

STEL研究集会「平成17年度中緯度短波レーダー研究会」

豊川 2005.11.7

# 北海道短波レーダーを用いた 研究計画

小川忠彦 (名大STE研)

極域SuperDARNでは不可能な研究

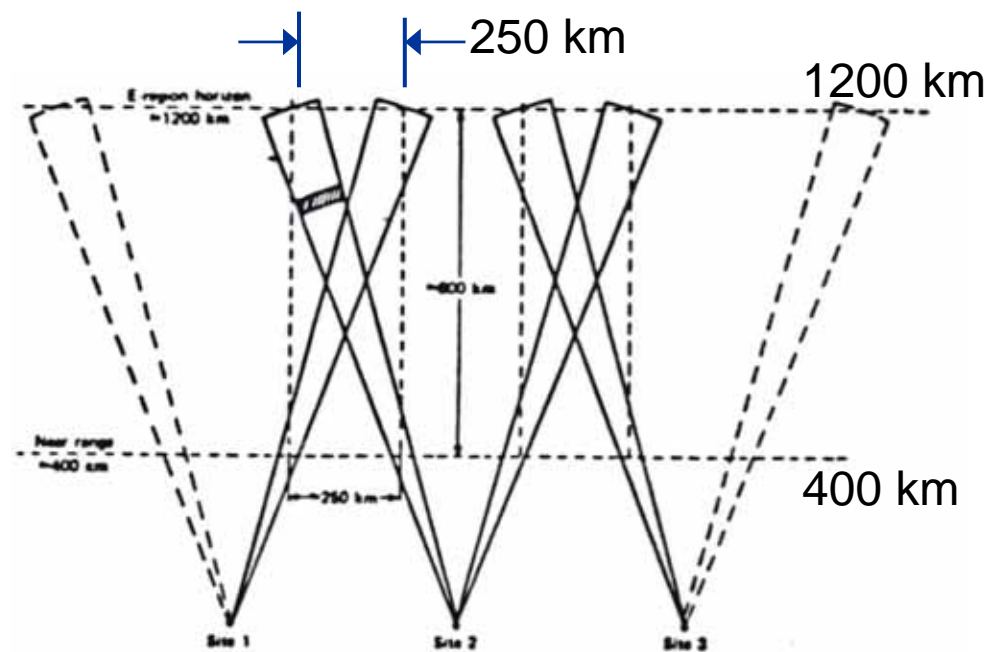
# 幻の米国DARN 計画

Freq. = 140 MHz  
Peak power = 20 kW

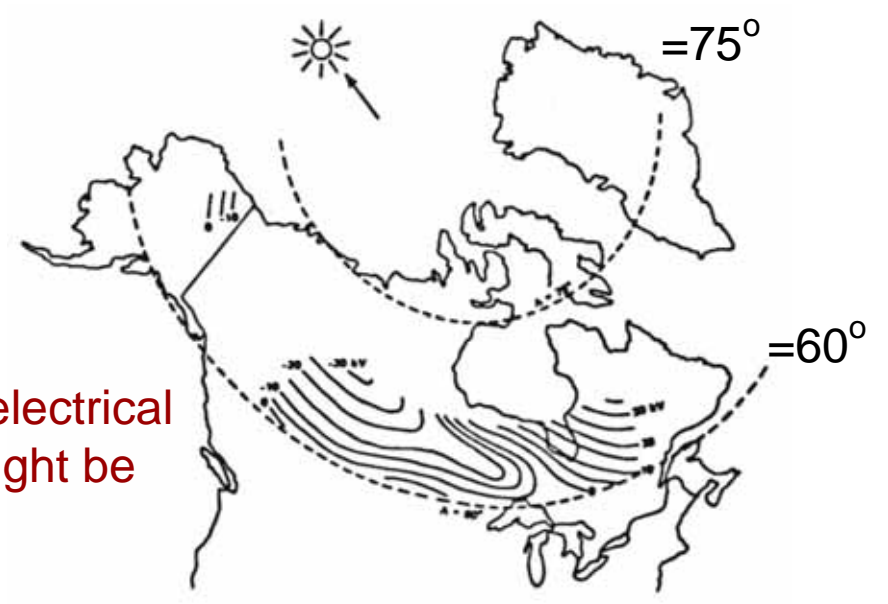


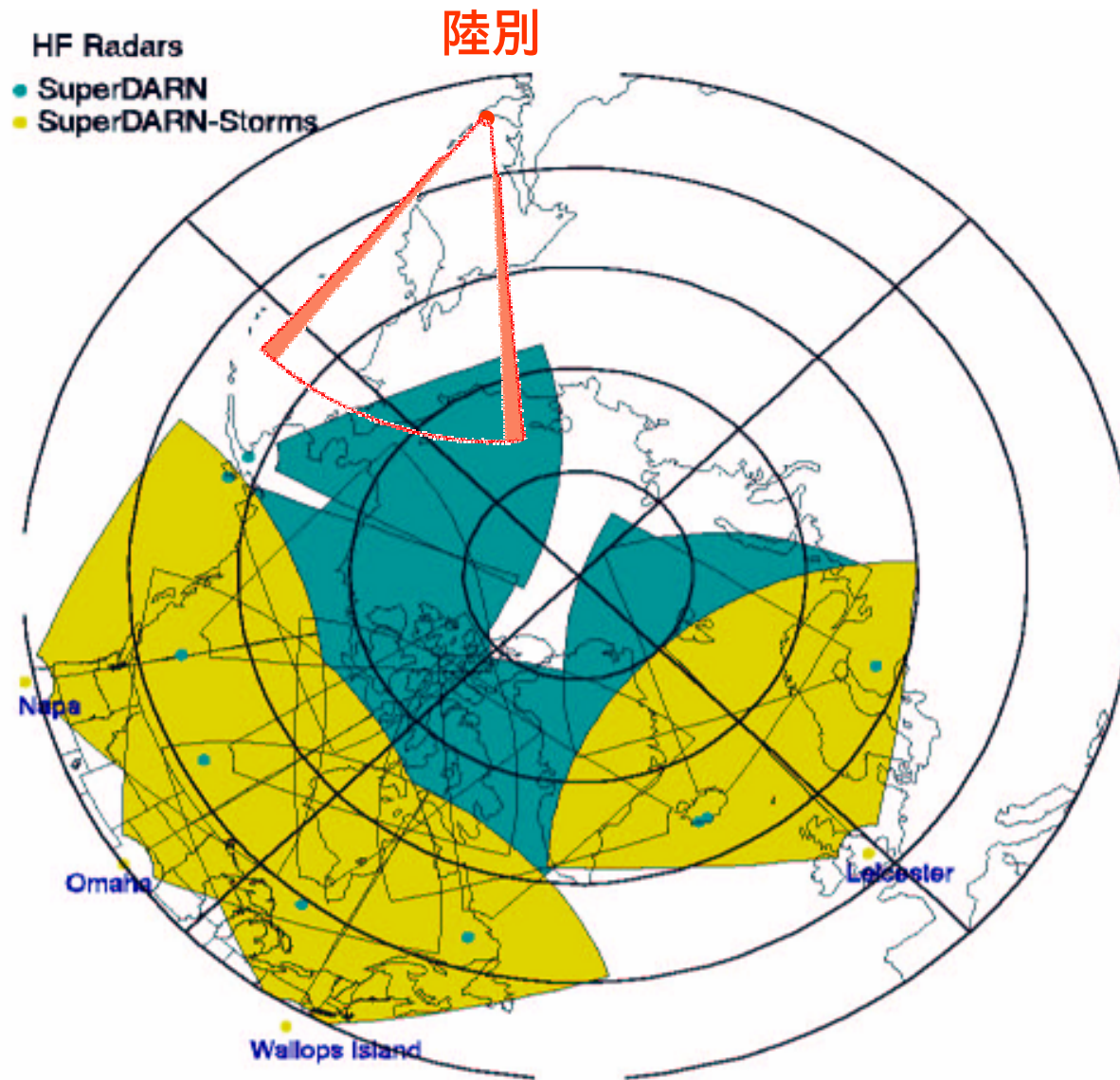
Potential coverage of 12 station DARN network

Example of instantaneous electrical potential distribution that might be derived from Doppler data



