

# 北海道短波レーダーを用いた 時系列データ取得とその応用

**Hokkaido SuperDARN HF radar: a new plan for  
obtaining raw time series data and its application**

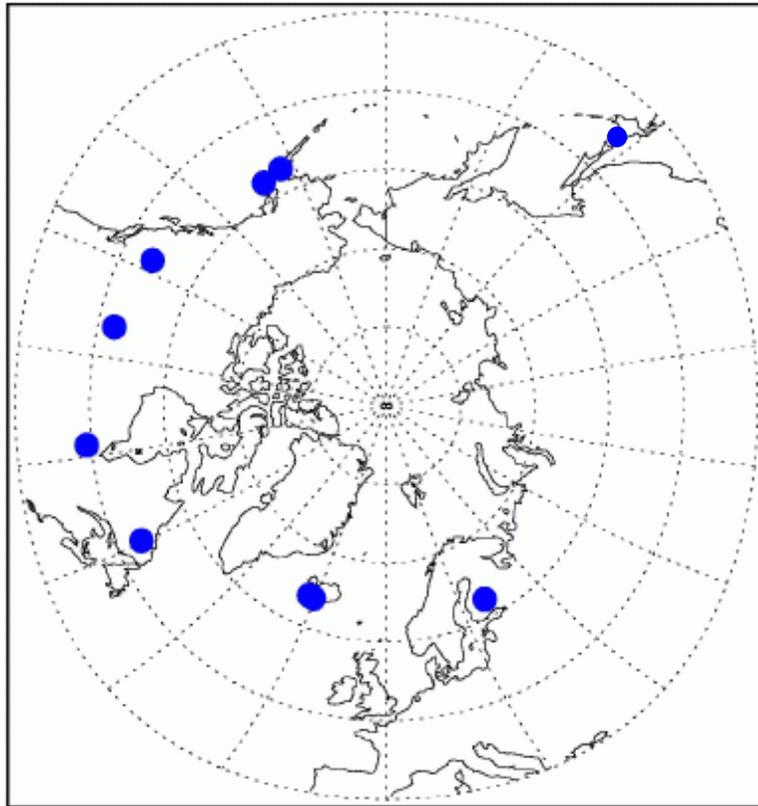
行松 彰・堤 雅基(国立極地研究所)

