

《論文》

ディジタル画像情報の会話型処理システム*

坂井利之** 金出武雄** 大田友一**
柳建一郎** 蓮井秀夫***

Abstract

A new conversational picture processing system has been developed. By giving the picture-processing commands via the character CRT, the operator can use interactively software and hardware facilities provided by the system: input and output of pictorial data, basic picture-processing capabilities such as differentiation, enhancement, windowing, composition of two pictures, etc.

The remarkable features of this system are (1) fundamental pictorial data I/O devices and picture-processing routines are both available; (2) by means of the color-TV display, multi-band photos and color pictures can be processed very conveniently; (3) the editing and correction of the picture-processing commands can be performed in much the same fashion as the conversational programming; (4) employing a computer complex structure, the system can be adapted easily to the various classes of picture-processing problems.

In this paper, the specifications, organization and features of this system are described with a few applications.

1. まえがき

計算機による画像処理は、近年、急速に発展し、多くの分野で生じる画像が処理の対象となってきたが、多岐にわたる処理要求に対し、常に有効である一般的な手法というものがない現在では、個々の対象ごとに最適と思われる方法を考案しているのが現状であるといえる。このような状況では、個々の画像処理技術の開発とともに、画像の入力機能、表示記録機能、処理能力を有機的に結合し、マン・マシン・インタラクティブに常に使いやすい形で提供する優れた画像処理システムが、実用的にも研究的にも重要性を増している。

われわれは、基本的な画像の入出力と処理機能を、使用者の要求に応じてコマンドを入力することによ

り、対話的に自由に組合わせて使える会話型画像処理研究システムを開発した。このシステムは、(1)計算機画像処理に必要な基本的画像入出力装置と処理プログラムを備えている、(2)マルチ・バンド写真を含むカラー画像処理と表示ができる、(3)コマンドをキーインすることによりシステムの機能が利用できるだけでなく、それらのコマンド系列自身の編集、修正が自由にできる、(4)汎用中型計算機と高速ミニコンを結合した computer complex を中心に構成されているため、応用分野としても処理内容としても広範囲な問題に適応できる能力がある、という特徴を持っている。

われわれは、すでにこのシステムを種々の問題に応用し、その有用性を確かめた。

本論文では、このシステムの仕様、構成、特徴、利用例について述べる。

2. 会話型画像処理システムの仕様

画像情報の計算機による処理方法を開発する場合、一般には、ディジタル化された画像に対する処理と結果の評価を行ない、それが不満足なら、処理方法を変

* A conversational picture processing system by computer, Toshiyuki SAKAI, Takeo KANADE, Yu-ichi OHTA, Ken-ichiro YANAGI, Hideo HASUI(Faculty of Engineering, Kyoto University)

** 京都大学工学部情報工学科

*** 日本航空(株)

更して再試行するという方法がとられることが多い。しかも、これらの過程が一度でうまくいくことはまれであり、各種の異なった処理方法を適用して、最適な方法を見いだすのが普通である。このような開発過程をとるかぎり、オフライン的に進めると、処理結果の検討、処理方法の改良、変更、処理の再実行にかなりの時間がかかる。また、処理の目的に最適なデータを得るために、撮像段階からやりなおす必要もしばしばある。処理を有効に効率よく行なうためには、画像データの入力から、処理、その結果の表示までを、すべてオンライン、リアルタイムで行なえるシステムが要望される。さらに、多種多様の画像にも即応できるように、幅広い能力を持った画像入出力装置と、膨大な量にのぼる画像データを効率よく処理できる機能を持つことが不可欠となる。

以上の考察に基づいて、われわれが開発したシステムの仕様は、次のようである。

(1) 各種画像入出力機器を接続した高速制御用ミニコンを、汎用中型計算機の端末として接続した computer complex の構成をとる。各機器の高度で複雑なプログラム制御とマン・マシンの対話を、自由に高速で行なうミニコンと、情報量の膨大な画像データの処理、蓄積を行なう親計算機との間で、明確な機能分担を行なわせる。

