

## 長尾研究室紹介

### 長尾 真

#### 1. 概要

画像処理に関する研究は10年以上行って来たが、研究室の形をなしてからは3年あまりにしかならないので、その間に行ったことはあまり多くはない。

##### 1.1 画像処理ハードウェア・システム

画像処理ハードウェアはいかにあるべきかについて考え、その実現に努力した。

(1) ミニコンピュータを用いることの種々の利点を明確に考えた。

(2) 対話的画像処理ができること。

(3) なるべく精度の高い画像の入出力が行えること。

(4) カラー画像があつかえること。

(5) 計算機から直接カラー写真を焼付けられること。

(6) 大画面、大量の画像があつかえること。

画像処理の基本は2次元画像(3次元のvisionもその基本は2次元画像処理にあるから)の各種の処理にあり、これらの方式を詳しく評価しようとする、正確に画像を入出力できねばならないと考える。特に入力と出力の両方にバランスのとれたものとする、カラー画像の入出力、特にきれいなフィルム出力を得たいと思った。これらはまがりなりにも実現したが、次のような項目については、現在実現していない。

(7) 実時間に画像をとることができること。

(8) 実時間に処理が出来、時間的变化を追うことができること。

(9) 画像処理の特殊ハードウェアの開発

ただフーリエ変換についてはFFTファームウェアを導入し、2次元フーリエ変換をますますの速さで行えるようにした。

##### 1.2 画像処理ソフトウェア・システム

画像処理ソフトウェアのあり方について考え、次のような点について注意し、一種のモニターのもとで動くソフトウェアシステムを開発した。

(1) コマンド形式による対話的画像処理

(2) 多数の画像処理プログラムの一括管理とコマンドによる自由な使用

(3) 画像の一括管理

(4) 画像を補助記憶装置から主記憶にもってくる時の便利なアドレッシングの方式

(5) 任意の入出力装置の使用

以上の各項目は種々の改良すべき点を持ちながらもほぼ実現し、便利に用いている。しかし現時点では次のような反省をしている。

(6) プログラム開発・交換の点から考えて、ミニコンといえどもFORTRANでプログラム開発をすべきである。

(7) プログラムはオペレーティングシステムの下で動くようにすべきである。

(8) 対話的画像処理ではCPUのあそんでいる時間がかかりあり、マルチプログラムができるシステムが望ましい

- (9) プログラムはコマンドによって動く他に、一連のコマンドに制御命令を加え、プログラムパッケージとして記憶し、動かせること。これが対話的、バッチ処理的のいずれのモードでも動くことが必要である。また、プログラムの一部分のみを実行することができることも重要である。
- (10) 画像に関する管理情報を、もっと体系的にしかも詳細に持つこと。画像のヒストリーを取っておくことは特に重要である。
- (11) 画像に対する各種の処理プログラムをもっと柔軟な方向にパラメトライズし、これらを順次行ってゆく時のパラメータの受けわたしをもっと体系的にスマートに行なうこと。
- (12) 大型計算機との結合による仕事の分担については今後ともよく検討する必要があるだろう。

### 1.3 対象画像

画像処理の応用分野は非常に広い。我々にも種々の対象画像をもっており、それらについてある程度の画像処理をいろいろと試みてはいる。しかし画像処理研究を再スタートするにあたって次のようなことを反省した。画像処理は近年多くの人々の関心をよび、多くの研究者がそれぞれの分野・専門において良い画像処理の研究成果を出している。そして良い研究は単に画像処理技術をもっているからだけでなく、深く対象画像の分野にはいりこんで研究している場合に出て来ている。これまで我々は画像処理のアルゴリズムや方法論を中心に進めて来て、現実の画像のもっている種々の困難を、むつかしさはある意味で避けてききらいがある。

このような反省に於いて、一度はどろくさい現実の画像に対してできるだけしつかりしに処理をやってみようと考えた。そして対象はノ種類に限って、なるべくその対象画像の処理に適した画像処理を考えようと思った。そういつに考えながら過去数年向主として取り扱って来た対象は航空写真(カラー航空写真、マルチスペクトルカメラ画像、マルチスペクトルスキャナー画像)である。航空写真は画像処理の対象としてみに時に非常に多くの困難な問題を含んでいる。これらは次のようなものである。