A. Sessai Yukimatu & Masaki Tsutsumi (NIPR)

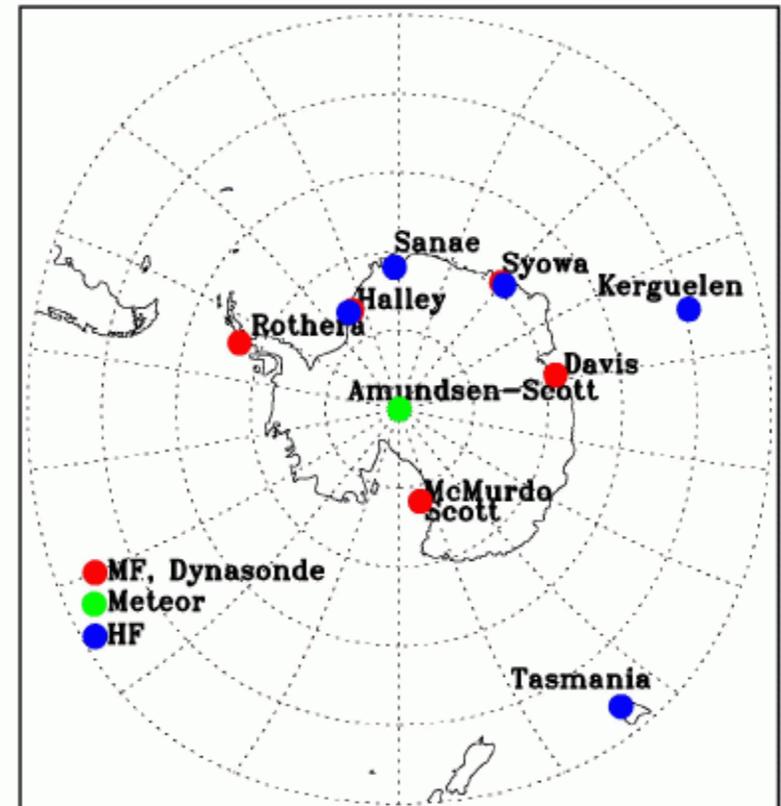
西谷さん、代読宜しく申し上げます！

# SuperDARNレーダーネットワーク

Arctic HF Radars



Antarctic MLT Radars



- ・極域のF層観測のための国際観測網
- ・計画中也含め、約20台ほどの同型レーダー
- ・HF帯8-20MHzを使用

うまく使用すれば流星レーダーネットワークに！

# SuperDARNの通常観測概要

流星観測に必ずしも適してはいない

- マルチパルス法によるACF観測(～7秒積分)
  - 流星エコー(寿命～1秒)には時系列解析が適する
- レンジ分解能15～45km(パルス幅100～300  $\mu$ s)
  - 流星観測には荒すぎる。数km程度が必要
- 送受信ビーム
  - 半値幅約3度のファンビーム。仰角方向にのみ干渉計



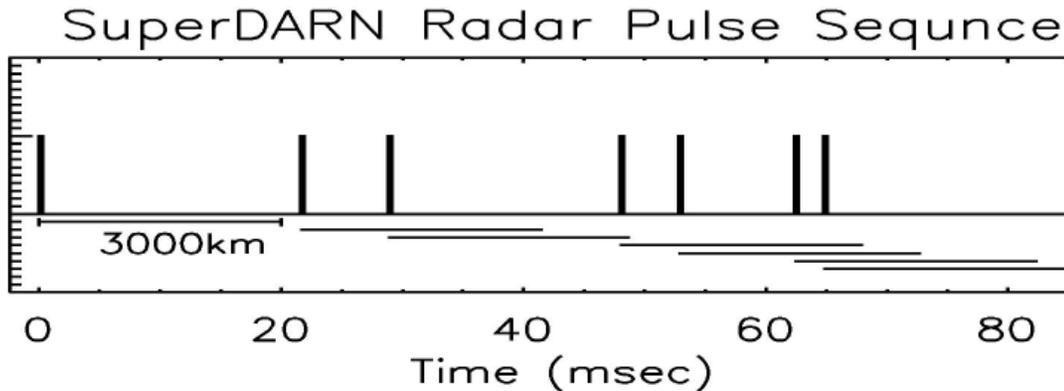
16本のログペリアンテナによる1次元のメインアレイ

4本のアンテナによる仰角測定用の干渉計サブアレイ

# 流星レーダー化

- 時系列取得を行えるようオンラインソフトを改良

パルスシーケンスを変えない。(クロスレンジノイズを除去！)



