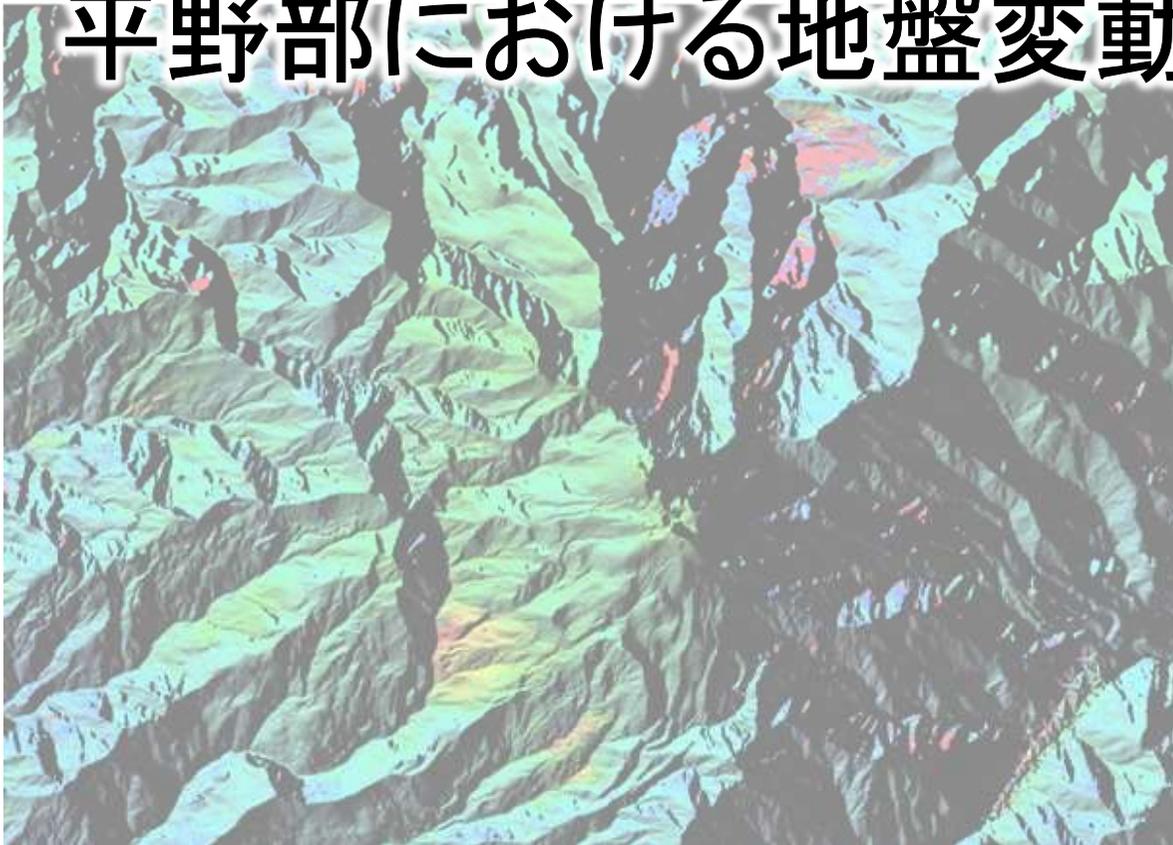


衛星SARデータを用いた地すべり地や 平野部における地盤変動の解析



中部地下開発(株)
鬼頭 雄也

本日の内容

- 1. 中部地下開発の紹介
- 2. SARへの期待
- 3. 斜面変動（地すべり）を対象とした
解析事例
- 4. 平野部における地盤沈下解析事例

会社紹介

- 昭和36年に石川県金沢市で宮本地下開発工業所として創業。昭和41年に現社名に改称。
- 地質調査を中心に、測量、設計、工事まで事業展開しています。

中部地下開発株式会社

最新の技術と設備で「自然との調和」をコンセプトに
人と地球にやさしい環境づくりを目指しています。

環境をコンサルティング。

森の声、大地の音、自然のメッセージに耳を澄ませ、
確かな技術、豊富な調査データから安全をクリエイトしています。
自然にやさしい生活環境づくりが私たちの使命です。

大地を科学する。環境を思考する。
人と自然を結ぶ唯一無二の技術があります。



会社紹介

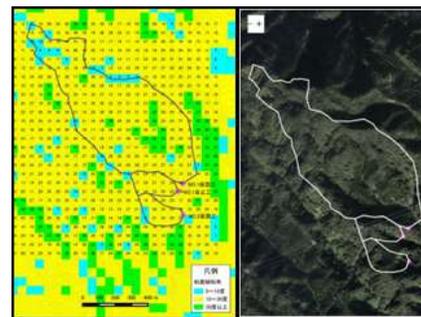
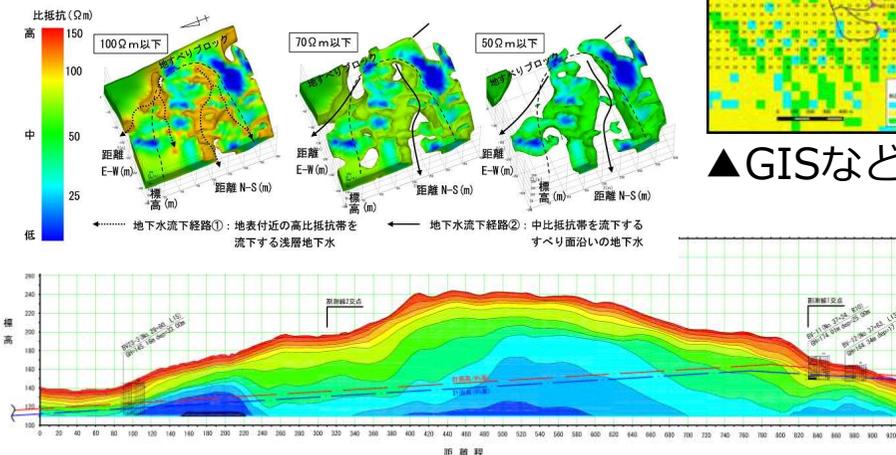
■ 地質・土質・地下水調査を中心に各種調査、原位置・室内試験、探査などを実施。

■ 斜面防災分野においては測量、調査、設計、施工のトータルプロデュースが可能。

■ 森林整備、路網整備、治山などの森林保全計画も重点分野。

■ 新技術の積極利用

▼ 物理探査の適用



▲ GISなどの活用



▲ 大学との連携

SARへの期待

— 斜面変動の計測 —

【ポイントでの計測】

■ 地中モニタリング

- ・ ボーリング孔を利用した計器

■ 地表モニタリング

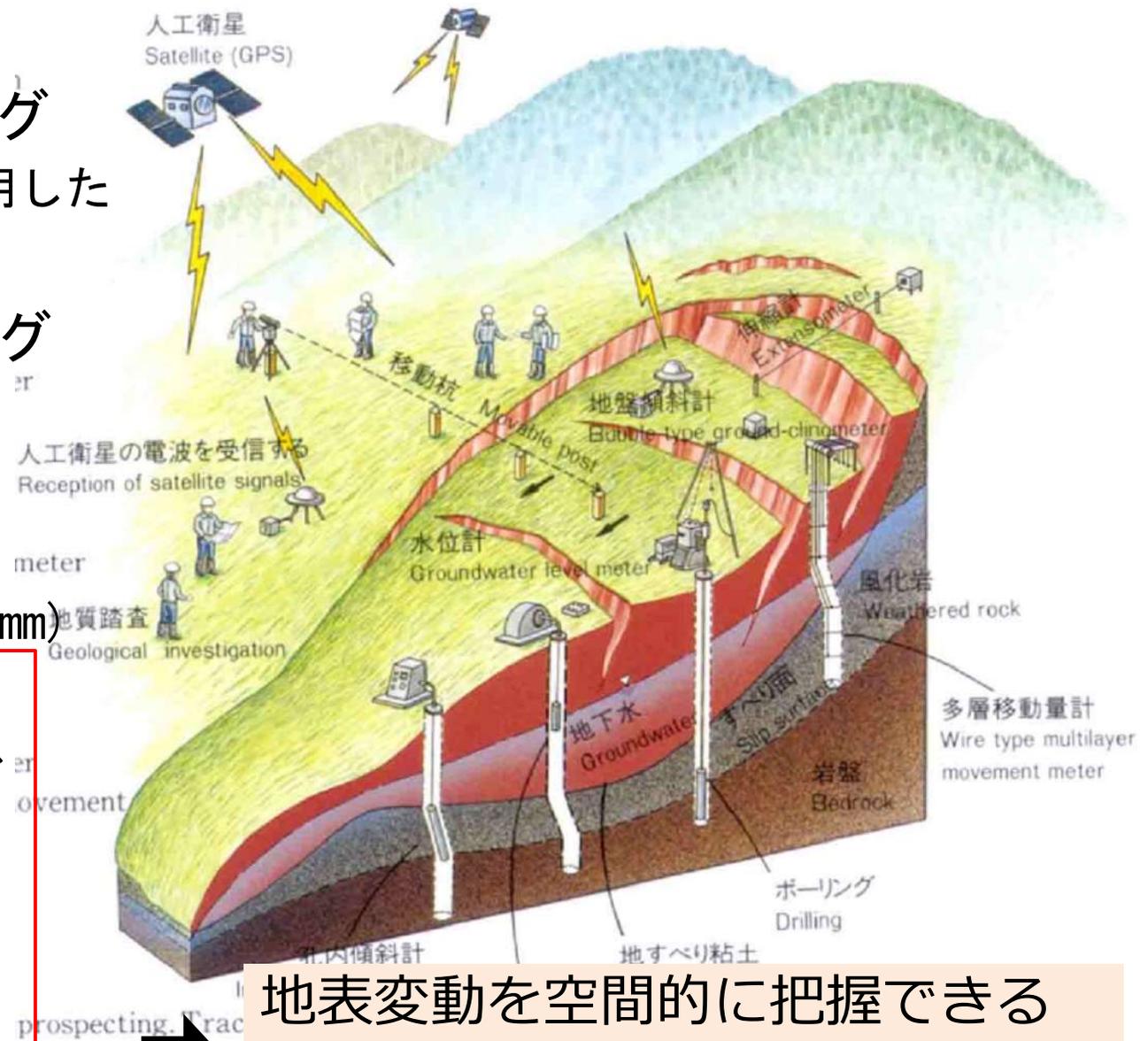
(現地計測)

- ・ 地表計器
- ・ EDM
- ・ GNSS観測 (精度約5mm)

【空間分布の把握】

■ 地表モニタリング

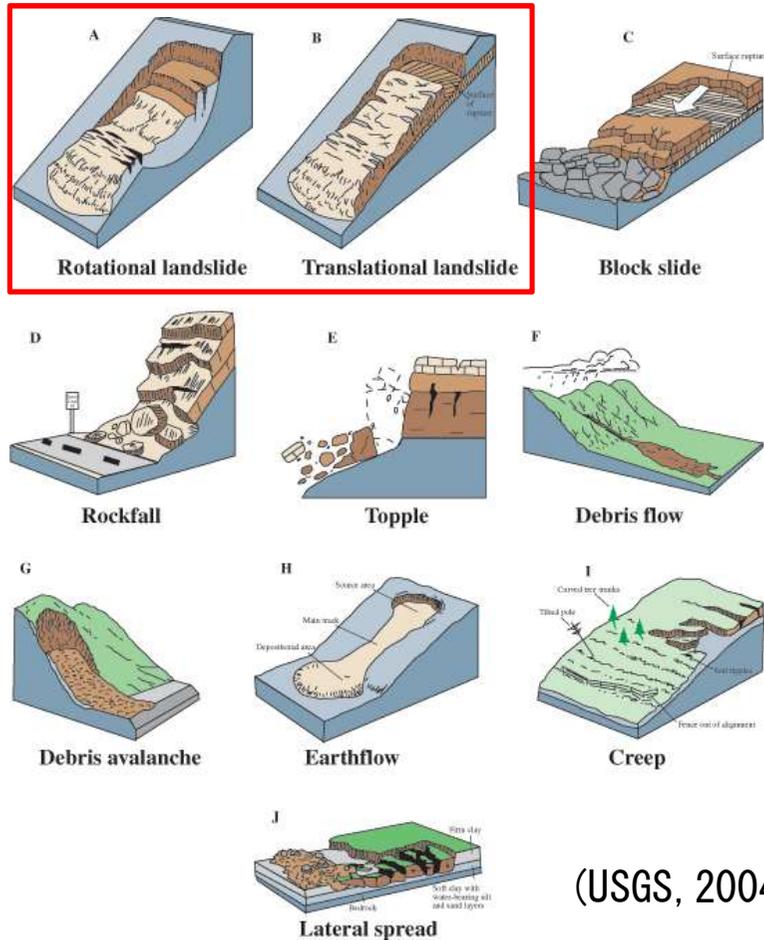
- ・ SAR
- ・ UAV
- ・ LiDAR



地表変動を空間的に把握できる
SARを活用したい！

斜面変動

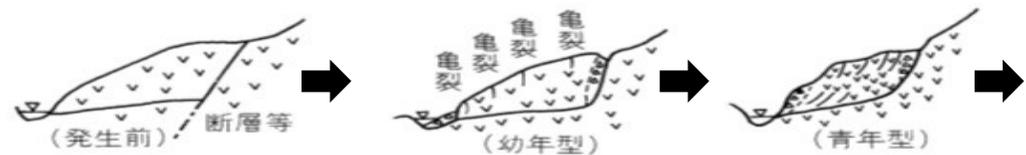
■ 斜面変動の形態は多様
(規模, 形態, 移動速度)



(USGS, 2004)

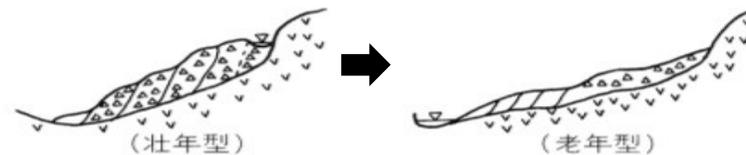
■ ゆっくり活動する地すべり

継続性あり, 活動のモニタリング重要.
時間経過とともに形態変化, 地形発達



岩盤(初生)地すべり

風化岩地すべり



崩積土地すべり

渡(1987)

