

生物科学領域における

実験，研究のための画像処理システム 南川 玲子

(財) 東京都臨床医学総合研究所

1. はじめに

(財)東京都臨床医学総合研究所では、汎用医学画像解析システムの開発を行い、医療において発生する種々の画像を解析して来た。1), 2), 3) その後、疫学研究における病勢パターンの表示、薬理学における分子表示を行い、応用の範囲を広げた。

このようなシステム開発と画像処理の実践活動の経験を踏まえて、現在では規模の拡大、機能の充実を計るとともに、対象を医学、生物、化学の分野を統合する生物科学領域とし、実験、研究と一体となるような新しいシステム開発を行っている。本報告では、新システムの特徴に重点を置いてシステム構成及び応用例について述べる。

2. システムの設計方針

システムの目的を以下の2点に設定した。

第1点は、生物科学領域の研究で遭遇する広範囲のアナログデータの処理である。この目的は、究極の目的である総合的なデータ解析システムの開発の一環を担っている。

医療において扱うデータは、数値化された記述資料、生理学的信号、諸々の映像資料と種々雑多の形態を呈している。医学と生物、化学とのつながりが深いため、集められるデータは、広範囲の領域にわたっている。これらのデータに対して総合的判断を行うことで診断の足がかりをつかみ、経時的变化を計測することで治療の指針を立てることになる。しかし、データから特徴の抽出、計測を行い、統計的処理を施し意志決定を下すという経過には、さまざまな困難が介在している。

特にアナログデータでは、特徴の抽出段階ですでに問題が山積されている。従って本システムは、充実したアナログデータのパターン認識機能と総合的データ解析システムとしての統計解析機能を兼ね備えたシステムを目指して設計されている。

第2点は、研究者の創造力を刺激するようなイメージの作成である。生物科学の研究分野では、認識とその表現方法の間にはしばしば食い違いが生じる。CT画像のように2次元データから3次元構造を推定する過程は、人間の認識にとって容易とは言えず、誤認が起きる恐れがある。そこで、人間が認識をするのに自然な表現方法さらに新しい観点からの認識を可能にするようなものが望まれる。認識が視覚によるイメージ入力から始まるとすれば、実験、研究を進めていく過程でこのような表現方法によるイメージの表示は、研究者の発想を豊かにする。

ハードウェアの向上と理論の充実により、3次元の画像表現はコンピュータグラフィクスとして注目され、テレビ、映画に利用されて日常生活に定着しつつある。従来画像処理システムにこの機能を加えることは、研究を支援するためのシステムにとって重要である。

3. ハードウェア

ハードウェアのブロック構成を図1に示す。本システムでは、2つの計算機はパラレルのインターフェースで結合され、計算機間で高速多量ファイル転送、及びデータ転送が実現される。主な装置の仕様を表1に示す。16mmフィルムアナライザは、16mmフィルム