副産物としての流星観測

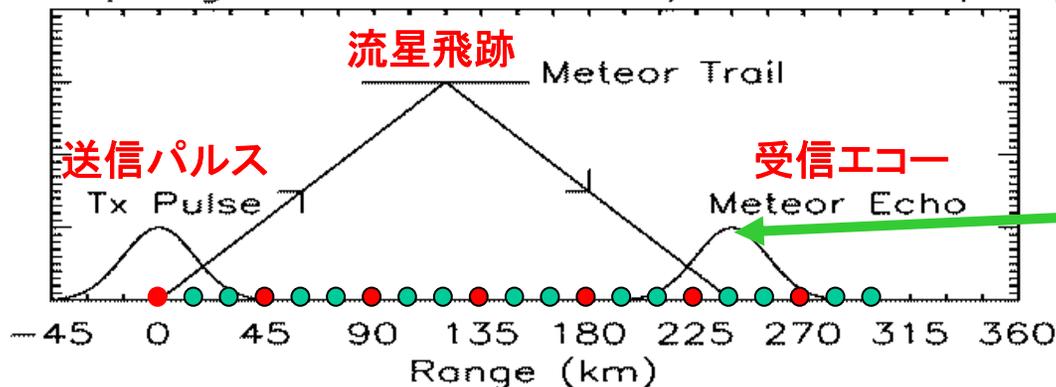
7パルスの送信パターンの繰り返し

Yukimatu and Tsutsumi, GRL, 2002

- オーバーサンプルによる距離分解能向上

干渉計と併用して、高精度の到来角、高さの推定

Sampling Interval 15 km / Oversampling



- 45kmごとの通常サンプル

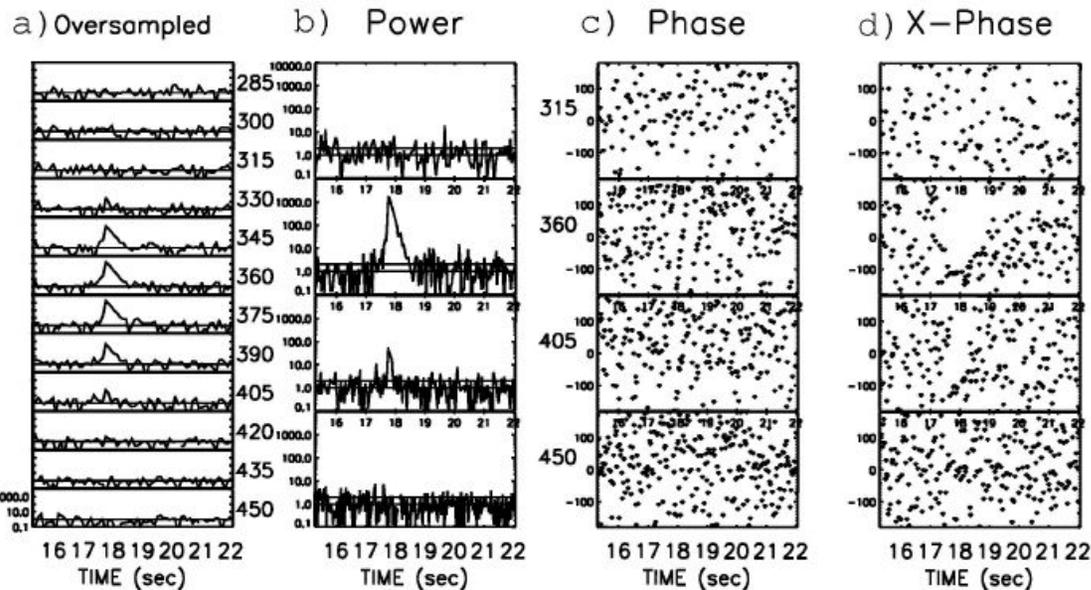
- オーバーサンプル

最大エコーパワー  
真の距離

Tsutsumi et al., 2007

