

# 2007年1月13日の千島列島東方地震後にGPSと北海道一陸別HFレーダーで観測された電離圏変動

大塚雄一、山矢優、西谷望、小川忠彦  
(名大STEL)

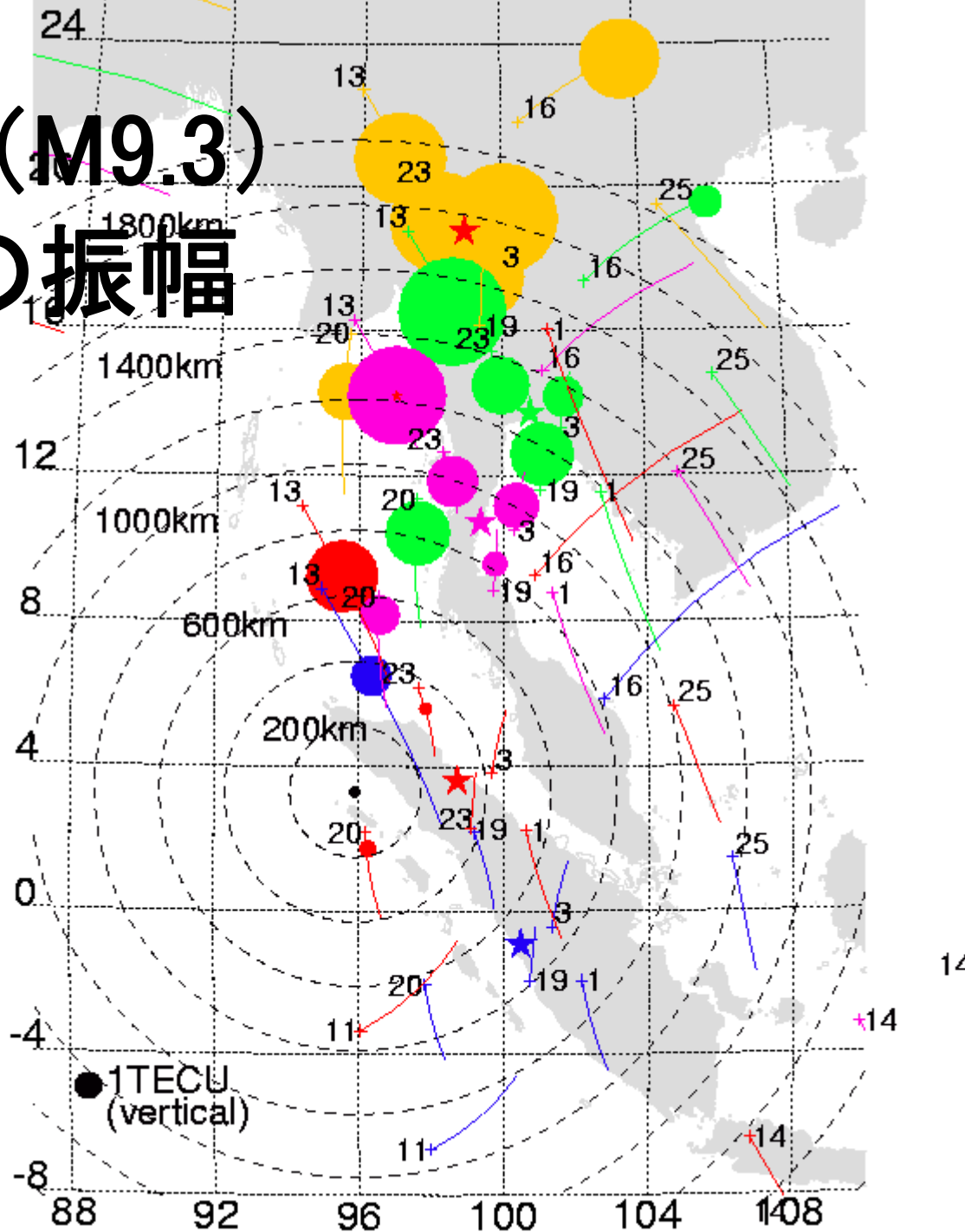
千島列島東方地震(M8.2):  
2007年1月13日 04:24UT  
北緯46.1度、東経154.2度

