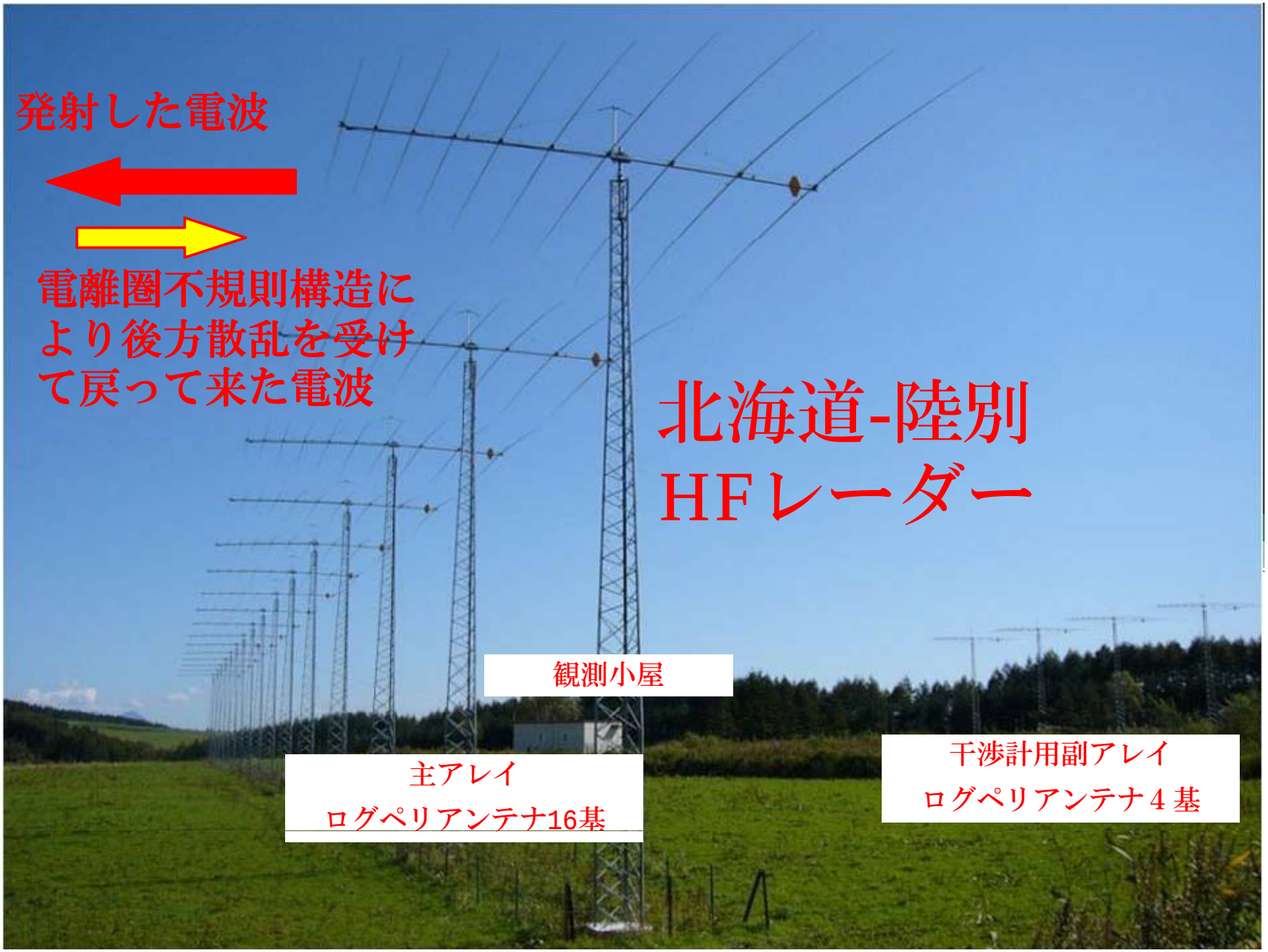
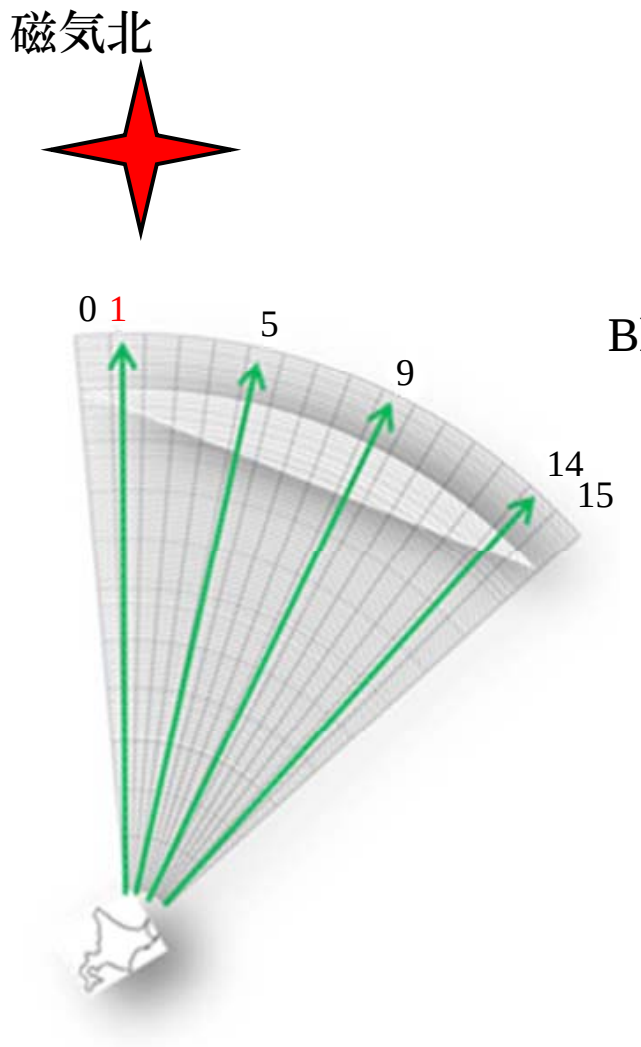
北海道-陸別HFレーダーによる超静穏時における中緯度域電離圏対流の研究

