

RIPSの画像処理システム

矢田光治 田村秀行 (電子技術総合研究所)

上原勝徳 藤野誠治 (富士通)

1. まえがき

画像処理装置が発達し、コンピュータのデータ処理能力が高まるにつれ、画像処理技術が重要になってきた。

工業技術院筑波研究センタに結集した研究所数は9、研究者数2,800人に及んでおり、研究対象とする画像情報も多種多様である。

そこで筑波への結集を機に設立された共同利用の研究情報処理システムRIPS(Research Information Processing System)のサービスの一環として画像処理システムの充実をはかった。

RIPSの画像処理システム構築に当り、センタと利用者の代表よりなる画像研究会を発足させ、各種利用目的に対応できるように、画像処理機器の選定、システム形態の検討、ソフトウェアの仕様作成を行い、情報計算センタの共同利用室に画像ステーションを構築した。

画像処理機器としては、入力用のドラムスキャナおよびITVカメラ、表示出力用のイメージディスプレイとそのハードコピー装置を設置し、ミニコンに接続した。ミニコン側ではマンマシンインタフェースの部分を機能分担し、チャンネルで結合したホストコンピュータへファイル転送し、高速大量データ処理が行えるようなハイアラキシステムを採用した。ソフトウェアは、リモートセンシング用に開発された富士通提供のPROSID(Processing System for Image Data)に機能追加を行った。

2. RIPSの概要

技術立国を目指すわが国にとって研究開発への期待は大きく、筑波への工業技術院傘下の9研究所の結集を契機に、研究者の相互交流、研究成果の相互利用をはかり、研究業務のより一層の高度化・効率化を目的としてRIPSの構想が生れ、本年1月より稼働を開始した。

このシステムの基本的なねらいは、超大型コンピュータをセンタに設置するだけでなく、その能力を各研究所で十二分に駆使できる新しいローカルネットワークを導入して、総合的な研究支援システムの充実をはかることである。

各研究所・研究者は各々独自の研究情報を必要とするため、その独自性を考慮した分散形システムが求められる。さらに学際的研究に対しては、研究者の相互交流を活性化するためにネットワークは相互に情報交換できることが必要となる。また、データバンクを共用してサービスを行い、ホストコンピュータや大容量記憶システムなどは集中管理し、世界水準の装置をセンタに設置して共用するなど、システム資源の共用による効率化をはかることが望ましい。これらをふまえてRIPSでは、集中形システムと分散形システムの各々の長所を取入れた複合分散形のシステムを構築した。

RIPSは、図1に示すように、情報計算センタ、光ネットワークシステム¹⁾、各研究所に設置した装置群の3つに分類できる。

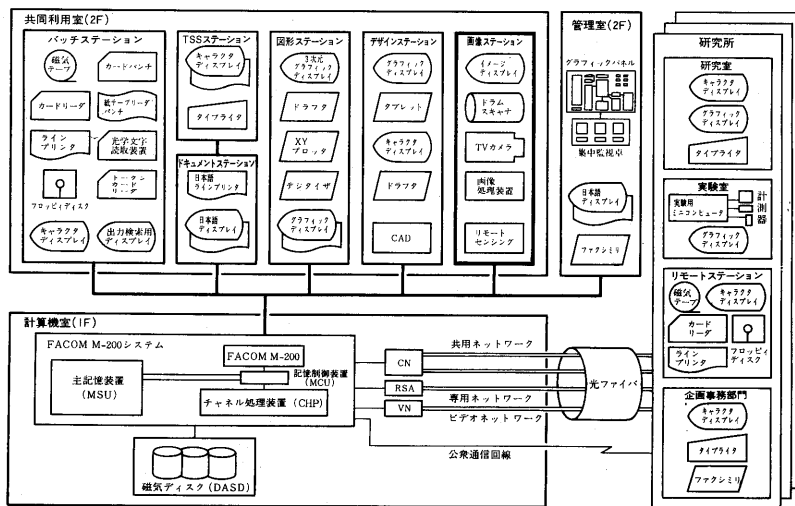


図1 RIPSの構成

情報計算センタは、大きく無人のコンピュータ室、センタ運用を集中的に行う管理室²⁾、ユーザが各種装置を使用できる共同利用室がある。共同利用室には、各種の一般入出力装置をはじめ、図形・画像処理用の世界水準の各種装置を設置している。これにより、各研究所では機能上も性能上もできないような処理を行うことができる。画像ステーションもこの一角に位置し、本年9月より共同利用されている。