(2) 各種入出力機器の制御は、できるだけプログラム制御で行ない、多種多様の入力画像、処理方法に対応するのに十分な柔軟性と、研究システムとして重要な、システム変更の容易性を持たせる。このように装置の制御をプログラムで行なうことにより問題となる入出力処理速度の低下は、高速のミニコンを装置制御用を採用することで解決する。

(3) マン・マシン・システムとして重要な使いやすさという点から、このシステムに用意されている種々の基本的な画像処理機能を使用するための指令は、すべて、キャラクタ CRT からコマンドの形で会話的に入力できるようにする。しかも、一度入力されたコマンド系列の任意の行の表示、一部修正、一部実行が、一般の会話型プログラム言語と同様の方法で対話的に行なうことができ、ディジタル化した画像には固有の名前をつけて登録し、各画像は、すべて、その画像名により呼び出すことができるようにする。

(4) 画像表示機能としては、カラー TV、蓄積型 CRT、ラインプリンタなどデータ出力装置の使用法を統一し、必要に応じて任意の装置を選択できるように

する。これにより、CAD において、対話用モニターとして CRT を用い、最終的にハードコピーを得るために XY プロッタを用いることが可能なと同様、適時に適材の出力装置を選択使用できるようにする。

(5) 画像処理において良い結果を得るためには、処理方法を改良するだけでなく、個々の画像に最適な条件でデータを入力することが重要であるが、本システムの FSS では、与えられたフィルム、オペークの画像に対し任意の条件で走査できるソフトウェアを開発、装備して、その実効を確める。

これらの仕様は開発当初から必ずしも全部あったものではないが、使用経験を積んだ結果、現在では以上のようなものとなっている。

3. ハードウェア構成

われわれのシステムのハードウェア構成を Fig. 1 に示す。汎用中型計算機 NEAC 2200/250 と、高速ミニコン MACC 7/F からなる computer complex をなしていることが特徴であり、この結合によって、システムが幅広い機能を持つことが可能となっている。

サブシステムの中心をなす MACC 7/F には、フライング・スポット・スキャナ、蓄積型 CRT、カラー TV ディスプレイ、グラフ・ペン、ミニディスク、キャラクタ CRT などが接続されており (Fig. 2),

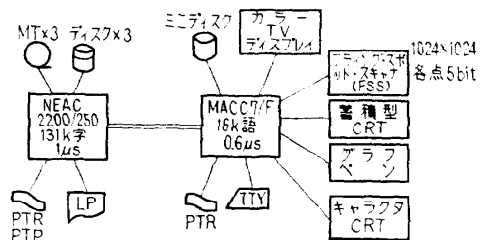


Fig. 1 Hardware organization

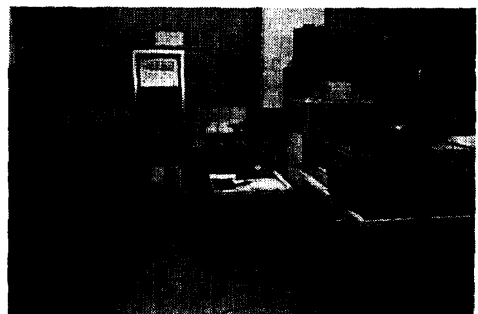


Fig. 2 View of the subsystem

MACC はこれらを高速度で制御する。

親計算機 NEAC 2200/250 には、磁気テープ装置 3 台、磁気ディスク 3 台、ラインプリンタなどの標準的なファイルや入出力装置があり、FORTRAN, LISP などの言語による問題向きの処理プログラム、可変語長の機能を利用した効率のよい画像データ処理プログラムを書くことが容易である。

MACC と NEAC の間は、特別なインタフェースによりチャンネル間結合され、互に割込線、ステータスセンス線などを並列に結合させた、かなり密接な通信方式がとられている¹⁾。これにより、通常の通信回線よりものはるかに高速のデータ転送 (750 kbit/sec) と、両計算機内のプロセスどうしの同期をとることが可能である。

