

[41] 内歯ねじ歯車設計システム

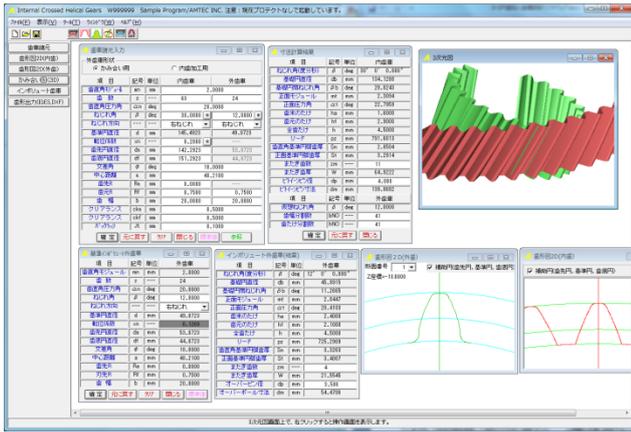


図 41.1 内歯ねじ歯車設計システム

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 vol.15[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。転位係数入力後に[標準値]ボタンをクリックすると歯先円直径からバックラッシュまで標準値が入力されます。そして[確定]ボタンで図 41.3 を表示します。

図 41.4 に内歯ねじ歯車のかみ合いを示しますが、この外歯車の歯形はインボリュート歯形のため大きな3次元干渉が発生しています。しかし、3次元干渉を考慮した歯形のかみ合いは図 41.5 に示すように綺麗な接触線が表れています。そして、生成した外歯車の歯形はCADファイルに出力することができます。



図 41.2 内歯車諸元

寸法計算結果				
項目	記号	単位	内歯車	
ねじれ角(度分秒)	β	deg	30° 0' 0.000"	
基礎円直径	db	mm	134.1280	
基礎円筒ねじれ角	β_b	deg	28.0243	
正面モジュール	mt	mm	2.3094	
正面圧力角	α_t	deg	22.7959	
歯末のたけ	ha	mm	1.6000	
歯元のたけ	hf	mm	2.3000	
全歯たけ	h	mm	4.5000	
リード	pz	mm	791.6813	
歯直角基準円弧歯厚	Sn	mm	2.8504	
正面基準円弧歯厚	St	mm	3.2914	
またぎ歯数	zm	---	11	
またぎ歯厚	W	mm	64.9222	
ピッチ円直径	dp	mm	4.000	
ピッチ円寸法	dm	mm	139.0682	
項目	記号	単位	外歯車	
仮想ねじれ角	β_v	deg	12.0000	
歯幅分割数	β_{NO}	---	41	
歯たけ分割数	hNO	---	41	

図 41.3 内歯車寸法

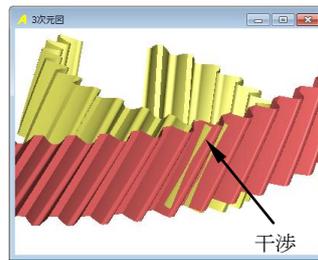


図 41.4 内歯ねじ歯車のかみ合い(外歯がインボリュート歯形)

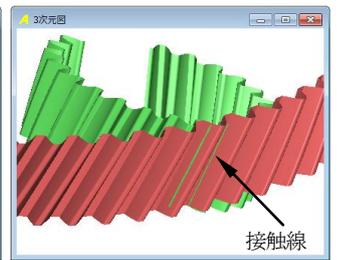


図 41.5 内歯ねじ歯車のかみ合い(干渉を考慮した外歯車歯形)

41.3 内歯ねじ歯車(工具)

(1) 図 41.2 のクリアランスやバックラッシュが0であれば外歯車を工具(または、ラッピング用歯車)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 に示しますが、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 41.6 の[確定]ボタンを押すと図 41.7 の内歯車寸法を表示します。

歯車諸元入力				
外歯車形状		内歯加工用		
項目	記号	単位	内歯車	外歯車
歯直角モジュール	mn	mm	2.0000	
歯数	z	---	63	24
歯直角圧力角	α_n	deg	20.0000	
ねじれ角	β	deg	20.0000 *	30.0000 *
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	右ねじれ
基準円直径	d	mm	134.0884	55.4256
転位係数	xn	---	0.2000 *	---
歯先円直径	da	mm	130.8864	60.8864
歯底円直径	df	mm	138.8864	50.8864
交差角	ϕ	deg	-15.0000	
中心距離	a	mm	39.5000	
歯先R	Ra	mm	0.0000	---
歯元R	Rf	mm	0.7500	0.7500
歯幅	b	mm	20.0000	20.0000
クリアランス	cka	mm	0.5000	
クリアランス	ckf	mm	---	---
バックラッシュ	Jt	mm	0.1000	

図 41.6 内歯車諸元(工具)

