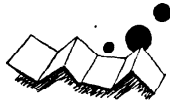


解説

ファクシミリ技術の動向†



山本 哲 二††

1. ま え が き

ファクシミリは、紙にかかれた任意の文字や図形を遠隔地に送る記録通信メディアであり、漢字を使用するわが国ではその利用分野を大きく広げつつある。

英国のアレキサンダー・ベインの発明によるファクシミリの起源は1840年代であり、電話より約30年以上前にさかのぼっている。しかし、その足どりは極めてゆるやかであり、日本で急速な進歩の契機となったのは1972年の公衆電気通信法の改正といわれている。

全国的に普及している電話網を用いてファクシミリ通信が行えるという制度的改正により、利用分野も特定業務から一般事務分野へと広がりをみせてきた。

また、CCITTにおける端末装置の標準化作業の寄与も見逃すことはできない。

技術面からは、LSI技術、固体走査技術の進歩が端末コストを年々減少させ、一般事務用として広範囲に利用できることを可能とし、近い将来、家庭への導入も現実化しつつある。

より広汎な大衆化という視点で、ファクシミリ通信網サービスが1981年9月から開始され、ファクシミリ通信の新局面を迎えつつあるといえよう。また、ファクシミリと計算機との融合技術の研究も活発化してきた。

本稿では、新たな転換期に入りつつあるファクシミリ通信について、需要動向、国際標準化動向を述べたあと、端末の基本技術、ファクシミリ通信網及び計算機への入出力技術を概観する。

2. 端末の標準化

不特定多数のファクシミリ通信を發展させるためには、端末定数、伝送方式、通信手順等の端末の標準規

格を定める必要がある。

ファクシミリの国際標準規格については、CCITTにおいて、1973~1980年にかけて急速に需要が伸びている電話網利用のファクシミリを中心として標準規格の設定作業が進められてきた。

検討結果の集約はTシリーズとして勧告化されている。端末装置の種類については勧告T・0として、表-1に示す4種に分類されている。電話網利用の場合は画面サイズA4判の伝送スピードがそれぞれ、6分、3分、約1分の3種でこれを実現するための伝送方式は表-1に示されている。

新しい公衆データ網用のファクシミリについても本会期より本格的検討が開始され、高速度、高品質の端末装置の標準化実用機(G4機)は数年後には実現される見込みである。

最近発売の端末装置はほとんど、CCITT規格のものであり、これにより、製造メーカーが違えば接続できないといった問題は解決され、利用者への利便が拡大されたといえよう。

3. ファクシミリの需要動向

わが国におけるファクシミリの利用台数は図-1に示す通り昭和55年現在約10万台に達している。景気回復の足どりは必ずしも順調でない今日でもファクシミリ業界は新機種種の発売、展示会の開催等販売競争は

表-1 ファクシミリ装置の分類

装置項目	G1機	G2機	G3機	G4機
適用回線	一般電話交換網、専用回線	同左	同左	主として公衆データ網
CCITTの装置勧告番号	T2	T3	T4	未定
伝送時間(秒/A4判)	6分	3分	約1分	未定
伝送方式	FM、AM-DSB*	AM-PM-VSB	冗長度抑圧符号化、勧告V.27terモデム(4,800 bps)	冗長度抑圧符号化、エラー・フリー機能
伝送制御手順	勧告T・30のトーン制御手順	勧告T・30のトーン制御手順	勧告T・30のバイナリ制御手順	未定

* 専用回線の場合 AM-DSB 方式も可

† An Overview of Facsimile Technology by Tetsuji YAMAMOTO (Visual Communication Development Division, YOKOSUKA Electrical Communication Laboratory, Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation).

†† 日本電信電話公社横浜電気通信研究所

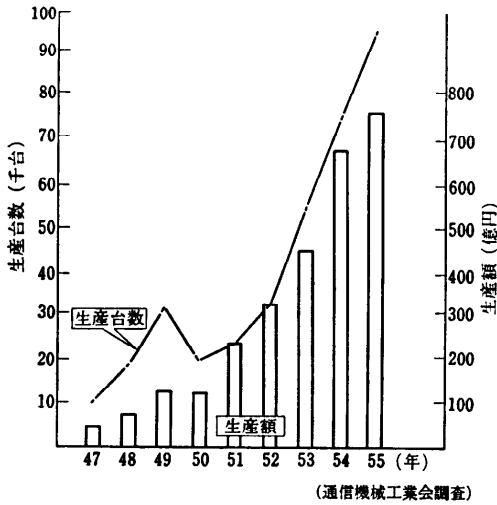


図-1 ファクシミリの生産状況

激化しており年率 20% 以上の伸びを示している。昭和 47 年の公衆電気通信法の改正による電話網のファクシミリ通信への開放, CCITT における G 2, G 3 機の標準化勧告の決定等普及促進のための条件が整備され, 昭和 57 年にはファクシミリの生産額は 1,000 億円を突破するものと推定されている。

一方, 諸外国に目を転じると, 1978 年末現在, 米国約 18 万台, 英国 2 万台, 西ドイツ 6 千台, フランス 4 千台程度と推定されており, 欧州におけるファクシミリの利用台数は日本よりはるかに少ないが, 近年フランスでは超低廉化端末による大量普及の計画も発表されている¹⁾。

このようにファクシミリは日本を中心として急成長しているが, 前記制度面の条件整備とともに, 技術革新と通信メディアとしての特長が見直されたものと考えられる。

すなわち, LSI 及びマイクロプロセッサ応用技術, 固体走査技術を初めとする端末技術の進歩により端末コストの低減, 各種機能を端末内に実現する多機能化技術及びシステム化技術によりファクシミリを使いやすいものとしてユーザに受け入れやすい素地を作っていることが大きい。ファクシミリ通信は, 入力手段がキーボードでコード化された情報を扱うテキスト通信であるテレックスやテレテックス等に比し, 1) 操作に熟練を要せず, 素人でも扱える, 2) 任意の情報が扱え, 正確に伝達できる ことなど大きな特長があるため, 大量普及に適する通信メディアと見なされているためであろう。

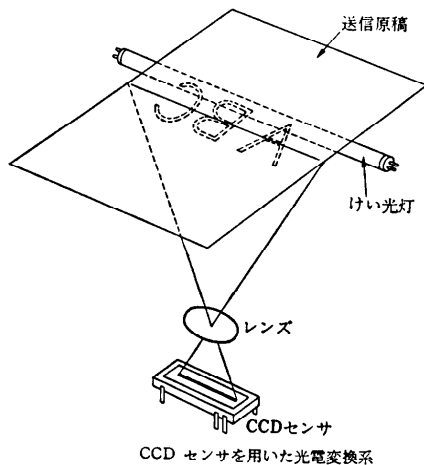
なお, 図-1 において, LSI 化技術等の進歩により, G 1 機の伸びはほとんどなくなり, 高能率伝送方式を用いた G 3 機と G 2 機の伸びが著しいことが顕著な傾向である。

4. ファクシミリ端末の基本技術

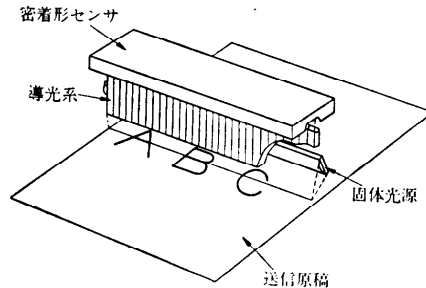
ファクシミリ端末は読取, 記録, モデム, 制御回路, 電源及び機構の各構成要素からなる。ここでは, ファクシミリ端末の主要技術である読取・記録方式, と伝送方式について概説する。

4.1 読取および記録方式

原稿に書かれた濃淡情報を時系列的に電気信号とし



CCD センサを用いた光電変換系



密着形センサを用いた光電変換系

図-2 光電変換系の構成

て取り出すには、照明光源、光電変換素子、走査駆動回路が必要である。

昭和50年以前は円筒ドラムと光電子増倍管を用いた、いわゆる、機械走査形読取方式が主流であった。しかし、IC技術の進歩等を背景に量産化に適し、平面走査、操作性にすぐれている、横方向に8ドット/mm程度の光電変換素子を有するラインイメージセンサを用いた固体走査形読取方式が主流となっている。

ラインイメージセンサとしてはCCD形あるいはMOS形のICセンサが多く用いられている。これらのICセンサはA4判用では30mm×1.5mm程度のチップ内に、光電変換、選択スイッチ、シフトレジスタを内蔵しており、外部クロックにより順次水平方向のビット選択を行って画信号を取り出している。

これらのICセンサは近年量産化により低コスト化がはかられ、ファクシミリ端末の固体走査化に貢献している。

ICイメージセンサを用いて装置を構成する場合、レンズにより、原稿をセンサ上に縮尺して結像する必要があり、原稿からイメージセンサまでの光路長が長くなり装置が大形化する欠点がある。この欠点を根本的に解決するため、図-2に示すように送信原稿と同じ長さを持ち、レンズを用いることなく、原稿に密着して読み取ることでできる密着形イメージセンサが新しいデバイスとして期待されている²⁾。

次に、受信記録方式について述べる。

表-2に各種記録方式を示す。ファクシミリの記録方式としては、歴史的には放電記録、静電記録主流の時代から、ここ数年は感熱記録全盛時代を迎えつつある。感熱記録方式は現像、定着機構が不要で装置が小形化、できること、メンテナンスフリーであること、記録紙が比較的廉価であること、速度的にもG3機相当まで適用可能となったためである。

普通紙が使えること及びカラー記録に魅力があるインクジェット方式、1~5秒/A4判程度の高速度記録技術等の進展も期待されている。

4.2 伝送方式

ファクシミリでは画素ごとに情報伝送するため、テレックス等のようにコード化された情報伝送に比し、ほう大なデータ量(約250kバイト/A4判)を扱うため、信号源の冗長度抑圧技術が重要である。

冗長度抑圧符号化方式は走査線方向(水平方向)の信号処理で符号化する一次元符号化方式と垂直方向の前走査線上の信号も利用して逐次信号処理で符号化する二次元符号化方式に大別することができる。

前者の符号化方式としては、白または黒の継続長(ランレングスとよぶ)に着目し、出現頻度の高いものには短い符号を、出現頻度の低いものには長い符号を割り当てたランレングス符号化方式が知られている。

G3機の標準符号化方式であるモディファイド・ハフ

表-2 ファクシミリの記録方式

項目 エネルギー	記録変換のモデル	記録方式	記録原理	性能										コスト		
				現像	定着	転写	速度	解像度	コントラスト	中間調	再現性	保存性	保守性	装置	記録紙	
電気		放電記録	白色表面層を放電により破壊し、下地を露出	-	-	-	×	○	○	○	×	◎	◎	◎	◎	○
		静電記録	誘電体表面層上に静電像を作成	○	○	*	◎	◎	◎	○	×	○	○	○	○	○
		電解記録	通電による電気化学的反応で発色	-	-	-	×	○	○	○	×	○	○	○	○	○
		通電感熱記録	通電によるジュール熱で発色	-	-	-	×	○	○	○	×	○	◎	◎	◎	○
		インクジェット記録	インクの飛行制御による付着	-	-	-	○	○	○	○	◎	◎	○	○	◎	◎
光		電子写真記録	光半導体表面層上に静電像を作成	○	○	-	○	◎	◎	○	○	◎	○	○	○	
		転写形電子写真記録	光半導体層をもつ媒体上に静電像を作成、普通紙に転写	○	○	○	◎	◎	◎	○	○	◎	×	×	◎	
		銀塩写真記録	ハロゲン化銀の化学反応	○	○	-	○	◎	◎	◎	×	○	×	×	×	
熱		感熱記録	熱ベッドの熱により発色	-	-	*	○	◎	◎	○	○	◎	◎	◎		

* 転写方式も可

表-3 モディファイド・リード方式の符号化原理

符号化モード	パターン	符号語	備考												
バス		0001	<ul style="list-style-type: none"> ①: 前走査線 ②: 現走査線 MH (l_1) はモディファイドハフマン符号の意 符号化手順 <pre> graph TD A[両走査線上の左から右に走査したとき前走査線上に二度続けて変化点があるか?] -- NO --> B[両走査線間の変化点距離 l_1 について $l_1 \le 3$?] A -- YES --> C[バスモード] B -- YES --> C B -- NO --> D[垂直モード] B -- YES --> E[水平モード] </pre>												
垂直		$l_3=0$ <table border="1"> <tr><td>1</td><td>011</td></tr> <tr><td>-1</td><td>010</td></tr> <tr><td>2</td><td>000011</td></tr> <tr><td>-2</td><td>000010</td></tr> <tr><td>3</td><td>0000011</td></tr> <tr><td>-3</td><td>0000010</td></tr> </table>		1	011	-1	010	2	000011	-2	000010	3	0000011	-3	0000010
1	011														
-1	010														
2	000011														
-2	000010														
3	0000011														
-3	0000010														
水平		001+MH(l_1)+MH(l_2)													

表-4 中間調ファクシミリ信号の符号化方式

方式	方式概要	符号化効率 (bits/pel)	特長その他
ディザ法	画像を $n \times m$ のブロックに分割しブロック内の各画素の黒/白のしきい値を適宜に選び、原画の濃度を黒画素数に比例させる方式でさらに、その出力をデータ圧縮する方式	0.3~1*	<ul style="list-style-type: none"> 2値記録装置でハーフトンを再現できる アルゴリズムは比較的簡潔 高密度装置以外は画質が余り良くない
ビットプレーン符号化	各画素の濃度を n bits/pel で符号化し、 $(1-n)$ の各ビットプレーンに対し、ランレングス符号化する方式	1.5~3	<ul style="list-style-type: none"> 2値ファクシミリ信号の符号化方式を流用できる 画質が良い
差分ブロック符号化	画像を小ブロックに分割し、各ブロックごとに濃淡成分と分解成分(2つの濃淡信号のいずれかを識別している成分)に分解しそれぞれに対し、ブロック間の差分を利用した符号化方式	0.25~0.3	<ul style="list-style-type: none"> 符号化効率が高い 2値ファクシミリ信号の符号化方式を流用できる
予測符号化	近傍の参照画素の濃淡情報から予測式を導き、その予測誤差信号をランレングス等の可変長符号化する方式	不明	<ul style="list-style-type: none"> アルゴリズムはやや複雑 画質は良い

* ディザ方式のみでは符号化効率=1

マン方式は、0~63ビットのランレングスまではターミネーティング符号と呼ばれる符号で構成し、64~1728ビット*のランレングスはメイクアップ符号と呼ばれる符号と上記のターミネーティング符号の組合せで構成している。

後者の二次元符号化方式としては各種の方式があるが、昭和54年 CCITT において日本提案の方式をベースとして勧告化された G3 機の二次元符号化方式はモディファイドリード (Modified READ) 方式と呼ばれている。本方式の符号化原理を表-3 に示す³⁾。

同表に示すように画面上に現われるパターンを3種のモードすなわち、バス/垂直/水平として識別し、それぞれに対し、出現頻度に応じた可変長符号語を割り当

* A4判サイズの1ラインの画素数は1728と定められている。

ている。通常の画面では、±3画素以内の垂直モードで符号化される割合が非常に多いので高能率の符号化が達成できる。なお、本方式は水平モードで符号化される場合は一次元のモディファイド・ハフマン符号を用いているので、一次元符号化方式とのコンパティビリティを確保できる。

白黒2値用の標準符号化方式が決定されたため、符号化方式の研究としては、近年は中間調符号化方式に重点が移りつつある。

表-4 に、提案されている代表的な符号化方式を示す^{4)~7)}。

今後、符号化効率、画品質、実時間処理性等の面から、検討が深まるものと期待される。

5. ファクシミリ通信網

日本電信電話公社では、ファクシミリを事務用の電気通信メディアとしてのみならずより広汎な大衆通信メディアに発展させようとする構想に基づき、新しいファクシミリ通信網サービスを本年9月より開始した。このファクシミリ通信網の特徴は

- 1) 端末機の機能を極力網側へ集中して分担させ、極めて廉価な端末を実現している
- 2) 通信処理装置として蓄積変換装置 (STOC) を用意し、回線使用効率の向上を図るとともに、同報通信、自動再呼等の多彩なサービスを経済的に実現している
- 3) 集線系として電話網を利用し、設備共用を図っている
- 4) 記録通信の良さを積極的に生かし、着信者オリエンテッドな通信を実現するため、無鳴動自動着信と発信者番号、受付日時の自動記載を行っている

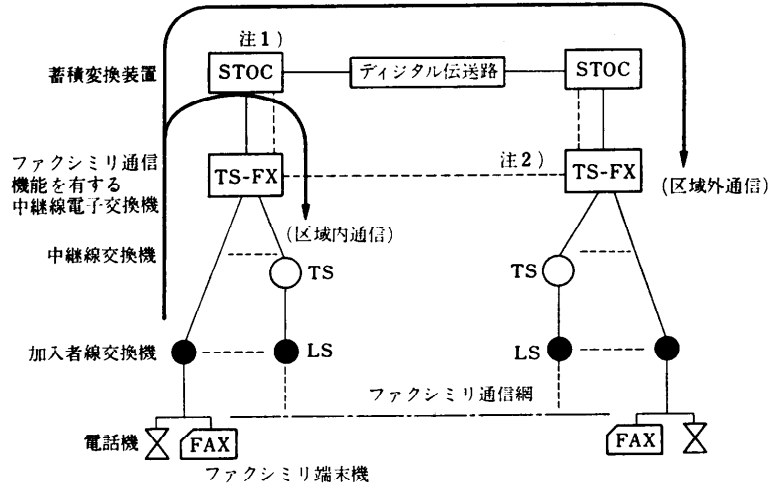


図-3 ファクシミリ通信網の基本構成

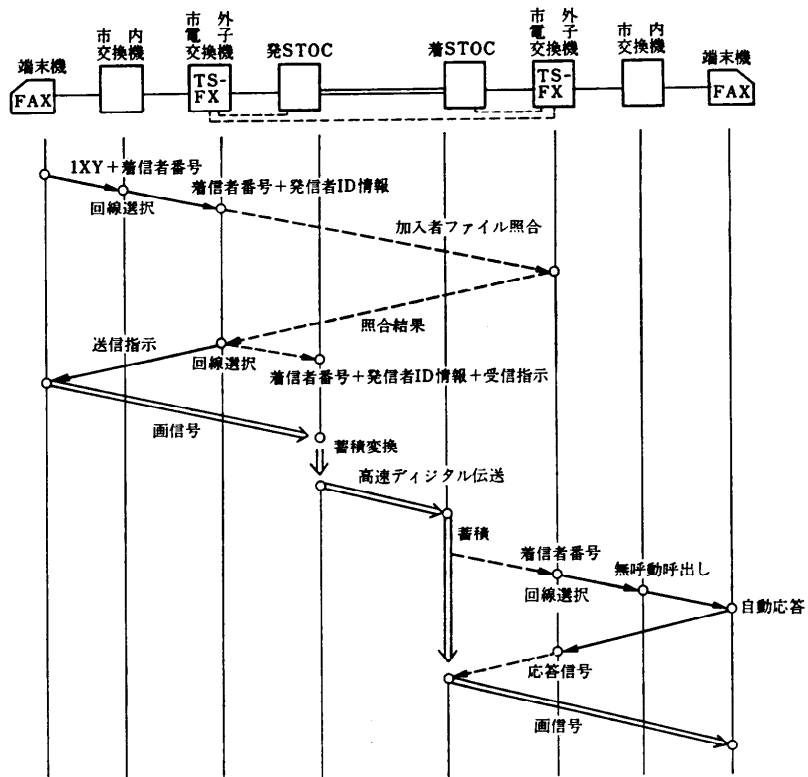


図-4 接続シーケンス

等である。

図-3、図-4 にファクシミリ通信網の基本構成と接続手順を示す⁹⁾。

下位網は電話網と設備共用を図っているが、LS 交換機では発信者番号の検出・転送、特番接続機能の付加、TS-FX 交換機では加入者ファイル照合、課金制御、無鳴動呼出信号制御等の機能追加を行っている。STOC 相互間では、ファクシミリ信号はモディファイドハフマン符号化して冗長度抑圧し、相手 STOC に対し 64Kbit/s のデジタル回線を通じて高速転送している。

以上述べたファクシミリ通信網を実現している技術は、情報内容自体を変えない蓄積形の通信処理技術といえることができようが、今後、ファクシミリと他の通信メディアとの変換技術へと発展するものと予想される。

6. ファクシミリによるコンピュータへの入出力技術

ファクシミリのデジタル化技術の進歩により、ファクシミリをデータ通信、計算機システムにおける入出力機器として利用する技術開発が進められている。

計算機が扱うキャラクタコード情報をファクシミリ受信機に出力するには、原理的にはコードに対応するキャラクタゼネレータ (CG) から読み出して、ファクシミリ端末に記録可能なように走査線単位に並べかえれば良い。CG 用メモリの低価格化、ファクシミリ記録技術とプリンタ記録技術の融合化等により、実用装置が多数発表されており、技術的には大きな困難はない。近年はファクシミリ受信機とプリンタは技術的には接近する兆しが見えてくる。

表-5 ファクシミリによる計算機への入出力技術

項目	対 象	実施例、研究例
入 力 技 術 (パターンコード) 変換技術	白黒のマーク	宛先番号の自動読取りデータエントリシステム
	色つきマーク	原稿編集システム
	手書き特殊マーク	原稿編集システム
	特 殊 図 形	印鑑登録、サイン登録、商品登録
	印刷及び手書き文字	ガイドライン付英数字、カナ、漢字文字の認識 (OCR 技術)
出 力 技 術 (コード→パターン) 変換技術	英数字・カナ文字	データ・ファクシミリ複合端末
	漢 字	データ・ファクシミリ複合端末
	図 形	モザイク、ジオメトリック図形

これに対し、ファクシミリが扱うパターン情報から計算機が必要とするコード情報への変換は最終的には認識技術となるため、困難な技術課題を残している。

表-5 は計算機への入出力技術に関する実施例、研究例等を示したものである^{9),10)}。

1) ファクシミリ入力技術

ファクシミリのパターン情報からコード情報への変換対象としては、表-5 に示すように、マーク、特殊図形、印刷文字/手書き文字等である。

最も単純なマーク読取りは予め定められたフォーマット用紙に書かれたマーク情報を読み取るもので、宛先番号の自動読取り、各種データエントリシステム、マーク識別を用いた自動編集システム等に適用されている。

文字・記号の直接読取りについては OCR 技術として昭和 30 年代から行われており、ガイドライン付英数字については実用レベルに達しているといわれている。汎用の G3 ファクシミリを用いた認識実験で、高品質モード (7.7本/mm) での入力に対し、手書き数字で 99%、手書きカタカナで 97% の正読率が得られたとの報告例がある^{11),12)}。

印鑑、商標、サインの登録などベーシック図形の認識、漢字文字の認識については今後の技術進展が望まれる分野であろう。

この他、CCITT の SGⅧ では、ファクシミリとテレテックスを融合したミックスモード端末の研究が行われている。

2) ファクシミリ出力技術

キャラクタコード情報からファクシミリパターン情報への変換は、ドットマトリックスに変換するのみで技術的には比較的容易であり、最近では LSI 技術の進歩により端末自身にその機能を具備する例が多くなりつつある。

この意味では、ファクシミリやテレテックスに用いられる通信制御手順の共通化が大きな課題として考えられており、現在活発な研究活動が行われている。

7. む す び

以上、ファクシミリ端末の基本技術、システム化技術の最近の動向について述べた。読取・記録デバイスの固体電子化、回路の LSI 化技術を中心とする技術開発競争は端末の一層のコストダウンを可能とするであろう。新しいファクシミリ通信網の整備とともに、需要層も中小企業、産業世帯へと広がりをみつつあり、

ファクシミリ通信の将来は非常に明るいとみなすことができよう。しかし、今後は端末の一層の低コスト化、通信網のデジタル化及びファクシミリと他通信メディアとの融合化に伴う通信処理技術の開発、センタ・エンド形の新サービスの開拓等解決すべき課題も多く、この分野における技術進展を期待したい。

参 考 文 献

- 1) フレッド・ラモンド, 小林訳: 有線社会へ向けて—フランスのテレマティーク計画—, 海外電気通信, p. 45 (1980年4月号).
- 2) 小宮他: A 4 判密着形センサ, 電子通信学会画像工学研究会, IE-80-72, p. 73 (1980).
- 3) 山本, 山崎: ファクシミリ 2次元符号化方式の標準化—モディファイド・リード(MR)方式—, テレビジョン学会誌, Vol. 34, No. 5, p. 410 (1980).
- 4) 谷中他: 差分平面符号化と差分ビット平面符号化, 電子通信学会画像工学研究会, IE-80-9, p. 39 (1980).
- 5) 上野他: ディザ法を用いた中間調ファクシミリ
の高能率符号化, 画像電子学会研究会予稿, 80-03-7, p. 49 (1980).
- 6) 小林: 中間調ファクシミリ信号の差分ブロック符号化, 電子通信学会画像工学研究会, IE 81-5, p. 33 (1981).
- 7) 小野他: 中間調ファクシミリ信号の符号化, 電子通信学会通信方式研究会, CS-79-176, p. 19 (1979).
- 8) 釜江他: 加入ファクシミリ通信システム (FICS-1) の方式設計, 研実報, Vol. 30, No. 1, p. 9-26 (昭 56-01).
- 9) 小林: ファクシミリシステム化技術の展望, ビジネスコミュニケーション, Vol. 16, No. 10, p. 39 (1979).
- 10) 釜江: ファクシミリとコンピュータ, 信学誌, Vol. 64, No. 8, p. 815 (1981年12月).
- 11) 中島, 木田, 荒川: ファクシミリ入力文字の認識, 第11回画像工学コンファレンス, 2-2, p. 25 (1980年12月).
- 12) 荒川, 中島: ファクシミリ入力文字の認識, 情報処理, Vol. 22, No. 4, pp. 280-285 (1981年4月).
(昭和56年12月7日受付)