3.1 各画像入出力装置の説明

①フライング・スポット・スキャナ：写真入力 (75 mm×75 mm) 用ヘッドと、プログラムによりフィルムを 1 コマ 1/2 秒で前後進させられる長尺フィルム送り装置 (16 mm フィルム用と 35 mm フィルム用) のついたフィルム入力 (10 mm×10 mm～24 mm×24 mm) 用ヘッドを持ち、1,024×1,024 の格子点内の任意の点をランダムスキャンし、1 点 5 ビットの濃淡情報を得ることができる。Fig. 3 は、FSS 制御回路のブロック図であり、データのサンプルはすべてプログラム制御で行なう。サンプルすべき点の座標 (X, Y) を GX, GY レジスタにセットしてから GO 信号を出しビームをオンするとともに GX, GY を X, Y に移し D/A 変換してビームを偏向する。その後、サンプル出力が安定するまで待ってから、A/D 変換されたデータを読み込む。この待ち時間に MACC は、走査の制御に必要な計算をし、次の座標を GX, GY レジスタにセットしておけばよいので無駄な時間待ちはない。1 点のサンプルに要する時間は最小 15 μ sec である。また、ビームインテンシティ指定により、Fig. 7

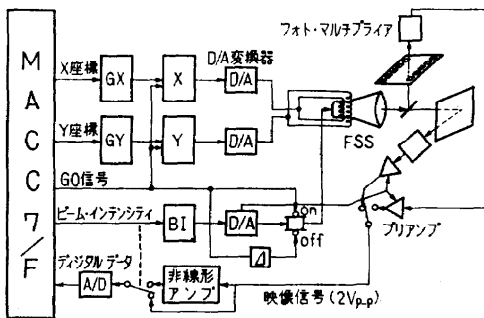


Fig. 3 Functional diagram of FSS controller

(4.2.1 FSS 制御ルーチンの項参照) に示すように入力画像の濃淡レベルと映像信号電圧との対応を 4 種に切換えられる。すなわち、ビームインテンシティ 1, 2, 3 では、ビームの強さを 2 倍にして通常は $2V_{p-p}$ の映像信号電圧を $4V_{p-p}$ にし、フォト・マルチプライアのプリアンプのオフセットを、それぞれ 0V, 1V, 2V にすることにより、全レンジの下, 中, 上半分だけを取出す。さらに、この映像信号電圧を、対数スケール、指数スケールの非線形アンプを通してスケール変換し、それぞれ、対象画像の暗い部分、明るい部分を強調したデータを得ることもできる。

②カラー TV ディスプレイ装置：われわれの研究室で開発したもので、MOS ランダムアクセス IC メモリをリフレッシュ用メモリに用い、通常のカラー TV に濃淡のあるカラー画像を表示する。画面表示には、次の 3 モードがある。

④直接モード：128×128 画素の画面で、1 画素に 15 bit のメモリを割当て、R, G, B 3 原色の輝度を各 5 bit, 32 段階で表示する。

⑤間接モード A：128×128 画素の画面で、1 画素に 8 bit のメモリを割当て、 $2^8=256$ 種の色のひとつを、その画素に表示すべき色彩の番号として記憶する。各色彩の R, G, B 構成を記憶するために、別に、高速バイポーラ IC メモリをサブメモリとして用い、1 種類の色につき 15 bit で R, G, B の値を記憶する。表示の際には Fig. 4 のように、まずメインメモリから、その画素に割当てられた色番号を読み出し、次にその番号に対応する (その番号をアドレスとする) サブメモリの内容を読み、R, G, B の値を知って表示する。

⑥間接モード B：256×256 画素の画面で、1 画素に 4 bit のメモリを割当て、16 種の色の表示ができる。

⑥と同じ間接モードである。

⑤⑥の間接モードの特徴は、(イ) 各画素の色を点と

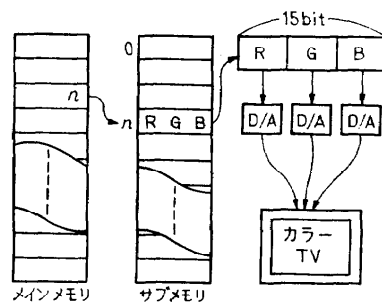


Fig. 4 Indirect-mode of the color-TV display

してではなく領域として関連づけて記憶しているため、サブメモリの書き換えで瞬間的に画面の色彩を変更できること。(ロ) 通常、抵抗器の組で作られることが多いサブメモリを高速 IC によるディジタルメモリにしたため、同一条件の再現や、色彩の演算が可能なことである。

