

## プレス金型の自動設計(CAD)に関する研究(第2報)

新技術応用部 富田 玄隆 井坂 昭雄  
永井 剛

### 1. 緒言

CAD/CAMシステム導入の現状を把握する目的で、昭和58年度に引き続きアンケート調査を行った。対象企業20社を選定し聞き取り方式で行い13社から回答を得た。その結果、次の様なことが明らかになった。導入済み企業数は5社、で内ミニコンレベルでのCAD/CAMシステムが2社、パソコンレベルでのCADシステムが3社であった。未導入企業数は8社であり、その内1~2年以内に導入を検討しているのが3社、将来的には検討をしたいが5社であった。

各グループ別の特徴点を述べると、ミニコンレベルでのCAD/CAMシステムは、プレス金型の専用システムであり、パソコンレベルは、将来ミニコンレベル以上の導入を図るための試行的使用であった。未導入企業では、1)客先仕様により社内の標準化が困難である。2)システム価格が高すぎる。3)システムを運用する人材の育成と確保に問題がある。4)仕事量との兼ねいで採算ベースに載るか疑問である等が共通した問題点であった。

以上の様なことから、未導入企業が抱えているこれらの問題点を解決するための一助となり得べく、前年度に引き続き、プレス金型を対象とした自動設計の研究と対話型製図プログラムの開発を行った。

本報告は、システムの概要を2・  
に、製図ソフト  
ATIS/DRAW, DRAW3)を用いたプレ  
ス金型の作図を3.1に、製図ソフト  
(CATIS /DRAW)のユーザーコマ  
ンドを用いたプレス金型の設計  
を3.2に、対話型製図プログラ  
ムの開発を3.3に、結言を4.で述べ  
る。

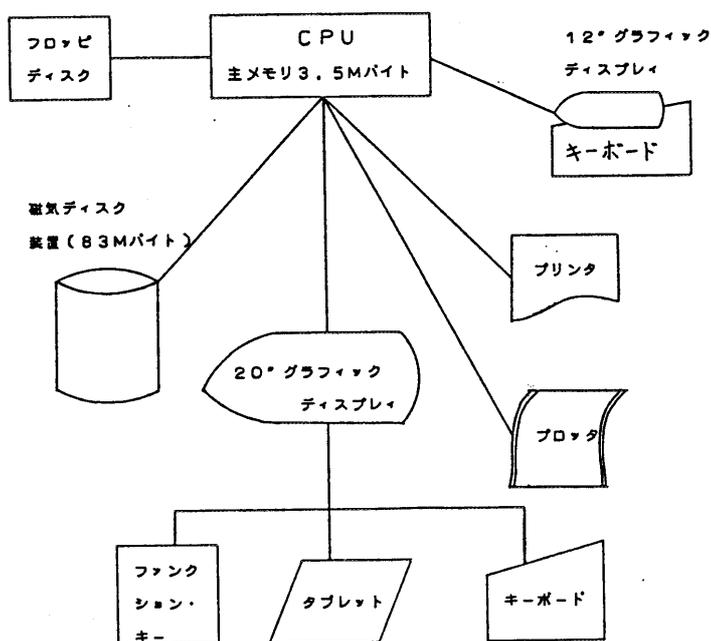


図1 CAD システム構成の概要

### 2. システムの概要

#### 2.1 ハードウェアの構成

本システムのハードウェア構成を図1に示す。各装置の詳細な仕様については、前号(茨城県工業試験所年報 第13号)に記載

してあるので省略する。

- oインプリメントハードウェア; ヒューレット・パッカード社の9000シリーズモデル520。
- o中央演算処理装置及び主メモリ; 基本語長32ビット, 主記憶メモリサイズ3.5 Mバイト。(最大4.5Mバイトまで増設可能)
- o補助記憶装置; ハードディスク83Mバイト, フレキシブル・ディスク0.25Mバイト。
- o入力装置; キーボードとタブレットを各々2台。
- o出力装置; グラフックディスプレイ装置は20インチと12インチ, プリンタは感熱式プリンタと汎用プリンタの2台, ドラフティング・プロッタは1台。

