

機械製造業におけるパソコンを利用した自動生産システムの開発 (第3報)

—自動見積のためのCADデータ前処理—

多田 達実, 小林 政義, 酒井 昌宏

Development of Automatic Manufacturing System with Personal Computer in Mechanical Manufacturing Industry (PartIII) CAD data pre — operation for Automatic Estimation

Tatsumi TADA, Masayoshi KOBAYASHI,
Masahiro SAKAI

抄 録

自動見積システムの最上流に位置し, CAD 図面データから見積計算に直接利用可能なデータを作成する CAD データ前処理サブシステムを開発した。更に, 前年度に開発した材料見積サブシステムとのリンクを図って, 材料見積の範囲での自動見積システムを完成させた。

1. はじめに

ユーザニーズの多様化, 個性化に伴い, 製品のライフサイクルの短期化傾向は著しく, 大手メーカーもそうしたユーザニーズを確実に捉えるべく開発の効率化, 短期化への努力を続けている。こうした状況にあって, 本州メーカーの中小量依頼生産を行っている道内機械製造業においても外的には依頼加工の短納期化の要求, 内的には人件費高騰などコスト高を生む要因を相殺する方策の必要性から, 見積を含めた加工準備作業の自動化, 省力化が注目されてきている。そこで, 本研究では, 道内企業に普及しているパソコンというハードと, そのハード上で作動する製図用 CAD システムの有効利用による見積作業の自動化の研究に取り組んだ。本年度は CAD データから自動見積用データを直接作成する「CAD データ前処理サブシステム」の開発を行い, 3 年間の研究成果として CAD 図面データを直接利用して材料見積を自動的に処理する自動見積システムを開発した。

2. 自動見積用 CAD データ前処理サブシステム

2.1 概要

本サブシステムは, 図 1 に示すように, 自動見積システムの最上流に位置し, CAD システムの作図・図形選択機能を利用して CAD 図面データから見積計算に直接利用可能な自動見積用データを作成するためのサブシステムである。本サブシステムは, パソコン CAD ソフトとして普及率が高く, 性能評価も高い, Auto-CAD のアプリケーション開発環境として提供されている Autolisp 言語により開発されており, ディスプレーに表示される指示に従ってキーボードおよびマウスによって対話形式で入力を行う方式を採用した。

2.2 システムフロー

本サブシステムのシステムフローを図 2 に示す。

本サブシステムでは, システムフローに従ってシーケンシャルに処理が進められる。なお, *印で示される部分がキーボードもしくはマウスによる入力で, それ以外は, その処理以前の入力データに従って自動的に計算処

