

# パーソナルコンピュータを用いた高速画像処理／解析システムの開発

江野沢 誠\*・大林成行\*\*

本研究は、従来大型汎用計算機の範疇であったマルチスペクトルデータの処理解析をパソコンで代替しようとするものである。本研究で開発したシステムは、豊富な画像処理／解析機能と高い操作性を有している。さらに、パソコンシステムの最大の障害であった処理速度を極めて高速化することに成功した。その結果、安価なシステム構成で手軽にマルチスペクトルデータを処理／解析することが可能となった。

**Keywords :** image processing/analyzing system, multi-spectral data, personal computer

## 1. はじめに

現在、地球の表面を観測したマルチスペクトルデータは、ランドサット、もも、スポット、ノア、ひまわり等のさまざまな人工衛星により収集されており、比較的容易に購入できる体制が整備されている。特に、ノア、ひまわりから収集されるデータに関しては、ユーザが個人レベルでデータを直接受信することが可能であり、気象、海洋、漁業等の幅広い分野で利用されている。また、ランドサットやももにより収集されるデータは、従来から配布されているMT（磁気テープ）に加え、フロッピーディスクを媒体とした配布も行われており、マルチスペクトルデータを用いて解析を行うユーザにとってデータ選択の幅は大きく広がっているといえる。

一方、マルチスペクトルデータの利用面をユーザ側から見てみると、多くのユーザは大型汎用コンピュータや画像処理／解析専用システムを用いて、これらのマルチスペクトルデータの処理／解析を行っている。

本研究ではこのような現状を踏まえ、最近処理性能が飛躍的に向上しているパーソナルコンピュータおよびその周辺機器で構成した簡易なハードウェアシステムのもとで稼働できる汎用型高速画像処理／解析システムの構築を行った。

## 2. 画像処理／解析システムの現状<sup>1)</sup>

一般に、画像データを取り扱う場合のデータ処理量は非常に多く、特にリモートセンシングデータのようにマルチスペクトルで観測されるデータのデータ量は膨大なものとなる。そのため、従来マルチスペクトルデータの処理／解析には、大量のデータを高速で処理することの

できる大型汎用コンピュータや画像処理／解析専用コンピュータ等が用いられている。しかし、これらのコンピュータ、特に大型汎用コンピュータを用いた画像処理／解析システムには、以下に示す問題点が内在している。

- ① ハードウェアの価格が非常に高い
- ② 計算機使用料やディスク使用料等が高い
- ③ メンテナンス費用が高い
- ④ 複雑なシステム管理が必要である
- ⑤ 特殊な空調設備等が必要である
- ⑥ ハードウェアの組み替え、ソフトウェアの更新作業が複雑である
- ⑦ ユーザインターフェースのパフォーマンスが低い

この内、①、③、④の問題点に関しては、画像処理／解析専用コンピュータにおいても同様である。そのため、新たにマルチスペクトルデータの処理／解析を始めようとするユーザは、ソフトウェア開発や設備投資に多大な時間とコストを必要とし、手軽に処理／解析を行うことができない、というのが現状であり、このような状況がマルチスペクトルデータ普及の大きな阻害要因の1つとなっている。言い換えると、操作が簡単で安価なソフトウェアを提供することによって、マルチスペクトルデータの普及が大幅に進展するものと期待されている。

## 3. システムの構築方針<sup>2)</sup>

本研究ではシステム構築に先立ち、誰もが手軽に扱うことのできる画像処理／解析システムが具備しなければならない条件を整理し、システムの構築方針を明確にした。具体的には、以下に示すとおりである。

① 分かりやすいシステムであること 本研究で開発するシステムの対象ユーザは、必ずしもコンピュータや画像処理を専門としているユーザとは限らない。そのため、複雑な手順や操作方法は極力避け、できるだけ簡略化する。

\* 正会員 工修 東京理科大学助手 理工学部土木工学科  
(〒278 千葉県野田市山崎 2641 番地)

\*\* 正会員 工博 東京理科大学教授 理工学部土木工学科

② 効率的なシステムであること 処理/解析作業をスムーズに行うためには、高速な処理機能と高い操作性が必要である。特に、操作面では、誤入力への対処、キー入力量の軽減、ファイルの重複検索、ファイル内容の参照、処理の中止等の効率化が必要である。

③ 機能が豊富であること 幅広い分野での利用を考慮した場合、処理/解析機能の充実が欠かすことのできない要素である。そこで、一般ユーザが処理/解析を行う過程で用いる機能を十分に検討し整理することにより、豊富な機能を備えたシステムとする必要がある。

④ 手軽なハードウェア構成であること 多くのユーザが手軽に利用することのできるシステムを構築していく場合、ハードウェア構成は広く一般に普及している機器で構成することが望ましい。そのため、特殊な周辺機器や高価な周辺機器は使用せず、一般に広く用いられている比較的安価な周辺機器に限定したハードウェア構成に留める必要がある。

⑤ マルチスペクトルデータが処理可能なこと マルチスペクトルデータを処理していく上で必要となる特有の処理/解析機能を備えている必要がある。

⑦ 実利用を考慮したシステムであること 汎用化システムを構築する場合、実際の業務における利用を考慮しなければならない。この場合、前述の①～③の項目を満たすとともに、実際の業務で頻繁に行われている定型作業や反復作業に対する作業環境および作業の効率化についても考慮する必要がある。

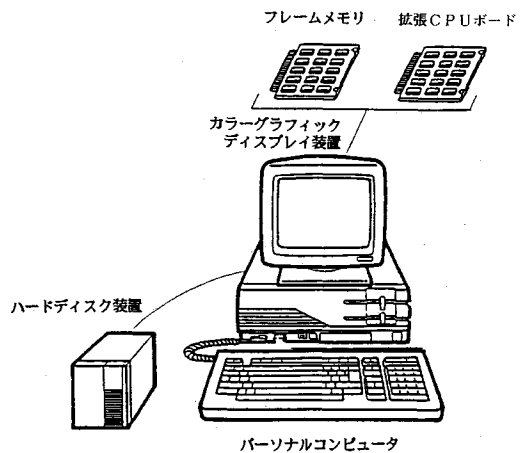
⑧ ユーザによる拡張が可能であること システムが具備する機能は十分に検討した上で開発・整備しても、様々な処理/解析を行っていく上で機能不足となる場合が考えられる。そこでユーザが手軽に機能作成および拡充を行えるような発展性のあるシステムとする必要がある。

