

# -テクニカルレポート-

## 2次元CAMシステム 「CAM-STAFF Win」 の特徴と有効活用

(株)ソフテック 原 幸夫

機械分野において、この何年間かの話題という  
と3次元CADのことになるだろう。とくにパラ  
メトリック、スケッチャ、フィーチャ・ベースの  
ソリッドモデリングによる3次元設計は、今後の  
製造革新ツールとして注目されている。

それに伴ってCAMの関心も3次元へ移って  
いるようである。しかし、3次元CAMという  
と昔から金型加工用であり、主にボールエンド  
ミルで自由曲面形状を削り出すことを目的に  
つくられている。

3次元CADは以前からあるハイエンド製品  
がサーフェスを主体としてソリッドの機能を  
追加したものが多く、CAMの機能は曲面加  
工つまり金型向けが中心となっている。ま  
た、ミッドレンジCADはソリッドを主体に  
開発され、CAMの機能を持たないものが  
ほとんどであり、この場合は独立したCAM  
に処理を任せている。その多くは金型用の  
3次元CAMとして販売されてきたもので、  
機能の主体はエンドミルによる曲面加工に  
なっている。

ところが、NC加工の軸をなしているのは  
金型を含めて2次元加工である。(2.5次元  
という言葉があるが、実際は2次元か3次  
元のいずれかである。ユーザー側にはと  
くに、本来3次元形状であるものを等高  
線加工すると2.5次元だと勘違いしてい  
る例が多い。誰かがいいかげんに使った  
のだと思われる。)

最近では仕事を確保するために、これまで  
扱っていない3次元加工用のCAMを導入す  
るケースも目立つが、3次元CAMはほとん  
どが金型曲面加工用であり、最近出てき  
たソリッドベースのものは開発途上で特  
定の加工にしか使用できないことを認識  
しておくべきである。

ユーザーの側も、何の加工をするため  
にCAMを導入するかを決めず、見掛けの  
すごさに圧倒されて導入し、ほとんど使  
っていない例をみるので注意が必要であ  
る。

このような状況のなかで、当社では加  
工の8割以上を占める2次元機械加工(金  
型も3次元形彫り以外は機械部品加工)を  
効率良く行うための2次元CAMシステ  
ムとして「CAM-STAFF win」を開発し、  
多くのユーザーに活用していただいで  
いる。本稿では、その特徴ある機能を中  
心に紹介したい。

### マシニングセンタ加工を効率化する

マシニングセンタは、輪郭加工、面加工  
と穴加工が混在し、加工の順序や使用す  
る工具、加工サイクルの選択、切削条件  
の算出など、加工技術と経験に基づく判  
断が要求される。

とくに横形マシニングセンタや五面加  
工機のような多面加工を行う場合には、  
加工面(テーブル)割出しの順番や工  
具交換(アタッチメント交換)のタイ  
ミングが加工効率に大きく影響するの  
で、NCデータを作成する前の検討作  
業もより複雑なものになる。

