

# 1-12

## これまでの研究のレビューと今後への抱負

### On the progress and problem of SAR analysis: personal views

高田陽一郎(京大防災研)

Youichiro Takada (DPRI Kyoto Univ.)

要旨.

2007 年末に SAR 解析を始めて以来, ALOS/PALSAR の威力と PIXEL の発展を見てきた。恵まれた環境を享受したことに深く感謝している。本発表では, 自分なりに強いユーザとなるために必要と思うことを, これまでの成果を交えて発表する。

今や通常の干渉画像が作れないことは稀である。意外にユーザが苦勞するのは, GMT による描画, DEM の作成, 数値モデルを実行する前のサンプリングなどの pre/post processing ではないかと思われる。また, ALOS と ERS や ENVISAT のデータを併用したい場合, ESA のデータ検索は慣れないと複雑であるし, 相応の業界事情もある。以上を速くこなすとなると, そう易しいことでは無い。

解析技術上の課題としては地震間地殻変動の検出が挙げられる。現在の勤務地である飛騨地域は発達した活断層と険しい地形で知られる。図 1 は PALSAR による飛騨地域の InSAR 画像である。跡津川断層を挟んで位相の変化が見られるが, 全く異なる画像を示すペアが多くあり, 現状では図 1 を評価できない。軌道再推定や多項式フィッティングはこの空間スケールのシグナルを消すことがあるし, 標高依存を仮定した大気遅延補正も山岳地域では同様な問題を伴う。そこで時系列解析に期待するのだが, 研究目的に応じた自動化が重要であろう。

変位が蓄積すれば良いかと考え, JERS の 5 年程度離れたペアで飛騨地域を解析している。しかし, Bperp が小さくても, 軌道決定精度等の問題で, どうしても地形の影響が強くなる(私の解析ではそうなる)。地形が険しい地域における InSAR 解析は今後の課題である。ALOS2 の性能を引き出す解析技術は必要であるが, いずれにせよ観測の継続が最も重要であることは論を待たない。

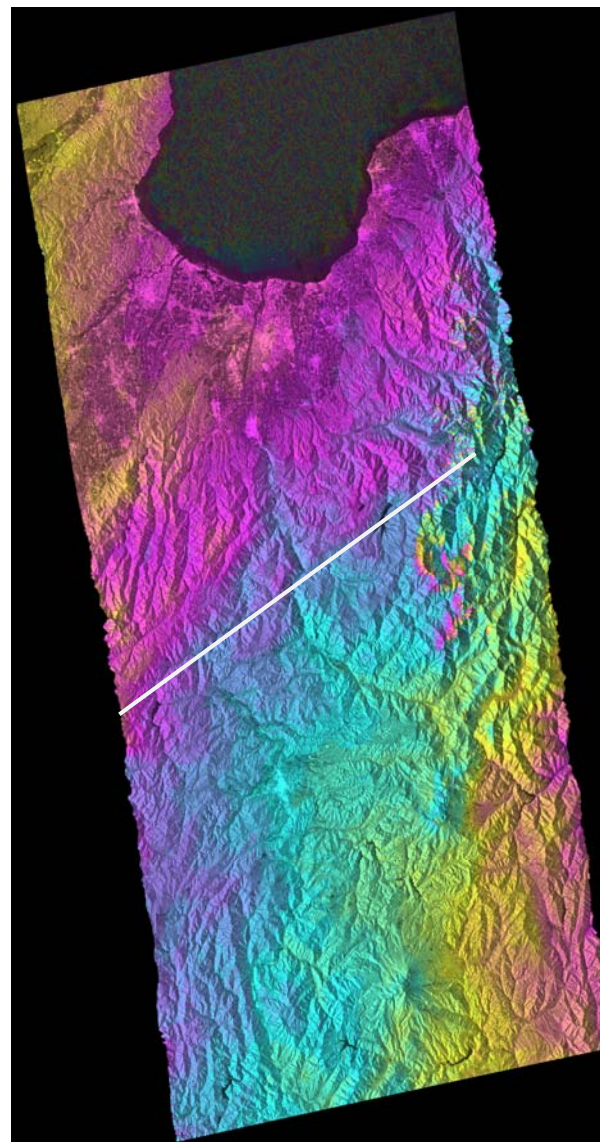


図 1. 飛騨地域の InSAR 画像 (ALOS/PALSAR). 上昇軌道. Path 410, Frame 710-720. Bperp 304m. Master 20071104 (FBS), Slave 20101112 (FBS). 軌道再推定, 大気遅延補正, 位相 ramp 除去, 全て無し. 国土地理院発行 50m DEM 使用. GAMMA 使用. 白線は跡津川断層。

これまでの研究のレビューと  
今後への抱負

On the progress and problem of SAR analysis:  
Personal views

京都大学防災研究所

高田陽一郎

Youichiro Takada

DPRI, Kyoto University

# Acknowledgments

- PALSAR level 1.0 data are shared among **PIXEL**, Earthquake WG (GSI/ JAXA) and provided from JAXA under cooperative research contract with ERI, Univ. Tokyo.
- The ownership of PALSAR data belongs to METI and JAXA.
- We used Gamma® software for the processing.
- CGIAR-Hole-filled SRTM3 DEM (Jarvis et al., 2008) was used. The 50m DEM is provided by GSI.
- Many collaborators should be acknowledged!

# 私が（も）解析して論文にまとめた物

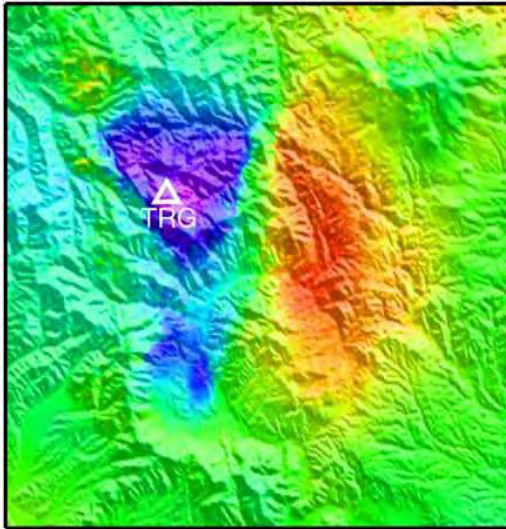
- 2007年中越沖地震 (古屋さんにGAMMA教わる)
- 1996年鬼首群発地震 (JERS)
- 2008年四川省地震 (Pixel offset)
- 2008年四川省地震 (断層モデル)
- 2008年岩手宮城内陸地震 (地震時, preliminary)
- 2008年岩手宮城内陸地震 (余効変動)
- 2008年岩手宮城内陸地震 (3D地震断層)
- 2011年東北地方太平洋沖地震 (火山の地殻変動)
- 2011年東北地方太平洋沖地震 (いわき誘発地震)

