

# 衛星干渉SAR観測に及ぼす 大気中水蒸気の影響評価について

## Estimation of Atmospheric Water Vapor Effects on Satellite InSAR Observation

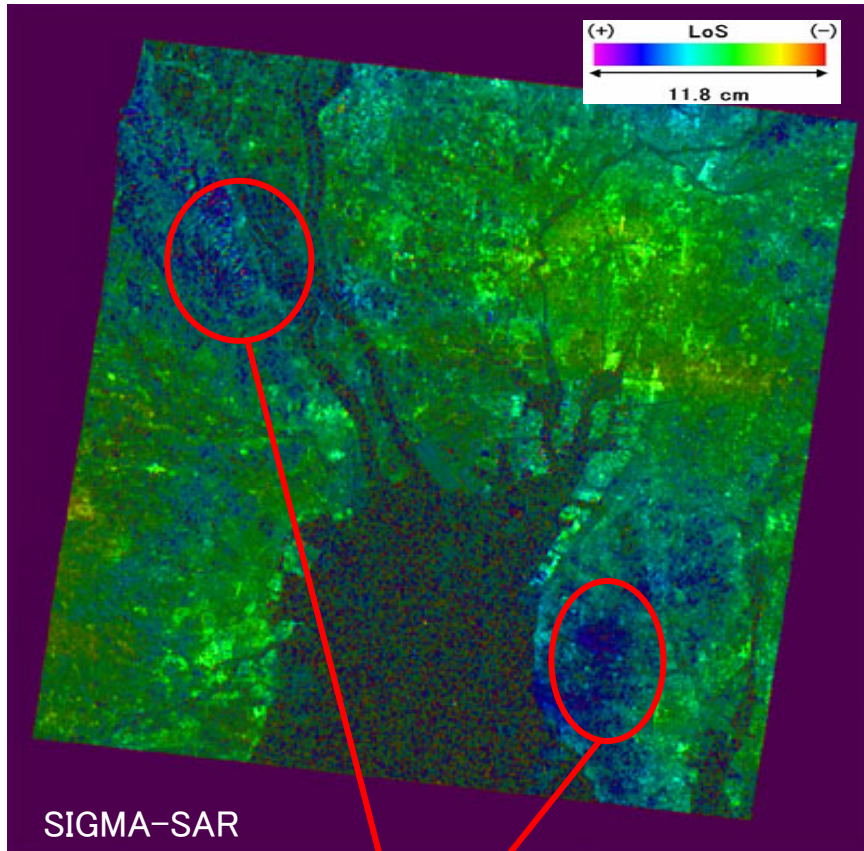
○鄭 敏学・福山 薫(三重大学)

大村 誠(高知女子大学)

○ Minxue Zheng , Kaoru Fukuyama (Mie University)  
Makoto Omura (Kochi Women' s University)

