

MAGDAS/CPMNデータから見る宇宙天気

松下拓輝¹、阿部修司²、吉川顕正^{2,3}、魚住禎司²、
秋本開成⁴、小串修⁴、田埜綾香⁴、岩木美延⁴

1. Department of earth and planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University
2. International Center for Space Weather Science and Education (ICSWSE), Kyushu University
3. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University
4. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Sciences, Kyushu University



Outline

- ・ イントロダクション
 - ・ 地磁気変動(EEJとPi2)と宇宙天気に関連
- ・ 九大での宇宙天気研究の紹介
 - ・ EEJ研究のレビュー
- ・ 極端宇宙天気現象
 - ・ 巨大振幅Pi2

地磁気変動と宇宙天気

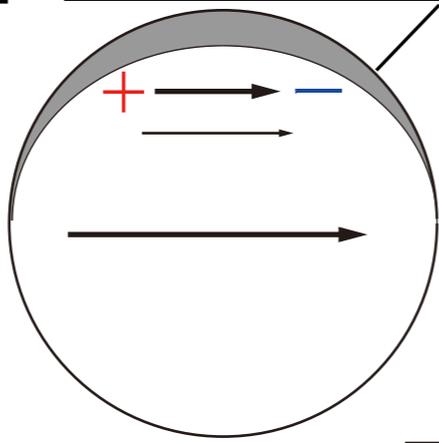
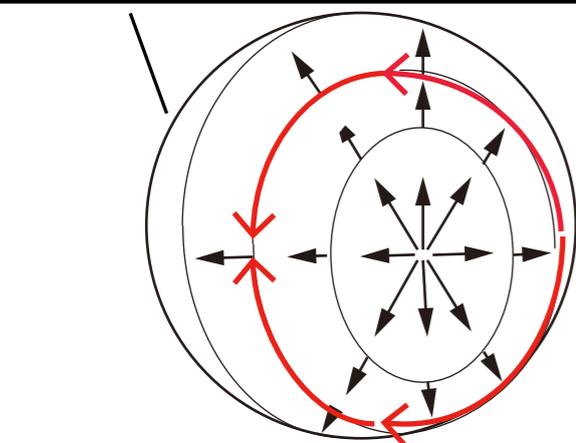
・ EEJと太陽活動

・ Pi2とサブストーム

EEJ

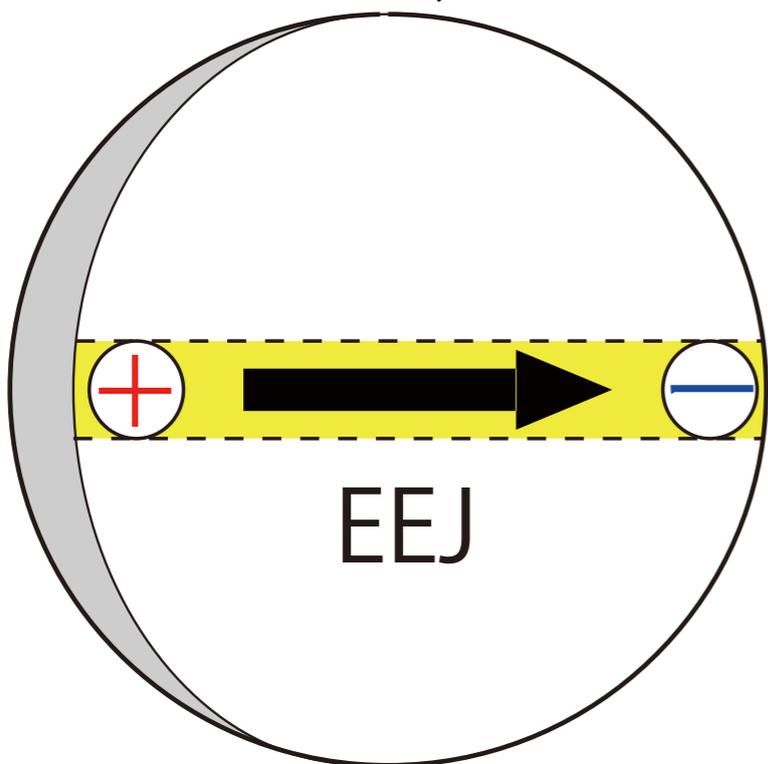
潮汐風(U)と磁場(B)の影響
($U \times B$)により Sq 電流が発生.
分極電場を形成

極域の電場が赤道域まで伝播
(e.g. Kikuchi and Araki, [1979])



→ : 潮汐風
→ : Sq 電流

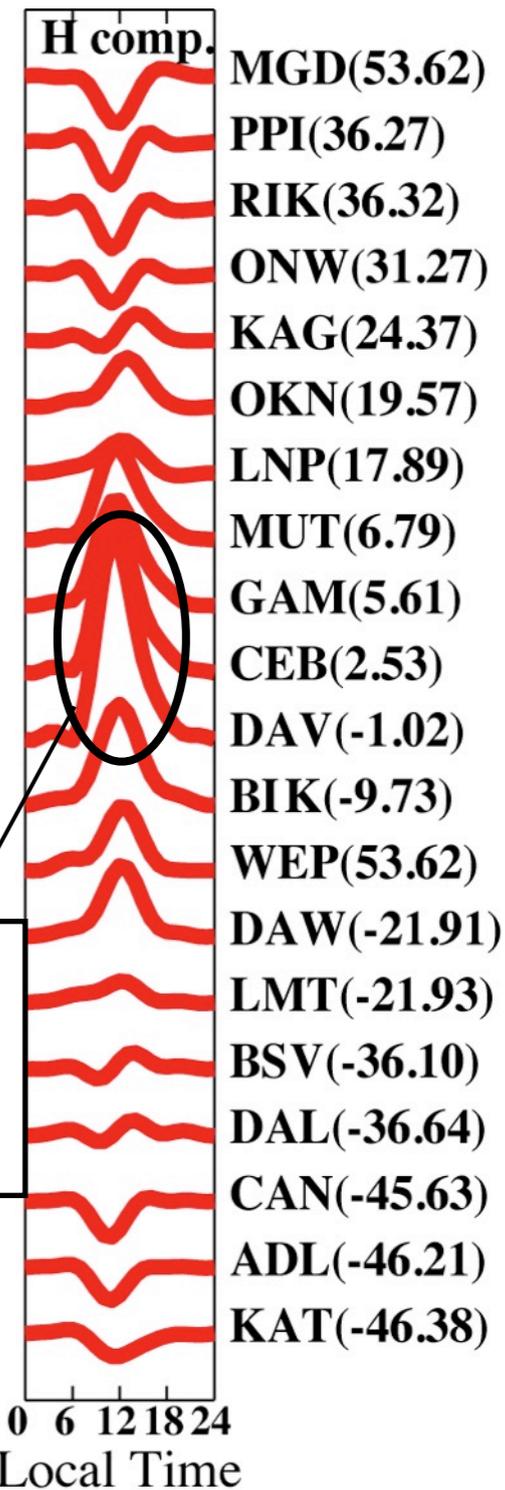
→ : 電場



EEJが作り出す北向き磁場の影響で赤道付近では磁場のH成分が強まる

EEJ

東向き電場方向の電流がカウリング効果 (cf. Hirono, [1950a,b])によって強められる。



図：地磁気静穏日における日変動の緯度分布(北向き)

地磁気変動と宇宙天気

・☪・ EEJと太陽活動

・☪・ Pi2とサブストーム

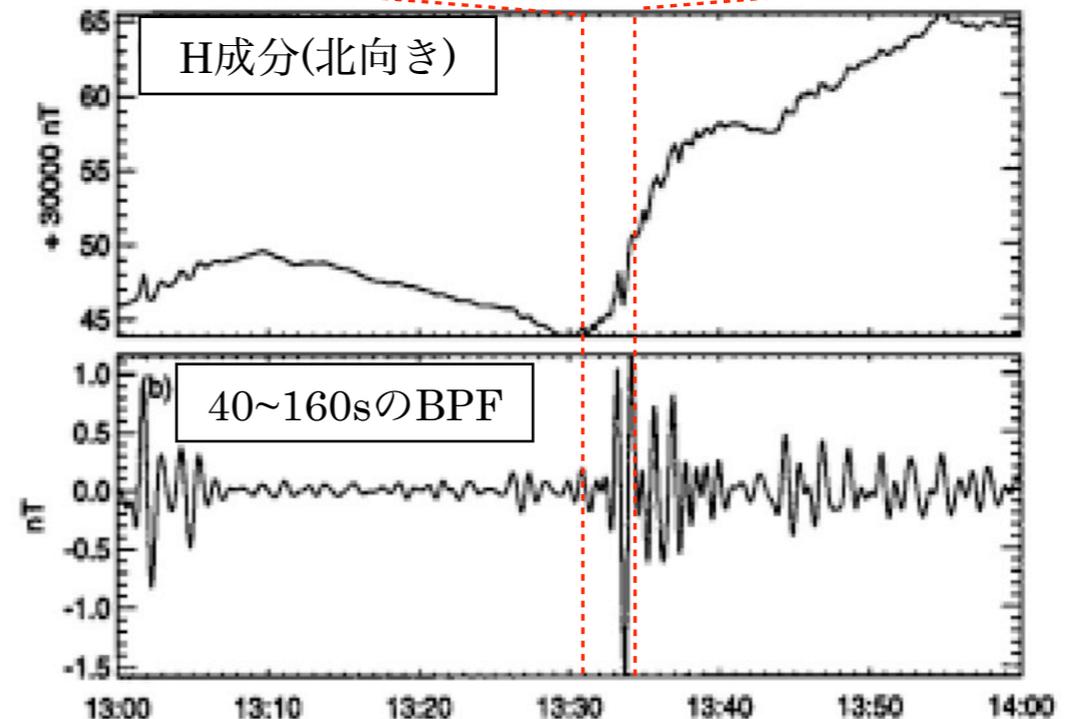
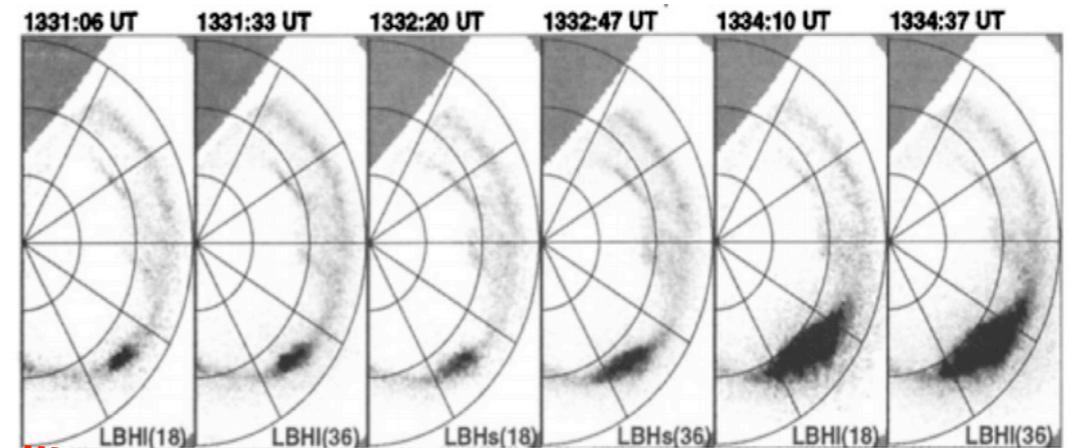
Pi2地磁気脈動