- (1) 画像データが極端に大きい。
- (2) 多次元画像である(カラー、マルチスペクトル、時期的ちがい、ステレオ画像)
- (3) 複雑な補正を必要とする(幾何的補正、濃度補正、太陽角、大気の影響、フィルム特性等)
- (4) 画像認識のためのモデルが非常に作りにくい。
- (5) リモートセンシング画像の処理には画像解析技術だけでなく、他の非常に多くの知識が必要である。そしてそれらは多く未解決の問題である。

航空写真の解析は多くの困難を伴っているが、そのために画像処理・パターン認識の本質的課題を多くもっており、研究対象としてまた実用上も大変おもしろいものであると考えられる。現在我々はまだまだ少しでも満足がゆくという所まで来ているとはいいいにくい状況であるが、それなりの努力はし、ある程度のところまで来たと考えている。航空写真の他には、セラナリシス、医学画像処理、画質の一般的性質、その他を手がけている。

### 1.4 画像処理技術

画像処理技術としては次のようなものを開発した。

- (1) 画像の幾何学的歪を修正する各種の方法
  - (2) 画像の濃度歪を修正する各種の方法
  - (3) FFTを利用した各種のフィルタリング
  - (4) 画質の解析
  - (5) その他画像に対する各種の low, level, operations
  - (6) 最尤法, グラスタリング法, KS 検定法その他の分類手法
  - (7) 因子分析法
  - (8) 画像強調と画像再現
- 本格的な画像処理 strategy の研究はこれからである。

## 2. 会話型画像処理システム

### 2.1 システム構成

最近我が国においてもかなりの数の画像処理システムが作られるようになってきた。我々が作った画像処理システムもその一つに数えられようが、他の多くのシステムと異なつて特徴は次のようなところにある。

- (1) 画像処理は特殊なオンライン端末装置や大ききメモリ容量を必要とするために、共同利用計算機で行はうことは現在の段階では種々の困難をとらばう。したがってミニコン程度のもので行はうことが必要であるが、ミニコンのメモリ容量は通常小さいので、それを解決するために高速大容量の外部磁気コア記憶装置をつけること
- (2) 画像処理では2次元フーリエ変換とフィルタリングを必要とすることが多いが、これを通常のミニコンでソフトウエアで行うのは時間がかかる。これを解決するためにFFT（高速フーリエ変換）ファームウエアを導入し、外部磁気コア記憶装置を用いて256 × 256程度の大きさの画像の2次元フーリエ変換とフィルタリングがかなりの速度で行えるようにしたこと。
- (3) 対話的に画像処理を行うために、オンラインのカラーディスプレイ装置を開発し、ミニコンに接続した。このカラーディスプレイ装置は単に4,000色のカラー画像を出せるだけでなく、2枚の白黒の濃淡画像を交互にフリッカー状に重ね合わせて出力することのできるユニークなもので、航空写真のレジストレーションその他で威力を発揮すること
- (4) 各種の画像入出力装置をそはえて、他にあまり類のない強力な画像処理システムとなっていること

Fig.1 は我々が会話型画像処理を目的として開発したシステムのハードウエア構成である。64 KB(キロバイト)の主記憶のほかに、512 KBの高速外部磁気コア記憶装置、補助記憶装置としては2.4 MBのディスク2台をもちている。このディスクは一方をシステム、画像処理サブルーチン用ディスク、他方を画像データ用ディスクとして用いる。大きき画像をあつかうためにはこれでも不十分であるので最近100 MBの大容量補助記憶装置を付加した。

画像入出力機器としてはカラーイメージディスプレイ装置のほかに、4096 × 4096のアドレッシングをするフライング・スポットスキャナーによるカラー写真やフィルム画像の入力、および計算機から直接カラー画像をフィルムに焼き付けるこ

