

## [46] Linear bevel gear design system(IP-bevel gear)

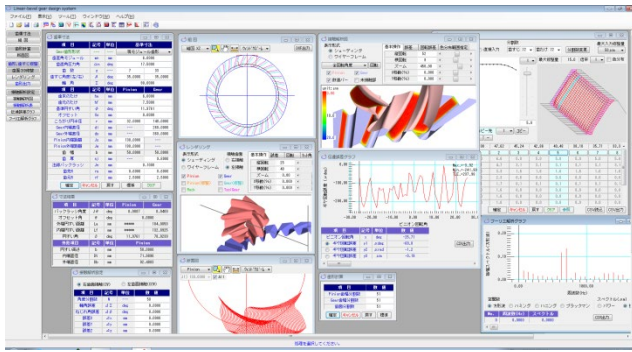
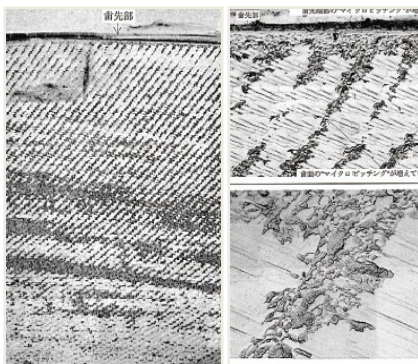


図 46.1 Linear bevel gear

### 46.1 概要

現在、ベベルギヤは Gleason 社や Klingelnberg 社の専用歯切り盤で加工されていますが、近年、球面インボリュート歯形（カタログ 10 頁，図 2.12 参照）を持つベベルギヤをマシニングセンタで加工することも一般化し、小形ベベルギヤの金型や大型ベベルギヤでは目新しいことではなくなっています。特に大型のベベルギヤでは専用歯切り盤が製造されていないことからマシニングセンタで加工せざるを得ない状況にあります。

小さな歯車では、工具の摩耗も少なく、ツールパスを細かく運動させることができ、また金型では磨きをすることにより上質な歯面粗さを得ることができます。しかし、大型歯車の場合はエンドミル工具を使用すると工具摩耗や切削（研削）状況などにより、目視観察では問題にならない歯面であっても運転後には図 46.2 のように歯面に鱗模様が生じてしまいマイクロピッチングが発生する原因となります。このような現象を回避するためには円盤状の砥石で歯面研削しなければなりません。



（応用科学研究所カタログより）

図 46.2 マシニングセンタ加工歯面のマイクロピッチングの例

スパイラルベベルギヤの場合、凸面側歯面は小さな直径を持つ円盤形砥石であれば研削することも可能（隣の歯に接触する可能性がある）ですが、凹面側歯面は研削することができません。

しかし、本ソフトウェアでは、円盤形砥石で歯面研削ができるよう大歯車の歯形と歯すじを直線として、これにかみ合う小歯車の歯形を決定しています（歯面修整も可）。そのため、大歯車の歯面研削はエンドミル形状の工具（スワープ加工も含む）に比べ大幅な時間短縮が可能です。また、大歯車を内歯ベベルとすること、小歯車にオフセットを与えること、軸角を 90° 以外とすること、そして、小歯車の歯数を小歯数（1～5 歯）とすることができますので大減速で且つ、自由度の高い歯車対を設計することができます。すなわち、この **Linear bevel gear** は、「設計と加工の多様性」を持つ歯車であると言えます。

### 46.2 ソフトウェアの構成

**Linear bevel gear design system** の構成を表 46.1 に示します。表中の○は、基本ソフトウェアに含まれ、◎はオプションです。

表 46.1 ソフトウェアの構成

| 項 目           | 掲載項   | 機能 |
|---------------|-------|----|
| <1>基準ラックの設定   | 46.3  | ○  |
| <2>歯車寸法       | 46.4  | ○  |
| <3>組図         | 46.5  | ○  |
| <4>断面図        | 46.7  | ○  |
| <5>歯形，歯すじ修整   | 46.8  | ○  |
| <6>歯面 3D 修整   | 46.9  | ○  |
| <7>レンダリング     | 46.10 | ○  |
| <8>歯形出力       | 46.11 | ○  |
| <9>接触解析設定     | 46.12 | ○  |
| <10>接触解析図     | 46.12 | ○  |
| <11>接触解析表     | 46.12 | ○  |
| <12>伝達誤差グラフ   | 46.13 | ○  |
| <13>フーリエ解析グラフ | 46.13 | ○  |
| <14>小歯数       | 46.14 | ◎  |

### 46.3 基準ラックの設定（ツール，プロパティ）

基準ラック（並歯，低歯，特殊）を図 46.3 で設定し、その基準ラックの形状を表示することができます。本例では、歯だけを「並歯」とし、圧力角を 17.5° とした例を示します。

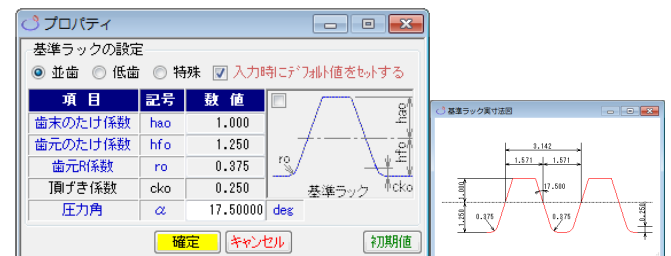


図 46.3 基準ラックと形状

### 46.4 歯車寸法設定

図 46.4 に諸元入力画面を示します。Gear 歯形形状は、「等モジュール歯形」と「比モジュール歯形」の 2 種類があります。「等モジュール歯形」は、大歯車の歯形を内端部から外端部まで同じモジュールで生成しますが、「比モジュール歯形」(46.15 項参照)は、円すい距離に比例するモジュールで歯形を生成します。

