

画像処理ワークステーションFIVIS/VWSの開発

杉本 守昭

富士通プログラム技研㈱

高橋 晶二

富士通㈱ パーソナルシステム事業部

FIVIS/VWSは、高精細なフルカラー画像、文字、動画などを一括して扱える画像処理ワークステーションである。VWSでは、多様な画像メディア（文字：1ビット、濃淡画像：8ビット、フルカラー画像：RGBカラー24ビット/MCYKカラー32ビット）を自由なサイズ（最大32K画素×32K画素）で効率的に扱える大容量画像メモリ（最大256Mバイト）と、動画像をリアルタイムで表示、あるいはビデオ入出力可能なハード機構を備えている。本報告は、これら機能を実現するために採用した画像メモリの構造及び管理機構、画像情報転送の高速化を目的とした画像バス構成、画像メディアの表示機能について説明する。

THE DEVELOPMENT OF VISUAL WORKSTATION

Moriaki Sugimoto

Fujitsu Program Laboratories Ltd.

4-36 Hon-Cho Naka-Ku Yokohama, 231, Japan

Shoji Takahashi

Fujitsu Ltd. Personal System Division

1405 Daimaru Inagi-Si Tokyo, 206, Japan

FIVIS/VWS(Fujitsu Integrated Visual Information System/Visual Workstation) is visual workstation that provides the integrated environment for full color image of high resolution, character font and animation. FIVIS/VWS system has a mass image memory(max:256MB) that can handle a various image media(character font:1-bit data, gray scale image:8-bit data, full color image:RGB color is 24-bit data/MCYK color is 32-bit data) by free size (max:32K×32K pixel) and has a hardware structure that can display animation images, input or output video images on realtime. In this report we explain the structure of image memory and it's management method, the construction of image bus, the display function of image media.

1 まえがき

画像情報処理の対象となるメディアには、文字（ラスター文字/アウトライン文字）、図形（CG）、二値画像、濃淡画像、擬似カラー画像、フルカラー画像（RGB、MCYK、HSI）など多種多様なものがある。また図形、画像に関しては、静止画（新聞、CAD、写真など）とそれらを時系列上に並べた動画（テレビジョン、CGアニメーションなど）に分類できる。

一方、画像情報処理を適用分野から見た場合、大きく言って次の3つに分類できる。

- (1)画像情報そのものを単体あるいは組み合わせ、目的とする画像情報を得る分野 ⇒ 画像編集・画像検索
- (2)モデリング・データや科学技術計算結果と言った数値情報をもとに画像情報を生成する分野 ⇒ CG/ビジュアル・シュミレーション
- (3)画像情報をもとに目的とする情報を数値情報として取り出す分野 ⇒ 画像解析・画像認識

これらの分野は、メモリの集積度の飛躍的向上やRISC (Reduced Instruction Computer)、DSP (Digital Signal Processor) と言った高速プロセッサの普及、さらにはカラーキャナ、カラープリンタ、電子スチルカメラと言った画像入出力機器の充実により、適用範囲が急速に広がっている。

対象メディアと適用分野から考えると、画像情報処理システムに求められる要件は、次の4点となる。

- (1)多様なメディアを画像として融合できる事
⇒ 複数のメディアを融合し目的とする画像情報を得るには、個々のメディアを格納するためのメモリが柔軟な構成で、かつ効率的に使用できなくてはならない。
- (2)画像情報の転送性能が高い事
⇒ 画像情報どうしの融合、あるいは動画転送を考えた場合、多量の画像データを扱うため高い転送性能が求められる。
- (3)画像処理機能を必要に応じて拡張できる事
⇒ 画像情報を処理するための手法は、多岐に渡っており、ユーザ要件に応じた機能拡張が求められる。
- (4)様々な種類の画像入出力機器が容易に接続できる事
⇒ カラーキャナ、カラープリンタ、光磁気ディスク

