

東京大学生産技術研究所における イメージ・プロセッシングの研究

尾上守夫・高木幹雄(東京大学生産技術研究所)

1. まえがき

東京大学生産技術研究所は工学の広い分野の専門分野をもって、それぞれの研究をすすめると共に、各分野にまたがる総合研究を行うことを使命としている。イメージ・テクノロジー関係の研究はとくに活発に行われているものの一つである。表1に1974年度の研究の概要を示した。この全体をカバーすることは紙幅、時間の関係でできないので、ここでは筆者等が主になって進めている電子計算機による多次元画像情報処理の研究について紹介する。

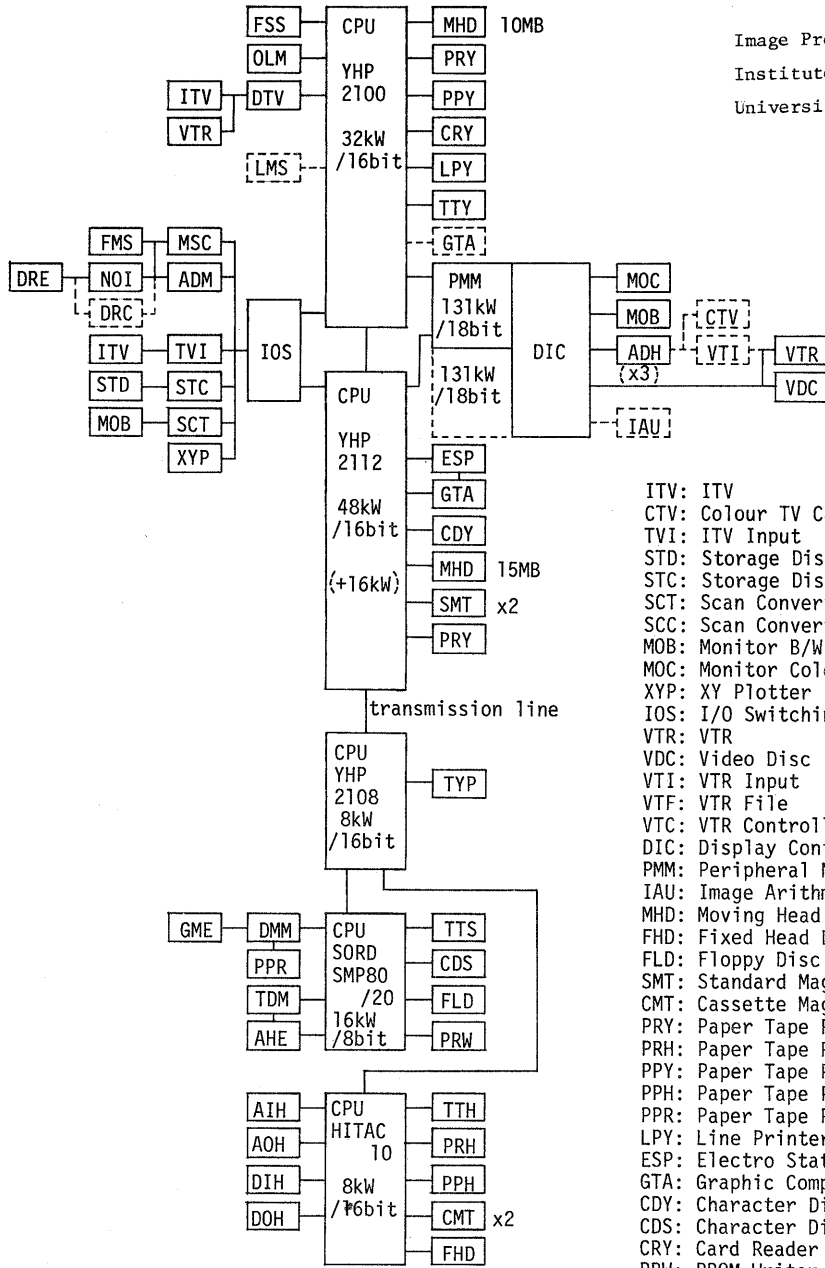
筆者等はいかねてから超音波非破壊検査エレクトロメカニカル機能部品、データ伝送における自動等化、医用画像等に関連して超音波音場の視覚化、デジタル信号処理、計測自動化などに関心をもってしたが、1970年頃からミニコンの導入に伴い全てをデジタル・イメージ・プロセッシングの観点から眺めて研究をすすめることにした。多次元画像情報処理を旗印にしているが、これは画像を、黑白2値の画像、写真のように濃淡の階調軸が加わったもの、カラーのように色の座標軸が加わったもの、マルチスペクトラム写真のように波長の軸が加わったもの、時間軸上の変化があるもの、サログラムのように実部と虚部が組となっているもの、超音波像とX線像のような異種の画像の組合せなど、一見2次元の画像の上に多次元の情報が盛り込まれているという見方であらうとしているからである。

現在ハードウェアは建設段階である。イメージ・プロセッシングではとくに画像入出力機器が重要であるが、高価であり、しかも所要の性能のものが市販されていない場合が多い。そこでまず、簡易な入出力機器の自作を行って問題点を明らかにした上で高性能な機器をそなえる方針をとっている。

計算機関係は1975年末に、また入出力機器関係は1976年末にほぼ整備される予定で、そのブロック図を図1に示す。5台のミニコンピュータが、相互に結合され研究室コンピュータ・ネットワークを組むと同時に各種の入出力機器、ディスプレイ、大容量記憶と組合せてほとんどあらゆる種類のイメージ・プロセッシングの研究が可能になっている。

システムとしてのソフトウェアの開発とともに、それと併行して、多岐にわたる応用研究を行っている。個々の分野に沈潜できない欠点はあるが、イメージ・プロセッシングの手法がまだ対象別の域を脱していない現状にかんがみて、個々の分野に特有な手法と、各々に共通な手法とを早くみきわめて習得したいという意図が主になっている。

以下過去5年間にわたる主な研究題目を紹介する。参考のために関連した研究発表を終りにまとめてある。



- ITV: ITV
- CTV: Colour TV Camera
- TVI: ITV Input
- STD: Storage Display (Tektronix 611)
- STC: Storage Display Controller
- SCT: Scan Converter Tube
- SCC: Scan Converter Controller
- MOB: Monitor B/W
- MOC: Monitor Colour
- XYP: XY Plotter
- IOS: I/O Switching
- VTR: VTR
- VDC: Video Disc
- VTI: VTR Input
- VTF: VTR File
- VTC: VTR Controller
- DIC: Display Controller
- PMM: Peripheral Memory
- IAU: Image Arithmetic Unit
- MHD: Moving Head Disc
- FHD: Fixed Head Disc
- FLD: Floppy Disc
- SMT: Standard Magnetic Tape
- CMT: Cassette Magnetic Tape
- PRY: Paper Tape Reader YHP
- PRH: Paper Tape Reader HITAC10
- PPY: Paper Tape Punch YHP
- PPH: Paper Tape Punch HITAC10
- PPR: Paper Tape Punch Ricoh
- LPY: Line Printer YHP
- ESP: Electro Static Printer/Plotter
- GTA: Graphic Computer Terminal 4012
- CDY: Character Display YHP
- CDS: Character Display Sord
- CRY: Card Reader YHP
- PRW: PROM Writer
- TTY: Teletype YHP
- TTH: Teletype HITAC10
- TTS: Teletype Sord
- TYP: Typewriter
- AIH: Analog Input HITAC10
- AOH: Analog Output HITAC10
- DIH: Digital Input HITAC10
- DOH: Digital Output HITAC10
- DMM: Digital Memory
- GME: Ghost Measuring Equipment
- TDM: Three-Dimensional Measuring Equipment
- AHE: Acoustic Hologram Equipment

