

# グローバルMHDシミュレーションによる 電離圏対流構造の再現性についての検証

才田 聡子（北九州高専），藤田茂（気象大），門倉昭（極地研），  
田中高史（九州大学ICSWSE），田中良昌（極地研）

平成30年度「IUGONET 研究集会」「科学とデータ研究集会」合同研究集会

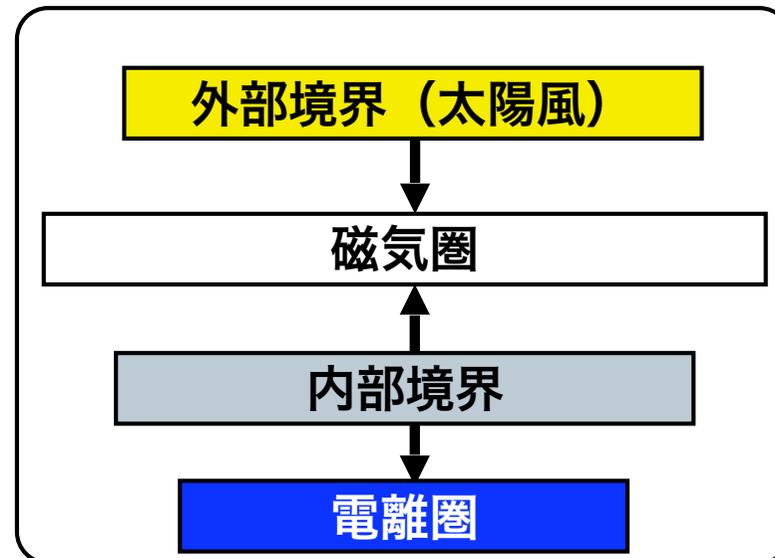
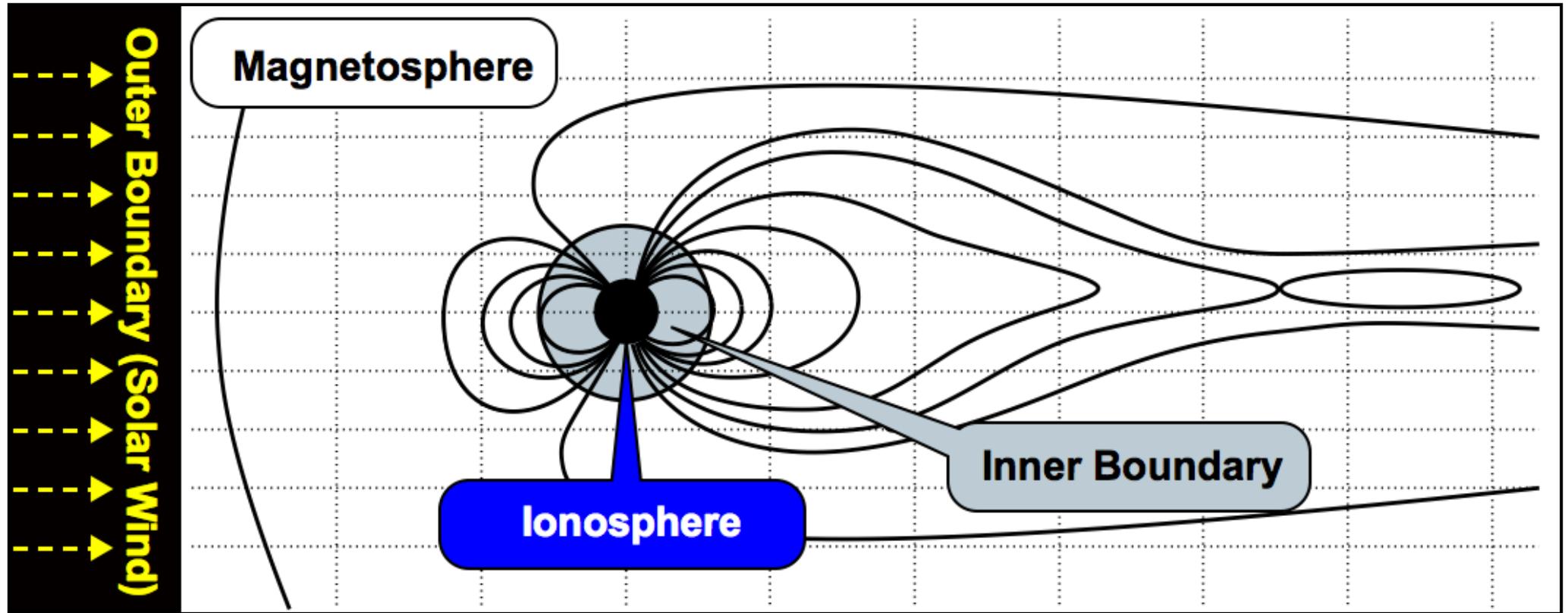
会場: 情報通信研究機構

謝辞：情報通信研究機構他が運用しているSuperDARNデータを  
IUGONETのERG-SCリポジトリ経由で取得しています

# 目次

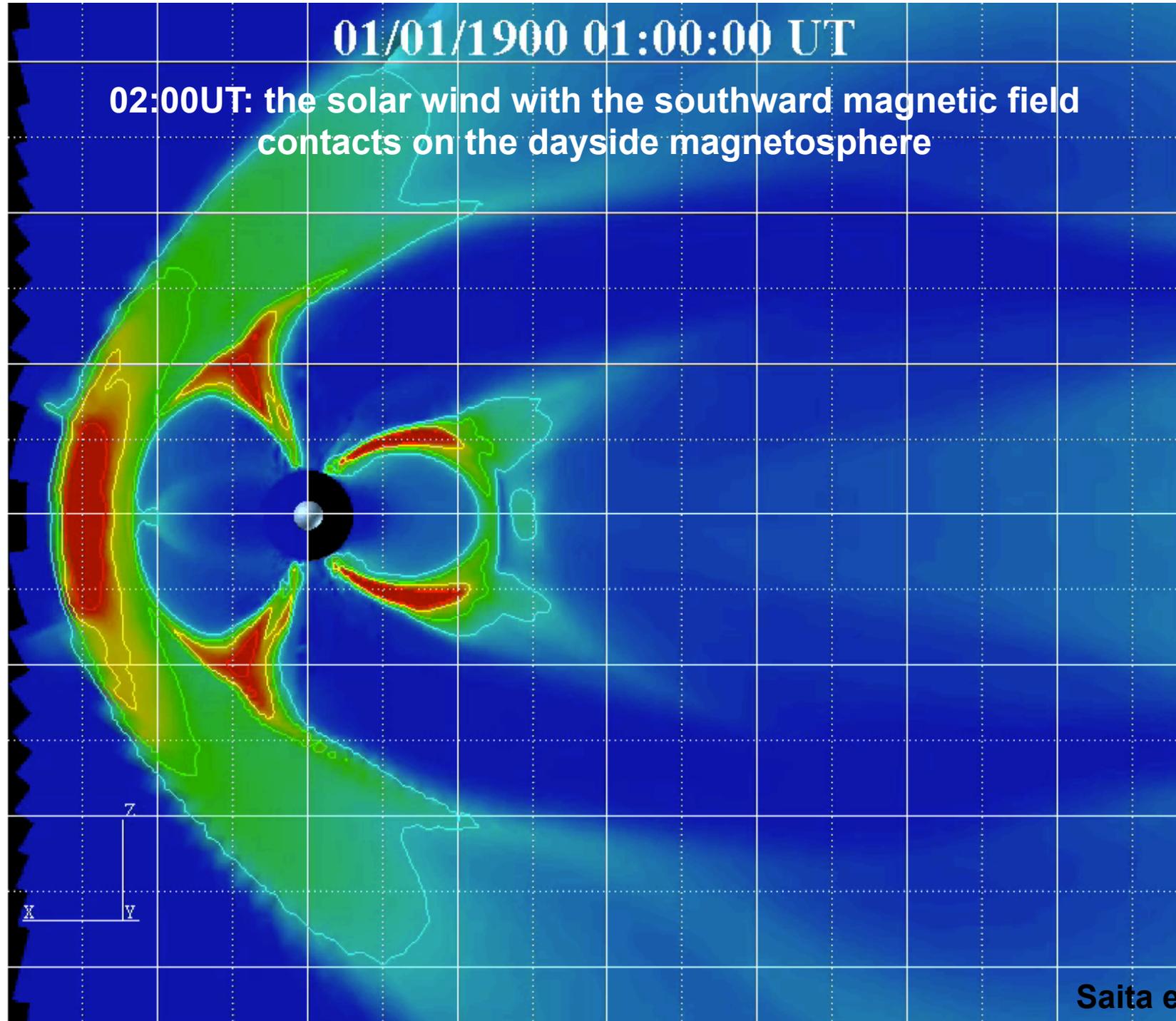
1. グローバルMHDシミュレーション
2. 磁気圏電離圏結合モデル
3. 本研究の目的
4. シミュレーション結果
5. 観測値との比較
6. まとめと今後の方針

