

平成20年度東京大学地震研究所共同利用
研究集会「SAR・赤外センサによる地震・火山・地盤変動の監視・解析」(2008-W-02)

ENVISAT/ASARの干渉SARによる関東平野の
地盤沈下計測

Measurement of land subsidence around Kanto Plains
by InSAR using ENVISAR/ASAR data

2008年9月16-17日

出口 知敬*, 六川 修一, 松島 潤

Tomonori Deguchi*, Shuichi Rokugawa, Jun Matsushima
t_degu@nifty.com

東京大学大学院工学系研究科
The University of Tokyo, Japan

本研究は、**東京大学と天然ガス鉱業会京葉天然ガス協議会環境委員会との産学連携共同研究「地圏開発における持続可能性の考え方の構築と地域環境問題への対応技術の開発」**の一環として行った研究成果の一部であります。水準測量データは**千葉県のウェブサイト**からダウンロードしたものを、**千葉県環境生活部水質保全課**の了承の下に使用させて頂きました。水準測量データをまとめるに当たっては、**関東天然瓦斯開発株式会社**の**村井大助氏**の協力を仰ぎました。ここに記して、感謝の意を申し上げます。

ENVISAT/ASAR@ESA

ASTER@METI & NASA

SRTM@NASA/JPL

<ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/>

水準測量データ@千葉県

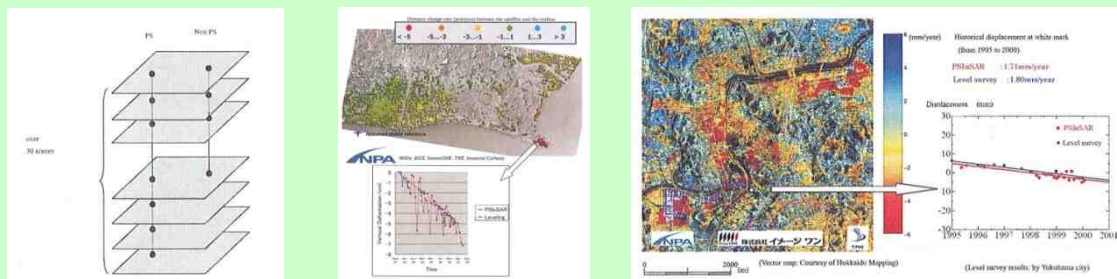
http://www.pref.chiba.jp/syozoku/e_suiho/4_tisitu/sokuryo/seika/seikahyou.html

1. 時系列解析の概要
2. ENVISAT/ASARの干渉SAR(関東平野)へ適用
3. 水準測量データとの比較検証
4. まとめ

時系列解析の概要

➤ PSInSAR (Permanent Scatterers InSAR)

A. Ferretti et al. (2000) and A. Ferretti et al. (2001)



葛岡ほか(2004)より

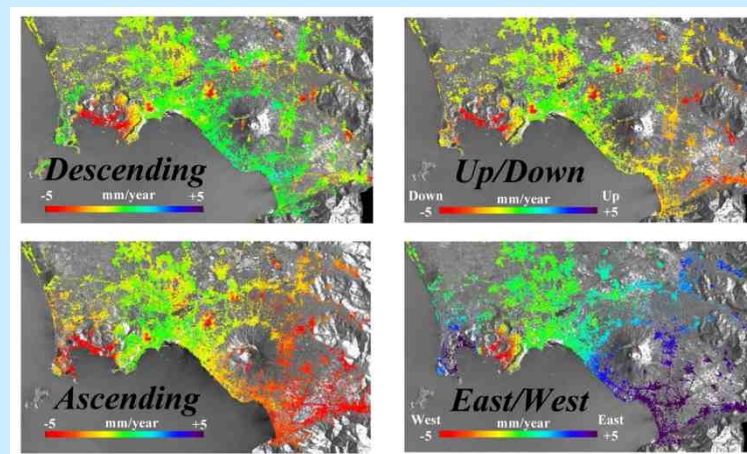
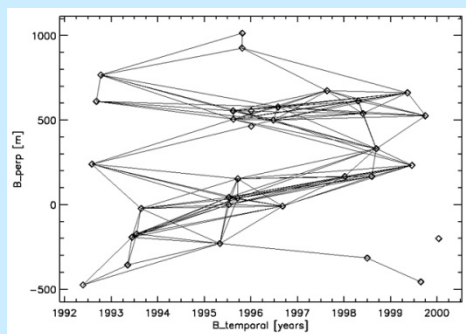
A. Ferretti et al. (2002) : *Nonlinear Subsidence Rate Estimation Using Permanent Scatterers in Differential SAR Interferometry*, *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, vol. 38, No. 5.

A. Ferretti et al. (2001) : *Permanent Scatterers in SAR interferometry*, *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, vol. 39, No. 1.

S. Kuzuoka et al. (2002) : *Disaster monitoring from space*, *BUTSURI-TANSA*, vol. 55, No. 6 (in Japanese).

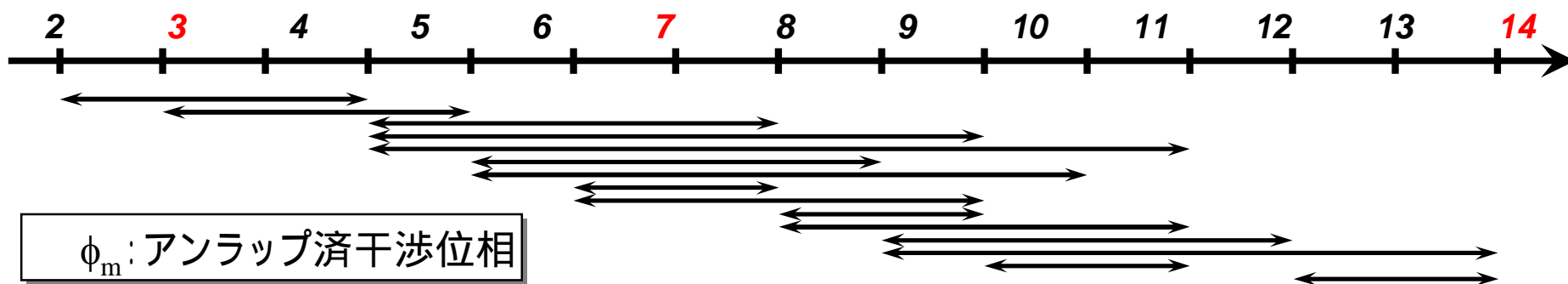
➤ SBAS (Small BAseline Subset)

P. Berardino et al. (2002)



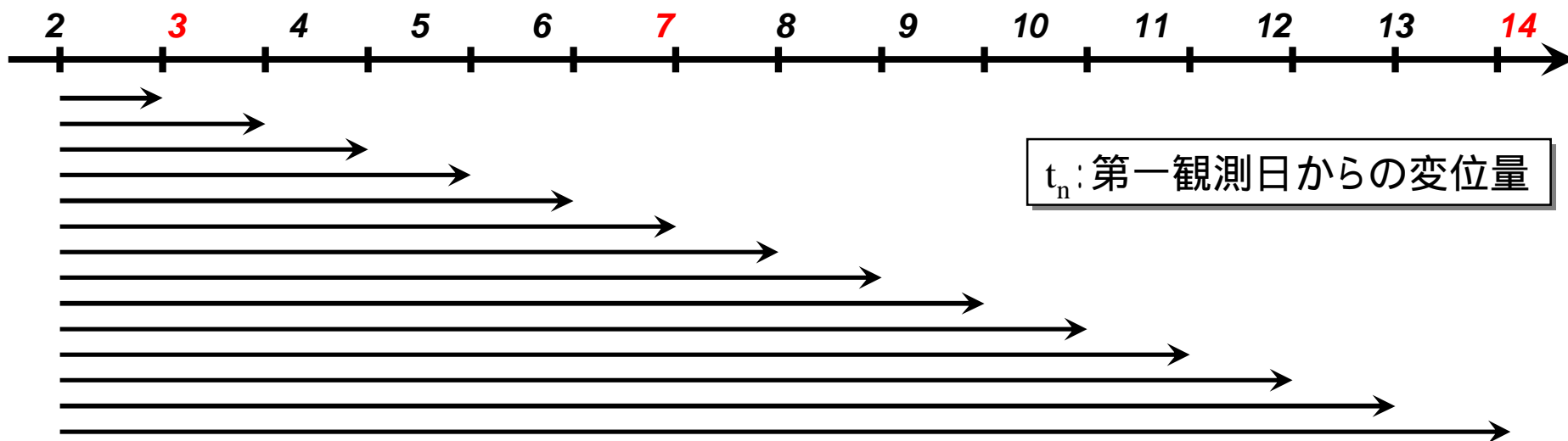
P. Berardino et al. (2002) : *A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential interferogram*, *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, vol. 40, No. 4.