- FSS: Flying Spot Scanner/recoder
- OLM: On Line Microscope
- DTV: Differential TV
- LMS: Large Area Mechanical Scanner
- FMS: Modified Facsimile Mechanical Scanner
- MSC: Mechanical Scanner Controller
- NOI: NOAA Image Input
- ADM: AD Converter (Medium Speed)
- ADH: AD Converter (High Speed)
- DRE: Data Recorder
- DRC: Data Recorder Controller

表1 東大生研におけるイメージ・テクノロジー
-関係の研究 (1974年)

- 才1部 (応用物理・工学・数学)
 - 金属イオンレーザ
 - コヒーレント光学情報処理
 - 超音波映像
 - X線ホログラフィ
 - モアレ法によるひずみ測定
- 才2部 (機械 精密 船舶)
 - 微小パターン位置決めおよびマスク合せ
 - 電子顕微鏡
 - 立体図形の処理と創成
- 才3部 (電気 電子)
 - 多次元画像情報処理 (表2及本文参照)
 - ファクシミリおよび漢字の帯域圧縮
 - 交通流計測
 - レーザビームおよび画像伝送
 - レーザ顕微鏡
 - 音響光学フィルタ
 - 3次元映像の実時間伝送
 - レーザによる大気汚染計測
 - 光IC
 - 発光およびレーザダイオードの高信頼化
 - 微細周期構造をもつオプトエレクトロニクス素子
- 才4部 (応用化学 冶金)
 - 有機半導体感光材料
 - TiO₂感光材料
 - 液晶によるカラーディスプレイ
 - 半導体分散系ディスプレイ
- 才5部 (土木 建築)
 - 交通流計測と制御
 - 土木設計システムにおける地形情報処理
 - リモートセンシング
 - 国土情報システム・データバンク

表2 多次元画像情報処理の研究題目

1. システム
 - 1.1 インハウス・コンピュータ・ネットワーク
 - 1.2 対話型処理システム
2. ハードウェアの開発
 - 2.1 メカニカル・スキャナー
 - 2.2 ビデオ信号デジタルイザ
 - 2.3 アナログ信号デジタルイザ
 - 2.4 テレビゴースト測定用入力装置
 - 2.5 ビデオファイル
 - 2.6 CRTディスプレイ
 - 2.7 XYプロッタ
 - 2.8 紙テープを利用したディスプレイ
3. ソフトウェアの開発
 - 3.1 画像処理用ソフトウェア・パッケージ
 - 3.2 高速2次元演算のアルゴリズム
4. フライイングスポットスキャナー
5. 複数機能を有するカラーディスプレイ
6. オンライン顕微鏡
7. 応用
 - 7.1 医用画像
 - 7.2 非破壊検査画像
 - 7.3 衛星画像
 - 7.4 リモート・センシング
 - 7.5 交通流計測
 - 7.6 長波長ホログラフィー
 - 7.7 コンピュータ・ホログラム
 - 7.8 テレビゴースト測定
 - 7.9 帯域圧縮

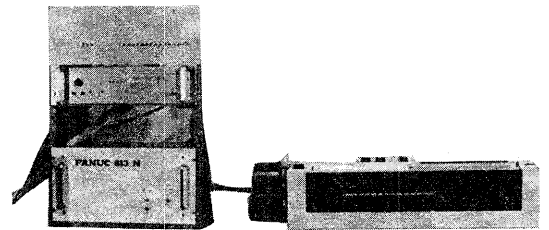


図2 簡易メカニカルスキャナー

夕次元画像情報処理の研究

1. システム

1.1 インハウス・コンピュータ・ネットワーク

次の効能を考えて計算機はネットワークに組んである。(1)夕種類の画像入出力装置の能率的な使用, (2)大容量記憶装置の共用, (3)対話型処理の際に複数ユーザによる計算機の効率的な使用, (4)ラボラトリ・ポートメーション。図1において、YHP 2112, 2100, 2108がいわゆる分散システムを形成している。2112はシステム制御および画像の処理と表示に主に、2100はフライング・スポットスキャナ、オンライン顕微鏡など入出力装置の制御と処理に主に用いており、両者は後述の大容量ICメモリーを共用している。2108はリモート端末になっておりHITAC10およびマイクロコンピュータを傘下において研究室内の各種計測器と接続できるようになっている。

1.2 対話型処理システム

実用的なイメージプロセッシングには何らかの対話型処理が入ることは避けられず、とくに研究開発には不可欠であるとの観点から、それに適したシステム構成、ハード・ソフトの整備につとめている。

2. ハードウェアの開発

画像の入出力装置に適切なものが得難いこと、あるいは高価なことがIPの研究を行う上での大きな障害となっている。そこで特殊仕様あるいは簡易な入出力装置の開発を行っている。

2.1 メカニカルスキャナ (図2)

回転ドラム型のメカニカルスキャナは、比較的容易に高分解能のものが得られることに注目し、ファクシミリを改造した簡易型を開発した。回転型エンコーダを用いて円周方向の画素への分割を行い、パルスモータで軸方向の送りを行う。各画素を符号+10ビットでAD変換し計算機へDMA転送する、カラー画像もフィルタを自動的に切換えて同一走査線を3回走査して入力できるようになっている。走査線密度の指定、画像の入力範囲の指定、カラーフィルタの指定を行う専用コントローラを作り、計算機の負担を減らしている。30×40cmの画像を13本/mmで、50μs/点で入力できる。

新しく機械的精度を上げたものを計画中である。

2.2 ビデオ信号デジタイザ

写真又はフィルムなどを介さずに、撮像管により入力できることが、実用的な面から要求されることが多い、標準方式のTVカメラで撮像された画像を安価に入力できる様に、1点/1水平ラインで640×480の画素に分け入力する方式を開発した。入力範囲は自由に指定でき、モニタ上に白枠で表される。x、データのプロフィールも表示できる。この方式はオンライン顕微鏡にも利用されている。後述のICメモリーを利用して256×256の画像を1フレームとして、1/30秒以上の任意の間隔でメモリが一杯になる迄、動画像を入力することが可能なようにしている。同様に、VTRに記録された画像を入力することについても検討を行っている。