イベント物ばかり → イベント多かった

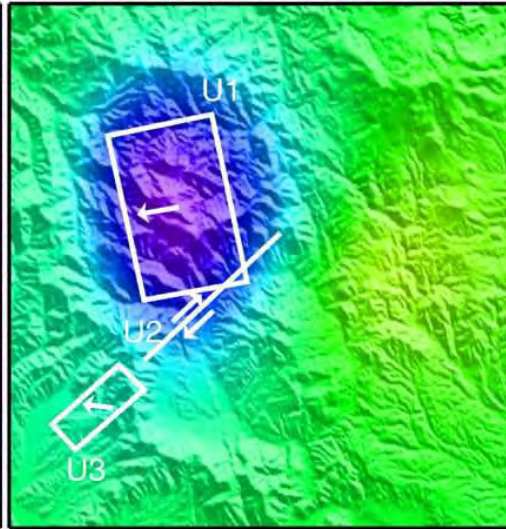
# 1996年 鬼首群発地震

デビュー作は複雑な断層

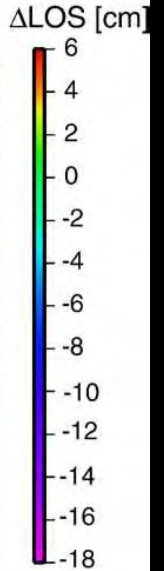
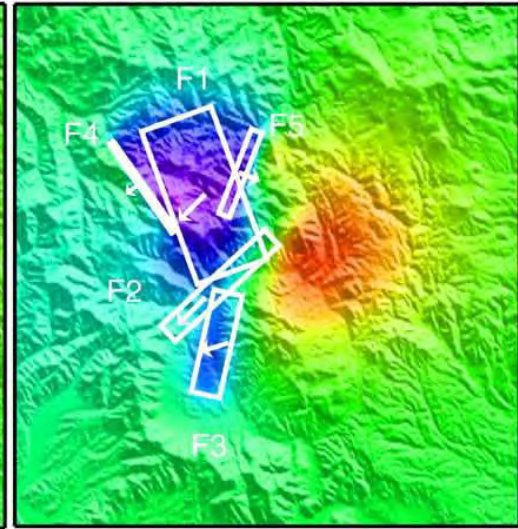
a) Observed interferogram  
(average of 3 interferograms)



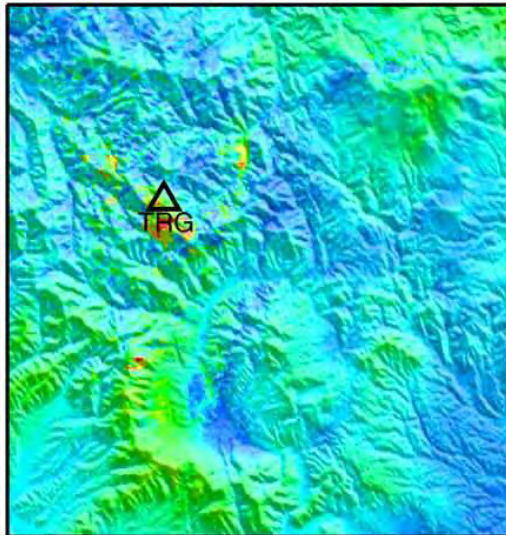
b) Synthetic interferogram  
(Umino's model).



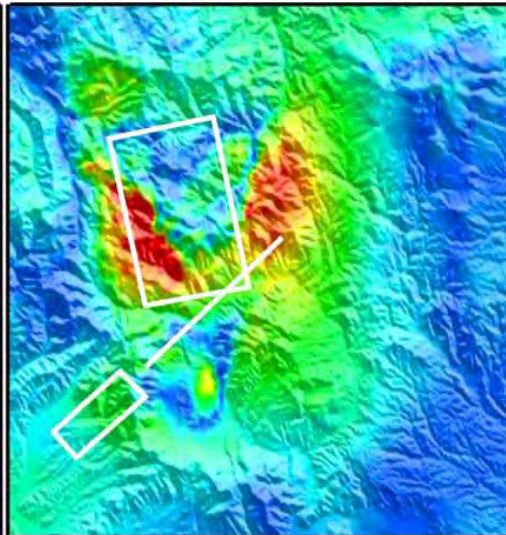
c) Synthetic interferogram  
(this study)



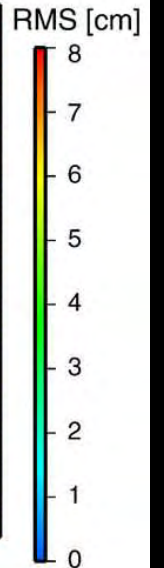
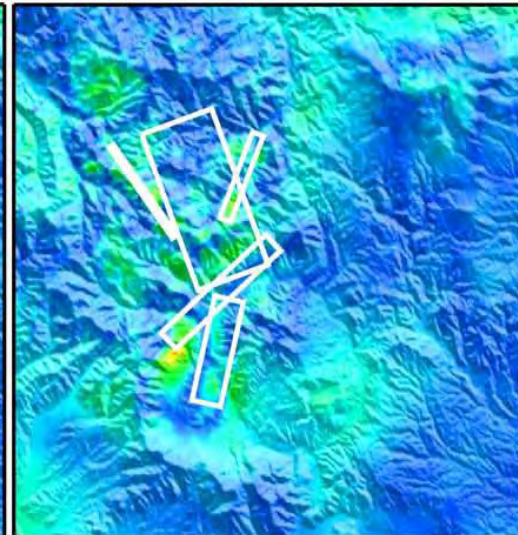
d) Standard deviation of a)



