

地すべり踏査における地下レーダの適用事例

Applied example of Underground rader
in the Landslide investigation

中村直樹 (株 日本海技術コンサルタンツ)

Naoki NAKAMURA (NIHONKAI TECHNICAL CONSULTANTS CO, LTD.)

キーワード：地すべり，地下レーダ，ブロック設定

Keywords : Landslide, a underground rader, create a block

1. はじめに

近年、地すべり調査における地下レーダの実用化が進められ、その信頼性は分解能力とともに年々高くなってきている。

今回は一つの適用例として、現場での簡便な作業によって反射記録が得られるといった長所を生かし、現地踏査段階において地すべりブロックの設定を行うための一手法として地下レーダ探査を適用した。

2. 地下レーダ探査概要

地下レーダは図1に示すように地表にアンテナを置き、地中に電磁波を送り込んで、地層境界や空洞あるいは地下埋設物などから反射してきた波を検出して地下構造を推定する方法である。現場で簡便に反射記録が得られる反面、電磁波は地中での減衰が激しいため、地盤にもよるが、通常は探査できる深度は2～3mで、良くても5m程度である（特に日本の地盤は亀裂などが多く、電磁波が透過しにくいなどの理由が挙げられる。）。

通常用いる電磁波は数十MHzから数GHz程度の高周波数であるため、分解能が高いことが特徴である。ただし、地盤内の透過距離が短いのが欠点といえる（高分解能を維持したまま透過距離を長くする方法として、ステ

ップ周波数レーダ、チャープレーダ、符号化レーダといった方法が試みられている。）。

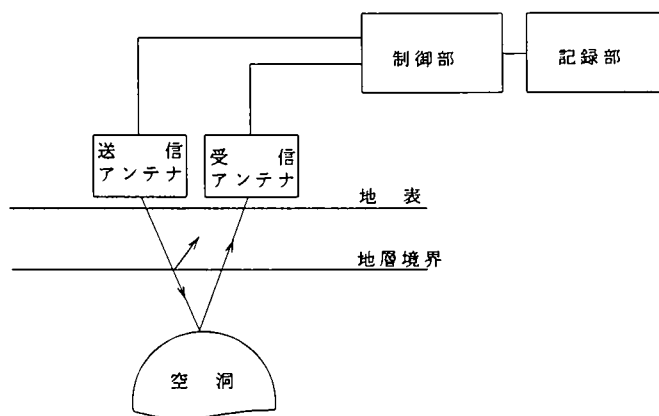


図1 地下レーダ探査方法の概念図

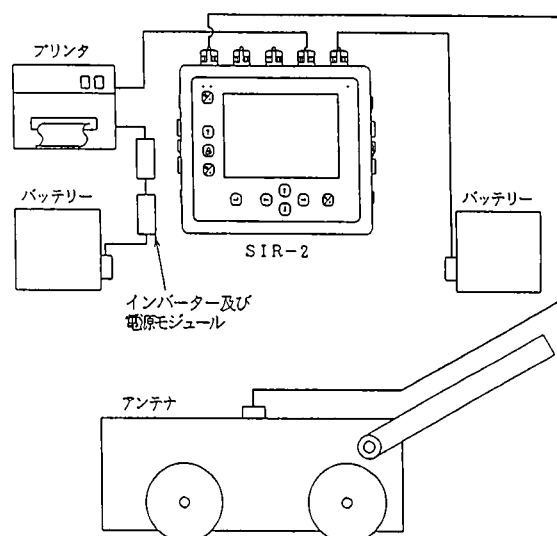


図2 探査装置結線図

3. 調査結果

今回は島根県隠岐地区の地すべり防止区域、S地区を調査対象地とした。

当防止区域は基盤として第三紀鮮新世に活動した玄武岩が主であり、頭部部分にわずかにアルカリ流紋岩が分布している。この中で地すべり地形の一般的形状である馬蹄形を呈しており、地すべり移動層となる崩積土及び風化土層はかなり厚いものと推定され、地すべり運動による地表での変状も道路や水路など各所にみられている。

