ディスカッション

ボアホールテレビ映像からの
孔壁不連続面の一抽出法ⁱ⁾討議者：山田 清臣ⁱⁱ⁾ (Kiyoomi Yamada)

本論文は、ボアホールテレビカメラシステムにより地中内の孔壁を連続して撮像し、得られたカラー画像から、色知覚の3属性を利用して孔壁の不連続面を抽出する新しい試みを行った論文であり、画像内のノイズ除去には数学的なデジタルフィルタなども使用したもので、新規性は大いに評価できるところであります。

また、先の阪神大震災にもみられるように、断層調査の重要性がクローズアップされており、その点からも意義ある研究であると考えます。

ところで、本論文のシステムで、次の事項に対して、どのように対処できるかご意見を伺いたいと存じます。

1. 地盤調査を行う上において重要な要素の一つに、地盤の風化度が問題になる場合が多々あります。そこで、本論文のシステムで風化度を計測することが可能でしょうか。もし可能ならばそれについて論じていただきたいと思ひます。
2. 孔壁の不連続面を抽出するために色知覚の3属性の分布を用い、かつ領域分割を求めるためのしきい値算出法に「判別分析法」を使用しておられますが、本論文ではその詳細な記述がありませんでした。判別分析法の理論、および使用する際の注意点などについて論じていただきたいと思ひます。
3. 本計測システムではボーリング孔内へボアホールテレビを挿入し、テレビ画像を得ておられますが、地下水などに進入したときの入水状況は分かるのでしょうか。

以上3点について、著者のご意見を伺いたいと存じます。

ボアホールテレビ映像からの
孔壁不連続面の一抽出法ⁱ⁾著者回答：榎戸 源則ⁱⁱ⁾ (Motonori Enokido)坂田 文男ⁱⁱⁱ⁾ (Fumio Sakata)杉山 了一^{iv)} (Ryoichi Sugiyama)石井 弘充^{v)} (Hiromitsu Ishii)

有益な御討議に感謝致します。ご質問は1.風化度を計測する事が可能か、2.判別分析法の理論と使用する際の注意点、3.ボーリング孔内で地下水などの入水状況はわかるか、の3点ですので各項目について個々にお答致します。

質問1「風化度の計測可能か」について

ご指摘の通りボーリングコアより岩石の風化度を求めることは重要な計測項目の一つであります。岩石は風化や変質により色彩が変化することはよく見られる現象で赤褐色に変色している例を多く経験しております。岩石の色彩から風化度を計数化する研究は、色彩差計を用いる方法があり、色相と彩度の変化と風化度に相関関係があることが報告されております¹⁰⁾。同様な手法によりボアホールテレビの映像から色知覚の3属性である明度、色相、彩度を求め、風化度を計測することは可能であると考えております。

筆者等が用いた画像処理方法では本文3.3項(2)不連続面の分離処理において述べたように、画像を構成する最少単位である画素について、カラー映像を構成する3原色赤、青、緑信号から色知覚の3属性である明度、色相、彩度に変換し画像処理をおこなっています。孔壁画像より3属性を求め、同一岩種の3属性を比較することにより、風化度を計測することが可能と考えられます。

孔壁映像より風化度を計測するためには、岩石を太陽光下で見た時と同じ色彩すなわち天然色に近い映像を得る必要があります。孔壁を照らす照明用光源の分光分布特性(波長とパワー分布の関係)が太陽光に近いことが要求されます。本研究に用いたボアホールテレビでは光源に白熱電球を使用しており、その分光分布曲線は太陽光のそれと比較すると長波長側が高くなるため、青色の光学フィルターを使用し太陽光の分光分布特性に近づけるか、光源の特性より映像データを補正し光学フィルターを使用したときと同様の効果を得る必要があります。さらに、孔壁映像より求めた色相、彩度値と岩石試験の相関を検証する必要がありますが、現在は照明用光源と色補正の両面から検討を進めております。

質問2「判別分析法の理論と使用上の注意」について

映像より対象物を検出し抽出するため構成要素に対応する領域に分割する手法には、大別して境界抽出と領域分割の2つがあります。筆者等は領域分割法を用いており、領域分割は2次元的に広がる画像空間(TVモニタの一画面)のデータを明度、色相、彩度などの属性値に変換し、属性値を分類して画像空間にもどし領域に分ける方法です。その方法の一つに判別分析法があり、横軸に属性値、縦軸に発生頻度を取るヒストグラムにおいて領域を2つに分ける境界値(しきい値)を決めるとき、分離の良さをはかる評価関

ⁱ⁾ 第34巻第4号, 1994年12月, pp. 134-140 (討議者: 山田清臣, 第35巻第4号, 1995年12月, p. 139)

ⁱⁱ⁾ 前橋市立工業短期大学 教授 (前橋市上佐島町460) (前)群馬大学教授

ⁱⁱⁱ⁾ 群馬大学大学院工学研究科 後期課程 (坂田電機専務)

^{iv)} 電源開発総合技術試験所

^{v)} 日本大学理工学部電気工学科 教授

ⁱ⁾ 榎戸源則・坂田文男・杉山了一・石井弘充, 第34巻第4号, 1994年12月, pp. 135-140.

ⁱⁱ⁾ 日本大学理工学部土木工学科 教授 (千代田区神田駿河台1-8-14)

数を用いてこの値が最大となるような「しきい値」を決定する方法です。

使用する評価関数は次式で与えられる2つの領域（クラス）の分散であるクラス間分散 σ_B^2 と各クラス内の分散の和であるクラス内分散 σ_W^2 の比で与えられる分散比 λ を用います¹¹⁾。

$$\lambda = \sigma_B^2 / \sigma_W^2$$

ここに、 σ_B 、 σ_W はそれぞれの標準偏差

なお、使用に当たってはヒストグラムに2つの山が存在するとき最も有効ですので、分布の微分係数からそれを確認することを併用しています。

質問3「地下水などに進入したとき入水状況がわかるか」について

BHTV システムは本文の図-3 に示したように円錐鏡に映る孔壁像をテレビカメラで撮影し、ドーナツ状に変形した孔壁像を歪の無い展開映像にリアルタイムで変換し、通常のTV映像と同様の動画でモニタ上に表示する機能があります。展開映像は口径66 mmの孔壁上で、深度2 cmの全周像が得られ、その解像度は深度2 cmの映像表示の最下部より中心位置（深度10 mm）まで0.2 mm、深度15 mmの位置で0.4 mm、最上部で1.1 mmとなります。解像度が表示の深度により変化するのは、ドーナツ状で得た映像の外周より半径を変化させながら読みだし水平に並びかえる変換過程で、ドーナツ状映像の外周（深度方向で深い）は画素数が多く、内周（深度方向で浅い）は変換する画素数が少くなることによります。また、映像表示の最下部より中心位置までは解像度が0.2 mmと一定となる理由は、映像変換処理を行う画素数が横方向半周（180度）で512画素となっていることより制限されるためです。

このような解像度を持つ展開映像を使用すると、カメラカプセルが降下し水面に到達したとき画面上に水面が現れ通りすぎる様子が観測され、入水状況や孔内水の挙動も観測可能であり孔壁の詳細観測に用いることができます。

参 考 文 献

- 10) 竹内俊昭, 吉村正義, 藤井勢之 (1994): 岩石の色彩の数値化と地質光学への利用, 「第9回岩の力学国内シンポジウム講演論文集」pp. 527~532.
- 11) 例えば, 英保茂 (1992): 「医用画像処理」, 朝倉書店, pp. 67~74.