

解説

—形状認識技術への応用(3)—

手書図面の自動入力/処理装置†



吉田 真澄†† 榊井 猛††
長田 茂美†† 織田 勇††

1. ま え が き

電気、建築、造船などの製造工業分野に代表されるように、近年、手書設計図面をコンピュータへ入力し、それによって図面の清書、製造費用の積算、図面の自動管理などを積極的に押し進めようとする動きが強まっている。しかし、そのもとになる図面情報の入力は未だ人間の労力に依存しているのが実状である。

手書図面を入力するための研究には、CAD や CAM にみられるようにグラフィックスを有効に使おうとする方向と、図面を直接光学的なセンサで観測しそれを自動的に処理しようとする方向とがあげられる。特に、現在はグラフィックスを使った技術開発が進みずでいくつかの商用機器が発表されている¹⁾。これらの機器における図面入力は、ディスプレイとタブレットを用いたマン・マシンの対話によって行われており、図面入力の省力化および高速度化が大きな課題になっている。この問題を解決するのが図面の自動入力/処理の研究であるが、これは未だ技術開発の途上であり商用機器の出現はみえていない。しかし、昨今の半導体デバイス、特にメモリ素子の進歩²⁾、センサ技術の進歩³⁾、さらには、2次元画像を高速度で処理できる画像処理専用装置の開発は著しく⁴⁾、これらの各種技術を使って実際の手書図面を対象とした入力/処理方式の開発が試みられている^{5), 6)}。

以下、本稿では手書図面としてプリント板パターン図をとりあげ、それを自動的に入力/処理できる方式および装置について述べ、さらに、実際の運用例について述べる。

† Image Processing System for Handwritten Design Chart by Masumi YOSHIDA, Takeshi MASUI, Shigemi NAGATA (Information Processing Laboratory, Fujitsu Laboratories Ltd.) and Isamu ODA (Dept. of Hardware Development, Fujitsu Ltd.).

†† (株)富士通研究所

††† 富士通(株)

2. 手書プリント板パターン図の処理方式

2.1 プリント板パターン図に必要な処理事項

図-1 は CAD システムへの入力を目的として描かれたプリント板パターン図面であり、この図面にはプリント板のスルーホールを意味する円形のシンボル群と、シンボル間の配線を意味する線分群とが混在している。各図形はあらかじめ CAD システムの座標系に対応して設定された用紙上の格子を基準として手書きされ、設計時には CAD システムで扱うための指示として、つぎの規則が適用される。

(i) シンボル: 格子または格子間を2等分する位置

(ii) 線分: 格子を中心として8方向(45度)の直線

(iii) 線幅: 格子間隔を基準として2種類の幅

また、各図形は CAD システムへの入力形態として、以下の数値情報(コード情報)で表現される。

(i) シンボル: 存在した位置 & 種類を表わすコード名

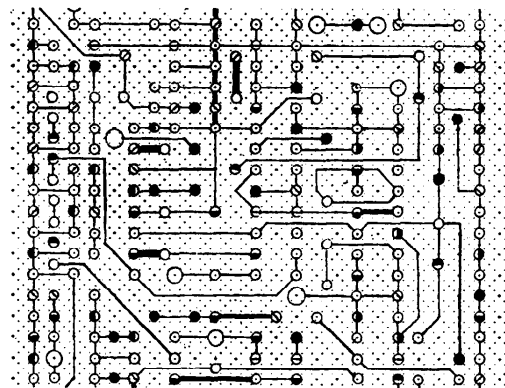


図-1 手書きパターン図の例

- (ii) 線分: ネットワーク & 構成成分
- (iii) 線幅: 種類を表わすコード名

2.2 開発上の問題とその解決

方式開発における問題として、図形処理技術の面では図面内に混在するシンボルや線分をどのように処理するか、また、実用化の面では図形処理をどのような演算方法で図面入力省力化・高速化を実現する装置に直結させるかなどがあげられる。これらの問題に対し筆者らは、処理技術の面では各対象物の処理を認識(シンボルの表現)、記述(線分の表現)、計測(線幅の表現)の3分野にわけて実行でき、さらに、装置化に対する考慮としては図形処理のすべての演算が用紙上の格子を基準とした小さな領域単位で実行できる方式を開発した⁷⁾。

