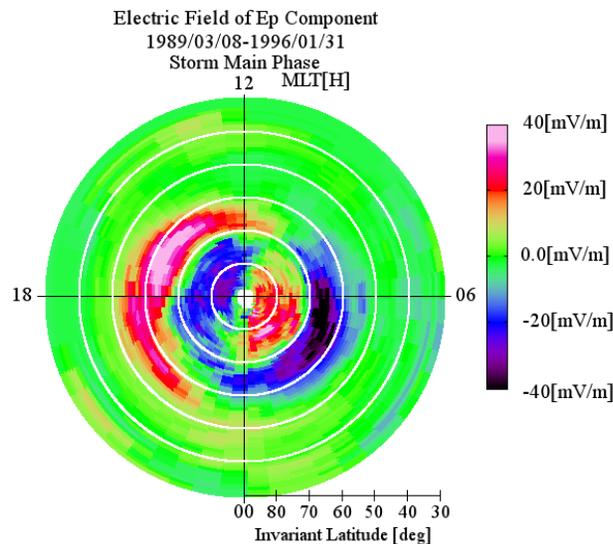


# あけぼの衛星観測による磁気嵐時の極域・ 中低緯度電離圏電場について



## 発表内容

1. はじめに
2. 観測データと解析手法
3. 統計解析結果
4. SAID/SAPSとの対応関係
5. 結論

新堀淳樹・菊池崇(名大STEL)

西村幸敏・小野高幸・熊本篤志(東北大・理)

# 1. はじめに

## 1.1 中緯度電離圏・内部磁気圏電場に着目する意義・重要性

電場は、内部磁気圏・電離圏プラズマの輸送・消失過程並びにその構造や分布を規定する

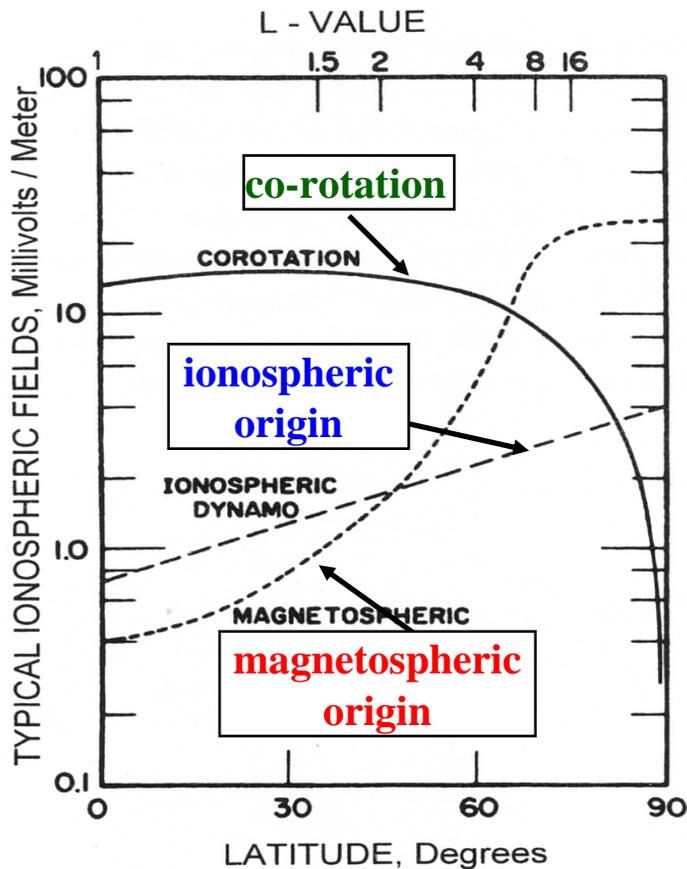
- プラズマ圏・電離圏プラズマの空間構造とその分布の変化
- 内部磁気圏に環電流を形成し、その非対称構造を決定
- 放射線帯粒子の消失と再形成



内部磁気圏・プラズマ圏並びに中低緯度電離圏におけるプラズマの輸送・消失機構の理解に対して磁気嵐に呼応して変化する**大規模電場構造とその起源を知る**ことは非常に重要

