

動画像処理シミュレータにおけるソフトウェアの構成及び機能

金子正秀 羽鳥好律

(国際電信電話(株)研究所)

System Software for Digital Video Signal Processing System

Masahide KANEKO and Yoshinori HATORI

(KDD Research and Development Laboratories)

Abstract Recently we have developed a digital video signal processing system, which has a large capacity of high-speed digital video memory and input/output functions for moving image sequences. This paper describes the features and functions of its system software. It has been designed to fully utilize various functions of this system and to realize a user-friendly man-machine interface. Command routines correspond to operations, such as image input, output, management of video memory, video-rate processing and so on. They are executed interactively through CLI (command language interpreter). The CLI contains hierarchically structured display screens and provides a user with several functions to reduce loads for setting values of parameters.

1. まえがき

画像通信サービスにおいては、サービスの多様化に伴い、対象画像・処理内容の多様化が進んでいる。このような状況に対処し、種々の画像処理・符号化アルゴリズムの研究を能率良く進めていくための手段として、動画像、特にTV信号の取扱いに重点を置いた汎用の動画像処理システム——動画像処理シミュレータと呼んでいる——の開発を行なった。システムの設計に際しては、次の3つの基本方針を設定した。

(1) 種々の画像(静止画/動画, 標本化周波数, サイズ, TV方式, 他)及び適用分野に対処する必要があり、汎用性を重視する。従って、画像メモリに対する動画像入出力機能に重点を置き、処理に関しては汎用計算機を用いるという構成を採用する。但し、画像表示、データ転送機能に関係したものについては、ハードウェアでの処理機能を備える。更に、将来、専用

処理ハードウェア, マス・ストレージ, 等を画像メモリに直結することを考慮し、画像メモリとD/Aとの間に、明確なデジタル・インターフェースを設ける。

(2) 動画像を格納するための手段としては、メモリアクセスの柔軟性——例えば、ビデオ系及び計算機からの多重アクセスを許容、種々の画像に対処——、動作の安定性を重視し、更に、メモリ素子の大容量化、低価格化を考慮して、半導体メモリにより大規模画像メモリを構成する。容量としては、初期、256×256画素/フレームとして10秒分のTV動画像を蓄積することを考える。

(3) 多様な画像を取扱い、また、動画像の入出力を始めとする種々の機能を十分に、しかも能率良く使いこなすために、ユーザの操作性を配慮したシステム・ソフトウェアを用意する。

本報告では、実際に本システムを活用していく際の鍵となるシステム・ソフトウェアについて述べることにする。すなわち、

まず、ソフトウェア設計の前提となるハードウェア構成[1]について概要を述べた後、システム・ソフトウェアの構成・特徴について述べる。次に、現在備えられている動画像の入力・出力・蓄積・処理機能について詳しく述べる。

2. 動画像処理シミュレータの概要

2.1. 対象画像

対象画像としては、基本的には、次に示す様なTV動画像を考えている。

コンポジット コンポーネント

525/60方式*1 モノクローム, NTSC RGB, YIQ, YUV

625/50方式*2 モノクローム, PAL RGB, YUV

(*1 入, 出力とも *2 現在, 出力のみ)

