

初生地すべりの変動計測システムと危険度評価技術の開発

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：土砂管理研究グループ（地すべり）

研究担当者：石井靖雄，三輪賢志，阿部大志

【要旨】

明瞭な地すべり地形を呈していない斜面において、地すべりが発生する事例が報告されている。一方で航空レーザによる高精度 DEM のデータ取得が近年進んでいることから、地すべり地形判読の精度向上に活用することが期待されている。そこで、高精度 DEM データを用いて不明瞭な地すべり地形を抽出することについて検討を行った。その際に、平成 23 年の台風 12 号で被災した紀伊半島の高精度 DEM データを用いた。結果として、高精度 DEM データを用いると、従来の写真判読では把握できなかった、地すべりを抽出できることがわかった。初生地すべりにおける変動計測では、初生地すべりと考えられる斜面において、平成 21 年から計測している IT 地盤傾斜計および地盤伸縮計と、平成 22 年から計測している孔内傾斜計のデータを比較した。その結果、いずれの計測機器でも変動が計測され、その傾向は似通っていた。このことから、IT 地盤傾斜計による変動計測は、地表変動計測調査として信頼できるデータを取得できることがわかった。

キーワード：初生地すべり，高精度 DEM データ，変動計測，IT 地盤傾斜計

1. はじめに

近年、地すべり地形を呈していない斜面、もしくは地すべり地形と認識されていない斜面において、突如として地すべりが発生する事例が多く報告されている。ここでは便宜的にこのような地すべりを初生地すべりと称することとする。地すべり危険箇所や地すべり防止区域、或いは土砂災害防止法による警戒区域等に指定されている斜面であれば、あらかじめその危険性について認識がなされ、豪雨時や融雪時などに地すべりに対する警戒がなされたり、対策がなされることにより、少なくとも人的な被害を防ぐことが可能となる。しかし、いまだ明確な地すべり地形を呈していない斜面において突如として発生する初生地すべりの場合には、対応の困難性に起因して被害が大きくなる、あるいは地すべりによる社会的影響が大きなものとなるなどのことが考えられる。

本研究では、既往の地すべり地形判読からは抽出されにくい初生地すべり特有の微地形や、地質、破碎度などの素因の特徴から、初生地すべりの可能性のある斜面を抽出する技術、さらには抽出された斜面を安価かつ高精度の地盤変動計測により監視を行うことができるシステムの開発を行うことを目的としている。これらにより、地すべりが大きく滑動す

る前の適切な対策による初生地すべり災害の未然防止に資するものと考えている。

上記の目的を達成するため、大きく分けて①初生地すべりの危険性の高い斜面の抽出技術と地形活性度等による危険度評価技術の開発、②抽出された初生地すべりのうち、危険度の高い斜面の変動計測システムおよび地すべり範囲・規模の予測手法の開発の二つの側面から研究を進めている。3 年目となる平成 25 年度は、既往の空中写真判読などからは抽出されにくい、地すべり特有の地形に着目し、初生地すべりの可能性のある斜面を抽出する技術を構築することを考えた。次に、初生地すべりと考えられる斜面に設置してある IT 地盤傾斜計、地盤伸縮計そして孔内傾斜計のデータを比較し、その変動傾向を解析した。

2. 初生地すべりの抽出について

2.1 調査地と高精度 DEM データの概要

調査地は平成 23 年 9 月に深層崩壊が多発した紀伊半島にある、奈良県吉野郡天川村の 10.4km²を対象とした。ただし、深層崩壊箇所はこの調査範囲には存在しない。地質的には四万十帯に位置し、砂岩、泥岩、頁岩などが分布する。高精度 DEM データは、近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所が H24 年度に

撮影した、1mDEMを使用した。その範囲を示す(図-1)。

2.2 高精度DEMデータによる微地形の見え方

高精度DEMデータから作成した修正開度図¹⁾による微地形の見え方を図-2に示す。



図-1: 調査範囲とその位置図

①は遷急線であり、旧すべりブロック状(馬蹄形)に連続するものであるが、現地調査ではその連続性を確認するのは困難である。②は緩斜面であり、現地では植林に隠れているが、修正開度図では確認で