# 1. はじめに

## 1.2 中緯度電離圏・内部磁気圏電場の種類

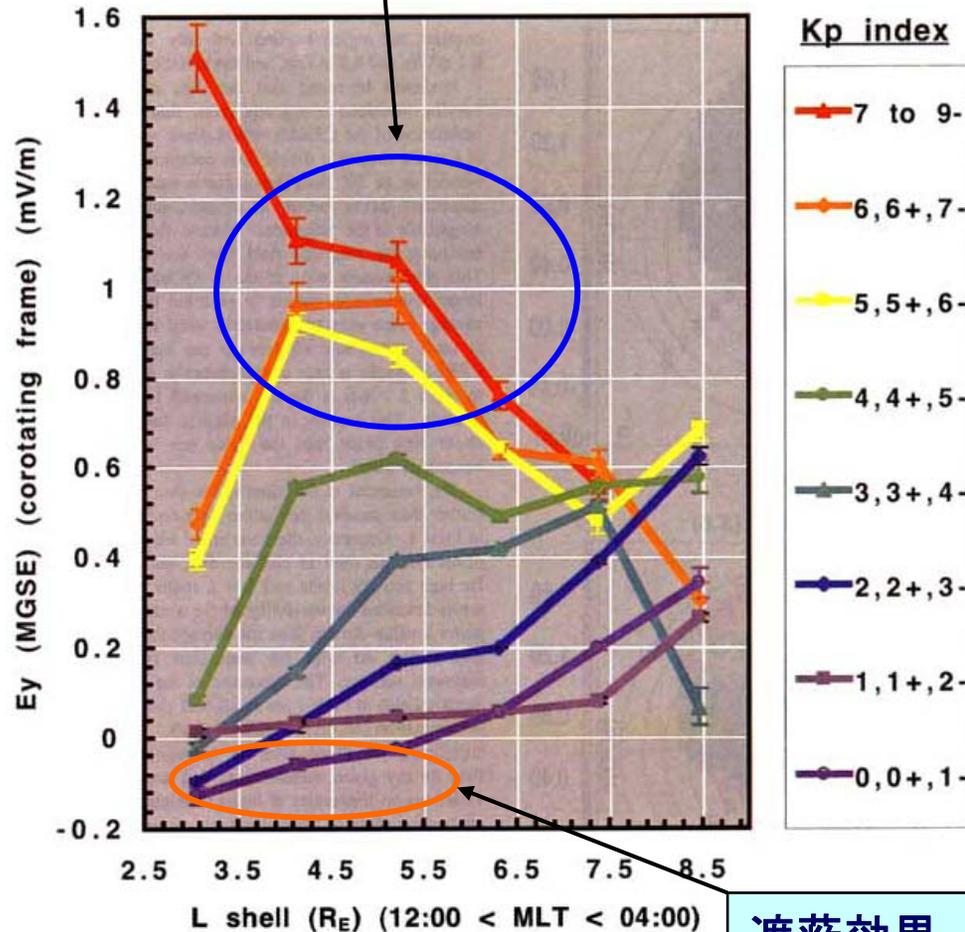


Mozer, PSS, 1970

- ・ 電離層ダイナモ電場(Sq電場、特に昼間側)  
共回転電場(Earthward電場)
- ・ 対流電場(Dawn-to-Dusk電場)
  - (1) Reconnectionに伴う太陽風電場侵入  
⇒太陽風磁場Bzの方位と速度に依存
  - (2) 磁気圧縮に伴うポテンシャル電場  
SCのMI期の電場  
⇒太陽風動圧に依存
- ・ 分極電場  
Alfven Layer形成に関わる  
SAID/SAPS現象
- ・ 誘導電場  
SCのPI期のインパルス電場  
ベータトロン加速電場

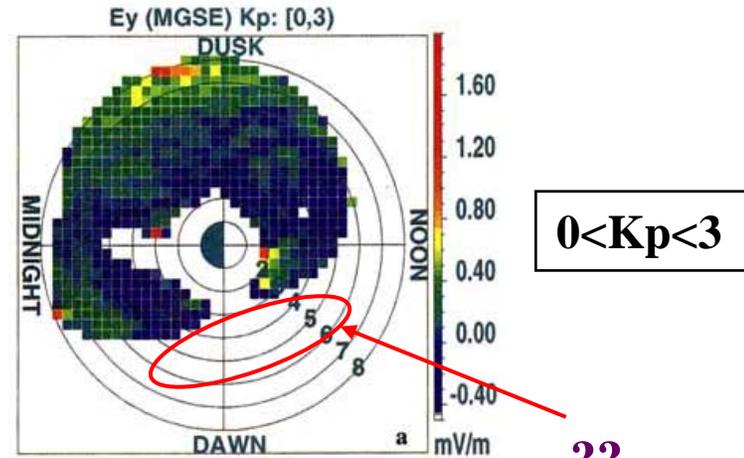
# 1.3 CRRES衛星観測による内部磁気圏電場( $E_y$ 成分)の $K_p$ 依存性

**L=3.5-6.5の領域で電場強度が最大  
(最大値:0.9-1.1mV/m)**

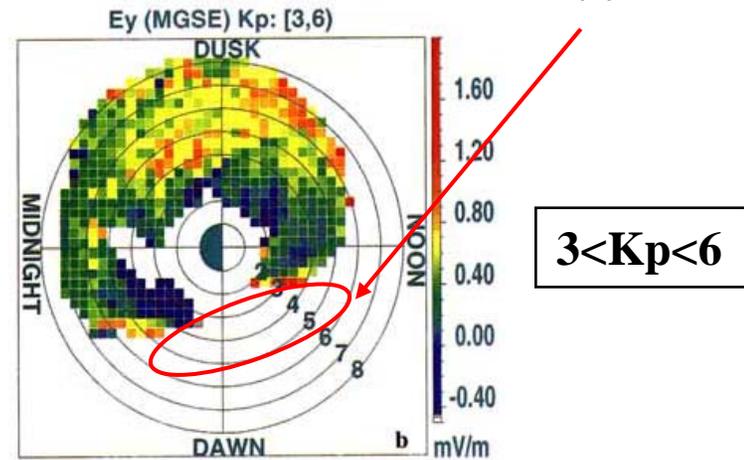


[Rowland and Wygant, 1998]