時系列解析の概要



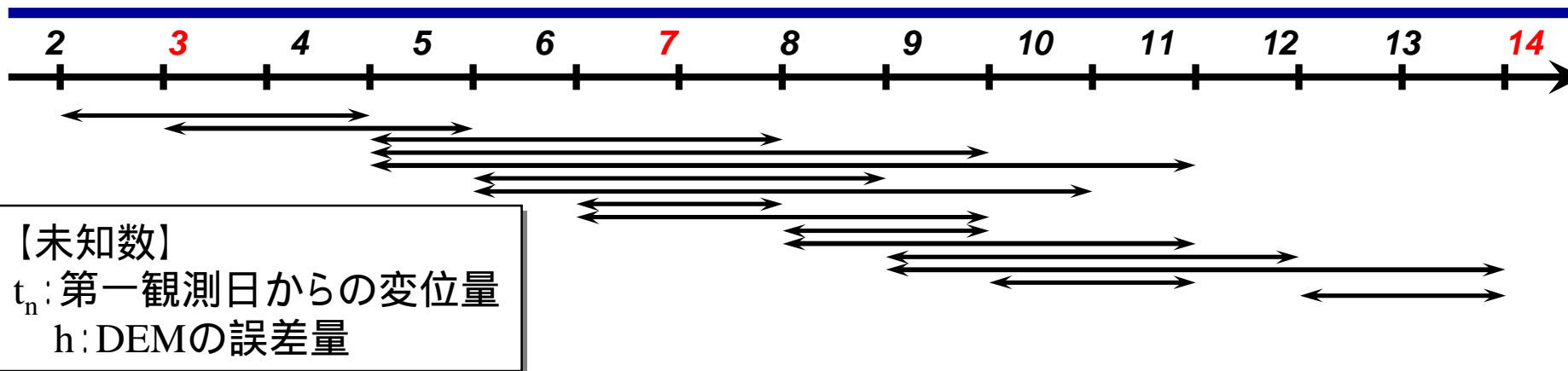
(a) Data combination of SAR interferometry

平滑化拘束条件のインバージョン



(b) Composition from combination of SAR interferometry

時系列解析の概要



$$S = \sum_m w \left[\Delta\phi_m - (t_l - t_k) - \frac{4\pi B_{perp}}{\lambda \rho \sin \theta} \Delta h \right]^2 + \alpha^2 \sum_n (t_n - 2t_{n-1} + t_{n-2})^2$$

$$w = \left\{ 1 - \left(\frac{w_d}{w_c} \right)^2 \right\}^2$$

【評価基準】
 ABIC
 $(\text{Misfit})^2 + (\text{Roughness})^2$

【効果】

1. 非線形変動への対応
2. 未観測データの内挿
3. トレンド項とランダム項の分離
4. 長期地盤変動の合成

【利点】

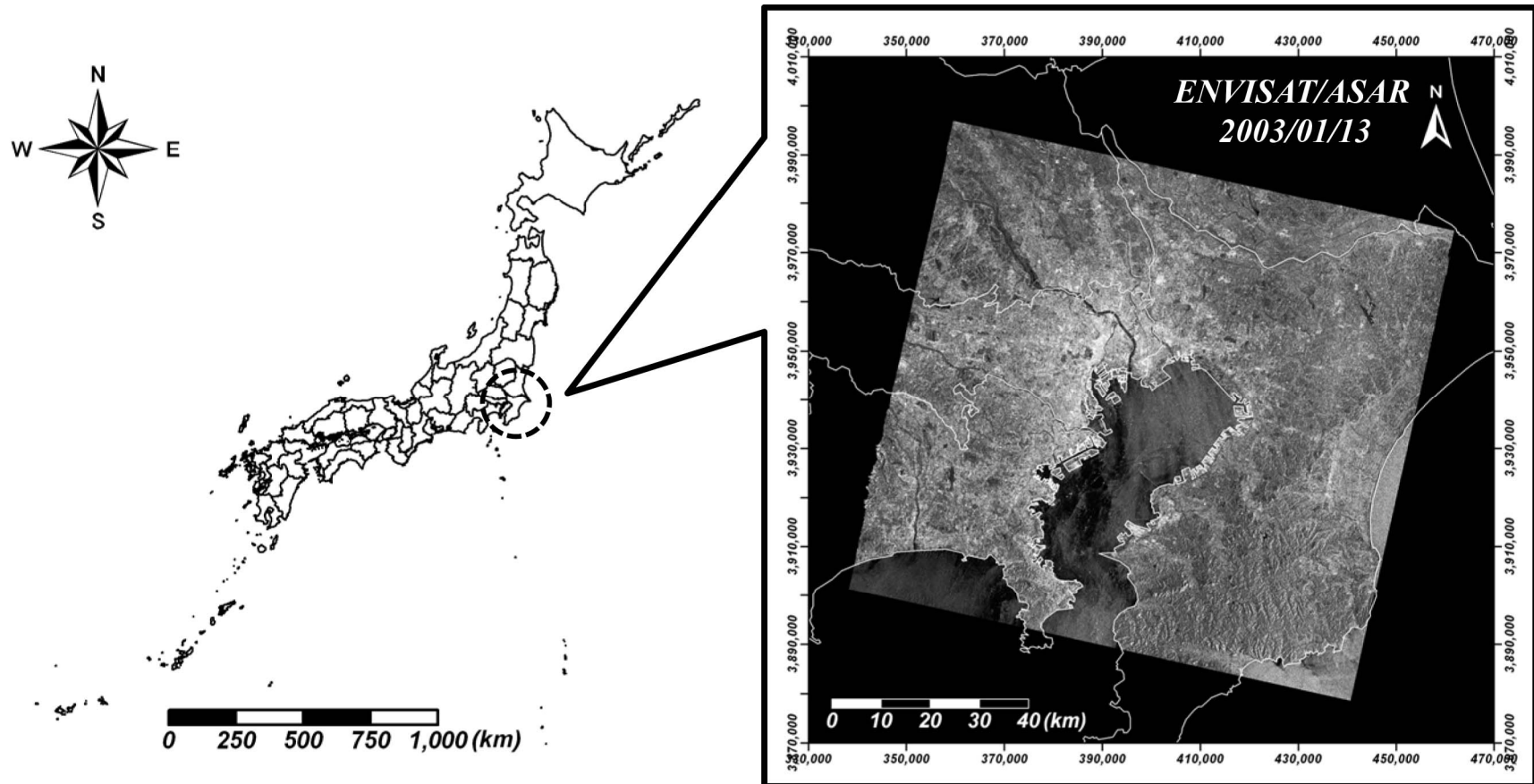
1. 数シーンでも処理可能
2. ペア同士が連結しなくても可
3. 多衛星同士の合成も可

【問題点・課題】

1. 位相アンラッピング
2. ループの是非

ENVISAT/ASARの干渉SAR(関東平野)へ適用

対象地域: 関東平野周辺



ENVISAT/ASARの干渉SAR(関東平野)へ適用



環境省
Ministry of the Environment

全国地盤環境情報ディレクトリ (平成17年度版)

環境省 > 水・土壌・地盤環境の保全 > 地下水・地盤対策関係 > 全国地盤環境情報ディレクトリ

地盤環境情報

地盤沈下は、主として地下水の過剰な採取に伴う地下水位の低下により軟弱な粘土層が収縮して発生するもので、一旦地盤が低下するとほとんど回復することが不可能であるという特徴を有しています。

環境省では、地盤沈下対策に資するため、毎年、各都道府県及び政令指定都市から情報提供を受け、地盤沈下の状況や地下水の利用状況等を取りまとめ、「全国地盤環境情報ディレクトリ」として環境省のホームページにて情報提供しています。

また、「全国の地盤沈下地域の概況」についても、とりまとめて公表しています。

<http://www.env.go.jp/water/iban/chinshu.html>

ご覧になりたい地域の「地方名」または「地図」をクリックして選択して下さい。

環境省・全国地盤環境情報ディレクトリ

千葉県・水準測量成果表

[TOP] [項目Index] [所属Index]

CHIBA PREFECTURE

地盤沈下防止への取り組みへ

千葉県水質環境インフォメーションバンク

千葉県の水準測量について

水準測量の実施状況

千葉県では、国土交通省国土地理院の指導のもと、浦安市から富津市に至る京葉臨海地域、野田市から市川市に至る江戸川沿岸地域、北総地域及び九十九里地域における地盤変動状況を把握するため、毎年継続的に水準測量を実施しています。

