

小型画像対話型処理用ソフトウェア—System 64

An Interactive Software for Processing a Small Image — SYstem 64

尾上守夫*・柴田義文*

Morio ONOE and Yoshifumi SHIBATA

電子計算機による画像処理は精度、再現性、融通性に優れているため広い分野に応用される気運にあるが、画像データが膨大なために従来は大型機が使用されてきた。しかし最近のICなどの進歩はミニコンピュータによる専用の画像処理システムを組むことを可能にした。パターン認識の現状からみて実用的な画像処理は対話型の処理を欠く事できない。また広い応用に対処するためには誰れでも最小の学習で使用できなければならない。このようなことを考慮して(64×64)の小型画像処理用のシステムを試作した。ここではその概要を例をあげながら紹介する。

1. はし が き

電子計算機による画像情報処理は一方では処理の精度、再現性、融通性に優れているために、他方ではICやLSIの発達によるデジタル演算のコストの低下に支えられて広く普及する気運にある。それが順調に発展するためには一般のユーザでも容易に使用できるようなソフトのパッケージが不可欠である。これはパターン認識の現状からみて、完全自動化は困難であって、処理の各段階において人間が介入できるようなものでなくてはならない。しかしこのことは直に対話型の採用にはつながらない。現在の直視型ディスプレイの解像度、階調はまだ大型画像を扱うには不十分であり、また処理や表示にあまり時間がかかると人間は待ちきれないからである。従って画像を小型と大型とに区別して前者は対話型を後者はバッチ処理を主にする方法が実際的と思われる。この場合小型画像処理システムは大型に対して速視的機能を果す事ができるので、両者の連繋がとれる事が望ましい。

画像処理システムには画素数可変なものと同定なものがある。可変なものは融通性に富んでおり、特に大型の場合は記憶容量や演算時間を節約できる。また画像データの入出力には是非必要な機能である。その反面プログラムやデータ管理が複雑になる。従って小型画像に対しては可変にする利点はほとんどない。

処理の対象となる画像としては、文字や線画のように二次元の座標で規定できる黒白2値の画像からはじまって写真のように濃淡の階調軸が加わったもの、カラー写真のようにさらに色の座標軸が加わったもの、ホログラムのように三次元情報が、盛込まれたものがある。これはいずれも1枚の画像に関してであるが最近では、互いに関連した複数の画像の処理が要求される場合があり、TV、衛星観測像、交通流計測など時間軸

上の変化があるもの、長波長ホログラフィにおけるサログラムのよう波動分布の実数部と虚数部(あるいは振幅と位相)が組になって与えられるもの、リモートセンシングにおける各波長スペクトル画像のように可視および赤外における各波長の情報を分けて記録したもの、一次元あるいは二次元情報からの立体復原、超音波像とX線像のように異種の画像の組合せによる診断などがその例である。また、画像を処理した結果得られる特徴パラメータの集合も広義の画像と考えられる。これらの画像は、関心のある画面に多次元の情報が盛込まれていると考える事ができるので多次元画像と呼ぶ事にする。

多次元画像情報処理では複数の画像の間の関連を調べたり、編集したりする事が必要でソフトもそれに便利ようになってなければならない。特に対話型の場合複数の画像を同時に表示できる事が望ましい。

画像データの形式としては、入力では普通1画素1バイトの正整数を割当てておけば十分である。しかし処理を行うと負値や小数値を生じ、その範囲も広がるので実数で表現するのが便利である。画像処理の有力な道具であるフーリエ変換の場合は複素数が出てくる。またサログラムなどは入力のときから複素数である。従って一般用のシステムとしては整数、実数、複素数いずれの画像も取扱えなければならない。

以上の考察に基づいて対話型の小規模画像処理システムを作成した。これは当所で現在建設中の多次元画像情報処理システム⁽¹⁾の一環である。まだ中間の段階であるが、一応試用できる状態に達したので報告する。⁽²⁾

2. ハードの構成

現段階でのハードの構成を図1に示す。計算機はミニコン(YHP 2100 S)で、1語16ビット、32K語のコアを持っている。補助記憶としては2.5MBの固定磁気ディスクおよび交換ディスク(DISC)が各5枚

*東京大学生産技術研究所 第3部

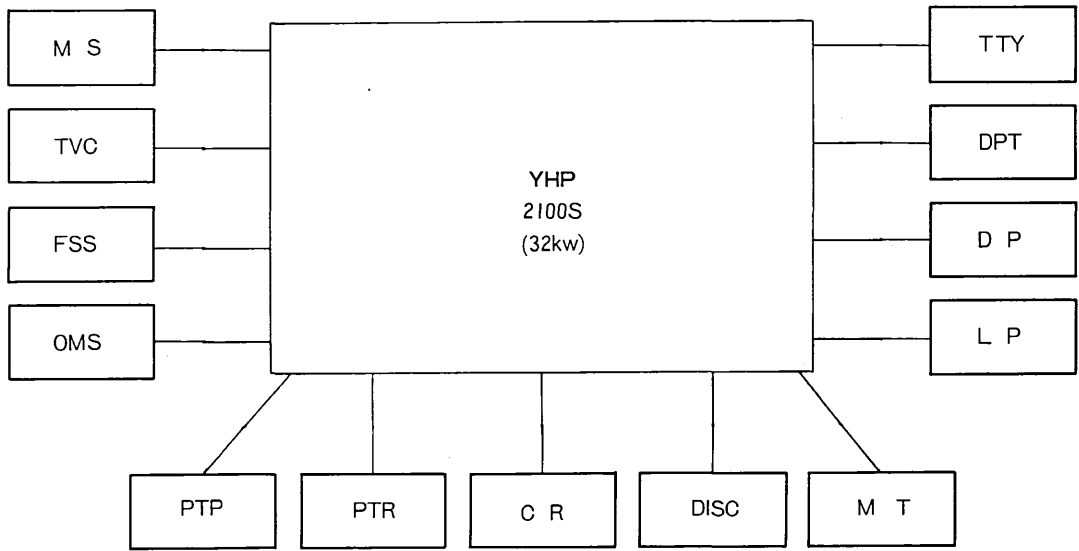


図1 ハードの構成

ある。他に磁気テープ (MT) 2台, 紙テープリーダー (PTR), 紙テープパンチ (PTP), カードリーダー (CR), ラインプリンタ (LP) が附属している。システム・コンソールとしてはテレタイプライター (TTY) があるが, 現在は応答の速い蓄積型ディスプレイ・ターミナル (DPT, TK-4012) を使用している。

