

InSARで見る局所的水蒸気シグナル

Localized water vapor signals detected by InSAR

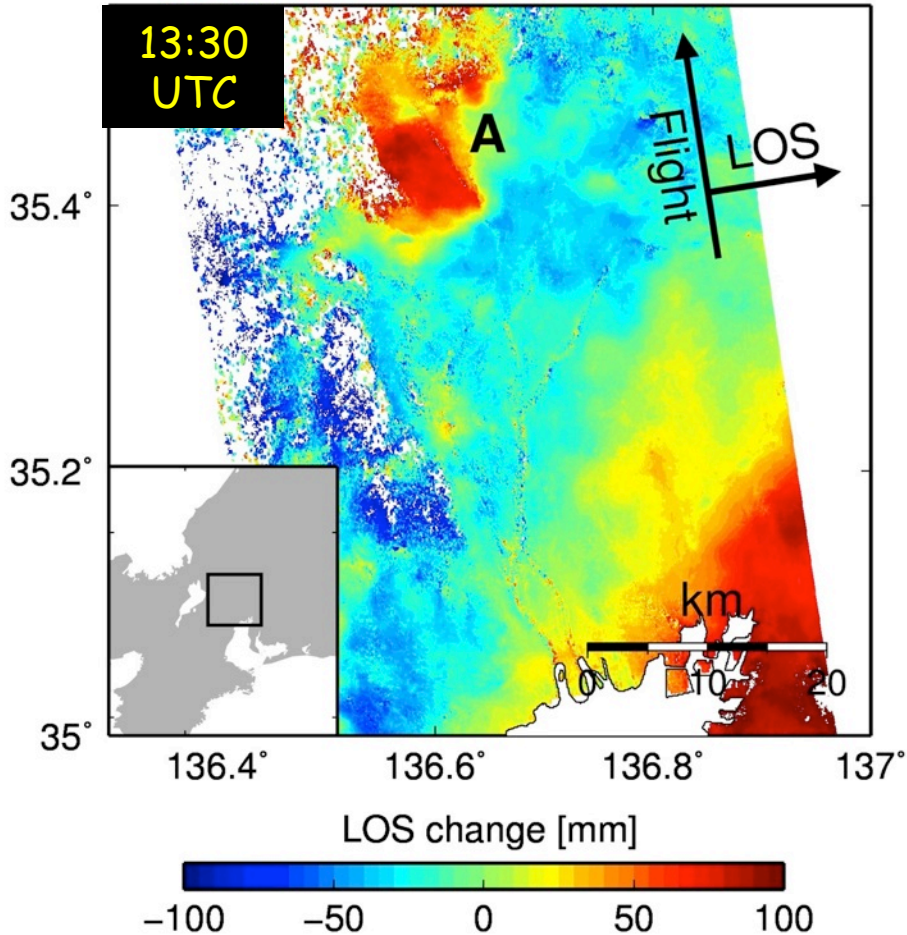
木下 陽平, 古屋 正人 (北海道大学大学院理学院)
島田政信 (JAXA/EORC)

何故InSARで水蒸気を見る？

- 水蒸気は気象学的に最も重要な観測量のひとつ（しかし観測手段に乏しい）
- 他に類を見ない高空間分解能(～数10m)な水蒸気分布が得られる
 - 豪雨のような激しい擾乱に伴う水蒸気の”**実態**”が見える

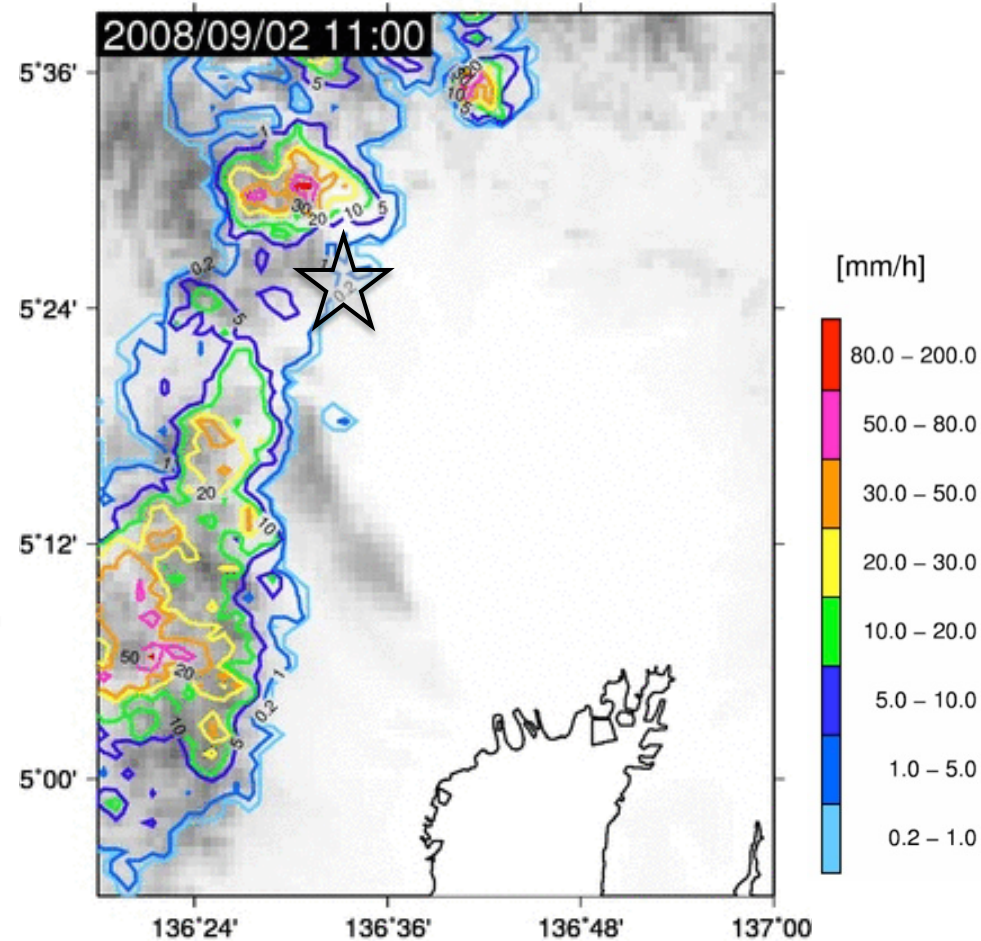
2008年9月西濃豪雨(岐阜)の事例

Interferogram



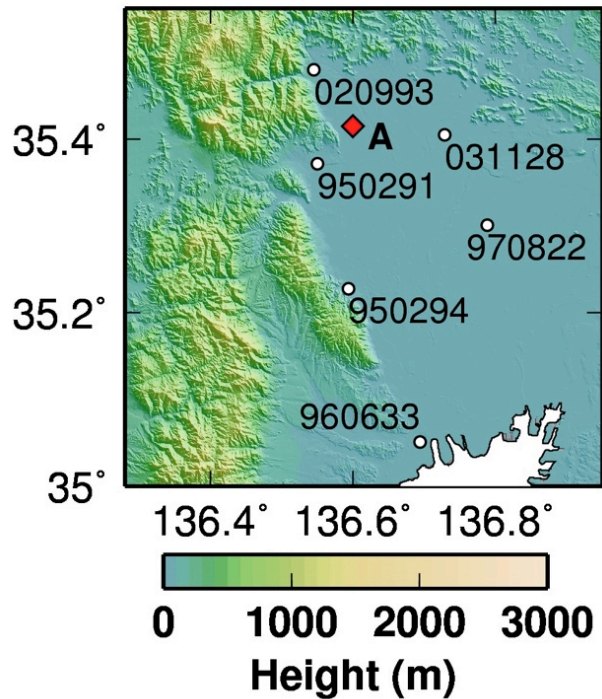
master :	2010/01/21
slave :	2008/09/02
Bperp :	2886.8 m
offnadir :	45.1°
DEM :	GS10mDEM

Weather Radar

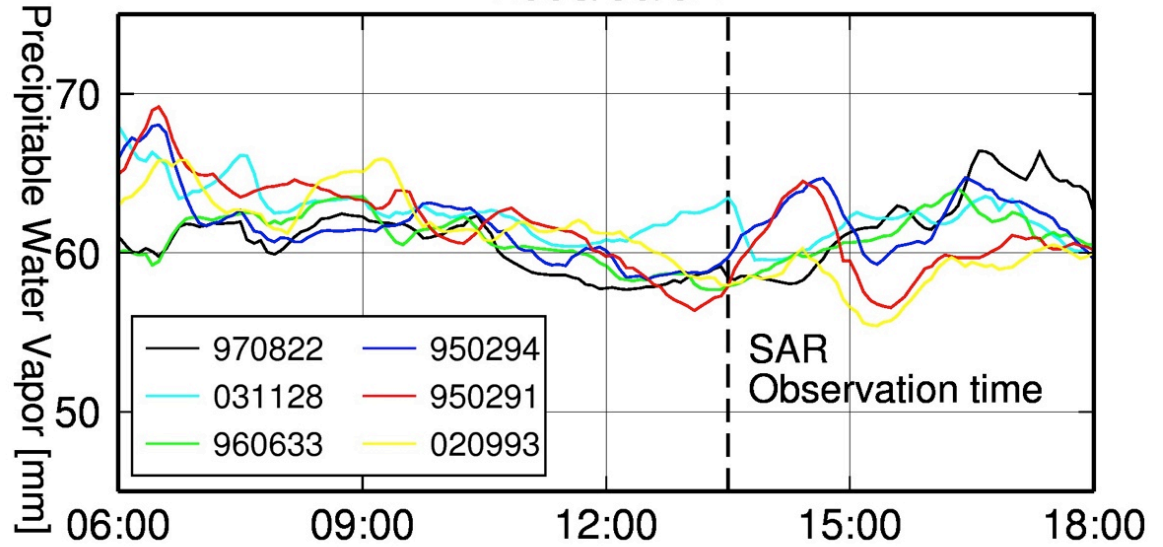


Kinoshita, Y., M. Shimada, and M. Furuya (2013), InSAR observation and numerical modeling of the water vapor signal during a heavy rain: A case study of the 2008 Seino event, central Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 4x, in press, doi:10.1002/grl.50891.

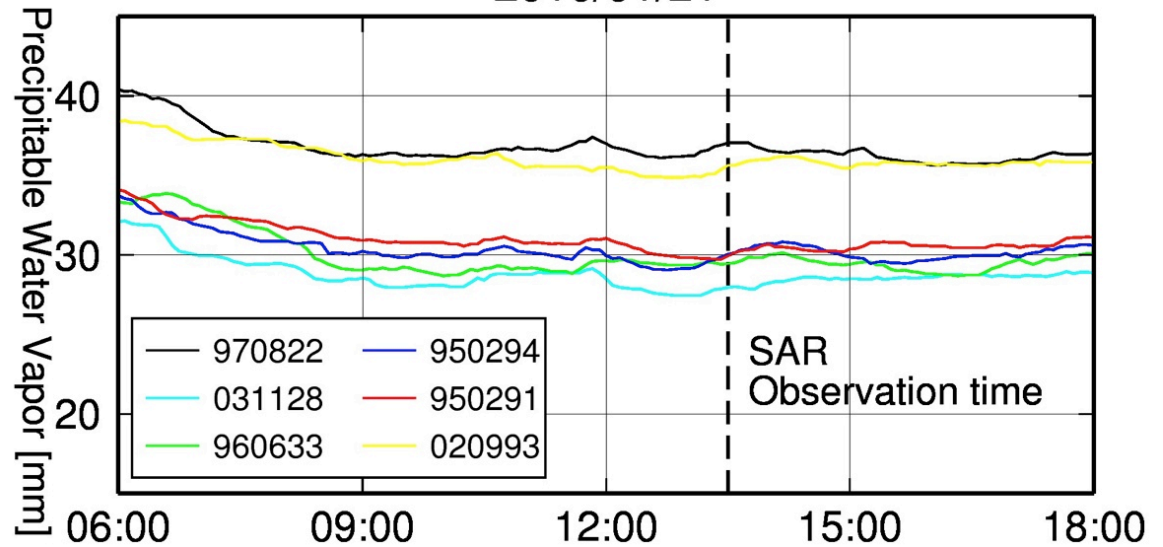
GPS PWV時系列



2008/09/02



2010/01/21

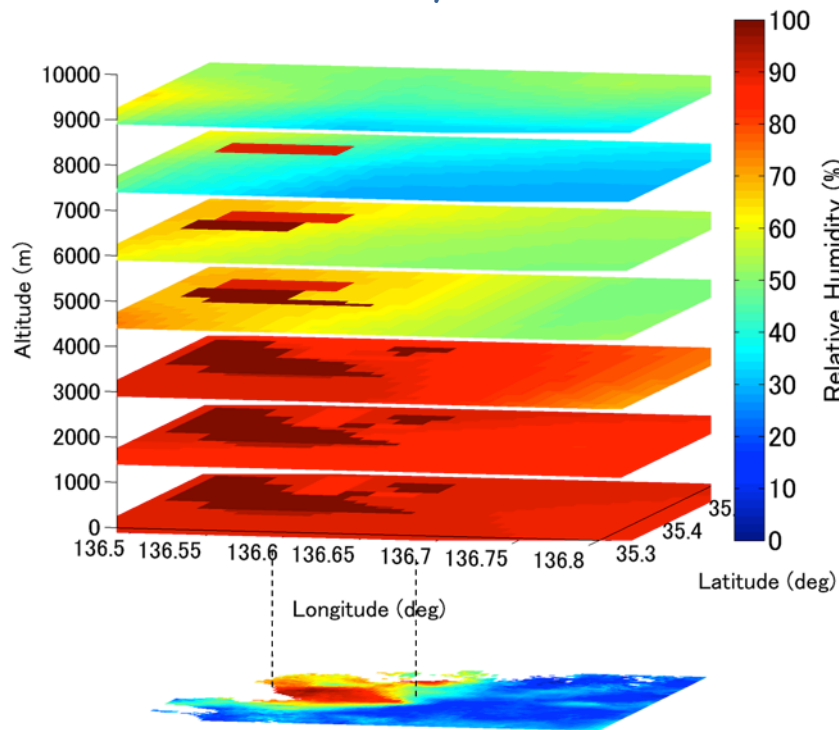


Kinoshita, Y., M. Shimada, and M. Furuya (2013), InSAR observation and numerical modeling of the water vapor signal during a heavy rain: A case study of the 2008 Seino event, central Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 4x, in press, doi:10.1002/grl.50891.

