# 2013年3日 2013年51 2013 2015 2015 2015 2015 2015 2015 2015 2015 2015 ねじれ方向 帯型共変化 帯型共変化 24A35 22.548 72.548 2 2 **R** (i) 計算新石外型 生またい計算法 単で知らればが 単で知らればが 3.10 046 4 BI V 1012 1050 V

[16] 平. はすば歯車加工用成形砥石歯形設計システム

図 16.1 成形砥石歯形解析 (外歯車)

## 16.1 概要

はすば歯車を成形研削する場合,3次元干渉が発生し、ねじれ 角や砥石直径などによってその量は大きく変化します. 本ソフト ウェアは干渉解析を考慮して砥石歯形を決定するソフトウェアで す. 歯形解析は、インボリュート歯形部分は勿論のこと歯元のト ロコイド曲線部分も解析し砥石座標を決定します. 本ソフトウェ アは、1溝、2溝または3溝の歯溝を同時に研削する砥石の歯形を 出力するソフトウェアです.図16.1に全体画面を示します.なお、 内歯車用砥石ソフトウェアは、[16a]をご覧ください.

## 16.2 歯車の種類と歯形

(1)歯車の種類	:外歯車
(2)歯 形	: インボリュート平歯車及びはすば歯車
(3)砥石の種類	: 単溝加工用,複溝加工用(オプション)
(4)歯形修整	: 定型5種類+フレキシブルタイプ

## 16.3 歯車諸元入力

図 16.2 に、歯車諸元の入力画面を示します、歯厚入力は、転位 係数,またぎ歯厚,オーバーボール寸法から入力することができ, 歯元形状は、フィレット形状、単一 R 形状、PG ホブ (オプショ ン), PG 歯形 (オプション) に対応しています.



歯車諸元

補助機能は、図16.3 に示すように歯先R、歯先C面に対応して います. ただし, 2 溝, 3 溝用砥石には R 面, C 面を与えること ができません.また、電極用歯車を研削することを考慮し、モジ ュール収縮率、圧力角補正も可能です。更に、下切り歯形のプロ チュバランスホブ (図 16.3d) で加工したときの歯形や,切り下げ (図 16.3e) を与えたときの砥石歯形も生成可能です.



## 16.4 歯形修整

歯形修整は図 16.4 に示すように定型 5 種類があり、図 16.5 の ようにフレキシブル修整にも対応しています.本例では図16.6の 歯形修整を持つ歯形の砥石歯形について説明します.





### 16.5 歯形計算条件

砥石歯形解析の計算条件を図16.7 に示します. 面取りがない場合は、同時加工歯溝数2溝、3溝を選択することができますが、 本例では、歯先Rを与えていますので単列砥石(1溝)の例を示 します.図16.7 では、砥石セット角を歯車ねじれ角としています が、本ソフトウェアでは、歯車のねじれ角以外の傾け角で研削す る場合の砥石の形状も決定することができます.図16.8 では、歯 形分割数や演算精度を設定します.



図 16.8 精度設定

## 16.6 歯車歯形と砥石歯形

歯車諸元および歯形の計算条件に基づき砥石の歯形を生成しま す.そして,その砥石を用いて研削した場合の歯車歯形も逆計算 し確認します.図16.9は,理論歯形と修整を与えた歯形,そして 砥石で研削した歯形を重ねて表示しています.



歯先部を拡大した図 16.10a では,修整歯形(赤線)と無修整歯 形(緑線).図 16.10b では,研削後歯形(青線)と無修整歯形(緑 線)を示します.修整歯形(赤線)と研削後歯形(青線)は,重 なっています.





#### 16.6 砥石歯形

ます.

砥石歯形を図 16.11 に示します. 本例の場合, 歯先 R 部まで研 削するため砥石の最小幅は 7.7604mm 必要です.



砥石座標に関して,図 16.12 に座標系,図 16.13 に円弧座標系,図 16.14 に線分座標系,そして図 16.15 に G-Code を表示します. 砥石座標と G-Code は、クリップボードにコピーすることができ