CAM-STAFF(以下、CSW)は、このよ  
うな加工

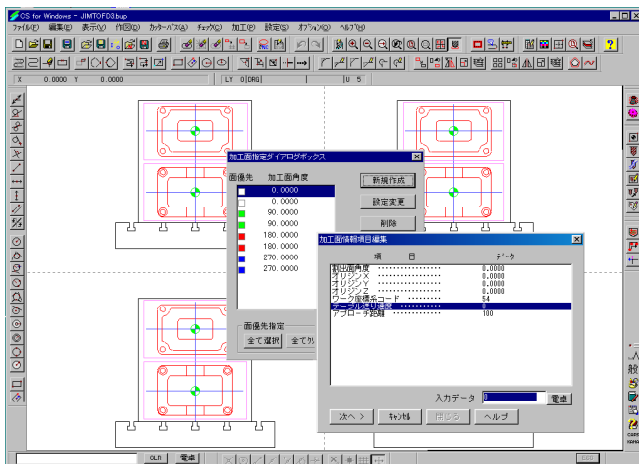


図1 面優先

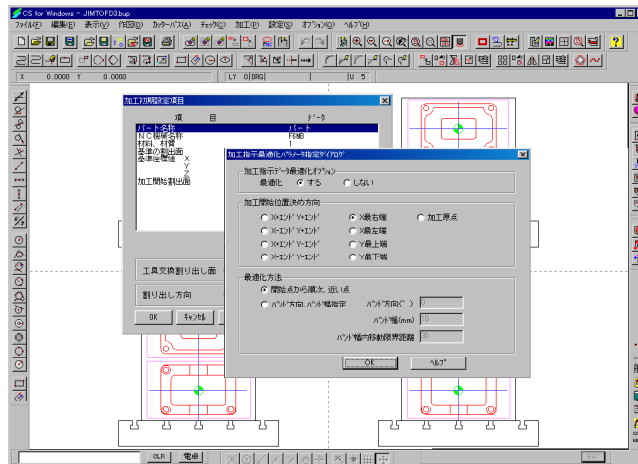


図2 最適化

検討や工作機械の稼働効率を含めた、ユーザーの現場の要求に対応した NC データを出力できるための機能を有している。

面優先・工具優先の設定は、面ごとに工具交換をしながら全加工を行うか、工具交換ごとに面割出しをしながら加工を行うかを指定するもので、5 面加工機の場合は立面と横面をグループ分割して、面優先で立面の全加工を終了した後、アタッチメント交換をして横面の工具優先加工を行える。この方法は、工作機械メーカーでベッドの加工などに利用されている (図1)。

また、CSW の面の概念は画面上の枠で(フレーム)で囲んだ部分であるから、イケールの1面に複数のワークを取り付け、面優先と工具優先の組合せで、テーブルを割り出してはその面の全部品の加工を行い、つぎの面の加工を行うという使い方ができる。この考えを発展させ、パレットチェンジによる連続加工用の NC データを一括で作成することもできる。また面を表すフレームをレイヤに分け、特定のレイヤをオン・オフすることで、そのとき必要な部品の組合せの加工データの作成も簡単にできるようになっている。

### 現場で培われた加工技術を活かす

CSW には 999 種の加工工程が登録でき、そのすべての内容がユーザー独自の加工手順・方法に応じてカスタマイズできるようになっている。

たとえば、モミツケ、ドリルで下穴を通し、エンドミルのヘリカル穴あけで拡げ、ボーリングで仕上げをして、入口側をメントリカッタで真円切削を使って面取りをするといった工程を設定でき、加工指示は一覧から工程名を選択し、問合せ項目

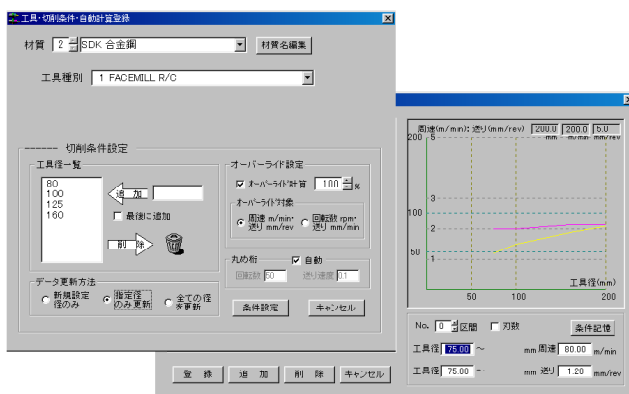


図3 工具登録

のダイアログ (表) に深さ・切込量などのデータを入力する。加工位置の問合せに対しては、パターン指定、座標指示、CAD データを元にしていれば「穴一括」ボタンで加工径と同じ円データを一度に抽出することができる。

