

# ワークステーションにおけるイメージ処理

志賀 稔 風間 成介 渡辺 治  
三菱電機㈱

## 1. はじめに

ワークステーションは、文章・図形・イメージ・音声等のマルチメディア処理とマルチウィンドウ表示が可能な高機能機へと発達し、その用途も拡大している。今後、更に市場が拡大し、自然色や高精細なイメージへの処理要求が高まるものと思われる。イメージの情報量は文章等の情報量に比べ格段に大きく、これを高速に処理する必要が生じている。一方では、ワークステーションを個人用の、いわゆるパーソナル・ワークステーションとして使用するために、低価格かつ高速なワークステーションの開発が望まれている。

我等はこのような要求に対処するため、イメージ処理方式として、専用ハードウェアによる方式と32ビットのマイクロプロセッサによる方式を比較検討した。

この報告は、ワークステーションにおけるイメージ処理の課題を提起し、専用ハードウェアによる方式と32ビットのマイクロプロセッサによる方式について、イメージ表示と大容量イメージ処理の方法およびその性能について論ずる。

## 2. イメージ処理の課題

イメージ処理においては、利用形態によって様々な課題が挙げられる。この章は、ワークステーションにおける課題として特に重要な2件について述べる。

### 2. 1. イメージ表示の課題

ワークステーションでは、資料の作成、登録、検索等の処理がよく行われる。作成や登録に比べ検索の頻度が多く、一度に参照する量も多い。過去に作られた文章や図面は、手書やコピーされたものであるために、そのままイメージとして入力し、検索する場合もかなり多い。このような使用形態を考えると、高速に検索するために、イメージ表示の高速化が大きな課題である。

この要求性能は、人間の待ち時間や応答性を考慮すると、0.2秒から1秒の間が妥当と思われる。

詳しくは、第3章に述べる。

### 2. 2. 大容量イメージ処理の課題

イメージのカラー化(中間調化)・高精細化によって、処理する情報量が増えており、このような大容量イメージの管理や処理の高速化が大きな課題である。大容量イメージ処理においてもモノクロと同等の性能が要求される。

カラー画素に*i*ビット、線密度に*n*本/mmのイメージは、1mm<sup>2</sup>当たり*i*\**n*<sup>2</sup>ビットが必要である。例えば、A4サイズで256色、16本/mmのイメージ<sup>1)</sup>は、

$8 * 16^2 * 210 * 297 = 128 \text{ M bit}$   
の大容量に達する。このような大容量イメージのアドレッシングや処理方法も課題の一つである。

詳しくは、第4章に述べる。

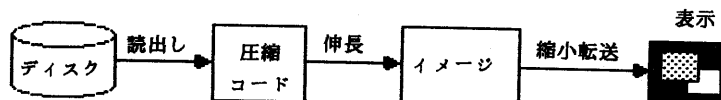


図1. イメージ表示の処理手順

### 3. イメージ表示方式および性能

第2章に述べたように、イメージ表示の高速化が大きな課題である。イメージ表示の処理手順は、図1のように、先ずディスクから圧縮コードを読み出し、次に伸長してイメージを復元し、そして表示装置の解像度に合わせるために縮小して転送し表示する。

この章は、専用ハードウェアによるイメージ表示方式と32ビットのマイクロプロセッサによるイメージ表示方式について説明し、これらの性能を比較する。

#### 3.1. 専用ハードウェアによるイメージ表示方式

図2(a)に専用ハードウェアを使用したワークステーションのハードウェア構成を示す。

このワークステーションにおけるイメージ表示の処理手順は、①主プロセッサ(MP)の指令でストレージコントローラ(SC)がディスク(DK)から圧縮コードを主メモリ(MM)へ読み出す。②MPの指令で圧縮伸長回路(CE)が圧縮コードを伸長し、イメージメモリ(IM)にイメージを復元する。③MPがスレーブプロセッサ(SP)に転送指令を出す。④SPの指令でイメージコントローラ(IC)がフレームバッファ(FB)へイメージを縮小しながら転送する。よって、イメージが表示装置に表示される。