この他、モニタ上に表示可能な範囲を適宜切出して表示することにより、 1024×1024 画素までの静止画像(コンポジットのみ)の取扱いが可能である。

2.2. TV画像の標準化

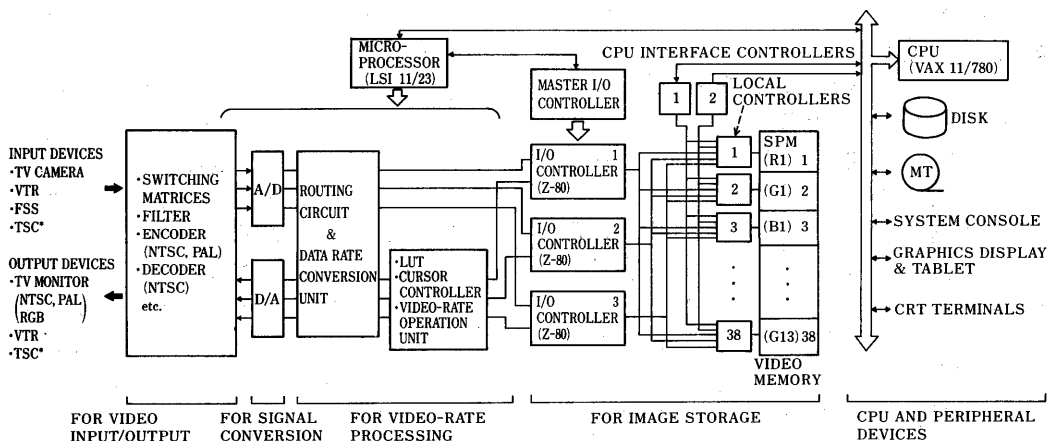
標準化周波数としては、 $2f_{sc} \sim 4f_{sc}$ (f_{sc} : 色副搬送波周波数), すなわち7~14MHzの範囲で、 $f_H/2$ の整数倍で可変に選択でき、また $2.5f_{sc}$ も選択可能である。これにより、CCITT 勧告601で標準化された13.5MHzのコンポーネント符号化にも対応できる。

量子化レベル数については、8bit/画素の信号を取扱う際のマージンを考慮して、9bit/画素(512レベル)としている。

2.3. ハードウェア構成

ハードウェア構成の概要を図1に示す。主要構成要素としては、各種の画像入出力機器と3系統の入出力チャンネルとを接続するアナログ・スイッチング・マトリクス、A/D, D/A, 画像メモリ(VM: video memory), メモリ制御用コントローラ、ビデオレート処理部、これらの動作を制御するマイクロ・プロセッサLSI 11/23、並びにOS: VAX/VMS下で動作し、各種の処理及びシステム全体の動作の制御を行なうホスト計算機 VAX 11/780 が挙げられる。

画像メモリは、素子として64kbit/chip ダイナミックRAMを用い、1SPM(still picture memory unit) = $1024 \times 512 \times 9$ bitを基本単位として、初期38SPM(19M画素)を実装している。設計最大容量は128SPMである。メモリへのアクセス単位は、ビデオ系に対しては、最大14MHzの標準化周波数に対処するため8画素(72bit)、計算機に対しては1画素(9bit)となっている。ビデオ系及びVAX 11/780 双方からの柔軟なメモリア



*TSC: TELEVISION STANDARDS CONVERTER

図1. 動画像処理シミュレータの構成概要

アクセスを可能とするために、図1に示す様に、階層構成をなす4種のメモリコントローラが用意されている。すなわち、ビデオレートでの画像入出力を制御する3台の入出カコントローラ(IOC), それらの動作を制御するマスタ入出カコントローラ、VAX 11/780との間のDMAモードによる画像データの転送を制御する2台のCPUインターフェースコントローラ(CIC) — 各々、別々のユニバスに接続 —、及び各SPMごとに備えられ、IOC, CICからのアクセスとリフレッシュに対する制御を行なうローカルコントローラである。

ビデオレート処理部について、その構成を図2に示す。図中 Σ で示した部分が、前述のデジタル・インターフェースに対応する。処理用ハードウェアとしては、LUT、1ビットメモリ、ビデオレート演算回路が用意されている。

3. システム・ソフトウェアの構成及び特徴

3.1. 構成

システム・ソフトウェアは次の3通りに大別される。

(1) 基本ルーチン群 : ハードウェア構成に依存した基本的な動作を行なうルーチン群であり、コマンド・ルーチンの中ぞ直接・間接に使用される。具体的な機能としては、VAX $\leftrightarrow$ LSI 11/23間でのコマンド及びパラメータの授受、LSI 11/23 $\leftrightarrow$ Z80(IOC内)間でのパラメータの授受、LSI 11/23及びZ80の動作制御などがある。

(2) コマンド・ルーチン群 : システム・ソフトウェアの中核をなすものであり、コマンド解析部(CLI: command language interpreter)とコマンド実行部とから成る。コマンド実行部は、画像入力・出力、メモリ管理等の機能を実現するための多数の

