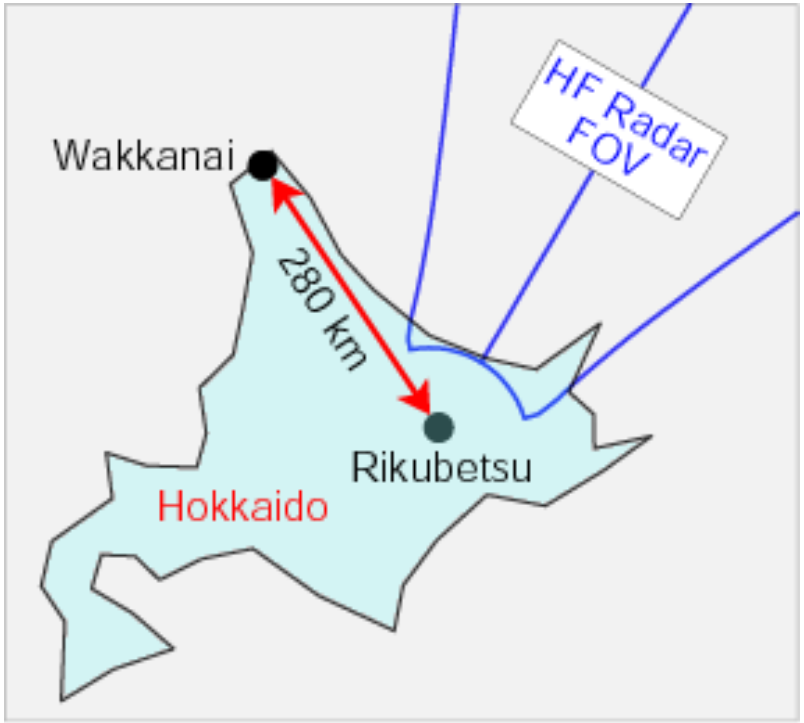
平成21年度 STEL研究集会「中緯度短波レーダー研究会」 名大 2010.1.18

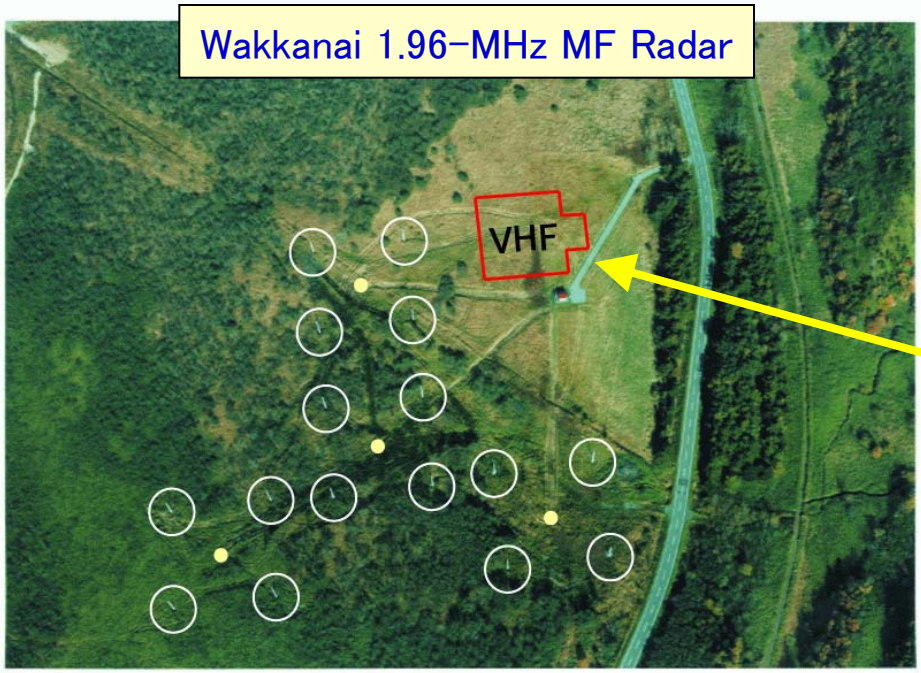
HF・VHF・MFレーダーで観測された北海道付近の夏季中間圏エコー

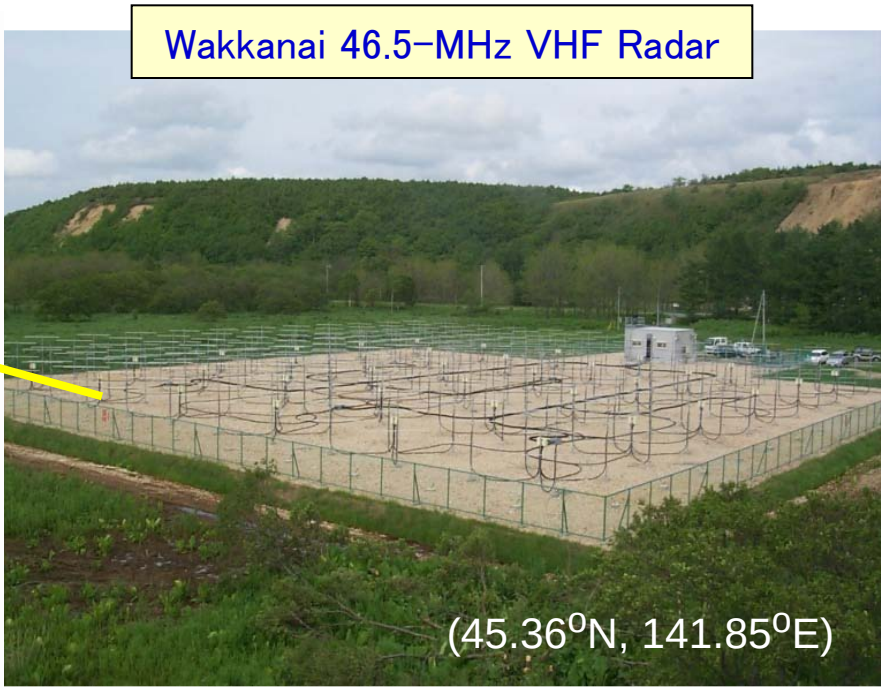
小川忠彦(NICT)、西谷 望(名大STE研)、川村誠治(NICT)
村山泰啓(NICT)

- SuperDARN による 夏季中間圏エコー(MSE)の初観測
- HF・VHF・MF の3周波数による MSE の初観測

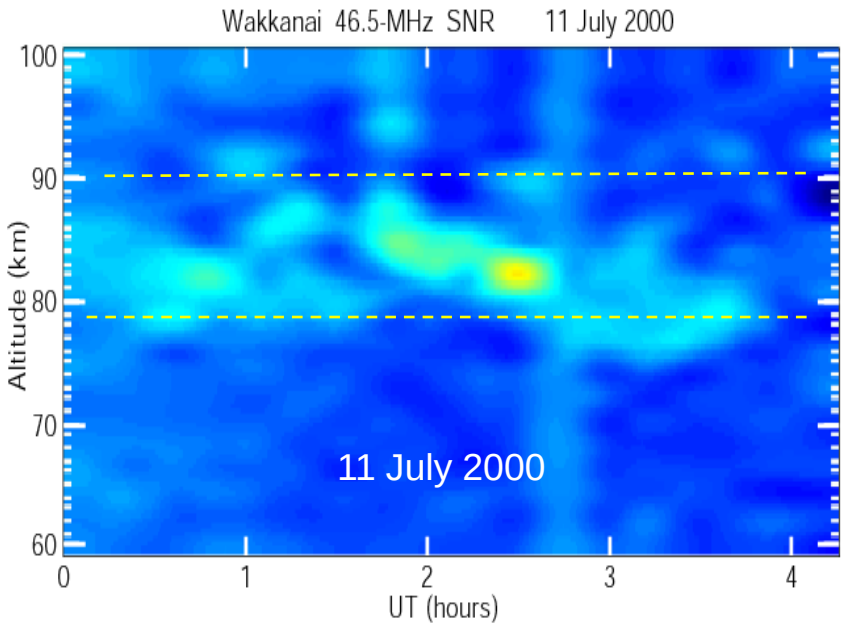

HF Radar FOV
Wakkanai
280 km
Rikubetsu
Hokkaido

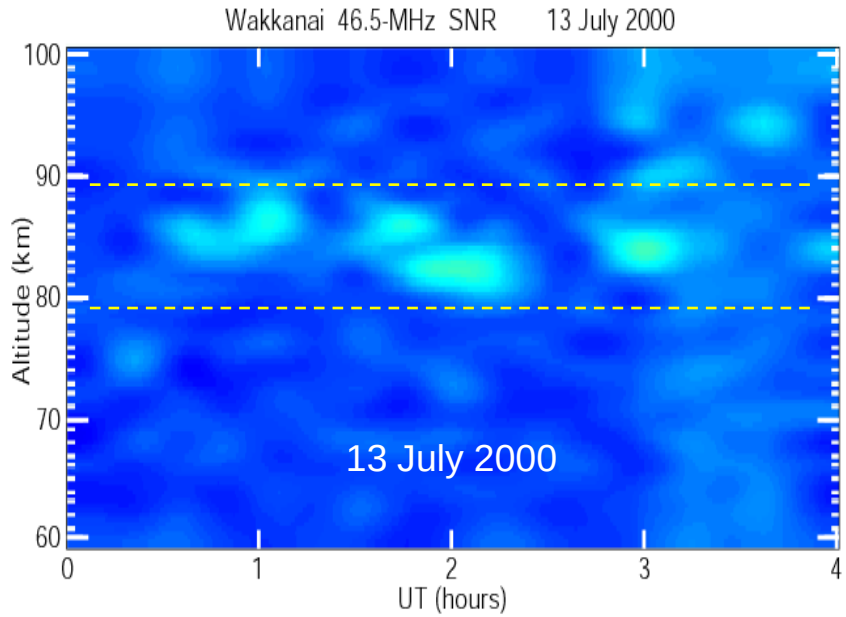
Rikubetsu SuperDARN Hokkaido Radar
(43.53°N, 143.61°E)