千葉県 水準測量成果表

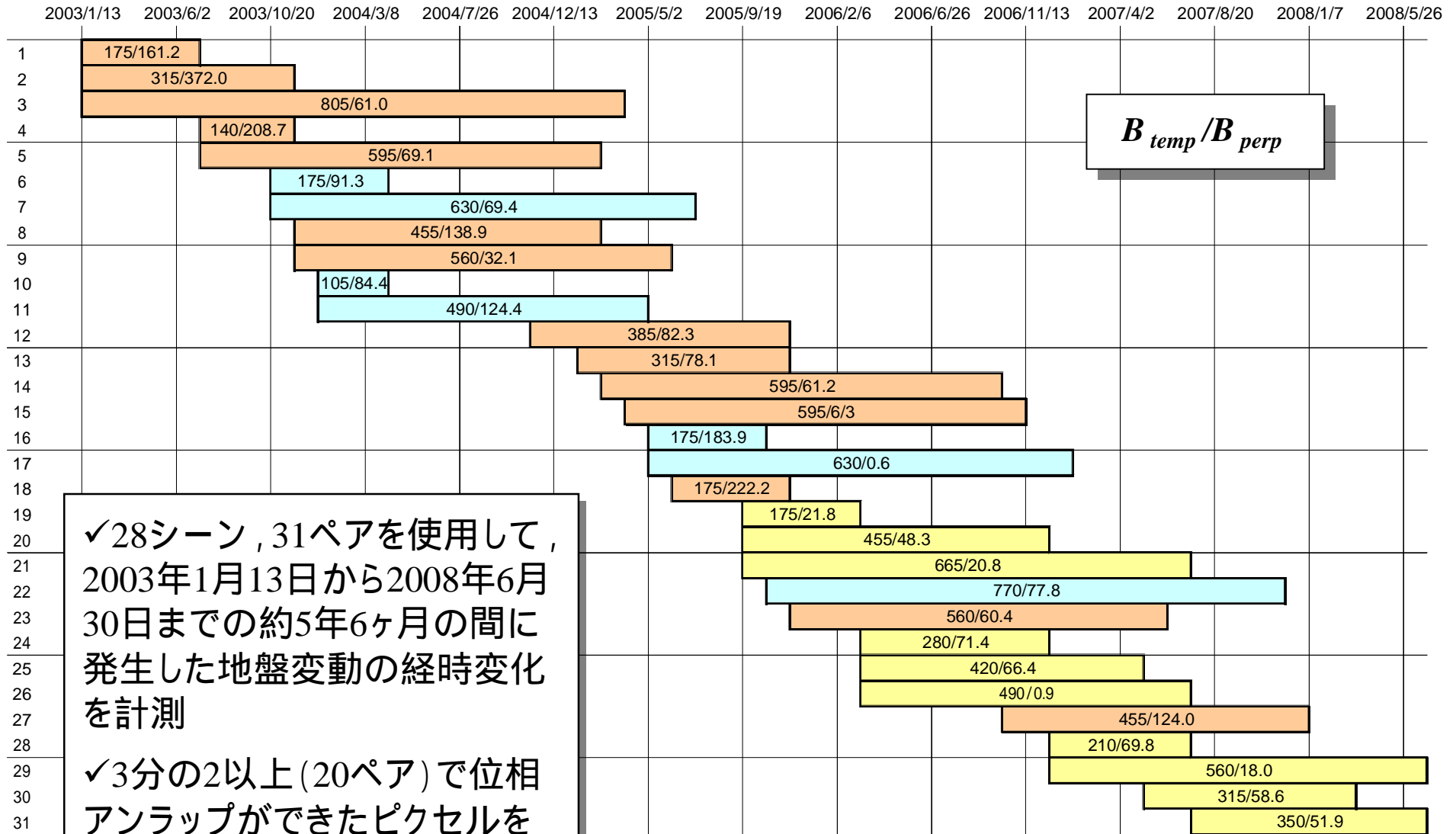
千葉県 地盤沈下現況

千葉県地質環境インフォメーションバンク

留意事項・水準点の利用に際してのお願い

- 「点の記(水準点位置図)」については、千葉県地質環境インフォメーションバンクに掲載されておりますので、こちらを参照してください。
- 平成14年4月に不動産水準点の標高値が変更されたことにより(測地成果2000対応値)、この成果表においても平成15年1月以降の標高値は測地成果2000対応値となっております。
- 水準点の蓋(ふた)が開けたままになっていますと大きな事故につながる可能性もありますので、使用後は確実に蓋掛けを行ってください。
- 神社仏閣、学校、公園等に設置してあるものについても、あらかじめ、土地管理者に測量に立ち入ることについて承諾を受けるとともに、周囲に迷惑のかからないよう十分注意してください。
- 県が管理している水準点のうち、地下に埋設されているものには必ず蓋を掛けてありますが、使用の際、蓋のないもの、または付近を掘削している等、異常な事態に気づきましたら、至急御連絡ください。
- 水準点の近傍で工事等を行う場合は、あらかじめ御連絡ください。

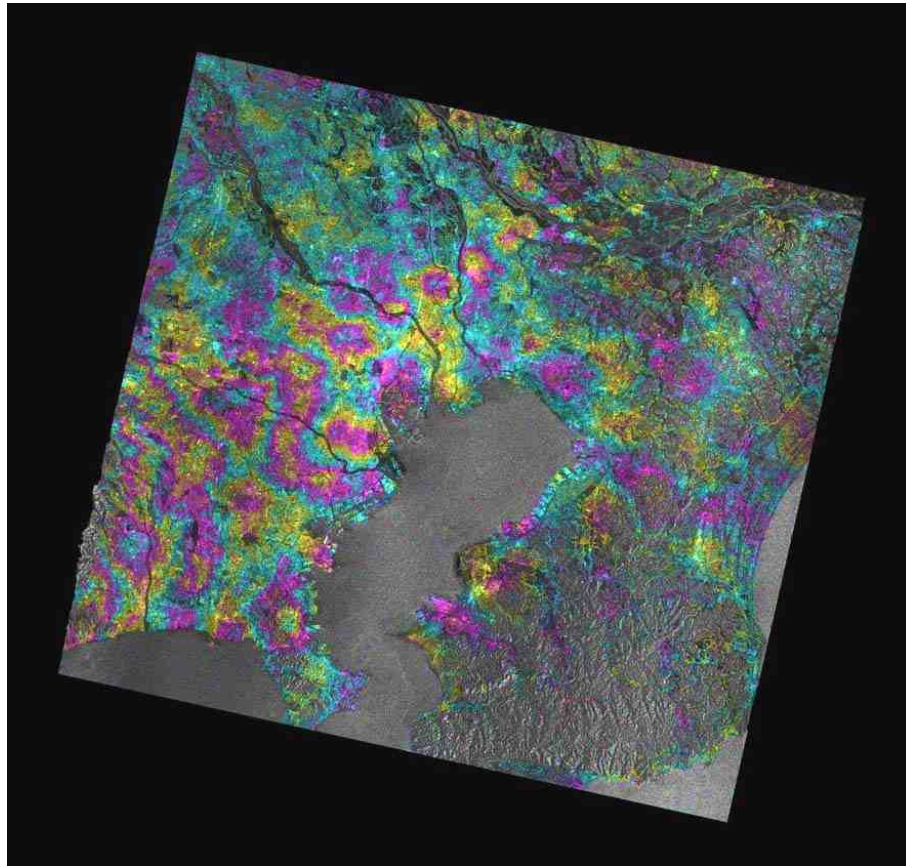
ENVISAT/ASARの干渉SAR(関東平野)へ適用



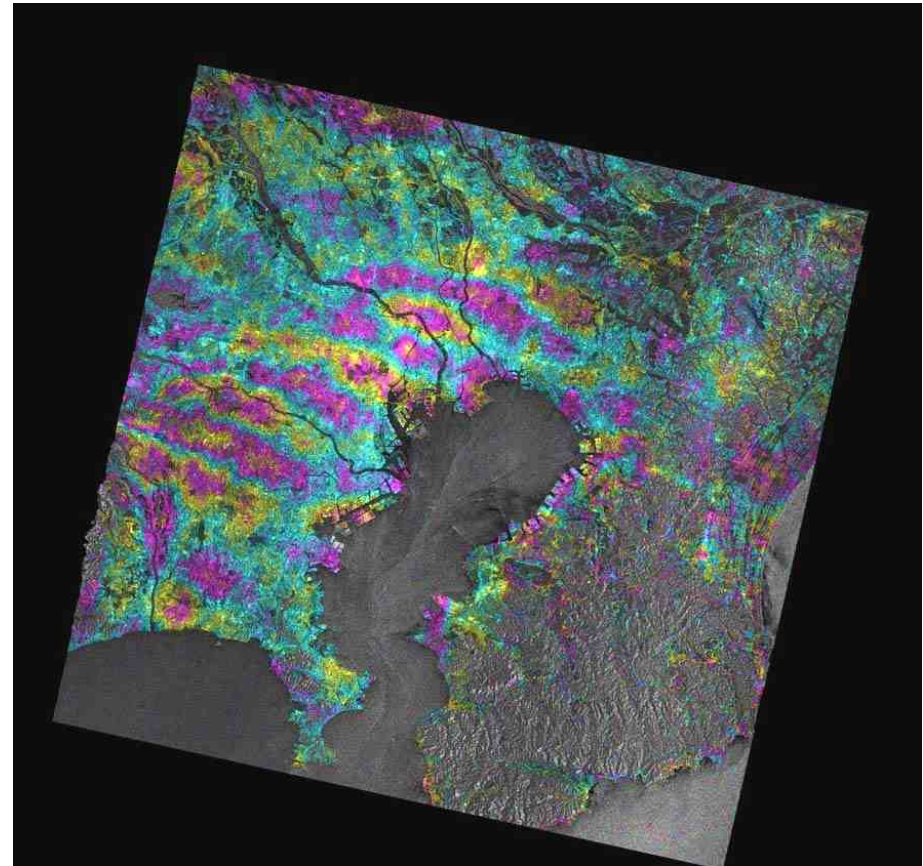
✓28シーン, 31ペアを使用して,
 2003年1月13日から2008年6月
 30日までの約5年6ヶ月の間に
 発生した地盤変動の経時変化
 を計測

