[4] involute ASM (high-intensity gear design system)



図 4.1 involute ASM(high-intensity gear)

4.1 概要

involute ASM(high-intensity gear)は、非対称圧力角インボリュート歯車(以後、非対称歯形歯車と言う)の設計支援ソフトウェアです.図4.1 に全体画面を示します.

非対称歯形歯車は、ギヤの大きさや材料を変更しないで歯面負 荷容量を増大させることができます.高圧力角歯形は標準圧力角 に比べ、ヘルツ応力は低下し、摩擦係数は小さく、すべり率は小 さく、そしてフラッシュ温度を低く抑えることができます.

4.2 ソフトウェアの構成

involute ASM の構成を表 4.1 に示します.表中の〇は,基本ソフトウェアに含まれ, 〇はオプションです. 適応歯車:インボリュート平,はすば歯車(外歯車,内歯車)

| 項目 | 機能 |
|--------------------------------|----|
| <1>基準ラックの設定 | 0 |
| <2>歯車寸法 | 0 |
| <3>推論 | 0 |
| 〈4〉歯形創成図 | 0 |
| <5>歯車かみ合い図 | 0 |
| <6>かみ合い連続回転 | 0 |
| <7>歯形 DXF ファイル | 0 |
| <8>歯形レンダリング図 | 0 |
| 〈9〉歯車精度 | 0 |
| <10>設計データ管理 | 0 |
| <11>JGMA6101,6102, JGMA401,402 | 0 |
| <12>樹脂歯車強度計算(JIS B 1759) | 0 |
| <13>軸受け荷重 | 0 |
| <14>3D-IGES 歯形データ | 0 |
| <15>回転伝達誤差解析,フーリエ解析 | |
| ワウ・フラッタ, CSV | 0 |
| <16>歯面修整(歯形,歯すじ,バイアス修整) | 0 |
| <17>歯当たり | 0 |
| <18>FEM 歯形応力解析 | 0 |

表4.1 ソフトウェアの構成

4.3 基準ラックの設定

- 図 4.2~4.5 に設定画面を示します.
- ・歯車の組み合わせ : 外歯車×外歯車, 外歯車×内歯車
- ・基準ラック : 並歯, 低歯, 特殊
- ・歯先円決定の方式 :標準方式,等クリアランス方式
- ・鋼歯車の強度計算規格は、図4.5に示すように

- JGMA 401-02:1974, 402-02:1975
- · JGMA 6101-02:2007, 6102-02:2009

の 2 種類があり、プラスチック歯車の強度計算規格は、JIS B 1759(2013)に対応しています.