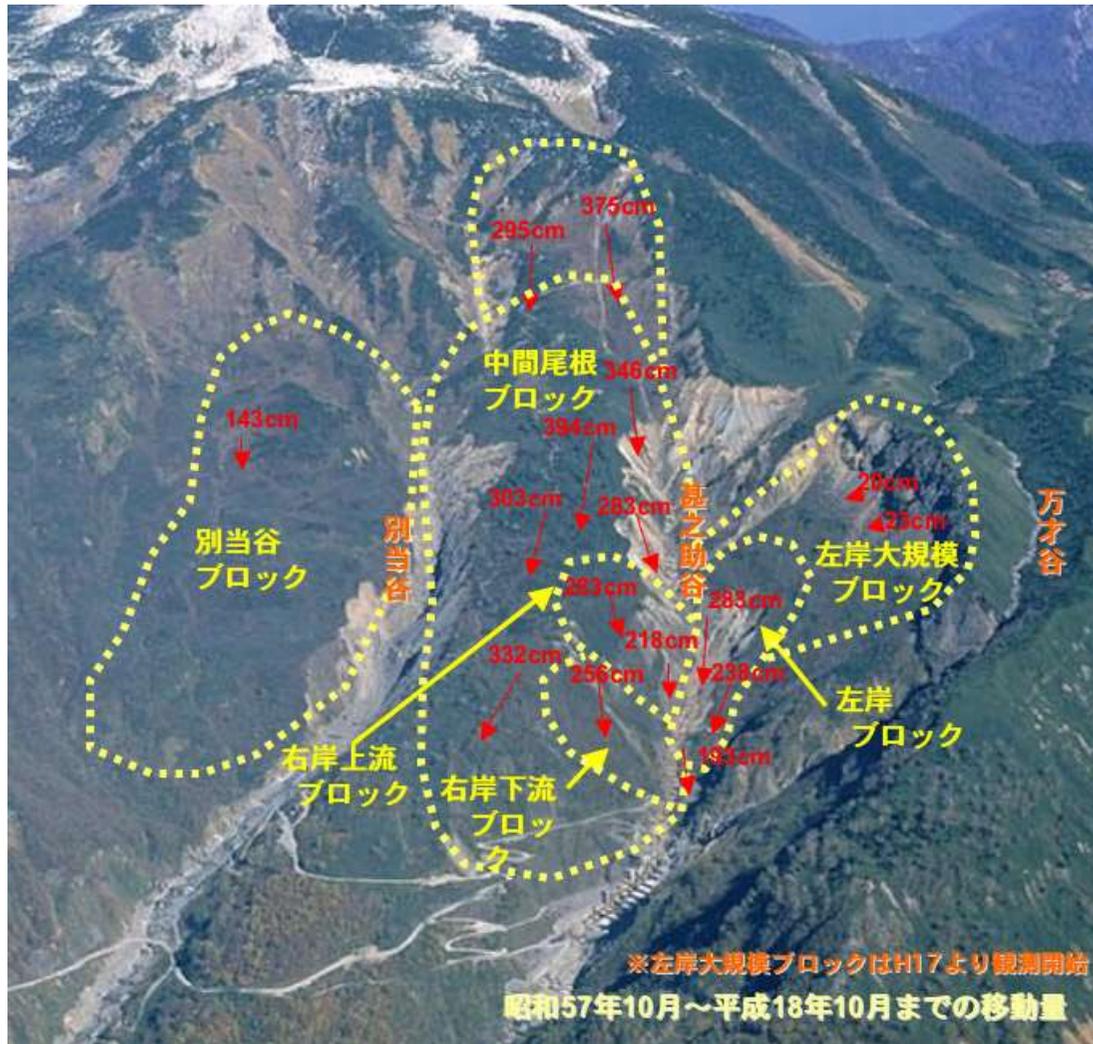
土塊の性質や安定性が異なる

移動特性を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

白山の地すべりを対象にした 斜面変動の抽出

金沢大学における研究事例(Kitoh and Hiramatsu,2017)

白山の地すべり



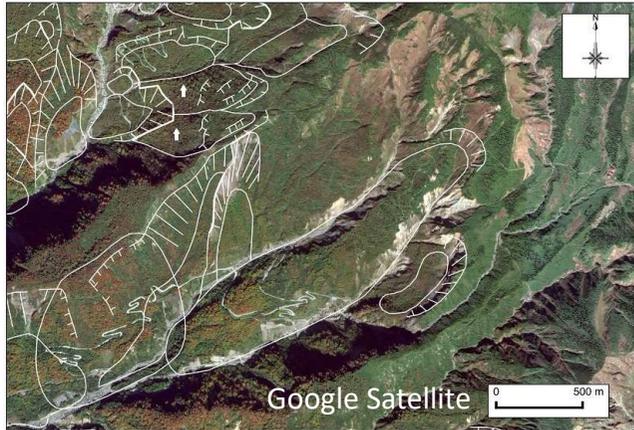
- 現在でも毎年融雪期に約20cm/年の大きな変動を観測。継続的なモニタリングが必要。
- 規模が大きく、地すべりの平面的な活動範囲が正確に把握できていない。



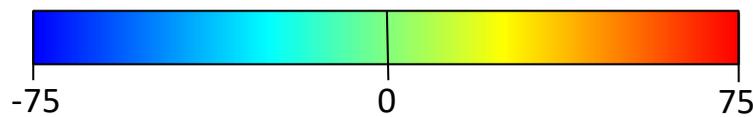
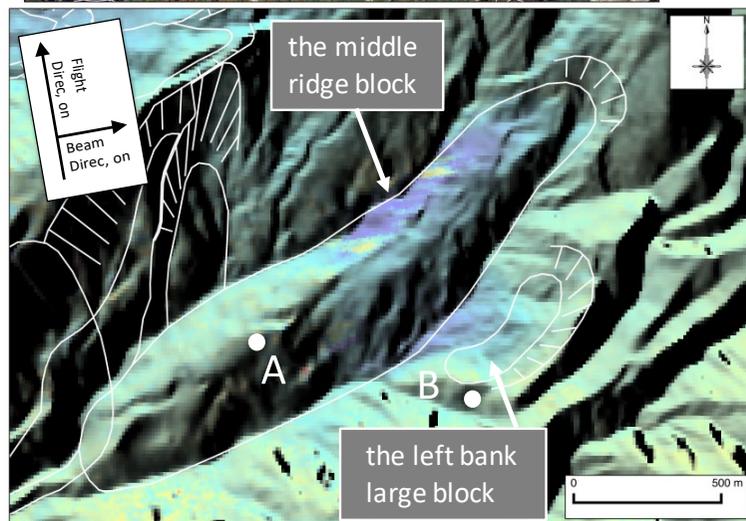
広域的な変動領域の把握が望まれる。

地すべりブロックの空中写真(金沢河川国道事務所)

甚之助谷地すべり

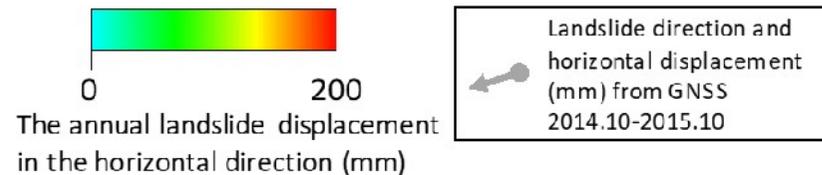
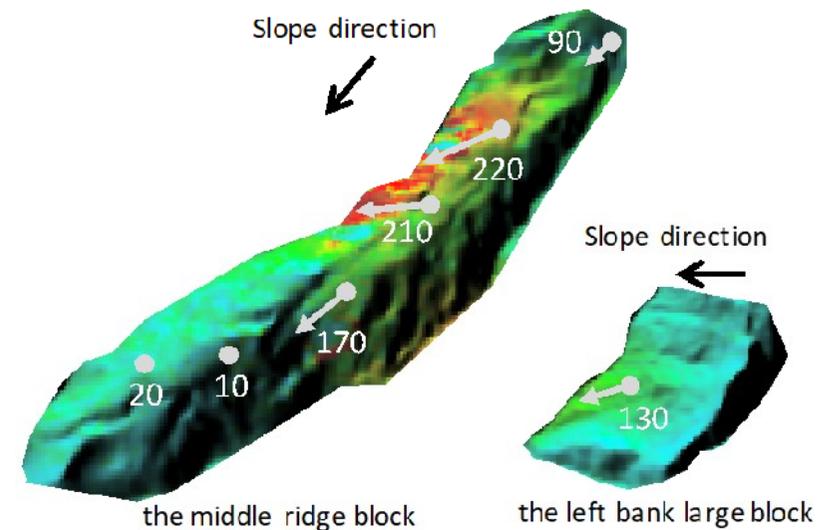


地すべり変動の範囲は地すべり地形と概ね整合的. しかし, 変動量は空間的に一様でない.



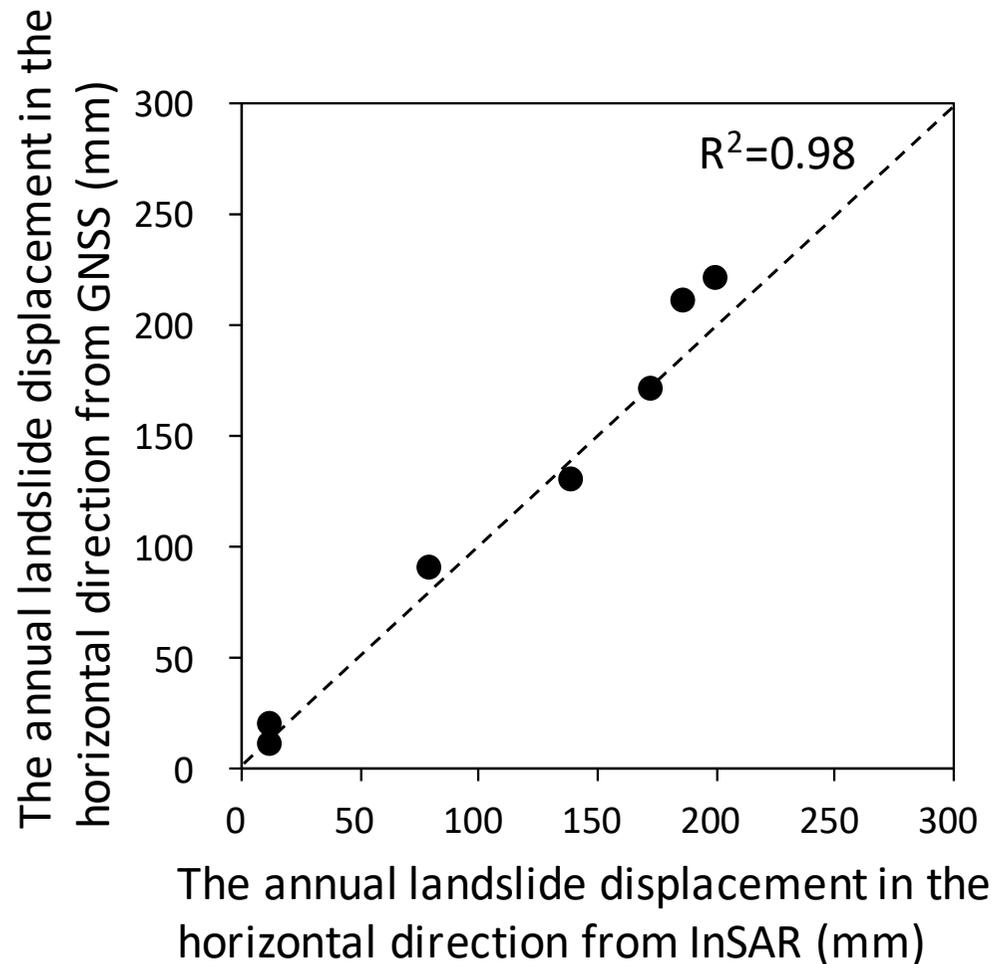
Amount of displacement (mm)

October 2014 - July 2015



the left bank large block

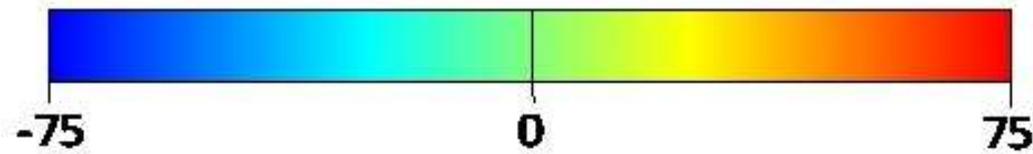
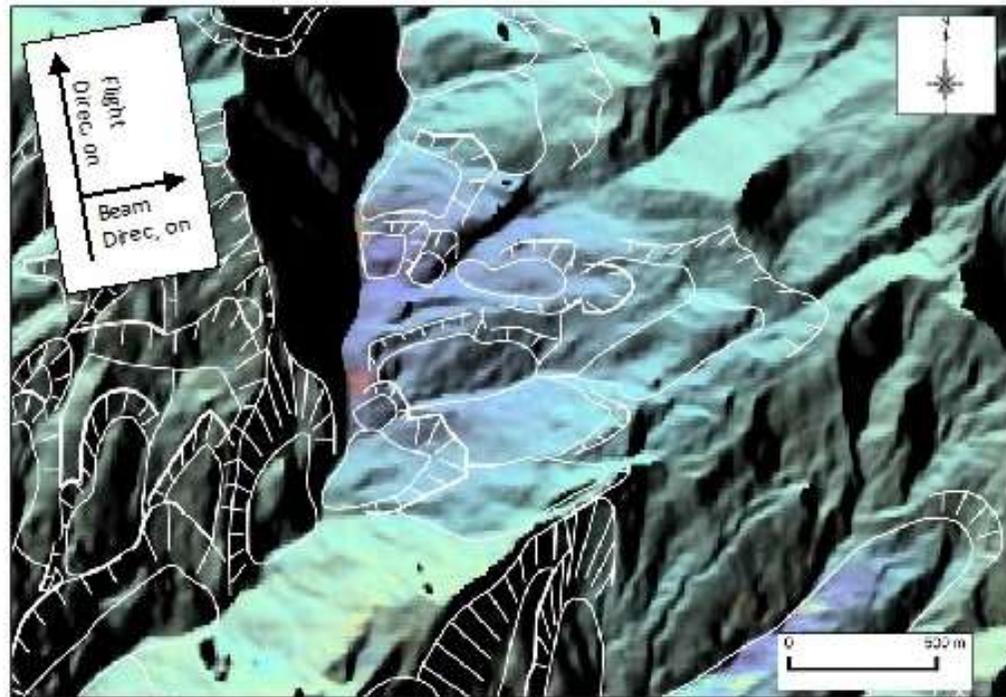
地上モニタリングとの比較



