



研究ノート

実時間画像処理

一 岡 芳 樹*

少し古い話になりますが1965年の夏休みに入って間もなく、各新聞の第一面に月の表面と同じようなあばた面の、しかし鮮明に写しだされた火星の近接写真が掲載されたことを御記憶の方も多いと思います。この写真は前年の11月、アメリカのNASAが打上げた惑星間探査船マリナーIV号が7カ月半の飛行の後、火星から約1万kmまで近接してテレビカメラでとらえた22枚の写真の一部であったわけです。

現在でこそ月面に人が到達し、木星や土星の近接写真が茶の間で居ながらにして見られる時代ですが、当時この一枚の写真は私も含めて読者に強烈な印象を与えました。この時の素朴な疑問はどうしてこのような鮮明な写真があのような遠い所（火星の衝の時の地球からの平均距離は7700万km）から送られてきたのかということであったと思います。この疑問の答を知りたくってNASAの刊行物を調べてみるとその事情が簡単に解りました。まずテレビカメラで撮影した画像は一担記録しておき、一画面を200×200個の画素に分解してその画素での強度の値をデジタル化し、パルス符号変調方式を用いた遠距離通信ではるかかなたの宇宙空間からそのパルス信号を送信してきていたわけです。唯、直接受信した生の信号を基にして再生表示した画像は、およそ、新聞に発表されたものとは程遠く、殆んどコントラストのついていない、のっぺらぼーの画像でしたが、電子計算機を用いて、画面の歪の補正とコントラスト強調を行って復調・修正した結果、発表されたような鮮明な近接写真が出来上がったわけです。

このように入手した画像から必要な情報を強調・修正したり、抽出した像を人間の設定した

基準で判断することが画像処理の目的であります。画像処理の目的をもう少し分類してみると

1. 情報量の圧縮：帯域圧縮、符号化
2. 画像の改善：画像修正、画像強調
3. 画像の計測：パタン計測・計数
4. 画像の合成：X線CTなど
5. 画像の認識・判別・理解：パターン認識などに大別されます。

上の火星の近接写真の例では目的1, 2, 3が特に関連していることがわかります。画像処理は上の応用の他に、最近大きな病院に設置されるようになった、X線CT装置（コンピュータによる体軸断層像の合成装置）も画像処理の研究の大きな成果の一つであります。この装置を用いると従来行われていた各種の病気の診断法に比し飛躍的にその正診率と診断能力の向上を行うことができるもので、人類の福祉向上に寄与したとして、その開発者が先年ノーベル医学賞を受賞したことは御承知のことと思います。

画像処理は典型的な境界領域の研究分野であり、画像処理システムの開発には種々の分野の人が関連していますし、それを必要とする分野も広汎で、物理学、化学、医学、工学、生物学は勿論、経済学などの人文科学の領域まで、およそ画像を取扱う全ての分野にわたっています。また日常生活に於てもテレビジョン、印刷、出版、服飾、織物関係、両替機や自動改札機などに深くかかわっていますし、工場では製品の識別、欠陥検査、ロボットの目等に、銀行や警察では指紋や顔写真の照合・認識、カードの照合などにその例を見ます。

画像処理を行うにはまず処理を効率よく実行出来る画像処理システムが必要になってきます。画像は二次元的な拡がりのある濃淡情報ですから情報量が極めて多いという特殊性があり、処理を迅速に行うためには種々の工夫が要

* 一岡芳樹 (Yoshiki ICHIOKA), 大阪大学, 工学部, 応用物理科, 助教授, 工学博士, 応用物理

求されます。画像を扱う最もポピュラーなシステムは光学系であり、光の伝播の高速性と並列性という性質を有効に生かしたシステム構成を取っています。この性質を利用したものとしてホログラフィーに代表される光学情報処理という分野が開花しております。しかし、残念なことに光は電子のように磁場をかけて自由に曲げたり、電圧をかけてその強さを簡単に制御出来ませんので、処理の柔軟性という点で大きなネックを生じます。特に四則演導の中の割算が光学処理では難しいことが大きな障害となっていました。