ここで、圧縮伸長回路と縮小転送について説明する。

CEは圧縮伸長用LSIを使用し、圧縮コードにMR<sup>2)</sup>を採用する。このLSIには、CEP<sup>3)</sup>やDIC

EP<sup>4)</sup>等がある。

一般に表示装置とイメージの解像度が一致していることが少なく、前者が4本/mm、後者が8本/mmの場合、1/2に縮小して転送しなければならない。ICには、縮小しながら転送する機能をもった専用ハードウェアを使用する。

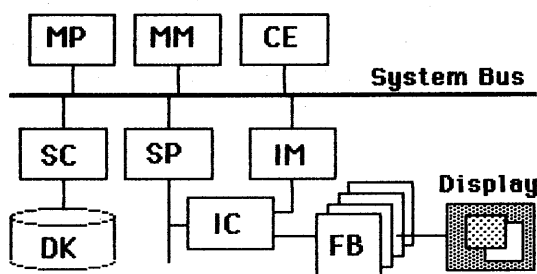
#### 3.2. マイクロプロセッサによるイメージ表示方式

図2(b)に32ビットのマイクロプロセッサを使用したワークステーションの構成を示す。SPにモトローラ社の68020<sup>5)</sup>(16.67MHz)を使用し、イメージ処理をSPが実行するようにした構成である。

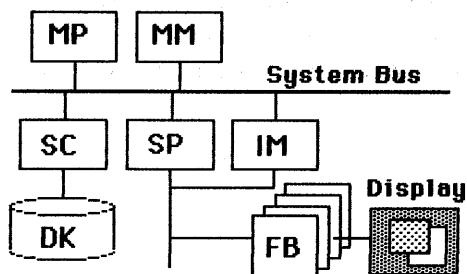
このワークステーションにおけるイメージ表示の処理手順は、①MPの指令でSCがDKからMMへ圧縮コードを読み出す。②MPがSPへ伸長と転送の指令を出す。③SPが圧縮コードを伸長し、IMへイメージを復元する。④SPがFBへ縮小しながら転送する。よって、イメージが表示装置に表示される。

ここで、伸長処理と縮小転送について説明する。

SPの伸長処理時間を算出するために、MRコードの伸長時間がMHコードの約2倍である<sup>6)</sup>ことを利用して、MHコードの伸長処理をサンプルコーディングする。MHコードの伸長処理は、図3(a)に示すラン参照テーブルを使用して高速化を図った。この処理は、SPが圧縮コードの先頭8ビットを取出し、この



(a) 専用ハードウェアによる構成



(b) マイクロプロセッサによる構成

CE: 圧縮伸長回路、DK: ディスク、FB: フレームバッファ、  
IC: イメージコントローラ、IM: イメージメモリ、MM: 主メモリ、  
MP: 主プロセッサ、SC: ストレージコントローラ、SP: スレーブプロセッサ

図2. ワークステーションの構成例

8ビットから白ランまたは黒ラン参照テーブルを参照する。このテーブルのテーブルエントリは、図3(b)のように、符号の種類(terminate code, make up code)と所要ビット数(圧縮コード長)、およびランレングスまたはポインタまたは特別コード情報から構成される。ポインタは、8ビットを越えるコードのときに使用し、圧縮コードの次の4ビットを取出してポインタに加算し、共通参照テーブルを参照して前記のテーブルエントリを得る。このようにして得られたランレングスからイメージを生成する様にしたものである。

SPの縮小転送処理は、図4に示す縮小レジスタを使用して高速化を図った。これは、32ビットデータの中で奇数または偶数ビットのみをレジスタの入力として書込み、読出して16ビットの間引データを得るようにしたものである。