 ✓3分の2以上(20ペア)で位相
 アンラップができたピクセルを
 有効とする

$$B_{temp}/B_{perp}$$



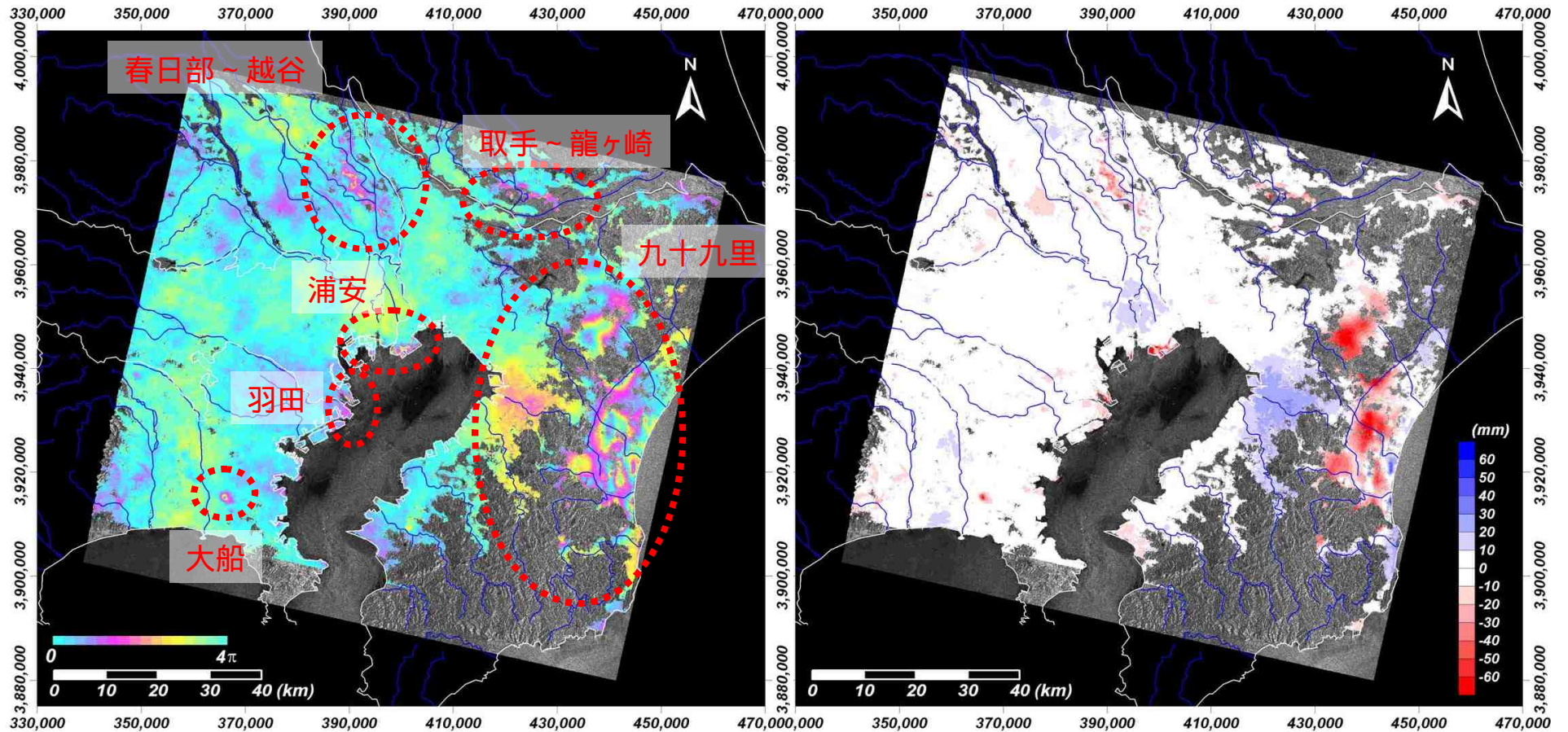
2004/05/17-2004/11/08



2007/06/11-2007/10/29

大気 or 電離層の影響(??)
時系列解析のグループから除外する

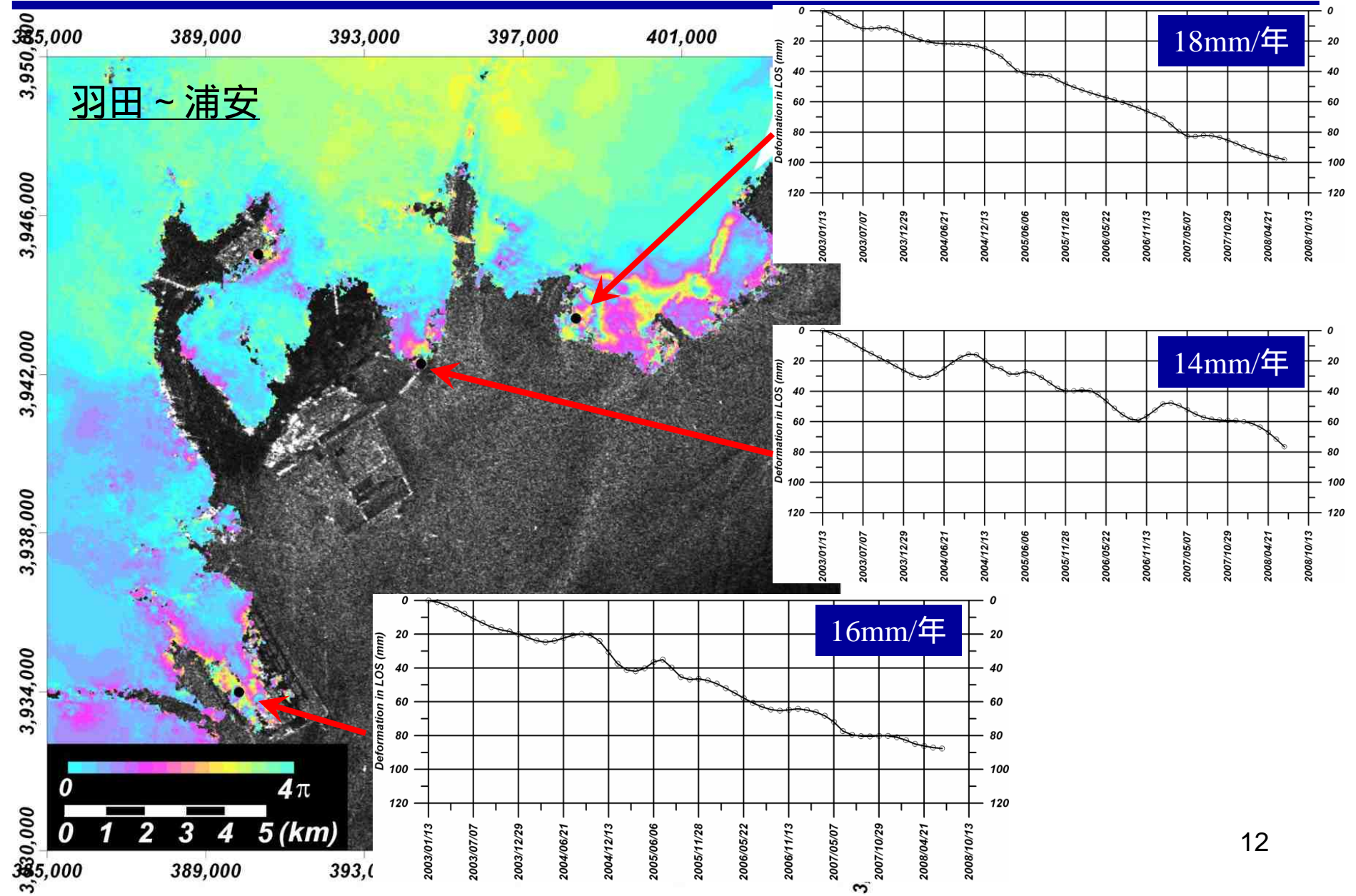
ENVISAT/ASARの干渉SAR(関東平野)へ適用



干渉画像
(2003年1月13日～2008年6月30日)

変動図
(2003年1月13日～2008年6月30日)

