

5.3 熱昇華転写記録を用いたデジタル網対応カラーファクシミリ(Ⅱ)

(株)リコー 正会員 石 川 安 則

// 和 田 義 典

// 正会員 大根田 章 吾

1. はじめに

本稿では当社が開発したフルカラーファクシミリ RICOH COLORFAX 8000DT(以下本装置という)について解説する。ISDN 等高速デジタル網の普及、JPEG (Joint Photographic Experts Group)に代表される静止画像の高能率符号化方式の標準化活動、フルカラープリンタやスキャナ等入出力機器の実用化などフルカラーファクシミリを構成する要素技術開発が進み、広範な普及のための条件が整いつつある^{1),2),3),4)}。本装置は、カラープリンタに熱昇華転写型を、画像符号化方式に JPEG 方式を用い、ISDN 対応の G4 プロトコルをベースにしたカラー画像通信プロトコルを新たに組み、またソフトファクス機能を考慮して高解像度のフルカラー CRT を接続

する構成とした。

2. システム概要

2.1 基本仕様

表1に本装置の基本仕様を、写真1に本体の外観を示す。主な特徴は以下の通りである。

(1)G4ファクシミリクラス1プロトコルの非標準機能による拡張カラー機能をサポートする。

(2)カラー画像符号化方式は、JPEG ベースラインシステムを用いる。また伝送画像品質を選択できる。

(3)スキャナは300 PPIの解像度を有するフルカラー スキャナを用いている。

(4)ハードコピー出力は300 PPIの解像度の熱昇華型フルカラープリンタを装備、ソフトコピー出力のできるフルカラー CRT も装備している。

(5)20 MB のハードディスクを搭載し、大容量の原稿記憶と故障時のデータ保存が可能。

(6)高性能の操作パネルによる多彩なファクションの操作が可能。

2.2 システム構成

図1に全体システムブロック図を示す。システムコントローラは、システムバス(VMEバス)に接続される各ユニットの全体制御を行う。システムバス上の画像データはRGB各8ビットで、デバイス独立な色特性として

表 1 システム基本仕様

形式	トランシーバ
接続回線	INS NET64
通信速度	64Kbps
通信規格	G4クラス1
符号化方式	JPEGベースライン 方式準拠(ISO CD10918-1)
画品質設定	3段階
モード	
読取方式	等倍カラーセンサによる 平面走査方式(原稿固定型)
記録方式	熱昇華転写記録方式
解像度	300PPI
階調処理	8ビット
原稿サイズ	A4サイズ
有効記録範囲	200mm×270mm
読取時間	1分以内
記録時間	2分以内
送信時間	2.5分以内 (1bit/画素 圧縮時)
電源	AC100V±10V 50Hz
消費電力	1.5KV以内
大きさ	W:625mm D:658mm H:930mm

"Color Facsimile using Thermal Dye Transfer Printing for Digital Network (Ⅱ)" by Yasunori ISHIKAWA(Member), Yoshinori WADA and Shogo OHNEDA(Member)(Ricoh Company, Ltd.).



写真 1 本体の外観

5.3 熱昇華転写記録を用いたデジタル網対応カラーファクシミリ(Ⅱ)

