

# ALOS/PALSARを用いた

## 地盤沈下・地すべり監視

— ALOS-2への期待 —

鈴木 啓・雨貝 知美・森下 遊・佐藤 浩

国土地理院

# 高精度地盤変動測量

○基本測量に関する長期計画（策定：H21年6月、計画期間：H21～30年度）

## 高精度地盤変動測量

（＝干渉SARによる地殻・地盤変動地域の監視）

・防災基礎情報の整備・更新

定常的な監視（地盤沈下・火山・地すべり）

→ 年2回

・災害時における国土の状況の速やかな把握

地震等による被害状況の把握

→ 発災後46日以内

### 地震

### 地すべり

### 火山

### 地盤沈下

平成19年(2007年)  
新潟県中越沖地震

山形県月山周辺の地すべり

有珠山の山体収縮

地熱発電所周辺の  
地盤沈下

津軽平野

発生場所不特定  
災害発生時に緊急に解析

発生場所予め特定  
定常的な監視・解析



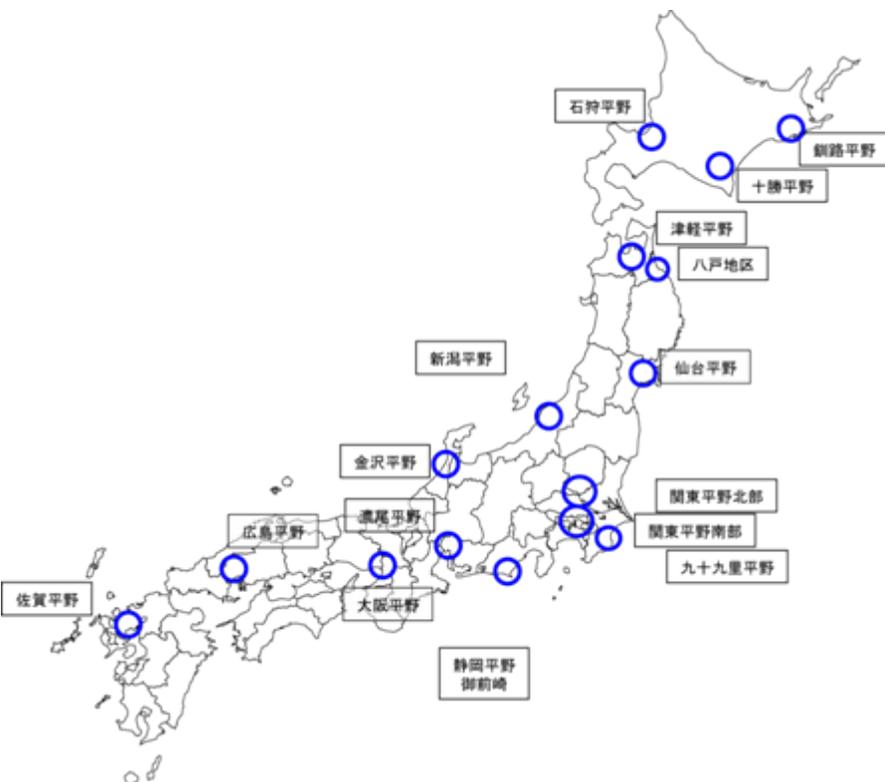
干渉SARによる地盤沈下  
監視事業へ向けて

# 地盤沈下監視

国土地理院研究開発基本計画（策定：H21年6月，計画期間：H21～H25年度）

## ＜重点研究開発課題＞

- ・地理空間を円滑に整備・流通・活用するための研究開発  
 → **水準測量**の高精度化・効率的な実施に資するため、  
**干渉SAR技術**により**面的かつ効率的**に地盤沈下を把握する。



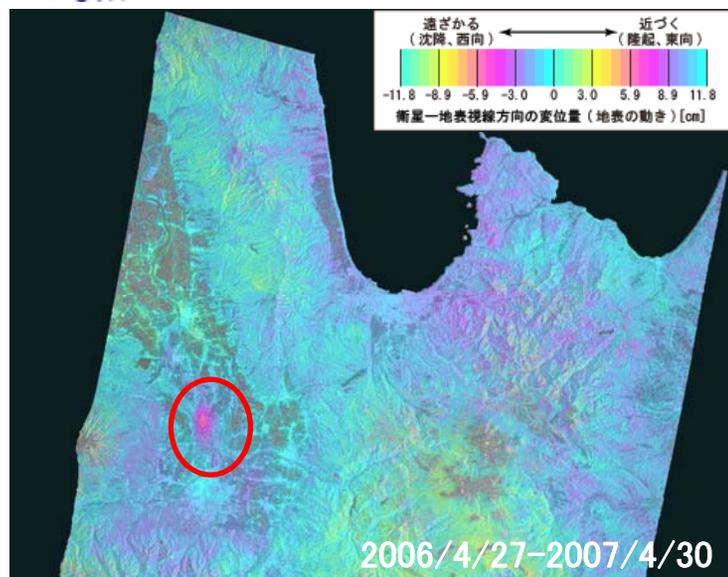
	干渉SAR	水準測量
計測精度	～数cm	～数mm
観測域	面的	点・線上
観測頻度	46日周期 最大8回/年	標準1回/年 (地盤沈下地域)
地上観測機器	不要	要



精度的な課題をクリアすれば、  
地盤沈下の監視に発展！



# 地盤沈下域での実証実験(津軽平野)



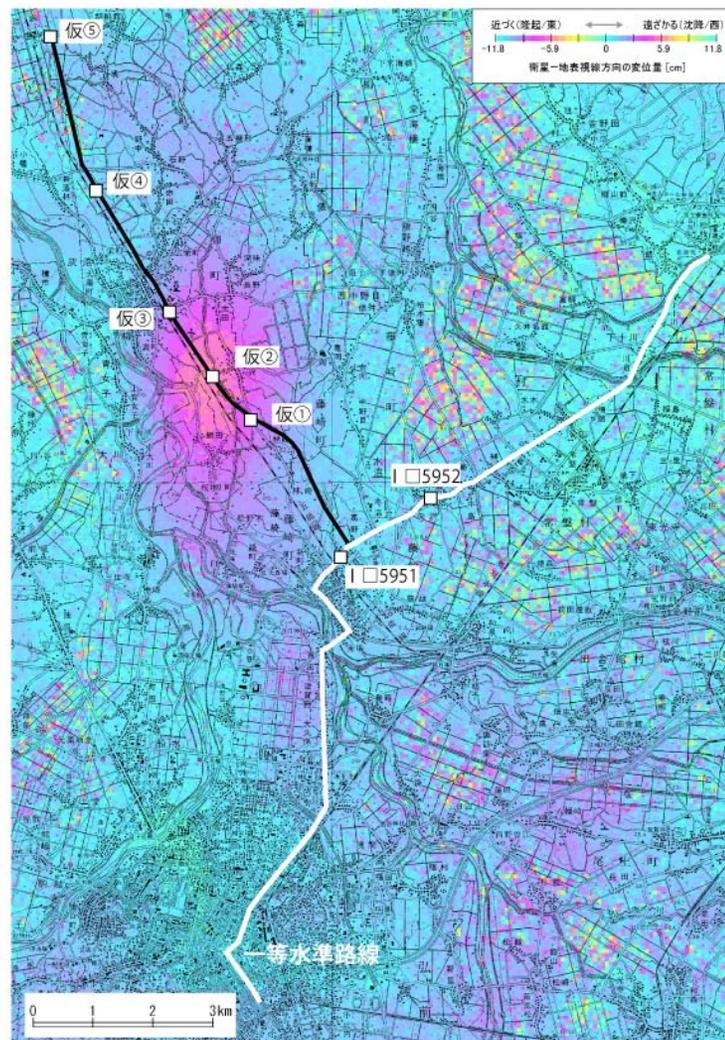
少なくとも約5cm/yearの変動  
(沈降もしくはは西向)



水準路線から外れた地域  
(現地被害なし)



