

手書図面読取装置

FLEXIBLE READER FOR SKETCH

恒川 尚 吉野 義行 森 和宏 岡崎 彰夫
 Shou Tsunekawa Yoshiyuki Yoshino Kazuhiro Mori A kio Okazaki
 東芝総合研究所
 Toshiba Reserch and Development Center

Abstract - The design concept of flexible reader for sketch is described. This reader has been designed on the basis of a hierachical processing architecture, which contributes to speeding up recognition processes and to easing the sketch interpretation programings. The hierarchy of the processing units is structured with high-speed and low-level processors, a programmable processor with quick image data access capability and a high-level processor. Also, described is an experimental study on sequence diagrams which has demonstrated the advantage of this architecture.

1. まえがき

設計、製造業務におけるCAD/CAMの普及に伴ない手書設計図面の自動入力に対するニーズが高まっている。筆者等は、既にCRT画面の設計図を自動入力するための読取装置を開発し報告した¹⁾。この装置は、図面を画素の単位に分割し複合類似度法により認識するものであった。又、プリント基板のパターン図²⁾、LSIセル図³⁾等の特化した図面読取装置も開発されている。しかし、これ等で採用されている方式は制約の強い図面しか取扱うことができず、制約の少ない自由手書図面については基礎的な研究^{4),5)}がなされているにとどまっていた。

そこで、より広範な図面を読むための研究開発を行うこととし、その第1ステップとして、図面読取に汎用的に使用できるハードウェアシステムを開発した。本報告では、①システム設計にあたって想定した図面読取の基本手順 ②基本手順を実現するために適したハードウェア構成 ③開発したハードウェアを用いた、シーケンス図読取の基礎実験 について述べる。

2. 図面読取装置の基本手順

汎用性を旨とするためには、各種の図面を認識処理するための基本的な手順を想定しておく必要がある。とは言え図面上に書かれる図形の性質は、多岐であり、処理手順の汎用性や最適性についての議論はできそうもない。ここでは、直観的に良さそうだ、あるいは選択の問題ということで基本的な手順を設定する。

2. 1. トップダウンな解析手法

図面上に書かれる図形要素を、文字、シンボル、接続線の3つに分ける。このために、各要素の基本的な性質として、
 ①文字・・・孤立小図形 ②シンボル・・・複雑、連続 ③接続線・・・単純、連続を仮定する。表1に示すように例外はあるが例外対策は別途検討する。

		文字	シンボル	接続線
	孤立性	◎	分離部分 孤立型	破線、鎖線
連続	複雑	接触	◎	高密度配線
	単純	—	—	◎

表1. 図形要素基本的性能と例外事項

2. 2 逐次処理による分離

3つの構成要素の分離は第1に孤立した図形を抜き出し、次に複雑な図形を抜き出し、残された図形を接続線とする。

この方式をとることによって処理のモジュール性が得られる。又、図形要素の多数ある時点では孤立性の検証のような単純なアルゴリズムを用い、図形要素の減少した時点で、セグメント抽出のような複雑なアルゴリズムを用いることができ、処理が効率的に行える。

以上述べた考えに基づいて構成した図面認識の基本手順を図1に示す。トップダウンによる逐次処理では、分割時の誤りが生じる。このような誤りに対応するため各要素の処理の中で矛盾を生じた場合、他の要素処理への引き渡しを可能にしておく(図1. 点線矢印)。

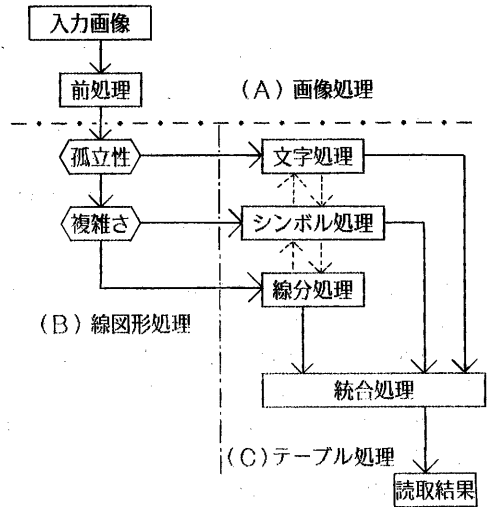


図1. 図面読取の基本手順

2. 3 処理の階層構造

図1に示した基本手順の性質についてみると3つの部分に分けることができる。第1は(A)で示した部分で、入力された図面を画像として一様な処理を行なう画像処理、第2は(B)で示した部分で、画面中に記入された線分に沿って処理を行う線図形処理、第3は(C)で示した部分で、線図形処理によって得られた線セグメントのテーブルを処理するテーブル処理である。

