

土石流・斜面崩壊の監視・観測技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 27～平 29

担当チーム：土砂管理研究グループ（火山・土石流）

研究担当者：水野秀明，木下篤彦，高原晃宙

【要旨】

近年、大規模な表層崩壊や土石流が多発し各地で甚大な被害を及ぼしている。このような大規模な災害による被害を軽減するため、事前に危険箇所を把握し、その危険箇所で見守り・観測を行うことによって速やかに住民避難につなげることが重要である。本研究では、表層崩壊の危険度評価を行う上で重要なパラメータとなる土層厚の推定精度を向上させるため、土層中に硬質な巨礫やコアストーンを含む地質帯が分布する地域において、電気探査を用いた土層厚の推定手法を検討した。その結果、表層部のコアストーンや巨礫が密集し、土層厚に相当すると考えられる範囲が高比抵抗帯として抽出され、降雨時には雨水が浸透している状況が明らかとなった。そのため、電気探査を用いることによって土層状況を推定し、土層厚の推定精度を向上できることが示唆された。また、個別斜面での監視・観測手法の検討に用いるデータを得るため、水位計、濁度計等の水文観測機器を設置し、観測体制を構築するとともに観測を実施した。

1. はじめに

近年、大規模な表層崩壊や土石流が多発し、各地に甚大な被害を及ぼしている。このような災害による被害を軽減させるためには事前に危険箇所を把握し、その危険箇所で見守り・観測を行うことによって速やかに住民避難に繋げることが重要である。

危険度評価を精度良く行うためには、モデル中の各種パラメータの値の精度を向上させる必要があり、土層厚の設定が危険度評価を行う上で重要となる。しかし、地質によっては土層厚を精度良く計測できない場合があることに加え、対象範囲が広い場合、土層厚の計測数が増加し労力・予算の確保が課題となる。そのため、土層厚を簡易に精度良く計測もしくは推定する手法、土層厚の平面的な分布を精度良く推定する手法が求められている。

一方で、個別斜面での監視・観測手法に関する研究については、切迫性を示す補足情報を作成する手法、及び斜面を集中的に観測する手法がこれまでの研究で確立されてきた。しかし、広域的に監視・観測するには監視・観測箇所が多くなり、計測機器の維持管理だけでも多大なコストを要するという課題がある。そのため、コストや労力の面から限られたリソースを活用した流域スケールでの監視技術を確認することが求められている。

本研究課題では、土層厚の推定が困難な巨礫を含む地質帯において、物理探査を用いた土層厚の推定手法を検

討した。また、効果的かつ効率的な表層崩壊・土石流の監視・観測手法の確立目標として、濁度計などの観測機器を渓流内に設置し、計測した。

2. 土層厚を精度良く計測する手法及び平面的な土層厚の分布を推定する手法の提案

2.1 背景と目的

土層厚は、「表層崩壊が発生しやすい土層の層厚」を指すとされており¹⁾、表層崩壊の危険度を評価する上で重要な要素として考えられている。土層厚を推定するためには、表層崩壊の実態に基づくことが重要である。

土層厚を推定する場合、SH型簡易貫入試験や土検棒貫入試験などから貫入荷重を把握することにより推定する手法が一般的である。しかし、土質が硬質な巨礫や、風化によって形成されたコアストーンなどを含む場合には、直接的な手法による土層厚の推定は難しい。一方で、弾性波探査と電気探査によって土層厚の推定を試みた事例もある²⁾が、地質や土質の情報と対比されておらず、物理探査を用いた土層厚の推定手法を検討するには更に分析を進める必要がある。

そこで、直接的な手法による土層厚の推定が困難となる地域を対象に、乾湿（地下水分布）や風化、変質状況を把握する際によく利用される電気探査を実施し、この結果に地質的な情報を組み合わせることによって、高精

度な土層厚の推定が可能か検証を行った。

2.2 モデル流域の概要と検討手法

2011年9月に表層崩壊が多く発生した和歌山県那智川流域の花崗斑岩分布域をモデル流域として検討を行った。調査位置を図-1に示す。本流域の花崗斑岩は、球状風化によって形成されたコアストーンがマサ土中に分布することが特徴的である。また、地形の開析状況に応じて土層構造や表層崩壊の発生形態が異なることが既往研究で明らかとなっている³⁾。そこで本研究では、土層厚を検討するために崩壊跡地やそれぞれの地形開析状況を網羅した位置に電気探査測線を設定し、そこで得られた地形・地質情報と比抵抗分布の対比を行った。また、表層における雨水の浸透状況を評価するため、降雨時に表層部が湿潤状態になっている時期にも電気探査を実施し、平常時との変化率を算出した。電気探査は比抵抗法の2極法を用い、そこで得られた見かけの比抵抗値から地下の比抵抗構造を推定した。また、測線が交差する地点や崩壊地周辺では簡易貫入試験を実施し、その貫入深度の分布との比較も行った。

