

ALOS-2/PALSAR-2データのInSAR解析による 地すべり変動の検出

Detection of Landslide Displacement from
SAR Interferometry of ALOS-2/PALSAR-2 data

鬼頭 雄也 (金沢大学)

KITOH Yuya (Kanazawa University)

Introduction

地すべりを含めた斜面変動の形態は多様で、その移動特性を時空間的に把握することは変動機構の解明や斜面のリスク評価を行う上で重要。

一般的に実施されるモニタリング手法

- ・地表計器の計測
- ・ボーリング孔を利用した計器
- ・GPS測量 等

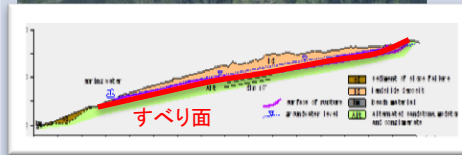
→ あくまでポイントでの計測、平面範囲は地形要素等から推定。

SARの解析により面的な移動特性の検出を試み、変動機構の解明や季節変動(降雨や地下水位の関係)について考察したい。

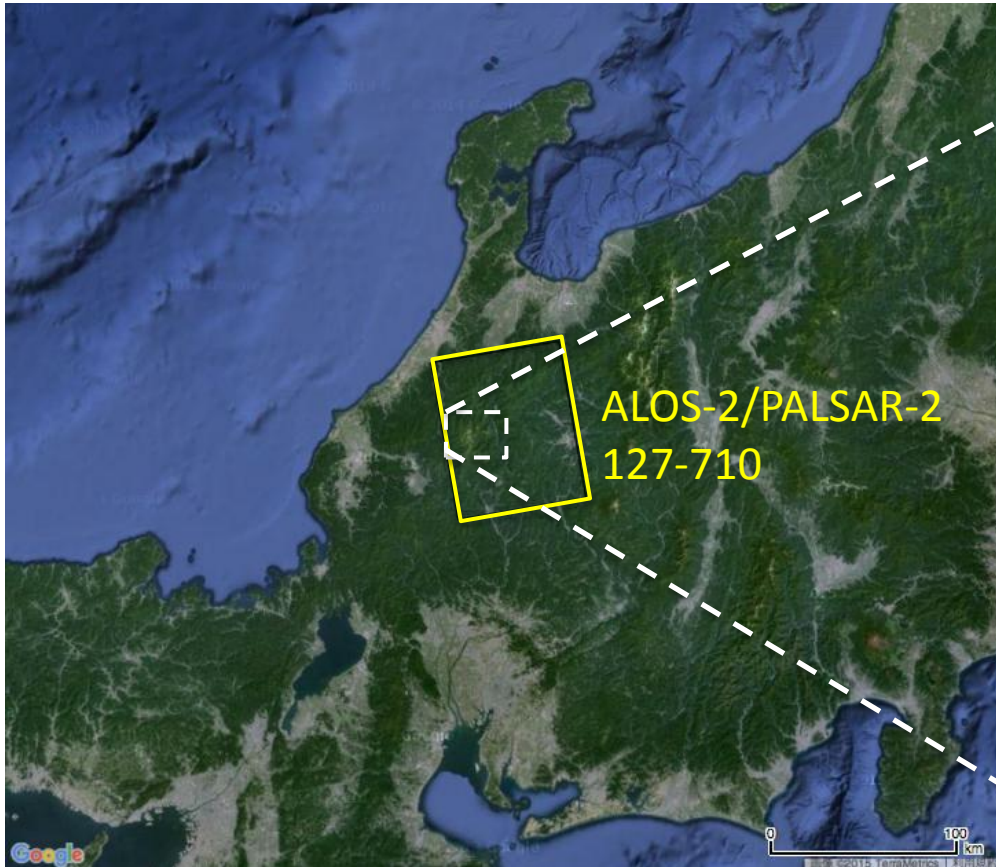
異なるタイプの斜面変動を対象に解析を行い、その有用性を確認したい。

Landslide types

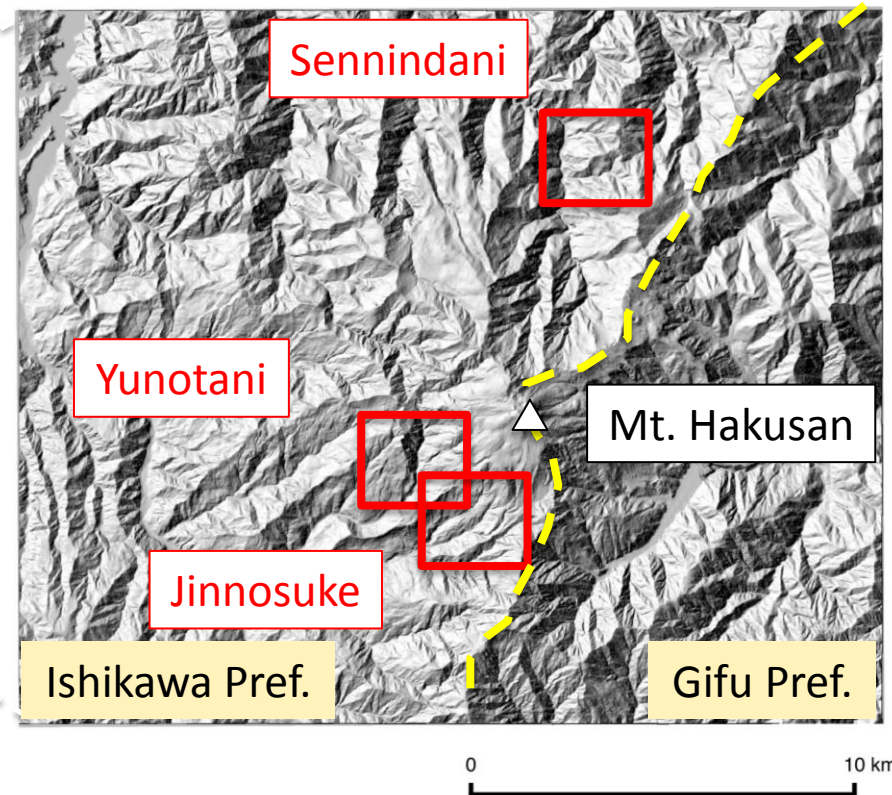
Landslide	Sennindani (仙人谷)	Jinnosukedani, Yunotani (甚之助谷、湯の谷)	Tarumi (樽見)
Type of Landslide	Debris Avalanche (崩壊)	Translational Landslide (直線すべり)	Translational Landslide (直線すべり)
Movement type	Mainly vertical	Mainly along slope	Mainly along slope
Slope angle	>30°	20～30°	5～15°
Velocity	rapid	10～15cm/year	50～80cm/year



Study area1



Google Satellite



InSAR analysis

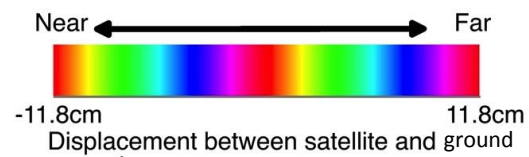
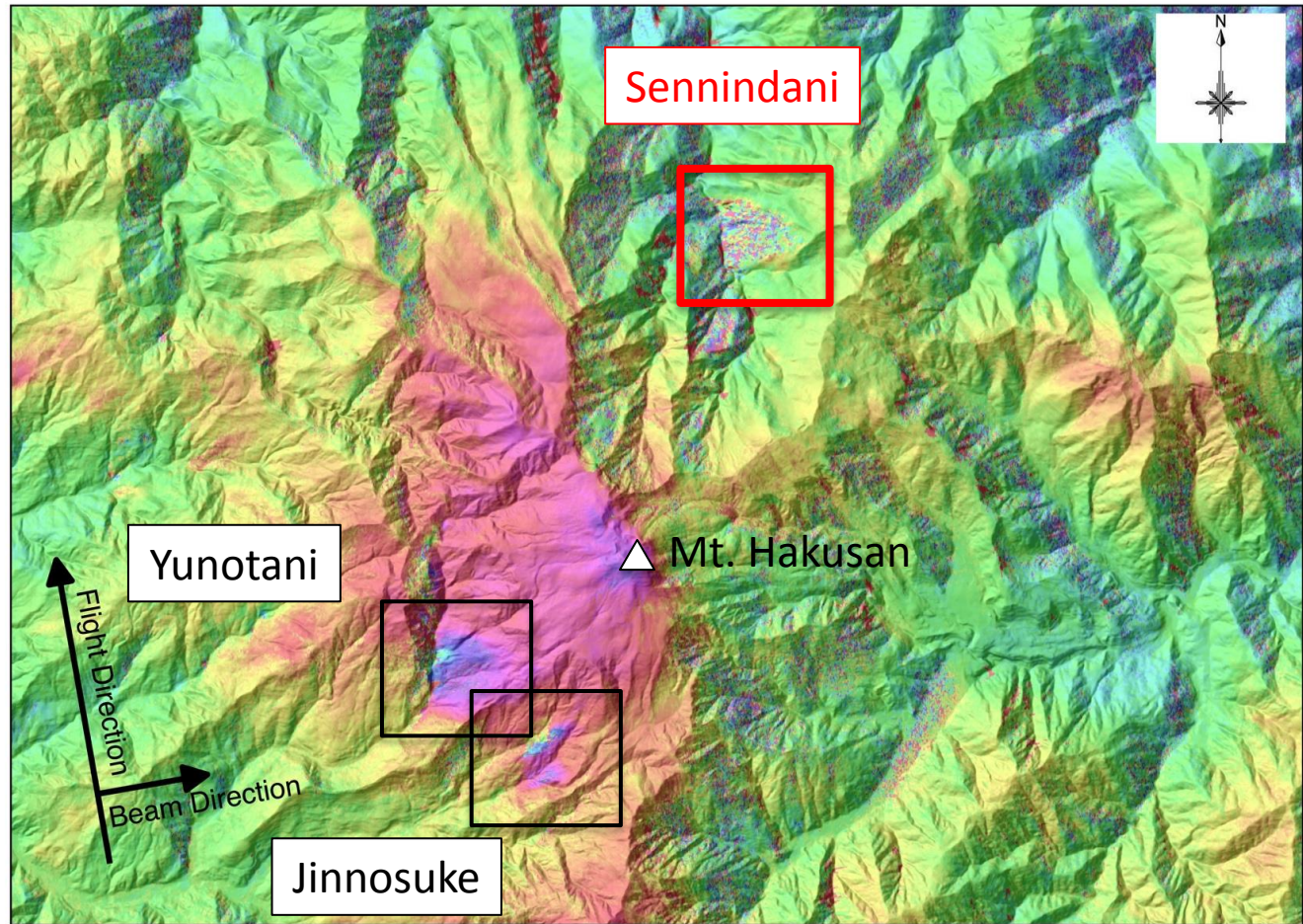
- ALOS-2/PALSAR-2 images acquired from October 2014 to July 2015.
- Wavelength 23.6cm, Ascending orbit, Right looking.
- Path:127, Frame:710.
- InSAR analysis use RINC software.
- 10m DEM (GSI).

Table . List of SAR images used in InSAR analysis and perpendicular baselines.

