



Title	デジタル画像入出力装置と2, 3の応用
Author(s)	村田, 和美; Murata, Kazumi; 前田, 純治 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 74, 53-63
Issue Date	1975-03-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41265
Type	departmental bulletin paper
File Information	74_53-64.pdf



デジタル画像入出力装置と2,3の応用

村田和美* 前田純治* 板谷英朗*†

(昭和49年7月26日受理)

Input and Output-Device for Digital Image Processing and Some Applications

KAZUMI MURATA Junji MAEDA Hideo ITAYA

(Received July 26, 1974)

Abstract

Input- and output-device for digital image processing by electronic computer was constructed. A flying spot scanner for digitizing the input image and for displaying the output image is connected with the large computer (FACOM 230-60) in an off-line mode through the mediation of a magnetic recording tape. The constitution and the functions of the device are described. In order to test the device constructed, some experiments are performed and the results are presented. Several applications of the device to image analyzing, image synthesizing and image processing are also reported.

1. 緒 言

最近、画像の情報処理を電子計算機によってデジタル的に行う研究が盛んになってきた^{1)~3)}。画像は一般に結像光学系によって写真フィルムなどに2次元的に記録されたアナログ的な情報分布であるので、その情報処理も従来から光学系またはオプトエレクトロニクス系によってアナログ的に行われていた。これらに対し電子計算機を用いるデジタル的な画像処理には次の利点がある。すなわち、1) 融通性：デジタル電子計算機によればあらゆる種類の情報処理が出来ると言う融通性がある。特にアナログの処理では困難な画像の非線形処理や空間座標に依存する space variant な処理も可能である。2) 精度：デジタル電子計算機による処理には雑音の混入が少なく、また計算は高い精度を保ち再現性もよい。3) 操作性：同一種類の画像処理については、一度プログラムを作っておけば、簡単な操作により殆んど自動的に処理を行うことができる。一方、電子計算機を用いるデジタル画像処理の欠点としては、次のことがあげられる。1) 処理速度：電子計算機による処理は1次元的な演算の積み重ねであるので標本点の多い高分解能の画像処理には多くの時間がかかり、処理速度に限界がある。2) 装置の大型化：高分解能の画像処理を行うには大きな記憶容量を有する大型電子計算機が必要である。また入力画像をデジタル情報に変換する画像入力装置と、処理されたデジタル情報を出力画像に変換して表示する画像出力装置を必要とする。

* 応用物理学科応用光学講座

† 現在はオリンパス光学工業株式会社

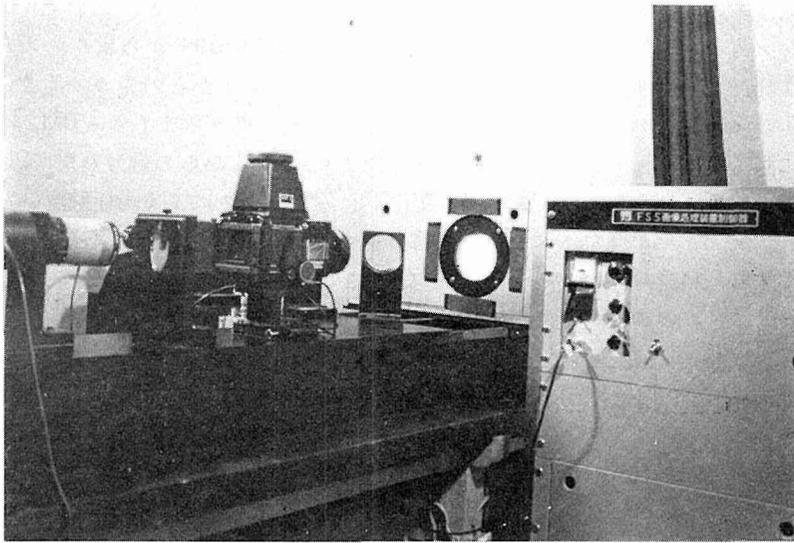


Fig. 2. Flying spot scanner system

ナー方式)とがある。前者は光学的なスポットを機械的に走査するのでスポットの空間的位置およびその輝度の精度は高いが、画面走査に多くの時間がかかり、走査密度を変えることは難しく、またランダム走査は不可能であるなどの欠点を持っている。後者はこれとは対照的で、高速走査、走査密度の切り換えおよびランダム走査などが可能であるが、スポットの空間的位置および輝度の精度において劣り、これらの補正を必要とする。われわれは各種の用途に対し利用度の高い後者のフライング・スポット・スキャナー方式を採用した。