#### 4. ハードウェア構成

本研究で構築するシステムのハードウェア構成は、前述の構築方針の④で述べたように、手軽なハードウェア構成であることが要求される。そこで本研究では、①低価格であること、②一般に普及している機器であること、③パーソナルコンピュータの機能不足を安価な手段で補うことができること、の3点に留意して、図一および表一に示すハードウェアを選定した。具体的には、以下に示すとおりである。

##### (1) ホストコンピュータ

画像処理/解析システムの中核となるホストコンピュータは、本来ならばメモリ容量が大きく、演算速度が高速なものが望ましい。しかし、本研究では、誰もが手軽に取り扱うことのできるシステムを構築するという観点から、現在最も一般に普及している16ビットパー



図一 パソコン画像処理/解析システムのハードウェア構成

表一 パソコン画像処理/解析システムの基本仕様

装置	基本仕様
ホストコンピュータ	・16ビットデスクトップ型パーソナルコンピュータ ・標準実装RAM 640Kバイト ・クロックサイクル 12MHz ・フロッピーディスクユニット 5インチ、1M、2ドライブ
カラーグラフィックディスプレイ装置	・画面サイズ 14インチ ・ドットピッチ 0.31mm ・表示可能エリア グラフィック 640X400ドット テキスト 80字X25行
フレームメモリ	・赤、緑、青 各256階調表示可能
ハードディスクユニット	・実装容量 40Mバイト
拡張CPUボード	・データフローアーキテクチャ ・可変パイプラインアーキテクチャ ・符号付16X16ビット高速乗算機内蔵 ・データ形式 サイン16ビット ・パイプラインサイクル 200ns/パイプライン

ソナルコンピュータを選定した。

##### (2) ディスプレイ装置

従来の画像処理/解析専用装置では、文字等を表示するキャラクターディスプレイ装置と画像を表示するグラフィックディスプレイ装置の2種類のディスプレイ装置を備えたシステムが多い。しかし、一般にパーソナルコンピュータに用いられているディスプレイ装置は、これらの2つの機能を備えているものが多く、本研究においても1つのディスプレイ装置で文字と画像の両方を表示することとした。また、後述のフルカラーフレームメモリを使用することを考慮し、アナログRGB方式のカラーディスプレイ装置を用いることとした。

##### (3) ハードディスクユニット

ハードディスクユニットは、画像データ等の大容量のデータを取り扱う場合に大変有効な外部記憶装置であ

る。本研究では、最も普及している 40 MB の機種を選定した。

(4) フレームメモリ

本研究で用いるパーソナルコンピュータは 16 色しか同時表示することができず、画像表示を行う上で非常に機能不足であるといえる。しかし、フレームメモリを用いることにより赤、緑、青各々 256 階調、計 1677 万色を表示することが可能となり、1 画素 8 ビットで収集されるマルチスペクトルデータの持つ情報を損失することなく表示することができる。本研究では、ディスプレイ装置の解像度と同じ 640×400 画素のフレームメモリを用いた。

(5) 拡張 CPU ボード<sup>3)</sup>

本研究で用いた拡張 CPU ボードは、画像処理を高速に行うことのできるプロセッサとして開発されたものであり、価格も比較的安価で供給されている。この拡張 CPU ボードは、演算そのものの高速化に加え、処理の並列化が可能であること、画像データを一度ボード内のメモリに取り込んで処理を行うため、データの転送時間を短縮することができること等の面から超高速化を実現している。本研究では、この拡張 CPU ボードを用いることにより、処理速度の高速化を図った。しかし、この拡張 CPU ボードを利用するには独自のアセンブラ言語を用いてプログラム開発を行わなければならない、このボードを用いてシステム開発を行うためには、多大な労力と時間を必要とする。拡張 CPU ボードの詳細については後述する。

5. 画像処理／解析機能の整備<sup>4)</sup>

本研究で構築する画像処理／解析システムは、前述のとおり、簡便な汎用型システムを目指したものであることから、ユーザの負担のないように工夫された豊富な機能を備えていることが要求される。さらに、ユーザがその画像処理／解析機能の流れを簡単に理解することができ、自由に利用することができるように整備する必要がある。そこで本研究では、各機能を画像処理／解析におけるデータの流れに沿って、フォーマット変換機能、前処理機能、画像解析機能、後処理機能、画像表示機能、共通機能の 6 つのサブシステムに分類することとした。このような機能構成をとることにより、システムの利用者にとって理解しやすく、かつ利用しやすい構成とすることができる。ここで、共通機能とは、全てのサブシステムにおいて共通に用いることのできる機能のことである。各サブシステム毎の機能の一覧を表-2 に示す。以下、各サブシステム毎に機能の概要を示す。

(1) フォーマット変換サブシステム

一般にマルチスペクトルデータは、磁気テープ、フロッピーディスク等の様々な媒体に格納されてユーザに提供

表-2 各サブシステムの機能一覧

サブシステム名	機能
フォーマット変換 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・BILフォーマットをBSQフォーマットへ変換</li> <li>・RETECフォーマットをMS-DOSへ変換</li> <li>・ヘッダの取付け、書き込み</li> </ul>
前処理 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・画像の切り出し</li> <li>・画像間演算<sup>*</sup>)</li> <li>・フィルタリング処理<sup>*</sup>)</li> <li>・アライメント変換</li> <li>・疑似アライメント変換</li> <li>・射影変換</li> </ul>
画像解析 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トレーニングエリア選定</li> <li>・クラス分析</li> <li>・主成分分析</li> <li>・重回帰分析</li> <li>・画像間演算<sup>*</sup>)</li> <li>・ユーザ定義プログラム</li> </ul>
後処理 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スライスプログラムの作成</li> <li>・スライス統一画像の作成</li> <li>・マスク処理</li> <li>・画像データベース</li> <li>・フィルタリング処理<sup>*</sup>)</li> </ul>
画像表示 サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メニュー画面の表示</li> <li>・ヒストグラムの表示</li> <li>・シェドカラー画像の表示</li> <li>・カラー合成画像の表示</li> <li>・モノクロ画像の表示</li> <li>・画像、文字、図形のオーバーレイ</li> <li>・プロファイルグラフの表示</li> <li>・ヘッダの表示、書き込み</li> <li>・アドレス画素値の表示</li> <li>・テキスト画面-グラフィック画面切替え</li> <li>・グラフィック画面消去</li> <li>・表示エリア、表示位置変更</li> <li>・コントラストの設定</li> <li>・拡大・縮小表示</li> </ul>
共通機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検索パス名変更</li> <li>・マカ機能</li> </ul>