別に標準テレビの1フレームの画像を蓄積管に書込んで低速のAD変換で計算機に入力する方式も開発し、交通流の計測などに利用している。

2.3 アナログ信号デジタイザ

画像の発生源がはなれている場合にデータレコーダに記録したアナログ画像を

デジタル化する。長波長ホログラフィーなどに利用している。とくにNOAA衛星から送られてくる可視および赤外画像については専用の受像装置およびコントローラを開発した。

2.4 テレビゴースト測定用入力装置

テレビのゴースト波の複素振幅を測定するために後述の特殊受信機から同相、直交のビデオ信号が得られる。この1ラインを最高サンプリング速度100 nsクビット、1024語×2チャンネルのトランジェント・レコーダでデジタル化して計算機に送りこむ、サイドルッキングソナー等の高速アナログ波形のデジタル化にも利用できる。

2.5 ビデオファイル

画像処理した結果などの画像をファイルしておくために、最近開発されたビデオディスクを用いて安価に画像をファイルすることを試みている。又、VTRを画像ファイルに用いることも検討している。

2.6 CRTディスプレイ

濃淡画像を簡単に表示する手段が得難かったので、オシロスコープ、蓄積型CRTディスプレイを用いて濃淡画像を表示する方式を開発した。蓄積型CRTディスプレイを蓄積モード(2値)で使い、3×3又は4×4のドットで1画素の濃淡を表示するパターンの検討、非蓄積モードで輝点の滞在時間を制御し、ポラロイドカメラで撮影する方式の階調の表現方法を検討した。

又、蓄積型CRTディスプレイを有効に用いるために文字、ドットによる階調、輝点滞在時間による階調、線分などをハードウェアで発生し、計算機の負担を減らす為の専用コントローラの試作も行っている。

2.7 XYプロック

計算機の負担を減らす為、計算機のコマンドにより線分の発生を開始点と終了点の座標を与えるのみで線分が描ける専用コントローラを試作した。

2.8 紙テープを利用したディスプレイ (図4)

どのミニコンのユーザも利用している穿孔紙テープを利用して文字、濃淡画像、計算ホログラムなどの表示を簡易に行う方法を考案した。画像の表示は、テープを並列に並べて行うが、そのための専用カッターおよび配列板も試作した。画質は、ラインプリンタなどによるものより優れている。

3. ソフトウェアの開発

3.1 画像処理用ソフトウェアパッケージ

多種類の画像入出力装置による画像データの入出力、種々の補正、前処理、計測、解析、パターン認識、シミュレーション、発生などの処理プログラムは共通に使えるものが多い。個々のプログラムを対話型システムで自由に呼出して処理を行うために、ソフトウェアパッケージを作成している。開発されたプログラムを共有財産として管理し、新しいテーマに取り組む時には既存のものを活用し、必要なもののみを作成して能率を上げることを目的としている。64×64および256×256の専用システムも稼働している。

3.2 高速2次元演算のアルゴリズム (図8)

大規模画像の2次元フーリエ変換やアダマール変換を行う場合に、計算機の高速記憶に全データが入らぬため補助記憶との転送で時間が非常に長くなる。それを短縮するために1次元変換后データ行列を転置して、再び変換するのが普通であるが、その転置を高速に行う方法を考案した。さらに転置そのものが不要な

さらに高速な2次元変換法も考案した。

似かよった画像の重ね合せのために高速アルゴリズムとして、残差検定(CSSDA)法があるが、その実用に当って問題になるしきい値の自動設定法を考案した。

4. フライングスポットスキャナ

35 mm又は70 mmフィルムからの画像の読取り、或いは35 mm又はポラロイドフィルムへの画像の記録を黑白又はカラーで行う装置を開発した。この装置は、35 mm又は70 mm用の光学系を測光光学系及び基華光学系として切換えて使用する点が特徴である。4096×4096の画素にアクセス可能であって、入力においては、データは10ビットでAD変換される。記録においては、10ビットの精度で輝度変調され、8ビットのデータを最適な階調特性を示す10ビットデータに変換する。

5. 複数機能を有するカラーディスプレイ

画像処理、とくに対話型処理においては、クイックルックディスプレイが不可欠である。リフレッシュメモリを用いてテレビスキャンでカラーモニタに画像を表示できるディスプレイを開発した。18ビット/W, 26.2 kW(512×512用, 奥装は131 kW)のICメモリを用いる。18ビットは、4ビット×4, 6ビット×3, 8ビット×2, 1ビット×18に分けて用いると共に、512×512を256×256×4枚, 128×128×16枚, 64×64×64枚, 32×32×256枚に分けて用いることができるのでそれぞれの枚数の動画表示も可能である。8ビットDA変換器4台でカラーモニタ, 黑白モニタを駆動する。いずれも256 W/18ビットのRAMを介して、濃淡あるいは色調の変換を行うこともできる。ICメモリは、YHP 2112, 2100の両計算機の高速度外部共用メモリとしても使える。さらにもう1台の計算機を接続が可能である。また、専用の演算回路を有し、同一ワード内の画素間、或いはメモリを細分化して用いた時には対応する画素間の加算、減算、比較、しきい値処理、転送、RAMを用いた正規化、ヒストグラムの作成を高速に行うことができる。

このメモリは、高速のAD変換器を組合せてテレビ画像を入力する際のバッファメモリとしても用いられ、メモリは順次切換えられて前述の画素と枚数の画像を長時間で記録できる。

6. オンライン顕微鏡 (図3, 8)

顕微鏡画像処理の実用化のためには、画像を写真を介さずに直接入力すること、ステージ、フォーカスの計算機制御が不可欠である。又、細胞などを対象とした場合には、その波長依存性を用いて対象物の検出、領域の切出しなどを容易にすることが望ましい。顕微鏡画像処理の実用化を目指した基礎的な研究を推進するためにオンライン顕微鏡を開発した。白色光又はXeランプからの光を分光器を通した単色光によって照明され、高解像度ビジコンにより撮像され、前述の1点/1水平ライン方式で、8ビット/画素で入力される。

顕微鏡系の制御は、ステージ(x, y)は1 μ m, フォーカスは0.1 μ m, 波長は400 nm-700 nmの範囲を1 nmを単位として行われ、1台のミニコンピュータを、画像の入力、顕微鏡の制御、画像の解析、表示に対話型で有効に用いられる。又、入力範囲、走査モード、走査の粗さ、閾値を制御するイメージプロセッサと画像蓄積(複数画像又は計算機出力画像用)のスキャンコンバータも備えている。

7. 応用

7.1 医用画像 (図6, 7)