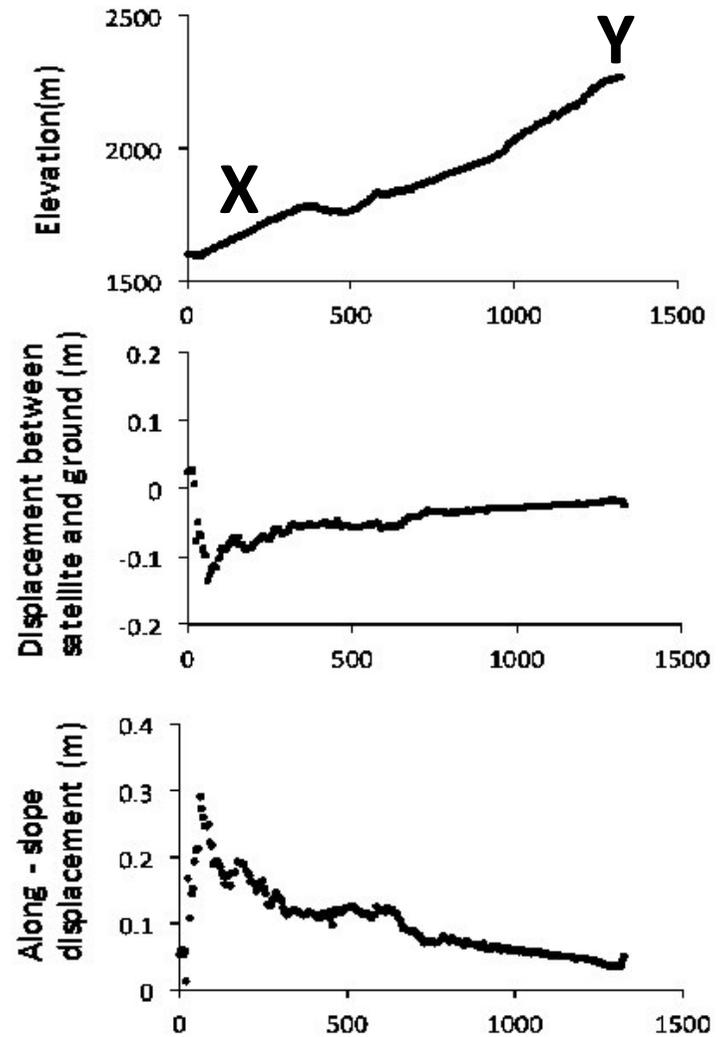
GNSS計測結果と整合的

湯の谷地区

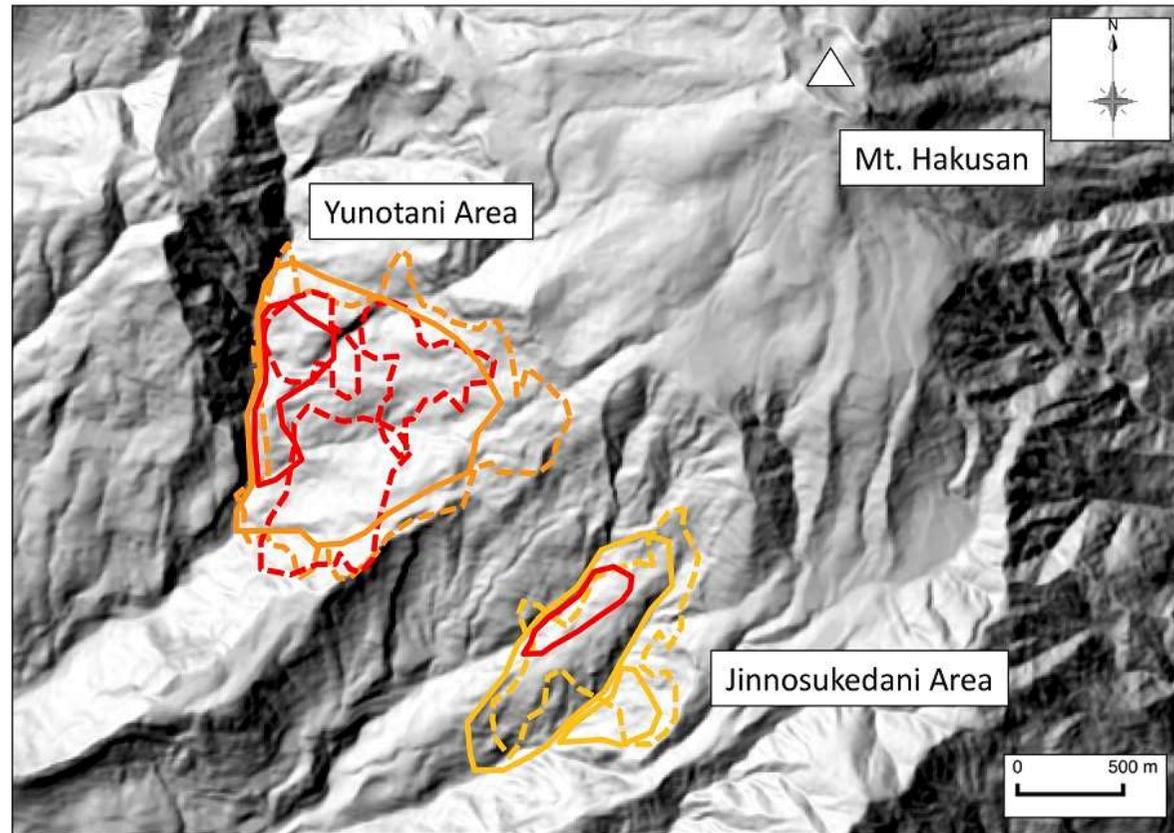
October 2014 – July 2015



Amount of displacement (mm)



既往解析結果との比較



10月～7月:9ヶ月 This study

Michinaka and Hiramatsu (2010) 6月～10月:4ヶ月

— Area of annual displacement 100 mm or less

— Area of annual displacement 100 - 200 mm

— Area of annual displacement 100 mm or less

— Area of annual displacement 100 - 200 mm

変動範囲は先行研究と概ね一致. 顕著な変動範囲は異なる.

- 地すべり変動は4月～8月 (7月がピーク)
その他はほぼ安定している。(奥野ほか,2004)

↓
「季節変動」と考えられる

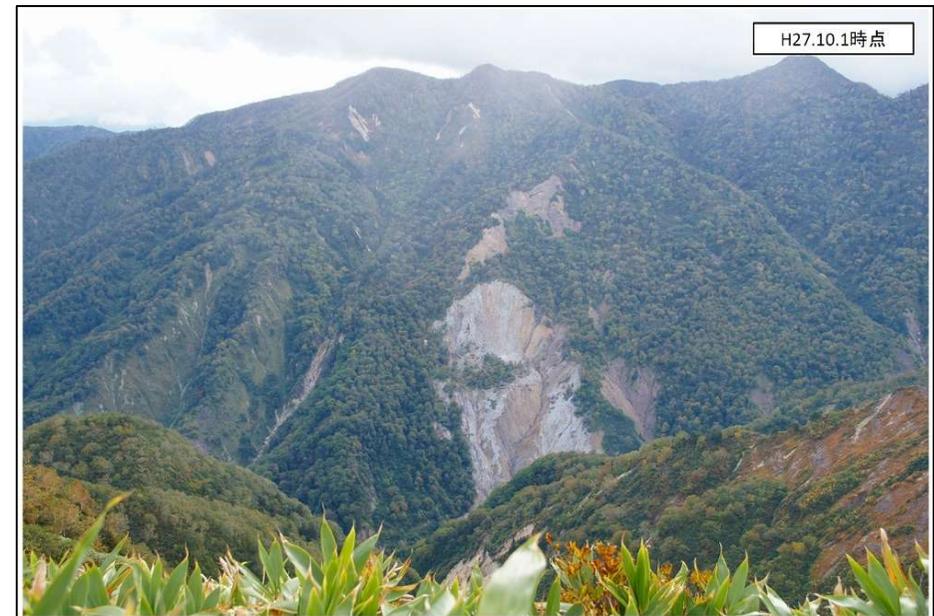
コヒーレンスを用いた崩壊性地すべりの検出

○仙人谷地区

- ・ 2014年11月 小規模崩壊発生
- ・ 2015年5月上旬 拡大崩壊発生



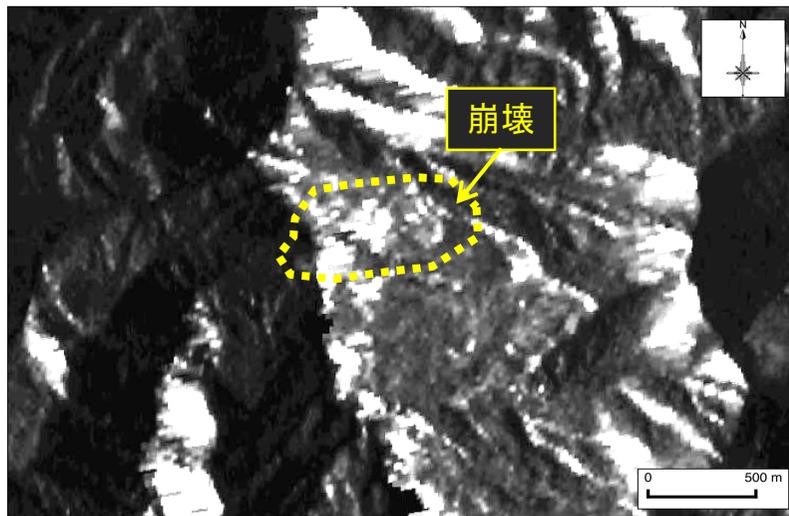
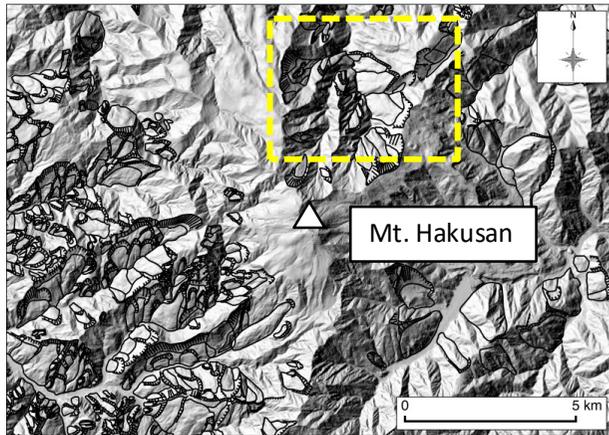
(林野庁HPより)



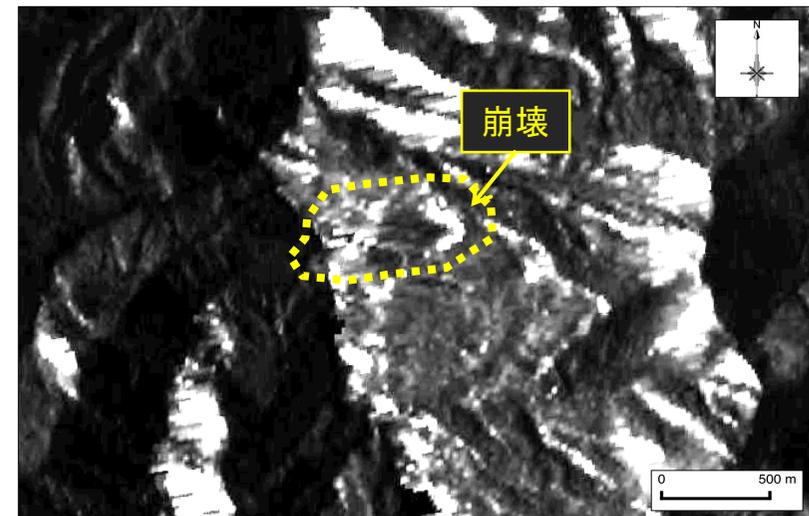
(林野庁HPより)

コヒーレンスによる崩壊性地すべり検出の可能性

SLC image



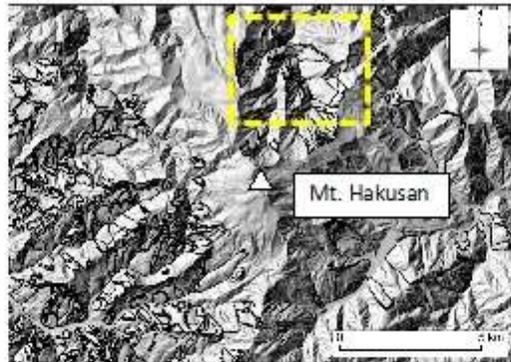
October 2014



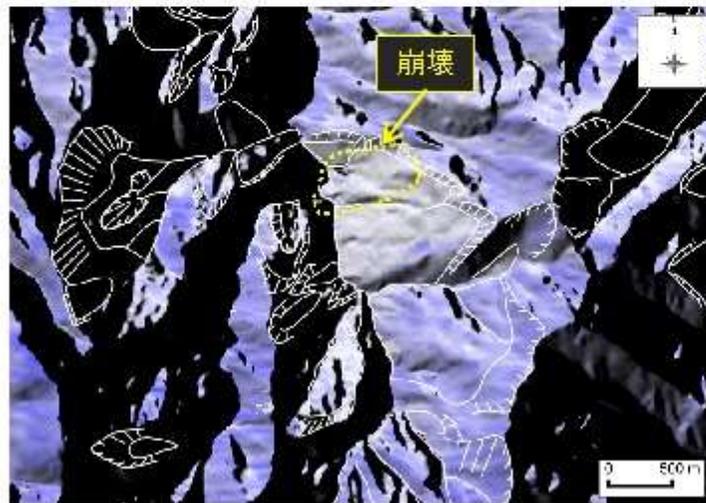
July 2015

目視で変化を確認できる程の変動あり

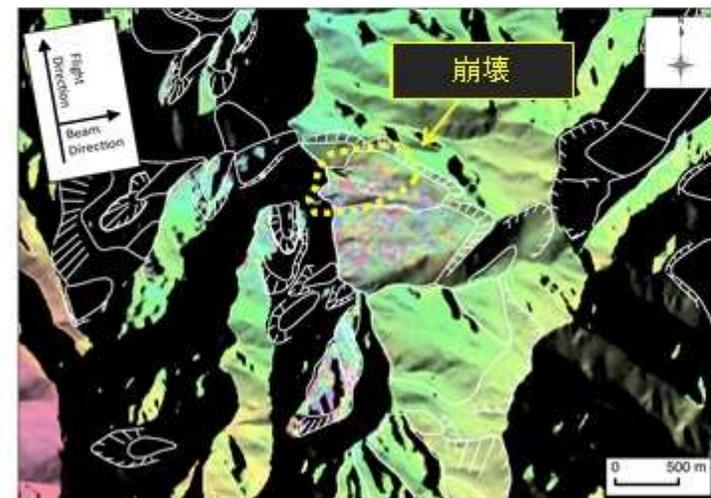
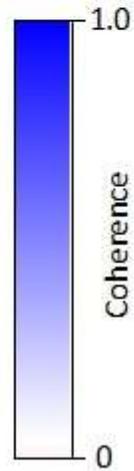
解析結果



