

極端事象における磁気圏対流と 地磁気嵐の振る舞い

長妻 努

(独)情報通信研究機構 電磁波計測
研究所 宇宙環境インフォマティクス研究室

Extreme event研究の意義

- 通常とは異なる条件（太陽風、電離層電気伝導度）下における太陽風—磁気圏—電離圏複合系のふるまいを調べることができる。（線形性、非線形性）
- Carrington eventクラスのイベントが現代に発生した際のインパクト（100年に1度レベルは“想定外”と言えない時代となった。）

アウトライン

- 磁気圏対流の非線形発達 及びその要因
- 地磁気嵐は磁気圏対流によって発達するのか？
- 極端事象における磁気圏対流、地磁気嵐のふるまい
- 1989年3月13-14日の地磁気嵐

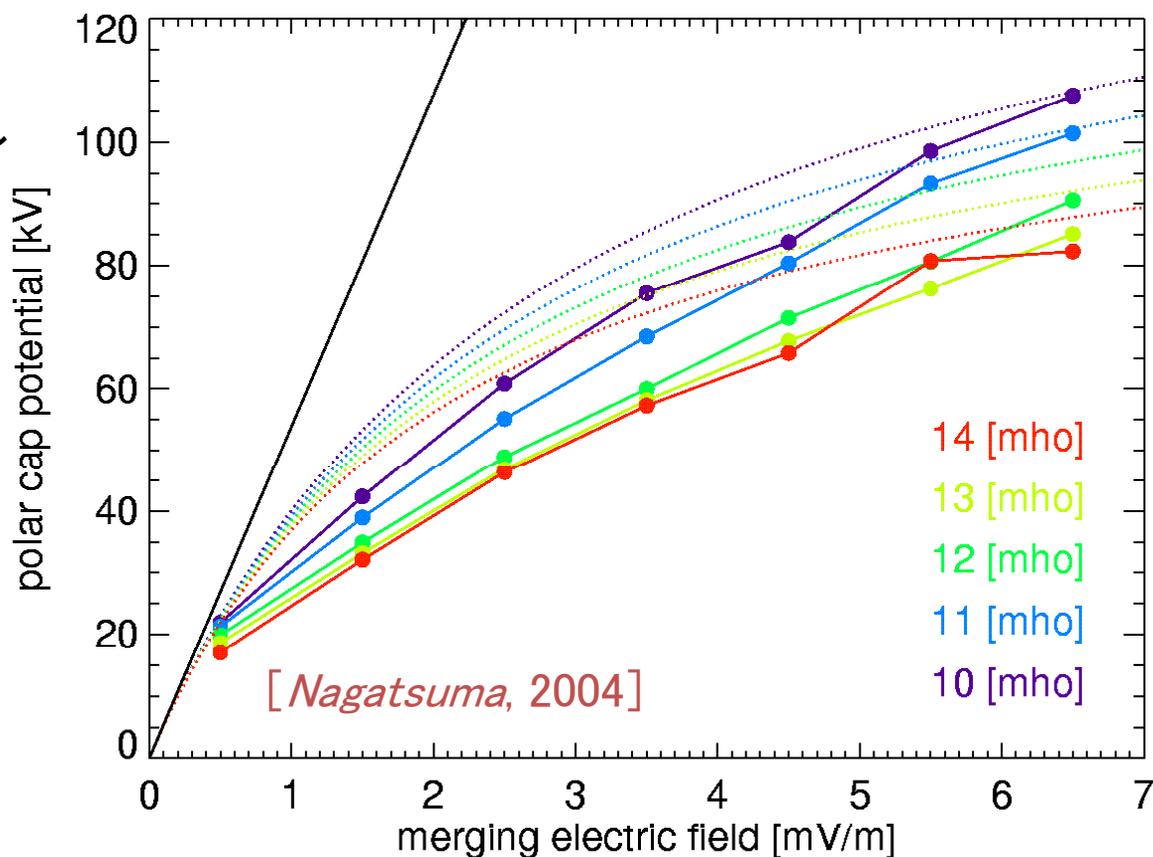
磁気圏対流の非線形発達 及びその要因

極冠電位差非線形発達のトータル Σ_p 依存性

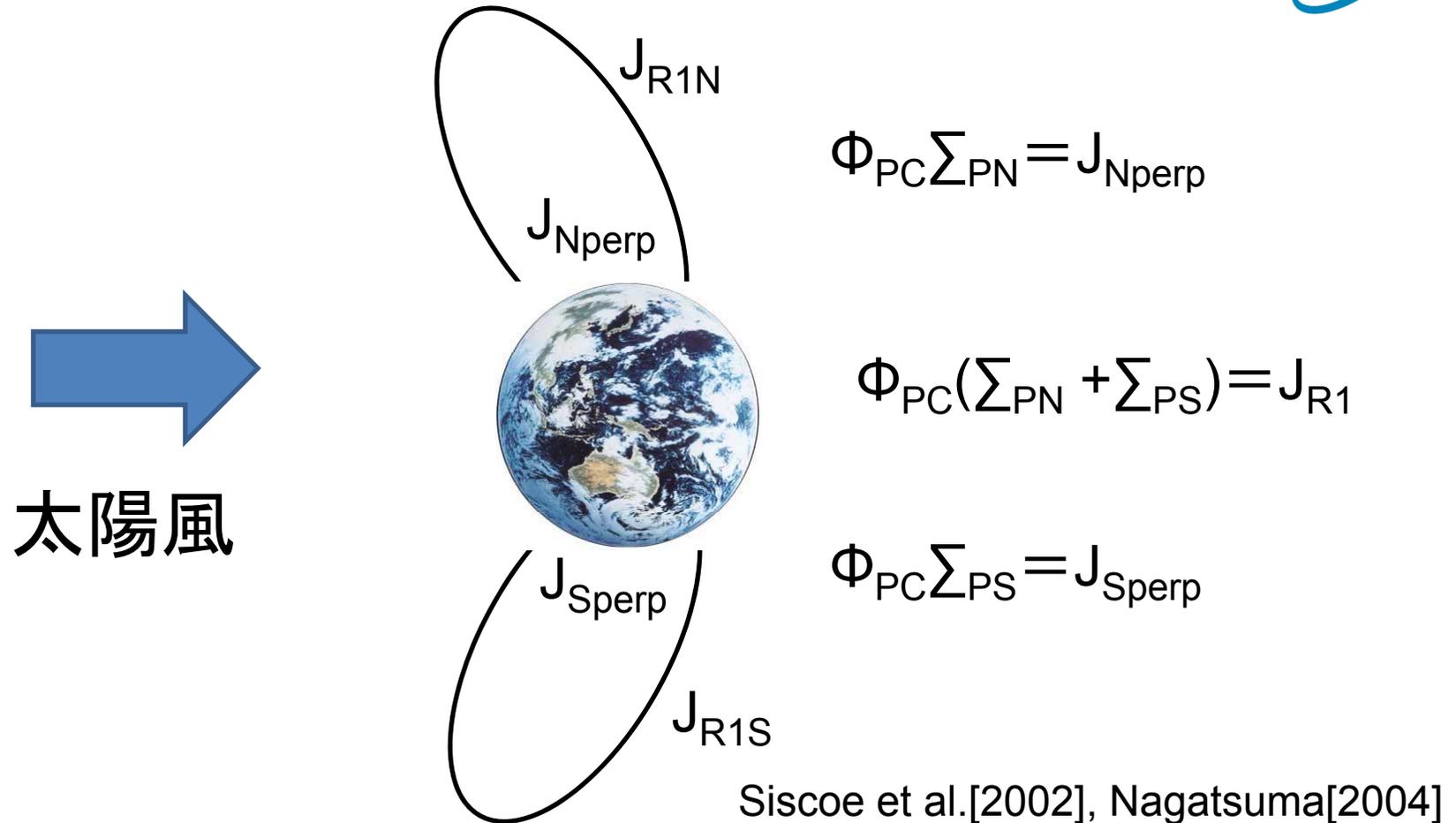
Senior [1980]の電気伝導度モデルに4 [mho]のoffsetを与えて
Siscoe et al. [2002]の式を計算した Φ_{PC} と、PCM指数から求めた Φ_{PC} が良く合っている。

