外周旋削部品に関する図面自動入力*

中 沢 弘** 北 川 誠***

Automatic Input of Drawing Informations of Turning Part into Computer

Hiromu NAKAZAWA and Makoto KITAGAWA

Recently automatic input of drawing informations into a computer has been a matter of great interest in the field of CAD/CAM. This paper deals with the system that realize input of drawing informations into computer automatically from a handwritten drawing and producing NC part program for an NC lathe successively. A drawing of a turning part without any boring operation and written according to JIS drafting rule is read optically. Picture data is processed in the computer and informations of patterns and dimensions are extracted to produce NC part program. This system has the possibility to be extended for the applications to parts which are manufactured by other kinds of operation besides turning.

Key words: CAD, CAM, NC lathe, NC part program, pattern recognition, handwritten drawing, line following

1. ま え が き

図面情報の自動入力にはCAD/CAMをはじめ多くの分野で注目されている^{1)~5)}。本論文は一般のJIS機械製図法(若干の制約を加えるが)に従って書かれた手書き図面をコンピュータに自動入力させ、それからNCパートプログラムを自動作成させることを目標とした図面自動入力システムを開発した結果について報告する。入力する図面は簡単な旋削部品に関するもので、縮尺されたものを用い、これを光学的に入力した後、画像処理を行いNCパートプログラムに必要な部品の形状・寸法情報を抽出する。

以下に(1)入力図面に設けた制約、(2)画像処理及びNCパートプログラム作成に必要なその他の処理の内容、(3)NCパートプログラム作成と実験結果について述べる。

2. 入力図面の制約

入力する図面は旋削部品に関するものだが、処理を容易にするためその形状に制限を加える。つまり部品の形状は円柱、円すい台、すみ肉、丸め形状で表現されているものとする。このとき図面の記述方法について以下の制約を設ける。

まず図面の構成要素及びその意義は次のとおりである。

- (1) 外形線：部品の外形を構成する直線部で、太さは0.6 mm以上を標準とする。
- (2) 寸法線、寸法補助線、引出し線：外形線と寸法表記等を結びつけ、部品の寸法、表面情報を指定する線分で、太さは0.3 mm以下を標準とする。
- (3) 中心線：部品の回転軸を示す一点鎖線だが便宜的な要素なので省略可能である。太さは寸法線と同じとする。
- (4) 文字：寸法表記、表面情報を表す。英字大小文字、数字と ϕ (まる)、°(degree)に限定する。寸法線、寸法補助線に近接する1文字の大きさは6 mm×6 mmに収まるものとする。

このような制約を満たす旋削部品例を図1に示す。

また外形線は円柱と円すい台の端面または側面を表すものとしてその用法を図2に示し、寸法線、寸法補助線、引出し線の用法は図3に示すパターンに限定し

Fig. 1 Test drawing

* 原稿受付 昭和59年12月6日、昭和59年度精機学会春季大会学術講演会(昭和59年3月27日)にて発表

** 正会員 早稲田大学理工学部(東京都新宿区大久保3-4-1)

*** 正会員 セイコー電子工業(株)(松戸市高塚新田563)

Fig. 2 Use of visible outline

Fig. 3 Allowable dimension lines and extension lines

て、それぞれの線は切れやはみだしがないものとする。ここで入力する原図面の大きさはハードウェア上 51 mm×64 mm 以内に制限されている。

3. 研究方法

本研究では図 4 の処理手順で図面を入力し、NC

Fig. 4 Processing flowchart

Fig. 5 System configuration

Fig. 6 Picture data of the test drawing

パートプログラムを作成する。なお本研究に用いた処理装置の構成を図 5 に示す。以下に図 4 のフローチャートに従って処理手順を説明する。

3.1 画像データの入力

画像データの inputs はバーコードリーダを XY プロッタで機械的に走査することで行った。画像データは約 10 pixel/mm の密度でサンプリングし、フロッピーディスクへ格納する。図 6 に画像データのサンプリング例を示す。すなわち一度入力したものを再出力して表示したものである。この例で入力時間は 16 min であった。