# グローバルMHDシミュレーション



\*現在はREPPU  
とも呼ばれている

# Reconfiguration of the magnetosphere for solar wind changes



# 磁気圏電離圏結合モデル

グローバルMHDシミュレーション

外部境界 (太陽風)

磁気圏

内部境界

電離圏

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \sigma \nabla \Phi_I &= G_m (\text{rot} \mathbf{B}_1 \cdot \mathbf{n}_b) = J_{\parallel} \\ \sigma &= \sigma_{\text{EUV}} + k_2 \sigma_{\text{Diff}}(P, \rho) + k_3 \sigma_J(J_{\parallel}) \\ \Phi_m &= \Phi_I - k_4 f_2(J_{\parallel}) |J_{\parallel}| \\ \mathbf{m} - (\mathbf{m} \cdot \mathbf{n}_b) \mathbf{n}_b &= -\rho \nabla \Phi_m \times \mathbf{B}_0 / B_0^2\end{aligned}$$

$\sigma$  : the ionospheric conductivity tensor

$\Phi_I$  : the ionospheric potential

$\Phi_m$  : the magnetospheric potential

$G_m$  : a geometrical factor ( $r=3\text{RE}$  to  $r=1\text{RE}$ )

$\sigma_{\text{EUV}}$  : due to the solar EUV

$\sigma_{\text{Diff}}$  : due to the diffuse auroral precipitation

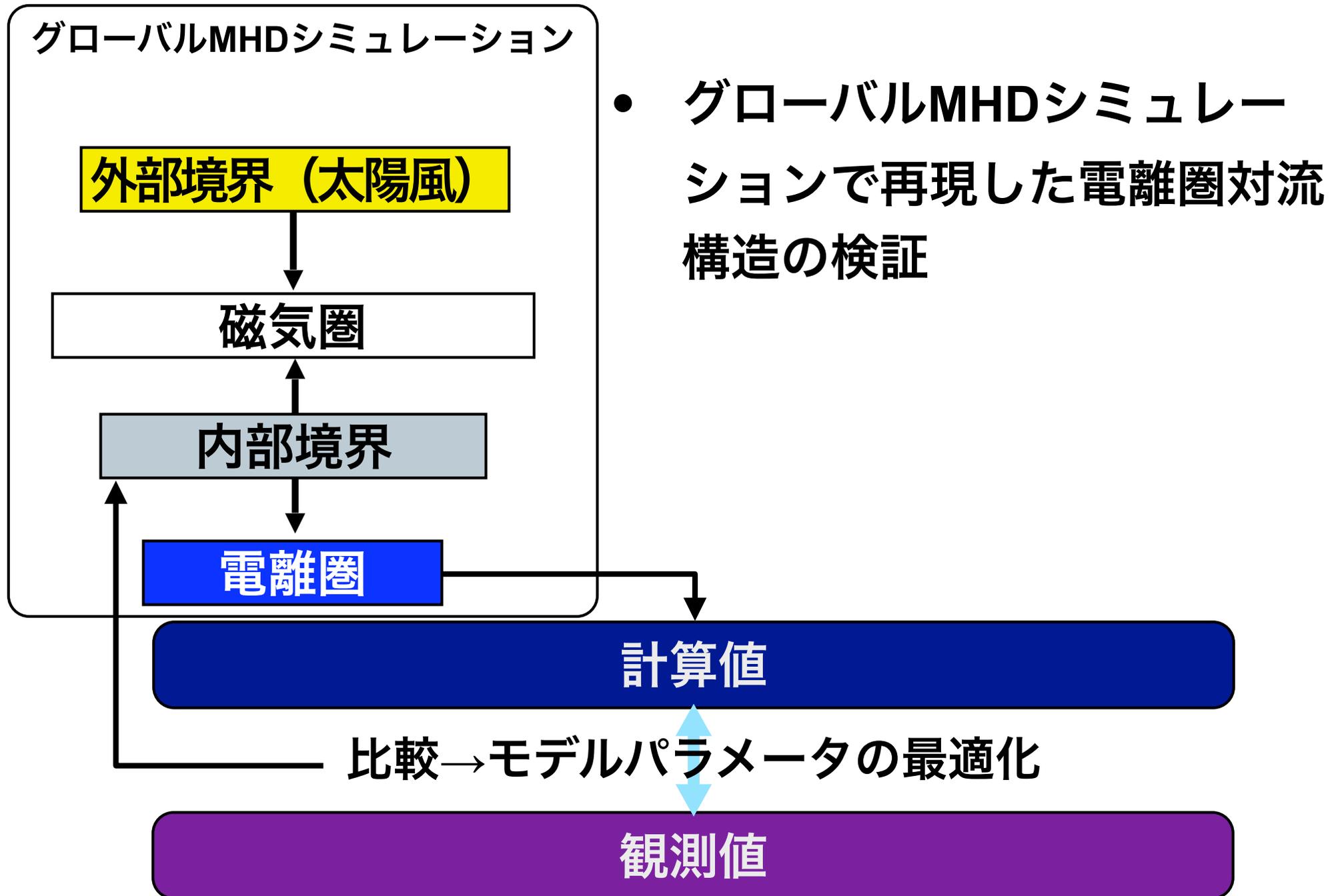
$\sigma_J$  : due to the FAC

$f_2 = 1$  : at the upward FAC

$f_2 = 0$  : at the downward FAC

$k_2, k_3, k_4$  : scaling constants

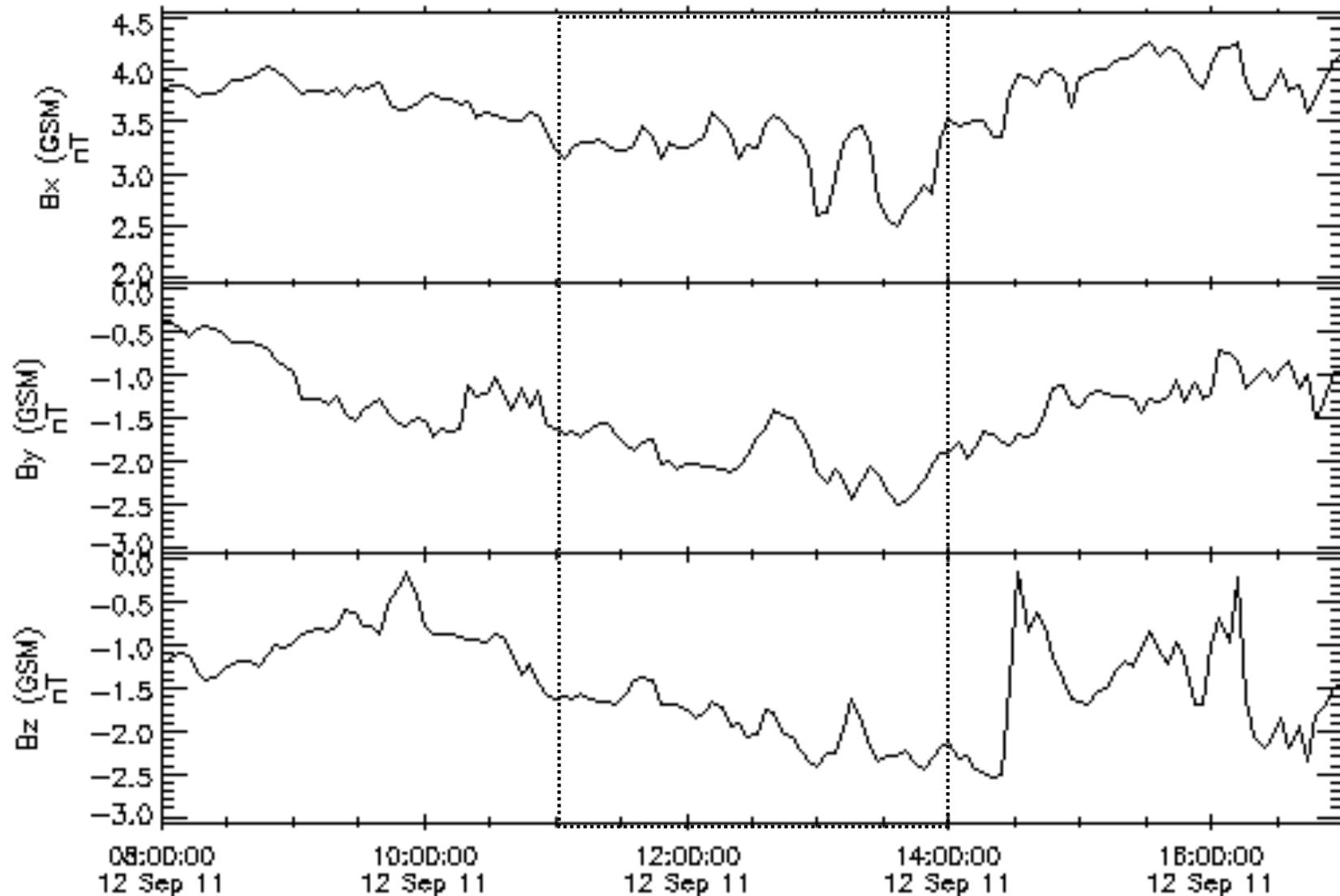
# 本研究の目的



# 再現の状況

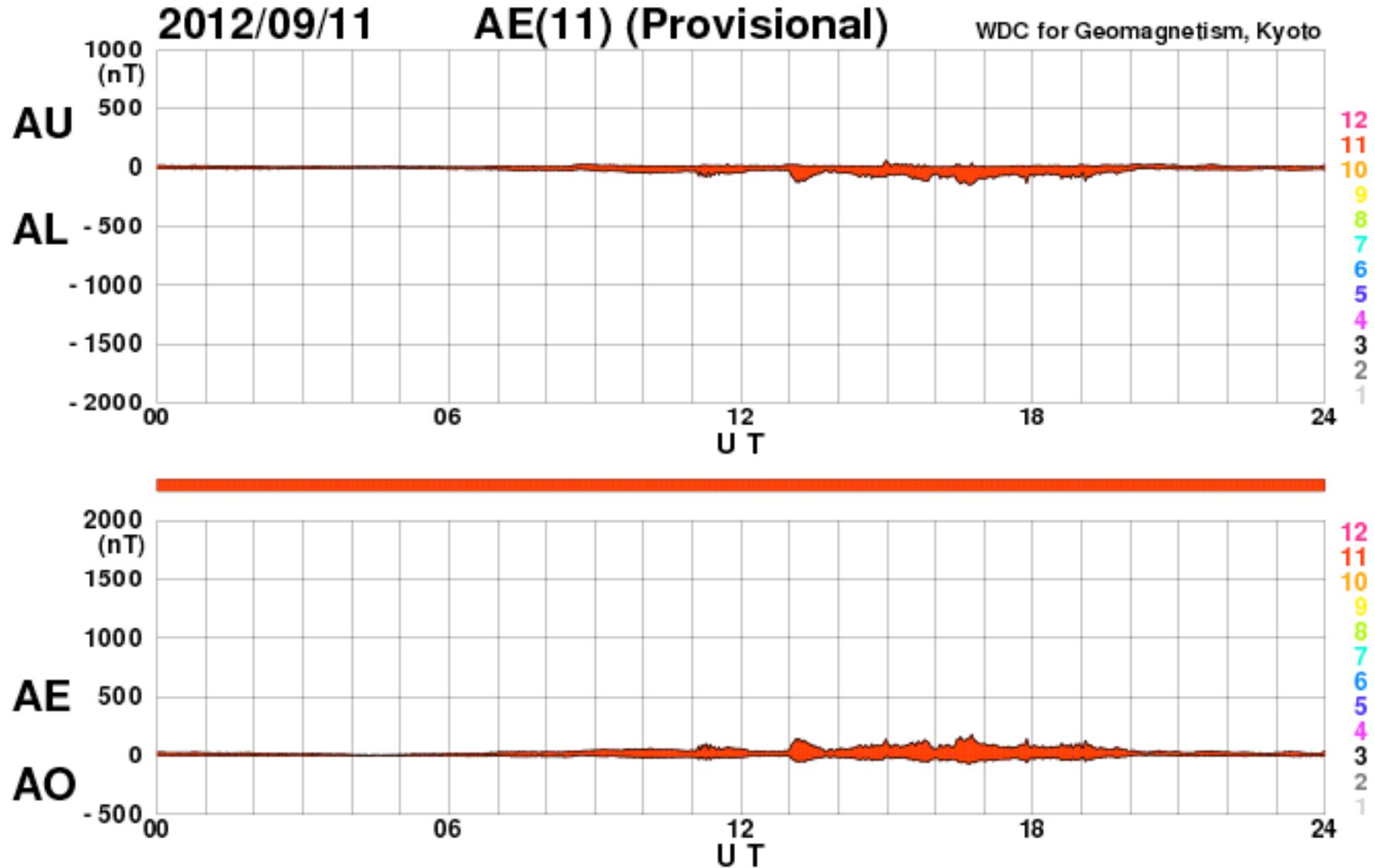
ACE衛星で観測された太陽風データ

→外部境界パラメータ (IMF  $B_y$ , IMF  $B_z < 0$ )



