

2008 地球惑星科学連合大会 発表

# 群発地震に伴う地殻変動と地形発達 1996年鬼首地震 再訪

---

高田 陽一郎 & 古屋 正人

北海道大学、自然史科学専攻

[ytakada@mail.sci.hokudai.ac.jp](mailto:ytakada@mail.sci.hokudai.ac.jp)

# 鬼首カルデラ

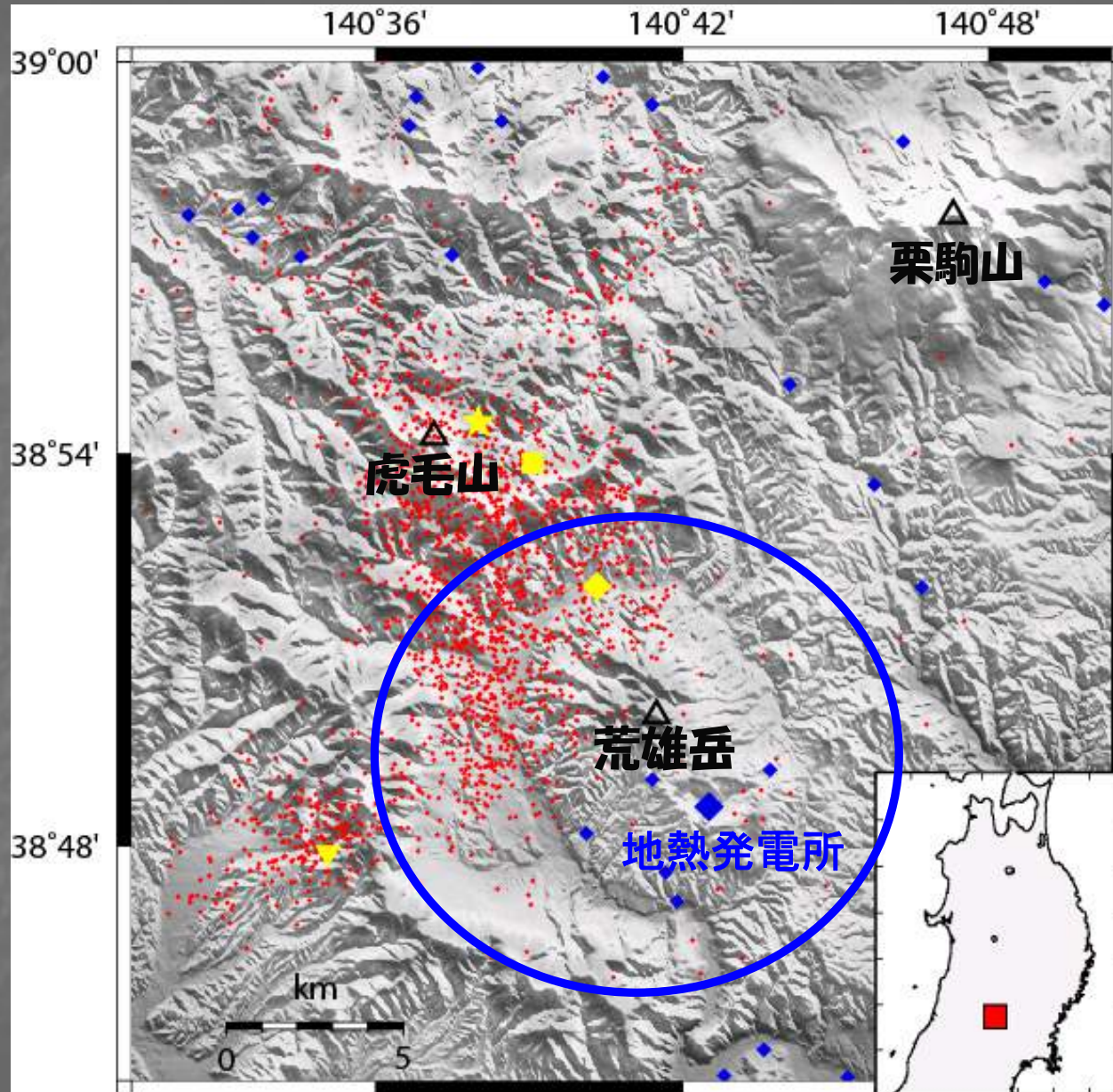
脊梁山地の一部

活発な火山活動





# 1996年鬼首群発地震 概要



気象庁一元化震源  
1996/8/11~9/30

*M5.0以上*

★1996/8/11 3:12 M5.9

■1996/8/11 3:54 M5.4

◆1996/8/11 8:10 M5.7

▼1996/8/13 11:13 M5.0

非常に活発な地熱活動  
青：噴気孔、温泉など

鬼首カルデラ, 同南西,  
栗駒山~虎毛山北方で  
Vs異常(>10%, d=3.4km)  
(小野寺ら, 1998)