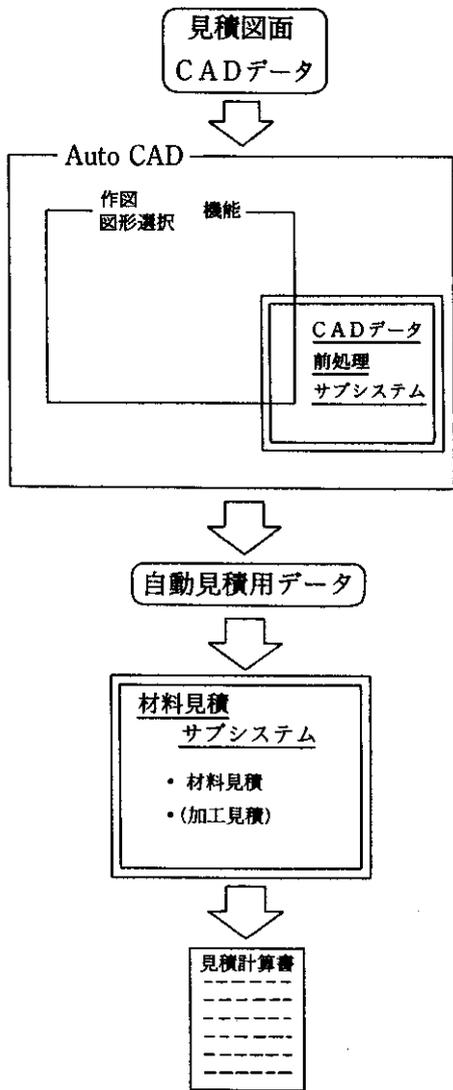


図1 自動見積システム

理される。

以下、各処理内容を説明する。

① 見積ワーク名等の入力

見積ワーク名、納期、発注者名等の見積管理データをキーボードより入力する。

② 見積元図形の抽出

Auto-CADの図形選択機能を利用して見積の対象となるCAD図面から見積に必要な部分のみを見積元図形として抽出する。

③ 抽出データの原点の指示

Auto-CADの図形選択機能を利用して抽出図形の原点としたい点をマウスにより指示する。以後この原点が材料形状描画や見積図形データの原点となる。

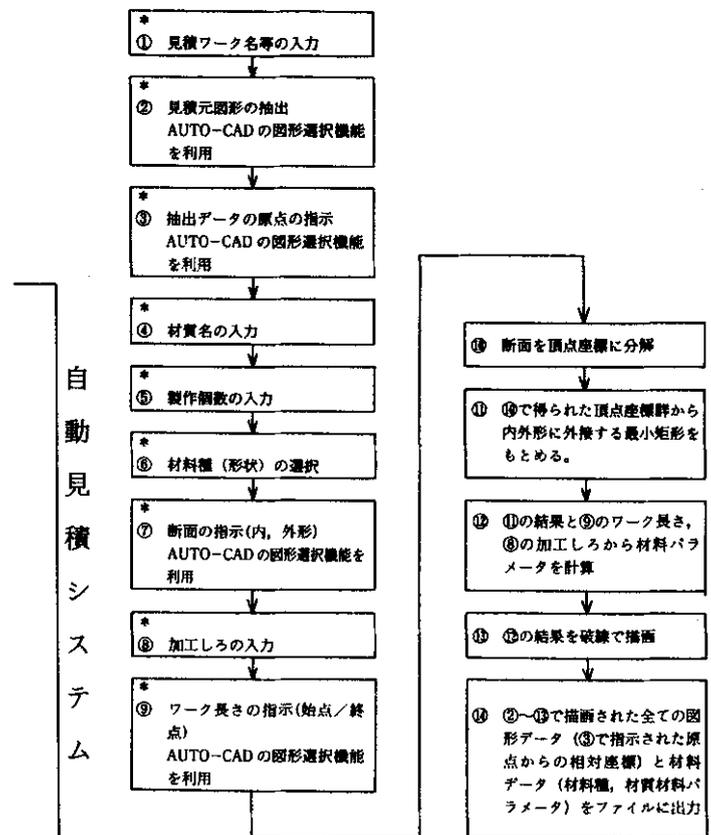


図2 CADデータ前処理ソフトシステムフロー

④ 材質名の入力

材質名(例:SS, S45C, FC等)を直接キーボードより入力する。

⑤ 製作個数の入力

キーボードにより見積対象ワークの製作個数を入力する。

⑥ 材料種(形状)の選択

見積対象ワークの製作に用いる材料種(形状)をC:丸棒, R:角材, B:板材, P:パイプ材, H:六角材, Z:その他からキーボード入力により選択する。

なお, H:六角材については, 後述する水平六角(H)と垂直六角(V)の形状選択を続けて行う。

⑦ 断面の指示(内, 外形)

Auto-CADの図形選択機能を利用して材料の断面形状の基準となるワーク断面形状をマウスにより選択抽出する。なお, 断面形状は, パイプ材のみ内, 外形を, その他の材料は外形のみを選択抽出する。

