画像処理・画像表示機器*

辰 巳 允 邦**

Various Equipments Used for Computer Graphics and Image Processing

Nobukuni TATSUMI

1. はじめに

近年、ミニコンクラスのコンピュータのコストパフォーマンスの飛躍的向上と、ICメモリやその他の高機能半導体の低価格化に伴って、当初には学術研究や医療などの限られた分野で使われていたデジタル画像処理、画像表示技術の適用領域が急速に拡大し、工業デザイン、美術印刷製版、西陣織紋紙作成、コンピュータグラフィックスによるアニメーション映画制作などなど、さまざまな産業活動の中に広く深く浸透しつつあり、目的別にさまざまなハードウェアとソフトウェアが開発され、今後ますますその発展が期待されている。

本文では、コンピュータを利用した流れの可視化というきわめて広い技術領域を包含するテーマの中で、可視化の対象である物理量について、コンピュータシミュレーションによってデータ化されたものを表示するための画像表示機器¹⁾と、光干渉計や赤外線カメラなどによって可視光の明暗情報に変換されているもの、あるいはトレース法やタフト法等で特定の画像に変換されているものに対して二次的にデジタル画像処理を行い、流れの定量的な解析に利用し得る機器について以下に概説する。なお、コンピュータは周知のとおり、流れの可視化のための強力なツールであるが、コンピュータそのものに関する議論はやや趣

を異にするとと思われるので、画像処理・画像表示機器とのインターフェースについてのみ記述している。

2. 画像表示装置と画像処理装置の概要

2.1 装置の基本構成

(1) 画像表示装置¹⁾

画像表示装置はテレビジョン信号をA/D変換(Analog to Digital Conversion)して得られた画像データや、コンピュータシミュレーションによって得られたデータを見易い形式に変換するポストプロセッサで処理し¹⁰⁾、得られた画像データなどをイメージメモリに格納し、その内容をビデオレート(通常12~75メガサンプル/秒)で読出しCRTに垂れ流しで表示する装置で、その基本構成は図1の(a)のようになっている。

イメージメモリは一般的に半導体のDRAM(Dynamic Random Access Memory)が用いられ、特に高速のアクセスが要求される場合にはSRAM(Static RAM)が用いられている。メモリの構成は、カラーCRTが赤(R)、緑(G)、青(B)の三原色表示をする造りとなっているため、R,G,B対応にそれぞれ1フレーム分以上の画像データを蓄積するようになっているが、カラー印刷関連では黄(Y)、マゼンタ(M)、シアン(C)およびモノクロ(輝度:K)の4種のデータに分けることが多く、テレビジョン信号の処理では、輝度(Y)、クロマ1(R-Y)、クロマ2(B-Y)の3成分に分ける場合もある。

*原稿受付 昭和63年1月14日

**株式会社グラフィカ

(a) 画像表示装置の基本構成

(b) 画像処理装置の基本構成

FFT : Fast Fourier Transformation
 ALU : Arithmetic Logic Unit
 CRT : Cathode Ray Tube

図1 画像表示装置および画像処理装置の基本構成

外部機器はイメージメモリに対して画像データを入出力する機器で、コンピュータ、磁気ディスクや光ディスク等で構成される画像データファイル、A/D変換器、写真や図表を読取るためのドラムスキャナーなど多種多様なものがある。

デジタルインターフェースは、イメージメモリと各種の外部機器との間の物理的、電気的および論理的接続仕様の整合をとるための回路で、デジタル信号の伝達を行うほか、外部機器に対する通信プロトコルのサポートも行う。

CRTはTV受像機でお馴染みのカラーブラウン管で、管面の縦横比は3:4、表示解像度は高い方で1走査線当たりの絵素数が1024~1280、走査線数が有効画面分で1024本程度のものが一般的であるが、HDTV³⁾(High Definition TV)用のものは、縦横比が9:16、表示解像度は1800絵素×1050本程度である。さらに高解像度のものとしては、縦横比が3:4で、解像度が2700絵素×2000本のものがある⁵⁾。