、VTRなどの画像入出力機器を接続する事で、画像メディアを扱う環境を整える必要がある。

我々は、これらの要件を満たすシステムとして画像処理ワークステーションFIVIS/VWS (Fujitsu Integrated Visual Information System/Visual WorkStation)を開発した。本報告では、まず2章でFIVIS/VWSの開発の狙いについて述べ、3章ではFIVIS/VWSのハードウェア構成について述べる。

さらに4章ではFIVIS/VWSの特長である画像メモリの構造及び管理機構、画像情報伝送の高速化を目的とした画像バス構成、画像メディアの表示機能などについて述べる。

2 FIVIS/VWSの開発の狙い

画像の研究・解析分野から始まった富士通の画像処理技術は、1985年で販売を開始した富士通画像情報システムFIVIS/F6510シリーズによって、それまで文字・図形メディアのみであった汎用コンピュータ上にカラー静止画像のメディアを取り込んだ。また本シリーズは、高精細な画像処理機能により新聞の紙面展開などの画像メディア処理の一翼を担ってきた。ここで培った画像解析の技術とカラー静止画像処理のノウハウをベースに、印刷分野・映像制作分野などの画像メディアに対応すべく、マルチメディア機能を新たに盛り込んだシステムが、FIVIS/VWSである。

本システムの開発の狙いは高精細なカラー静止画像と文字との連携を図り、静止画の連続表示（アニメーション）やビデオインタフェースによるVTRとの連続入出力を行う事などで、メディアどうしの融合が容易に実現できる環境を提供する事にある。特に文字との融合は、画像メディアの市場を広げる上で非常に重要であるため、富士通のワードプロセッサOASYSシリーズや電子出版システムIPSシリーズとの連携を行う。

またシステムの運用形態として、従来のFIVIS/F6510シリーズと同様に汎用コンピュータとの垂直連携を図るとともに、新たにワークステーションによるスタンドアロン環境での運用も可能とした。これにより大規模な画像情報処理システムから小規模システムまで

柔軟に運用可能となる。

表1 FIVIS/VWSの仕様概要

3 FIVIS/VWSのハードウェア構成

FIVIS/VWSの仕様概要とハードウェア構成を、それぞれ表1、図1に示す。

3.1 制御部

FIVIS/VWSの全体の制御をつかさどる部分である。制御部は32ビットのシステムプロセッサ、メモリシステムで構築する。また、SCSI、GPIBなどの各種アダプタを用意し、カラープリンタ、カラーキャナなど種々の画像入出力機器を接続可能とした。

3.2 文字図形処理部

描画処理用LSI、図形処理の表示専用プロセッサによって、高精細な文字図形処理、優れたマンマシンインタフェースを実現した。

3.3 画像処理部

画像表示部、画像メモリ部、基本画像演算部、座標変換部、ベクトル描画部、拡張画像演算部、チャンネル接続部、ビデオ機器接続部により構成され、画像メディアを融合するための処理を行う。

| 項目 | 仕様 |
|----------------|---|
| 装置制御 | システムプロセッサ 32ビットCPU 主記憶メモリ 基本16Mバイト、最大32Mバイト 磁気ディスク 基本260 Mバイト (内蔵) (外部 最大4 Gバイト) ホスト接続 NMC, LAN, BMC (最大4.5 Mバイト/秒) |
| 画像機器 | 入力機器 カラーイメージスキャナ, TVカメラ, VTR 出力機器 カラープリンタ, VTR インタフェース ビデオ機器接続 RS-170A 準拠 (NTSC) 入出力機器接続 GPIB, SCSI |
| 表示 | サイズ 20インチ 1280画素×1024画素 表示色 文字・図形 任意256色/1670万色中 二値画像 任意1色/1670万色中 多値画像 1670万色 |
| フルカラーアニメーション | 表示速度 640 画素×480 画素: 30コマ/秒 1024画素×1024画素: 8コマ/秒 ビデオ入力 連続コマ入力 ビデオ出力 連続コマ撮り出力 |
| プロセッサ 画像メモリ | 68020+専用プロセッサ 容量 基本 16Mバイト 最大 256Mバイト 画像サイズ 最大32K画素×32K画素 画像の属性 二値, 多値, フルカラー 画像演算: 基本 論理演算, 算術演算, シフト演算, 濃度変換, 画像反転演算, (座標変換) 拡張 メディアンフィルタ, 空間フィルタ, 論理フィルタ, ラベリング, ヒストグラム算出, 投影, その他 |
| 図形描画部 | プロセッサ ベクトル生成 専用プロセッサ 線, 折れ線, 長方形, 多角形, 円, 円弧, 楕円, 楕円弧, その他 |
| 文字発生部 | フォント種 ラスター, ストローク, アウトライン 文字種 JIS第一/第二水準 |

