
大磁気嵐における サブオーロラ帯・中緯度対流パターン： シミュレーションとDMSP観測

海老原祐輔 (NIPR), M.-C. Fok (NASA's GSFC)

謝辞 : M.R.Hairston, D.G.Mitchell, P. C:son Brandt, and R.A.Wolf

内部磁気圏 self-consistent simulation (Fok et al., 2001)

Loss(charge exchange)

Boundary condition f_b

Phase space density f of ions

Isotropic Maxwellian

Kinetic equation

Grad-B and
curvature currents

Magnetospheric E-field

Field-aligned current



Mapping
(T96 with fixed parameters)

Mapping
(T96 with fixed parameters)

Ionospheric E-field

Poisson's equation

Ionospheric conductivity

Polar Cap Potential

MSIS-90, IRI-95
F10.7 and DOY
dependence

Hardy et al.(1987)
(Kp dependence)

ACE observation at X~230 Re

Solar EUV

Aurora

Solar wind and IMF

ボルツマン方程式

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \left\langle \frac{d\lambda_i}{dt} \right\rangle \frac{\partial f}{\partial \lambda_i} + \left\langle \frac{d\phi_i}{dt} \right\rangle \frac{\partial f}{\partial \phi_i} = -L$$

$f(\lambda_i, \phi_i, M, K)$: phase space density

$$M = \frac{p^2 \sin^2 \alpha}{2m_0 B} \text{ (first invariant)}$$

$$K = \int \sqrt{Bm - Bds} \text{ (second invariant)}$$

$$\left\langle \frac{d\lambda_i}{dt} \right\rangle = -\frac{1}{qG} \frac{\partial H}{\partial \phi_i}$$

$$\left\langle \frac{d\phi_i}{dt} \right\rangle = \frac{1}{qG} \frac{\partial H}{\partial \lambda_i}$$

$$H = W + q\Phi - \frac{q\Omega M_E}{2r_i} \cos 2\lambda_i$$

$$G = M_E \sin 2\lambda_i / r_i$$

電流のクロージャー

$$\left. \begin{aligned} J_{\parallel} &= -B \int \nabla \cdot \mathbf{J}_{\perp} dl / B \\ \nabla \cdot \mathbf{J}_{\perp} &= \nabla \cdot (\mathbf{J}_B + \mathbf{J}_C) \end{aligned} \right\} \text{磁気圏}$$

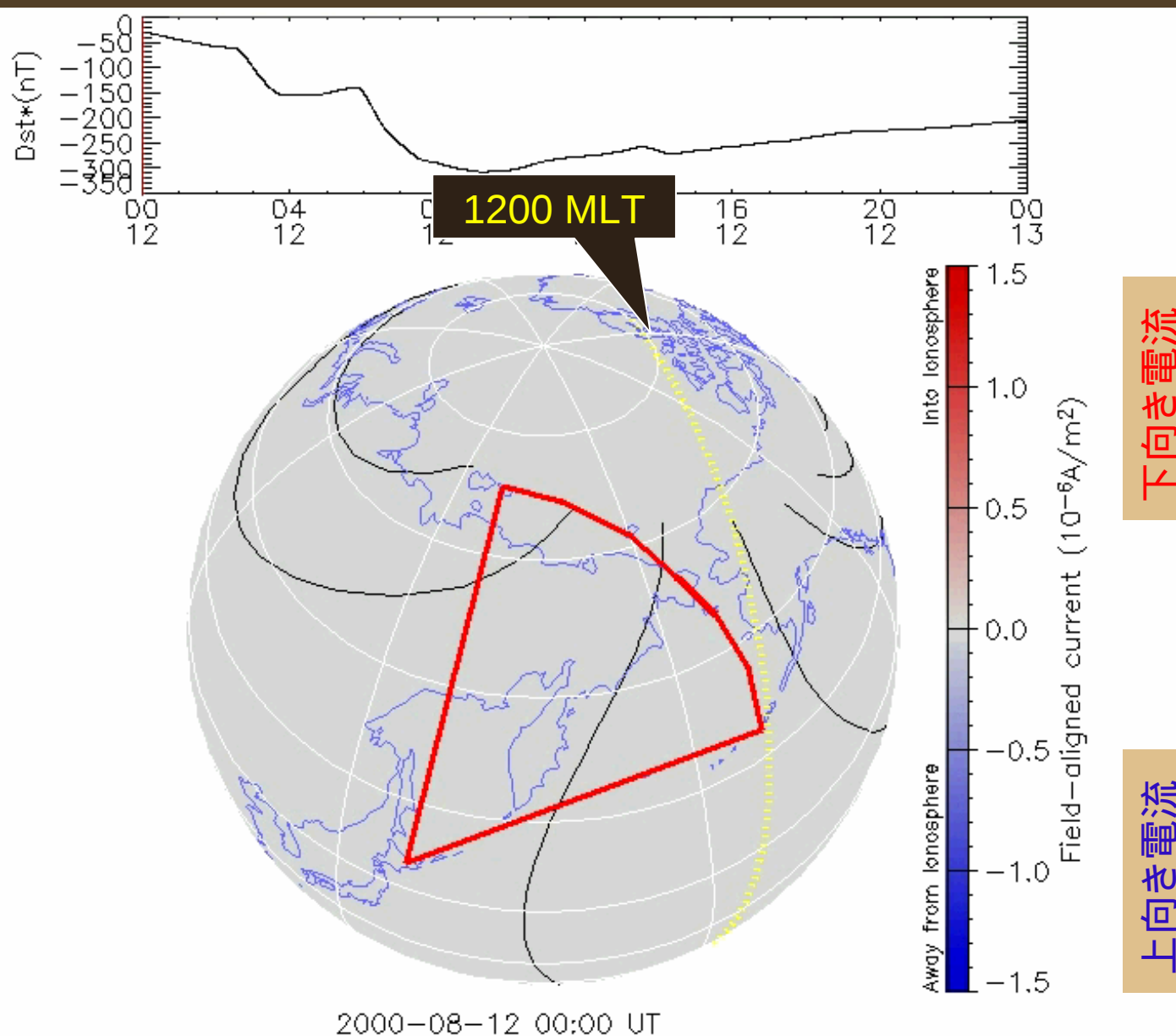
$$\nabla \cdot (-\underline{\underline{\Sigma}} \cdot \nabla \Phi) = J_{\parallel} \sin I \quad \left. \vphantom{\nabla \cdot (-\underline{\underline{\Sigma}} \cdot \nabla \Phi)} \right\} \text{電離圏}$$