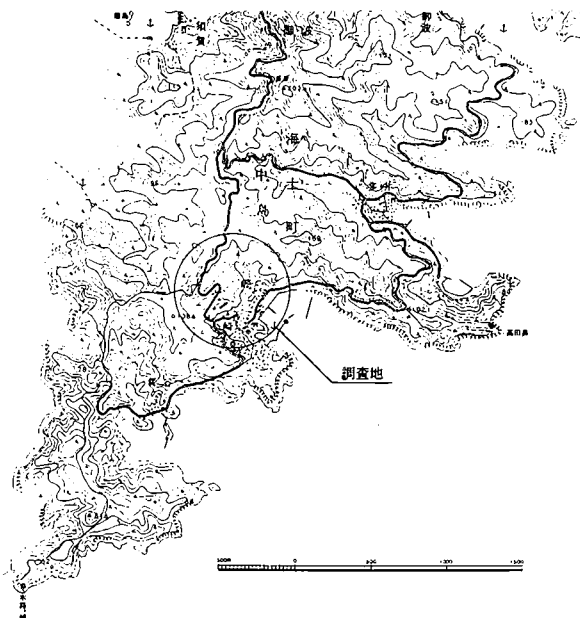


図3 調査地周辺地形図

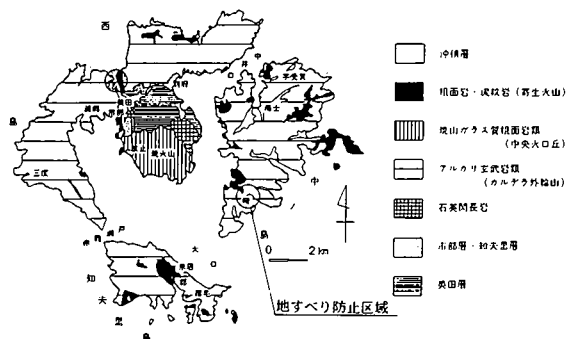


図4 地質図

このような状況下で、地すべり頭部あるいはサイド付近において地下レーダ探査を行い、そのすべり面形状や規模を推定しようと試みた。

何カ所か地下レーダを行った結果、特に明瞭な反射面（すべり面）を示した映像を図5及び6に紹介する。

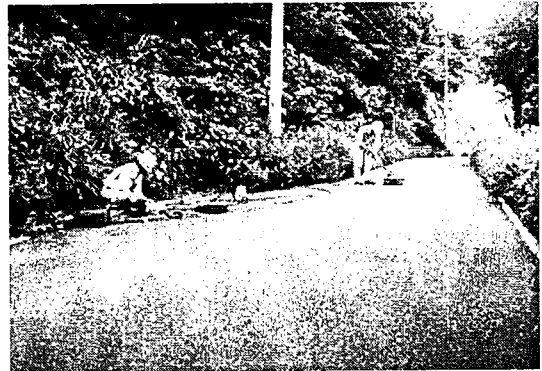


写真1 地下レーダ実施状況

○R-1（地すべり頭部付近）

地すべり頭部とみられる路面上に生じたクラック上で地下レーダを実施した。

周辺の映像に比べて波の反射の強い（白色で表示される）面は、クラックから高角度で2m程落ち込んだ後、15~20°程度の傾斜で進んでいる。

○R-2（地すべり右サイド）

地形及び被害状況から、地すべり右サイドと思われる付近の路面上で地下レーダを実施した。

反射面は地表より地下2~3m付近でみられ、地すべり中央に向かって10~15°程度の傾斜で進んでいる。

これらの結果と、地形及び地表での変状から解釈した結果、図7に示したように馬蹄形を呈する大規模地すべりブロック内に、最大地すべり層厚5~6m程度の浅層すべりを想定した。

