

Auroral expansions and magnetospheric flows/electric fields: THEMIS ASIs and spacecrafts observations

小笠原一基¹、笠羽康正¹、西村幸敏^{2,3}、堀智昭²、高田拓⁴、
宮下幸長²、V. Angelopoulos³、J. Bonnell⁵、J. P. McFadden⁵

1. 東北大学 惑星大気物理学講座
2. 名古屋大学 太陽地球環境研究所
3. University of California, Los Angeles
4. 宇宙科学研究本部
5. University of California, Berkeley

Introduction

☆オーロラ

磁気圏の変動をモニターできる強力なツール.

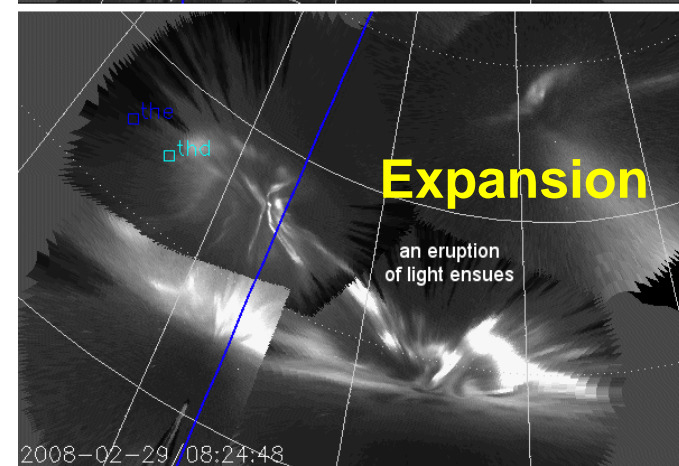
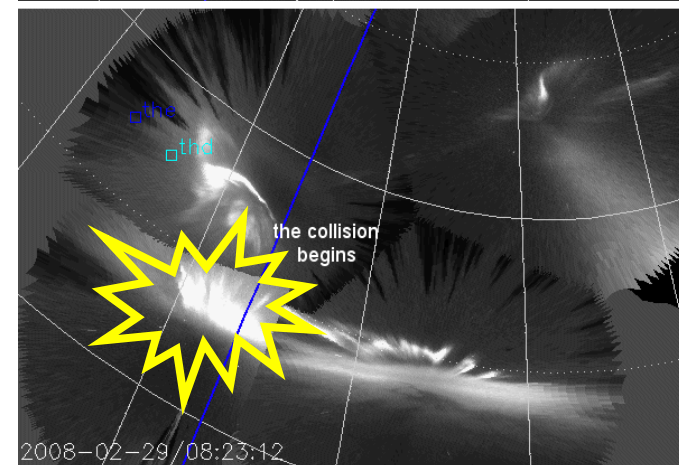
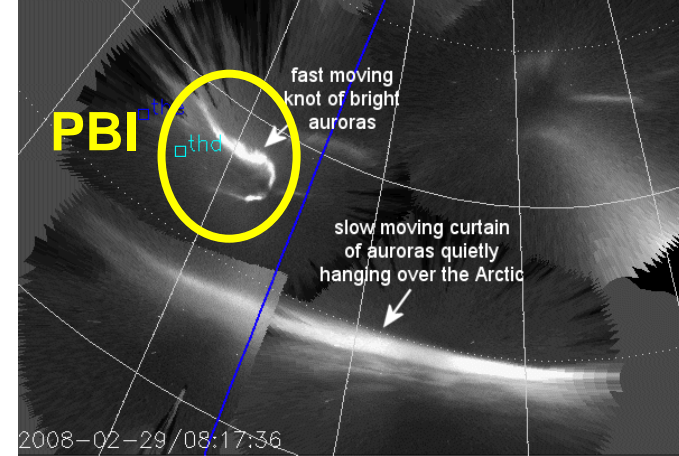
[e.g. Nishimura et al., 2009AGU]→

☆Auroral expansion

Onset後のオーロラはダイナミックな運動をする。(Poleward expansion, Westward Traveling Surge (WTS) ...)

Onset後のオーロラの東西方向の拡大・運動に注目。(westward, eastward)

Fig. Auroral expansion after PBI.
(http://science.nasa.gov/headlines/y2009/17dec_whenaurorascollide.htm)



□ Introduction

☆ Westward traveling Surge (WTS)

● 強い上向き (upward) の region 1 FAC と対応している。 [Opgenoorth et al., 1983]

● サブオーロラ帯の西向き flow (SAPS) と対応。

→ Pedersen 電流を介して、region 2 FAC に接続。 [Zou et al., 2009]

● 東向き (eastward) のオーロラ運動も類似した特徴を持つ。

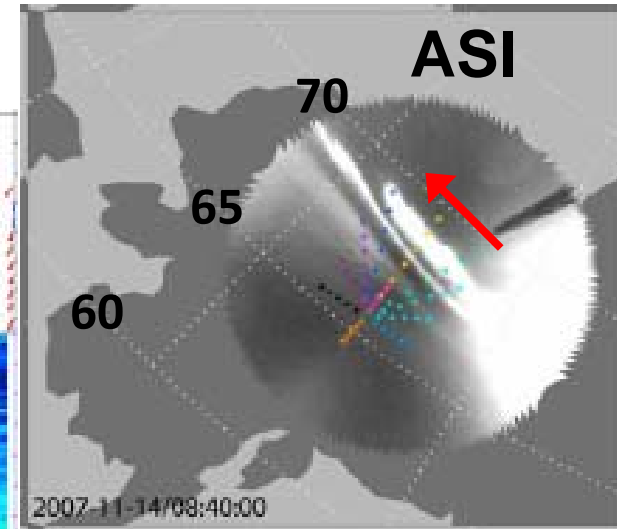
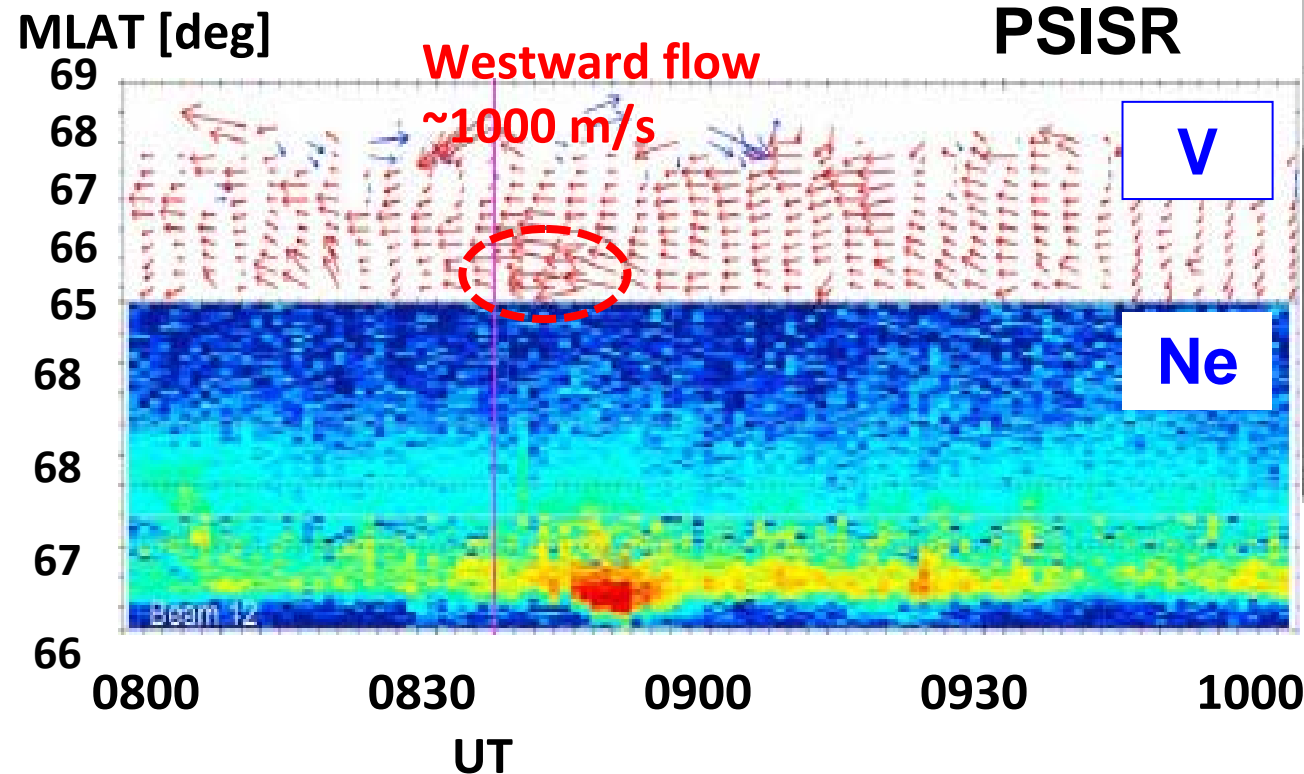


Fig. Auroral image (ASI), convection flow direction and electron density (PFISR) [Zou et al., 2009]

Introduction

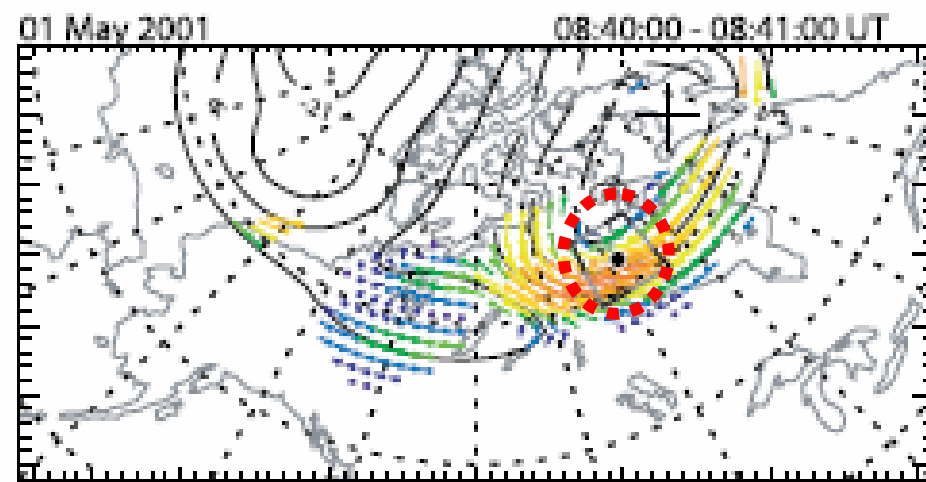
☆ Substorm onsetに対応して電離圏対流は増大する. [Miyashita et al., 2008]



