

対話型画像情報処理システムの構成

岩井仁史 大鷹正之 吉田雄二 福村晃夫
 (名古屋大学 工学部)

§1. まえがき

最近、画像処理技術の発達とともに、種々のデータが組織的に蓄積、処理されることが多くなっている。このような状況に伴い、画像データ・バンクに結びついた画像データの入力、蓄積、表示等を行うためのオンラインシステムの必要性が増している。我々は、このような観点から2つのシステムを構成した。その1つは、ミニコンに接続された各種の画像入力装置、画像メモリ、画像表示装置、および、このミニコンと高速回線結合された中型機とを利用した画像情報の収集、蓄積、表示、処理のためのシステムである。他の1つは超大型計算機のTSS端末として接続されたカラーグラフィックディスプレイによる画像表示のための会話型システムである。前者は、画像データの収集作業のシステム化を意図したものであり、後者は大型計算機のもつデータ蓄積能力と処理能力に裏づけされた、画像処理アルゴリズムの評価、改良等のためのシステムを意図している。

以下、本稿では、§2において画像データの収集、蓄積、表示システムについて述べ、次に§3においてカラーグラフィックディスプレイを用いた表示システムについて述べる。最後に、§4において今後に残された問題点、これらのシステムの応用について明らかにする。

§2. 画像データの収集・蓄積・表示システム

各種のスキャナを用いて、画像データを収集する場合、標本化されたデータの内容の確認、編集、2値化あるいは平滑化などの簡単な画像処理、および記録媒体への格納と取り出し等は、収集の時点において画像を表示しながら、会話型で行えると便利であると考えられる。ここでは、このような観点から構成された画像データの収集、蓄積、表示のためのシステムについて述べる。

本システムは各種のスキャナー、画像メモリ、画像表示システム、およびグラフィックディスプレイなどが接続されているミニコンと、かなりの画像処理機能を有する中型計算機とから構成されている複合計算機システム上に実現されている。本システムのユーザーは、ミニコン側のディスプレイ装置をコンソールとして、ここから各種コマンドを入力することにより画像データの収集、表示、および中型計算機との間の画像データの転送などを行うことができる。

以下に本システムの特徴をあげる。

- 1) 2つの計算機システムに格納された画像データファイルを同じ形式でアクセスすることができる。
- 2) 処理に必要な作業用画像ファイルがシステムにより自動的に割り当てられる。
- 3) 一連の処理をコマンドの系列として一度に指示するための機能(複合コマンド機能)が用意されている。しかも複合コマンドの処理にあたっては指定

された一連の処理をルーチンとして実現することで、各処理を個々に実行した場合に必要な一時ファイルとその入出力をメモリ中での受け渡しによりおきかえているため入出力に伴うオーバーヘッドが、大幅に削減されている。

2.1 システムの概要

本システムでは、高度な処理能力が要求される部分には中型計算機(FACOM 230-38)を割り当て、画像の蓄積、処理を分担させ、各種装置の駆動および制御を必要とする部分についてはミニコン(FACOM U-200)を割り当て、表示機能、画像入力機能を分担させるようにして、機能分散とシステム全体の効率化をはかっている。

端末から指示された処理を実行させようとする場合、例えば、表示のために必要な簡単な画像処理(2値化、フィルタリングなど)を実行する場合、中型計算機側に一度ファイルを転送し、そこで処理をし、結果を逆方向に転送する方法と、ミニコン上で処理する方法との2通りが考えられる。前者はファイル転送に時間がかかり、会話型として適さない。一方、後者の場合は主記憶容量の不足から2次記憶装置上に画像データを格納したままで処理しなければならず、そのアクセス時間を考えると会話型として、十分な応答速度が期待できない。本システムでは、後者の方法を改良することにより処理速度の問題点を緩和した。即ち、相続く処理のコマンドを一度に与えることを許し、これらのコマンドの処理をルーチンの考え方に基づいて実現する。このようにすれば、コマンド間の画像データのやりとりは、2次記憶にデータをたくわえることなしに、行なうことができるためかなりの高速化となる。この機能をここでは複合コマンド機能と呼ぶ。