Plan view of beam intersection from three neighboring DARN radars

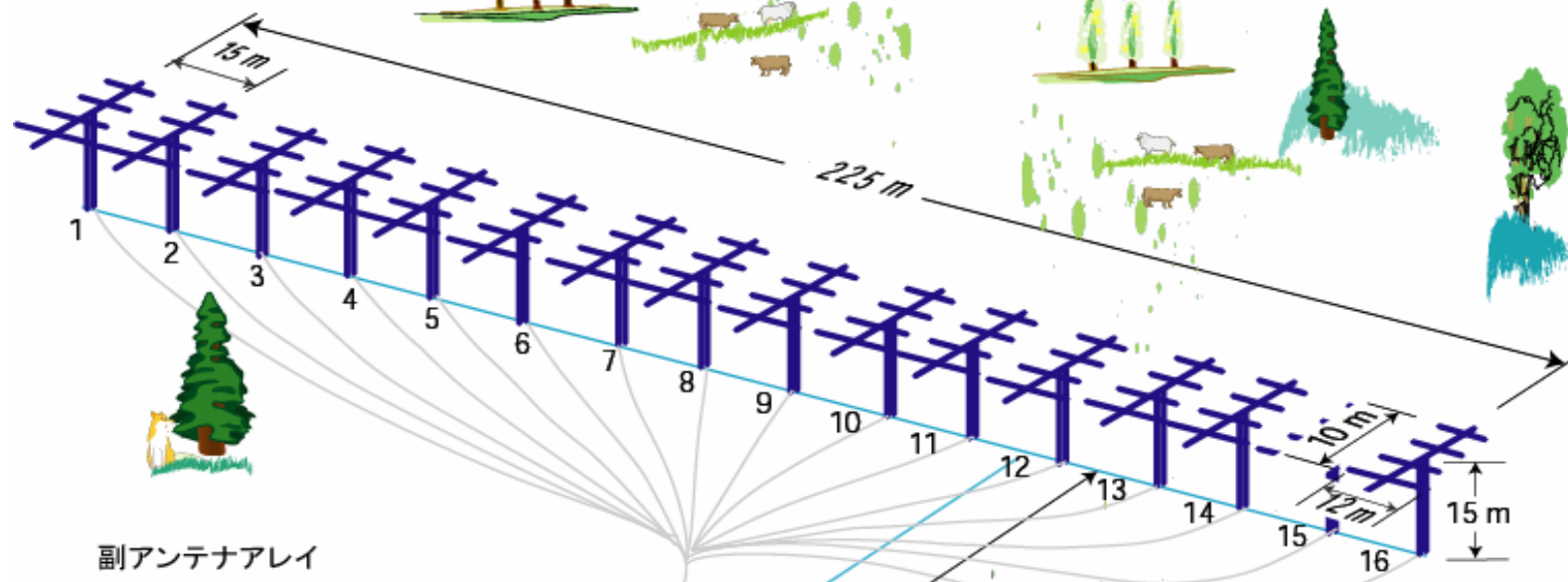




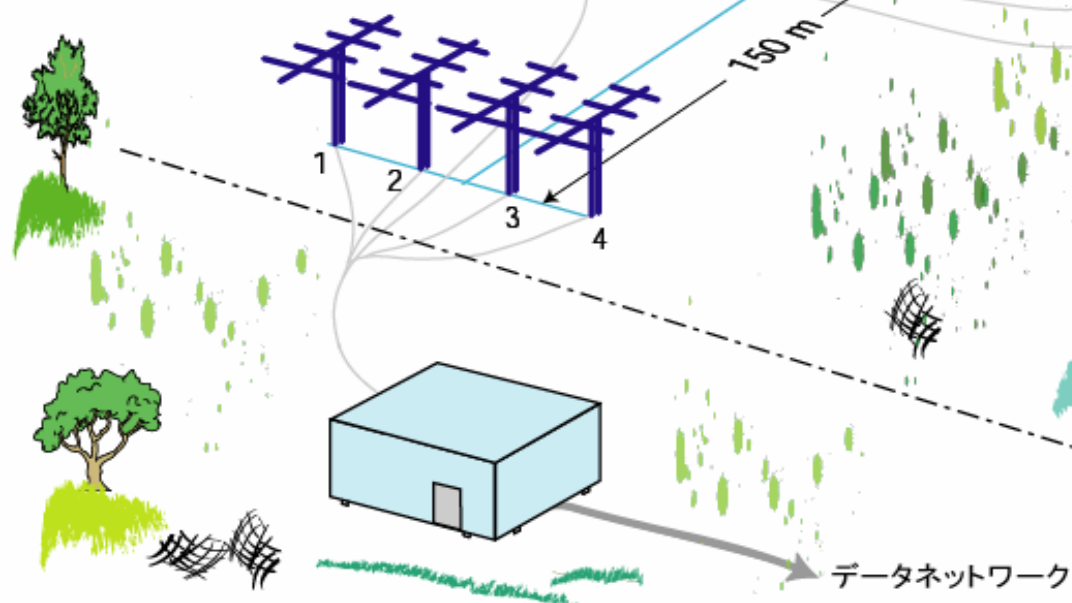
 米国の中緯度SuperDARN計画

(Ruohoniemi, SuperDARN Workshop, 2003)

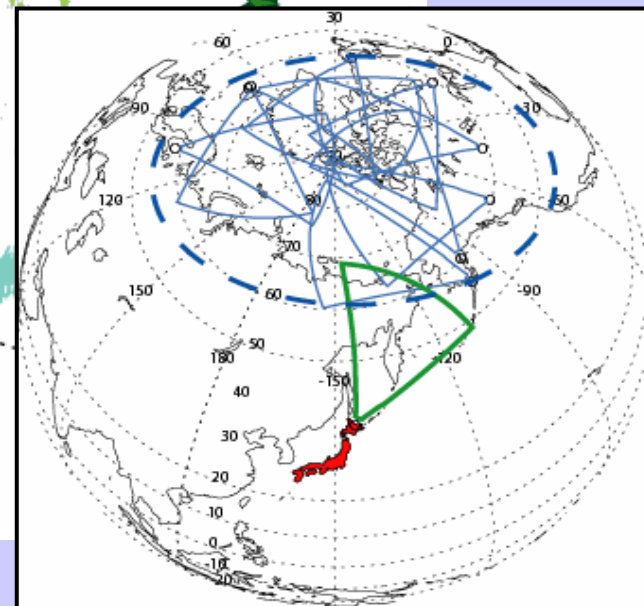
主アンテナアレイ

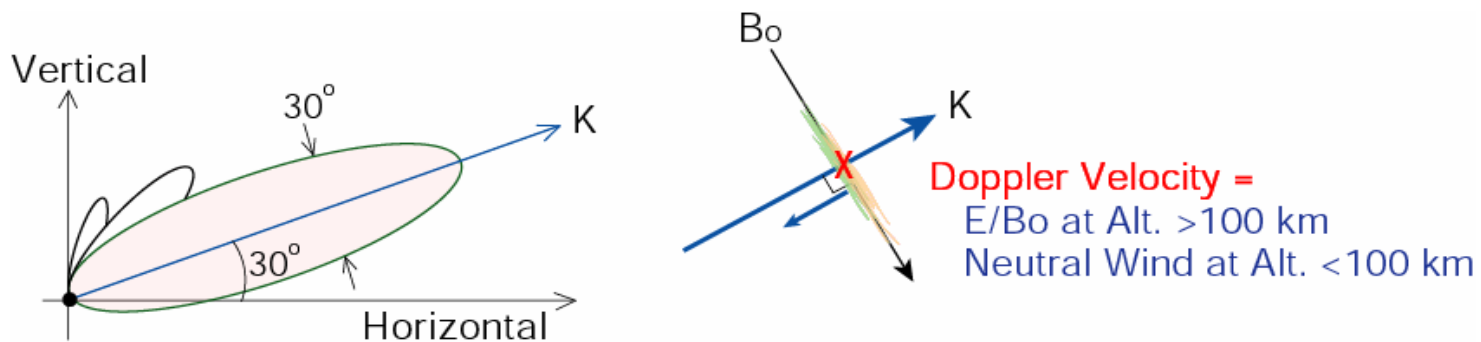
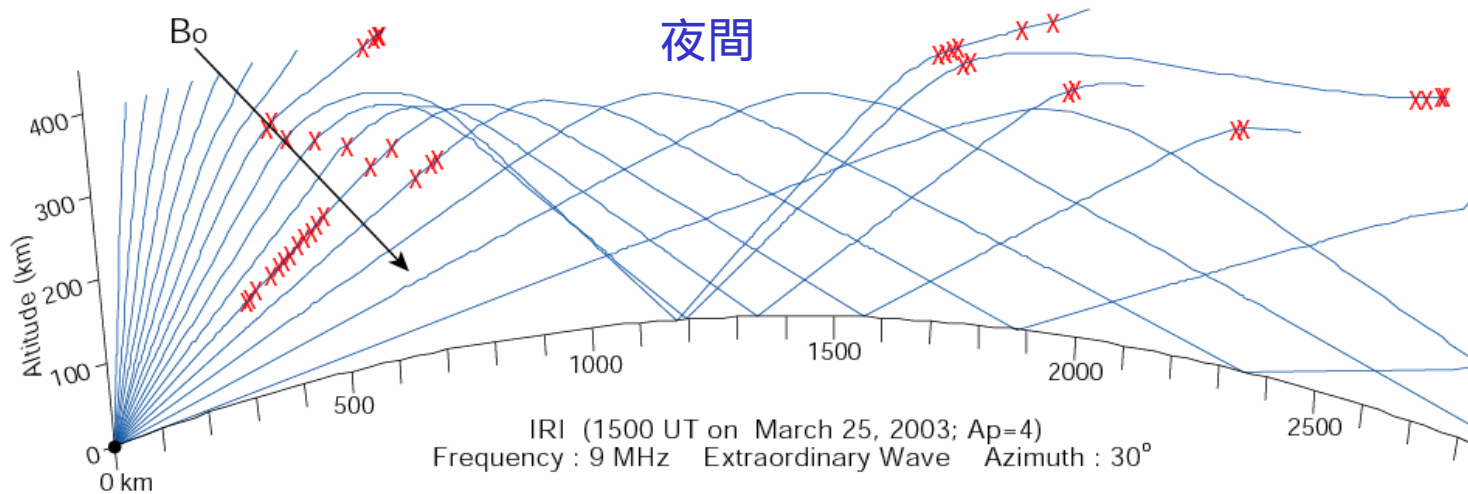
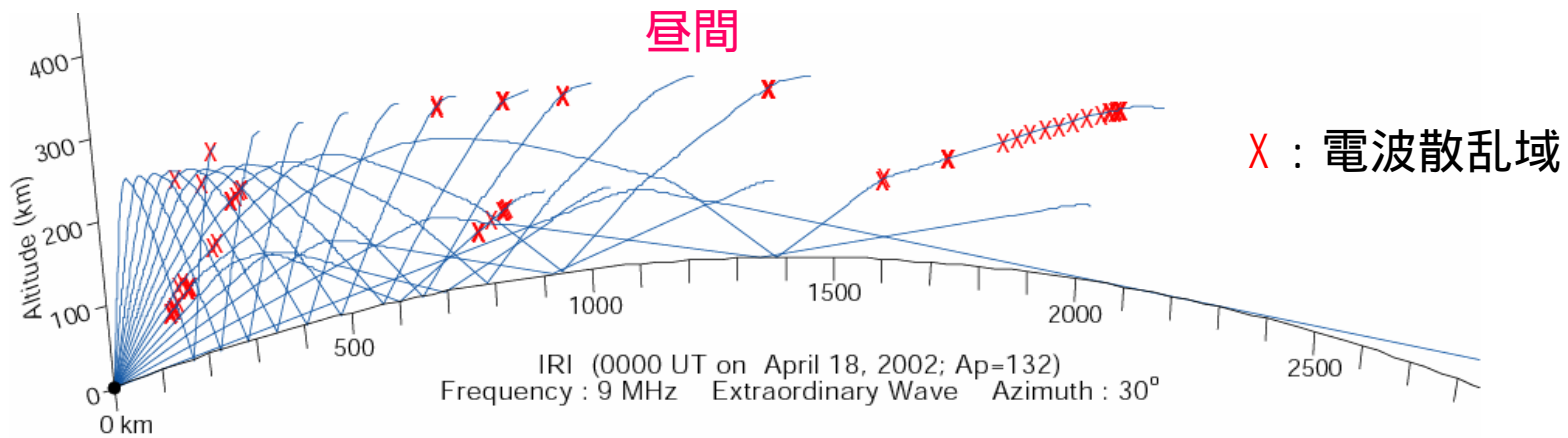