| 基準ラック 丁法 福度 協選 ● 推奨 ● 進盛 ● 低面 ● 低面 ● 低面 市面に打用(6xc) α.nl 17,00001 南市のたけ低級 1.450 1.450 市面に打用(6xc) α.nl 17,00001 南市のたけ低級 1.450 1.450 市面が低級 1.450 1.450 古面が低級 n.8 1.200 面かたけ低級 n.8 1.200 市のたけ低級 n.8 1.200 面かんれのたけ低級 n.200 0.220 面がんれのため 0.250 0.250 面かくしたの 0.250 0.250 一 重変 キャンセル 「日本 小田酸安 電気の長期ののののののののののののののののののののののののののののののののののの | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|----------------------|-------------------|--|------------|---------------------|----------------|--|--|
| ● 推奨 ● 並曲 ● 低歯 ● 特殊 ① 日 ○ ジャンロット ○ 市のたけ「株沢 № № 1.200 1.200 ○ 市のたけ「株沢 № № 1.200 1.220 ○ 国力方(株沢 № 0.220 0.220) ○ 東寸法図 ○ 東寸法図 ○ 東寸法図 ○ 東寸法図 ○ 東寸法図 ○ 日本の大の № № № № № № № № № № № № № № № № № № | 基準ラック | 寸法 | 積度 | 強度 | | | | | |
| | ◎ 推奨 | ◎ 並; | a 🔘 | 低歯 | ◎ 特殊 | | | | |
| 生歯面近方角(dec) 古曲近方角(dec) 市かたけ「株粧 heo 1.200 市かたけ「株粧 heo 1.200 市かたけ「株粧 heo 1.200 市かたけ「株粧 heo 1.200 市かたけ「株社 heo 1.200 市かたけ「株社 heo 1.200 市かたけ「株社 heo 1.200 市かたけ「株社 heo 1.200 電波 電波 電波 電波 電波 電波 電波 電波 電波 電波 電波 電波 電波 電波 電波 電波 電波 電波 電波 | 項 | 8 | 記号 | Pinior | n Gear | | π/2 | | |
| お曲面に方角(Aod) α AR 17.0000 | 左歯面圧フ |)角[deg] | ۵nL | | αnR | | | | |
| | 右歯面圧ク |)角[deg] | ∝nR | 1 1 | | | | | |
| (アメ・シーク) (アメ・シ) | 菌末のた | 1丁1糸安天 1+75 米を | hao | a / | | | | | |
| 古山元府係款 rof 0.220 0.220 面子宮係款 rof 0.220 0.220 面子宮係款 rof 0.250 重要に表 図 4.2 基準ラック (非式称) 初期設定 運 運 (非式称) 初期設定 (日本の) | 面元のに | L) INEX RISER | rol | 놀 rol | LINGK - | | | | |
| | 右歯元 | 係數 | roR | 基 | 単ラック | | | | |
| ・ 「「「」」」」 ・ 「「」」」 ・ 「「」」」」 ・ 「」」」 ・ 「」」」 ・ 「」」 ・ 「」」 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ | 頂げき | 係数 | cko | 0.25 | 0.250 | | 実寸法図 | | |
| 図 4.2 基準ラック(非対称) 初期設定 ^{西面の組み合わせ} ^の 外歯車×内歯車 ^部 が増車 ^の 水面車×内歯車 ^部 が増車 ^の 水面車、内歯車 ^部 が増車 ^の 水面車、内歯車 ^部 が増車 [●] 大山原の間系 [●] 秋山原本の金融を決定 [●] 大山原本の金融を決定 [●] 秋山原本の金融を決定 [●] 秋山の上の金融を決定 [●] 秋山原本の金融を決定 [●] 秋山原本の金融を決定 [●] 秋山の上の金融を決定 [●] 秋山原本の金融を受 [●] 秋山原本の金融 [●] 大山原本の金融 [●] 大山原本の金融 [●] 大山原本の金融 [●] 大山原本の金融 [●] 大山 | | | | 確定 | **/2 | JL . | 標準に戻 | | |
| 初期設定 磁準シック「注志」構成、強度 歯車の44からわせ ・ 外造車×外歯車 ・ 外造車×内歯車 転位係数と中心距離の関係 転位(新数と中心距離を決定 ・ 中心距離から転位係数を決定 ・ 中心に顕から転位係数を決定 ・ 転位と無関係に中心距離を決定 ・ 転位と無関係に中心距離を決定 歴定 キャンセル 儒率に戻 登述ラック 寸法 稽度 福度の種類 」」」SB 1702(1976) JGMA 118-02(1988) ④ JIS B 1702-1(1986) JIS B 1702-2(1988) ④ JIS B 1702-3(2006) 確定 キャンセル 儒率に戻 マンイム 柴吉氏 | | 図4 | .2 | 基準 | シック | ク(非対 | 称) | | |
| 基準ラック 丁连 諸度 強度 | ,初期設定 | | | | | | | | |
| 2 ■ 2 √2 / 2 / 2 / 2 / 2 / 2 / 2 / 2 / 2 / | 非洲ニック | 「甘油」 | state refer | 22.6 | | | | | |
| | シークシック | | 18/29. | 327.5 | 2 | | 7-11 | | |
| 市田車へ方面車 転位係誌と中心認識の偶係 転位係誌と中心認識の偶系 ● 年心認識から転位係動を決定 ● 年心認識から転位係動を決定 ● 第二人力時に ジョンパーク認識を決定 ● 第二人力 ● 115 B 1702-1(1980) JIS B 1702-2(1980) ● 115 B 1702-3(2008) ● 第二人力 ● 第二人力 ● 第二人力 ● 第二人力 ● 115 B 1702-3(2008) ● 115 B 1702-3(2008) ● 115 B 1702-3(2008) | 画里の相 | か合わせ | : = | | the star | | E方式 tř | | |
| 転信係設と中心器構成的係 ● キングゲランスAK ● 転位と無期(私に中心距離を決定 ● 転位と無期(私に中心距離を決定 ● 転位と無期(私に中心距離を決定 ● 転位と無期(私に中心距離を決定 ● 転位と無期(私に中心距離を決定 ● 転位と無期(私に中心距離を決定 ● 「オンセル ● 電ご キャンセル ● 標準に戻 ● 「オンロー」 <td>• 7FBB</td> <th>2 ~ 71 BB</th> <td>₽ © 7</td> <td></td> <td>四里里</td> <td>● 第万日</td> <td>~~~++</td> | • 7FBB | 2 ~ 71 BB | ₽ © 7 | | 四里里 | ● 第万日 | ~~~++ | | |
| ● 転回総数より中心実験を決定 ● 中心実験から転位時数を決定 ● 転位と無関係に中心発鮮を決定 ● 転位と無関係に中心発鮮を決定 ● 転位と無関係に中心発鮮を決定 ● 対4.3 寸法 ● ブルル値をもいする ● 運流 ● ブルル値をもいする ● 運流 ● 運流 ● ブルル ● 運流 ● ブルル ● 運流 ● ブルル ● 「「レーン・● 「「レーン・● 「「レーン・● 「「レーン・● 「レーン● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● | 転位係数 | と中心間 | 簡飾の関 | 系 · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | ◎ ⇒ンり | / J/X/IN | | |
| ● 転位と無関係に中心距離を決定 ● 転換と ● 転換と ● 転換と ● 転換と ● 転換と ● 転換と ● 転換 ● 転換と ● 転換 ● 転換 | ◎ 転1213 | 接続よりの | 円心距離 ■/=/≤/≤=# | を決定 | | =+ = | += 0.#1 | | |
| ● KIUC, MARING, FLASER 2. C.K.E. ■定 キャンセル 標準に戻 図 4.3 寸法 ● JIS B 1702(1976) JGMA 116-02(1983) ● JIS B 1702-1(1938) JIS B 1702-2(1938) ● JIS B 1702-1(1938) JIS B 1702-2(1938) ● JIS B 1702-3(2008) ■ 確定 キャンセル 標準に戻 ○ 図 4.4 共告時 | ○ 中心調 | とめ能んいつき ~3000日につい | 転回が新知 | で決定 | - | ▼ 荒元八、 | /」時に 直をもかする | | |
| 個定 キャンセル 標準に戻 図 4.3 寸法 が明設定 登進ラック 寸法 階度 強度 相度の種類 JIS B 1702(1976) JGMA 116-02(1988) JIS B 1702-1(1989) JIS B 1702-2(1988) JIS B 1702-3(2008) JIS B 1702-3(2008) 留定 キャンセル 標準に戻 | ● #4111 < | | CHADIE | · h Ē'之·天. | 42 | | | | |
| 図 4.3 寸法 初期設定 基準ラック 寸法 階度 強度 構度の種類 JIS B 1702(1976) JGMA 116-02(1988) ④ JIS B 1702-1(1998) JIS B 1702-2(1998) ④ JIS B 1702-3(2008) 確定 キャンセル 標準に戻 図 4.4 共告府 | | | | 確定 | **> | JI. | 標準に戻 | | |
| 初期設定 基準ラック 寸法 潜度の種類 JIS B 1702(1976) JGMA 116-02(1988) ④ JIS B 1702-1(1988) JIS B 1702-2(1988) ④ JIS B 1702-3(2008) 確定 キャンセル 標準に戻 区別 A A 実告時 | | | [| 図4. | 3 寸 | 法 | | | |
| 初期設定 基準ラック 寸法 [猪鷹] 強度 精度の種類 JIS B 1702(1976) JGMA 116-02(1988) JIS B 1702-1(1938) JIS B 1702-2(1998) JIS B 1702-3(2008) 確定 キャンセル 標準に戻 | | | | | | | | | |
| 基準ラック 寸法 精度の種類 → JIS B 1702(1976) JGMA 116-02(1988) ④ JIS B 1702-1(1988) JIS B 1702-2(1988) → JIS B 1702-3(2008) | ,初期設定 | 定 | | | | | 2 | | |
| 精度の種類 ○ JIS B 1702(1976) JGMA 116-02(1988) ③ JIS B 1702-1(1988) JIS B 1702-2(1998) ○ JIS B 1702-3(2008) | 基準ラッ: | ク 寸泊 | £ 🕅 | 春度 | 強度 | | | | |
| ○ JIS B 1702(1976) JGMA 116-02(1983) ◎ JIS B 1702-1(1998) JIS B 1702-2(1998) ○ JIS B 1702-3(2008) 磁定 キャンセル 標準に戻 | 播度の | 種類 | | | | | | | |
| ● JIS B 1702-1(1998) JIS B 1702-2(1998) ● JIS B 1702-3(2008) ■確定 キャンセル 標準に戻 ■ 図 A A 共吉中 | 🔘 JIS | B 1702 | (1976) | JGMA | 116-02(18 | 983) | | | |
| ● JIS B 1702-3(2008) 確定 キャンセル 標準に戻 「図 A A 半書中 | 211 | B 1702 | -1(199 | 8) JI: | S B 1702-2 | 2(1998) | | | |
| ● 313 B 1192 ⁻ 0(2008) 確定 <u>キャンセル</u> 標準に戻 図 <i>A A</i> 装許 | IIS B 1702-1(1998) JIS B 1702-2(1998) | | | | | | | | |
| 確定 キャンセル 「標準に戻 図 <i>A A</i> 特許府 | © 110 | D 1700 | | 0.7 | | | | | |
| 図11 結度 | ⊙ JIS | B 1702 | -3(200 | *, | | | | | |
| | O JIS | B 1702 | -3(200 | 確定 | **> | th I | 標準に戻る | | |

