

# 国土防災リモートセンシング研究会 ワークショップ

2014.11.27

## InSARによる変動計測技術の紹介

株式会社NTTデータCCS

NTT DATA

Copyright © 2014 NTT DATA CCS Corporation

NTT DATA

## SAR(合成開口レーダ)とは？

- マイクロ波レーダ
- 全天候型
- 昼夜観測可能
- 地形の強調効果  
(植生を透過する)
- **干渉性を利用した  
地殻変動抽出**

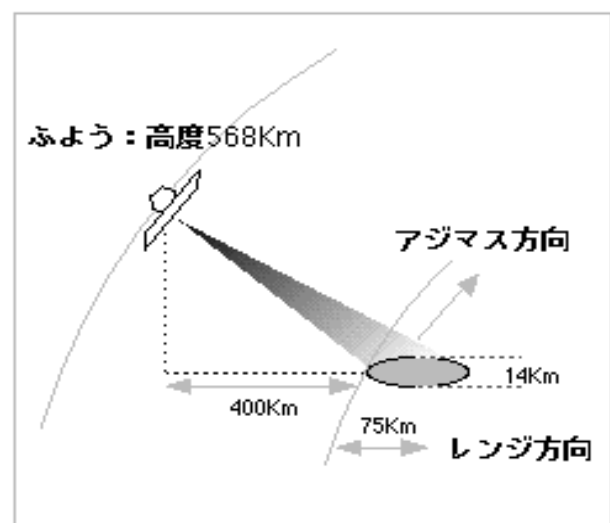
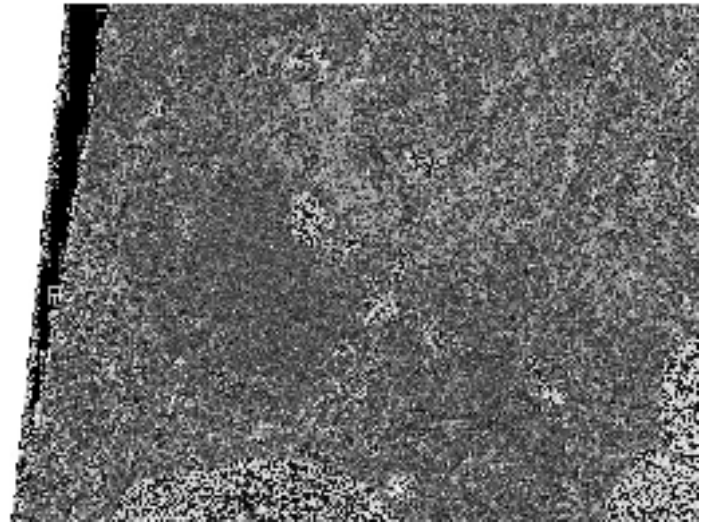


図1 JERS1「ふよう」の合成開口レーダー



(METI/ERSDAC)

ASTER画像(富士山周辺)



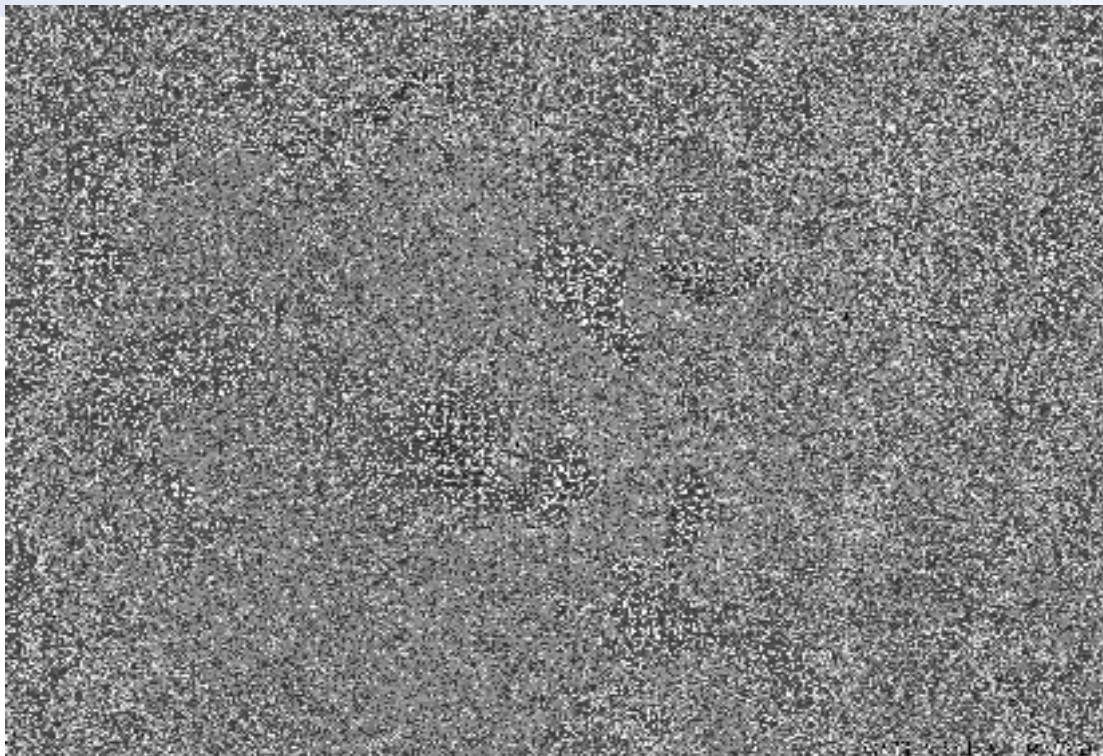
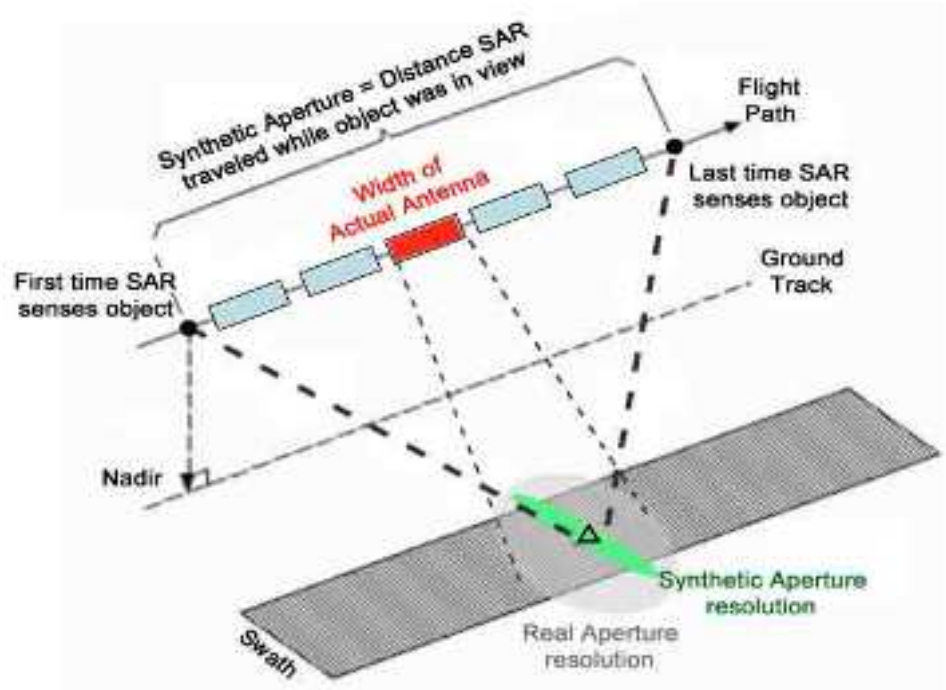
(METI/JAXA)

JERS-1画像(富士山周辺)

## Spaceborne SAR Sensors

Satellite	Sensor	Operator	Launched	Operation status	Resolution (m)	Observation width (km)	Repeat cycle (days)	Band
ERS-1	AMI	ESA (Europe)	July 10, 1991	Ended March 10, 2001	30	100	35	C
ERS-2	AMI	ESA	April 21, 1995	March 19, 2003	30	100	35	C
ENVISAT	ASAR	ESA	March 1, 2002	Ongoing	30	100	35	C
RADARSAT	SAR	MDA (Canada)	November 4, 1995	Ongoing	8	50	24	C
RADARSAT 2	SAR	MDA (Canada)	December 14, 2007	Ongoing	1	18	24	C
JERS-1	SAR	NASDA (Japan)	February 11, 1992	Ended October 12, 1998	18	75	44	L
ALOS	PALSAR	JAXA (Japan)	January 24, 2006	Ended May 12, 2011	10	70	46	L
TerraSAR-X	TerraSAR-X	DLR (Germany)	June 15, 2007	Ongoing	0.6	5	11	X
Cosmoskymed	SAR	ASI (Italy)	June 7, 2007 December 9, 2007 October 24, 2008 November 6, 2010	Ongoing	1	10	16	X
ALOS2	SAR	JAXA (Japan)	May 24, 2014	Ongoing	3	50	14	L

Synthetic Aperture: A data acquisition technique that improves the radar resolution by simulating a very large antenna while actually using a much smaller device.