その加工順は加工指示した順番のほか、最適化の指定で最短点を通るようにしたり、指定方向を優先させて位置決めできる機能を持っている (図2)。

加工工程を作成するときの工具種別 (ドリル、タップ、エンドミルなど) もユーザー指定の任意の工具が 900 種設定できるので、同類の工具であっても形状・コーティング・材質により分けて適切な加工内容・条件にできるし、新しい工具の出現にも即対応できるようになっている。

その工具に設定する切削条件についても、周速・回転当たりの送りを工具径に応じた変化グラフで持ち、回転数や毎分送りを自動設定している。また、自動計算される数値を桁数に応じて丸めるので、現場でも違和感のない値となっている。

さらに特定の工具の値に回転数・送り速度を直接設定することも可能である (図3)。

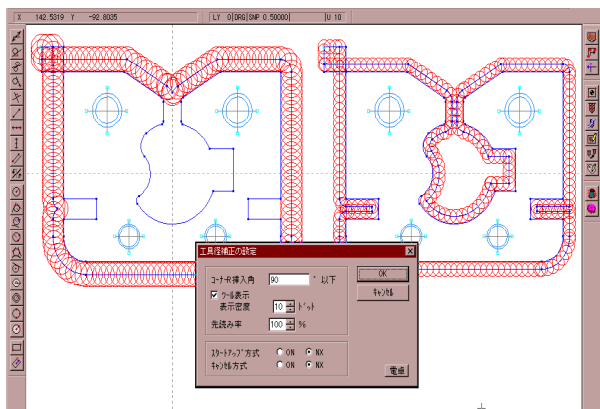


図 4 工具径補正

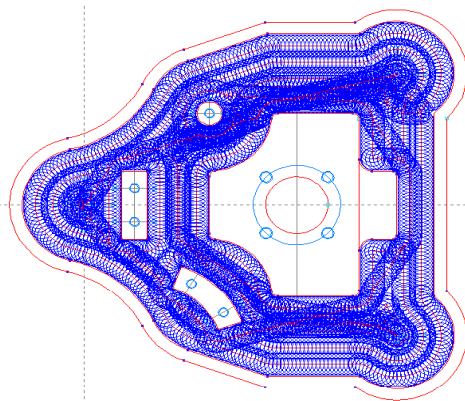


図 5 島残しポケット

NC データ作成時に、加工指示された各工程を展開集約して加工手順、使用工具、加工サイクル、切削条件を自動決定するのであるが、荒加工の下穴のように径が変わってもよい工具はファジィ指定で近い径の工具に集約される。

タップの下穴は呼び径から自動決定される。工具の選択順も、穴あけ工具は小径から大径に、エンドミルなどは大径から小径へ並べられる。この自動決定された工程順をマウス操作で簡単に入れ替えることもでき、NC データを手直しするようなことは必要ない。

結果は工具リストとして表示され、加工資料として印刷できる。そして、このリスト表示で工具番号や補正番号を頭から自動で割り付けたり、パーマネント登録されていない工具のみに未使用番号を割り付ける機能ももつ。また個々の工具データを修正できるが、その結果を工具ファイルに再登録することで、次回から利用できるようになっている。

つぎに、各工具の加工動作を設定する加工サイクルであるが、穴加工に使用される NC の固定サイクルはもちろん、よりきめ細かな加工動作を行うソフト・サイクルがある。これは小径深穴ドリルを例にとると、とば口ではドリルの肩が沈むまでは送りを減速し 1 回で切込むが、中ではステップと引戻し動作をして切りくずの切断と排出を行い、貫通穴では抜け際で減速する加工で、サブ出力している。

このほかにも、一周円で径方向、深さ方向に穴を広げるザグリ・サイクル、その応用の面取りやリング溝加工、エンドミルによるヘリカル穴あけ、輪郭加工やポケット加工でのヘリカル切込みなど多彩な加工法を選択できる特徴をもっている。

このような加工指示によって作成された加工データを、工作機械の能力を十分に引き出す NC データに変換するのがポストプロセッサである。

3次元主体のシステムでは、ポストプロセッサできめ細かく出力フォーマットに関する設定ができるものはほとんどないが、これはユーザーの目的がボールエンドミルを主体とした3次元モデルの曲面切削の NC データ（ほぼフライス盤としての使い方）を得ることにあるからである。

