

## [21] L-Hypoid Gear Design System

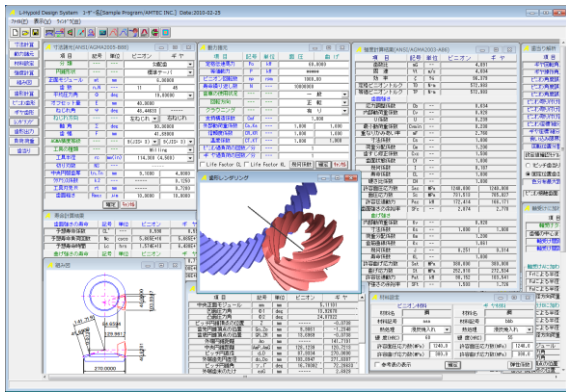


図 21.1 L-Hypoid Gear Design System

### 21.1 概要

L-Hypoid Gear Design System は、寸法、歯形、強度計算をトータルに設計することができます。ハイポイドギヤの歯形、歯すじは、歯切り機械から生成されるものですが、本ソフトウェアでは、球面インボリュート歯形を持つスパイラルベベルギヤ(大歯車)にオフセットを与えピニオンの歯形を解析し1組の歯車としています。図 21.1 に全体画面を示します。

### 21.2 寸法設定

図 21.2 に寸法設定画面を示します。数値が不明な場合は、標準値を入力することができ、ねじれ角やオフセット量、工具半径などを自由に設定することができます。

項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ
分類	---	---	勾配歯	
円錐形状	---	---	標準テーパ	
正面モジュール	mt	mm	6.00000	
歯数	n, N	---	11	45
平均圧力角	$\Phi$	deg	19.00000	
オフセット量	E	mm	40.0000	
ねじれ角	$\Psi$	deg	48.44633	----
ねじれ方向	---	---	左ねじれ	右ねじれ
軸角	$\Sigma$	deg	90.00000	
歯幅	F	mm	41.69000	
AGMA精度等級	---	---	9(JIS= 3)	9(JIS= 3)
工具の種類	---	---	Milling	
工具半径	rc	mm(in)	114.300 (4.500)	
切り刃数	NS	---	----	
中央円弧歯厚	tn, Tn	mm	9.1000	4.8000
外円弧係数	k2	---	----	
工具刃先R	rt	mm	0.7200	
歯面粗さ	Rmax	$\mu m$	10.0000	10.0000

図 21.2 寸法諸元設定

### 21.3 寸法計算結果

AGMA2005-B88 規格に基づいてハイポイドギヤの各部寸法を計算します。図 21.3 に寸法結果を示します。図 21.4 の諸元修整で、歯形の解析精度を設定し、クラウニング、歯形修整、歯先円錐角、歯たけなどを変更することができます。

