

コマンド形式の画像処理システム

橋本 礼治・沼野 典史*・塚本 幸雄

昭和50年9月16日受理

1. まえがき

近年電子計算機による画像処理が盛んになっている。¹⁾ 例えば、各種の放射線写真の自動解析、²⁾ 異常染色体の検出³⁾ などは早くから開発されてきたものとしてよく知られている。また最近では人工衛星による航空写真⁴⁾、医療用X写真⁵⁾などの電算機処理が盛んに研究されている。

これらの応用において、電算機は速度や正確さで人間よりはるかにすぐれているが、目的とする物体の検出や現象の判断・認識などの点では現時点ではまだ人間の能力にはるかに及ばない。これは、そのような処理の中に電算機にとって不得手なパターン認識の領域が大なり小なり存在するためである。そこで、電算機の処理に人間が少し介入すればハードウェア、ソフトウェア、処理時間および結果の誤まりのなさなどにおいてはるかに有利となり、かつ、人間自身もそれほど労苦を感じないような部分に人間が干渉することが最近の画像処理における一つの傾向となっている。⁶⁾ このようなマン・マシンシステムとしては、できるだけ人間に負担をかけないことが望ましいことはいうまでもない。しかしながら、そのためには便利な入出力装置が豊富に必要となり、高価なシステムとなることは避けられない。

ここでは、限られた条件（おもに経済的）のもとで、ある程度の人間の介入を前提とした会話型画像処理システムを製作したので報告する。目的についてはふれないことにするが、⁷⁾ コマンドをうまく組合せることによりかなりの範囲にわたって汎用的に用いることができるかと予想される。

2. システムの概要

本システム是一群の装置とコマンドシステムによって成りたっている。装置の相互関係を Fig. 1 に示す。

処理されるべき画像は、35mmポジフィルムの形でスライドマウントにはさまれたのち、FSS 装置の所定のところへ挿入される。ここで二次元画像情報は直列電気信号に変換され、A-D 変換器によって12ビットデジタル信号とされてコア・メモリに格納される。

* 岡山理科大学大学院

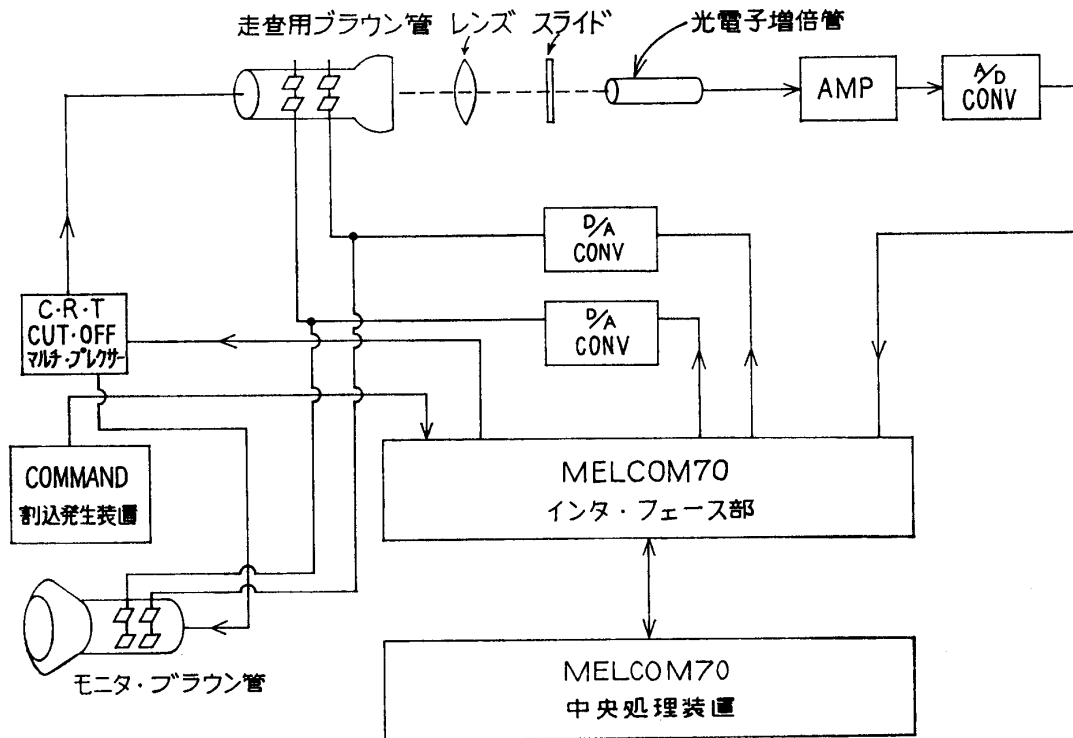


Fig. 1 Block Diagram of the System.

