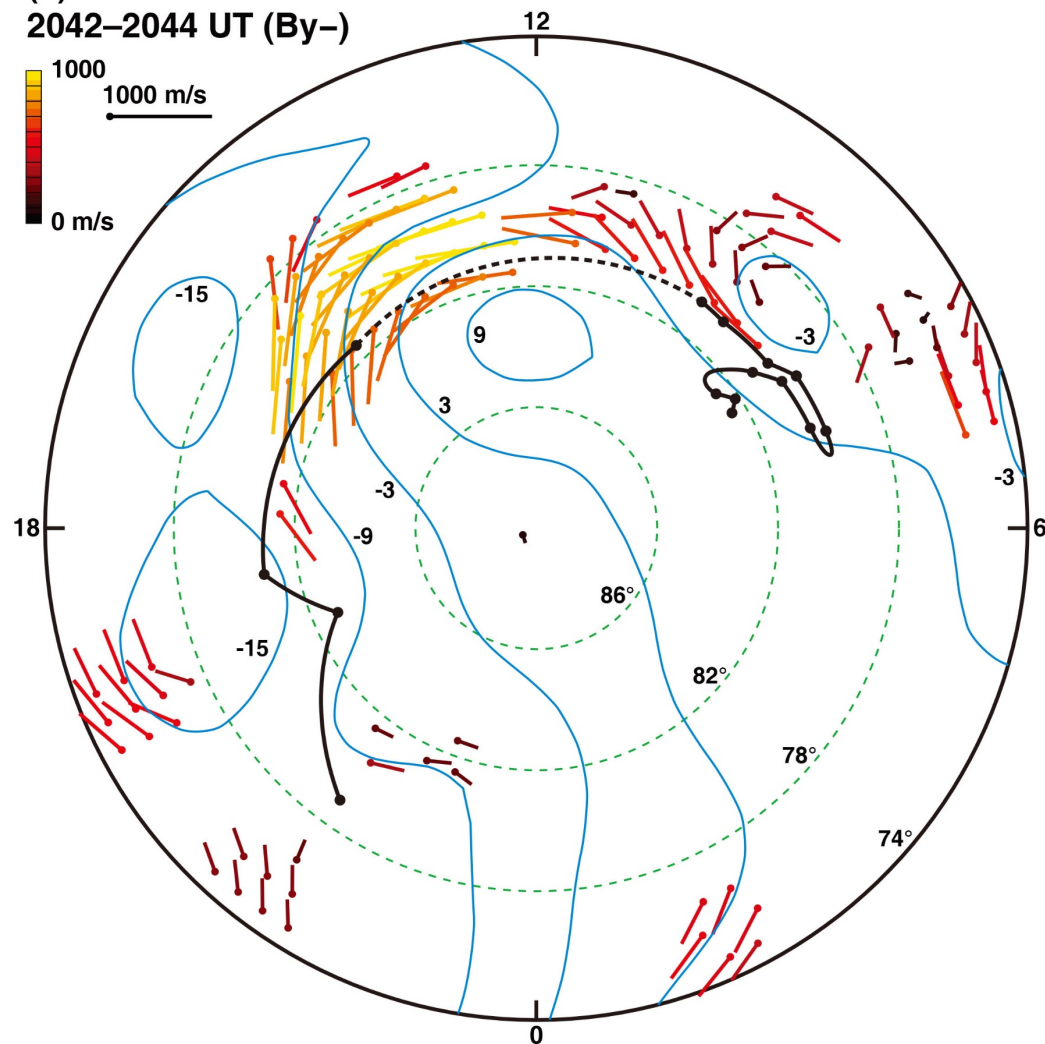


惑星間空間磁場北向き時の逆向き電離圏対流と リコネクション

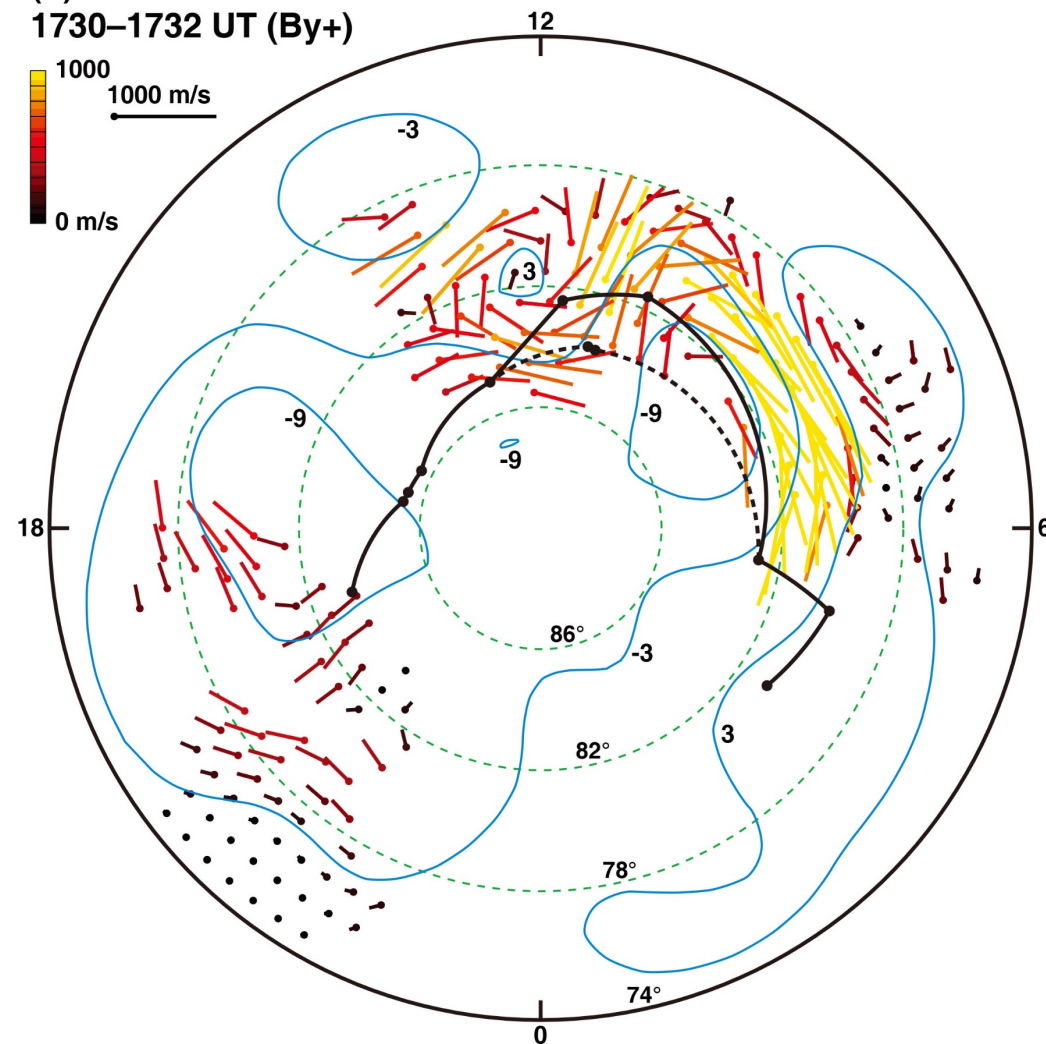
渡辺正和¹, 浅野智哉¹, 蔡東生², 熊沛坤², 藤田茂³, 田中高史¹

1. 九州大学; 2. 筑波大学; 3. 気象大学校

(a) 8 March 2008
2042–2044 UT (By-)



(b) 22 March 2008
1730–1732 UT (By+)



SuperDARN + 低高度衛星による降下粒子観測

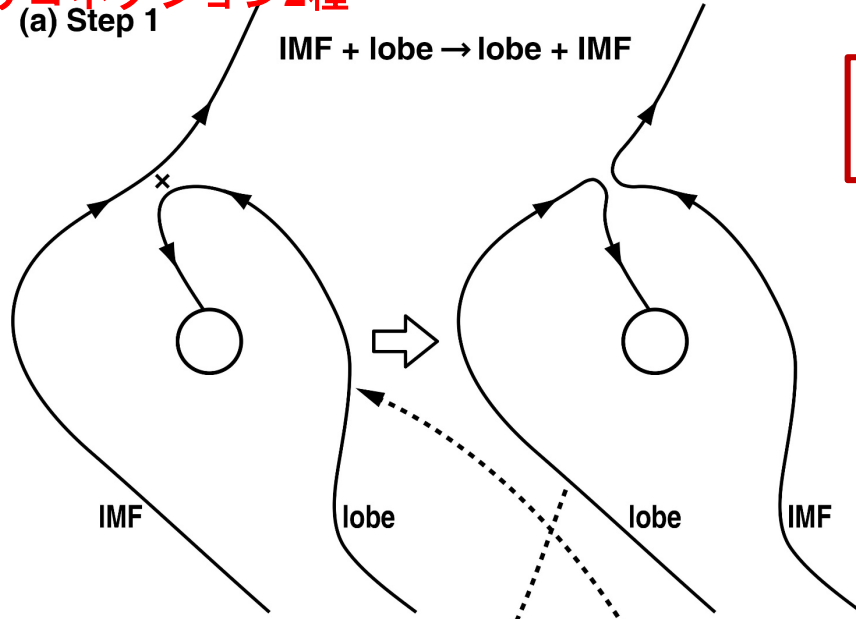
Two kinds of interchange-type reconnection (left) and resulting ionospheric convection (right).