歯車寸法

| 項 目        | 記号         | 単位  | 基準寸法     |          |
|------------|------------|-----|----------|----------|
| Gear歯形形状   | ---        | --- | 等モジュール歯形 |          |
| 歯直角モジュール   | mn         | mm  | 6.0000   |          |
| 歯直角圧力角     | $\alpha_n$ | deg | 17.5000  |          |
| 歯 数        | z          | --- | 7        | 38       |
| 歯すじ角度(左/右) | $\beta$    | deg | 35.0000  | 35.0000  |
| 軸 角        | $\Sigma$   | deg | 90.0000  |          |
| 項 目        | 記号         | 単位  | Pinion   | Gear     |
| 歯末のたけ      | ha         | mm  | 8.0000   |          |
| 歯元のたけ      | hf         | mm  | 7.5000   |          |
| 基準円すい角     | $\phi$     | deg | 11.9781  |          |
| オフセット      | Xo         | mm  | 0.0000   |          |
| ころがり円半径    | r          | mm  | 32.0000  | 140.0000 |
| Gear内端直径   | di         | mm  | ---      | 260.0000 |
| Gear外端直径   | do         | mm  | ---      | 360.0000 |
| Pinion内端距離 | Js         | mm  | 130.0000 | ---      |
| Pinion外端距離 | Je         | mm  | 180.0000 | ---      |
| 歯 幅        | b          | mm  | 50.0000  | 50.0000  |
| 歯 厚        | sj         | mm  | ---      | 9.6000   |
| 法線バックラッシ   | Jn         | mm  | 0.1000   |          |
| 歯先R        | ra         | mm  | 0.6000   | 0.6000   |
| 歯元R        | rf         | mm  | 2.5000   | 2.5000   |

確定

キャンセル

戻す

標準

クリア

図 46.4 諸元

歯車寸法は、モジュール、圧力角、歯数、歯すじ角度、軸角を設定すれば、それ以下の歯末のたけ、歯元のたけなどの数値は、[TAB]キーで標準値を設定することができます。例題では、歯すじ角度を左右とも  $35^\circ$  としています。異なる角度を設定することもできます。また、本例では、ころがり円の標準値を使用するのではなくアンダーカットを避けるため、ころがり円を  $r_1=32.00$ ,  $r_2=140.00$  としています。さらに、大歯車の内端直径と外端直径を変更することができますので歯幅位置での歯形使用範囲を自由に設定することができます。図 46.4 を[確定]すると、図 46.5 の寸法結果を表示します。寸法結果 1 のピニオン内端直径と外端直径は、歯形計算後の寸法結果 2 (図 46.11) に表示します。

| 項目        | 記号         | 単位  | Pinion  | Gear     |
|-----------|------------|-----|---------|----------|
| バックラッシュ角度 | J $\theta$ | deg | 0.0087  | 0.0409   |
| オフセット角    | $\theta$   | deg | 0.0000  |          |
| 外端円すい距離   | La         | mm  | *****   | 184.0050 |
| 内端円すい距離   | Lf         | mm  | *****   | 132.8925 |
| 円すい角      | $\delta$   | deg | 11.9761 | 78.0239  |
| 外形項目      | 記号         | 単位  | Pinion  |          |
| 円すい高さ     | b          | mm  | 50.0000 |          |
| 内端直径      | Dt         | mm  | *****   |          |
| 外端直径      | Db         | mm  | *****   |          |

図 46.5 寸法結果 1

#### 46.5 組図

正面図を図 46.6 に、側面図を図 46.7 に、基準ラックを図 46.8 に示します。これらの図は、縮小、拡大、そして距離計測することができます。DXF ファイルを出力することができます。図 46.9 に CAD 作図例を示します。

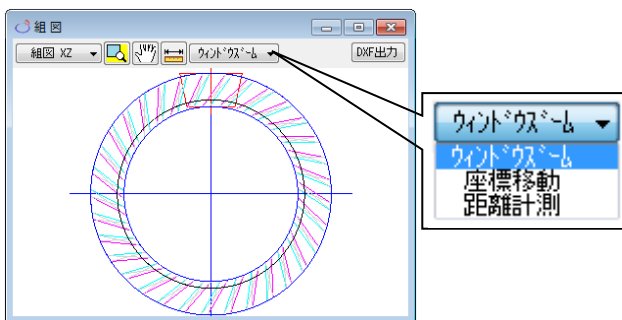


図 46.6 組図 (XZ)

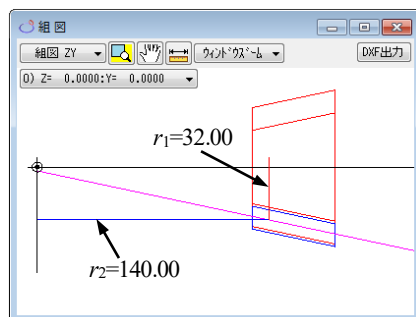


図 46.7 組図 (ZY)

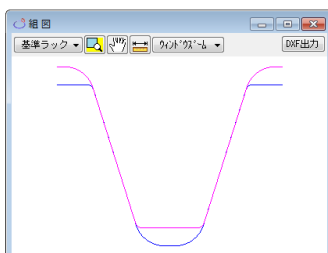


図 46.8 基準ラック

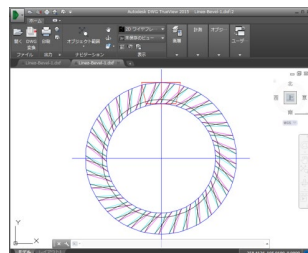


図 46.9 CAD 作図例

#### 46.6 歯形計算

本例では歯形を図 46.10 のように歯形分割数を 51 として計算します。計算結果後、図 46.11 の寸法結果 2 を表示します。

| 項目          | 数値 |
|-------------|----|
| Pinion歯幅分割数 | 51 |
| Gear歯幅分割数   | 51 |
| 歯面分割数       | 51 |

