

ビットイメージと手書き描画入力との複合画像処理

川上孝志 田中淳司
鳥取三洋電機株式会社 開発室

手書き入力描画情報及びビットイメージ情報という、全く異なるデータを、同一画面情報として複合処理し、画像通信する手法について述べる。その中で、人が紙の上に絵や文字を書く感覚で、手書きデータを入力し、表示する方法と、その補正方法について各種検討を加える。そしてさらに、ファクシミリ通信とテレライティング通信という、2つの異なる通信方法で用いる画像情報を、メモリ上で合成し、且つこれらを複合通信する手法を提示する。そして、具体的な実施例に基づき、これらを検討した結果を報告する。

COMPOUND PROCESSING OF GRAPHICS BOTH BIT IMAGE DATA AND DRAWING DATA

Takashi Kawakami Jyunji Tanaka

Corporate Development Department, Tottori Sanyo Electric Co., Ltd.

This paper describes an architecture to propose and communicate different form of graphical data, drawing information and bit image information, on the same frame. Speaking in detail, we present a method of representing input data and displaying them, in a sense such that a man write them on a paper, and then refer to some correcting methods. We advance a proposal on some method to compound data on the memory and to communicate them, which data mean graphical information used in different communication systems, *facsimile* and *telewrithing*. Its validity is approved by experimental results with some working samples.

1. まえがき

今日、紙などに描かれた文字や図形を電話回線を利用して通信することは、ファクシミリの普及によって大変身近なものとなった。また、パソコン通信など、記号化された文字情報やコマンドを送ることによる、相互通信方式もまた、盛んに用いられるようになってきた。そしてさらに、これを一歩推し進めた、手書き描画をリアルタイムで相互に通信する方式として、テレライティング通信方式が1989年CCITTで正式に世界標準として規格化された。我々は、このテレライティング通信とファクシミリ通信の双方の画像処理、通信処理の手法を見直し、新しい画像通信方式を検討した。

これらを検討するうえで、重要な技術要素として我々は、以下の2点について今回報告する。

- 画像入出力と各種補正について
- 画像編集と通信手順について

2. 描画像入力処理

2.1 入力処理方法

さて最近、液晶ディスプレイ上で文字や図形を直接入力し表示させる方式が脚光を浴びている。これは、入力タブレットと液晶ディスプレイを一体化して、専用ペンで入力する構成となっている。この、手書き入力方式が敢えて用いられる理由は、

- ◆ マウスよりも直接的、キーボードよりも手軽である。
- ◆ 昔から慣れ親しんだ、鉛筆で紙に向かって書く感覚で入力出来る。
- ◆ すぐ使えてすぐ慣れて、使用者の興味がわく。

などである。入力機構と表示機構を一体化した例を図1に示す。

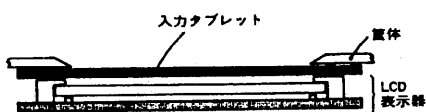


図1 入力部出力部一体化構造

また、この描画入力方式については一般に、次のような方式が提案されている。

- 定電流方式
- 感圧方式
- 電磁誘導方式

今回、我々は定電流方式タブレットにて検討を行なった。

<入力タブレットの構造>

図2に示すように透明のガラス板の上に均一な抵抗値を有する透明抵抗膜を形成し、四辺より電極を引き出している。

そして、定電流源に接続された導電性のペンを用いて、これを抵抗膜上に接触させることにより入力座標を検出している。

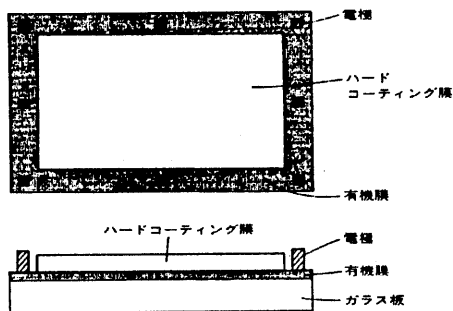


図2 タブレットの構造

<入力座標の検出>

図3に検出回路の構成モデル、図4に等価回路を示す。

スイッチ S_1 、 S_2 が閉じており、スイッチ S_3 、 S_4 が開いているとき、入力ペンからの電流はX軸方向に分流され電圧検出回路によって検出される。透明抵抗膜が均一な抵抗分布と仮定すると、入力点のX座標と入力電流 I_{x1} 、 I_{x2} との間にはY座標に関係なく次式が成立する。(1) (2)