# 目的

1, 差分干渉合成開口レーダー(InSAR)の観測結果を元に、1996鬼首群発地震の断層モデルを構築する。

青木(2002), 矢来ら(2002) → 明らかな未説明部分が残るモデル

**InSARは地表変位を観測 → 非地震性すべりを探知**

**地表観測点不要 → 山地の変位も高解像度で観測**

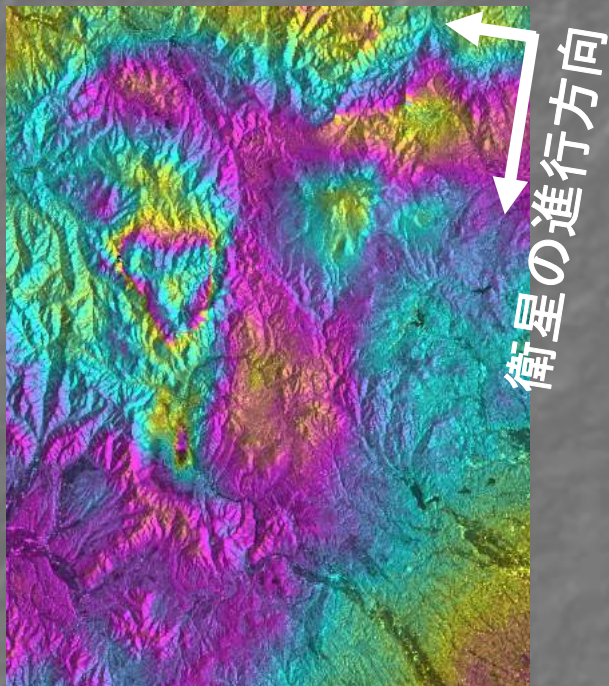
2, 長い時間スケールでの地形発達と断層運動の関係を調べる。



# InSAR 解析結果 (好条件かつ独立なペア)

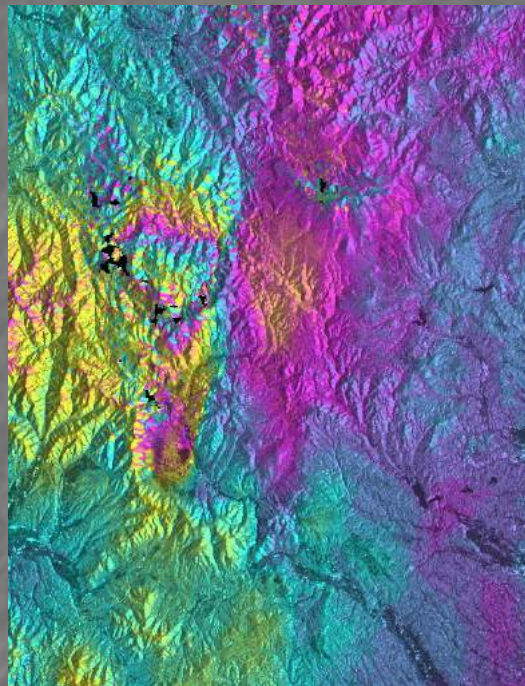
Pair 1

(950723-961005)



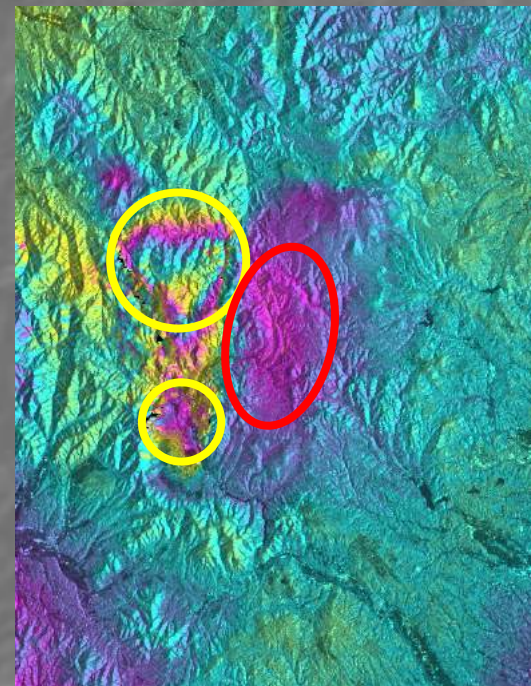
Pair 2

(960412-971219)



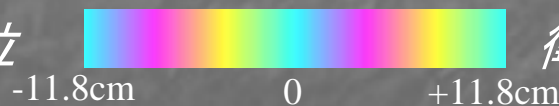
Pair 3

(960709-980613)



視線方向の長さ変化

衛星に近づく変位



衛星から遠ざかる変位

JERS-1: L-band (植生を透過)

DEM: GSI 50m-mesh



# 平均してノイズを軽減した画像



3つの特徴:

1, 虎毛山エリア

逆三角形領域で衛星  
に近づく大きな変位。

2, 鬼首カルデラ北東部

衛星から遠ざかる変位。

3, 鬼首カルデラ西部

パッチ状の衛星に近づく変位

視線方向の長さ変化

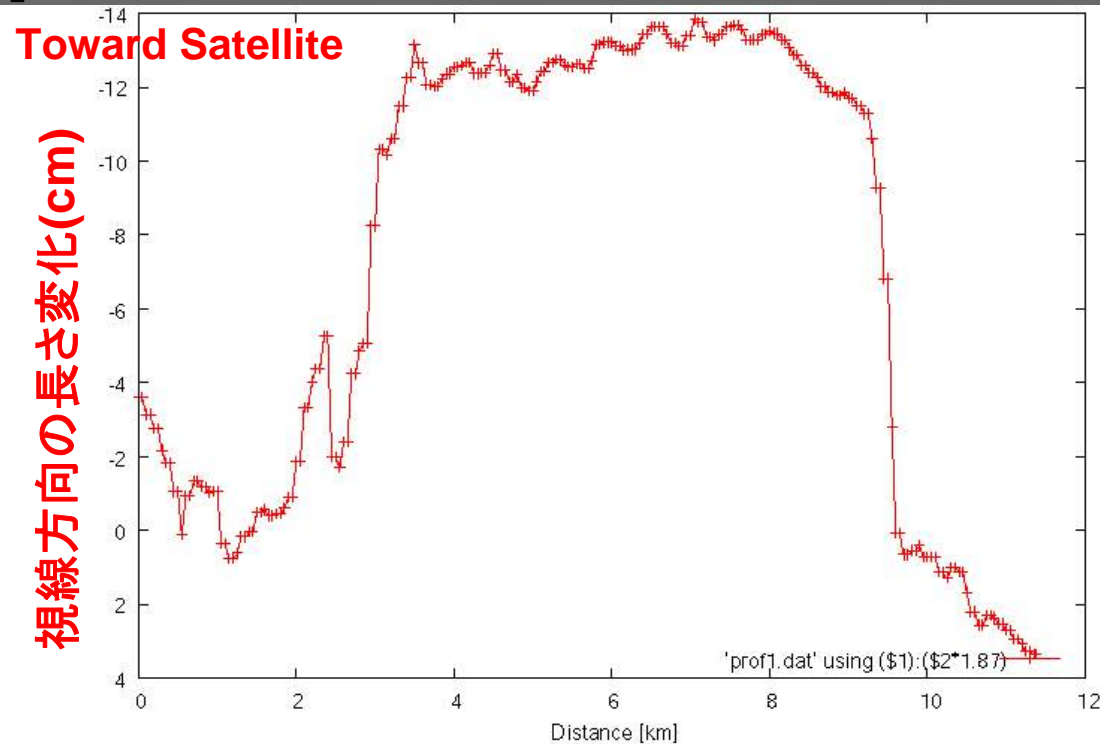
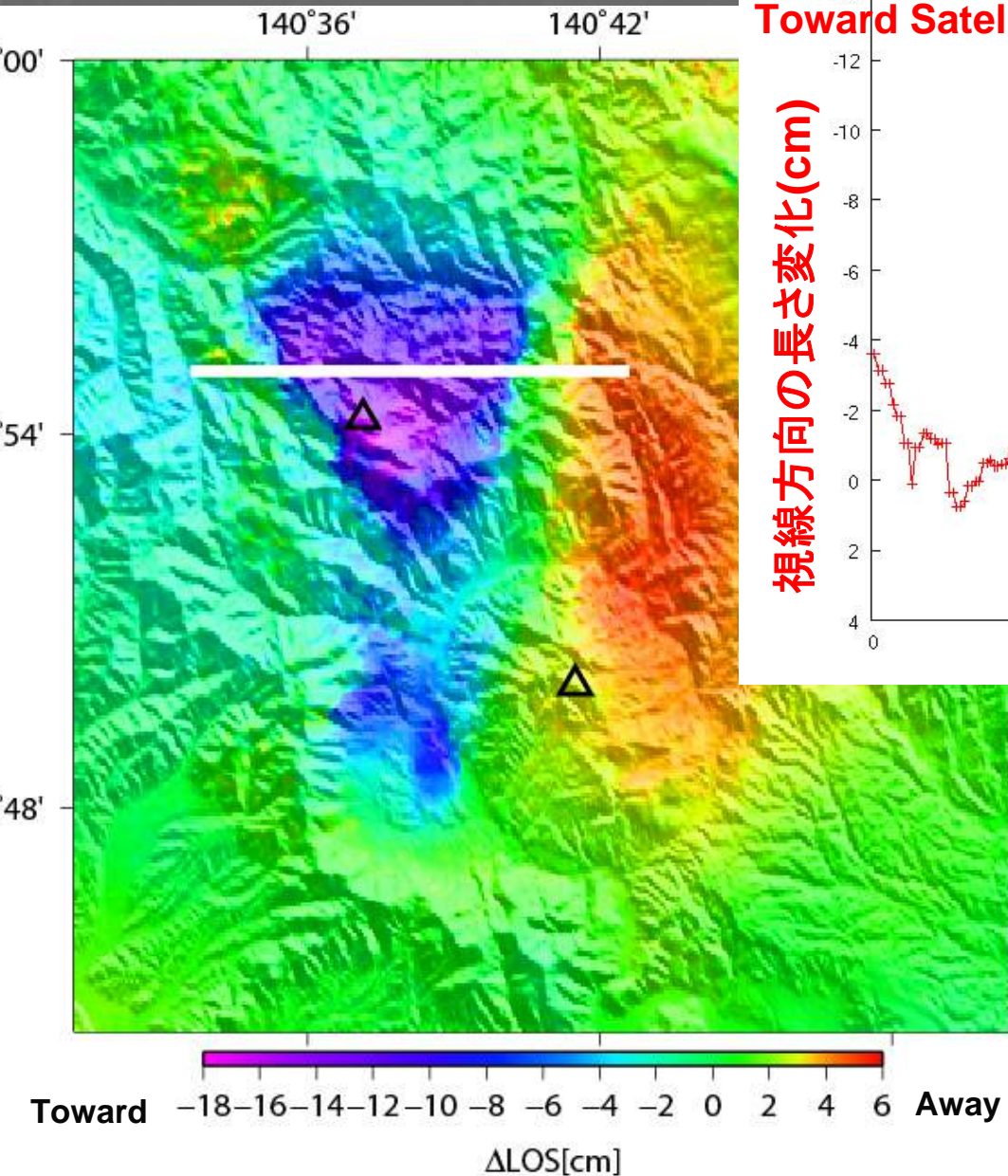


-11.8cm(toward)

0

+11.8cm(away)

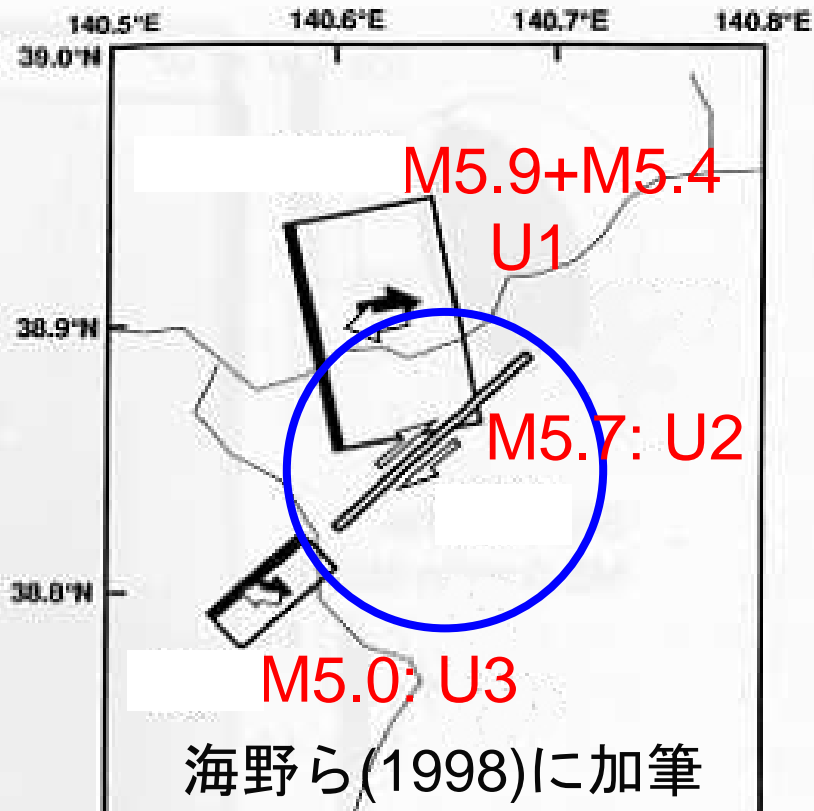
# Steep Gradient



虎毛山エリアの東西の端  
に急激な変位勾配がある。



# 地震学的観測から求めた断層モデル



InSARが検知した変位の急勾配  
を説明できるか?

