

## カラードキュメントシステムにおける画像圧縮アクセラレータの試作と評価

鈴木一弘†、吉成敏明†、梅澤 健††、上澤 功†、三宅英太†

富士ゼロックス株式会社

† システム技術研究所    †† 第2ドキュメントプロダクト事業部第7開発部

複数のワークステーション、サーバから構成されるネットワーク・カラードキュメントシステムにおいて、効率的な文書交換に必要となる画像圧縮アクセラレータを試作し、評価を行った。文書中の多様なラスター画像に対応して種々の符号化アルゴリズムを実行できる柔軟性、適応性、及び、高速性を満たすものとして、ワークステーション上のソフトウェアとアクセラレータから成る構成を採用した。評価の結果、ソフトウェアの10倍程度の性能を達成し、LAN、ISDN回線での画像転送に十分な処理性能であることを確認した。

### Image Coding Accelerator for Color Document System

Kazuhiro Suzuki† Toshiaki Yoshinari† Ken Umezawa†† Koh Kamizawa† Hidetaka Miyake†

Fuji Xerox Co., Ltd.

† System Technology Research Lab.

†† Low Volume Document Product & CPS Business Unit II, Product Development VII Dept.

2274 Hongo, Ebina-shi, Kanagawa-ken 243-04, Japan

The architecture of the image coding facility applying to network color document system is discussed. The soft copy document consists of three kind of contents, such as text, graphics, and raster image. Allowing for the efficient document transmission and/or filing, the raster image compression should be essential. The software based accelerator is expected to give a good solution to compress image with high throughput. The accelerator can be controlled flexible enough for various types of image coding application by coding software. The performance on JPEG baseline system has been represented around 10 times as fast as the software on workstation.

## 1. まえがき

ワークステーション技術の進歩により、高性能なワークステーションがネットワークによって結合される分散処理環境が整いつつある(図1)。こうした環境に基づく分散型の文書処理システムに求められる基本的な要求として、以下の項目が挙げられる。

- システム構成要素間での自由な文書交換機能
- ファイルサーバー上での効率的な文書蓄積・検索機能

一般に、ワークステーション上で作成されるソフトコピー文書は、(1)文字、(2)図形、および、(3)ラスタ画像から構成される。(1)、(2)は、ソフトコピーの場合、いわゆるコードデータで表現することが可能である。(3)のラスタ画像は、通常スキャナ入力される、あるいは、計算機で生成されたグラフィックスなどで構成される。

文書の高精細化、カラー化による品質向上を考えた場合、(1)、(2)のデータ量の増加は、僅かである。これに対し、(3)の場合には、画素数、階調数、色成分の増加により飛躍的にデータ量が増大する。このような情報をそのままの形で交換することは、システムの効率性から不相当であり、画像圧縮等の対策が必要となる。

本報告では、ネットワーク環境下での文書処理システムに適用することを前提とし、文書の蓄積、交換のための効率的な画像圧縮機能の実現方法について検討したものである。実現手法は、アルゴリズム実装の自由度からソ

フトウェアによる手法を主体とし、アクセラレータの検討を行った。

## 2. ラスタ画像交換

ネットワーク環境においては、入出力装置を特定できない。このため、原稿中に存在するラスタ画像のデータ形式も、2値、N値(N色)、及び、フルカラーと多岐にわたる。また、ラスタ画像中にも文字や擬似中間調等の特性の異なる領域が含まれている場合もある。こうした多様なラスタ画像の種別に対応して、各種の符号化標準が存在する[1]。しかし、表1に示すように、単一の符号化方式ですべての画像に対応することは困難である。

効率的な画像圧縮を行うには、領域ごとの特性に適した方式で符号化するのが望ましい。ワークステーション上で作成された原稿は、編集操作から領域情報が得られるので、領域毎に異なる符号化を適用することが考えられる。