<sup>\*</sup>) サブシステム間で重複する機能

下線の機能は超高速処理機能

される。そして、これらの媒体に格納されたデータは、データを収集するセンサ毎に異なるフォーマットを有しており、さらに同じセンサのデータであっても複数のフォーマットを有していることが多い。そこで、多様なフォーマットを持つ各種のデータを統一したフォーマットへ変換し、どのような種類のデータであっても同じ機能で処理／解析が行えるようにシステムを整備する必要がある。本システムでは、ホストコンピュータとしてパー

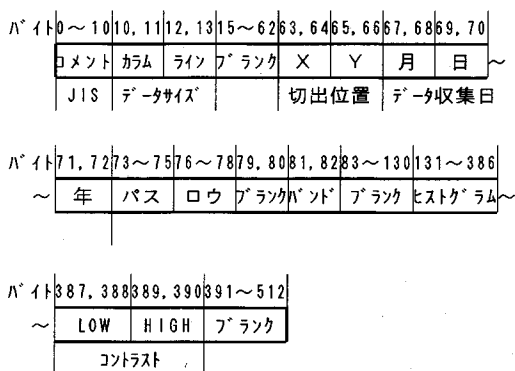


図-2 画像データのヘッダフォーマット

ソナルコンピュータを用いること、および、一般ユーザに最も安価で提供され手軽に取り扱うことのできる媒体であることを考慮し、フロッピーディスクで提供されているデータを対象に標準フォーマットへ変換する機能を整備した。具体的には、現在フロッピーディスクで提供されているランドサットの MSS データ、TM データ、ももの MESSR データの各データの BIL および BSQ フォーマットを本システムの標準フォーマットへ変換することができる。

ここで本システムの標準フォーマットは、1つのバンドのデータが1つのファイルで構成されており、画像データの先頭に512バイトのヘッダを持ち、その後画像データを1ライン目から順次格納していくフォーマット構成となっている。また、画像データはバイナリデータであるため、行区切り記号(CR/LF等)は付けず、1ファイルが1つの行で構成されている。そのため、画像データの大きさ(カラム数、ライン数)等は全て画像データの先頭に付したヘッダにより管理することとした。このヘッダには、画像データの大きさの他、データの収集年月日、パス/ロウ、ヒストグラム等の様々な情報が格納されており、このヘッダを参照することにより画像データの様々な情報を得ることが可能である。このヘッダに格納されている情報は、フォーマット変換サブシステムの機能を用いることにより任意に設定することが可能であり、また、他の画像処理/解析システムとの互換性を考慮し、ヘッダの取付け、取り外しが自由できるように整備を行った。ヘッダのフォーマットを図-2に示す。

## (2) 前処理サブシステム

前処理サブシステムは、以後の画像解析を効果的に行うために、画像解析等に先立って行われる様々な作業に用いられる機能群である。具体的には、画像データから任意の矩形領域を切り出す機能、画像間で四則演算を行う画像間演算処理、画像の平滑化や鮮鋭化等を行うウィンドウオペレータによるフィルタリング処理、画像の

幾何補正処理の4種類が主な機能である。このうち、画像間演算処理、フィルタリング処理は前処理サブシステム以外でも使用する頻度が高いため、他のサブシステムにおいても重複して具備されている。以下、各機能の概略を示す。

① 画像の切り出し 人工衛星により収集されるマルチスペクトルデータは、非常に広範囲の地表面の情報を有しているが、マルチスペクトルデータの処理/解析を行う際に必ずしも全ての領域を必要としない場合がある。そこで本システムでは、画像データ中の必要な矩形領域を切り出すことのできる機能を整備した。またこの機能は、切り出しの際に画像データを任意のインターバルで間引きすることができるようになっている。

② 画像間演算 2つの画像間で加減乗除の演算を行う機能である。具体的には次次に示すように、画像データ間の演算結果に任意の係数を乗じたり、加えたりすることができるようになっている。

(データ① 演算 データ②) × 係数① + 係数②

この機能は、係数①と係数②の値をユーザが任意に設定できる機能、自動的に計算結果を0~255(1バイトの範囲)に設定する機能、画像間の演算値の最大値と最小値のみを求める機能の3つの機能を有している。

③ フィルタリング処理 3×3のウィンドオペレータを用いたフィルタリング処理が行えるように整備し、ウィンドオペレータとして次に示す8つのオペレータをシステムの規定値として設定した。

- ・重み無し平滑化
- ・X方向の空間一次微分によるエッジの検出
- ・Y方向の空間一次微分によるエッジの検出
- ・空間二次微分によるエッジの検出(その1)
- ・空間二次微分によるエッジの検出(その2)
- ・空間二次微分によるエッジの検出(その3)
- ・ラプラシアン加算による画像の鮮鋭化
- ・ORTHOGONAL TEMPLATE

また、上記の8つのオペレータの他に、ユーザが任意にオペレータを設定することができる機能を有している。

④ 幾何補正処理 幾何補正処理機能として、地上基準点を用いた精密幾何補正処理を行うことができるようになっている。補正を行う際に用いる変換式としては、マルチスペクトルデータの幾何補正で最もよく用いられるアフィン変換、疑似アフィン変換、航空写真の斜め写真の補正等に用いられる二次の射影変換の3つの変換式を用意した。また、画像データの内挿法としては、処理を高速に行うことが可能であり、アルゴリズムが簡便な最近隣内挿法を用いることとした。