光ネットワークシステムは、コストパフォーマンス、将来の技術革新への円滑な対応を考慮して、機能別に3種のネットワークシステムで構成している。共用ネットワークは回線インタフェースをもつループ形の多目的データハイウェイであり、データ端末、デジタルファクシミリやミニコンなど各種装置を接続でき、コードデータ、イメージデータ、音声データ通信の複合化を実現している。専用ネットワークはスター形の網構成で高速伝送を目的としており、RSAを使用してホストコンピュータのチャンネルを最大3Kmまで延長できる機能をもつ。これにより研究所から高速周辺装置を使用したり、ミニコンよりの高速ファイル転送を行うことができる。ビデオネットワークもスター形の網構成で、広帯域アナログ伝送を目的とし、モニタ通報やプログラム相談などの双方向通信による多様なサービスを行うことができる。

ユーザは、これらホストシステムとネットワークシステムをベースに共同利用室の各種機器や研究所のバッチ処理機器、TSS 端末、ミニコン、ファクシミリなどを使用した総合的な情報処理を行うことができるようになってきている。

3. 画像関連ユーザーと利用目的

RIPS ユーザーの情報交換の場として9つの研究会があり、画像処理関連では図形画像研究会が組織されている。(他にデータベース研究会、構造解析研究会等がある。) 活動内容としては、①RIPS 図形ステーション(コンピュータ・グラフィックス関連)のユーザー会、②同画像ステーションユーザー会、③コンピュータ・グラフィックス技術についての情報交換、④画像処理技術の普及、を目的としている。(画像処理関連は②と④である。)

この研究会への参加者は、筑波地区の9研究所のうち7研究所、53名であり、画像関連研究は表1のように多岐にわたっている。画像処理研究者よりも、一般の研究のツールとして画像ステーションを利用するユーザーが多い。

こうした一般ユーザーの利用目的に合うよう、画像処理の専門家が要求を分析し、システム構成の選定に当ってセンター側への要望をまとめた。特に、画像ステーション側の利用について、ユーザーがプログラムを書く必要のないよう配慮した。

表1 画像関連の研究課題

研究機関(会員数)	画像関連研究テーマ
電子技術総合研究所 (17名)	画像処理アルゴリズムの研究 水中超音波像の解析 図面認識 物体認識及び動画画像処理 (CT, 胃X線, 生体組織, 細胞診他) 他
製品科学研究所 (12名)	CAD用データベース 図形(テクスチャー等)の表現 コンピュータ・アニメーション 他
機械技術研究所 (11名)	破断面の画像解析 医用画像処理(RI像他) 移動ロボットのvision トローリーポールの自動検出 光学干渉パターン計測, 他
地質調査所 (6名)	リモートセンシング画像による地質解析 (地殻構造, 地形の調査)
繊維高分子材料研究所 (4名)	モアレ縞の解析 繊維構造の計測 材質(顕微鏡像)の検査, 他
公害資源研究所 (2名)	リモートセンシング画像による資源探査及び環境調査 プランクトンの計数・形状解析, 他
微生物工業技術研究所 (1名)	コロニーの形態解析 DNA電顕写真の解析, 他

画像ステーションは基本的には単一ユーザー用のシステムであり、予約制となっている。これは他の装置と同様にホスト計算機内の予約管理システムが申込みを受けつけている。

4. 画像ステーションのシステム構成

画像ステーションは、ホスト計算機(FACOM M-200)にチャンネル結合で接続したミニコンピュータを中心とした画像処理システムである。図2にその機器構成を示すが、画像入出力装置の操作と簡単な対話型画像処理を行なえる極く標準的なシステム形態である。