Pi2地磁気脈動

- 40~150秒の周期
- サブストームの爆発相と同時に観測

Type		Period range (sec)
Continuous pulsations	Pc 1	0.2- 5
	Pc 2	5- 10
	Pc 3	10- 45
	Pc 4	45-150
	Pc 5	150-600
Irregular pulsations	Pi 1	1- 40
	Pi 2	40-150

表：地磁気脈動の分類



図：サブストームのブレイクアップに対応したPi2地磁気脈動

(modified [Liou et al, 2000])

MAGDAS/CPMNP network

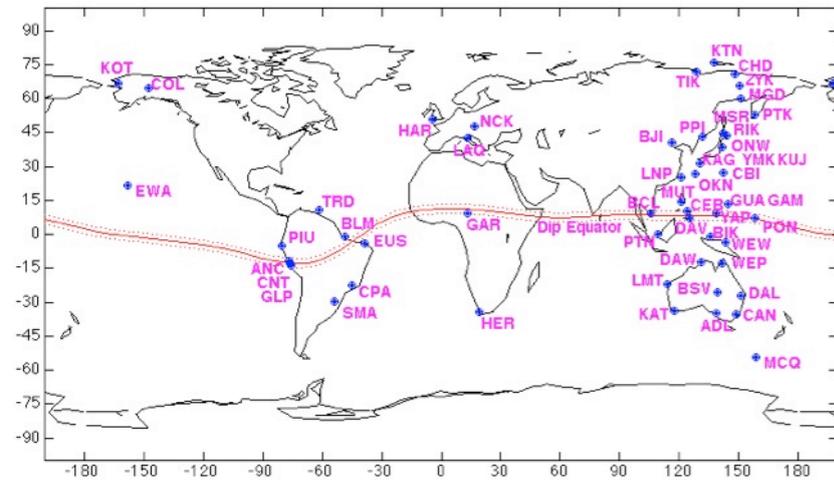
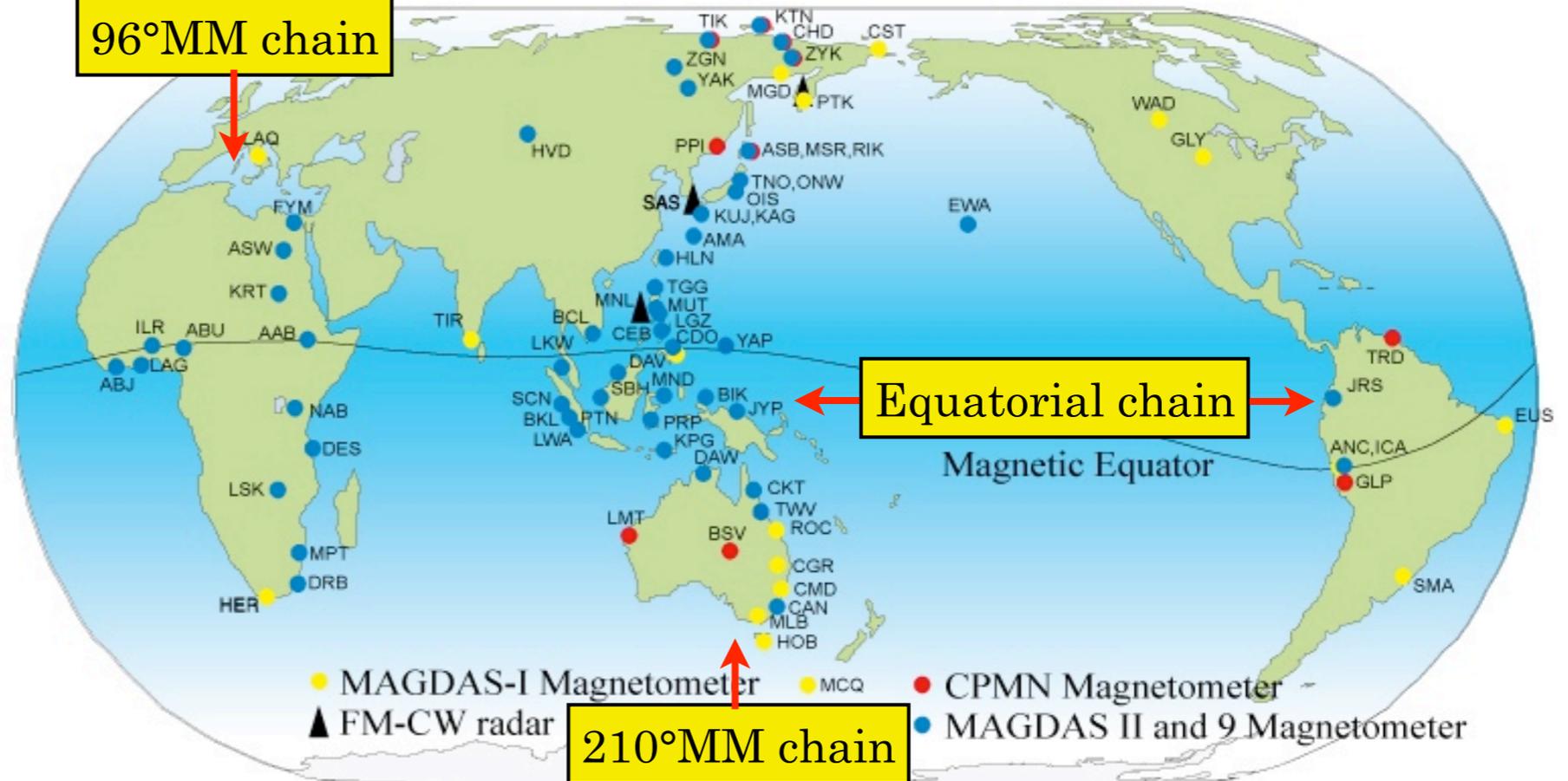
MAGDAS/CPMNP

(MAGnetic Data Acquisition System/Circum-pan Pacific Magnetometer Network)

96°MM chain

Equatorial chain

210°MM chain



CPMNP観測点 (1998年, 35カ所)

観測期間：1996年～ (CPMNP), 2005年～ (MAGDAS)

観測点数：72カ所 (2013年9月時点)

EEJ研究のレビュー ~結合系の理解~

EEJ研究の意義と問題点

$$\underline{J_{EEJ}} = \sigma_c E_0$$

EEJを決定するファクター

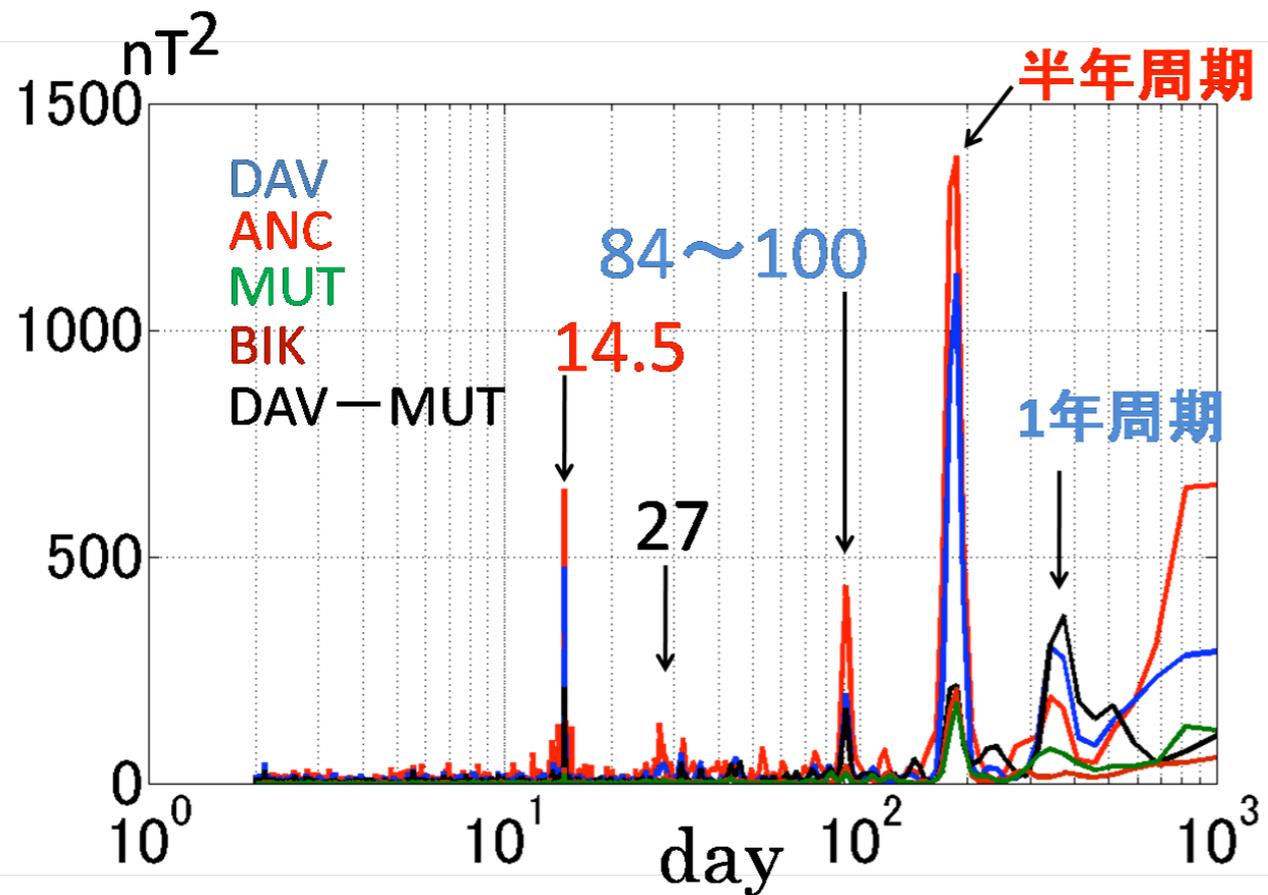
EUUV, X-ray flux, 月潮汐, 太陽潮汐, 大気とのカップリング, ...etc

