

資料

紙テープを利用した文字および画像の表示*

尾上 守夫** 柴田 義文**

Abstract

A wide use of computer in the processing of images has been hindered by a high cost of display devices. This paper presents a very inexpensive method for displaying characters and half-tone images. It utilizes dot pattern punched on paper tapes, which are available for most users of minicomputers.

Alphanumeric characters are easily displayed by a single tape. The output is also used as an input tape for acknowledging a command at a remote terminal. In such a case, an addition of standard codes under each character makes the decoding easy.

The display of an image is obtained by placing many tapes in parallel. A special tape cutter and a board with registration pins make the alignment of tapes easy.

The present method is especially suitable to display a computer-generated hologram, in which both the amplitude and the phase are quantized.

1. ま え が き

電子計算機による画像情報処理は、精度、再現性、融通性などの点で光学的、写真的などの方法にまさり、また従来問題になっていた膨大な記憶容量、演算時間も IC, LSI などに支えられたハードウェアの進歩、FFT など各種の高速演算法の発展によって解決されつつある。したがって研究者の関心も高まっているが、その普及を妨げている原因の一つに画像入出力装置が高価なことである。これはとくに濃淡のある画像の場合に著しい。

専用装置を使用しないで画像を出力するのに、従来ラインプリンターがよく使用されている。これは各種の文字を選択して、組み合わせて、ある程度濃淡も表現できるが、画素数が限られること、白地の部分が多いこと、濃淡のスケールが設定しにくいこと、印字間隔の違いによる縦横比のずれがあること、印字の乱れがあること、リボンの消耗にともなって濃度が変わって

いくことなどの欠点がある上にやはり高価である。これらの欠点はテレタイプを使用しても同様で、画素数の制限や重ね打ちの困難さはさらに厳しくなる。そこでここではさらに簡易な方法として、紙テープを利用して画像および計算プログラムの表示を得る方法を報告する。またこれに関連して文字の表示についても検討する。

2. 文字の表示

紙テープの標識用に端に文字を穿孔することはすでに行われているところであるが、これを積極的に活用しようとするものである。英数字（小文字も含む）、記号のみならず、カタカナ、ひらがな、簡単な漢字なども表示できる。非熟練者でも読め、ハード・コピーが残り、しかも必要があればそれがそのまま計算機に再入力できるのが特長である。したがって中央から端末に簡易な指令を与えれば事足りるような製造や、出庫の管理等に使用すれば、端末機が安価にできて有用であろう。コード変換は中央で集中的に行えばよい。

標準紙テープは1列8孔であるので、これを全部利用するのが得策である。従って $8 \times n$ の型の文字パターンの設計が必要である。

* Character and Image Display Utilizing Punched Paper Tapes by Morio ONOE and Yoshifumi SHIBATA (Institute of Industrial Science, University of Tokyo.)

** 東京大学生産技術研究所

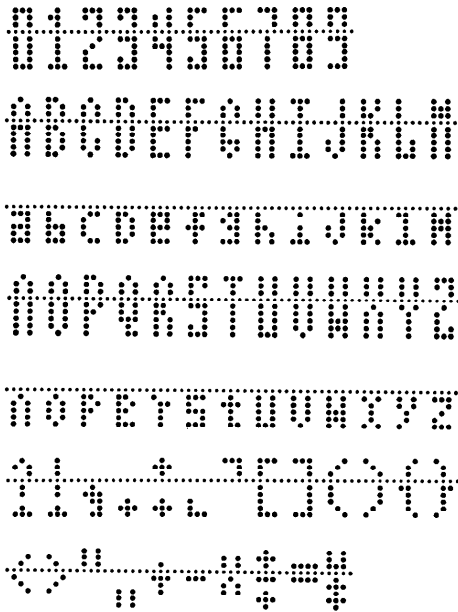


Fig. 1 Alphanumeric display (8×3)

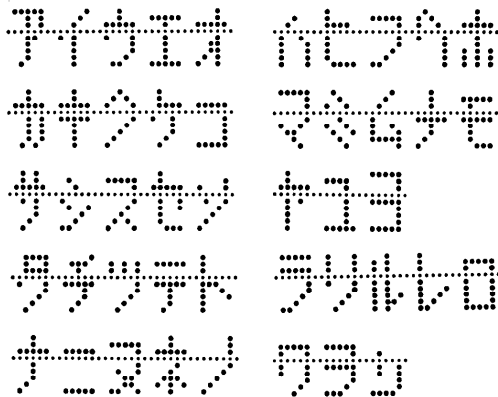


Fig. 2 Japanese "Katakana" display (8×5)