・ $\Sigma_p = 9.6 \cos \chi + 1.6$ [*Senior*, 1980]

($\Sigma_p = 0$ at SZA=99.6 deg.)



極冠電位差発達の効率が、南北両極冠のネットの Σ_p に依存している！（ Σ_p が大きければ、磁気圏対流は発達しにくくなる！）



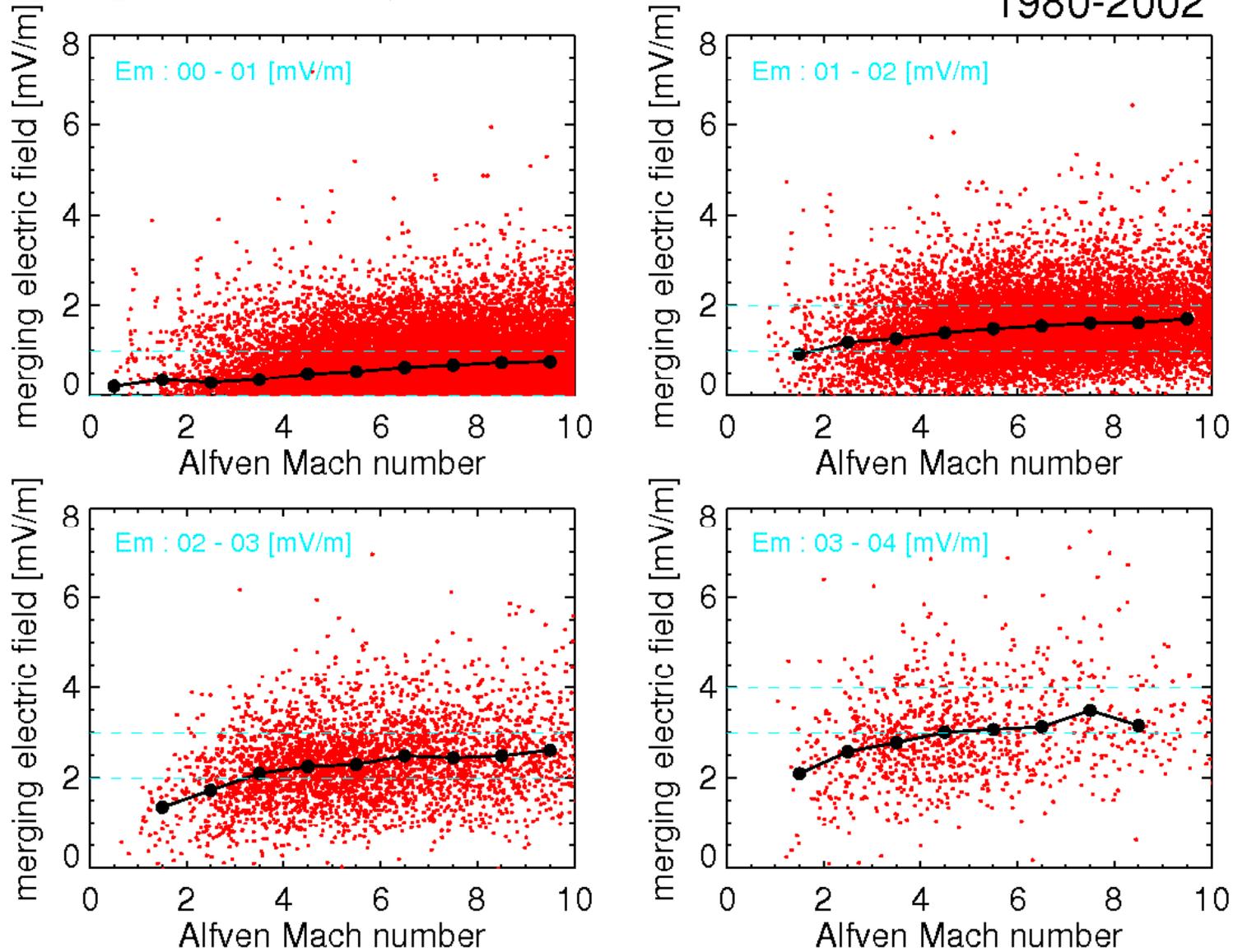
- Alfven Mach数依存性 (Alfven Wing) Kivelson and Ridley [2008]

極冠電位差のAlfven Mach数依存性

動圧: 0-5 [nPa]