複雑な結合系

地上磁場変動から、太陽活動の効果のみを独立させるのが困難

EEJのレビュー 「周波数解析」

Numata, [2009, 修論]



EE-index (T. Uozumi et al., [2009])

磁気赤道の磁場変動を EDst, EU, ELに分けた指数。EDstはグローバルな変動を示し、EU, ELはそれぞれ東向き、西向きのローカルな変動に対応する。

EE-index (EU)の周波数解析(1998~2003年)
(Numata, [2009, 修論])

周期	変動の特徴	考えられる要因
14.5日	磁気赤道で急峻, 12~1月に発達	月潮汐, 惑星波
半年	Ap指数と相関あり, 春・秋にピーク	R-M効果
1年	強い緯度依存性, 12~1月にピーク	カウリング伝導度

EEJのレビュー ～月潮汐との関係性0～

Fujita, [2011, 修論]

・解析の流れ

$$LEEJ = Hcomp - EDst$$

グローバルな赤道磁場変動の除去

$$\Delta LEEJ = LEEJ - \overline{LEEJ}$$

月齢3周期分の平均との偏差を計算

△LEEJの長期変動を解析

↓

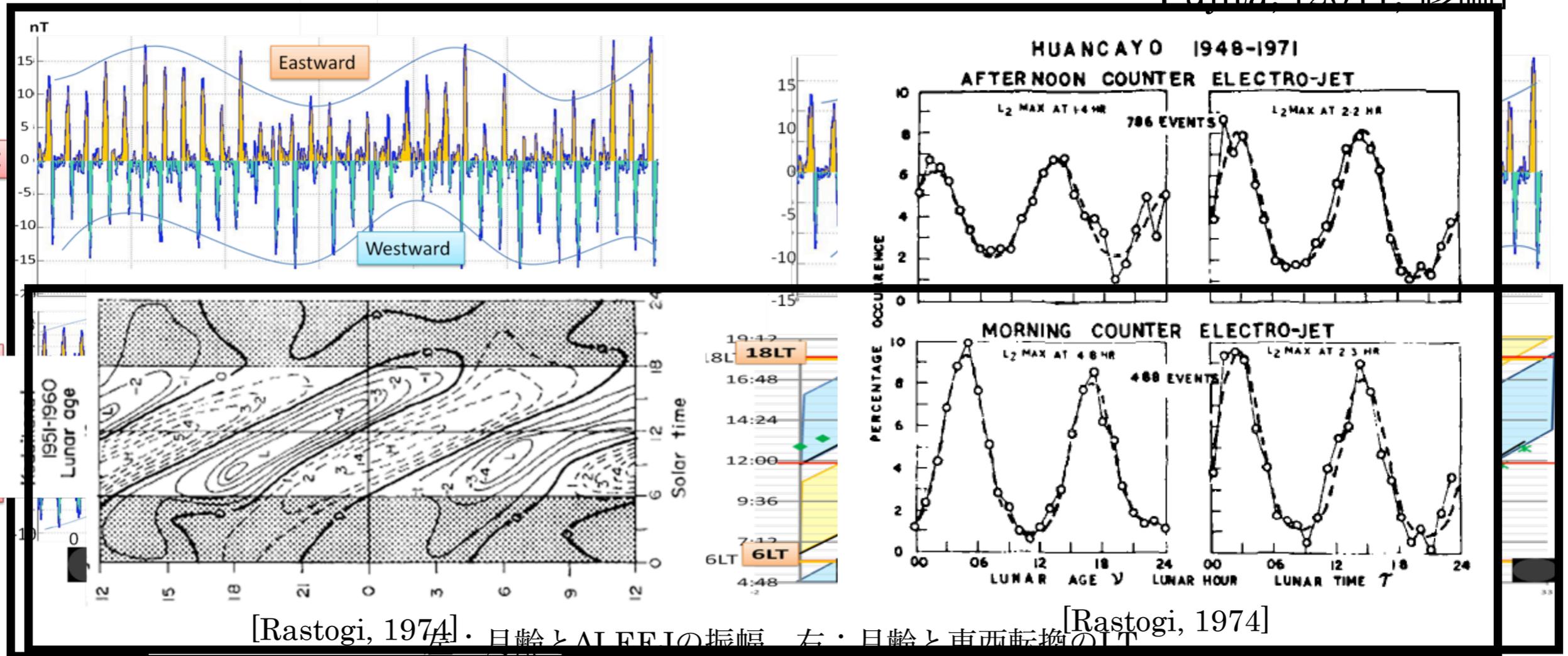
先行研究との比較・△LEEJの妥当性を検証

↓

△LEEJのEEJへの効果の定量解析

EEJのレビュー ～月潮汐との関係性1～

Fujita [2011, 修論]



Fujita, [2011, 修論]

	ANC	ILR	YAP
EEJ平均変動(\overline{LEEJ})の最大値	87nT	52nT	69nT
月潮汐効果 ($\Delta LEEJ$)の最大値 (月潮汐効果の最大値 / EEJ平均変動の最大値)	Eastward (正)	10nT (19%)	13nT (19%)
	Westward (負)	-20nT (23%)	-14nT (20%)
月潮汐効果peak-to-peakの平均 (peak-to-peakの平均 / EEJ平均変動の最大値)	23nT (26%)	12nT (23%)	15nT (22%)

→ ~20%

→ ~25%

月潮汐のEEJへの影響 (Fujita, [2011, 修論])

EEJのレビューのまとめ

• EEJの複雑な結合系を理解する為には...

→ EUVやX線、潮汐の効果等を抽出

• 結合系理解の方策の可能性として...

→ 周波数解析による変動の抽出・解析

(cf. Y. Numata, [2007, 修士論文])

• EEJへの月潮汐の効果...

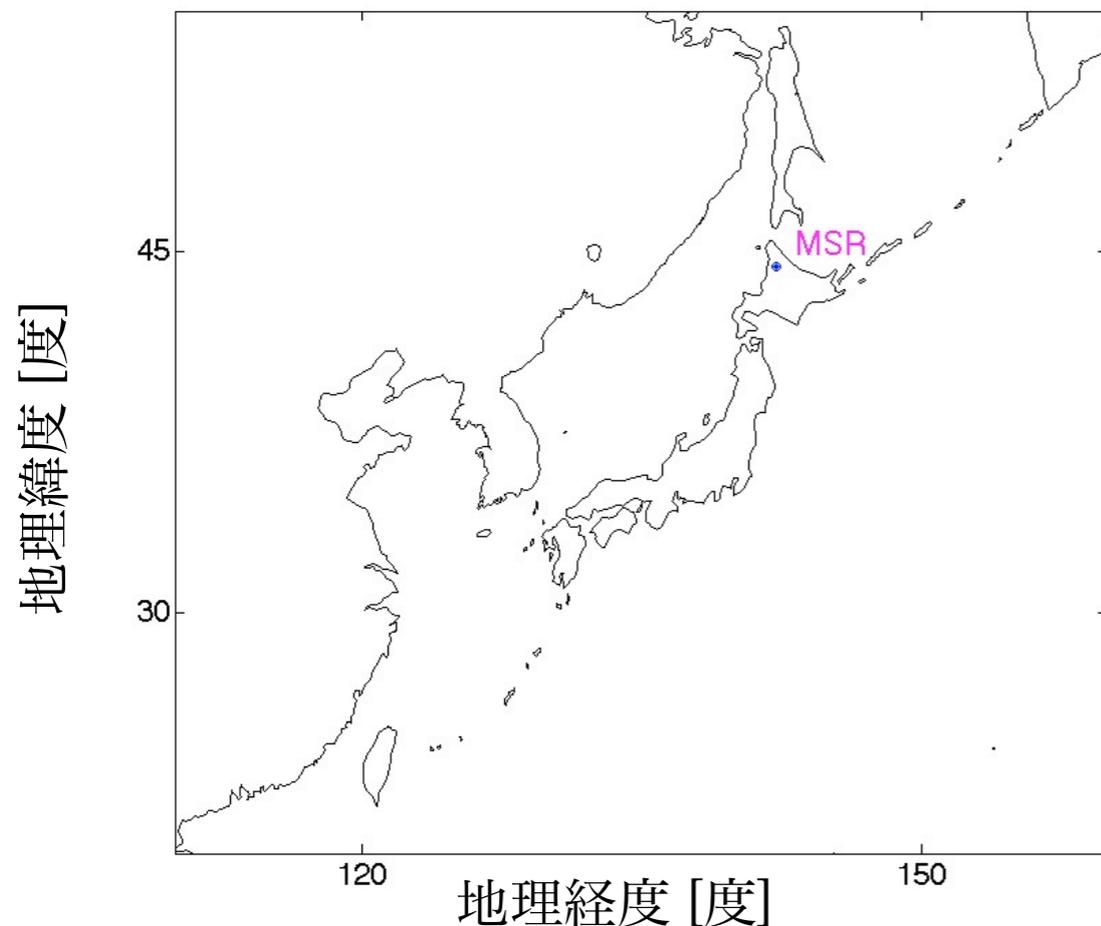
→ Δ LEEJの定量的解析から、EEJへの月潮汐の効果は20~25%程

(cf. Y. Fujita, [2011, 修士論文])

極端宇宙天氣現象 ~巨大振幅Pi2~

データセット

- Pi2 : CPMN, MSR (磁気緯度 37.38, 磁気経度 213.34)
- サブストーム : WDC for geomagnetism Kyoto, AE指数
- 解析期間 : 第23周期: 1998~2000年, 第24周期: 2011~2013年



図：MSR観測点の地図

イベント選定方法

Imajo, [2012, 修論]