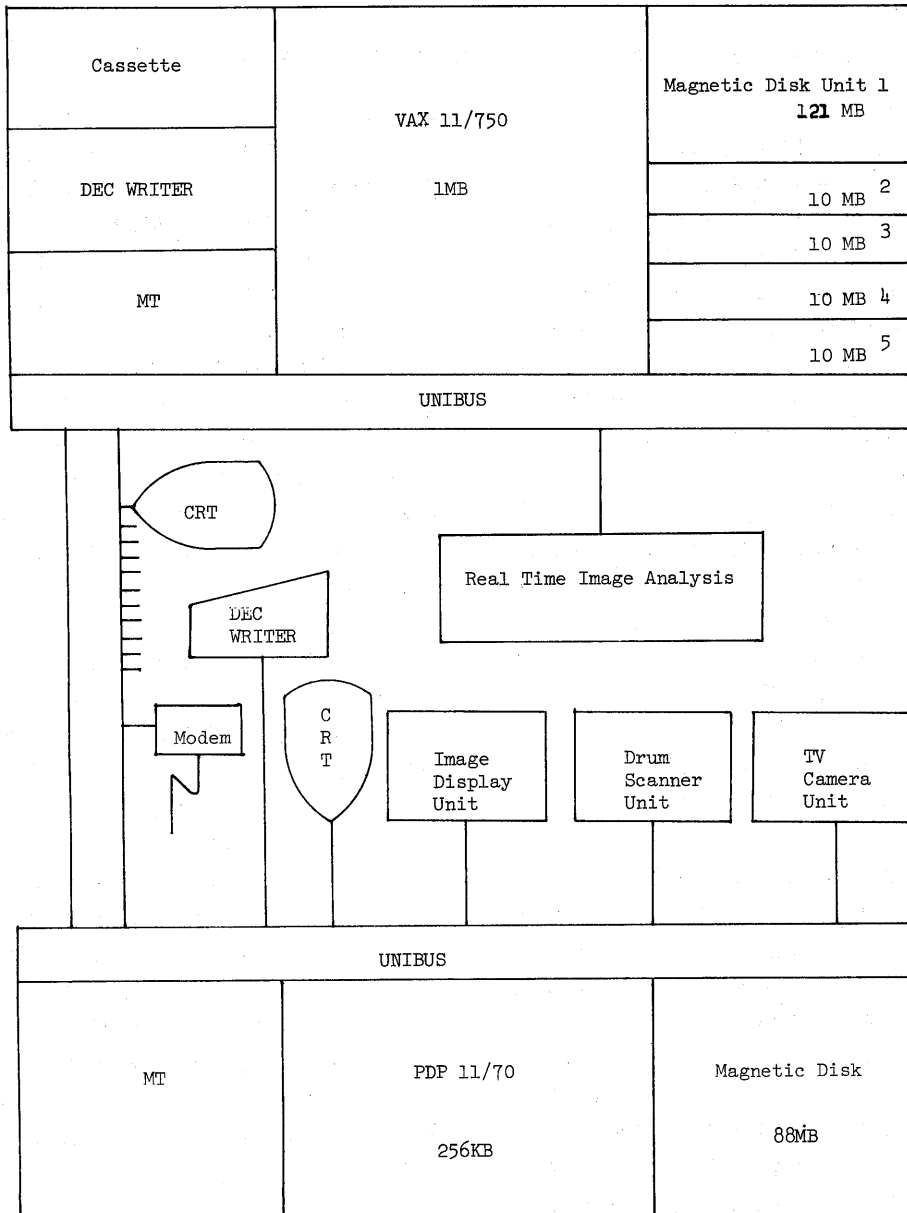


Figure 1

Block Diagram of System Organization

Table 1
System Configuration

	VAX 11/750	PDP 11/70
CPU	VAX 11/750	PDP 11/70
Main Memory	1 MB	256 KB
Disks	151 MB	88 MB
Input Devices	Real Time Image Analysis 16mm film analyzer Micro image analysis unit :512 x 480 x 8 bits	Image Analysis TV camera:512 x 480 x 8 bits Drum Scanner: Density range 0-4D aperture 25 μ -1000 μ sampling pitch 25 μ , 50 μ