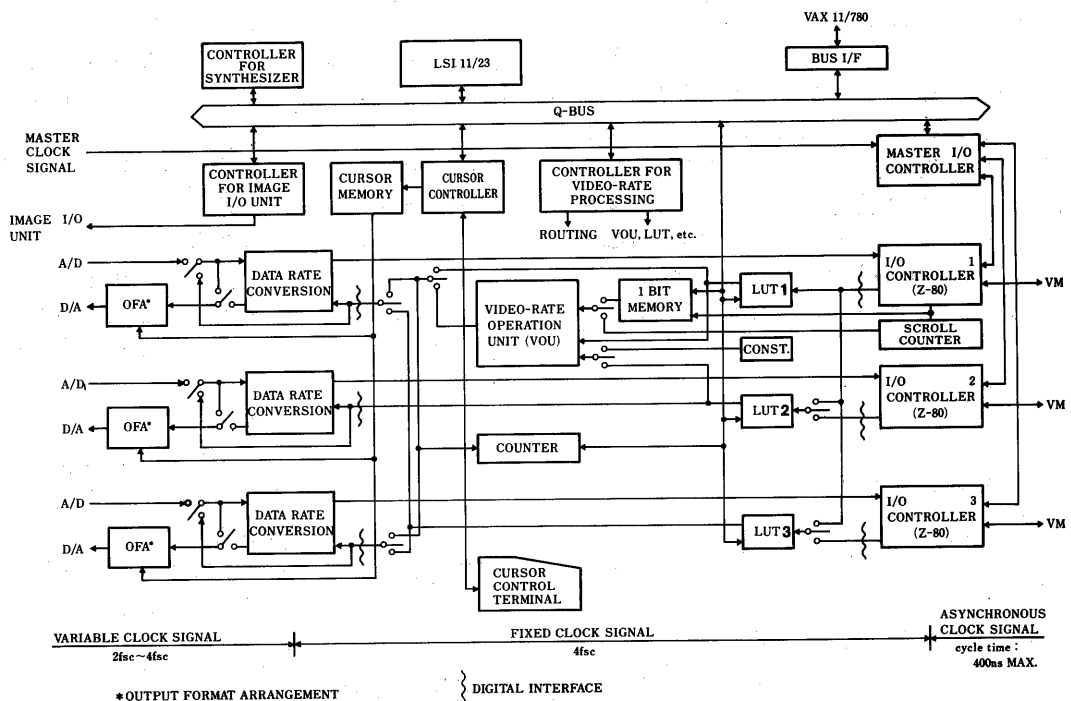


図2. ビデオレート処理部の構成

サブルーチンの集合であり、VAXのメモリのレジデント部に常駐し、複数のCLIから共有される。CLIは、本システムのユーザ・インターフェースとしての役割を果たすと共に、ユーザからの指示に従って、コマンド実行部の実行の制御を行なう。詳しくは3.2.~3.4.で述べる。

(3) 特殊サブルーチン群：ユーザ・プログラムと画像メモリ、LUT、1ビットメモリ、カーソル制御回路との間で、画像データ、座標値等の転送を行なう。

3.2. コマンド解析部 (CLI)

CLIの設計に際しては、user-friendlyなマン・マシン・インターフェースを実現し、能率良くコマンドを実行することを可能とするため、次の点に特に配慮した。

- (1) 本システムに不慣れなユーザにとっても容易に操作できるようにする。
- (2) 各コマンドにおける各パラメータの値、機能を1つ1つ設定できるようにする。
- (3) パラメータ設定操作の軽減、或いは省略を可能とする。
- (4) マルチユーザに対応できるようにする。

具体的には、コマンドの選択並びにパラメータの値を設定するための、階層的に構成された対話用の表示画面を導入し、ユーザとの対話を通じて、対応するコマンド・ルーチン、或いはパラメータ設定のためのルーチンを実行させるようにした。コマンドとしては3.4.に示すも

のがあり、各々に対して1枚(コマンドによっては複数枚)の画面を用いた。また、各コマンド名、パラメータ名は、原則として英大文字3字で表現した。

なお、図3に、CLIにおけるコマンドの階層構成の一部として、CLIの起動から、TVモード及び標準化周波数の設定、使用SPMの確保、画像出力(表示)に至るまでの部分を示す。

3.3. CLIの機能

コマンド中の各パラメータについては、逐一、その値を設定できる様になっているが、同様の操作を行なうために、毎回パラメータの値を全て設定し直すのは面倒である。そこで、ユーザの負担を軽減し、能率良く操作が行なえる様にするため、(1)~(3)の機能がある。

