

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

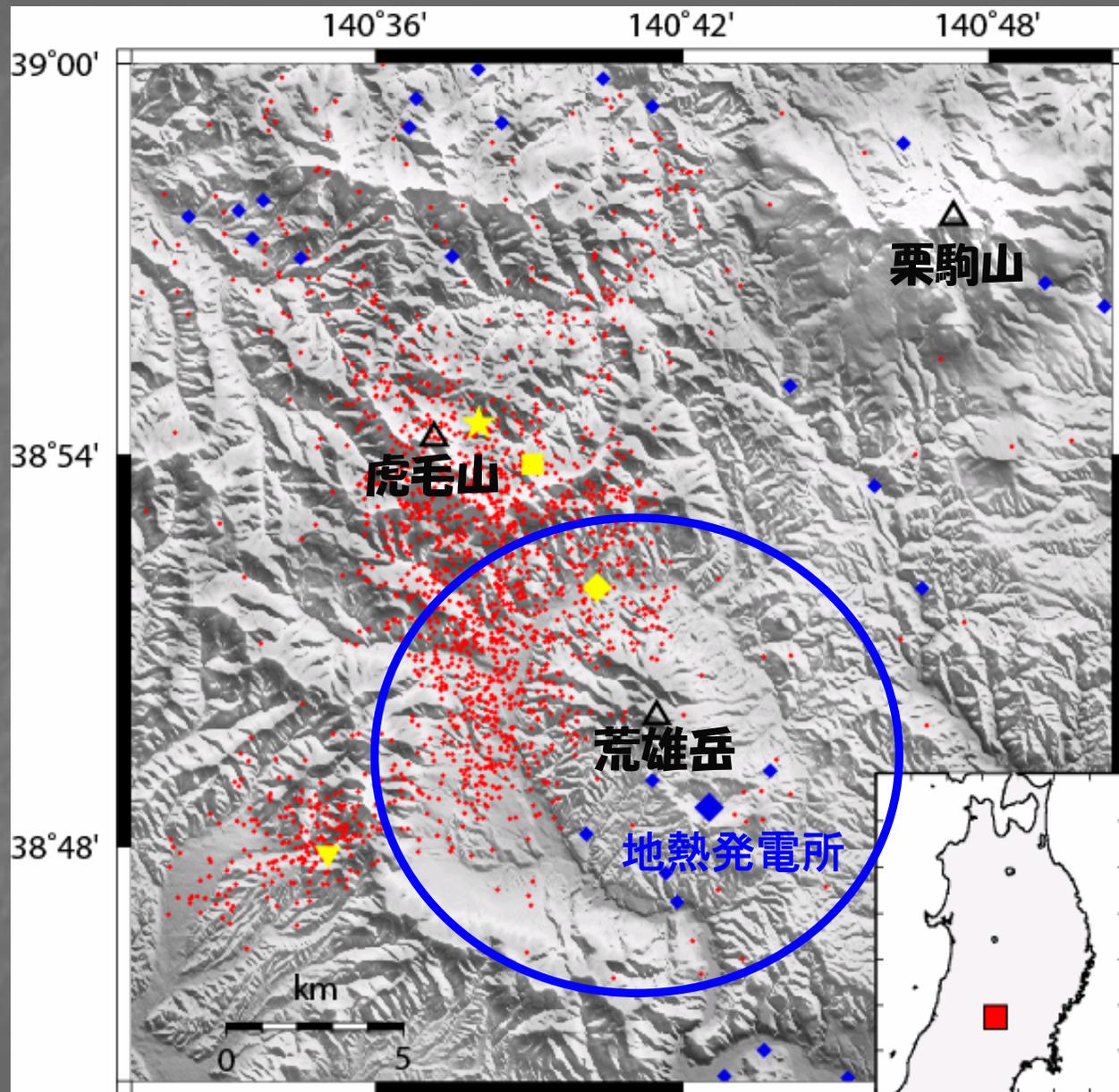
鬼首カルデラ

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

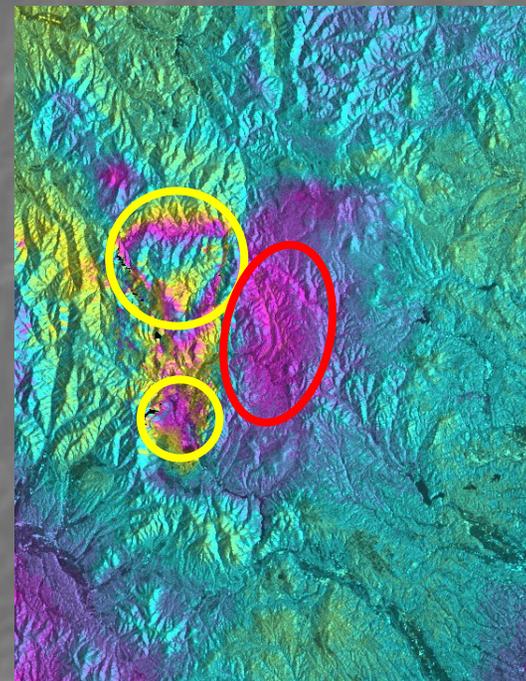
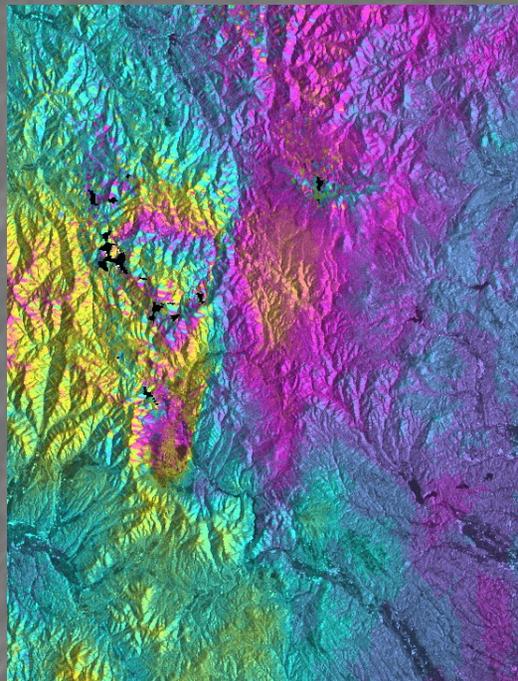
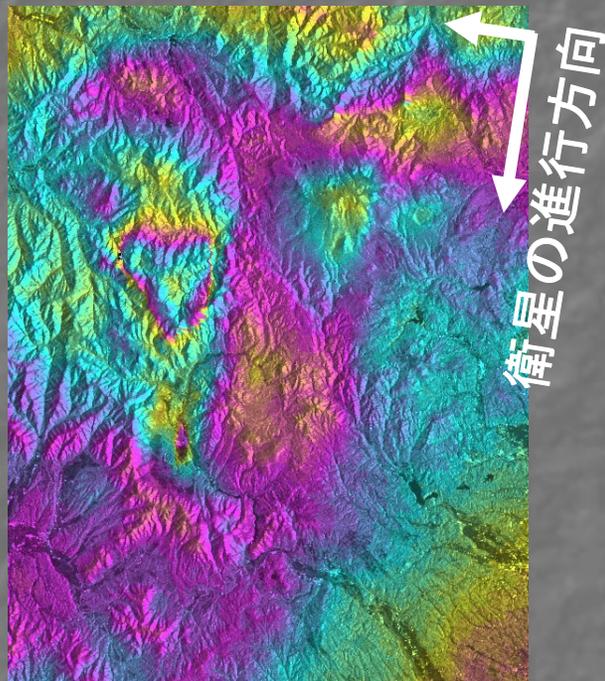
(950723-961005)