鄒　運・西谷　望
（名大STE研）

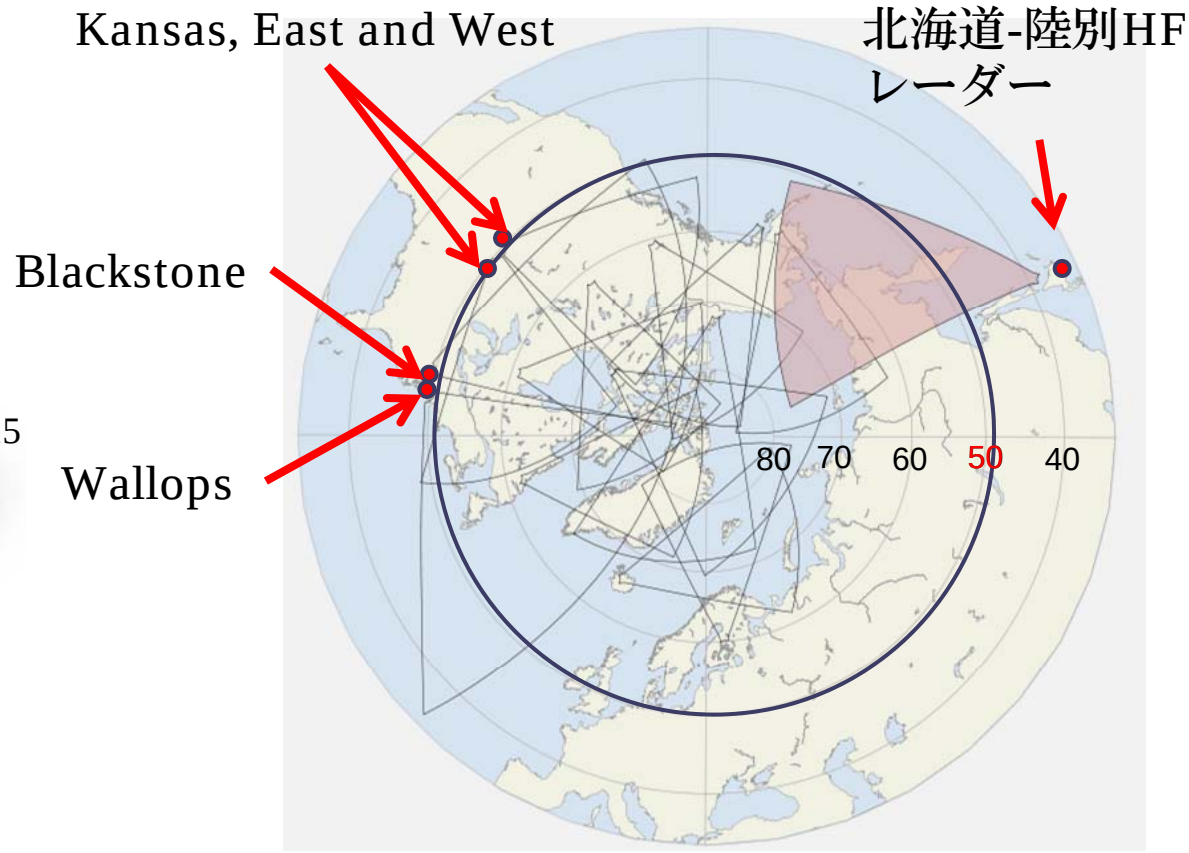
中緯度短波レーダー研究会
2011年1月31日


発射した電波
電離圏不規則構造により後方散乱を受けて戻って来た電波
北海道-陸別
HFレーダー
観測小屋
主アレイ
ログペリアンテナ16基
干渉計用副アレイ
ログペリアンテナ４基

北海道-陸別HFレーダーの位置と観測範囲



北海道-陸別HFレーダー



（G:43.5°, M:36.5°）

G： 地理緯度
M：地磁気緯度

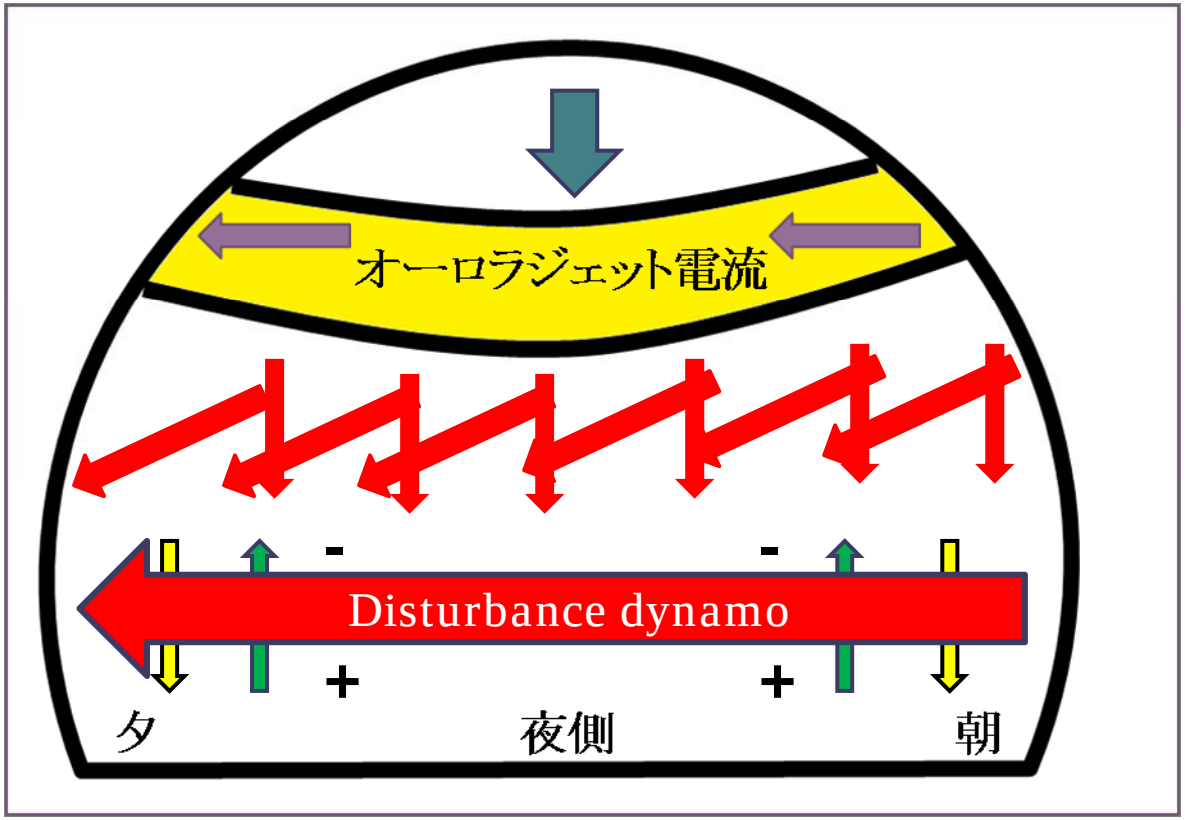
中緯度電離圏対流の生成原因

- 高緯度対流からの影響(浸透電場)
- 大気潮汐による対流の形成
- **Disturbance dynamo**

中緯度では**Disturbance dynamo**作用の影響がとても大きいため、これに注目して研究を行う

夜間のDisturbance dynamoのメカニズム

1. オーロラジェット電流から発生するジュール熱および高緯度対流電場によるion drag forceにより、中性大気が低緯度の方へ移動する
2. 地球自転によるコリオリ力（或いは角運動量保存）の影響で中性大気に西向きの慣性力がかかる
3. この西向きの中性大気速度により見かけ上の赤道方向への電場UxBが発生する
4. 上記電場により赤道方向のPedersen電流が流れ、conductivity gradientにより極側に－, 赤道側に＋のchargeが蓄積して極方向の電場が生成される
5. この電場により中緯度領域において西向きExBドリフトが生成される

