

資料-3:移動特性の検討

3. GPS 及び干渉 SAR による移動状況

4. 観測機器による移動状況

令和2年 1月21日 近畿中国森林管理局

3. GPS 及び干渉 SAR による移動状況

平成 25 年から平成 26 年に実施した GPS 観測及び平成 27 年から平成 29 年に人工衛星 ALOS-2 で 計測された合成開口レーダーを使用した干渉 SAR 解析結果による地すべり地周辺の地表面の変動状 況を確認した。

(1) GPS 観測結果(H25~H26)



-1-



GPS-3 測定状況(H25)



GPS-4 測定状況(H25)

平成 25 年 3 月 5 日、11 月 22 日、平成 26 年 11 月 7 日に測定。平成 25 年 3月5日と11月22日の変化を緑色矢印で、平成25年11月22日から平成

・孔内傾斜計観測結果による AO ブロック下面(Ls2 下面)の変位方向は東 北東であることから、地表面で観測される変位は、A-1 ブロックや地すべ り活動に伴う表層部の変形の影響も受けていると判断される。

・平成 26 年(約1年)の変位は、GPS-1 が最も大きく 117 mm、次いで GPS-2

・平成 26 年日換算変位速度は 0.15~0.3 mm/day であり、現在の変位とほぼ

・地すべり地内の地表面の移動方向を確認するの GPS 観測が可能な箇所を△

(2) 干涉 SAR 解析

平成27年から平成29年に人工衛星ALOS-2で計測された合成開口レーダーを使用した干渉 SAR 解析結果による地すべり地周辺の地表面の変動状況を確認した。干渉 SAR 解析は、人工 衛星 ALOS-2 に搭載された合成開口レーダー (PALSAR-2)の2時期の位相差を用いて地表面の標 高(高さ)や微小な変位を観測する技術である。干渉 SAR による変位計測の概念図と原理を 図 3.2 に示す。



(http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/mechanism/mechanism03.html)

解析は、北行軌道と南行軌道の各4シーン、6ペアので行った。干渉 SAR 画像には衛星軌 道の誤差や電離層、水蒸気等に起因するノイズ成分が含まれるため、誤差除去のフィルタリ ング処理を行っている。解析により顕著な変動が捉えられた平成26年9月15日と平成27 年6月22日の北行軌跡と南行軌跡により変動縞を検出した結果を図3.4に、北行軌跡の解析 結果を図 3.3 に示す。北行軌道と南行軌道で検出範囲が違っているのは、斜面の方位角と傾 斜角によって、軌道ごとに検出感度が異なるためであると考えられる。一般に当該箇所のよ うにほぼ東向きの斜面変動の場合は、北行軌道(右側観測)の方が検出感度が高いとされて いる。

図 3.3 の変動縞検出の範囲は、地表地質踏査とボーリング調査により設定した地すべりの 範囲に概ね一致する。図 3.4 の ab 間では衛星から遠ざかる色階変化を示す。さらに、df 間 のうち、de 間は干渉性が悪く色階変化を読み取ることができないが、ef 間の色階変化は f よりも e の範囲の方が変動量が大きいことを示している可能性がある。



・干渉 SAR 解析により、地すべりブロック全体の地表変動の傾向を捉えることができる。

・北行軌道の解析結果より、A ブロックの頭部の変形(沈下)が地すべり中腹部や末端部よりも顕著であ ることが読み取れる(GPS 観測結果とも調和的)。

- ・崩壊が頻発している地すべり末端部(A-1-1、A-1-2)及び南東側側方崖は変動が検出されていない。
- ・地すべり末端部は圧縮領域となるため、上部の変動によるひずみが蓄積されている可能性も高く、 今後も局所的に崩壊が発生する懸念が残る。



図 3.3 変動縞検出結果(H26.9.15-H27.6.22)



図 3.4 北行軌跡解析結果(H26.9.15-H27.6.22)

4. 観測機器による移動状況

る。次ページ以降に地表での観測機器(地表面伸縮計、地盤傾斜計)、地下水位、降雨の観測結果から地すべりブロックの活動状況を示す。







<u>月</u> 年

2

3 4 5

流

BV=C4

7

2018

6

8 9 10 11 12

ボーリング暗きょ

1 2 3 4

5



📙 黄色い棒グラフは、月あたりの変位量を示す

図 4-2 地表面伸縮計観測結果図



中央開発株式会社 H. P. より引用

https://www.ckcnet.co.jp/technology/observation/kantarou/

図 4-3 地盤傾斜計観測結果(1)



管理基準値の推奨値

以上の考え方を整理し、現在弊社では下表の管理基準値を設定し推奨しています。

警戒レベル	倾斜角速度	崩壊または再安定化まで の残余時間	対応	備考
警戒レベル3	1.0°/1時間	最短36分	即避難	いずれのレベルも瞬間的
警戒レベル2	0.1%1時間	最短1時間	避難準備	な速度ではなく、明瞭な 累積が確認された場合に
警戒レベル1	0.05%/5時間	最短5時間	注意警戒	限る