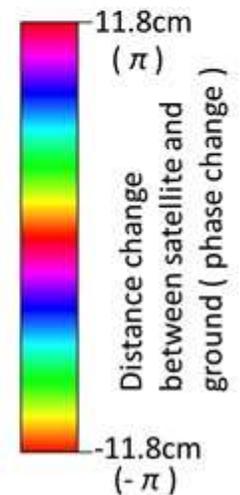
October 2014 – July 2015



InSAR image



coherence



- 崩壊箇所を含む，背後の尾根広範囲でコヒーレンスが低下
- 南側の斜面もコヒーレンスが低下

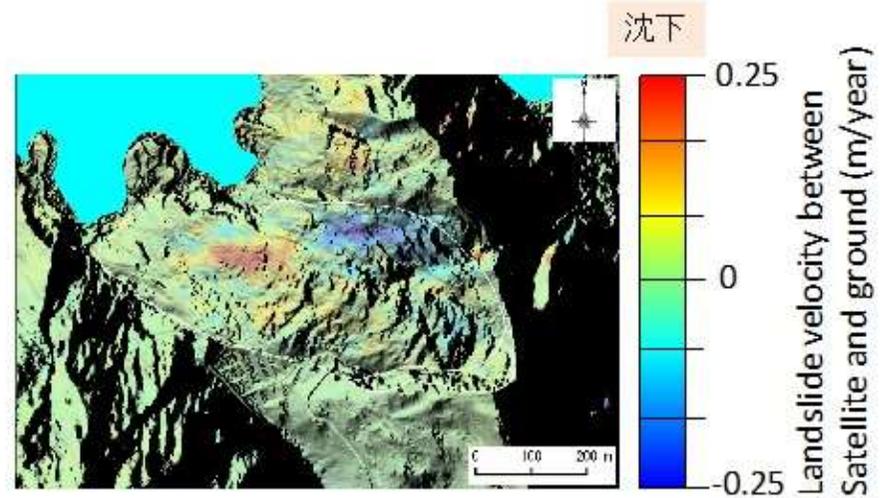
能登の地すべりを対象にした 斜面変動の抽出

金沢大学における研究事例

解析結果

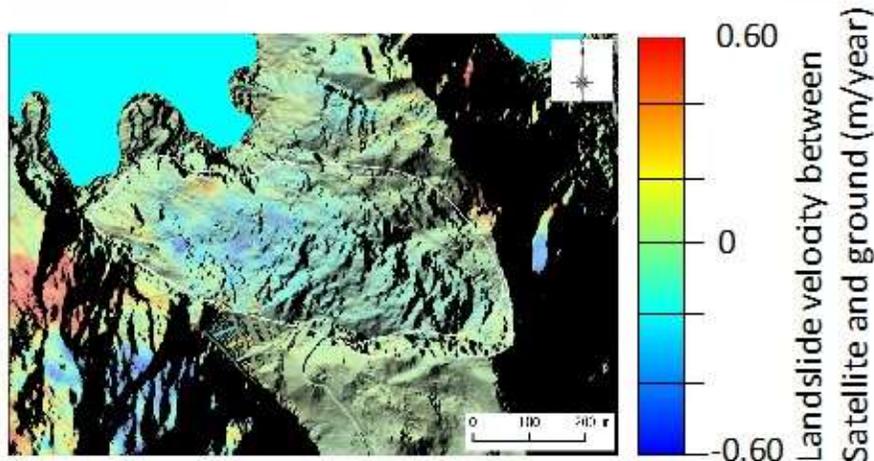


Maximum displacement rate = 0.6cm/year
(October 2014 – December 2015)

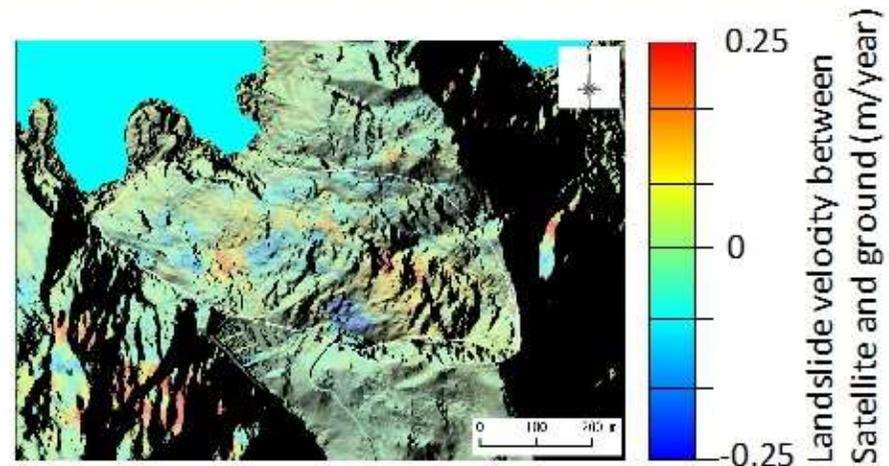


Period1: October 2014 – April 2015 水平変動 or 隆起

地すべり変動は時間的にも空間的にも一様でない

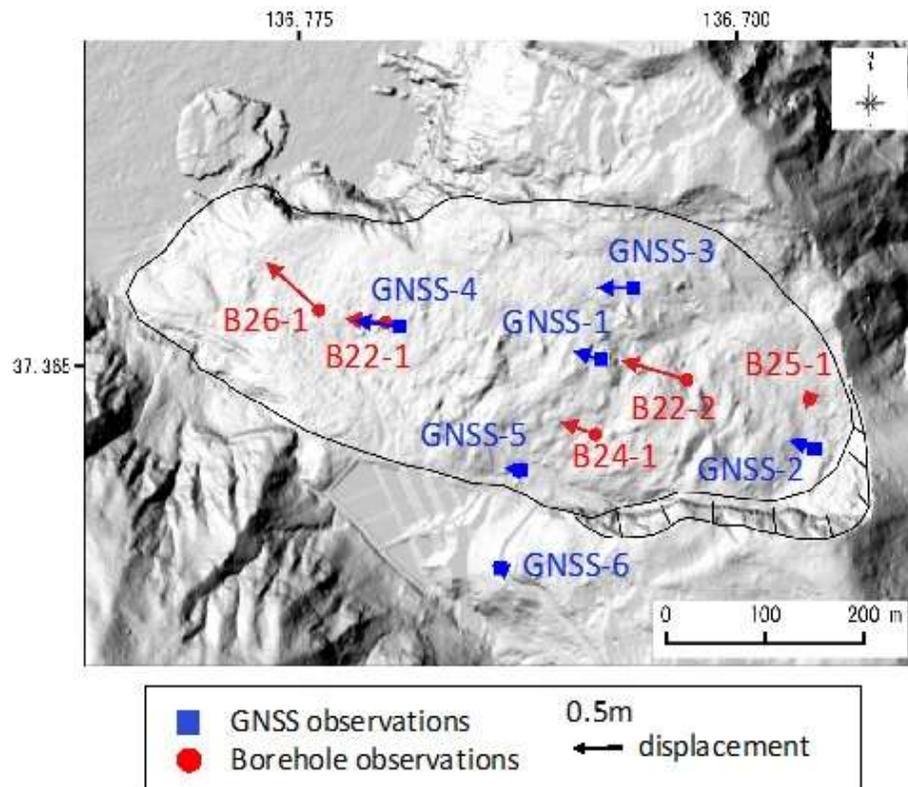


Period2: April 2015 – July 2015

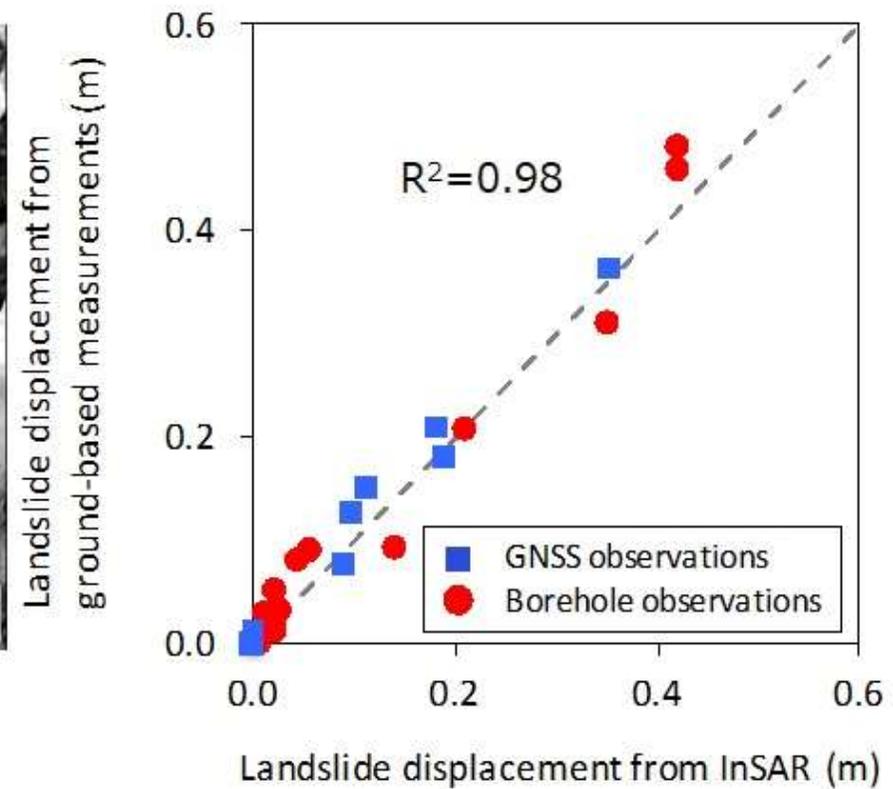


Period3: July 2015 – December 2015

地表モニタリングとの比較



Results of GNSS and borehole observations.