目的: 地表付近で発生した大気波動によって電離圏がどのように応答するかを調べる。

# スマトラ島地震(M9.3) 後のTEC変動の振幅

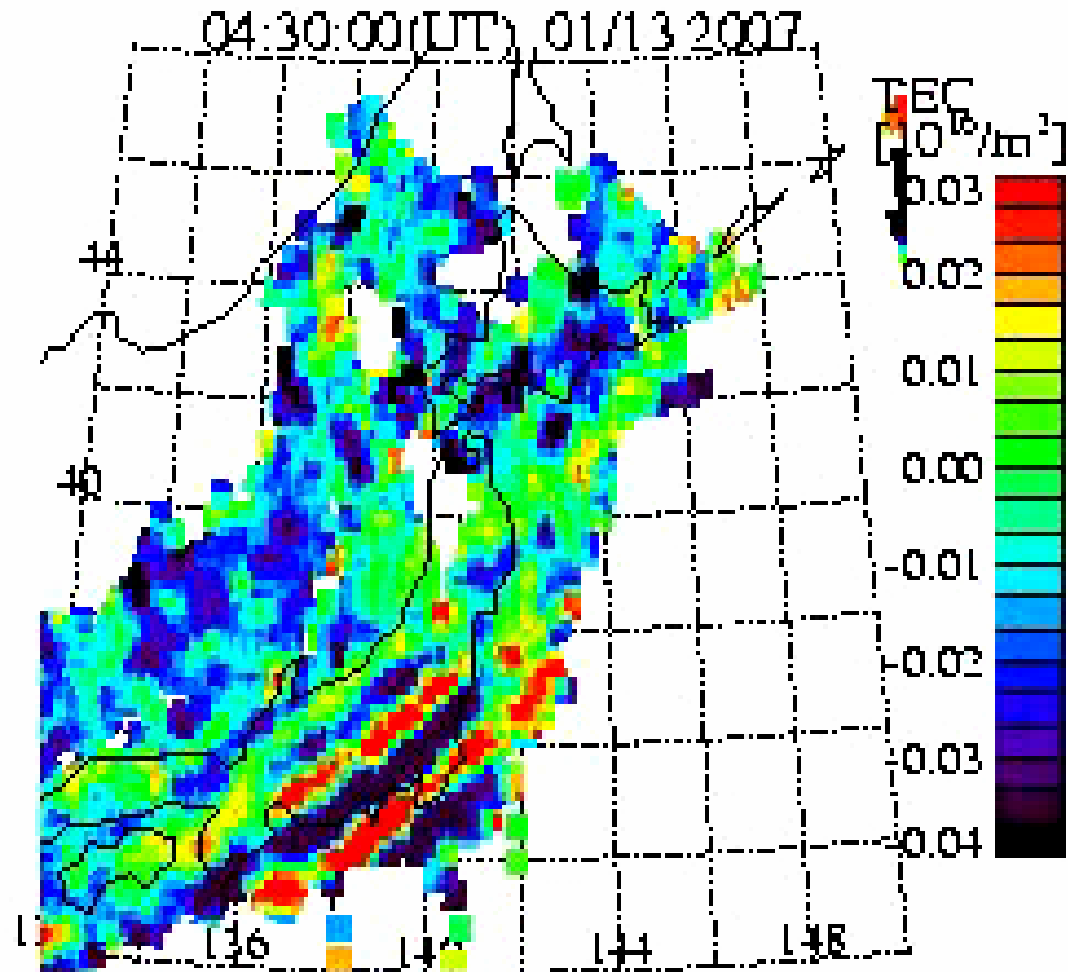
- 震央の北: 大
- // 南: 小
- // 東: 無し

TEC変動の大きさの非  
等方性は、磁力線の向  
きと関係するののか？