図-2は本方式による図形処理のフローである。ここでは最初に、入力図形全体を矩形で構成される小さな領域単位に分割し、その領域内の図形に対して各種の処理を並列的に実行する。その後、各処理結果の中から唯一のものを選択し、最後に、各領域ごとに得られた結果を統合することで図形全体を表現している。つまり、本方式では、図面の処理単位がメモリ空間から簡単な1次元アクセスでよび出せる小さな矩形領域に限定され、図形処理は並列演算による高速化が、また、図形の表現は逐次演算による簡略化が実現できるように工夫されている。

2.3 シンボル認識

図-3はシンボル認識のフローである。各処理は設計規則(i)で定義された位置を中心とした矩形領域内の図形に対して実行される。

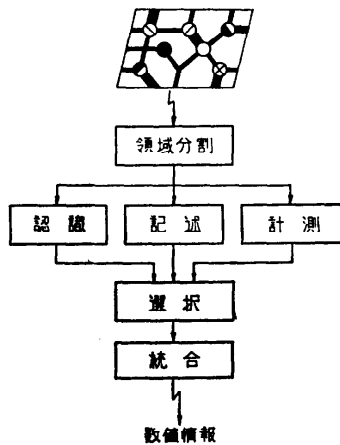


図-2 図形処理のフロー

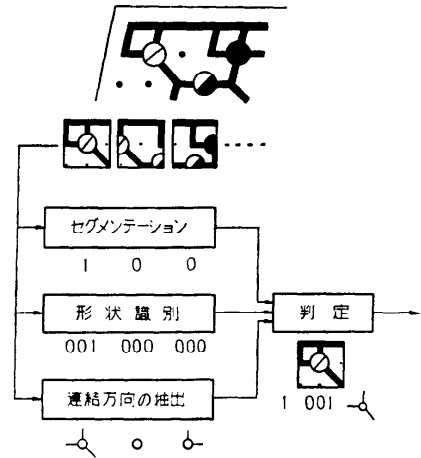


図-3 シンボル認識

セグメンテーションは領域内にシンボルがあるか否かを判定する処理であるが、シンボルや線分の組み合わせから構成される多様な図形構造に対し、背景雑音除去法⁸⁾と名づけた図形分離方式によって、シンボルの有無が判別される。

形状識別は円形で定義された種々の形状をコード名として表現する処理である。特にここでは、手書きによる形状の変化(○=①⊙⊖…), および、位置の変動(中心からのずれ)などが生じ、単純なパターンマッチング手法⁹⁾が適用しづらいという問題がある。そこで本処理では、形状の変化に対しては相対的な特徴量を基本とした特徴抽出法を、また、位置の変動に対しては特徴の安定領域を統計的に決めるような最適化法を導入することで解決している¹⁰⁾。なお、図-4は相対的な特徴量をもとにした形状識別の一例で、⊗と⊕、○と⊙、●と⊖は同一シンボルとして識別される。

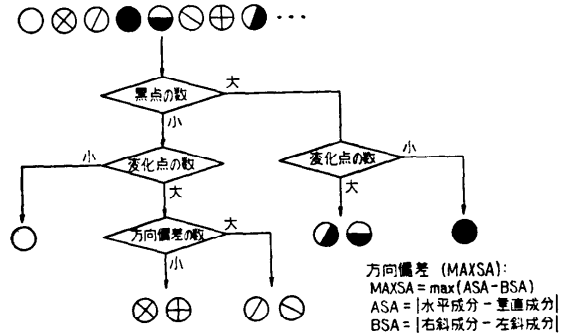


図-4 形状識別の例

連結方向の抽出は領域内の図形が他の領域に対してどのような方向で連結しているかを捉えるもので、ここで求まる情報は、シンボルと線分間の接続を助長する補助的な特徴として利用される¹¹⁾。

