

Pi2型地磁気脈動の昼間側電離層 電流系の2次元構造

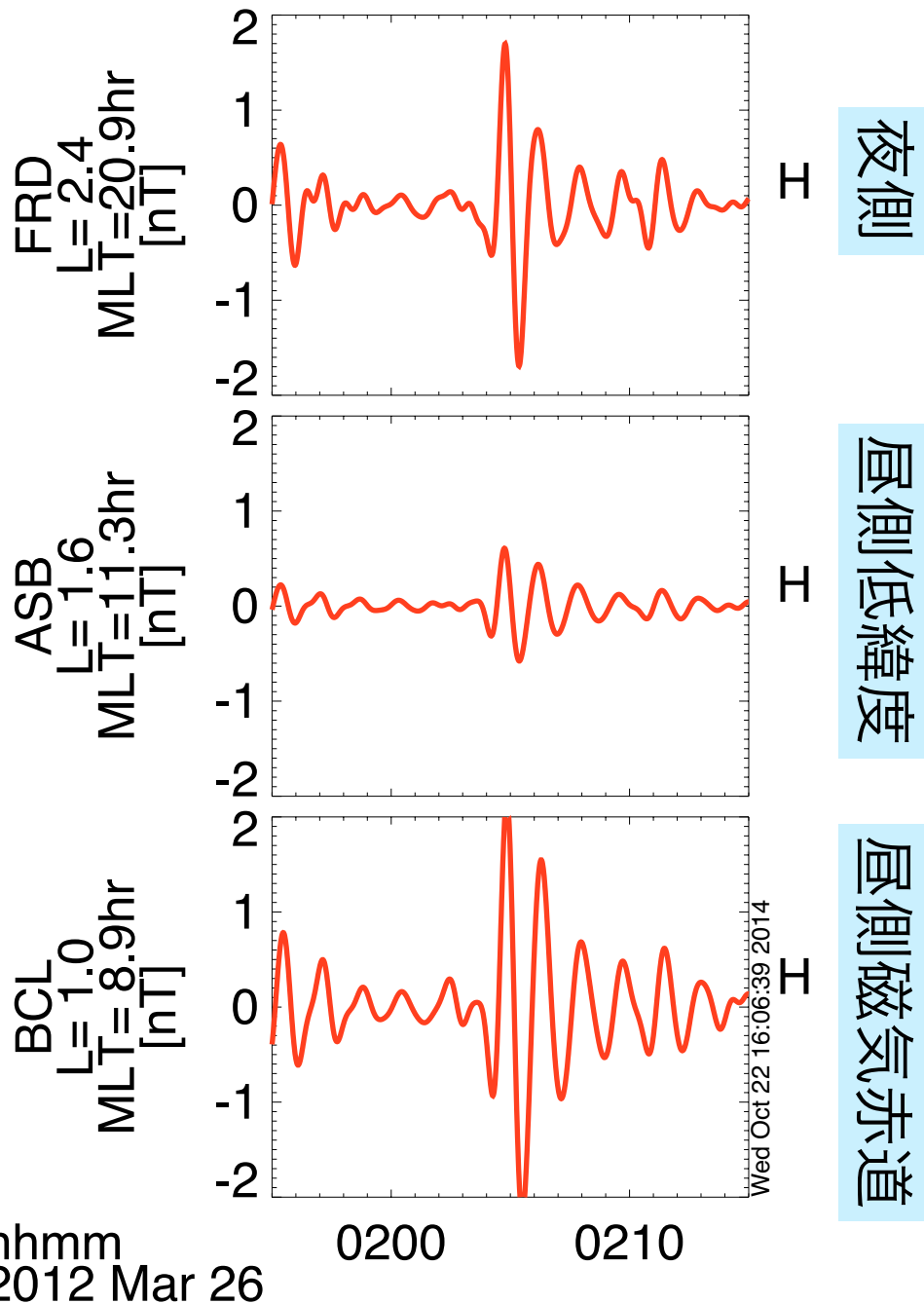
今城 峻¹⁾, 吉川 顕正²⁾¹⁾, 魚住 禎司²⁾, 大谷 晋一³⁾, 中溝 葵⁴⁾

1) 九州大学 理学府地球惑星科学専攻,

2) 九州大学 国際宇宙天気科学研究・教育センター(ICSWSE),

3) Johns Hopkins大学 応用物理学研究所(APL), 4) 情報通信研究機構(NICT),

Pi2の昼間側への伝播



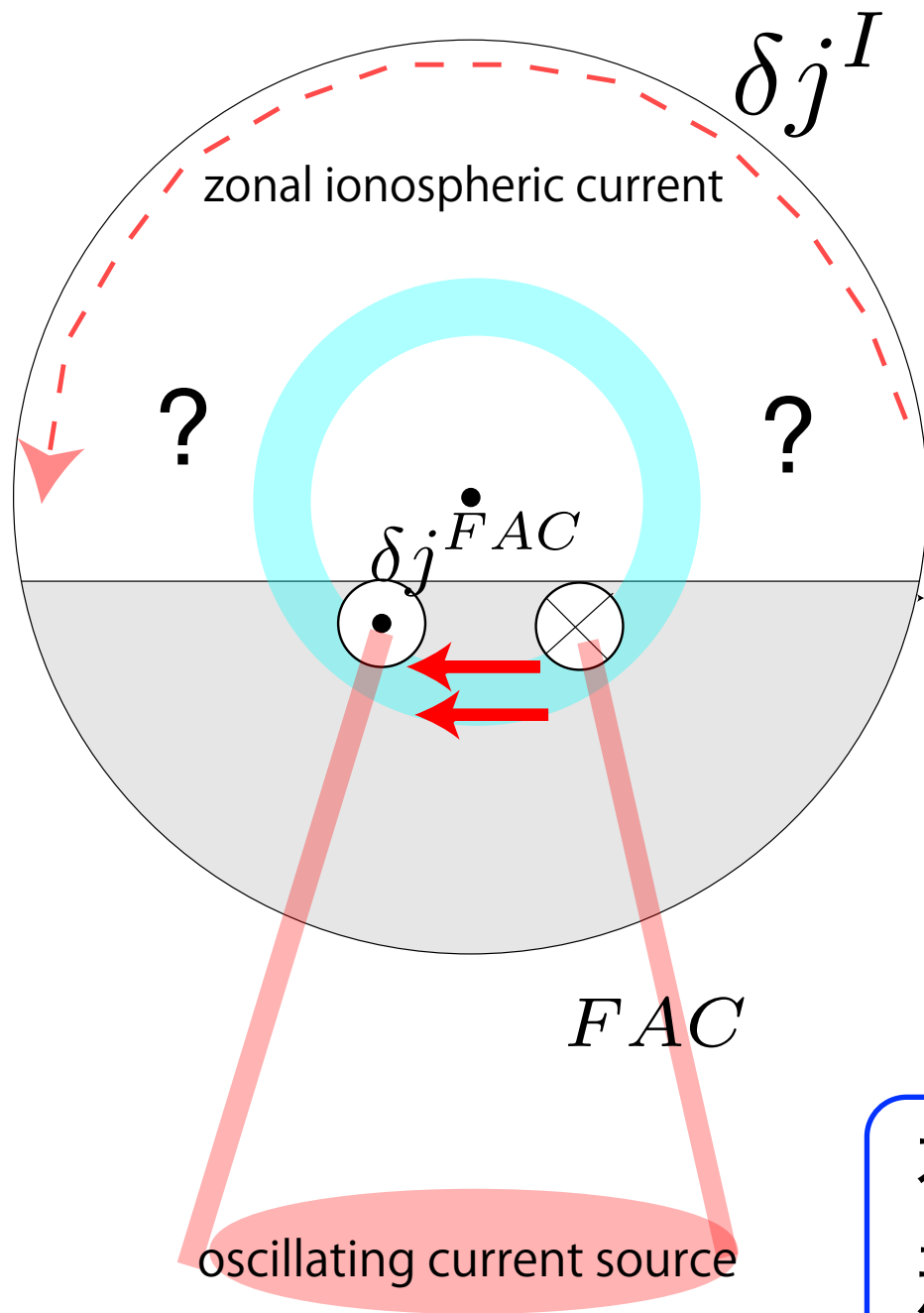
Pi2地磁気脈動は夜側のオーロラ活動に伴って観測される突発的な地磁気の振動現象

多くの磁気圏擾乱同様に、昼間側では磁気赤道において振幅が強化される [e.g. Sastry et al., 1983]。これは**極域-磁気赤道域結合系**の存在を示唆するものであり、その結合メカニズムの解明は磁気圏擾乱伝播の普遍的な課題として重要である。

特にPi2のような夜側磁気圏起源の短時間の擾乱の昼間側地上への伝播過程はよく分かっていない。

研究の目的

過去の研究では、昼間側地上低緯度のPi2に伴うH成分磁場は極域電場の侵入による東西の電離層電流振動が原因であると解釈される。[Kikuchi and Araki, 1979; Shinohara et al., 1998]



問題点

- 高緯度-低緯度を結ぶ南北電流に対応するD成分(東西)磁場まで含めた研究はほとんどなく、電流の連続性が考慮されていない。
- 夜側FACによる極域電場から予想される昼間側電流系構造は定量には明らかになっていない。

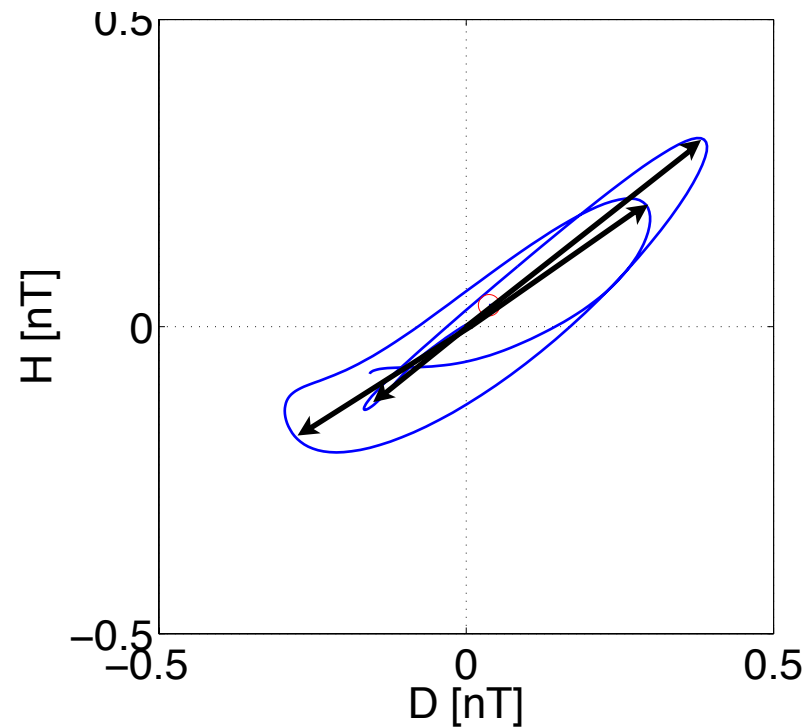
本研究では、昼間側でのPi2の電離層電流系の形状を多点地上磁場データを用いた等価電流分布とポテンシャルソルバーを用いた数値計算からそれぞれ推定し、比較した。