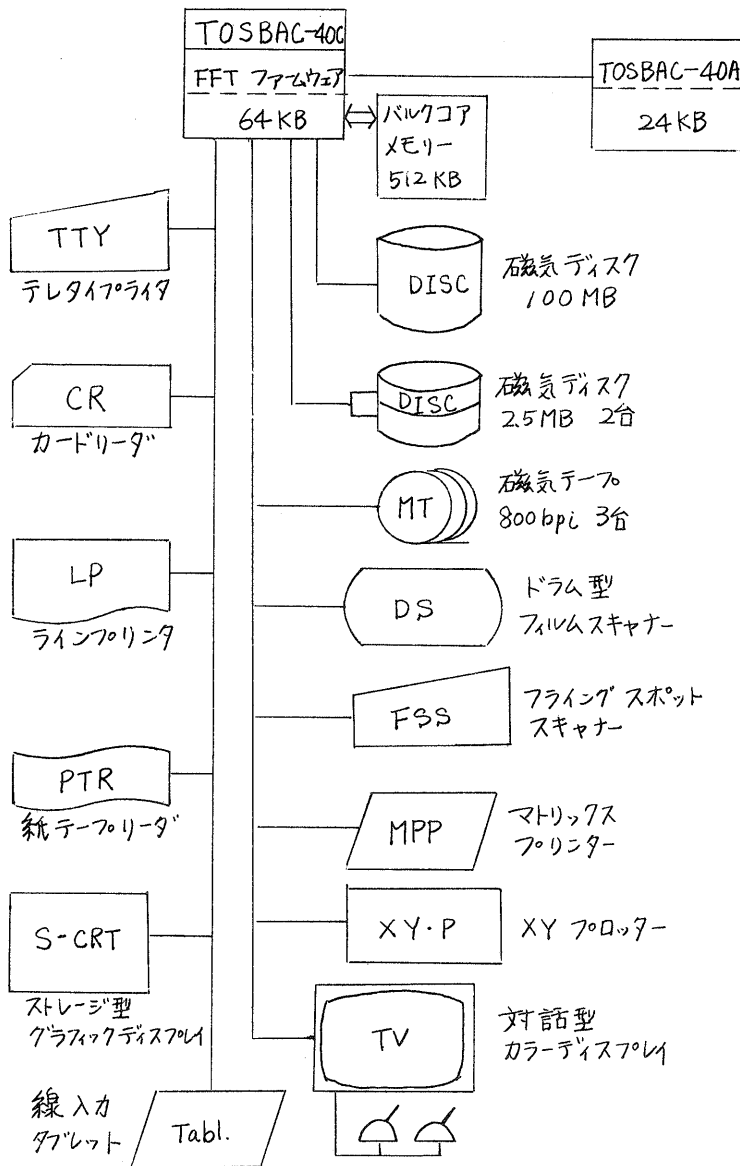


Fig.1 An Example of Image Processing System

と(これは技術的にかほりのむつかしさを伴うが我々のシステムではうまく焼付られるようになった), 写真, フィルムの入力のためのドラムスキャナー, 濃淡画像の簡易出力を行うためのドットプリンター, 地図作成のためのXYプロッター, 地図入力のためのタブレットその他グラフィック端末装置が接続されていて, それぞれ専用の入出力プログラムによって便利に使えるようになっている。

2.2 カラーイメージディスプレイ装置  
 画像処理の研究を行うためには適切な画像表示装置が対話型画像処理端末として必要である。特にマルチスペクトル写真やカラー写真の解析にはカラーディスプレイ装置が必要である。そこで我々は次のような機能をもつカラーディスプレイ装置を設計し, ミニコンピュータに接続した。そのブロック図をFig.2に示す。カラーディスプレイ装置としては20インチの

