

GPSを用いた水蒸気擾乱指数 の作成と干渉SARへの応用



国土地理院

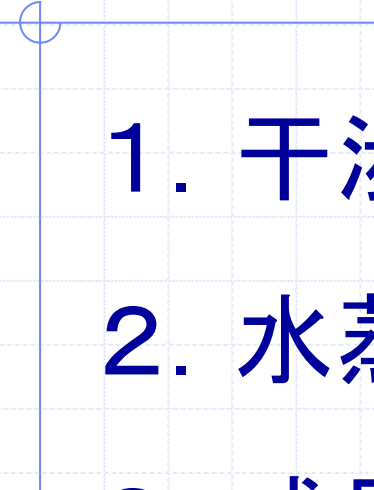
○雨貝 知美 高島 和宏

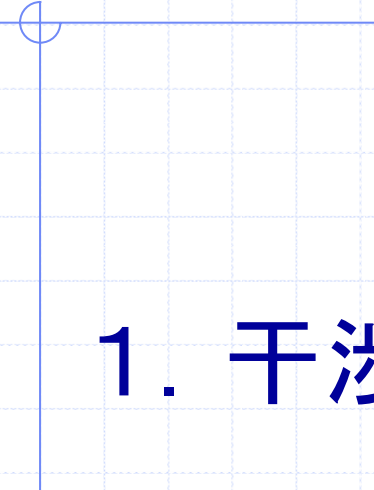
松坂 茂 藤原 智

国土交通大学校

仲井 博之

人工衛星イラスト提供: JAXA

- 
1. 干渉SARに及ぼす水蒸気の影響
 2. 水蒸気擾乱指数の作成手法
 3. 成果検証
 4. 今後の課題

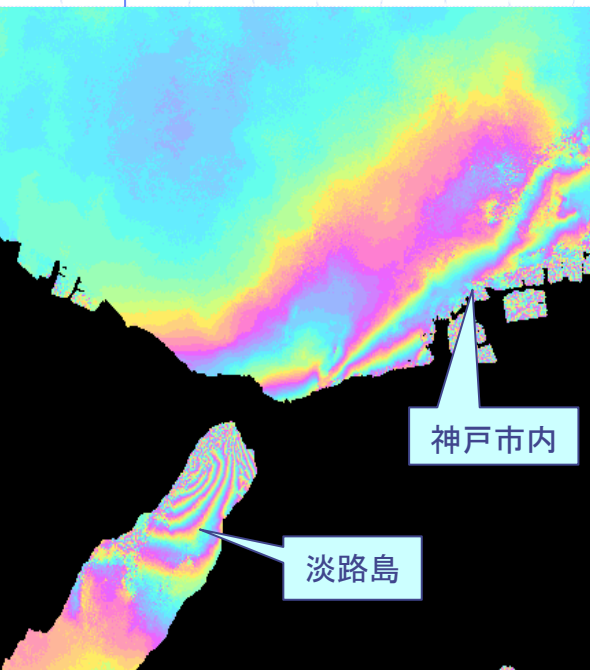


1. 干渉SARに及ぼす水蒸気の影響

JERS-1(ふよう1号)の成果より

地震

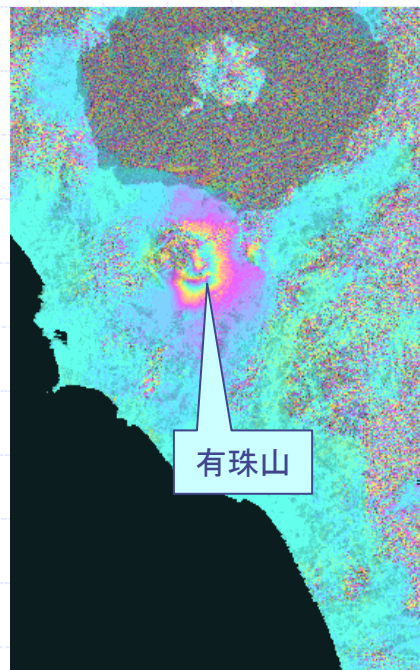