観測データ解析方法

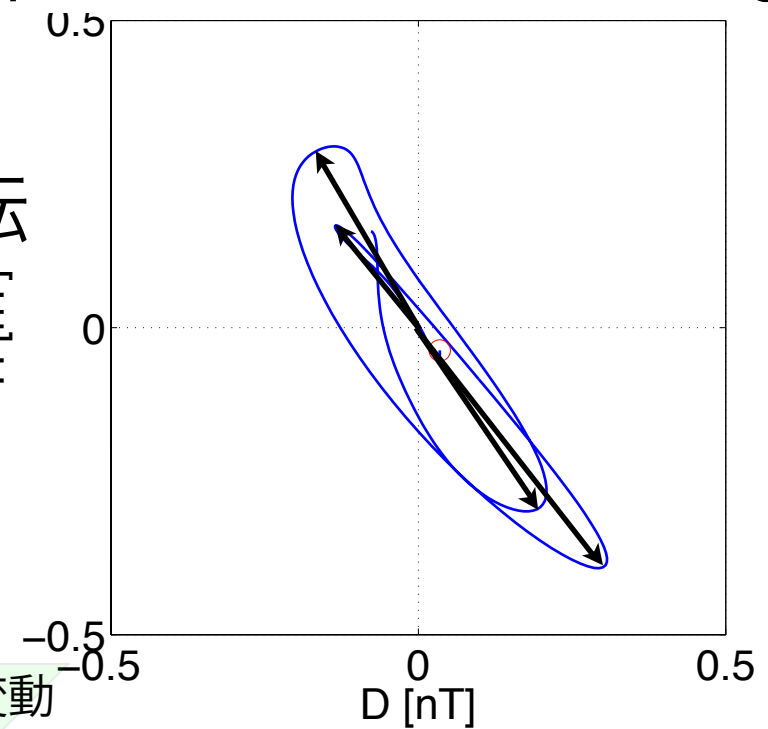
水平成分に関して主軸に沿った変動のみに注目する

水平成分の磁場変動振幅($\sqrt{\Delta H^2 + \Delta D^2}$)の極大時に関して等価電流の方向を地磁気座標の地図上に描画する

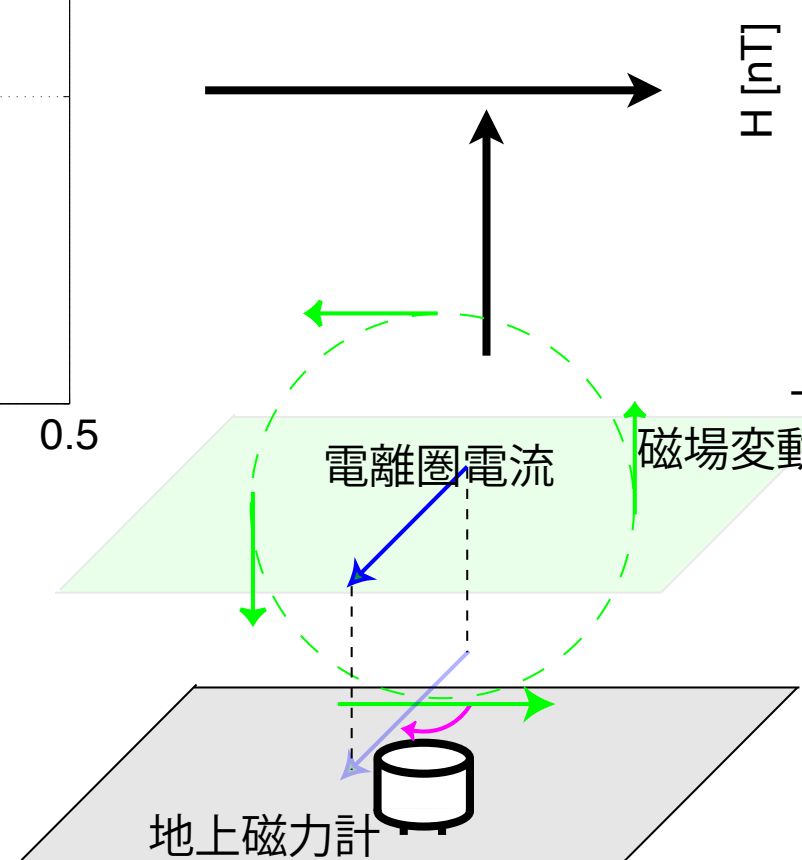
magnetic perturbation of Pi2 range



Equivalent current of Pi2 range

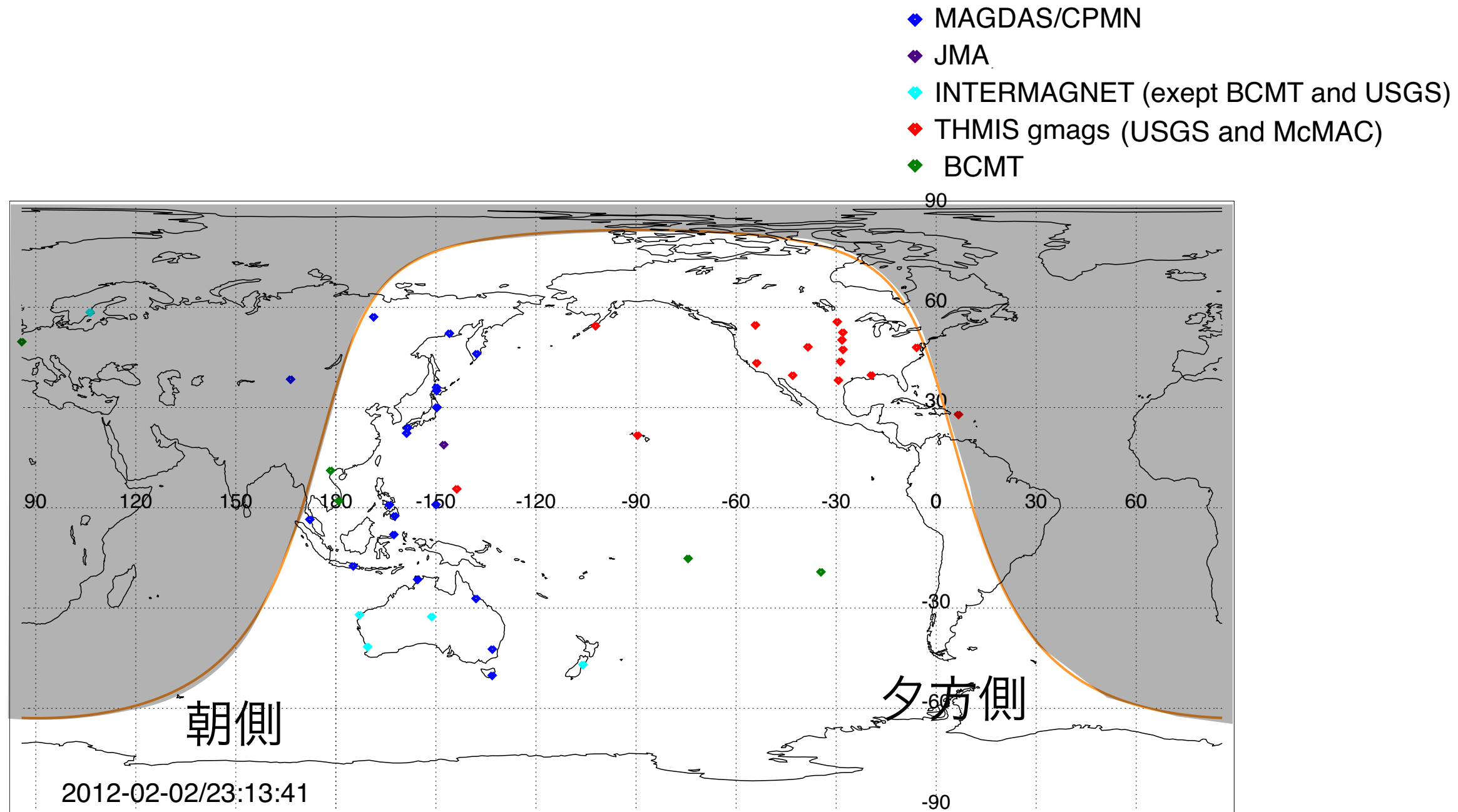


90°時計回りに回転



磁場データ

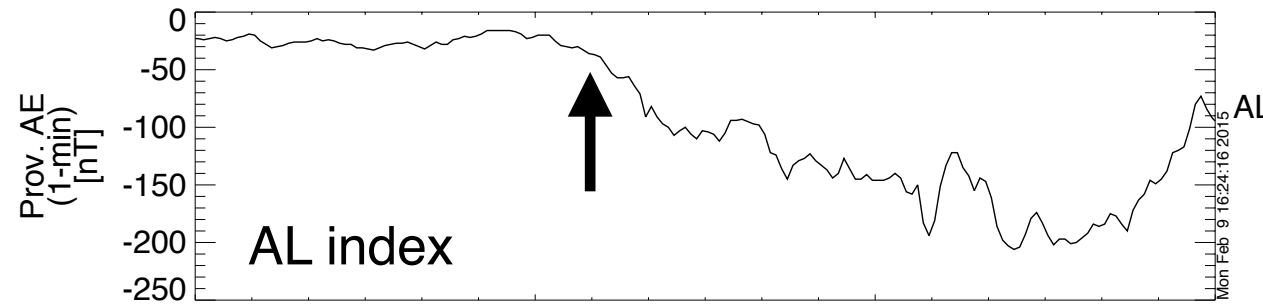
イベント1の解析に使用したデータの観測点と高度100 kmでの昼夜境界



- 赤道-中緯度 ($|\text{磁気緯度}| < 60^\circ$)
- 昼間側(日射領域)での観測点の数は41
- 1秒値
- 地理座標データのものは偏角の日平均で地磁気座標に変換

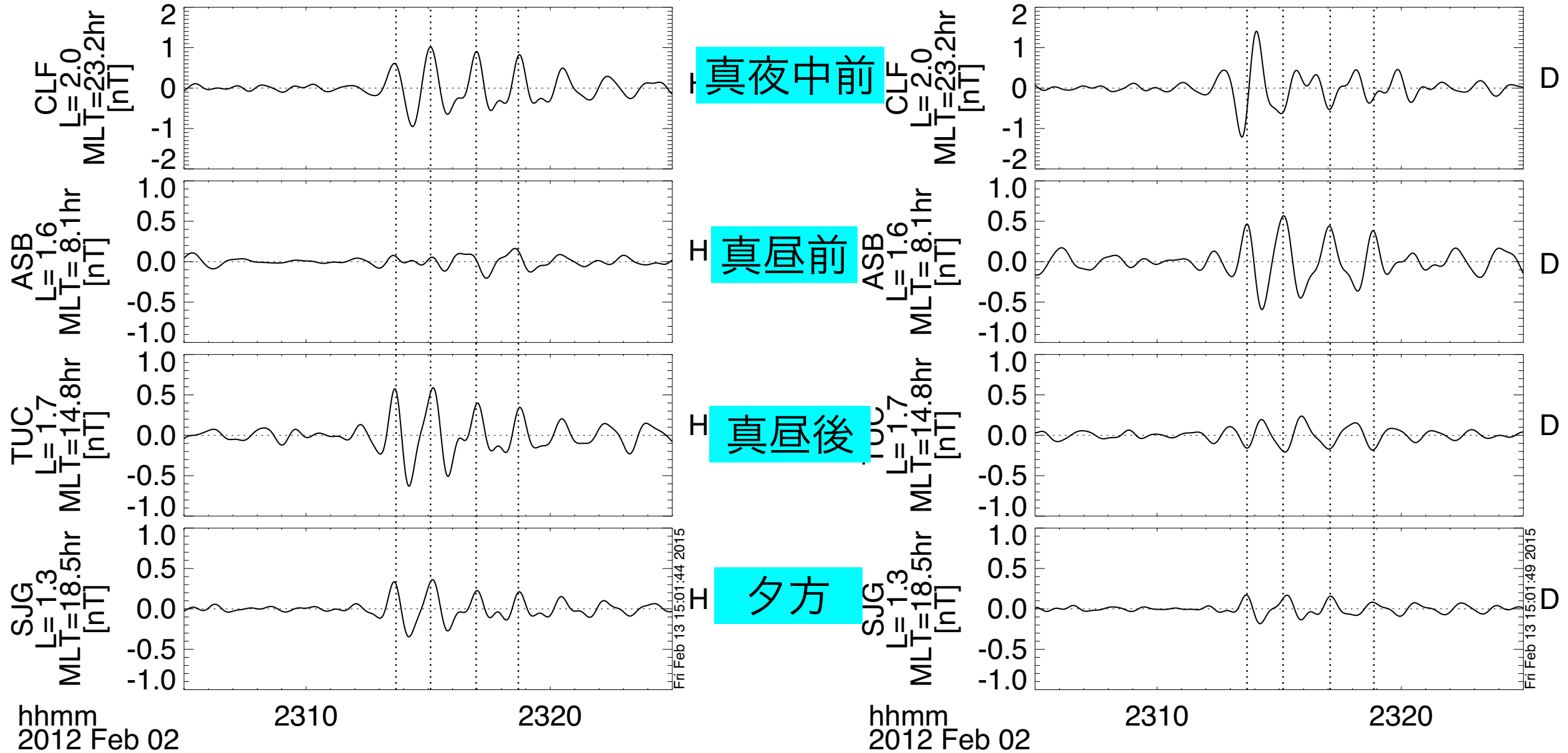
AL index, 各LT帯の波形 (40-150 s)