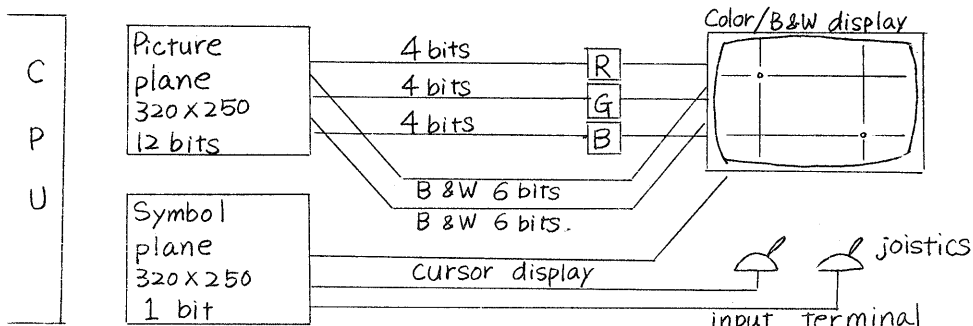


Fig.2 Color Image Display System

テレビを用いた。

1) 赤, 緑, 青にそれぞれ4ビットを与えた。

この4ビット×3=12ビットはほぼ自然な色を出せる最も経済的なビット数で、3ビットでは色が不自然となり、5ビット以上では経済的に高くなりすぎている。

2) テレビ画面上に320×250点の絵素を出せるようにした。

テレビ画面の分解能, およびジョイスティックで正確に各点を区別してポイントできることを考えるとこれ以上細かい点数は必要がないし, また経済的でもないという判断は正しかったと考えている。記憶素子としてはシフトレジスタによっておりテレビの標準走査にほぼ同期させて動かしている。

3) 画像データは各点12ビット(4ビット×3色)であるが, メモリー構成を計算機からの指令により切りかえることによって6ビット64段階の白黒濃淡画像を2枚記憶し表示することができるようになった。

この2枚の画像はスイッチを切り換えることによりそれぞれ別々にディスプレイ装置に出力できるとともに, これら2枚の画像を1秒間に15回の割合で交互にディスプレイ画面に出力することによって2枚の画像を重ね合わせて見ることができるようになった。この機能を用いるとマルチスペクトル写真の位置合わせが完全にできているかどうかをひとめ見ることができ, すれや歪のあるときは, 2枚の画像の対応点をジョイスティックで計算機に入力することによって簡単に画像のレジストレーションができるようにした。これは我々が始めて試みたもので, 非常に有効であることが明らかとなった。

4) 2本のジョイスティックをつけ, ディスプレイされた画面の任意の点, 2つの十字カーソルで囲まれに任意の矩形領域, またジョイスティックで描いた任意の閉曲線などの座標情報を計算機に送れるようにした。

また画面の上下左右へのシフト, 画像の拡大・縮小, 回転など, 各種のオペレータの要求を計算機に伝えるための割込みボタンを多数つけた。

5) ジョイスティックの描く線や点を記憶したり, ディスプレイされた画像の上の線や文字, 記号を重ねて表示する目的のための1bit×320×250のメモリ(1ビットフレーン)をもうけた。

6) 1ビットフレーンのデータはX方向9ビット, Y方向8ビットで計算機へ順次読み込むことができ, また計算機から出力することができる。

7) R, G, B各軸に0から15のレベルを選べるデジタルスイッチをつけ, R, G, B任意の組み合わせの色を黒く抜くことができるようにし, 画面の性質を簡単に手操作で調べることができるようにした。

8) ディスプレイデータは任意の横1ラインをDMAモードで送ることができる。また1ビットフレーンの書きかえも行うことができる。1画面のディスプレイ速度はカラーで約10秒であるが, これには画像データのディスクからコアへの転送時間が約6秒含まれている。