一方、会話型で処理をしている場合には、蓄積されている画像ファイルへのアクセスや、随時必要になる画像ファイル領域の確保などは簡便に行なえることが必要である。本システムで利用するミニコンのOSではファイルを動的に生成、削除する機能は提供されていない。このため、システムの起動前にファイルをあらかじめ用意する必要があるが、そのような方法ではファイルの数量、容量などの点で、種々の不便を生ずる。そこで本システムでは、OSで管理されている比較的大きなファイルを一つだけ確保しておき、そのファイル中に含まれるレコードを本システムが管理することにより、動的なファイルシステムを実現した。さらに、ミニコンがもつ中型計算機のOSとの通信機能を利用して、この動的な画像ファイル管理システムに中型機のファイルにアクセスする機能をもたせることにより、両システムのファイルを論理的に同等に扱えるようにした。

次に本システムのハードウェア構成を図1に示す。

両計算機システム間はチャンネル結合されていて、最大データ転送速度は360%である。会話端末として使用されるグラフィックディスプレイは780×1024の表示点をもっており濃淡画像を表示することも可能である。画像メモリは512×512画素分(256KB)で、その内容がモニターTV上に256階調で表示される。U-200とは、ダイレクトメモリアクセス・

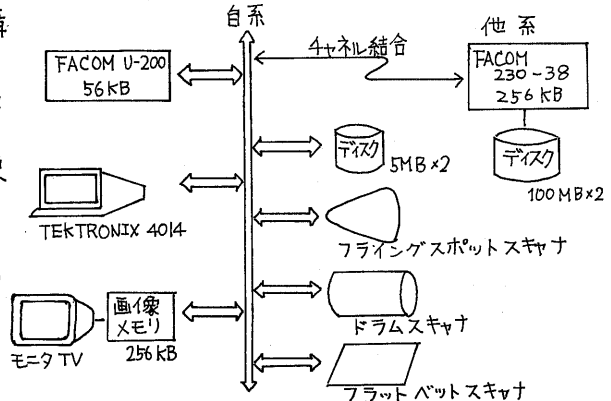


図1 画像処理用システムのハードウェア構成

モードで接続されている。

表1 スキャナの性能

各種のスキャナの性能は表1の通りである。

2.1.1 コマンド

コマンドには、単一の機能をもった単純コマンドと、一連の処理を表す複合コマンドがある。複合コマンドは、一連の処理を系列として記述するもので各々の処理を指定する成分はコマンド要素と呼ばれる。コマンド要素は機能によって3つのタイプに分けられる。単純コマンド及びコマンド要素には次のものがある。

i) 単純コマンド

コマンド名

- BYE
- CLEAR
- COPY
- DELETE ファイル名
- LIST

- COND
- HEX パラメータ

ii) 複合コマンド

- SCAN a b c d
- DLOAD a b
- LOAD ファイル名
- CUT n
- WIND a b c d
- FILT m n
- SAVE ファイル名
- DISP
- TDISP
- BIRD

機能

処理の終了をシステムに通知し、システムを閉じる。
 グラフィックディスプレイの画面を消去する。
 グラフィックディスプレイの画面内容のハードコピーをとる
 ミニコン側の画像ファイルシステム中のファイルを削除する。
 ミニコン側の画像ファイルシステム中の全てのファイルの属性を表示する。