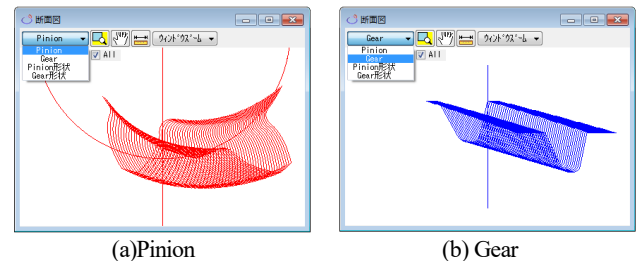
図 46.10 歯形計算の設定

| 項目        | 記号         | 単位  | Pinion  | Gear     |
|-----------|------------|-----|---------|----------|
| バックラッシュ角度 | J $\theta$ | deg | 0.0087  | 0.0409   |
| オフセット角    | $\theta$   | deg | 0.0000  |          |
| 外端円すい距離   | La         | mm  | *****   | 184.0050 |
| 内端円すい距離   | Lf         | mm  | *****   | 132.8925 |
| 円すい角      | $\delta$   | deg | 11.9761 | 78.0239  |
| 外形項目      | 記号         | 単位  | Pinion  |          |
| 円すい高さ     | b          | mm  | 50.0000 |          |
| 内端直径      | Dt         | mm  | 71.9890 |          |
| 外端直径      | Db         | mm  | 92.4083 |          |

図 46.11 寸法結果 2

#### 46.7 断面図

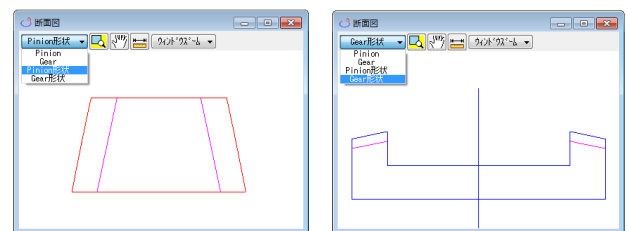
歯形断面を図 46.12 に形状断面を図 46.13 に示します。これらの図も縮小、拡大、そして距離計測することができます。



(a)Pinion

(b) Gear

図 46.12 断面図 (歯形)



(a)Pinion

(b) Gear

図 46.13 断面図

#### 46.8 歯形、歯すじ修整

図 46.14 で定型の歯形修整量と歯すじ修整量を与えることができます。本例では図 46.15(b), Type2 のようにピニオンにのみ歯面修整 (図 46.15b) と歯すじ修整 (図 46.16) を与えギヤは無修整とします。ただし、ピニオン歯すじ修整図の Type1 と Type3 およびギヤの修整はピニオンと同様のため省略します。

|                                                                                                                           |          |         |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|----------|
| 歯形(P)=0                                                                                                                   | 歯すじ(P)=2 | 歯形(G)=0 | 歯すじ(G)=0 |
| 歯形修整タイプ                                                                                                                   |          |         |          |
| <input checked="" type="radio"/> 修整なし <input type="radio"/> Type1 <input type="radio"/> Type2 <input type="radio"/> Type3 |          |         |          |

図 46.14 歯形、歯すじ修整 (設定)

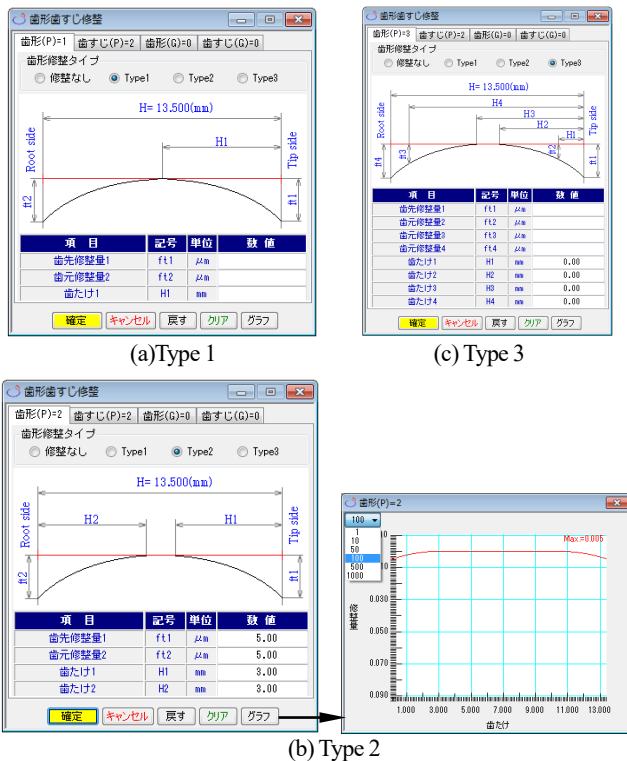


図 46.15 歯形修整 (Pinion)

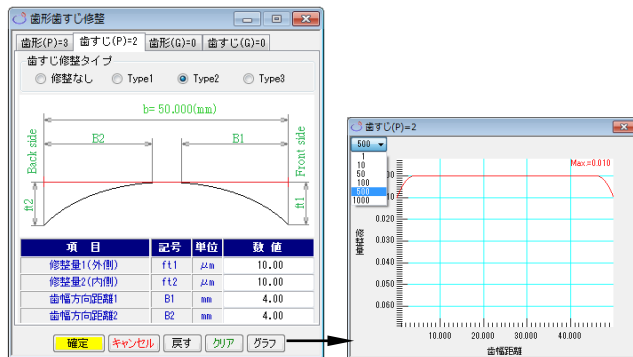


図 46.16 歯すじ修整 (Pinion)

## 46.9 歯面 3D 修整

図 46.15 および図 46.16 で設定した歯面，歯すじ修整を図 46.17 のように 3 次元で表現することができます。また，この歯面修整の分割は任意に設定することができます。図 46.17 の画面で修整量の変更や倍率も変更することができます。また，**CSV出力** で歯面修整量を CSV 出力することができ，Excel で作成したデータを **CSV読み** で読み込むことができます。本例では定型の修整を 3 次元修整に引き継ぎましたが，直接 3 次元修整値を入力することができます。なお，ギヤは無修整のため省略します。

