

# King Salmon HFレーダーで観測される Pc5脈動と地上・静止軌道における 磁場変動の比較

坂口 歌織<sup>1</sup>, 長妻 努<sup>1</sup>, 小原 隆博<sup>2</sup>, Oleg. A. Troshichev<sup>3</sup>

1. 情報通信研究機構 (NICT)

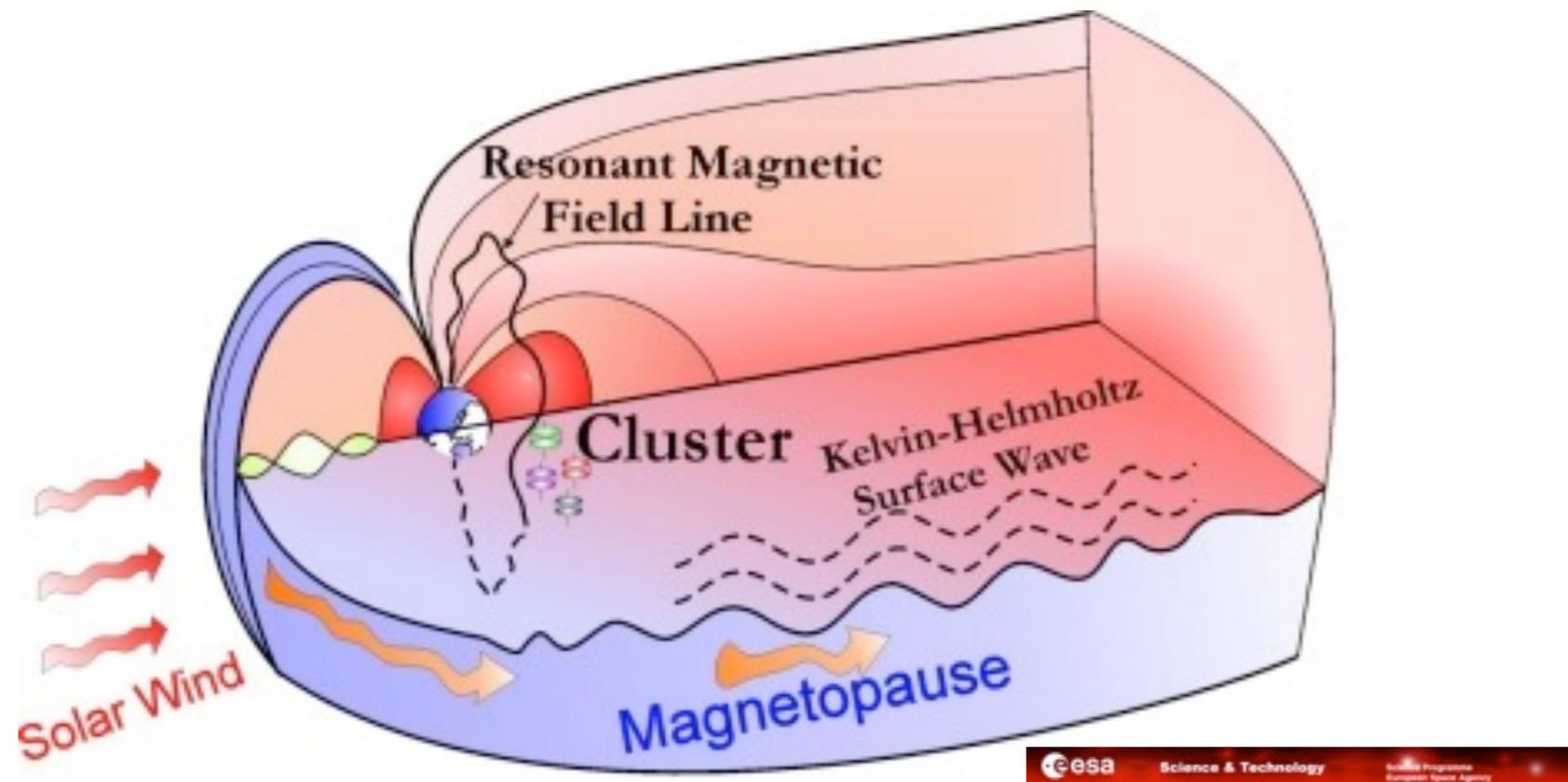
2. 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

3. Arctic and Antarctic Research Institute (AARI), Russia

平成22年1月31日 中緯度短波レーダー研究会 名古屋大学

# Pc5帯のULF波動とは、

- Pc5: 周期150-600秒（周波数1.7-6.7 mHz）の地磁気脈動
- 励起源は磁気圏界面のケルビンヘルツ不安定や太陽風動圧の変動等の磁力線共鳴振動 [e.g., *Chen and Hasegawa, 1974, Takahashi et al., 2005*]
- 動径拡散により放射線帯粒子フラックス変動に寄与 [*Rostoker et al., 1998*]



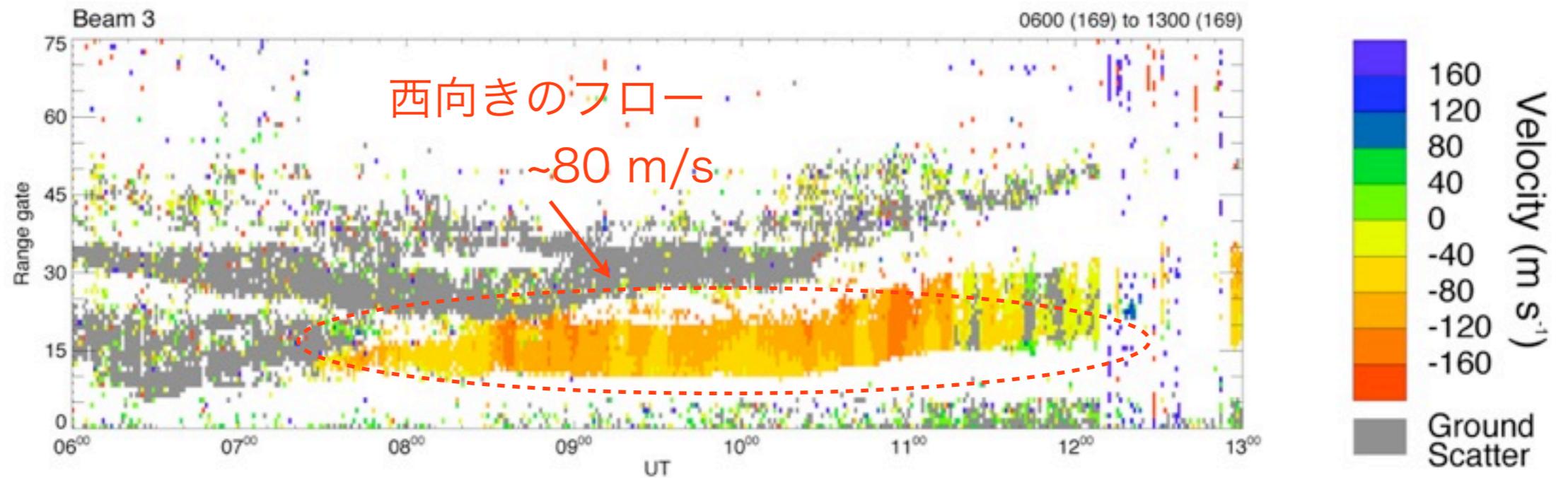
# Doppler速度のPc5振動の例

SUPERDARN PARAMETER PLOT beam 3 (西向き)

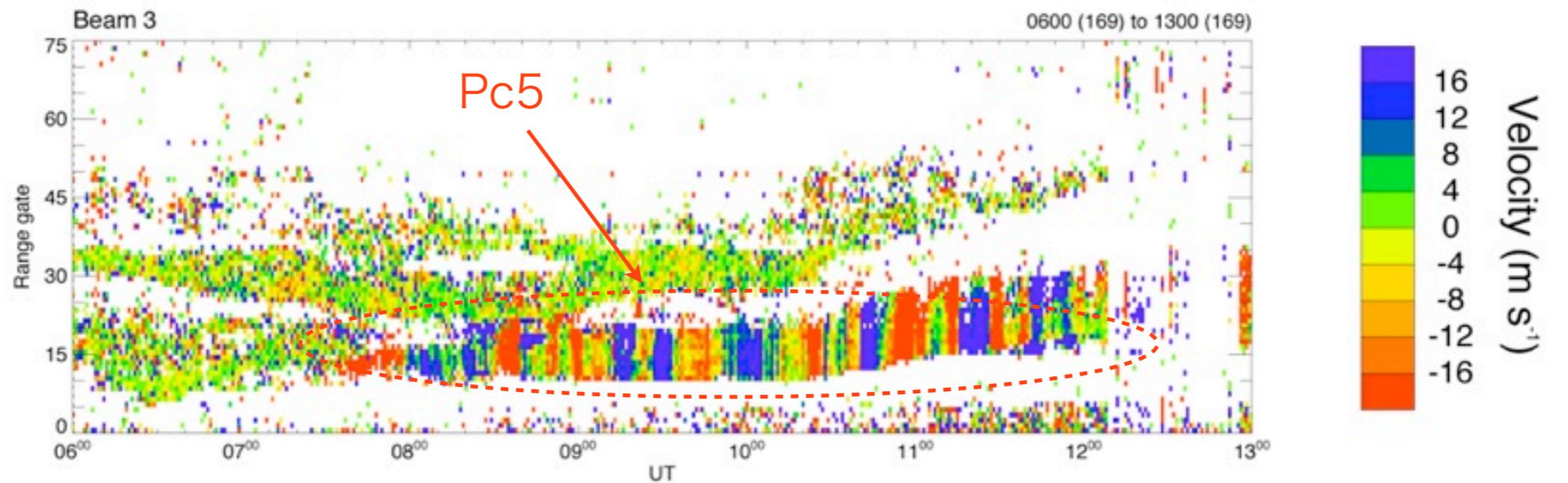
King Salmon: vel

18 Jun 2007<sup>(169)</sup>

normal sound (cw) scan mode (155)