画像情報のために用意されているコア・メモリ容量は 80×50 画素4,000語で、現在外部記憶装置がないので画像用作業領域としてもう4,000語がとられている。4,000の画素は複雑な画像全域に対しては不十分なので、フィルム上の任意の部分領域を切りとることにより局部的にくわしく解析することでこの難点をカバーしている。

コア・メモリにおさめられた画像は、必要に応じてモニタ上に写し出される。 80×50 の画素はモニタ上で $80\text{mm} \times 50\text{mm}$ に写像されるので、画像上の必要な点の座標は目で読みとることができる。† モニタに再現される画像は適当なスレスホールドで切られた二値画像であるが、もう一台 D-A 変換器を増設すれば連続濃淡画像を再現することは容易に可能である。

つぎに、コマンドシステムは上述の各装置を会話的に STW よりの打鍵入力で駆動するための一連のプログラムである。これはすべて M-70 アセンブラ言語で書かれたもので、画像ストア領域を除くと約3,200語である。

オペレータは種々のコマンドを用いてモニタや STW に出力させ、それを参考にしてさらに適当なコマンドを用いるというふうに機械と会話的に画像処理を行なう。これによって汎用性のある処理システムを作ることができるばかりでなく、機械のみでは困難な処理を比較的簡単に行なうことができる。

† この方法は実行してみるとかなり不便なので、現在簡易ライトペンを製作中である。

3. 装置と回路

3.1 FSS 装置

FSS 装置は研究室で試作したものであり、オペーク方式は良質の信号を得るのが難しいので透過方式としてある。

走査に用いられる CRT はシンクロスコープ (SS-5157M) を流用している。これを X-Y スコープの状態とし、X 軸、Y 軸には CPU の指令に基づき電圧 ($\pm 10V$ 内) を加える。

光学系はブラウン管接写装置 UP-8、アサヒペンタクス用オートベローズおよびスライドコピアを改造して実現した。(Fig. 2 参照)

受光部は、真鍮棒をパイプ状に加工しこれにオートベローズを取りつけたものの中に光電子増倍管(7696)と初段増幅器を内蔵させてある。

走査用 CRT (150W B31) はもっともよい条件下で約 $0.1\text{mm}\phi$ のスポット径をもつ。

したがって、いまスライド全域に対応する CRT 螢光面を $80\text{mm} \times 50\text{mm}$ とすると、X 軸 800 点、Y 軸 500 点計 400,000 画素の解像度が得られることになり、これをスライド上に換算すると約 50 ミクロンの解像度となる。実際にもこれよりややよい結果が得られている。

残光時間は、もしこの時間内につぎの点を走査すると点間の相互干渉が生じ画質の劣化をもたらすので、少ないのが望ましい。現在使用の CRT は $40\mu\text{s}$ 程度の残像がある。

(現在使用中の輝度で。Fig. 4 参照)

光電管 7696 の分光感度のピークは $430\text{m}\mu$ であり、CRT 150W B31 のピークは約 $500\text{m}\mu$ なので、この組合せは適当とはいえない。

以上の三点はいずれも、将来予定している FSS 用 CRT, 130 AK-PFA の使用によってほとんど問題が解消される。

3.2 デジタル・マルチプレクサ

デジタル・マルチプレクサは、コントロール信号により選ばれた出力端子 (複数個) にデジタル信号を出す機能をもつ。コントロール信号は 4 ビットの選択信号、1 ビットのタイミングおよびクロックパルスで、これらによってゲート回路が制御される。各出力端子はそれぞれ CRT カットオフ増幅器に接続され、選択されたときあらかじめ固定されている幅のパルスを出す。CRT のカットオフはそのパルスの期間解除される。現在は、FSS 用およびモニタ用の二つの CRT がこれに接続されている。回路の一部を Fig. 3 に示す。Fig. 4 は FSS 用 CRT のこの回路による制御状態を示したものである。

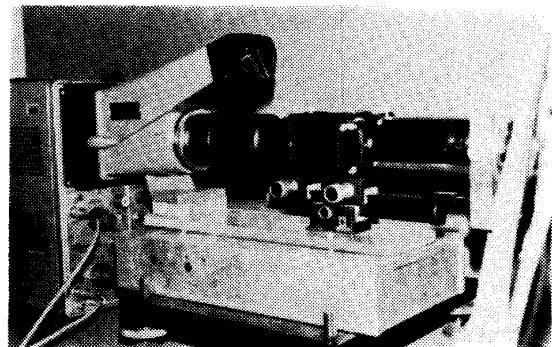


Fig. 2 External Appearance of Flying Spot Scanner.

