

サーベイ : 線図形認識技術のEA, OAへの応用

Survey: Line-Drawing Recognition Techniques
for Engineering and Office Automation岡崎 彰夫 恒川 尚
Akio OKAZAKI Shou TSUNEKAWA

(株式会社 東 芝 総合研究所)

Research & Development Center

TOSHIBA Corporation

Abstract

Recently, automatic readers, which employ a pattern recognition techniques, have been developed for various kinds of engineering drawings in order to speed up the initial CAD data input. This paper surveys line-drawing recognition or analysis methods in terms of engineering automation (EA) and office automation (OA). In this paper, drawings are classified into five categories; map drawings, engineering drawings, chart-like drawings, drawings for man-machine interface and the others. And their key techniques are introduced.

1. はじめに

郵便番号読取りにおける文字認識技術から実用化がスタートしたパターン認識技術は、その用途を医用、産業用へ広げ、がん細胞自動診断装置、各種外観検査装置等、いくつかの実用装置を生み出している。近年、OA, EA, FAと言った各業界での自動化が進むにつれて、パターン認識技術の利用が盛んに研究されるようになり、今や、パターン認識技術は1つのキー技術として重要視されるに至っている(図1)。特に、現在が開化時期となっている図面自動読取り装置はCAD/CAMシステムへの初期入力負担を解消する有力な道具として、多くの関心を集めている(1), (2)。

本文では、図面認識技術を中心に、線図形認識技術のEA, OAへの応用という観点から、現在までに研究、開発されている技術の整理を試み、今後の方向を検討する。従って、ここでは、基本的には2値画像の2次元処理の問題を取り扱い、2値画像の中でも線図形を主体とした画像に対象を限るものとする。具体的には、図1における図面認識全体、文書画像認識と画像データベース及びその他における線図形認識に関する部分である。

2. EA, OAにおいて対象となる線図形

EA, OA分野において現在までに研究、開発の対象となった線図形を整理すると表1のようになる。表に示されるように、大きく分類すると

- ① 地図 (3)-(6)
- ② 設計図面 (7)-(20)
- ③ 文書用図形 (21)-(23)
- ④ 個人識別用図形 (24)
- ⑤ その他 (25)-(27)

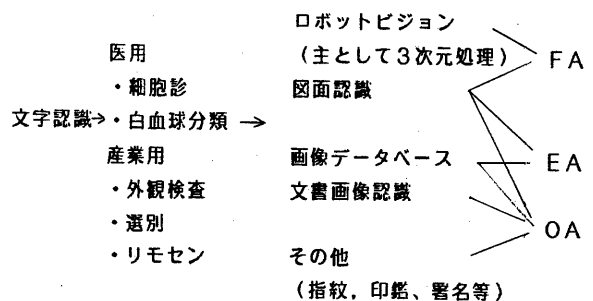


図1 画像パターン認識技術の開発の流れ

に分かれる。また、表では、設計図面を論理接続図面と形状図面に分けてある。前者はシンボル、接続線等の論理的なつながりを主たる情報とする図面、後者は、線そのもののつくる形に主たる情報をも

つ図面であり、認識方法も幾分、異なったものとなる。

表1に示す線図形は、各機関でそれぞれ異なった目的で取り扱われているが処理目的を整理すると図2のようになる。図では、5つに整理してあり、その内容は次の通りである。

(1) 通信伝送のための図形のコード化・データ圧縮

画像として与えられるか、またはタブレット等を用いてオンライン手書入力された図形をデータ圧縮された形でコード化することを目的とし、再生の忠実度とデータ圧縮度の整合がはかられる。従来技術としては、チェーンコーディング、直線/曲線近似等があるが、これらの技術に加え、ある程度の認識処理を行ってやることで、一層のデータ圧縮が期待できる。

(2) CAD/CAMシステムへの図面の自動入力

通常ディジタイザ等を用いて人手で行っている図面の入力作業の自動化を目的とする。図面内の文字/接続線/シンボルの分離及び識別が行われ、その結果は、CAD/CAMシステムと整合がとれたフォーマットにコード化される。

(3) 事務のための図形の清書・編集
人がラフに描いた図形を自動的に、人が意図した形に整形または編集して出力させることを目的とする。編集用マークをあらかじめ設計しておいて、編集コマンドの代用とする方法も提案されている(27)。