## 2.3 画像処理のためのソフトウェア

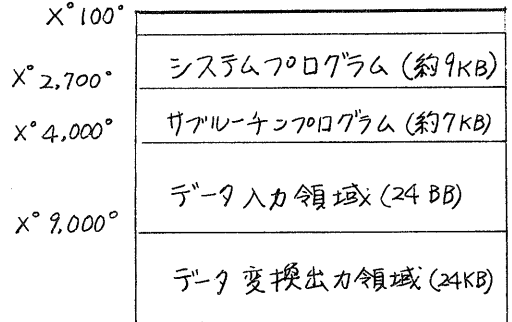
画像処理のためのソフトウェアとしては次のような考え方でシステムを構成した。

(1) 画像の登録, 削除, 画像処理サブルーチンの登録, 削除, 画像データの出入力管理, 画像処理の実行等をするためのモニタ。このモニタは種々のコマンド

によりモードを選んで仕事をすることが出来る。

- (2) このモニタは画像の部分的な入出力、画素のアドレッシングについて管理を行い、処理プログラムの方では、その画素が主記憶にあるかはいかにについて考える必要がない。
- (3) 画像処理プログラムはアセンブラ言語でかく。FORTRAN で画像処理プログラムをミニコン上で書くことは処理速度、その他の点から採用しなかった。
- (4) 扱う画像の大きさは任意である(4,000 × 4,000 あるいはそれ以上)という前提にすべてのプログラムを書いている。同時に扱う画像は主記憶の容量に制限されて現在のところ9枚が最大である。

このシステムのコアマップはFig.3で示されるようになっており、システムプログラム部分を除いてはすべてオーバーレイ構造が用いられている。画像データのための48KB は通常入力画像に24KB、出力画像に24KBを用いるが、 $n$ 枚の画像を処理する時は処理結果を入れる部分を含んで( $n+1$ )等分して画像を入れるようにしている。一般に画像データは主記憶の容量よりも大きいので部分的に主記憶に移して処理を行わねばならない。そのために画像データをFig.4に示すような板状のブロックにわけ、入出力を行っている。



X°は16進数

Fig.3 Core Map

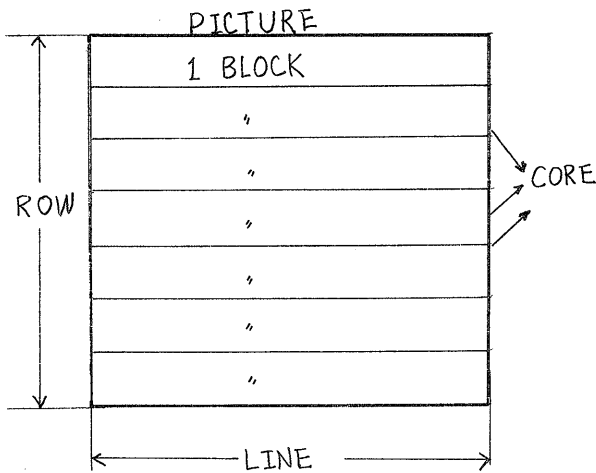


Fig.4 Block Transfer of Picture Data

らべて計算時間は約2倍とほったが、画像処理プログラムを作るための労力と時間が非常に減少し、デバックも容易でその効果は大きかった。

システムは現在総数にして約350個のサブルーチンをもっている。これらはその機能から次のように分類される。

- 1) システムプログラム
- 2) 入出力プログラム
- 3) 基本処理プログラム

4) 幾何学的変換プログラム

5) 量測定プログラム

6) 画像どうしの演算プログラム

7) フーリエ変換, フィルタリング, コンボリューション

Fig. 5 はこれらのプログラムのうち主なもの処理時間を示している。この表における画像の大きさは特にこだわらば限り256x256で時間測定を行い、2値化プログラム、1次微分のプログラムを除いては、主記憶と補助記憶との間の画像入出力はサफलーションが管理している。画像のアドレスシンクをシステム管理に移すと約2倍時間がかかる。

### 3. 将来

画像処理研究を今後どのような方向に進めてゆくかは、現在一般的に考えて非常にむづかしい状況にあると言えるだろう。我々の場合にもなかなか良いアイデアはない。画像処理の手法全般にわたって再検討をすべき時期に来ているのではないかという気もしている。§1 に書いた種々のなすべき事の他に、low level operation, high level strategy の双方においても、もう一度よく考えなおしてみようと思っている。もちろん「知識」などを採用したAI的手法を検討すべきであるが、これまで行われてきた見方とは異った方向で考えてみなければならぬだろう。これからも種々の対象画像について、imaginativeで楽しい研究をやりたいと念願している。