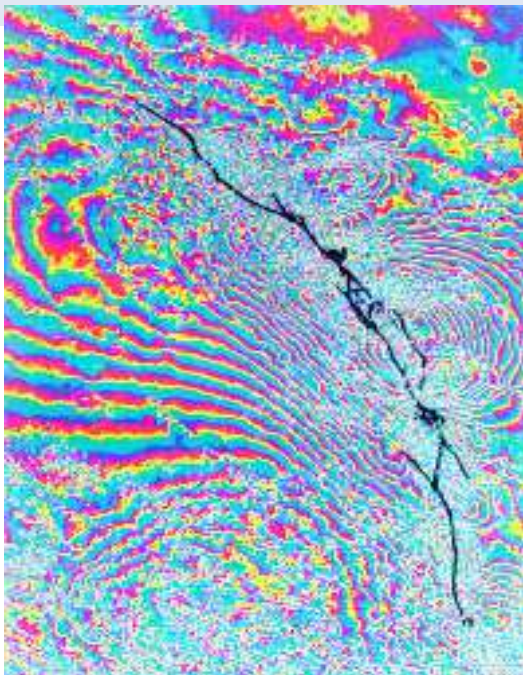


SAR data (Single look complex image) around Mt. Fuji (All weather day / night operation)

## InSARへの応用

### ～Interferometry手法を用いた地殻変動抽出事例～

7



SAR interferometry to capture the movements produced by the 1992 earthquake in Landers, California.

### ランダース地震(1992)

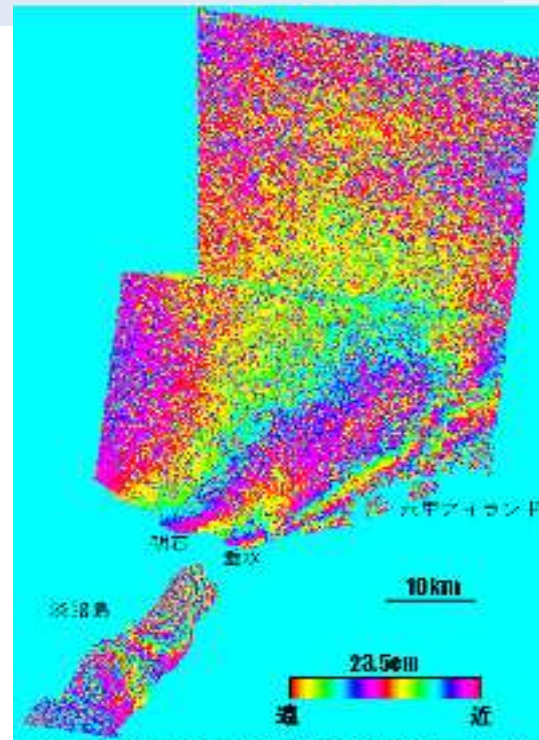
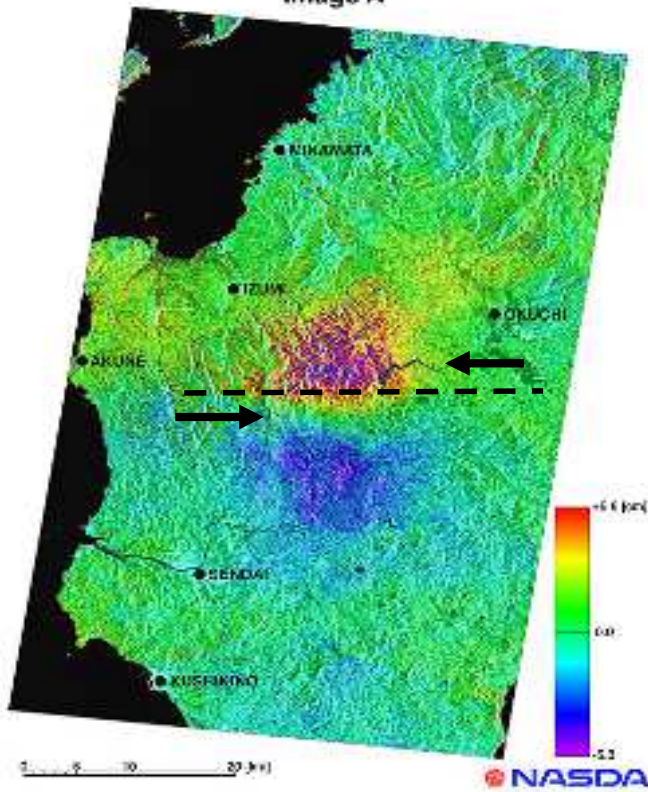


図1-1 1995年兵庫県南部地震による地殻変動。この図は、衛星によるレーダー観測によって得られた地殻変動の分布を示している。図中の色は、地殻変動の大きさを示している。スケールは10km、23.5cm。

### 兵庫県南部地震(1995)

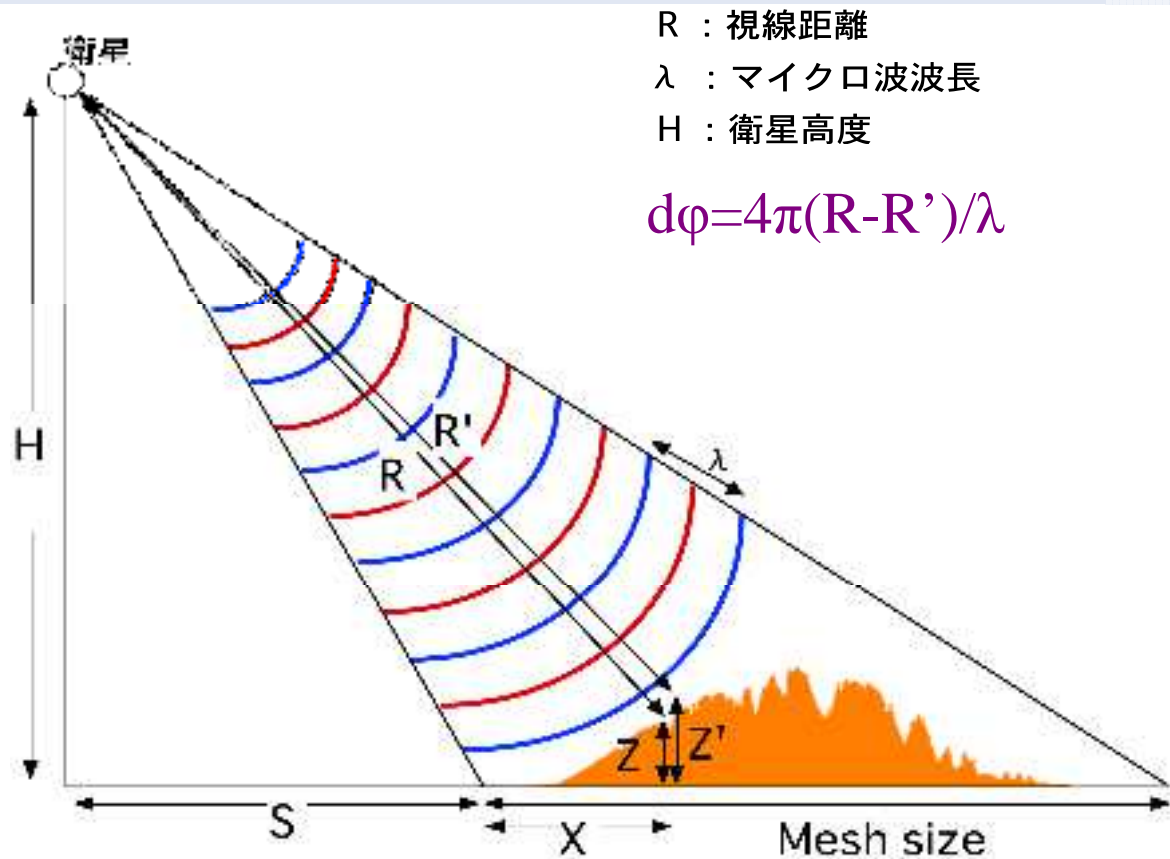
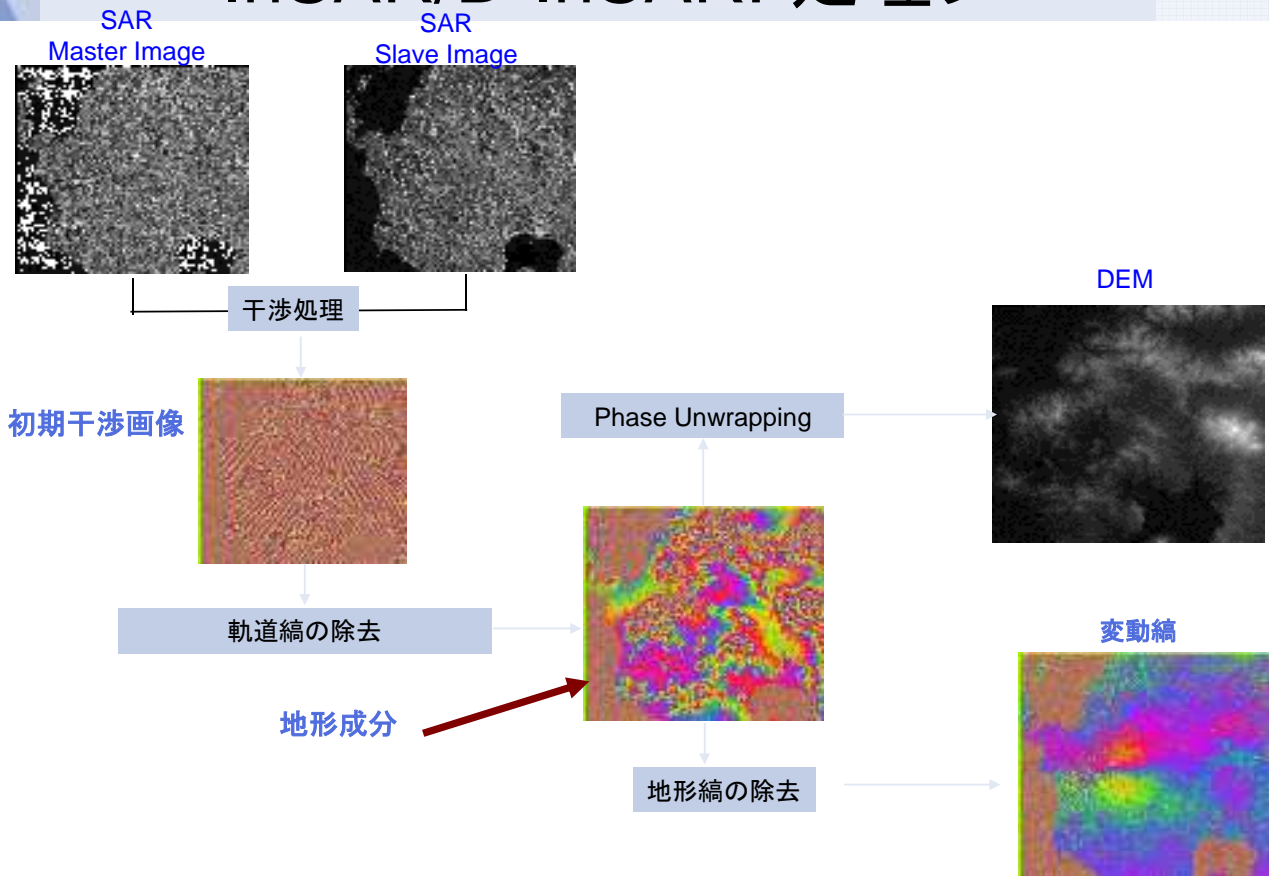
Image A

