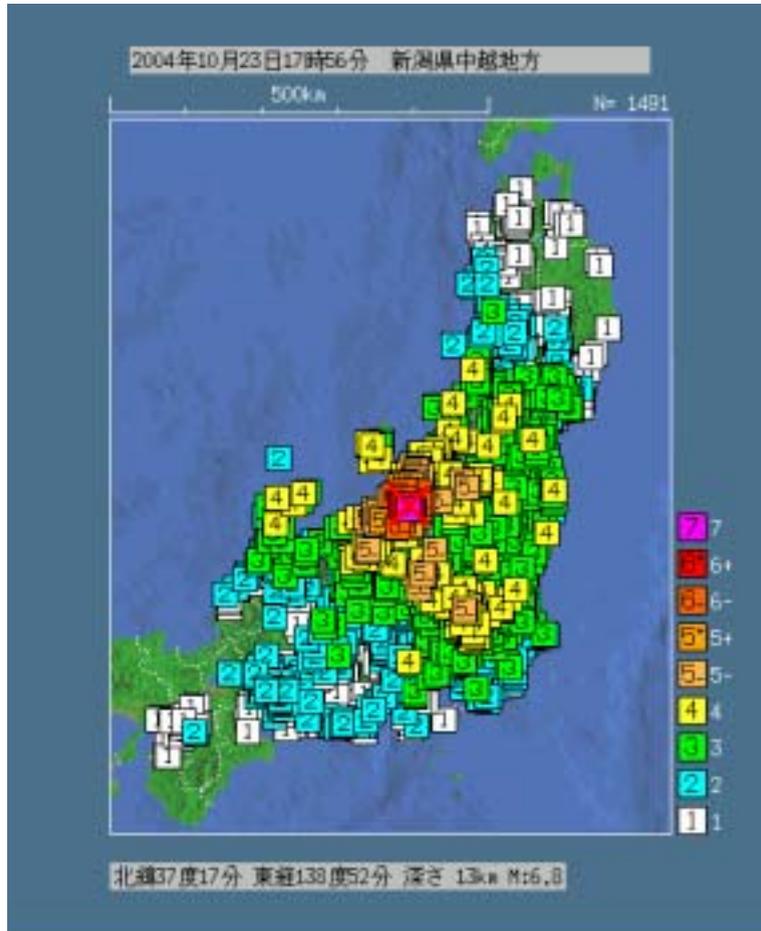


# 航空機SARによる新潟県中越地震 の緊急観測(速報)

浦塚清峰、梅原俊彦、灘井章嗣、松岡建志、  
森山敏文、中村和樹、増子治信(NICT)

# 新潟中越地震について



2004年10月23日17時56分に新潟県中越地方の深さ13kmでマグニチュード6.8の地震が発生し、新潟県の川口町で最大震度7を観測した。また、この地震の直後1時間以内にM6.0以上の余震が3回発生するなど、活発な余震活動を伴った。(気象庁報道発表から)

## 被害状況(新潟県内)

- ・死傷者:2,800名以上
- ・建築被害:1万9千戸以上
- ・岩盤崩落、地滑りなどの土砂災害(道路、ライフラインの寸断)
- ・水害(河道閉塞)による家屋の水没

震度データベース検索:<http://www.jma.go.jp/>から

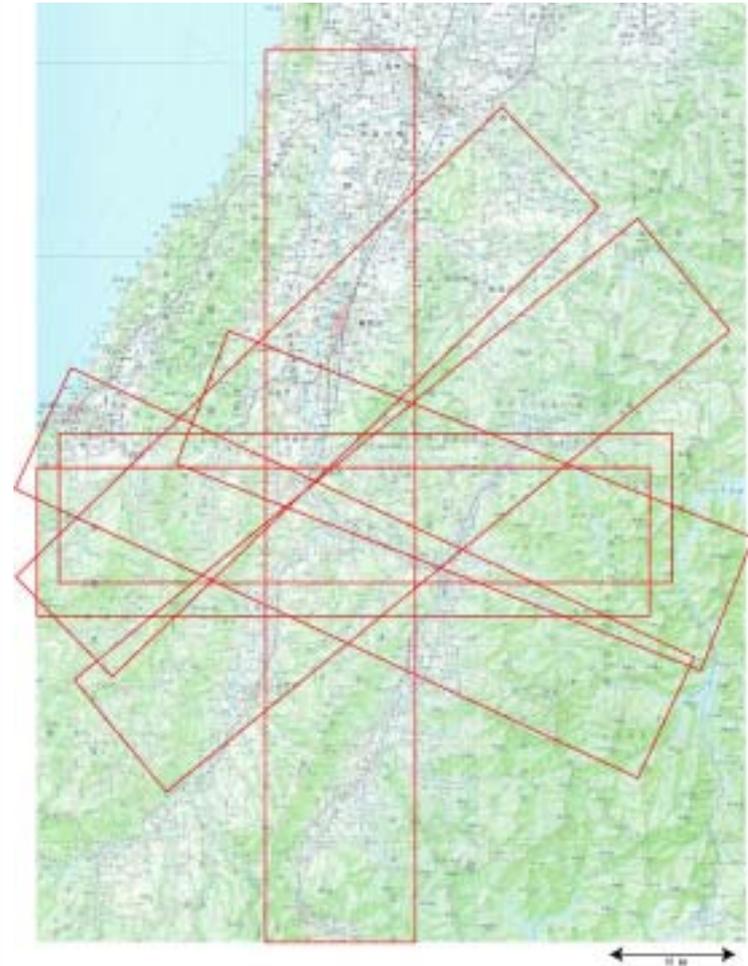
# 航空機SAR (Pi-SAR)による観測 -1-

- 目的:
- ・地球環境の監視や災害時の状況把握を目的としてPi-SARを開発
    - 2000年火山災害観測の実績 (三宅島、北海道有珠山)
  - ・新潟中越地震の災害対策本部等関係機関への速やかなデータ提供
- 地震災害観測は初の試み

- 観測日:
- (1) 平成16年10月26日  
観測時の現地の天候は雨
  - (2) 平成16年11月3日  
観測時の現地の天候は雨

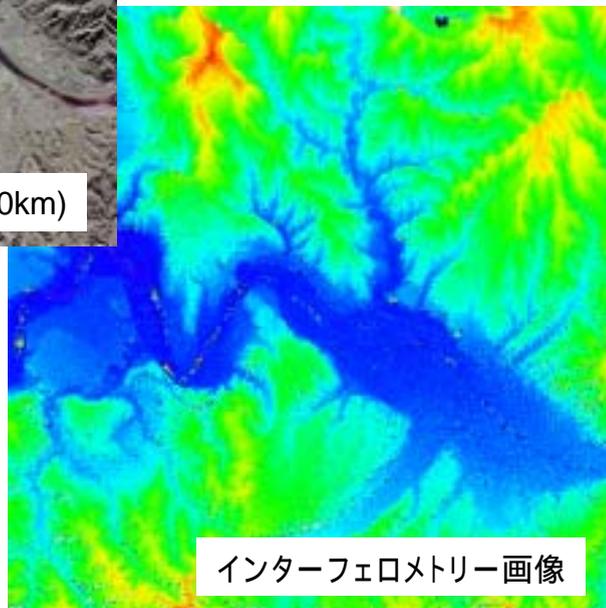
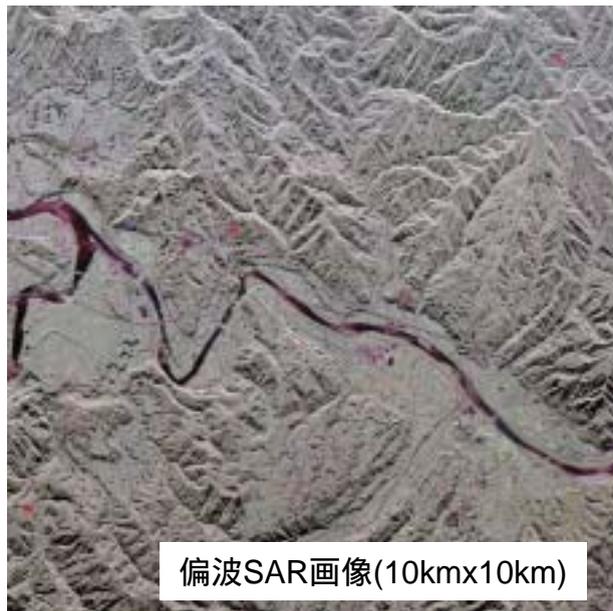
## 航空機SARの利点:

- ・観測で天候、昼夜の影響を受けない
- ・機動性が富み、観測場所、観測時間の制約を受けない
- ・観測システムの変更が容易で保守性が優れている



10/26の観測エリア

# 航空機SAR (Pi-SAR)による観測 -2-



本震、余震の震源を含む画像(10/26観測)

