画像処理システムのマンマシンインタフェース

正会員 花 木 真 一[†]、正会員 岩 下 正 雄[†]
寺 嶋 廣 克[†]

1. ま え が き

画像処理システムにおけるユーザインタフェースの問題は様々な角度から検討が可能であり、システムの設計に当って考慮しておかねばならない問題も多い。

画像処理システムのユーザインタフェースは、次の2つの観点から考えることができる。

- (1) 画像処理固有の性質に基づく画像処理システムの利用形態
- (2) マンマシンシステムに共通したインタラクション機能の画像処理システムへの反映

本章では、画像処理におけるマンマシンインタフェースについて、(1)の観点から試行錯誤を伴う画像処理の制作手順の構成を中心とした画像処理システムの利用形態を、また(2)の観点から一般のマンマシンシステムに共通したインタラクション機能の主要な構成要素である入出力機器、画像の表示技法、インタラクションの方法、それらを統合したマンマシン対話技法、これらに伴う特徴的な問題点等について解説する。

2. 画像処理固有の性質による画像処理手順

コンピュータでは、配列として表現された画像が何を表しているかは、人間が直観的に判断するように直接かつ総合的に判断することは困難である。例えば、

- ・「画像に写っている細胞が異常かどうか (医用画像処理)」
- ・「衛星画像に写っている領域に鉱脈がありそうかどうか (資源探査)」

といった画像の特性は、コンピュータを用いた機械的な方法では簡単には決定できない。

画像に対するこのような判断、判定を行う手段としては、数値の配列であるデータから人間の判断を助ける適当な画像を生成し、結果を出力機器に表示して人間の眼で直接判断するのが最も有効な方法である。

画像処理では、コンピュータの持つ正確さ、高速性といったマシンの特性と、総合的に処理の効果を判断する人間(マン)とを効果的に協同させることが大切である。特に基本的な画像処理機能を組合せて、試行錯誤を繰り返しつつ全体として有効な画像処理手順を構築して行く必要があり、そのためには、マンとマシンの間でのインタフェースが重要になる。これらは(1)の「画像処理固有の性質に基づくシステムの利用形態」に相当する。

ここでは簡単なモデルとして、画像処理システムを画像データの入力および出力、処理本体としての画像処理ルーチン群、画像データを蓄積するための画像ファイル、これらの機能を適宜組合せて、目的とする画

図1 画像処理システムと人間のかかわり

[†] 日本電気株式会社 C&C システム研究所
"Image Processing on Personal Computers"; (3) Man-machine
Interface in Image Processing System" by Shin-ichi Hanaki,
Masao Iwashita and Hirokatsu Terajima (C & C Sysytems Res.
Labs., NEC Corporation, Kawasaki)

像データに対する効果的な処理手順を作り上げて構築する処理手順制御部とに分けている(図1)。

人間側には2段階の知識を考える。すなわち、画像処理ルーチン群が個々の画像に対してどのような処理効果をもたらすかについての知識(画像の基本処理の効果の知識)と、画像処理とは無関係に、農業、林業、海洋、気象、医学など、画像を手段として利用する個々の応用分野に関する知識とである。

画像処理の研究の初期には、画像処理の研究者が主として前者、すなわち画像の基本処理の効果に関する知識を土台にして、適当な対象画像を選んで基本的な処理効果の検証を行うことが多かった。この状況における画像処理システムでは道具としての機能、すなわちミニコンなどのハードウェア機能、あるいはミニコン上で実現される画像処理ソフトウェア自身の充実が重要な項目であった。

その後、徐々に画像処理手法が確立し、それと共に様々なレベルの画像処理システムが出現し、多様化するにつれて、画像処理を応用できる分野がさらに広がってきた。それにつれて、コンピュータには馴染みの薄い分野の専門家でも容易に利用できる画像処理システムが要求されるようになってきた。そのため画像処理システムでのマンマシンインタフェースの問題が非常に重要になってきている。

3. 画像処理システムのインタラクション

2章に述べたような、人間と画像処理システムの関わり合いとは別に、実際にシステムが利用される状況でのダイナミックな特性、すなわち1章で述べた(2)の観点のインタラクション機能の面からユーザインタフェースの問題をとらえることもできる。これは図1中の各処理機能部(画像データ入力、画像処理ルーチン群、画像データ出力、画像ファイル)を実際に操作する時に問題となる、操作性あるいは使い勝手の良し悪しで表現される狭義のユーザインタフェースの問題である。現状の画像処理システムのマンマシンインタフェースに関する考慮は、システムの操作性を改善して、道具としての使いやすさを求めている段階といえる^{1)~3)}。

