

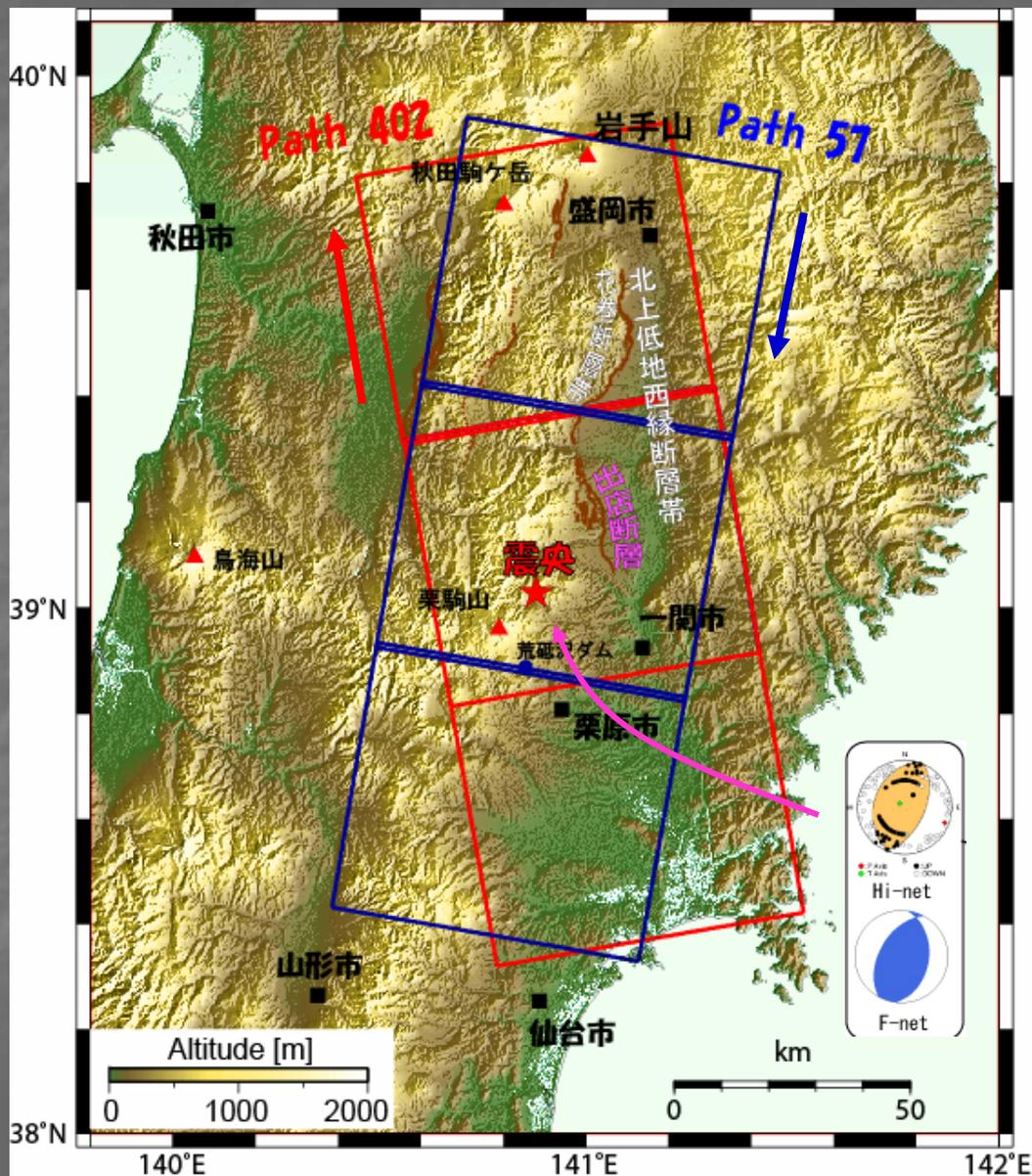
ALOS/PALSARで捉えた2008年岩手・ 宮城内陸地震に伴う地殻変動

高田 陽一郎、小林 知勝、古屋 正人、村上 亮

北海道大学 大学院

ytakada@mail.sci.hokudai.ac.jp

2008年 岩手・宮城内陸地震



発生時刻：

2008年6月14日8時43分 [JST]

マグニチュード：

$M_{JMA} = 7.2$

発震機構

西北西—東南東方向に圧縮軸を持つ逆断層

近隣活断層

震源の北西に北上低地西縁断層帯(出店断層)

地表変動

北西側隆起の地表変状が、震源から南東約10kmの位置に点在(産総研)。

InSAR

左: 上昇軌道

Path402 (760-780)

2007/06/21 (FBD)

2008/06/23 (FBS)

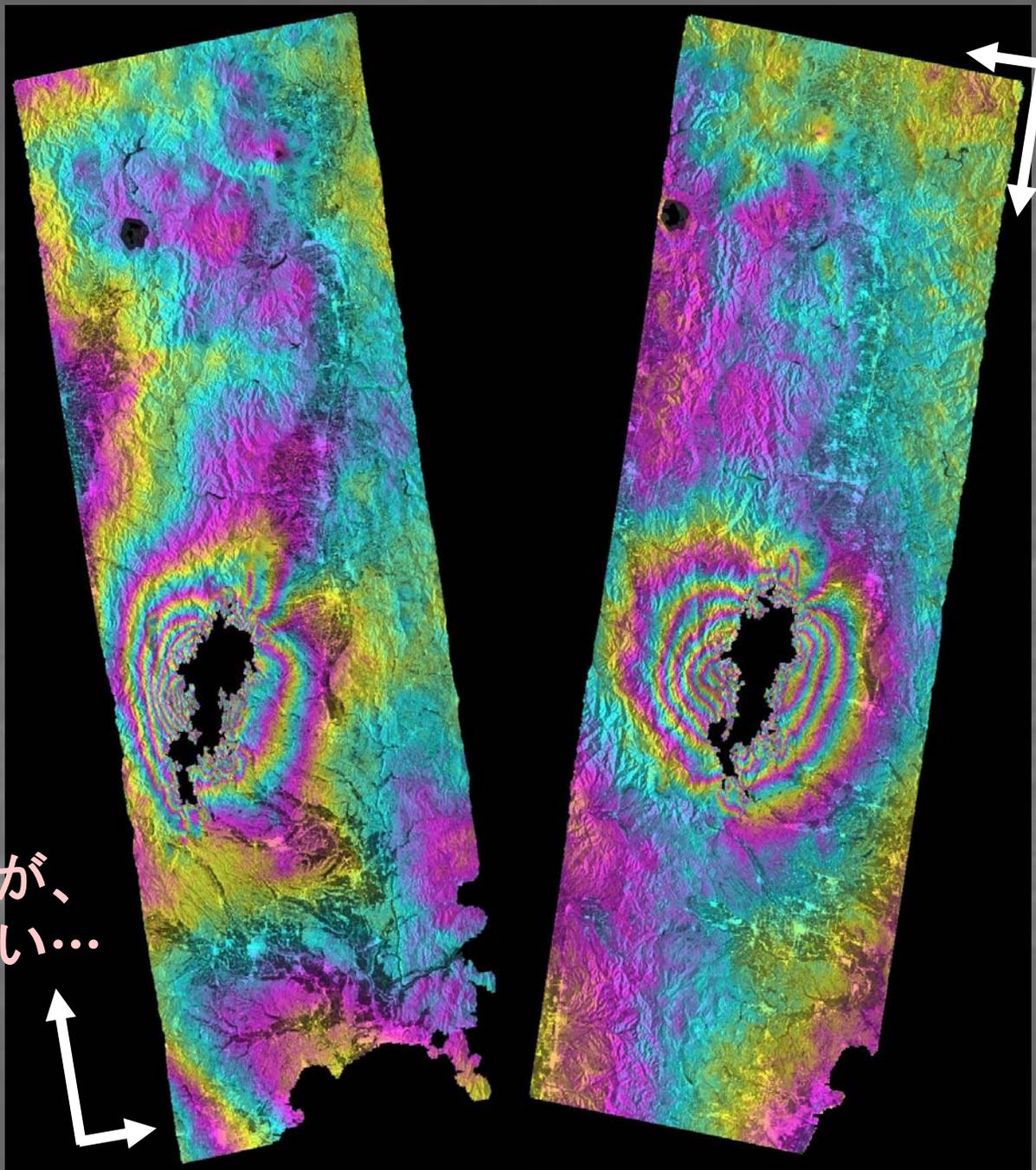
右: 下降軌道

Path57 (2820-2840)

2007/08/29 (FBS)

2008/06/23 (FBS)

明瞭なシグナルだが、
震源域が干渉しない...