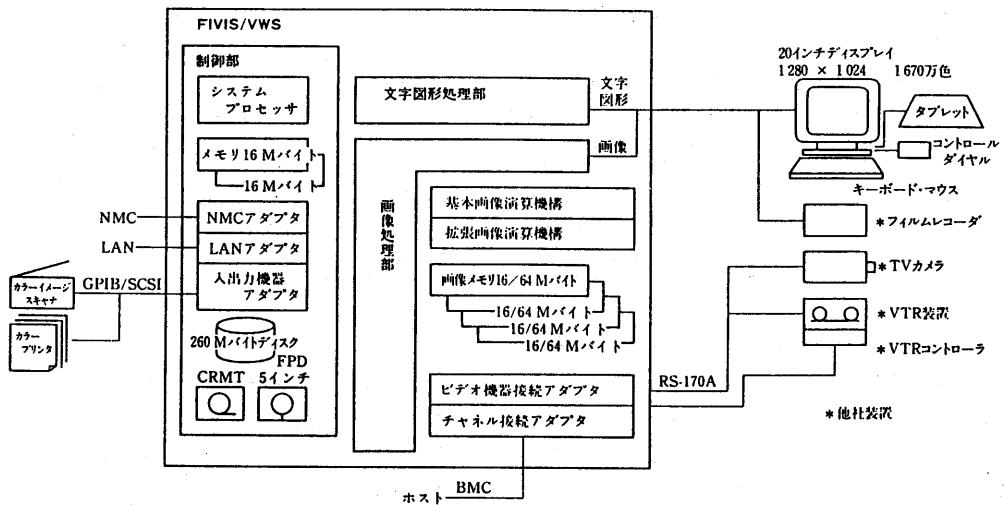


図1 FIVIS/VWSのハードウェア構成

4 FIVIS/VWSの特長

4.1 画像メモリの構造と管理機構

画像メディアには、二値画像、濃淡画像、擬似カラー画像、フルカラー画像など様々なものがあり、各メディアごとにデータ長、バンド数（画像を構成する要素数：色要素）、解像度（X、Yサイズ）が異なる。例えば、印刷紙面に使う画像の場合、データ長は1ビットであり、バンド数はモノクロで1バンド、カラーで4バンド（MCYKカラー）となる。また画像解析・画像認識分野で扱う濃淡画像は、データ長が8ビットや16ビット（整数）、あるいは32ビット（浮動小数点）となる。さらにビデオ系機器より入力された通常のカラー画像の場合は、8ビット長で3バンド（RGBカラー）と言う扱いとなる。解像度に関しては適用分野に大きく依存し、アニメーション画像のようにプレゼンテーションを前提に作成される画像に関しては、フレーム・メモリのサイズ（640画素×480画素、1280画素×1024画素など）に限定できる。しかし印刷分野のようにレイアウト編集を目的とした画像の場合、サイズは限定できない。

例えば印刷系で扱うA4判400dpiのカラー画像（MCYK）の場合、3360画素×4752画素のサイズが必要であり、一方その中にレイアウトする画像は、大きいものから小さいものまで様々である。