| き準ラック 寸法 精度 強度 | |
|-----------------------------|----------|
| 強度計算の種類 | 7 |
| | |
| JGMA401-01,402-01 | 単位の種類 |
| ○ 樹脂歯車強度計算(JIS B 1759:2013) | ● SI 単位 |
| | ◎ mks 単位 |
| 確定をかけれ | 標準に戻 |

4.4 歯車寸法

歯車寸法は、各部寸法、かみ合い率、すべり率、歯厚などを計算します. アンダーカットが発生している歯車のかみ合い率は、 TIF (True Involute Form) 径を基準に、また、歯先に丸みがある場合は歯先 R を考慮したかみ合い率を算出します.

- (1)中心距離と転位係数の関係は、以下の3種類です。
 <1>転位係数をピニオンとギヤに与え中心距離を決定
 <2>中心距離を基準として各歯車の転位係数を決定
 - <3>転位係数を無視して任意に中心距離を決定

(2)転位係数の設定方式は、以下の4種類です.

- <1> 転位係数を直接入力
- <2> オーバーピン寸法を入力して転位係数を決定 非対称歯形は、またぎ歯厚測定ができませんので選択 できません.図4.8に示すまたぎ歯厚は参考値です.
- <3> 円弧歯厚を入力して転位係数を決定

図 4.6 に諸元設定画面を示します.また,転位係数入力時は,転位係数を直接入力方法以外に,歯厚から転位係数を入力することもできます.図4.7の面取り設定で歯先 R=0.2 (C面も可能)としたときの寸法結果画面を図4.8 に示します.

| 4. 寸法諸元 | | | | | _ | • 💌 | |
|----------------|----|-----|-----------|---------|-----------|----------|--|
| 項目 | 記号 | 単位 | Pin | ion | Ge | ar | |
| モジュール | mn | mm | | 3 | .00000 | | |
| 歯 数 | z | | 20 | | 40 | | |
| 圧力角(左/右) | αn | deg | 30.0000 | 17.0000 | 30.0000 | 17.0000 | |
| ねじれ角 | β | deg | 30 | * 0 | ' 0. | .00 ″ 🔝 | |
| ねじれ方向 | | | 右ね | 右ねじれ 👻 | | Uh | |
| 基準円直径 | d | mm | 69 | 69.2820 | | .5641 | |
| 基礎円直径(左/右) | db | mm | 57.6461 | 65.3305 | 115.2923 | 130.6610 | |
| 歯厚入力方式 | | | 転位 | 転位係数 ▼ | | 係数 🔻 | |
| 転位係数 | xn | | 0 | .50000 | 転位係数 | | |
| 測定ボール径 | dp | mm | 5 | .000 | 「一川山」法 | | |
| オーバーボール寸法 | dm | mm | 78 | .58227 | 145.30523 | | |
| 歯直角円弧歯厚 | Sn | mm | 6 | .03701 | 4.71239 | | |
| 中心距離 | a | mm | | 105 | .60000 | | |
| 歯直角法線歯厚減少量 | fn | mm | 0 | .00000 | 0 | .00000 | |
| 歯幅 | Ь | mm | 40 | .00000 | 40 | .00000 | |
| 歯先円直径 | da | mm | 79 | .48203 | 145 | .76406 | |
| 歯底円直径 | df | mm | 63 | .58203 | 129 | .86406 | |
| 基準ラーシウ歯元R(左/右) | rf | mm | 0.6600 | 0.6600 | 0.6600 | 0.6600 | |
| | [| 確定 | = ++>1 | 276 | 面取り設定 | E 017 | |

図 4.6 諸元設定

| 🛃 面取り設定 | | | | | | • 🗙 | | | |
|----------------|----|--------|-------|--------|-------|-------|--|--|--|
| 項目 | | 116.00 | Pin | ion | Ge | ar | | | |
| [歯先] | 武方 | 里辺 | 左歯面 | 右歯面 | 左歯面 | 右歯面 | | | |
| 面取り加工 | | | | R面取り マ | | | | | |
| 歯先R | ra | mm | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | | | |
| 半径方向面取り量 | cA | mm | | | | | | | |
| 円周方向面取り量 | сВ | mm | | | | | | | |
| · 確定 キャンセル クリア | | | | | | | | | |