地表変位を計算, 干渉画像を作成  
(Okada, 1992)

矩形断層、一様すべり

すべり: 岡田ら(2001)から見積り

## 図から抽出した断層パラメーター

|            | Latitude, | Longitude, | Length, | Width, | Depth, | Dip, | Strike, | Slip angle, | Slip(m), | Mw(Nm) |
|------------|-----------|------------|---------|--------|--------|------|---------|-------------|----------|--------|
| <b>U1:</b> | 140.627   | 38.899     | 10.0    | 8.2    | 7.5    | 45.0 | N10W    | 90.0        | 0.6      | 6.15   |
| <b>U2:</b> | 140.649   | 38.855     | 10.0    | 6.0    | 7.0    | 90.0 | N47E    | 180.0       | 0.4      | 5.94   |
| <b>U3:</b> | 140.576   | 38.800     | 5.0     | 3.0    | 8.0    | 50.0 | N49E    | 120.0       | 0.4      | 5.54   |

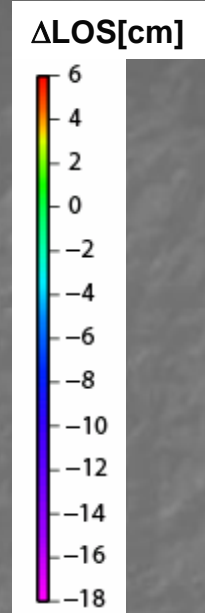
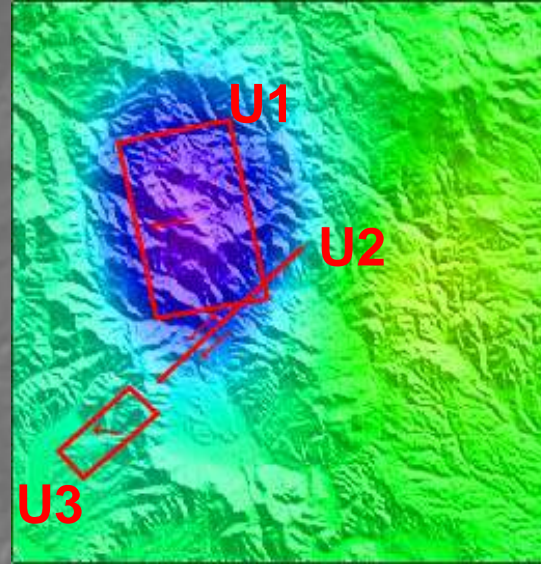
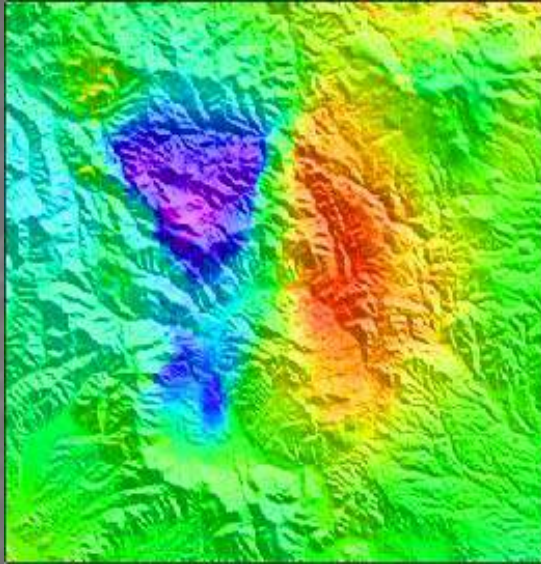


# InSARデータと地震学的断層モデルの比較

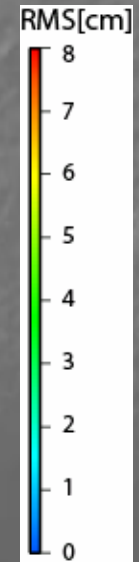
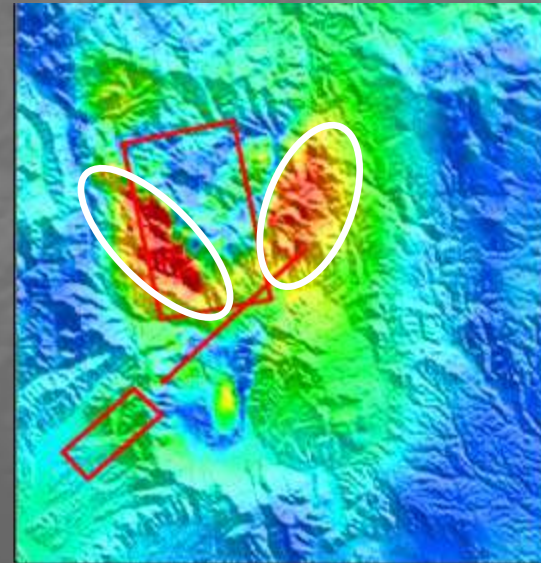
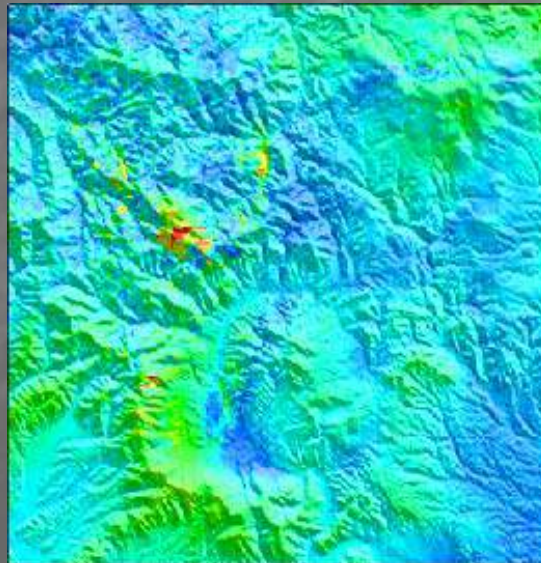
観測量

計算結果

視線方向  
の長さ変化



RMS  
Misfit



# InSARデータを説明する断層モデルの構築

## 初期モデル:

F1: M5.9+M5.4 (8/11, 逆断層), 海野ら(1998)から読み取り

F2: M5.7 (8/11, 横ズレ断層), 同上

F3: M5.0 (8/13, 横ズレ成分を伴う逆断層), 同上

F4: 虎毛山エリア西端, 東落ち逆断層 新規導入

F5: 虎毛山エリア東端, 西落ち逆断層 新規導入

## Forward modeling by Okada (1992)

→ Modifying fault parameters (Trial & Error + Grid Search)