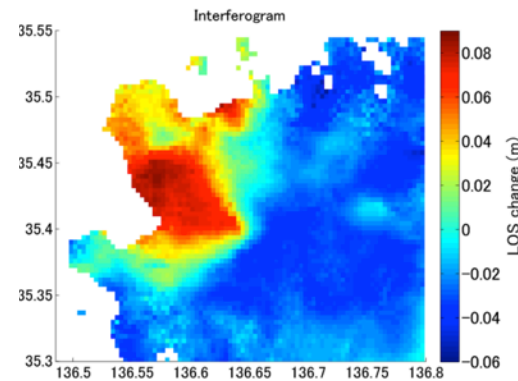
波線追跡法による3D水蒸気分布

- 水蒸気のパラメータを試行錯誤的に決定

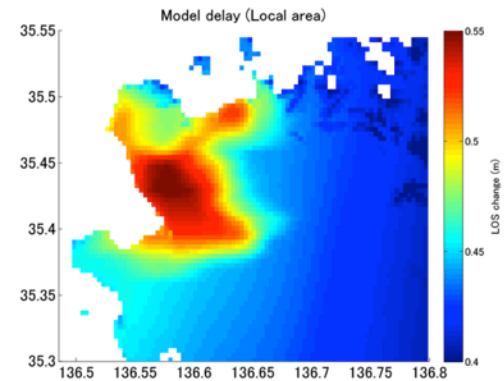
Relative Humidity at 2008/09/02



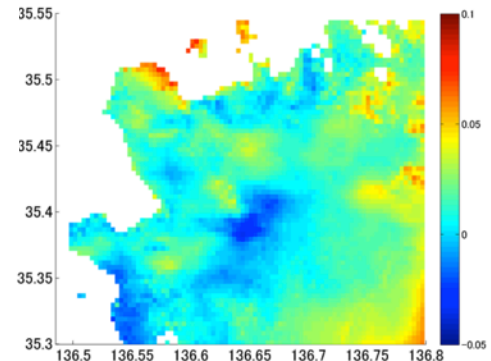
Interferogram



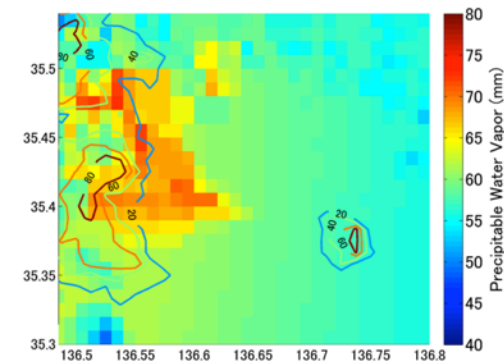
Model Delay



Residuals

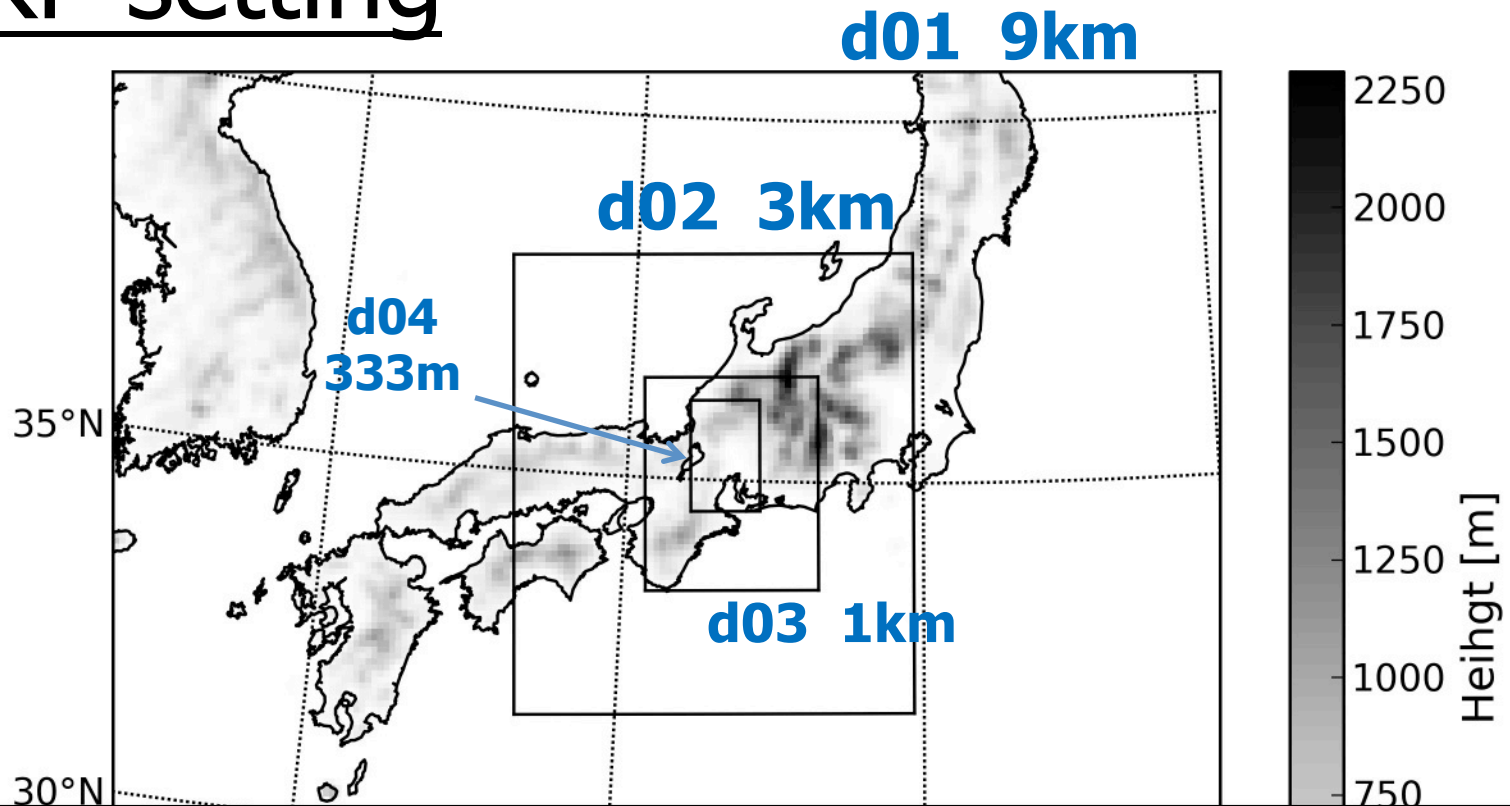


Estimated zenith PWV + WR Echo Contour



Kinoshita, Y., M. Shimada, and M. Furuya (2013), InSAR observation and numerical modeling of the water vapor signal during a heavy rain: A case study of the 2008 Seino event, central Japan, Geophys. Res. Lett., 4x, in press, doi:10.1002/grl.50891.

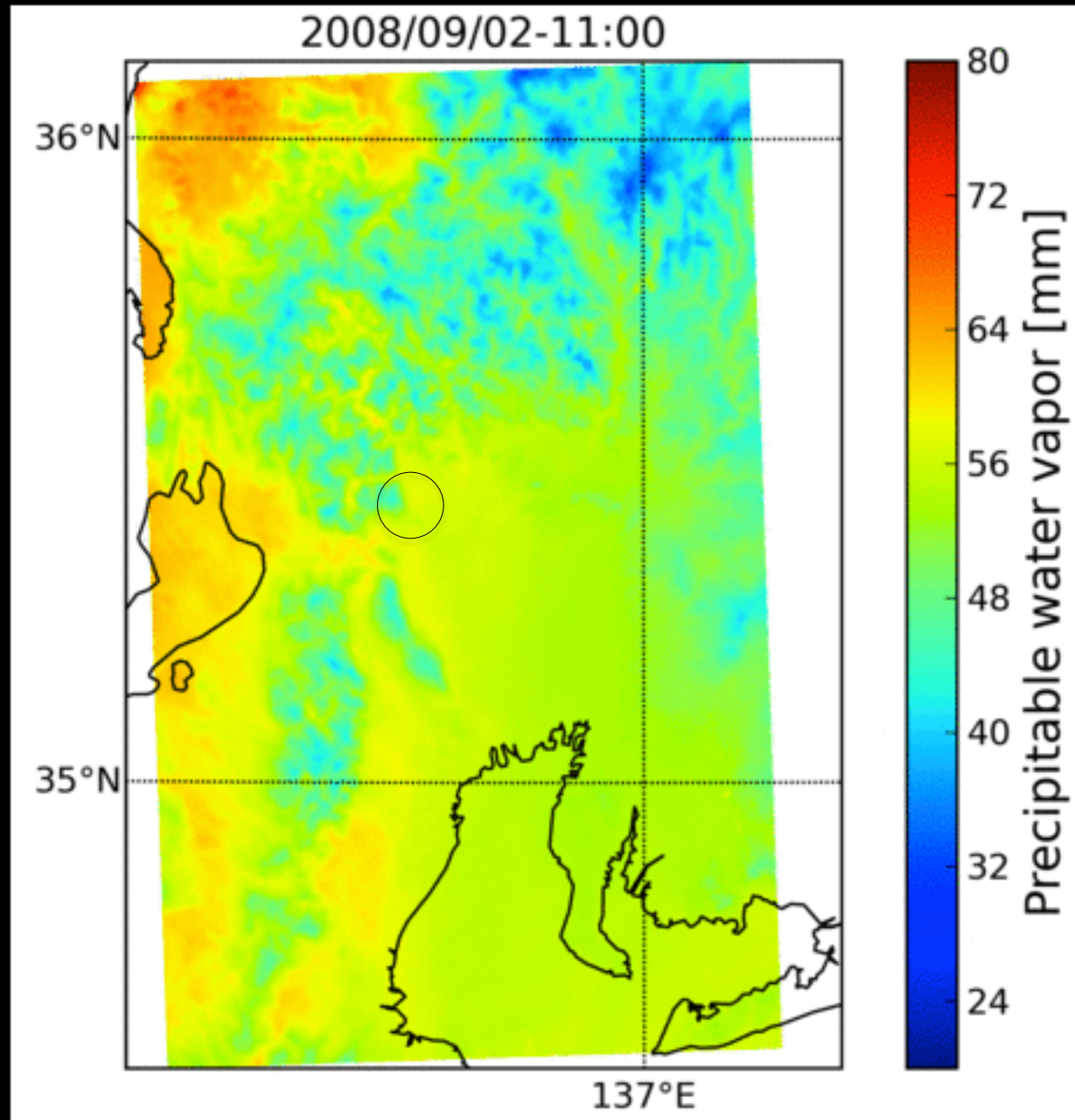
WRF setting



- WRF-ARW ver3.4
- 4 domains, 2-way nesting
- 初期値・境界値 ~ NCEP/NCAR再解析データ
- 地形データ ~ GTOPO30
- 微物理過程 ~ Morrison 2-moment (6種の水物質)

PWV (WRF)

from
11:00 UTC
to
15:00 UTC



Kinoshita, Y., M. Shimada,
and M. Furuya (2013),
InSAR observation and
numerical modeling of the
water vapor signal during a
heavy rain: A case study of
the 2008 Seino event,
central Japan, *Geophys.
Res. Lett.*, 4x, in press, doi:
10.1002/grl.50891.

降水粒子による伝搬遅延

Brenot et al., 2006 (JGR)

Solheim and Vivekanandan, 1999 (JGR)

発達した対流 ...