₽ 碰石座標	【值					- (	×
座標系 円	弧座標 線	分座標  G-	Code				
補間椿度	0.2	,44 m	左歯面	~ D)	(F <u>クリ</u>	ップボードに	:=Ľ-
始点X	始点Y	終点X	終点Y	R中心X	R中心Y	半径	
-3.8802	6.6853	-3.7260	6.6398	-3.8754	6.4177	0.2677	
-3.7260	6.6398	-3.6279	6.5427	-3.9306	6.3347	0.3673	
-3.6279	6.5427	-3.5753	6.4506	-4.1294	6.1954	0.6100	
-3.5753	6.4506	-3.0084	5.2461	-40.7504	-11.7820	41.4055	
-3.0084	5.2461	-1.9366	2.5968	-38.6111	-10.6994	39.0104	
-1.9366	2.5968	-1.3830	0.9392	-34.7489	-9.2820	34.8964	
-1.3830	0.9392	-1.2509	0.6321	0.1581	1.4202	1.6145	
-1.2509	0.6321	-0.9806	0.2967	-0.1253	1.2624	1.2900	
-0.9806	0.2967	-0.2939	0.0037	-0.1966	1,1830	1,1834	
-0.2939	0.0037	-0.1715	-0.0001	-0.1923	1.3037	1.3040	
-0.1715	-0.0001	0.0000	0.0000	0.0023	-108,2718	108,2718	

図 16.13 砥石座標(円弧)

AMTEC www.amtecinc.co.jp

₽ 砥石座橋	景値					- • •
座標系 P	柳座標 総	钤座標	G-Code			
補間積度	0.2	μm	左歯面	$\sim$	DXF	<u>クリップボードにコピー</u>
XJ室標	Y座標					^
-3.8802	6.6853					
-3.8721	6.6853					
-3.8639	6.6852					
-3.8557	6.6848					
-3.8476	6.6840					
-3.8395	6.6831					
-3.8314	6.6818					
-3.8234	6.6803					
-3.8154	6.6786					
-3.8075	6.6766					
-3.7996	6.6744					
-3.7919	6.6719					
-3.7841	6.6692					
1 a 3305						¥

図 16.14 砥石座標(線分)

₩石	座標値			
应理系	円可应達	線公庫槽	G-Code	
CL DROIX	T TOPOLE IN	144777422.044		
н	50、 ~	左歯面	$\sim$	20
X				
01000				
G90				
G00				
X3.8802	Y-6.6853			
G02				
X3.7260	Y-6.6398	B0.2677		
X3.6279	Y-6.5427	R0.3673		
¥3.5753	Y-6.4506	R0.6100		
X3.0084	Y-5,2461	B41.4055		
¥1 9366	Y-2 5968	R39_0104		
¥1.3830	Y-0.9392	R34 8964		
603		10 110004		
¥1 2509	Y-0_6321	R1 6145		
Y0 9906	V-0 2967	R1 2900		
	1 0.2007			

図 16.15 砥石座標 (G-Code)

円弧座標と線分座標画面では砥石座標を DXF ファイルに出力 することができます. CAD 作図例を図 16.16 に示します.



図 16.16 砥石座標 (G-Code)

# 16.7 歯形レンダリング

図 16.17 のレンダリングでは歯車(歯形修整)と砥石に綺麗な 接触線を確認することができます.表示画像は、コントロールフ オームで回転角や観察位置、そして補正量や補正角度を設定する ことができます.



図 16.17 歯形レンダリング

# [16a] 複溝成形砥石歯形解析(オプション)

歯車諸元および歯形修整は、単溝と同様(面取りなし)として 3 溝砥石の計算例を以下に示します.

· 歯形計算							
条件設定 精度設定							
計算条件項目	単位	数 値					
砥石列数		3列 ~					
計算砥石外径	mm	200.0000					
砥石セット角度	deg	30.0000					
砥石歯元逃げ量	mm	0.5000					
砥石歯厚減少量	mm	0.0000					
確定 キャンセル クリア							

図 16.18 砥石歯形の計算条件(複溝)



図 16.19 砥石歯形 (3 溝)

♀ 碰石座標	値						- ×
座標系 円痕	狐座標 線	分座標 G-	Code				
補間精度	0.2	μn		D	(F <u>クリ</u>	ップボードは	ar-
始点X	始点Y	終点X	終点Y	R中心X	R中心Y	半径	^
10 5111	0 1717	10 1051	E 0007	100 0500	E0 0040	100 4040	
-13, 1651	5.6007	-12.5250	4.4937	-46.3481	-14.3256	38.7062	
-12.5250	4.4937	-11.3779	2.2526	-46.0868	-14.0996	38.3680	
-11.3779	2.2526	-10.5915	0.4440	-41.1828	-11.7606	32.8896	
-10.5915	0.4440	-10.4461	0.1650	-9.0463	1.0716	1.6678	
-10.4461	0.1650	-10.1592	-0.1498	-9.3539	0.8/22	1.3012	
-9,4570	-0.14024	-8.3219	-0.3976	-9.4311	0.7756	1,1783	
-9.3219	-0.3976	-8.9209	-0.3640	7.6268	-199.9771	200.2978	
-8.9209	-0.3640	-8.2133	-0.0334	-9.0349	0.8025	1.1721	
-8.2133	-0.0334	-7.9512	0.3430	-9.0856	0.8535	1.2440	
-7.8564	0.8480	-7.8564	0.6334	-8.2884	0.9224 -8 4491	1.40/0	
-7.0004	0.0004	-0.0013	4.2410 F 00F0	02.1100	0.4401	40.0000	~