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

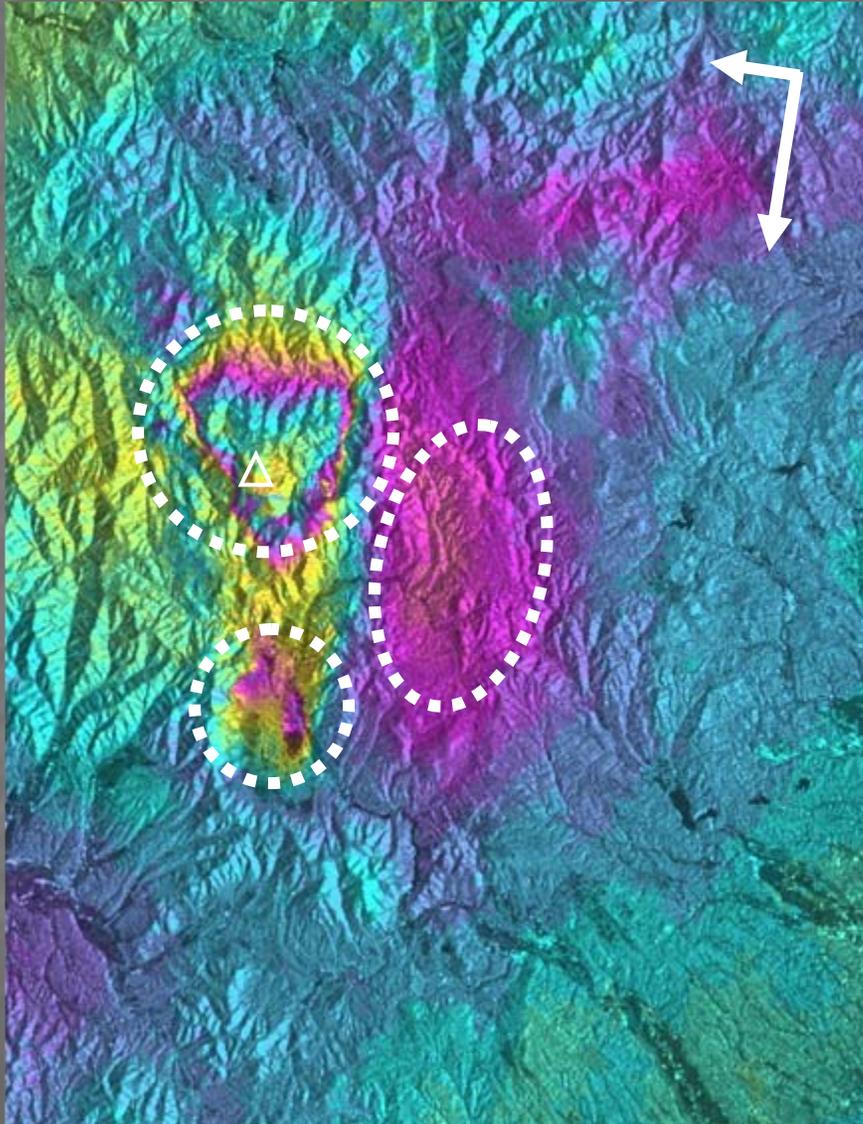


衛星から遠ざかる変位