項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ
中央正面モジュール	mm	mm	5.11101	
凹面圧力角	$\Phi 1$	deg	13.92678	
凸面圧力角	$\Phi 2$	deg	24.07322	
ピッチ円錐頂点の位置	Z	mm	----	-0.0738
歯先円錐頂点の位置	Go, Zo	mm	3.9861	-1.2348
歯底円錐頂点の位置	GR, ZR	mm	13.6969	-0.0738
外端円錐距離	Ao	mm	----	141.7191
中央円錐距離	AmP, AmG	mm	128.1239	120.7213
ピッチ円直径	d, D	mm	87.9334	270.0000
外端歯先円直径	do, Do	mm	103.8947	271.6387
ピッチ円錐角	$\gamma, \Gamma$	deg	16.78092	72.28633
外端歯末のたけ	aoG	mm	----	2.6929
外端歯元のたけ	boG	mm	----	9.2828
外端有効歯たけ	hk	mm	----	10.8603
外端全歯たけ	ht	mm	12.1669	11.9757
中央歯末のたけ	a	mm	6.7945	2.1286
中央歯元のたけ	b	mm	3.2442	7.3079
クリアランス	c	mm	1.1154	1.1125
中央有効歯たけ	h	mm	8.9231	
中央全歯たけ	hm	mm	10.0387	
歯元角の和	$\Sigma \delta$	deg	5.28816	
歯元角	$\delta$	deg	1.46901	3.74879
歯末角	$\alpha$	deg	3.58355	1.53937
歯底円錐角	$\gamma R, \Gamma R$	deg	15.31191	68.53754
歯先円錐角	$\gamma o, \Gamma o$	deg	20.36446	73.82570
90°相当歯数比	m90	---	3.1308	
中央円ピッチ	Pm	mm	18.0567	
Crossing Pointへ外端歯先	xo, Xo	mm	129.9617	40.6281
中央ピッチ円直径	dm	mm	73.9820	229.9956
中央歯直角円弧歯厚減少量	fn	mm	0.0836	0.0331
ギヤ外端ねじれ角	$\Psi oG$	deg	----	35.84757
中央歯直角円弧歯厚	fnG	mm	8.9767	4.6993
中央歯直角円弧歯たけ	ac	mm	7.0624	2.1366
トータルバックラッシュ	j	mm	0.1664	
中央ねじれ角	$\Psi P, \Psi G$	deg	48.44177	29.19688

図 21.3 寸法結果(標準値)

項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ
歯車歯先 R	Rtip	mm	0.6000	0.6000
外端部防刃角半径	Crwh	mm	500.0000	270.0000
外端部防刃角量	Crh	mm	0.1000	0.0000
内端部防刃角半径	Crwt	mm	500.0000	270.0000
内端部防刃角量	Crt	mm	0.0300	0.0000
外端部歯先修整量	Tr	mm	0.0000	0.0000
外端部歯先修整たけ	Th	mm	0.0000	0.0000
歯先円錐角	$\delta a$	deg	20.36446	73.82570
歯底円錐角	$\delta f$	deg	15.31191	68.53754
外端歯末のたけ	aoG	mm	----	2.6929
外端歯元のたけ	boG	mm	----	9.2828
外端歯先円直径	do	mm	103.8947	----

図 21.4 修整諸元設定

項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ
中央正面モジュール	mm	mm	5.11101	
凹面圧力角	$\Phi 1$	deg	13.92678	
凸面圧力角	$\Phi 2$	deg	24.07322	
ピッチ円錐頂点の位置	Z	mm	----	-0.0738
歯先円錐頂点の位置	Go, Zo	mm	3.9862	-1.2350
歯底円錐頂点の位置	GR, ZR	mm	13.6969	-0.0707
外端円錐距離	Ao	mm	----	141.7191
中央円錐距離	AmP, AmG	mm	128.1239	120.7213
ピッチ円直径	d, D	mm	87.9334	270.0000
外端歯先円直径	do, Do	mm	103.8947	271.6387
ピッチ円錐角	$\gamma, \Gamma$	deg	16.78092	72.28633
外端歯末のたけ	aoG	mm	----	2.6929
外端歯元のたけ	boG	mm	----	9.2828
外端有効歯たけ	hk	mm	----	10.8603
外端全歯たけ	ht	mm	12.1669	11.9757
中央歯末のたけ	a	mm	6.7945	2.1286
中央歯元のたけ	b	mm	3.2442	7.3079
クリアランス	c	mm	1.1154	1.1125
中央有効歯たけ	h	mm	8.9231	
中央全歯たけ	hm	mm	10.0387	
歯元角の和	$\Sigma \delta$	deg	5.21780	
歯元角	$\delta$	deg	1.46901	3.74879
歯末角	$\alpha$	deg	3.58354	1.53937
歯底円錐角	$\gamma R, \Gamma R$	deg	15.31191	68.53754
歯先円錐角	$\gamma o, \Gamma o$	deg	20.36446	73.82570
90°相当歯数比	m90	---	3.1308	
中央円ピッチ	Pm	mm	18.0567	
Crossing Pointへ外端歯先	xo, Xo	mm	129.9617	40.6281
中央ピッチ円直径	dm	mm	73.9820	229.9956
中央歯直角円弧歯厚減少量	fn	mm	0.0836	0.0331
ギヤ外端ねじれ角	$\Psi oG$	deg	----	35.84757
中央歯直角円弧歯厚	fnG	mm	8.9767	4.6993
中央歯直角円弧歯たけ	ac	mm	7.0624	2.1366
トータルバックラッシュ	j	mm	0.1664	
中央ねじれ角	$\Psi P, \Psi G$	deg	48.44177	29.19688