医学においては、X線画像、RI画像、顕微鏡画像、超音波画像などにより診断、検査で膨大な画像が用いられており、自動化が望まれている。研究開始当初より関心を持ち、シンチグラム、白血球の分類、超音波画像の処理、染色体の解析を手掛けて来た。白血球の分類はオンライン顕微鏡を用いて基礎的なデータの蒐集と分類のアルゴリズムの検討を行っている。投影からの立体像再生についても記憶容量、演算時間の節約できる正三角形サンプリングを中心に研究をすすめている。

7.2 非破壊検査画像 (図5)

非破壊検査において画像は溶接部のX線写真、超音波による断面写真、超音波ホログラフィ、シュリーレン写真、光学的方法による表面欠陥の検査、鋼材中の介在物の検査の手段として用いられているが、その処理はすべて人間に頼っており、自動化が望まれている。

X線写真による判定の自動化の基礎として、溶接部の欠陥の検出を1次元のフィルタリングによって行う方法を開発した。

超音波探傷に関しては、3次元的な探傷結果の表示を行い、透視図、任意の断面図、ステレオペアの作成を行い斜角探傷に有効であることが分った。

その他、渦流検査、アコースティックエミッションへの表示技術の応用も試みている。

7.3 衛星画像 (図9)

気象衛星画像は約20分間隔で得られるので、その上での雲の移動を追跡すれば、風向、風速がわかる。この点に関し、通常行われている相関とに比べて演算時間の早い残差検定法の適用を試みている。

又、可視及び赤外のデータを用いて、陸、海、雲の識別、雲、海の温度分布を求めることも検討している。

気象衛星(NOAA)の画像を入力する装置を試作したので、これを用いてNOAA画像の地図化、表示、海の温度分布の作成を行っている。

科学衛星EXOS-Aに搭載される真空紫外でのオーロラの観測にも参画し、機上での帯域圧縮、地上での画像処理システムの計画と画像処理の手法の開発を行っている。

7.4 リモートセンシング

地球資源技術衛星(ERTS, 現在のLANDSAT)画像で得られたマルチスペクトラム画像を、ミニコンピュータで処理するシステムを開発しそのデジタル処理を行っている。

7.5 交通流計測

より精密な交通流制御の実現のためには従来の点的感知器では得られない車線変更、方向変更などを含む詳細な交通流の特性を知ることが必要である。その点に鑑みて、交通流を時間的に変化する画像として捉え、面的な計測を行うことを試みている。すなわち、テレビで観察する画像を適当な時間間隔で差信号をとることにより変化分、すなわち移動する車両のみを描出し、車の大きさ、台数、各々の速度を自動計測するシステムを開発している。

7.6 長波長ホログラフィー

走査型超音波ホログラム及びSynthetic apertureの計算機による波面再

生に関する研究を行っている。水中にある簡単な物体の像を得ることに成功し、
計算機による画像情報処理技術との組合せにより画質を飛躍的に向上できること
を見出した。

7.7 コンピュータホログラム

画像処理した多次元情報を人間に提示するのにホログラムは有力な手段である。
とくに紙テープを使用した純バイナリー・ホログラムの研究をすすめている。

7.8 テレビ電波ゴースト測定

超高層ビルの巨大な壁面の反射によるテレビのゴーストは被害が広域にわたる
ため社会問題となりつつある。テレビ電波は残留側帯波であり、またゴースト波
は高周波でベクトル的に加算されているのを普通の受信機は包絡線検波した形で
みているため振幅すら正確に測れない。この点に着目し、特殊なマルチチャンネル受
信機の出力を計算機処理することにより複素振幅を算出する方法を考案した。さら
に開口合成の手法を組合せてゴースト発生源を方位分解能を上げて標定するシ
ステムを開発している。

7.9 帯域圧縮

ファクシミリ帯域圧縮に関連して、従来方式よりも圧縮率を上げるために、
信号の2次元的相关を利用した2次元予測方式、高能率多モードランレングス符
号を開発し、更に圧縮率を高くするため送信側で圧縮に都合がよい形に信号を変
換し、高い圧縮率を得ている。

又、漢字パターンの圧縮についても同様の技術を用いて検討を行っている。

謝辞 このシステムの建設は東大生研の特別研究、才2次臨時専業による他、
文部省科学研究費(特定、一般、試験)、厚生省 がん研究費、日本
情報開発研究奨励金の補助をうけた。また、オンライン顕微鏡は、医療
技術研究開発財団、テレビゴースト測定は放送文化基金の助成によるも
のでいずれも厚く感謝する次第である。

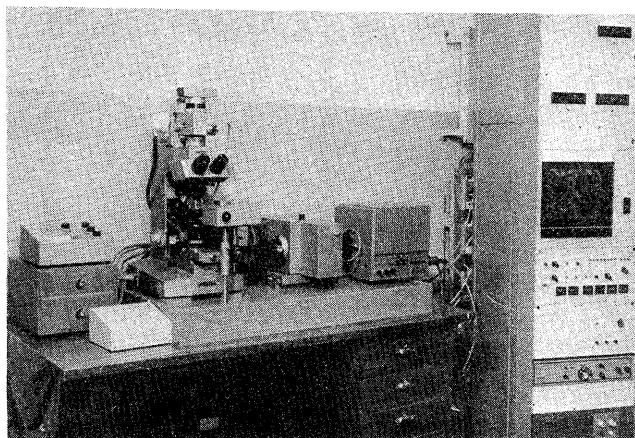


図 3 オンライン顕微鏡

多次元画像情報処理関係の発表文献

1970年

1. 尾上: 偏光の直交成分間位相角のポアンカレ球上の表現, 電気四学会連合大会, 1522, 1970.4.
2. 高木. 開原. 飯坂: 医学的画像情報処理に関する基礎検討, ME学会大会, D-22, 1970.4.
3. 尾上. 竹内. 小林: ホログラフによるハネリ結合多重モード振動子の観測, 音響学会講演論文集, J-4-10, 1970.5.
4. 高木. 開原. 増本: 医学的画像処理の基礎検討, 電子通信学会インホメーション理論研究会資料, IT70-10, 1975.5.
5. 高木. 開原. 飯坂: 医学における画像情報処理, 臨床科学, 6, 7, 924~929, 1970.7.
6. 高木. 高橋: 医学における画像情報処理 (2) 画像情報処理のための装置, 臨床科学, 6, 8, 1064~1069, 1970.8.
7. 高木. 増本: 染色体の自動計測, 電子通信学会全国大会, 149, 1970.8.
8. 尾上. 高木. 縮田: 渦流検査における波形処理方式, 非破壊検査, 19, 8, 436, 1970.8.
9. 尾上. 高木. 縮田. 山手: 渦流検査用データ収集解析装置, i b i d. 19, 8, 437, 1970.8.
10. 高木. 増本. 開原: 肝シンタグラムの画像情報処理について, 電子通信学会全国大会, 150, 1970.8.
11. 尾上. 小林: 超音波光偏回器の諸特性, 音響学会講演論文集, 2-2-16, 1970.10.