ドップラー速度  
の絶対値



1時間移動中央  
値を除いたドッ  
プラー速度

約4時間

# この研究の目的

- SuperDARN King Salmon radarで観測される電離圏プラズマのドップラー速度からPc5帯の振動 (電離圏Pc5)を検出し、その統計特性を調べる
- 電離圏Pc5が発生しているときに地上や静止衛星で観測される磁場の変動を調べる

※最終目標として、SuperDARNレーダー観測網のデータからPc5の2次元強度分布を作成し、ULF波動の動径拡散による放射線帯電子フラックス変動モデルを作成する

# King Salmon HF radar

解析期間:

2007年1月-12月

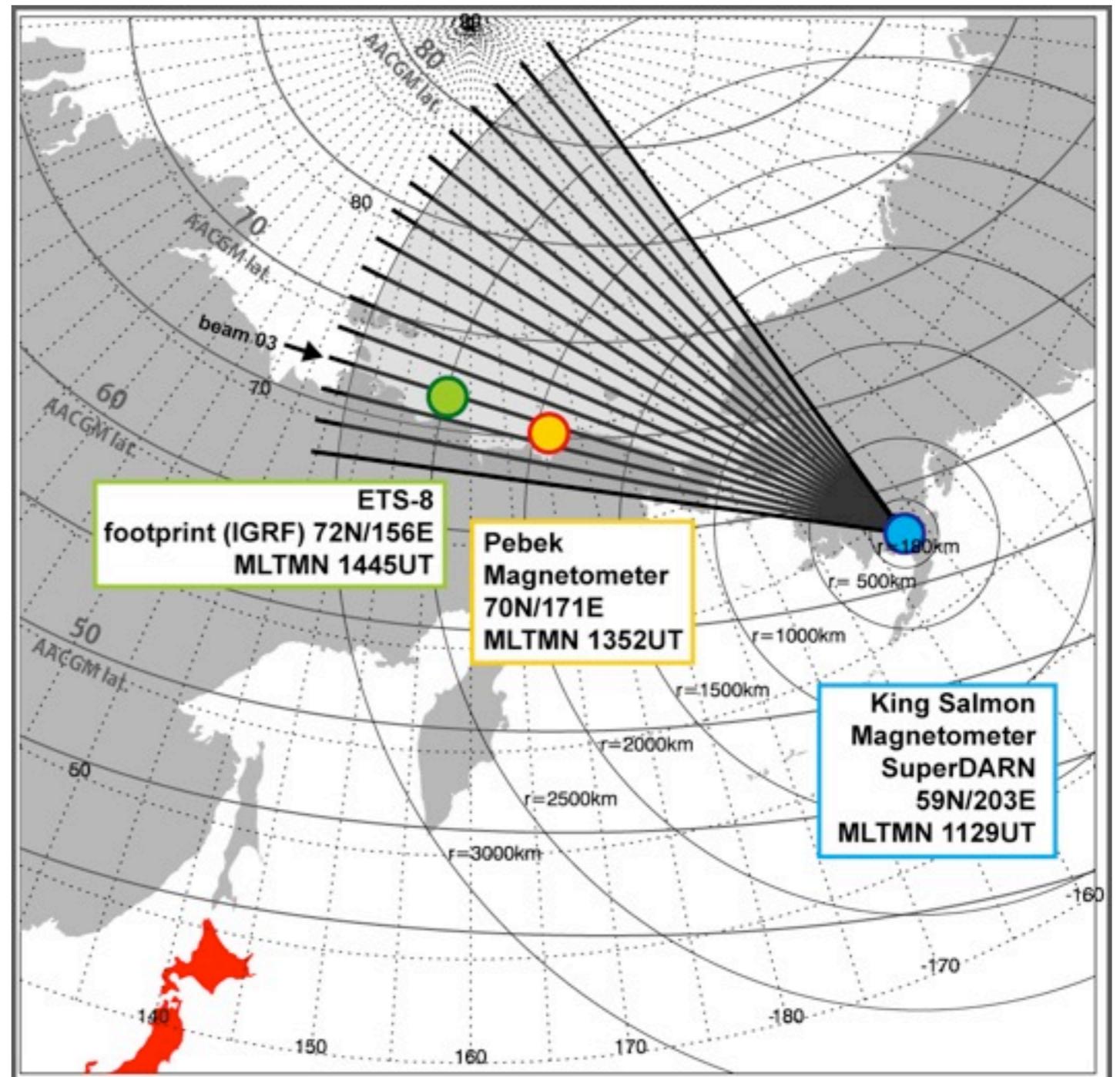
観測機器:

■ SuperDARNレーダー  
@King Salmon

ドップラー速度

ビームNo3 (西向き)

時間分解能：1分値のみ使用  
(全体の約30%)



# 統計とゲート依存性

## ■ 60秒サンプリング

(Nyquist freq.~8.3 mHz)。

## ■ 5ゲートの中央値で時系列波形を作成する。

ただし、データ数が3/5に満たない場合はNan。

## ■ 上記を満たし、64分間連続でデータがある時間の数が、右グラフの棒の長さ

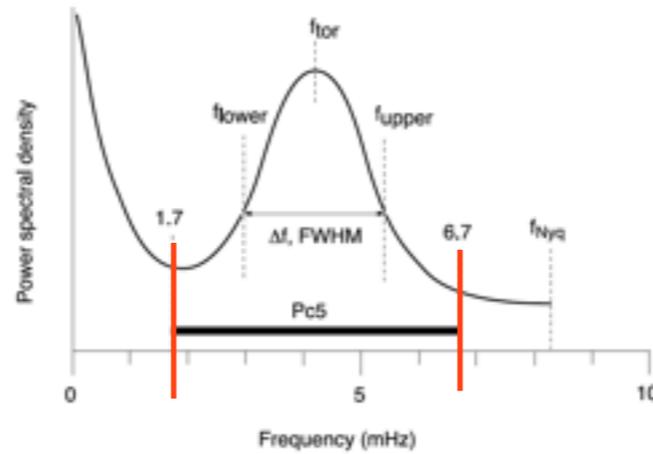
### ULF/Pc5イベントの検出

#### ▶ Pc5

1.7-6.7 mHzのPSDの最大値  $> 0.5 \times 10^4$  [(m/s)<sup>2</sup>/Hz]