副アンテナアレイ



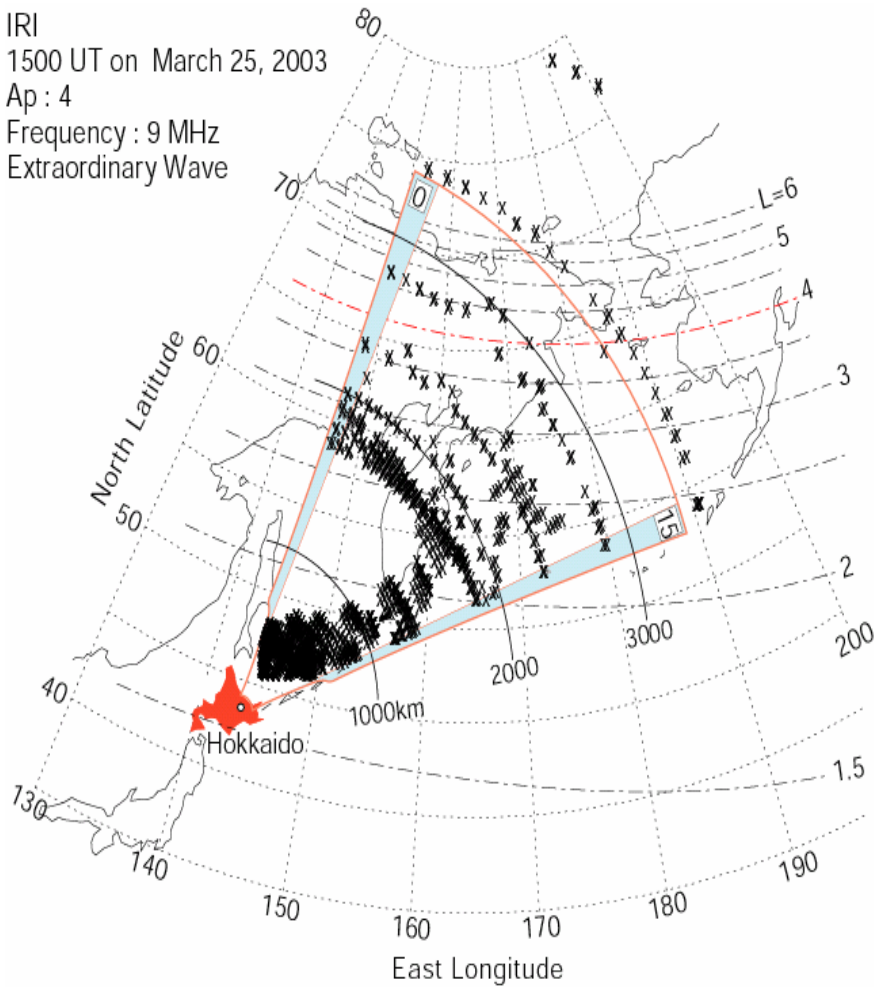
北海道陸別町ポントマム





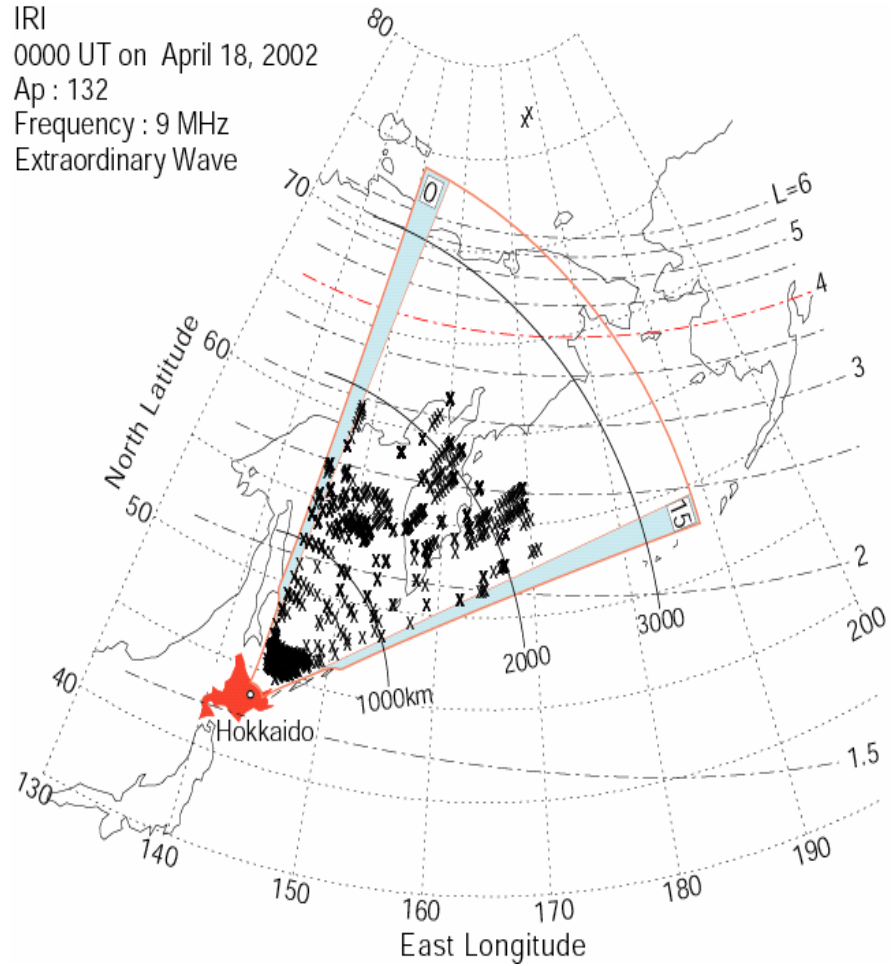
# X : 電離圈エコー域

IRI  
1500 UT on March 25, 2003  
Ap : 4  
Frequency : 9 MHz  
Extraordinary Wave