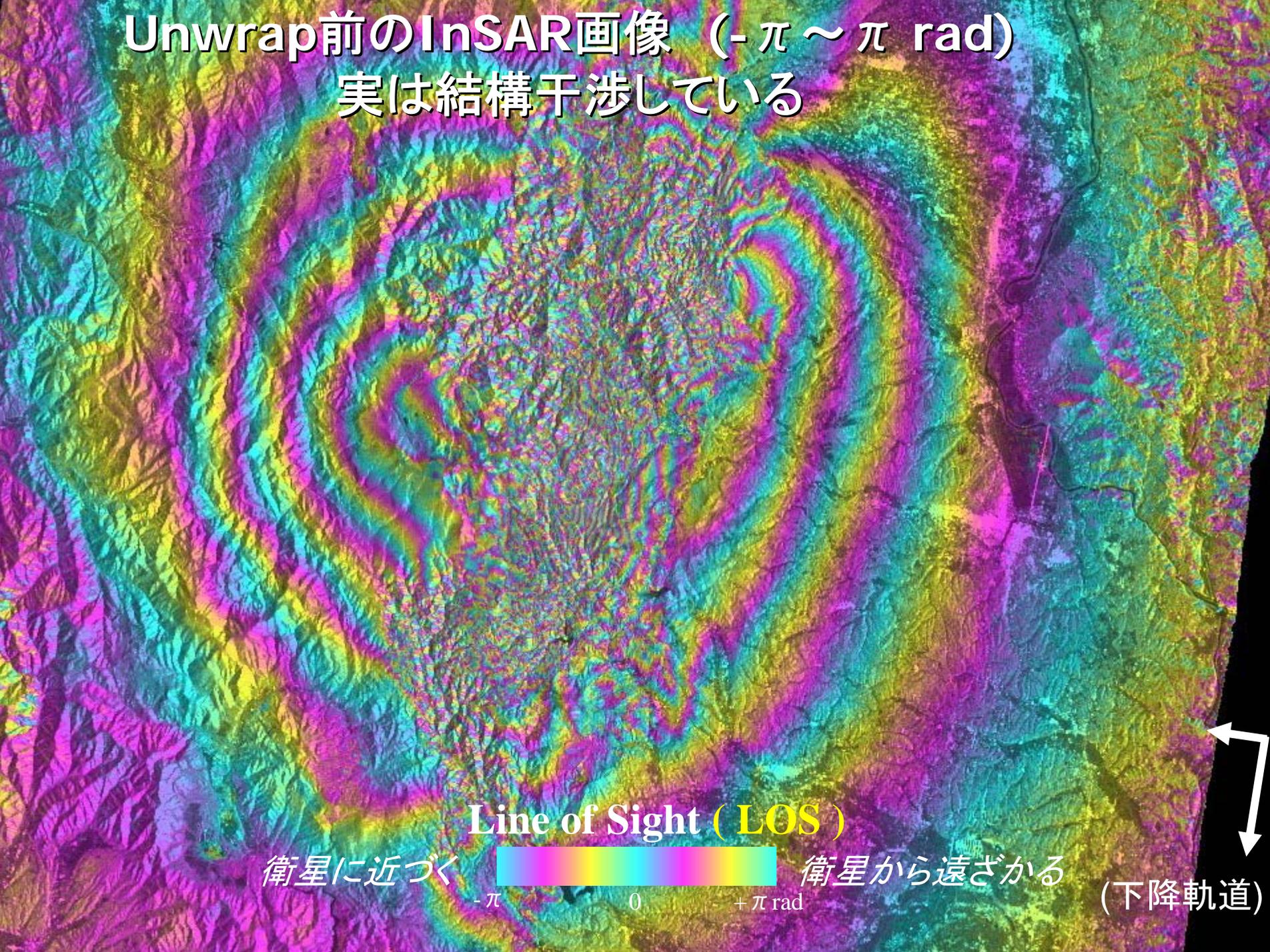
地震の特徴

非常に干渉性の高いALOS/PALSARでさえも
InSAR解析では比較的広い領域で干渉縞を得られない

対処方法

- 1、InSAR解析における問題改善：
Unwrap方法について
- 2、Pixel Offset法の適用と注意事項

Unwrap前のInSAR画像 ($-\pi \sim \pi$ rad) 実は結構干渉している



Line of Sight (LOS)