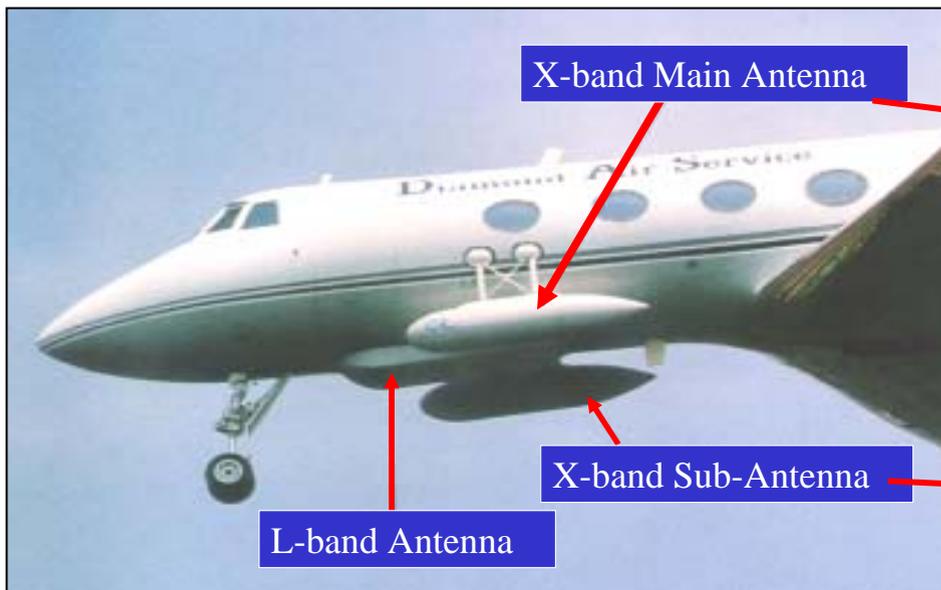


国土地理院Webページから



長岡市内のがけ崩れ現場のPi-SAR画像

# 航空機 SAR (Pi-SAR) の概要 -1-



Platform Gulfstream II

Altitude 6,000m ~ 12,000m

Speed 250m/s (900km/h)

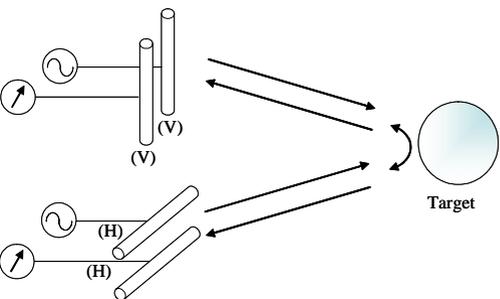


# 航空機 SAR (Pi-SAR) の概要 -2-

	X-SAR			L-SAR	
Frequency	9.55 GHz			1.27GHz	
Transmitted power	8.3kW			3.5Kw	
Bandwidth	100MHz			50MHz	
Antenna(L x W)	1.05m x 0.19m			1.55m x 0.65m	
Incidence angle	10-75deg. variable			20-60 deg. fix	
Observation mode	Polarimetry or Interfero- metry	Polarimetry	Polarimetry and Interfero- metry		Polarimetry
Swath	19.6/42.5 km	8.2/19.6 km	4.3/11.9 km	42.5 km	19.6 km
Range resolution	1.5/3 m	1.5/3 m	1.5/3 m	3/5/10/20 m	3/5/10/20m
Azimuth resolution	1.5/3m			3/6 m	
Interferometry Base line Height correction	2.3 m less than 2m				
sample frequency	123.45/61.725 MHz			61.7/30.9 MHz	
quantum bit	8 bits			8 bits	
recording speed	512 Mbps			256 Mbps	

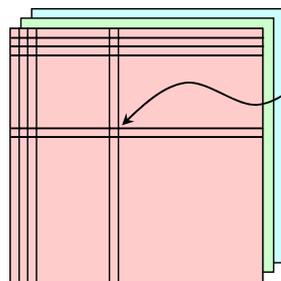
# 航空機 SAR (Pi-SAR) の概要 -3-

## ポーラリメトリ観測



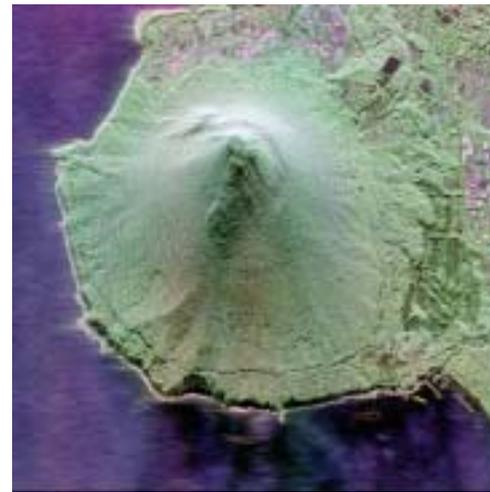
POLSAR Image(HH,HV,VV)

SAR処理



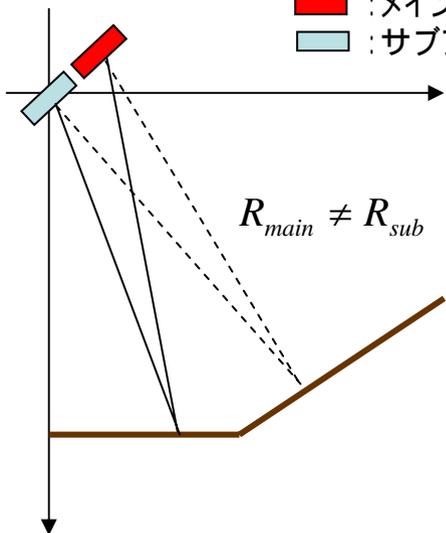
Scattering Matrix

$$\begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HV} \\ S_{VH} & S_{VV} \end{bmatrix}$$

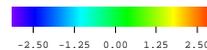
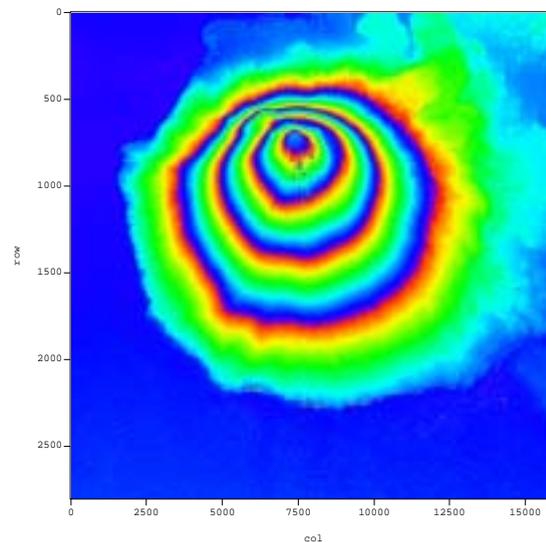


## インターフェロメトリー観測

- :メインアンテナ
- :サブアンテナ

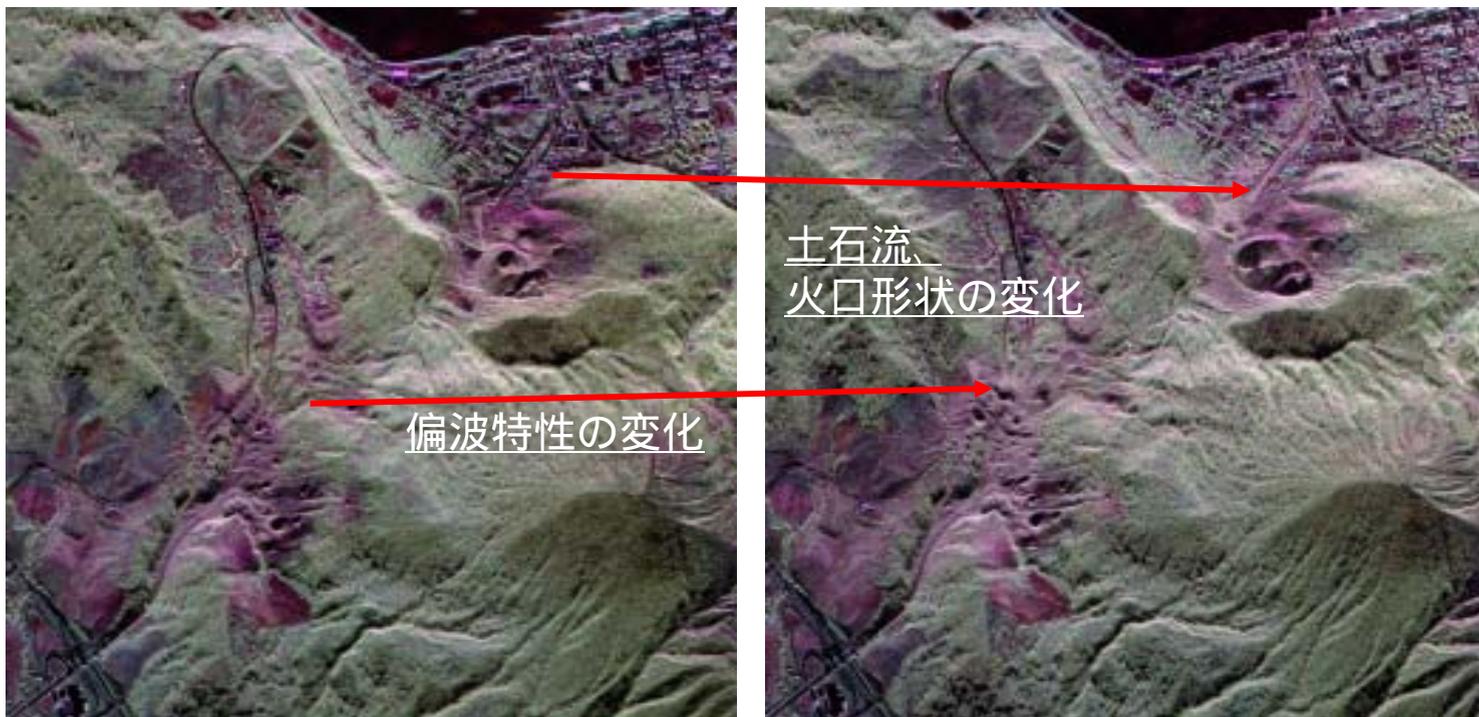


$$S_{main} S_{sub}^* = |S_{main}| |S_{sub}| \exp\left\{-j \frac{2\pi}{\lambda} [(R_{main} - R_{sub})]\right\}$$



