

中小工場向け CAD/CAMソフトの開発 (第3報)

—パソコン CAD/CAMソフトの開発—

佐野照雄・河西伸一*・萩原起夫・石原道雄・大柴勝彦・岩間貴司

Development of CAD/CAM Software for Small and Medium-size Factory (III)

—Development of CAD/CAM Software by Personal Computer—

Teruo SANO, Shin'ichi KASAI*, Tatuo HAGIHARA,
Michio ISIIHARA, Katuhiko OUSHIBA and Takashi IWAMA

要 約

地域中小企業技術高度化事業として、62年度はレーザ加工機用CAD/CAMソフトの試作し、パソコンCAD/CAMシステム開発上の問題点を探った。

レーザ加工機用CAD/CAMシステムは、市販のCADシステムをベースに試作したCAMソフトを付加し、カスタマイズすることによって構築した。開発に先だって市販CADのデータ構造を解析し、NCコードへの変換手法を得ることができた。

1. まえがき

本研究は、山梨県機械電子工業会が昭和61年度から3ヶ年計画で進めている地域中小企業技術高度化事業(テーマ名:中小工場向けCAD/CAMソフトの開発)は、パソコン上にCAD/CAMシステムを構築し、その成果を中小工場に導入することを目的としている。

中小企業がCAD/CAMシステムを導入する場合、最初から高度なシステムを導入することはリスクが大きいため、前段階として、パソコンCAD/CAMシステムを導入することが考えられる。企業が既に所有しているパソコンを利用するCAD/CAMソフトを導入すれば、初期投資が低減でき、リスクも小さくなる。

開発に当たり、拡張性に富んだ汎用のCADシステムをベースとして、CAM機能を付加し、更にCADをカスタマイズすることによって、CAD/CAMシステムを構築して行く方法が時間的および人的に限られた中では合理的である。

このような理由から、今回の研究においては、汎用パソコンCADであるAutoCADをベースにCAD/CAMソフトを試作し、レーザ加工機用CAD/CAMシステムを構築した。

2. CAD/CAMソフトの開発環境

パソコンCADとしてAutoCADを使用したが、AutoCADは、基本的には二次元CADであり、また二次元図形に高さや厚さの情報を付加することができる。

また、後述するようにAutoLISPおよび外部コマンド機能を用いることによって各種のアプリケーションソフトウェアを付加することが可能である。

その図形情報は、基本図形が点・直線・円・円弧・ポリラインであり、AutoLISPのリスト形式のデータとして読み出すことができる。基本図形のうちポリラインはいくつかの直線または円弧の連続した図形であり、直線・円弧図形はポリライン図形への変換ができ、その逆にポリラインを直線・円弧に分解することもできる。この変換機能を用いることによって容易に加工形状を生成する

*山梨県富士工業技術センター

ことができる。

• AutoLISP

AutoLISPはCommonLISPのサブセット版であり、使用できる関数の数はCommonLISPよりかなり限定されているが、AutoCADとのインターフェースをとるために特有の関数がいくつか追加されている。AutoLISPでプログラムを書くことにより、AutoCADに様々な機能を追加することができる。

図面の図形情報はメモリ（仮想記憶も含む）上に格納されており、これを直接アクセスするには、AutoLISPの図形操作関数を使用する。

しかし、AutoLISPは、もともと作図コマンドの強化用に設計されており、外部機器との入出力制御には適していない。このため、外部機器への入出力は、ファイルとして交換を行う必要がある。また、AutoCADに組み込まれている関係上、メモリの作業領域が狭く大規模なプログラムは実行しにくい。

今回試作したCAM用のソフトウェアは、紙テープリーダー・パンチャへの入出力をC言語で作成した以外はAutoLISPで作成した。

• 外部コマンド

AutoCADの外部コマンド機能を使用するとMS-DOSの実行ファイルや内部コマンドをAutoCAD内部で呼び出し実行することができる。外部コマンドを実行するには、外部コマンド登録用ファイルに実行ファイルや内部コマンド名を登録しておく必要がある。実行ファイルはコンパイラ、アセンブラ等で生成した機械語のファイルで、高速の計算や比較的大きなプログラムを実行できる。しかし、外部コマンドでは、図面を直接操作することはできないので、図面情報を処理するために、AutoCADの図面情報書き出しコマンドを用いて、いったんアスキー形式のファイル（このファイルをDXFファイルと呼ぶ）としてディスクに書き出し、そのファイルをアクセスすることによって図形情報を得る方法をとる。