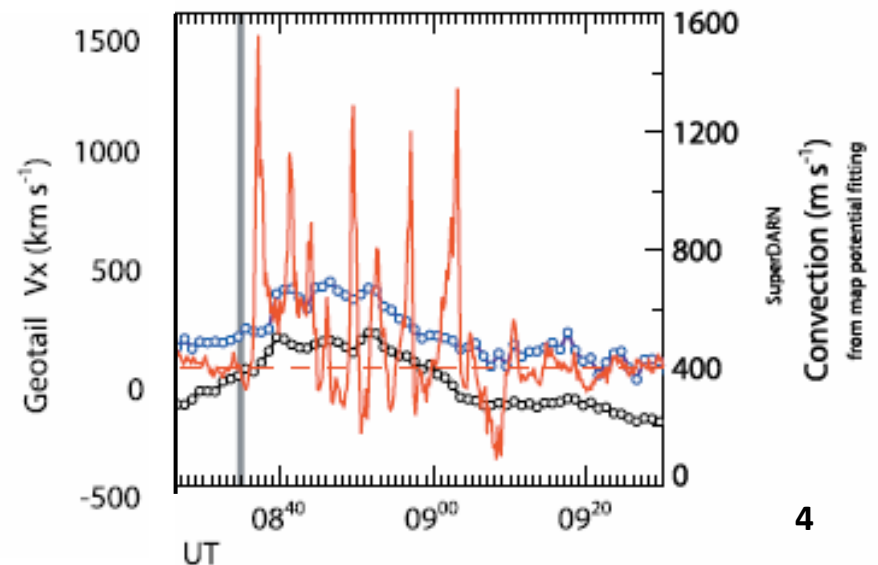
オーロラ東西方向の拡大に関連した電離圏変動は、何が駆動しているのか？

→ **磁気圏 (near-Earth tail) との詳細な同時観測が必要.**

Fig. Ionospheric convection flow speeds near the Geotail footprint and X component of plasma flow speeds observed by Geotail. [Miyashita et al., 2008]



- Geotail
- maximum (SuperDARN)
- average (SuperDARN)



□ Purpose of this study

Ground-Based Observatories (GBO)

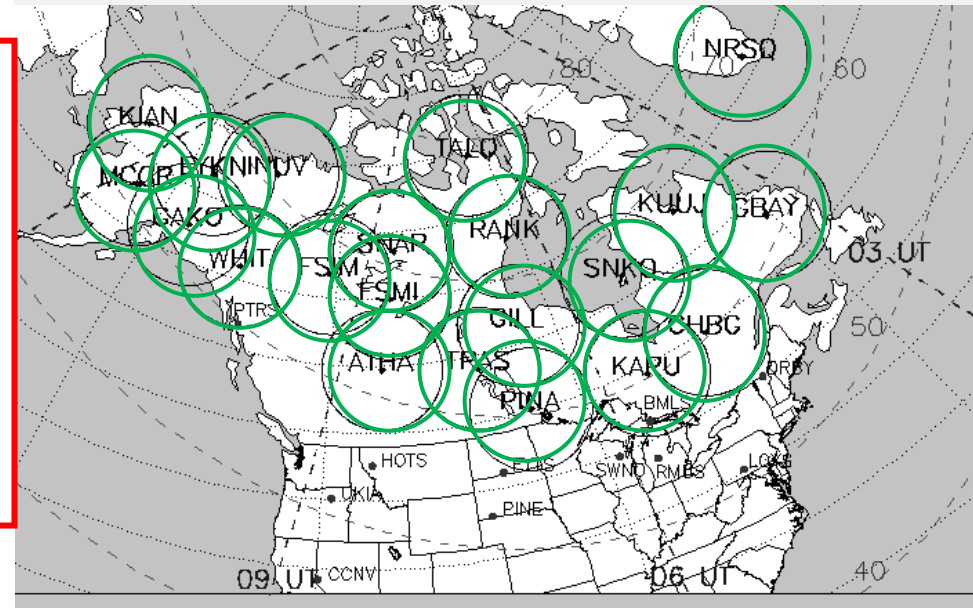
✓ 衛星とオーロラ画像(広範囲・高時間分解)との比較.

✓ Near-Earth tailにおける電磁場・粒子の同時観測.

✓ 複数衛星観測.

→ **THEMIS+GBO**

(ASIs, magnetometers)



磁気圏の変動とオーロラの東西運動を詳細に比較する.

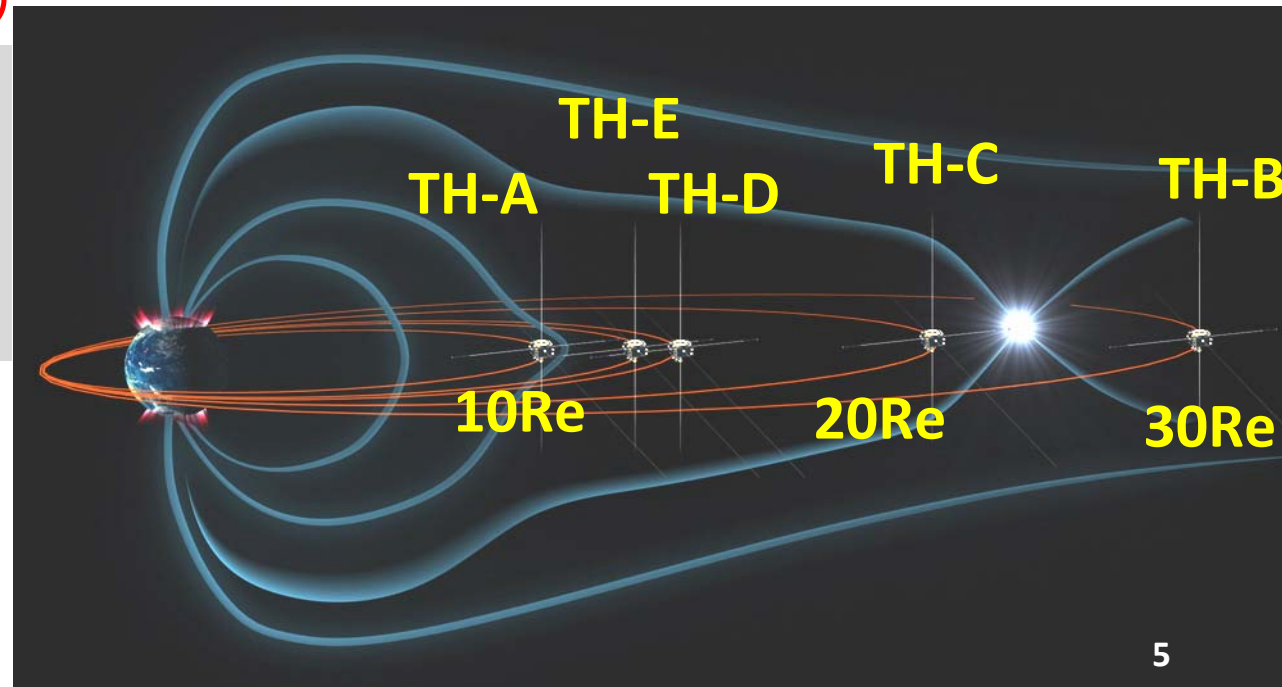


Fig. (top) Map of North America with the GBO stations. (bottom) THEMIS probes in the magnetosphere

Instrument

- **GBO** [Mende et al., 2008]

- ASI

20 stations, 256X256 images, time resolution: 3 s

- Magnetometer

- **EFI** [Bonnell et al., 2008]

Electric field (1 sample/spin, 8 or 128 samples/s)
antenna length: 50 m and 40 m in the spin plane.

6.9 m along the spin axis. ($\mathbf{E} \cdot \mathbf{B} = 0$)

- **FGM** [Auster et al., 2008]

Magnetic field (1 sample/spin, 128 samples/s)

- **ESA** (ion: <25 keV, ele: <30 keV) & **SST** (ion: <6MeV, ele: 1 MeV)

[Carlson et al., 2008, McFadden et al., 2008, Larson et al., 2008]

Velocity, plasma pressure...(1 sample/spin)

(In this study, SST are used below 450 keV)