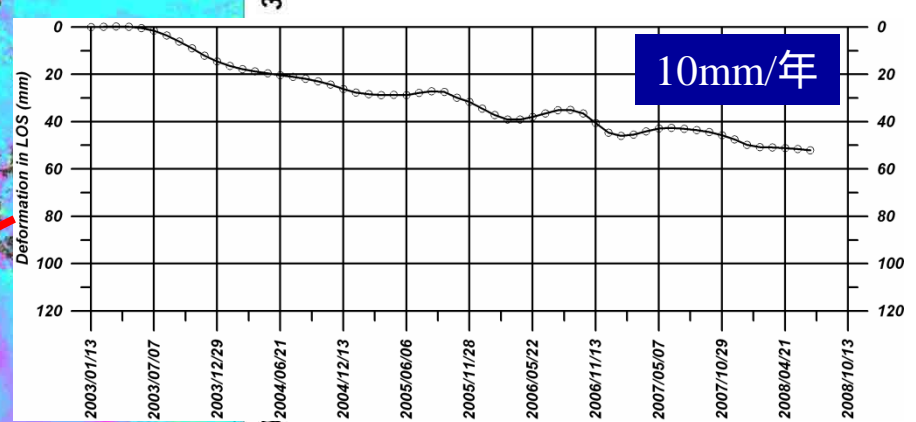
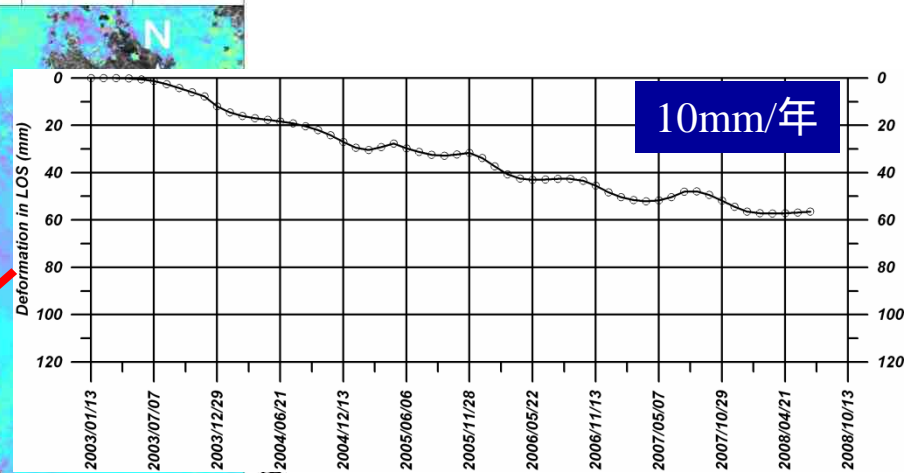
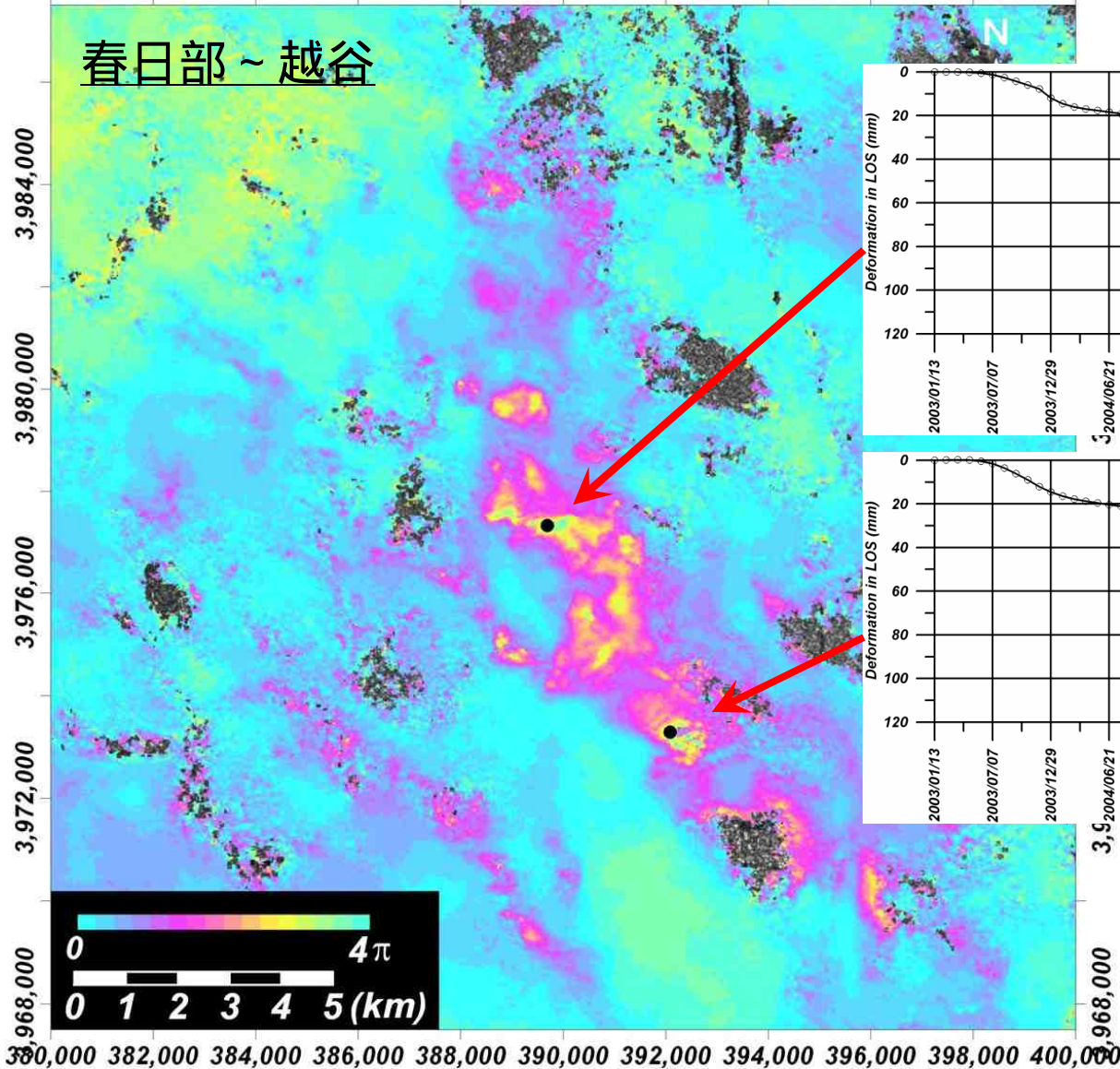
ENVISAT/ASARの干渉SAR(関東平野)へ適用