### 文献

- 長尾 真, 増位庄一, 福永 泰; ミニコンによる画像処理のための会話型ソフトウェアシステム, 電子通信学会研究会資料No PRL 73-98 S. 49年 3月
- 長尾 真, 増位庄一, 福永 泰; 画像処理サफलーションにおける2,3の向題, 昭和49年度電子通信学会全国大会 論文集 No 1626, S. 49年 7月
- 長尾 真; 画像処理用インテリジェントターミナルについて, ミニコンコンピュータ-画像処理応用セミナー, S. 49年 7月

1. システムプログラム  
 , TO-MT 8秒  
 , DFILE 295秒

2. 入出力プログラム  
 . ICOUT 10秒  
 . TEXO 30秒  
 . ILINE 300秒  
 ; DREAD 100秒

3. 基本処理プログラム  
 BIBUN 30秒  
 LAPLAC 16秒  
 SMOOTH 30秒  
 NICHI 10秒  
 FFTBLK 40秒

4. 幾何学的変換プログラム  
 ROTATI 36秒  
 SKUSHO 12秒  
 XYSHFT 4秒

5. 量測定プログラム  
 HISTO 4秒

6. 画像どうしの演算プログラム  
 AND 8秒  
 PLUS 8秒

DISK → MT 転送  
 画像消去, 消去画像の後に  
 12画像残っているとき

カラーディスプレイ出力 320x250  
 蓄積型 CRT出力 256x195  
 ラインプリンタ出力  
 ドラムスキャナ入力 500x500

1次微分  
 2次微分  
 3x3の平滑化  
 2値化  
 高速フーリエ変換

回転 15°  
 25% 縮小  
 平行移動

ヒストグラム

2枚の画像のAND  
 2枚の画像のにし算

- 長尾 真, 福永 泰; マルチスペクトル航空写真の解析の試み, 電子通信学会  
研究会資料No PRL74-33, S.49年 11月
- M. Nagao, S. Masui, Y. Fukunaga; An Interactive Picture Processing System  
on a Minicomputer, 2nd Int. J. Conf. on Pattern Recognition, Aug. 1974
- 長尾 真, 福永 泰; 画像処理のためのカラーディスプレイ装置, 情報処理学会  
第15回全国大会, S.49年, 12月
- 長尾 真; 画像処理のためのソフトウェア, 電子通信学会誌 Vol.57, No.12, S.49年  
12月
- 長尾 真, 吉井二郎; ミニコン入の大容量高速外部記憶装置への付加とその評価  
電子通信学会 電算機研究会資料 No EC74-62~69, S.50年 3月
- 長尾 真, 江本憲文; 画像データに対するFFTとその応用, 昭和50年度電子通信  
学会全国大会, S.50年 3月
- 長尾 真; パターン計測—その現状と問題点を考察する, 映像情報 S.50年 6月
- M. Nagao, H. Tanabe, K. Ito; Agricultural Land Use Classification of Aerial  
Photographs by Histogram Similarity Method, 3rd Int. J. Conf. on Pattern  
Recognition, Nov. 1976年
- 長尾 真, 田辺英樹, 伊藤 健, チャン・ドン・キエツ; リモートセンシング画  
像のパターン認識, 電子通信学会研究会資料No PRL75-87, S51年 3月
- 長尾 真; パターン認識・画像処理における今日の問題, 電子通信学会研究会資  
料No PRL 75-87 S51年 3月
- 長尾 真, 三好哲夫; 因子分析法を用いたリモートセンシング画像処理, 電子通  
信学会研究会資料No PRL-75-86, S51年 3月
- 長尾 真, 福永 泰, 川原崎雅敏; 航空写真の解析システムと前処理, 情報処理  
Vol.17, No.5, S.51年 5月
- 長尾 真; リモートセンシングにおける画像処理, 計測と制御, Vol.15, No.7,  
S.51年 7月