沿磁力線電流

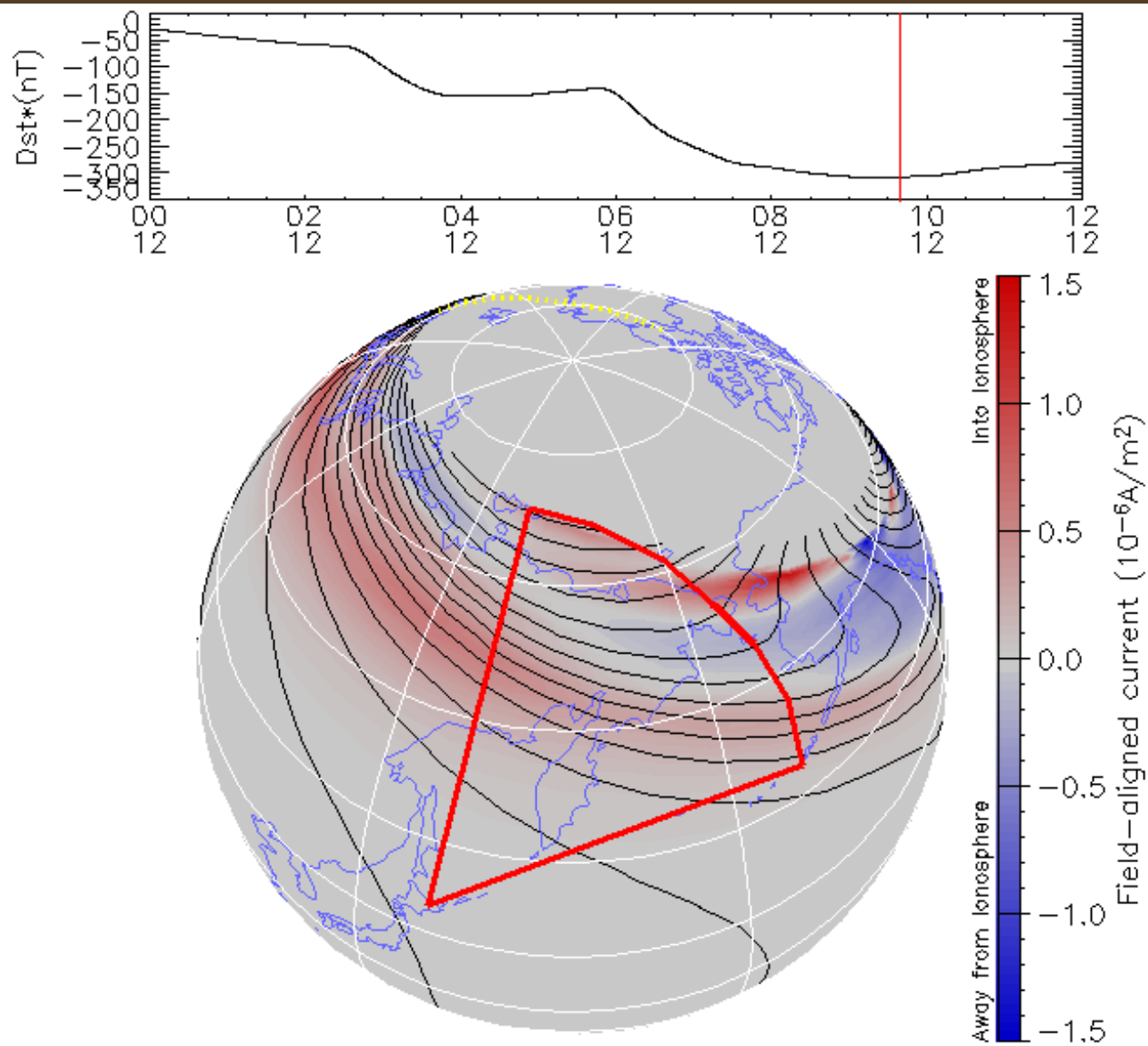
電離圏・電場ポテンシャル

電離圏・電気伝導度

電場ポテンシャルと沿磁力線電流 (2000年8月12日)