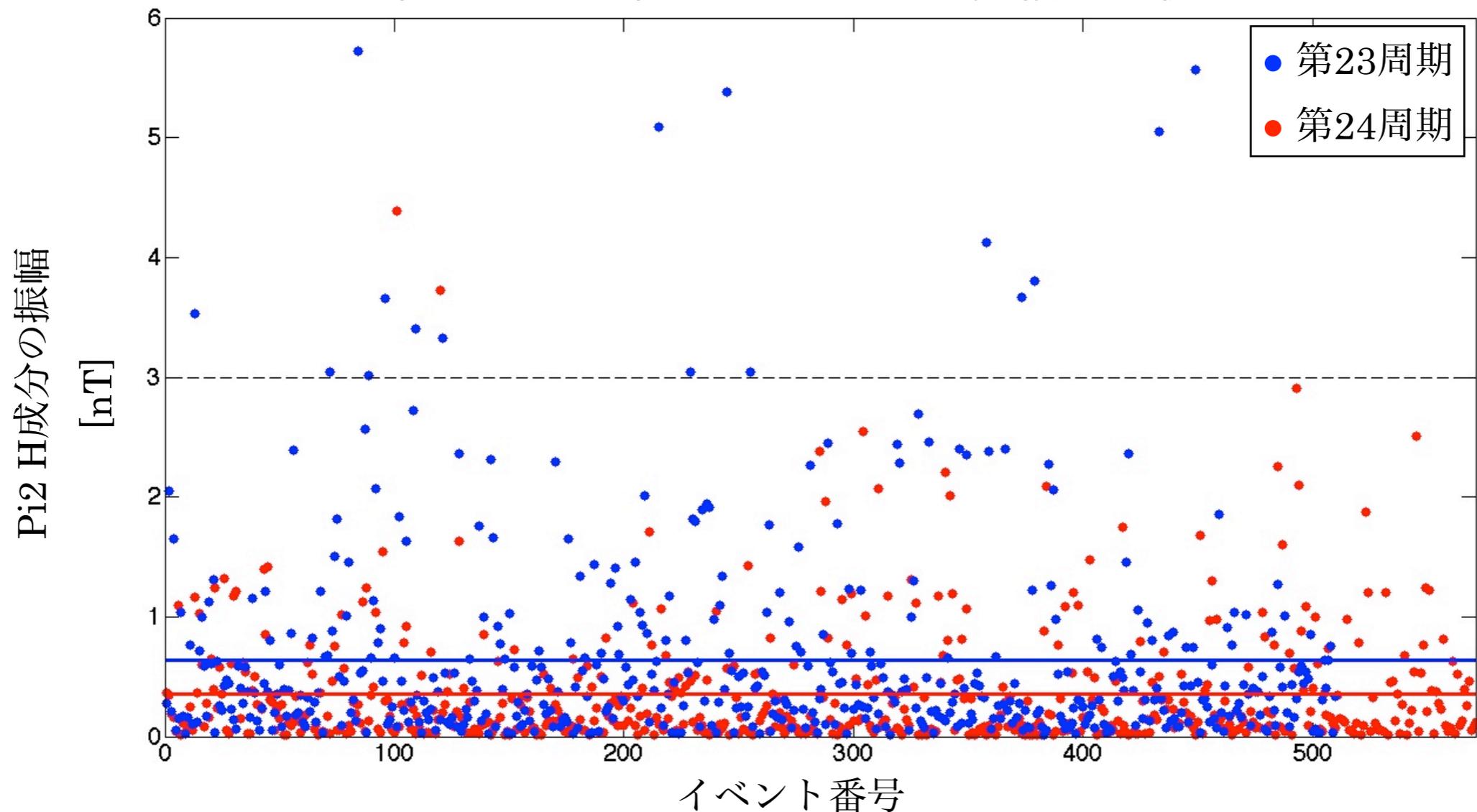
1. H, D成分の磁場生データに40~150秒のBPF
2. BPF後のデータで、 $(\Delta H * \Delta H + \Delta D * \Delta D)$ を計算し、ピークを3次エルミート補間
3. 設定した閾値を超える wave powerのピーク(P_{\max})を見つける
4. 3で検出したピークの10~5分前までのwave powerの平均を背景擾乱(D_b)とする
5. $\log_{10}(D_b/P_{\max})$ をピークの孤立度とし、孤立度が閾値を下回るものをPi2イベントとする

巨大振幅Pi2イベント

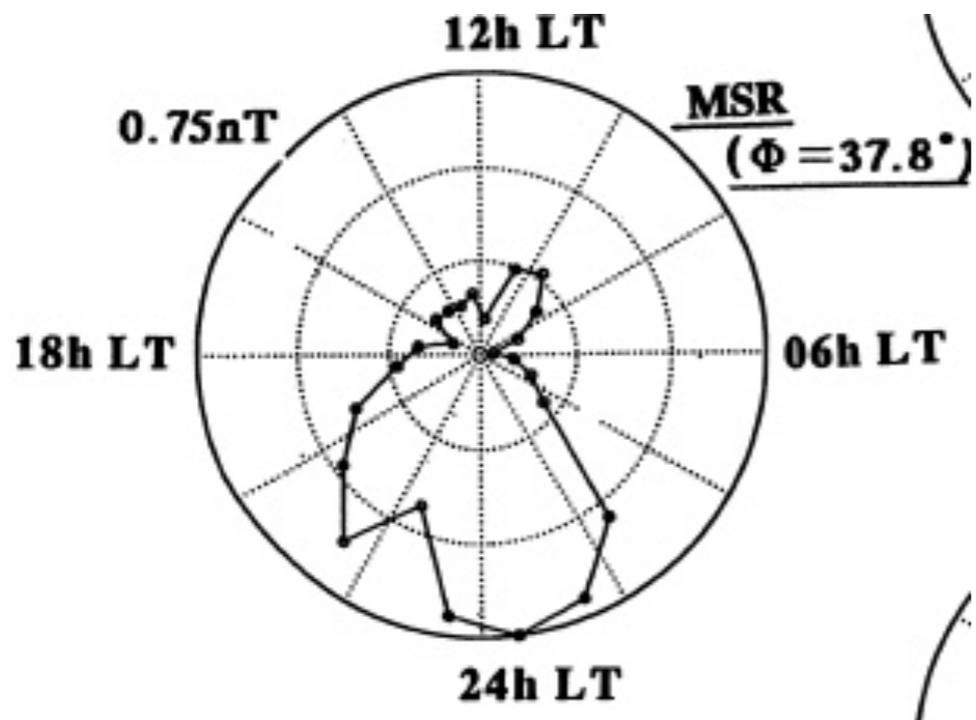
	第23周期	第24周期
Pi2発生回数	510回	571回
平均振幅	0.635 nT	0.355 nT
極端振幅回数	16回	2回

巨大振幅の定義
[Pi2(H成分)の振幅] ≥ 3 nT以上

～第23周期と第24周期でのPi2振幅の比較～



Pi2振幅のLT依存性

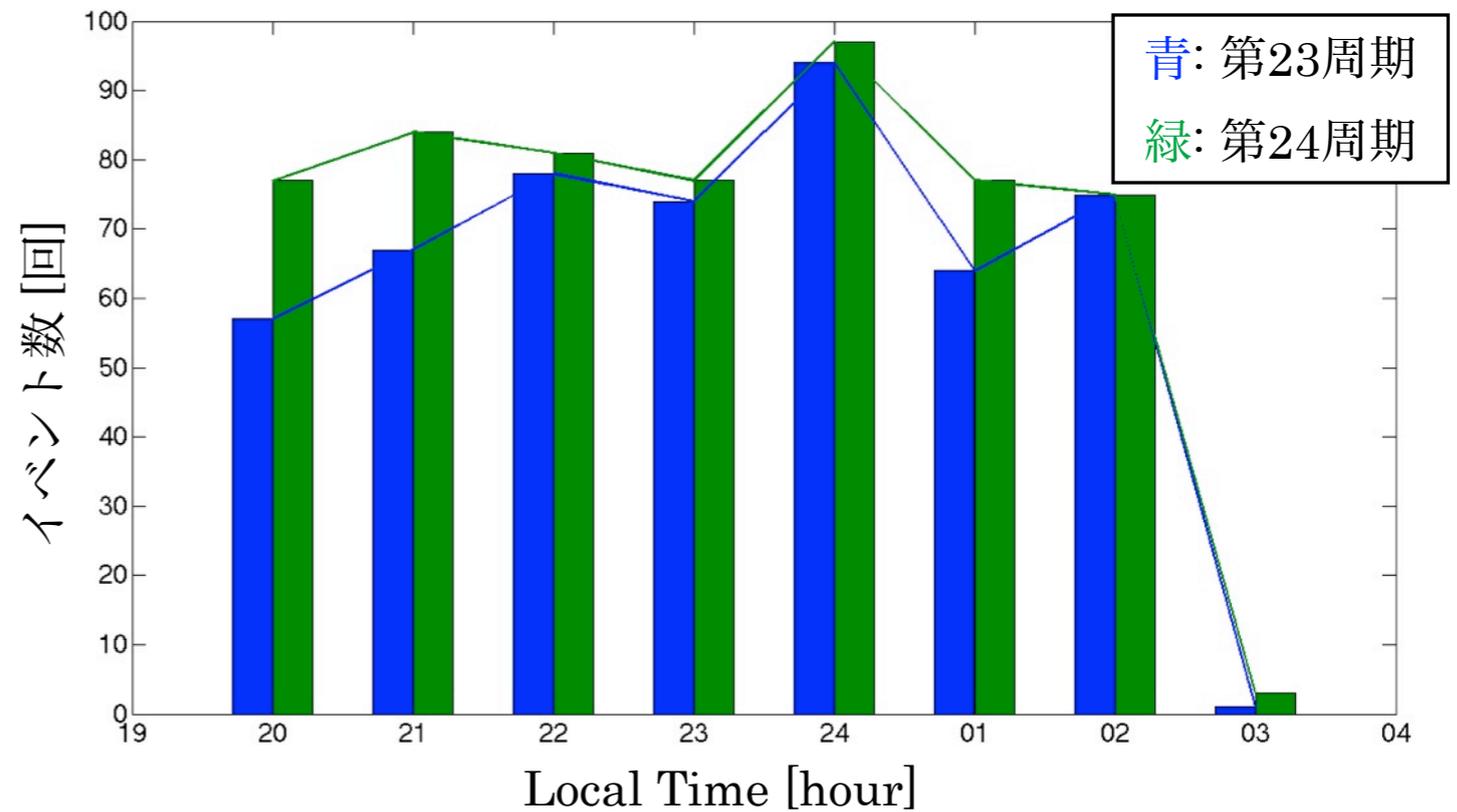


Pi2 水平成分MSRのLT分布

[K. Yumoto et al., 2001]