もう一つ今まで述べた各画像メディアの集合体として、動画像が考えられる。この場合の動画像は、データ長、バンド数、解像度が共通な複数個の静止画像と位置付けられる。

以上、画像メディアが持つこれらの要件を満たすためFIVIS/VWSでは、画像メモリの構造と管理機構に工夫を加えた。

(1)適用分野に応じて、画像メモリを16Mバイトから256Mバイトまで順次拡張できる構成とした。

⇒ 16Mバイトのメモリ・ボードを1～4枚、または64Mバイトのメモリ・ボードを1～4枚実装可能であり、動画像や高精細なカラー画像など多量のメモリを必要とする分野とそれ以外の分野でメモリ容量が自由に選択できる。

(2)画像メモリを256Kバイトのタイル（ブロック）に分割し、ページング方式で管理する事で、画像メモリの効率的な使用が可能となった。図2

⇒ 利用者は使用する画像メディアを画像セグメントとして定義する。定義属性として、X、Yサイズ、バンド数、データ長などが必要であり、画像メモリの管理機構では、これらの情報をもとに獲得すべきタイルの個数を計算し、その分の未使用タイルをアドレス変換テーブル上の連続領域にタイル番号として登録する。実際のアクセスは、使用するバンドのアドレス変換テーブル上でのエントリ番号と定義時のXサイズ、実処理領域（開始点、処理幅）の指定で可能となる。

例えば画像セグメントを様々な形態で定義、解放を行った後に再度定義をする場合、使用するタイルどうして物理空間上の連続性が要求されないため効率的な利用が可能となる。つまり必要な容量分の未使用タイルが存在すれば、必ず画像セグメントが定義できる。ただし、アドレス変換テーブル上での連続性は要求されるため、状況に応じてテーブルのコンデンスが必要となる。

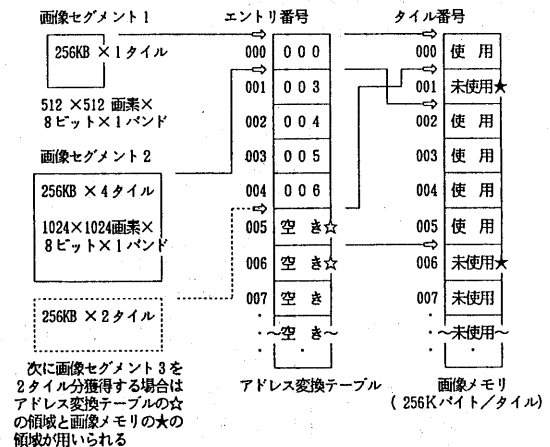


図2 画像メモリの管理

(3)画像メディアが持つデータ長、バンド数と言った属性に関して、1ビット、1バイト、4バイトと言った3つの形態の画像メモリをサポートしており、これにより画像メモリの無駄のない使用と高速なアクセスが可能となった。図3

⇒ 1ビット・メモリは、二値画像を1ビットのプレー

ンとして扱っており、アクセスは8画素単位（1バイト）のため1バイト・メモリの8倍の転送性能となる。また、4バイト・メモリは表示やビデオ入出力のように、マルチ・バンドを高速に一括転送する場合に有効である。つまり、1バイト・メモリを用いてマルチ・バンドの一括転送を行う場合は、各バンドの物理空間上でのアドレスが異なるためバンド単位に分割アクセスが必要となる。一方4バイト・メモリの場合は各バンドが物理空間上で連続しているため、同時アクセスによる高速転送が可能となる。

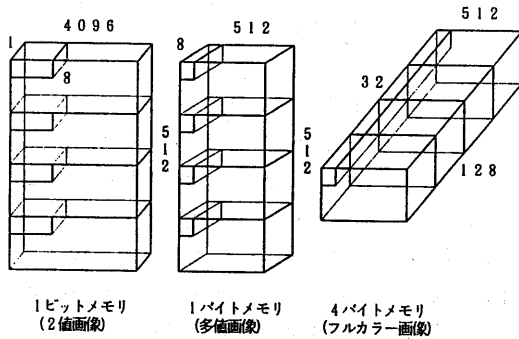


図3 画像メモリの形態

(4)画像メディアが持つ解像度 (X, Yサイズ) に関しては、X方向の基本サイズを512画素（1ビット・メモリの場合は、その8倍の4096画素）とし、2の累乗倍単位に最大32768画素まで扱える構成とした。表2