Master Observation Date	Slave Observation Date	Perpendicular Baseline(m)
2014/10/8	2015/7/15	215

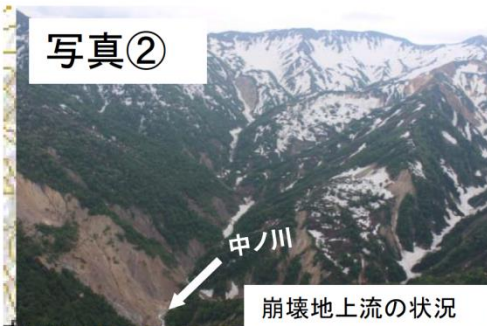
InSAR Image

ALOS-2/PALSAR-2 20141008-20150715



手取川上流 仙人谷の崩壊について

写真②



写真④



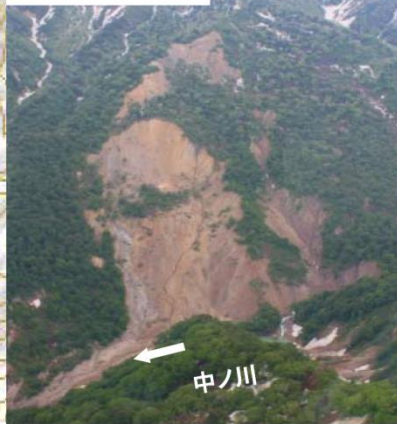
今年5月初旬から手取川
において、著しい濁り



調査の結果、手取川上流
の仙人谷において、斜面
崩壊を確認。濁り水の発
生原因となっていた。

写真①

崩壊地全景



・当該崩壊地周辺は、奥地に位置し、地形は急峻で、火山性の岩石で覆われており、地質的に脆い特徴が見られた

(林野庁.プレスリリースより)



手取川河口部

(国交省.プレスリリースより)



手取川鶴来地区

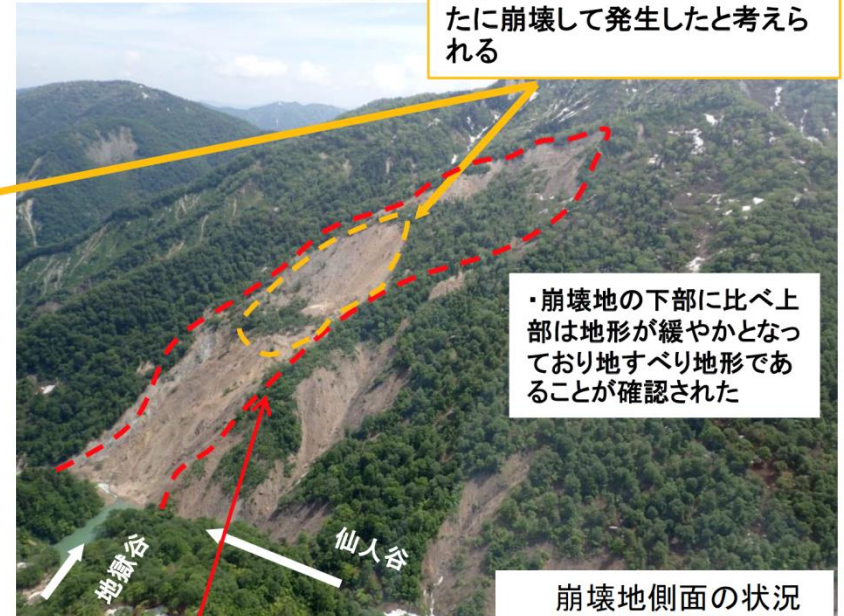
崩壊地の状況

写真⑤



崩壊地正面の状況

写真⑥



新規崩壊箇所

・地すべりブロックの一部が新たに崩壊して発生したと考えられる

・崩壊地の下部に比べ上部は地形が緩やかになっており地すべり地形であることが確認された

崩壊地側面の状況

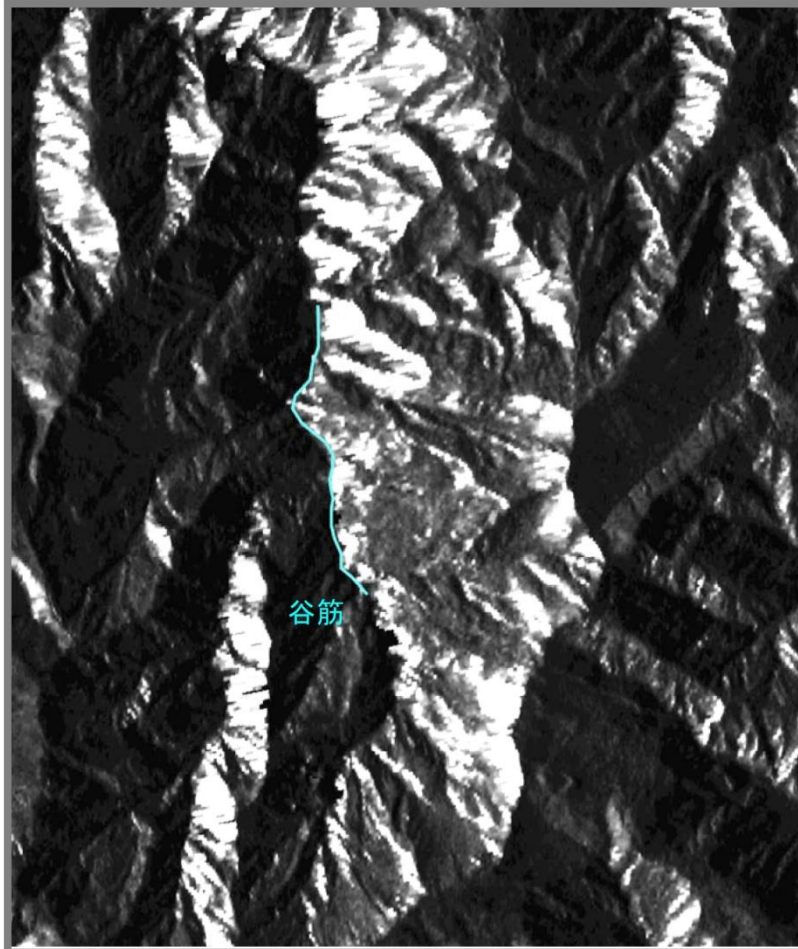
地すべりブロックの一部が崩壊して発生したと考えられる現在の崩壊地



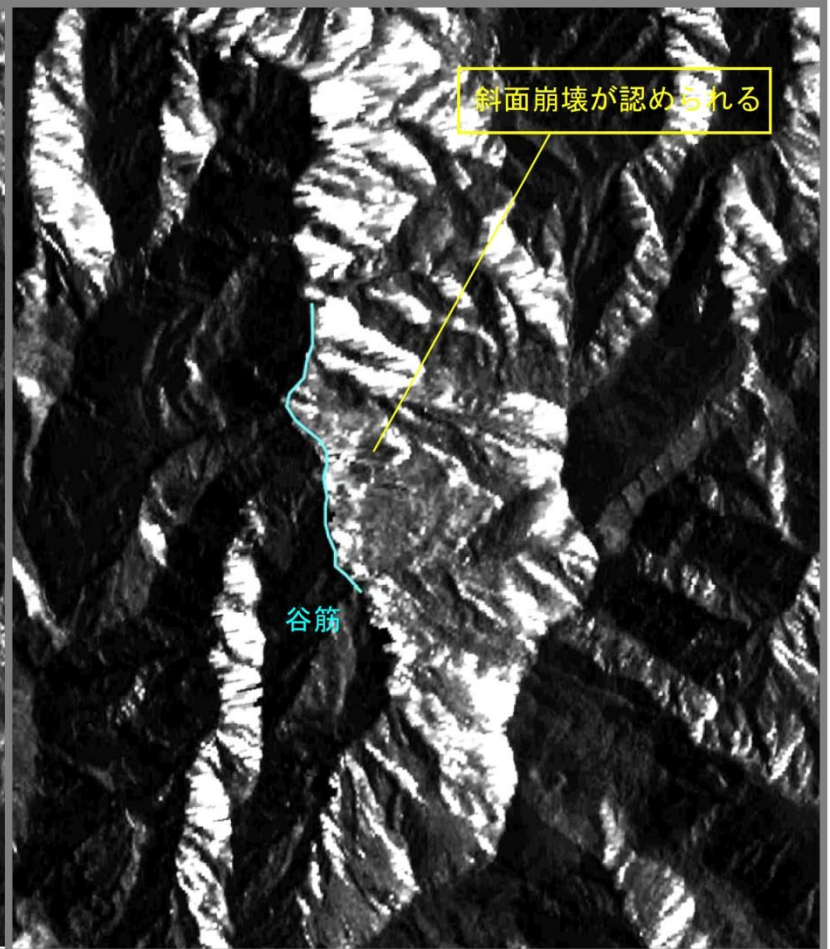
(林野庁.プレスリリースより)

SLC Images (1)

ALOS-2/PALSAR-2 20141008



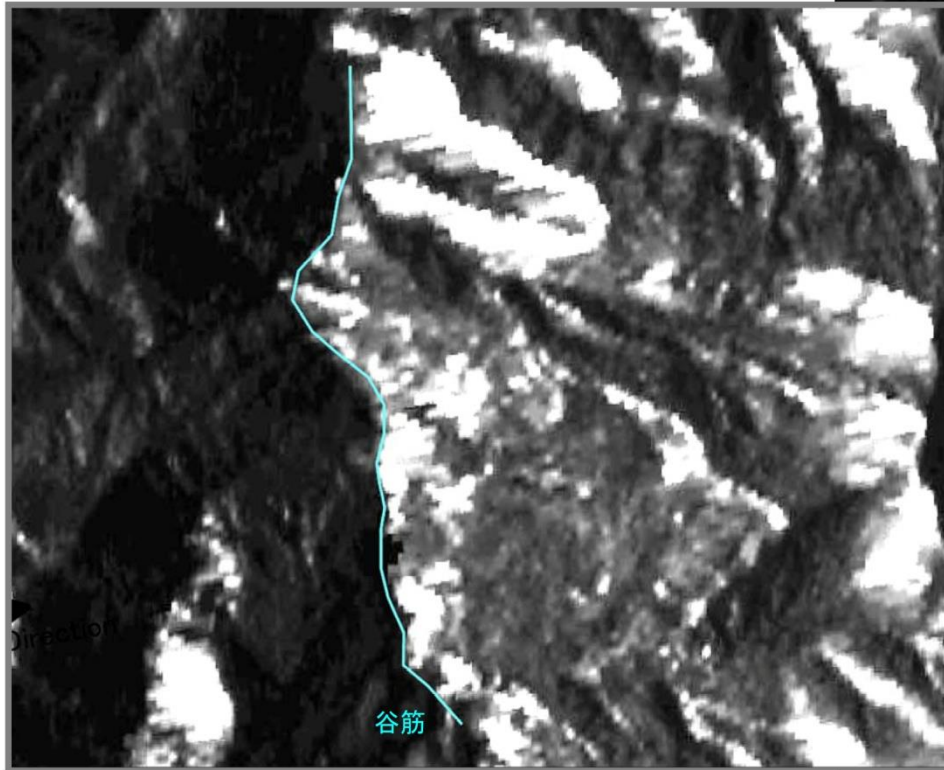
ALOS-2/PALSAR-2 20150715



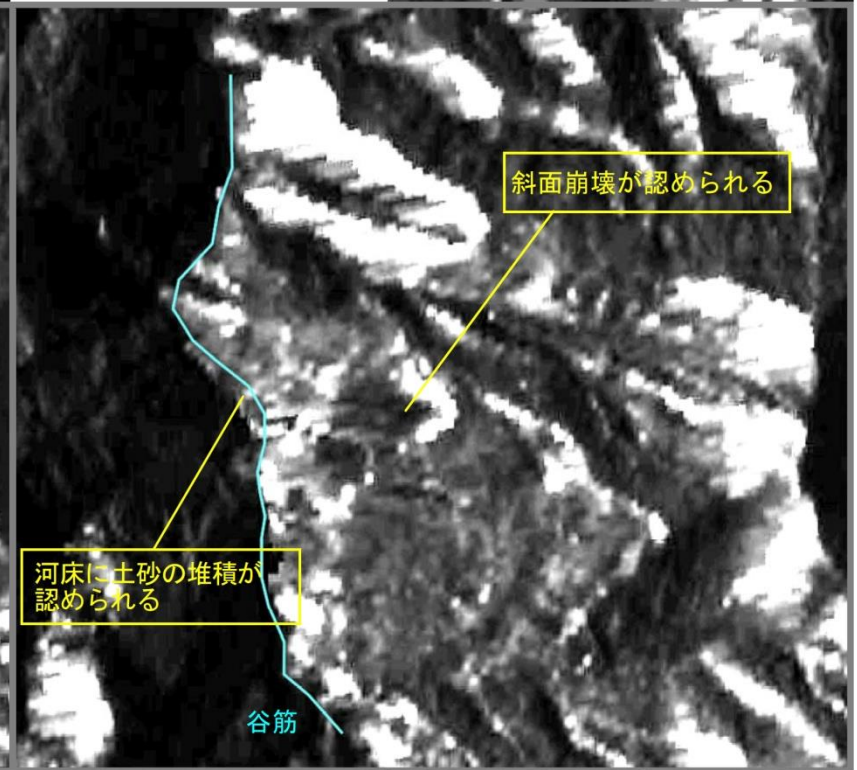
0 1 km

SLC Images (2)