24LT前後にピーク

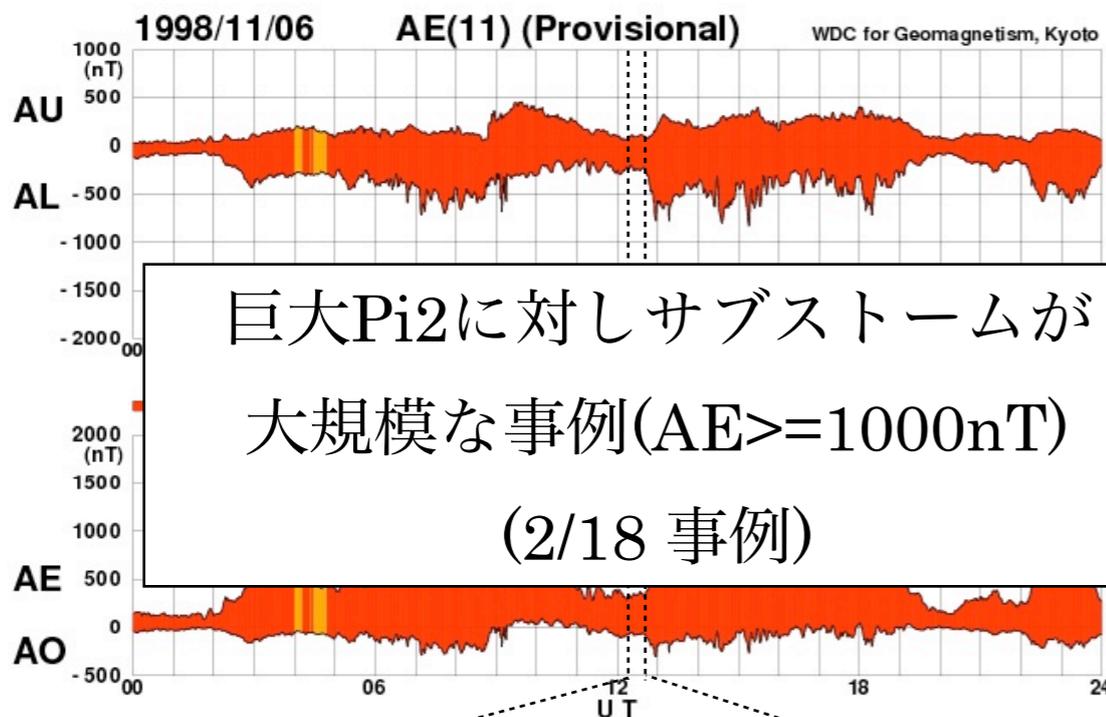
今回のPi2イベント数とLocal Time



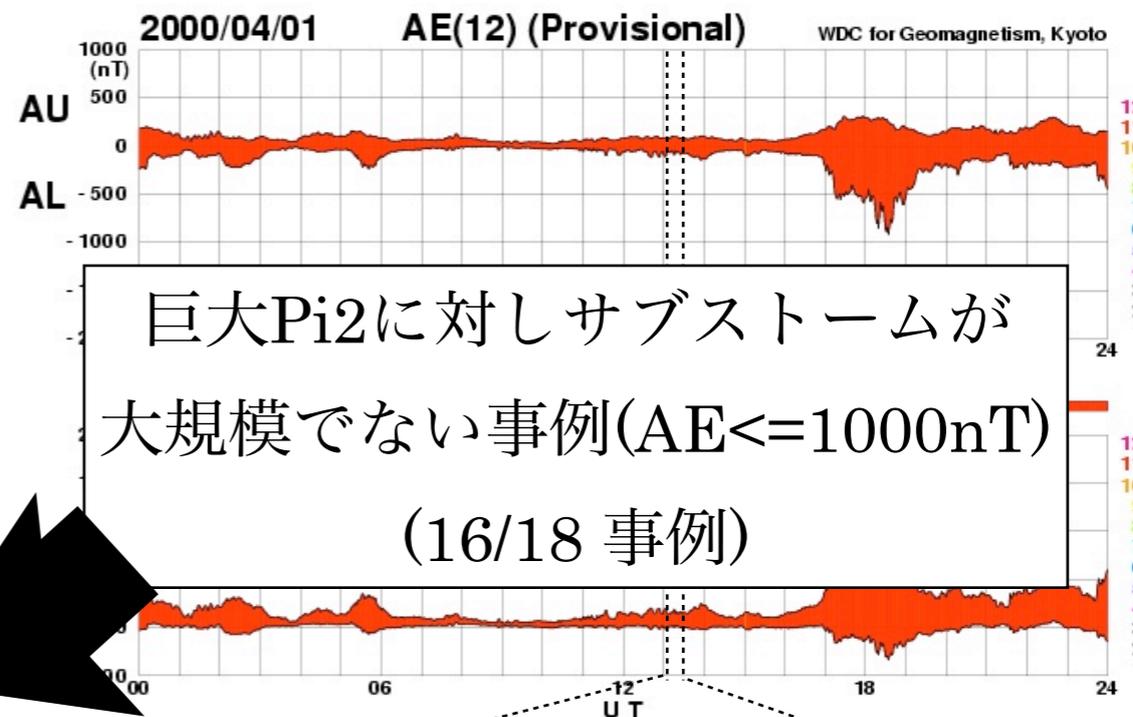
両者に分布の
偏りなし

23周期と24周期の差異は
LT以外の要因

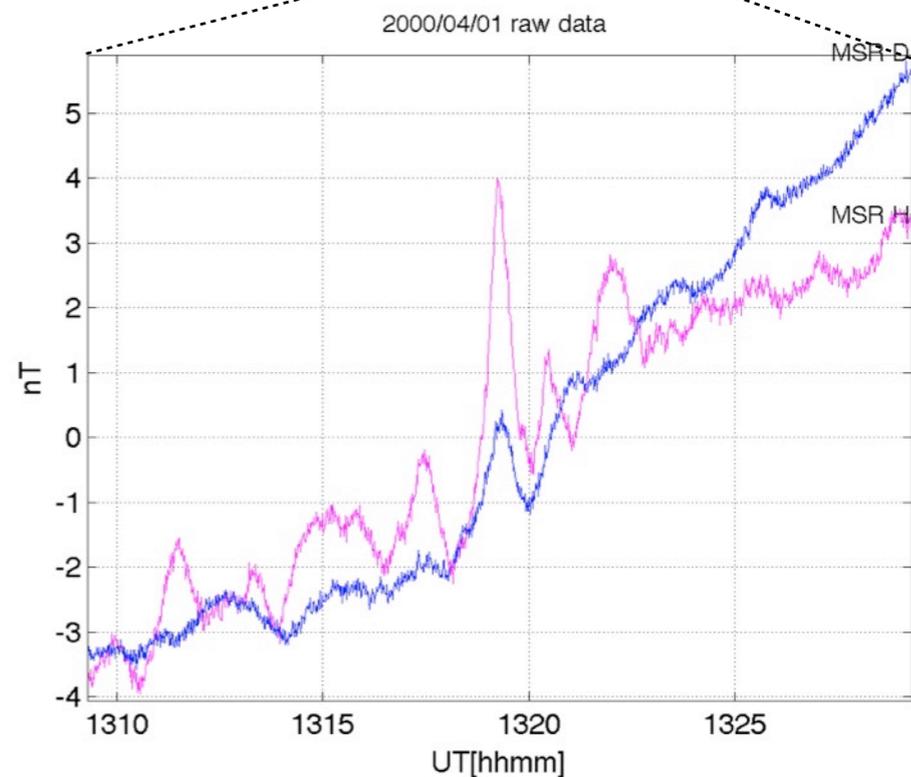
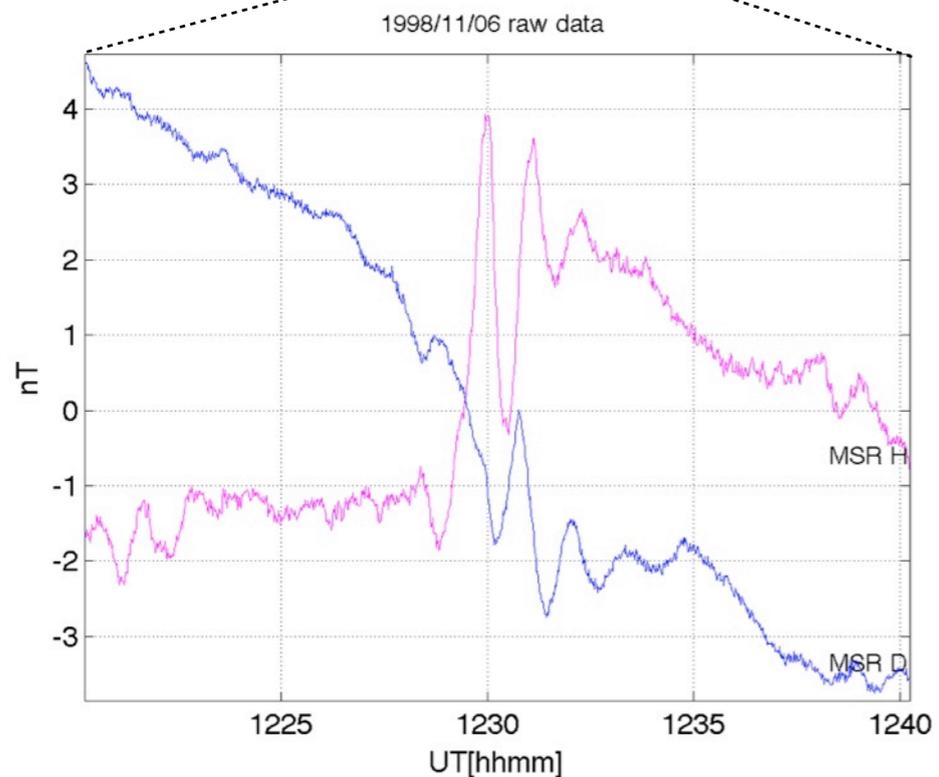
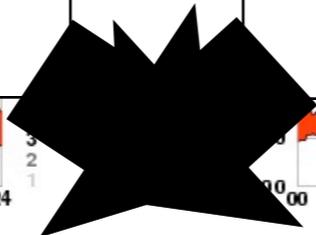
巨大振幅Pi2とサブストームの対応