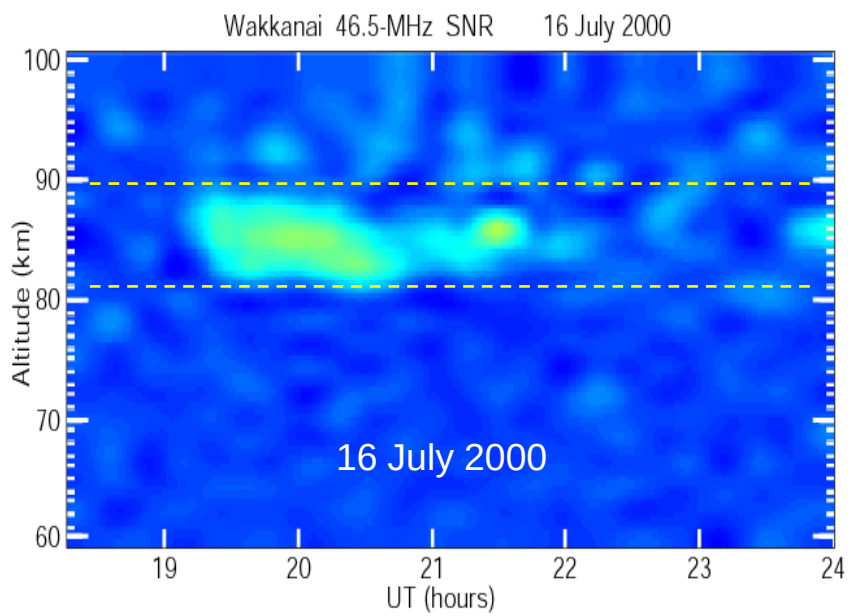

Wakkanai 1.96-MHz MF Radar
VHF

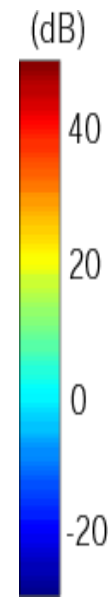

Wakkanai 46.5-MHz VHF Radar
(45.36°N, 141.85°E)

きっかけ









稚内VHFレーダーで初観測された
３例の夏季中間圏エコー（MSE）
（五十嵐他、2000年度大気圏シンポジウム）

- MSEはPMSEの中緯度版
- 中間圏界面温度が 150 K 以下 ？
- 過去にドイツ（54.1°N, 51.7°N）と英国（52.4°N）で観測

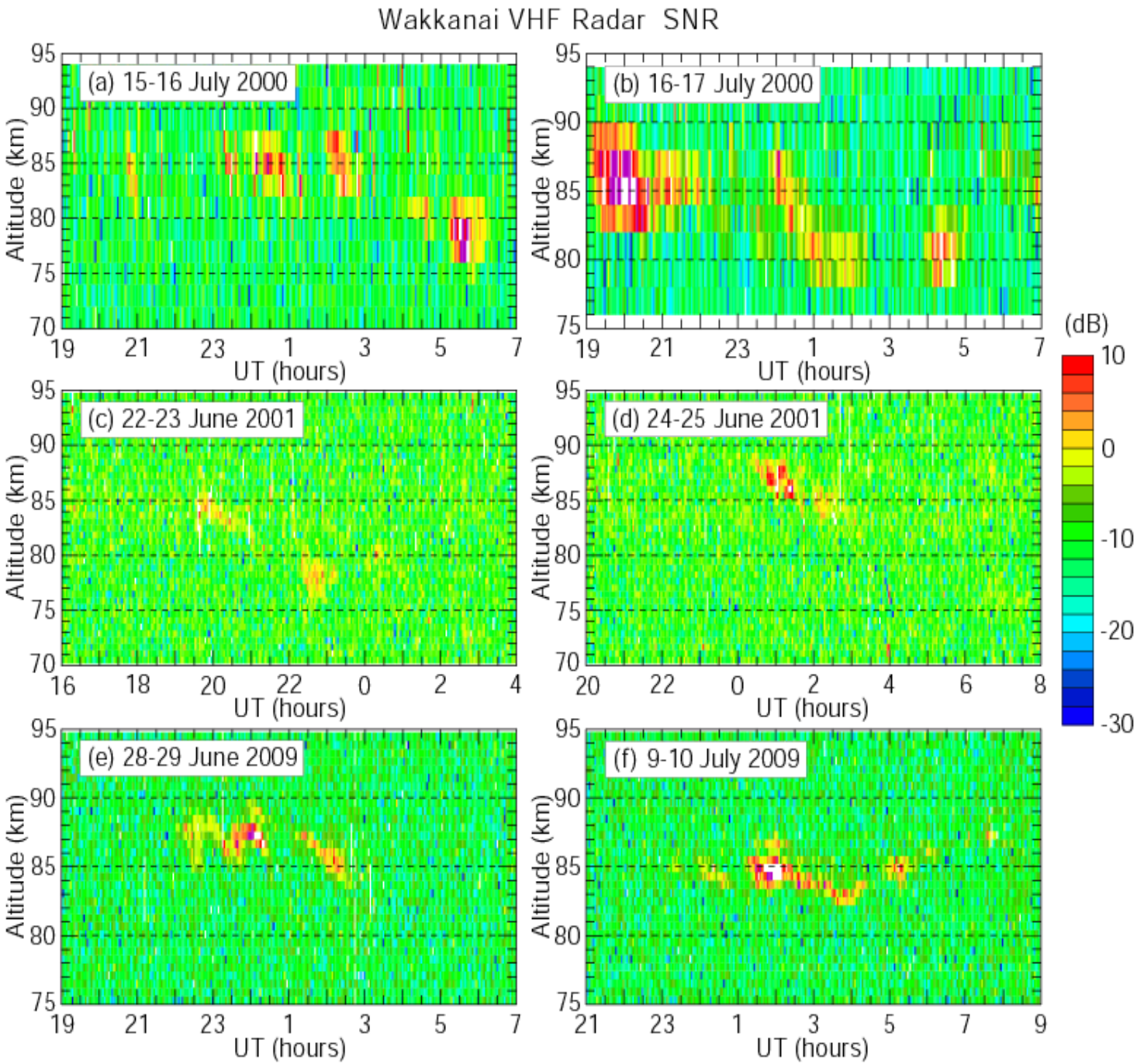
開 始 : 7 July 2000
停 止 : 18 July 2002
再 開 : 10 June 2009