(4) 図形データベース 構成のための図形の構造記述

図形を自動的に構造記述してデータベース化したり、あるいは内容的に検索したりすることを目的とする。

(5) その他

印影、署名、指紋等の個人識別を行って主としてセキュリティに利用したり、機械との対話のために図形認識を行う。

例えばオンラインで認識する方法等が発表されている(28)。

表1 EA, OAにおける対象線図形

地 図	気象図 地形図 市街図	
設 計 図 面	論 理 接 続 図 面	プリント板パターン図 LSIセル図 リレーシーケンス図 化学プラント図 論理／電子回路図面
	形 状 図 面	NC加工図 機械図
文 書 形 用	表、グラフ、ブロック図 フローチャート図	
個 人 図 識 形 別	印影、署名、指紋	
そ の 他	楽譜 編集用マーク図形 手書き任意図形	

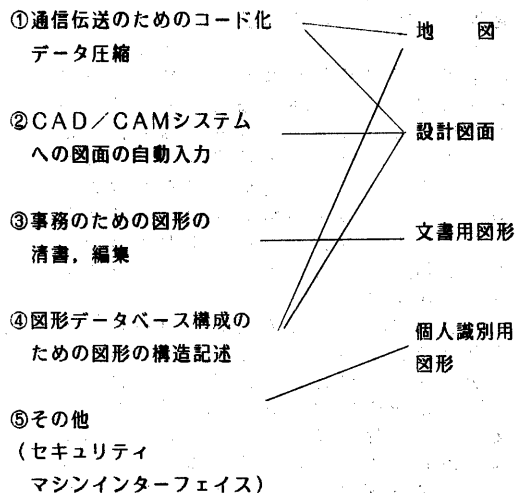


図2 線図形処理の目的による分類

表2 線図形処理目的と要素技術との関係

線図形認識の要素技術	①コード化 データ圧縮	②CAD/CAM への自動入力	③消書、編集	④図形の 構造記述
A. 接続解析	○	○	○	○
B. 線認識	○	○	○	○
C. 図形パターン分離	△	○	△	○
D. 図形パターン識別	△	○	△	○

上述の、目的により分類された5つの線図形処理は、要素技術的に見れば共通する部分がある。線図形認識の要素技術としてA. 接続解析、B. 線認識、C. 図形パターン分離、D. 図形パターン識別が考えられ、表2に、各処理目的との関連を示す。表から知られるように(2)CAD/CAMシステムへの自動入力と(4)図形データベースの構成とは同じような技術を有している。すなわち、両者は、線図形を内容的に認識してコード化し計算機で取り扱える形にする処理であり、異なる点はその結果の使い方である。(1)図形のコード化・データ圧縮と(3)図形の消書・編集も同様であるが、認識の程度がそれほど高くなくても充分、目的を達せられる。

以上要約すれば(5)その他を別として(1)～(4)はほぼ同じ技術体系にあり、その要素技術は、異なる目的に利用可能である。例えば、設計図面認識は、その第1の目的はCAD/CAMシステムへの自動入力であるが、その処理結果は、当然、消書・編集に利用されるし、認識によりデータ圧縮されるので、伝送、蓄積にも有効である。一例として、図形認識技術を用いた図面消書の例を付録に示す。

3. 線図形認識の要素技術

以下で、線図形認識の各要素技術について検討する。

A. 接続解析 接続解析は、線図形のグラフ的な構造を求める処理であり、その結果はネットリストと呼ばれるポイント構造をもったリストの形で表現される。この処理過程において、BやCの処理が

なされることもある。

接続解析の処理手法を整理すれば、次の3通りに大別されると考えられる。

- ①線追跡を行う
 - ②順次処理を行う(13)
(ライン処理)
 - ③矩形領域処理を行う(7),(14) 追跡ウィンドを用いる(8)
- 細線化する(例えば(9),(15))
細線化しない
境界追跡を行う(例えば(6),(12))

対象とする図形が制限されたものであれば、②や③の処理が効率的であるが、汎用性の点からは①が多く用いられる。細線化する方法がよいかない方法がよいかは議論の分かれるところであり、細線化した方が線追跡アルゴリズムは単純となるが、変形交点や雑音によるヒゲに対処しなければならない。