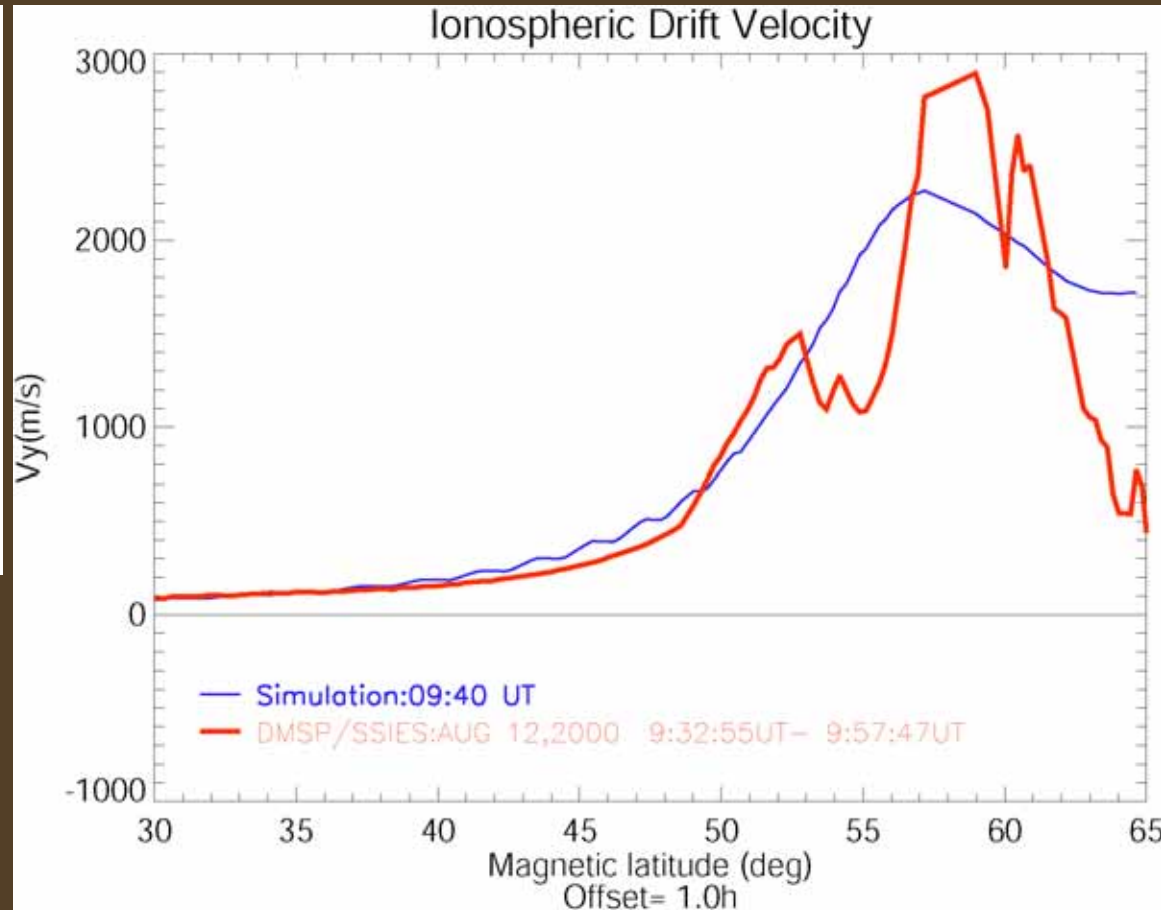
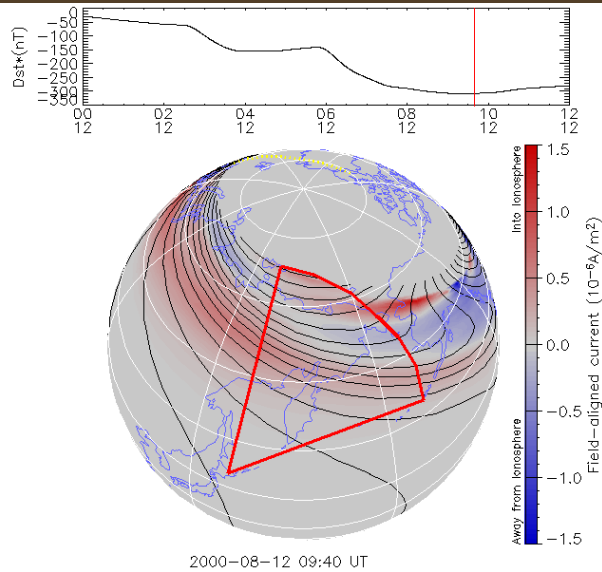