交換型リコネクション2種

(a) Step 1

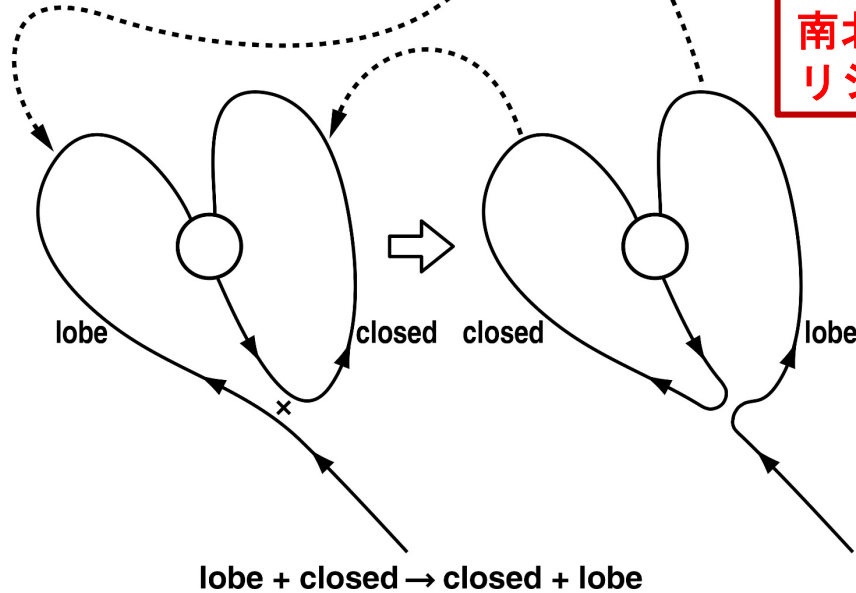
IMF + lobe $\rightarrow$ lobe + IMF

Sun $\leftarrow$



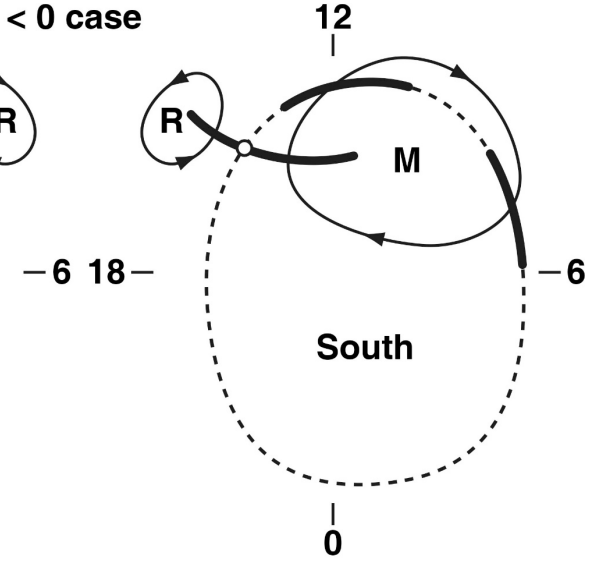
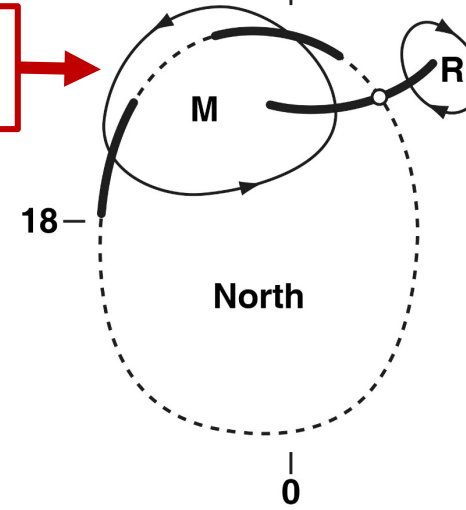
(b) Step 2

Sun $\leftarrow$



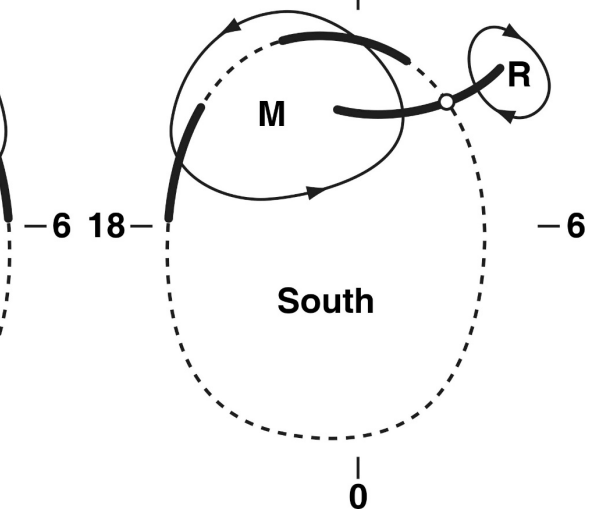
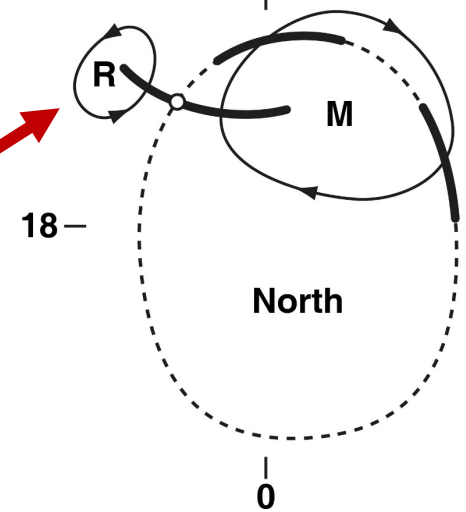
北半球
マーキングセル

(a) $B_y < 0$ case



南北半球
リシプロカルセル

(b) $B_y > 0$ case

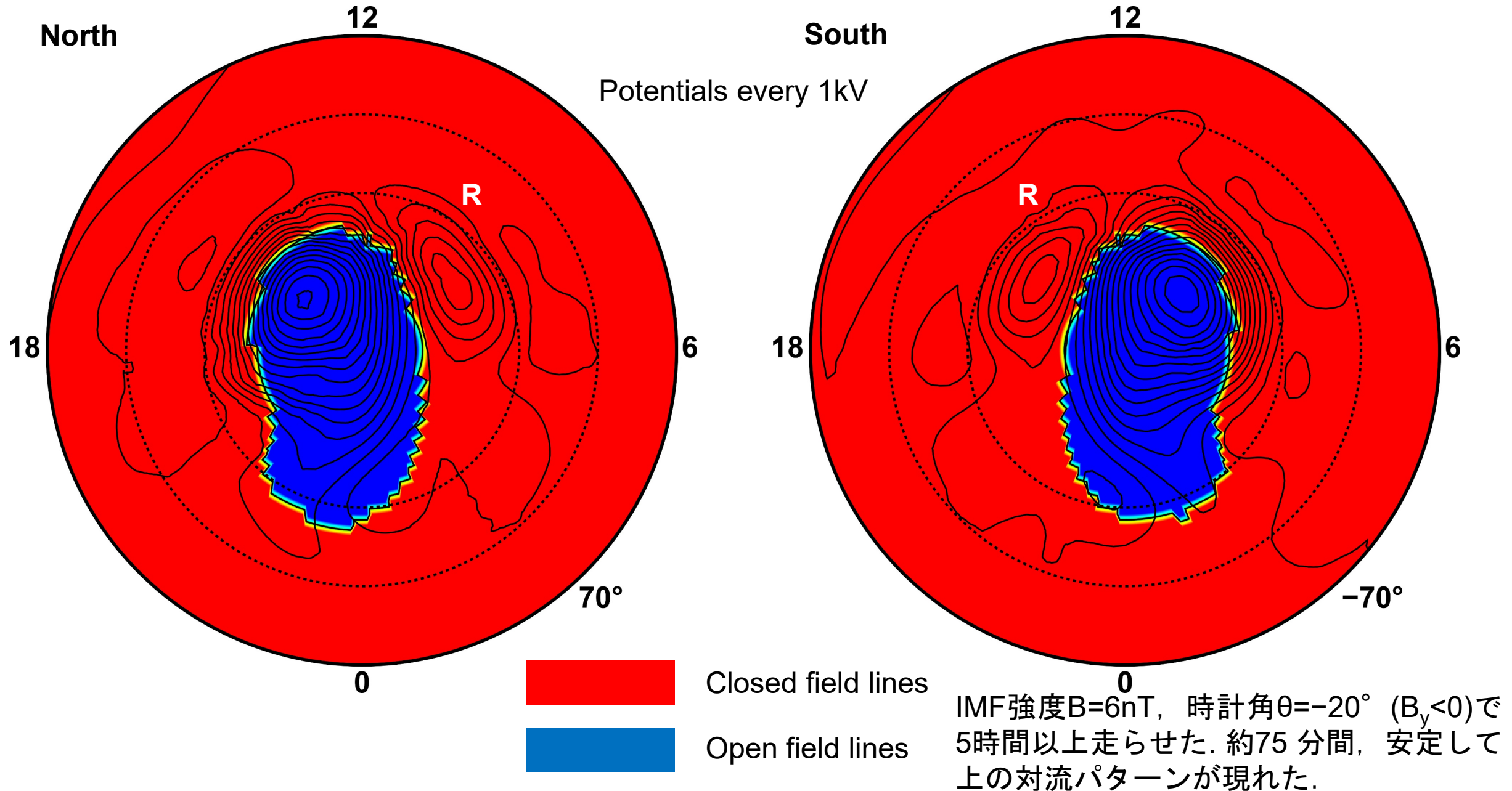


R: reciprocal cell M: merging cell

○: stemline footprint (connects to null)