画像入力は磁気テープ, 紙テープによる他, メカニカル・スキャナー (MS)⁽³⁾, フライングスポットスキャナ (FSS) で直接写真を, テレビカメラ (TVC) で外界の景色等を読み込む事ができる。またオンライン自動化顕微鏡 (OMS) で直接プレパラート試料の拡大像を読み込む事ができる。画像表示は蓄積型ディスプレイ (DP, TK-611) を主に使用しているが文字を併記したい場合は表示点数に対する制約はつよいが DPT も使用できる。

3. ソフトの構成

使用したミニコンには DOS-III という磁気ディスクのオペレーティング・システムがついていて入出力制御, コンパイル, ファイル管理, 誤り検出にかなりの機能を持っている。それを十分に活用するため, (64×64) に固定した小型画像用 SYSystem 64 と画素数が可変の大型画像用 LIPS (Large Image Processing System) とが図2に示すように共に DOS-III の管理下で動作するようにした。両者はディスク内ファイルを共用し, プログラムの連繫ができる。勿論 DOS-III の下で任意に作ったプログラムが, これらのファイルにアクセスする事も可能である。

主な入出力プログラムは可変画素数にするため LIPS 内にある。従って入力は LIPS でディスクに入れた上で, SYSystem 64 で (64×64) の窓を切出して処理する事が多い。SYSystem 64 には処理中のモニターのために種々の表示および処理経過の記録のための印刷のプログラムが備えてある。処理結果の出力とくに大型画像の出力は再び LIPS による事になる。

System 64 は主プログラム [SY 64] と多数のセグメント・プログラムとからなっている。SYSystem 64 が起動された時にコアに常駐するのは「SY 64」のみである。これは DPT で指定されたセグメント・プログラムをコア内のオーバーレイ領域に呼出して実行させるのみであって, 打誤りのチェック, 時間測定等の管理的機能の他は固有の演算機能を持っていない。

主およびセグメント・プログラムは次節に述べるデータ領域を共有する以外に若干の作業領域も共有し, パラメータの受渡しを行っている。

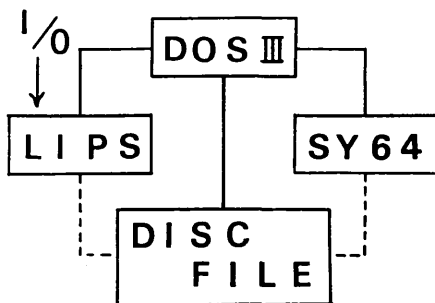


図2 ソフトの構成

プログラムは入出力の一部はアセンブラで、他はFORTRANで書いている。セグメント・プログラムの訂正、追加はそのセグメント・プログラムのみコンパイルして、ロードすれば良いので簡単に行える。

対話型処理で操作者に待っているという感じを与えないためには大体30秒が限度である。従って処理時間を高速にするためにコアディスク間の転送でヘッドの移動が少なくなるようにし、さらにマイクロプログラミングの機能を活用した。たとえば画像データは二次元配列で与えられているので二次元添字 (I, J) を一次元添字に換算する演算が多くなる。通常のFORTRANコンパイラで得たプログラムはこの演算にかなりのステップを使っている。そこでこの部分をマイクロプログラムでできるようにした。その結果たとえば16K語のクリアに通常のプログラムでは5.4秒かかったものがマイクロプログラムを使用したものでは2秒に短縮できた。これらのマイクロプログラムはFORTRAN関数の形で与えられており、追加のセグメント・プログラムもこれを利用してFORTRANでかけるようになっている。マイクロプログラム自体はSY 64の一番はじめの起動前にWCS (Write Controlable Store) にロードするようになっている。以上の配慮によって各セグメント・プログラムの処理時間はコア内で完結するものは大部分が2~3秒、フーリエ変換でも10秒、ディスクとの転送を伴うものでも20秒に抑える事がで

きた。

4. 画像データ形式

整数型、実数型、複素数型の三種の画像を扱うので混同しないようにしなければならない。1画素当り整数型は整数で1語、実数型は浮動小数点で2語、複素数型は浮動小数点2組で4語必要である。

(64×64) という数字は主記憶のコアが32 K語であるので、その中に入る最大の複素数型の画像の大きさである。すなわちこの場合1画素4語を要するので画像の領域はコアの半分16 K語を占める事になる。実数型および整数型の画像の場合は同じ領域にそれぞれ2枚または4枚入る事になる。

対話型で操作者に演算結果を提示するまでに「待っている」という感じを与えない点でも、(64×64) の大きさはほとんどの演算がコア内で行え、またディスクとの転送も長くないので適当である。

画像データは64×64の行列として格納されている。コア内の配列の順序はFORTRAN に従い列単位になっている。すなわち

$$(I, J) = (I + 64 * (J - 1)) \quad (1)$$

視覚的にはIをX軸、JをY軸と考えて図3の形になっている。すなわち整数形の場合は図3(a)のようにIM-1, IM-2, IM-3, IM-4の4枚の格納場所が順に並んでとる。実数型の場合は図3(b)のようにIM-1とIM-2