夕方側の電場ポテンシャル

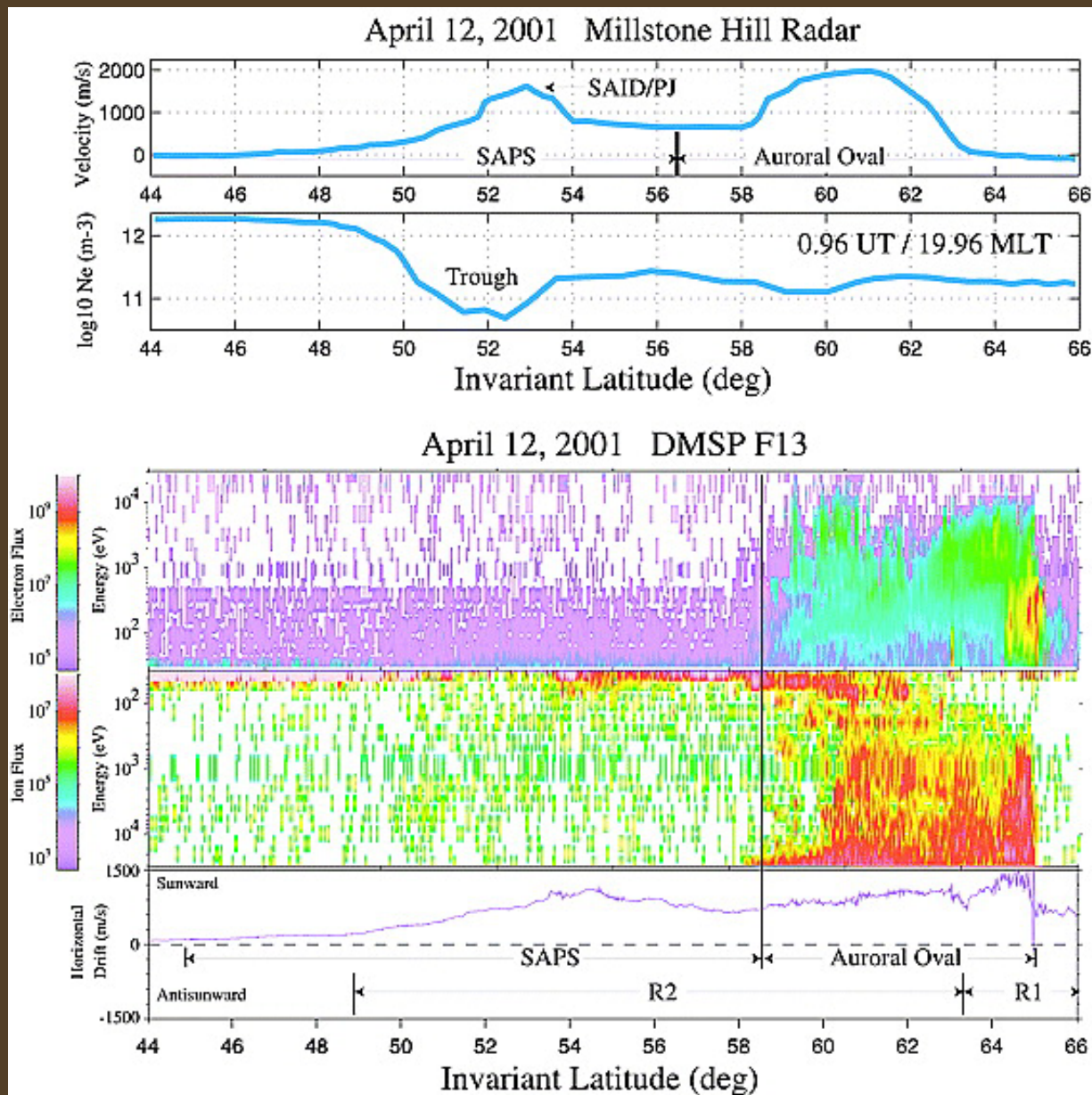


2000-08-12 09:40 UT

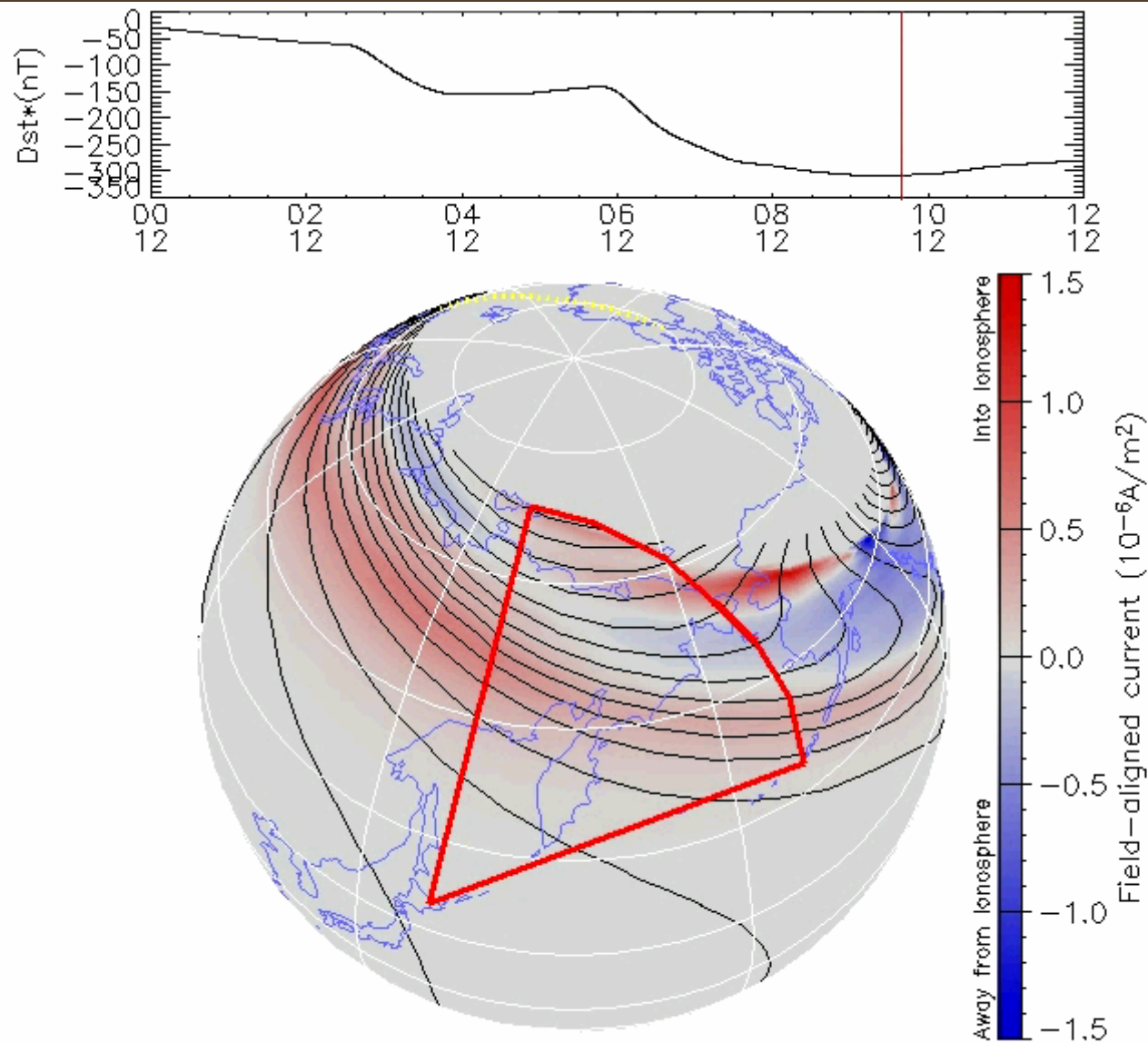
夕方側:局所的な早い西向きドリフト