衛星に近づく

$-\pi$

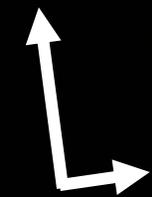
0

$+\pi$ rad

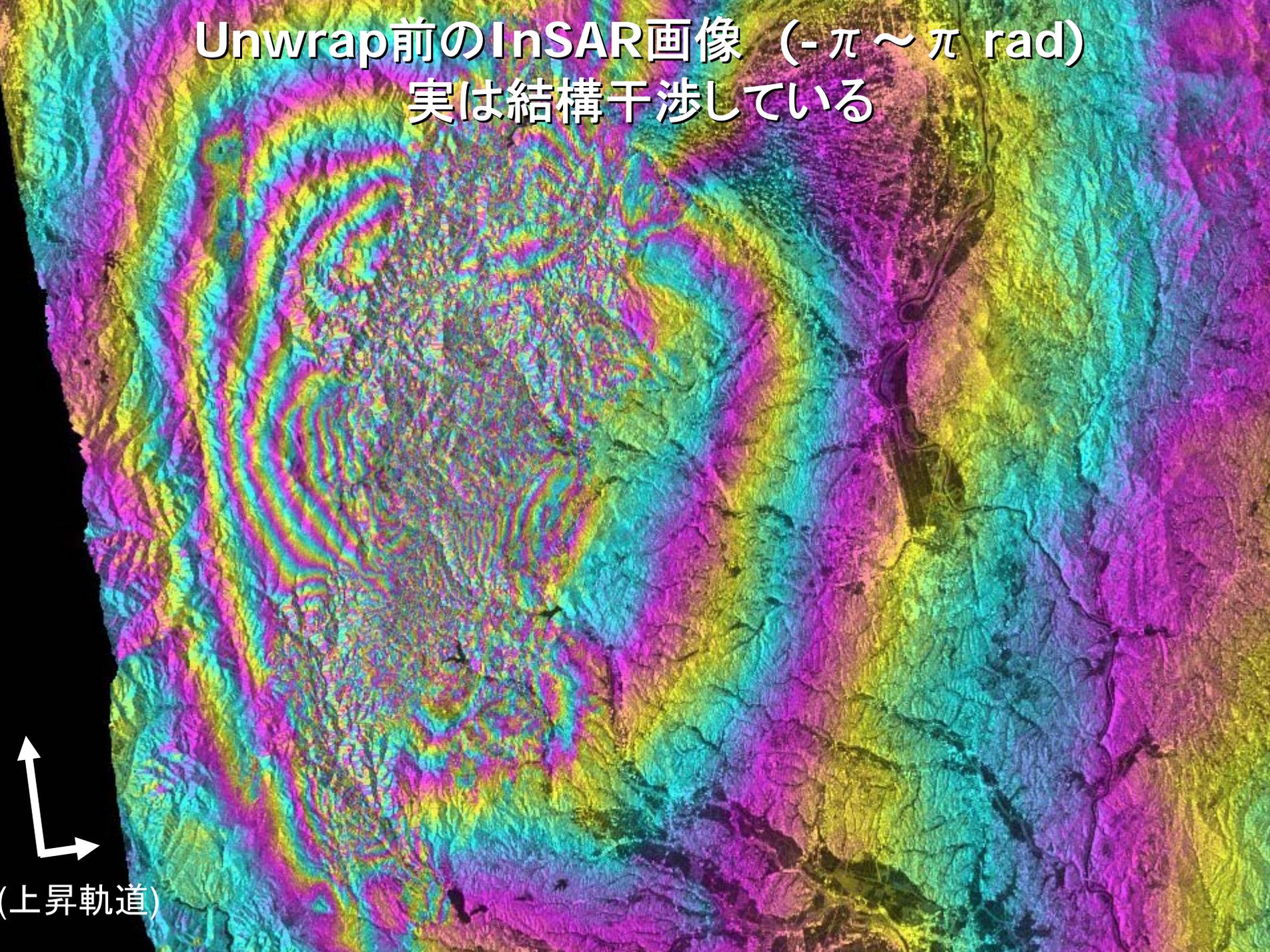
衛星から遠ざかる

(下降軌道)

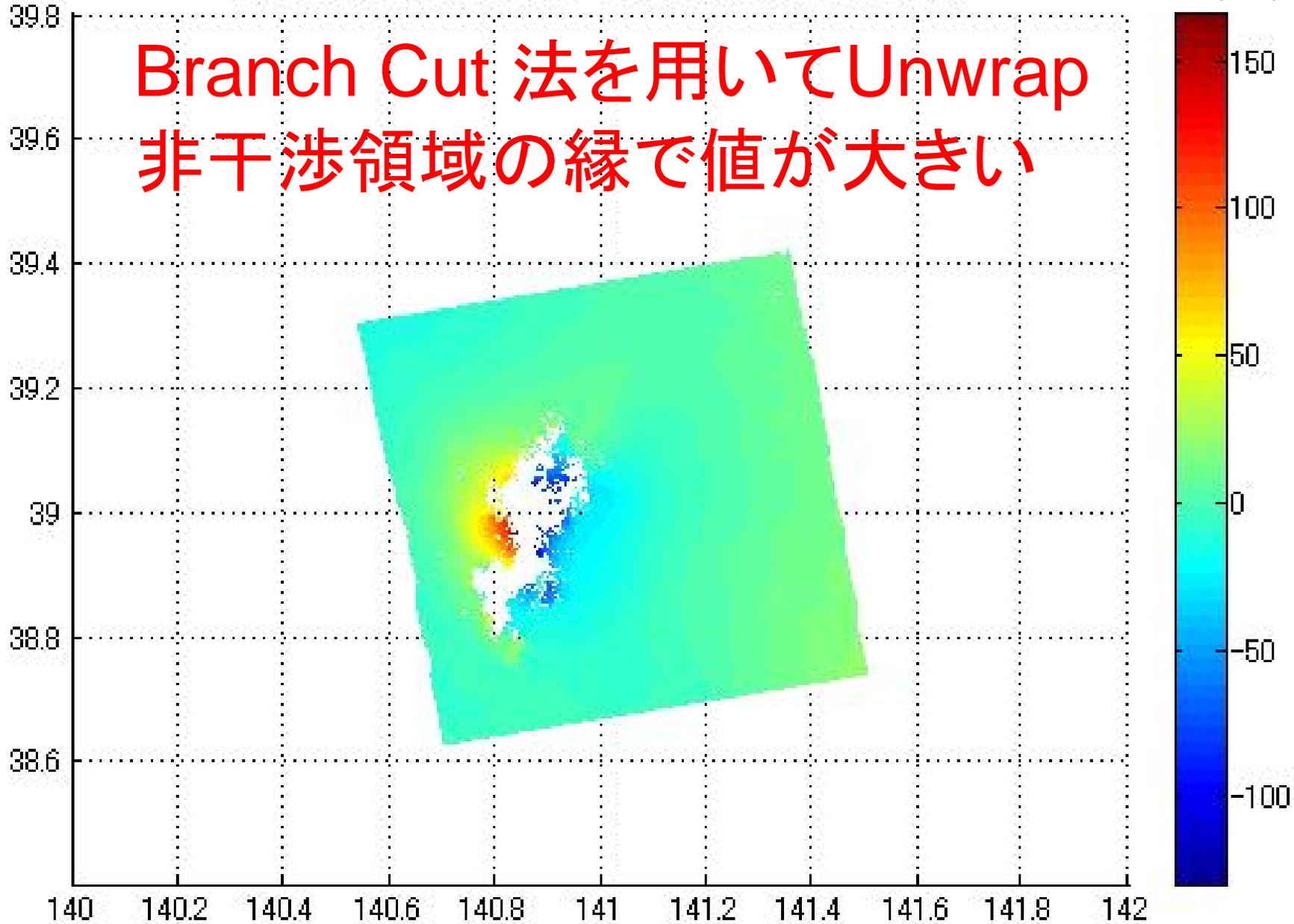
Unwrap前のInSAR画像 ($-\pi \sim \pi$ rad)
実は結構干渉している



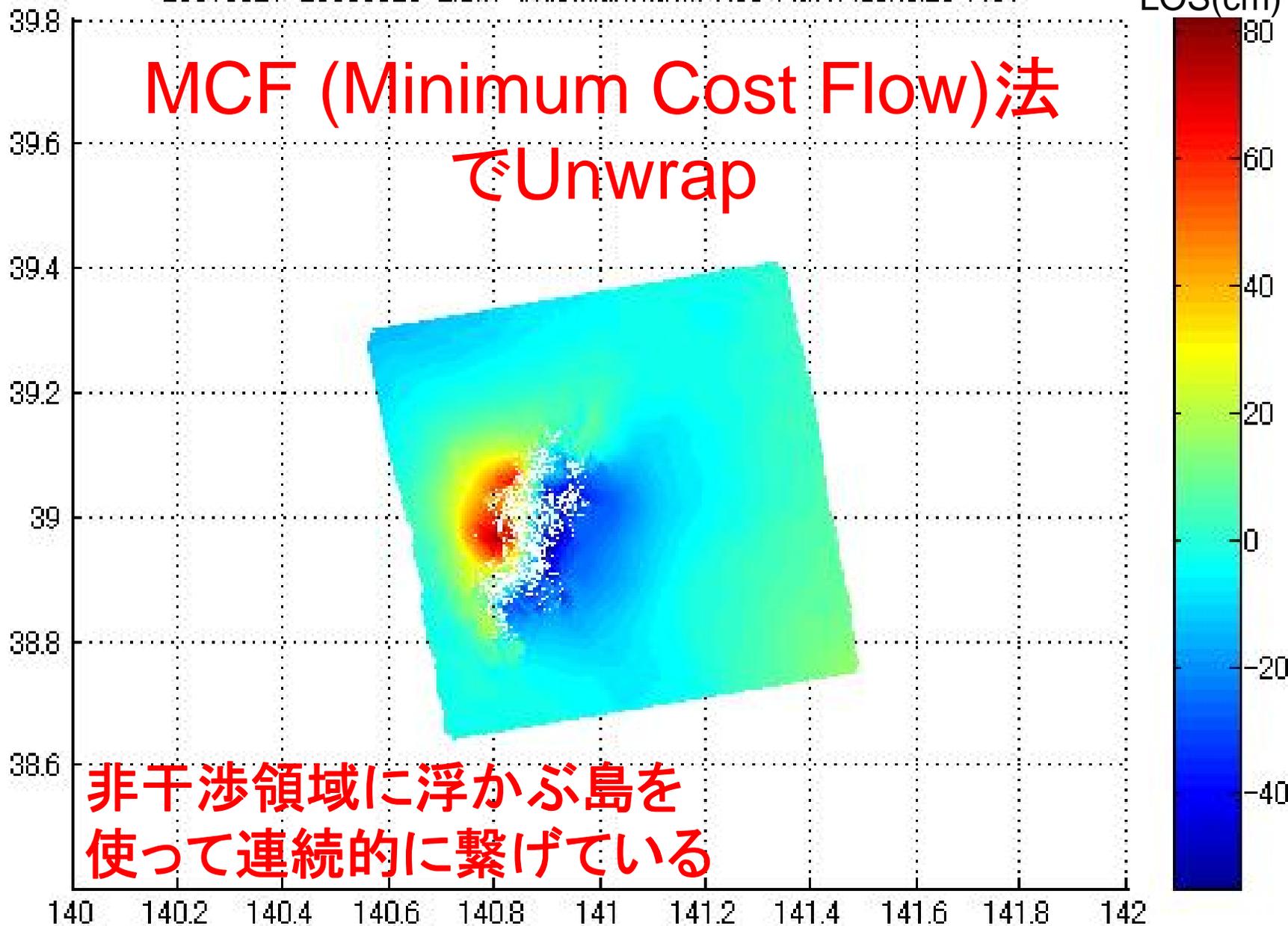
(上昇軌道)



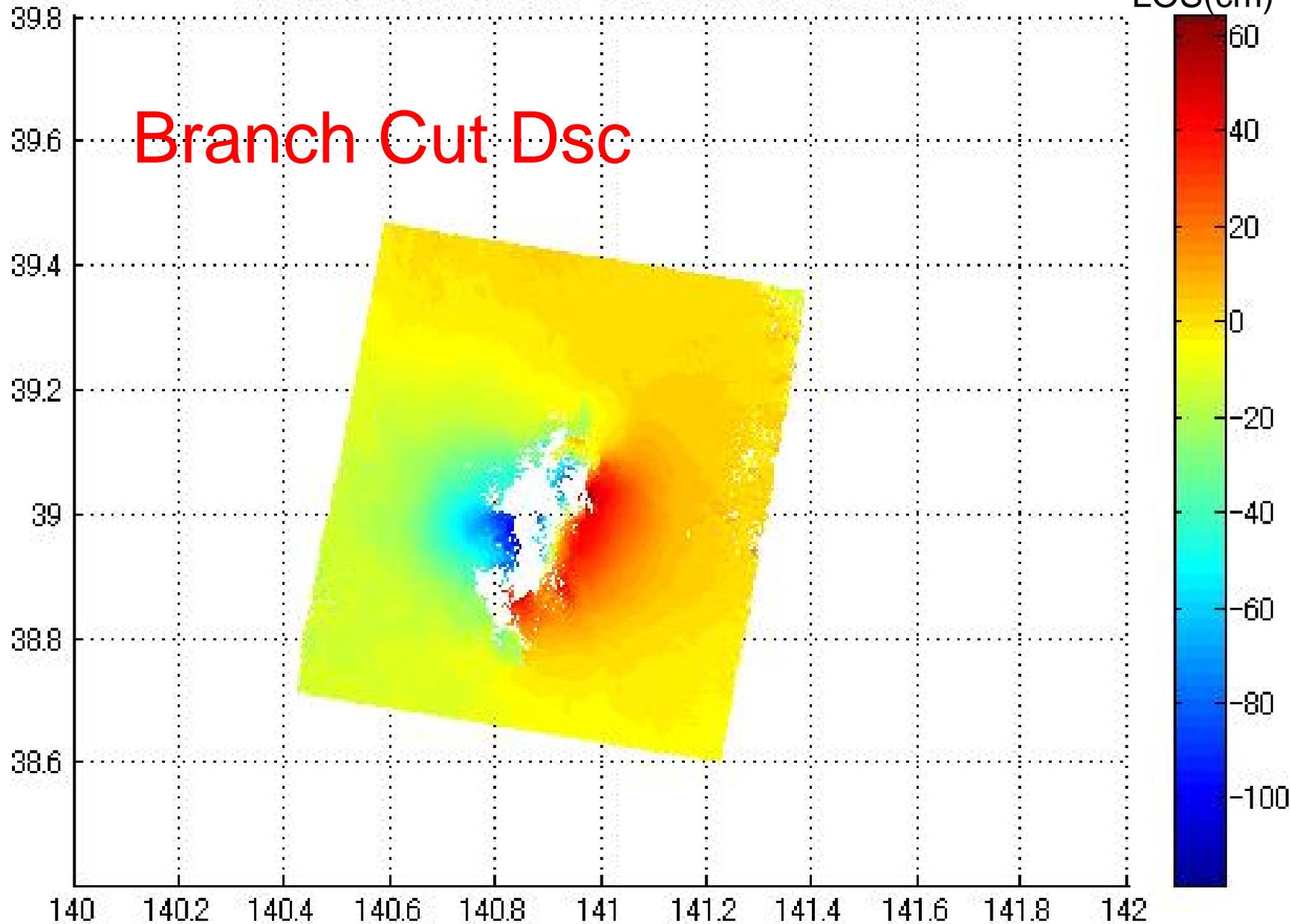
Branch Cut 法を用いてUnwrap
非干渉領域の縁で値が大きい



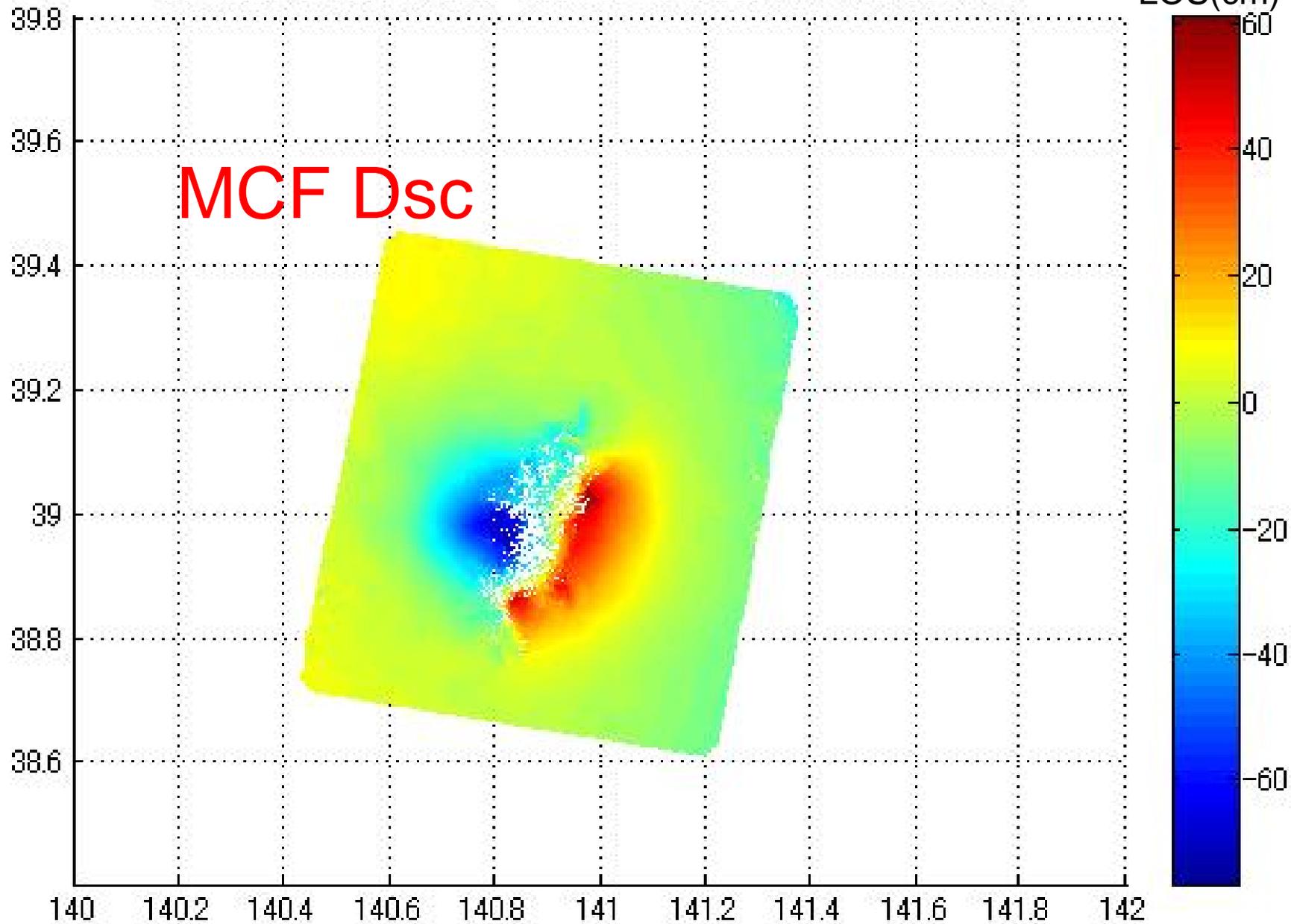
MCF (Minimum Cost Flow)法 でUnwrap



Branch Cut Dsc



20070829-20080716-2.diff-int.sm.unw.utm Dsc Mul4Mask0.25 MCF

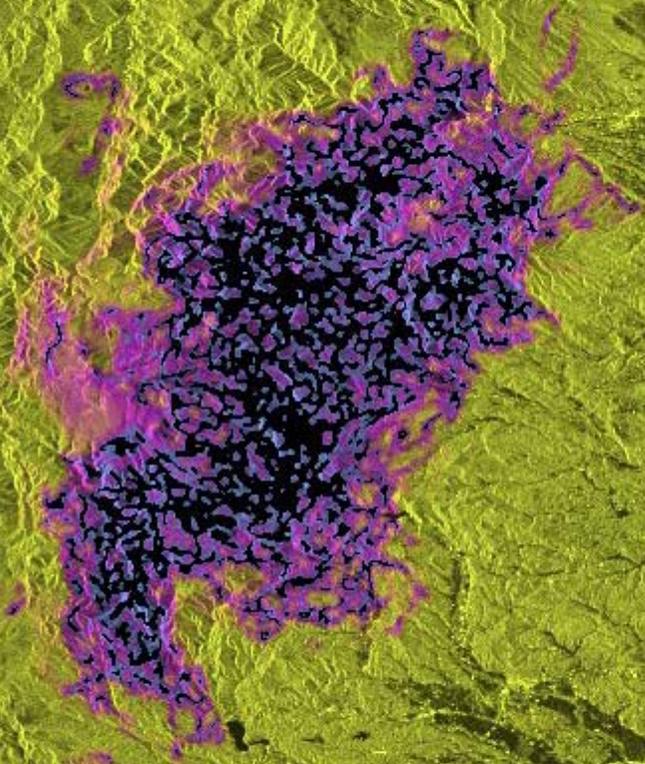


PALSARデータの”有効”活用

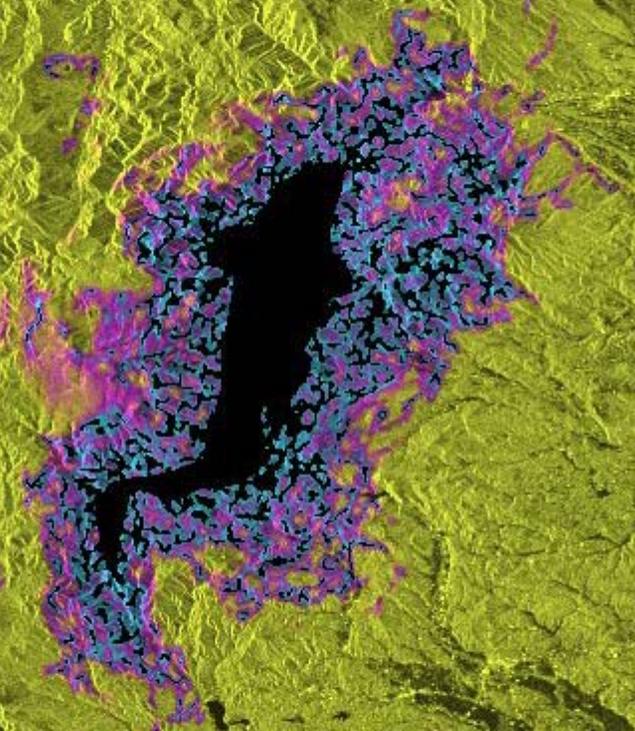
- 1, Branch Cut法は正確にunwrapするが、成功領域が狭い→干渉した領域も捨てる。
- 2, MCF法は広い領域をunwrapするが、不正確な場所がある(使いこなせていない)