判定は各処理結果を統合し、矩形領域内の図形構造をシンボルの認識結果として表現する処理である。各処理は1つの図形に対して並列的に実行され、シンボルの有無にかかわらず何らかの結果が得られる。そのため、この判定処理ではセグメンテーションの結果を優先し、そこでシンボルがあると分かった場合にのみ形状識別および連結方向の抽出結果を取り出す。

2.4 線分の記述

線分は図面上の格子を基準としたベクトルとして表現することが要求され、この実現にあたっては、(1)線分を構成する点列の中で、特に、ベクトルを生成するのにふさわしい点をどのように格子上で捉えるか、(2)格子間の連結をどのように表現するか、などへの配慮が必要である。これらの諸問題に関し、(1)に対しては格子を中心とした小さな矩形領域を定義して格子近傍の図形構造を格子上に表現する、(2)については格子によって囲まれた小さな矩形領域を定義して格子間の連結を決定する情報を領域の中心に表現する、などを基本とした記述方式を構築した^{10),12)}。

図-5はその処理フローで、格子近傍の表現は(1)、格子間の表現は(2)に対応する。本処理ではまず最初に、各領域の表現によって図形全体を格子および格子間を2等分する位置に圧縮して表現する。つぎに、それらを組み合わせ図形全体を格子単位で表現し、さらに、各格子の中から端点・交点・変曲点を捉え、それ

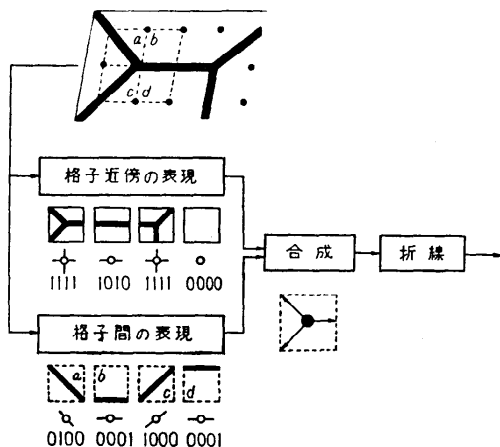


図-5 線分記述

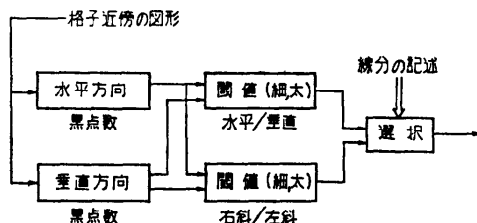


図-6 線幅計測

らによって形成されるベクトル情報を抽出する。

2.5 線幅の計測

図-6は線幅の計測フローである。各処理は線分の記述における格子近傍の表現で用いた矩形領域に対して実行される。特に、ここでは処理の高速化を計るため図形構造を多次元で扱うような複雑な演算を用いるのではなく、領域内の図形を水平/垂直の2方向からみてその黒点数を捉え、それらをあらかじめ設定した水平/垂直、右斜/左斜の各方向成分の線幅閾値と比較する方法がとられている。この場合、各方向に応じて複数個の出力が求まるが、それらは線分の記述結果と合成されて唯一のものが選択される。

3. 手書プリント板パターン図の処理装置

3.1 装置の構成

図-7は試作装置の外観であり、入力機器としてのファクシミリ(FAX)、図形処理に必要なパラメータやコマンドを入力するタイプライタ、ライトペンとTVモニターから構成された対話型モニター部、および、制御部・画像メモリ部・図形処理部・出力部を内蔵した筐体からなっている¹³⁾。

