

## インタラクティブな画像処理解析システム

花 木 真 一 (日本電気株式会社中央研究所)

## 1. ま え が き

各種のコンピュータの応用の中でも画像処理は特に膨大な記憶容量と処理量とを必要とするものである。取扱対象の画像データの大きさは、小さいもので104画素程度から、リモートセンシングデータとしてよく用いられるLANDSATデータでは約 $7.5 \times 10^6$ 画素にも及ぶ。<sup>(1)</sup>

画像の特性はデータ毎に大幅に変化するので、処理の内容を予め固定して処理プログラムを用意することは一般に難しい。画像処理をより効率的に行なうためには、バッチ処理よりもマンマシンのインタラクティブな処理解析を行なう方が好ましい。すなわち処理された結果を画像として出力し、人間がこれを見て判断し、直ちに処理アルゴリズムやパラメータの選択や修正をしてコンピュータに指示を与え、人間と機械とが協同して処理解析を行なうようにすれば、コンピュータでの処理はずっと効率的になる。

このようなインタラクティブな画像処理解析を中心としたコンピュータ・システムのクラスをI<sup>2</sup>PAS(Interactive Image Processing and Analysis Systemの略)と名づけることにしよう。LANDSATの画像処理解析のためには数種類の商用または研究レベルのI<sup>2</sup>PASが開発されておりGE/Image 100とか、Bendix/MDASなどの例がある。I<sup>2</sup>PASでは、短い応答時間で処理結果の画像が得られることが重要である。

2. I<sup>2</sup>PASの発展形態

I<sup>2</sup>PASの能力を向上させるために様々な努力が払われてきた。I<sup>2</sup>PASの発展を論ずる場合に、処理に関して次にあげるような4つの要因を考えることができる。

- (1) マンマシンインタラクション
- (2) 処理の高速化
- (3) 処理の柔軟性
- (4) 低価格化

これら各々の要因について少し詳しく検討する。

## 〔マンマシンインタラクション〕

対象とする画像の特性が広範囲にわたって変化するために、処理の中間結果や最終結果の画像を人間が見て処理過程の動作を判断し、アルゴリズムやパラメータを変えたり修正したりすることが処理効率を高めるために大変有効である。マンマシンのインタラクティブな処理では、画像応答出力を短時間で得ることが要求される。画像出力機器としてはコンピュータで制御されるイメージディスプレイが必要となる。

#### 〔処理の高速化〕

汎用コンピュータで画像データを処理すると極めて長い時間がかかり、インタラクティブな画像処理で望まれるような短い応答時間で処理結果の画像を得ることは一般に困難なことが多い。このため、画像処理専用のハードウェアを用意し汎用コンピュータの機能を援助させる方法が用いられる。処理の高速化のためには、パイプライン手法、ハードウェアの並列化、メモリの特殊な番地割当て法などが用いられてきた。

#### 〔処理の柔軟性〕

画像処理用ハードウェアすなわち画像プロセッサのうちのあるものは結線論理回路で実現される。結線論理回路は目的とする特定の画像処理については高速であるが、他の種類の画像処理には役立たない。この問題を解決するためにプログラマブルなプロセッサが開発されてきた。

#### 〔低価格化〕

経済性の問題はあらゆる機器において改良や発展の大きな原動力になってきたが、I<sup>2</sup>PASの場合以下の理由でこの問題は特に重要である。

高速化のための手法の内、パイプライン手法は各段の構成を固定してしまうとあとは論理素子の動作速度で支配される。従って素子の動作速度をあげることが重要であるが、これを飛躍的に向上させるのは一般に容易でない。速度向上のための他のアプローチである並列化は、パイプライン化に比べると論理素子の速度向上の問題との関係は薄い。しかし、並列化では同じような回路を多数用いることになり経済性の問題が深刻になってくる。

これらの4つの要因に基いて考察すると、当中央研究所での画像処理機能の向上・開発には次のような発展段階を識別することができる。

- (1) 汎用コンピュータにストアレッジ型ディスプレイや簡単なリフレッシュ型ディスプレイを付加し、応用ソフトウェアを開発した段階。
- (2) プログラマブルな、或いは結線論理を用いた画像プロセッサが利用できるようになった段階。プログラマブルなプロセッサとしてMP-16<sup>(2)</sup>を開発し、指紋の画像処理に利用している。<sup>(3)</sup>
- (3) 図1に示すようなT型構成システムが採用された段階。T型構成システムの主要部分は大容量の画像用のMOS ICメモリであり、この画像メモリに画像入出力機器と結線論理を用いた専用プロセッサが直結されている。画像メモリは、表示のためのリフレッシュメモリとして用いられると共に、画像処理のためのワーキングメモリとしても利用される。