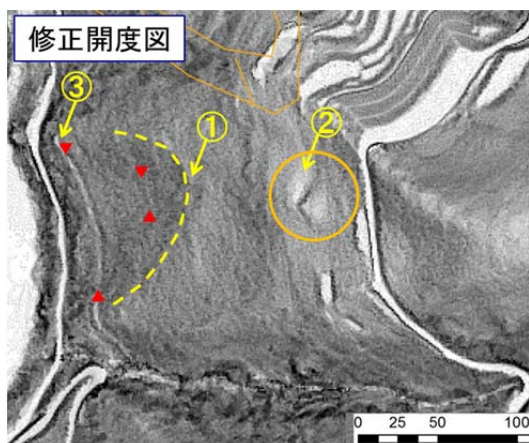


図-2 修正開度図における微地形

きるものである。この事例では旧宅地面であった。③は連続性のよい白線となっているが、人の歩ける林道である。小さな赤い矢印で示しているのは、高さ50cmほどの石積みである。このように、高精度DEMデータを用いると、高さ50cmほどの比高のある連続した地物は把握できると考えられる。ただ

し、植生が濃い二層林や谷地形では精度が落ちると考えられる。

2.3 対象とする初生地すべりと着眼点

ここで対象とする初生地すべりは、既往の地すべり写真判読調査などでは、認識が困難であった地すべり地形とする。

図-3で示すのは、地すべり性緩斜面を地すべり上部斜面にもつものであり、明瞭な滑落崖をもたないものである。



図-3 地すべり性緩斜面を持つ地すべり

図-4で示すのは、地すべり性緩斜面を持ちながら、出尾根地形を呈している地すべりである。

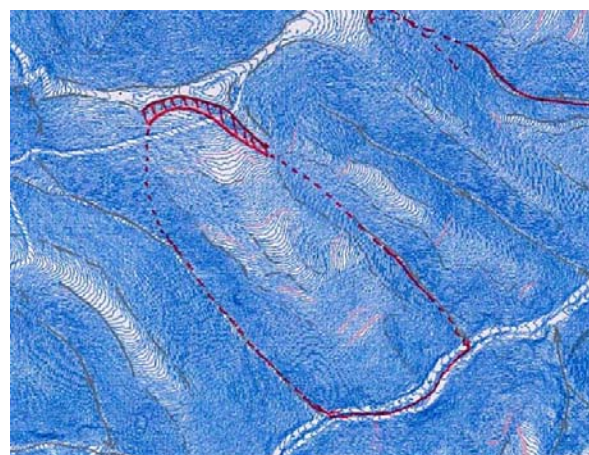


図-4 緩斜面を持ち出尾根地形の地すべり

初生地すべりの着眼点としては、時間の経過とともに、不明瞭な地すべり(初生地すべり)から、地すべりになっていくと考える。その際には、地形に表れない変動機構、つまりすべり面、地質、水位などは考慮しないこととする。そして、抽出においては、地形要因として緩斜面を含むと考える。また、高精度DEMデータにより把握することのできる微地形を含むものとする。

2.4 傾斜に着目した地すべり抽出

今回対象とした天川村の調査範囲において高精度DEMデータを使用して2.3に示した初生地すべりを含めて地すべりを抽出した結果を表-1に示す。

全体で138箇所抽出されたが、従来の写真判読等の手法で判読できなかった箇所が103箇所にのぼることとなった。これは高精度DEMデータを用いることの大きなメリットと考えられる。また、この138箇所について、斜面勾配を平均すると表-2のようになり、地すべりを抽出する際に注目すべき斜面勾配を35度未満とすればよいと考えられる。

この35度未満の勾配の斜面を着色すると、図-6のようになり、地すべり抽出が容易になる。図-6で赤や黄色、水色などで着色された部分が勾配35度未満のエリアであり、このように着色することで、頭部の緩斜面や段差地形を把握しやすくなる。

表-1 抽出された地すべりの区分

地すべり分類	写真判読等 既知の分	LP判読の 新規分	計
初生地すべり性緩斜面をもつ	12	31	43
初生地すべり性緩斜面かつ出尾根	1	22	23
地すべり(明瞭な滑落崖あり)	22	46	68
地すべりかつ出尾根	0	4	4
計	35	103	138

表-2 地すべり滑動前後の違い

	ブロック全体	上部緩斜面	末端急斜面	地すべり以外も含む 調査地全域
平均勾配(DEG)	35.0°	31.3°	40.4°	35.7°
平均箇所面積	24,869m ²	15,505m ²	10,002m ²	—
面積比(%)	—	60.0%	40.0%	—