2012-03-22/21:35:45



H-comp

D-comp



H成分は真昼前(朝方)でははっきりしないがほぼ同位相で振動。

D成分では経度方向の位相の反転が4回見られる。

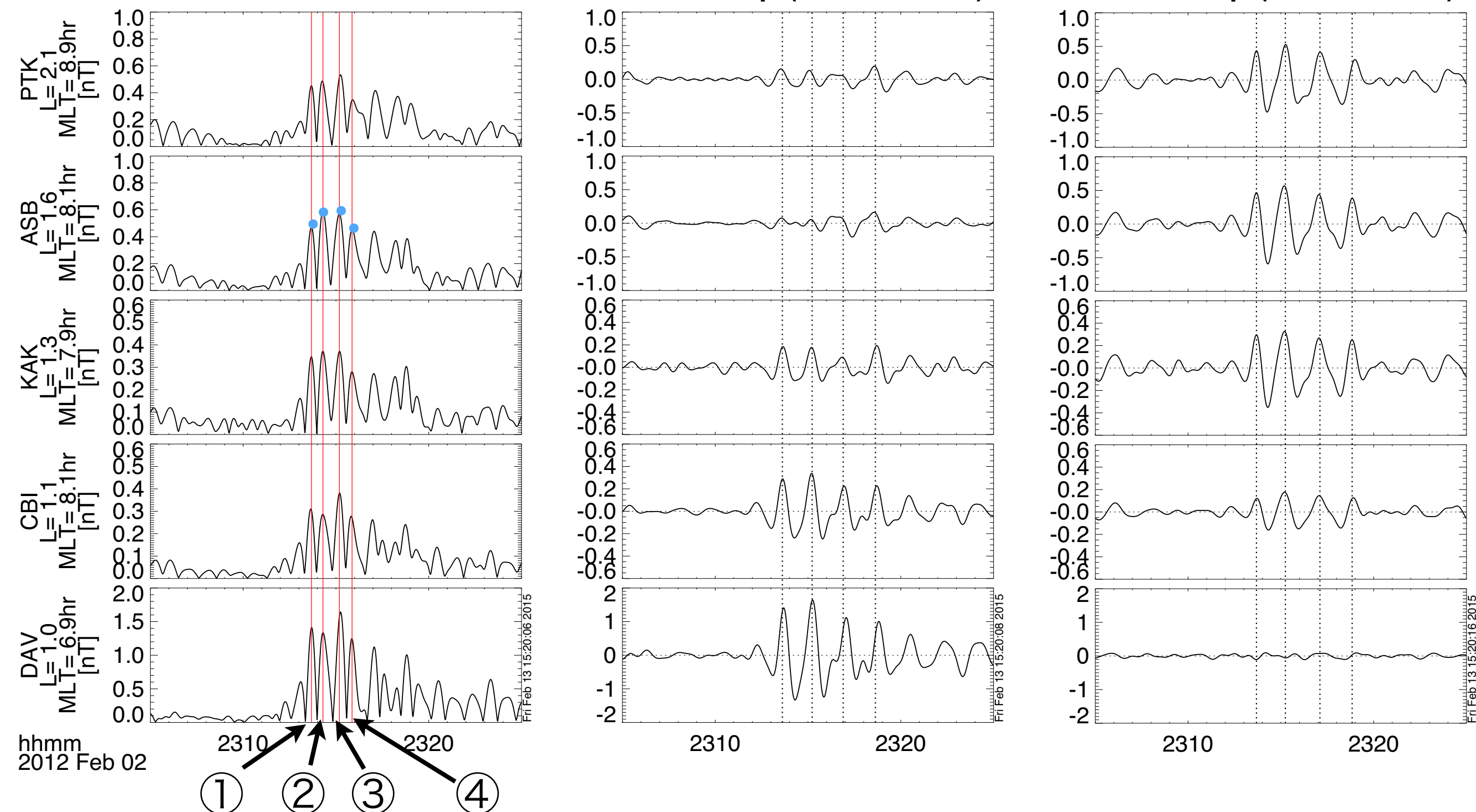
(Terminator付近での位相反転 [Imajo et al., 2015, accepted for JGR])

真昼前の磁場(40-150s)

$\sqrt{\Delta H^2 + \Delta D^2}$ (水平成分振幅)

H-comp(南北成分)

D-comp(東西成分)



水平方向の振幅極大時は観測点間でほぼ同時。

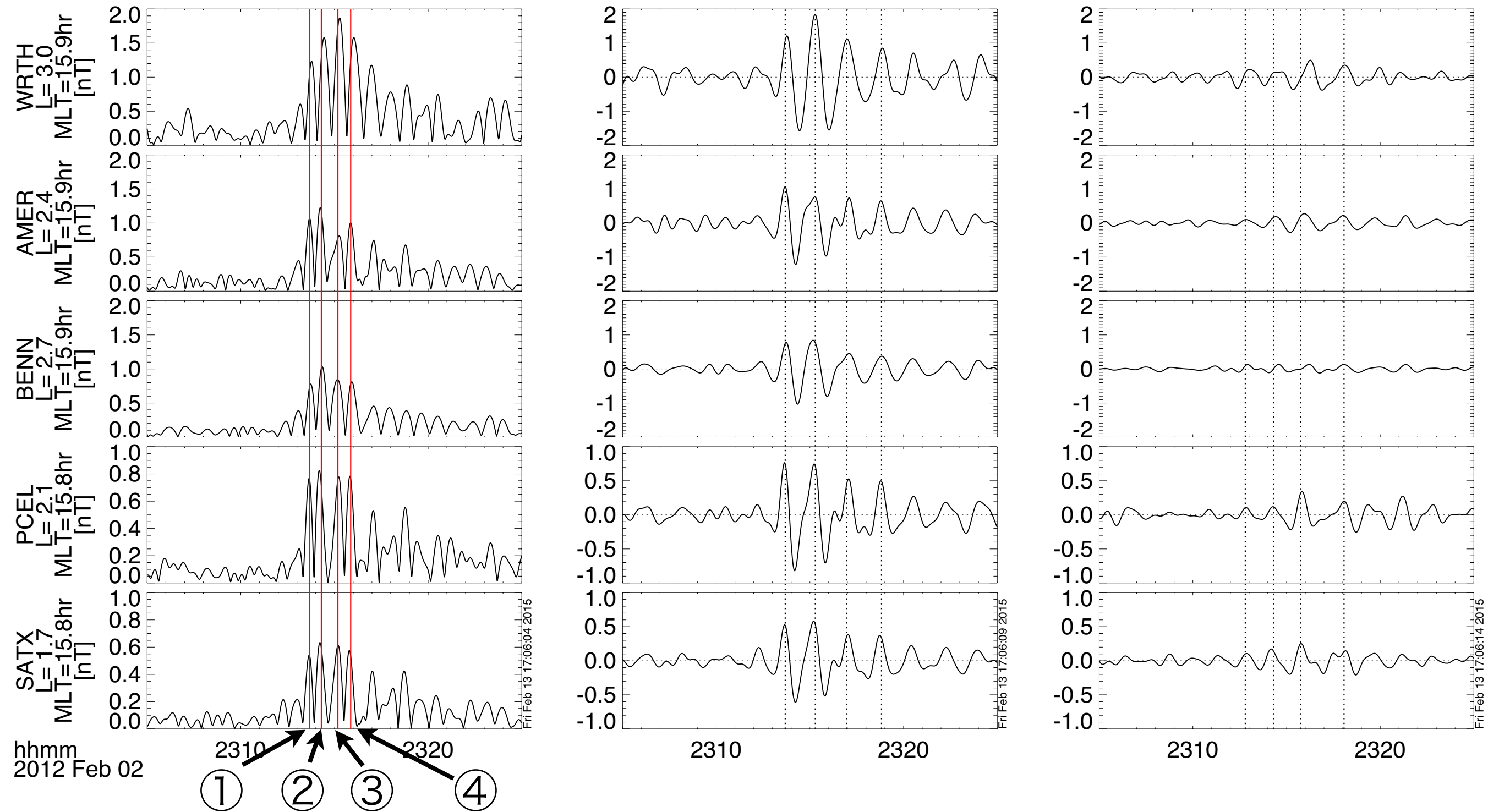
D/H振幅比は緯度が上がるほど大きい。

真昼後の磁場(40-150s)

$\sqrt{\Delta H^2 + \Delta D^2}$ (水平成分振幅)

H-comp(南北成分)

D-comp(東西成分)

