

P6. 地すべりブロックの自己相似性に関する研究 - 四国三波川帯地すべりを事例として - The study of landslide self-similarity - Case of landslides in the Sanbagawa belt, Shikoku -

○木下博久 藤本耕次 池田雄輝 (復建調査設計株式会社)

1. はじめに

岩盤地すべりの活動特性は、地山の地質構造的要因に負うところが多い。四国三波川帯は地すべり多発地域として知られるが、それらの多くは、結晶片岩特有の片理面 (s)、劈開面 (c)、節理面 (j) といった構造的弱面の存在が強く影響している (写真 1)。偏在性、強度的異方性が強いとされるこれら弱面の分布を様々なスケールで把握できれば、より実現象に沿った地すべり機構解析が可能となり、効果的・経済的な対策工設計へとつながる。本研究では、結晶片岩類に発達する構造的弱面が持つ、様々なスケール下での自己相似性に着目し、地すべり機構との関係を検討した。



写真 1 崩壊形態を規制する弱面
 (片理面 (s) がすべり面となり、節理面 (j) と劈開面 (c) が崩壊頭部あるいは側部となる例)

2. 研究方法

自己相似性はフラクタル¹⁾の1つで、スケールを問わず同じような構造を持つ性質である。例えば海岸線や水系網は、縮尺を変えても屈曲や分岐形態は似たような形に見える。形態が、ある単位を変数としたべき乗の関係にあるとき、フラクタル性を持つとされ、式(1)、図1で表される。フラクタル次元 D が形態を特徴付ける係数で、例えば海岸線の屈曲が多いほど D は増加する。

$$N=c \cdot a^{-D} \quad \therefore D = -\log N(a) / \log (a) \quad \dots \text{式 (1)}$$

(D: フラクタル次元, a: 変数, N: a に関連した総数, c: 定数)

フラクタルの概念は、地形地質分野にも多く導入されており、割れ目系の解析や、トンネル切羽の評価など、複雑な現象や偏った現象を解明する手法として用いられている²⁾³⁾。本研究では、結晶片岩類に発達する弱面が地すべり形態を規制すること、さらにそれらの分布がフラクタルの関係にあるとの作業仮説のもと、弱面の延長を基準とした検証を行った(図2)。

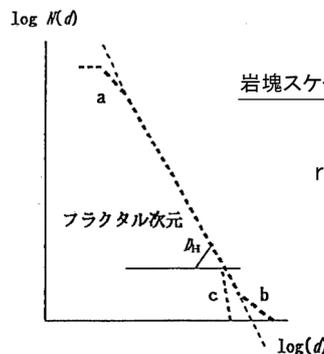


図1 フラクタル次元を示す対数グラフの例

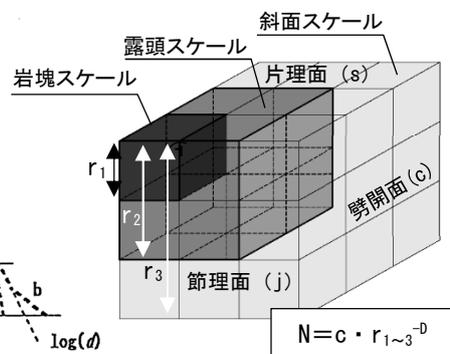


図2 結晶片岩類の自己相似性の概念図

3. 結果

四国三波川帯に位置する A、N、S 地域の地すべりを対象に、崩壊ブロック及びその周辺の弱面構造の延長を計測し、対数グラフにプロットした(図 3)。3 地域すべてのデータを合算したフラクタル次元 D は 1.12~1.59 で、自然形態が有する一般的な D 値であった。地域別の D 値は、A 地域が 1.20、N 地域が 1.59、S 地域が 1.25 で、N 地域のフラクタル次元が最も高く、A 地域と S 地域は同程度の D 値を示した。