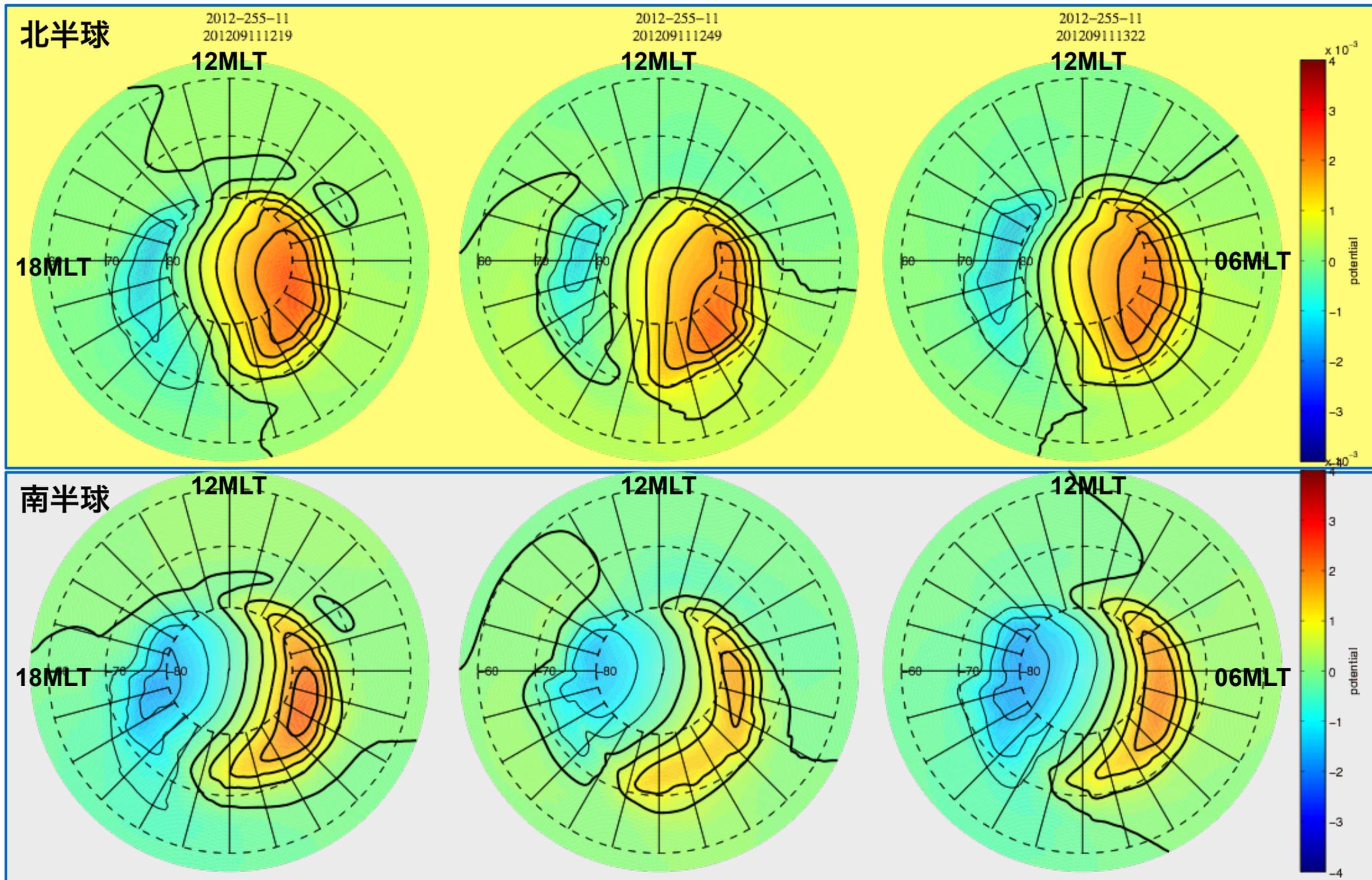
# 再現した時期の状況

IMF By, IMF Bz <0, だがAE indexは低い

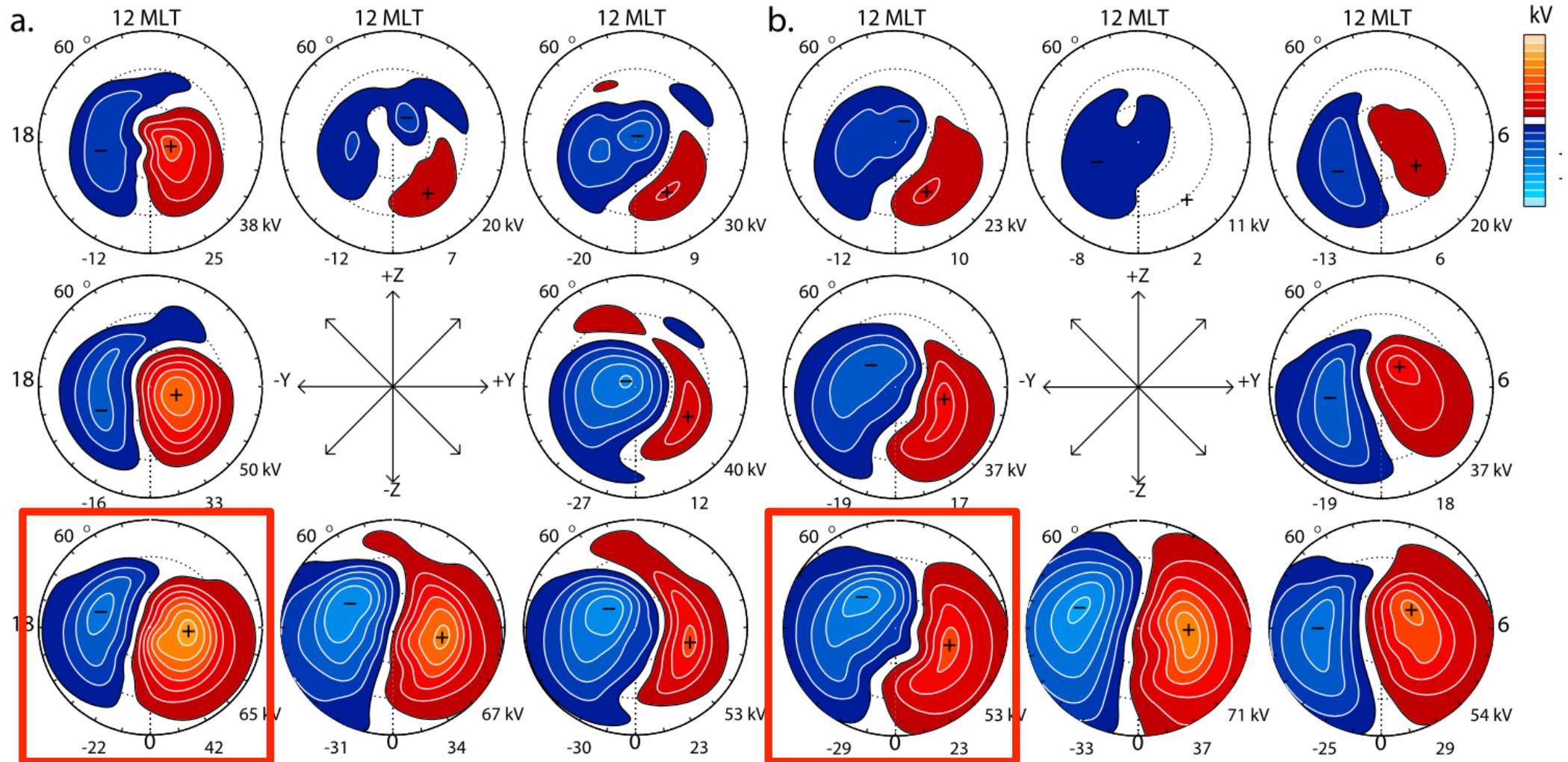


[Created at 2012-12-10 07:48UT]