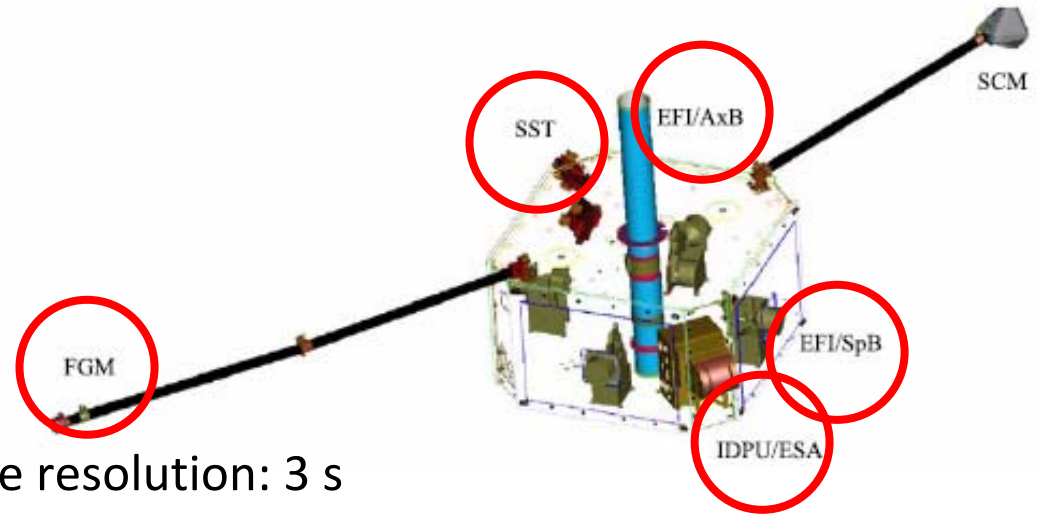


Fig. Instrument

□Event study①---ASI data---

☆2008/03/02 ~07:00

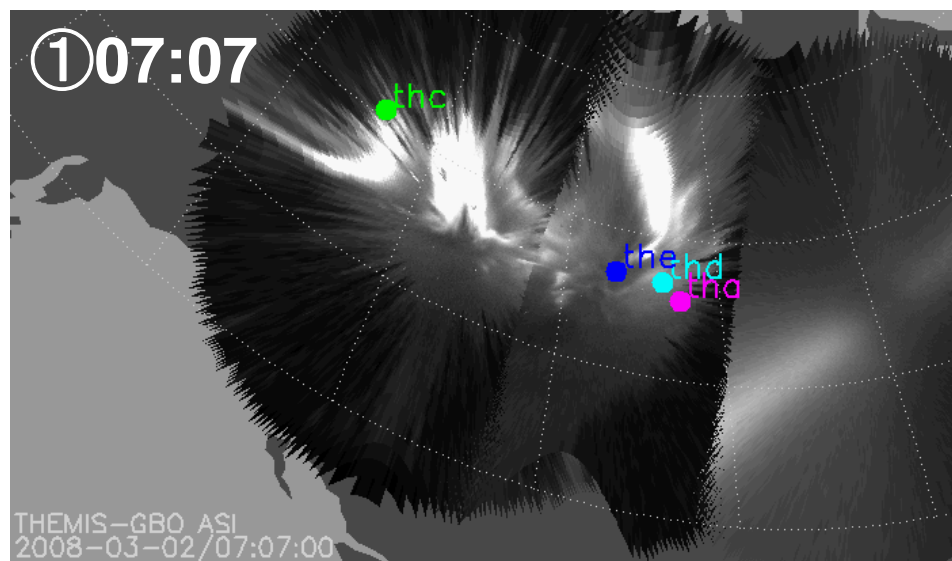
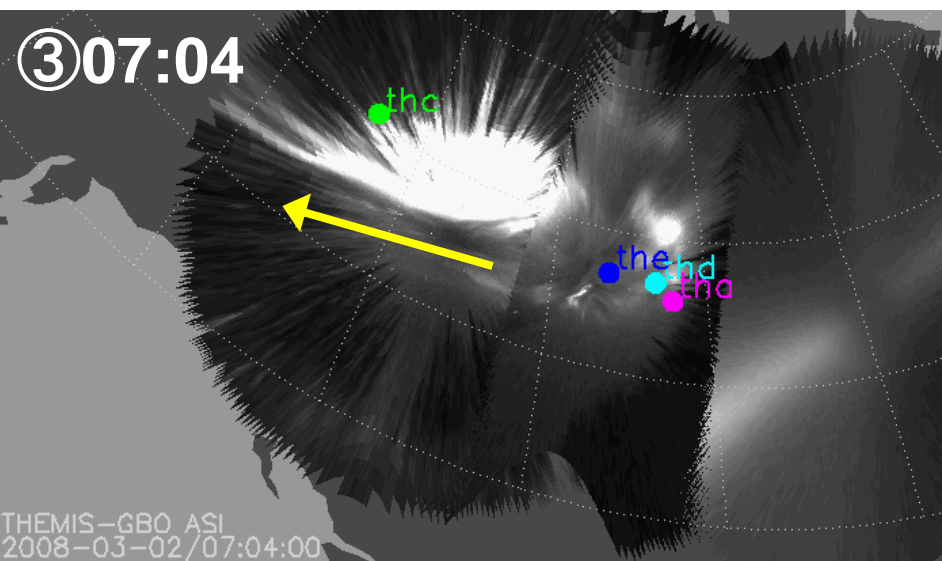
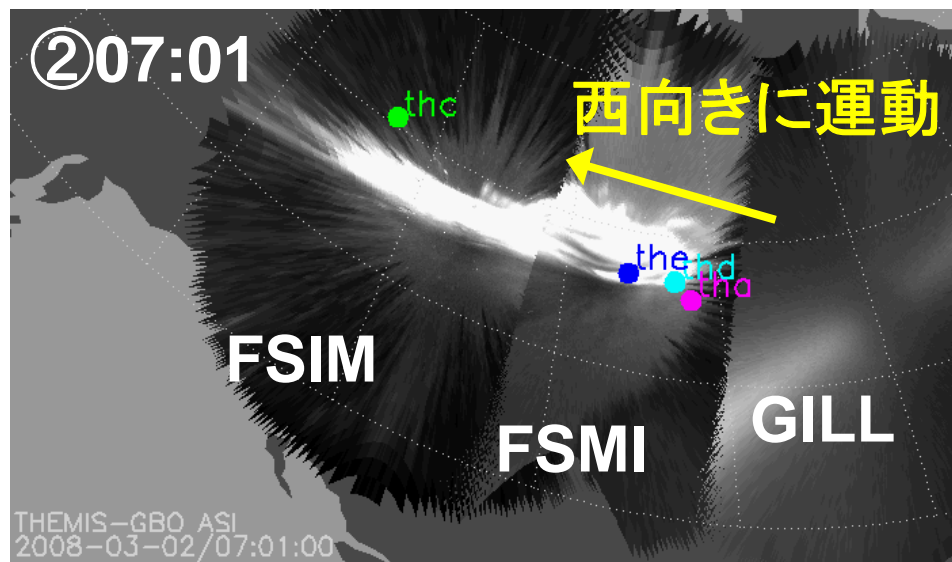
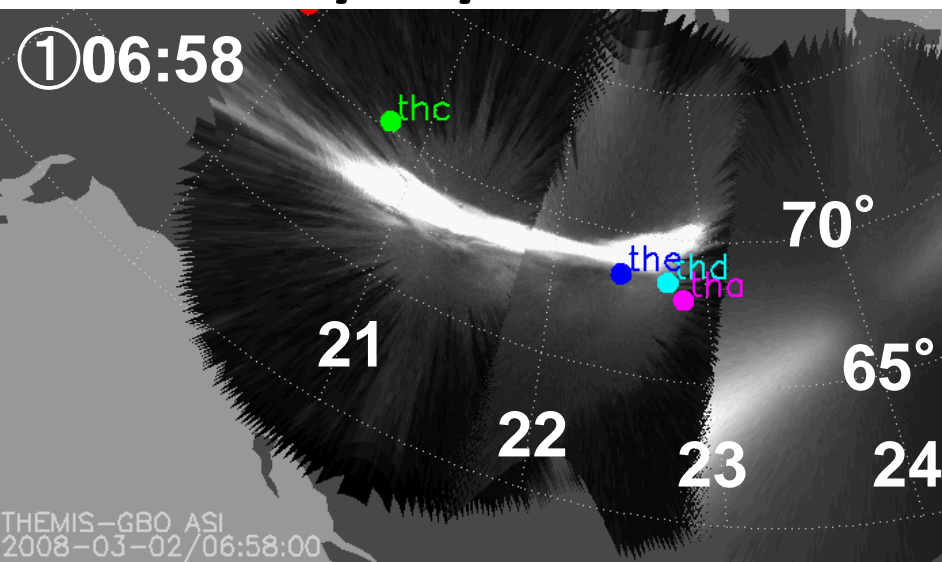
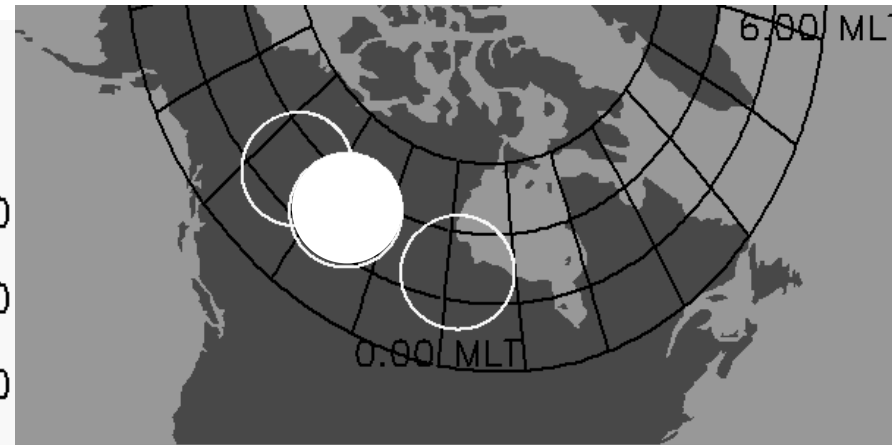
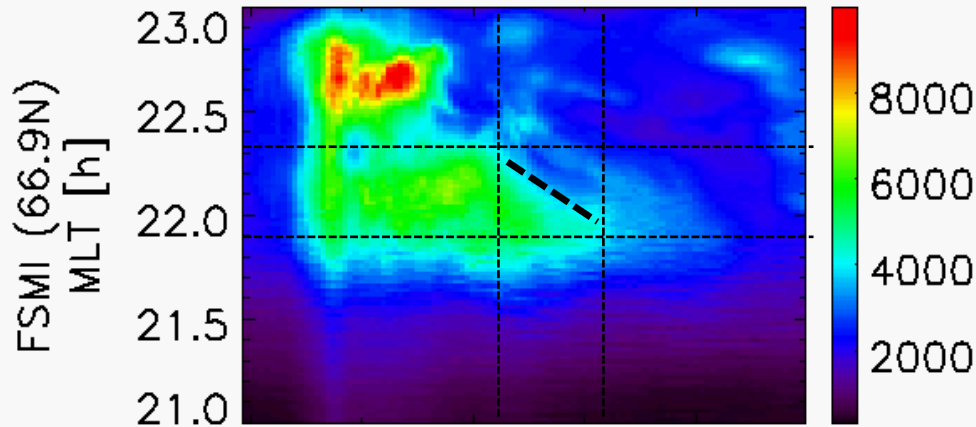


Fig. オーロラの時間推移

□Event study①---ASI data---

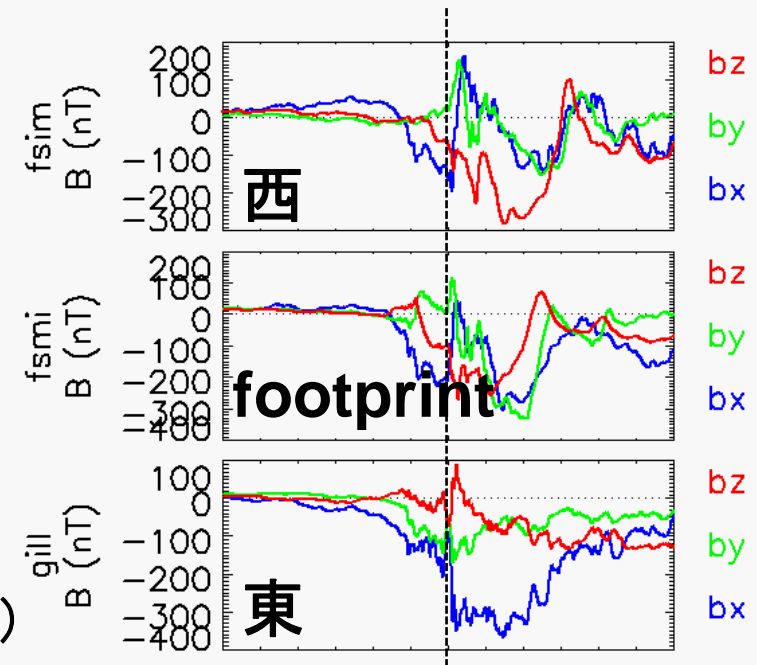
西向き



hhmm 0700 0702 0704
2008 Mar 02

オーロラの拡大速度:

$$\begin{aligned} \Delta \text{MLT} / \Delta T \\ = 0.4 \text{ h} / 60 \text{ s} \\ = \mathbf{4.4 \text{ km/s}} \end{aligned}$$