INPUT DEVICES

OUTPUT DEVICES

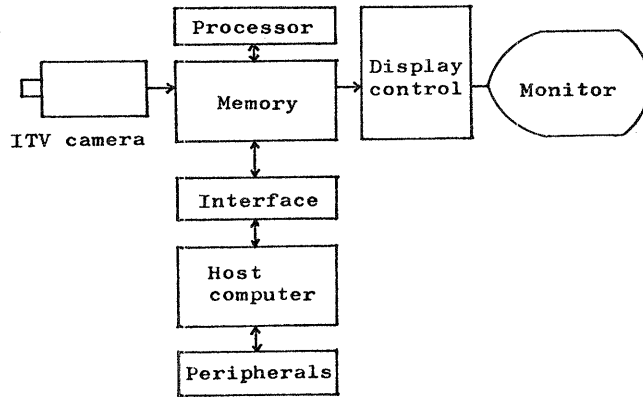


図 1. T 型 構 成 シ ス テ ム

3. I<sup>2</sup>PAS の 具 体 例

T 型 構 成 を と っ た I<sup>2</sup> P A S の 具 体 例 を 以 下 に 紹 介 す る 。 こ の シ ス テ ム で は ， メ モ リ ， 画 像 プ ロ セ ッ サ ， 表 示 制 御 回 路 ， モ ニ タ ， イ ン タ フ ェ ー ス な ど の 部 分 が カ ラ ー イ メ ー ジ デ ィ ス プ レ イ と し て 1 つ の 装 置 に ま と め ら れ て い る 。

3.1 カ ラ ー イ メ ー ジ デ ィ ス プ レ イ <sup>(4)</sup>

図 2 に カ ラ ー イ メ ー ジ デ ィ ス プ レ イ の ブ ロ ッ ク 図 を 示 す 。

こ の カ ラ ー イ メ ー ジ デ ィ ス プ レ イ に は 2 つ の 画 像 メ モ リ バ ン ク が あ り ， そ れ ぞ れ A メ モ リ ， B メ モ リ と 呼 ば れ る 。 各 々 の 記 憶 容 量 は 次 の 通 り で あ る 。

$$\begin{aligned} \text{A メ モ リ} &: 512 \times 512 \times 8 \text{ ビ ッ ト} = 512 \times 256 \times 16 \text{ ビ ッ ト} \\ &= 256 \text{ K バ イ ト} \end{aligned}$$

$$\text{B メ モ リ} : 256 \times 256 \times 8 \text{ ビ ッ ト} = 64 \text{ K バ イ ト}$$

A メ モ リ は 直 接 表 示 モ ー ド ま た は 間 接 表 示 モ ー ド で 用 い ら れ る 。

直 接 表 示 モ ー ド の 場 合 ， A メ モ リ は ， 512 × 512 × 8 ビ ッ ト で 単 バ ン ド 画 像 デ ー タ を 格 納 し ， 白 黒 画 像 と し て 表 示 す る の が 第 1 の 使 用 法 で あ る 。 第 2 の 使 用 法 で は ， 512 × 256 × 16 ビ ッ ト の 形 に 折 り た た み ， 256 × 256 × 16 ビ ッ ト の 2 組 の メ モ リ と し て 用 い ら れ る 。 1 組 の 256 × 256 × 16 ビ ッ ト メ モ リ は ， 256 × 256 画 素 の 大 き さ の 画 像 に 対 し ， 赤 (R) ， 緑 (G) ， 青 (B) 各 5 ビ ッ ト づ つ と ， グ ラ フ ィ ッ