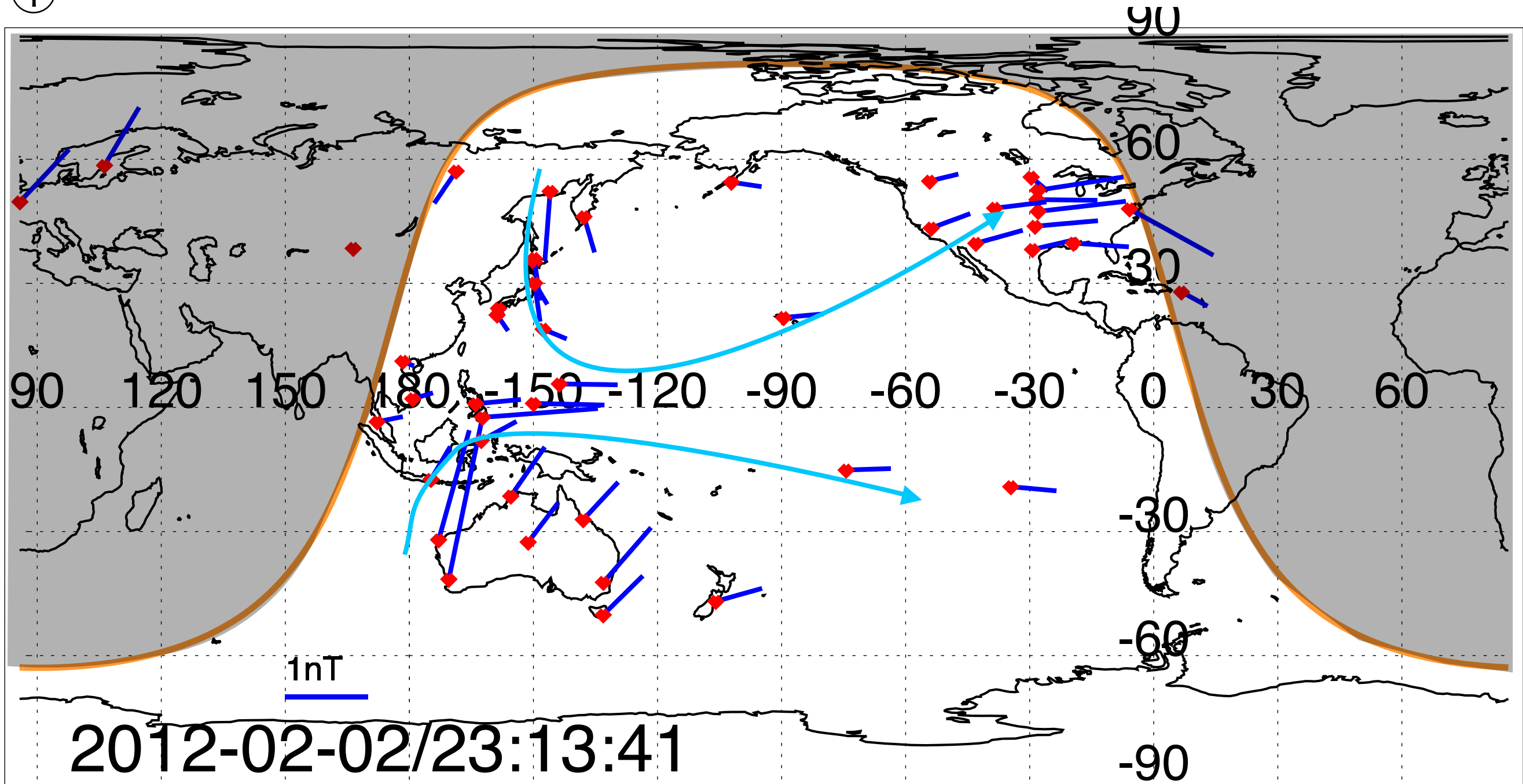


水平方向の振幅極大時は観測点間でほぼ同時。

D/H振幅比は真昼前(朝側)より小さい。

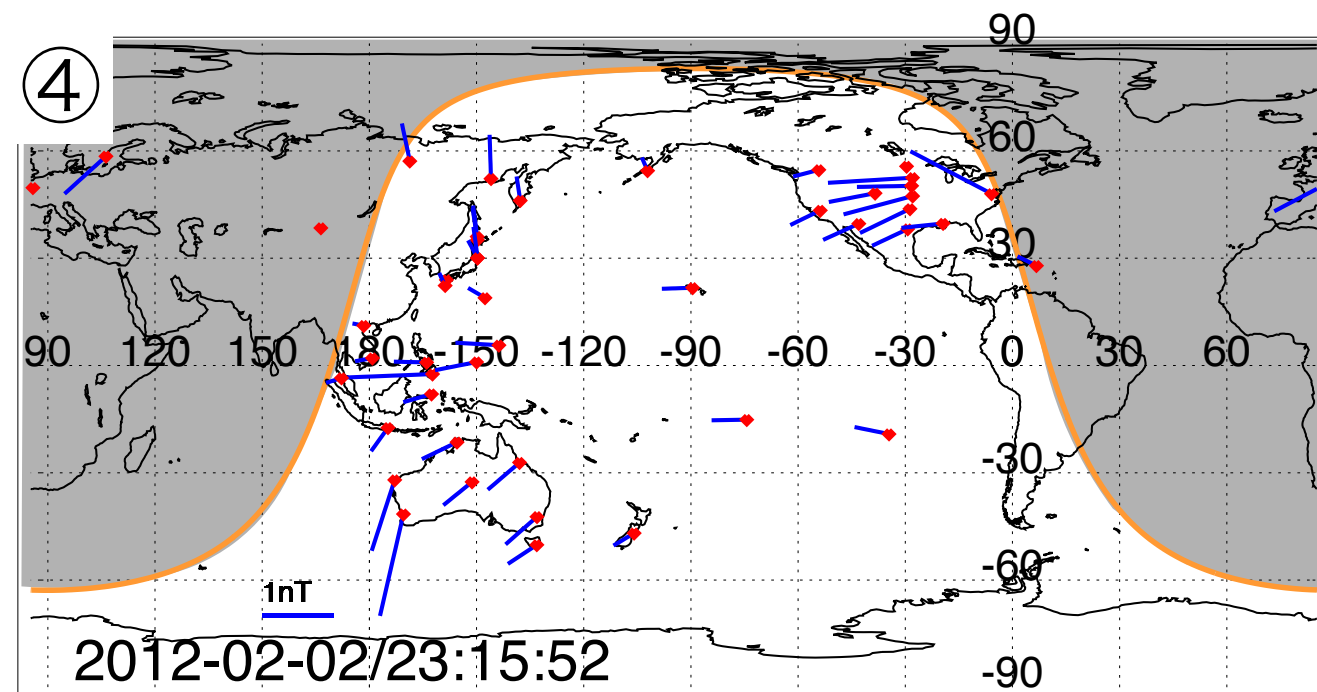
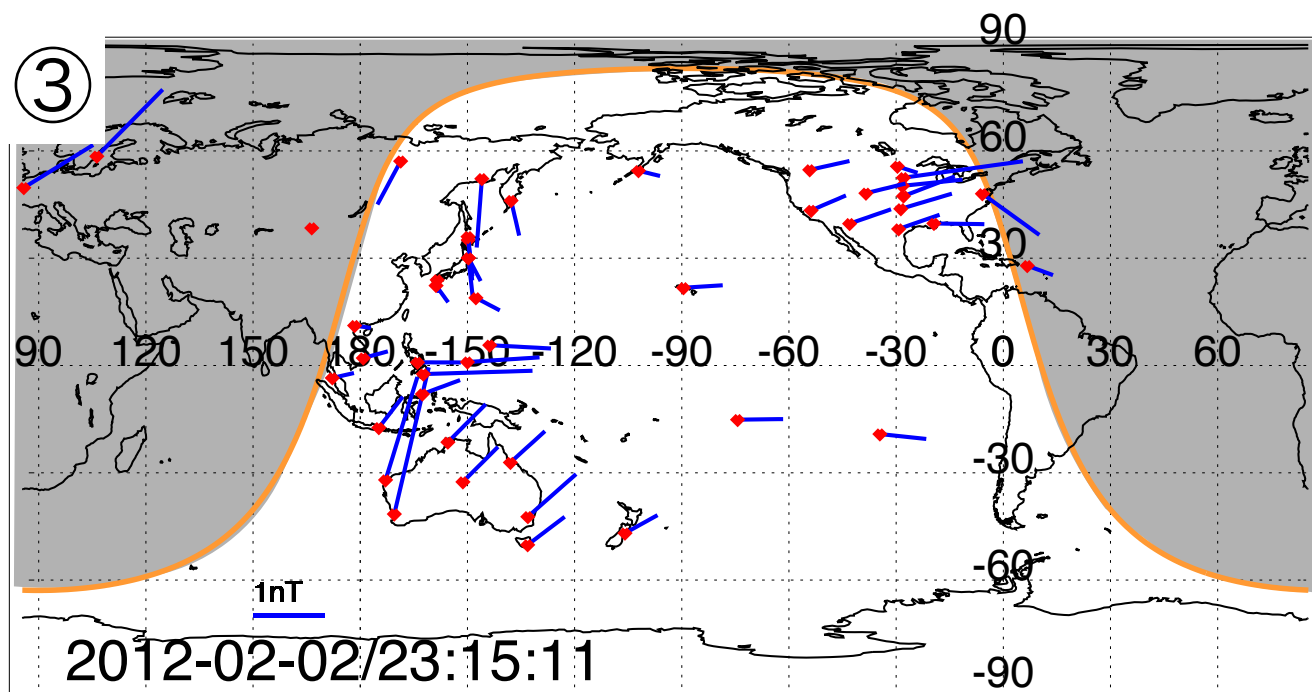
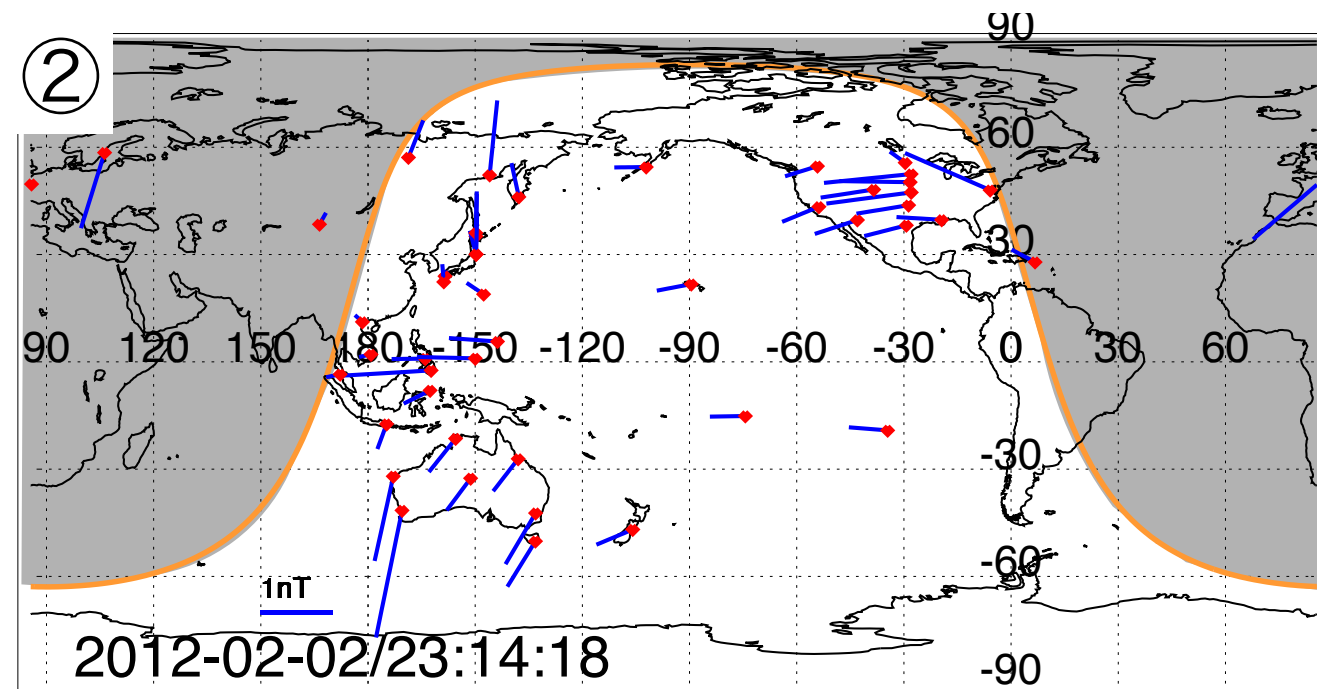
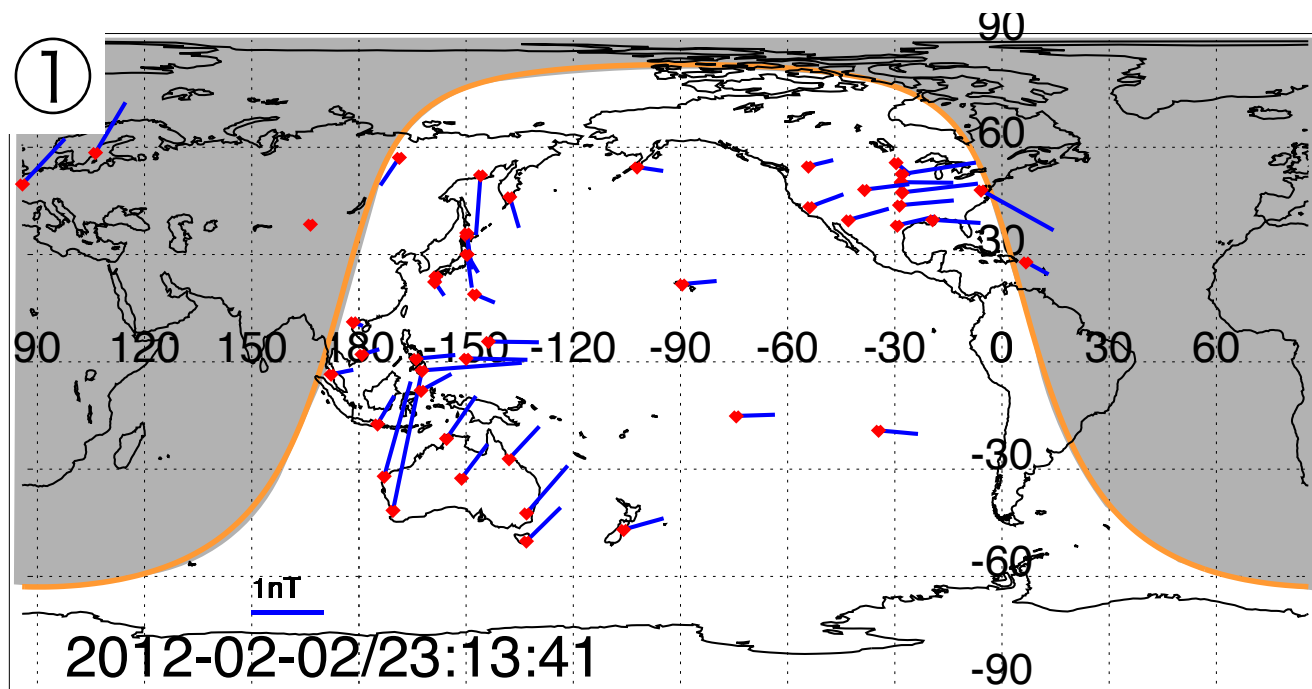
等価電流分布