LUT (Look Up Table) はイメージメモリから読出された画像データの値をビデオレートで別の値に変換する回路で、画像データの特定レベルの強調、画像のトーンの変更、モノクロ画像の擬似カラー化などの簡易な画像処理を行うことができる。

グラフィックエンジンは、画像表示機能とは直接的な関係は無いが、外部機器から与えられた三次元モデルのポリゴンデータに関して、奥行の計算や隠面処理などを高速で行い、二次元画像を生成するものである。

システムコントローラおよびマンマシンインターフェースは外部機器を含むシステム全体を効率良く制御し、表示画面に対する座標値入力などの操作をサポートするために設けられている。

(2) 画像処理装置^{2), 4)}

画像処理装置は、処理すべき画像データを蓄積表示するためのイメージメモリと、パイプラインプロセッサ、フィードバックALU、およびアフ

インプロセッサやFFTなどの演算ユニット類等の画像データ処理専用ハードウェア（またはファームウェア）を備えた装置で、外部からの動作指示に従って所定の画像処理を行う装置である。その基本構成は図1(b)のようになっており、構成要素のうちの、デジタルデータインターフェース、イメージメモリ、CRTおよび外部機器については、前項で述べた内容と基本的には同じであるが、イメージメモリの取扱い方が表示装置とは異なっている。画像処理装置では、1画面分のモノクロ画像データを蓄積するイメージメモリ（チャネルと呼ぶ）を複数チャネル実装し、ソースデータの蓄積、画像処理結果の一時的格納、複数の画像データの比較表示など、画像処理に伴うオペレーションが容易に行える構成をとっている。各チャネルに対する原色(R,G,B)の割当は任意に行えるので、例えば異なる条件で撮影された同一被写体の画像データをフォールスカラー表示することにより画像の特徴を強調するなどの処理が簡単に行える。

パイプラインプロセッサは、ハードウェアによってテーブルルックアップ型式でイメージメモリから読出した画像データに任意関数の演算を施す回路で、固定の遅延時間を伴ってリアルタイム（ビデオレート）で演算処理を行う。この系統にはその他に、画像データの濃度別にその値を持つ絵素の数をカウントするビデオメータや画像データの最大値と最小値を検出するミニマックス回路、およびスクロール、スプリット表示、ローミング表示などを行う回路が含まれる。

フィードバックALUは、二つの画像データについて算術または論理演算を行って、得られた結果をイメージメモリに再格納する回路で、再格納先は実装されているイメージメモリの中から任意に選べる。

変換処理ユニットは、アフィン変換や高速フーリエ変換など特定の処理のみを行う専用ハードウェアプロセッサである。処理時間は変換処理ユニットを設計する時点で入手可能な演算デバイスの性能に依存するが、 $512 \times 512 \times 8$ ビットの画像に対してアフィン変換を行った場合0.3～1.2秒で処理できるユニットがある。ごく最近、1命令サイ

クルが15nsの画像処理用LSIが発売され、これによると 3×3 のラプラシアンオペレータを使ったエッジ検出が $256 \times 256 \times 8$ ビットの画像に関して8.5msで実行される。今後、ますますデジタルシグナルプロセッサの高速化と多機能化が進み、それにつれて、変換処理ユニットの高性能化が推進されるものと考えられる。

3. 画像処理関連機器

画像処理システムにおいては、高性能の処理機能を実現することがその中核となることはいうまでもないが、処理対象画像を処理中核に注入する画像入力装置、処理結果を出力するハードコピー装置やVTRに記録するためのスキャンコンバータ、あるいはオペレータが画面上のアドレスを簡単な操作で指定するためのタブレットディジタイザなど多種多様な機器が使用されている。