見えない断層運動の把握



1995年兵庫県南部地震

火山

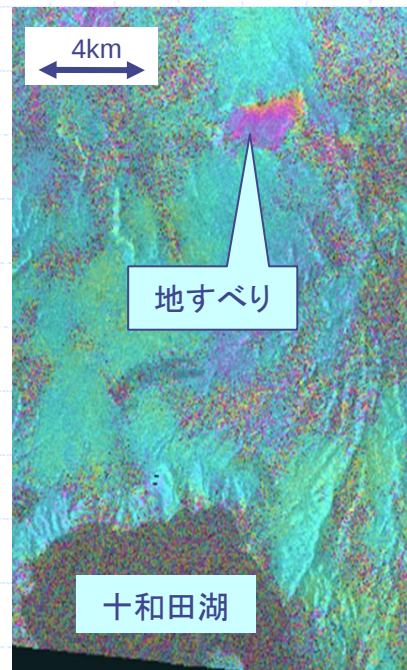
地下のマグマ活動の監視



噴火後のマグマの収縮

地すべり

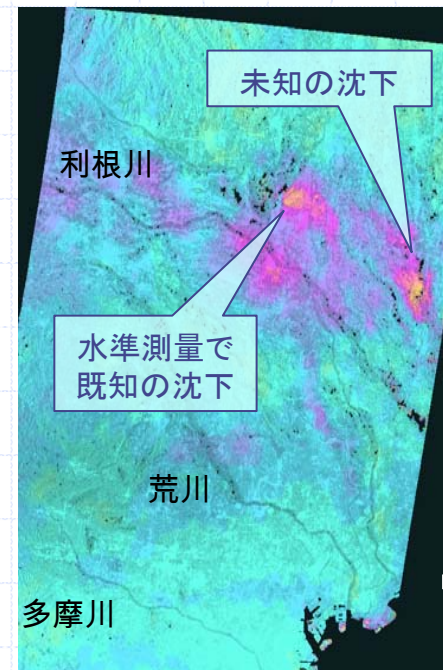
わずかな動きも見逃さない



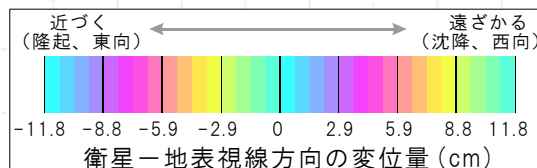
大規模地すべりの発見

地盤沈下

地盤沈下を見逃さない



水準測量で見つからない地盤沈下の検出

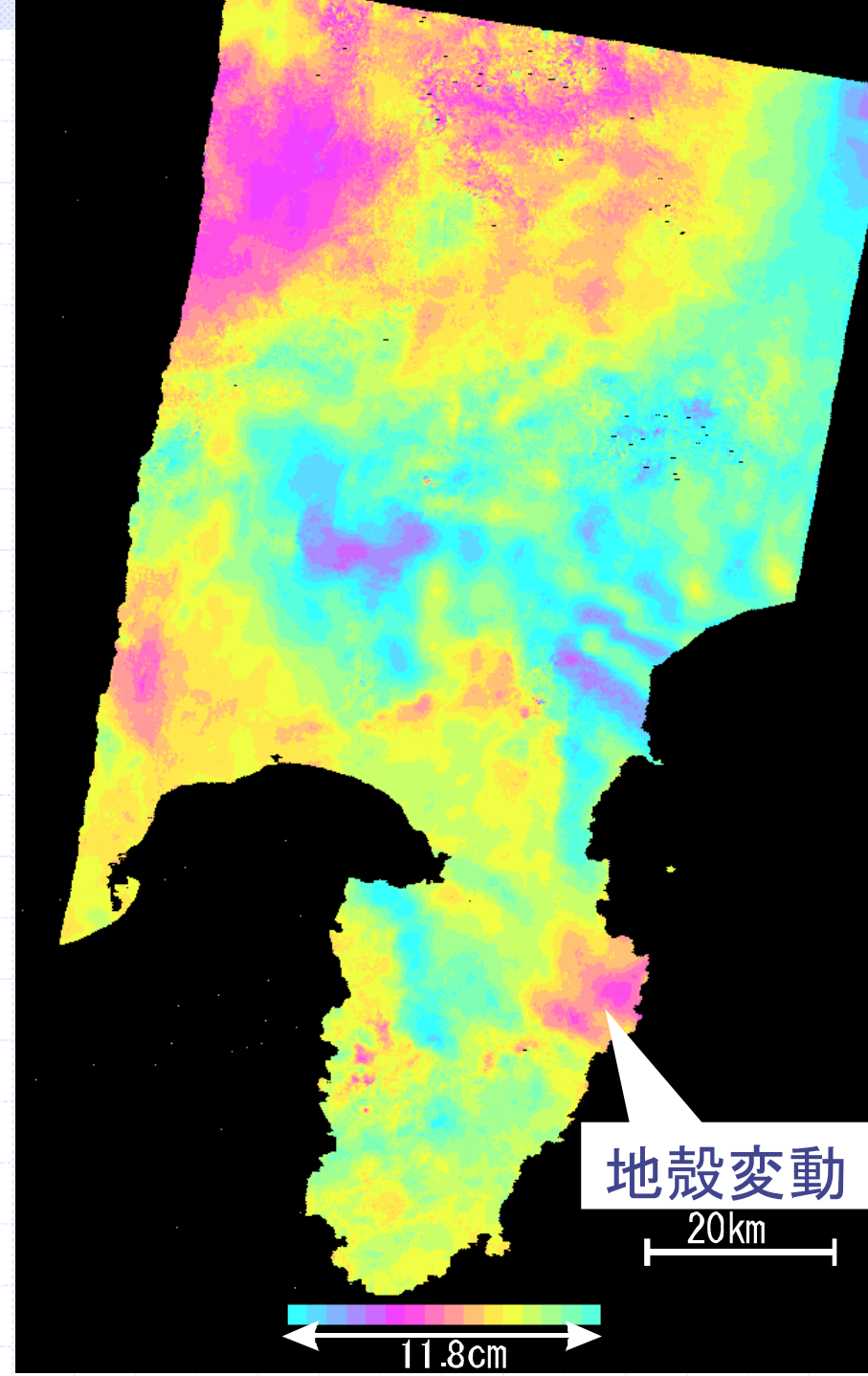


大気遅延による擾乱

この干渉SAR図では、ほとんどの「模様」が大気遅延の影響によるもの

本物の地殻変動はどれ？