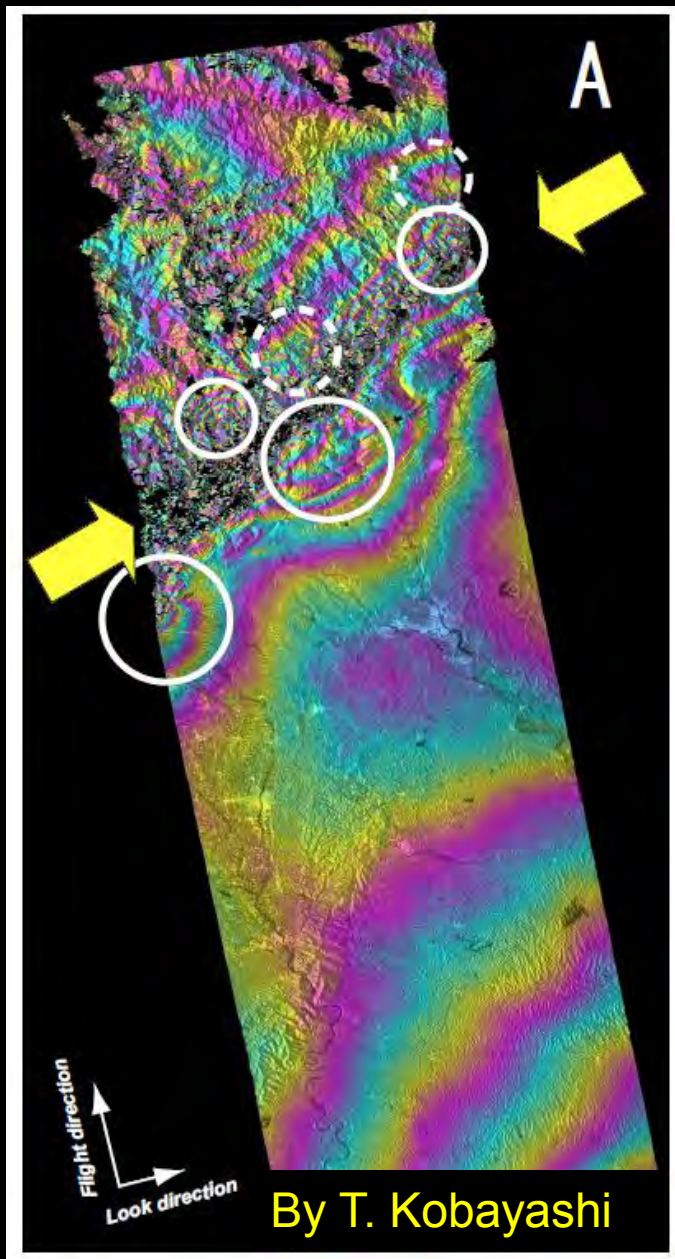
e) RMS of a) - b)



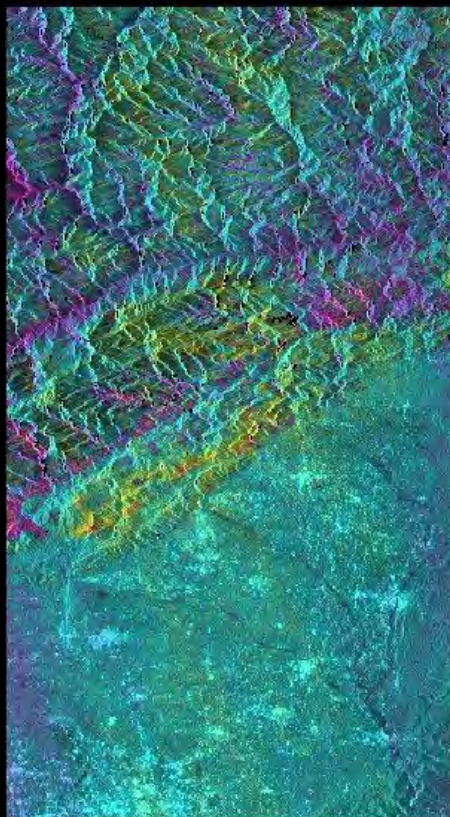
f) RMS of a) - c)