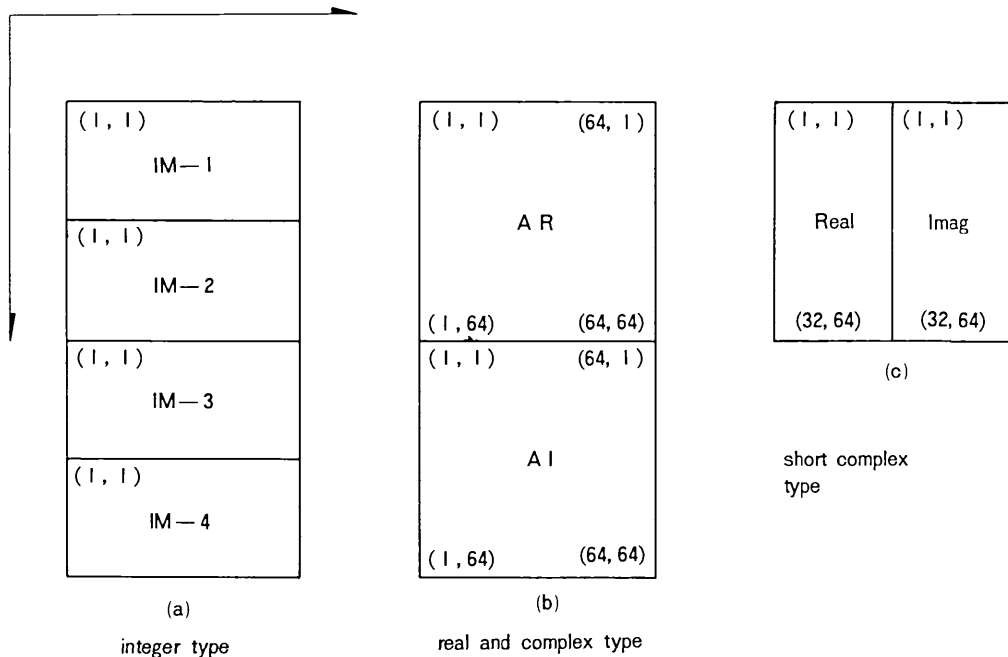


図3 データ形式

と同じ場所にARがIM-3とIM-4と同じ場所にAIが用意されている。両者の混合すなわち(IM-1, IM-2, AI)あるいは(AR, IM-3, IM-4)といった格納の仕方も可能である。

複素数型は2枚の実数型画像からなると見なしてARに実数部, AIに虚数部が入る。従ってFORTRANの複素数機能は利用していない。これは記憶場所, 演算を実数型と共用するためである。

フーリエ変換した結果は一般には複素数であるが, 入力の実数データ行列の場合は中心共軌になるので, 独立なデータ数は半分でよい。従って(64×32)の複素行列に対して図3(c)に示すようにARもしくはAIを縦に二分して左半分を実数部, 右半分に虚数部を入れた短縮複素型を使用する。この場合第1および33列は特別な扱いになるが詳細は後述する。

ディスク内ファイルはDOS-IIIと共用であってSYstem 64を終了しても壊れない。図3のデータには128セクターが必要である。これにファイル名や画像寸法を入れたヘッダーを先頭につけた合計129セクターがファイルの標準寸法である。SYstem 64には数十個の標準型ファイルが予め用意してあって, 一時格納用に使われる。また使用者専用の標準型ファイルもDOS-IIIを通じて登録することができる。標準型ファイルのコアへの入出力は後述の「LD 64」「ST 64」で簡単に行える。大型画像のように非標準型ファイルに入ったものは「WL 64」によって切出す窓を指定する必要がある。

5. 主プログラム

主プログラム「SY 64」はすでに述べたようにセグメント・プログラムを呼出すのみで固有の演算機能は持たないが, 次の管理機能を持っている。

対話型では指令およびパラメータを誤って入力する事がかなりある。そうすると多くの場合DOS-IIIにコントロールが戻ってコア内画像が壊れてしまう。その対策としては根本的には中間結果を適当な間隔でディスクに一時格納して置く事が望ましい。

しかし最も起し易い誤りであるセグメント・プログラム名やファイル名の打ち間違いに対してはファイル・サーチを行って該当名がない時は, その旨をDPTに回答して再入力を求めるようになっている。

他にオプションとしてセグメント・プログラムの実行時間を計測し, セグメント・プログラムが終るごとにDPTに出力するようにできる。

DPTはTTYに比し時間が速いが処理経過の記録が残らない。そこで入力および計算された主なパラメータをセグメント名と共にラインプリンタに印刷するオプションが設けてある。

6. セグメント・プログラム

各プログラムはいずれも英字二字の後に「64」が付いた名前を持っている。若干のものはさらに英字がもう一字付いている。特に「I」が最後に付いているものは整数型画像に対するものである。ただし歴史的事情でIの付いてないプログラムでも, 内部で実数, 整数の問合せを行ってから分岐しているものもある。

以下処理の目的別に分類してその大要を述べる事にする。

6-1 索引 (INDEX)

[IN 64] セグメント・プログラムの数は次第にふえているので, マニュアルの更新が追いつかない。それで処理の途中でプログラムの索引をDPT上で参照できるようになっている。これは二段階になっている。まず図4(a)のように大分類が表示されるので, 必要な項目を選んでその番号をタイプすると図4(b)のようなさらに詳細な索引が示される。これにはプログラムの簡単な説明と対象となる画像の型も含まれている。

```

CLASSIFICATION
1 IMAGE GENERATION
2 TRANSFER
3 DISPLAY
4 POINT OPERATION
5 GEOMETRIC OPERATION
6 OPERATION BETWEEN IMAGES
7 TRANSFORMS
8 NEIGHBORHOOD OPERATION
9 STATISTICS
10 END ----- EN64

* ENTER NUMBER ?

```

図4(a) IN 64の表示例(第1段階)

```

TRANSFORMS
FT64
FT64R FFT (AR, AI)
FR64 FFT-REAL (AR, AI)
HT64 FRESNEL TRANSFORM (AR, AI)
HADAMARD TRANSFORM (AR)

* ONCE MORE=1 OR NEXT=2 ?