# 計算結果



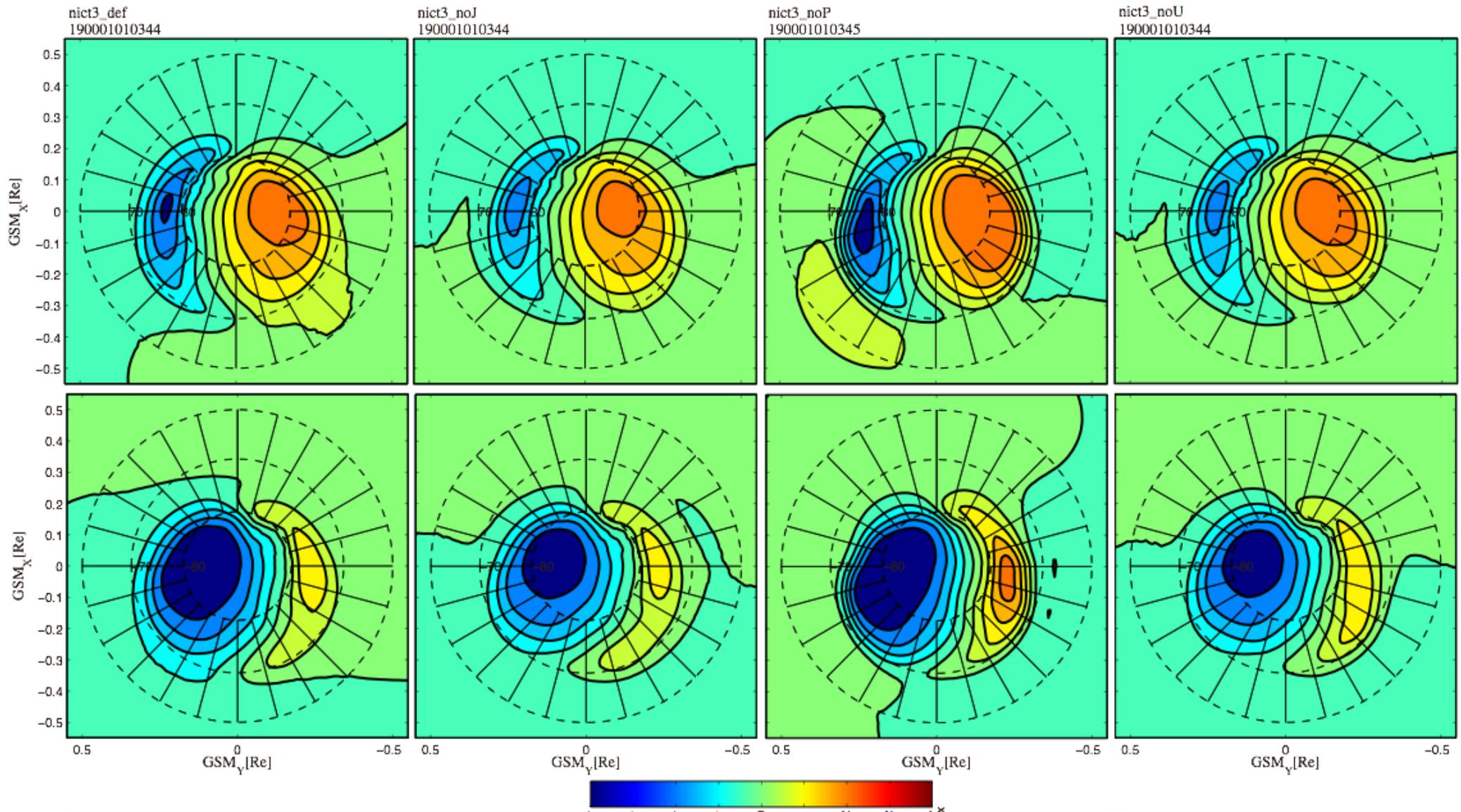
# 統計的な描像との比較



北半球

南半球

# 境界パラメータを変えてみる



default  
 $k_2, k_3, k_4 = const.$

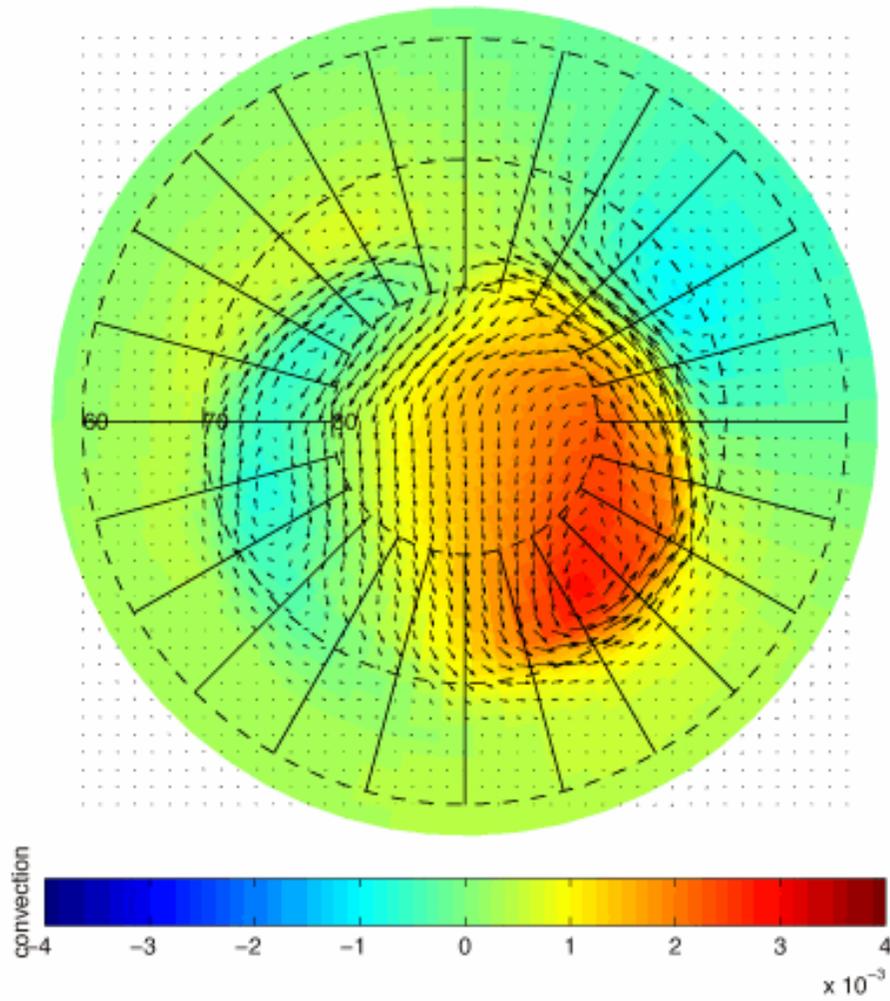
no contribution of  $J_{//}$   
 to the ionospheric  
 conductivity.  
 $cond.k_3=0, k_2, k_4=const.$

no contribution of  $P$   
 to the ionospheric conductivity.  
 $k_2=0, k_3, k_4=const.$

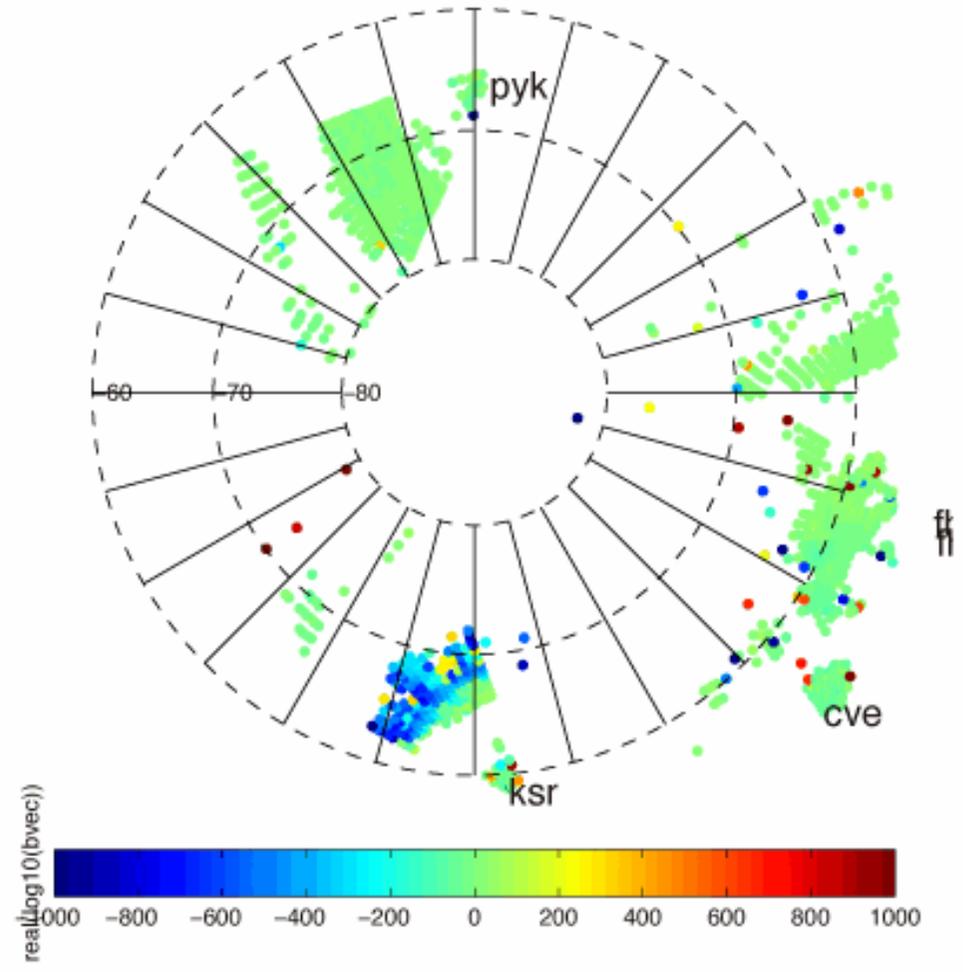
no contribution of  $J_{//}$   
 to the ionospheric potential  
 $k_2, k_3=const., k_4=0$