図 16.20 砥石座標(円弧,3溝)

♀ 砒石座標値	- • •
座標系 円肌座標 線分座標 G-Code	
円弧 ~	クリップボードにコピー
x	^
01000	
G90	
G00	
K13.5111 Y-6.1717	
G0 2	
K13.1651 Y-5.6007 R109.4643	
X12.5250 Y-4.4937 R38.7062	
X11.3779 Y-2.2526 R38.3680	
X10.5915 Y-0.4440 R32.8896	
G03	
X10.4461 Y-0.1650 R1.6678	
X10.1592 Y0.1498 R1.3012	
X9.4570 Y0.4024 R1.1813	
K9.8219 Y0.8976 R1.1788	~

図 16.21 砥石座標(G-Code, 3 溝)



図 16.22 歯形レンダリング (3 溝)

# [16b] 内歯車用成形砥石歯形解析

外歯車と同様に、はすば歯車を成形研削する場合3次元干渉が 発生し、ねじれ角や砥石の直径などによってその量は大きく変化 します.本ソフトウェアは研削時の3干渉解析を行い砥石歯形を 決定するソフトウェアです.

### 16b.1 歯車の種類と歯形

(1)歯車の種類	: 内歯車
(2)歯 形	:インボリュート平歯車及びはすば歯車
(3)砥石の種類	: 単溝加工用
(4)歯形修整	: 定型5種類+フレキシブルタイプ

### 16b.2 歯車諸元入力

図 16.23 に歯車諸元の入力画面を示します. 歯厚入力は,転位 係数,またぎ歯厚,ビトゥイーンピン寸法から入力することがで きます.ここでは,ビトゥイーンピン寸法を基準とした例を示し ます.面取りは,図 16.24 に示すように歯先 R,歯先 C 面に対応 しています.

👌 歯車諸元 📃 🗖 💌							
項目	記号	単位	數 値				
モジュール	mn	mm	3.00000				
歯 数	z		65				
圧力角	αn	deg	20.00000				
ねじれ角	β	deg	25 * 30 ' 0.0 "				
ねじれ方向			右ねじれ ~				
基準円直径	d	mm	216.04607				
基礎円直径	db	mm	200.36819				
歯厚入力方式			ビトゥイーンボール 🗸				
転位係数	xn		0.28148				
またぎ歯数	ZM		10				
またぎ歯厚	W	mm	88.07203				
測定ボール径	dp	mm	5.00000				
ビトゥイーンボール寸法	dm	mm	211.00000				
歯直角円弧歯厚	Sn	mm	4.09769				
歯直角法線歯厚減少量	fn	mm	0.00000				
歯幅	Ь	mm	30.00000				
歯先円直径	da	mm	210.04607				
歯底円直径	df	mm	223.54607				
歯元R	rf	mm	1.12500				
確定 キャンセル 面取 クリア							

図 16.23 歯車諸元

項目	記号	単位	數 値				
面取の種類			面取なし ~				
歯先R	ra.	mm	面取なし				
半径方向面取量	8.	mm	C面取(a,b)				
円周方向面取量	Ь	mm	C面取(a,θ) C面取(b,θ)				
面取角度	θ	deg	****				
確定 キャンセル クリア							

図 16.24 歯先面取り

# 16b.3 歯形修整

歯形修整は外歯車と同様, 定型5種類(図16.4)があり, 図16.5 のようにフレキシブル修整にも対応しています.本例では図16.25 歯形修整(2型)で設定した図16.26の歯形修整を持つ歯形の砥石 歯形について説明します.





図 16.26 歯形修整グラフ

## 16b.4 歯形計算条件

内歯車用砥石歯形解析の計算条件を図 16.27 に示します.

