

[23] Hob Chip (切粉形状シミュレーション)

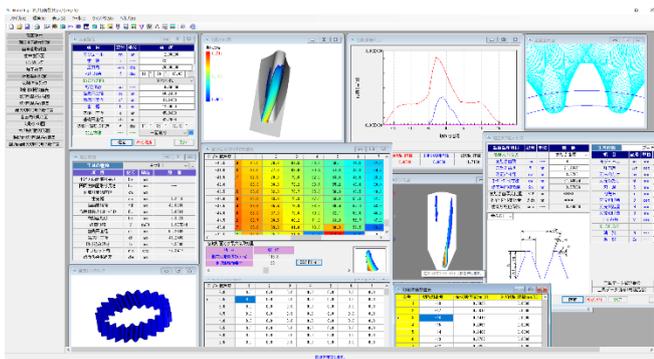


図 23.1 Hob Chip

23.1 概要

Hob Chip は、ホブ切削時における切粉の切取り形状や切取り厚さの計算や、ホブ切れ刃位置における切取り量をシミュレーションすることができるソフトウェアです。図 23.1 に全体画面を示します。

23.2 歯車諸元入力

歯車諸元を、図 23.2 に示します。加工方法は、図 23.3 に示すように「両歯面仕上げ」、「片歯面仕上げ」、「1回削り」の3通りがありますが、本例では1回削りとして計算を進めます。



図 23.2 歯車諸元入力

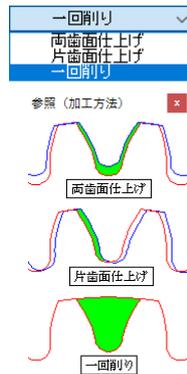


図 23.3 加工方法

23.3 ホブ諸元入力

ホブの種類は、「標準」、「セミトッピング」、「プロチュバランス」、「プロチュバランスセミトッピング」と「転位ホブ」に対応して

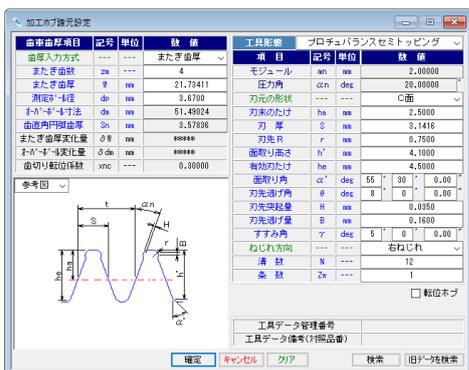


図 23.4 ホブ諸元入力 (ホブ参考図), 歯厚設定

います。本例では「プロチュバランスセミトッピングホブ」を使用します。図 23.4~23.5 でホブの各部寸法および歯車歯厚 (またぎ歯厚, オーバーボール寸法, 円弧歯厚) を設定します。ここでは、またぎ歯厚を 21.734mm として計算を進めます。



図 23.5 ホブ諸元入力 (ホブ刃形図), 歯厚設定

23.4 歯形図

ホブ設定後、図 23.6 の歯形計算をすることで歯形軌跡図 (図 23.7)、歯形創成図 (図 23.8)、歯形レンダリング (図 23.9) を描くことができ、歯形軌跡図および歯形創成図の補助フォームでは図の拡大、縮小、距離計測などの機能を持っています。そして、使用ホブでの加工数値表を図 23.10 に示します。



