

[16] 平, はすば歯車加工用成形砥石歯形設計システム

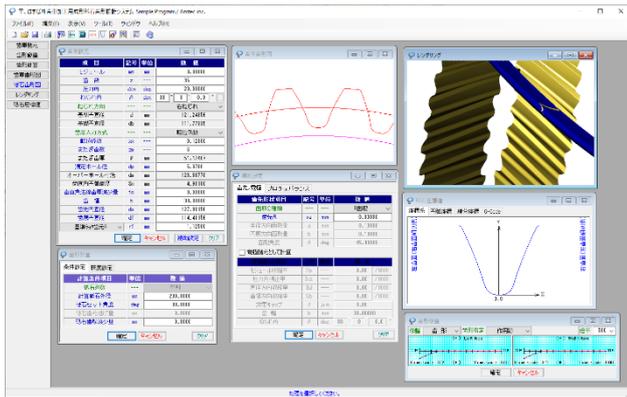


図 16.1 成形砥石歯形解析 (外歯車)

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。

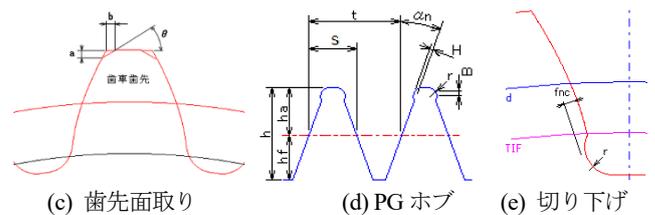
項目	記号	単位	数値
モジュール	m	mm	3.00000
歯数	z	---	35
圧力角	$\alpha.n$	deg	20.00000
ねじれ角	β	deg	30 * 0 * 0.0
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
基準円直径	d	mm	121.24356
基準円直径	db	mm	111.77395
歯厚入力方式	---	---	転位係数
転位係数	xn	---	0.12300
またぎ歯数	zm	---	6
またぎ歯厚	w	mm	51.17407
測定ボール径	dp	mm	5.0700
オーバーボール寸法	dm	mm	128.66778
歯直角円弧歯厚	Sn	mm	4.98100
歯直角法線歯厚減少量	fn	mm	0.00000
歯幅	b	mm	30.00000
歯先円直径	da	mm	127.98156
歯底円直径	df	mm	114.48156
基準ラック歯元R	rf	mm	1.12500

図 16.2 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、下切り歯形のプロデュバランスホブ (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。



(a) 歯先面取り (b) プロデュバランス

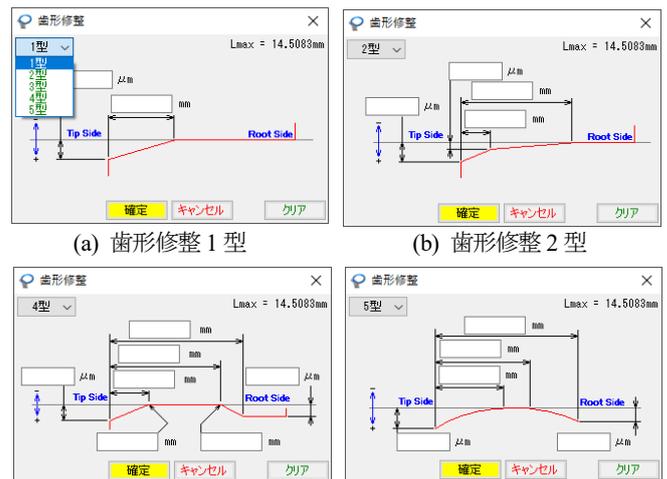


(c) 歯先面取り (d) PG ホブ (e) 切り下げ

図 16.3 補助設定

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。



(a) 歯形修整 1 型 (b) 歯形修整 2 型



(c) 歯形修整 4 型 (d) 歯形修整 5 型

図 16.4 歯形修整

作用線	修整量 μm
18.6806	0.0
17.6369	0.0
18.7332	0.0
18.7895	0.0
20.8058	0.0
21.8421	0.0
22.8784	0.0
23.9148	0.0
24.9511	0.0

図 16.5 歯形修整 (フレキシブル修整)



図 16.6 歯形修整グラフ

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。図 16.7 では、砥石セット角を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 16.7 砥石歯形の計算条件