画像入出力装置はいずれも市販品であるが、一般ユーザーの平均的利用を考慮して選定した。

(1) 画像入力装置

白黒画像の簡易入力用及び実シーンの観測用にITVカメラ(浜松テレビC1000型)を用意した。カラー画像の入力や高精度の入力用にはドラム・スキャナ(Optronics C-4100-30D)がある。それぞれの仕様を表2及び表3に示した。後者は、最近活発な図面読取を考慮して、B4サイズまでかけられるよう大型のドラムを選んだ。標準フィ

ルムについては、16mm、35mm、70mm用のアダプタが準備されている。

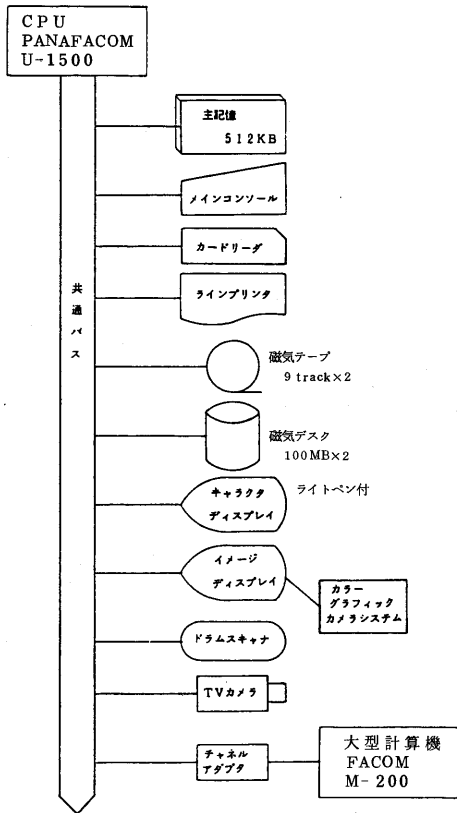


図2 画像ステーションにおける機器構成

表2 ITVカメラの仕様

項目	諸元	
有効走線数 (ライン)	256, 512, 1024	
インタレース比	1:1, 2:1, 4:1	
入	X方向サンプリングアドレス	10ビット
	スライスレベル	8ビット
カ	サンプリングモード	1 データ/H, 4 データ/Hの指定
	8ビットビデオ/ スライスビデオ指定	8ビットデータ, 2値化 バッキングデータの指定
	インタレースプログラム	1:1, 2:1, 4:1の 指定
出	8ビットデジタイズビデオ	8ビット (1画素)
	スライスビデオ	8ビット (8画素)
カ	A/D レ デ イ	1ビット
モ	ニ	
ニ	タ	
ク	表	
示	示	
(サンプリングラインマーカー)	4ラインまたは1ライン	

表3 ドラムスキャナの仕様

項目	諸元
フォーマットサイズ	14インチ×17インチ
アパーチャサイズ	25, 50, 100, 200, 400μm
ラスタ設定	
ドラム回転数	2, 4, 8, 8 rps
読取りモード	透過光および反射光読取り
濃度範囲	0-2D および 0-3D
濃度分解能	256レベル
データフォーマット	8ビット/画素/原色
データ速度	28 800 画素/秒 (最大)
位置精度	± 2 μm rms/cm ²
	± 5 μm spot-to-spot
最大分解能	25 μm (40 ライン/mm)
	透過光モードの場合 100 μm (10 ライン/mm) 反射光モードの場合

rps : revolutions per second
rms : root mean square

(2) 画像出力装置

表示装置としてはカラーイメージディスプレイ (I²S モデル 70/E)があり、対話型の画像解析に標準的な装備を選択した(表4参照)。このモデル自体にはパイプライン処理による高速演算機能があるので、将来の拡張を考えている。このディスプレイのビデオ信号をポラロイド・フィルムに記録するハードコピー装置 (Matrix 4007型, 表5参照)