# 過去の災害観測結果 -1-

## 2000年北海道有珠山の火山災害



April 6

April 12

# 過去の災害観測結果 -2-

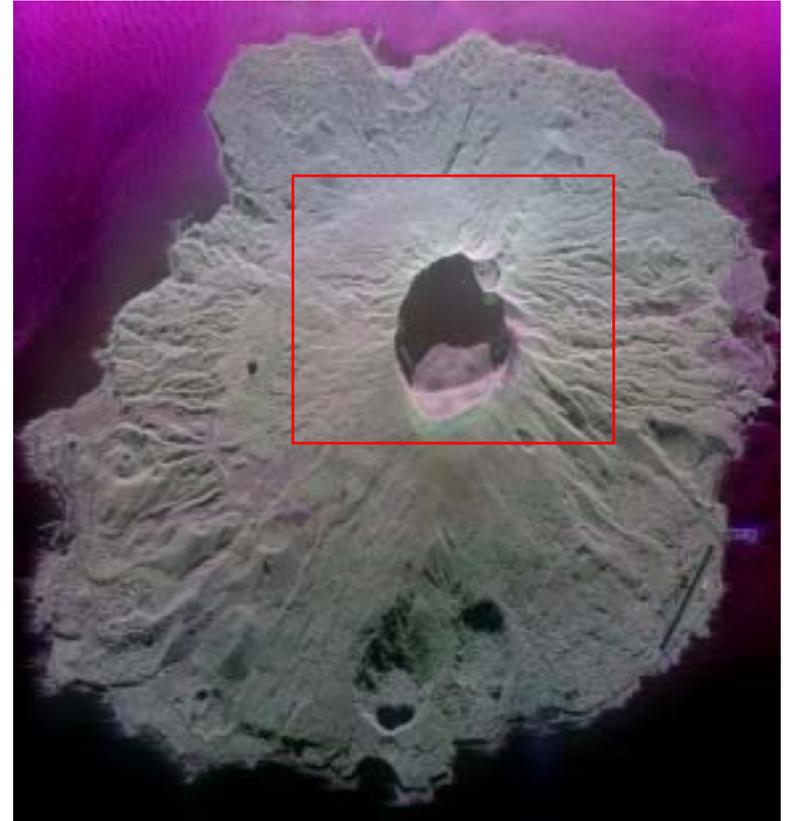
---

---

## 2000年三宅島の火山災害



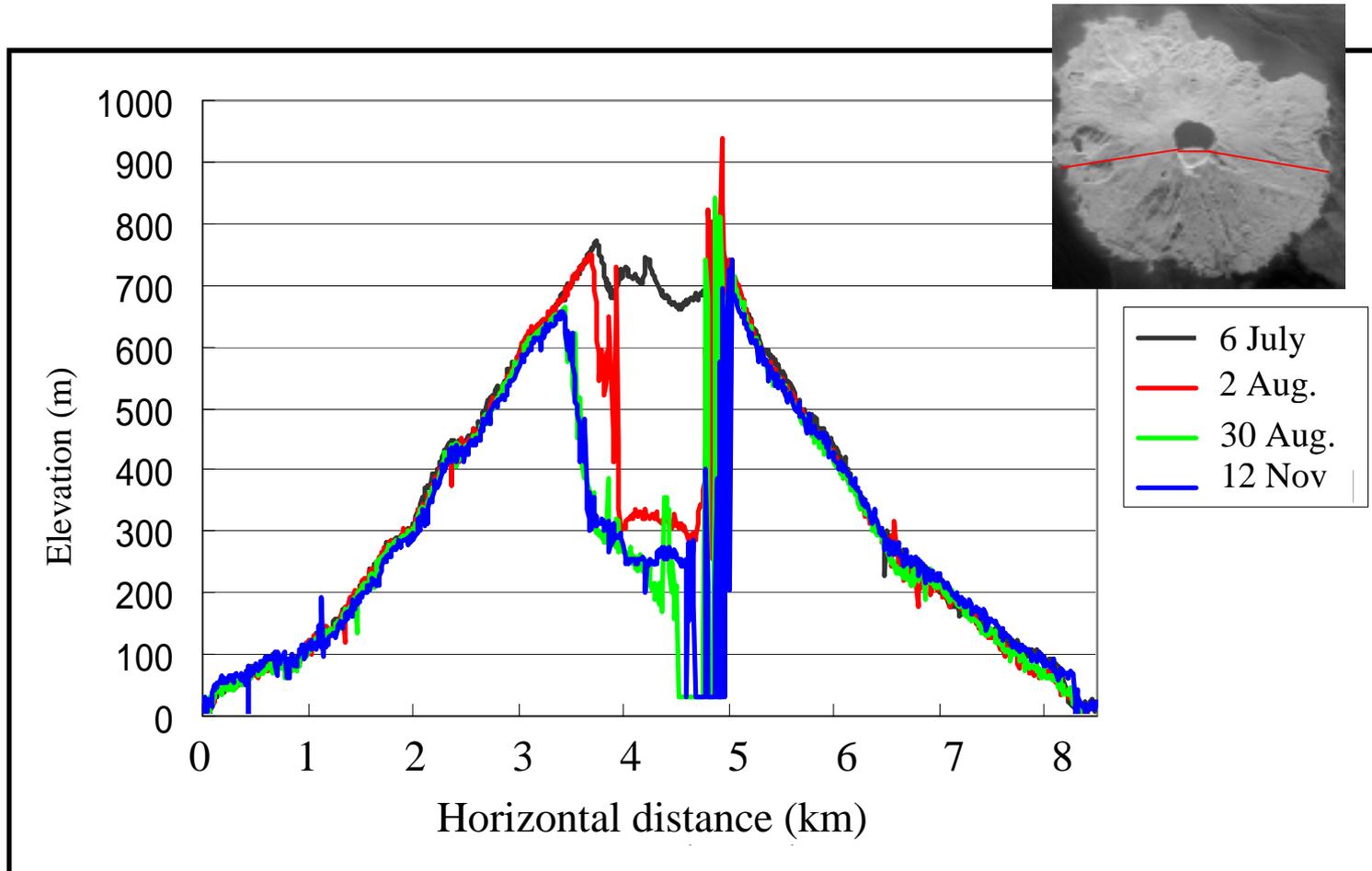
6 July



2 August

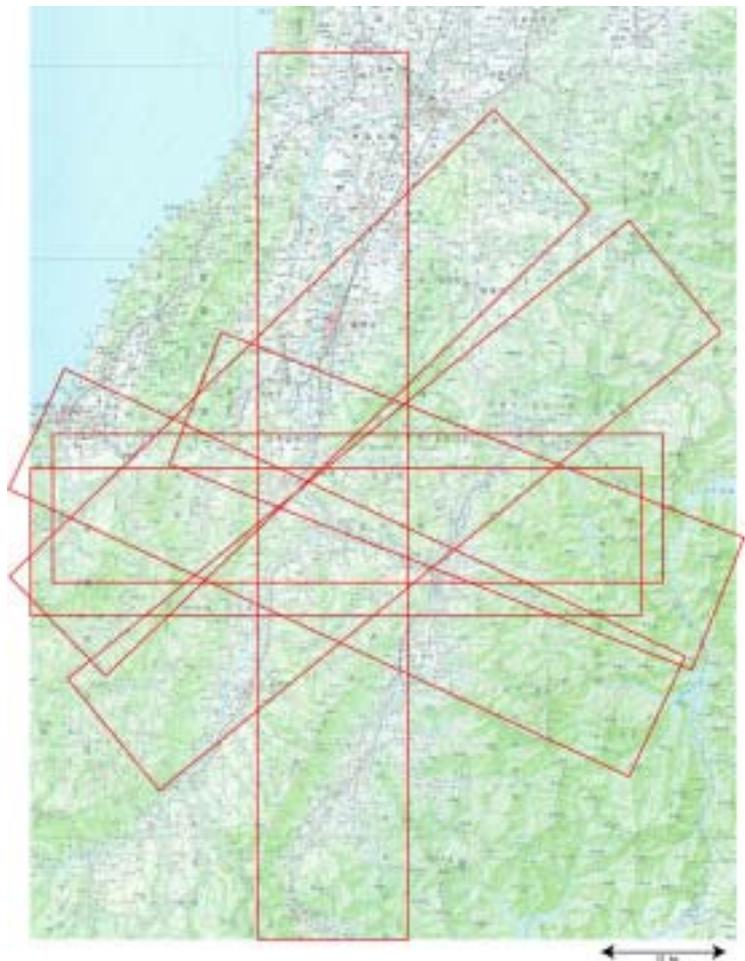
# 過去の災害観測結果 -3-

## 2000年三宅島の火山災害

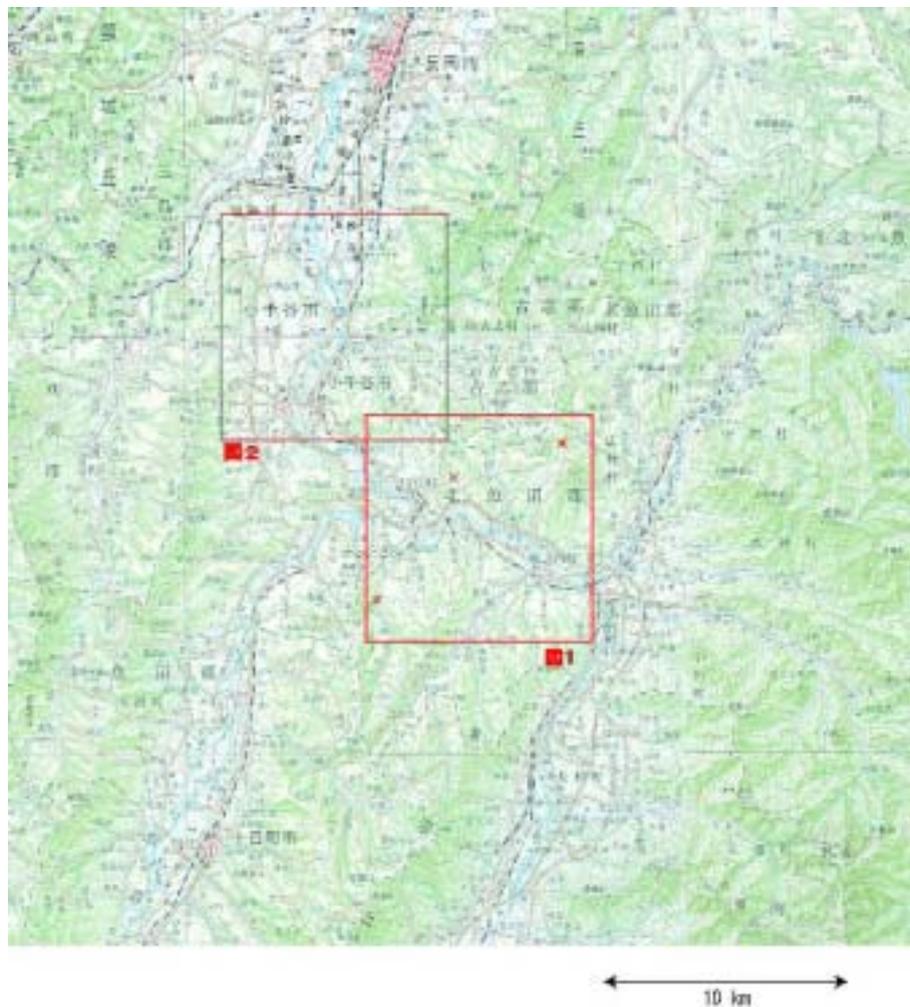


# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -1-