遮蔽効果

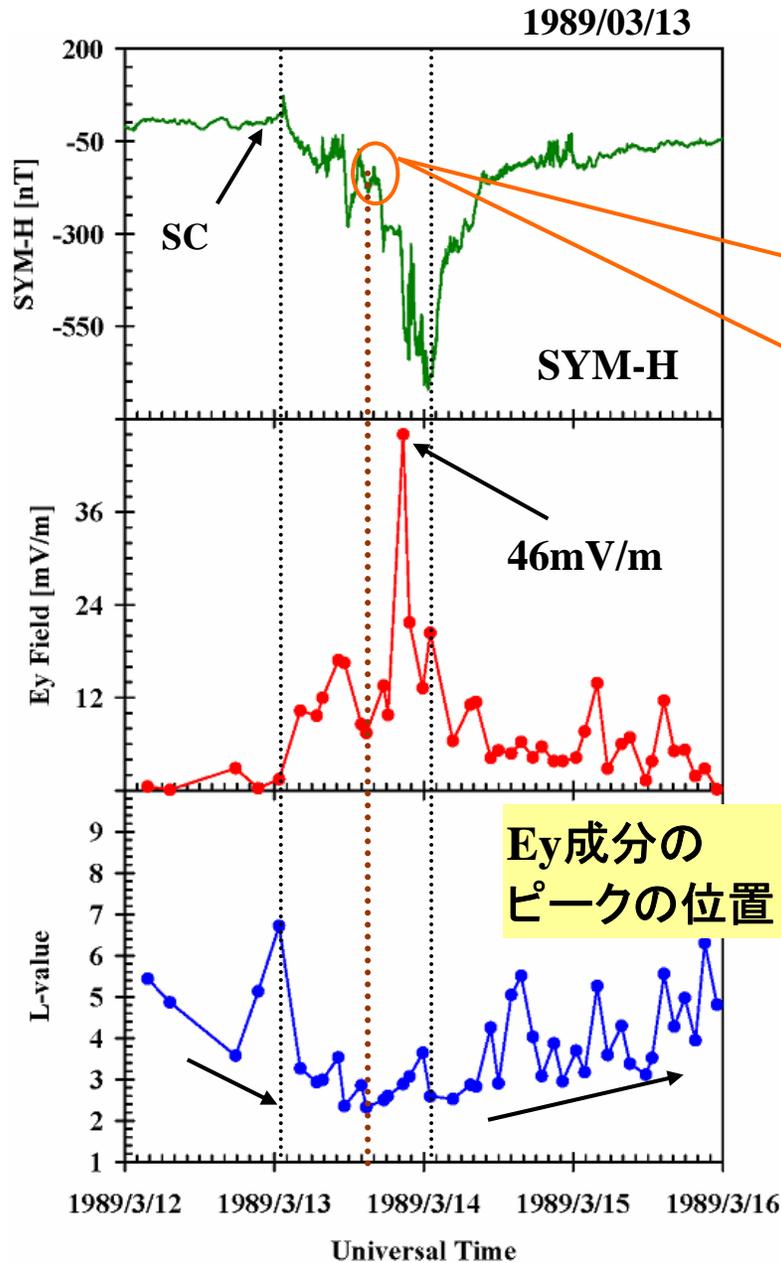


??



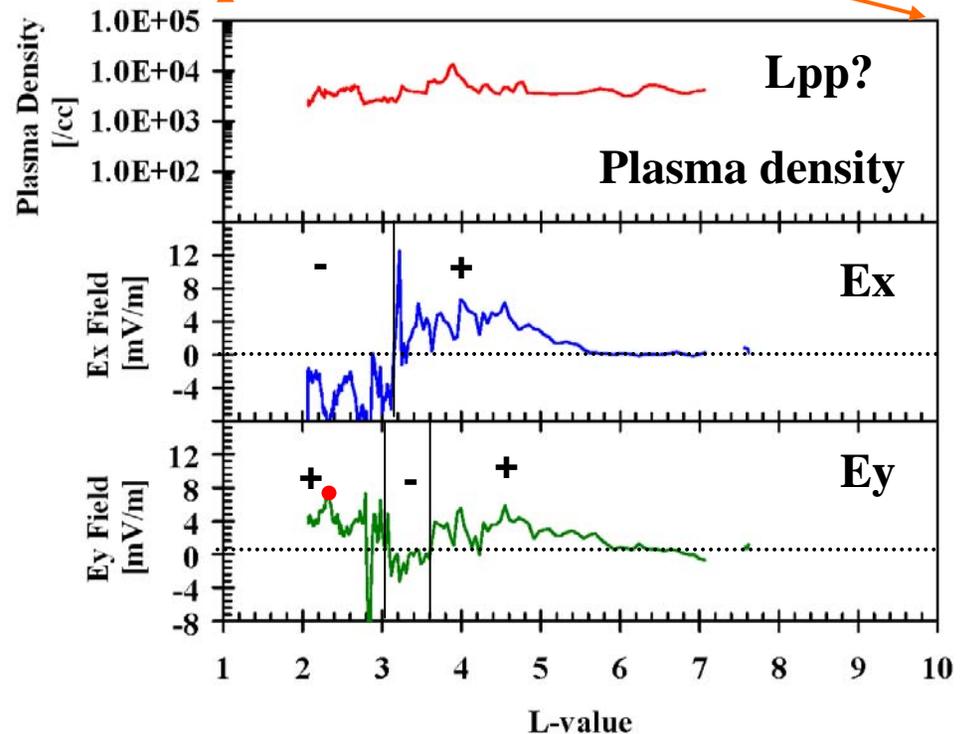
**$K_p$ 依存性はあるが、磁気嵐の主相・回復相に分離した解析を行っていないため、電場構造の時間発展は不明**

# 1.4 あげぼの衛星による磁気嵐時における電場の時間発展



Shinbori et al., EPS, 2005, Shinbori, PhD. 2006

磁気嵐主相時において低L値側に局所的な構造をもった強い電場が配位



## 1.5 本発表のねらい

### ○磁気嵐の発達過程(主相・回復相)における内部磁気圏電場構造の時空間変化とプラズマの応答を明確化

#### (1) 内部磁気圏・プラズマ圏

- \* 磁気嵐の各相に対してどう応答するか？
- \* **電場構造に磁気地方時依存性はあるか？**
- \* **プラズマ圏構造とプラズマポーズ形成との関連性は？**

#### (2) 極域・サブオーロラ帯の電離圏

- \* **極冠域の電場構造**はどう変化するか？
- \* SAID/SAPSに対応する構造は見えるか？
- \* **電場ポテンシャル構造**の変化はどうか？