電気探査では表層部の比抵抗分布状況をより詳細に解析する必要があるため、電極間隔を1mとした。調査時期と当時の降雨状況を図-2に示す。

2.3 結果

断面B・Dの比抵抗分布図及び比抵抗変化率図を図-3に示す。表層より1m程度下部には2500~4000Ω・m程度の比抵抗帯が分布する。開析斜面下部では、この比抵抗帯は薄い、もしくは分布しない傾向が見られ、現地では露頭が広く分布し、土層が薄い状況が確認された。山頂緩斜面から開析斜面上部にかけて、この比抵抗帯直下に高比抵抗部がレンズ状に分布する傾向が見られた。崩壊跡地周辺の地質状況を観察した結果、この高比抵抗部にはコアストーンや巨礫を含む風化残積土や崩積土が分布していることがわかった。地表から高比抵抗部の下端までの厚さは、尾根周辺では3~5m程度である。その深部には低比抵抗帯が分布し、これは弱風化~未風化岩盤を指すものと考えられる。

平常時と降雨時の比抵抗分布状況から、比抵抗変化率を(1)式により算出した。

$$\text{比抵抗変化率}[\%] = \frac{(\text{降雨時の比抵抗値})}{(\text{平常時の比抵抗値})} \times 100 - 100 \quad (1)$$

降雨時と通常時の比抵抗値に変化が見られた場合、その主な要因は土層内の水分量、水の電気伝導度にあると想定される。このため、変化率がマイナスになった表層部は雨水の浸透や地下水を含めた地温の変化によるものと

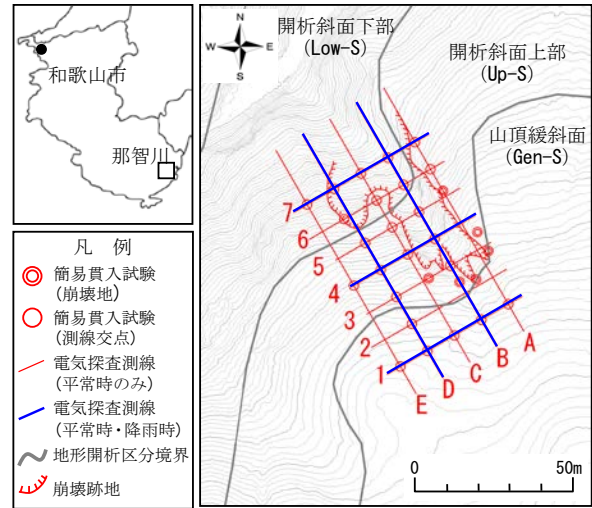
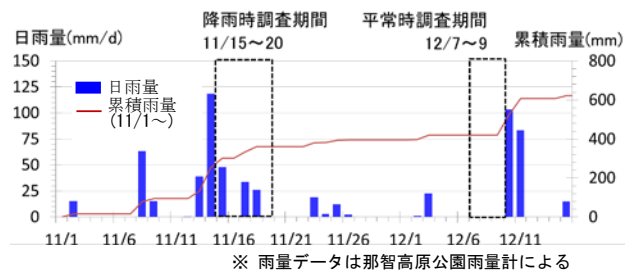


図-1 調査位置図



※ 雨量データは那智高原公園雨量計による



※ 気温データは気象庁新宮観測所による

図-2 電気探査実施期間と気象状況 (2015/11/1~12/15)

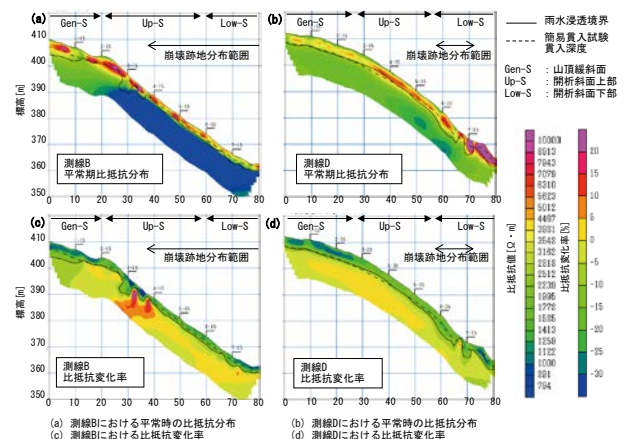


図-3 電気探査によって得られた平常時における見かけの比抵抗分布および比抵抗変化率(測線B・D)