Landslide displacements measured by InSAR and ground-based measurements

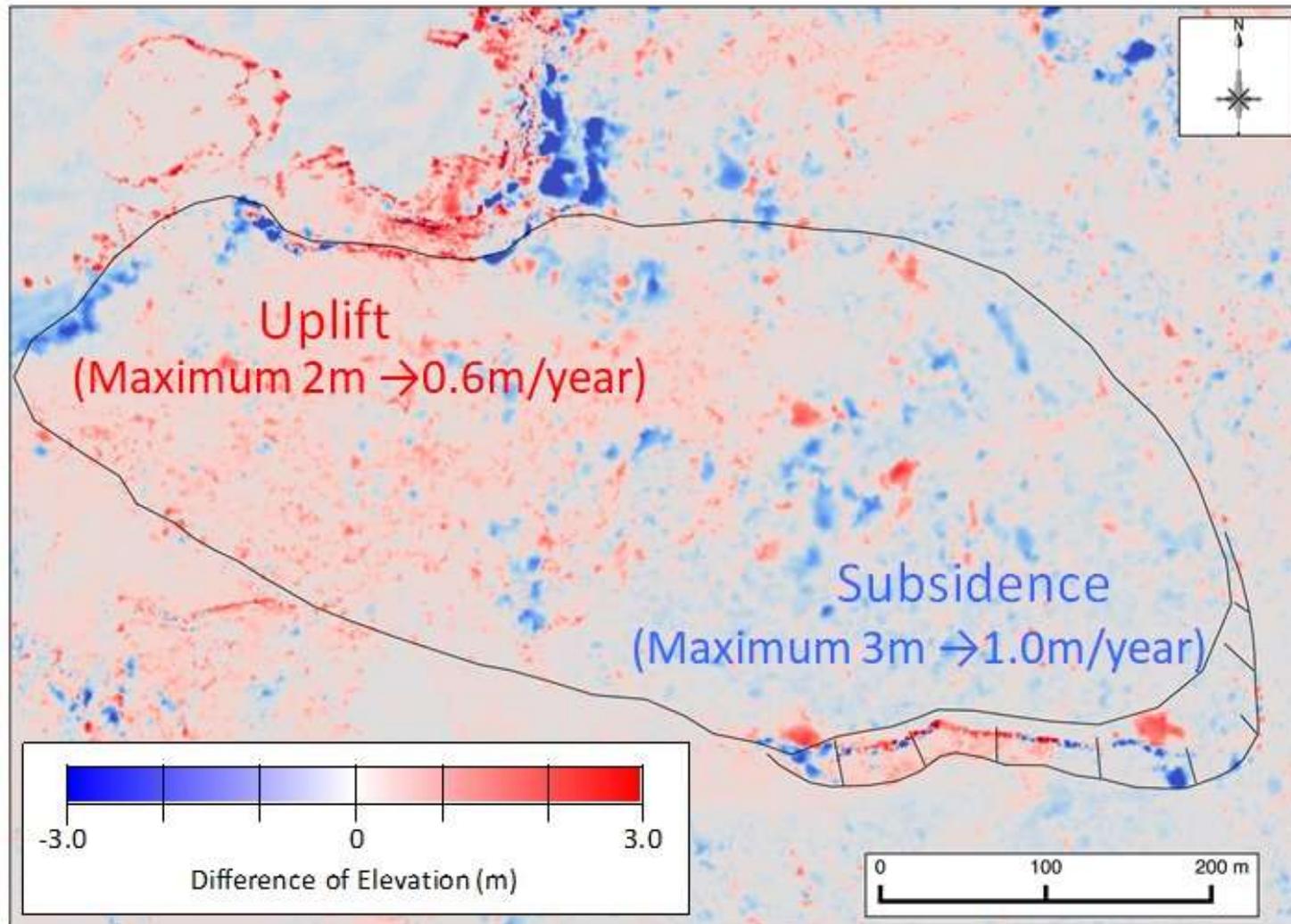
InSAR同様に変動分布が不均一，末端部が特に大きい

地上モニタリング結果と整合的

DEMを用いた標高差解析

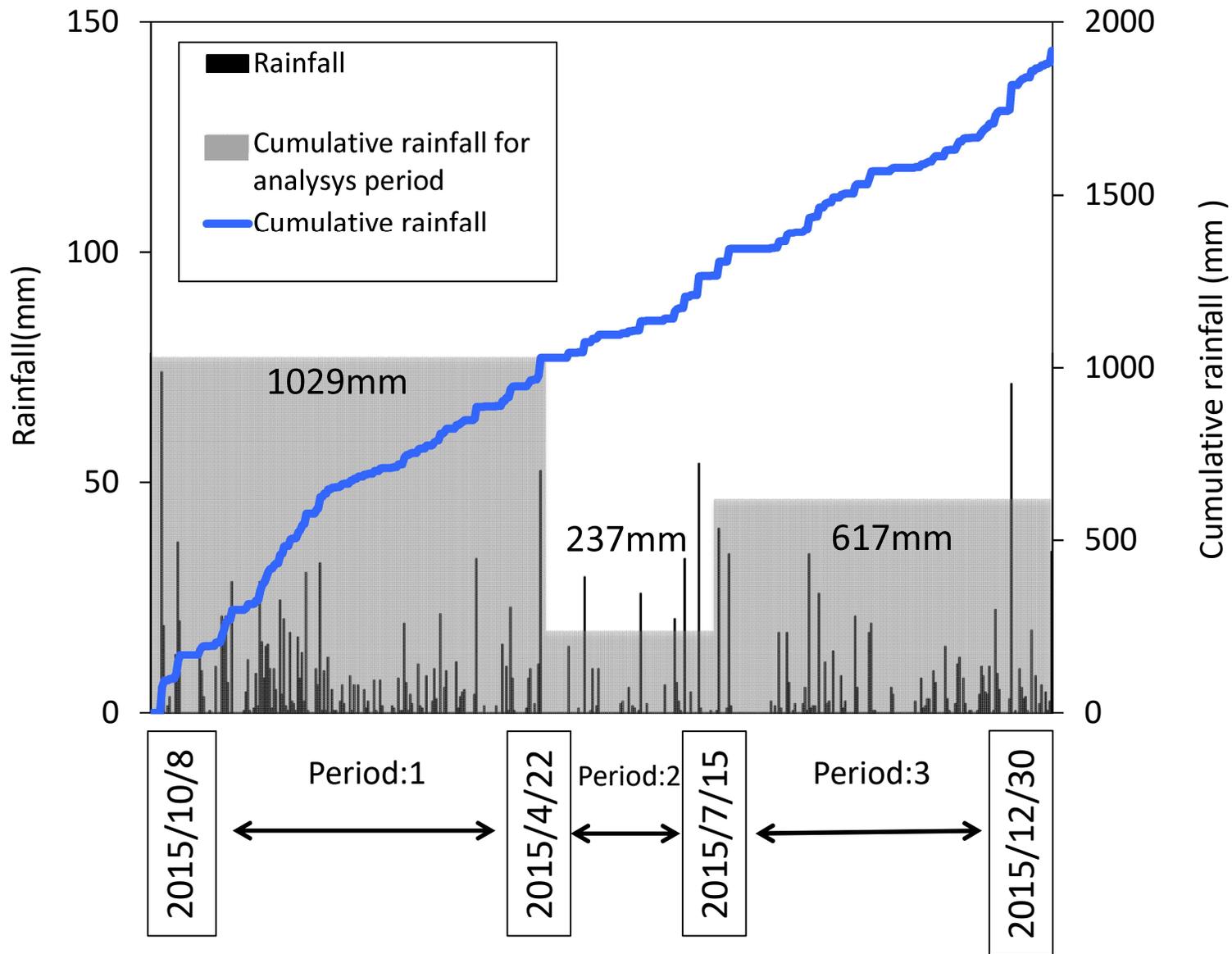
中期間(約3年)のデータ解析

DEM in 2007 and 2010



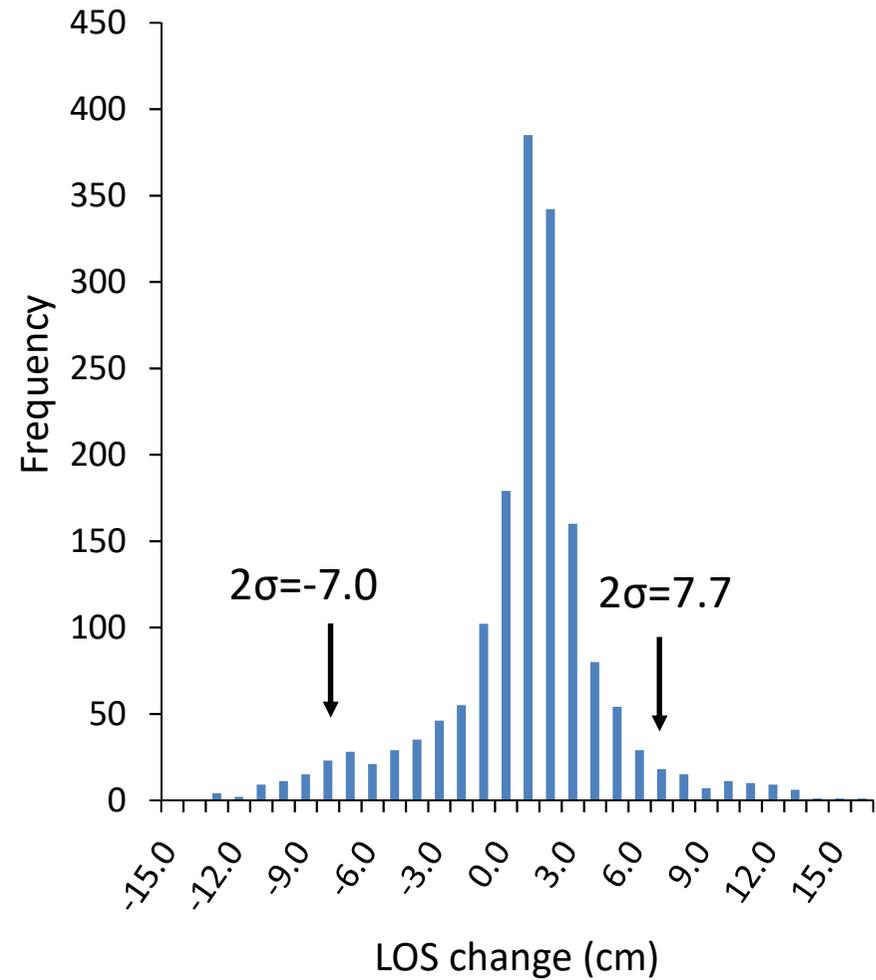
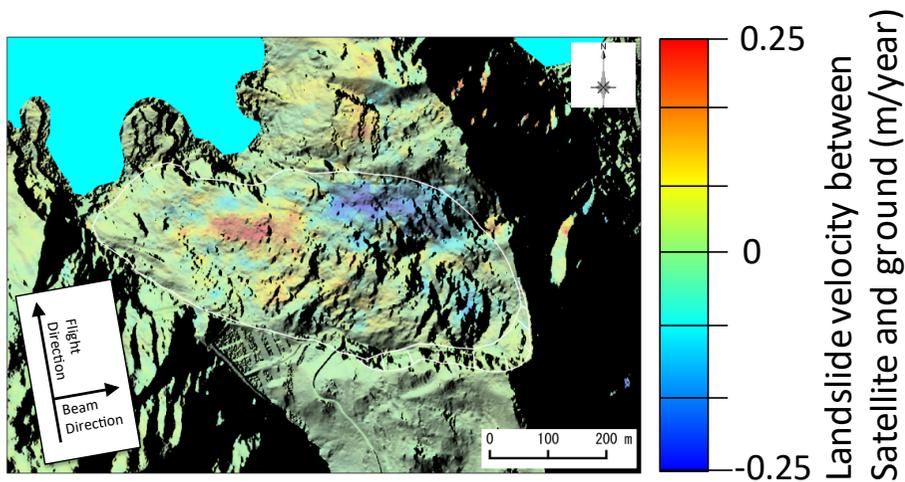
地すべり変動の特徴である、頭部の沈下、末端部の隆起が表れている。

解析期間と雨量との関係



地すべり変位の分布

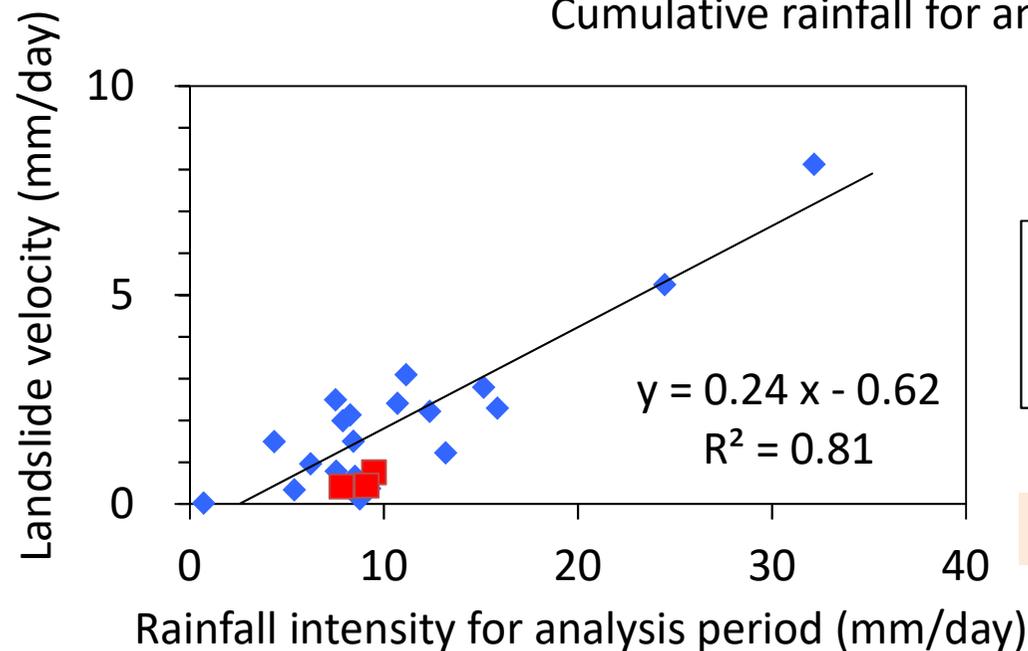
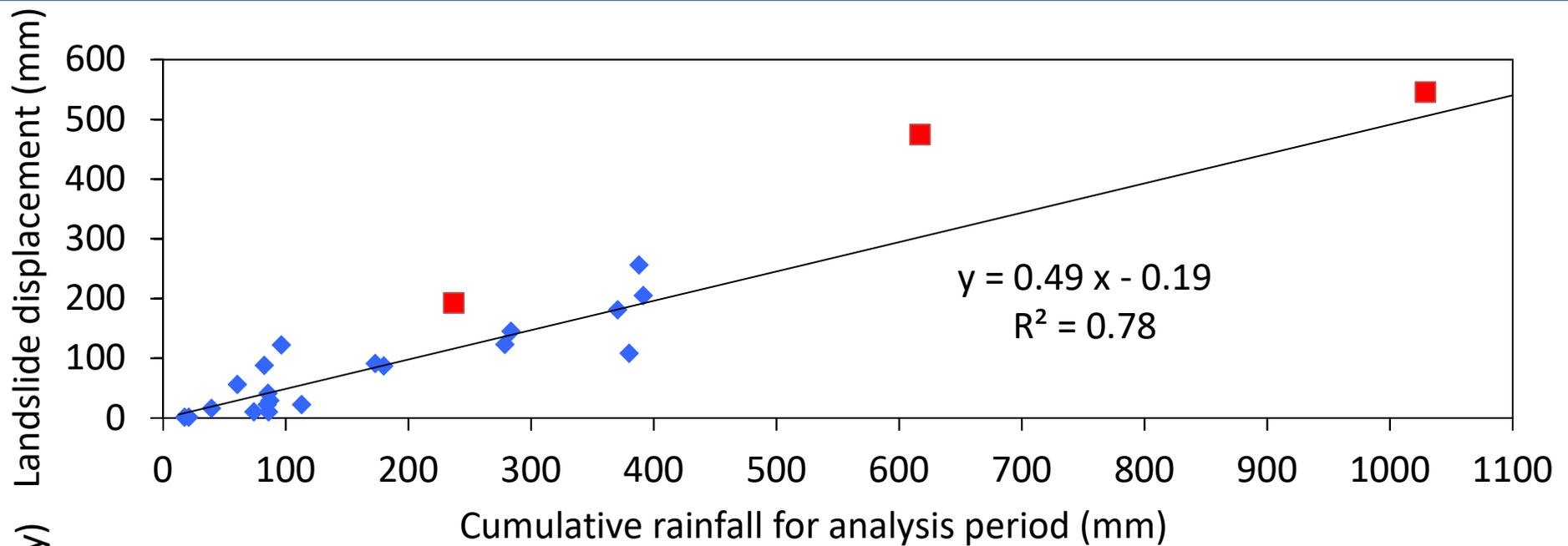
Case1. October 2014 – April 2015



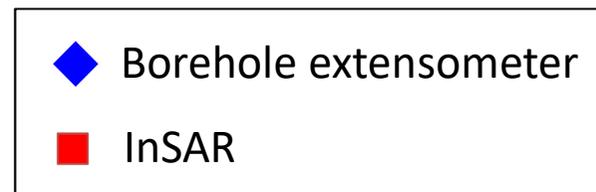
代表値として「平均値+2 σ 」を指標に

Average (cm)	Standard deviation [σ]	Average+2 σ (cm)
0.38	3.70	7.78,-7.01

地すべり変位と降雨との関係



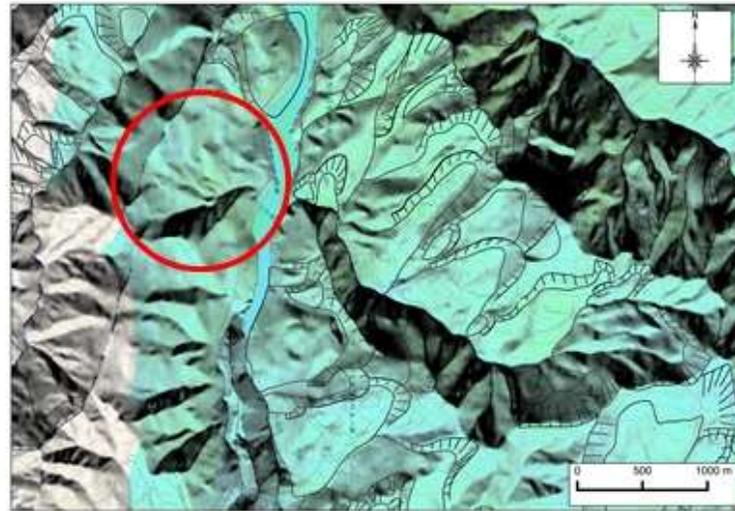
地すべり変動と累積雨量に相関あり



移動速度と雨量強度に相関あり

地すべり事業でのモニタリング 活用事例

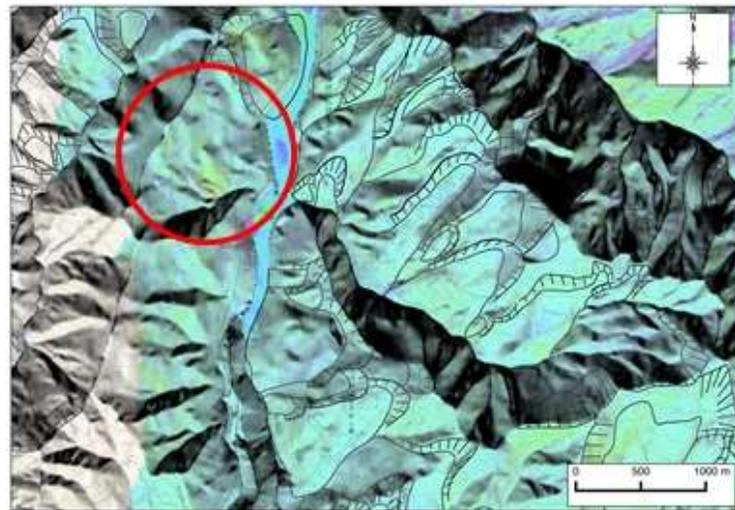
解析結果



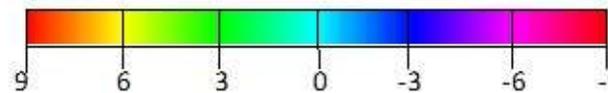
H26-H27 (2014.8.8-2015.10.30)