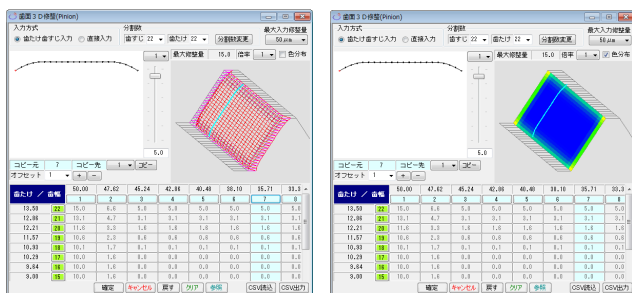


図 46.17 歯面修整 (Pinion)

## 46.10 レンダリング

生成した歯形を図 46.18 のように表示することができ，修整歯形に接触線を図 46.18(b)のように確認することができます。また，図を表示する際の機能は，図 46.19 のように組み立て誤差や回転角度（誤差）を与えることができますので歯のかみ合いを容易に観察することができます。なお，この歯車の円すい形状は図 46.20 のように表すことができます。

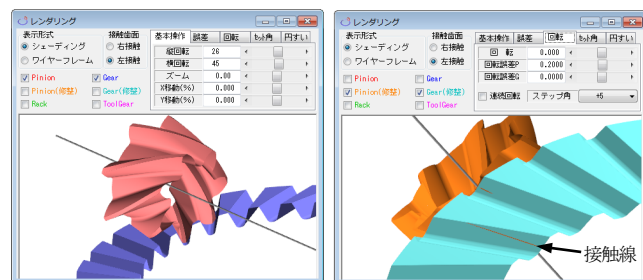


図 46.18 レンダリング

| 基本操作   | 誤差    | 回転 | ねじ角 | 円すい |
|--------|-------|----|-----|-----|
| 縦回転    | 26    |    |     |     |
| 横回転    | 45    |    |     |     |
| ズーム    | 0.00  |    |     |     |
| X移動(%) | 0.000 |    |     |     |
| Y移動(%) | 0.000 |    |     |     |

(a) 基本操作

(b) 誤差設定

| 基本操作  | 誤差     | 回転 | ねじ角 | 円すい |
|-------|--------|----|-----|-----|
| 回転    | 0.000  |    |     |     |
| 回転誤差P | 0.0000 |    |     |     |
| 回転誤差G | 0.0000 |    |     |     |

(c) 回転

(d) 角度

図 46.19 補助機能

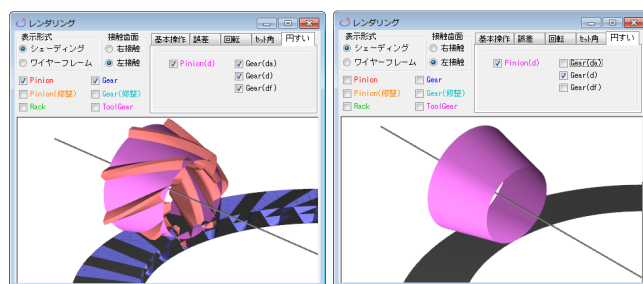


図 46.20 円すい

## 46.11 歯形出力

生成した理論歯形または，修整歯形を図 46.21 で 3D-IGES ファイルに出力することができます。出力歯数は任意に与えることができますので，ピニオンを全歯（7 歯），ギヤを 5 歯出力し，CAD で作図した例を図 46.22 に示します。

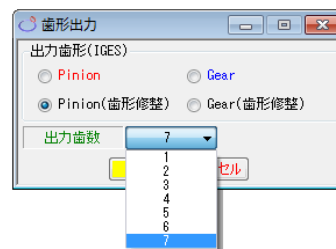


図 46.21 歯形出力



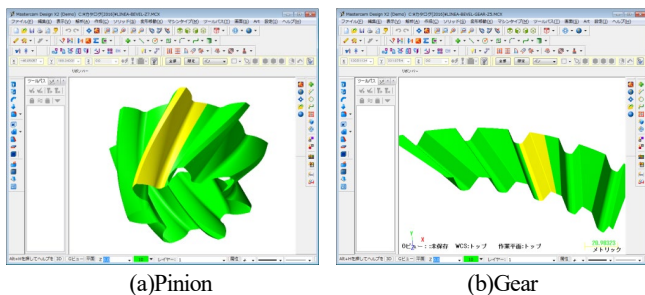


図 46.22 CAD 作図例

## 46.12 歯面接触解析

生成した歯形の接触距離やすべり速度、そして、すべり率を解析することができます。図 46.23 では 1 ピッチ角度の分割数（本例では 50）を設定し、組み立て誤差などを 0 とし、最大接触距離を  $20\mu\text{m}$  としたときの解析結果を図 46.24～46.27 に示します。

歯面修整を考慮して接触距離から全かみ合い率を計算します。本例では全かみ合い率は  $\varepsilon_{\alpha}=2.12$  となります。また、図 46.24 の接触距離解析結果では、ピニオンに歯面修整を与えていますので歯先、歯元そして歯幅端部で接触距離が小さくなっていることが解ります。