また、色彩を自由に指定するため、その指す位置を色度平面上の位置に対応させたジョイスティックがある。

③蓄積型 CRT: Tektronix TYPE 611 で、16 cm × 16 cm の画面を持ち、縦横各 10 bit のアドレス指定により任意の点を光らせ図形を表示する。

④グラフ・ペン: ペンの先端でおこしたスパークにより発生する超音波を XY 軸上のマイクで受け、その伝播時間によりペンの位置を知る座標入力装置で、XY 各 10 bit の座標を入力できる。スパークの間隔は、5 msec~300 msec の間で可変である。また、タブレット上に区画を設けて特定の機能に対応させ、function key の役割を持たせることもできる。

4. 会話型画像処理システムのソフトウェア

4.1 会話型処理のためのソフトウェア

本システムの最も重要な特徴は、システムに用意されている種々の画像入出力装置や画像処理機能を、すべて、キャラクタ CRT から対話的にコマンドを入力して使用できる、会話型画像処理システムとなっていることである。

すなわち、

(1) 個々の画像処理機能は、ふつう、原画像に何らかの処理を施して新画像を作成し、必要ならば処理結果の表示確認を行ない、次のステップへ進むという方式で行なわれる。従って、入力する必要のある処理コマンドは、一般的には、

- ・処理名 プログラム名
- ・ m 個の原画像名 (old name) ($m=0, 1, 2, \dots$)
..... 処理されるべき画像の名前
- ・ n 個の新画像名 (new name) ($n=0, 1, 2, \dots$)
..... 処理結果の画像につけられる名前
- ・処理に必要な数値パラメータ
- ・表示装置の指定 カラー TV ディスプレイ,
LP などの装置とその表示

方式からなる。

(2) コマンドのパラメータは、個々の処理によって異なっていて、ユーザがすべて正確に記憶するのは

難である。従って、本システムでは、ユーザは、画像処理用コマンドを入力する場合、指定する必要のあるパラメータはシステムからの質問に答えるかたちで入力でき、各コマンドの仕様を、全部確実に記憶していなくても使える。

(3) 画像処理用コマンドの系列には、すべて行番号が付加され、この行番号により自分が入力したすべてのコマンド系列の任意の個所を指定し、キャラクタ CRT 画面上への表示、一部修正、一部実行などが、一般の会話型プログラミング言語と同様にできる。この機能によって、パラメータ値の逐次改良や、類似の処理の繰返しが簡単化された。

(4) デジタル画像データのフォーマットが統一され、NEAC のディスクおよび MT にファイルされるようになっており、画像データファイルの管理はシステムが行なっているため、ユーザは新しく生成された画像には名前をつけ、必要な画像はその名前を指定することによって呼び出すことができる。

Fig. 5 (次頁参照)に、この会話型処理システムのソフトウェア構成を示す。システムは、管理編集モード、質問モード、実行モードの3モードで動作し、それに対応して、MACC 側には、管理編集ルーチン、質問ルーチン、それに解読ルーチンと各種画像入出力装置の装置制御ルーチンがおかれ、NEAC 側には、汎用画像処理ルーチン、画像ファイル制御ルーチンがおかれている。また、両計算機内の各ルーチン間の通信とデータ転送を円滑に行なうために、計算機間結合管理ルーチン²⁾が置かれている。