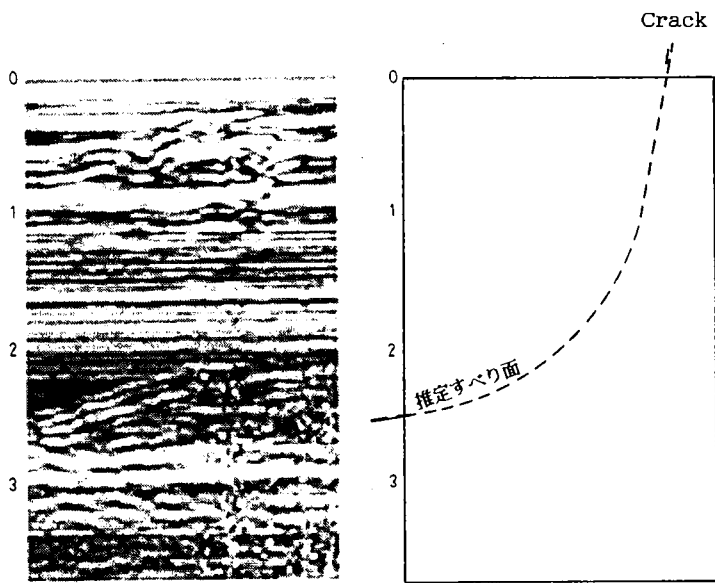


図5 R-1 (地すべり頭部)

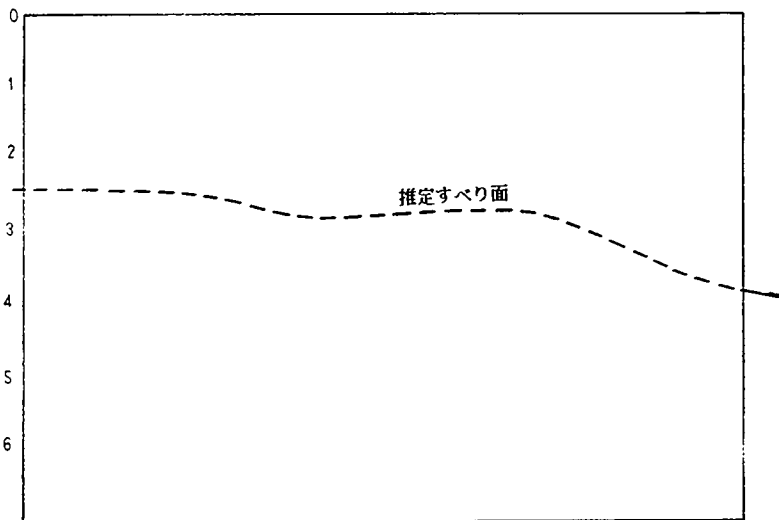


図6 R-2
(地すべり右サイド)