スキャナ入力された原稿は、ラスタ画像中に文字、写真などの領域が混在したまま取り扱われることが多い。こうした領域分離のされていないラスタ画像に対しては、まず、符号化処理の単位ごとに領域の判定を行う。次に判定結果に基づいて符号化パラメータ、もしくは、方式そのものを切り替える適応符号化が報告されている。適応処理の手法は、分離された領域内に局所的な統計量の変動が存在しても、良好な符号化が期待できる[2][3][4]。

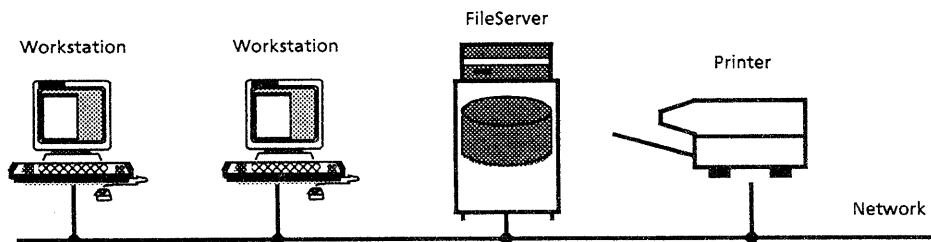


図1 分散処理環境

以上の議論から、高品質で効率的なラスタ画像交換のための画像圧縮には、次の3点が求められる。

- 符号データ交換のための標準方式との互換性
- 領域に適した符号化方式を選択できる柔軟性
- 適応符号化を実現するための拡張性

### 3. 画像圧縮機能の構成検討

2章で述べた画像圧縮機能をワークステーション上に実現する方法として、ソフトウェア、専用ハードウェア、及び、ソフトウェアとアクセラレータの3通りが考えられる。

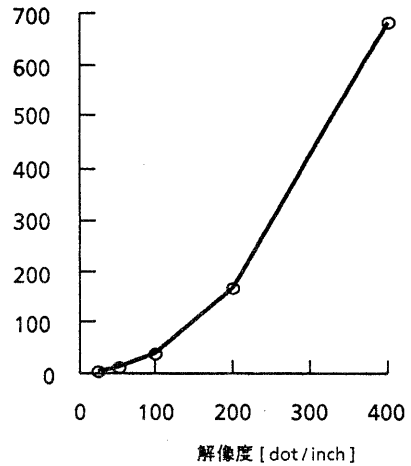
#### 3.1 ソフトウェアによる符号化

多様な符号化方式への対応は容易であるが、図2に示すように処理速度が問題となる。また、ワークステーションのCPUを利用するため、他の処理に影響を及ぼすことが懸念される。

#### 3.2 専用ハードウェアによる符号化

標準方式に対応するLSIが開発され、高速処理が可能となっている。ただし、アルゴリズムの柔軟性に欠ける点が問題となる。

符号化時間[sec]



注) 20MIPS級のRISC CPU搭載のワークステーションで実行した場合。

図2 A4サイズ原稿のソフトウェアによる符号化時間の一例(JPEG Baseline方式)

#### 3.3 ソフトウェアとアクセラレータによる符号化

ワークステーション上のソフトウェアによる符号化処理の内、負荷の大きな部分をアクセラレータで実行する。アクセラレータをプログラマブルに構成することによって、ソフトウェアと専用ハードウェアの中間の処理速度と柔軟性の両立が期待できる。

表1 画像の種類と符号化方式の比較検討例

	2値 / Bit Plane		限定カラー (color map)		多階調・フルカラー	
	文字	写真 (擬似中間調)	文字	写真 (擬似中間調)	文字	写真 (階調画像)
MH/MR/MMR	○	×	×	×	×	×
JBIG	○	○	△	△	△	×
JPEG	×	×	×	×	△	○

○:良好、△:条件付で可、×:不適

### 3.4 システム実現手法

以上、3つの実現方法を比較した結果、アルゴリズムの高速性と柔軟性には、トレードオフが存在することは明らかである。以下では、ラスタ画像の符号化処理に適用するアクセラレータの構成を検討する。処理速度としては、ソフトウェアによる処理の10倍程度を目標値とする。