以上の基本方針に基づいて設計したデジタル画像入出力装置の構成図を Fig. 1 に、試作された装置の外観写真を Fig. 2 に示す。本装置はフライング・スポット・スキャナー系、制御部および磁気テープ記録再生部の3つに大別される。この装置の構成と機能を画像入力装置および画像出力装置について述べれば次の通りである。

2.2 画像入力装置の構成と機能

フライング・スポット・スキャナー系はCRTと光学系と測光部とから成っている。入力画像フィルムはCRT 蛍光面のレンズ L1 による像面におかれる。CRT は電磁集束、電磁偏向型の管球で、蛍光面はフラットフェイスで直径5インチ、スポットの発光波長特性は青色で $450\text{ m}\mu$ のところにピークを持ちスポットの残光特性は非常に短かく $0.12\ \mu\text{sec}$ である。スポットの径は画面の中央で $50\ \mu$ 以下、画面の周辺で $75\ \mu$ 以下に保つことができる。スポットの走査はCRT 面の左上から右下への一様走査方式とし、走査面積は最大 $65\text{ mm}\times 65\text{ mm}$ までの各種の正方形または長方形の範囲に切り換えられるものとした。X, Y 偏向信号はプログラムコントローラーから D-A 変換器、偏向増幅器を経て段階的に与えられるが、スポット走査の直線性がリニアリティコレクターとピンクッションコレクターにより補償されている。画像を入力するときのスポットの輝度はコントローラー、D-A 変換器、ビデオ増幅器を経て一定に保たれ、各 X, Y の位置においてスポットが一定時間 ($100\ \mu\text{sec}$) 発光するようブランキング増幅器により制御される。各点の走査時間間隔は 2.5 msec 、走査密度は最大画面に対し 512×512 , 1024×1024 , 2048×2048 の3段階に切り換えられる。

つぎに光学系および測光部は、写真レンズ L1 ($f=127\text{ mm}$, $F/3.8$), フィルムホルダー, コンデンサーレンズおよびフォトマルチプライヤー PM1 (RCA 6199) から成り, 入力画像フィルム上に結像されたスポットの透過光量を測光する。またスポットからの光の一部はビームスプリッター, 写真レンズ L2, コンデンサーレンズおよびフォトマルチプライヤー PM2 により参照光として同時に測光検出されデンシティコレクターにより, PM1 からの信号の規準に使われる。これは CRT の蛍光面におけるスポット輝度の変化や, 写真レンズによる画面照度の変化を補償するためである。デンシティコレクターからの信号を直線増幅または対数増幅してから積分しサンプルホールドする。積分時間は $100\ \mu\text{sec}$ にとった。ホールドされた信号は 6 ビットに A-D 変換され, ポジまたはネガの選択を経て磁気テープに書き込まれる。