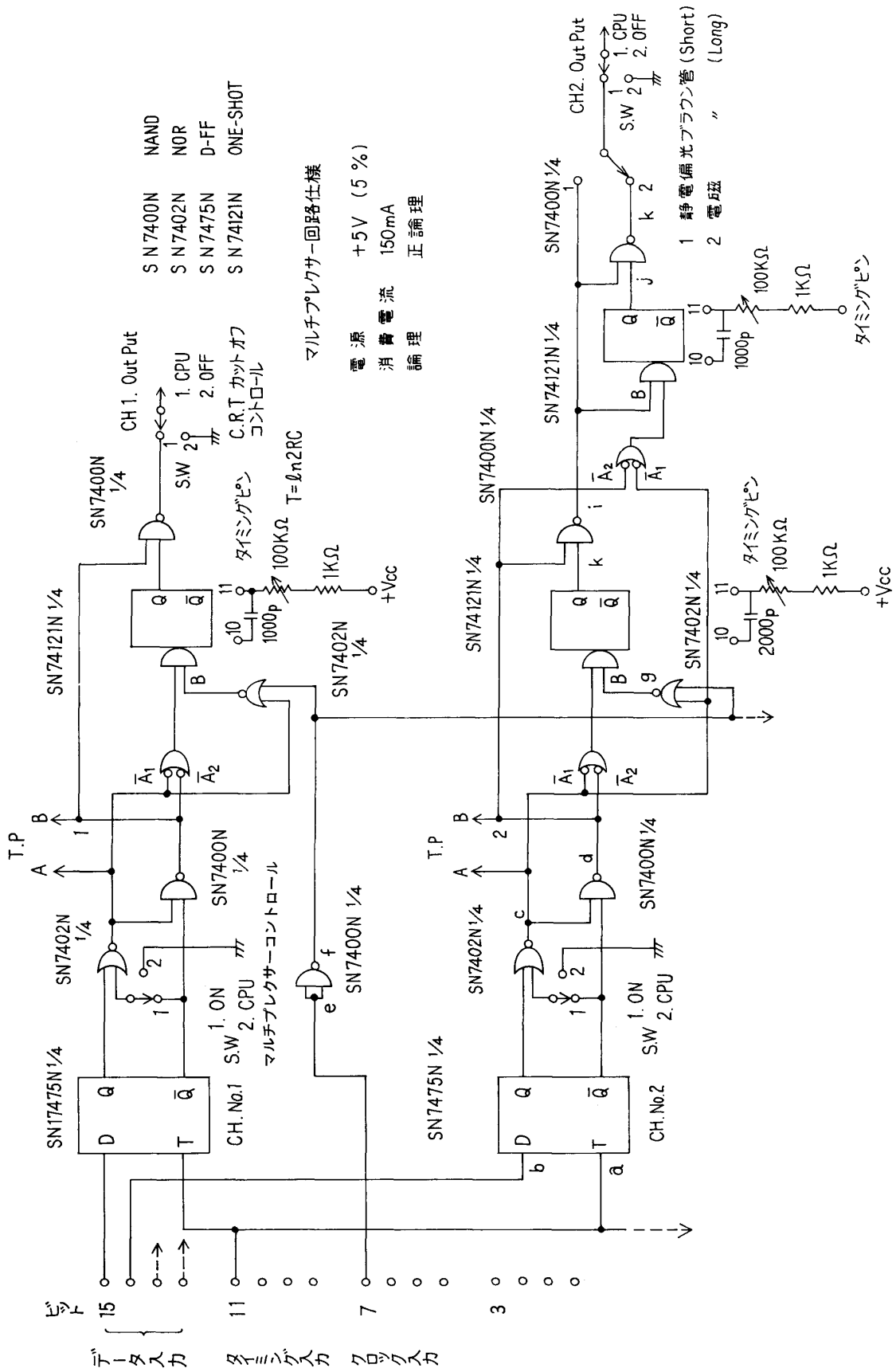


Fig. 3 Digital Multiplexer Circuits.

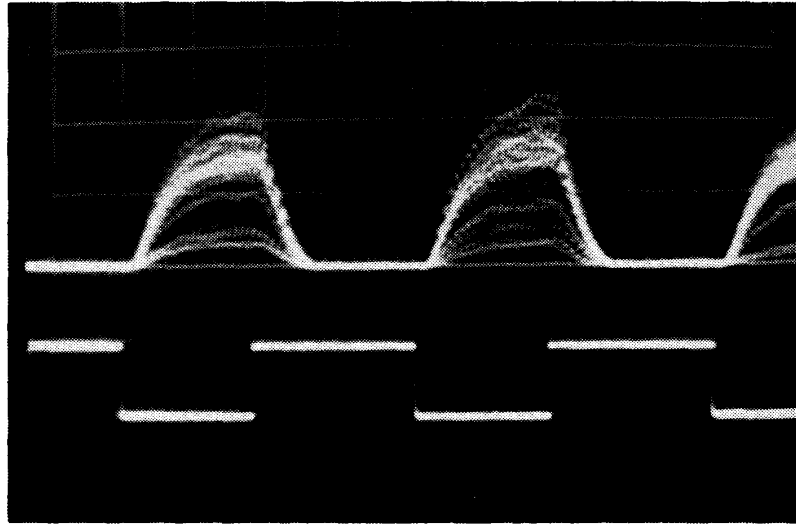


Fig. 4 Video Signals and CRT Cut-off Releasing Pulses. Vert. Axis Sensitivity 5 Volts/cm, Hor. Axis 50 μ sec/cm.