図-8は装置の基本構成である。ここではマイクロ

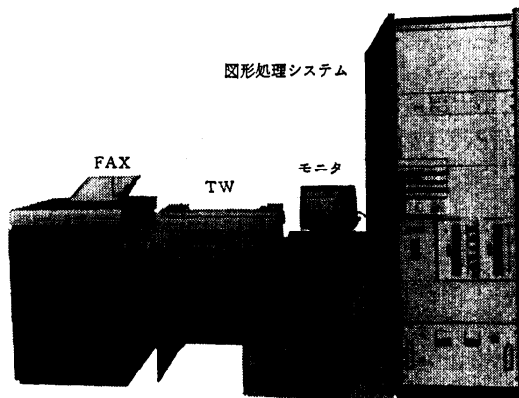


図-7 装置の外観

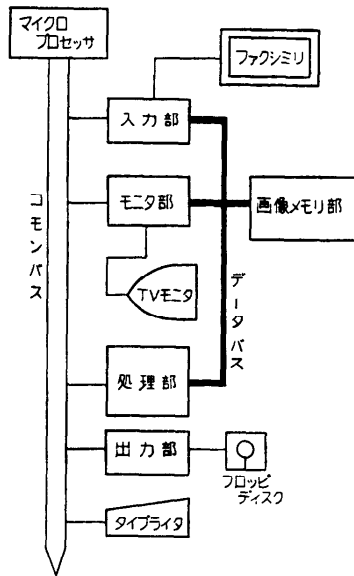


図-8 装置の基本構成

プロセッサが全体の制御を司り、そのコモンバスに各種コンポーネントがチャンネルを介して接続されている。また、2次元画像を直接扱う図形入力部、モニタ部、図形処理部は画像メモリ部を中心とした専用のデータベースで直結されており、画像データの高速度な転送が可能になっている。

3.2 制御部

制御部はマイクロプロセッサ (L-16 A) 上で動作するソフトウェアで実現されており、装置全体を制御する管理プログラムと各部の動作を制御する動作プログラムから構成される。管理プログラムはコモンバスに接続した各部の動作シーケンスを制御し、そのシーケンスに対応して各部へ起動をかけるとともに、各部で発生したエラーのチェックなどを行う。一方、動作プログラムは各部ごとにサブルーチン化しており、それらは管理プログラムに対して応答形式で実行される。各サブルーチンは各部を構成する種々の演算モジュールに起動をかけ、その動作シーケンスを制御するとともに、各モジュールの演算に必要なパラメータを自動的に生成する。

3.3 図形入力部

本部は図面の観測を行う FAX とそ

れに直結した前処理回路からなっている。FAX と前処理回路の間には、FAX の観測系から直接 2 値信号がとり出せるインタフェース回路が設けられており、FAX から入力された図面は 1mm 当り 8 ドットの分解能で前処理回路に転送される。前処理回路は 2 値信号に対して画質の改善や設計時に利用される用紙上の格子の除去を行うもので、 $3 \times 3 \sim 11 \times 11$ の大きさのウィンドウ演算がパイプライン形式で実行できる構成になっている¹⁴⁾。

2.4 モニタ部

第 2.1 節で説明したように、各種図形は用紙上の格子によって構成される座標値として表現されるが、FAX への給紙の際に回転歪みが生じ、必ずしも図面上の座標系と処理装置内の座標系 (画像メモリのアドレス) とが一致しない場合がある。モニタ部はこの回転歪みを補正する手段として設けられた対話型アドレス検出システムである。実際にはあらかじめ図面上の 4 隅に描かれた基準マークを検出するもので、最初に、制御部の命令によって画像メモリ内の内容が自動的に TV モニタ上に表示され、その後、その中の基準マークをライトペンで入力する方法がとられている。この際に、基準マーク付近のみが拡大されて表示できる機能が設けられており、ライトペンでも精度良く入力できるように工夫されている。なお、回転歪みはここで検出されたアドレスによって自動的に補正されるが、この補正演算はその高速化を実現するために、画像メモリ内のすべてのアドレスではなく、図形処理に必要な矩形領域内の 1 つのアドレスのみに適用するだけで、処理領域がアクセスできるように工夫されている¹⁵⁾。ちなみに、B-4 版図面に対して、マーク検出および補正演算に要する時間はわずか 60 秒である。