B. 線認識 線認識は、線そのものの特徴を抽出したり、識別したりする処理であり、以下のような処理が代表的なものとして挙げられる。

- ①特徴点(例えば角点)抽出
- ②線種判別 実線/破線、細線/太線等
- ③直線か円弧か等の形状認識

①については、いくつかの試みがなされており^{(29),(30)}、特に、角点については、角度が鋭角であったり、図形が定規等を用いて丁寧に書かれている場合には比較的、安定に抽出できる。⁽³¹⁾ しながら、手書きによりラフに描かれている場合は、手書きによる変動のため、簡単にはいなくなる。

次に②について説明する。実線/破線の区別については、短いセグメントのみを抽出した後、ヒストグラム手法を用いて線種を判別する方法が発表されている。⁽⁹⁾ 図面のなかに文字や記号(1, -, +, /等)がある場合や他成分の短いセグメントが混在する場合には、工夫を要する。線幅認識については、(a)局所的な並列演算に基づいて並行線を求める方法⁽⁴⁾、(b)輪郭をベクトル化した後、並行線ペアを求める方法⁽¹²⁾等が利用できる。

③については、単に近似するという意味では、従来から数多くの近似手法が提案されているが、機械図面等形状図面を読取るという意味での形状認識手法は、確立されていない。形状によるセグメント分割は、①の処理とも関連が深く、何らかの大局的処理が必要となるが、実際的には対話的に修正されている⁽²⁰⁾。

C. 図形パターン分離 図形パターン分離は、D. 認識の前処理としてなされるのが通常であるが、両者が明確に区別できず、分離ができたときには、ある程度の認識がなされている場合もある^(例えば、高速フンプレートマッチング⁽³²⁾)。パターン分離技術は、最近の図面処理のニーズにより盛んに研究・開発が行われ、その内容としては次のようなものがある。

①背景成分の分離

②線状図形／面状図形の分離

③シンボル／接続線／文字、記号の分離
処理の難しさは、位置、大きさ、方向等が可変であるかどうかに関わり、対象とする場面の性質により効率的な方法がとられているのが現状であるが、一般原理は、分離しやすいものから順番に取り除いていくということであろう。

①は、気象図における海岸線などが例として挙げられ、背景画像（又はモデル）等を持つことで分離がなされている⁽³⁾。

②については、論理回路図における接点を表わすベタの黒丸が面図形の一例として挙げられる。処理方法としては(a)画素レベルの演算を行い、任意方向の切片と腕の長さの関係より、その画素が線状部にあるか、面状部にあるかを判断する⁽²⁶⁾、(b)面図形の大きさ、形状が一定の場合には、単に一定ウィンド内の黒画素数をカウントすることにより、面図形の中心付近の点が検出できる⁽¹⁹⁾等がある。

次に③について説明する。まず、文字、記号については、通常他の成分と接触しないで孤立して、しかも定まった範囲の大きさで書くという制約規則を設けることで分離処理を単純化している。しかし、制約を軽減する目的で接触を許す場合の試みもある⁽²²⁾。シンボルと接続線の分離に関しては、始めにシンボルのキーとなる特徴を利用してシンボル検出を行い、残り接続線とするのが基本となっている。シンボルのキー特徴として、(a)短いセグメント（分岐点一分岐点及び端点一分岐点）、(b)比較的小さなループが有効であることが報告されている⁽¹⁵⁾。しかし、シンボルがいくつかの分離図形によ

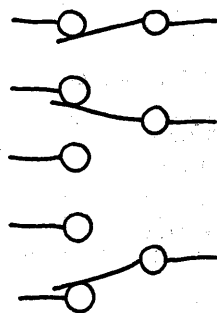


図3 分離シンボルの一例

り構成されている場合（図）や密な論理回路図のように接続線が小ループを多く構成する場合は工夫を要する。個々の分離手続きをプロダクションルール化して、汎用性を高めようとする試みもある⁽³³⁾。

D. 図形パターン認識 図形パターンがある程度定まった領域に書かれていない限り（例えば、印影や署名）、最終認識性能は、分離処理の性能に大きく依存してくる。一端、分離が正しく行われれば、識別のために、一般的なパターン認識手法を応用できる。認識手法としては、モデル表現の具象から抽象への段階に応じて、(a)図形テンプレート、(b)特徴、(c)構造、(d)概念等がある。(a)は図形がテンプレートを用いて書かれている場合は有効であるが、処理時間、記憶要領の点で問題がある。(b)は最もよく用いられている手法で、この中でも識別木方式が多い。(c)は、ストロークあるいはプリミティブ抽出を行って辞書との構造マッチングを行う方法で、オンラインで処理する場合、特に有効であろう。(b)はフレーム構造やネットワーク構造で表現されたモデルとマッチングさせていくやり方で、図形パターン分離が単純でない場合にはトップダウン的に用いられる。

