

2011年台風12号により深層崩壊が発生した熊野地区での ドローン空中電磁探査による深層崩壊メカニズムの解明

国土交通省国土技術政策総合研究所(近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター) ○木下篤彦
 国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター 柴田俊
 国土交通省国土技術政策総合研究所 山越隆雄・中谷洋明
 大日本コンサルタント株式会社 河戸克志・金山健太郎・奥村稔
 有限会社ネオサイエンス 城森明・城森敦善
 株式会社エイト日本技術開発 藤原康正・中野英樹

1. はじめに

2011年8月25日に発生した台風12号では、総降水量は広い範囲で1,000mmを超え、記録的な大雨となった。これにより、紀伊半島では、深層崩壊が、72箇所が発生した。深層崩壊のメカニズムについては、地形・地質・水文等様々な角度から研究が行われている。既往研究¹⁾から、斜面内を横断する断層破碎帯が周辺の地下水を崩壊斜面に誘導、あるいは地下水を堰き止めた可能性がある。本稿では、和歌山県田辺市熊野地区の深層崩壊(写真-1)を調査対象として、ドローン空中電磁探査²⁾(写真-2)を活用した崩壊メカニズム解明に向けた取り組みを紹介する。

2. 熊野地区の概要と調査内容について

本研究が対象としている熊野地区は、日置川水系の熊野川上流域にあり、堆積岩類が広く分布している。深層崩壊の規模は、幅440m、高さ250m、長さ480mで崩壊土砂量は約526万m³である。豪雨時の断層破碎帯による地下水の挙動への影響を確認するため、2020年10月中旬の台風14号の3日後と同12月上旬の乾燥期に、ドローン空中電磁探査により、地下約0~200m程度の比抵抗分布を測定した。

3. 空中電磁探査による断層破碎帯周辺の比抵抗分布の特徴

大まかな地質や地下水・湧水の分布を把握する目的で2012年11月28日にヘリコプターによる空中電磁探査を実施した。実施日は前線通過による総雨量98.5mmの降雨2日後である。図-1に地下約0~10mでの比抵抗分布を示す。崩壊斜面中腹~下部にかけて低比抵抗となっており、この付近の乾燥期の地下水位の観測結果と比較すると地下水位は地下約10mよりも浅い位置にあると考えられ、地下水及び湧水により低比抵抗域が形成されていると考えられる。

図-2に2020年11月25~27日に実施した電気探査(写真-1・図-1のA-A'測線)の結果を示す。探査は2極法とし、電極間隔10m、深度200mとした。測定開始時点で4日間ほぼ無降雨であり、乾燥期の比抵抗である。比抵抗が大きく変わる箇所が断層と考えられ、4つあることが分かった。

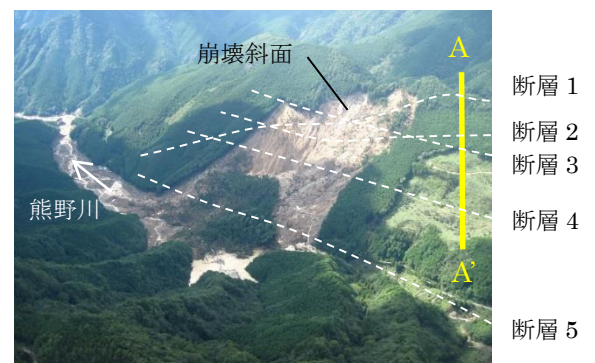


写真-1 災害1日後の熊野地区の様子(2011年9月5日, 国土交通省による撮影)。黄色の実線は図-2中のドローン探査の測線を、白色の点線は地表踏査と図-2の電気探査の結果及びボーリング調査の結果を基にした断層破碎帯を示す。矢印は流向を示す。



写真-2 ドローン空中電磁探査の様子。地表に敷設したケーブルに電流を流して磁場を発生させ、ドローンに吊した磁場センサーで地下の鉛直成分の磁場を測定する。

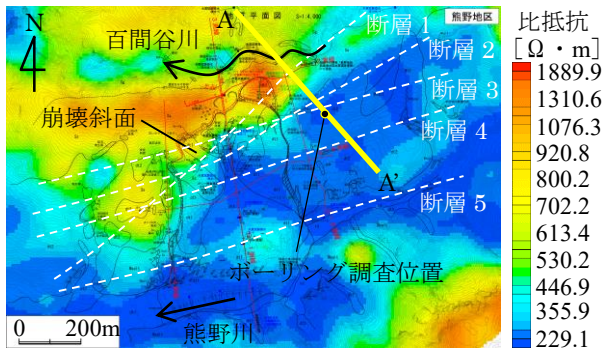


図-1 空中電磁探査の結果(地下約0~10m)。2012年11月28日実施。黄色の実線は電気探査及びドローン探査の測線を、白色の点線は地表踏査と図-2の電気探査の結果及びボーリング調査の結果による断層破碎帯を示す。矢印は流向を示す。