⇒ X, Yサイズによっては、画像メモリの一部領域が無駄になる場合もあるが、アドレス制御の容易性により高速なアクセスが可能と言う利点がある。これにより、印刷分野で求められる高精細な画像も扱う事ができる。

また動画像のようにメモリを最大限効率的に使用したい場合は、図4に示すようなX, Yサイズの形状変換機能をハード的にサポートしている。通常、640画素×480画素のフルカラー画像を使用する場合は8タイル分の画像メモリが必要となるが、4096画素×75画素に形状変換すれば5タイル分で済む。これにより、画像メモリを最大256Mバイト実装した場合は、6.8秒分の動画像転送が可能となる。（通常の使用形態では、4.3秒間）(5)画像メモリの管理方法として、(2)で述べたページング方式を採用する事により、動画像（静止画像の集合）に

| 項 | 画像セグメントのX方向サイズ | 画像メモリ | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|-----|---|----------|-----|----|----------|-----|---|
| | | 1バイト・メモリ | | | 4バイト・メモリ | | | 1ビット・メモリ | | |
| | | ΔX | ΔY | Z | ΔX | ΔY | Z | ΔX | ΔY | Z |
| 1 | $1 \leq X \leq 512$ | 512 | 512 | 8 | 512 | 128 | 32 | 4096 | 512 | 1 |
| 2 | $512 < X \leq 1024$ | 1024 | 256 | 8 | 1024 | 64 | 32 | 4096 | 512 | 1 |
| 3 | $1024 < X \leq 2048$ | 2048 | 128 | 8 | 2048 | 32 | 32 | 4096 | 512 | 1 |
| 4 | $2048 < X \leq 4096$ | 4096 | 64 | 8 | 4096 | 16 | 32 | 4096 | 512 | 1 |
| 5 | $4096 < X \leq 8192$ | 8192 | 32 | 8 | 8192 | 8 | 32 | 8192 | 256 | 1 |
| 6 | $8192 < X \leq 16384$ | 16384 | 16 | 8 | 16384 | 4 | 32 | 16384 | 128 | 1 |
| 7 | $16384 < X \leq 32768$ | 32768 | 8 | 8 | 32768 | 2 | 32 | 32768 | 64 | 1 |

表2 1タイルの大きさ

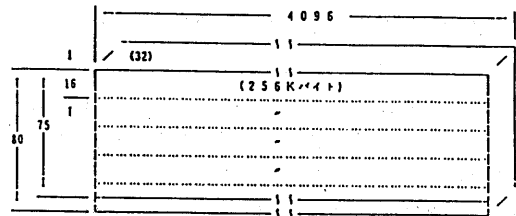
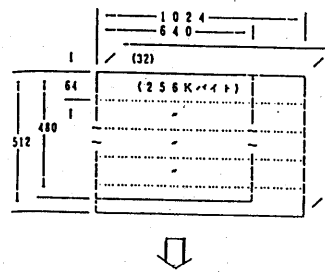


図4 VTR用の形状変換

に対する編集操作が容易となった。

⇒ 通常動作で使用するアドレス変換テーブルとは独立した形で動画用のアドレス変換テーブルを管理する。

動画転送の場合は、動画用のアドレス変換テーブル上にアニメーション表示、ビデオ入出力で使用する複数の画像セグメントをタイルの順番に登録する。後はアドレス変換テーブルのエントリ番号と1セグメント当たりの使用タイル数、転送数の指定で動画操作が可能となる。またアドレス変換テーブルの簡単な操作により、画像の前後関係の入れ換え（反転）や、繰り返し（ループ）、挿入、削除が行える。これにより動画メディアの制作に要する時間が大幅に短縮できる。

(6)画像メモリのアクセス時に発生する可能性があるデータ・パリティ・エラーに対して、システムの信頼性を上げるためタイトルあるいはメモリ・ボード単位の自動切り離し管理を行った。