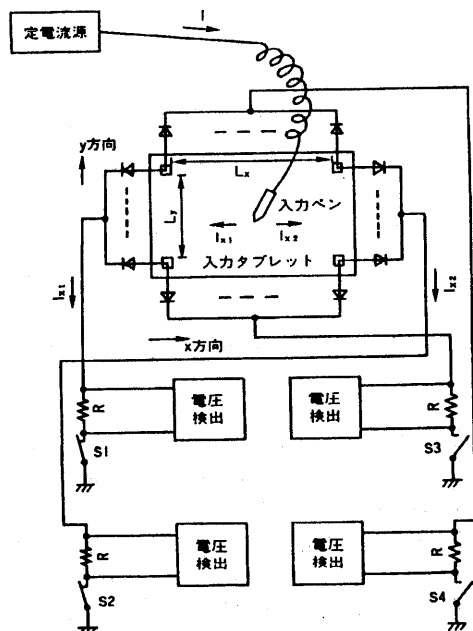


図3 検出回路

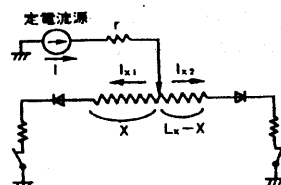


図4 等価回路

$$I = I_{X1} + I_{X2} \quad (1)$$

$$I_{X1} / I_{X2} = (L_X - X) / X \quad (2)$$

従って入力点の、X座標は、
 $X = L_X \cdot \{I_{X2} / (I_{X1} + I_{X2})\}$ (3)
 として求まる。

なお、入力点のY座標に関しても同様である。

2. 2 各種補正処理

描画像入力並びにその出力表示に関して、人が紙に何かを書く、という感覚に出来るだけ近づけるために、以下のような各種の補正処理（ハードウェア、ソフトウェア）が必要になってくる。

補正の種類

1. 描画入力補正：
 - 描画速度への対応
 - サンプル周期設定
 - 電流（電圧）の微小変化
 - 雑音平均化処理
2. 描画表示補正：
 - 高速描画に対する処理
 - 1点挿入補間処理
 - 各種量子化雑音処理
 - 平滑化処理
3. タブレット歪補正：
 - 3点内挿補間処理

これらの補正について、その考え方及び実施例について説明する。

(1) 描画入力補正

<サンプル周期周波数設定>

まず、人が紙に何かを書く、という描画特性を解明する必要がある。描画信号の周波数特性に、帯域幅 $B = S_m / L_x$ (4)
 S_m ：最高描画速度
 L_x ：描画線分長

の関係がある。(3) また、実際の描画サンプル（テストチャート）に対して、描画速度、描画入力時間、最高ペン速度は、表1の様になる。(4)

表1 テストチャート特性

テストチャート NO.	描画速度	描画入力時間 sec.	最高ペン速度 mm/sec.
NO. 1 英文	通常速度	52.3	169
	早書き	39.3	240
NO. 2 和文	通常速度	185.9	135
	早書き	106.8	192
NO. 3 図形	通常速度	68.7	151
	早書き	47.8	356

このような実例に加えて、例えばある直線を描いた場合の描画信号の立ち上がり時間を測定した結果、個人差はあるものの、ほぼ最大でも15Hz程度という値が報告されている。(3)

以上のような結果から、標本化サンプリング周波数として40Hzを設定値として定めた。

（標本化定理：周波数帯域幅×2による）

<雑音平均化処理>

先に述べた電流検出方式においてA/Dコンバータ変換精度並びに微小変化により検出デジタル値の信頼性が左右される。この変動を出来るだけ抑えるために、我々は複数回のサンプリング結果を平均して入力値とする方法を取った。