図 21.5 寸法結果(修整諸元変更後)

### 21.4 組み図

図 21.5 の寸法計算結果に基づいたハイポイドギヤ寸法を図 21.6 に示します。

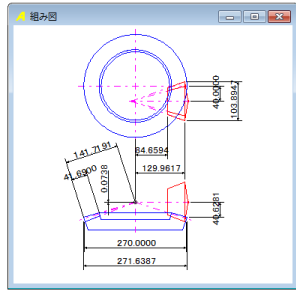


図 21.6 寸法図

### 21.5 強度計算

#### 21.5.1 動力設定

ハイポイドギヤの強度計算は、ANSI/AGMA2003-A86 規格に基づいています。図 21.7 に動力諸元設定を示します。図 21.8 および図 21.9 に、Life Factor グラフを示します。

項目	記号	単位	面圧	曲げ
定格伝達馬力	Po	kW	60.0000	
等価動力	P	kW	*****	
ピニオン回転数	np	rpm	1000.0000	
寿命繰り返し数	N	---	10000000	
歯車の使用状況	---	---	一般	
回転方向	---	---	正転	
クラウニング	---	---	有り	
支持構造係数	Cmf	---	1.000	
外部動荷重係数	Ca, Ka	---	1.000	1.000
信頼度係数	CR, KR	---	1.000	1.000
温度係数	CT, KT	---	1.000	1.000
ピニオン過負荷の回転/分	---	---	1	
ギヤ過負荷の回転/分	---	---	1	

図 21.7 動力諸元設定

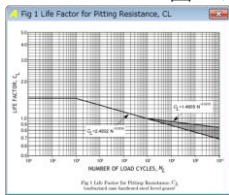


図 21.8 Life Factor (CL)

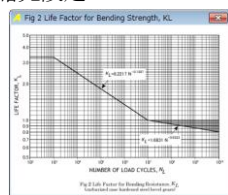


図 21.9 Life Factor (KL)

#### 21.5.2 幾何係数

幾何係数(I, J)の標準値を図 21.10 に示しますが、図 21.11 および図 21.12 のグラフを参考にして任意に変更することができます。

項目	記号	ピニオン	ギヤ
面圧用幾何係数	I		0.18698
曲げ用幾何係数	JP, JG	0.25112	0.31410
オフセット係数	E/D		0.15

図 21.10 幾何係数(標準値)

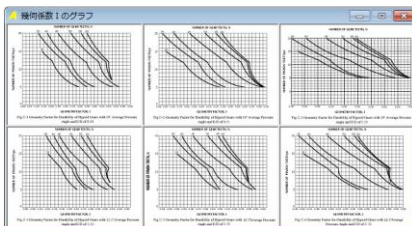


図 21.11 幾何係数(I)

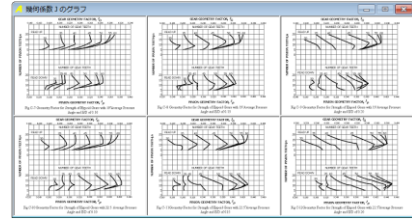


図 21.12 幾何係数(J)