降水粒子による伝搬遅延
効果も無視できない

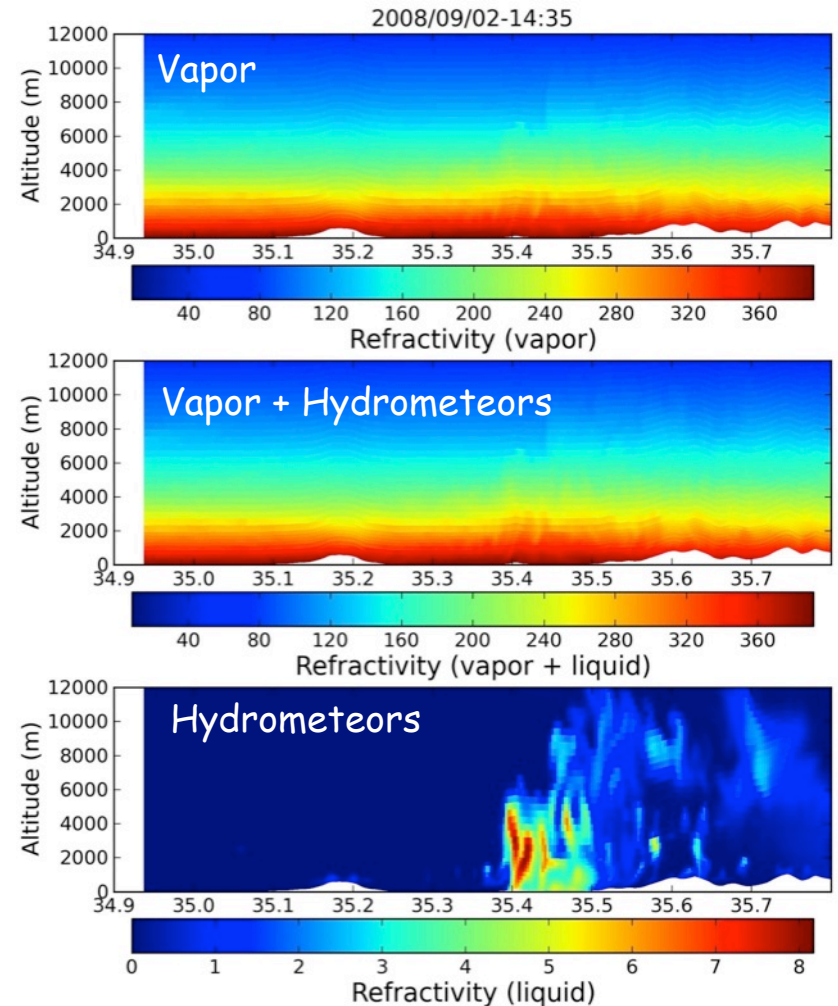
- Liquid water

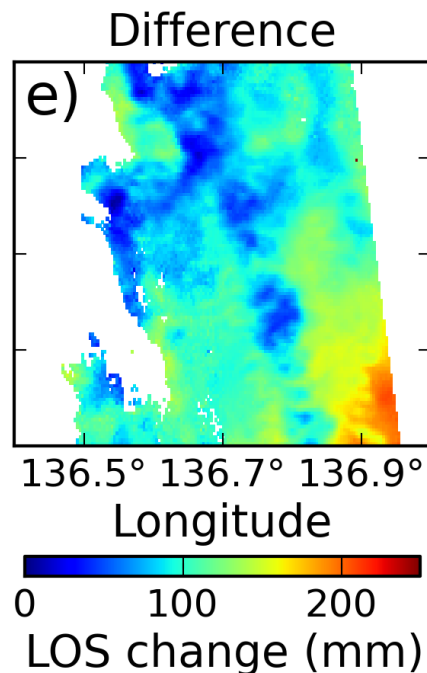
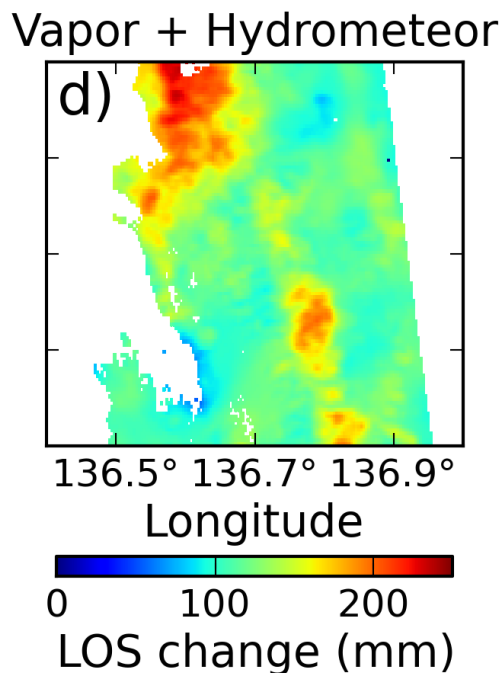
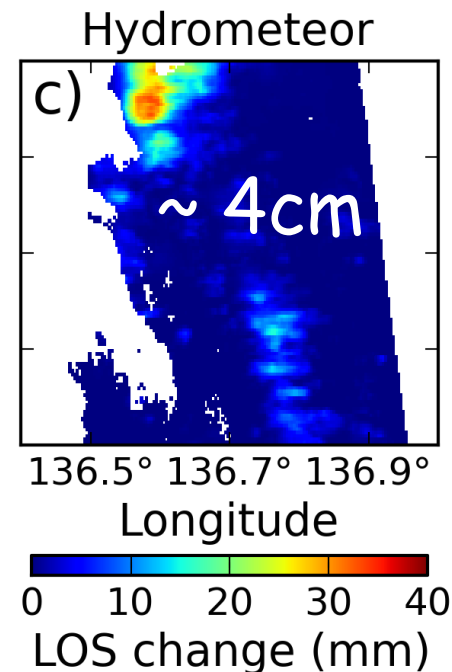
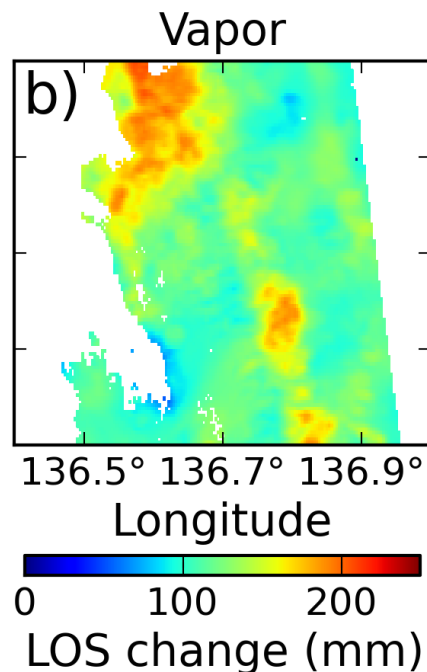
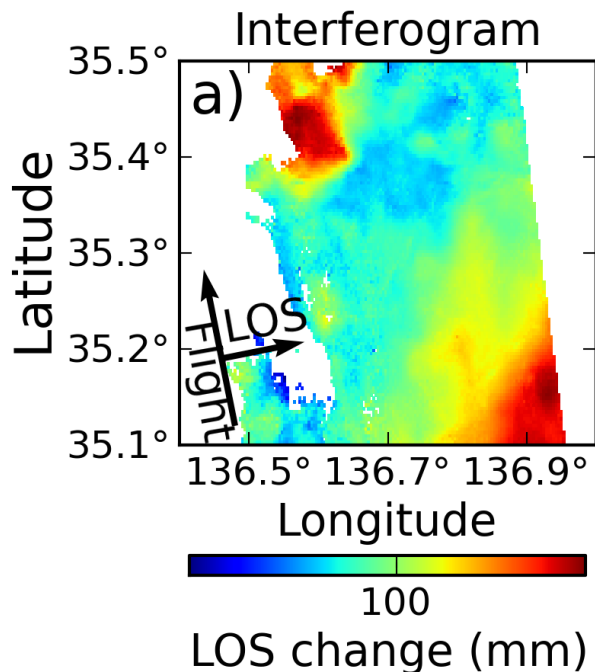
$$N_{lw} \approx 1.45 \times 10^6 M_{lw}$$

- Ice refractivity

$$N_{ice} \approx 0.69 \times 10^6 M_{ice}$$

Refractivity





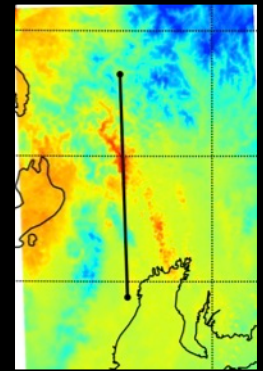
Delay simulation results (WRF)

SAR ~ 13:30 UTC
WRF ~ 14:35 UTC

Kinoshita, Y., M. Shimada, and M. Furuya (2013), InSAR observation and numerical modeling of the water vapor signal during a heavy rain: A case study of the 2008 Seino event, central Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 4x, in press, doi:10.1002/grl.50891.

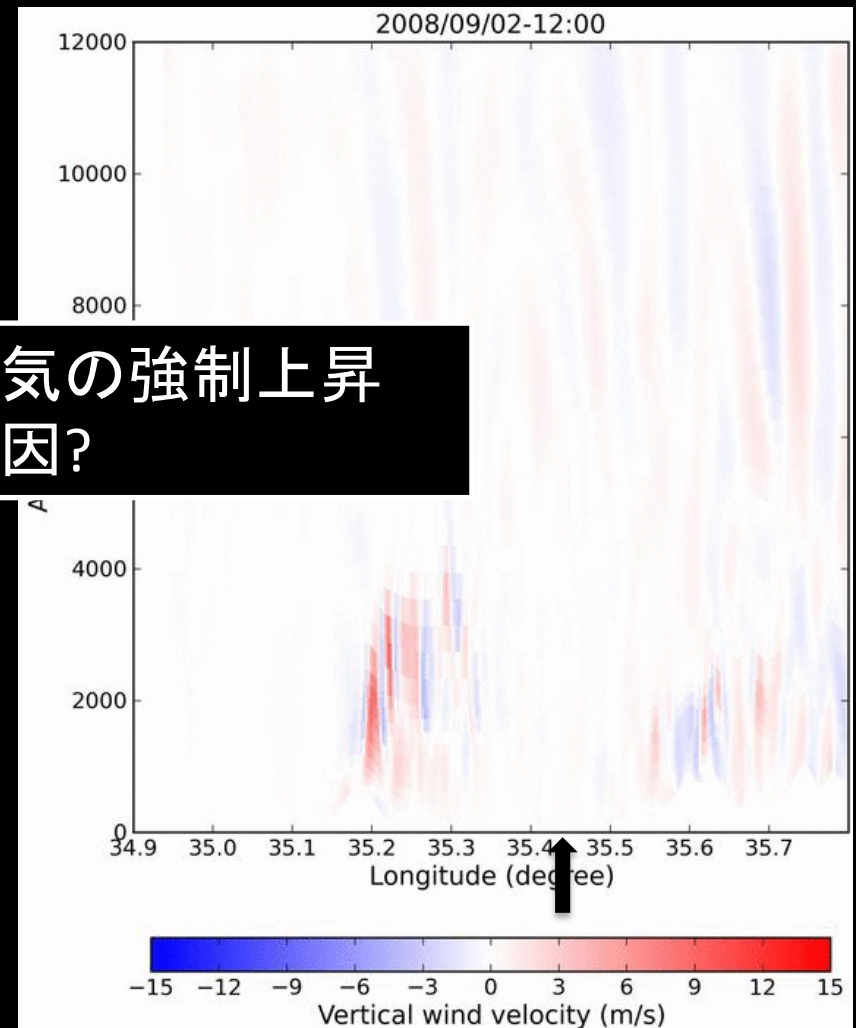
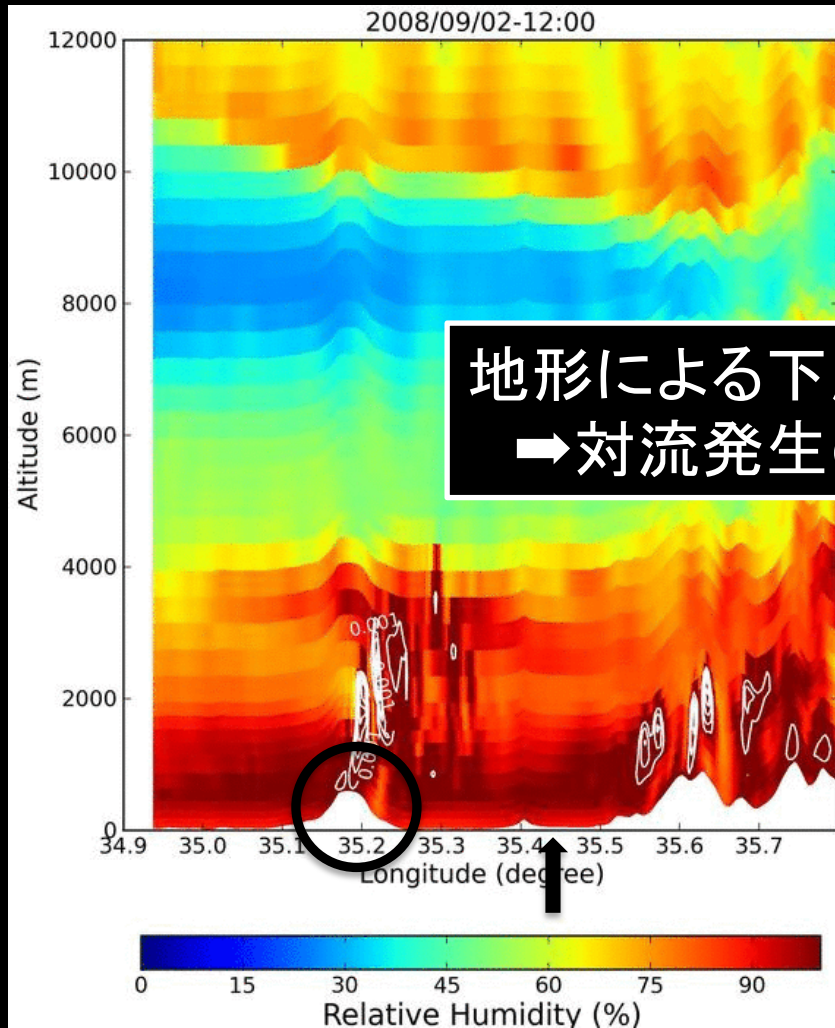
Profiles (WRF)

from
12:00 UTC
to
15:00 UTC



相对湿度 + 雲水量(白線)