## (3) 画像解析サブシステム

画像解析サブシステムは、画像データから目的とする情報を抽出する機能およびそれを補助する機能をまとめ

た機能群である。本システムでは画像解析の手法として、マルチスペクトルデータを用いた土地被覆分類を行う際に最もよく用いられるクラスター分析、主成分分析、水質分布の推定等に用いられる重回帰分析、流況パターンの把握や植物の活力度調査等に用いられる画像間演算（前処理サブシステムと共通）の4つの代表的な解析手法の整備を行った。また、クラスター分析、主成分分析を行う際に用いるトレーニングエリアの選定を効率的かつ正確に行うことのできる機能を整備した。さらに、本システムで整備した機能だけでは処理することのできない手法に対応するために、本システムではユーザ定義プログラム機能を設けている。このユーザ定義プログラム機能は、ユーザが計算式（C言語の形式）のみを入力するだけで、複雑なファイル管理やループ等の処理は全てシステム側でサポートし、ユーザは実際に煩雑なプログラムを組むことなしに新しい機能を構築することができる。この機能は、解析可能な画像の大きさ（1ラインが1500カラム以下）、同時に処理することのできるファイル数（10ファイル以内）、ライン処理にのみ対応等の制限があるものの、多くの画像処理手法に対応することが可能であり、ごく基本的なC言語の知識を持つユーザであれば自由にシステムを拡張することができる。

#### （4）後処理サブシステム

一般に、画像処理／解析が施された結果の画像データは、色合いや分類項目間の差等が不鮮明であり視覚的強調に欠ける場合がある。後処理サブシステムはこれらの視覚的強調に欠ける画像データを利用目的に応じて変換したり、加工することにより、さらに付加価値の高い画像データを作成するサブシステムであり、スライス統一画像の作成、マスク処理、画像データセーブ、フィルタリング処理（前処理サブシステムと共通）の4つの機能群が整備されている。このうち、スライス統一画像の作成は、ユーザが画像データの任意の画像濃度値を任意の値に変更する機能であり、この機能を用いることにより2値化画像を作成したり、分類後の画像データの複数のクラスを統一したりすることができる。また、マスク処理は、地形図等からデジタル化した閉領域のポリゴンデータ（ベクトル形式）を用いて、画像中の閉領域内もしくは領域外のデータの画像濃度値を0にする機能である。この機能を用いることにより、行政界や流域界等の領域内（外）のデータのみを抽出することが可能であり、視覚的効果の高い画像データを作成することができる。そして、画像データセーブは、ディスプレイ装置上（フレームメモリ上）に表示されている画像データをディスクに格納する機能であり、ディスプレイ装置上で画像データに文字や図形をオーバーレイした結果をファイルとしてディスクへ保存することができる。

#### （5）画像表示サブシステム<sup>5)</sup>

ディスプレイ装置上に画像を表示するための全ての機能を管理するサブシステムであり、他のサブシステムで行った処理／解析結果を確認したり成果画像の表示を行う等、画像処理／解析システム全体において最も基本となる重要なサブシステムである。従って、他のサブシステムとの間で強いつながりを持つとともに、本システムの中で最も使用頻度の高いサブシステムであり、この画像表示サブシステムの機能を充実して操作効率を向上させることにより、画像処理／解析システム全体の作業効率を向上させることが可能となる。

上述した4つのサブシステムでは、5章で詳述するように全て階層式のメニュー方式を採用しているが、この画像表示サブシステムではメインパネル方式を採用した。これは本研究で開発した画像処理／解析システムが、3章で述べたように、1つのディスプレイ装置で画像表示と文字表示を行うため、画像表示を行う際に頻繁に画像表示画面とメニュー画面との切替えを繰り返して行わなければならないことを考慮し、他のサブシステムと同様な階層式メニューとせず、ユーザがシステムを使用する際に混乱しないように配慮した結果である。また、画像を適切な状態に表示するためには、画像のコントラスト、表示位置、表示倍率等の様々な条件を設定する必要がある。そのため階層式メニュー方式を採用すると、ある条件を変更しようとする場合、全ての条件を始めから設定し直さなければならず、非常に非効率的な操作方法となってしまう。そのため、本システムではどの条件であってもユーザが好きな時に自由に設定することができるようにメインパネル方式をとることとした。本サブシステムで採用したメインパネル方式のメニュー画面は、4つの画像データを同時に取り扱うことが可能であり、これら4つの画像データの表示条件が常にメニュー画面上に表示されており、ユーザは画像の表示状態をいつでも確認することができる。そしてユーザは任意の画像に対する任意の表示条件を自由に設定することができるように整備されている。さらに、一度設定した表示条件はシステム全体が終了するまで保存されており、一旦他のサブシステムへ移行して処理を行い、再度画像表示サブシステムへ戻ってきた際にも前に設定した表示条件をそのまま利用することができる。また、メニュー画面上にはシステムを操作するコマンドが全て表示されており、これらのコマンドをコマンドラインから入力することによって各種の機能を利用することができる。

表示サブシステムでは表-2に示したように、非常に多岐に渡る機能群を開発・整備した。具体的には、画像データを白黒やカラーでディスプレイ装置上へ出力する機能、画像データを適切な状態に表示するための条件を設定する機能、画像データへ文字や図形をオーバーレイ

する機能、画像データの状態を調べたり画像濃度値の分布をグラフ化する等のユーティリティ機能、グラフィック機能等がその主なものである。

### (6) 共通機能

本研究で開発した画像処理／解析システムは、前述のとおり5つのサブシステムから構成されており、システムの操作上大変効率的なシステム構成となっている。共通機能とはこれら5つのサブシステム全てに関連する機能であり、これらの5つのサブシステムとは別に分類することとした。具体的には、以下に示す2つの機能を共通機能として設定した。

① 検索パス名の変更 本画像処理／解析システムでは、ユーザの便を考えて、入力ファイル名を指定する際にキー入力を行わず、全てメニューによる選択方式で指定することができるように配慮した。そのため、システムがファイルの検索を行うドライブ、ディレクトリ等のパス名をユーザが任意に変更することができるように整備した。この機能を用いることにより、ユーザの利用環境に合ったパスを検索することが可能となる。

② マクロ機能 一般にマルチスペクトルデータを研究や業務等で用いる場合には、その処理／解析作業において、同じような繰り返し処理やいつも決まった処理等、予め決められた流れに沿った処理／解析を行うことが多い。このような定型処理の過程をユーザが予め決められたフォーマットでファイルに記述しておき、システムがそのファイルを読み込むことにより、自動的に記述された処理を実行することのできる機能を開発・整備した。この機能により、ユーザは煩わしい定型処理を手軽に実行することが可能となる。

