

寄 書

符号化文字の読み取り装置の試作*

—簡単な自動パンチ—

平 田 正 一** 寺 尾 満**

1. はし が き

手で書いたプログラムを自動パンチする方法には、マークセンシングによるもの、文字の形と書き方を規定するもの、および普通の手書き文字を読み取るものがある。プログラムの多人数教育に、現在一部で使用されているのはおもにマークセンシングであるが、筆者らは、第二の方法、すなわち、文字の形と書き方を規定する自動パンチをごく簡単な回路で実現し、試験的には好成績を得たので、その概要を報告したい。

これは文字の特徴を抽出して、それを識別するものではなく、むしろ原理的にはマークセンシングの方式に近いが、マークをするときに文字の特徴を手で出しているから、外見の上では、通常のマークセンシングとは異なり、手書き文字の読み取り装置にみえる。

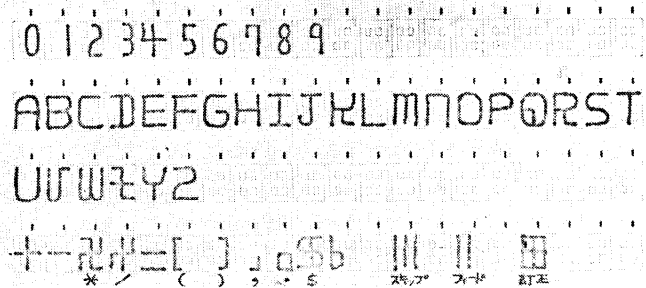
この装置に対する条件は

- 1) FORTRAN IV によるプログラムに必要な数字、英大文字、記号を読み取ってカードに穿孔する。
- 2) 字体については、その形、大きさなどをなるべく書きやすく、読みやすい（すなわち、従来の文字と著しく異ならない）ものにする。ただし FORTRAN IV でプログラムを記述すること自体、すでに強力な制約となっているから、字体にもある程度の制約を加えることは差支えないと考える。
- 3) プログラムの多人数教育にも使えるようにするために、文字を書くのに、特別な器具を用いるのを避

ける。
などである。

2. 字 形

この種の目的に対して、すでに、しばしば試みられたように*、12個のゾンデを“いげた”状に配置し、そのいずれかを文字が通るように字体を定めた。この



第1図 符号化した文字

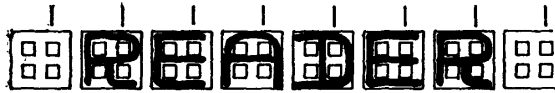
方式では、文字を書いたときに、その文字は符号化されたことになる。

第1図に示すように、FORTRAN IV で記述するのに必要な文字や記号はすべて、通常の文字や記号に近い形で字体を定めることができる。字体の大きさについては、当初、パンチカードが機械処理に便利なことから、第1図のように1枚のカードに80字が記入できるようにした。これは、パンチカード1枚が80字分の収容力があることに対応させたためである。しかし、この方法は読み取りに改行機構が必要になり、やや複雑になるうえに、字が小さすぎて位置ぎみに高い精度を必要とすること、枠が小さく、しかも、記入のトレランス（自由度）が少ないために、長時間の筆

* A Reading Machine of Coded Characters—A Simple Automatic Punch—, by Shoichi Hirata and Mitsuru Terao (The Faculty of Engineering, Tokyo University)

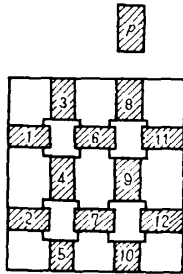
** 東京大学工学部

* 森 健一, 増子春雄, 玄地 宏: OCR のための東芝形書体数字, 昭和41年電気四学会連合大会 (ゾンデを“田の字”状に配置し, 数字のみを扱っている)



第2図 テープ上に書いた符号化文字

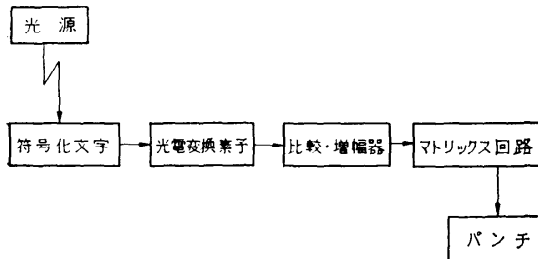
記には疲労が大きいことがわかったので、現在は機械処理に便利な1インチ幅の計算機用白色テープを用いテープ方向に1列に並べた枠のなかに文字を書くことにしている。第2図にその一例を示す。テープにはあらかじめ位置ぎめのマークが黒色で、枠がうすい赤色で印刷してある。



a: 位置検出用, 1~12: 文字検出用
第3図 検出ゾンの配列

3. 読み取り

第3図に示すように、1つの文字について12箇所の固定観測点を置き、そこに光電変換素子を配列してこれらの観測点の黒白に応じて1または0の電気信号を得て、マトリックス回路の入力とし、それをデコードして文字や記号に相当する出力信号を出す。このマトリックス回路の出力は、さらにもう1つのマトリックス回路を経て、パンチのコードに変換される。すなわち、第1のマトリックス回路で、12ビットの2進符号を、FORTRAN IV でプログラムするのに必要な51のステップコードに変換し、さらに第2のマトリックス回路で、このステップコードを、パンチ用の1~3 OUT OF 15 の符号に変換することになる。