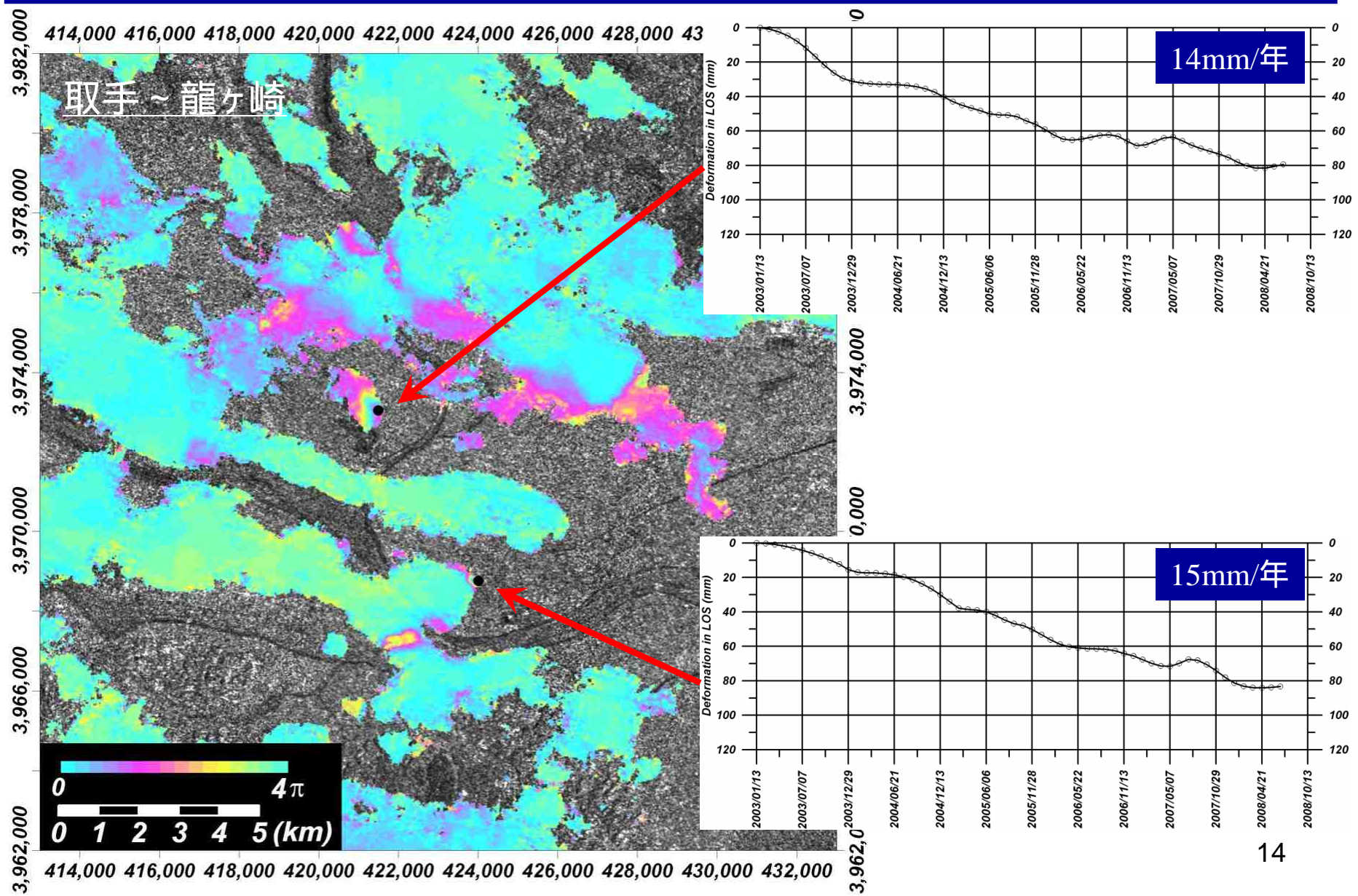
ENVISAT/ASARの干渉SAR(関東平野)へ適用

380,000 382,000 384,000 386,000 388,000 390,000 392,000 394,000 396,000 398,000 400,000