今回、8回のサンプリング結果から算出した値を採用し、良好な結果を得た。

(2) 描画表示補正

<1点挿入補間処理>

あるサンプリング周期に対して、ペン描画入力相対的に早い場合、そのままサンプリング点の座標を結ぶと、実際のラインとは異なった、かなり角張った画像として表示される。このような不自然さを解消するために、ラグランジェ補間公式を用いて挿入点を作ることにより、自然描画に近い画像を得ることが出来る。

図5に示す補間例について説明する。ここで、ある時系列の4点（ $P_i, P_{i+1}, P_{i+2}, P_{i+3}$ ）を用いて P_{i+1} と P_{i+2} の間に1点を挿入する。挿入点 P'_{i+1} の座標は次式で表せる。
 (2), (5)

$$P'_{i+1} = 9(P_{i+1} + P_{i+2} - P_i / 9 - P_{i+3} / 9) / 16 \quad (5)$$

○：サンプリング点
 ●：挿入点

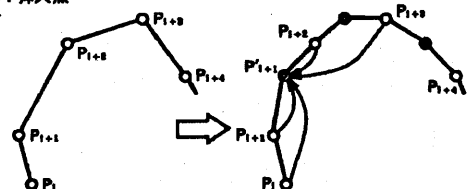


図5 一点挿入補間

<平滑化処理>

ペンの移動速度が遅い場合は、タブレットよりA/D変換されたX軸、Y軸の座標情報は量子化雑音により、そのままでは階段状になってしまう場合がある。そこで以下に述べる平滑化処理を行なう。

例えば、ある3点に対し次式で示すようなフィルター処理を施す。(2)

$$P'_i = (P_{i-1} + 2P_i + P_{i+1}) / 4 \quad (6)$$

図6に平滑化処理のモデルを、図7に平滑化処理の実施例を示す。

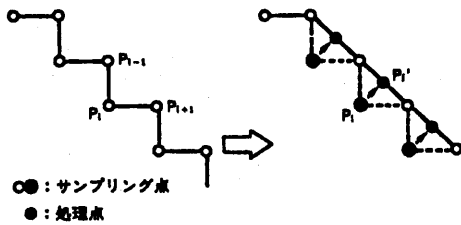


図6 平滑化処理

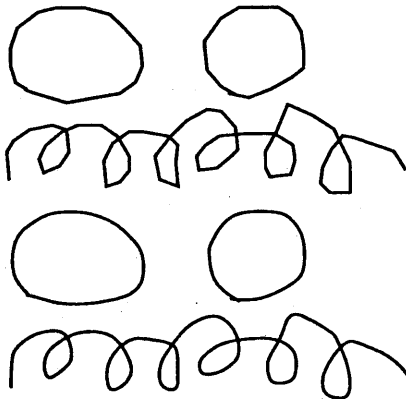


図7 平滑化処理 有無の比較

(3) タブレット歪補正

以上述べてきた各種補正は、一体構成されている表示部と入力部が完全に一致する、即ちタブレットの透明抵抗膜が均一分布であり、表示部との座標の一致性が保たれていると仮定した場合である。

ところが、実際はその製品の製造上のばらつきなど、かなりの歪みを有している。そのため、入力点の座標位置と表示部を一致させるため、あらかじめ、値の確定している点で囲まれた平面によって、入力点の関係を内挿する方法を用い、この歪み要因を取り除いている。ここでは、一般によく用いられる3点内挿方について考えてみる。(2)

図8にて、確定点 C_{11} 、 C_{12} 、 C_{21} で入力点 S を内挿する。 S の検出座標を (S_x, S_y) 、補正後の表示座標を (D_x, D_y) とすると、

$$D_x = S_x + C_x \quad (7)$$

$$C_x = C_{11x} + \left\{ (C_{21x} - C_{11x}) / B_n \right\} \cdot (S_x - P_x) + \left\{ (C_{12x} - C_{11x}) / B_n \right\} \cdot (S_y - P_y) \quad (8)$$

また、

$$D_y = S_y + C_y \quad (9)$$

$$C_y = C_{11y} + \left\{ (C_{21y} - C_{11y}) / B_n \right\} \cdot (S_x - P_x) + \left\{ (C_{12y} - C_{11y}) / B_n \right\} \cdot (S_y - P_y) \quad (10)$$

