

X 線 CT スキャン画像処理について(その 1) —自動前処理及び 3D 表示—

雷 興林*

Xinglin LEI (1998) Data processing of X-ray CT scan image (1) -Prepare processing and 3D view.
Bull. Geol. Surv. Japan, vol. 49 (11), p. 599-603, 6 figs., 1 table.

1. はじめに

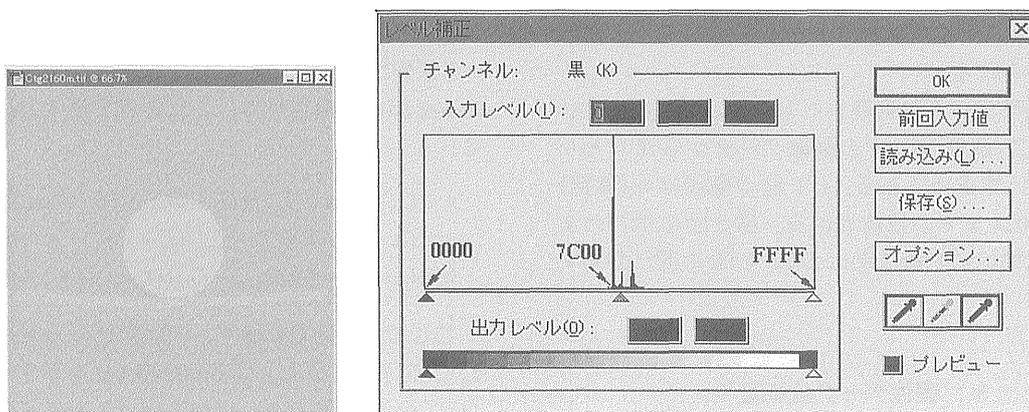
地質調査所の X 線 CT 装置(池原, 1997)を利用して岩石試料内部の 3 次元構造を観察するため, 試料の端面に平行な面の 2 次元 X 線 CT 画像を最高 1 mm おきに撮影しなければいけない(増田ほか, 1997). 長さ 100 mm の試料の場合では最高 100 枚の画像が得られる. 一方, 医療用 X 線 CT 装置で撮影した岩石サンプルの X 線 CT スキャン画像を表示する際, レベル補正および範囲特定が必要である. Adobe 社の Photoshop などを使えばできないことがないが, 百単位のファイルを 1 枚 1 枚処理するやり方ではかなりの時間が必要である. これを改善するため, X 線 CT 装置の出力ファイルである 16 bit の Tiff ファイルを連続的に処理するソフトウェア(PPCTimg)を開発した. これにより, 大量の画像データのレベル補正および範囲特定が一掃にでき, 画像ファイルの順番を逆転することもできる. 短時間で 3 次元 X 線 CT 画像の作成が可能になった.

PPCTimg の出力は Text Matrix などのフォーマット

トを選ぶことができ, そのまま Fortner Research 社の画像変換ソフト Transform を利用して同社の画像処理ソフト T3D(Slicer の新名称)が読める Hdf フォーマットに変換できる. ここでは Windows95 上で PPCTimg・Transform・T3D を利用して 3D X 線 CT 画像を作成する方法を紹介する.

2. X 線 CT スキャン画像データファイル

X 線 CT スキャン画像データファイルは 16 bit の Tiff ファイルになっているが, 岩石試料を撮影した場合各ピクセルの値は 7C00(真空)からおよそ 8BA0 に限られている. 画像のサイズは 512x512 ピクセルであるが, 試料の大きさによっては試料の占める割合はその一部に過ぎない. このままでも Photoshop 等を利用し, 16 bit のグレイスケール画像として可視化することができる(第 1 図). しかし, 有効データ範囲が非常に狭いのでレベルの補正をしなければならない(第 2 図). また, 第 2 図に示したように試料は全体画像の一部しかない場