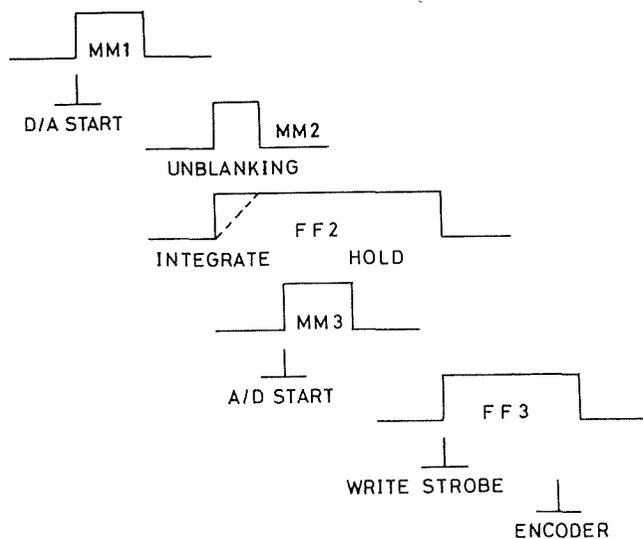


Fig. 3. Temporal step-chart in write-mode

CRT 面におけるスポットの走査, アナログおよびデジタル回路の開閉, 磁気テープへの記録などはすべてプログラムコントローラーからのパルスにより制御される。1つの走査点についてそれらの時間的な関係をあらわすステップチャートを Fig. 3 にしめす。MM はモノマルチプレクサー, FF はフリップフロップで何れもプログラムコントローラー中にて動作するものである。

本装置の磁気テープは 7トラック, 記録密度は 556 BPI であり, 6トラックはデータの記録に, 残りの 1トラックはパリティチェックに用いられる。Fig. 4 に磁気テープのフォーマットを示す。最初のフレームナンバーは入力画像を区別し, つぎの X ステップ, Y ステップは走査密度をあらわしている。1 ラスター分のデータは 2 分され, 2つのデータブロックに記録される。従って $N \times N$ 個の走査を行うときは 1 フレームの画像情報を $2N$ 個のデータブロックに書き込むことになり, これを 1 ファイルとし磁気テープ 1 巻に 1 ファイルを記録する。パリティチェックとしては各データ毎の Vertical Redundancy Check のほかに各データブロック毎の Longitudinal Redundancy Check を有している。なお北大の大型電子計算機 (FACOM 230-60) で磁気テープを用いる際は 9トラックが標準であるが, あえて 7トラックを採用したのは, 試作の段階でインクリメンタル方式の磁気記録装置を使うため止むを得なかった。このため入出力に際しての 7トラック用のプログラムを作製し 7トラックと 9トラックの相互変換を行えるように

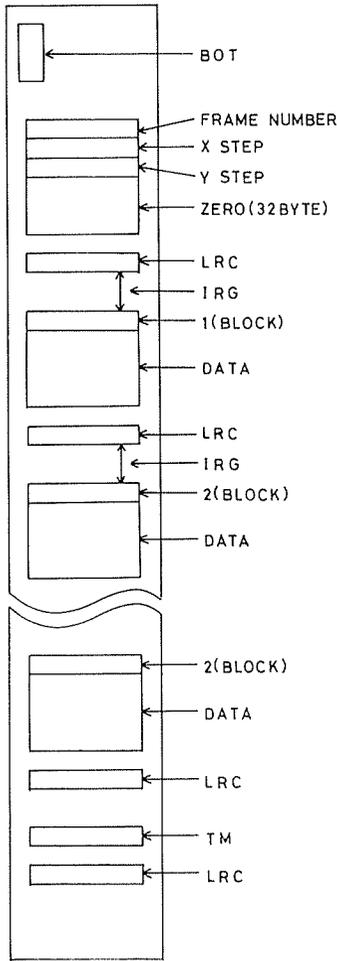


Fig. 4. Format of magnetic tape

の最大、最小の明るさや写真フィルムの感度などを考慮してこの一定のスポット露光時間を25, 40, 110, 280 μsec の4段階の中何れかを選べるようにした。各点の走査時間間隔は3 msecであるので例えば512 \times 512の走査密度の場合、1画像の走査に約20分を要する。またX, Y走査に

した。

2.3 画像出力装置の構成と機能

画像出力装置は共同利用の大型電子計算機によって処理し磁気テープに記録したデジタル出力情報をオフ・ラインでアナログ的フィルム画像に変換するものである。従ってその目的は前節において述べた画像入力装置に対し全く逆のものであるが、装置としては両者が共通の部分が多い。試作した画像出力装置の構成と機能をFig.1を参照しながら説明する。