なお、ここで、

$C_{11x, y}$: 確定点 C_{11} のX、Y軸方向の補正值

$C_{12x, y}$: 確定点 C_{21} のX、Y軸方向の補正值

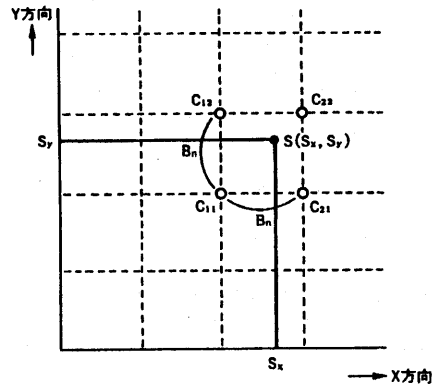


図8 3点内挿補間処理

$C_{12x, y}$: 確定点 C_{12} のX、Y軸方向の補正值

B_n : $C_{11}C_{12}C_{21}C_{22}$ で決まる一辺の長さ

P_x : 確定点 C_{11} のX座標

P_y : 確定点 C_{11} のY座標

タブレットの補正前の座標検出誤差が5%程度のものは、その誤差を0.8%以下とする為には補正のための確定点を90点程度取る必要があると言われている。(1) そこで、これらの補正のシミュレーションのために我々は、以下のような方法を用いたので説明する。

入力面にあるメッシュに分割し、さらにその誤差を3次元の誤差曲面で考えてみる。この誤差曲面は、タブレットの入力をX座標、Y座標の検出値として表すなら、それぞれの座標の2次多項式で表示できる。

$$\text{誤差曲面: } Z_x = f_x(x, y) \quad (11)$$

$$Z_y = f_y(x, y) \quad (12)$$

これをさらに、タブレット入力面に展開すると次式になる。

$$C_x = g_x(Z_x, x, y) \quad (13)$$

$$C_y = g_y(Z_y, x, y) \quad (14)$$

この差分が補正誤差になる。

$$ER_x = C_x - Z_x \quad (15)$$

$$ER_y = C_y - Z_y \quad (16)$$

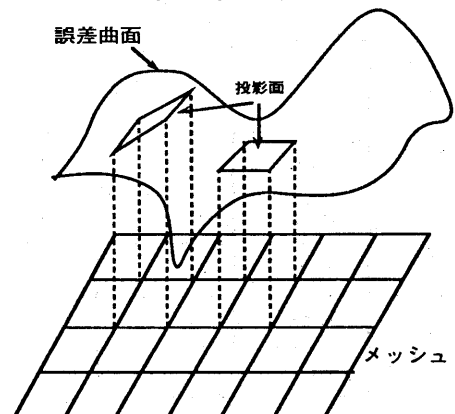


図9 誤差曲面図

即ち、誤差曲面に対してメッシュで囲まれた部分を投影し、誤差曲面と交差する部分で囲まれた平面と誤差曲面との距離が補正誤差となる。

図9に概念図を、また以下の関係を上記基本式に置き換えて計算した結果を図10の1～3に示す。

図は最大誤差率30%、座標確定点16×16個に対する歪補正結果を示す。誤差を少なくするためには、補正のためのテーブル量(座標確定点)を多くするほど有利となるが、補正の実施に対しては、その補正值入力方法やメンテナンス性などを考慮し、妥協点を探る必要がある。

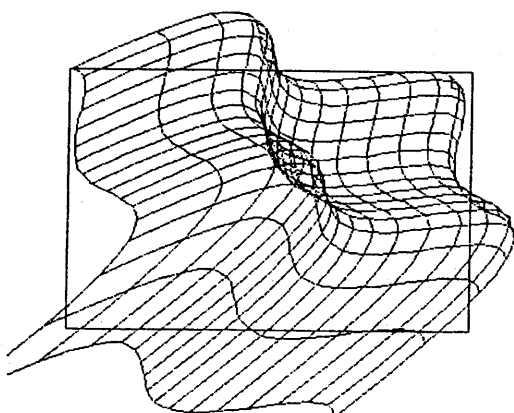


図10-2 タブレット座標歪み
最大誤差30% (シミュレーション)