ALOS-2/PALSAR-2 20141008



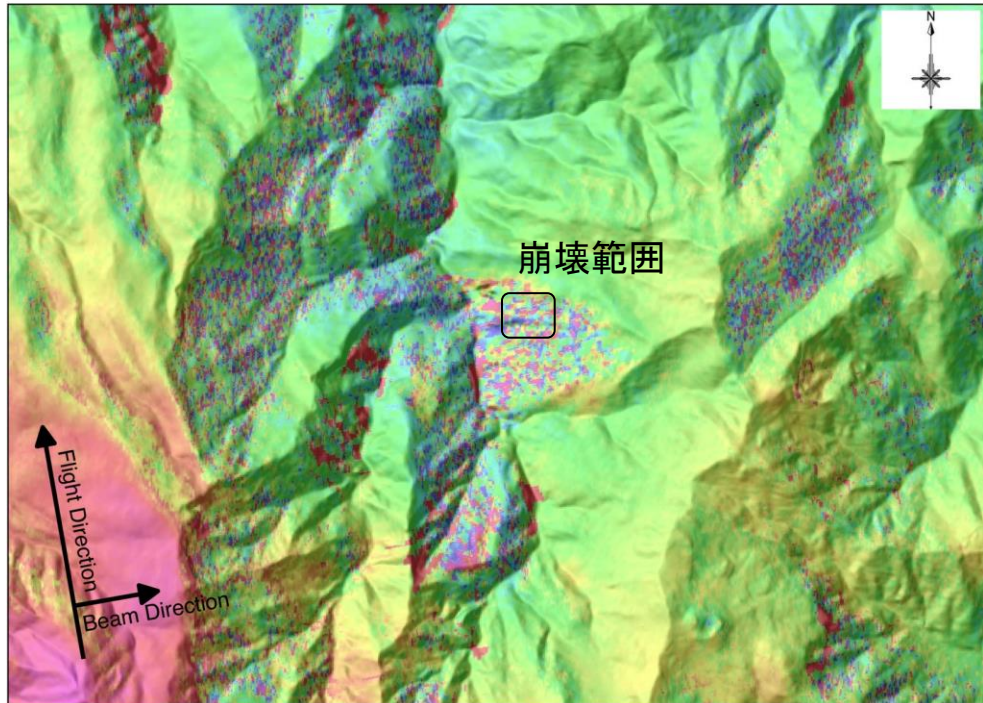
ALOS-2/PALSAR-2 20150715



0 1 km

InSAR image

ALOS-2/PALSAR-2 20141008-20150715

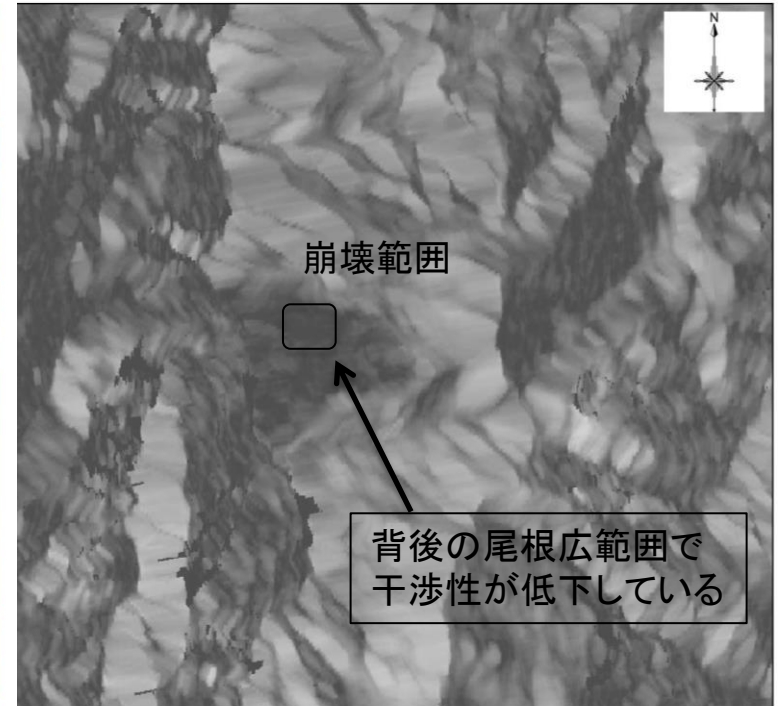


Near ← → Far
-11.8cm 11.8cm
Displacement between satellite and

0 1 km

InSAR image

08-20150715



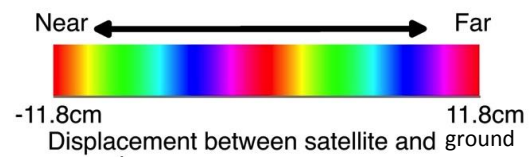
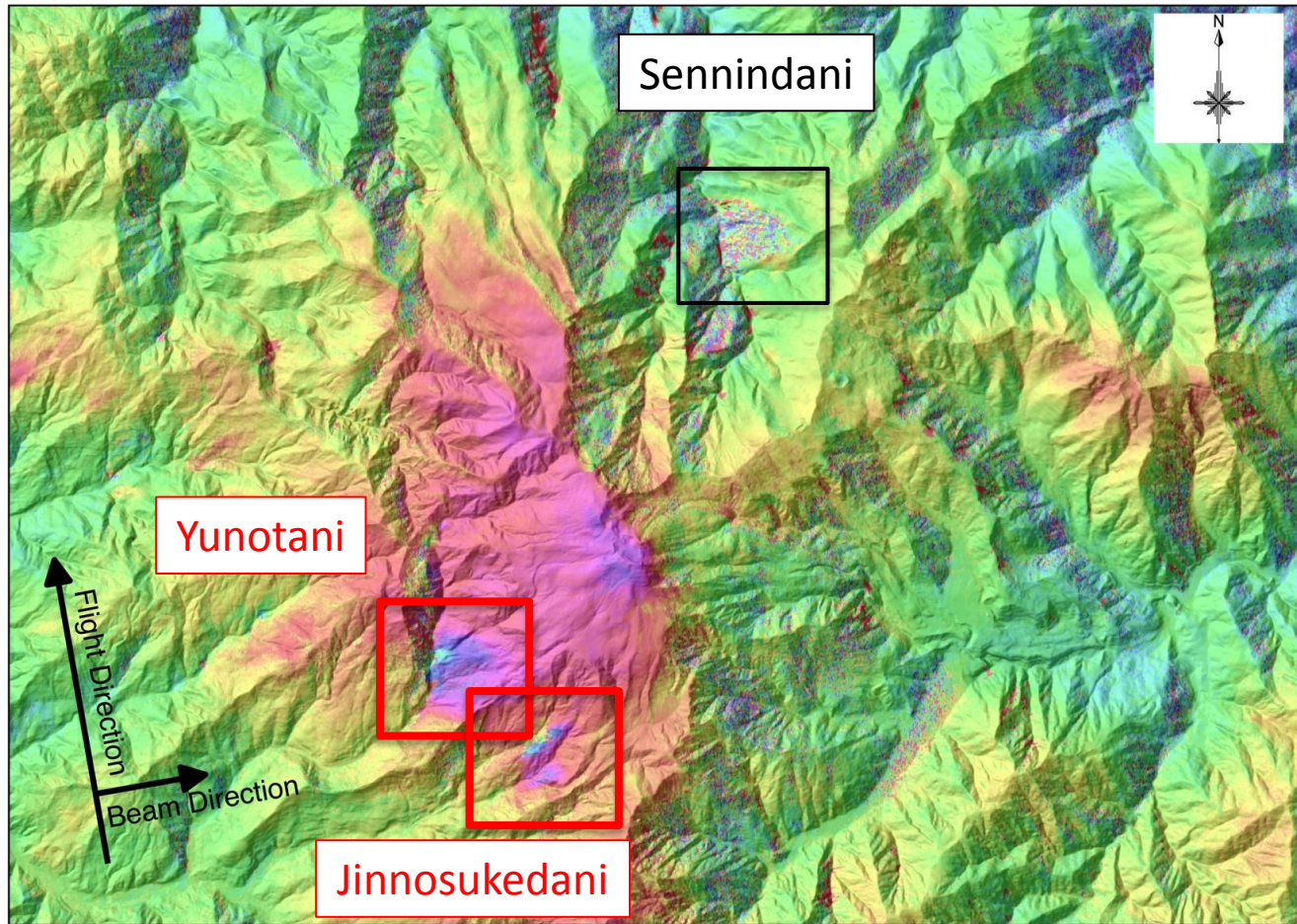
0 1
Coherence

0 1 km

Coherence Image

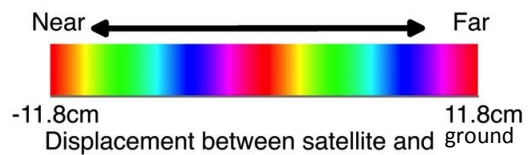
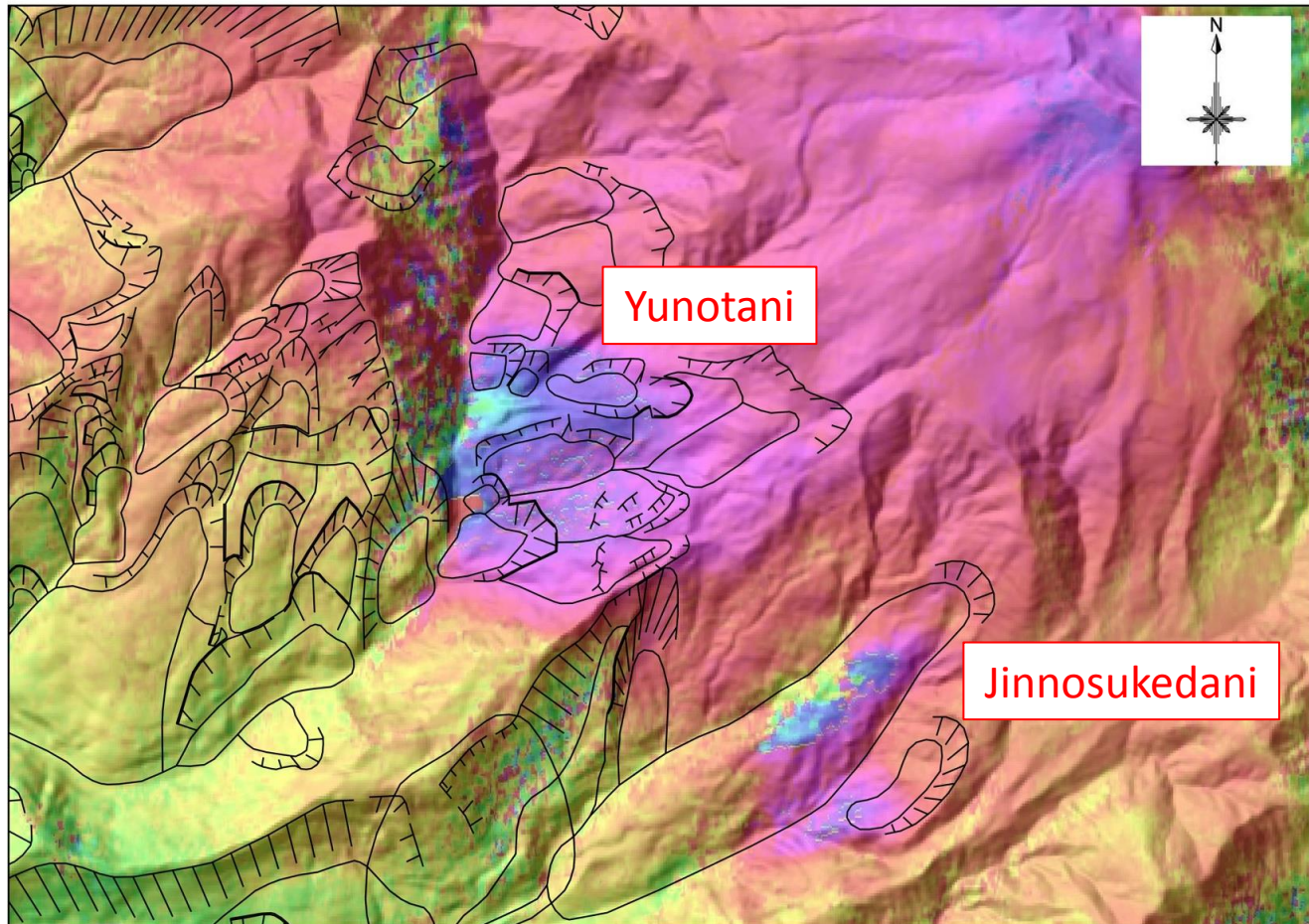
InSAR