# 2008年四川省地震の解析

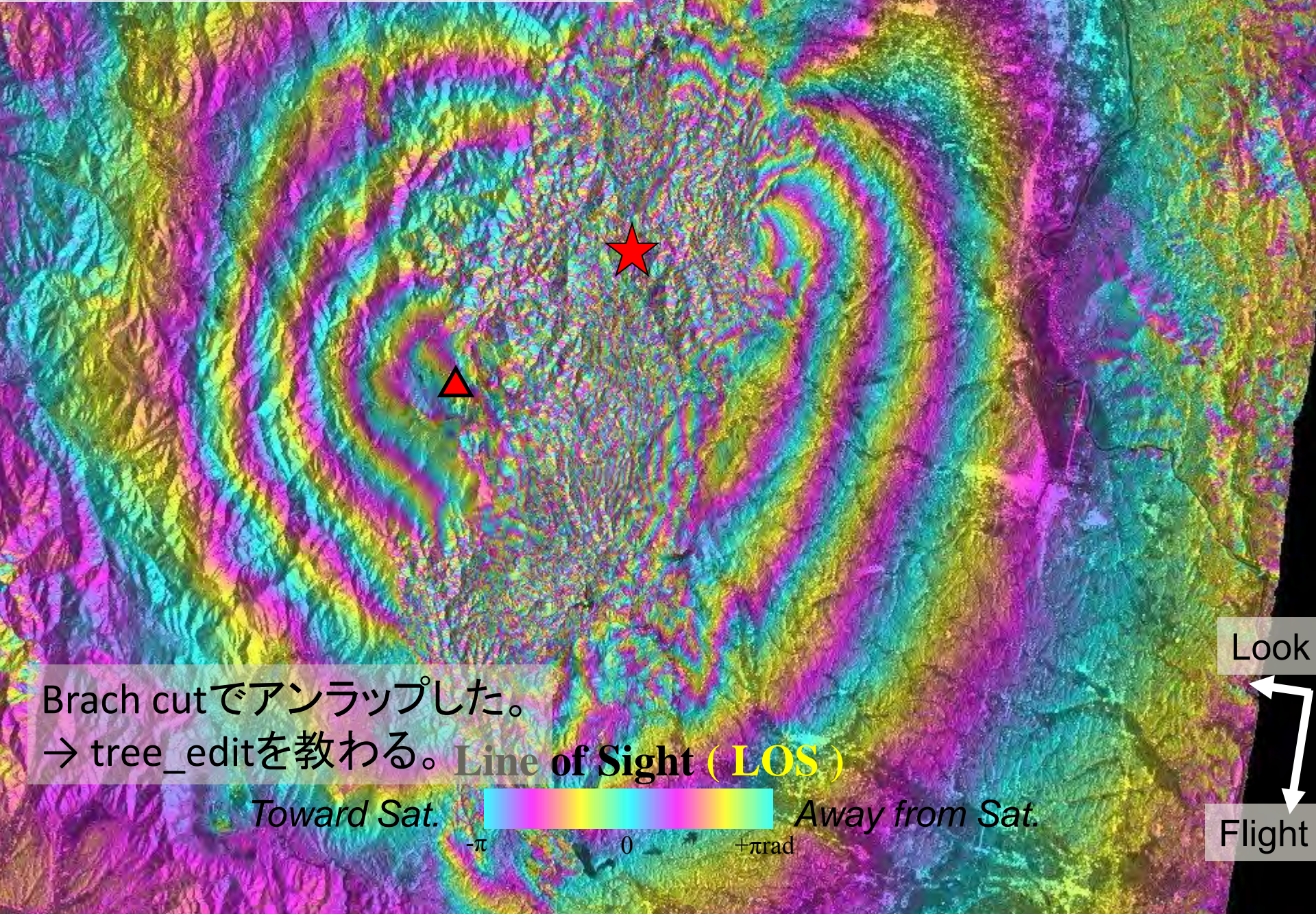


- ・長波長変動がある時は基線長再推定しちゃダメ
- ・Pixel offset法を学ぶ  
(奥山さんのヒント+Gamma Manual)