図 23.6 歯形計算

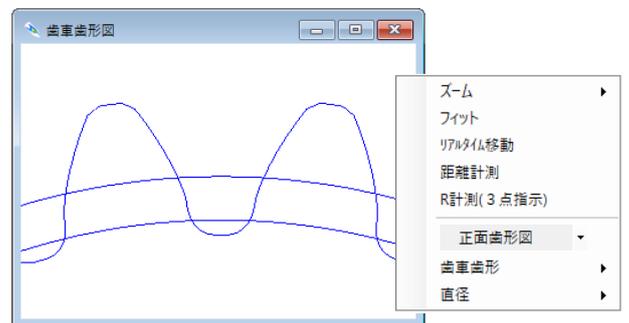


図 23.7 歯形軌跡図

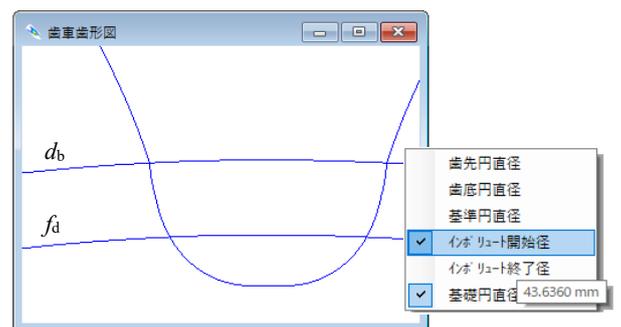


図 23.8 歯形軌跡拡大図

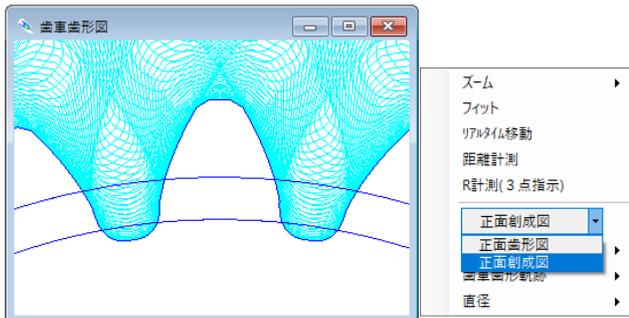


図 23.9 歯形創成図&歯形図選択

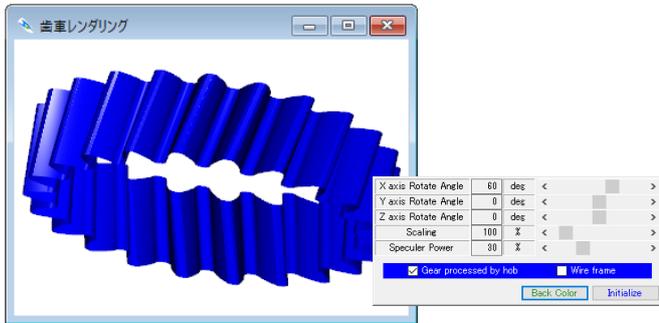


図 23.10 歯形レンダリング

| 加工数値 | | ホブ[1] | |
|---------------|----|-----------------|----------|
| 項目 | 記号 | 単位 | 数値 |
| 半径方向面取り長さ | hp | mm | 0.2387 |
| 円周方向面取り長さ | hk | mm | 0.2349 |
| 面取り開始直径 | dh | mm | 49.7835 |
| 歯先幅 | sc | mm | 0.7296 |
| 歯面開始径 | fd | mm | 43.6360 |
| 作用線長さ (dh~fd) | RL | mm | 7.6423 |
| 有効歯たけ | he | mm | 3.0638 |
| 歯重体積 | V | mm ³ | 1.985E+4 |
| 歯先円直径 | da | mm | 50.2409 |
| 歯底円直径 | df | mm | 41.2409 |
| 切り込み深さ | h | mm | 4.5000 |
| ホブセット角 | βs | deg | -7.3417 |
| 歯面多角形誤差 | dε | mm | 0.0011 |

図 23.11 加工数値

23.5 ホブ加工

23.5.1 ホブ加工条件

ホブ加工の送り方向と送り量を図 23.12 で設定します。本例ではコンベンショナルカットとし、送り量は 1mm/rev としています。ここでホブの取り付け角度を変更（オプション）し、切り屑の形状の変化を計算することもできます。（23.6 参照）

| 計算条件設定 | | | |
|---|----|------------|--------|
| 送り方式 | | ホブ取り付け角度誤差 | |
| <input checked="" type="radio"/> コンベンショナルカット <input type="radio"/> クライムカット <input checked="" type="radio"/> なし <input type="radio"/> 入力 | | | |
| 項目 | 記号 | 単位 | 数値 |
| テーブル1回転あたりの送り量 | F0 | mm/rev | 1.0000 |
| ホブ取り付け角誤差 | ΔD | deg | ***** |
| ホブXY座標半歯分割数 | Nh | --- | 40 |
| ホブXY座標1刃分割数 | Na | --- | 81 |