(1) 画像入力装置

画像入力装置には、表1に示すように、ドラムスキャナ、TVカメラその他さまざまな装置があり、特にTVカメラは、目的によっては解像度に問題があるものの、その取扱い易さと手ごろな価格とによって各方面で重用されている。最近TV放送の高精細化の動きも活発になってきており³⁾、EDTVカメラ（走査線数：525本/フレーム、フレーム周波数：60Hz、走査方式：ノンインターレース）およびHDTVカメラ（1125本、30Hz、2：1インターレース）の入手が可能となっている。なお、TVカメラによって運動している物体等を撮像する場合は、TVカメラの撮像方式が線順次走査方式となっているため、電子シャッタを併用していない限り、フォーカルプレーンシャッタ効果による画像歪みが生ずるので注意を要する。ちなみに、現行のTV放送標準方式では、撮像面上での走査速度が主走査方向で約800km/時、副走査方向で約1000m/時程度である。

(2) 画像出力装置

画像出力装置には大別して次の5種類のものがある。これらの装置例を表2と表3に示す。

- ① 画像データの保存……………デジタル光ディスク、デジタル磁気ディスク、MTなど。
- ② ビデオ信号の記録……………VTR、アナログ

表1 画像入力装置例

装 置	型 式	仕 様
ドラムスキャナ	G-223-C	読みとり資料サイズ 430×340(mm)、ピッチ 6段階切り替え(25、50、100…)
	G-224-A	読みとり資料サイズ1200×900(mm)、色判定コンピュータ内蔵
	G-225-C	読みとり資料サイズ 550×500(mm)、ピッチ 6段階切り替え(25、50、100…)
	G-226-A	読みとり資料サイズ1200×900(mm)、ピッチ 5段階切り替え(50、100、200…)
TVカメラ	IF-8500	ビジコン/サチコン水平解像度 800本 SN比 40dB
	CTC-2600	ビジコン/サチコン水平解像度 800本 SN比 50dB
	BY-110	1/2インチ サチコン 水平解像度 600本 SN比 54dB
	KY-210	2/3インチ サチコン 水平解像度 650本 SN比 57dB
	KY-M280	1/2インチ SMサチコン 水平解像度 650本 SN比 55dB
	KY-320	2/3インチ プランビコン 水平解像度 600本 SN比 57dB
	DXC-M3	2/3インチ サチコン 水平解像度 750本 SN比 57dB
	FP-Z31A	2/3インチ プランビコン 水平解像度 650本 SN比 56dB
スーパースキャナ	PIC-2350	高精度デジタルカメラ 2000dot×3000dot
カラーズキャナ	JX-450	A 3 サイズ 12dot/mm
電子マイクロスキャナ	FMIC 6000	16mm、35mm マイクロフィルムリーダー
TVデジタイザ	IF-224-2H	モノクローム取り込み (1/30sec)
	IF-224-3H	カラー取り込み (1/30sec)
	IF-968-3H	HDTV用A/D変換器
	IF-978-3H	EDTV用A/D変換器
イメージファイバー	IMF-G	30,000～40,000本
サーモカメラ	SMC-G	温度分解能、0.05℃以下 液体窒素冷却形
光学顕微鏡	CK-G	50倍、100倍、500倍、1000倍
VTR		画像出力表示覧参照
タイムベースコレクタ	VW-2	VTR入力時のタイムベースコレクション
デコーダ	CD-902A	NTSC複合カラーTV信号を、RGB信号に復調
シンクジェネレータ	M-8185	NTSC方式カラー同期信号発生器
HDTV・EDTVフレームメモリ	FMU-1	HDTV用・EDTV用フレームメモリ

光ディスクなど。

- ③ ビデオ信号の方式変換………スキャンコンバータ、NTSC エンコードなど。
- ④ ハードコピーの作成^{6),7)}………フィルムレコーダ、インクジェットプリンタなど。
- ⑤ ソフトコピー表示………ビデオモニタ、カラービデオプロジェクタなど。

(3) A/D 変換器

画像処理システムにおいては、A/D 変換は一般に 8 ビット/サンプルで行われ、医療用画像などの特殊な例では 12～16 ビット/サンプルで行う場合がある。ビデオ信号の A/D 変換にはおよそ次のようなサンプリング速度が用いられる。