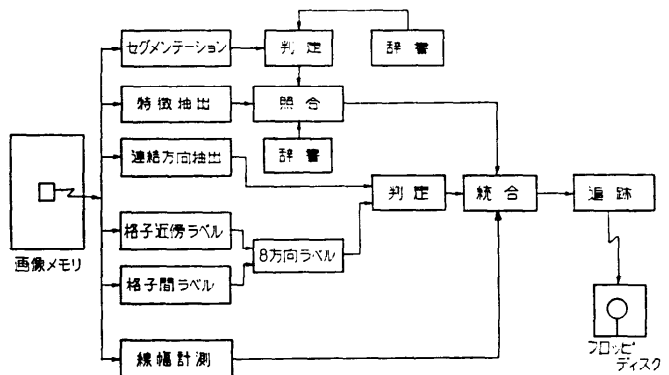


図-9 図形処理部の基本構成

3.5 図形処理部

第 2.2~2.5 節で説明した図形処理方式にそってプリント板パターン図を処理するもので、処理の高速化と柔軟性を考慮し、ハードウェアとソフトウェアを組み合わせた構成になっている。図-9 は図形処理部の基本構成であり、画像メモリ内に格納された画像データはハードウェアによって高速度で処理され、その後、その結果がソフトウェアによって処理されるパイプライン演算形式が用いられている。

◆ ハードウェア

シンボル認識、線分記述、線幅計測に必要な各演算モジュールが並列に配置された回路群の集合で、各回路では図形処理に必要な画像データを画像メモリ部からアクセスしそれぞれの演算を並列的に実行する。並列処理された結果は、判定、照合の各論理に基づいて逐次合成され、それらは最終的に統合演算回路によって1つの処理結果にまとめられる。図-10(a) は本ハードウェアによって抽出される内容で、これらは格子を1単位としたコード情報として表現される。

◆ ソフトウェア

マイクロプロセッサ上で動作するソフトウェアパッケージとして構成されており、格子単位に表現されたコード情報を組み合わせながら、図形全体をコンピュータへ入力できる形態で表現する。ここでは最初に、局所的な演算として、図-10(a)の中からシンボルがあると判定された格子をみつけ、それを隣接した格子のコード情報と組み合わせながら格子間の連結を行う。その後、追跡処理による大域的な演算を行い、シンボル間のネットワークおよびそれを構成するベクトル群を抽出し、その結果を出力機器(フロッピディスク)に格納する。図-10(b) は本ソフトウェアによって抽出される内容で、各種図形は第 2.1 節で説明した規則で表現される。

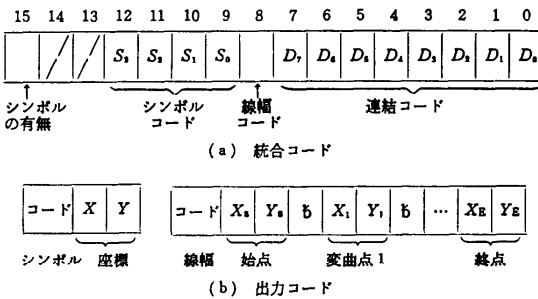


図-10 図形の表現

4. 運用例

4.1 運用システム

図-11 は本装置が実際に導入されているシステム例である。このシステムは手書きされたパターン図面から直接、製造ラインに直結した図面情報を作成するために構築されたもので、手書図面の入力と製造情報の作成とは分散処理によって実現されている。このように、本装置はあくまでも、従来のディジタイザやカードパンチャによる図面入力の省力化および高速化を実現する観点から開発されており、エラーのチェックや修正は後続の CAD システムに任せられている。したがって、システムに入力された手書図面は、図面の自動入力/処理装置によって種々の数値情報に変換され CAD システムへ転送される。CAD システムではそれらのエラーチェックや修正を行い、その後、それを製造ラインに直結した情報として表現する。