画像処理システムの使い易さは、

- ① 画像データの取り扱い(入力、出力、蓄積、検索)の容易さ
- ② 処理結果の表示の見やすさ、わかりやすさ
- ③ 画像処理に必要なプログラムの開発環境の整備状況
- ④ 画像処理アルゴリズムの理解または適用の容易

さ

などの項目で決まる。この“使いやすさ”は総合的な機能としてのインタラクション(対話)機能の重要な構成要素である。しかしインタラクション機能の実現方法については、多くのマンマシンシステムの設計で試行されているように、決定的な設計手法はまだ確立しているとはいえない状況にある。

①~③の項目に関しては、単に画像処理だけではなく、他のアプリケーションでも同様に要求されるマンマシンインタフェース特性でもあるが、④は画像処理固有の問題である。現状では、画像処理システムのユーザは画像処理アルゴリズムの内容を承知している必要がある。しかしユーザにとっては本来、処理過程よりも処理された結果が重要なので、画像処理アルゴリズムに関する知識を特に持たなくても目的とする処理が実現できることが望ましいわけで、そのための有力な手段として画像処理エキスパートシステムの研究が進められている⁴⁾。

4. マンマシンインタフェースとしてのハードウェア

本章では、パソコンを中心とした画像処理システムを構成するハードウェアの中でも、マンマシンインタフェース機能の中心となる画像出力/表示機器について述べる。

4.1 画像出力/表示機器

(1) 機能要素

画像出力機器の機能要素には表1に示すような項目があげられる。

(2) 画像出力機器の性能評価項目

画像処理システムに接続する画像出力機器を選択運用するに際し考慮する必要のある項目を以下にあげる。

- ① 分解能 表示可能な標本点数で表したり

表1 画像出力機器の機能要素

機能項目	機 能 内 容
出力媒体	
ハードコピー	フィルム、用紙(普通紙、特殊用紙、印画紙など)
ソフトコピー	各種ディスプレイデバイス
走査方式	ランダム走査、ラスタ走査
対象とする色情報	モノクロ、カラー
出力レベル	2値、多値
出力媒体装着方式	円筒型、平面型
表示の動き	静止画、動画

(例：パソコンの標準ディスプレイでは $640 \times 400 \sim 1024 \times 780$ 画素程度)，出力媒体上の画素密度で表す (例：プリンタの場合には 9.5 本/mm 程度)．解像度という言葉で表現される場合も多い．

② 表示速度 表示画面の書き換えあるいはディスプレイに画面データを転送するのに要する時間，またはハードコピーをとるのに要する時間 (記録速度ともいう) である．表現方法は出力方式によって異なり，行/min，字/sec，枚/min などの単位が用いられる．

画像処理で特に考える必要があるのは画像データのディスプレイ (フレームメモリー) への転送/表示速度である．例えば 512×512 画素の画像を自然色表示させようとして各画素当たり 24 ビット (R, G, B 各 8 ビット) のデータ量の画像を画面に表示させる場合を考える．転送速度 9600 bps (ビット/sec) のシリアルインタフェースを用いると約 11 min もかかってしまい，処理に要する時間に比して，表示にかかる時間が大きなウェイトを占めてしまう．転送速度 1 Mbps のインタフェースで接続すれば画像データを表示するのに要する時間は 6 sec 強に短縮される．対話的に画像処理を行いたい場合には転送すべきデータ量を考慮し，長くとも 30 sec 以内に画面上に画像を表示できるインタフェースでディスプレイを接続するのが望ましい．

③ 階調 表現可能な濃淡レベル数のことで，現在入手可能なカラーディスプレイの場合，R, G, B の各色につき 8 ビットのデータ長で $2^8 = 256$ 階調程度，プリンタの場合は 16 階調程度の値が得られる．特にモノクロ画像を自然に表現する時には重要なパラメータである．

④ 色再現性 表示可能な色数のことで，現在の機器ではディスプレイの場合は R, G, B の各色成分 8 ビットの合成で $2^{24} \approx 1670$ 万色，プリンタの場合は 16～256 色程度の表示が可能である．

⑤ 出力画像サイズ フィルム出力の場合には，(フィルムの) コマサイズ，プリンタの場合は使用可能な用紙のサイズで，ディスプレイの場合はブラウン管のサイズ (通常は 20～26 インチ) で表す．