これら(A), (B), (C)の処理は、処理の一樣性、処理量、処理の対象に特異性がある。表2.にこれを示す。

従って処理の性質に合わせ、階層構造を持ったシステムにすることが処理の効率化とソフトウェア開発の容易化のために必要と考えた。

	(A) 画像処理	(B) 線図形処理	(C) テーブル処理
一樣性	一樣	非一樣、単純	複雑
データ量	膨大	中量	中量
対象	画像メモリ	画像メモリ	テーブルメモリ

表2. 各処理の性質

3. システム構成

3. 1. 3階層のシステム構成

図面認識の基本手順の階層構造に対して、一対一に対応する3階層のシステム構成を採用した。図2. にその概念図を示す。

専用ハードウェアはフレームメモリ上の画像を処理し、画像の変換を行う。

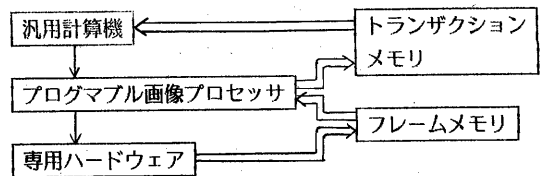


図2. 3階層のシステム概念図

プログラマブル画像プロセッサは、専用ハードウェアの制御を行うと共に、フレームメモリ上の線図形に沿う処理を行い線分セグメント情報をトランザクションメモリに書き込む。汎用計算機は画像プロセッサの制御を行うと共に、トランザクションメモリ上のセグメント情報をテーブル処理し、認識を行う。

プログラマブル画像プロセッサを中間に置いた3階層の構成は、図面読取のように、非一様な線図形処理が重要な役割を持つシステムにおいては、フレームメモリのアクセスとハードウェア化の困難な処理を効率良く実行するうえで効果を発揮する。図3.により詳細なシステムの構成図を示す。主たるハードウェアについて3.2.以降簡単に述べる。

3.2. 汎用計算機

本システムの核となる図形の認識のためのテーブル処理を行う。画像プロセッサ及び画像プロセッサを介して専用ハードウェア群の制御を行う。又、認識結果を外部計算機へ引き渡すためのファイル管理、通信制御を行う。

ハードウェアは16ビットの1ボードミニコンを使用している。主記憶は512KB、言語はFORTRANとアセンブラである。

3.3. プログラマブル画像プロセッサ

汎用計算機の制御によって線図形処理の実行、及び3.4.に述べる専用ハードウェアを制御し図面の入力、前処理等を実行する。ハードウェアはAMD社の4ビットスライスALU2903とシーケンスコントローラ2910を中心に構成した16ビットマイクロプロセッサで1ステップを240nsecで実行する。命令は1語64ビットであり、専用ハードウェアの制御が効率良くできるように工夫されている。

3.4. 専用ハードウェア

3.4.1. フレームメモリ

本システムでは、処理のモジュール性の良さ、柔軟性を重視し、対象図面と直接対応するフレームメモリを持つことにした。検討すべきことは、画像入力のサンプリングピッチと図面用紙のサイズから決まるメモリの大きさである。

通常の図面では、美観の意味から、12本/mmのピッチが必要とされているが、0.5mmのシャープペンシルで記入した線情報は4本/mmで読むことが可能である。又、サインペン等で書いた太い線では2本/mmでも充分であるし、プロッタで書

