



IUGONET

Metadata DB for Upper Atmosphere

極地研シンポジウム
(2011年11月15日)

超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究
Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork

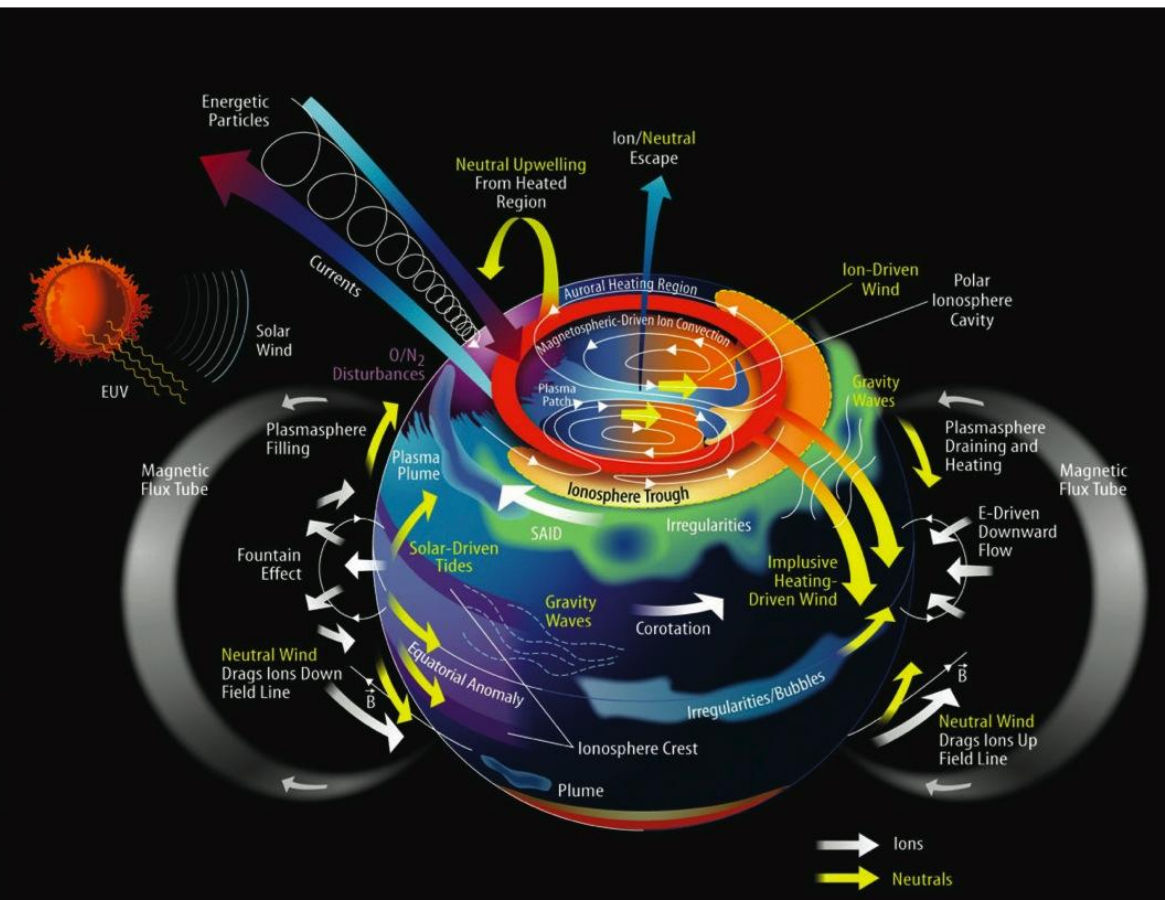
磁気嵐時におけるグローバルな地磁気 変動と電離圏擾乱ダイナモについて

新堀淳樹・田中良昌・辻裕司・菊池崇・小山幸伸・林寛生・
富川喜弘・長妻努・堤雅基・Dennis M. Riggin・

Dave C. Fritts・Peter Hoffmann・

IUGONETプロジェクトチーム

I.1 太陽風-磁気圏-プラズマ圏-電離圏-熱圏結合の描像



電離圏・熱圏下部・中間圏

太陽風や磁気圏などの上方からの電磁エネルギーの流入と下層大気からの力学的エネルギーの流入が拮抗する領域

極域-赤道域間の結合も強く、複雑な開放系

I.2 磁気嵐に関連したグローバルな電離圏電流の起源

(1) 磁気圏ダイナモで作られる巨視的電流系

R-1、R-2電流系が作る大規模電離圏電場の赤道電離圏への侵入

[e.g., Nishida, 1968; Pellat and Laval, 1972; Kikuchi et al., 2008]

○IMFの極性に非常に良い相関がある

$B_z < 0 \Rightarrow$ 東向き赤道ジェット電流 (dawn-to-dusk電場の侵入)

$B_z > 0 \Rightarrow$ 西向き赤道ジェット電流 (dusk-to-dawn電場の侵入)

(2) 電離圏擾乱ダイナモによる電離圏電流

磁気嵐時に発生する極域熱圏高度のジュール加熱で生成される熱圏風が駆動する電離圏電流(電離圏ダイナモ電場)

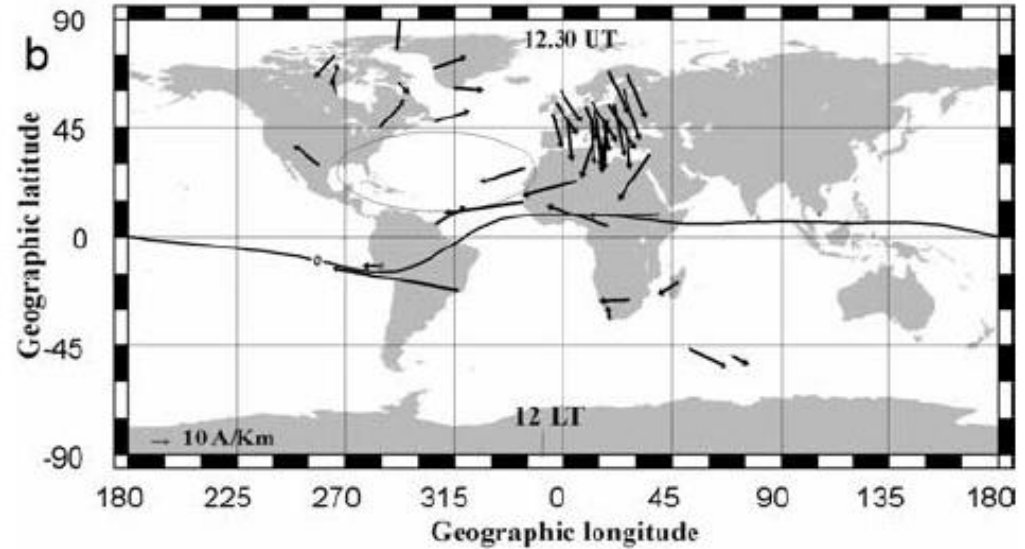
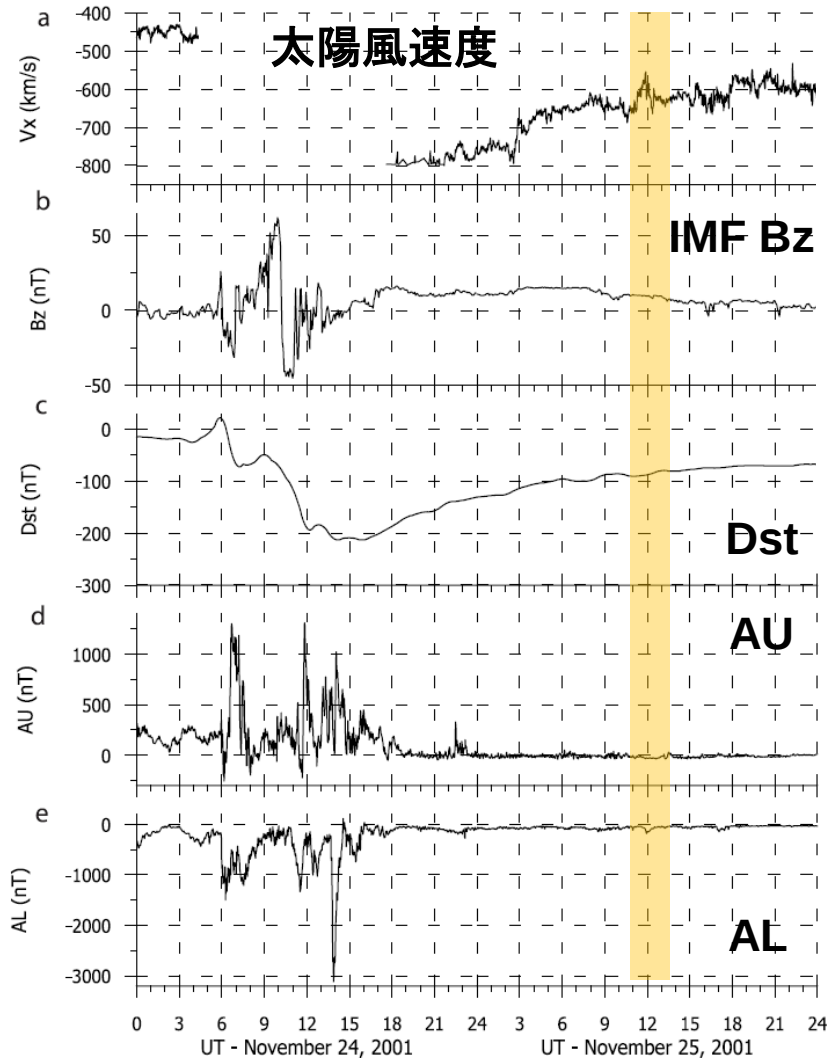
[e.g., Fejer, 1983; Sastri, 1988; Fejer, 2002; Zaka et al., 2009]