10/26の観測エリア



今回示す主な観測エリア

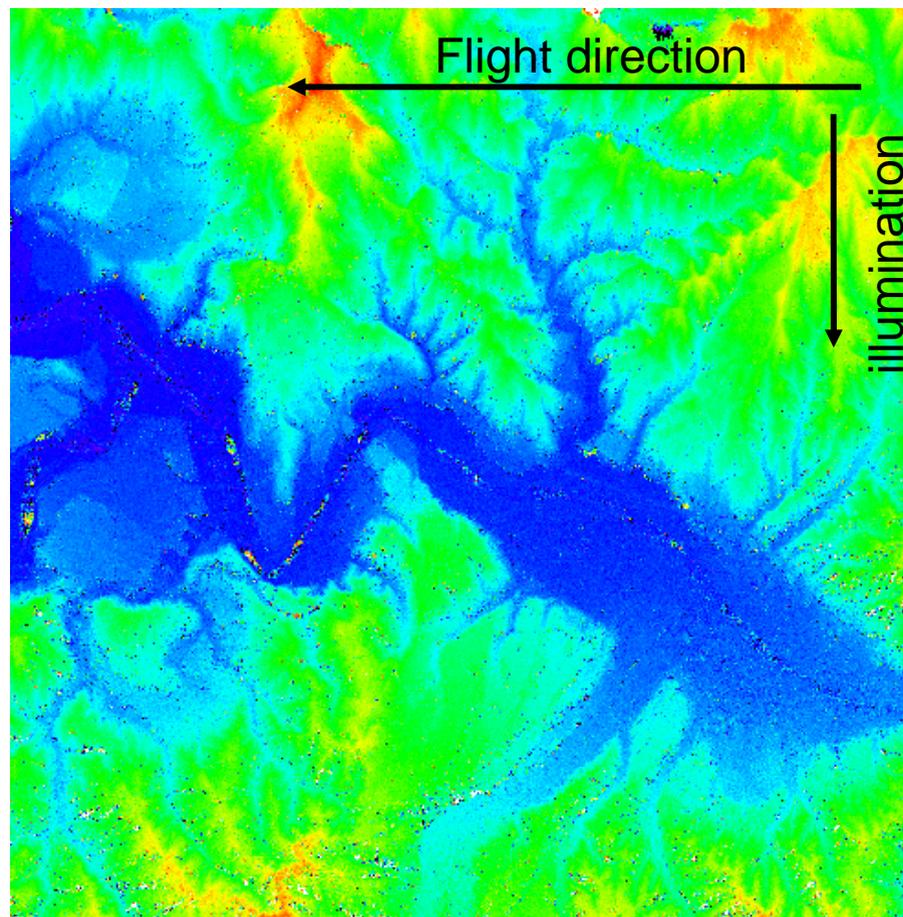


# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -2-

## 震源付近の偏波画像とインターフェロメトリー画像



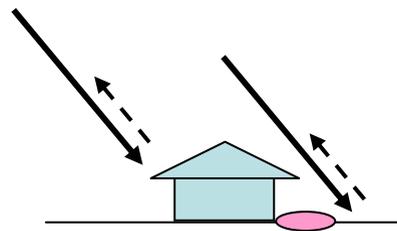
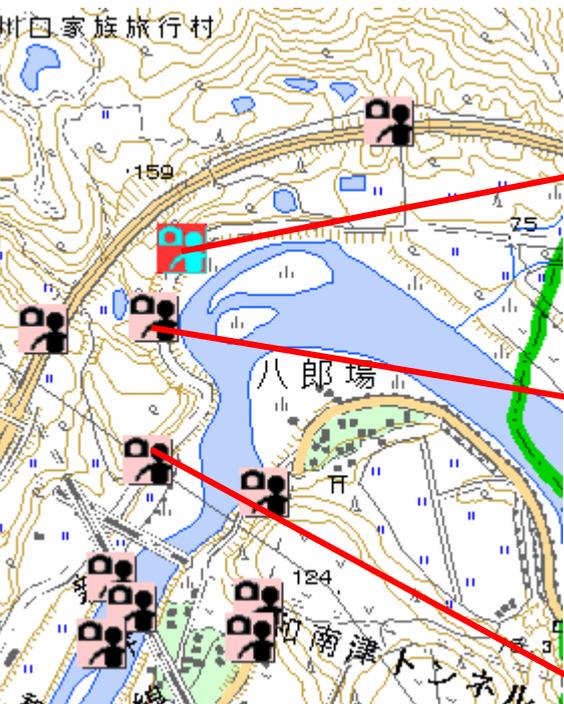
偏波SAR画像(10kmx10km:10月26日観測)



インターフェロメトリー画像

# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -3-

## 土砂崩れの様子



Shadow or landslide ?