⑧ 加工しろの入力

見積対象ワークを製作するための加工しろ(mm)を

キーボードにより入力する。

⑨ ワーク長さの指示

Auto-CADの図形選択機能を利用して材料長さの基準となるワーク長さを始点(Pls),終点(Plr)の指示により得る。

⑩ 断面の頂点座標への分解

⑦で指示された断面形状を材料パラメータの計算に用いる頂点座標に分解する。

⑪ 最小矩形の計算

⑩で得られた頂点座標群から断面(内,外形)に外接する最小矩形を計算する。

⑫ 材料パラメータ(寸法)の計算

⑪の最小矩形と⑧の加工しろ,⑨のワーク長さから材料パラメータ(寸法)を計算する。

⑬ 材料形状の描画

⑫で求められた材料形状をCAD図面上に破線で描画する。

⑭ 自動見積データのファイル出力

②~⑬で描画された全ての図形データ(③で得られた原点からの相対座標)と材料データ(材料種,材質,材料パラメータ)をファイルに出力する。

2.3 材料パラメータ(寸法)の計算

(1) 材料断面形状

本サブシステムでは,ワーク断面を以下に述べる頂点直線(LINE)要素

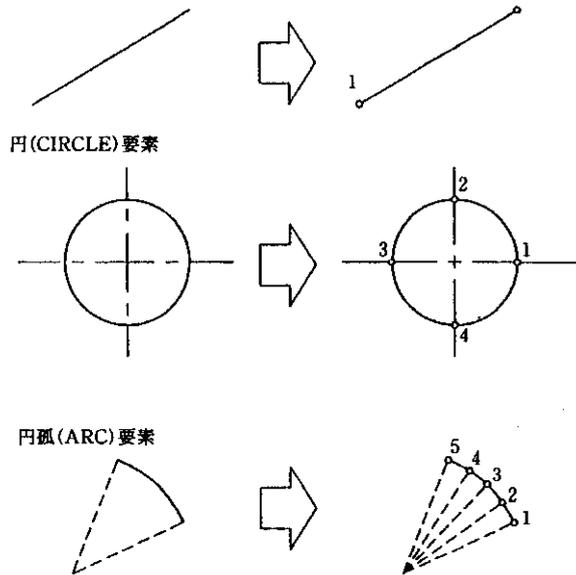


図3 断面構成要素の頂点分解

座標に分解し,計算処理によってワーク断面に外接する最小矩形を求め,それを基準に材料の断面形状を決定する方法を提案している。

1) 断面構成要素の頂点分解

ワーク断面形状の頂点分解では,直線,円,円弧の各構成要素を図3に示すように

直線→始点,終点の2頂点

円→円周の4等分点の4頂点

円弧→始点,終点間の4等分点の5頂点

に分解する。

2) 最小矩形,必要矩形

前述の頂点分解により得られた頂点座標群からX座標,Y座標それぞれの最小,最大を求めることにより,全頂点を包含する最小矩形(外形:OMRX,OMRY 内形:IMRX,IMRY)を求め,その後以下に以下の式によって加工しろを考えた必要矩形(外形:ONRX,ONRY 内形:INRX,INRY)が求められる。(図4参照)

$$ONRX = OMRX + 2CD$$

$$ONRY = OMYR + 2CD$$

$$INRX = IMRX - 2CD$$

$$INRY = IMRY - 2CD \quad CD:加工しろ$$

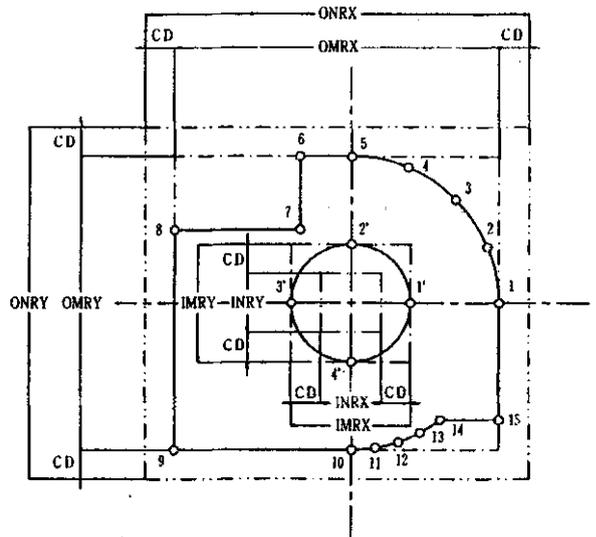


図4 最小矩形,必要矩形

3) 材料断面形状の計算

2)の計算によって求められる必要矩形から以下の計算によって各種材料断面形状が決定される。以下,OL1~OL4は抽出データ原点から外形必要矩形の各4

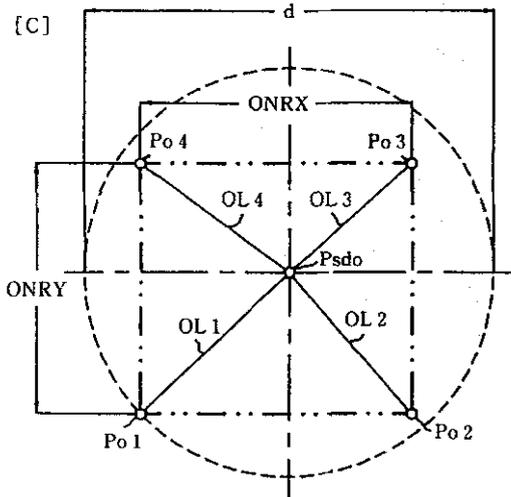


図5 材料断面形状の計算 (C: 丸棒)

頂点(Po1~Po4)までの長さ, IL1~IL4は抽出データ原点から内形必要矩形の各4辺までの垂線長さを示す。

C: 丸棒 (図5)