# 流星エコー分布 1

## 得られた流星エコーのパワー、位相



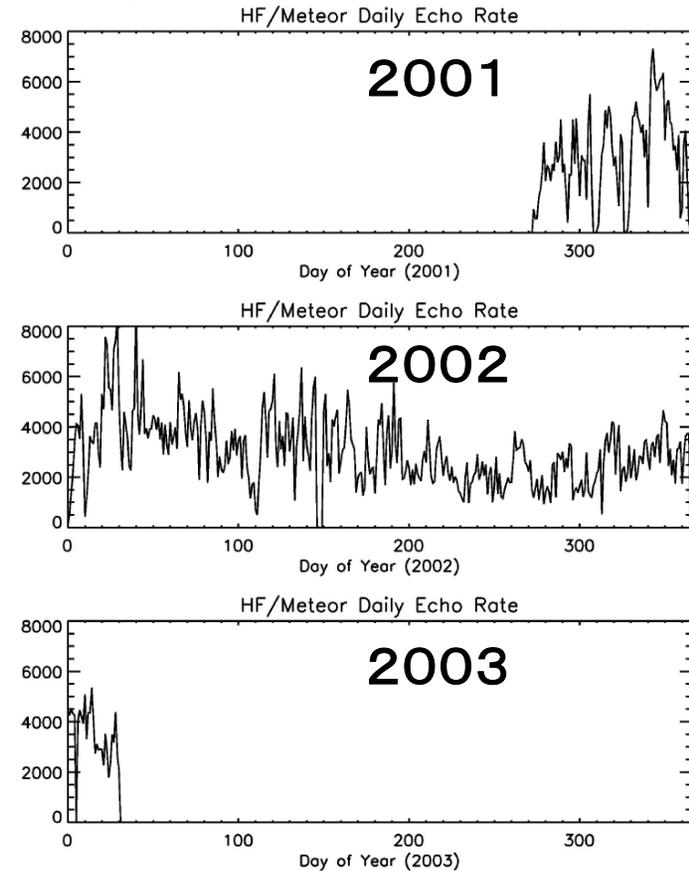
15km毎に  
オーバーサン  
プルしたエコー  
パワー

通常通り45  
km毎にサン  
プルしたエコー  
パワー

位相。ドップ  
ラーシフトから  
視線風速

干渉計の位相。  
仰角推定

## エコー数の日変化 Syowa South Radar



2000-6000エコー/日

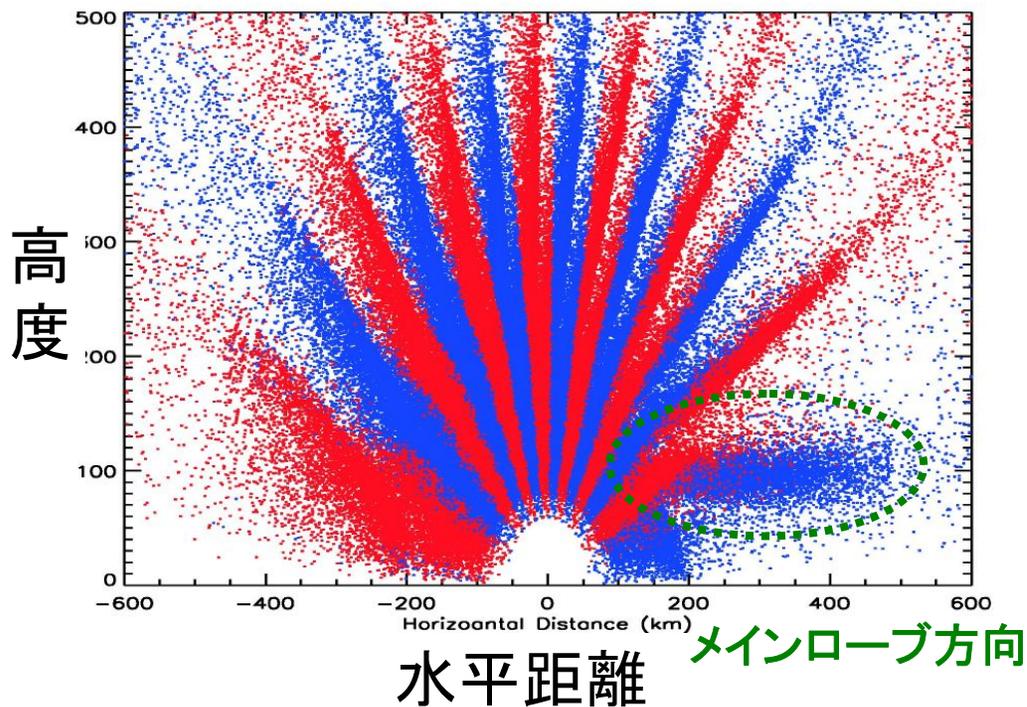
一昔前の流星レーダー並のエコー数で定常観測可能