E-mail: fukuyama@bio.mie-u.ac.jp

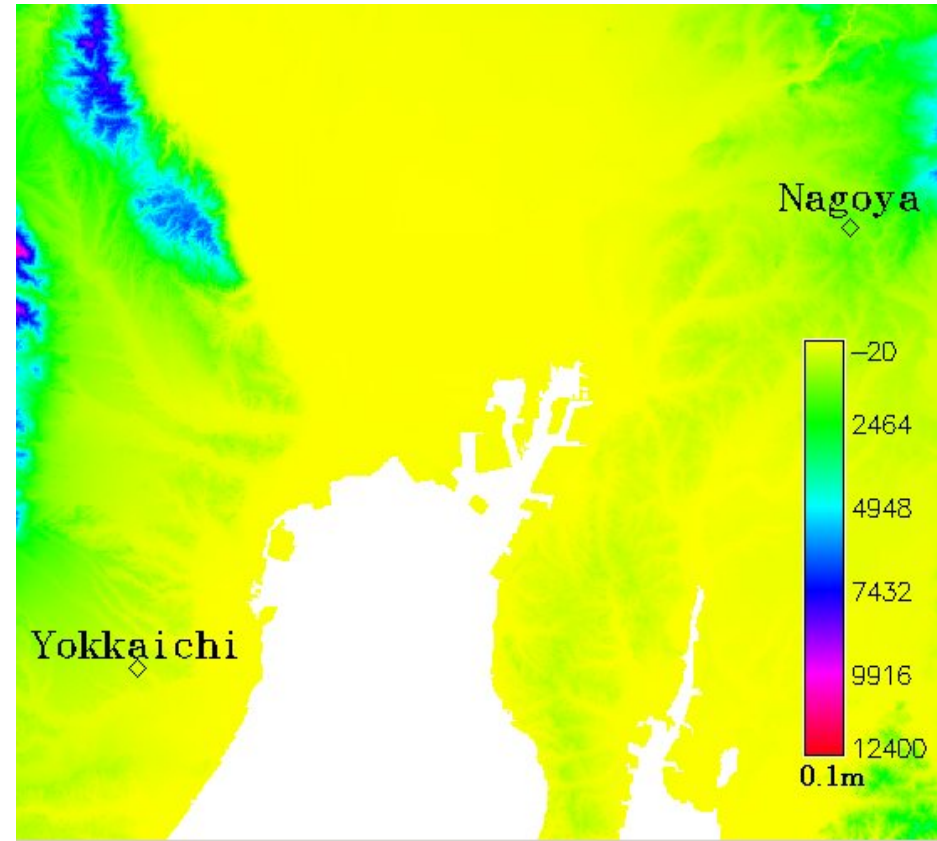
1998年5月6日～1998年6月19日 JERS-1 SAR



位相変化大・視線距離の増加

1998年5月6日—曇り 1998年6月19日—雨

研究地域の地形



標高差による大気遅延—無視

顕著な地殻変動—なし

水蒸気分布による大気遅延

——→差分干渉位相へ影響大の可能性

# 研究目的

1. 高精度GPV-MSMデータを用いてSAR電波の水蒸気分布の影響評価を検証

GPV-MSM : 気象庁は 2002年7月から提供

地表面約10 kmメッシュ

高層各等圧面約20 kmメッシュ

2. 詳細な高層気象データがない衛星  
JERS-1干渉SARに対して類似天気図法  
を用いて水蒸気分布の影響評価を検討

# 研究方法

## 類似天気図法

X: JERS-1データ取得日の天気図

Y: 2003年次降(GPV-MSMデータが存在)のある日の天気図

$X \doteq Y$  となる Yの日を探す