2002年には観測は行われたが、MSE イベントなし

VHF-MSE の例

・出現時刻・高度:
D層電子密度が高い日中の 80～90 km、エコー域は時間とともに下降

・出現周期:
1～2 時間、短周期重力波による変調

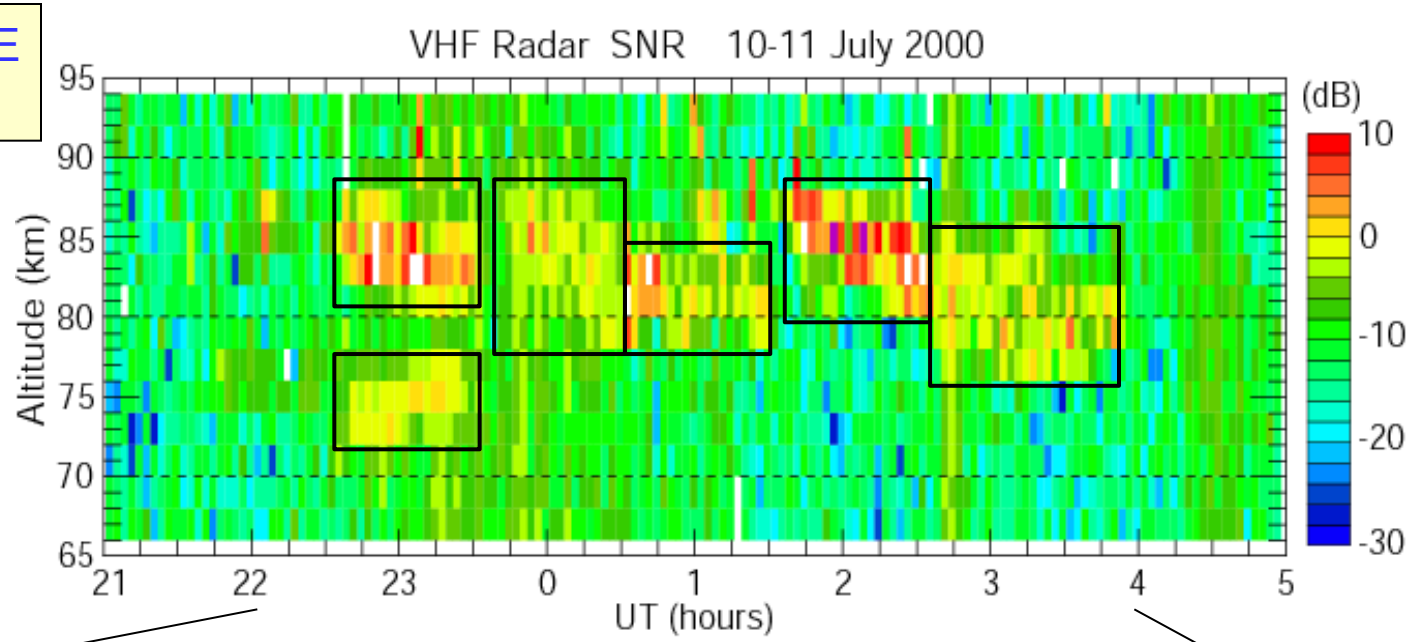


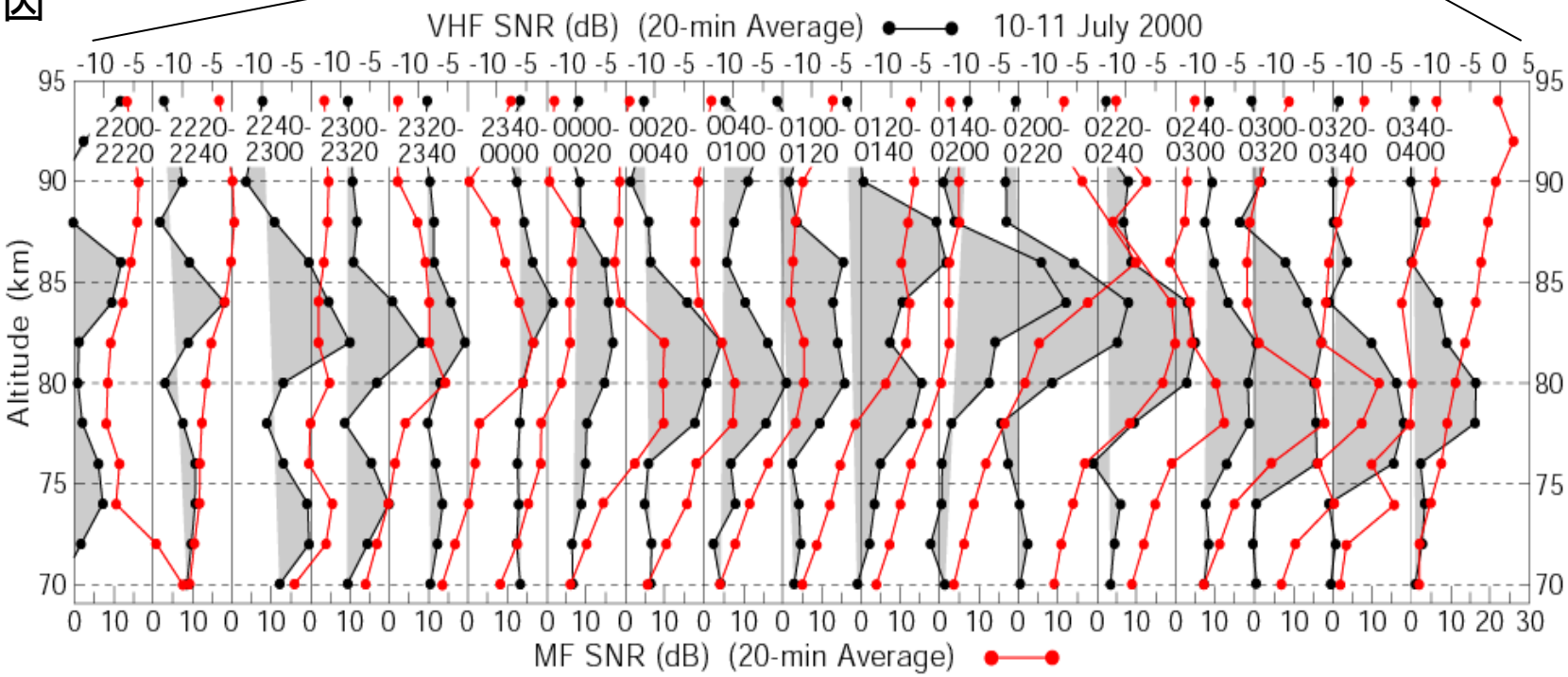
VHF-MSE と MF-MSE との比較

VHF−MSE と MF−MSE は同じ高度・時間帯で発生

↓

強いプラズマ乱流や急峻な電子密度鉛直勾配がエコーの原因

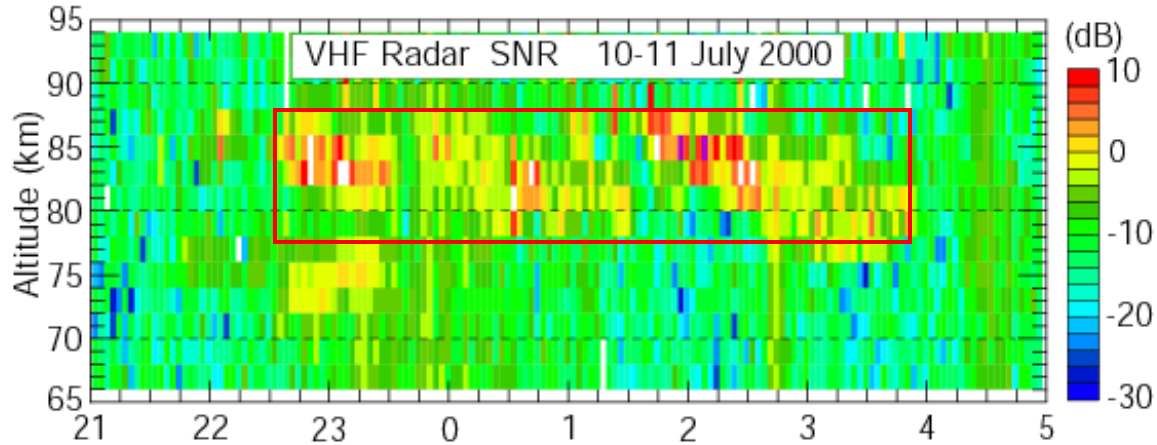