#### ▶ discrete Pc5

Pc5イベントの中でピークの半値幅  $< 2$  mHz

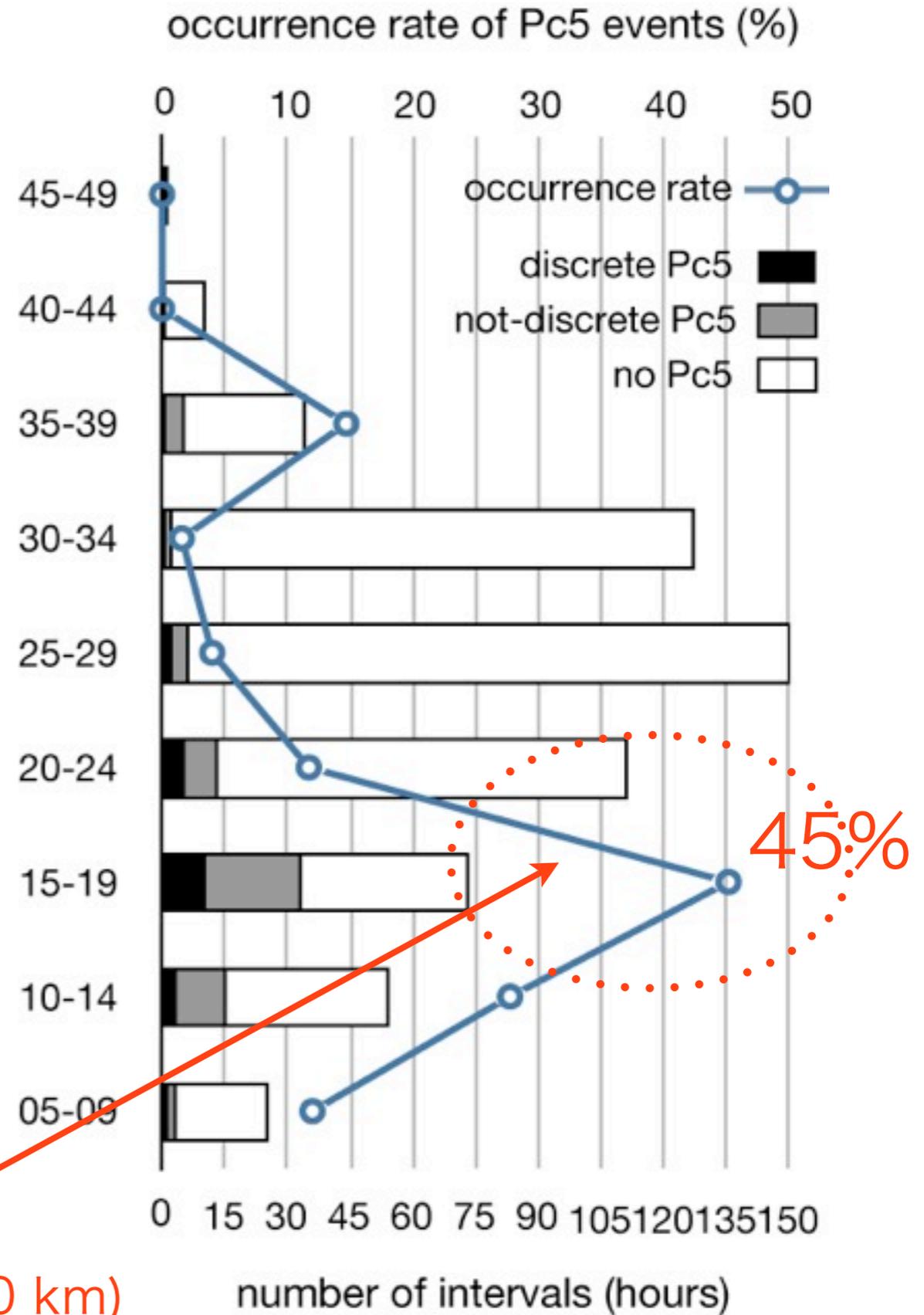


## ゲート依存

gate:15-19

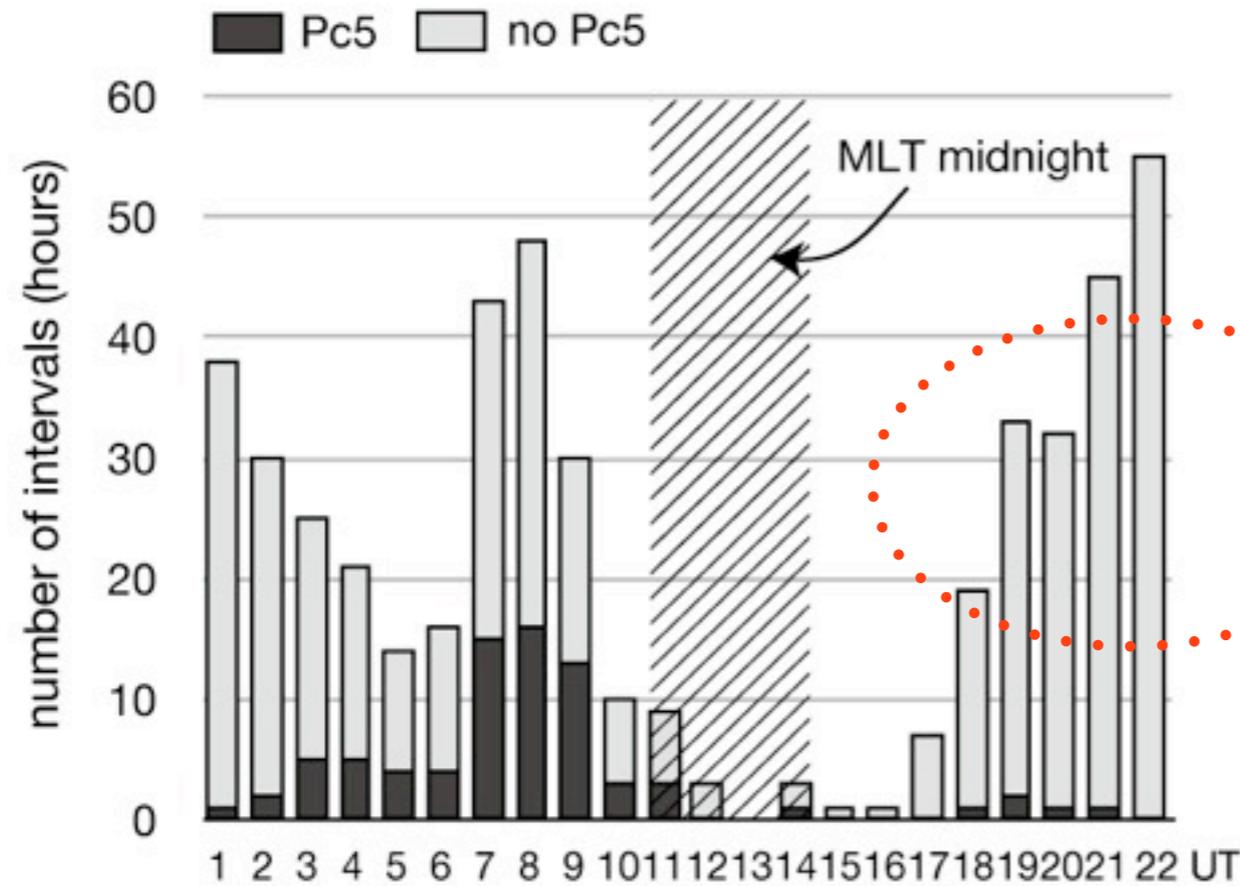
(range: 600-1200 km)

で発生頻度が高い

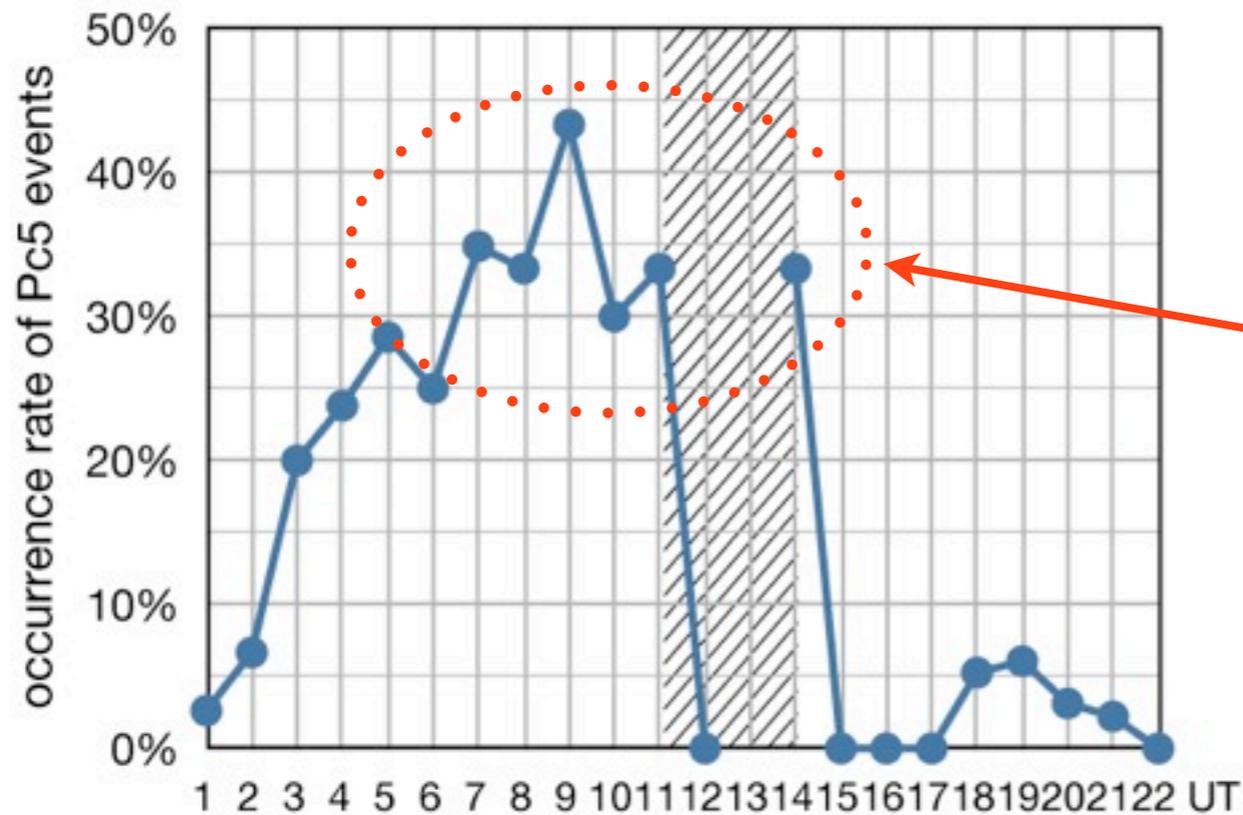


45%

# 電離圏Pc5の地方時分布



エコーは十分に観測されているが昼側の朝方側では、Pc5が観測されない



発生分布の朝夕非対称  
夜側の夕方側で発生確率が高い

# 地磁気との比較

## ■HFレーダー @King Salmon

ドップラー速度

ビームNo3 (西向き)

※トロイダル  
モードの比較

時間分解能：1分値のみ(全体の約30%)