○IMFの極性に無関係で、長時間にわたって現象が継続する

西向き赤道ジェット電流 (dusk-to-dawn電場の形成)

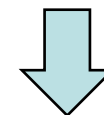
I.3 磁気嵐時の電離圏ダイナモの作る磁場変化

[Le and Mazaudier, 2008]



2001/11/25 12:30 UTにおける地磁気等価電流マップ

磁気嵐回復相後期で地磁気静穏日変化(Sq)を弱める電流系が形成



熱圏風擾乱による電離圏ダイナモ効果

I.4 磁気嵐時の熱圏下部・中間圏の風速場変動の報告例

	観測点数	測器	地磁気活動との対応	メカニズム	その他
Hoock [1970]	1点 (極域)	流星	サブストーム中に 南向き風速増大	述べていない	親論文 事例解析
Ma et al. [2001]	2点 (中緯度)	MF	磁気嵐の5日後、 東向きの風速増大	詳細な物理過程は 述べられていない	統計解析 (1995-1999) 91例
Zhang et al. [2003]	3点 (極域)	MF 流星	磁気嵐時に夕方側 で風速が変化 (対流構造に類似)	磁気圏対流による イオンドラック効果	事例解析 2002/4/18
Balan et al. [2004]	3点 (中緯度)	MF 流星 (MU)	南北風の日変化を 弱める傾向 東向きの風速増大	太陽潮汐と逆向きの 高緯度起源の潮汐が増加	事例解析 2001/3/31
Pancheva et al. [2007]	2点 (極域)	流星	SEPとともに南向 き風速の増加 中間圏上部の温度 低下	高エネルギー粒子 効果に伴う大気加熱による大気循環 の変化	事例解析 2003/10/29

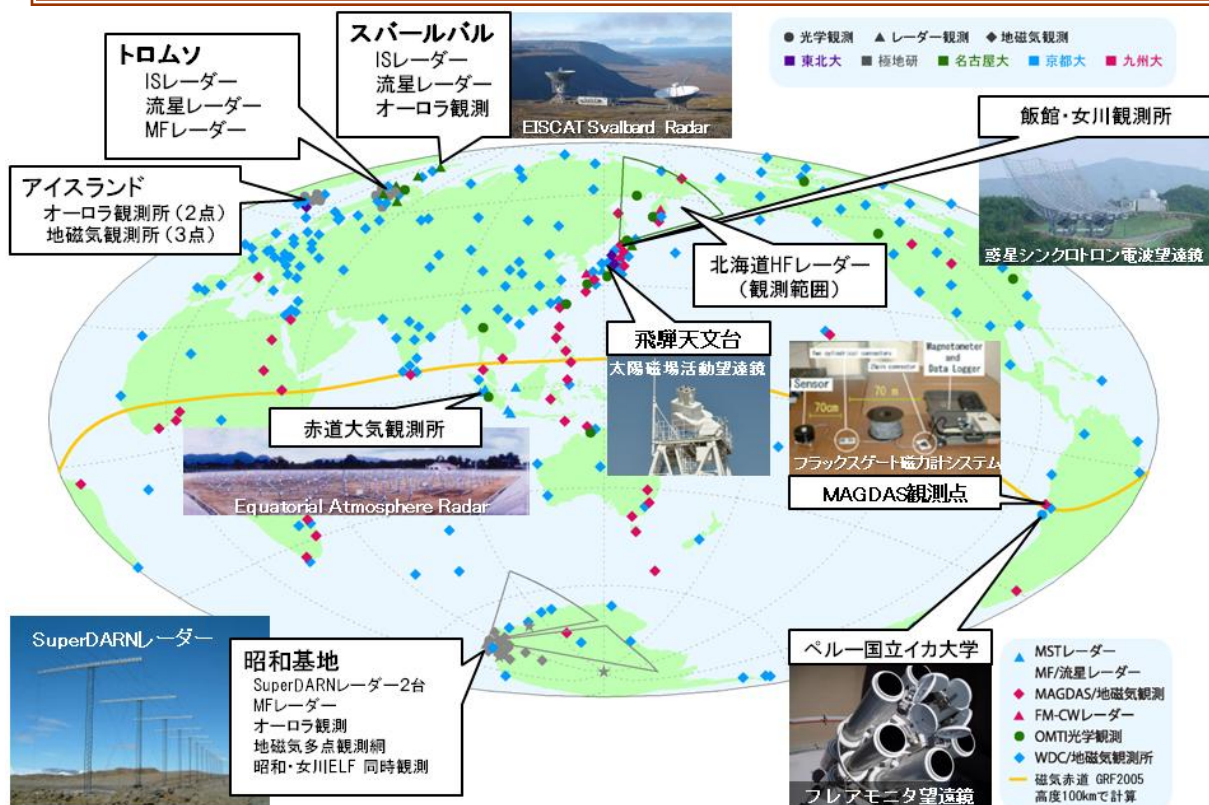
I.5 磁気嵐時の熱圏風変動に関する研究の問題点

1. 解析に使用している流星・MFレーダーは、**ある特定の領域に限定**
 - **極域-赤道域にわたるグローバルな風速場の変動が不明**
 - 地磁気擾乱時の熱圏風がどのような時間・空間発展するのかという動的姿の詳細は不明
2. イベント解析が多く、統計的な描像は不明
3. 地磁気指数等の比較解析は行われているが、**全球的な地磁気変動との相関解析は行われていない**
 - **多量でかつ分野の異なるデータ収集、統合解析環境の不十分さのため、これまでできていなかった？**

I.5 本研究の目的

両極域－赤道域の広範な領域にわたる地磁気とMLT領域の風速場データを解析することで、磁気嵐前後のグローバルな電離圏電流とMLT領域の風速場の時空間変動の特徴を調べ、その因果関係を明らかにする。

ここでは、IUGONETプロジェクトで開発されたプロダクト(解析ソフトウェア)を最大限に活用した。



両極域から赤道域を連結 する地上観測ネットワーク

http://www.iugonet.org/figures/20100628_observations.png(改変)

II.1 使用観測データ

- 太陽風・IMFデータ:1分値 (CDAWeb)
- 地磁気指数:AE、SYM-H指数・・・1分値 (WDC京都)
Kp指数・・・3時間値(WDC京都)
- 地磁気データ:1分値
WDC京都、NSWM(NICT)、CARISMA、
IMAGE、GEMA
- 熱圏風データ:昭和基地MFレーダー・・・1時間値(NIPR)
Rothera基地MFレーダー・・・1時間値
AndenesのMFレーダー・・・1時間値
コタバンの流星レーダー・・・1時間値(京大RISH)

II.2 解析手法

◎地磁気静穏日変化(Sq)と背景磁場の除去

$$dX \text{ or } dY = X_{\text{storm}} \text{ or } Y_{\text{storm}} - X_{\text{sq}} \text{ or } Y_{\text{sq}}$$