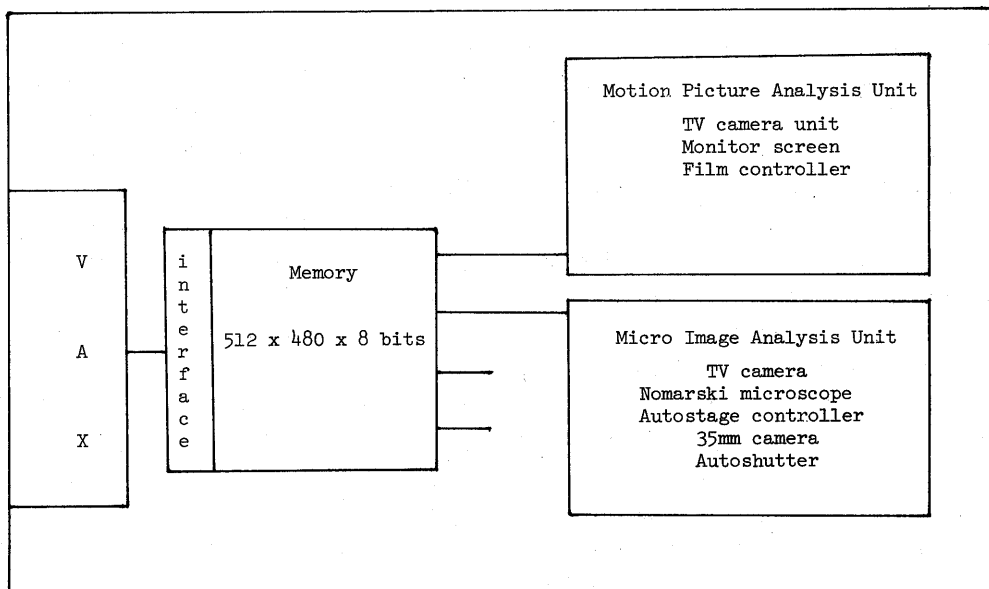


Figure 2
Block Diagram of The Real Time Image Analysis Unit

ムを入力とし、拡大モニタスクリーン正逆送り装置及びTVカメラより構成される。画像の連続入力及びフィルム正逆送りは、計算機からも制御される。微形態観測装置は、ノマルスキー顕微鏡、TVカメラ、オートステージ及びオートシャッターより構成される。オートステージはマニュアルボックスを有し、マニュアルまたは計算機制御によるX軸Y軸及びZ軸の制動が行える。制動の単位はXY方向は $1/2 \mu$ 、Z方向は $1/7 \mu$ である。このオートステージは、マイクロコンピュータを内蔵し、移動位置の記憶、読み出し、復元が可能である。オートシャッターは、計算機による内蔵スチールカメラの自動撮影装置である。この実時間映像処理装置は、 512×480 画素のメモリを有しており、1フレーム333 msecで画像入力を行う。TVカメラは4台まで接続可能である。本装置のブロック図を図2に示す。

4. ソフトウェア

本システムは、2種類の計算機の複合システムであり、複数の非標準周辺装置が接続されている。これらの装置と計算機間を多量の画像データ、コントロールデータ等が行き来する。従ってソフトウェアとしては、種々の属性を持つこれらのデータが円滑に受け渡しされるように管理する必要がある。また利用者は通常各専門分野の研究者であり、特にコンピュータ操作に堪能していることを仮定できない。従ってソフトウェアは、利用者にとって負担の少ないものにする必要がある。さらに対象とする問題の性格からあらかじめ手法を限定できないことが多いため、新たなアルゴリズムの組み込みを容易にする必要もある。これらの要請を満足するために、本システムのソフトウェアは図3のような構成をな

す。

最下位のレベルは、オペレーティングシステムであり、計算機のOSは、VAX11/750はVMSをPDP11/70は、RSX11Mを使用している。それぞれのOSに2機種間のコミュニケーションと高速ファイル転送のためのドライバーを組み込んでいる。さらに計算機側からみての非標準周辺装置を標準品のように駆動・制御するためのドライバーも組み込み、すべての装置は計算機の標準周辺装置と同様にOSによって制御される。

次のレベルは、サブルーチン群と呼ばれ、画像の入出力、表示部制御、画像変換より構成され、これらのデータの転送と基本的変換及び表示についての制御を行うものである。画像解析のソフトウェア効率は、画像入出力ルーチンに左右されるが、この部分は、標準入出力ルーチンの他にMIOと呼ばれる特別なルーチンが使われている。

MIOは、他のルーチンより入出力の速度が速く、転送中の画像の先読み、書き残し、多重バッファリング等の機能を有している。MIOを除いてこのレベル以上のソフトウェアは、すべてFortranで書かれている。

さらに次のレベルは、各種の応用に共通する処理手法を集めて管理しているユーティリティ群である。機能としてコマンド解析、ファイル管理、画像の線型及び非線型変換、各種フィルター、特徴抽出のプログラムが準備されている。

