

電波研究所における画像処理の研究

吉田 実 (郵政省電波研究所)

1. はじめに

電波研究所は郵政省の付属機関として、電離層の観測とそれらの結果にもとづく宇宙空間並びに地球環境諸現象の研究、宇宙通信・人工衛星の開発の研究、周波数資源の開発並びにその有効利用の研究、通信方式・無線通信機器の研究、周波数標準に関する研究等の業務を行なっている。

当所における画像情報処理の研究は、主として周波数資源の有効利用の研究の立場からのテレビジョン画像信号の冗長度圧縮伝送方式の研究および、新しい人間→機械系の通信方式の研究の立場からの文字自動認識方式の研究にその端を発し、最近ではこれらに加えて、電離層観測レーダ画像などのリモートセンシング関連の画像データの自動処理の研究が、主として計算機シミュレーションによって行なわれている。以下に最近の主要な研究成果についてその概要を紹介する。

2. 画像情報処理シミュレーションシステム

(1). ハードウェアシステム

図1に当所の画像処理関連のコンピュータシステムの構成を示す。TOSBAC-5600/160をホストコンピュータとし、NEAC-3200/50で画像入出力制御を行なっている。

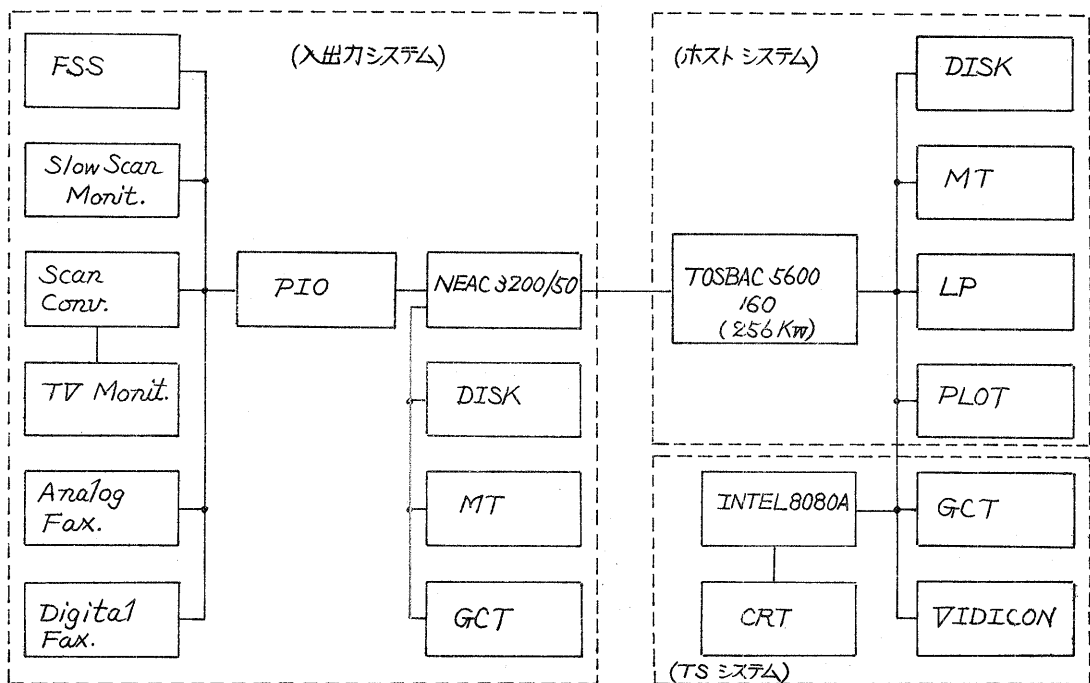


図1. 画像処理関連コンピュータシステム

主たる画像入力装置は、フライングスポットスキャナ、ファクシミリ送信装置、ビデオカメラであり、出力装置としては、スロウスキャンモニタ、スキャンコンバージョンモニタ、ファクシミリ受信装置、各種グラフィックディスプレイ等が使用されている。