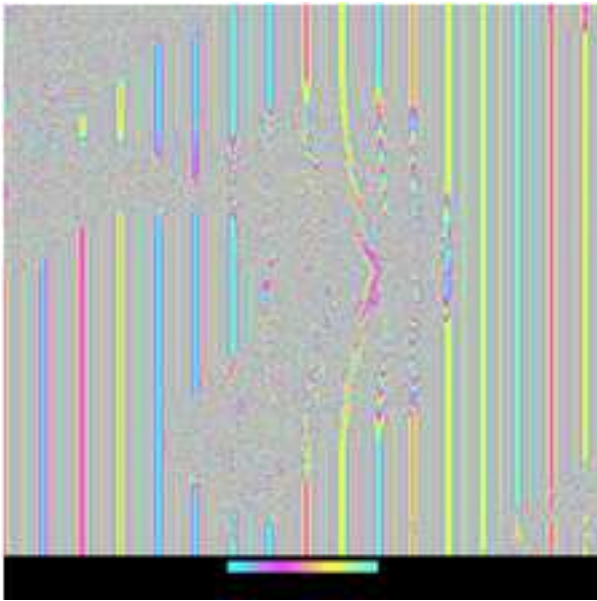


This image indicates that SAR captured the fault motion by the Kagoshima earthquake (1997.3 M6.3).

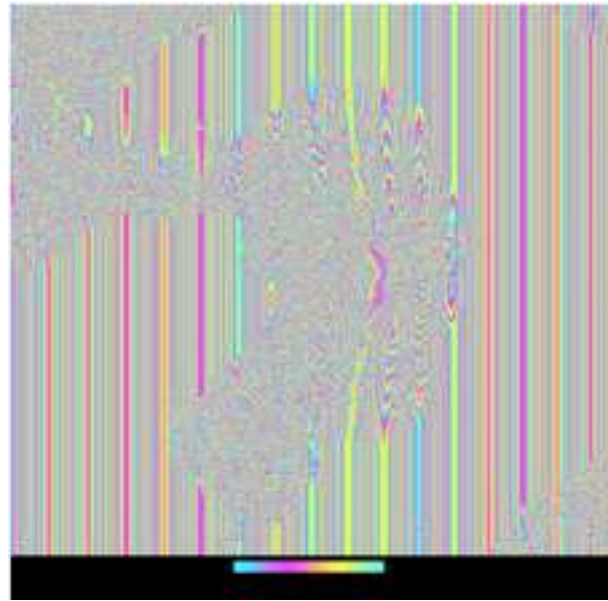
## InSARの原理

～シミュレート画像を通してInSARの原理を  
理解する～

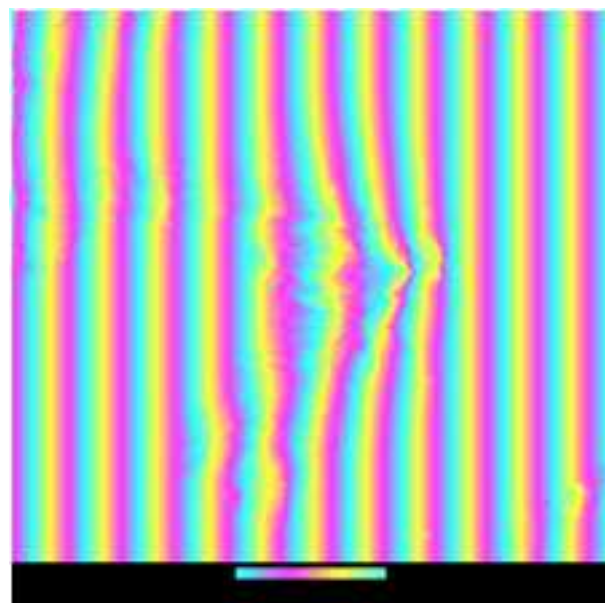
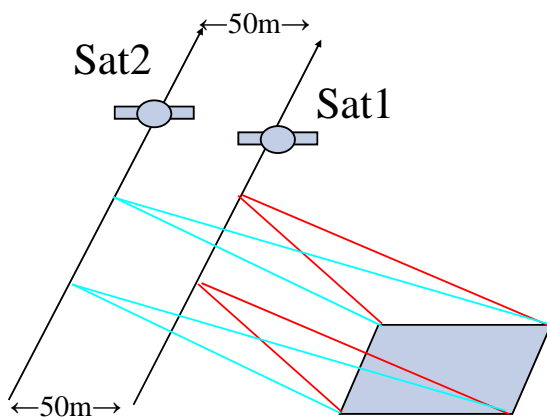