(1) 各パラメータに対するデフォルト値設定機能：各コマンド中におけるパラメータには、CLI起動時に、システムが設定した初期値がまず割当てられる。コマンド実行に伴い、パラメータの値を変更した場合、幾つかの例外を除いて、各パラメータは最新の値を保持するようになっている。これにより、一度設定したパラメータについて、コマンドの実行の度に、改めてまた設定を行なうという手間を省くことが可能である。

(2) コマンドファイル機能：CLI実行中、ユーザ・ターミナルから入力されたコマンド、パラメータ列は、ASCII文字列としてワーク・ファイルに一時的に記憶さ

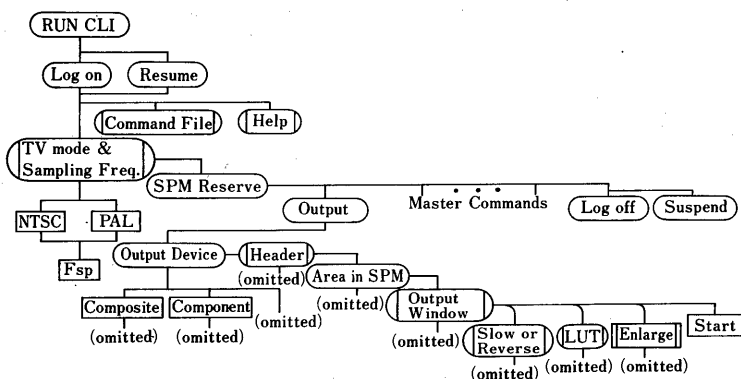


図3. コマンドの階層構成

・CLIの起動から、標準化周波数の設定、使用SPMの確保、画像出力(表示)を行なうまでの部分を示してある。

・○ コマンド、□ パラメータ
 ・◻, ◻◻ で示したコマンド、パラメータについてはスキップすることが可能。

れる(但し、CLIの実行終了時に消去される)。この内容はディスク・ファイルとして保存しておくことができ、コマンドファイル(CF: command file)と呼ばれる。CFはCLIの中で随時実行することができ、定型的な一連の作業を能率良く実行するために有用である。なお、テキスト・エディタによるCFの修正・作成も可能である。

(3) マクロコマンド機能 : 適宜に選んだ少数のコマンド、パラメータ列を" M_n "(n は0~8の数字)という形で定義したものをマクロコマンドと呼び、以後、" M_n "と入力すること、対応するコマンド、パラメータ列を実行することができきる。

次に、ユーザに対するヘルプ機能として(4)~(6)の機能がある。

(4) 選択されたパラメータの反転表示 : NTSC/PAL、或いはカラーフレーム/フレーム/フィールド、などの様に、同種のパラメータから1つを選択するというものに対しては、選択されたパラメータを反転表示し、識別を容易にする。

(5-1) コマンド、パラメータの表示においては、その意味を示すための最小限の説明を対話画面上に表示する。この時、コマンド、パラメータとして用いられる文字のみ大文字で表示する(例、入力機器…コマンド IDE; 表示 Input Device)。また、パラメータの設定方法についても必要に応じて簡単な説明を付ける。

(5-2) 各コマンドの意味、使用方法を説明するためのオンラインマニュアルとして、ヘルプコマンドが用意されている。

(6) 対話画面には原則として、その時点で入力できるコマンド及びパラメータのみを表示し、誤操作を防いでいる。

更に、CLIとユーザ・プログラムとのリンケージに関し、(7)の機能がある。

(7) ユーザ・プログラムの実行のためにはCLIからいったん抜け出る必要があるが、それまでに設定したパラメータの値を保持しておくため、CLIの実行を一時的に停止し、その後再び実行させるこ

とを可能とする。

3.4. コマンド

マスタ・コマンドと、マスタ・コマンド中で用いられる下位のスレーブ・コマンドとに大別される。

3.4.1. マスタ・コマンド

(1) ログオン/ログオフ関係

Log ON, RESume, SUSpend, Log OFF (CLIの開始、再開、一時停止、終了)

(2) NTSC/PAL及び標準化周波数の設定

TV mode & Sampling frequency

(3) 画像入出力操作

INPut, OUTput, STop Display (入力、出力、出力停止), REAltime (ビデオレート処理、他), TRANsfer (VAX ファイル ⇄ 画像メモリ), CURsor (カーソル操作), LUT