クオーバーレイのための1ビット平面として用いられる。

間接表示モードではAメモリの512×512×8ビットかBメモリの256×256×8ビットが用いられ、各画素の8ビットの値によってカラーコンバータと呼ばれるルックアップテーブル(256語、18ビット/語)の番地選択を行なう。カラーコンバータは2台有り、それぞれAメモリ用とBメモリ用として用いられる。ルックアップテーブルの各語は3つのフィールドに分割されており、各フィールドは6ビットの長さがある。これらの3つのフィールドの各々に赤、緑、青の3つの色成分の値が記憶されており、対応したDA変換器を通してCRTモニタを駆動する。従って各画素の濃淡値を、予じめ対応させた色に置きかえて表示する擬似カラー表示を行なうことができる。

表示のためにはデータを1画素当り100ナノ秒で読み出さねばならないが、メモリの読み出しサイクルタイムが約1.6マイクロ秒であるため、メモリからは16画素分のデータを並列に読み出すようにして速度のマッチングをとっている。メモリからの読み出しデータはマスク回路を通り、ここで各画素に対して読み出されたデータのうち必要なビット幅だけをマスクして出力するマスク操作が出来るよ

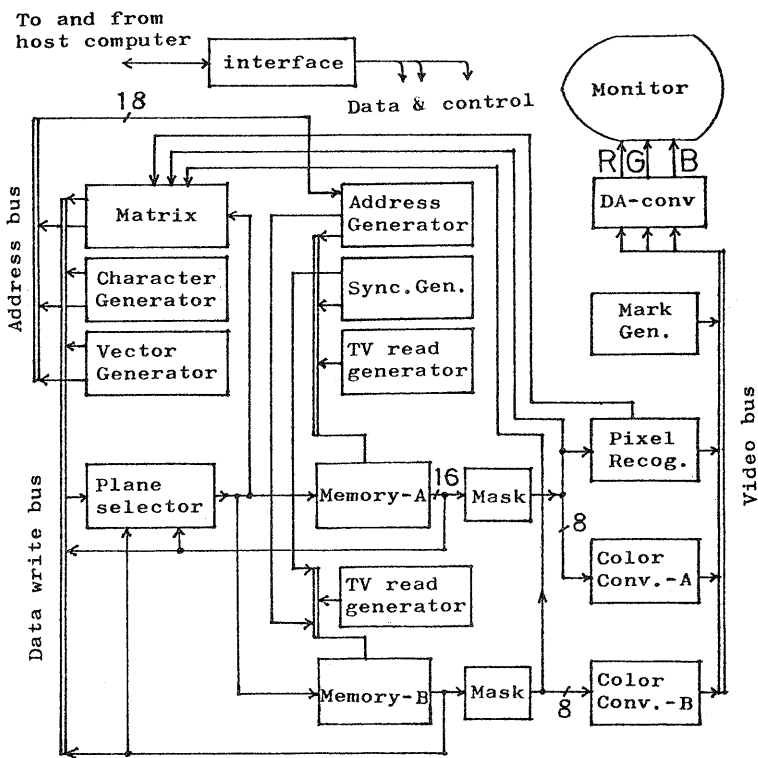


図2 カラーイメージディスプレイのブロック図

うになっている。

AメモリやBメモリに書込むデータは16ビットのデータ書込みバスから供給され、プレーンセレクトを経てメモリに加えられる。プレーンセレクトは、ホストコンピュータから予じめ与えられている指令に従って、データ書込みバスからメモリに送られるデータを深さ方向にシフトしたりマスクしたりする。従って、プレーンセレクトを活用することによって、AメモリやBメモリを深さ方向にいくつかの層に分割して使い分け、何枚かのイメージプレーンやグラフィックプレーンとして使用することができる。

AメモリやBメモリからデータを読み出す場合に、ハードウェアロジックによってデータを修飾し、ソフト画像やズーム画像を表示したり、画像の各画素の値によって識別を行ない、識別結果に応じて色分けして表示したりすることもできる。ズームは画素をくり返して表示することで実現され、2, 3, 4, …… 16倍のズーム表示が可能である。

識別論理は(R, G, B)の成分を持つ各画素に対して以下のような条件を満足する画素のみを検出する。

$$R_1 \leq R \leq R_2 \quad \text{かつ} \quad G_1 \leq G \leq G_2 \quad \text{かつ} \quad B_1 \leq B \leq B_2$$

但し $R_1, R_2, G_1, G_2, B_1, B_2$ は各々予じめ定められた各成分の下限, 上限の値である。これらの下限値, 上限値は任意の組合せで用いることができる。