中央開発株式会社 H. P. より引用

https://www.ckcnet.co.jp/technology/observation/kantarou/

図 4-4 地盤傾斜計観測結果(2)

(3) 地下水位観測結果



図 4-5 地下水位観測結果図(1)



-8-

図 4-6 地下水位観測結果図(2)

4.2 すべり面と地下水位

A 測線のすべり面と地下水位の関係を図 4-2 に示す。

水位観測でとらえられている水位(青線)は、斜面上方では、基盤中に認められるが、斜面下方ではすべり面よりも浅い位置に観測される。 なお、BV-7の水位観測孔は、他孔に比べて、浅い深度に水位が観測され、前後の水位観測孔との連続性は不明瞭である。但し、となりあう C測線の集水井においても浅い深度(GL-16.5m付近)からの湧水が認められているため、水位が多段に形成されている可能性が示唆される。



図 4-7 すべり面と地下水位(A 測線)

C測線

C測線では、ボーリング掘進中の水位(水色線)が、Ls1内と基盤内の2深度で確認される。 観測水位は、観測孔の孔底付近に位置している。



N	0. 26	NC). 27	N). 28
0	20	. 00	20	. 00	
520.	00	540.	00	560.	00
10.	65	17.	69	3.	75
309.	66	327.	35	331.	10
25%	8	8. 45%	1	8. 75%	
山友	- 木 (杂	≝本 f)			

図 4-8 すべり面と地下水位(C 測線)

4.3 伸縮計の変位状況と地下水位、降雨の関係

降雨に伴う変位の増加が認められる地表面伸縮計 S-1, S-3, S-4 と地下水位観測データ が豊富なA測線の地下水位観測孔において、変位、地下水位、降雨の関係性を整理した。 ■伸縮計(S-1)、降雨と地下水位の関係

ブロック頭部に設置している S-1 伸縮計の変動は、降雨による孔内水の上昇に伴って、増加 する傾向がある。



黄色線はS-1のみの変位、橙線はS-1, S-3, S-4で共通した変位を示す。

	記事
L	水位がGL-110mを超えた際に伸縮 計が変動する。
1	水位がGL-34mを超えた際に伸縮 計が変動する。
>	伸縮計の変動後に水位上昇が認 められる。
	伸縮計の変動後に水位上昇が認 められる。
	急激な水位上昇時に伸縮計が変 動する。
)	水位がGL-33mを超えた際に伸縮 計が変動するが、変位収束後も GL-33mを超える場合がある。
3	水位がGL-25mを超えた際に伸縮 計が変動する。
	水抜きボーリング施工前は連続 雨量93mmを超えた場合に伸縮計 →の変位が増加する傾向があった
	水抜きボーリング施工後は、連続 雨量100mmまで上昇している。 令和元年10月以降は、157mmの降 雨でも著しい変位の増加はない。

図 4-9 伸縮計と地下水位変動状況(S-1)



	記事
	水位がGL-110mを超えた際に伸縮 計が変動する。
	 水位がGL-34mを超えた際に伸縮
	計が変動する。
	伸縮計の変動後に水位上昇が認
	められる。
	伸縮計の変動後に水位上昇が認 められる
	GL-45mを超えた場合と伸縮計の ・活動時期がほぼ一致する。
	水位がGL-33mを超えた際に伸縮
	計が変動するが、変位収束後も GL-33mを超える場合がある
	水位がGL-25mを超えた際に伸縮
	āl バ変則 9 る。
	水抜きボーリング施工前は連続 雨量91mmを超えた場合に曲縮計
1	の変位が増加する傾向があった。
	水抜きボーリング施工後は、連続 雨量100mmまで上昇している。
	令和元年10月以降は、157mmの降
1	雨でも著しい変位の増加はない。

図 4-10 伸縮計と地下水位変動状況 (S-3, S-4)



観測実績 2019年 8月 9月 10月 11月 12月 1月 2月 3月 4月 5月 6月 7月 8月 9月 10月 11月 12月 ※6/7 15.5m観測不能 ※6/7 15 5m観測不能 (10/16)※9/19 13.5m観測不能 ※9/19 13.5m観測不能 図 4-11 観測機器の移動方向



図 4-12 GPS と伸縮計の移動量の比較

令和元年8月15日の台風10号における地すべりの挙動から、ブロックの活動状況を整理した。 観測機器の配置は、A ブロック頭部に S-1 が、末端の A-1-1 ブロックに S-2~S-7 の伸縮計を設置している。 ・台風 10 号では、A ブロック全体(S-1)が活発化したあとに、A-1-1 ブロックが活発化している。

・変位の収束は、A ブロック、A-1-1 ブロックともにほぼ同時である。

・各ブロックの活動における関連性を把握するためには、現状では観測機器が不足している。このため、 A-0, A-1, A-1-2, D ブロックを対象とした地表面伸縮計の追加設置が必要と考える。



4.4 観測機器の追加設置