#### (3) 中・低緯度電離圏

- \* **電離層ダイナモ電場**に由来する電場の応答はどうか？
- \* 地上磁場変動から推定される電場に対応するか？

## 2. 観測データと解析手法

### 2.1 内部磁気圏電場

あけぼの衛星(遠地点:10500 km、近地点:274 km、軌道周期:212分)に搭載されたEFD観測データ

SDBデータを参照(時間分解能:8秒)

解析期間:1989年3月から1996年1月までの約7年間

解析方法:Mozer [1970]で提案されている電離圏高度への電場の投影法を使用(使用した磁場モデル:IGRF90)

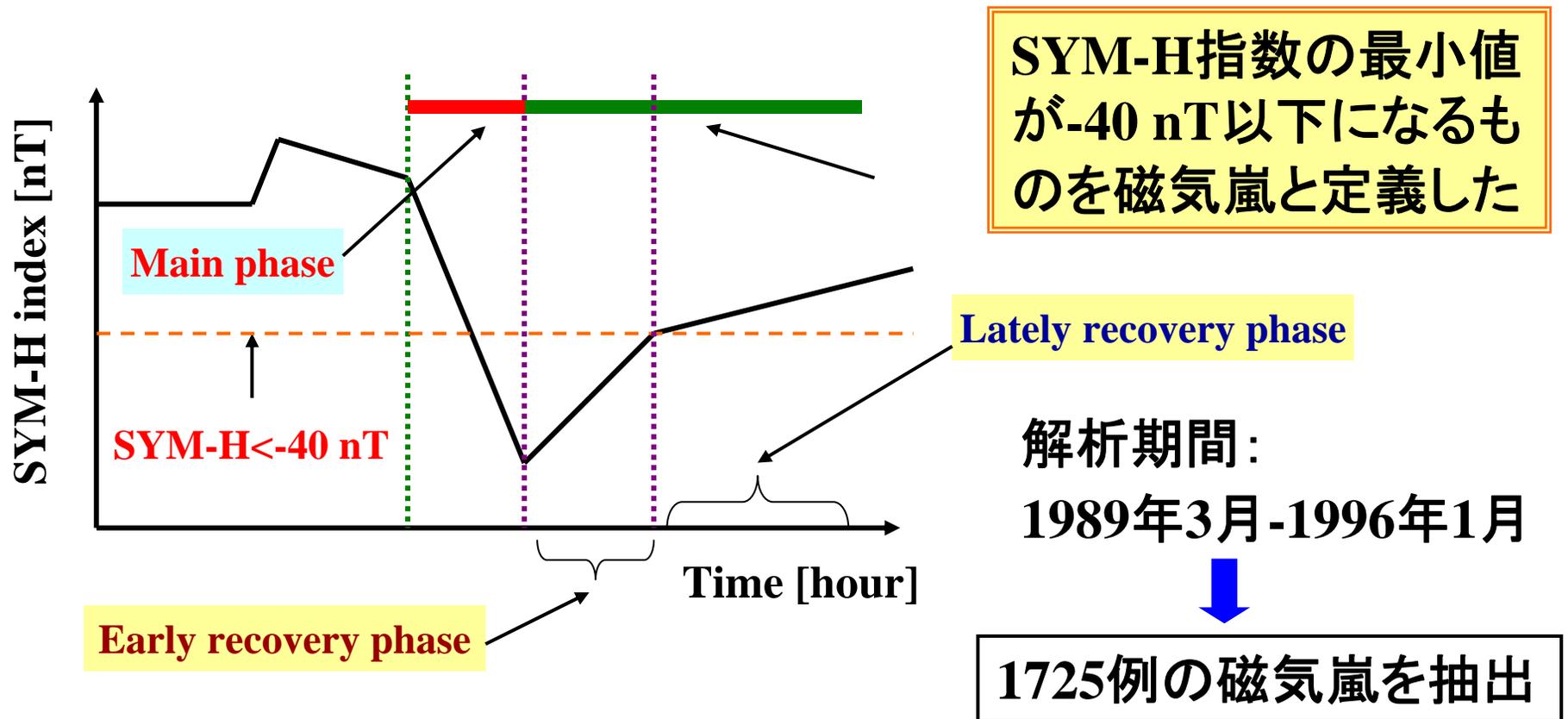
この場合、磁力線に沿って等電位を仮定

### 2.2 地磁気指数、地磁気観測データ等

Kp指数⇒地磁気静穏時の判定に使用

SYM-H⇒磁気嵐の同定、電場の統計解析に使用

## 2.3 磁気嵐イベントの同定方法



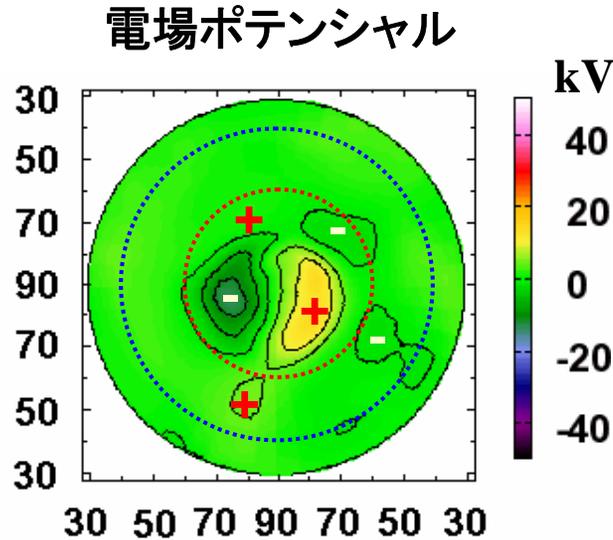
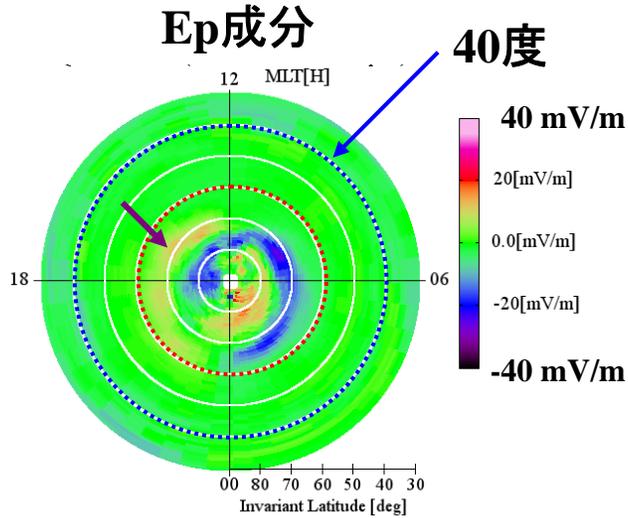
$\odot dSYM-H/dt < 0 \Rightarrow$  磁気嵐主相  
 $\odot dSYM-H/dt > 0 \Rightarrow$  磁気嵐回復相