管理編集モードでは、入力された画像処理コマンドのソースファイルの管理を行なう。システムは、通常このモードで動作し、以下の制御コマンドの受け付けを行なう。

✕JOB: システムをイニシャライズする。

✕DISP m : ソースファイル上のコマンド系列の、 m 行目から 15 行を画面に表示する。

✕STORE: キャラクタ CRT 画面上で変更されたコマンドを、ソースファイルにストアする。

✕TAPE m n : ソースファイル上の m 行目から n 行目までのコマンド系列を紙テープに出力する。

✕GET: 紙テープ上のコマンドを、ソースファイルに入力する。

✕LIST: 画像ネームテーブルを表示する。

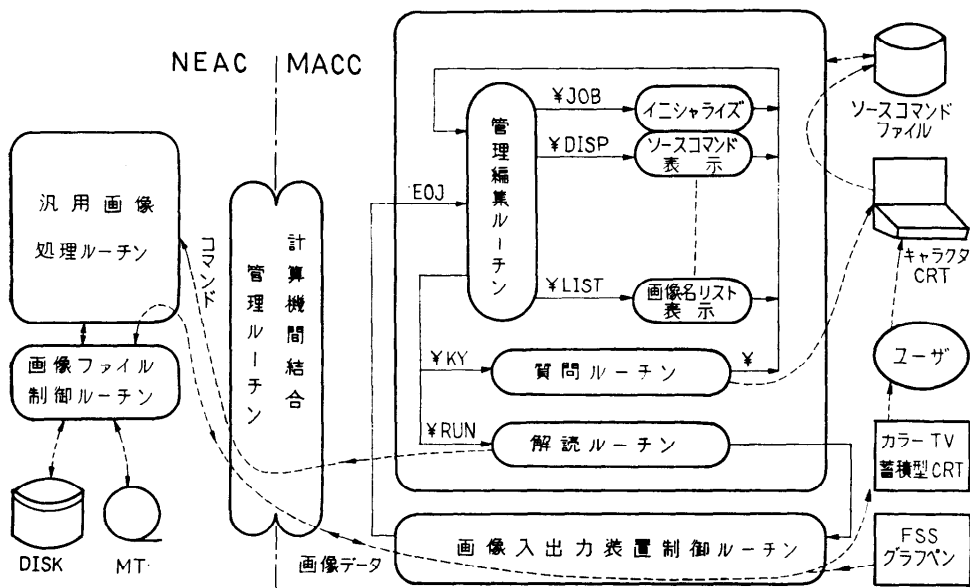


Fig. 5 Software organization of the conversational system

¥KY: システムを質問モードに切換え、コマンドを対話入力する。

¥RUN $m\ n$: 実行モードに切換え、 m 行目から n 行目までを実行する。

質問モードでは、対話的に画像処理コマンドを入力し、行番号を付してソースファイル上に記憶する。「¥」の入力により管理編集モードに復帰する。

実行モードでは、指定された行のコマンドを解説ルーチンにより解説し、一定の形式の引数列に変換し、NEAC または MACC 内の画像処理ルーチンを起動する。未定義画像名の使用やパラメータの誤指定など、コマンド解説時や実行時に検出されたエラーは、キャラクタ CRT を通してオペレータに通知し、適当な修正動作を要求する。

現在、システムに備わっている画像処理機能を Table 1 に示す。これらの画像処理ルーチンは、いまのところ原則として、画像入出力に直接関係しないものは NEAC 内で、直接画像入出力に関係するものは MACC 側で作成されている。

Fig. 6 は、キャラクタ CRT 上に表示された画像処理コマンドの例である。

4.2 MACC に用意されているソフトウェア

4.2.1 FSS 制御ルーチン

FSS 制御ルーチンは、MACC 側に用意されている装置制御ルーチンのうちで最も代表的なものである。

Table 1 Repertoire of conversational picture-processing system

処理名	機能	処理名	機能
FSS サンプル	データをサンプル	縮小	画面の縮小
画像データ転送	ディスク、MT 間で画像データ転送	微分	一次微分、二次微分
LP 出力	ディスク上のデータを LP に出力	強調	境界線の強調
CRT 出力	ディスク上のデータを CRT に出力	フィルム出力	FSS によりフィルム焼付
カラー TV 出力	ディスク上のデータをカラー TV に出力	フィルム送り	FSS のフィルムのコマ送り
カラー合成	3 画面の 3 色 (R, G, B) 合成	メッシュ表示	CRT にメッシュ表示
統計	明度に関する統計	一次変換	画面を一次式により座標変換
合成	2 画面の演算 (和, 差, 商), 合成	マルチバンド処理	マルチバンド画像名宣言
変換	2 値化, ログなどの変換	クローズアップ	カラー合成画面の一部拡大表示
WINDOW	画面の一部とり出し	クラス分け	テーマ別クラス分け
拡大	画面の拡大	分類結果表示	クラス分け結果の表示