⑥ 運用性 装置の大きさ/重さ/消費電力，出力画像の見やすさ，ランニングコスト (特殊な用紙やフィルムを必要とする機器では，出力画像 1 枚当り幾らかかるか等) があげられる．

特にパソコンで画像処理を行う場合，専用の計算機室や実験室ではなく，一般の居室に置かれる場合が多いであろう．したがって，装置の大きさ/重さ，さらに消費電力や発熱量，騒音に関しては，従来のミニコ

図2 画像処理システムの表示部

ンベースの画像処理システムに比べていっそう問題になることが多くなろう．

プリンタによる画像のハードコピー出力を例に考えると，通常のドットプリンタで普通紙に出力すると 2～3 円，感熱プリンタを用いて感熱紙に出力する場合約 15 円，熱転写プリンタを用いた場合には 40～50 円のランニングコストがかかる (数字はいずれも A4 判 1 枚当たり)．

4.2 画像処理システムの表示機能

マンマシンインタフェース機能を重視した画像処理システムでは，思考を中断させないための充分な対話処理速度と，それを実現するハードウェア機能がシステムに要求される．ハードウェア機能の中でも特に要求されるのが高度な表示機能である．図1中の画像データ出力部の画像の表示機能が高いことは当然要求されるが，加えて後述するアイコン，マルチウィンドウなどの操作性を向上させるマンマシン対話技法の実現，あるいは高度なソフトウェア開発環境を実現するためにもマンとマシンの境界部 (図1中の処理手順制御部をユーザが見ることのできる部分) でも高機能の表示装置が必要である．これらを実現するためには高解像度ビットマップディスプレイが必要となる．

画像処理システムの表示部の基本構成は図2に示されるように，ディスプレイ部 (現状では CRT が中心となる)，リフレッシュメモリー，LUT (Look-up Table)，D/A 変換器，画像処理プロセッサなどから構成される．

CPU または外部の画像入力装置から入力された画像データはリフレッシュメモリーに書込まれる．リフレッシュメモリーは表示する画像データ ($M \times N$ ドット) の画素に 1 対 1 に対応して記憶する画像メモリーである．カラーあるいは多階調の多値画像データを記憶する場合には，各画素毎に同時表示する色数/階調数に応じたビット深さ (D ビット) を持っている．リフレッシュメモリーの各画素毎のビット深さは CRT ディスプレイ上に同時表示可能な色数または階調数を決定する．リフレッシュメモリーの各画素が D ビット

トのビット深さを持っていた場合、同時に表示可能な色数または階調数は 2^D となる。

LUT は CRT の γ 補正、色変換、濃度変換機能などを実現するために設けられるが、一番多く用いられるのはカラーマップ機能としてである。カラーマップ機能は先に述べたリフレッシュメモリの各画素のビットの組合せでどのような色を表示させるかを決定する。LUT のビット幅が CRT 上に表示可能な色数を決定する。最終的に CRT 画面上に同時表示可能な色数は、LUT で決まる色数の中から、リフレッシュメモリのビット深さで決まる色数を選択した数である。

実際にカラー画像を表示したい場合は、RGB (Red, Green, Blue) の 3 色の合成で画像を表現する。その時にはリフレッシュメモリの D ビットを RGB の 3 色に分割し、LUT、D/A 変換回路を RGB 毎に 3 つ持つ構成となる。一般に画像表示システムに用いられる CRT では、 $512 \times 512 \sim 1280 \times 1024$ 表示画素数の物が多いが、より高精細度の CRT が要求されることもある。

現状のパソコンに標準で用いられているディスプレイでは、表示可能な画素数 (リフレッシュメモリの構成ドット M, N) は $640 \times 400 \sim 780 \times 1024$ 画素、表示可能な色数 (ビット深さ D ビット) は 8~16 色といった値が標準的な表示能力である。パソコンの標準ディスプレイを画像処理で使おうとすると、多階調/多色画像の場合にはその表示能力が不足する。したがって、画像の表示のためにフレームメモリと高性能ディスプレイを新規に接続しなければならない。接続方法に関しては本講座の 2 章でも述べたように、システムバスを介して画像データを高速に DMA 転送できる方法で接続するのが望ましい⁵⁾。しかし接続を簡単に行うには、多くのパソコンに標準的に装備されている RS-232 C インタフェースあるいは、 GPIB インタフェースを介する方法を採用する方が簡単である。RS-232 C インタフェースでは大半のディスプレイ機種が接続可能であるが、データ転送速度は遅い。高速にデータを転送させたい時には GPIB インタフェースで接続する方がよい。