①



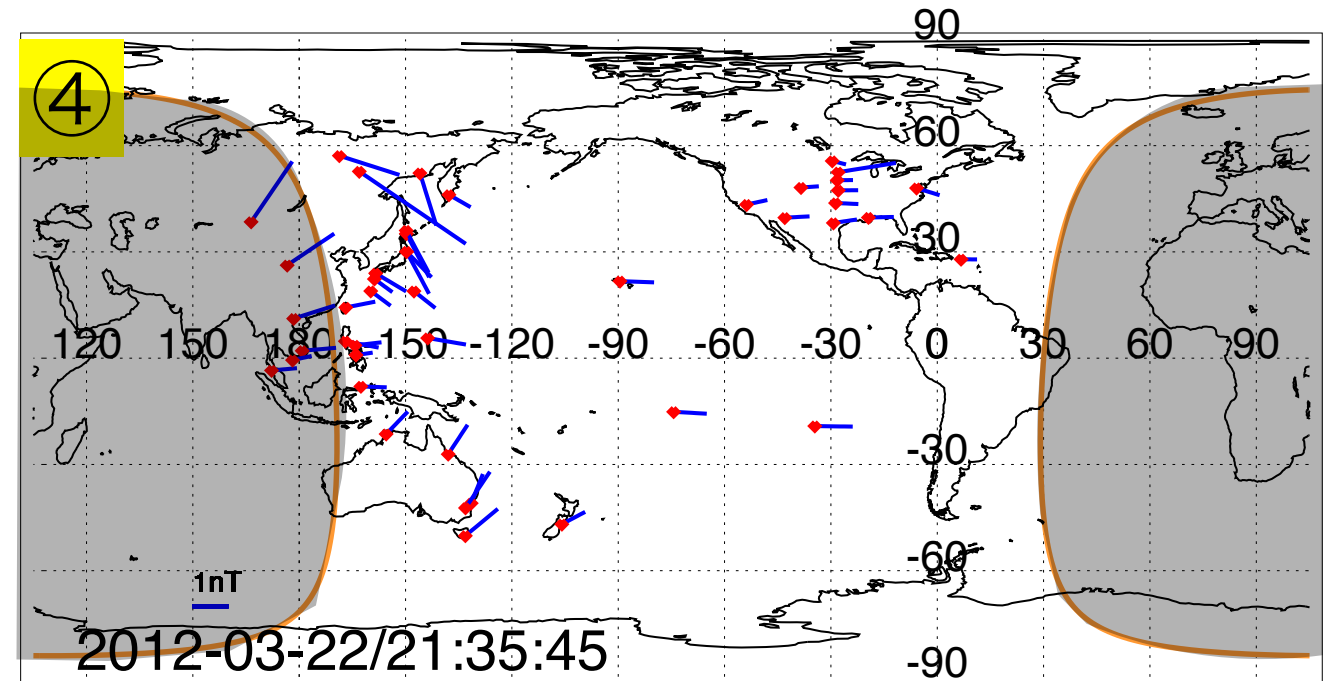
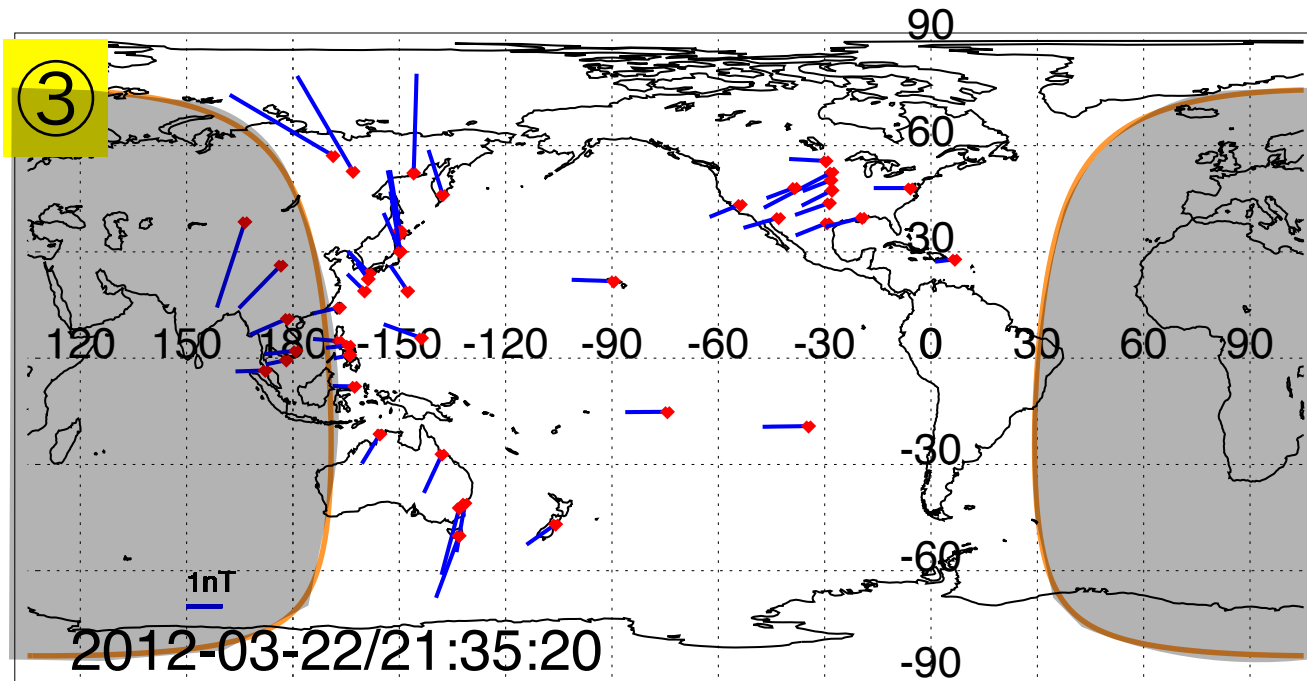
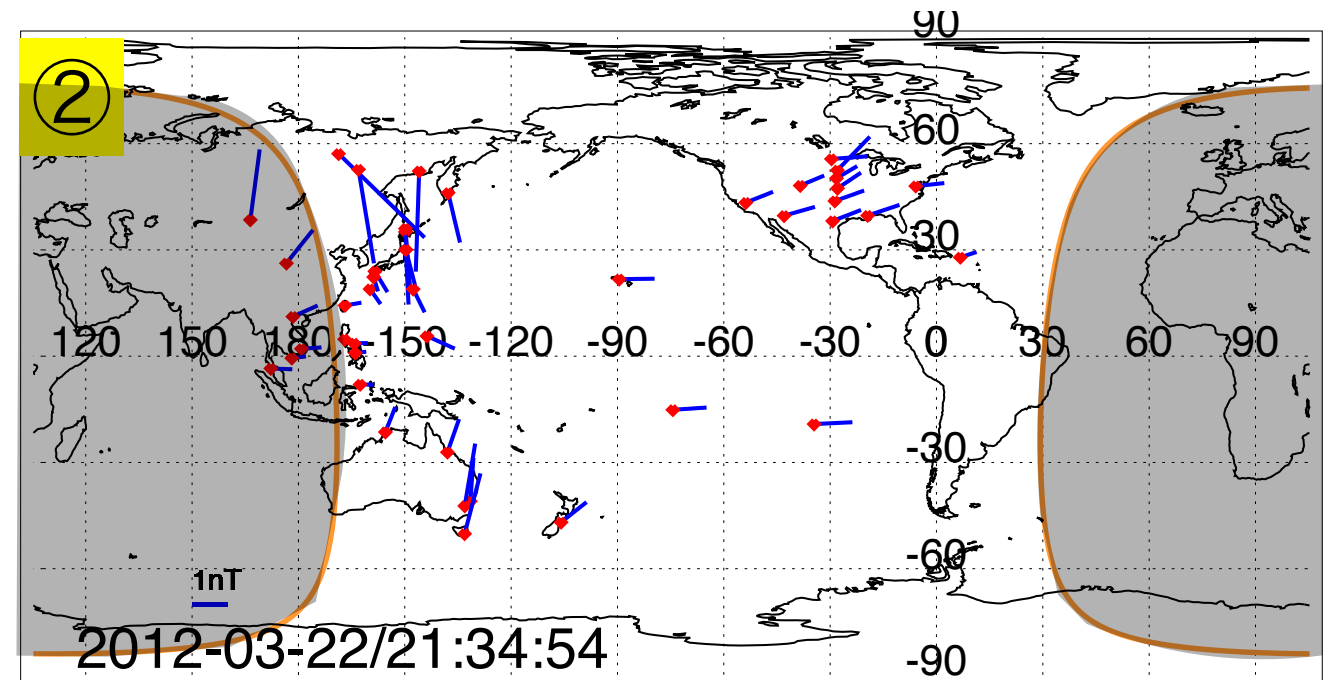
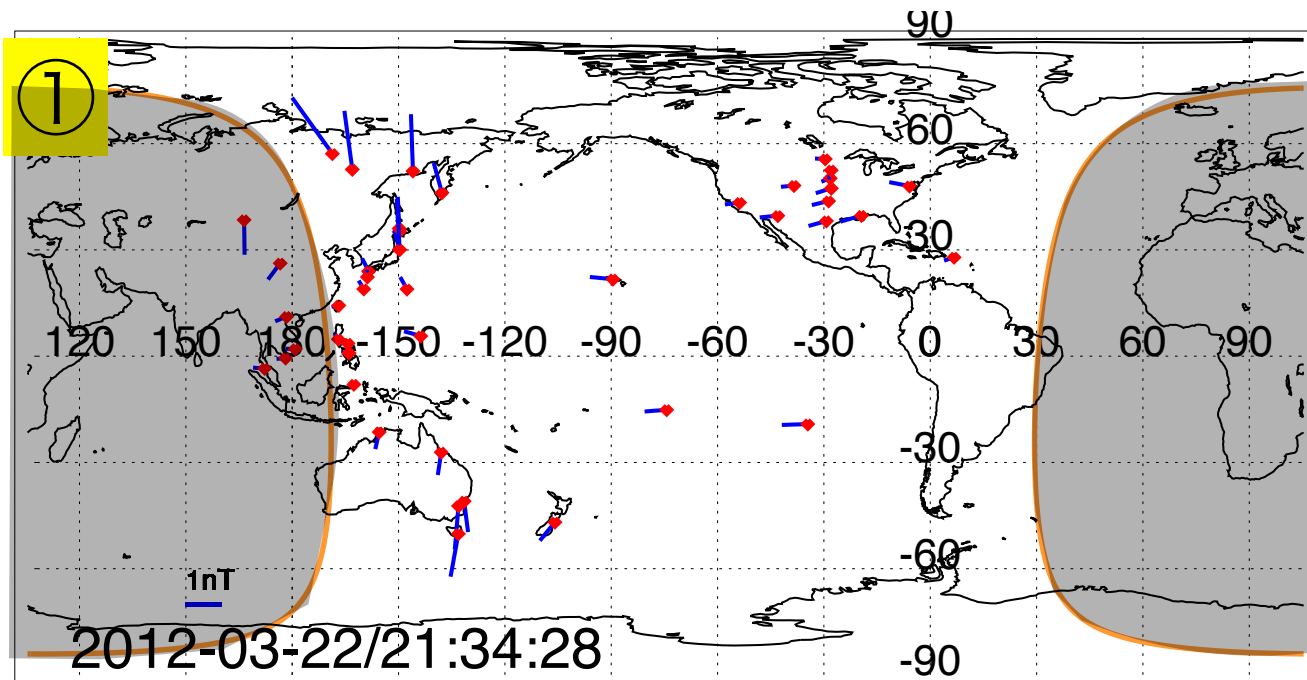
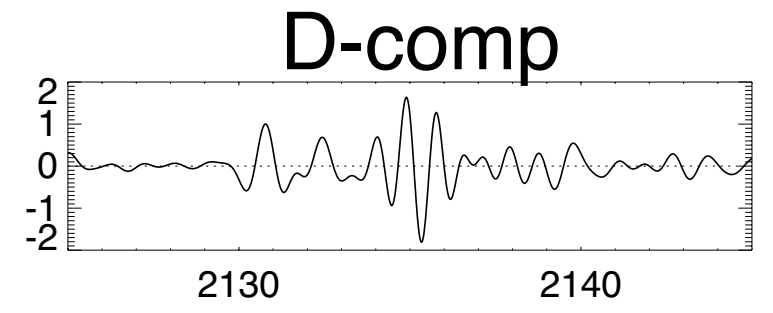
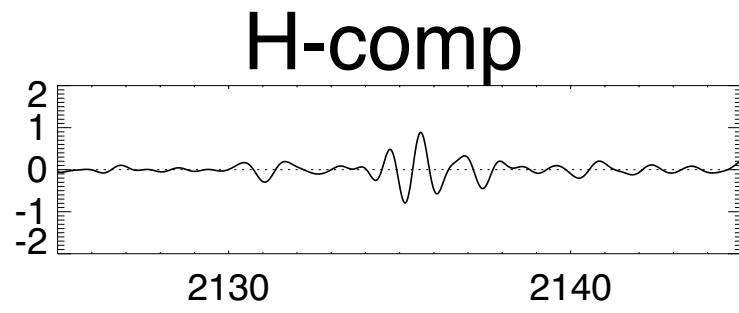
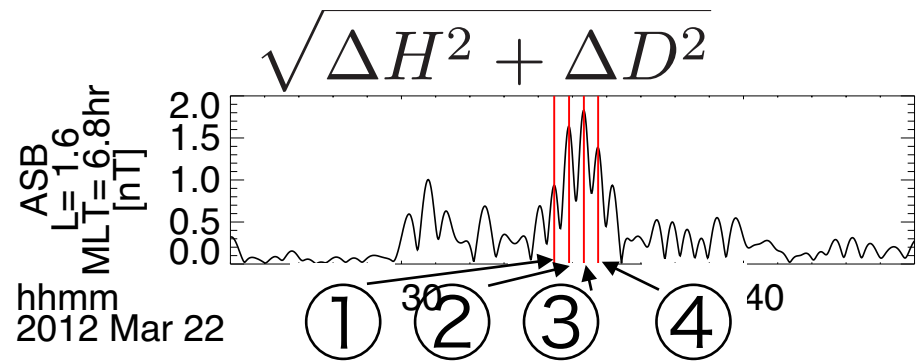
午後側に比べ、午前側のほうでより南北成分の電流が卓越する非対称な等価電流系をしている。