# Calculation and Observation

2012-255-11\_nict  
201209111152



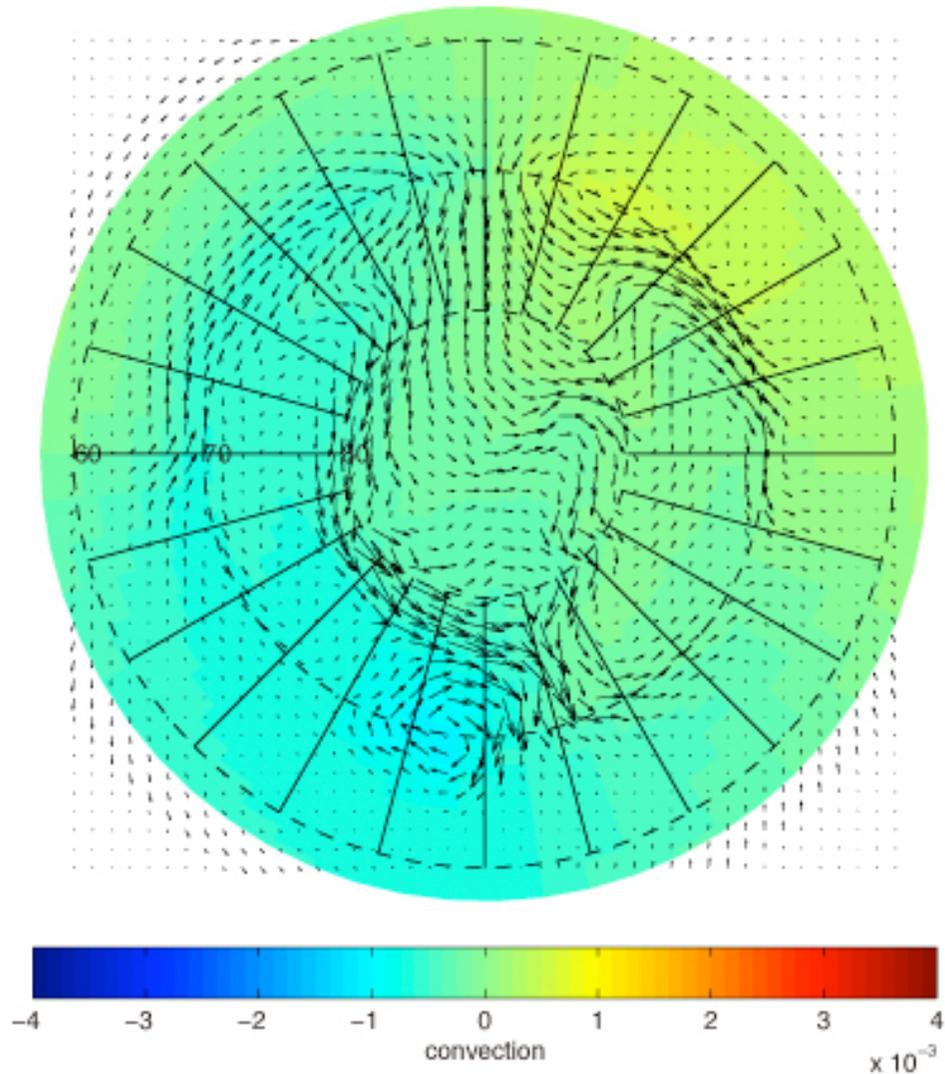
**Calculated Ionospheric Plasma Convection**  
**Color Contour : Electric Potential**  
**Arrows: Plasma Convection Velocities**



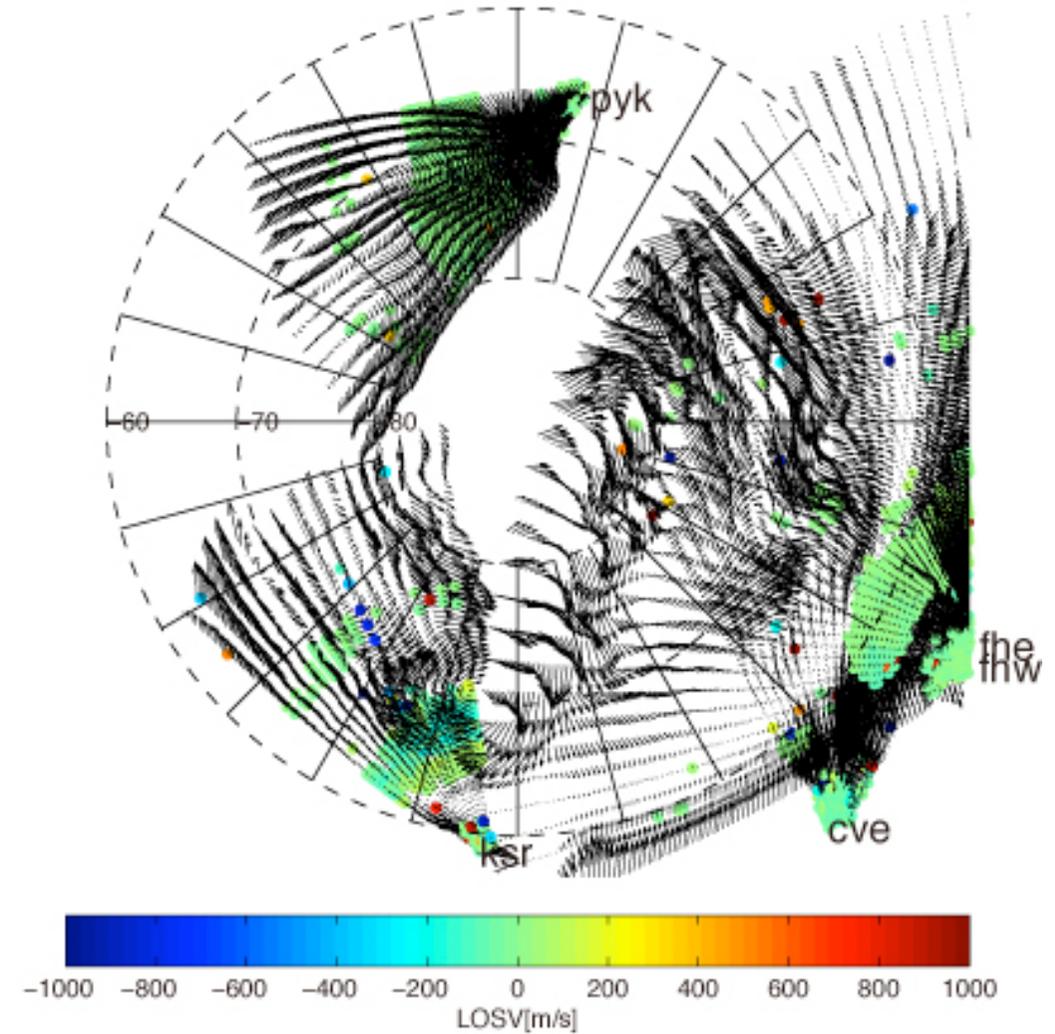
**Observed Ionospheric Plasma Convection**  
**Color : Doppler Shift of Ionospheric Echo**

# Calculation and Observation

2012-255-11\_nict  
201209111112



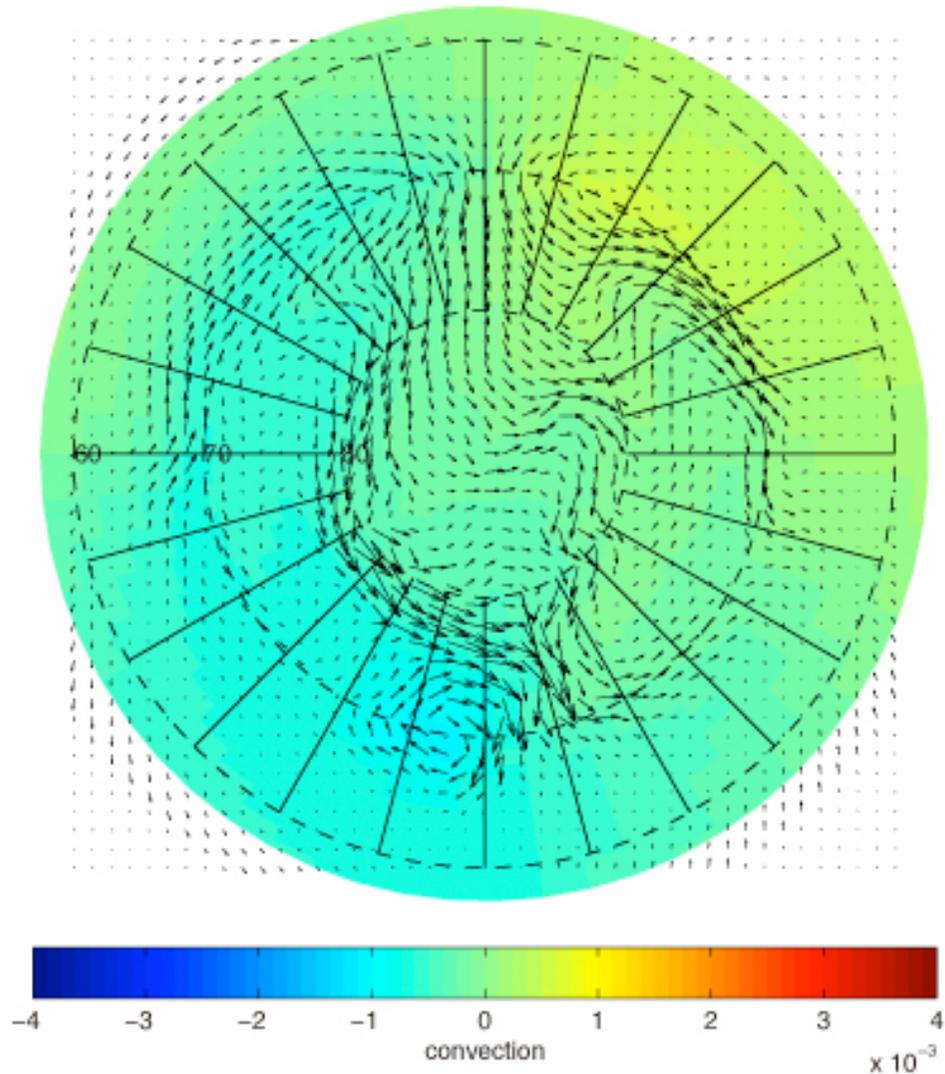
**Calculated Ionospheric Plasma Convection**  
**Color Contour : Electric Potential**  
**Arrows: Plasma Convection Velocities**