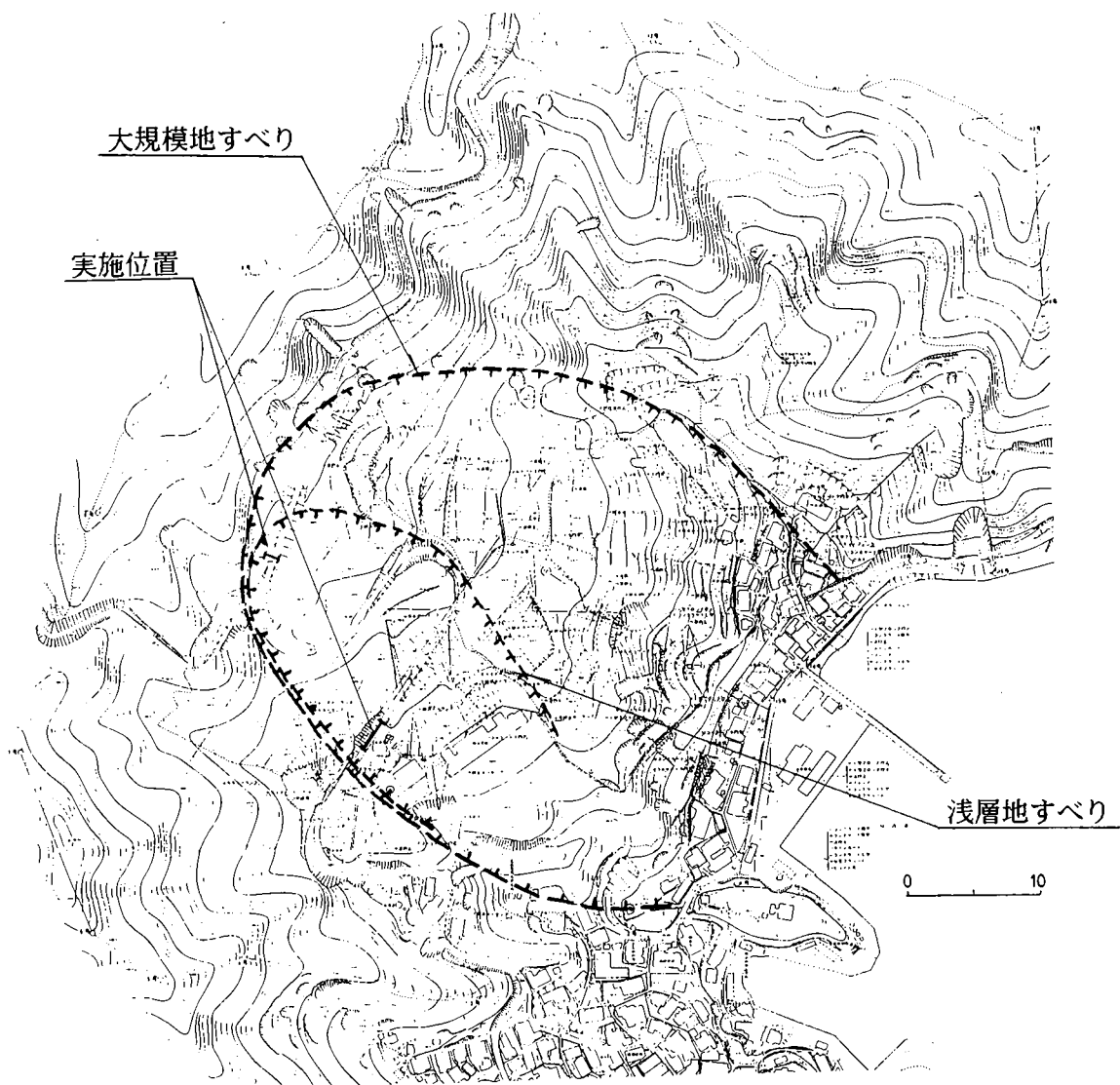


図7 調査地平面図

4. まとめ

以上にまとめたように、現地地表踏査において地下レーダ探査を適用することにより、移動層厚5～6m程度の浅層地すべりブロックを設定することができた。

今回は地すべり調査における地下レーダ探査適用の一事例を紹介したが、今後も様々な方向で本探査を使用し、その利用価値を深めていきたい。

～参考文献～

- 日本応用地質学会：応用地質計測 一手法と解釈・評価一

－以上－

島根半島における地形・地質と地すべり滑動形態

Landscape, Geology and Type of Landslides in Shimane Peninsula

原 佳代 (株式会社 日本海技術コンサルタンツ)

Kayo HARA (NIHONKAI TECHNICAL CONSULTANTS CO, LTD.)

