

濃淡画像の前処理機能をもつグラフィックターミナル†

中村 鎮雄^{††} 弓 削 晶 郎^{†††}

本論文は濃淡画像の前処理機能をもつラスタ走査形グラフィックターミナルのハードウェアとソフトウェアについて述べている。本装置は8ビットのマイコンをベースにした簡易グラフィックシステムではあるが画像の前処理でよく利用される濃度変換、ヒストグラム処理、しきい値探索などを能率よく行いホスト計算機の負荷を軽減するために64kバイトの画像メモリ2枚とヒストグラム制御部をもっている。CPUから画像メモリにアクセスするためにメモリを16kバイトのセグメントに分割して2個のセグメントをCPUのアドレス空間に割り付ける方法を取り、16ビットのCPUアドレス制限内でより大きなメモリをもつことを可能にした。画像メモリは256×256画素×8ビットの濃淡画像を2枚格納できるので、一度プログラムと画像データをホスト計算機から端末に送れば、画像表示、2枚の画像間の演算や比較、濃度変換などが端末独自の会話型処理でできる。またヒストグラム制御部は独自のメモリをもち濃度ヒストグラムの作成と表示、ヒストグラム用カーソル処理を簡便にしている。本装置はドラムスキャナと接続して入力画像を即時見ることができ、ミニコンや中型計算機に接続可能など実用性も高い。

1. ま え が き

画像処理の研究ではグラフィック装置が不可欠な道具であるため研究の目的や手段に合わせ、研究者が独自に種々のグラフィックシステムを開発している例が多い^{1)~4)}。画像処理プロセスでは前処理の所でグラフィック装置がよく利用される。その理由としてこの部分では画像の諸性質を明らかにするための基本的処理やしきい値パラメータの探索などを画像を見ながら行うことが多いからである。前処理の計算は比較的単純なものが多いが、従来これをホスト計算機自身が行っているため簡単な処理にもかかわらずホスト側の負荷が大きく能率も悪かった。それゆえ、画像の前処理をグラフィック端末で行うことができればシステム全体の処理効率を上げることが期待できる。このような考えを進め簡単な超音波画像診断装置として専用化した報告がある⁵⁾。しかしながら、この装置は画像メモリ(32kバイト)や濃度情報(4ビット)が小さいため他の画像に適用するには困難である。

本論文は一般画像処理システムの中で使用する濃淡画像の前処理機能を備えた簡易グラフィック端末について述べたものである。本装置の特長は次の点にある。

(1) 8ビット濃淡画像を前処理の対象にしているため、従来のものに比べ精度が高い。

(2) 比較的高速な前処理を実現するために64kバイトの画像メモリを2枚もち、8ビット濃度画像を2枚同時に格納できる。これによりホスト計算機から原画像を一度端末に送るだけで、原画像を保持しながら各種の処理を行って元の画像と比較したり、2枚の画像間での加減算を容易に行うことができる。

(3) 濃淡画像処理で利用頻度が高い濃度ヒストグラムの作成と表示のハードウェアを製作したので、ヒストグラムの比較やしきい値探索を能率よく行うことができる。その他、DMA、マルチプレクサチャネル、シリアル、パラレル等のインタフェースを用意しているので、中型計算機やミニコンピュータの端末として利用できる。またドラムスキャナとも接続しているため入力画像を即時見ることができるといった実用性が高い。

2. ハードウェアの構成

本装置は開発型マイクロコンピュータをベースにしたグラフィック装置で、その主要部は図1に示すように画像メモリ制御部、ディスプレイ制御部、ヒストグラム/キャラクタ制御部、同期制御部からなる。マイクロコンピュータ(8ビットCPU、Z80Aを使用、以下 μP と略す)はホスト計算機から送られてくる命令を解析し、画像の前処理プログラムの実行や入出力制御、あるいは後述するメモリ・モードとディスプレイ・モードの設定、しきい値処理や濃度階調変換のパラメータ設定などの会話型処理を行う。表1に μP の

† Graphic Terminal Having Preprocessing Functions for Gray Valued Pictures by SHIZUO NAKAMURA (Research Institute of Applied Electricity, Hokkaido University) and AKIO YUGE (Yanagimachi Works, Toshiba Electric Co. Ltd.).