```

図4(b) IN 64の表示例(第2段階)

6-2-1 生成 (IMAGE GENERATION)

[DL 64] 始点と終点の座標を与えて直線を描く。アルゴリズムは釜江等の変位比較法⁽⁴⁾ によっている。

あとで述べるDS 64等にあわせて6枚の画像に対応して座標を与える。図14の上段の外側の枠はその使用例である。

[DR 64] 左上隅と左下隅の座標を与えてその矩形内を塗りつぶす。図14の上段にその例を示す。

いずれも濃度は整数値で与えられるが実数画像に対しては自動的に実数に直される。

[RN 64] 0.0~1.0間の一様乱数を発生する。

6-2-2 消去 (CLEAR)

[CL 64],[CL 64I] AR, AI, IM-1~4の何れかあるいは全部を零にする。

6-3 転送 (TRANSFER)

[CH 64] コア内でARとAIを交換する。あるいはIM-1, 2, 3, 4を交換する。

[TR 64],[TR 64I] 上下あるいは左右の反転もしくは行列の転置を行なう。

[LD 64] ディスクからコアに入れたい画像ファイル名を打つと、確認のためファイルのヘッダーを表示した後に前半のARまたは後半のAI, あるいはその両方がコアに入る。形は実数画像に対する転送であるが(IM-1, IM-2)のように組にすれば整数型画像にも使える。

[ST 64] コアからディスクへの転送で形式は「LD 64」と同じである。

[WL 64] 整数型の大型画像から図5に示すように右上隅の始点および間隔を与えて(64×64)の窓を切出してくる。パラメーターを変えて一度に最大4枚まで読みみができる。窓が互いにオーバーラップしても差支えない。大型画像からはみ出した分は零が入られる。

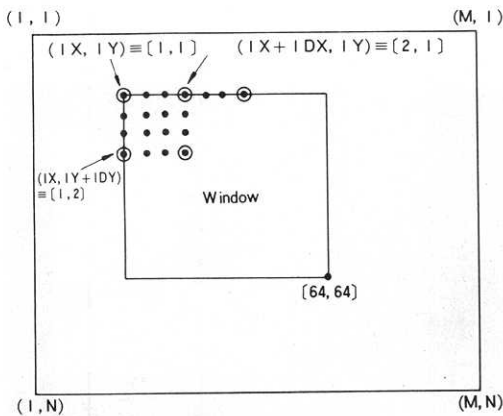


図5 WL 64による窓の切出し

() は大型画像の, [] は窓画像の座標

6-4-1 表示 (DISPLAY)

表示に使用した蓄積型ディスプレイは蓄積動作では黒白2値しか表わし得ない。従って濃淡は各画像に点行列を割当ててその輝点の数によって表わした。分解能は規格によれば水平方向400ラインペア, 垂直方向300ラインペアであるが, 実際は調整をよくすれば500×400点程度を分離して出すことができる。これ以上つめると隣接した輝点同志がくっついてにじんだようになる。

表示しうる最大をN max, 画像の大きさを(N×N), 階調表示用点行列の大きさを(n×n)とすれば水平または垂直方向に同時に表示できる枚数aは明らかに

$$a \leq [N \max / (N \cdot n)] \quad (2)$$

従って限られた分解能のディスプレイを使って複数の画像を表示しようとするとき画像の大きさなり階調レベルなりを落さなければならない。この矛盾を解決するためにここに記すように精粗いろいろな表示を用意した。

図6(a)のような濃淡のダイナミックレンジの狭い画

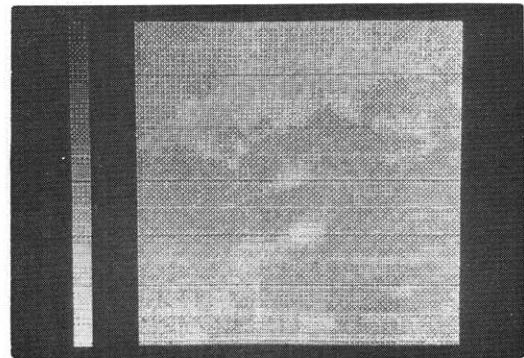


図6(a) ダイナミックレンジの狭い画像

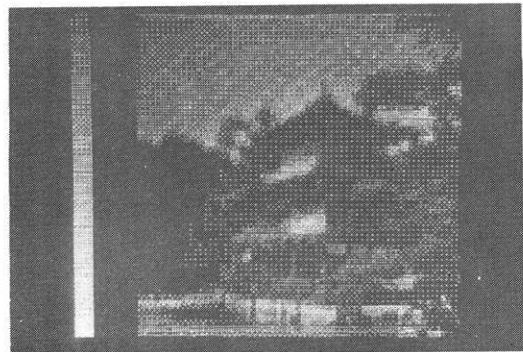


図6(b) ストレッチ処理の例

像は最大最小値をディスプレイのダイナミックレンジで一様になるように引伸すと図6(b)のような見やすい表示が得られる。ディスプレイ関係の命令は全てAUTOにするとこのストレッチ処理が自動的に行なえるよう



図7(a) DS 64Lの表示例



図7(b) ハイライト除去

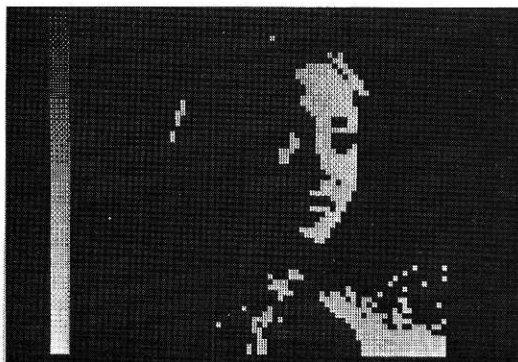


図7(c) ハイライト抽出

になっている。

[DS 64L] (4×4)の点行列で17レベルの階調を持つ(64×64)の画像を1枚表示する。各点の間隔はディスプレイの調整が若干ずれても、くっつかない程度に余裕をみてとってある。図7(a)はその表示例で、左端には階調スケールが附してある。

この場合濃度の最大値、零または最小値の間を自動的に所定の階調レベルに等分しているが、その値はDPTに表示されるので、任意の値を指定する事もできる。従って図7(b)のようにハイライトを抑制した画像や図7(c)のようにハイライト部分を抽出した表示もできる。