伝送速度を上げるためには、 n はなるべく小さい程良い。英数字（小文字も含めて）、記号ならば8×3で表示することが可能である。カタカナは8×5、ひらがなは8×7、漢字は少なくとも8×10が必要である。Fig. 1, 2, 3, 4 はそれぞれの例である。なおここでフィールドの小孔はそのままにしてあるが、読み取りには差支えない。漢字は水平区分が8以下のものに限られる。縦横をとりかえればこれは拡張できるが、今度は垂直区分が8に限られる。いずれにせよ複雑な文字は次章に述べる画像として2次的に表示しなければなら

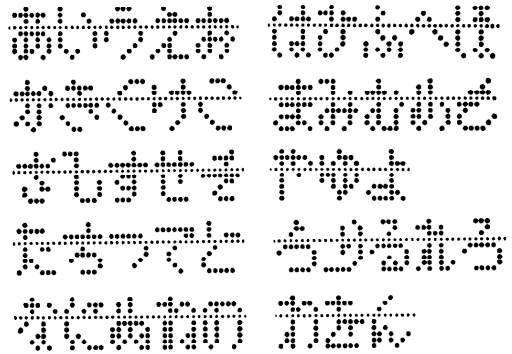


Fig. 3 Japanese "Hirakana" display (8×7)



Fig. 4 Chinese character display (8×10)

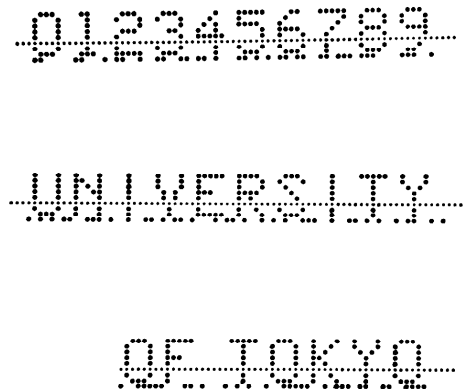


Fig. 5 Alphanumeric display (5×7) combined with ASCII code

らない。

再入力を考える場合このままでもデコードは可能であるが、むしろ適当なコードを文字のそばにふくませておくのが簡単である。Fig. 5 は文字には広く使われている5×7を用い、その下にASCIIコードを入れたものである。こうすれば5×7の標準のパターン発生器が使える利点もある。

3. 画像の表示

画像の場合には2次元的拡がりがあるので、紙テープを何行も並列に並べる必要がある。幸いにして孔の間隔は2%と紙製品としては非常に精度がよいので、予め等間隔にピンをうった Fig. 6 に示すような板を用意することによって容易に配列することができる。配列の終わったテープは縁取りした上で取りはずす。

フィードの小孔は雑音になるので、1列8孔を5孔または3孔に分けてそれを単位として使う必要がある。

濃淡はマトリックスの孔の数で表示する。考えられるマトリックスは2×2, 3×3, 4×4, 5×5 などであるが、ここでは後で述べるような便利さもあって3×3のマトリックスを採用した。Fig. 7 は白の背景に黒

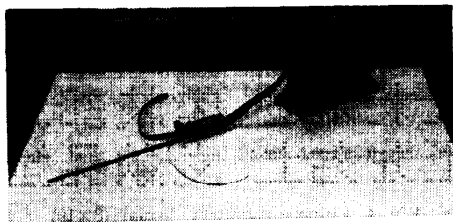


Fig. 6 Registration board with a half tone image and a tape cutter

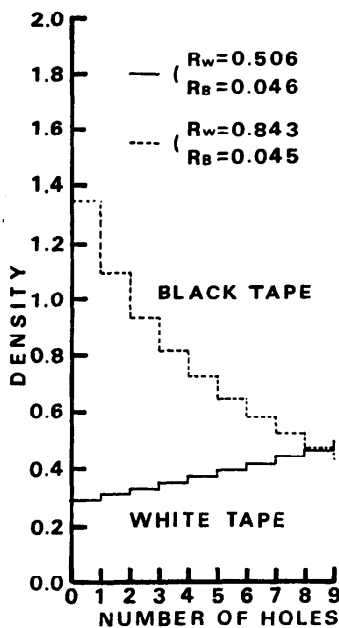


Fig. 7 Relationship between gray level density and number of holes

テープ、あるいは黒の背景に白テープを使用した場合の穿孔数に対する濃度変化を示している。

ここでいう濃度とは、テープと背景の各反射率を実測し、それに面積をかけて平均した値の対数である。

実線の場合白テープの反射率(R_w)は0.506、背景の黒のラシヤ紙の反射率(R_B)は0.046であった。また破線の場合黒テープの反射率(R_B)は0.045、白のケント紙の反射率(R_w)は0.843であった。図から判るように白テープを使用すると動的範囲は狭いが濃度の直線は良く、反対に黒テープを使用すると動的範囲は広くなるが直線性は悪くなる。