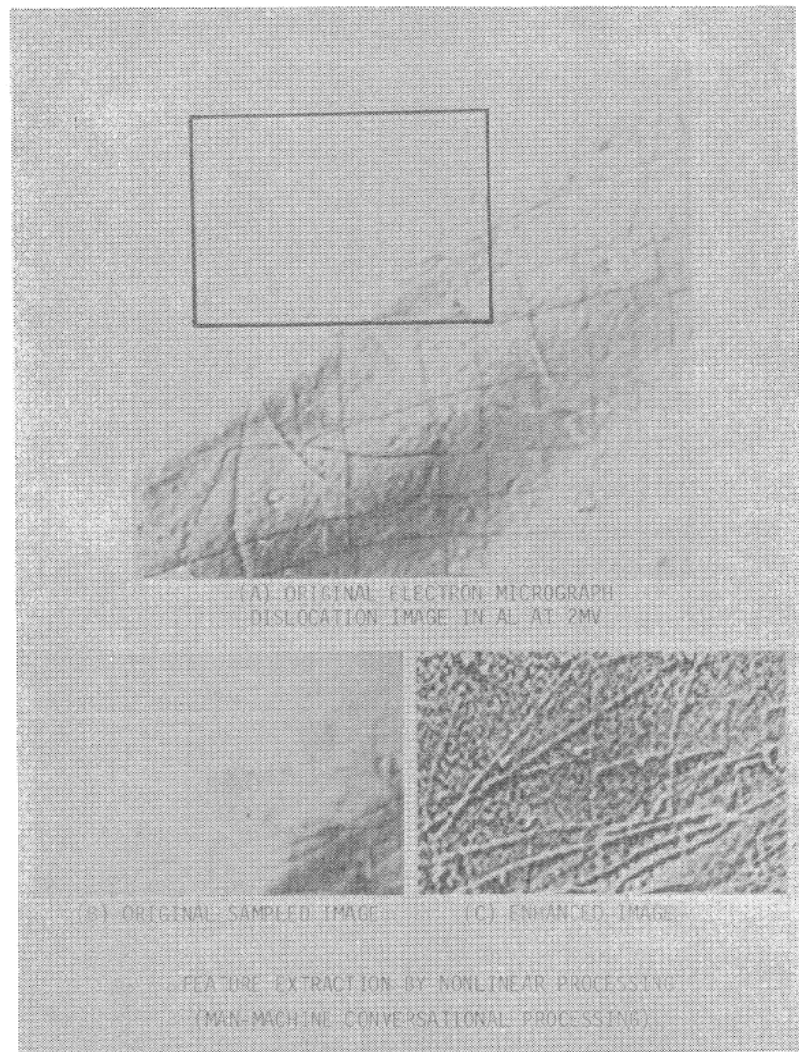
私の属している研究室は光学が看板ですが、15年程前に処理の柔軟性に着目して電子計算機を用いたデジタル画像処理システムの開発を行いました。そして光学系の結像特性評価、計算プログラム等への応用から画像処理の研究に着手しました。当時の電子計算機は現在のものに較べると比較にならない位小規模のものでしたし、画像情報の取込や表示装置も全て自作しなければなりませんでしたが、それでも画素数 128×128 位の画像を取扱うことができ、画像修正や強調の実験を行うことができました。以後は御存じのように半導体集積回路技術の進歩を中心とした急速な電子工業の発展により、計算機本体の大型化や性能向上が計られ、当時とは比較にならない位、システム構成が容易になってきました。それに伴い、研究室でも数種のオンラインデジタル画像処理システムや小型計算機を中心とした対話型の画像処理システムの開発を行い主として画像修正・強調の研究を行ってきました。