5. 画像の表示に関する各種手法

5.1 モノクロ画像表示

これまで比較的容易に利用できる出力機器としては 2 値出力のものが多かった。これらの装置を利用して多階調のモノクロ画像を中間調を表現して出力したい場合がある。中間調表現の方法には、網点法、ドット

マトリックス法、ディザ法等が古くから研究されているが、パソコンを用いた処理ではドットマトリックス法、ディザ法がよく用いられる⁶⁾。

5.2 カラー画像表示⁷⁾

カラーディスプレイを用いた画像の表示は、モノクロで画像を表示するよりも多様な情報が表現可能となる。画像処理分野における、画像のカラー表示の代表的な方法としては、

- (1) 天然色表示 (natural color display)
- (2) 擬似カラー表示 (pseudo color display)
- (3) 偽色表示 (false color display)

の 3 種類があげられる。

天然色表示は、画像データに含まれる R, G, B 成分に基づく 3 原色表示で、対象物体を目で見た時と同じ色で表示する手法である。

擬似カラー表示は、LUT を用いたカラーマップ機能を利用するもので、本来モノクロの濃淡画像の階調を明確に示すため、あらかじめ定められた対応の色で表示する手法である。温度分布や地形を表すために擬似カラー表示を行う例がよく見られる。前者では青→赤の色の变化で温度の冷→温の感覚を与える階調表示を行い、後者では土地の高低に対応して緑→茶のような色階調で表現する。

偽色表示は、例えば地球観測衛星 (LANDSAT 等) の画像を表示する時に用いられる方法である。衛星から送られてくる画像データに含まれているマルチバンドのデータをカラーディスプレイに表示するために、選択した 3 つのバンドを R, G, B の 3 原色に割り当てて表示する。この場合、表示のための R, G, B に割り当てられた観測画像のバンドのスペクトルが R, G, B のスペクトルと合致していれば正しい自然色で表示されるが、一般には、観測スペクトルと表示スペクトルが合致しないため、組合せに応じて実際とは異なる色合いで表示されることになる。これを偽色表示と呼ぶが、画像データから特定の対象物 (資源) を判読したりする目的には有効な表示手法である。

5.3 限られた色を用いたカラー表示⁸⁾

前節で述べた方法でカラー画像を表現する時、色の階調を滑らかに変化させるには、R, G, B の各成分が少なくとも 64 レベル (6 ビット) の階調を持つことが必要であるといわれている。これより少ないビット数では階調の変わり目で偽輪郭が生じる。パソコンに接続されるディスプレイで表示可能な限られた数の色を用いて多階調の画像を表現する手法は、前述のディザ法をカラー画像に適用した方法の他に、カラーマップ手法として多くの研究が成されている。一例とし

て、人間の色差感覚を反映して UCS (Uniform Color Scale) 色度空間で適切な色コードの割り当てを行えば、256 色程度でも充分美しい表示画像が得られる。

6. 画像処理システムにおけるマンマシン対話技法

これまでに述べてきた各種の入出力/処理機器・装置を用いて、画像処理システムとユーザとの間で効果的な交流を実現するための対話（表示を初めとする入出力、操作など）の手法をマンマシン対話技法と呼ぶ。画像処理システムでも他のコンピュータシステムと同様に、このマンマシン対話技法を考慮したマンマシンインタフェース機能を実現するために、次にあげる技術を効果的に利用する方法を考える必要がある。

(1) 入出力装置利用技術 効果的なマンマシンインタフェースを実現するための各種入出力装置（例えばディスプレイ、ポインティングデバイス）の利用方法。

(2) ソフトウェア技術 効果的なマンマシンインタフェースを持つソフトウェア開発環境/ツールの実現。

(3) システム化技術

(4) 画像処理技術 効率の良い画像データの入出力、画像処理アルゴリズムの適用。

マンマシン対話技法は、画像処理システムにおけるより良いマンマシンインタフェースを実現するための設計指針、規制、手法を総称したものともいえるが、これは次の 3 項目に分類して考えることができる⁸⁾。

(1) ユーザにとって必要な情報の表現方法に関する技法

(2) ユーザの行う操作（入力）に関する技法

(3) 画像処理システムとしての統一性、一貫性、標準化のための技法

上記の各項目を画像処理システムに適用した場合、次のような機能が考えられる。

(1) 必要な情報の表現方法に関する技法

画像処理の対象となる原画像データやその処理結果の画像データの表現/提示をいかに効果的に行うかが、画像処理システムでのマンマシンインタフェース機能の中心となる。以下具体的な手法を示す。