†† 北海道大学応用電気研究所

††† 東京芝浦電気(株)柳町工場

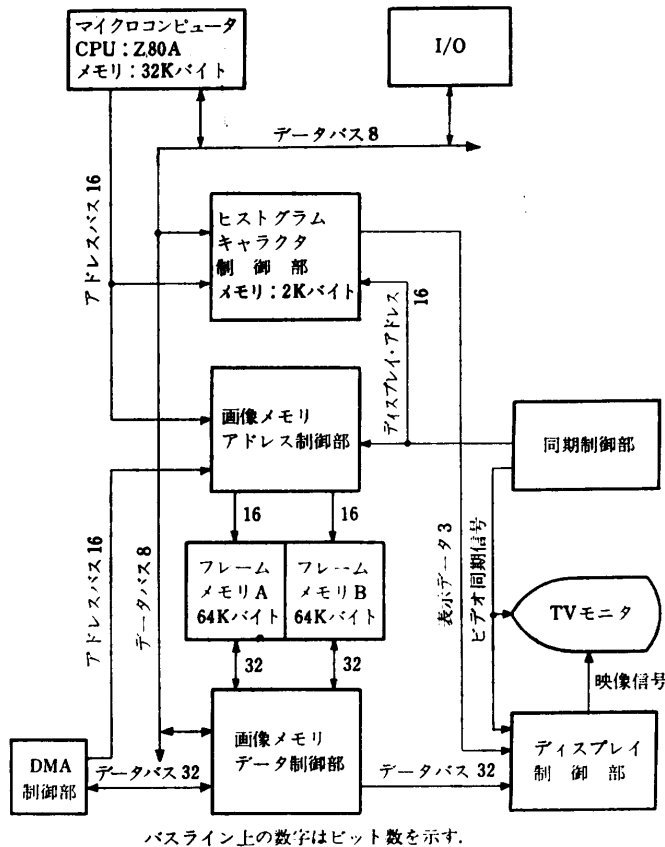


図1 ハードウェア構成
Fig. 1 Block diagram of a graphic terminal.

メモリマップを示す。μPは64kバイトまでアクセスできるが、μPの実装メモリはアドレス空間の前半にある32kバイトである。この領域はμPのシステム定数とプログラムおよび作業領域として使われる。一方アクセス可能な残りの32kバイトは画像メモリの一部を仮想的なμPのメモリとして扱う。この他に濃度ヒストグラムの格納テーブルをμPのアドレス空間の一部に重ねて番地付けしている。

表1 マイクロコンピュータのメモリマップ
Table 1 Memory allocation of a micro-computer.

アドレス (16進)	容量 (Kバイト)	内容
0000...1FFF	8	システム定数・作業域
2000...7FFF	22	プログラム領域
7800...7FFF	2	管理プログラム
8000...BFFF	16	セグメント1
C000...FFFF	16	セグメント2
8800...8FFF	2	ヒストグラムテーブル

2.1 画像メモリ制御

本装置の画像メモリは16k RAMを使用した64kバイトのフレームメモリ2枚(両者を区別するためA, Bと記す)から構成される。画像メモリの構成には次の点を考慮した。すなわち、原画像にある変換を促し変換前後の画像を瞬時に比較するには最低2枚のフレームメモリが必要である。画像データの長さはモニタTVに表示するだけならば視覚的に4ビットで十分であるが、μPの計算やドラムスキャナ入力画像の格納には8ビット必要である。また1個のフレームメモリ容量はμPで直接アクセスできる64kバイトにした。これは256×256画素×8ビットの画像1枚に匹敵する。図2に画像メモリの構造を示す。図2(a)は8ビットプレーンで8ビットの濃淡画像2枚をストアする。このときの画像はμPの演算対象になる。図2(b)は4ビットプレーンで8ビットプレーンを上位4ビット(U)と下位4ビット(L)に分け、1画素4ビットの画像を一つのフレームメモリに2枚まで格納する。これは擬似カラーの表示に用いる。図2(c)はμPが画像メモリに対しデータの読出しや書込みを行うときの構造である。