解析に用いる  
期間を設定

地磁気静穏時の条件: SYM-H > -10 nT、かつ Kp < 3

# 3. 統計解析結果

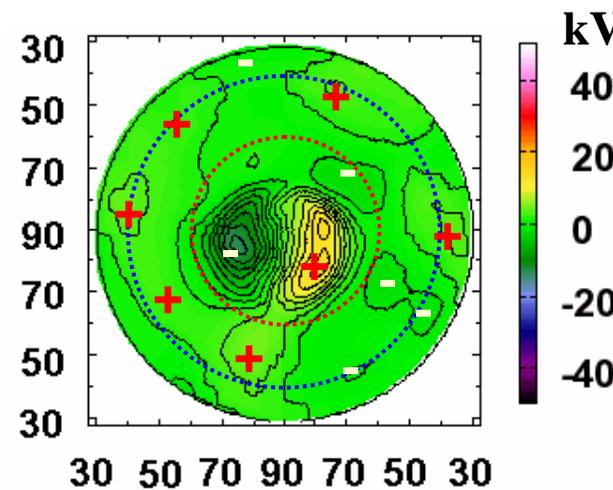
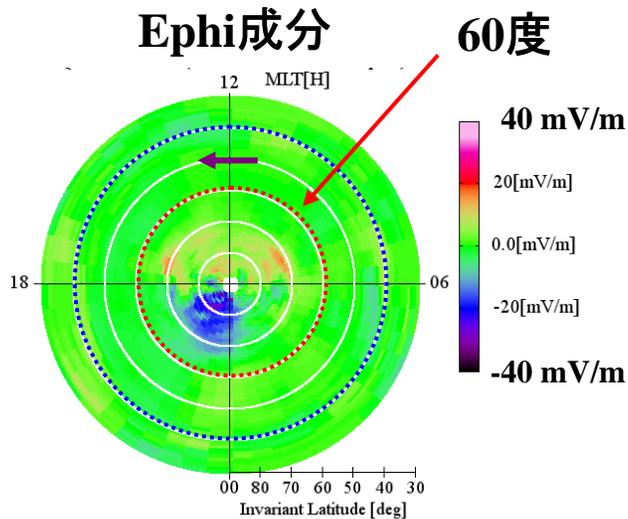
## 地磁気静穏時(SYM-H>-10 nT, Kp<3)



等高線の間隔  
5 kVごと

極冠域の4セル対流  
が出現

対流渦の中心  
Dawn:78度, Dusk:74度

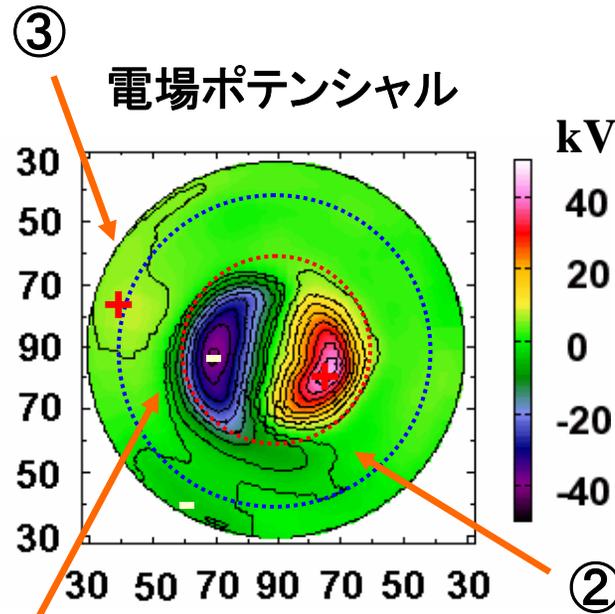
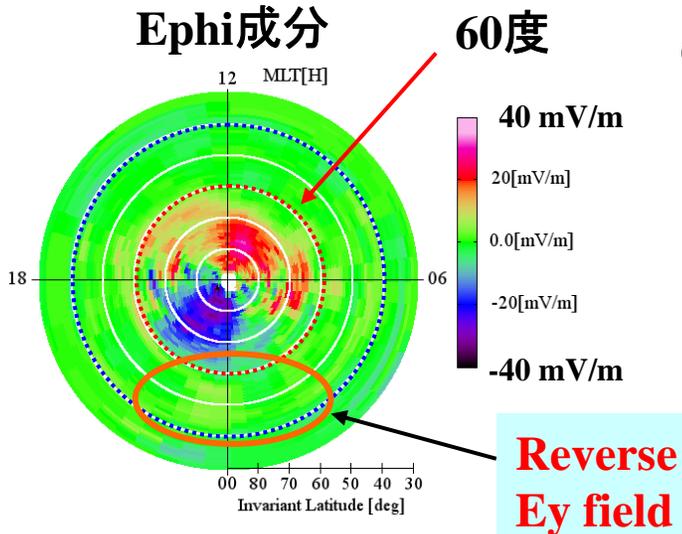
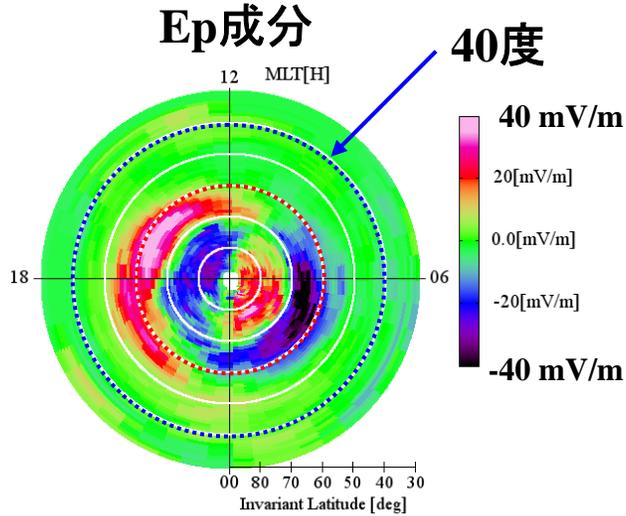