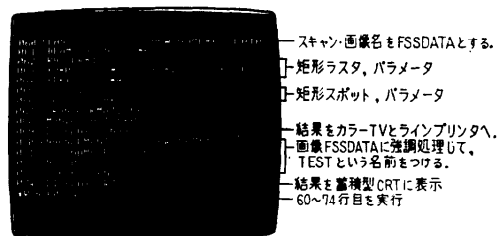


Fig. 6 Display of picture-processing commands

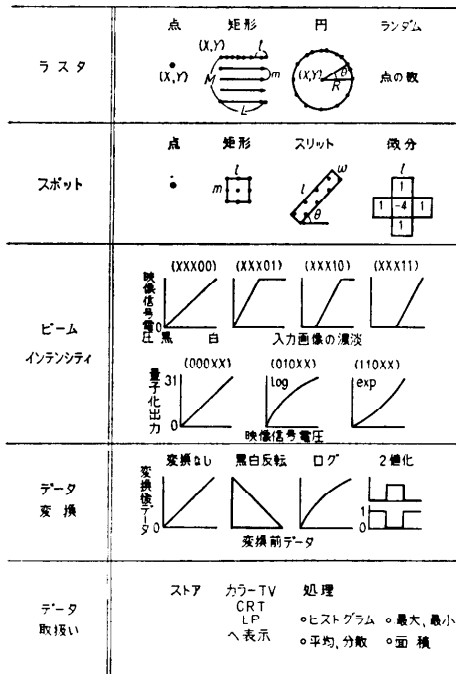
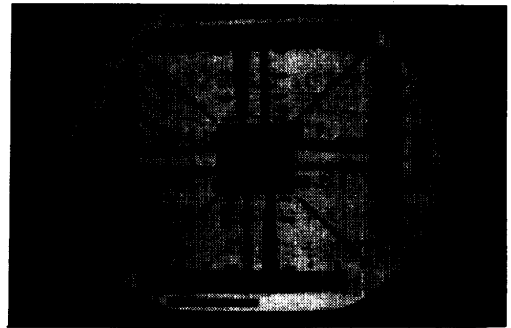


Fig. 7 Repertoire of scanning program

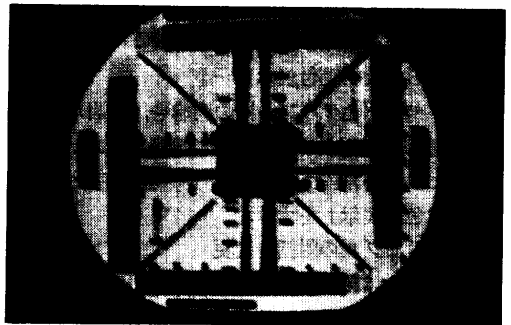
画像処理過程上出される種々の要求と、入力画像の状況とに応じて、最適のディジタルデータを得るためには、FSSを種々の条件下で柔軟に制御できることが必要である。この目的のために、ランダムスキャンのできるFSS装置を、要求に従って高速のミニコンでプログラマ的に制御し、さらに、画像入力上有用な機能は、FSS装置自体がハードウェア的には持っていないくても、等価的にソフトウェアで実現し、しかも、ソフトウェアでは本質的に実現できない、データの非線形変換などの部分は、ハードウェアにより実現させる方法をとった。このFSS制御ルーチンによって、われわれのFSSはFig. 7に示されるような機能を持たされている。