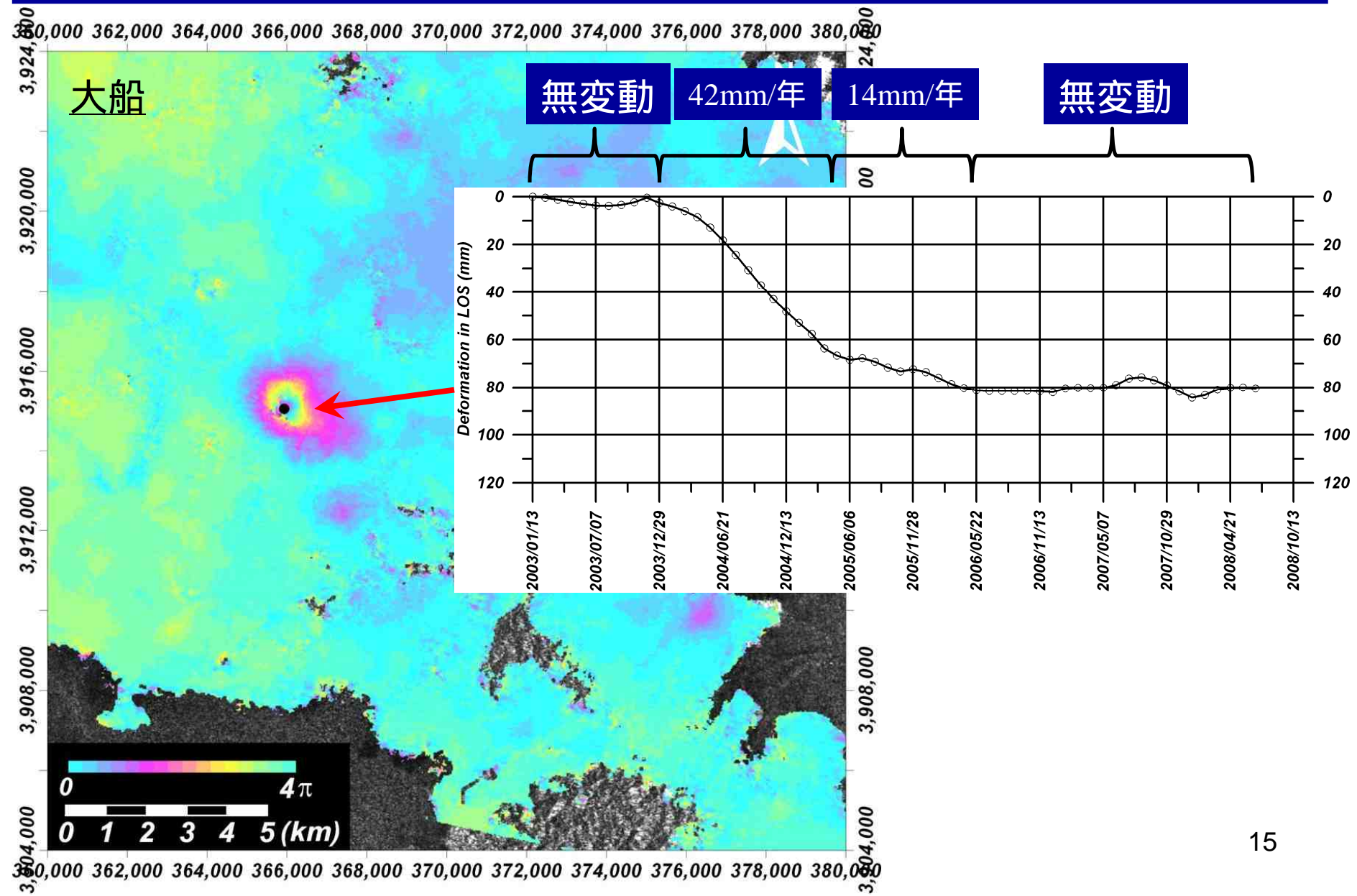
春日部 ~ 越谷



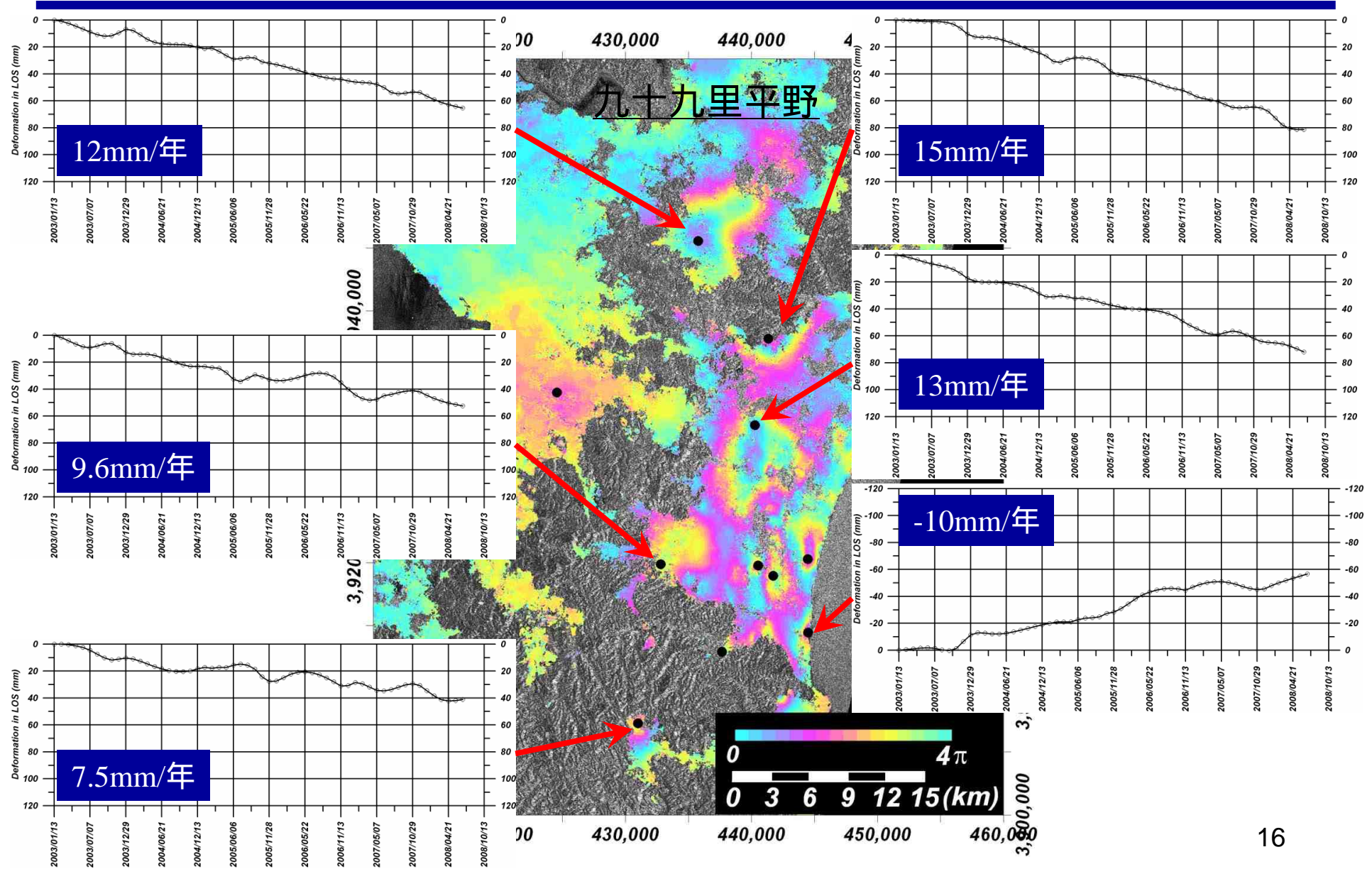
ENVISAT/ASARの干渉SAR(関東平野)へ適用



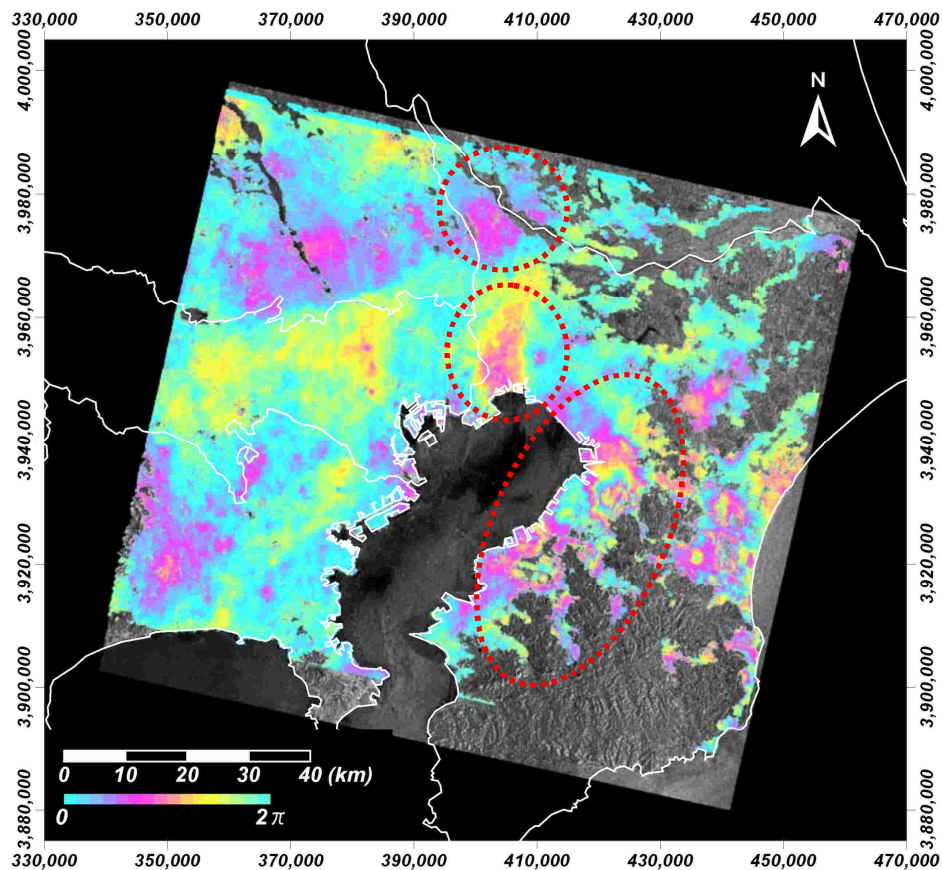
ENVISAT/ASARの干渉SAR(関東平野)へ適用



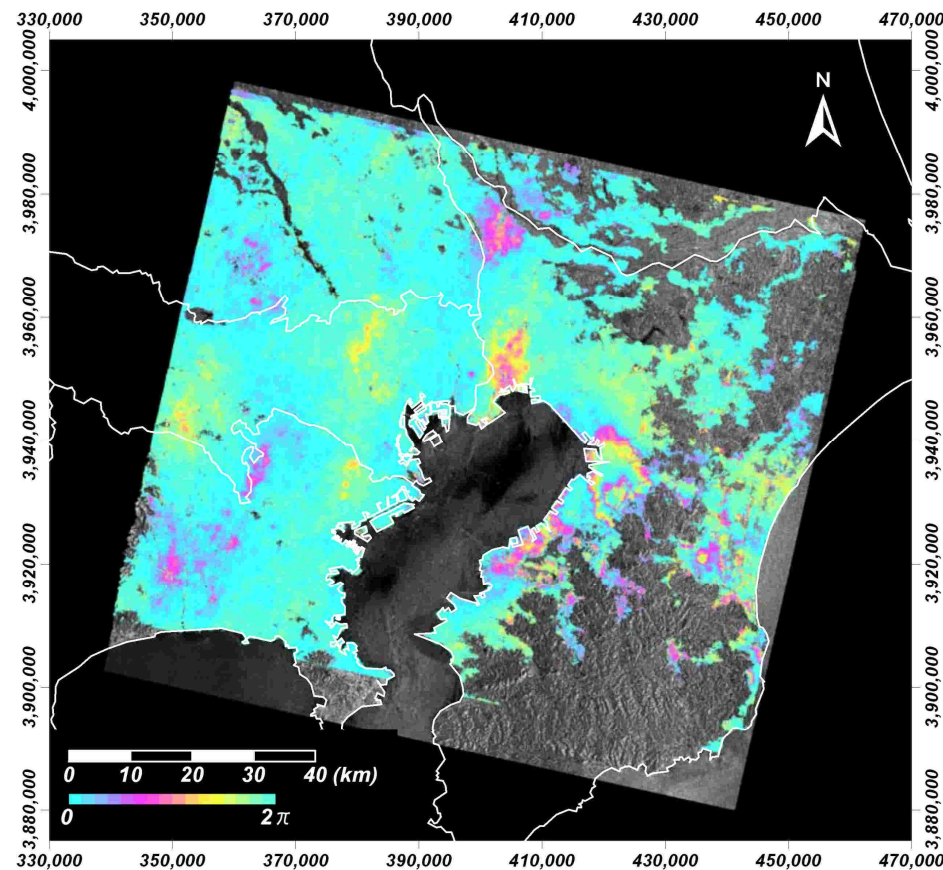
ENVISAT/ASARの干渉SAR(関東平野)へ適用



成分分解



元の干渉画像
2005年11月28日 ~ 2007年6月11日



ランダム成分
2005年11月28日 ~ 2007年6月11日

千葉県環境生活部水質保全課 千葉県・水準測量成果表

http://www.pref.chiba.jp/syozoku/e_suiho/4_tisitu/sokuryo/seika/seikahyou.html

[TOP] [項目Index] [所属Index]
地盤沈下防止への取り組みへ

CHIBA PREFECTURE
環境生活部 水質保全課 地質環境対策室 本庁舎0階
電話 043-223-2812

千葉県の水準測量について



水準測量の実施状況

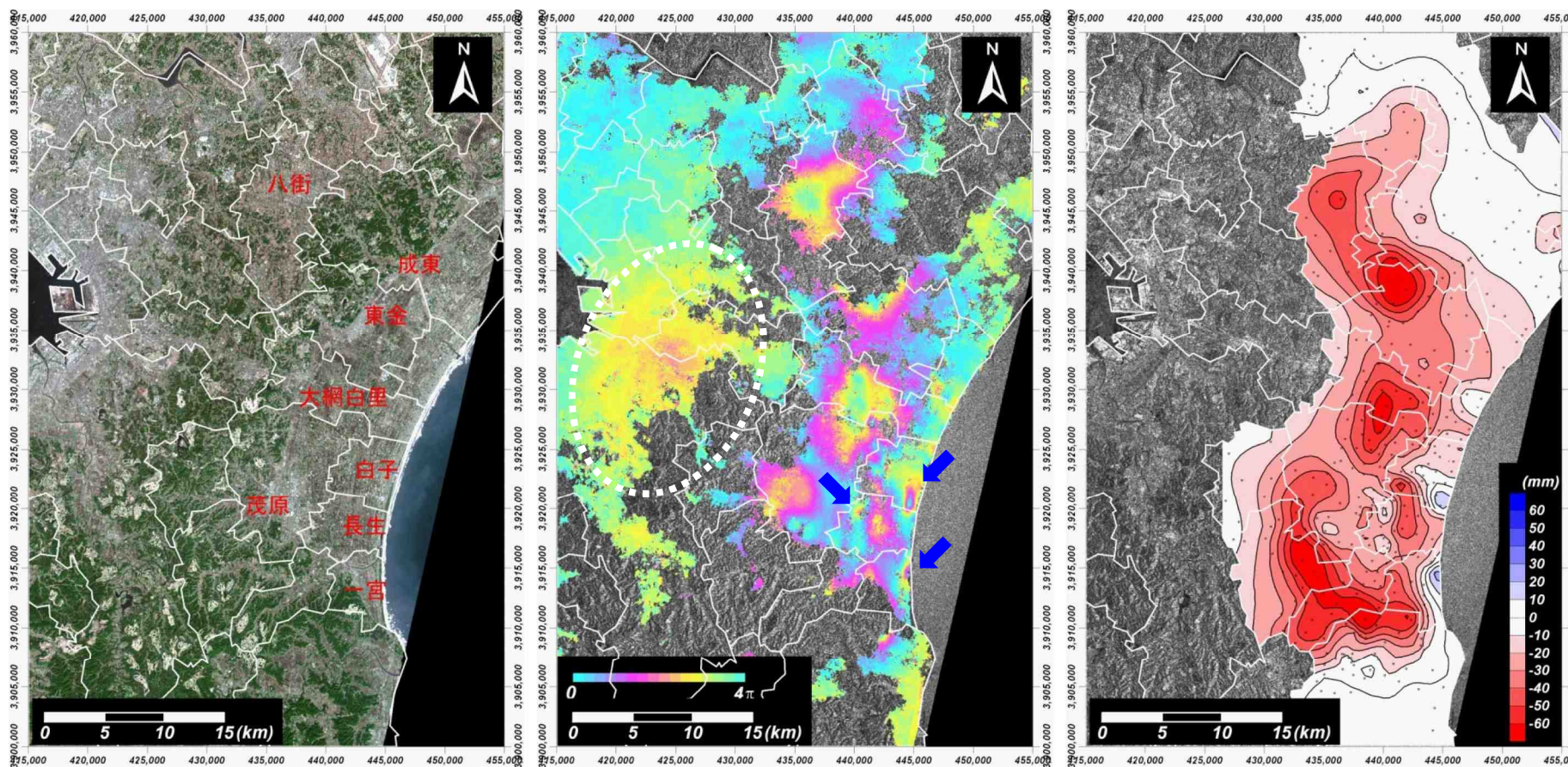
千葉県では、国土交通省国土地理院の指導のもと、浦安市から富津市に至る京葉臨海地域、野田市から市川市に至る江戸川沿岸部地域、北総地域及び九十九里地域における地盤変動状況を把握するため、毎年継続的に水準測量を実施しています。