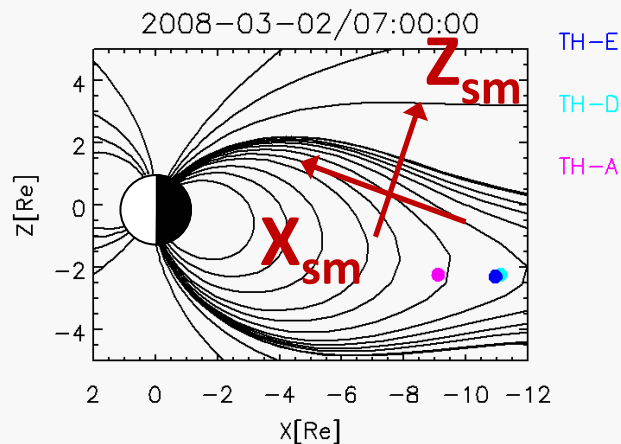
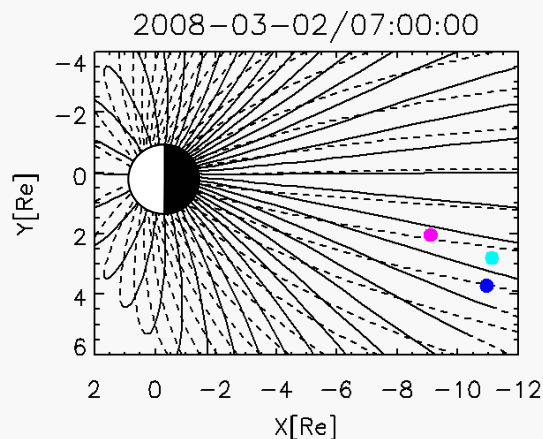
hhmm 0600 0700 0800
2008 Mar 02

Fig. (左) ASIデータの東西スキャン(ewogram)
(右下) 地磁気データ

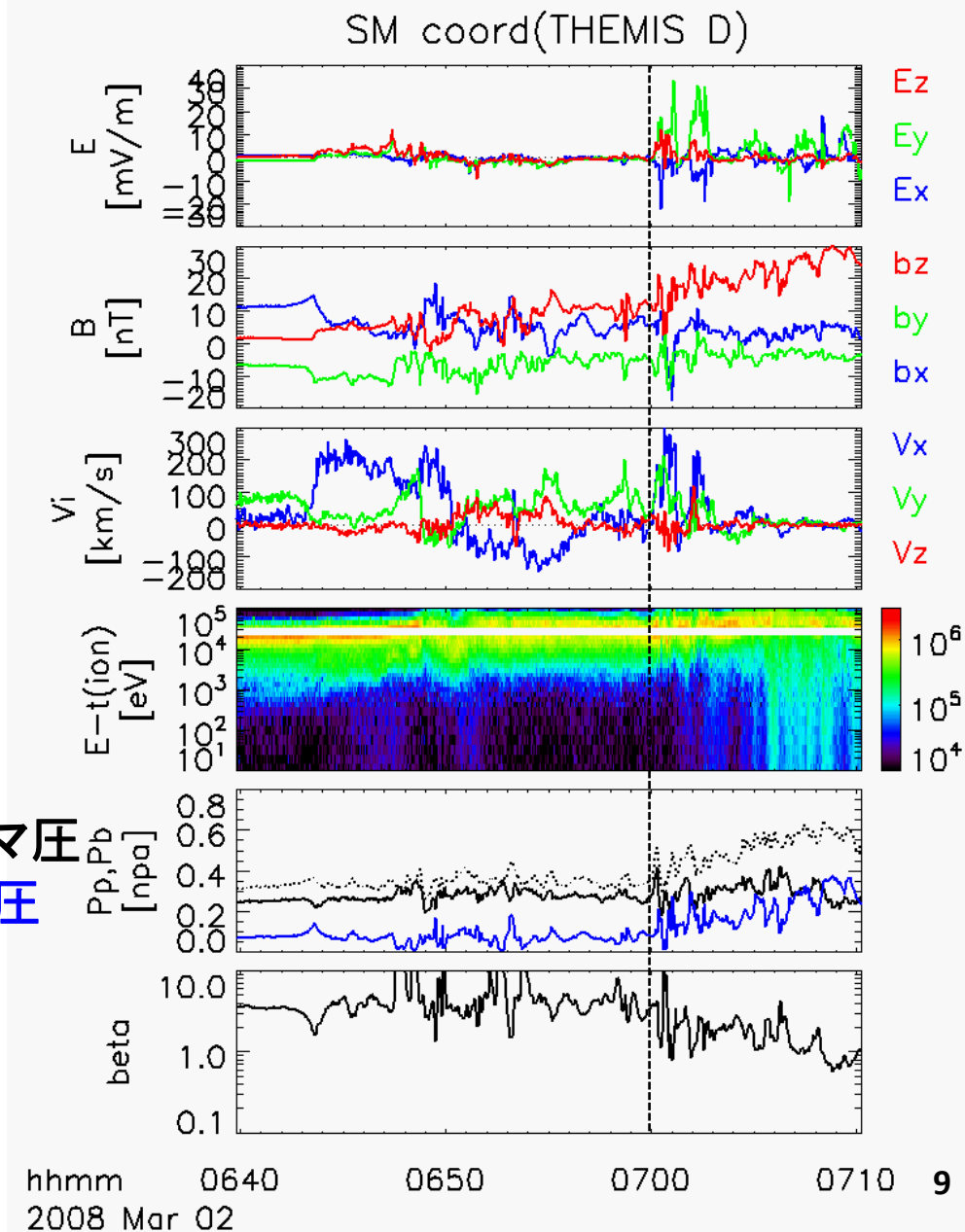
Event study ① ---s/c data---

TH-D: (-11.3, 2.9, 0.9)

TH-E: (-11.1, 3.8, 0.8)



プラズマ圧
磁気圧



□Event study①---s/c data---

☆TH-D, Eのデータ

●磁気圏では、磁場の dipolarization, 高速プラズマ流、強い電場を観測.

●プラズマ圧の減少も確認でき、bubble構造を示しているといえる.