図-3(a), (b)にドローン空中電磁探査による比抵抗分布の解析結果(写真-1・図-1のA-A'測線)を示す。(a)は乾燥期にあたる2020年12月2日の比抵抗分布図で、(b)は2020年10月の台風14号による降雨終了3日後(2020年10月13日)の比抵抗値を(a)の比抵抗値で除した値の縦断分布図である。水色のゾーンは降雨時に比抵抗値が低下したことを表し、地下水の集中が推定される。(a)から、断層1よりA側と断層2よりA'側に高比抵抗ゾーンが分布する。破碎されて空隙が多いゾーンと考えられる。(b)から、断層1よりA側の水色のゾーンは(a)の結果から破碎ゾーン内に地下水が浸入していると推定され、その地下水は断層1付近で止まっている。断層1は地下水を堰き止めるタイプの断層破碎帯と推定される。断層1と3の間は、地下水が尾根付近からA'側に向かって地下約80m付近を流下していると考えられる。ボーリング調査で確認された断層2は亀裂に富み、その付近は水色のゾーンの幅が大きくなっていることから、地下水を周囲から誘導するタイプの断層と考えられる。断層3付近は、水色のゾーンの幅が断層4に向かって小さくなり、断層4付近は水色のゾーンが消失している。断層3・4は、断層1と同様に地下水を堰き止めるタイプの断層と考えられる。

4. おわりに

本研究では、熊野地区の深層崩壊地に近接する斜面で、降雨後と乾燥期に実施したドローン空中電磁探査による比抵抗の違いに着目して地下水の分布と地質構造の関係を調査し、断層が斜面の地下水分布に大きな影響を与える可能性を示した。今後は、今回の成果を踏まえて、深層崩壊のリスク評価手法を確立する予定である。

参考文献 1)Araiら(2018)Rain-induced deep-seated catastrophic rockslides controlled by a thrust fault and river incision in an accretionary complex in the Shimanto Belt, Japan, Island Arc.2018;e12245. 2)城森ら(2020):ドローンをを用いた過渡応答空中電磁探査装置の開発—D-GREATEM, D-TEM[GLS], D-TEM[ALS], 物理探査, 第73巻, p.83-95

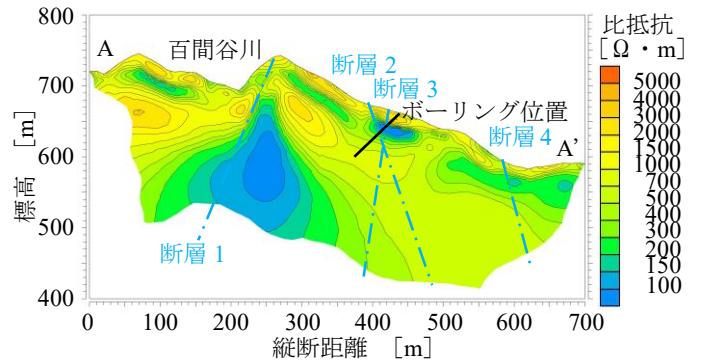


図-2 写真-1・図-1中A-A'測線での電気探査の結果。測定時点で4日間ほぼ無降雨であり乾燥期である。断層は比抵抗が大きく変わる箇所に位置する。

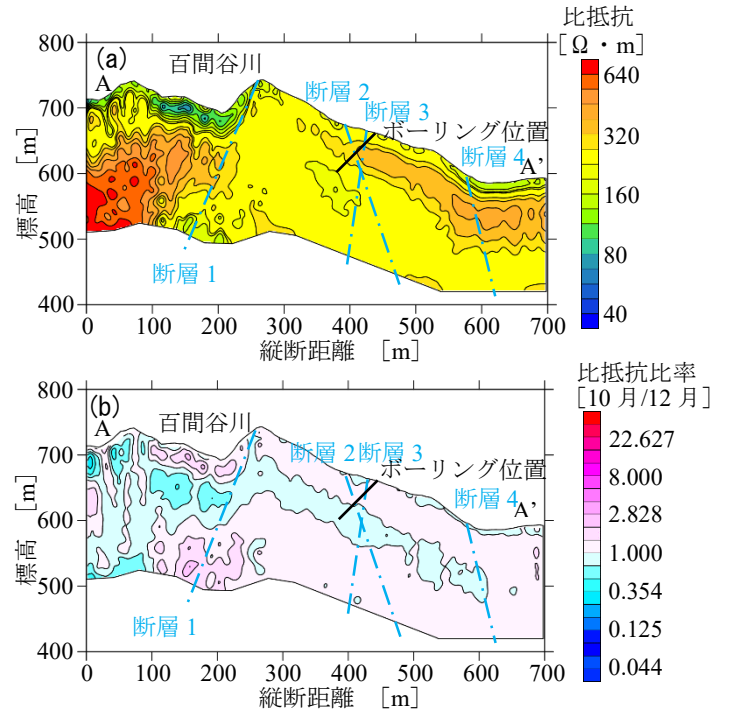


図-3 写真-1・図-2のA-A'測線での(a)ドローン探査による乾燥期(2020年12月2日)の比抵抗縦断分布図、(b)令和2年台風14号による降雨(総雨量217mm)終了3日後の比抵抗値を(a)の比抵抗値で除した値の縦断分布図。