ALOS-2/PALSAR-2 20141008-20150715



InSAR and Landslide by NIED

ALOS-2/PALSAR-2 20141008-20150715



Jinnosukedani Landslide

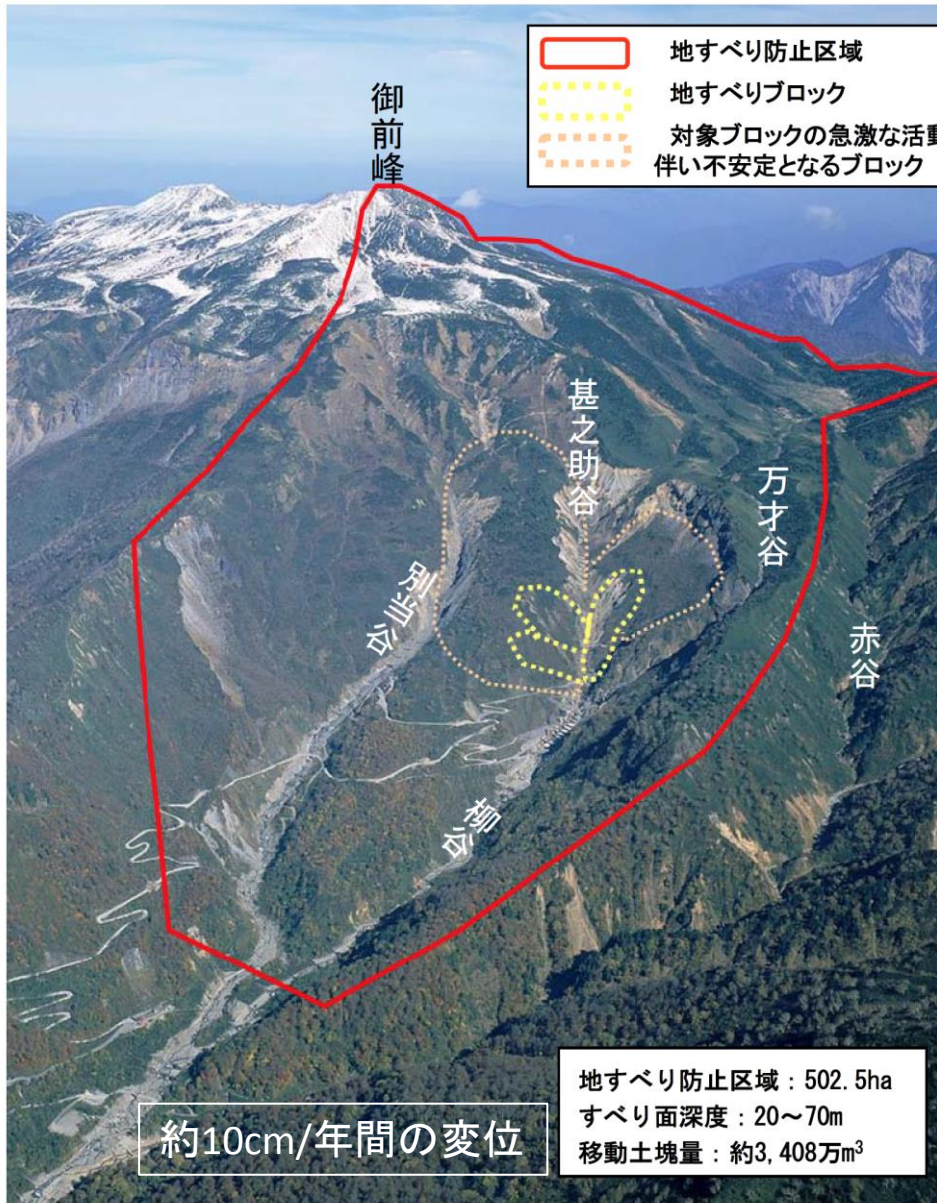


図1-3 甚之助谷地すべり指定地と地すべりブロック

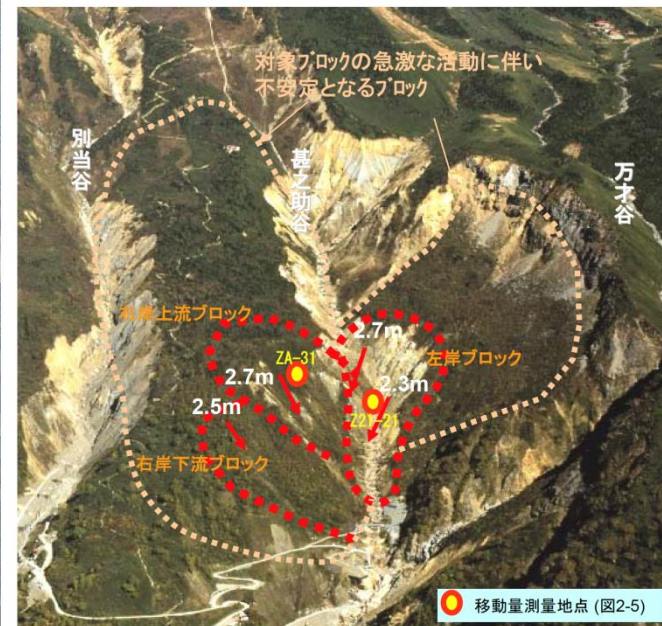
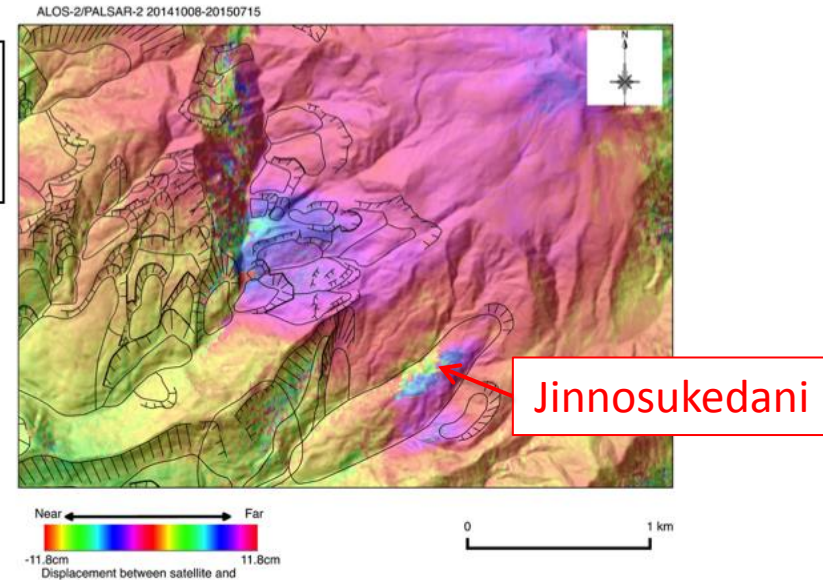


図1-4 ブロック別移動量 (←: S57/10~H17/10累計移動量と移動方向)
国土交通省 北陸地方整備局 資料より

Yunotani Landslide

林野庁所管 直轄治山事業 湯の谷地区

事業の概要

荒廃の現況

区域面積640haのうち、崩壊地は41ヶ所、155haを占め、全国の平均荒廃率0.6％に比べ、31％と極めて高い比率となっています。

崩壊の特徴は、温泉作用を受けた崩壊、流水の浸食による溪岸崩壊が多いことで、川には膨大な土石がたまり、いまも堆積と浸食が繰り返され常に変動しています。

崩壊のなかには、すでに表土が流されて露岩地となり復旧の難しいところもありますが、約60％は復旧できると見込まれています。



湯の谷中流部の渓流の荒廃



湯の谷上流部の崩壊地

荒廃の原因

1. 繰り返された白山の噴火と地震により、基岩が破壊されています。
2. 破壊された基岩の上に、風化によって土壌化した火山噴出物がたまり、不安定な表層を作り出しています。
3. 砂岩と頁岩の互層に働く温泉作用が、特に頁岩に著しく、粘土化が進んでいます。
4. わが国でも数少ない多雨多雪地帯であること。特に、毎年繰り返される、積雪、なだれ、凍結、融解などの影響を受けて、一旦崩壊すると、植物が侵入できず、したがって表土も安定しないため、崩壊がますます大きくなっていきます。

事業方針

湯の谷の流路延長は11km、平均勾配16.7％で、手取川流域では、とりの柳谷とともに屈指の荒廃した渓流となっています。

このため、災害が発生した場合危険が及ぶと思われる範囲等を予測し、緊急度の高いところから工事に着手しています。



溪間工の施工（本流24号～27号）



山腹工の施工（ホー25崩壊地）

1. 溪間工

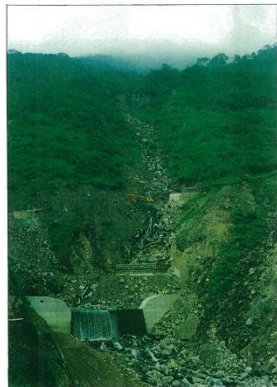
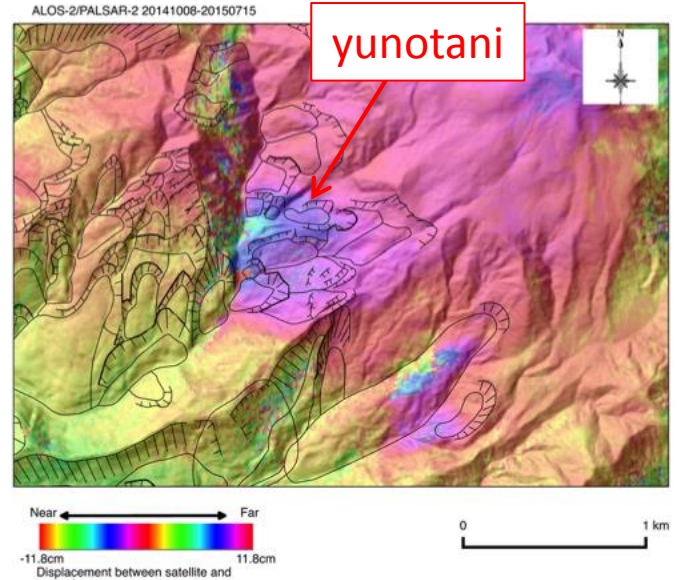
山腹崩壊142haは、上部安山岩帯からの崩落した石礫が堆積している箇所が多く見られ、溪岸の崩壊地13haとともに崩壊地の下端部が渓流によって、浸食され徐々に拡大しています。このため崩壊地の拡大防止と、渓流の河床安定のため、ダムや護岸を優先して施工します。

ダムは、基礎地盤が弱いので階段状に設置し、渓流の勾配を現在の2分の1以下になるよう計画します。

2. 山腹工

崩壊地は大小あわせて41ヶ所あり、面積は155haとなります。このうち21ヶ所、75haを施工します。

ダムや護岸を施工したのち、その効果が発揮され、溪床が安定し、溪岸の浸食が止まってから着工することになります。順序としては、まず土木的工法による基礎工を施工して崩壊斜面を安定させ、緑化工にとりかかりますが、標高が高いことから、ここに適する植生の研究も併せて行いながら、早期にしかも完全な緑化を目指します。