画像ファイルシステムの空き領域を一つにまとめる。
 パラメータを中型計算機側に転送し、中型機の処理機能を利用する

ライニングスポットスキャナからデータをスカする。
 (a b c d はスキャンする範囲)
 テストパターンを発生する。(a, bはテストパターンの大きさ)
 ファイル名で示されたシステム中のファイルを仮想ファイル化する。
 画像データをしきい値nで2値化する。
 a, b, c, dで示された画像データの1部を切り出す。
 画像データのフィルタリングを行なう。
 (m x nの窓による平均値フィルタリング)
 ファイル名で示されたシステムの画像ファイルシステム上に
 画像ファイルを作り出す。
 画像データを画像メモリに出力し、濃淡表示する。
 会話端末のグラフィックディスプレイに画像データを濃淡表示する
 画像データを鳥かみ表示する。

2.2 画像ファイルシステム

本システムの画像ファイルシステムは次の特徴を有する。

- i) 本来の画像データの他に画像属性を記述する画像属性部が付加されて1つの画像ファイルを構成する。
- ii) 自系システム, 他系システムの区別なく画像ファイルを扱うことができる。
- iii) 自系画像ファイルシステムでは実行時, 動的にファイル領域の確保, 開放が可能である。

2.2.1 画像ファイル

画像ファイルは、それが自系ファイル、他系ファイルのどちらであっても同様に扱うことが可能であるように図2に示すような論理構造をもっている。図2に示すように、画像属性部をファイル中に含ませることにより、ユーザーが画像ファイルの細部を指示しなくても、一連の処理が行える。

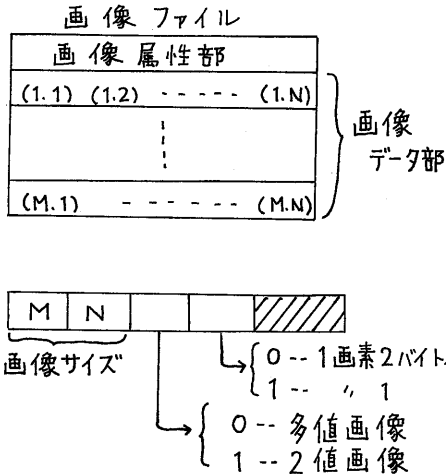


図2 画像ファイル

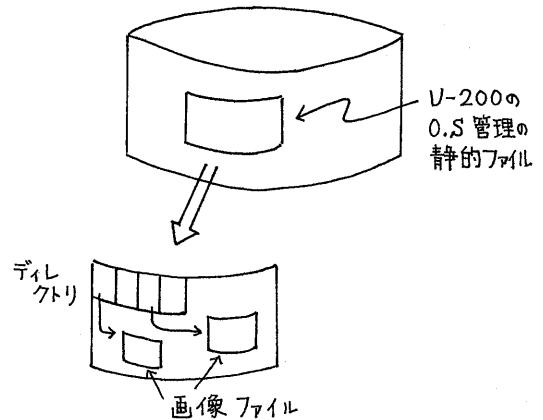


図3 自系画像ファイルシステム

2.2.2 動的な自系画像ファイルシステム

自系画像ファイルシステムは、画像を特に扱いやすくするためにOSのファイルシステムを利用せずに実現した。図3は自系画像ファイルシステムの概念図を示す。本ファイルシステムでは、ミニコンのOSから1つの大きなファイルを獲得し、その内部のレコードを本ファイルシステムが管理し、実行時に必要なファイル領域の割り当て開放を行なうものとした。

2.2.3 他系画像ファイルシステム

本システムでは、他系のファイルを自系ファイルと同様に扱うことができるようにしている。このため他系ファイルを扱うときには、他系にあって、ファイルを管理し、本システムと通信することが目的のジョブに起動をかけ、本システムとこのジョブとが、通信することにより他系ファイルをアクセスしている。しかしながらファイル全体を一度に転送することは、次節で示す複合コマンド機能となじまないため、本システムではファイルのレコード単位で転送要求を出し、その応答を待つて処理を行なっている。

2.3 複合コマンド機能

主記憶の小さな計算機システムで、ある程度以上の大きさの画像を扱おうとする場合、主記憶上に画像データすべてをロードできないため、画像を部分的に、読み出し、その部分に対する処理結果を別のファイルとしてディスクに格納することを、繰返すことにより画像全体を処理することが考えられる。しかしながら、この方法では2次記憶へのアクセスが極端に多くなり実用的でない。このような問題を解決する方法として、米国のベル研究所で開発されたオペレーティングシステムUNIX⁽⁴⁾で示されたパイプラインの手法がある。すなわち、処理したいコマンドを一度に複数個扱えば、コマンド間でディスクのやりとりをなくすることが可能となり、ディスクアクセスのオーバーヘッドが小さくなり処理速度の向上

が期待される。UNIXでは、対象としているデータがテキストであるのに対して、本システムは2次元画像であり一般の画像処理アルゴリズムに、ただちに適用することはできない。しかしながら、画像の1行分を単位として、画像を一定方向に走査するような形式のアルゴリズムならば同じ考え方が適用できる。

そこで、複合コマンド機能を利用する画像処理アルゴリズムとして簡単なフィルタリング程度のアルゴリズムまでのものを対象として、効率よく実現することを考えた。図4にパイプラインの考え方を示す。

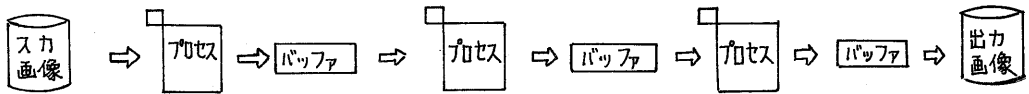


図4 パイプライン方式による画像処理

図4に示したように、パイプライン方式では各プロセス間にバッファが設けられる。各プロセスは、入力要求時に入力データが入力側バッファ中に入らない場合、又は出力要求時に出力側バッファが空いていない場合に休止する。それ以外の場合にはプロセスは並列動作する。このようにすれば、一連の処理が途中で2次記憶装置を介さずに実現される。

本システムのミニコンのO.Sにはタスクの並列処理機能が用意されているが、ここでの目的に用いるとむしろ逆に遅くなることが予想されたので、本システムではコルーチンを導入することにより、擬似並列系として実現することにした。

本システムでは1つのコルーチンが扱う入力データまたは出力データがバッファを介して転送される時、それらを、一種のファイル(仮想ファイル)と考えた。

コルーチンが扱う入力データ、出力データが仮想ファイルか、物理ファイルかによって前述の複合コマンドのコマンド要素は、タイプ1, 2, 3と類別される。タイプ1のコマンド要素に対応するコルーチンは物理ファイルを入力とし、仮想ファイルを出力とする。一方、タイプ3は物理ファイルを出力、仮想ファイルを入力とする。さらに、タイプ2は入出力とも仮想ファイルである。