←多分初めて作ったヤツ。

# 2008年 岩手宮城内陸地震

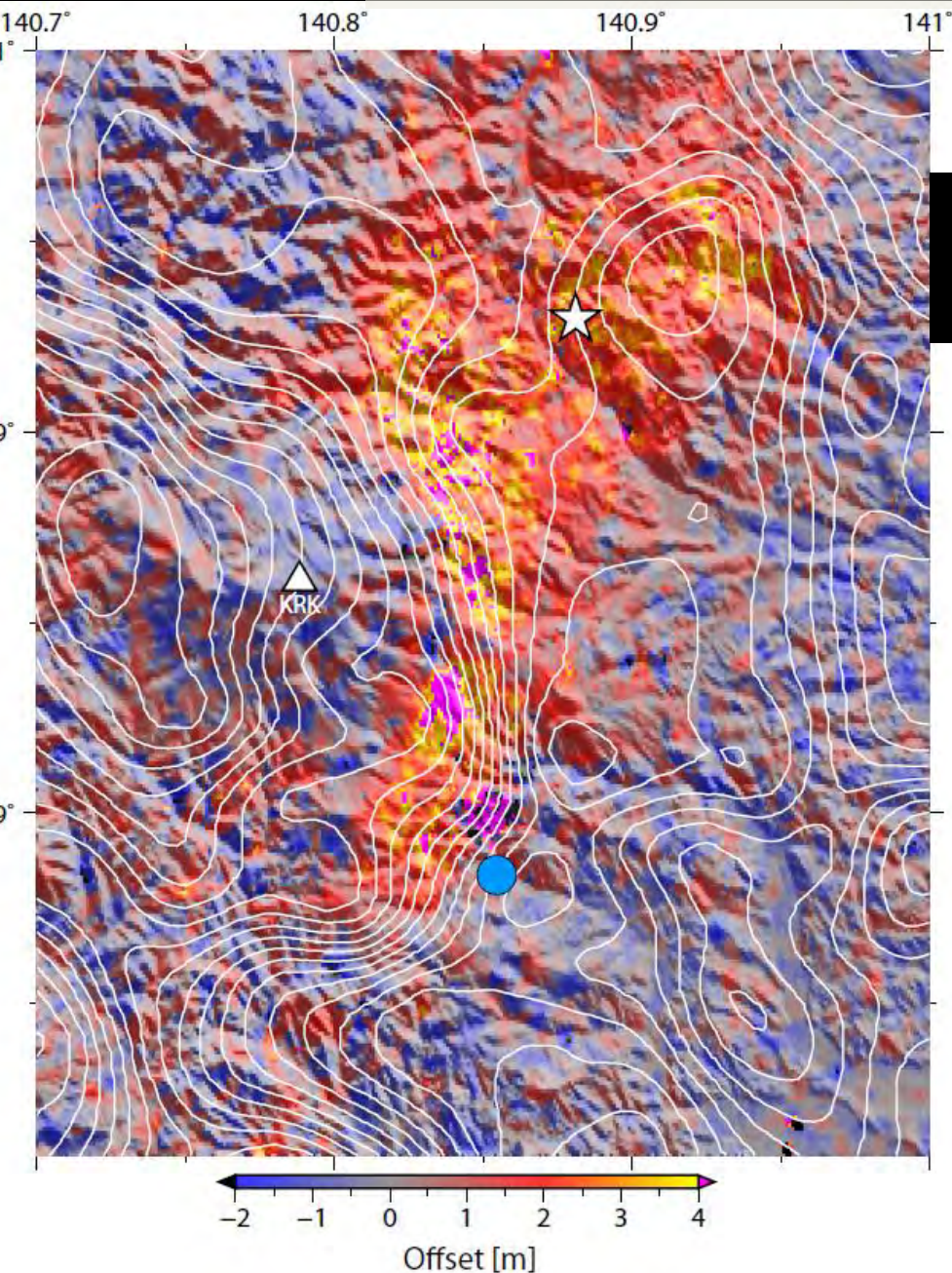


Brach cutでアンラップした。  
→ tree\_editを教わる。

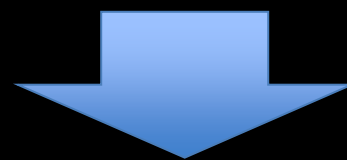
**Line of Sight (LOS)**



# Pixel offset (range)から東傾斜の逆断層を提唱



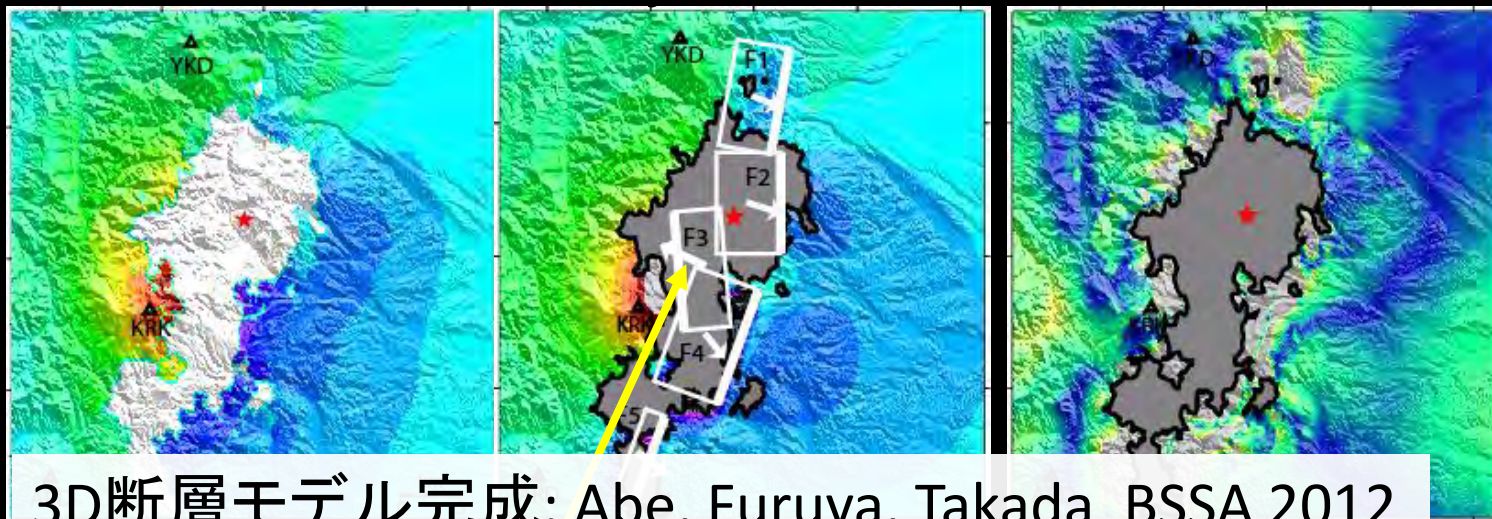
重力異常データと良い一致。  
→ カルデラのテクトニックな重要性



カルデラの研究を始めた

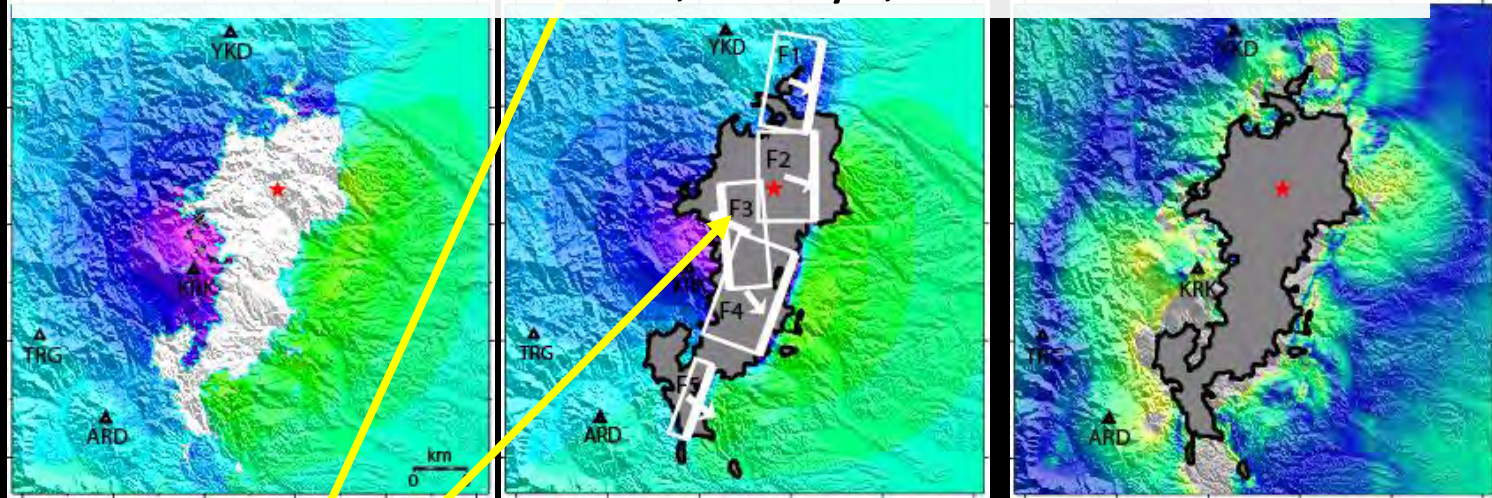


Asc.



3D断層モデル完成: Abe, Furuya, Takada BSSA 2012

Dsc.