 Xの日のInSAR解析に  
Yの日のGPV(MSM)データを適用

GPV-MSMデータを探す必要条件

- 1) 地上天気図が類似
- 2) 季節が同じ
- 3) 地表面気象観測データが類似
- 4) 高層気象の観測データが類似

# GPV-MSMデータ選択の手順

1) 地表天気図(X)の用意



2) 2003年後類似天気図(Y)の見出し



3) XとY両日の地表面気象データの比較



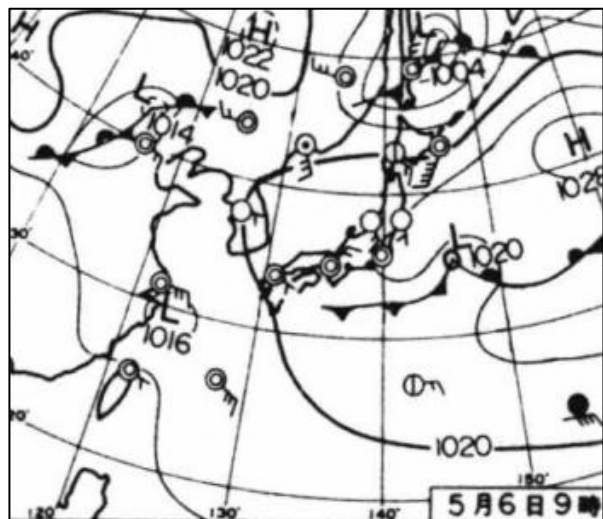
4) XとY両日の高層気象データの比較



5) 最類似(Y) GPV-MSMデータの決定

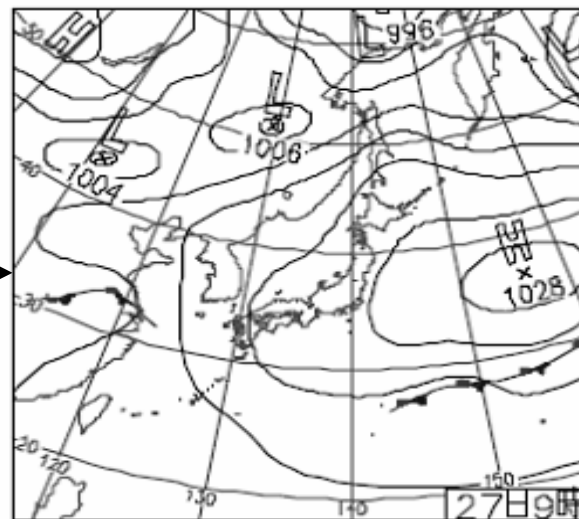
1998年6月19日と1998年5月6日の  
差分干渉位相図を例として類似天気図法について検討

JERS-1データ取得日の  
天気図(X)



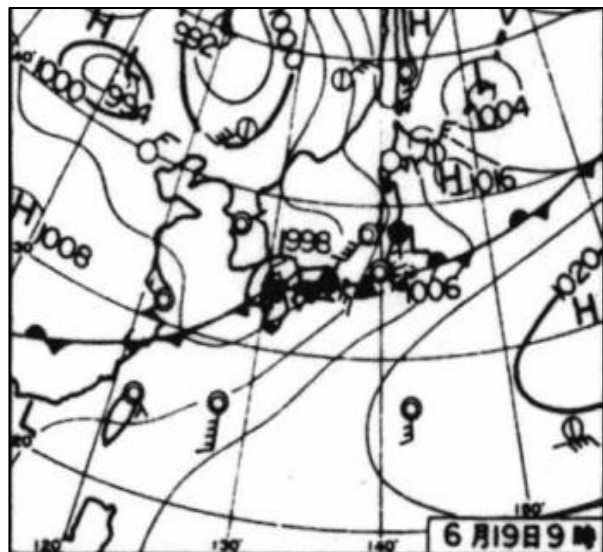
1998年5月6日の天気図

GPV-MSMデータ  
存在の日(Y)