研究の目的は「より良いモデルの提示」。
不正確さとデータ欠損はどちらも痛い。
→ 何とかする2つの方法

MCFに使うmask fileを改良



Coherence > 0.25



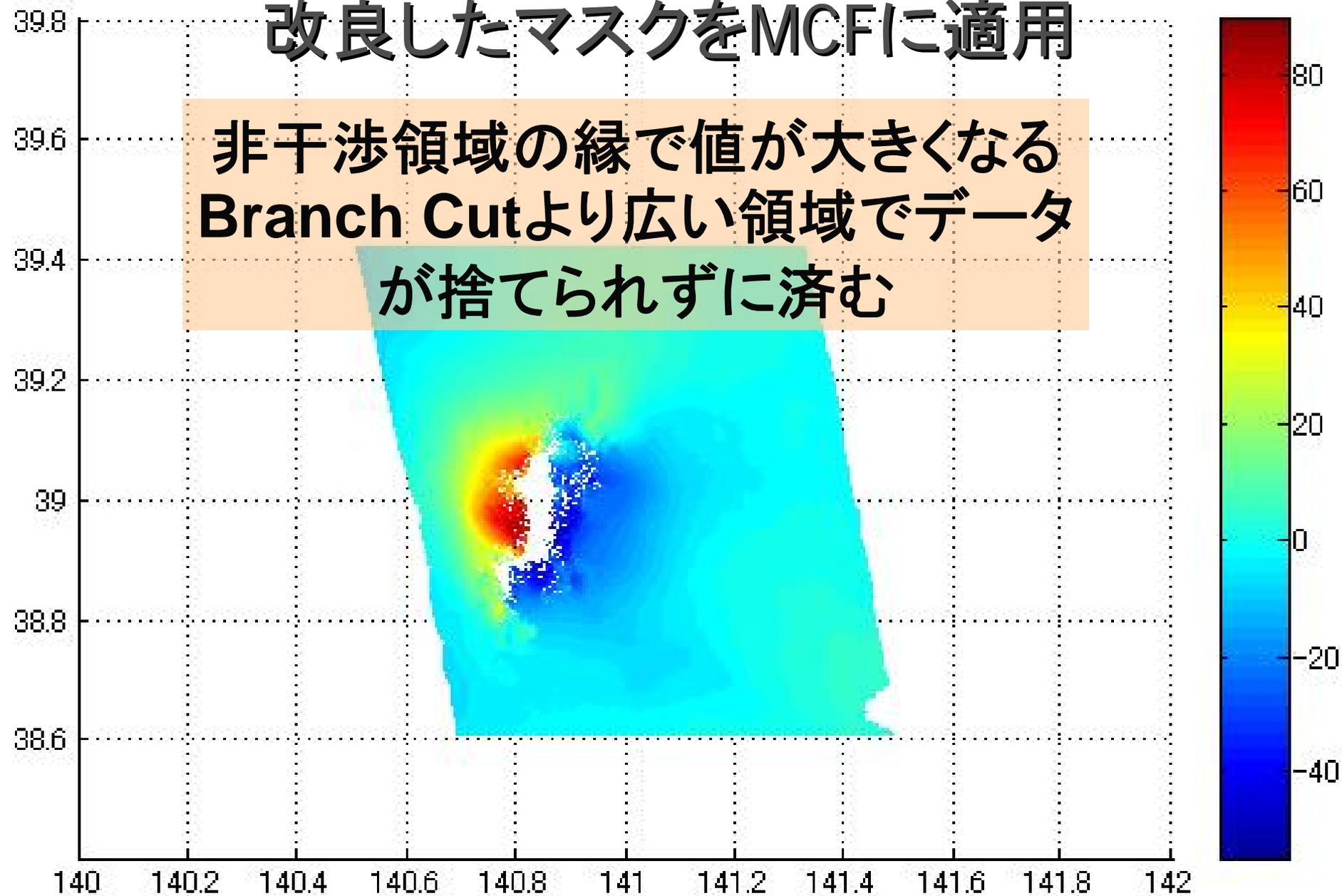
Coherence > 0.2

あいまいな領域

Coherence $\rightarrow 0$

改良したマスクをMCFに適用

非干渉領域の縁で値が大きくなる
Branch Cutより広い領域でデータ
が捨てられずに済む

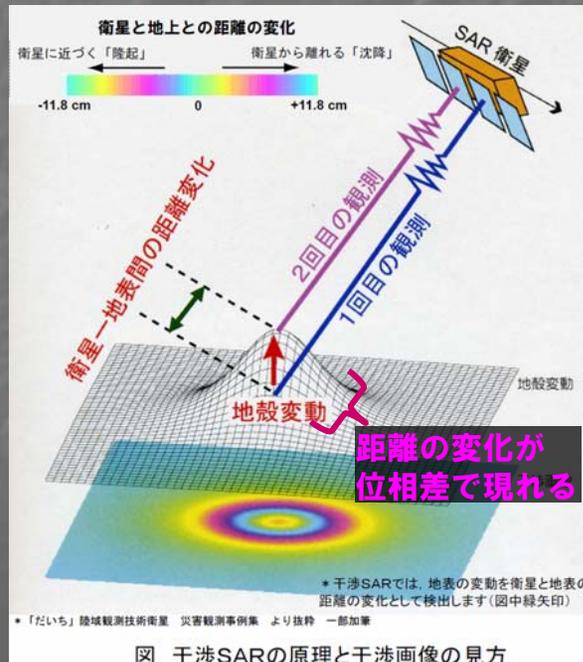


変動が大きい場合のSARデータの活用

1. 干渉SAR解析

- ・地殻変動に伴う衛星—地表間の距離(位相)変化を捉える
- ・数cm～数十cmの変動を抽出
- ・変動(変動勾配)が大きすぎる, 地表の散乱状態が大きく変わる場合, コヒーレンスが劣化し干渉しない。

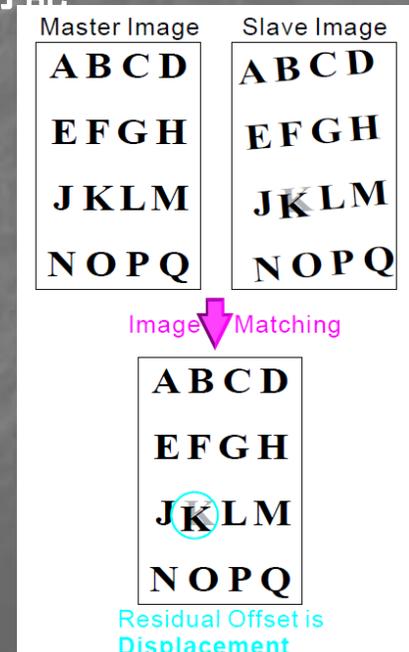
干渉SARの概念図. 地殻変動に伴う, 1・2回目の衛星—地表間の距離変化を往復するマイクロ波の位相差を利用して検出する.



2. ピクセルオフセット解析

- ・地震前と後で撮像されたSAR画像内の同一地物のピクセルのoffsetを強度画像から直接算出
- ・メートル規模の変動が抽出可能(誤差は数10cm)
- ・変動(変動勾配)が大きく干渉不可能な領域の変動も抽出可能

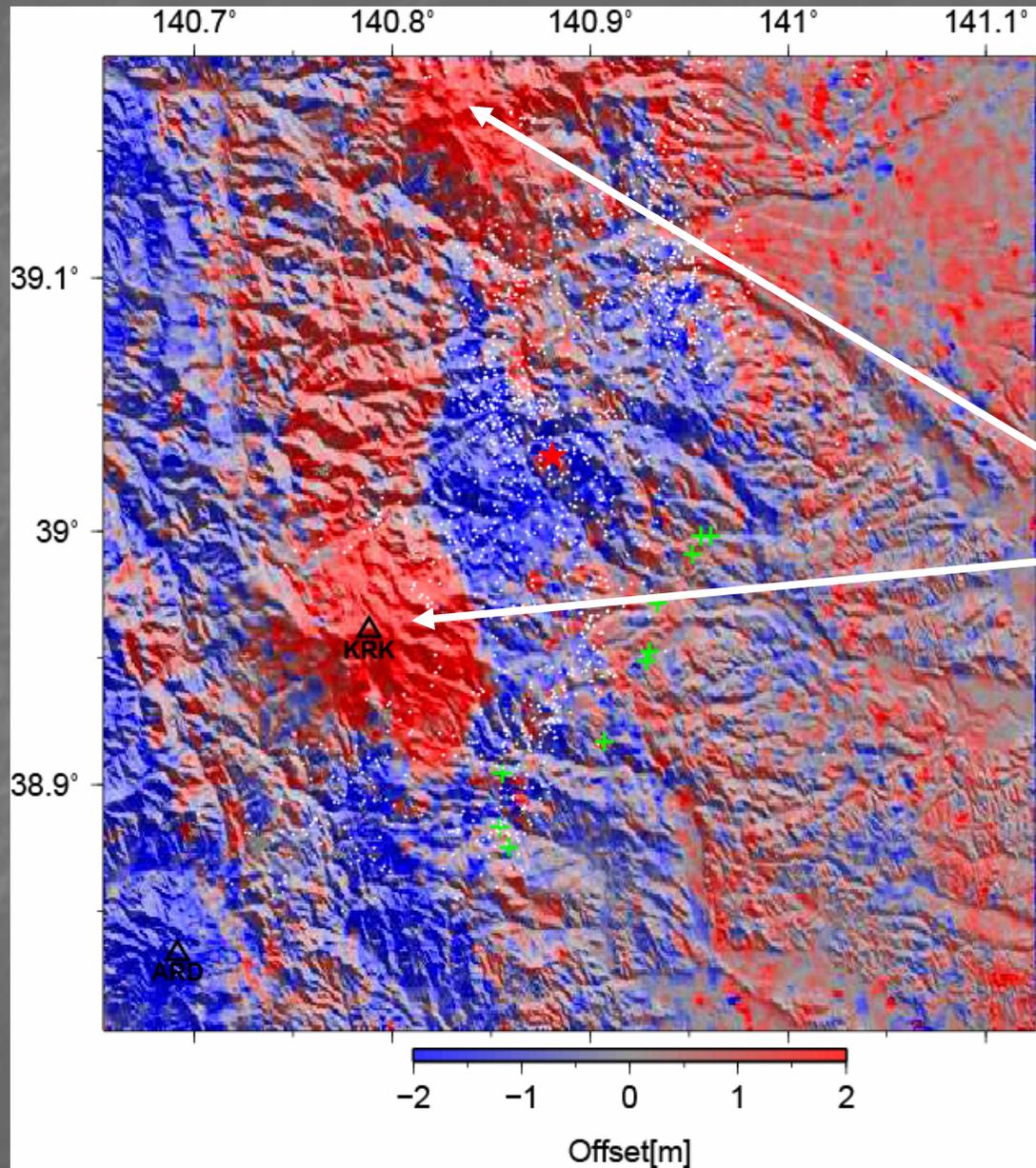
画像マッチングの概念図. 画像全体の画像マッチングを行った後, 残った局所的な位置ずれ(オフセット)が“K”で示されている.



