

(10) 画像処理による岩盤節理抽出手法の研究

顧問組	技術研究所	正会員	草深	守人
同	上	正会員	○西村	毅
同	上	正会員	田中	正

Image Processing Analysis for Extraction of Rock Joint Trace

Morito KUSABUKA, Tsuyoshi NISHIMURA and Tadashi TANAKA
Technical Research Institute, HAZAMA Corporation

Abstract

This paper presents a study for joint investigation and rock characterization using image processing technology. In our system, photographs of rock surface taken in the field survey are put into computers as digital image data. Fracture trace lines are extracted by applying image processing procedure such as smoothing, filtering, thresholding and so on. Rock characteristics based on difference in color image are obtained by using principal component analysis, which eliminates the influence of brightness of pictures.

Application examples are also presented to demonstrate the efficient applicability of the system. Finally, the perspective how the system should be better improved is discussed.

1. ま え が き

不連続性岩盤中に構造物を建設する際には、周辺の環境の変化を正確にかつ迅速に把握し、健全な構造物や環境を経済的に提供することが必要となっている。しかしながら、調査段階で得られた節理情報が設計・施工段階において十分に活かされているとはいいがたい。さまざまな技術的な課題が考えられるが、調査・解析段階で問題となるのは次の2つである。①詳細な節理調査を行う場合多くの労力と時間が必要であり、結果的に多大な費用を必要とする。②調査→解析→設計→施工に至る一連の流れの中で節理調査が次工程を意識されて行われていない。以下に記述する統合化システムでは、簡便に岩盤情報を入手し、解析以降の工程に要求される情報を必要なときに過不足なく提供することを目標として開発が進められている。

2. システムの構成と画像データの評価

図-1に示すシステムは不連続性岩盤の静的な力学問題を中心に開発されているものであり、各サブシステムの機能は調査、評価、解析、設計の各段階に分けて考えることができる。調査データの評価は、得られた写真画像から岩質の特徴や不連続面を抽出し、力学モデルに適用できる情報に変換することにある。

まず、写真画像を画像処理することにより不連続面や岩質の特徴を強調・抽出し、不連続面のトレース抽出や走行・傾斜を算出する。次に、節理等の無数に存在する不連続面は卓越方向毎に節理群として、その分布密度を定量化する。さらに、この定量化された節理群と岩石の力学特性値を用いて、不連続性岩盤の力学モデルとしての損傷モデルを決定する。

3. 不連続性岩盤の調査と画像処理

画像処理技術の研究は、主にリモートセンシング分野における国家的プロジェクトとし進められ、これまでに多くの手法が考案されてきた。一方、岩盤調査に画像処理技術を応用しようとする場合、リモートセン

4. 2 色特性を抽出する画像処理手順

①ヒストグラム平滑化処理

これは、入力画像の濃度に関するヒストグラムを、画素数の多い濃度値の分布域を広げ、画素数の少ない濃度値の分布域を狭めることにより全ての濃度値に対する画素数の平滑化を行う処理である。この平滑化の結果、画素数の多い濃度値の分布域が広げられ、コントラストの強い画像に変換される。写真-1に平滑化処理を施した例が写真-2であり、コントラストが強調された画像に変換されている。