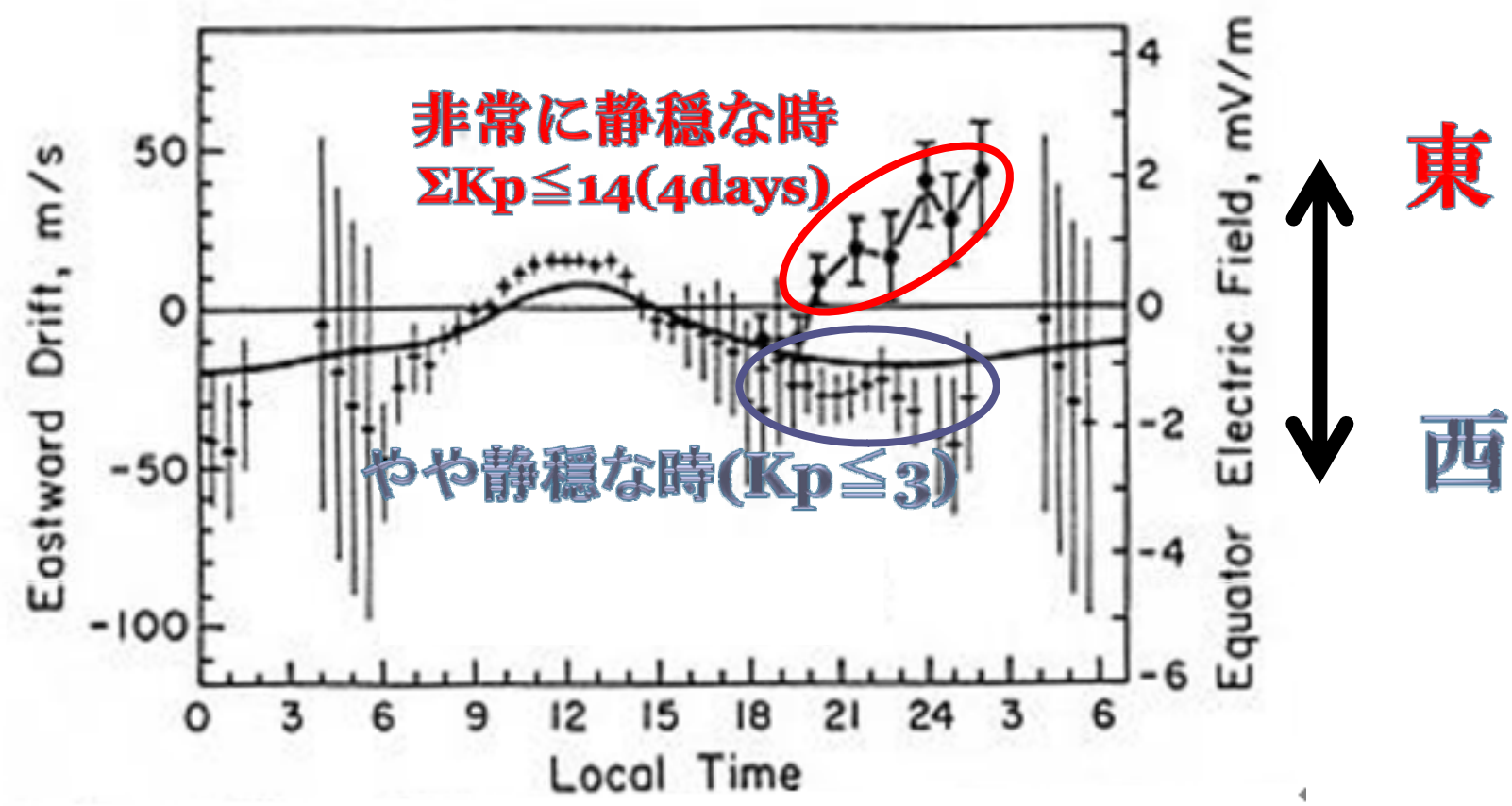


Blanc and Richmond, 1980

研究背景ー非常に静かなときの傾向

Gonzales et al. [1978]及び**Richmond et al. [1980]**がそれぞれ**Millstone Hill**レーダーを使って発表した観測結果

Millstone Hill（G:42.6°, M:57°） ISレーダー

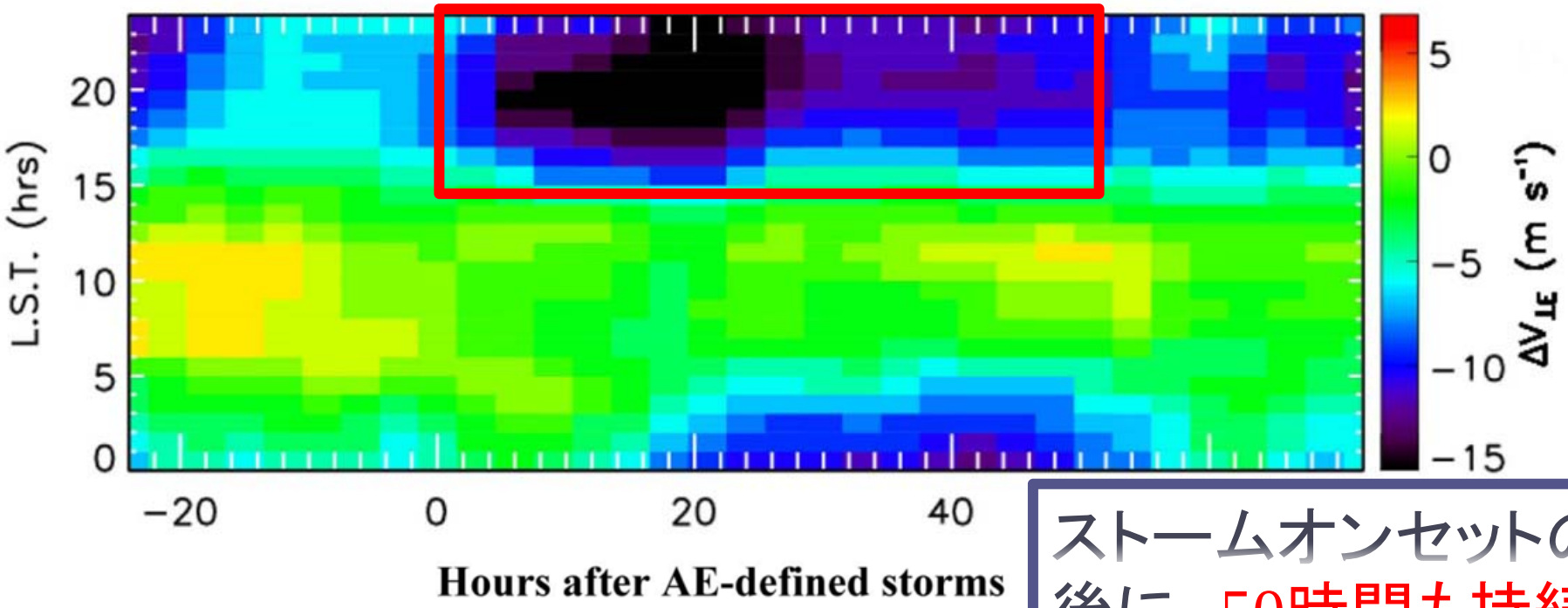


Kelley and Rodney, 1989

G： 地理緯度
M：地磁気緯度

研究背景－以前の時間のstormの影響

電離圏擾乱ダイナモは中緯度夜側において50時間以上持続する



◆観測点：Bundoora, Australia (地理的:145.1°
◆データベース ： 5-year (1999 to 2003)
◆観測機器：デジゾンデ
◆ベント数：225
◆統計方法：Superposed Epoch Analysis (SEA)