## 2.2 ソフトウェアの構成

### (1) HP-UXオペレーティングシステム

HP-UXは、ベル研究所が開発したUNIX System に、パケレー版UNIX(スクリーン・エディタなどいくつかの機能)とヒューレット・パッカード社の拡張機能を付加したものである。現在バージョンは、5.01である。FORTRAN77, HP Pasca1およびCコンパイラをサポートする。さらに、グラフィックライブラリーとして、装置独立グラフィック言語(DGL)とアドバンスド・グラフィックス・パッケージ(AGP)をサポートし、低水準機能からシステム・ライブラリ・コールに至る2D/3Dグラフィック機能を備えている。

### (2) 製図ソフト(CATIS/DRAW, DRAW 3 )

CATIS/DRAWの主な特長については、前号で触れたので、ここでは、DRAW3について述べる。

- o単体のシステムとして、またCMIS/DRAWのサブシステムとしても利用できる。
- o2次元および3次元形状を最初から構築することも、また、CATIS /DRAWなど2次元製図システムのデータを利用して、3次元形状に持ちあげること可能である。
- o作成した3次元形状は、CATIS /DRAWで引用することができ、モデルの修正を行った場合でも、2次元図面に、自動的に反映される。

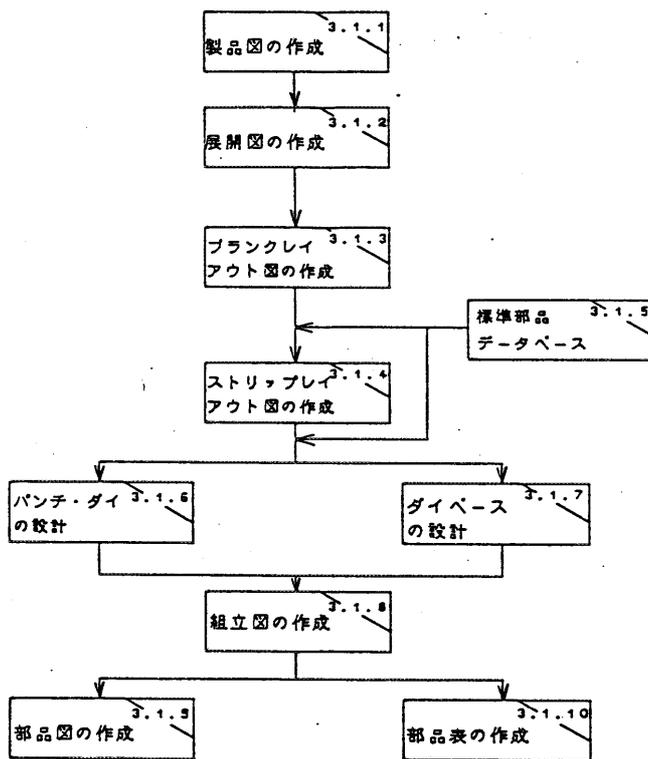


図2 金型図面作成のフローチャート

3.1 製図ソフトを用いた金型図面の作成

連の作成フローチャートを図2に示す。

3.1.1 製品図の作成

製品は、1カ所の抜き穴と4カ所のビス穴を含み、2カ所の直角曲げを含む建築用留め金製品である。その製品図を図3に示す。パラメトリック入力の手扱いを習得する目的と、類似製品にも対処出来るようにパラメトリック表現による作図である。

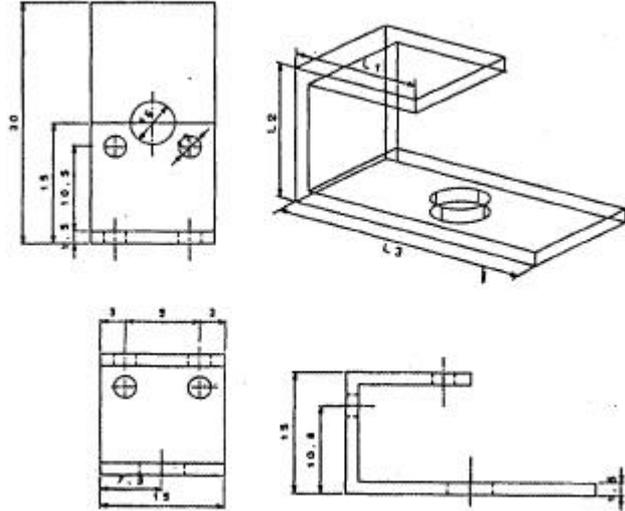


図3 製品モデル

3.1.2 展開図の作成

製図ソフトは、製図とキャラクター出力に使用したので、直角2カ所曲げを含む製品の展開長さと加工荷重(打抜き)を次式(1)(2)