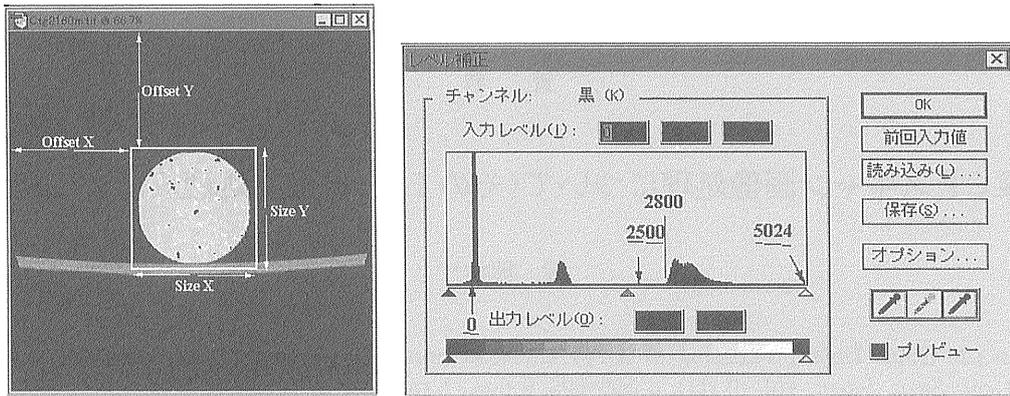


第 1 図 計測された 16 bit の CT 画像の例. 画素値のゼロを 7C00 にシフトしたため, 画素値は狭い範囲 7C00-8BA0 にまとまっている.

Fig. 1 An example of measured 16 bit CT image. The pixel data of CT image has been shifted by 7C00 and so ranged from 7C00 to 8BA0.

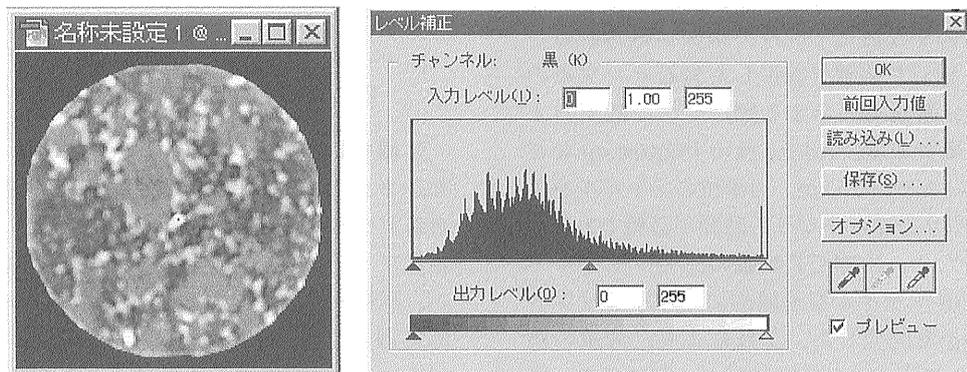
*地震地質部 (Earthquake Research Department, GSJ)

Keywords: X-ray CT, Tiff, Level correction



第 2 図 計測された CT 画像のサイズは 512 x 512 ピクセルであるが、試料はその一部しかない。左図にトリミング範囲を指定するパラメータを示す。CT 値(画素値から 7C00 を引いた値)は 0-5024 であるが、岩石の CT 値はおよそ 2800 以上。

Fig. 2 Size of measured CT image is 512x512 pixels, but rock sample is located in a smaller area. Left figure shows parameters of trimming area. CT values (pixel value minus 7C00) range from 0 to 5024, and that of rock is greater than ca. 2800.



第 3 図 画像変換およびトリミングを行った CT 画像を 256 のグレイスケールで表示。

Fig. 3 A 256 gray scale view of converted CT image after trimming.

合があるので、有効範囲の切り出しが必要である(第 3 図)。数多くのファイルを全部手作業で処理すると膨大な時間が必要となる。

X 線 CT 画像データを処理するとき、CT 値(CT Value)を使う。CT 値は 16 bit の画像データからオフセット 7C00 を引いて求められる。CT 値の範囲は 0 (真空) からおよそ 5024 までの整数である。第 2 図に示したように、岩石鉱物の CT 値は主に 2800-4000 の間に分布する。

3. 画像データ前処理

画像データ前処理は、レベルの補正と範囲の切り出しの二つの内容を含む。PPCTimg はこの二つの機能を統合したダイアログベースの Windows95 用簡易ソフトである。PPCTimg を利用すれば、16bit の画像ファイルから次の 3 種類のファイルに変換できる。

- 1) Text Matrix ファイル

- 2) 256 色の Windows BMP ファイル

- 3) 16 bit の Tiff ファイル(範囲の切り出しはしない)