## 6. 操作性の向上

前述のように、本研究では豊富な機能を備えた汎用型画像処理／解析システムを目指し、システムの構築を進めてきた。しかし、いかに豊富な機能を持ったシステムであっても、そのシステムの操作方法が使いやすいものでなければ、システムの価値は半減するといっても過言ではない。特に、ハードウェア面で制約の多いパーソナルコンピュータを用いたシステムにおいては、いかに利用しやすいシステムとするかに細心の注意を払わなくてはならない。そこで本研究では、以下に示す6点に重点をおいて操作性を向上させ、システムの効率化を図った。

① メニュー画面方式 本システムでは図-3に示すように、メインメニュー画面から前述の5つサブシステムのメニュー画面を呼び出し、さらに、各サブシステムのメニュー画面から各機能のメニュー画面を呼び出すといった階層構造のメニュー画面方式を採用している(ただし、画像表示サブシステムでは前述の理由により、サブシステムのメニュー画面より直接コマンドを実行す

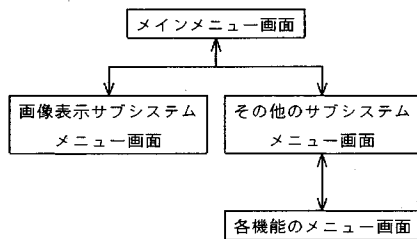


図-3 メニュー画面の構成

る形式となっている)。写真-1にメインメニュー画面を、写真-2～写真-6に各サブシステムのメニュー画面を示す。このようなメニュー構成を採ることにより本システムの機能とメニュー画面とを1対1で対応させることができ、ユーザにとって非常に理解しやすく使いやすいシステムとすることができる。これらのメインメニュー画面と画像表示サブシステム以外の各サブシステムのメニュー画面の形式および操作方法は全て共通しており、キーボード上の矢印キーで表示画面の黄色の文字を移動させて目的とする項目を選択し、リターンキーを押すことにより確定するという簡単な操作で各種の機能のメニュー画面を呼び出すことができる。また、画像表示サブシステム以外の各サブシステムのメニュー画面より起動される各機能のメニュー画面(写真-7)も、全て統一したフォーマットを有しており、各サブシステムのメニュー画面と同様な共通した操作方法で各種のプログラムを起動することができる。このように本システムでは、画像表示サブシステムを除く全てのメニュー画面のフォーマットおよび操作方法を統一化することにより、ユーザにとって非常に分かりやすく操作性の良いシステムとすることができ、システム全体としての効率を大きく向上させることができた。

本研究では、これらのメニュー画面を構築する際に現在大きな話題となっているパーソナルコンピュータ用のウィンドウシステムを用いてメニュー画面等の構築を行っていくことを検討した。このウィンドウシステムを用いると非常に視覚的効果が高く、操作性に優れたシステムを比較的簡単に構築することが可能となる。しかし、現在一般に市販されているパーソナルコンピュータ用のウィンドウシステムは、大きな記憶容量を必要とする、実行速度が遅い等の問題があり、本研究で開発を行う画像処理／解析システムへは適用することができなかった(ただし、パーソナルコンピュータの機種によっては、十分実用的なウィンドウシステムも市販されている)。そこで、本研究ではC言語を用いてプログラミングを行い、高速で操作性に優れたメニュー画面を開発した。

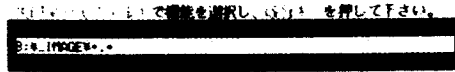
② ファイル名選択方式 画像処理／解析を行う画像データのファイル名の定義は、ファイル名を直接キー入力するのではなく、全てメニュー画面(写真-8)に

- フォーマット変換システム
- 前処理システム
- 画像解析システム
- 後処理システム
- 画像表示システム
- マクロ定義プログラム
- データ検索対象パス名の変更
- メインメニュー画面



写真—1 メインメニュー画面

- スライステーブルの作成
- スライス統一画像の作成
- マスク処理
- 画像データセーブ
- フィルタリング
- MS-DOS
- データ検索対象パス名の変更
- メインメニュー画面



写真—5 後処理サブシステムメニュー画面

- BIL ==> BSQ
- RESTEC ==> MS-DOS
- ヘッダの取り付け
- ヘッダの書き込み
- MS-DOS
- データ検索対象パス名の変更
- メインメニュー画面



写真—2 フォーマット変換サブシステムメニュー画面

↑↓←→で機能を選択し、ESCを押して下さい。

```

IMAGE : No.
10 : Name
11 : Comment
12 : Date
13 : Header
14 : Column
15 : Line
16 : Start col.
17 : End col.
18 : Start line
19 : End line
20 : X,Y
21 : Slice
22 : Color Interval
23 : Histogram
24 : Header Histogram
25 : Pseudo-Color Image
26 : Red Image
27 : Green Image
28 : Blue Image
29 : Monochro Image
30 : Figure Overlay
31 : Image Overlay
32 : Letter
33 : Profile Graph
34 : Address & Value
35 : Right Space
36 : Frame-theory → File
37 : Histogram → Header
38 : Slice → Header
39 : Header Information
40 : Frame-theory DM
41 : Clear Frame-theory
42 : MS-DOS
43 : End (Main Menu)
    
```

写真—6 画像表示サブシステムメニュー画面

- 画像の切り出し
- アフィン変換係数算出
- アフィン変換内挿
- 類似アフィン変換係数算出
- 類似アフィン変換内挿
- 斜射変換係数算出
- 斜射変換内挿
- フィルタリング
- 画像縮減
- MS-DOS
- データ検索対象パス名の変更
- メインメニュー画面



写真—3 前処理サブシステムメニュー画面

入力項目

ポリゴンデータ	1 0 10	1
BCP(傾斜角)	0.0	0.0000
マスクサイズ	0.0	0.0000
バンド	1	0.0000
ファイルNo.1 (入)		
ファイルNo.2		
ファイルNo.3		
ファイルNo.4		
ファイルNo.5		
ファイルNo.6		
ファイルNo.7		