[DS 64], [DS 64I] (2×2)の点行列で5レベルの階調を持つ(64×64)の画像を6枚表示する。点間隔の余裕がみえてあるのは「DS 64L」と同じである。図8にその例を示す。この例では6枚相互間の間隔が空けてあるが、これをくっつけて(192×128)の画像1枚の表示にも使える。

[DP 64], [DP 64I] (2×2)の点行列で5レベル

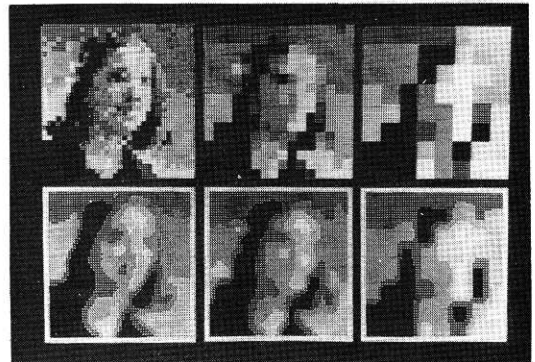


図8 DS 64の表示例

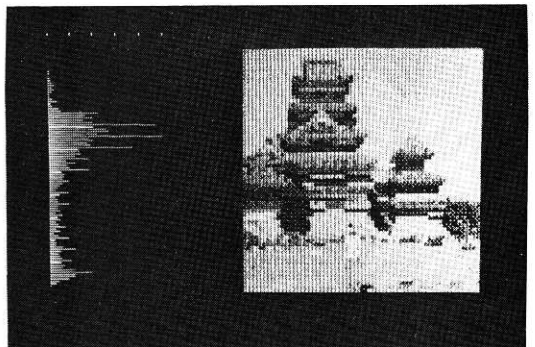


図9 HS 64の表示例

の階調を持つ (64×64) の画像を4枚表示する。図11, 13, 16, 18, にその例を示す。

[DP 64R], [DP 64J] (3×3) の点行列で10レベルの階調を持つ (64×64) の画像を2枚表示する。

[DP 64L] (4×4) の点行列で17レベルの階調を持つ (64×64) の画像を2枚表示する。点間隔は約20% つめてあるので、調整がずれると明るい所がにじみやすい。図9の右がその例である。

[DS 64R], [DS 64J] (2×2) の点行列で5レベルの階調を持つ (64×64) の画像9枚表示する。図19にその例を示す。点間隔は「DP 64L」と同じである。くっつけて表示すると (192×192) まで画像表示可能である。

[DS 64U] (2×2) の点行列で5レベルの階調を持つ (64×64) の画像を12枚表示する。図10はその表示例でERTS衛星による成田空港のマルチスペクトル画像である。右上4枚は5バンドで相互間の間隔があげてあり、左上4枚は4バンドで間をつめてある。(左端は輝点の調整がずれたためににじんでいる。) 最下段は各バンドの右下1/4部分のヒストグラム、その右の輝点は両者の二次元ヒストグラムによるクラスターである。くっつけて表示すると (256×192) まで画像表示可能である。

6-4-2 印字記録 (HARD COPY)

ラインプリンタによって永久記録をうるためのものである。

[BL 64] 整数画像を (64×64) の2値行列で表わす、陽面を選んだ場合は正值の画素を@で、陰面を選んだ場合は零以下の画素を@で印字し、他はブランクになる。

[LI 64] 整数型あるいは実数型画像の画素の値を指定した行数だけ印字する。

[LI 64D] 実数画像の画素の値を10段階に分けて(0, 1, …… 9) の数字で表わし、(64×64) の行列の形で印

字する。

6-5 点処理 (POINT OPERATION)

他の画素とは関係なしにある画素の値についてのみ演算する。

[AB 64], [AB 64I] 絶対値あるいは複数の振巾を与える。

[BI 64] 整数型あるいは実数型にしきい値処理をほどこして2値化する。

[FL 64] 整数画像IM-1を浮動小数点化して実数画像AIに収める。

[IF 64] 実数画像ARを整数化して整数画像IM-3に収める。画素の絶対値が32,767を越えるものがあるとDPT上に「OVER FLOW」を表示してやり直しを求めめるので適当な実数をかけてからもう一度やればよい。

[LE 64] 実数画像の対数あるいは指数関数を与える。

6-6 幾何学的処理 (GEOMETRIC OPERATION)

[SH 64], [SH 64I] 水平垂直方向への移動である。右上隅が移動後しめるべき座標を与える。(これは負であっても差支えない) 原画像の大きさから外にはみ出した分は消失し、空白になった部分は零がうめられる。図8の下段にその使用例が見られる。

[ZR 64] 実数画像を任意の中心点の座標 (負でも小数値でも差支えない) を与えて回転し、あるいは拡大、縮小する。アルゴリズムはRosenfeldの「ROT ATE」によった⁽⁵⁾。図11はその例である。

6-7 画像間演算 (OPERATION BETWEEN IMAGES)

2枚の画像に対応する画素間の演算である。

[AR 64] コア内複素数画像の四則演算でコア内画像とディスク内画像との間で行われ答はコア内に収められる。

[AR 64R] 実数画像AR, AI 間の四則演算で答はAIに収められる。

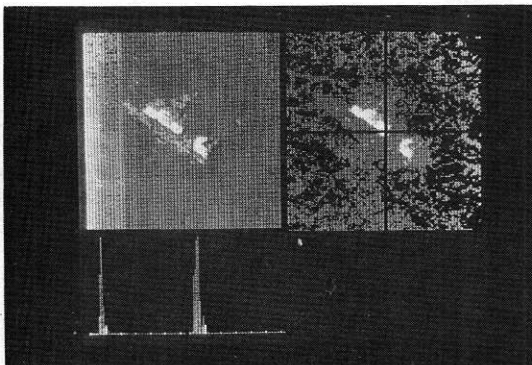


図10 DS 64U 表示例



図11 ZR 64の表示例

[AR 64] 整数画像間の四則演算入力および答はIM-1~4の何れをも指定できる。

いずれも零による割算は答を零にしている。また2番目の入力画像には定係数がかけられるようになってる。

[LG 64] 整数画像間の論理演算を行う。入力および答はIM-1~4の何れも指定できる。

6-8 直交変換 (TRANSFORMS)

