

P11 空中電磁探査を活用した火山体調査事例

Case study of Volcano Survey using the Airborne Electromagnetic survey

○瀬戸秀治, 高原晃宙, 木下篤彦, 清水孝一 (国立研究開発法人土木研究所)

石塚忠範 (国立研究開発法人土木研究所 現国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所)

河戸克志, 奥村 稔, 影浦亮太 (大日本コンサルタント株式会社)

Shuji Seto, Teruyoshi Takahara, Atuhiko KinoshitaTaro, Yoshikazu Shimizu,

Tadanori Ishiduka, Katsushi Kawato, Minoru Okumura, Ryouta Kageura

1. はじめに

火山では、直接的な火山活動以外にも豪雨等により大規模な土砂災害が発生する場合がある¹⁾。そのため、各火山において、崩壊するおそれのある斜面を把握し、火山砂防計画に適切に反映することで、被害を軽減することが求められている。

火山体における崩壊危険斜面の調査技術としては、空中電磁探査に関する研究事例がある^{2)~6)}。既往研究事例では、崩壊するおそれのある大まかな範囲を抽出しているが、斜面単位での抽出や崩壊深度の推定はなされていない。本報告では、既往研究事例を収集し、地形・地質・水文・比抵抗構造特性から崩壊するおそれのある斜面を抽出するとともに、崩壊深度を推定して崩壊土砂量を試算した結果について述べる。

2. 空中電磁探査の概要と対象とする土砂移動現象

2.1 空中電磁探査の概要

空中電磁探査は、ヘリコプターに探査装置を搭載して電磁誘導により地盤の比抵抗構造を非接触で取得する調査方法であり、周波数領域空中電磁法と時間領域空中電磁法の2つの探査手法がある。

周波数領域空中電磁法は、空中から5~6周波の周波数で発信される1次磁場によって誘導される2次磁場を空中で受信する探査手法であり、異なる周波数帯を用いることにより、異なる深度の比抵抗情報を取得できる。なお、5周波はDIGHEMタイプ、6周波はRESOLVEタイプと呼ばれており、探査可能深度は100~150m程度である。時間領域空中電磁法は、地盤の電磁応答を時間の関数として測定を行う探査手法であり、富士山と御嶽山において、地上ソース型時間領域空中電磁探査法(GREATEM)が実施されている。この手法では、地下500~1000m程度までの比抵抗構造を把握することが可能である。図-1に研究対象火山と空中電磁探査の実施状況を示す。

2.2 対象とする土砂移動現象

火山地域で発生する土砂移動現象については、流下形態や規模等に着眼した表-1のような分類がなされている¹⁾。本研究では、空中電磁探査の探査可能深度から、大規模~中規模崩壊(A2、A3)と地すべり(B1、B2)を対象土砂移動現象として以下の研究を進めた。



図-1 研究対象火山と空中電磁探査の実施状況

表-1 火山地域で発生する土砂移動現象¹⁾

分類	発生形態	細分	流下形態	規模 (m ³)	発生場所	事例
A I	崩壊	A1	巨大崩壊 ⇒岩屑なだれ	10 ⁸ 以上	山頂	眉山 (1792)
		A2	大規模崩壊 ⇒岩屑なだれ	10 ⁶ ～10 ⁷	山体上部	御嶽山 (1984)
A3		中規模崩壊 ⇒土石流	10 ³ ～10 ⁵	崖錐斜面	妙高山 (1978)	
A4		多発型表層崩壊 ⇒土石流	10 ⁰ ～10 ²	開析谷頭	阿蘇山 (2012)	
B	地すべり	B1	巨大・大規模 地すべり	10 ⁶ 以上	山腹斜面	八幡平
		B2	火山性地すべり	10 ⁰ ～10 ⁶	地すべり 地形	秋田焼山 (1997)
その他		C	落石・崩壊・トッブル	10 ⁰ ～10 ⁶	急崖 節理	層雲峡 (1987)
		D	非崩壊起源土石流 (噴火後土石流)	10 ⁰ ～10 ⁶	開析谷内	普賢岳 (1992)

3. 崩壊するおそれのある斜面の抽出手法の検討

3.1 崩壊した斜面の特徴

対象とする土砂移動現象に関する過去の崩壊事例を収集し、地形・地質・水文・比抵抗構造特性に着目して、崩壊した斜面の特徴を①~③に類型化した。

①上位高比抵抗・下位低比抵抗型(キャップロック)

栗駒山における2008年のドゾウ沢⁷⁾での崩壊が典型的な事例である。下位に変質した凝灰角礫岩層が低比抵抗帯として分布し、上位には多亀裂性~自破砕状の

安山岩溶岩が高比抵抗帯として分布しており、典型的なキャップロック構造を呈している。また、変質した凝灰角礫岩は難透水層となるため、溶岩との境界付近から湧水が認められ、境界付近で崩壊が発生している。

②上位低比抵抗・下位高比抵抗型（急傾斜地）

磐梯山で 1888 年に発生した山体崩壊斜面の拡大崩壊が典型的な事例である。崩壊面は急傾斜であり、変質して粘土化した脆弱な地質が低比抵抗帯として露出している。滑落崖の背後は湿地状となり、地下水は比較的浅いことが推測される。

③上位中比抵抗・下位低比抵抗型（地すべり）

秋田焼山において 1997 年に発生した澄川地すべり⁸⁾が典型的な事例である。地すべり地形が明瞭であり、上位には移動土塊が中比抵抗帯として分布し、下位には基盤岩中の地下水分布を反映した低比抵抗帯が分布している。

