

FIVISによる画像処理1 : 走査型電子顕微鏡写真処理

森, 正寿
近畿大学九州工学部経営工学科

後藤, 恵之輔
長崎大学工学部土木工学科

松本, 泰國
近畿大学九州工学部電気工学科

入江, 富士男
近畿大学九州工学部電気工学科

<https://doi.org/10.15017/1468181>

出版情報 : 九州大学大型計算機センター広報. 21 (3/4), pp.227-237, 1988-07-25. 九州大学大型計算機
センター
バージョン :
権利関係 :

FIVISによる画像処理1. 走査型電子顕微鏡写真処理

森 正 寿*, 後藤恵之輔**, 松本 泰國***, 入江富士男***

1. まえがき

九大大型計算機センターに共同利用施設として画像処理システムFIVISが導入されてから1年近くになるが、その主な利用者は当初の予想にもかかわらず、リモートセンシング研究者や、一部のCG研究者に限られているように見受けられる。このFIVISはこれまでの旧タイプの画像処理装置グラフィカと比較して、表示画素数、画像メモリ、処理速度等ほとんどの面で格段に改良されている他、全く新しい機能として高分解能カラー・イメージ・スキャナを備えている。当初は特にこの高性能のイメージ・スキャナの応用として、より広範な画像処理、医学・生物学における細胞の顕微鏡写真処理、物質科学における電子顕微鏡写真処理、鉱物結晶等の偏光顕微鏡画像処理、人間工学等におけるサーモグラフ解析等が期待され、実際に各方面からその可能性に対して問い合わせや質問が数多く関係者に寄せられた。

しかしながらこれらの新しい応用が、当初の予想どおりに進まなかった最大の原因は画像ファイルの構造にあると思われる。つまりイメージ・スキャナを使用して対象とする写真等から画像ファイルを作成した後、この画像ファイルを使用して実際の処理を行う方法としては、FIVISシステムを使う以外きわめて困難な状況にあった。これはFIVISで作成される画像ファイルが特殊であり、一般ユーザが使用するファイルとかなり異なっており、例えばそのうちのマスター・ファイルはPF DのBROWSEでも見るできない構造(VBS形式)になっている。

このような状況のなかで本稿の目的はまず、ユーザが独自に作成したプログラムを使って、イメージ・スキャナ・データを処理できるように、システムが作成する画像ファイルを一般のファイル(画像のサイズとレコード・サイズが一致した)に変換することである。変換された一般ファイルに対して、いくつかのユーザプログラムの処理例を示す。

さらに最近高性能化しているパソコンによる画像処理について述べる。これはMS-DOSのフロッピー・ディスクにファイル転送するシステムを使用することにより可能となる。特に遠隔地等でイメージ・スキャナ・データを処理する必要がある場合、常時FIVISを利用できないユーザにとって、有効なものとなると思われる。

2. イメージ・スキャナによる走査型電子顕微鏡写真の画像データ取り込み

今回は写真画像処理の一例として、最近急速に研究が進んでいる高温超伝導体の走査型電子顕微鏡写真像の解析を行った。図1にその電顕写真を示す。資料はAgを1%ドーブした $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ であり、かなり大きな結晶が成長しているのがわかる。まずイメージ・スキャナ、イメージ・プリンタの電源を入れ、画像処理エキスパートシステムIPEXを呼び出す。イメージ・スキャナの詳しい使用法は本号の別項、またマニュアルを参考にしてもらおうとして、まず対象写真をイメージ・スキャナのテーブルにセットし、反射モードを選択する。対象がフィルムの場合は透過モードを選択する。

昭和63年5月25日 受理

* 近畿大学九州工学部経営工学科

** 長崎大学工学部土木工学科

*** 近畿大学九州工学部電気工学科

倍率，セット位置を確認した後で，IPEXメニューのイメージ・スキャナ入力「GINSCN」を選択する。ここで新たに画像名を定義し「GINSCN」を実行し，画像メモリに画像データを取り込む。図2はこのようにして得られた画像データをディスプレイに表示したものである。画像データの特徴は1024×1024画素の8bit（濃淡256レベル）の多値画像である。原写真が一辺6.6mmであるから1画素0.064mm程度の大きさとなる。IPEXの拡張機能を使うと最大2000×3000画素まで取り込めるが，画像メモリ（16MB），ディスプレイの表示画素数（1024×1280），フロッピー・ディスクの容量（約1MB）との関係から1024×1024画素が適当であると思われる。