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

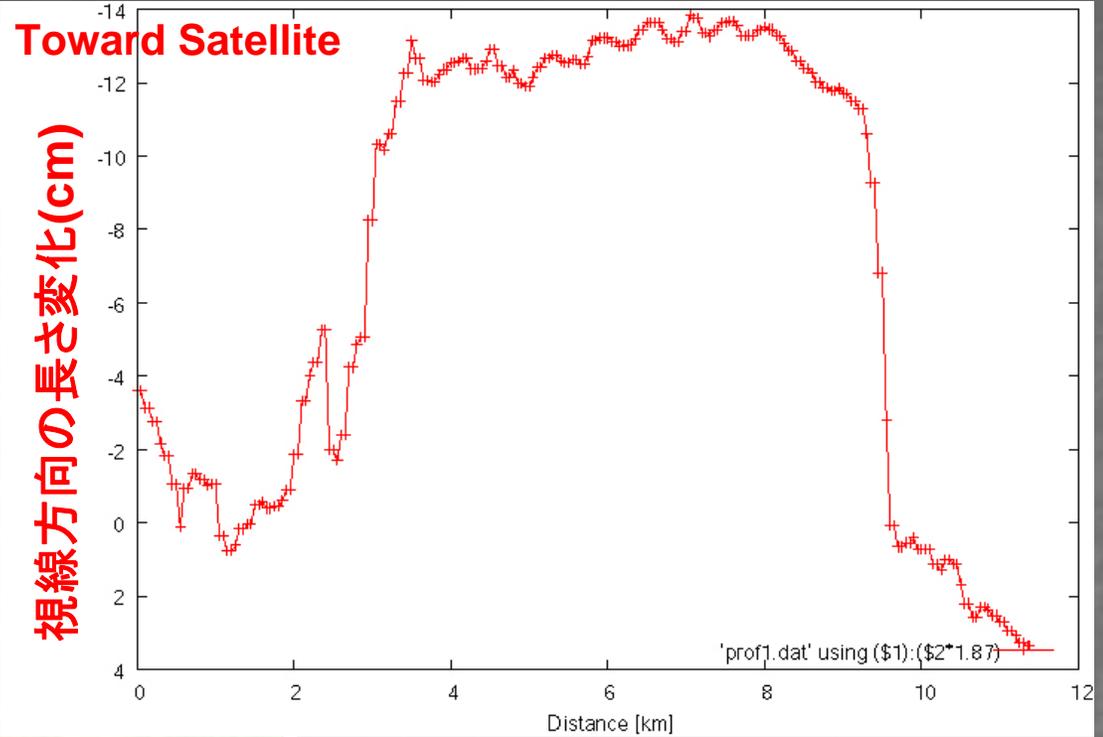
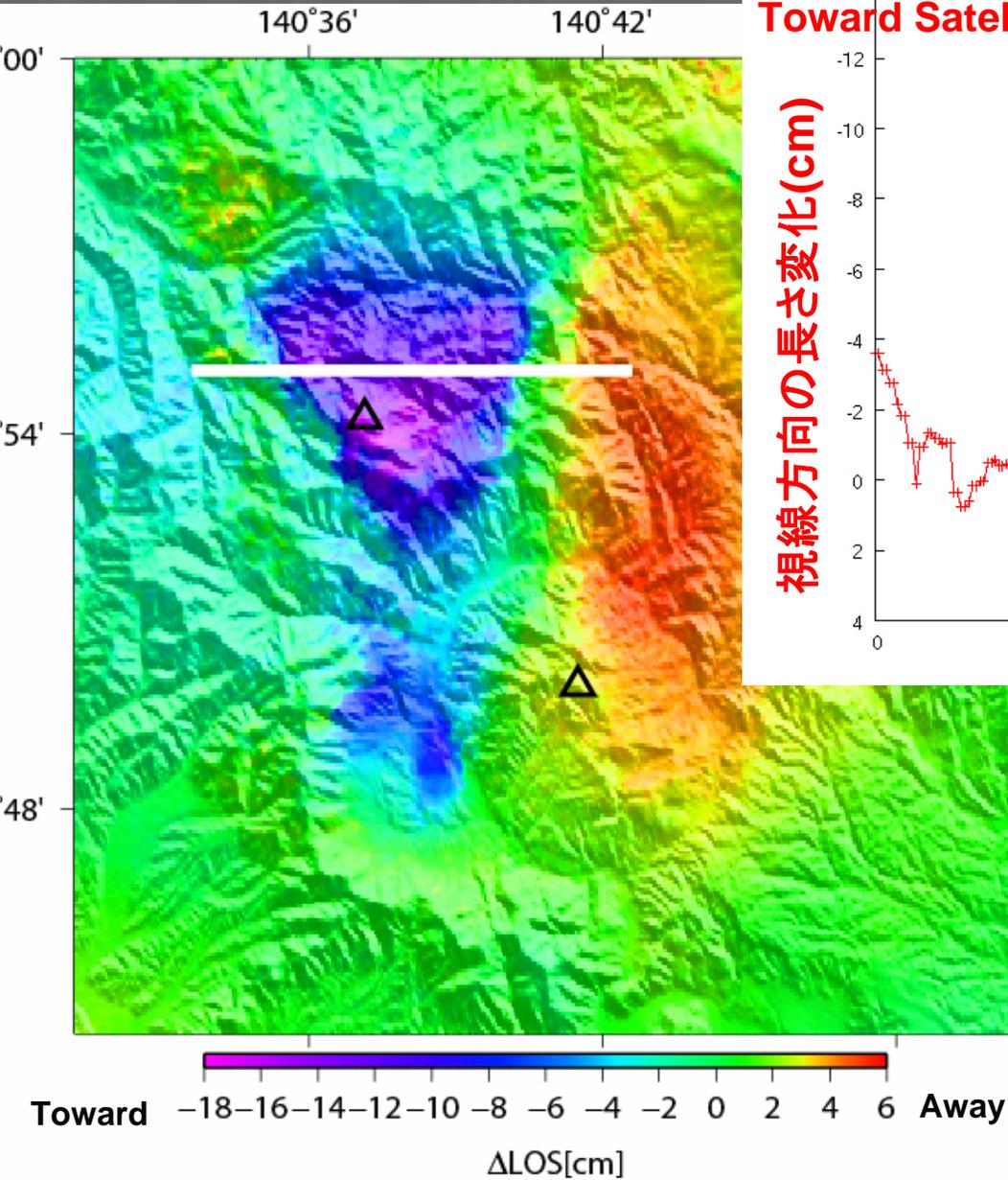