### 3.3. 性能の比較

専用ハードウェアによる方式とマイクロプロセッサによる方式におけるイメージ表示について、この章の冒頭に述べたイメージの表示手順に添って、性能を考察する。

尚、サンプルイメージは解像度8本/mmのA4サイズでモノクロ(CCITTテストチャートNo.3相当)、圧縮コードはMRコード(K=4)とする。このイメージの画素数は

$$P = 1 * 8^2 * 210 * 297 = 3.99 \text{ M bit}$$

圧縮比は約13であり<sup>6)</sup>、圧縮コード長は

$$C = P / 13 = 307 \text{ k bit} = 38.4 \text{ k Byte}$$

である。

次に、ディスク読出し時間、イメージ伸長時間、縮小転送時間について述べる。

#### (1) ディスク読出し時間

シークと回転待ち時間を $T_w$ 、データ転送時間を $T_t$ とすれば、ディスク読出し時間は、 $T_w + T_t$ である。 $T_w$ は平均して20msである。データ転送速度はIDフィールド等を除いて実質8.3Mbpsで、

$T_t = 1.2 * 10^{-10} C$  である。いずれの方式においてもこれは同じ値である。

#### (2) イメージ伸長処理時間

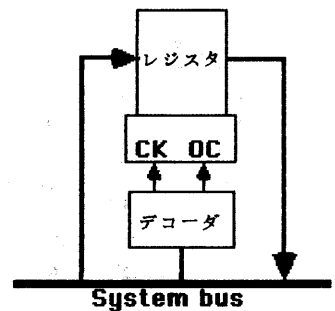
専用ハードウェアによる方式は、ハードウェアの構成や処理方式によって処理時間が大きく異なるが、ここでは、専用LSIとしてCEPを例にする。CEPのサンプルイメージの処理時間は1330msである。マイクロプロセッサの場合は、試算で、MHコードが870msで、MRコードが2倍の1740msと予測する。

#### (3) 縮小転送時間

ビット当たりの転送時間を $T_b$ とすれば、縮小転送時間は、 $P / 2 * T_b$ で近似できる。垂直方向は1行置きに間引されるため、 $P / 2$ である。専用ハードウェアの場合、イメージメモリのアクセスはワード単位で実行され、メモリサイクルが0.4μsで、 $T_b = 0.025 \mu\text{s}$ となる。マイクロプロセッサの場合、試算で1ロングワード処理時間が約2.82μsで、 $T_b = 0.088 \mu\text{s}$ となる。

|                      |
|----------------------|
| 白ラン参照テーブル<br>256エントリ |
| 黒ラン参照テーブル<br>256エントリ |
| 共通参照テーブル<br>128エントリ  |

|    |    |                |                              |
|----|----|----------------|------------------------------|
| 15 | 8  | 7              | 0                            |
| 00 | 00 | 所要<br>ビット<br>数 | ランレングス<br>terminate code     |
| 01 | 00 |                | ランレングス / 64<br>make up code  |
| 10 | 00 |                | ポインタ<br>over 8bit code       |
| 11 | xx |                | 特別コード<br>9bit code, EOL etc. |



CK=クロック、OC=出力制御

図4. 1/2縮小レジスタ

(a) 参照テーブル

(b) テーブルエントリ

図3. ラン参照テーブル

(4) その他の処理時間

ワークステーションにはUnixに代表されるOSが載せられており、割込処理時間、ドライバ実行時間、プロセス切り換え時間を加味しなければならないが、これらは数msと他の処理に比べ充分小さいものとして、計算には含めない。

以上をまとめて、表1に示す。この表から解るように、専用ハードウェアによるイメージ表示時間は約1.5秒、マイクロプロセッサのそれは約2秒であり、要求性能に達していない。伸長時間が全体の殆どを占めるため、伸長処理の高速化が今後の課題である。

表1. イメージ表示性能の比較

単位: ms

|          | 専用ハード<br>ウェアによる<br>方式 | マイクロプロ<br>セッサによる<br>方式 |
|----------|-----------------------|------------------------|
| Disk読出時間 | 80                    | 80                     |
| MR伸長時間   | 1330                  | 1740                   |
| 縮小転送時間   | 100                   | 180                    |
| 合計       | 1510                  | 2000                   |

4. 大容量イメージ処理方式および性能

第2章に述べたように大容量化したイメージ処理も大きな課題である。

この章は、大容量イメージ処理について専用ハードウェアによる方式とマイクロプロセッサによる方式について説明し、性能を比較する。

4.1. 専用ハードウェアによる

大容量イメージ処理方式

専用ハードウェア(IC)では、アドレスが連続した1次元のイメージメモリと、プレーン構造をもったフレームバッファをアクセスする。仮想化が不可能なため、大容量のイメージを記憶できる大容量のメモリが必要である。