## ■地上 Pebek 磁力計 (3成分)

磁場3成分(H, D, Z), 時間分解能: 1分

## ■地上 King Salmon 磁力計 (3成分)

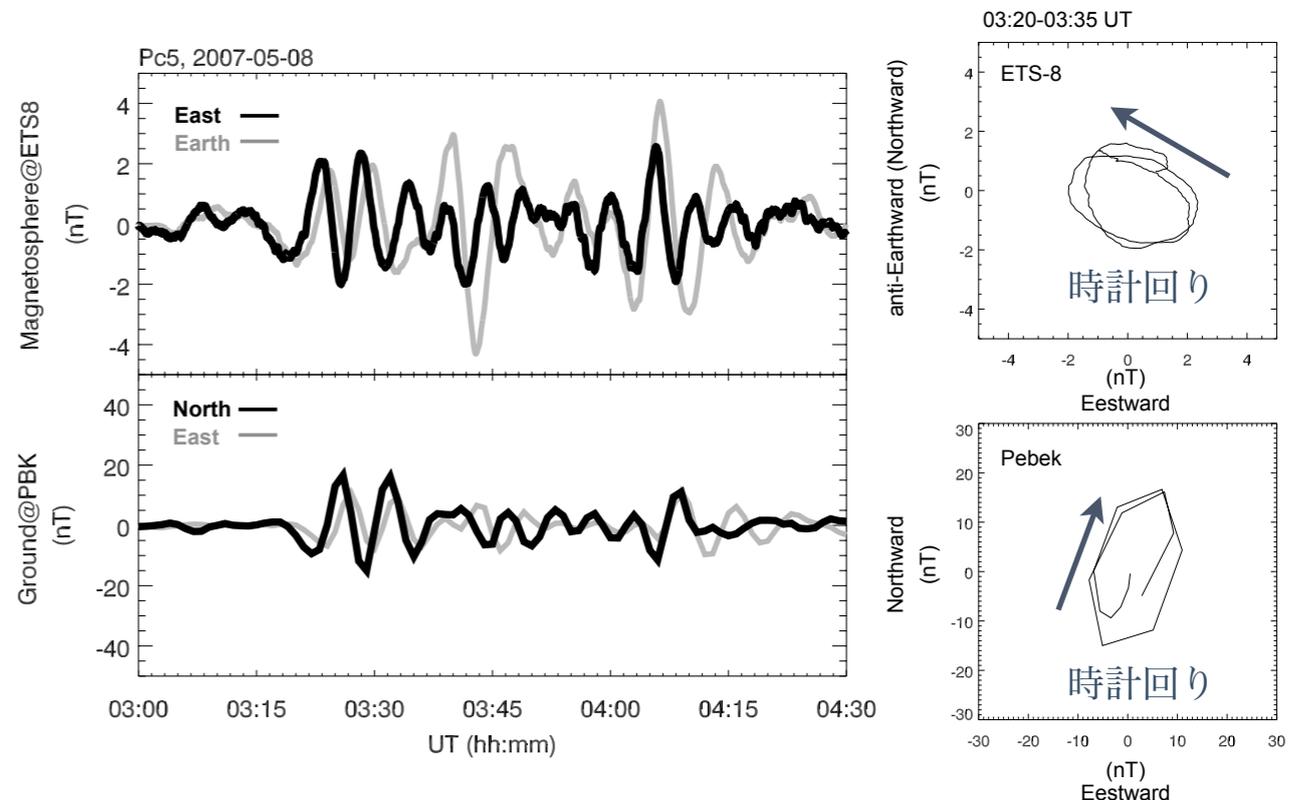
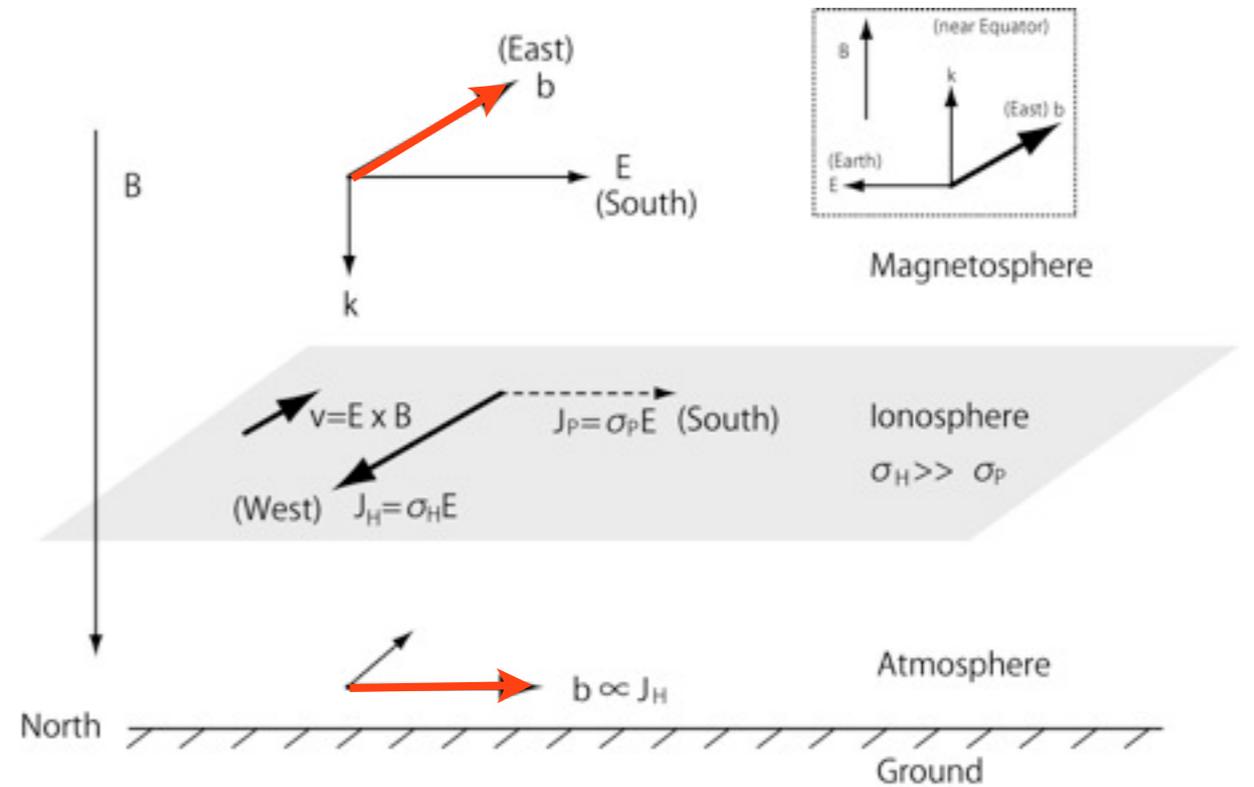
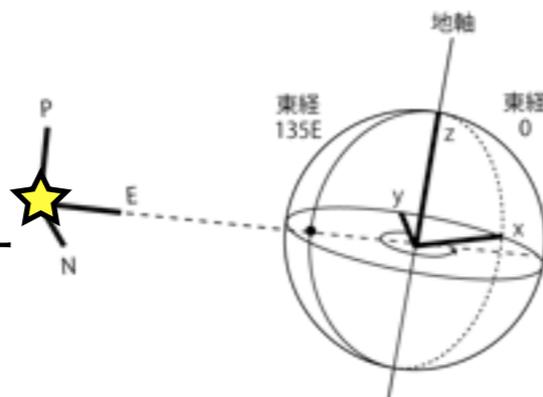
磁場3成分(H, D, Z), 時間分解能: 1分

## ■静止軌道 ETS-8衛星 磁力計

磁場3成分(E, N, P)