Asc Path402 Range成分

070921 (FBD) _080623 (FBS) Bp=-514m

やってみると...



1, 縞が凄い

2, 地形に相関
(焼石岳、栗駒山)

地形(標高)効果の除去(Gamma)

標高が高い所は低い所よりnear range側に記録される
(Fore shortening)

地震前と後の衛星の位置が異なると、Fore shorteningも異なる(B_{perp} が大きいほどこの効果は大きい)
→地殻変動がなくても、同一地物がoffsetを持ちちゃう

国土地理院DEMから標高の情報を取り入れた上で

地震前と後のSLCを位置合わせし、強度画像を作って
面積相関からpixel offsetを計測。

エラく面倒臭い。

八幡平

Asc.Path402

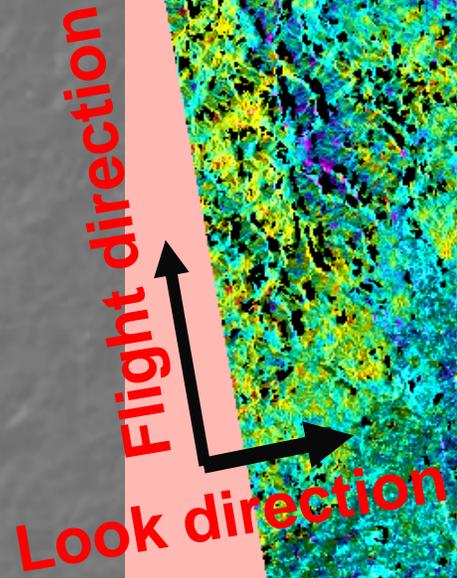
20070921_20080623

Bp=-514m

岩手山

田沢湖

駒ヶ岳



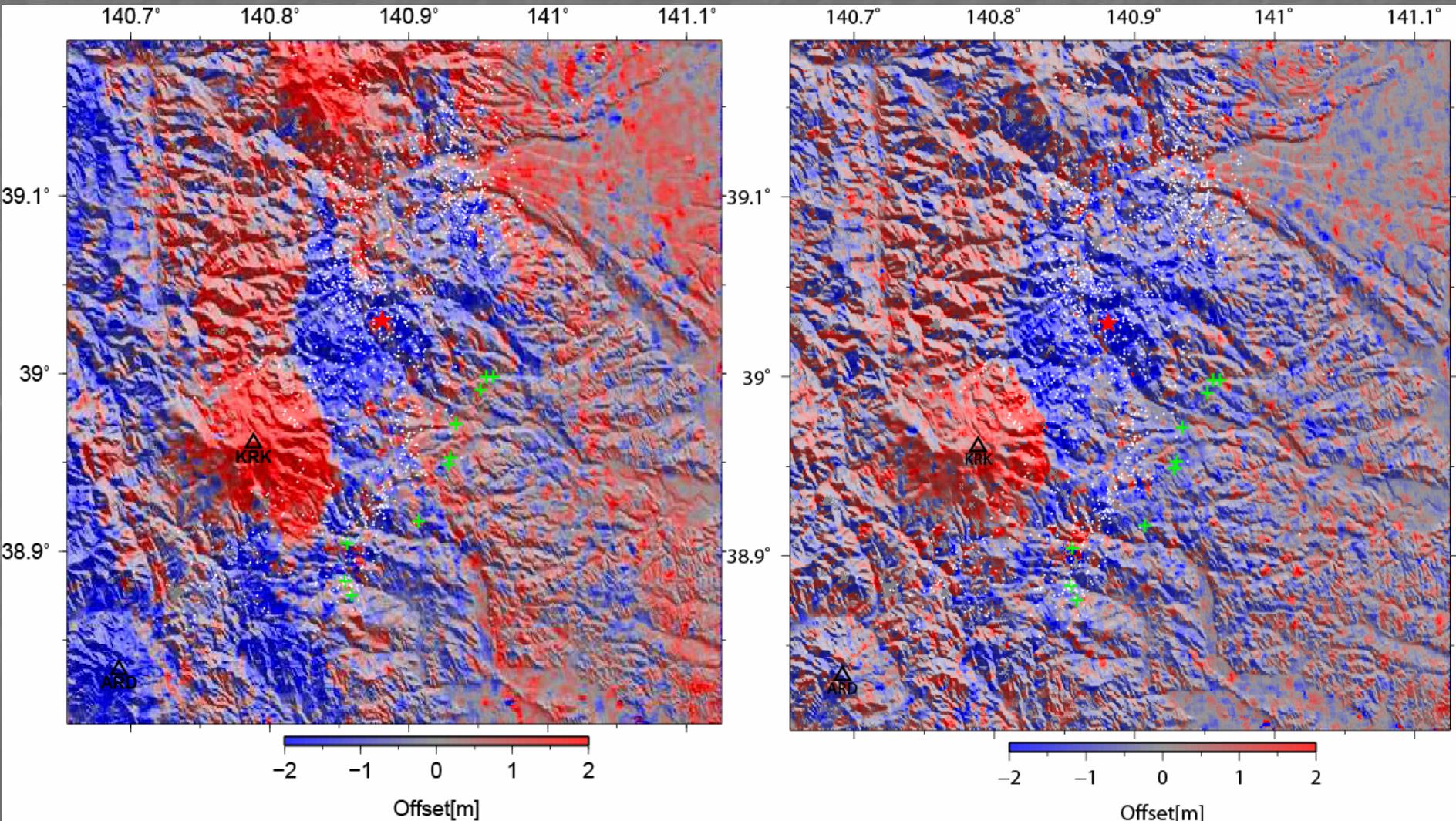
縞が取れる
山の影側の衛星から遠ざかるoffsetが消える

Pixel Offset場への地形効果

Asc Path402 070921 (FBD)_080623 (FBS) Bp=-514m

除去前

除去後

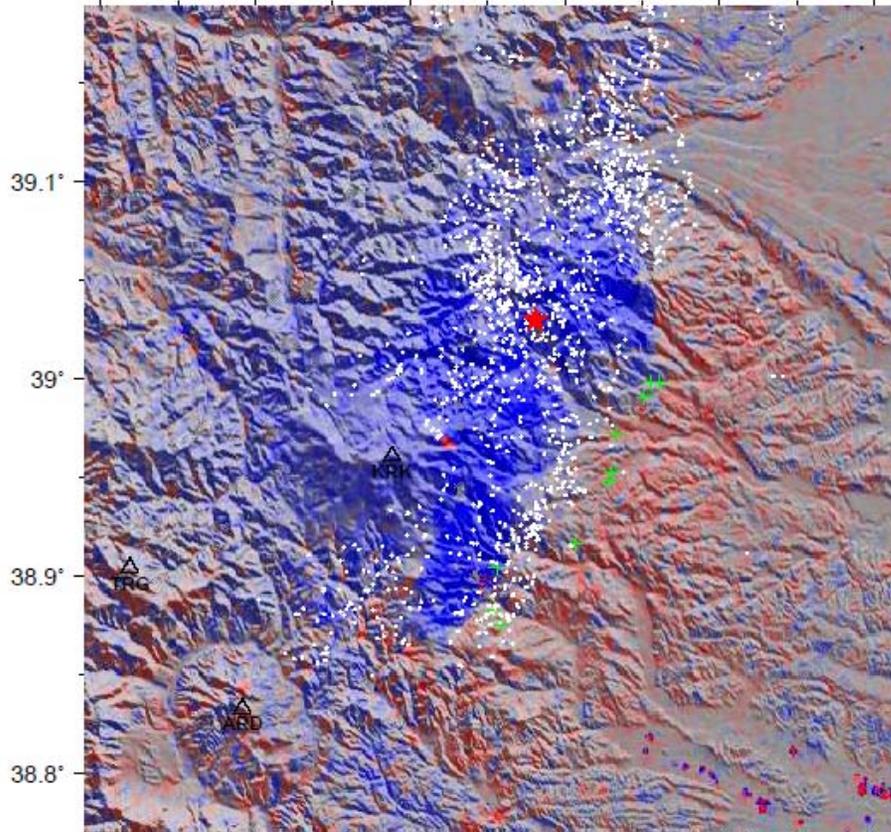


Pixel Offset Field (Range成分)