図 23.12 加工条件

23.5.2 切削体積

ホブ加工後の全切削体積と同時切削体積のグラフを図 23.13 に示します。このグラフは、横軸を切れ刃番号、縦軸を切削体積(mm³)としています。同時切削体積とはホブの左右の角部が同時に切削（ワークと接触）するときの切削体積です。ここでの切削体積は、

ある1つの切れ刃がホブ1回転あたりに1溝を削る体積です。

切れ刃番号は、ホブの創成中心刃を0として負側の番号は先行刃（創成中心刃より前に存在する切れ刃）を意味し、正側の番号は後続刃（創成中心刃より後に続く切れ刃）を意味します。本例の場合、切れ刃番号は-18 から+17 までを検討切れ刃としています。

図 23.13 のグラフより、本例の場合には切れ刃番号-3 の刃が全切削体積で最大となり、切れ刃番号-1 が同時切削体積最大となります。図 23.14 に切削体積表を示します。

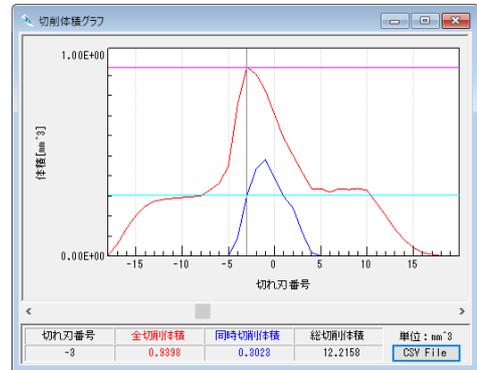


図 23.13 切削体積グラフ

| 番号 | 切れ刃番号 | 全切削体積(mm ³) | 同時切削体積(mm ³) |
|----|-------|-------------------------|--------------------------|
| 16 | -3 | 0.9398 | 0.3023 |
| 17 | -2 | 0.3061 | 0.4320 |
| 18 | -1 | 0.8243 | 0.4817 |
| 15 | -4 | 0.7554 | 0.0911 |
| 19 | 0 | 0.7038 | 0.3876 |
| 20 | 1 | 0.5858 | 0.2948 |
| 21 | 2 | 0.5003 | 0.2382 |
| 14 | -5 | 0.4474 | 0.0000 |

図 23.14 切削体積表

23.5.3 切り取り厚さ

図 23.13 の切削体積で最大となる切れ刃番号-3 に着目すると、切削体積は 0.9398mm³ となり、切り取り形状と切り取り厚さを図 23.15 に、切り取り厚さを表 23.16 に示します。そして、図 23.16 で出力した CSV ファイルを図 23.17 に示します。