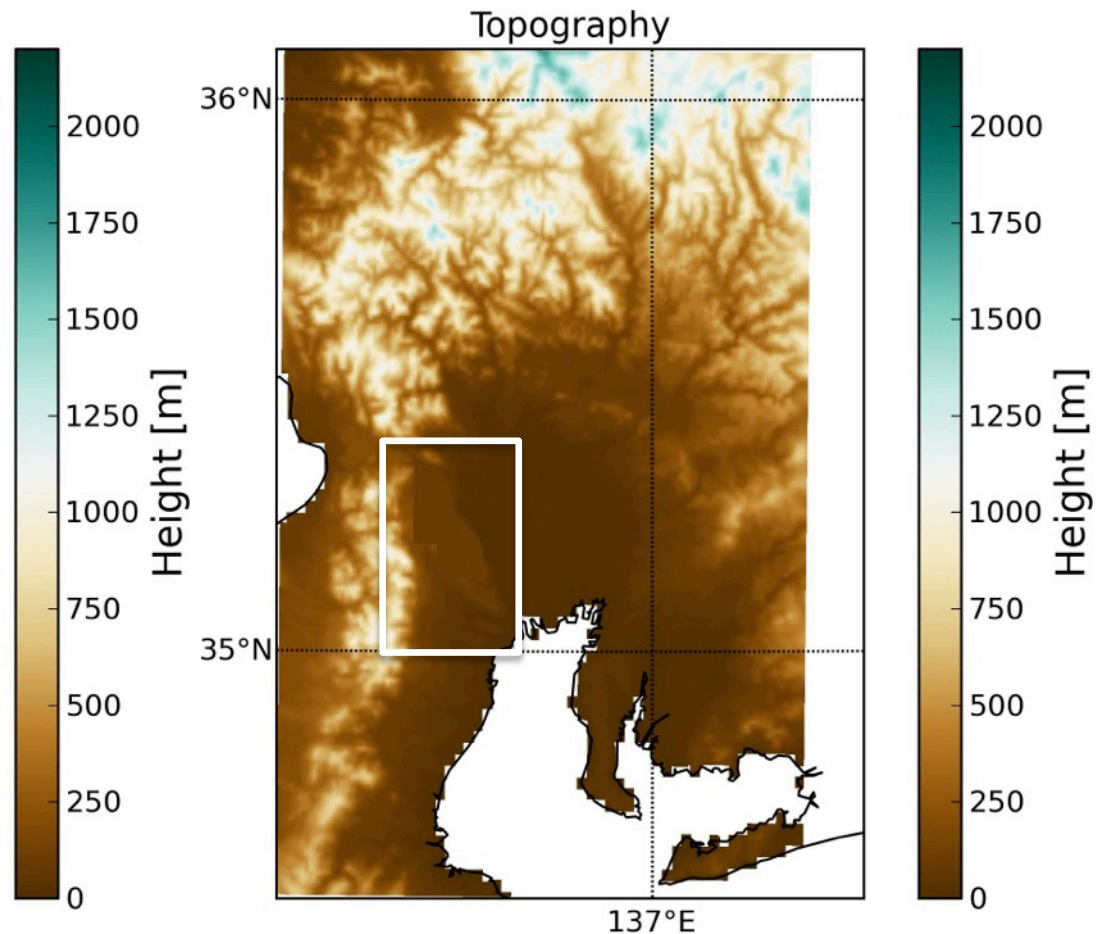
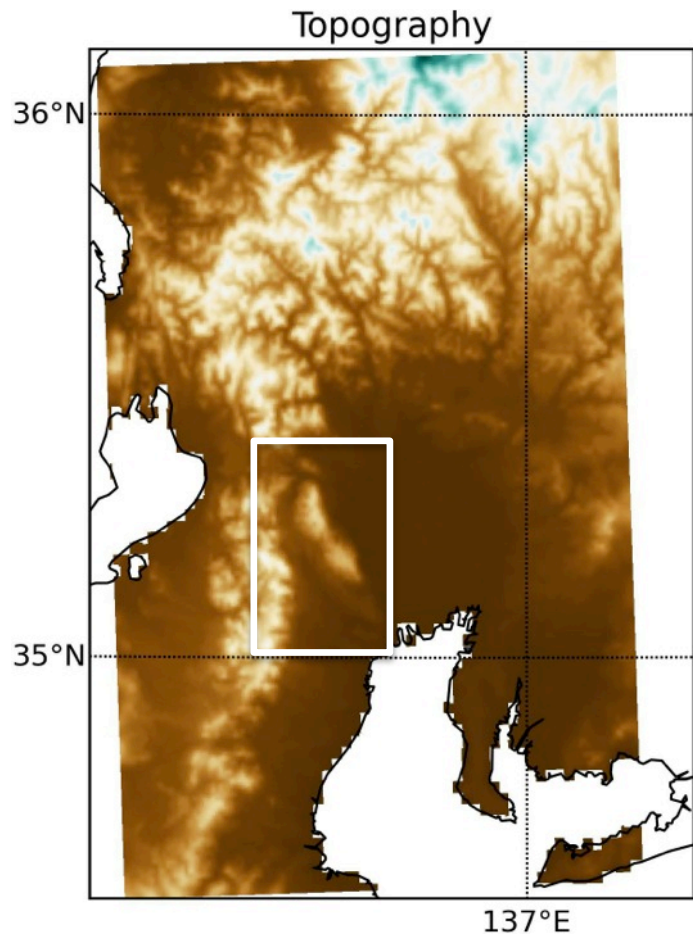
鉛直風速



地形による下層空気の強制上昇
→ 対流発生 の要因?

地形の感度実験

養老山地を取り除いた感度実験を行う



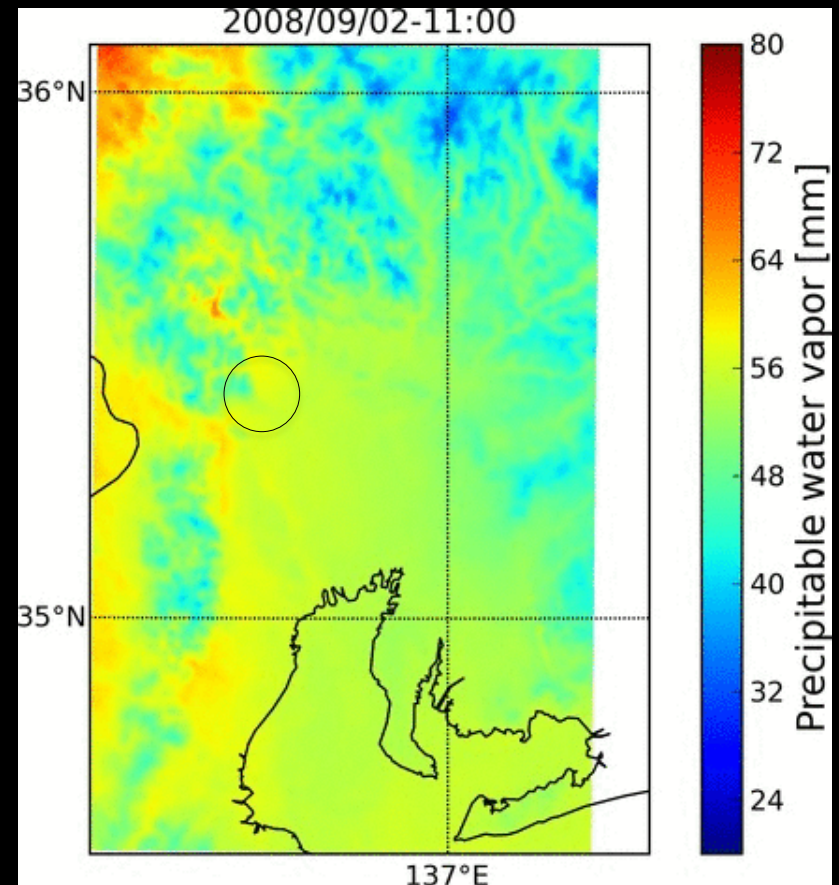
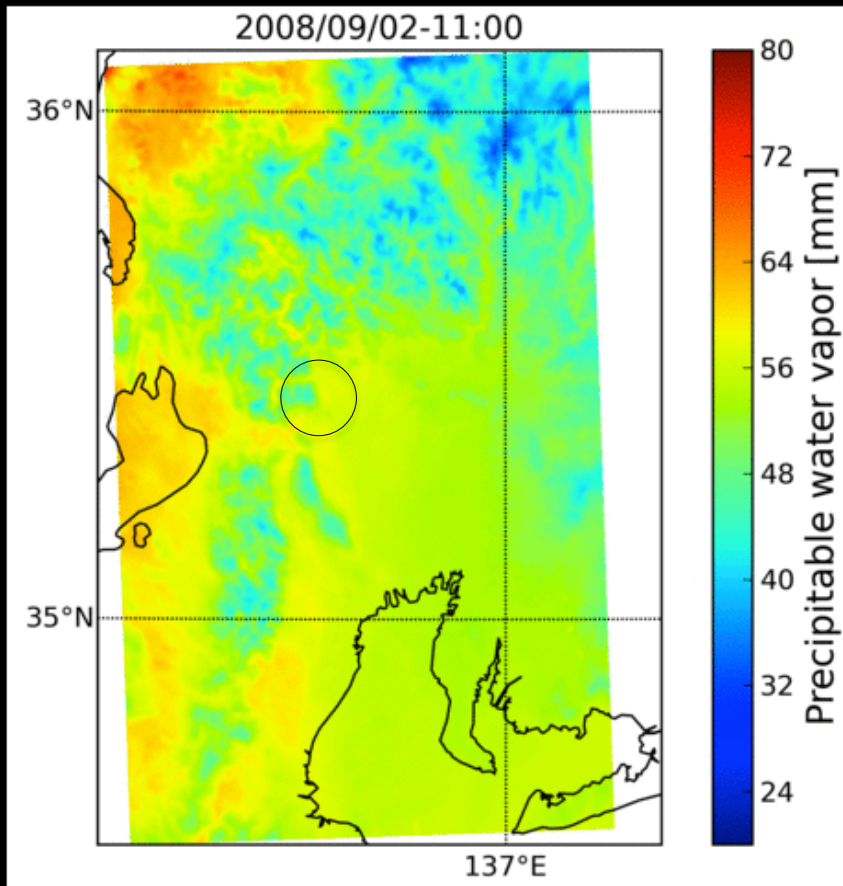
PWV (WRF)

from
11:00 UTC
to
15:00 UTC

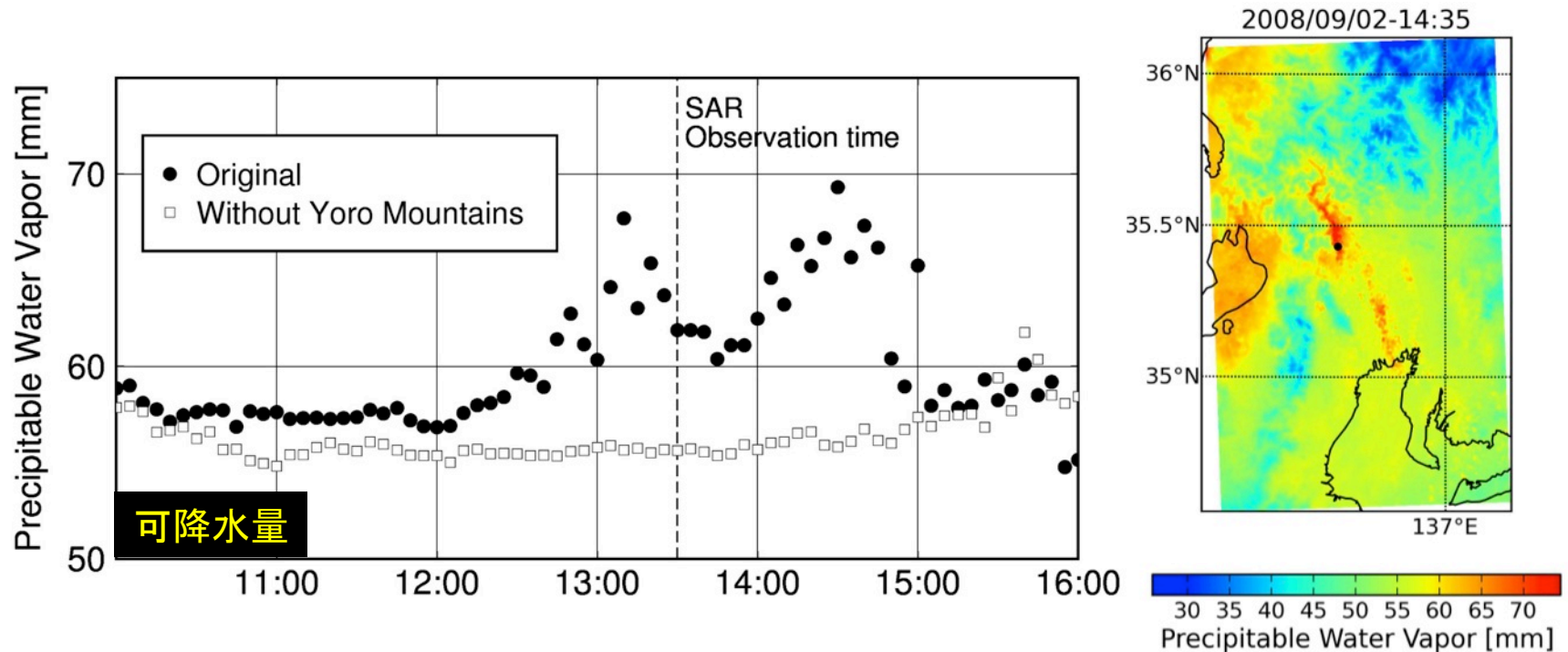
Kinoshita, Y., M. Shimada, and M. Furuya (2013), InSAR observation and numerical modeling of the water vapor signal during a heavy rain: A case study of the 2008 Seino event, central Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 4x, in press, doi:10.1002/grl.50891.

original

removed



PWV time series



WRFの結果は養老山地が対流発達に関係していたことを示唆

Kinoshita, Y., M. Shimada, and M. Furuya (2013), InSAR observation and numerical modeling of the water vapor signal during a heavy rain: A case study of the 2008 Seino event, central Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 4x, in press, doi:10.1002/grl.50891.