① 視覚的な表現 画像処理で得られた結果、あるいは処理の中間結果のモニタリングで画像を視覚的な形態で表示する。例えば画像全体の把握と共に、その一部分を詳細に見るために、1つのシステムに2台のディスプレイを設けたり⁹⁾、あるいは1台のディスプレイでインタラクティブなズーム機能と設け

て、望みの縮尺での表示を自由に行ったりする方法が用いられている。この場合、ディスプレイ上で次々に変わって行く画像の取扱いと共に、その元となる画像データの保存に注意を払い、希望した時には元の状態に復帰できるようにシステムを設計しておくことが重要である。

② 複数画像の同時表現 ディスプレイ画面上に複数の画像を空間的に配置して表示するマルチウィンドウ表示や¹⁰⁾、一定の条件下で画像を重ね合わせるオーバーレイ表示などがある。これらの方法は複数の情報を表現する時に時系列的に表示するよりも2次元空間的に広がった形態での表示の方が理解しやすいためである。処理前/後の2枚の画像を同時にあるいは重ね合わせて表示することによる処理効果の確認などに有効である。1つの画面上に表示されている複数画像の中から、特定の画像が表示されている画面の一部のみを変更する場合には、該当する部分に対してのみ表示内容の書き換えを行うようにして、書き換え時間短縮を図ることが大切である。その実現を容易にするように表示関係のハードウェアを選択する必要がある。

③ 大面積画像の表示 表示画面以上の大きさの画像を表示するときに使われるスムーズスクロールや、画像の一部を切り出して表示するパニング、ズームリングは、画像の持つ空間的な連続性を妨げずに表示するための方法である。通常のズームリングは、原情報の1画素分の濃度値を、ディスプレイ上の $n \times n$ 画素に繰り返して表示することで実現される。 $n=1$ ならば等倍表示、 $n=2$ ならば2倍のズームリング表示となる。このズームリング機能をハードウェアで備えているディスプレイも多い。特殊な場合には、4章で説明するような密度変換処理を用いて、1.2倍ズームリング表示とか、0.8倍パニング表示なども行われるが、単純な整数倍のズームリングに比し処理時間がかかる欠点がある。

一般にパソコンに接続して利用されるディスプレイの表示可能画素数は、扱う画像の構成画素数に比べて小さい場合が多い。

(2) ユーザの行う操作（入力）に関する技法

操作/入力動作およびそれに伴う情報の入力に関する各種方法を指している。

① 視覚的、直接的操作 画像処理システムにおいては、キーボードからのコマンド打鍵入力に代表される言語的な入力ではなく、マウス、タブレット、タッチパネルなどの適当なポインティングデバイスを利用した視覚的、直接的な入力方法が望ましい。

ポインティングデバイスは、画面上の特定の点（位

置)を指示したり、表示されている画像に対してある操作を施したい場合に用いられる座標入力装置であり、画像処理システムでのインタラクション機能向上のために極めて重要である¹¹⁾。ポインティングデバイスの機能の特徴、特性を表す項目としては、

- ・指示方法：画像、画面上で直接か、画面上に表示されたカーソルマークを介して位置の指示を行うかの2方法が考えられる。
- ・入力座標系：絶対位置指定か、現在位置からの相対移動量で位置を指示するかの2方法がある。
- ・入力座標値範囲：ポインティングデバイスから入力する値、あるいは操作範囲に制限があるかどうか。
- ・指示面/操作位置：位置の指示を行う場所。
- ・入力指示器/操作：入力のため必要な操作。
- ・設置/操作スペース：ポインティングデバイスを置く場所、操作に要する場所。
- ・価格

等がある(表2)。表2を見てわかるように、各ポインティングデバイス毎に一長一短があるが、現在のパソコンでは、

- ・低価格(一例としてPC 9872：NEC製PC 9800シリーズ用は2万円)
- ・場所をあまり取らない(操作に必要なスペースは最低A4判程度で良い)

等の理由からマウスが多く採用されており、基本装備としてマウスが付属していたり、あるいはマウスインタフェースを備えているパソコンが多い。後者では、

マウスを所定の方法で接続するだけでだちに利用できるが、マウスインタフェースを備えていない場合には、RS-232Cインタフェースを介して接続すれば良い。

マウス利用の画像処理システムでは、マウスドライバ機能を持ったソフトウェアを作成する必要がある。このソフトウェアは、マウスの移動量がどのような意味を持つかを判断する処理を行う。