②主成分分析と主成分画像の作成

ここでいう主成分分析とは、統計による主成分分析を画像処理に応用したものであり、多数のバンド（

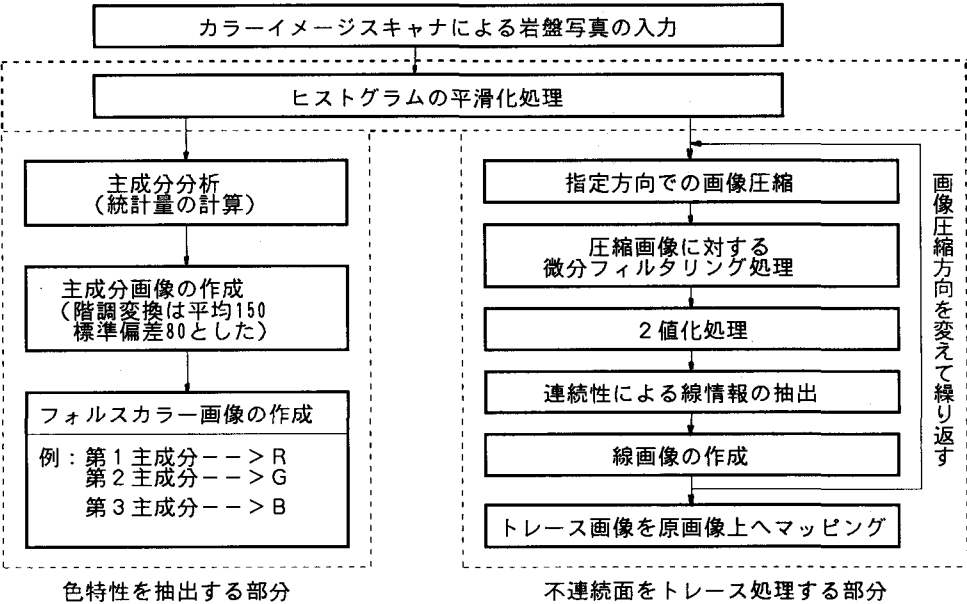


図-2 画像処理手順

表-1 主成分分析結果

岩盤写真	平均輝度	標準偏差	固有ベクトル				寄与率	
			R	G	B			
写真A	R 128	R 75	1	0.69	0.51	0.51	1	0.980
	G 130	G 77	2	0.70	-0.32	-0.63	2	0.018
	B 131	B 78	3	-0.16	0.80	-0.58	3	0.002
写真B	R 129	R 75	1	0.69	0.50	0.25	1	0.973
	G 130	G 76	2	0.71	-0.37	-0.60	2	0.025
	B 131	B 78	3	-0.11	0.78	-0.62	3	0.002
写真C	R 129	R 74	1	0.70	0.51	0.51	1	0.967
	G 129	G 76	2	0.67	-0.20	-0.72	2	0.030
	B 131	B 78	3	-0.26	0.84	-0.47	3	0.002
写真D	R 129	R 75	1	0.70	0.50	0.51	1	0.971
	G 129	G 76	2	0.70	-0.31	-0.65	2	0.027
	B 131	B 78	3	-0.17	0.81	-0.56	3	0.002

注：R，G，Bは各々赤，緑，青画像成分を表す
1，2，3は各々第1，第2，第3主成分を表す

ここではRGB情報）に属するデータ間に共分散がある時、オリジナルデータの線形結合によって定義される変量が、互いに独立かつその分散が最大になるよう結合の係数を求めるものである。この時に求められる線形結合の値が主成分（表-1）であり、第一主成分は最も特徴を表わす説明因子である。また、主成分分析によって得られる主成分画像は互いに線形独立な画像となる。この性質を利用して、主成分分析を通常のRGB画像に施したものが写真-3及び写真-4である。カラー画像を白黒表示した写真-2とほぼ同様の画像の特徴を認識を写真-3より得られることから、第一主成分が濃度情報であることがわかる。したがって、写真-4では明暗の影響を受けない特徴で、色相の違いが表現されていると考えることができる。

5 岩盤の不連続性調査へのアプローチ

5. 1 岩盤不連続面の特性抽出

新鮮な岩盤掘削面では、不連続面の存在によってシャープなエッジを形成することが多い。このエッジを画像から抽出することによって不連続面のトレースを評価することを考える。

画像処理においては、濃度勾配に着目したエッジ抽出処理として、ラプラシアンなどの微分フィルタ処理などが行われている。しかしながら、これらの処理だけでは、不連続面のエッジ情報のみを抽出することは困難である。そのため、不連続面のエッジの特徴として濃度勾配以外に他のエッジの特徴と異なる固有な性質を選択し二次処理を施す必要を生じる。ここでは、その一つの試みとして、不連続面のトレースの直進性、連続性等を利用する方法、すなわち濃度変化点がどの程度まで連続して直進性を保っているかに着目した処理方法を検討した。

5. 2 不連続面のトレースによる画像処理手順

- ①前処理としてヒストグラムの平滑化を行いコントラストの強調を行う。
- ②不連続面のトレース線に沿う明暗のコントラストを大きくするために指定方向ごとに画像の圧縮を行う。



