

分割と統合による図面認識方式

表示画面設計図読取装置への応用

恒川 尚・吉野 義行・森 和宏 (東芝総合研究所)

染井 浩二・建部 周二 (東芝府中工場)

1. まえがき

数年前より、図面の自動入力に対する研究開発が行われるようになってきた。^{1)~5)} これは、計算機による図面データの処理や管理が普及したことによりデータ入力を効率化したいというニーズとOCR、画像処理、線図形処理、認識という基盤技術の進歩が合致したことによると考えられる。

ところで自動入力の対象となる図面には多くの種類があり、これ等を幾つかの観点から分類することができる。その一例として図面の持つ意味情動的観点から分類したものを表1に示す。

情報の種類	具体例	特徴
複雑な形状	機械図	概念的
	LSIマスク図 プリント板図	具体的
簡単な形状と接続	表示画面図 織柄デザイン図	面素の概念あり
複雑な接続	回路図 フローチャート	ラフスケッチによる 自動入力が有効

表1 図面の持つ情報による分類

又、図面の持つ表層的な性質、例えば図面用紙の大きさ、記入のていねいさ、シンボルの種類の多少等により分類することも可能である。表1のような意味による分類と表層的な性質による分類を組合せた時同一のカテゴリに入る図面はその具体的応用例にかかわらず同一の手法で自動入力が可能と考えられる。本報告では、制御用計算機システムの設計部門から強い要

求があって開発した表1の2番目に属する表示画面設計図の自動入力装置について述べる。

第2節では表示画面設計図について第3節では図面の記入法、シンボルと色認識について、第4節では2次元の接続ルールを用いた誤り訂正、第5節では装置の概要について述べる。

2. 表示画面の設計図

2.1. 自動化の背景

発電・ガス・上下水道等の各種制御システムでは処理の高度化とオペレータとのより良いコミュニケーションを図るためにCRT表示が多用されるようになった。図1はこのような表示画面の例である。用意すべき表示画面は複雑化し数も増大しつつある。画面の作成は当初人手によるコーディングが中心で時間も1画面当たり8時間程度を要していた。

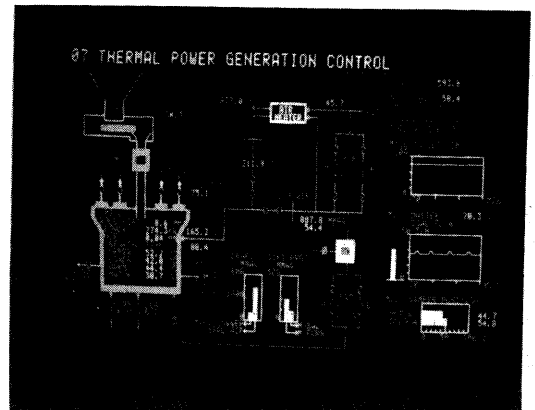


図1 制御システムの表示画面例

その後、表示画面データ作成のためメニュー方式による対話型入力装置を開発し、表示画面データ作成の効率化に

努め、1画面当たり1.5時間程度とすることができた。しかし必要とする画面の枚数は増加を続け、座標をタブレットで拾い入力する方式は限界に達した。このような状況を打開するため昭和54年度より、画面データの初期入力を自動化し、大巾な効率の改善を試みることとなった。

2.2. 表示画面データの内容

図1は静止画の例であるが、一般にオンライン制御ではプロセスの状況に応じてダイナミックに表示画面を変化させるのが普通である。このため表示画面データは、静止状態を示すデータと動的な変化を表す附加的データから構成される。表2に表示画面設計図中に含まれるデータの内容を示す。

静止図	動画
1) 図形シンボル	1) カラー変化
2) カラー 8種	2) プリント
3) マイクロシンボル	3) 図形交換
4) キャラクタ(仮名・漢字)	

表2 表示画面設計図の持つ情報

3. データ入力の自動化方式

3.1. 図面の記入法

表2に挙げた項目についての入力には次のような問題があった。

①色情報入力：書き直しができる色筆記具としては通常色鉛筆しかない。しかし色鉛筆は芯が軟かく塗りムラが大きく線巾も太くなるため、色鉛筆で書いた小図形を自動認識することは困難である。