寸法計算結果			
項目	記号	単位	内歯車
ねじれ角(度分秒)	β	deg	20° 0' 0.000"
基礎円直径	db	mm	125.0349
基礎円筒ねじれ角	βb	deg	18.7472
正面モジュール	mt	mm	2.1284
正面圧力角	αt	deg	21.1728
歯末のだけ	ha	mm	1.6000
歯元のだけ	hf	mm	2.9000
全歯だけ	h	mm	4.5000
リード	pz	mm	1157.3607
歯直角基準円弧歯厚	Sn	mm	2.8504
正面基準円弧歯厚	St	mm	3.0333
またぎ歯数	zm	---	9
またぎ歯厚	W	mm	52.5666
ピッチ円直径	dp	mm	3.000
ピッチ円寸法	dm	mm	131.6942
項目	記号	単位	外歯車
仮想ねじれ角	β_v	deg	35.0000
歯幅分割数	bNO	---	41
歯だけ分割数	hNO	---	41

図 41.7 内歯車寸法

(2) 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 41.8 のように左右歯面において綺麗な接触線を確認することができます。もし、3次元干渉を考慮していない歯形であれば、図 41.9 のように大きな干渉が発生しますので、かみ合いません。

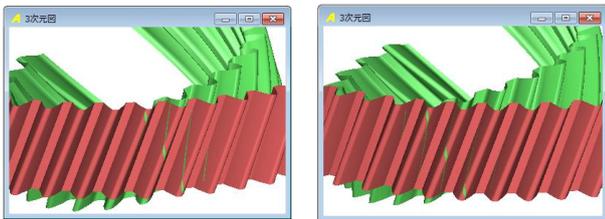


図 41.8 内歯ねじ歯車のかみ合い(干渉を考慮した外歯車)

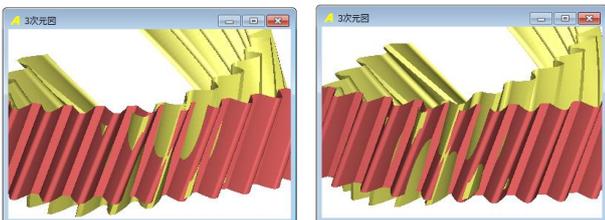


図 41.9 内歯ねじ歯車のかみ合い(外歯がインボリュート)

(3) 図 41.10 に外歯車(工具)の断面歯形を示します。図 41.11 に外歯車を工具と見立てた加工後歯形(青色)と内歯(赤色)の重ね合わせ図を示します。また、正面歯形で確認すると図 41.12 のように綺麗に重なっていることが解ります。

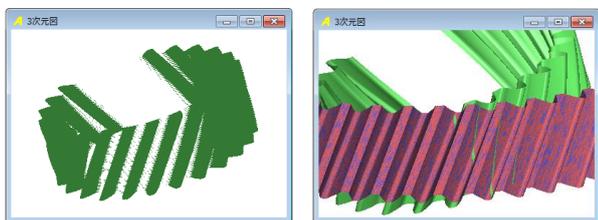


図 41.10 断面歯形

図 41.11 加工後歯形と内歯

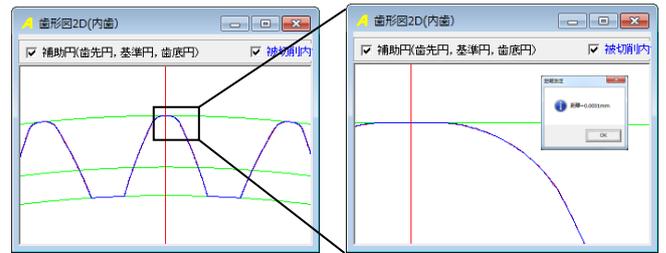
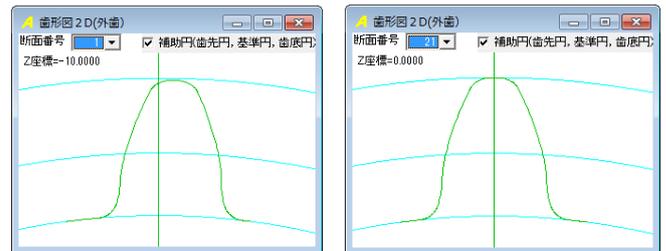


図 41.12 加工後歯形と内歯の重ね図と距離計測

(4) 外歯車(工具)の歯形を計算する際、歯幅方向に 41 分割としたため、断面 1 の歯形と歯幅中央の断面 21 の歯形を図 41.13 に示します。両者の違いは歯先円直径が異なり、また、断面 1 の歯形は、左右非対称歯形です。