千葉県 水準測量成果表
千葉県 地盤沈下現況
千葉県地質環境インフォメーションバンク

留意事項 ・ 水準点の利用に際してのお願い

- 「点の記」(水準点位置図)については、千葉県地質環境インフォメーションバンクに掲載されていますので、こちらを参照してください。
- 平成14年4月に不動水準点の標高値が変更されたことにより(測地成果2000対応値)、この成果表においても平成15年1月以降の標高値は測地成果2000対応値となっています。
- 水準点の蓋(ふた)が開けたままになっていますと大きな事故につながる可能性がありますので、使用後は確実に蓋掛けを行ってください。
- 神社仏閣、学校、公園等に設置してあるものについても、あらかじめ、土地管理者に測量に立ち入ることについて承諾を受けるとともに、周囲に迷惑のかからないよう十分注意してください。
- 県が管理している水準点のうち、地下に埋設されているものには必ず蓋を掛けてありますが、使用の際、蓋のないもの、または付近を掘削している等、異常な事態に気づきましたら、至急御連絡ください。
- 水準点の近傍で工事等を行う場合は、あらかじめ御連絡ください。

水準測量との比較



(a)

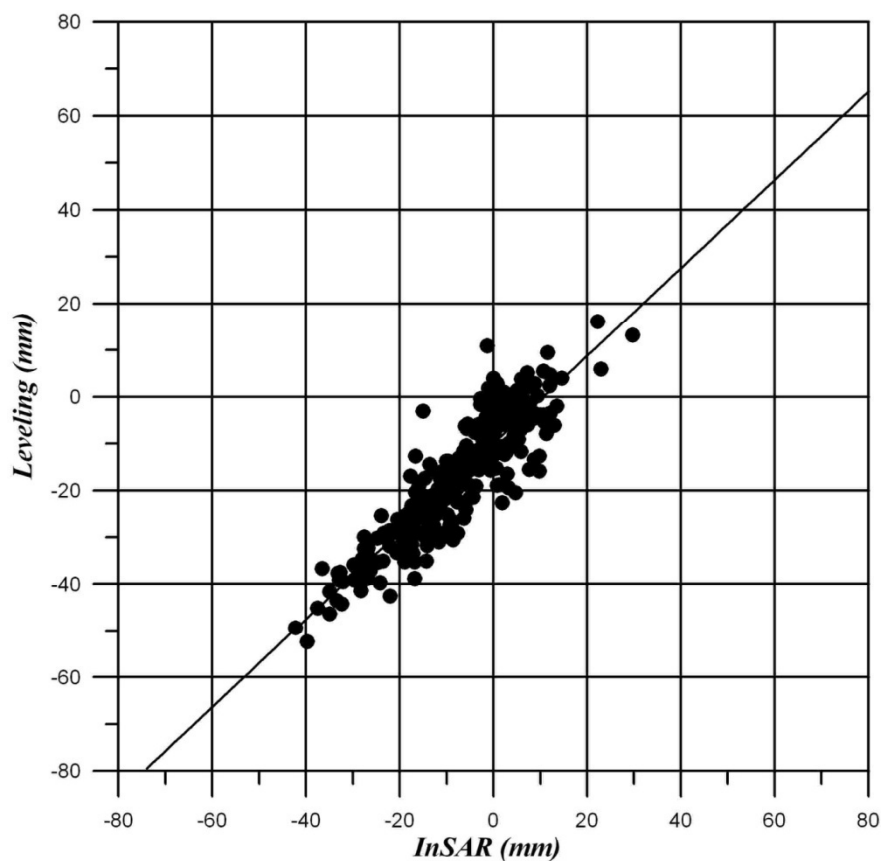
干渉画像

2003年1月13日 ~ 2007年1月22日

水準測量データ

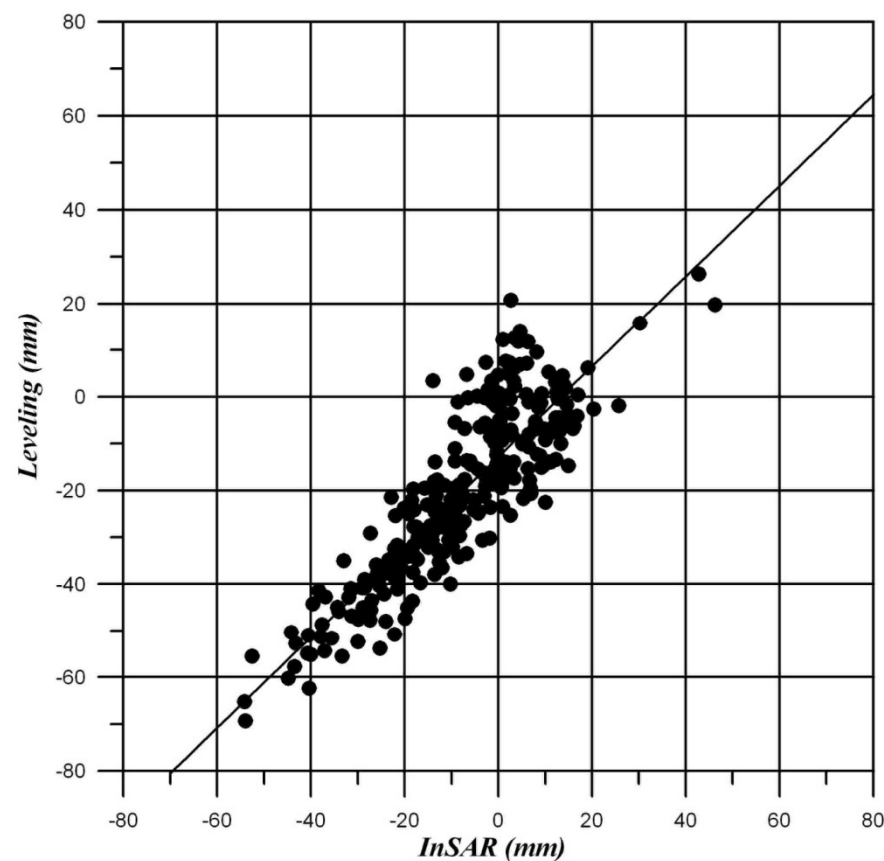
2003年 ~ 2007年

水準測量との比較



(a) 2003 - 2006

$$\text{(InSAR)} = 0.939 \times \text{(Level)} - 9.988$$
$$R^2 = 0.894$$



(b) 2003 - 2007

$$\text{(InSAR)} = 0.966 \times \text{(Level)} - 12.83$$
$$R^2 = 0.864$$

1. ENVISAT/ASARの干渉SARに時系列解析を適用した結果，羽田，浦安，大船，春日部～越谷，取手～龍ヶ崎，九十九里で明瞭な地盤変動を検出した
2. 九十九里平野で取得された水準測量データを比較した結果，地盤変動の空間形状を詳細に把握できることが分かった
3. 4年間の変動量を検証したところ，約10-13mmのバイアスを含むものの，回帰直線の傾きが約1，相関係数が0.85以上と，非常に整合性の高い計測結果であることが分かった
4. 評価基準の検討 (ABIC他)
5. GPS固定観測との比較検証
6. A/D観測と多衛星データを活用した持続的計測手法