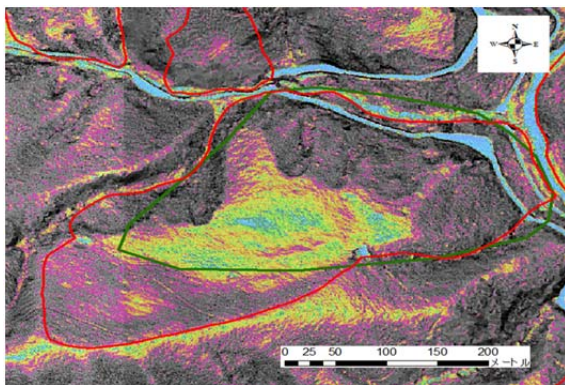


図-6 緩斜面を伴う地すべり

3. 初生地すべりにおける変動計測

3.1 目的

初生地すべりが想定される斜面において、加速度センサによる地盤傾斜計を用いた地表変動計測を行った。目的は観測された斜面変動から初生地すべりの可能性のある斜面範囲を推定することにある。背景としては、初生地すべりが想定される斜面は多数抽出されることが考えられ(表-1参照)、それらについては机上での評価が主体となるので現象面での確認が重要となる。その際に安価で設置が容易な現場計測手法が必要になると言うことである。地すべり調査では、現地調査、地表変動計測調査、ボーリング調査、すべり面調査、地下水調査など様々な調査が考えられるが、ここでは、直接的に地すべり変動を捉えることを目的とした地表変動計測調査を行うこととした。

3.2 加速度センサを用いた地盤傾斜計

地表変動計測調査には、地盤伸縮計、地盤傾斜計(水管式)、直接的な測量手法(地上測量、GPS測量)などがある。地盤伸縮計は明瞭な亀裂や段差がないと設置が困難である。また、設置方向を斜面の移動方向と一致させなければならない。地盤傾斜計(水管式)は設置及び計測の手間がかかる。直接的な測量手法は、一定量以上の移動量がない場合は測定不可になることがあり、またGPS測量は樹木等で上空が遮断された場合、データに欠損が生じる。

今回用いたのは、IT地盤傾斜計というものであり、MEMSを用いた加速度センサであるため、小型で省電力であり、安価で搬入・設置が容易である。打ち込んだ単管にセンサを挿入、固定することにより迅速に設置が可能である(図-8参照)。精度は±0.01度であり、水管式の地盤傾斜計と同程度である。



図-7 加速度センサをもちいた地盤傾斜計

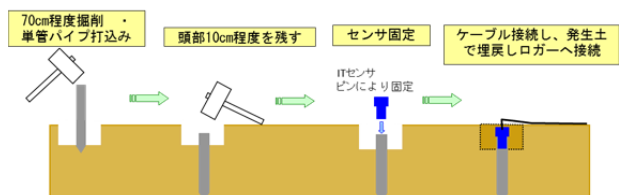


図-8 IT地盤傾斜計設置手順

3.3 調査地概要

調査地は、紀伊山地内の奈良県吉野郡上北山村西原地区を縦断する国道169号新伯母峯トンネルから約1km南側である。



図-9 調査地位置図

調査地下の道路から約50m下方を北山川が蛇行しながら南流している。調査地下方の北山川の川幅は約20mで、下刻が進んでおり、調査地末端は北山川の攻撃斜面になっている。道路より上の斜面は分岐した尾根地形に挟まれた斜面になっており、両側部には崩壊跡地形が見られる。斜面内には南北方向に伸びる段差状地形と、その直下に不明瞭な緩斜面が分布している。道路際は切土によると思われる急斜面となっている。斜面傾斜はおおむね45度であり、凸状の地形を呈しており、既往のボーリング調査結果などから、弱い流れ盤構造と考えられる。