(a)断面 1

(b)断面 21

図 41.13 外歯車(工具)の正面歯形

(5) 生成した歯形を CAD データとして出力することができます。図 41.14 の歯形出力により作図した 3D 歯形の例を図 41.15 に示します。また、外歯車(インボリュート)と断面 21 の歯形の重ね合わせを図 41.16 に示しますが、インボリュート歯形と工具歯形には大きな違いがあることが解ります。

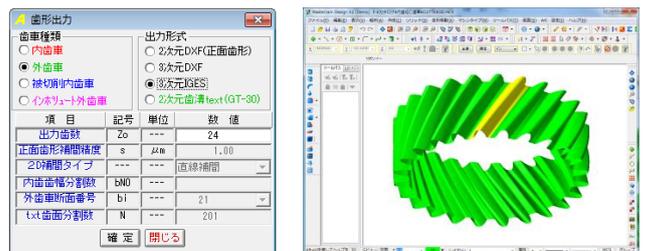


図 41.14 歯形出力

図 41.15 歯形(3D)

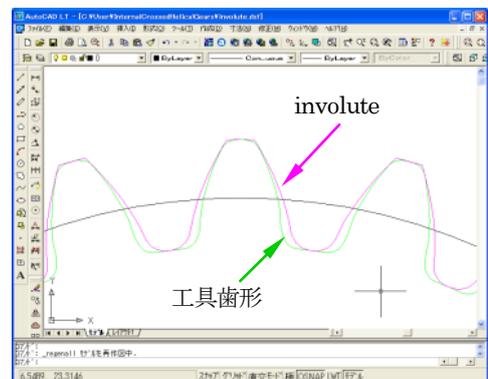
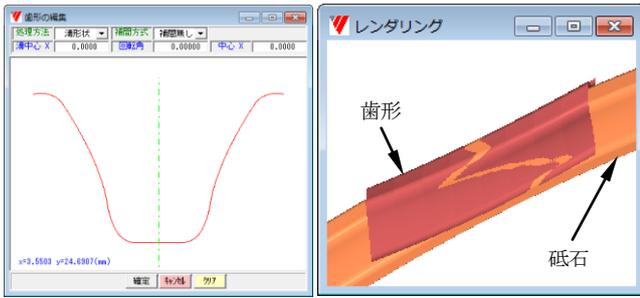


図 41.16 工具歯形(断面 21)とインボリュート歯形

(6) 生成した外歯車(工具)の歯形(断面 21 など)を研削する場合、図 41.14 の「2次元歯溝 text」で歯形ファイルを出力し、図 41.17 のように YASDA GT-30 (カタログ 116 頁, [104], 機械の紹介)で研削することができます。



(a) 砥石歯形(砥石径 250mm) (b) 歯形と砥石
図 41.17 成形研削(YASDA GT-30)

(7) 次に、外歯車(工具)の歯幅を1mm(図 41.6の外歯車の歯幅)としたときのかみ合いを図 41.18 に示します。また、外歯車(工具)を軸方向に移動したときの歯当たりを図 41.19 に示しますが、歯幅の位置の違いに関わらず同じ接触模様を示しています。

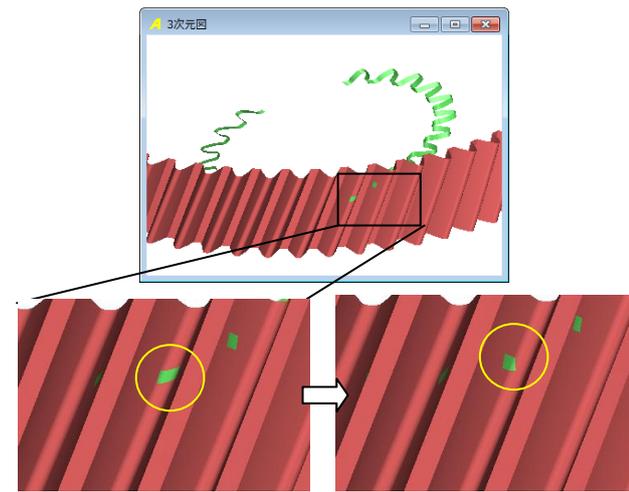
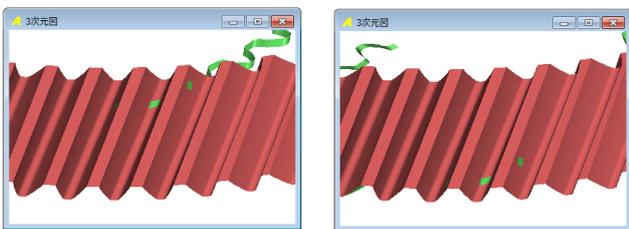


図 41.18 回転角を与えた場合の歯当たり



(a) 軸位置=+6mm (b) 軸位置=-6mm
図 41.19 軸方向に移動したときの歯当たり ($\theta_2=0^\circ$)