SubAuroral Polarization Stream

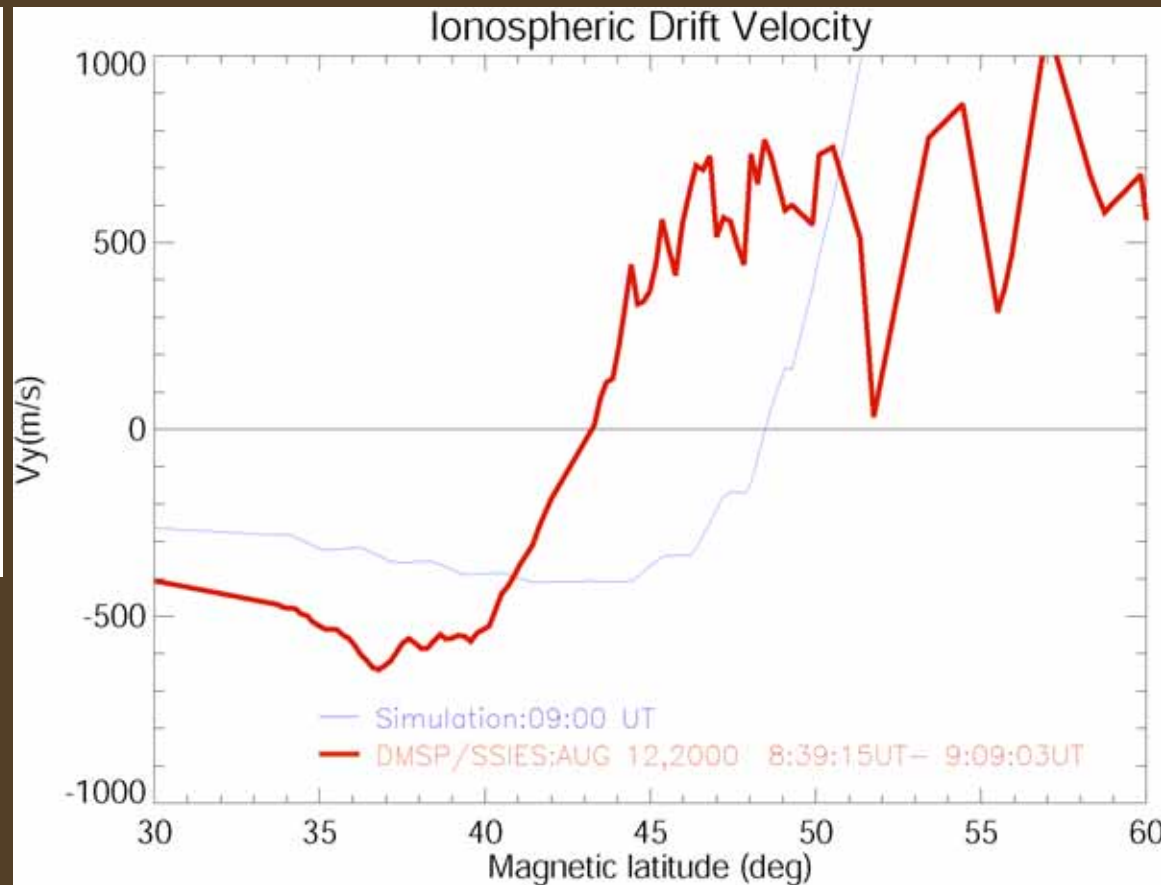
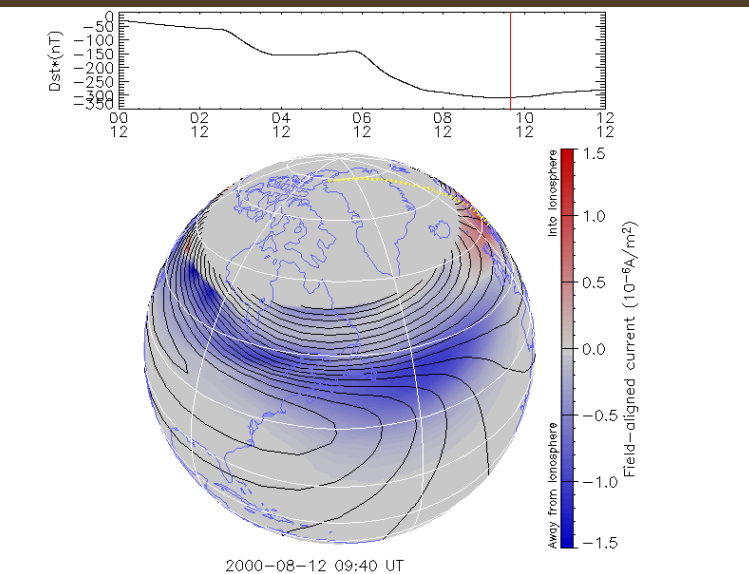


ポテンシャルパターン(夕方側から朝側へ広がるドリフト反転)