国土地理院Webページから

Pi-SAR画像

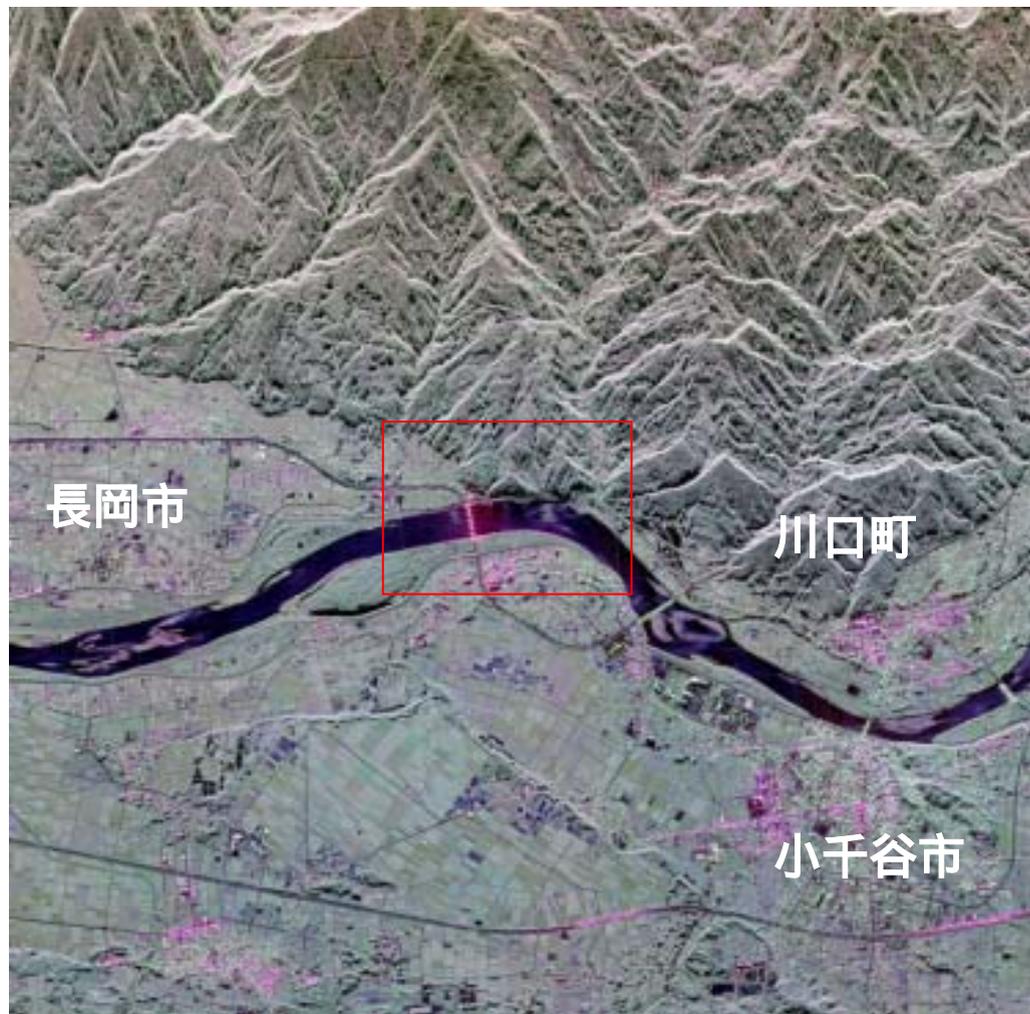
# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -4-

## 土砂崩れの様子



# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -5-

新潟県中越地震により、  
母子3人が巻き込まれた  
長岡市の土砂崩れ現場  
(10月26日観測)



10km x 10km

# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -6-

新潟県中越地震により、母子3人が巻き込まれた長岡市の土砂崩れ現場

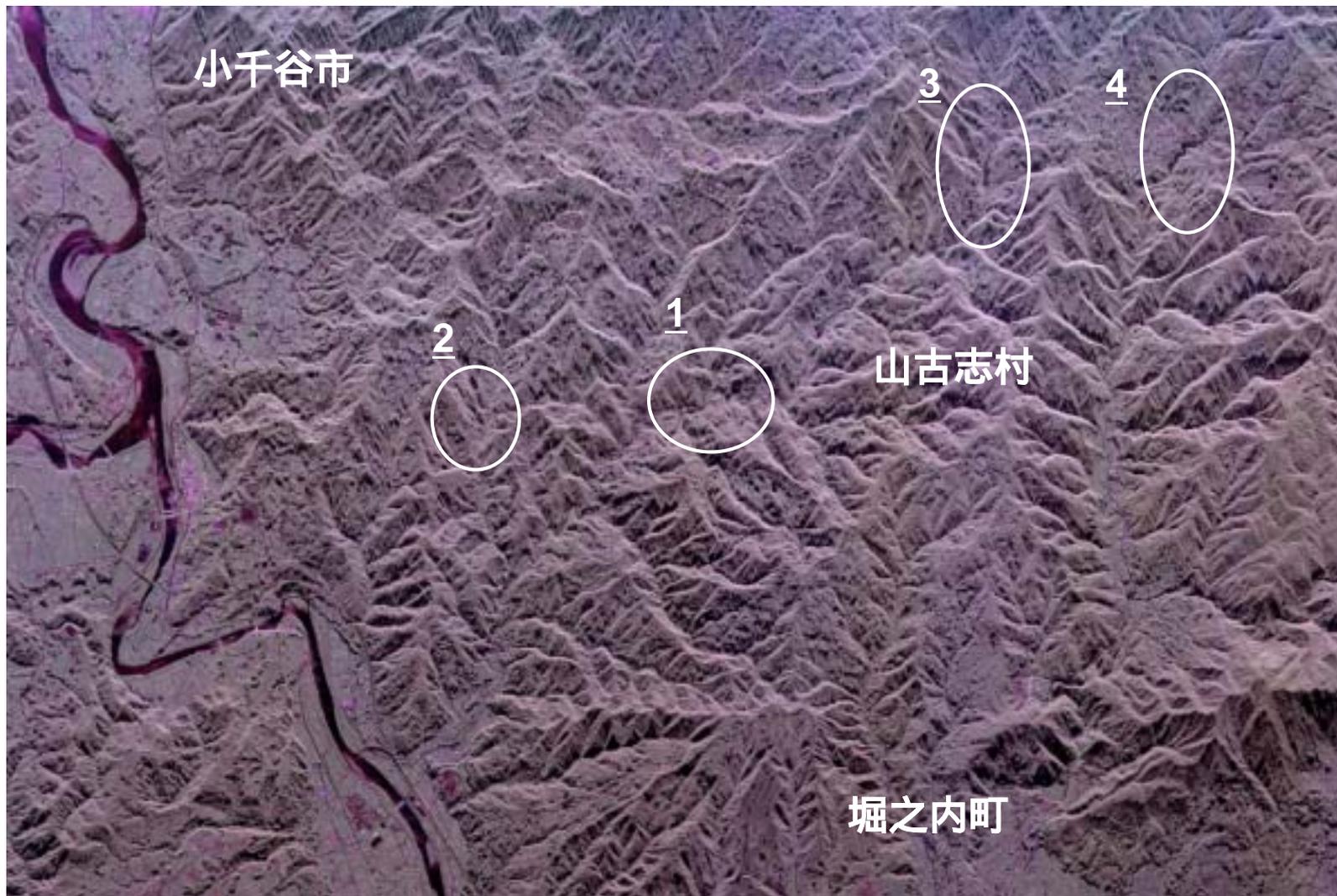
航空写真とPi-SAR画像



国土地理院Webページから

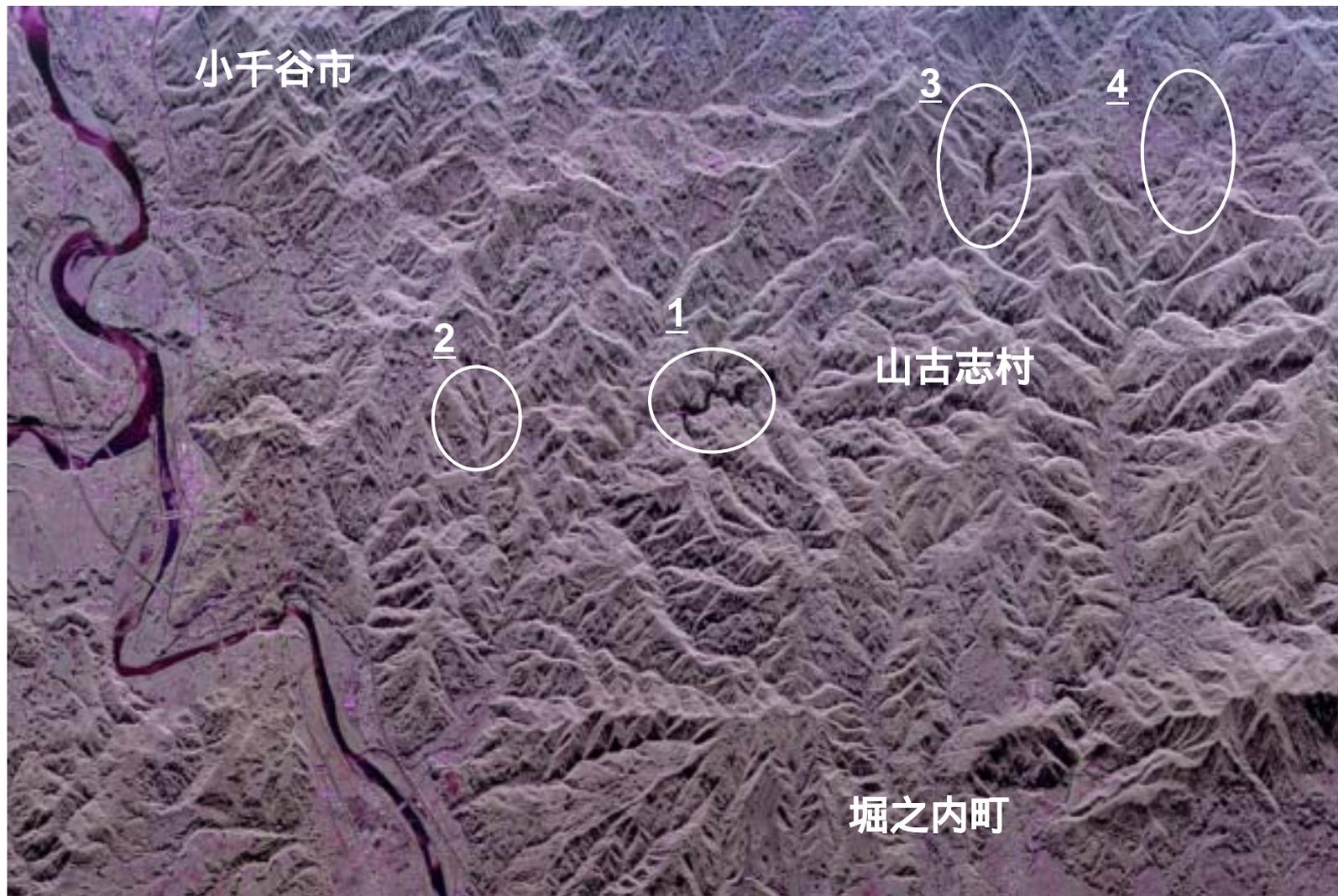
# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -7-