上述の手法は、単独で用いられるとは限らず、(a)、(b)を併用して行い信頼度を高める方法⁽¹⁸⁾もある。文字認識に関しては、一端切り出されれば、通常のO

CR技術が利用できるが、図面処理に特有なのは、縦書き及び横書きが許されており、それらを文字列として認識し、さらに接続線やシンボルに⁽¹⁶⁾対応づける処理が重要なことである。

4. むすび

本文ではE A, O Aへの応用という立場から、線図形認識技術の整理を行ったが、実用装置として実現するためには、全体の処理効率を念頭に入れて本文で述べた要素技術を組み合わせなければならない。将来、対象線図形が、益々大画面化かつ多様化していくことを考慮すれば、次の2つの技術及び両者の整合を効率的にとる技術が重要になると思われる。①大画面を高速に処理する画像処理技術。②対象パターンの多様性に柔軟に対処する画像処理するパターン認識技術。①に対しては、パイプライン処理、マルチプロセッサ処理、基本画像処理のLSI化等の画像処理ハードウェア技術により対処できよう。(17) ②に対しては、知識工学的アプローチ(34)が必要になると思われる。実際的なアプローチとして、認識対象に依存する処理手続き部をプログラムにより分離して、ネットワーク(あるいは、識別木)表現された知識として取り扱うといった方法が有効である(18),(19)さらに、図面が密に、かつシンボルが複雑化するに従い、シンボル分離が困難になり、識別部での失敗を分離部にフィードバックさせるといった、モデルをもち、ボトムアップとトップダウンの両者が統合された認識制御が必要になってくると考えられる。

文 献

- (1) 棟上他：図面の自動認識と理解，情報処理，Vol. 24, No. 9, PP. 1086-1094(1983)。
- (2) M. Ejiri et al. : Automatic Recognition of Design Drawings and Maps, Proc. 7th ICPR, PP. 1296-1305(1984)。
- (3) 古田，福村：気象図自動処理システムの構成，情報学会コンピュータビジョン研究会 1-1(1979)。
- (4) 宮武他：地形図からの道路網作成手法，テレビジョン学会技術報告，IPA 69-2(1984)。
- (5) 根本他：多角形近似による市街地図からの街区構造抽出，同上IPA66-3(1983)。
- (6) 中嶋他：市街化地図に対するパラレルベクトル・トレースを用いたグラフ構造解析，信学論，J67-D, 12(1984)。
- (7) 恒川他：分割と統合による図面認識方式，情報学会，コンピュータビジョン研究，17-4(1982)。
- (8) 原田他：回路図自動入力システムE C D I S，信学技報，IE82-66(1982)。
- (9) 嶋田他：ヒストグラム分類手法による破線，鎖線の認識，昭57信学総全大，1295(1982)。
- (10) 宮武他：LSIセル図の自動入力方式の研究(2) - 分割合成手法による大型図面の線図形認識 -，昭58信学総全大1431
- (11) 古田他：化学装置系統図の中のシンボルの認識，第27回情報全大，4Q-7(1983)。
- (12) 大沢他：多次元データ構造を用いた図面処理システムAI-MUDAMS，情報学会コンピュータビジョン研究会，31-4(1984)。
- (13) 久保田他：線順次アルゴリズムを用いた論理回路図面入力法，信学技報，PRL82-17(1982)。
- (14) 林他：特徴パターン情報検出による図面の効率的自動入力法について，信学技報，PRL83-8 (1983)。
- (15) 恒川他：手書設計図面読取装置，情報学会コンピュータビジョン研究会25-1(1983)。
- (16) 湯川他：手書図面における文字列の自動読取，昭59後期情報全大，3M-9(1984)。
- (17) 近藤他：論理回路図面読取装置 - 実時間指向の画像処理システム -，昭58後期情報全大，4Q-10(1983)。
- (18) 岡崎他：同上一線図形処理方式 -，昭58後期情報全大，4Q-9(1983)。
- (19) 岡崎他：特徴コード化画像を用いた論理回路図の線解析，昭59後期情報全大，5M-1(1984)。
- (20) 前田他：形状図面読取技術の開発，テレビジョン学会技術報告，IPA69-4(1984)。
- (21) 黒崎他：手書き図面の自動消書き，テレビジョン学会技術報告IPA69-5(1984)。
- (22) 向田他：境界追跡を利用した流れ図中の文字と図形の分離，信学技報，PRL83-70(1983)。
- (23) 黒川他：図・表画像パターン特徴の抽出，昭59後期情報全大，6M-8(1984)。
- (24) 佐藤他：スペクトル解析法による署名の自動照合，信学論，J66-D, 1, (1983)。
- (25) 青山他：印刷楽譜の自動読取り，信学技報，PRL82-5(1982)。
- (26) 藤村：2値画像中の線状部抽出の方法，昭56信学総全大1333(1981)。