最上位のレベルは、応用課題別に開発されたプログラム群である。これは、下位2つのレベルのソフトウェアを用いて書かれている。

画像入力装置、表示装置を使用しないソフトウェアは、最下位レベルの上に直接作成されている。具体的にはCAMSEQ-II 4) BMDP 5) ISPAHAN

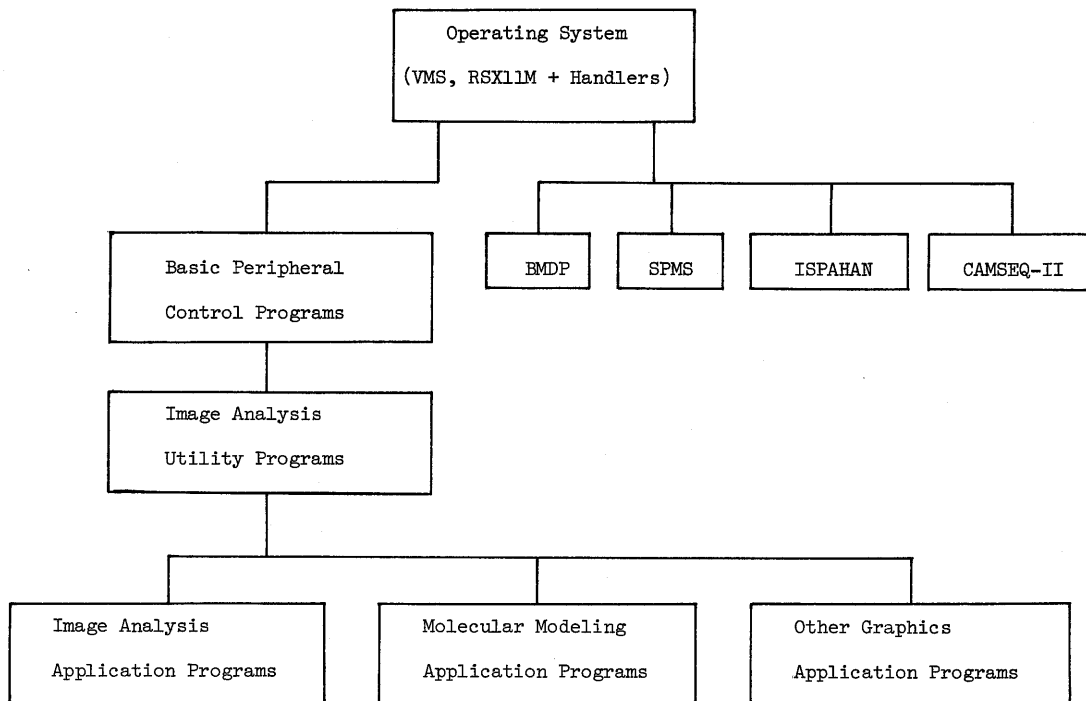


Figure 3

Block Diagram of Software Organization

6) SPMS 7)がある。 SPMS (Statistical Package for Medical Science)は、我々のグループ所有の HITAC 8250 で開発された医学データのための統計パッケージであり、現在 VAX11/750 に移植中である。

5. 応用例

これまでに扱ってきた応用例についてここで概説する。

5.1 パターン解析

パターン解析は、医学研究者から依頼された種々のデータを解析することで進めてきた。データと解析内容及び方法を表2に示す。

血管辺縁系の推定では、血管造影写

真から推定した血管形状とあるモデルの下に算出した理想血管形状とのズレを数値的に評価し、動脈硬化度の判定を試行した。

コロニーカウンティングでは、シャーレ内のコロニー数の統計、面積等の計測を行い、コロニーの分布を調べた。ここでは、コロニーが連結している場合、コロニーとシャーレの縁が重複している場合の分離を補助するような修正機能を加えた。似たような応用として *C. elegans* という線虫を顕微鏡で観察し、卵から発生する過程を実時間連続映像処理装置で画像入力し、卵割の形態計測を計画している。

皮膚写真の例では、皮溝と呼ばれる

Table 2
Examples of Image Data Analysis

Problem	Method	Subject
Geometrical measurement	Area selection Edge detection Curve tracting Erasing & adding components	Vascular angiogram Motion trajectory tracking
Morphological measurement	Small object counting Boundary detection Measurement of radius distance, area, density Coordinate reading	Colony counting Cell size Cell lineage Autoradiogram 2-d gel electropherogram
Stereological measurement	Grayness & color histogram Threshold filtering FFT,FHT Texture analysis Clustering	Eye picture of cataract patient Picture pathology Face skin texture Bone trabecula structure Dental X-ray picture
Image reconstruction	Image superposition 3-d reconstruction	Eye fundus picture Gastro surface picture d-helical protein CT picture