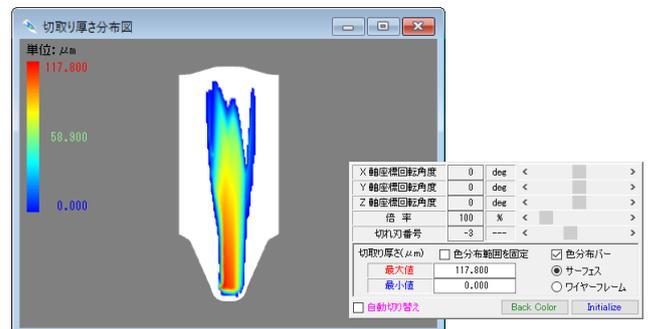


図 23.15 切り取り厚さ形状（切れ刃番号：-3）

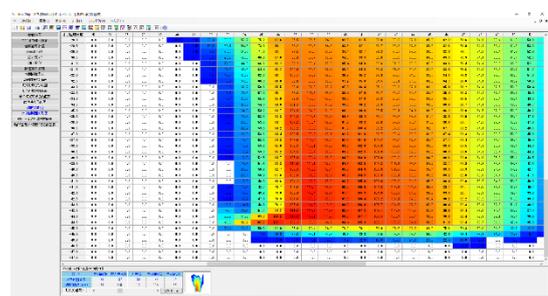


図 23.16 切り取り厚さ（切れ刃番号：-3）



図 23.17 切り取り厚さ (切れ刃番号-3), csv

最大切り取り厚さは図 23.18 のように刃番号 5 で厚さは 137.9μm です。切り取り形状を図 23.19 に、セル表示を図 23.20 に示します。

| ホブ切れ刃番号 | 切り取り厚さ(単位: μm) |
|---------|----------------|
| 5 | 137.900 |
| -6 | 129.700 |
| -7 | 127.600 |
| -8 | 127.500 |
| -9 | 127.200 |
| -10 | 125.500 |
| -5 | 122.800 |
| -2 | 121.300 |

図 23.18 最大切り取り厚さ

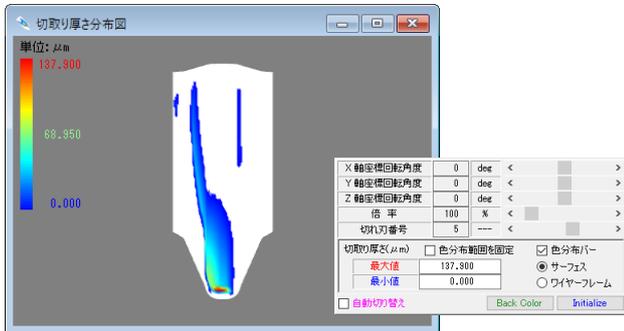


図 23.19 切り取り厚さ形状 (切れ刃番号: 5)

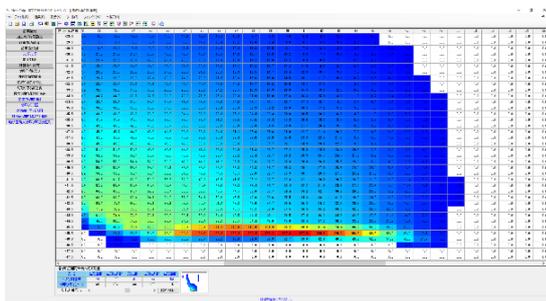


図 23.20 最大切り取り厚さ (切れ刃番号: 5)

23.5.4 歯溝図

図 23.21~23.28 に歯溝を基準として切れ刃が削り取る形状を切れ刃番号-15 から+13 までを示します。切れ刃番号と切り粉 (uncut chip) 形状の変化が良く解ります。

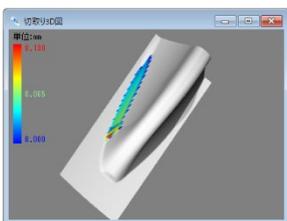


図 23.21 歯溝図(切れ刃-15)

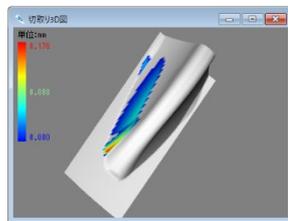


図 23.22 歯溝図(切れ刃-10)

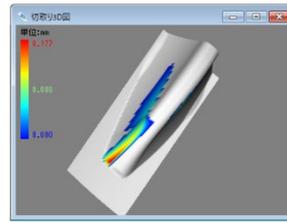


図 23.23 歯溝図(切れ刃-5)

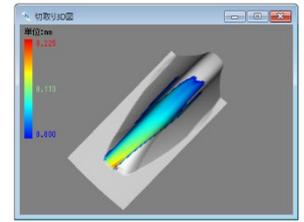


図 23.24 歯溝図(切れ刃-2)

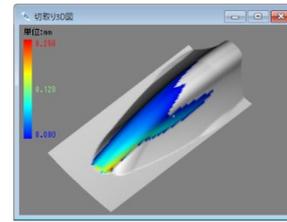


図 23.25 歯溝図(切れ刃+2)