キーワード: 島根半島、パイプ歪計、孔内傾斜計、GPS

KEYWORDS: Shimane peninsula, Strain gauge, Tilting gauge, Global Positioning System

はじめに

島根半島は従来より地すべり防止区域が多数集中している。半島北側の斜面は砂岩・シルト岩を主体とする急斜面であるのに対し、半島南側の宍道湖に面する斜面では泥岩を主体とする比較的緩傾斜面を形成している。島根半島には広く新第三系が分布するがその中には多数の貫入岩脈がみられ変質、破碎が著しい。また宍道断層および宍道褶曲帯に属する向斜・背斜構造が密集し地下水運動が活発であると予測されるため非常に滑動しやすい状況になっていると予測される。

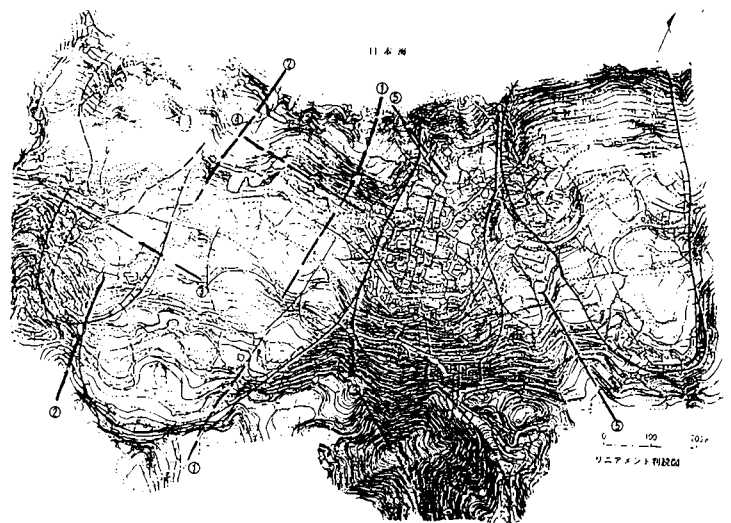
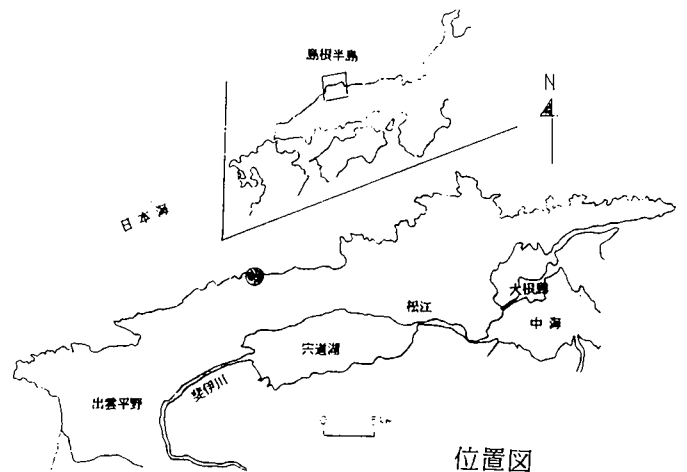
近年、半島南側斜面は沢型地すべり地形をなし、粘性土主体の比較的浅層な地すべりの降雨による滑動が活発であり、過去から対策がなされてきた。一方、日本海に面する半島北側斜面については角形地すべり地形がみられ大規模な風化岩盤すべりが予測されていたが、現在の活動状況についてははっきりしていなかった。

今回、半島北側の日本海側斜面において地形・地質分布及び地すべり移動状況を調査した結果、大規模な地すべりブロックが想定された事例について紹介する。

地形

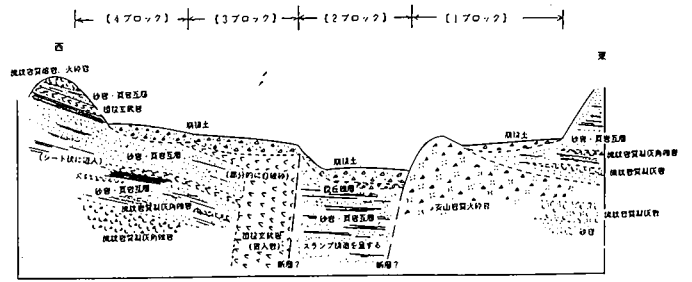
リニアメント判読によれば角形地すべり地形を読みとることができるがこれは岩盤・風化岩すべりを特徴づける地形である。また地区内は4ブロックに分けられ、ブロック内にはリニアメントが明瞭に認められるが、これらは