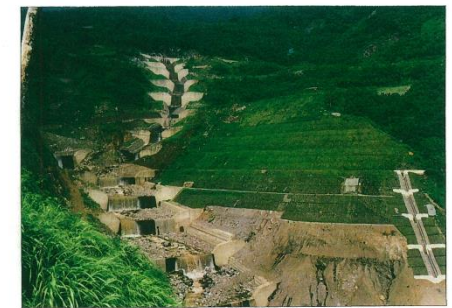
湯の谷の支流の堂室谷（A谷）に着手した最後の状況（S59）



同左堂室谷（A谷）の合止工完成の状況



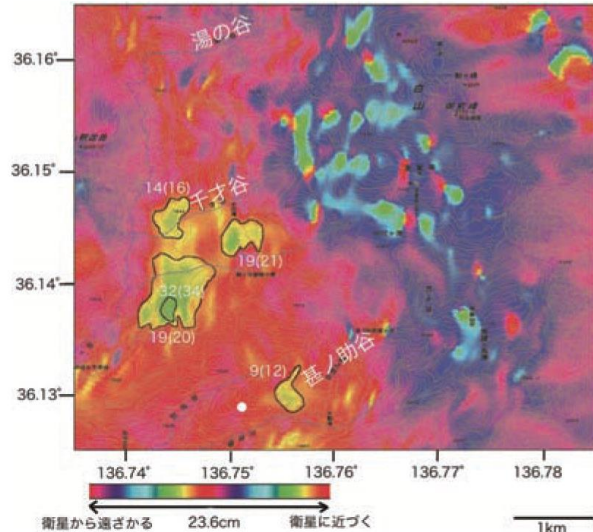
ホー14崩壊地の施工前の状況 湯の谷本流の浸食を受け崩壊土砂の発生源となっていた



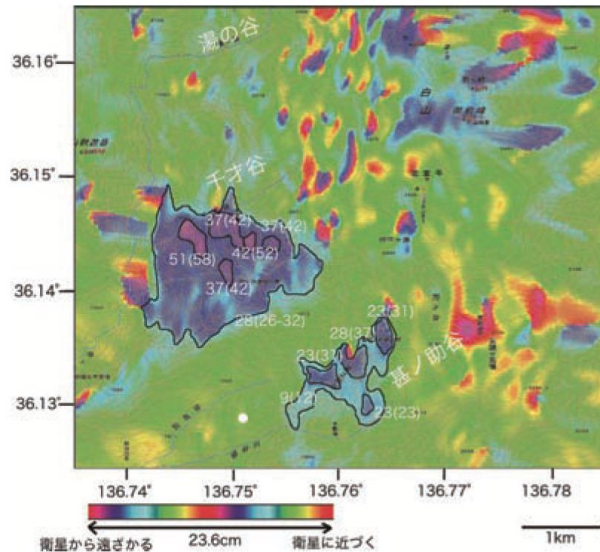
同左崩壊地の山腹工施工途中（H.8）の状況（1.74ha）

The preceding study

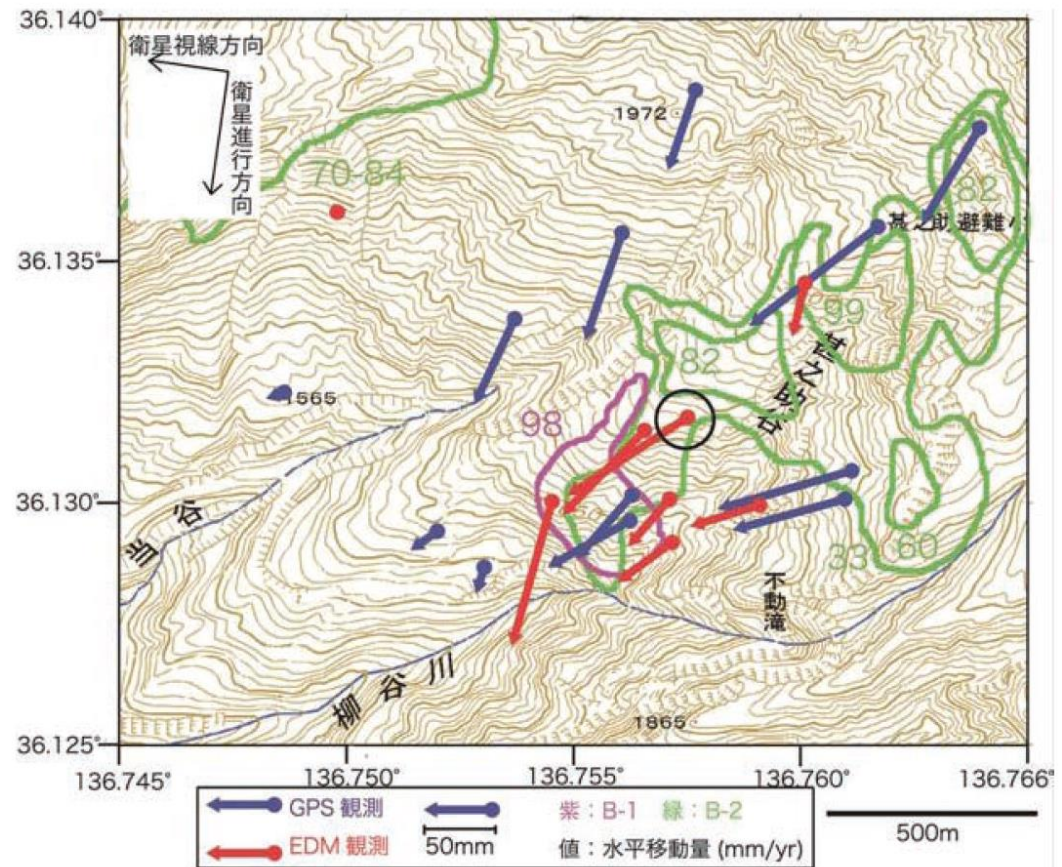
B-1:2007/6/8-2007/7/24



B-2:2007/6/8-2007/10/24

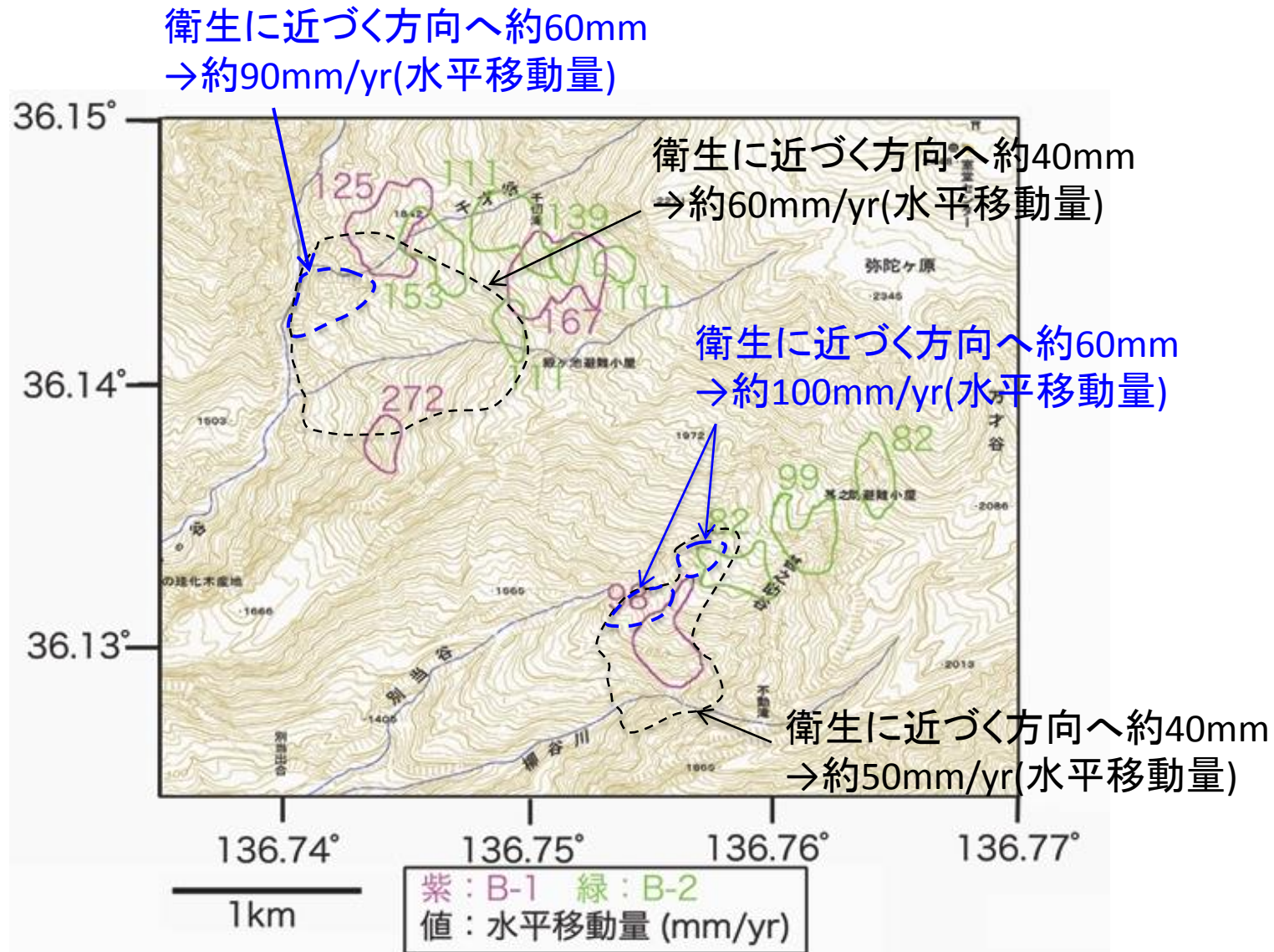


- ALOS/PALSAR images
- Wavelength 23.6cm, Descending orbit.
- Path:63, Frame:2890.
- InSAR analysis use SIGMA-SAR software (Shimada, 1999).



(Michinaka and Hiramatsu, 2010)

Comparison with the preceding study

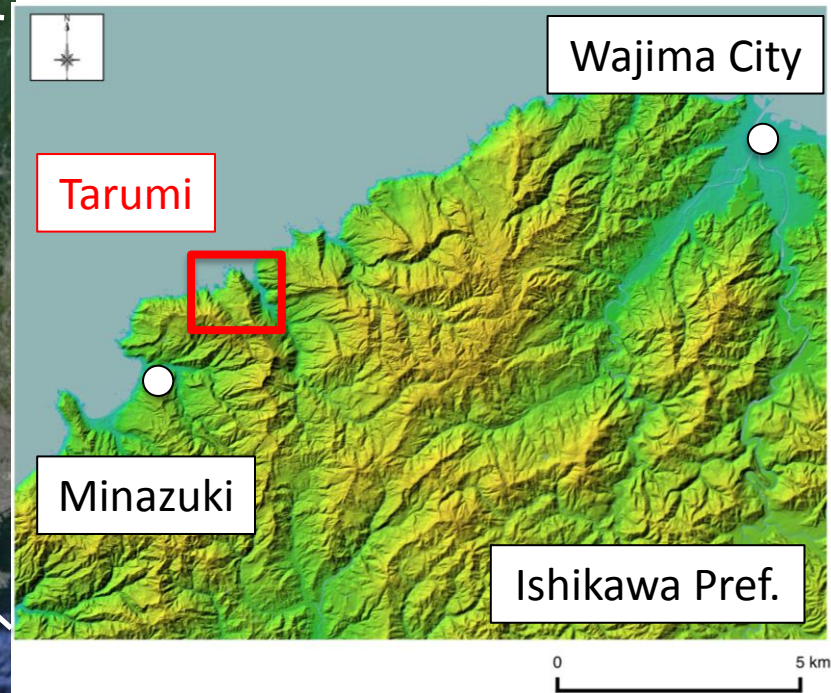


(Michinaka and Hiramatsu, 2010)