$$L = (l_1 + l_2 + \dots + l_n) \cdot \{(n-1)C\} \dots (1)$$

但し  $l_1, l_2, l_3$ ; 図3参照

$n$ ; 曲げ角の数

$C$ : 伸び補正係数

$$P = l \cdot t \cdot K_s \dots (2)$$

但し  $P$ ; 打抜きに要する力

$l$ ; せん断輪郭の全長

$t$ ; 板厚

$K_s$ ; せん断抵抗

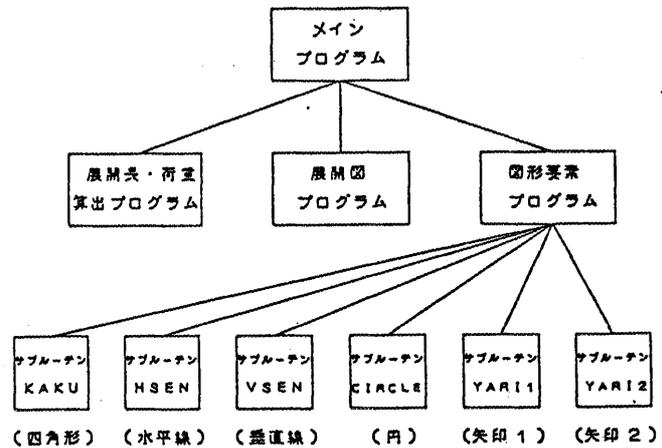


図4 展開図を求めるプログラムの構成

により求めて展開図を出力するプログラムを作成した。プログラムの構成は、図4に示すように、メインプログラムとサブプログラムからなる。また、図に示すように四角形、水平線分、垂直線分、円、矢印線の各表示プログラムはサブルーチン化されている。

3.1.3 ブランクレイアウト図の作成

3.1.2で求めた展開図をもとに、ブランクレイアウトを決定するには、歩留り率を求め、その結果を参考にしなければならないが、製品モデルが単純なため省略した。よってここでは、展開図を回転・移動させることにより、材料形状とさん幅および送りピッチの決定を行った。

### 3.1.4 ストリップレイアウト図の作成

ブランクレイアウト図にパイロットパンチ、パイロット、穴パンチ、欠きパンチ等を順次指示することにより作成した。穴パンチおよび欠きパンチは出来るだけ標準品を使用する。例えば、丸パンチについては、JIS B5009を3.1.5でデータベース化しておき、パラメータ変数を入力することにより目的のパンチを出力し適正な配置を行う。

### 3.1.5 標準部品のデータベース

丸パンチ、角パンチ、プレート類(パンチ、ダイ、ストリッパ、バックング)、スチールダイホルダー、ガイドブッシュ、ガイドポストは出来るだけ標準部品を使用する。これらの標準部品をあらかじめ登録しておき寸法値はテーブル(データファイル)にセットしておきテーブル名を入力することによりパラメトリックに出力する。このことによりシステムの