直径 $d = 2 \times \max(OL1, OL2, OL3, OL4)$

*ここで, $\max(X1, \dots, Xn)$ は $X1 \sim Xn$ の最大値を求める関数を意味する。

R: 角材 (図6)

辺長さ $a = \max(ONRX, ONRY)$

B: 板材 (図7)

幅 $a = \max(ONRX, ONRY)$

厚み $t = \min(ONRX, ONRY)$

*ここで, $\min(X1, \dots, Xn)$ は $X1 \sim Xn$ の最小値を求める関数を意味する。

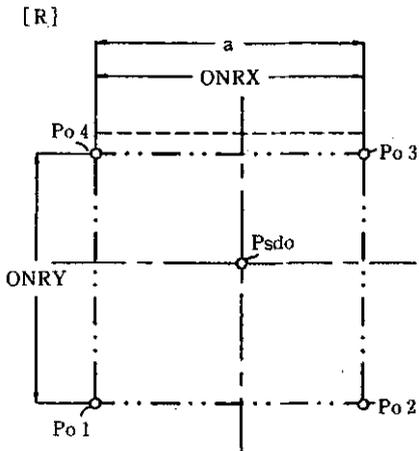


図6 材料断面形状の計算 (R: 角材)

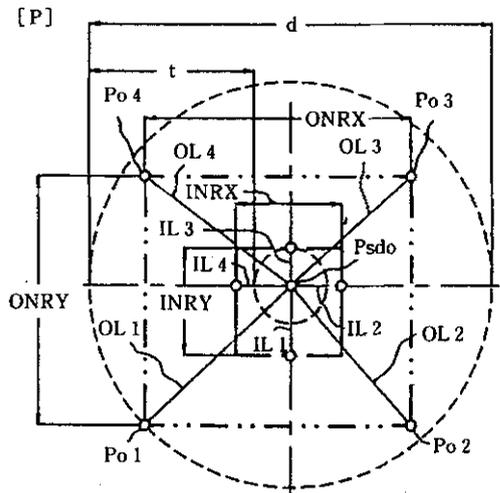


図8 材料断面形状の計算 (P: パイプ材)

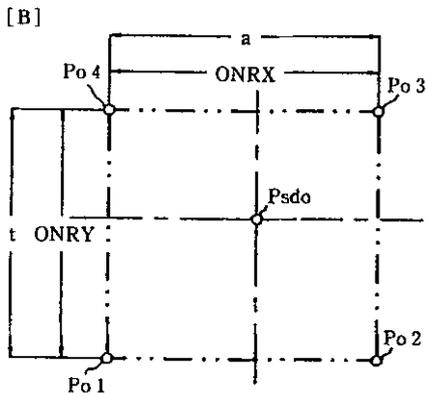


図7 材料断面形状の計算 (B: 板材)

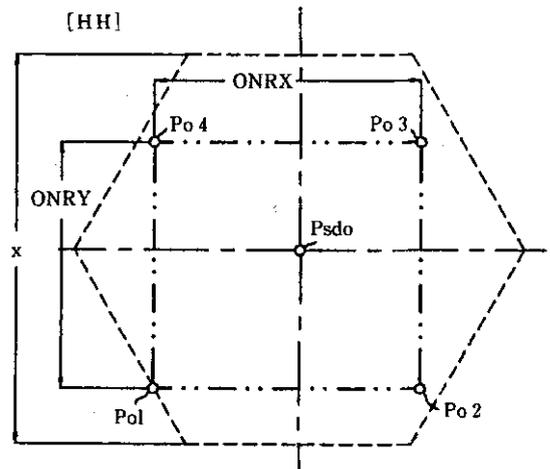


図9 材料断面形状の計算 (H: 水平六角 <H>)

P：パイプ材 (図 8)

直径 $d = 2 \times \max(OL1, OL2, OL3, OL4)$

厚み $t = 1/2 \times \{d - 2 \times \min(IL1, IL2, IL3, IL4)\}$

H：六角材 (図 9, 10)