表4 カラーイメージディスプレイの基本機能

機能	説明
画像データ表示 図形データ表示	512×512×8ビット×3画面 512×512×1ビット×4画面 色は任意、カーソルは64×64の任意図形が可能
表示機能	スプリットスクリーン表示 スクロール表示 拡大表示
濃度変換機能	12ビットの入力データを8ビットに落してリフレッシュメモリに書き込むためのルックアップテーブル 各画面ごとのR, G, B用3画面のルックアップテーブル (256×9ビット) 10ビットデータを10ビットに変換するルックアップテーブル
演算機能	各画面の和を計算するハイブラインプロセッサ ダイナミックレンジチェックのため最大・最小を求める 引き算とシフトによって、13ビットを10ビットに変換する
画像データの ヒストグラム測定	アウトプットファンクションメモリ出力値のヒストグラムを計算 グラフィックメモリのマスク上のみのヒストグラム計算が可能
位置決め	トラックホールコントロールによる位置決め

表5 カラーグラフィックカメラの仕様

項目	諸元
フォーマット	マルチイメージ (1, 2, 4, 6, 9, 12, 16, 25フレーム可能)
適合フィルム	ポラロイドタイプ809フィルム 8×10' 白黒またはポジカラーフィルム
内蔵モニタ	1400ライン, 0.5%リニアリティ
操作モード	RGB フルカラー, R・G・B 単色, 白黒
露光時間	1フレーム 45秒/枚, 2フレーム 30秒/枚, 4フレーム 20秒/枚, 6フレーム 15秒/枚, 9フレーム 10秒/枚, 12フレーム 10秒/枚, 25フレーム 10秒/枚 (ポラロイドタイプ809の場合)
オプション機能	35mmカメラモータードライブ付

を接続した。ポラロイド・フィルムのランニング・コスト（約2,000円/枚）を考慮して、複数画面を1枚に記録できるモデルを採用した。

(3) 画像処理ソフトウェア

ミニコンピュータ側のシステム・ソフトウェアとして、Landsat 画像解析用に開発されていた PROSID（富士通製）をこの画像ステーション向に拡張し、入力装置の駆動やホスト側とのデータ通信も対話型で行なえるようにした。（拡張版 PROSID を以下の章で述べる。）ホスト側で複雑な画像処理を行なうために、電総研製作のサブルーチンライブラリ SPIDER³⁾と画像データ管理システム EIDES⁴⁾が共用ソフトウェアとして提供されている。（後者はMシリーズ用に目下移植中。）

5. PROSID

5.1 PROSID の設計方針

PROSIDは、画像データの入出力・解析・表示処理を簡単な会話形式で実行できることを目的に開発したシステムである。以下の設計方針のもとに開発した。

(1) 幅広い処理内容をもたせる。

標準的な画像処理プログラム、データの入出力や転送のためのプログラム、ユーティリティなど、デジタル画像処理に必要な基本的な処理をタスクとして提供する。

(2) 簡単なオペレーション

キャラクタディスプレイとライトペンによるメニュー方式のオペレーションを採用し、処理の選択、パラメタの指定、実行の指示がきわめて簡単に行えるようにする。

(3) 処理の追加が可能

新しい処理をシステムに付け加えたいときは、FORTRANで作成したタスクをシステムに組込むことができるようにする。新たに組込まれたタスクは、既存のタスクと同様にメニュー方式で操作できる。

(4) 多重処理が可能

最大3多重で処理が実行できるようにし、CPUの空きを少なくする。

(5) ファイルの自動管理

画像処理のためには多くのファイルが必要とされるが、ファイルのひとつひとつを毎回確保するのは、オペレータの手間がかかる。そこで画像ファイルには区分データセットの構造を持たせ、1ファイルに複数の画像を格納出来