電子計算機によって処理し磁気テープに記録されるデータは所望の2次元出力画像の各X, Y点における強度をデジタル6ビットであらわしてある。これをフライング・スポット・スキャナーのX, Y走査と同期させてCRT上のスポットの明るさとしてディスプレイし、写真レンズL1により未露光のフィルム面上に結像露光させて目的の出力フィルム画像を得るものである。

磁気テープに記録されているデータのフォーマットは画像入力装置におけるものと全く同じでFig.4に示してある。プログラムコントローラーの制御により読み出された磁気テープ上のデータはメモリーを経てD-A変換されビデオ増幅器によりCRTの輝度変調信号としてデータの大きさに比例したスポットの輝度を与える。Fig.5に画像出力装置における1つのスポット走査についての制御の時間的なステップチャートが示してある。各X, Y点におけるスポットの露光時間はブランキング増幅器により制御され1画像に対し一定となるようにしてあるが、画像スポット

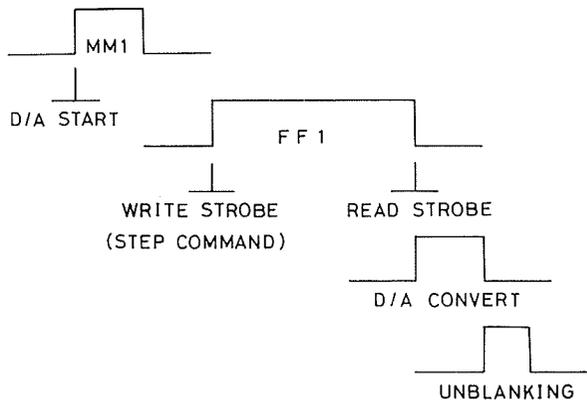


Fig. 5. Temporal step-chart in readout-mode

おける非線形歪を補償するためリニアリティコレクター、ピンクッションコレクターを用いることは、画像入力装置の場合と同様である。

3. 装置の性能

試作した画像入出力装置の性能を試験するため若干の実験を行った。最初にCRTのスポット走査に際してのX, Y座標の精度およびスポットの輝度の精度を確かめるため Fig. 6 のときテストパターンに相当するデジタルデータを電子計算機によってつくってテスト用磁気テープとした。これを画像出力装置によってCRTにディスプレイし写真レンズL1で撮影記録したものが Fig. 6 である。この出力画像の直線部およびドット部の位置を座標測定機にて測定したところ各点のX, Yの値の直線性の誤差が1%以下の範囲にあって

リニアリティコレクターやピンクッションコレクターによる補正が充分であることがわかった。また連続階調の部分のフィルム透過率を濃度計で測定し Fig. 7 を得た。これらはフライングスポットスキャナーの入出力特性を与え、露光量のほかフィルム感度や現像法にも依存するので、目的に応じた特性を得ることができる。

次に入力装置のスポット輝度に対する直線増幅と対数増幅の効果をしらべるために Fig. 8 (a) のとき10段階のグレイスケールを入力画像として走査し、デジタルデータとして磁気テ

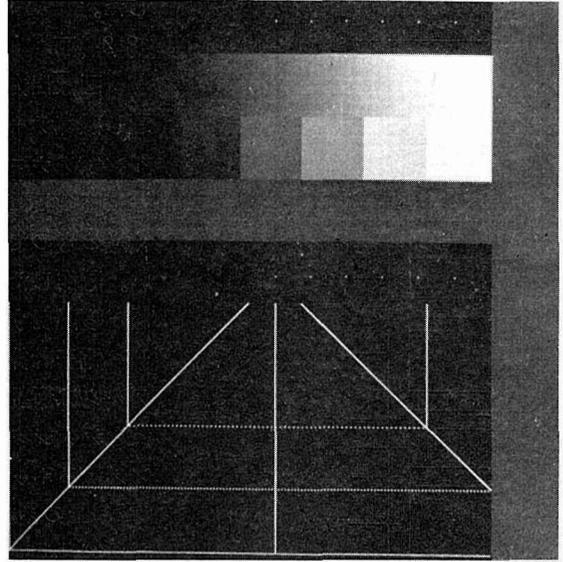


Fig. 6. Computer-generated test pattern displayed on CRT.