(4) コマンドファイル操作 COMMAND

(5) リソース管理

SPM reserve, RELease (使用SPMの確保、解放), HEAder (画像データのヘッダの操作)

(6) その他 : HELp (コマンドの説明), PAUse (コマンドファイル実行の一時停止)

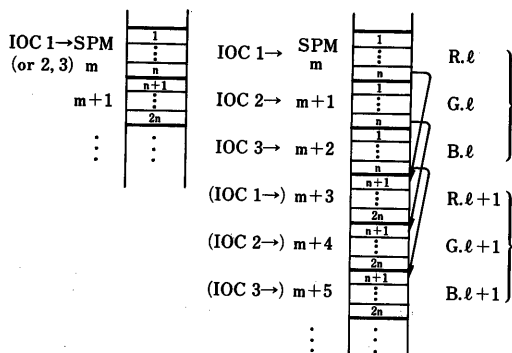
3.4.2. スレーブ・コマンド

14種類あり、入力・出力機器の選択、入力・出力モードの指定、ウィンドウ指定、SPMの領域指定、ビデオレート処理のパラメータの設定、等を行なう。

4. システム・ソフトウェアにおける画像入力・出力・蓄積・処理機能

4.1. 画像蓄積機能

コンポジット及びコンポーネントカラーTV信号に対する画像メモリの使用方法を図4に示す。コンポジット信号に対しては図4(a)に示す様に、任意に指定した開始SPM以降、連続したSPMを用いる。一方、コンポーネント信号に対しては、図4(b)に示す様に、 $3l+1, 3l+2, 3l+3$ ($l=0, 1, 2, \dots$) 番目のSPMを1組として、各々R, G, Bの3成分の格納のために用い、動画像の場合には3つのSPMの組を順次切換えて用いる(YIQ、



(a) For composite signal (b) For component signal

図4. 画像メモリの使用方法

YVUの場合も同様)。この様にすることにより、メモリ制御の簡単化と共に、メモリの効率的利用が実現されている。なお、本システムでは特に静止画と動画を区別することはなく、静止画はフィールド数またはフレーム数が1の動画であると解釈される。

次に、画像メモリへの画像入出力機器からのアクセスは、コマンド内ではフィールドを単位として管理される。フィールド・サイズ $2^P \times 2^L$ は $P=8 \sim 10$, $L=7 \sim 10$ の範囲で可変であり、各SPMには P, L の値に応じて複数フィールドの画像が格納される(例えば、 256×128 画素/フィールドなら16フィールド)。なお、大きさ $m \times n$ の入力画像に対しては、 $m \leq 2^P$, $n \leq 2^L$ を満足する最小の $2^P \times 2^L$ のフィールド・サイズを割り当て、この領域に左上詰め格納する。

4.2. 画像入力機能

- (1) コンポジット, コンポーネントの別, また、コンポジットの場合、RGB/YIQ/YVUへデコードするか否かの選択。
- (2) 入力装置, 入力チャネルの選択。
- (3) 画像を格納するSPM, 開始フィールド番号, 及び入力フィールド数の設定。
- (4) 取込みウィンドウの設定。
- (5) 入力モード: 通常, 或いは駒落とし。
- (6) 入力画像のA/D, D/A折返し。
- (7) 取込画像の即時表示。

4.3. 画像出力機能

動画画像出力における機能は、入出力コントローラによる出力方法の制御を主としたものと、ビデオレート処理回路によるものがある。前者については、以下の様な機能がある。後者については4.4.で述べる。

- (1) コンポジット, コンポーネントの別, コンポーネントの場合、NTSC/PALへエンコードするか否かの選択、また、擬似カラー出力を行なうか否かの選択。
- (2) 出力装置, 出力チャネルの選択。
- (3) 画像を読み出すSPM, 開始フィールド番号, 及び出力フィールド数の設定。
- (4) SPM内での読み出しウィンドウの設定。
- (5) 表示ウィンドウの設定。
- (6) 拡大・縮小: $2^4 \sim 2^{-4}$ の範囲。画素の繰返し読み出し、または間引きによる。
- (7) 動画画像の表示方法の制御
表示順序: 順方向, 逆方向, 往復
繰返し単位: カラー・フレーム, フレーム, フィールド
繰返し単位を何回ずつ繰返すか: $1 \sim 256$ 。
2以上の場合、スロー再生となる。
- (8) クロマインバータ使用の有無。
- (9) 2枚の画像の表示方式: スクロール
或いはインサート(紙芝居式)。