るようにし、システムで自動的にファイル内のメンバーの管理を行うようにする。

(6) 負荷分散

画像入出力装置（ドラムスキャナ、ITVカメラ、カラーイメージディスプレイ）は、接続が容易なミニコンピュータ側に接続する。そしてこのミニコンピュータ側に、マシン操作により処理を実行させる部分を分担させる。画像データの大量高速処理はホストコンピュータ側で行うようにする。

(7) 画像データの転送経路の充実

画像データの保存格納場所として、磁気テープ、ドラムスキャナ（フィルム、印画紙）、ITVカメラ（簡易画像）、ミニコン側ディスク、ホスト側ディスク、イメージディスプレイの画像メモリがある。これら相互間で画像データがスムーズに転送できるようにする。（図3参照）

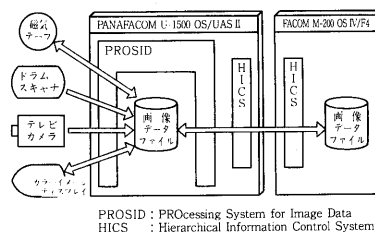


図3 画像データの転送経路

5.2 PROSIDの構成

PROSIDは次の4種類のプログラム群で構成されている。（図4参照）

- ① 画像処理タスク
- ② OCP (Operation Control Program)
- ③ FAP (Function Addition Program)
- ④ サブルーチンライブラリ

これらのプログラムについて簡単に説明する。

(1) 画像処理タスク

実際にデータに対して処理を行うプログラムで、現在システムには30余りの画像処理タスクが登録されており、今後、順次増していく予定である。

(2) OCP

メニューオペレーションの制御、画像処理タスクやファイルの管理を行っているプログラムである。

(3) FAP

メニュー画面などをシステムに登録するためのプログラムである。特にシステムに新しい画像処理タスクを追加する場合、このプログラムでメニュー画面を作成する必要がある。

(4) サブルーチンライブラリ

ユーザがシステムに追加する画像処理タスクを作成するときのために、システムが提供しているサブルーチンライブラリである。システムとユーザタスクのインターフェースのためのものと、イメージディスプレイの入出力や制御のためのものがある。

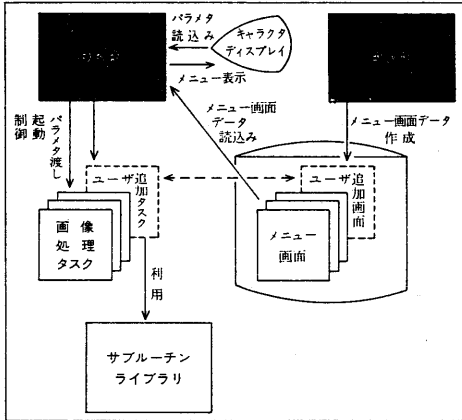


図4 PROSIDのプログラム構成

5.3 画像処理タスクの機能

PROSIDには、現在30余りの画像処理タスクが登録されているが、それらは機能的にみて次の4つのグループに分けられている。

- ① データ入出力・転送
- ② 画像表示・演算
- ③ 統計計算・分類
- ④ ユティリティ

表6に画像処理タスク一覧、図5に画像処理タスクの相互関連図を示す。システム全体の機能は、この表と図で理解していただくとして、ここでは、これらのタスクのうちカラーイメージディスプレイのもつハードウェアの機能を効果的に使用し、ソフトウェアコントロールのもとに処理を実現している2つの表示タスクについて説明する。

(1) ループフィルム表示

リフレッシュメモリに格納した時系列な複数の画像データの切り替え表示によりループフィルム表示を実現している。これにより、時系列的な変化を動きとして見る事ができる。リフレッシュメモリとしては、512×512×8ビット×3組が実装されている。ループフィルム表示では、このメモリに画像データを格納する方法として以下の9通りの組合せを可能にしている。