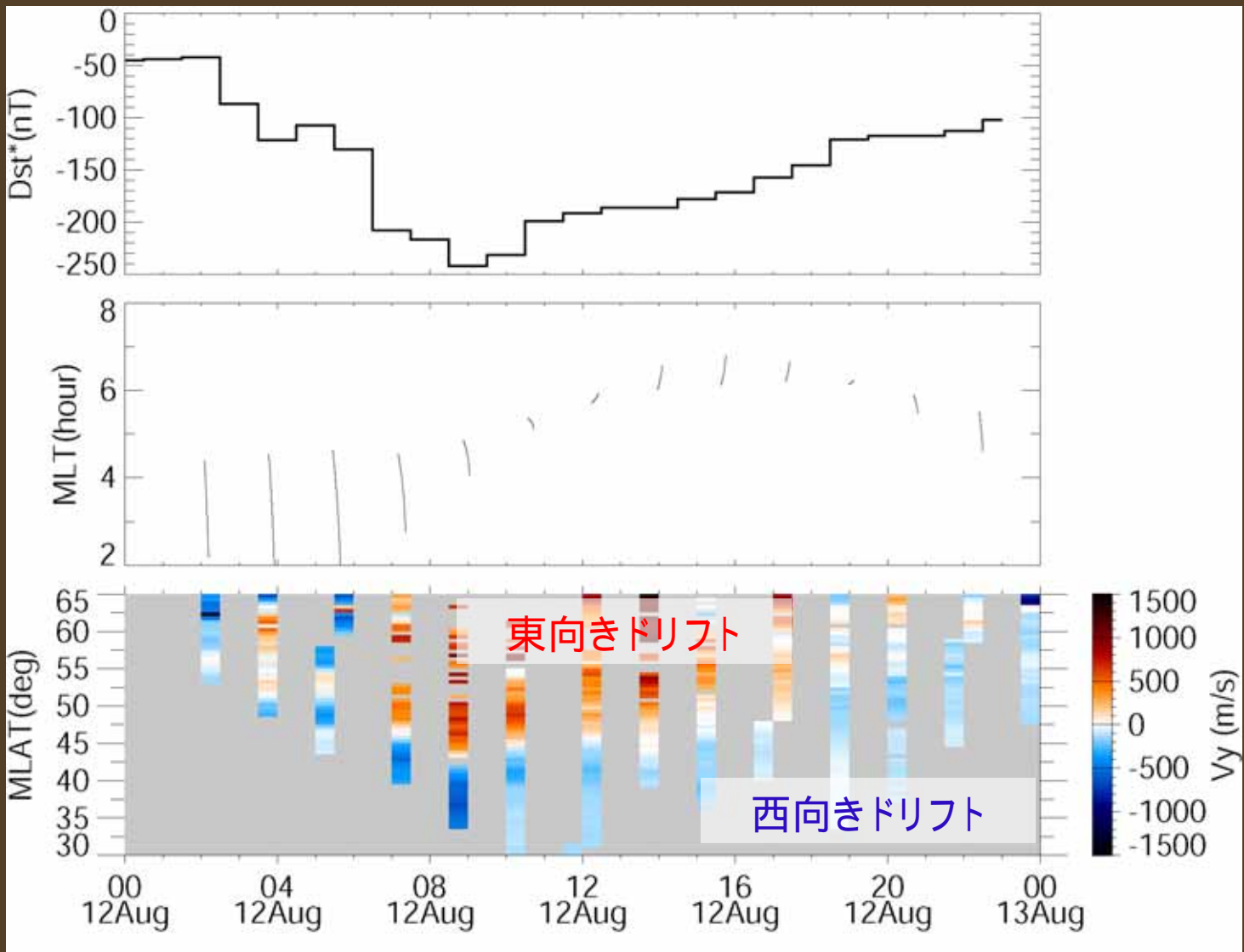


2000-08-12 09:40 UT

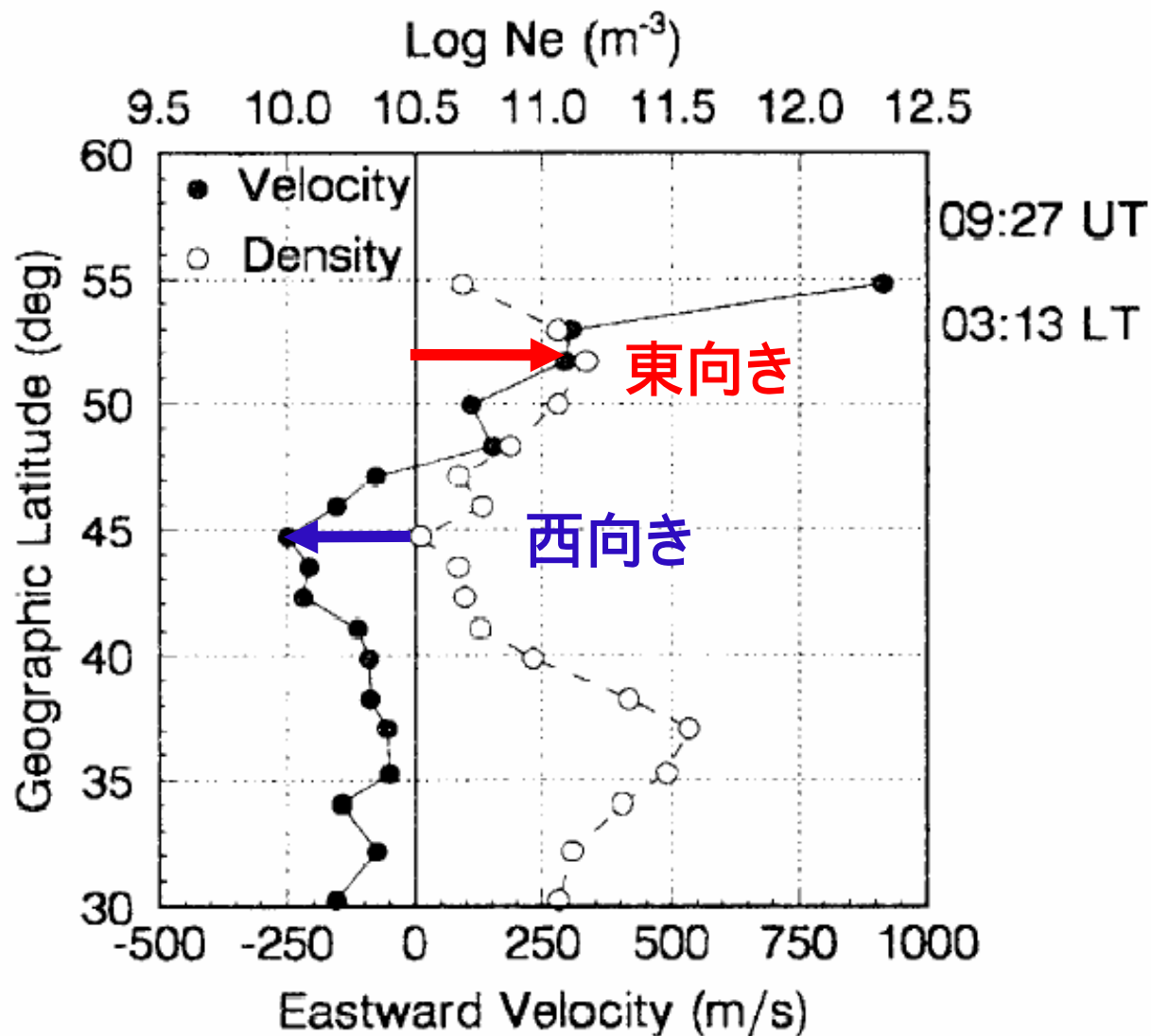
朝側：ドリフト反転



朝側：ドリフト速度反転 (DMSP F13)



朝側：ドリフト速度反転(報告例)



Huang et al. (2001)

朝側：ドリフト速度反転(磁気圏粒子輸送への影響)

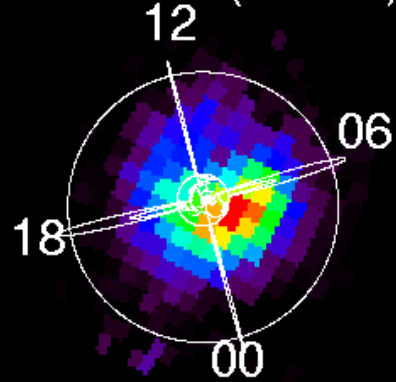
IMAGE HENA (H)

シミュレーション (H)

シミュレーション (H⁺)

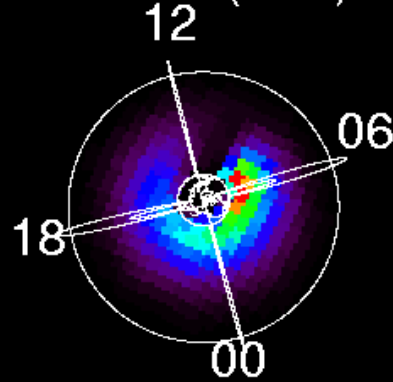
Self-consistent電場

2000-08-12(225) 09:40 UT
IMAGE/HENA (39-50keV)



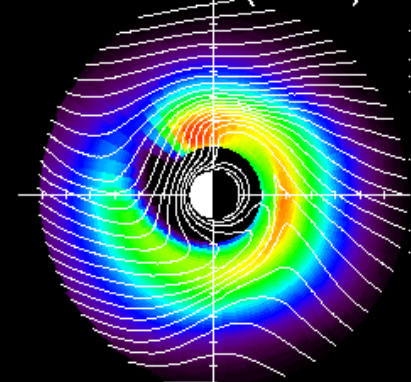
0 50 100 150 200
Flux ($1/\text{cm}^2 \text{ s str keV}$)

IMAGE (SM): -0.54 0.15 6.74 RE