—: X line projection - - -: polar cap boundary

Ionospheric convection with respect to the polar cap boundary



沿磁力線電流

North

12

18

6

70°

0

South

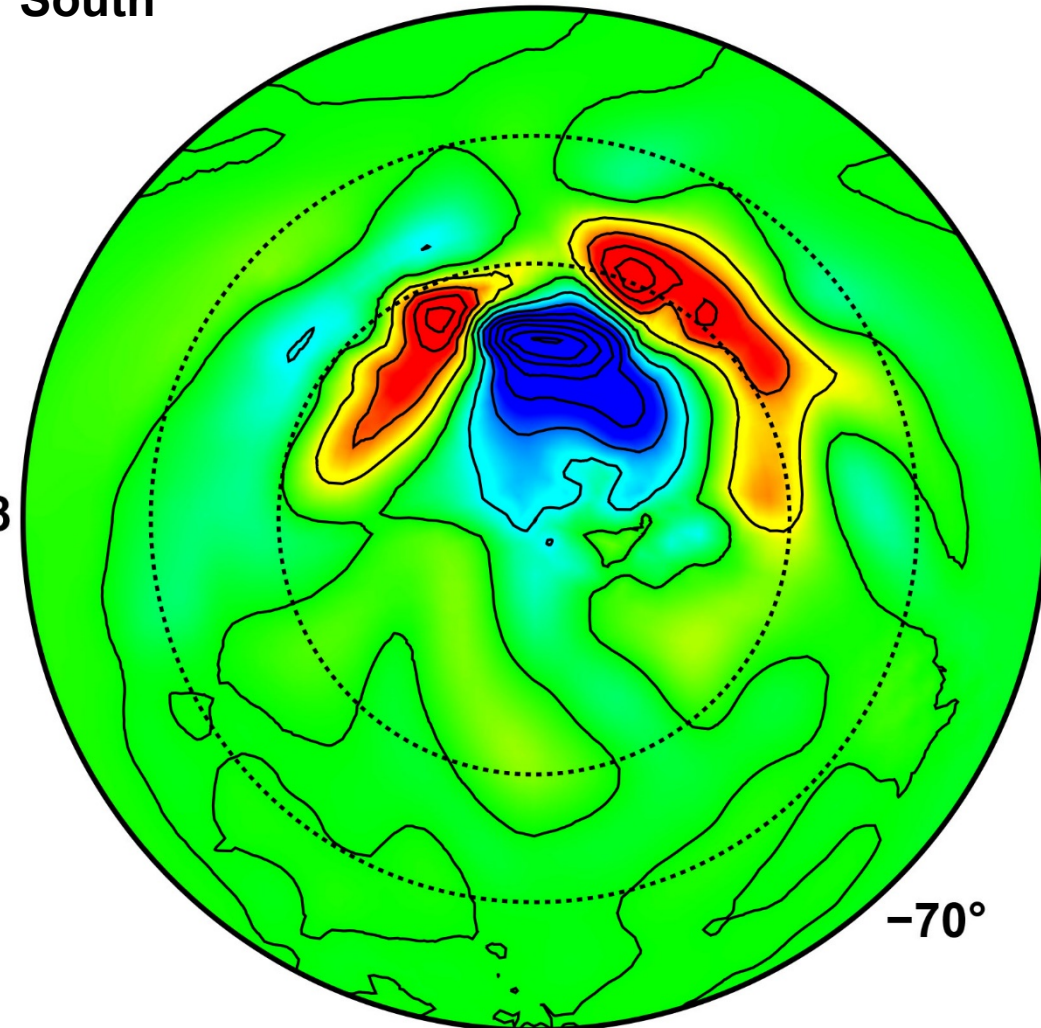
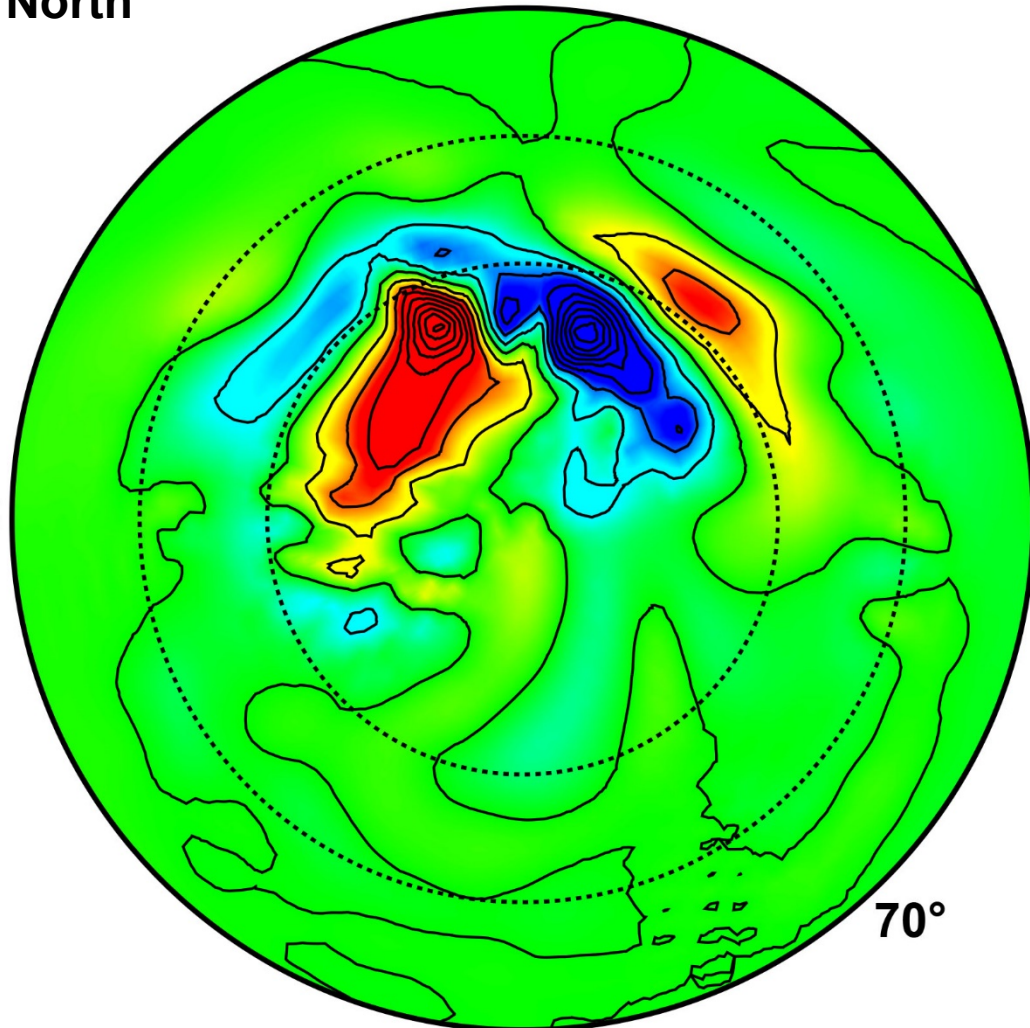
12

18

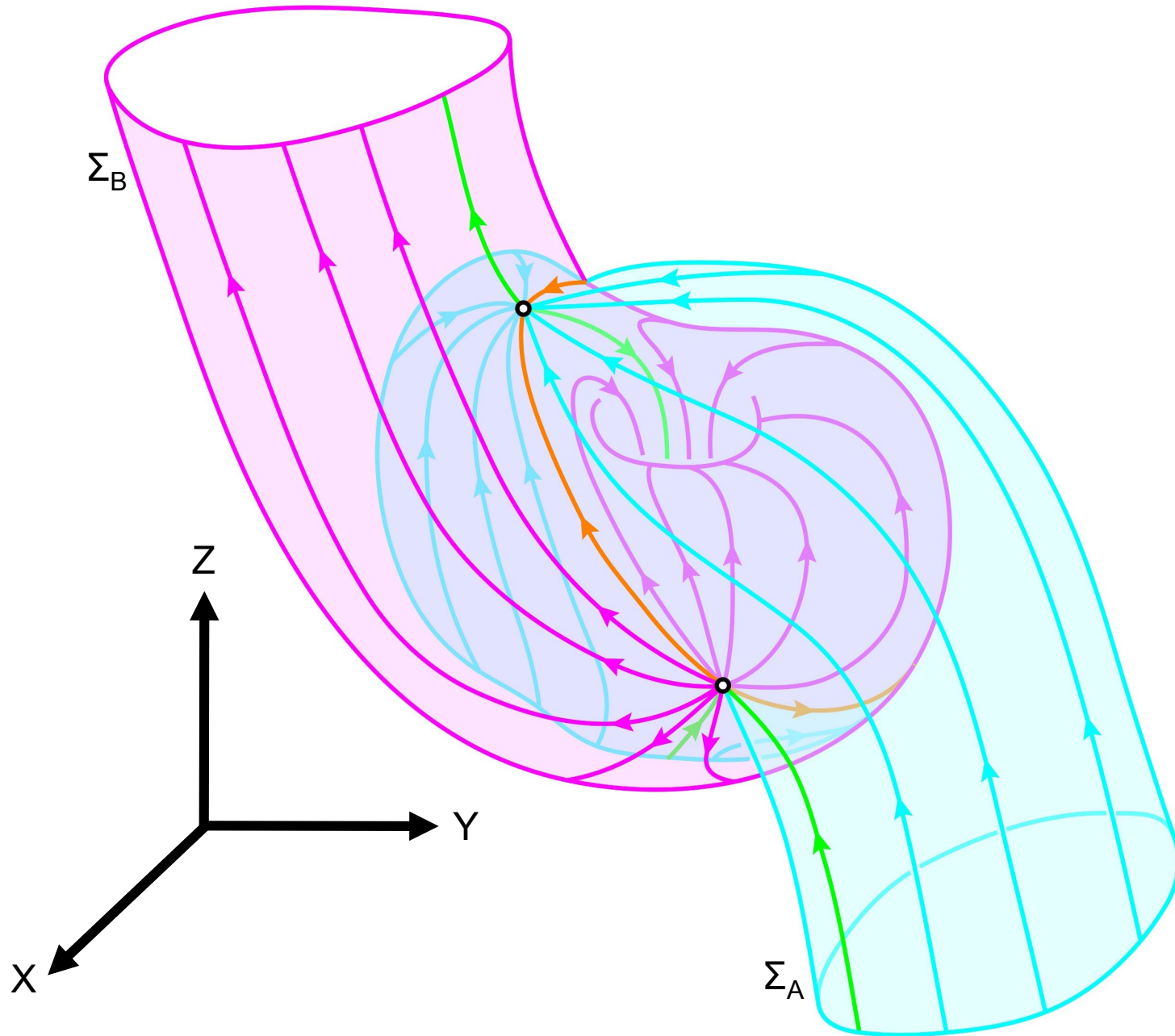
6

-70°

0



Magnetic topology of the magnetosphere for $B_y < 0$ (a view from the Sun)



• Null points

 Separatrix (Σ_A)