ブロック外のリニアメントとの復元性を持つ。このことはすべりが大規模であるために斜面中間部における歪みが少なく元の地質分布を残しているためであると考えられる。

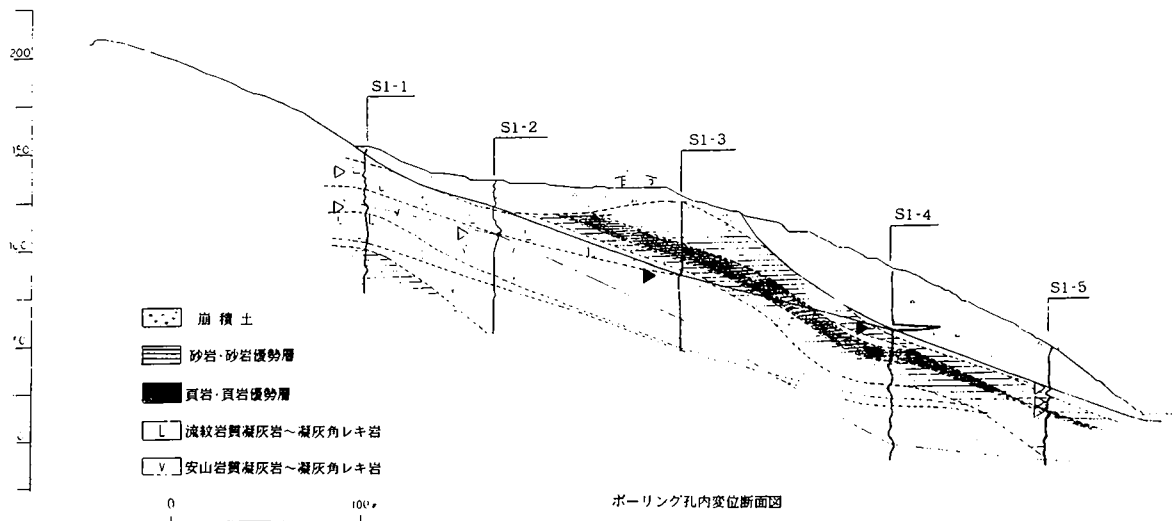


地質

調査地区周辺は造構運動の影響を受け走向傾斜が著しく変化する複雑な地質分布となる。今回紹介する1ブロックは4ブロック中最東側ブロックである。新第三系安山岩質火砕岩または砂岩を基盤として上位に流紋岩質凝灰岩、砂泥互層が重なり最上部を崩積土が覆っている。



東西方向の模式地質断面



地すべり滑動状況

・GPSによる地表面変位量測定

地すべり移動状況を把握する方法としてはパイプ歪計、孔内傾斜計、孔内伸縮計、地盤傾斜計等が一般的であるが、近年はそれらに加えGPSによる地表移動量計測が実用化されている。今回パイプ歪計、孔内傾斜計に加えGPSによる移動状況調査を試みた。GPS基準点設置での水平方向の観測誤差が±6mmであったため、これ以上の変動値のもの、もしくは誤差範囲内の変動量であるが移動方向が明瞭に認められるものについて示す。GPS測位は各BP付近で1回/月を半年間実施した。