$$X = H * \cos D$$

$$Y = H * \sin D$$

◎環電流・磁気圏界面電流の効果を出来るだけ除去

低緯度の観測点の擾乱場成分を差し引く

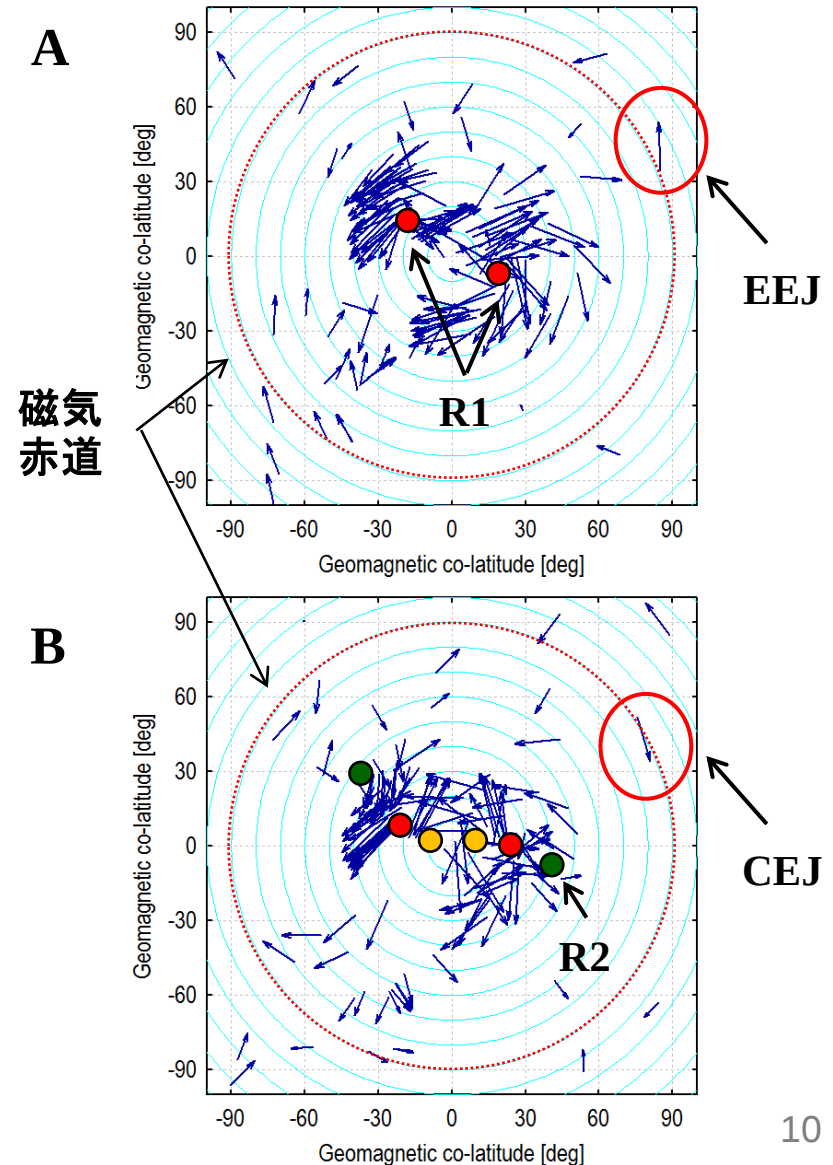
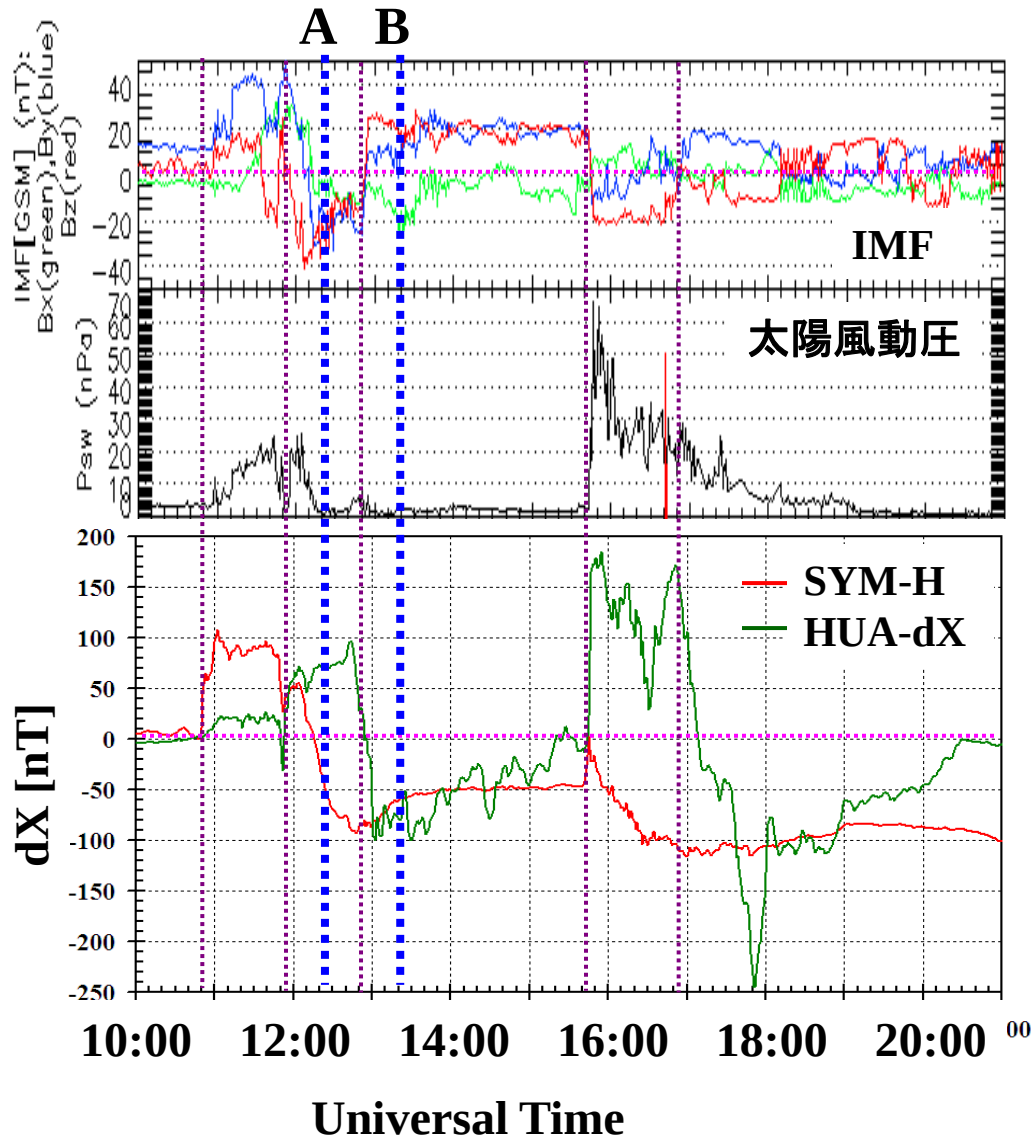
◎熱圏下部・中間圏における風速に対しても1年間の地磁気静穏日(120日)の平均的な風速データを差し引き、地磁気擾乱に対する中性風の変動を求める



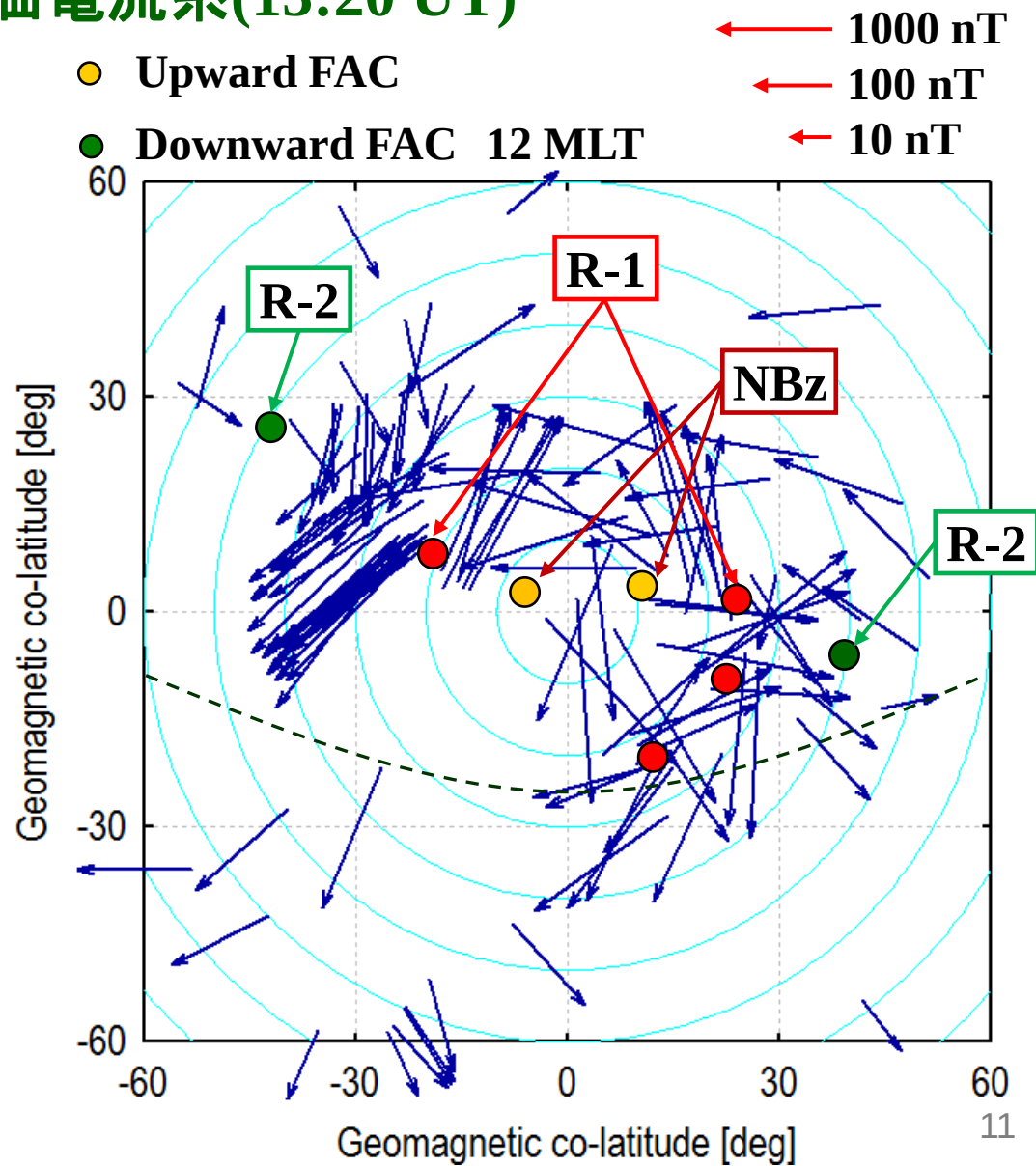
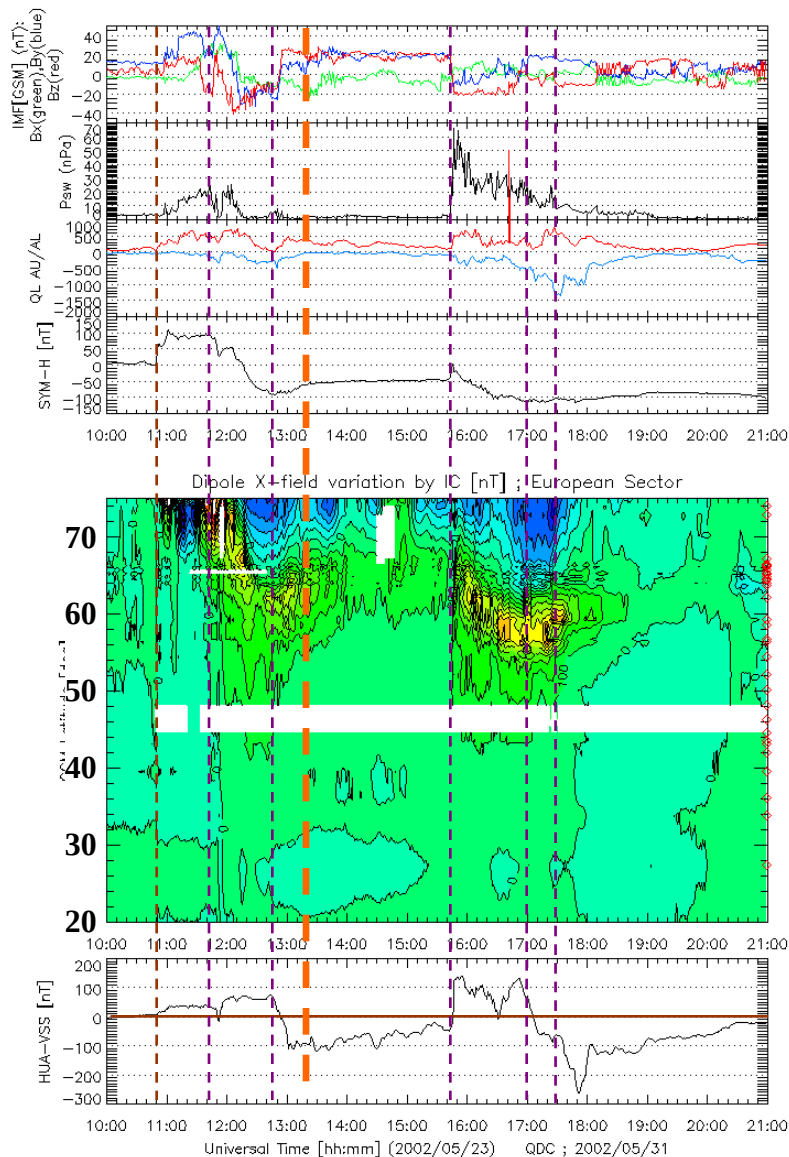
IUGONETの解析ソフトUDASを駆使

III. 磁気嵐時のグローバル地磁気変動

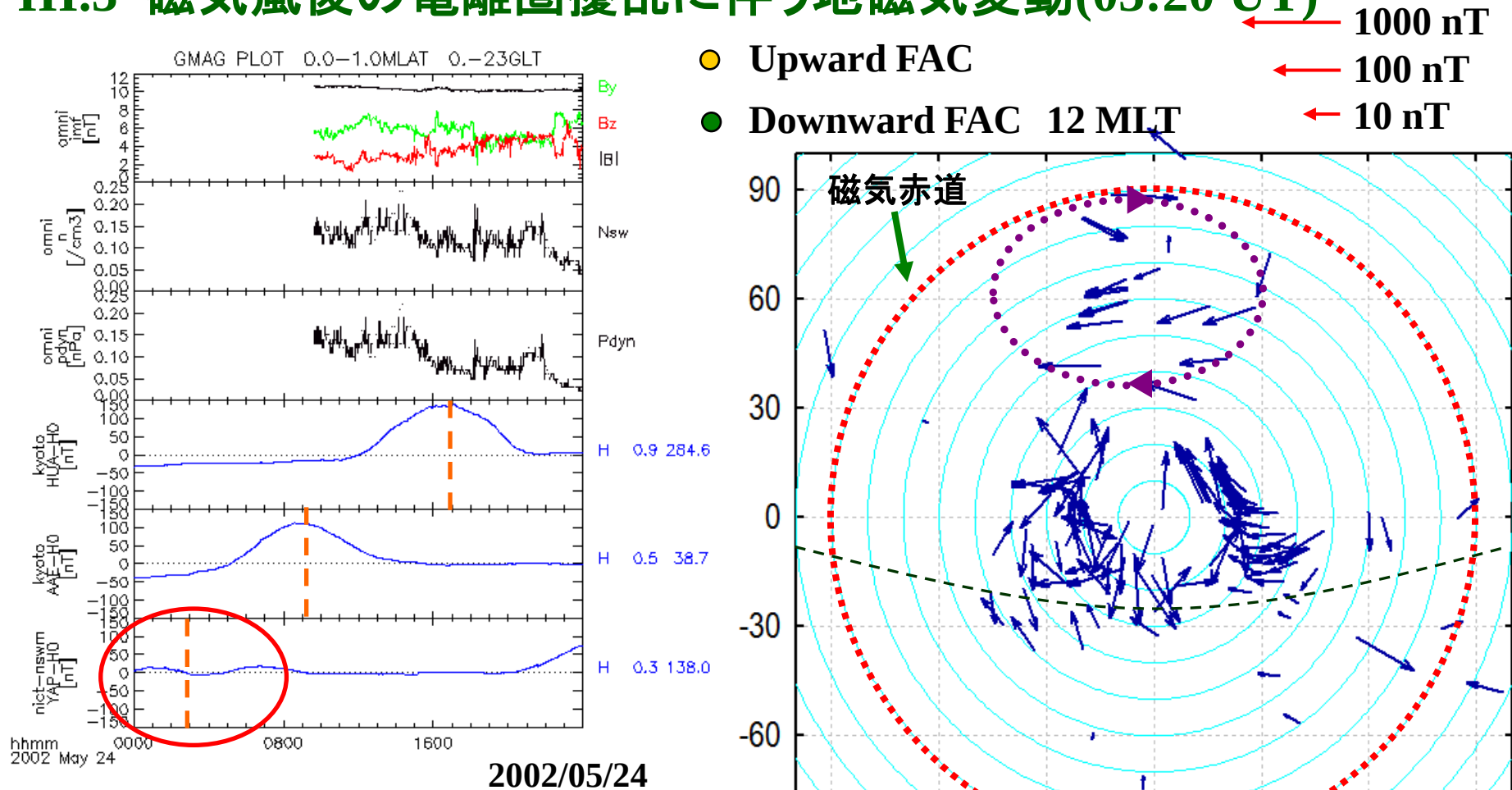
III.1 2002年5月23日の磁気嵐時における地磁気変動の特徴



III.2 磁気嵐回復相時の等価電流系(13:20 UT)

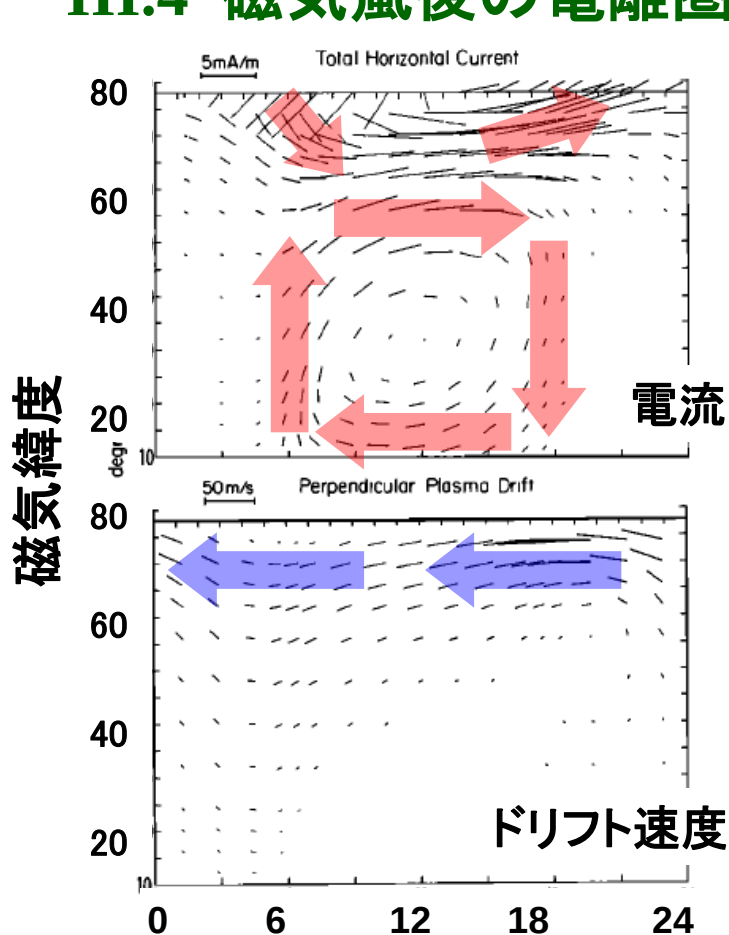


III.3 磁気嵐後の電離圏擾乱に伴う地磁気変動(03:20 UT)



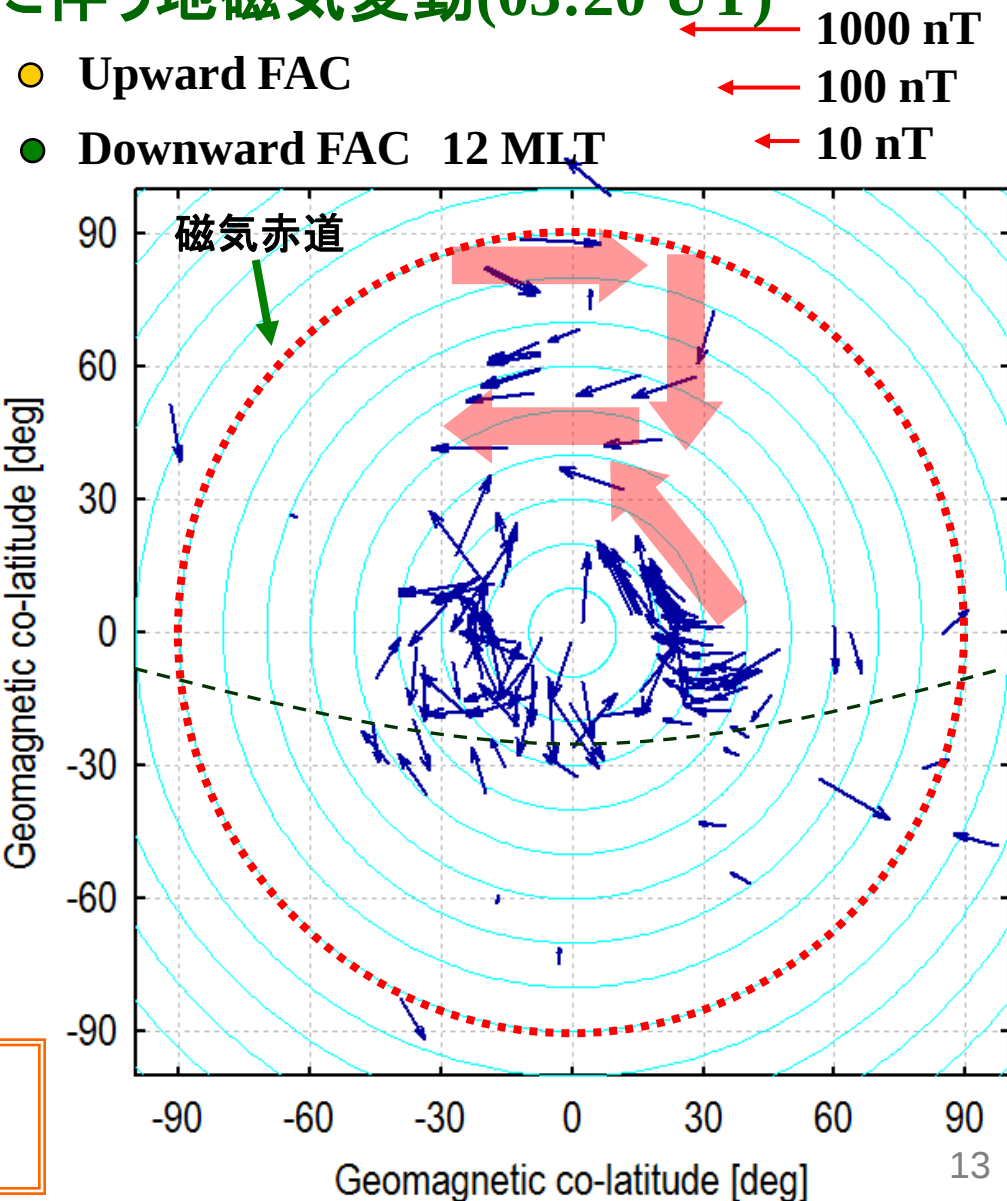
中緯度(20-60度): 東向き電流
赤道域(0-20度): 西向き電流

III.4 磁気嵐後の電離圏擾乱に伴う地磁気変動(03:20 UT)

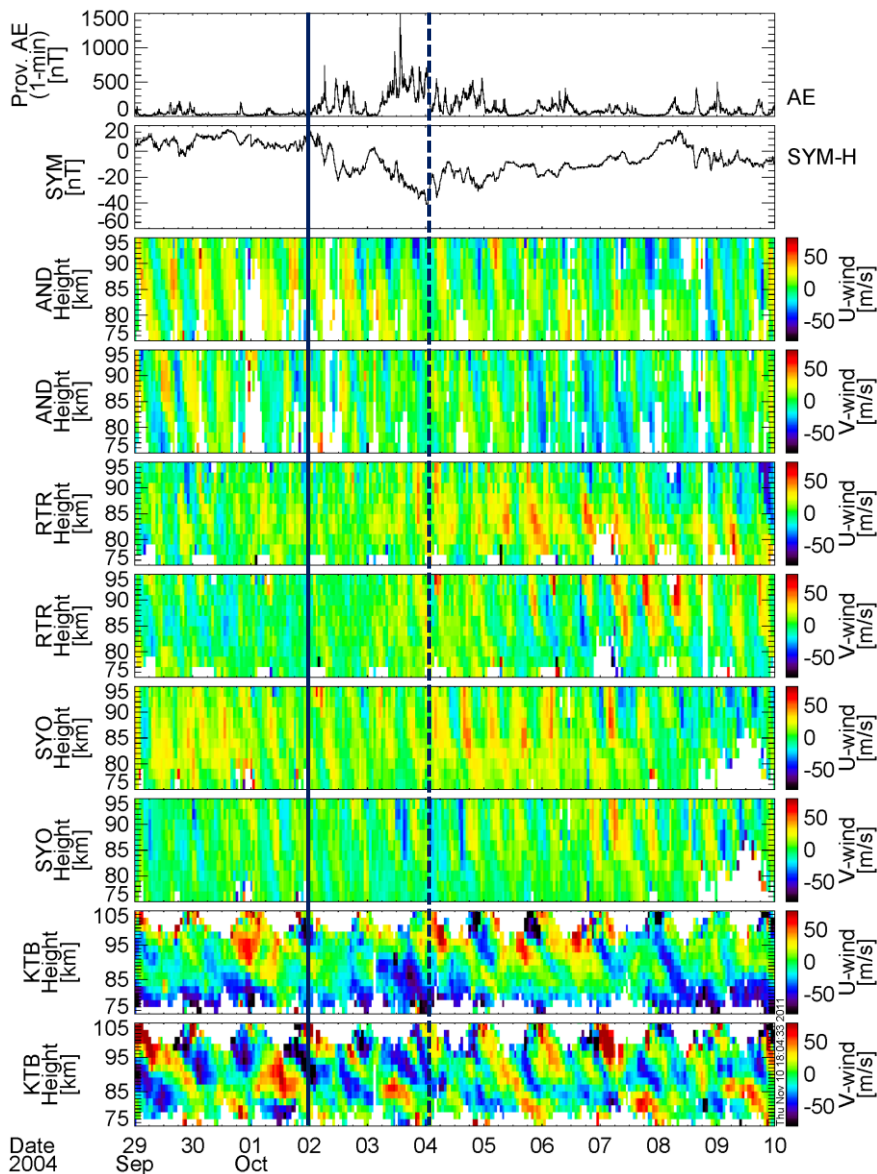


[Blanc and Richmond, 1980]

磁気嵐で発生した熱圏擾乱によって
Sq電流系とは逆の電流系が発達



IV.1 地磁気擾乱時の両極-赤道域の中性風変動



2004年10月2日の地磁気擾乱イベント

上から順に

AE指数、SYM-H指数、

Andenesの東西、南北風(75-95 km)

Rotheraの東西、南北風(75-95 km)

昭和の東西、南北風(75-95 km)

コタバンの東西、南北風(75-105 km)