②付属情報：シンボルを記入した図面中に動画情報等を書き込むことは複雑になり過ぎる。

①②の問題を解決するために次のデータ入力方式とした。

1) 入力データを2枚の図面に分け

て記入する。

ii) 第1図面は文字・シンボル指定図面とし、0.5mmのシャープペンシルを用いて記入する。

iii) 用紙上に100×50のます目(3.5mm×5mmCRTの画素に対応)を印刷し、ます目に合わせてシンボル図形を記入する。但します目毎に切り離して書く必要はない。

iv) 第2図面は色及び付属情報指定図面とし市販の色鉛筆により記入する。

v) 第2図面は重書きを可能とするため薄手の用紙を用いる。

vi) 第2図面はます目をさらに4分割し、色鉛筆で色を指定すると同時にどの分割に色を塗ったかで16のコードを表わす。

i)~vi)のように2枚の図面に分けることは、従来の画面設計においても先ず白/黒の図案を考え、その後色付けするといった段階を踏んでいたので設計工数の大きな増加にはならなかった。

3.2. 第1図面の認識

3.2.1. 認識方式

図面認識は図2に示すように線分の構造認識を行うのが一般的である。

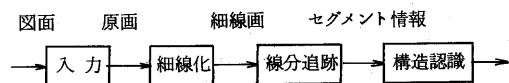


図2 構造認識による図面読取

しかし画面設計図では

①シンボル中に多数の塗りつぶし図形を含んでいる

②線分の太さに種類がある

③シンボルの増設・変更が容易にできる認識方式である

という問題があり必ずしも線分の構造による認識が有効ではなかった。一方セミグラフィックスCRTでは画面データが明確な画素の概念を持っている

ため、画素に切り分けて認識が可能であった。そこでパターンマッチング手法に基づく類似度法⁶⁾を用いることとした。図3に類似度法による図面認識の概念図を示す。



図3 類似度法による図面認識

類似度法による認識は図形の変形、ズレに弱く、ていねいに図面を書くことが必要となり充分満足とは云えない。しかし先に挙げた①～③を満足しており、さらに第4節で述べる誤り訂正が容易に行えるという長所を重視し、類似度方式を採用した。

3.2.2. 基本シンボルの選定

種々の制御システムで使用されている表示画面のシンボルは数百種類に及んでいる。そこで先ず使用頻度の高い基本的なシンボルを選定しこれを対象に読取装置を開発する。一方認識シンボルを容易に拡張できるように、サンプル収集機能と辞書作成機能をシステムとして持たせ、各シンボルが必要となった時点で適宜、変更増設を行う方針とした(図4参照)。

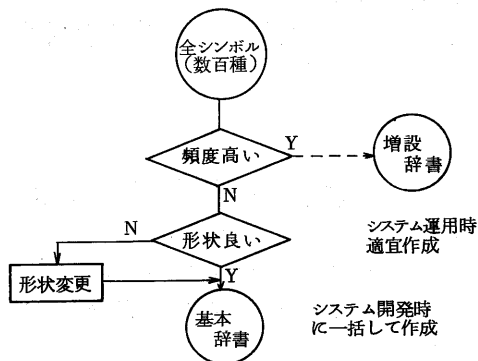


図4 辞書作成の基本構想

選定された基本シンボルは英数字、特殊文字44種と図形シンボル56種

の合計100種である。56種の図形シンボルを図5に示す。

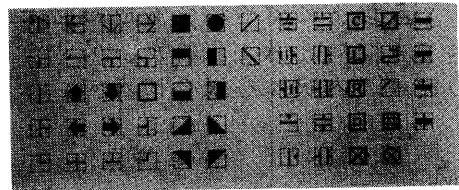


図5 56種の基本図形シンボル

先に述べたように塗りつぶし図形14種、太線図形4種を含む。一方、パターンマッチング時に位置・大きさの正規化で問題となる部分図形(ます目一杯に書かれない)を16種含んでいる。

3.2.3. 位置・大きさの正規化

パターンマッチングで問題となる位置ズレ・大きさの正規化方式としてOCRで使われる2値化図形の外接4辺形を作り正規化する方式は、部分図形が多いことからあまり有効でない。又将来のシンボル増設を考慮すると図形に基く自動正規化は無理があると考えた。

そこで図面用紙の両端にます目と対応する目盛を印刷しておき、この目盛を拾出して紙の伸縮、傾きの補正を行いますます目を正確に切り出すこととした。同時にシンボル記入者をます目に内接するよう定められた大きさで書くよう指導することとした。