以上のような特徴があるが、AutoLISPプログラムの中で外部コマンドを実行することが可能であることから、ふたつを組み合わせるプログラミングすることが望ましい。

3-1 システムの構成

(1) ハードウェア

システムの基本構成を図1に示す。パソコンはPC-98XT（CPU Intel80286、20MBハードディスク内蔵）を使用し、周辺装置としてX-Yプロッタ、プリンタ、マウスおよび紙テープリーダー・パンチャなどが接続されている。

(2) ソフトウェア

ソフトウェアの基本構成を図2に示す。

OSに日本語MS-DOS Ver. 3.1、CADとしてAutoCAD ADE-3EX Ver. 2.50を用いている。CADにAutoLISPおよびC言語（Lattice C Ver. 3.1）で開発したCAM用コマンドを付加している。

3-2 システムの流れと機能

本システムの流れを図3に示す。CADで描いた図面から加工図形を定義し、NCコードテーブルを参照し、NCコードデータを生成する。

本システムは、NCコードデータの生成を1パス方式で行う。通常、CAD/CAMシステムは1パス目で一般的な座標点データや加工手順データ

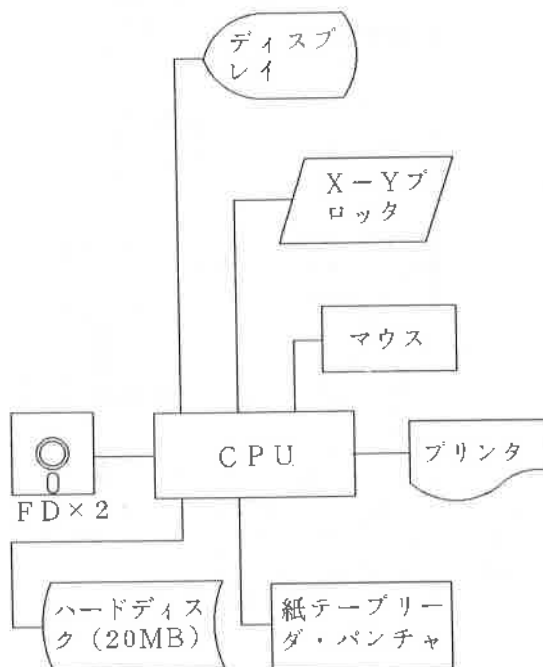


図1 ハードウェアの構成

3. CAD/CAMソフトの開発

を生成し、2パス目で各対象加工機に適應したNCコード情報を生成するという2パス方式をとるが、今回対象としたレーザ加工機の場合、輪郭加工のみであり各対象加工機毎の加工手順の違いも

少ないことから1パス方式を採用した。

・図形定義コマンド (AutoLISPにて作成) 加工図面から加工用の図形を定義する。

・NCコード生成コマンド (AutoLISPにて作成) 図形定義コマンドで生成した加工形状の図形情報からレーザ加工機に対応したNCコードファイルを生成する。

・工具経路シミュレーションコマンド (AutoLISPにて作成)

NCコード生成コマンドで生成したNCコードファイルから工具経路シミュレーションを行える。

・紙テープの入出力コマンド (C言語にて作成) NCコードファイルを紙テープリーダ・パンチャのパンチャ部へ出力しNCテープを生成する。また、リーダ部からNCテープを読み取りNCコードファイルを生成する。

3-3 開発手順

本CAD/CAMソフトの開発は、以下のような手順で行った。

(1) AutoCADの図形情報の解析

AutoCADの図形情報は、AutoLISPの図形操作関数を用いてアクセスすることができるが、図形の詳細形式が明確には公開されていない。このため、基本図形の詳細形式を解析し、CAD図面から直接図形情報を操作できるようにした。

(2) レーザ加工機のNCコード体系と加工手順の調査

レーザ加工機のNCコード体系と加工手順について調査した。対象とするレーザ加工機の構成を以下に示す。

・レーザ加工機

三菱炭酸ガスレーザ加工機
ML-1PE+6MX (出力500W)