このプログラムは、ラスタ、スポット、データ変換、データ取扱いのそれぞれの機能を持ったサブルーチン群により構成され、これらの各機能のルーチンを、コマンドに従って任意に組合わせることにより、画像入力と比較的簡単な画像処理を同時に行なえる。

ラスタルーチンは、画面上でのスポットの走らせ方を制御する。スポットルーチンは、画面上を走査する仮想的なスポットの形状を制御し、ラスタによって与えられる画面上の座標を、あたかもスポットルーチンの仕様と同じスポットで照射してサンプルしたかのこ



(a) 点スポット



(b) 1×20 スリット状スポット

Fig. 8 Examples of sampled data

ときデータを得る。データ変換ルーチンは、スポットルーチンから得られる5bitの濃淡データに種々の変換を施す。データ取扱いルーチンは、最終的に得られたデータを、どう取扱うかを定めるルーチンで、外部へ転送したり、ディスプレイへ表示したり、1パス的に計算できる各種の統計量を計算したりできる。

Fig. 8は、FSSでサンプルし、カラーTVディスプレイに表示した例で、(a)は点スポット、(b)は1×20、傾き-1のスリット状スポットによるものである。(b)では、135°方向の線の強調効果があらわれている。いずれも、256×256画素の画面で、サンプルと表示に要する時間は、(a)が6秒、(b)が40秒である。

4.2.2 カラー画像表示用ルーチン

① 白黒画像の擬似カラー表示

サブメモリに適当な色テーブルを書いておき、白黒画像をメインメモリに書き込み、この白黒濃淡値を色の種類として、そのまま間接モードで表示することにより、擬似カラー表示ができる。128×128画素の画面の場合には256色、256×256画素の画面では、16色による表示ができる。サブメモリの書き換えによっ

て色の組合わせは全く自由である。

2値画像や、領域分割などをした結果の画面なども、間接モードにより、領域番号をそのまま色番号として表示できる。

② マルチ・バンド画像の色合成表示

カラー画像や、マルチ・バンド画像を色合成して表示する場合には、メインメモリ上の各画素の R, G, B の輝度レベルを記憶する部分へ、各々 R, G, B に対応させる画像の濃淡レベルを順々に書き込み、直接モードにより表示する。

このようにして表示されているカラー画像に、それを領域分割して得た特定の領域を、ぬり絵のように重ねて表示するルーチンも用意されている。

③ 色彩の動的割付表示

サブメモリ（色テーブル）の内容を、適当な時間間隔で周期的に変化させたり、各色番号に対応する個所に順々に白色を割当てていったりすることにより、「動的な色彩表示」をする。

④ 色テーブルの対話的変更

色テーブルに記入されている色彩の明度、彩度、色相を、画面上に表示される色見本を見ながら、対話的に変更することができる。

4.2.3 その他

MACC 側に用意されている装置制御ルーチンには、上記の外、次のようなものがある。

① 蓄積型 CRT による濃淡画面の表示

② FSS によるフィルム出力

単位面積当りのビーム光量を濃淡に合わせて制御して像を焼きつける。

③ FSS のフィルム送り機構制御

5. 会話型画像処理システムの利用例

本システムの持つ種々の能力を利用して、現在までに、顔写真のオンライン解析²⁾、交通流写真の解析³⁾、計算機による合成写真の作成、漢字駅名ドットパターン³⁾の作成などのソフトウェアが開発されている。

ここでは、会話型処理とカラー画像処理能力の利用例として、リモート・センシング関係のマルチ・バンド写真処理について、また、画像入力条件の制御と動的な色彩表示能力の利用例として、胸部 X 線写真の擬似カラー表示について示す。

5.1 マルチ・バンド写真処理

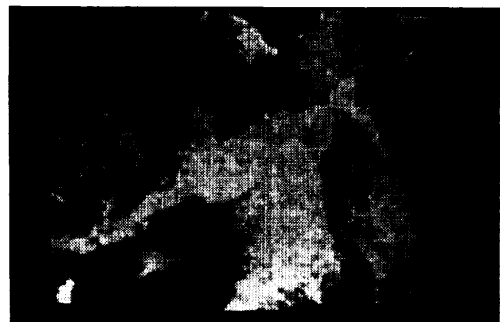
本システムでは、マルチ・バンド写真の基本的な処理を対話的に実行することができる。マルチ・バンド