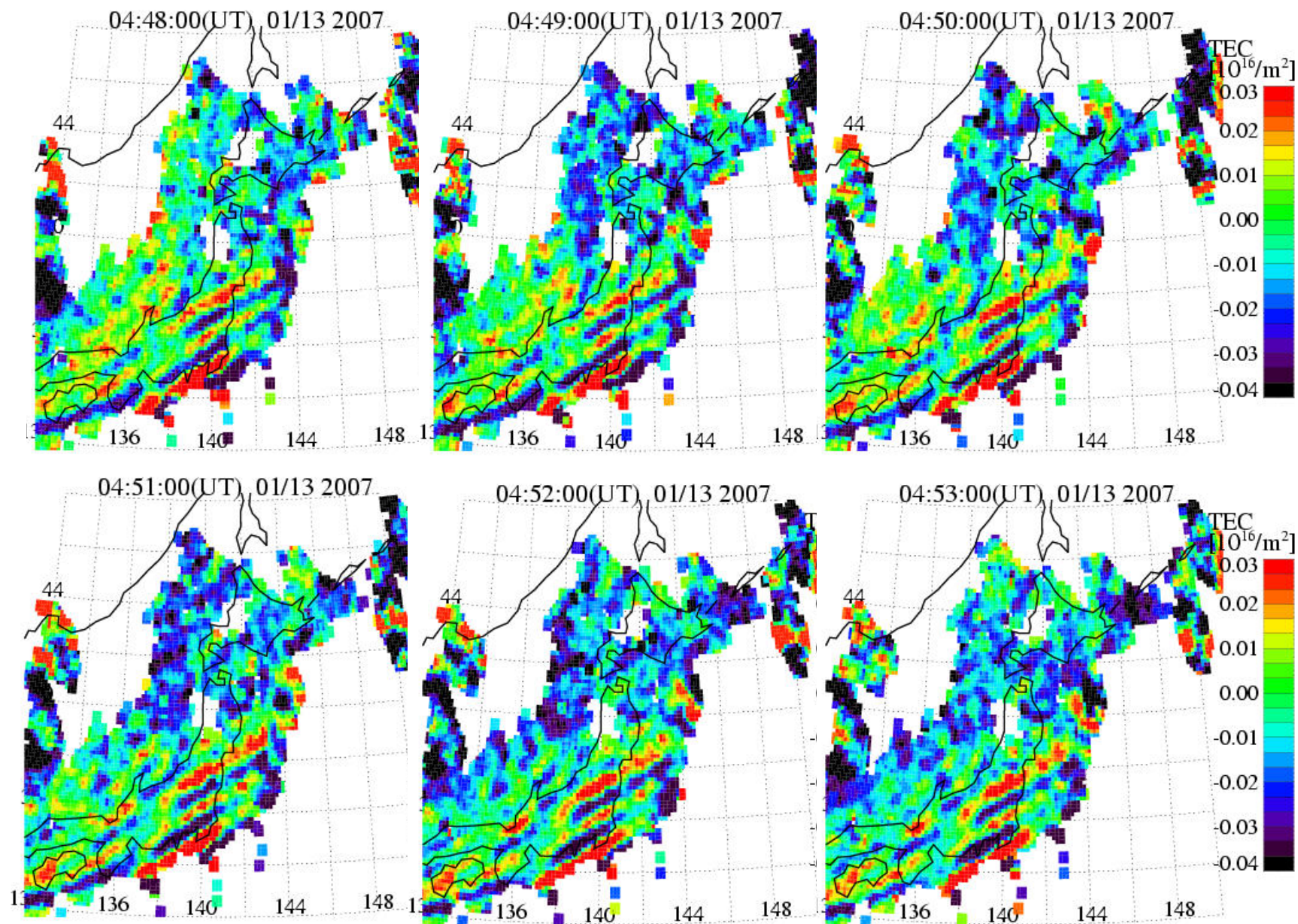


# TEC変動 (2007年1月13日)

15分移動平均からの偏差



# 地震発生後の25-30分後にTEC変動を観測

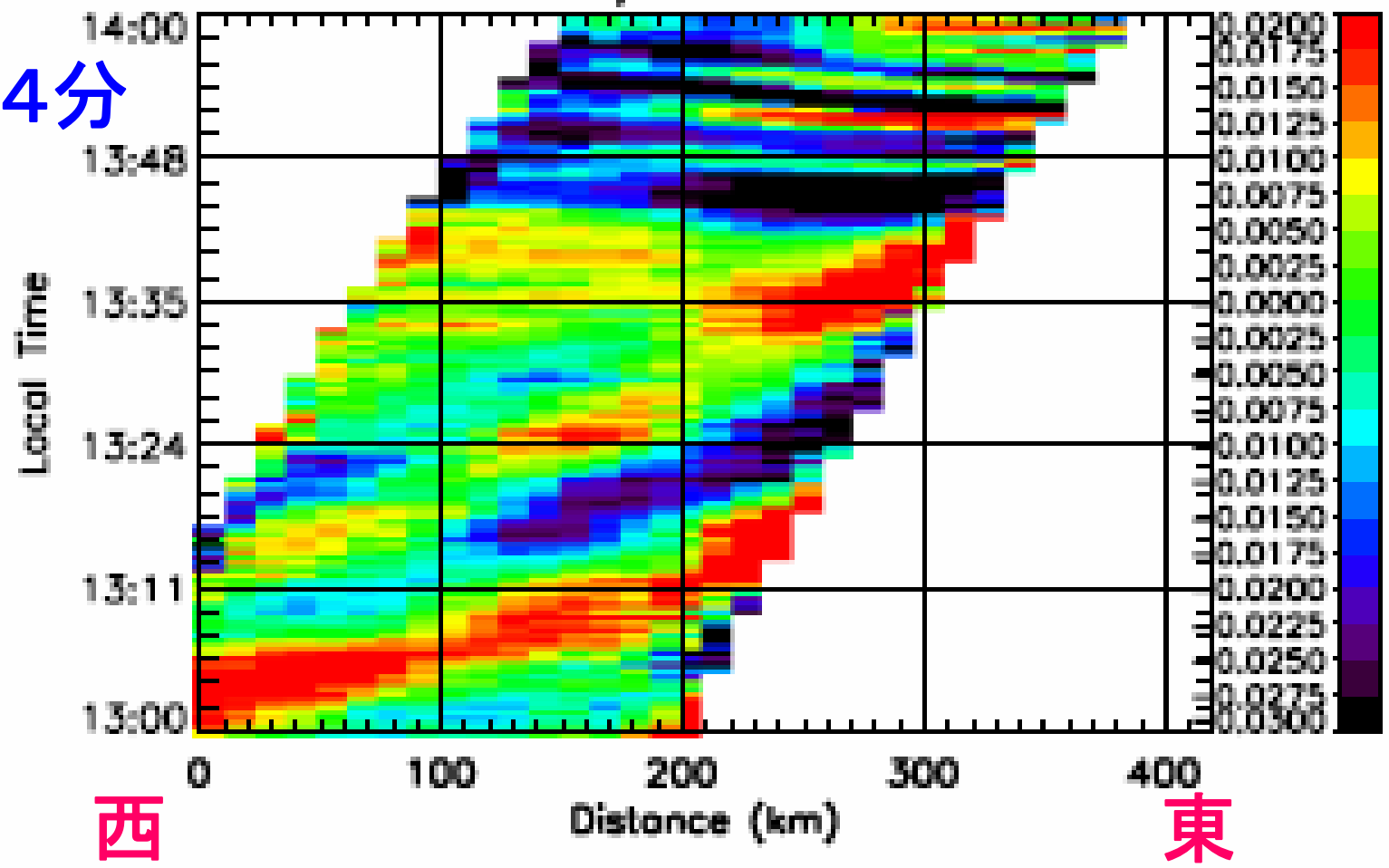


# TEC変動の東西断面 (41°N)

01/13 2007

TEC  
[ $10^{16}/\text{m}^2$ ]

