

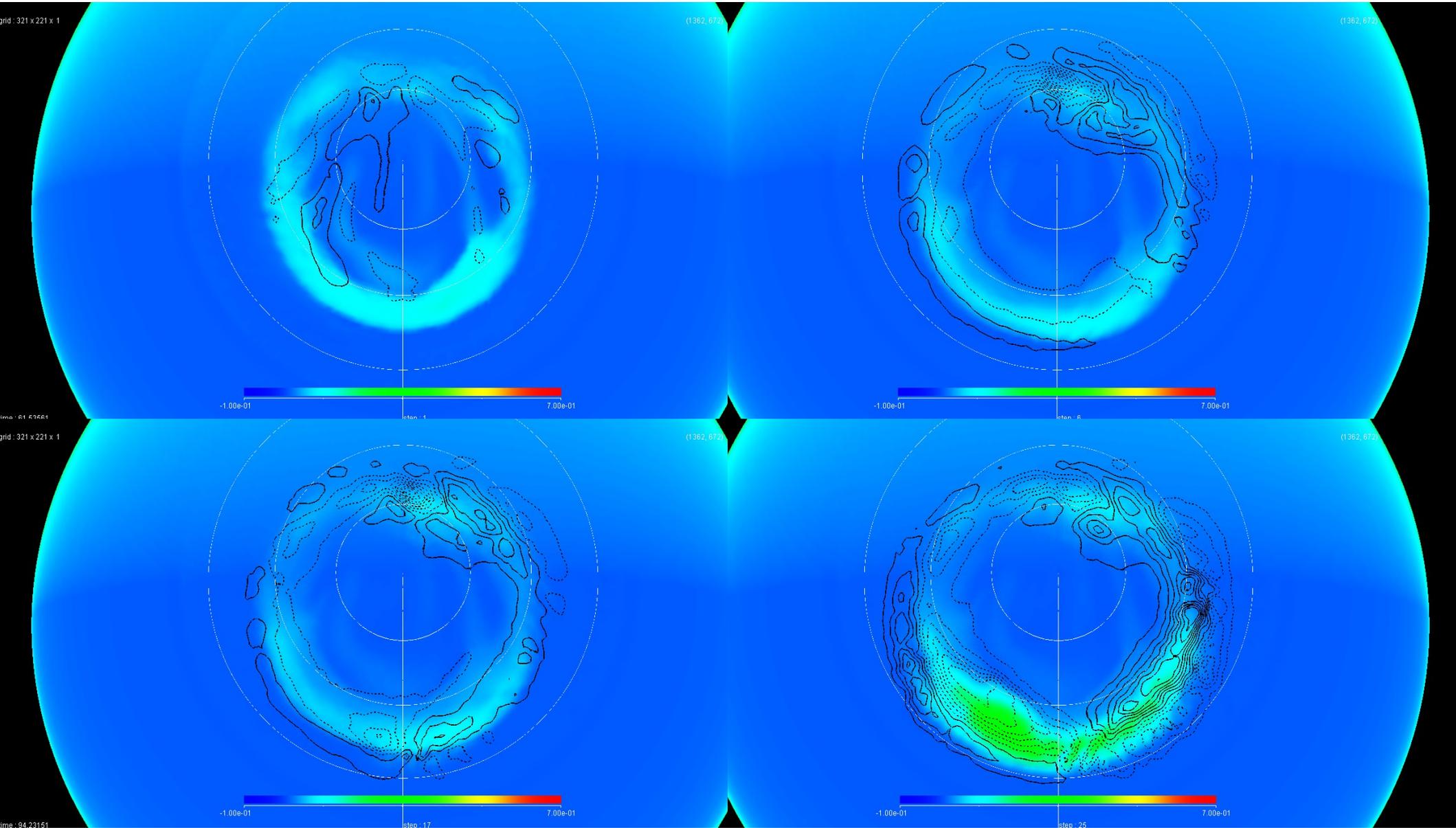
中緯度短波レーダー研究会
2013年1月28日、名古屋大学

磁気圏対流を励起するエネルギー変換

田中高史

2D structure of the M-I coupling system (substorm)

(shading Σ ; solid line downward FAC; dotted line upward FAC)



Ionospheric convection, FAC, and energy conversion (thermal energy → pointing flux)