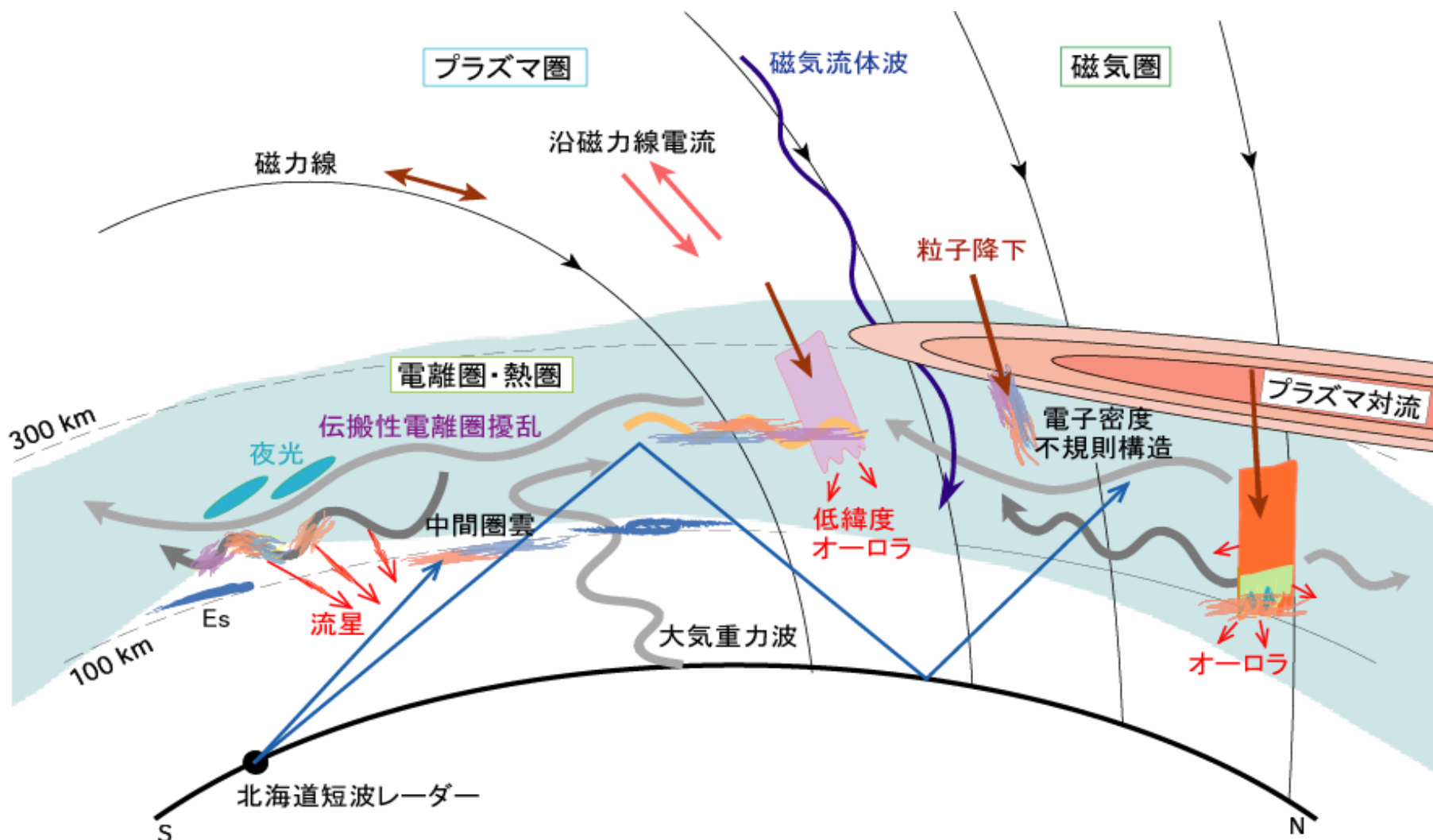


夜間

IRI  
0000 UT on April 18, 2002  
Ap : 132  
Frequency : 9 MHz  
Extraordinary Wave



昼間



短波レーダーの観測対象となる電離圏の諸現象

高緯度域現象の中緯度域への延伸

中緯度域特有の現象

## 北海道短波レーダーによる観測・研究 (1/3)

- 磁気緯度  $35^{\circ} \sim 60^{\circ}$  の観測域を2次元的にカバー  
しかも、サブストーム時のHF波吸収現象なし
- 極域プラズマ対流の低緯度への侵入(拡大)  
・ SuperDARN対流マップへの貢献
- トラフ/サブオーロラ帯電離圏のプラズマ過程
- プラズマ圏・磁気圏と電離圏との結合
- 低緯度オーロラ (Mlat. =  $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ )
  - ・ SARアーク (Stable Auroral Red Arc)
  - ・ 電子オーロラ
- 磁気流体波による電離圏モジュレーション



### ➤ 熱圏・電離圏の大規模擾乱

- ・ オーロラ帯からの大規模伝搬性電離圏擾乱 (LSTID)
- ・ オーロラ帯からの中規模伝搬性電離圏擾乱 (MSTID)
- ・ オーロラ帯起源でないIMSTID (夜、昼)
- ・ 大規模磁気嵐時の中緯度電離圏ストーム

### ➤ 電離圏プラズマ擾乱

- ・ スプレッドF、スポラディックE、E-F層結合
- ・ 大規模電離圏プラズマ不安定

### ➤ 反対半球電離圏間の電氣的結合 (日本 ↔ オーストラリア)

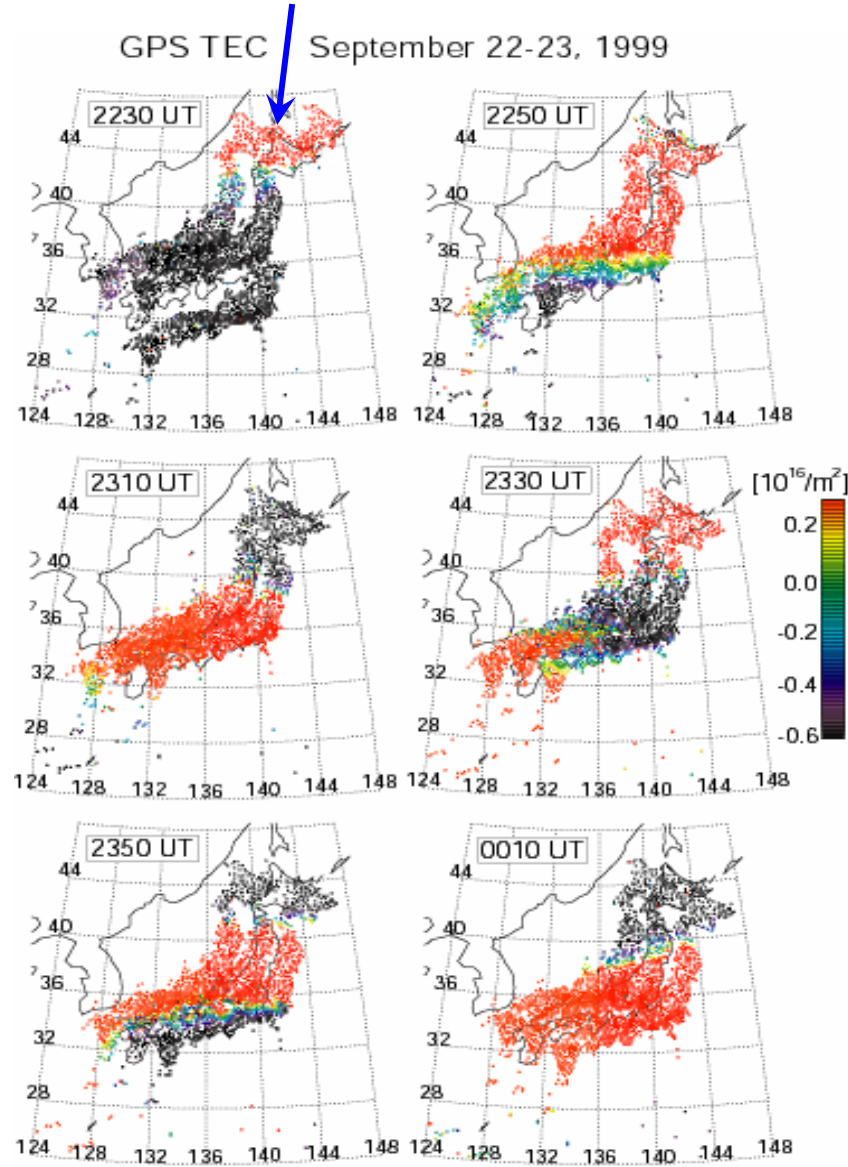
- 下部熱圏風(流星レーダー機能の利用)
  - ・ 大気潮汐、大気重力波
- 夏季中間圏界面付近の擾乱
  - ・ 極低温/水クラスターイオンによる特異なレーダーエコー(MSE)
  - ・ Global Changeとの関係
- 熱圏・電離圏・大気圏結合
- 国内電波・光観測網、国外観測網(NICT King Salmonレーダー、210度地磁気観測網など)、衛星観測との連携

# 中緯度域特有の現象

- ・ 大規模伝搬性電離圏擾乱 (LSTID)
- ・ 中規模伝搬性電離圏擾乱 (MSTID)
- ・ 大規模磁気嵐時の中緯度電離圏ストーム
- ・ F層 Irregularities (スプレッドF)
- ・ 夏季中間圏エコー (MSE)
- ・ 低緯度オーロラ

オーロラ帯からの  
大気重力波

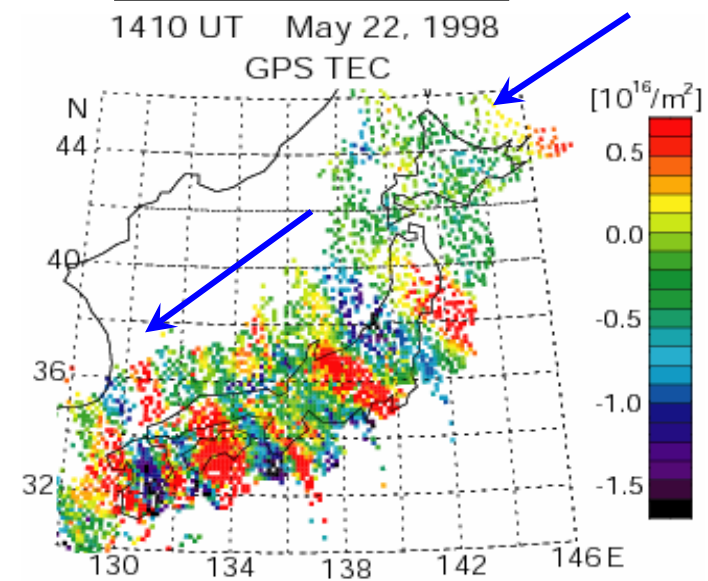
LSTID



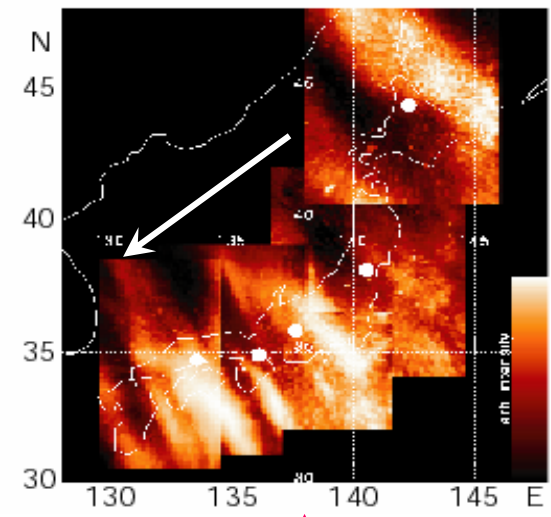
Tsugawa et al., 2003

夜間のMSTID

オーロラ帯??