図-10 調査地概要

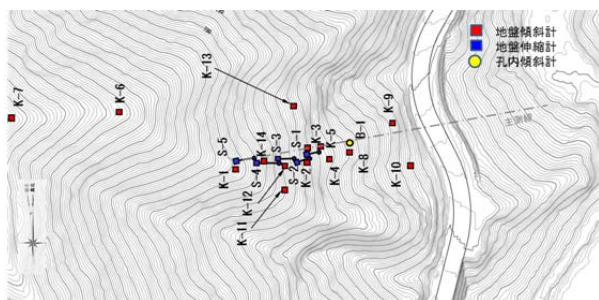


図-11 計測機器配置図

この斜面に、IT地盤傾斜計14基を多点配置し、その観測結果検証のため、地盤伸縮計5基、孔内傾斜計(1孔)による観測も実施した。その配置は図-11に示すとおりである。

3.4 観測結果

IT地盤傾斜計は、設置時期がそれぞれ異なっており、K-1~5は2009年6月から、K-6~10は2010年11月から、K-11~14は2012年11月からとなっている。このうちK-11~14はほとんど変動は観測されなかったため、ここでは、K-1~5とK-6~10の観測結果を示す。

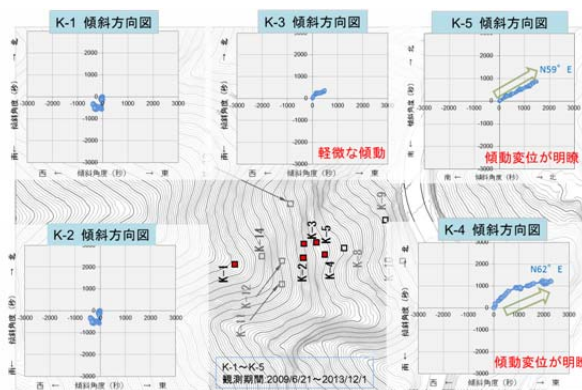


図-12 K1~5計測結果

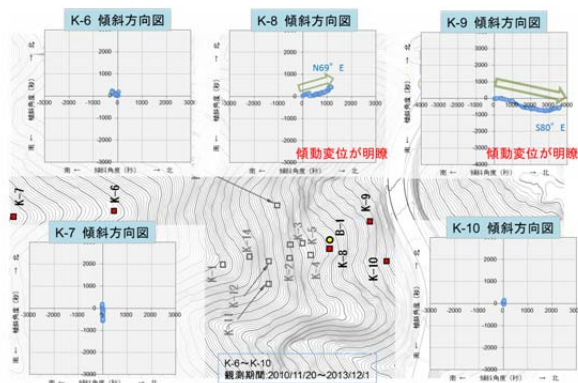


図-13 K6~10計測結果

図-12から、K-3で斜面下方向に軽微な変動がみられ、K-4,5では明瞭な傾動変位が見られた。図-13からは、K-8,9で明瞭な傾動変位が見られた。これらの傾動変位が見られたIT地盤傾斜計のデータと孔内傾斜計のデータを比較したものが図-14になる。これから見ると、孔内傾斜計の変位と、IT地盤傾斜計の変位は、経時的に同様の変動傾向を示しており、おおむね信頼できるデータを取得できたことがわかる。同様に、IT地盤傾斜計と地盤伸縮計のデータを