テーブルルックアップ処理, シフト, ズーム, 画素識別論理はそれぞれビデオ速度で動作する。すなわち $512 \times 512$ 画素の画像に対し1/30秒で各々の処理を行なうことができる。

グラフィックプレーンにベクトルや文字を描くためにベクトル発生器と文字発生器が用意されている。また, カーソル発生器も用意されており, これらのハードウェアによってグラフィック機能がサポートされている。

### 3.2 コンピュータと周辺装置

イメージディスプレイはホストコンピュータNEAC2200/200に接続されている。コンピュータは記憶容量64Kキャラクタ, 磁気テープ装置5台, 磁気ディスク装置3台, ラインプリンタ, カードリーダー各1台の他, スタレージ型ディスプレイとCCTVカメラ, データタブレット, フライングスポットスキャナが接続されている。また反射型ドラムスキャナも利用できる。

### 3.3 ソフトウェア

このシステムのために最初に色彩画像処理解析ソフトウェアCIPS-I<sup>(5)</sup>を開発した。CIPS-Iの主要プログラムは表1に示す通りである。

後にこのCIPS-Iのシステムは, カラーイメージディスプレイ, データタブレット, キーボード等を入出力装置とし, LANDSATや航空機MSSデータをインタラクティブに処理解析できるように拡張された。<sup>(6)</sup>

インタラクティブ処理においては, 磁気ディスク装置の記憶容量の制約のために処理の応答速度が遅

表 1. CIPS-I の主要プログラム

| Program name | Function   |
|--------------|--|
| *IDAVR       | Color image input from the TV camera (including averaging process) |
| *NORC3       | Normalization of every primitive color data                        |
| *CNVHV       | Transformation of data format                                      |
| *LUMCH       | Lightness and chromaticity calculation                             |
| *CLDSH       | Interactive region analysis on tristimulus values                  |
| *CLCHM       | Interactive region analysis on lightness and chromaticity          |
| *ATRN2       | Classification result printing                                     |