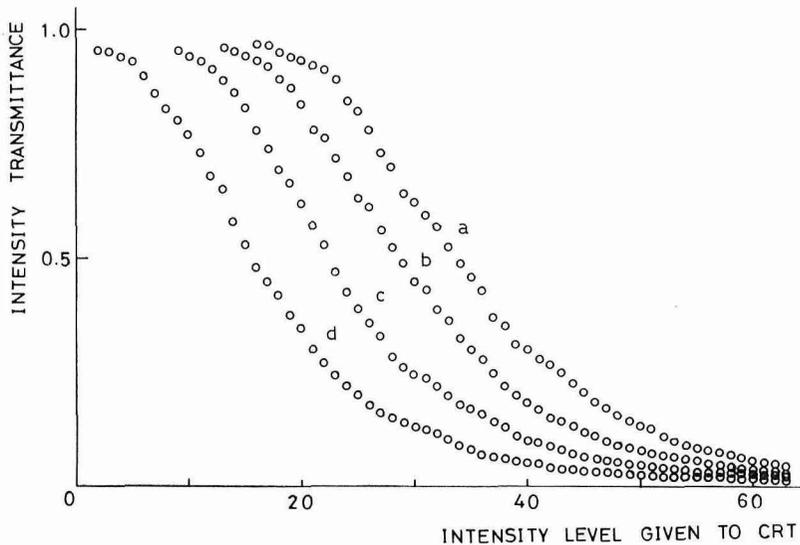


Fig. 7. Intensity transmittance versus intensity level given to CRT. Curves a, b, c and d were obtained as the exposure on the film was increased successively.

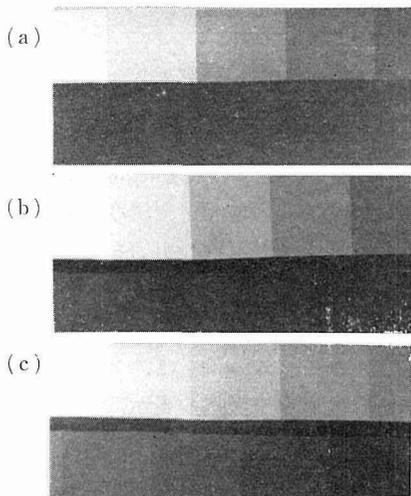


Fig. 8. 10 steps gray-scale chart: (a) original, (b) output image through linear amplifier, and (c) output image through log-amplifier.

プにいったん書き込んでから画像出力装置により読み出し CRT にディスプレイしたものが Fig. 8 (b), (c) である。(b) は書き込みの際に直線増幅器を通したもので、(c) は対数増幅器を通したもので、前者は明るい範囲の、後者は暗い範囲の階調がよく再生されている。つぎに本装置は画像出力装置として用いる際に同じデータからの出力画像のコントラストを調整することができるので、その例を Fig. 9(a), (b) にしめす。(a) はコントラストを高く、(b) はコントラストを低くディスプレイしたものである。以上の各種の濃度テストはマクロ的な測定であるが、ミクロ的即ち 1 点毎のスポットの明るさは平均値を中心にして最大 15% 程度の不規則な変動を持っている。これは蛍光面発光物質の不規則性によるものであり、スポットの径を広げることにより、直線増幅器を通して 10%、対数増幅器を通して 5% 程度に減少させることができる。

次に解像力の試験を行うために Fig. 10(a) のテストチャートを入力とし、これを磁気テープに書き込んだ後、読み出して CRT にディスプレイし撮影記録したものが Fig. 10(b) でフィルム面上周辺での解像力は約 15 本/mm である。これから CRT 面上でのスポットの径は約 75μ 以下であることが推察される。



Fig. 9. Output image of a picture (a) with high contrast and (b) with low contrast.