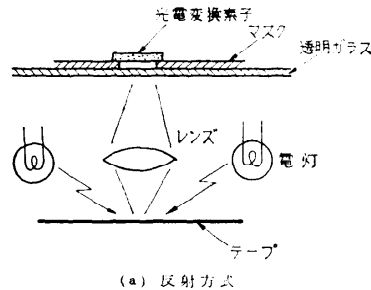


第4図 装置の構成

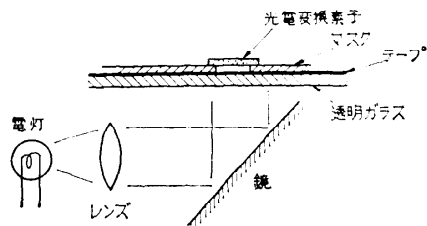
ここで、第1および第2のマトリックス回路を合併して、文字の12ビットからパンチの符号に直接変換する方が得策であると思われるが、異なるコードを持つパンチ、または、その他の機器に接続する場合を考慮して、マトリックス回路を2つにわけることにした。第4図は装置全体の構成で、符号化文字を用いたために、非常に簡単になっている。

4. 筆記用具と光電変換部

テープの上にプログラムを書くに際して、先にも述べたように、プログラムの多人数教育という立場から特殊なインクや熱ペンなどを用いるのを避けて、市販されている筆記用具を使用した。また、種々の光電変換素子について調べた結果、シリコン光電池を検出素子として用いるのが、利得も大きく、鉛筆あるいはサインペンで書かれたものについて十分なS/Nが得られることがわかった。ただし、これは第5図(a)のように光源からの光を文字の書かれたテープで反射させレンズ系を通して結像し、そこに光電変換素子を配列した場合である。



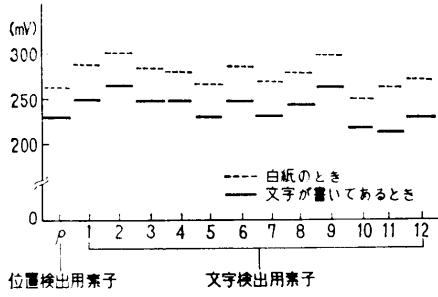
(a) 反射方式



(b) 透過方式

第5図

一方、第5図(b)に示すように、装置をより簡単にする目的で、テープ上に直接光電変換素子を配列し、その裏側から平行光線をあてた場合について調べたところ、テープ自体の厚さのむらによるノイズレベルが基が高くて、検出能力がかえって低下するこ



第6図 光電変換素子の出力

とがわかった。

また、鉛筆によるものの方が、サインペンによるよりも、多少大きな検出信号が得られるが、現在使用しているテープ駆動装置はテープの面を摩擦する部分があり、同一テープを数回使用すると表面が汚れて誤読の原因となるため、筆記用具は原則としてサインペンを用いることにしている。

光電変換素子を配列する際、ガラスによる光の散乱の影響を避けるため、マスクを用い、その後面に光電変換素子をのりづけした。

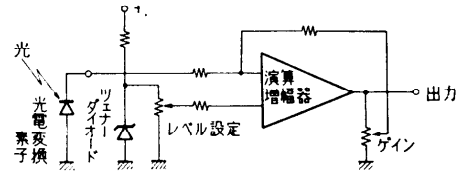
第6図に、ここで使用した光電変換素子の出力を示す。これは、光源に 24V, 45W の自動車用電球 4 個を直流電源 20V で並列に点灯し、その光を文字の書かれたテープの上で反射させ、焦点距離 50 mm, 絞り 1.4 のレンズを通して約 1 倍の像を作り、その面での光電変換素子の出力である。光量がある程度以上あれば、光電変換素子の白、黒による出力差は一定であり、その出力が平行して増加する。