3. FIVIS/IPEXによる画像処理

画像メモリにスキャナからデータを取り込んだ後，画像処理の方法としてはまず，FIVIS/IPEXに登録されているパッケージの使用がある。これには基本的な画像処理ルーチンが数多く含まれており，手始めに対象とする画像データがどのような特性を持っているのかを調べるのには適していると思われる。

3.1 画像強調

まず図2にあるような画像データにアノテーションが混在している場合の処理を考える。このアノテーションは写真撮影時の各種の条件をプリントに焼き付けたものである。画像の2値化処理「CVB」を使用し，全体からアノテーションのみを区別し表示したものが図3である。さらに図3のデータを使い，図2から完全ではないがアノテーションを取り除いたものが図4である。この処理プログラムはIPEXにはなくユーザがデータに応じて作成する必要がある。図4は全体的に暗く画像の強調を行う。これには画像強調・平滑化「GSMS」を使い，図5のような強調画像を作成する。

3.2 モノクロ画像の擬似カラー化

電顕写真のようなモノクロ画像の場合，通常の意味ではカラー情報は含まれていない。しかし人間の視覚に訴える方法としてカラー画像は著しい効果を持っている。そこでモノクロ画像をカラー化する方法の一つである擬似カラー化を図5に適用する。今回の場合，不連続型の変換である擬似カラー表示「MPSD02」を使いカラー化を行う。この結果を図6に示す。このようにカラー化により，濃淡の差の小さい部分でもはっきり識別することができる。

4. IPEXファイルから一般ファイルへの変換

本稿の目的の一つはスキャナで作成した画像ファイルを，ユーザが独自に作成したプログラムで容易に処理できるようにすることである。そのためにまず3章で作成した図5の強調画像をイメージ画像ファイルに保存する。これにはファイル出力「GOUTIN」を使ってIPEXファイルを作成する。このIPEXファイルはIPEXルーチンを使って処理する分については全く問題はないが，ユーザ独自のプログラムを使って処理しようとするときわめて困難となる。そこで今回IPEXファイルから一般ファイルに変換するプログラムを作成した。以下にそのJCLリストを示す。

```
00020// EXEC GO, PROG=IMGCV, LOADDS='LIB.FIVIS.LOAD'  
00030//GO. FT01F001 DD DSN=A70000A. IKS. IMAGE(SEMIMG), DISP=SHR.
```

```
00040//          DCB=(LRECL=4096, BLKSIZE=4096, RECFM=F)
00050//GO. FT02F001 DD DSN=A70000A. SEMIMG. IMG. DISP=SHR,
00040//          DCB=(LRECL=1024, BLKSIZE=1024, RECFM=F)
```

ファイル変換のJCL例

実行モジュールは、'LIB.FIVIS.LOAD(IMGCV)'に入っているので各ユーザでコピーして使用する。FT01ファイルはスキャナで取った画像データが入ったIPEXファイルであり、FT02ファイルは一般ファイルで、画像のサイズとレコードサイズが一致しており、画像のライン数がレコード数に対応したファイル構造となっている。レコード形式がFになっているのは、この一般ファイルを加工した後さらにPROSID等でアクセスできるようにするためである。このようなファイル変換をすることによりPFD/BROWSEのHEXモードを使い、データ内容を直接見ることができ、閾値等のパラメータを決定することができる。

5. ユーザプログラムによる画像処理例

画像データの特性によっては必ずしもIPEXルーチンによる画像処理で十分でない場合も考えられる。特にNLPに出力するためのルーチンはほとんどなく、FIVIS専用のイメージ・プリンタ出力も同様であり、モニタ程度にしか使用できない。そこで印刷精度の高いNLPの特長が生かされるような画像処理法を考える必要がある。今回は細線を高密度で発生させて描画する方法の処理例について述べる。

5.1 濃淡レベルの等高線表示

画像の濃淡を表す方法としては、これまで見たような、基本的なハーフトーンを使ったモノクロ画像表示、色レベルを使った擬似カラー表示があるが、この他に濃淡レベルを地形図の高度に対応させた等高線表示がある。地形図を見慣れた者にとっては等高線を見ただけで、その3次元的イメージを頭に浮かべることができる。このような発想で開発されたのが濃淡レベルの等高線表示プログラムである。図7は図5のデータを一般ファイルに変換した後、等高線表示プログラムで処理し、NLPに出力したものである。図6の擬似カラーと比べるとさらにはつきりと細部にいたるまで識別することができる。