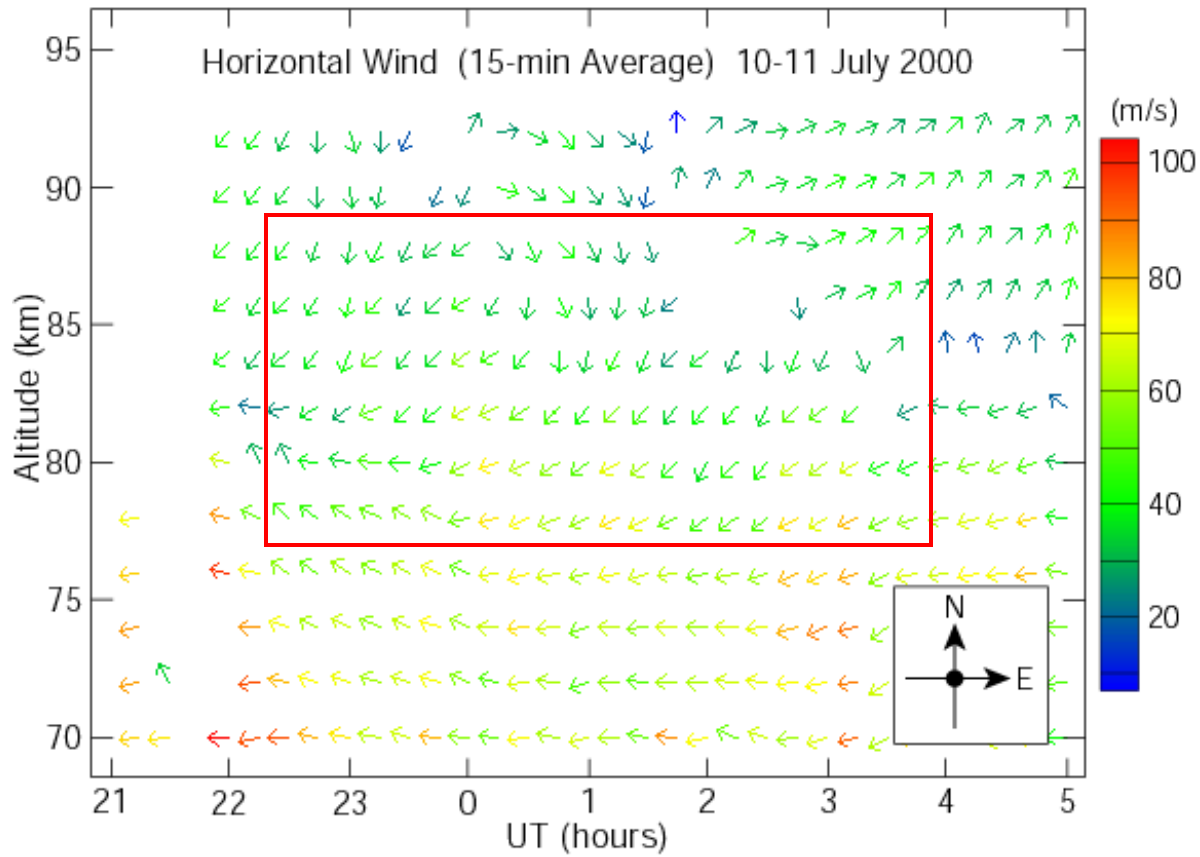
10 - 11 July 2000

VHF SNR と MF 水平2次元風との比較

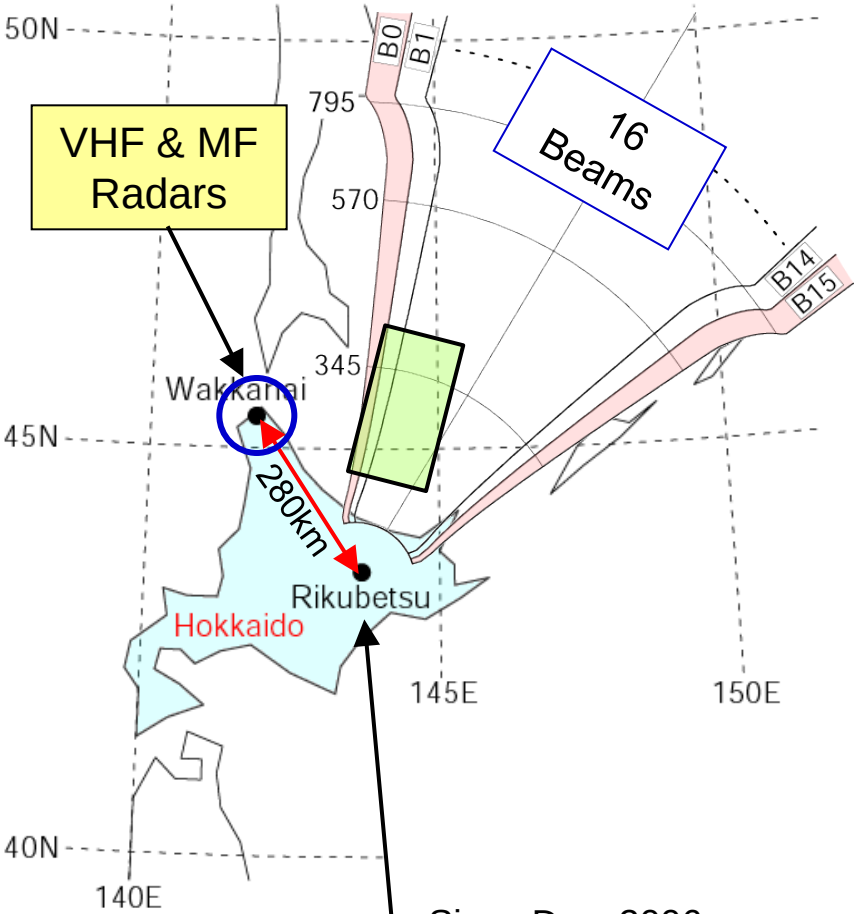
VHF SNR



MF
水平風ベクトル

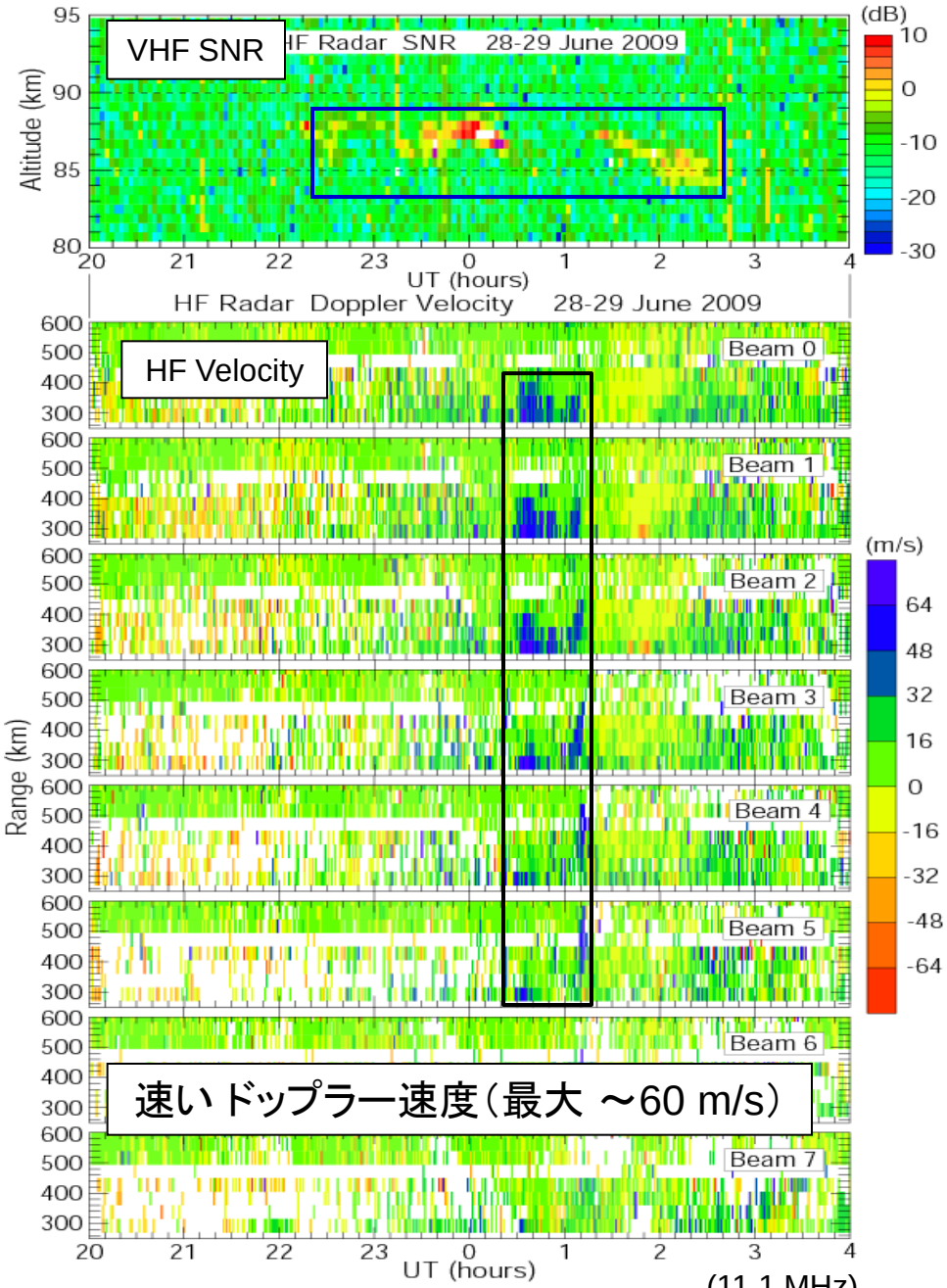


78-88 km の MSE 高度で中性風は南向き（赤道向き）の成分を持つ。氷粒子を含む冷たい空気塊を高緯度側から稚内上空へ輸送か？



Since Dec. 2006

28 - 29 June 2009

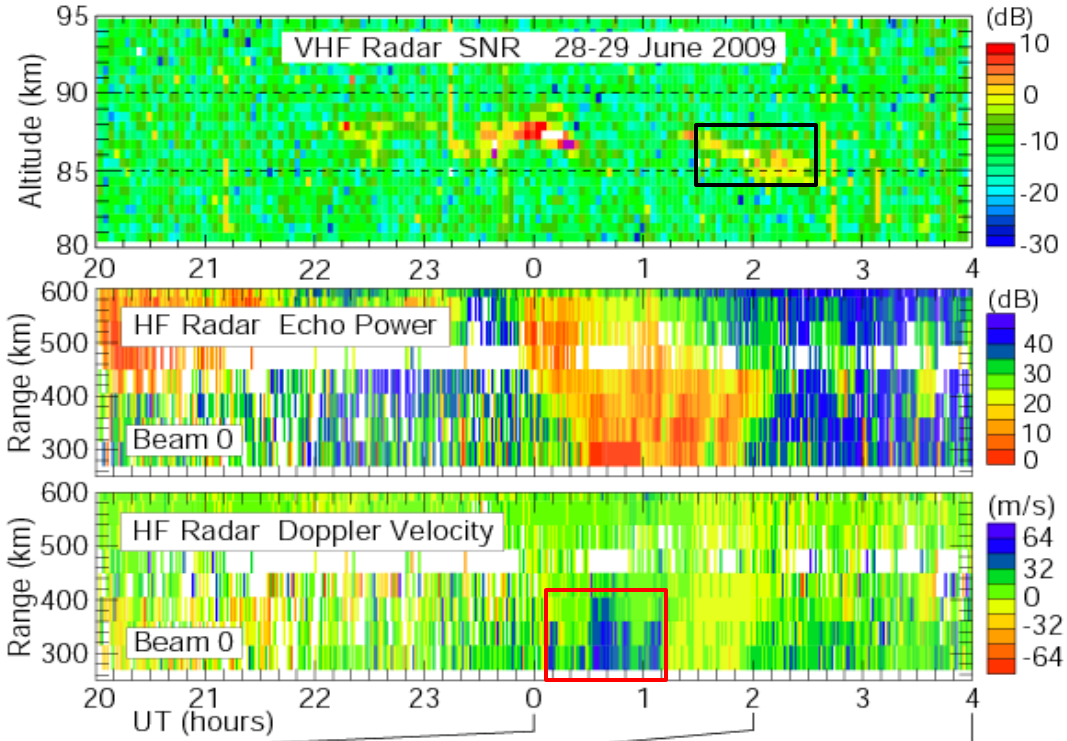


(11.1 MHz)