簡易グラフィック装置ではメモリ制御を簡単化するためにμPのアドレス空間内にプログラム領域と画像メモリを共存させる方法がとられるが⁵⁾、この方法ではCPUの最大アドレスを越えたメモリにはアクセスできない。本装置ではこの問題をセグメント構造⁶⁾により解決している。すなわちフレームメモリをセグメントと呼ぶ16kバイトのメモリ単位に分割する。したがって各フレームメモリは4個のセグメントから構成されていると考えることができる。前述のようにμPの実装メモリは表1に示す前半の32kバイトであり、後半の32kバイトは物理的には空いている。この空間にフレームメモリの2個のセグメントを論理的に割り付けてμPのアドレス範囲で二つのフレームメモリにアクセスする方法である。このセグメントの割付けを制御するのが表2に示すメモリ・モードである。メモリ・モードは二つのフレームメモリの8個のセグメントのなかから2個のセグメントを指定し、μPアドレスの後半32kバイトに割り付ける5ビットの情報である。ただし、後で述べるようにヒスト

表 2 メモリ・モード
Table 2 Memory-mode table.

モード	SEG 1	SEG 2	モード	SEG 1	SEG 2
0000	A-1	A-2	00100	A-1	B-1
00001	A-3	A-4	00101	A-2	B-2
00010	B-1	B-2	00110	A-3	B-3
00011	B-3	B-4	00111	A-4	B-4
			01xxx	ヒストグラム	

ただし、SEG 1: セグメント 1, SEG 2: セグメント 2

グラムを指定する場合もある。以上は μP がフレームメモリにアクセスするときの構造であるが、テレビに画像を表示するときには表示位置とフレームメモリのアドレスを対応づける必要がある。これはディスプレイ・アドレスと呼ぶ同期制御部で作られる 16 ビットのアドレスにより行う。ディスプレイ・アドレスは表示画面を縦 256、横 256 の画素に分割したときの位置を表すもので、画素の位置がフレームメモリのアドレスに対応する。このアドレスの上位 8 ビットが垂直位置、下位 8 ビットが水平位置を表す。図 3 はディスプレイ・アドレスと画面位置およびフレームメモリのセグメント構造との対応関係を示す。

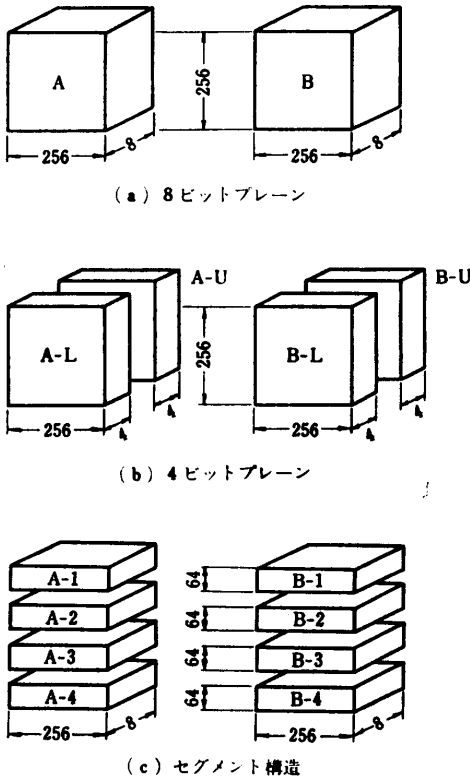


図 2 フレームメモリの構造

Fig. 2 Frame memory structures: (a) 8-bit plane, (b) 4-bit plane, (c) segment structure.