時間分解能: 0.5秒

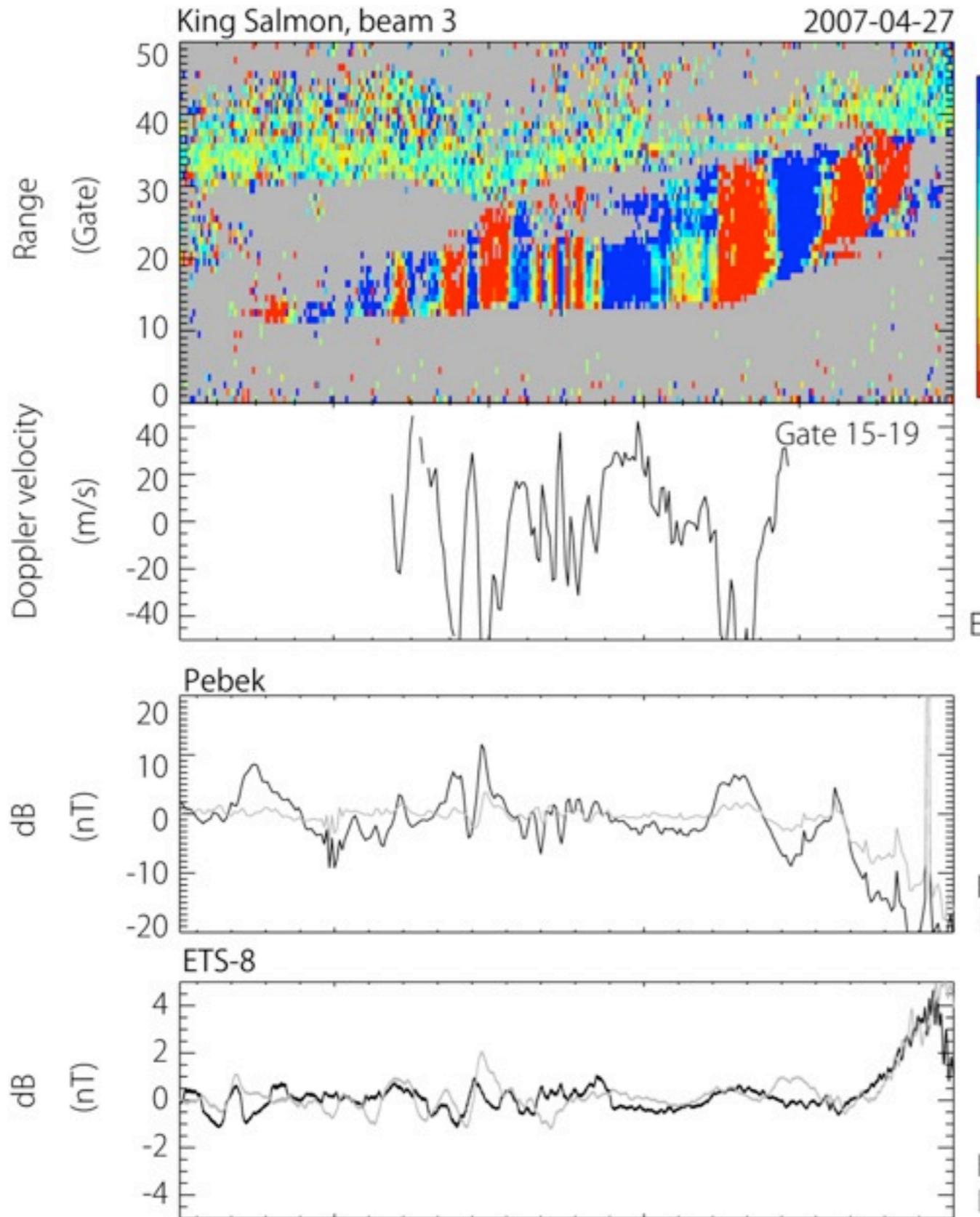
ノイズレベル: 0.02 nT



ETS8の座標系

T89モデルの磁力線の方向をP, 地球中心方向をEの右手系

# 比較イベント① 【波形が一致する**稀な**事例】



**ドップラー速度**

..... ±20-40 m/sで  
ドップラー速度が変動

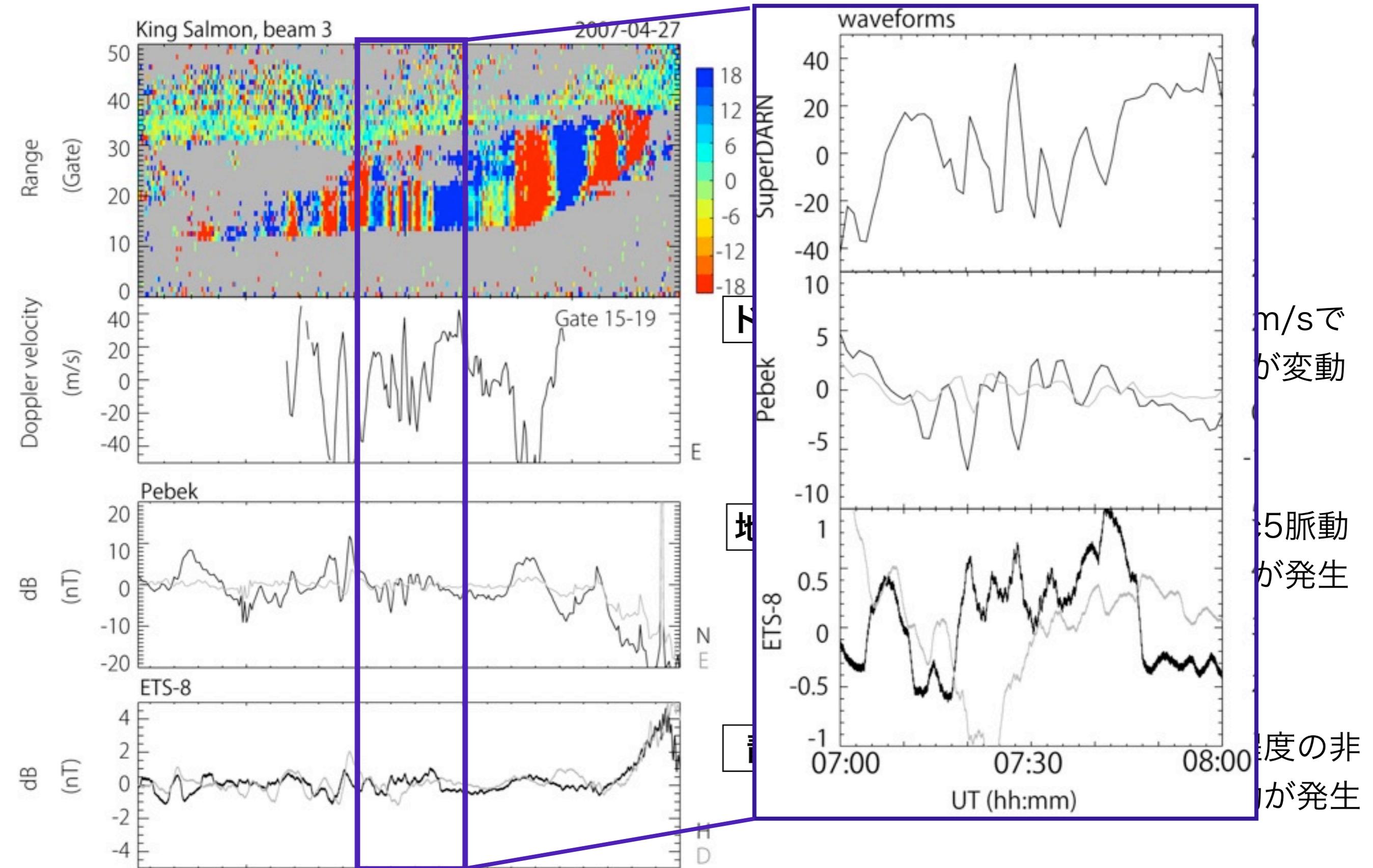
**地上磁場**

..... ±5nT程度のPc5脈動  
が短時間だが発生

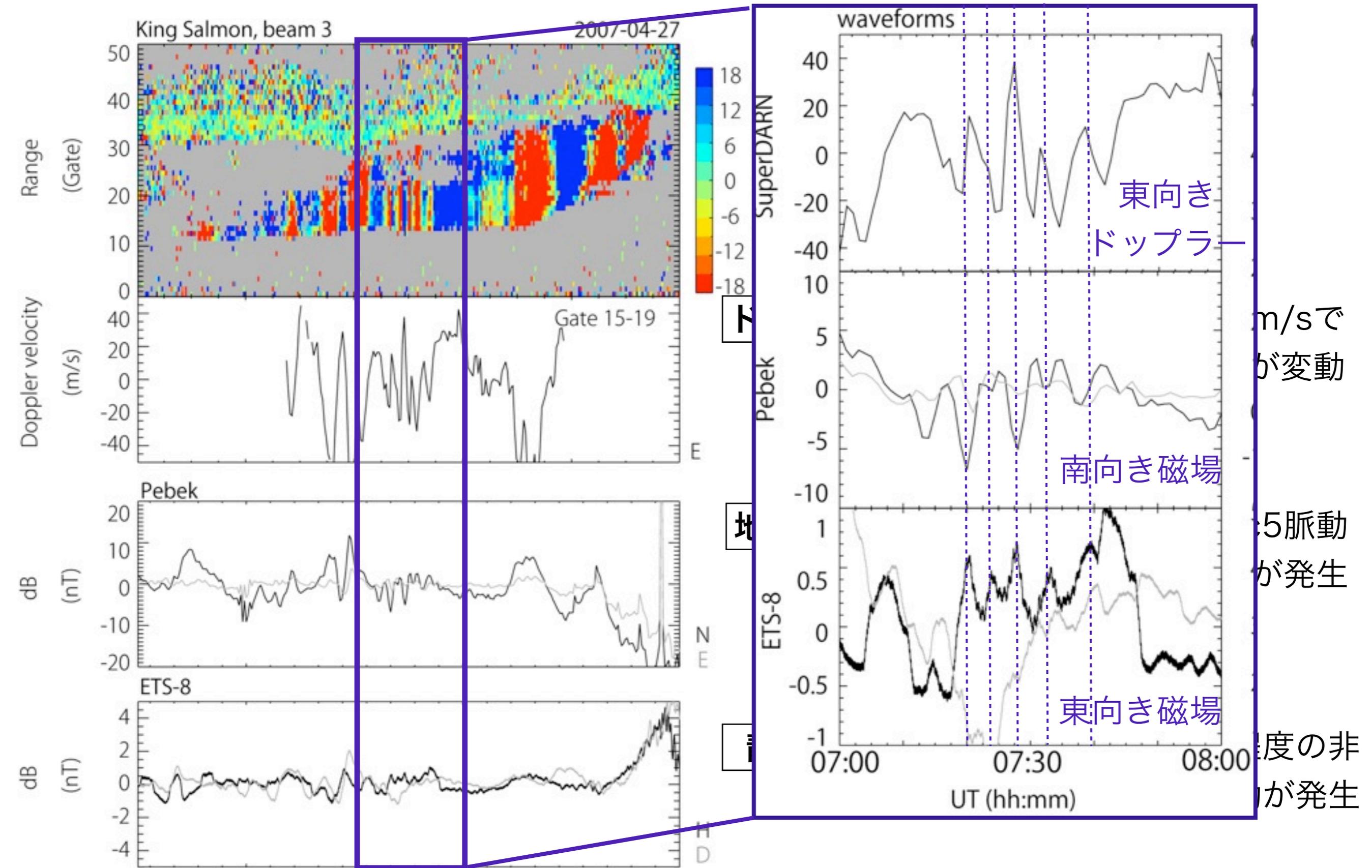
**静止軌道磁場**

..... ±0.2 nT程度の非  
常に弱いPc5?脈動が発生

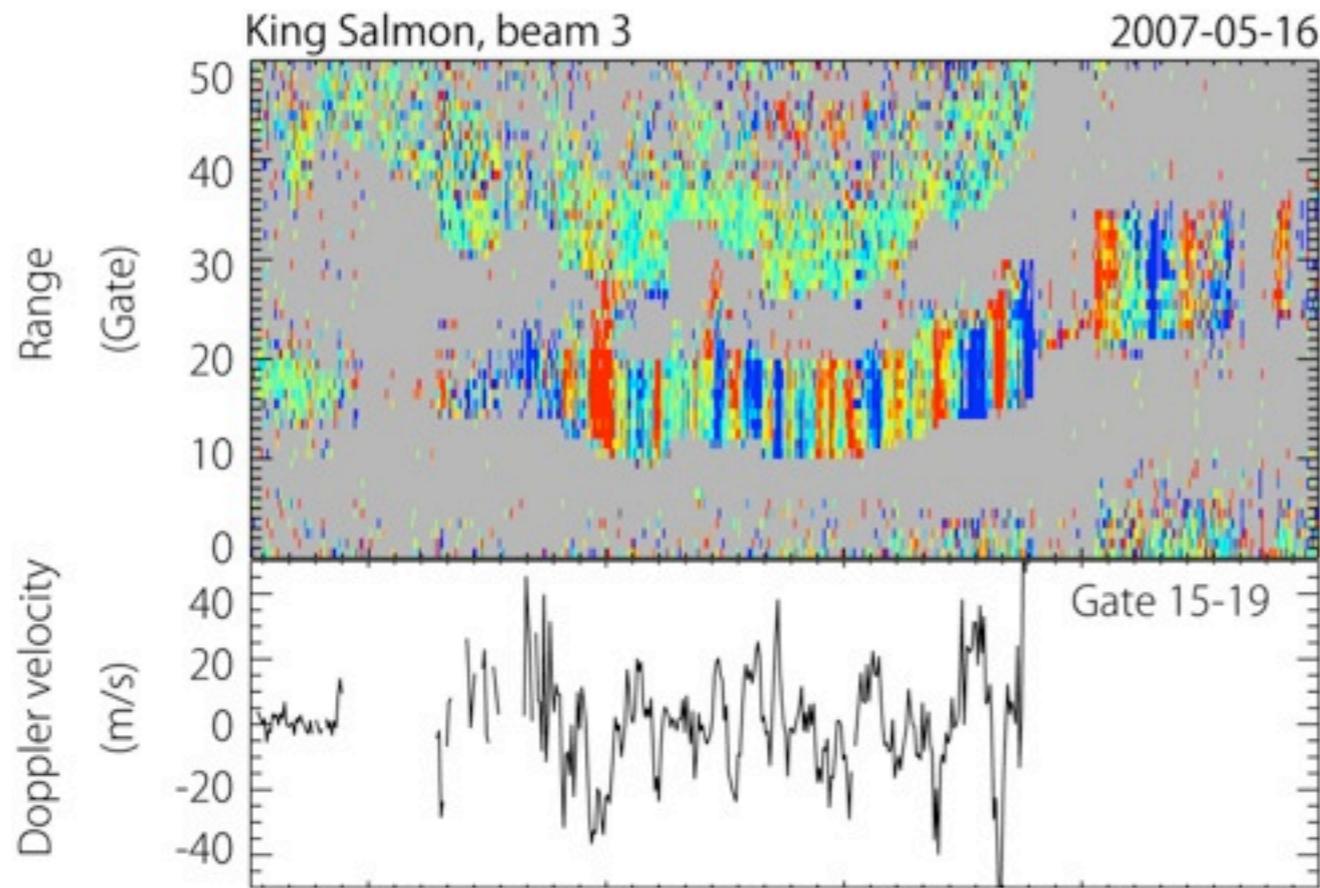
# 比較イベント① 【波形が一致する**稀な**事例】



# 比較イベント① 【波形が一致する**稀な**事例】

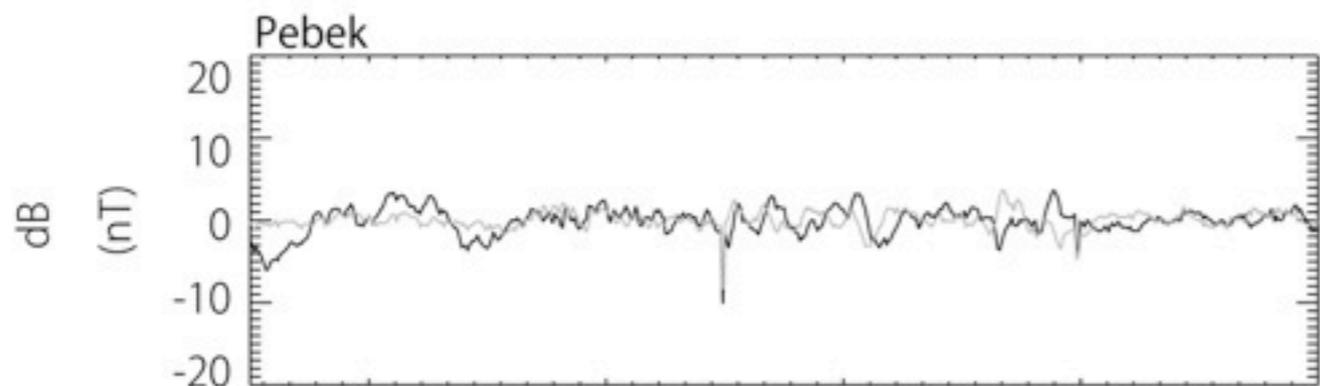