PCN指数

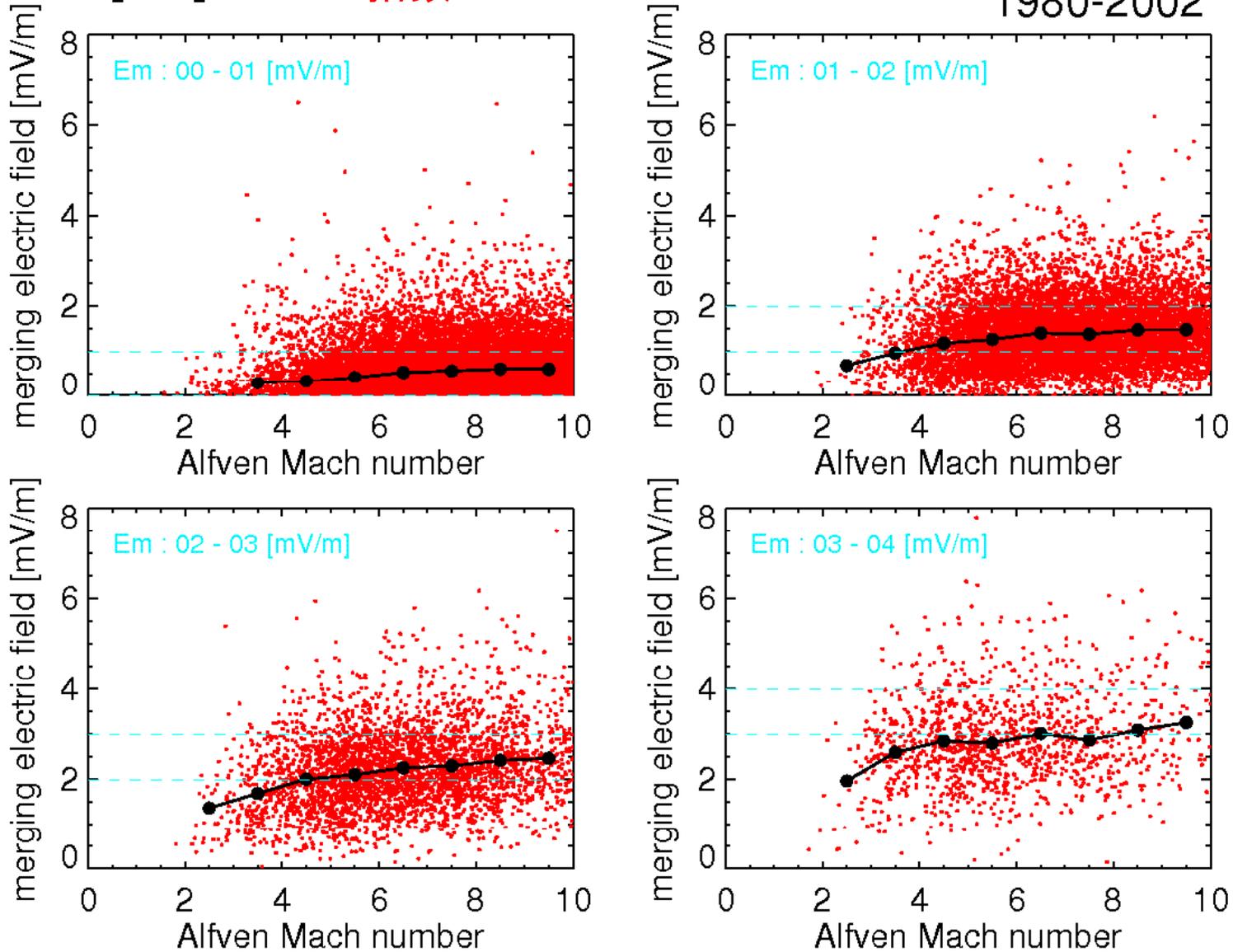
1980-2002



極冠電位差のAlfven Mach数依存性

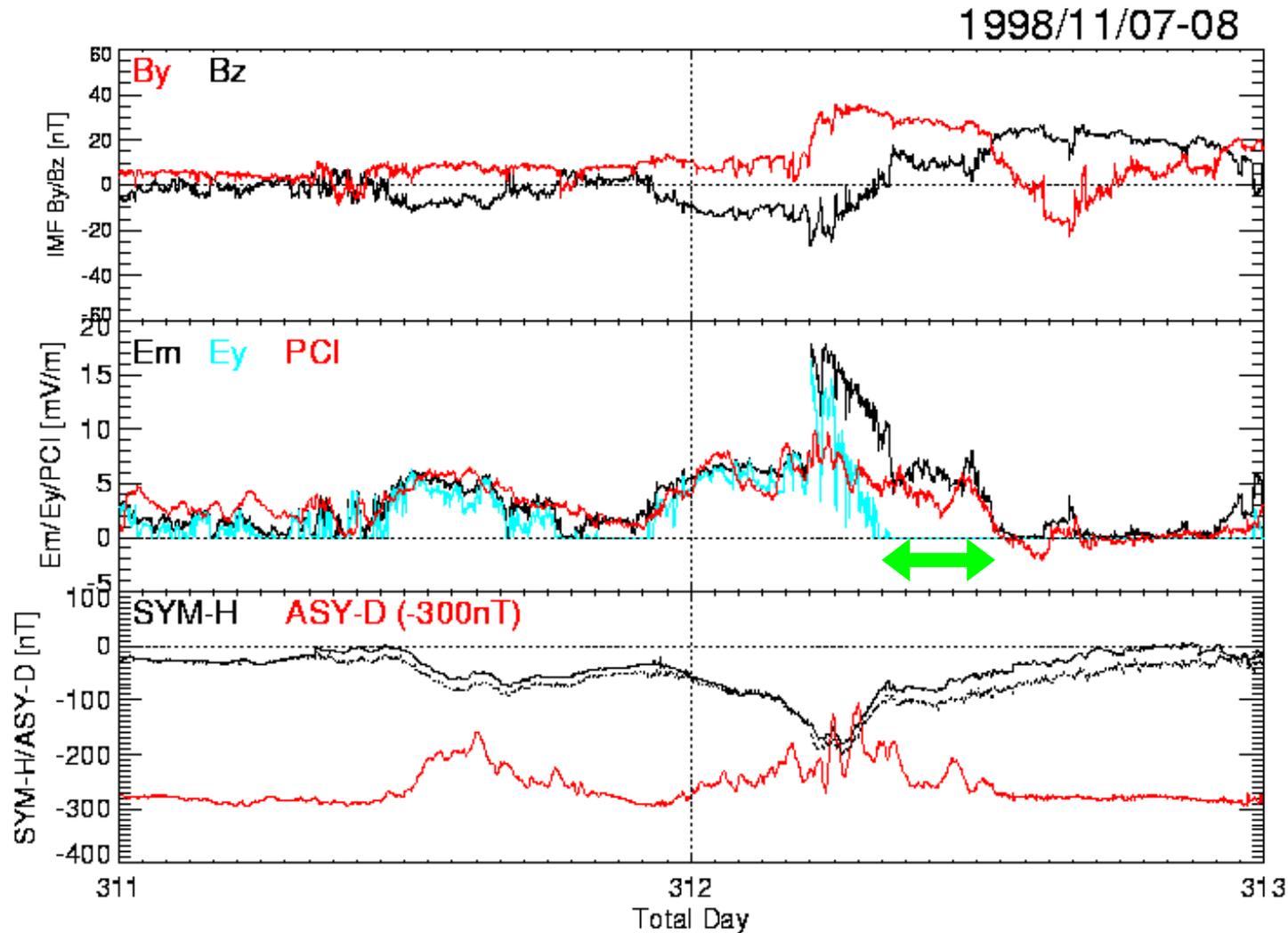
動圧 : 05-10 [nPa] PCN指数

1980-2002

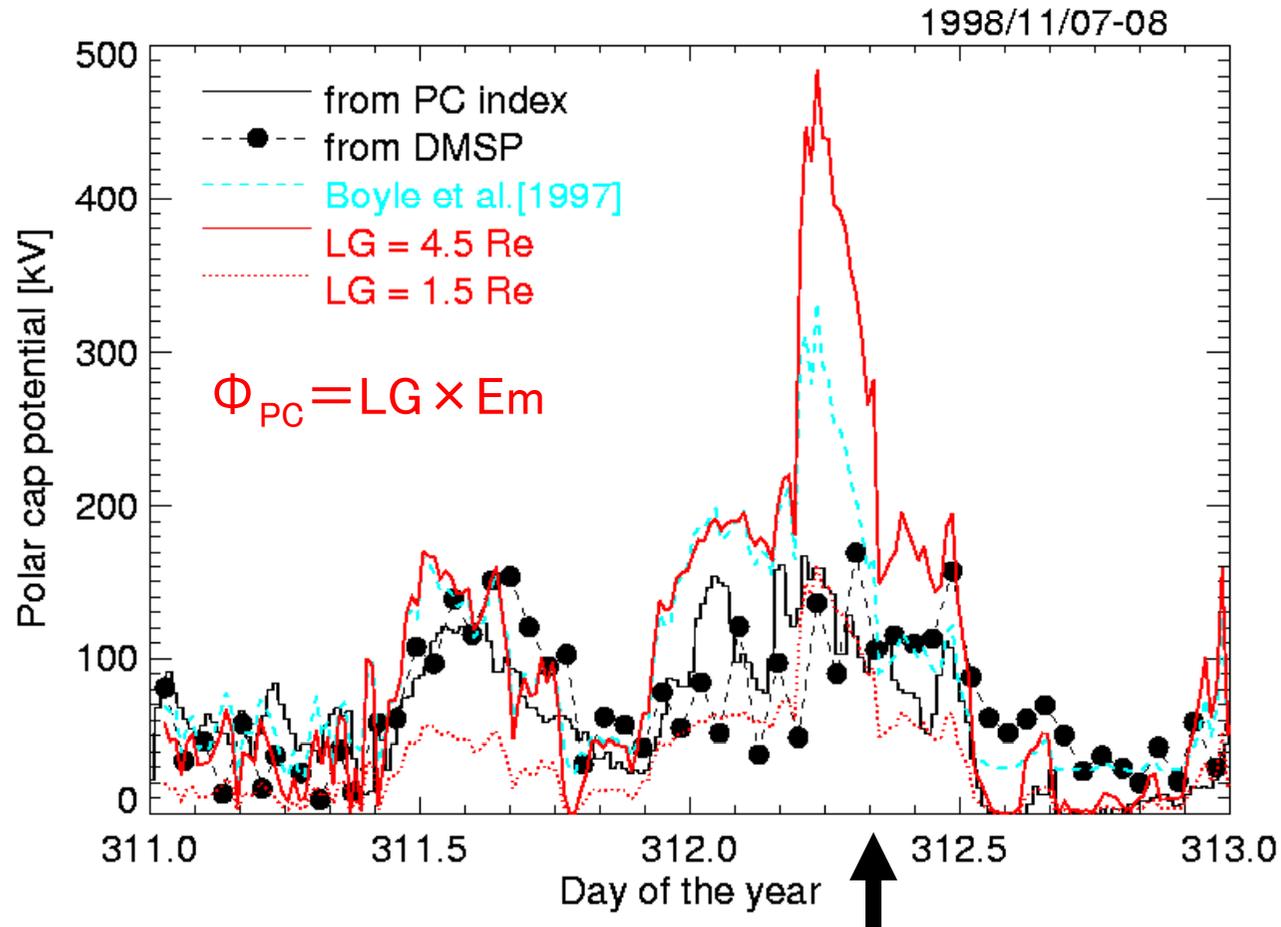


地磁気嵐は磁気圏対流によって発達するのか？