-11.8cm(toward)

0

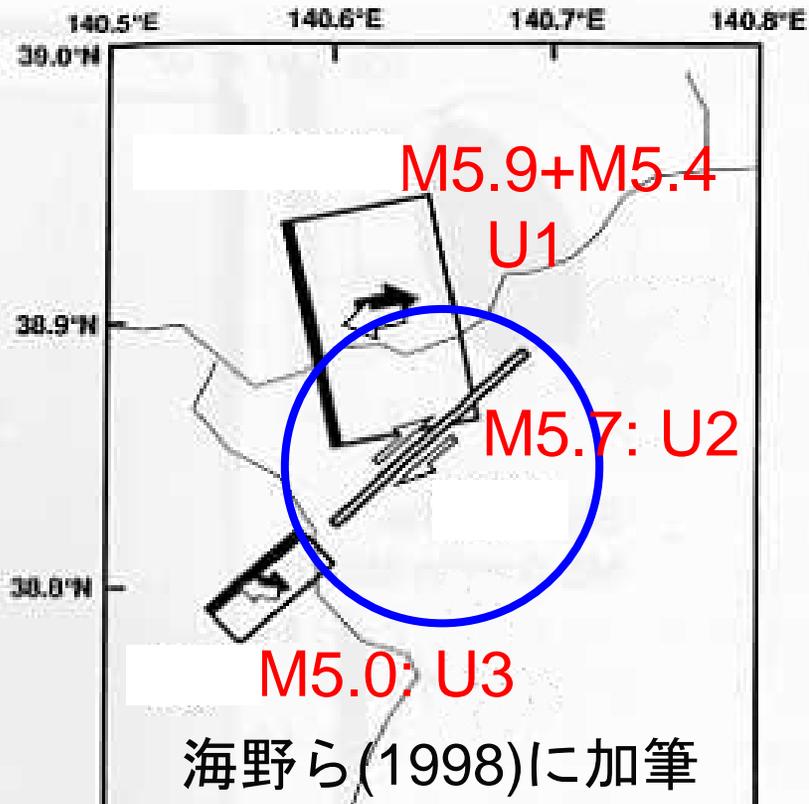
+11.8cm(away)

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

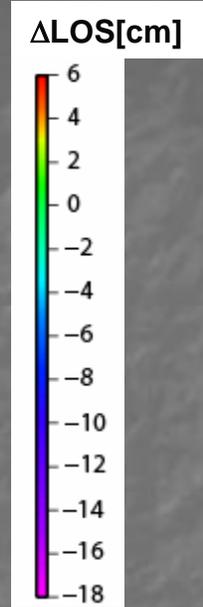
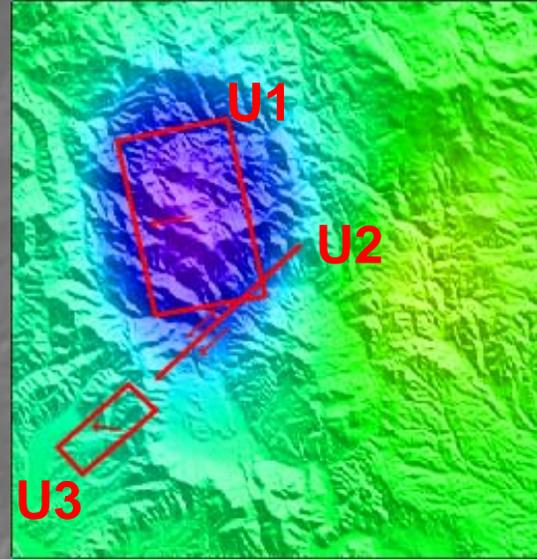
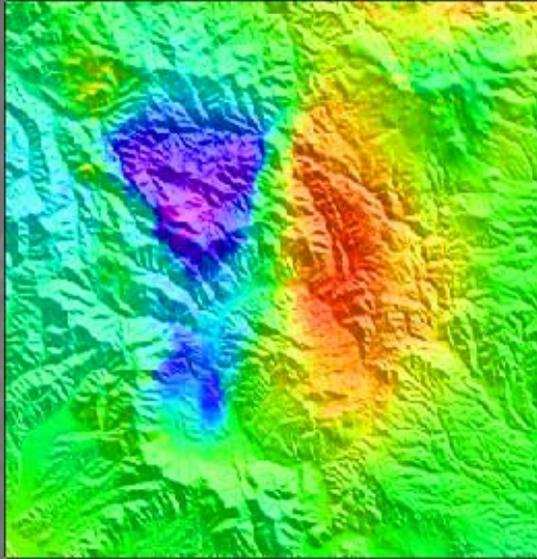
	Latitude,	Longitude,	Length,	Width,	Depth,	Dip,	Strike,	Slip angle,	Slip(m),	Mw(Nm)
U1:	140.627	38.899	10.0	8.2	7.5	45.0	N10W	90.0	0.6	6.15
U2:	140.649	38.855	10.0	6.0	7.0	90.0	N47E	180.0	0.4	5.94
U3:	140.576	38.800	5.0	3.0	8.0	50.0	N49E	120.0	0.4	5.54