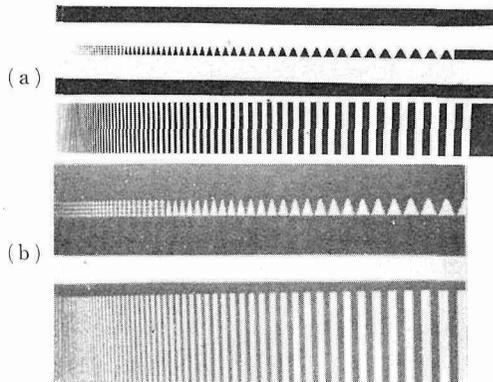


Fig. 10. (a) Test chart for resolving power and (b) the output image.

4. 2, 3 の 応 用

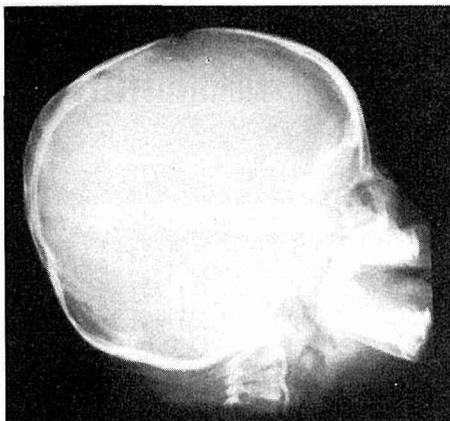
試作された画像入出力装置の応用面は非常に多岐にわたるが、これらを大きく次の3つに分類することができる。

(1) 画像の解析：本画像入力装置を用い画像の情報をデジタル化し、電子計算機によってその画像の持っている性質、例えば座標の読み取り、強度透過率の測定、濃度の頻度分布、空間周波数スペクトル分布、特徴抽出、物体の計数等を行い、電子計算機の出力を数値で作表したり、グラフにプロットしたりすることができる。

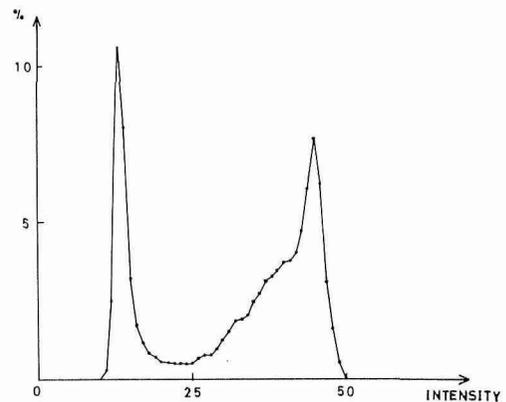
(2) 画像の合成表示：電子計算機によって計算された結果としてのデジタル情報から、本画像出力装置を用いて2次元の画像を合成表示することができる。例えば、2次元関数の濃度表示、立体表示、階段的または連続的濃度パターン、任意の文字や図形の表示、正弦波格子や計算ホログラムの作製などが可能である。

(3) 画像の情報処理：本画像入力装置によって、入力画像をデジタル量として磁気テープに書き込み、電子計算機にて各種の情報処理を施した結果を取めた磁気テープを本画像出力装置によって読み出し、画像を合成表示することができる。このように入出力ともフィルム画像とする画像処理には、2画像の和や差の検出、画像の空間的変調や復調、フーリエ変換やフレネル変換などの光学変換、画像の幾何的歪の除去、画像濃度の非線形変換、画像の情報圧縮、不鮮明像の回復、画像の強調、画像の微分など極めて種類が多い。