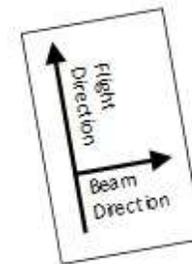
H27-H28 (2015.10.30-2016.10.28)



H26-H28 (2014.8.8-2016.10.28)



衛星-地表の距離変化 (cm)

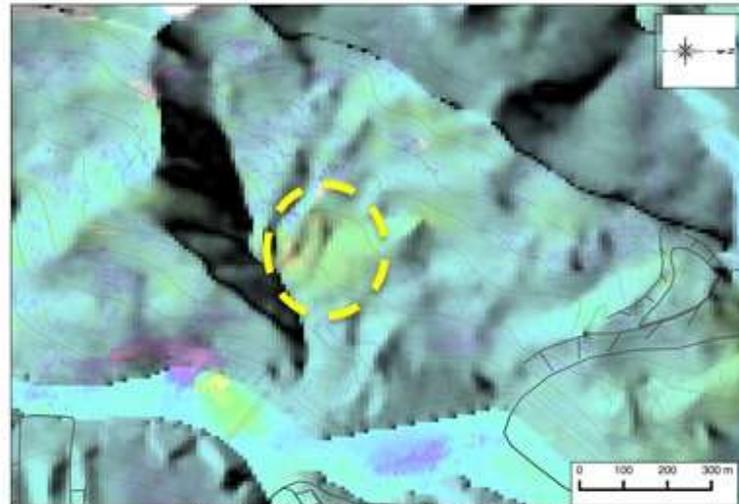


○ : 地すべり地

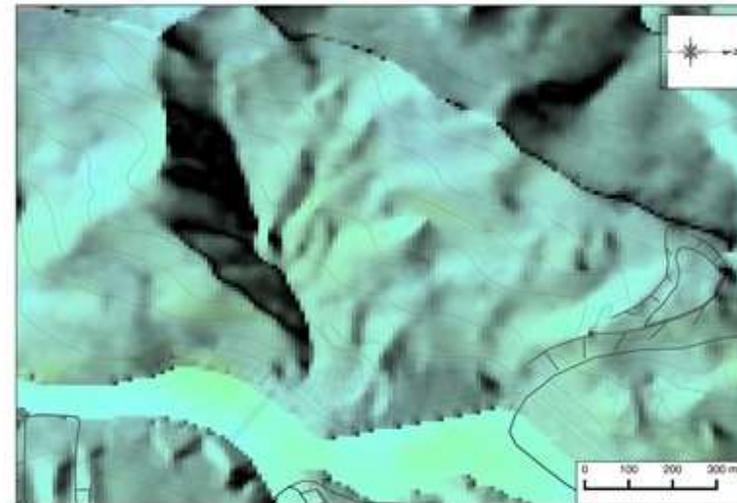
SARデータ提供: JAXA
InSAR解析: 中部地下開発(株)

InSAR解析結果。各画像の背景図は地理院地図(国土地理院)と地すべり地形分布図(防災科学技術研究所)である。
PALSAR-2データは北行軌道(Ascending)のもの。

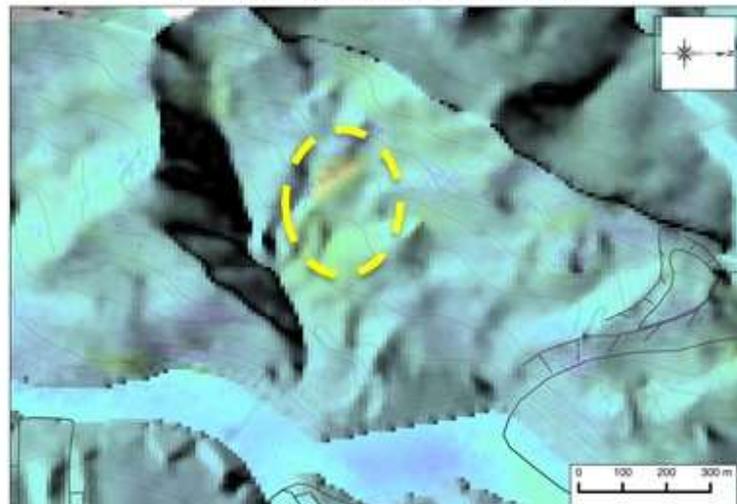
変動エリアの拡大



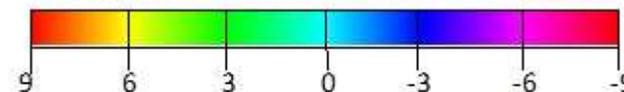
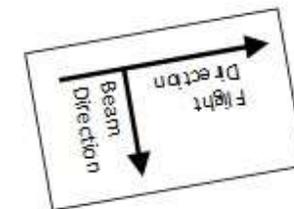
H26-H27 (2014.8.8-2015.10.30)



H27-H28 (2015.10.30-2016.10.28)



H26-H28 (2014.8.8-2016.10.28)



衛星-地表の距離変化 (cm)

SARデータ提供: JAXA
InSAR解析: 中部地下開発(株)

InSAR解析結果の地区拡大図。H26-H27とH26-H28の画像では、図中に示した200m×200mの空間範囲において、衛星と地表の距離で最大8cmの衛星から遠ざかる方向の変位が検出される。その他の範囲においては顕著な地表変位は認められない。

変動エリアの現地確認



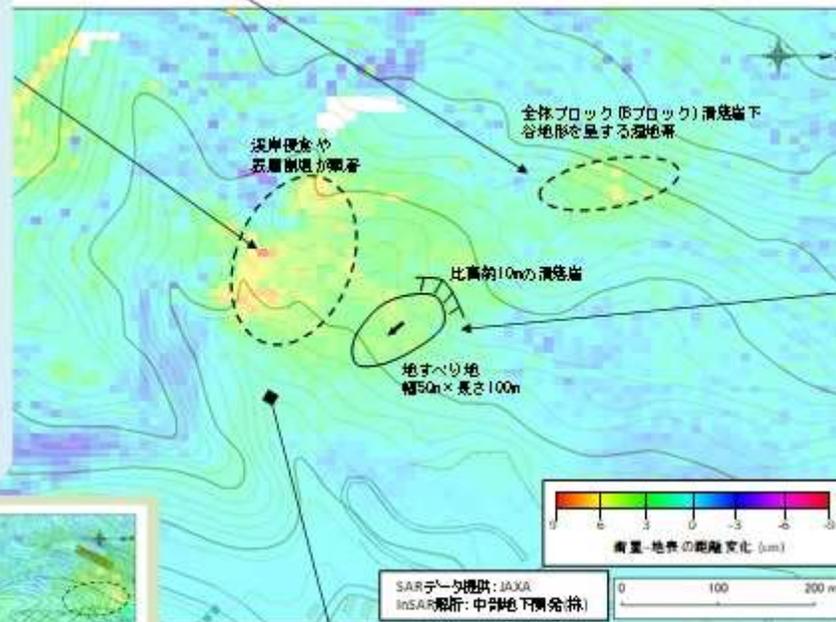
頭部の湿地帯



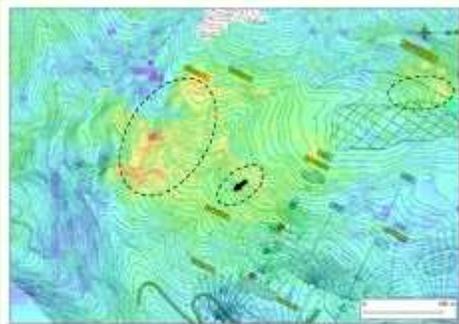
頭部滑り崖 最大比高10mの滑り崖が30m程連続する。



深層侵食、表層崩壊、立木の曲りが顕著。地すべり地形は不明瞭である。



ブロック内の状況
地表面の起伏が著しく、転石が散在する。立木の曲りも顕著である。



地すべり平面図との重ね合せ



土石流危険渓流
深間工が整備されている。



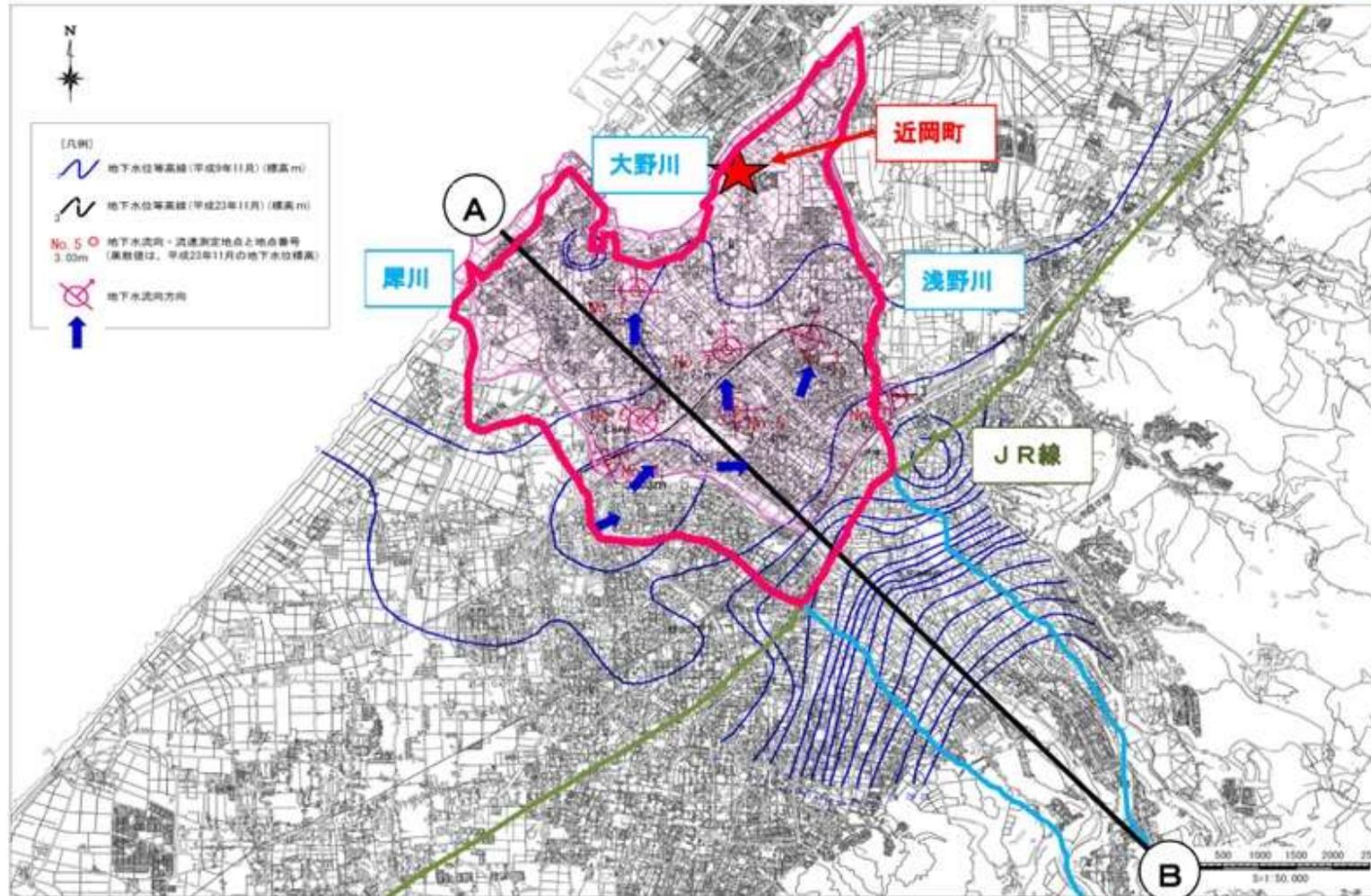
既設 治山ダム

InSAR時系列解析

解析エリア

図1 地下水流向調査結果及び設定区域

金沢市の平野部

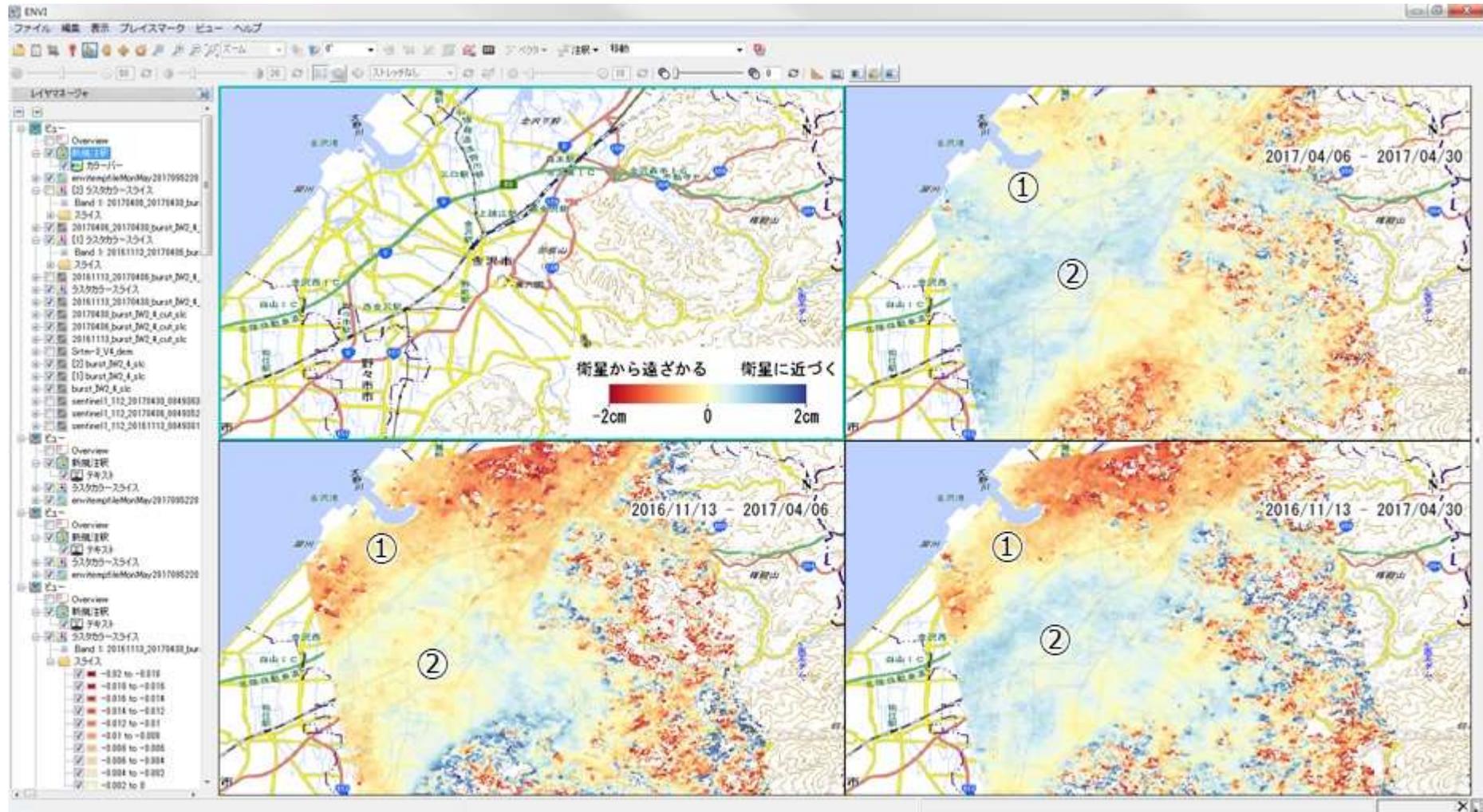


出典:地盤沈下対策重点区域の設定について

(<http://www4.city.kanazawa.lg.jp/data/open/cnt/3/21486/6/jibannchincka.pdf>)