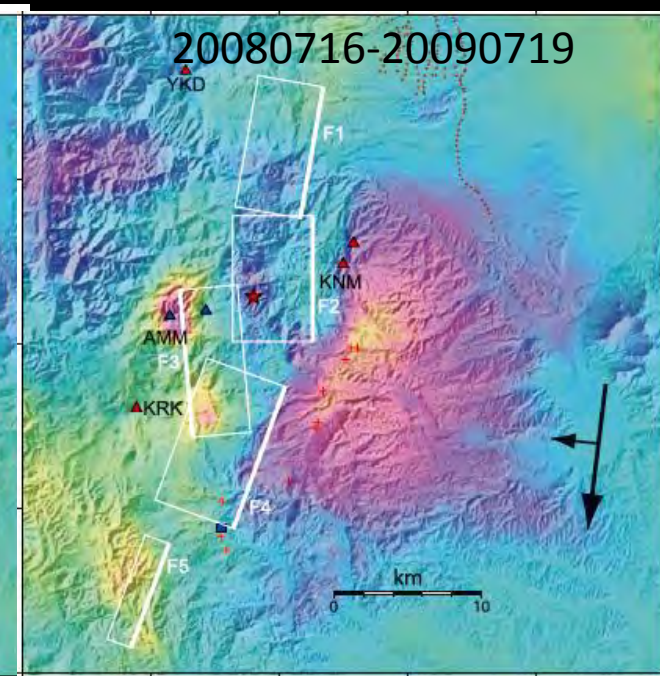
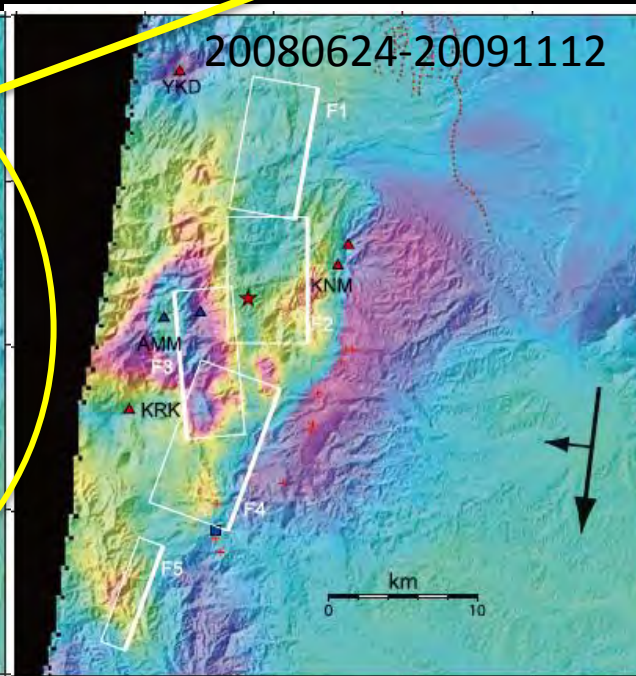
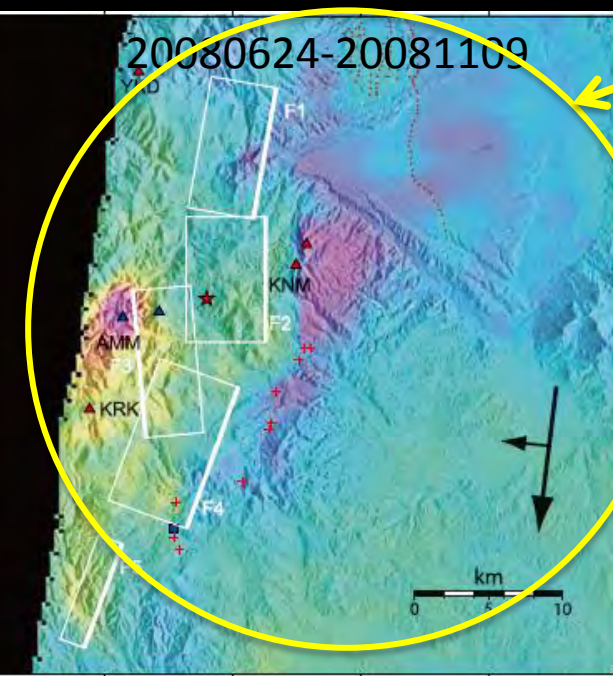
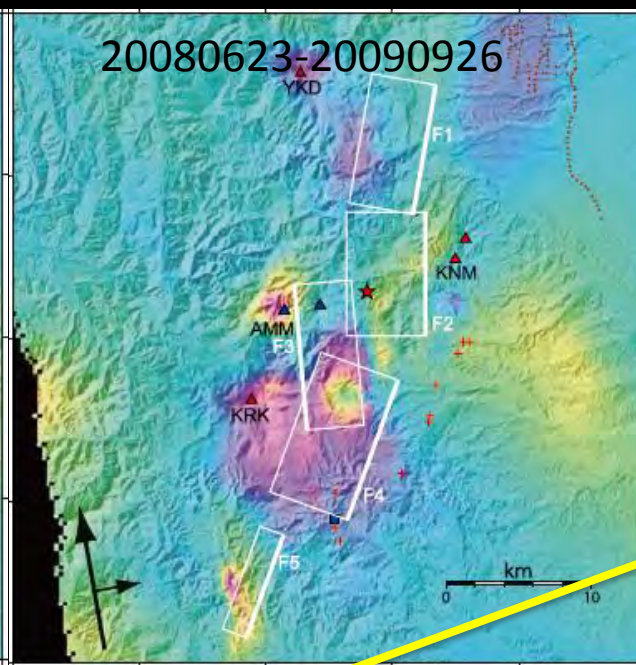
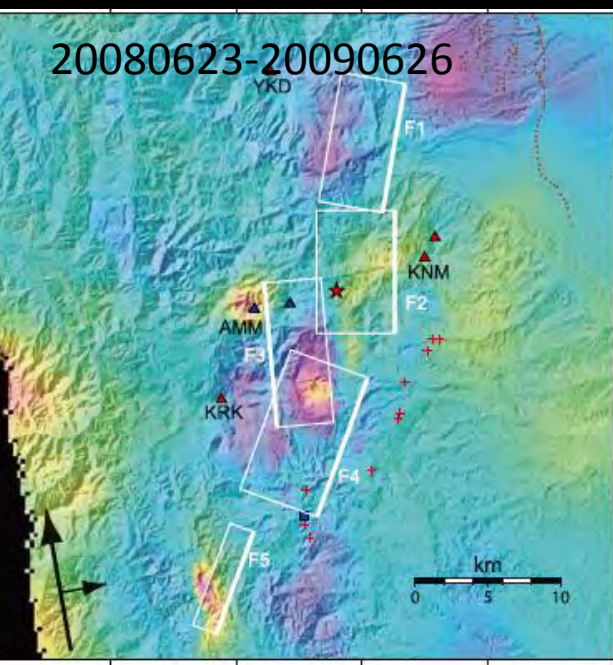


**F3 dips to east**

**Residual < 6cm in most area**

# 岩手宮城 余効変動のInSAR解析

なかなか信じて貰えなかった。



問題点 (解析)

Interseismicな変動

険しい山岳地域での地殻変動

数値モデル



本務だったりする

問題点 (pre/post - processing)

結果をプロットする方法 (GMT, Matlab, Gnuplot etc.)

ERS/ENVISATのデータ検索 (DESCW, EOLI-SA)

手が遅い→自動化?

# 飛騨地域のInSAR画像(本務)

20071104-20101112.

上昇軌道. Path 410, Frame 710-720.

Bperp 304m.

国土地理院発行50m DEM使用.

白線は跡津川断層.