コントロール信号は操作パネルのスイッチにより、プログラム可制御とマニュアルコントロールに切換えられる。

4. コマンド

プログラムは、300番地からの起動により、コマンドを打鍵できるオペレーターズモードに入る。そのときSTWはその旨を示すために“!”を打ち出す。表1に現在登録されているコマンドの一覧表を示す。以下それらの使用法をFig.5を参照しながら説明する。

(i) SC コマンド
これはスライドフィルム全域または任意の部分領域を80 \times 50画素に分解し、

Table 1. List of Commands.

コマンド名	機能
! SC . *	スライド上を走査させる。
! CP . *	画像モニタに使用。
! CA . *	水平走査線一本分の電圧モニタ用。
! PT .	メモリの内容をプリントする。
! PN .	メモリの内容を紙テープにパンチ。
! CF . *	CN コマンドの映像モニタ用。
! CN .	連結成分抽出。
! WF . †	CN コマンドのプリントモニタ用。
! SH . †	画像の輪郭抽出。
! EP . †	コントラスト強調。
! FR . †	チェイン・コード作製。
! VB . †	メモリ内容のVからBへの移項。
! BV . †	メモリ内容のBからVへの移項。

Notation . Denotes Carriage Return. Commands with an Asterisk Cannot Return without STW Attention-Key Interrupt.

† Denotes Non Parameter Required Type.

```

! SC
SCAN-PARA:  MODE= ①
X= ②  Y= ③  INTERVAL= ④

! CP
CRTP-PARA:  MODE= ①  TH=②

! CA
CRTA-PARA:  VER. POINT= ①

! PT
PRINT-PARA:  MODE= ①
S. X= ②  E. K= ③  S. Y= ④  E. Y= ⑤  TH= ⑥

! PN
*PUNCH*  MODE= ①

! CN
TH= ①
INITIAL POINT= ②
I= ③  J= ④
ONE COMPONENT GOT ⑤
LETTER= ⑥
NO STAR MORE ⑦

! CF
CRTF-PARA:  GOT COMPONENTS ①  **AB** ②
**NOTHING** ③

DISPLAY MODE=A, B. ④

```

Fig. 5 Explanation of how to handle Commands.

VOLTS エリアに格納する。

まずコマンドを打鍵すると①のメッセージ (Fig. 5 の最上部) が打ち出される。ここで、N または S を打鍵する。S のとき、②、③、④ が順次出力され、オペレータは②、③でスライド上での走査開始点の X および Y 座標を与える。④では走査時のスポット間の間隔(走査幅)を与える。①で N を打鍵するとスライド全体を走査する標準状態となるため、コマンドシーケンス②～④がパスされる。個々の画素について6回の走査の平均をとることにより SN 比をあげている。標準状態でのスポット間隔ともっともこまかいそれとの比は40:1である。STW のアテンションキーによる割込みは、画面の走査の途中では保留され、4,000個のデータを格納し終えたときに受けつけられる。

(ii) CP コマンド

このコマンドは VOLTS または BUFF というデータエリア (各4,000語) のデータをオペレータによる適当なスレスホールドで二値信号化し、画像としてモニタ上に表示する。

まず、①で V または B を打鍵することにより格納エリアを選択する。②でスレスホー

D電圧 (A-D 変換フォーマットによる 4 桁整数) を与えると、これより低い値の画素が CRT 上で明るく表示される。この制御はカットオフの解除による。

(iii) CA コマンド

これは、スライド上での Y 軸の一点を与えると、その点での X 軸方向の濃淡情報がグラフとして CRT 上にプロットされる。

まず①で Y 軸座標値を与える (1~50)。②でスレスホールドを与える。これで CRT 上に目盛りつき Y 軸 (1 目盛 2 V) をもったグラフが表示される。

(iv) PT コマンド

これは、VOLTS エリアの電圧値を 1 ケタの 16 進数に四捨五入してプリント出力する。また、もう一つのモードとして 16 進数の代わりにスレスホールド以下の値を "*"、他をブランクでプリントすることができる。

①は、16 進表示に対しては 1、他には 2 を打つ。②~⑤は画像のどの部分をプリントするかを与えるパラメータで、それぞれ X 軸、Y 軸上の開始点、終止点を打鍵する。