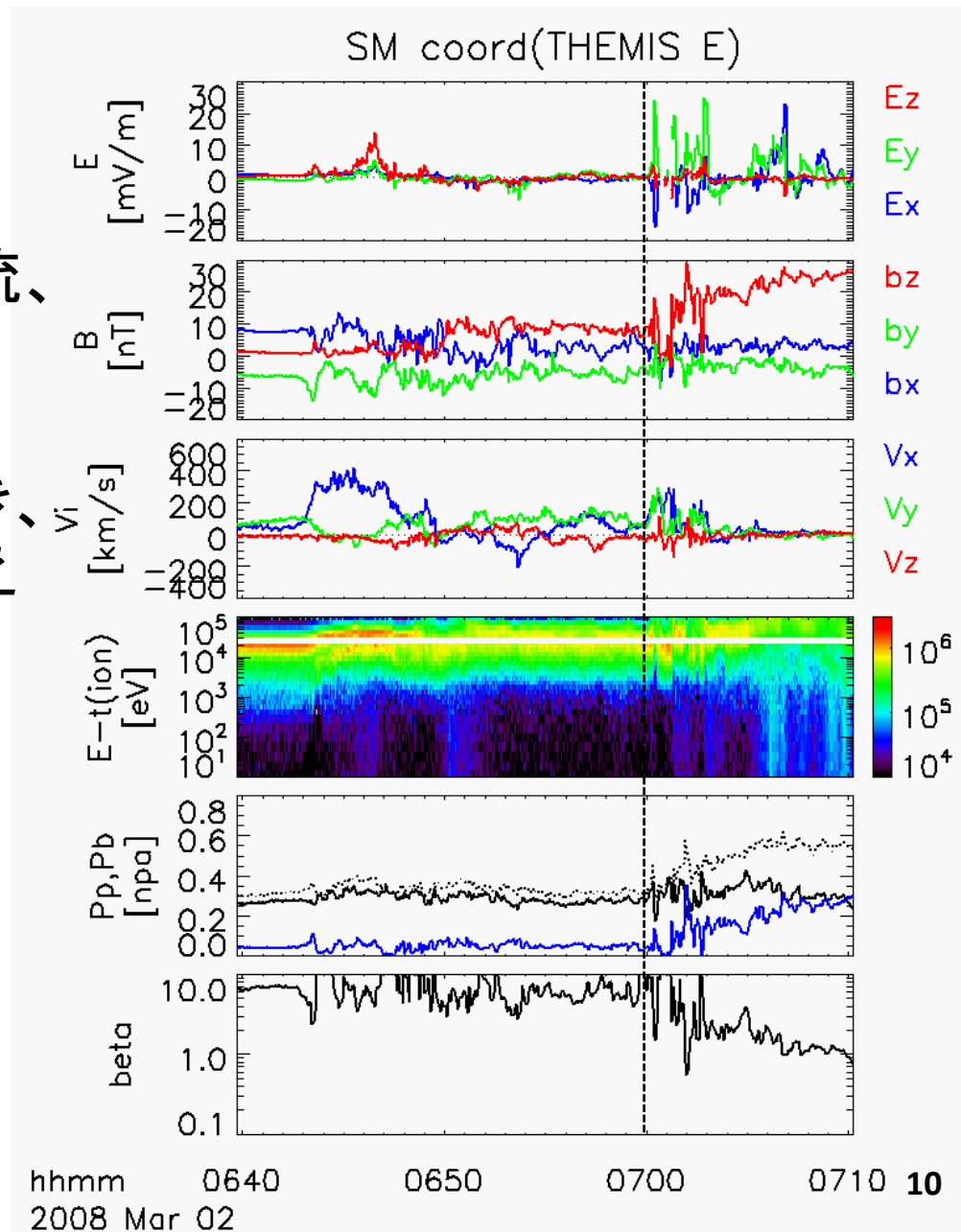


Fig. Summary plot

Comparison of both data

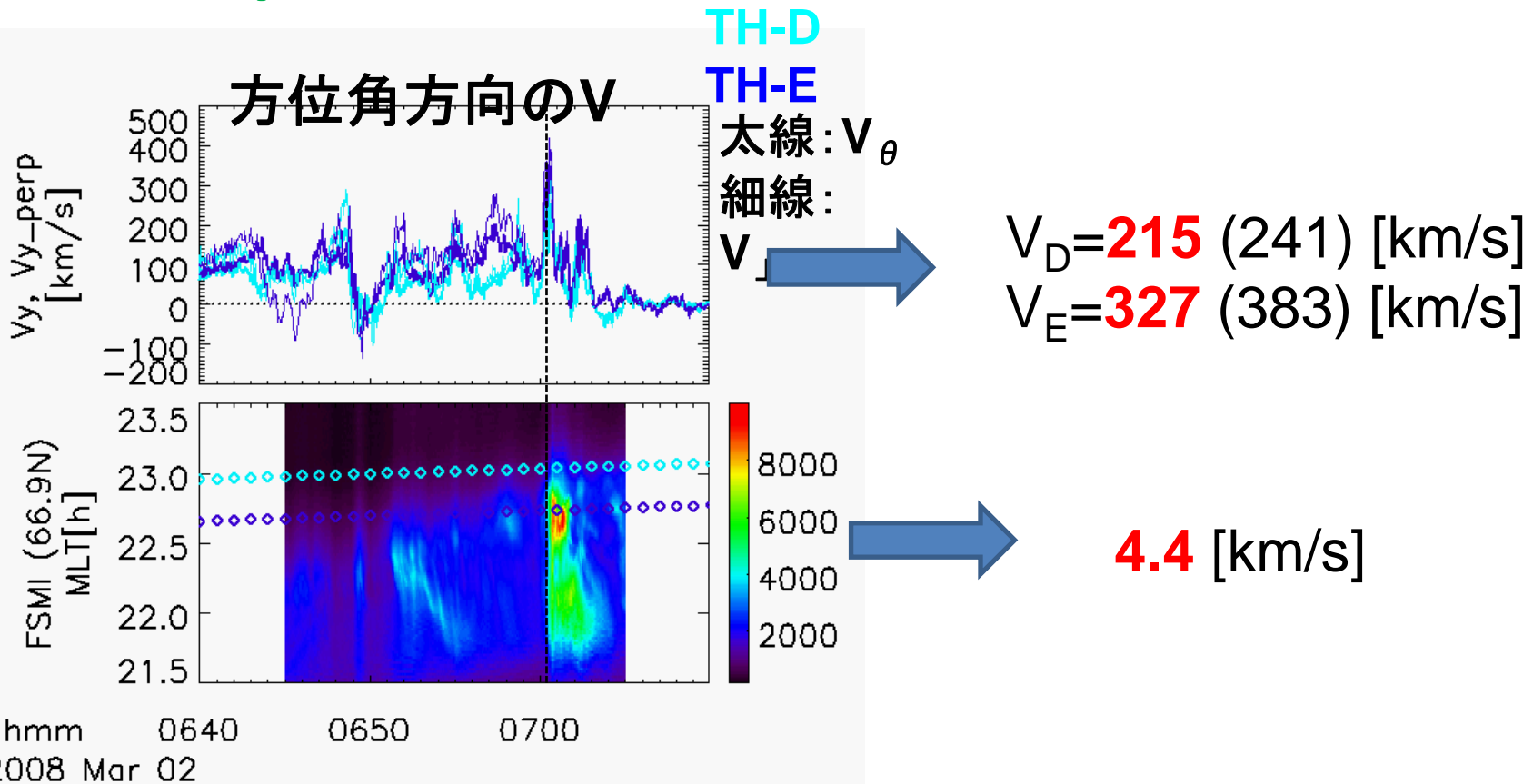
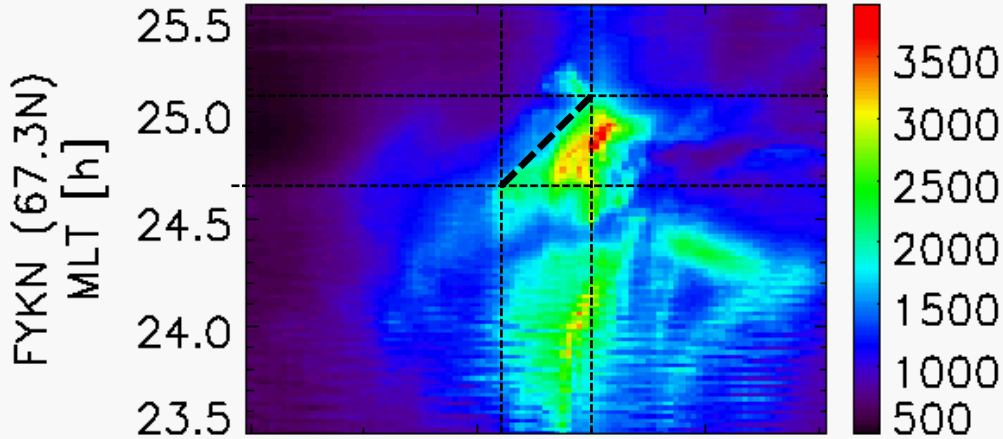


Fig. プラズマデータ(方位角方向の速度)とオーロラデータの比較

□Event study②

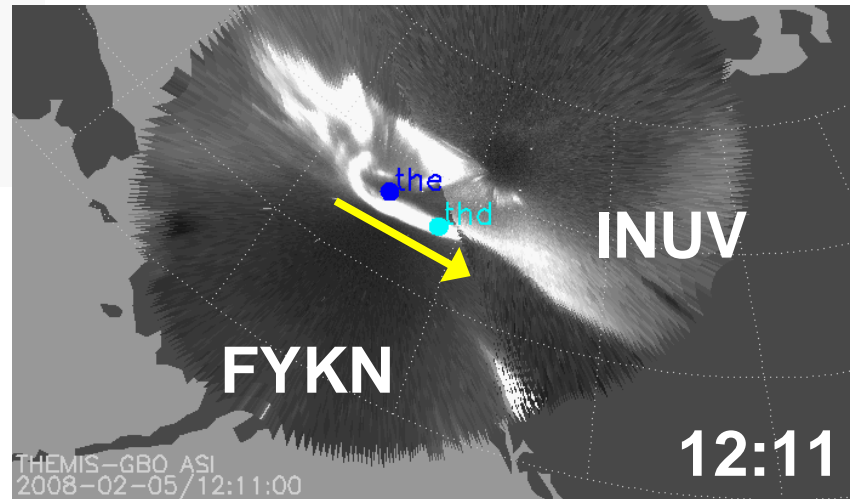
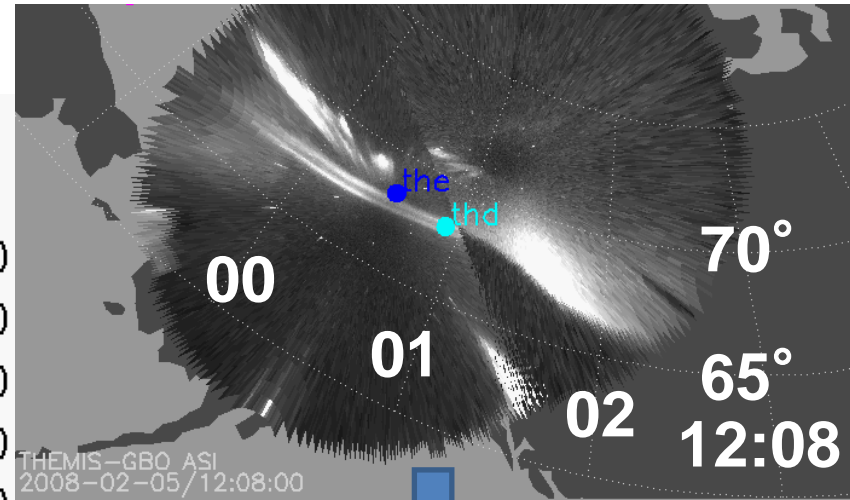
2008/02/05