二面幅 $x = Po1 \sim Po4$ の 4 点が含まれる最小の x

(2) 材料長さ

材料長さ h は図 11 に示すように長さ方向の図面から以下の式で求められる。

$$h = WL + 2CD \quad WL: \text{ワーク長さ}$$

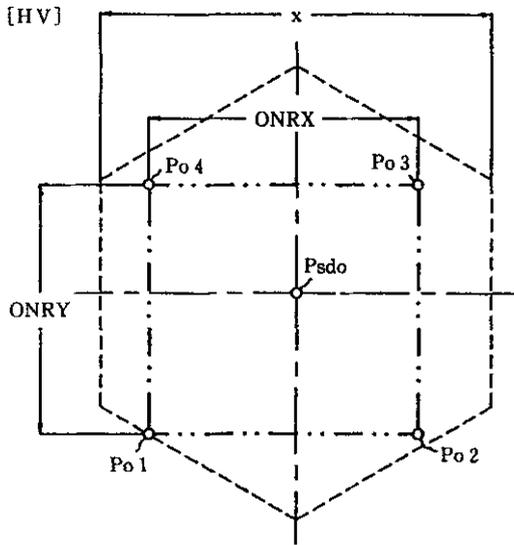


図10 材料断面形状の計算 (H：垂直六角 $\langle V \rangle$)

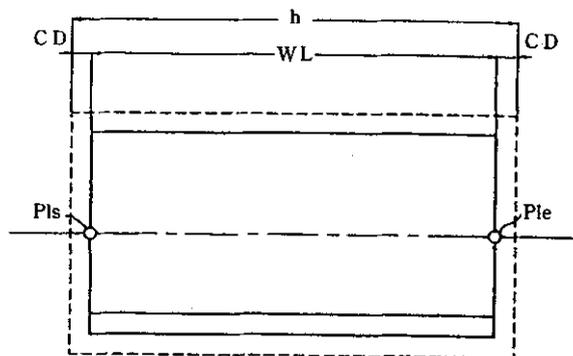


図11 材料長さの計算

2.4 自動見積用データ

本サブシステムで出力される自動見積用データは ASCII シーケンシャルファイルで、図 12 に示すように、見積ワーク名、納期等の見積管理データを内容とするヘッダー (HEADER) 部、抽出図形データ等を内容とする

加工用データ (CADFAPT) 部、材料データや製作個数を内容とする材料見積データ (CADFAET) 部、自動プロ出力ファイル名、自動見積出力ファイル名を内容とする出力ファイル名エンタリー (OUTFN) 部の 4 部より構成されており、このファイルを介して見積計算とのデータリンクが可能となる。

3. CAD データ前処理例

本サブシステムの処理例として用いた見積原図のディスプレイ表示を図 13 に示す。TEST1 は断面が最も単純

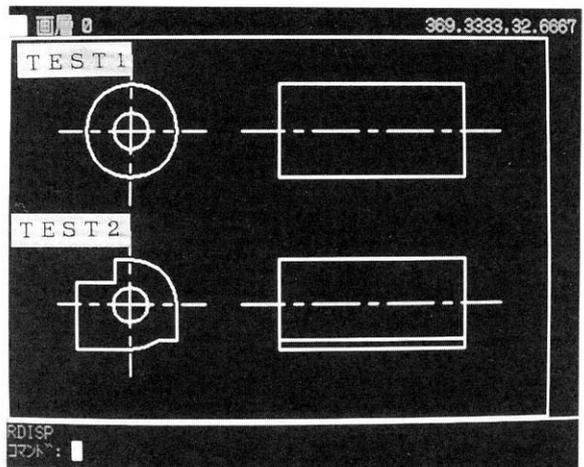
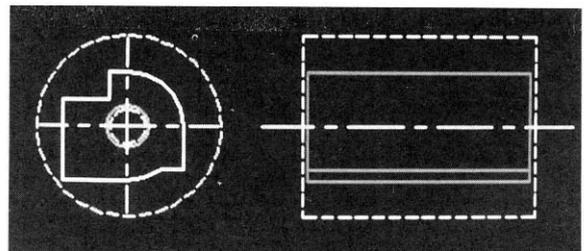
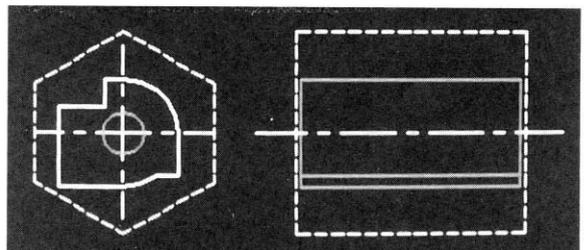


図13 前処理例の見積原図



● TEST 1：パイプ材 (P)



● TEST 2：垂直六角材 (HV)

図16 TEST 2 材料形状ディスプレイ出力

自動見積用データファイル

<ヘッダー部: HEADER>

ワーク名
納期
発注者
図番
注番
CAD図面名
処理日
データ作成者

[例]

```

HEADER:
<TEST2-R>
LMT:***:***:***
***株式会社
ODRN:*****
ORDN:*****
CADN:TEST
1991:2:15
***
    
```

<加工用データ部: CADFAPT>

全要素数、POINT数、LINE数、CIRCLE数、ARC数

POINT要素

P1	X座標	Y座標
P2	X座標	Y座標
P3	.	.
.	.	.
P1	.	.