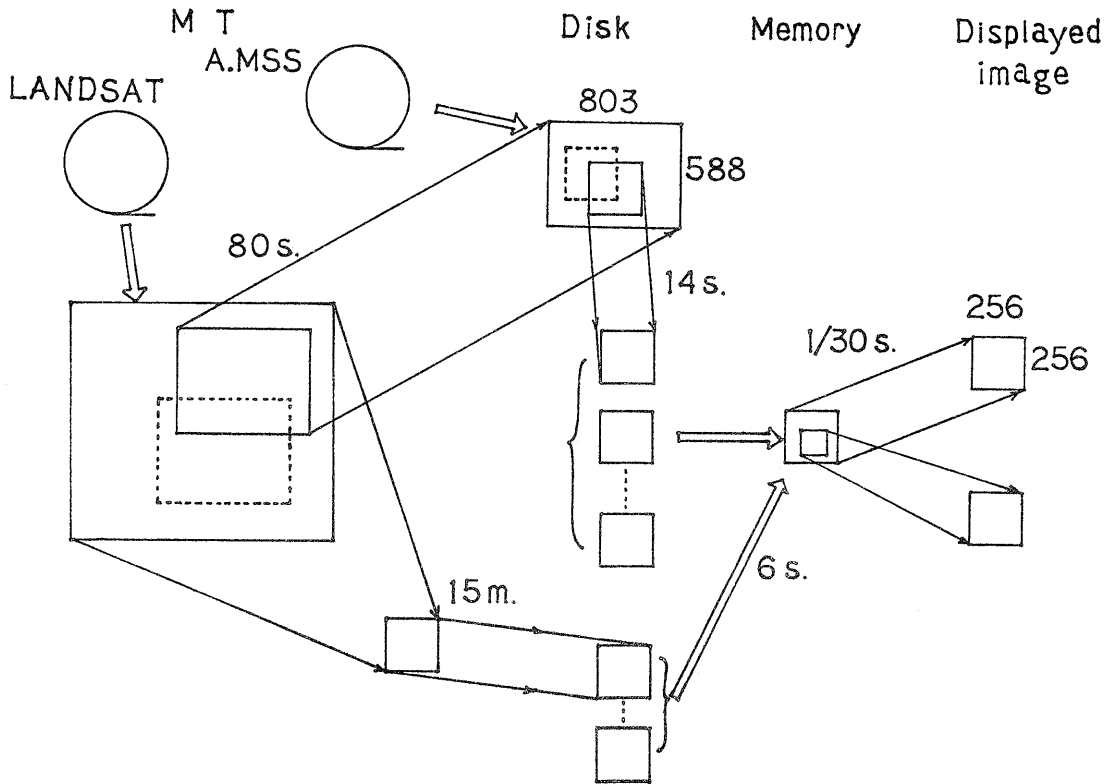


図 3. 画像データの階層構成

くなるのをできるだけ少なくするために画像データを階層的に構成して用いている。画像データの階層構成を図3に示す。

LANDSATデータと航空機MSSデータの両方の取扱いを考慮して、ディスクファイル中では、 $803 \times 588$ と $256 \times 256$ の2種類の大きさの画像データ形式を用意している。 $803 \times 588$ の大きさの画像中から任意の場所を選んで $256 \times 256$ の画像を作りディスク中に蓄えることができる。 $256 \times 256$ の画像はディスクからイメージディスプレイのメモリに転送されるが、イメージディスプレイではこの $256 \times 256$ 画像の全体を表示することも出来るし、その一部分をズームして表示することもできる。ディスクに書込まれる $803 \times 588$ 画像は、航空機MSSの場合には磁気テープのデータが直接書込まれるが、LANDSAT画像の場合には元のLANDSAT画像( $3240 \times 2340$ )中から場所を指定して、 $803 \times 588$ の大きさに切り出しながらディスクに書込む。これらの形式の他に、LANDSATの元の画面から間引きによって $256 \times 256$ の全景画面を作り、これをディスクに登録しておいて、LANDSATのメニュー画像とすることによってインタラクティブな解析を容易にする一助としている。処理・データ転送・表示等の所要時間は図3の各部に示した通りである。

### 3.4 アプリケーション

以上説明してきたI<sup>2</sup>PASを利用していくつかの応用を試みてきたが、次のような応用例がある。

#### (1) 色彩画像処理による道路抽出<sup>(7)</sup>

航空機MSSの熱バンド画像を擬似カラー表示した画像から、色彩画像処理によって高い温度部分の画像を抽出する。この画像を平滑化し、細線化し、トレースを行なって線図形に直す。得られた線図形をオペレータとの会話処理で整理して必要部分だけを残すと共にデータの注釈をタイプインする。更に線図形を、道路ネットワークの表現に必要な程度に折線近似してデータ圧縮を図った。

#### (2) 色彩画像解析<sup>(5)</sup>

ITVカメラから入力された色彩画像に対して雑音除去などの前処理を行なった後、明度と色度を計算する。明度については明度ヒストグラムをカラーイメージディスプレイに表示し、人間の指示でヒストグラムの山を分離する。また、色度図の上に各画素データをプロットしてカラーイメージディスプレイに表示する。操作者は色度図上に六角形の領域をインタラクティブに指定し、解析対象画像の画素で、この六角形領域に属する色度を持つ画素を識別する。六角形領域の境界線の位置をデータタブレットのペンで指定して連続的に変えてやると、それに連れて識別結果の画像が実時間で変化するので、解析者は識別結果をカラーイメージディスプレイ上で眺めながら色度図上での領域パラメータを実験的に決定することができる。

#### (3) LANDSAT画像解析<sup>(1),(6)</sup>

LANDSATのMSSデータのCCT(Computer Compatible Tape)を入力とし、シーンの縮小表示、カーソルマークを利用した解析領域のインタラクティブな順次指定を行なう。指定領域の画像を擬似カラー表示したり合成偽色表示することができる。また、解析者が指示した画面上の直線に沿っての構成画素の濃淡値の変化の様子をプロファイル曲線として表示することができる。操作者がトレーニング領域をデータタブレットから指定し、このトレーニング領域のデータを用いて各画素

の識別を行なうことができる。

(4) 航空機 MSS データの姿勢データによる歪補正<sup>(8)</sup>

ロール、ピッチ、ヨーの姿勢データによって画像上の各画素のずれを計算し各画素が正しい位置に戻るようにして画像の歪補正を行なった。歪補正の程度を評価するために、補正後の画像をイメージディスプレイ上に拡大表示して、GCP (Ground Control Point) の位置をインタラクティブに計測し、GCP の地図上での位置と補正後の画像上での位置とから補正誤差を評価した。