#### 21.5.3 材料設定

図 21.13 に材料、熱処理、硬度、許容応力数を設定します。

ピニオン材料		ギヤ材料	
材料名	鋼	材料名	鋼
材料記号	aaa	材料記号	bbb
熱処理	浸炭焼入れ	熱処理	浸炭焼入れ
硬度(HRC)	60	硬度(HRC)	55
許容面圧応力数(MPa)	1240.0	許容面圧応力数(MPa)	1240.0
許容曲げ応力数(MPa)	380.0	許容曲げ応力数(MPa)	380.0

図 21.13 材料設定

#### 21.5.4 強度計算結果

ハイポイドギヤの強度結果を図 21.14 に示します。

項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ
歯数比	--	mG		4.081
周速	Vt	m/s		4.604
効率	ε	%		96.379
定格ピニオントルク	TD	N·m	572.983	
等価ピニオントルク	TP	N·m	572.983	
歯面強さ				
応力調整係数	Cb	--	0.634	
内部動荷重係数	Cv	--	0.928	
U係数	U	--	0.239	
最小動荷重係数	Cvmin	--	0.238	
重なりかみあい率	mF	--	2.760	
寸法係数	Cs	--	1.000	
荷重分配係数	Cm	--	1.200	
歯すじ修正係数	Cxc	--	1.500	
歯面状態係数	Cf	--	1.000	
幾何係数	I	--	0.187	
寿命係数	CL	--	1.000	
硬さ比係数	CH	--	1.000	
許容面圧応力数	Sac	MPa	1240.000	1240.000
面圧応力数	Sc	MPa	731.513	705.027
許容伝達動力	Pac	kW	172.414	166.171
歯面強さの余裕率	SFc	--	2.874	2.770
曲げ強さ				
内部動荷重係数	Kv	--	0.928	
寸法係数	Ks	--	1.000	1.000
荷重分配係数	Km	--	1.200	
歯筋曲線係数	Kx	--	1.061	
幾何係数	J	--	0.251	0.314
寿命係数	KL	--	1.000	
許容曲げ応力数	Sat	MPa	380.000	380.000
曲げ応力数	St	MPa	252.918	272.534
許容伝達動力	Pat	kW	90.152	103.541
曲げ強さの余裕率	SFT	--	1.503	1.726

図 21.14 強度計算結果(曲げ, 面圧)

#### 21.5.5 寿命計算結果

図 21.15 に寿命計算結果を示します。

歯面強さの寿命	記号	単位	ピニオン	ギヤ
予想寿命係数	CL'	---	0.590	0.590
予想寿命負荷回数	Nc	cyces	5.665E+16	5.665E+16
予想寿命時間	Lc	hrs	1.574E+13	8.438E+13
曲げ強さの寿命	記号	単位	ピニオン	ギヤ
予想寿命係数	KL'	---	0.666	0.717
予想寿命負荷回数	Nt	cyces	1.000E+07	1.000E+07
予想寿命時間	Lt	hrs	2.778E+03	1.136E+04

図 21.15 寿命結果

## 21.6 歯形レンダリング

図 21.4 で設定した歯幅方向および歯たけ方向分割数に基づいて歯形を解析し表示します。図 21.16 および図 21.17 に歯形レンダリングを示します。図 21.18 の歯形レンダリングは、図 21.17 に加工カッタを重ね合わせた図です。