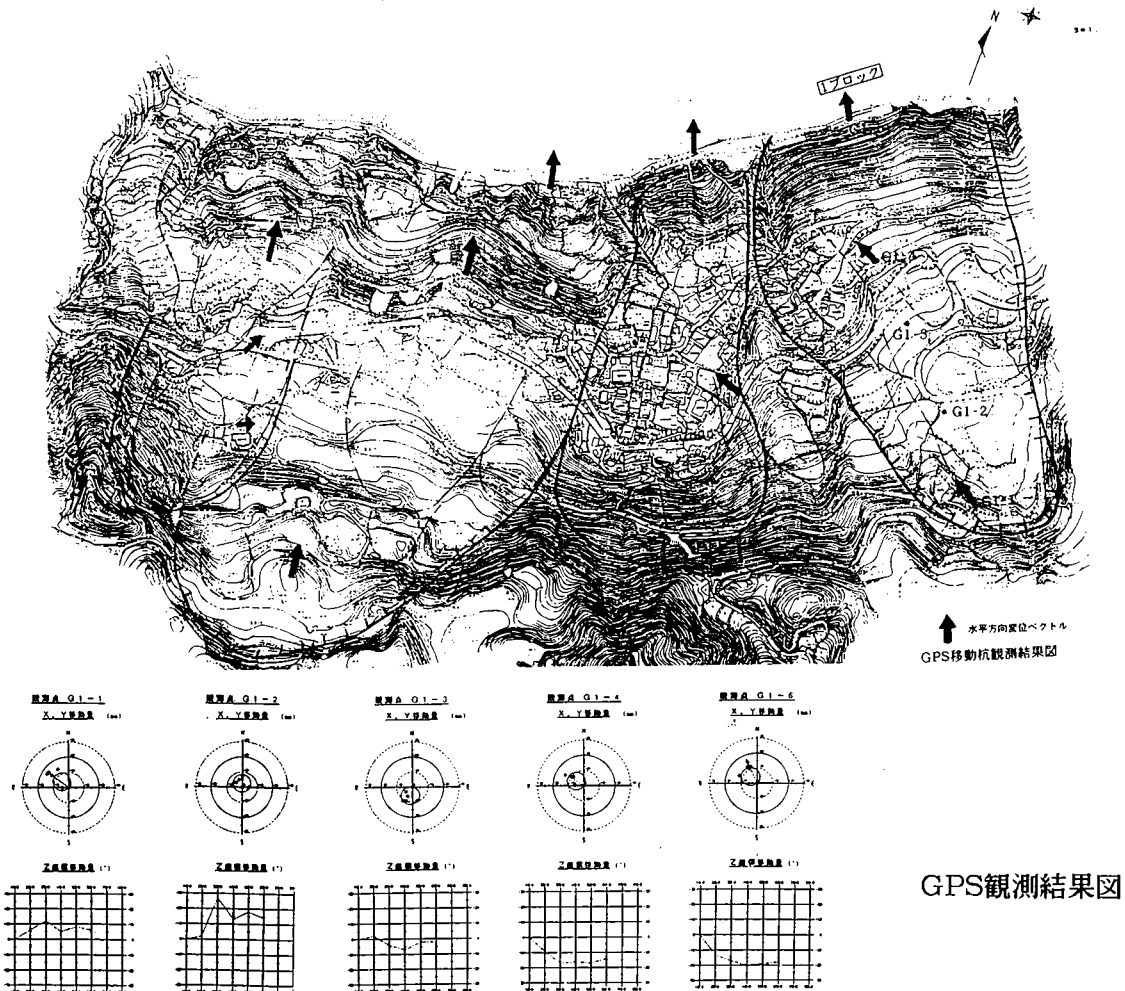
XY座標移動量(mm)によりあらわされる水平変位は主にすべり末端部での崩壊方向を示している。

またZ座標はXY座標と比較すると若干誤差が生ずるが鉛直方向における変位を示す。

鉛直変位は山側で隆起、海岸沿いで沈下傾向にあり中央部ではわずかな移動量にとどまる。海岸沿いの沈下変位は地すべり末端部に分布する崩積土の移動によるものと考えられる。

1ブロックにおいて、ブロックはおおむね北西方向に移動しているが、GPS測位では頭部における水平変位は北東方向を示し、中間部での動きはほぼない点を見ると、1ブロック頭部～中部にかけては地表面に変位が及ばない深いすべり面をとらえている可能性も考えられる。