東向き

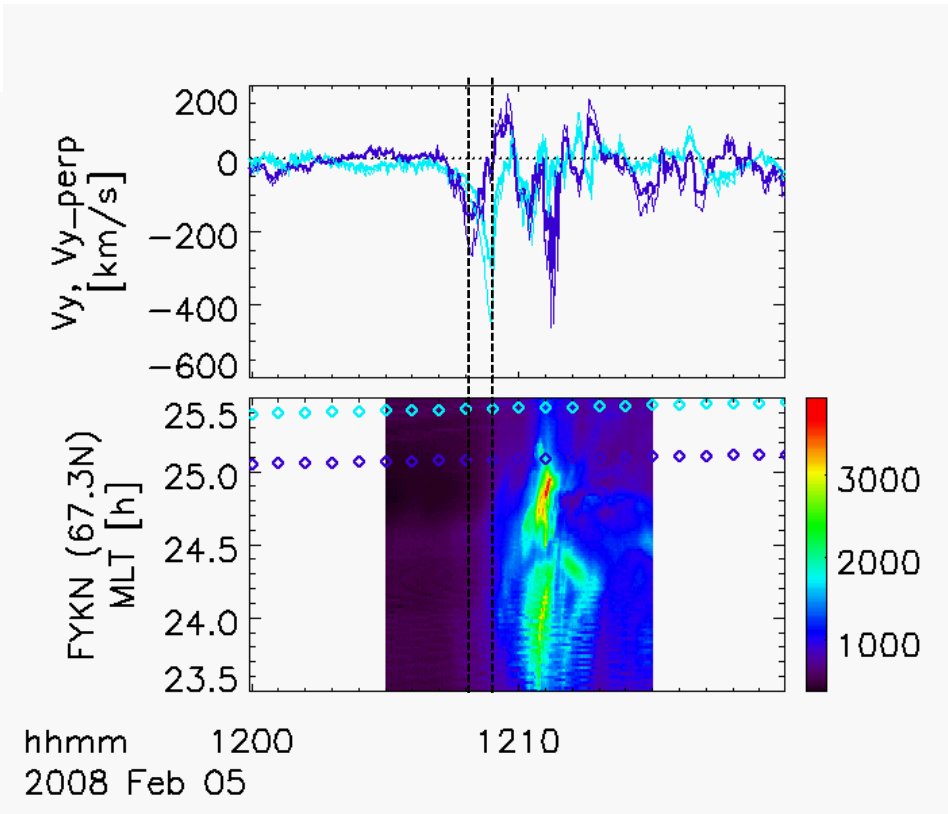
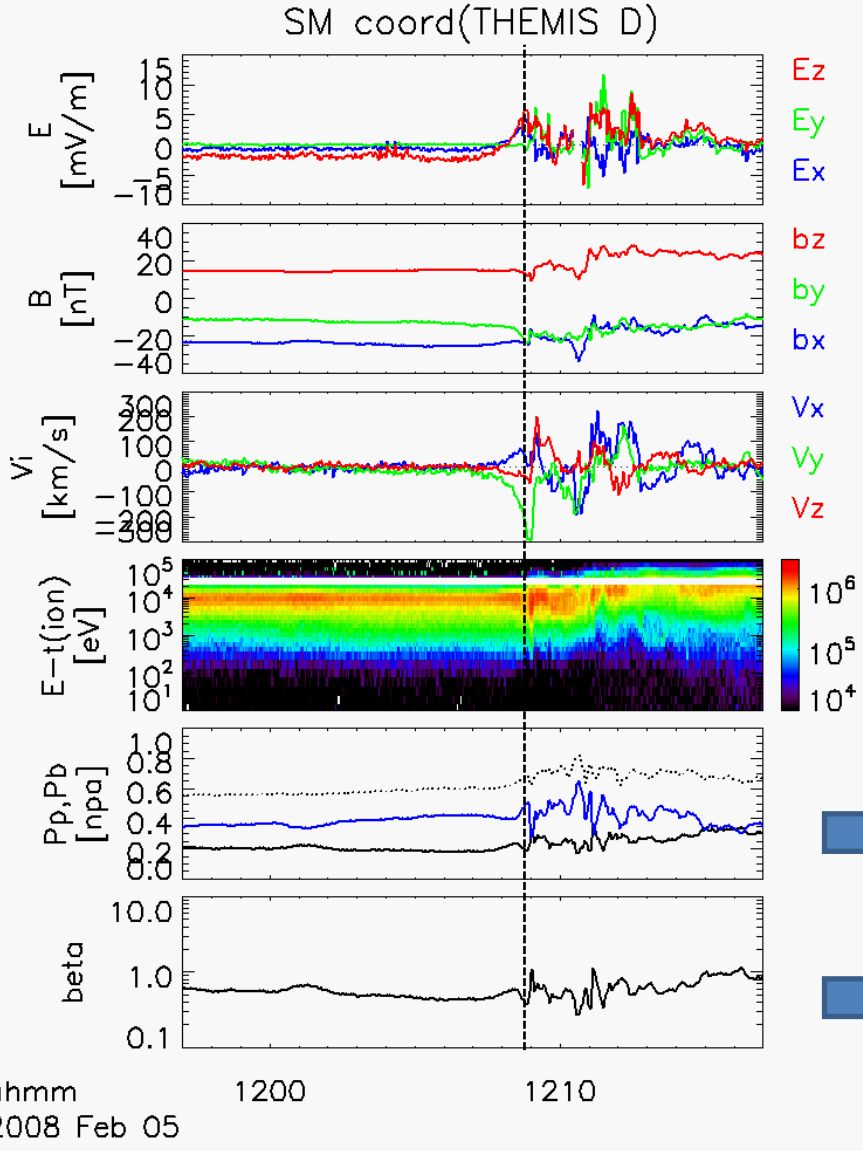


hhmm 1208 1210 1212
2008 Feb 05

オーロラの拡大速度：
 $\Delta\text{MLT}/\Delta T$
 $=0.5 \text{ h}/40 \text{ s}$
 $=8.2 \text{ km/s}$



Event study ②

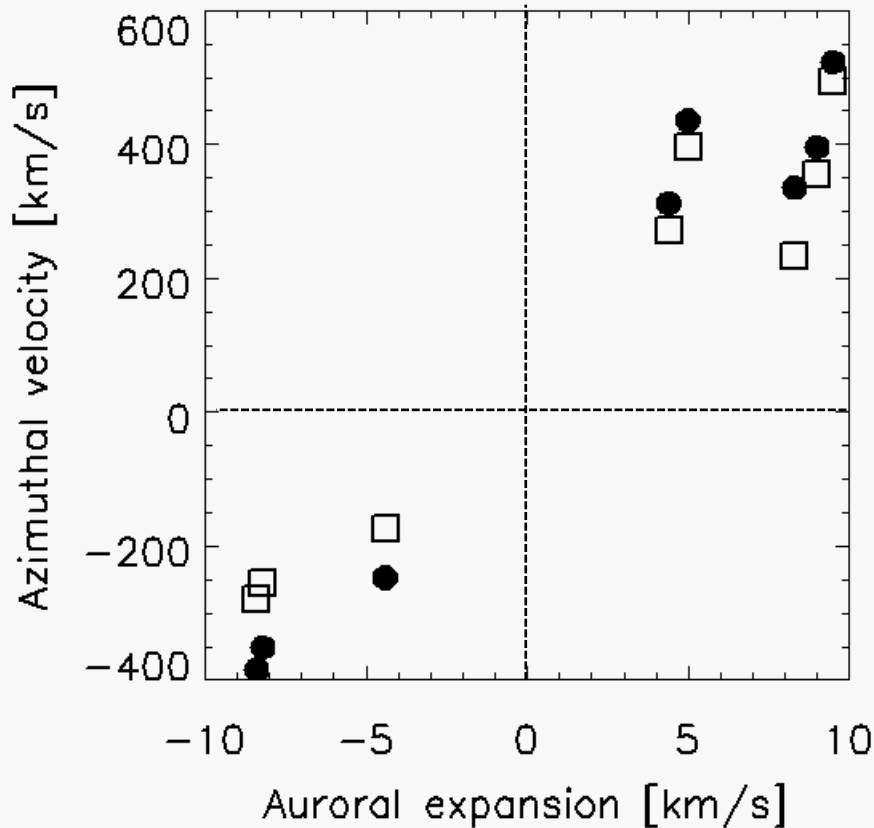


$V_D = -294$ (-462) [km/s]
 $V_E = -155$ (-240) [km/s]

8.2 [km/s]

Fig. Summary plot

□ Auroral expansions & magnetospheric flows



□ V_{θ}
● $V_{\perp\theta}$

オーロラの運動速度と、磁気圏における方位角方向のプラズマ速度はよい相関を示す。

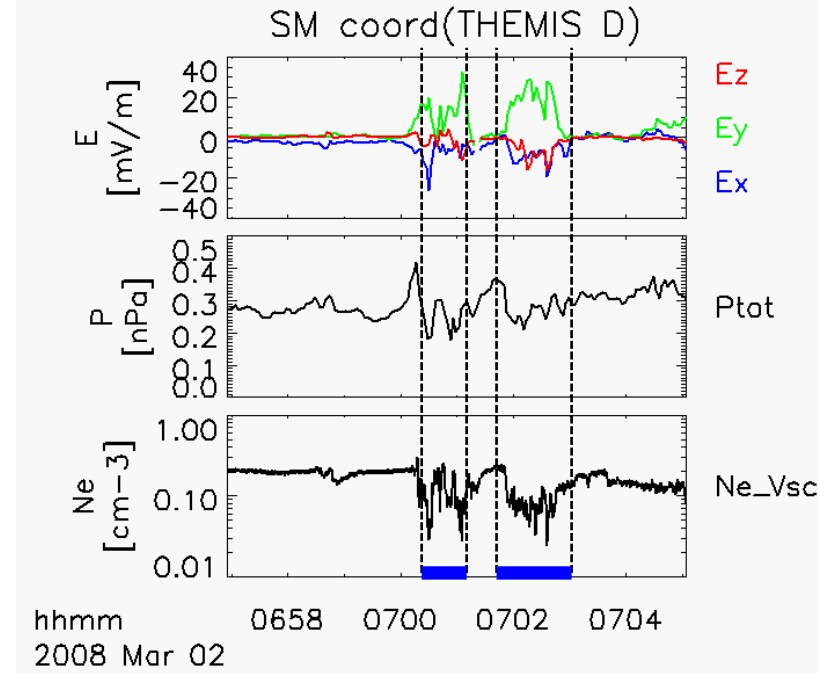
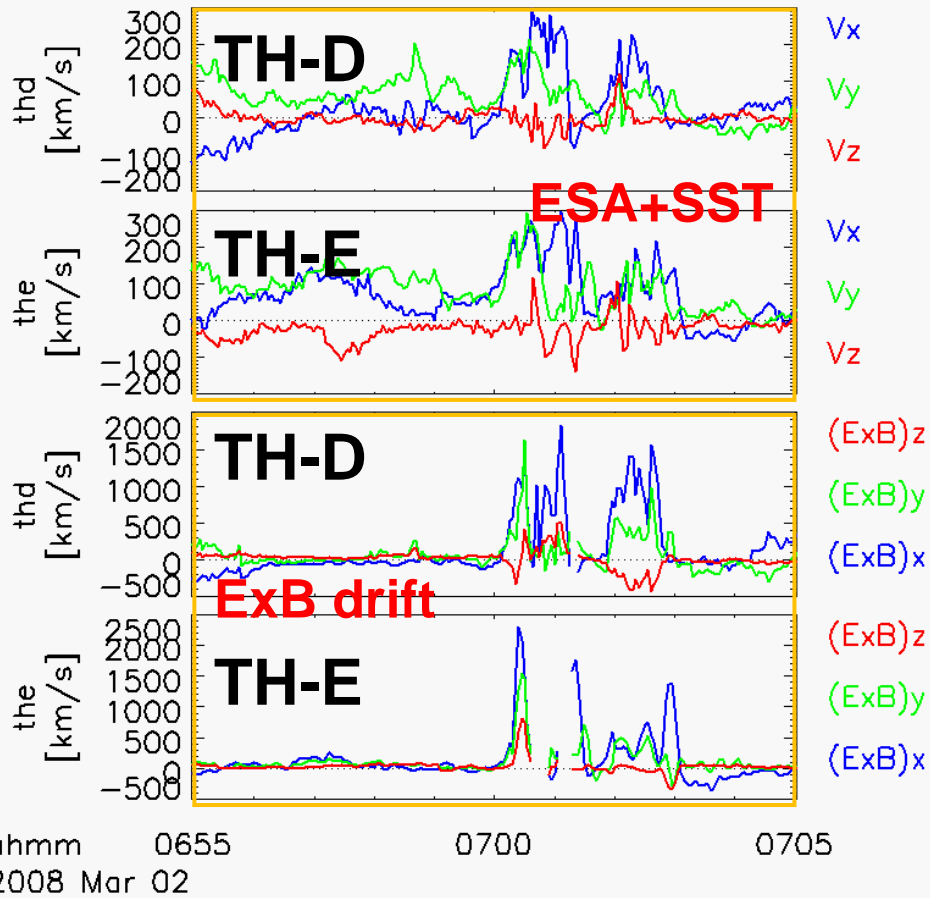
Tsyganenkoモデルでmappingする必要性。