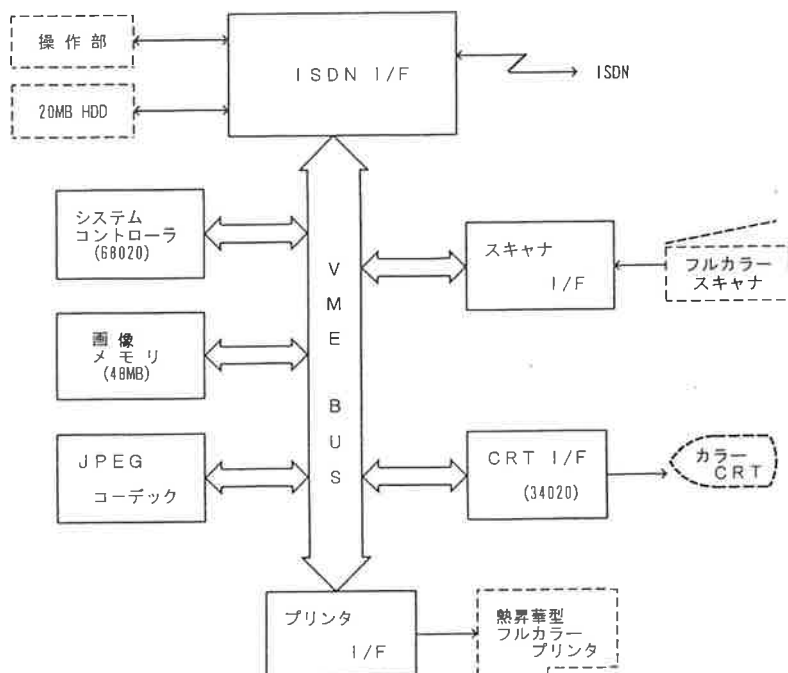


図 1 システムブロック図

表 2 スキャナ部仕様

読取方式	原稿静止型
読取手順	ライン順次
	RGB 3色同時読取
原稿サイズ	A4サイズ
読取範囲	210mm×297mm
画素数	2592画素×3504画素以上
解像度	300PPI
カラー構成	RGB 各8bit
読取時間	1分以内

表 4 CRT仕様

表示サイズ	19インチ
解像度	1280×1024ドット
垂直走査	ノンインターレース/60Hz
水平走査	63.34kHz
入力信号形式	RGBコンポーネント

表 3 プリンタ部仕様

記録方式	熱昇華転写記録方式
現像色	YMC
記録紙	サーマル転写用紙
紙送り速度	8.46mm/sec
記録速度	10msec/line
用紙サイズ	A4サイズ
記録保証領域	205.8mm×286.9mm以上
画素数	2432画素×3390画素
記録密度	300PPI
記録時間	2分以内

表 5 CRT表示機能

レイアウト 表示モード	(1)スキャナ読み取り時 スキャナの読み取り動作に同期して縮小画像が上から下へ表示される (2)送信時 送信動作に同期して、インジケータが上から下へ表示される (3)受信時 受信動作に同期して、縮小画像が上から下へ表示される (4)プリンタ記録動作時 プリンタの動作に同期して、インジケータが上から下へ表示される
スクロール モード	表示倍率(等倍, 1/2, 1/3, 1/4)及び表示回転角(0°, 90°, 180°, 270°)が指定可能で、表示画像がCRT画面からはみ出す場合には操作パネル上のスクロールキーによりスクロールさせることができる

CIE RGBを採用した。画像メモリは出力用画像データの蓄積用メモリである。JPEGコーデックはJPEGベースラインシステムに準拠して画像データの符号化および復号処理を行う。ISDN I/FはINS NET 64に対応して通信プロトコルの制御を行う他、操作パネル、20 MB

ハードディスクの管理・制御を行う。

スキャナ部の仕様を表2に示す。カラー構成はRGBであるが、システムバス上のCIE RGB特性に合わせる

ためスキャナの読みとりデータに補正を加えている。プリンタ部の仕様を表3に示す。熱昇華型は画素単位の階調表現能力を持つので面積変調などの階調処理は行っていない。システムバス上の CIE RGB 特性の画像データから YMC 表色系への変換を行っている。またソフトコピー出力装置として高解像度カラー CRT を装備しており、高速に色再現性の良い送受信画像の表示が可能である。操作パネルのキーを利用して、レイアウトモード/拡大表示モードの切り替え、画面スクロールなどの操作が可能である。表4に CRT 仕様、表5に CRT 表示機能の一覧を示す。なお、コーデックが JPEG ベースライン対応であるため、ソフトファックス機能に特有のプロGRESSIVE 伝送はサポートしていない。