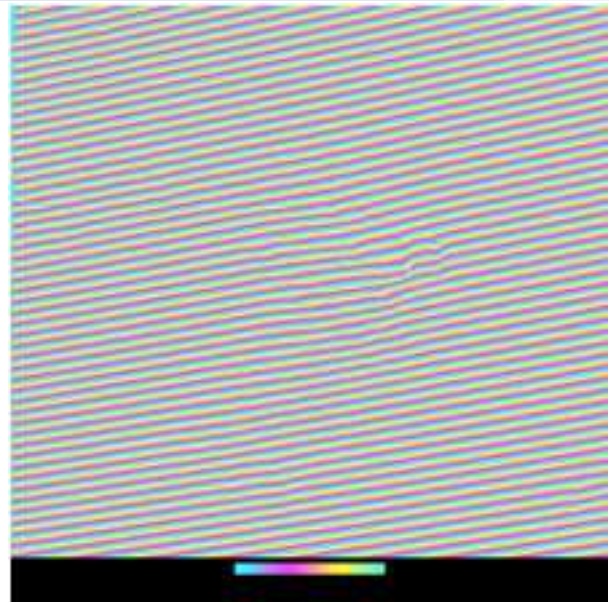
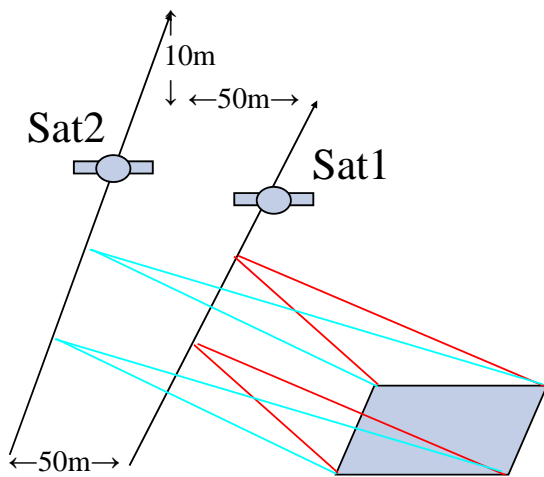
マスター画像の位相



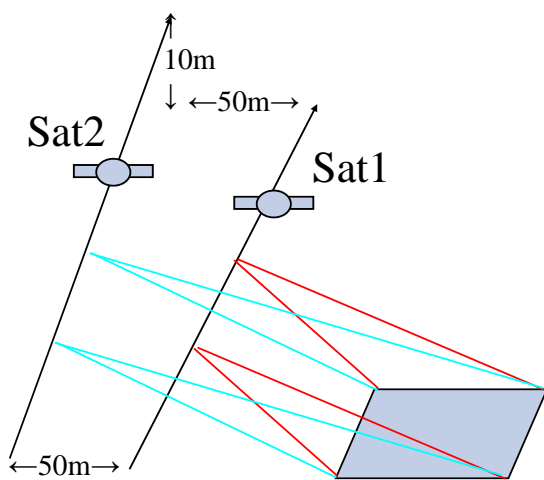
スレーブ画像の位相  
(横に50mシフト)



衛星軌道が横に50mシフトした干渉縞

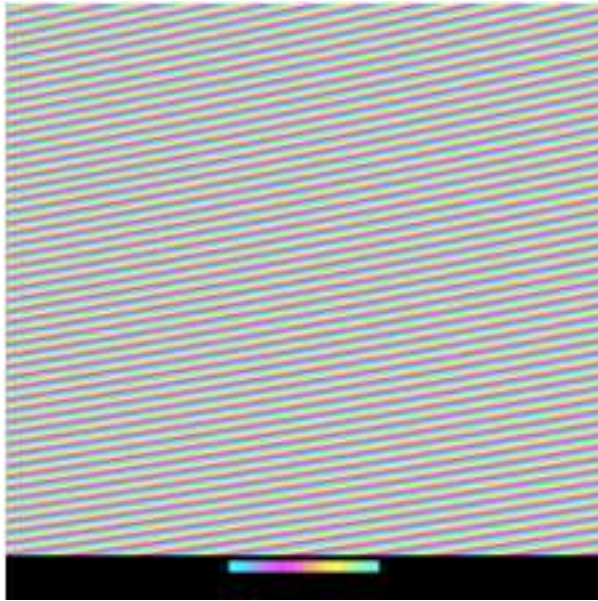


衛星軌道が横に50mシフト、  
天頂方向に10mスライドした干渉縞

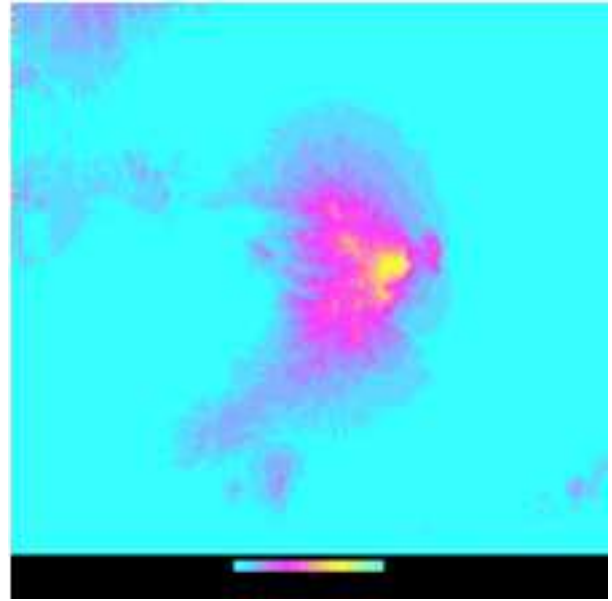


衛星軌道が横に50mシフト、  
天頂方向に10mスライドした干渉縞



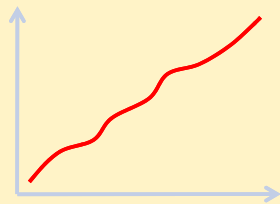


軌道縞をシミュレートした  
干渉縞

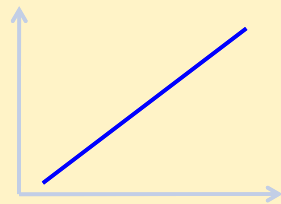


初期干渉縞から軌道縞を除去  
した地形縞

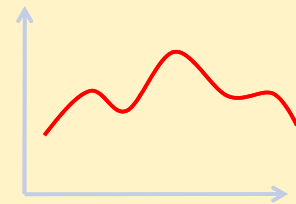
## DInSAR 処理概念図



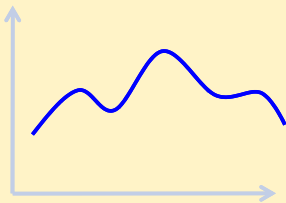
①InSAR観測位相断面図



②シミュレートした  
軌道縞断面図

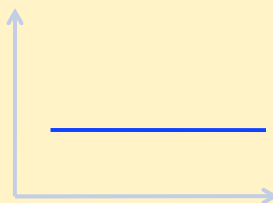


③地形縞断面図

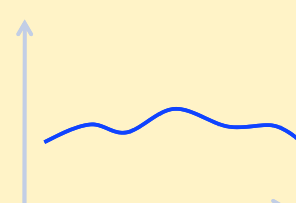


④シミュレートした  
地形縞断面図

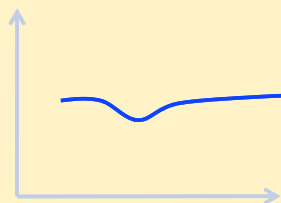
結果



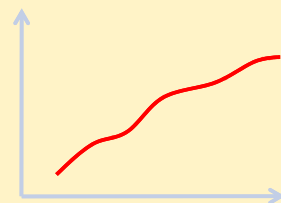
⑤DInSAR断面 (変動なし)



⑥DInSAR断面 (地形縞残存)



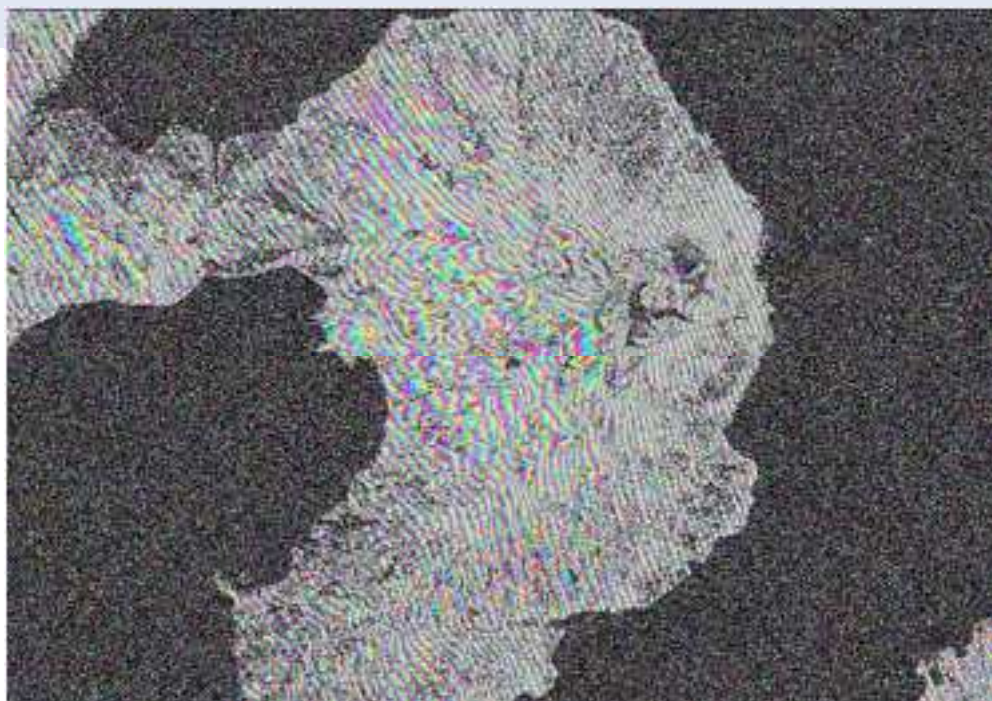
⑦DInSAR断面 (変動あり)