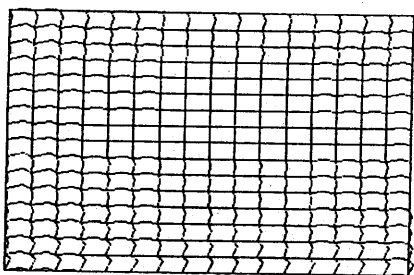


図10-3 タブレット座標歪み
補正結果 (シミュレーション)

今回我々は、シミュレーションの結果をもとに、81点(9×9)の補正点を用いて良好な結果を得た。

以上、各種補正について述べたが、ここで得られた座標データはゾーン符号化と呼ばれる手法を用いて冗長度圧縮されてメモリ保存、また通信手段により相手端末へ通信される。なお、ゾーン符号化についてはCCITT規格にも明記されているので、本報告では省略する。

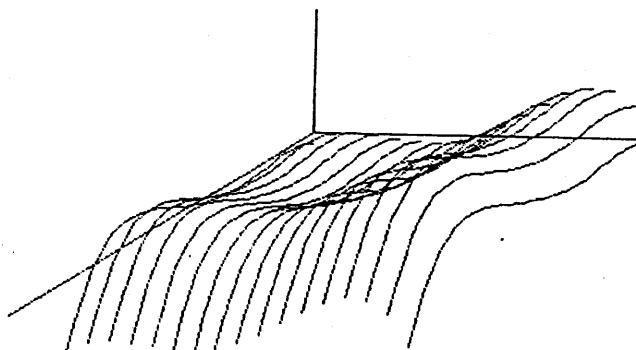


図10-1 誤差曲面図 (シミュレーション)

3. 画像データ複合処理

3.1 画像データの合成

ファクシミリなどで用いられるスキャナ読み取り画像と手書き描画との合成について考えてみる。

ファクシミリのスキャナ読み取りはラインスキャナ方式で、1ミリあたり7.7ライン(ファインモード)程度の解像度で読み取られている。

例えば、A4サイズ用の紙の場合、1ラインにつき1728ドットで構成されており、従ってこの用紙をファクシミリの規格で読み取ると約486Kバイト(2248ライン換算)のデータ量となる。

本来、ファクシミリ通信で用いるデータは符号圧縮処理を行っており、標準原稿で1/14程度に圧縮される。(表2参照) またリアルタイム通信処理を行っているのでバッファメモリは、通常は保有していない。

これに対し、テレライティング通信は画面上に描画するデータをベクトル値(描画座標の時間的経過)で表現しており、そのデータは先に触れた様に各種補正を施した後、ゾーン符号化という方式で圧縮されている。

描画データは例えば、512×384ドット構成のタブレット入力面にて描画入力する場合で、16Kバイトもあれば、そこに描くかなりの量のデータを保存することが可能である。ファクシミリの画像データに比べて、データ量は大幅に少なくてすむ。

図11に標準的ファクシミリのブロック構成を、図12にテレライティング通信端末のブロック構成を示す。

この2つの画情報はそれぞれ独立した方式としてCCITTで規格化されている。

- CCITT T30
- CCITT T150

表2 符号圧縮率

符号化方式	圧縮率	備考
MH	1/14	G3 FAX 標準
MR	1/20	G3 FAX オプション
MMR	1/32	—

ようなメモリ構成並びに通信手段を考えた。

3. 2 メモリ構成

図13に複合通信端末の基本ブロック図を、また、図14に画像データメモリ関係図を示す。

1. スキャナ読み取りデータは、生データでメモリへ保有する。(イメージデータと称し、1メガバイト程度)
2. 表示画面に対応したビデオメモリを構成する。(表示用ビデオメモリ)
3. イメージデータは、符号変換して別のメモリへ保存することも可能とする。(イメージデータ圧縮メモリ)
4. 手書き描画情報は、テレライティング通信(リアルタイム通信)及び保存用の、複数メモリ構成とする。(手書きデータ保存メモリ)
5. イメージ情報と手書き描画情報はビデオメモリ上で合成させる。