推測できる。ここでは、崩壊跡地の崩壊深と概ね一致する比抵抗変化率-10%以下の範囲を雨水浸透部、下部との境界を雨水浸透境界と呼ぶこととする。雨水浸透境界および簡易貫入試験による貫入深度の分布も図-3 に示した。この雨水浸透部は、高比抵抗部の分布深度と概ね一致し、土層厚に相当するものと考えられる。簡易貫入試験貫入深度とも概ね調和的であるが、コアストーンなどにより貫入不能となったと想定される範囲では、これより深く分布する傾向も見られた。

2.4 まとめ

本研究では、電気探査による土層厚の推定手法について検討を行った。その結果、球状風化を呈した地質帯では、高精度な電気探査を実施することにより、土層厚に相当する層を抽出できる可能性が示唆された。ただし、地下水の温度を含めた地温による影響は考慮できていないため、今後検討していくことが必要と考える。

3. 観測により広範囲で表層崩壊・土石流の発生を監視する手法の提案

3.1 はじめに

流域での監視・観測手法として、濁度計を用いた流量観測、水位計を用いた流量観測などが実施されている。土石流や斜面崩壊の発生に伴う濁りや流量の急激な変化を継続的に監視・観測することで、いち早く土石流や斜面崩壊の発生を検知でき、早期避難へと繋がる。ただし、土石流や斜面崩壊が発生した場合、濁度や流量などの指標がどのように変化するかは十分に明らかになっていない。そこで、土石流や斜面崩壊発生時の指標の変化を捉えることを目的に、兵庫県神戸市東灘区の住吉川上流に位置する千丈谷に観測機器を設置し、指標の時間的変化を計測することにした。

3.2 観測の概要

3.2.1 観測地の概要

観測地である千丈谷の位置を図-4 に示す。千丈谷が位置する六甲山系では、平成7年の兵庫県南部地震による崩壊が1,400箇所を上り⁴⁾、近年では平成26年台風11号のもたらした豪雨により約270箇所の崩壊が発生した⁵⁾。千丈谷においても千丈谷堰堤下流の左岸側斜面に崩壊が確認された。また、地質は花崗岩を主体とし、風化作用によりマサ化が進んでいる。

3.2.2 内容

当該観測地では、平成20年度から雨量計、土壌水分計、

伸縮計、傾斜計観測、土砂移動時刻ロガーにより斜面観測を実施しており、平成27年度から新たに水位計、濁度計、電気伝導度計、浮遊砂サンプラーを設置することに



図-4 観測地位置図（地理院地図に加筆）



写真-1 観測機器設置状況（下流より撮影）



写真-2 観測機器設置状況（下流より撮影）

した。観測機器の設置状況を写真-1及び写真-2に示す。

水位計は、土砂移動発生時の水位・流量波形の分析による土砂移動発生予測の基礎データを取得し、濁度計は、濁水発生を検知による土砂移動発生覚知の適用性を検証するために設置した。また、浮遊砂サンプラーは流域の浮遊土砂流出特性の現状の把握、電気伝導度計は観測に困難を伴う砂防河川での水位流量観測の代替手法としての可能性を探るために設置した。

3.2.3 観測状況

当該観測地では、主に出水期及びその前後においてデータ収集を行い、機器による観測に加えて、台風などによる出水時にはバケツ表面採水による浮遊砂観測および流量観測を1時間間隔で実施した。平成27年8月に機器の設置を行ったが、設置後に出水による土石流や斜面崩壊は発生しておらず、これらを要因とする指標の変化を捉えるに至っていない。

3.3 まとめ

本研究では、土石流や斜面崩壊が発生した場合の濁度や流量などの指標の変化を捉えるために水位計や濁度計などの観測機器を設置し、基礎データの収集を行っている。観測機器設置後、出水による土石流や斜面崩壊は発生しておらず、これらを要因とする指標の変化を捉えたデータは得られていないが、今後も継続的な観測を実施することにより、データの取得を目指す。

4. 流砂水文観測のよる切迫性のある情報提供手法への提案

4.1 はじめに

下流域での流砂観測による切迫性のある情報提供を目指し、平成27年度より荒木川で観測を開始している。また、土砂流出と濁度発生タイミングの把握による緊急対応に着目し、浮遊砂の流下過程における堰堤の影響、山地河川における斜面崩壊や堆積土砂の二次移動に伴う濁りの伝播特性に関するデータの蓄積および解析を目的としている。