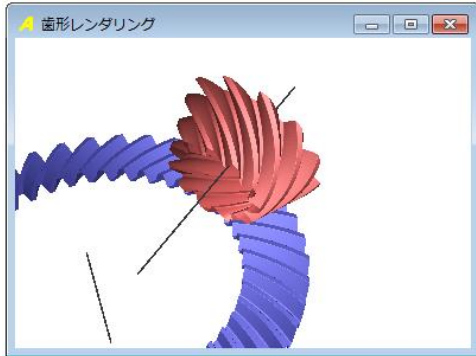


図 21.16 歯形レンダリング 1

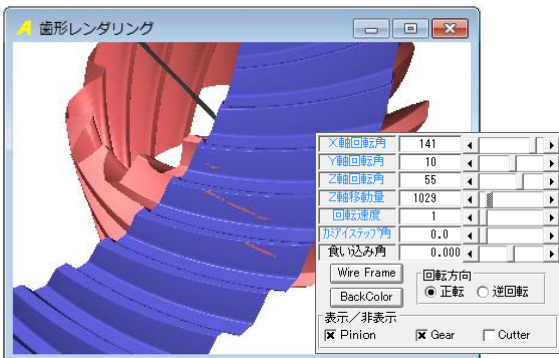


図 21.17 歯形レンダリング 2

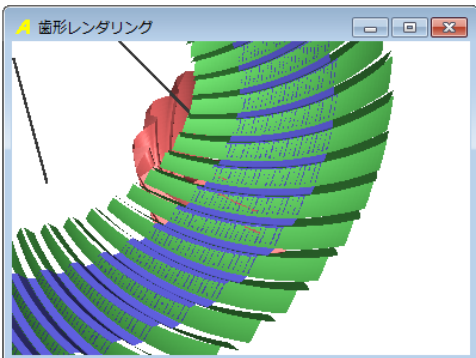


図 21.18 歯形レンダリング(カッタ表示)

ここで出力するハイポイドギヤの歯形は、歯切盤によって得られた歯形ではありません。両歯車の歯形は(1)~(3)で決定しています。

- (1) ギヤ(大歯車)を球面インボリュート歯形で出力します。
- (2) 歯すじ曲線は、諸元設定の工具半径で決定します。
- (3) ピニオン(小歯車)の歯形は、ピニオン軸にオフセットを与え、ギヤ歯形とかみ合うように歯形を決定しています。

## 21.7 CAD ファイル

ピニオンとギヤの歯形は、DXF および IGES ファイルで出力することができます。図 21.19 にファイル出力フォームを、

図 21.20 および図 21.21 に CAD 作図例を示します。

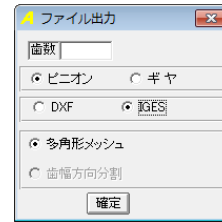
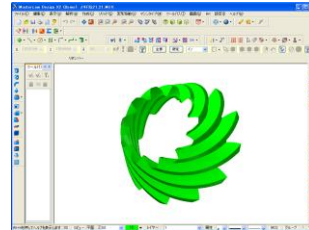
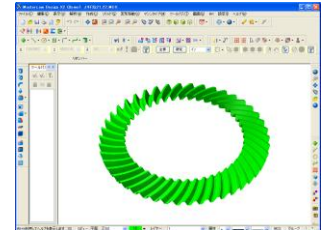


図 21.19 ファイル出力



(ピニオン)



(ギヤ)

図 21.20 CAD 作図例(IGES)

図 21.21 CAD 作図例(IGES)

## 21.8 歯当たり解析 (オプション)

歯当たり解析例を以下に示します。図 21.22 に歯当たり解析設定を、図 21.23 に解析例を示します。



図 21.22 歯当たり設定

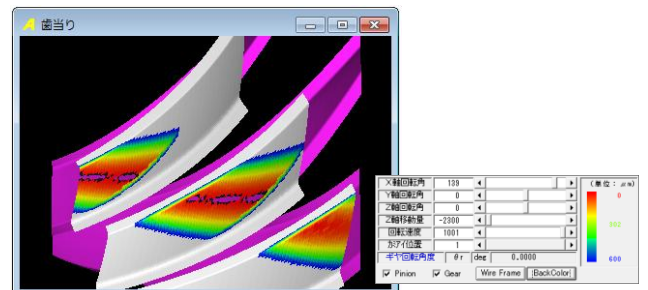


図 21.23 歯当たり

## 21.9 その他

- (1) 軸受け荷重計算
- (2) 設計データの保存、読み込み
- (3) 印刷(寸法、強度計算、組図)