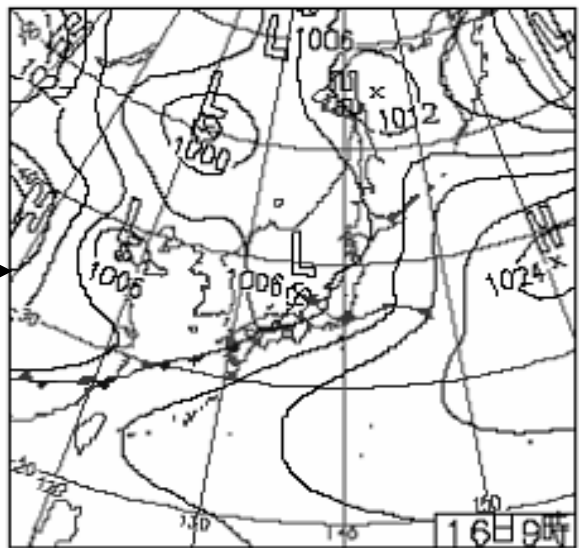


2004年5月27日の天気図

類似



1998年6月19日の天気図



2004年5月16日の天気図

類似

# 地表面気象観測データの比較

| 日付                                          | 名古屋   |        |       |       | 四日市   |        |       |       |
|---------------------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
|                                             | T(°C) | P(hpa) | RH(%) | R(mm) | T(°C) | P(hpa) | RH(%) | R(mm) |
| 19980619(X)                                 | 21.9  | 1007   | 97.0  | 1.0   | 22.1  | 1007   | 100.0 | 2.0   |
| 20040516(Y)                                 | 17.7  | 1009   | 93.0  | 0.0   | 17.9  | 1009   | 93.0  | 2.0   |
| 差                                           | 4.2   | 1.3    | 4.0   | 1.0   | 4.2   | 2.3    | 7.0   | 0.0   |
|                                             |       |        |       |       |       |        |       |       |
| 19980506(X)                                 | 20.6  | 1024   | 79.0  | 0.0   | 17.9  | 1024   | 100.0 | 0.0   |
| 20040527(Y)                                 | 23.3  | 1022   | 59.0  | 0.0   | 22.4  | 1023   | 64.0  | 0.0   |
| 差                                           | 2.7   | 1.5    | 20.0  | 0.0   | 4.5   | 1.2    | 36.0  | 0.0   |
| T-気温(°C) P-海面更正気圧(hPa) RH-相対湿度(%) R-降水量(mm) |       |        |       |       |       |        |       |       |

2004年5月16日と1998年6月19日

2004年5月27日と1998年5月6日

地表面気象状況  
類似



# 高層気象観測データの比較

| 潮岬                                  |        |       |       |        |        |       |        |        |       |
|-------------------------------------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
|                                     | 925hPa |       |       | 850hPa |        |       | 800hPa |        |       |
| Date                                | T(°C)  | A(m)  | RH(%) | T(°C)  | A(m)   | RH(%) | T(°C)  | A(m)   | RH(%) |
| 19980619(X)                         | 21.1   | 747.0 | 98.0  | 17.0   | 1477.0 | 100.0 | 13.4   | 1993.0 | 97.0  |
| 20040516(Y)                         | 18.5   | 767.0 | 94.0  | 14.9   | 1489.0 | 94.0  | 12.9   | 2001.0 | 98.0  |
| 差                                   | 2.6    | 20.0  | 4.0   | 2.1    | 12.0   | 6.0   | 0.5    | 8.0    | 1.0   |
|                                     |        |       |       |        |        |       |        |        |       |