- ① NTSC 12～14 Mサンプル/秒
- ② EDTV 24～28 "
- ③ HDTV 70～80 "

(4) 大規模画像メモリ

動画像の解析を行うためには大規模な画像メモ

リが必要となり、さらに処理の効率を良くするためには高速ランダムアクセスができることも要求される。

① 画像表示装置 (Mシリーズ)⁸⁾

標準装置では、表示分解能が 1024×1024 の場合、R、G、B 対応に 2048×2048 絵素分のイメージメモリを搭載しているが、大容量化が必要な場合、4096×4096絵素または8192×8192絵素分のイメージメモリを 6 チャンネルまで実装することができる。これにより、256×256 絵素の画像ならば 1024 フレーム記録することができる。これを 30 フレーム/秒 の速度でシネループ機能により再生した場合 34 秒間の動画を画像表示装置のみで繰返し見ることができる。

② 集団磁気ディスク装置

同期運転機能を持った磁気ディスク装置を複数台連動させることにより、ビデオレートでのリアルタイム I/O を行うことができる。幣社で開発中

表2 画像出力装置例

装 置 名	型 式	仕 様	装 置 名	型 式	仕 様
スキャンコンバータ	M-3754	RS-170出力、RGB SYNC BNC	ビデオモニタ	VICTOR VM-300F	20インチカラービデオモニタ
NTSCエンコーダ	ENC-3754	RS-170、NTSCカラー変調		VICTOR VM-X150	15インチカラービデオモニタ
HDTV D/Aコンバータ	HD-3677	74～100MHz D/Aコンバータ		SONY HDM-1820	18インチ HDTV モニタ
HDTV・EDTV フレームメモリ	FMU-1	HDTV・EDTV用フレームメモリ		VICTOR HV-M200	20インチ HDTV モニタ
VTR	SONY BVH-2500	1 INCH TYPE VIDEO RECORDER	フィルムレコーダ	CIR-300	フィルムタイプ(35mm、ボラロイド、フジフトラマその他) I-5000/10000用フィルムレコーダ
	SONY BVU-950	U TYPE VIDEO RECORDER		M-3000	フィルムタイプ(35mm、ボラロイド、16mm、7mm、7mm、7mm) フレームメモリ内蔵、ホストコンピュータとの直接接続可能
	SONY BVU-870				
	VICTOR CR-850		フルカラープリンター	PICTOGRAPHY 1000	A 4 版、専用シート、OHP、1677万色
	VICTOR CR-8250L			10-0720	A 4 版/約 4 分 7 色
	VICTOR BR-6200		VHS TYPE VIDEO RECORDER	インクジェットプリンタ	CJ-5700
	VICTOR BR-8600	HJP-1610			A 1 版/約16.5分 260,000色
VICTOR BR-7000		4410	A 4 版/約120秒 4096色		
ビデオディスクレコーダ	VICTOR VM-1000	モノクロ1200フィールド/600フレーム	レーザープロッタ	G-321-A	10ミクロン 750×600mm
光動画ディスクファイル	National TQ-2300F	記録/再生 24000コマ13分20秒	カラーハードコピー	CH-5312	A3版/約2分 8色(最高4912色:OP)
	National TQ-2400F	再生専用	フォトプロッタ	QCR	4096×4096 R.G.B 8 bit
カラービデオ	VICTOR VX-4001	据置型 40インチ	ハードコピーカメラ	DUNN638	フィルムタイプ(35mm、ボラロイド、8"×10"、他)
プロジェクター	VICTOR VX-1003	天井吊り下げ型 100インチスクリーン			

表3 外部記憶装置

装置名	型 式	仕 様
光ディスク	DF-0460	2.6 GB 300 mm
	WM-5050	800 MB 5.25インチ
	WDD-3000	3.2 GB 300 mm
	H-8975-1	2.6 GB 300 mm
フロッピーディスク	FDD-9	1 MB 8インチ
6250 BPiMT	MT-6142	1600/6250 BPi
大容量画像 ディスクファイル	DK-450-G	470 MB 固定磁気ディスク