5.2 濃淡レベルの3次元表示

濃淡の表示法のさらに進んだ方法は3次元表示である。地形図の理解においても等高線図と鳥瞰図があれば、よりはつきりしたイメージが浮かぶように、モノクロ画像においても3次元表示が効果的なものになると思われる。図8は図5のデータにおいて濃淡レベルを高さに見なして3次元化し、適当な視点から見おろした構図をNLPに出力したものである。原写真の明るい部分が高度の高い部分に対応している。このような3次元データはそれぞれの研究対象によって異なった意味を持ち、赤外線データやサーモグラフでは温度の高低を表すものとなる。

以上のようにIPEXルーチン以外にユーザが画像データに即した独自のプログラムを作成し、特

にNLPを効果的に使用することにより、さらに進んだ画像処理が可能となった。この他にもSSLのようなライブラリを使用することにより、例えばIPEXには全く含まれていないFFT処理も容易に行えると思われる。

6. パソコンによる画像処理

本稿の最終的な目的の一つはスキャナで作成した画像ファイルをパソコンでも処理できるように、フロッピー・ディスクに転送・保存することである。これにはFIMPORTコマンド[1]を使う。使用できるディスクは通常の5インチ/2HD-256で、MS-DOSで使用する。ファイル転送には専用パソコンFMR-60HDを使い、4章で変換したファイル名を指定し、データ形式は画像データであるからバイナリを指定する。1024×1024画素データ(1MB)が丁度ディスク1枚に納まる。

これでパソコンで画像処理ができる環境が整ったわけであるが、これまでパソコンで画像処理を行う際の隘路になっていたのは、ディスプレイ表示、カラー・プリンタ出力の両方において表示色が少なかつたことである。通常のパソコンでは、ディスプレイ表示で7～16色、カラー・プリンタで7色程度であつた。特にカラー・プリンタは最終結果を報告や論文等に載せる場合は重要なものとなるが、これまで4000色程度のカラー・プリンタでも数百万円のオーダーであり、パソコンの出力として手軽に使えるものではなかつた。ところが最近NECが開発したパソコン専用のイメージ・プリンタPR801は表現色26万色とこれまでのものと比べて格段の性能向上がはかられており、かなり本格的なものである。さらに価格も40万円程度と研究室レベルで十分に検討に値するものと言える。

ここではこのイメージ・プリンタPR801と、研究室レベルでも比較的普及していると思われるNEC PC-9801のシステム構成での処理例について説明する。使用するソフトはMS-DOSのN88-BASICが最も使い易い。BASICは速度が遅いのが欠点であるが、イメージ・プリンタ出力の場合、データ転送に時間がかかつており、アセンブラ化してもそう速くはならないのではないかと思われる。

6.1 イメージ・プリンタによるモノクロ画像出力

図9は比較のために図2のデータをアノテーションを取り除かず、そのまま画像強調して印刷したものである。PR801はモノクロ画像で6bit(64レベル)の分解能を持っており、完全とは言えないまでもかなりの程度で再現できているのがわかる。これまでパソコン・システムによるモノクロ画像出力は黒か白の2値化出力か、せいぜいディザ化した網点出力であり、6bitとは言え、ドット指定の濃淡出力はかなりの進展と言うことができる。ここで使用したプログラムはマニュアル[2]に典型的な例が説明してあり、BASICに多少とも慣れていれば容易に改良できるものである。

6.2 イメージ・プリンタによる擬似カラー出力

PR801はカラー出力の場合18bit(約26万色)出力可能であり、ダイナミックレンジがあまり広くないデータ、例えばLandsat MSSデータなどではRGB各6bitしかないため、情報量を全く損なうことなく出力することができる。

モノクロ画像の擬似カラー化においては、複雑なプログラムを作成することによって相当数の色を発生させることもできるが、今回は簡単のため標準的に登録されている16色のカラーパレットを使った。これも典型的なBASICプログラム例がマニュアルにあり、容易に変更できる。図10は図5のデータを擬似カラー化し16色で印刷したものであり、横にそのカラーパレットを示している。IPEXによる擬似カラー図6と比較しても遜色のないものと思われる。