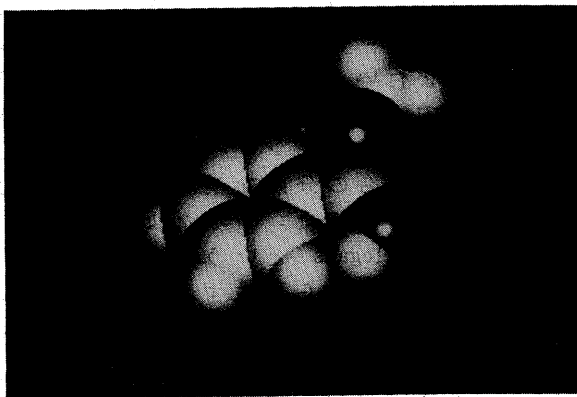


Figure 4
Display of Space Fill Model

線状パターンを抽出し、密度、方向性について検討し、皮膚の形態的特徴の定量化を試みた。

ヘモグロビン-Sの電頭写真をフーリエ変換法を用いて3次元再構成を行った。

5.2 病勢パターン表示

首都圏の健康に関連するデータを地図形式のイメージとして表示し、各データの地勢的な相互関係を解析している。対象とするデータは、大気、土壌、水などの汚染監視データ、道路データ、交通量データ、国勢調査、人口動態統計、有病統計データ等である。疾患別死亡者の地域集積性及び時間集積性、疾患別死亡者に対する道路影響、汚染と死亡の関係の課題についてこの表示を応用した。

5.3 分子表示

MDS (Molecular Display System) と呼んでいる分子の3次元表示システムを開発した。これは、MOSA (Molecular Shape Analysis) のサブシステムとして開発されており、表示のための分子の3次元座標の算出、結合表の作成を行った後に分子構造をスケルトンモデル、ボールスティックモデル、スペースフィルモデルの3種類の方法で表示した。

6. おわりに

本システムは、生物科学領域の実験研究のためのシステムであり、研究者の問題解決プログラミングを支援するように設定されている。勿論、今後にわたりさまざまな機能を充実させる努力を続けるつもりである。しかしこの努力ですべて問題が解決されることはなく、研究者とシステム作成者との相互理解及び密接な協力が必要となる。そして互いに影響し合うなかから、研究を支援するツールの望ましい姿が浮かび上がって来ると思われる。

総合的なデータ解析システムを背後に持ち、充実したパターン認識と豊富な表示機能を備えるものを実験、研究のための画像処理システムとして、本システムを開発している。研究者が画像データの処理に利用するばかりでなく、システムが提供するイメージによって創造力を刺激されるようなシステムを目指している。

7. 参考文献

- 1) Kaminuma, T., et al., Comprehensive data analysis system for medicine, Proceedings of MEDINFO 80, Amsterdam, North Holland, p152, 1980
- 2) Kaminuma, T., et al., Towards an image analysis center in medicine, (in Real-Time Medical Image Processing), Plenum Press, NY, pl, (1980)
- 3) Kaminuma, T., and Suzuki, I., Experience with an interactive pattern analysis system for medical applications, (in Pattern Recognition in Practice) North-Hollands Pub.Co., p259, (1980)
- 4) Potenzzone, R., Jr. et al., Molecular Mechanics and CAMSEQ Processor, Com. Chem. Vol. 1, p187, (1977)
- 5) Dixon, W.J. and Brown, M. B. BMDP-77, Biomedical Computer Programs P-series, Univ. of California Press, Berkeley, (1979)
- 6) Gelsema, E. S., ISPAHAN User's Manual, 3rd ed., Free Univ. of Amsterdam. (1979)
- 7) 丹後俊郎, 刈谷丈治, 倉科周介, 神沼二真: 医療データ解析のための統計パッケージSPMSの開発, 医用電子と生体工学 Vol. 18, 2, p120, (1980)
- 8) 神沼二真, 鈴木勇: 汎用画像解析システム開発哲学と実践活動, 映像情報, Vol. 12.3 p177, (1980)