巨大Pi2に対しサブストームが大規模な事例(AE \geq 1000nT)
(2/18 事例)



巨大Pi2に対しサブストームが大規模でない事例(AE \leq 1000nT)
(16/18 事例)



極端Pi2現象のまとめ

- 第23周期と第24周期におけるLT分布の偏り
 - どちらの周期もほぼ同じ様に分布
 - 今回の極端イベントの発生要因は、K.Yumoto et al.,[2001]の報告にある、LT依存によるものではない。
- サブストームの大きさへの依存
 - 極端イベントのほとんどにおいて、AEは1000nT以下
 - サブストームとの関係はほとんどない。

今後の展望

• EEJと太陽活動の関係性

- EEJの各周期において、数周期分の変動平均からの偏差を調べる事で、各周期の変動特性の解析を行う。
- EEJの太陽活動依存部分を抽出し、太陽活動に対するEEJ変動予測の確立。

• 巨大振幅Pi2

- 様々な太陽・太陽風パラメータと比較、振幅を決めうるパラメータから、Pi2の発生・発達メカニズムについて議論。

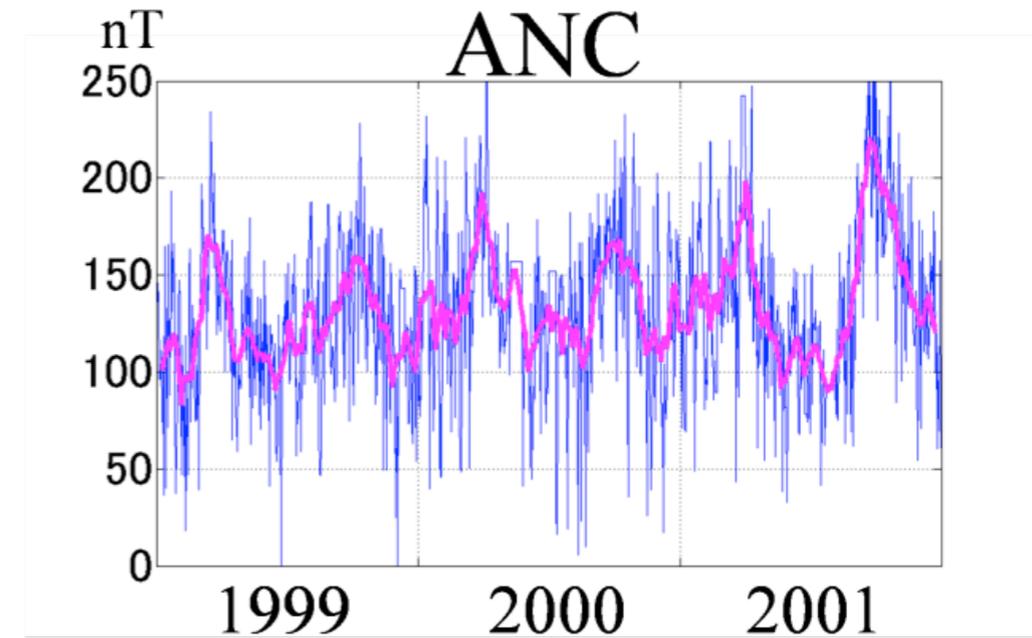
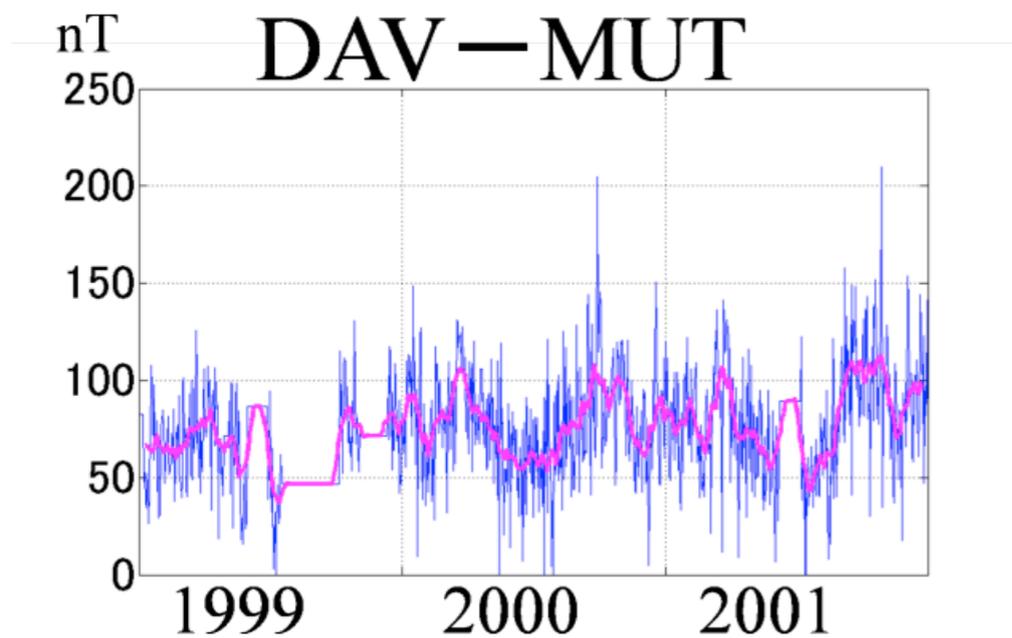
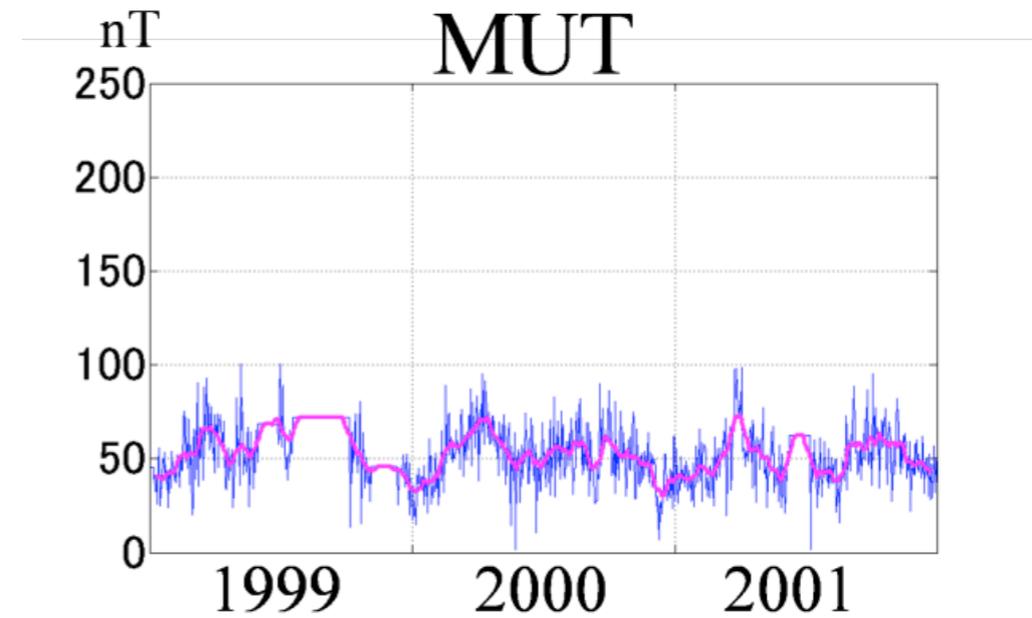
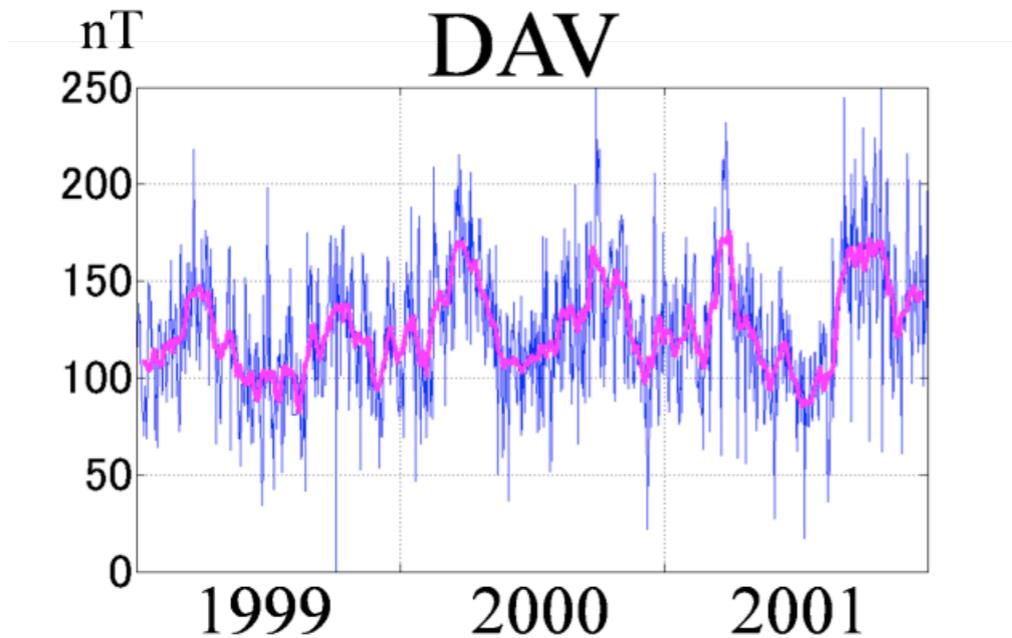
Acknowledgement