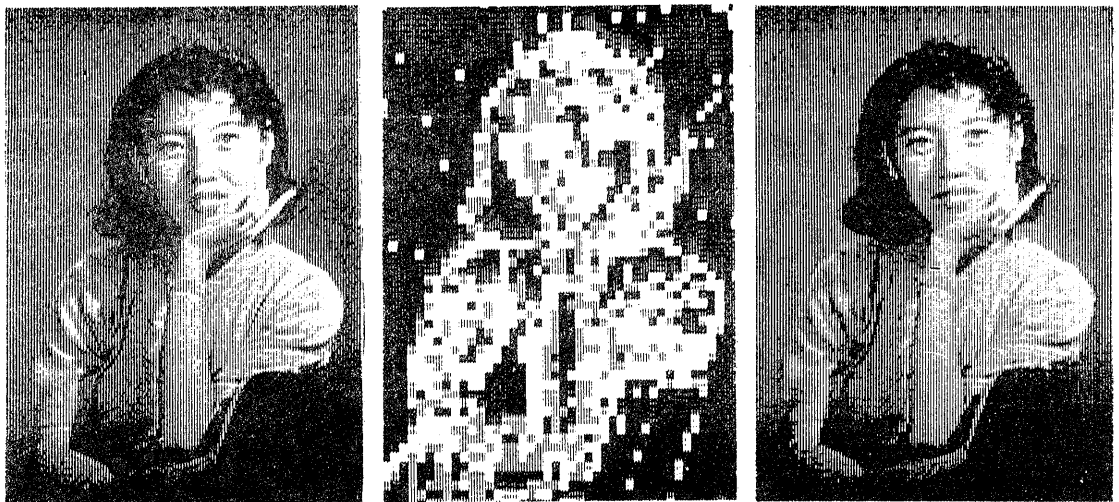
(2) ソフトウェアシステム

汎用画像処理ソフトウェア APAX (TOSFAX) および電総研で開発された EPICS をベースとするソフトウェアシステムに、当所で開発した入出力ソフトウェア、特殊演算ルーチン、高速論理演算ルーチン、フーリエ・アダマルト変換ルーチン等を付加して使用している。

3. テレビジョン画像の伝送帯域圧縮の研究

(1) 画素マトリクス処理による圧縮方式

画像を 3×3 の正方形の画素群 (画素マトリクス) に分割し、マトリクス内における輝度変化を函数近似し、伝送すべき情報量を圧縮する方式について検討を行なった。具体的には、画素マトリクスをその輝度変化により、平行型、傾斜型および湾曲型に分類して、平行型の場合には輝度の平均値のみ、傾斜型の場合には平均値と傾斜度、湾曲型の場合には、平均値、傾斜度、湾曲率を伝送する。シミュレーションの結果、画像品質をあまり損うことなく $1/3.3 \sim 1/4.5$ 程度の圧縮率が得られることが判明した。図2にシミュレーション例を示す。同図Bにおいて黒は平行型、灰は傾斜型、白は湾曲型のマトリクスを表わしている。



(A) 原画

(B) 画素マトリクスの分類

(C) 再生画 (圧縮率 $1/4.5$)

図2. 画素マトリクス処理による圧縮例

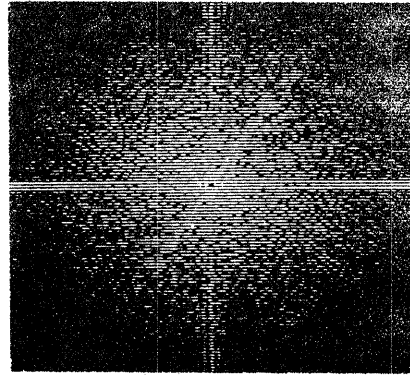
(2) 画像スペクトル処理による圧縮方式

画像信号をフーリエ変換により周波数スペクトルに変換し、このスペクトルを伝送し、受信側ではスペクトルを逆フーリエ変換することにより画像を再生する伝送方式において、伝送スペクトルになんらかの近似操作を施すことにより圧縮効果を得ようとする方式である。まず基本的問題として、スペクトルの量子化特性および量子化レベル数が画質におよぼす影響の検討の結果、対数型量子化特性が最適であり、かつ量子化レベル数は 2^6 程度で充分であることが判明した。

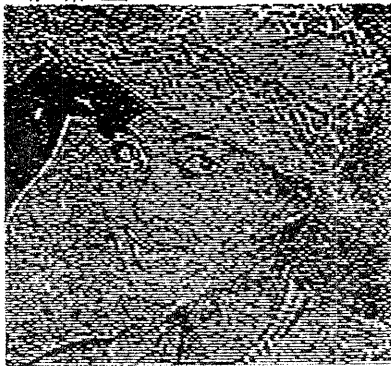
圧縮のための近似操作として、スペクトルの高周波成分に平均化および粗量子化の処理を施すことにより、圧縮率 $1/2 \sim 1/3$ で相当良好な再生画が得られた。図3に原画およびそのスペクトル（振巾成分）、不適当な直線型量子化特性のときの再生画（圧縮率1）、およびスペクトルの平均化および粗量子化を施したときの再生画の例を示す。