3. 画像符号化部

3.1 コーデック仕様

画像符号化部は、JPEG ベースラインシステム (ISO CD 10918-1) に準拠している^{5),6)}。主な特徴を以下に示す。

(1) 順次符号化特性 (Sequential Buildup 機能) のみをサポート。

(2) 8×8 画素ブロック単位の DCT (Discrete Cosine Transform)。

(3) 量子化テーブルは符号化 (送信) 側から復号 (受信) 側へダウンロード可能。

(4) エントロピー符号化はハフマン符号を使用。符号テーブルは、符号化 (送信) 側から復号 (受信) 側にダウンロード可能。復号側は、ダウンロードされた符号表から実際の符号テーブルを生成することができる。

(5) カラーコンポーネントは、RGB または YCbCr を使用可能。RGB $\leftrightarrow$ YCbCr の色変換機能あり。

(6) 各コンポーネントは、8 bit/画素のビット精度。

(7) サブサンプル比は、 $1:1:1$ 、 $2:1:1$ 、 $4:1:1$ 、 $4:2:2$ が選択可能。

(8) マーカコードは、ベースラインシステムで使用可能なコードはフルサポート。

(9) ブロックインタリーブモードで1スキャンのみをサポート。

3.2 コーデックの機能ブロック

図2に機能ブロック図を示す。DMAC (Direct Memory Access Controller) は画像メモリ上の論理的な矩形領域の画像データをコーデックとの間で転送する機能を持つ2次元DMAである。色変換機能は、通信路上の符号化効率を考慮してシステムバス上の色空間 (CIE RGB) から YCbCr 系への変換を行う。またサブサンプル機能は、色差信号 (CbCr) の解像度を $1/2$ または $1/4$ の画素数に落とすことにより、同様に通信路上の符号化効率向上を期待できる。DCT 変換には専用プロセッサ (Inmos A121) を使用した。量子化処理では、量子化テーブルは復号時は送信されてきたテーブルを使用でき、符号化時はシステムが任意のテーブルを使用することにより伝送画像品質を制御できる。ハフマン符号部は JPEG データ構造に合ったビットストリームを生成する。符号テーブルも同じく、復号時は送信されてきたテーブルを使用することができる。符号化時は JPEG 推奨テーブルを用いている。

コーデックは、DCT 専用プロセッサの他、2つの DSP (Digital Signal Processor) と1つの RISC (Reduced Instruction Set Computer) タイプの汎用プロセッサを中心に構成される。各機能ブロック間にはそれぞれ FIFO (First-in First-out) レジスタが置かれ、各ブロックが非同期で動作するようになっている。

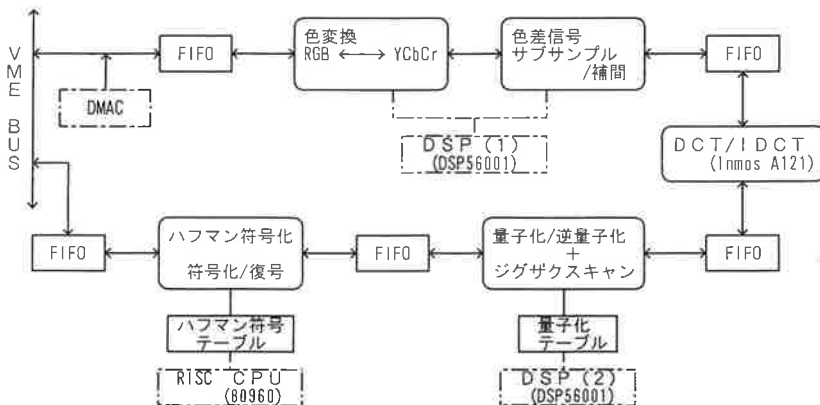


図2 JPEG コーデック機能ブロック図

4. 画像処理部

4.1 伝送色空間

不特定な相手との接続を考慮すると、伝送色空間には『デバイスからの独立性』が求められる。デバイスに独立な色空間には、CIE XYZ, CIE RGB, NTSC RGB, $L^*a^*b^*$, $L^*u^*v^*$ などがあるが、本システムでは『デバイス色