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{1}{2} \rho v^2 + u \right) + \nabla \cdot \left[\left(\frac{1}{2} \rho v^2 + u \right) \mathbf{v} + P\mathbf{v} + \mathbf{q} \right] = \mathbf{J} \cdot \mathbf{E} \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{B^2}{2\mu_0} \right) + \nabla \cdot \left(\frac{\mathbf{E} \times \mathbf{B}}{\mu_0} \right) = -\mathbf{J} \cdot \mathbf{E} \quad (2)$$

$$\mathbf{J} \cdot \mathbf{E} = (\mathbf{J} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{V} = \left(\rho \frac{d\mathbf{V}}{dt} + \nabla P \right) \cdot \mathbf{V} \quad (3)$$

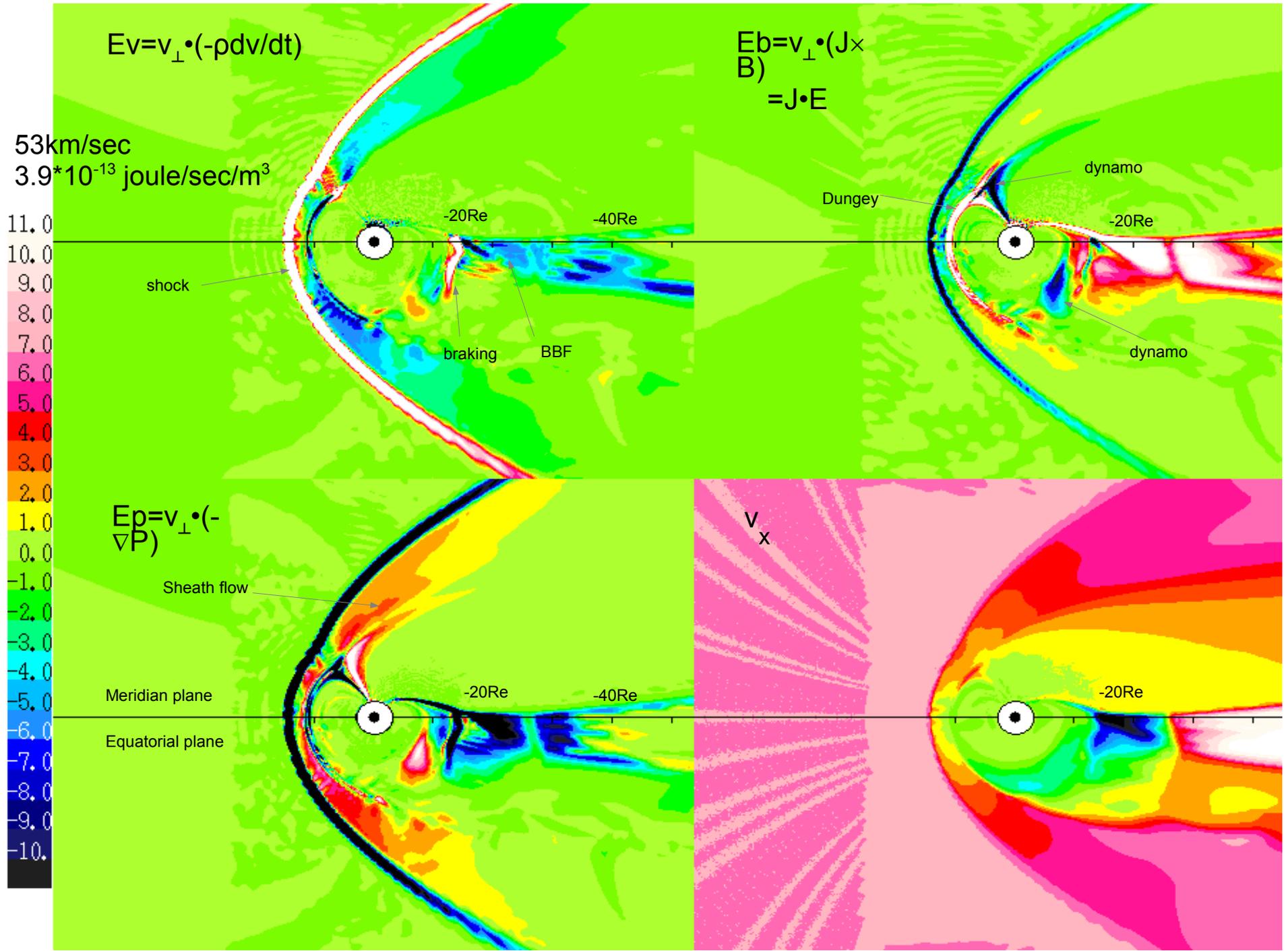
① ②

$$\nabla \cdot \Sigma \nabla \phi = J_{\parallel} \quad (4)$$

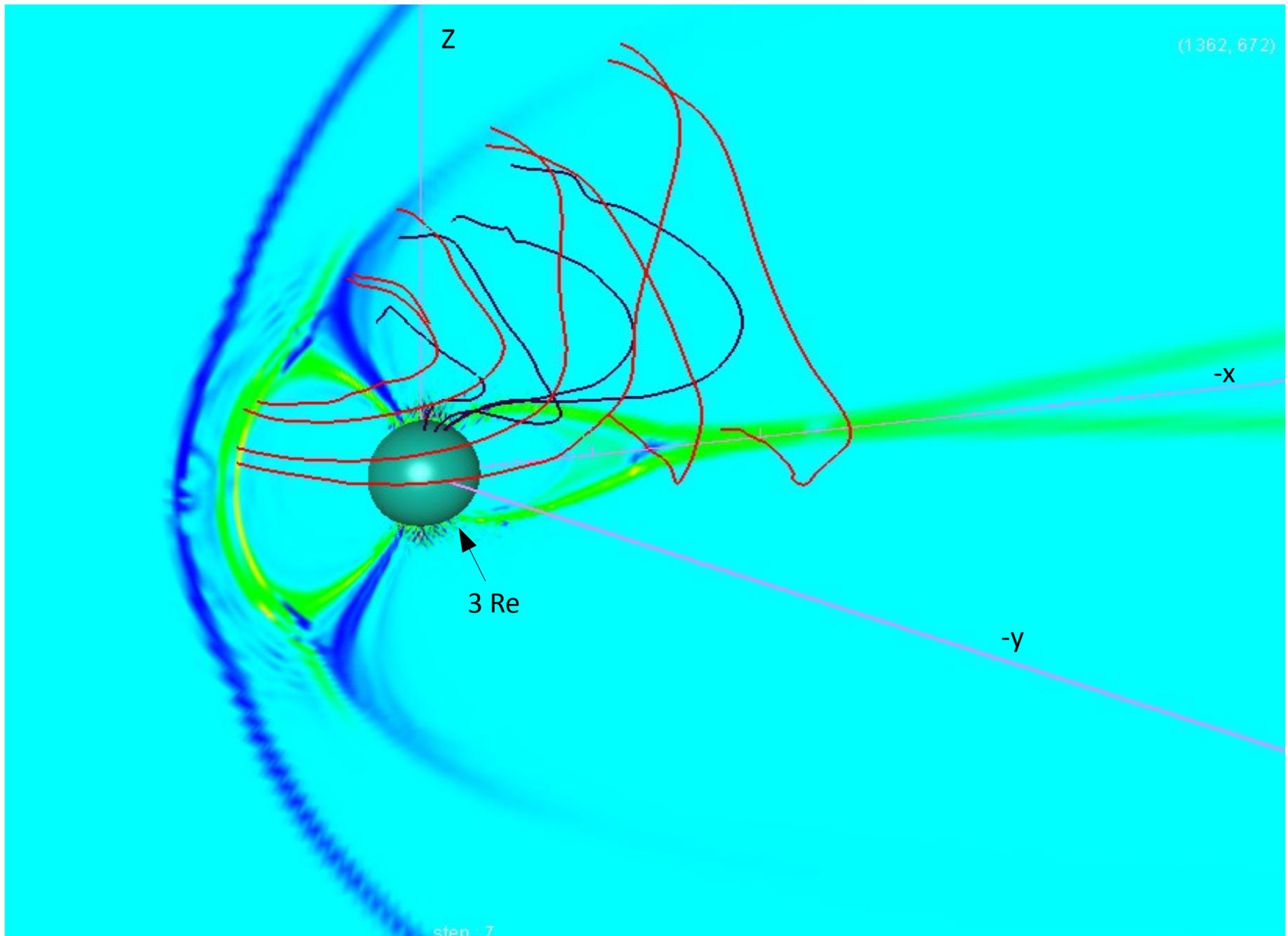
① motional energy/inertial current ×

② thermal energy/magnetization current ○

Energy conversion driving magnetospheric convection



Current system contracting the convecting magnetosphere (during the expansion phase, color $\mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$)



電離圏電場を維持する磁気圏電場は、同時に、明け方のconvection reversalの領域から常に極域電離圏に向けて電流を流し込み、夕方のconvection reversalの領域に向かって電離圏から電流を流れ出させている筈である。つまり、磁気圏のダイナモ電流が電荷分離を起こし、そのため、電場が維持されているとともに大規模の沿磁力線電流が維持されているのである。