|                                     | 925hPa |       |       | 850hPa |        |       | 800hPa |        |       |
| Date                                | T(°C)  | A(m)  | RH(%) | T(°C)  | A(m)   | RH(%) | T(°C)  | A(m)   | RH(%) |
| 19980506(X)                         | 17.0   | 858.0 | 96.0  | 13.5   | 1577.0 | 97.0  | 11.1   | 2086.0 | 96.0  |
| 20040527(Y)                         | 14.9   | 856.0 | 84.0  | 10.1   | 1566.0 | 68.0  | 6.7    | 2067.0 | 96.0  |
| 差                                   | 2.1    | 2.0   | 12.0  | 3.4    | 11.0   | 29.0  | 4.4    | 19.0   | 0.0   |
|                                     |        |       |       |        |        |       |        |        |       |
| 浜松                                  |        |       |       |        |        |       |        |        |       |
|                                     | 925hPa |       |       | 850hPa |        |       | 800hPa |        |       |
| Date                                | T(°C)  | A(m)  | RH(%) | T(°C)  | A(m)   | RH(%) | T(°C)  | A(m)   | RH(%) |
| 19980619(X)                         | 19.1   | 747.0 | 94.0  | 16.1   | 1473.0 | 94.0  | 13.8   | 1988.0 | 94.0  |
| 20040516(Y)                         | 18.9   | 762.0 | 92.0  | 15.7   | 1486.0 | 90.0  | 13.4   | 2000.0 | 88.0  |
| 差                                   | 0.2    | 15.0  | 2.0   | 0.4    | 13.0   | 4.0   | 0.4    | 12.0   | 6.0   |
|                                     |        |       |       |        |        |       |        |        |       |
|                                     | 925hPa |       |       | 850hPa |        |       | 800hPa |        |       |
| Date                                | T(°C)  | A(m)  | RH(%) | T(°C)  | A(m)   | RH(%) | T(°C)  | A(m)   | RH(%) |
| 19980506(X)                         | 14.9   | 857.0 | 92.0  | 12.1   | 1572.0 | 92.0  | 9.6    | 2078.0 | 85.0  |
| 20040527(Y)                         | 15.4   | 866.0 | 61.0  | 10.2   | 1577.0 | 74.0  | 6.3    | 2078.0 | 86.0  |
| 差                                   | 0.5    | 9.0   | 31.0  | 1.9    | 5.0    | 18.0  | 3.3    | 0.0    | 1.0   |
| T-気温(°C) A-ジオポテンシャル高度(m) RH-相対湿度(%) |        |       |       |        |        |       |        |        |       |