また、変位と降雨量について、変位量が大きい時期と降雨量の多い時期はほぼ一致している。



・パイプ歪計及び孔内傾斜計による孔内変位量測定

すべり面位置推定にパイプ歪計、孔内傾斜計を用いた。S1-1、S1-2、S1-4 S1-5はパイプ歪計、S1-3は孔内傾斜計により計測を行った。結果、パイプ歪計によってS1-4(GL-32.0m)で準確定変動を確認され、継続的にも累積傾向にあり特に変位が顕著であった。今回潜在変動またはそれ以下であったが他のボーリング孔S1-1(GL-30m付近)、S1-2(GL-30m)S1-5(GL-36m、60m)で累積傾向にある変位が認められる。

また、孔内傾斜計のデータはS1-3(GL-40～41.5m)で4.4mm/月のたわみが認められ準確定変動を確認した。

以上のことから、1ブロックについてはすべり面として孔内変位の深度及び地すべり粘土の連続性を持つ分布を考慮すれば、上部の岩盤すべりブロックと、下部の崩積土すべりブロックが一連となり活動するブロックをほぼ確定できるが、深部における変動について今後の結果次第ではさらなる深層すべりの可能性も考慮して検討する必要がある。

まとめ

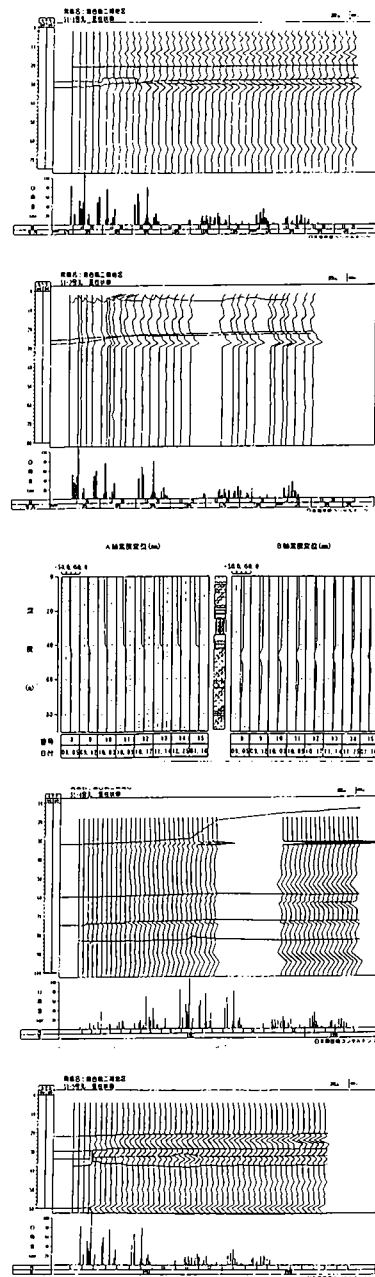
島根半島の比較的急峻な北側斜面における地すべり地について地形判読及び地すべり移動状況計測を試みた。

地形判読による角形地すべり地形の存在及びリニアメントの還元性を考えると、粘性土主体の半島南側斜面における地すべりとは異なり、半島北側斜面において大規模な岩盤・風化岩すべりの存在を想定した。

その地すべり移動状況をGPS、パイプ歪計孔内傾斜計により計測を行った。GPS測位による地表面での変位方向は、水平方向は地すべり末端部では地すべりブロックの測線方向と一致するものの、頭部で変位方向のずれがあり、中部では変位がほとんど認められない。

また孔内計測結果によりすべり面を推定すると、一連の変位深度及び地すべり粘土分布域より確定できるすべり面より深部でも累積傾向にある変位が認められ、大規模地すべりの兆候を示している可能性が考えられる。

今後も観測を継続し大規模地すべりという点から詳細に検討を重ねる必要があると考える。



参考文献)平成7, 8年度地合第二期地区地すべり対策事業地質調査及び機構解析業務報告書