等価電流分布の時間変化

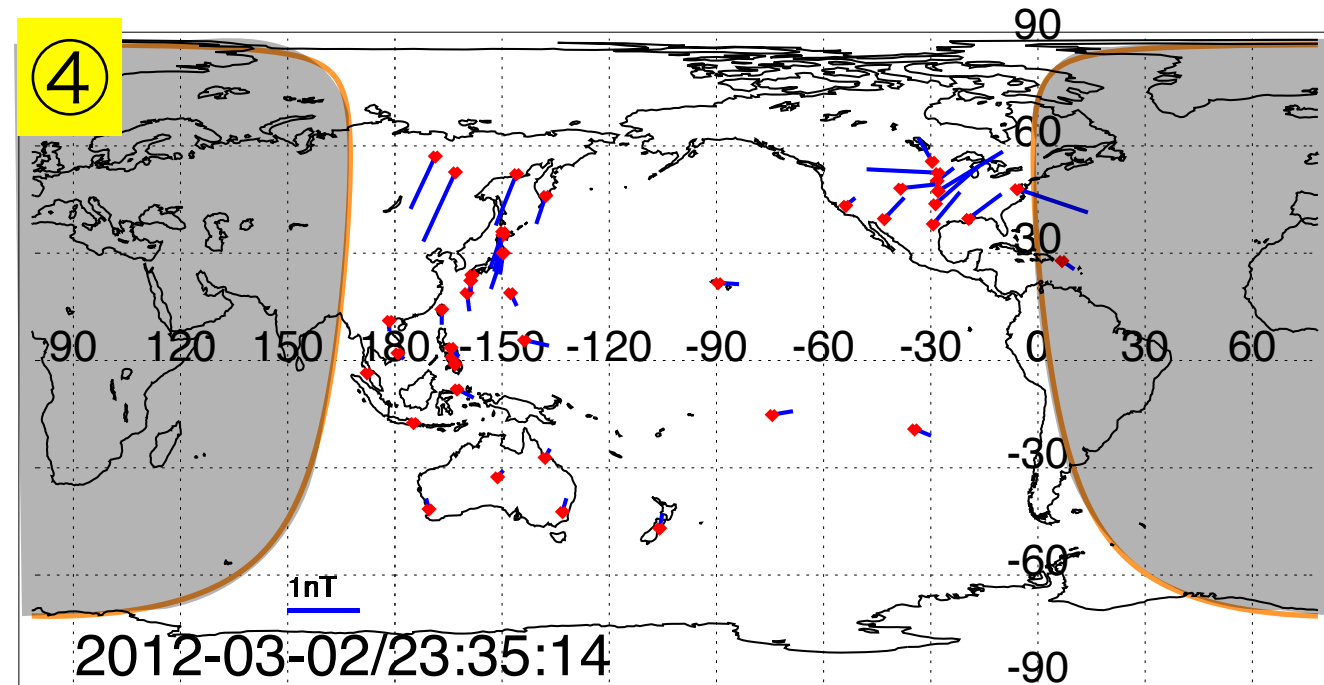
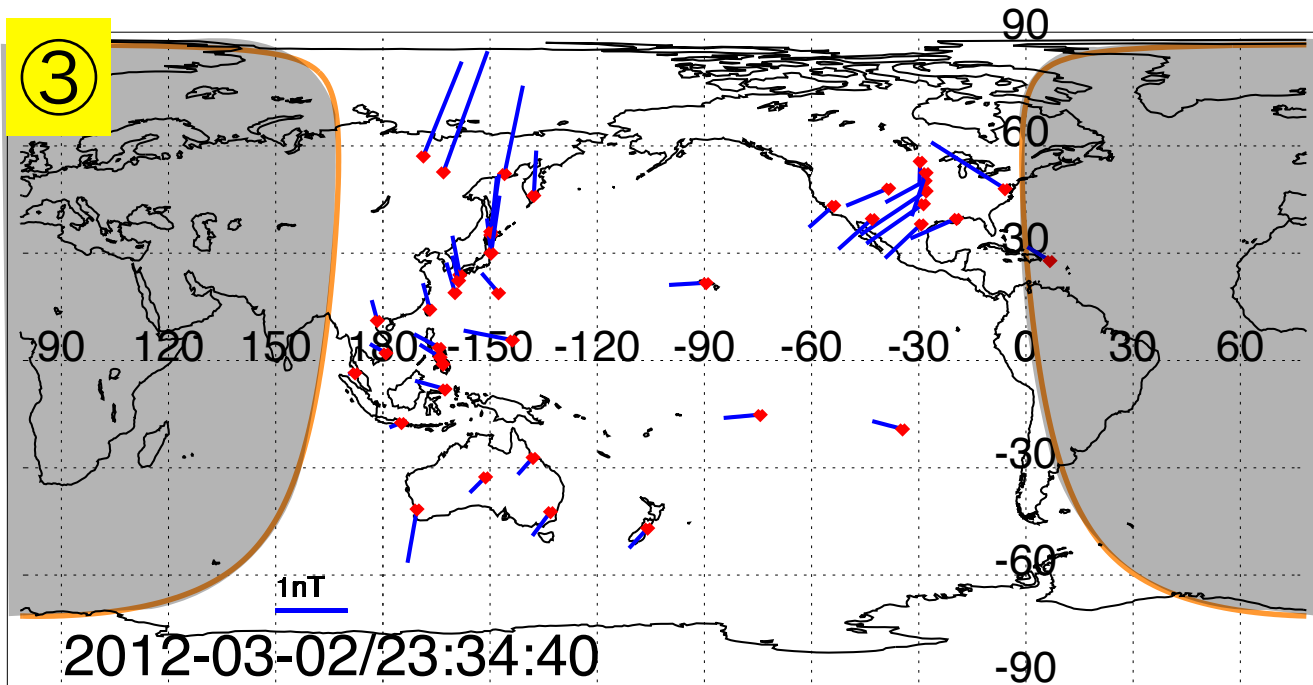
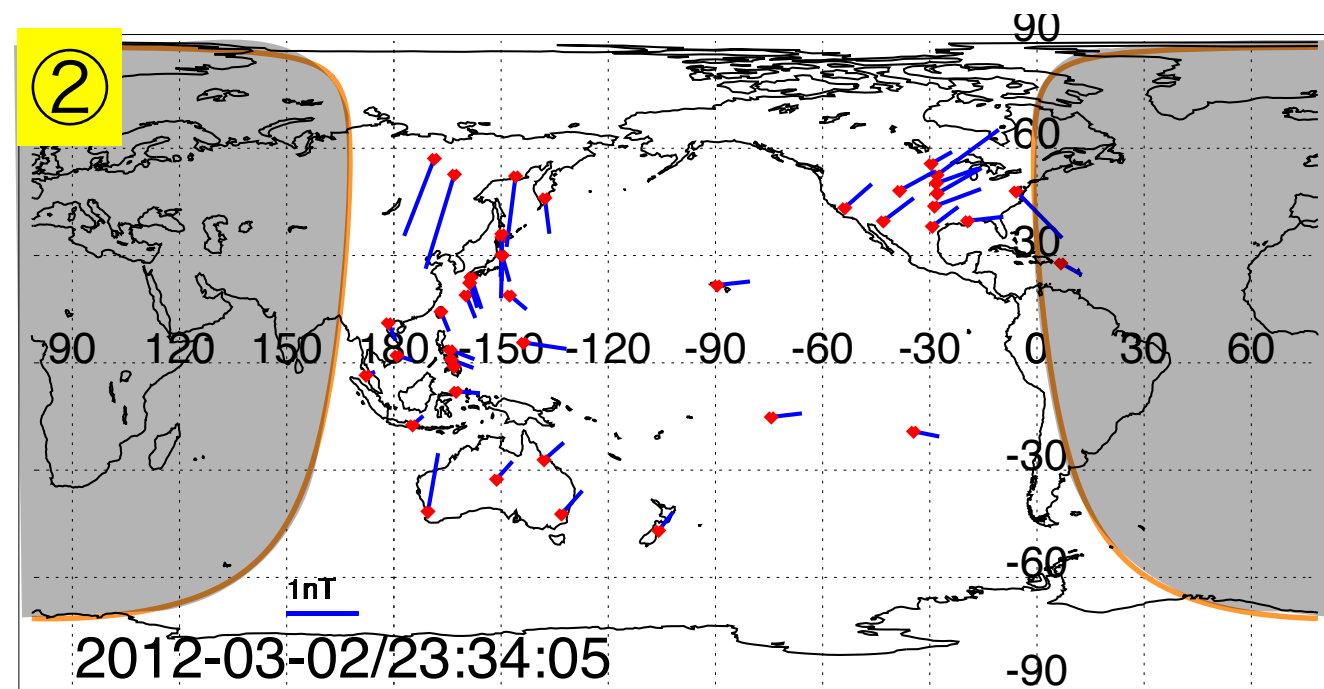
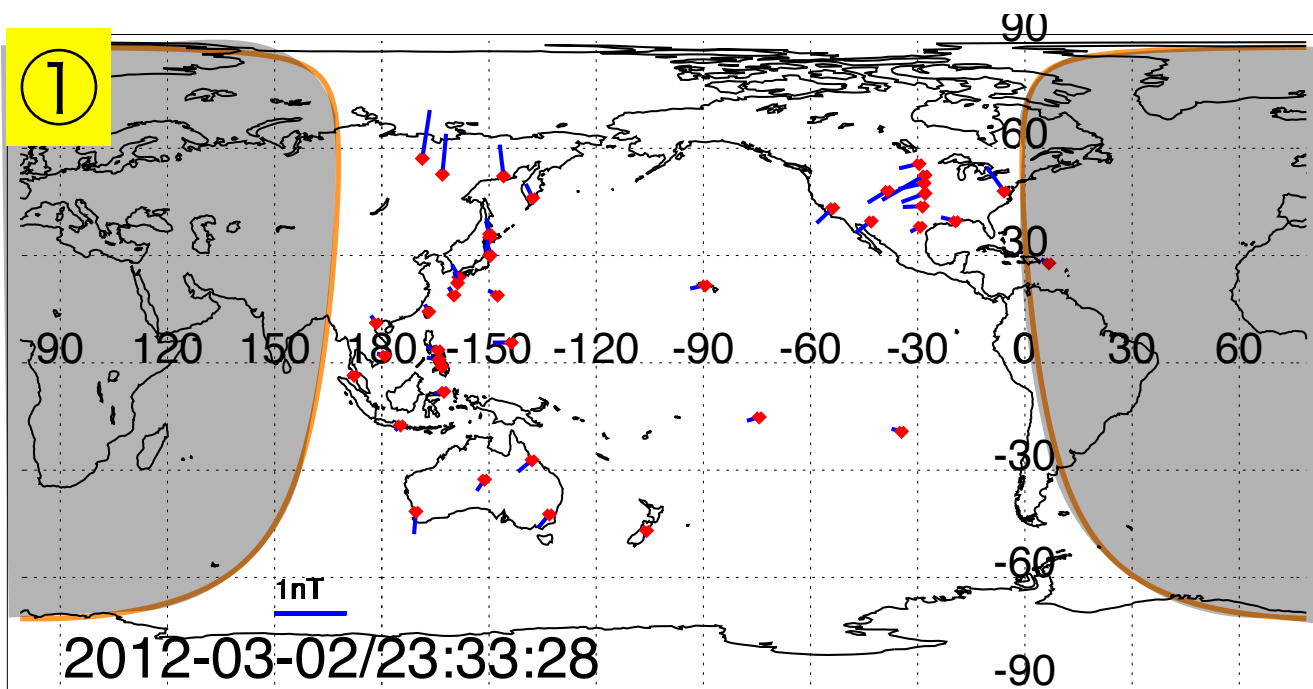
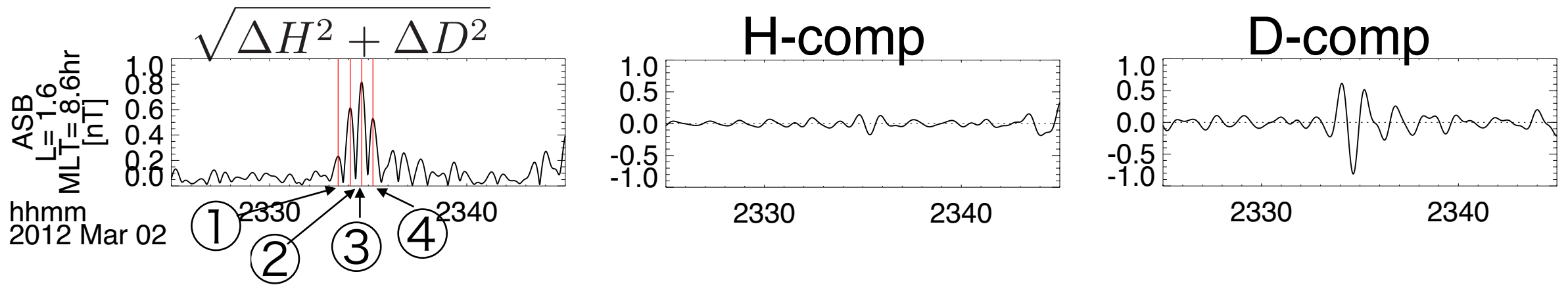


等価電流系の形状は維持したまま振動している

イベント2 (2012-03-22/21:35:00)



イベント3 (2012-03-02/23:35:00)



電離圏ポテンシャルソルバーを用いた数値計算

Thin Shell model [e.g. Tsunomura, 1999; Nakamizo et al., 2012]

Equations

current continuity equation

$$-j_{\parallel} \sin I = \nabla \cdot (\Sigma \cdot \nabla \Phi).$$

FAC current density

high integrated conductivity tensor

Inclination

Electrostatic potential

Ohm's law

$$\begin{pmatrix} J_{\theta} \\ J_{\phi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Sigma_{\theta\theta} & \Sigma_{\theta\phi} \\ \Sigma_{\phi\theta} & \Sigma_{\phi\phi} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{\theta} \\ E_{\phi} \end{pmatrix}$$