MAGDAS/CPMN group, Kyushu University

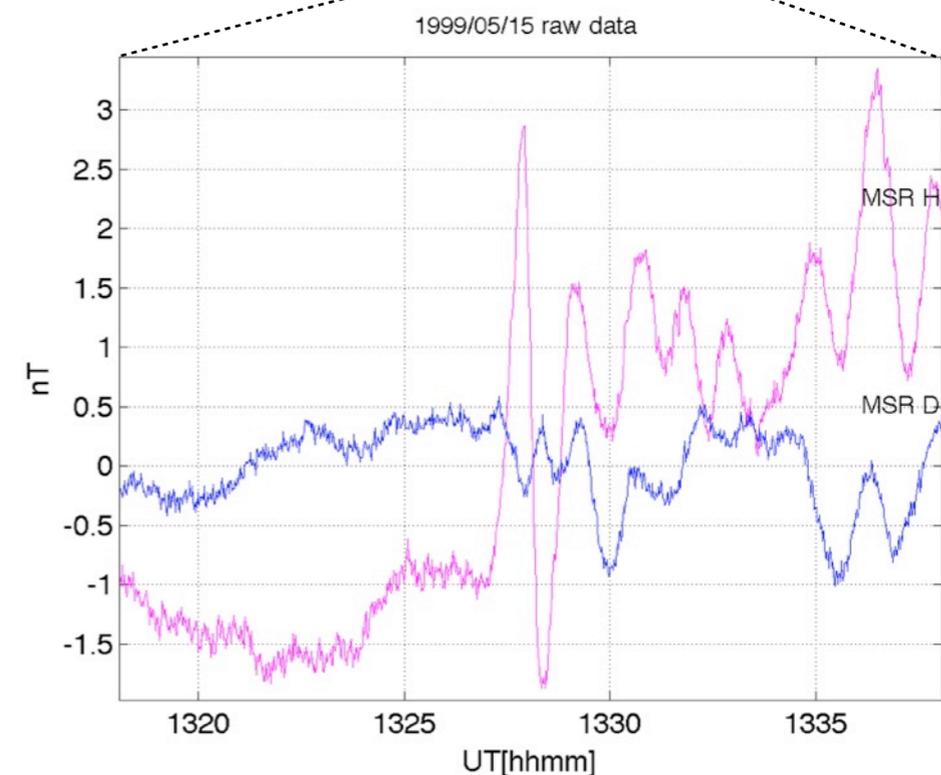
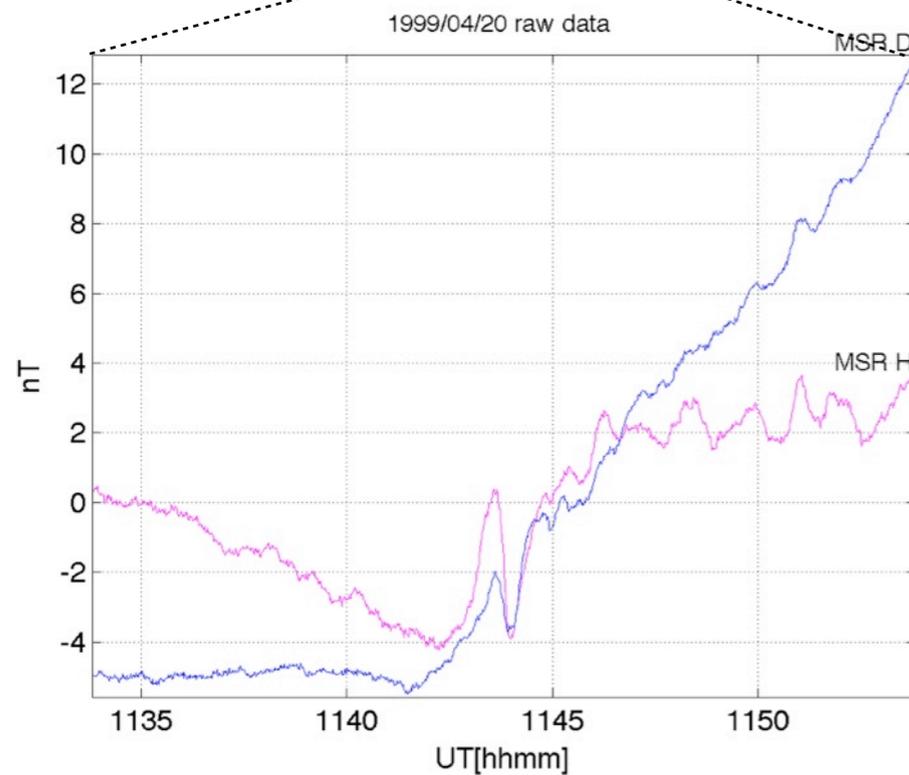
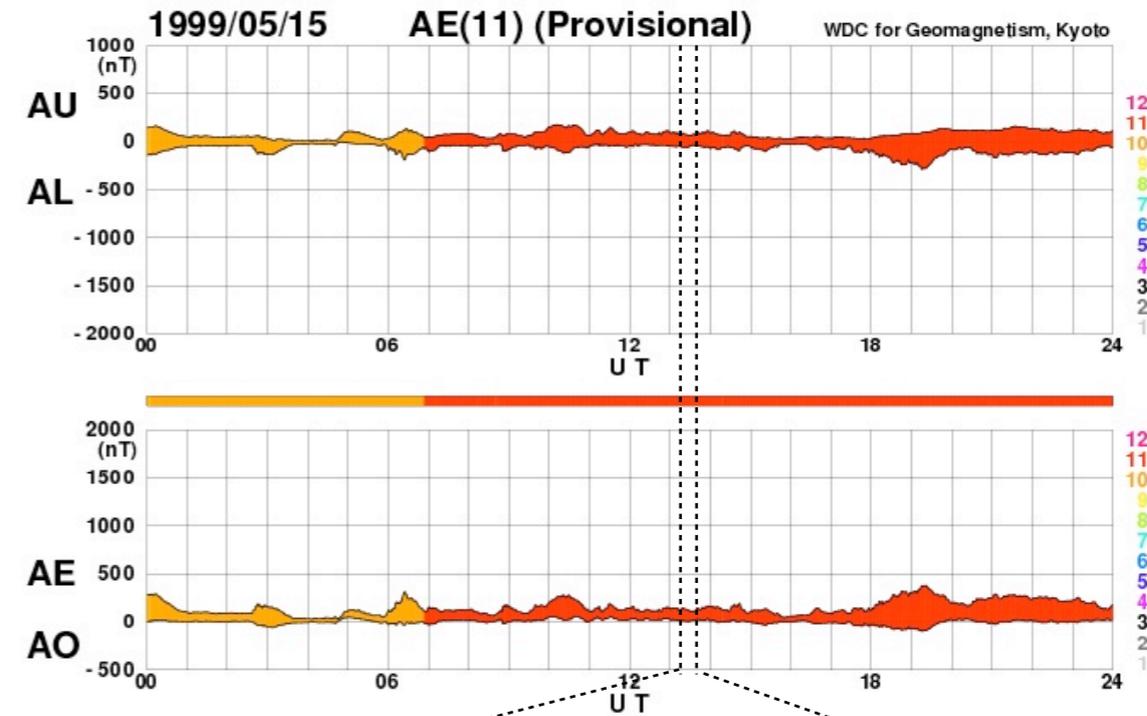
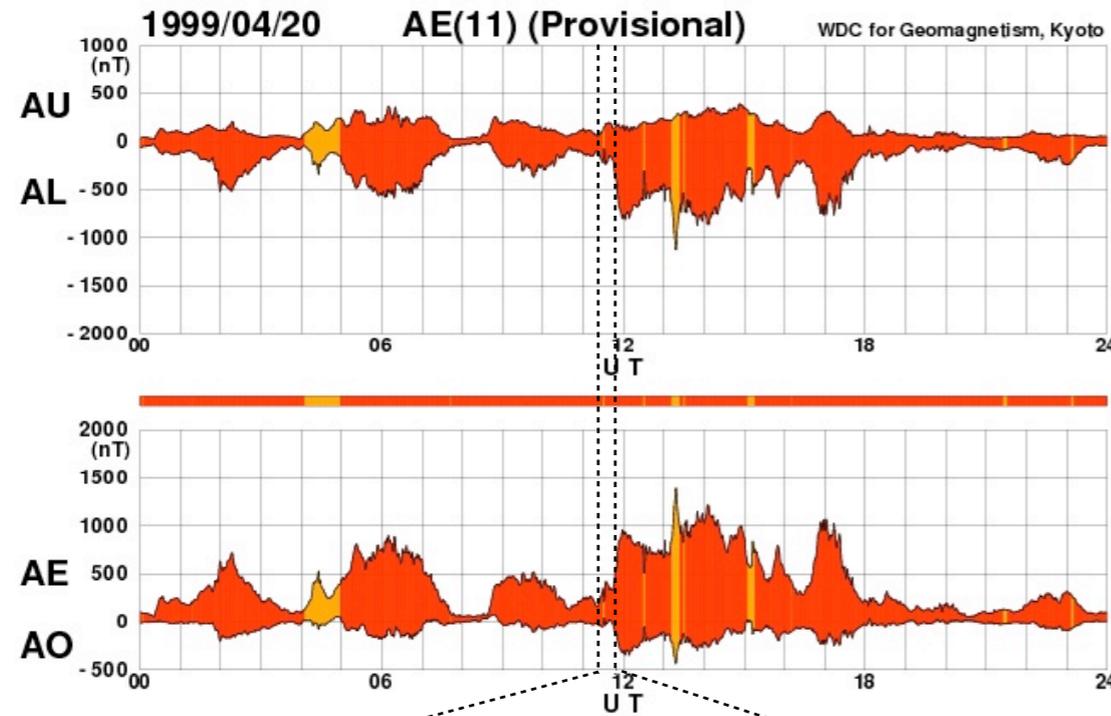
WDC for Geomagnetism, Kyoto