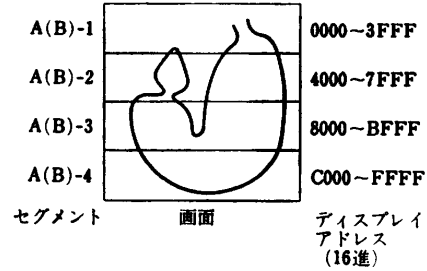


図 3 ディスプレイ・アドレスと画面位置およびセグメント構造との関係

Fig. 3 Relation among display-address, position on TV and memory segments.

画像メモリのアドレス制御部では μP によりセットされるメモリ・モードにしたがって μP のアドレスをフレームメモリのアドレスに変換する。このアドレスはディスプレイ・アドレスと比較されて、一致したときに μP とフレームメモリ間でデータの受渡しが行われる。DMA からフレームメモリにアクセスする場合は DMA 制御部で発生したアドレスとディスプレイ・アドレスとが比較されて、一致したときにデータの授受が行われる。画像メモリのデータ制御部はフレームメモリと μP 、TV 表示、DMA との間におけるデータの読出しと書き込みやデータ長をディスプレイ・モードにしたがって制御する。データ制御部とフレームメモリの間には 4 本の独立したデータバスがあり、4 バイト単位で並列にアクセスすることにより、DMA や TV 表示の画像メモリに対する高速アクセスを可能にしている。

2.2 表示と同期の制御

同期制御部ではテレビに必要なビデオ同期信号（水平、垂直の合成同期信号と輝度信号）、ディスプレイ・

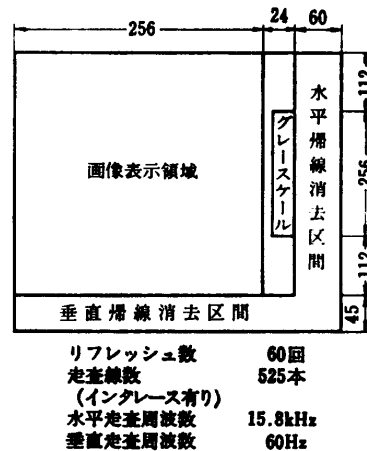


図 4 表示画面の構成

Fig. 4 Display design of TV monitor.

リフレッシュ数 60回
走査線数 525本
(インターレース有り)
水平走査周波数 15.8kHz
垂直走査周波数 60Hz

← 8ビット		← 3ビット →	
レジスタ	P	A	F I U G B M C HNo
ビット	1/0		
P	プリビレッジオート/ノーマルモード		
A	オートモード/マニュアルモード		
F	フレームA/フレームB		
I	濃度8ビット/4ビット		
U	上位4BP/下位4BP		
G	画像/キャラクタ・ヒストグラム		
B	白黒/擬似カラー		
M	ミキシング/ノーマル (未使用)		
C	キャラクタ/ヒストグラム		
HNo	ヒストグラム Noを指定 (2ビット)		

図5 ディスプレイ・モード

Fig. 5 Display-mode.

アドレス、グレースケールの4ビット濃度などを発生する。

図4は表示画面構成を示す。テレビは走査線525本のものを使用しているため表示領域は横256点、縦480本であるがインタレースの前半と後半で同じデータを出力するので縦の分解能は240行である。したがって1フレームメモリの256×256画素のうち先頭から240行までが表示される。また濃淡画像の濃度を識別するために画面の右隅に横16、縦16行のグレースケールを表示する。

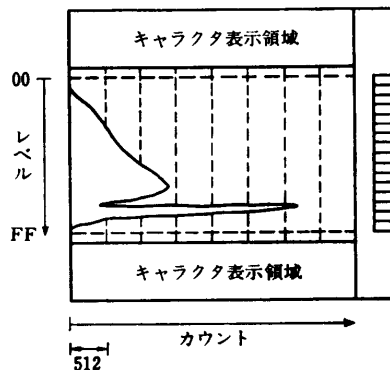
ディスプレイ制御部は各フレームメモリに対応する画面の切替え、白黒と擬似カラー画像の表示、ヒストグラムと文字表示などをディスプレイ・モードに従って制御する。当制御部ではデータバス上の平行な4バイトの画像データをシリアルデータに変換し、ディスプレイ・モードに従って色信号を発生する。文字やヒストグラムの場合はヒストグラム/キャラクタ制御部から3ビットの表示データ(輝度1ビット、色2ビットからなる)として送られてくるので、これをデコードして色信号にする。これらの色信号にビデオ同期信号を加えて映像信号を作る。