接触距離やすべり速度、すべり率の解析後、図 46.27 のように回転させることができますので角度位置における数値を把握する

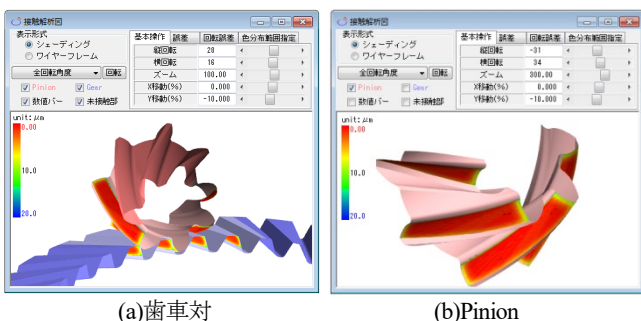
接触解析設定

☒ 右歯面接触(CW) ☐ 左歯面接触(CCW)

| 項目     | 記号                     | 単位                | 数 値     |
|--------|------------------------|-------------------|---------|
| 角度分割数  | N                      | ---               | 50      |
| 軸角誤差   | $\Delta\Sigma$         | deg               | 0.0000  |
| ねじれ角誤差 | $\Delta\beta$          | deg               | 0.0000  |
| 誤差X    | $\Delta x$             | mm                | 0.0000  |
| 誤差Y    | $\Delta y$             | mm                | 0.0000  |
| 誤差Z    | $\Delta z$             | mm                | 0.0000  |
| 回転数    | n                      | min <sup>-1</sup> | 600.000 |
| 最大接触距離 | L                      | $\mu\text{m}$     | 20.00   |
| 全かみ合い率 | $\varepsilon_{\alpha}$ | ---               | 2.1200  |

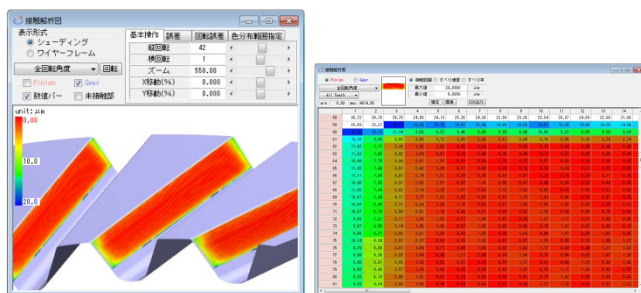
確定 キャンセル 戻す クリア

図 46.23 接触解析の設定



(a)歯車対

(b)Pinion

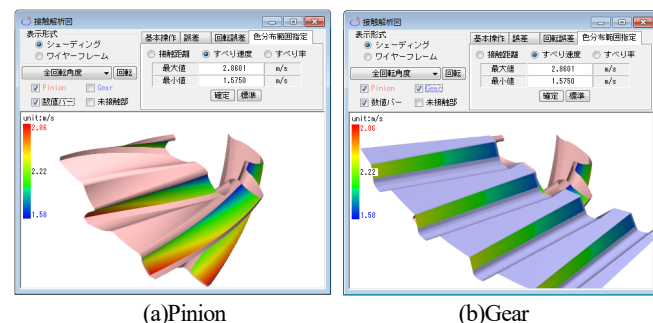


(c)Gear

(d)接触解析表

図 46.24 接触距離

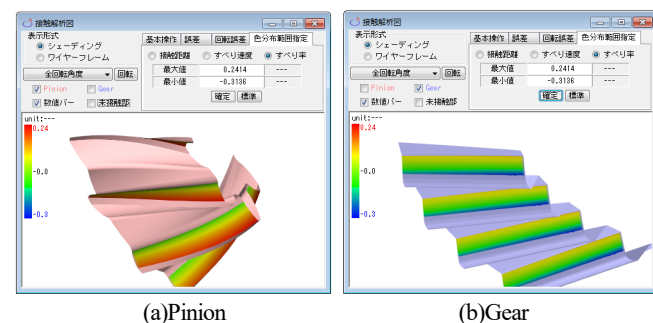
ことができます。また、図 46.28 のように、数値範囲を指定して表示（例：2.50～2.87m/s）することもできます。図 46.28 では、すべり速度を示していますが、接触距離およびすべり率も同様に表示することができます。



(a)Pinion

(b)Gear

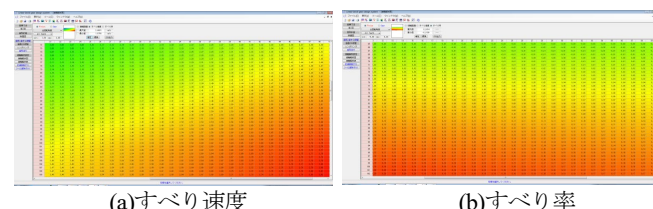
図 46.25 すべり速度



(a)Pinion

(b)Gear

図 46.26 すべり率



(a)すべり速度

(b)すべり率

図 46.27 解析結果（表）

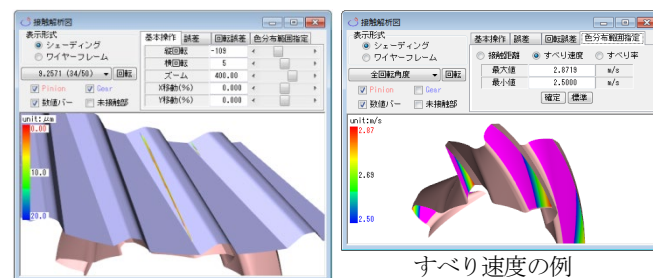


図 46.27 回転

図 46.28 色分布範囲指定

## 46.13 伝達誤差

伝達誤差解析結果を図 46.29 に、フーリエ解析結果を図 46.30 に示します。本例の歯車の伝達誤差は  $TE=0.65\mu\text{m}$  であることが解ります。