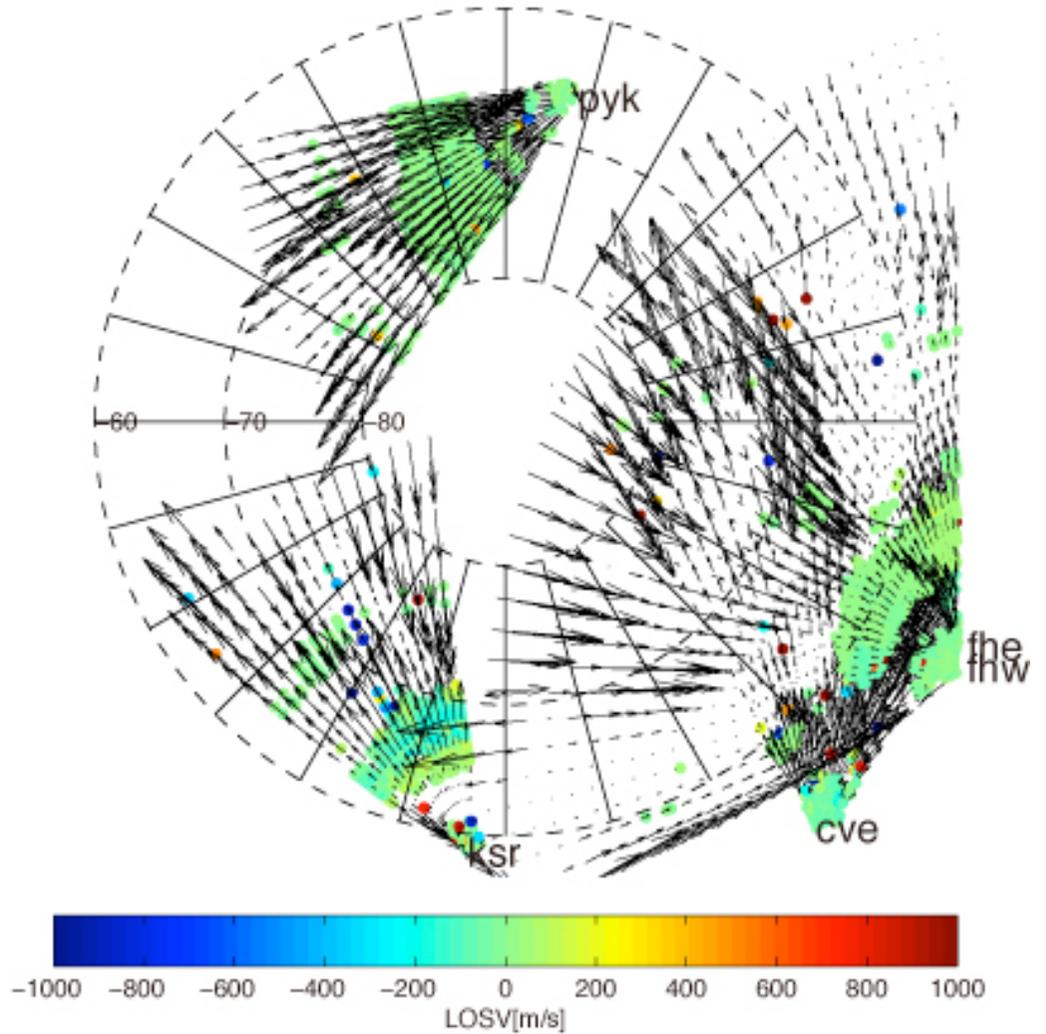
**Ionospheric Plasma Convection**  
**Color : Observed Doppler Shift Velocities**  
**Arrows: Calculated Plasma Convection**

# Calculation and Observation

2012-255-11\_nict  
201209111112



**Calculated Ionospheric Plasma Convection**  
**Color Contour : Electric Potential**  
**Arrows: Plasma Convection Velocities**