以上パソコンによる画像処理出力例を示したが、パソコン画像処理のメリットとしては手軽に研究室で処理でき、使用時間や計算コストを考える必要がなく、特に遠隔地等でイメージ・スキャナ・データを使用する必要がある場合には最適であると思われる。さらに現在のFIVISシステムではフルカラーのハードコピーがないため、出力結果を残す場合には写真を取る以外に方法がない。写真の場合フルカラーで記録できるが、ディスプレイの周辺部では歪が入り完全なものとはならない。また現像・プリントに時間がかかり、出力の大きさに指定がある場合トリミング等でさらに手間どり、結果が不十分な場合、再度初めからやり直しとなる。その点イメージ・プリンタを使ったパソコン・システムでは26万色以内であれば、完全にドット単位で指定できるから歪はほとんど問題にならず、学会指定の原稿用紙等にもプログラムで容易にスケールでき、出力結果が不十分でもすぐその場でやり直すことができるなど、使い次第でかなり有効に活用できると思われる。

今回のプログラム開発は、一部九州大学大型計算機センターのライブラリプログラム開発課題「P-rosidユーザのための支援ツールの開発」の一環として行われた。ライブラリ委員会を始めとする関係者の方々に感謝の意を表します。なお走査型電子顕微鏡写真の撮影については九州大学工学部電子工学科吉田啓二助教授の御好意による。

参考文献

1. FMR-60によるMS-DOSとホスト間のファイル転送について、九大大型計算機センターニュースNo. 361.
2. NEC PC-PR801フルカラーイメージプリンタ ユーザーズマニュアル.

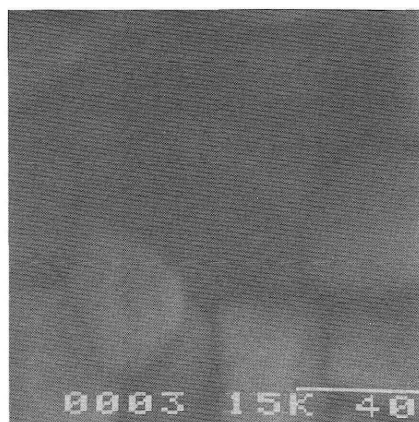


図1. 高温超伝導体 $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-8}$ (Ag 1%)
の走査型電子顕微鏡写真

図2. 図1の電顕写真をイメージ・スキャナを使って
画像化したものをディスプレイ表示したもの

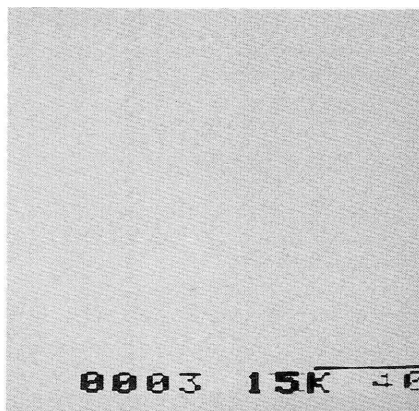
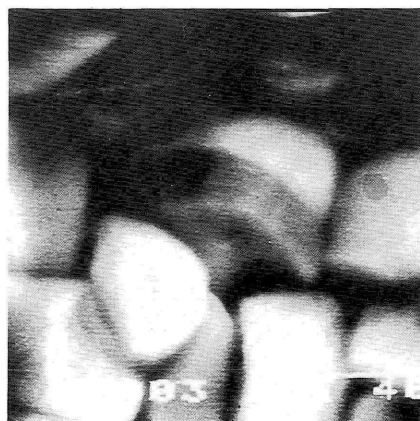