[FT 64] 複素数画像 (AR, AI) の二次元FFTを行って同じ場所に納める。順変換, 逆変換の選択ができる。この際零周波数は右上にくる。他に光学レンズを通した時のように零周波数が中央にくるような順変換, 逆変換も可能である。基数2のFFTでは55秒かかったが, 基数4のFFTにした結果約半分に時間が短縮できた。マイクログラムによってこれが10秒に短縮された。基数8も試みたが, この程度の大きさでは基数4より0.5秒程度悪くなった。図12は正方形のFFTの例で上段中央が実数部, 右端が絶対値の対数表示, 下段がそれぞれ縦軸に対する断面で, 後で述べる「SE 64」で得た例である。

図13上段は図7(a)の画像にFT 64を適用した結果の実数部, 虚数部である。(25, 25)(41, 41)を隅とする正方形のマスクを用い, 高域フィルタをかけて逆変換したものが下段左, 低域フィルタをかけて逆変換したものが下段右である。図14は上段に示すような帯域通過型のマスクをかけた時の出力をそれぞれ下段に示したものである。

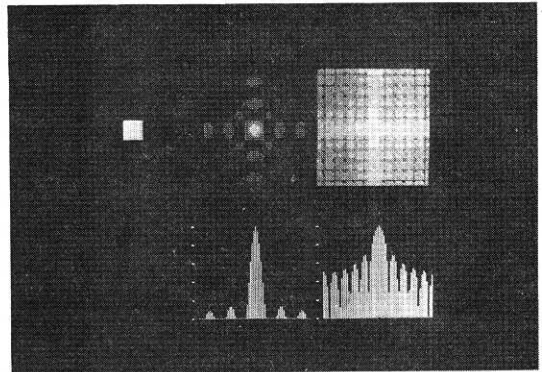


図12 FT 64とSE 64の表示例

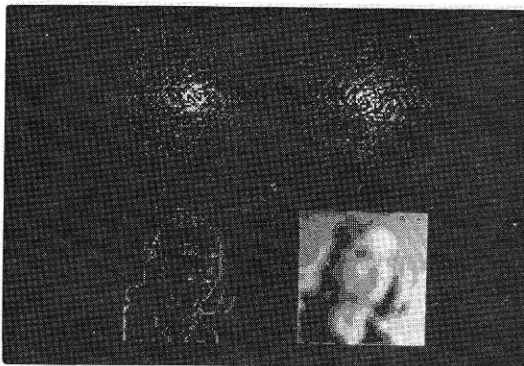


図13 FT 64によるハイパス, ローパス例

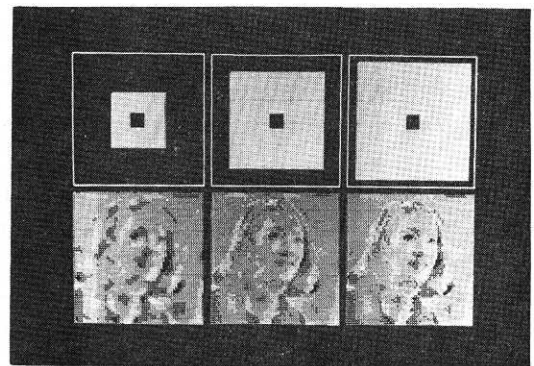


図14 FT 64によるバンドパスの例

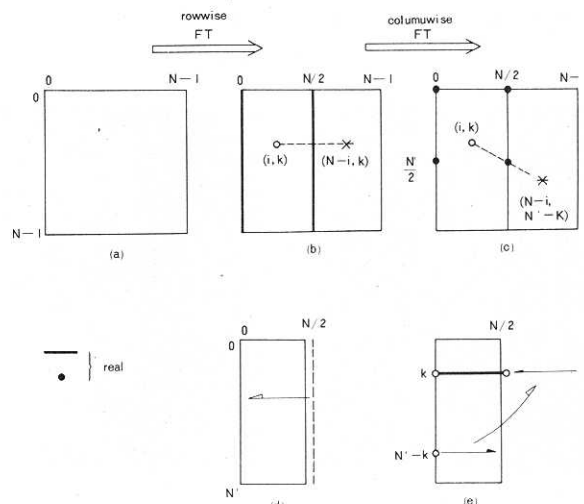


図15 2次元FFTの手順

[FT 64 R] FFT は元来複素数に適用するもので実数データに対しては冗長性がある。それを利用して演算回数、記憶容量を $1/2$ に圧縮したプログラムである。アルゴリズムの詳細は別の報告にゆずるが、⁽⁶⁾ その大要は図15に示してある。

実数画像(a)に行方向のFFTをほどこすと(b)のように線共軛の中間結果が得られ、さらに列方向のFFTをほどこすと(c)のように中心共軛の最終結果が得られる。この共軛なものを省けばよい。

実際には行方向の変換では2行づつとって、それを実数部、虚数部とみなしてFFTを計32回行う。その結果を組直して(b)のように納める。第0列、第32列は実数なので、合せて複素数とみなして第0列に納めれば図15(c)の形式になり、元の実数画像と同じ記憶容量で済む。つぎに列方向のFFTを32回行う。結果は第0列をそのままにしておけばやはり同じ記憶容量に納まっている。逆変換は今の逆をたどればよい。