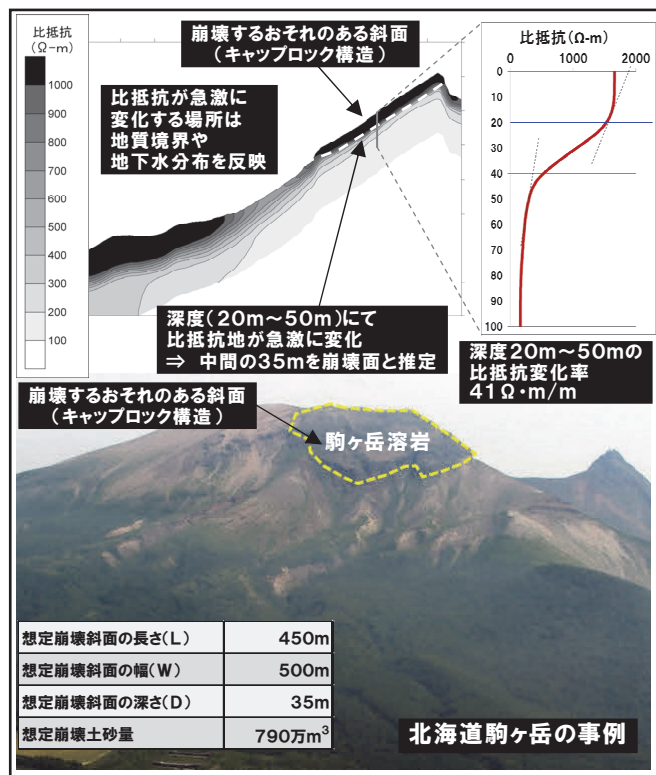


図-2 崩壊するおそれのある斜面抽出事例

表-2 崩壊するおそれのある斜面抽出結果一覧表

	位置	分類	崩壊タイプ	崩壊するおそれのある斜面			
				長さ	幅	深さ	土砂量
御嶽山	伝上川 滑落崖	崩壊 (A2)	①	600m	500m	100m	3,000 万 m ³
磐梯山	山体崩壊 滑落崖	崩壊 (A2)	②	300m	600m	80m	1,400 万 m ³
北海道 駒ヶ岳	砂原岳	崩壊 (A3)	①	430m	400m	35m	790 万 m ³
浅間山	蛇堀川源頭 (牙山)	崩壊 (A3)	①	500m	300m	50m	750 万 m ³
吾妻山	家形山北東 (福島県)	地すべり (B2)	③	450m	300m	30m	405 万 m ³
吾妻山	家形山北 (山形県)	地すべり (B2)	③	600m	400m	40m	960 万 m ³

3.2 崩壊するおそれのある斜面の抽出

3.1 に示した特徴を有する斜面を各火山毎に抽出し、崩壊範囲は主に地形・地質特性から、崩壊深度は比抵抗構造特性（比抵抗変化の大きな場所）に着目して想定した。比抵抗変化が大きいということは、地質境界や地下水状況の変化を反映している。3.1 で示したように、深度方向に比抵抗変化が大きい場所で崩壊や地すべりが発生していることから、本研究においても比抵抗変化が大きい深度に着目し、崩壊深度を想定した。また、想定した範囲、深度から崩壊土砂量を試算した。北海道駒ヶ岳での抽出事例を図-2 に、抽出結果一覧表は表-2 に示す。本研究では、5 火山で 6 斜面の崩壊するおそれのある斜面を抽出することができた。

4. おわりに

本研究では、既往崩壊事例から崩壊した斜面の特徴を類型化し、崩壊するおそれのある斜面を抽出するとともに空中電磁探査結果を活用して崩壊土砂量を試算した。今後は、火山体における崩壊の特徴を網羅するため、より多くの崩壊事例を収集して、崩壊した斜面の特徴の類型化をさらに進めていく必要がある。また、今回推定した崩壊深度が妥当かどうか検証するため、ボーリング調査や地表踏査等により地質・岩盤状況を把握し、比抵抗構造との関係を明らかにしていく必要がある。

文献

- 1)井口 隆 (2005)：日本の第四紀火山における土砂災害の実態と発生予測に関する研究、千葉大学学位論文
- 2)大平知秀ら (2014)：空中電磁法等を用いた吾妻山火山山体構造に関する考察、平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集，p.A-64-A-65
- 3)千葉伸一ら (2014)：富士山の防災対策を目的として行った空中物理探査による不安定箇所抽出の考え方、平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集，p.A-218-A-219
- 4)坂井佑介ら (2014)：空中物理探査等を用いた阿蘇中岳周辺の火山体山体構造に関する考察、平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集，p.A-220-A-221
- 5)小原昭彦ら (2014)：空中電磁法を用いた岩手山の火山体構造に関する考察、平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集，p.A-222-A-223
- 6)下村慎一郎ら (2014)：空中物理探査による大規模土砂移動の予測一霧島火山体での適用事例一、平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集，p.A-224-A-225
- 7)河戸克志ら (2011)：2008 年岩手・宮城内陸地震による深層崩壊発生斜面の三次元比抵抗パターン、平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集，pp.424-425.
- 8)小西尚俊ら (2002)：澄川地すべり空中電磁法調査結果の検証、第 41 回日本地すべり学会研究発表会講演集、pp.477-480.