4.2 性能

表-1 は本装置の主な性能である。

入力時の傾きは ±5 度まで許容できるが、実際の FAX による回転歪みは ±1 度以内であり、それを充分補正できる値である。処理速度は給紙から格納までを含んだ値であり、これは図面の複雑さによって変るがこれまでの手入力に比べて 15~30 倍の高速化が実

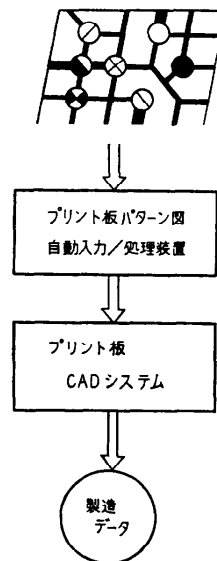


図-11 運用システム例

表-1 本装置の主な性能

項目	性能
図面の大きさ	最大 B-4 版
入力時の傾き	±5度以内
処理時間	3~12分
シンボルの識別	11種類
太さの識別	2種類/1図面
線分の近似	45度間隔
認識率	99%以上

表-2 本装置による図面の認識率

No.	シンボル数	線分数(細)	線分数(太)	合計	正統数	正統率(%)
1	971	999	145	2,115	2,113	99.9
2	979	1,041	141	2,161	2,160	99.9
3	858	801	50	1,709	1,702	99.5
4	855	567	41	1,463	1,455	99.5
5	855	527	2	1,384	1,379	99.6
6	854	240	0	1,094	1,091	99.7
7	854	579	62	1,495	1,487	99.5
8	855	583	33	1,471	1,465	99.6
9	855	413	3	1,271	1,268	99.8
10	855	199	2	1,056	1,054	99.8

現されている。認識率はこれまでの手入力では 95%位であるのに対し、本装置では非常に高精度が実現されている。なお、表-2 は本装置を実際の運用図面に適用した認識実験の結果である。また、付録は図-1の図面を処理した実例で、各図は本装置で求めた数値情報をもとにして、プロッタ上に復元したものである。

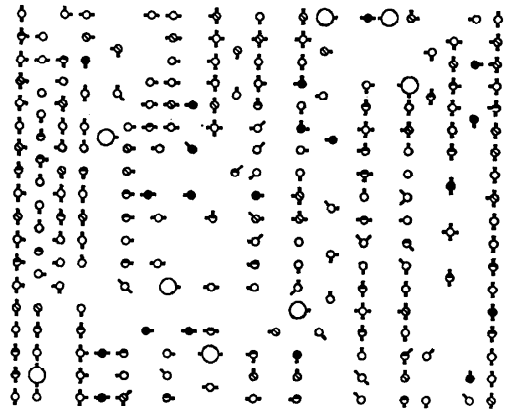
5. むすび

以上本稿では手書図面のコンピュータ入力例として、プリント板パターン図の自動入力/処理方式および装置について述べ、さらに、実際の運用例を紹介した。

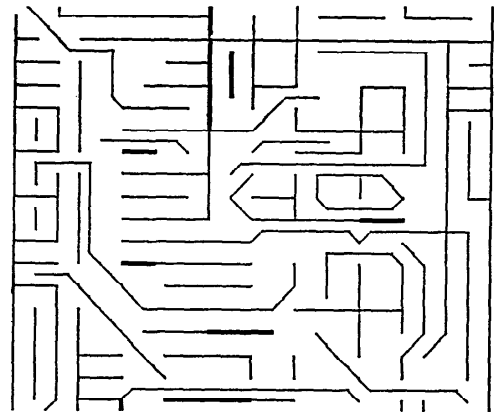
図形処理方式は、現在の図面入力の課題である省力化、高速化を可能にする装置の実現をめざして開発され、その結果、第 3 章で説明した自動入力/処理装置が実現した。本装置は実際の運用システムに導入され、これまでの人間の手作業による図面入力に比べて、処理速度が 10~30 倍であり、かつ、認識率が 99% 以上という高性能であることが確認された。