水害エリア(10月26日観測, 15km x 10km)



# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -8-

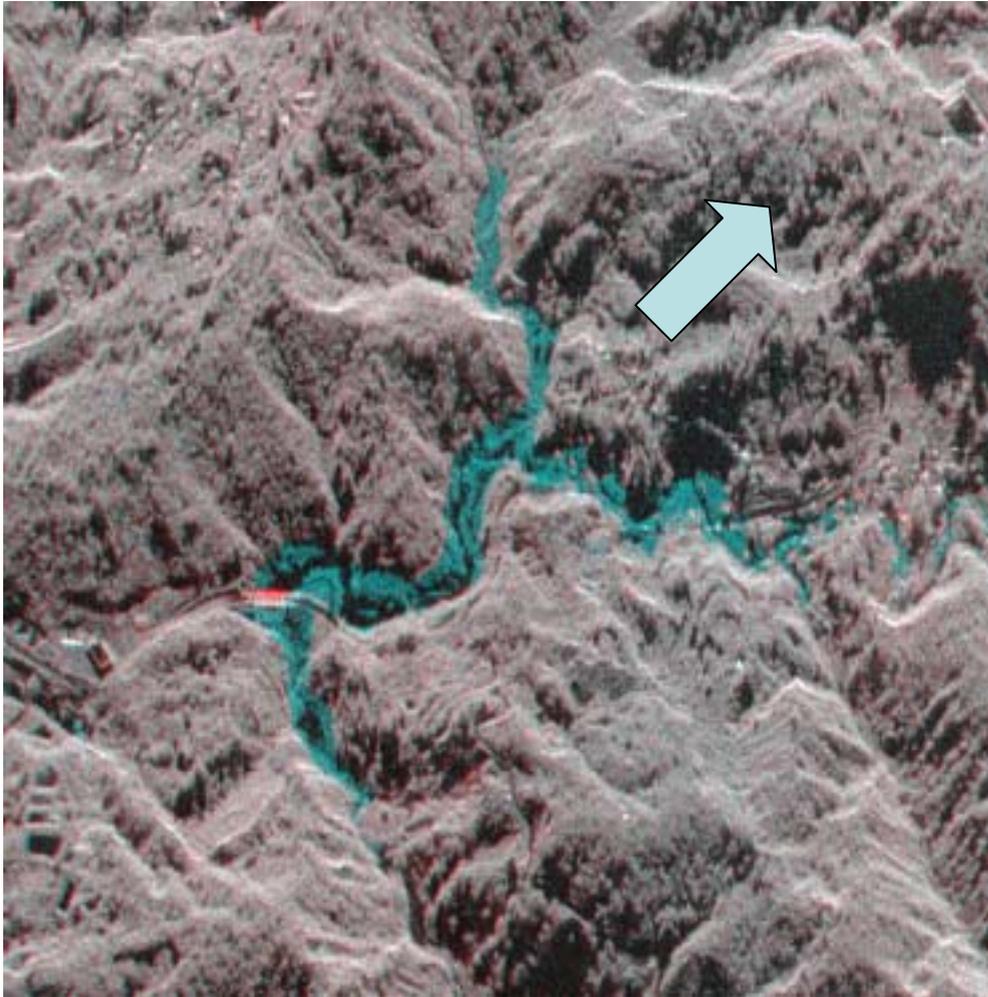
水害エリア(11月3日観測, 15km x 10km)



# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -9-

水害エリア(領域1: 1.5km x 1.5km): 10月26日と11月3日の比較

水量増加



HH偏波 (11/3, 10/26, 10/26)

資料1

山古志村東竹沢地区の河道閉塞に伴う湛水域の推移



11月3日撮影の空中写真(衛星・陸上カメラ・航空機共同撮影)

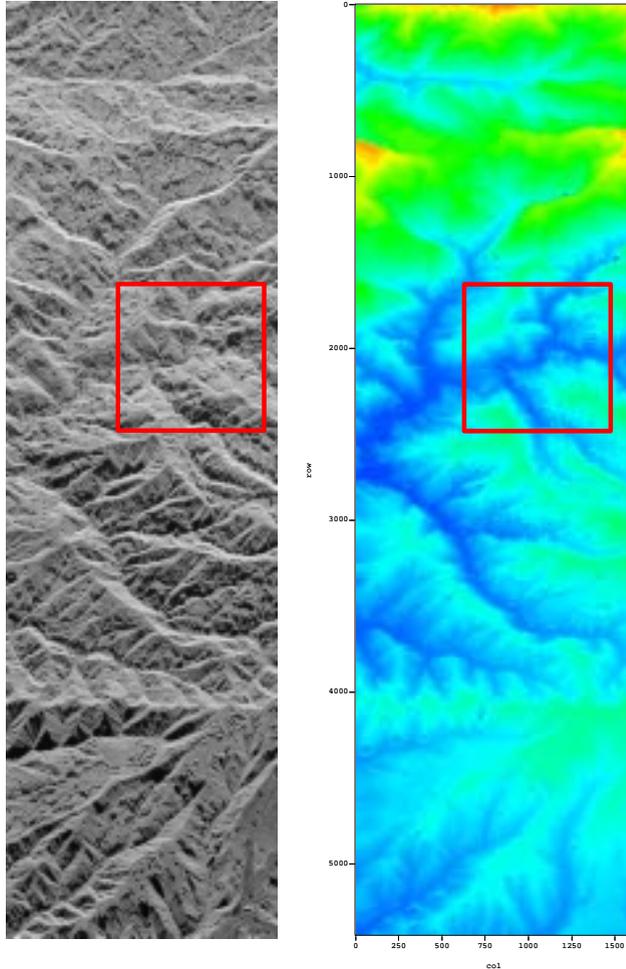


10月28日撮影の空中写真(国土地理院撮影)

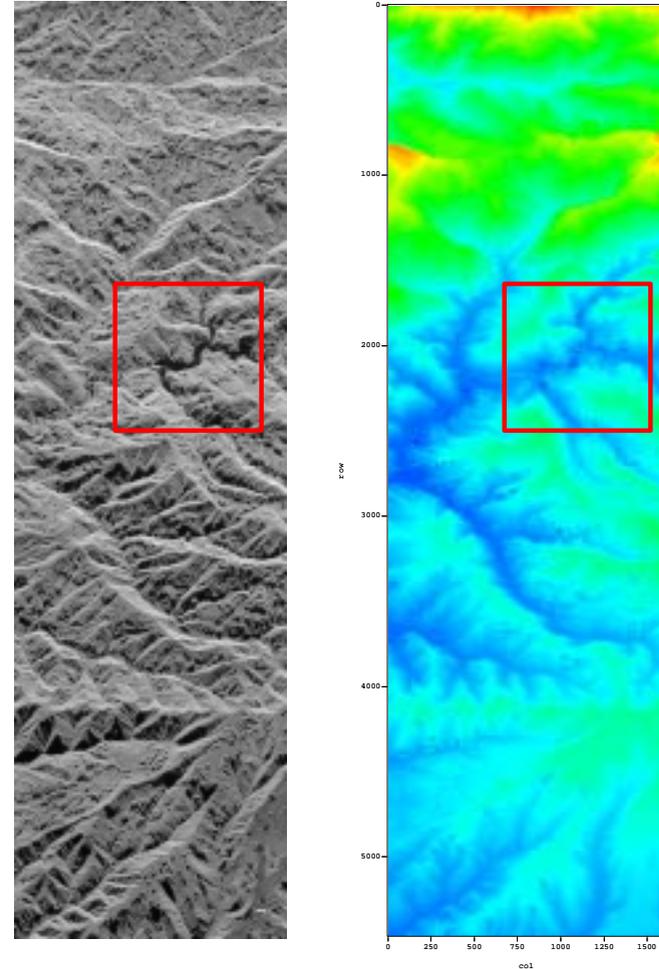
# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -10-