3.2.4. 基本辞書の作成

辞書は複合類似度法に基き作成した。概要は次のとおりである。

① サンプル：設計者100人から100個のシンボルの各々につき10個以上のデータを収集し合計116274個をサンプルとした。

② サンプルの4/5をトレーニングデータとし辞書を作成した。

③ 残りの1/5をテストデータとし辞書の性能評価を行った。各シンボル

についての標準パターン数を3.5.7と増やした時の正答率は図6のとおりであり、7枚以上に増やしても成績向上は期待できないと考えられた。又、この時の成績の内訳を表3に示す。

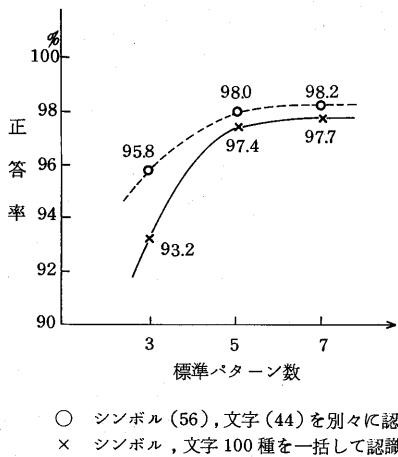


図6 100種の基本シンボルの正答率

O K	個	%
	113,118	97.2
CONFLICT	1,157	1.0
REJECT	644	0.6
ERROR	1,355	1.2
TOTAL	116,274	100

(標準パターン7枚、シンボル・文字一括)

表3 基本シンボル100種の認識結果

3.2.5. 辞書の区分化

図6の0はシンボルか文字かを予め教えておいて判別した時の成績であり、0.5%向上している。このように辞書を区分し、適用することで成績を向上させることが可能である。辞書の区分は、JOB単位であれば、FDDのシート交換で、図面単位であれば端末から指定し辞書メモリの内容を交換することで実現できる。しかし、文字と図形シンボルのような場合には、まず目単位での指定が必要となる。本読取方式では、第2図面を使ってまず目毎の辞書区分指定が可能である。そこで予

め辞書をページに区分し、先ず第2図面を入力し各ます目のページを指定する。その後で第1図面を読むことにより辞書の限定を行うこととした。

図7にこの方式を実現するためのハードウェア構成を示す。辞書は4区分迄可能とし、ページレジスタに区分の定義を書き込む。又ページ指定情報は1行分ずつレジスタに書き込む方式となっている。

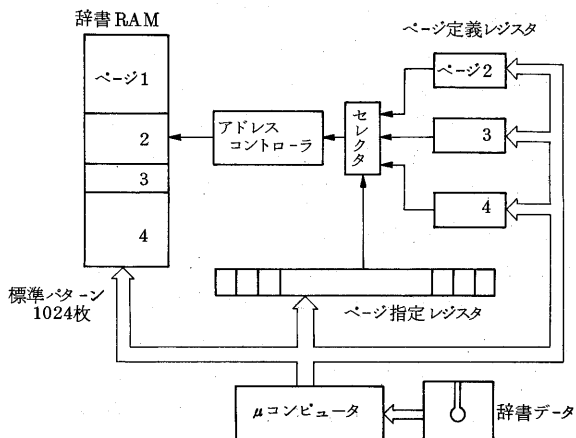


図7 辞書のページ指定ハード

3.2.6. 辞書作成のルーチン化

辞書作成をルーチンとして可能にするため、図8のように読取装置中の切り出しパターンをサンプルデータとして取り出す機能を付加した。

1つのシンボルについて辞書を作る

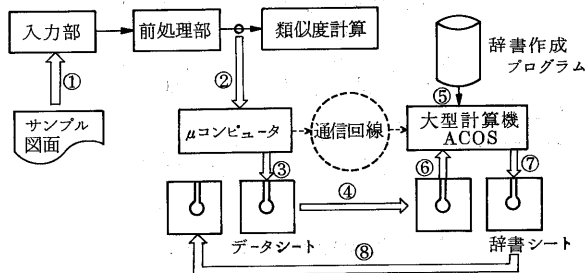


図8 辞書増設の手順

ためには100~1000程度のサンプルが必要である。1枚の図面用紙には5000個のシンボルが記入可能であり、約5分で入力可能であるから、サンプルデータの収集はきわめて短時間で可能である。

収集データは、編集装置を介してオンラインにより転送することも可能であるが、通信速度が充分でないためあまりメリットがない。現在のところは一旦、FDDのシートに移してオフラインにより処理する方式を採用している。