図 4.7 面取り設定

| 4. 歯車寸法 | | | | | | • | |
|--------------|-----|-----|---------|---------|----------|----------|--|
| | | | Pin | i on | Ge | ar | |
| <u>и</u> В | 記写 | 単位 | 左歯面 | 右歯面 | 左歯面 | 右歯面 | |
| 正面モジュール | mt | nm | 3. | | .46410 | | |
| 正面圧力角 | æt | deg | 33.6901 | 19.4444 | 33.6901 | 19.4444 | |
| 有効歯幅 | bw | mm | | 40 | .0000 | | |
| リード | PZ | nm | 376. | .9911 | 753. | 9822 | |
| 転位量 | Xm | nm | 1. | 50000 | 0. | 00000 | |
| 歯末のたけ | ha | nm | 5. | 1000 | 3. | 6000 | |
| 歯元のたけ | hf | nm | 2. | 8500 | 4. | 3500 | |
| 全歯たけ | h | nm | 7. | 9500 | 7. | 9500 | |
| クリアランス | с | nm | 0. | 9270 | 0. | 9270 | |
| かみ合い直径(歯先) | dsa | mm | 79.4820 | 79.4820 | 145.7641 | 145.7641 | |
| かみ合い直径(歯元) | dsf | nm | 65.9539 | 66.8307 | 133.1030 | 134.8685 | |
| 基礎円筒ねじれ角 | βb | deg | 25.6589 | 28.5648 | 25.6589 | 28.5648 | |
| 正面かみ合い圧力角 | aw | deg | 35.0314 | 21.8763 | 35.0314 | 21.8763 | |
| かみ合いビッチ円直径 | dw | nm | 70.4000 | | 140.8000 | | |
| 正面法線ビッチ | pbt | nm | 9.0550 | 10.2621 | 9.0550 | 10.2621 | |
| 歯直角法線ビッチ | pbn | nm | 8.1621 | 9.0130 | 8.1621 | 9.0130 | |
| かみ合い長さ | ga | mm | 11.3380 | 15.5942 | 11.3380 | 15.5942 | |
| 正面かみ合い率 | εα | | 1.2521 | 1.5196 | 1.2521 | 1.5196 | |
| 重なりかみ合い率 | εβ | | | 2.1221 | | | |
| 全かみ合い率 | εγ | | 3.3742 | 3.6417 | 3.3742 | 3.6417 | |
| 近寄りかみ合い率 | εαL | | 0.7901 | 0.9276 | 0.7901 | 0.9276 | |
| 遠のきかみ合い率 | εαΗ | | 0.4620 | 0.5920 | 0.4620 | 0.5920 | |
| すべり率(歯先) | σa | | 0.3922 | 0.6308 | 0.2814 | 0.5641 | |
| すべり率(歯元) | σb | | -0.3917 | -1.2944 | -0.6454 | -1.7087 | |
| オーバーボール寸法 | dm' | nm | 78. | 5823 | 145. | 3052 | |
| 歯直角円弧歯厚 | sn' | nm | 6. | 0370 | 4. | 7124 | |
| 正面円弧歯厚 | st' | nm | 6. | 9709 | 5. | .4414 | |
| キャリバ歯たけ | hj | nm | 5. | 2123 | 3. | 6300 | |
| キャリパ歯厚(参考) | Sj | nm | 6. | 0327 | 4. | 7119 | |
| 基準ラック歯末のたけ係数 | hao | | 1. | 2000 | 1. | 2000 | |
| 基準ラック歯元のたけ係数 | hfo | | 1. | 4500 | 1. | 4500 | |
| バックラッシ | jt | nm | | 0 | .2402 | | |
| 正面法線方向バックラッシ | jtn | nm | 0.1967 | 0.2229 | 0.1967 | 0.2229 | |

図 4.8 寸法結果

4.6 歯形図

歯形計算は図 4.9 に示すように歯形各部に分割数を与えること ができます. そして **歯形計算** で左右の歯形を計算し図 4.10

| 🛃 歯形計算諸元 | - • • | | | |
|-------------|------------|--------|------|--|
| 歯形項目 | 記号 | Pinion | Gear | |
| フィレット分割数 | vuf | 30 | 30 | |
| インボリュート分割数 | vui | 50 | 50 | |
| 面取り部分割数 | vur | 15 | 15 | |
| 歯先円分割数 | vut | 10 | 10 | |
| 歯すじ分割数 | hul | 18 | 18 | |
| 確 | 定 [| キャンセル | クリア | |

図 4.9 歯形計算諸元

のように歯形図を示します.歯形に関しての機能は補助フォーム に示すように歯形情報(図4.11),歯形創成(図4.12),ズーム, 距離計測(図4.13),R計測(図4.14)機能および直径,修整歯形 表示,作用線,歯先幅,奇数歯Y測定の表示そして回転機能があ ります.



図4.10 かみ合い図と補助フォーム





4.7 歯形レンダリング

3次元歯形のかみ合いを図4.15のように作図することができ、 かみ合い部分に接触線を観察することができます.また、補助フ ォームにより歯形の向きを自由に変えることができ、拡大、縮小 および歯車の回転表示をすることができます.