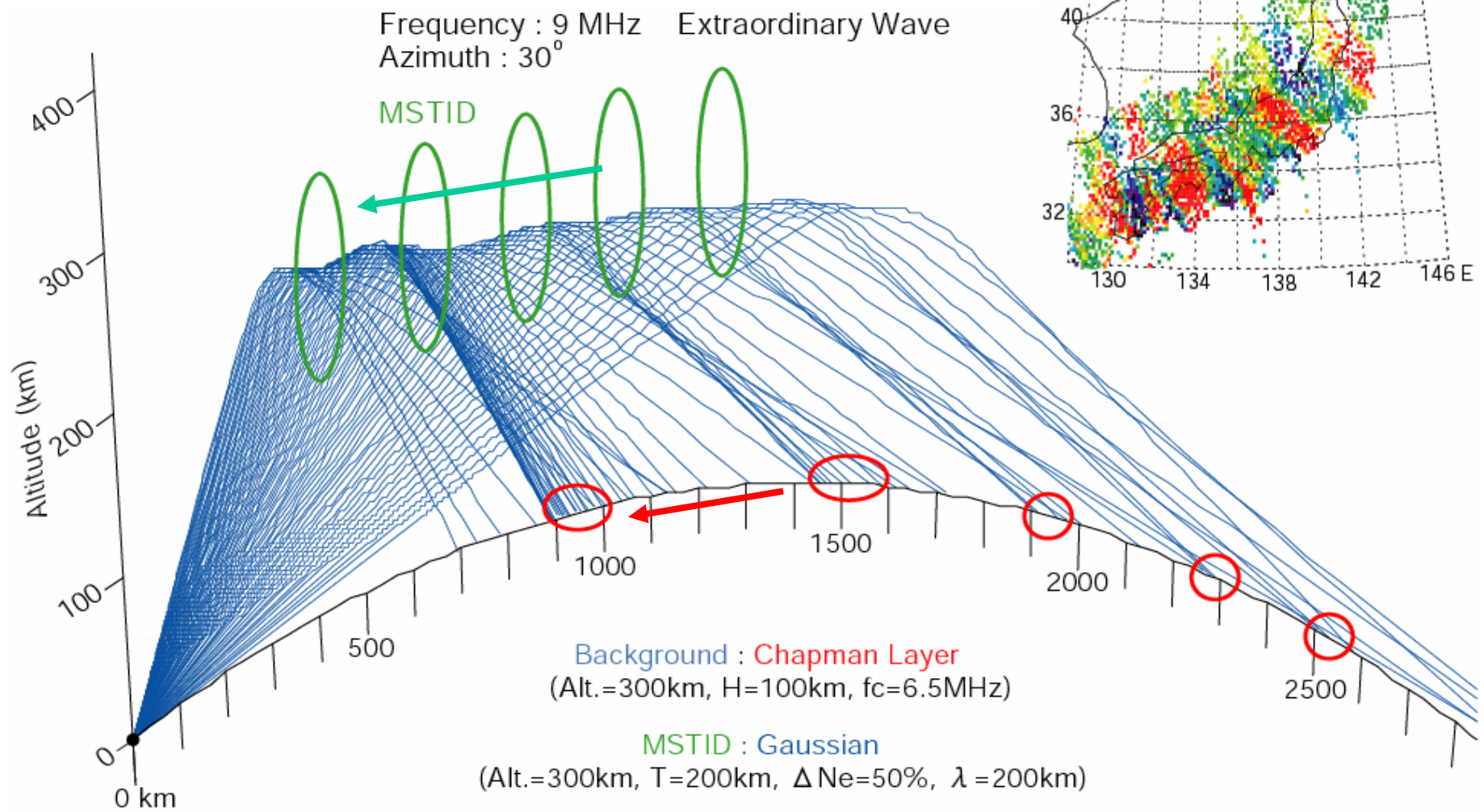


630 nm Emission

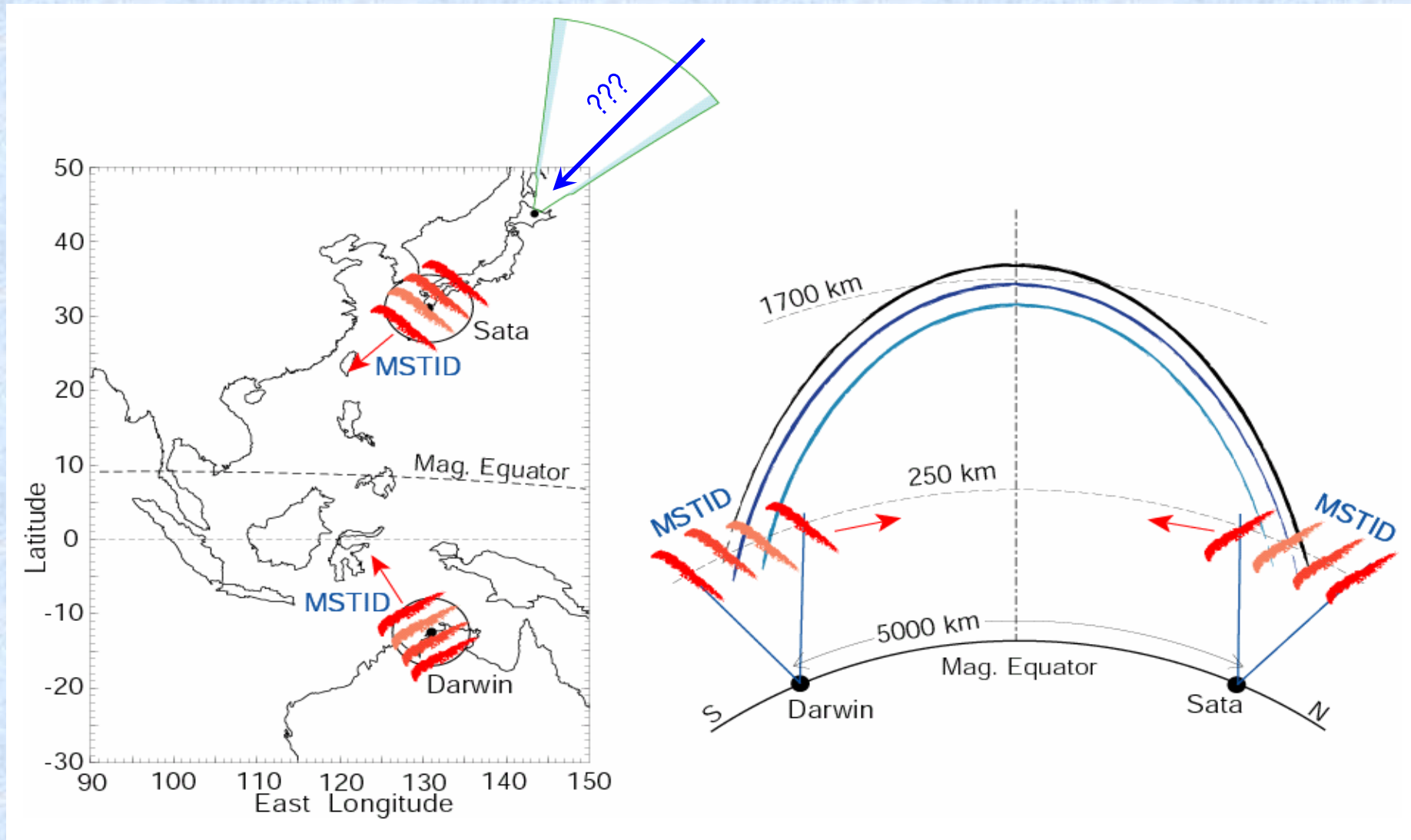


Kubota et al., 2000  
Saito et al., 2001

大気重力波 or プラズマ不安定?