以上の多くの応用例のうち最も簡単な2,3について実験を試みた。これらの実験における走査密度は X, Y ともに512を用いた。先ず画像の解析の例として Fig. 11 (a) に示すような小児の頭の X 線写真を試料とし、その画像の明るさのレベルを解析しヒストグラムをプロットしたものが Fig. 11 (b) である。明るさは6ビット64段階で12~15の大きなピークは画像の4隅の暗いバックグラウンドに相当している。この様に画像のヒストグラムを知ることが、コントラストの変換や画像の一部分の強調などの処理を行う予備として必要である。次に画像の合成表示の例を Fig. 12 に示す。これは画面の水平方向および垂直方向に直線的に明るさの変化するパターンを電子計算機により作り画像出力装置で合成表示したもので、CRT 蛍光膜や写真フィルムの特性の測定に利用することができる。Fig. 13 (b) は光学的開口合成法における合成像の表示例で、同図 (a) のごとき輪帯状物体の各方向のスリット開口による多くの不完全な像から電子計算機によ



(a)



(b)

Fig. 11. (a) X-ray photograph of a head and (b) its histogram.

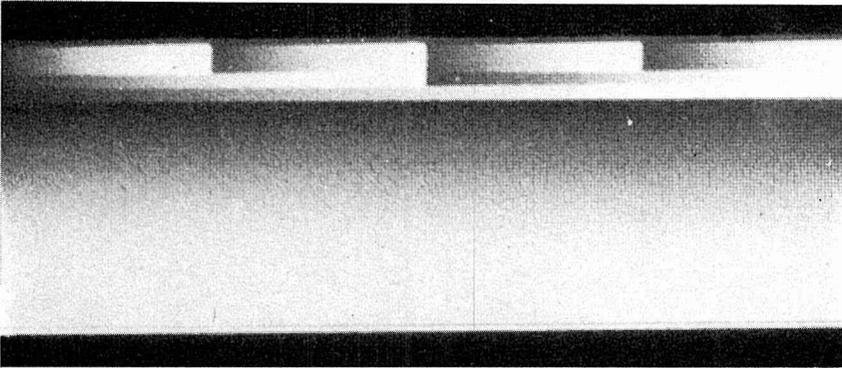


Fig. 12. Continuous gray scale generated by computer

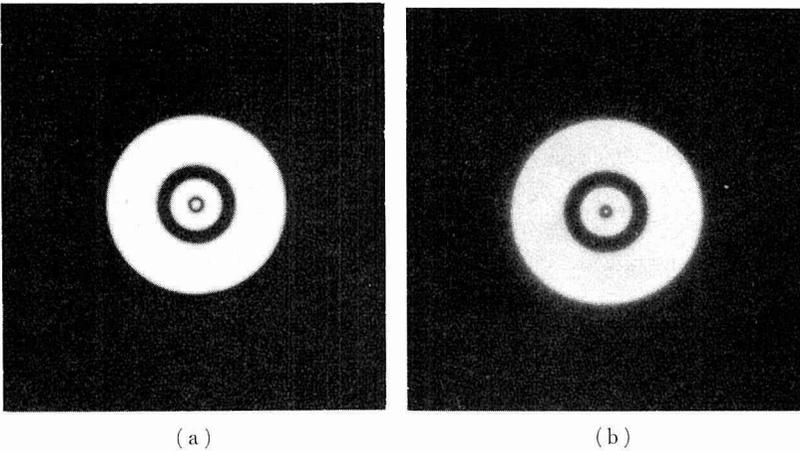


Fig. 13. (a) Original annular object and (b) the synthesized image by the computer from the blurred images obtained by a slit telescope.

って完全な像を合成し画像出力装置にて表示したものである¹²⁾。

つぎに画像処理の実験例を2,3あげよう。本画像入出力装置によれば画像を対数変換したりポジ/ネガ変換することが可能である。Fig. 14は、(a)の原画写真を対数増幅器を通して磁気テープに書き込みおよび読み出してCRTにて表示した出力画像が(b)である。対数変換による画像



Fig. 14. (a) Original picture, (b) the output image through log-amplifier and (c) the output image through posi/nega inverter.