DInSAR 解析結果

2016/11/13, 2017/04/06, 2017/04/30, の3時期データの各ペアによるDInSAR



- ①海側のエリアは全体に沈下傾向（一部、沈下傾向大きい）
- ②北陸自動車道とJRの間のエリアおよび市街地では上昇・沈下傾向

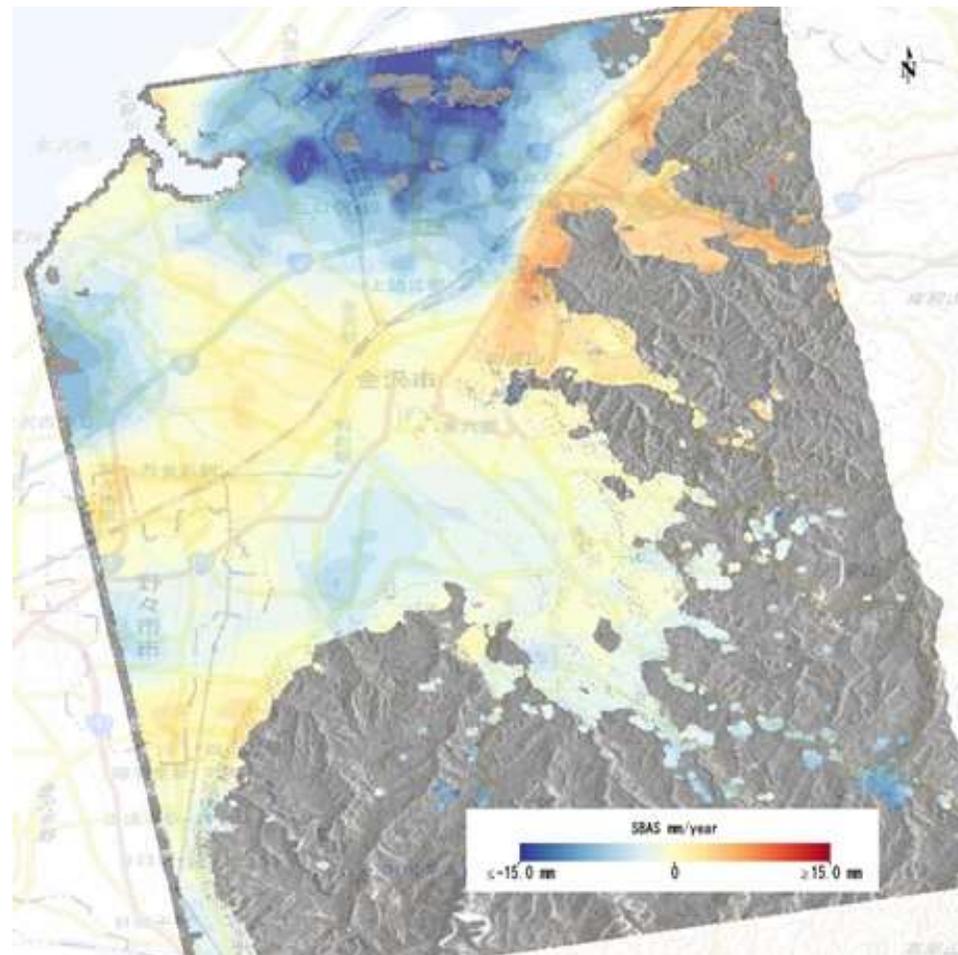
解析データ

No.	Acquisition
1	20161113
2	20170301
3	20170313
4	20170325
5	20170406
6	20170418
7	20170430
8	20170524
9	20170605
10	20170617
11	20170629
12	20170711
13	20170804
14	20170816
15	20170828
16	20170909
17	20170921
18	20171003
19	20171015
20	20171027
21	20171108
22	20171202
23	20171226
24	20180308
25	20180320
26	20180401
27	20180413
28	20180425
29	20180519
30	20180531