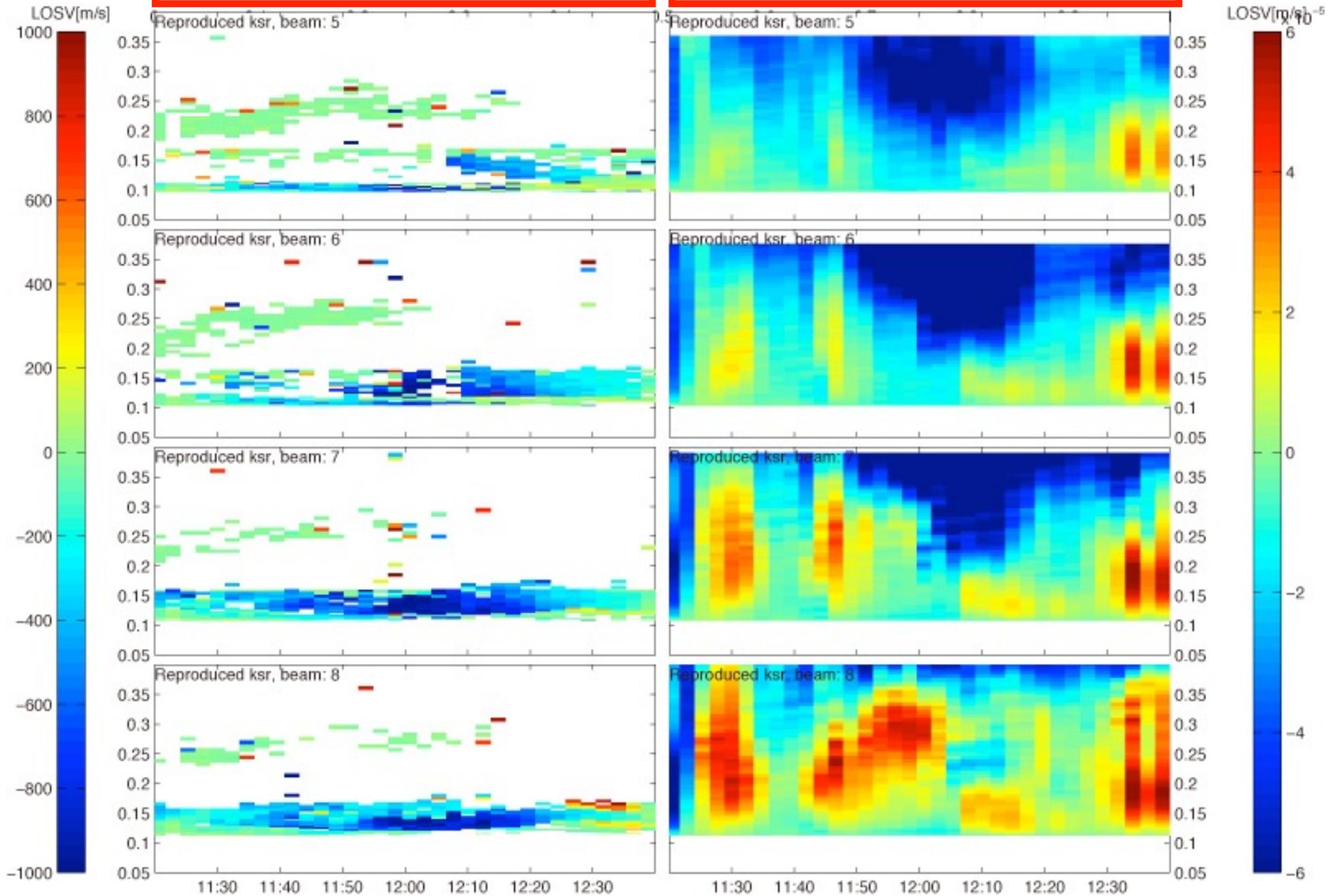


**Ionospheric Plasma Convection**  
**Color : Observed Doppler Shift Velocities**  
**Arrows: Calculated Doppler Shift Velocities**

# Calculation and Observation

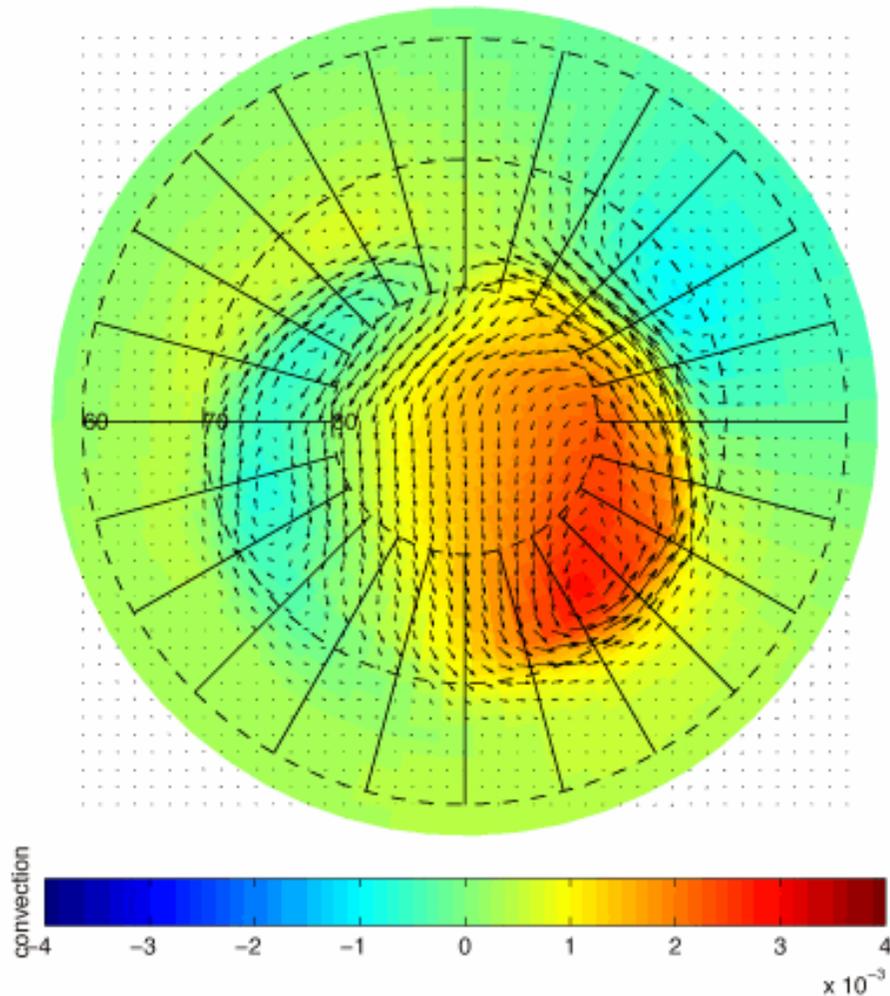
Observed Doppler Shift Velocities

Calculated Doppler Shift Velocities

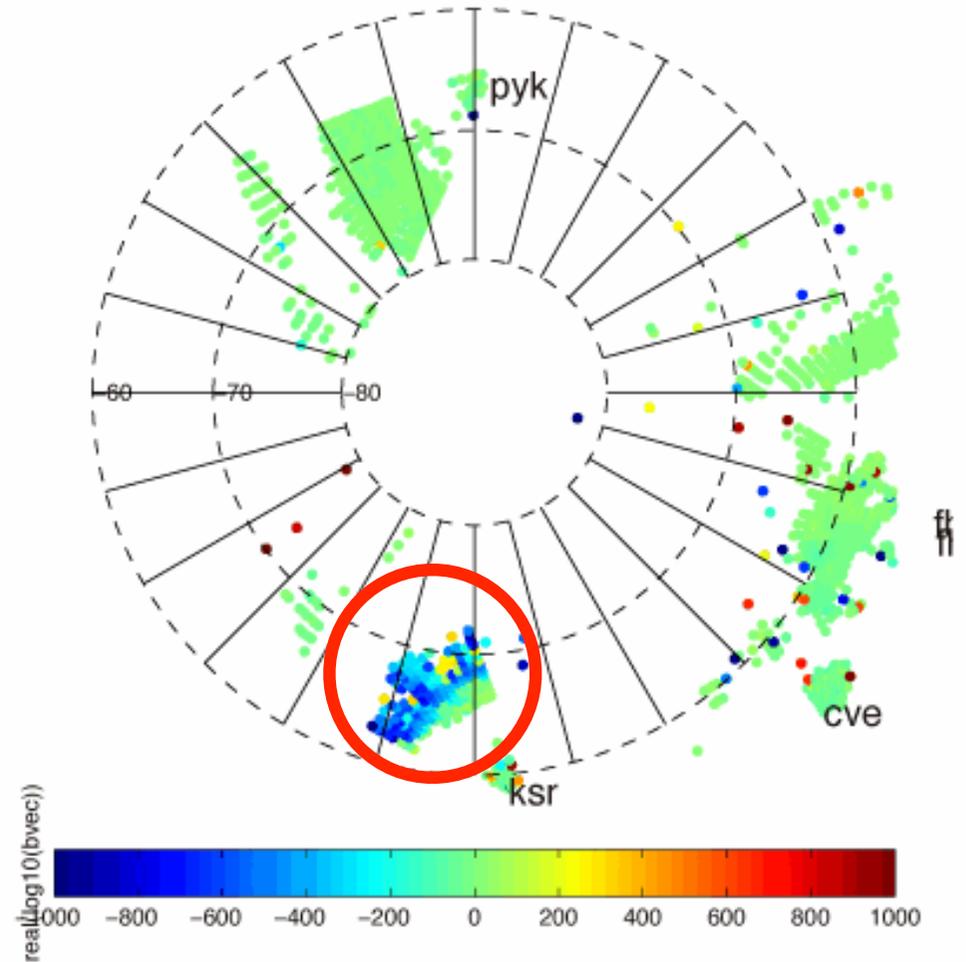


# Calculation and Observation

2012-255-11\_nict  
201209111152



**Calculated Ionospheric Plasma Convection**  
**Color Contour : Electric Potential**  
**Arrows: Plasma Convection Velocities**



**Observed Ionospheric Plasma Convection**  
**Color : Doppler Shift of Ionospheric Echo**

# まとめと今後の方針

- ▶ ケーススタディの電離圏対流構造は観測値の統計から得られる対流構造と比較した。磁気圏電離圏結合モデルのパラメータ変更によって再現性が向上する可能性。今後はモデルパラメータの最適化を行う。
- ▶ IMF  $B_y$ , IMF  $B_z < 0$ 条件下での対流構造を紹介した。  
他の条件下でも計算結果と観測値の統計から得られる対流構造を比較する必要がある。他条件下において最適化されるモデルパラメータが異なる可能性がある。
- ▶ 定性的→定量的に計算結果を検証する必要がある。  
規格化された量から観測値との比較が可能な量に変換