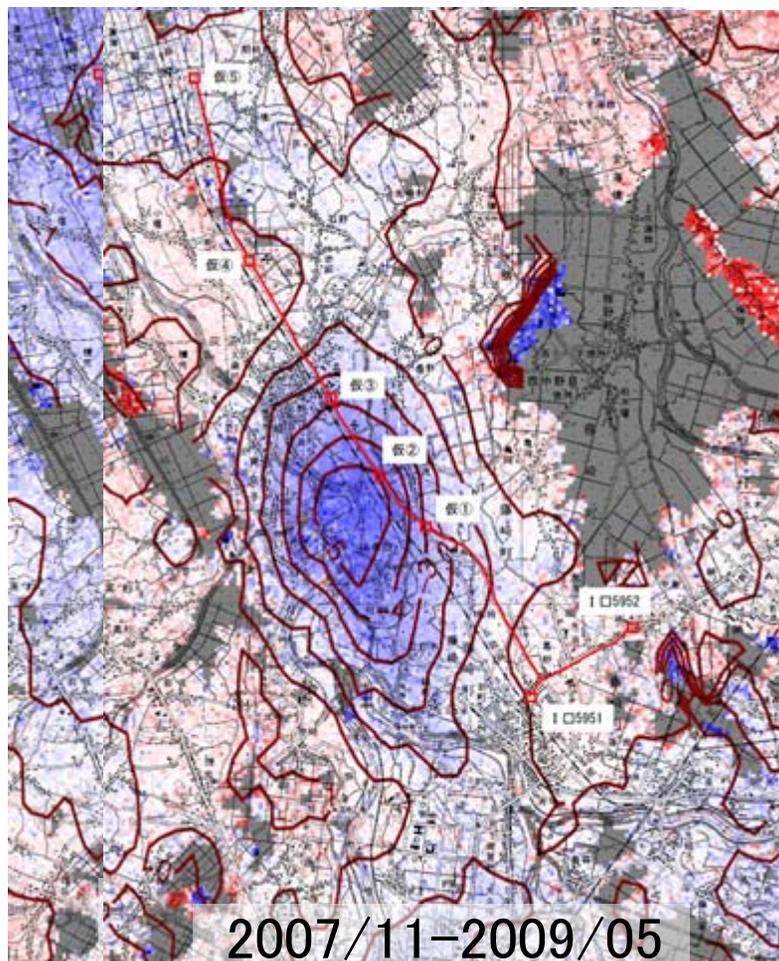
実証実験として  
水準測量を実施



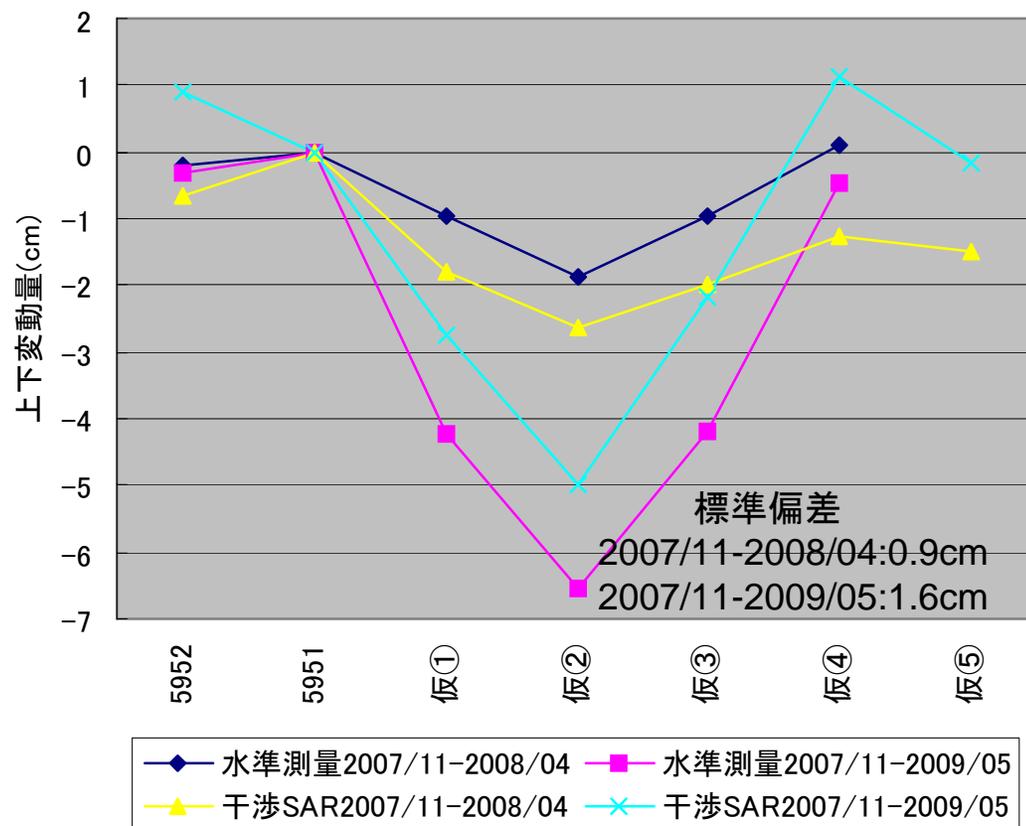
- 干渉画像を参考に水準路線を新設
  - 変動域の中心を通過
  - 中心付近は高密度に配点

# 検証結果

(単画像による2.5次元解析)



地盤沈下の進行を検出

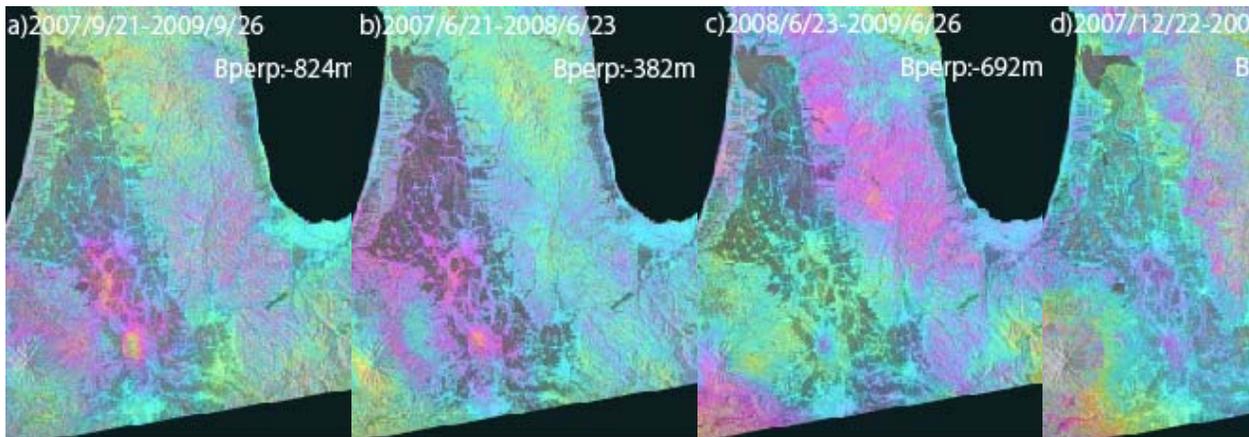


地盤沈下の傾向は**一致**  
標準偏差の大きさは想定内だが...

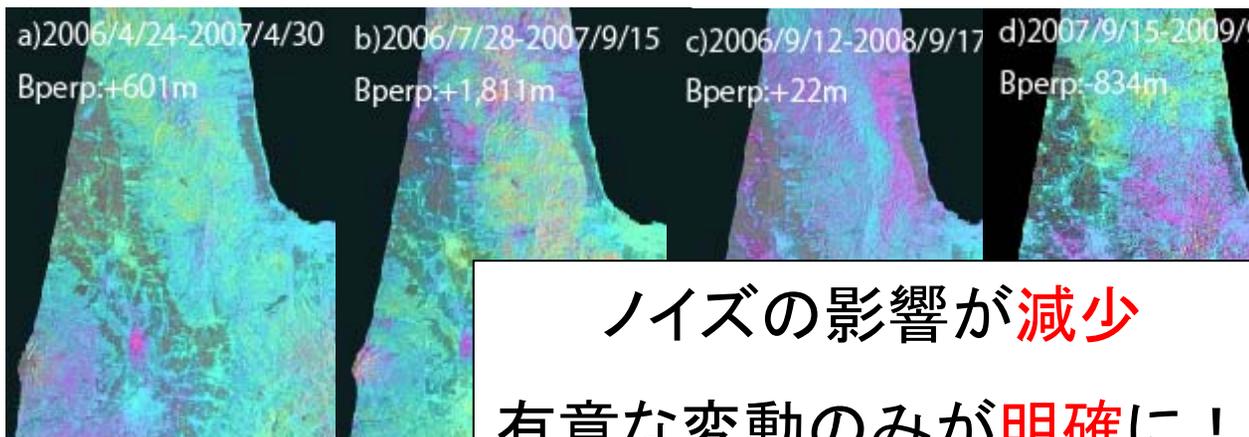
# スタッキング処理

仮定：地盤沈下速度が一定

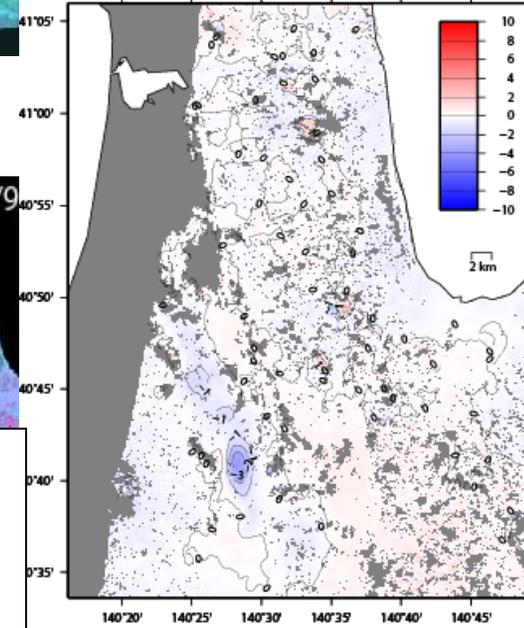
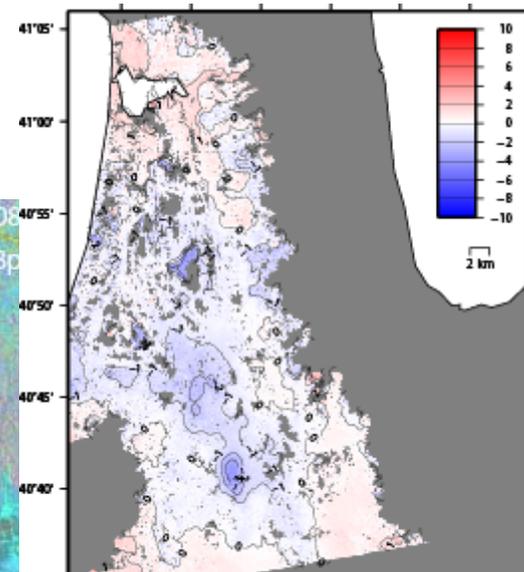
北行：6データ4ペア