- 512×512×8ビット×3組
- 512×512×4ビット×6組
- 512×512×1ビット×24組

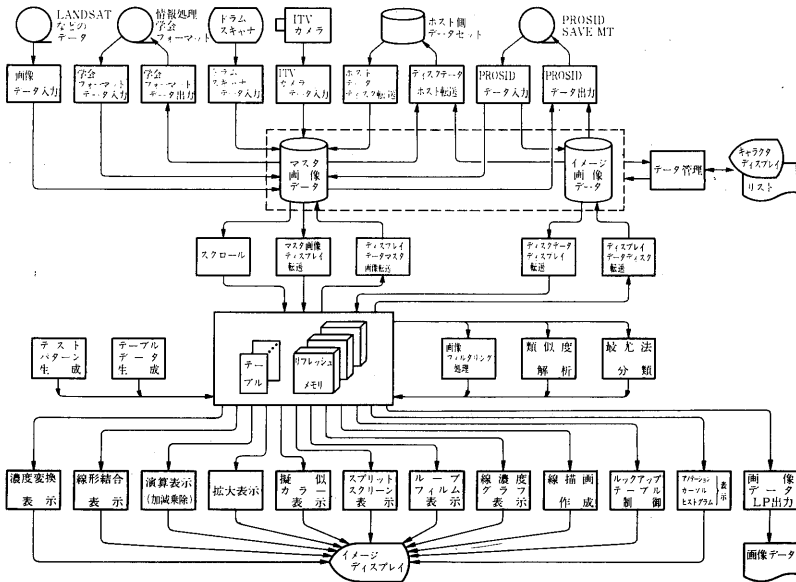


図5 画像処理タスク関連図

表6 画像処理タスク一覧

グループ名	プログラム名	機能	グループ名	プログラム名	機能	
データ入力出力	画像データ入力	CCT ^{注)} からマスタ画像生成	画像表示	ループフィルム表示	画像のアニメーション	
	学会フォーマットデータ入力	学会フォーマットMTからメンバ生成		加減算	画像間の加減算	
	学会フォーマットデータ出力	メンバを学会フォーマットMTに退避		乗算	画像間の乗算	
	ITVカメラデータ入力	ITVカメラからメンバ生成		除算	画像間の除算	
	ドラムスキャナデータ入力	ドラムスキャナからメンバ生成		類似度解析	画像内の類似度を計算	
	PROSIDデータ入力	システムMTからメンバ生成		画像フィルタリング処理	ノイズ除去およびエッジ強調	
	PROSIDデータ出力	メンバをシステムMTに退避		統計計算	ヒストグラム計測	画像のヒストグラム計測
データ転送	マスタ画像ディスプレイ転送	マスタ画像をイメージディスプレイのRMへ転送	システムユーティリティ	分類	最尤法分類	最尤法による分類
	ディスプレイデータマスタ画像転送	イメージディスプレイのRMからマスタ画像を生成		線形テーブル生成	線形の変換テーブルを生成	
	ディスクデータディスプレイ転送	メンバをイメージディスプレイの対応サブユニットへ転送		対数テーブル生成	対数のルックアップテーブル生成	
	ディスプレイデータディスク転送	ディスプレイのサブユニットデータからメンバを生成		指数テーブル生成	指数のアウトプットファンクションメモリ生成	
	ディスクデータホスト転送	メンバをホストデータファイルへ転送		アニメーション挿入	画像上に文字列表示	
	ホストデータディスク転送	ホストデータファイルからメンバを生成		カーソルコントロール	カーソルの形状設定	
	濃度変換表示	画像のフォールスカラー表示		画像データラインプリンタ出力	画像をラインプリンタに出力	
画像表示	擬似カラー表示	画像の濃淡に色の割当て	利用者サポート機能	データ管理	システムのメンバ管理	
	スクロール表示	画像のスクローリング		線濃度グラフ表示	リフレッシュメモリ1ライン分の濃度グラフ	
	拡大表示	画像の拡大表示		線描画作成	リフレッシュメモリ、グラフィックメモリに線画を描く	
	線形結合表示	画像の線形結合表示		テストパターン生成	リフレッシュメモリにテストパターンをロード	
	スプリットスクリーン表示	画像のスプリットスクリーン表示		イメージディスプレイ状態出力	ディスプレイ内のテーブルをラインプリンタに出力	
	ルックアップテーブル制御	ルックアップテーブルのマスク/解放		PROSIDコントロールテーブル出力	PROSIDコントロールテーブルの内容をラインプリンタに出力	