⇒ 画像メモリのアクセス時には、データのビット化けが発生する可能性がある。FIVIS/VWSのように大容量の画像データを扱うシステムほど、その影響は無視できない。1ビットのデータ化け(シングル・ビット・エラー)に関しては、ECC(Error Check & Correct)により自動修正が可能であるが、2ビット以上のデータ化け(マルチ・ビット・エラー)に対しては修正できない。ここで使用する画像メモリはデータそのものを扱っており、CPUメモリのようにシステム・ダウンの要因とはならない。またエラーの発生頻度や対象となる画像メディアの種類によっては、画像全体に余り影響を与えない。そこでマルチ・ビット・エラーが発生した時点で即時にタイトルの切り離しを行うのではなく、アプリケーション側が対応メモリの解放コマンドを発行した時点で切り離しを行う方式とした。これによりエラーが発生した時点で画像メモリの内容をディスクや別メモリへ退避する事も可能である。自動切り離し機構には、もう1つメモリ・ボード単位での対応がある。これは上記エラーが発生した回数をボード単位にカウントし、その値がある規定値を越えた時点でそのボード上に存在する全ての未使用タイトルを切り離す方式である。

4.2 画像情報転送の高速化を目的としたバス構成

まず図5にFIVIS/VWSの画像処理部の構成を示す。表示処理を中心とした基本部と画像処理を中心とした拡張部の間を動画像転送が可能な画像バスで結んでいる。本画像バスは高速な画像転送を実現するために、アドレスとデータを完全に分離して制御する方式を採用している。データ・バス幅は32ビットであり、最大40Mバイト/秒の転送性能を有する。

ここでは画像バスの構成に関する特長を述べる。

(1)ビデオ・アダプタを画像バスに直結する事で、ビデオ画像のリアルタイム入出力が可能である。

⇒ 現在一般的であるコマ撮り機能付きのシステムは、1コマ単位のビデオ入出力であるため、機器の駆動系の制御(テープのリード/ライト位置の制御、録画/再生

/停止制御)に数秒の時間がかかっている。このためビデオ編集作業を効率的に行えないのが現状である。

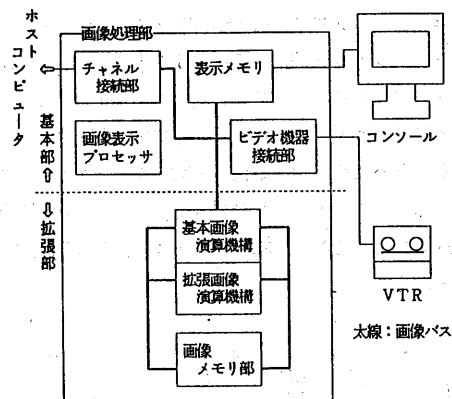


図5 画像処理部の構成

FIVIS/VWSではビデオ・アダプタを画像バスに直結する事により、30コマ/秒(640画素×480画素)の転送性能で連続的なビデオ入出力が可能である。よって一度に複数コマの入出力を行う事で、機器の駆動系制御に要する時間が大幅に削減できる。VTR画像の同期入出力時の機器構成を図6に示す。装置制御アプリは、テープの入出力位置と画像データの転送開始、終了タイミングの制御を行っている。ここではVTR画像の同期出力を例にとり、その動作シーケンスを説明する。

①アプリにより対象となる画像セグメントを必要なコマ数分用意し、出力の順番にリスト登録する。(動画像用のアドレス変換テーブルへのタイトル番号登録)

②装置制御アプリより画像処理部に対して、同期出力の準備コマンドを発行し、画像メモリからビデオ・アダプタへ連続転送するための初期設定を行う。(連続転送の

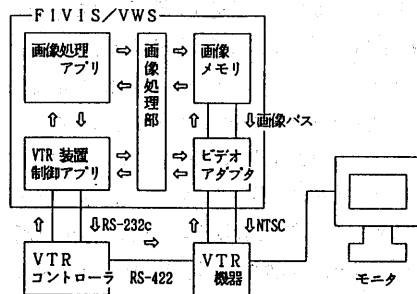


図6 VTR画像の同期入出力時の機器構成

1コマ目をビデオ・メモリ上に転送した時点で一時停止する)