1971年

1. 尾上. 高木: 電子計算機による多次元画像情報処理について, 生産研究, 23, 1, 1-18, 1971.1.
2. 尾上. 高木. 玉井: 超音波探傷用ファクシミリ, 非破壊検査, 20, 2, 100, 1971.2.
3. 尾上. 高木. 山田: 斜角探傷への探傷用ファクシミリの応用, i b i d. 20, 2, 101, 1971.2.
4. 尾上. 高木. 浜野. 増本: 渦流検査信号処理用ディスプレイ装置, i b i d. 20, 2, 107, 1971.2.
5. 尾上. 高木. 増本. 縮田: 渦流検査における傷信号及び雑音のスペクトラム解析, i b i d. 20, 2, 108, 1971.2.
6. 尾上. 高木. 縮田: 渦流検査における相関検出を用いた信号処理方式, i b i d. 20, 2, 109, 1971.2.
7. 高木. 開原: 画像情報処理, 日本電子顕微鏡学会分科会第2回研究会, 1971.3.
8. 高木. 開原. 増本: 電子計算機による白血球の分類の検討, ME学会大会, 1-3-1, 1971.4.

9. 飯坂, 渡辺, 開原, 高木, 中谷: 対話型方式による医学的画像情報処理, ME学会大会, 1-5-7, 1971.4.
10. 尾上, 高木, 増本: Convolution Technique による画質の向上, 電子通信学会全国大会, 51-6, 1971.4.
11. 尾上, 高木, 箱田: Convolution Technique の渦流検査への応用, ibid. 51-7, 1971.4.
12. 尾上, 小林: 多重ホログラムによる振動変位の測定, ibid. 190, 1971.4.
13. 尾上, 高木, 山手, 箱田: 渦流検査用データ収集解析装置, ibid. 281, 1971.4.
14. 尾上, 高木, 山田, 増本: 画像情報処理用簡易入力装置, テレビジョン学会全国大会, 10-5, 1971.6.
15. 尾上, 高木, 山手, 箱田: 渦流探傷用データ収集解析装置, 非破壊検査, 20, 8, 404-410, 1971.8.
16. 尾上, 高木, 増本: 計算機によるX線画像の処理, ibid. 20, 8, 422-423, 1971.8.
17. 高木: 細胞診-医学的画像情報処理の問題点, 日本医師会雑誌, 66, 6, 1971.9.
18. 尾上, 高木, 山田, 増本, 浅野, 玉井: グラフィックディスプレイの超音波探傷への応用, 非破壊検査, 20, 8, 434-435, 1971.10.
19. 尾上, 高木, 山田, 玉井: テープレコーダによる超音波探傷データの収集, ibid. 20, 8, 436-437, 1971.10.
20. 尾上, 高木, 箱田: 渦流検査における各種信号の解析, ibid. 20, 8, 448-449, 1971.10.
21. 高木: Image Processing 用入出力装置, 第5回IBMコンピュータサイエンスシンポジウム, 1971.10.
22. 尾上, 小林: 導波構造の超音波光偏向器, 音響学会講演論文集, 3-2-5, 1971.11.
23. 高木, 開原: 画像データ処理, 電子医学, 6, 3, 35~46, 1971.11.
24. 尾上, 高木, 開原, 増本: 白血球分類の自動化, 画像工学コンファレンス, 3-7, 1971.11.
25. 高木: 画像情報処理, 医用電子と生体工学, 4, 6, 389~396, 1971.12.
26. 高木, 開原: 画像処理の医用への応用, 電気学会雑誌, 91, 12, 2201~2206, 1971.12.
27. 尾上: 画像工学の将来, 電気学会雑誌, 19, 12, 2207~2210, 1971.12.

1972年

1. Onoe, Takagi, Masumoto and Hamano: Application of Graphic Display to Ultrasonic Testing, Proc. SPIE Seminar on Imaging Techniques for Testing and Inspection, 55-59, 1972. 2
2. Onoe, Takagi, Masumoto and Hamano: Graphic Display for Ultrasonic Nondestructive Testing, Acoustical Holography 4, 299-315, ed. by G. Wade Plenum Press, New York, 1972
3. 尾上, 高木, 増本, 浜野: 画像情報処理用簡易入出力装置, 生産研究, 24, 4, 127-135, 1972. 4
4. 尾上, 高木, 山田, 増本, 浜野, 玉井: 超音波探傷データの画像表示, 電子通信学会全国大会, S8-5, 1972. 4
5. 尾上, 高木, 大場: 計算機による周波数短期安定度測定装置. ibib, 1095, 1972-04
6. 尾上, 浜野, 大場: 差信号ITVによる交通流計測. ibib, 514, 1972. 3
7. 高木, 津田: 2次元予測を用いたフックシミリの帯域圧縮方式. ibib, 1449, 1972. 4
8. 高木, 浜野: 画像情報処理用簡易出力装置. ibib, 1772. 1972. 4
9. 尾上, 高木, 行松: ミコンピュータによる染色体の自動分類, ME学会大会. 2-1-5. 1972. 4
10. 飯坂, 開原, 高木: 対話形式の染色体の解析. ibib, 2-1-7, 1972. 4
11. 尾上: 画像工学の将来, 27, 5, 16-20, 1972. 5
12. 尾上, 高木, 山田, 増本, 浜野, 玉井: 超音波探傷用グラフィックディスプレイシステム, 電子通信学会超音波研究会資料, US72-7, 1972. 6
13. 尾上: 国際音響ホログラフィ会議報告, ibib, US72-8. 1972. 6
14. 尾上: 計算機による画像情報処理, 電気関係学会北海道支部講演会, 1972. 6
15. 尾上: 直交成分対より振幅を求める高速演算法, 生産研究 24, 7, 266-269, 1972. 7
16. Onoe: Fast Amplitude Approximation Yielding either Exact Mean or Minimum Deviation for Quadrature Pairs, Proc. IEEE 60,7, 921-922, 1972. 7
17. 尾上: 画像情報の計算機処理, 日本写真学会. サマ-セミナー, 1972. 8
18. Takagi, Tse, Amuedo and Wade: Digital Enhancement of Acoustic Image, Colloque Paul Langevin sur les Ultrasons, B8, 1972. 9
19. 尾上, 浜野, 大場: シリコンターゲット蓄積管の画像処理への応用, 画像工学研究会資料, IT72-23, 1972. 10
20. 高木, 開原: 画像情報処理への応用, 化学の領域増刊98号, 第13章, 185-195, 1972. 11