4.4. ビデオレート処理

ビデオレートごとの処理機能としては、画像表示, 画像データの転送に関連して以下のものが用意されている。

4.4.1. LUT (look-up table)

各出力チャネルごとにLUTが用意されており、濃度変換処理を行なう。1つのLUTは、 $9 \text{ bit} \times 512$ のテーブル2つから構成され、一方は出力チャネルに接続され(表LUT)、他方はユーザ・プログラムから内容の書換えができる状態になっている(裏LUT)。表・裏LUTの切換えは垂直帰線期間内に、各チャネル独立に、或いは同時に行なうことができ、LUTの内容を動的に変更することによる擬似アニメーションも可能である。

4.4.2. カーソル機能

- (1) カーソルのオン・オフ、及び表示チャネルの選択。
- (2) カーソル位置の読取り。偶・奇数フィールドの識別も行なわれる。
- (3) 指定位置へのカーソルの表示。
- (4) カーソルパターン(の形状(64×64画素で定義)及び色の選択。
- (5) 矩形ウィンドウの設定、位置の読取り。
- (6) カーソルで指定された画素の濃度レベルの表示。
- (7) カーソルで順次指定された座標系列の取込み: 最大100点。(8) その他。

4.4.3. ビデオレート演算

IOC1及び2を通して読出された2組の動画像、或いはIOC1を通して読出された1組の動画像と定数との間、(a)論理演算、(b)比較演算及び条件を満足する画素数の計数、をビデオレートで行なう(図2を参照)。(a)では、マスクビット(どのビットについて処理するか)の設定、MSBについてのみ処理する場合の出力下位8ビットの値の設定、などの機能もある。(b)では、大小比較により1(または値 r_1) / 0(または値 r_0)を出力する他に、大きい(小さい)方の画素値を出力するという機能もある。

次に、2組の動画像A、Bに対して、ビデオレートで置換合成処理を行なうことができる。これは、表示画面上の各画素に対応する1ビットメモリ(容量1024×512×1ビット)の内容1 or 0に応じて、A、Bいずれかから画素単位で任意に出力画素を選択するという機能である。例えば、原画と処理画の左半分、上半分同士を同一モニタ上で比較したい、という要求を満足するために、仮想的ウィンドウという概念を用い、表示画面の左上隅を(0,0)として、図5の例に示す様に、どういった相対位置で表示するか制御できる様になっている。

なお、1ビットメモリは、論理演算、比較演算において、どの画素について演算を行なうかを制御するためにも利用される。

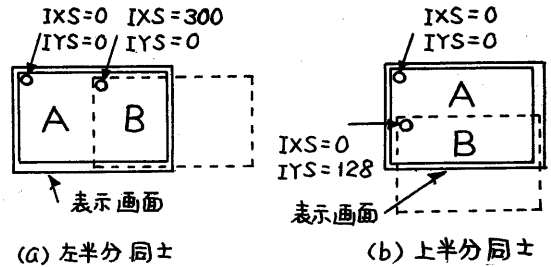


図5. 2画像の合成表示における仮想的ウィンドウの考え方

4.4.4. ルーティング制御

画像メモリから読出した画像データに対しては、図2にも示す様に、以下に示す転送ルートの設定が可能である。

(1) LUT1~3は各々対応するIOC1~3に接続されると共に、LUT2,3はIOC1とも接続することができ、擬似カラー表示に利用される。

(2) ビデオレート演算の結果を画像メモリに保存するために、ビデオレート演算回路からIOC3へ、及びSPM間でのビデオレートでの画像データ転送(コピー、またはコピー+濃度変換処理)を実現するためにLUT3からIOC1へのフィードバックルートが各々用意されている。

4.5. VAX, 画像メモリ間の画像転送

VAX, すなわちユーザ・プログラムと画像メモリ間での画像データの転送は、最小1 word (2B), 最大8192 word (16kB)を単位として実行される。1回の転送は、CICの設定、アドレス転送などに要するオーバーヘッド部分と、画像データの転送に要する部分とで構成される。図6は、最大8192 wordの1次元バッファと、フィールド・サイズの2次元バッファを用いた場合について、 $N \times N$ ($N=256, 512, 1024$)画素の画像の転送に要する時間を実測した結果を示したものである。これより、1回の転送に要するオーバーヘッド部分と1kB当たりの転送時間を求めると、 $VAX \leftarrow SPM$ の場合、各々6.2msec, 1.9msec (526kB/sec), $VAX \rightarrow SPM$ の場合、各々6.2