MSTIDによるHFレーダー波のフォーカシング

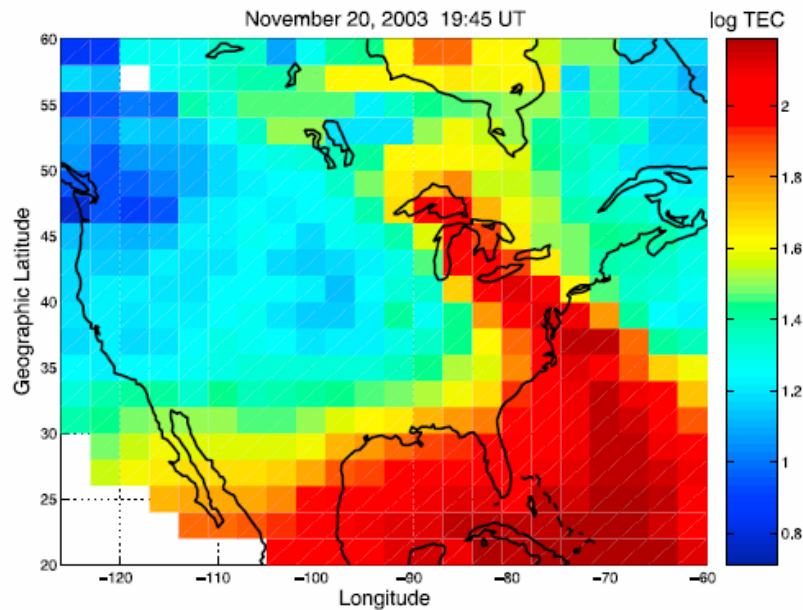


夜間MSTIDの  
地磁気共役性

磁力線に沿った  
電場のmapping

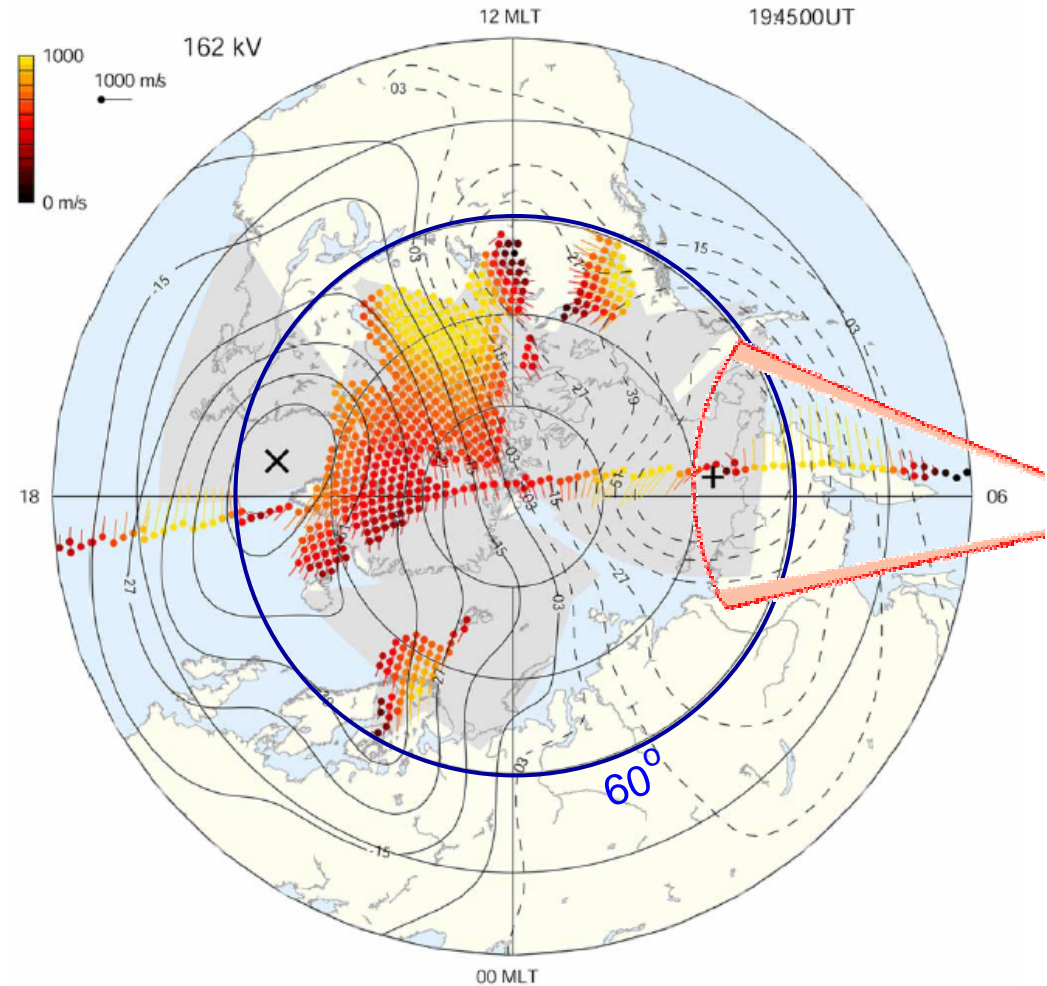
夜間MSTIDの生成・発達  
には電場が重要

### GPS-TEC Map



**Figure 2.** GPS vertical total electron content (TEC) observations over the continental USA at the height of the 20 November 2003 storm map an intense plume of storm enhanced density (TEC > 100 TECu) extending from a source region east of Florida, across the mid-Atlantic states, and into central Canada. Log<sub>10</sub> TEC (TECu) is shown (1 TECu = 1.E16 electrons/m<sup>2</sup>, column density).

### SuperDARN Convection Map



**Figure 3.** Convection vectors (see text) are plotted at the points of individual observations by DMSP F-13 and the SuperDARN radars near the time of the GPS TEC observations of Figure 2. Equipotential contours of the calculated convection pattern are shown in polar magnetic latitude/local times coordinates. Latitude circles are at 10° intervals.

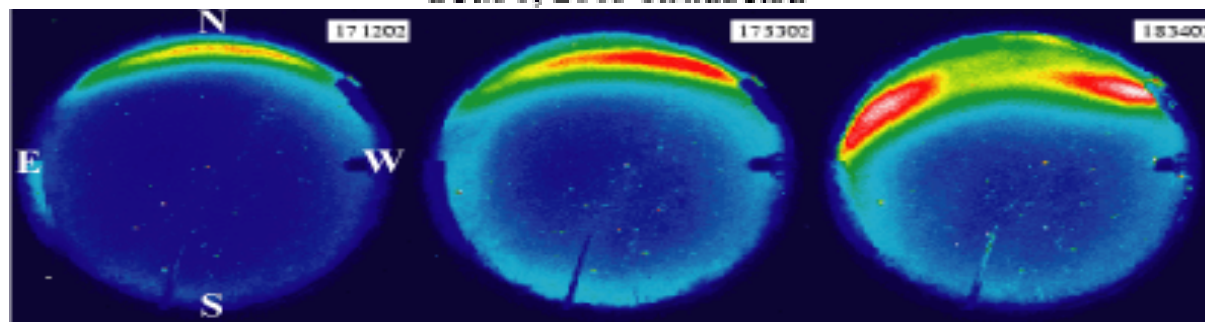
# 北海道陸別町で見られた赤いオーロラ

2003年10月29日の夜間

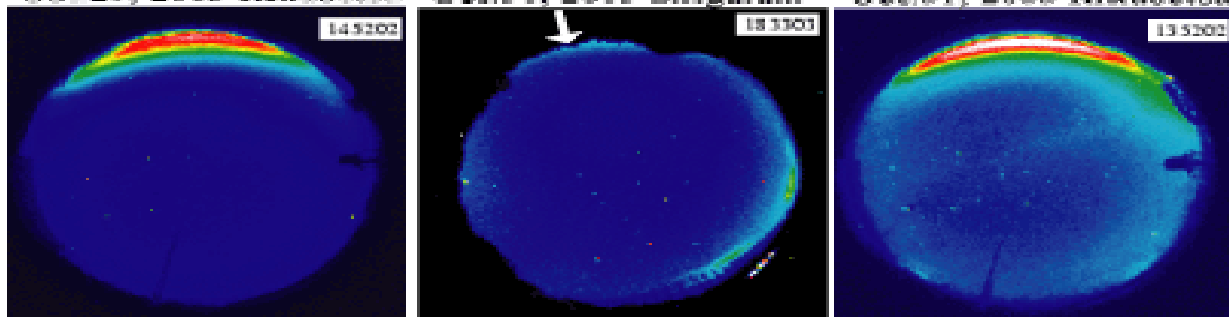


## 陸別と信楽の大気光イメージャーが捉えたオーロラ

Oct.30, 2003 Rikubetsu



Oct.29, 2003 Rikubetsu    Oct.30, 2003 Shigaraki    Oct.31, 2003 Rikubetsu

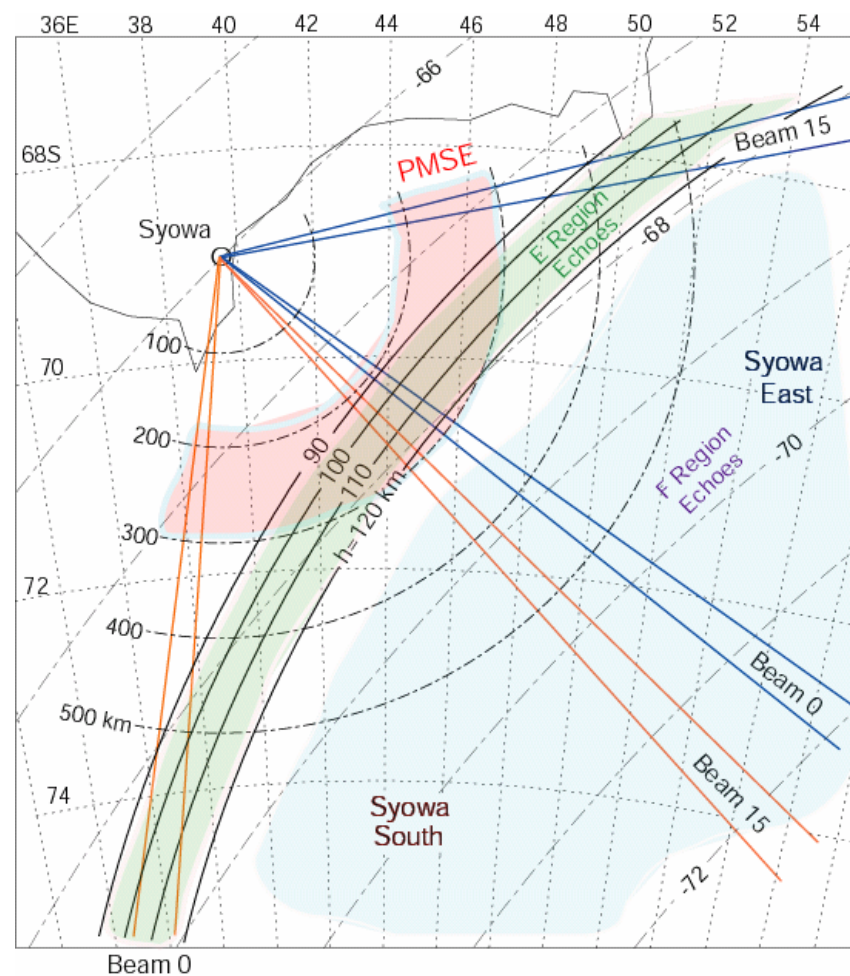
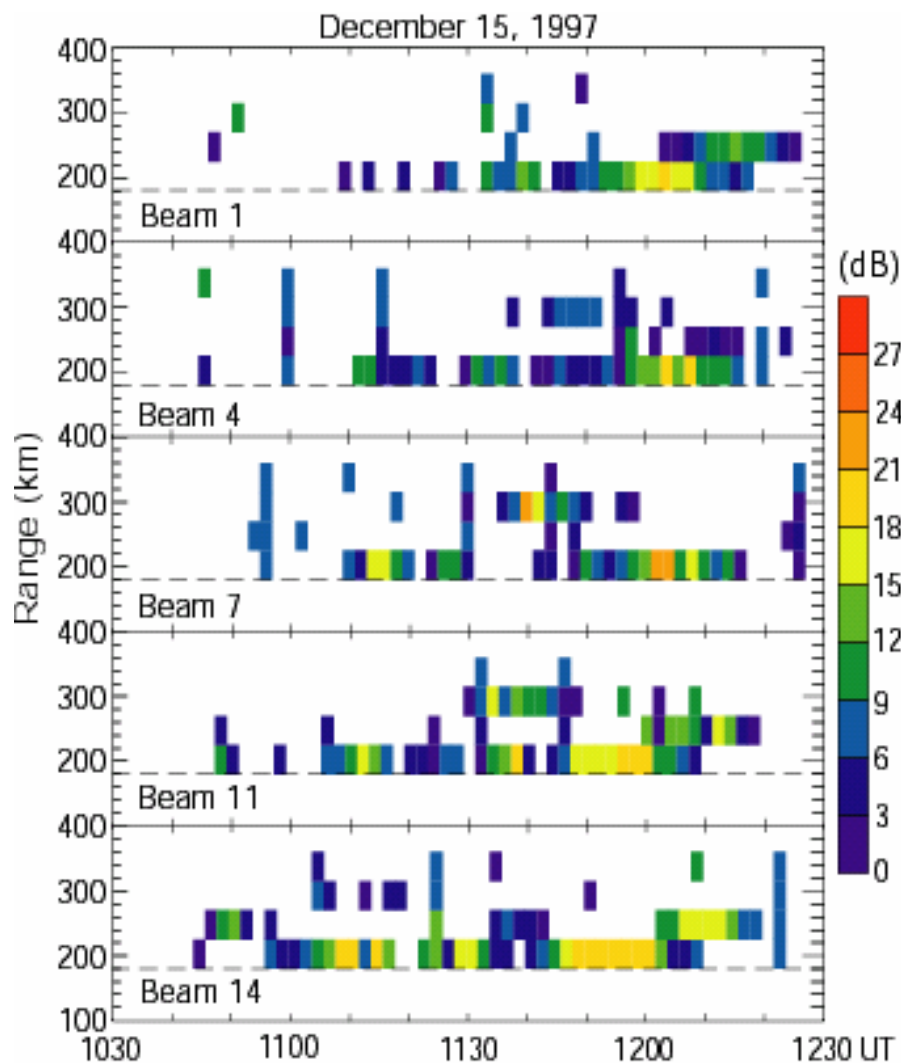