カラーイメージの処理は、例えば4プレーン構成の場合、図5に示すようにイメージメモリに4プレーンのイメージを連続して配置し、プレーン毎に順次に処理する。このため、プレーン数が多くなるに連れて直線的に性能が劣化する。

4.2. マイクロプロセッサによる

大容量イメージ処理方式

マイクロプロセッサによる方式は、マイクロプロセッサが直接にメモリをアクセスするため、通常のプログラムやデータと同様にメモリの仮想化が容易であり、仮想化によって大容量のイメージを処理することができる。

カラーイメージ処理は専用ハードウェアによる方式と同様に連続して4プレーンを処理するとすれば表1に示す縮小転送時間の4倍が必要である。

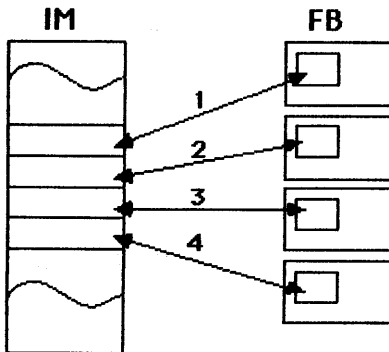


図5. カラーイメージの処理方式

#### 4. 3. 性能の比較

専用ハードウェアによる方式とマイクロプロセッサによる方式の大容量イメージ処理の性能を比較する。表2に、イメージの最大サイズと仮想化の可否、およびA4サイズで8本/mm、16色(4プレーン)のイメージをイメージメモリからフレームバッファへ縮小転送する時間の比較を示す。

専用ハードウェアによる方式はイメージコントローラや圧縮伸長回路の性質によって仮想化が不可能であり、実メモリの16または32MByteが最大容量となる。マイクロプロセッサによる方式は、方式的にメモリ空間総てを使えば4GByteまで可能である。

16色表示の場合、専用ハードウェアによる方式の縮小転送時間はモノクロのときの時間(表1)の4倍で計算した。マイクロプロセッサによる方式も同様である。

この表から、専用ハードウェアは32ビットのマイクロプロセッサによる方式に比べて2倍弱の性能が得られ、カラー表示には有効であることが解った。

#### 5. おわりに

モノクロ表示の場合、イメージ処理向きの命令をもつ32ビットのマイクロプロセッサによって、専用ハードウェアに近い性能を得る見通しを得た。カラー表示の場合、専用ハードウェアによる方式が性能面で優れていることが試算で解った。

また、イメージ表示性能が約2秒と悪いため、これを高速化する事が今後の研究課題である。特に、イメージの伸長処理の高速化が望まれる。

表2. 大容量イメージ処理性能の比較

|                  | 専用ハード<br>ウェア方式 | マイクロプロ<br>セッサ方式 |
|------------------|----------------|-----------------|
| 最大メモリサイズ         | 32 MByte       | 4 GByte         |
| 仮想メモリ            | 不可             | 可能              |
| カラーイメージ<br>の転送時間 | 400 ms         | 720 ms          |

#### 参考文献

- 1) 丸山、田中、風間、永田: フラットベッド型画像入力装置、第16回画像コンファレンス、No. 15-4 (1985)。
- 2) 吹抜: FAX, OAのための画像の信号処理、日刊工業新聞社、p46~76, p168 (1982)。
- 3) Advanced Micro Devices Inc.: Am7970 Compression/Expansion Processor (CEP)、CBM-B-10M-4/85-0 (1985)。
- 4) 日立: DICEP (HD63085) ユーザーズ・マニュアル、AD-0162 (1985)。
- 5) Motorola Inc.: MC68020 Users Manual, ISBN 0-13-566878-6, (1985)。
- 6) 宮本、桜井、太田: 画像圧縮/伸長処理装置の性能評価、情報処理学会第30回(昭60前期)全国大会、7B-4、p145~6 (1985)。