1998年11月07-08日

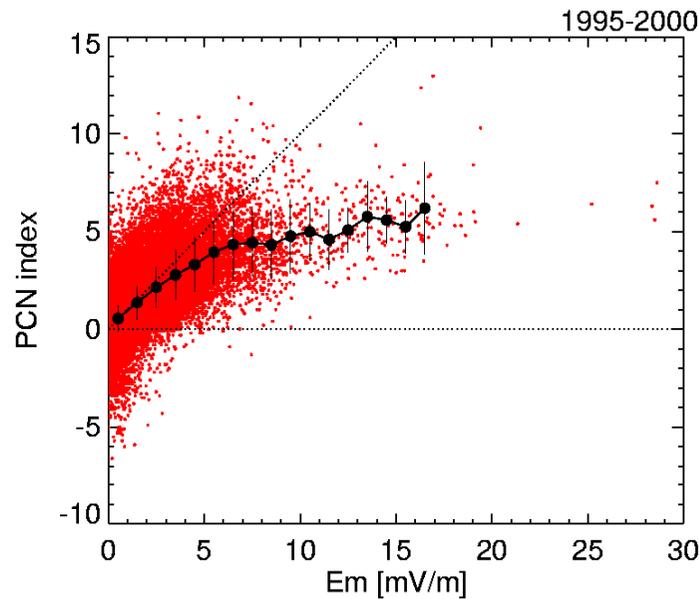


極冠電位差 (Φ_{PC}) の比較



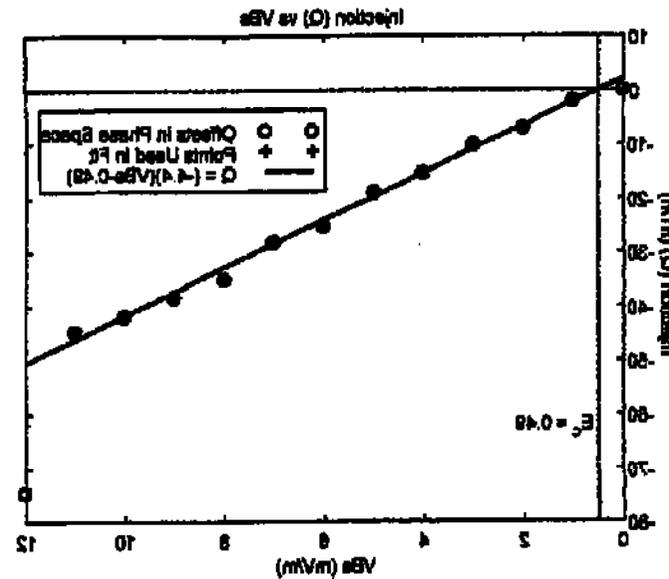
強い太陽風電場に対する 磁気圏対流と地磁気嵐の応答の違い

磁気圏対流の発達



[Nagatsuma, 2002]

地磁気嵐の発達



[O'Brien and McPherron, 2000]