InSARデータと地震学的断層モデルの比較

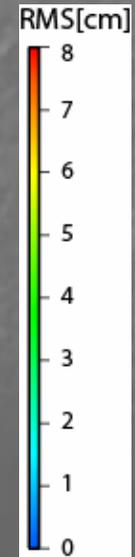
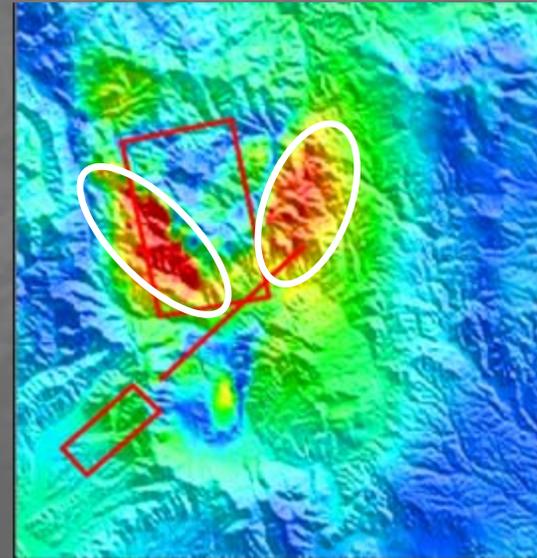
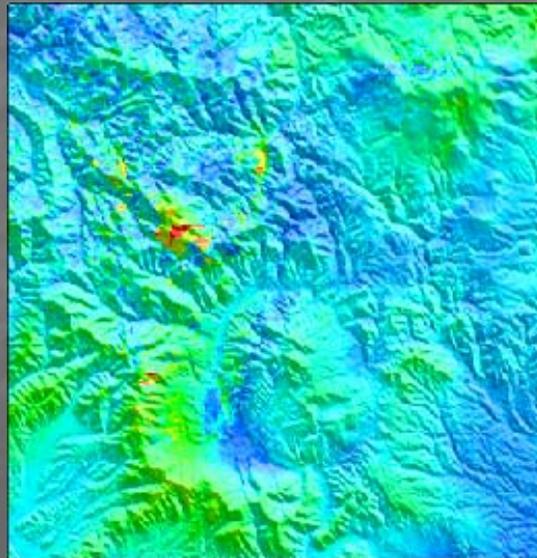
観測量

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

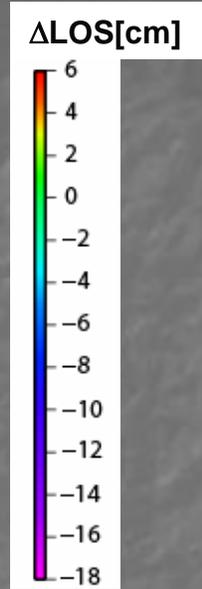
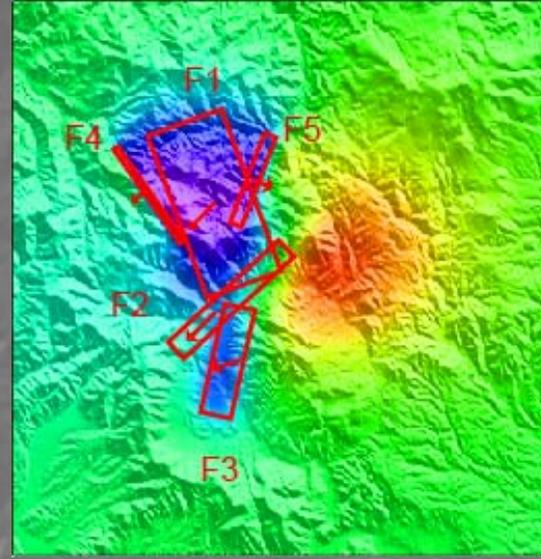
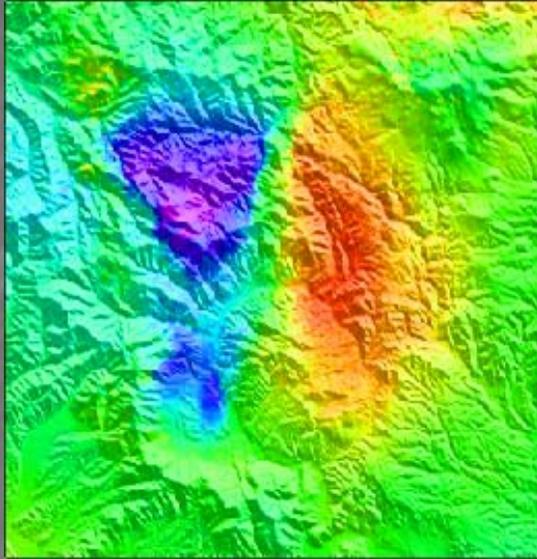
	Latitude,	Longitude,	Length,	Width,	Depth,	Dip,	Strike,	Slip angle,	Slip(m),	Mw(Nm)
F1:	140.640	38.905	9.0	5.3	6.7	40.0	N20.0W	110.0	0.52	5.95
F2:	140.650	38.860	7.8	6.8	5.5	80.0	N47.0E	-169.0	0.44	5.93
F3:	140.648	38.831	5.8	2.0	2.1	37.5	N12.5E	115.0	0.30	5.38
<u>F4:</u>	<u>140.601</u>	<u>38.909</u>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