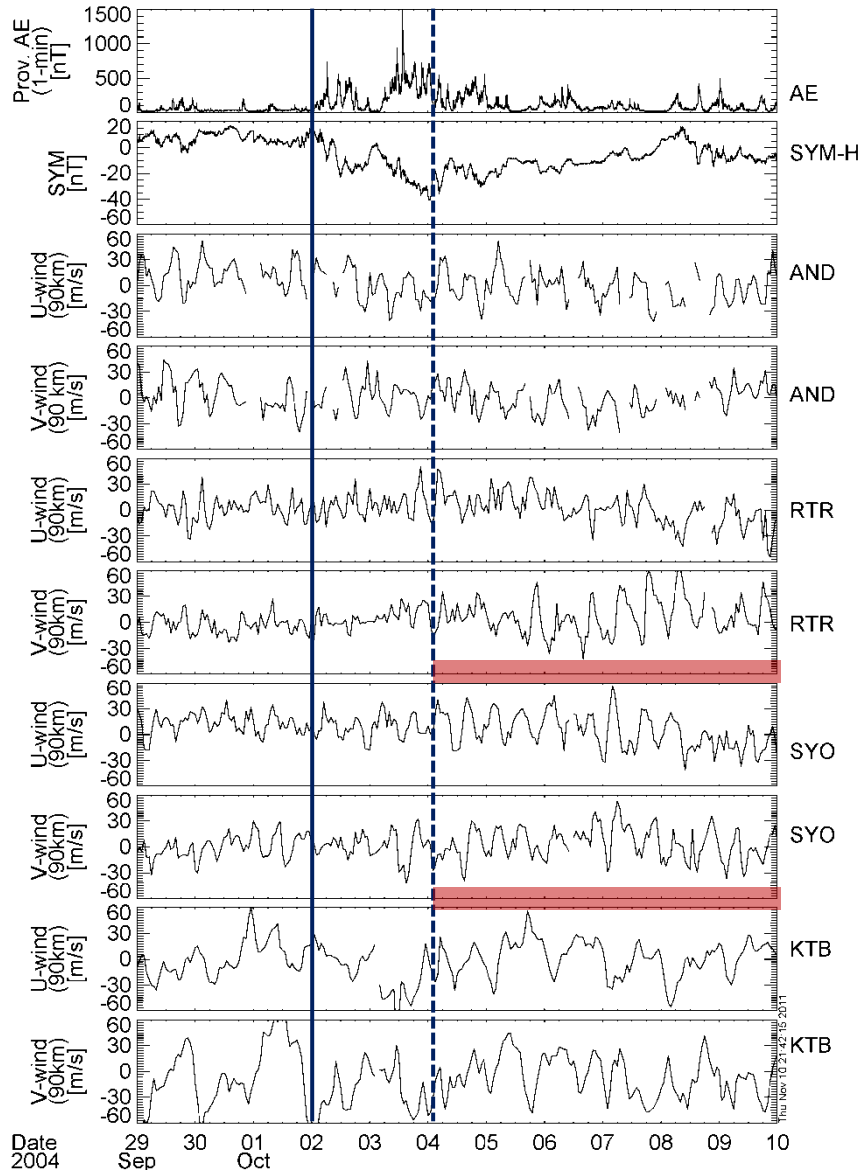
実線：主相の開始時

点線：回復相の開始時

磁気嵐の途中から両極域の風速が
変化(回復相で顕著)

回復相で高度90-100kmの赤道域
の風速も変化

IV.2 地磁気擾乱時の両極-赤道域の中性風変動



高度90kmにおける両極域と赤道域の
東西、南北成分の風速変化

実線: 主相の開始時

点線: 回復相の開始時

南極のRotheraと昭和基地:

半日潮汐の出現

北極のAndenes:

潮汐成分は無変化?

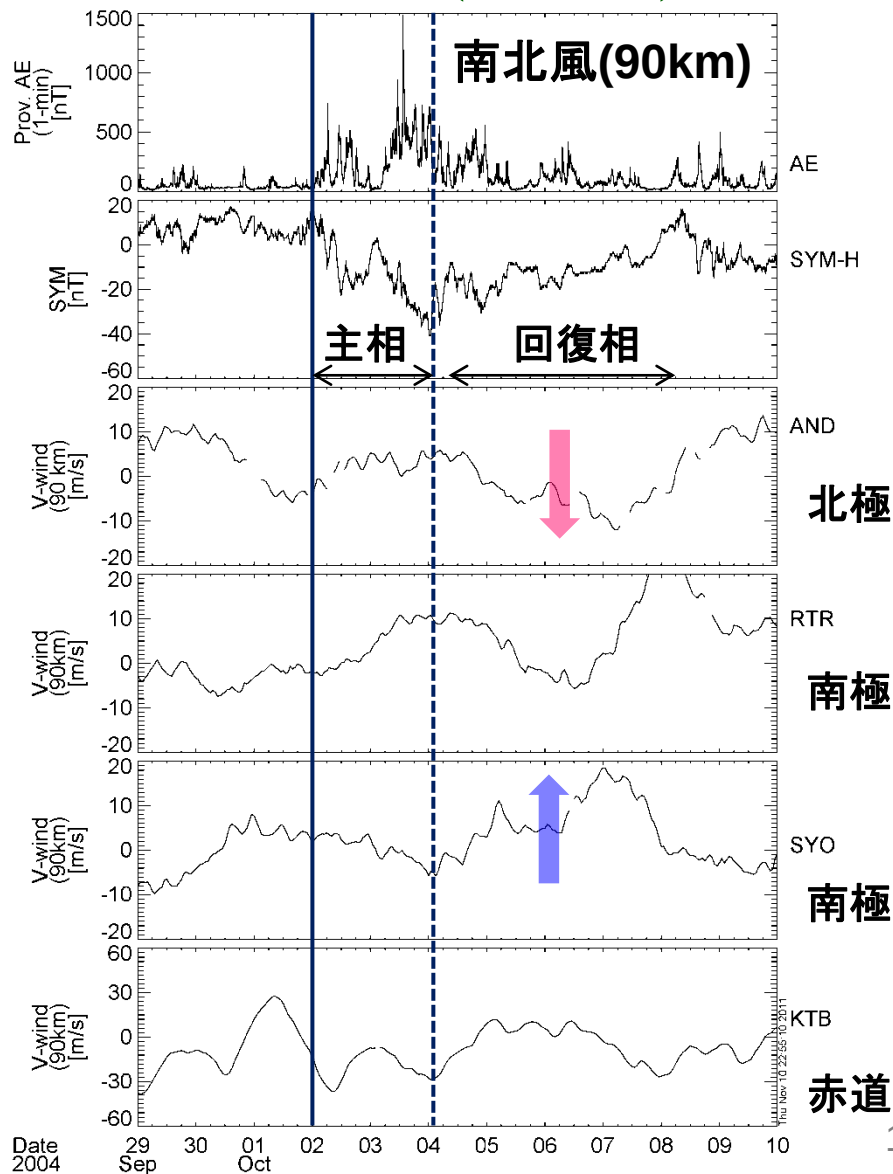
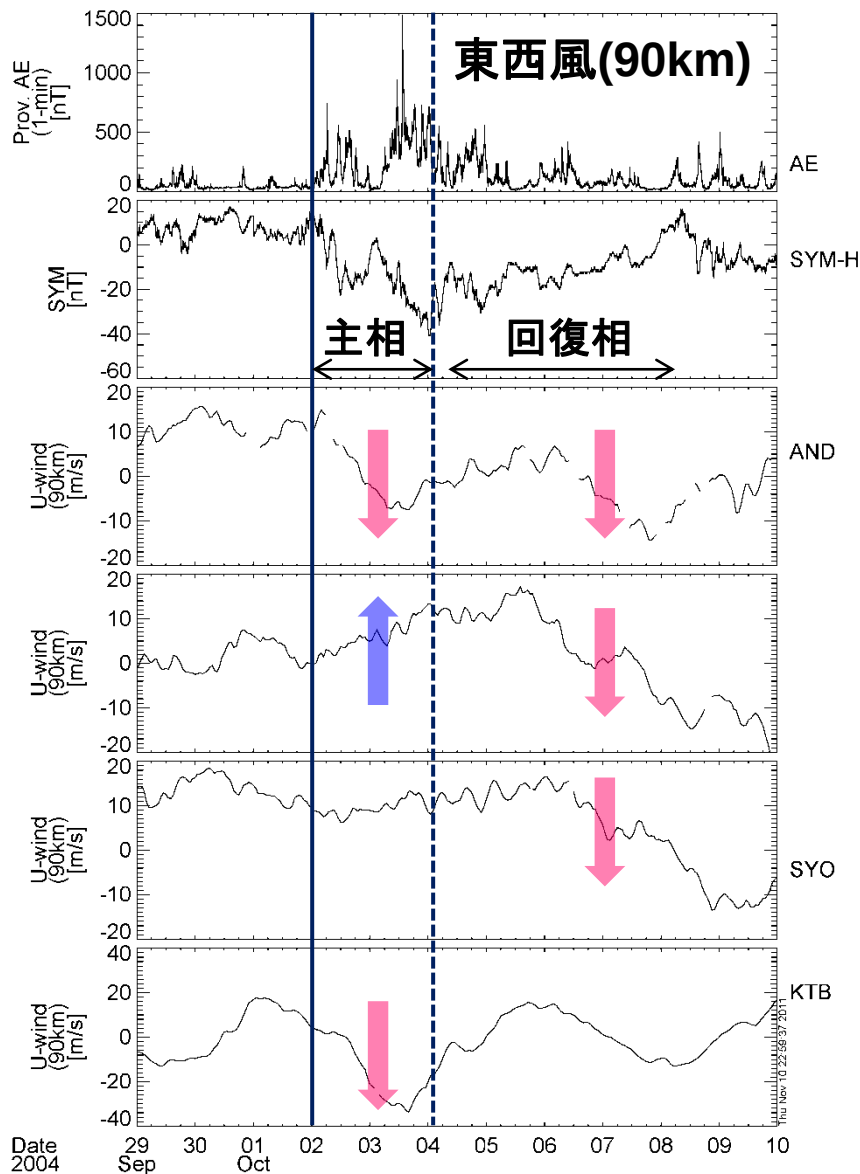
背景風は、両極域ともに変化