マウスをひっくり返してボールを回転させる操作によりマウスと同等の機能を実現するようなポインティングデバイスとして、トラックボールがある。

タブレットは、マウスが相対座標入力機能しか持たないのに対して、タブレット盤面上での絶対座標入力機能を有している。そのために画面上の特定の位置を指示する機能に加えて、付属のスタイラスペンで線図形を入力したり、画面に表示されている画像の輪郭をトレースしたりする機能が実現できる。盤面サイズは10 cm×10 cm～60×60 cm程度の範囲で各種の物が市販されている。盤面上の分解能は8～10 点/mm程度で、25 cm×25 cm サイズの物が15～30 万円位で入手できる。パソコンへの接続はRS-232Cインタフェースを介して行う方法が一般的である。

表示画面のスクリーン上に感圧性の透明パネルを張り付け、画面を直接指で触れることにより位置を指示できるポインティングデバイスとしてタッチスクリーン(タッチパネル)がある。細かい位置指定は難しいが、指先で指示できるので手軽であり、粗い精度で指定できれば良いメニュー選択などには効果的なポイン

表2 ポインティングデバイスの機能比較

種類	項目	指示方法	入力座標系 (位置指定)	入力座標範囲	指示面/ 操作位置	入力指示器/ 入力操作	設置スペース	価 格
ラ イ ト ペ ン	直 接 的		絶 対	有 限	ディスプレイ画面上	ライトペンを画面に当てる	な し	5～6万円
タッチスクリーンパネル						ディスプレイ画面上を指で触れる	な し	数万円～ 数十万円
タ ャ ッ チ パ ネ ル	間 接 的				本 体 座標入力面上	パネル面上を指で触れる	5 cm 角～ 20 cm 角程度	
デ ィ ジ タ イ ザ	間 接 的 (直接的に使う場合もあり)					絶対/相対 両方利用可	カーソル/スタイラスペンによる位置指示	30 cm 角～ 2 m 角
タ ブ レ ッ ト				15 cm 角～ 60 cm 角程度	10～30万円			
ジ ョ イ ス テ ィ ッ ク	間 接 的			無 限	本 体	操作レバーを倒す	小(設置面積 20 cm 角以下)	数万円～
マ ッ ウ ス					マウス本体を机上で移動		小(15 cm 角程度のスペース)	
ト ラ ッ ク ボ ー ル					本 体	ボールを手で回転	小(設置面積 20 cm 角以下)	
ダ イ ヤ ル					本 体	ダイヤルを手で回転

図 3 縮小画面表示

ティングデバイスである。

具体的な例として、画像ファイリングシステムで、蓄えられている画像を検索する時に画像名等のコード情報で画像を検索するのではなく、縮小表示された多数の蓄積画像を並べて、カタログのように提示し、その中から検索選択させる方法が報告されている。この画面は、ディテールはわからないが、例え大まかな情報であっても視覚的に与えられた画像を直接操作して目的の画面を選択する方が、操作が容易であるという特性を利用している (図 3)¹²⁾。

② 良好な応答性 好ましいインタフェースとしては、画像処理の結果がどのようなになったかを必ず操作者に提示する、あるいは処理の最終結果だけではなく処理の途中経過も必要に応じて操作者に応答表示することが望ましい。それと共に、操作者の思考を中断しないですむように短時間のうちに応答を返すことが望まれる。多くの CAD システム (従来は汎用計算機上だけであったが、最近ではパソコン上に移植したものも製品化されている) では、各操作指示に対する応答を目標 0.5 sec 以下とする基本方針で設計されている¹³⁾。

③ 処理の可逆性 1 節でも述べたように、処理した結果得られた画像が所望の結果と一致しなかったと人間が判断した場合に、新たな処理アルゴリズムの適用が可能なように、元の画像データに復元できる可逆性が必要である。このために処理前の画像を一時的

図 4 メニューの例 (CANDY 2 (ASCII) リファレンスマニュアルより)

に蓄えておけるバッファメモリーを確保して、一連の処理が終了するまで原画像データを保持する方法がある。

画像データは一般に大容量のメモリーサイズを要するため、処理手順をコマンドファイルに蓄えておき、必要に応じて逆操作を行うことによる画像の復元を行う方法もある。ただし、この方法では画像の復元を行うためにかなりの処理時間を必要とする。