表4 座標入力装置

装置名	型 式	仕 様
タブレットデジタイザ	HD-1111-G	有効読取範囲 280×280(mm) 分解能 0.025(mm)
	HD-1515-G	381×381 0.025(mm)
	HD-2222-G	560×560 0.025(mm)
	HD-3040-G	762×1020 0.025(mm)
	HD-3648-G	915×1220 0.025(mm)
	HD-3648BL-G	915×1220 0.025(mm) (バックライト)
	HD-4460-G	1120×1530 0.025(mm)
トラックボール	TB-202	115(H)×136(W)×136(W)
	TB-203	121(H)×160(W)×207(W) ファンクションキー(8キー) 付

の例では、1スピンドル当たり470MBの容量を持った磁気ディスク装置を用いており、16台連動すると総容量は7GB、I/O速度は74MB/秒となる見込である。

(5) 座標入力装置

表示画面に対する座標入力や処理領域の設定、スクロール操作などを行うために、タブレットデジタイザやトラックボールが使われる。これら

の概略仕様を表4に示す。

(6) アニメーションシステム

条件やパラメータを変えながらコンピュータシミュレーションを行い、1画面が完成するたびに、自動的に駒撮りを行いアニメ映画を作成するという要求が多い。その方法には次の四つのタイプがある。

① 駒撮り専用VTR(ソニー製BVH2500)

図2 CGレコーディングシステムの構成

- ② 駒撮り専用フィルムレコーダ (ダイコメット社)
- ③ フィルムレコーダと16mm シネカメラとの組合せ (日本アビオニクス㈱) CIR 300, 16 mm カメラバック付)
- ④ 業務用ビデオカセットレコーダの編集機能の利用 (ソニー㈱) BVU-950 またはビクター㈱ CGレコーディングシステム)

図2にCGレコーディングシステムの駒撮りの

原理とシステム構成を示す。このシステムは、巻もどしとプリスタートを繰返すため、1コマの記録に約30秒必要とする。

4. 画像表示・処理システムの構成例^{a), 9)}

画像表示・処理システムには、以上に述べた装置・機器の組合せでさまざまなバリエーションが考えられるが、一例としてグラフィカのM-シリーズを使用して構築した画像表示システムを図3

図3 画像表示処理システムの構成例

に、また、I-シリーズを使用して構築した画像処理システムを図4に示す。

画像表示・処理装置とホストコンピュータとの接続は、画像データが大量であるため(1024×1024×8ビットのフルカラー画面で約3MB)、高速パラレルインターフェースによりDMA(Direct Memory Access)モードにより行われるほか、キャラクタディスプレイの接続や機器の制御データの転送には低速のシリアルインターフェース(RS-232C, RS-422等)が用いられる。コンピュータメーカーは、各社独自のパラレルインターフェース(表5参照)をユーザ機器の接続用に提供しているほか、業界で標準的に使われているGPIB(General Purpose Interface Board; IEEE 488と同等)、SCSI(Small Computer System Interface)などもあわせてサポートしているものもあり、さらにOEM(Original Equipment Manufacturing)として提供される場合にはコンピュータの内部バス(VME BUSなど)も公

開されるケースもある。

6. おわりに

以上に、画像表示・処理に使用されるハードウェアについてその概要を述べた。画像処理システムでは、FFTやアフィン変換などの画像処理機能を持った画像表示・処理装置と、アプリケーションソフトウェアを含むコンピュータシステムとが一般的には密に結合される。ある機能を実現するときのそれぞれの機能分担は、選定した表示・処理装置の機能が支配的となり、その装置が備えている機能群から必要なものをピックアップして組合せることと、その装置が備えていない機能の実現は当然ソフトウェア処理となる。したがって、画像表示・処理システムの構築に当たっては、ホストコンピュータと必要なハードウェアを調達した上で、目的とする処理機能と性能を実現し、使い勝手を良くするために相応のソフトウェア作成と専門的サポートが必要であり、ユーザー