Kumar et al., 2010

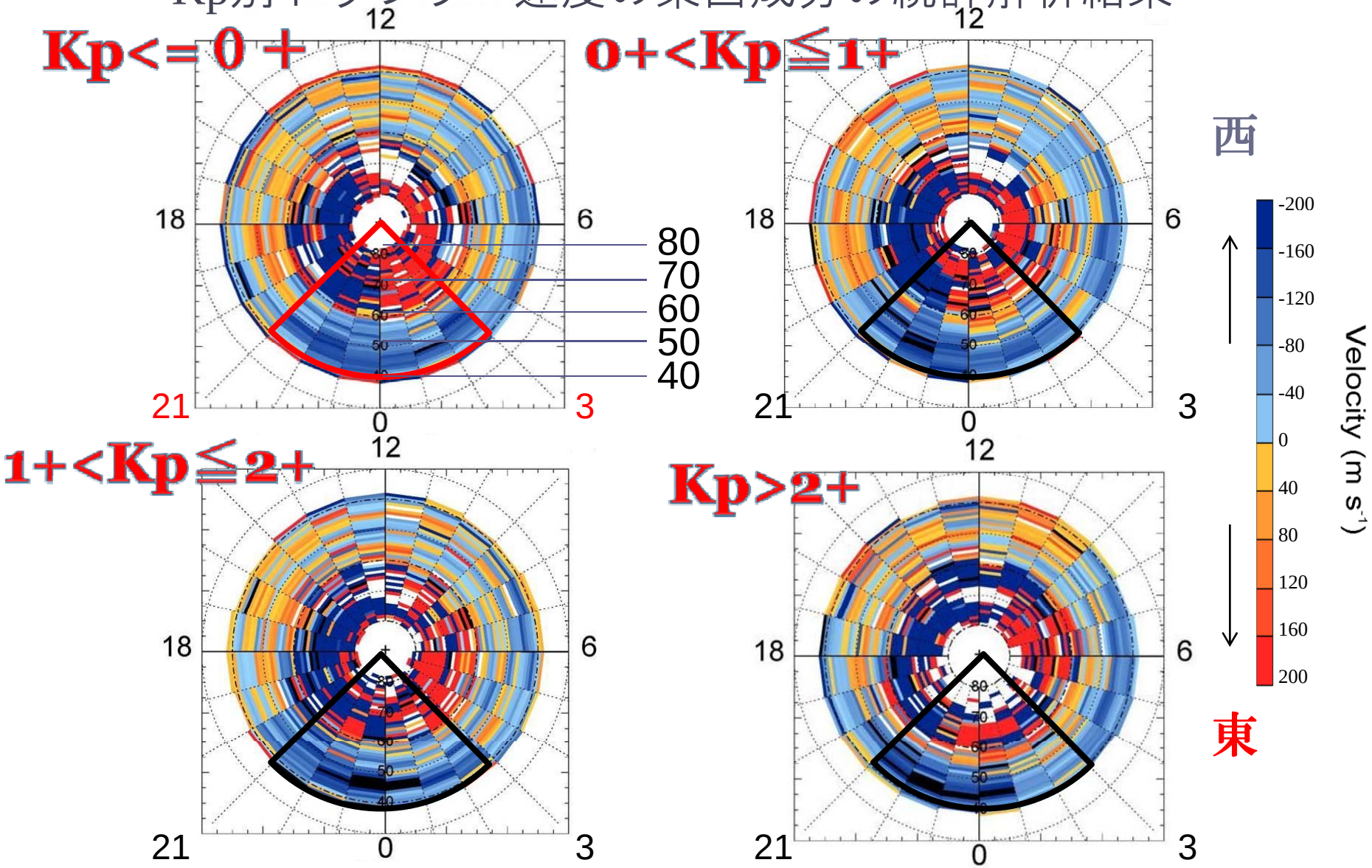
ストームオンセットの後に、50時間も持続した22 m /s以上の強い西向きドリフトの増加が真夜中前に観測された

研究目的

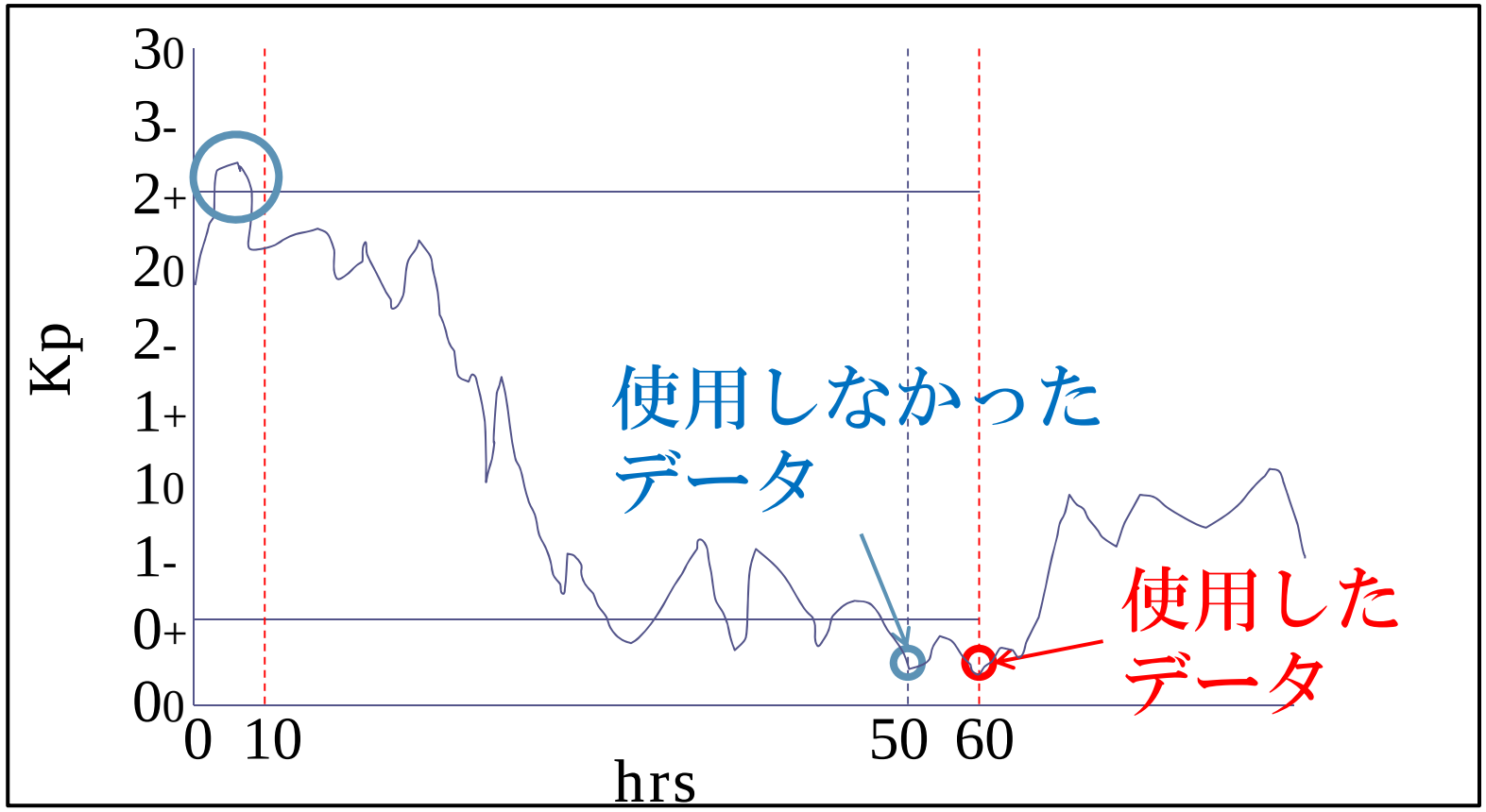
- 北海道-陸別HFレーダーを使って中緯度電離圏プラズマ対流のKp依存性を調べる。
- 特に、夜側における西向きフローに対するDisturbance dynamo電場の寄与について調べる。