水害エリア(領域1): 10月26日と11月3日の比較

10月26日観測



11月3日観測



  
-2.5 0.0 2.5 5.0 7.5 10.0 12.5 15.0  
Yama8603\_X\_15x10\_sec\_M\_VS\_rad2\_surf

  
0.0 2.5 5.0 7.5 10.0 12.5 15.0 17.5  
Yama8201\_X\_15x10\_sec\_M\_VS\_rad2\_surf

振幅画像

インターフェロメトリー画像

振幅画像

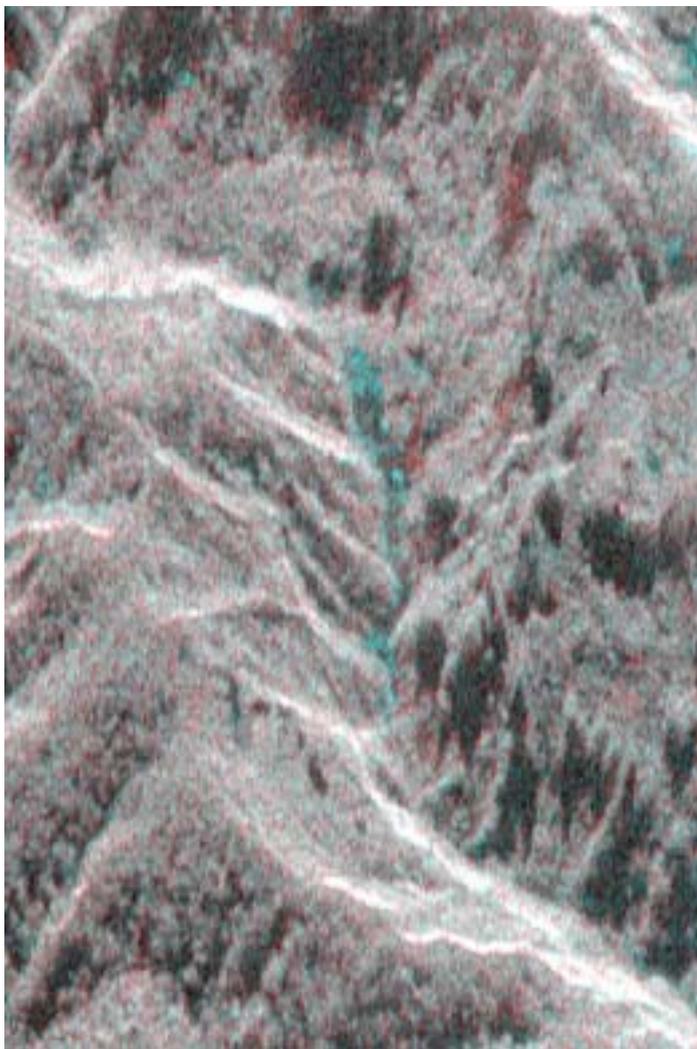
インターフェロメトリー画像

# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -11-

---

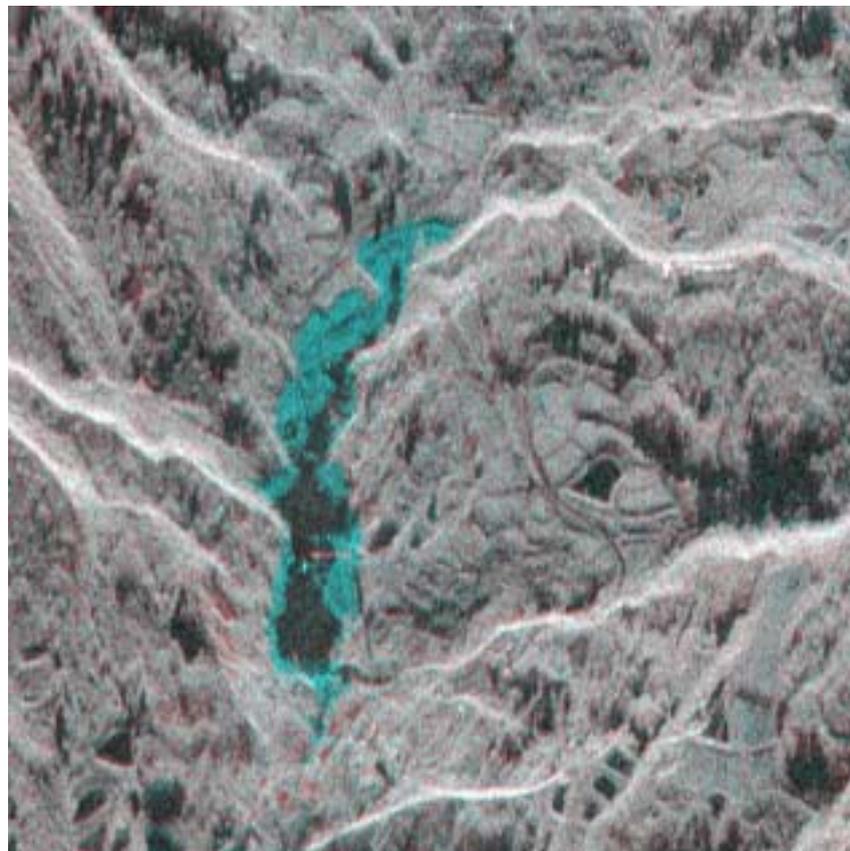
水害エリア(領域2: 500m x 750m)

水量増加



水害エリア(領域3: 1km x 1km)

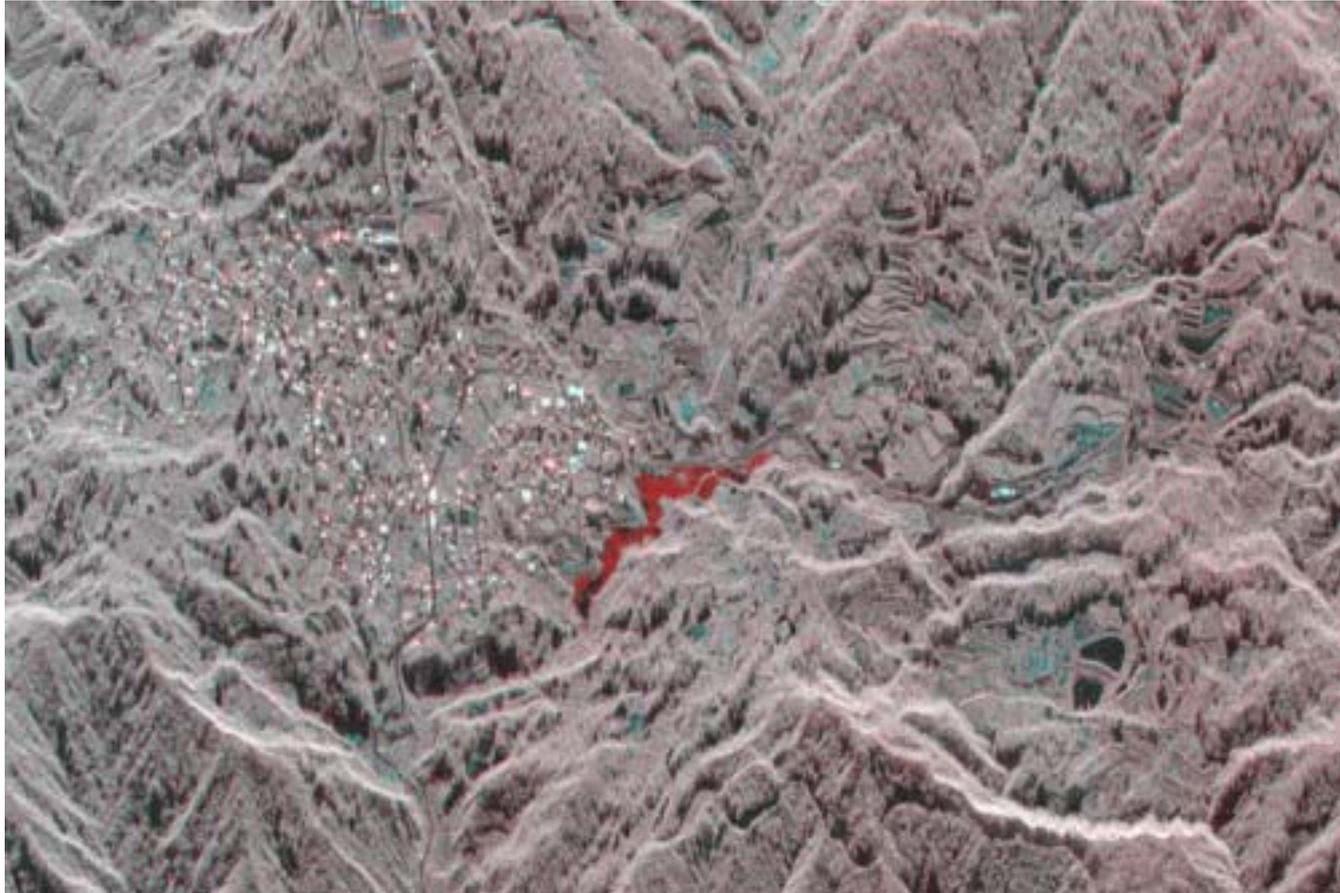
水量増加



# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -12-

---

水害エリア(領域4: 3km x 2km) : 10月26日と11月3日の比較  
水量低下



# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -13-

## ポーラリメトリック解析の試み -H/ /A-

Coherency行列[T]の固有値展開

$$[T] = \langle k \cdot k^T \rangle = [U_3] \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_1 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_1 \end{bmatrix} [U_3^{*T}] = \lambda_1 \mathbf{e}_1 \mathbf{e}_1^{*T} + \lambda_2 \mathbf{e}_2 \mathbf{e}_2^{*T} + \lambda_3 \mathbf{e}_3 \mathbf{e}_3^{*T}$$

$$\text{ターゲットベクトル: } k = \frac{1}{\sqrt{2}} [S_{HH} + S_{VV} \quad S_{HH} - S_{VV} \quad 2S_{HV}]^T$$

$$\text{ユニタリ行列: } [U_3] = [\mathbf{e}_1 \quad \mathbf{e}_2 \quad \mathbf{e}_3], \quad \mathbf{e}_i = [\cos \alpha_i \quad \sin \alpha_i \cos \beta_i e^{i\delta_i} \quad \sin \alpha_i \sin \beta_i e^{i\gamma_i}]^T$$