# 比較イベント②



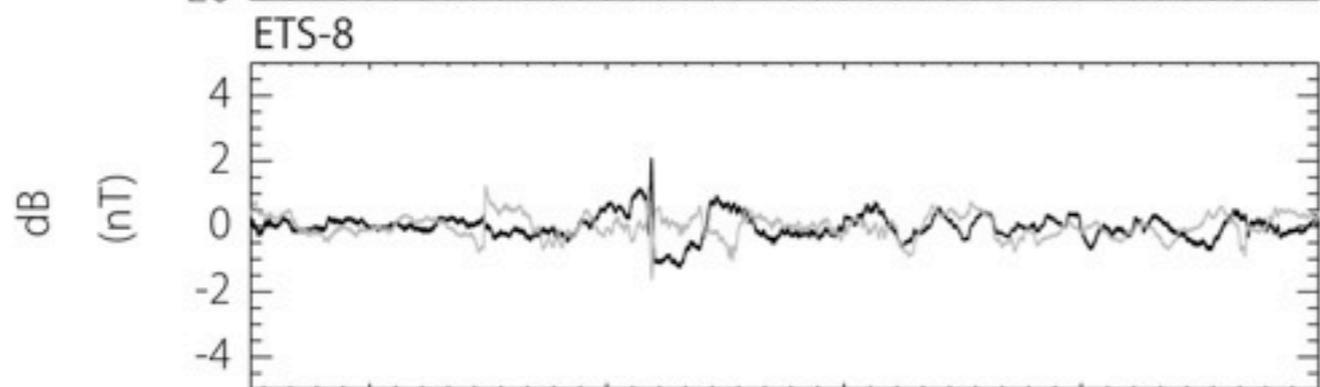
**ドップラー速度**

..... ±20-40 m/sで  
ドップラー速度が変動



**地上磁場**

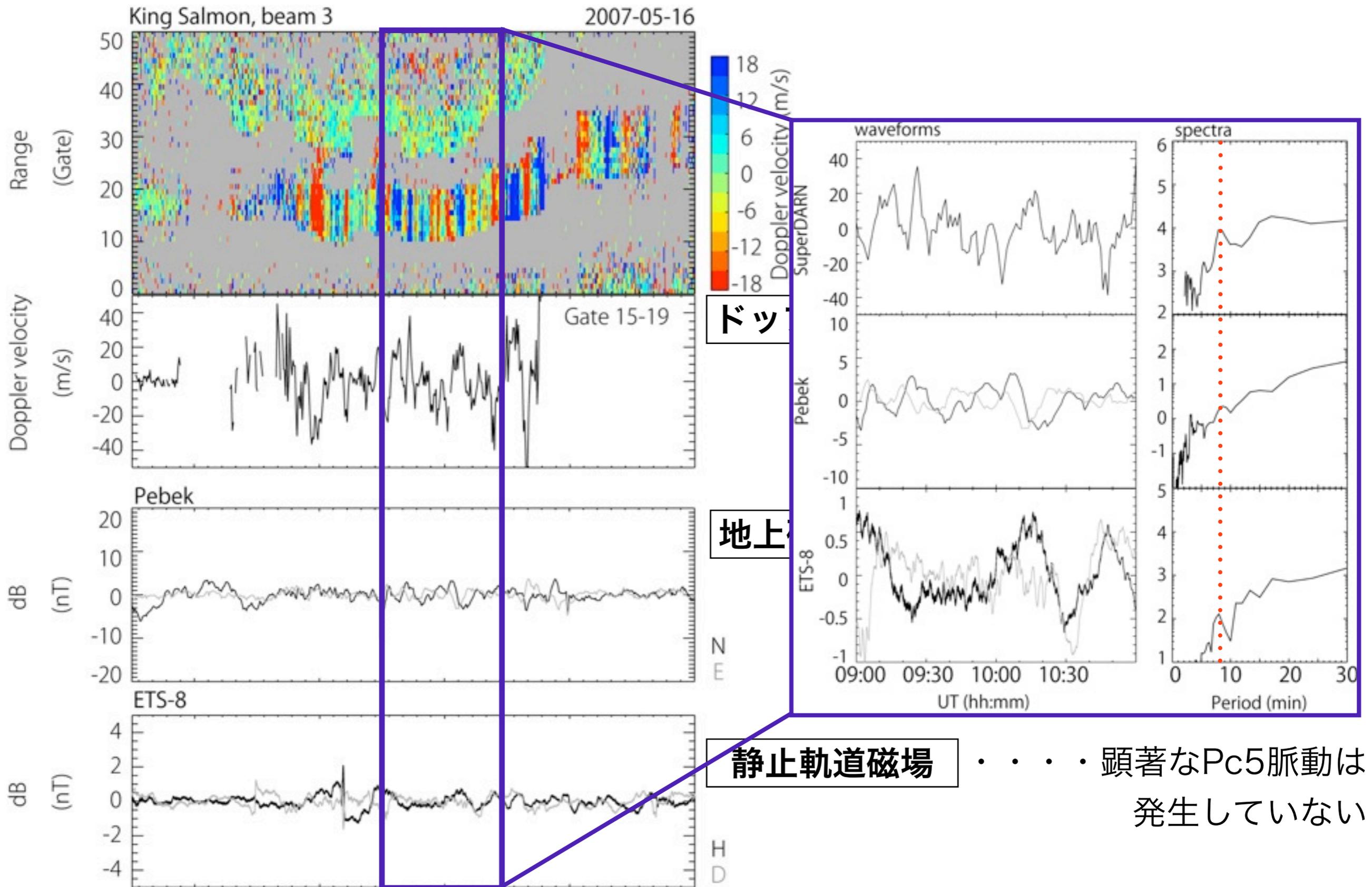
..... 顕著なPc5脈動は  
発生していない



**静止軌道磁場**

..... 顕著なPc5脈動は  
発生していない

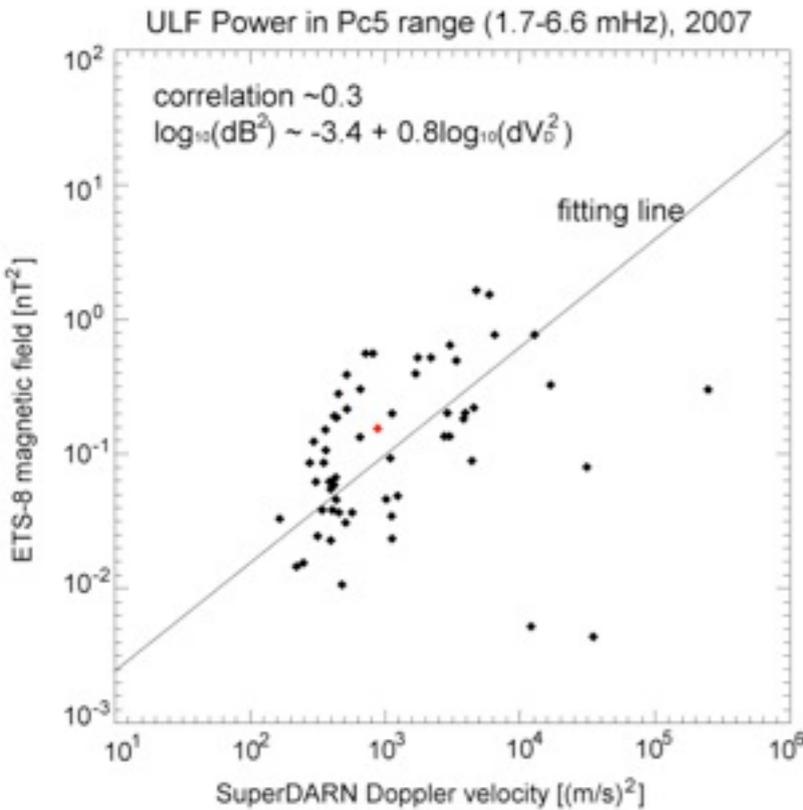
# 比較イベント②



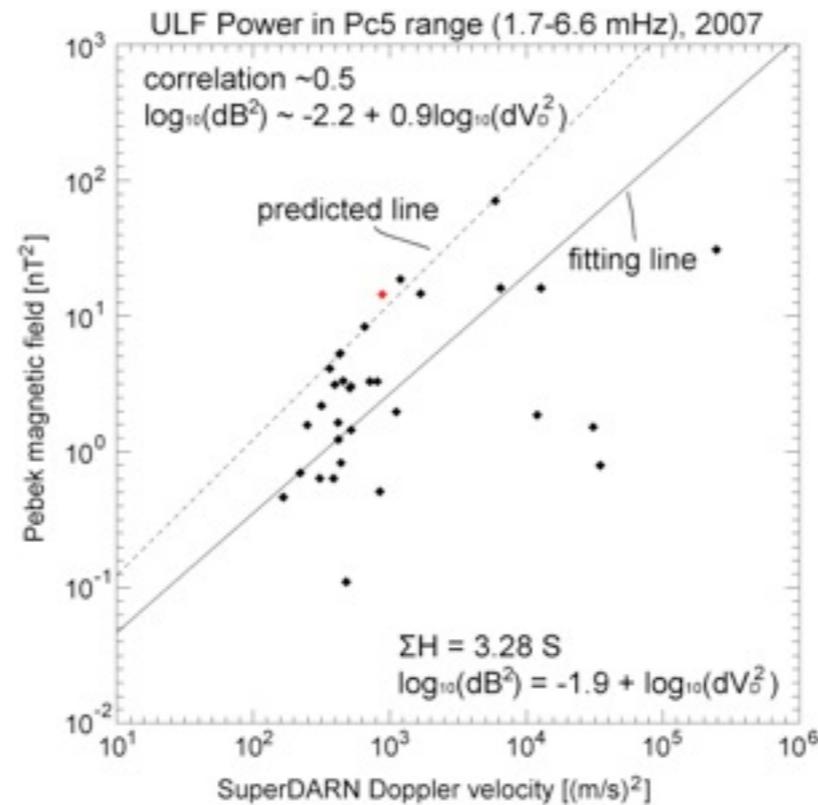
．．．．． 顕著なPc5脈動は発生していない

# Pc5強度(1.7-6.7mHzの積分値)の比較

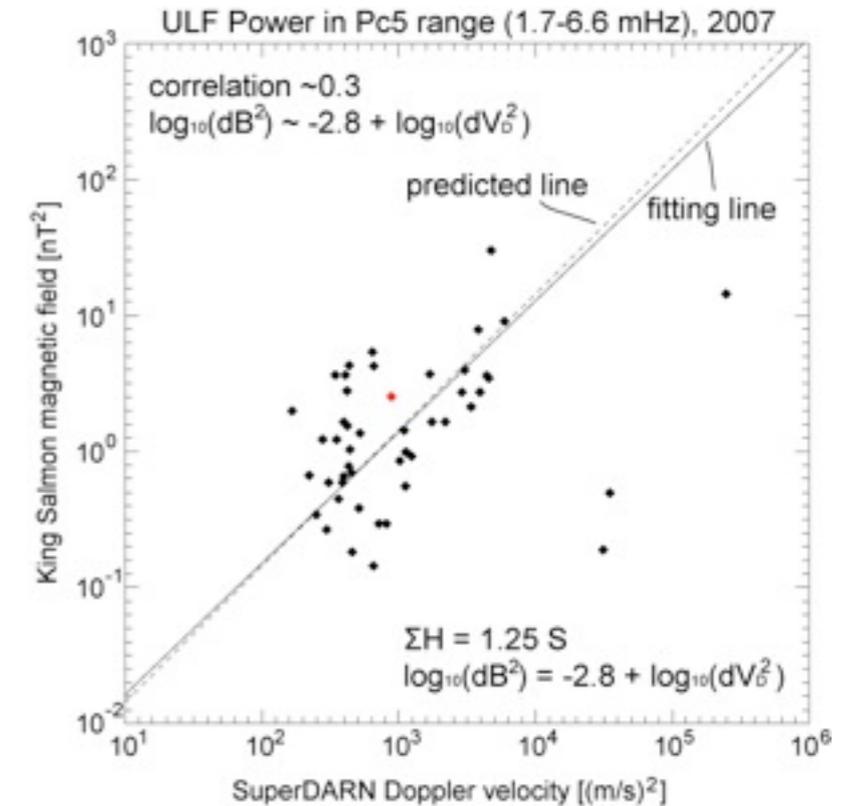