磁気圏対流の発達は強い太陽風電場に対して頭打ちになるのに対し、地磁気嵐(Dst指数)の発達は頭打ちにならない。→より強い太陽風電場についてはどうか？

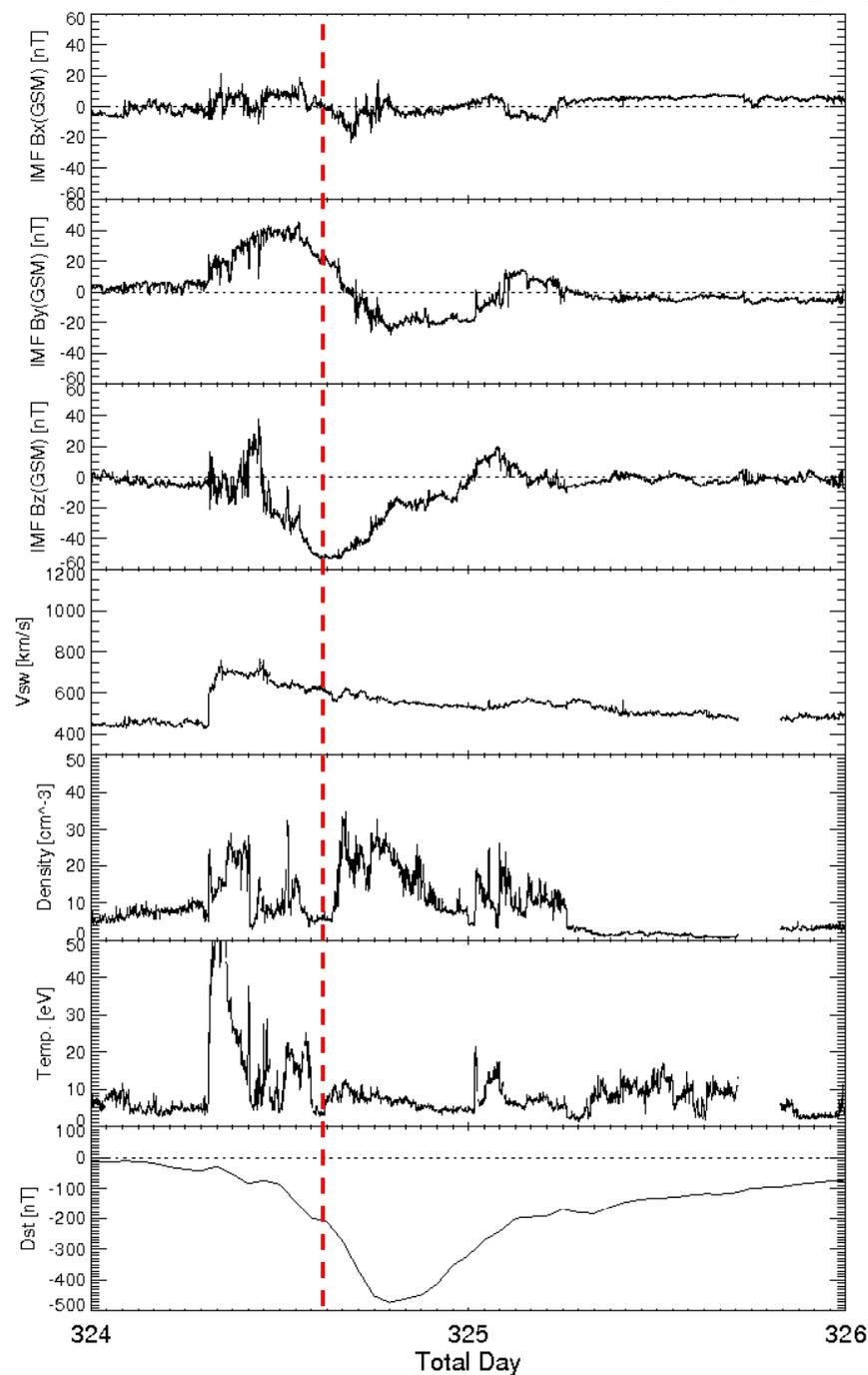
2003年11月20-21日イベント

1957年以降でDst指数として
2番目に大きな地磁気嵐

豊富な観測(衛星、地上)を駆使して解析
を行うことができる。

モデルとの比較

ΦPC / Q



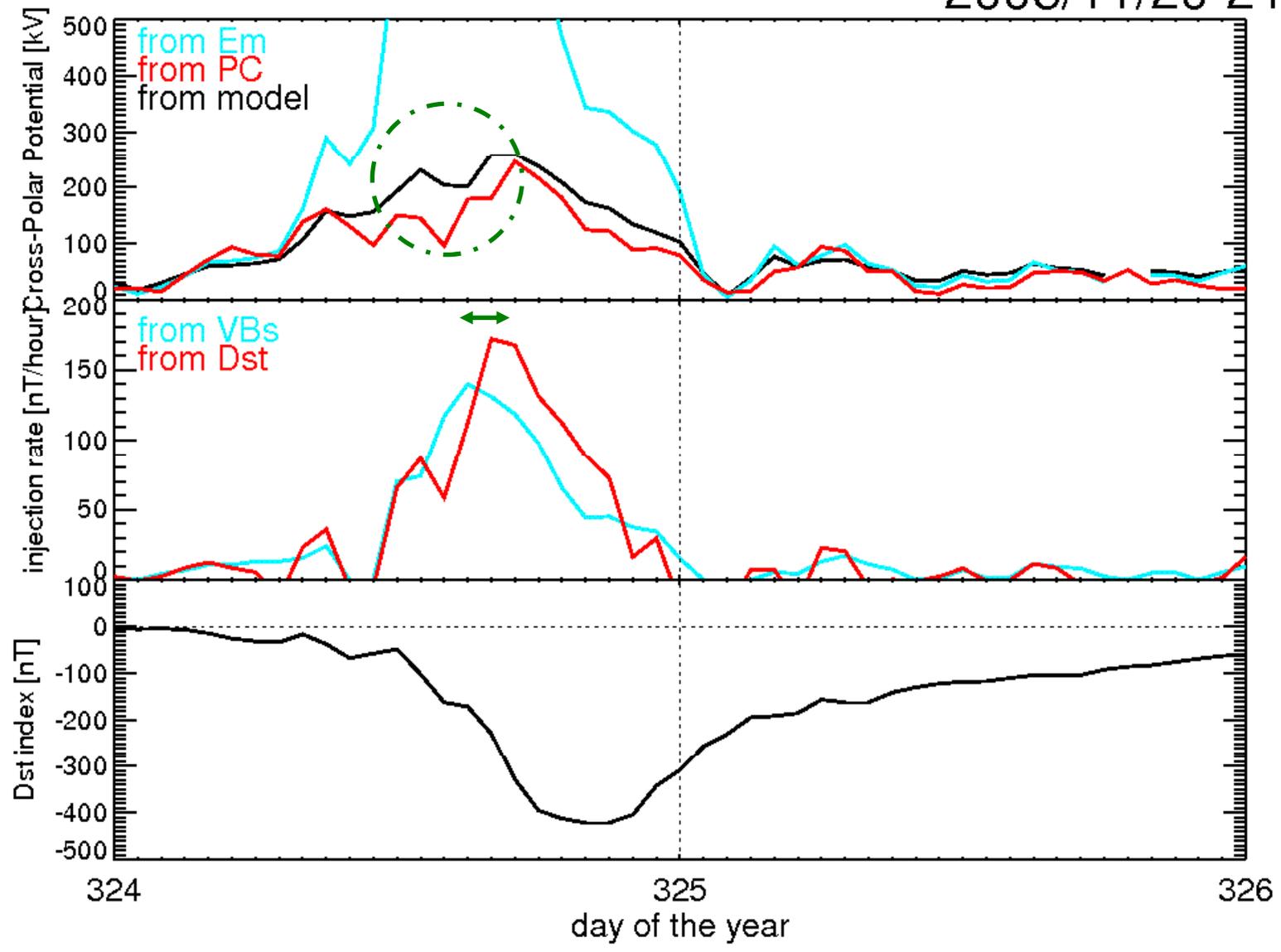
Φ_{PC} の推定

- 太陽風からの推定: $\Phi_{PC} = L_G \times E_m$ ($L_G = 4.5R_E$) [Burke et al., 1999]
- PCN指数からの推定: $\Phi_{PC} = 19.35 \times PCN + 8.78$ [Troshichev et al., 1996]
- Siscoe-Hillモデルからの推定: $\Phi_{PC} = 57.6 E_m P_{SW}^{1/3} / (P_{SW}^{1/2} + 0.0125 \xi \Sigma_P E_m)$ $\xi = 4.45 - 1.08 \log \Sigma_P$
 $\Sigma_P = Sa^{0.5} (1.2 (\cos \chi_N + \cos \chi_S) + 0.3472) + 5.0$ [Siscoe et al., 2002; Nagatsuma, 2005]