観測結果

2006年12月～2010年11月の間、冬(11月～1月)における
Kp別ドップラー速度の東西成分の統計解析結果



観測結果

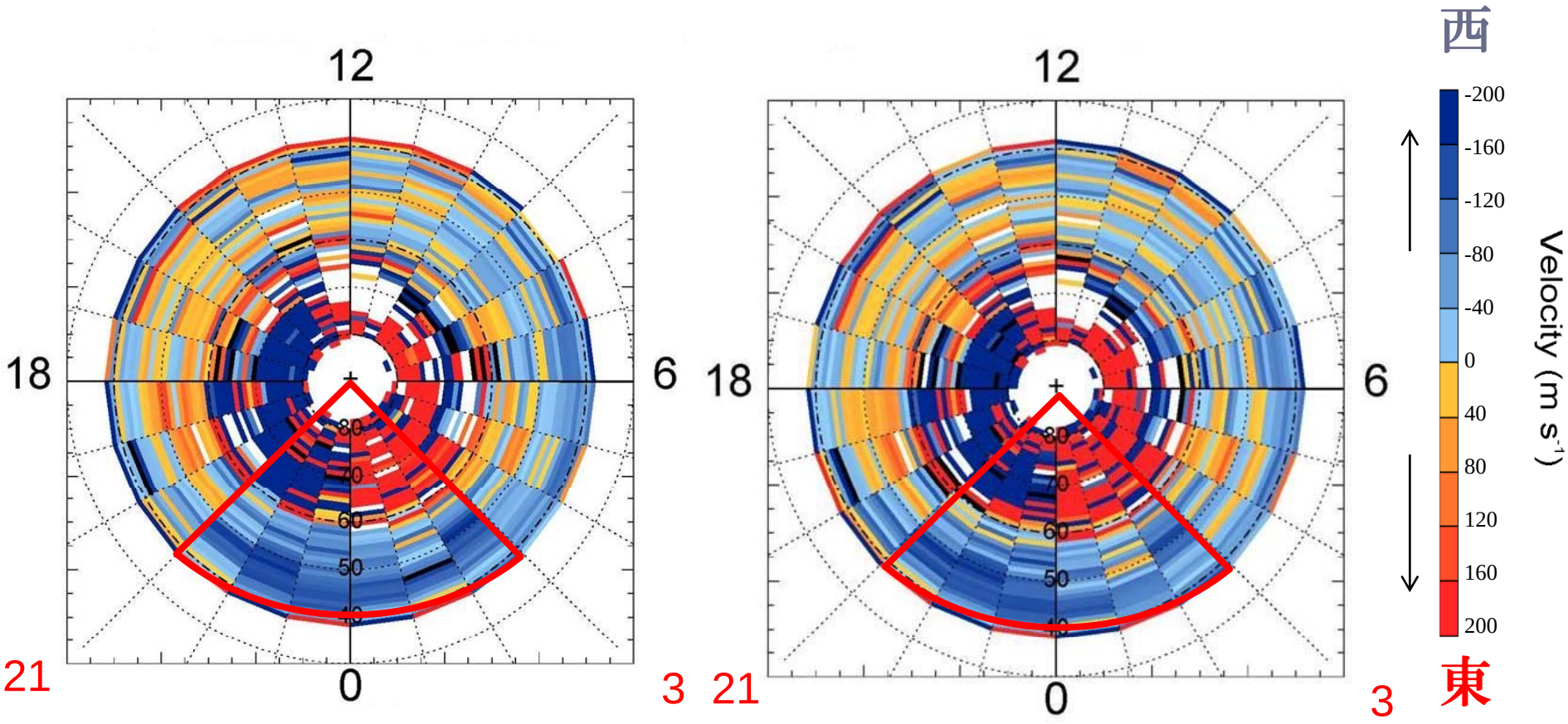


- 地磁気指数Kpが0+以下のデータ
- 50時間前まで
- Kpが一度でも2+以上となったデータがある

→ 除外

観測結果

2006年12月～2010年11月の間、冬(11月～1月)におけるKp≦0+の場合のドップラー速度の東西成分の統計解析結果



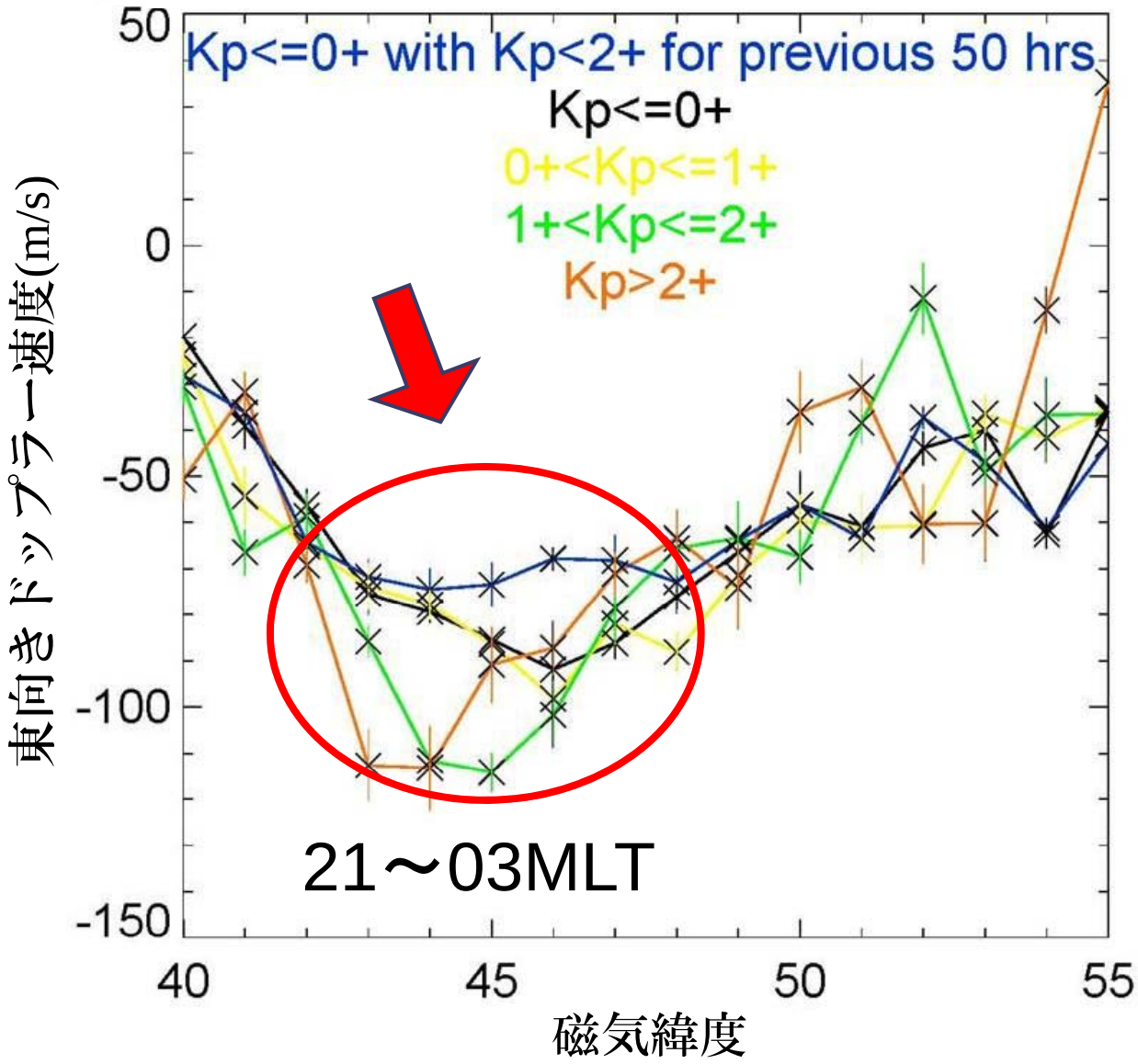
非常に静かな時
(Kp≦0+のみ)