西濃豪雨のまとめ

- InSARデータで、集中豪雨起源の局所的な水蒸気シグナルを捉えた。シグナルは約8km四方で15cmのLOS変化。
- 波線追跡法を用いて3次元水蒸気分布を推定。高度9000mに達する相対湿度90%以上の領域を推定した。
- WRFを用いて集中豪雨を再現、シミュレーションの結果は養老山地が対流発達に重要であったことを示唆。
- WRFの結果から、降水粒子による伝搬遅延は約4cmに達した。その効果は水蒸気遅延に比べより局所的である。

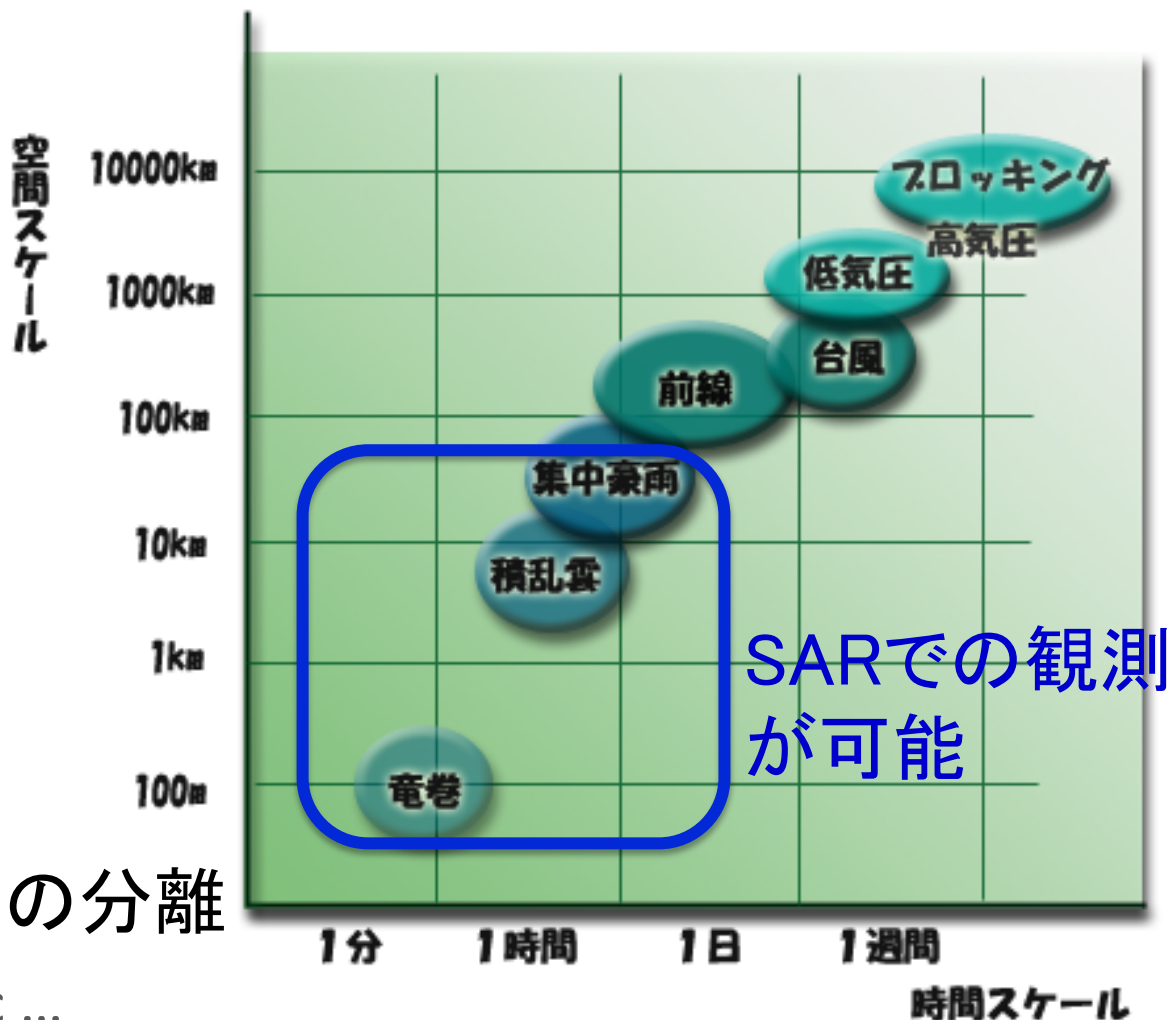
今後の研究へ向けて

SARに匹敵する空間分解能を持つ水蒸気観測手法は現在のところ無い。

気象学的にも貴重な情報源。

豪雨等の事例増を！

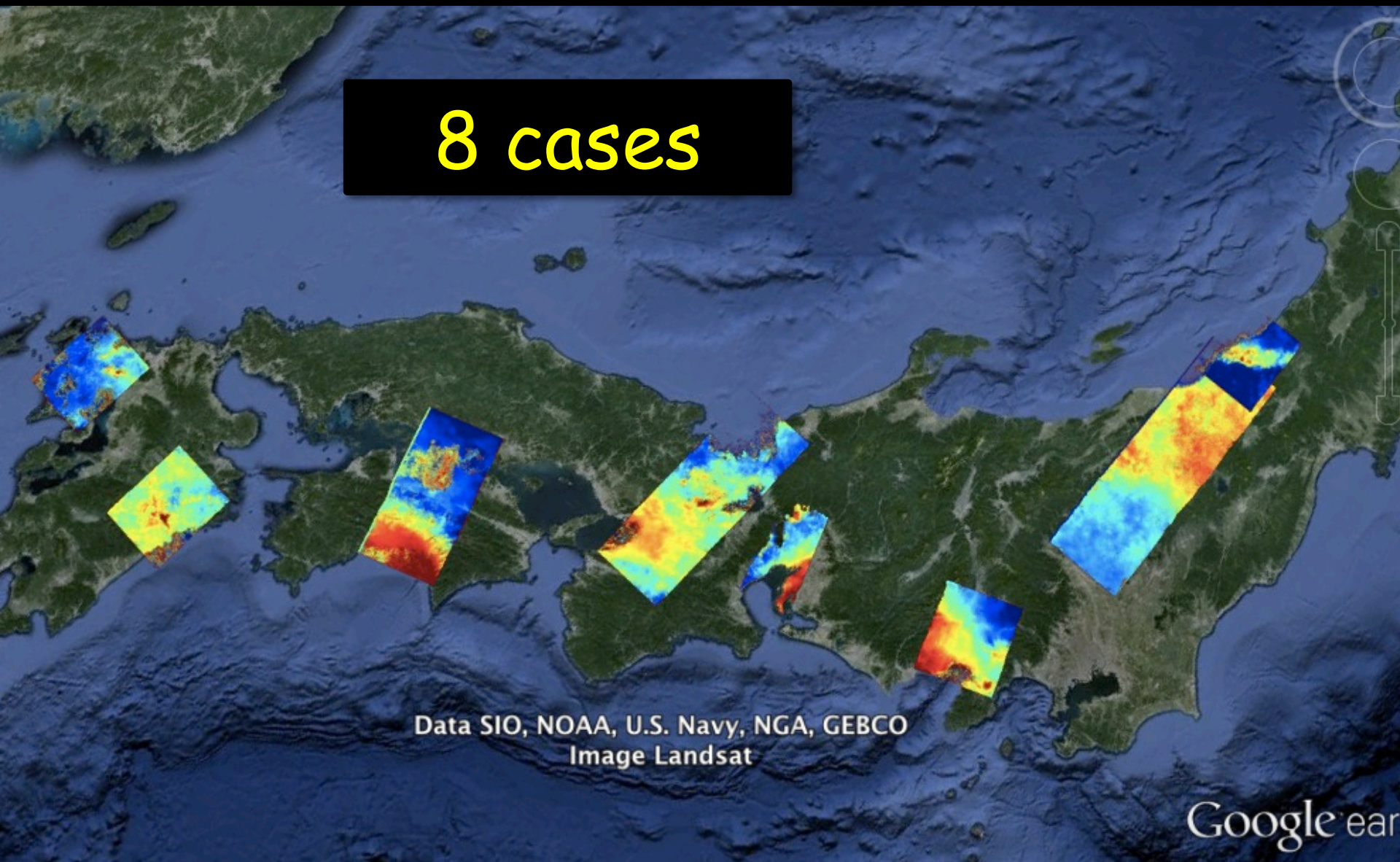
問題は他のシグナルとの分離
地殻変動、電離層 etc ...



8 cases

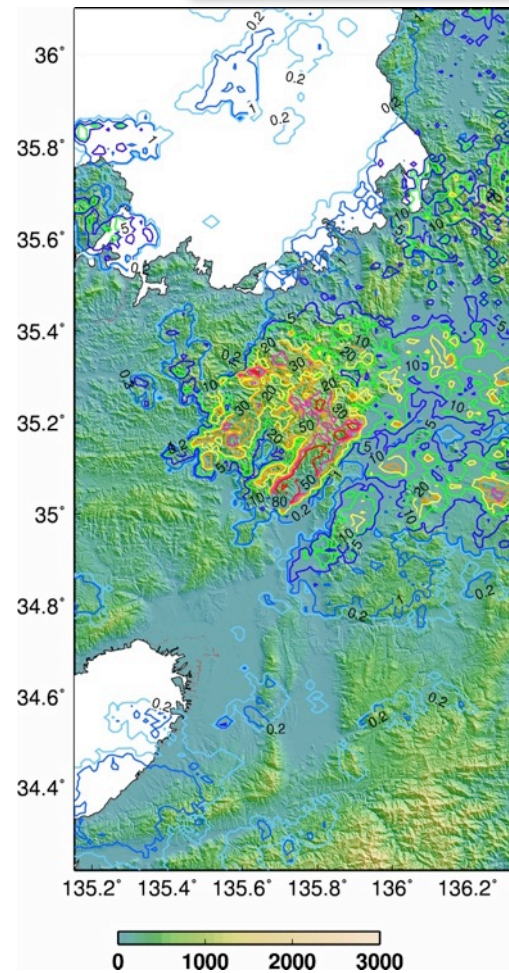
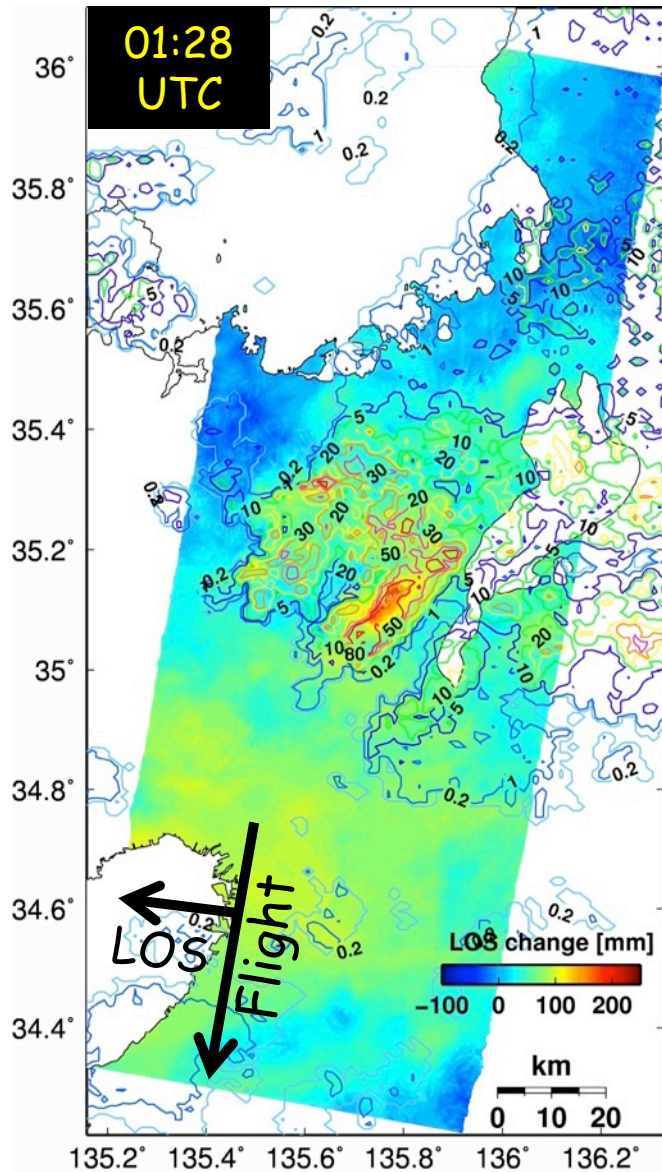
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat

Google earth



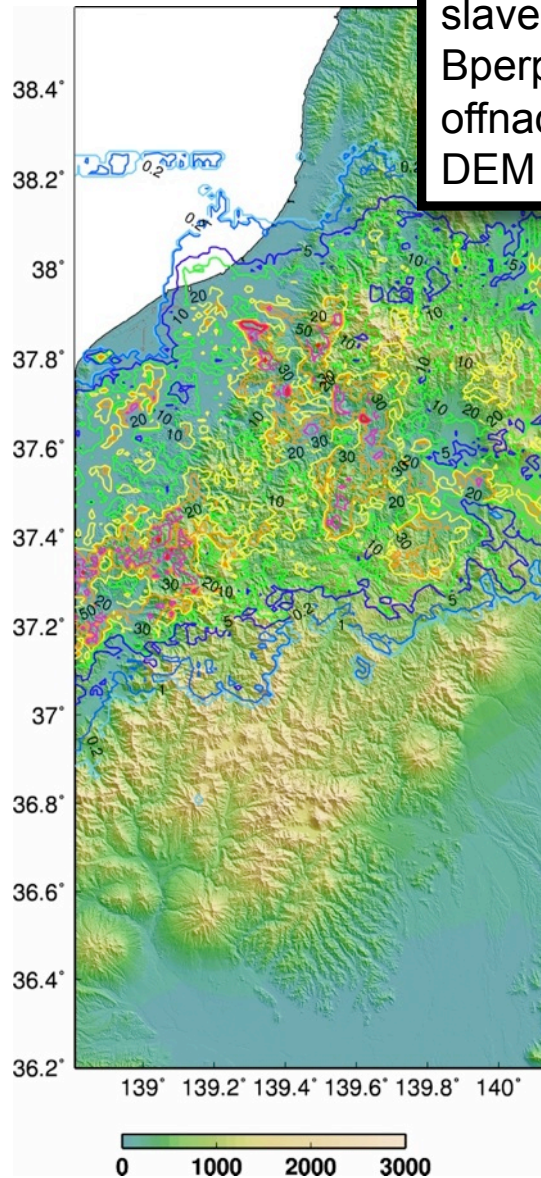
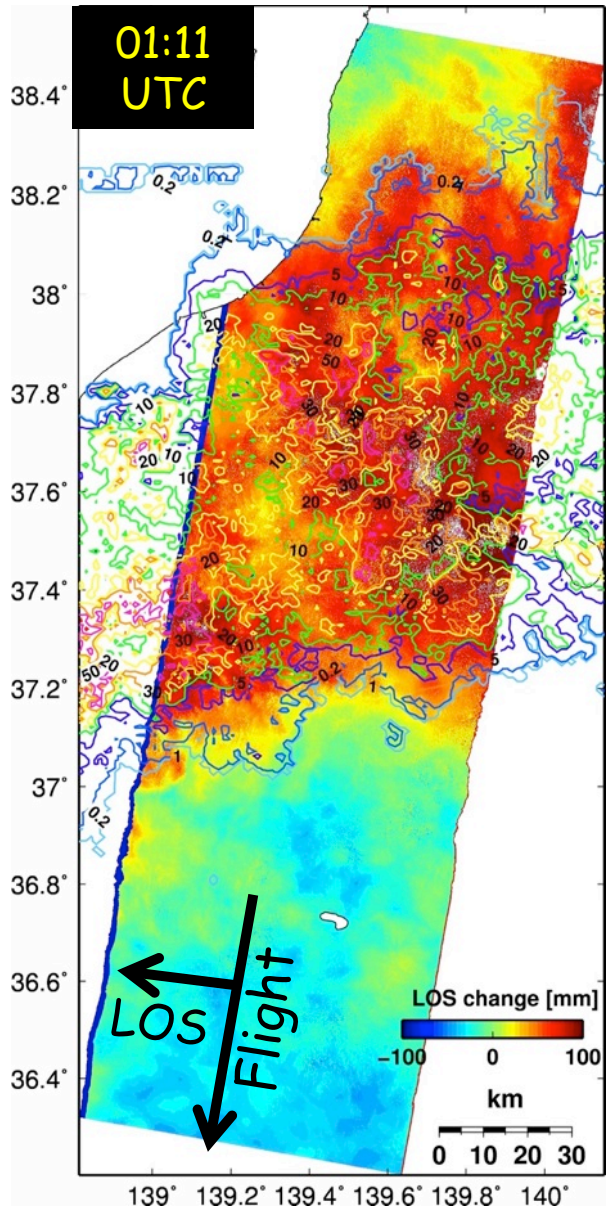
干涉処理結果(滋賀、京都)

Path : 65
Flame : 2900 - 2920
master : 2007/05/27
slave : 2007/07/12
Bperp : -373.9 m
offnadir : 34.3°
DEM : GSI10mDEM



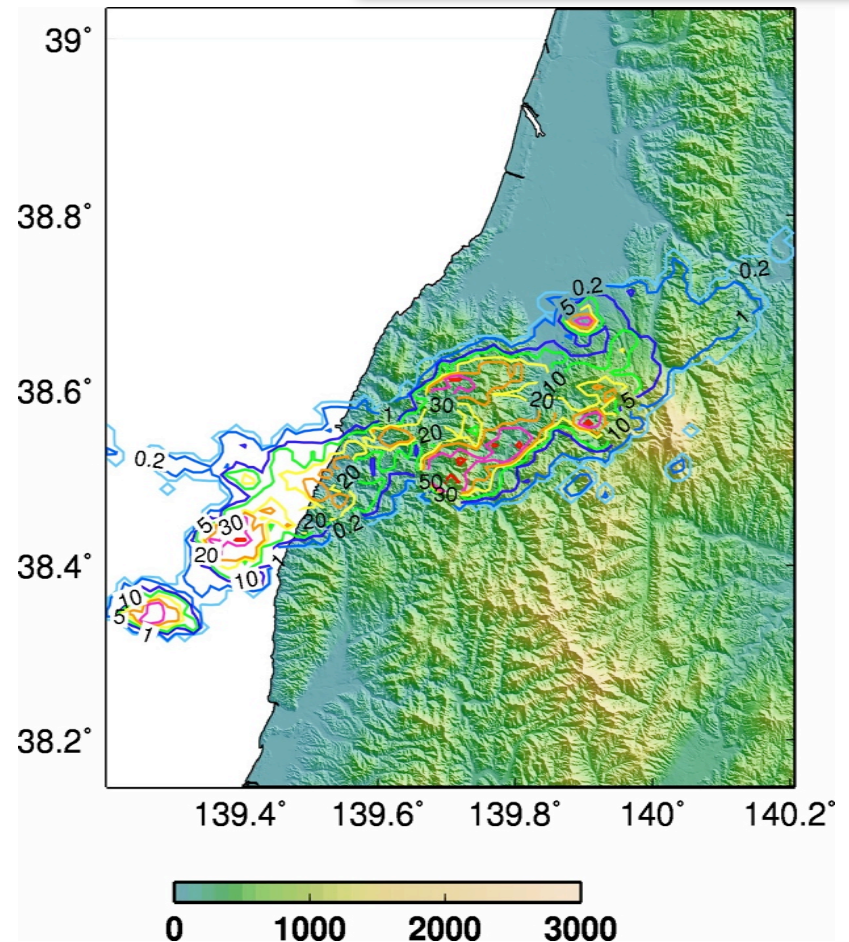
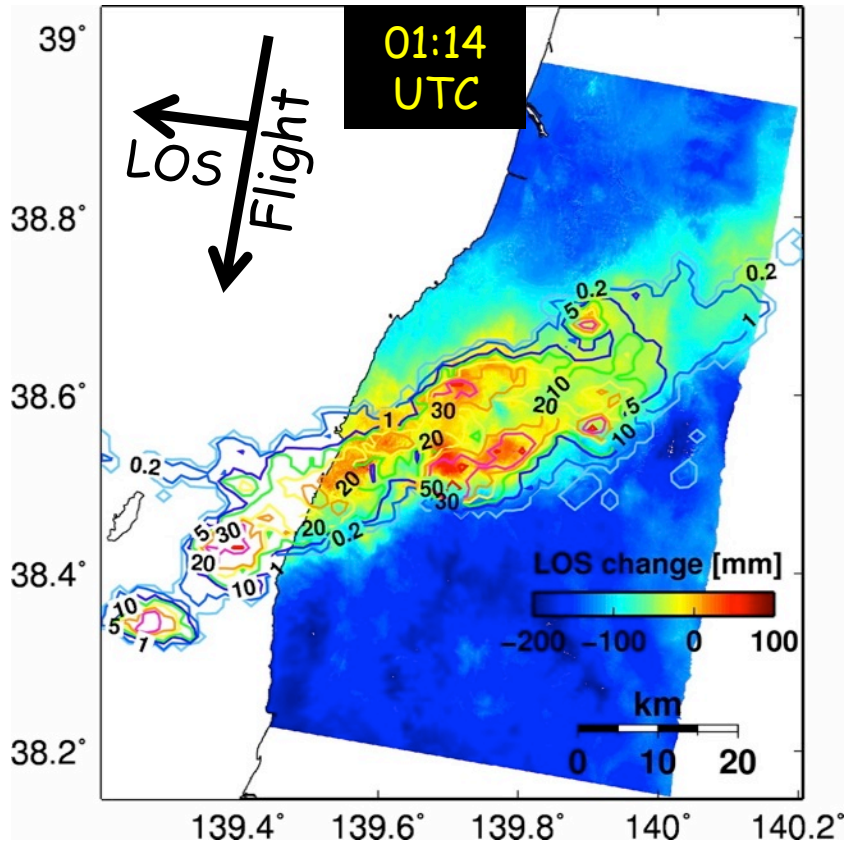
干涉処理結果(新潟1)

Path : 59
Flame : 2850 - 2880
master : 2006/09/29
slave : 2008/08/18
Bperp : -342.6 m
offnadir : 34.3°
DEM : GSI10mDEM



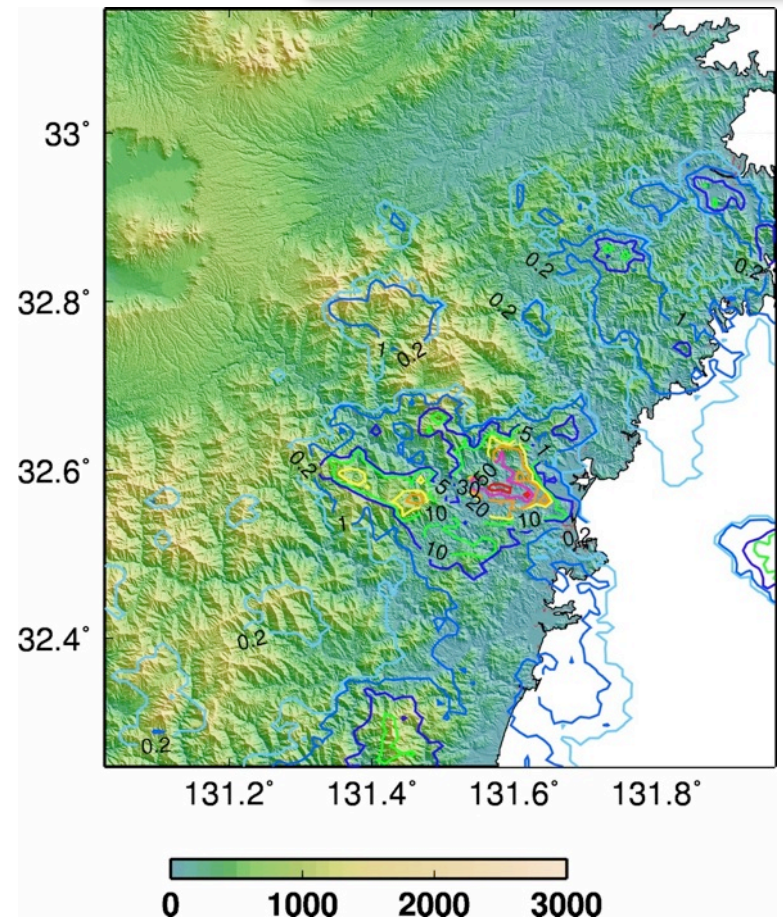
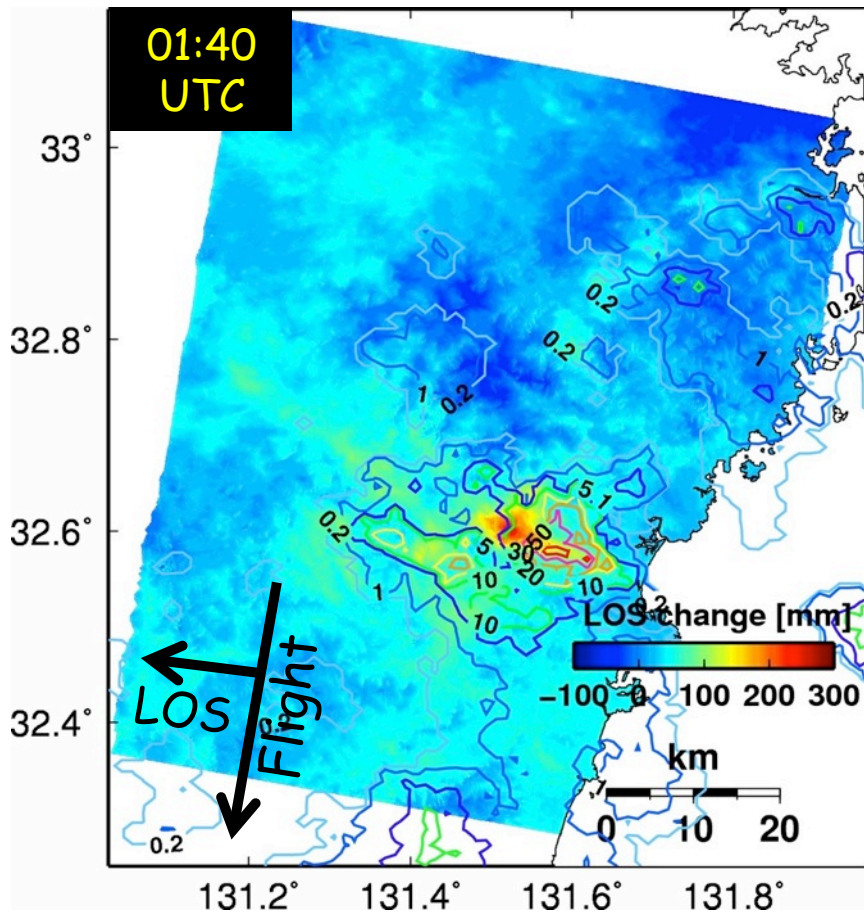
干涉処理結果(新潟2)