赤道域(コタバン):

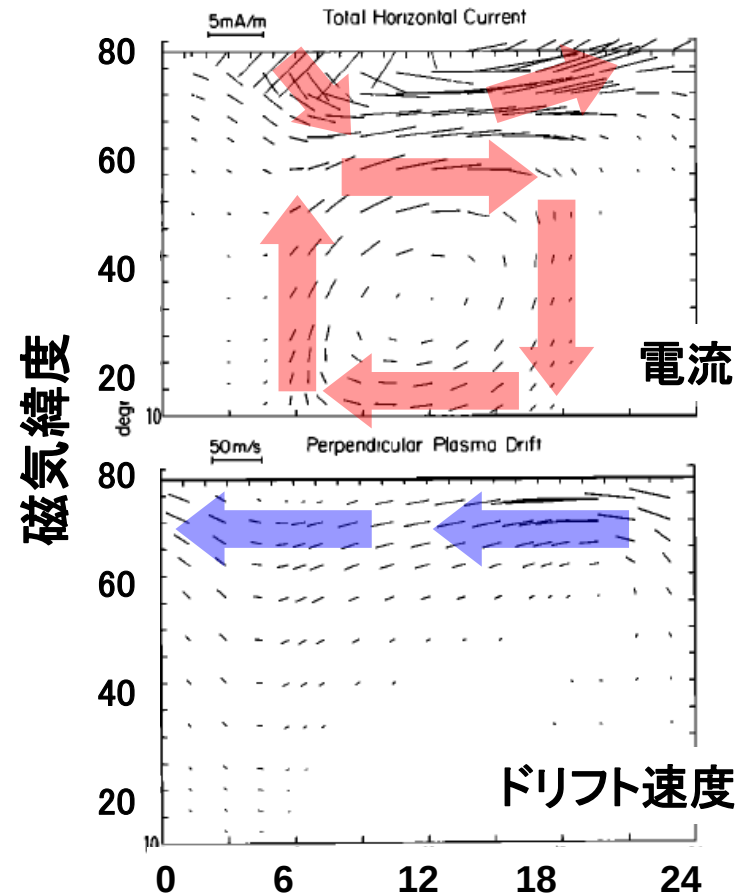
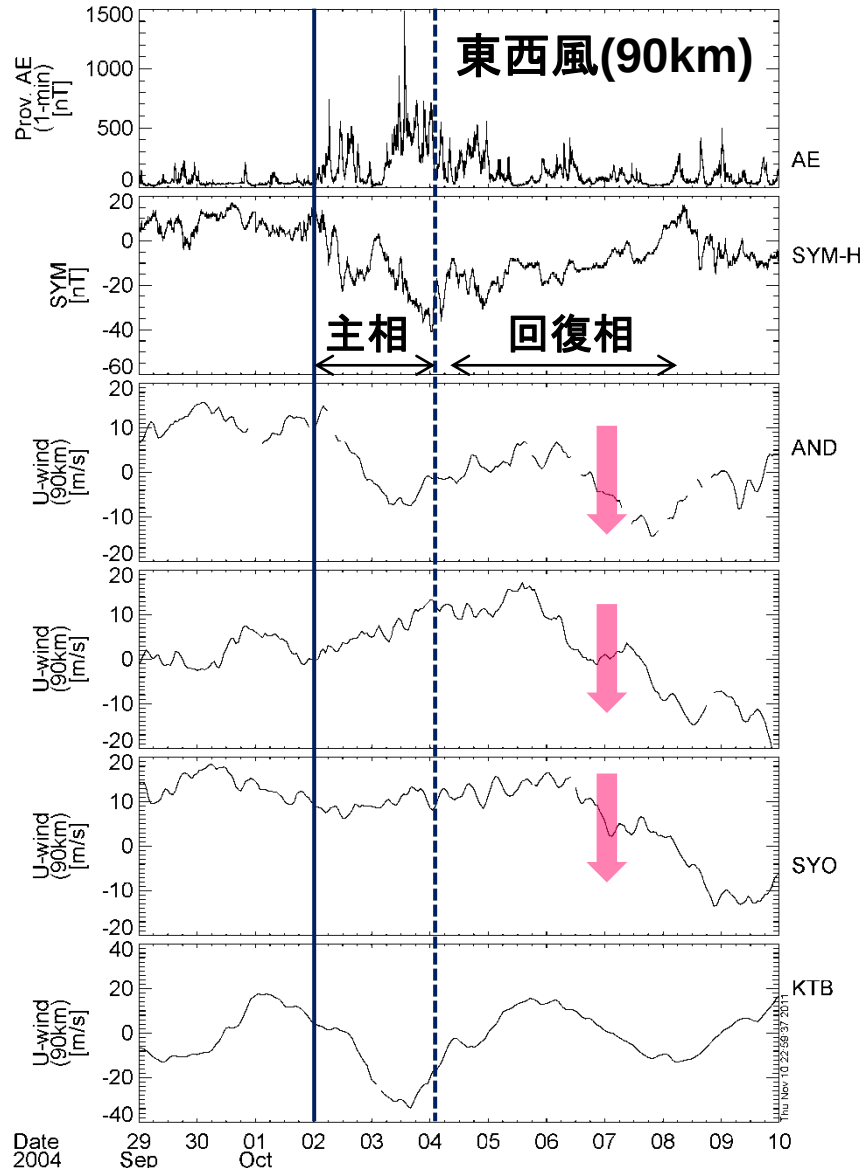
東西成分に1日潮汐変動が出現

南北成分も磁気嵐前後で変化

IV.3 地磁気擾乱時の両極-赤道域の中性風変動(平均場)



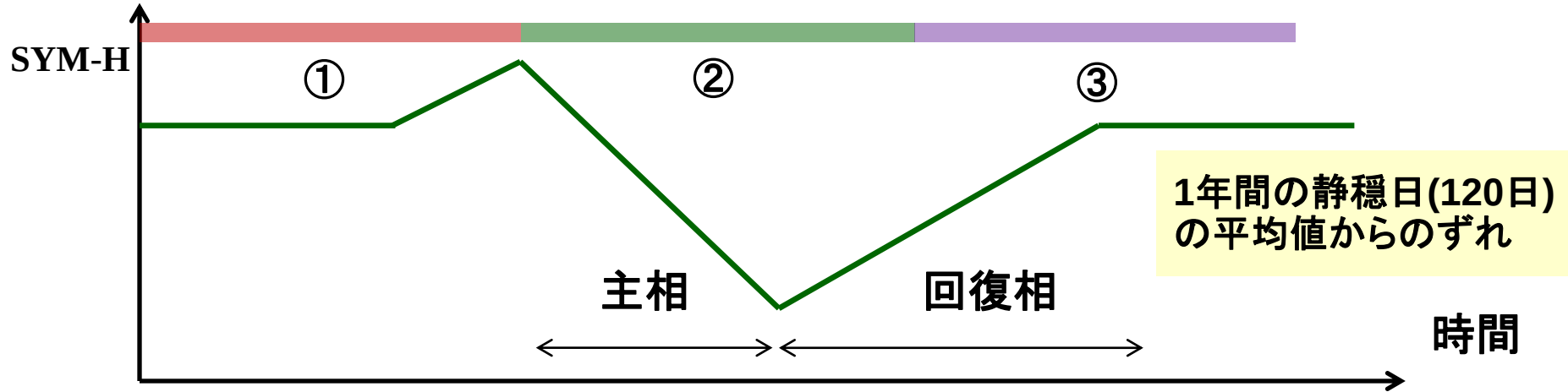
IV.4 過去の研究(モデル計算)との比較(東西成分)



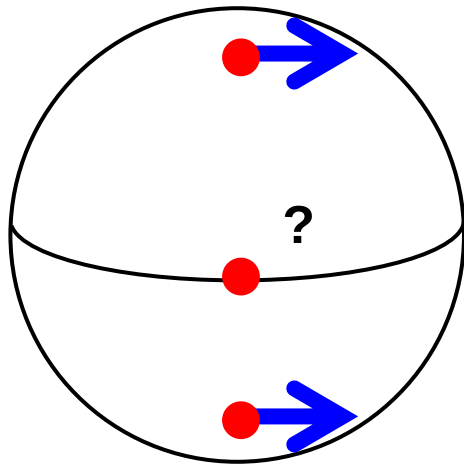
[Blanc and Richmond, 1980]

磁気嵐後から両極域の風速が**東から西向きに変化**(モデル結果を支持)