矩形断層、一様すべり

## Preferred Model

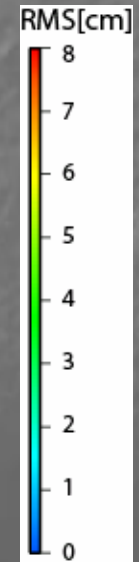
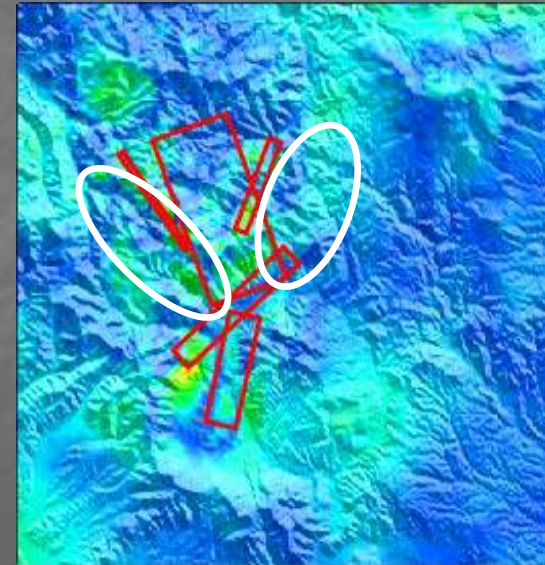
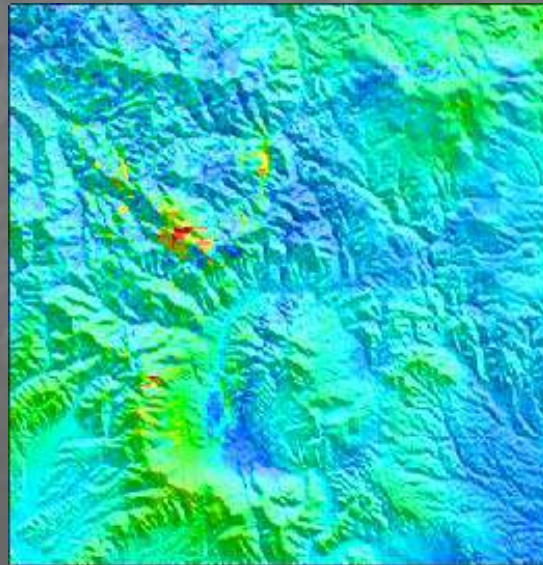
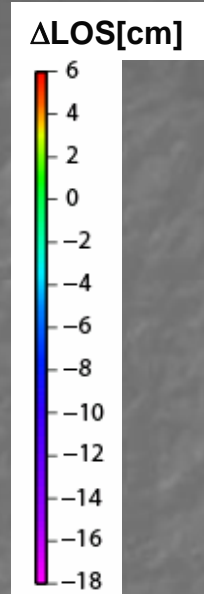
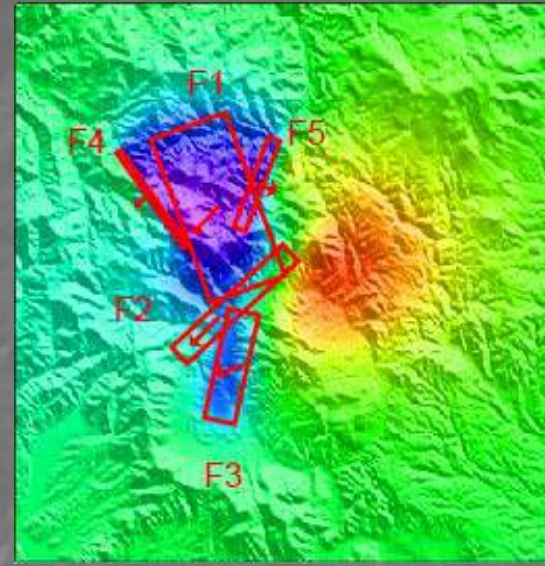
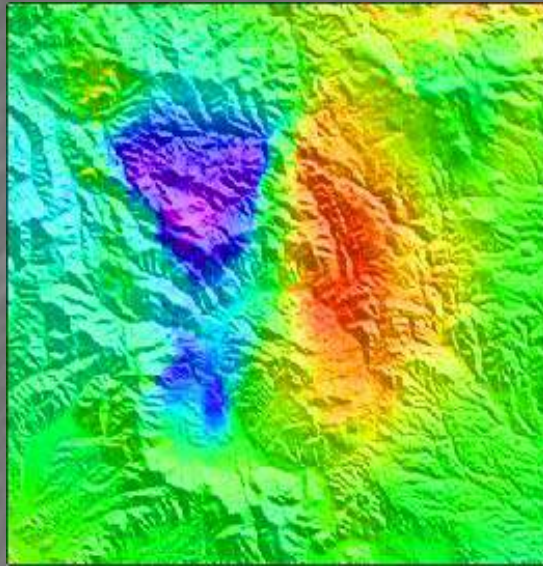
|            | Latitude,      | Longitude,    | Length,    | Width,     | Depth,     | Dip,        | Strike,       | Slip angle, | Slip(m),    | Mw(Nm)      |
|------------|----------------|---------------|------------|------------|------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| F1:        | 140.640        | 38.905        | 9.0        | 5.3        | 6.7        | 40.0        | N20.0W        | 110.0       | 0.52        | 5.95        |
| F2:        | 140.650        | 38.860        | 7.8        | 6.8        | 5.5        | 80.0        | N47.0E        | -169.0      | 0.44        | 5.93        |
| F3:        | 140.648        | 38.831        | 5.8        | 2.0        | 2.1        | 37.5        | N12.5E        | 115.0       | 0.30        | 5.38        |
| <u>F4:</u> | <u>140.601</u> | <u>38.909</u> | <u>6.0</u> | <u>4.0</u> | <u>2.5</u> | <b>86.0</b> | <u>N35.0W</u> | <u>80.0</u> | <u>0.20</u> | <b>5.48</b> |
| <u>F5:</u> | <u>140.663</u> | <u>38.916</u> | <u>5.0</u> | <u>6.0</u> | <u>3.6</u> | <b>84.0</b> | <u>N21.0E</u> | <u>90.0</u> | <u>0.20</u> | <b>5.54</b> |