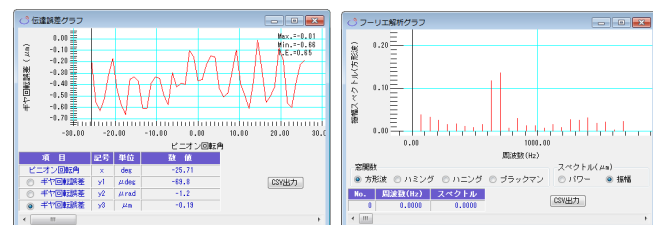


図 46.29 伝達誤差

図 46.30 フーリエ解析

#### 46.14 小歯数（オプション）

ピニオン歯数を  $z_1=2$ 、オフセットを 50mm としたときの計算例を図 46.31～46.38 に示します。本例の場合、ピニオンの歯形を内端側と外端側を揃えるため歯すじ角度は、ギヤ左歯面側を  $45^\circ$ 、右歯面側を  $48^\circ$  にしています。また、ピニオンの歯幅は、内端側と外端側を広くしてかみ合いに余裕を持たせています。

| 歯車寸法       |            |       |          |          |
|------------|------------|-------|----------|----------|
| 項 目        | 記号         | 単位    | 基準寸法     |          |
| Gear歯形形状   | ---        | ---   | 等モジュール歯形 |          |
| 歯直角モジュール   | $m_n$      | mm    | 3.0000   |          |
| 歯直角圧力角     | $\alpha_n$ | deg   | 15.0000  |          |
| 歯 数        | $z$        | ---   | 2        | 55       |
| 歯すじ角度(左/右) | $\beta$    | deg   | 45.0000  | 48.0000  |
| 軸 角        | $\Sigma$   | deg   | 90.0000  |          |
| 項 目        | 記号         | 単位    | Pinion   | Gear     |
| 歯末のたけ      | $h_a$      | mm    | 3.0000   |          |
| 歯元のたけ      | $h_f$      | mm    | 3.7500   |          |
| 基準円すい角     | $\phi$     | deg   | 2.0826   |          |
| オフセット      | $X_o$      | mm    | 50.0000  |          |
| ころがり円半径    | $r$        | mm    | 12.0000  | 119.8510 |
| Gear内端直径   | $d_i$      | mm    | ---      | 220.0000 |
| Gear外端直径   | $d_o$      | mm    | ---      | 260.0000 |
| Pinion内端距離 | $J_s$      | mm    | 94.0000  | ---      |
| Pinion外端距離 | $J_e$      | mm    | 125.0000 | ---      |
| 歯 幅        | $b$        | mm    | 31.0000  | 20.0000  |
| 歯 厚        | $s_j$      | mm    | ---      | 4.7124   |
| 法線バックラッシ   | $J_n$      | mm    | 0.0000   |          |
| 歯先R        | $r_a$      | mm    | 0.3000   | 0.3000   |
| 歯元R        | $r_f$      | mm    | 1.1250   | 1.1250   |
| 確定         |            | キャンセル | 戻す       | 標準       |
|            |            |       |          | クリア      |

図 46.31 諸元

| 項目        | 記号         | 単位  | Pinion  | Gear     |
|-----------|------------|-----|---------|----------|
| バックラッシュ角度 | $J_\theta$ | deg | 0.0000  | 0.0000   |
| オフセット角    | $\theta$   | deg | 24.6570 |          |
| 外端円すい距離   | $L_a$      | mm  | ***     | 130.0859 |
| 内端円すい距離   | $L_f$      | mm  | ***     | 110.0727 |
| 円すい角      | $\delta$   | deg | 2.0826  | 87.9174  |
| 外形項目      | 記号         | 単位  | Pinion  |          |
| 円すい高さ     | $b$        | mm  | 31.0000 |          |
| 内端直径      | $D_t$      | mm  | 28.9713 |          |
| 外端直径      | $D_b$      | mm  | 31.0256 |          |

図 46.32 寸法結果

#### 46.15 比モジュール歯形

比モジュール歯形は、円すい距離に比例するモジュールで歯形を生成します。比モジュール歯形の計算例を図 46.39～46.46 に示します。比モジュール歯形の場合、歯すじ角度を与えることはできません。この機能は、すぐばか歯車の形状とほぼ同じで、ギヤの歯形を直線としてピニオンの歯形を生成しています。

| 歯車寸法       |            |       |          |          |
|------------|------------|-------|----------|----------|
| 項 目        | 記号         | 単位    | 基準寸法     |          |
| Gear歯形形状   | ---        | ---   | 比モジュール歯形 |          |
| 歯直角モジュール   | $m_n$      | mm    | 3.0000   |          |
| 歯直角圧力角     | $\alpha_n$ | deg   | 20.0000  |          |
| 歯 数        | $z$        | ---   | 10 37    |          |
| 歯すじ角度(左/右) | $\beta$    | deg   | ※※※※※※※※ |          |
| 軸 角        | $\Sigma$   | deg   | 90.0000  |          |
| 項 目        | 記号         | 単位    | Pinion   | Gear     |
| 歯末のたけ      | $h_a$      | mm    | 3.0000   |          |
| 歯元のたけ      | $h_f$      | mm    | 3.7500   |          |
| 基準円すい角     | $\phi$     | deg   | 15.1240  |          |
| オフセット      | $X_o$      | mm    | 0.0000   |          |
| ころがり円半径    | $r$        | mm    | 18.0000  | 55.5000  |
| Gear内端直径   | $d_i$      | ---   |          | 93.0000  |
| Gear外端直径   | $d_o$      | ---   |          | 129.0000 |
| Pinion内端距離 | $J_s$      | mm    | 46.5000  | ---      |
| Pinion外端距離 | $J_e$      | mm    | 64.5000  | ---      |
| 歯 幅        | $b$        | mm    | 18.0000  | 18.0000  |
| 歯 厚        | $s_j$      | mm    | ---      | 4.7124   |
| 法線バックラッシュ  | $J_n$      | mm    | 0.1000   |          |
| 歯先R        | $r_a$      | mm    | 0.1000   | 0.1000   |
| 歯元R        | $r_f$      | mm    | 1.1250   | 1.1250   |
| 確定         |            | キャンセル | 戻す       | 標準       |
|            |            |       |          | クリア      |