LINE要素

L1	始点X座標	始点Y座標	終点X座標	終点Y座標	線種
L2	始点X座標	始点Y座標	終点X座標	終点Y座標	線種
L3	.	.	.	.	.
.
Lm	.	.	.	.	.

CIRCLE要素

C1	中心X座標	中心Y座標	半径	線種
C2	中心X座標	中心Y座標	半径	線種
C3	.	.	.	.
.
Cn	.	.	.	.

ARC要素

A1	中心X座標	中心Y座標	半径	始点角度	終点角度	線種
A2	中心X座標	中心Y座標	半径	始点角度	終点角度	線種
A3	.	.	.	.	.	.
.
.
Ap	.	.	.	.	.	.

```

CADFAPT:
62 36 23 1 2
P1 80.0 -19.9533
P2 180.0 -19.9533
P3 -30.0 -25.0
P4 -30.0 12.4992
P5 80.0 -25.0
P6 180.0 -25.0
P7 -30.0 -25.0
P8 0.0 -25.0
P9 0.0 1.42109e-14
P10 25.0 1.42109e-14
| | | | |
| | | | |
P30 27.0 -29.5
P31 27.0 29.5
P32 -32.0 29.5
P33 78.0 -27.0
P34 182.0 -27.0
P35 182.0 27.0
P36 78.0 27.0
L1 80.0 -19.9533 180.0 -19.9533 1
L2 -30.0 -25.0 -30.0 12.4992 1
L3 80.0 -25.0 180.0 -25.0 1
L4 -30.0 -25.0 0.0 -25.0 1
L5 25.0 -19.9533 15.0621 -19.9533 1
L6 25.0 1.42109e-14 25.0 -19.9533 1
L7 -8.53462 25.0 0.0 25.0 1
L8 -8.53462 12.4992 -8.53462 25.0 1
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
L20 78.0 -27.0 182.0 -27.0 0
L21 182.0 -27.0 182.0 27.0 0
L22 182.0 27.0 78.0 27.0 0
L23 78.0 27.0 78.0 -27.0 0
C1 0.0 1.42109e-14 10.0 1
A1 0.0 1.42109e-14 25.0 0.0 90.0 1
A2 0.0 1.42109e-14 25.0 270.0 307.048 1
    
```

<材料見積用データ部: CADFAET>

材質、材料種(形状)、材料パラメータ(寸法)
製作個数

```

CADFAET:
S45C R : 59.0 0 104.0
PN:5
OUTFN:
XXXXXXXX.npt
XXXXXXXX.aet
    
```