図 4.15 歯形レンダリングと補助フォーム

4.8 歯車精度

図4.16と図4.17に新JISの歯車精度規格JISB1702-1:1998とJIS B1702-2:1998による誤差の許容値を示します.また,図4.4の設定 により新JISと旧JISの切り換えが可能です.歯車精度規格は

- JIS B 1702-1:1998, JIS B 1702-2:1998, JIS B 1702-3:2008
- JIS B 1702:1976
- JGMA 116-02:1983

の5種類です.

| | | | | | 1 | 4.精度 | | | | |
|-----------|----------|------|----------|----------|---|-------------------------|------------|----|--------|------|
| | | | | | | 左歯面を評価 👻 | | | | |
| | | | | | | 諸元 [JIS B 1702-1] JIS I | 3 1702- | 2 | | |
| ,精度 | | | | | | 項目 | 記号 | 単位 | Pinion | Gear |
| 左歯両を採得 - | | | | | | 単一ビッチ誤差 | fpt | μn | 8 | 6.5 |
| | | _ | | | | 部分累積ビッチ誤差 | Fpk | μn | 8.5 | 12 |
| 左接面を接痛 -1 | JIS B 17 | 02-2 | | | | 累積ビッチ誤差 | Fp | μn | 19 | 25 |
| 检查前可加日 | 記号 | 重位 | Pinion | Gear | | 全歯形誤差 | Fα | μn | 8 | 9 |
| 猪度运动 | JIS | | 5 - | 5 - | | 全歯すじ誤差 | Fβ | μn | 8.5 | 9 |
| 連続ビッチ数 | k | | 2 | 5 | | 片歯面に。っかいみ合い誤差 | f'i | μn | 8 | 8.5 |
| マスタギヤ項目 | 記号 | 単位 | Pinion用 | Gear用 | | 片歯面全かみ合い誤差 | F'i | μn | 27 | 34 |
| 승 왕 | z' . | | 40 | 20 | | 歯形形状誤差 | ffα | μn | 8 | 7 |
| 10 Mil | b' | 00 | 40.000 | 40.000 | | 歯形こう配誤差 | fHα | μn | 5 | 5.5 |
| 中心距離 | a' | - | 105.4000 | 103.9230 | | 歯すじ形状誤差 | ff β | μn | 8 | 6.5 |
| | 4.2 | | 145,7641 | 76,4820 | 1 | 歯すじ傾斜誤差 | fH\$ | μn | 6 | 6.5 |

4.9 歯車強度計算(鋼)

歯車強度計算は、図 4.5 に示すように ISO6336:2006 規格に準拠 した JGMA6101-02:2007 および JGMA 6102-02:2009 規格と JGMA401-01:1974, 402-01:1975 の 2 種類あり,設計単位は,SI単位 系,MKS単位系を選択することができます.図 4.18 に強度計算 の動力設定画面を示します.本例では高圧力角側を作用歯面とし ますが,低圧力角側を作用歯面として強度計算をすることもでき ます.材料の選択は、図 4.19 に示すように「材料」と「熱処理」 に適応した材料の選択フォームを表示します.また,図 4.20 に曲 げに関する係数設定画面を,図 4.21 に面圧に関する係数の設定画 面を示し、図 4.22 に強度計算結果を示します.

なお,画面中の 🔜 は,数値換算や各種係数,そして係数選 択をすることができる補助機能です.

| 、 強度計算[JGMA6101-02 , JGMA6102-02] | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----------|------------------|------------------|--|--|--|--|
| 動力JGAM6101-6102 材料J | GMA610 | 1-6102 曲1 | f JGMA6101-02 歯面 | D JGMA6102-02 | | | | |
| ートルク入力方式 | | | トルク,回転速度入力 |]基準 | | | | |
| ◎ トルク→動力 🔘 | 動力→ | Pinion | 🔘 Gear | | | | | |
| 項目 | 記号 | 単位 | Pinion | Gear | | | | |
| 伝達動力 | Р | k₩ 🔻 | 64. | .6073 | | | | |
| 呼びトルク | T | N•m ▼ | 500.0000 📃 | 1000.0000 | | | | |
| 回転速度 | n | min-1 | 1234.0000 | 617.0000 | | | | |
| 負荷かみ合い回数 | NL. | | 1000000 | | | | | |
| 呼び接線力 | Ft | N | 14433.7567 | | | | | |
| 周 速 | ٧ | m/s | 4.4761 | | | | | |
| 相当平歯車歯数 | Z٧ | | 30.7920 | 61.5840 | | | | |
| 歯車精度JIS B 1702-1 | | | N5 👻 | N5 👻 | | | | |
| 評価歯面 | | | CCW(左歯面接触 a | sn=30.0000deg) 👻 | | | | |
| 正面かみ合い率 | εα | | 1.2521 | | | | | |
| 重なりかみ合い率 | εβ | | 2. | .1221 | | | | |
| | | 確定 🛛 🗧 | ゃンセル | <i>ዕ</i> ሀፖ | | | | |

図 4.18 強度計算(動力設定)







| 曲 88 | 冬 (4) | | 熱奈(瓜)) 7 |
|---------------|---|-----------------|--|
| © ⊞\$\$A | 材料が全体硬化鋼,球状黒約構 通常の表面硬化鋼であって,軽 ビッチングを許容する場合。 | 鉄及び 線の | 1.293 |
| © ∰888 | 画線 Aにおいて、ビッチングを しない場合。 | 全く許容 | 1.129 |
| ○ 曲線C | 全体硬化鋼をガス窒化した場 をガス窒化した場合。ねずみ録 | 合,窒化綱 脳(の場合。 | 1.000 |
| ◎ 曲線D | 全体硬化満を塩浴室化した場 | 合。 | 1.000 |
| | | キャンセル | 7 |
| | MUXE X89H | | _ |
| すじ荷重 | (分布係数KHβ選択 | | |
| 前すじ荷重 | 「新た」「「「「「「「「」」」」」「「「「「「」」」」「「「「「」」」」「「「」」」」 | 歯すじ荷蝉 | · |
| aすじ荷重 軽度の片 | (予布係数KHβ選択 片当りの度合 当り (Wasa, Mor1.2程度) | 歯すじ荷重 | 分布係数 Ki 1.2 |