[HT 64] 実数画像ARにアダマール変換をほどこ

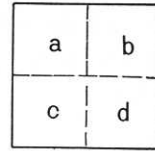
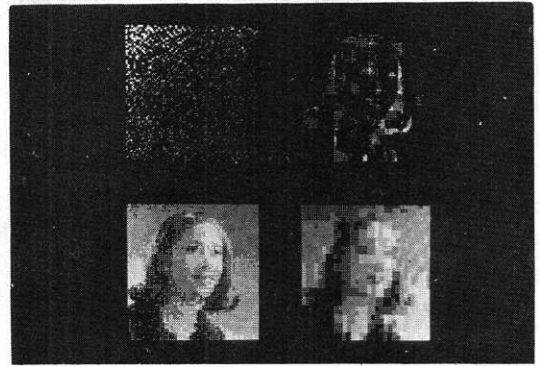


図16 HT 64の表示例

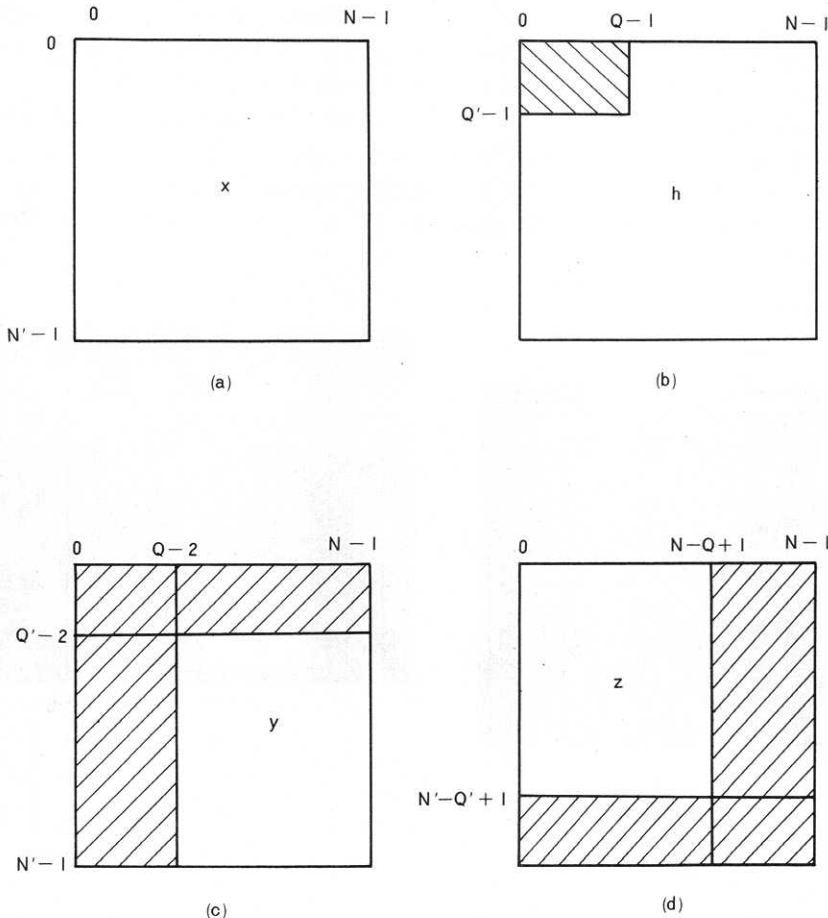


図17 たたみ込み及び相関

してAIに納める. 図16(a)は図7(a)の画像にHT64を適用した結果である. (b)~(d)はフィルタ後逆変換したもので, (b)は偶が(1, 1)(10, 10)のマスクの高域フィルタ, (c)(d)はそれぞれ(1, 1)(50, 50)および(1, 1)(20, 20)の低域フィルタを用いている.

[FR 64] 超音波サログラム再生のための特殊プログラムでサログラムデータに対し逆 Fresnel 変換を施す際の位相補正を行なう.

6-9 近傍処理 (NEIGHBORHOOD OPERATION)
近傍の他の画素が関連する処理である.

[CO 64] 図17(a)(b)に示す2枚の実数像間のたたみ込みあるいは相関を行う. マスクは(b)に示すように右上隅に予めよせておく. これはマスクを中央に置くやり方⁽⁷⁾よりも大型画像のつなぎ合せに便利である. たたみ込みの場合は(c), 相関の場合は(d)に示した斜線部は無意味なデータになる.

図18(a)の文字“h”に対し(b)の縦棒の相関をとった結果は(c)のようにピークがよく認められる.

[LP 64], [LP 64 I] 濃度一定の短形マスクによる低域フィルタ処理は平滑化によく使うので, 別に設けた.

図8において上段のそれぞれに(1, 1)(5, 5)のマスクによる低域フィルタをかけて, 中心にシフトしたものが下段に対応して示してある.

[SD 64], [SD 64 I] 本来ほとんど同じ画像がずれたものを重ね合わせるためなら相関よりもこの逐次残差検定 (SSDA) 法⁽⁸⁾による方が時間も速く, 物理的意味も簡明である.

[SM 64] 本来(64×64)ある画像を粗くサンプリングして, (32×32), (16×16), (8×8)にする.(32×32)の場合1個おきにそのレベルで代表させ, その間その値でうめる.(16×16)は2個おきに, (8×8)は4個おきに代表させる.

図8の上段は図7(a)から(32×32), (16×16), (8×8)にサンプリングした例である.

6-10 統計 (STATISTICS)

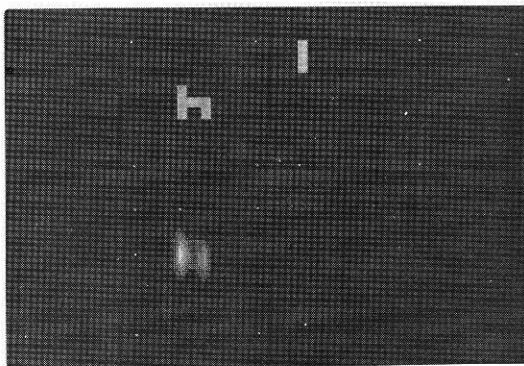
[HS 64] 実数画像ARのヒストグラムを求め最大値, 最小値, 平均値, 標準偏差をライプリンタに打出すとともに表示する. ARが正值の場合は零と最大値の間を100等分し, 各区分の累積回数が表示される. ARが負値をも持つ場合は最大値, 最小値のいずれか絶対値の大きい方で規格して零を中心に±50等分して表示する.