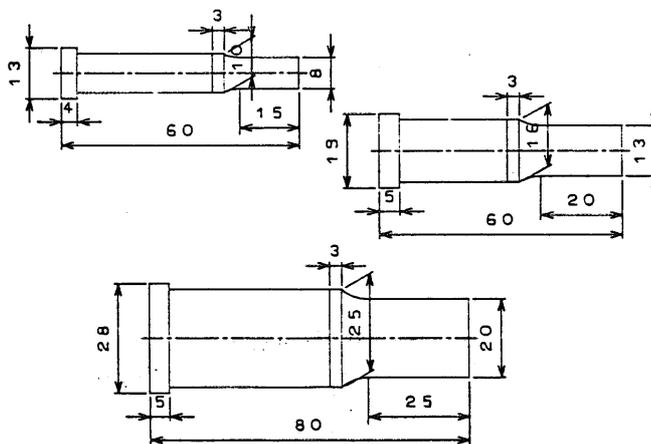


図5 丸パンチのパラメトリック出力例

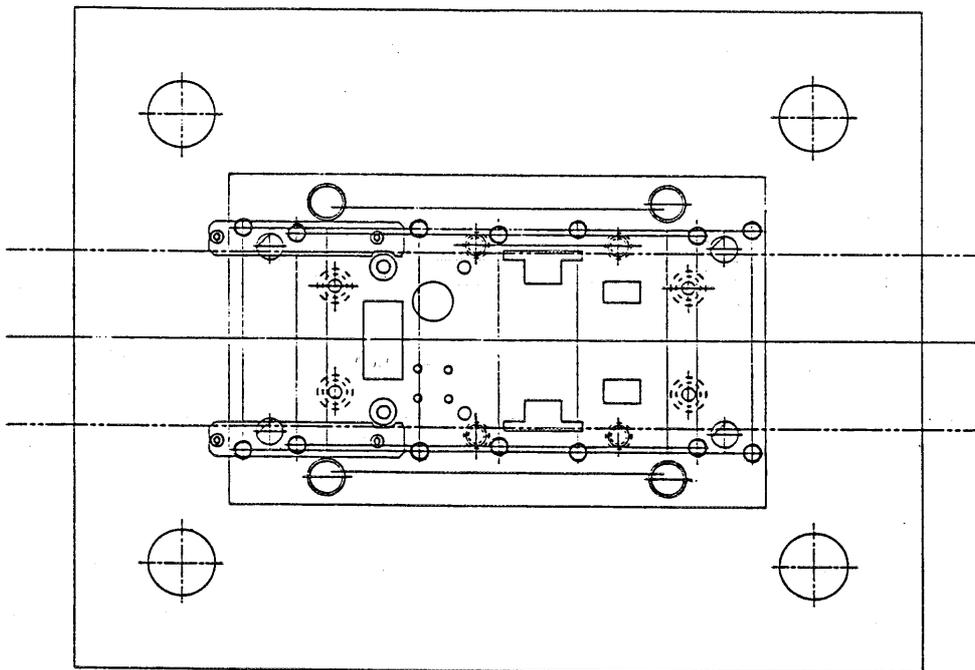


図6 ダイベースの設計

ストパフォームの向上と組立図等作成の際に同一形状部品の省力化が図られる。丸パンチの出力例を図5に示す。

### 3.1.6 パンチ・ダイの設計

ストリップレイアウト図によりパンチのレイアウトが決定されるので、パンチ全体のモーメントと重心を求め、その重心位置をパンチプレートの中心に合せ、適正な大きさのパンチプレートをデータベースより検索してくる。パンチプレートの決定がなされたのち、サブポスト、ダウエルピンや締付ボルト類の形状と位置を作成する。また、ダイの設計についても同様に、4. サブポスト、ダウエルピンや締付ボルト類を作成する。

### 3.1.7 ダイベースの設計

ダイベースの設計を図6に示す。3.1.6でパンチ、ダイが決定されるので、パンチプレート、ダイプレートの大きさに適合したプレス型用スチールダイセットをデータベースより選択し、パンチプレート、ダイプレートとの位置合せを行う。さらに、材料ガイド等のユニット類を設計する。