(v) PN コマンド

これは VOLTS または BUFF の内容を紙テープにパンチ出力する。①で V または B を打って選択する。

(vi) CN コマンド

デジタル二値画像の連結成分を抽出する。コマンドを打つと、VOLTS エリア内に数値データが入っているときは①を打ち出すので、スレスホールドを与えてやるとデータは "*" と "\u" に二値化される。もしすでに二値化されていれば、①はパスされて②へ行く。②では連結成分抽出のための初期点を与えてやる。この点から TV 状に走査が開始され、最初に当たった "*" 点の座標を③、④に打ち出す。このような点がなければ⑦を打ち出して"! "に戻る。もしあれば、その点と連結しているすべての点を抽出し、⑤を打ち出す。さらに抽出された点は "*" から英字に変更される。そのとき使用した文字を⑥に打ち出す。このコマンドを反復することにより一つの画像内の複数個の連結成分を英字で "ぬり分け" することができる。

(vii) CF コマンド

これは、CN コマンドで得られた連結成分を CRT 上に表示する。

まず①が出力され、続いてもし VOLTS エリアに連結成分のぬり分けがなければ③を出力し"! "に戻る。あれば③の代りに②のように連結成分を表わす英字を打ち出す。オペレータは②の内容をみて表示したい成分を④で英字で打鍵すると、CRT にその成分が表示される。もし②にない英字を打鍵するとエラーメッセージのち"! "に戻る。

(viii) SH コマンド

これは、画像の輪郭抽出用で、現在デジタルなラプラス演算子により画像の濃淡の急変部を抽出している。

残りのコマンドについては説明を省略する。コマンドの実施例を Fig. 6 に示す。

```
! SC
SCAN-PARA:  MODE=S
X=15.  Y=13.  INTERVAL=20.
MEAN REP.=03.  DELAY1=00.  DELAY2=15.

! CP
CRTP-PARA:  MODE=V  TH.=2600.

! CA
CRTA-PARA:  VER. POINT=25.  TH.=3891.

! CF
CRTF-PARA:  GOT COMPONENTS  **NOTHING**

! CN
TH=2600.
INITIAL POINT=10, 10.
I=000A  J=000A
ONE COMPONENT GOT
LETTER=A

! CN
INITIAL POINT=10, 10
I=0019  J=0009
ONE COMPONENT GOT
LETTER=B

! CF
CRTF-PARA:  GOT COMPONENTS  **AB**
DISPLAY  MODE=A, B.

! CF
CRTF-PARA:  GOT COMPONENTS  **AB**
DISPLAY  MODE=A, B, C.
OPERATOR TYPE MISS!

! CN
INITIAL POINT=10, 10.
I=002B  J=0009
ONE COMPONENT GOT
LETTER=C

! CF
CRTF-PARA:  GOT COMPONENTS  **ABC**
DISPLY  MODE=A, B, C.
```

Fig. 6 An Example of Command Handling.

5. 試験結果

5.1 FSS による走査と解像度

前掲の Fig. 4 を参照すると、カットオフが解除されてから信号が定常値に落ちつくのに約 50μ 秒かかっている。また、使用 A-D 変換器の変換時間は 30μ 秒なので、カットオフ解除パルス幅は約 90μ 秒に定めた。カットオフ解除パルスがなくなったのちもなお生じている信号分が CRT の残光によるものであるが、この間にプログラムはメモリ格納その他で時間を消費するので次の走査点との相互干渉についてはとくに対策は不要である。Fig. 7 に信号波形と A-D 変換開始パルスを示す。開始パルスはプログラムによりカットオフ解除から遅延をかけられ、信号の定常値に同期をとられている。

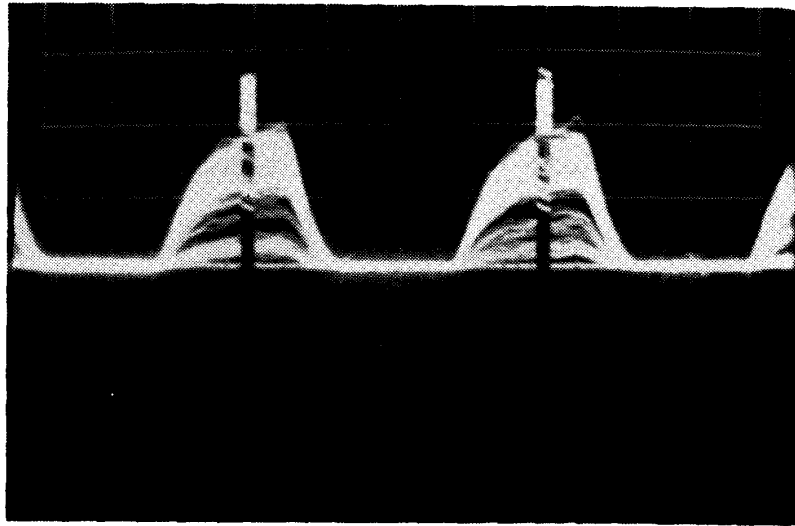
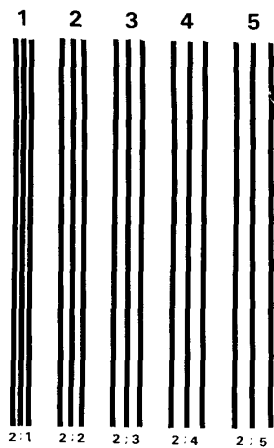
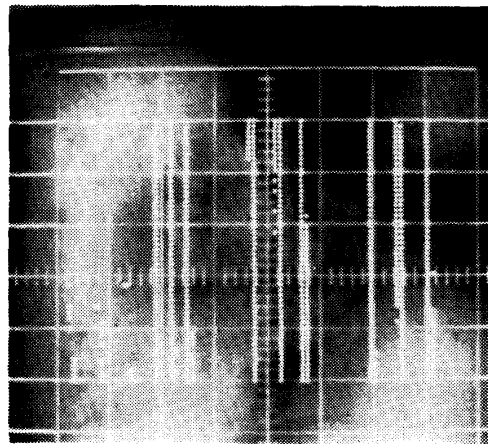