3.3. 第2図面認識

3.3.1. 色の対応付け

制御システム用のCRTはR, G, B 3色の混合色8色が表示できる。これ等に対応する色鉛筆の色を仮に表4のように定めた。

CRTと紙では背景の明暗が反転しているのので、白黒が反転させてある。又黄色はうすく大変見えにくい色なので橙色に置き換えてある。

カラ-CRT	色鉛筆
無色(暗)	なし
赤	朱
緑	緑
黄	橙
青	青→ぐんじょう
紫	紫
シアン	水
白	黒

表4 表示色と色鉛筆の対応

3.3.2. 判別方法

各色の反射光の持つR, G, Bの成分比による判別実験を行った。図9は図面用紙のます目を示す。先に述べたように色塗りはます目を4分割し、各4半分のどの部分に色塗りがしてあるかで、16種のコード(エリアコードと呼ぶ)を表わすことにしている。

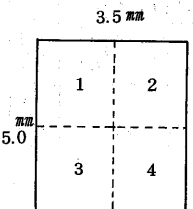


図9 ます目

普通に色鉛筆で色塗りした場合には

塗りムラが生じる。従って各点毎に色塗りの有無の判定を行い色塗りのしてある点についてのみR, G, B成分毎の濃度とを各4分割内について計算しRs, Gs, Bsとする。このRsとGsを総濃度とT = Rs + Gs + Bsで正規化し各々をr, gと表す。

各色について100個のます目を色塗りしr, gを算出し作成した2次元分布図を図10に示す。

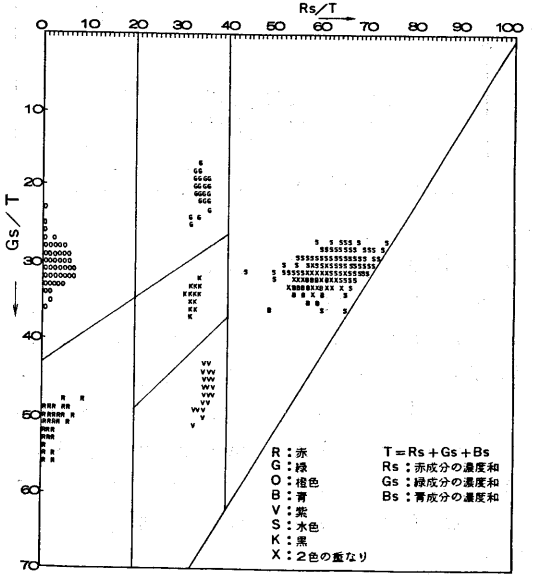


図10 Rs/T, Vs, Gs/Tの2次元分布

図10より、水色と青色を除いて十分な判別が可能であることが分る。水色と青色は色相的には類似しているので、RGBの成分比のみでは困難と考えた。絶対的な濃度情報をパラメータに加えることにし、その場合さらに差が大きいと考えられるぐんじょう色についても同様に実験した。

3色についてgを横軸、Gsを縦軸にとった2次元分布図を図11に示す。各3色は互に隣接し、確実な判別は困難であると結論し、青色をぐんじょう色に置き換えることとした。このようにして定めたのが、表4である。

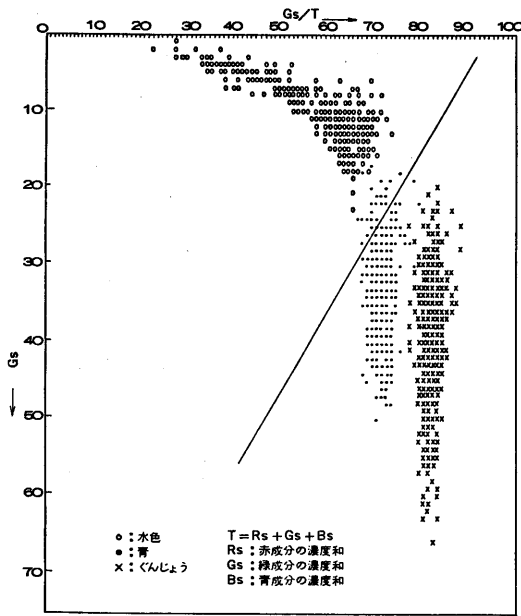


図 11 $G_s/T, V_s, G_s$ の 2次元分布

4. 認識結果の誤り訂正

4.1. 誤り訂正の条件

先に述べたように、画素に分割し類似度法による認識方式を採用したことにより以下に述べる2次元上の接続ルールを用いた検証、誤り訂正が容易に行えることとなった。ここで述べる誤り訂正は次の条件のもとに考えられている。