Simulation (44keV)



0 200 400 600 800 1000 2000 4000
Flux ($1/\text{cm}^2 \text{ s str keV}$)

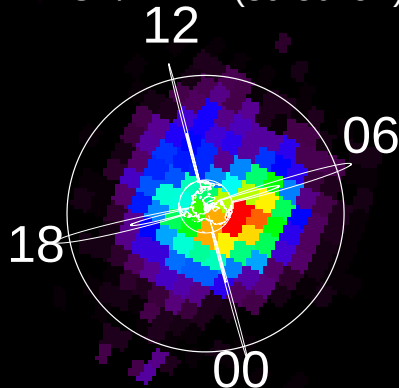
Simulation (44keV)



0 1 2 3 4 5
Flux ($10^6/\text{cm}^2 \text{ s str keV}$)

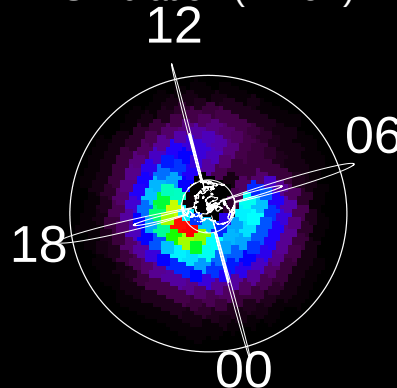
Weimer (2001)型電場

2000-08-12(225) 09:40 UT
IMAGE/HENA (39-50keV)



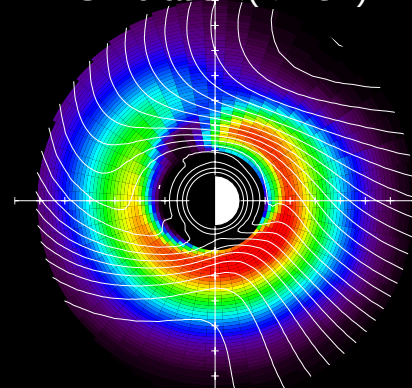
0 50 100 150 200
Flux ($1/\text{cm}^2 \text{ s str keV}$)

IMAGE (SM): -0.54 0.15 6.74 RE
Simulation (44keV)



0 200 400 600 800 1000 2000 4000
Flux ($1/\text{cm}^2 \text{ s str keV}$)