V.1 磁気嵐時の地磁気・中性風変動の描像

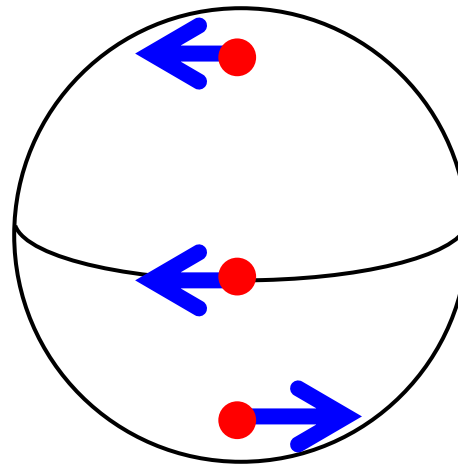


①磁気嵐前



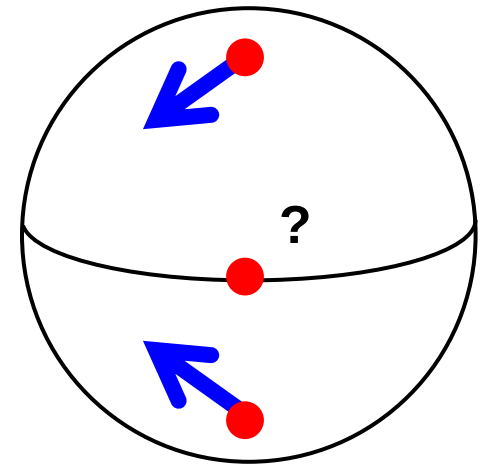
地磁気 **Sq電流系**

②主相・回復相初期



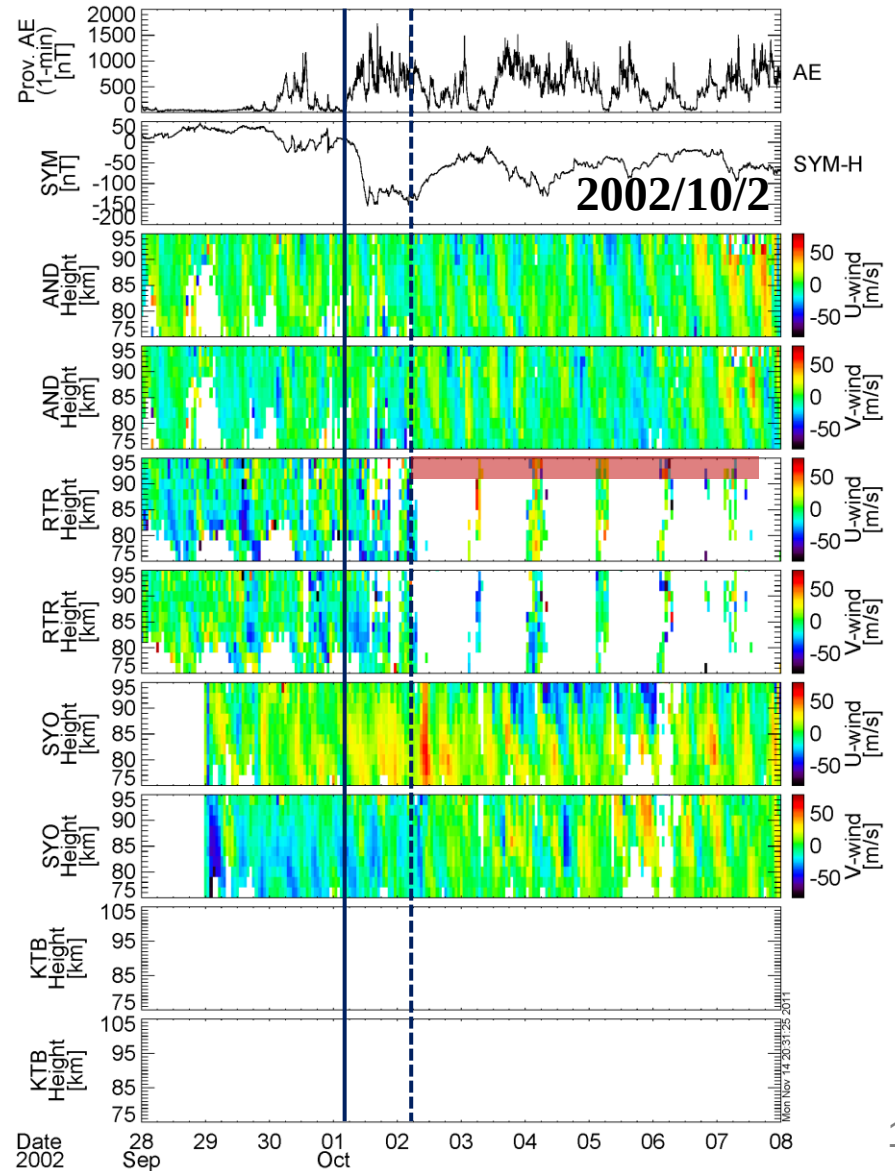
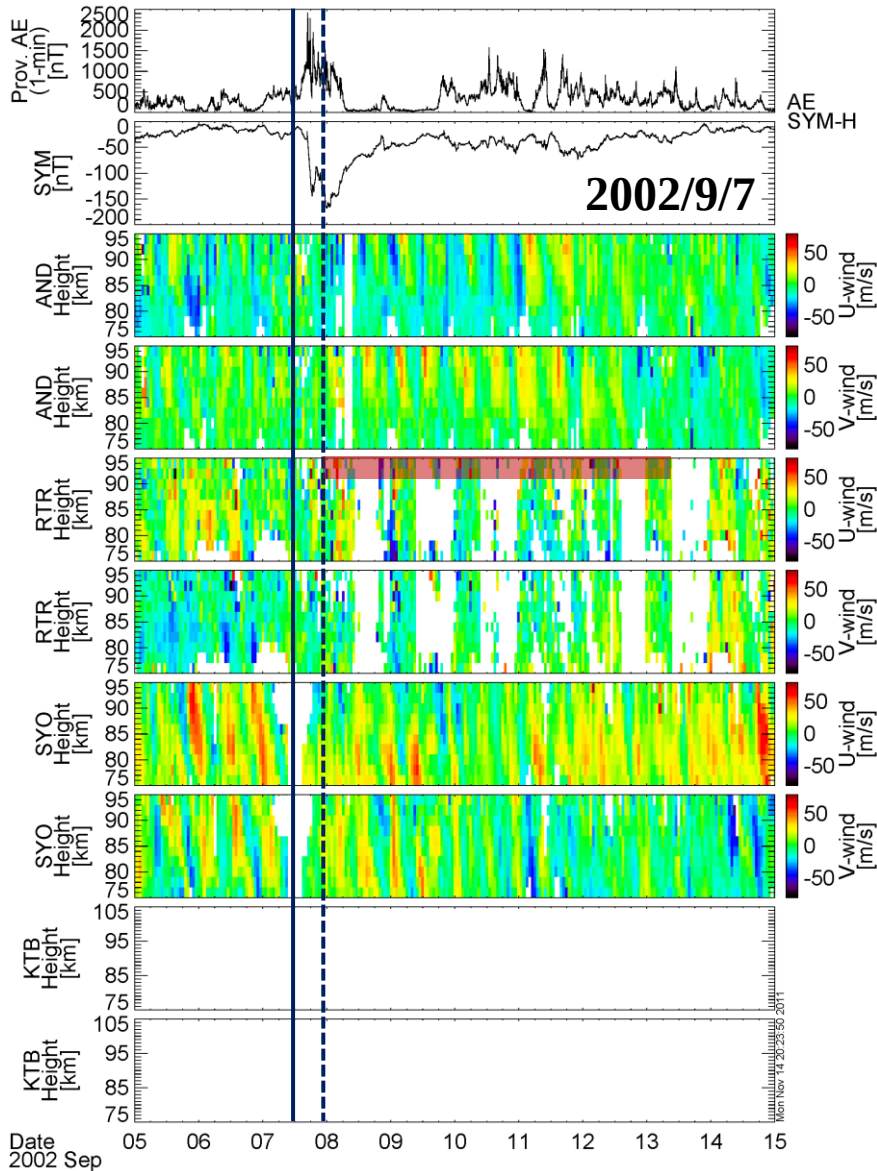
R1+R2電流系

③回復相後期



擾乱ダイナモ電流系

V.2 他の磁気嵐イベント



V.1 本研究で得られた新しい事項

- IMF Bz の方位と赤道ジェット電流の方向が1対1に対応し、**磁気嵐回復相前期の地磁気変動は、R-2電流系が卓越する**
- 磁気嵐回復相後期では、**通常のSq電流系とは逆向きの電流系がオーロラ帯から赤道域で卓越する。**
- この期間の高度90kmの熱圏風は、回復相開始から1日後に**極域から赤道域に向かう南西方向へ変化し、2-3日以上も継続する。**
- 磁気嵐回復相で、**極域では半日周期の潮汐、赤道域では1日周期の潮汐波動**の振幅が大きくなることが判明し、極域での変化は、南極側で顕著であった。

V.2 今後の方針

○個々の磁気嵐イベントの解析(統計解析)

磁気嵐の大きさ、季節・太陽活動依存性はあるのか?

熱圏風変動の起こる条件、高度範囲

○中緯度の中性風データの解析

過去の研究で報告されている東向きの風速増大は本当か?

⇒稚内、山川のMFレーダー、信楽MUレーダーのデータ解析

○100km以上の熱圏風速変動の解析

北極、南極域の流星レーダー解析等

○赤道域の解析の強化

赤道大気レーダー(電離圏FAI観測)

A.1 他の磁気嵐イベント