図3. 2値化処理によって図2よりアノテーションのみを
表示したもの



図4. 図3を使い図2よりアノテーションを
取り除いたもの



図5. 図4の画像強調表示

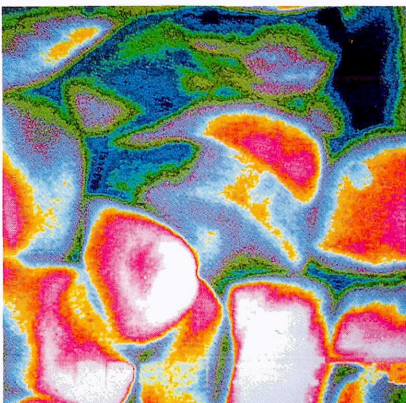


図6. 図5の擬似カラー表示



図7. 図5のNLPによる等高線表示

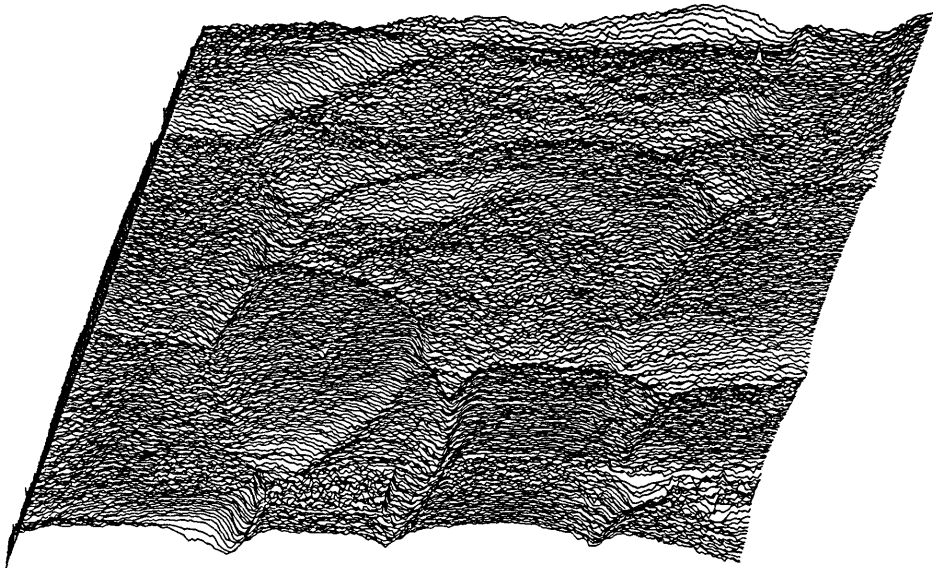


図8. 図5のNLPによる3次元立体表示

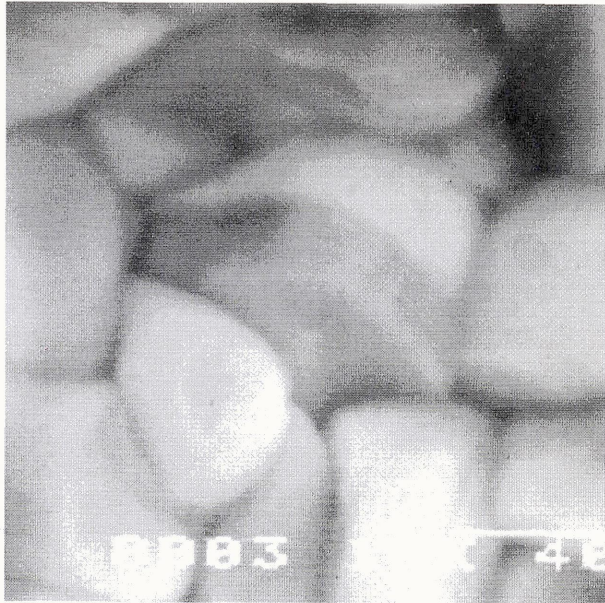


図9. 図2を強調したパソコン・イメージ・プリンタ出力

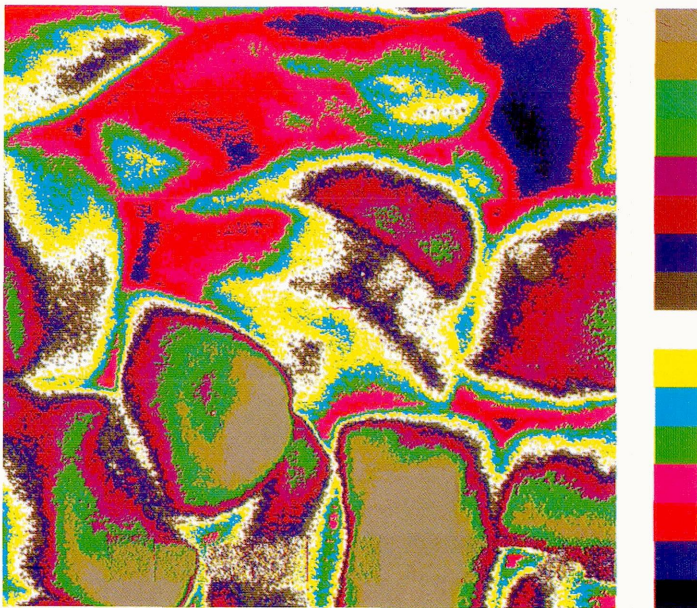


図10. 図5のパソコン・イメージ・プリンタ擬似カラー出力