Fig. 7 Timing Relation of A-D Converter Start Pulse and Video Signal.
Vert. Axis 5 Volts/cm, Hor. Axis 50μ sec/cm.

解像度を大まかに測定するために Fig. 8 (a) のような図形を入力した。この図形の黒線はスライド上で約 200 ミクロンで、黒線間の間隔は左より黒線との比が 2:1, 2:2, ……



(a)



(b)

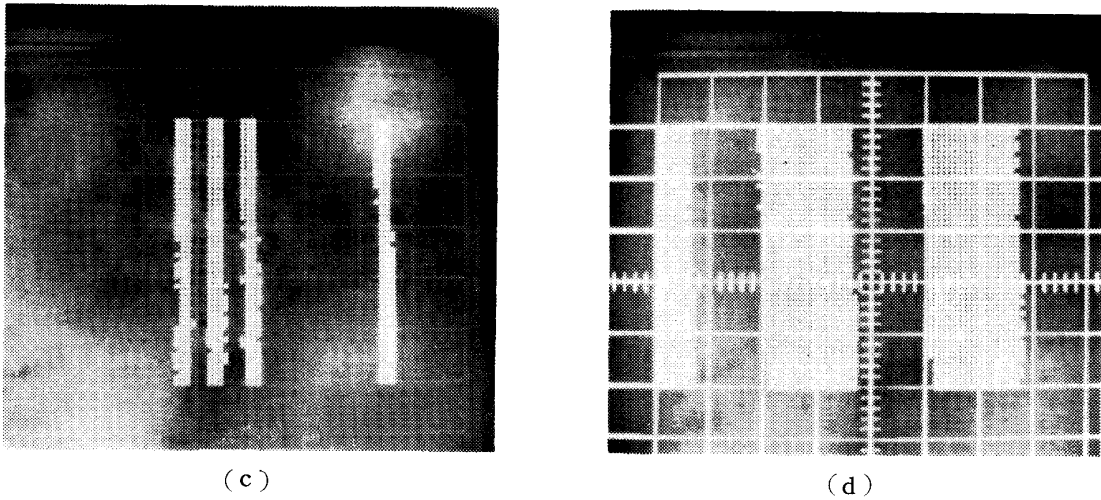


Fig. 8 Measurement of Resolution. (a) Original Picture (b) Monitored Picture of Roughest Scanning (c) Monitored Picture of Finer Scanning (d) Monitored Picture of Finest Scanning.

2:5となっている。同図(b), (c), (d)はそれぞれ40:5:1の走査間隔比でこの図形を入力したものをモニタに出力したものである。(d)の場合, 200ミクロンの幅に画素が約15点ありスライド上で15ミクロン程度の解像度(画素数にして約2300×1300)があると考えてよいであろう。これは現在の目的から十分である。

