

# ボーリング掘削におけるトラブルシューティングの事例分析 —岐阜県東濃地域における深層ボーリング孔での崩壊事例を対象とした取り組み (その2) —

日本原子力研究開発機構 正会員 ○榊永 幸介

日本原子力研究開発機構 非会員 天野 健治 國丸 貴紀

## 1. はじめに

地質環境調査の一環として実施されるボーリング調査においては、場所、時間、コスト、人的・技術資源などに制約が課されるほか、崩壊や湧・逸水、ガス噴出などの地質リスクを常に伴う。このような地質リスクに関しては、近年様々な評価事例が増えてきており、適切な質・量の地質調査の実施と地質学的解釈等の重要性が指摘されている<sup>1)</sup>。昨年度の研究では、実際のボーリング調査で経験したトラブル事例を精査し、トラブルの種類、発生原因、対策等を整理するとともに、崩壊事例に着目したトラブルの発生頻度や特徴等を評価し、その結果、崩壊の多くは特定の地質構造に集中して発生していることが分かった。本研究では、崩壊事例の要因や共通した特徴を抽出するため、決定木アルゴリズムを用いた崩壊ルールを作成した。なお、本研究は、平成23年度経済産業省資源エネルギー庁からの受託成果の一部である。

## 2. 崩壊ルールの構築

日本原子力研究開発機構では、結晶質岩を対象とした深地層の科学的研究の一環として、岐阜県東濃地域において、掘削長が500m以上の深層ボーリング調査を計20箇所（掘削総長：約18.0km）で実施している。深層ボーリング調査結果を整理した結果、ボーリング掘削中のトラブルとしては、逸水、崩壊、孔径拡大、掘削ツール及び調査機器の抑留などが発生しており、程度の差はあるものの全てのボーリング孔で発生していることが明らかとなっている<sup>2)</sup>。一方、ボーリング調査結果をとりまとめた報告書と日報に基づき、発生場所、発生状況、発生原因、対処方法、対処結果などに関する情報を整理し、それらの結果を事例ベース推論が可能なデータ

ベースとして構築している<sup>2)</sup>。この事例ベースを活用して、トラブルの中でボーリング掘削に影響が大きい「崩壊」に着目した。崩壊ルールを作成するにあたり、ボーリング調査から得られるデータを一次情報と一次情報を地質学的な観点に基づいてカテゴリー化した二次情報に区分し、更にそれらを汎用の決定木アルゴリズムであるCART<sup>3)</sup>により決定木を作成し、崩壊に共通する特徴や要因を整理した。一次情報は、孔壁観察結果と孔壁画像観察、物理検層の結果から得られる計5種類（P波速度、比抵抗値、密度、孔径、空隙率）のデータを用いた。二次情報へのカテゴリー化は、鑑ほか<sup>4)</sup>に示された多変

表1 断層分布に着目した一次情報のカテゴリー化

カテゴリ名	区分基準
カテゴリ1 断層区間を抽出・区分	主成分分析とクラスター分析に基づいて断層区間を抽出、区分する(鑑ほか, 2011に準拠)。
カテゴリ1' カテゴリ1の断層区間のクラスターを再定義	カテゴリ1で、健岩分布区間のクラスターが深度によって異なる場合、区間ごとに最堅硬クラスターを基準値として断層区間のクラスターを再定義する。
カテゴリ2 カテゴリ1, 1'に断層分布区間を細分化した指標を追加	断層分布区間の範囲を3等分して、細分化する(断層上部, 断層中央部, 断層下部)。
カテゴリ3 カテゴリ1, 1', 2に断層規模の指標を追加	断層中の割れ目の走向・傾斜を用いて断層の層厚を求め、その数値を断層規模の指標とする。

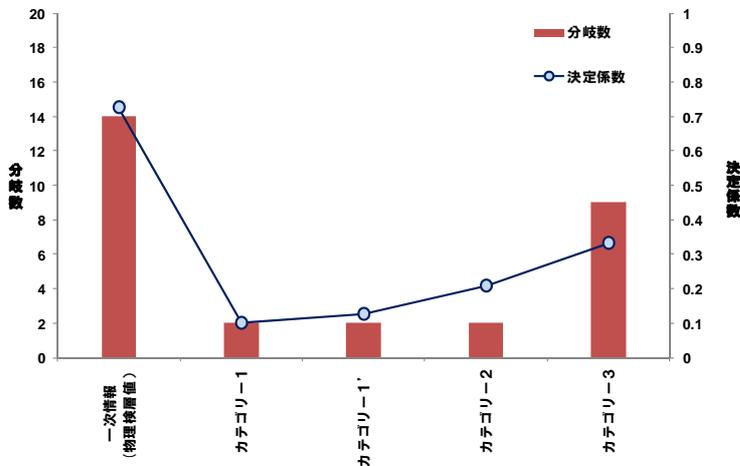


図1 各決定木の決定係数と分岐数の比較

数変

量解析による断層の区間判定と岩盤区分手法を一部改良し、適用した。各カテゴリーの区分基準は、表1のとおりである。

一次情報を用いたケースと一次情報を多変量解析や地質性状によってカテゴリー化したケースでの分析結果を比較した(図1)。その結果、一次情報を用いたケースでは、交差確認法による決定係数は高い(約0.7)ものの、複雑で汎用性に乏しく、カテゴリー化したケースでは決定係数は低いものの(最高で約0.3)、相対的に決定木の構造が単純であることが分かった。