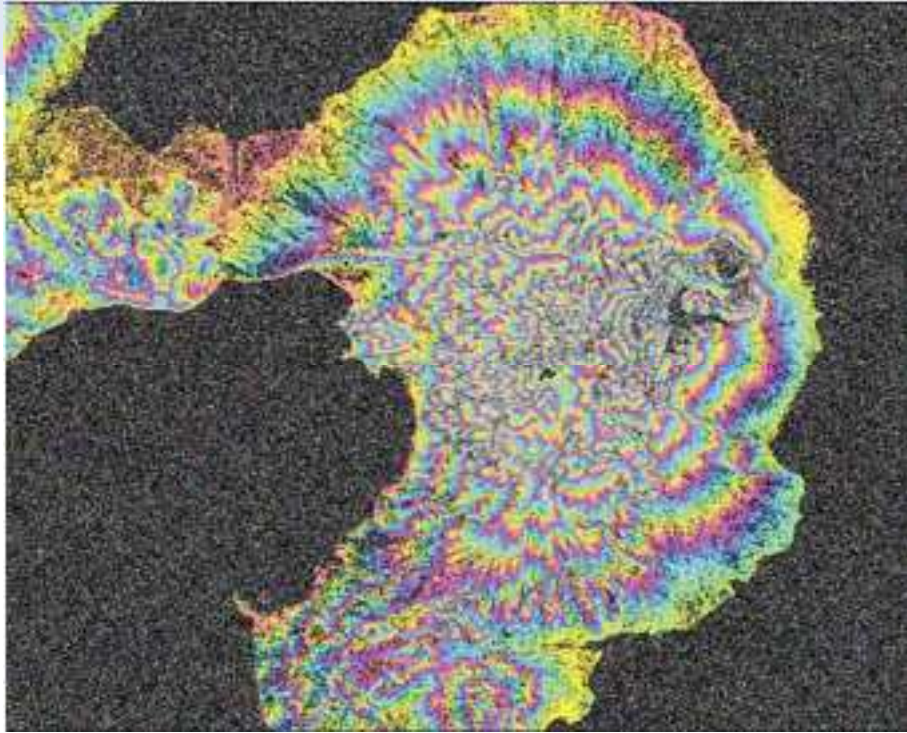
⑧DInSAR断面 (軌道推定失敗)