非常に静かな時に加えて
Kp<2+が50時間以上続く

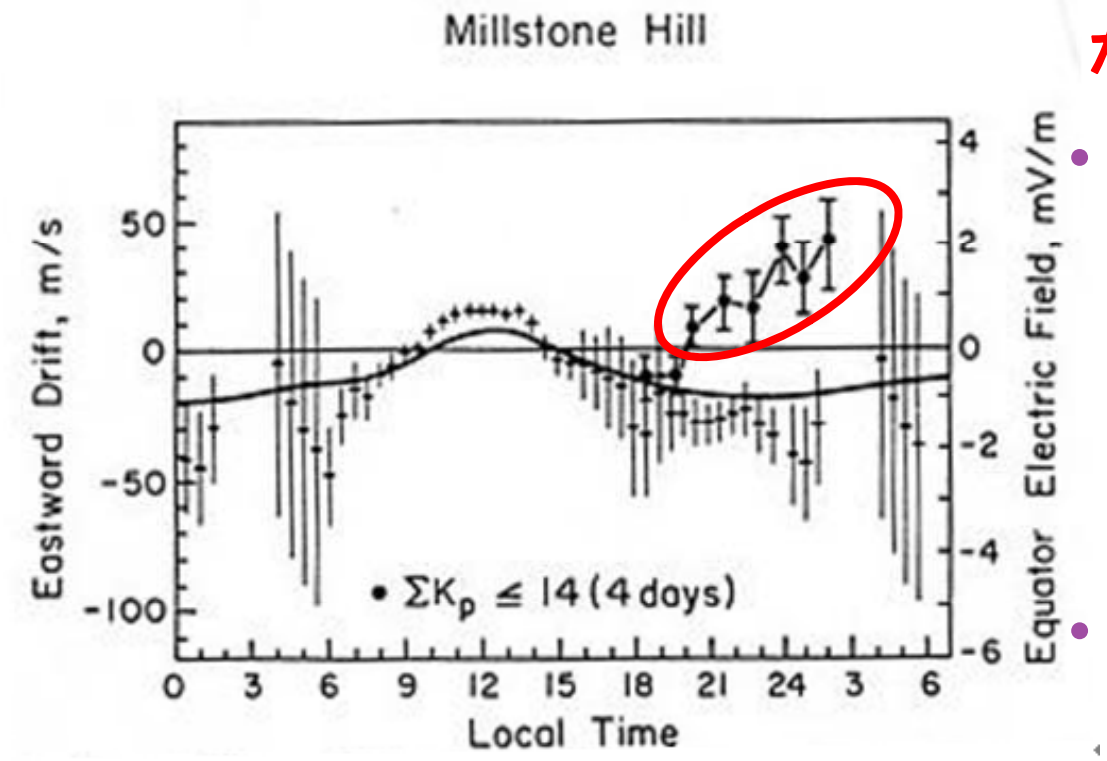
観測結果

地磁気指数Kpの増加に伴い中緯度・夜側における西向きフローが増大する

Kp別ドップラー速度東西成分の平均



観測結果



過去の研究との比較

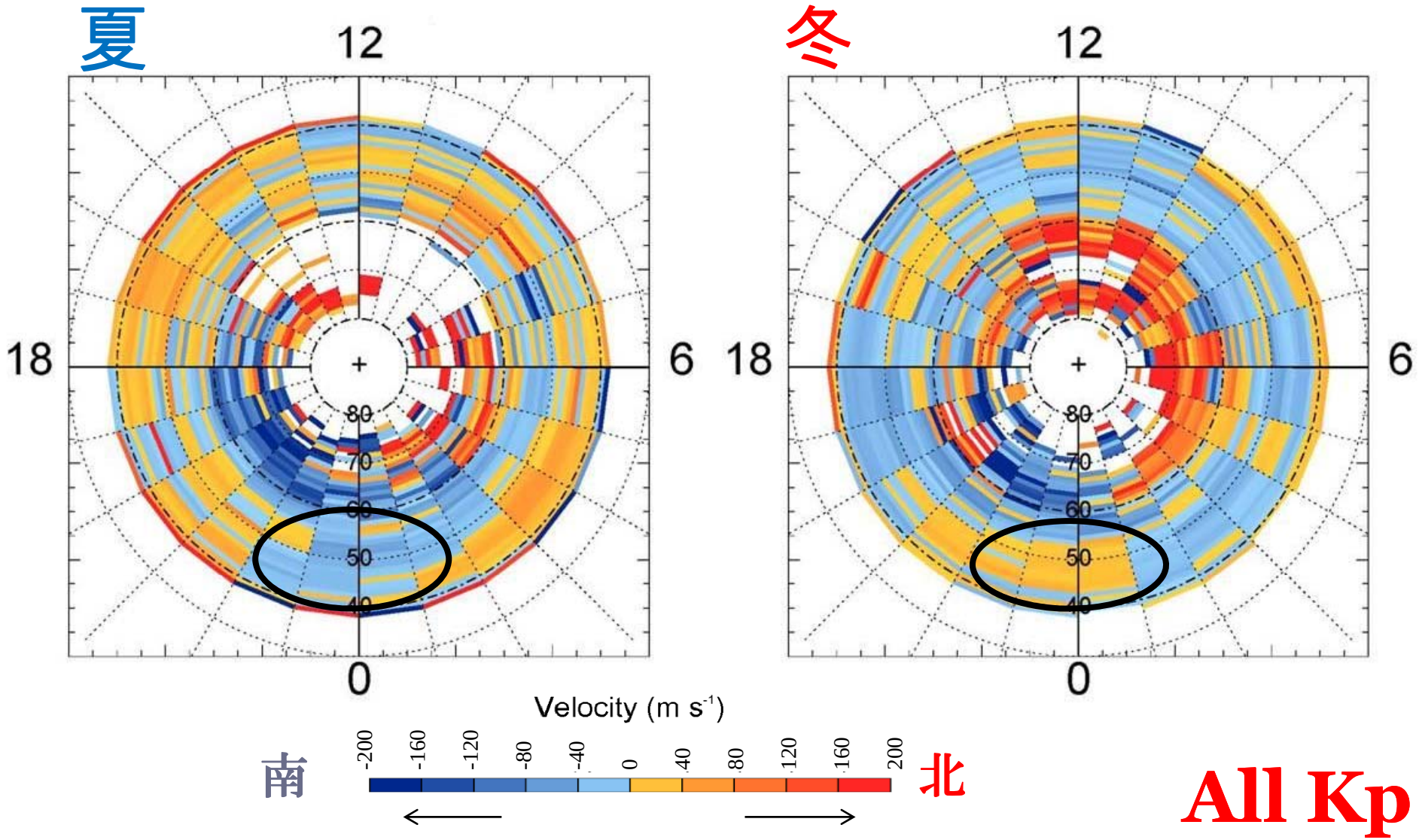
- Gonzales et al. の観測結果と違い、静穏時では夜側における西向きフローを観測した。

なぜ？

- Tsunoda [1988]では、スケールが10km以下の場合に、E×B(gradient drift instability)が他の対流作用に比べて、電離圏不規則構造を生成するのに、より卓越している。
- Gradient drift instability は電場が強い時に起こるので、電場が強いほどレーダーエコーが観測されやすいと考えられる。(Fukumoto et al., 2000)
- 電場が強いときの西向きフローが優先的に観測されている。