図9はヒストグラムの表示例である.

[CA 64] 2枚の整数画像IM-1とIM-2の間の二次元ヒストグラムをとり, いずれも64等分に規格化してIM-3に収める. また単独のヒストグラムをIM-4の最初の2行にいれる.

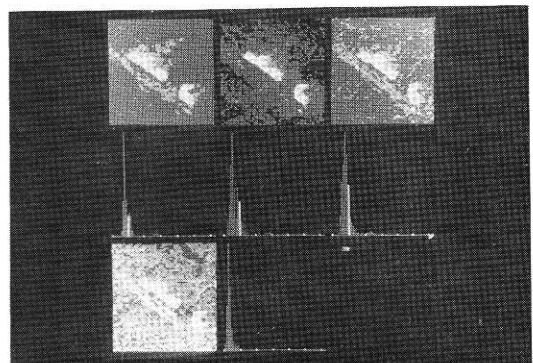
図19はERTS衛星による4バントの成田空港のマルチスペクトル画像を表示した例で, 画像(i)は画像(c), (g)間の二次元ヒストグラムである.

[RH 64] 上記IM-4に入れられたような64等分に規格化されたヒストグラムを棒グラフにしてIM-3に収める. 図19の画像(d), (e), (f), (h)はそれぞれ画像(a), (b), (c), (g)のヒストグラムを「CA 64」, 「RH 64」で作っ



a	b
c	d

図18 文字hの相関



a	b	c
d	e	f
g	h	i

図19 CA 64とRH 64の表示例

```

      起動
      時間測定オプション
:PR,SY64,1
* ENTER PROGRAM NAME

CL64
* REAL=1,IMAGE=2 OR BOTH=3 ?
3
**CL64          0 MIN          2 SEC          0 MSEC
* NEXT ?
LD64
* TYPE IN YOUR FILE NAME TO READ OUT
ONIM2
* ONIM2  M=  64  N=  64  SECTOR= 129
* REAL=1,IMAGE=2 OR BOTH=3 ?
3
**LD64          0 MIN          5 SEC          0 MSEC
* NEXT ?
DS64
* GAP  YES=1 OR NO=2 ?
1
1 2 3
4 5 6 POSITION ?
1
* IMAGE MAX= 127.0000
* AUTO=1 OR NOT=2 ?
1
* POS=1 OR NEG=2 ?
1
-0- .2541E+02 -1- .5081E+02 -2- .7622E+02 -3- .1016E+03 -4- .1270E+03
**DS64          0 MIN          3 SEC          200 MSEC
* NEXT ?
EN64
**EN64          0 MIN          0 SEC          200 MSEC
SY64  STOP      0000
    
```

所要時間
 どの領域をよぶか
 画像間にギャプを入れるか
 表示位置をさく
 濃度の最大値
 正規化を自動的にするか
 陽画か陰画か
 階調のスケール
 終了

図20 DPTによる印字をTTYで打させた例

で「DS 64 J」で表示したものである。

[SE 64] 実数画像の行，列，対角線の1ラインのヒストグラムを求める。最大値，最小値をDPTに表示し，64を最大にして規格化し，6枚まで表示できる。図12の下段にその例を示す。

6-11 終了

[EN 64] SYSystem 64を終了してコントロールをDOS-IIIに返す。

7. 実 例

図20は実際のDPTの印字記録の例である。*または?がついているのは計算機からの印字である。

*NEXTと聞いてくる時，ベルが鳴ってオペレータの注意を喚起する。

8. 結 論

(64×64)の小型画像を対話型で処理するシステムについて報告した。その主な長は

(1) 整数，実数，複素数の何れの画像も取扱えること

- (2) 分解能に制限のあるディスプレイで，精粗各様の表示を行い，複数画像の同時表示を可能にしたこと
- (3) 大型画像処理システムとの連結が考慮してあることなどである。

試用した結果まだ次のような課題がある。

- (i) ディスプレイの非蓄積モードを用いてカーソル機能を設けること
 - (ii) バッチ処理も可能にすること
 - (iii) 実数画像に対して整数演算を行おうとするような誤りのチェック機能を設けること
 - (iv) 各種応用プログラムの充実
- 現在その検討を行なっている。

謝 辞

このソフトの開発は高木助教授と共同で進めている多次元画像情報処理システムの一環として行われたもので，同君はじめ関係研究室各位の御協力と御討論のたまものである。マイクロプログラムおよびERTS衛星マチルスベクトラム画像関係は岩下正雄君，またFFT

関係は稲本康君作成のプログラムを使用した。いずれも厚く感謝する次第である。

(1975年10月7日受理)

参考文献

- 1) 尾上・高木：電子計算機による多次元画像情報処理について，
生産研究，23，1，pp. 2~18，Jan. 1971
- 2) 尾上・柴田：System 64
画像工学研究会，IE 74-60~66 (1974-11)
- 3) 尾上・高木：画像情報処理用簡易入出力装置
生産研究，24，4，pp. 3~11
April 1972
- 4) 釜江・小杉・星野：図形のドット表示
電子通信学会論文誌
Vol. 56-A，pp. 401-408，July 1973
- 5) E. G. Johnston and A. Rosenfeld:
Geometrical operations on digitized pictures, pp. 217-240 in "Picture processing and psychopictorics" ed. by B. S. Lipkin and A. Rosenfeld (Academic Press, New York, 1970)
- 6) 尾上：二次元DFTの無転置演算法
昭. 50 電子通信学会全大，S 5-12
- 7) P. E. Anuta: Spatial registration of multi-spectral and multitemporal digital imagery using FFT techniques, IEEE Trans. Geoprys., Vol. GE-8, 9 no. 4, pp. 353-368, Oct. 1970
- 8) D. I. Barnea and H. F. Silverman:
A class of algorithms for fast digital image registration, IEEE Trans Comp., vol. C-21, pp. 179-186, Feb. 1972