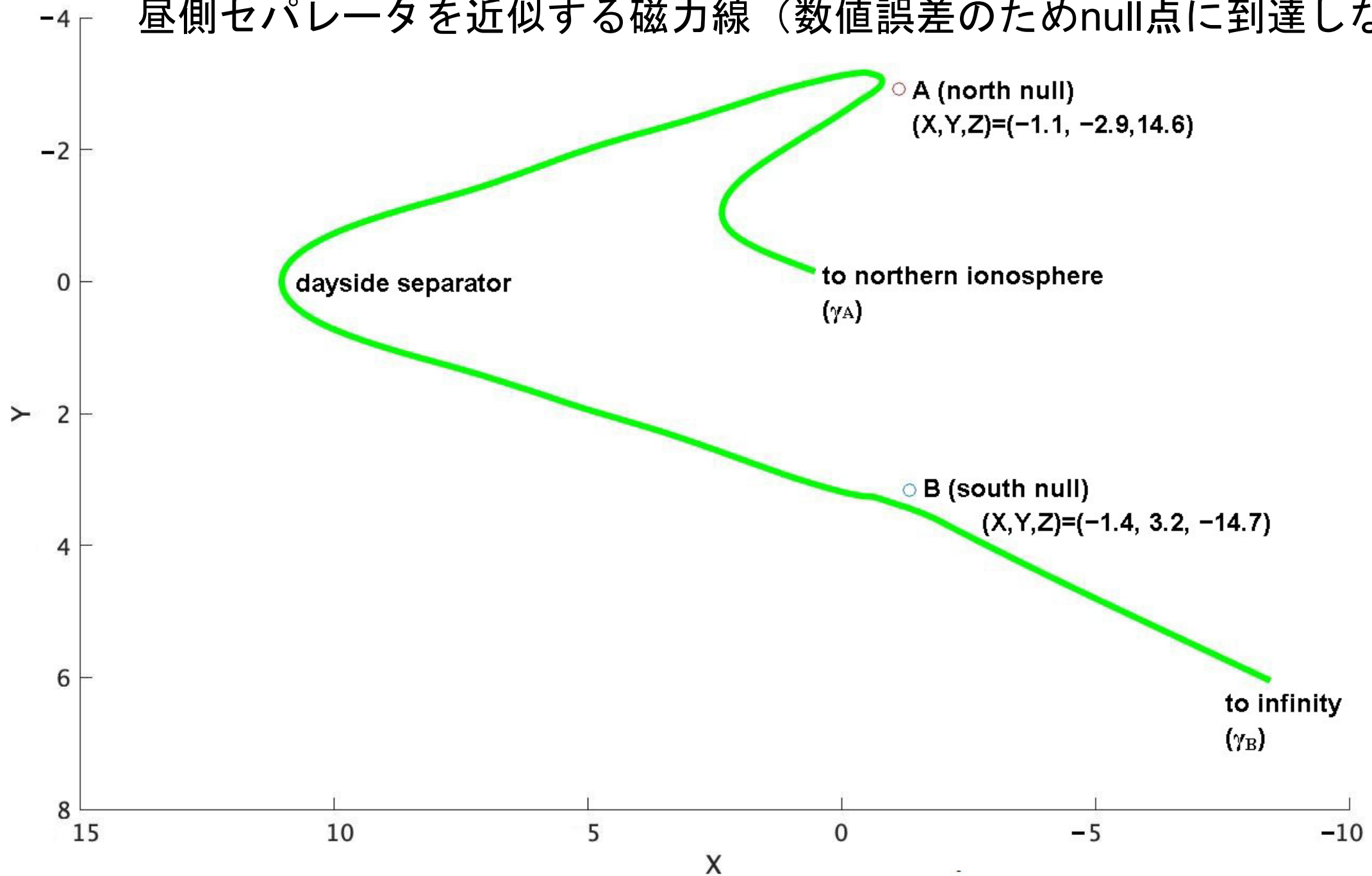
 Separatrix (Σ_B)

 Separator

The basic magnetic topology of the magnetosphere is the 2-null, 2-separator structure shown on the left. We determine the Σ surfaces using the geodesic level set algorithm.

Interchange-type reconnection occurs on a portion of the separatrix that is away from the separator.

昼側セパレータを近似する磁力線（数値誤差のためnull点に到達しない）

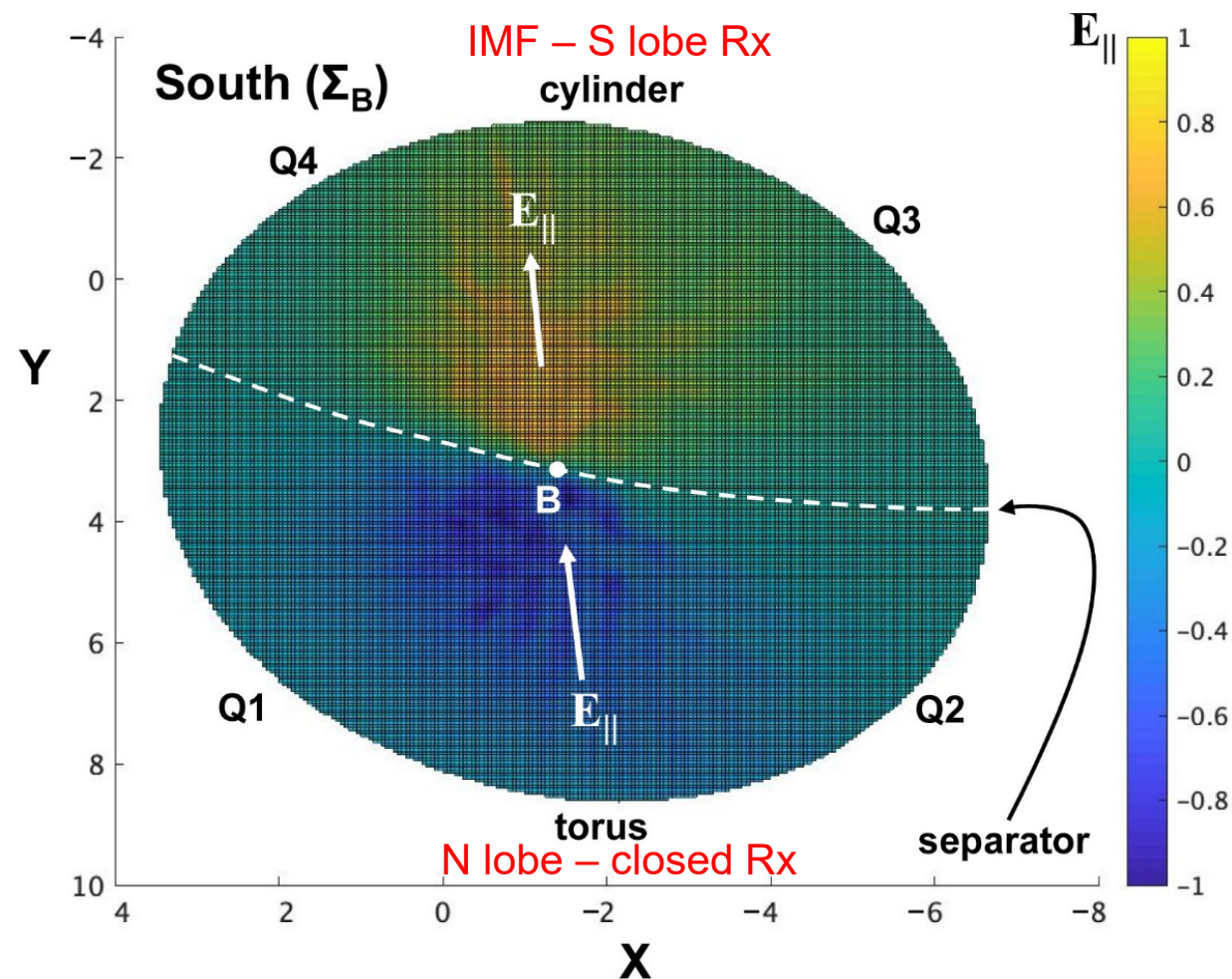
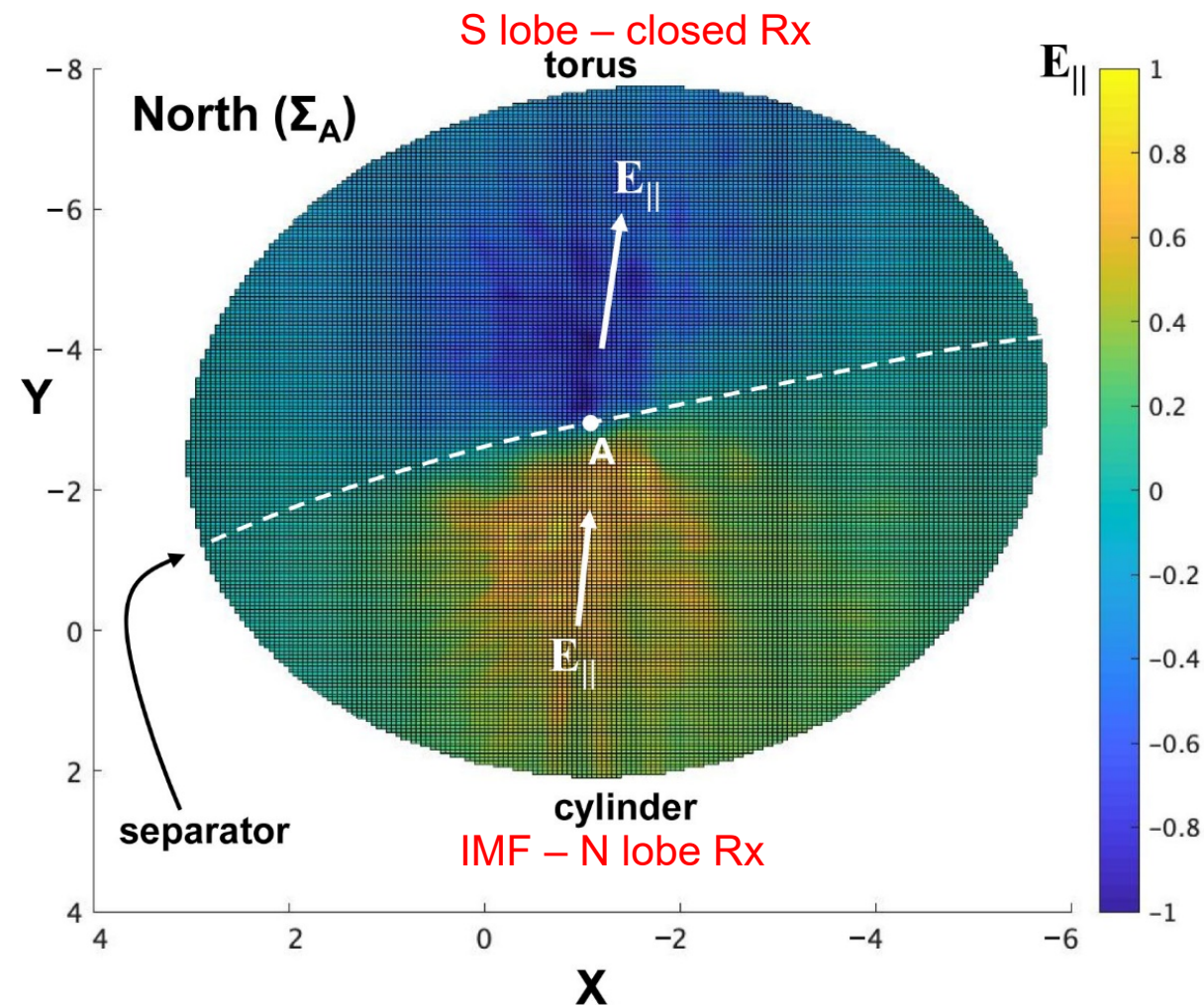