## 雲仙普賢岳への適用

～JERS-1データを用いた火山変動の抽出～

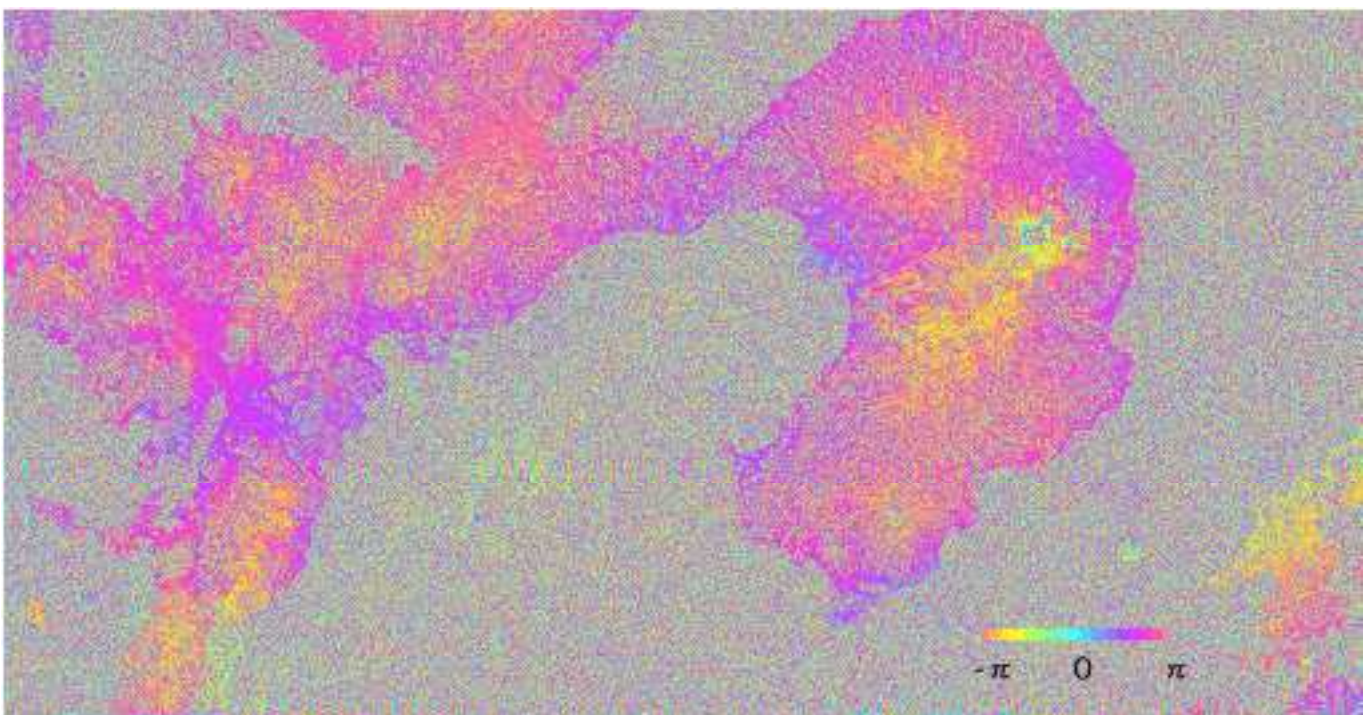


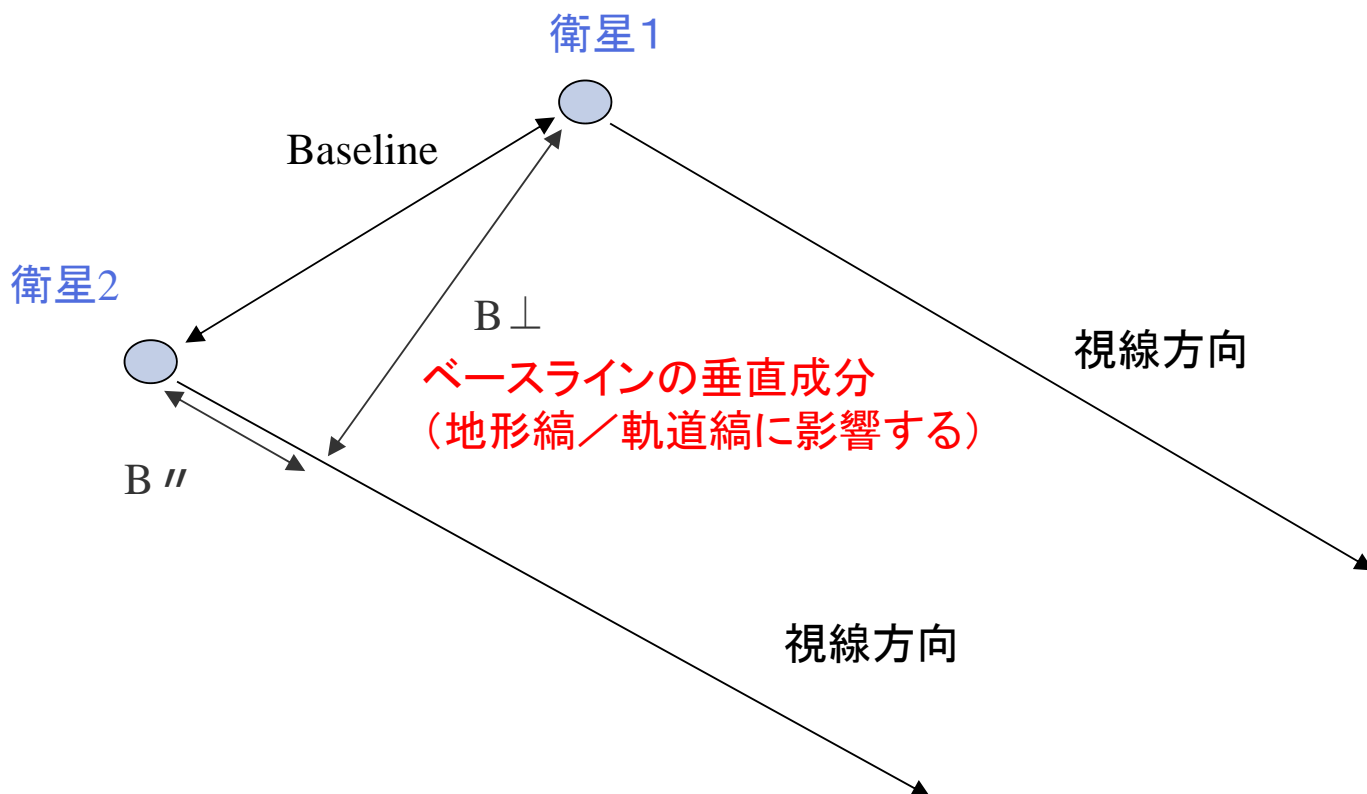
初期干渉画像(島原半島)  
921214-930127



干渉画像(島原半島)  
921214-930127

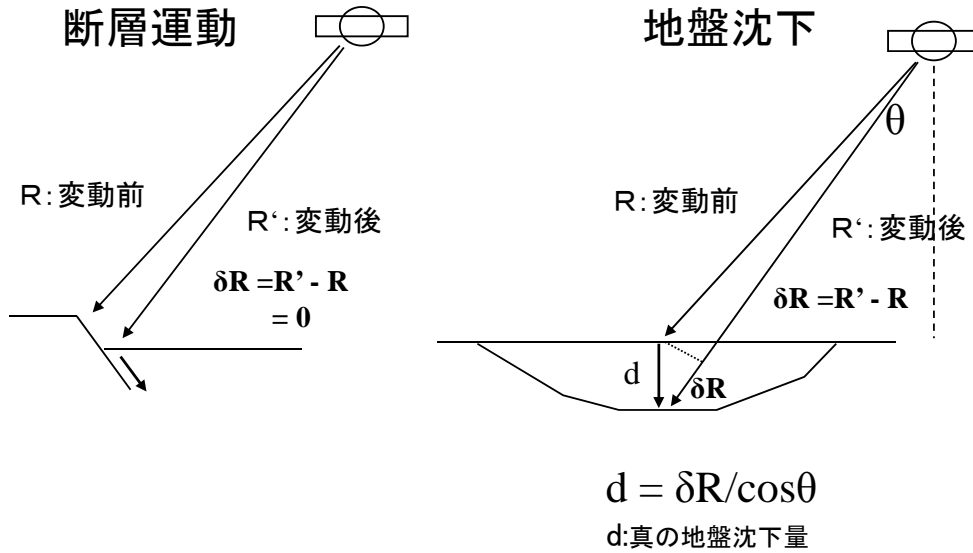
## 火山変動の抽出 [雲仙普賢岳(1992.12—1993.1)]



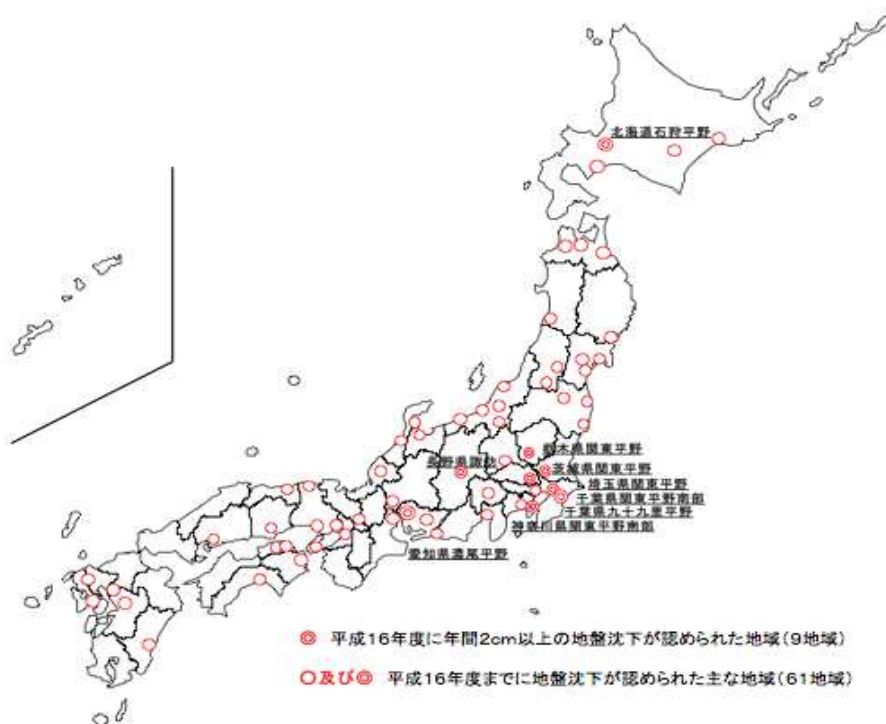


## 千葉県房総半島における 地盤沈下の検出

～年数cmの変化を捉えることは可能か？～



## 平成16年度 地盤沈下分布



引用: 環境省ホームページ (<http://www.env.go.jp/>)

順位	沈下量 (cm)	地域名	市町村名
1	4.7	埼玉県関東平野	(越谷市)
1	4.7	神奈川県関東平野南部	(横浜市)
3	3.4	千葉県九十九里平野	(東金市)
4	3.1	茨城県関東平野	(猿島郡境町)
5	3.0	長野県諏訪	(諏訪市)
6	2.6	千葉県関東平野南部	(八街市)
7	2.2	北海道石狩平野	(札幌市)
8	2.1	栃木県関東平野	(下都賀郡野木町)
8	2.1	愛知県濃尾平野	(海部郡弥富町)

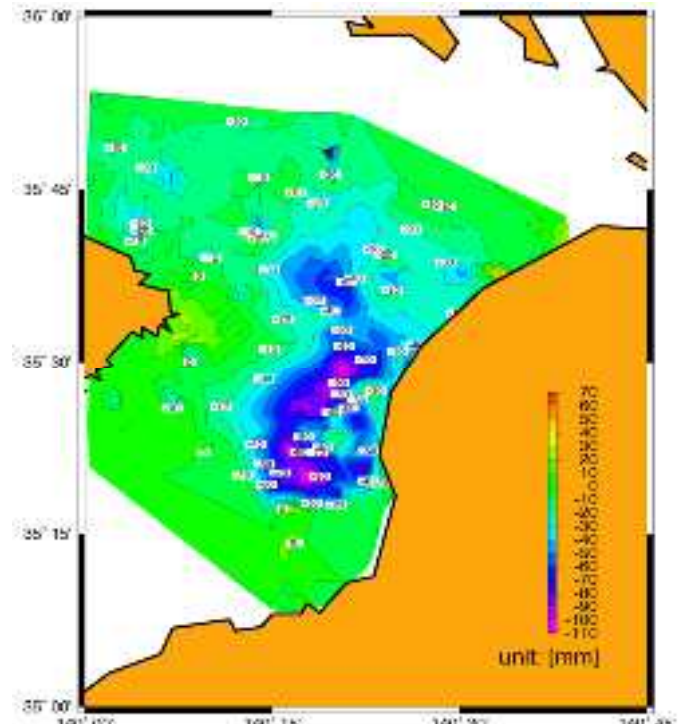
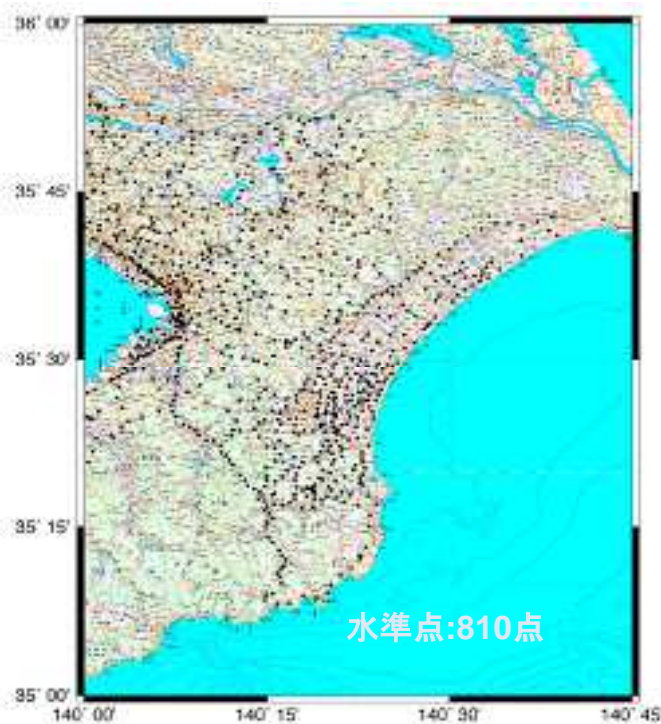
(注1) 沈下量は、各地域内の最大沈下量を示す  
 (注2) 市町村名は最大沈下量が確認された市町村