(8) 内歯車が平歯車の場合も、ほぼ歯車と同様に計算することができます。内歯ねじ歯車 ($m_n=2, z_1=130, z_2=35, \alpha=20, \beta=0, x_1=0.2, d_{a1}=256.8, d_{f1}=265.8$) のかみ合いを図 41.20 に示します。また、外歯車をインボリュート歯車とした場合のかみ合いを図 41.21 に、3次元かみ合いとコントロールフォームを示します。

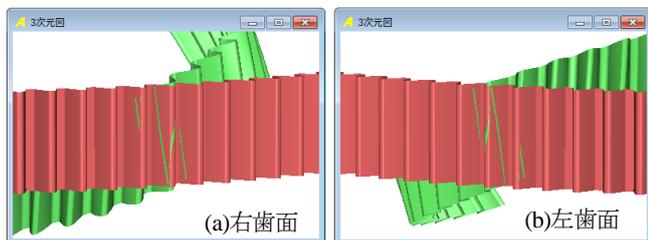


図 41.20 内歯ねじ歯車のかみ合い(干渉を考慮した外歯車)

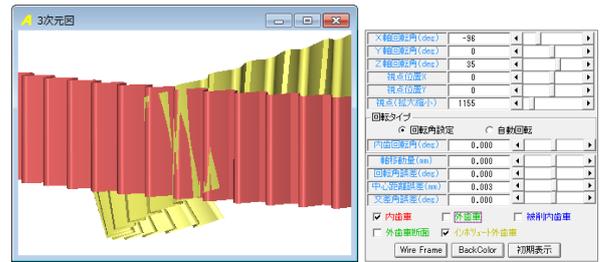


図 41.21 内歯ねじ歯車のかみ合い(外歯がインボリュート)

4.1.4 外歯車(工具)の測定(オプション)

図 41.16 に示す工具歯形(断面 21: 緑線)を図 41.17 のように成形研削した場合、歯形検査を行う必要があります。そこで、歯車測定機を用いて外歯車(工具)の各断面の歯形を測定する方法を以下に示します。

図 41.16 の工具歯形(断面 21)の歯形はインボリュート歯形に近い形状をしていますので m_n と β は設定値とし、 α_n が解れば歯車測定機で歯形誤差を測定することができます。その計算画面を図 41.22 に示します。

ただし、本例の場合、歯だけ中央の歯形はインボリュート歯形に一致していますが、歯先および歯元付近の外歯車(工具)歯形はインボリュート歯形と比較して約 $5\mu\text{m}$ の違いがあります。この歯形の違いは、図 41.23 に示すように距離計測で確認することができますので検査結果で配慮する必要があります。さらに、外歯車(工具)の歯先部は内歯車の歯底部を生成しますので外歯車(工具)の歯先部は除外する必要があります。なお、断面 21 は、左右対称歯形ですが、これ以外の断面は、図 41.24 に示すように左右非対称歯形です。

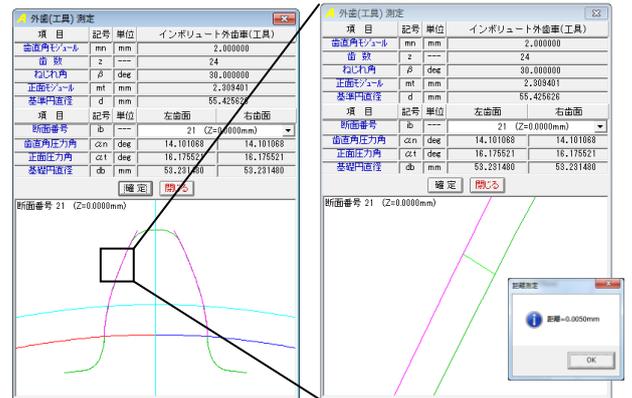
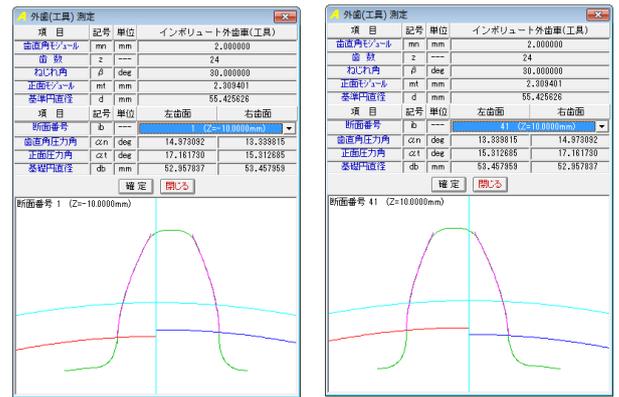


図 41.22 外歯車(工具)の測定

図 41.23 距離計測



(a) 断面 1

(b) 断面 41

図 41.24 外歯車(工具)の測定