図5に各タイプと仮想ファイルの関係を示す。

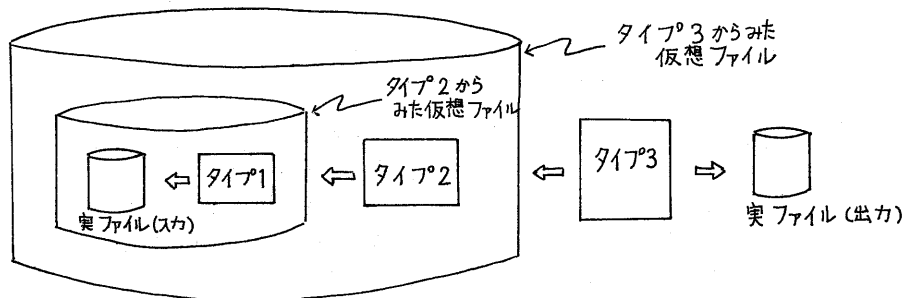


図5 タイプと仮想ファイルの関係

2.4 ソフトウェア構成

図6に本システムのメモリの割り付け状態を図示する。

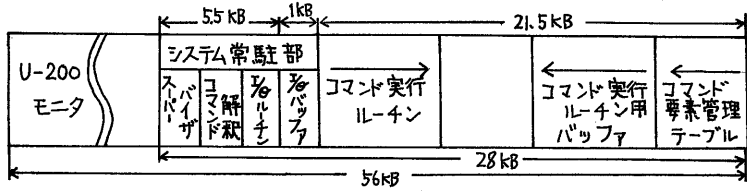


図6 メモリマップ

一方、図7はソフトウェアシステムの論理的構成を示している。

2.5 使用例

以下に、本システムによる会話型の例を示す。2)は1)のコマンド系列を複合コマンドの機能を生かして使用した場合の例である。

- 1) LOAD IMAGE(F38) / SAVE TEMP
 LOAD TEMP / FILT 2 2 / SAVE TEMP
 LOAD TEMP / CUT 100 / SAVE TEMP
 LOAD TEMP / DISP
 DELETE TEMP
- 2) LOAD IMAGE(F38)/FILT 2 2/CUT 100/DISP

次にコマンド処理に要する時間をいくつかの例について示す。

- ・DLOAD 500 500/CUT 100/DISP 21秒
- ・DLOAD 500 500/FILT 3 3/DISP 32秒
- ・LOAD WMAP1/CUT 100/DISP 36秒

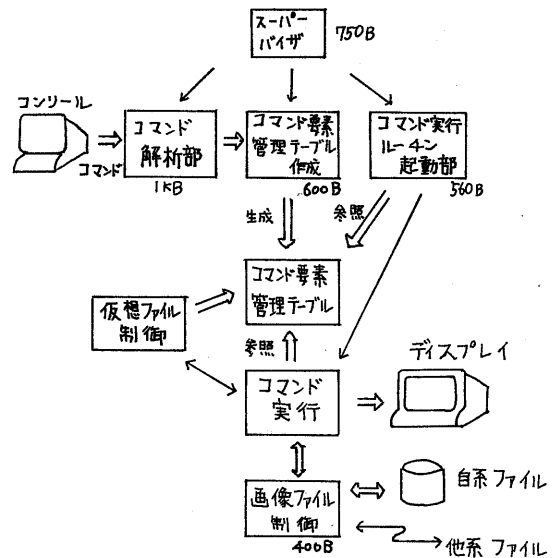


図7 ソフトウェア構成

複合コマンドを用いることで処理速度だけでなく、入力の手間も省ける。またルーチン処理を行なっているため、処理結果の表示が処理全体の終了を待たずに処理の進行に伴って得られるため会話型としての観点からも、複合コマンド機能が適していると言える。

§3. 画像データのカラー表示システム

画像処理の結果をオンライン表示する場合、従来は画像の性質に応じて、ベクトル生成形ディスプレイ、またはある程度の階調表示が可能なディスプレイが用いられている。画像処理結果は、たとえば、領域の抽出、ラベリングなどの面情報、あるいは、境界線、特徴線等の線情報として与えられる。このような情報を視覚的にとらえ易く表示するためには、多階調、面画像、カラー等の機能をもつディスプレイによるのが望ましいと考えられる。しかしながら、このようなディスプレイ装置は現在の所、専用機としてミニコンに接続され実験的に使用されているものは別とすれば、汎用のオンライン端末として実用的に接続されているものは現在の所ない。

我々は、最近市販された汎用のオンライン端末を、大型計算機システムのTSS

端末として用いて、画像情報をカラー表示するための会話型のシステムを開発した。本装置は、カラー面画像表示が可能なラスタースキャン型ディスプレイである。表示可能な色は8色に制限されるため、当面、多色画像表示向きに用いることになるが、上述の目的の多くの部分が実現されると期待される。すなわち、本システムによれば、本来のカラー画像の表示、濃度レベルあるいはラベルに色を対応づけた領域別のカラー表示、画像とそれから得られた各種の線情報を重畳した表示などが可能になり、画像処理結果を視覚的にとらえ易くすることができる。