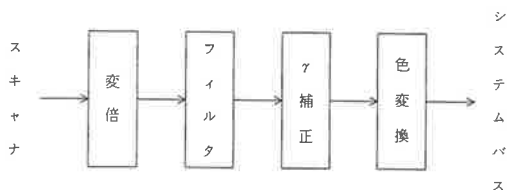


図3 送信時画像処理フロー

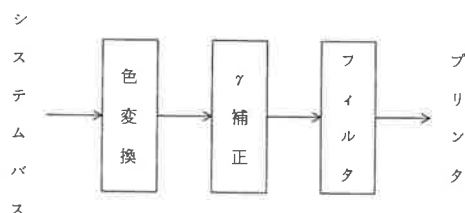


図4 受信時画像処理フロー

空間との変換容易性』を考慮してCIE RGB(標準光源Cベース)を選択した。ただし、NTSCなど他のRGB系色空間との優位性については未検討である。

4.2 送信時処理

送信時の画像処理フローを図3に示す。受信側の記録画素密度に応じた変倍、原稿種により必要に応じたスムージング/エッジ強調などのフィルタリング、γ補正、 3×3 マトリクス演算によるデバイスRGBからCIE RGBへの変換をスキャナ読取時リアルタイムに行っている。

4.3 受信時処理

受信時の画像処理フローを図4に示す。 3×3 マトリクス演算によるCIE RGBからデバイスYMCへの変換、γ補正、フィルタリングによるエッジ強調をプリンタ記録時リアルタイムに行っている。なお、色変換はハードウェアとして 3×9 マトリクス演算が可能な構成となっているが、画質を総合的に評価し本システムでは 3×3 としている。

5. 通信制御部

5.1 ハードウェア構成

通信制御部は、図5に示すようにFAX制御部、G4通信制御部、網制御部からなり、ISDN用G4ファクシミリ装置の通信制御部をベースに構成している。また、G4フ

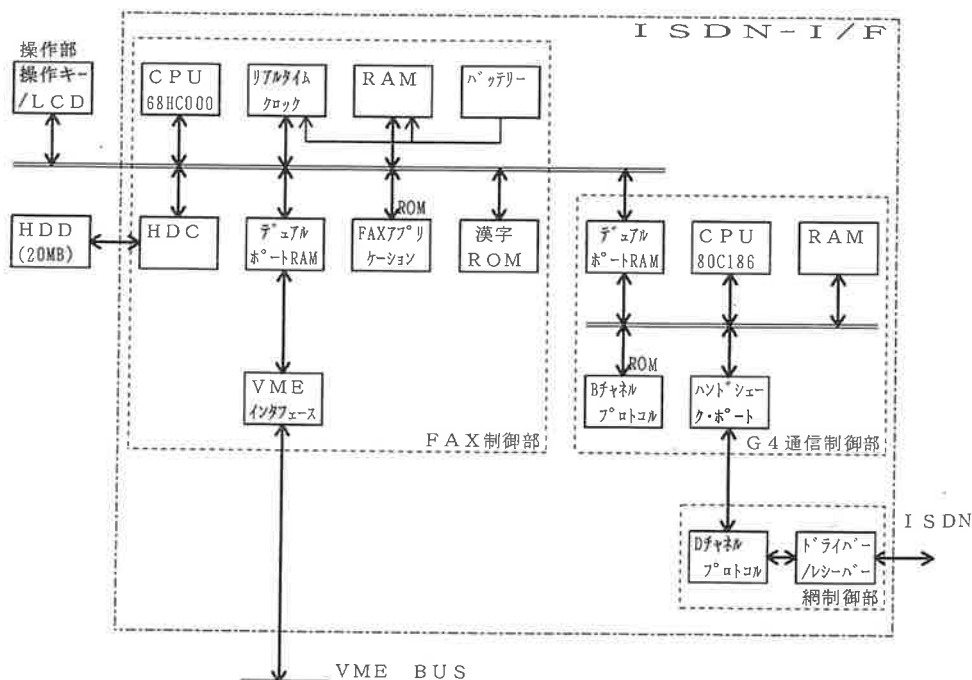


図5 ISDN-I/F機能ブロック図

7	応用層	FAX制御部の処理
6	プレゼンテーション層	
5	セッション層	G4通信制御部の処理
4	トランスポート層	(Bチャンネル制御)
3	ネットワーク層	
2	データリンク層	網制御部の処理
1	物理層	(Dチャンネル制御)

図6 レイヤ構成と機能分担

表6 カラーFAXの付加機能

基本機能	直接送信
	メモリ送信
	自動受信
	代行受信
	マルチコピー
ファイル操作	ファイル蓄積
	ファイル送信
	ファイルプリント
	ファイル消去
登録	短縮ダイヤル (2000宛先)
	ワンタッチダイヤル (50宛先)
	グループ登録 (32グループ)
	プログラム登録 (50登録)
	ファンクション登録 (6登録)
CRT操作	表示
	拡大
	回転 (0°、90°、180°、270°)
	スクロール
	消去

ファクシミリの通信プロトコルはISOのOSI(解放型システム間相互接続)モデルをベースにした7レイヤからなる階層構造をとっている。図6に示すように、本カラーファクシミリの通信制御部もこの7レイヤに対応した階層構造をとっており、FAX制御部は応用層とプレゼンテーション層を制御し、G4通信制御部はセッション層、トランスポート層およびネットワーク層を制御する。さらに網制御部はデータリンク層と物理層の制御を行っている。

5.1.1 FAX制御部

主に送信、受信、コピー、登録などの制御とガイダンス、通信相手先などのLCD表示制御を行い、さらに、表6に示すようなカラーファクシミリ装置の各種付加機能を実現している。

5.1.2 G4通信制御部

主にISDNのBチャンネル・プロトコル(LAPB)制御を行い、カラー画像の伝送制御を行う。

5.1.3 網制御部

ISDNのDチャンネル・プロトコル(LAPD)制御を行い、網への発呼制御、網からの着呼検出を行う。

5.2 通信プロトコル

カラー画像の通信プロトコルはまだ標準化がなされていないので、G4ファクシミリのクラス1をベースにセッションプロトコルを拡張し、以下に示すような独自モードとして実現している。

端末機能:

画素伝送密度: 300 PPI

最大画面サイズ: ISO A4

カラー符号化:

符号化タイプ: JPEGのベースライン

色座標系: YCbCrまたはRGB

インタリーブ: ブロックインタリーブ

サブサンプル比: 4:2:2, 4:1:1, 2:1:1, 1:1:1

5.2.1 ネゴシエーション手順

以下に示すように、セッションプロトコルの中で、拡張カラー機能のネゴシエーションを行う。

CSS (カラー伝送機能確認)

RSSP (カラー伝送機能確認)

CDCL (カラー端末機能確認)

RDCLP (カラー端末機能確認)

(1) 相手識別:

CSS(セッション開始コマンド)/RSSP(セッション開始肯定レスポンス)のNSC(非標準能力識別子)で、カラー伝送機能を持つか否かを識別し、カラー伝送機能を持つことが確認された場合のみカラー端末機能のネゴシエーションを行う。

(2) カラー端末機能確認:

CDCL(ドキュメント機能リスト・コマンド)/RDCLP(ドキュメント機能リスト肯定レスポンス)のSUD(セッション・ユーザ・データ)でカラー端末機能の確認を行う。(図7)