<出力ファイル名エントリ部: OUTFN>

自動プロ出力ファイル名
自動見積出力ファイル名

図12 自動見積用データファイル

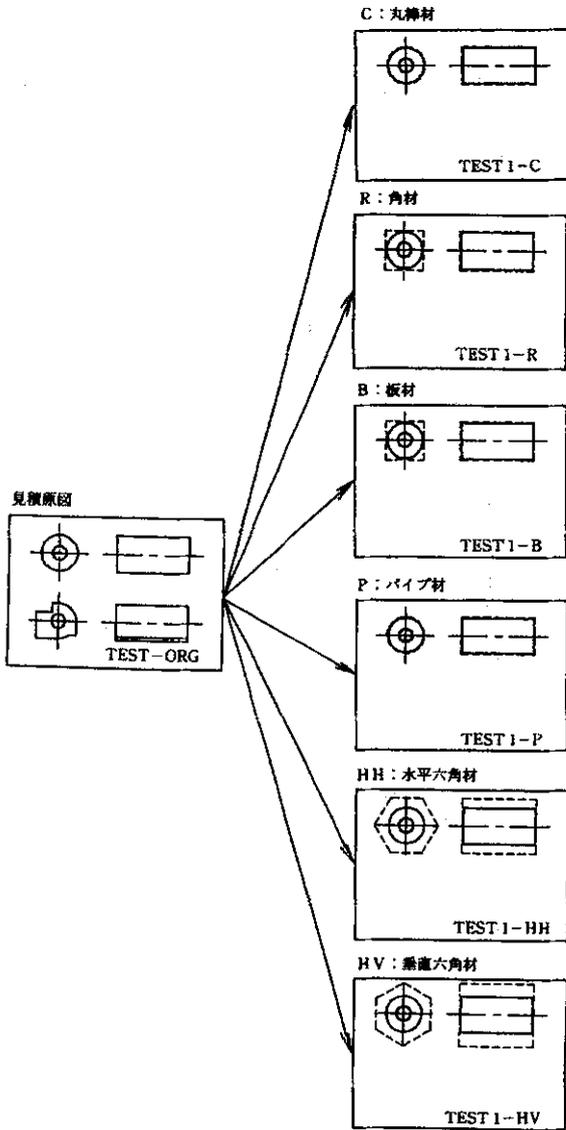


図14 材料形状図面出力 (TEST 1)

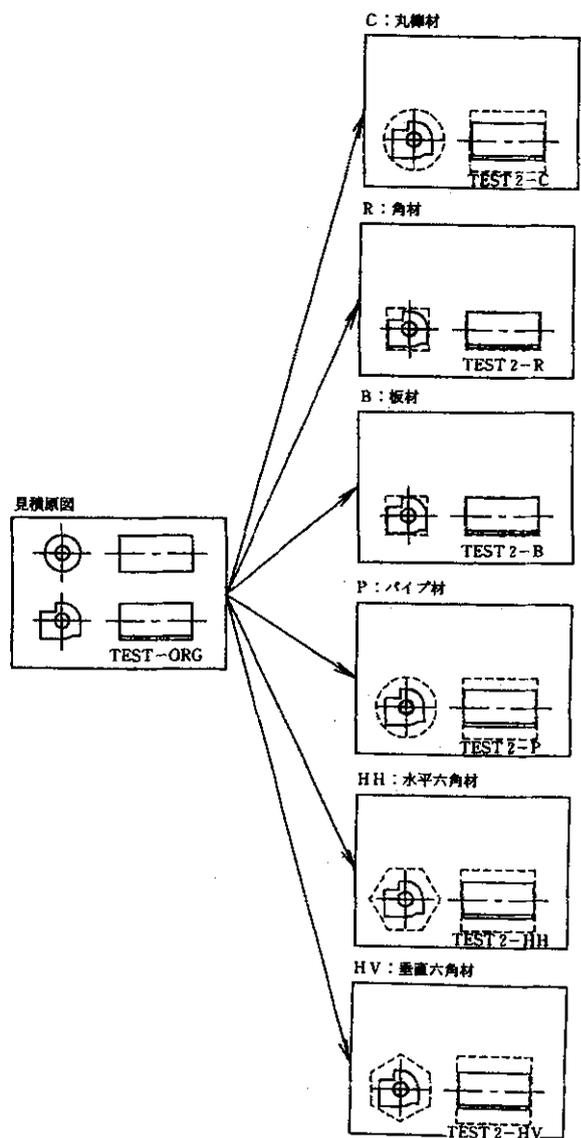


図15 材料形状図面出力 (TEST 2)