比較したものが図-15になるが、これもおおむね同様の変動傾向を示している。

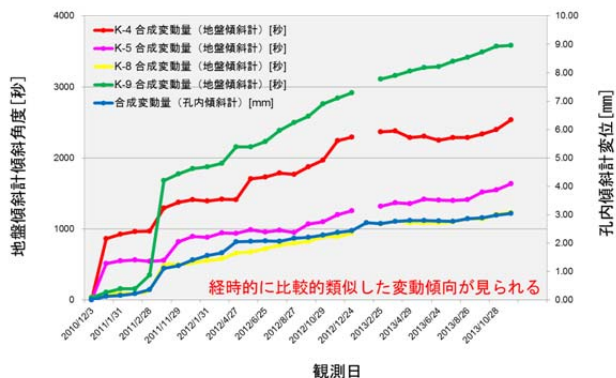


図-14 IT 地盤傾斜計と孔内傾斜計の変位図

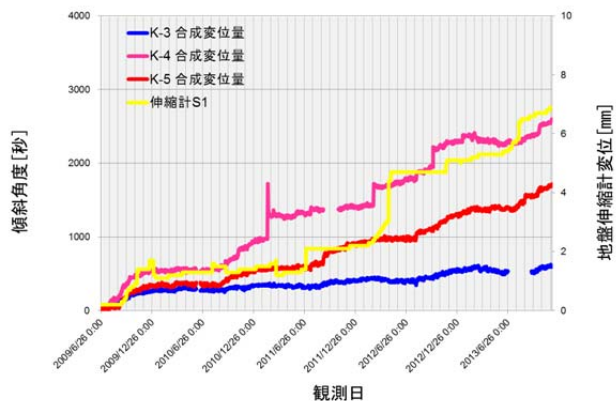


図-15 IT 地盤傾斜計と孔内傾斜計の変位図

また、IT 地盤傾斜計で変動を示している計器を結び、図-16 に示すように、斜面変動範囲も推定できる。

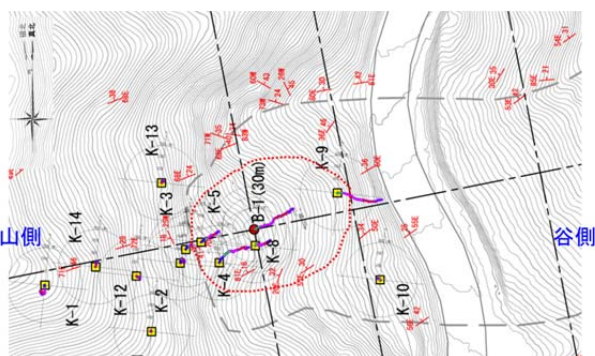


図-16 観測結果から推測される斜面変動範囲

4. まとめ

明瞭な地すべり地形を呈していない斜面であるが、地すべりの可能性のある斜面を抽出するために奈良県吉野郡天川村の高精度 DEM データを用いた。地す

べりの可能性のある斜面の特徴である微地形を判読するには、2 万 5 千分の 1 の地形図では判読できない遷急線、緩斜面、段差などを十分に把握することができることがわかった。また、高精度 DEM データを使用し、地すべり地形判読を行った。明瞭な地すべり地形を呈していないものを初生地すべりとすると、天川村の対象地域において、66 箇所の初生地すべりを抽出することができた。また、地すべりも含めると 138 箇所を抽出することができ、このうち 103 箇所は従来の写真判読等の手法では判読できなかったと考えられる。これは高精度 DEM データを用いる大きなメリットと考えられる。

初生地すべりにおける変動計測では、初生地すべりが想定される斜面において、IT 地盤傾斜計、地盤伸縮計そして孔内傾斜計による観測を行った。IT 地盤傾斜計は斜面内に分散して 14 基を設置したが、そのうち 5 基において傾動変位が見られた。これらの傾動変位がみられた IT 地盤傾斜計のデータと孔内傾斜計、地盤伸縮計とのデータを比較すると同様の経時変化を示しており、おおむね信頼できるデータを取得できたことがわかった。

参考文献

- 1) 藤澤和範・笠井美青：地すべり地における航空レーザー測量データ解析マニュアル(案)，土木研究所資料第 4150 号，2009
- 2) 阿部大志ほか：「IT 傾斜計の現場適用の基礎実験」，第 38 回土木学会関東支部技術研究発表会概要集，2011
- 3) 土木研究所ほか：「厳しい条件下での使用に耐える地すべり観測装置の開発共同研究報告書」，2009

DEVELOPMENT OF VARIATION MEASUREMENT SYSTEM AND RISK ASSESSMENT OF JUVENILE PRIMARY LANDSLIDES

Budget : Grants for operating expenses
General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Erosion and sediment
control research group
(Landslide research team)

Author : YASUO Ishii, KENJI Miwa
TAISHI Abe

Abstract : The slope which has not clear landslide topography features may move. On the other hand, high precision DEM data is collected recent years by aviation laser, it is expected to be utilize to improve accuracy on interpretation of landslide topography. Then, the slope which has not clear landslide topography features is toried to be interpreted by high precision DEM data. In that case, we use the high precision DEM data in Kii Peninsula stricken by the typhoon No. 12 in Heisei 23. As a result, utilizing the high precision DEM data, it turned out that the landslide which has not been grasped in photograph decipherment can be extracted. The next is variation measurement in a juvenile primary landslide. The data of IT ground tilt meter and extensometers, and a borehole inclinometer was compared. As a result, the variation was measured by any measurement apparatus and the tendency was alike. It turned out that the change measurement by IT ground tilt meter can acquire reliable data.

Key words : Juvenile primary landslides ,High precision DEM data,Variation measurement,IT ground tilt meter