プラズマ速度の成因

Fig. 複数イベントでみたオーロラ速度とプラズマ速度

□ ExB drifts and static electric fields



プラズマ速度とExBドリフトはよい
相関がある。(値が数倍違うのは
電場calがうまくいっていないため)

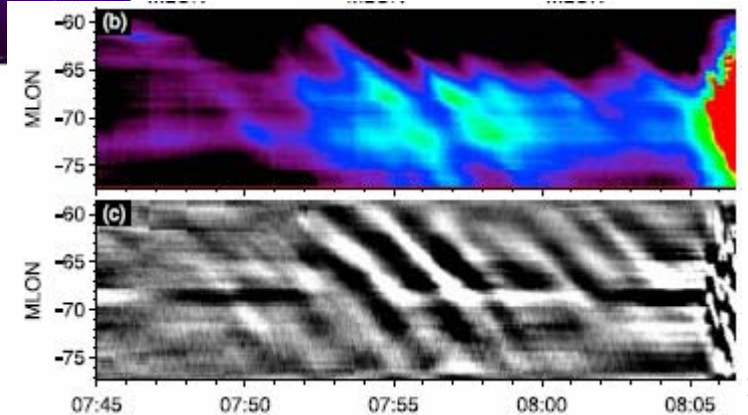
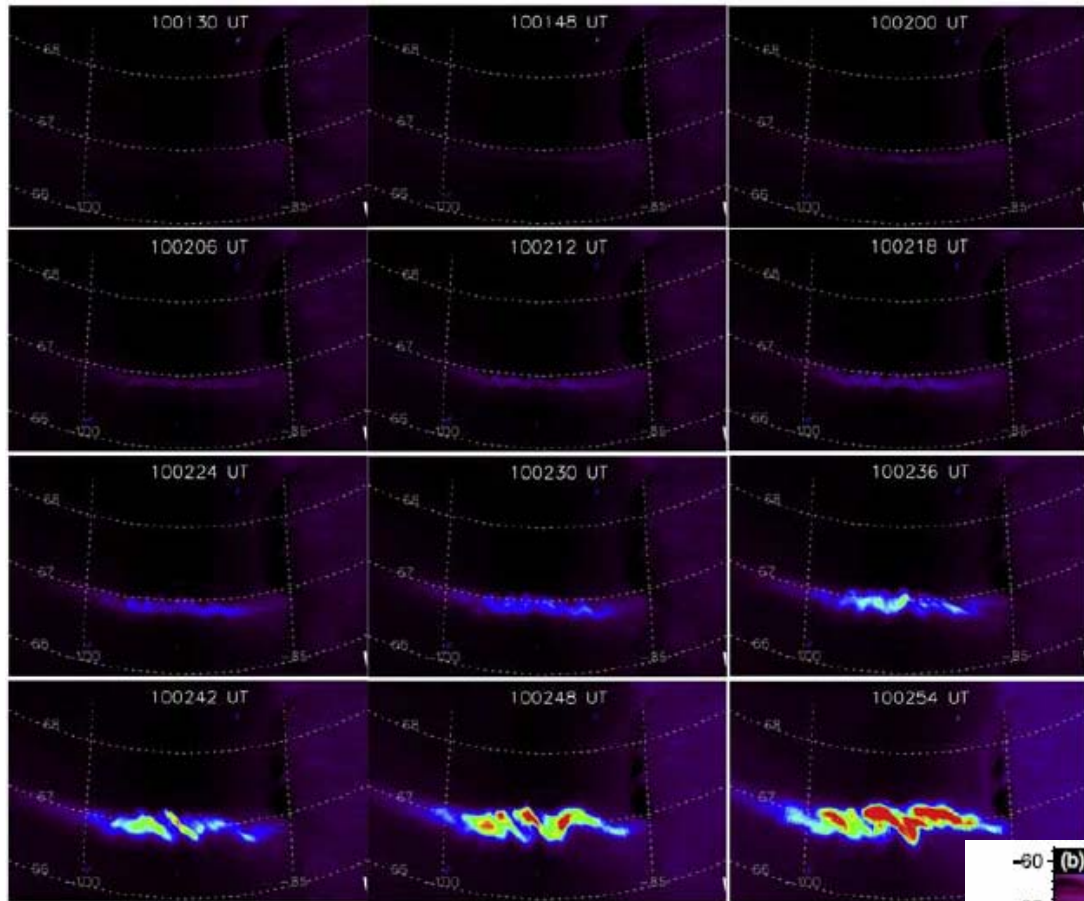
Fig. (左) プラズマ速度とExBドリフト.
(右) 電場・プラズマ圧・電子密度

プラズマ圧or密度減少に対応した静的な強い電場がオーロラの運動に重要.

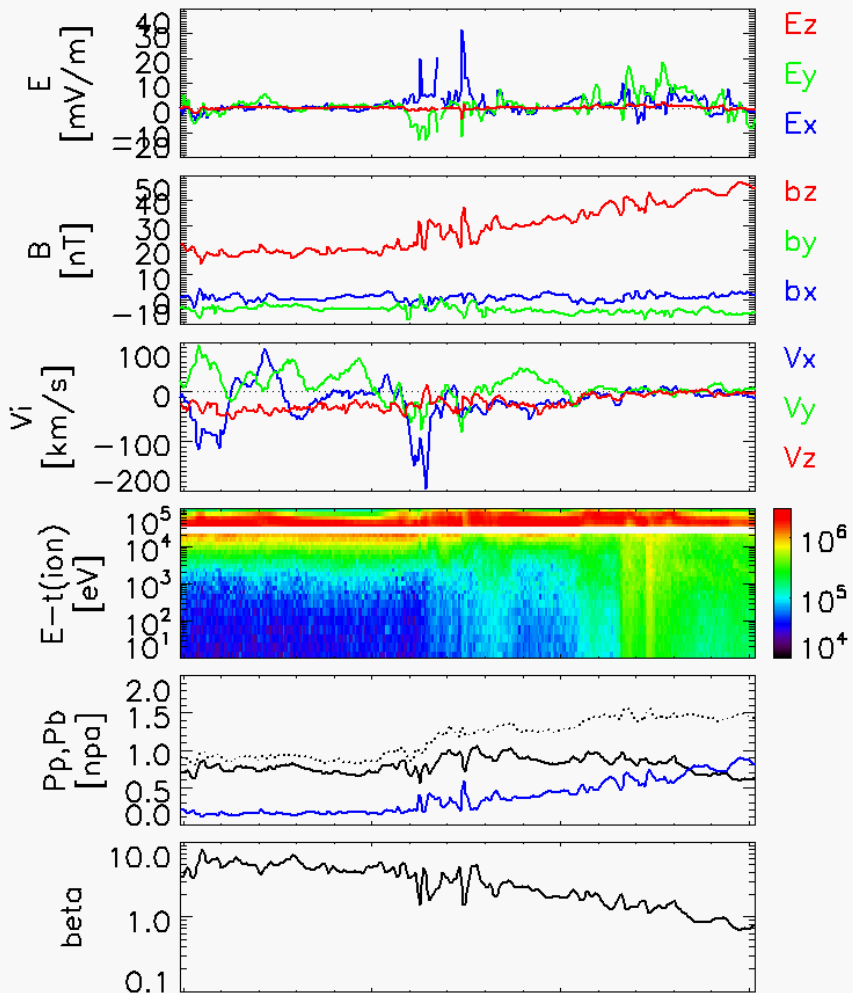
□Summary & Future plan

- Expansion後のオーロラの東西方向の運動は、磁気圏における**方位角方向のプラズマ速度**を反映している。
- プラズマ速度は、**ExBドリフト**の寄与が大きい。（電場calの必要性）
- 観測された大きな電場はプラズマ圧の減少に対応した静的な電場である。

-
- 磁気圏の静的な電場は電離圏にmappingされているはず。
 - オーロラの運動速度くらい速い、かつtransientな電離圏フローは存在するのか？
- SuperDARN THEMIS-modeを用いた観測。
(1週間お世話になります)