## 静止軌道—SuperDARN



## 地上Pebek—SuperDARN



## 地上King Salmon—SuperDARN



※すべてに（係数は小さいが）**正の相関**が見られる

高さ積分された $\Sigma H$ は下記から取得  
<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/ionocond/sightcal/index-j.html>

### ■ ETS-8@静止軌道とSuperDARN

実測値： $\Delta B \sim \mathbf{0.02} \times \Delta V_D$

### ■ Pebek@地上とSuperDARN

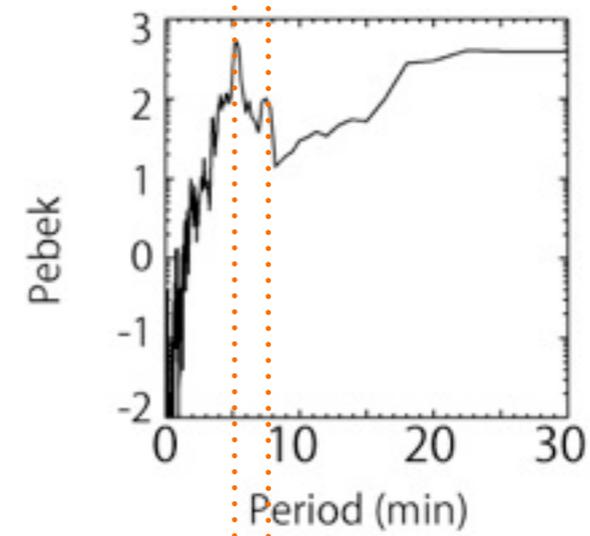
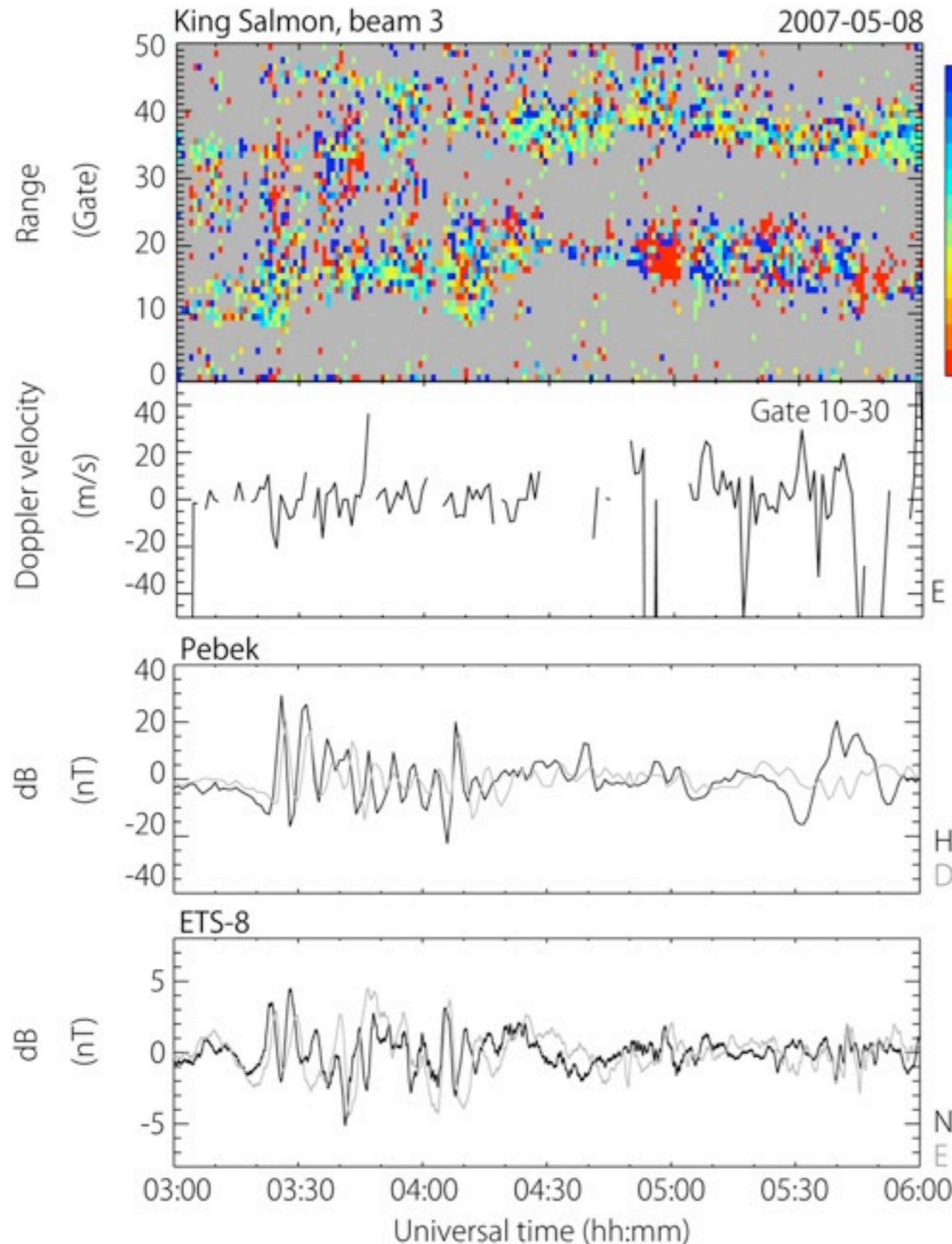
実測値： $\Delta B \sim \mathbf{0.079} \times \Delta V_D$  / 予測値： $\Delta B \sim \mathbf{0.112} \times \Delta V_D$