### 3. 崩壊ルールのお他地点への適用性の評価

前項で作成した崩壊ルールのお他地点への適用性を評価するために、深層ボーリング孔11孔の類型化を試みた。対象地域では、物理検層や岩芯の地質観察などにより地質情報が取得されている。それら多くのデータの中で、断層の分布や性状に関連して、P波速度(中央値)によるクラスター分析による類型化を行った。その結果、深層ボーリング孔は、大きく2つのタイプに分類され(図2)、相対的に低P波速度(脆弱)岩盤区間が多いグループに属するボーリング孔(青棒)は、土岐花崗岩体の西～南縁部に位置するとともに、既知の次月断層<sup>5)</sup>や地質断層に隣接していることが判明した(図3)。なお、深層ボーリング孔の内、DH-9号孔、DH-12号孔とDH-13号孔は詳細な崩壊事例の検討を実施しており、DH-9号孔、DH-13号孔は相対的に高P波速度岩盤区間が多いグループに(赤棒、崩壊は断層の下位で発生)、DH-12号孔は相対的に低P波速度岩盤区間が多いグループ(崩壊は断層の中央部で発生)にそれぞれ分類されている。

### 4. まとめ

事例ベースの崩壊現象に着目し、崩壊ルールの構築を試みた。その結果、地域的な岩盤特性や地質分布に応じて崩壊パターンが特徴づけられている可能性があることが判明した。また、崩壊ルールのお他地点への適用性を評価した結果、先験情報が少ないケースでの知識の獲得、掘削前のリスク評価(崩壊頻度、位置などの概括的な予測)や掘削中の崩壊予測・事前回避への活用可能性が示唆された。

### 参考文献

- 1) 向坂政男：“よくわかるリスクアセスメント-事故未然防止の技術-”，中災防新書(2003)。
- 2) 榎永ほか：“ボーリング掘削におけるトラブルシューティングの事例分析—岐阜県東濃地域における深層ボーリング孔での崩壊事例を対象とした取り組み—”，平成23年度土木学会全国大会, pp.121-122(2011)。
- 3) 金明哲：“Rと樹木モデル(1)”，ESTRELA(No.130), pp.70-76(2005)。
- 4) 鏡ほか：“多変量解析を用いたボーリング孔での断層の区間判定と岩盤区分—瑞浪超深地層研究所における深層ボーリング孔での事例—”，情報地質, Vol. 22, NO. 4(2011)。
- 5) 小林孝男：“岐阜県可児盆地東部の地質とウラン鉱化作用”，鉱山地質, Vol. 39, pp. 79-94(1989)。

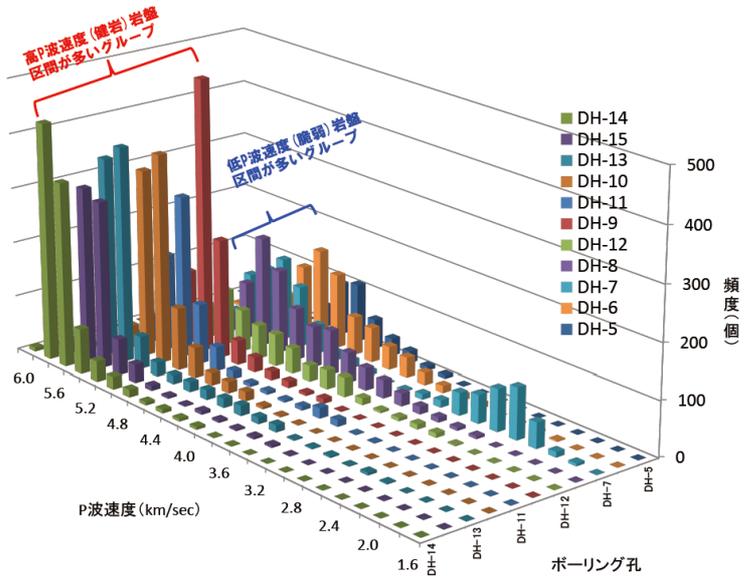


図2 クラスター分析結果とヒストグラム

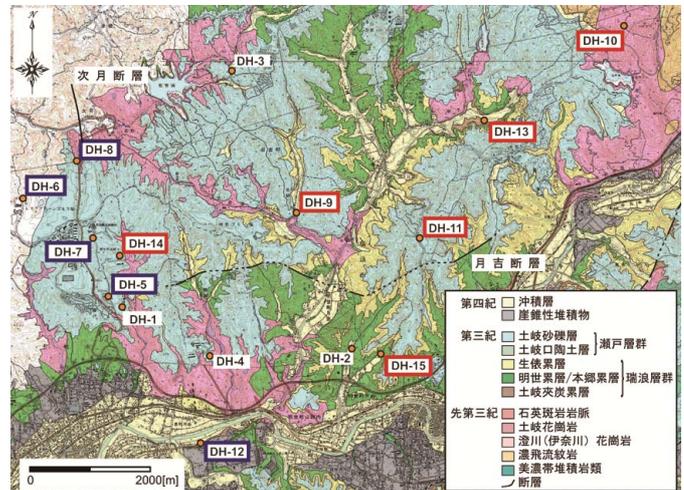


図3 分類された各ボーリング孔の位置