南行：7データ4ペア



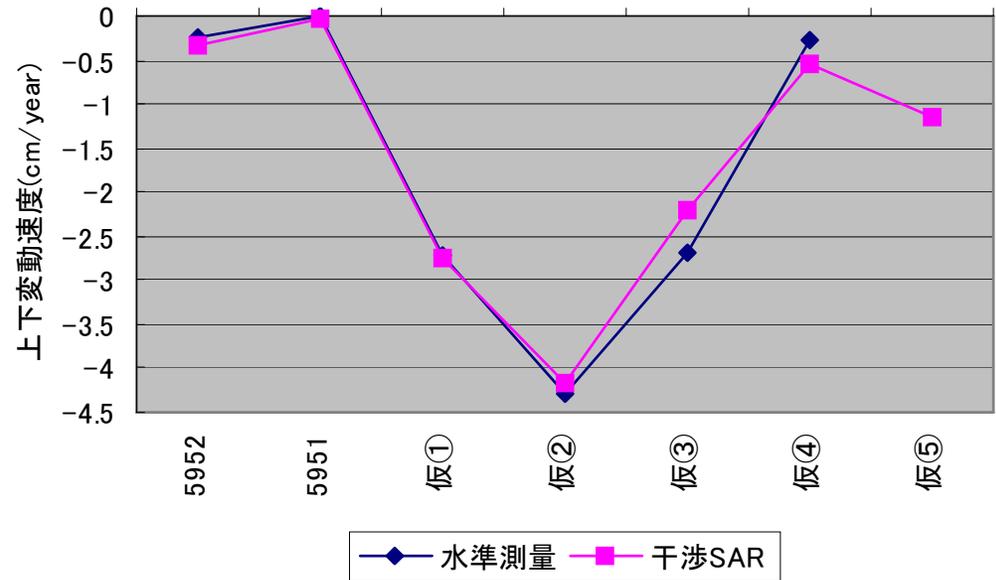
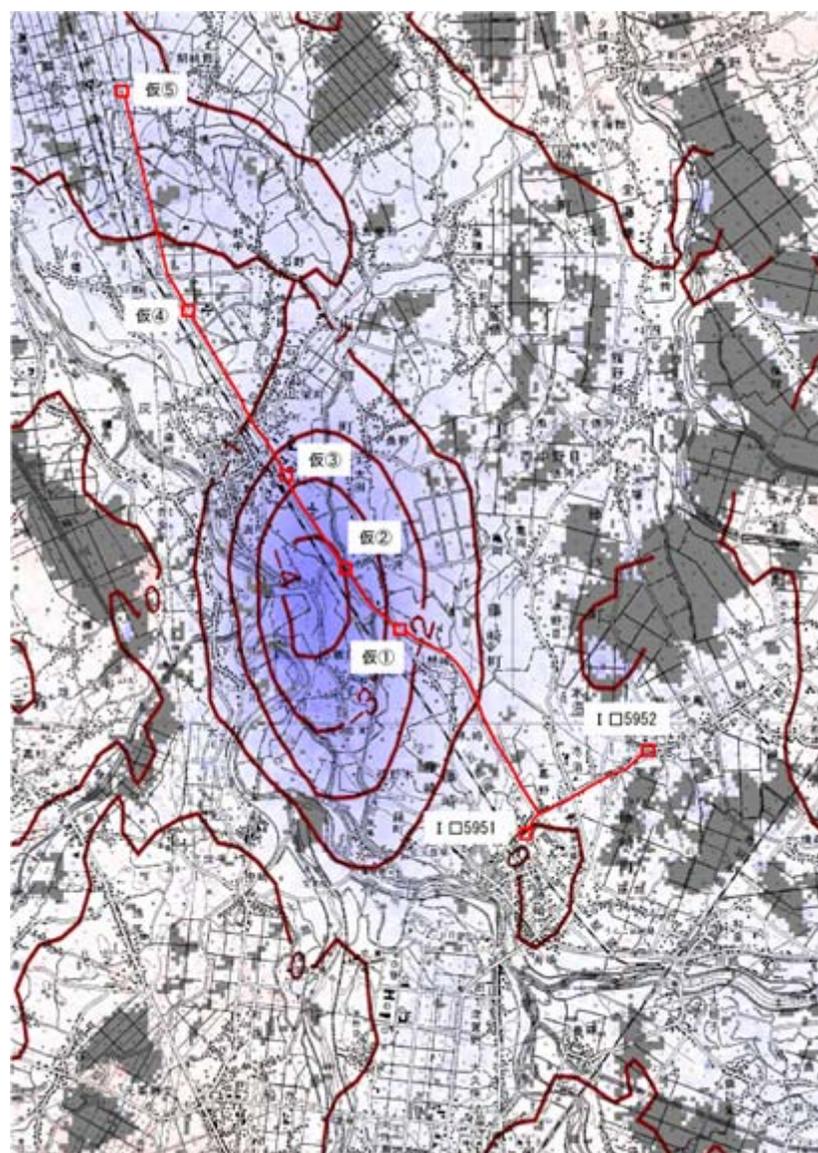
ノイズの影響が**減少**  
 有意な変動のみが**明確に**！





# 精度検証

(スタッキングを利用した2.5次元解析)



標準偏差0.3cm

スタッキングにより精度向上  
沈下量の小さい現象も  
検出できる可能性



# スタッキングへの取り組み

(ノイズ軽減・高精度化へ向けて)

## 干渉SARの地盤沈下監視への利用手法

- ・津軽平野の実証実験で有効性を証明！
- 干渉SARで検出された地盤沈下を狙って効率的に水準測量を実施

しかし、現状では活用できていない・・・何故か？



・単一のSAR干渉画像では、ノイズの影響により判別できていないシグナルもある？

・干渉SARにより地盤沈下が検出できた地域

→津軽平野・九十九里平野・関東平野北部・新潟平野

・環境省(2009)により最近5年間の累積沈下量10cm以上の地域

→石狩平野・南魚沼・九十九里平野・関東平野南部

H20年度:4.4cm



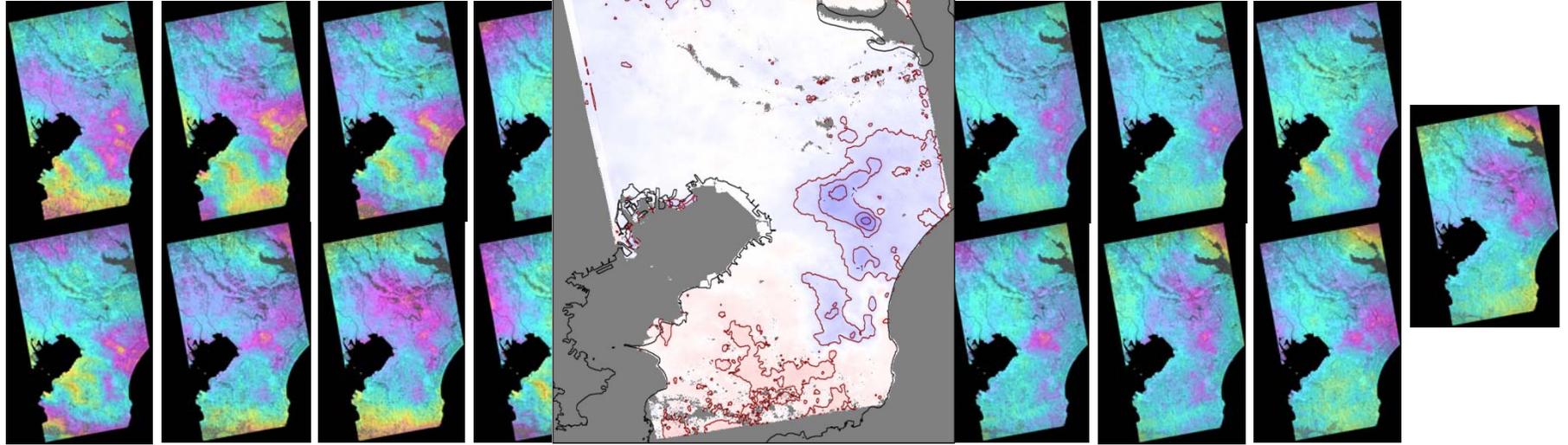
沈下面積122km<sup>2</sup>

スタッキングにより、判別しにくいシグナルも検出可能？

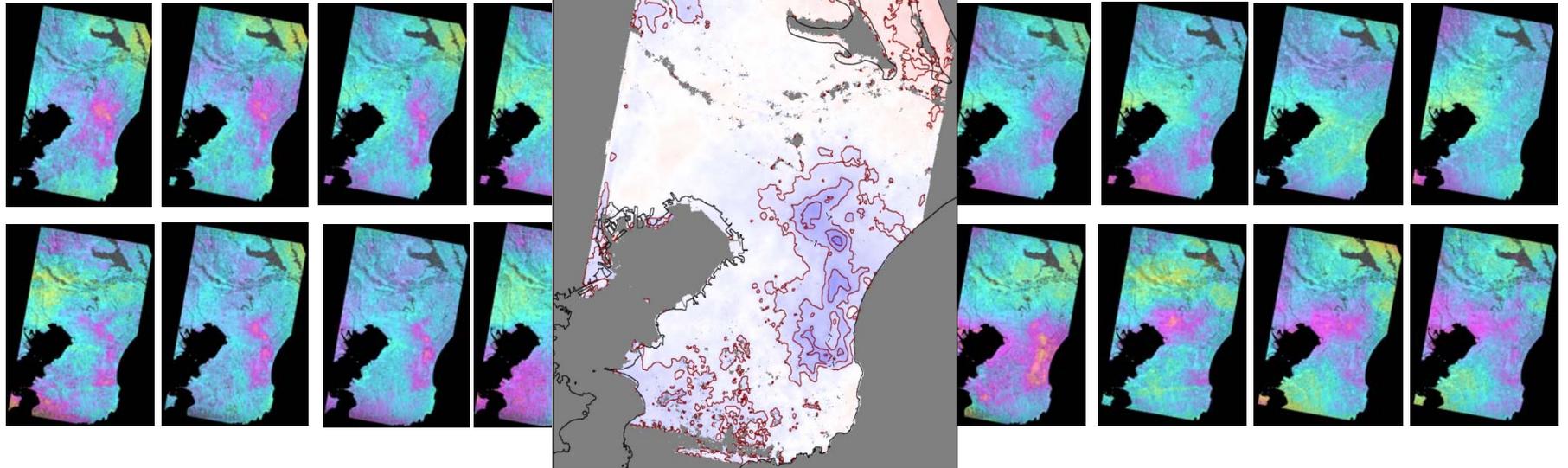
# 九十九里平野のスタッキング

(ノイズ軽減・高精度化へ向けて)