図5にディスプレイ・モードを示す。これは表示制御用パラメータで8ビットと3ビットの二つのレジスタで構成される。モードの指定は(1)コンソールのマニュアル・スイッチをオンにしてキーボードから指定するマニュアルモード、(2)コンソールのオートスイッチをオンにしてμPがディスプレイ・モードを指定するオートモード、(3)ホスト計算機からオートモードを優先的に指定するプリビレッジ・オートモードの3種類がある。画像を表示するときには必ずG=1にして画像を指定する。また擬似カラー画像を表示すると

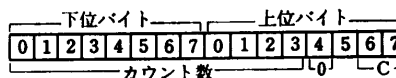
ときにはG=1にしてI=0, B=0を指定する。文字やヒストグラムを表示するときにはG=0にしてCを選択する。

2.3 ヒストグラムの制御

ヒストグラム制御部ではヒストグラムの表示と格納メモリ(H-RAM)の制御を行う。なおヒストグラム用カーソルの制御はμPのソフトウェアで行う。当制御部が対象とするのは8ビット濃度の画像であり、4ビットの画像ヒストグラムが必要な場合は一度フレームメモリ上で8ビット画像に変換して求める。図6(a)にヒストグラム表示の画面構成を示す。ヒストグラムは縦を濃度レベル、横を度数として表示される。濃度レベルは右側のグレースケールに合わせ、走査線1本に一つのレベルが対応する。画面には上下に縦7文字、横32文字のキャラクタ表示領域がある。上はカーソルで指定した濃度値のカウント数、下はカーソル処理のコマンドとパラメータが表示される。また度数512ごとに目盛を示す破線が縦に表示される。H-RAMは表1に示すように2kバイトのメモリで256階調のヒストグラムを4組まで格納できる。H-RAMはμPのアドレスの一部に存在し、表2のメモリ・モードでヒストグラムを指定したときにμPからアクセス可能となる。図6(b)はヒストグラムデータの格納形



(a) ヒストグラムの表示画面



- 0: オーバーフロー
- C: カラーコード
- 00-白, 01-赤, 10-緑, 11-青

(b) ヒストグラムのデータ形式

図6 濃度ヒストグラムの表示とデータ形式。

Fig. 6 Display design and data format of gray level histogram.

式を示す。データは後述するヒストグラム処理ルーチンによりセットされる。ヒストグラムを表示する場合はディスプレイ・アドレスを用いてディスプレイ・モードに従って H-RAM からデータを読み出し、データの上位 8 ビットと画面の水平アドレス (ディスプレイ・アドレスの下位 8 ビット) を比較する。データが水平アドレスより大きい場合に 3 ビットの表示データを発生する。一方、ヒストグラムと一緒に表示する文字はキャラクタ制御部の文字用 RAM から読み出し、3 ビットの表示データに変換して当制御部のマルチプレクサに送る。ここでヒストグラムと文字の表示領域を識別して表示データをディスプレイ制御部に出力する。

3. ソフトウェア機能

表 1 に示すように本装置の管理プログラム自身は小さく機能も限定される。このためグラフィックコマンドの開発は本装置と同じ μP (Z 80 A) を使用した他の計算機システム (STAFF) のアセンブラ言語で行い、ホスト計算機 (LSI-11/23 L) のファイルに転送する。グラフィックの制御は通常、ホスト計算機で行うが、会話型処理を必要とする場合には本装置のコンソールを使用する。表 3 はソフトウェア機能をまとめたもので、そのなかの主なものについて説明する。