フィードの小孔を隠すために、他のテープをずらして重ねる事も試みたが、現在は下記の方法を採用している。

紙テープを Fig. 8 で示すように穿孔し、第1行および第5行の中央を Fig. 9 に示す専用のカッターで切った上で、第5行に次段の紙テープの第2行が重なるように配列している。

画像の表示の例として Fig. 10(次頁参照)の写真を128×128の画素にデジタル化し、それを白テープ、階調10レベル(3×3)で表示したものが Fig. 11(次頁参照)である。Fig. 12(次頁参照)は黒テープで同様の表示を行ったものである。いずれも出来上りの大

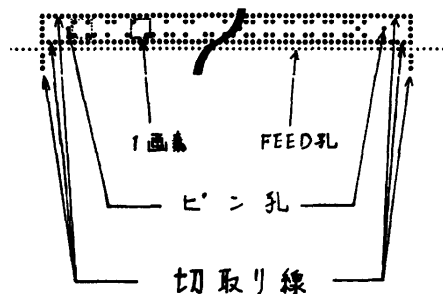


Fig. 8 Example of punched tape



Fig. 9 Tape cutter

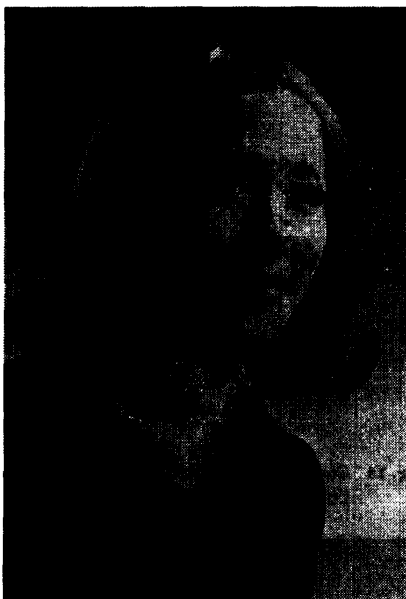


Fig. 10 Original girl's image



Fig. 11 Display of girl by white tapes

きさは 98 cm × 98 cm である。

Fig. 13 はグラフの表示例で Fig. 10 の写真の濃淡 128 レベルのヒストグラムを白テープで示したものである。ただし一行の孔で一本の線で表わしている。出来上がった画像は白テープの例では露出オーバーのような写真に見えるが、黒テープの例では露出不足のような写真に見えるが、コントラストは黒テープの方が良く、Fig. 7 で説明したところと一致している。

4. 計算機ホログラムの表示

紙テープによる表示法は画像が計算機内で作られ



Fig. 12 Display of girl by black tapes

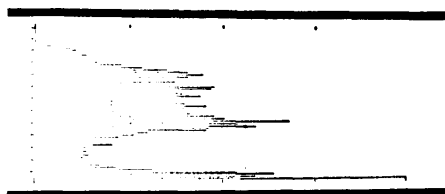


Fig. 13 Display of histogram

て、出力だけが行えば良いような仕事にとくに適している。計算ホログラムはまさにそのような仕事の 1 つである。紙テープの孔の位置は固定されており、また振幅も開閉 2 値しか与えられないから、作られるホログラムは振幅も位相も量子化された真の意味でのバイナリー・ホログラムになる。ちなみに普通のバイナリー・ホログラムと呼ばれているのは、濃淡は黒白 2 値であるが、振幅および位相はアナログ的にコード化されている³⁾。

フーリエ変換ホログラムの場合、サンプル点における複素振幅をあらわす方法を以下に示す。図中黒丸が開孔、白丸が開孔を示す。Fig. 14(次頁参照) は虚数部が正なら開孔、負なら開孔にする方法で、Keeton の位相のみのホログラムにあたる⁴⁾。

Fig. 15(次頁参照) はその変形であって、原点近傍も閉孔にして振幅の小さい点の寄与を除去にしたものである。Fig. 16(次頁参照) は Burckhardt にならって 3 孔に 120 度間隔のベクトルを割り当てたものである。ただし振幅は開孔数で量子化してある⁵⁾。すなわち開孔の組み合わせで複素平面を 7 個の領域に分けうるわけである。Fig. 17(次頁参照) は Lee にならって 4 孔に 90 度間隔のベクトルを割り当てたもので、9 個の領域に分けられる。しかし、これは位相の