④ 機能の選択 画像処理システムでは、処理に必要な機能をメニューの形で提示して操作者にそこから選ばせる方法が用いられる (メニュー方式)。

従来、多くの画像処理システムに採用されてきたメ

図5 プルダウンメニューの例 (マウスでカテゴリ
“File”を選択し、アイテムをプルダウンしたと
ころ) (MACWRITE (Apple) 説明書より)

ニュー方式は、選択対象となる操作コマンドや色の選択を行うためのカラーパレット等（これらをアイテムと呼ぶ）を表示画面の一部（通常は画面の端）に常に表示しておくものである（図4）。アイテムを選択したい時にはコマンドや色を表すコードをキーボードから入力するのではなく、画面上の一部に提示されるメニューの中から所望のアイテムを選択する。

一方、最近のビットマップカラーディスプレイを用いたシステムでは、メニュー方式として、プルダウンメニュー、ポップアップメニューと呼ばれる方式もある。これらはいずれもマウス等のポインティングデバイスの利用を前提としたシステムに採用されている。

プルダウンメニューは、画面の周辺部（通常は画面の上部）にカテゴリと呼ばれる項目を常に表示しておき、何かの機能（アイテム）を選択しようとする場合には、マウスを用いてそのアイテムの属するカテゴリ部にカーソルマークを合わせ、マウスのボタンを押しながら下方にマウスを引き下げる。それに伴いカテゴリ下部にアイテムのメニューが表示されるので、選択したいアイテムにマウスを用いてカーソルマークを合わせ、所望のアイテムの所でマウスのボタンをクリックすれば、そのアイテムがコマンドとして入力される方式である。アイテムを選ぶ時には1つのボタンで操作を行える利点がある反面、カテゴリを選ぶためにカーソルマークを画面の端に移動させるための余分な操作が必要となる（図5）。

ポップアップメニューは、メニュー呼び出しのモードを選択することにより、現在画面上に表示されているカーソルマークの位置に各種の操作機能（アイテム）を表示する方式である。プルダウンメニューに比べて操作に必要な手の移動量は少なくてすむが、マウスのボタンの1つをメニュー呼び出しのために占有される欠点がある。

さらにメニューから機能を選択させるための代表的な手法として、アイコンの利用が挙げられる。アイコンとは画像処理システム上で実現可能なアプリケーシ

ョンプログラムや各種機能・装置などを、視覚に訴えるグラフィックシンボルに置き換えて操作画面上に表示したものである。キーボードから操作コマンドを入力する代わりに、ポインティングデバイスを使って画面上のカーソルを動かし、画面上にシンボリックに表示されている各種操作機能（アイコン）を指示することにより、ただちにシステムが対応する機能を実行するので、ユーザは楽にシステムの機能を操作することができる。

アイコンの使用例は、図4の画面の左右に表示されているメニュー列に見ることができる。例えば、画面右側に表示されているアイコン（メニュー項目）の中から、上から2つ目の鉛筆型のアイコンをマウスで選択すると、直線描画コマンドを選択したことになる。

（3）統一性、一貫性、標準化のための技法

良好なマンマシンシステムとしての画像処理システムを実現する時に、システム全体の構成/構造、モデル化の実現方法に関する手法を指す。具体的には、システム全体にわたる簡潔性、統一性、一貫性などをどのように実現するかが挙げられる。

① 例示機能 画像処理システムで実現可能な機能の処理例を与えることにより、ユーザにとって選択すべき適切なアルゴリズムあるいはパラメータの値が容易に判断できるようにする手法である。

② メタフォリカルな機能の提供 システムで提供される機能あるいは操作方法を既存の物から容易に類推できる、あるいは、操作者の既知の物に似せた形で提供するメタフォリカルという考え方がある。メタフォリカルの例として、STAR (Xerox 社製) を初めとする OA 用ワークステーションに見られるデスクトップメタファがある。これはシステムの持つ機能や各種操作コマンドを、日常我々が作業するオフィスやデスク上に存在する事物に対応させることによって、容易にその機能を読み出して利用できるようにした物である。

③ システムの拡張性 画像処理システムが単に

アルゴリズム自身の検証のためでなく、画像処理を適用したい各種のアプリケーションに対応できるようにユーザプログラマブルな拡張性の高いシステムであることも大切である。