Study area2



Google Satellite



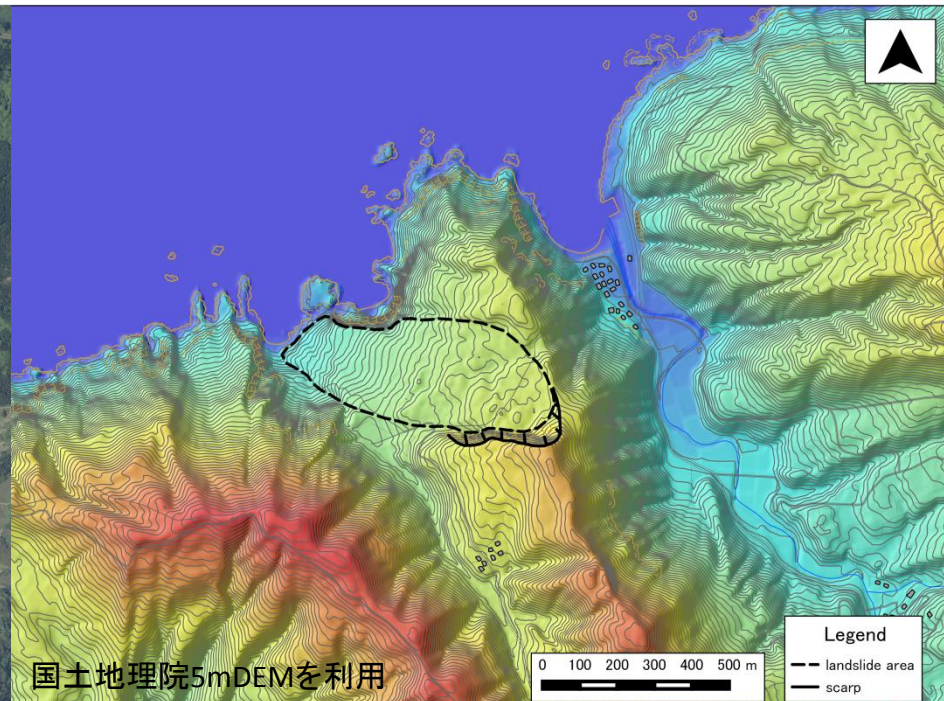
GSI MAP

Topography

- ・能登山地と呼ばれる、能登半島の北側を占める低山性山地。
- ・周辺に複数の地すべりブロックが識別、対象ブロックは長さ600m、幅300m程。
- ・南側方部から頭部にかけては、断層あるいは地すべりにより形成されたと思われる、比高約50mの急崖が連続。
- ・ブロック内は等高線の不正配列が顕著、起伏を伴う5～15度の緩斜面。
- ・頭部から中腹部にかけては分離小丘や陥没地、段差地形が存在。

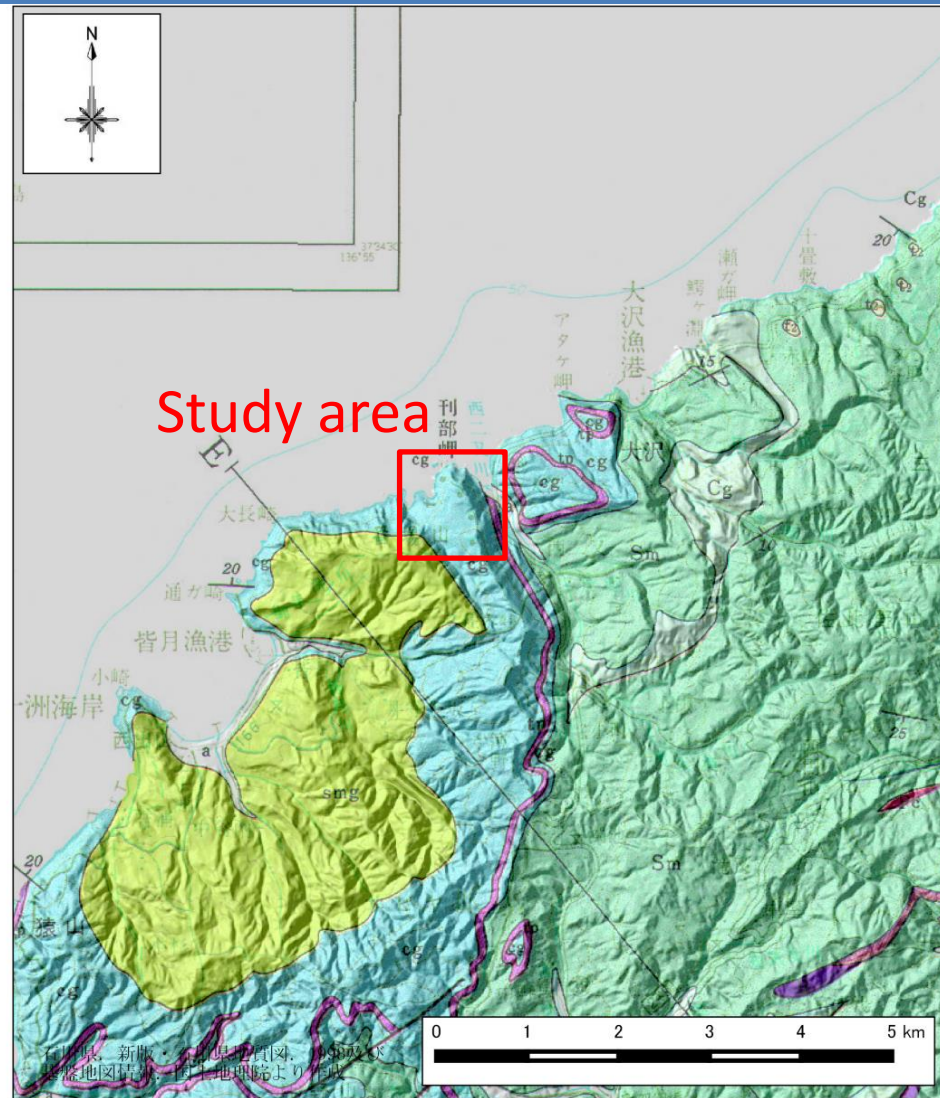


電子国土基本図(オルソ画像). 国土地理院



国土地理院5mDEMを利用

Geology



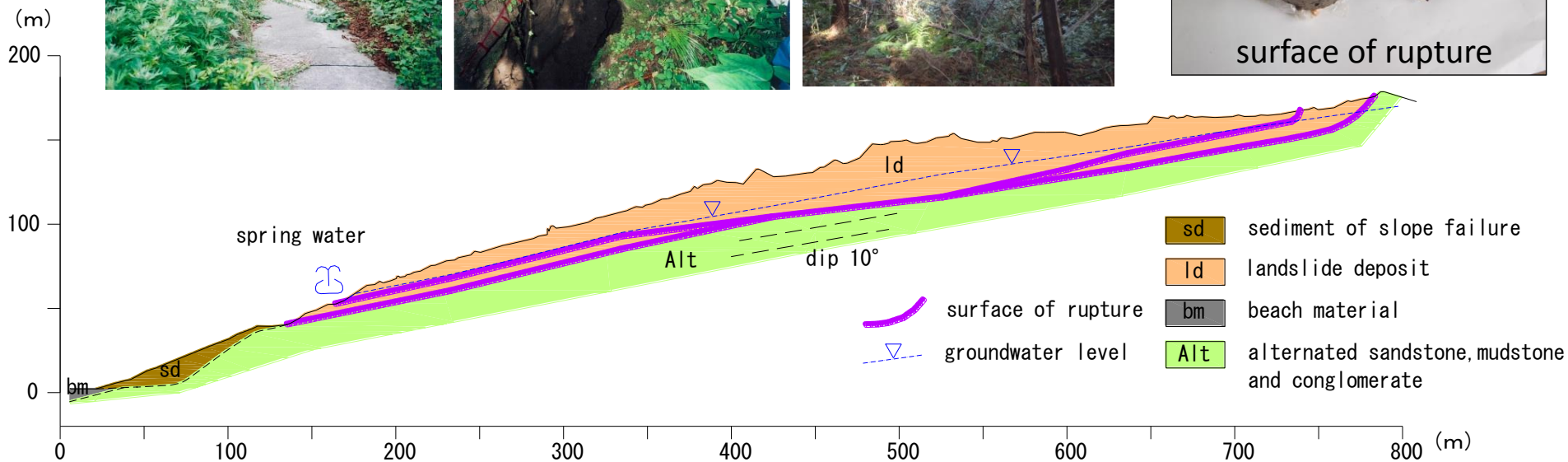
新版・石川県地質図. 1993及び基盤地図情報. 国土地理院より作成

中新世中期・後期	K	黒崎安山岩
	dm	珪藻泥岩
	m	泥岩(一部鮮新世)
	tfa	凝灰岩・砂岩・泥岩
	st	海緑石層
	tf	軽石凝灰岩
	tp	火砕岩
中新世中期・前期	Ca	石灰質砂岩
	ss	砂岩
	sh	泥岩・頁岩
	smg	砂岩・泥岩・礫岩
	nm	砂岩・泥岩・礫岩(非海成)
	cg	礫岩
	gs	礫岩・砂岩

・新第三紀中新世の礫岩を主体、砂岩、泥岩が狭在。

Summary of Landslide

- ・移動土塊の層厚20～30m。砂岩・泥岩・礫岩互層が約 10度傾斜した流れ盤。
- ・泥岩は砂岩や礫岩と比べて軟質。確認されたすべり面は全て泥岩層，約10度傾斜した割れ目の面には条線，鏡肌。
- ・地すべりの履歴:「明和の時代(西暦1764～1772年)に地盤が陥没し，約50戸の村落が現在の集落に移った。」(門前町史)



地すべり防止事業報告書(石川県,2015)より

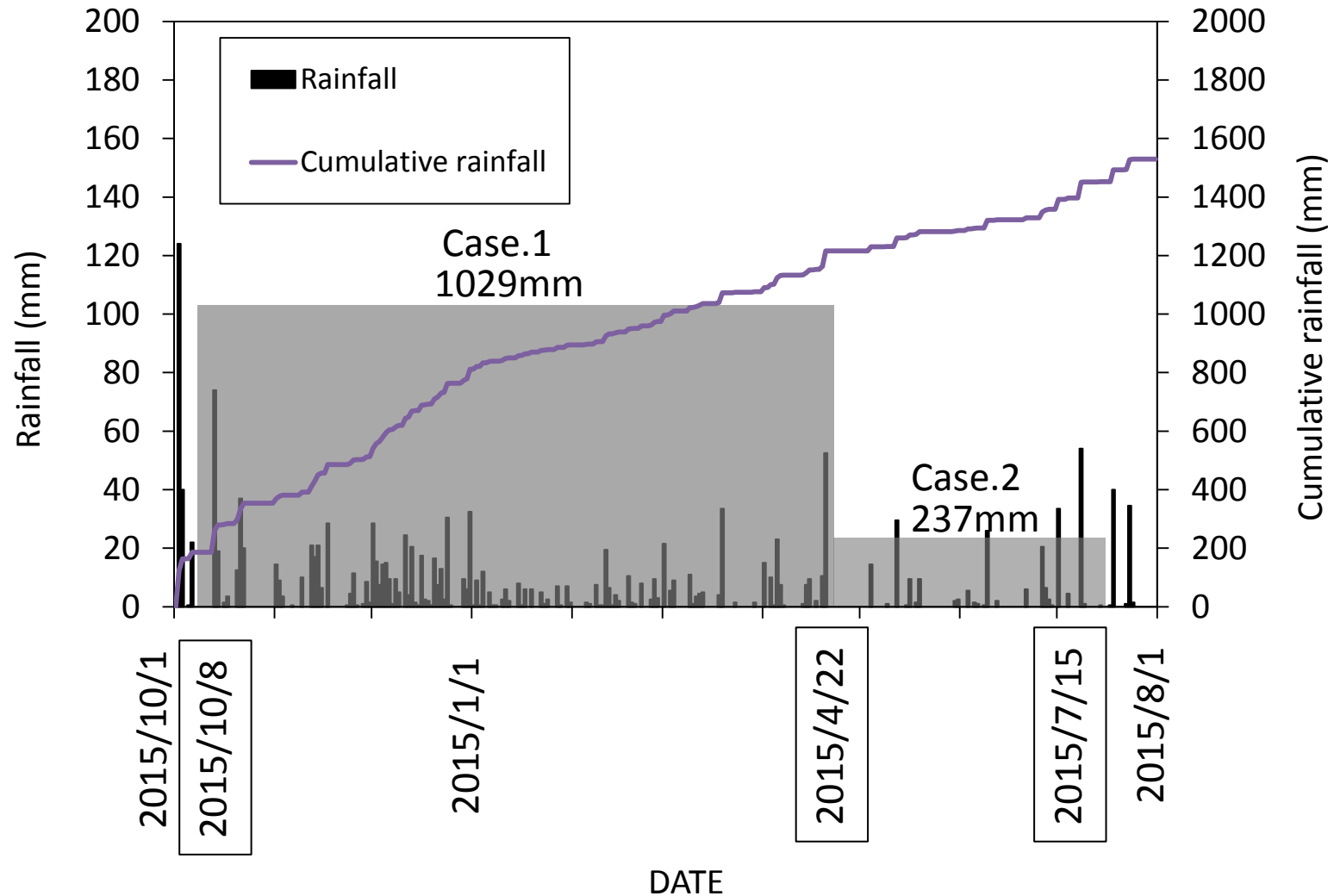
InSAR analysis

- ALOS-2/PALSAR-2 images acquired from October 2014 to July 2015.
- Wavelength 23.6cm, Ascending orbit, Right looking.
- Path:127, Frame:730.
- InSAR analysis use RINC software.
- 10m DEM (GSI).