等高線の間隔  
2 kVごと

昼間側の低緯度領域に電離層ダイナモ起源のポテンシャル構造が存在

# 3. 統計解析結果

## 磁気嵐主相



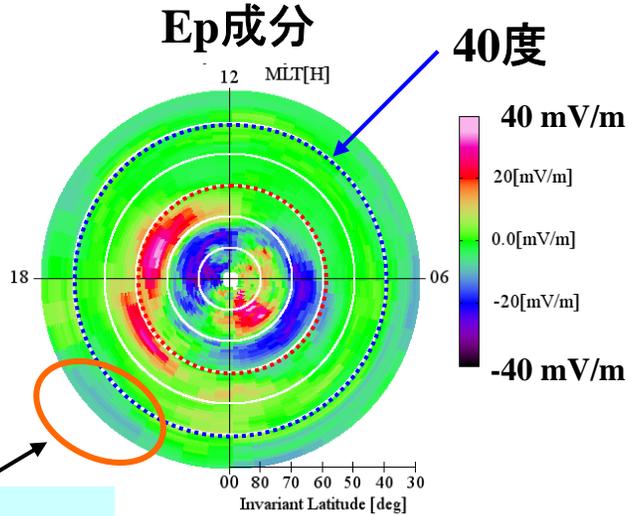
等高線の間隔  
5 kVごと

対流渦の中心  
Dawn:74度, Dusk:68度

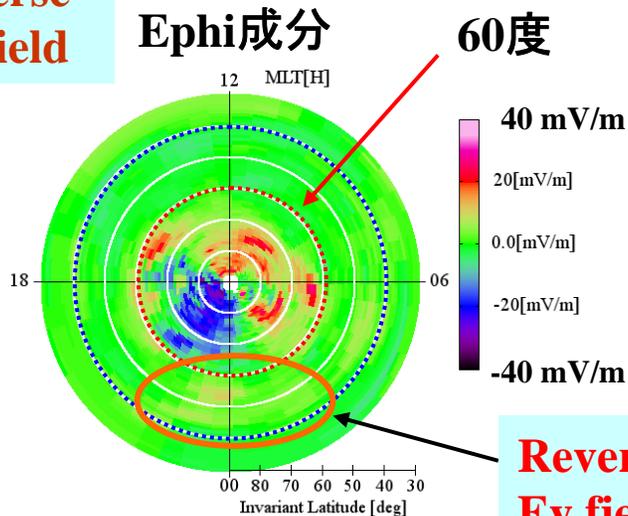
- ① 対流セルの拡大し、その低緯度境界は、**夕方側で緯度50度**にまで到達
- ② **Harang discontinuity** が真夜中2時付近にまで達している
- ③ 夕方側の低緯度領域(30-50度)に**経度方向の電位降下**を示す構造が出現  
ポテンシャル差:  $dV=12-15$  kV