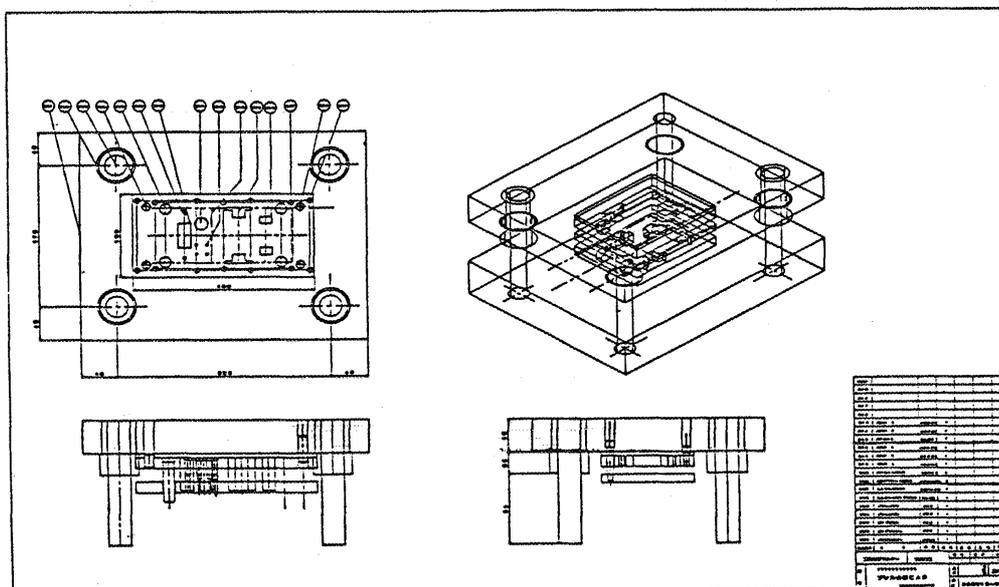


図7 組立図上型の出力例

### 3.1.8 組立図の作成

組立図の上型を図7に示す。3.1.7のダイベースの設計でパンチホルダーとパンチプレート並びにダイホルダ とダイプレートの位置合せが終了したので、そのうちのパンチレイアウト図を3次元製図ソフトのCATIS/DRAW3に移動し、XY平面上で描かれたパンチホルダ、パンチプレート、パンチをZ軸方

向持ち上げる(スウィッチ)ことによりアイソメ図を作成する°(図7の右上の部分)つまり、CATIS/DRAWで作成した図面を3次元形状にあてはめることにより、3面図の作成を行った。さらに、CATIS/DRAW3で作成した組立図をCATIS/DRAWに移動させ寸法線、風船上げ、図面枠、表題欄を記入し、修正を加えたのが図7である。下型についても同様な手順で作成した。

以上の様に、CATIS/DRAW、DRAW3を用いて組立図(上型、下型)まで作成して得られたことをまとめてみると、利用上の利点については、

- (1) LAYERによる表示、非表示が可能なため製図項目をLAYER(最大300LAYER)に分けて描くことにより必要な図面だけを簡単に表示できる。
- (2) MOVE機能を用いて簡単に図面の移動が行えるため、最初から図面の配置を意識しなくてもよい。
- (3) COPY機能を用いて同じ形状の図面を幾つも複写できる。特に金型図面は対称的な配置が多いので効果的であった。
- (4) 図面は、プロッタ出力時にデフォルトで実寸法(1/1)にしたいので、作図中はスケールを意識しないで描いた。・詳細な部分は、拡大機能を用いた。
- (5) 線種、カラー指定が可能なため図面が見やすい。
- (6) 標準部品等は部分図形(メニューデータ)として登録することにより必要な所に復元出来る。等

- が挙げられ、又、作図上の問題点を幾つか述べると、次の様になる。
- (1) 作図の際、平行線を引き必要な線分を残す方法を用いると、複雑な力所では本数が多くなり残す線分と削除する線分の判定が困難である。作図中何度も必要な線分を削除してしまった。
- (2) 図形の要素数が多くなるほど、要素の選択速度、移動および複写速度、表示速度が低下する。作図後に不必要になった位置指定の点は、削除しておく必要がある。
- (3) キーボード入力とタブレット入力の切替について、ターミナルの初期設定をそのつど選択しなければならない。今回の作図では、座標値の入力についても、キー入力切換え機能を用いてタブレットより行った。
- (4) 表題欄の作成にあたっては、キャラクター(漢字、アルファベット、数字)出力の右揃えが困難であった。