# 流星エコー分布 2

Finlandレーダー

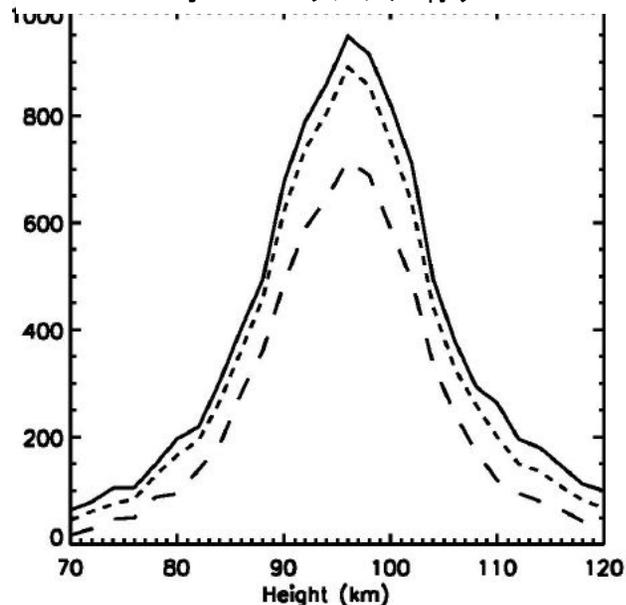
2004年2月6-10日

10~11MHz

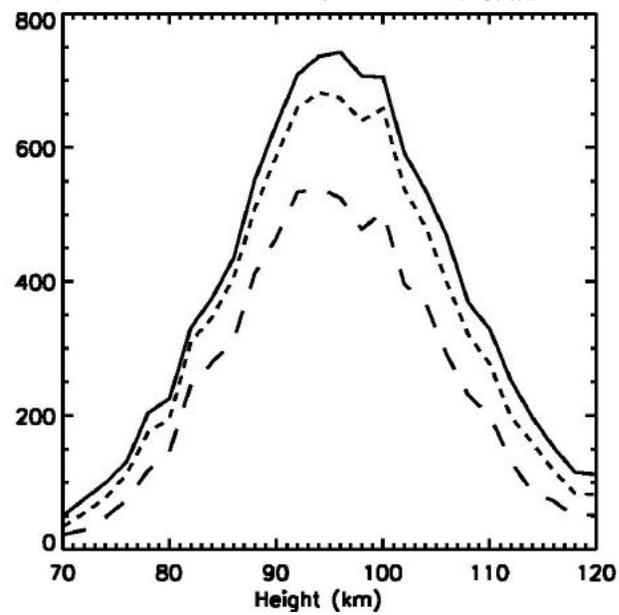


## 高度分布

オーバーサンプル有り



オーバーサンプル無。45kmの分解能のまま



# 風速推定例

Finland Radar

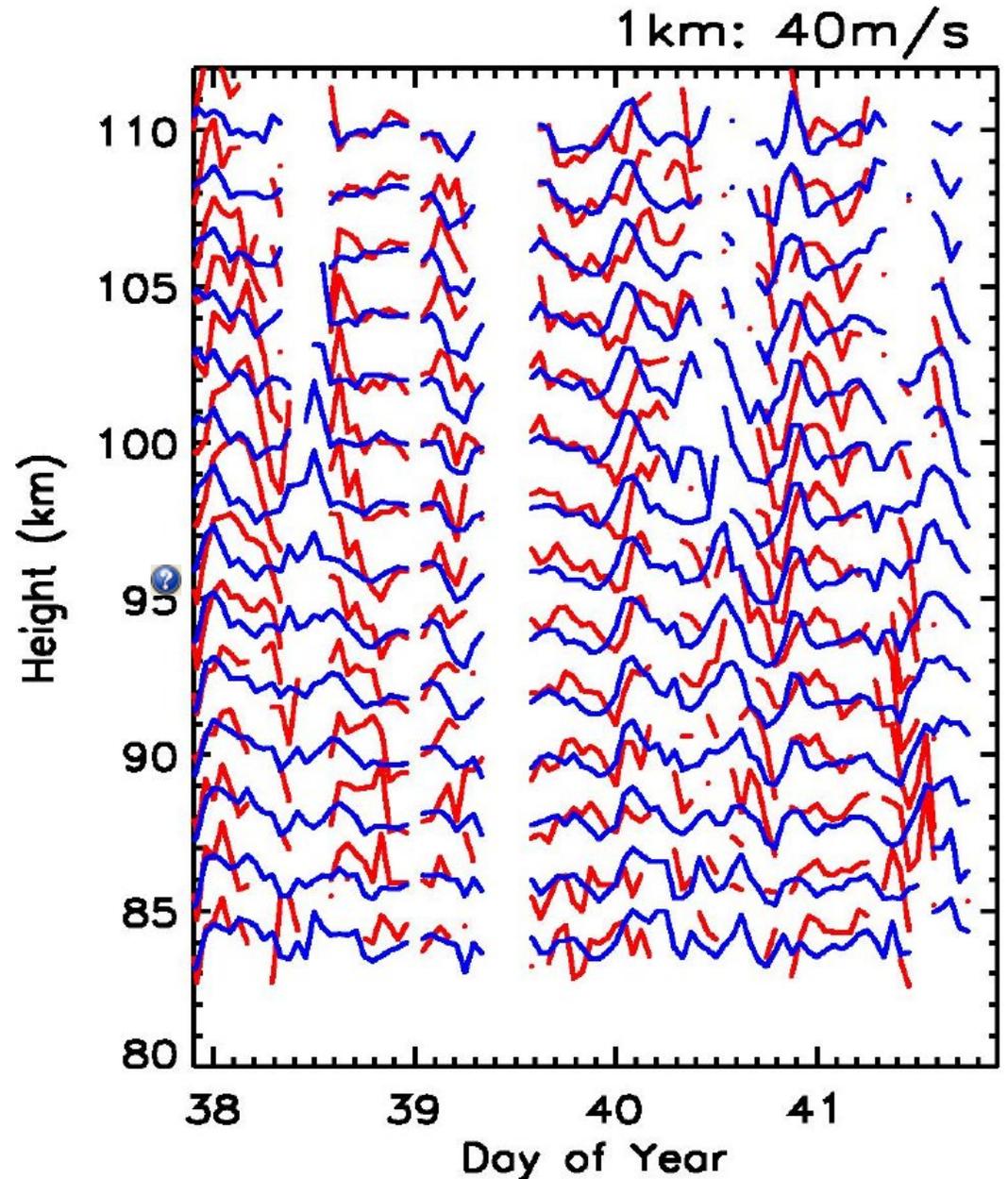
2004年2月6-10日

赤: 東向き成分

青: 北向き成分

通常観測の副産物としての定常的なMLT  
領域観測

北海道レーダーでも  
是非!!



# 時系列観測 (TMS mode) の応用

## 流星風観測では更に、

- ・FDI(周波数領域干渉計)によるレンジ分解能の更なる向上  
(高度分解能向上、流星風観測高精度化)

## 流星風観測高精度化以外にも、、

- ・電離層エコー (FAI) 高時間分解能観測が可能
  - ・過渡的現象の高時間分解能観測による詳細研究
  - ・広spectral width ACF等、特徴的なspectrumを持つ  
現象・領域の発生源・原因の追及(時間・空間変化)
- (・デジタル受信機と組合せて方位角方向の高分解能観測も。)