2004年5月16日と1998年6月19日 } 高層気象状況  
 2004年5月27日と1998年5月6日 } 類似



以上の条件を満たすGPV-MSMデータ(Y)  
2004年5月16日と2004年5月27日

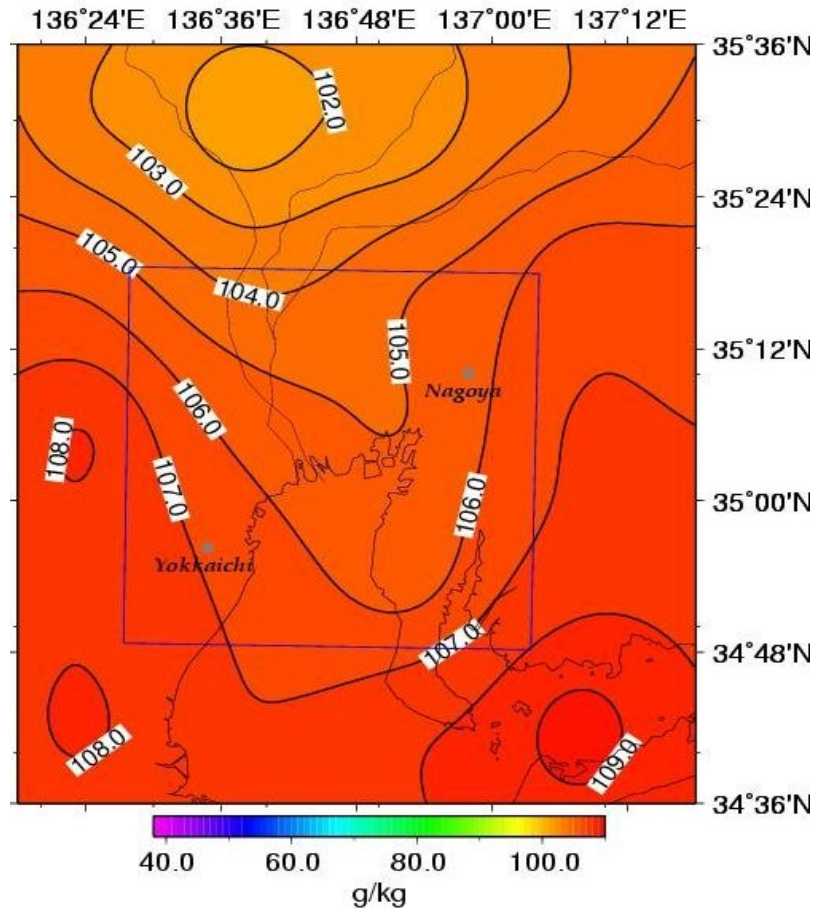


JERS-1データ取得日(X)  
1998年6月19日と1998年5月6日

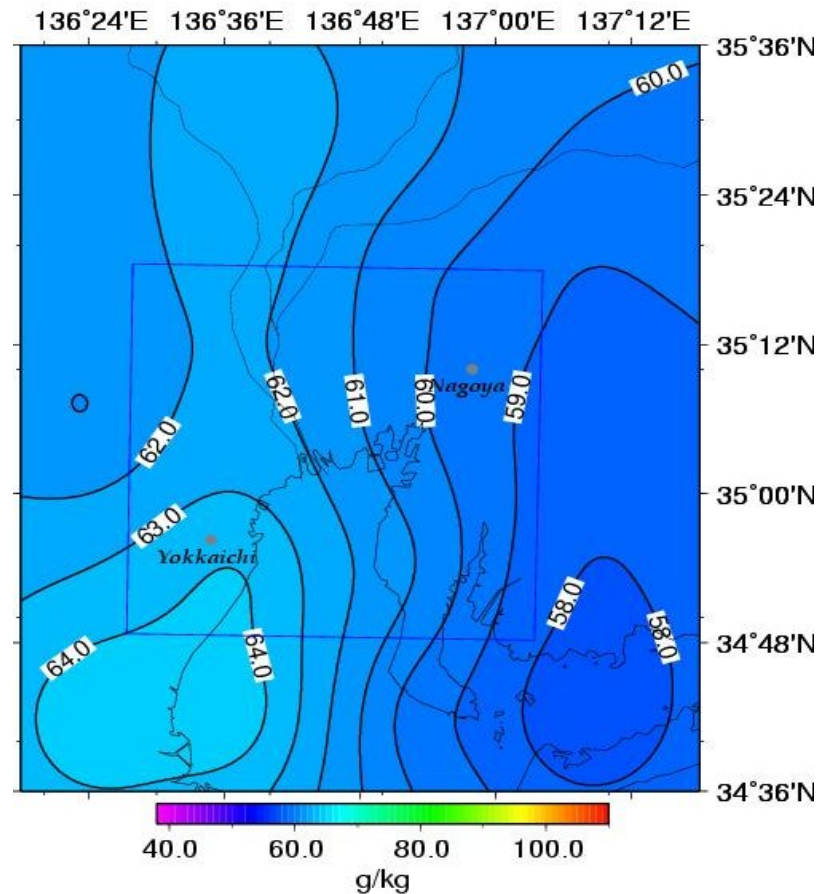


気象状態を反映できる

# 水蒸気の影響評価

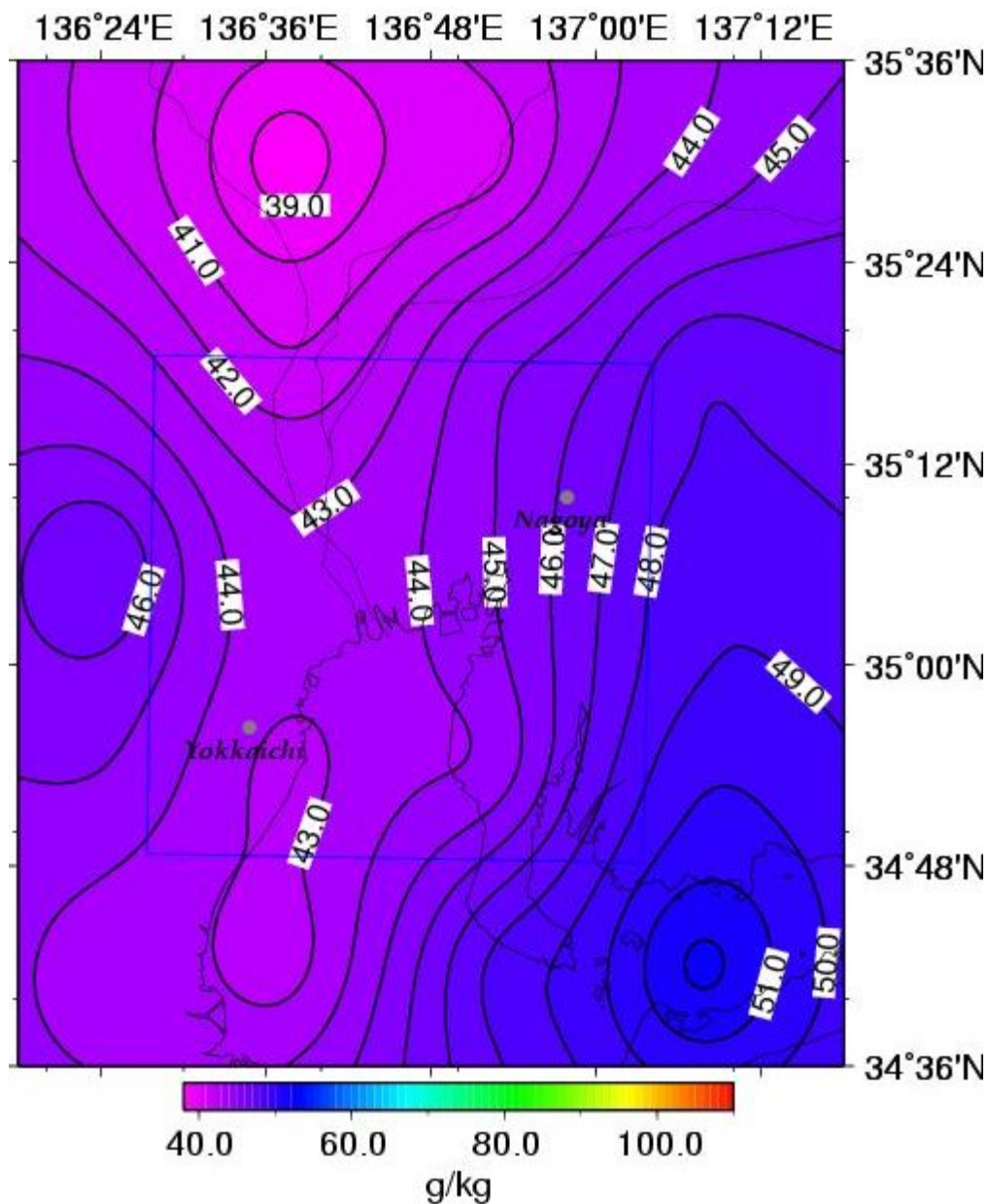


2004年5月16日の水蒸気量



2004年5月27日の水蒸気量

地上面から300hPa高度までの比湿の和  
水蒸気分布はかなり異なる(約1.7倍)



水蒸気量の差分図

2004年5月16日から2004年  
5月27日の水蒸気量を差し  
引いて得られた

水蒸気量の差の分布  
不均一

西部と東南部  
著しく大きい

## 大気遅延量計算(島田, 1999)

$$\phi = -4\pi \frac{2}{\lambda_0 \sin 2\Theta_0} \sum_i (n_{m,i} - n_{s,i}) \Delta r_i$$