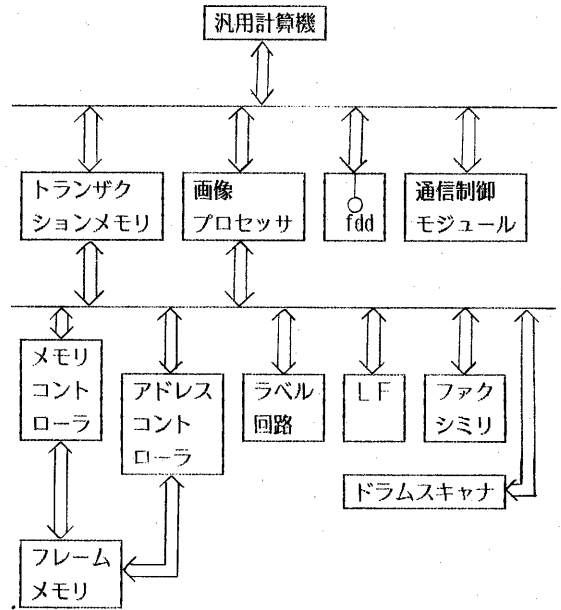


図3. 図面読取装置のブロック図

いた細線、マイラ紙に書いた線では、20本/mmが必要となることもある。

図面の用紙については、A3～A0が使用されている。取扱い易さの面から最近では図面用紙のサイズは小さくなる傾向があり、A3を標準とするところが増加している。

このような現状からサンプリングピッチ8本/mm、A3判サイズの図面を認識することを標準とし、64KビットDRAM128ケを1ボードにのせたフレームメモリとした。フレームメモリは図4.のように3枚とし、各々を入力、出力、ワークとして用い、余白もワークとして用いる。このフレームメモリを標準とし、メモリボードを追加することにより希望のサンプリングピッチ、図面サイズに対応が可能となっている。

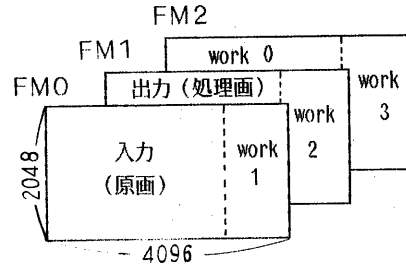


図4. フレームメモリのマップ

3. 4. 2. アドレスコントローラ

フレームメモリのアクセスを高速化するためにアドレスコントローラの機能は大きな役割を果たす。設置したアドレスコントローラの機能は3つある。

(1) スタック機能

3枚のフレームメモリを任意の組合せの複数のメモリ(1～3ビット)としてアクセス可能。

(2) アフィン変換機能

表4に示す8ケのパラメータを設定することで自動的に縮小、拡大、回転に対応するアドレスを供給する。

(3) 8近傍移動機能

表5に示す、1から8の数字で指定された方向に移動するアドレスを供給する。

(4) 近傍探索機能

表6に示す2ケのパラメータを設定することで指定距離の近傍アドレスを供給する。

以上の機能を持ったアドレスコントローラを3台持っており、同時に異なるアドレス間の演算を連続的に処理可能としている。

S_x, S_y	開始座標	
U_x, U_y	単位ベクトル	
N_u	Uの繰り返し数	
F_x, F_y	戻りベクトル	
N_f	Fの繰り返し数	

表4. アフィン変換のためのパラメータ

S_x, S_y	開始点	
M	方向指定	

表5. 8近傍の直接読出しと移動機能

C_x, C_y	中心座標	
D_x, D_y	中心からの距離	

表6. 近傍読出し機能

3. 4. 3. ラベリング回路

連結した図形の面積、広がりを求めるために使用する。通常ラベリング回路では、ラベル番号をフレームメモリ上に書き込むが、図面のように要素数の多い画像では、ラベル番号に対応するだけのメモリのビット数を持つことは経済的ではない。ここで採用したラベリング回路では、ラベル番号、連結図形の開始点(左上点)及び、連結図形を囲む領域座標と面積を図形の属性としてテーブル化する機能とした。

3. 4. 4. 論理フィルタ回路

入力画像の前処理を行う論理フィルタは4 X 4で、ゲートL S I⁶⁾で構成されている。主として拡張、縮退処理による線の接ぎ処理、穴埋め、孤立点除去を行う。論理フィルタのテーブルは、画像プロセッサから書き換えでき、各種の目的に使用可能である。