図 46.39 諸元

| 項目        | 記号         | 単位  | Pinion  | Gear    |
|-----------|------------|-----|---------|---------|
| バックラッシュ角度 | $J_\theta$ | deg | 0.0279  | 0.1032  |
| オフセット角    | $\theta$   | deg | 0.0000  |         |
| 外端円すい距離   | $L_a$      | mm  | ***     | 66.8142 |
| 内端円すい距離   | $L_f$      | mm  | ***     | 48.1684 |
| 円すい角      | $\delta$   | deg | 15.1240 | 74.8760 |
| 外形項目      | 記号         | 単位  | Pinion  |         |
| 円すい高さ     | $b$        | mm  | 18.0000 |         |
| 内端直径      | $D_t$      | mm  | 32.1164 |         |
| 外端直径      | $D_b$      | mm  | 44.5485 |         |

図 46.40 寸法結果

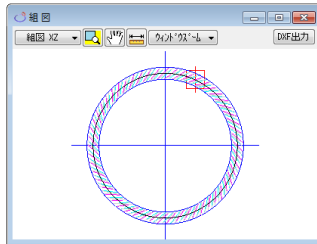


図 46.33 組図 (XZ)

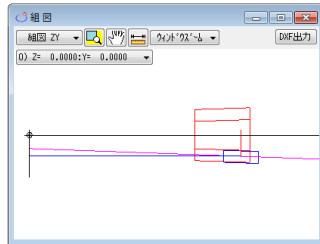


図 46.34 組図 (ZY)

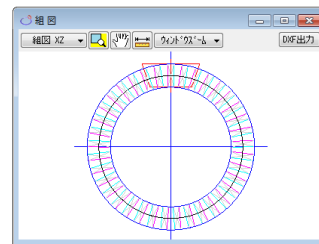


図 46.41 組図 (XZ)

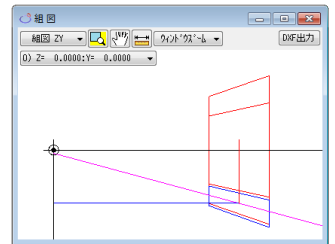


図 46.42 組図 (ZY)

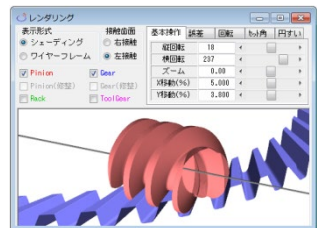


図 46.35 レンダリング



図 46.36 接触 ( $\epsilon_\gamma=3.49$ )

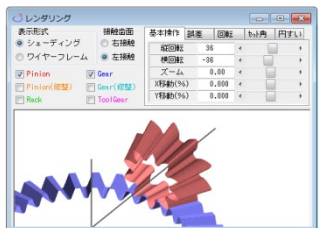


図 46.43 レンダリング

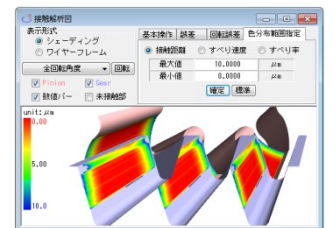


図 46.44 接触 ( $\epsilon_\gamma=1.57$ )

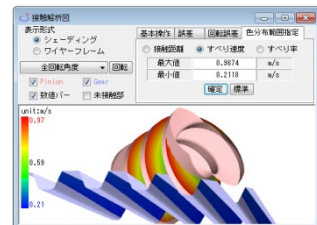


図 46.37 すべり速度

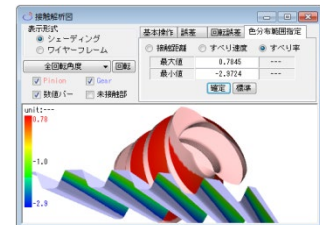


図 46.38 すべり率

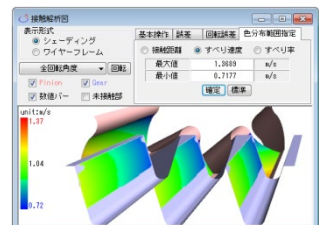


図 46.45 すべり速度

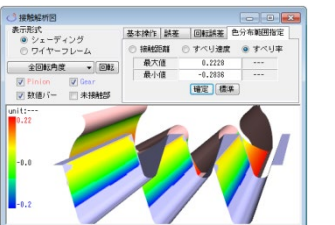


図 46.46 すべり率

#### 46.17 内歯ベベル+オフセットの例

内歯ベベルにオフセットを与え、軸角を $\Sigma=110^\circ$ とした設計例(図46.47~46.55)と模型(図46.56)を示します。内歯車ベベルギヤでオフセットを持つ歯車は、従来のかさ歯車加工専用機では加工が不可能であったことから設計概念としても一般化していませんでした。しかし、**Linear bevel gear**は「設計と加工の多様性」を持っていますので自由な発想で設計することができます。



図46.56 内歯ベベル+オフセットの模型

| 歯車寸法                                      |            |     |          |          |
|-------------------------------------------|------------|-----|----------|----------|
| 項目                                        | 記号         | 単位  | 基準寸法     |          |
| Gear歯形状                                   | ---        | --- | 等モジュール歯形 |          |
| 歯直角モジュール                                  | $m_n$      | mm  | 2.5000   |          |
| 歯直角圧力角                                    | $\alpha_n$ | deg | 20.0000  |          |
| 歯数                                        | $z$        | --- | 7        | 34       |
| 歯すじ角度(左/右)                                | $\beta$    | deg | 30.0000  | 30.0000  |
| 軸角                                        | $\Sigma$   | deg | 110.0000 |          |
| 項目                                        | 記号         | 単位  | Pinion   | Gear     |
| 歯末のたけ                                     | $h_a$      | mm  | 2.5000   | ---      |
| 歯元のたけ                                     | $h_f$      | mm  | 3.1250   | ---      |
| 基準円すい角                                    | $\phi$     | deg | -8.2434  | ---      |
| オフセット                                     | $x_o$      | mm  | 15.0000  | ---      |
| ころがり円半径                                   | $r$        | mm  | 14.5000  | 50.0000  |
| Gear内端直径                                  | $d_i$      | mm  | ---      | 100.0000 |
| Gear外端直径                                  | $d_o$      | mm  | ---      | 124.0000 |
| Pinion内端距離                                | $J_s$      | mm  | 45.4805  | ---      |
| Pinion外端距離                                | $J_e$      | mm  | 57.8422  | ---      |
| 歯幅                                        | $b$        | mm  | 12.3617  | 12.0000  |
| 歯厚                                        | $s_j$      | mm  | ---      | 3.9270   |
| 法線バックラシ                                   | $J_n$      | mm  | 0.1000   |          |
| 歯先R                                       | $r_a$      | mm  | 0.2500   | 0.2500   |
| 歯元R                                       | $r_f$      | mm  | 1.0000   | 1.0000   |
| <div>確定    キャンセル    戻す    標準    クリア</div> |            |     |          |          |