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。

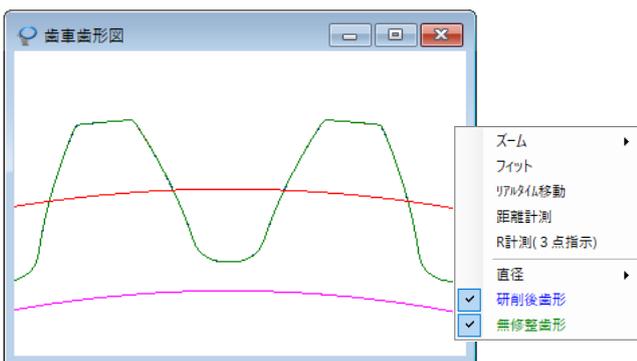
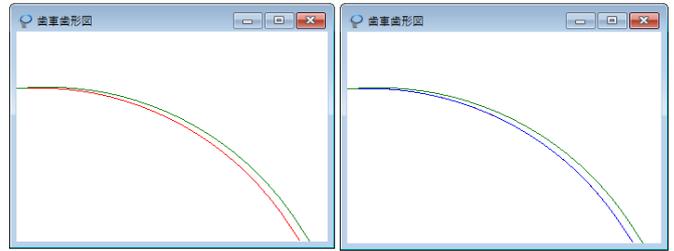


図 16.9 歯車歯形

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。



(a) 修整歯形と無修整歯形 (b) 研削後歯形と無修整歯形

図 16.10 歯形拡大（歯先部）

16.6 砥石歯形

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。

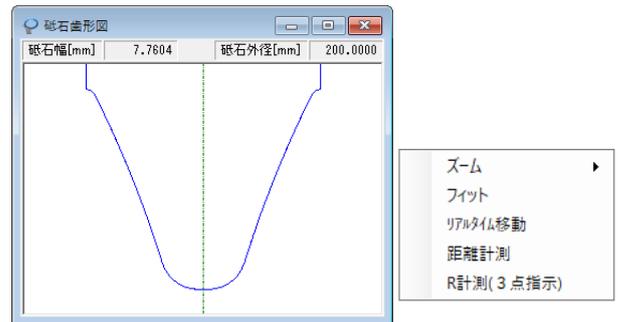


図 16.11 砥石歯形

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ます。

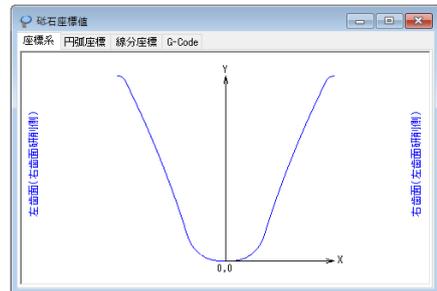


図 16.12 砥石座標系



図 16.13 砥石座標（円弧）



図 16.14 砥石座標 (線分)



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。

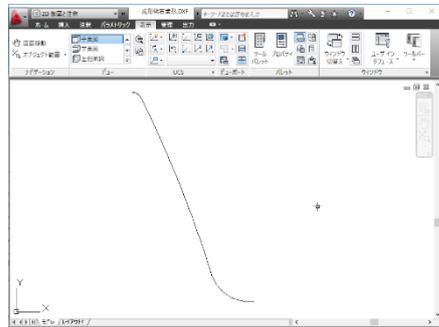
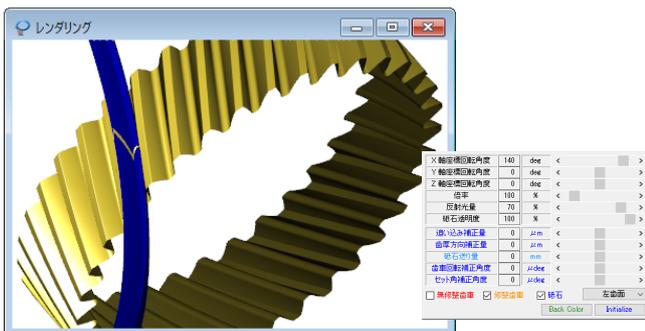


図 16.16 砥石座標 (G-Code)

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。表示画面は、コントロールフォ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 16.17 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。



図 16.18 砥石歯形の計算条件 (複溝)