3.1.9部品図の作成と3.1.10部品表の作成については、組立図として詳細な設計が完了してから出力する。

### 3.2 製図ソフトのユーザーコマンドを用いたプレス金型の設計

金型設計の手順は、図8に示すようなフローチャートに基づき順次すすめられると考えられる。

ここでは、製品展開図の作成と概略設計について、フォートラン言語により技術的計算をプログラム化したことと、製図ソフトに含まれるユーザーコマンドを用いて、設計手順の一部を自動化したのでその内容を以下に述べる。

### 3.2.1 製品展開図

製品の形状は多種多様であるが、それらの形状を展開する為の汎用性のあるプログラムを作成することは非常に困難である。その為、図9に示すような製品形状を例にとり、その展開プログラムを作成した。

プログラムは、 $H$ ,  $L1$ ,  $L2$ ,  $W$ ,  $t$ ,  $R$  を変数とし、それらを入力することにより必要な計算を行い展開長を決定する。プログラムはフォートラン言語により作成した。

### 3.2.2 概略設計

概略設計については、ブランクレイアウトの作成、ダイおよびそれに附属するボルトの決定について行った。

#### ブランクレイアウトの作成

ブランクレイアウトは、展開された製品形状の合成、配置である。ブランクレイアウトを作成する為に必要な製品展開および最小さん巾の値は、フォートラン言語により製図ソフトとは独立して作成してある為、作業者は、あらかじめ必要な値をもとに製図ソフトを用いてブランクレイアウトの作成を行う。

#### ダイおよびダイに附属するボルトの決定

ダイおよびダイに附属するボルトの決定とその図面の作成については、ユーザーコマンドを用いて行った。

ユーザーコマンドは、製図ソフトで通常使用できるコマンドに、宣言文、DATA文、組み込み関数、GO TO文、判断文等を組み合わせて、プログラムとして作成できるものである。

プログラムのフローを図10に、実際の出力図を図11に示す。又、プログラムの一部を図12に示す。

### 3.2.3 標準部品の作成

標準部品については、ダイセット、パンチ、プレート等についてデータベース化した。又、標準部品は、パラメータ図形として登録することによりデータの小量化をはかった。標準部品の出力をダイセットを例にとり図13に示す。



図8 金型設計のフロー

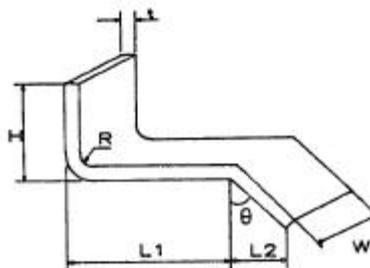


図9 製作図

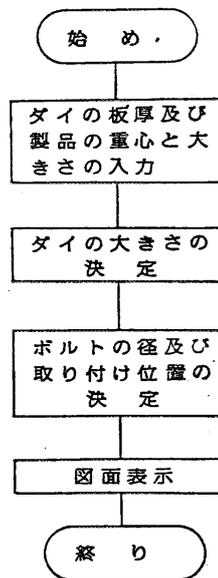


図10 プログラムのフロー

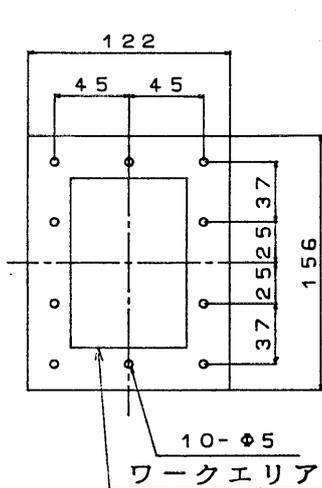
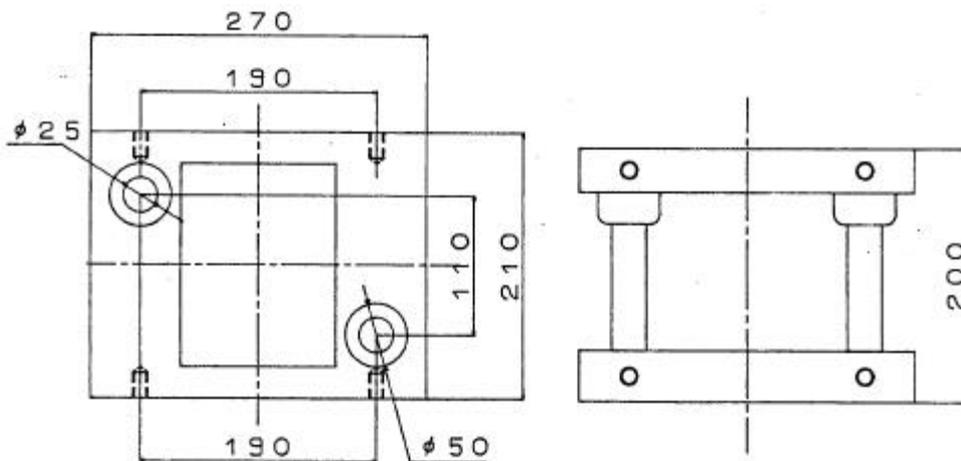