実行メニューに移動

写真—7 オペレーションメニュー画面例

- トレーニングエリア設定
- クラスタ分析
- 主成分分析
- 重心分析
- 画像縮減
- ユーザー定義プログラム
- MS-DOS
- データ検索対象パス名の変更
- メインメニュー画面



写真—4 画像解析サブシステムメニュー画面

K000010.011	K000010.012	K000010.013	K000010.014
K000010.015	K000010.016	K000010.017	K000010.018
K000010.019	K000010.020	K000010.021	K000010.022
K000010.023	K000010.024	K000010.025	K000010.026
K000010.027	K000010.028	K000010.029	K000010.030
K000010.031	K000010.032	K000010.033	K000010.034
K000010.035	K000010.036	K000010.037	K000010.038
K000010.039	K000010.040	K000010.041	K000010.042
K000010.043	K000010.044	K000010.045	K000010.046
K000010.047	K000010.048	K000010.049	K000010.050
K000010.051	K000010.052	K000010.053	K000010.054
K000010.055	K000010.056	K000010.057	K000010.058
K000010.059	K000010.060	K000010.061	K000010.062
K000010.063	K000010.064	K000010.065	K000010.066
K000010.067	K000010.068	K000010.069	K000010.070
K000010.071	K000010.072	K000010.073	K000010.074
K000010.075	K000010.076	K000010.077	K000010.078
K000010.079	K000010.080	K000010.081	K000010.082
K000010.083	K000010.084	K000010.085	K000010.086
K000010.087	K000010.088	K000010.089	K000010.090
K000010.091	K000010.092	K000010.093	K000010.094
K000010.095	K000010.096	K000010.097	K000010.098
K000010.099	K000010.100	K000010.101	K000010.102
K000010.103	K000010.104	K000010.105	K000010.106
K000010.107	K000010.108	K000010.109	K000010.110
K000010.111	K000010.112	K000010.113	K000010.114
K000010.115	K000010.116	K000010.117	K000010.118
K000010.119	K000010.120	K000010.121	K000010.122
K000010.123	K000010.124	K000010.125	K000010.126
K000010.127	K000010.128	K000010.129	K000010.130
K000010.131	K000010.132	K000010.133	K000010.134
K000010.135	K000010.136	K000010.137	K000010.138
K000010.139	K000010.140	K000010.141	K000010.142
K000010.143	K000010.144	K000010.145	K000010.146
K000010.147	K000010.148	K000010.149	K000010.150
K000010.151	K000010.152	K000010.153	K000010.154
K000010.155	K000010.156	K000010.157	K000010.158
K000010.159	K000010.160	K000010.161	K000010.162
K000010.163	K000010.164	K000010.165	K000010.166
K000010.167	K000010.168	K000010.169	K000010.170
K000010.171	K000010.172	K000010.173	K000010.174
K000010.175	K000010.176	K000010.177	K000010.178
K000010.179	K000010.180	K000010.181	K000010.182
K000010.183	K000010.184	K000010.185	K000010.186
K000010.187	K000010.188	K000010.189	K000010.190
K000010.191	K000010.192	K000010.193	K000010.194
K000010.195	K000010.196	K000010.197	K000010.198
K000010.199	K000010.200	K000010.201	K000010.202
K000010.203	K000010.204	K000010.205	K000010.206
K000010.207	K000010.208	K000010.209	K000010.210
K000010.211	K000010.212	K000010.213	K000010.214
K000010.215	K000010.216	K000010.217	K000010.218
K000010.219	K000010.220	K000010.221	K000010.222
K000010.223	K000010.224	K000010.225	K000010.226
K000010.227	K000010.228	K000010.229	K000010.230
K000010.231	K000010.232	K000010.233	K000010.234
K000010.235	K000010.236	K000010.237	K000010.238
K000010.239	K000010.240	K000010.241	K000010.242
K000010.243	K000010.244	K000010.245	K000010.246
K000010.247	K000010.248	K000010.249	K000010.250
K000010.251	K000010.252	K000010.253	K000010.254
K000010.255	K000010.256	K000010.257	K000010.258
K000010.259	K000010.260	K000010.261	K000010.262
K000010.263	K000010.264	K000010.265	K000010.266
K000010.267	K000010.268	K000010.269	K000010.270
K000010.271	K000010.272	K000010.273	K000010.274
K000010.275	K000010.276	K000010.277	K000010.278
K000010.279	K000010.280	K000010.281	K000010.282
K000010.283	K000010.284	K000010.285	K000010.286
K000010.287	K000010.288	K000010.289	K000010.290
K000010.291	K000010.292	K000010.293	K000010.294
K000010.295	K000010.296	K000010.297	K000010.298
K000010.299	K000010.300	K000010.301	K000010.302
K000010.303	K000010.304	K000010.305	K000010.306
K000010.307	K000010.308	K000010.309	K000010.310
K000010.311	K000010.312	K000010.313	K000010.314
K000010.315	K000010.316	K000010.317	K000010.318
K000010.319	K000010.320	K000010.321	K000010.322
K000010.323	K000010.324	K000010.325	K000010.326
K000010.327	K000010.328	K000010.329	K000010.330
K000010.331	K000010.332	K000010.333	K000010.334
K000010.335	K000010.336	K000010.337	K000010.338
K000010.339	K000010.340	K000010.341	K000010.342
K000010.343	K000010.344	K000010.345	K000010.346
K000010.347	K000010.348	K000010.349	K000010.350
K000010.351	K000010.352	K000010.353	K000010.354
K000010.355	K000010.356	K000010.357	K000010.358
K000010.359	K000010.360	K000010.361	K000010.362
K000010.363	K000010.364	K000010.365	K000010.366
K000010.367	K000010.368	K000010.369	K000010.370
K000010.371	K000010.372	K000010.373	K000010.374
K000010.375	K000010.376	K000010.377	K000010.378
K000010.379	K000010.380	K000010.381	K000010.382
K000010.383	K000010.384	K000010.385	K000010.386
K000010.387	K000010.388	K000010.389	K000010.390
K000010.391	K000010.392	K000010.393	K000010.394
K000010.395	K000010.396	K000010.397	K000010.398
K000010.399	K000010.400	K000010.401	K000010.402
K000010.403	K000010.404	K000010.405	K000010.406
K000010.407	K000010.408	K000010.409	K000010.410
K000010.411	K000010.412	K000010.413	K000010.414
K000010.415	K000010.416	K000010.417	K000010.418
K000010.419	K000010.420	K000010.421	K000010.422
K000010.423	K000010.424	K000010.425	K000010.426
K000010.427	K000010.428	K000010.429	K000010.430
K000010.431	K000010.432	K000010.433	K000010.434
K000010.435	K000010.436	K000010.437	K000010.438
K000010.439	K000010.440	K000010.441	K000010.442
K000010.443	K000010.444	K000010.445	K000010.446
K000010.447	K000010.448	K000010.449	K000010.450
K000010.451	K000010.452	K000010.453	K000010.454
K000010.455	K000010.456	K000010.457	K000010.458
K000010.459	K000010.460	K000010.461	K000010.462
K000010.463	K000010.464	K000010.465	K000010.466
K000010.467	K000010.468	K000010.469	K000010.470
K000010.471	K000010.472	K000010.473	K000010.474
K000010.475	K000010.476	K000010.477	K000010.478
K000010.479	K000010.480	K000010.481	K000010.482
K000010.483	K000010.484	K000010.485	K000010.486
K000010.487	K000010.488	K000010.489	K000010.490
K000010.491	K000010.492	K000010.493	K000010.494
K000010.495	K000010.496	K000010.497	K000010.498
K000010.499	K000010.500	K000010.501	K000010.502
K000010.503	K000010.504	K000010.505	K000010.506
K000010.507	K000010.508	K000010.509	K000010.510
K000010.511	K000010.512	K000010.513	K000010.514
K000010.515	K000010.516	K000010.517	K000010.518
K000010.519	K000010.520	K000010.521	K000010.522
K000010.523	K000010.524	K000010.525	K000010.526
K000010.527	K000010.528	K000010.529	K000010.530
K000010.531	K000010.532	K000010.533	K000010.534
K000010.535	K000010.536	K000010.537	K000010.538
K000010.539	K000010.540	K000010.541	K000010.542
K000010.543	K000010.544	K000010.545	K000010.546
K000010.547	K000010.548	K000010.549	K000010.550
K000010.551	K000010.552	K000010.553	K000010.554
K000010.555	K000010.556	K000010.557	K000010.558
K000010.559	K000010.560	K000010.561	K000010.562
K000010.563	K000010.564	K000010.565	K000010.566
K000010.567	K000010.568	K000010.569	K000010.570
K000010.571	K000010.572	K000010.573	K000010.574
K000010.575	K000010.576	K000010.577	K000010.578
K000010.579	K000010.580	K000010.581	K000010.582
K000010.583	K0000		