南北のnull点から出る Σ 面（セパラトリクス）上の沿磁力線電場

Field-aligned electric field ($E_{\parallel} = \eta j_{\parallel}$)

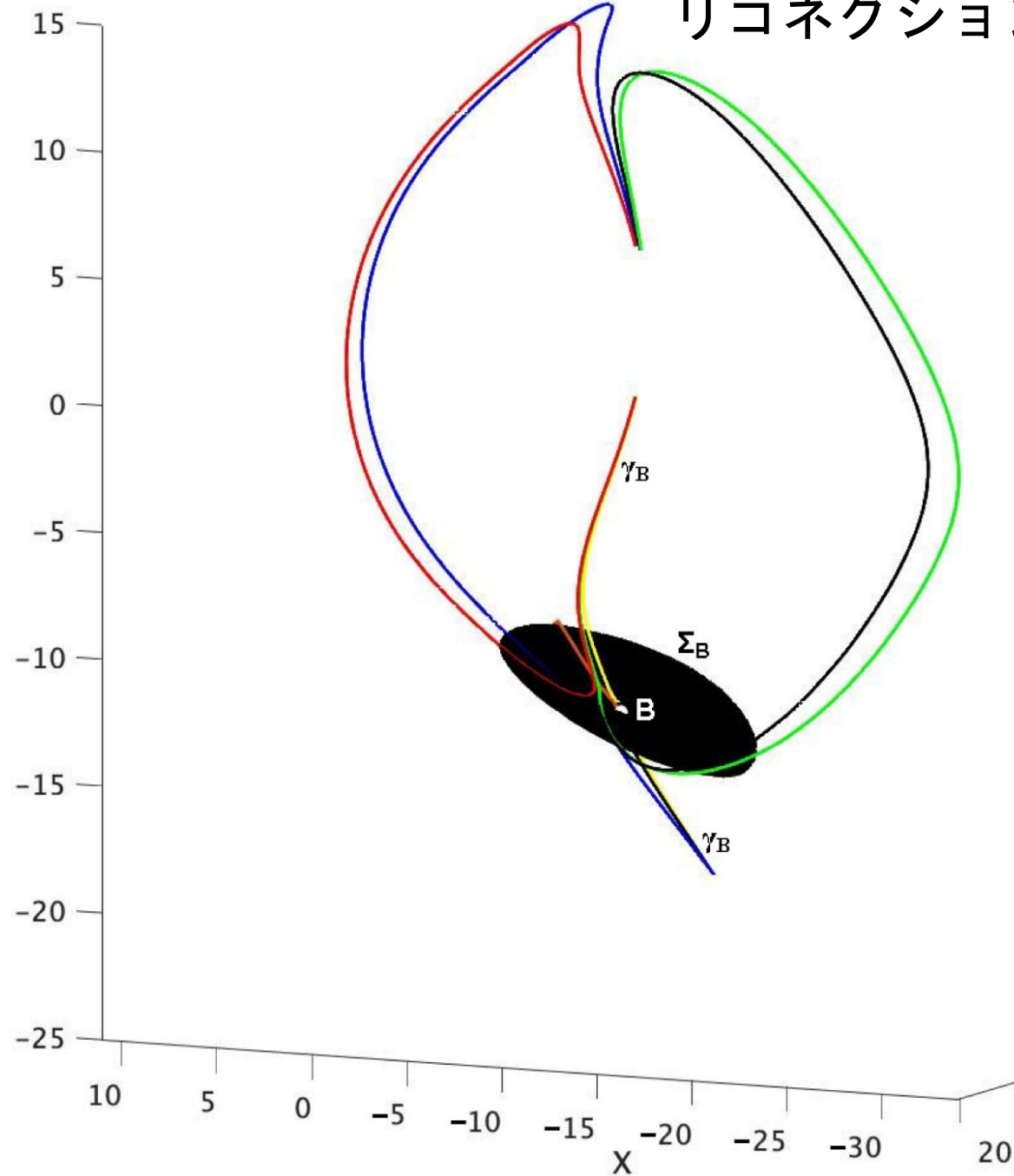
$$\eta = k(j/B)^2 \approx k/L^2$$

L : current sheet thickness

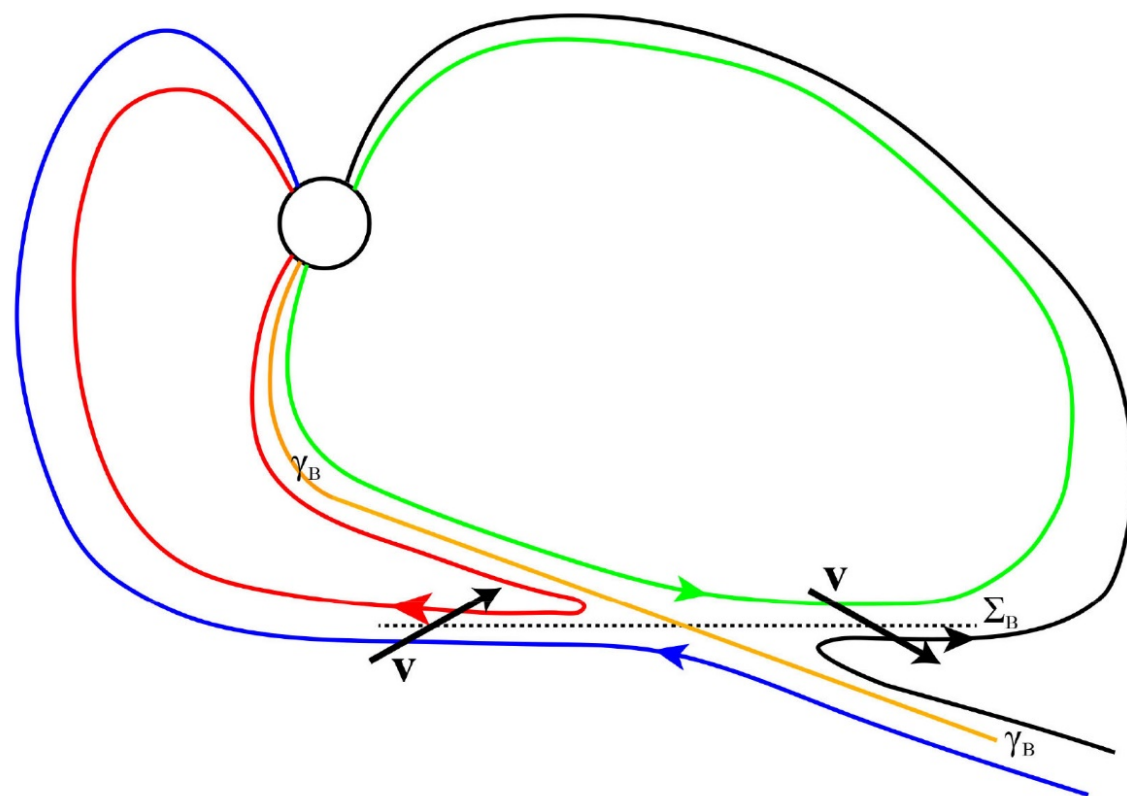


円筒上の $E_{\parallel}$ がIMF-lobe Rxに、トーラス上の $E_{\parallel}$ がlobe-closed Rxに対応する。
以下南半球の N lobe – closed リコネクションのトポロジーを調べる。