図11 出力図

```

289 SET @E10
290 LABEL L75
291 CALC @XY1=@XY1 + @E
292 IF @XY1 GT @XS1 L76
293 RADC @D 0 3.6E+02 C @XY1 @YS1 ;
294 RADC @D 0 3.6E+02 C @XY1 @YS4 ;
295 GOTO L75
296 LABEL L76
297 SET @E11
298 LABEL L77
299 CALC @XY2=@XY2 - @E
300 IF @XY2 LT @XS2 L78
301 RADC @D 0 3.6E+02 C @XY2 @YS1 ;
302 RADC @D 0 3.6E+02 C @XY2 @YS4 ;
303 GOTO L77
304 *** Y - JIKU
305 LABEL L78
    
```

図12 ユーザーコマンドによるプログラムの一部



### 3.3 コンピュータによる対話型製図プログラムの開発

#### 3.3.1 対話型製図プログラム

プログラムの概略フローを図14に示す。

グラフィックライブラリーとしては、AGPを使用し、また、プログラムはフォートラン言語により行った。

プログラムは線および円、円弧の生成、変更、消去、寸法線の表示、図面の引用等20個のコマンドをそれぞれブルーチン化することにより構成されている。このことはプログラムのディバックを容易にするばかりでなく、新たなコマンドを追加する場合においても効果的である。

それぞれのコマンドは、図形の生成に必要なデータを要求し、それをグラフィックディスプレイに

表示する。作業者はその表示を見ながら順次作図をつづけることができる。

作成された図面のデータファイルの構成を

図15に示す。データファイルは基本的に線、円および円弧、寸法線の三つのデータファイルより、構成されている。作図中に他の図面の引用を行う場合には、それぞれのデータについて必要な座標の計算を行い主データファイルとは別に引用図面データファイルがそれぞれ生成される。データファイルは、ダイレクトファイルとして生成し、データの変更および消去については、それぞれのデータ番号を指定することにより行う。データファイルのフォーマットを線データファイルを例にとり図16引こ示す。