より選択する方式とした。この選択方式の採用により、誤入力の防止、キー入力量の軽減、ファイル名の確認が可能となり、操作性を大きく向上させることができた。

③ ファイル名重複処理 画像処理／解析結果の出力ファイル名の指定を行う際に、システムはファイル名の重複検索を行い、重複している場合にはファイル名の変更等必要な処理を行えるよう整備した。これにより、ファイルの誤消去を防止することが可能となり、信頼性の高いシステムとすることができた。

④ ファイル拡張子の統一化 画像データや各種の係数が格納されているファイル等、システムで取り扱うファイルの種類は多種多様に渡り、その数はシステムを使用するにしたがって増加してくる。そのため、これらのファイルをそれぞれ勝手な名前でディスクへ格納しておく、ファイルの検索や指定等の作業を効率的に行うことができなくなってしまふ。そこで本システムでは、ファイルの種別毎に統一した拡張子を定め、この拡張子に基づいてファイルを管理することとした。これにより、ディスク上のファイルを効率良く管理することが可能となり、ファイル名の定義等の処理を手際良く行えるようになった。

⑤ OS (オペレーティングシステム) 環境下への移動 入力定義中に、ファイル名の確認、不要なファイルの消去、ファイル内容の参照等、画像処理／解析システムの環境以外で様々な処理を行う必要がしばしば生じる。このような場合、入力定義を一旦終了することなく、随時 OS の環境下に移動し処理を行えるようにすることは、操作効率上大変重要である。そこで本システムでは、入力定義中であれば随時 OS 環境下に移動することのできる機能を設けることにより、操作性の向上を図った。

⑥ 誤入力処理 システム操作中にユーザが誤入力をした場合、システムが中断することなく操作を続けられるような処理を施すことがシステム構築上不可欠な要素であるといえる。本システムではこのような機能を整備することにより、システムに不慣れなユーザであっても安心して利用できるシステムとすることができた。

本研究では、以上の6点に重点をおいてシステムを構築することにより、非常に操作性に富み実用的なシステムとすることができた。

## 7. システムの高速化<sup>1),4),5)</sup>

パーソナルコンピュータを用いて画像処理／解析を行っていく場合、最大の問題となるのが処理速度である。そのため、従来パーソナルコンピュータは、膨大な量の計算を行わなければならない画像処理／解析作業には不向きであるとされてきた。そこで、本研究ではパーソナルコンピュータ用に開発された周辺機器を効果的に用いることにより、大幅な処理速度の向上を実現した。具体

的には、画像処理を高速に行うために開発されたプロセッサであり、比較的安価で提供されているデータフロー方式を採用した拡張 CPU ボードを導入して、処理時間のかかる画像処理作業を負担させることによって、処理時間を飛躍的に短縮することができた。しかし、前述のようにこの拡張 CPU ボードを利用するには、独自のアセンブラ言語を用いてプログラム開発を行わなければならない。そこで、一般ユーザが簡単にプログラム開発を行うことはできない。そこで、本研究ではこの拡張 CPU ボードを起動させるために数多くのプログラムの開発を行い、ユーザがこのプロセッサの効果を十分に得ることができるよう整備した。

以下に、拡張 CPU ボードの具体的な特徴を示す。

① データフロー方式 従来のノイマン型プロセッサは処理すべきデータだけではなく、その処理命令やデータが格納されているメモリのアドレス等の情報をプロセッサとメモリとの間でやり取りしていたため、これらのアクセス時間が実際のデータ処理時間よりもはるかに長くなっていた。これに対してデータフロー方式では、処理の対象となるデータ自身が処理を受けるための命令を持ってプロセッサ内に入るため、余分な転送時間がなくなり処理速度を向上させることができる。