# 3. 統計解析結果

## 磁気嵐回復相初期 (SYM-H < -40 nT)

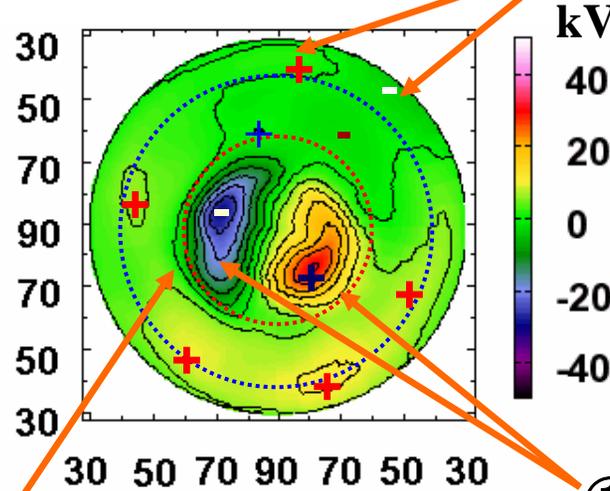


Reverse Ep field



Reverse Ey field

### 電場ポテンシャル



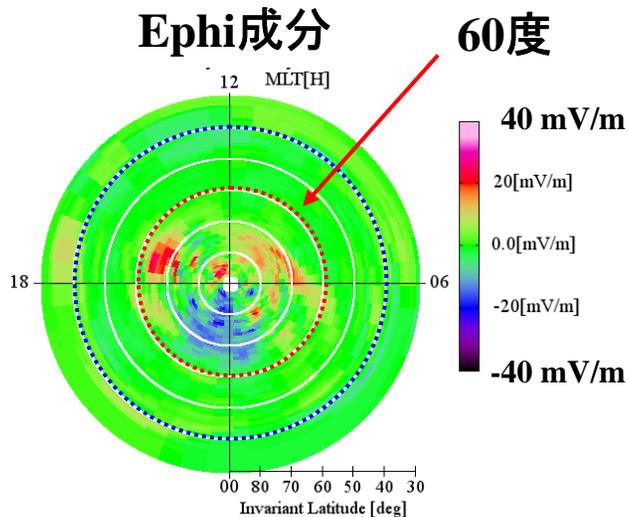
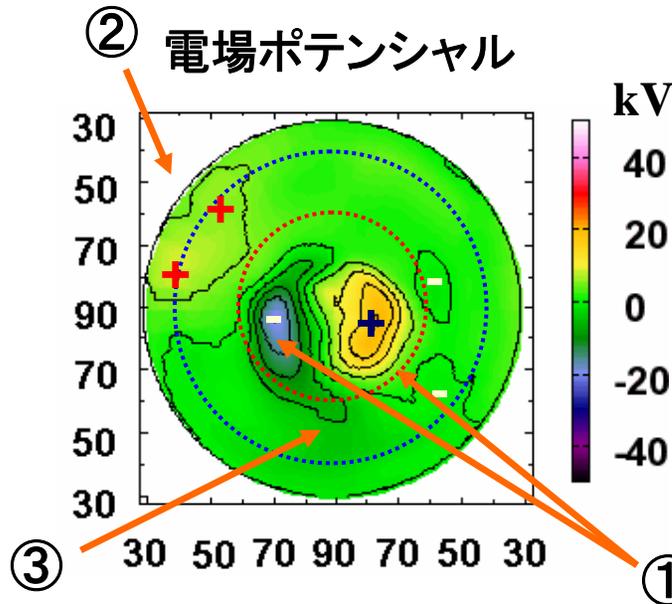
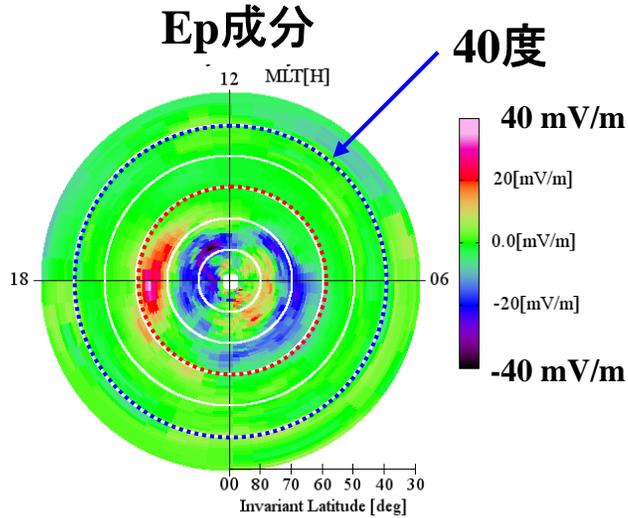
等高線の間隔  
5 kVごと

対流渦の中心  
Dawn:79度, Dusk:70度

- ① 対流セルの縮小とその中心の回転  
⇒ 電気伝導度の変化
- ② 低緯度領域に遮蔽電場を示す電場ポテンシャル構造が出現  
ポテンシャル差:  $dV=5-8$  kV
- ③ 夕方側の対流セルの低緯度側においてゆがみが生じている

# 3. 統計解析結果

## 磁気嵐回復相後期 (SYM-H>-40 nT)

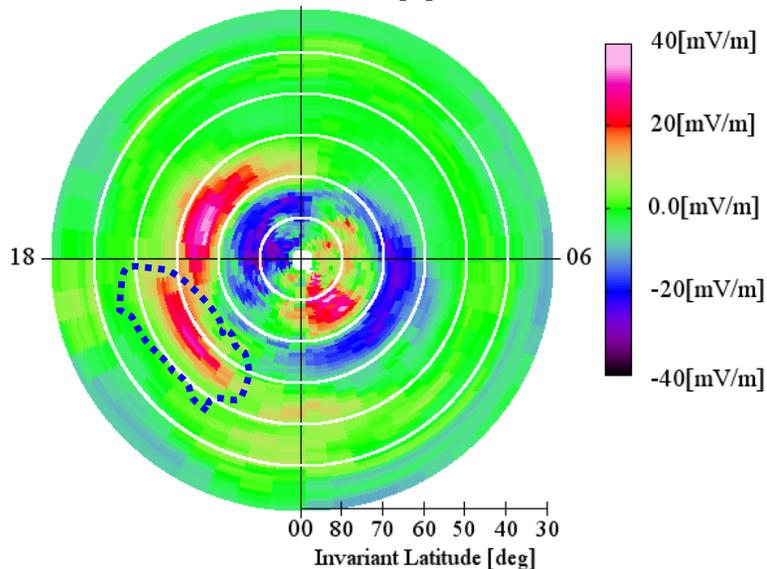


- ① 対流セルが**縮小**し、その中心位置が**静穏時の位置**へ移動
- ② 昼間側の低緯度領域のみに**遮蔽電場**を示す電場ポテンシャル構造が出現  
ポテンシャル差:  $dV=5 \text{ kV}$
- ③ 夜側に存在していた**正の値**を持つポテンシャル構造が**消失**