3. 4. 5. 入出力インターフェイス

入力図面のサイズに応じ2種類の入力と出力のコントローラを設けた。

(1) ファクシミリ

A3判以下の操作性の良い簡易な入出力装置として現在ファクシミリに勝るものはないと考えられる。又、電話回線を介して遠隔地の入出力も用途を広げる。このような観点から商用ファクシミリに対するインターフェイスを持たせた。

(2) ドラムスキャナ

上述のようにファクシミリは簡易という大きなメリットがあるが、現状では色情報がとれない、精度が悪く、A3判以上は入力できないという欠点がある。これらの補助入力装置としてドラムスキャナのインターフェイスを持たせた。ドラムスキャナの性能は表7のとうりである。

解像度	最小 20本/mm
位置精度	100u (全幅)
サイズ	最大 B1サイズ
転送速度	10分/A1判
色情報	R, G, B分解8bit

表7. ドラムスキャナの性能仕様

4. シーケンス図読取への応用

シーケンス図は電気器具の制御に関する接続状態を示す図で、シンボル、接続線、文字から構成される。表8にシーケンス図の特徴を示す。このような典型的な回路図面に対し、3階層構成の本システムを適用しプログラム開発の容易性、処理効率についての評価実験を行った。

シンボル	大きさは比較的一定している	
	回転は4方向のみである	
	1部を除いて線図形である	
	文字と組み合わせて、シンボルを表わすものもある	
線分	シンボルからは、通常入出力線として実線が出る	
	接続線は水平か垂直のみである	
文字	シンボルの属性情報を表わし、水平か垂直の文字列として記入	

表8. シーケンス図面の特徴

4. 1. 専用ハードウェアによる前処理

A3版の用紙に書いたシーケンス図（図9. にその一例を示す）を8本/mmの分解能のファクシミリで入力した。前処理は次の内容について行った。

- (1) 論理フィルタによる孤立点の除去、穴埋め、接ぎ処理
- (2) ラベル回路による連結成分の面積、外接長方形の座標テーブルの作成

4. 2. 画像プロセッサによる文字分離とセグメントテーブルの作成

① 文字の分離・・・ラベル回路でつくられた連結成分のデータを用い、先ず一定面積以下は雑音成分として原画より消去する。次に面積と外接長方形のサイズが文字として適当な図形を孤立した文字画像として原画より分離し、文字識別部に転送する。図5. に文字分離の例を示す。

② 細線化・・・輪郭追跡を行いながら、各輪郭点について除去の可否を判定し細線化する逐次処理方式を採用した。論理フィルタによる一様処理は、手書シーケンス図面のように塗りつぶしがあったり、線密度が低い図面では処理効率が悪いからである。

③ 細線図形の特徴検出・・・細線図形上をたどり、端点、分岐点、屈折点、黒塗り点の検出を行う。黒塗り点は4分岐における接続と交叉の判別、及びケーブルを表わす黒丸の検出のために用いる。黒塗り点の抽出は、細線図形上の注目点に対し、原画上の $n \times n$ 内の黒点数を計数し、一定値を超える点とした。

④ セグメントテーブルの作成・・・特徴点で区切られた線図形をセグメントとし、その接続関係を双方向のポインタで接いだテーブルを作成する。セグメントの属性として、そのセグメントに外接する長方形の座標、終端の条件等を記入する。
このセグメントテーブルはトランザクションメモリ上に作られ、汎用計算機と共有する。