ここで使用した素子はシャープのシリコン光電変換素子 SPD-550 である。

5. テープ駆動部

文字の書かれたテープを 1 文字ずつステップ状に移動させる装置はやや複雑になるので、テープが光学系の下を連続的に通過するようにした。その速さは、パンチが最高 10 字/秒の速さであり、テープ上で 1 字と 1 字の間隔が 19 mm であるから、テープ速度は 19 cm/s とした。つまり、1 字に割りあてる時間は 100 ms で、パンチの最高速度と一致する。また、枠の上に位置検出用のマークを印刷しておき、ここからの信号を位置ぎめ信号として、他の 12 箇所からの信号のゲートを開くようにした。

さらに、パンチがスキップ命令やカードフィード命令によって動作する時間は 1.5~2 秒必要なため、こ



第7図 比較・増幅回路

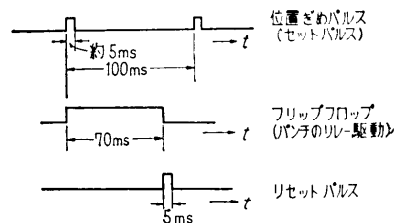
れらの命令があったときはモノマルチバイプレータを動作させ、この時間だけテープの駆動を停止するようにしてある。

6. 比較・増幅・保持回路部

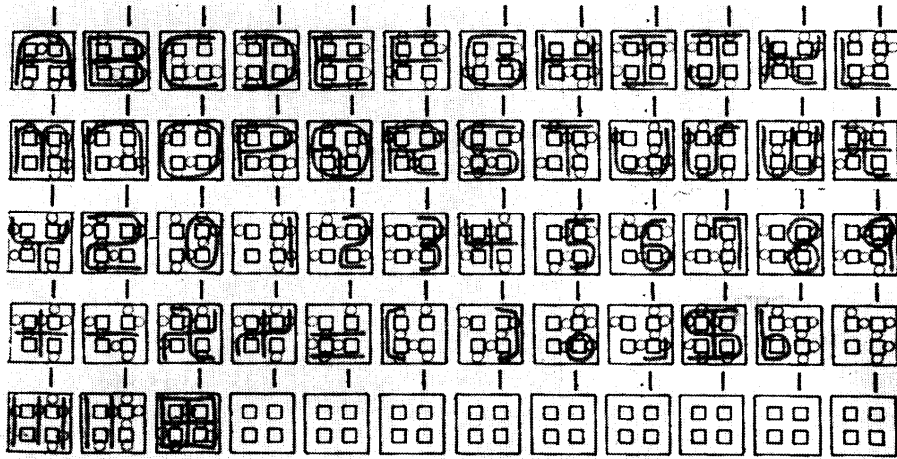
コード変換回路にはいる前に、光電変換素子からの信号を、直流差動増幅器に通して、その出力レベルを高め、ある閾値を設けて、文字の状態（黒または白）を判定し、それを 1 または 0 のパルス信号に換えなければならない。これは、第7図に示すように、1 つの差動増幅器の一方の入力端へ光電変換素子からの信号を、他方の入力端にツェナーダイオードによって設定した比較電圧を加え、その差を増幅器の飽和領域まで増幅することによって実現できる。ここでは、増幅器として、ネクサスの演算増幅器 SD-5 を使用した。この出力信号と先に述べた位置ぎめ信号との AND をとることによって、文字が電気信号に変換される。

このようにして得られる電気信号の継続時間は、約 10 ms 以下であって、それではパンチのリレーが動作しないため、次の文字が現われるまでの間、前の文字を保持するようにフリップフロップによるバッファレジスタをそう入した。つまり、AND ゲートの出力でフリップフロップをセットし、その後約 70 ms の間モノマルチバイプレータによってそのまま保持し、その時間後にフリップフロップをリセットし、次の文字を受け入れる。このタイミングは第8図に示す。

ここで用いたフリップフロップは NEC の DTL, μ PB8A である。



第8図 保持回路の動作時間



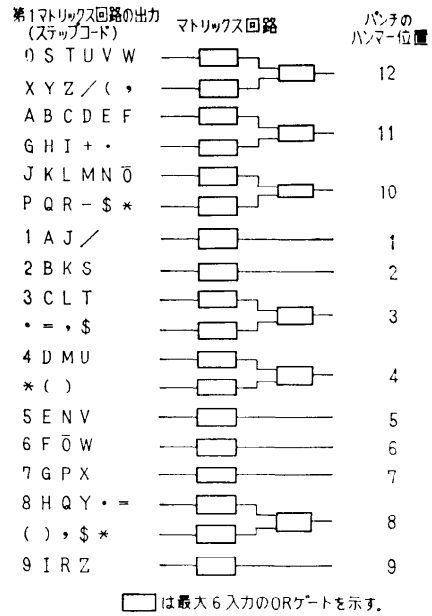
第9図 符号化文字の検出位相 (○印は検出点を示す)

7. コード変換 (マトリックス回路部)