金沢市時系列干渉SAR解析

データ期間: 2016年11月13日 ~ 2018年5月31日

使用データ: Sentinel-1



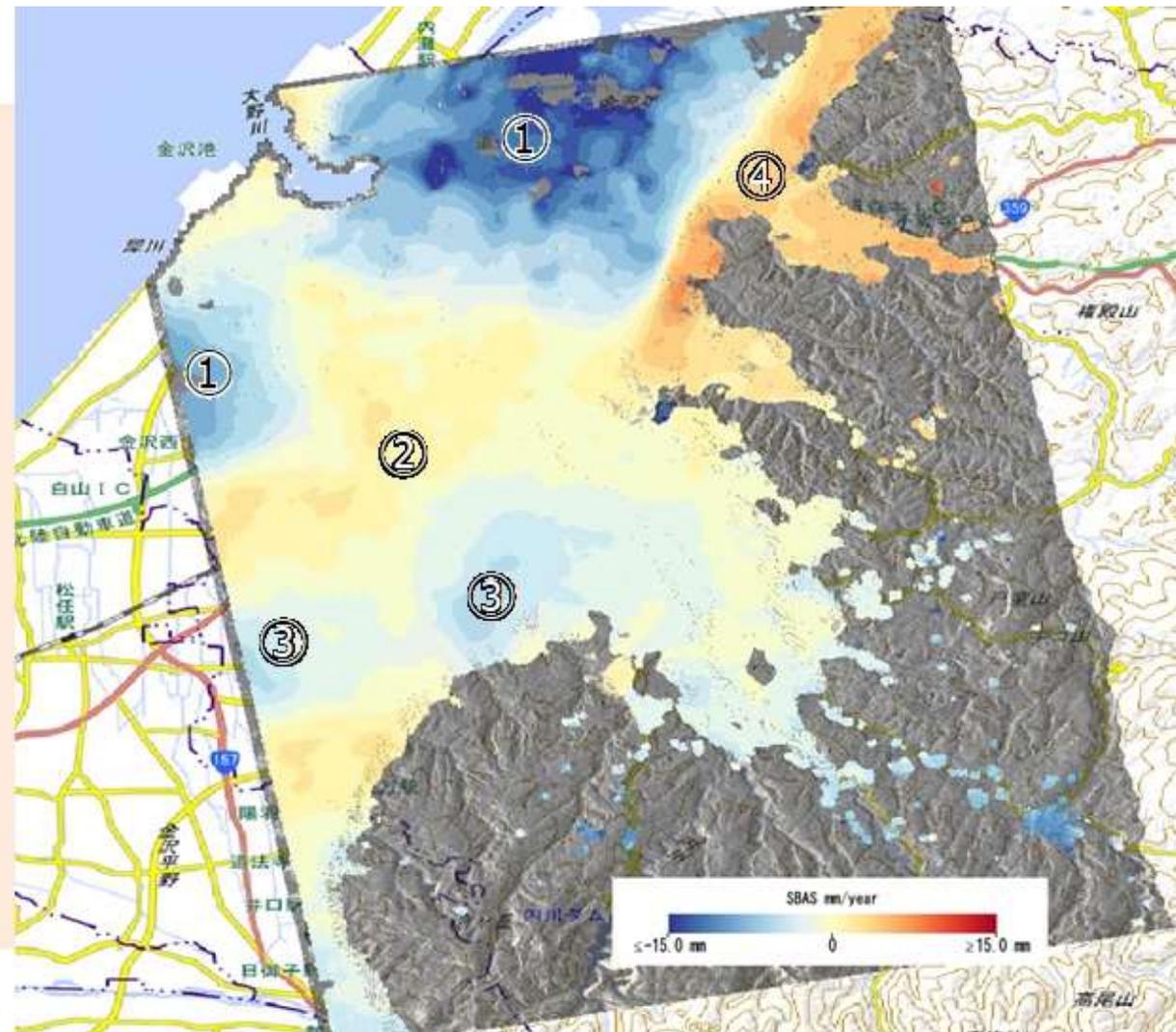
SBAS解析

①海沿いは2箇所を中心に相対的に顕著な沈下傾向

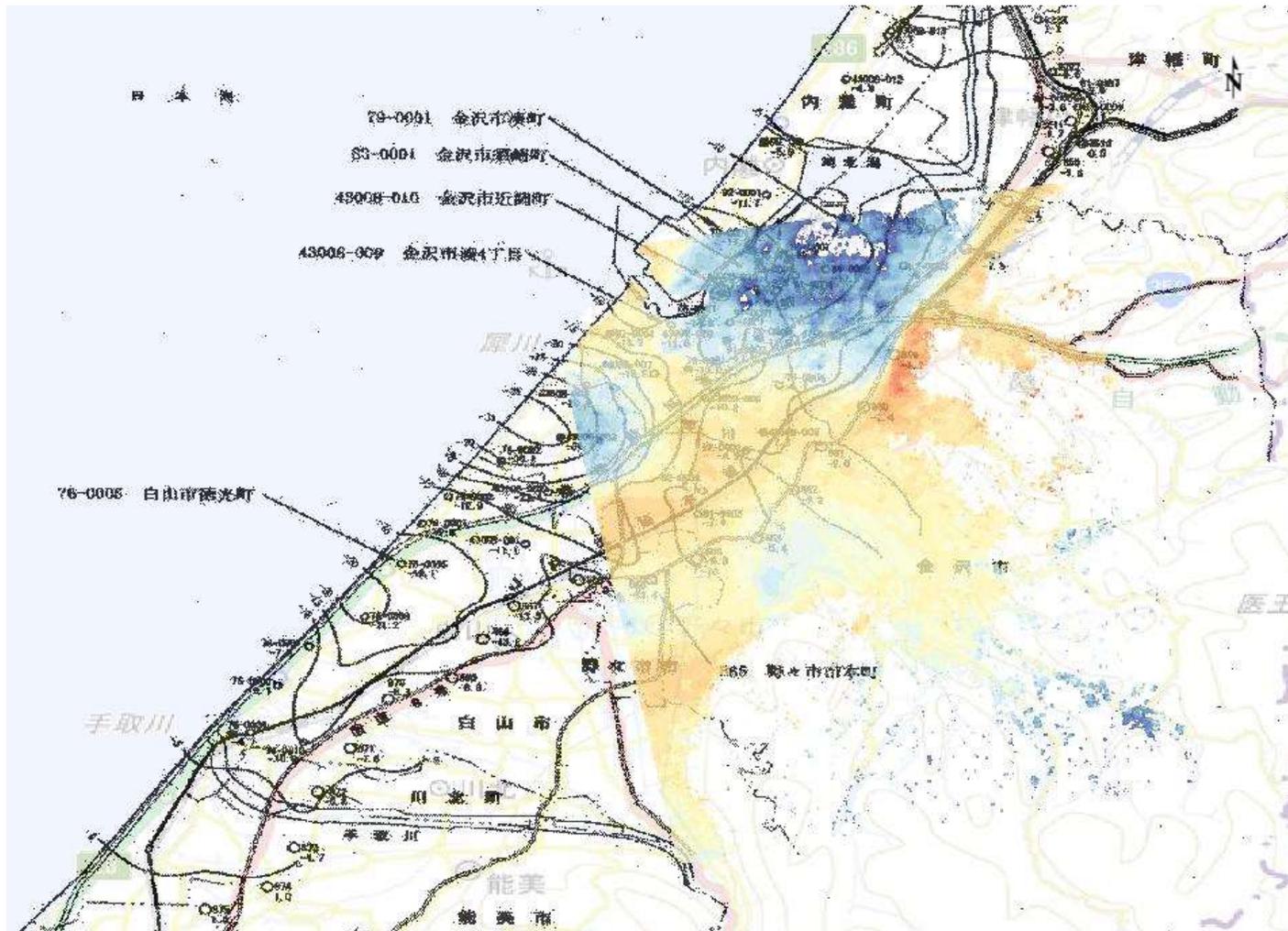
②市街地は顕著な変動がみられない

③局所的な沈下傾向は個別に確認が必要

④山沿いの上昇箇所は積雪期のデータが含まれていたことによる異常値

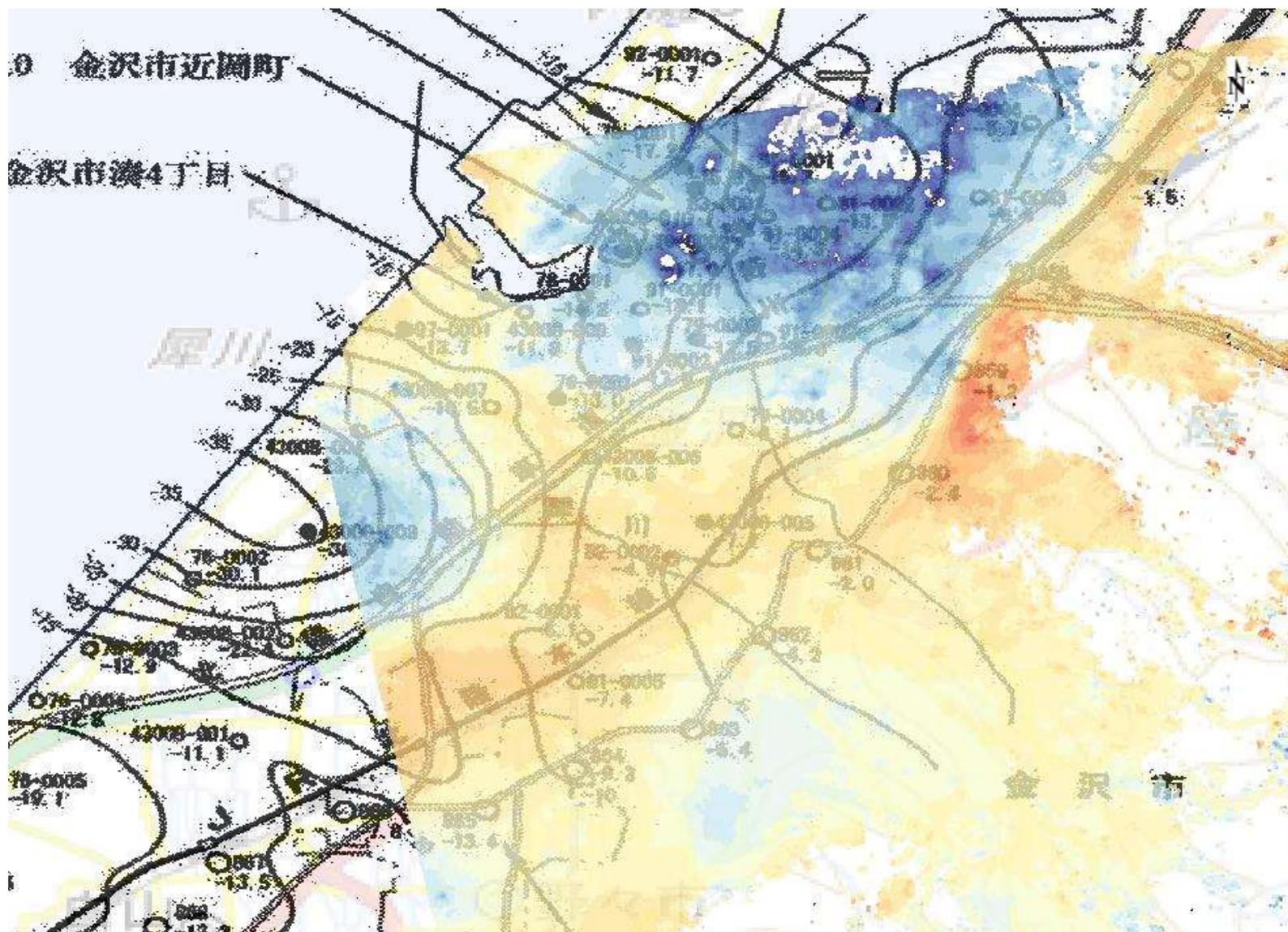


水準測量結果との比較



出典:平成28年度石川県地下水保全対策調査報告書

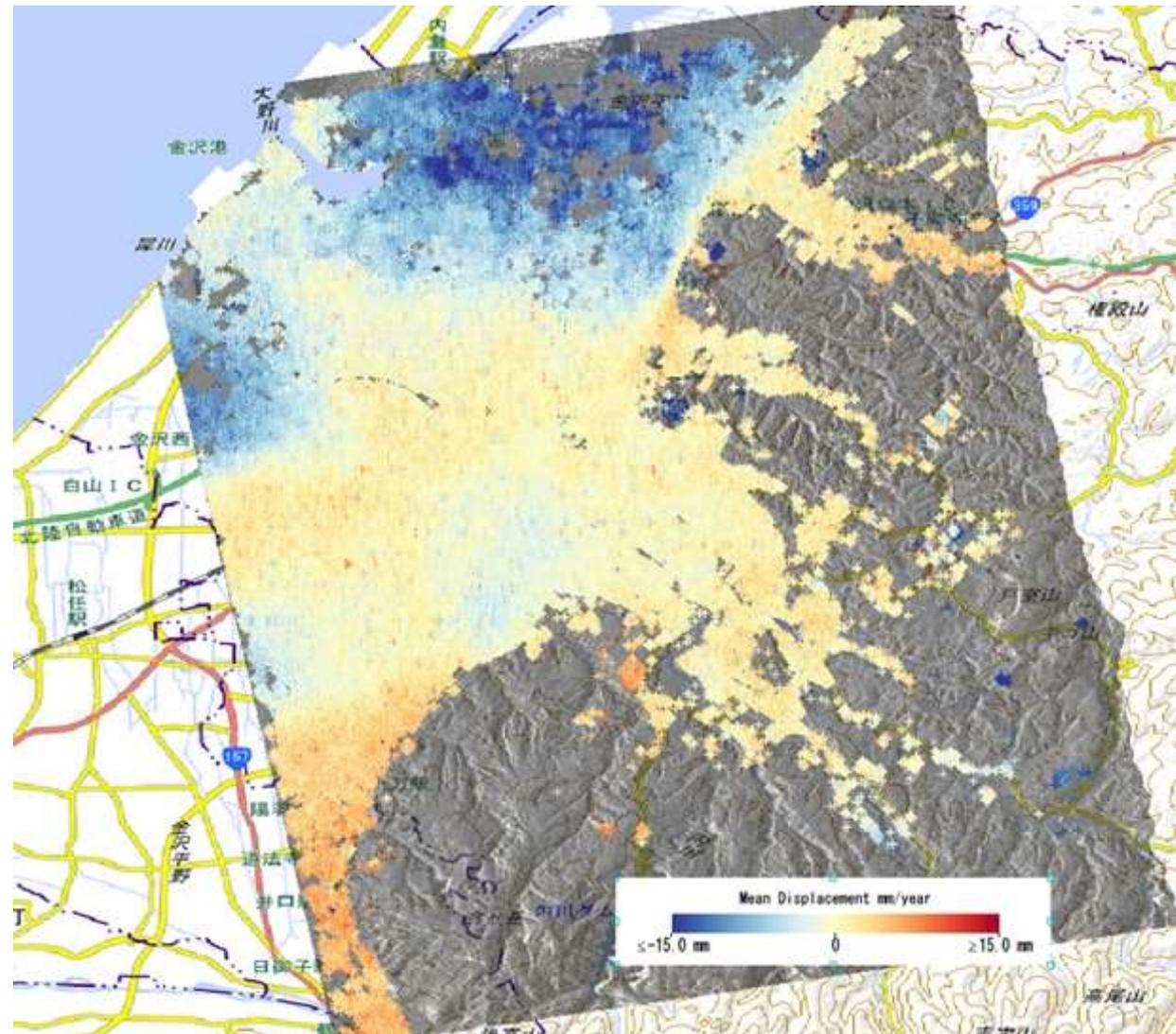
沈下傾向エリアの拡大



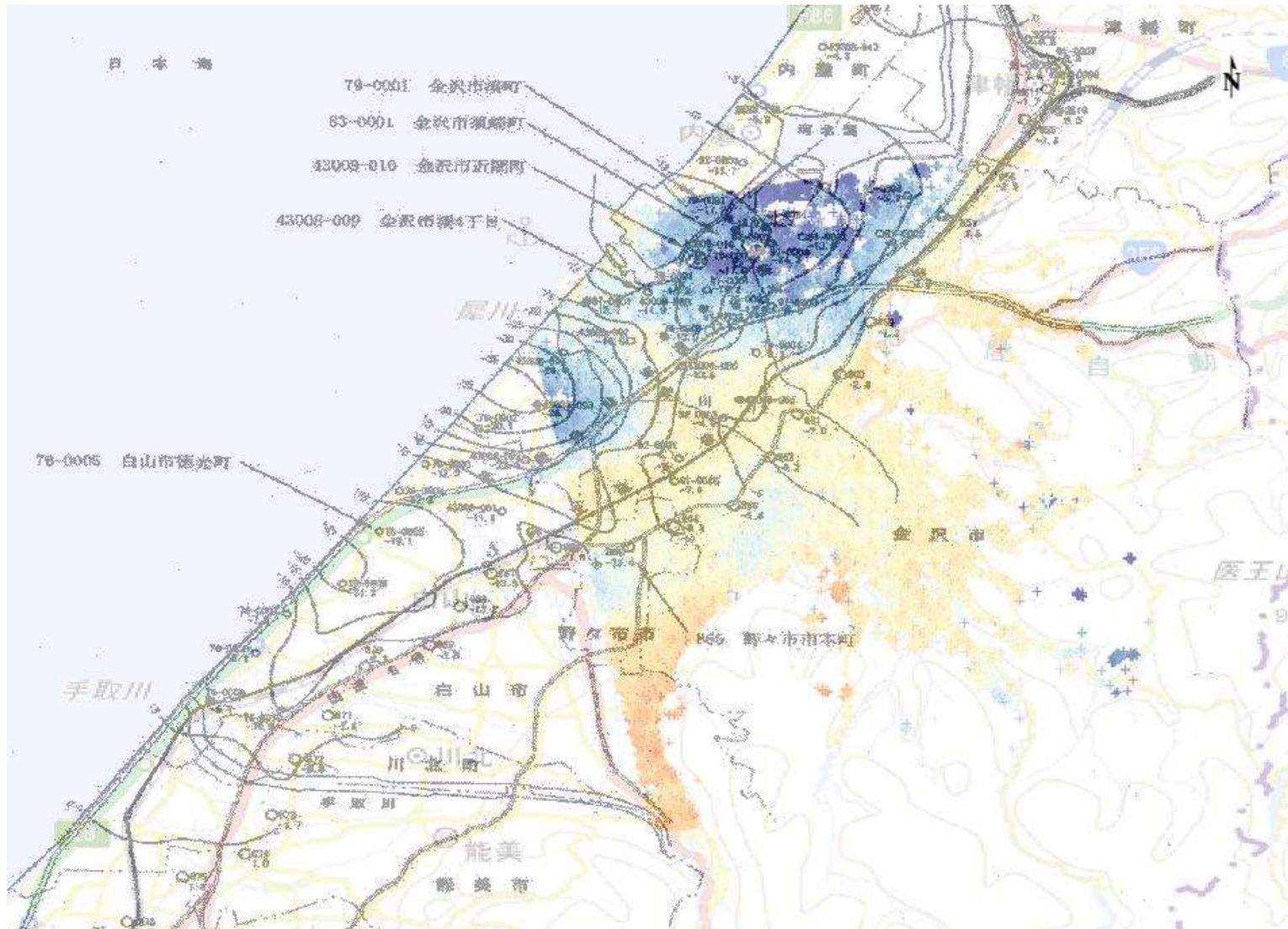
出典:平成28年度石川県地下水保全対策調査報告書

PS解析

SBAS解析結果
と同様の傾向

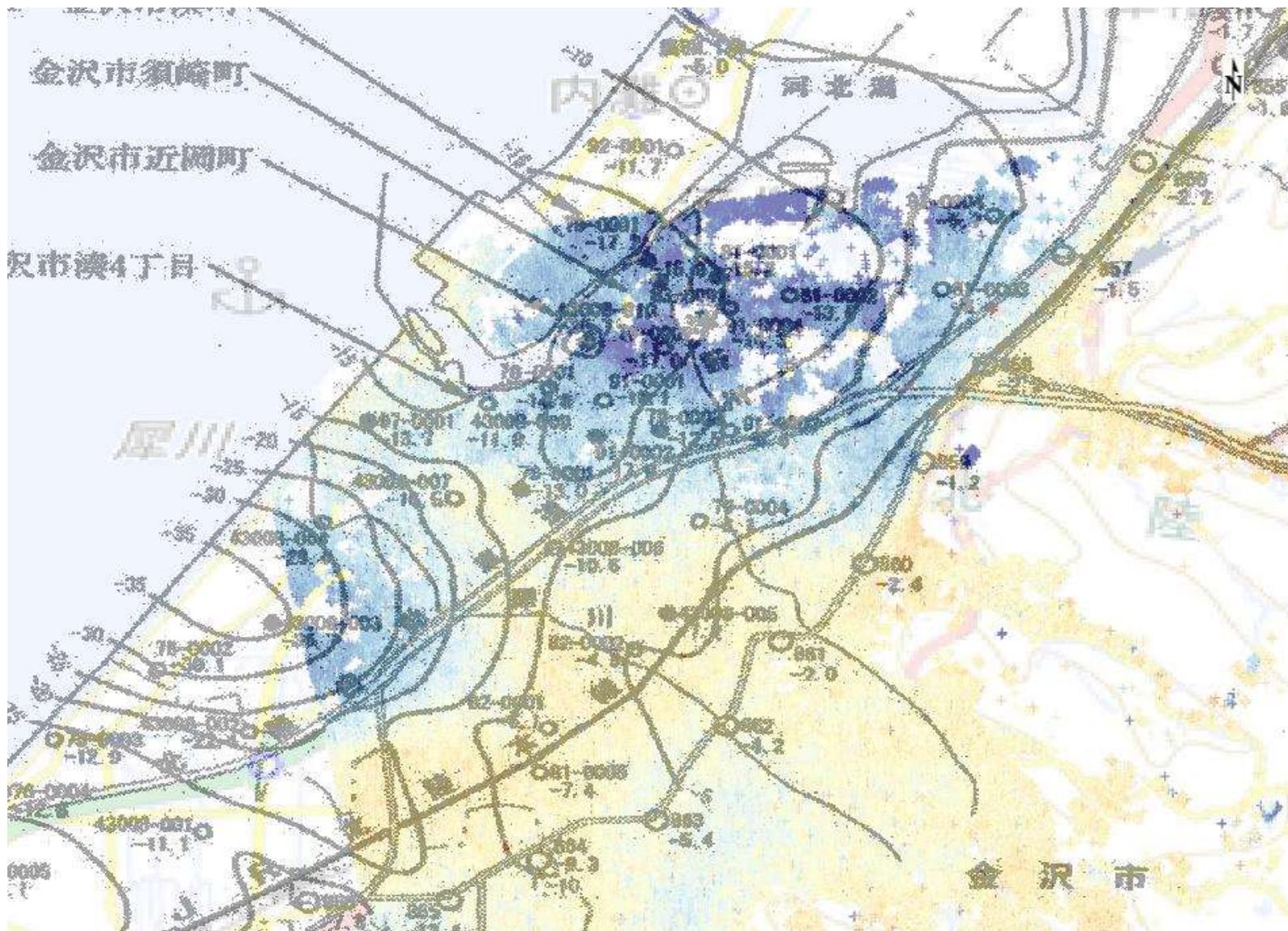


水準測量結果との比較



出典：平成28年度石川県地下水保全対策調査報告書

沈下傾向エリアの拡大



出典：平成28年度石川県地下水保全対策調査報告書

ご清聴ありがとうございました。