条件設定 粘度設定						
計算条件項目	単位	數 値				
計算砥石外径	mm	100.00000				
砥石セット角度	deg	25.50000				
砥石歯元逃げ量	mm	0.50000				
砥石歯厚減少量	mm	0.00000				
確定 キャンセル クリア						

図 16.27 砥石歯形の計算条件

### 16b.5 歯車歯形と砥石歯形

歯車諸元および歯形の計算条件に基づき砥石の歯形を生成しま す.そして、その砥石を用いて研削した場合の歯車歯形も逆計算 し確認します.図 16.28 は、理論歯形と修整を与えた歯形、そし て砥石で研削した歯形を重ねて表示しています.



砥石歯形を図 16.22 に示します.本例の場合,砥石の最小幅は 7.3955mm 必要です.



砥石座標に関して,図 16.23 に座標系,図 16.24 に円弧座標系, 図 16.25 に線分座標系,そして図 16.26 に G-Code を表示します. 砥石座標と G-Code はクリップボードにコピーすることができ, 円弧座標と線分座標画面では砥石座標を DXF ファイルに出力す ることができます. CAD 作図例を図 16.27 に示します.



図 16.23 砥石座標系

分码	石座樽	値						• 🗙
座標系	R 円	珈座標	線分座標	G-Code				
補間	椿度	0.2	μn	左歯面	~ D	XF <u>21</u>	リップボード	icae-
始	点)(	始点)	終点	X 終点Y	R中心X	R中心Y	半径	
-3.	6978	7.307	7 -3.68	74 7.300	1 -3.7004	7.2931	0.0149	
-3.	6874	7.300	1 -3.67	69 7.278	4 -3.7600	7.2517	0.0873	
-3.	6769	7.278	4 -3.66	10 7.219	3 -4.1725	7.1126	0.5226	
-3.1	6610	7.218	8 -3.29	81 5.807	7 27.6419	14,6220	32,1662	
-3.	2931	5.807	7 -2.64	91 3.737	33,4709	16,1071	38.1794	
-2.	6491	3.737	2 -1.72	78 1.275	40.2556	18.3883	45.3373	
-1.	7278	1.275	0 -1.45	51 0.618	5 42.4765	19,2503	47.7193	
-1.	4551	0.618	5 -1.17	49 0.236	1 -0.4619	1.0524	1.0839	
-1.	1749	0.236	1 -0.79	19 0.031	7 -0.5421	0,9603	0.9617	
-0.	7919	0.031	7 -0.54	52 0.001	-0.5572	0.9179	0.9168	
-0.	5452	0.001	2 0.00	00 0.000	0.0053	123.3719	123.3719	

図 16.24 砥石座標(円弧)

<b>3</b> 础石座相	景値						
座標系 円弧座標 線分座標			G-Code				
補間積度	0.2	μn	左歯面	$\sim$	DXF	クリップボードにコピー	
X座標	Y座標	_				^	
-3.6978	7.3077						
-3.6966	7.3075						
-3.6954	7.3072						
-3.6941	7.3066						
-3.6927	7.3058						
-3.6914	7.3047						
-3.6899	7.3033						
-3.6885	7.3016						
-3.6869	7.2995						
-3.6853	7.2969						
-3.6835	7.2938						
-3.6817	7.2901						
-3.6798	7.2858					~	
0.0700	7 0704						

図 16.25 砥石座標(線分)

3 础石座標値			
座標系 円弧座	標 線分座標	G-Code	
円弧、	左歯面	$\sim$	クリップボードにコピー
X			^
01000			
G90			
G00			
X3.6978 Y-7.30	77		
G02			
X3.6874 Y-7.30	01 R0.0149		
X3.6769 Y-7.27	84 R0.0873		
X3.6610 Y-7.21	98 R0.5226		
G03			
X3.2931 Y-5.80	77 R32.1662		
X2.6491 Y-3.73	72 R38.1794		
X1.7278 Y-1.27	50 R45.3373		
X1.4551 Y-0.61	85 R47.7193		
X1.1749 Y-0.23	61 R1.0839		~
luo 3040 11 0 00			

図 16.26 砥石座標 (G-Code)



図 16.27 砥石座標 (G-Code)

## 16b.6 歯形レンダリング

図 16.28 のレンダリングでは歯車(歯形修整)と砥石に綺麗な 接触線を確認することができます.表示画像は、コントロールフ オームで回転角や観察位置、そして補正量や補正角度を設定する ことができます.



設計歯車と砥石のかみ合い 図 16.28 歯形レンダリング

# 17. その他機能(外歯車, 内歯車)

 (1) 砥石で生成した歯車歯形を図 16.29の「歯形出力」で DXF および IGES ファイルで出力することができます.図 16.30 に CAD 作図例を示します.