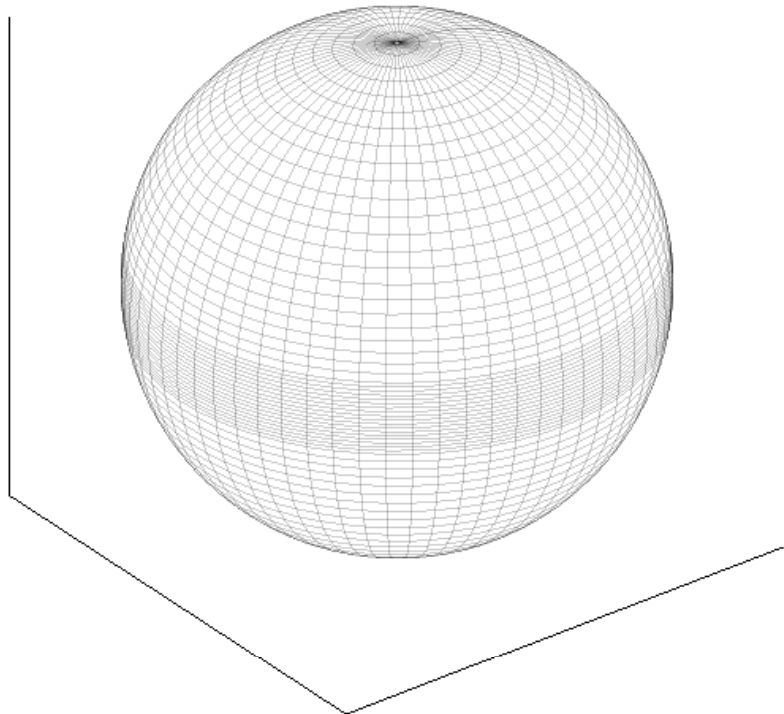
current density

$$= \Sigma \cdot (-\nabla \Phi),$$

electric field

θ : latitudinal

ϕ : longitudinal



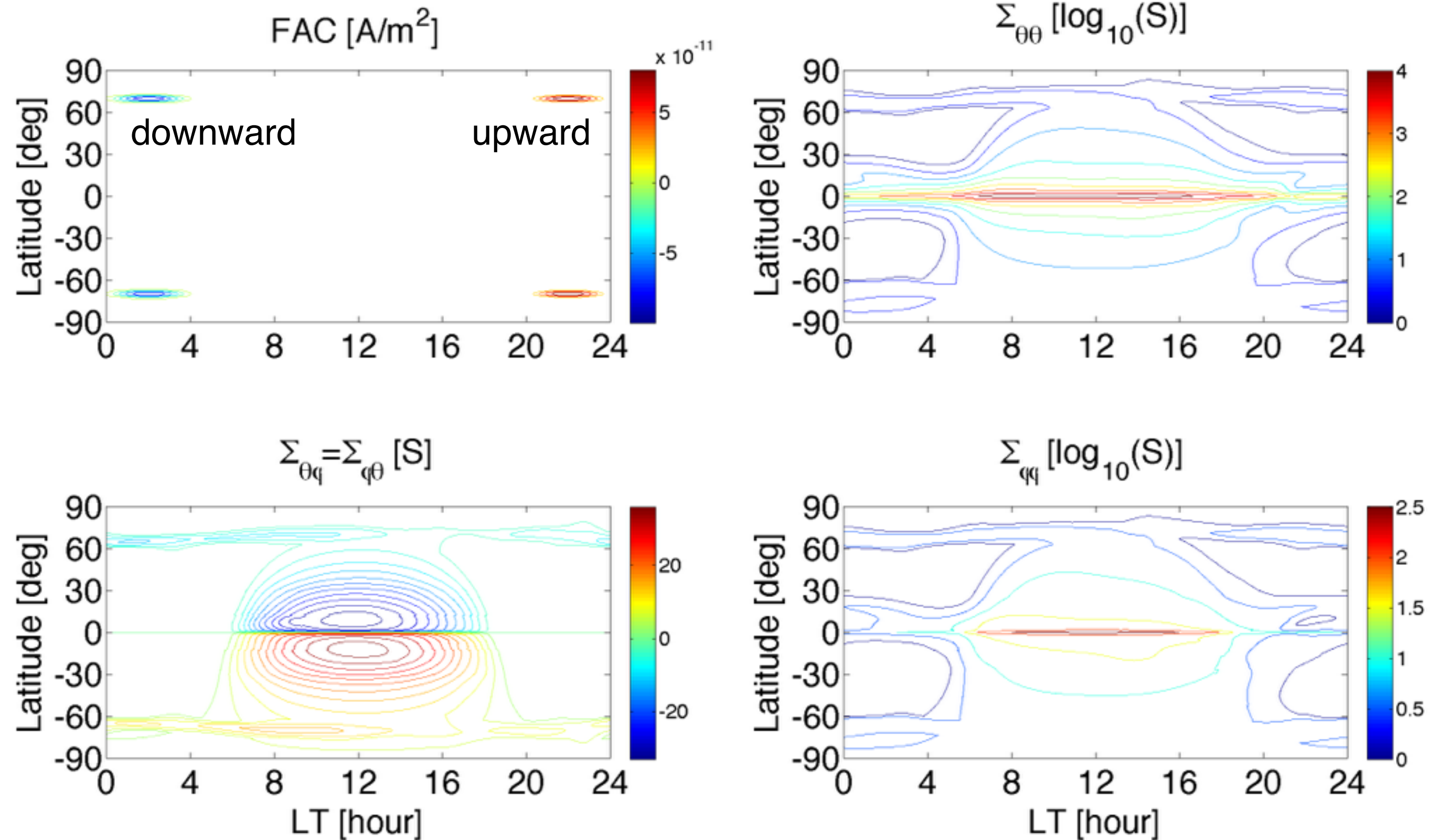
Equation to be solved

$$-r^2 j_{\parallel} \sin I \sin \theta = (\sin \theta \Sigma_{\theta\theta}) \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \theta^2} + \left(\frac{\Sigma_{\phi\phi}}{\sin \theta} \right) \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \phi^2} + \left\{ \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta \Sigma_{\theta\theta}) - \frac{\partial \Sigma_{\theta\phi}}{\partial \phi} \right\} \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} + \left(\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial \Sigma_{\phi\phi}}{\partial \phi} + \frac{\partial \Sigma_{\theta\phi}}{\partial \theta} \right) \frac{\partial \Phi}{\partial \phi}$$

ポテンシャルΦについて
解き、電場、電流を計算する

grid size : 514 (longitude) x 513 (latitude)
(The grid size of the figure is reduced by 1/8)

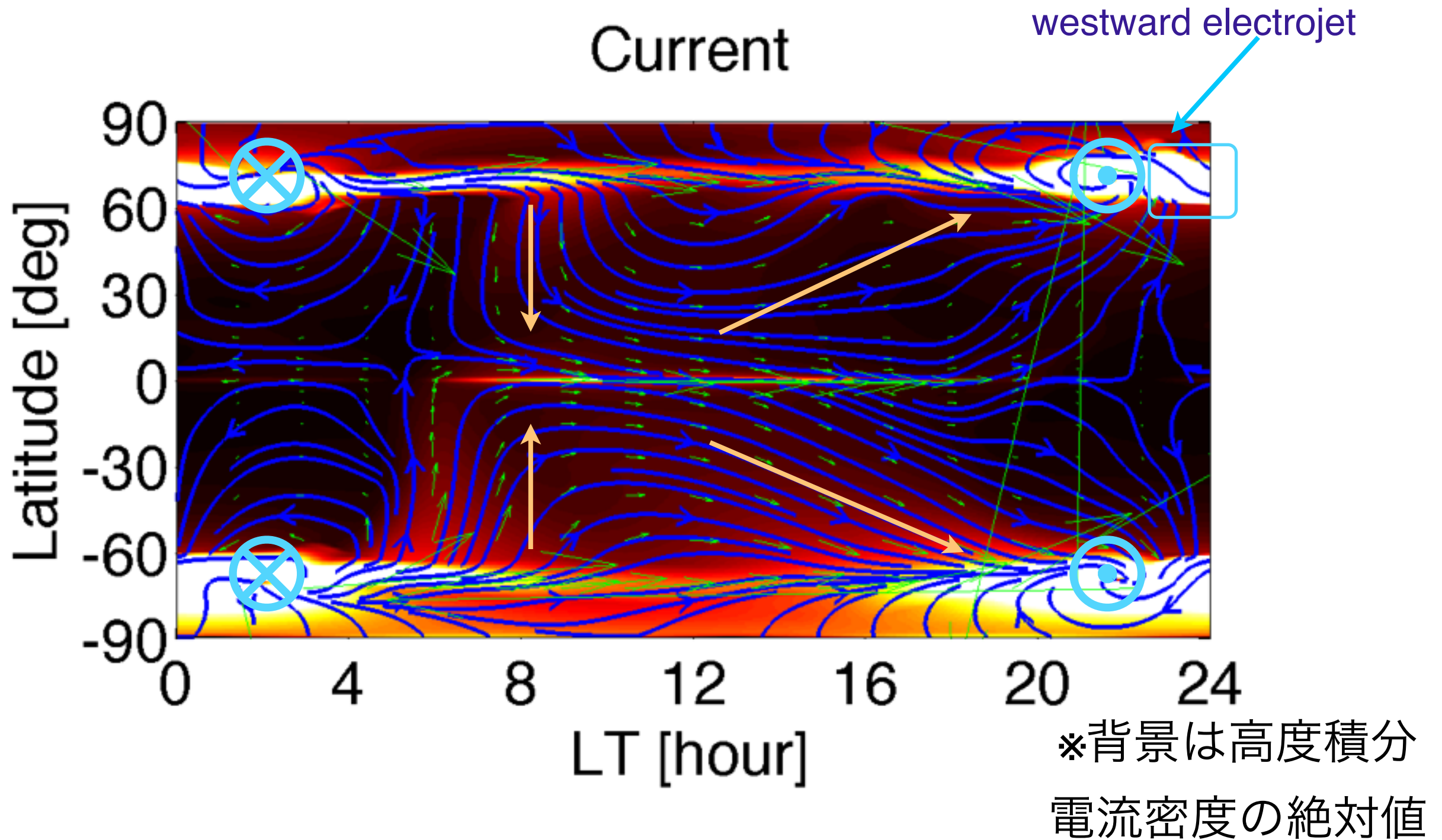
インプット (FACと伝導度)



Conductivity tensor are calculated by the same method as Nakamizo et al. [2012] with input parameters at the first event. This method includes the modifications by auroral precipitation [Hardy et al., 1987] and equatorial Cowling conductivity [Tsunomura, 1999].

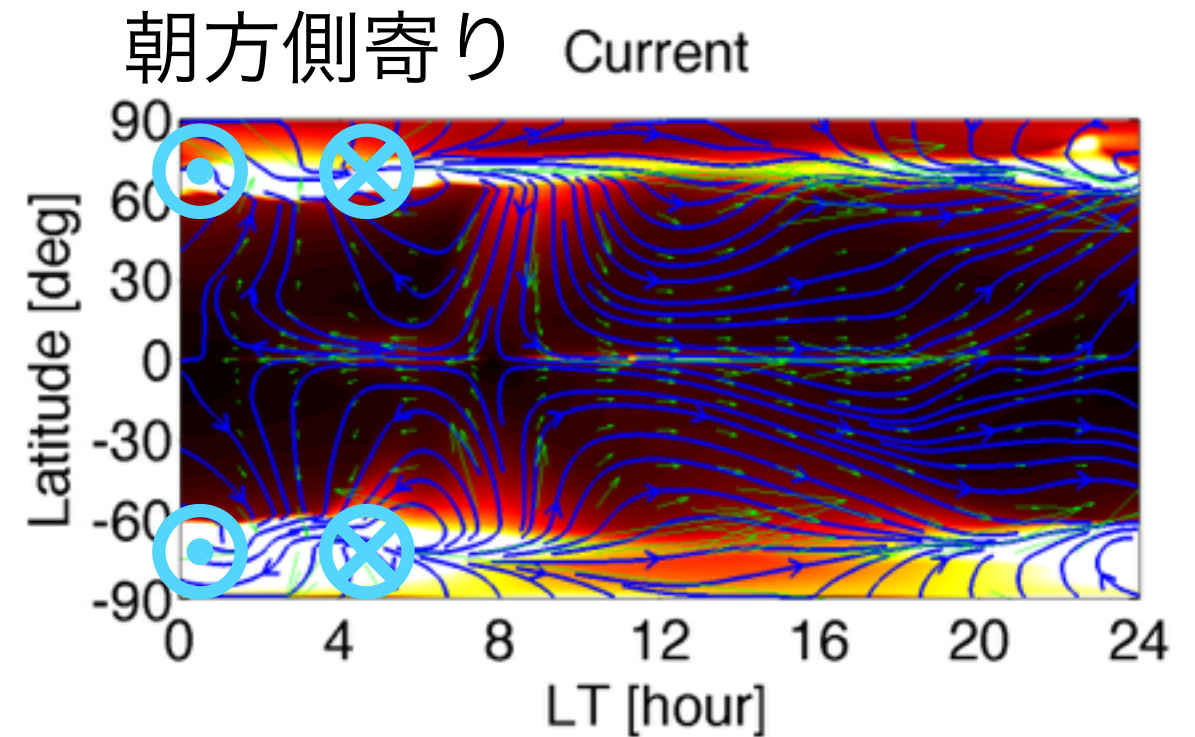
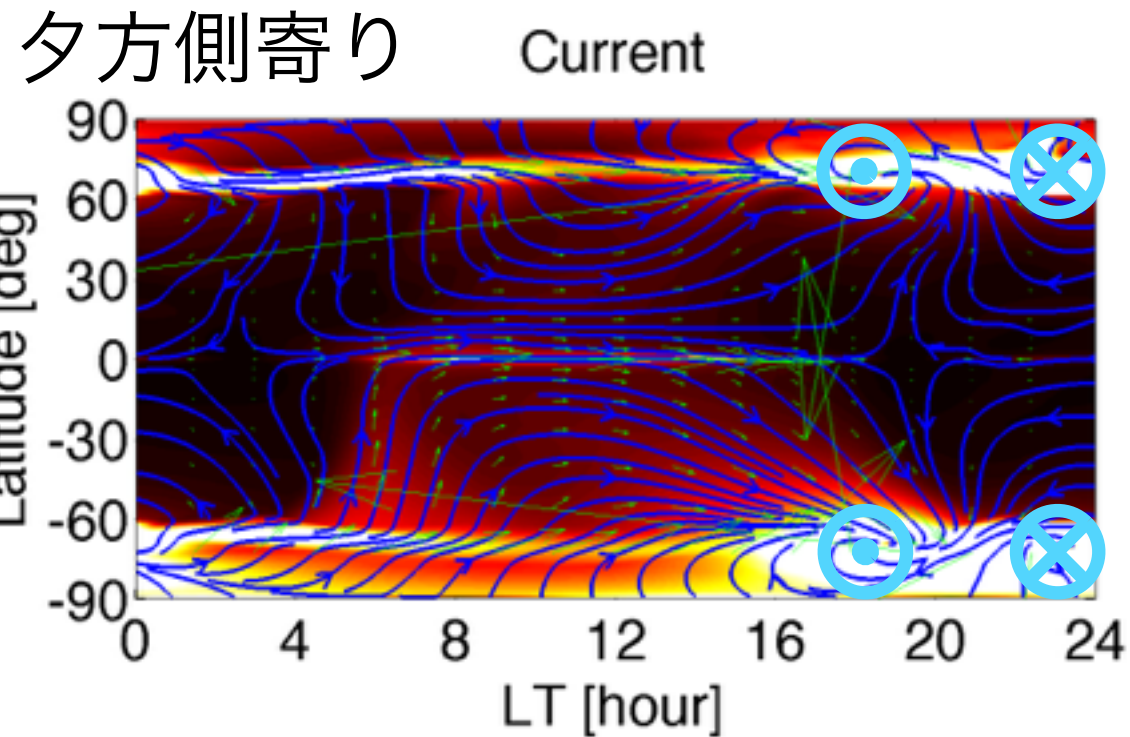
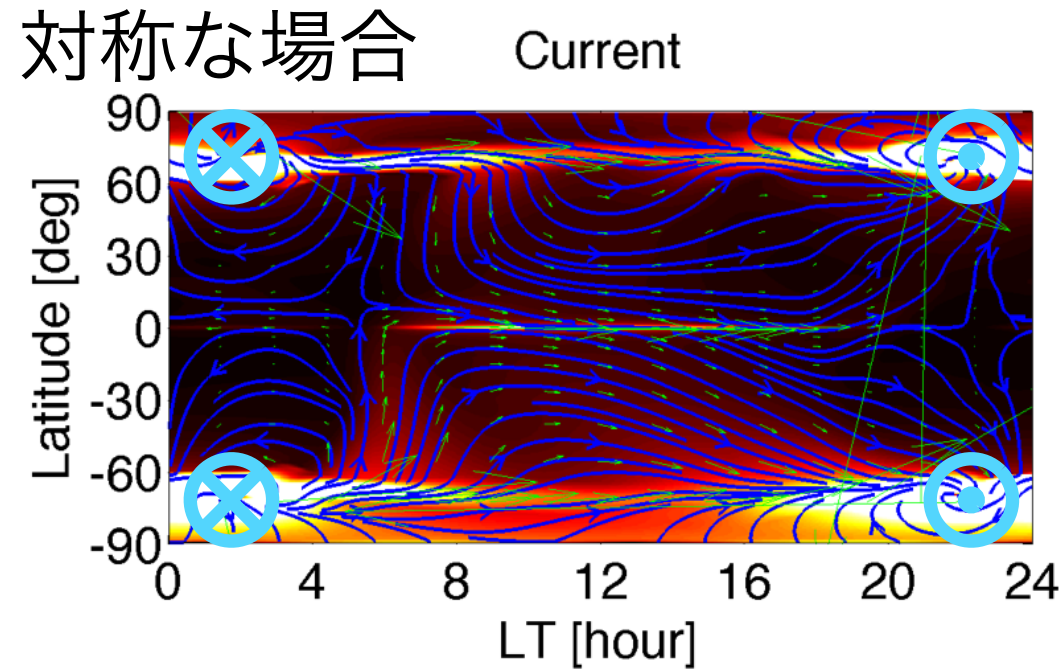
数値計算から得られた電離層電流

Current



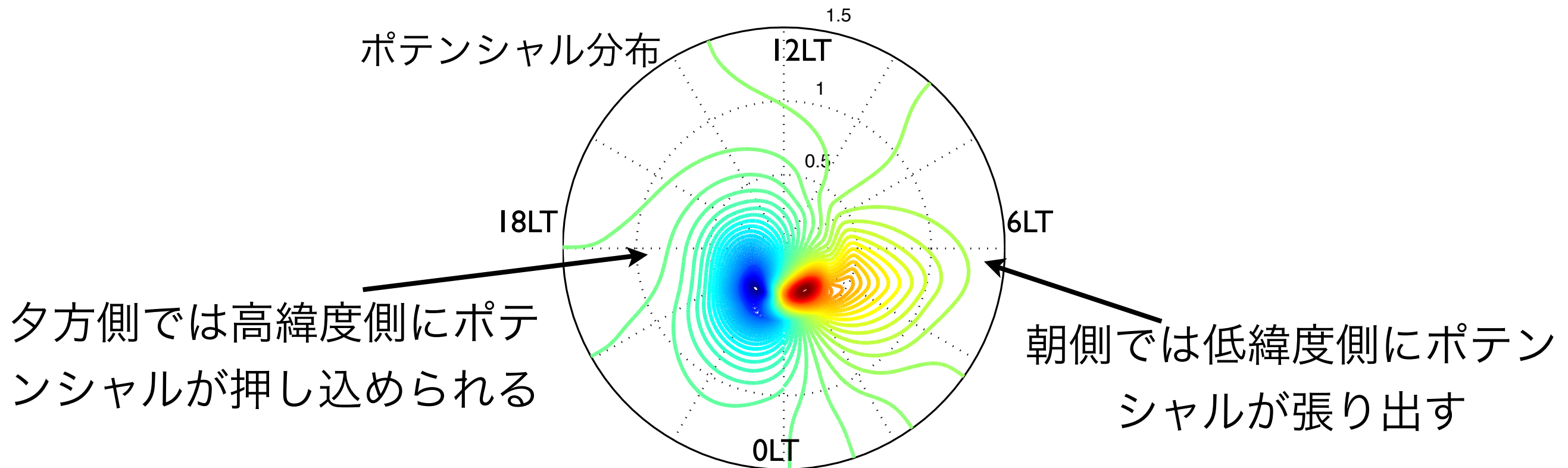
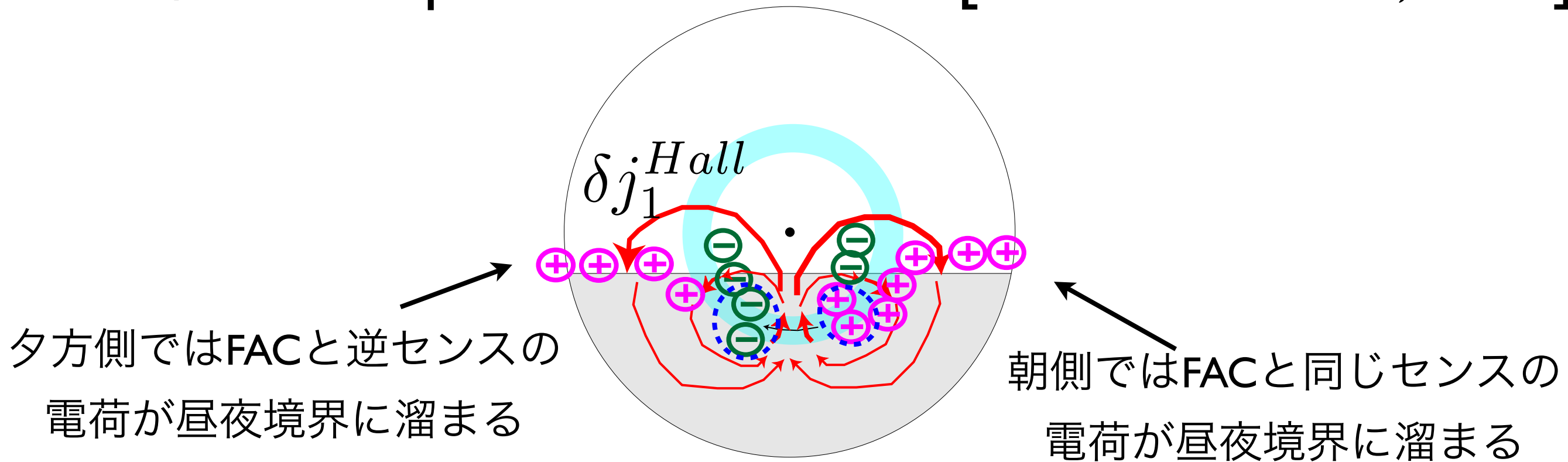
- ・赤道で電流が強化されている。
- ・午後側に比べ、午前側のほうでより南北成分の電流が卓越する非対称な電流系をしている。

偏ったFAC配置の場合



- 昼間側で閉じる電流系の非対称性に対するFACの非対称性の依存は小さい
- イベントごとのFACの構造は昼間側電流系にあまり影響しないと考えられる

Hall分極によるpotential のゆがみ [Yoshikawa et al., 2013]



電流の非対称性にはHall currentとその分極場に伴う電流が寄与する

まとめ

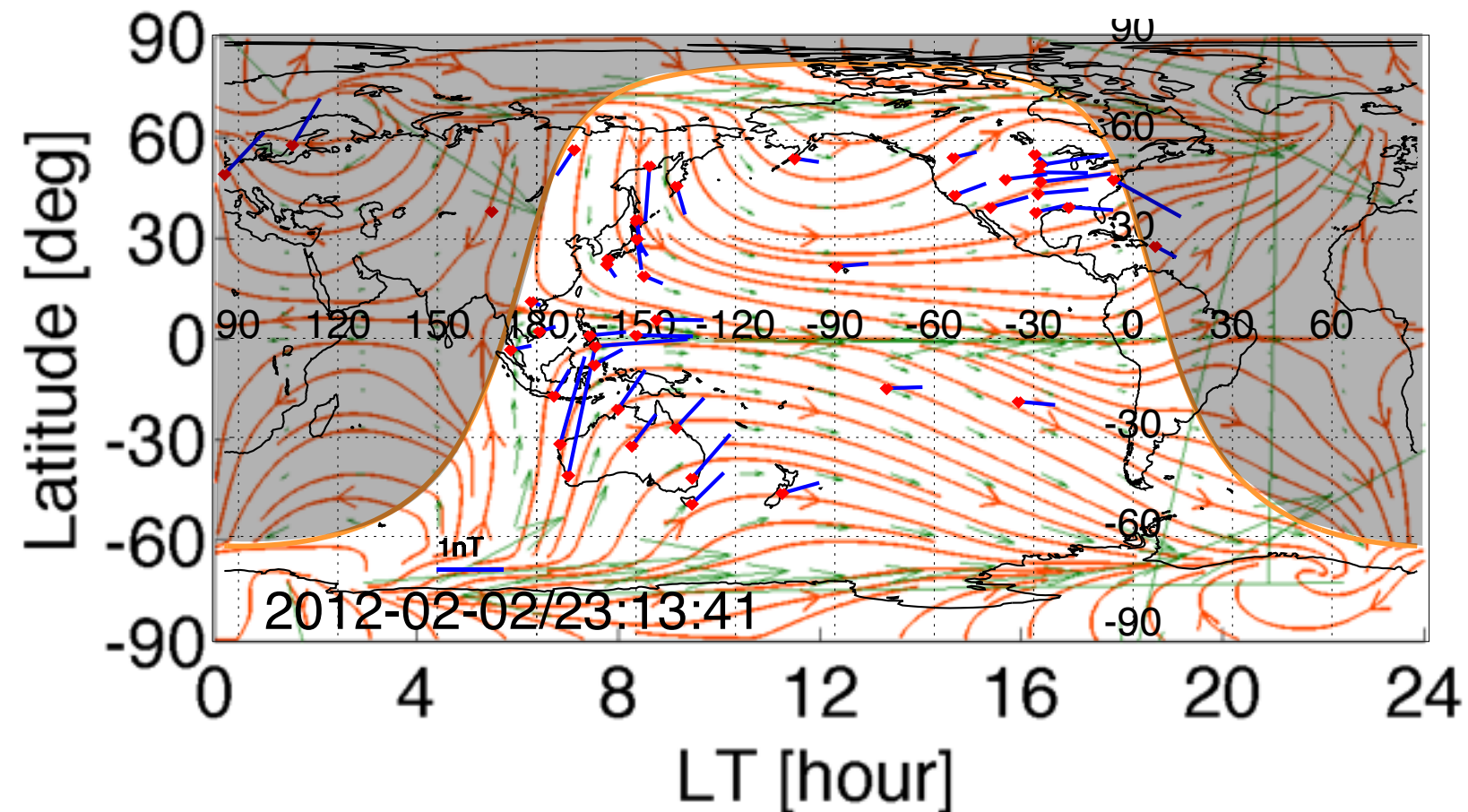
昼間側でのPi 2の電離層電流系の形状を地上磁場データを用いた等価電流分布とポテンシャルソルバーを用いた数値計算からそれぞれ推定し、比較した。

結果

観測、数値計算共に、赤道付近での東西の電流に繋がる南北成分電離層電流が見られ、午後側に比べ、午前側のほうでより南北成分の電流が卓越する非対称な構造を持っている。FACの構造は昼間側電流系の形状にはあまり影響しない。電流の非対称性にはHall電流とHall分極場に伴う電流が寄与する。

結論

昼間側Pi2の主軸方向の変動は、夜側FACの振動をソースとした**昼間側電離層振動電流系**により解釈できる。



END

Thank you for your attention

Acknowledgement:

This work was supported in part by JSPS Core-to-Core Program, B. Asia-Africa Science Platforms. MAGDAS/CPMN magnetic data were provided by PI of MAGDAS/CPMN project (<http://magdas.serc.kyushu-u.ac.jp/>). We thank the national institutes that support INTERMAGNET for promoting high standards of magnetic observatory practice (www.intermagnet.org). Magnetic data from KAK, CBI and KNY are provided by JMA. We acknowledge NASA contract NAS5-02099 and V. Angelopoulos for use of data from the THEMIS Mission. US Geological Survey magnetometers: Original data provided by the USGS Geomagnetism Program (<http://geomag.usgs.gov>). McMAC magnetometers: Peter Chi for use of the McMAC data and NSF for support through grant ATM-0245139. This work is supported by the Inter-University Upper Atmosphere Global Observation Network (IUGONET) project funded by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan.