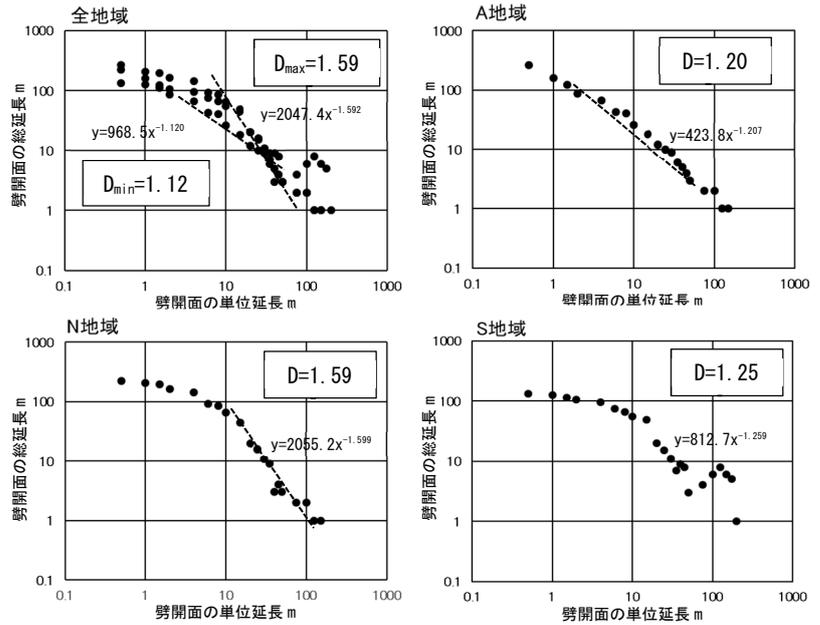


図 3 各地域の劈開面のフラクタル次元 (D)

4. 考察

三波川帯地すべりのブロック形態を規制する弱面構造に、ある程度の自己相似性があることが認められた。これを定量的・大局的に把握すれば、地表露頭状況から地下の弱面構造や地すべりブロック形状、水みちを規制する水理地質構造などを高精度で推定できる可能性がある。一方、対策工等の設計にあたっては、相似形態にあるこれら岩盤の「どこが・どの程度の規模で崩壊するのか」を検討することが重要となる。すなわち、図 2 に示す弱面構造の延長 r が、 $r_1, r_2, r_3 \dots$ と相似形態で変化する場合、崩壊ブロックの規模は r の大きさと、この相似間隔で決まる。

今回の検討を通じてみると、片理面がすべり面を、劈開面もしくは節理面が頭部滑落崖・ブロック側部を形成していることが多い。このため、崩壊ブロックの規模を決定付ける素因は、劈開面や節理面の発達間隔によると考えられる。ここで、露頭観察に基づくと、劈開面は岩盤内部の微細褶曲軸(リネーション)沿いに集中する傾向が認められる。よって、劈開面の間隔 (r) は、微細褶曲の波長の長短や、褶曲軸面の傾斜角の高低も決定要因の 1 つと考えられる(写真 2)。また、片理面をすべり面、劈開面を側部としてブロックが移動するとした場合、頭部となる節理面は、断層面のステップに似た性状にも見える。今後、これら構造地質学的視点も踏まえ、自己相似性に基づく崩壊モデルの高度化に取り組んでいきたい。

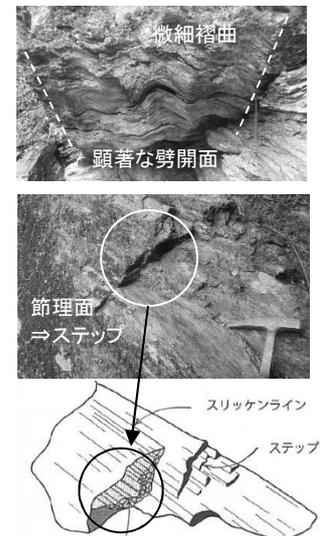


写真 2 片岩内部の微細褶曲と節理面

引用文献

- 1) Mandelbrot, B. B. (1982): The Fractal Geometry of Nature, W. H. Freeman & Co., San Francisco, 468p.
- 2) 大野博之 (1997): 地球科学分野へのフラクタルの応用, 応用地質, 第 38 巻, 第 3 号, 159-173p.
- 3) 宇田川義夫 (2007): トンネル切羽画像のフラクタル解析による地質評価手法の開発, 応用地質, 第 48 巻, 第 3 号, 116-125p.