<北行:15データ19ペア>



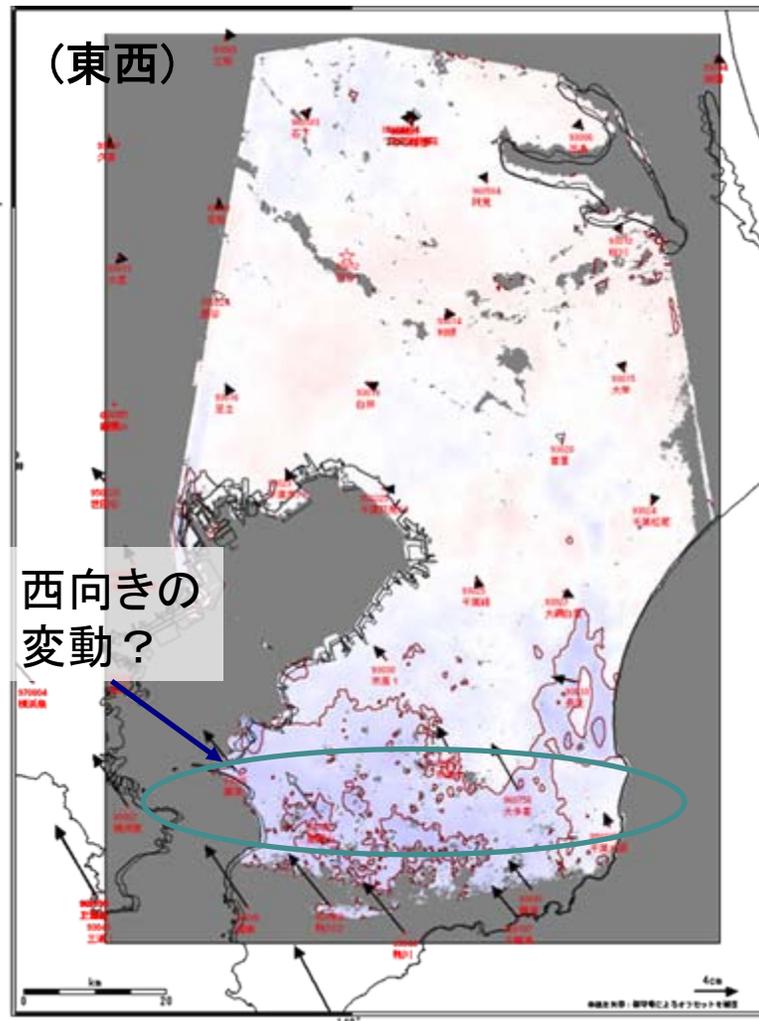
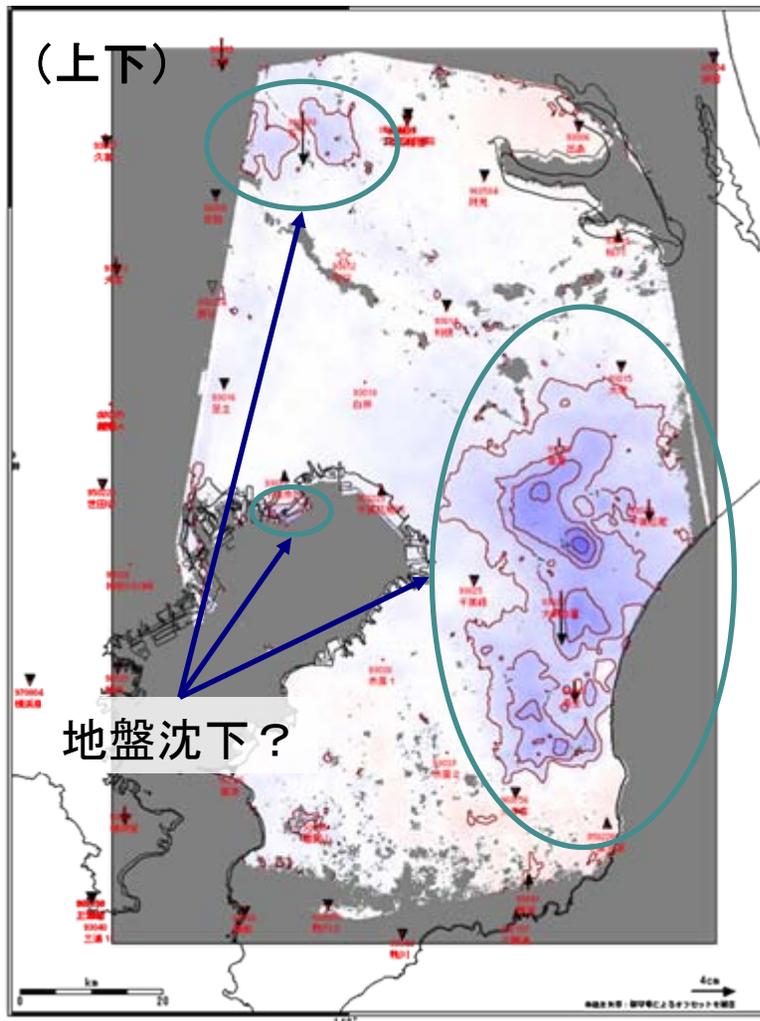
<南行:17データ20ペア>



# 九十九里平野のスタッキング

(ノイズ軽減・高精度化へ向けて)

## 2.5次元解析結果



# 九十九里平野のスタッキング

(ノイズ軽減・高精度化へ向けて)

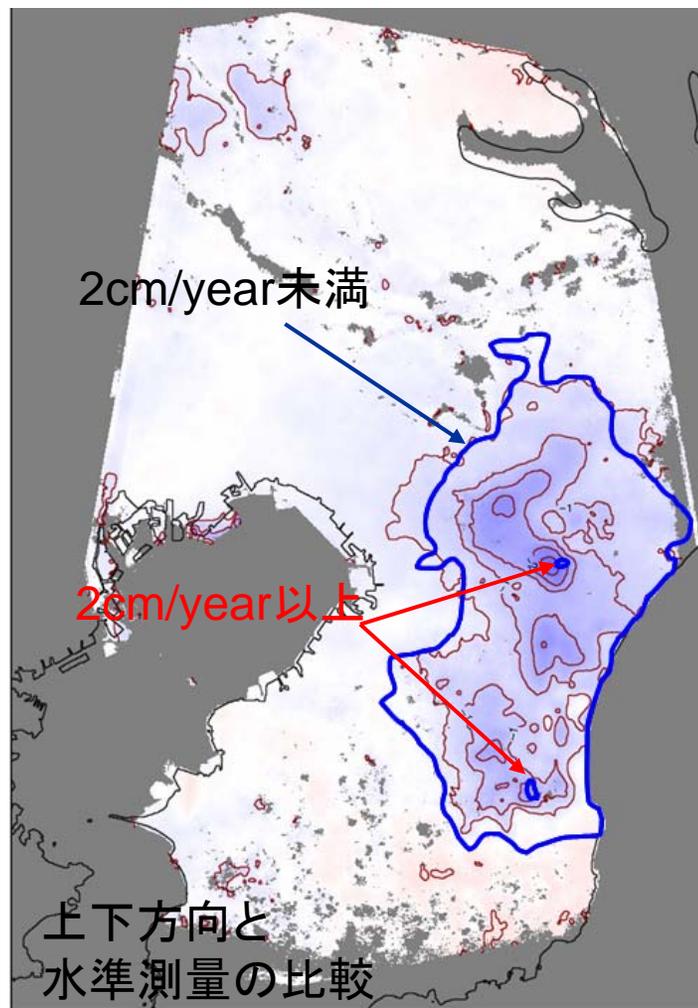
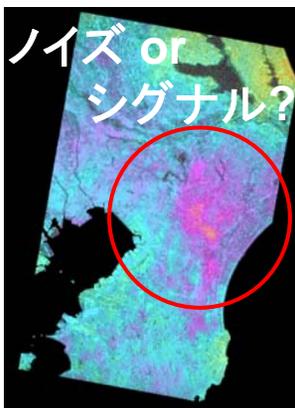
環境省(2009)によると・・・

- ・沈下の原因:天然ガスのかん水
- ・沈下域:122km<sup>2</sup>(1cm以上の沈下域)
- ・最大沈下量:2.0cm(2008)・・・毎年2～3cm



干渉SARの結果では・・・

- ・沈下域:水準測量の結果とほぼ一致  
(変動域:面的に検出)
- ・最大沈下量:2～3cm/年(2006-2009の平均)

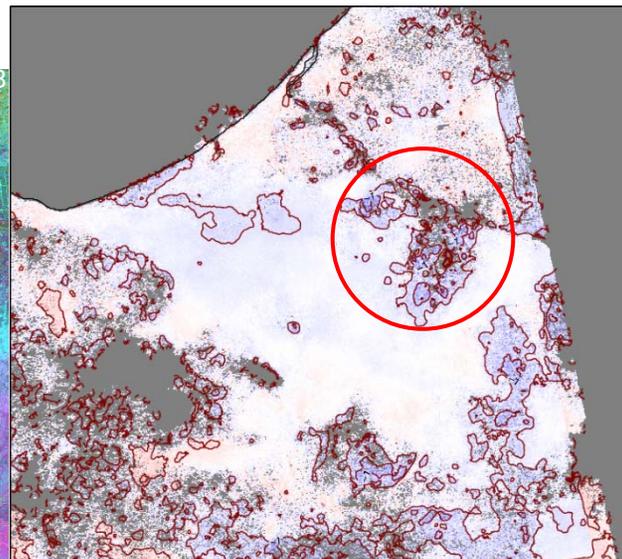
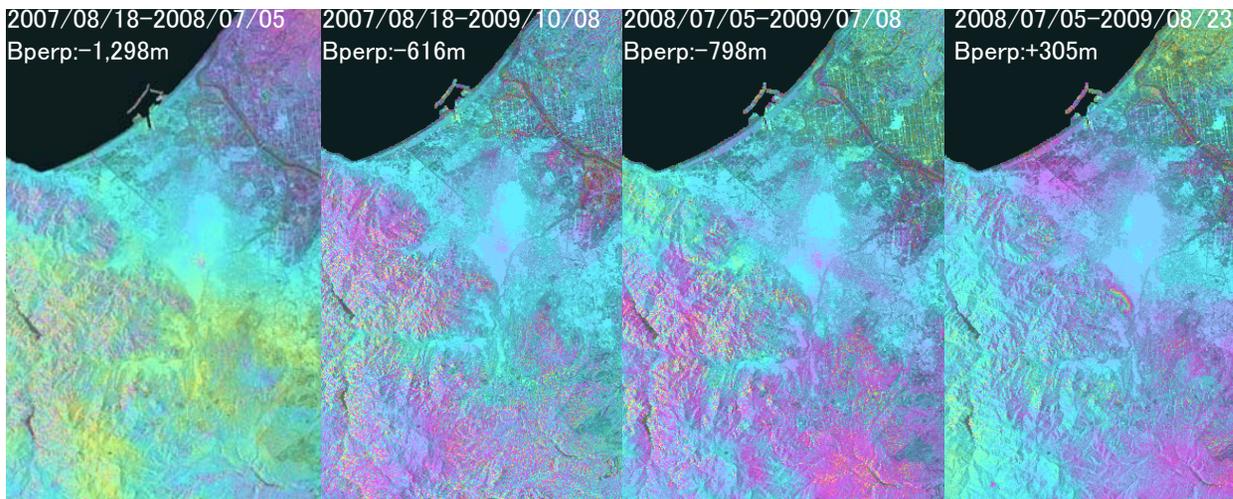