4.2 観測の概要

4.2.1 観測地の概要

荒木川は和歌山県新宮市を流れる二級河川佐野川の支川で流域面積3.2km²、主な地質は、下流側が熊野層群(堆積岩)、上流側が熊野酸性岩類(花崗斑岩)である。平成23年紀伊半島大水害時には、上流域で多数崩壊が発生した。図-5に調査場所、写真-3に流域の航空写真を示す。

4.2.2 内容

平成27年7月より観測を開始した。濁度・水位観測を上下流2地点で実施している。下流の観測箇所は流域出口の不透過型堰堤の下流に、上流の観測箇所は、砂防堰

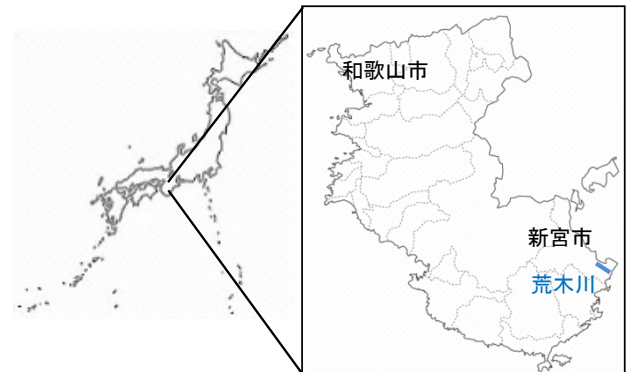


図-5 調査場所

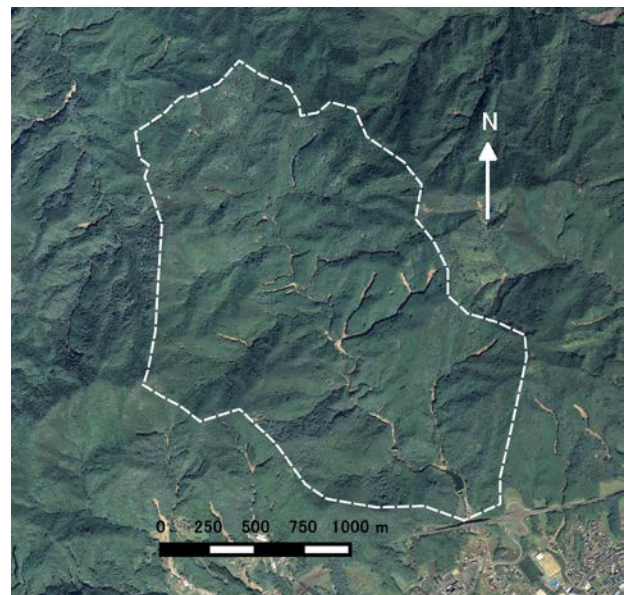


写真-3 荒木川流域航空写真

(平成23年10月和歌山県撮影：破線が流域を示す)



写真-4 上流側の観測箇所

堤3基(不透過型2基、透過型1基)の上流に設定した。写真-4に上流側観測箇所を状況を示す。また、出水時には、24時間体制で、1時間毎の採水・流速観測を実施している(写真-5)。

4.2.3 観測状況

台風11号の接近に伴い、平成27年7月16～17日に累計187mmの降雨があった(AMeDAS新宮観測所)。下流側の観測箇所にて測定した水位と濁度のデータを図-6および図-7に示す。降雨に伴い水位および濁度が変化する状況が良好に観測されている。