 102007当り(Www.YNo-2:08度)
 2.0

 重度の方当り(Www.YNo-2:08度)
 2.0

 運搬な声当り(Www.YNo-2:08度)
 2.0

 Wo-書すじ方向の平均消量、Www-最大消量
 00

 確定
 適用
 キャンセル



| , 強度結果[JGMA6101-02,JGI | MA6102- | 02] | | - 0 💌 |
|--|--------------------------|---------------------|---|---|
| 項目(JGMA6101-02曲げ) | 記号 | 単位 | Pinion | Gear |
| 歯元曲げ応力 | σF | MPa | 249.373 | 242.120 |
| 許容歯元曲げ応力 | σFP | MPa | 638.556 | 638.556 |
| 総合安全率 | SF | | 2.561 | 2.637 |
| 許容接線力 | Ftlim | N | 36995.321 | 38103.597 |
| | | | | |
| 項目(ICMAR102-02 絵面) | ㅋ르 | 単位 | Distant | 0 |
| AN ELCONINGIOS OS ELEN | acs | - 年111 | rinion | uear |
| 面圧応力 | σH | MPa. | 883.512 | 883.512 |
| 面圧応力 許容接触応力 | σH σH | MPa MPa | 883.512 2040.095 | 883.512 2040.095 |
| | σH σHP SH | MPa MPa | 2040.095 2.309 | 883.512 2040.095 2.309 |
| 面圧応力 許容接触応力 総合安全率 許容接線力 | σH σHP SH Fclim | MPa MPa N | 883.512 2040.095 2.309 77032.490 | 883.512 2040.095 2.309 77032.490 |

図 4.22 強度結果

4.9a 歯形係数

対称歯形歯車の歯形係数を決定する際の危険断面歯厚の算出方 法は、それぞれの規格で定義されていますが非対称歯形歯車の危 険断面歯厚は定義されていません。本ソフトウェアでは図4.23 お よび図4.24 のように高圧力角側の危険断面距離を2倍にして危険 断面歯厚としています。



(m_n=3, z=40, α=30°, β=0°, x=0) 図 4.23 危険断面歯厚(歯先荷重の例)

| 複合歯形係 | 数計算(Ge | ar) | | × | 1 | |
|-------|--------|------|-------|----------|---|---|
| 荷重 | 位置 | 歯先円i | 直径(規格 | | | 歯先円直径(規格) |
| ホブ(ラッ | ク型工具) | ピニオ | ンカッタ | 2 | | 黄先円直径(規格) |
| 項 | B | 記号 | 単位 | 数 値 | | 有効1ンボリュート但13(画元111) 暑亜荷垂直径(HPSTC) |
| 歯先3 | 宅起量 | Spr | mm | 0.0000 | | 最志同里世住(11310) |
| 歯形 | 係數 | YF | | 1.9128 | | |
| 応力修 | 正係数 | YSa | | 1.8616 | | |
| 複合歯 | 形係数 | YFs | | 3.5609 | | |
| 危険断 | 面歯厚 | SFn | mm | 8.1928 | | |
| 危険断配 | 画歯たけ | hFa | mm | 7.5511 | | |
| 荷重 | 角度 | αFan | deg | 35.1088 | | |
| 収束 | 角度 | θ | deg | 39.3150 | | |
| 荷重 | 直径 | dk | mm | 127.2000 | | |
| | 確定 | 適用 | | キャンセル | | |

荷重位置は歯先, HPSTC を選択することができます. 図 4.24 歯形係数の数値

4.10 歯車強度計算(樹脂)

プラスチック歯車の強度は、図 4.5 で JISB 1759(2013)を選択す ることで計算できます.JISB1759「プラスチック円筒歯車の曲げ 強さ評価方法」は、非対称歯形歯車には適用していませんが、歯 形係数を図 4.23 と同様として計算します. プラスチック材料の許 容曲げ応力は歯車の運転試験に基づいて POM の許容曲げ応力は 各所の実験結果から 80.0[MPa]と定まり、POM 以外の材料につい ても規格に基づいて独自に決定することができます. そして歯元 曲げ応力と各種係数(歯元形状係数、寿命係数、雰囲気温度係数 等)を考慮した許容歯元曲げ応力とを比較して安全か否かを判断 します. 詳しくは規格をご覧ください. プラスチック歯車の強度 計算の例を図 4.25~4.29 に示します.

| 🛃 寸法諸元 📃 📼 🗾 | | | | | | | |
|-----------------|----|-----|-----------------|-----------------|----------|---------|--|
| 項目 | 記号 | 単位 | Pinion | | Gear | | |
| モジュール | mn | mn | 1.00000 | | | | |
| 歯 数 | z | | 16 | | 80 | | |
| 圧力角(左/右) | αn | des | 30.0000 | 80.0000 17.0000 | | 17.0000 | |
| ねじれ角 | β | des | 20 | * 0 | ' 0. | 00 🥤 🛄 | |
| ねじれ方向 | | | 右ね | 右ねじれ 👻 | | 左ねじれ | |
| 基準円直径 | d | mn | 17 | 17.0268 | | 31.9253 | |
| 基礎円直径(左/右) | db | mn | 14.5074 | 16.1914 | 27.2014 | 30.3589 | |
| 歯厚入力方式 | | | 転位係数 ▼ | | 転位係数 ▼ | | |
| 転位係数 | xn | | 0.20000 | | 0.00000 | | |
| 測定ボール径 | dp | mn | 2.000 | | 2.000 | | |
| オーバーボール寸法 | dn | mn | 20.57348 | | 35.23230 | | |
| 歯直角円弧歯厚 | Sn | mn | 1.74741 | | 1.57080 | | |
| 中心距離 | a | mn | 24.80000 | | | | |
| 歯直角法線歯厚減少量 | fn | mn | 0.00000 0.00000 | | .00000 | | |
| 齿幅 | b | mn | 10.00000 10.00 | | .00000 | | |
| 歯先円直径 | da | mn | 19.42684 | | 33.92533 | | |
| 歯底円直径 | df | mn | 14.92684 | | 29 | 42533 | |
| 基準5-29 歯元R(左/右) | rf | mn | 0.2200 | 0.2200 | 0.2200 | 0.2200 | |
| | (| 確定 | **> | 214 | 面取り設定 | : 017 | |