(27)末永：手書きマーク識別を利用した
原稿自動編集，第9回画像工学コンファ
レンス，3-1(1978)。

(28)村瀬他：接続ルールを導入した候補
ラティス法によるオンライン手書き線図
形認識，信学論J67-D,3(1984)

(29) H.Freeman：Shape Description
vi the Use of Critical Points, Pat
tern Recognition,10,PP.159-166(1978)。

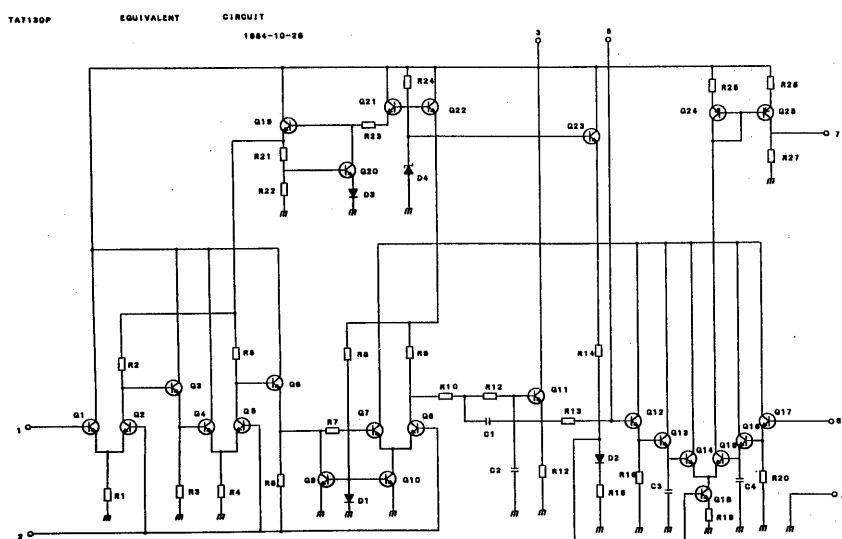
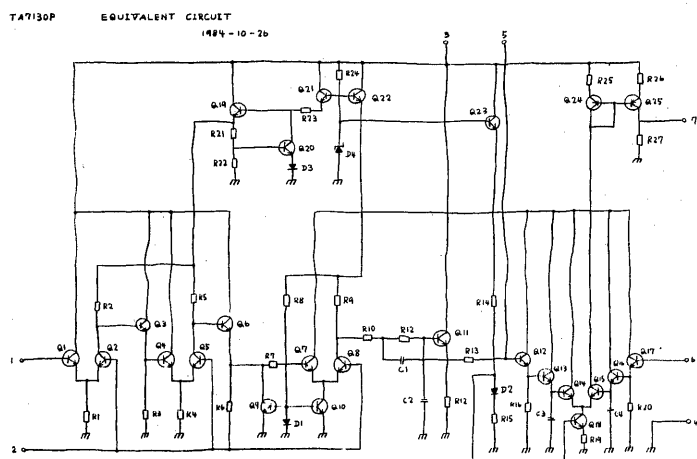
(30)岡崎他：曲線図形の自動記述と再生
およびその等高線への応用，信学技報，
PRL79-41(1979)。

(31) A. Rosenfeld et al.：An Improv
ed Method of Angle Detection on Digit
al Curves, IEEE Trans. Comput. C-24,
PP.940-941(1975)。

(32)林他：高速テンプレート・マッチン
グ法と気象図への応用，信学技報，PRL7
8-90(1979)。

(33)岩城他：文字・図形分離処理におけ
るプロダクション・システム導入の一検
討，信学技報，PRL83-63(1984)。

(34)河越他：図面記号の学習理解，情報
学会，知識工学と人工知能研究会36-4(1984)。



付録 図面清書の一例