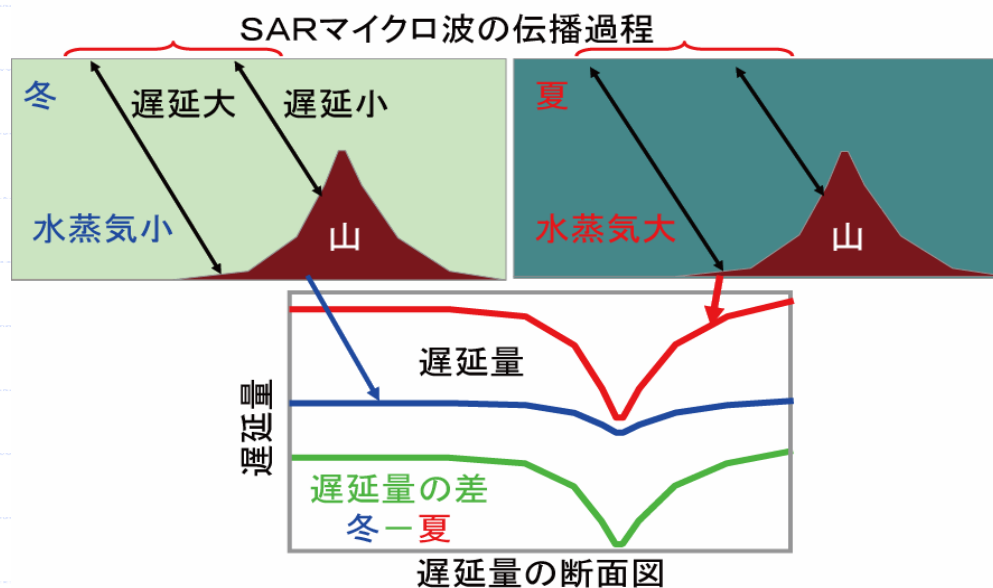
1993年8月～1993年11月 JERS-1



干渉SARにおける水蒸気の影響は、遅延の絶対量ではなく、**空間分布の不均一**が問題！！

◆ 鉛直方向の分布の不均一

→ 地形と相関あり(大気一標高効果)



◆ 水平方向の分布の不均一

→ 気象条件によってランダムに現れる

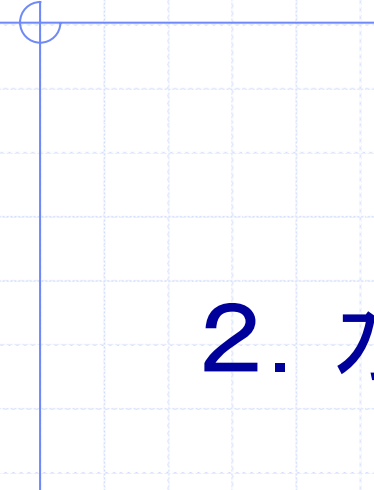
◆ 大気一標高効果は補正可能だが、局所的な象条件のため補正係数が場所毎に異なり、補正しきれないことがある。(藤原ほか(1999))

→ 定量的な見積もりが求められる

◆ GPSデータから得られる天頂遅延量の分布と干渉SAR画像との比較では、空間スケールの違いにより、相関が得られない。(中川(2000))