Path : 59
Flame : 2840
master : 2010/05/25
slave : 2010/08/25
Bperp : 184.0 m
offnadir : 34.3°
DEM : GSI10mDEM



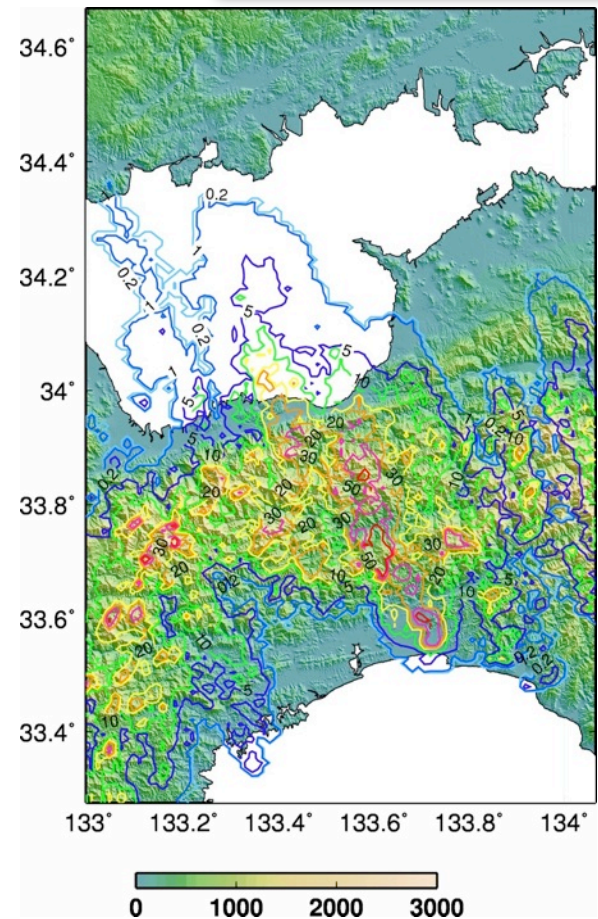
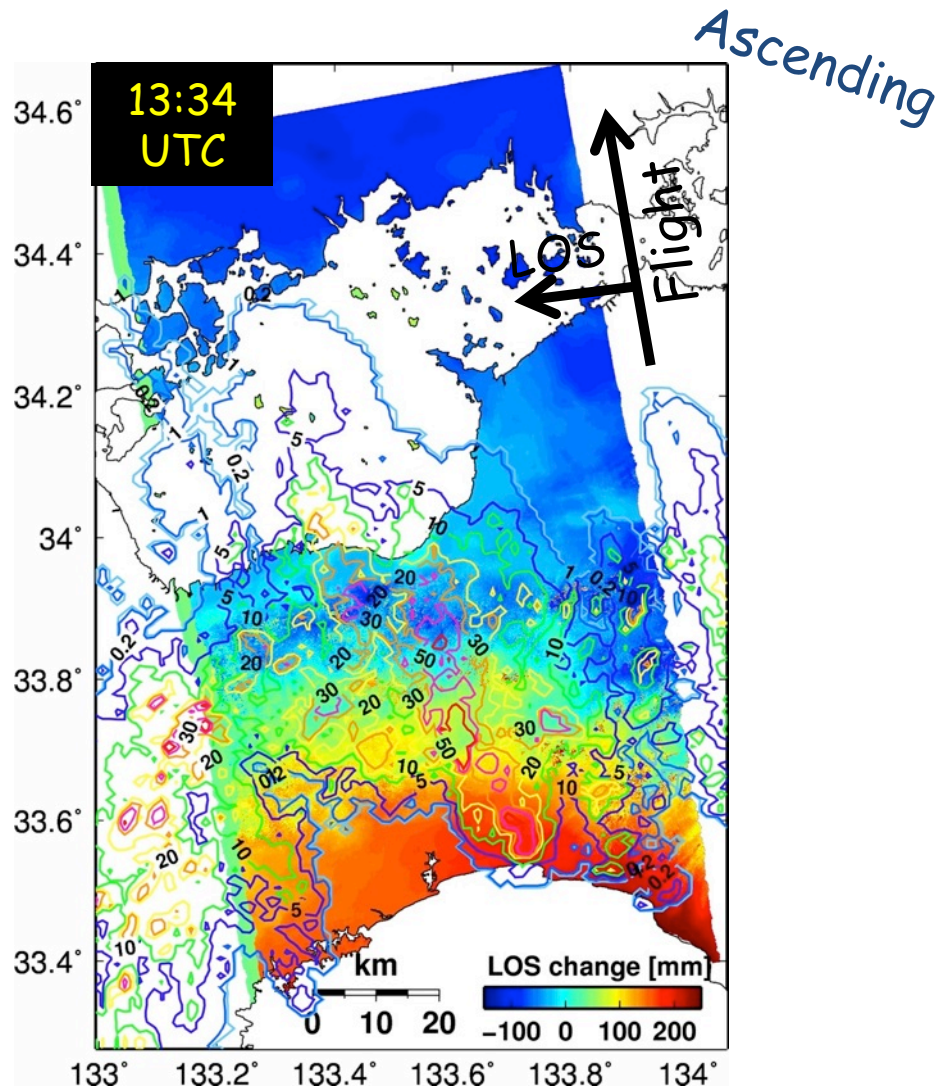
干涉処理結果(大分)

Path : 72
Flame : 2960
master : 2008/08/10
slave : 2008/11/10
Bperp : 51.8 m
offnadir : 34.3°
DEM : GSI10mDEM



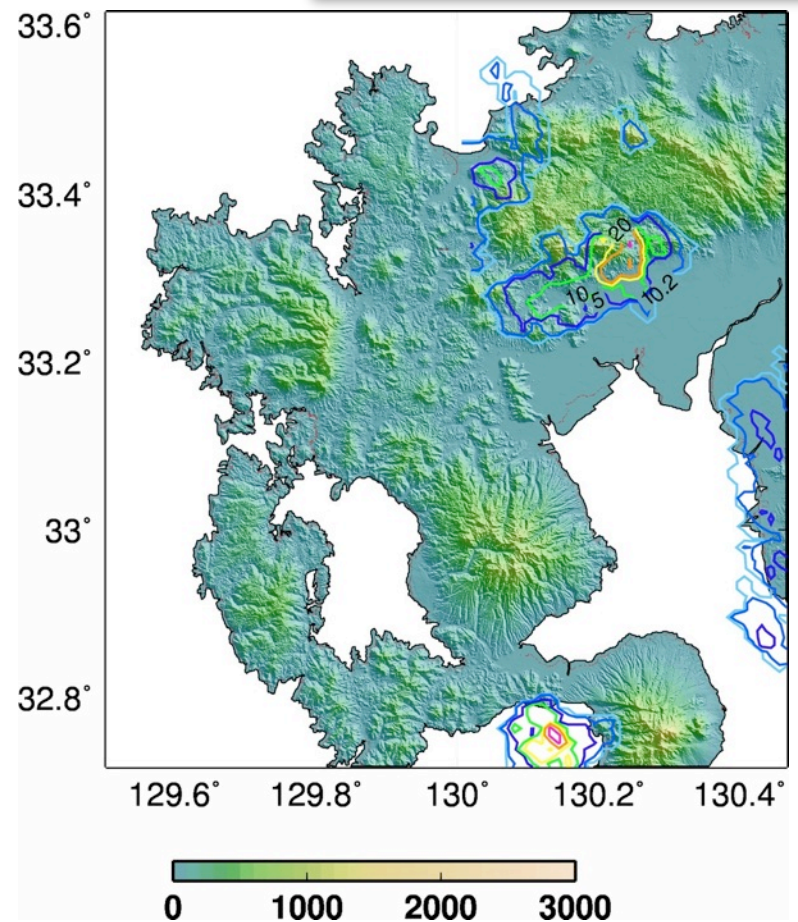
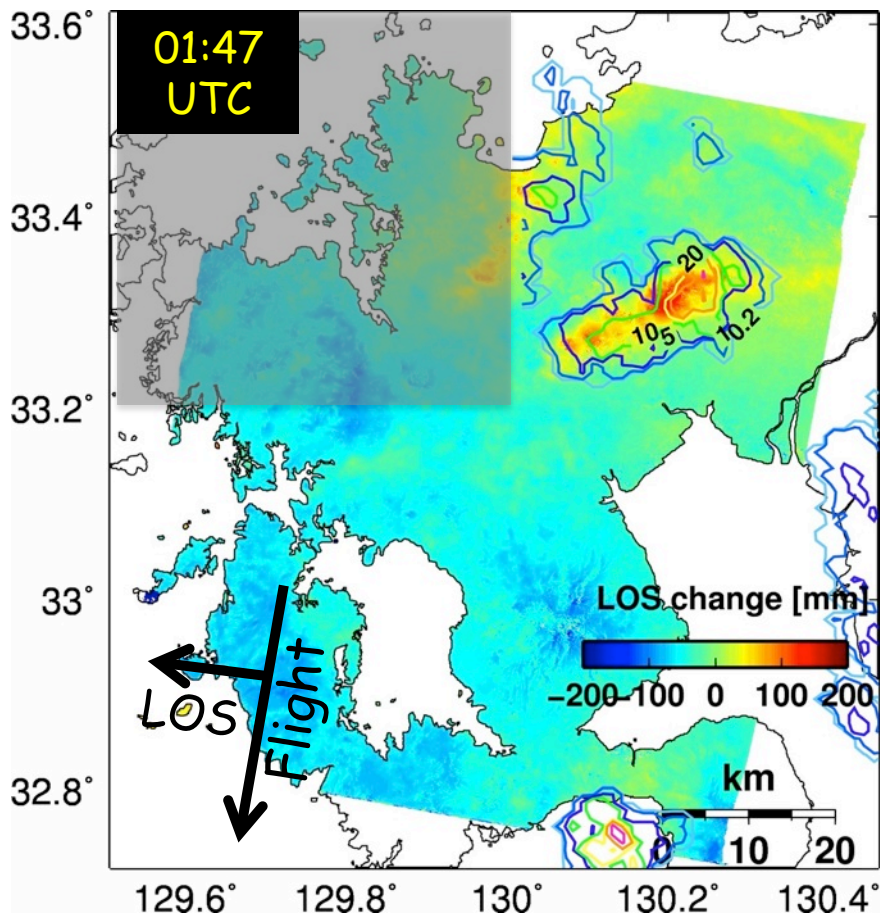
干涉処理結果(高知)

Path : 418
Flame : 660 - 670
master : 2007/08/02
slave : 2007/12/18
Bperp : 412.8 m
offnadir : 34.3°
DEM : GSI10mDEM

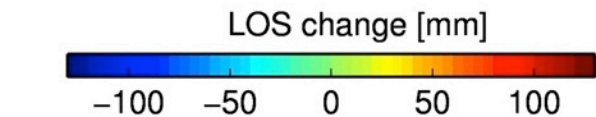
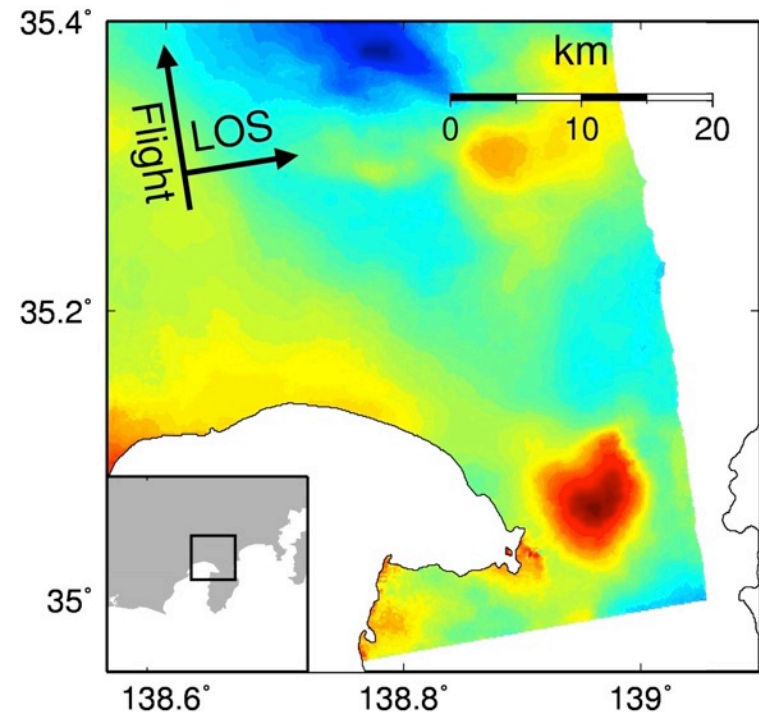