5.2.2 拡張カラー機能の記述

カラー端末機能の表現は、図7に示すようにSUD(セッション・ユーザ・データ)の中に独自に拡張カラー端末機能を設けて行っている。

最大画面サイズは、ハードコピー装置/ソフトコピー装置を考慮し、柔軟な画素サイズのデータ交換を可能としている。

拡張カラー符号化表現機能は、JPEGの標準機能をベースに、カラーファクシミリ装置として必要な機能が表現できるようにしている。

セッション・ユーザ・データ

基本端末特性
交換形式
非基本端末機能
拡張端末機能
拡張カラー端末機能

最大画面サイズ
拡張カラー符号化表現機能

カラー符号化タイプ	0: J P E G ベースライン 1: J P E G 拡張 D C T 2: その他
色座標系	0: Y C b C r 1: R G B 2: Y M C
インターリーブ	0: ブロック・インターリーブ 1: コンポーネント・インターリーブ
リスタート・インターバル	0: あり (ブロック・ラインごと) 1: なし
サブ・サンプリング	0: 1: 1: 1 1: 2: 1: 1 2: 4: 1: 1 3: 4: 2: 2

図 7 拡張カラー機能の記述

表 7 性能評価

モード	送信時間	圧縮率	S/N比
std	48sec	0.20bit/pel	30.0dB
fine	69sec	0.32bit/pel	33.0dB
super	124sec	0.60bit/pel	35.4dB

SCID No.1 2592×3504pels

6. 性能評価

表 7 に本装置の処理性能の測定結果を示す。サンプル画像は SCID(Standard Color Image Data;高精細カラーデジタル標準画像)⁷⁾の No.1 を用いた。画素サイズは 2592×3504 pel である(余白は白データ)。表においてモードは画品質設定モードを示しており、std は標準モード、fine は精細モード、super は高精細モードという設定である。量子化テーブルは JPEG 推奨テーブルを用いており、画品質の制御はスケールファクタによっている。また色変換/サブサンプルモードは Y:Cb:Cr=4:1:1 である。

7. む す び

本装置で用いた要素技術のうち、JPEG はカラー静止画符号化方式のジェネリックな標準として技術内容はすでに固まっており、近く ISO で国際標準として承認される予定である。しかしながらカラーファクシミリ(II)の符号

化方式としての適用については、端末の能力や市場性をはじめ多くの検討事項が残っている。また通信プロトコルについても同様であり、現状はまだ種々の提案が出されている状況であり、議論は収束の方向には向いていない。さらにカラー画像の異機種間伝送におけるデバイス独立な色空間の問題も検討対象である。今後はこうした標準化の動向に加え、商品性、市場ニーズへの適合性も考慮しながら開発を進めていく予定である。

最後に、本装置の開発に当たってご協力いただいた関係者の方々に感謝いたします。

参考文献

- 1) 画像電子学会 1990 年全国大会予稿, “カラーファクシミリを考える”。
- 2) 山階, 谷中: “カラー静止画通信アダプタの検討”, 1991 春期信学全大 D-402。
- 3) 佐伯他: “カラー画像通信装置”, 画像電子研究会予稿 91-02-03。
- 4) 星野, 面谷: “イオンフロー方式高画質カラーファクシミリ”, 映像情報, Vol. 23, No. 20, p. 33-41(1991/10)。
- 5) 大町, 小野: “カラー静止画符号化国際標準方式(JPEG)の概説”, 画像電子誌, Vol. 20, No. 1, pp. 50-58(1991)。
- 6) ISO CD10918-1 “Digital Compression and Continuous-tone Still Images Part I: Requirement and Guidelines”。
- 7) 梶: “高精細カラーデジタル標準画像について”, 画像電子誌, Vol. 18, No. 5, pp. 349-357(1989)。

石川 安 則 (正会員)



昭52, 東京大学工学部計数工学科卒, 昭57(株)リコー入社。以来, ワークステーションの開発, 画像処理・画像符号化の研究開発に従事。電子情報通信学会, テレビジョン学会各会員。

大根田 章 吾 (正会員)



昭54, 早稲田大学理工学部電子通信学科卒, 昭60, (株)リコー入社。以来カラー画像処理, ハードコピー, ページプリンタの研究開発に従事。情報処理学会会員。

和田 義 典



昭46, 中央大学・理工学部・電気工学科卒, 昭53(株)リコー入社, ファクシミリの開発に従事。