**北海道レーダーでも是非!!**

## TMS modeの電離層研究への応用例

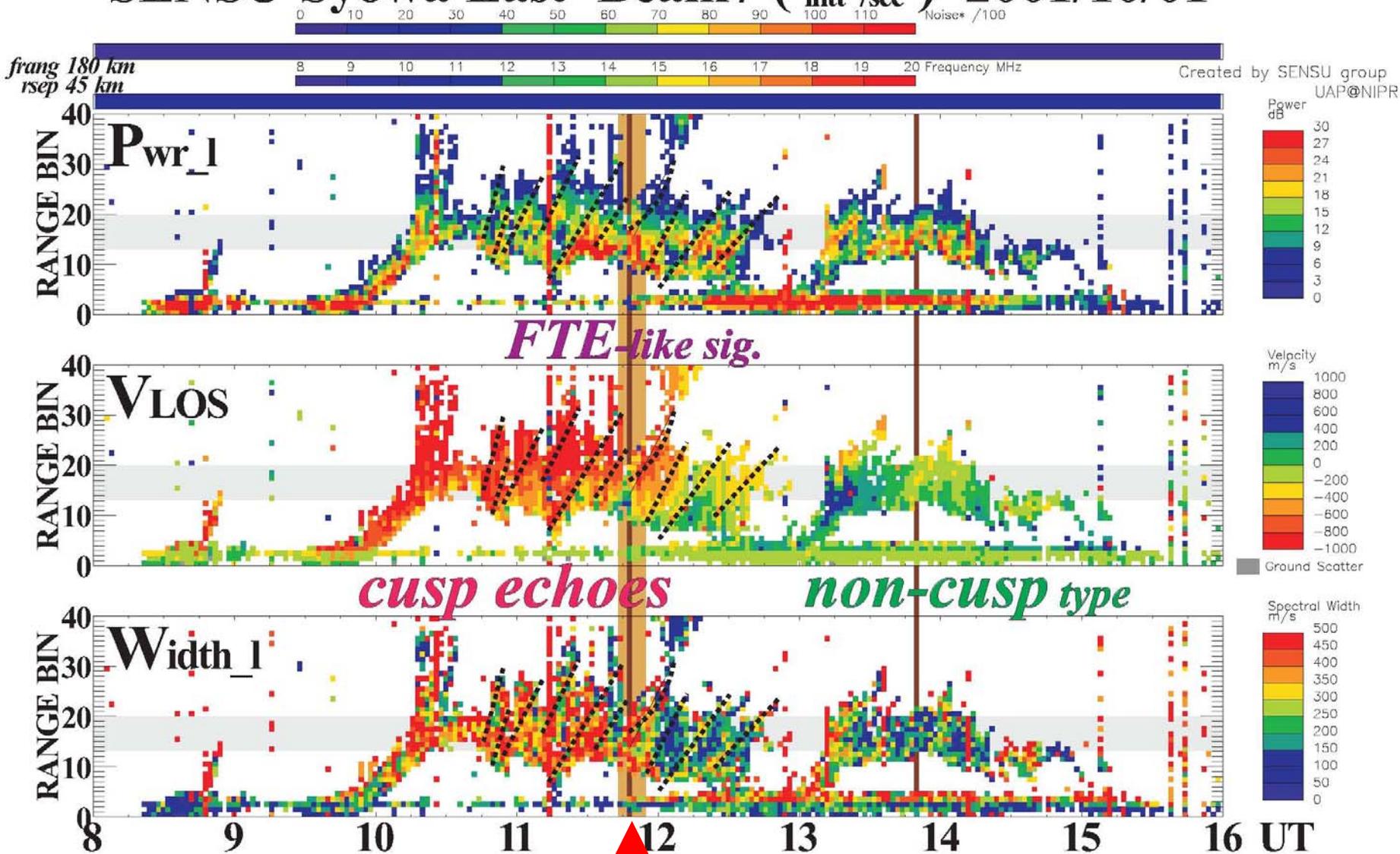
(補足図:時間があれば)

極域の例その1:カस्पでのFTE現象:

広spectral width & 過渡的現象

TMS高時間分解能観測によるdynamic spectraで  
FTE開始点における、1ビームACF積分時間(7秒間)の  
スペクトルの過渡的時間発展が見える。

# SENSU Syowa East Beam7 (every 2min int 7sec) 2001/10/01



# SENSU SuperDARN Raw Time Series Plot

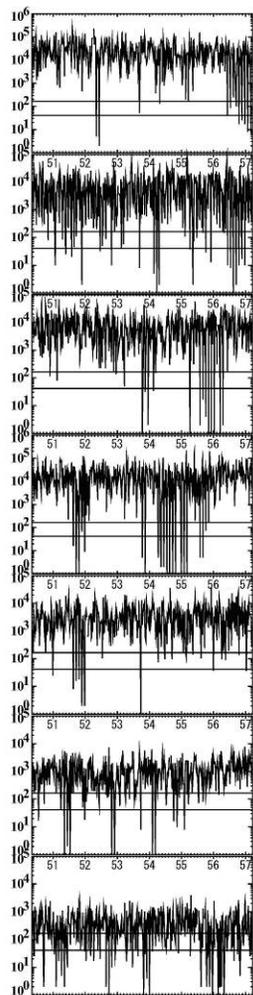


Syowa East 2001/10/01 11:46:50UT, Mono cpid 150, bm 7, frq 10355kHz, intt 7sec (nave 76), xcf 0