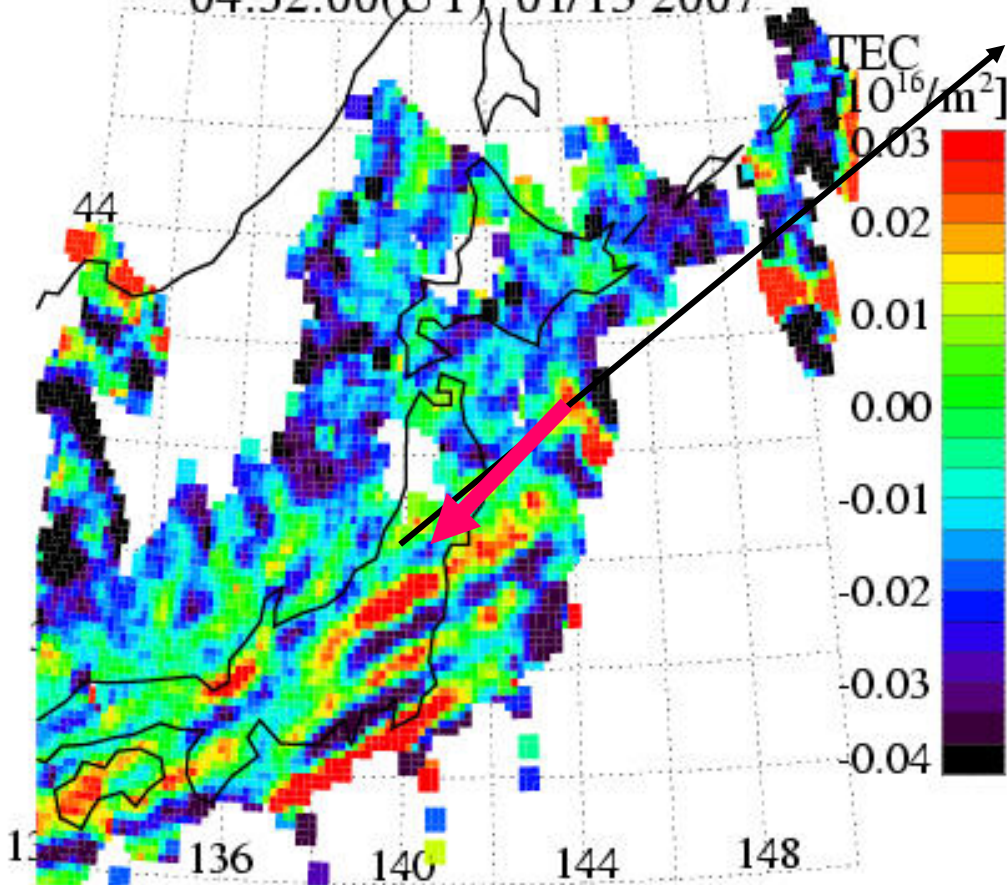
周期4分





## 震央の方向

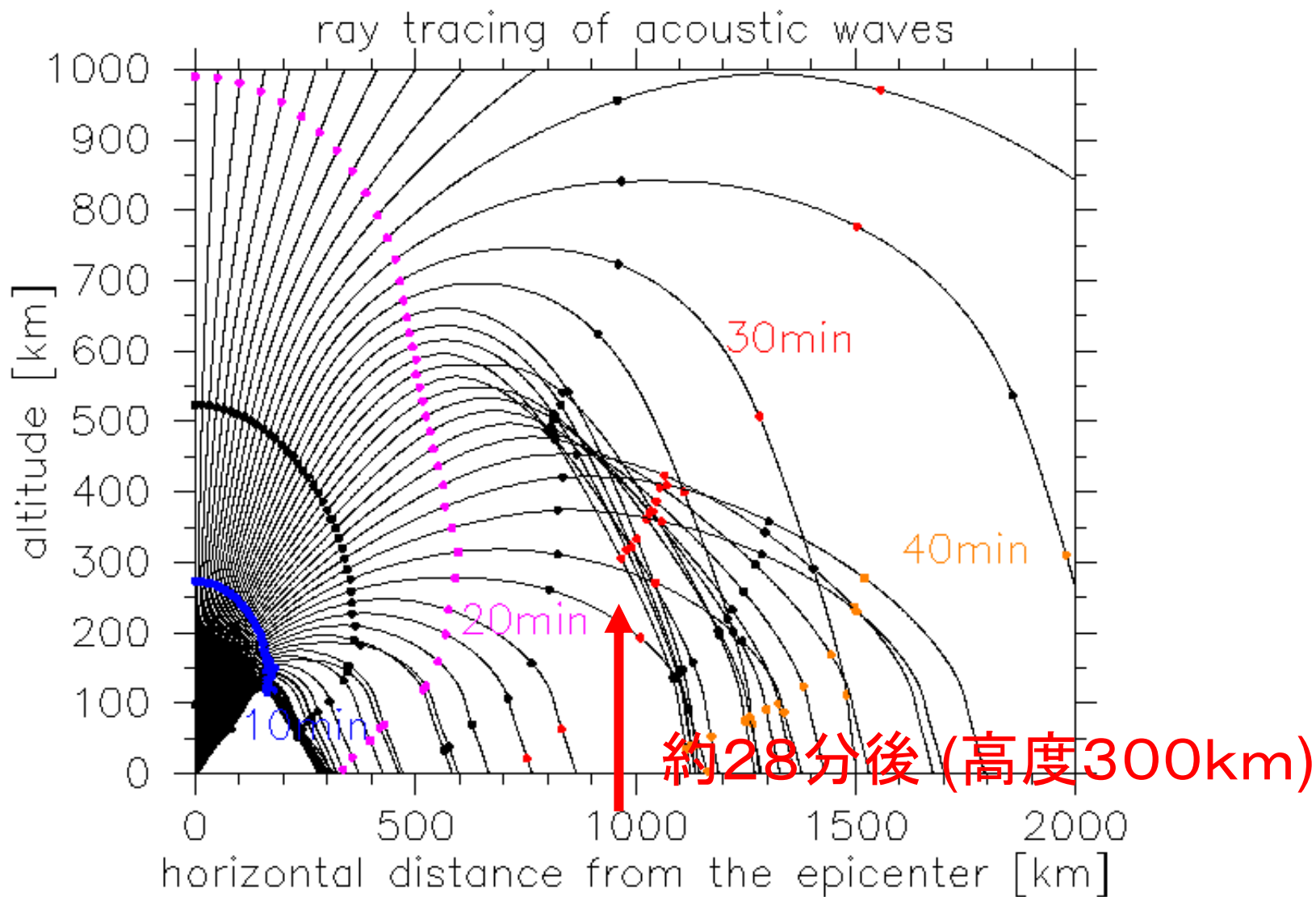
04:52:00(UT) 01/13 2007



## TEC変動の特徴

- 地震発生後の25分後に観測
- 方位角:  $220^\circ$  (南西方向)  
震央の方向から伝搬してきたと考えられる
- 位相速度: 約970m/s  
熱圏の音速に近い
- 周期4分
- 振幅: 0.03TECU  
(背景の0.4%)
- TEC変動は、西方にはのびていない

# 音波のレイ・トレーシング



約25分後に、震央からの距離960kmの地点でTEC変動を観測

# 中性大気の振動による電子密度変動

プラズマは、磁力線平行方向にのみ動かされる

[Hook, 1968]

$$\frac{N_e'}{N_{e0}} = i\omega^{-1}u_b \left[ \frac{\partial N_{e0}}{\partial z} \sin I - ik_b \right]$$

$N_{e0}, N_e'$  : background and perturbation of the electron density

$u_b, k_b$  : projection of neutral wind velocity and wave vector to the geomagnetic field