Q (injection rate)の推定

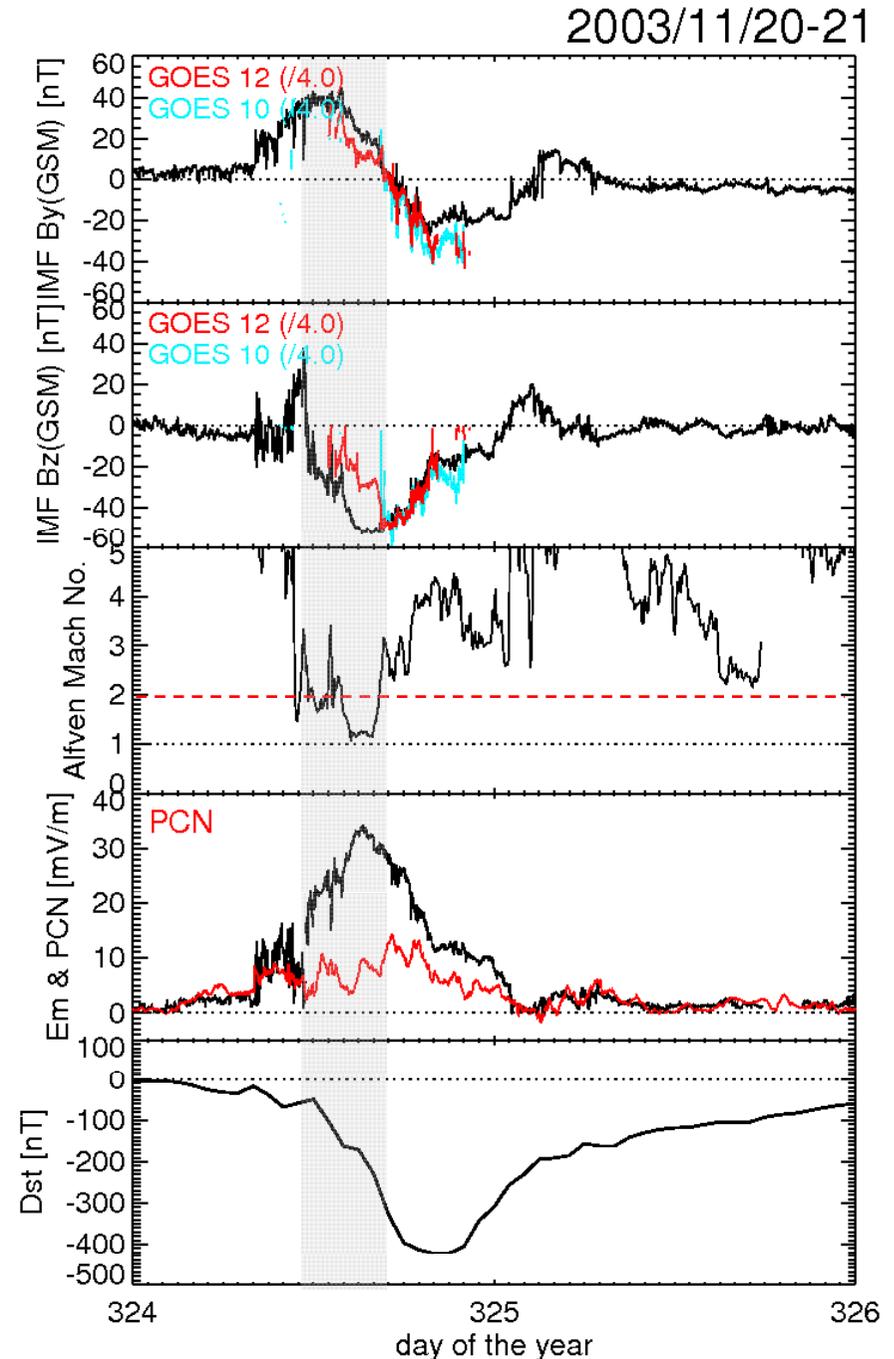
- 太陽風からの推定: $Q = -4.4 \times (VBs - 0.49)$ [O'Brien and McPherron, 2000]
- Dst指数からの推定: $Q = dDst/dt + Dst/\tau$
 $\tau = 2.4 \exp[9.74 / (4.69 + VBs)]$ [O'Brien and McPherron, 2000]