③装置制御アプリよりVTRコントローラに対して、出力するテープアドレス(始点、終点)の指定による同期出力コマンドを発行する。

④上記の同期出力コマンドに対してVTRコントローラはVTRの録画準備を開始し、始点のテープアドレスより数秒前にテープを巻き戻したのち再生を開始する。この時テープアドレスをセンスし、始点アドレスの数フレーム前にさしかかった時点で、装置制御アプリ側に同期出力のタイミングコードを返す。

⑤装置制御アプリがタイミングコードを受け取ると、画像処理部に対して同期出力のリスタート・コマンドを発行する。

⑥VTRコントローラは、テープアドレスが開始点になった所で録画を開始し、終了点を過ぎた時点で録画を終了する。さらに、装置制御アプリに同期出力の終了コードを通知する。

⑦装置制御アプリが終了コードを受け取ると、画像処理部に同期出力の終了コマンドを発行して後処理を行う。

この他の動画転送機能としては、画像メモリの内容をコンソール管面上に連続表示する機能やビデオ入力画像をコンソール管面上に直接表示する機能を備えている。

(2)ホスト接続用のチャンネル・アダプタを画像バスに直結する事で、ホストコンピュータと画像メモリ間のデータ転送が高速に行える。

⇒ ホストコンピュータで数値計算した結果を表示したり、ホストコンピュータの大容量ファイルを利用した画像データベース・システムを構築する場合に、ホストと画像メモリ間の転送性能がシステム性能に大きな影響を与える。FIVIS/VWSは、FACOM MシリーズやVPシリーズとBMCチャンネルで直結する事により高速な画像転送(最大4.5 Mバイト/秒)を実現する。

4.3. 画像メディアの表示機能

FIVIS/VWSは、画像メディアどうしの融合を目的としたシステムであり、表示管面上で画像メディアどうしを重畳表示する機能に特長を持っている。

各メディアに応じて、以下に示す3つの表示メモリを持つ。

①文字・図形表示メモリ

操作メニューの表示、操作領域の指示棒表示、LUT情報の作成、ヒストグラム結果の表示、日本語入力など

②二値画像表示メモリ

二値画像の表示、画像処理用のマスク表示/作成など

③多値画像表示メモリ

濃淡画像の表示、擬似カラー画像の表示、フルカラー画像の表示(RGB, MCKYK)など

表示優先度は、①>②>③の順番となっており、②③の内容は重畳マスクの設定により強制的に非表示状態とする事が可能である。表示制御の基本概念は各メディアで共通であるが、ここでは二値画像と多値画像の表示メモリに対する表示機能について説明する。

まず各メディアを表示管面上で扱うためには、論理画面とペインの開設が必要である。論理画面は各メディアに対応した仮想的な表示空間であり、それを物理的な空間(表示管面)にマッピングしたものがペインである。

1つの論理画面から複数のペインを開設する事や複数論理画面からそれぞれペインを開設する事も可能である。これにより多様な画像メディアどうしを重畳表示したマルチ・ウィンドウ・システムが構築可能である。ここでは、画像セグメント(画像データが格納されたメモリ)内容を表示するために必要となる表示領域(配置)と表示色(表示メモリ)の指定機能について説明する。

4.3.1 表示領域の指定

表示領域の指定は上記仮想表示空間に対応したVDC(Virtual Device Coordinate)空間に画像セグメントを配置する事により行う。以下にその特長を示す。図7