① シンボル i ($i=1, 2, \dots, N$) に対し上下左右に接続可能なシンボルが定義されており、接続可能シンボル数は N に対し充分小さいものとする。本報告における基本シンボル 56 個についての平均値はわずかに 2.3 個である。

② 画素の認識結果は各シンボルに対する類似度 S_i ($i=1, 2, \dots, N$) で与えられている。

③ 認識結果として採用する最小許容類似度 S_{min} が定められている。

④ 類似度の大きい順に並べた時、第1位との類似度差 ΔS について最大許容 ΔS_{max} が定められている。

④ の条件は、シンボル 56 個についての実験において、第1位が正解であ

る確率は約 98% であったが、第3位迄に正解が含まれる確率は 99.8% 以上であり、2位、3位が正解である場合類似度 S は大きな値であり、かつ ΔS が小さいという事実に基いている。

4.2. 誤り訂正の準備

4.2.1. スコア画像の作成

各画素に類似度が第1位であるシンボルを埋め込む。この時第1位の類似度が S_{min} 以下であれば Reject とする。

各画素について上下左右のシンボルとの接続関係を調べ接続が不能な画素数を調べる。この時、Reject は数に入れない。この接続不能画素数をスコアと呼び、各スコアを2次元状に配列したものをスコア画像と呼ぶ。

4.2.2. スコア画像の性質

すべての画素が正しく判定されていれば、スコア画像は全面 0 となる。

スコア画像は、1つの画素が誤っていると上下左右の4画素に対して影響を与え、正しく認識されている画素についても 0 とならないことがある。接続を許すシンボルが1個しかない最も固いルールの場合には、1つの孤立した誤りがあると図 12 (a) のようになる。又、誤りが塊りとして発生し、誤り同志が偶然接続可能でなければ図 12 (b) のようになる。

0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	4	1	0
0	0	1	0	0
0	0	0	0	0

(a) 孤立誤り

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0
0	1	4	4	1	0	0
0	1	4	4	4	1	0
0	1	4	1	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

(b) 塊誤り

0	0	0	0
0	1	1	0
0	0	0	0

(c) 接続ルールがゆるい場合の孤立誤り

図 12 スコア画像の例

1方ルールが極端にゆるい場合には誤っていてもスコアが0になることが起き、1つの孤立した誤りが図12(c)のようになることもある。

4.2.3. 誤り訂正画素の順序

接続ルールが固い場合には、スコア1に隣接するスコア4の画素について逐次誤り訂正を実行すればよい。しかし図12(c)のような場合には、スコア1でも誤り訂正の対象となる。

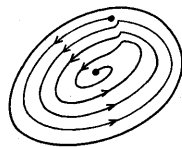
以上のような考察から誤り訂正画素の順序は次の手順により決定する。

① 0以外の画素の連結成分を島と考える。

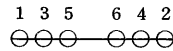
② 島の輪郭線を順次たどりらせん状に内側に進む。

③ 島が巾1の細線である場合には細線部の両端から交互に1点ずつ進む。

(図13参)



