九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

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***，入江冨士男***

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ＰＦＤのＢＲＯＷＳＥでも見ることができない構造（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％ドープした$Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$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．画像データの特性は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６６mm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」を使用して，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=IMGCNV.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(IMGCNV)'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っ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，よりはっ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と見なして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．使用できるディスケットは通常の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）が丁度ディスケット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ったことである．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色程度であった．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った．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っており，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る人であ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リングでき，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，使い方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「Prosid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．

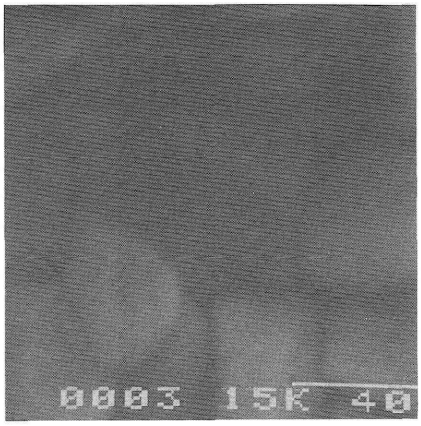

図1. 高温超伝導体 $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$（Ag 1%）の走査型電子顕微鏡写真

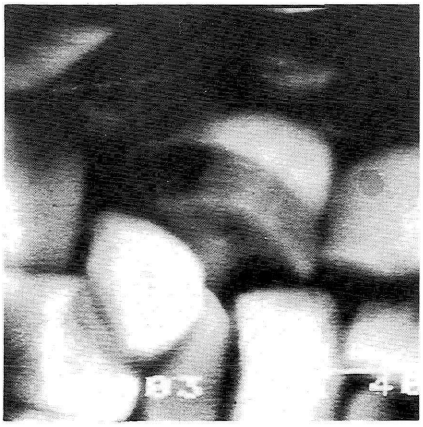

図2. 図1の電顕写真をイメージ・スキャナを使って画像化したものをディスプレイ表示したもの

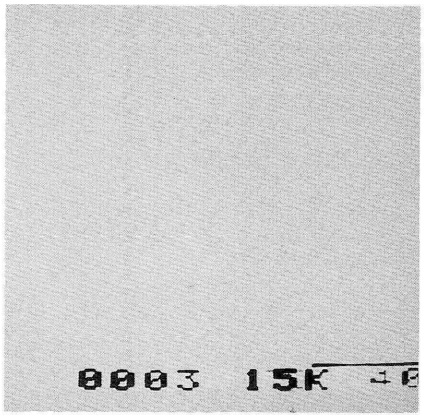

図3. 2値化処理によって図2よりアノテーションのみを表示したもの

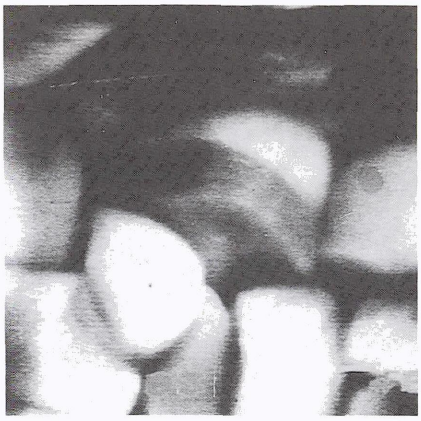

図4.　図3を使い図2よりアノテーションを取り除いたもの

図5.　図4の画像強調表示

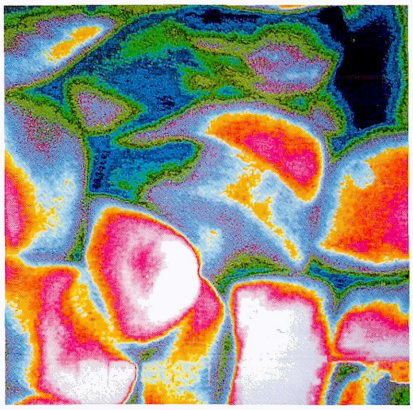

図6.　図5の擬似カラー表示

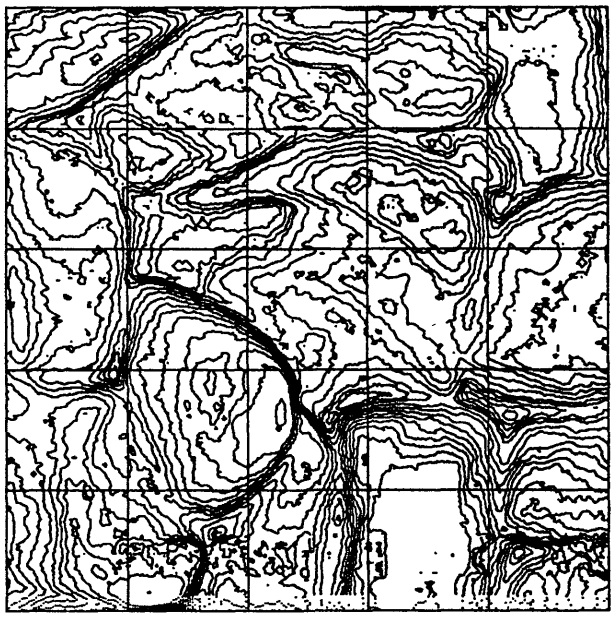

図7. 図5のNLPによる等高線表示

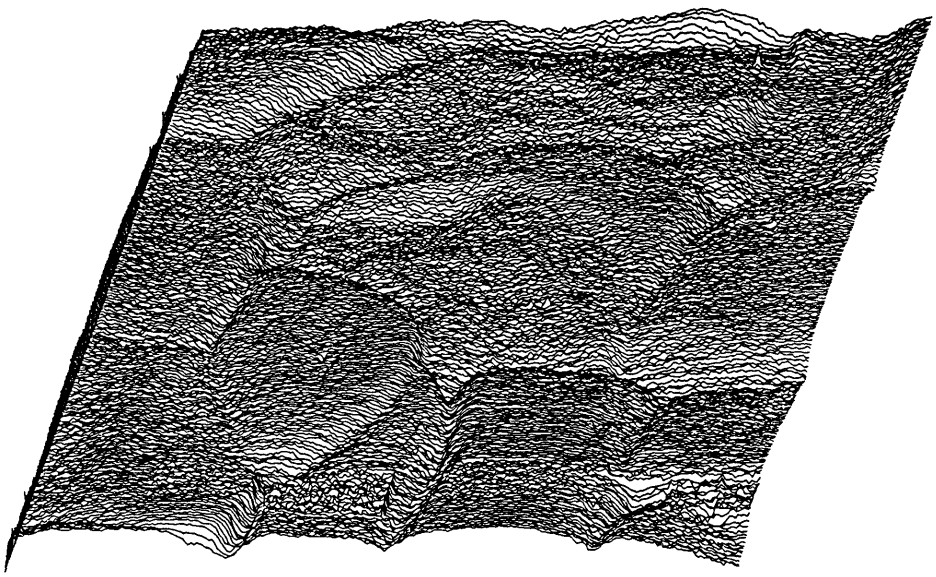

図8. 図5のNLPによる3次元立体表示

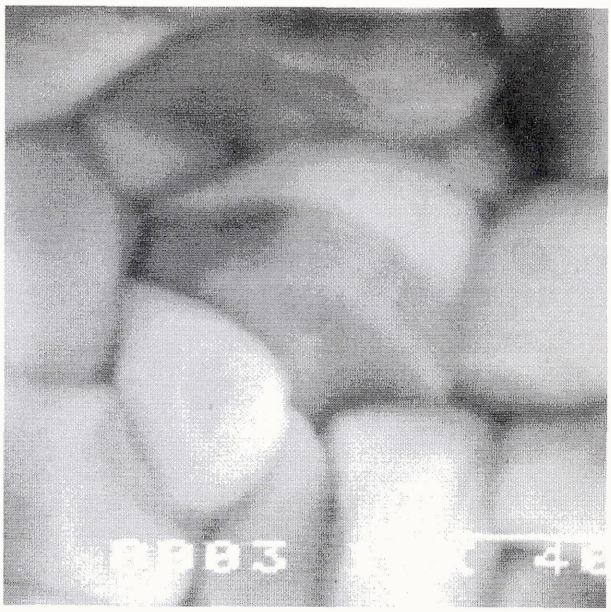

図9. 図2を強調したパソコン・イメージ・プリンタ出力

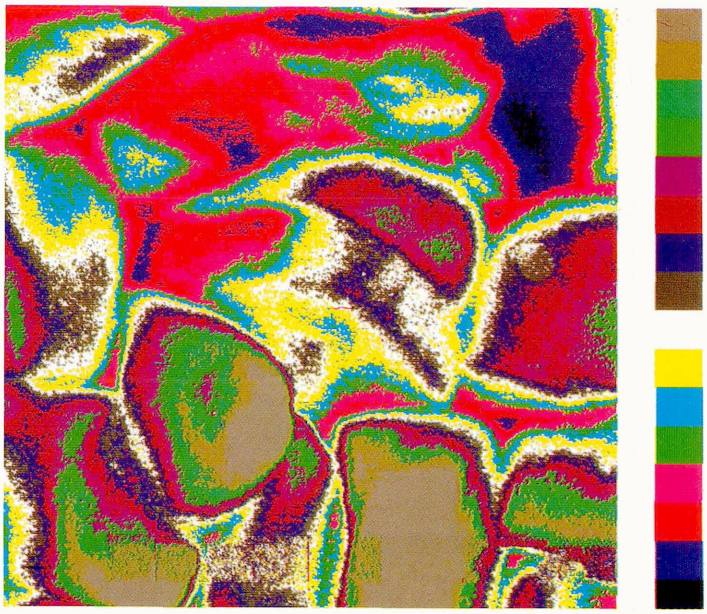

図10. 図5のパソコン・イメージ・プリンタ擬似カラー出力