・コントローラ

三菱数値制御装置 MELDAS-M1B

本コントローラは、直線補間及び円弧補間の機能を有している。

代表的なG機能及びM機能の一覧を表1および表2に示す。

(3) CAD/CAMソフトのアルゴリズムの確立

CADの図形情報からNCコードを生成するためには、図形情報データからNC形式のデータを生成しなければならない。AutoCADの図形情報のうち円弧およびポリライン情報は、NCコードの

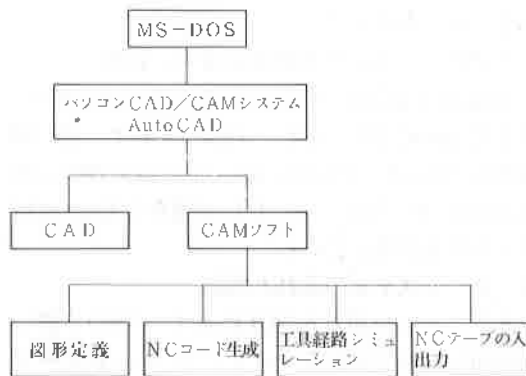


図2 CAD/CAMソフトの構成

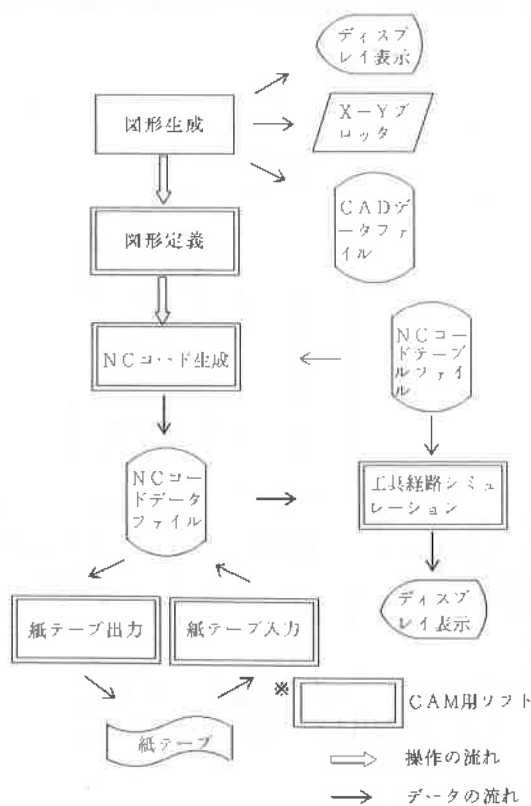


図3 システムの流れ図

データ形式と異なるためデータ変換用のアルゴリズムを検討し、これを確立した。

(4) ソフトウェアの開発およびデバッグ

AutoCADに組み込まれたAutoLISP (インタープリタ言語) でプログラミングする方法とC言語 (コンパイラ言語) などでプログラミングし外部コマンドとして実行する方法を用いてCAM用ソフトウェアを開発した。AutoLISPで開発をする手順は、以下のようになる。

表1 G 機能一覧

Gコード	機 能
G00	位置決め
G01	直線補間
G02	円弧補間 (時計方向)
G03	円弧補間 (反時計方向)
G04	ドウェル (遅延時間)
G90	アブソリュート ディメンジョン
G92	座標系設定

表2 M 機能一覧

Mコード	機 能
M66	ガス ON
M67	ガス OFF
M80	シャッター ON
M81	シャッター OFF
M84	主放電 ON
M85	主放電 OFF

1) エディタを用いてプログラミングを行いソースファイルを生成し、2) その後AutoCADの図面エディタに戻り、3) AutoLISPプログラムをロードして実行を行い、4) その結果をみて、再びエディタを起動してソースプログラムを修正しデバッグを行う。この工程を繰り返しながらソフトを開発する。