(A) 原画



(B) スペクトル



(C) 直線量子化による再生画



(D) 平均化・粗量子化再生画（圧縮率 $1/2$ ）

図3 画像スペクトルの処理による圧縮例

3. ファクシミリ画像処理の研究

(1) デジタルファクシミリの変長圧縮方式の研究

公衆電話回線網のファクシミリへの解放以来、手軽な画像通信手段としてファクシミリは急速に普及してきている。しかしながら、ファクシミリ画像情報はかなりの冗長性を持ったため、最近では各種の圧縮技術を使用して回線の有効利用を計っている。郵政省ではメーカーごとに異なった圧縮方式が採用され、異機種間相互通信が不可能な現状を改善するため、国際・国内標準圧縮伝送方式の制定に種々の努力をしている。当所では、G3機の国際標準方式候補として提案されている *Modified Huffman* 方式を中心に、各種圧縮方式の圧縮効率、回線エラーに対する耐性等について、計算機シミュレーションによる比較検討を行なっている。

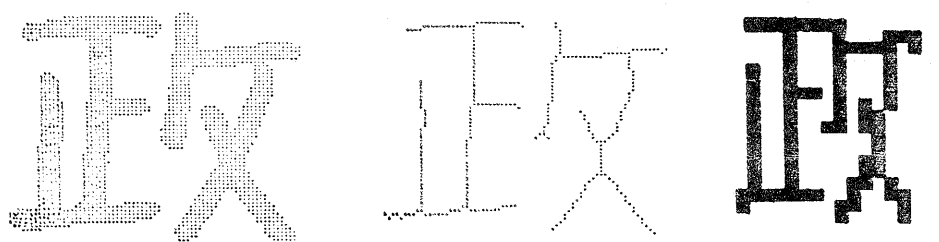
(2) 衛星通信回線によるファクシミリ通信方式の研究

電子郵便など、予想される将来のファクシミリ伝送回線の需要増加に対応するものとして、光ファイバーケーブルと共にミリ波衛星回線の開発が有望視されている。しかしながら、ミリ波回線には降雨減衰による回線品質の劣化とやう個有な

向題があり、ファクシミリ通信方式にも耐エラー性の性能向上が必要である。当所では、エラーの訂正方式を中心に、ミリ波径星回線に最適なファクシミリ通信方式の開発を目指して研究を進めており、昭和54年度には実験用静止通信衛星(ECS)を使用した伝送実験を計画している。

(3) ファクシミリによる画像応答システムへの文字情報入力方式の研究

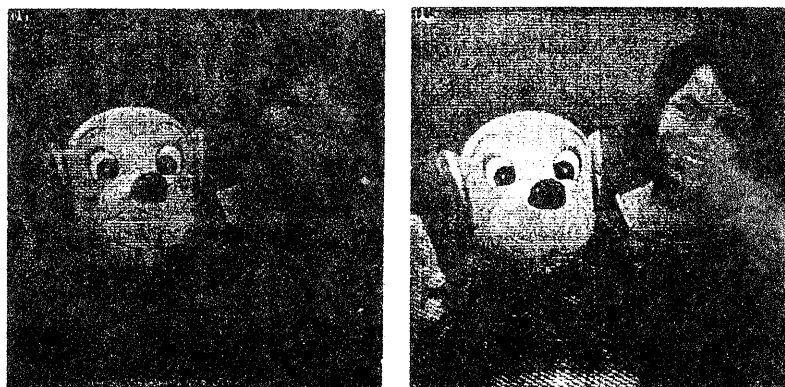
郵政省では、テレビ電波や、地域の有線テレビ網あるいは電話網を使用して、各家庭のテレビジョンセットに多様な情報を提供する画像放送・画像応答システムの開発を行なっているが、これらのシステムの運用の面での最も重要な問題は、原始文字情報のシステムへの効率的な入力方法の確立である。現在この文字情報入力には漢字テレタイプによるマニュアル処理が行なわれており、究極的には漢字OCRの採用が望ましいが、当所では、現時点で実現可能で効果的な方式として、ファクシミリによる手書き原稿の自動入力方式について検討を行なっている。この方式の開発における最大の向題点は、1文字の表示に許されるドットマトリクスの大きさが 18×15 に制限されているため、入力画情報の1文字当りのマトリクスサイズ(通常 $40 \times 40 \sim 80 \times 80$)の大幅な縮小変換が必要なことである。図4に入力文字画像をスケルトン化した後、縮小する方式についての実験例を示す。