→ 現状では、定量的な見積もりは難しい

定量的な見積もりではなく、SARデータに含まれる水蒸気の影響の程度を予め把握することを目的とする。 → 水蒸気擾乱指数の作成



2. 水蒸気擾乱指数の作成手法

作成手順

- (1) テスト地域の選定
- (2) GPS解析による天頂湿潤遅延量の推定
- (3) 空間的標準偏差の算出
- (4) 水蒸気擾乱指数の作成

(1) テスト地域の選定

- ◆ JERS-1の運用期間(1992年～1998年)に
GEONET観測局の空間密度が高い
- ◆ 干渉SARにおいて干渉度が高い
- ◆ 地殻変動が少ない

→ **関東周辺** をテスト地域に選定

(2) GPS解析による天頂湿潤遅延量の推定

◆ 観測点

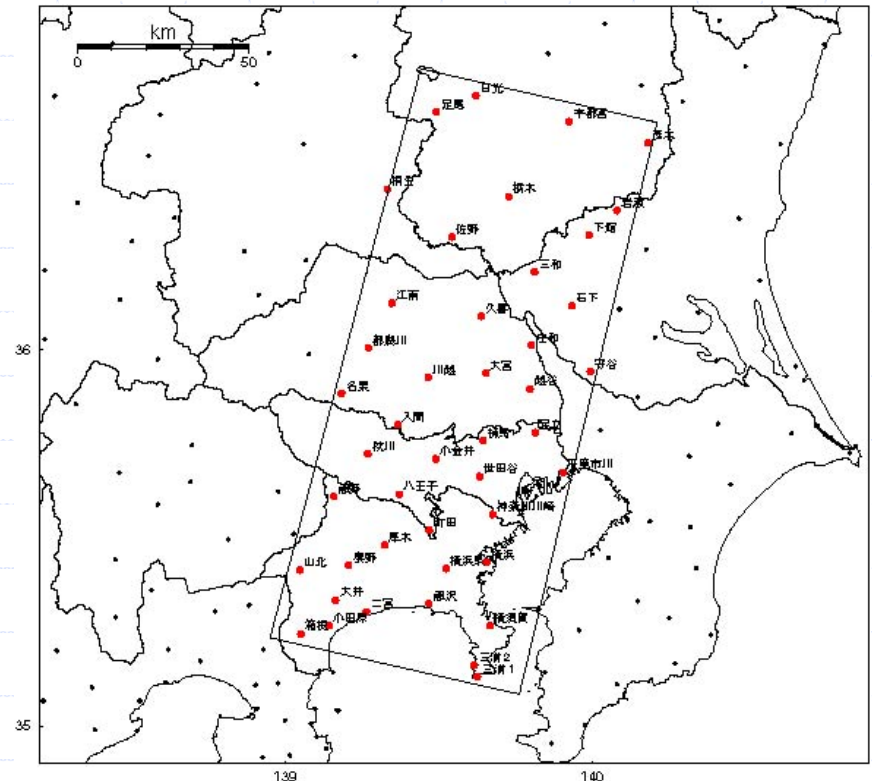
GEONET観測局44点

◆ 観測期間

1998年1月1日
～12月31日

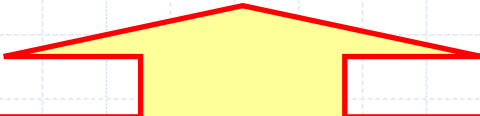
◆ 解析ソフト

GIPSY-OASIS II
→ 5分毎の推定が可能



(3) 空間的標準偏差の算出

(2)で求めた天頂湿潤遅延量から、
各エポックにおける標準偏差を算出する



水平方向の空間的なばらつき

使用データ数

$\{(24\text{時間} \times 60\text{分}) / 5\text{分}\} \times 365\text{日} = \underline{105,120\text{個}}$

(うち、59個は解析不備のため、実際は105,061個)

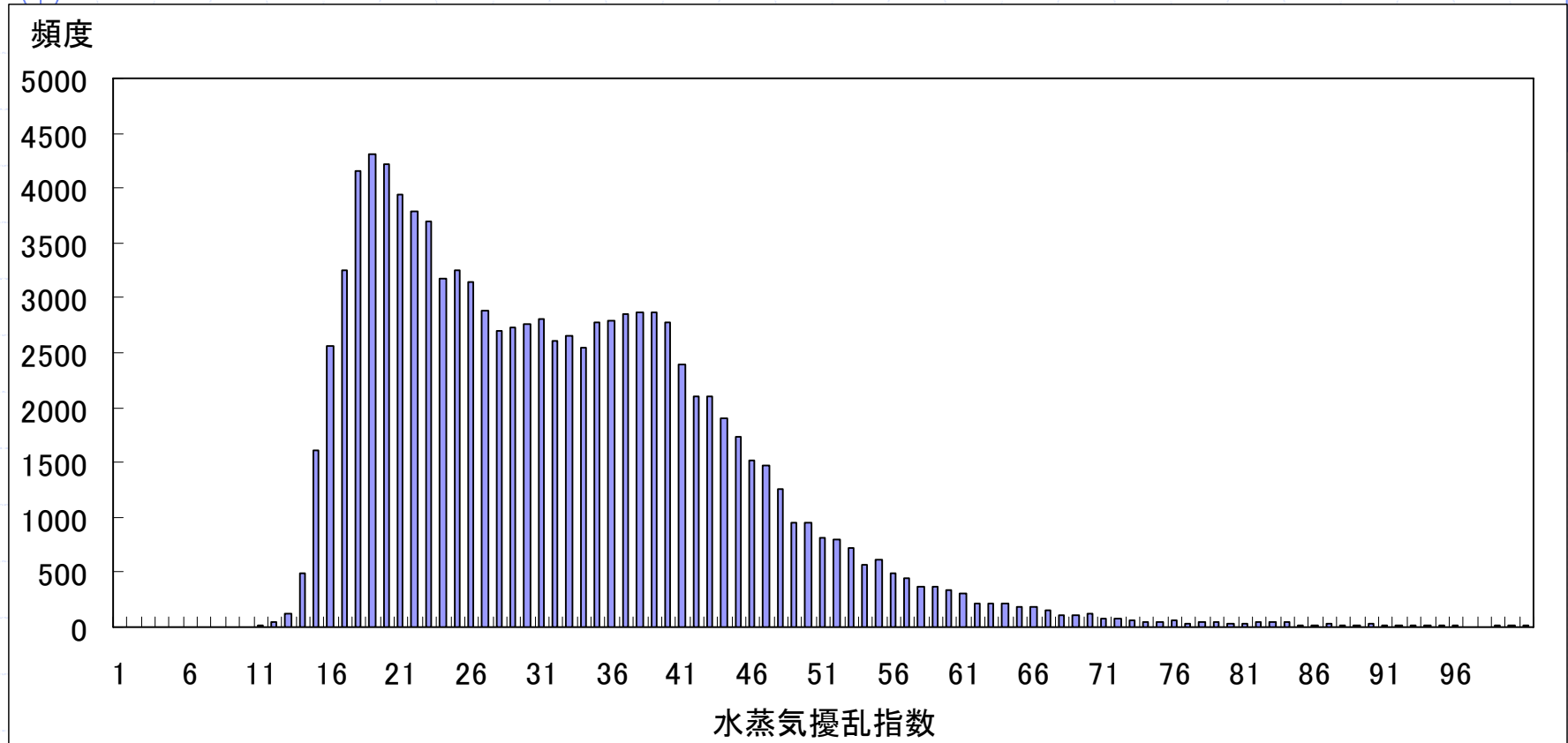
(2)と(3)を詳しく...