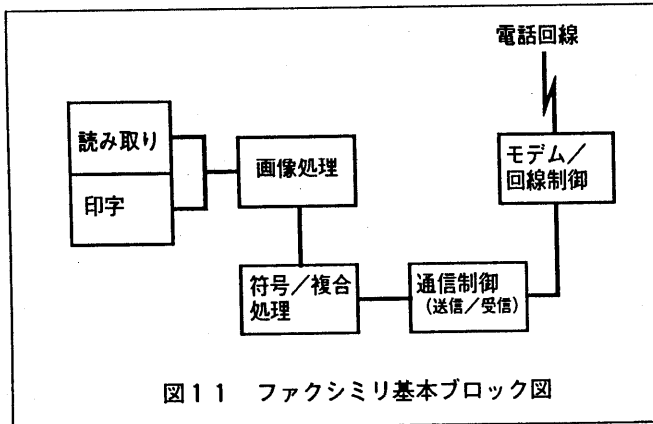


図11 ファクシミリ基本ブロック図

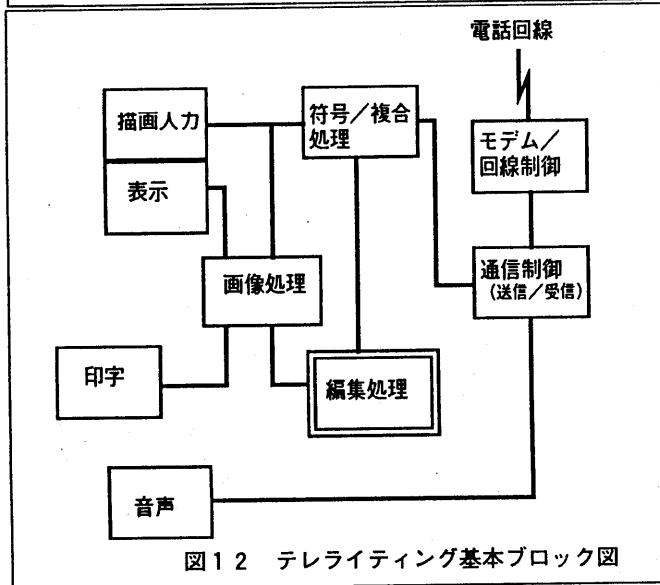


図12 テレライティング基本ブロック図

そこで、1つの描画エリアにこれらの異なる画面情報からのデータを表示させることは、それらを、共用するビデオメモリ上に、ビデオ情報として展開させることにより可能である。しかし、それぞれの通信規格も同時に満足させる必要があり、合成した画像情報の扱いは一意に決められない。

さらに、ファクシミリ通信は一方通行的要素が強いが、テレライティング通信は双方向のリアルタイム通信である。このような背景のもと、画像データの合成という点から、今回我々は、以下の

3. 3 実施例

これらの構成を搭載した通信機器の機能について考えてみる。

ファクシミリの主目的は送り手の画情報を相手へ伝えることにある。ところが、テレライティングの特徴は、通信回線を通して同一の画面を見ながら、お互いがリアルタイムで手書きの描画情報をやり取りするという点にある。