Table . List of SAR images used in InSAR analysis and perpendicular baselines.

	Master Observation Date	Slave Observation Date	Perpendicular Baseline(m)
Case.1	2014/10/8	2015/4/22	215
Case.2	2015/4/22	2015/7/15	179

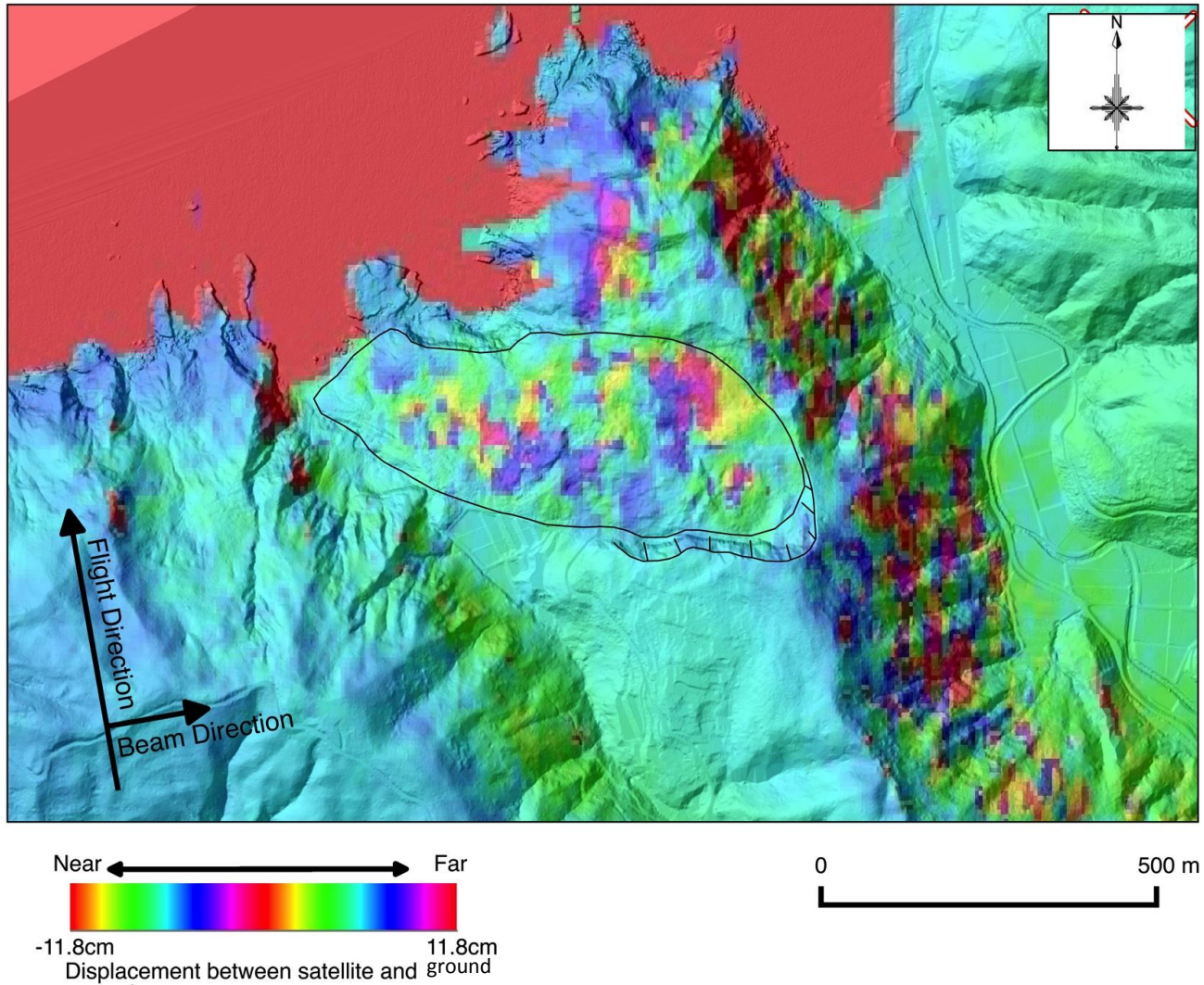
Relation between analysis period and rainfall