28 - 29 June 2009

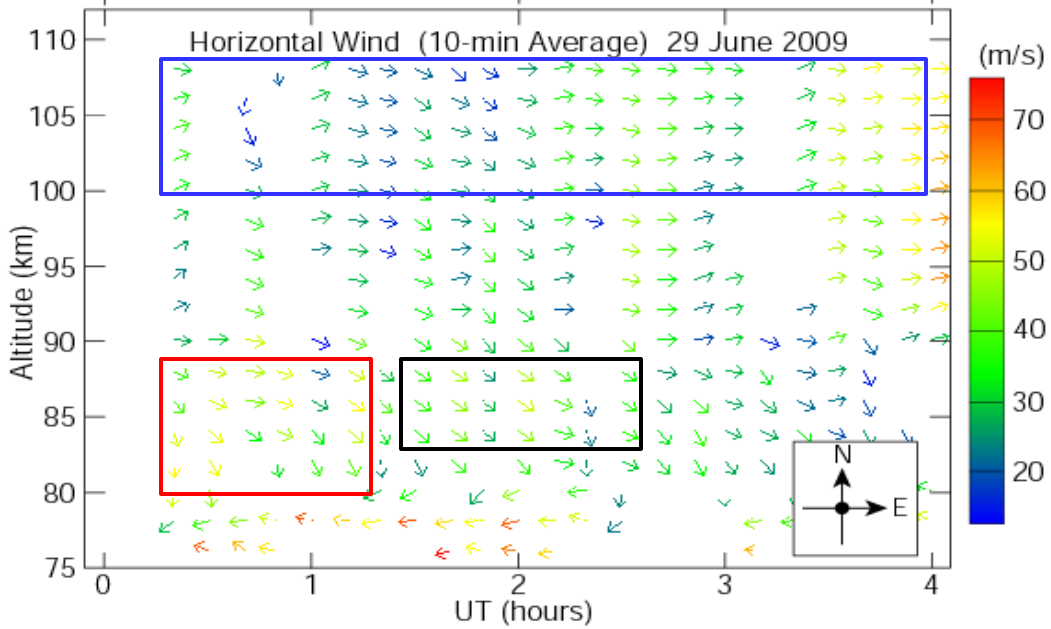
VHF SNR

VHF-SNR, HF ドップラー速度、
MF 中性風との比較



- VHF-MSE 高度の中性風は南向き（赤道向き）の成分を持つ
- HF レーダー向きの速い ドップラー速度（最大 ～60 m/s）は 82～88 km 高度の南東向き風が原因
- Es内の電子密度塊による反射がHFエコーの原因なら、ドップラー速度は負のはず