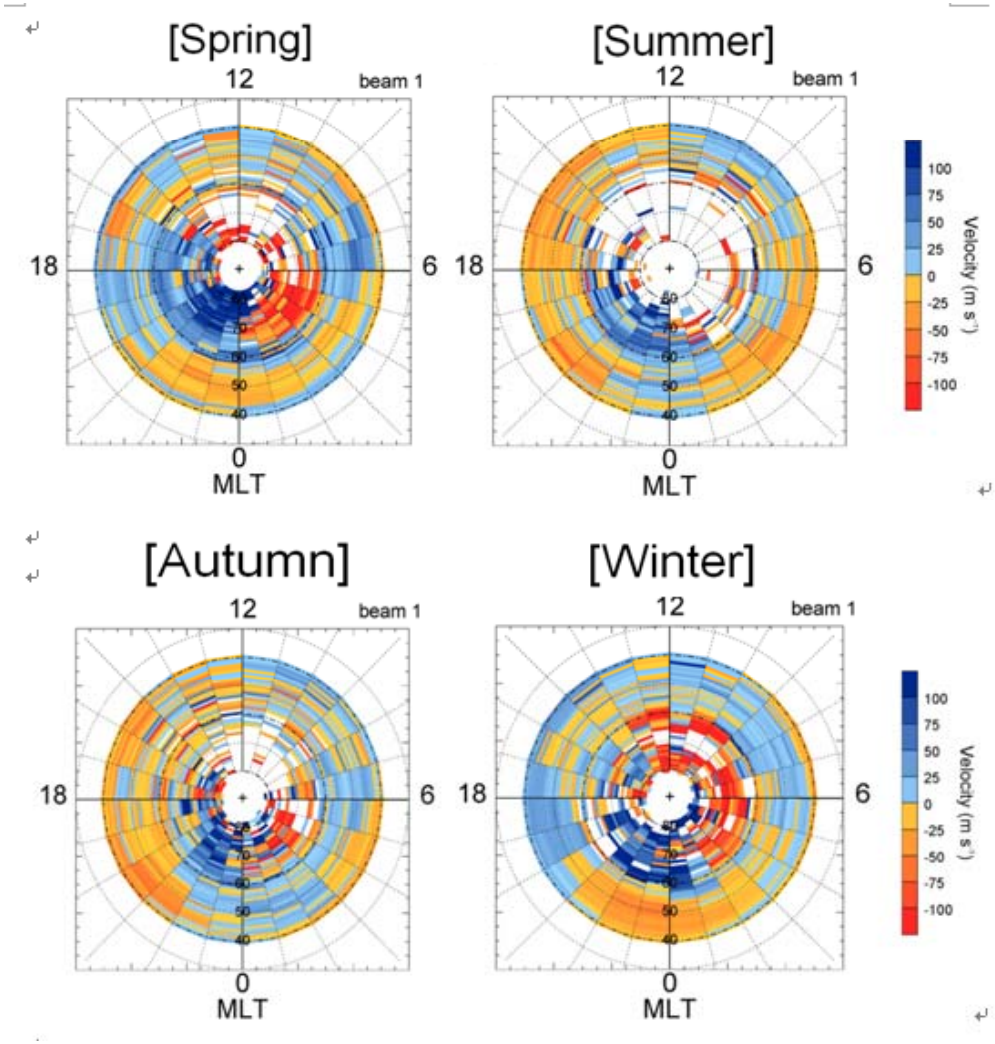
観測結果

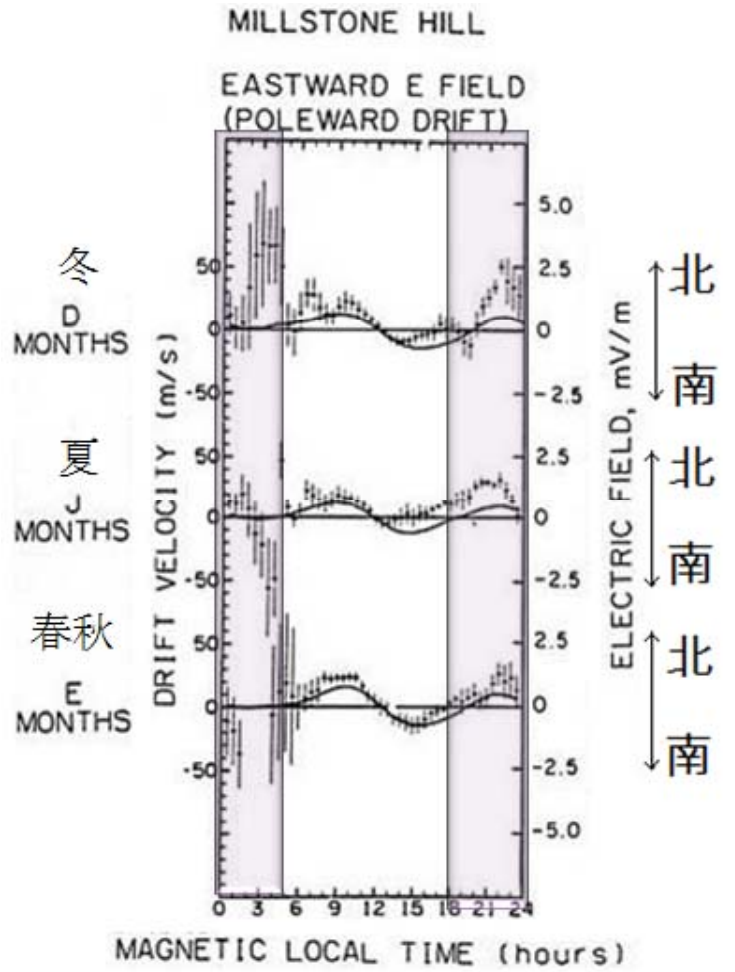
2006年12月～2010年11月の間、季節別ドップラー速度の南北成分の統計解析結果



観測結果

- 中緯度・夜側において、冬では極向きのフロー、夏では赤道向きのフローが観測された。これは、森（卒業論文, 2009）とRichmond et al. [1980]の結果と一致している。



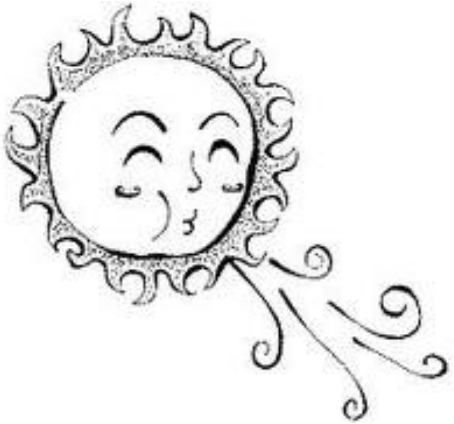


(G:42.6, M:57)