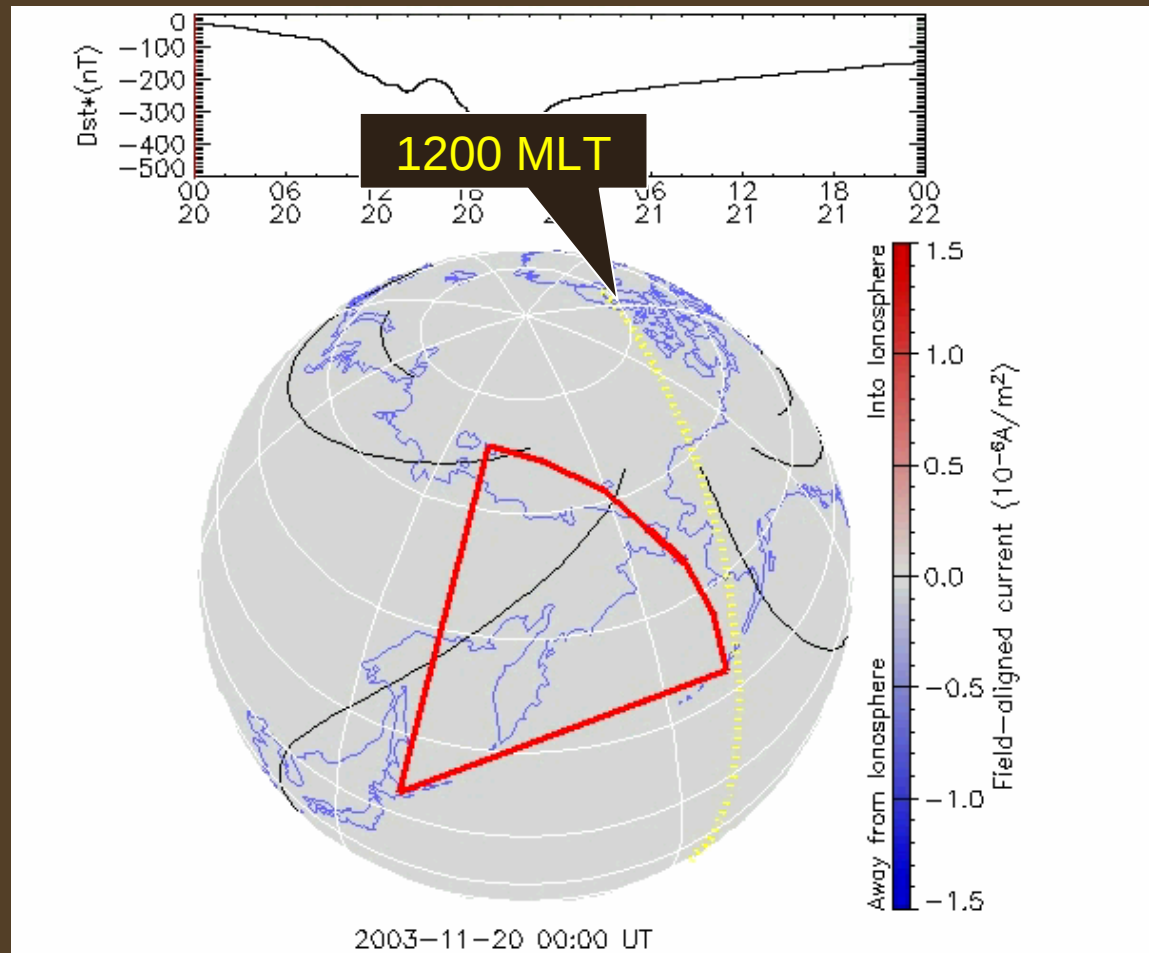
Simulation (44keV)



0 1 2 3 4
Flux ($10^6/\text{cm}^2 \text{ s str keV}$)

2003年11月20日のスーパーストーム

最小Dst=-472nT (1957年以降歴代2位)



下向き電流

上向き電流

まとめ

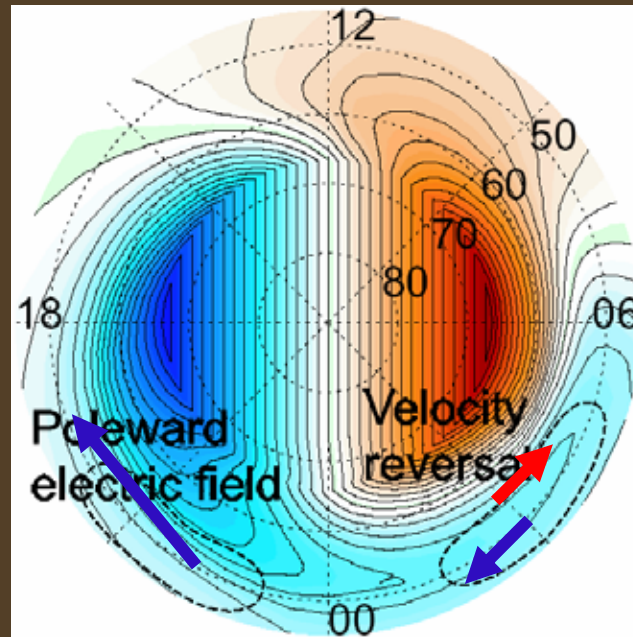
磁気嵐におけるサブオーロラ帯・中緯度対流の特徴

夕方側：西向きの早いフロー
(SubAuroral Polarization Stream)

オーロラオーバルの低緯度側に下向き沿磁力線電流が流れる。



極方向に強い電場が作られる



朝側：ドリフト速度反転

東向きのシールドイング電場が夕方側から朝側へ入り込む。



地球方向にExBドリフトが向き、粒子はより地球側へドリフト。



朝側のリングカレント・イオンのフラックスが夕方側に比べて増加。

北海道レーダー



- 分のオーダーでドリフト速度を2次元観測することにより、これらの現象を観測的により深く理解できる。
- 磁気圏の粒子ダイナミクスの理解に必須の情報を提供する。