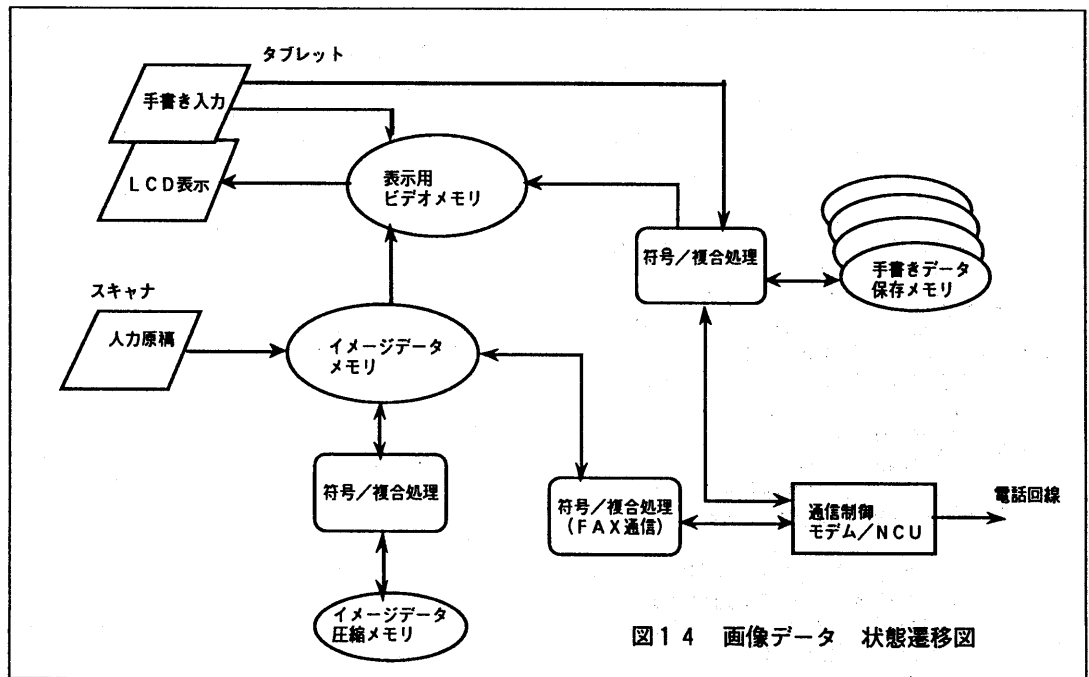
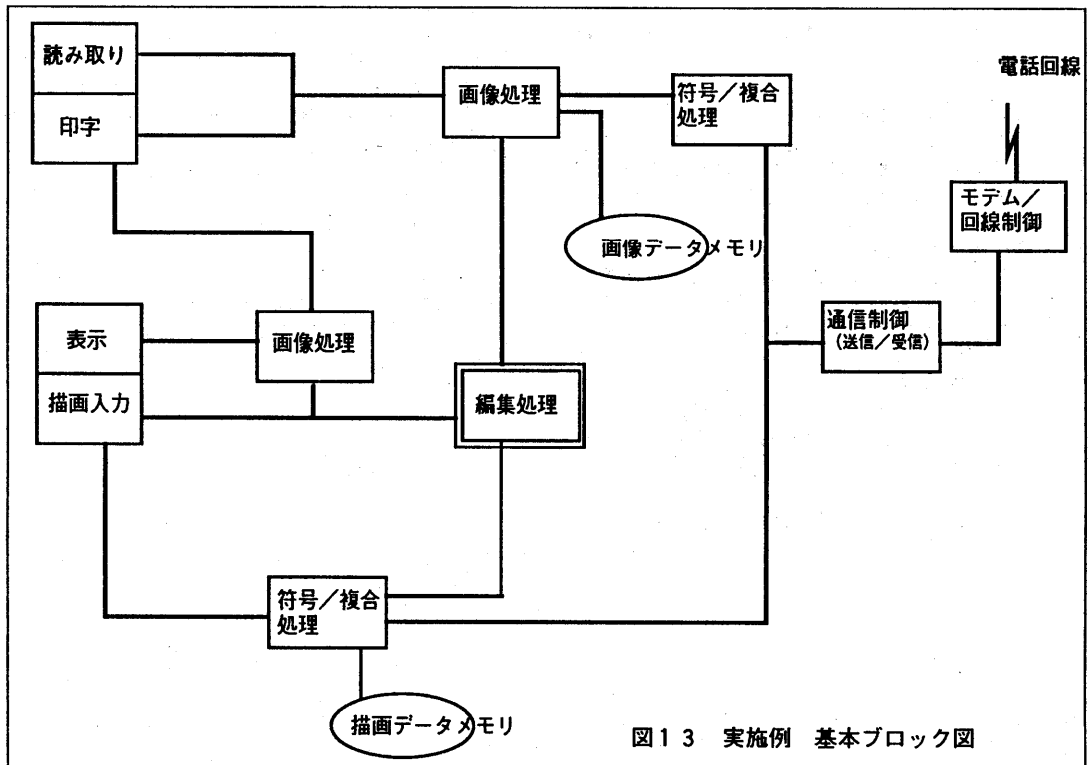
そこで例えば、相手側へファクシミリとして送った画面を、まず画面上に表示させ、双方でその画面を見ながら、手書き通信することを可能とするように考えた。この装置に於ては、2種類の異なる入力データがそのフォーマットの違いを意識せず、ユーザーの目的に添って変換され、機能させることが出来る。