地域名	面積 (km <sup>2</sup> )
千葉県九十九里平野	90
千葉県関東平野南部	60
茨城県関東平野	17
埼玉県関東平野	9
合計	176

(注) 沈下面積が1 km<sup>2</sup>以上の地域 (平成15年度は合計3 km<sup>2</sup>)

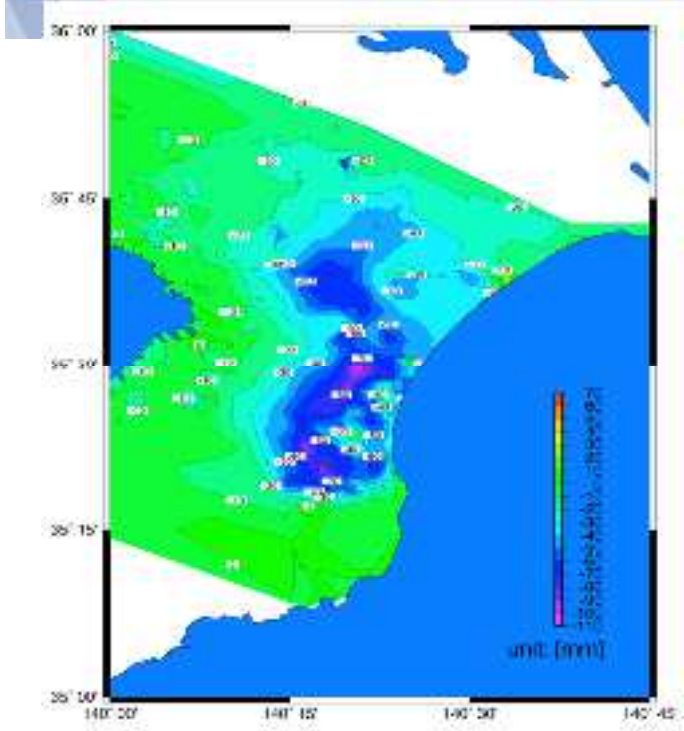
引用: 環境省ホームページ (<http://www.env.go.jp/>)

## 水準測量データ分布

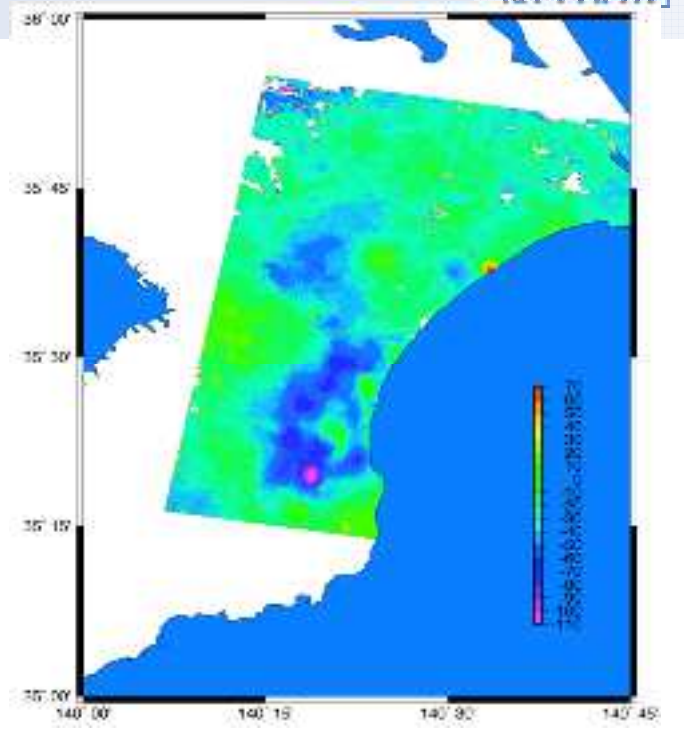


出典: 千葉県水準測量成果表  
 (毎年千葉県が発行)

期間:1993.1.1-1998.1.1

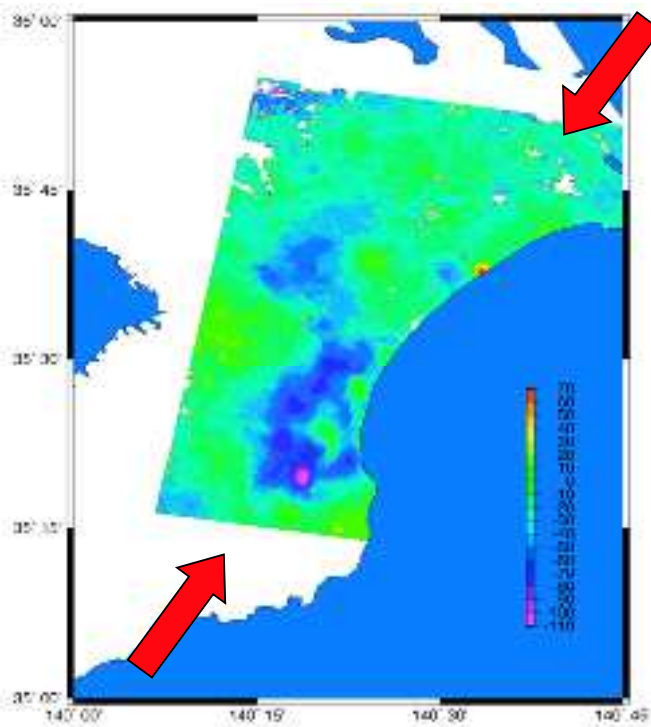


水準測量による地盤変動マップ  
 期間1995. 1. 1-1998. 1. 1

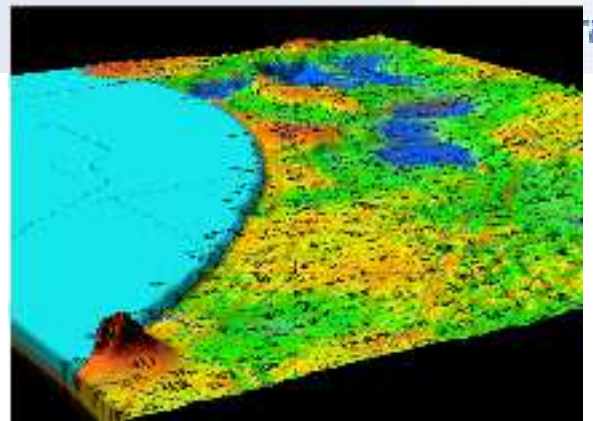


差分干渉SAR画像による地盤変動マップ  
 期間1995. 1. 27-1998. 3. 16  
 29

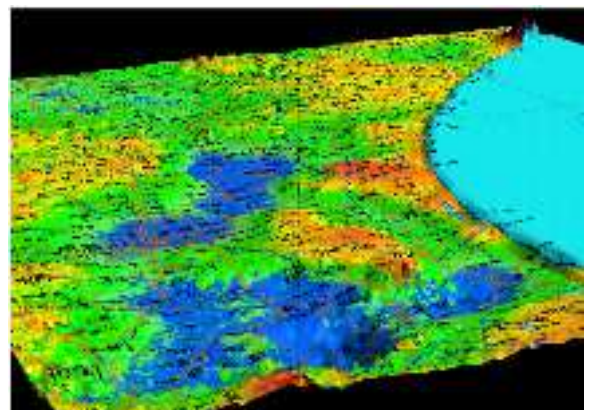
### 地盤沈下鳥瞰図



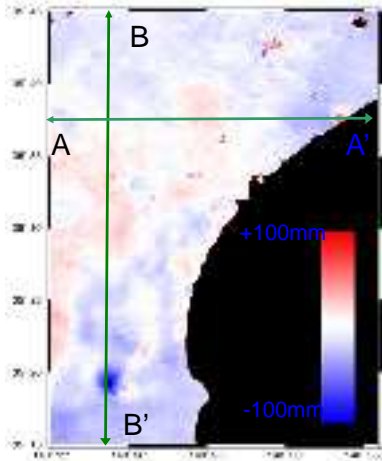
差分干渉SAR画像による地盤変動マップ  
 期間1995. 1. 27-1998. 3. 16