沈下量・沈下域ともに良く一致！！

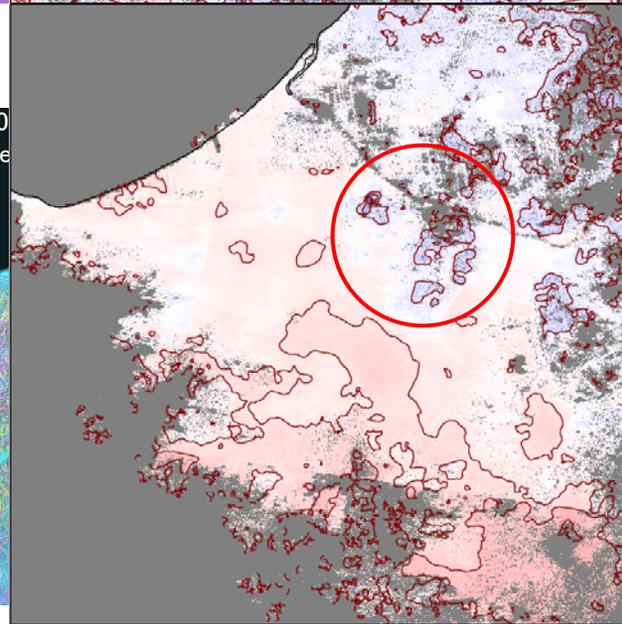
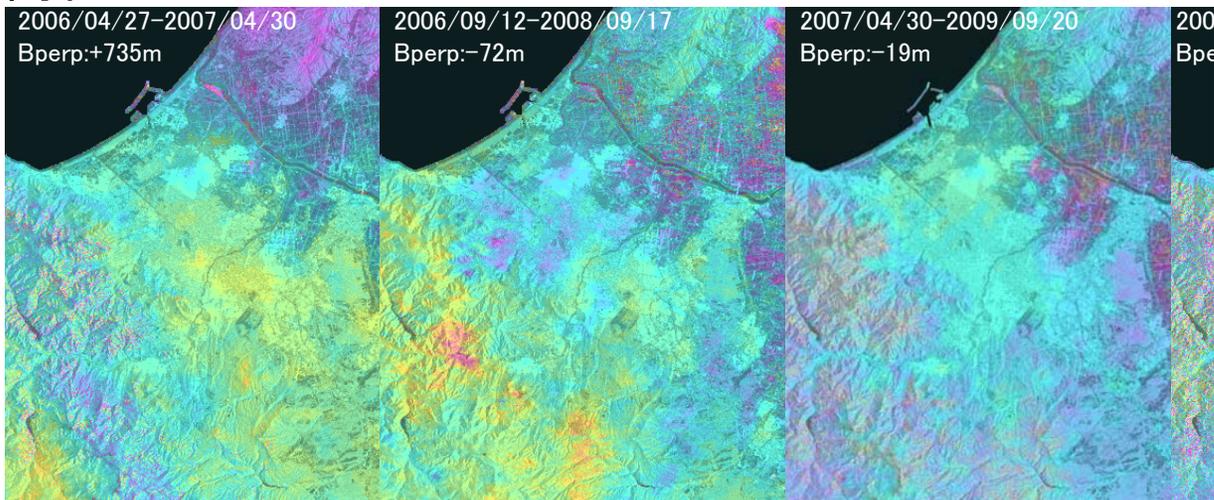
# 石狩平野のスタッキング

(ノイズ軽減・高精度化へ向けて)

## 北行: 6データ5ペア



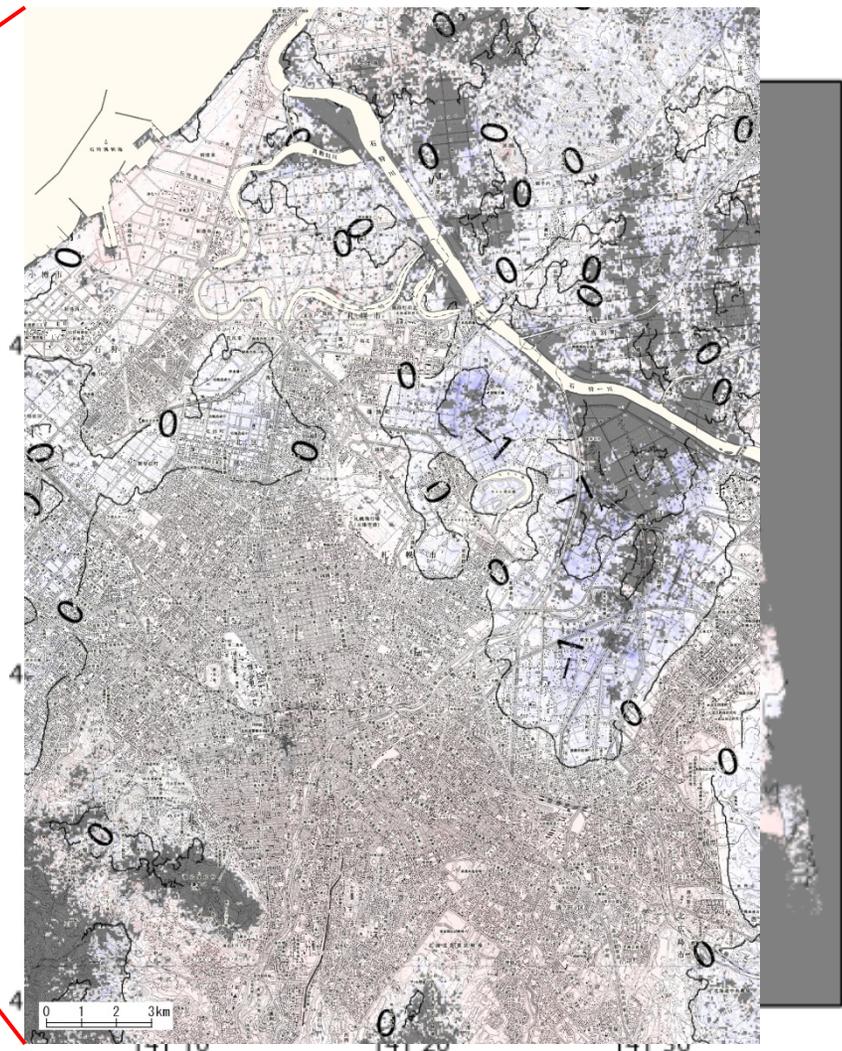
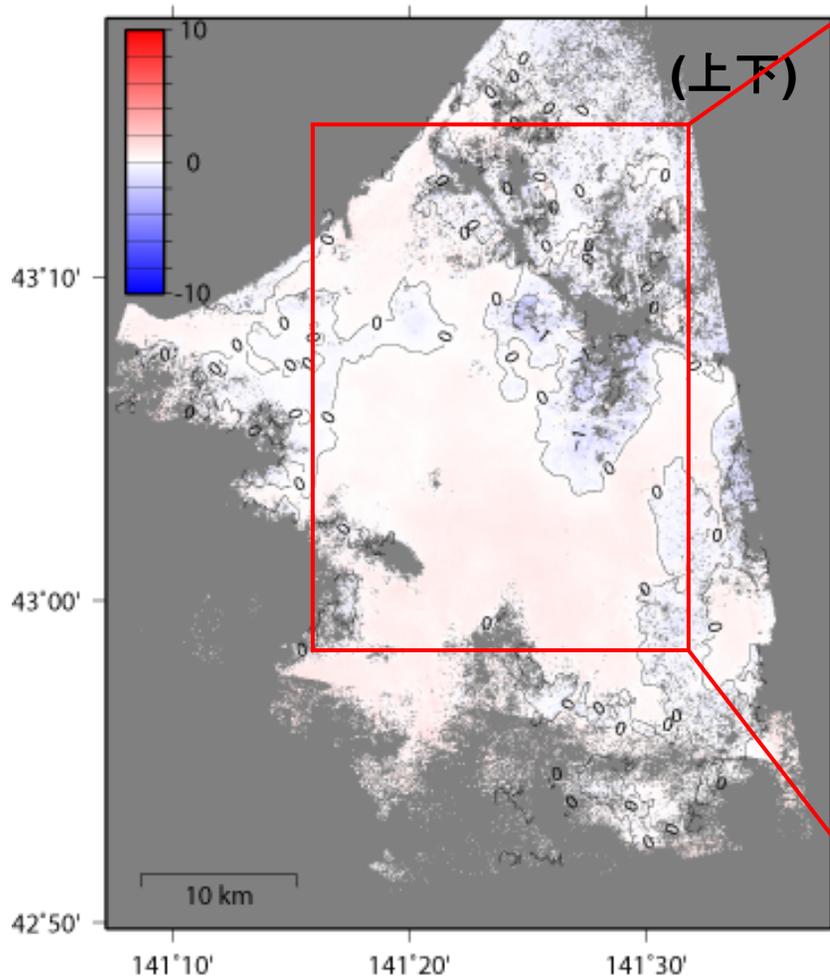
## 南行: 7データ4ペア