# InSARデータと本研究の断層モデルの比較

観測量

計算結果



視線方向  
の長さ変化

RMS  
Misfit



# Seismicity

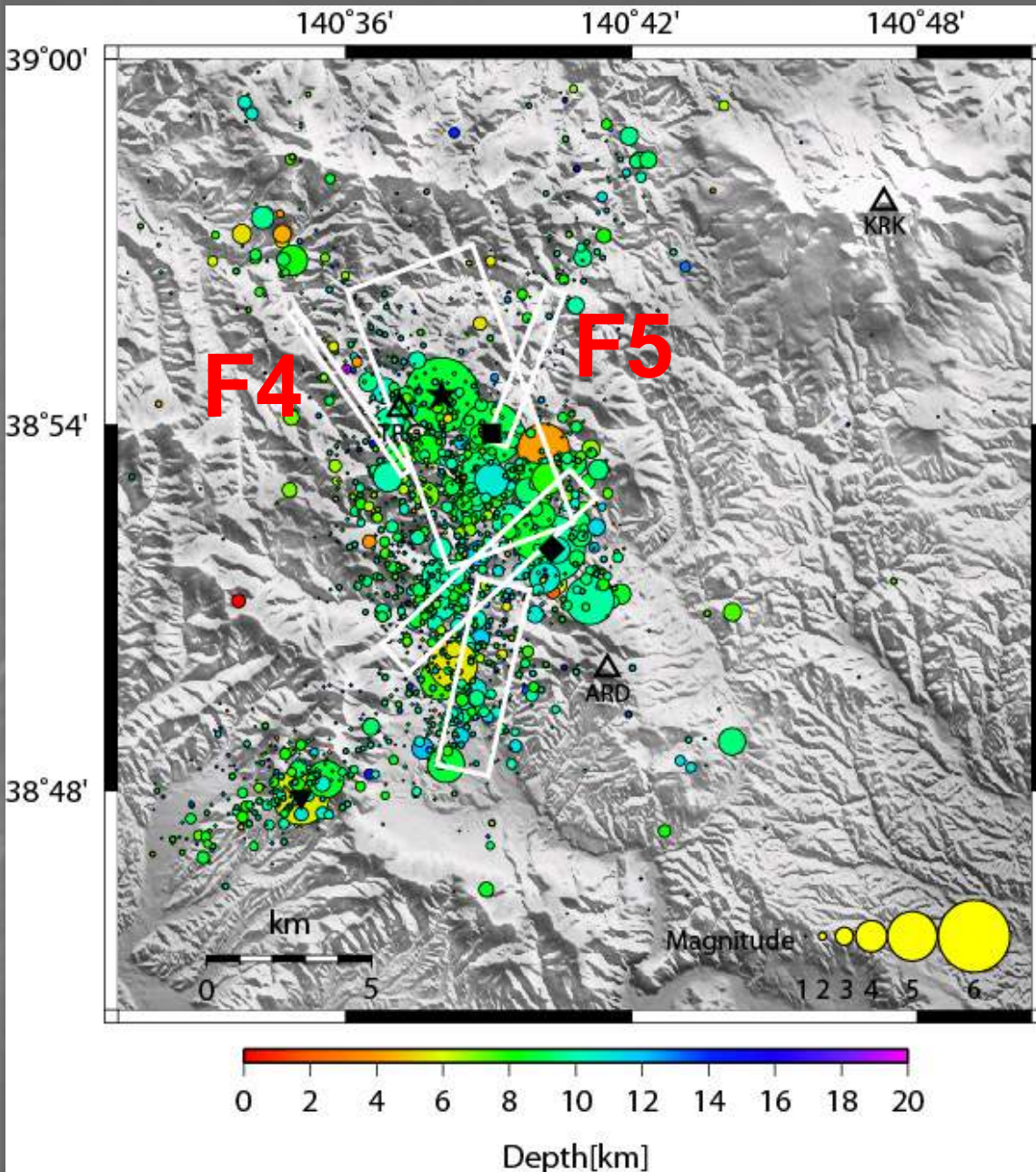
地震学的観測に基づく  
モデルでは説明できない。

+

F4とF5はseismicityの  
Gapに存在する。

||

Aseismic slip on  
F4 & F5!!