1973年

1. Onoe: Computer Processing of Ultrasonic Images, U.S.-Japan Seminar on Pattern Information Processing in Ultrasonic Imaging, 1973. 1
2. 尾上, 高木, 山田, 増本, 浜野, 玉井: 超音波探傷用グラフィック・ディスプレイシステム, 非破壊検査, 22, 1, 4~9, 1973. 1.
3. 高木: 米国における画像処理技術の動向, 画像電子学会, 72-05-3, 1973. 1.
4. 尾上, 高木, 行松: ミニコンピュータによる染色体解析の自動化について, ME学会画像処理研究会及び電子通信学会画像工学研究会, IT72-39, 1973.
5. 高木: センシング・人工の眼について, 電子通信学会東海支部講習会, 情報の計測と処理, 1973. 2.
6. 尾上, 石川: 音響ホログラムの計算処理による画質の向上, 電子通信学会全国大会86, 1973. 3.
7. 高木, 津田: Dual Mode ランレングス符号, *ibid*, 1011, 1973. 3.
8. 高木, 津田: 2次元予測を用いた帯域圧縮方式における誤り伝搬に関する一考察, *ibid*, 1026, 1973. 3.
9. 高木, 小野: 1ライン/フレーム方式によるTV画像ディジタル化装置, *ibid*, 1117, 1973. 3.
10. 高木, 津田: 2次元予測を用いたファクシミリ帯域圧縮, 電子通信学会論文誌56D, 3, 170~177, 1973. 3
11. 高木, 津田: 高能率ランレングス符号, 画像電子学会全国大会, 1973. 4.
12. 尾上, 石川: 計算機による音響ホログラムの画質向上, 日本音響学会講演論文集2~5~20, 1973. 5.
13. 尾上, 石川: 合成開口側視ソナー信号の計算機再生, *ibid*, 2~5~22, 1973. 5
14. 尾上, 高木, 行松: ミニコンを使った染色体の解析システム, ME学会大会C-30, 1973. 5
15. 尾上: 超音波医学情報の3次元処理, 日本超音波医学会講演論文集231~232, 1973. 5
16. 尾上, 高木, 小野: ITVを用いた画像入力装置, 電子通信学会画像工学研究会資料IT73-12, 1973. 6
17. 高木, 津田: 信号変換によるファクシミリ帯域圧縮, テレビジョン学会全国大会2~6, 1973. 6
18. 高木, 津田: 2次元予測反転方式によるファクシミリ帯域圧縮, *ibid*, 2~7, 1973. 6
19. 高木, 小野: ITVを用いた画像情報処理用入力装置, *ibid*, 11~2, 1973. 6
20. 高木, 津田: 高能率多モードランレングス符号, 電子通信学会通信方式研究会・画像工学研究会資料, CS73-38, IE73-18, 1973. 7

21. Takagi, Tse, Heidbeder, Lee and Wade: Computer Enhancement of Acoustic Images, Acoustical Holography, 5, 541-550, Plenum Press, 19, 1973. 7
22. Onoe, Hamano and Ohba: Computer Analysis of Traffic Flow Observed by Subtractive Television, U.S.-Japan Seminar on Picture & Scene Analysis, 1973. 7 and Computer Graphics and Image Processing, 2, 3/4, 377-392, 1973. 12
23. Onoe, Takagi and Yukimatsu: Chromosom Analysis by Minicomputer, U.S.-Japan Seminar on Picture & Scene Analysis, 1973. 7 and Computer Graphics and Image Processing, 2, 3/4, 402-416, 1973. 12
24. 高木, 横井: 転置行列を高速に得る方法について, 電子通信学会電子計算機研究会資料EC73-26, 1973. 9
25. 高木, 横井: 溶接部X線像のデジタル処理, 非破壊検査, 22, 9, 560~561, 1973. 9
26. 尾上: 非破壊検査の新しい動向, 高圧カ技術協会・日米合同シンポジウム, 1-14, 1973. 9
27. 高木: 表面欠陥の非破壊検査, *ibid*, 1973, 9
28. 高木: 画像情報処理のパターン計測への応用, 計装・制御技術会議, 1973. 10
29. 高木, 津田: 信号変換によるファクシミリ帯域圧縮, 電気関係学会関西支部連合大会, 58~5及び電子通信学会画像工学研究会資料IE73-25, 1973. 10
30. 尾上: アーッ衛星とデジタル画像処理, 画像技術11, 1, 1~12, 1973. 11
31. 尾上, 石川: 長波長ホログラムの計算機再生, 画像工学コンファレンス, 3-1, 1973. 11
32. 高木: 画像の計算機処理I, 電気学会雑誌, 93, 973~977, 1973. 11
33. 高木: 画像情報処理, 日本学術振興会応用磁気第137委員会第30回研究会資料, 1973. 11
- 1974年
1. 高木, 横井: 溶接部X線像における溶接線の抽出とその表示, 非破壊検査, 23, 2, 1974. 2.
2. 尾上, 岩下: ミニコンを用いた画像の順次処理, 電気学会全国大会, 1148, 1974. 3.
3. 尾上, 柴田: 紙テープを利用した文字および画像の表示, *ibid*, 1149, 1974. 3.
4. 高木, 津田: 分布予測を用いたランレンプス符号, *ibid*, 1974. 3.
5. 高木, 横井: ブロック転置方式による行列の転置, *ibid*, 1974. 3.
6. 尾上, 高木, 高橋: ITVを用いたオンライン顕微鏡システム, *ibid*, 1150, 1974. 3.
7. 高木, 糸野, 富田: ブラッグ映像法による超音波画像の計算機処理, *ibid*, 1974. 3.

8. 尾上・高木・高橋：白血球のパターン認識， ME学会大会， 1-C-63， 1974.4.
9. 高木：資源衛星のコンピュータ画像処理， テレビジョン学会雑誌， 28， 4， 279~284， 1974.4.
10. 尾上・岩下：ミニコンを用いた気象衛星画像の雲移動の追跡， 画像電子学会全国大会， 11， 1974.5.
11. 高木・津田：信号変換の2ライン符号化方式への拡張， ibid， 19， 1974.5.
12. 高木・津田：アダプティブ・ランレングス符号の一形式， ibid， 20， 1974.5.
13. 尾上：大規模2次元FFTの高速演算法， テレビジョン学会全国大会， 11-1， 1974.6.
14. 尾上・前田：残差検定法による気象衛星画像の雲追跡， ibid， 11-7， 1974.6.
15. 尾上：交通流計測への画像処理の応用， 映像情報， 8-11， 1974.6.
16. 高木・津田・農沢：2次元予測における予測点数と予測誤りの検討， テレビジョン学会全国大会， 11-2， 1974.6.
17. 高木・横井：X線透過写真を用いた溶接欠陥の画像処理， ibid， 11-3， 1974.6.
18. 高木・富田・横井：濃淡画像簡易表示方式， ibid， 11-5， 1974.6.
19. 高木・津田：信号変換の2ライン符号化方式への拡張， ibid， 11-6， 1974.6.
20. 高木・横井：大規模実数値行列に対する2次元フーリエ変換のデータ構造， 電子通信学会電子計算機研究会資料， EC74-3， 1974.6.
21. 高木・津田：2ライン符号化信号変換を適用したフックシミリの帯域圧縮， 電子通信学会通信方式研究会資料， CS74-55 及び画像工学会資料， IE74-31， 1974.6.
22. 高木：8， ディスプレイの応用， 最近のディスプレイ装置， 217~229 テレビジョン学会編， 日本放送出版協会， 1974.6.
23. 尾上・岩下：ミニコンを用いた画像の順次処理， 電子通信学会画像工学会資料， IE74-36， 1974.7.
24. 尾上・大場：ITV信号のデジタル処理による交通流計測， 電子通信学会全国大会， 1301， 1974.7.
25. 尾上・柴田：紙テープを利用した計算プログラム， 電子通信学会全国大会， 1122， 1974.7.
26. 高木・富田：画像情報処理用簡易表示装置， ibid， 1300， 1974.7.
27. 高木・横井：大規模実数値行列に対する2次元フーリエ変換のデータ構造——空間フィルタ処理の高能率化， ibid， 1299， 1974.7.
28. 高木・津田：信号変換パターンへの拡張による画質の向上， ibid，