# 石狩平野のスタッキング

(ノイズ軽減・高精度化へ向けて)

## 2.5次元解析結果



札幌市街に沈下は見られなく、石狩川流域に沈下域が見られる。

# 石狩平野のスタッキング

(ノイズ軽減・高精度化へ向けて)

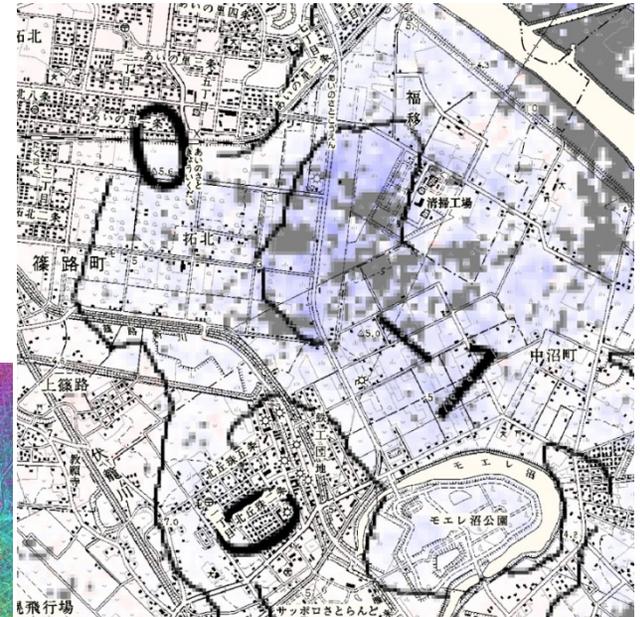
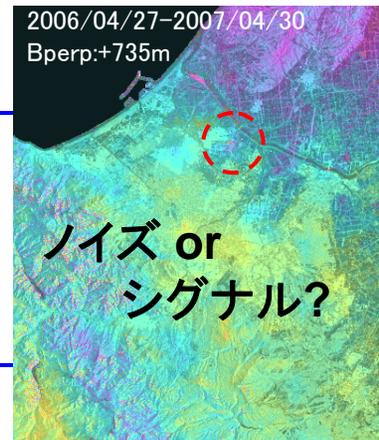
環境省(2009)によると・・・

- ・沈下の原因: 石狩川流域の泥炭地に軟弱地盤
- ・沈下域: 札幌市北区で1km<sup>2</sup>以下  
(変動域: 水準点1点の変動)
- ・最大沈下量: 11.9cm(2004-2007), 4.4cm(2008)