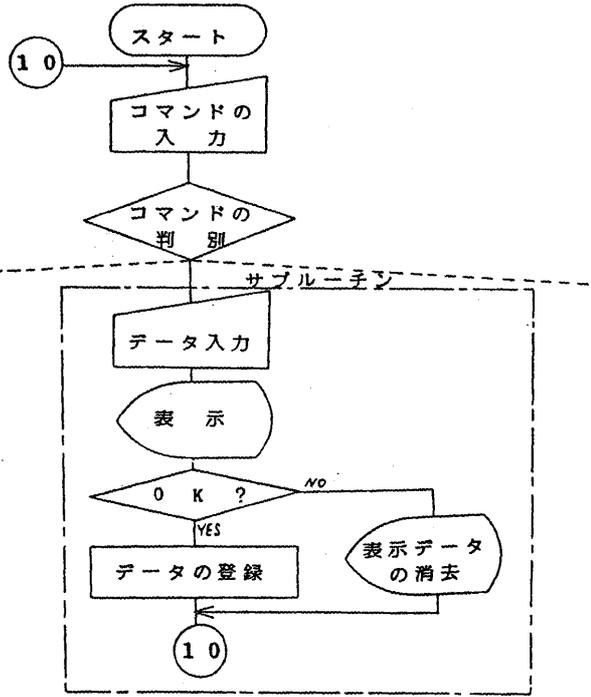


図14

### 3.3.2 プロッタ出力プログラム

上記にて作成された図面のデータを呼び出して、プロッタ上に表示する。

### 3.3.3 作図例

実際の図面の出力例を図17、18に示す。

図17は線、円、円弧および寸法線の各コマンドを用いて作図した例である。

図18は、図17で作成した図面を引用および変更を加えて作成した例である。

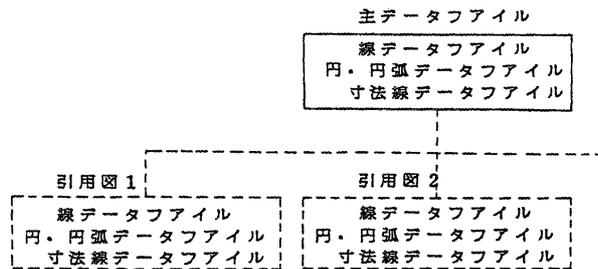


図15

## 4. 結言

3.1は、金型図面作成のフローチャートにそって、製品モデルを加工する

始 点 X 座 標	始 点 Y 座 標	終 点 X 座 標	終 点 Y 座 標	線 の 種 類	線 の 色
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------	-------------

図16

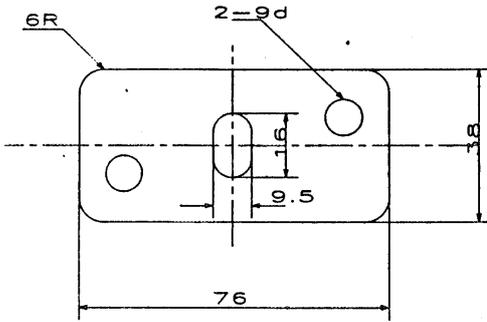


図17

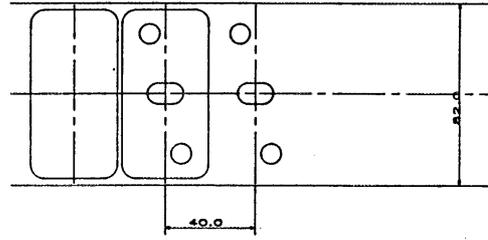


図18

順送金型の組立図まで作成したが、製品モデルの2ヶ所の直角曲げの設計については、考慮されておらず抜き型にとどまっている。また、作成にあたっての所要時間等の評価については、システムの取り扱いを習得しながらの作成のため行っていない。

今後の課題として、

- (1) 型附属部品データベースの充実。
- (2) 型構造を考慮した、パンチプレート、ストリッパプレート、ダイプレートの設計。
- (3) 曲げ部分を含んだ順送型に変更する。

を行う予定である。

3.2では、金型設計の一部自動化および標準部品データベース化により、図面作成時間の短縮がはかれる。本年度行ったのは、金型設計過程のほんの一部分にコンピュータを使用しただけである。今後は、データベースの構築、設計を自動化する為のプログラムの充実をはかっていく予定である。

3.3においては、対話形式で作成することができるプログラムを作成することができた。本システムを使用することにより、プログラムを全く意識することなしに作図することができ、かつ、標準的な図形を人力しておけば、それを引用することにより製図時間を短縮することができる。その一方、図面の修正機能不足で複雑な図面を作成することが難しく、又、図形要素に番号をつけてデータの管理を行っている為、データ量が多くなると図形の変更、消去などが非常に困難になってくる。このようなことから、今後はタブレットを使用することにより図形要素の選択あるいはコマンドの入力を行い、又、図形の修正機能等の充実をしたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 富田ら：プレス金型の自動設計(CAD)に関する研究(第1報)茨城県工業試験所年報  
第13号 13
- 2) 設計のための対話型製図システムCATIS/DRAW マニュアル (株)東洋情報システム
- 3) 井上ら：金型CADシステムの機能仕様 機械技術研究所資料第77号