# 4. サブオーロラ帯における電場ポテンシャル構造の変形原因

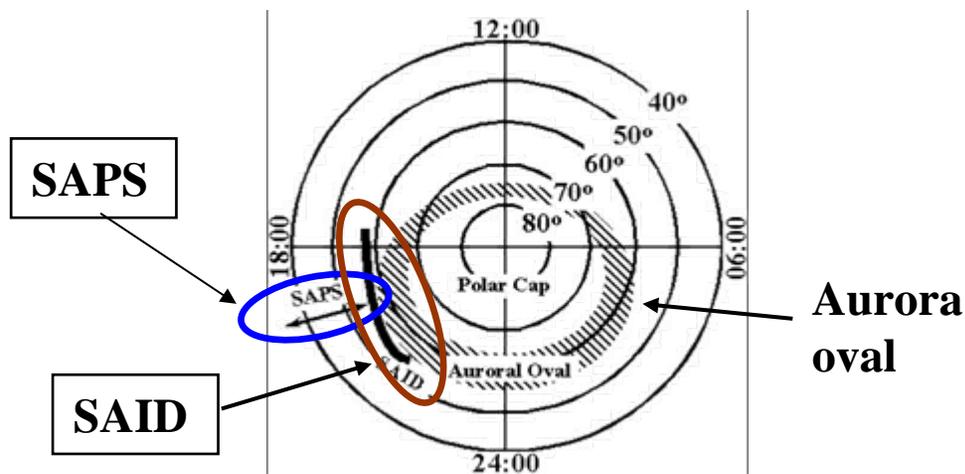
Electric Field of Ep Component  
1989/03/08-1996/01/31  
Storm Early Recovery Phase  
12 MLT[H]

Ep成分



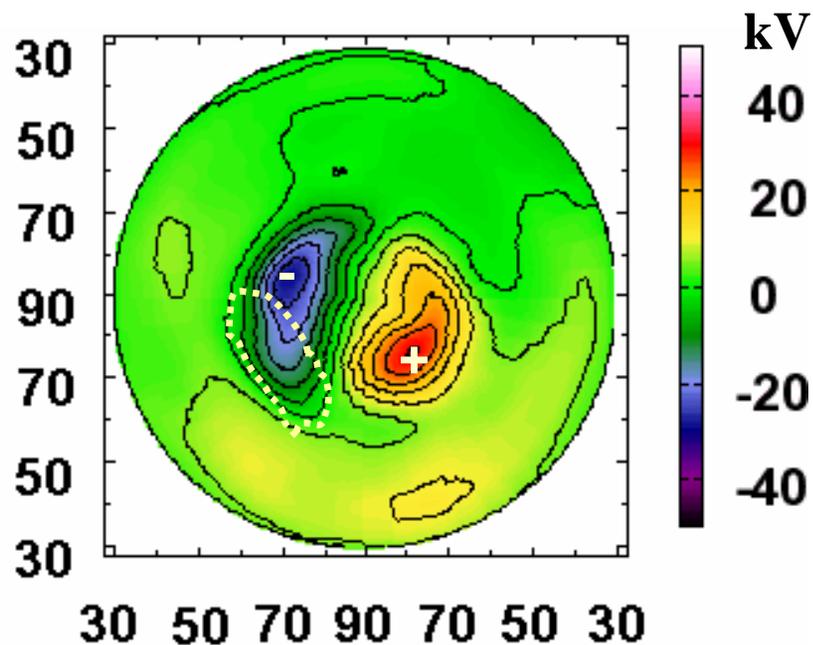
SAID/SAPSの位置関係

[Mishin and Burke, 2005]



○夕方側(18-22 h MLT)の磁気緯度54-60度付近に局所的に出現している **poleward成分の強い電場構造**がその領域のポテンシャル構造の変形に寄与

⇒おそらくFoster and Vo [2002]で報告されている**SAID/SAPS**に対応する



# 5. 結論

## 5.1 解析結果のサマリー

|              | 極冠域・オーロラ帯<br>(MLAT>60度)                  | サブオーロラ帯・低緯度領域<br>(MLAT>30度)   |
|--------------|--|---|
| 地磁気静<br>穏時   | 4つの対流セルの存在<br>昼間側に2つ、夜側に2つ               | 電離層ダイナモによるポテンシャル構造の出現   |
| 磁気嵐主<br>相    | 2セル対流の存在領域の低緯度側<br>への拡大<br>ハラング不連続構造の出現  | 午後側(18-24 h)、磁気緯度50-60度の<br>領域に極方向の強度の強い局所電場<br>の出現                                   |
| 磁気嵐回<br>復相前期 | 2セル対流の中心の回転と高緯度側<br>への縮小<br>ハラング不連続構造の消滅 | 夜側(18-04 h)、磁気緯度30-60の領域<br>で高電位を示すポテンシャル構造の形<br>成<br>午後側にSAID/SAPS現象に対応する<br>電場構造の出現 |
| 磁気嵐回<br>復相後期 | 地磁気静穏時に近い電場・ポテン<br>シヤル分布                 | 昼間側の低緯度領域のみに遮蔽電場<br>を示す電場ポテンシャル構造が出現  |

## 5. 結論

### 5.2 あけぼの衛星観測結果から北海道レーダで期待できるもの

レーダ観測から磁気嵐の各相における内部磁気圏電場と沿磁力線電流の足元を推定

- 中緯度、サブオーロラ帯(54.7度、 $L=3$ )で、5-10 mV/m 程度のDP-2電場や100 mV/m程度の磁気嵐電場が期待可能。
- 磁気嵐の発達過程においてレーダの観測条件によっては、いつ、どこでSAPS/SAID現象が出現するかを捉えることは可能かも知れない。
- 磁気嵐固有の低緯度電流系(R-3, R-4)に伴う電場構造を捉えることも可能。

磁気嵐の各相におけるプラズマ圏・プラズマポーズ周辺の磁気圏-電離圏結合過程

- 磁気嵐主相においてトラフ領域の消失とプラズマ密度の異常増加  
⇒イオン上昇流との関係(電場による摩擦加熱)