(A) ファクシミリ入力(80×80) (B) スケルトン化 (C) 表示文字(18×15)
図4. 文字画像の縮小表示の例

4. 水中画像の画質改善の研究

海底資源の探査、水中土木工事等水中画像情報の重要性は海洋開発の進展と共に増大しているが、象知の通り水中における光の減衰がきわめて大きいために、鮮明な画像を得ることが困難な場合が多い、このため観測された画像データに適切な処理を施すことによって画像の明瞭度を向上させる試みを行なっている。これまで、照明むら等に起因するシェーディングや、別途測定された水中の画像伝達函数を使用した画像のぼけの補正等について検討を行なった。図5に濁水(カオリン注入)中の画像のシェーディング補正結果を示す。



(A) 原画 (B) 補正画

図5. 濁水(カオリン注入)中の画像のシェーディングの補正

5. レーダー画像の自動処理の研究

電波研究所では、短波レーダによる電離層の観測、音波レーダによる大気温度分布や、マイクロ波レーダによる雨域の計測、レーザーレーダによる大気汚染の観測など各種のレーダによる諸現象の観測を行っており、観測結果の能率的処理が重要な問題となっている。ここでは、現在検討が進められているボトムサイドイオノグラム（地上より0.5~20MHzの電波を放射し、電離層からの反射波を受信して作成されるレーダ画像、これに対して人工行星から電波を放射して作成された画像をトップサイドイオノグラムと呼ぶ）についての自動処理システムの開発研究を紹介する。

図6は線形平滑化空間フィルタによってノイズ処理を施したイオノグラムデータであり、横軸は放射電波の周波数(MHz)、縦軸は電離層の見かけ高さ（単位100 Km）を示し、種々の電離層からの電波の反射状態が帯状のトレースで表示される。

電波研究所では、南極を含め全国6ヶ所の観測所で15分ごとの定時観測が行なわれ、得られたイオノグラム1枚当り15~30項目のパラメタの読取がマニュアルで行なわれている。

図7は、図6のデータについて、最も重要な読取パラメタ f_oF2 , f_xF2 ($F2$ 層臨界周波数と呼ばれ、図6の7MHz近傍におけるエコートレースの二つの立ち上りの漸近線に対応し、左側が f_oF2 , 右側が f_xF2 と呼ばれる) の自動抽出例である。なお図7は図6の小枠の領域に対応する。

具体的には、この臨界周波数近傍におけるエコートレースの下部エッジが双曲線状に変化することを利用して、Analysis-by-Synthesis法により曲線近似を行ない、その漸近線として f_oF2 , f_xF2 を抽出する手法を採用している。図7で小枠は観測データのエコートレースの下部エッジ画素、実線は近似双曲線、点線は抽出された f_oF2 , f_xF2 の値を表わしている。