MF
水平風ベクトル

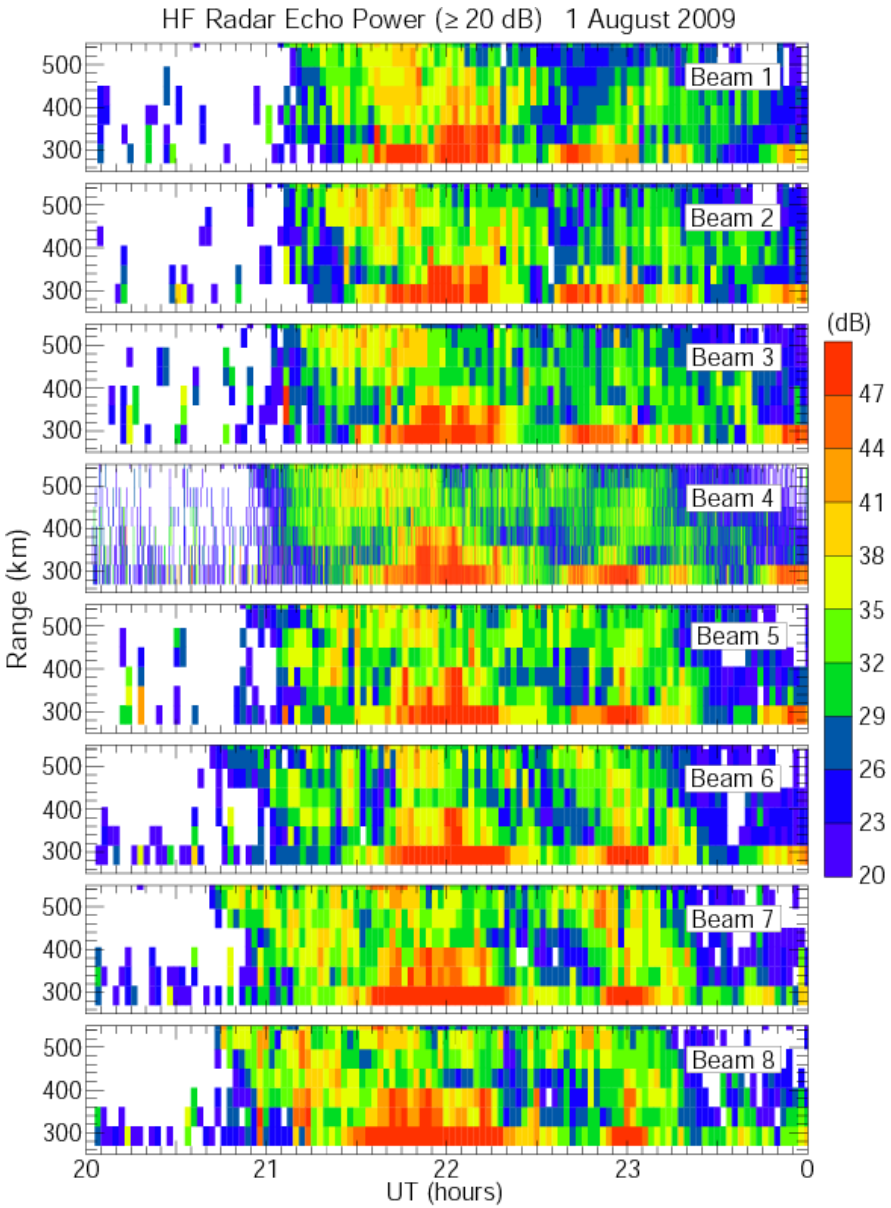


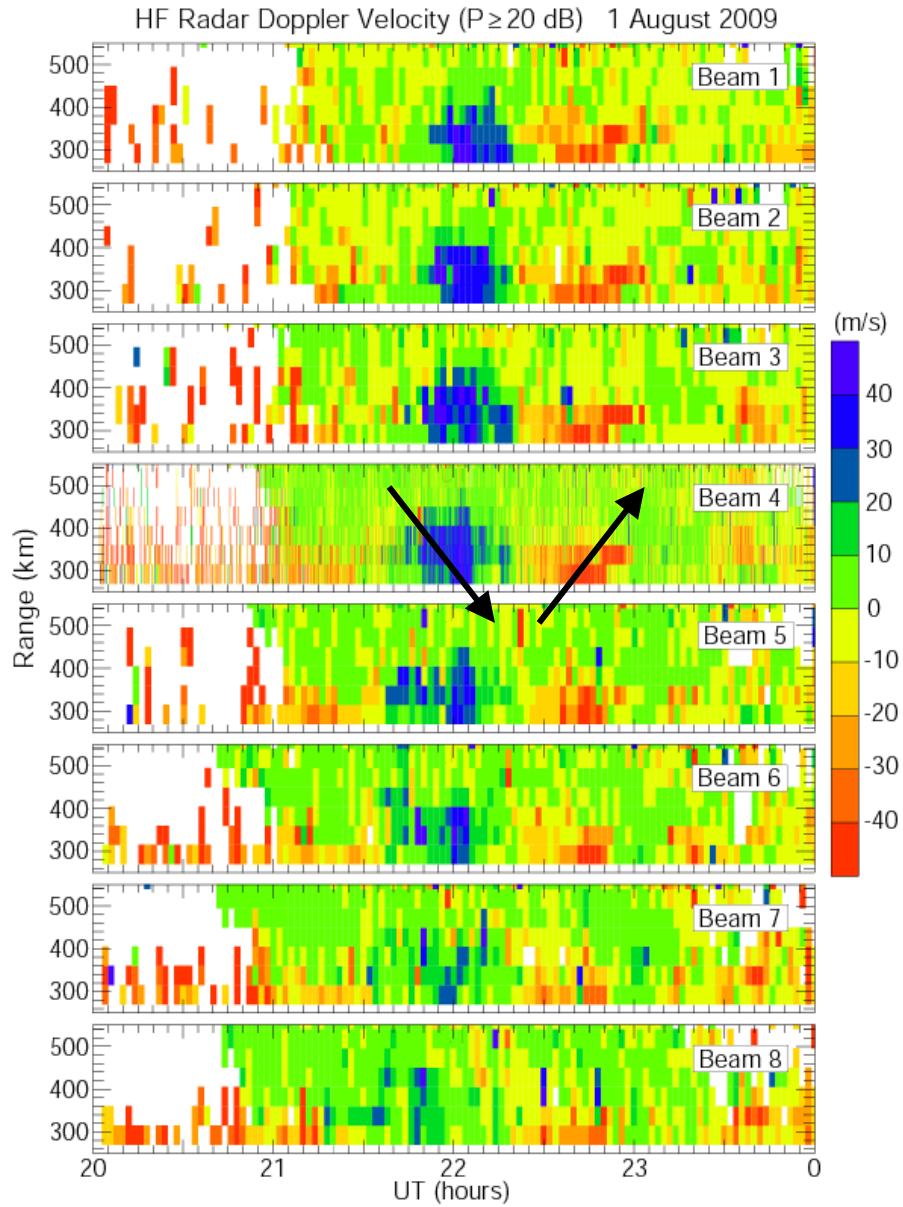
1 August 2009

(11.1 MHz)

HF Echo Power

HF Doppler Velocity





1 August 2009

VHF SNR

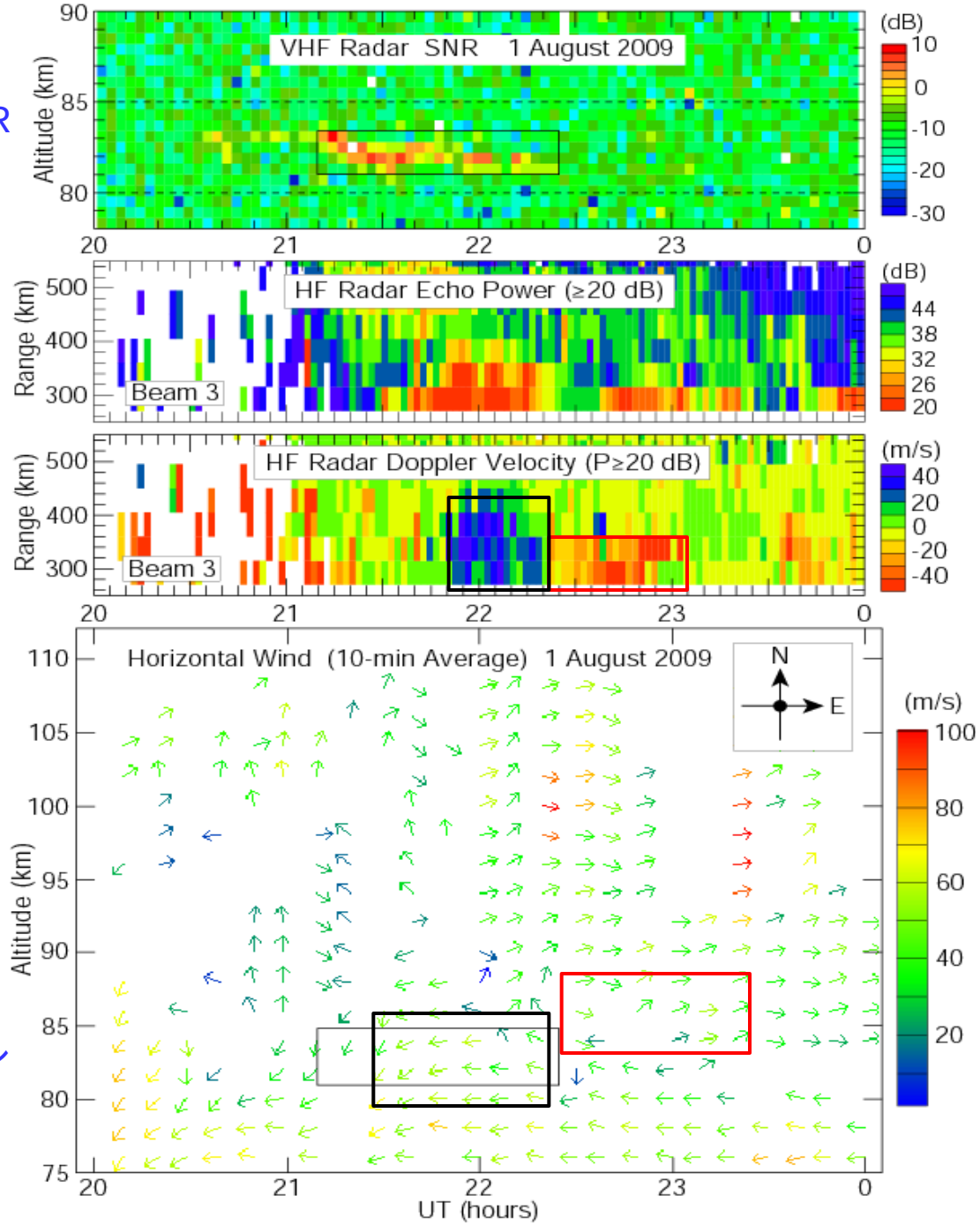
VHF-SNR, HF ドップラー速度、
MF 中性風との比較

・VHF-MSE 高度の中性風は
西～南西の成分を持つ

・HF レーダー向きの速いドップラー速度（最大 ～40 m/s）は 80～85 km 高度の西～南西向き風が原因

・レーダーから離れる向きの速いドップラー速度（最大 ～40 m/s）は85～90 km 高度の東～北東向き風が原因

MF
水平風ベクトル



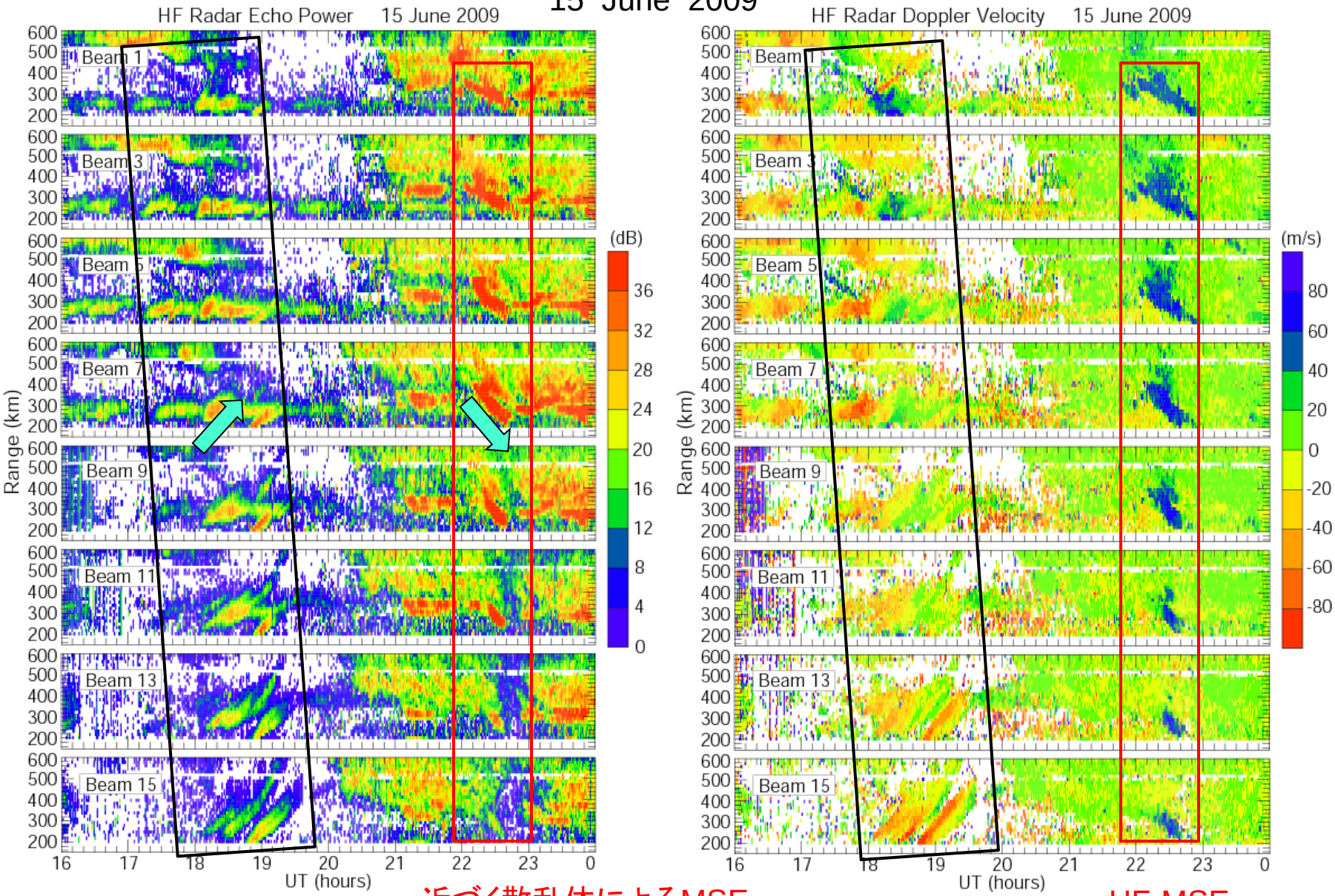
!! No VHF-MSE !!