InSARデータと本研究の断層モデルの比較

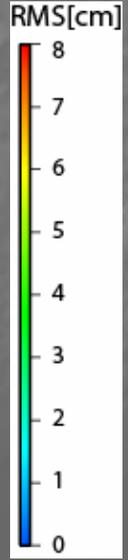
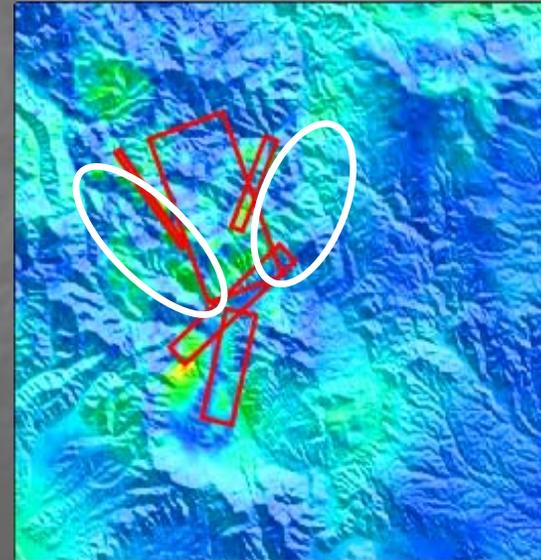
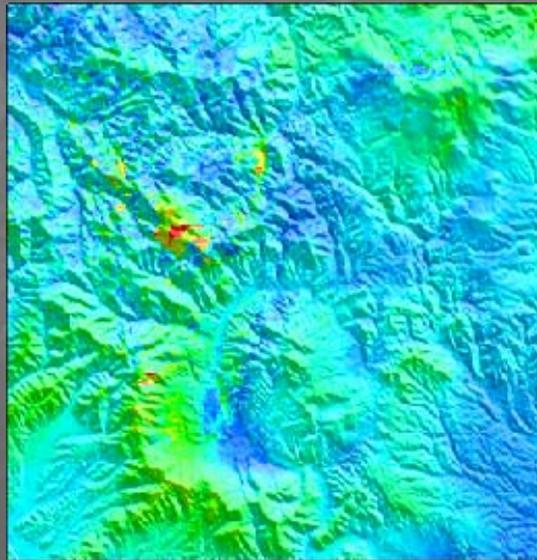
観測量