$\omega$  : angular frequency of the wave

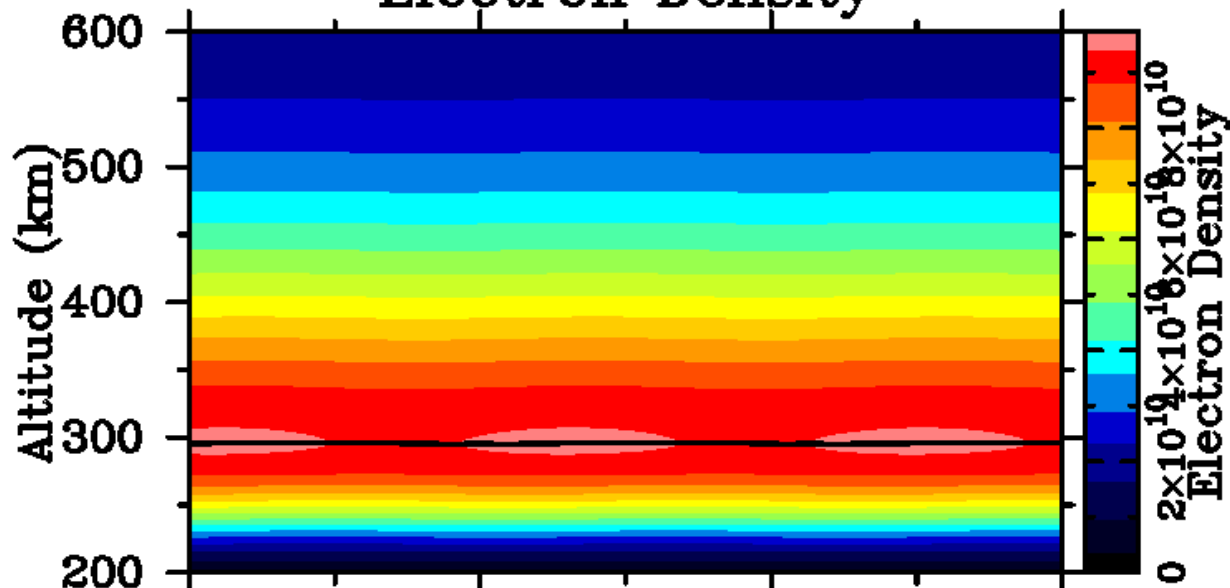
$I$  : dip angle of magnetic field



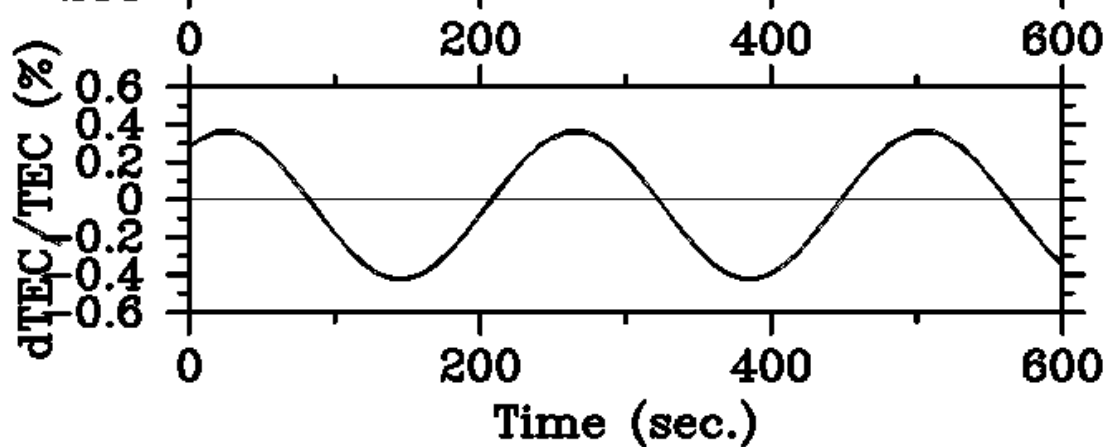