2003/11/20-21

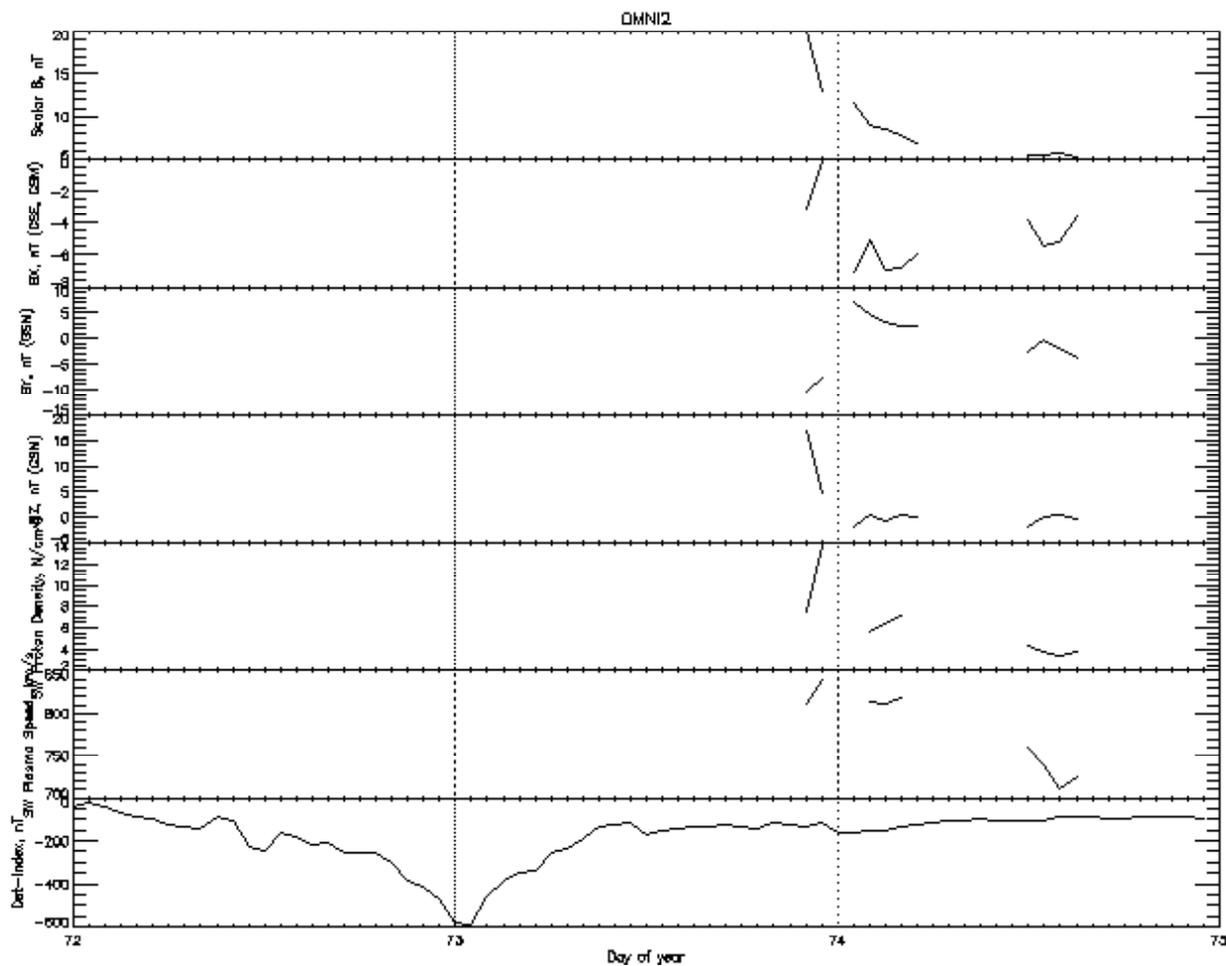


GOESで観測された magnetosheathの磁場変動

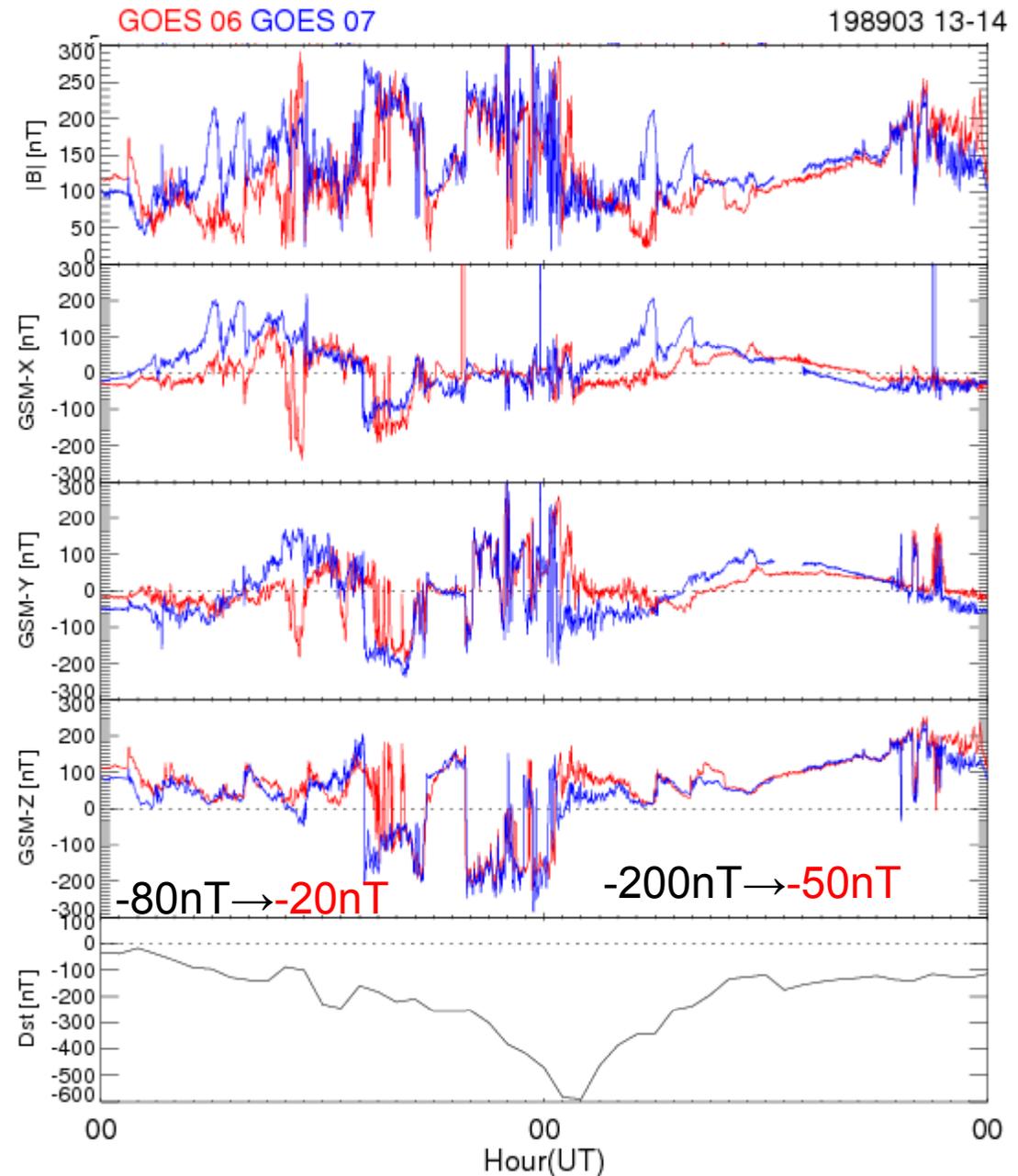
- ・magnetopause crossings 期間中に、GOESの磁場観測を用いて magnetosheath の磁場変動をモニター。
- ・GOES 磁場データを用いて、磁場の圧縮比を推定。
- ・磁気嵐主相において、Alfven Mach数が2以下に低下している期間が存在。