この際、開発効率を向上させるために、エディタを外部コマンドとしてAutoCADに登録し、CA

Dを起動したままエディタを使用できるようにした。

(5) コマンド体系のカスタマイズ

AutoCADのコマンド入力は、キーボードから直接入力とメニューからマウスやタブレットによる選択の2方式が同時に行える。このコマンドメニューは、ユーザが独自に構築することができる。ユーザが作成したプログラムも外部コマンドとしてメニューに登録できることから、通常の内部コマンドのオペレーションと同様に使用することができる。メニューは、アスキー形式のファイルとして登録しておく。AutoCADには、標準のメニューが用意されており、本研究では、この標準メニューをカスタマイズすることによって専用のCAD/CAMシステムのメニューを作成した。

3-4 ソフト開発上の留意点

本研究において、特に留意した点は以下の通りである。

(1) CADの図形データからNC用データへの変換

図形定義コマンドで生成した加工形状はポリライン図形であり、これをNCデータ用の座標点データに変換しなければならない。AutoCADの図形情報はAutoLISPのリスト形式のデータとしてアクセスできるが、そのデータ形式は完全には公開されず解析を必要とした。そのデータ形式はDXFファイルのデータ形式と完全ではないが互換性がある。

一般的な図形データは、

((図形名) (図形タイプ) (画層名)
{図形データ})

という形式で表現され、点、直線、円および円弧の図形は、この形式で完全に表現される。ここで、図形名はメモリ上の格納場所を、図形タイプは点、直線というような図形の型を、画層名は図形の描かれた画層名を、図形データは各種図形のデータ形式に合わせた座標点データなどのデータをそれぞれ表している。

ポリライン図形は、単一の図形データとしては表現できず、いくつかの図形データを使用して表現する。ポリライン図形の開始は図形タイプが "POLYLINE" の図形で宣言され、終了は図形タイプが "SEQEND" の図形で宣言される。この2つの図形データの間には実際の図形データが並

んでいる。図形データは図形タイプが“VERTIX”の図形であり、図形データとしてXY座標点、ふくらみ（BULGE）情報などのデータを持っている。ふくらみ情報はポリライン図形に円弧情報を与えるものであり、図4に示すように円弧の弦の長さをd、弦の中点から円弧への垂線の長さをhとすると、 $2h/d$ の値として与えられ、1の場合は半円、0の場合は直線である。また、円弧の方向は $2h/d$ の正負によって判断される。弦の長さdは円弧の始点と終点の座標から求めることができる。hは $b = 2h/d$ とすると、 $h = b \cdot d/2$ として表される。これから円弧の半径を求めると、 $r = (\text{半径}) = (d/4b) + (bd/4)$ となる。

円弧の中心座標は、上で求めた半径、弦の中点座標および弦の角度から求めることができる。

(2) NCコードテーブルファイル

NCコード生成コマンドは、1パス方式を採用しているために、異なる機種への対応が2パス方式のように柔軟ではない。異なる機種への対応を少しでも容易にするため、NCコードをテーブルとしてファイルに登録してある。このファイルはNCコードをキーとなるワードと対応付けたものであり、NCコードをメモリ上で各ワードに割り付けてからNCコードを生成していく。

この方式では開始時の設定と終了時の設定には

ある程度変更を加えることはできるが、加工時の加工手順の変更には現在のところ対応できていない。

(3) 紙テープリーダー・パンチャの入出力

紙テープリーダー・パンチャの入出力はRS-232Cポートを介して行う。AutoLISPの入出力は、ファイルの入出力として行われるため、細かい制御が難しい。このため、このソフトは細かい制御ができるC言語で作成した。MS-DOSシステムでRS-232Cポートに接続された外部機器をアクセスするためには、SPEEDコマンドをあらかじめ実行しておく必要がある。AutoCADは、外部コマンドとしてバッチ処理も行えるので、本システムではSPEEDコマンド実行後入出力コマンドを実行するようにバッチ処理を登録してある。