リコネクション直前（青・緑）と直後（赤・黒）の磁力線

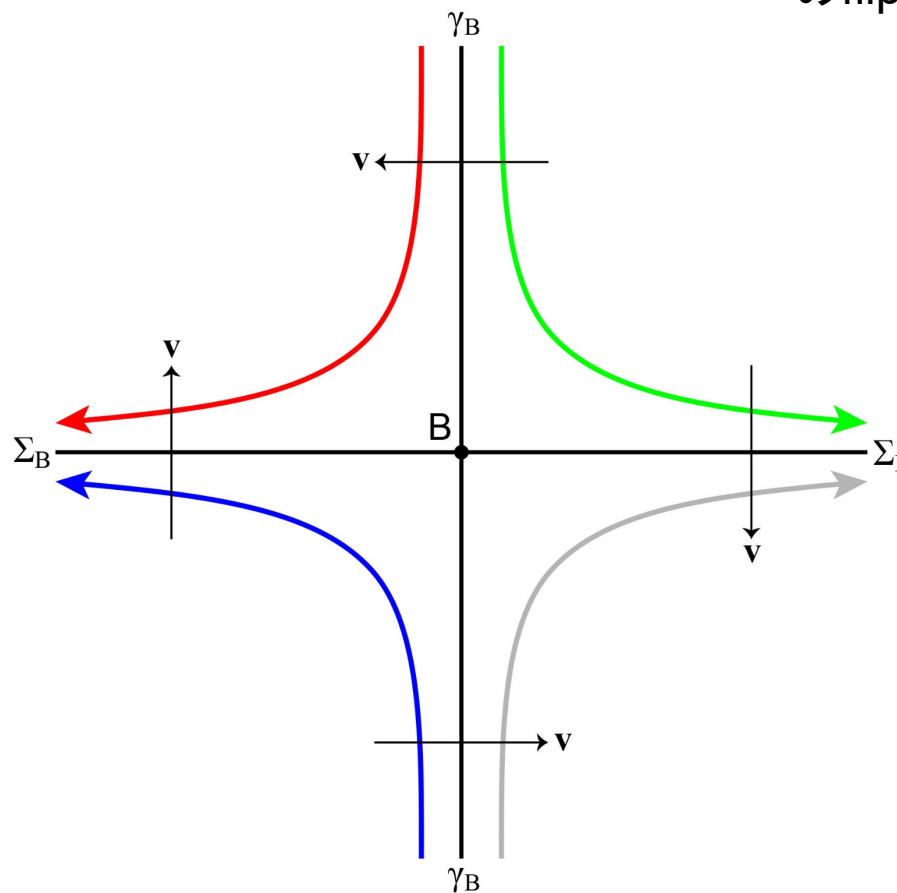
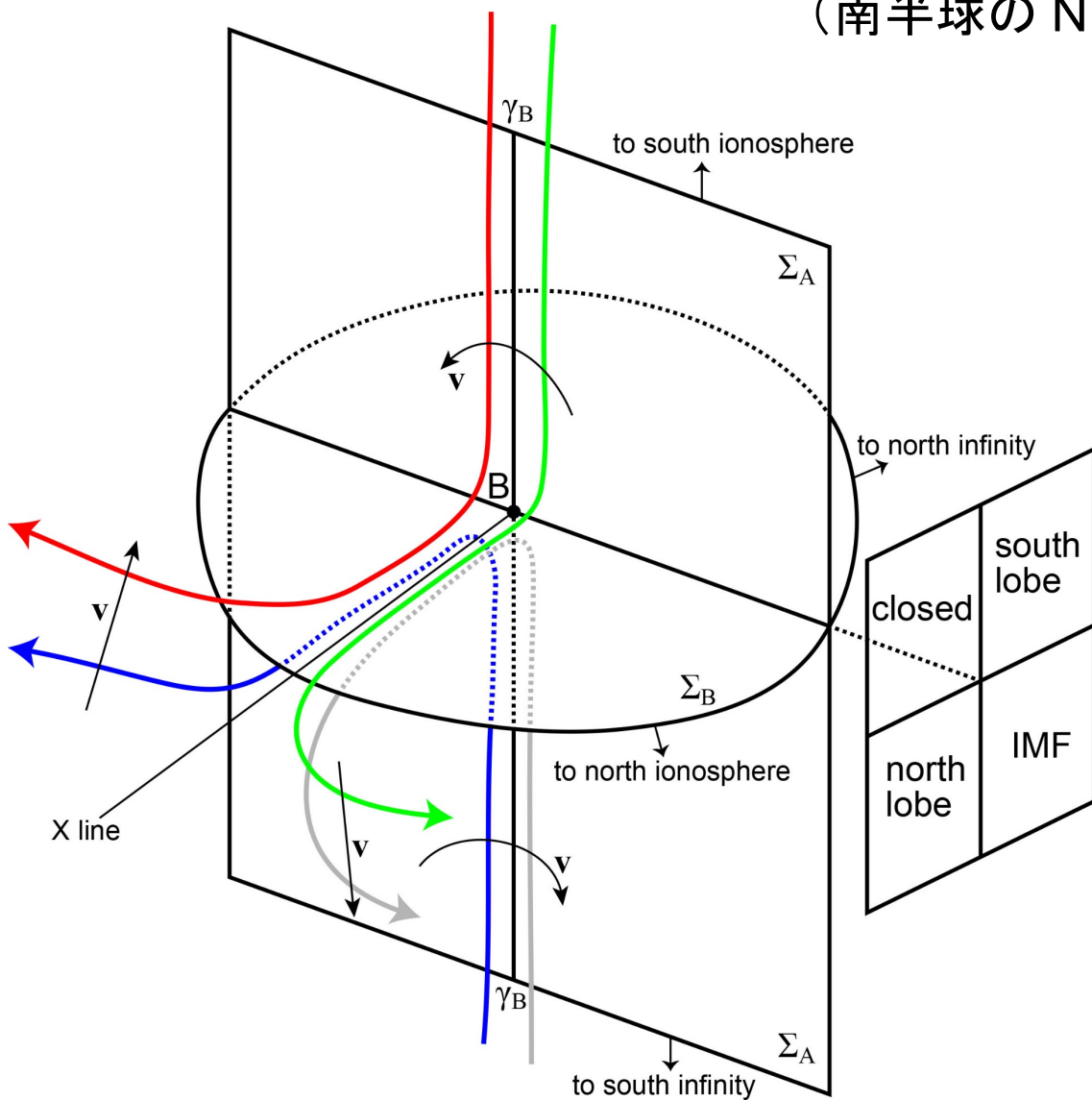


Schematic in anti-parallel reconnection picture

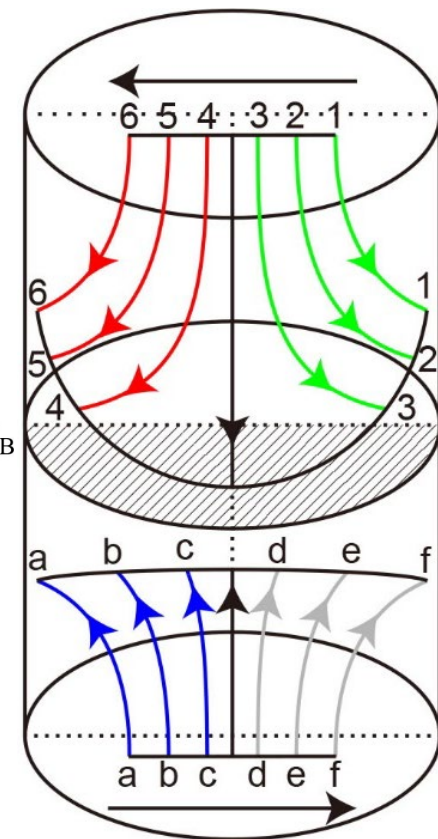


交換型リコネクションのトポロジー

(南半球の N lobe – closed リコネクション)

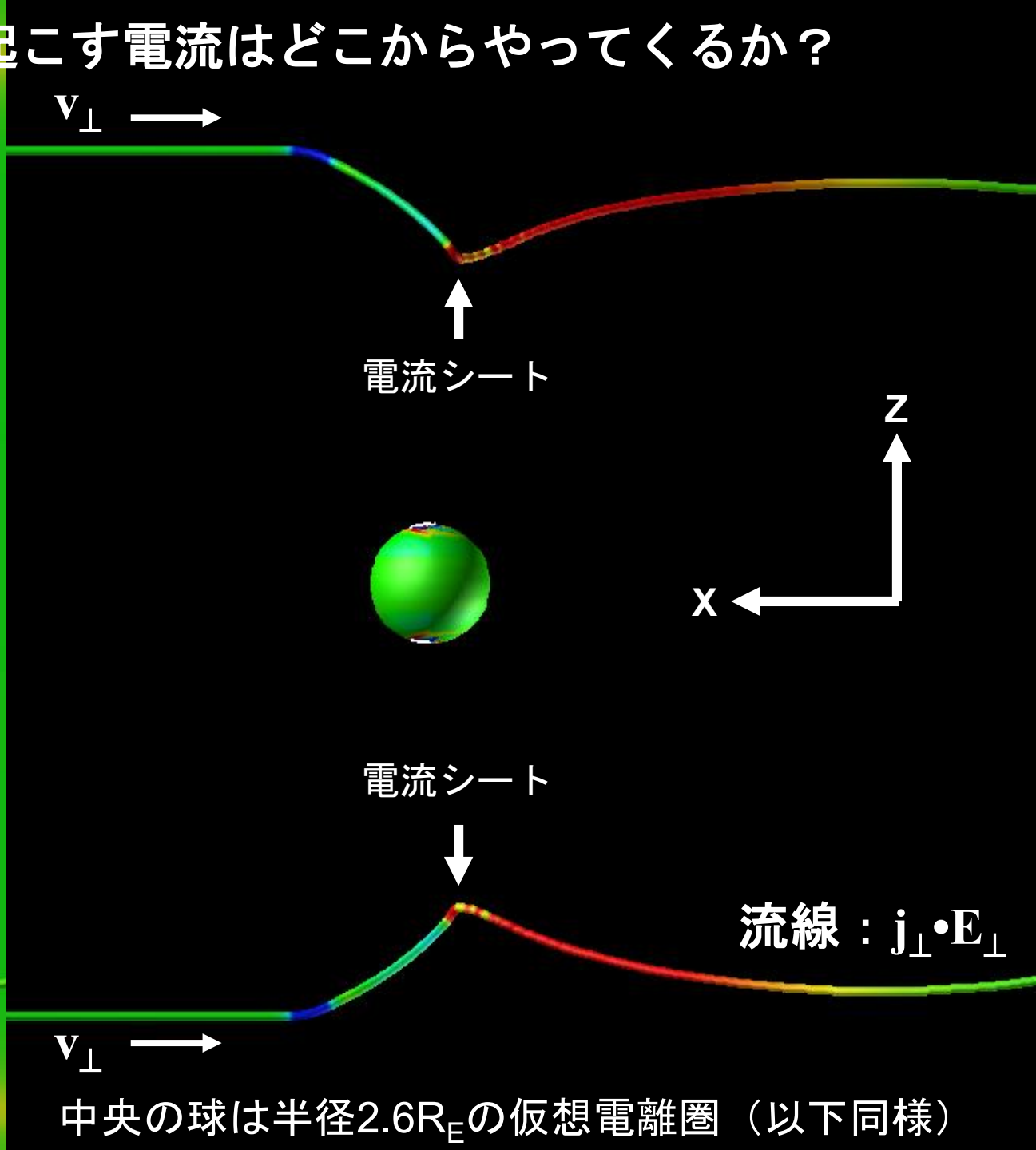
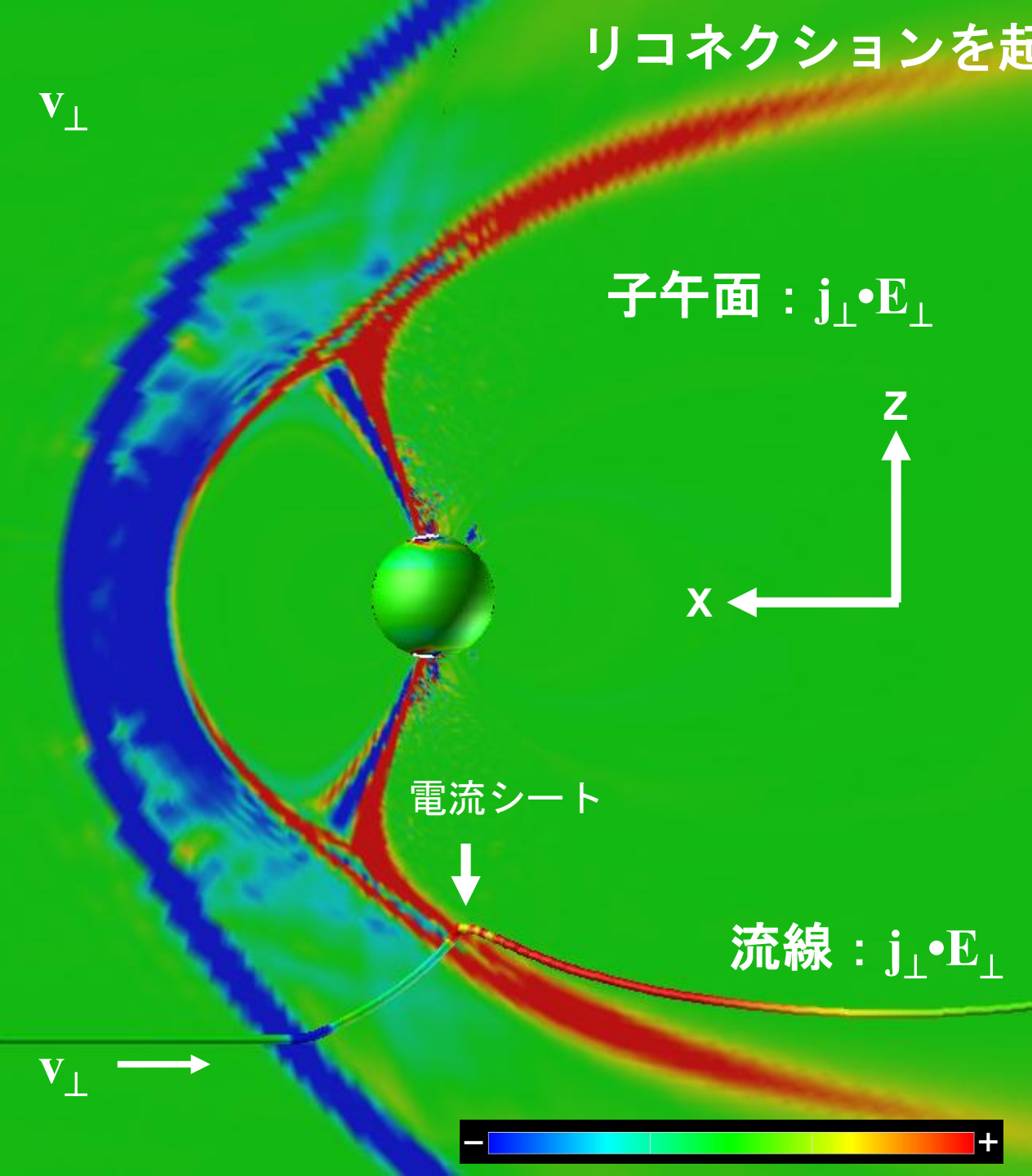