② パイプライン方式 あるデータ群に対して、1つの処理が全て終了してから次のデータを処理する従来の逐次処理ではなく、1つの処理を複数のステップに分割し、データの処理が1ステップ進む毎に次のデータを送り込み、各ステップは次々に入ってくるデータを定められた工程だけ処理して次のステップへ送り込む方式となっている。この処理方法は、多くのデータについて同じ処理を行う画像処理に非常に適している。

③ 処理の並列化 従来の逐次処理と違い、プロセッサ内でデータを処理する場合には、他の部分で行われている処理と関係なく、処理が可能な部分から実行することができる。すなわち、パイプライン上では各部分で定められた処理だけを行うため、他の部分の処理に全く影響されず、演算に必要なデータがそろった時点で処理が実行され、処理全体がきわめて高速に、かつ、効率的に行われる。

④ マルチプロセッサ構成 本研究で用いた拡張 CPU ボードには、4個のプロセッサが予め搭載されている。このプロセッサは1個だけでも十分高速に処理を行うことができるが、複数個同時に使用することにより、さらに処理を高速化することができる。本研究では、画像データを上半分と下半分に分割し、それぞれを別々のプロセッサで処理させることにより、処理時間をほぼ2分の1に短縮することができた。

本研究では、これらの機能を持つ拡張 CPU ボードを用いることにより、計算時間をどれくらい短縮すること



表—3 画像処理/解析に要する計算時間の比較

	ノーマルシステム	本システム	大型システム
クラスター分析	5 5 分	4 4 秒	4 4 8 秒
主成分分析	4 5 分	3 9 秒	3 5 3 秒
幾何補正	1 5 6 分	1 2 秒	1 2 秒

ができるかを検証した。具体的には、代表的な画像処理/解析手法であるクラスター分析、主成分分析、幾何補正の3つの手法について計算時間の計測を行った。その結果を表—3に示す。ここで、この計算時間は、キー入力やデータ転送に必要とする時間は含まないものである。そして、比較を行ったノーマルシステムとは、拡張CPUボードを用いずに、C言語やFORTRAN言語を用いてプログラム開発を行ったシステムである。また、クラスター分析、主成分分析の計算時間は512×400画素の大きさのデータを3バンド用いて処理した場合であり、幾何補正では1000×1000画素の大きさのデータを1バンド分処理した場合である。これらの結果を見ると、クラスター分析と主成分分析で1/70以上の計算時間の高速化を、最も拡張CPUボードの効果が高かった幾何補正処理では1/780に高速化を図ることができた。この計算時間は、大型汎用計算機の計算時間をも上回るものである。拡張CPUボードを導入することによってパーソナルコンピュータをベースとした画像処理/解析システムが十分に実用化可能であることが判明した。

### 8. おわりに

本研究の成果をまとめると、以下に示すとおりである。

- ① 統一したフォーマットによるメニュー化、キー入力量の軽減等により、大型汎用機を用いたシステムと比較して、格段に操作性の高いシステムとすることができた。
- ② メモリ容量の関係から処理可能な画像サイズ等の制限はあるが、大型汎用機を用いたシステムを上回る速度で処理可能となった(表—3参照)。
- ③ マルチスペクトルデータの処理/解析で必要とさ

れるほとんどの手法をパーソナルコンピュータ上で稼働することが可能となった。

④ ユーザが独自に機能を開発することが可能な、拡張性の高いシステムとすることができた。

⑤ 煩わしい定型処理を円滑に処理可能になった。

その結果、現段階におけるハードウェアの性能を考えた場合、パーソナルコンピュータを用いることから、一度に処理できる画像の範囲を限定するならば、実用性、操作性とも優れた画像処理/解析システムを構築することができた。これにより、新たにマルチスペクトルデータの処理/解析を始めようとするユーザにとって大きな障害となってきた設備投資とシステム開発への多大なコストと時間の問題を解決することが出来たと信じている。本研究で開発・整備した画像処理/解析システムは、1年以上にわたって、土木リモートセンシング研究会に参加している多くの大学や企業の人達に試用され、実利用の面からの検討が加えられた結果、十分に実用に耐えるものとして実証されている。

最後に、本研究を進めるにあたり多くの御助力を頂いた関係各位に対し、記して感謝の意を表します。特に、大学院生の岩田道敏氏(現JR東日本)と橋本学氏(現(株)大林組)には多大の労力を提供していただいた。

### 参考文献

- 1) 大林成行・小島尚人他：パソコン画像処理/解析システム、リモートセンシング研究所報告No.8, A4版168ページ, 1989.5.
- 2) 大林成行・江野沢誠・岩田道敏・橋本学：パーソナルコンピュータを用いた画像処理/解析システムの汎用化について、土木学会第17回関東支部技術研究発表会講演概要集, pp.240~241, 1990.2.
- 3) 日本電気株式会社：μPD7281(ユーザーズマニュアル), 日本電気株式会社, 1987.
- 4) 丸安隆和・大林成行：画像処理/解析, 東京理科大学出版会, A4版625ページ, 1980.9.
- 5) 大林成行・江野沢誠・岩田道敏・橋本学：画像処理/解析の高速化処理について、土木学会第14回土木情報システムシンポジウム, pp.101~108, 1989.10.

(1991.3.6受付)

## THE DEVELOPMENT OF HIGH SPEED IMAGE PROCESSING/ANALYZING SYSTEM WITH A PERSONAL COMPUTER

Makoto ENOSAWA and Shigeyuki OBAYASHI

Multi-spectral data has been mainly processed by a general purpose computer. But it takes higher cost to process multi-spectral data and in general users can't easily operate. For that reason, we developed the system processing and analyzing multi-spectral data with a personal computer. there are many processing and analyzing functions in this system. And by introducing a menu system to the composition of this system, very complicated operation of image processing and analyzing has become very simple. Furthermore, we succeeded in a big reduction of processing time which has been the biggest problem of image processing and analyzing system with a personal computer. As a result, everyone has been able to process multi-spectral data simply at a high speed with a cheap system configuration.