JSPS Core-to-Core

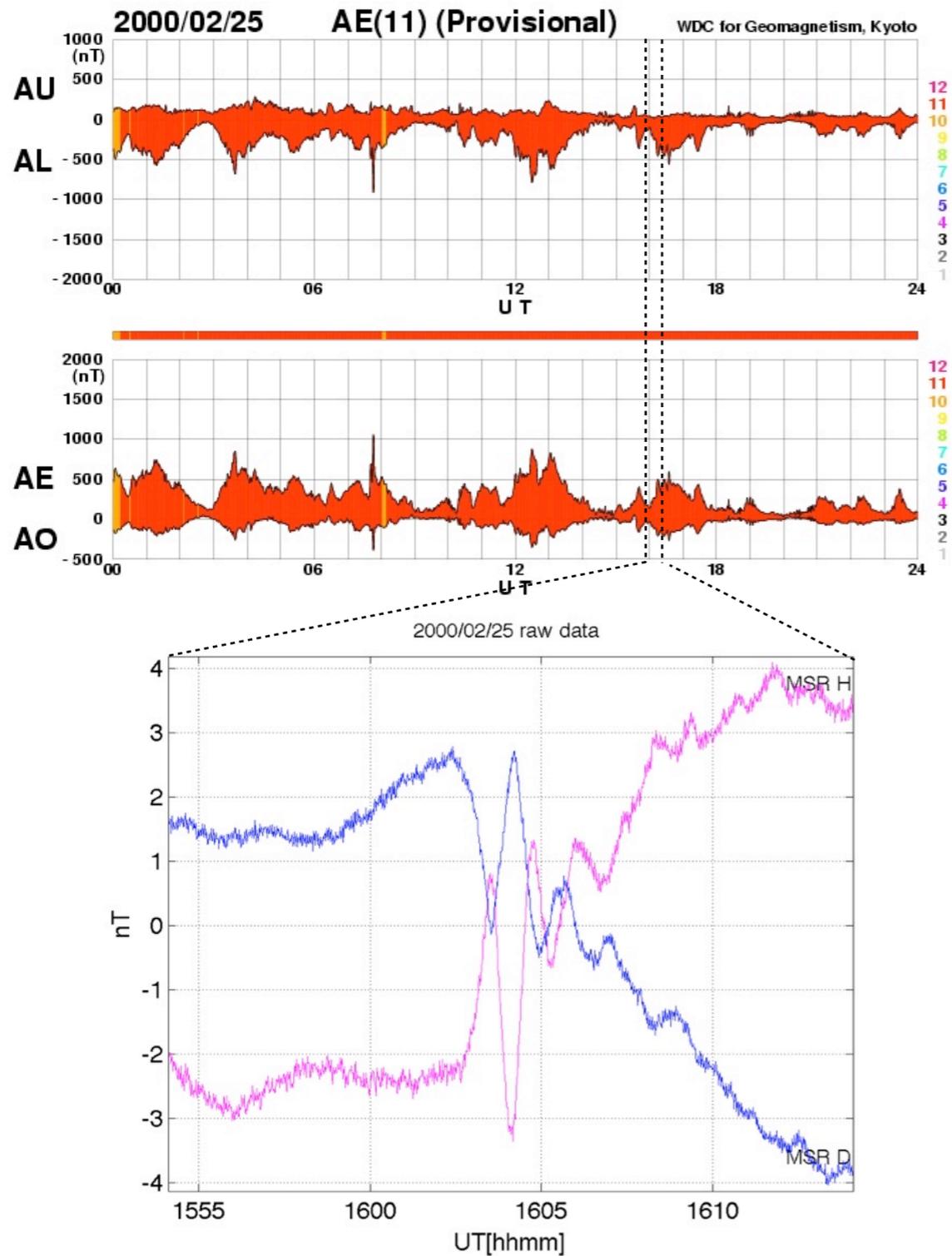
EEJのレビュー ～周波数解析 ex1～



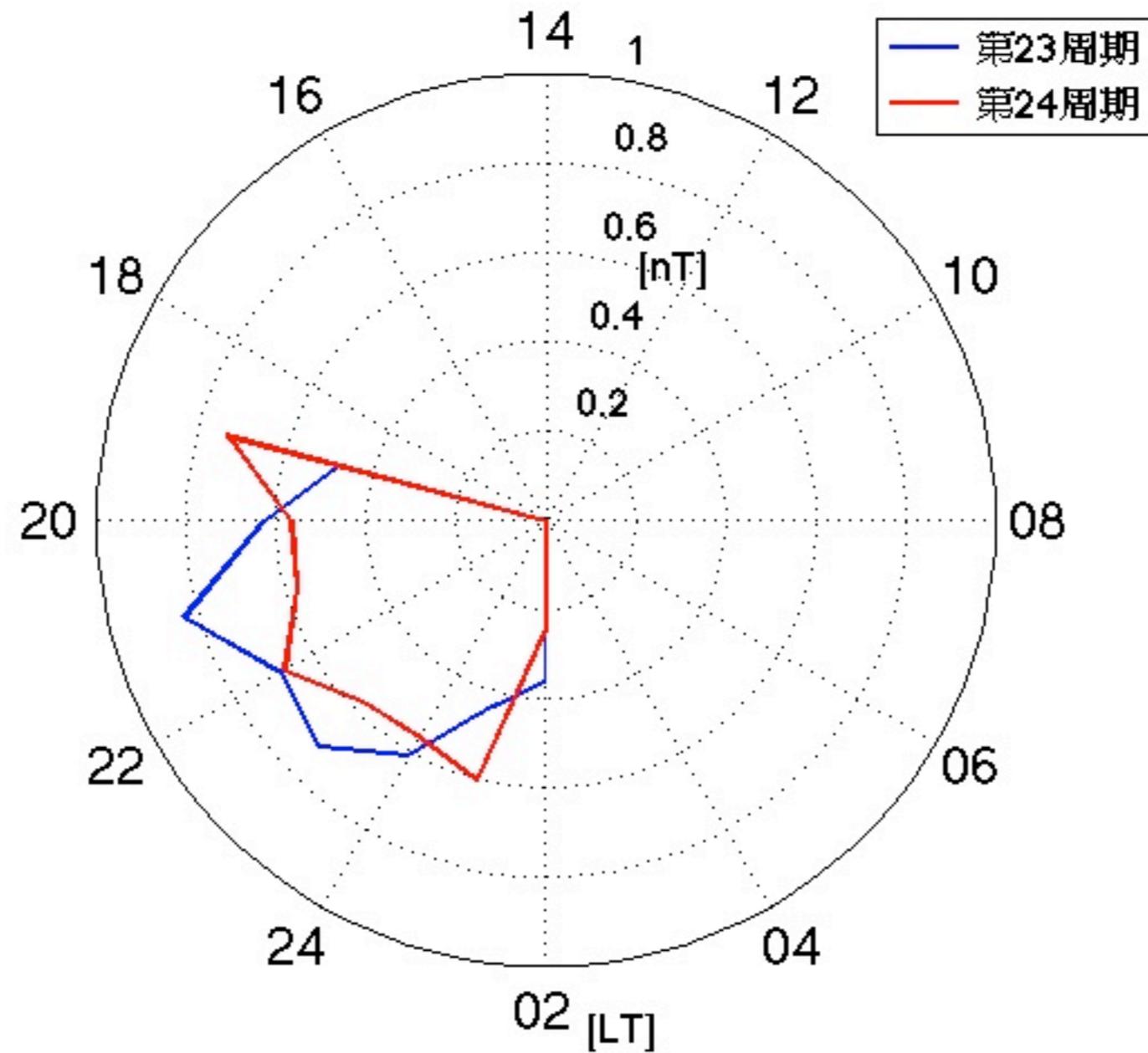
極端振幅Pi2とサブストームの対応2



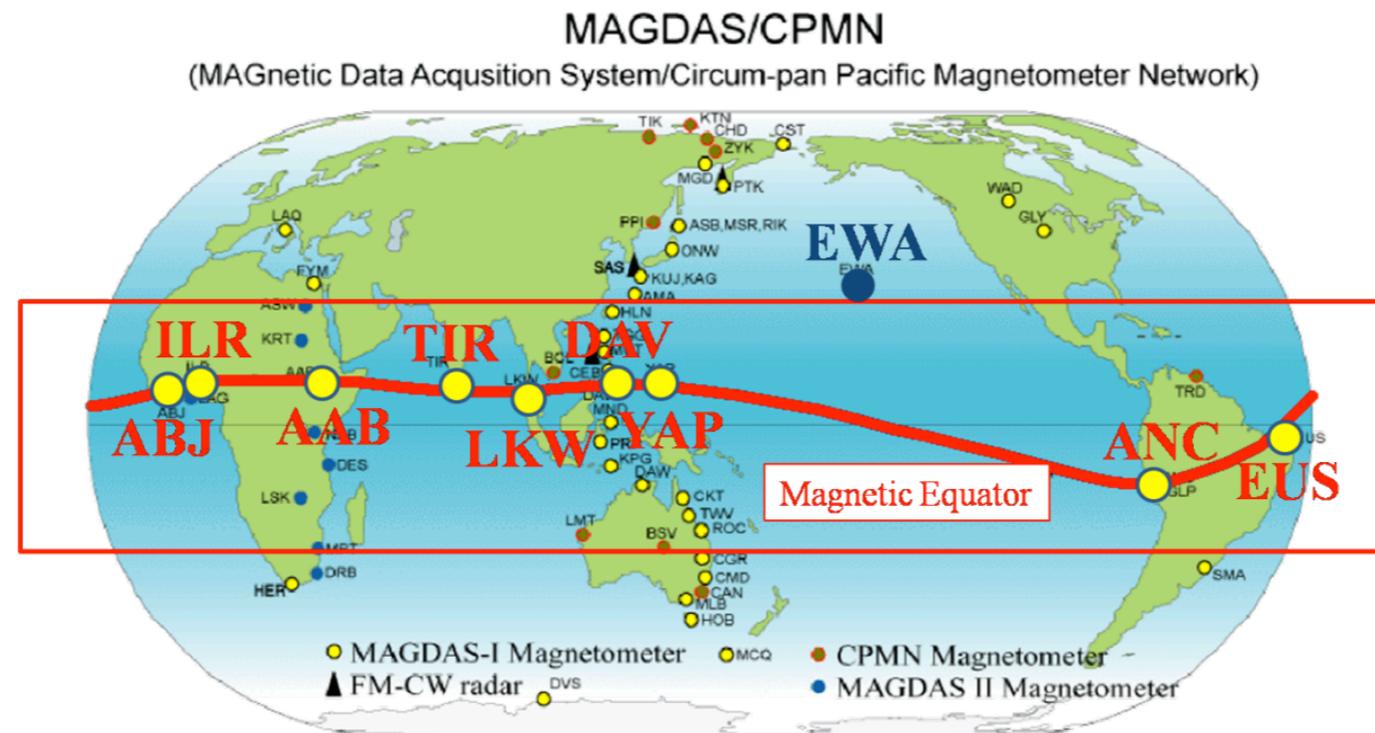
極端振幅Pi2とサブストームの対応3



今回のイベントにおけるPi2振幅LT依存性



EE-indexについて



図：EE-index 使用観測点一覧

$$EDst_{1m}(m) = \left. \sum_{S|LT=18-06} ER_S(m) \right|_{LT=18-06} / \left. N(m) \right|_{LT=18-06} \quad EU, EL = (H)component - EDst$$

(ER_s; S観測点がLT=18~06時に位置したときのH成分の1分値)

(N; LT=18~06に位置する観測点の個数)

左：EDstの導出方法、右：EU, ELの導出方法

[T. Uozumi et al., 2008]

巨大振幅Pi2の考察