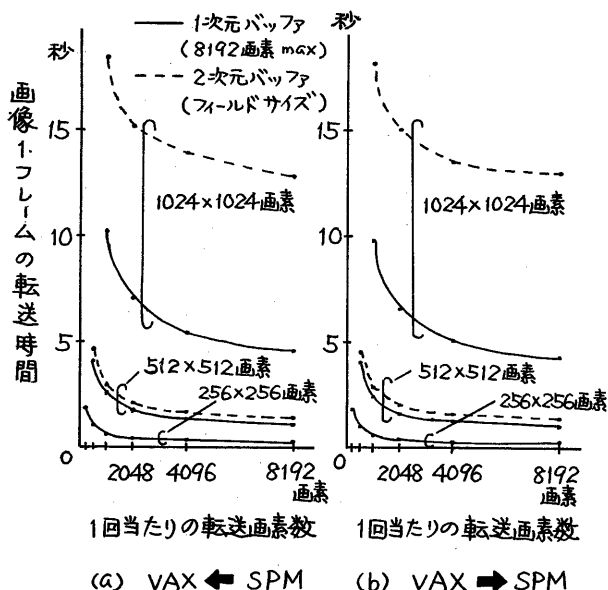


図6. VAX, 画像メモリ間の画像転送に要する時間 (実験結果)

msec, 1.7msec (588kB/sec) となる。なお、2次元バッファを用いた場合に、1次元バッファの場合に比べて時間がかかっているのは、仮想記憶下におけるページング処理によるものと考えられる。

5. ヘッダ・フォーマット及びユーザ・プログラムの管理

画像メモリ中の画像データには各SPMごとに、またディスク中の画像データにはファイルごとに同じ形式の512バイトのヘッダが付けられている。ヘッダ・フォーマットとしては、情報処理学会で定められた標準画像データフォーマット[2]をベースにし、本システムで取扱う画像データに必要な項目、その他を付け加えたものを使用している。

また、ユーザ・プログラムの管理のために、単独プログラム、サブルーチンの各々について、SPIDER[3]を参考にした形式で、プログラム中のコメント文、及びマニュアルの記載要領を定めている。

6. むすび

以上述べた様に、本システムはTV動画像を主たる対象として、種々の画像入力・出力・蓄積・処理機能を有し、ユーザの操作性を配慮したシステム・ソフトウェア、特にCLIの存在により、使い勝手の良いシステムとなっている。現在、ハードウェア・ソフトウェア両面におけるデバッグ作業を終了し、TV画像の高効率符号化、TV電話、動画像処理、ビデオテックスにおける方式変換(プレステル画面→キャプテン画面)、等々の研究のために活用されている。

今後の課題としては、システム・ソフトウェアに加えて、動画像処理用プログラムを始めとしたアプリケーション・プログラムを整備し、CLI中に組み込むこと、専用処理ハードウェアの導入、CLIの操作性を更に向上させるための工夫、等が挙げられる。

謝辞 動画像処理シミュレータの開発に対し、御教励を賜ったKDD中込取締役、研究所鍛冶所長、並びに御指導頂いた端局装置研究室山本室長、山田主任研究員に感謝致します。また、本装置の製作に当たられた、東光(株)の各位に感謝致します。

参考文献

- [1] M. Kaneko, Y. Hatori, K. Yamada, and H. Yamamoto : "Digital video signal processing system with multi-functional video memory," Proc. 3rd International Display Research Conference (Japan Display '83), P1.12, pp.152-155 (Oct. 1983).
- [2] 尾上守夫, イメ-ジプロセッシング研究連絡会 : "イメ-ジプロセッシングの振興と標準化," 情報処理, Vol.21, No.6, pp.645-659 (1980.6.).
- [3] 田村, 富田, 坂根, 横矢, 坂上, 金子 : "SPIDER — 移植性の高い画像処理ソフトウェア・パッケージ," 電総研彙報, Vol.44, No.7-8, pp.413-433 (1980.7-8.).