(1)拡大、縮小、回転、斜体変形などの特殊配置が可能

画像セグメントのVDC空間への配置は、両空間上の座標点を、一方が3点PQRで、もう一方が2点PQで指定する事により可能である。

(2)二値画像と多値画像を同一論理画面内で取り扱い可能

1論理画面内で、二値画像表示メモリと多値画像表示メモリへの配置を、表示メモリ種別で指定可能である。

(3)画像セグメント間の重畳状態を配置指定で変更可能

新規配置時の表示優先順位の指定や再配置時の旧優先順位から新優先順位への変更指定により、重畳状態を容易に変更可能である。

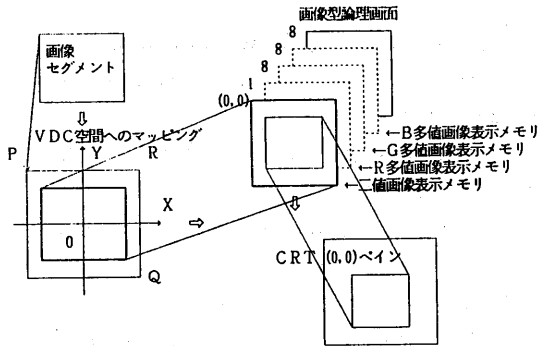


図7 表示領域の指定

4.3.2 表示色の指定

表示色の指定は、すでにVDC空間に配置された画像セグメントに対し、その画像セグメントを構成するバンドと表示メモリ色 (RGB [MCYK] + 表示マスク) の対応関係を指定する事により行われる。

以下にその特長を示す。

(1) バンドと表示メモリ色の対応関係によって、様々な画像メディアを表示可能

・ 特定バンド (1バンド) をRGB色に対応付ける場合

⇒ 濃淡画像、擬似カラー画像

・ 3バンドをRGB色に対応付ける場合

⇒ RGB系のフルカラー画像

・ 4バンドをMCYK色に対応付ける場合

⇒ MCYK系のフルカラー画像⁽²⁾

⁽²⁾ただし、本表示メモリ色は仮想的な表示メモリであり、実際にはMCYK用の4バンドをマスキング処理 (色変換処理) によりRGB変換したものを表示する。

(2) LUT (Look Up Table) を自由に選択可能

論理画面毎に各1個と、システム用で32個のLUTを持つ。これにより擬似カラー画像用や濃度レベルの補正用などで使用するLUTを、各画像セグメント毎に自由に選択可能となる。

(3) マスク付きの画像表示が可能

画像どうしを重畳してレイアウト・編集する場合に、各素材の形状は一般的には矩形ではなく任意形状である。そこで任意形状を扱うためのマスク情報を画像セグメントの1構成要素として定義しておき、画像と一括して表示する。このマスク情報により表示メモリ上に画像をライトする/しないの制御が可能となる。

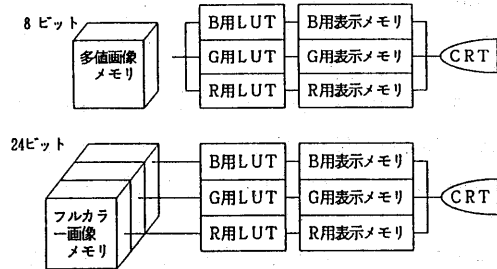


図8 表示色の指定

5 おわりに

本報告では、FIVIS/VWSの開発の狙いとその特長について述べた。特長としては、画像メモリの効率的な利用を目的としたタイル分割とアドレス変換テーブルによるページング管理方式が挙げられる。また画像の持つ二次元的 (X, Yサイズ) な構造やバンド数、データ長と言った属性をハード的に考慮してアクセスできる点などが挙げられる。

今後は、フルカラー画像や高精細画像、さらに動画像に対するニーズが益々高まるであろう。そのため、画像メモリと高速な外部記憶 (ディスク) との連携が必須となる。さらに画像データの圧縮/復元技術への対応が必要となる。

参考文献

- (1) 田村：画像処理の方法と応用。イメージングPart1. 電子写真学会、初版、東京、pp.21-29(1988)。
- (2) 小野：印刷画像における階調再現。イメージングPart1. 電子写真学会、初版、東京、pp.116-125(1988)。
- (3) 山田：銀塩写真画像における階調再現。イメージングPart1. 電子写真学会、初版、東京、pp.127-130 (1988)。
- (4) 田村 (監修)：コンピュータ画像処理入力。総研出版、(1985)
- (5) 持田：DSPの現状と動向。情報処理、Vol.30, No.3, pp.1291-1299(1989)。