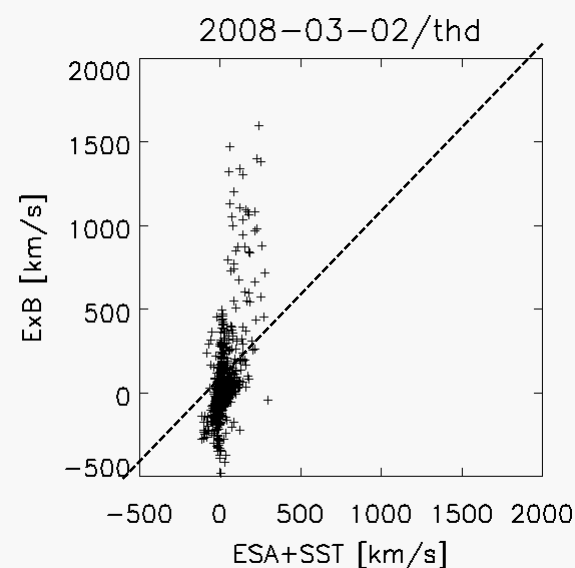
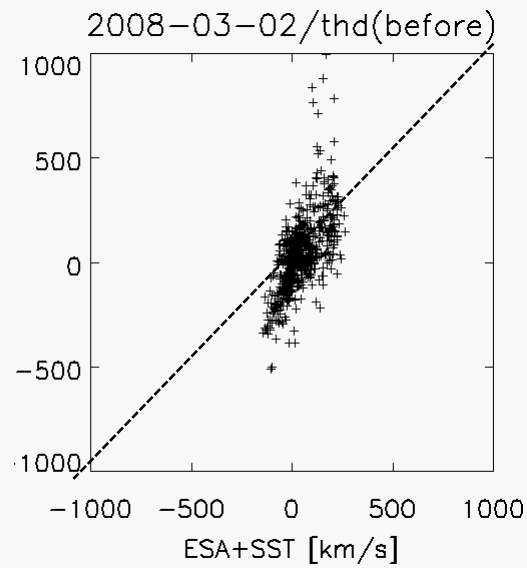
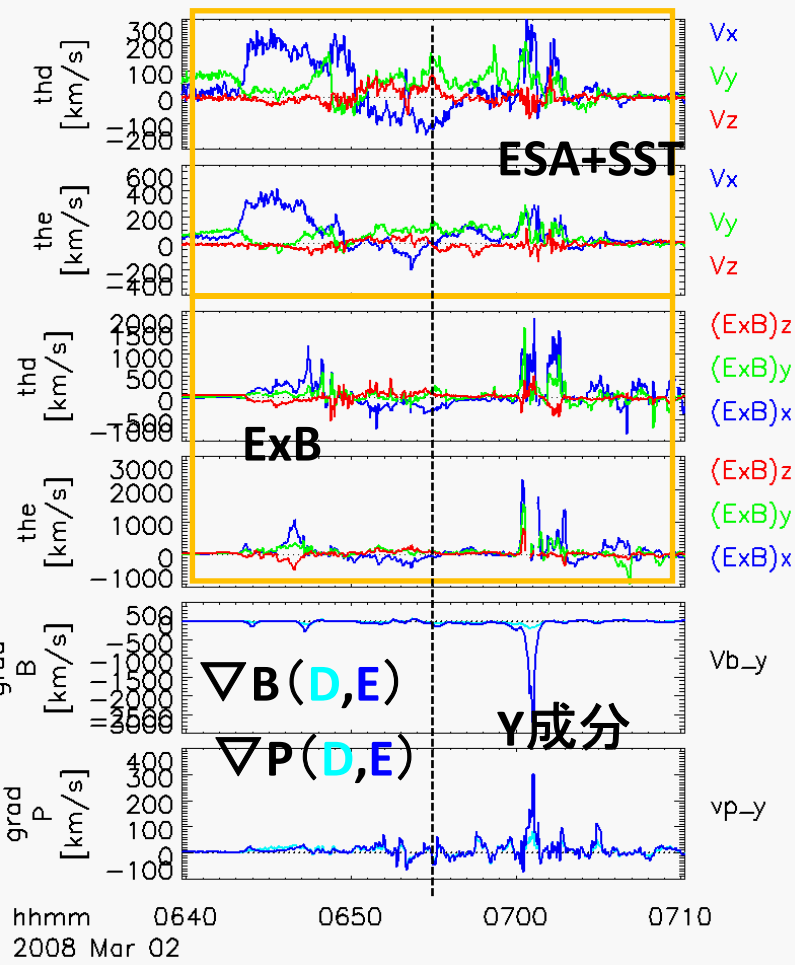
SM coord(THEMIS A)



hhmm 0655 0700 0705 0710
2008 Mar 02

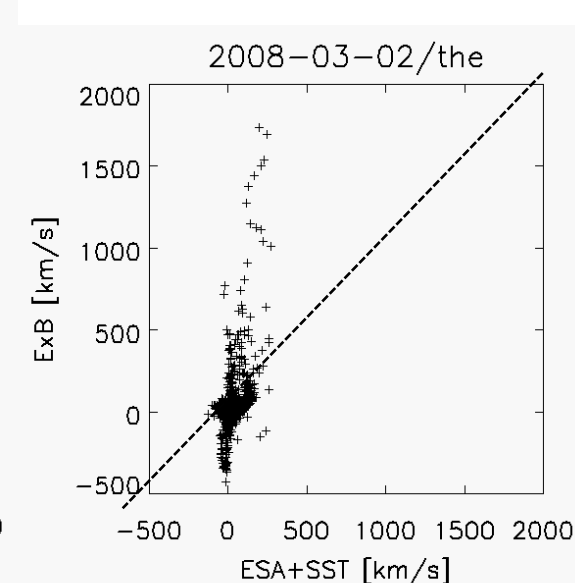
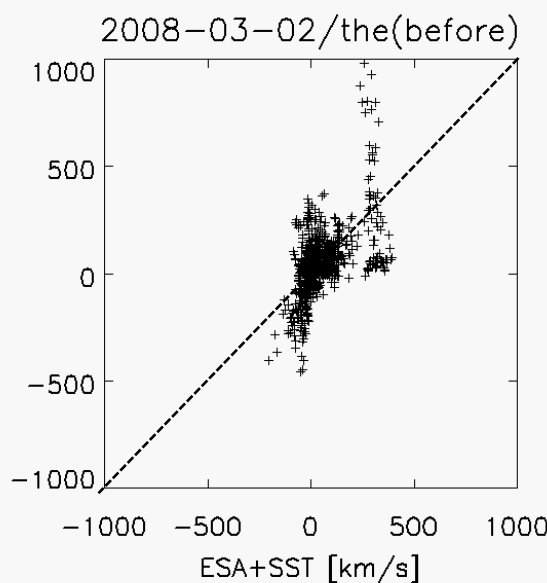
●ExBプロット

$E \cdot B = 0 \rightarrow$ offset 除いたデータ



↑ TH-D
前半
↓ TH-E

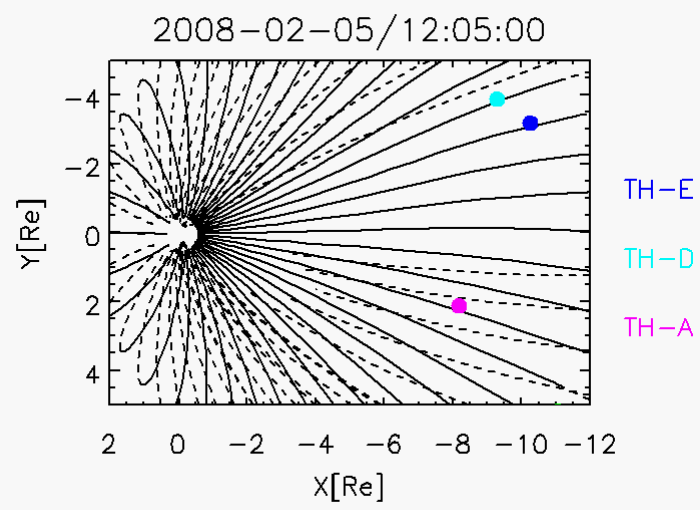
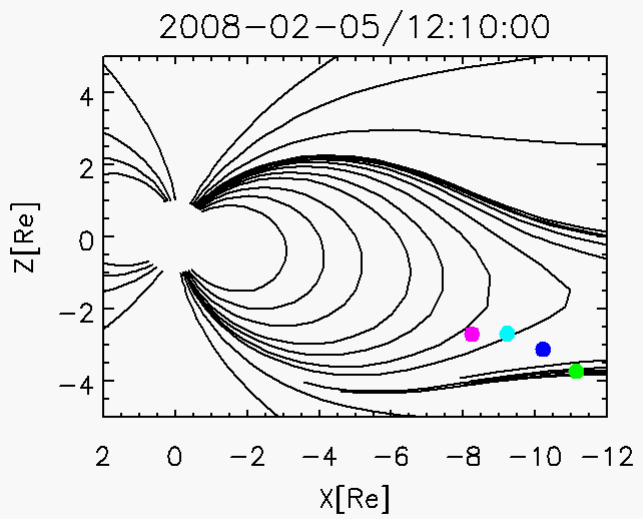
↑ TH-D
後半
↓ TH-E



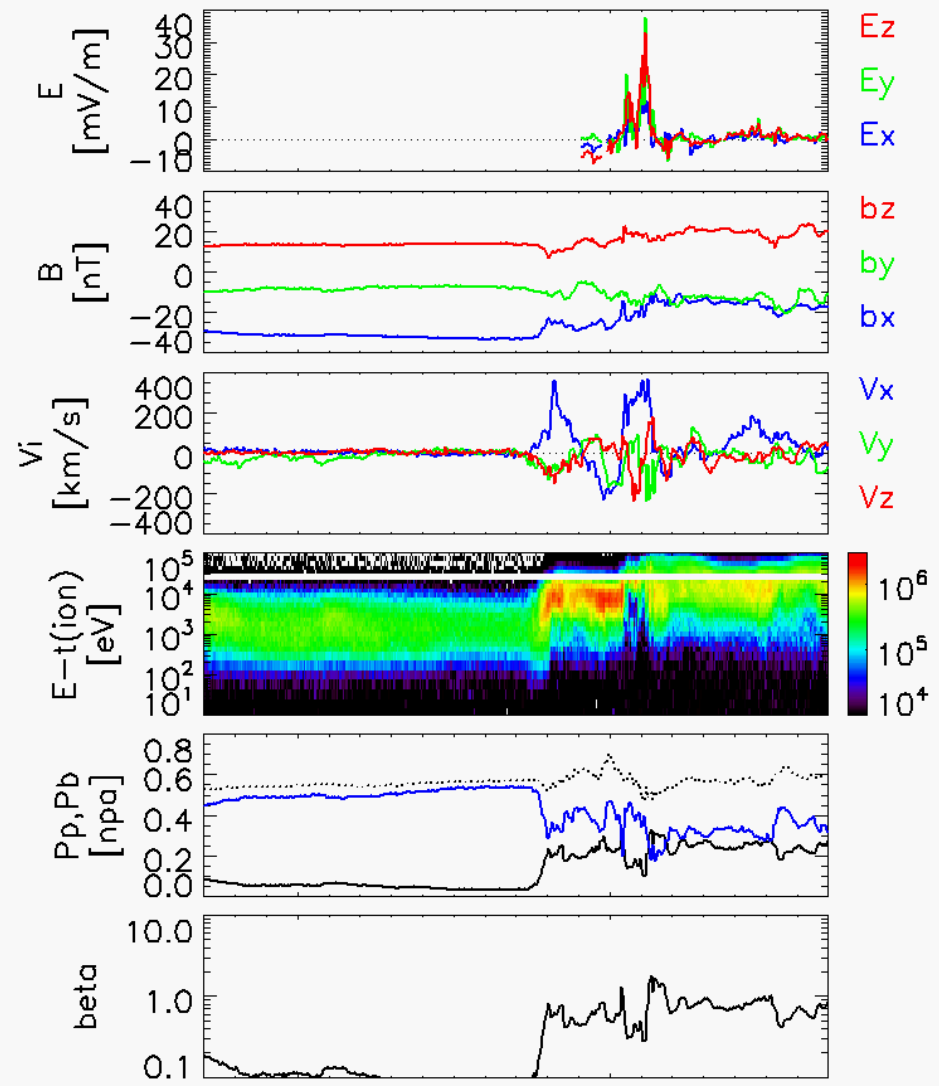
hhmm 0640 0650 0700 0710
2008 Mar 02

$\nabla B(D,E)$
 $\nabla P(D,E)$
Y成分

vb-y
vp-y



SM coord(THemis E)



hhmm
2008 Feb 05

1200 1210