3.1 表 示

表示にはフレームメモリの A 面と B 面のディスプレイ (白黒/擬似カラー) およびキャラクタモード (コンソール CRT として利用)、ヒストグラム、カーソル指定などがある。このうちヒストグラム処理について説明する。ヒストグラム処理ルーチン (HISP) はフレームメモリ上の画像の濃度ヒストグラムを計算し、それを表示して波形上の特徴点を会話型処理で求める。HISP の大きさは 1800 バイトありヒストグラムを計算して表示するのに 2 秒かかる。HISP には次の四つのコマンドがある。

表 3 ソフトウェア機能

Table 3 List of software functions.

表 示	濃度変換	データ転送	そ の 他
<ul style="list-style-type: none"> ・ A 面の表示 ・ B 面の表示 ・ キャラクタ ・ ヒストグラム ・ 色の指定 ・ カーソル ・ メモリの内容 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 線形変換 ・ 2 値化 ・ ガンマ補正 ・ 濃度分割 ・ 任意の変換 ・ WINDOW-1 ・ WINDOW-2 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ホスト計算機から本装置へ ・ 本装置からホストへ ・ ドラムスキヤナから本装置へ入力 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ホスト計算機のバッファメモリ ・ スムージングフィルタ ・ レンジフィルタ ・ 画像の加減算

H コマンド: ヒストグラムの色を指定する。

S コマンド: 縦軸のカーソル位置をセットする。

M コマンド: カーソルの移動量と方向を指定する。

MD コマンド: カーソル位置と度数を画面のキャラクタ領域に書く。

これらのコマンドにより濃淡画像のヒストグラムから濃度しきい値を容易に探すことができ、濃度変換によりしきい値処理結果も確認できる。

3.2 濃 度 変 換

濃度変換用テーブルは μP の 16 進アドレスで 4700 ~ 47 FF に作られ、256 段階の濃度値が格納される。このテーブルの値を変更することにより任意の変換ができる。現在、ガンマ補正、濃度抽出 (指定した濃度範囲だけを抽出)、2 値化、ウィンドウ処理 1 (指定した濃度範囲を 256 段階に線形に変換する)、ウィンドウ処理 2 (濃度の中心値と幅を指定して線形変換する) などがある。フレームメモリ A から B へ濃度変換するとき要する時間は 2 秒である。

3.3 データ転送

転送には画像データとプログラムの転送がある。両者は本装置のメモリ上の格納番地が異なるだけで同様な扱いができる。したがってここでは画像データの転送について述べる。画像データの転送には 1) ホスト計算機から本装置へ、2) 本装置からホスト計算機へ、3) ドラムスキヤナからホスト計算機への 3 種類があり、いずれもホスト計算機から起動する。図 7 に LSI-11 から本装置へ画像転送する例を示す。まず転送する画像ファイル名を入力する。次にフレームメモリを選択し、データ転送モード番号を入力する。このプログラム (TENSO) では画像サイズを 512×512 画素または 256×256 画素に限定しているため、前者の場合はフレームメモリサイズに合わせるためにデータ圧縮が必要

```

.R TENSO
INPUT A FILE NAME LIKE THIS-->=FILE NAME
*=DATA.DAT
SELECT ! THE NO.OF GRAPHIC FRAME MEMORY
A--->1 B--->2
2 ← 入力
SELECT ! THE NO.OF TENSO MODE
1 PICK UP DATA (SIZE 512*512)
2 AVERAGE DATA (SIZE 512*512)
3 MAXIMUM DATA (SIZE 512*512)
4 MINIMUM DATA (SIZE 512*512)
5 DIRECT DATA (SIZE 256*256)
3 ← 入力

```

図 7 ホスト計算機から本装置へ画像データを転送する例

Fig. 7 An example of data transmission program from host-computer to the graphic terminal.