InSAR Image

ALOS-2/PALSAR-2 20141008-20150422

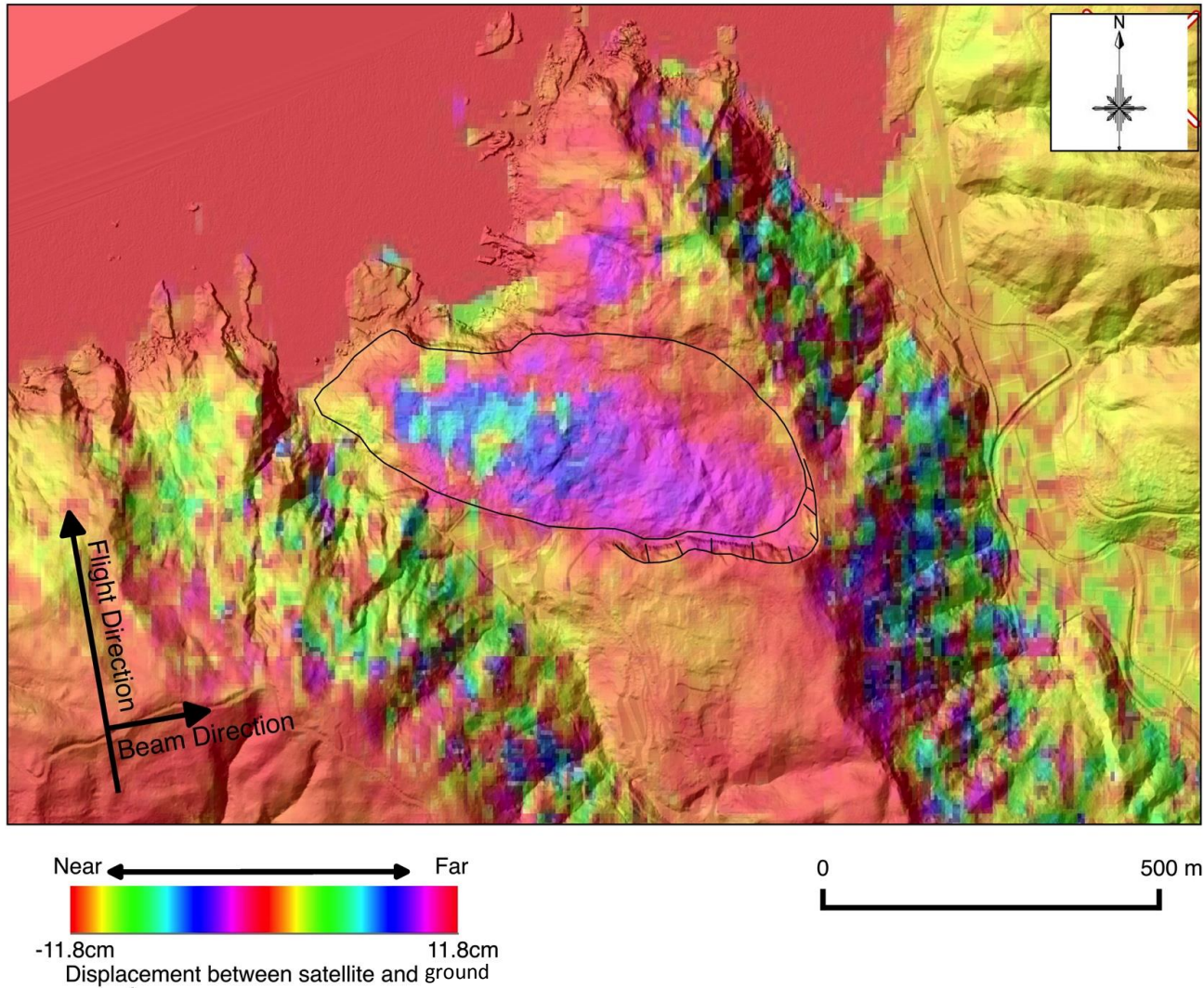
Case.1



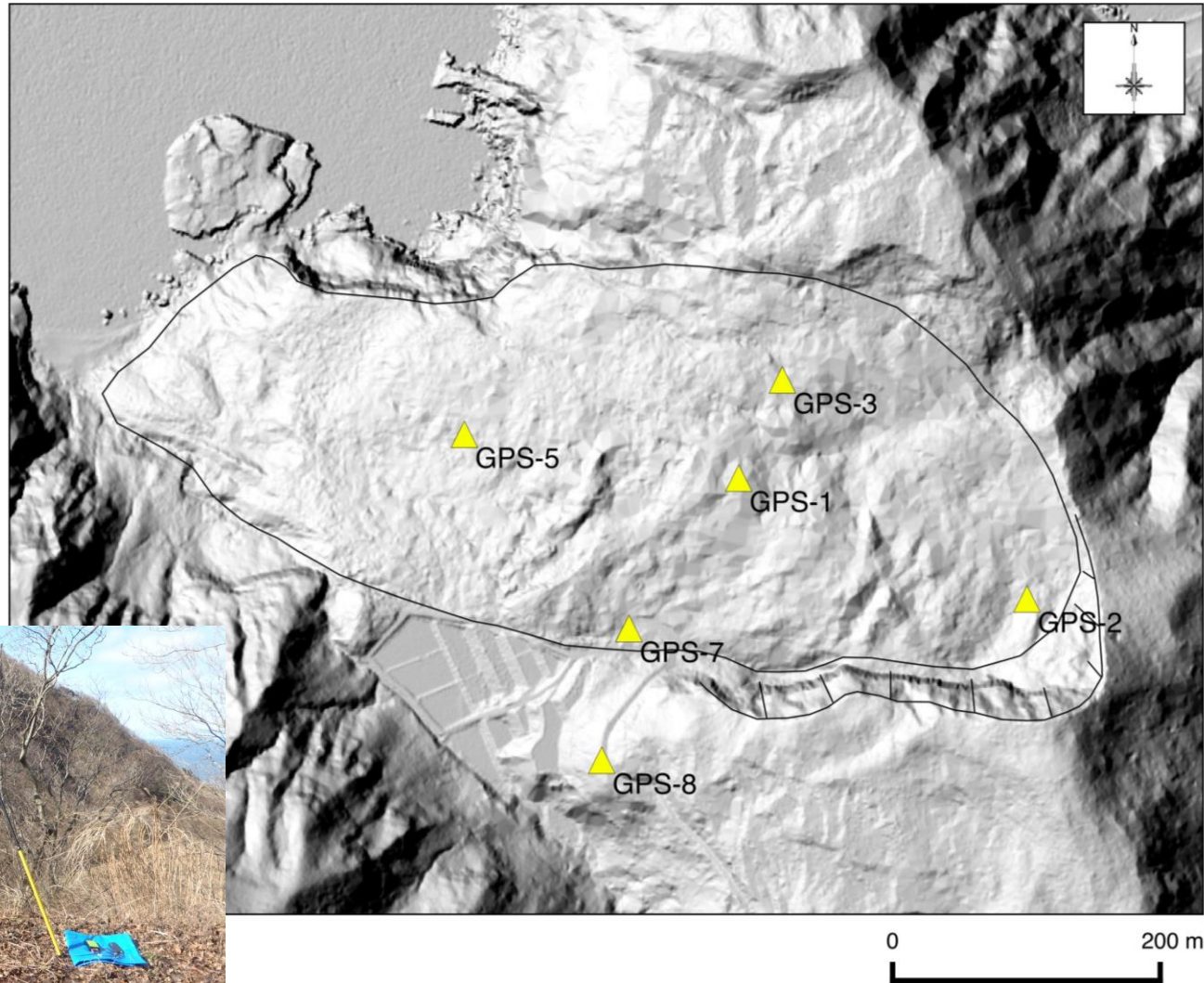
InSAR Image

ALOS-2/PALSAR-2 20150422-20150715

Case.2



GPS observation



Borehole extensometer

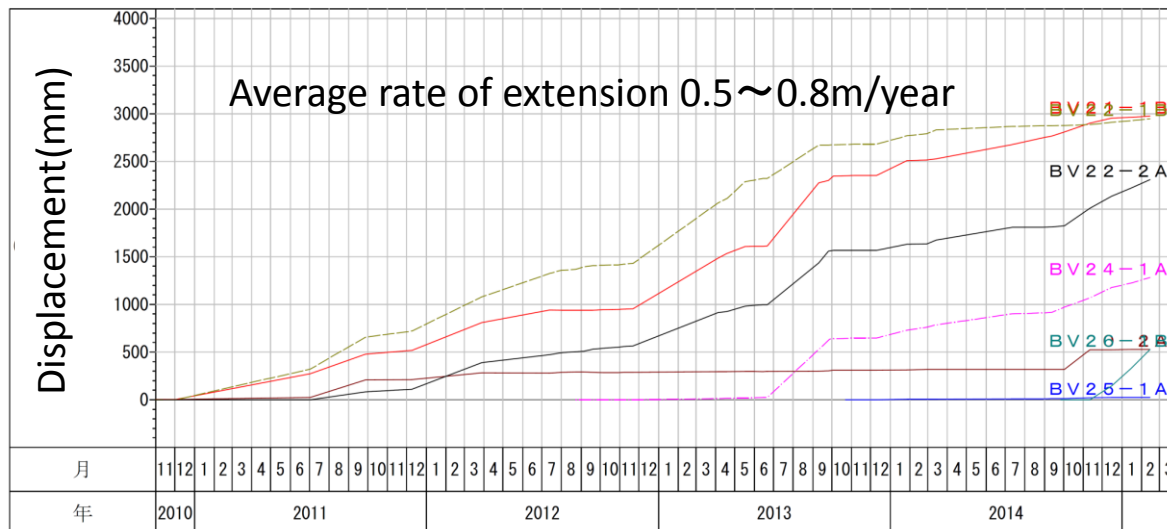
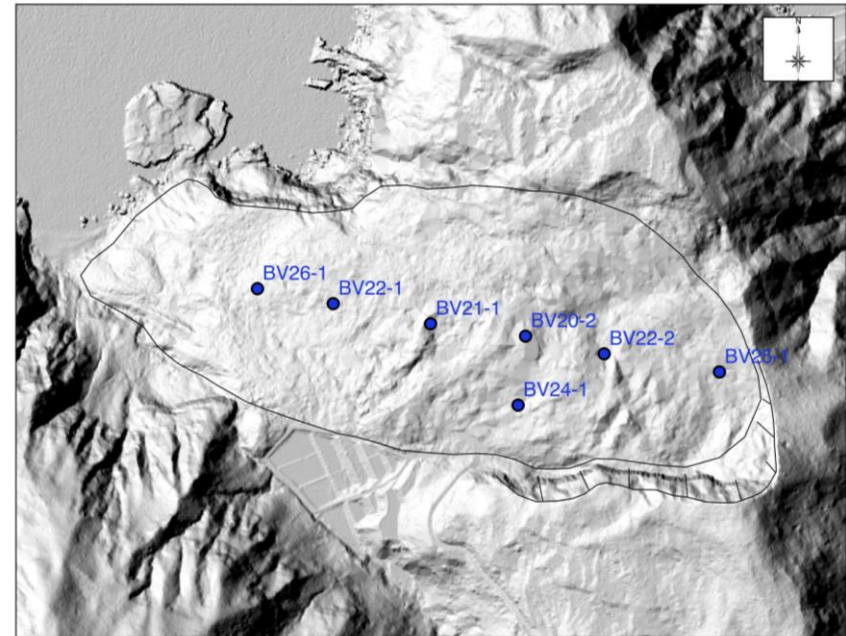
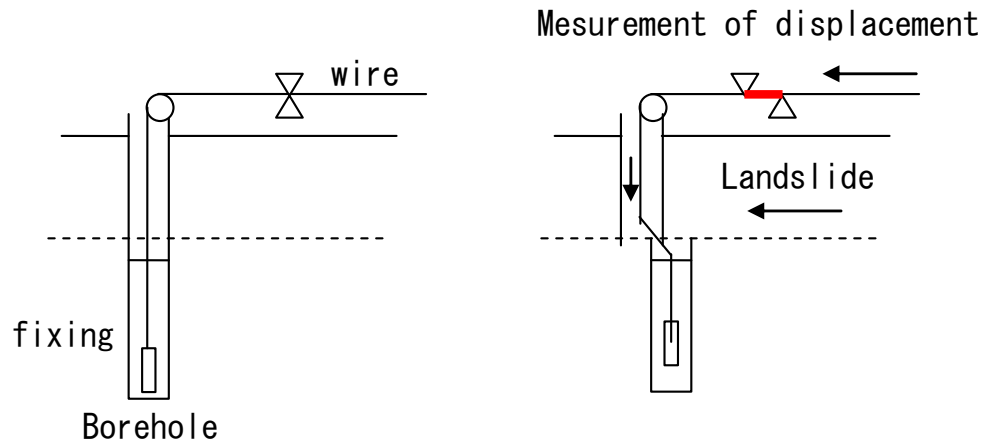
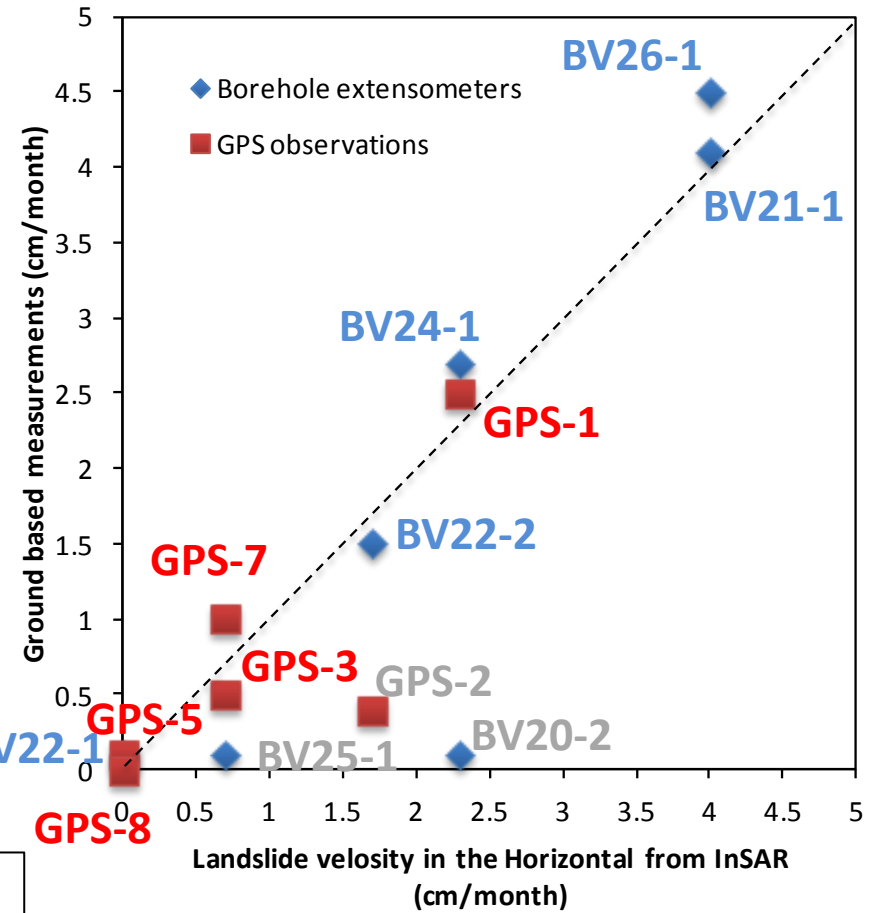
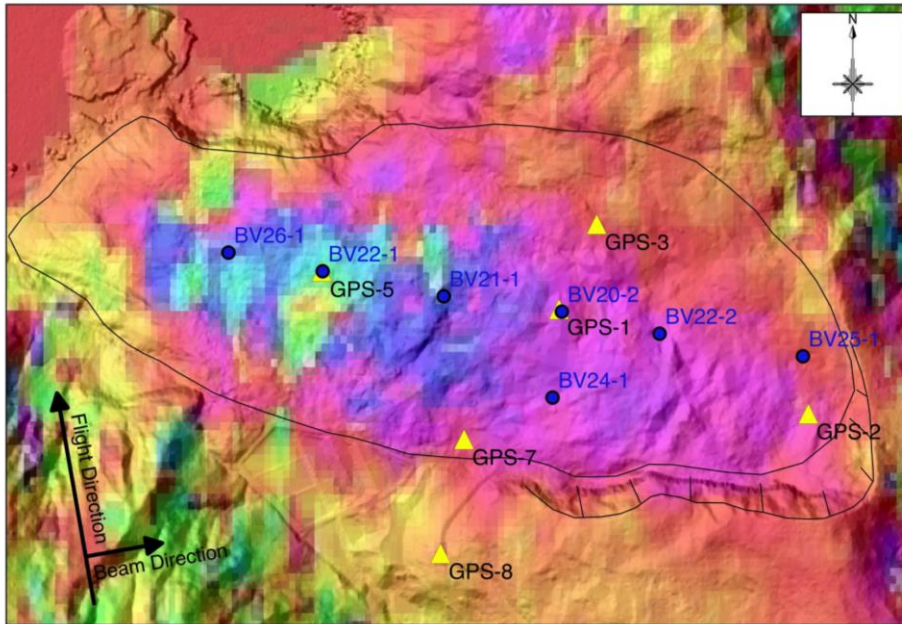


Fig. Displacement detected by borehole extensometer. 地すべり防止事業報告書(石川県,2015)より

InSAR Image

ALOS-2/PALSAR-2 20150422-20150715



Discussion and Conclusions

3タイプの斜面変動を対象に地すべり性斜面変動の検出を試み、以下の結果が得られた。

○いずれのタイプにおいても地すべり性斜面変動が検出され、モニタリング手法として

有用であることが確認できた。

○崩壊性の斜面変動(仙人谷)では対象斜面で著しい干渉性の低下が認められた。また、干渉性が低下している範囲は報告されている変状範囲の背後の尾根広範囲で認められることから、顕著な変動が生じた可能性が示唆される。

→今後の解析により、崩壊地背後斜面の地すべり性斜面変動の有無を確認し、斜面変動発生機構の検討を行いたい。

○地すべり性の斜面変動(甚之助谷、樽見)はいずれもInSARの解析により、変動範囲と変動量を検出することができ、地表のモニタリング結果や過去の解析結果と調和的であった。

また、解析期間により結果が異なり、期間累積雨量とも整合的であった。

→今後は解析データを増やし、降雨量との関係や変動範囲や変動量の季節変動を検出し、移動特性を考察したい。

Acknowledgements

本研究で用いたPALSAR-2データはPIXELにおいて共有しているものであり、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と東京大学地震研究所との共同研究契約によりJAXAから提供されたものである。PALSAR-2データの所有権は経済産業省及びJAXAにある。なお解析には、防災科学研究所の小澤拓氏により開発されたRINCを使用させて頂いた。なお、干渉画像の処理過程において国土地理院のDEMを使用し、結果の描画はGMT及びQGISを用いた。ここに記してお礼申し上げます。