写真-1 入力原画像

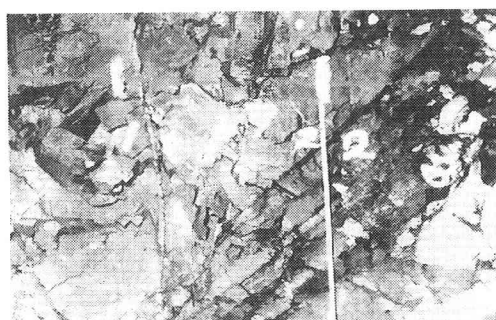


写真-2 入力原画像の平滑化処理画像



写真-3 第1主成分表示画像



写真-4 第2主成分表示画像

- ③圧縮画像に方向性 (明部から暗部またはその逆) を持ったフィルターにより、圧縮方向に微分フィルタリング処理を施しエッジ抽出を行う。
- ④エッジ部と背景を分離するために閾値を設定し2値化処理を行う。
- ⑤一定画素数以上連続する情報を抽出し、他はノイズとして取り除く。写真-6は連続する画素数の小さいものまで、不連続面として抽出したものであり、写真-7は連続する画素数が大きいもののみを抽出したものである。
- ⑥圧縮方向に画像を引き延ばすことによりトレース画像を作成する。
- ⑦①~⑥の操作を圧縮方向を変えて繰り返す。
- ⑧トレース画像を原画像上へマッピングする。

6. あとがき

以上に述べた画像処理手法は、岩盤の特徴を岩盤の色相と不連続面により、説明しようとしたものである。岩種の分類をするためには色相による岩質の特徴を説明する以外にも不連続面の形状、岩盤表面の粗さ、岩石の結晶粒子の大きさといったようなテクスチャ分類の手法を取り入れることが必要となろう。また、有効な手法をいくつか準備した上で、岩質と抽出される特徴を対応させたデータベースを構築しファジー理論を応用した岩質分類手法の開発も重要と考えられる。

参考文献

- 1) 手塚, 北橋, 小川: デジタル画像処理工学 日刊工業新聞社, 昭和60年6月
- 2) 田村: コンピュータ画像処理入門, 総研出版 昭和61年6月
- 3) 草深: 不連続性岩盤調査の新しい手法 (特に画像処理技術), 第6回岩盤システム工学セミナー, PP. 213-235, 1989年
- 4) 大橋, 草深: 画像処理による岩盤節理調査・評価システムの開発, 第19回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, PP. 396-400, 1987年
- 5) 大橋, 西村, 草深: 節理性岩盤の調査・解析システムを用いたキーブロック解析, 第20回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, PP. 189-193, 1988年
- 6) 大橋, 草深: デジタル画像処理による節理性岩盤の調査・解析システム, 第7回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, 土木学会岩の力学連合会, 1987.
- 7) 西川, 草深, 大橋, 西村: 水力発電所地下空洞の掘削に伴う岩盤亀裂調査とその定量化, 土木学会論文集第418号 PP. 45-53, 1990.

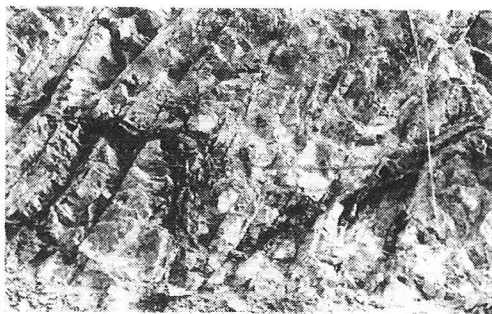


写真-5 入力原画像の平滑化処理画像

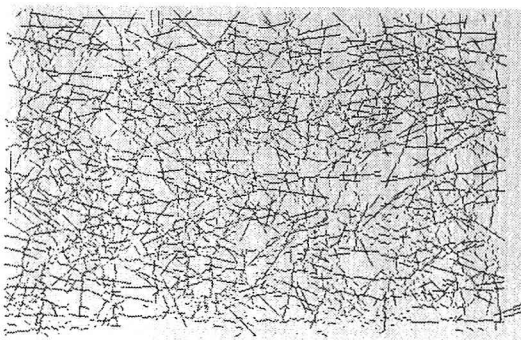


写真-6 入力原画像からの亀裂抽出 (短線情報)

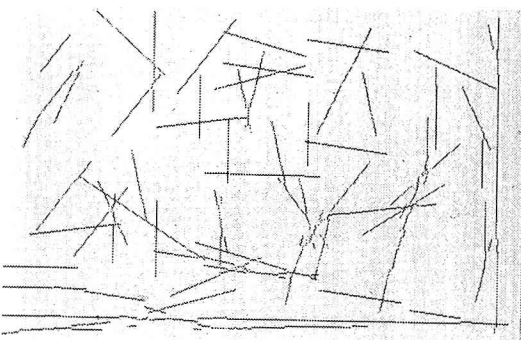


写真-7 入力原画像からの亀裂抽出 (長線情報)