干渉SARの結果では・・・

- ・沈下域: 札幌市北区で1km<sup>2</sup>以下  
(変動域: 面的に検出)
- ・最大沈下量: 1~2cm/年



沈下域の拡大図

何故、変動量が整合しないか？

- ①スタッキング画像2006-2009年の約3年間の平均化した変動量
- ②沈下の原因が泥炭地の軟弱地盤のため、沈下速度が一定と過程しにくい



スタッキングによりノイズが軽減され、沈下域が特定された

# 地盤沈下監視のまとめ

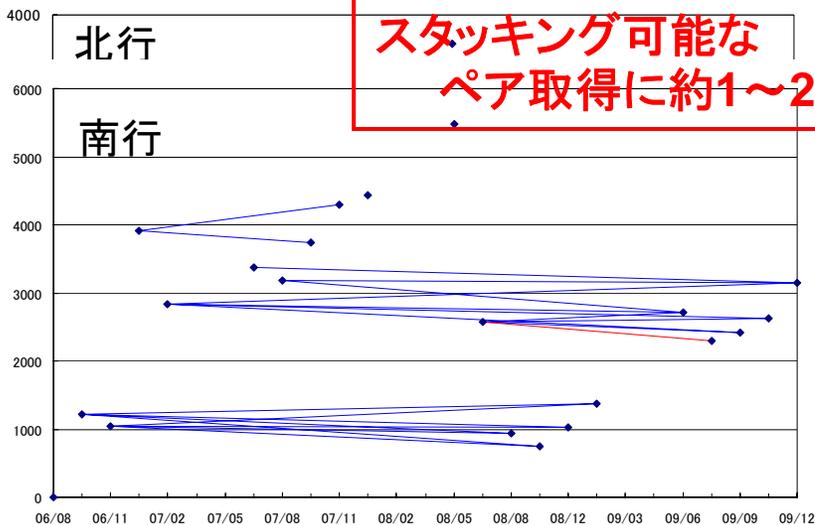
目標：干渉SARを活用して効率的な水準測量を全国で実施

- 津軽平野において成功(実証実験)
- スタッキングによる精度向上

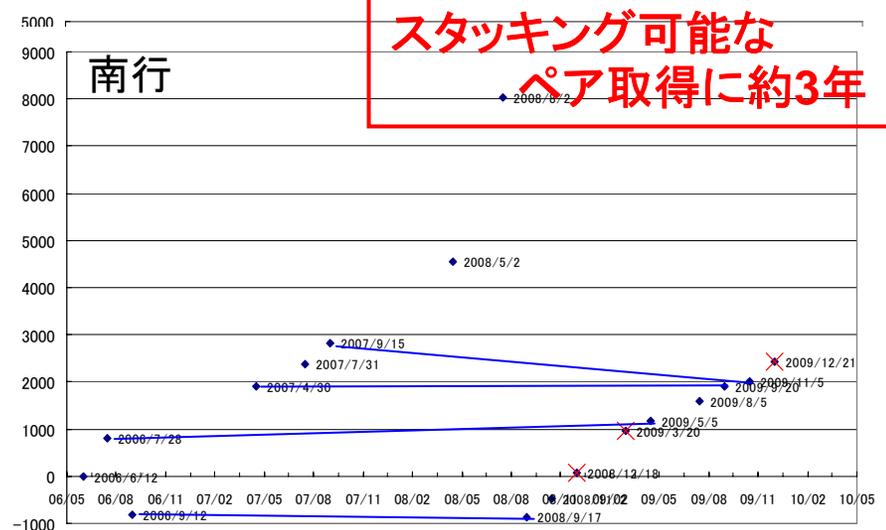
課題：①地域で偏らない十分なデータ量が必要

②干渉ペアの基線長(Bperp)は、±500m以内

九十九里平野



石狩平野

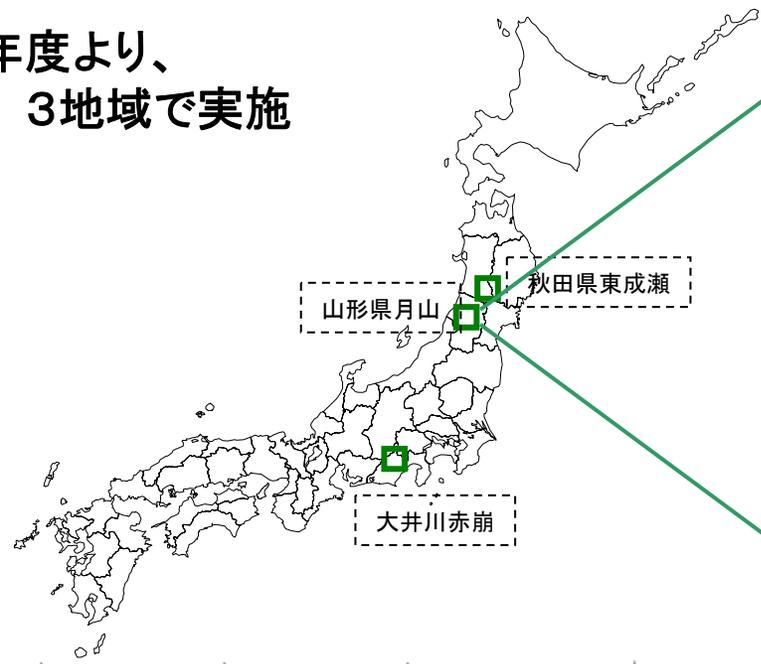




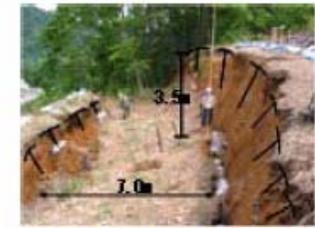
干渉SARによる地すべり  
監視事業の展望について

# 地すべり監視

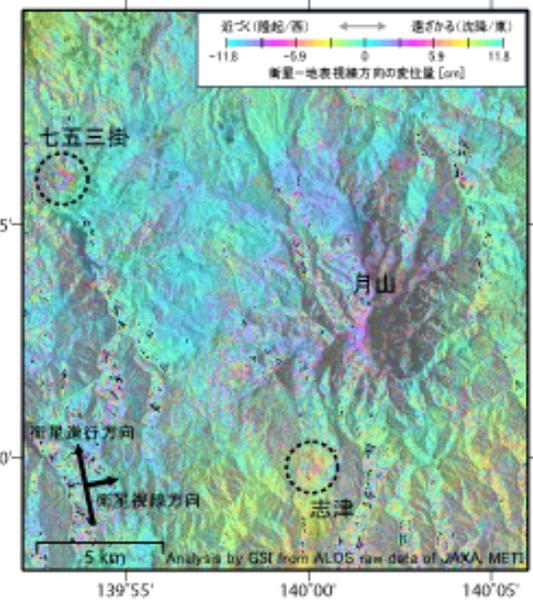
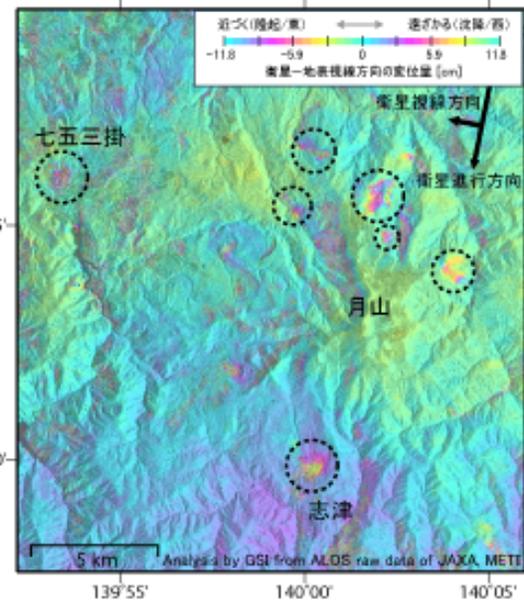
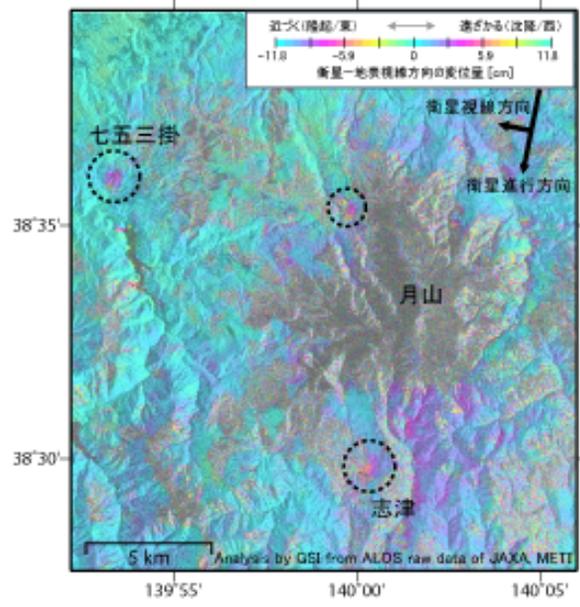
H21年度より、  
3地域で実施



志津温泉北側に発生した地すべり (H17)



田麦俣地区地すべり頭部の陥没状況 (H16)

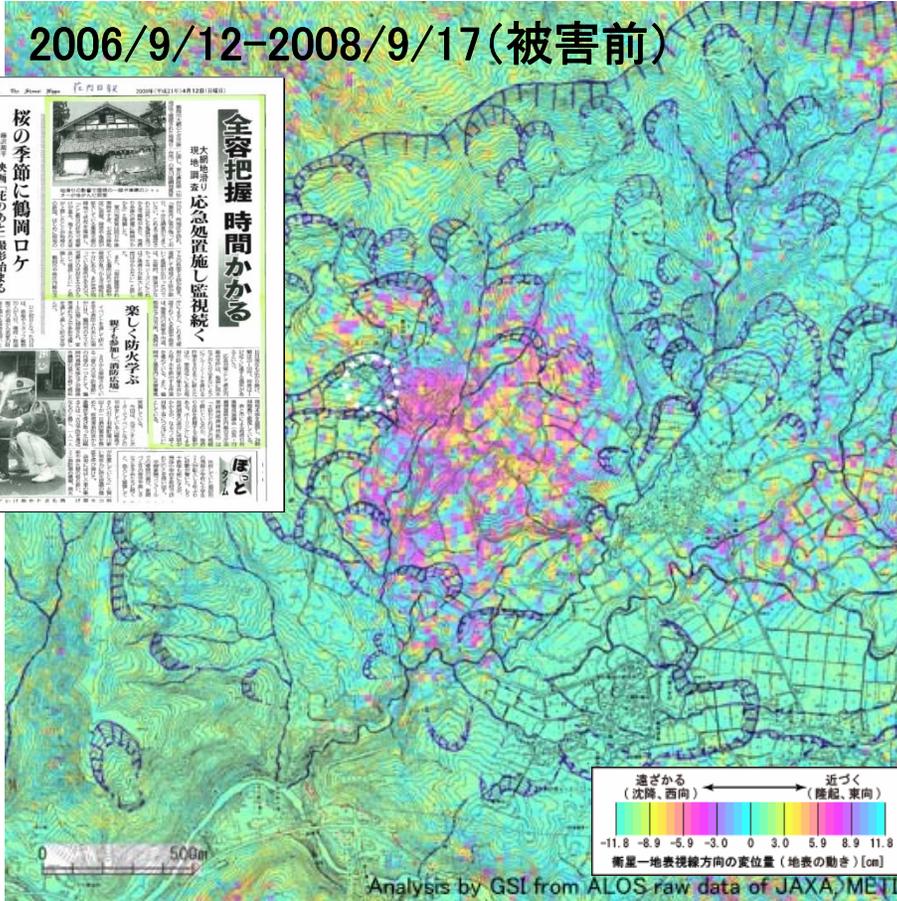




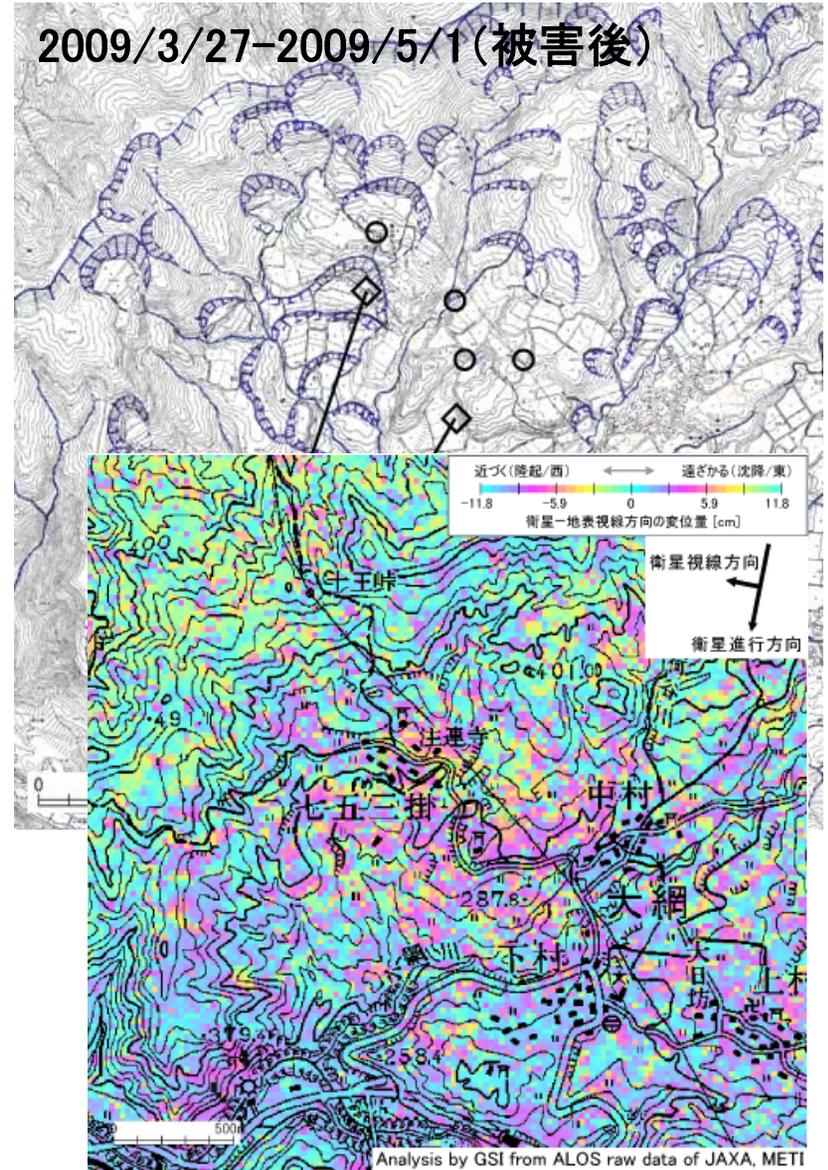
# 地すべりの発見と継続監視

## 七五三掛地区(被害顕在化前後)

2006/9/12-2008/9/17(被害前)



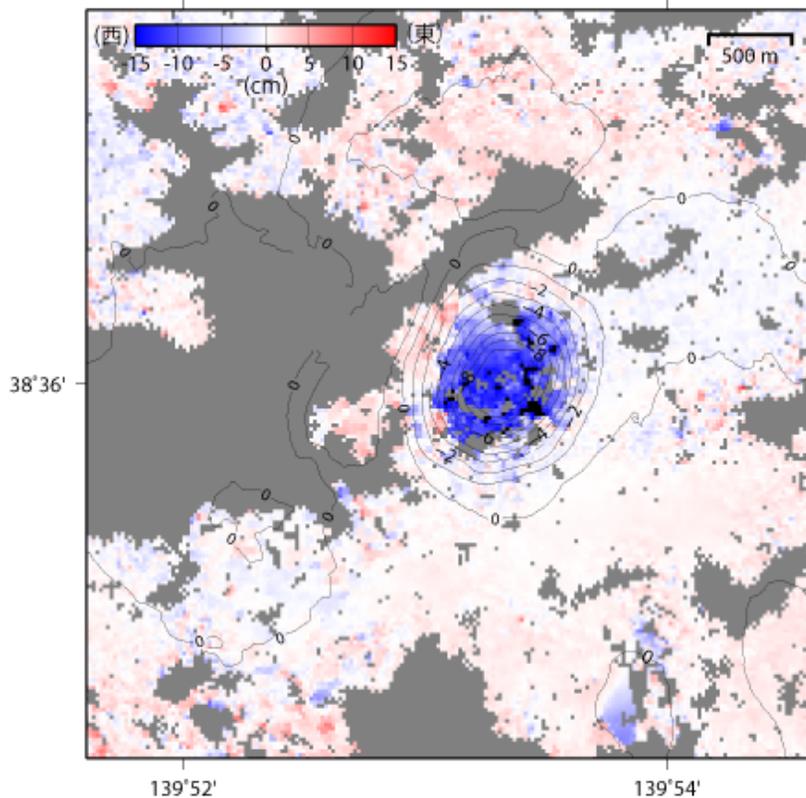
2009/3/27-2009/5/1(被害後)