3-5 評価と今後の課題

本システムで作図し、実際にNCコードを生成し、加工した例を写真1および写真2に示す。

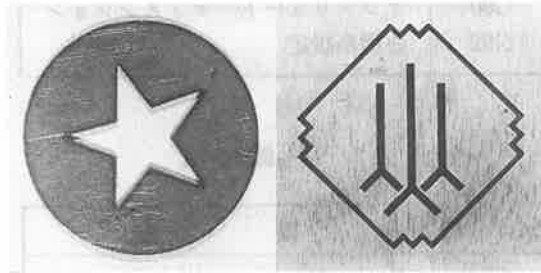
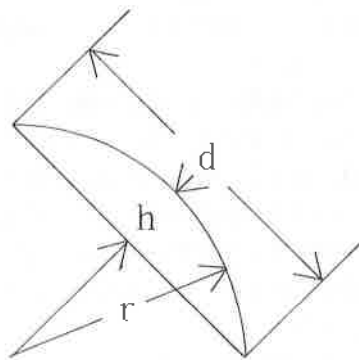


写真1 加工例1

写真2 加工例2



円弧の中心

r : 円弧の半径の長さ

h : 弧と弦の距離

d : 弦の長さ

図4 ふくらみ情報の模式図

● 操作性

図面作成、コマンド入力にマウスを使用したタブレットの方が操作性が向上すると思われる。また、自由曲線形状を描く場合にはマウスでは対応が難しい。

● 処理速度

AutoLISPでプログラミングしたコマンドは比較的処理速度が遅い。形状定義コマンドやNCコード生成コマンドではそれほど感じないが、工具経路シミュレーションコマンドは処理速度が遅くマンマシンインターフェイスとして問題がある。描画時間は写真1の図形の場合で約40秒、写真2の図形で約100秒の時間を要した。工具経路シミュレーションコマンドは、字句解析などの処理をしている関係上、他のコマンドに比べて処理に時間

がかかるが、AutoLISPがインタープリタとして動作しているところに大きな原因があると考えられる。

今回は、紙テープリーダー・パンチャへの入出力コマンド以外のコマンドはすべてAutoLISPでプログラミングしたが、処理速度の改善は、AutoLISPで書かれたプログラムの全部もしくは一部をC言語で置き換えることにより可能である。

AutoCADは各操作を行うのに頻りにハードディスクをアクセスするが、これが全体的な処理速度にかなりの影響を及ぼしている。全体的な処理速度の向上はラムディスクなどを用いてディスクのアクセス速度を上げることで改善できる。

● 1パス方式と2パス（ポストプロセッサ）方式
本試作システムではCAMは1パス方式を採用したが、一般には2パス方式が多い。

1パス方式ではNCコード生成に中間ファイル等を生成する必要がなく、プログラミングが比較的簡単にできるが、各加工機に対応するためには直接プログラムを修正しなければならない。

これに対して、2パス方式では1パス目で一般的な加工手順や座標点データを中間ファイルとして生成し、2パス目で中間ファイルデータから各加工機に対応したNCコードを生成する。この2パス目をポストプロセッサと呼び、これを変更することにより1パス目を修正せずに各加工機に対応することができる。

前章で述べたように、本システムではNCコードテーブルファイルを用い各加工機へ対応を図っているが、今後、開発を進めて行くに当たっては2パス方式を採用したほうがよいと考えられる。

4. まとめ

県内中小企業のCAD/CAMシステムの導入を促進するために、市販のパソコンCADであるAutoCADをベースに、形状定義やNCコード生成などのCAMソフトを開発し、それを付加することによって、レーザ加工機用パソコンCAD/CAMシステムを試作した。比較的执行速度が遅いことやNCコード生成が1パス方式であるなどの点で検討を要するが、2次元輪郭加工機に対するCAMソフトのアルゴリズムと問題点を把握できた。

今回の研究の成果をもとに、63年度はワイヤークット放電加工機およびNC旋盤等のCAD/CAMソフトを開発し、システムを構築していく予定である。

参考文献

- 1) オートデスク(株)編：AUTOCAD™ ユーザー・リファレンス、オートデスク(株) (1987)
- 2) オートデスク(株)編：AUTOCAD™ 応用編、オートデスク(株) (1987)
- 3) オートデスク(株)編：AUTOLISP™ アプリケーション開発のために、オートデスク(株) (1987)
- 4) 三菱電機(株)編：MELDAS-MB1 仕様書
- 5) 横山哲男：NC加工、啓学出版 (1986)
- 6) 竹内芳美：パソコンCAD/CAM、工業調査会 (1984)
- 7) RODNEY A. Brooks著、井田昌之訳：Common Lispプログラミング、丸善 (1986)