(9.1 MHz)

HF Echo Power

HF Doppler Velocity

15 June 2009



遠ざかるEsによる FAI エコー

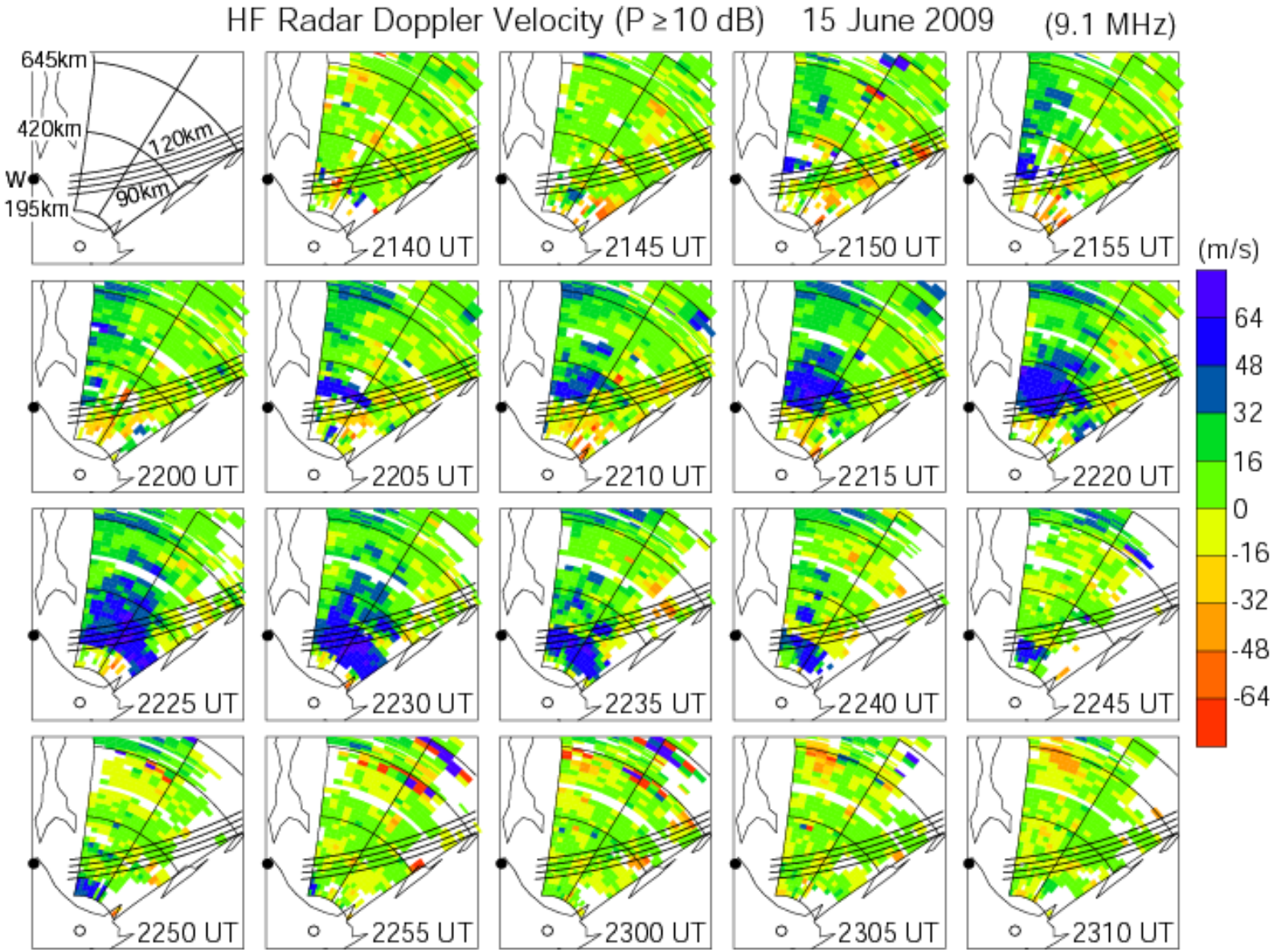
近づく散乱体によるMSE

Es-FAI

HF-MSE

15 June 2009

HF-MSE ドップラー速度の2次元分布の時間変化



MSE 領域は南向きに移動

15 June 2009

・VHF-MSE は無いが、
MF-MSE は有り

・Es-FAI エコー域の移動は
北向き中性風が原因

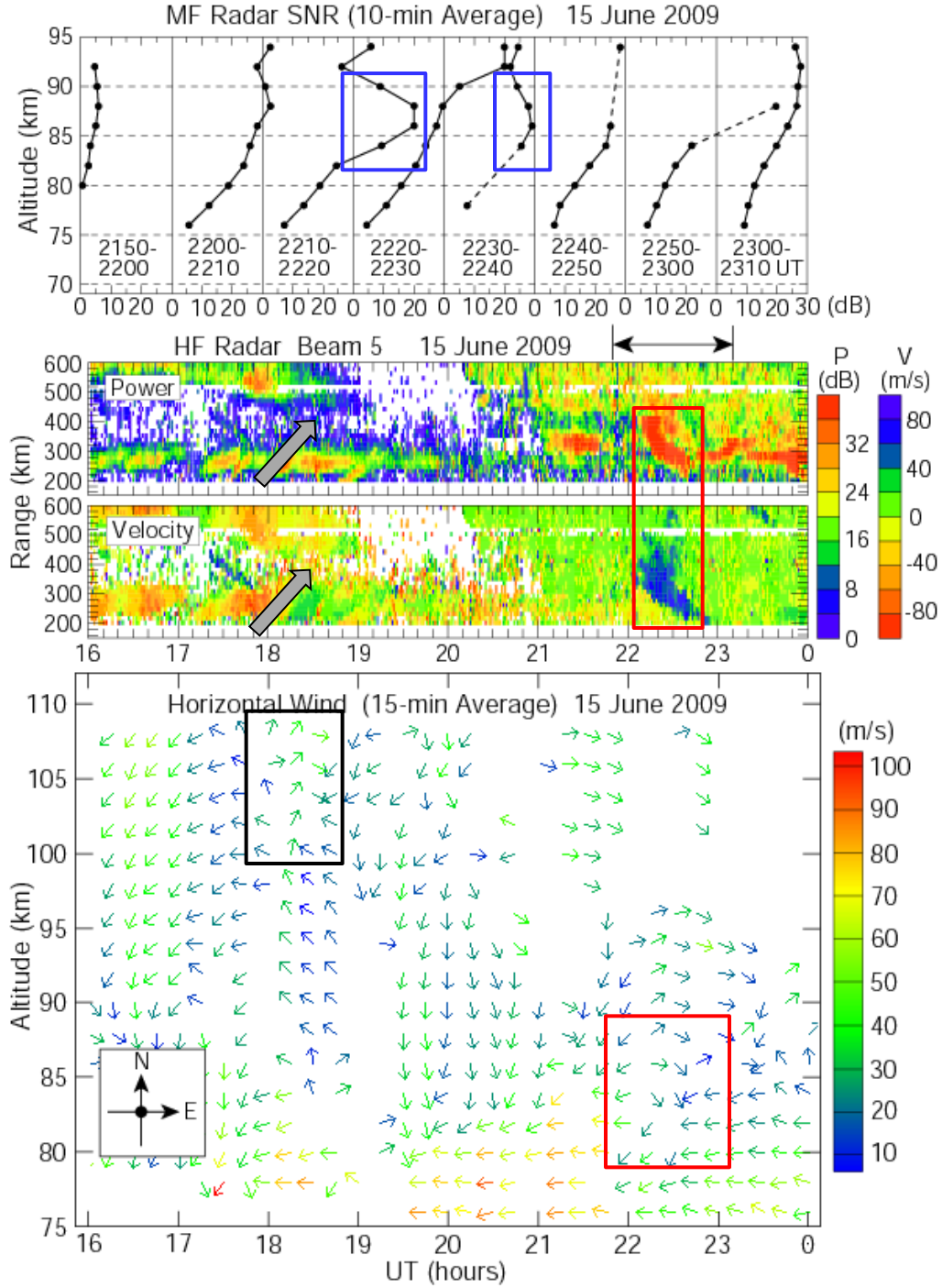
・HF-MSE 域の移動と正の
ドップラー速度は南向きの
中性風が原因

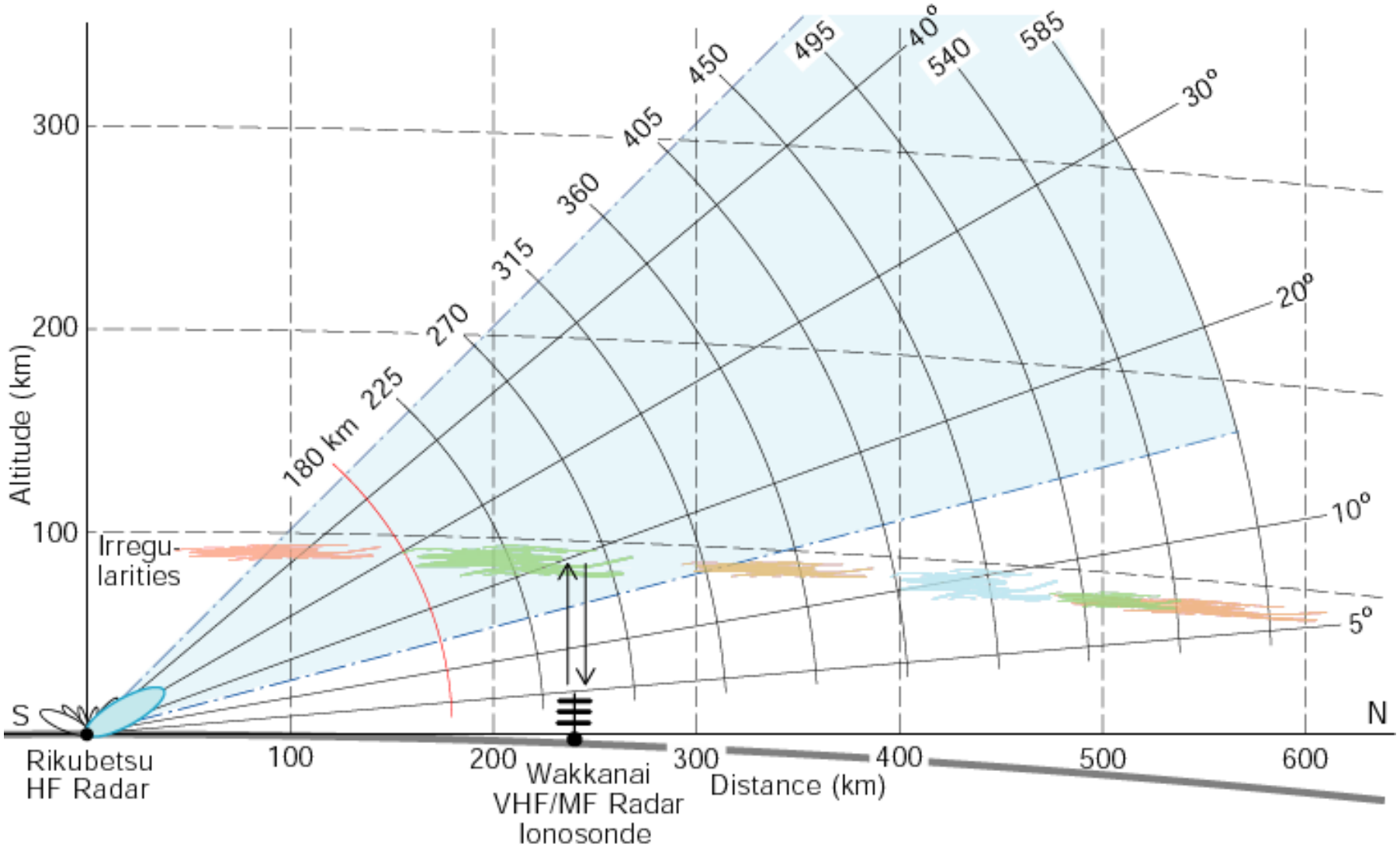
MF SNR

HF Power

HF Doppler

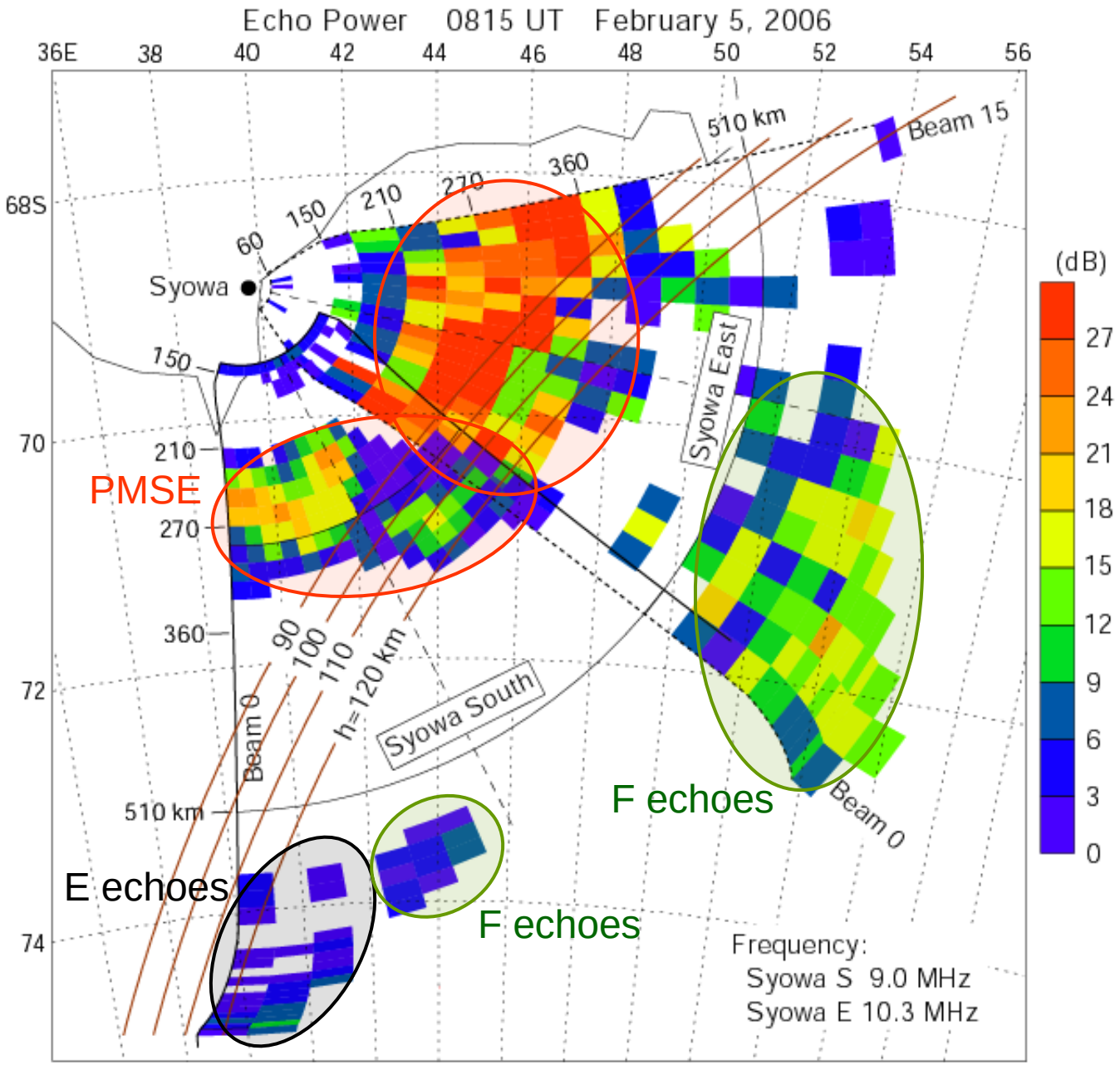
MF
水平風ベクトル





大気波動 + プラズマ(中性大気)乱流 + 極低温 + 電荷を帯びた氷・エアロゾル粒子
+ ……

Syowa PMSE 5 February 2006



まとめ