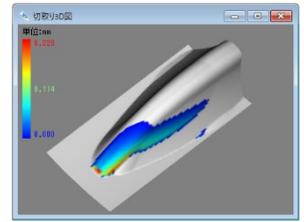


図 23.26 歯溝図(切れ刃+5)

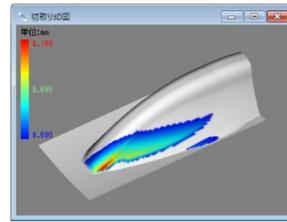


図 23.27 歯溝図(切れ刃+8)

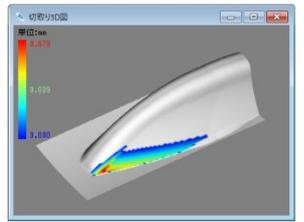


図 23.28 歯溝図(切れ刃+13)

23.5.5 ホブ切刃と切粉

図 23.29 に示すように切り取り厚さが大きくなるホブ軸断面座標番号は 33~41 であり、図 23.30 のようにホブ刃先付近であることが解ります。そして、ホブ断面刃形分割番号の切り取り厚さと数値は、図 23.31 で知ることができます。

| ホブ軸断面座標番号 | 切り取り厚さ(単位: μm) |
|-----------|----------------|
| 44 | 129.7 |
| 36 | 129.4 |
| 46 | 127.6 |
| 47 | 127.5 |
| 48 | 127.2 |
| 45 | 125.9 |
| 49 | 125.5 |
| 35 | 124.5 |
| 43 | 122.8 |
| 34 | 121.3 |
| 50 | 120.9 |
| 33 | 115.2 |
| 51 | 113.9 |
| 32 | 107.3 |

図 23.29 切り取り厚さ

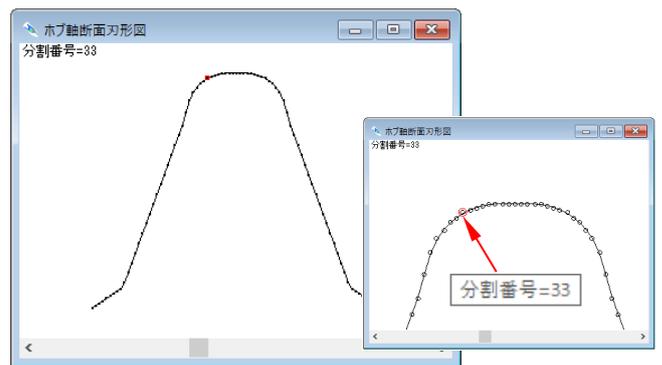


図 23.30 ホブ断面刃形

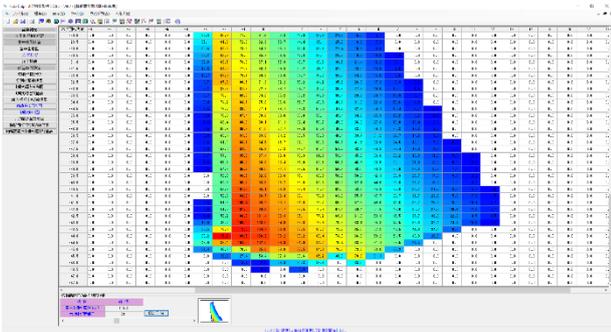


図 23.31 切り厚形状と数値 (ホブ断面刃番号: 33)

23.6 ホブ取り付け角度誤差

ホブに取り付け角度誤差を与えて切りくず計算をすることができます。誤差角度の入力範囲は ± 2 度ですが、大きい誤差角度になると計算できないことがありますので適度な誤差角度を入力する必要があります。

ホブの取り付け角度を変更することにより切り屑の形状が変化するためドライカットの切削に有効です。

ホブの取り付け角度を変更しても、はすば歯車のリードが変化することはありません。ただし、加工後の歯形は圧力角が変化します。また、転位ホブ歯切りとは異なるため入力した歯車寸法とはなりません。図 23.31 にホブ取り付け角度誤差の設定画面を示します。