注) CCT: Computer Compatible Tape

- 256 × 256 × 8 ビット × 12 組
- 256 × 256 × 4 ビット × 24 組 (図 6 参照)
- 256 × 256 × 1 ビット × 96 組
- 128 × 128 × 8 ビット × 48 組
- 128 × 128 × 4 ビット × 96 組
- 128 × 128 × 1 ビット × 384 組

次に、このリフレッシュメモリに格納された画像データを切りかえ表示する方法であるが、このためにルックアップテーブル、ルックアップテーブルコントロールレジスタおよびズームコントロールレジスタが使用されている。

ルックアップテーブルとは、リフレッシュメモリに格納されているデータの濃度変換のためのテーブルである。これにより任意のビットプレーンの表示ができる。ルックアップテーブルコントロールレジスタとは、ルックアップテーブルのオン/オフを制御するレジスタであり、これにより任意のリフレッシュメモリの表示ができる。また、ズームコントロールレジスタは、リフレッシュメモリに格納さ

れているデータを拡大するためのレジスタである。拡大は同一要素の反復の方法で行われ、拡大率は1, 2, 4, 8の4種がある。また拡大中心の指定ができる。

具体的には、ルックアップテーブルとルックアップテーブルコントロールレジスタでビットスライス指定およびどのリフレッシュメモリを表示するかの指定を行い、ズームコントロールレジスタでリフレッシュメモリ内の空間的な位置の指定を行っている。たとえば、256×256×4ビット×24組のループフィルム表示の場合で12番目を表示するときは、ルックアップテーブルコントロールレジスタでリフレッシュメモリの2番目の表示指定を行い、ズームコントロールレジスタで拡大倍率2倍と12番目の位置指定をする。次に上位4ビット表示指定だが、これはルックアップテーブルとして図7のセットを行えばよい。16番目の表示の場合には図8のテーブルに変えればよい。

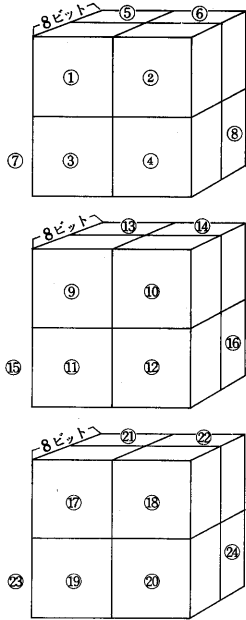


図6 リフレッシュメモリの出力分割使用例

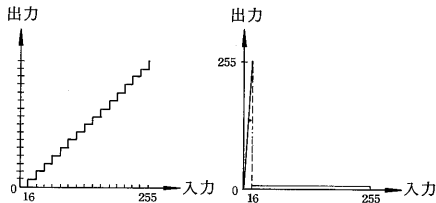


図7 12番目表示用
ルックアップテーブル

図8 16番目表示用
ルックアップテーブル

切りかえ表示をコントロールするためにルックアップテーブル、ルックアップテーブルコントロールレジスタ、ズームコントロールレジスタを次々に書かえていく。

(2) 線形結合表示 (K-L変換表示)

ハードウェアのもつ線形加算機能を利用しリフレッシュメモリに格納された画像データの線形結合表示を行っている。線形結合の係数として入力画像データの共分散マトリックスから求まる固有値ベクトルを用いれば、データのもつ特徴を多色表示するK-L変換表示とすることもできる。K-L変換は一般に次式で表わされる。

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} RM1 \\ RM2 \\ RM3 \end{pmatrix}$$