- 2000年の夏季、稚内（45.4°N）の VHF レーダーで夏季中間圏エコー（VHF-MSE）を初観測（五十嵐他、2001）。従来の MSE 観測の最低緯度は 51.7°N（ドイツ）

- VHF-MSE の出現時間帯（日中）、出現高度（主に80～90 km）、高度域の降下などは過去にドイツと英国（52.4°N）で観測された中緯度 MSE や高緯度 PMSE の特徴と一致

- MSE 時の水平風は南向き成分を持つ → 氷粒子を含む中間圏界面付近の冷たい空気塊（≦150 K）が北から南に輸送されたことを示唆。

- VHF-MSE と同時に MF レーダーでも MSE を観測 → 強い乱流、電子密度の急な鉛直勾配が存在？

- 北海道 SuperDARN レーダーでも MSE（HF-MSE）を初観測し、MSE 域の水平面2次元分布や移動の様子が明らかになった。斜めビームで HF-MSE が観測されたことは、 エコーの原因である散乱体が “isotropic” であることを示唆

- VHF-MSE と HF-MSE は同時に観測されたり、片方のみが観測される場合があり、散乱体は水平2次元面内に局在していることや “anisotropic” の可能性を示唆

- 今後、King Salmon やアリューシャン（来年建設）の SuperDARN との連携が必要。MSE と中間圏界面付近の低温との関係解明のため、夜光雲の同時観測が必要。