CT 値は第 4 図に示すような線形な変換関数によって Index 値に変換される。これを式で現すと以下の式になる。

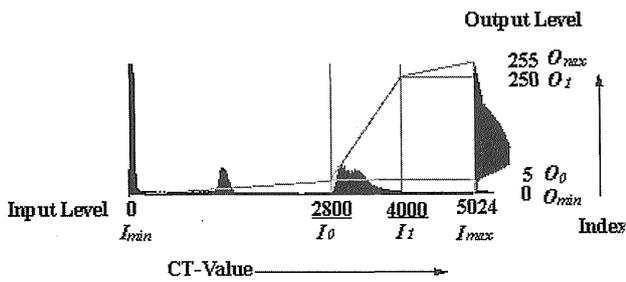
$$y = O_{min} + (x - I_{min})(O_0 - O_{min}) / (I_0 - I_{min}) \quad (x \leq I_0)$$

$$y = O_0 + (x - I_0)(O_1 - O_0) / (I_1 - I_0) \quad (I_0 < x \leq I_1)$$

$$y = O_1 + (x - I_1)(O_{max} - O_1) / (I_{max} - I_1) \quad (x > I_1)$$

ここで、x は CT 値で、y は変換後の Index 値である。 I_{min} , I_0 , I_1 , 及び I_{max} は Input Level を示すパラメータで、 O_{min} , O_0 , O_1 , 及び O_{max} は Output Level を示すパラメータである(第 4, 5 図)。 I_{min} と I_{max} は自動的に決定されるので、変更できない。 I_0 , I_1 で強調したい CT 値範囲を指定する。デフォルトでは $I_0=2800$, $I_1=4000$ になっている。これは花崗岩などの硬岩に適する範囲である。

O_{min} , O_0 , O_1 , 及び O_{max} は出力ファイルの種類によっ



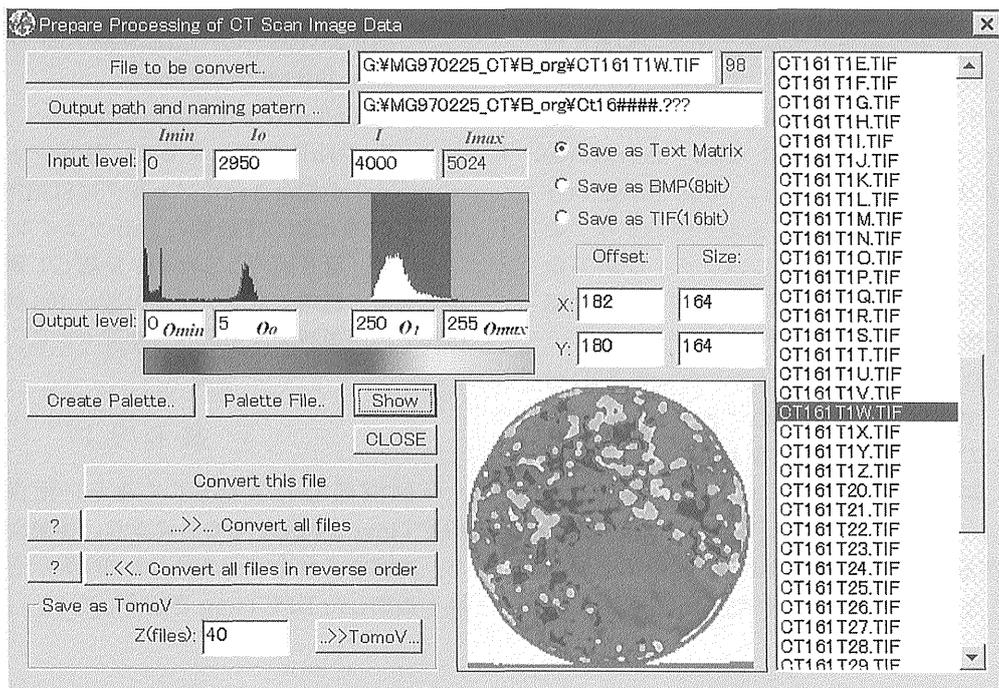
第4図 CT値からOutput levelへの変換関数。
Fig. 4 Function used to convert CT value to output level.

て、設定できる範囲が違う。第1表にレベル補正のための典型的なパラメータ設定を示した。

4. Windows 上での3次元画像表示

以下、Windows上で、PPCTimg・Transform・T3Dを利用する3次元画像表示法を紹介する。

- 1) 16 bitのTiffファイルを適当なフォルダに整理する。例えば：g:\¥Ctg2_orgに整理する。
- 2) PPCTimgを起動し、「File to be convert...」をクリックして任意の一つのファイルを読み込む(第5



第5図 PPCTimg 実行中の様子。リストボックスに開いたフォルダのファイルを表示する。選択されているファイルの変換後の画像が下部に表示される。パラメータの入力などの操作は全部この画面上で行う。

Fig. 5 The interface of PPCTimg in Windows95. The list box on the right shows all files in the opened folder. Image of selected file after conversion and trimming is shown on the lower side of the figure. All operations are done in this interface.