図46.47 諸元

| 項目      | 記号         | 単位  | Pinion  | Gear    |
|---------|------------|-----|---------|---------|
| バックラシ角度 | $J \theta$ | deg | 0.0236  | 0.1146  |
| オフセット角  | $\theta$   | deg | 17.4576 | ---     |
| 外端円すい距離 | $L_a$      | mm  | ---     | 62.6473 |
| 内端円すい距離 | $L_f$      | mm  | ---     | 50.5220 |
| 円すい角    | $\phi$     | deg | 11.7566 | 98.2434 |
| 外形項目    | 記号         | 単位  | Pinion  | Gear    |
| 円すい高さ   | $b$        | mm  | 12.3617 | ---     |
| 内端直径    | $d_i$      | mm  | ---     | 32.3922 |
| 外端直径    | $d_o$      | mm  | ---     | 37.8074 |

図46.48 寸法結果

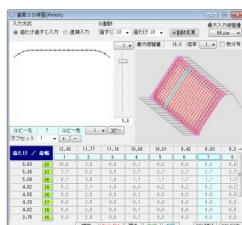


図46.49 歯面修整

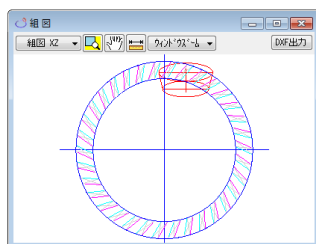


図46.50 組図(XZ)

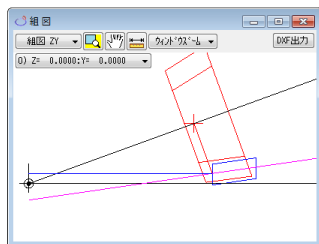


図46.51 組図(ZY)



図46.52 レンダリング



図46.53 接触 ( $\epsilon_f=2.20$ )

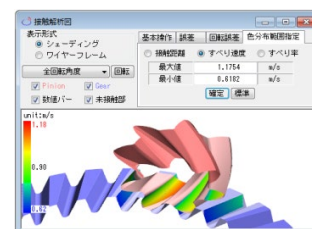


図46.54 すべり速度

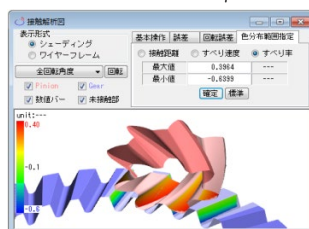


図46.55 すべり率

#### 46.18 まとめ

**Linear bevel gear**は「設計と加工の多様性」を持つことから、

- (1) ベベルギヤの外歯、内歯、そしてオフセットも自由に設計することができます。そのため、従来の考えにとらわれない歯車の使用や組み合わせが可能です(ex.  $\Sigma \neq 90^\circ$ で容積小)。
- (2) 歯形データさえあればマシニングセンタなどで加工が可能です。そのため歯車加工専用機の制約を受けません。そのため、ピニオンを小歯数歯車とすることも大歯車を内歯とすることもできます。
- (3) マシニングセンタなどの加工は一般化技術として定着しているため今後、歯車加工専用機以外の加工法としての利用が進むと考えています。
- (4) 大歯車の歯形および歯すじを直線としているため円盤形砥石での研削が加工です。このためエンドミル形工具(砥石)に比べ生産性が非常に高く、加工面も上質となります。
- (5) スパイラルベベルを円盤形砥石で研削する場合、図45.57のように砥石と歯面が干渉するため研削が困難(不可能)です。(図45.58の片テーパ形砥石でも研削は不可能)しかし、図45.58の**Linear bevel gear**のピニオンは円盤形砥石で研削できることが解ります。
- (6) そもそも、スパイラルベベルの歯すじが、なぜ図45.57のようになっているのかというと、円盤外部の平面に刃物を置き、これを運動させ歯形を作っているからであって、この歯すじ形状を当然のこととして我々は認識しています。しかし、上述したように歯面を円盤形砥石で研削できるという大きな特徴を持つこの方式のベベルギヤは、近い将来、多くの採用が進むもの(特に大型歯車)と考えています。

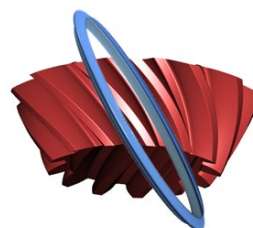


図45.57 spiral bevel と円盤形砥石

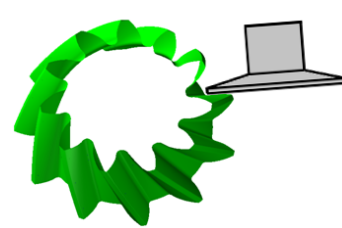


図45.58 **Linear bevel gear**のピニオンと片テーパ形砥石

**Linear bevel gear**は、IP-bevel gearの名称で2016年12月22日、日刊工業新聞7面に、そして日経ものづくり誌'2017年5月号、63~68頁に掲載されました(図45.59)。詳細は本誌をご覧ください。



図45.59 日経ものづくり

- 1) 日経BP社、日経ものづくり誌表紙