

CS-114

トンネル切羽評価における知的情報処理技術の適用

(株)フジタ 土木本部 正会員 宇田川 義夫
(株)フジタ 首都圏土木支店 柳内 俊雄 他田 文孝

1. はじめに

知的情報処理技術であるフラクタルの応用技術として、トンネル建設分野での応用と事例について紹介する。この応用手法は、デジタルカメラで撮影したトンネル切羽画像を用いている。トンネル切羽の画像は、現場事務所から E-mail により技術研究所に送信され、すぐさま解析、コメントを付して返送される。この解析システムは、画像処理ならびにフラクタル解析によりトンネル切羽の地質情報（亀裂、風化脆弱部）を客観的な数値（ボックスカウンティング法によるフラクタル次元）として評価するものである。このシステムを実際のトンネル施工に適用し、トンネル切羽の地山評価をおこなった事例を紹介する。

2. トンネル切羽のフラクタル画像解析

トンネル切羽における地質情報は、フラクタル次元で定量的に評価した。現場で撮影されたデジタルカメラによるトンネル切羽画像は、明るさ・コントラスト調整、2階調化などの処理を経て、最終的に 72dpi の解像度の2値化画像（白黒画像）として処理される。この画像2値化によりトンネル切羽画像から必要とする地質情報（亀裂・風化部）のみが抽出される（図-1）。つぎに、この2値化画像をボックスカウンティング法によるフラクタル解析を行い、フラクタル次元を求めた（図-2）。

すなわち、フラクタル次元は次式で表わされる。

$$D = -\Delta \log N(P) / \Delta \log P \quad (1)$$

ここで D はフラクタル次元、 P はボックスカウンティング法における格子網の幅（単位はピクセル）、 $N(P)$ は格子網の幅が P のときの亀裂部分のカウント数である。

3. 解析結果と地質状況

解析をおこなったトンネルは埼玉県秩父郡皆野町で建設された美の山トンネル（全長 1,614m）で、地質は中生代・三波川変成岩類（緑色片岩・黒色片岩が主体）である。

図-3は、解析結果と地山の地質状況について示したものである。これより明らかなように、断層が分布する地点や断層破碎帯区間などでは、フラクタル次元は高くなっている。ここで切羽における岩盤亀裂密度とフラクタル次元との相関性についても検討した。岩盤亀裂密度は次式で定義した。

$$Jd = (Pj / Pa) \times 100 \quad (2)$$

ここで Jd は岩盤亀裂密度（%）、 Pj は画像解析での亀裂箇所の画素数（単位はピクセル）、 Pa は画像

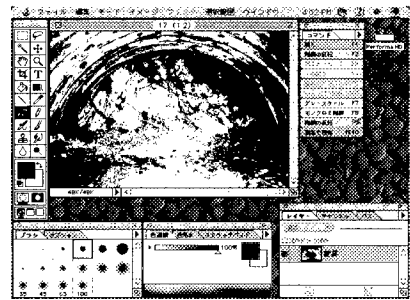


図-1 画像処理後のトンネル切羽画像

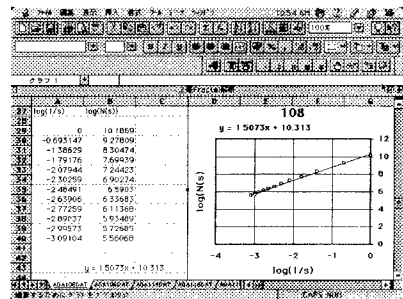


図-2 フラクタル解析結果

キーワード／トンネル切羽・フラクタル次元・画像処理・断層

〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-6-15 TEL 03-3402-1911 FAX 03-3401-0430

解析での解析領域の画素数（単位はピクセル）を表わす。結果は図－4に示すように、岩盤亀裂密度とフラクタル次元とのあいだには良い相関性が認められ、その関係は対数近似で表わされる。