Dsc Path57

070829 (FBS) - 080716 (FBS) Bp: -774m

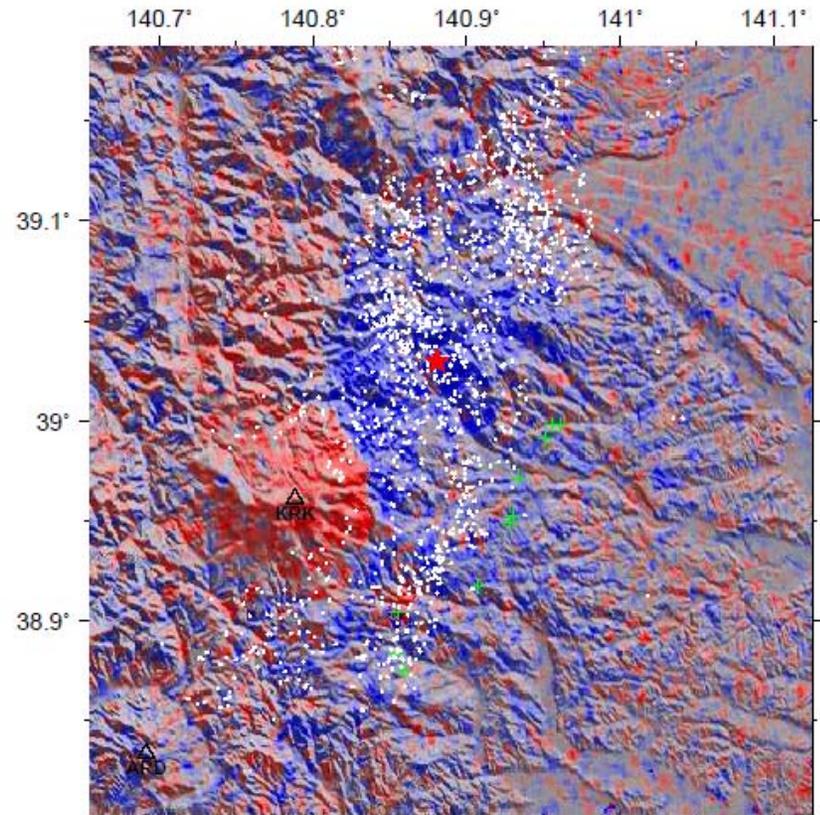
140.6° 140.7° 140.8° 140.9° 141° 141.1°



Asc Path402

070621 (FBD) - 080623 (FBS) Bp: -330m

140.7° 140.8° 140.9° 141° 141.1°

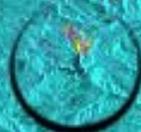


共通の負→隆起、逆センス色→水平変位

Gallery: 荒砥沢ダム付近の崩壊

1 cycle 100m
SNR > 4.0

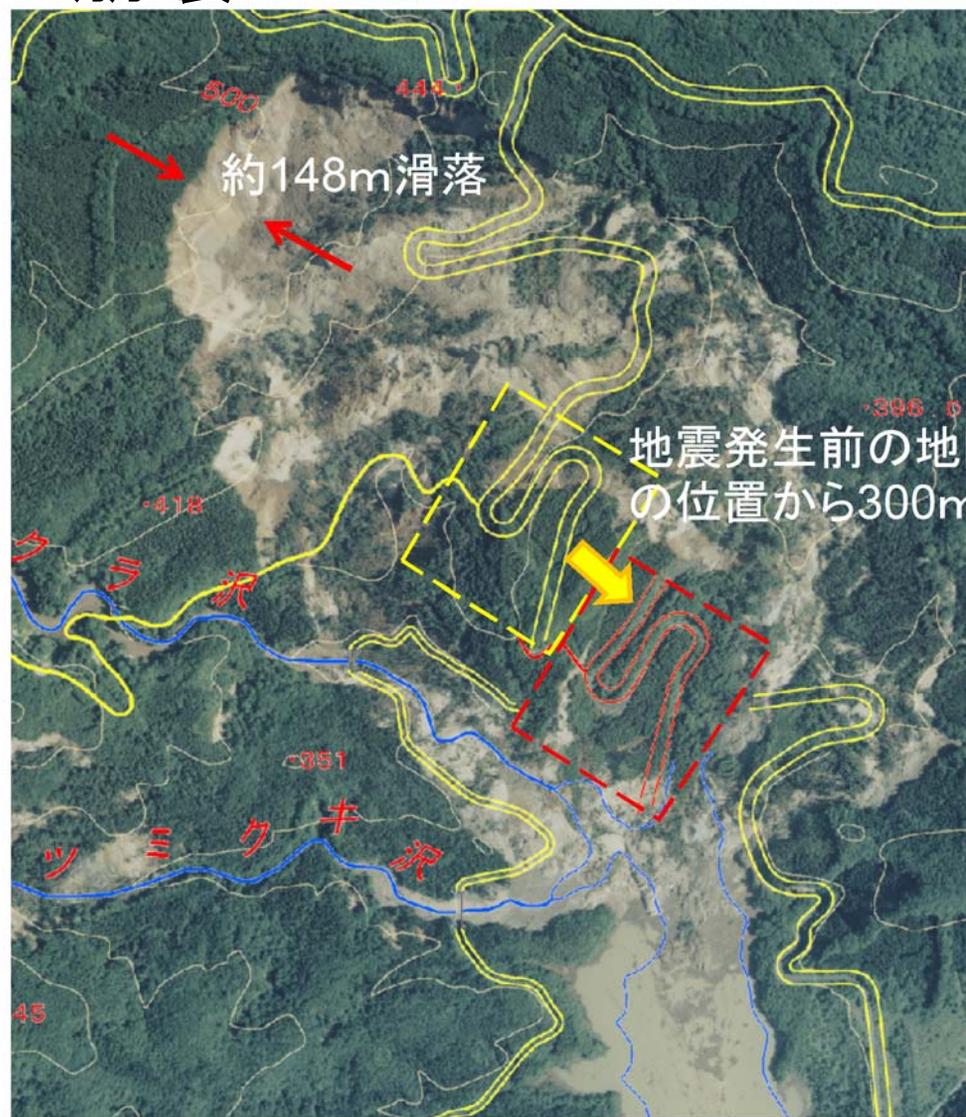
栗駒山



荒砥沢ダムの崩壊
南西に306 m

「荒砥沢ダム上流地域」の崩落地の移動

(図-2の中央部)



赤の矢印は崩落地の最大落差の地点です。

また、黄色破線枠の道路が赤色破線枠に移動

まとめ

- 2008年岩手・宮城内陸地震のInSAR解析とPixel Offset解析を行った。ALOS/PALSARでも干渉しない領域が広がったため、取得データをどう活かすかが重要な課題となった。
- Branch Cut法でunwrapすると正確だが、干渉した領域も大幅に捨てざるを得ない。一方、MCF法を不用意に用いると連続性を重んじて誤った結果を得る。MCF法にMask fileを適用することで、Branch Cutに近い結果を広い領域で得た。より良いモデル作りが目的であるから、どちらの方法も一層の研究が必要。
- Pixel Offset法を用いてInSARを適用できない領域の地表変位を求めることができた(誤差は大きい)。山地では標高を考慮した位置合わせが必要である(特にBpが大きい場合)。

謝辞: 本研究で用いたSARデータは地震・地盤変動データ流通及び解析ワーキンググループ(地震WG)およびPIXEL共有データを通じて提供を受けた。PALSAR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(JAXA)にある。図の作成にあたり気象庁一元化震源データを使用させて頂きました。記して感謝いたします。

END