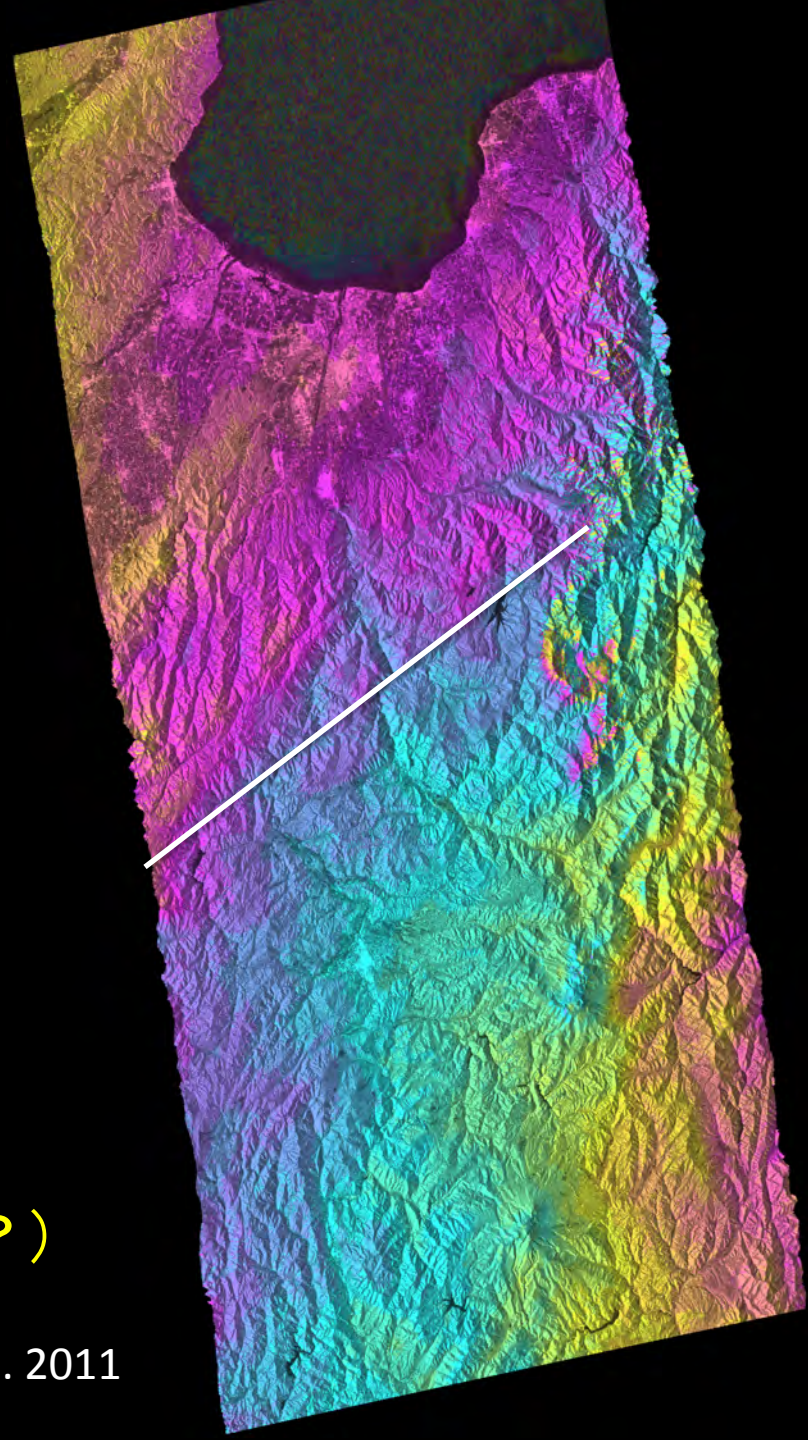
軌道再推定, 大気遅延補正, 位相ramp除去,  
全て無し.



この空間スケールではシグナルを消してしまう。  
大気の状態も一様でない。

れる。  
できるか?)

Ohzono et al. 2011



# 飛騨地域のInSAR画像 (JERS)

19920905-19970701

Path 69, RAW 240. Bperp 67m.