CSW ではプログラム言語形式でカスタマイズできるポストプロセッサを装備し、工具交換やテーブル・インデックス関連のフォーマット、位置決め仕方、さらに5面加工機でのアタッチメント交換や退避動作など、ユーザー個別の NC 工作機械に対する加工制御のノウハウを十分に反映した NC データを作成できるようになっている。

CAM システム選択の際に、あまり関心を示されないのであるが、NC 工作機の能力を活用し、手直しの必要がない効率的な NC データ作成にもっとも重要なのがポストプロセッサの品質になる。

### 加工技術を活かす cutterパス作成機能

CSW には工具径補正機能というものがある。これは G41・G42 による NC のオフセットと異なり、輪郭形状に対する干渉チェックを行って、工具半径分オフセットしたパスを作成するものである。この機能を使用すると、元の仕上げ形状から、指定された工具径で干渉を起こさない荒取り用の輪郭形状を自動作成でき、元の輪郭に NC のオフセット指令が付加されていれば、NC 機で工具半径を補正量にした加工ができる（図 4）。これも CAD やコンピュータソフトの発想で開発された

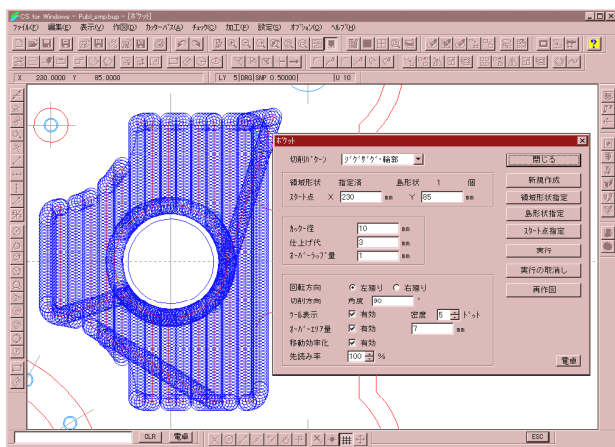


図 6 領域面加工

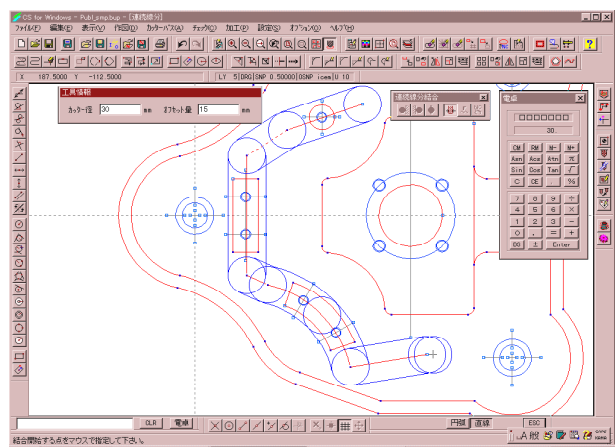


図 7 面包絡加工

システムにはない機能である。

同様にパスを自動作成する機能として、島残しポケットがある。CSWではオフセット方式とジグザグ方式があり、島との干渉回避やパス作成済みの領域から未加工の領域への移動をZ軸を動かさず(深さを変えず)に効率良く移動するパスを作成している(図5)。

ポケット加工は指定された形状の領域内部を切削する機能であるが、CSWでは同様のメカニズムで面加工を行う機能も持っている。ボスなどの突起を、仕上げ代分外側に避けながら、領域上面をオーバーハングして切削させるもので、切削動作のパスは通常のポケット同様、ジグザグとオフセットを選択できる(図6)。

また、ポケット加工でも領域上面加工でも最初の切込み位置を指定できる。これも、ほとんどのCAMでは自動で勝手なところから切り込んでいるが、実際の金属加工では問題点がある。下穴をあけたところか障害のないところへ工具を下ろしたい。どうしても肉のあるところへ工具を下ろす場合、CSWでは前述のようにヘリカル切込みが指定できる。

同じ面加工でも、ボスやリブなど島状の突起上面を加工することもよくあるが、動きが簡単な割りにはプログラムするのが面倒な加工である。

CSWでは画面上に工具円を表示し、マウスの操作で cutter 軌跡である包絡線をみながら突起形状をたどっていけばよい。このときに、深さの指定や早送りなどの指定も簡単に行える。また、直線の動きだけでなく、円弧でも動かせるので、任意の形状に沿ってパスを作成することができる(図7)。

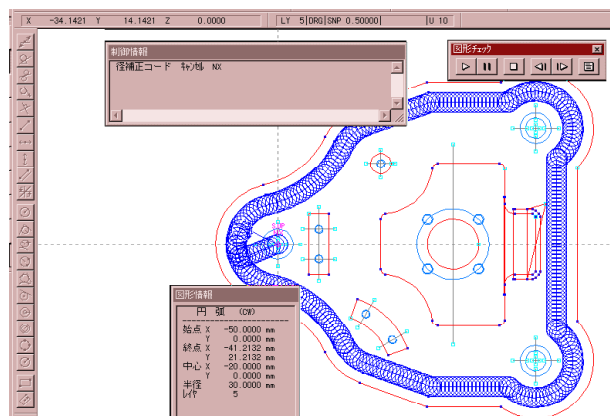


図 8 パス・チェック

この機能は、座標値指定やマウスによる画面上の図形の交点や端点などの指示、また下書線やCADから読み込んだ図形要素を指定し、たどっていくことで、Cutterパスを直接作成することができる。

いろいろな方法で作成されたCutterパスは、各端点の移動、要素の途中で端点を追加・移動、複数要素の短絡結合など、いつでもマウス操作で修正することができる。

この作成したり修正したパスは、チェック機能により、工具オフセット指令(G41,42)があれば補正をかけて切削軌跡を確認できるようになっている。このときにCutterマークを表示でき、干渉や取り残しなどの判断に役立っている。また、NC機をシミュレートして工具干渉が起こるとエラーを表示するので、工具径補正量の適正値を確かめることができる(図8)。

2・1/2軸加工は定義が曖昧な加工であるが、CSWは上面形状と下面形状、その各要素間をつなぐ断面形状を指定することで平面形状を連続的に変化させ、擬似的に3次元形状を切削するパ

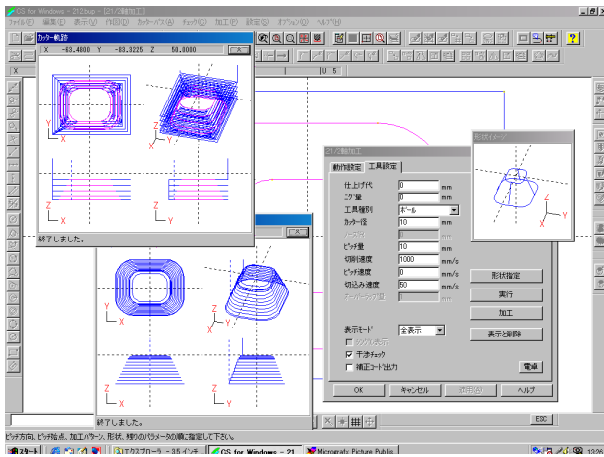


図9 2・1/2 軸加工

スを作り出している。

形状が変化するピッチ方向は、Z軸、X軸、Y軸で、工具はフラット(スクエア)ボール、R付きの3種類を指定できる(X、Yはボール)。Zピッチでは仕上げのパスだけでなく、各ピッチ(深さ)における領域のポケット加工を行う等高線荒取りパスも作成できる(図9)。

### CADデータの活用

CSWはCADデータを有効活用することを目的に設計されておりDXF、IGES、BMIの各フォーマットを読み込めるようになっている。このCADデータからカットパスを作成するとき、切削の始点と終点をマウスで指定すれば、自動追跡結合により、接続可能な要素をつないで加工形状を抽出できるようになっている。

多くのCAMではウィンドで囲むだけで図形抽出を行っているが、これはCADのハッチングの自動描画と同じで、一致している端点をつなぐが強制的に交点を作って結合することになるので、一見正しく形状(パス)が作成されたように思うが、精度を保証してつないだとはいえない。

CSWでは、交点許容値と接点許容値の設定があり、許容値内にある端点同士は自動で結合するが、外れている要素や枝分れ、二重描きになっている場合、誤差値や状況をメッセージ表示し、オペレータの判断で適切な状態を選択できる。

要素同士の交点はすべて再計算し、現在の端点値との比較を行っている。また、両端点が接点許容値に入っている円弧では、フィレット要素として接点の再計算を行い、設計者の意図の反映と精度の確保をしている。

CADデータの読み込みでは、レイヤ機能も目的に応じて元のレイヤ分けを反映して取り込むか、要素色ごとにレイヤ分けして取り込むかを指定できる。これはCAD側で、加工種別や面の高さによってレイヤを分けている場合に、CAM側でグループとして扱うのに便利な機能である。

### 特別な加工への対応

機械要素の加工では、主にワイヤ放電加工になるが、インポリュート歯形の処理についても記しておく。

インポリュートという歯車をまず連想するが、他にもスプラインやセレーションなどの機械要素がある。CSWでは、「外歯車」「内歯車」「スプライン・軸」「スプライン・穴」「セレーション・軸」「セレーション・穴」の6種類のインポリュート歯形に対応し、「歯数」「モジュール」「圧力角」や「転移係数」「またぎ歯厚」などの諸元を入力すれば、1歯分または全周文の歯形が作成されるようになっている。

また「歯先円(大径)直径」と「転移係数」「バックラッシ」と「またぎ歯厚(オーバーピン径)」は連動していて、図面などに指示された方の値を入力すればよい。「作成歯数」を指定すれば欠歯や、歯形の違う部分歯車を組み合わせることもでき、図形編集の機能で変形歯も簡単に作成できる(図10、図11)。

入力データにより、歯形と基礎円やピッチ円を表示し、確認がすぐできる。インポリュート部分のパスは近似接円弧で出力し、歯形精度と滑らかさ、NC機での利用のしやすさをもたせている。

歯車オプションをもつCAMも多いが、標準的な歯車しか作成できなかったり、海外製品ではインチ基準でダイヤメトラルピッチ指定であったりして、加工現場での使用に耐えないものが多い。

2次元加工というと平面的な加工を考えがちだが、CSWでは展開図入力による、円筒面への輪郭加工、穴加工用のNCデータを作成する機能ももっている。

これは、横または縦に角度(回転軸)座標を取り、直交軸にリフトまたは直線軸の座標を指定して、直線軸と回転軸による同時2軸補間のNCデータを作成するものである。回転軸方向は、角度指定

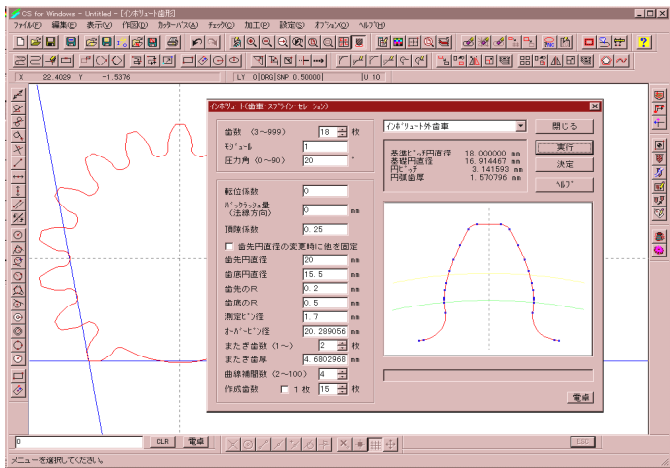


図 10 歯車作成

のほか展開長による直交座標値でも角度変換して出力できるようになっている。加工する円筒面中心が回転テーブル中心とずれた円筒でも穴加工を指定できる。

また、円筒面の加工だけでなく円筒の両端面を回転・直線 2 軸補間で出力することも可能である。さらに、回転軸の NC データでは送り速度の指令は角速度となるため、直線軸の送り速度値と合わなくなるが、合成速度が常に指定送り速度になるように補正計算をして、各 NC ブロックに F 値を出力している。

5 軸加工というと、3 次元多軸加工を想像するが、実際の加工の多くは回転 2 軸の合成割出しで、特定の面を主軸方向に位置決めし、2 次元輪郭加工や穴加工と、場合によって 2・1/2 軸加工を行うものである。

ところが、ほとんどの CAM は、このような加工に対し同時 5 軸用のシステムで処理しようとする。しかし、インペラ（プロペラ、スクリュー、翼面）などを加工しようというのではない。このためにサーフェスモデルをつくるのは曲面加工ではないので論外であるし、ソリッドモデルをつくるのは手間だけがかかる。

また、CAD データがソリッドで渡されたとしても、5 軸の CAM は曲面の同時多軸加工を主たる目的につくられている。無垢材からエンドミル一本で全てを削り出してしまおうのであれば別だが、加工をしなければならない部分の指定、割出し面の設定、穴フィーチャの輪郭加工と穴加工の分離指定、加工工程の区分け指定など、これまでの 3 次元 CAM に想定されていない操作を要求するのは無理である。

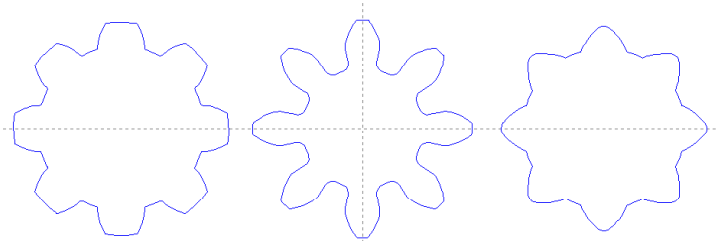


図 11 インボリュート歯形

CSW では横形マシニングセンタのテーブル割出しの延長で、加工面指定にスウィベル軸とチルト軸の割出し角度を入力し、機械原点との位置関係を入力することで、後は各面を正面からみた図面に加工指示を行う、通常の 2 次元加工と同じ操作をしている。

NC データは面ごとにワーク座標系を使用する方法と、機械原点を基準にする座標値で出力するものなど、要求に応じてポストプロセッサを作成し処理している。

また、必要があれば入力する加工面データを計算する前処理ソフトを提供している。

その他の応用システムとして、データベースソフト Access を使用して工具管理を行い、CSW の工具データと連動して NC データに反映させたり、CAD とファイリングソフトと連携して工具図の管理・出力を行うものなどの提供もしている。

### 適用加工範囲

CSW が使用されている加工の範囲は多彩であり、一般機械部品、試作品の削出しと穴あけ、樹脂材料などのモデル作成、金型用プレートの多パレット一貫加工、光学系精密部品の多段島残しポケット加工と穴加工、横形マシニングセンタによる機械部品の一段取りでの多品種複数面の加工、エンブラを中心とした金型加工、大型機による 5 面加工、5 軸多面割出し加工、精密ゴム金型、円筒面加工などがあげられる。

今はやりのカタログ的な書き方をすれば「CAD/CAM をベースとするエンジニアリング・ソリューションの提供」などとなるのだろうが、普通に書けば「日々の製造業務の問題点を CAD データを活用し効率化することで解決する手助けができる CAM」ということになる。

あなたはカッコいいのをお望みですか、自分にわかって実際に使えるのをお望みですか。