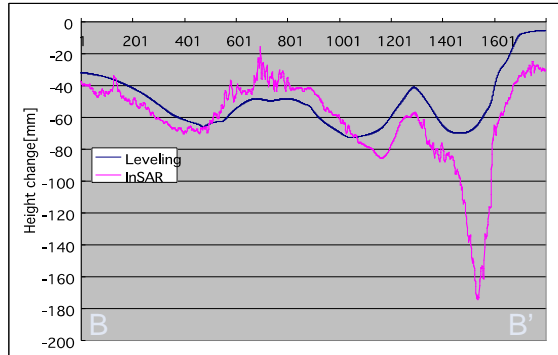
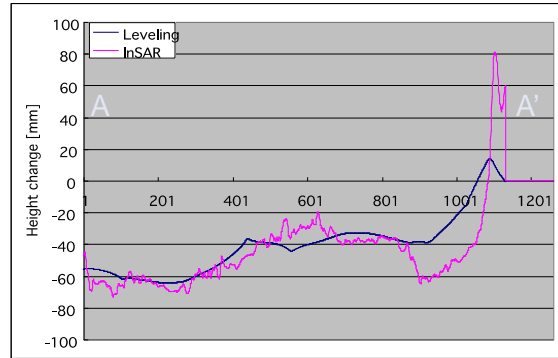
北東からみた千葉県の地盤変動鳥瞰図



南西からみた千葉県の地盤変動鳥瞰図



Method of Measurement	Density of Measurements
Leveling	1 point / km <sup>2</sup>
InSAR	1111 points/km <sup>2</sup> (Resolution 30m)



Leveling does not capture peaks of height change

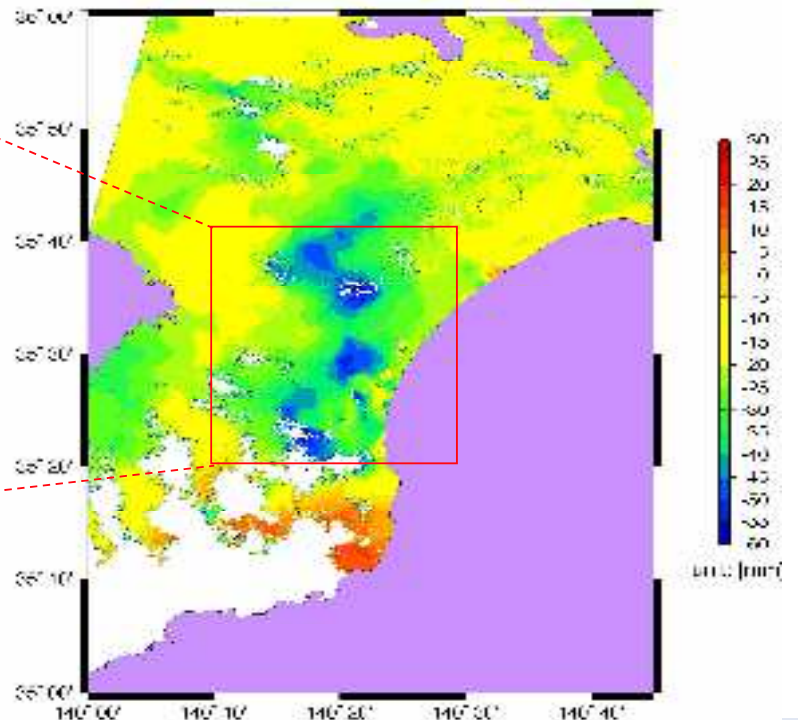
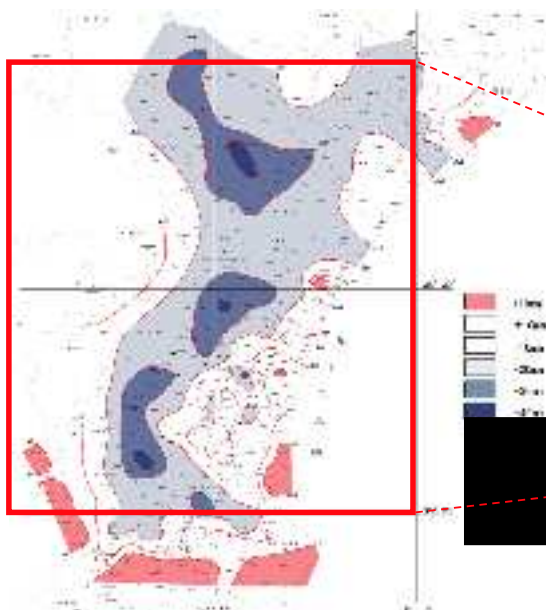
## 差分干渉画像 (ERS-2)

### 地盤沈下マップ

(2002年1月1日～2003年1月1日)

### Chiba Displacement Map by InSAR

(SAR DATA: 20020213 20040114)

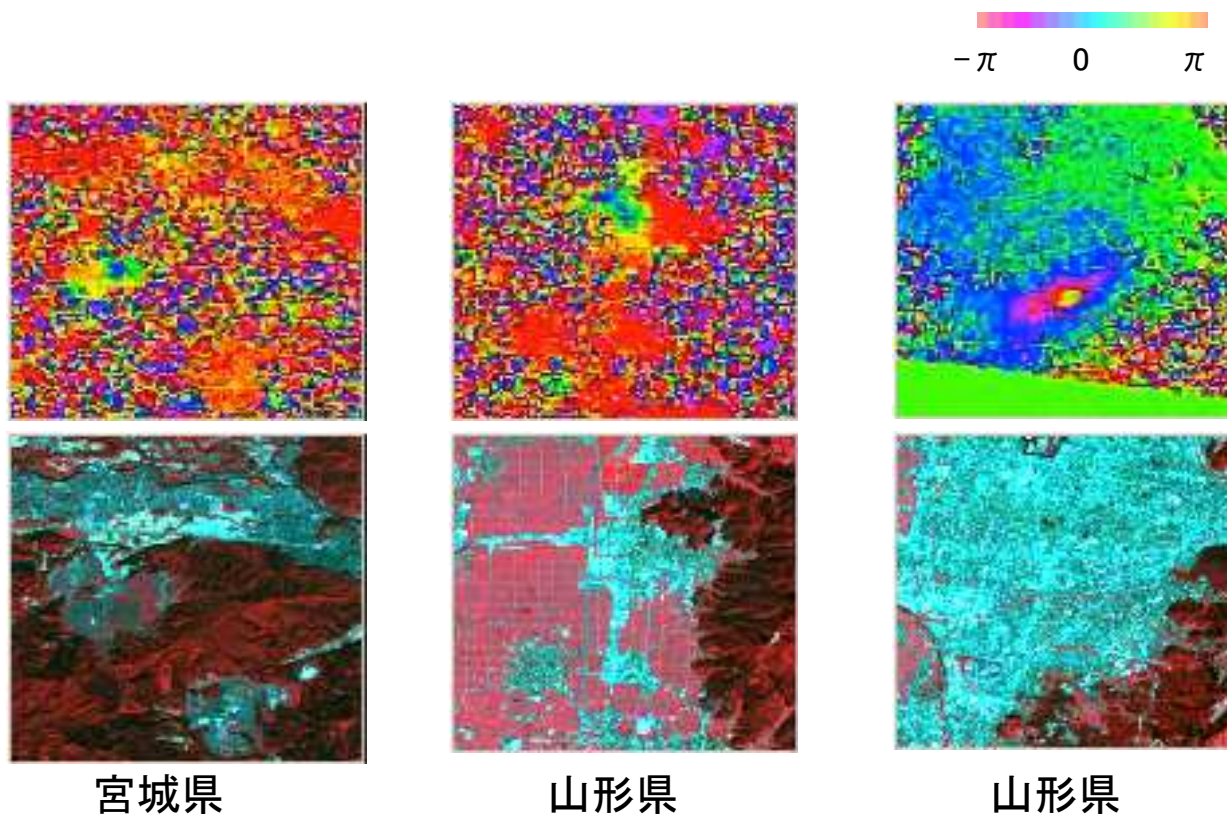




## 東北地方の地盤沈下事例

### ～地盤沈下と地方自治体の対応～

## 地盤沈下への適用事例(宮城県、山形県)



## 地盤沈下に対する地方自治体の対応

	地盤沈下把握	地盤沈下要因	備考
例1	有名な地盤沈下地域に対する経年変化を水準測量によって観測している。	農業用水汲み上げ	それ以外の地盤沈下に対して対応する予算がない。
例2	井戸水の水位観測データがあるのみでどこで地盤沈下が発生しているか把握していない。	生活用水汲み上げ 融雪装置	住民は、地盤沈下の原因およびどこで発生しているかについては把握している。
例3	毎年水準測量を行っており、水準点も必要に応じて増やす計画もある。	融雪装置	効率の良い水準測量を実施できるならば興味がある。

## まとめ

- ・以前は、SARデータやソフトが高額で、InSARを始めることは、非常に困難であった。しかし、現在では、フリーのソフト (GMTSAR) がソースコード付きで入手可能である。
- ・センサーの精度向上や軌道制御により干渉可能なデータの割合が向上した。
- ・最近では、複数のInSARデータから時系列解析をして精度を向上させる手法も出て来ており、点の変動解析が可能となっている。

InSARを使ってみませんか？



ご清聴ありがとうございます  
株式会社NTT データ CCS