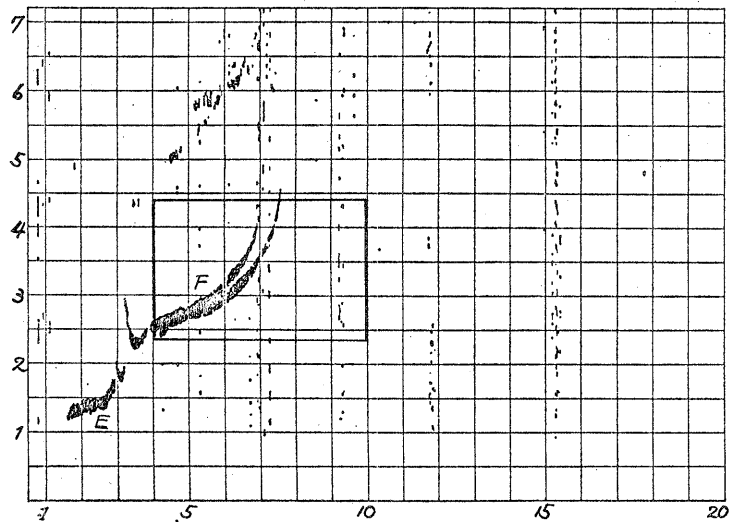


図6. ノイズ処理されたイオノグラムデータの例

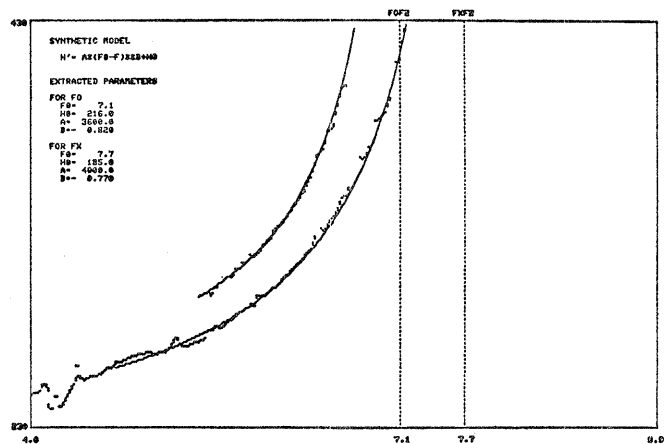


図7. f_oF2 , f_xF2 の抽出例

6. 文字認識の研究

日本語文字情報の高能率伝送と自動処理のうえで、最も重要でかつ困難な課題は、原始文字情報のシステムへの能率的な入力方式の確立である。この課題の根本的な解決方法の一つは、手書き漢字OCR装置の開発であるが、漢字パターンの構造が複雑であること、字種が多いこと、個人によるパターンの変形が多様であることなどにより、現在の画像処理技術にとってきわめて困難な課題となっている。当所では手書き漢字が図8に示す永字八法と呼ばれる基本的なストローク（筆遣い）の組合せから構成されること、ストロークの形状が筆尖運動方程式によって比較的容易に定義可能であることを利用して、認識対象の文字パターンをストローク群に分解し、それらの組合せから文字の種類を判定するストローク抽出法による手書き漢字認識システムについて検討を行なっている（図9）。

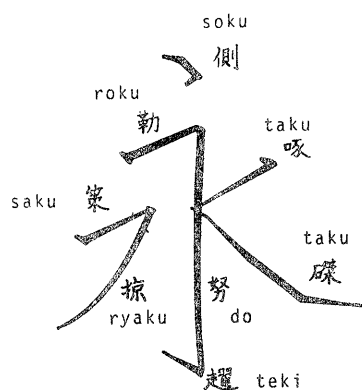


図8．永字八法

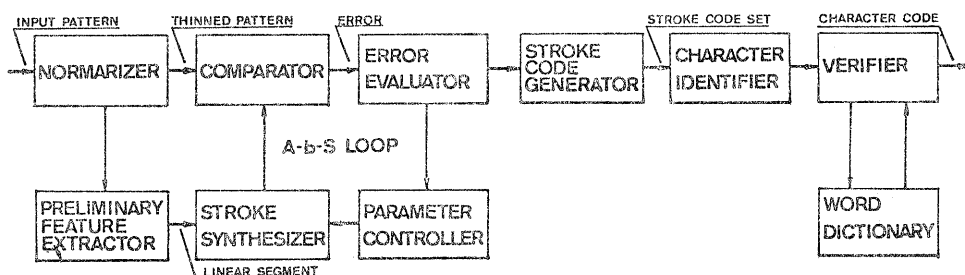


図9．ストローク抽出法による手書き漢字認識システムの構成

図10は認識対象の入力文字パターンであり、図11は筆尖運動方程式をストローク合成モデルに使用した *Analysis-by-Synthesis* 法（合成による分析法）によってストローク分析を行なった結果であり、この例では図10の入力パターンから11個のストロークが抽出されている。

計算機シミュレーションによる認識実験の結果、都道府県名などの限られた字種については、95%以上の高い認識率が得られている。

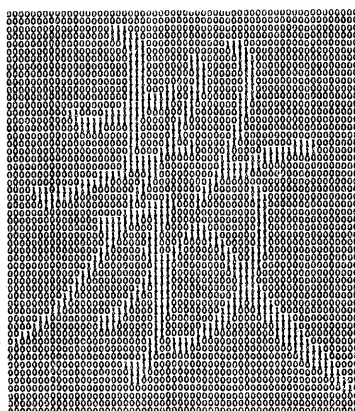


図10．入力文字パターン

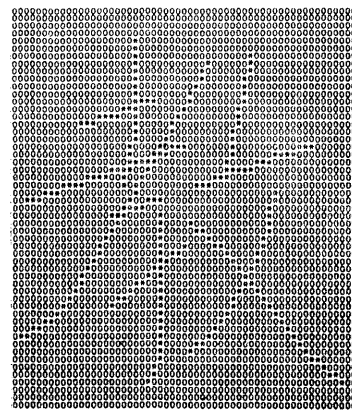


図11．ストローク抽出結果