3.1 システムの概要

3.1.1 システムの構成と機能

本システムは、ディスクファイル上に格納された多値画像データを適当にレベル分けし、レベルごとに色をつけて表示する。ユーザーは表示したい画像データをあらかじめ、ディスクファイル上に格納したのち、カラーディスプレイから、本システムを起動しシステムが用意する種々のコマンドを用いて、画像データの表示、処理を実行することができる。画像処理としては、簡単な機能のみが用意されている。高度な画像処理機能をもたせることは可能であるが、ユーザーが必要とする画像処理機能は多岐にわたり、これらを汎用的なコマンド体系として構成することは必ずしも得策でないと考え、それらの処理結果を表示するための機能を主にした。

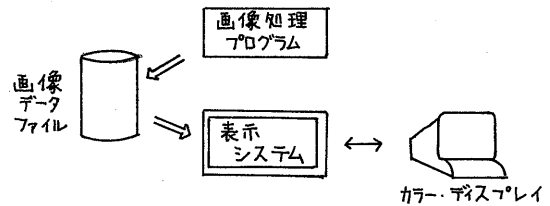


図8 会話型画像表示システム

本システムは、TSSの下で動作するので、画像処理プログラムの起動と、本システムの起動を組み合わせることで、一つのTSSセッション内で、処理と表示をくり返し行うことが可能となり、実質的に上述の機能がTSSのコマンドレベルで実施される。図8に本システムの構成を示す。

3.1.2 コマンド

本システムのコマンドとその機能を示す。

コマンド名	機能
・ NEXT	次の画像ファイルの処理に移る。
・ END	利用を終了する。
・ COPY	画面のハードコピー(白黒)をとる。
・ DISP $m_1 m_2 m_3$	画像を適当にレベル分けし、色をつけて表示する。 (m_1, m_2 はレベル分けの上下限の濃度値、 m_3 はレベル数)
・ COL	画像のレベルと色の対応づけをする。
・ CUT n	画像をしきい値 n で2値化する。
・ THIN	2値画像を細線化し表示する。
・ FILT $m n$	画像のフィルタリング($m \times n$ の窓による平均値フィルタリング)を行なう。
・ ZOOM	画像の任意の部分拡大する。
・ WIND $m_1 m_2 m_3 m_4$	原画像の切出しを行なう。(m_1, m_2, m_3, m_4 は切出しの大きさ)
・ SAVE ファイル名	処理された画像をファイル名で指定されたファイルに格納する。
・ COMP ファイル名	原画像とファイル名で指定されたファイルの画像を比べて、異っている所を表示する。

3.2 システムの実現

本システムは名古屋大学大型計算機センター FACOM M-200 システムの TSS 上で実現されている。システムは FORTRAN で、記述されており、約 1000 ステップからなる。本システムでは、画像表示用に TEKTRONIX 4027 型カラーグラフィックターミナルを用いた。

以下に本装置の機能と概要を述べる。⁽²⁾

- 1) 異なり、た 64 色から、同時に 8 色を表示できる。
- 2) 画面上の任意の領域をユーザー指定のパターンで塗りつぶすことができる。パターンは 14×8 dot の大きさでその内容をユーザーが設定できる。
- 3) 任意の領域を色付け後、その境界線を指定の色で描くことができる。
- 4) 円及び円弧の表示機能を内蔵している。
- 5) 図形の表示、色付け等を指定するコマンドは端末に内蔵されたマイクロプロセッサで行なわれているので、コマンドの機能はかなり高度になっている。コマンドは、ホスト計算機から文字列として、伝送することで、与えることもできる。例えば、FORTRAN プログラムから文字型のデータとして出力することができる。