3.2 図面構成要素の抽出

2 章で述べた図面の構成要素を図 7 の処理手順で画

像データから抽出する。以下に各段階の処理内容を説明する。

(1) 文字に関する処理

画像データから文字を抽出するためラベリング⁶⁾を用いる。ラベリング結果から同一ラベルを持つ画素の塊に外接する矩形を考える。画像データの中で文字は大きさが比較的小さい黒画素の塊である。従って、矩形の面積及び辺の長さが次の条件を満足すれば文字と判定して画像データから抽出する。

$$50[\text{pixel}^2] < \text{面積} < 4096[\text{pixel}^2]$$

(1)

$$2[\text{pixel}] < \text{辺の長さ} < 80[\text{pixel}]$$

(2)

このとき中心線の短い線分も分離されるが、周囲に分離した他の黒画素がなく、かつその黒画素をはさみ 180° 近い角度で対向する線があることからこれを文字とはみなさない。文字の傾きは時計まわりに

Fig. 7 Processing flowchart of drawing components

67.5°まで、反時計まわりに112.5°までの範囲とする。抽出された文字は文字列として並びを整えた後、文字認識を行う。

認識方法に関しては識別する対象文字が比較的限られており、文字画素の正規化による時間的ロスが省けるという点から独特のアプローチを試みた。つまり文字認識に際してまず文字画素に前処理（雑音の除去、平滑化、細線化）を施した後、後述する寸法線・外形線等と同様な線追跡の手法によって文字の位相幾何的特徴の一部（ループの数、分岐点の数）及び端点の数や偶奇性（たとえば“5”と“2”は線の曲がり方が左右逆の関係である）といった文字の基本的特徴を抽出する。そしてこれらの基本的特徴をもとにトリー決定法⁹⁾によって認識結果の候補集合を分割的に絞ってゆく方法を用いて認識を行った。

認識結果は文字列単位でチェックし、必要ならマニュアルで修正することも可能である。図1の例で認識された文字列の一部を表1に示す。表中の座標値は図6の座標に従う。

(2) 寸法線に関する処理

ここでは線追跡の手法で文字の近傍の線から出発し、寸法線、寸法補助線、引出し線の順に追跡し、外形線との接続状態を抽出する。これによって各文字列が外形線に対して行う寸法指定や表面情報の内容がわかる。

Table 1 Example of stored strings data

Position of both side ends of strings*				Contents
X_1	Y_1	X_n	Y_n	
138	531	124	544	C 1
197	557	236	555	ϕ 10
325	314	344	338	R 2
115	321	94	338	C 1
463	273	461	312	35
401	184	398	210	15
66	28	82	45	C 1
189	27	252	25	ϕ 20

* (X_1, Y_1) : center position of left side end character of string

(X_n, Y_n) : center position of right side end character of string

Fig. 8 Soft sensor used for line following

まず各文字列周辺から寸法線（または引出し線）を探索し、ここを始点として寸法線等を追跡する⁷⁾。追跡には主に図8に示すソフトセンサを使用する。図中のソフトセンサは線幅を測定しながら線を追跡するもので、ここではセンサ原点を中心としリード長を変化させ、各リード長における探索幅内の線幅の平均値を、求める線幅としている。分岐点や矢印、端点の検出には補助的に専用のソフトセンサを使用する。追跡は外形線との接線を検知するか端点のように追跡の継続が不可能になるまで行われる。外形線との接続状態は図9のパターンのいずれかである。なお矢印が寸法補助線に接する場合など複数の線を追跡する必要が生じたときには順次それらを追跡する。(2)の処理によって各文字列についての寸法線等と外形線の接続パターンの区別を行う。図10に寸法線等の追跡例を示す。

(3) 外形線に関する処理

ここでは寸法線のとときと同様の手法で外形線を構成する線分を抽出する。(2)の結果である寸法線等と外形線の接続点から外形線を追跡する。追跡は線分の終端に達するまで行われる。線分の終端は図11のパターンのいずれかである。追跡の途中、外形線を構成する

Fig. 9 Connecting patterns of visible outline, dimension line, and extension line

Fig. 10 Following passes of dimension line
 .....; pass of line following
 ○; center position of string

Fig. 11 End patterns of visible outline

線分同志の接続が検知されたときは線分の連結関係が得られる。また(2)で得られた寸法線等との接続点が検知されたときは、その寸法線等に付属していた文字列との接続関係が得られる。外形線を構成する線分はすべて連結しているため寸法線等と接続しない線分もすべて追跡できる。図12に線分の追跡例を示す。また(1)~(3)の処理結果を表2と表3に示す。ここで外形線を構成する線分には図12のように便宜的に番号を付けた。