写真処理のために特に用意された機能としては、各バンド写真間の位置合わせ (FIRST)、カラー合成 (COLOR COMP.)、画面の一部拡大表示 (CLOSE-UP)、マルチ・バンド・データによるテーマ別クラス分け (CLASSIFY) とその結果の表示 (RESULT-DISPLAY) などであるが、これ以外にシステムに用意されている、画像間の合成 (COMPOSITION)、データのスケール変換 (TRANSFORMATION) などの処理機能を組合せることにより、リモート・センシング画像処理として通常行なわれている簡単な処理は、対話的に実行でき、その結果を即座に見ることができる。

Fig. 9 (a) は、ERTS-1* の MSS** による近畿地方の写真をカラー合成表示したものであり、(b) は、そこから京都地区を拡大表示した画面を、テーマ別にクラス分けした結果の表示である。都市、近郊、山、湖、開発地などが分類されている。

5.2 X 線写真の擬似カラー表示

FSS にそなえられている柔軟な画像入力能力と、



(a) ERTS の MSS による近畿地方の写真

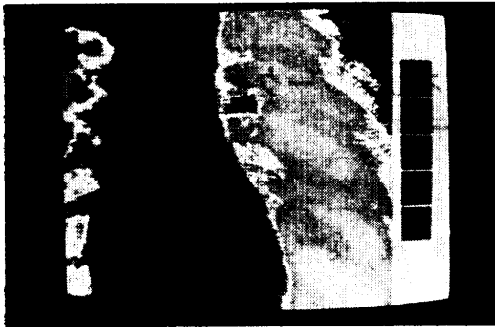


(b) 京都地区のテーマ別クラス分け結果

Fig. 9 Processing of multi-band photos

* Earth Resources Technology Satellite,

** Multispectral Scanner



白色を割当てる領域を一定時間毎に移動させる

Fig. 10 Pseudo-color enhancement of chest radiograph

カラーディスプレイ装置の色彩を、プログラムのしきも瞬間的に変更できる能力とを組み合わせることにより、従来の静的な擬似カラー表示とは異なり、融通性のある、動的な擬似カラー表示が可能である。特に白黒濃度レベルの大きい方から小さい方へ、等濃度の領域に順々に白色を割当てていけば、ちょうど、濃度の等高線に沿って波が伝播していくような表示ができる。これにより、計算機的高速性と、人間の全画面を一覧できる能力とを組合わせて、対象物の構造の把握を容易にすることができると思われる。

Fig. 10 は、FSS によりログ変換を施して入力した胸部 X 線写真を、擬似カラー表示したもので、画面の右端に入れ込んであるのは、対話的に色変更を行なう際に使用する色見本である。

6. おわりに

画像の入出力、基本的な処理などが、すべて会話的に実行できる画像処理研究システムについて述べた。本システムでは、画像データのフォーマットは統一されており、このフォーマットに従う画像処理プログラムは容易にシステムに組込むことができる。これにより、各研究者の開発したソフトウェアを、すべての研究者が共通に使用できるようになる。こうして画像処理プログラムを蓄積していくことは、さらに大規模な画像処理システムへ発展する基礎となろう。

謝 辞

3.1②のカラーTVディスプレイ装置の設計製作を修士論文テーマとして実行された、京都大学情報工学教室の久保正敏氏に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 坂井, 長尾, 金出: ミニコン制御下の画像入力装置と汎用計算機との結合システム, 信学会, パターン研資料, AL 72-47, (1972).
- 2) T. Sakai, et al.: Picture Processing System Using a Computer Complex, Computer Graphics and Image Processing, Vol. 2, No. 3, pp. 207~215 (1973).
- 3) T. Kanade & Y. Ohta: Picture Processing Laboratory and Its Applications, IFIP Congress, Session 305, (1974).

(昭和 49 年 8 月 1 日受付)