図4 画像処理システムの構成例

表5 コンピュータインターフェース

CPUメーカー名	CPU名称	I/F名称	グラフィカ側I/F	CPUメーカー名	CPU名称	I/F名称	グラフィカ側I/F
DEC	VAXII/PDP11	GR11W	IF-GR11W-G	PRIME	2350	DR11W	IF-DR11W-G
		DR11W	IF-DR11W-G		308X SERIES	370 I/O	IF-BMC-G
	μVAXII	DRV11W	IF-DRV11W-G		438X SERIES	CCU	
YHP	HP-1000	12566C	IF-12566C-G	NEC	MS-SERIES	GDC	IF-GDC-G
		HPIB	IF-HPIB-G		EWS-4800	GPIB	IF-GPIB-G
	HP-9000	VME	IF-VME-G	FACOM	M-SERIES	BMC	IF-BMC-G
		GPIB	IF-GPIB-G		S-3000	BMC	IF-BMC-G
MITSUBISHI	MX/2000 SERIES	HDC	IF-HDC-G	PANA FACOM	SERIES	DIOC	IF-DIOC-G
	MX/3000 SERIES	HDC	IF-HDC-G		U-SERIES	DIOC	IF-DIOC-G
	70/50	HD1	IF-HD1-G			ICU	IF-ICU-G
	COSMO	CCBUS	IF-CCBUS-G		A-SERIES	GPIB	IF-GPIB-G
HITACHI	M-SERIES	BLMPX	IF-BMC-G	TOSHIBA	DS600	BDA/CDA	IF-BDA/CDA-G
	V90 SERIES	FCP	IF-FCP-G		7/40 7/70	SLC	IF-SLC-G
	E600/800	DMA	IF-DMA-G	U STATION	E/20.30	DR11W	IF-DR11W-G
	ES-330	DR11W	IF-DR11W-G	HARRIS	H500/800	UBC	IF-UBC-G
OKI	SYSTEM 50	MPX	IF-MPX-G	SUN	SUN 3	DR11W	IF-DR11W-G
PERKIN-ELMER	3200 SERIES	U.L. I/F	IF-LOGIC-G			VME	IF-VME-G
DATA	S-120,140	GPI	IF-GPI-G	Apollo	DOMAIN	DR11W	IF-DR11W-G
GENERAL	MV-SERIES			UNIVAC	700 SERIES	DR11W	IF-DR11W-G

のニーズとメーカーのシーズとの綿密な整合を取らなければならない。

参 考 文 献

- 1) 町田他：コンピュータイメージング，昭和59年11月，コロナ社
- 2) 長尾他：デジタル画像処理，昭和53年12月，近代科学社。
- 3) 総特集：高品位テレビジョン機器，テレビジョン学会誌，1985年8月，3，pp.95-104。
- 4) 阿部他：図面読取処理システムにおける画像処理およびコンピュータグラフィックス技術について，工学におけるコンピュータ応用とその進展：講演概要集，日本機械学会北海道支部，昭和62年8月19日，pp.11~14。
- 5) 金間誠一：5Mピクセルの超高精細カラー・ディスプレイ，PIXEL，No.49，pp.109-115。
- 6) 松田他：ノンインパクトプリンタ開発応用の要点，エレクトロニクスエッセンシャルズ，No.4，日本工業技術センター。
- 7) 松田他：マイクロドット・インクジェット記録方式大画面・高精細フルカラープリンタの開発，電子写真学会第1回ノンインパクトプリンティングシンポジウム論文集，'84年7月，pp.147-152。
- 8) M-シリーズカタログ，(株)グラフィカ
- 9) I-シリーズカタログ，(株)グラフィカ
- 10) 岩田他：コンピュータによる多目的解析とグラフィック結合システム・パッケージ，O plus E，No.43，1983年6月，pp.95-104。