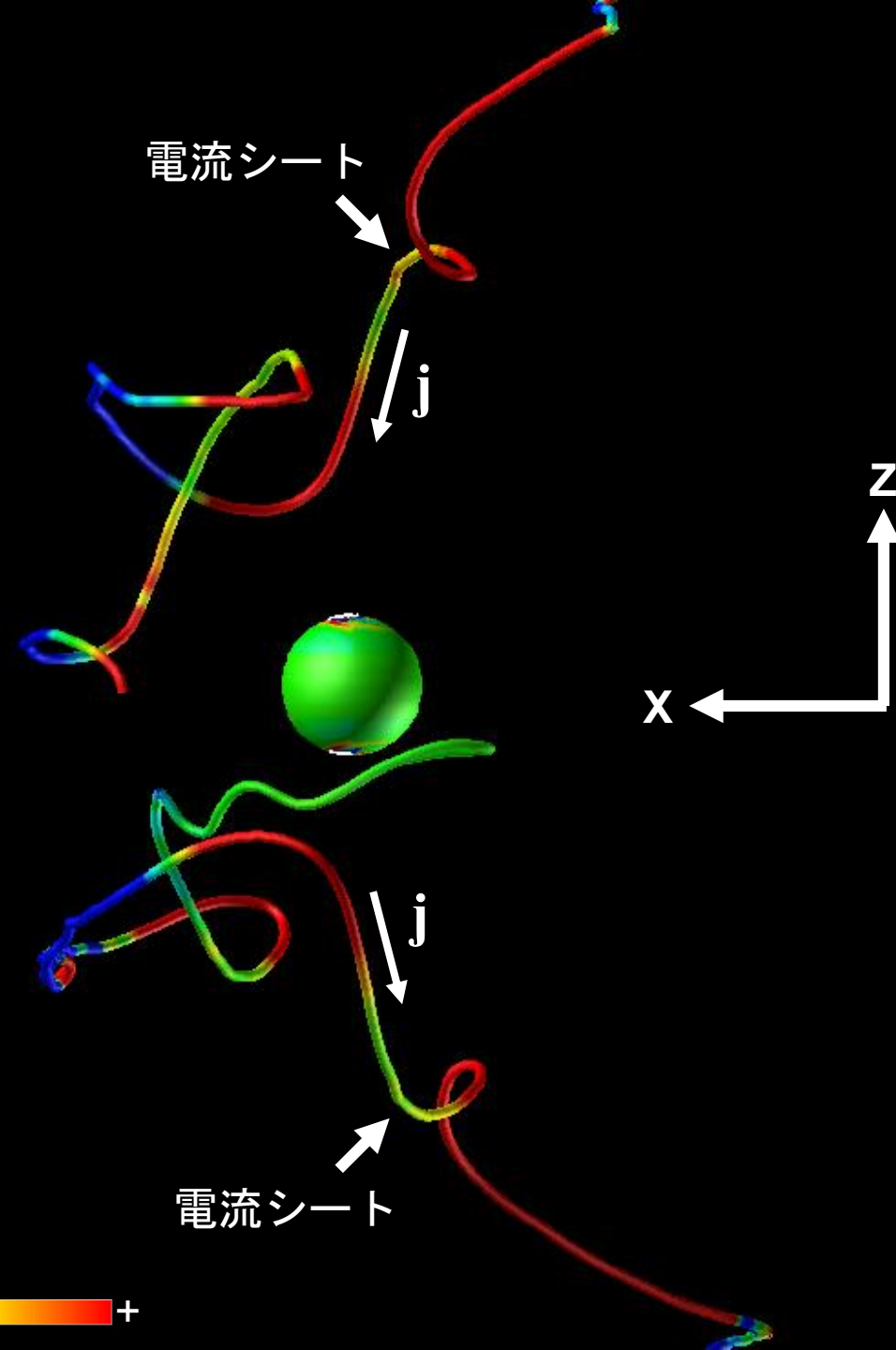
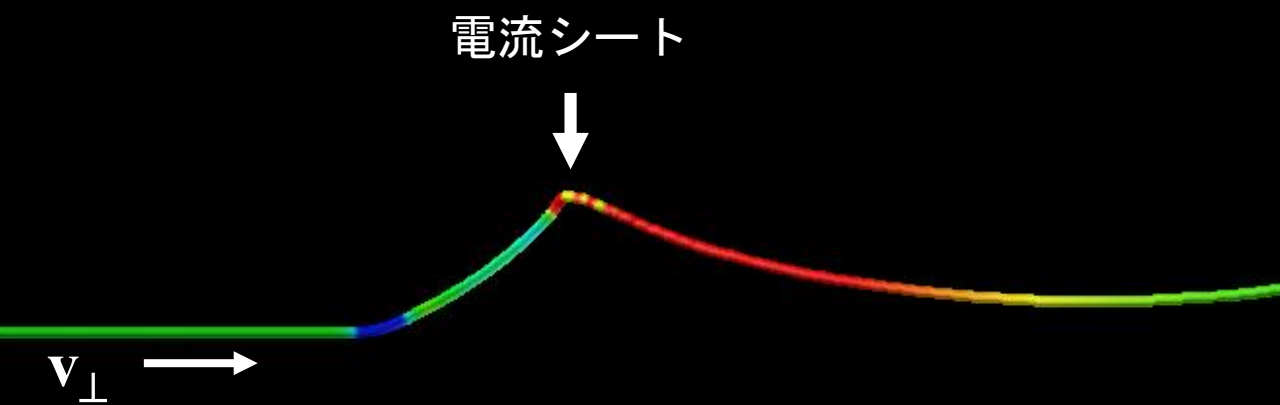
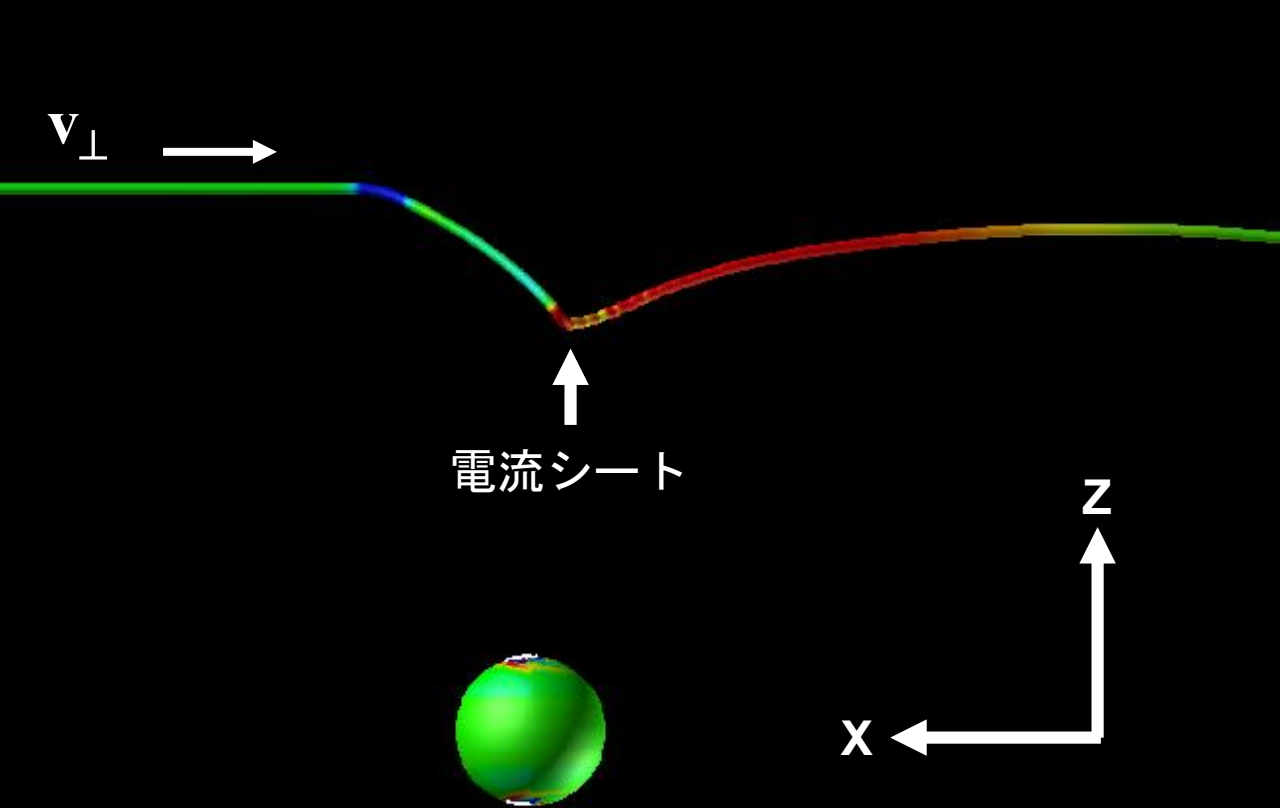
Fan Rxにおける磁力線の flipping



Priest & Titov (1996)の“fan Rx”の亜種と解釈できる。

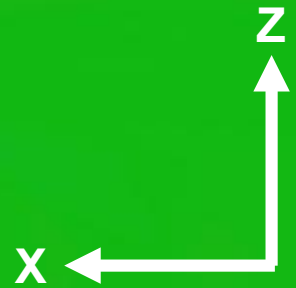
リコネクションを起こす電流はどこからやってくるか？





電離圏対流はカスプのダイナモで駆動される.