しかし、計算機の大型化や性能向上などの技術的な急速な進歩があったにもかかわらず、研究室で取扱える画像の画素数はこの10年位の間それ程の変化がなく相変わらず 128×128 や 256×256 位の低分解能の画像が多かったものです。これは先に述べたように画像が持つ情報量が極めて大きいという特殊性によるものであります。例えば、テレビの一面分の画像をメモリに記憶するには256KB（キロバイト、1バイト＝8ビット）の容量が必要ですが、この画像を2次元フーリエ変換を用いて処理するには、

さらに画像2～4枚分のデータを保持するメモリ容量が必要となり、それを計算してみると共同利用の大型計算機でも外部記憶装置なしでは到底、実行不可能となってきます。このような大容量メモリを使う計算になるとターンアラウンドタイムに問題が生じ、入力データを入れてから間の抜けた時分に処理結果が戻ってくるものが起ってきます。このようにデジタル画像処理では極めて多量のメモリが必要なこと、処理・演算速度、特に汎用電子計算機の基本構成に起因するデータのアクセス（メモリに記憶された情報と中央演算処理装置や入出力装置間とのデータのやりとり）が画像のような並列情報の取扱いに不向きであることなどが大きな隘路になっておりました。

幸い時代は画像処理の専用システム化が可能な方向に向いており、大容量、高速アクセス可能な半導体メモリチップ、専用プロセッサチップの開発、小型計算機の性能向上と低価格化などに伴いつい数年前迄は夢のように思われていたシステムの開発が研究室レベルで可能になってきております。

現在我々は画像情報の特質を考慮した独自のデータアクセス方式を採用した準実時間の画像処理システムの試作に入っております。このシステムを利用するとテレビの一面面位の分解能をもつ画像のデジタル処理がほぼ実時間で可能となり出力像がカラー画像としてCRT表示装置に実時間表示出来るようになります。このようなシステムが実用化されると各種結像機器、映像機器で得られる画像と共に、その画像処理された複数枚の処理像が一度に手許に得られるようになるので様々の応用に利用できるものと考えられます。例えば、電子顕微鏡の附属装置として設置しますと、実際の系で得られる像がたとえ低コントラスト像であっても実時間でコントラスト強調された像が得られますし、ボケのある像ならある程度修正された鮮明な像も得ることが出来ます。また計測処理や認識を同時に行うと準実時間で必要な情報の計測や認識も可能になるものと思います。特に重要なのは医学関係への応用で診断能率や正診率の向上などに大いに寄与するものと考えられま



電子顕微鏡像の特徴抽出例

す。このシステムは対話型式で利用出来るので、さらに多くの分野への応用が期待できるものと考えられます。

図は現在研究室にある対話型画像処理システムによる電子顕微鏡像の特徴抽出処理の一例です。(A)は大阪大学超高压電子顕微鏡センターにある超高压電子顕微鏡で加速電圧2MVで撮影した曲りのあるAl結晶の転位写真像です。結晶内の各部に転位があるのですが、結晶の曲りのため、プラグ条件を満足しない所は背景が白くてその存在が不明確です。同一画面内で背景の白い部分の転位も同時に観察したい要求があります。枠で囲んだ部分を標本化して計算機メモリ内に入力し、転位線のみを強調・抽出した処理結果が(C)に示されております。この時

の処理時間は数分で画素数は192×128です。

このような処理が、高分解能画像に対して迅速に実行できれば、電子顕微鏡自体の性能向上につながることになり、画像処理の効果が大きに発揮できるものと思われます。

画像処理はここで述べた応用以外にも、資源探索や地図作成を目的としたリモートセンシング、非破壊検査、動物体像の可視化や計測など広く行われています。現在、最も重視されているのは医学への応用であります。周辺技術の発展の速度から推して今後ますます新しい分野での利用が期待できるものと考えられます。

最後に電子顕微鏡写真を提供していただいた大阪大学超高压電子顕微鏡センターにお礼申し上げます。