図 4.25 歯車諸元



図 4.26 強度諸元

| 🔩 プラスチック円筒歯車の曲げ強さ評価結果 JIS B 1759:2013 🛛 💼 🔜 📼 | | | | | | |
|---|-----|-----|--------|--------|--|--|
| (番元曲)ず 相当平歯車 係 数 | | | | | | |
| 項 目(歯元曲げ) | 記号 | 単位 | Pinion | Gear | | |
| 歯元曲げ応力 | σF | MPa | 36.350 | 34.863 | | |
| 歯形係数 | YF | | 1.907 | 1.829 | | |
| 基準ラック歯元すみ肉半径 | E | nn | -0.063 | -0.063 | | |
| 補助係数(歯元危険断面歯 | G | | -0.830 | -1.030 | | |
| 補助角度(歯元危険断面歯 | Н | rad | -0.872 | -0.954 | | |
| ラック工具(ビニオンカッ | θ | rad | 0.783 | 0.882 | | |
| 歯元危険断面歯厚 | SFn | nn | 2.180 | 2.272 | | |
| 曲げモーメントの腕の長さ | hFe | nn | 1.551 | 1.563 | | |
| 歯元すみ肉丸み半径 | ρF | nn | 0.396 | 0.426 | | |
| 基礎円筒ねじれ角 | βb | des | 17 | .22940 | | |

| ⊠ 1 27 | 歯元曲げ |
|---------------|--------|
| 四寸.27 | 困ノロロリノ |

| 歯元曲げ 相当平歯車 係 数 | | | | | |
|----------------|------|-----|----------|----------|--|
| 項 目(相当平歯車) | 記号 | 単位 | Pinion | Gear | |
| 歯 数 | zn | | 18.6643 | 34.9956 | |
| 正面かみ合い率 | εαn | | 1.2220 | | |
| 基準円直径 | dn | nn | 18.6643 | 34.9956 | |
| 歯直角法線ビッチ | Pbn | nn | 2.7207 | | |
| 基礎円直径 | dbn | nn | 16.1638 | 30.3071 | |
| 歯先円直径 | dan | nn | 21.0643 | 36.9956 | |
| 外側の点を通る円の直径(| den | nn | 20.3109 | 36.3163 | |
| 外側の点の圧力角(一歯か | αen | des | 37.26725 | 33.43289 | |
| 外側の点の角度(一歯かみ | γe | des | 2.28201 | 1.25756 | |
| 外側の点の作用角(一歯か | αFen | dex | 34.98524 | 32.17533 | |

図 4.28 相当平歯車

| 歯元曲げ 相当平歯車 係 数 | | | | |
|----------------|-----|-----|----------|----------|
| 項 目(係数) | 記号 | 単位 | Pinion | Gear |
| 応力修正係数 | Ys | | 1.973 | 1.973 |
| 危険断面歯厚と曲げモーメ | L | | 1.406 | 1.453 |
| 危険断面歯厚と歯元すみ | qs | | 2.750 | 2.665 |
| ねじれ角係数 | Yβ | | 0.833 | |
| リム厚さ係数 | YB | | 1.000 | 1.000 |
| バックアップレシオ | BR | | 2.222 | 2.222 |
| 許容歯元曲げ応力 | σFP | MPa | 58.538 | 62.812 |
| 曲げ強さに対する安全係数 | SF | | 1.610 | 1.802 |
| 安全判定 | | | SF>SFmin | SF>SFmin |

図 4.29 係数

4.11 軸受け荷重

歯車に作用する荷重と, 軸受けに作用する荷重を計算します. 荷重の種類は、接線力、法線力など各軸受けに作用する荷重 20 種類を計算します. 図 4.30 に計算結果を示します

| ,軸荷重 | | | | | |
|------------|-------|-----------|---------------|-------------|--|
| 項目 | 記号 | 単位 | Pinion | Gear | |
| トルク | T | N•m → | 500.0000 🗔 | 1000.0000 📃 | |
| 軸受け間距離 | p1,s1 | mm | 50.0000 | 50.0000 | |
| 軸受け間距離 | p2,g2 | mm | 50.0000 | 50.0000 | |
| Pinion回転方向 | | CCW(左歯 | 面接触 αn=30.000 | Odes) 👻 | |
| | | | | 🔽 参考図 | |
| 項目(単位 | N) | 記号 | Pinion | Gear | |
| 接線荷重 | | Fu | 14204 | .5455 | |
| 法線荷重 | | Fn | 18939 | 18939.3939 | |
| 半径方向荷 | 重 | Fr | 9469 | .6970 | |
| 軸方向推力 |] | Fa | 8200.9981 | | |
| ラジアル荷重(分 | カ) | Fu11,Fu81 | 7102.2727 | 7102.2727 | |
| ラジアル荷重(分 | カ) | Fr11,Fr31 | 4734.8485 | 4734.8485 | |
| ラジアル荷重(分 | カ) | Fr12,Fr32 | 2886.7513 | 5773.5027 | |
| ラジアル荷重(合 | 成) | Fb1,Fb3 | 7338.7833 | 12683.3640 | |
| ラジアル荷重(分 | 力) | Fu21,Fu41 | 7102.2727 | 7102.2727 | |
| ラジアル荷重(分 | 力) | Fr21,Fr41 | 4734.8485 | 4734.8485 | |
| ラジアル荷重(分 | カ) | Fr22,Fr42 | 2886.7513 | 5773.5027 | |
| ラジアル荷重(合 | 成) | Fb2,Fb4 | 10417.8242 | 7177.8186 | |
| | | 計算 | キャンセル | クリア | |



図 4.30 軸受荷重

4.12 歯面修整(歯形, 歯すじ, バイアス修整)

図 4.31 に歯面修整の例を示します. この歯形を得るためには図 4.32 のように歯形修整を数値入力で与えることもできますが、右 側の図のようにパターン化した歯形に数値を入力して与えること もできます. 同様に、歯すじ修整も図 4.33 のように設定すること ができます.この歯形修整と歯すじ修整の2つを図4.34のように 表し、反対歯面にコピーすれば左右歯面同じ修整歯形となり、そ れを合成すると図 4.31 として表示することができます.

また,図4.34の画面上部のコンボボックスで「歯形」,「歯すじ」, 「歯形・歯すじ」を選択することができ、歯形たけ方向は作用線 または直径で指定することができます.また、歯形修整の倍率は 最大1000倍で設定することができます.