ここでR, G, Bは線形加算結果のデータであり、 $\sigma_{11} \sim \sigma_{33}$ はリフレッシュメモリデータ間の共分散行列である。固有値の大きい順に $(\sigma_{11} \ \sigma_{12} \ \sigma_{13})$ 、 $(\sigma_{21} \ \sigma_{22} \ \sigma_{23})$ 、 $(\sigma_{31} \ \sigma_{32} \ \sigma_{33})$ と並べてある。RM1~RM3はリフレッシュメモリに格納されている画像データを示す。

これを具体的に実現しているハードウェアの様子を図9に示す。

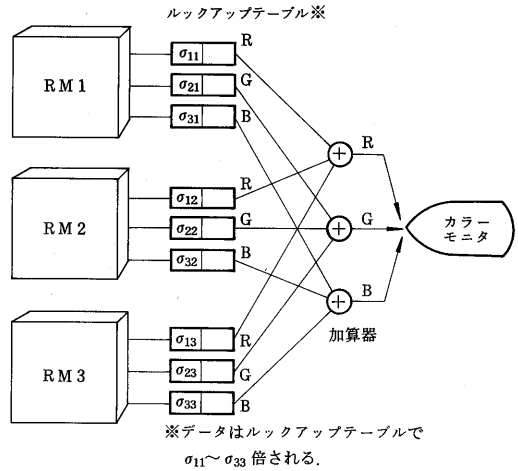


図9 K-L変換表示の概念

5.4 PROSIDの今後の課題

PROSIDをミニコンピュータを中心として開発したのは、ミニコンピュータシステムに次のような利点があると考えたからである。

- ① デジタル画像処理においては、単純計算だけでは済まない部分が多く、オペレータがシステムに様々な指示を与える必要がある。このようなマンマシンオペレーションにはミニコンピュータが適している。
- ② カラーイメージディスプレイ、ITVカメラ、ドラムスキャナ等の特殊入出力機器は、ミニコンピュータに接続しやすい。

一方、画像処理のデータ量が膨大であるという点を考慮すると、主記憶の容量、計算速度などの面から、大型計算機の優位性は明らかである。このように見ると、より良い画像処理システムとは、マンマシン処理および特殊I/Oの制御をミニコンピュータで受持ち、画像の補正、画像の分類などの大計算は大型機が受持つようなシステムであるということになる。

現在のところ大型機との結合は、HICS (Hierarchical Information Control System) コミュニケータと呼ばれるソフトウェアシステムを経由して行われている。

この結合形態では、大型機、ミニコンピュータの両側でファイルを媒介としているので、少々手間のかかる面がある。今後、現システムの単純な拡張としての画像処理タスクの追加を並行してデータの転送経路の簡略化を計っていききたいと考えている。

6. むすび

本画像処理システムは、各種入出力装置とソフトウェアを有機的に結合した総合システムである。また、今までの画像処理システムは、各研究室等でクローズして使用されている場合が多かったが、本システムは一般の不特定多数向に開放された画像処理システムである。今後さらに利用者からの個別要求を取り入れて機能向上を図っていききたい。また、基本的に画像処理システムとして装備することが望ましい機能については、順次追加していく予定である。

この画像処理システムはまだサービスの緒についたばかりである。

これは利用者の機能要求に応じながらサービスの向上を鋭意図りたい。さらに利用者の利用形態を見守りながら、共同利用センタとしてあるべき姿を追求する所存である。

〔参考文献〕

- 1) K.Yada 他: "Optical Fiber Makes Research Information Processing System", COMPCON, pp450-453(1981)
- 2) 矢田光治他: "RIPS自動運用管理システムの開発", 情報処理第23回全国大会, pp1089-1090(1981)
- 3) 田村他: "SPIDER- 移植性の高い画像処理ソフトウェアパッケージ", 電総研彙報, vol.44. No.7/8, pp413-433(1980)
- 4) H.Tamura: "Image database management for pattern information processing studies", in (S.K.Chang and K.S.Fu, eds.) Pictorial Information Systems, Springer, pp.198-227(1980).
- 5) 尾上他: "イメージプロセッシングの振興と標準化", 情報処理, vol.21, No.6 pp.645-659(1980)