### ■ King Salmon@地上とSuperDARN

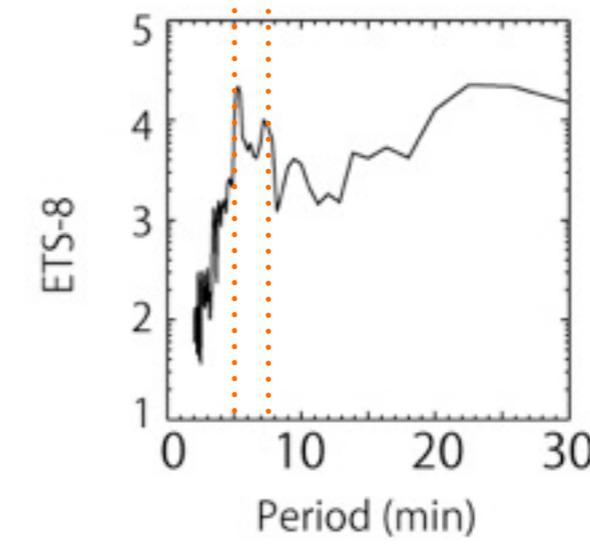
実測値： $\Delta B \sim \mathbf{0.040} \times \Delta V_D$  / 予測値： $\Delta B \sim \mathbf{0.040} \times \Delta V_D$

# 比較イベント③

【地上衛星は同時発生】



地上



静止軌道

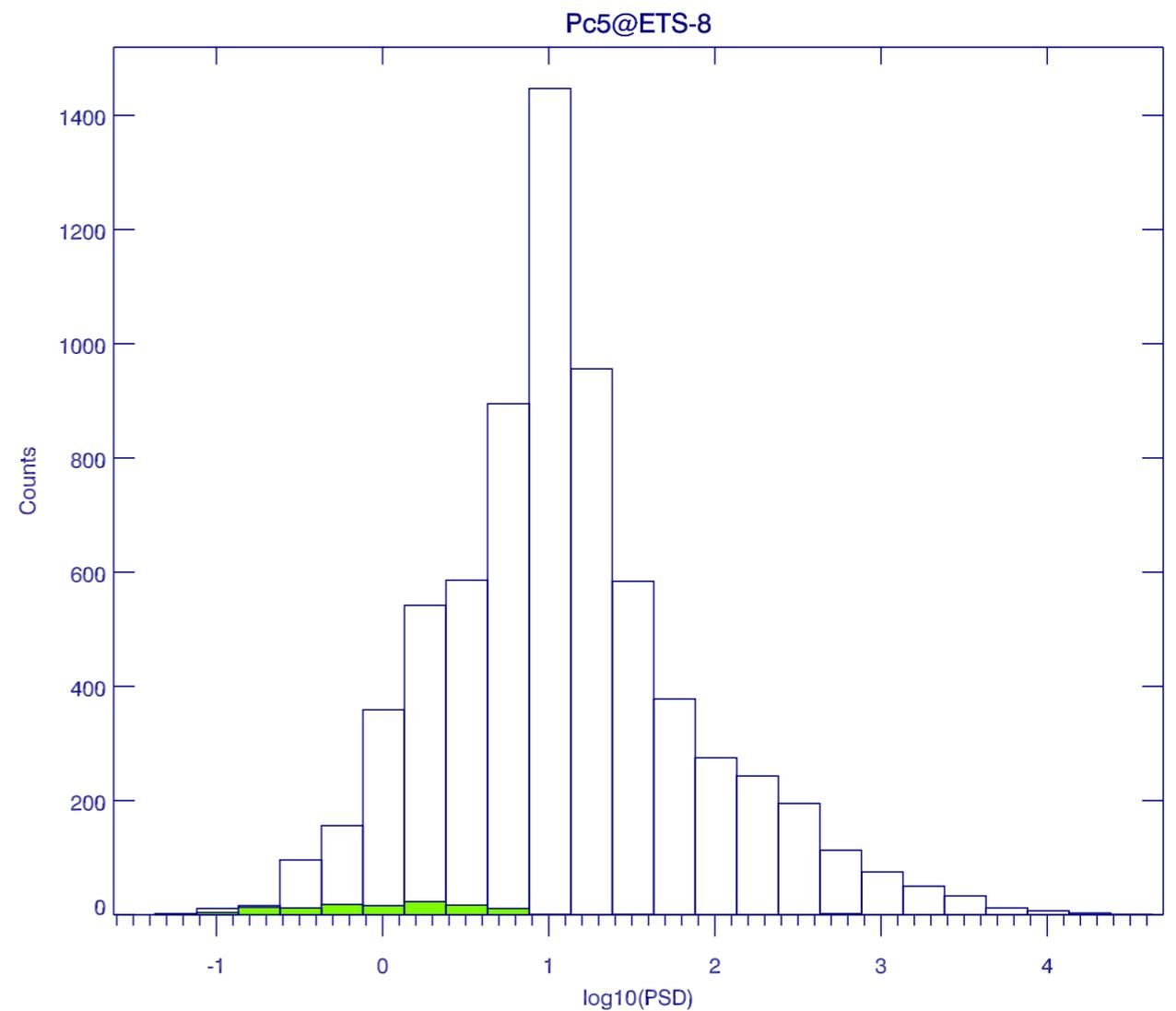
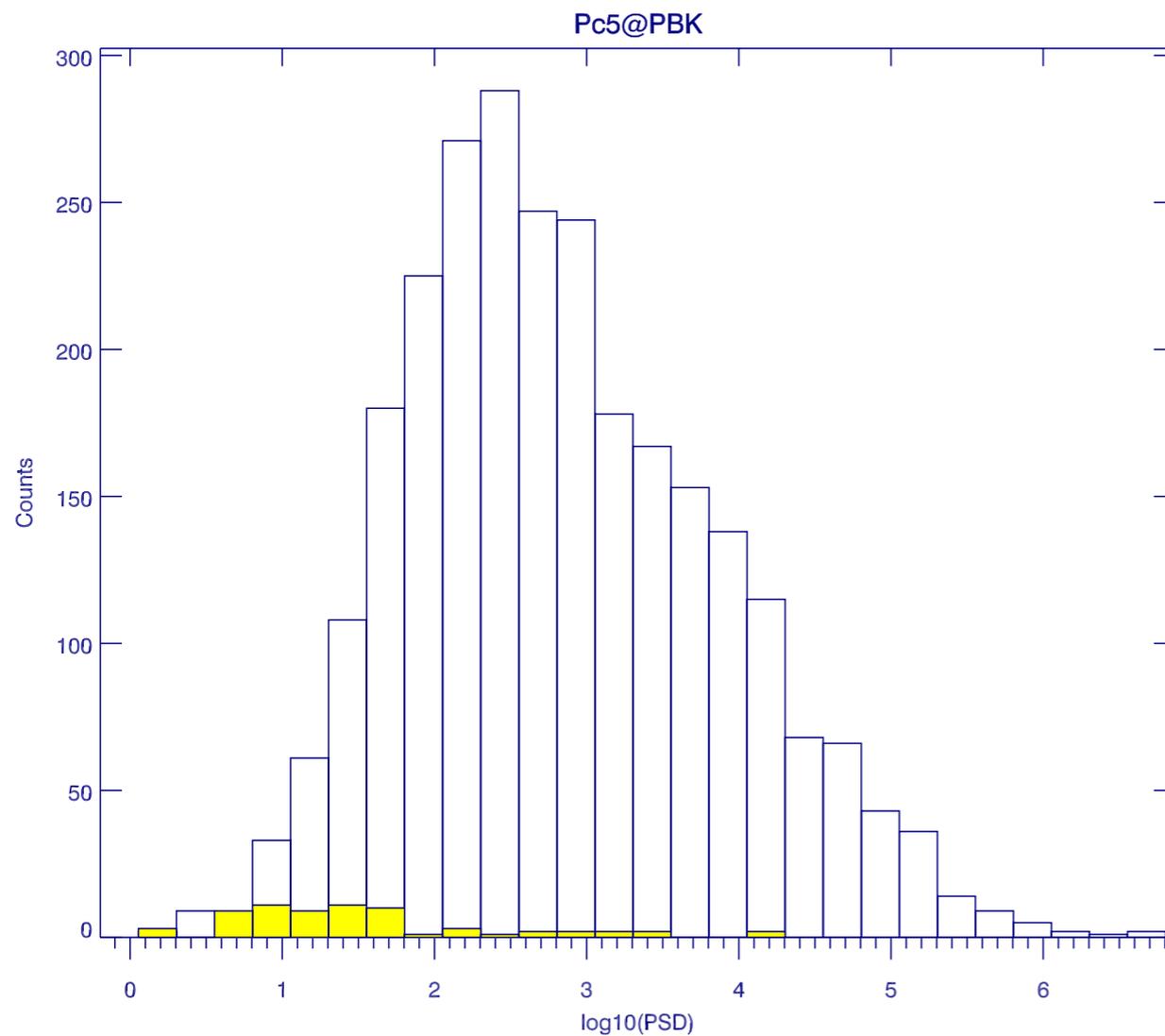
地上磁場

..... ±20nTのPc5脈動

静止軌道磁場

..... ±3 nTのPc5脈動

# Pc5地磁気脈動に伴って 観測された電離圏Pc5



振幅の大きなPc5地磁気脈動と同期しない  
傾向がある．．

# まとめ

■ King SalmonのSuperDARNレーダー（ビームNo.3: 西向き）では、ドップラー速度にPc5帯の周波数を含む振動が頻繁に観測される

- ・ 電離圏Pc5は、主に**夕方から真夜中**の時間帯に観測される
- ・ 電離圏Pc5は、主にレーダーからの**距離が600-1200kmのエコー**に含まれる

■ 電離圏ドップラー速度Pc5と、ほぼ同じ経度上の地上と静止軌道の磁場の変動成分を比較すると、

- ・ **領域間で波形が一致するようなイベントはほとんどない**
- ・ ドップラー速度と地磁気Pc5の周波数積分強度には、**正の相関関係**がある

静止軌道磁場とドップラー速度： $\Delta B \sim 0.02 \text{ [nT/(m/s)]} \times \Delta V_D$

地上磁場(mlat=65)とドップラー速度： $\Delta B \sim 0.08 \text{ [nT/(m/s)]} \times \Delta V_D$

地上磁場(mlat=57)とドップラー速度： $\Delta B \sim 0.04 \text{ [nT/(m/s)]} \times \Delta V_D$

※電離圏Pc5が観測されている磁気緯度は60度付近

- ・ SuperDARNによる電離圏Pc5は、Pc5地磁気脈動の**一部分しか観測できていない**



*@King Salmon*