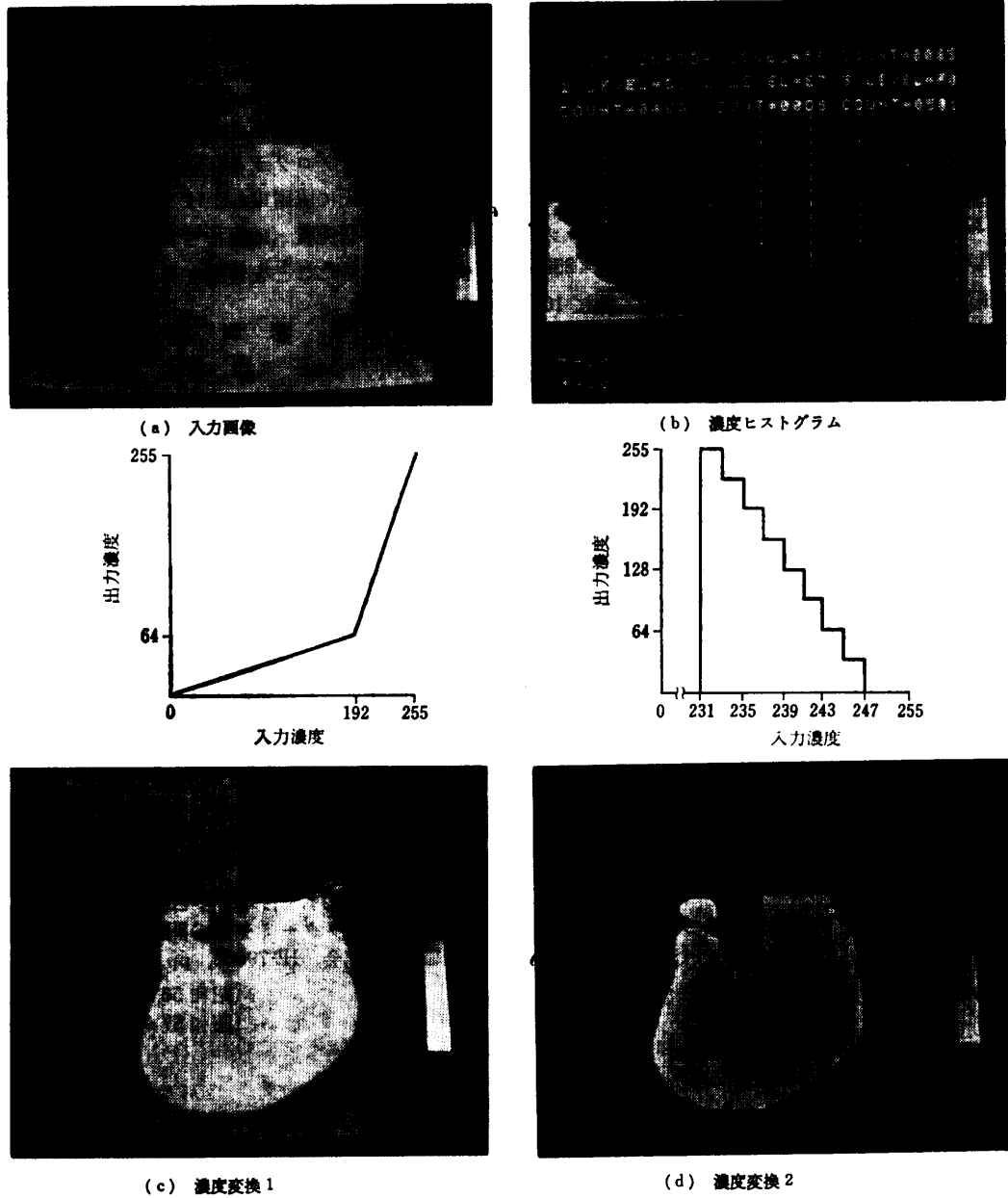


図 8 使用例

Fig. 8 Examples. (a) Input image. (b) Gray level histogram. (c) Gray value transformation with a linear function. (d) Gray value transformation with a stair function.