# モデル計算（音波による電子密度変動）

## 南北-高度断面

### Electron Density

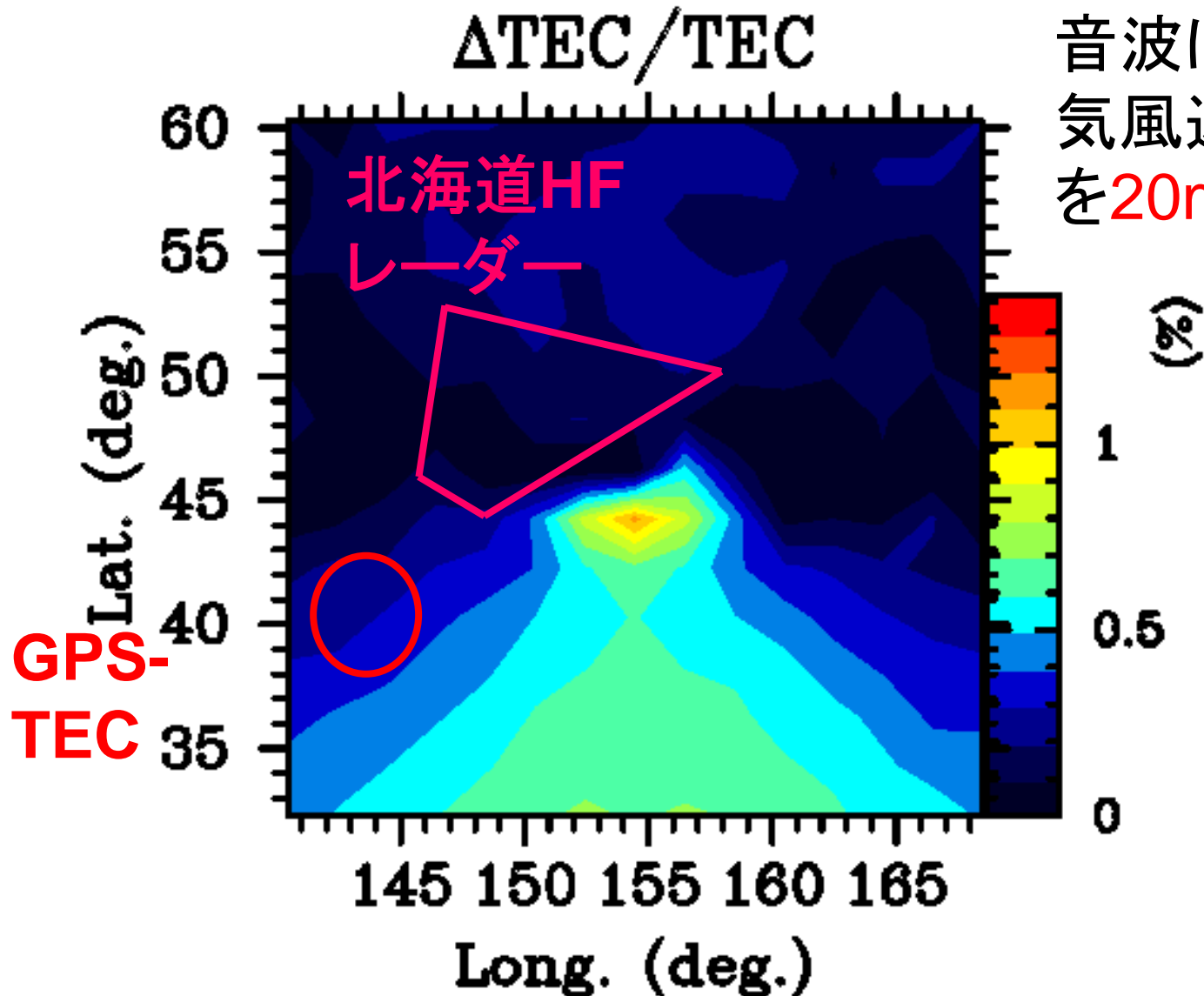


音波による中性大気  
風速変動の振幅を  
**20m/s**としたとき、観  
測されたTEC変動の  
振幅(背景に対して  
**約0.4%**)を再現する。