計算結果

視線方向
の長さ変化



RMS
Misfit



Seismicity

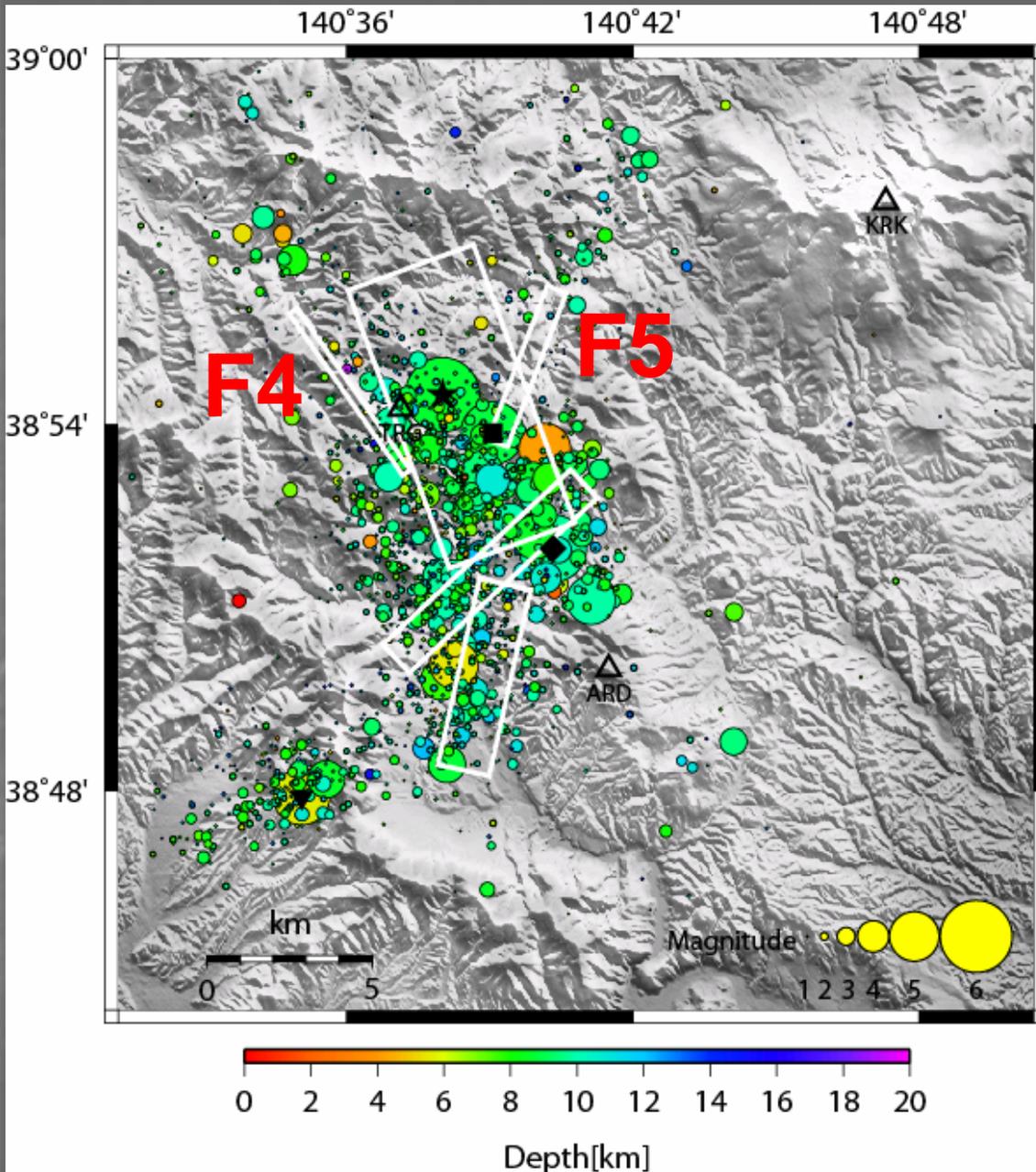
地震学的観測に基づく
モデルでは説明できない。

+

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



虎毛沢

ドーム状の地形

虎毛山
1432.9m

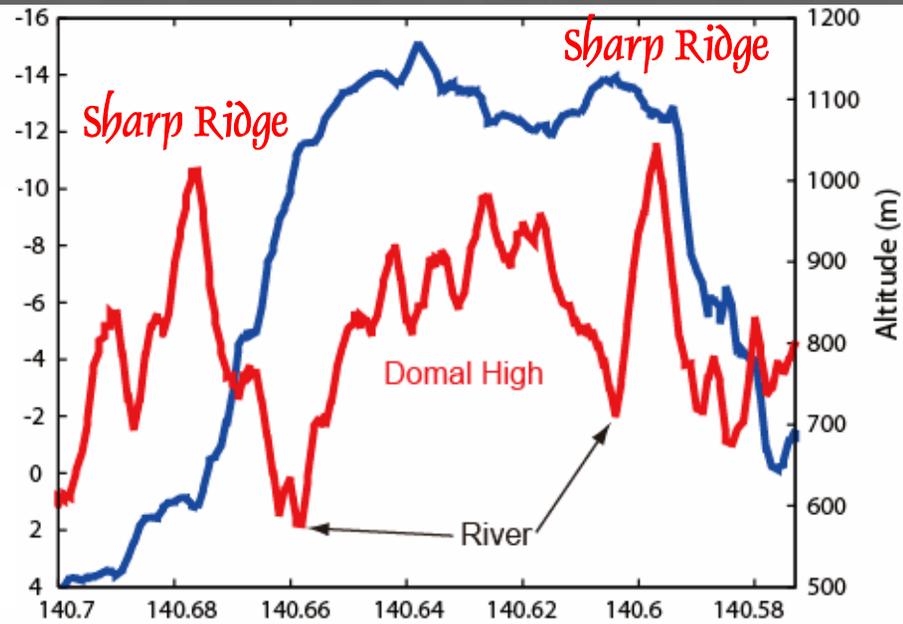
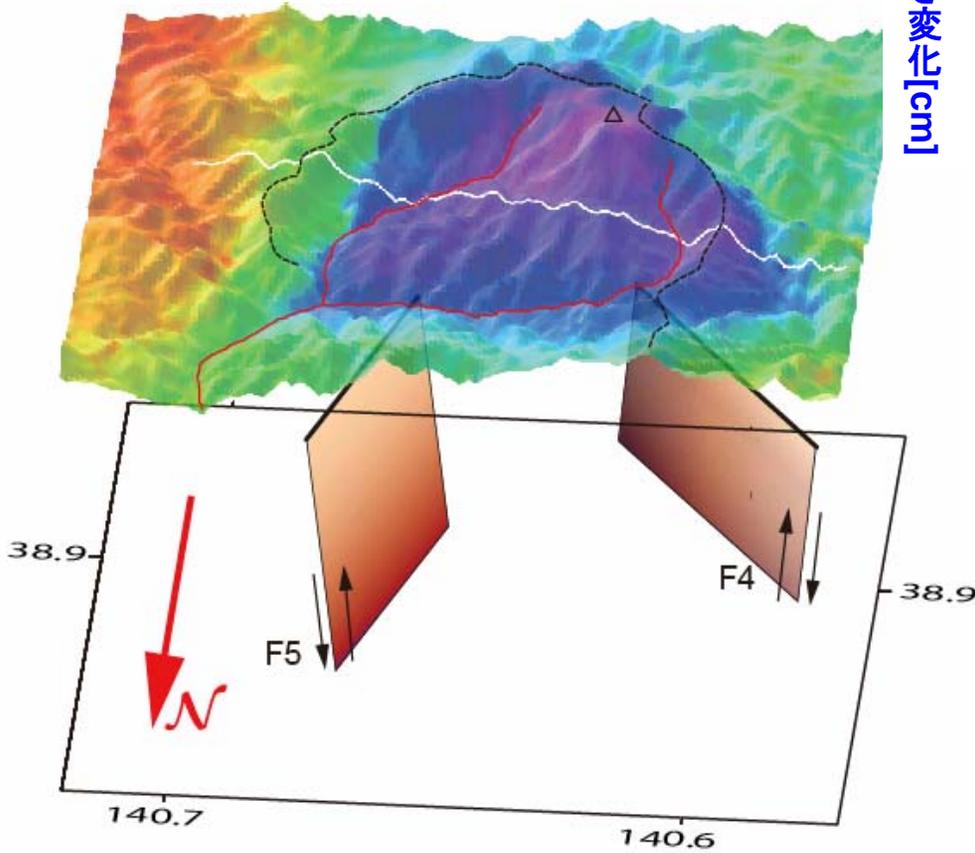
糠川

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(Δ 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 Δ 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。