## 4. システム構成

以下の点を前提に、ソフトウェアとアクセラレータから構成されるシステムを開発した。

- アクセラレータは、符号化処理の単位ごとに、負荷の重い部分を担当する
- ワークステーション上で、アクセラレータの有無は意識しない
- 処理の最も大きいJPEG方式の高速化を優先する

### 4.1 システムアーキテクチャ

一般に、符号化アルゴリズムの多くは、信号処理演算から構成される。その演算には、高速性とプログラマビリティが要求される。そこで、積和演算・ビット処理能力の高いDSPを採用した。また、図3に示すJPEG方式では、DCT変換は、特に演算回数が多いため、専用のハードウェアを設ける。図4にシステムの全体構成を示す。

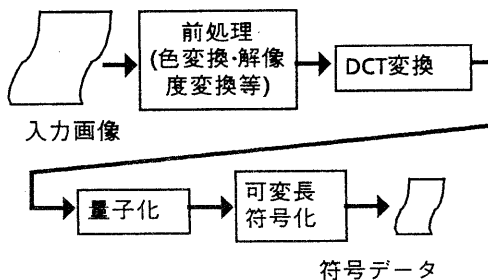


図3 JPEG Baseline符号化方式

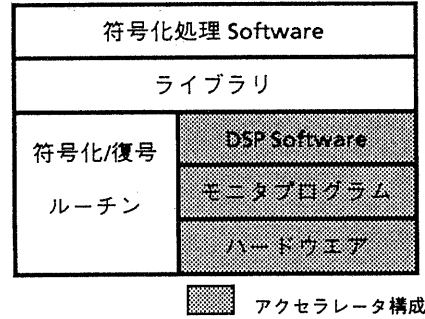


図4 システム構成

符号化処理 Software、ライブラリ、および符号化/復号ルーチンは、ワークステーション上のソフトウェアである。符号化処理 Softwareは、符号化処理全体を制御する。ライブラリは、アクセラレータの有無を意識せずに、符号化処理 Softwareに符号化処理機能を提供する。符号化/復号ルーチンは、アクセラレータが存在しない場合に用いられるルーチンである。

アクセラレータは、ハードウェア、モニタプログラム、およびDSP Softwareからなる。ハードウェアは、DSPとDCT-LSIから構成される。

モニタプログラムとDSP Softwareは、DSP中に実装される。モニタプログラムは、ハードウェアのシステム制御を行う。DSP Softwareは、モニタプログラムの機能を用いて符号化処理を実現する。

以下、この章では、アクセラレータの各構成要素とライブラリについて説明する。

### 4.2 ハードウェア構成

図5にハードウェアの構成を、表2にその仕様を、写真1にハードウェア概観を各々示す。

データバスは、32bit幅のI/Oバスと内部バスから構成される。I/Oバスは、ワークステーションとのデータ交換に用いられる。Bus I/F部は、I/Oバスとハードウェアを接続する。内部バスは、データの処理方向を一様にするた

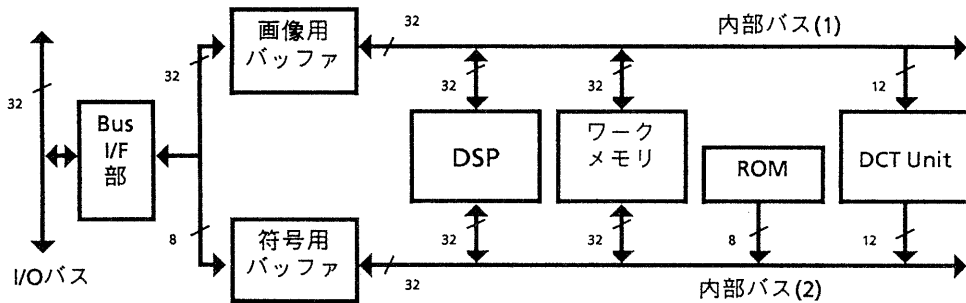


図5 アクセラレータのハードウェア構成

めに、2本設けた。画像バッファと符号バッファは、入出力バッファであり、2本の内部バスにそれぞれ接続される。このバス構成により、入出力の並列動作が可能となる。

DSPは、I/Oバスとの整合性と処理機能の拡張性を考慮し、32bit浮動小数点信号処理プロセッサであるモトローラ社製DSP96002を用いた。ワークメモリは、処理テーブルや中間データを保持する。ROMは、モニタプログラ

ムを格納する。DCT Unitは、DCT変換係数精度12bitのSGS-THOMSON社製A121を用いた。

#### 4.3 モニタプログラム

モニタプログラムは、起動時にROMからDSPにロードされる。このモニタプログラムは、ハードウェアのシステム動作を制御する。また、デバッグ時に必要となるワークステーションからのDump, Break機能を実現する。

#### 4.4 DSP Software

DSP Softwareは、符号化処理の主要な部分をアクセラレータで実現する。符号化アルゴリズムを柔軟に実現するために、実行前に、ワークステーションからDSP内部へダウンロードされる。

#### 4.5 ライブラリ

ライブラリは、ワークステーション上の符号化処理Softwareにリンクされて動作する。ライブラリは、アクセラレータの有無を識別し、アクセラレータ、あるいは、符号化/復号ルーチンを起動する。図6は、JPEG Baseline方式における全体動作の一例である。

### 5. 評価

本システムの性能を確認するために、JPEG Baseline方式での評価を行った。その結果を、ソフトウェアのみで符号化した場合と比

表2 ハードウェアの仕様

項目	内容
[DSP] DSP 動作周波数 ワード構成 内部ProgramRAM 内部RAM	モトローラ社製 DPS96002 33MHz 32Bit・浮動小数点 1KWord×32Bit 512Word×32Bit×2
[DCT Unit] DCT-LSI	SGS-THOMSON社製 A121
[Sbus I/F] 動作モード 接続バス 転送サイズ	Slave 20MHz, 同期式 8Bit, 32Bit単位
[画像用バッファ/ ワークメモリ] 容量 ウェイト数	Dual Port SRAM 4KWord×32Bit 1 Wait
[符号用バッファ] 容量 ウェイト数	双方向FIFO 2KByte 1 Wait
[ROM] 容量	4KByte

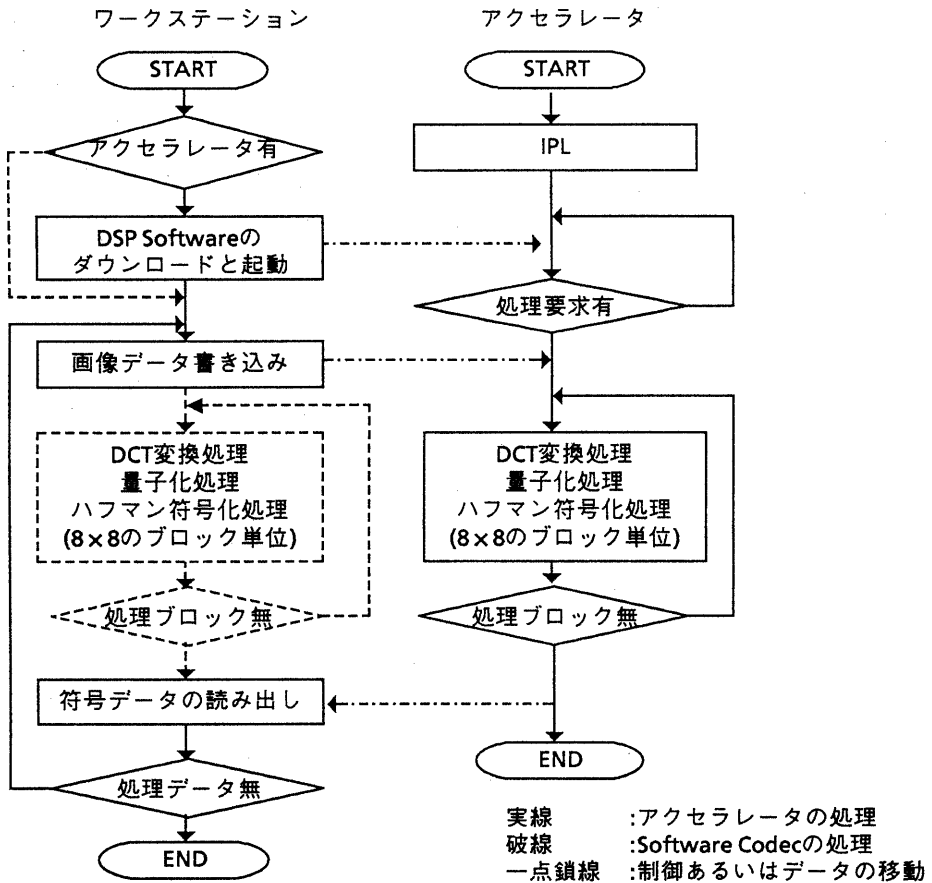


図6 JPEG Baseline圧縮処理の処理手順

較した。なお、評価には1024×1024[画素], 8[Bit/画素]の輝度成分のみの画像を用いた。

### 5.1 処理速度の評価

複数の画像を、同一の符号化パラメータで復号したときの処理時間の比較を図7に示す。アクセラレータは、ソフトウェアのみで実行した場合に比較して、8から10倍の処理能力を持つ。これは、復号画像のスループットに換算して、240から590 [KByte/Sec]に相当する。アクセラレータと、ソフトウェアによる処理結果を表3に示す。主観評価の結果からも、両者の画質上の差は認められなかった。写真2に処理結果の一例を示す。

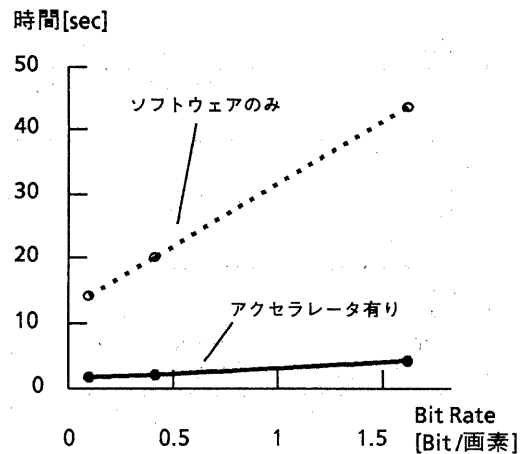


図7 復号時間の比較

表3 処理結果の比較

	圧縮率	S/N比 [dB]
アクセラレータ有り	19.2	40.33
ソフトウェアのみ	19.2	40.33

## 5.2 性能の考察

フルカラー画像をLAN、及び、ISDN回線で転送した時の、画像のサイズと転送時間の関係を、それぞれ図8、図9に示す。また、圧縮率20で符号化したデータを転送し、本アクセラレータと、ソフトウェアのみで復号した時の処理時間の合計もそれぞれ示した。LAN、あるいはISDNでの画像転送においては、本アクセラレータが十分有効であることがわかる。

## 6. まとめ

ネットワーク環境下において高品質な文書を交換・蓄積・検索する際に必要となる画像圧縮機能について分析し、評価を行った。

次にアクセラレータを試作し、JPEGを例に速度評価を行った。その結果、ソフトウェアのみで処理を行った場合に比べて、8から10倍の処理速度を達成した。本アクセラレータは、LAN、ISDNにおける画像転送に適用した場合に、十分有効な性能が得られている。