写真-5 荒木川での観測状況

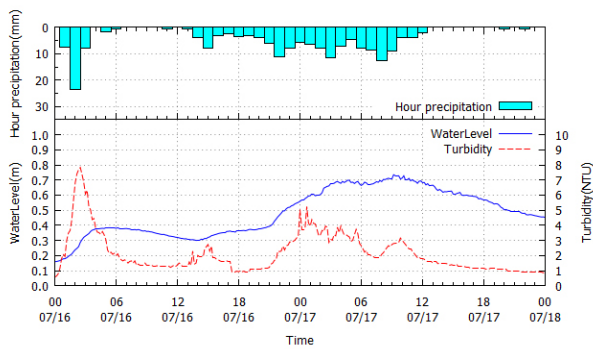


図-6 台風11号時の時間雨量・濁度・水位の時系列

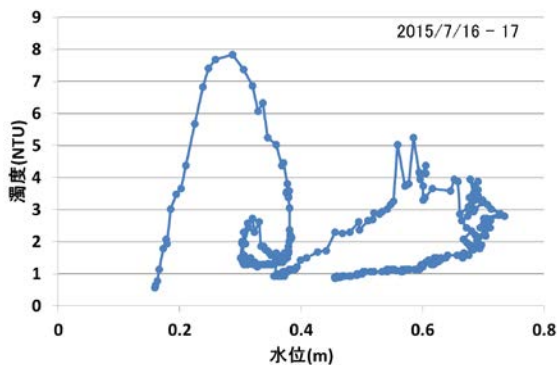


図-7 台風11号時の濁度・水位の関係

4.3 まとめ

本研究では、下流域への土石災害に対する切迫性のある情報提供をめざして、流砂水文観測による資料の収集を行い、濁りの伝播特性の解明を目的としている。データの蓄積は順調に進んでいる状況である。

今後、音響式の掃流砂計の設置など、観測体制の強化を図る予定である。濁りの伝播に関する堰堤の影響の検証、流域監視体制の構築に資するデータの蓄積、解析を進めていく予定である。

5. おわりに

本研究では、土石流や斜面崩壊の発生危険箇所を事前に予測する手法を検討するため、平成27年度は土層厚の推定及び流域スケールでの観測を実施した。今後はさらなる知見の蓄積を図り、土層厚の推定手法及び監視・観測手法の提案を行う。

謝辞

本研究の実施にあたり、国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所及び六甲砂防事務所には、貴重なデータのご提供や現地調査に関してご協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム：表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル(案)、土木研究所資料、第4129号、2009
- 2) 山川陽祐・小杉賢一朗・水山高久・岡本敦・星野久史・白髭一磨：電気探査と弾性波探査による土層厚推定精度の比較、平成22年度砂防学会研究発表会概要集、p.544-545、2010
- 3) 野池耕平・木下篤彦・高原晃宙・清水孝一・石塚忠範・西岡恒志・桜井亘・島田徹：地形開析に着目した球状風化を呈する花崗斑岩分布域における表層崩壊の発生特性、平成27年度砂防学会研究発表会概要集B、p.454-455、2015
- 4) 国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所：阪神・淡路大震災(兵庫県南部地震)、<http://www.kkr.mlit.go.jp/rokko/disaster/history/h7/h7-index.php>、参照2016-06-10
- 5) 国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所：平成26年台風11号崩壊状況、<http://www.kkr.mlit.go.jp/rokko/disaster/history/h26/h26-index.php>、参照2016-06-10、2014

A STUDY ON MONITORING AND OBSERVATION TECHNOLOGY OF DEBRIS-FLOW AND SLOPE FAILURE

Budget : Grants for operating expenses General account

Research Period : FY2015-2017

Research Team : Sediment Control Research Group
(Volcano and Debris flow)

Author : MIZUNO, Hideaki

KINOSHITA, Atsuhiko

TAKAHARA, Teruyoshi

Abstract : In recent years, large scale shallow landslides and debris flow occur frequently at many locations in Japan and are caused severe damages. To reduce damages which occur by these large scale disasters, it is important to know the location where disasters will occur and to evacuate as soon as possible by monitoring the disaster occurrence. In this study, to improve estimation accuracy of soil thickness, which is an important parameter when assessing the risk of occurrence of shallow landslides, we considered the estimation method of soil thickness using Electrical Resistivity Surveys at the region where is difficult to estimate soil thickness because of involving boulders and core stones. As a result, we recognized high specific resistance zone as the surface strata that are consisted of mainly boulders or core stones and corresponded the soil thickness, which is permeated with rainwater in the soil pore during rainfall time. Therefore, using Electrical Resistivity Surveys suggested that improving estimation accuracy of soil thickness. In addition to, we constructed hydrological observation systems in order to obtain data for considering of methods of monitoring and observation on individual slopes.

Key words : shallow landslides, debris flow , soil thickness, Electrical Resistivity Surveys

原稿承認

平成 年 月 日

重点的研究開発課題報告書原稿承認伺

(平成27年度)

1 グループ名等	土砂管理研究グループ		
2 チーム名	火山・土石流チーム		
3 重点研究課題名	土石流・斜面崩壊の監視・観測技術に関する研究		
4 原稿枚数	全 6 枚	5 原稿受理	平成 28 年 6 月 30 日
上記のとおり 重点的研究開発課題報告書原稿の承認を伺います。 平成28年 6月30日			
土木研究所理事長 殿	グループ長等	関係上席研究員	執筆者