図 23.31 ホブ取り付け角度誤差の設定

23.7 仕上げ加工後の切粉の切り取り形状

図 23.2 の歯車を 2 回加工したときの計算例を以下に示します。まず、図 23.3 の加工方法で両面仕上げを選択し、1 回目の加工を図 23.4 のホブでまたぎ歯厚を $W_1=22.30$ とします。次に仕上げ加工を図 23.32 のように $W_1=21.30$ とし、解析結果を図 23.33~38 に示します。

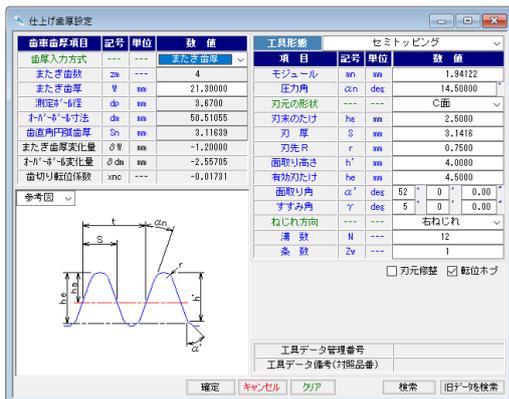


図 23.32 ホブ諸元入力, 2 回目の加工

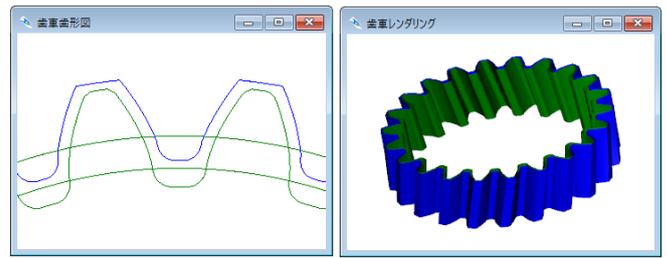


図 23.33 歯形軌跡図

図 23.34 歯形レンダリング

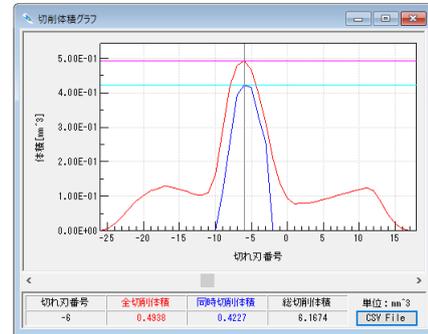


図 23.35 切削体積グラフ

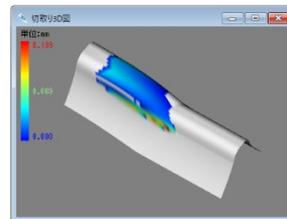


図 23.36 歯溝図(切れ刃-3)

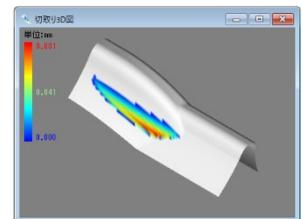


図 23.37 歯溝図(切れ刃 3)

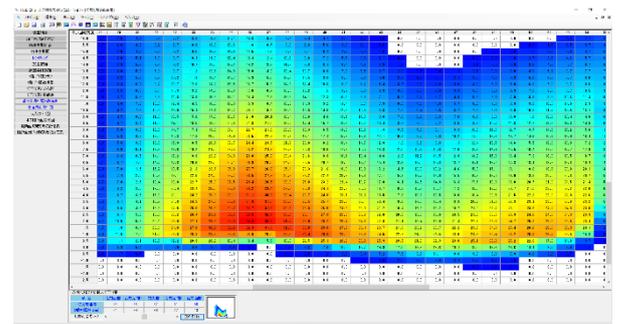


図 23.38 最大切り取り厚さ (切れ刃番号: -3)

23.8 ソフトウェアについて

Hob Chip は、元九州大学工学研究院知能機械システム部門の梅崎先生が開発した「ホブ切りにおける切り厚さ数値解析プログラム」を計算プログラムとして使用しています。