- ① GEONET点44点における天頂湿潤遅延量を、GIPSYで5分毎に推定
- ② 1エポック(1日で288エポック)毎に44点の遅延量の平面的なばらつき(標準偏差)を算出
↑ テスト地域内においてどれだけばらついているか
- ③ ①～②の作業を365日分行う(1998年の1年間)
- ④ ①～③で得られた105,061エポック分の標準偏差(最大値:5.85, 最小値:0.53)を、データ区間が100になるように分類

(4) 水蒸気擾乱指数の作成

データ区間	標準偏差		水蒸気擾乱指数
1	0.000～0.056	→	1
2	0.057～0.112	→	2
・	・		・
・	・		・
・	・		・
・	・		・
100	5.545～	→	100

1998年における 各水蒸気擾乱指数の発生頻度





3. 成果検証

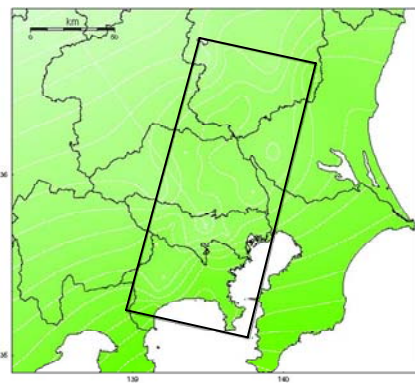
検証に用いた干渉SAR画像情報

No.	観測日		水蒸気擾乱指数	
	マスター	スレーブ	マスター	スレーブ
1	1998/03/18	1998/06/14	17	43
2	1998/02/02	1998/03/18	17	17
3	1998/02/02	1998/06/14	17	43
4	1997/12/20	1998/02/02	24	17
5	1997/12/20	1998/06/14	24	43
6	1997/12/20	1998/03/18	24	17
7	1996/07/10	1998/06/14	42	43
8	1996/07/10	1998/03/18	42	17
9	1996/04/13	1998/06/14	23	43
10	1998/05/01	1998/07/28	26	40
11	1996/04/13	1998/03/18	23	17

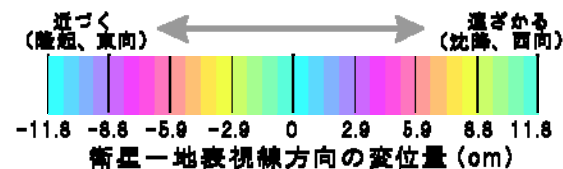
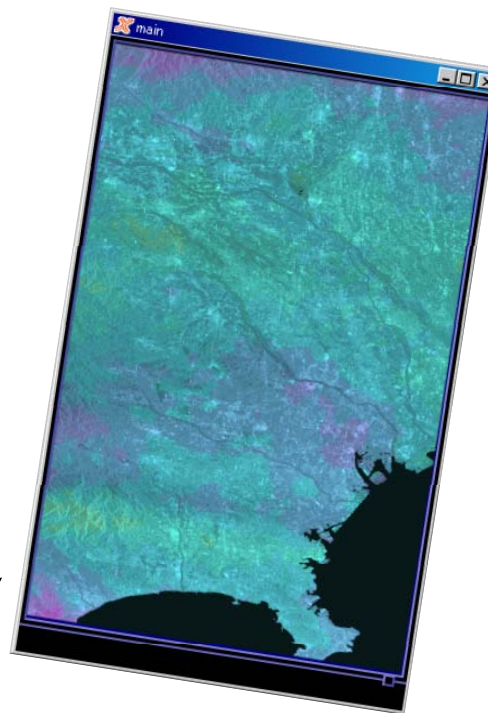
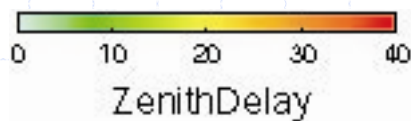
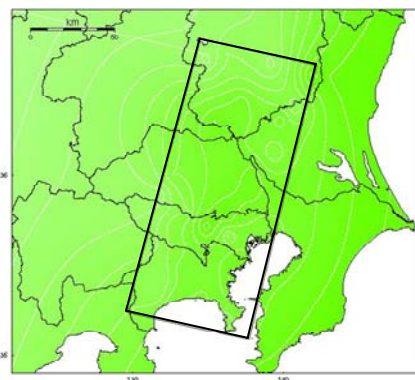
位相差のムラが小さい干渉SAR画像