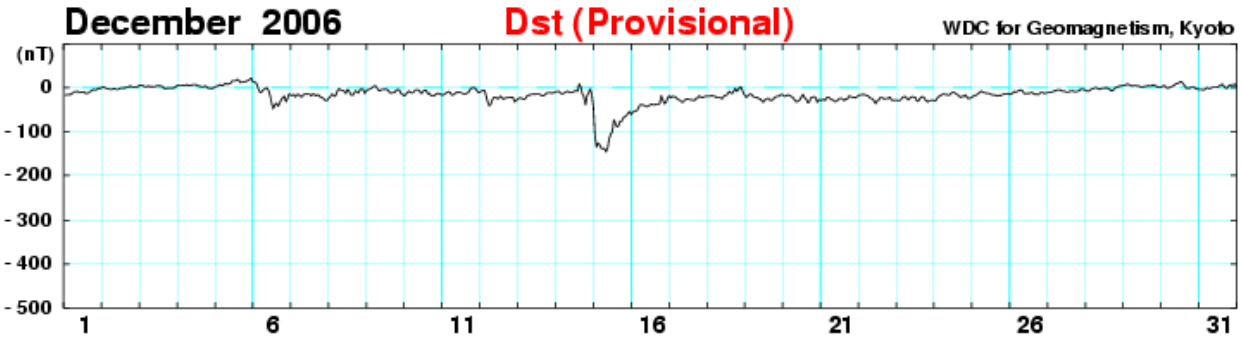
まとめ

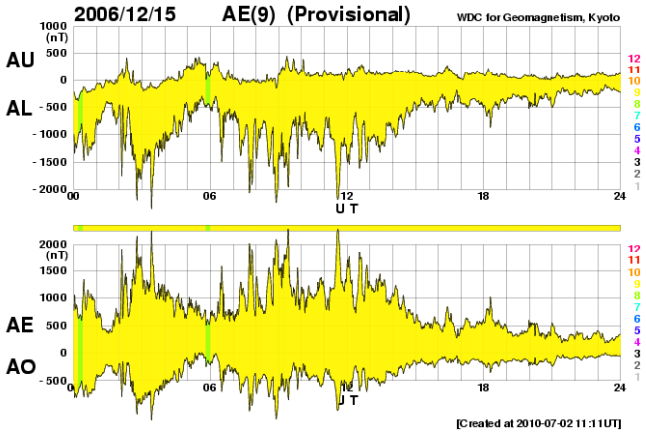
- 北海道-陸別HFレーダーを使って季節ごとに分類した中緯度電離圏プラズマ対流の地磁気指数Kp依存性があることを明らかにした。
- 特に季節ごとに分類した中緯度・夜側における西向きフローの地磁気指数Kp依存性があることを明らかにした。
  ――ただし、地磁気指数Kpが０＋以下の値、且過去50時間以内に2+未満のデータのみである場合にも中緯度・夜側における西向きのフローが確認出来た。これはgradient drift instabilityにより対流電場が強い時の西向きのフローが優先的に観測されているためと考えられる。
- 中緯度・夜側において、冬では極向きのフロー、夏では赤道向きのフローが観測された。これは、森（卒業論文, 2009）とRichmond et al. [1980]の結果と一致している。

今後の課題



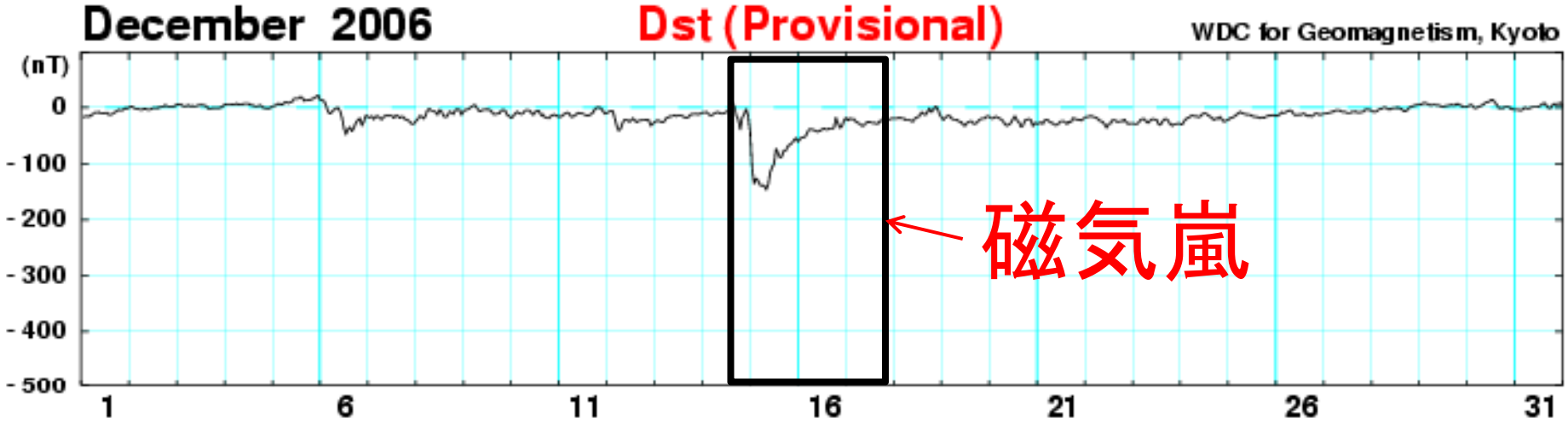
- 太陽風変動、磁気嵐(数日スケール)、サブストーム(数時間スケール)と中緯度電離圏プラズマ対流との関連性について、さらに詳しく調べる。

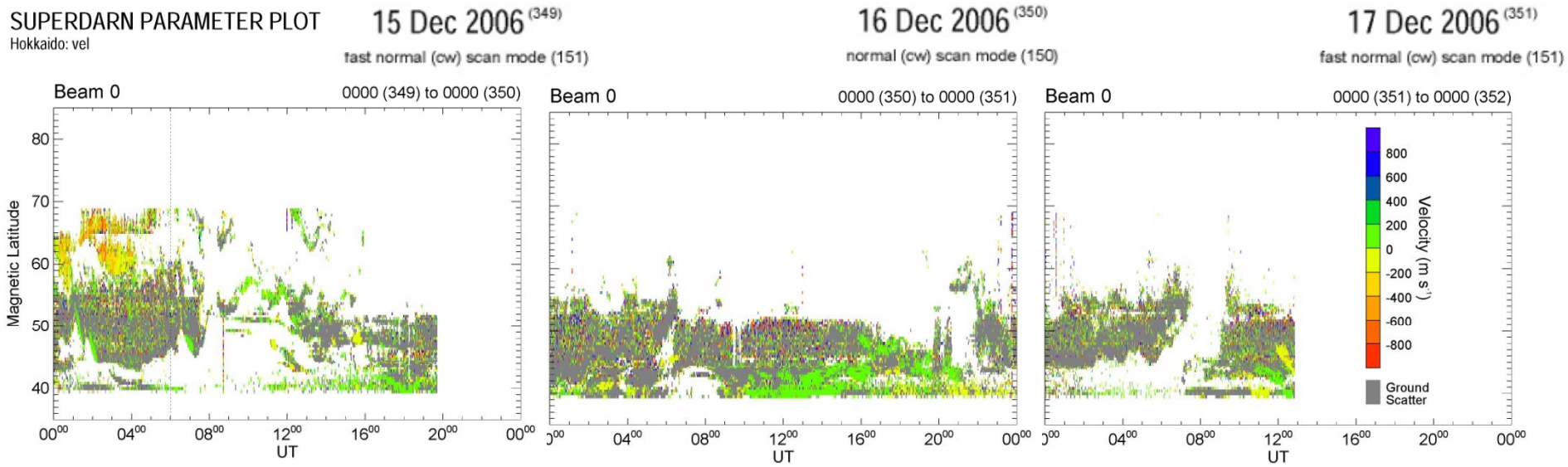




今後の課題

SEA(Superposed Epoch Analysis)





ご清聴
ありがとうございました！