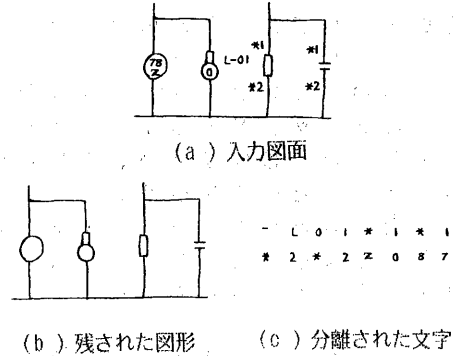


図5. 文字分離の例

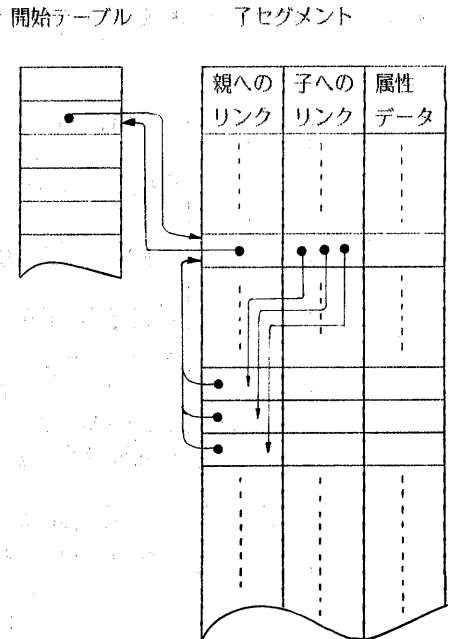


図6. 図面図形のセグメントテーブル

4. 3. 汎用計算機によるテーブル処理

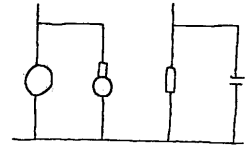
① サブシンボルの抽出・・・ループ、孤立セグメント、短セグメント、塗りつぶしの4つのサブ図形をサブシンボルとしてテーブルに登録する。

② サブシンボルの統合・・・抽出されたサブシンボルの組合わせをサブ図形の種類、図形間距離及び接続関係の3つを用いて1つのシンボルに属するか否かを判定し統合する。

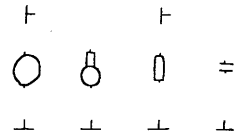
③ シンボルの認識・・・統合後の図形に含まれるセグメントから構成される部分グラフについて構造解析を行い認識する。

④ 接続線解析・・・セグメントテーブル中のシンボルとして処理されなかったセグメントのすべてがシンボル及び接続線の分岐点、折れ点間の接続を表わすセグメントである。図7. に処理の経過を示す。

⑤ 文字処理・・・文字処理は図8で示す手順で実行される。図面から分離された文字は、文字認識部の中で文字コードと位置座標を持ったテーブルとされる。次に各文字間の上下左右の距離情報に基き近いものから順に寄せ集め一定距離内の文字群を文字列として順序づける。文字列の外接長方形を設定し、その文字列が帰属する対象をシンボル、接続線の中から選択する。



(a) 入力図面



(b) 接続ノード

図7. 接続解析の例

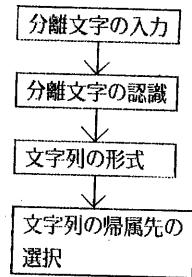


図8. 文字処理の手順

5. まとめ

手書き設計図面を読取るために適した3階層の構造を持ったシステムを開発した。システムの有効性を検証するため、シーケンス図読取の基礎実験を行った。組込んだソフトウェアは初歩的なものではあったが、処理効率、プログラム開発のモジュール性の良さ、容易性のいづれについても充分な結果が得られた。図9. に本システムで読取り再構成したシーケンス図面の一例を示す。この程度の密度の図面の読取りに要する時間は、約70秒である。又、汎用計算機上のテーブル処理プログラムを変更することによって、論理回路図、マスクパターン図、地形図等、多くの図面を読むことへの見通しを得られた。

今後の課題として改良すべき点を挙げると

- (1) 孤立性では分離できない文字のセグメンテーション
- (2) 大きさの不定なシンボルについてのシンボル切出し
- (3) 文字、シンボル等の孤立図形の存在する中での破線、鎖線の処理
- (4) 図形要素の増大に伴なう、処理速度の低下、メモリの不足への対策
- (5) 切れ、つぶれ、用紙のノイズ等、品質の粗悪な図面、より下書き性の強い図面への対応

これ等は、図2での基本手順における分離アルゴリズムの高度化と共に点線矢印で示した、フィードバック系のアルゴリズム開発が必要と考える。