- 1334, 1974.7.
29. 高木・高田・横井：濃淡画像の簡易出力方式，電子通信学会画像工学研究会資料，IE74-41，テレビジョン学会画像表示研究会資料，8-6，1974.7.
 30. Takagi, Kilpela, Laidet, Sax and Shapiro: Status of Planning of Future Earth Resources Survey Satellite, 25th International Aeronautical Congress 74-142, Application Satellite II, Satallite applications working group report, 1974. 10
 31. 高木：リモートセンシングにおけるディジタル画像処理，日米合同セミナーリモートセンシングの原理と応用，1974.10.
 32. 尾上・柴田：System 64-(64X64)画像処理用対話型システム，電気関係学会関西支部連合大会，S6-9，及び電子通信学会画像工学研究会資料，IE74-36，1974.1/.
 33. 高木・横井：ミニコンのための二次元フーリエ変換の算法，ibid，S6-6，及び電子通信学会パターン認識と学習研究会資料，PRL 74-31，1974.11.
 34. 高木・高橋：白血球の分類に関する基礎的研究，ibid，S6-15，及び電子通信学会画像工学研究会資料，IE74-66，1974.11.
 35. 高木：ディジタル画像処理，画像工学コンファレンス，17-20，1974.11.
 36. 高木・宇都宮・関原：医用画像伝送，電子通信学会誌，57，1/1，1364~1370，1974.11.
 37. 高木・横井：溶接部X線像の画像処理，テレビジョン学会テレビジョン技術応用研究会資料，17-3，1974.11.
 38. 高木・長谷川，竹下・和久井：画像科学と画像エレクトロニクス，テレビジョン学会雑誌，28，12，1017~1026，1974.12.
 39. Onoe: Computer Processing of Ultrasonic Images, Ultrasonic Imaging and Holography, Medical, Sonar and Optical Applications, 455-502, Plenum Press, N.Y. 1974, ed. Stroke, Koke, Kikuchi and Tsujiuchi

1975年

1. Onoe: A Method For Computing Large-Scale Two-Dimensional Transform without Transposing Data matrix, Proc. IEEE 63, 1,196-197, 1975.1
2. 高木・津田：ファクシミリ伝送用ランレングスの高能率化，電子通信学会論文誌A，58-A，2，113-120，1975.2.
3. 尾上：2次元DFTの無転置演算法，ibid. S5-12，1975.3.
4. 尾上・岩下：マルチスペクトル画像処理用プログラム・パッケージ，ibid. 962，1975.3.
5. 尾上・斎藤：残差検定法による画像重ね合わせにおけるしきい値の自動決定，ibid. 977. 1975.3.

6. 尾上、高木、原島、開原、溝口、川村、沢村、美馬：高精度オンライン顕微鏡の研究開発，医療技術研究開発財団，1975.3.
7. 高木：リモートセンシング画像のデジタル処理(その1)，(ハードウェア)，テレビジョン学会雑誌，29.3.1978-183.1975.3.
8. 高木：画像処理技術と設備診断，計測自動制御学会「設備診断と計測シンポジウム」資料，19-27.1975.3.
9. 高木：画像技術年報，研究開発.1.5.画像処理，画像電子学会誌.3.3.124-128.1975.3.
10. 高木：リモートセンシング画像のデジタル処理用ハードウェア画像電子学会研究会，74-06-5.1975.3.
11. 高木、横井：小規模システムによる大規模画像行列の空間周波数フィルタリング，電子通信学会全国大会，1975.3.
12. 高木、津田：3ライン信号変換を用いたファクシミリ帯域圧縮方式. *ibid.* 1007.1975.3.
13. 高木、田村：気象衛星画像簡易入力装置，*ibid.* 1050.1975.3.
14. 尾上：大規模画像データの無転置2次元変換法，画像工学研究会資料. IE75-3.1975.4.
15. 尾上：医用画像処理，ME学会専門別研究会報告会，1975.4.
16. 尾上、高木、沢村、後町：高精度オンライン顕微鏡の開発と顕微鏡系の制御について，ME学会大会，2-F-29.1975.4.
17. 尾上、高木：高精度オンライン顕微鏡のビデオ信号の処理について. *ibid.* 2-F-30.1975.4.
18. 高木、津田：遷移変換予測によるファクシミリ信号の帯域圧縮，電子通信学会画像工学研究会，IE75-7.1975.5.
19. 高木、津田：画質を重視した3ライン変換ファクシミリ帯域圧縮. *ibid.* IE75-8.1975.5.
20. 高木、津田、工藤、田代：2次元予測による漢字パターンデータの圧縮. *ibid.* 8.1975.5.
21. 高木、津田：遷移信号変換・予測を用いたファクシミリ帯域圧縮. *ibid.* 18.1975.5.
22. 高木、津田：画質を重視した3ライン信号変換によるファクシミリ帯域圧縮. *ibid.* 19.1975.5.
23. 高木、竹内：静止気象衛星画像の閾値処理と雲の解析. *ibid.* 26.1975.5.
24. 高木：医用とリモートセンシングへの応用，画像処理講習会第7章. 電気学会東京支部.1975.5.
25. 尾上、柴田：紙テープを利用した文字および画像の表示，電気通信学会画像工学研究会，IE75-11.1975.6.
26. 尾上：テレビ電波ゴーストの複素振幅測定法，テレビジョン学会全国大会.11-5.1975.7.
27. 尾上、稲本：テレビ電波ゴーストのビデオ波形に及ぼす影響. *ibid.*