No.6

マスター	解析日	水蒸気擾乱指数
	1997/12/20	24



スレーブ	解析日	水蒸気擾乱指数
	1998/03/18	17



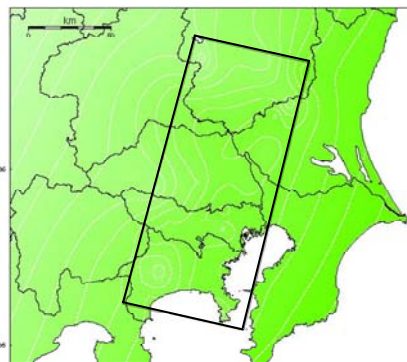
<干渉SAR画像出典>

国土地理院 飛田幹男氏

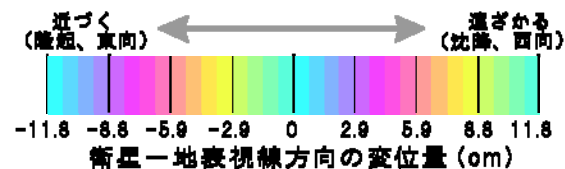
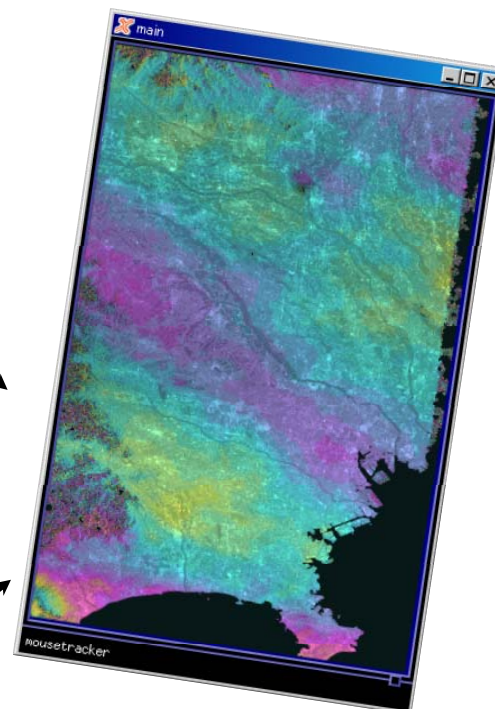
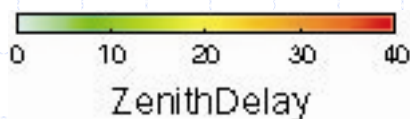
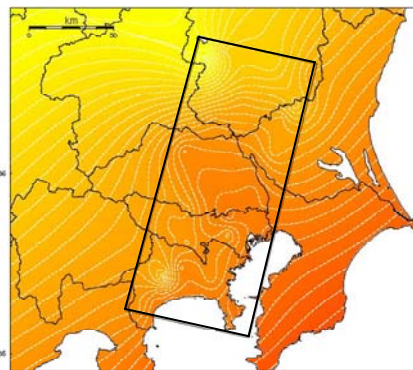
位相差のムラが大きい干渉SAR画像

No.3

マスター	解析日	水蒸気擾乱指数
	1998/02/02	17



スレーブ	解析日	水蒸気擾乱指数
	1998/06/14	43



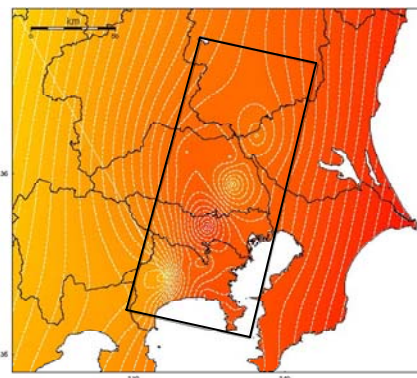
<干渉SAR画像出典>

国土地理院 飛田幹男氏

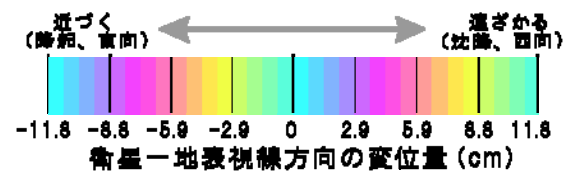
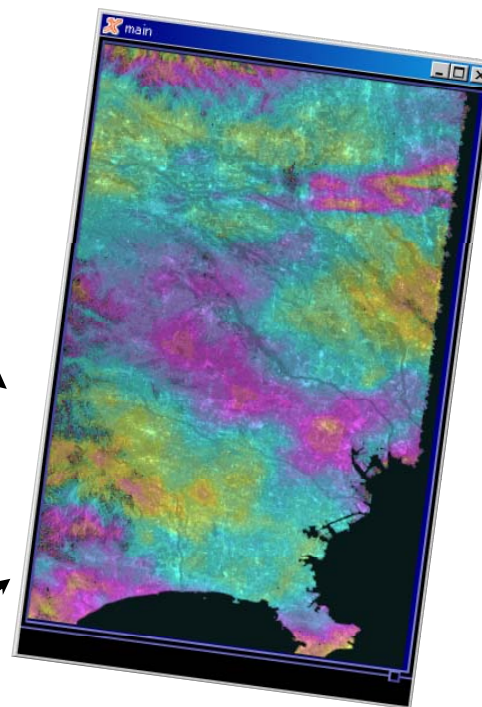
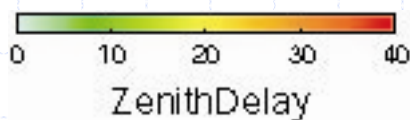
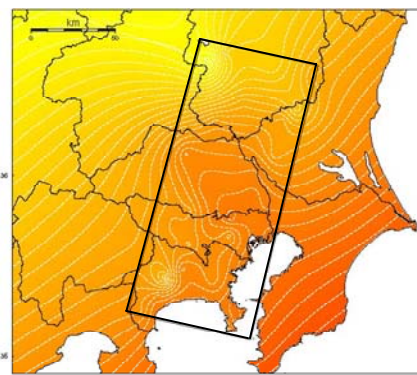
位相差のムラが非常に大きい干渉SAR画像