軌道再推定, 大気遅延補正,  
位相ramp除去, 全て行った。

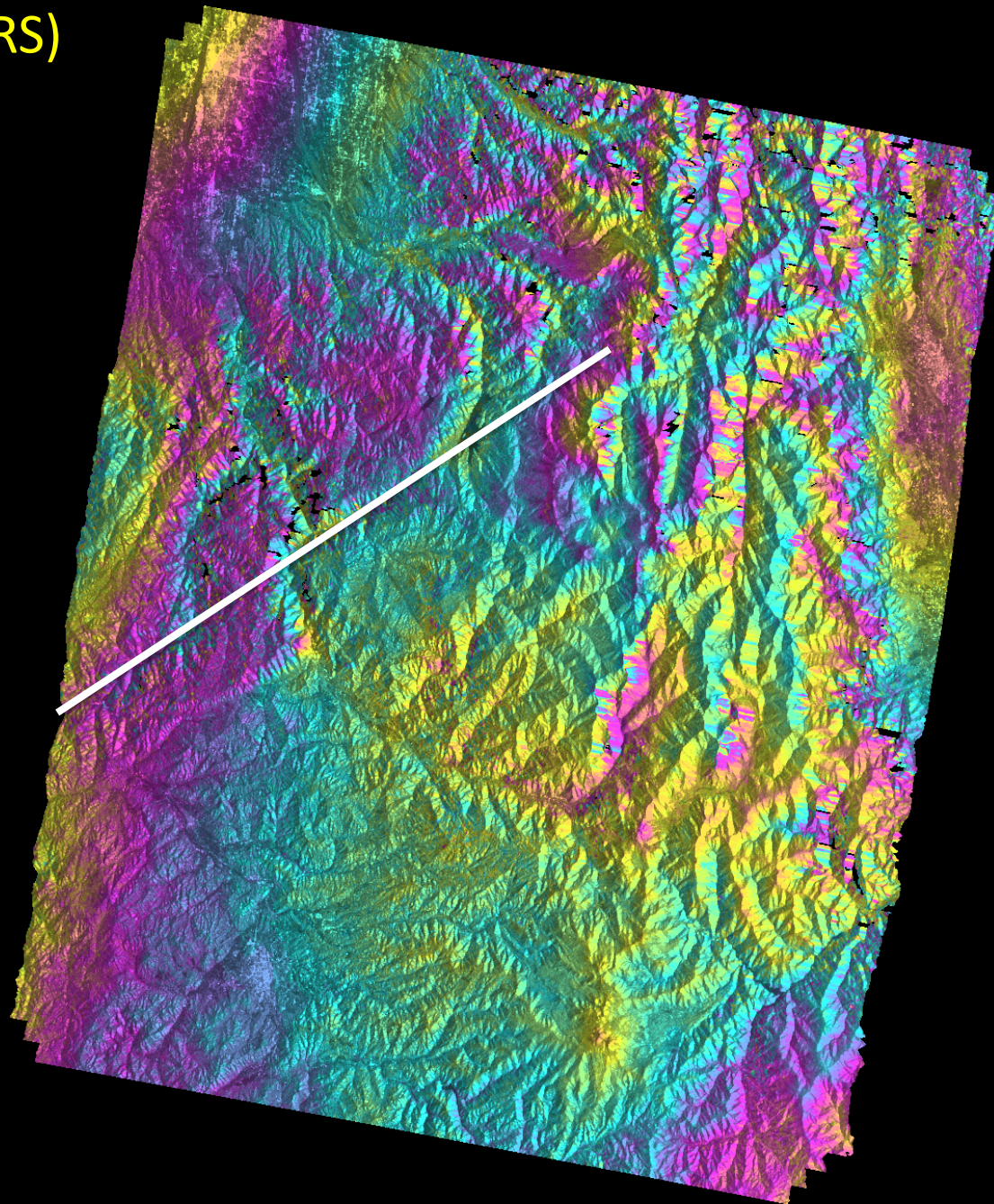
国土地理院発行50m DEM使用。

約5年分の変位が蓄積しているはず  
だが、長波長トレンドは消しちゃう。

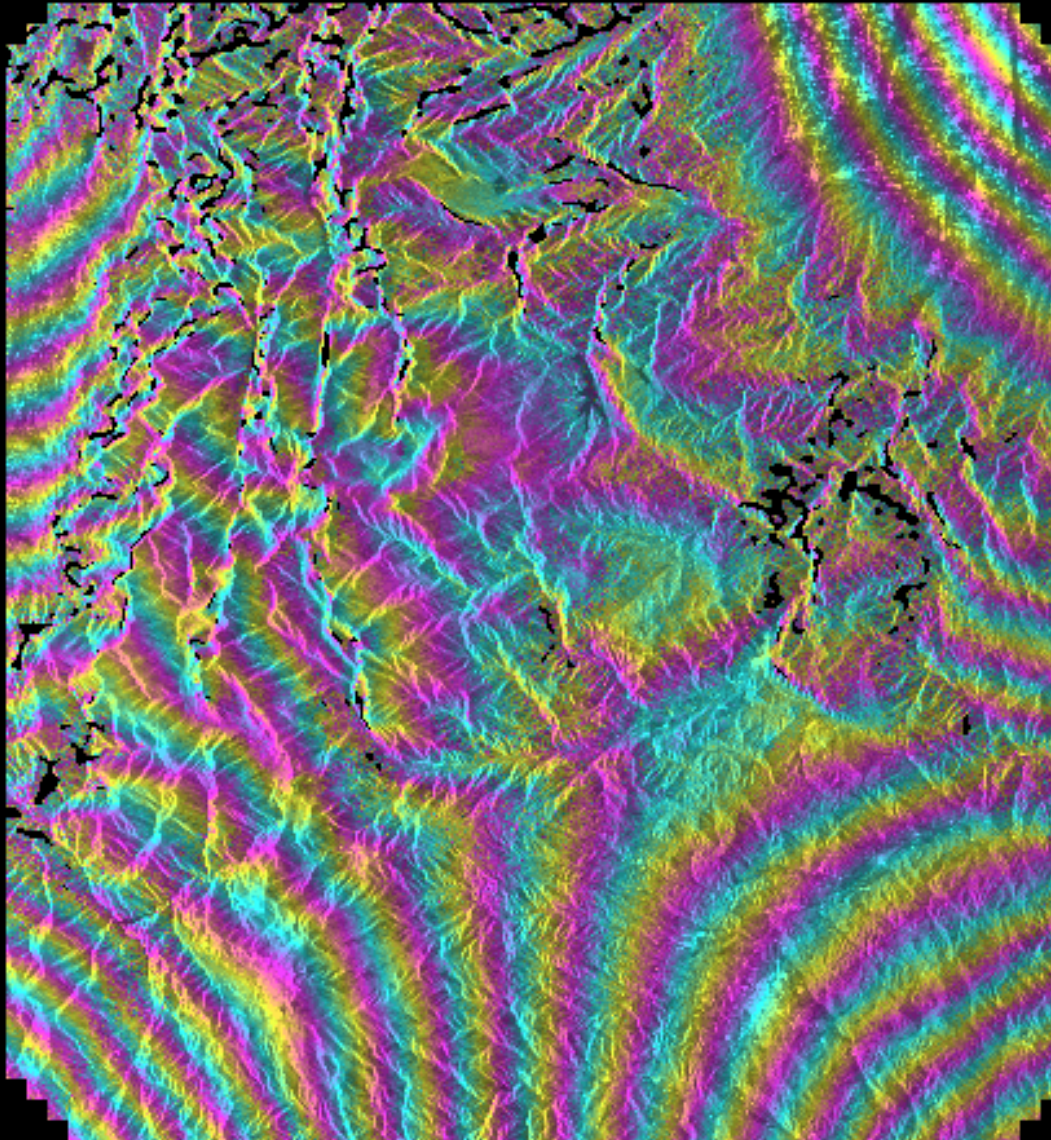
地形が険しい所が酷い。

1993年の飛騨山脈群発地震  
の何かが見えているか??

Foreshorteningについては  
ALOSの方が良い。  
ALOS2に期待。



JERSはDetrendする前はこんな感じ → fringeから軌道推定 & 多項式fitting。



軌道データを手動で変える  
By 小澤さん

→ 長波長シグナルを残す  
ことができるか？

問題点 (解析)

Interseismicな変動

険しい山岳地域での地殻変動

数値モデル



本務だったりする

問題点 (pre/post - processing)

結果をプロットする方法 (GMT, Matlab, Gnuplot etc.)

ERS/ENVISATのデータ検索 (DESCW, EOLI-SA)

手が遅い→自動化？

## 問題点 (pre/post - processing)

### 結果を地形陰影付きでプロットする方法 (GMT)

```
xyz2grd $clp1file -G$pair.grd -F -I$width+/$hight+ -R$RR -Zfw -fg
```

[ -F Force pixel node registration (default is gridline registration) ]

講習会でやったような手作業を  
サクサクできないとダメ

```
xyz2grd -F ./ $pair.dem -GtmpCGIARDEM.grd  
-I$widthDEM+/$hightDEM+ -R$RR -Zfw -fg
```

```
grdsample LOS$pair.grd -R$RRdisp -I0.0015 -GLOSres.grd
```

```
grdsample $dem -R$RRdisp -I0.0015 -GDEMres.grd
```

```
grdgradient DEMres.grd -GDEMresgrad.grd -A30 -Ne0.6
```

```
grdimage LOSres.grd -C$iro -IDEMresgrad.grd $mendou >> $psname
```



# まとめ

- 今までは大変恵まれた。イベントも多かった。
- 変な結果はSARの見せ場！信じて貰えるまで頑張る。
- 成果を出すには解析以外の部分も重要。自助努力に加えて、業界事情の部分はある程度PIXELを利用して強いユーザになる（自分も情報と成果を還元）。
- 山岳地域での地震間変動の検出はフロンティア。  
カルデラは重要。時系列解析とALOS2に期待したい！