④ 標準化への考慮 画像処理システムでの標準化としては、

- ・処理手順、画像データの標準化
- ・操作の統一性

の2つの項目がある。

処理手順の標準化としては、所望の処理を施した画像を得るために必要となる個々の画像処理アルゴリズムの標準化、およびこれらのアルゴリズムの組合せによる一連の処理手順の類型化が考えられる¹⁴⁾。

個々の画像処理アルゴリズムの標準化については、電総研が中心となって作成した画像処理パッケージ SPIDER がある。これは画像処理に欠かせない基本的なアルゴリズムに関して、FORTRAN で記述されたサブルーチンプログラムパッケージで、多くの計算機に容易に移植できるような考慮が払われている¹⁵⁾。従来はミニコン以上の規模の計算機用であったが、最近では、パソコンへの移植性を考慮したミニ SPIDER が開発されている。アルゴリズムの組合せによる一連の処理手順の類型化については、個々の画像処理システム毎あるいは画像処理に携わっている個々のユーザの経験に依存しているのが現状である。

画像処理アルゴリズムの標準化に関連して、画像データフォーマットの標準化が情報処理学会を中心に行われている¹⁶⁾。

第2番目の操作の統一性を実現するためには、むしろ個々のシステムで指示手順の標準化を考慮することが必要である。画像処理システムではまだ具体的な実現例は見られないが、Macintosh では様々なアプリケーションがすべて同一の操作手順で利用可能となっている例が見られる。

その他、パソコンを中心とした画像処理システムの標準化に関連する話題としては、

- ・マルチバス、VME バス等のシステムバス標準化や Ethernet 等の LAN (Local Area Network)

に代表されるハードウェア接続可能性

- ・GKS, PHIGS 等のグラフィック標準に見られるように、画像（現状では主にグラフィックスであるが）を取り扱うソフトウェアのハードウェアからの独立性の実現¹⁷⁾

等、コンピュータシステムとしての画像処理システム構築に必要な各種の標準化動向にも注意を払ってシステムの検討をするのが好ましい。

【参 考 文 献】

- 1) J. D. Folley, A. Van Dam: "Fundamentals of Interactive Computer Graphics", Addison-Wesley, pp. 183-244 (1982)
- 2) 杉本: "論理装置 CAD におけるユーザインタフェースの新動向", 情報処理学会誌, 27, 3, pp. 299-308 (Mar., 1986)
- 3) 田村監修: "コンピュータ画像処理入門", 総研出版, pp. 165-188 (1985)
- 4) 田村: "画像処理におけるエキスパートシステム", 信学技報, IE-8, pp. 1-7 (May, 1986)
- 5) 花木, 岩下, 寺嶋: "パソコンによる画像処理(II)", テレビ誌, 40, 6, pp. 545-552 (June, 1986)
- 6) 吹抜: "FAX OA のための画像の信号処理", 日刊工業新聞社, pp. 16-26 (1982)
- 7) 田島: "カラー画像表示アルゴリズム", 情報処理学会誌, 27, 1, pp. 11-20 (Jan., 1986)
- 8) 宮井, 橋本: "マンマシン対話設計について—マンマシン対話技法—", 情報処理学会第31回全国大会, 2G-4, pp. 611-612 (1985)
- 9) T. Shuto, Y. Watanabe, Y. Kikuchi: "Color Graphic Design System for IC Mask", COMPCON FALL, pp. 280-286 (Sep., 1979)
- 10) R. Pike: "Graphics in Overlapping Bitmap Layers", Computer Graphics, 17, 3, pp. 331-356 (July, 1983)
- 11) 大野: "ポインティングデバイスの最新動向", PIXEL, 43, pp. 75-81 (Apr., 1986)
- 12) 大町, 高島, 山田, 白渕, 飯沼: "ドキュメント画像情報システム", 信学技報, CS 81-89, pp. 97-102 (July, 1981)
- 13) 浜田: "CADAM とは—その特徴と効果を探る—", 日経コンピュータ, 10, pp. 106-123 (Feb., 1982)
- 14) 坂上, 田村: "処理モジュールの構造的知識を利用した画像処理プログラム自動生成システム", 情報処理学会論誌, 26, 4, pp. 652-661 (1985)
- 15) 田村, 富田, 坂根, 横矢, 坂上, 金子: "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, 44, 7/8, pp. 5-25 (1981)
- 16) "イメージプロセッシング特集", 情報処理学会誌, 21, 6 (June, 1980)
- 17) "グラフィックインタフェースと標準化講習会資料", 情報処理学会 (Sep., 1985)