第1表 レベル補正のための典型的なパラメータ設定表。
Fig. 1 Some typical values for level correction.

| File type | Input level | | Output level | | | | 目的 |
|-----------|-------------|-------|--------------|---------|---------|-------------|-----------------------------|
| | I_0 | I_1 | O_{min} | O_0 | O_1 | O_{max} | |
| Txt | 2800 | 4000 | 0 | 0-5 | 250-255 | 255 | Transform, Slicer を利用して3D表示 |
| | ± | ± | | | | | |
| | 2800 | 4000 | $= I_{min}$ | $= I_0$ | $= I_1$ | $= I_{max}$ | CT値をキープ |
| Bmp | 2800 | 4000 | 0 | 0-5 | 250-255 | 255 | 256色 Bitmap |
| | ± | ± | | | | | |
| Tiff | 2800 | 4000 | 0 | 0 | 65535 | 65535 | 16 bit 画像ファイル |
| | ± | ± | | | | | |

- 図). デフォルト設定で画像が表示される. 必要があれば, "Input Level" (I_0, I_1), "Output level" (O_0, O_1), X方向とY方向それぞれの"Offset", 及び"Size"などを変更する. 最適な画像が得られるまで繰り返す. "?" ボタンをクリックするとすべてのファイルが順次に表示される(ファイルの変換出力はしない).
- 3) 「Output path and naming patern...」をクリックして出力ファイルの例を入力する. たとえば, "E:¥Ct_txt¥Ig0000.txt" を指定したとき, "Output path and naming patern..." のテキストエディタの内容が自動に "E:¥Ct_txt¥Ig####.???" になる. "####.???" はファイル作成するとき番号と拡張子に対応する.
 - 4) 処理後のファイルの順番が元のファイルの順番そのままの場合, "...>>... Convert all files" をクリックする. ファイルの順番を逆転させたい場合は "...<<... Convert all files in reverse order" をクリックする. すると, 「File to be convert...」のファイルと同じフォルダ内のすべての画像ファイルが変更され, 新しいファイルが3)の設定に従って作成される. 百ぐらいのファイルの場合では, 十数秒で処理が終了する.
 - 5) Fortner社の3次元画像表示ソフトウェア T3Dは Hdf フォーマットという形式のファイルしか読み込めないので, Text ファイルを Hdf フォーマットファイルに変換する. Hdf フォーマットファイルのためのフォルダを作っておく. 例えば: "E:¥Ct_hdf" を作る. そして, Transform を起動する. 以下のようなマクロを作る. 斜体部分は必要に応じて

て変更する.

マクロ 1: Txt2Hdf

```
call setdirectory ("e:¥Ct_txt")
    'テキストファイルのフォルダ
call loop (1,100,1,"Txt2Hdf1")
    'Tiff2Hdf1 を 100 回実行する
```

マクロ 2: Txt2Hdf1

```
inner=loop_index
fname=getnthfilename (inner)
call open (fname)
call Setsavedirectory ("e:¥Ct_hdf")
    'hdf ファイルを保存する場所
fout="ig"//loop_index//".hdf"
    'ファイル名の頭文字と拡張子
```

```
call saveas (currentdataset,fout,1)
user_interactive=false
call close (currentdataset)
```

Txt2Hdf を実行すると, Hdf フォーマットファイルが指定されたフォルダに自動作成される.

- 6) T3D を起動して最初の Hdf ファイルを読み込む.

これで, 第6図のような 3D X線CT画像を作ることができる. 処理するファイルの数が100個の場合一連の操作での所要時間は10-20分程度である.

5. 終わりに

今回開発した X線CT スキャン画像処理ソフト PPCTimg を利用することにより, 作業の効率化を図った. 次回でこれをベースにした 3D 表示とデータ解析機能を追加した DPCTimg を紹介したい.



第6図 T3Dを利用して作成した3D画像.

Fig. 6 A 3D view of the CT image of a rock sample by using T3D.

謝辞 地震地質部の増田幸治氏には査読者として原稿に対する有益なご意見, 日本語に対する丁寧なご修正を頂いた。ここに記して謝意を表す。

文 献

増田幸治・Jouniaux, L.・西沢 修・雷 興林・劉力強・馬 文濤・佐藤隆司・楠瀬勤一郎(1997)

X線CTとAE震源分布による破壊面の観察。地調月報, 48, 469-473.

池原 研(1997) X線CT装置を用いた地質試料の非破壊観察と測定(1)-X線CT装置の原理・概要と断面観察-。地質ニュース, 516, 50-61.

(受付: 1998年6月16日; 受理: 1998年7月17日)