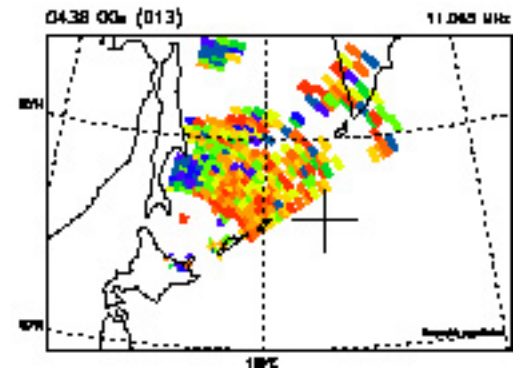
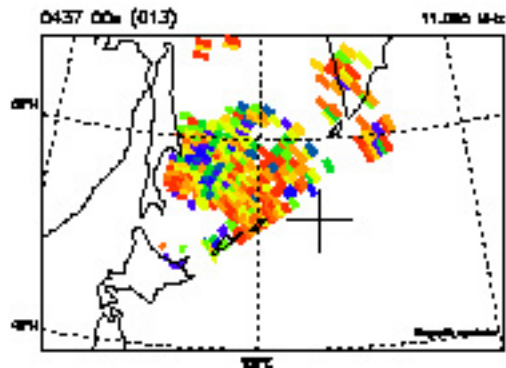
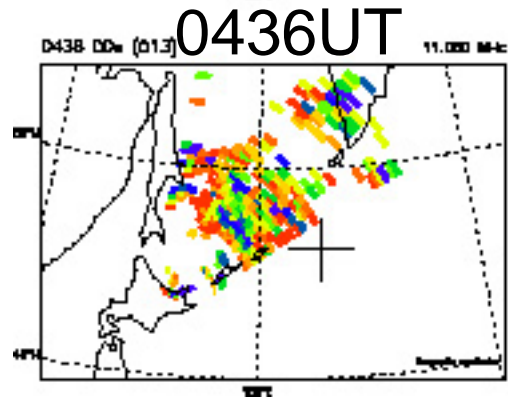
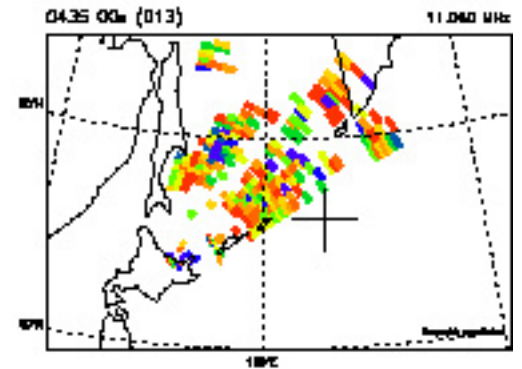
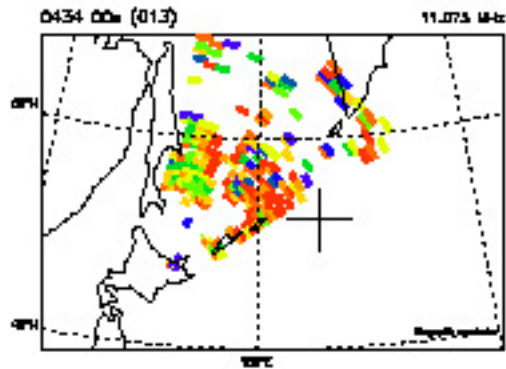
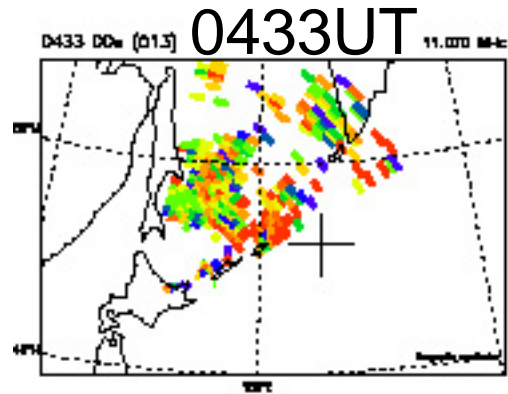
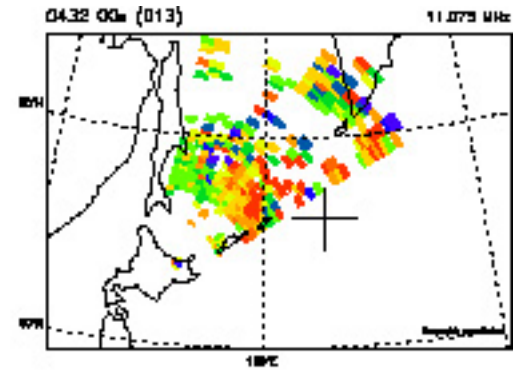
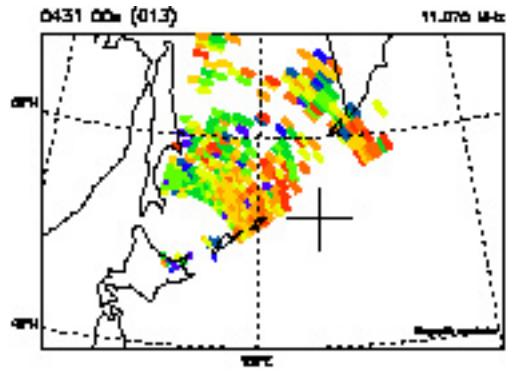
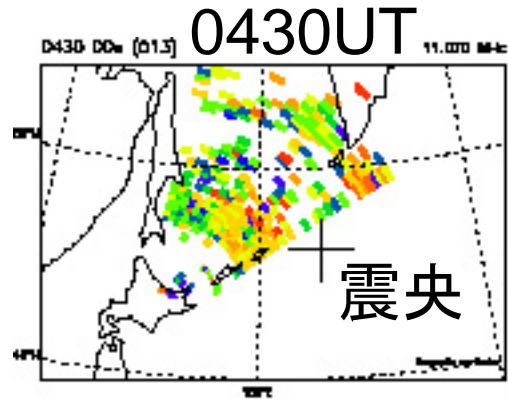
dip =  $55.1^\circ$   
U = 20.0 m/s  
U<sub>b</sub> = -8.4 m/s  
T = 4. min.  
C = 814. m/s

# モデル計算（音波によるTEC変動）



音波による中性大気風速変動の振幅を20m/sとした場合

# ドップラー速度



約3-4km/sで西北西方向に移動

# まとめ

## ● GPS-TEC

- ✓ 震央の方向から約970m/sで伝搬するTEC変動が観測された。
- ✓ 震央の南西方向でTEC変動が観測されたが、西側ではTEC変動が見られなかった。

音波による中性大気の振動方向と磁力線の向きとの関係で説明できそう

## ● 北海道HFレーダー

- ✓ 3-4km/sで西北西方向に移動するドップラー速度変動が観測された(TEC変動よりも速い)。

GPS-TECとは違う変動を見ているのか？

- ✓  $\pm 20$ m/s程度のドップラー速度変動が観測された

⇒ 電子密度変動の空間構造を考慮する必要あり