a) 巾のある場合



b) 細線の場合

図13 誤り訂正画素の順序

4.3. 誤り訂正の手順

① 注目している画素について、 S_{min} と ΔS_{max} を満す範囲内で類似度の高い順にシンボルの置換を試みる。

② 試行シンボルについて上下左右との接続についてスコアを計算し、元のスコアより小さくなればそのシンボルを置換する。

③ 置換後の上下左右についてスコアを計算し直し、スコア画像を書き直す。

但し、訂正の失敗が伝搬するのを防止するため初期スコアが0の画素のスコアが0でなくなる場合にはその置換を中止する。

4.4. 誤り訂正の終了

誤り訂正が一巡したら、画像の開始点に戻り、輪郭追跡による画素の選択

と訂正を繰り返す。一巡した時、訂正された画素が無くなった時誤り訂正を終了する。終了時にスコアが0でない画素をRejectとする。

図14に本手順による誤り訂正の流れ図を示す。

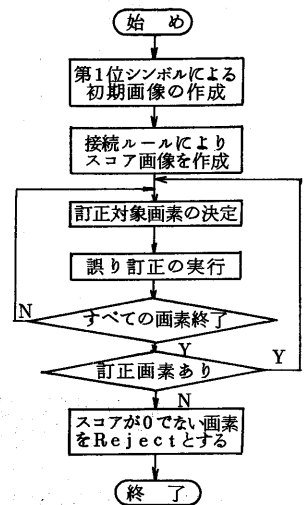


図14 誤り訂正の流れ図

4.5. 本手順の特徴

以上のように接続ルールに反する部分について、一定の範囲内で訂正を行い、残りについてはRejectする手順を説明した。

この手順の特徴を列挙する。

① 収束性：1つの置換によりスコア画像全体としてのスコアが減少するから収束性が保証される。

② 高速性：逐次誤り訂正を行うから高速に収束する。

③ 最適性：誤り訂正の順序が輪郭点より内側に向かって進むため逐次処理ではあるが近似的に最適性が期待できる。

④ 容易性：画素毎の認識方式を利用し2次元の接続ルールを定めているから明解である。

⑤ 類似度による認識方式により、順位付けと確からしさが定量的に定まることを利用し、誤り訂正とRejectを可能にしている。

尚、本装置では、採用しなかった考慮すべき事として④上下左右の接続は独立ではない、⑤接続ルールに隣接画素のみでなく離れた点を含ませる、があり、今後の課題と考えている。

5. 装置の概要

5.1. 読取装置の仕様

図15に読取装置の外観を示す。入力部にはドラムスキャナを用いており制御用に64KBのマイクロコンピュータを使用している。2連のFDDは一方がプログラムと辞書、他方が認識結果の蓄積又はデータ収集用に用いられる。表5に装置の仕様をまとめて示す。

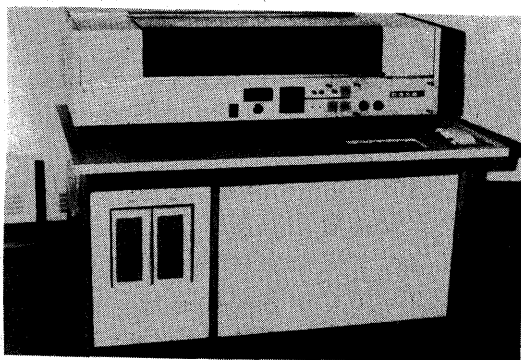


図15 読取装置の外観

入力部	ドラムスキャナ方式	解像度 100 μ RGB 3色分解 各8bit 入力速度 5分/A3
シンボル認識	類似度方式	目盛検出による伸縮・傾き補正 辞書メモリページ指定可 1024枚 2次元接続ルールによる誤り訂正
色判別	RGBの方式	最大8種7色鉛筆 エリアコード判定
外部との接続	認識結果 サンプルデータ	GPiBによるオンライン方式 FDDシートによるオンライン方式

表5 読取装置の仕様

5.2. 表示画面作成システム

読取装置で認識された色、エリア、シンボルの各コードは2バイトのデータとして通信線を介して会話型編集装置に転送される。ここでデータの確認追加修正を行った後さらに大型計算機に転送し、ターゲットマシン用オブジェクトテープに変換される(図16参照)。

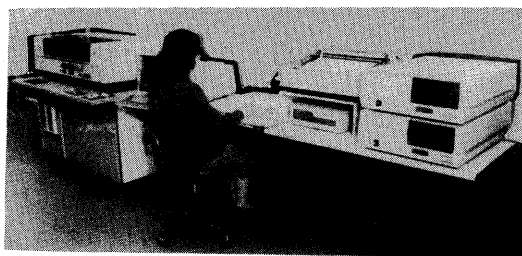


図16 システムの外観

最後にこれ迄の表示画面データ入力などの程度改善されたかについての比較を表6に示す。現在本装置は1台の会話型編集装置に接しているが、3台の編集装置に接続可能であり、この時システムの入力効率は12枚/時間となり、従来の編集装置18台分の効率を達成できる見通しを得ている。

方式	所要時間
カードコーディング方式	8H
会話型入力	1.5H
自動入力	読取 5分
	追加・修正 15分

表6 初期入力の効率比較

6. まとめ

自動入力の対象となる多種の図面の中で表示画面図面という分野について研究開発を行った。表示画面図面が画素の概念に基いて書かれていることから、図面を画素に分割してパターンの類似度により認識する方式を採用した。このことで ①シンボルの追加変更をルーチンのように可能 ②塗りつぶし図形も認識可 ③接続ルールが簡単に記述でき認識の検証が可 ④類似度法により認識結果の相対的順位付けと絶対的評価が行え、誤り訂正、Rejectが可能という特徴を持った読取装置を実現することができた。

(参考文献)

- 川井他：昭53情処全，6F-5
- 佐藤他：昭53情処全，3G-5
- 石井他：PRL79-82
- 名倉他：IE80-41
- 伊藤他：PRL80-104
- 飯島：信学誌，VoL56,669