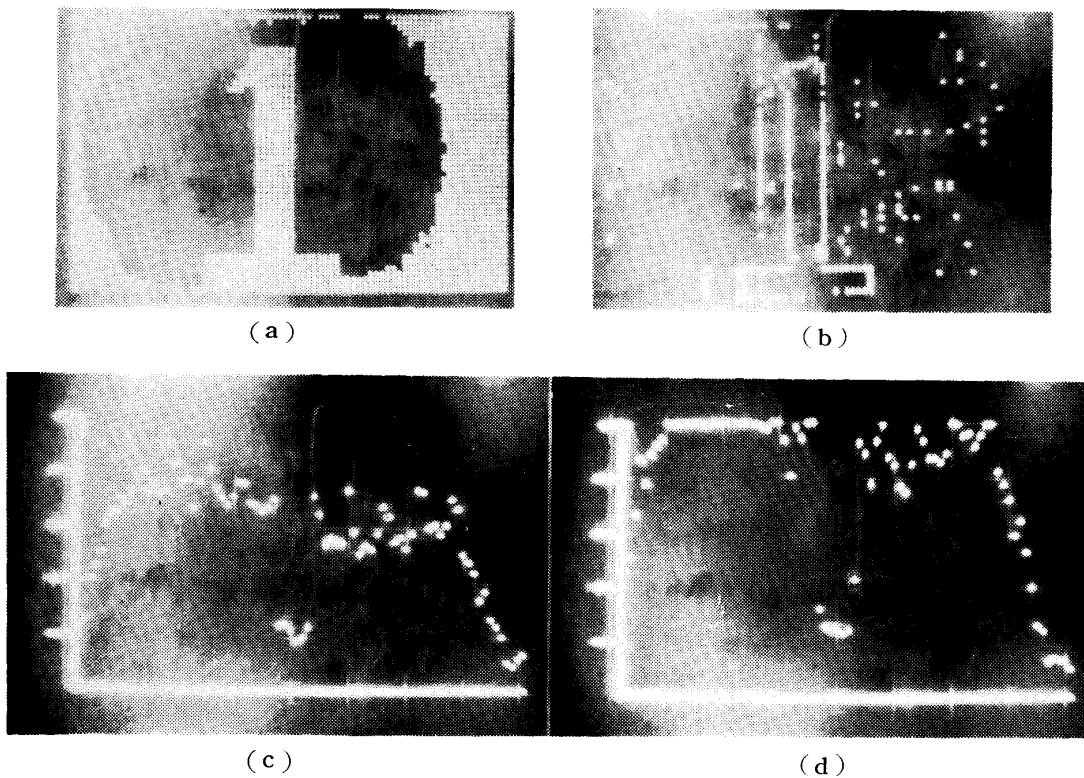


Fig. 9 Monitorscopes (a) Letter "1" (b) It's Contour (c) It's A-Scope Representation at the Middle of Y-Axis (d) EP Commanded A-Scope at the Same Condition as (c).

5.2 モニタ

Fig. 9 (a) は文字 "1" に対する画像モニタ出力である。また同図 (c) はそのときの Y 軸中央のグラフ表示である。さらに (d) は EP コマンドにより (b) のコントラストが強められた状態を示している。

Fig. 9 (b) は SH コマンドによる輪郭モニタ出力である。生地 (Texfure) の不均一が雑音状に現われる。一方下方の暗部 (FSS の構造により周辺に暗部が生じる。) に埋もれているように見える 1 の下部の輪郭も得られる。

5.3 連結成分の抽出

Fig. 10 は CN コマンドの動作をモニタ (CF コマンドによる。) で観測したものである。同図(a)は全画面を示し(b)以下は抽出順にモニタに再生したものを示す。 Fig. 11 は連結成分にぬり分けられた画像をタイプアウトしたものである。