結論として、本アクセラレータは、ネットワーク環境での効率的な文書交換を実現するための、柔軟性と高速性を備えた画像圧縮機能として有効であると言える。また、カラーファクシミリへの展開も考えられる。

## 7. 今後の課題

今後は、他の符号化アルゴリズム、フルカラー画像の検索を効率的に行うためのプログラシブ符号化、及び、適応符号化方式の評価を行っていく予定である。

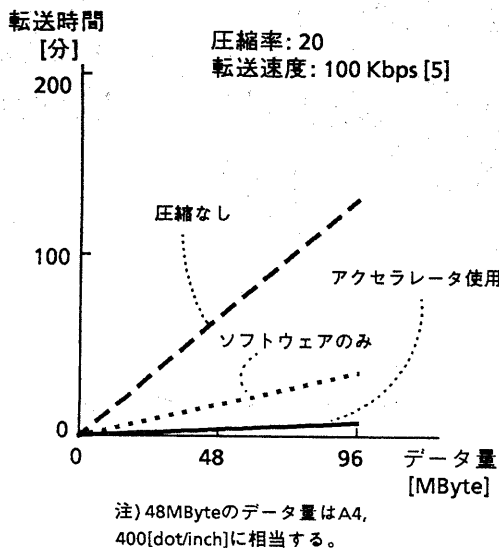


図8 LANにおける転送速度

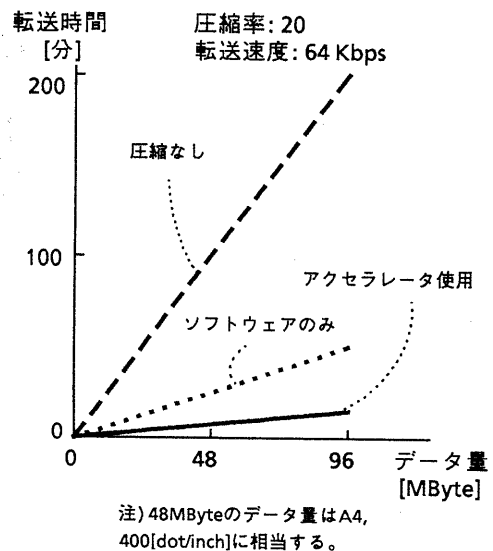


図9 ISDN上における転送速度

<参考文献>

- [1] 安田：“マルチメディア符号化の国際標準”，丸善(1991).
- [2] Y.Koshi et al, “ High Resolution Color Image Coding Scheme for Office Systems ”, Proc. of the SPIE, Vol. 1605, VCIP'91, Nov., 1991.
- [3] 鈴木,越,上澤,他：DCT方式の文字画像への適応化の一検討,PCSJ91予稿8-2.
- [4] 勝野,遠藤：カラーファクシミリのための高能率ハイブリッド符号化方式の提案,CS91-96,IE91-96
- [5] 上谷：“ローカルエリアネットワーク”,丸善(1989)

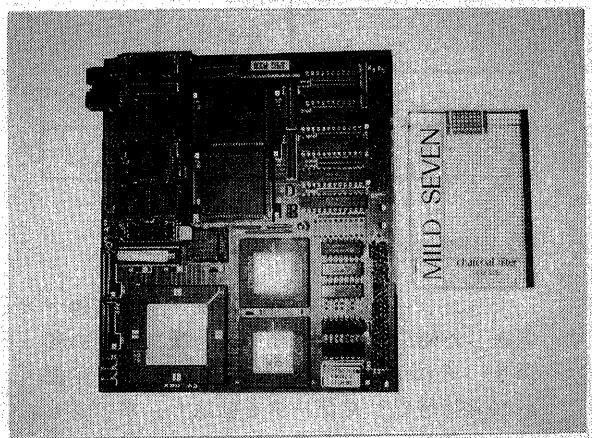


写真1 ハードウェア概観



写真2 処理結果(1024×1024画素、圧縮率19)