# 昭和基地斜めビームHFレーダーで初観測された 極域夏季中間圏エコー (PMSE)

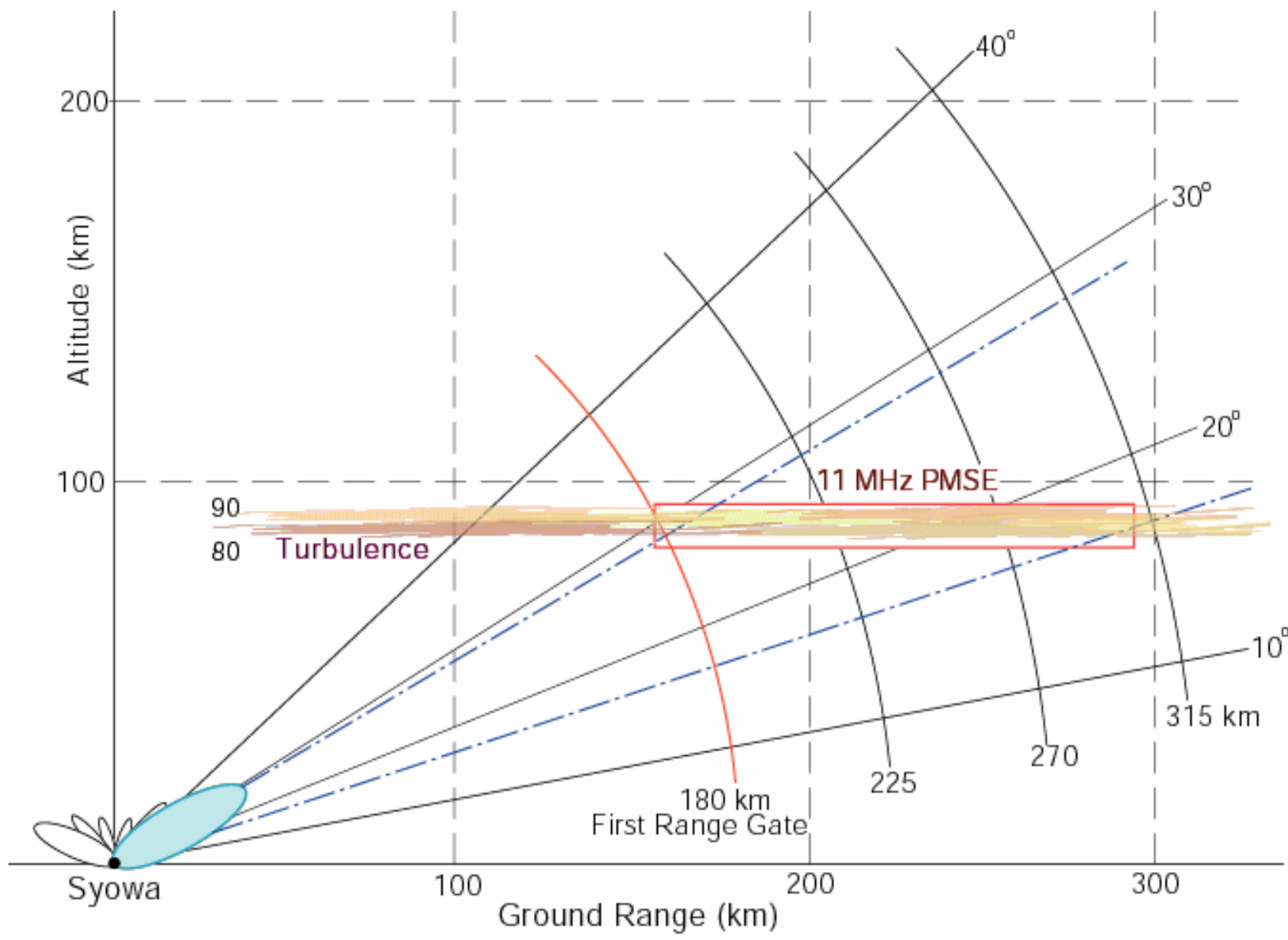
極域中間圏界面温度

150 K → PMSE



1st range gate = 180 km  
Time resolution = 2 min

Range resolution = 45 km  
Frequency = 11 MHz



## 中緯度での夏季中間圏エコー (MSE) の観測

56.1°N 8 ~ 9 MHz 1994年 Sura, Russia  
(Karashtin et al., Ann. Geophys., 1997)

54.1°N 53.5 MHz 1998年 Kühlungsborn, Germany  
(Latteck et al., Geophys. Res. Lett., 1999)

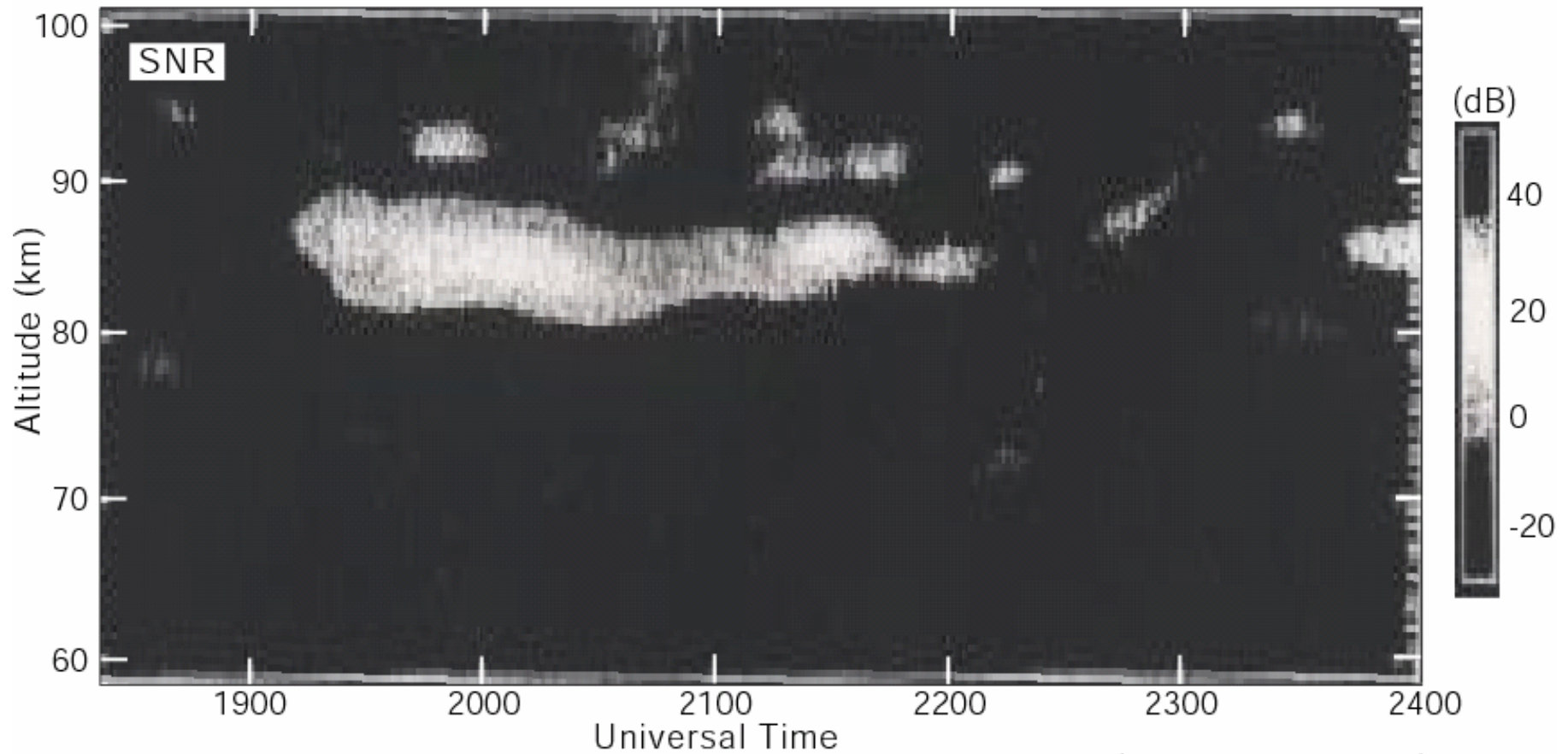
52.4°N 46.5 MHz 1990年 Aberystwyth, UK  
(Thomas et al., JATP, 1992)