3.3 図面に記述された部品の立体解釈

図2, 図3で図面を記述する制約条件を示した。これを利用して3.2節の結果から部品の形状、寸法、表面情報が求められる。まず外形線を構成した線分を図13(a), (b)の2つの基本立体いずれかに属するものとし

Fig. 12 Following passes of visible outline
 .....; pass of line following

Table 2 Information for dimensions

Dimension description	Connecting point with visible outline		Connecting visible out-lines No.	
	X	Y		
C 1	165	467	5	6
ϕ 10	164	472	6	7
R 2	274	282	4	7
C 1	121	273	1	4
35	264	475	3	5
15	315	122	3	4
C 1	121	121	1	3
ϕ 20	119	118	1	2

Table 3 Information for visible outlines

Line No.	Start point		End point		Connecting lines No.			
	X	Y	X	Y				
1	119	118	124	277	3	4	—	—
2	318	122	318	279	3	4	—	—
3	315	122	121	121	2	1	—	—
4	314	279	123	283	2	1	6	7
5	264	475	165	475	6	7	—	—
6	164	472	162	279	5	4	—	—
7	264	474	264	281	5	4	—	—

て分類する。次に各線分に接続している文字列の内容から径 d と幅 W を求める。表面情報の指定があれば各立体の側面か端面の属性として表現される。また、すみ肉や丸めの指定のある場合には図13(c), (d)の基本立体ともとの基本立体(円柱または円すい台かなる)を合成して表現する。例として図1に関する処理結果を表4に示す。ただし図13で示した各パラメータの座標原点は部品左端面の中心点とした。

4. NC パートプログラムの作成

NC パートプログラムには少なくとも部品の輪郭形状と表面情報が必要である。3章の結果より部品が基本立体の組合せで表現されているので、容易に両方の

Fig. 13 Variety of basic solids and their parameters
 ●; center point on rotation axis

Table 4 Result of solid interpretation

Basic solid No.	Basic solid type	x	W	d_1	d_2	r	X_0	Y_0	Surface condition
1	Cone	0.5	1	18	20	—	—	—	—
2	Cylinder	7.5	13	20	20	—	—	—	—
3	Cone	14.5	1	20	18	—	—	—	—
4	Fillet	16.0	2	14	10	2	17	7	—
5	Cylinder	25.5	17	10	10	—	—	—	—
6	Cone	34.5	1	10	8	—	—	—	—

情報を得られる。ここでは FAPT によるパートプログラムを自動作成した。これをもとに実際の工具軌跡を FANUC P-MODEL-D で作図した例を図 14 に示す。

この例で図面の入力から NC パートプログラム作成までに要する処理時間は約 30 min (3.2 (1) 項で述べたマニュアルによる修正時間は含まない) であった。

Fig. 14 Sample of cutter pass of NC machine tool

5. 結 論

簡単な旋削部品の図面を自動入力して NC パートプログラムを自動作成する実験的システムを製作した。図面を記述する際の制約条件の緩和や処理時間の短縮は今後の課題である。

本論文をまとめるに当たり協力してくれた金山和則君に感謝します。なお本研究は昭和 57 年度早稲田大学特定課題研究費の助成を受けて行われた。

参 考 文 献

- 1) 伊藤公俊, 篠崎健二, 林 国一: 幾何モデルを用いた機械図面からの立体解釈, 昭和 58 年度精機学会春季大会学術講演会講演論文集 (1983) 715.
- 2) 伊藤公俊, 篠崎健二, 林 国一: プランニングネットワークを用いた機械図面の二次解釈, 日本機械学会・精機学会第 1 回設計自動化工学講演会講演論文集 (1983) 28.
- 3) 伊藤公俊, 堀内正人, 蒔田裕之: 階層的プランニングを用いた画像認識の一手法, IE 80-16 (1980) 61.
- 4) 久保田一成, 荒川 弘: 線順次アルゴリズムを用いた論理回路図面入力法, PRL 82-17 (1982) 17.
- 5) 橋本新一郎: 文字認識概論, 電気通信協会 (1982).
- 6) 長尾 真: 画像認識論, コロナ社 (1983).
- 7) A. Rosenfeld: Connectivity in Digital Picture, J. Assoc. Comput. Mach., 17, 1, (1970) 146.