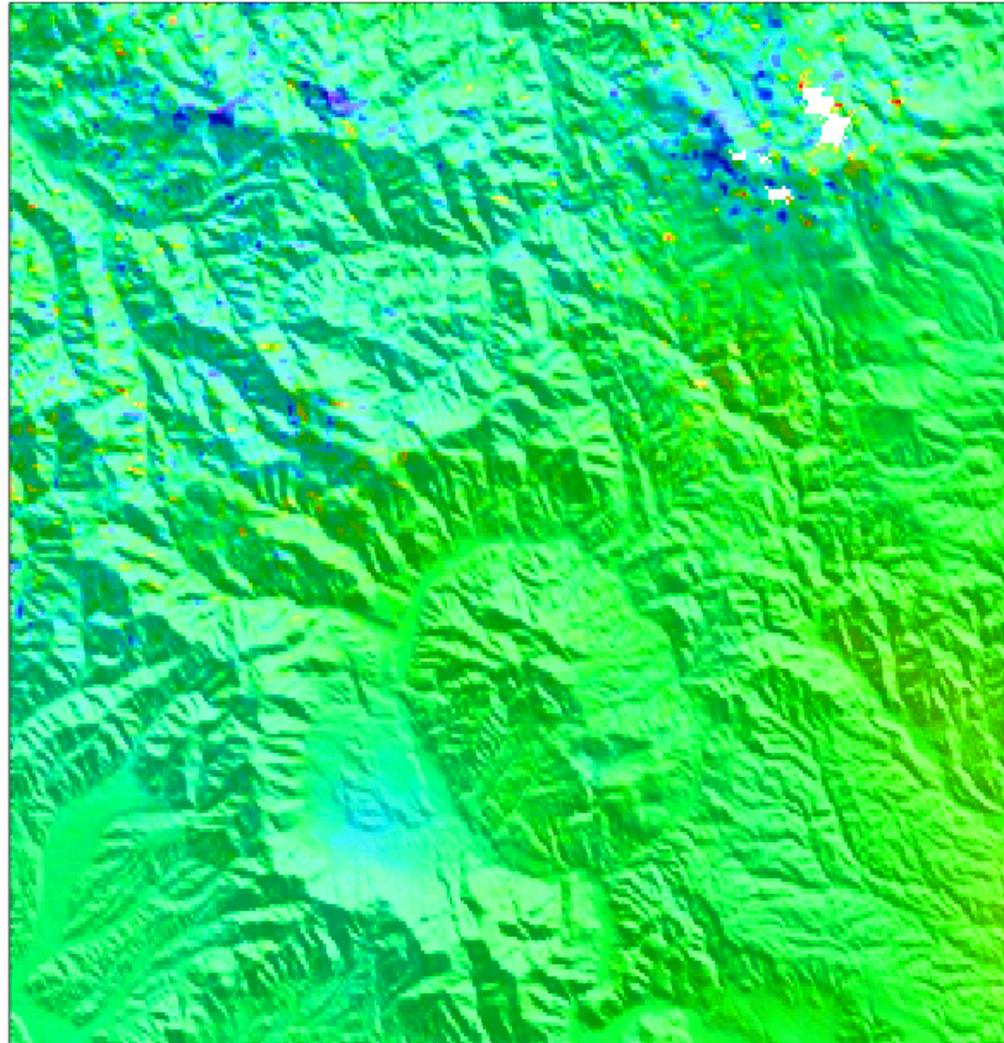
Acknowledgement:

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

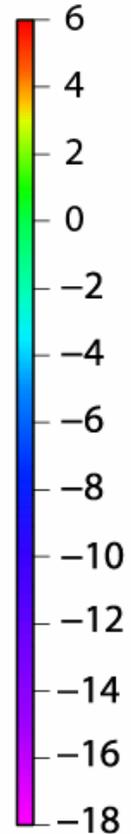
This work was supported from the Grant-in-Aid for Scientific Research, Japan Society for Promotion of Science (19340123). The DEM is provided by the Geographical Survey Institute of Japan.

Pre-event Interferogram

19960412_19960709

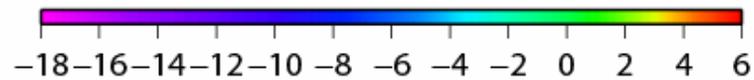
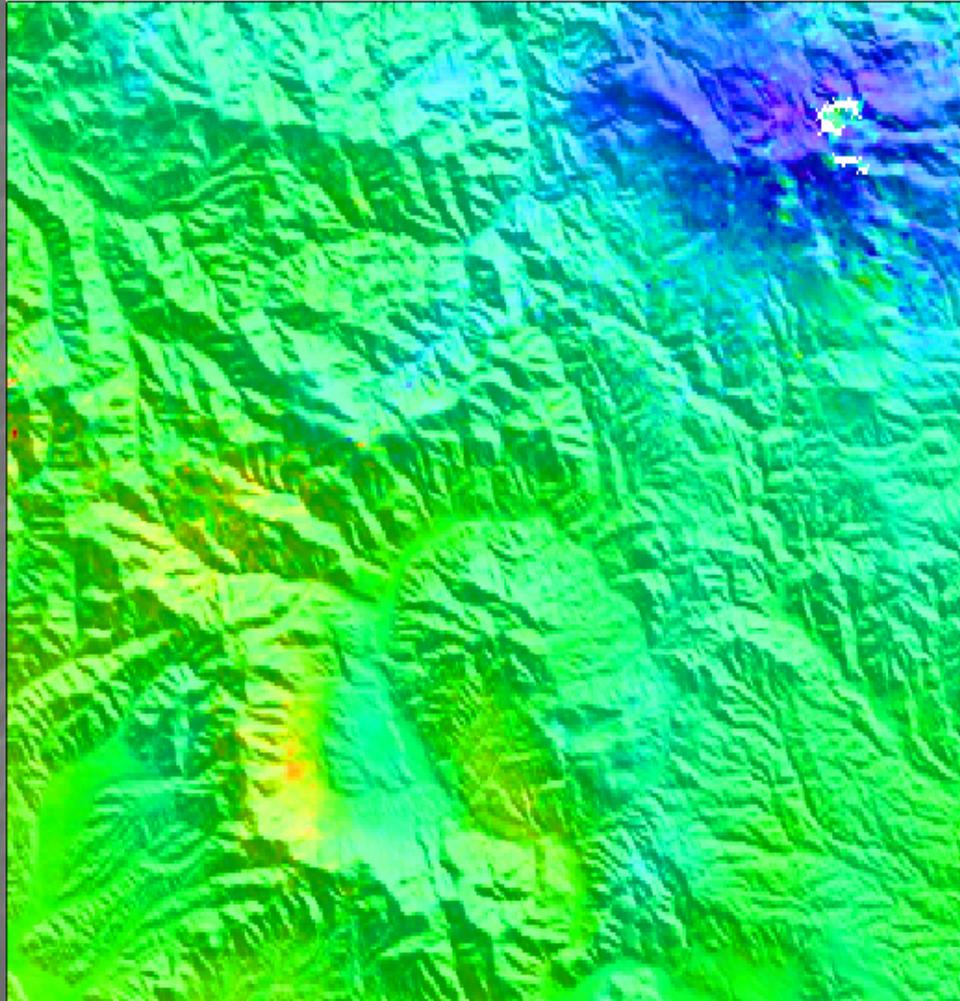


LOS[cm]



After-event Interferogram

19971219_19980613



LOS[cm]