子午面 : $\mathbf{j}_\perp \cdot \mathbf{E}_\perp$

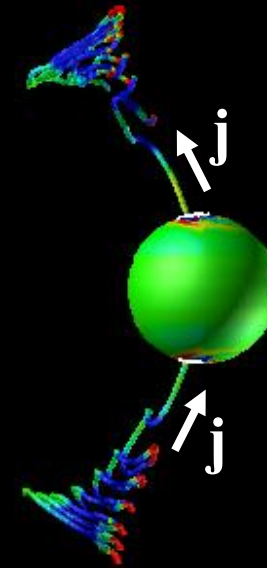


流線 : $\mathbf{j}_\perp \cdot \mathbf{E}_\perp / |\mathbf{j}|$

カスプ主要部は閉磁力線領域にある.

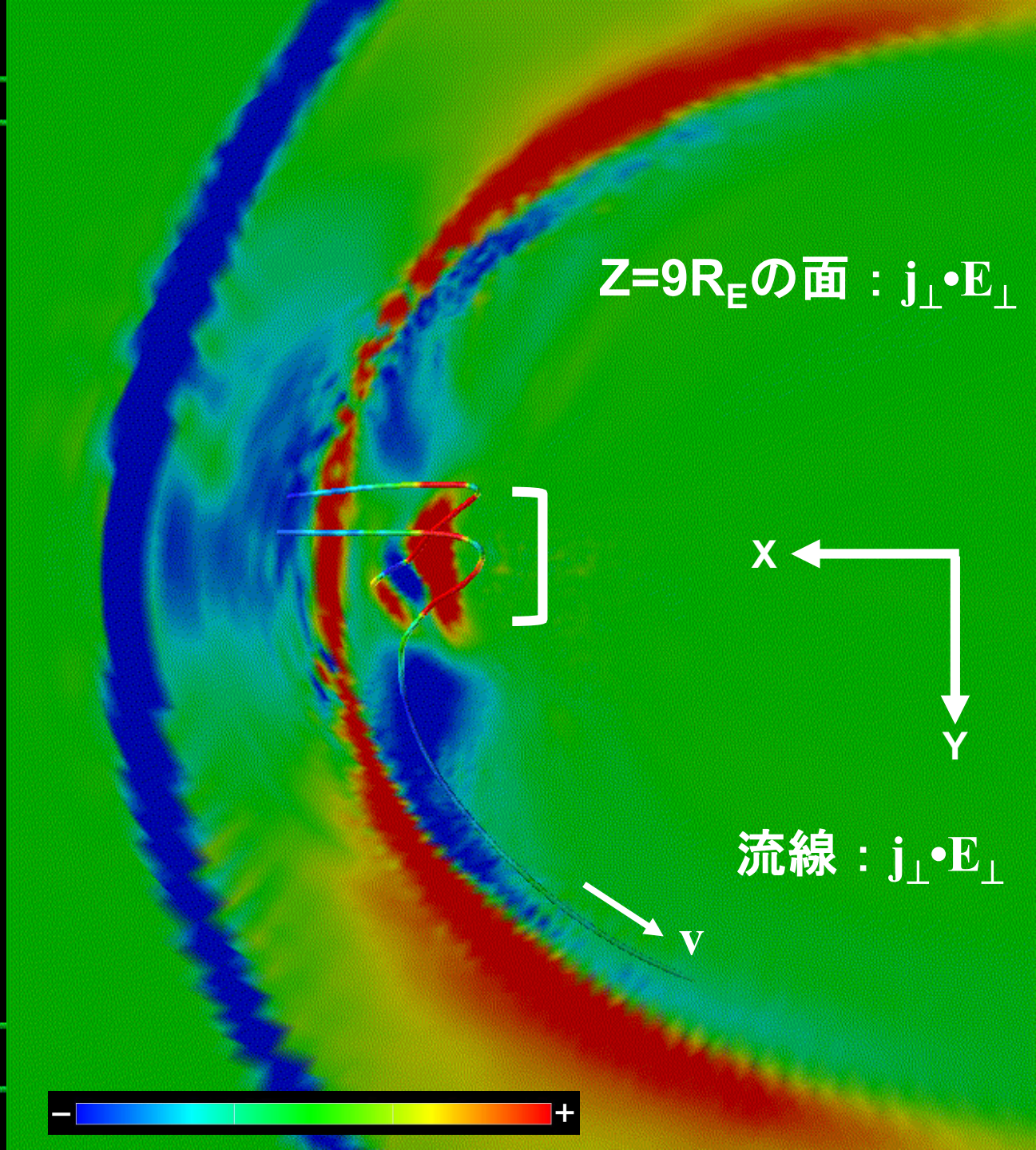
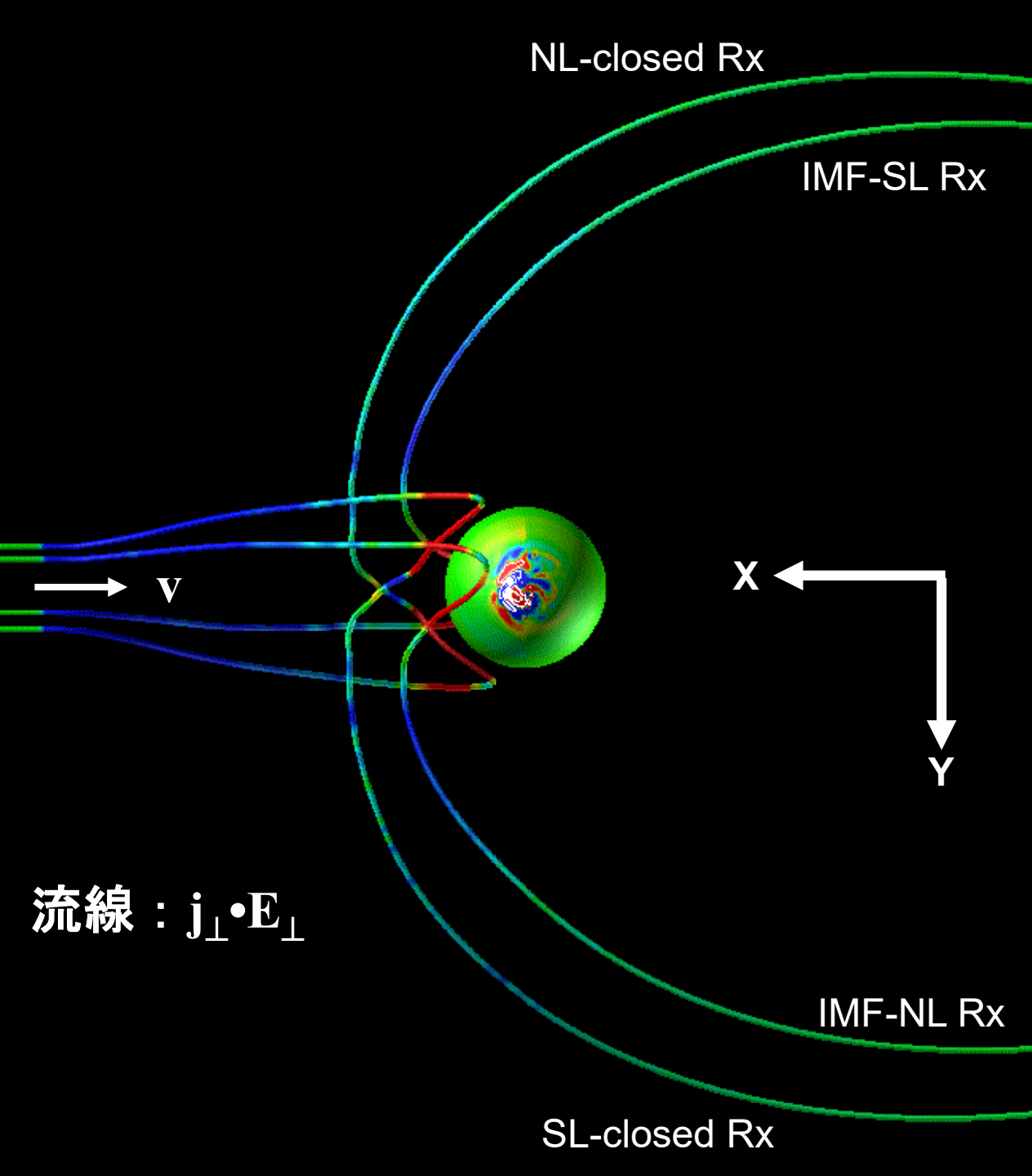


Reciprocalセルを作るFACを追跡



流線 : $\mathbf{j}_\perp \cdot \mathbf{E}_\perp / |\mathbf{j}|$

Merging セルを作るFACも同様. 高高度まで到達せず電離圏に戻ってくる.



結論

- 交換サイクルを構成する交換型リコネクションは、Priest & Titov (1996)が提唱した“fan reconnection”の亜種と解釈できる。Lobe-closedリコネクションに関しては、そのエネルギー源はbow shockにある。
- 電離圏に現れる双子の逆向きセルは、カスプの熱エネルギーにより駆動される。これはIMF南向きのとき同じである。ただしIMF北向き時のカスプは閉磁力線領域にある。
- 以下更なる検証が必要ですが（特に下線部）、予想を含めて書きます。
カスプの熱エネルギーは、太陽風からプラズマ流に沿って入ってくる力学的エネルギーと予想される（ポインティングフラックスの寄与は小さい）。カスプに到達する太陽風の流れは、lobe-closedリコネクションの拡散領域を通過してくるものであり、IMF-lobeリコネクションの拡散領域を通過する流れはカスプに到達しない。したがってlobe-closedリコネクションはIMF北向き時のカスプ形成に本質的である。ただしリコネクションで解放されるエネルギーがカスプの熱エネルギーになるわけではなく、前述のように太陽風の運動エネルギーが形を変えたものが主要と考えられる。リコネクションの役割は、太陽風を磁気圏に迎え入れる“スイッチ”である。