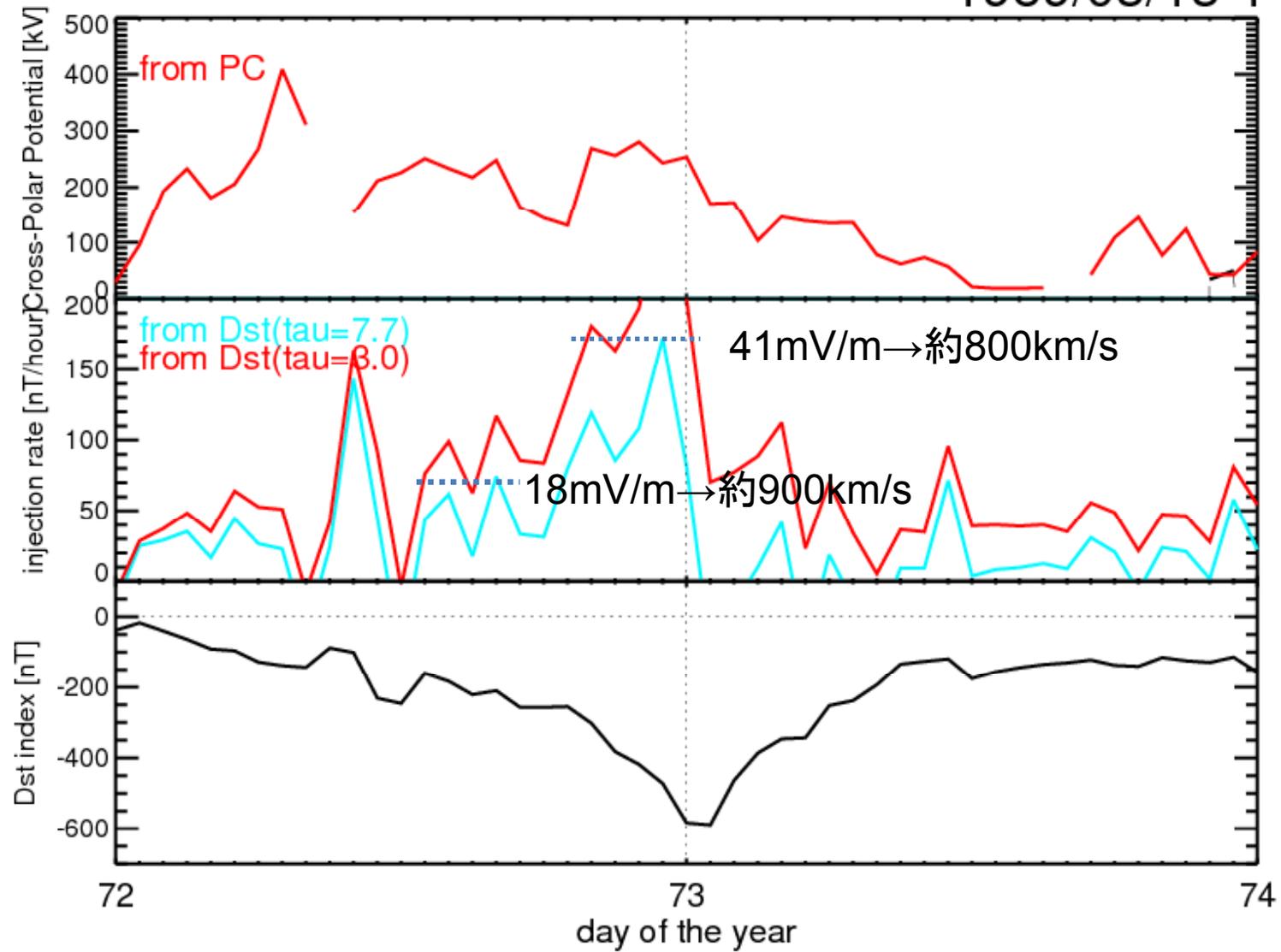
1989年3月13-14日の地磁気嵐

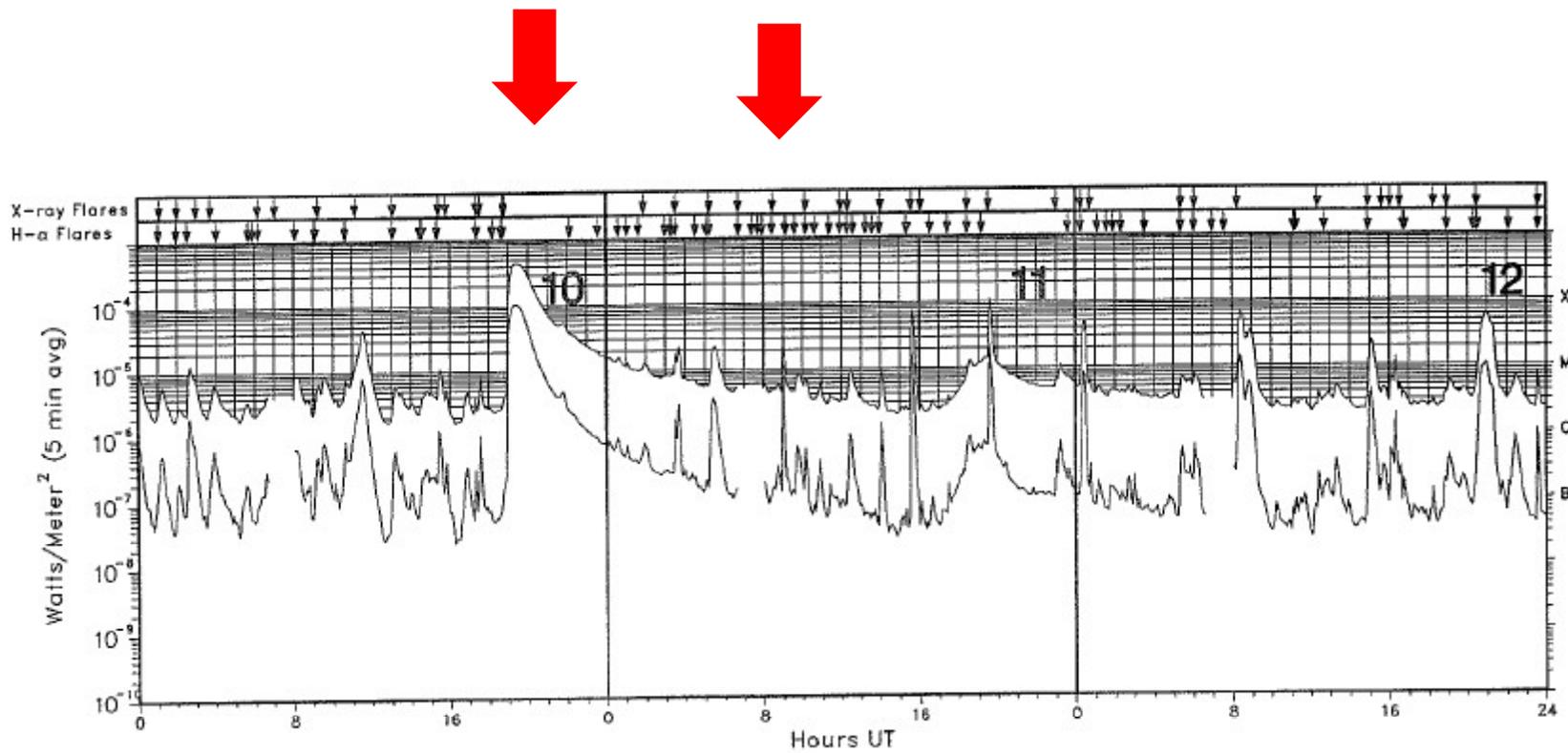


GOESのMagnetopause Crossingから太陽風磁場を推定



1989/03/13-14





X4.5/3B N35 E22 #5395 TYPE II TYPE IV 771km/s
 M9.7/2B N35 E16 #5395 1068km/s

まとめ

- 磁気圏対流は強い太陽風電場、及び Alfvén Mach 数の低下に対して頭打ちになる傾向がある。
- 地磁気嵐の発達は VBs に反応しており、磁気圏対流の発達とは異なる。
- 地磁気嵐発達の線形性、磁気圏対流の非線形性は極端な地磁気嵐でも保たれている。
- 前述の経験則に基づき、1989年3月13-14日の巨大地磁気嵐時の B_z 及び V_{sw} を推定した。