なお、冒頭で述べたように、この分野の研究は未だ開発途上にあり、今後、方式ならびにシステムの両面にわたり広範囲な技術開発が進められよう。

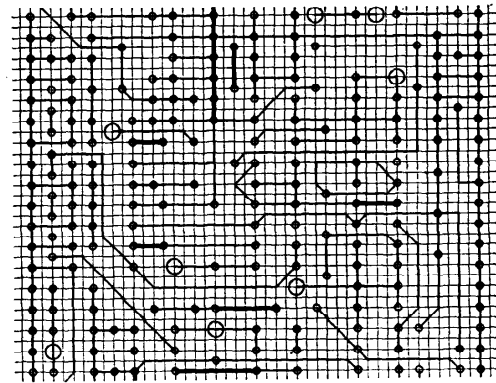
おわりに、日頃ご指導いただく官川部長、棚橋室長、ならびに今回の開発にご協力いただいた塚元部長付、湯浅課長をはじめ、方式および回路設計を担当した関



a. シンボル認識



b. 線分記述 & 線幅計測



c. 統合

付録 装置による図形処理例

係各位に深謝する。

参 考 文 献

- 1) 企画センター発行：図形処理用入出力機器一覧，ビジネス・コミュニケーション，Vol. 17, No. 7, pp. 74-76 (1980).
- 2) マイケル・ボラン：ピン配置の互換性を考慮したバイト構成メモリーファミリ，日経エレクトロニクス，5-26 (1980).
- 3) 木内：撮像，テレビジョン学会誌，Vol. 34, No. 7, pp. 653-657 (1980).
- 4) 木戸出：画像処理ハードウェア，情報処理，Vol. 21, No. 6, pp. 620-625 (1980).
- 5) Shuto, T., Watanabe, Y. and Kikuchi, Y.: Color Graphic Design for IC Mask, Proc. of Comcon Fall '79, pp. 280-286 (1979).
- 6) 長田，吉田，岩田：線図形の記述方式，電子通信学会研究会資料，PRL 79-50, pp. 27-36 (1979).
- 7) 榊井，井上，長田，吉田：プリント板パターン図の自動入力方式，昭和 55 年度電子通信学会全国大会論文集，1265 (1980).
- 8) 松浦，吉田，岩田：地図上の対象物の認識，昭和 55 年度電子通信学会全国大会論文集，3-341 (1980).
- 9) 坂井著：情報処理とその装置，日刊工業新聞社，pp. 203-256.
- 10) 長田，井上，榊井，松浦，吉田：線図形の読み取り方式，電子通信学会研究会資料，PRL 80-32, pp. 39-46 (1980).
- 11) Masui, T., Shimizu, S. and Yoshida, M.: Recognition System For Design Chart Drawn on Section Paper, 5-th Inter. Joint Confer. Pattern Recognition (1980).
- 12) 岩田，吉田，松浦：格子点による図形の近似方式，電子通信学会全国大会論文集，105 (1979).
- 13) 吉田，榊井，長田：手書き図形の入力/処理装置，昭和 55 年度電気四学会連合大会，pp. 51-54 (1980).
- 14) 吉田：2次元演算回路を内蔵した図形処理システム，日経エレクトロニクス，8-20 (1979).
- 15) 清水，榊井，長田，松浦，吉田：設計図面の自動入力/処理装置，電子通信学会研究会資料，PRL 80-53, pp. 97-103 (1980).

(昭和 55 年 12 月 17 日受付)