幅位置:-3.7500mm)	
			9 (歯幅位置:-2.5000mm)	
			10 (歯幅位置:-1.2500mm)	

図 41.19 工具寸法

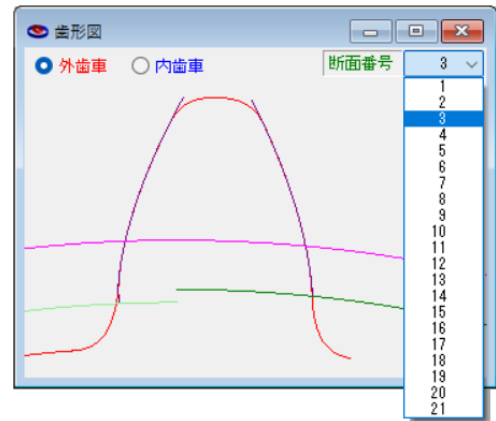
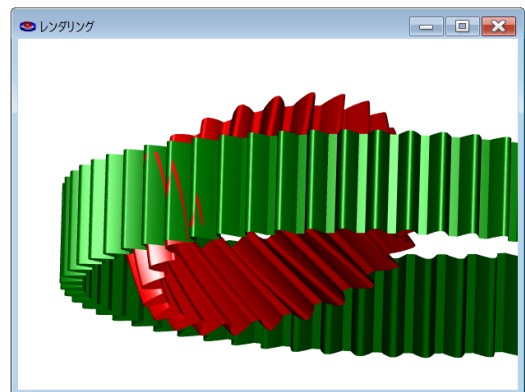


図 41.20 工具歯形 (断面番号 3)

内歯平歯車の加工後の歯形と工具歯形の例を図 41.21 に示します。



$$m_2, z_1=24, z_2=63, \alpha_n 20^\circ, \beta_1=25^\circ, \beta_2=0^\circ$$

図 41.21 内歯車の例、工具と被削歯形 (平歯車)

CAD 出力は、図 41.13 歯形出力と同様です。