な円で定義されるワークで、TEST2 は断面が円弧と直線と円の複合図形として定義されるワークである。以下その出力例を示す。

3.1 材料形状出力例

TEST1 の材料形状の図面出力を図 14 に、TEST2 の材料形状の図面出力を図 15 に示す。

また、TEST2 の材料種 2 種 (パイプ材、垂直六角材) についての材料形状のディスプレイ出力を図 16 に示す。

3.2 自動見積用データ出力例

TEST1 (C: 丸棒材) の自動見積データ出力を図 17 に、TEST2 (HH: 水平六角材) の自動見積用データ出力を図 18 に示す。

4. 自動見積システムの将来展望

本年度の研究によって CAD データを直接利用する自動見積システムが材料見積の部分で完成に至った。しかし、研究開始当初、システムの構想に盛り込まれていた加工見積、組立見積に関わる部分は、人工知能分野の研究 (工程設計プロセスの人工知能化等) が必要なため、

```

HEADER:
<TEST1-C>
LMT:***:**
***株式会社
ODRN:*****
ORDN:*****
CADN:TEST
1991:2:15
***
CADFAPT:
31 17 11 3 0
P1 80.0 -25.0
P2 180.0 -25.0
P3 -40.0 0.0
P4 40.0 0.0
P5 0.0 40.0
P6 0.0 -40.0
P7 0.0 0.0
P8 80.0 25.0
P9 180.0 25.0
P10 80.0 -25.0
P11 180.0 -25.0
P12 60.0 0.0
P13 200.0 0.0
P14 78.0 -27.0
P15 182.0 -27.0
P16 182.0 27.0
P17 78.0 27.0
L1 80.0 -25.0 180.0 -25.0 1
L2 -40.0 0.0 40.0 0.0 0
L3 0.0 40.0 0.0 -40.0 0
L4 80.0 25.0 180.0 25.0 1
L5 80.0 25.0 80.0 -25.0 1
L6 180.0 25.0 180.0 -25.0 1
L7 60.0 0.0 200.0 0.0 0
L8 78.0 -27.0 182.0 -27.0 0
L9 182.0 -27.0 182.0 27.0 0
L10 182.0 27.0 78.0 27.0 0
L11 78.0 27.0 78.0 -27.0 0
C1 0.0 0.0 25.0 1
C2 0.0 0.0 10.0 1
C3 0.0 0.0 27.0 0
CADFAET:
S45C C : 54.0 0 104.0
PN:5
OUTFN:
XXXXXXXX.apr
XXXXXXXX.aet
    
```

図17 自動見積データ出力 (TEST 1 : 丸棒材)

実現が困難であった。今後は、自動生産システムの完成に向けて研究を続けて行く予定である。

```

HEADER:
<TEST2-III>
LMT:***:**
***株式会社
ODRN:*****
ORDN:*****
CADN:TEST
1991:2:15
***
CADFAPT:
66 38 25 1 2
P1 80.0 -19.9533
P2 180.0 -19.9533
P3 -30.0 -25.0
P4 -30.0 12.4992
P5 80.0 -25.0
P6 180.0 -25.0
P7 -30.0 -25.0
P8 0.0 -25.0
P9 0.0 1.42109e-14
P10 25.0 1.42109e-14
P11 0.0 25.0
P12 25.0 -19.9533
P13 15.0621 -19.9533
P14 25.0 1.42109e-14
P15 -8.53462 25.0
P16 -8.53462 12.4992
P17 -8.53462 25.0
P18 60.0 1.42109e-14
P19 200.0 1.42109e-14
P20 180.0 25.0
P21 80.0 25.0
P22 80.0 -25.0
P23 0.0 -25.0
P24 15.0621 -19.9533
P25 0.0 40.0
P26 0.0 -40.0
P27 -40.0 1.42109e-14
P28 40.0 0.0
P29 49.0 0.0
P30 24.0 42.4352
P31 -24.0 42.4352
P32 -49.0 0.0
P33 -24.0 -42.4352
P34 24.0 -42.4352
P35 78.0 -42.4352
P36 182.0 -42.4352
P37 182.0 42.4352
P38 78.0 42.4352
L1 80.0 -19.9533 180.0 -19.9533 1
L2 -30.0 -25.0 -30.0 12.4992 1
L3 80.0 -25.0 180.0 -25.0 1
L4 -30.0 -25.0 0.0 -25.0 1
L5 25.0 -19.9533 15.0621 -19.9533 1
L6 25.0 1.42109e-14 25.0 -19.9533 1
L7 -8.53462 25.0 0.0 25.0 1
L8 -8.53462 12.4992 -8.53462 25.0 1
L9 -30.0 12.4992 -8.53462 12.4992 1
L10 60.0 1.42109e-14 200.0 1.42109e-14 0
L11 180.0 25.0 180.0 -25.0 1
L12 80.0 25.0 80.0 -25.0 1
L13 80.0 25.0 180.0 25.0 1
L14 0.0 40.0 0.0 -40.0 0
L15 -40.0 1.42109e-14 40.0 0.0 0
L16 49.0 0.0 24.0 42.4352 0
L17 24.0 42.4352 -24.0 42.4352 0
L18 -24.0 42.4352 -49.0 0.0 0
L19 -49.0 0.0 -24.0 -42.4352 0
L20 -24.0 -42.4352 24.0 -42.4352 0
L21 24.0 -42.4352 49.0 0.0 0
L22 78.0 -42.4352 182.0 -42.4352 0
L23 182.0 -42.4352 182.0 42.4352 0
L24 182.0 42.4352 78.0 42.4352 0
L25 78.0 42.4352 78.0 -42.4352 0
C1 0.0 1.42109e-14 10.0 1
A1 0.0 1.42109e-14 25.0 0.0 90.0 1
A2 0.0 1.42109e-14 25.0 270.0 307.048 1
CADFAET:
S45C H : 84.8705 0 104.0
PN:5
OUTFN:
XXXXXXXX.apr
XXXXXXXX.aet
    
```

図18 自動見積データ出力 (TEST 2 : 水平六角材)