干涉処理結果(佐賀、長崎)

Path : 75
Flame : 2950
master : 2008/08/15
slave : 2008/12/31
Bperp : 473.7 m
offnadir : 34.3°
DEM : GSI10mDEM

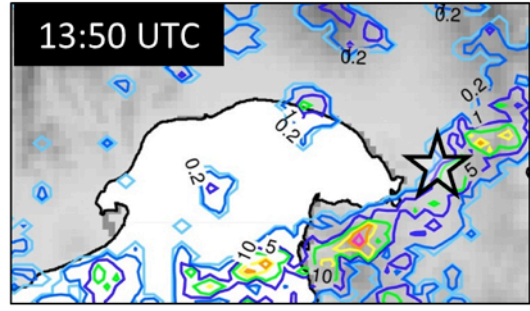
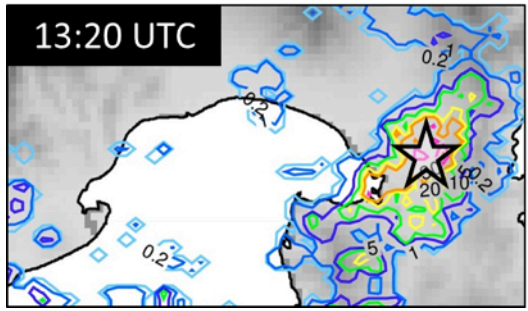
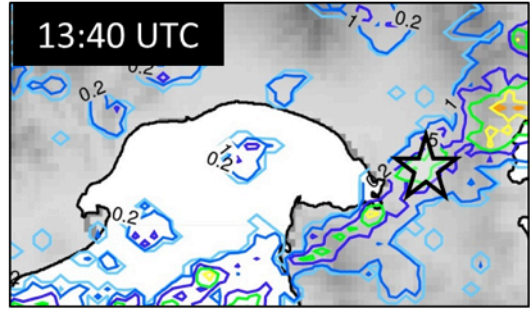
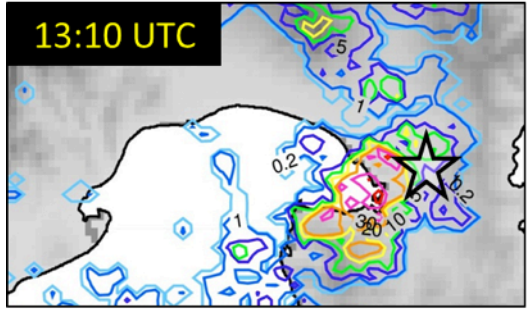
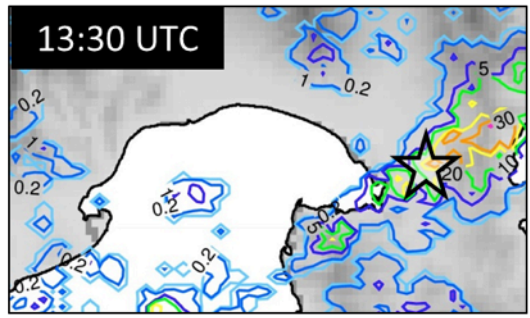
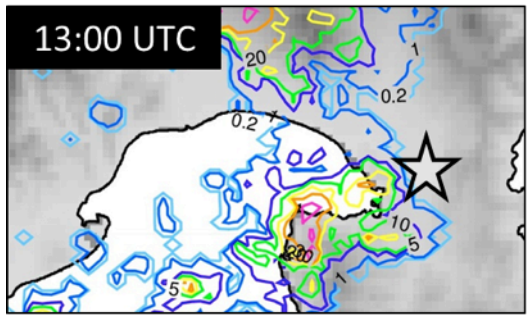


干涉処理結果(静岡)

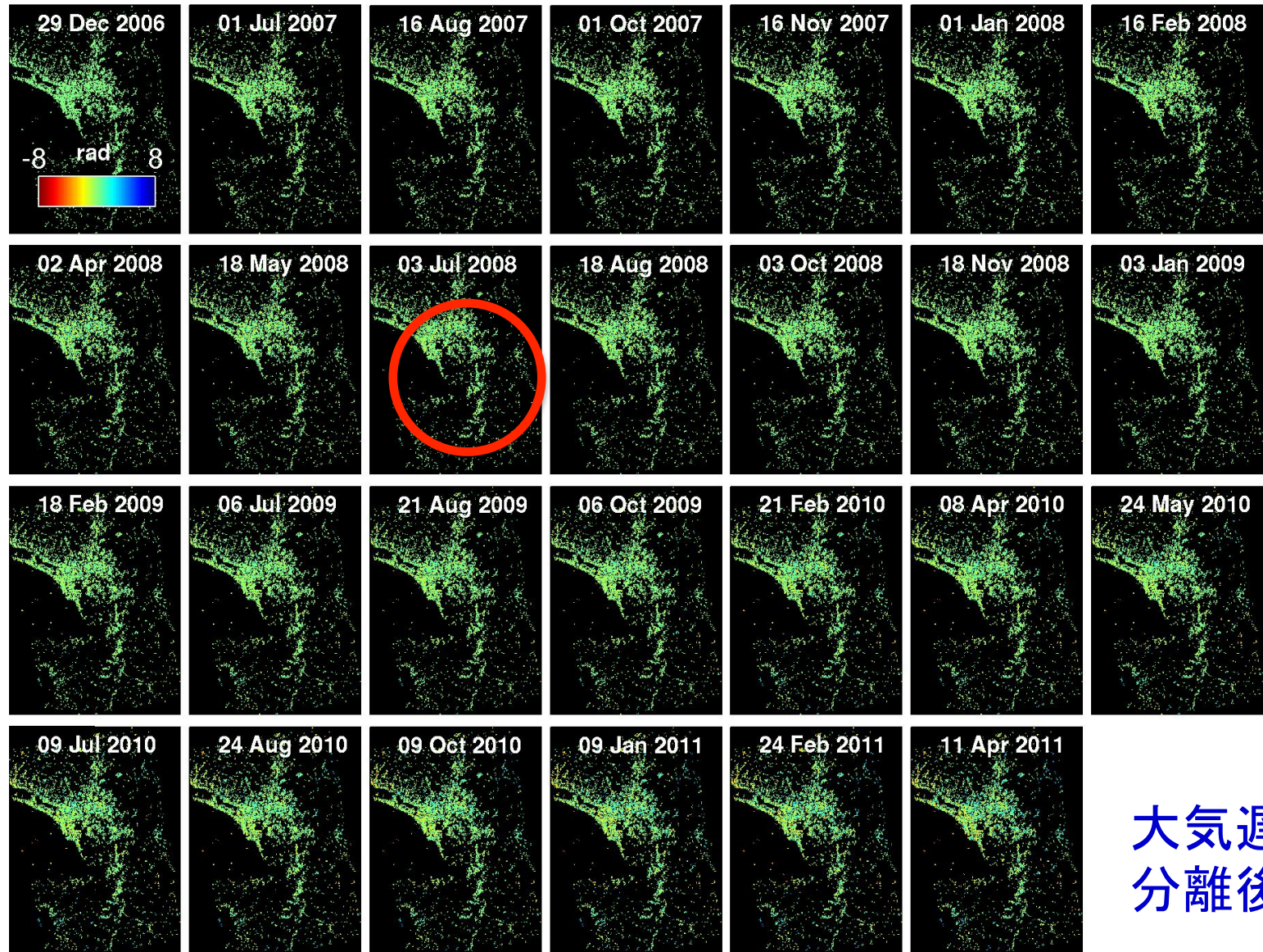


master : 2008/07/03
slave : 2009/10/06
Bperp : 601.2 m

Observation time : 13:10 UTC

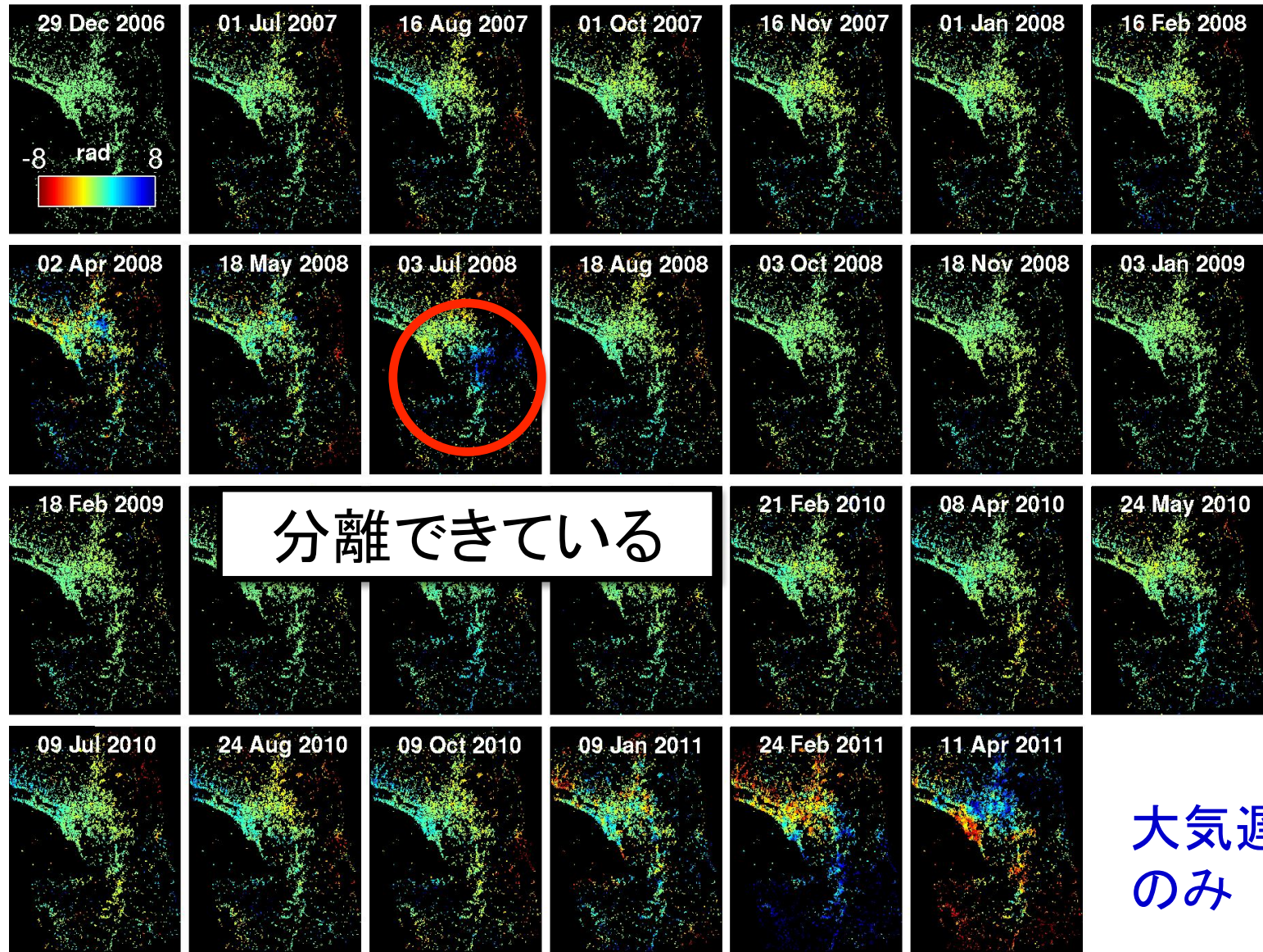


時系列解析による大気遅延シグナル分離の試み



大気遅延
分離後

時系列解析による大気遅延シグナル分離の試み



まとめ

- **西濃豪雨の事例では、集中豪雨時における局所的水蒸気シグナルの検出に成功。3次元水蒸気分布の推定およびWRFによる数値シミュレーションを行った。**
- **InSARは詳細な水蒸気分布を提供でき、気象学的な貢献も期待できる。しかし、まだまだ研究事例が少ない。**
- **他のシグナルとの分離手法確立が必要。時系列解析は有効。**

(大気遅延補正にもなる)

謝辞

本研究で用いたPALSARデータはPIXEL (PALSAR Interferometry Consortium to Study our Evolving Land surface)において共有しているものであり、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と東京大学地震研究所との共同研究契約によりJAXAから提供されたものです。PALSARデータの所有権は経済産業省およびJAXAにあります。解析には国土地理院による10mメッシュ数値標高データを用いました。MSMデータ、気象レーダーデータは京都大学生存圏研究所がアーカイブしているデータを利用しました(<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/jmadata/>)。)