なおここで重要なことは、CCITTの規格に合ったそれぞれの機器(ファクシミリ装置、テレライティング装置)との間の通信機能は、必ず確保しておく必要があると言うことである。

3. 4 機能説明

スキャナで読み取った原稿は、イメージデータメモリに保存され、同時に表示用のビデオメモリに展開されて、LCD表示装置に表示される。これは、ファクシミリで受信したイメージデータも同様である。

また、LCD表示装置と一体化されたタブレット上に入力された描画データは、同じく表示用ビデオメモリに展開され、同時にLCD表示装置に表示される。



イメージデータと描画データはこの状態で合成され、編集される。

なお、この手書き描画データはテレライティング通信によって相手とリアルタイムで通信されるため、全く同じ画面を見ながらの編集作業も可能となる。

また、イメージデータメモリへ展開すれば、そのままの画面をファクシミリ通信することも可能となる。

このほか、今回の構成で可能となる機能について説明すると、

- ・ 画像データの中継通信機能
他のファクシミリから送られてきたデータを、画像処理（手書き修正、拡大／縮小編集など）して、再びファクシミリ送信することが出来る。
- ・ 画像データの加工修正機能
テレライティング通信で確定した手書き情報（スケッチなど）をイメージデータに貼り付けて、ファクシミリ通信出来る。
- ・ 画像データの双方向、同時処理
通信状態において、スキャナ読み取りデータ、受信データなどは生データ（符号圧縮されていない状態）として保有しているため、どちらからでもそのデータの編集が可能。

これら、目的に合った画像通信が、公衆電話回線を利用した通信手段で、容易に構成できる。

3. 4 画像通信機能（プロトコル）

ファクシミリ、テレライティングの基本的な通信プロトコルについては、ここでは触れないが、この複合通信システムを可能とさせるためには、ある程度の独自モードを設定する必要がある。

なお、テレライティング規格は拡張テーブルコマンドにより、各種のオプションコマンドを追加できる仕様になっている。ファクシミリ通信についても、独自コマンドもしくは、メーカー独自の機能フラグなどが設定されている。

以下に我々が追加規定した項目について列記する。

ファクシミリ通信コマンド

- 複合通信装置であることを認識させるための識別フラグ
- ファクシミリモードからテレライティング通信モードへ移行するコマンド

テレライティング通信コマンド

- 相手の画面をコントロールするコマンド
拡大／縮小コマンド
画面分割コマンド
画面移動コマンド
アントレース（囲み消去）コマンド
- 相手の状態を確認するコマンド

なお、参考のために主な既存のテレライティング通信コマンドを列記する。

描画（ペンダウン、ペンアップ）
消去 全面、部分
ポインタ表示
不在受信 高速通信 他

4. まとめ

ファクシミリやテレライティングは、何れも電話回線を用いて遠隔地を結ぶ情報伝達手段として

用いられている。中でも、ファクシミリは広く普及しているが、伝達が一方通行であり相手からの応答という手段は閉ざされている。そこで、これをテレライティングとミックスすることによる、双方向、画像複合通信という新しい通信手順を検討し一応の成果を得た。

今後は、G4ファクシミリとの通信複合化など、ISDNへの対応、表示のカラー化、高精細化などを進めることを考えている。

謝辞 本報告をまとめるに当たり、ご指導、御協力を頂いた 鳥取三洋電機（株） 開発室 角 誠司氏、東出節男氏、並びに関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 田尻、他：入力・表示一体方一検出方式の検討、電子情報通信学会、全国大会資料、IE87-47、1987
- 2) 松山、他：ライティングホン、三洋電機技報、Vol. 21、1989
- 3) 佐藤、他：テレライティング、画像電子学会誌、第13巻、第3号、1984
- 4) テレライティングに関する調査研究報告書、郵政省、1985
- 5) 大塚、他：描画像の表示品質に関する一考察、電子通信学会 画像工学会研究会資料、IE84-89、1984
- 6) 星：“紙”感覚を目指す情報機器、文字や絵をペンで直接入力、日経エレクトロニクス、1990 No. 491 P153-158