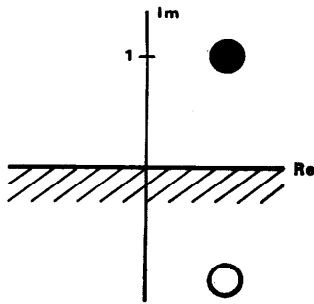


Fig. 14 Quantization of phase-only hologram

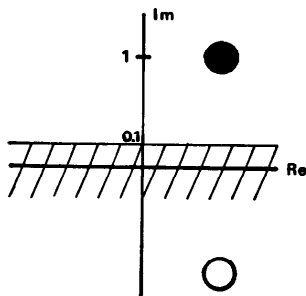


Fig. 15 Improved quantization of phase-only hologram

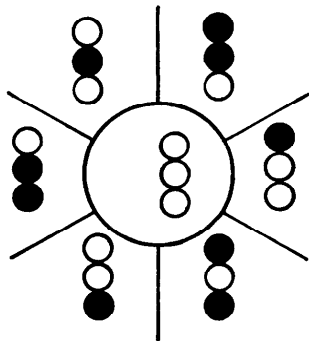


Fig. 16 Quantization of hologram after the manner by Burckhardt

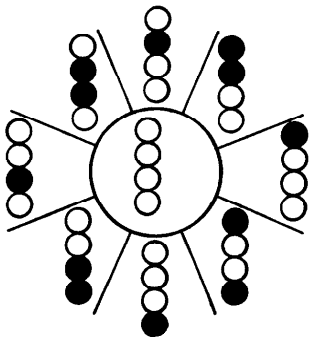


Fig. 17 Quantization of hologram after the manner by Lee

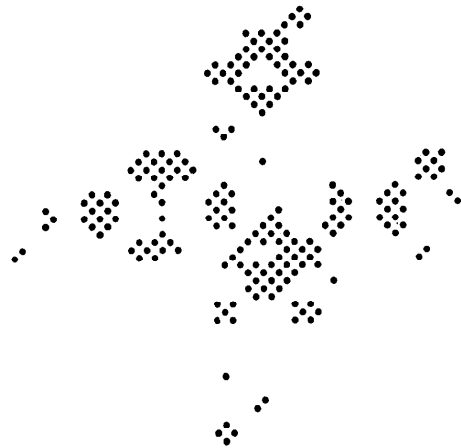


Fig. 18 Computer generated hologram made of punched tapes

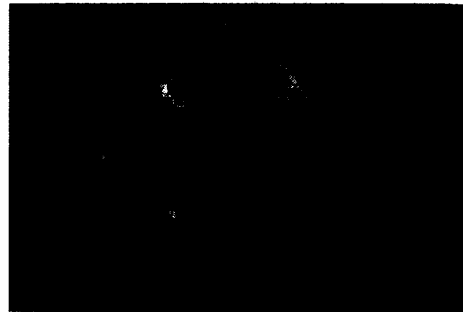


Fig. 19 Optical reconstruction of hologram shown in Fig. 18

量子化が細くなるだけであって振幅の量子化は変わらないので Fig. 16 に比べてあまり利点はない。振幅の量子化数を増すには、以上のパターンを並列に並べていくのが有効である。これらの詳細は別に報告する予定であるので、ここでは例のみを示しておく。

Fig. 18 は Fig. 15 の方法で作った文字 H のホログラムで、Fig. 19 はその光学的再生像である。

5. むすび

紙テープを利用して文字、濃淡画像、計算プログラムなどの表示を簡単に行う方法を報告した。文字の表示は再入力可能な簡易な端末の実現を可能にするものである。また濃淡画像の表示は現在最も安価な方法と考えられるが、画質の点ではむしろラインプリンタなどによるものより優れている。

最近普及したミニコン使用者の大部分は、紙テープ装置しか持っていないが、この方法によって画像、計

算プログラムなどの出力を簡単に得られるようになった。画像処理の研究は少数の入力に対して、いろいろ処理方法を変えて結果をみるような分野が少くない。この方法がそのような研究の一助となれば幸いである。

謝辞 本研究について有益な御討議をいただきました高木助教授に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 尾上・柴田：紙テープを利用した文字および画像の表示，昭 49 電気学会全国大会，No. 1149
- 2) 尾上・柴田：紙テープを利用した計算プログラ

- ム，昭 49 電子通信学会全国大会，No. 1122
- 3) A. W. Lohman and D. F. Paris: Binary Franhofer holograms generated by computer, Appl. Opt., Vol. 6, pp. 1739~1748 (1967).
- 4) S. C. Keeton: A sampled computer-generated binary hologram, Proc. IEEE, Vol. 56, pp. 325~327 (1968).
- 5) C. B. Burkhardt: A simplification of Lee's method of generating holograms by computer, Appl. Opt., Vol. 9, p. 1949 (1970).
- 6) W. H. Lee: Sampled Fourier-transform hologram generated by computer, Appl. Opt., Vol. 9, pp. 639~643 (1970).

(昭和50年6月27日受付)