# 虎毛山エリアの地形



虎毛川

ドーム状の地形

虎毛山  
1432.9m

三輪川

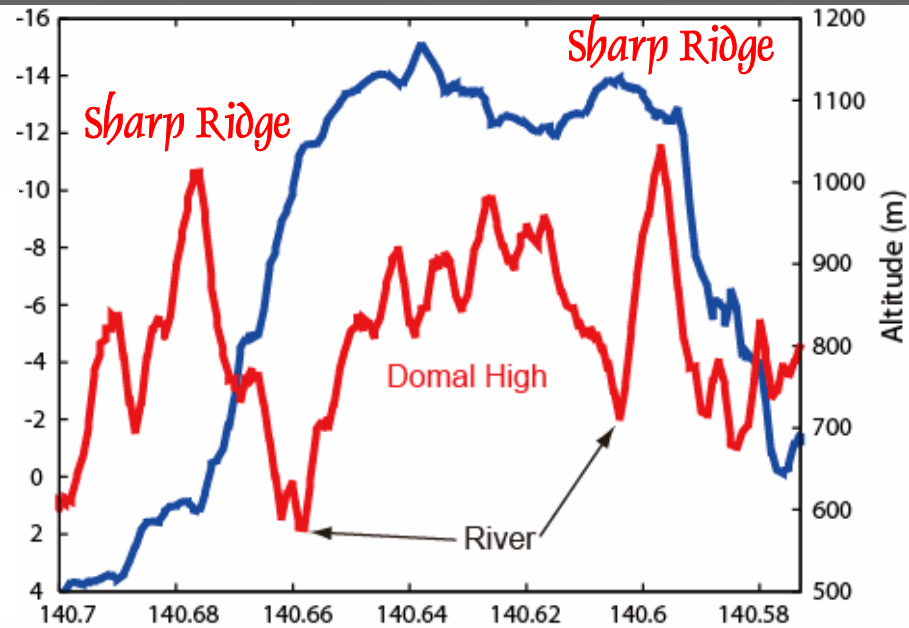
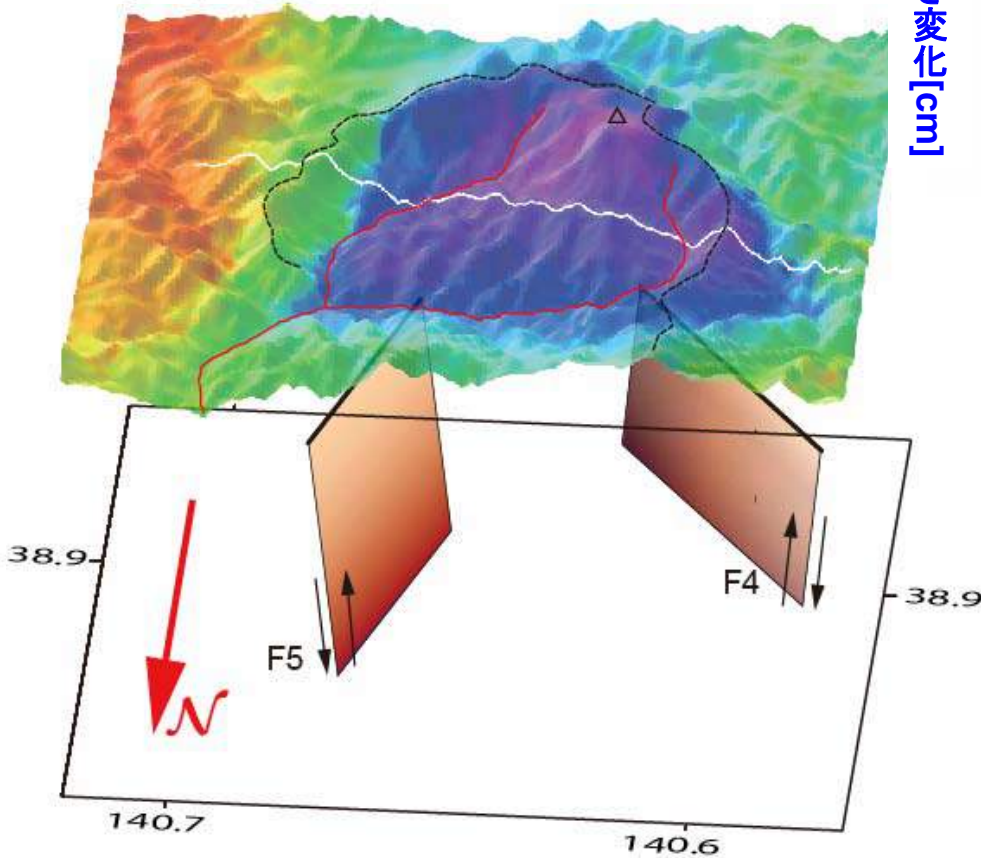


# 地形発達とAseismic Faults

長い時間スケールでの断層運動の蓄積が虎毛山エリアの地形に強く反映。

→ 地形発達を駆動

視線方向の長さ変化[cm]



1, Aseismic Fault (dip=85)の位置と急峻なRidge状の地形

2, 視線方向の変位が急変する位置と急峻なRidgeの位置

3, 視線方向の変位が負の最大値を取る領域にドーム状の高まり



# 地質学的背景と本研究の意義

After Yoshida (2001)

虎毛山エリアは巨大な  
陥没カルデラの一部

→ F4, F5は陥没に起因  
する既存の弱面

東北日本の大量のカルデラは、  
古い物でも現在の地形形成に  
大きな影響を与え得る。  
本研究はこの運動を捉えた!?

虎毛山エリア → ●  
3.5-6Ma  
(竹野1988)

三途川カルデラ  
(複合した巨大な陥没カルデラ)

← 鬼首カルデラ

Fig. 8. Topographic and morphological features of late Cenozoic calderas and Cretaceous Kitakami granitic plutons. (Adapted from Yoshida *et al.*, 1999c and Yokoyama *et al.*, 1999, 2000.)

# まとめ

- 1996年鬼首群発地震に伴う地表変動をInSARで解析した。2枚の高角なAseismic Faultを含む新たな断層モデルを構築し、InSARの観測結果( $\Delta$ LOS)を説明することに成功した。
- 虎毛山エリア東西端の急峻なリッジ、及び $\Delta$ LOSの急激な勾配と2枚のAseismic faultの位置は良く相関する。これは急峻なリッジの発達がAseismic fault上のすべりの蓄積に起因する事を示す。
- 急峻なリッジの中心にはドーム状の地形的高まりがあり、衛星に近づく変位が最も大きい領域と一致する。春川、虎毛沢ともにこの高まりを避けるように流れる。これらは、今回のような群発地震に伴う隆起が長い時間スケールで間欠的に繰り返され、地形を形成することを示唆する。

Acknowledgement:

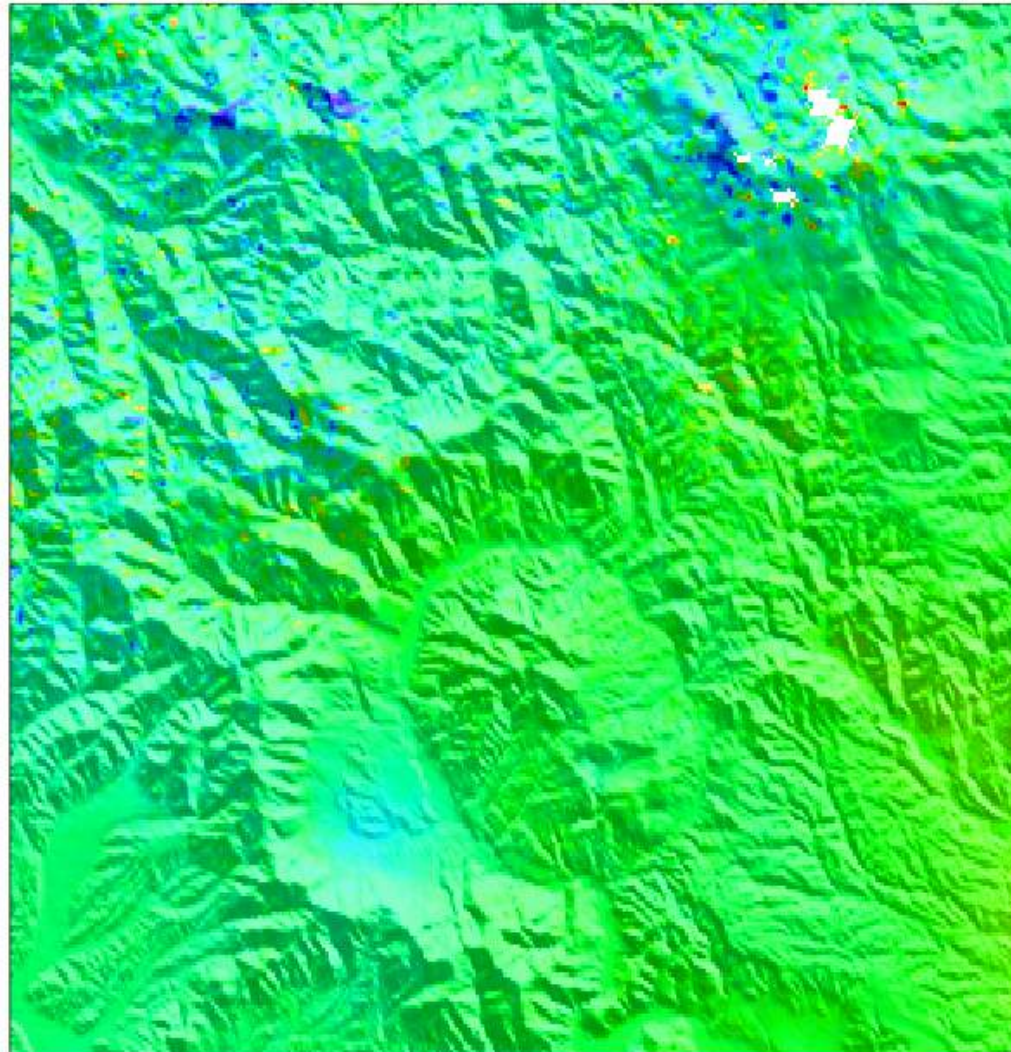
The original JERS-1 SAR data are copyright of METI/JAXA, Japan.

This work was supported from the Grant-in-Aid for Scientific Research, Japan Society for Promotion of Science (19340123). The DEM is provided by the Geographical Survey Institute of Japan.

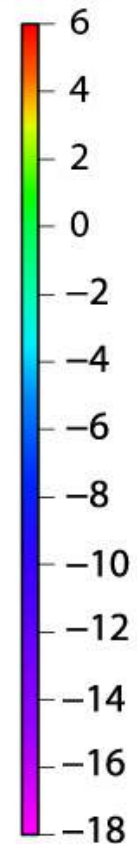


# Pre-event Interferogram

19960412\_19960709

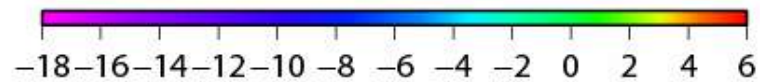
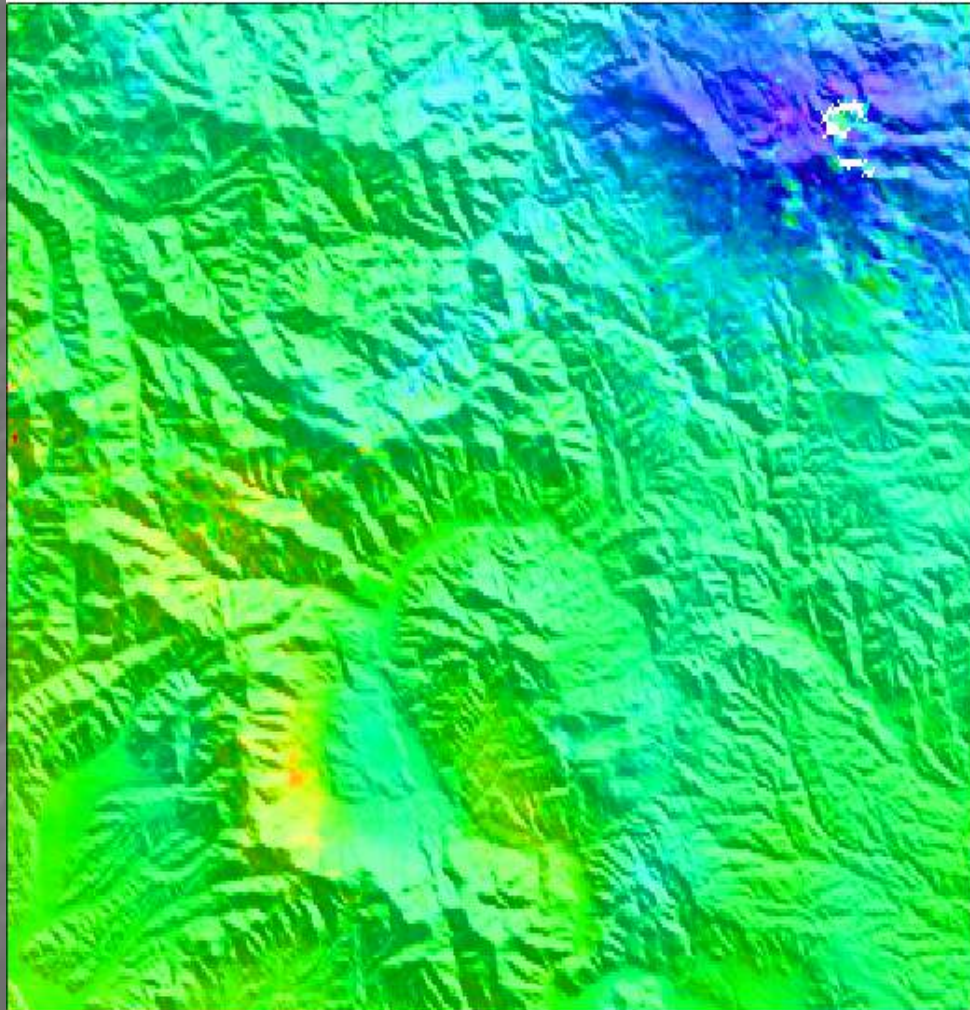


LOS[cm]



# After-event Interferogram

19971219\_19980613



LOS[cm]