- d, 11-6, 1975. 7.
28. 尾上, 岩下: 一次元投影からの二次元像再生, *ibid*, 15-1
1975. 7.
29. 尾上, 大場: 交通流画像のデジタル処理, *ibid*, 15-9.
1975. 7.
30. 尾上, 高木, 美馬, 沢村, 後町: 高精度オンライン顕微鏡, *ibid*
17-2, 1975. 7.
31. 尾上, 高木, 田代: 高精度オンライン顕微鏡における対象物検出方式,
ibid, 17-3, 1975. 7.
32. 高木, 津田: ファクシミリ帯域圧縮における信号変換点数と圧縮率,
ibid, 20-11, 1975. 7.
33. 高木, 津田, 工藤, 田代: 漢字パターンデータの圧縮, *ibid*,
20-13, 1975. 7.
34. 尾上, 高木, 山田, 富田, 恩田: 簡易画像入力装置用コントローラ,
ibid, 15-10, 1975. 7.
35. 高木, 田村: 気象衛星画像簡易入力装置とその応用, *ibid*, 1
5-11, 1975. 7.
36. 高木, 竹内: 気象衛星画像における雲・陸・海, 識別, *ibid*,
15-12, 1975. 7.
37. 高木: デジタル画像処理-デジタル画像処理システム-(I), (II),
テレビジョン学会雑誌, 29, 7, 575-585,
1975. 7. および 29, 9, 735-746, 19
75. 9.
38. Onoe: A Fast Algorithm for Two-dimensional Transform and Its Application to Digital
Image Processing, Proc. 2nd U.S.-Japan Computer Conference, No.5-1, 1975. 8
39. 尾上, 稲本: テレビ電波ゴーストの複素振幅測定法, テレビジョン学
会無線技術研究会資料, RE75-34, 1975. 10.
40. 高木: 顕微鏡画像への応用, テレビ技術を応じた画像処理と画像計測
電気四学会連合大会, 124, 1975. 10.
41. 尾上, 高木, 沢村, 美馬: 高精度オンライン顕微鏡, *メディアックス*,
1, 2, 37-42, 1975. 10.
42. Onoe and Takagi: An Automated Microscope for Digital Image Processing, U.S.-Japan
Seminar on Digital Processing of Biomedical Images, 1975. 10
43. Onoe, Takagi and Tashiro: An Automated Microscope for Digital Image Processing
Part II Software, U.S.-Japan Seminar on Digital Processing of Biomedical Images,
1975. 10
44. 尾上, 岩下: 高効率サンプリングによる立体像再生, 電気関係学会関
西支部連大, S4-17, 1975. 11.
45. 尾上, 岩下: 高効率サンプリングによる立体像再生, 電子通信学会画
像工学研究会資料, IE75-82, 1975. 11.
46. 高木, 田村: 気象衛星(NASA)画像の処理と表示, 電気関係学会関西
支部連合大会, S4-10, 電気通信学会画像工学研究会資料,
IE-75, 1975. 11.
47. 尾上, 高木, 田代: オンライン顕微鏡のための画像処理用対話型ソフトウェア

- 、 ibid, S4-11, ibid, IE-76, 1975.11.
48. 尾上、稲本：電波雑音を利用したプログラムの簡易動作解析，情報処理学会大会，24，1975.11.
49. 尾上、岩下：正三角形サンプリングによる投影からの立体像再生，画像工学コンファレンス，3-4，1975.11.
50. 高木、津田：2次元予測と信号変換を用いたファクシミリ帯域圧縮方式の検討，ibid, 1-1, 1975.11.



図4 紙テープを利用したディスプレイ

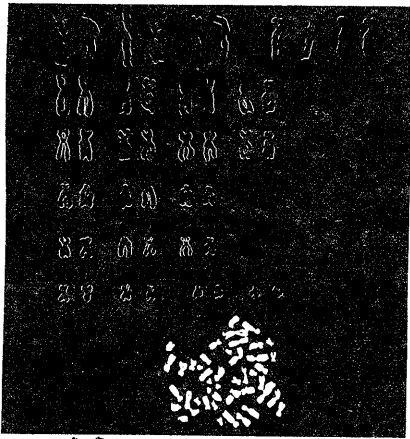


図6 染色体のカリョタイプ

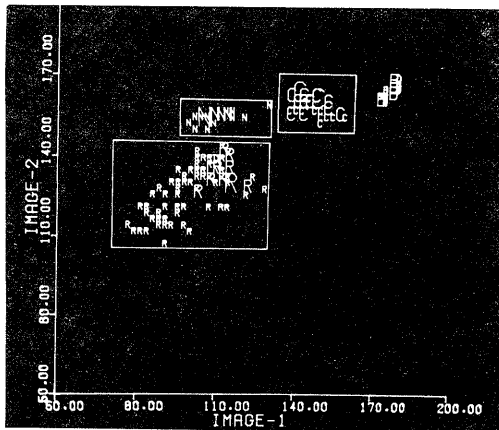


図7 白血球の自動分類

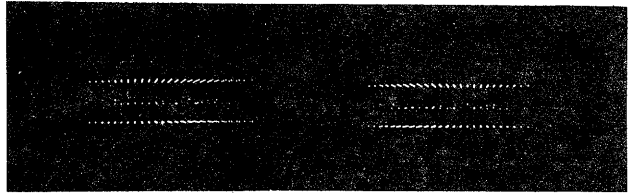
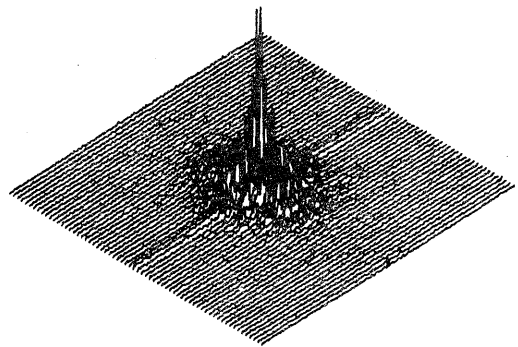


図5 超音波探傷ステレオディスプレイ (各接欠陥)



OMICRON

図8 顕微鏡画像のフーリエ変換 (256x256の無転置高速演算法10FJ)

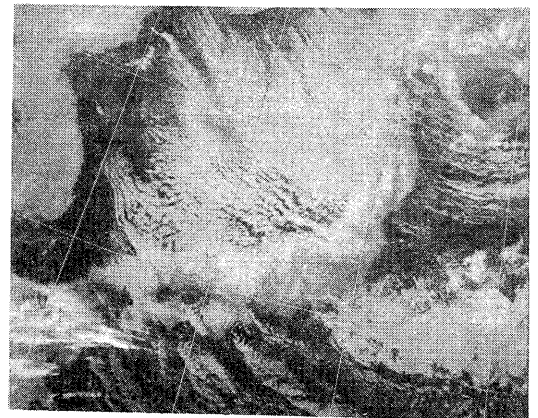


図9 NOAA衛星による日本の雲