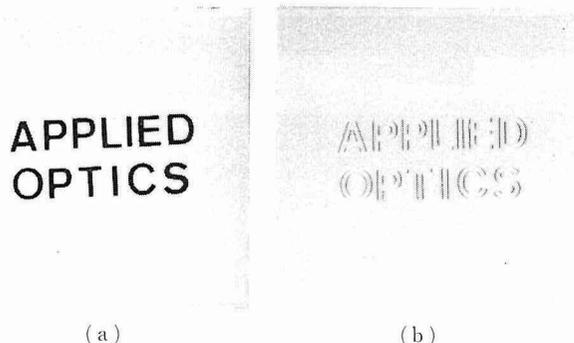


Fig. 15. (a) Original characters and (b) the output image differentiated spatially by computer.

の明るい部分と暗い部分のコントラストの交代がよくあらわれている。Fig. 14(c)は、ポジ/ネガ変換器を通して Fig. 14(a)のコントラストを反転しネガ像としたものである。本装置によれば入力画像がポジまたはネガの何れであっても所望の処理を行ってその結果を必要に応じてポジまたはネガの何れかに表示することが可能である。最後に画像処理の典型的な例として画像の微分を行った実験を示す。2次元的な画像を微分すれば画像に含まれる高周波成分が強調される。Fig. 15(a)に示す文字図形を水平方向に微分した出力像が Fig. 15(b)である。この場合、入力画像は明暗のバイナリー図形であるので微分によりエッジのみが強調された出力像を得る。この場合の微分は差分による近似法を用いた。

以上の実験により、試作された画像入出力装置の応用への可能性を確かめた。

5. 結 言

電子計算機により画像のデジタル処理を行うために必要な画像入出力装置の試作と若干の簡単な応用について報告した。本装置の特徴は次の如くである。

画像の X , Y 走査は 512×512 , 1024×1024 , 2048×2048 の3段階から目的によって選択でき高分解能である。画像の明るさの量子化は6ビット、64段階で殆んどの用途には充分である。 X , Y および明るさの線形性を保つため各種の補償回路を持っている。また、対数増幅器、ポジ/ネガ変換器、TV モニター、任意の走査範囲の設定などの機能を持ち、用途に応じてこれらを用いることが出来るので、装置の操作性を容易にし、また応用範囲が拡大される。

本画像入出力装置の応用については、若干の例を示したに過ぎないが、今後、各種の画像処理に本装置が利用されることが期待される。

終りに本研究に対し御助言を頂いた藤原裕文助教授、ならびに実験に御協力頂いた馬場直志君に御礼申し上げる。また本画像入出力装置の試作に御協力頂いた株式会社ナックの高橋正明、下岡耕三両氏に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Rosenfeld, A.: Picture Processing by Computer (1969), Academic Press, New York.
- 2) Andrews, H. C.: Computer Techniques in Image Processing (1970), Academic Press, New York.
- 3) Billingsley, F. C.: Appl. Opt., 9 (1970), 2, p. 289.
- 4) Huang, T. S., W. F. Schreiber and O. J. Tretiak: Proc. IEEE, 59 (1971), 11, p. 1586.
- 5) 一岡芳樹: 光学情報処理 (昭49), 第5章, 電子計算機の光学情報処理への応用, 朝倉書店.

- 6) Billingsley, F. C.: SPIE Proc. Computerized Imaging Techniques Seminar (1967), p. 11-1.
- 7) Barkdoll, I. H. and B. L. McGlamery: Proc. 23rd ACM National Conference (1968), p. 705.
- 8) 一岡芳橋, 三好 準, 鈴木達朗: 応用物理 39 (昭45), 5, p. 427.
- 9) Ichioka, Y., M. Izumi and T. Suzuki: Appl. Opt. 10 (1971), 2, p. 403.
- 10) 奥山博信, 本谷邦彦, 一岡芳樹, 鈴木達朗: 応用物理 42 (昭48), 11, p. 1091.
- 11) 奥山博信, 一岡芳樹, 鈴木達朗: 応用物理 42 (昭48), 11, p. 1100.
- 12) Murata, K. and N. Baba: to be published in Proc. ICO Conf. on Optical Methods in Scientific and Industrial Measurements, Tokyo Aug. 1974.