である。その方法として画像の4点内の1点を取るか、あるいは平均値、最大値、最小値のいずれかを番号で指定する。このプログラムの大きさは2kバイトで画像転送時間は8秒である。その他、任意データサイズの転送プログラムも用意されている。一方、本装置を中型計算機 (FACOM 230/25) にマルチプレクサチャンネルで接続した場合、 256×256 画素の画像転送に30秒かかる。

ドラムスキャナの画像入力では格納ファイルの名前、白黒反転、データサイズなどをパラメータとして与える。データサイズ 512×512 画素、濃度8ビットの入力に毎秒2回転で4分かかる。

3.4 その他の処理

以上述べた他に画像メモリをホスト計算機のバッファメモリとして利用できるので転置画像を作成する場合などに有効である。また 3×3 のスムージングやレ

ソジフィルタ処理も 256×256 画素に対して6~7秒であり、2枚のフレームメモリ上の画像の加減算も3秒ほどである。

4. 使用例

図8に本装置の使用例を示す。図8(a)は胃X線写真でドラムスキャナから 512×512 画素、濃度8ビットで入力した画像を4画素ごとの平均値で 256×256 画素に圧縮して表示したものである。画面の右隅に16段階のグレースケールが見える。図8(b)はその濃度ヒストグラムで縦軸が濃度値(上から下に行くにしたがって値が大きい)、横軸は度数を示す。キャラクタ領域にはカーソルで指定したヒストグラム上3カ所の濃度値と度数が16進で示されている。図8(c)は濃度変換特性とその処理結果を示す。これにより、胃部と脊椎が強調されていることがわかる。図8(d)は濃度ヒストグラムから胃部の濃度範囲を求め、さらに胃内部を階段状に濃度変換したものである。胃内部の濃度変化が強調されて内部の状態がよくわかる。

5. むすび

開発型マイクロコンピュータシステムをベースにした簡易グラフィック端末について述べた。本装置は濃淡画像の前処理でよく利用される濃度変換、しきい値パラメータの探索、しきい値処理およびヒストグラム作成に重点を置きハードウェアを設計し、簡易で実用的なシステムを開発した。本装置はすでに2年ほど利用実績があり、簡便な画像処理端末として医師などにも利用されている。

今後の課題としては座標変換などのソフトウェアの充実と高解像モニタの使用などがあると思われる。

謝辞 本装置の設計、製作にご協力いただいた元本研究所 ME 部門技官二川清弘氏(現 竹井機器工業株開発課長)とプログラム作成に協力してくれた大学院生 宮崎修氏に感謝申し上げます。また本研究の一部は文部省科学研究費(課題番号 56580018 と 588018)を使用して行ったことを付記する。

参考文献

- 1) 坂井, 金出, 久保, 有木: 計算機による画像処理研究のためのテレビ画像入力とカラーTVディスプレイ装置, 電子通信学会画像工学研究会, IE 75-74, pp. 1-9 (1975).
- 2) 末永, 名倉, 岡田: カラー画像処理用デジタルTV, 電子通信学会画像工学研究会, IE 76-82, pp. 47-58 (1976).
- 3) 谷内田, 木谷, 長田, 辻: ミニコンを用いた対話形画像処理システム, 電子通信学会論文誌, Vol. J 61-D, No. 10, pp. 775-782 (Oct. 1978).
- 4) 高木, 竹本: 画像メモリを中心としたマイコン制御による画像処理システムの設計検討, 昭和54年度電子通信学会総合全国大会講演論文集, 講演番号 1019 (1978).
- 5) 伊藤, 常田, 美木, 山本: 信号および画像の処理機能を有する診断用超音波映像・計測装置の開発, 情報処理学会論文誌, Vol. 22, No. 1, pp. 51-58 (1981).
- 6) 弓削, 中村, 吉本: 多目的インテリジェントグラフィックターミナルの開発, 電子通信学会画像工学研究会, IE 79-62, pp. 21-28 (1979).

(昭和56年10月28日受付)

(昭和57年2月16日採録)