52°N ? 53.5 MHz 1987-1988年 Harz Mountains, Germany  
(Reid et al., GRL, 1989)

45.4°N 46.5 MHz 2000年 稚内  
(Igarashi et al., 大気圏シンポジウム, 2001)

(因みに、極域で観測されるMSEは "PMSE" )

46.5-MHz Mesospheric Summer Echoes Wakkanai (45.36°N, 141.9°E)  
July 16, 2000

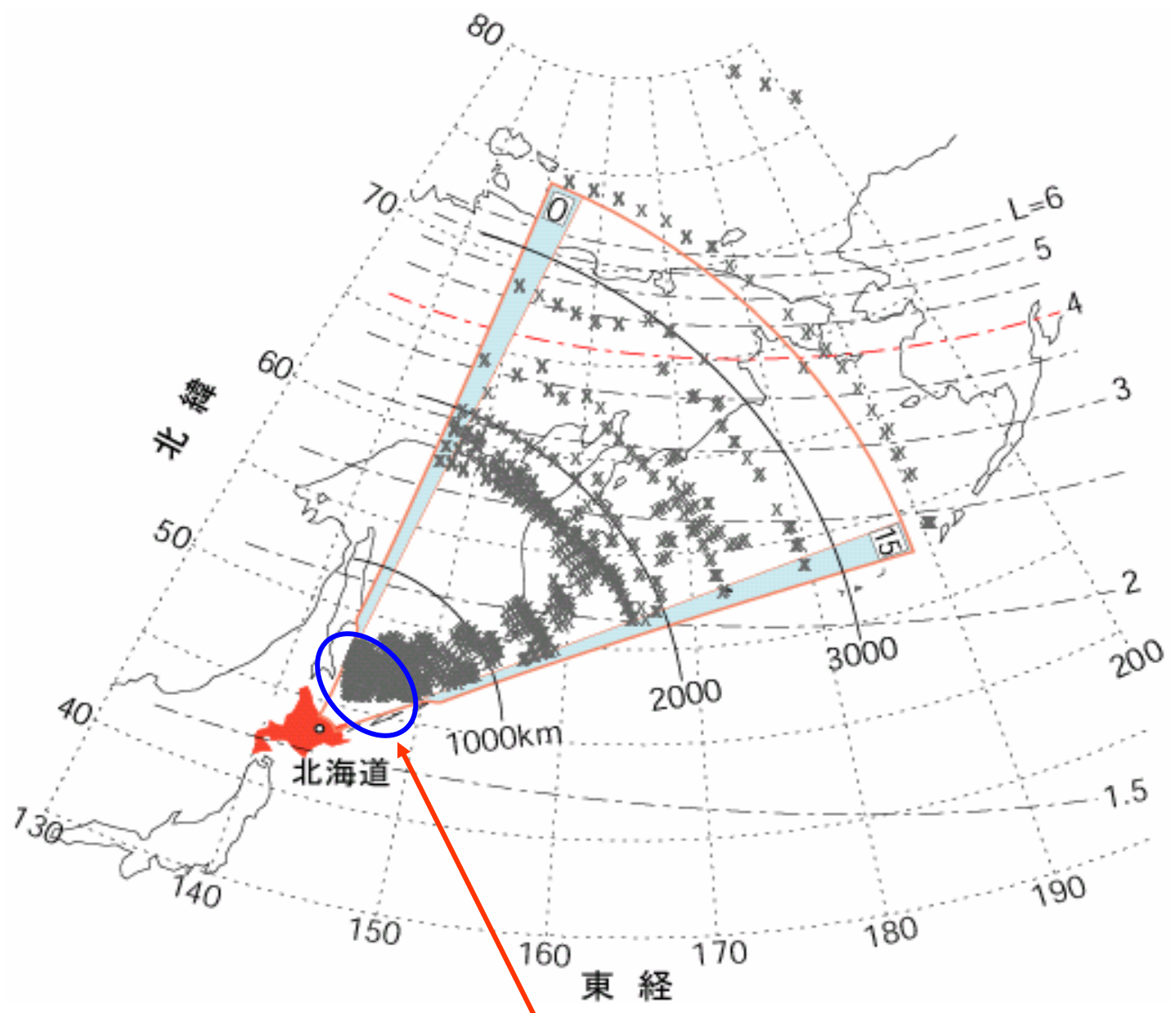


(Igarashi et al., 2001)

稚内MSTレーダーで観測された  
夏季上部中間圏エコー



中間圏界面温度 150 K ?



MSE觀測可能域

# 北海道短波レーダーによるMSE研究

## 中緯度MSEの特徴

MSEの発生機構(中間圏界面温度の低下によるのか?)

PMSEとの違い

MSEは中緯度中間圏界面温度変化のモニター?

→ 地球温暖化のモニター?

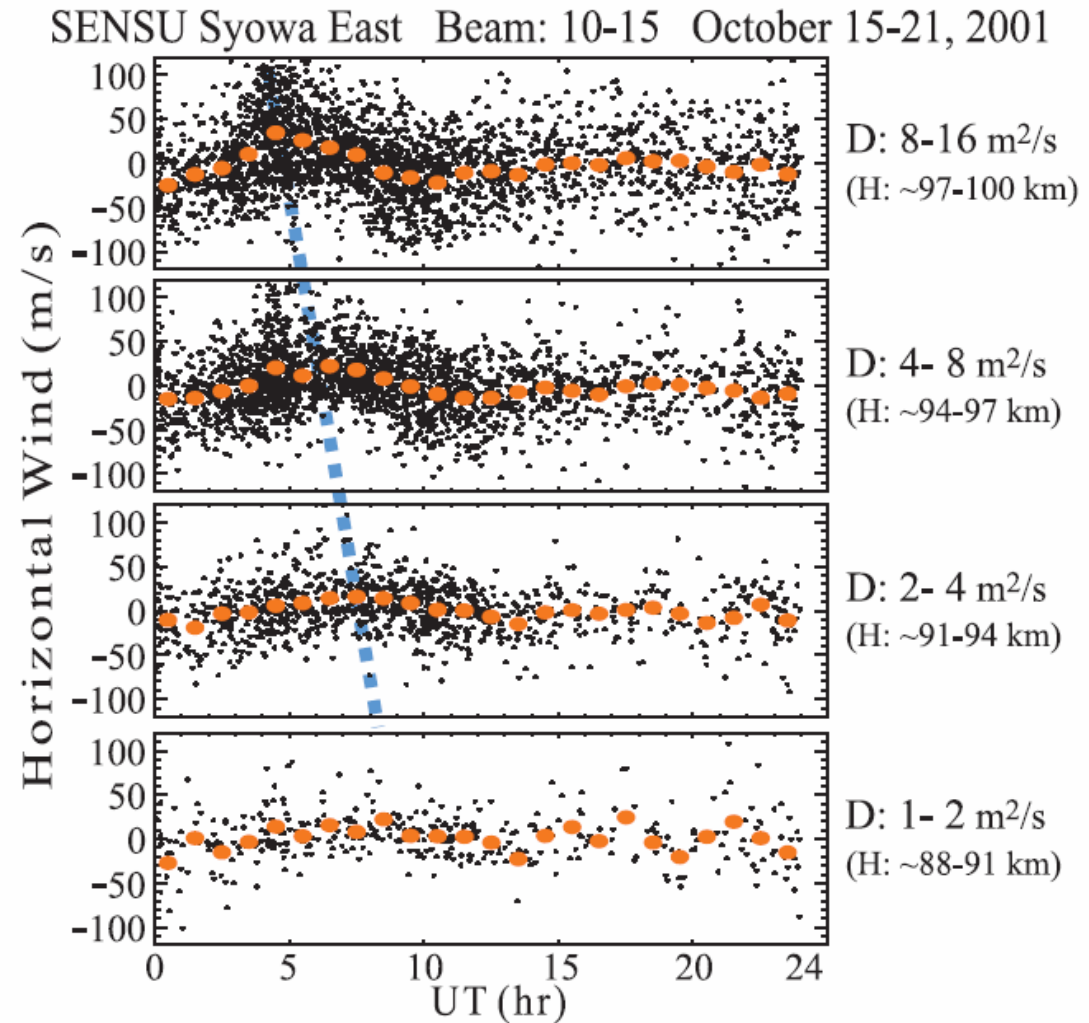
MSE発生と潮汐、AGWとの関係

冬季中間圏エコー(MWE)はあるのか?

# 北海道短波レーダーによる中性風の観測

昭和基地SuperDARN  
による中性風の観測

(Yukimatu & Tsutsumi, 2002)



**Figure 4.** Daily variation of eastward neutral wind for 4 ranges of ambipolar diffusion coefficients.