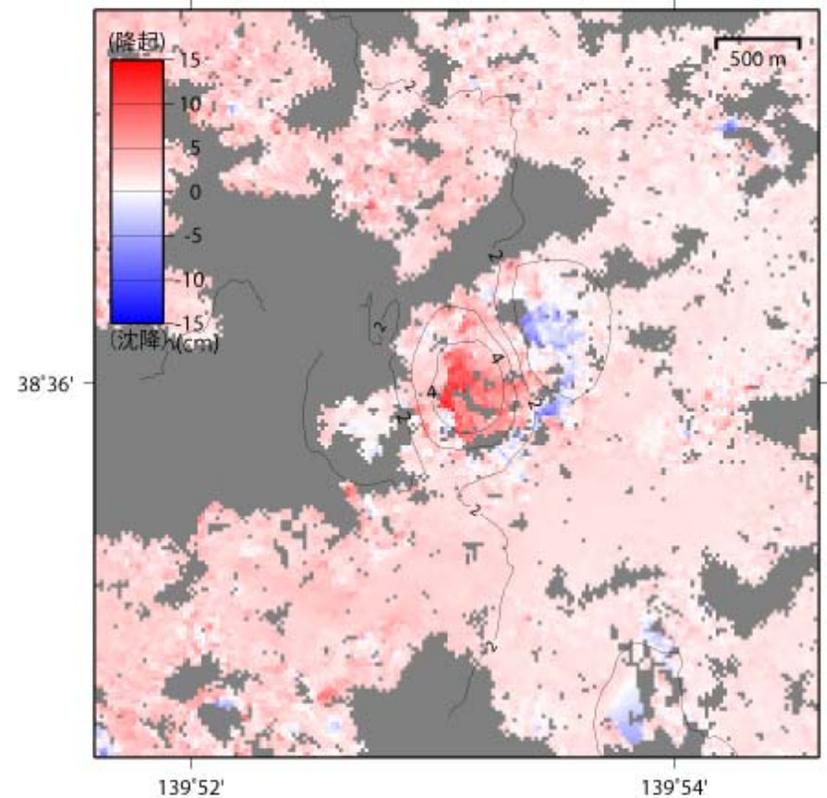
# 地すべりの発見と継続監視

## 七五三掛地区 (被害顕在化前の2.5次元解析結果)

(東西成分)



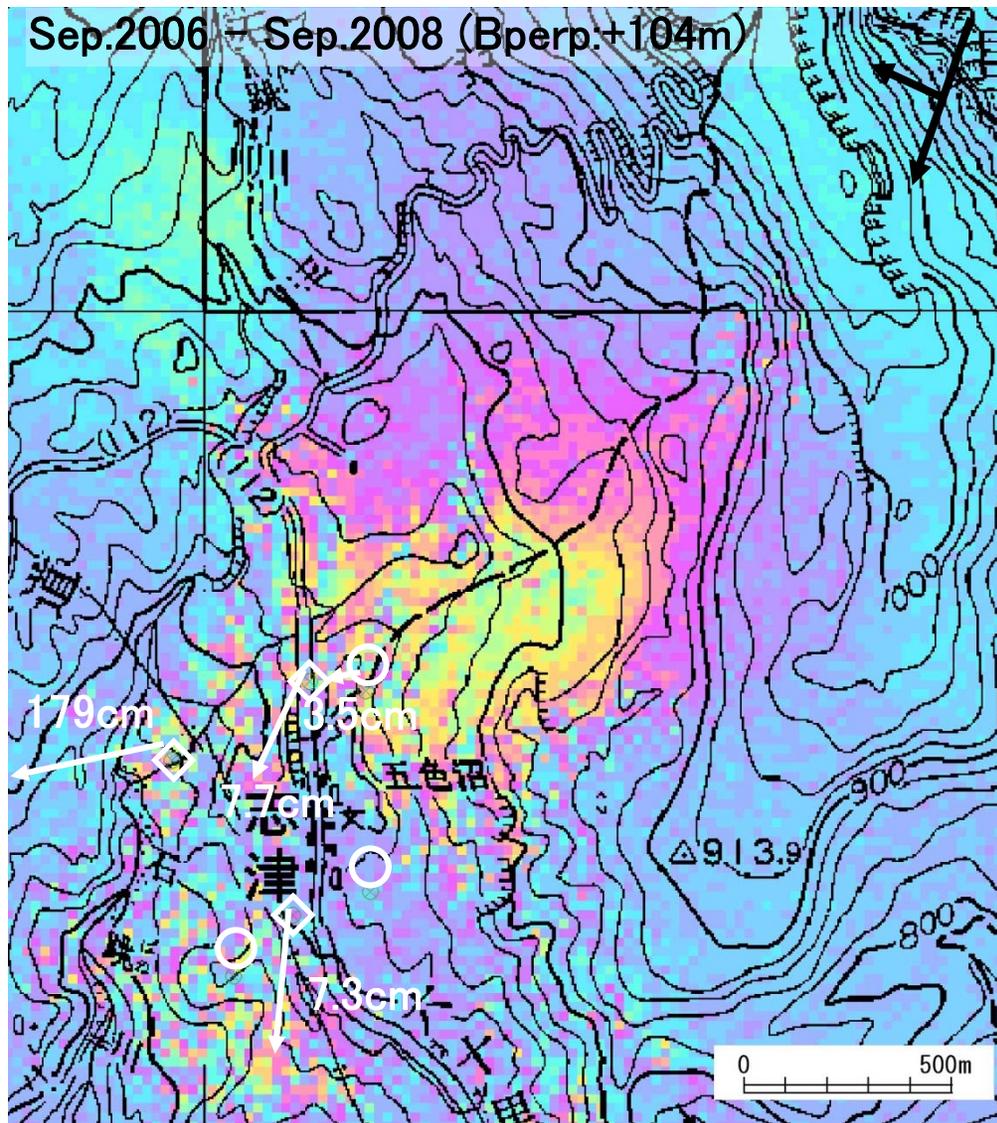
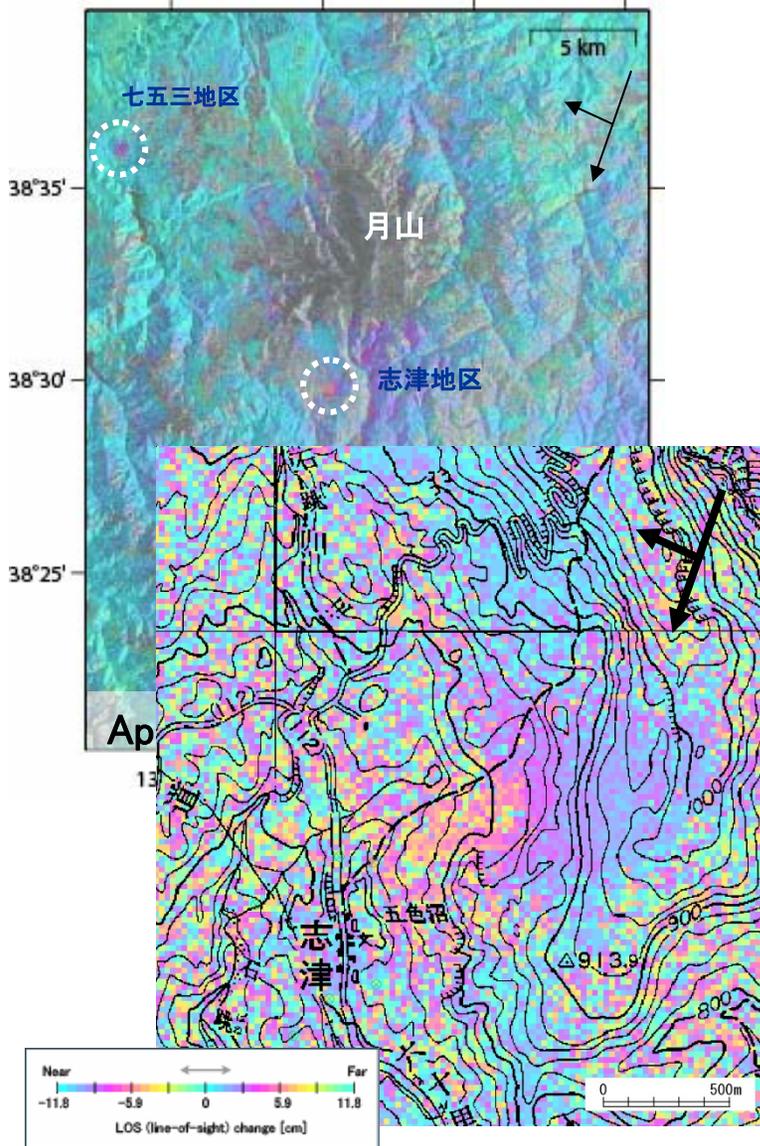
(上下成分)



⇒ 衛星視線方向の変動量だけでは、把握しにくい変動も理解しやすくなる！

# 地すべりの発見と継続監視

## 志津地区 (地すべりの進行を把握)



◇ 2006/10 - 2008/10 (GPS観測期間)

○ 2007/12 - 2008/10 (GPS観測期間)



# 事業として継続するための ALOS/ALOS-2への要望

## 【地盤沈下監視】

スタッキング処理が有効

→データ量の地域差が生じない定期的な観測

→1~2年間で長期間(半年以上)の干渉ペアが数パターン必要

## 【地すべり監視】

地すべりが発生しやすい時期および静穏期(比較のため)

融雪時期(4~6月)・降水量が増加する時期(7~9月)・静穏時期(10月)

→地すべり斜面を把握するには、同時期の2方向からの観測が重要

※ モードを絞り、干渉可能ペアが多く蓄積されるような観測が重要！

**SAR干渉解析で上下・東西方向へ分離する  
ため、ほぼ同時期の2方向からの観測を定  
期的におねがいします。**

# 国土地理院 干渉SAR

<http://vlodb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/>

## 謝辞

「だいち」の素晴らしいデータを提供いただきましたことを感謝します。

なお、ここで使用しただいちのSARデータの所有権は、経済産業省および宇宙航空研究開発機構にあります。

また、だいちのデータは、宇宙航空研究開発機構との協定に基づいて、提供を受けています。

Lake Mashu