また、同様な解析をおこなったトンネルの事例として、堆積岩（砂岩・頁岩互層）地山の事例¹⁾を図－5に、花崗岩（黒雲母花崗岩）地山の事例²⁾を図－6に示す。これらの事例でも、断層や岩脈などが分布し、岩盤が脆弱化しているような地点でフラクタル次元が高い数値を示していた。

4. 考察

以上のように、断層や岩脈が分布する箇所では、トンネル切羽の岩盤亀裂のフラクタル次元は高い数値を示した。また天端崩落や肌落ちなどが発生するような地山ではフラクタル次元が高くなっていた。このことは、フラクタル次元が大きい地山では、亀裂の相互連結性が増大し、地山が不安定化するものと考えられる。

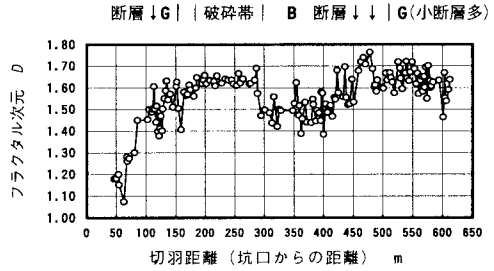
ただし、花崗岩（黒雲母花崗岩）地山の事例（図－6）では、変成岩（三波川変成岩類・黒色片岩、緑色片岩）地山の事例（図－3）や堆積岩（砂岩・頁岩互層）地山の事例（図－5）のようなフラクタル次元と地質状況の明瞭な相関関係とは異なり、全体的にフラクタル次元値のばらつきが認められた。これはテクトニック応力場で形成されるような亀裂以外の、花崗岩特有の成因的な冷却性亀裂の発達によるものと考えられる。

5. おわりに

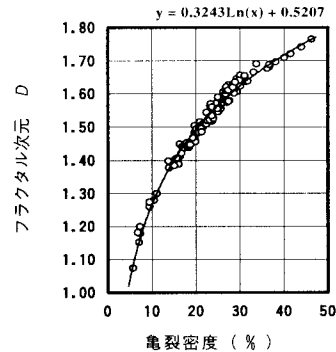
トンネル切羽の岩盤亀裂のフラクタル次元と地山の地質状況とのあいだには比較的良好な相関性が認められた。このように、従来、定性的かつ主観的に記載されてきた坑内地質観察記録を定量的かつ客観的に評価するのに、知的情報処理技術であるフラクタルの応用により可能となることが示された。

参考文献

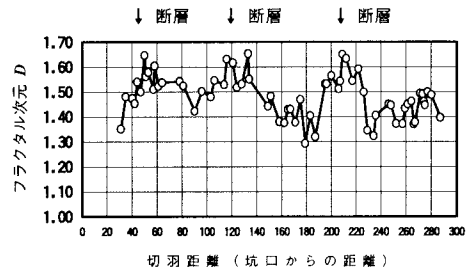
- 1) 宇田川義夫(1998): トンネル切羽画像のフラクタル解析による切羽前方予測、第10回岩の力学国内シンポジウム講演論文集、岩の力学連合会、pp. 211-216.
- 2) 宇田川義夫、中村勤、工藤和彦、田所伸、鈴木正則、鈴木信行(1999): トンネル切羽のフラクタル次元と地質構造との関連性（花崗岩地山の事例）、地盤工学会（投稿中）



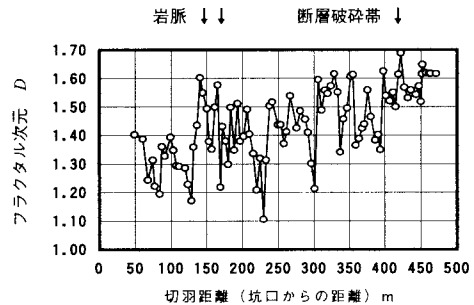
図－3 変成岩地山の事例（G:緑色片岩、B:黒色片岩）



図－4 亀裂密度-フラクタル次元相関図



図－5 堆積岩地山の事例



図－6 花崗岩地山の事例