電荷分離 → $J \cdot E < 0$ (電荷中和 → $J \cdot E > 0$)

$$E = -V \times B$$

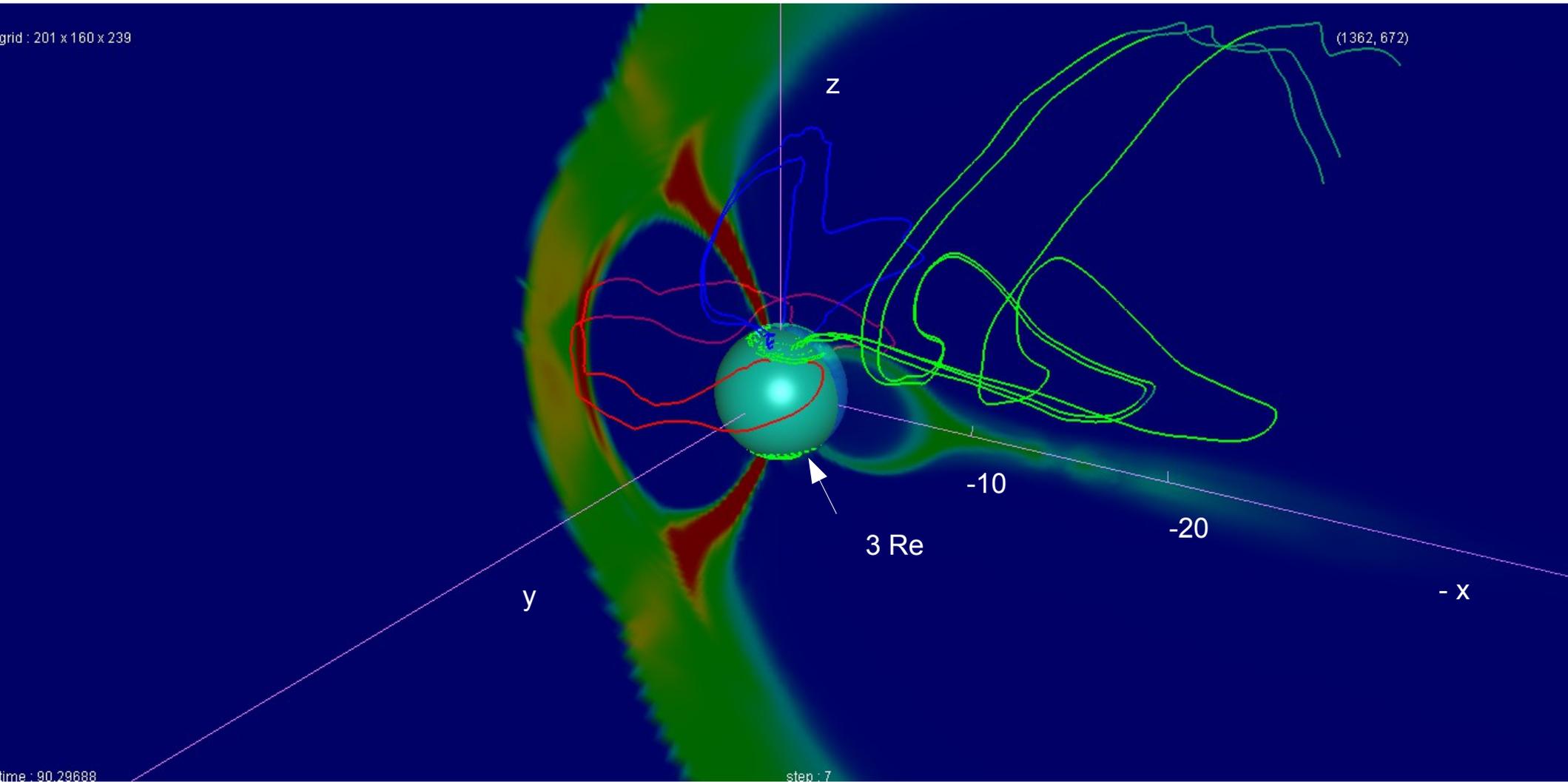
→ 対流

$$J \times B = \rho dv/dt + \nabla P$$

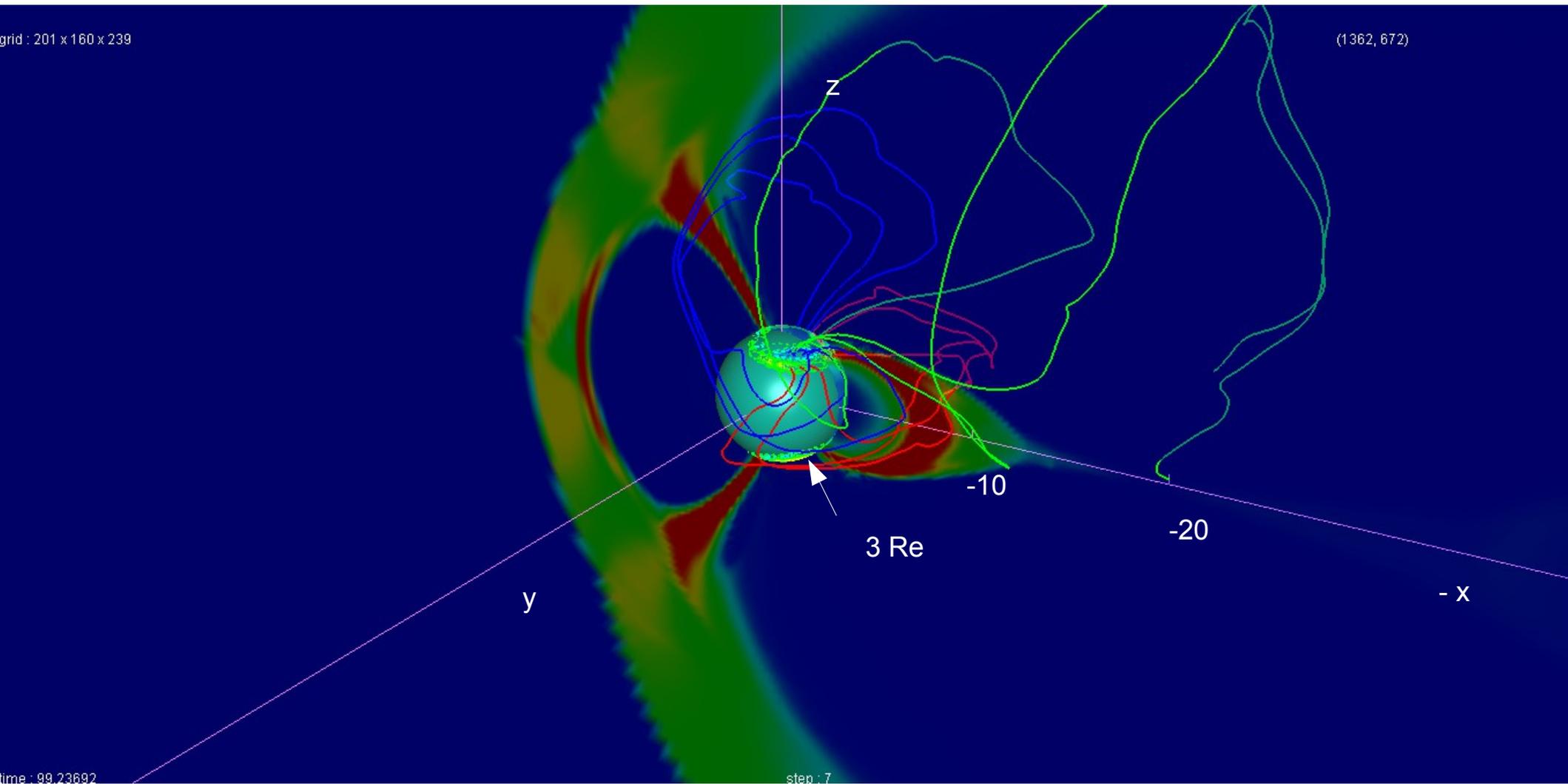
→ flow braking or gradP crossing flow
(慣性電流) (磁化電流)

Pointing fluxは、共通の電流ループの上でdynamo currentの流れる所($J \cdot E < 0$)で発生し、電力消費が卓越するところ($J \cdot E > 0$)に収束する。相異なる、独立の二つの電流回路にはそれらをつなぐPoynting Fluxは存在しない。したがって、もし、磁気圏での電力消費が太陽風のPoynting Fluxによるものであるなら、太陽風のdynamo領域と磁気圏の消費領域とは共通の電流ループで結ばれていなければならない。

Current system during the growth phase (shading P; blue and green region 1; red region 2)



Current system at the substorm onset (shading P; blue and green region 1; red region2)



end