(5) 色彩画像の合成実験<sup>(9)</sup>

別々に入力され、ディスクファイルに格納されているそれぞれ何枚かの人物の顔、服、背景などの画像を適宜イメージディスプレイ上に呼び出して表示し、これらを1枚の画像として合成表示する。人物の顔と服(身体)とは別々に撮影されたものであるから、これらをイメージディスプレイ上に交互に表示しながら、オペレータがデータタブレットのペンで相互に適当な位置になるように顔または服の平行移動を指示し、適当な位置に来た時に固定するようにして画像を合成する。

#### 4. T型構成の評価

T型構成をとったことにより、画像データを画像メモリ中に蓄積し、画像メモリに直結した画像プロセッサによって直接画像処理することが可能になり、通常の汎用コンピュータだけで処理するのに比べて処理時間が非常に短縮された。処理結果は画像メモリ中に得られるので、画像メモリをリフレッシュメモリとして利用することにより直ちに処理結果の画像をモニタに表示できる。このように画像処理の直接の実行は画像メモリと画像プロセッサが行ない、汎用コンピュータは以下のような役割を分担する。

- (1) 画像メモリ、画像プロセッサの制御
- (2) 人間との会話処理並びにこれに伴う制御
- (3) 画像データ等データの管理
- (4) プログラミング言語の処理
- (5) 標準入出力機器による画像データの入出力

画像処理で要求されるインタラクティブな処理解析に対しては、表示 - 処理 - 表示というサイクルが短時間で実行できるT型構成は大変有用である。

#### 5. 将来の発展

イメージディスプレイに対しては、実際の使用経験を通じて検討した結果、更に以下のような幾つかのハードウェア機能の追加を検討している。

- ・任意寸法での画像の拡大縮小
- ・画像の回転



- ・ヒストグラム表示
- ・プロファイル表示

処理速度の向上について2で並列化のアプローチが有望であることと、経済性の問題が重要であることを述べた。今後、並列化を進めるためにはユニットになるハードウェアの費用を下げる努力を行なう必要がある。一つの可能性としては処理ユニット用のLSIを開発することであろう。この方向は、カスタムLSIの製造費用低減により可成りの程度に可能になりつつある。

## 6. む す び

I2 PAS としてT型構成のシステムは大変有効である。T型構成は、大容量メモリ、それに直結された画像入出力機器・画像プロセッサから構成されており画像プロセッサは汎用コンピュータによって制御されている。

処理の柔軟性、マンマシンインタラクティブ処理解析、処理の高速化、低価格化などの面で今後とも一層の進歩が望まれる。処理の高速化と関連して経済性の問題を十分に考慮しておく必要がある。この問題に対しては、画像プロセッサのためのLSI開発を考えることが有効であろうと思われる。

最後に、イメージディスプレイを初めとする画像処理機器の開発、システム開発、各種応用の開発担当各位、本報告作成をサポートして頂いた当研究所の関係各位に感謝する。

## 参 考 文 献

- (1) 木地 : リモートセンシング, 日本電気技報, ㉞125 (1978)
- (2) 石倉 : マイクロ・コンピュータのパターン認識への応用, テレビジョン学会, 方式回路研究会 TBS28-5 (1976)
- (3) K. Asai : Fingerprint Identification System, UJCC pp.30-35 (1975)
- (4) 荒川 : 色彩画像処理用カラーディスプレイ, 信学会研究会資料IE76-83 (1977)
- (5) J. Tajima : Color Analysis by Color Information Processing System (CIPS-I), NEC R&D, ㉞47, pp.13-19 (1977)
- (6) 内藤 : MSSデータ解析システム, 信学会情報全国大会 P.252 (1977)
- (7) 内藤 : 色彩画像処理による道路抽出, 日本写真測量学会学術講演会, 4-7 (1976)
- (8) 布野 : 航空機MSSデータの幾何学的補正とその評価, 情報処理学会イメージ・プロセッシング19-1 (1978)
- (9) 田島 : 色彩画像の合成実験, 情報処理学会17回全国大会 P169 (1976)