第1図の字形について、マトリックス論理回路の単純化を検討した結果、1つの文字については、多いものでも6箇所観測することによって、各文字相互の識別ができることがわかった。必ずしも6箇所の検出を必要としない文字についても、他の文字との距離をできるだけ離すことを考慮して6箇所とし、すべての文字に6箇所の検出点をおくことにした。したがって、第1のマトリックス回路の入力は6ビットになり、それを51のステップコードに変換するものになる。第9図におおのこの文字についての検出位置を示す。

第1のマトリックス回路からの出力は、訂正用の信号を除いて、50本の信号線を通して第2のマトリックス回路の入力となる。一方、パンチは12の穿孔リレーとスペースキー、スキップキー、カードフィードキーの15の接点から1~3接点を選択して閉じることによって、任意の文字あるいは記号がパンチされるようになっている。したがって、第2のマトリックス回路は50の入力で15の出力をもち、そのうち1~3個の出力に1が現われるようにすればよい。この出力でリレーを駆動し、リレーの閉接点はパンチの接点と並列に接続してある。したがって、電気信号に変えられてバッファレジスタにある文字は、第1のマトリックス回路を通り、さらに第2のマトリックス回路でその文字に対応したパンチのコードに変換されてカードに穿孔される。

サインペンによる文字には消しゴムが使用できないので、訂正用の記号を定め、第1のマトリックス回路



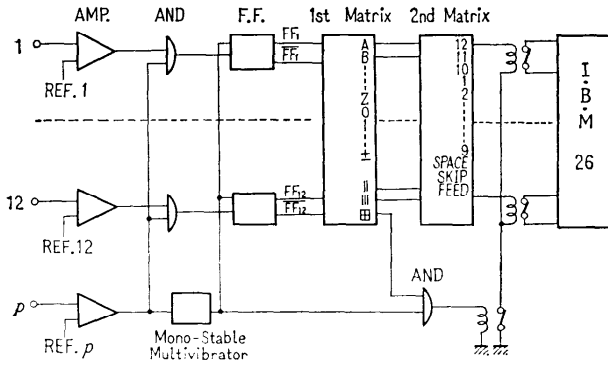
第10図 文字信号をパンチのコードに変換する回路

の出力にこの訂正信号が現われると、すべてのリレーは動作しないようにした。

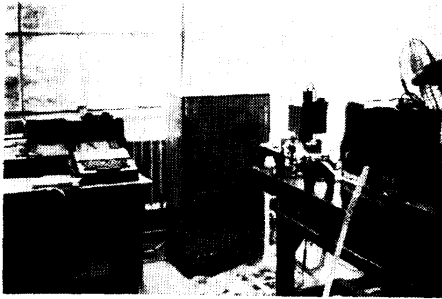
第2のマトリックス回路の構成は第10図に示す。ここでマトリックス回路の素子には NEC の DTL, μ PB1A を用いた。

8. 装置の処理能力

装置自体については、光電変換素子や直流増幅器の



第 11 図 装置全体のブロック図



第 12 図 装置の外観

温度によるドリフトなどは思ったほど問題にならず、10% から 20% 近くまで変動する電源電圧に対しても安定に動作する。ただし、電源投入後温度的に定常になるまで、ことに光電変換部が安定になるまで、20分ないし 30 分ほど待たなければならない。

この試作装置の処理能力については、パンチの最高速度である 10 字/秒まで、読み取り速度が上げられ

た。これは、初心者がキーボードに向かってカードに穿孔するのにくらべると、10~20倍の速さである。すなわち、1人でパンチを占有する時間で、10~20人分のプログラムが処理できることになる。あるいは専門のキーパンチャ3人分に相当する能力でもある。またこの装置を使用する側からみると、テープを媒体として、定められた枠の中に、定められた形の文字を書かなければならないが、この字体による筆記時間は毎分 40 字程度で、これは初心者が直接パンチする時間とほぼ同じである。

テープとサインペンを持参すれば、いつ、どこでもプログラムを作る利点がある。

最後に、この装置全体のブロック図を第 11 図に、外観を第 12 図に示す。

9. む す び

ここで規定した符号化文字を用いて、数分間の練習の後、毎分 40 字ぐらいの速さでテープにプログラムを記述することができる。この装置はパンチの限界速度、毎分 600 字の速さでテープ上の文字を穿孔するから、多数のプログラムを集めてこの装置に通すと、1人1人がパンチに向かってするときの 10 倍以上の速さで処理される。したがって、第 2 図に示したようなテープを用意しておけば、この方式は十分、プログラムの多人数教育にも実用しうと思われる。

この装置の試作に協力された浅田安雄、中川雅造両君に御礼申し上げる。

(昭和 44 年 3 月 22 日受付)