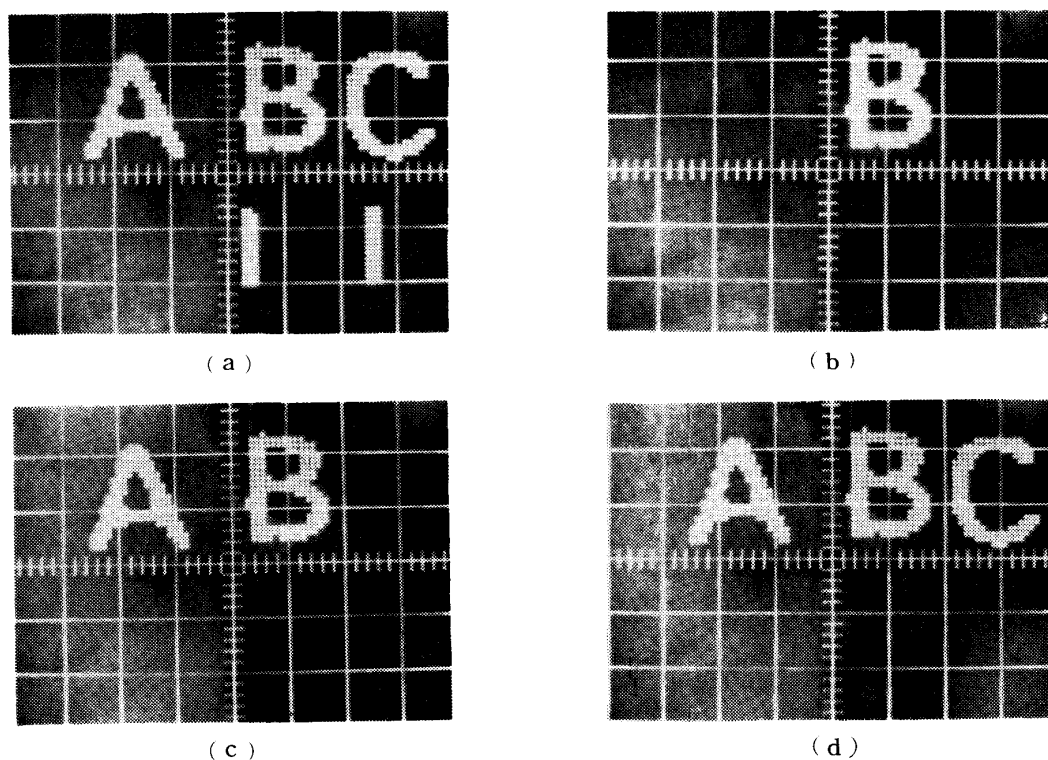


Fig. 10 Results of CN Command. (a) Original Picture (b) First Extraction of a Connected Component (c) Two Component Extractoin (d) Three Components.

このコマンドの内容は著者らの考案によるものであるが、処理時間が短く、モニタと組み合わせるとマン・マシン・インタラクションによる画像処理には極めて有力なものとなる。

6. むすび

画像入力装置とそのコマンドによる処理用プログラムを作製し試験を行なった結果、十分実用可能であることが判明した。

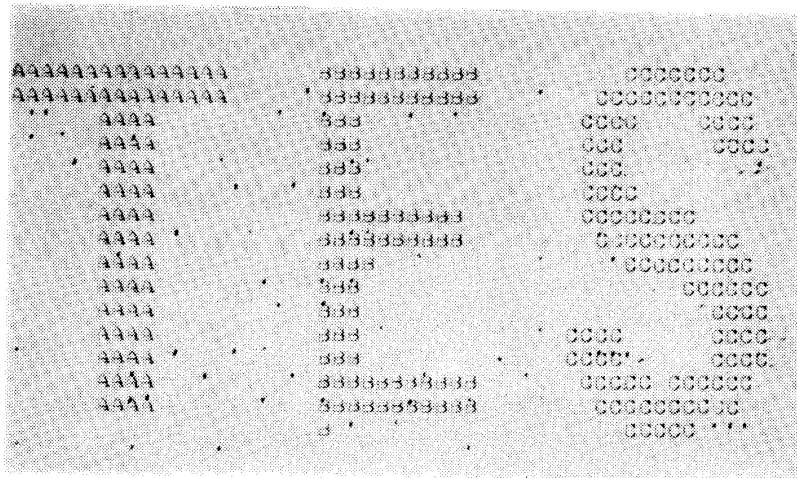


Fig. 11 "Coloring" of Connected Components.

改良を要する点として、FSS装置の光学系の構造による画像周辺輝度の低下、スライドの出し入れの自動化およびモニタ画像の三次元化があげられ、現在対策中である。

謝辞 装置の設計、製作にあたり種々助言と援助を頂いた本学助手山本勲氏および工作を引受けて頂いた機械実習工場元島弁一氏に感謝する。また製作を手伝った当時の学生山本昇、福田逸朗、植田耕太郎、真鍋操の諸氏にも感謝する。

References

- 1) A. Rosenfeld, "Picture Processing by Computer", ACADEMIC PRESS 1969.
- 2) P.L. Bastien and L.A. Dunn, "Global Transformations in Pattern Recognition of Bubble Chamber Photographs", IEEE Trans. Comp. vol. C-20, No. 9, 1971.
- 3) G. Gallus and P.W. Neurath, "Improved Computer Chromosome Analysis Incorporating Preprocessing and Boundary Analysis", Phys. Med. Biol., vol. 15, No. 3, pp. 435-445, 1970.
- 4) R. Bernstein and H. F. Silverman, "Digital Technique for Earth Resource Image Data Processing", IBM T.R., Sept., 1971.
- 5) E.L. Hall et al., "A Survey of Preprocessing and Feature Extraction Techniques for Radiographic Images", IEEE Trans. Comp. vol. C-20, No. 9, 1971.
- 6) T. Kasvand, "Experiments With An On-Line Picture Language", Report of International Conference on Pattern Recognition, Jan. 1971 in Honolulu.
- 7) 橋本, 沼野, "眠球回旋の自動測定について", 昭50 電四学会 中国支部 連合大会

A Picture Processing System of Command Type

Reiji Hashimoto, Norifumi Numano and Sachio Tukamoto

Abstract

A picture processing system of command type is described which is intended to process photographic pictures on 35 mm films. Main instruments are a M-70 mini-computer with 16 kw, a handmade flying spot scanner of transparency type and a CRT monitor.

Thirteen commands are provided as the processing routines which are inputted through STW key-board. A set of the command system and the monitor permits a kind of man-machine dialogue.

Experimental results are also shown which are almost satisfactory for current use.