No.7

マスター	解析日	水蒸気擾乱指数
	1996/07/10	42



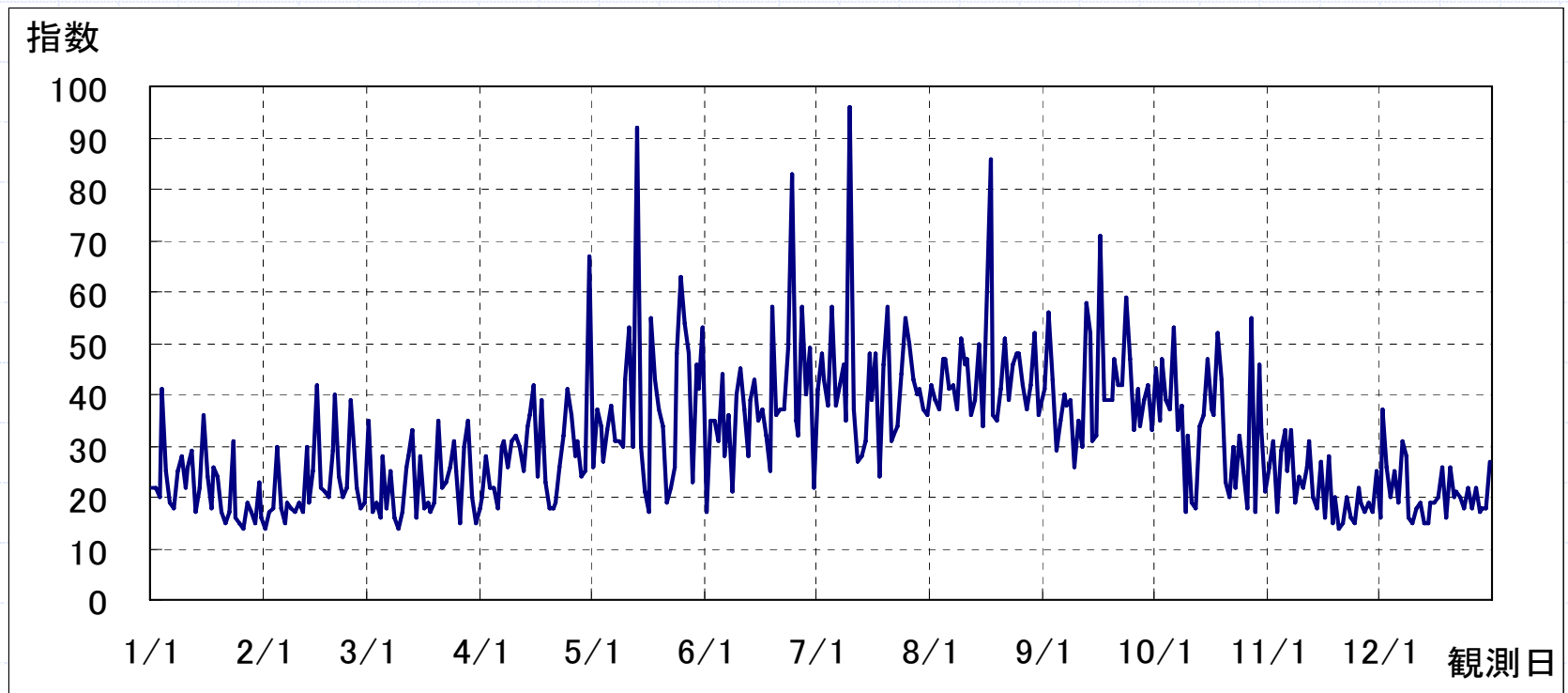
スレーブ	解析日	水蒸気擾乱指数
	1998/06/14	43



<干渉SAR画像出典>

国土地理院 飛田幹男氏

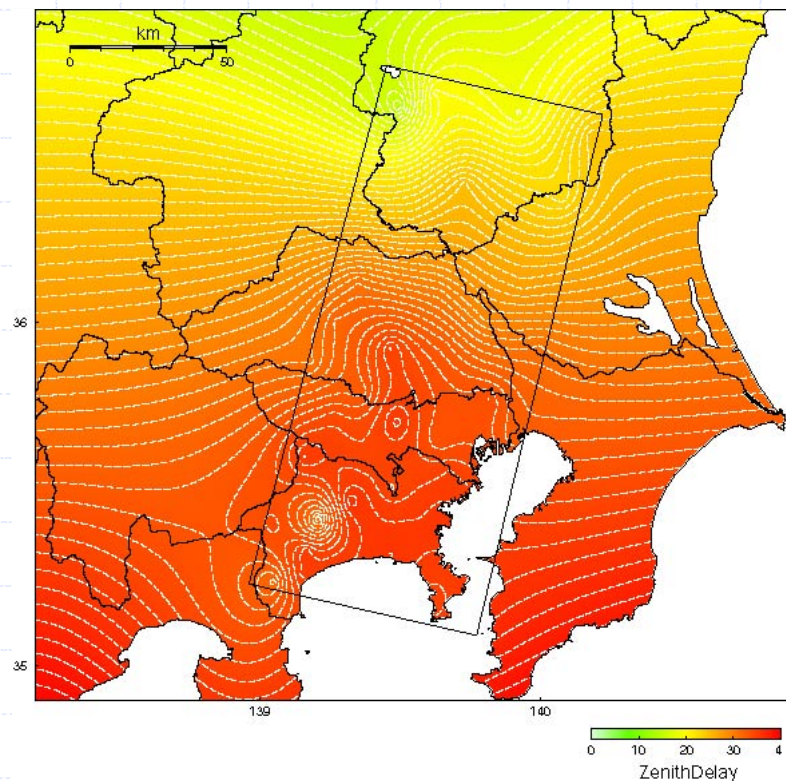
マスター・スレーブのいずれかでも水蒸気
擾乱指数が40を超えている場合、干渉
SAR画像における水蒸気擾乱によるムラ
が大きい



40を超える日は意外と多い.....

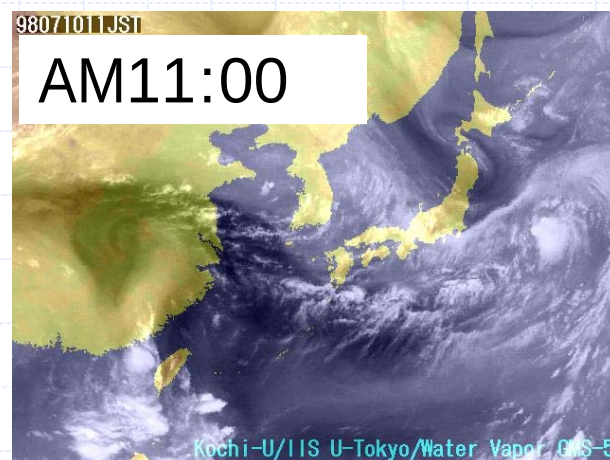
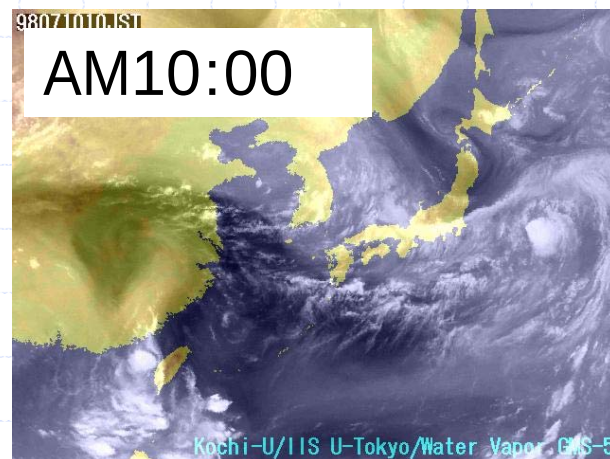
水蒸気擾乱指数が96では？

1998年7月10日の場合



AM10:30(JST)における天頂遅延量分布

気象衛星(ひまわり)の水蒸気画像



<ひまわり画像> 高知大学気象情報頁より引用

検証結果のまとめ

- ◆ 水蒸気擾乱指数が大きいSARデータを1つでも用いると、干渉SAR画像に水蒸気の影響が大きく現れる可能性が高い
- ◆ 水蒸気の影響が大きく現れる目安として、水蒸気擾乱指数が40より大きいことが挙げられる
- ◆ 水蒸気擾乱指数が40を超える日は、1998年では86日あった

4. 今後の課題

- ◆ 今回用いたテスト地域（関東周辺）と時期（1998年）以外のサンプルデータを追加して、より確かな水蒸気擾乱指数を作成する
- ◆ より多くの干渉SAR画像での比較検証を実施
- ◆ 水蒸気擾乱の影響について、定量的に見積もる手法を研究
 - GPSデータによるトモグラフィ手法が有効か

引用文献:

藤原智, 飛田幹男, 村上亮, 中川弘之, Paul A.Rosen(1999): 干渉SARにおける地表変動検出精度向上のための基線値推定法と大気一標高補正, 測地学会誌, 第45巻, 第4号, 315-325.

中川弘之(2000): GPS水蒸気情報システムの開発と運用－SARへの応用－, GPS水蒸気情報システムの構築と気象学・測地学・水文学への応用に関する研究(第I期 平成9年～11年度)成果報告書, 335-346, 科学技術庁研究開発局.

ご静聴ありがとうございました

国土地理院 干渉SARホームページ
<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar>