

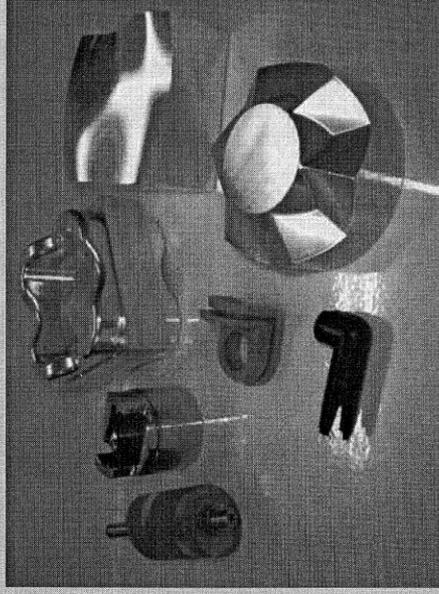
3次元形状を加工するための CAMシステム (I)

ランクコーポレーション 稲垣欣一

大河出版発行「ツールエンジニア」誌2012年8月号掲載

3次元形状を 加工するための CAM システム (I)

ランクコーポレーション 稲垣 欣一



CAD/CAM を利用した NC 加工データの作成は、図書館などにある立体地図の製作手法と同じである。NC 加工データを作成する基本的な考えかたは、製作する図形・形状が立体や曲面に関係なく、図形・形状を水平面に平行スライスした積層体と考え、設定した領域空間部を除去する方法である。

しかしこれでは、傾斜に張り付く円柱体部のスライス外輪郭は楕円の一部分となり、直線補間によるデータ処理で作成した加工データは、膨大となり加工後、2次元的な滑らかな補間を追加処理する作業が必要になる。

国内のモノづくりでは、時間当たり単価の高い人件費となっているが、図形・形状処理加工のデータを作成するアプリケーションによる改善の余地を残している。

スーパー・コンピュータの演算速度は、世界で1、2位を競っているが、コンピュータを運用するソフトは、ハードウェアに比べるとその落差は大きい。とくに、「モノづくり」にあたっては世界中どこでも

同じで、ドンダリの背比べである。

パソコンを小学生が操る時代に、アルファベットの「V」や「L」形による2直線の加工で、加工プログラムの図形定義で、プログラムを記述できないソフトで「モノづくり」を実施するのであれば、日本の巻き返しは考えられない。

機械部品を加工するCAMシステムとして、LANCを開発したが、その基本コンセプトである6項目を説明する。

(1) 加工するデータは、形状をプログラムで記述

われわれのLANCは「モノづくり」の加工データ作成に当たり、品質管理思想をもとにした図形・形状処理媒体を図面化表現とジュエル化表現として、次の図1に示した体系とした。

すなわち、図面に描いた部品と3次元立体と曲面の加工プログラムがある。モノづくりを行なう企業が、部品製造時に、NC加工精度を高く維持するため、図1のすべての演算アルゴリズムを同一処理

形状表現 (LANCソフト)	図形・形状処理媒体	切削加工時軸数
部品 (ベクトル・ツール)	図面化表現 (uLANC)	規則性立体 曲面
	ジュエル化表現 (sLANC)	(不規則性立体) 規則性立体 曲面
		同時2軸 & 以下
		同時3軸 & 2軸
		同時2軸 & 以下
		同時3軸 & 2軸

図1 CAMの処理体系

したベクトル・ツール（システムソフト）としている。

(2) 3次元立体 & 曲面創成は2次元処理が決め手

立体形状や曲面の表現は、2次元の平面図に表現された図面と3次元立体表現のモデルとともに、基本幾何要素の直線、円弧、曲線による基本3要素の平易な表現で決まる。

図形・形状処理演算プログラム文に一般には数式を使っているが、これが加工データ変換を複雑化している。

LANCは、義務教育終了者が、プログラムでモノづくり用加工データを作成するシステムとして1970年から開発に着手し、完成するまでに40年の期間がかかった。

この幾何要素、基本3要素をさらにさかのぼった点の扱いと考えかたに、量子力学を採用することでプログラムが平易になった。その内容を次にあげる項目にある。

①点 (2次元 & 3次元) と幾何要素因子をベクトル表示
②点に向き (2次元 & 3次元方向) を併合したベクトル表示

a) 2点で直線、円弧、曲線を表示

b) 円弧に時計まわりと反時計まわり円弧表示

c) 3点以上の複数点で円弧・連続曲線表示

③幾何要素因子図形に意味を持たせる

a) 最初の定義図形後の2番目の登録図形は、接する図形となる (1&2番目の図形が直線の場合には交点が1か所だから折線処理)

b) 2番目の図形が円弧の場合で右左折指令なしは接する図形 (一筆書きオートリンク連続図形) 処理を実施

c) 2番目の図形との接合条件で5種類の不完全図形対策がある

d) 図形定義文の図形線図上方領域に切削工具移動領域表示 (切削面領域指令不要)

④4端点構成の4角形曲面パッチを4点で表示

a) 4点で三角形曲面パッチを表示

b) 4点で四角形曲面パッチを表示

c) 曲面パッチを縦×横のマトリックス配列で曲面メッシュを表示

⑤これらの処理からパラメトリック・プログラム処

理による図形を定義して表示

3次元形状と一般的に呼んでいるが、広範囲の略称であって、この中には立体と曲面があり、規則性を持続形状が立体であり、不規則性の持続形状が曲面である。

学問的には異質扱いされるが、LANCはモノづくり関連を扱う関係から、ワイヤフレームもソフトウェアも、ソリッド形状であっても、NC加工データ作成からは、かたちを創りだすコードの直線と円弧に代るべきのプログラムとして記述することである。

点の2次元処理展開が図面になり、点の3次元展開がビジュアル系モデルとLANCは考える。

(3) 補間データが直線のみでは精度の改善が必要

3次元CAMの加工データは、直線補間データのみである。日本のモノづくりは、今後は微細加工となる医療機器やロボットなどの部品が考えられ、精度・経済性が重要視されるだろう。

現在の3次元CAM出力データは、直線補間 (点データの集合体といい) がベースである。また3次元処理のために、XZやYZ断面処理に至っては2次元形状処理にもかかわらず、直線補間処理がベースである。グローバル化が進み、これでは人件費の安い外国に立ち向かうには限りがある。3次元CAMだけではなく、NC加工データ作成システムが、加工プログラムを持たずに加工データ作成を実施する所以である。

現在CAD/CAMは対話形「見える化」で、演算処理はブロックボックスの処理領域に閉じこめられているが、LANCはCADが登場する10数年前に、世に出現したNC工作機械の加工データ作成システムがLANCの起源であり、独自のシステムとして開発した。

2次元CADは、1ユニットから対話式ミルソフトとベクトルツール・ソフトを可動させ、つねにベストなシステムの追求を続けている。

CADを利用した展開では、2次元CADからは3次元ベクトルの創出を処理し、他のシステムができない形状の創出をモットとしている。

(4) プログラムによる加工データ作成手法がない

一般的にCAMは、CAD/CAMの付随ツールと

して扱われているが、単独では加工プログラムの実行は行なわない。

形状処理のバイブルともいわれたAPT [Automatically Programming Tools : 1952年にマサチューセッツ工科大学 : MIT で開発された、NC 工作機械向けのプログラム言語で、NC 加工用の CL (カッタ・ロケーション) を記録した制御データを作成する]でも、加工プログラムの加工データの作成はやっていない。

モノづくり用「コンピュータ周辺ツール」として最近、教育現場で関心を集めているものを2~3あげてみよう。

- (a) モノづくり用 CAD の必要性
 - (b) 時計まわり円弧
 - (c) パラメトリック処理 CAM など
- これらは、どれもニュートン力学の数式加工プログラムでは、実現がむずかしいものである。

数式の問題点は、①時計まわり円弧の記述ができない、②向きを持つ図形をプログラムの図形定義で記述できない、③複数の幾何要素図形の一筆書きオートリンク連続図形作成がプログラムで図形定義できない、などである。

CAD も CAM も最新のデジタルツールだが、デジ→デジ変換処理は、個別処理となる。これに対して LANC は、アナ→デジ変換処理で無限処理である。CAD/CAM は直接変換であり、LANC は中間プログラムを持ち、形状寸法やマクロ処理値などを変数記号に置換するパラメトリック処理を可能とし

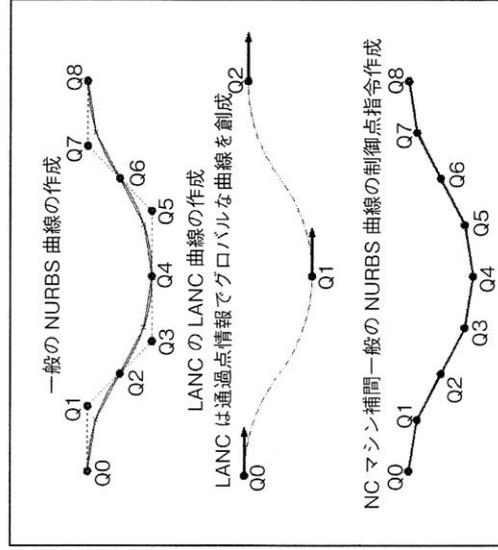


図 2 LANC 曲線と NURBS 曲線

ている。

(5) 平易な加工プログラム曲線指令

滑らかさ指令で一般的には、NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline : 非一様な有理 B スプライン) 曲線が注目されている。これに対して LANC には LANC 曲線があり、特殊加工で成果を上げている。その比較例を説明する (図 2)。

LANC 曲線は、通過点に併合方向ベクトルで曲線を直接求めるのに対して、NURBS 曲線は曲線式の制御点指令で間接的に曲線を求めるのが、違いである。

LANC 曲線のもと、NC 工作機械の初期にはカム製造に NC フライス盤が活用され、この曲線補間に B スプライン (B-spline curve : 一般には両端以外の制御点を通過しない制御点により定義される滑らかな曲線で、区分多項式として表現されるため、一部を変更しても曲線全体に影響しない) 曲線の高次式を採用したのが LANC 補間曲線の始まりである。

カム曲線の最終仕上げ加工データで、ユーザーの要望が 2 種類あった。ひとつは円弧の連続曲線補間切削で、もうひとつは微細直線補間切削であり、カム形状は 2 次元~3 次元があって、この加工プログラムで 2 次元処理が u LANC に、3 次元処理が s LANC に発展しているが、演算処理アルゴリズムは同一とした。

そのため、u LANC の土台となる立体内、s LANC の徐辺フィレットの追加高さで工具位置が出力されないことがある。

LANC が採用しているベクトル方式は、義務教育修了者が理解できる簡単なものである。次のその説明を述べる。

(6) 2 次元図面、3 次元モデルと同一なベクトル

ベクトルと聞くと、むずかしいと返ってくるほど毛嫌う人が多いが、新羅万障、宇宙に存在するモノすべてを理解できるのがベクトルである。

単純に考えたほうが理解しやすい。形状表現・機械装置 & この動きなどの基本は、ベクトルである。その形状処理の直線と円弧表現に数式 (ニュートン力学) を代用させたシステムは、複雑化する。

LANC は図形・形状処理プログラム言語、作成

データ (NC コード), NC 用コントロール値, NC 動作原理のすべては, ベクトルで統一しており効率のよさは抜群になると考える。

幾何要素をベクトルに変換

ここから幾何要素のすべてがベクトルに等価変換値としての説明であるが, 機械工学における機械製図の初歩とまったく同じで, 実感してもらいたけると考えている。

説明には 2 次元を採用しているが, 3 次元の説明より 2 次元の説明が理解しやすいことと, 現実の部品形状の大半が 2 次元の形状であることから明らかにするだろう。

(1) 3 次元点に 3 次元角度併合ベクトル

平面, 立体, 曲面の形状を代表する幾何要素すべての表現には, 3 次元点に 3 次元角度の併合が基調となる。

点に角度併合ベクトルで, ① 2 ~ 3 次の直線・円弧・曲線の単体図形から連続図形創成, ② 平面・立体・曲面の創成, ③ 立体 & 曲面中で高さまたは幅が一定のロフト曲面の創成が可能である。

3 次元の点ベクトルを地球儀にたとえて説明をする (図 3)。地球儀表面の任意の点 P を定め, 地球儀の核心点 O と点 P を直線で結び OP を接線角とし, 地球儀を無限小の点に縮小時の状態が点に方向ベクトル併合状態で, この併合ベクトルは接線角として扱う。

OP 接線角をベクトル空間の方向余弦表示状態で地球儀の核心点 O を直角座標系の仮想原点 (X0, Y0, Z0) とし, この直線 OP 方向を 3 次元表示の方向余弦表示の A (Δ X, Δ Y, Δ Z) となる。

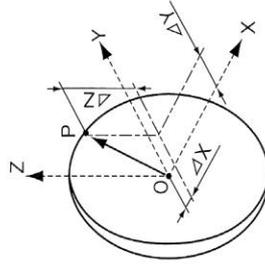


図 3 3 次元点と 3 次元接線ベクトル

図 3 のベクトル状態は, 次の記述になる。

(0, 0, 0), A (Δ X, Δ Y, Δ Z)

3 次元点位置 (位置ベクトル表示) X = 0, Y = 0, Z = 0 点に, 3 次元接線方向ベクトルが A (Δ X, Δ Y, Δ Z) を併合状態のベクトルである。

① このベクトル状態は, 立体空間領域の X = 0, Y = 0, Z = 0 位置を定めた所に 3 次元方向の A (Δ X, Δ Y, Δ Z) 接線ベクトルを併合した活性点としての存在そのものを表わす。

3 次元点 1 個では存在だけで, 何も創成しない。最低でも 3 次元ベクトル点 2 個で, 直線・円弧・曲線を創成できる。

また, ② 1 個の 3 次元点に 2 組の接線ベクトルの併合が可能で, この時は接線ベクトル記号の A と B を採用する。しかし, 1 個の時 B を使うことはエラーとなる。さらに, ③ 接線ベクトルの B の代わりに切断面曲線を前もって定義登録し, この図形番号にすることで, 立体曲面で高さまたは幅が一定のロフト曲面の定義が可能である。

① の点はセグメント点, ② はポテンシャル点, ③ は重合点と類別ベクトル値としてある。

(2) 直線の定義

セグメントとなる 3 次元点 2 個で, 2 ~ 3 次元直線を創成する (図 4)。単純な直線の場合は, ベクトル併合を省略することも可能である。ただし, ベクトル省略 3 点以上の点, 入力 3 点で 3 次元円弧創成, 4 点以上で曲線を創成することになるので, 注意が必要である。

(つづく)

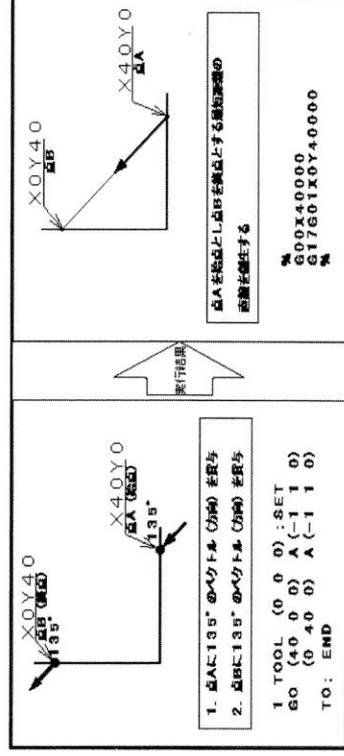


図 4 2 点の 3 次元点より直線を創成して表示