固有値の割合から各要素の発生確率

$$\text{確率: } P_i = \lambda_i / \sum_{i=1}^3 \lambda_i$$

エントロピー(H):

$$H = -P_1 \log_3 P_1 - P_2 \log_3 P_2 - P_3 \log_3 P_3$$

アルファ( ):  $(0 \leq H \leq 1)$

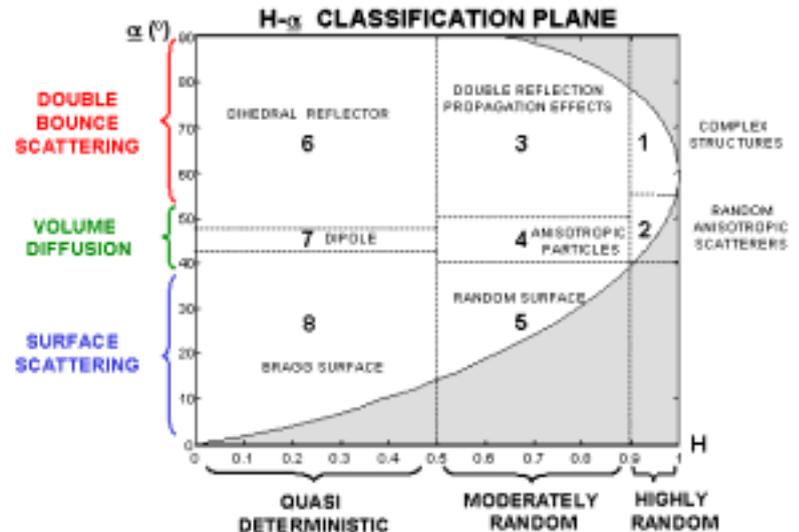
$$\bar{\alpha} = P_1 \alpha_1 + P_2 \alpha_2 + P_3 \alpha_3$$

$(0 \leq \bar{\alpha} \leq 90[\text{deg.}])$

アンアイソトロピー(A):

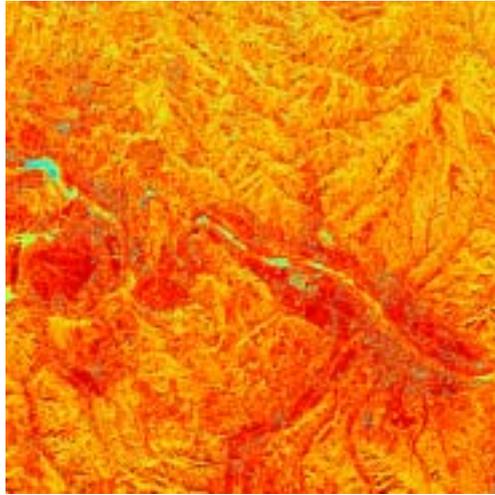
$$A = (\lambda_2 - \lambda_3) / (\lambda_2 + \lambda_3) \quad (0 \leq A \leq 1)$$

H-Alpha Classification

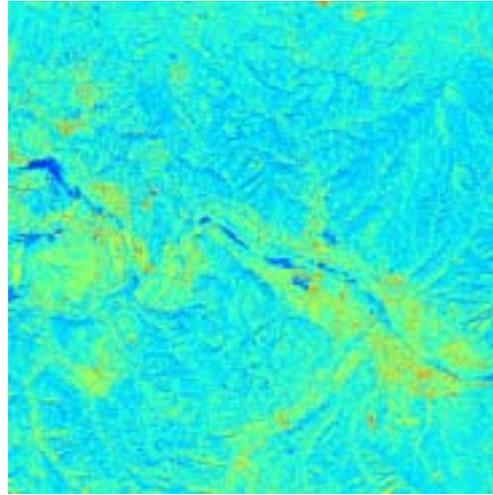


# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -14-

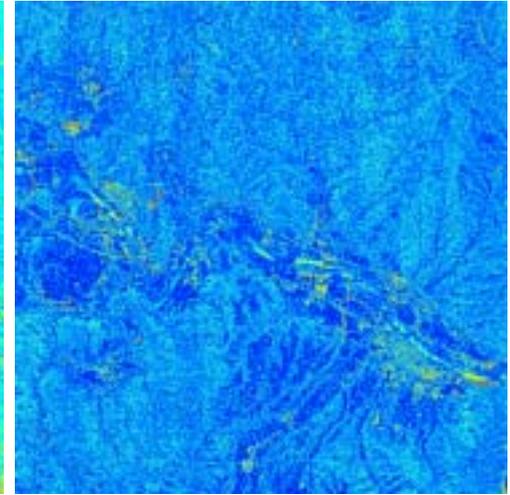
ポラリメトリック解析の試み -H/ /A-



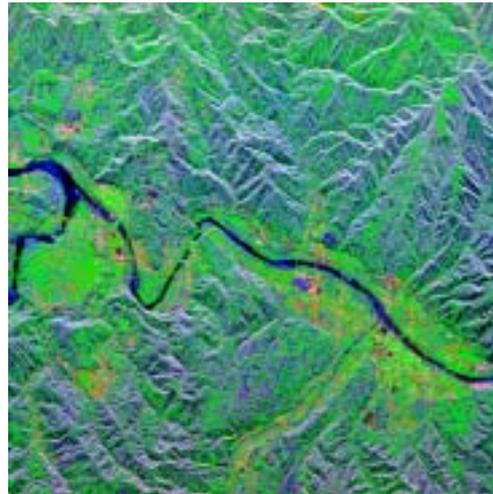
エントロピー(H)



アルファ( )



アンイソトロピー(A)



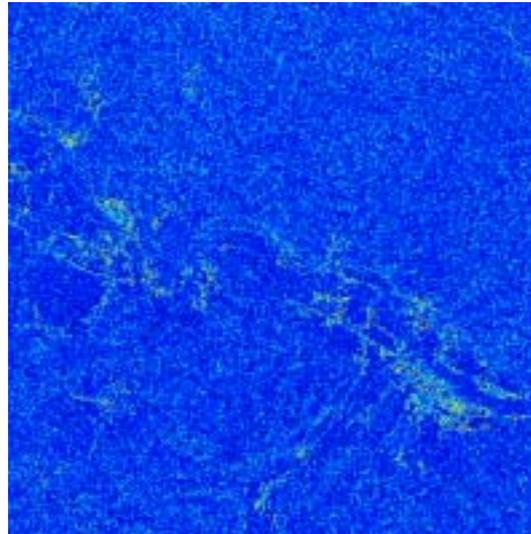
フリーマン分解(double, volume, surface)

# Pi-SARによる新潟中越地震観測結果 -15-

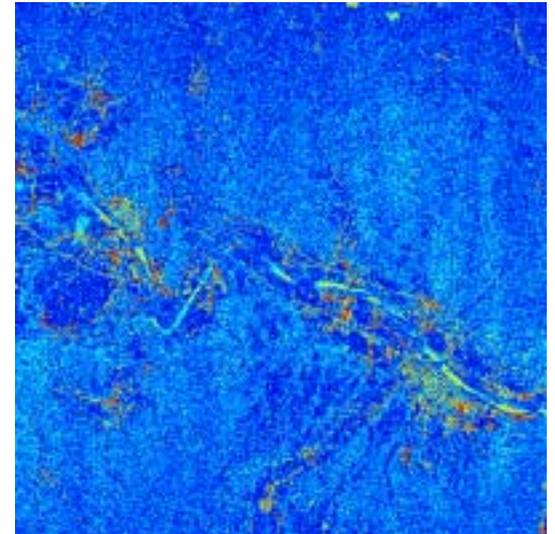
ポーラリメトリック解析の試み -偏波間相関係数-



Shh, Shv, Svv



Cor(Shh, Shv)



Cor(Srr, Sll)

# 今後の予定

---

現在、観測データは、震災復興のための利用を第一目的とするため、映像を以下のアドレスで随時公開している。この目的の利用は自由としている。

[http://www.nict.go.jp/dk/c215/PI-SAR/niigata\\_jishin.html](http://www.nict.go.jp/dk/c215/PI-SAR/niigata_jishin.html)

今後、このデータを用いた災害把握のための研究を目的としたフル規格のデータを公開する予定であるが、現在はNICTにおいていくつかの事例をもとに基礎的な解析を進めている。

例えば、2003年5月に観測したデータによる震災前後の比較や、10月26日と11月3日の間の変化についての差分解析などのほか、ポラリメトリ手法を用いて、土砂崩れ場所の植生部分と土砂露出部分の区別を行うことによる同箇所同定の計画している。