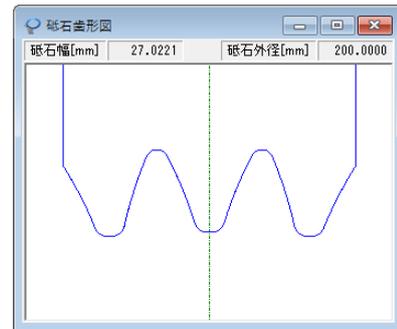


図 16.19 砥石歯形 (3 溝)



図 16.20 砥石座標 (円弧, 3 溝)



図 16.21 砥石座標 (G-Code, 3 溝)

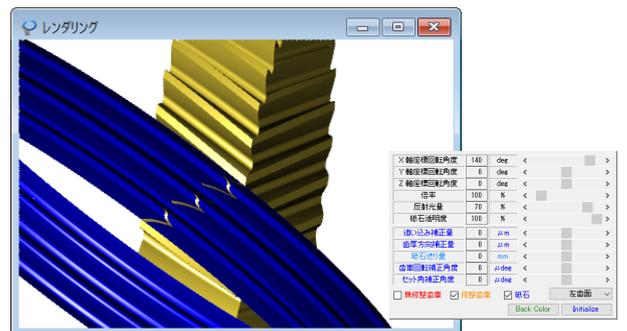


図 16.22 歯形レンダリング (3 溝)

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、ピトゥインピン寸法から入力することができます。ここでは、ピトゥイ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。

項目	記号	単位	数値
モジュール	m	mm	3.00000
歯数	z	---	65
圧力角	α_n	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	---	---	ピトゥインボール
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
ピトゥインボール寸法	dm	mm	211.00000
歯直角円弧歯厚	S _n	mm	4.09789
歯直角法線歯厚減少量	f _n	mm	0.00000
歯幅	b	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

図 16.23 歯車諸元

項目	記号	単位	数値
面取の種類	---	---	面取なし
歯先R	r _a	mm	面取なし
半径方向面取量	a	mm	R面取
円周方向面取量	b	mm	C面取(a, b) C面取(a, θ) C面取(b, θ)
面取角度	θ	deg	

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に、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。

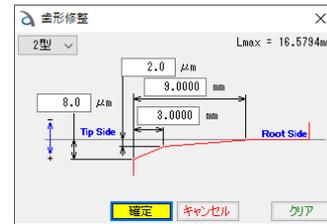


図 16.25 歯形修整 (2 型)

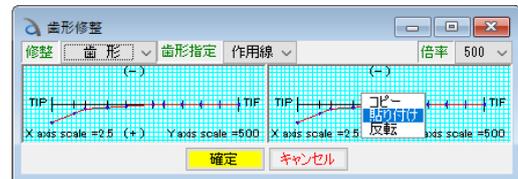


図 16.26 歯形修整グラフ

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。

計算条件項目	単位	数値
計算砥石外径	mm	100.00000
砥石セット角度	deg	25.50000
砥石歯元過寸量	mm	0.50000
砥石歯厚減少量	mm	0.00000

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。

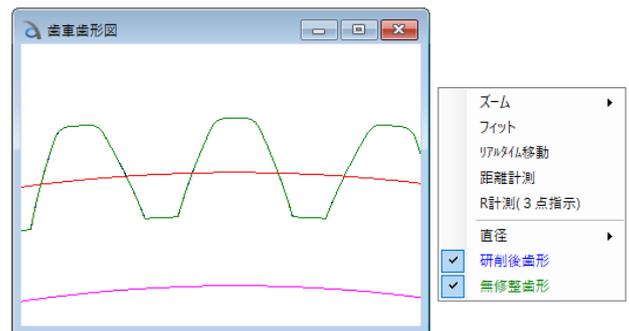


図 16.28 歯車歯形

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 が必要です。

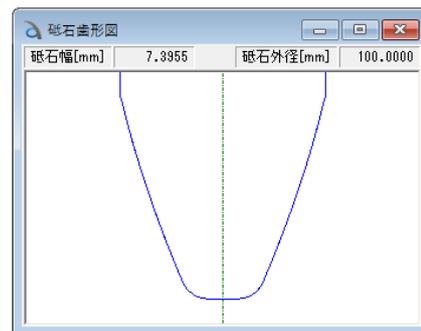


図 16.22 砥石歯形