ただし

$$n = 1 + \frac{77.6}{T} p \cdot 10^{-6} + \frac{0.373}{T^2} e$$

$\Theta_0$  衛星のオフナディア角

$n_{m,i}$  マスターの画像第*i*層の屈折率

$n_{s,i}$  スレーブ画像の第*i*層の屈折率

$\Delta r_i$  第*i*層の層厚

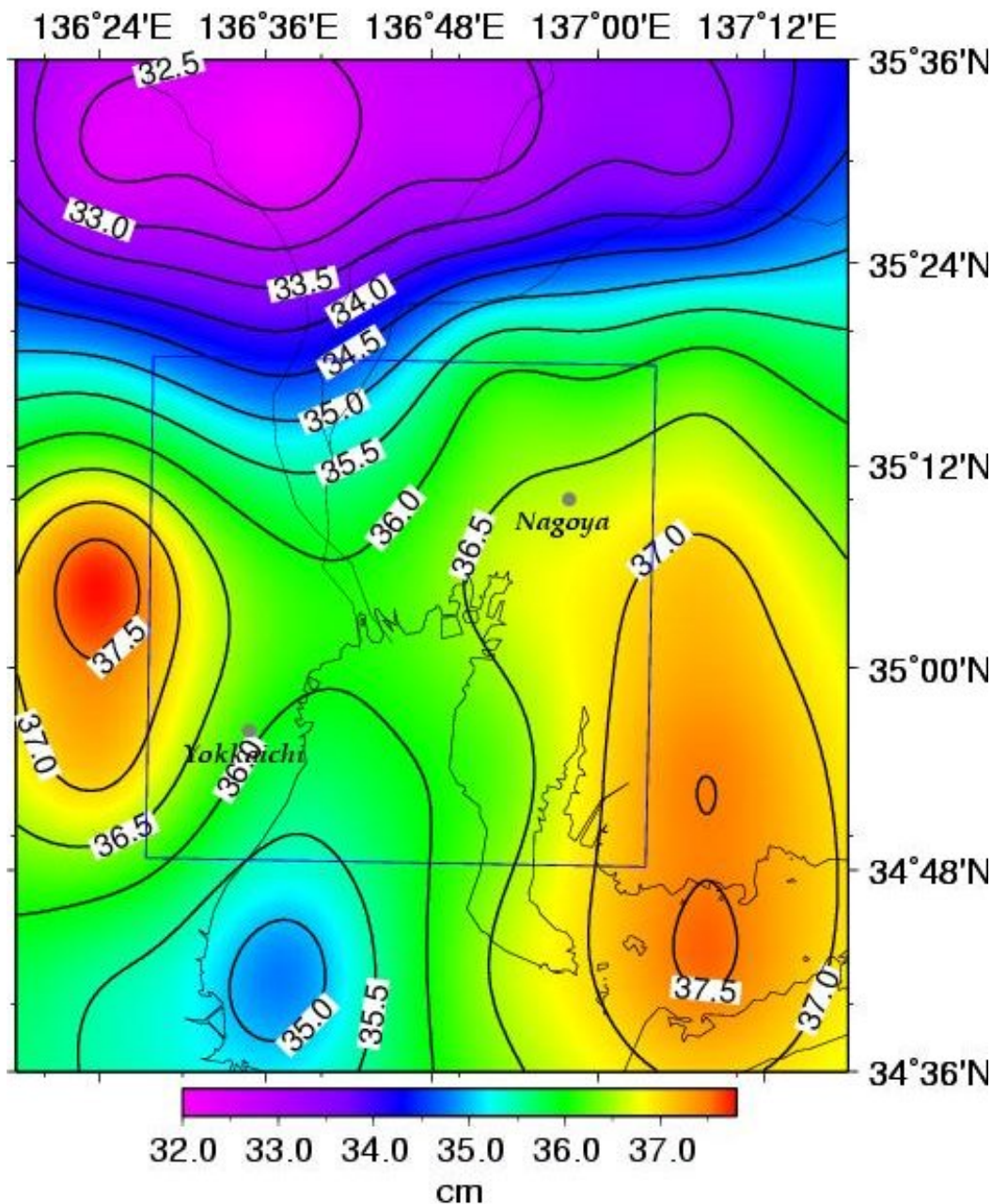
$P$  大気圧(hPa)

$T$  気温(K)

$e$  水蒸気圧(hPa)

GPV-MSMデータを用いて大気遅延量を推定する





大気遅延量の分布

衛星JERS-1 SARのレーダー波入射方向の大気遅延量を求めた

大気遅延量(片道視線距離の差)の最大値は37.5cm

大気遅延量水平分布  
最大差が3.2cm

西部と東南部  
著しく大きい

# まとめ

- 復元した両観測日の水蒸気量の差及び推定した大気遅延量の分布は、差分干渉SAR位相の空間分布パターンと類似.
- 両日の水蒸気分布による大気遅延が差分干渉位相に大きな影響を与えている可能性が高い.
- 研究対象地域のJERS-1の1シーンで大気遅延量水平分布の最大差は3.2cm.
- 高精度GPV-MSMの水蒸気分布を用いれば、SAR電波の大気遅延の影響を評価できる.
- 類似天気図法は、高精度の高層気象データの存在しないJERS-1干渉SARの大気遅延の評価に有効に利用できる.