図 4.32 歯形修整





| 、 法事体部(Pinion) ローマーズ | Z 営業修整(Pinion) | |
|--|---------------------------------------|--|
| | 作品 面を描する · 皿を加工 13 マ 茶油紙 | 田田 ▼ 国宅分割数 1 ▼ 18年 500 ▼ ●目の数数 10 歳またの数数 10 |
| 修整 歯形歯すじ マ 歯形指定 作用線 マ 歯形分割数 1 マ 倍率 500 マ | 30 a.g. 100 | TON SIDE |
| | | |
| | | |
| | | |
| 貼り付け | | |
| X axis scale =2.9 (+) Yaxis scale =500 X axis scale =2.9 (+) Yaxis scale =500 | | LINNNA; |
| (-) | | HANNNH I |
| | | |
| | 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 | COMMUNITIE I |
| | -489 | Salar - |
| X avas scale =1.4 (+) Y avas scale =500 (X avas scale =1.4 (+) Y avas scale =500 | 1.45 | 1999 |
| 確定 キャンセル トポグラフ | • 10 <u>C</u> Y , | CPF BIDE |
| | 「現定 | 4986 RB2557 |
| 网 4 0 4 上 平 0 上 上 1 () () 市 1 | 1.1920 | |

図 4.34 歯形&歯すじ修整とトポグラフ

歯面修整を与えた歯形は、図4.35の歯形計算諸元で設定するこ とができます.ここで設定した歯形計算条件は、図4.10~4.14に 示す歯形に有効で、図4.14の歯形レンダリングに重ね合わせるこ とができるため図4.36のように表示することができます.ここで は、ピニオンに歯面修整を与えているため図中の赤色歯面の中に 黄色歯面が表れています(ギヤは無修整).





4.13 歯当たり

歯面修整(図4.31)を与えた歯車に図4.37で歯当たり条件を設定し歯当たりを確認することができます.ここでは、平行度誤差および食い違い誤差を0とし、接触最大クリアランスを2.0µmとしたときの歯当たりを図4.38および図4.39に示します.

| 🛃 歯当たり諸元 📃 🗖 🗖 🗖 | | | | | | |
|----------------------------------|-----|-----|----------|--|--|--|
| 項目 | 記号 | 単位 | 数 値 | | | |
| 中心距離 | a | mm | 105.6000 | | | |
| 平行度誤差 | р | deg | 0.00000 | | | |
| 食い違い誤差 | di | deg | 0.00000 | | | |
| 歯すじ分割数 | hul | | 18 | | | |
| 歯形補間精度 | ac | μm | 0.0 | | | |
| 回転分割酸(1ピッチ当たり) | urP | | 50 | | | |
| 接触最大クリアランス | с | μm | 2.0 | | | |
| 回転方向 | | | | | | |
| ● BOTH(両歯面) ○ CCW(左歯面) ○ CW(右歯面) | | | | | | |
| 確定 キャンセル クリア | | | | | | |
| 図4.37 歯当たり設定 | | | | | | |



図 4.39 歯当たり (ギヤ) & 拡大

4.14 伝達誤差

伝達誤差解析では、無修整歯形または図4.31 で与えた歯形で無 負荷時の回転伝達誤差解析をすることができます.図4.40 に伝達 誤差設定を示しますが、ここでは2D 解析または3D 解析の選択を することができ、軸の振れ、回転速度を設定することができます. また、ピッチ誤差は図4.41 のように最大値の設定または全歯のピ ッチ誤差を設定することができます.

伝達誤差解析, ワウ・フラッタ(回転むら)そしてフーリエ解 析結果を図 4.42~4.44 に示します. 図 4.42 の ^{Sound} で [音]を聞くことができます.



図 4.42 伝達誤差解析結果

AMTEC www.amtecinc.co.jp

図 4.43 ワウ・フラッタ

GSV Elle

伝達誤差解析、ワウ・フラッタ、フーリエ解析結果は、図 4.42 の左下にある CSV File で図 4.45 のように CSV ファイル (本 例の場合361個のデータ)に出力することができます.

本ソフトウェアは無負荷での伝達誤差解析です. 負荷や軸角誤 差に対応した応力解析や伝達誤差解析、フラッシュ温度解析等は 応力解析用の[22]CT-FEM ASM をお使いください.



4.15 歯形出力

生成した歯形は、図4.46の歯形ファイル形式 で出力すること ができます. 3D-IGES の場合、歯形を一体型と分割型を選択する ことができ、分割型の場合は歯元フィレット部、インボリュート 歯面, 歯先R, 歯先部に分割して図 4.47 のように出力します.

図 4.48 に示す座標補正設定では、金型用に使用することを考慮 し、モジュール収縮率や圧力角補正、ねじれ角補正そして放電ギ ャップを考慮した歯形を出力することができます.例として図 4.49 にモジュール収縮率 20/1000 を考慮した歯形図(2D)を示しま す. また, 歯形座標値を図 4.46 画面下方の

 TEXT 2D
 により テキストファイルで出力することができます.





図 4.48 座標補助設定

Sβ /1000 δ μm

4.16 内歯車の計算例

クラール収縮 カ角補正(左

内歯車は図 4.3 の設定で「外歯車×内歯車」を選択することで 計算をすることができます. 歯車諸元, 寸法, かみ合い図, 歯形 レンダリング、歯当たりの例を図4.50~4.53に示します. なお、 図 4.52 のピニオンは、図 4.31 と同じ歯面修整を与えています.ま た,強度計算,伝達誤差解析そして歯形出力などは「外歯車×外 歯車」と同様です.



図 4.50 諸元 (内歯車)





4. 歯当たり 4. 歯当たり (b)ギヤ (a)ピニオン 図 4.53 歯当たり

4.17 FEM 歯形応力解析 (オプション)

FEM 解析例を図 4.54、4.55 に示します. 設定方法は involute Σ iii(spur and helical gear design system)と同様です.



4.18 その他

印刷機能, [HELP]機能, 設計データの保存・読み込み等は, [1]involute **Σ** iii(spur and helical gear design system)と同様です.

※非対称歯形歯車の3次元応力解析や歯面応力、フラッシュ温度 などの解析は、[22]CT-FEM ASM をお使いください.