例) \uparrow VEC 0 0 100 100 (0,0) から (100,100) まで直線を引く。
 \uparrow VECTOR の略

6) 画面の大きさは 476×640 dot ($200\text{mm} \times 260\text{mm}$) である。

3.2.1 パターン機能を用いた面画像の表示

表示される画像データは主記憶中に、読み込まれ、各点の濃度値に基づいて対応する画面上の色が決定される。

1 画素を画面上の 1 dot に対応させて、画素ごとに表示させたのでは、端末側のコマンド解釈のオーバーヘッドが大きく極めて時間がかかることが知られた。この問題を解決するために本システムでは、上記 2) のパターン機能を用いた。

パターンは図 9 に示すように、 14×8 dot の大きさのセルをパターンコマンドを用いて、8 色の色で任意に定義できる。パターン機能を用いると、一度に 14×8 dot を表示することができるため、端末側へ送るコマンドの数がかなり削減され、コマンド解釈のオーバーヘッドが減少し、表示時間が短縮される。

本システムでは、画像データを 14×8 のセルを単位として分割し、各々のセルの内容に応じて、パターンを定義し、表示している。

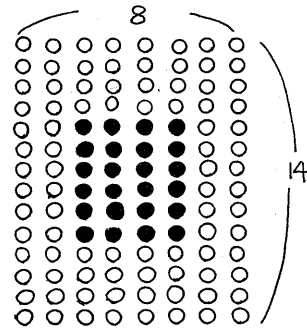


図 9 パターン

3.3 使用例

本システムは図 10 に示すような流れに従って、会話型で種々の画像の表示、処理を行なう。また本システムで 256×256 の寸法の画像データを表示するのに要する時間は、7~8 分ほどである。1 画素ごとに、逐次表示すると 2 時間以上かかるのに、比べてかなり高速化されていて前節で述べたパターン生成による方法が有効であることが知られる。

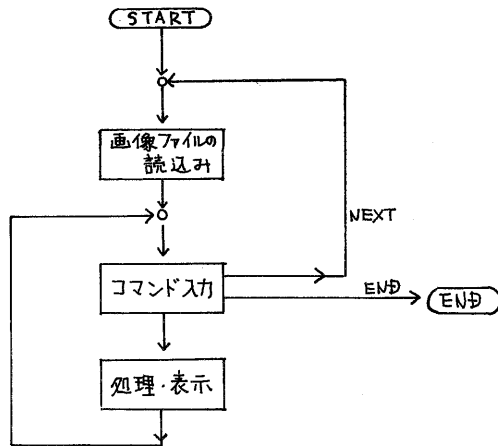


図10 処理の流れ

§ 4. おわりに

ここで述べたシステムを用いることにより、入力画像データやその処理結果をディスプレイや画像メモリに出力することにより、どのような画像データが入力されたか、あるいはどのような処理結果が得られたかを、視覚的に捕えることができ、画像データの収集、蓄積および画像処理アルゴリズムの検証などに有用であると考えられる。

現在、画像データの収集、蓄積、表示システムについては、これを大型機（大型計算機センター）の端末とすることで、画像処理能力の付加、及び画像データバンクのオンライン構成とアクセスのための機能をもたせることについて検討している。一方、カラー画像表示システムについては、我々が現在開発中の気象図データの自動処理システム⁽³⁾と結合し、気象図データ・バンクへのアクセス・システムとして応用することについて検討している。

謝辞 日頃御指導頂く本学、本多波雄教授、大型計算機センター研究開発部長谷川、秦野両氏、並びに本多・福村研究室の諸氏に感謝する。

参考文献

- (1) Ritchie, D. M. and Thompson, K. L.: The UNIX Time Sharing System Comm. of ACM, vol 17, no 7, p.p 365~375, (July 1974)
- (2) 4027 COLOR GRAPHICS TERMINAL, OPERATOR'S MANUAL Textronix, Inc. (Aug. 1979)
- (3) 吉田, 福村: 気象図自動処理システムの構成, 情報処理学会コンピュータ・ビジョン研究会資料, 1-1 (昭54.5)