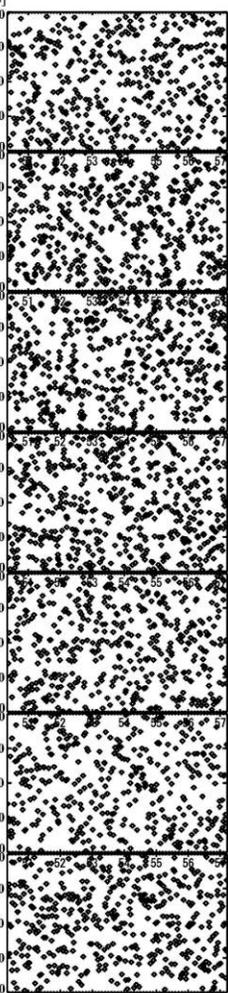
mppul 7, mpinc 2400us, txpl 300us(rsep 45km), smsep 300us( 45km), lagfr 300us( 45km), nrang 80, maxrng 3600km, nsmpp 296, seqtime 88.80ms  
 ppat[7]={0,9,12,20,22,26,27}, noise 41(fclr 50), att 0(0->0), DCofs 11: 0, Q1: 0 (removed), ercod 0x0000, MaxBadRng 45km, pwrthr 6.0dB(20.0dB,finechk),tmwin15

**Cusp**

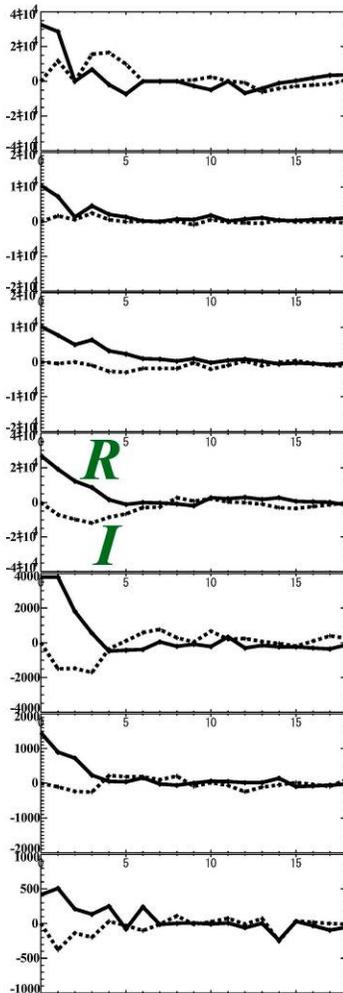
Power <sup>range gate #</sup> <sub>slant range</sub> Phase



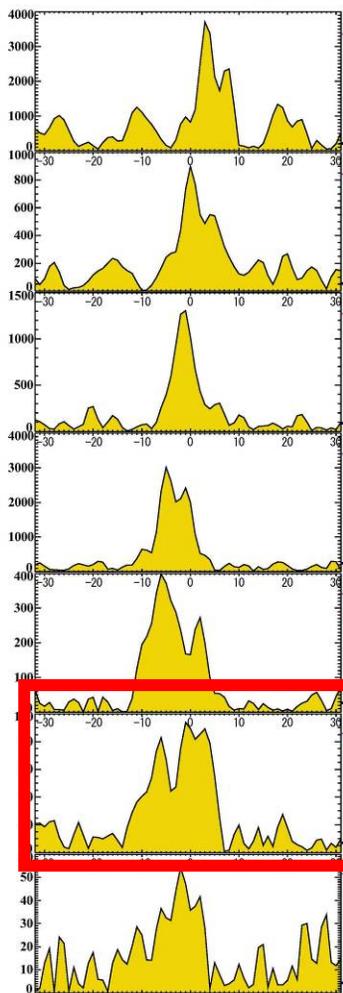
#17	765	0 1 2 4 5 6	416Hz	3017m/s
#18	810	0 1 2 3 4 5 6	416Hz	3017m/s
#19	855	0 1 2 3 4 5 6	416Hz	3017m/s
#20	900	0 1 2 3 4 5 6	416Hz	3017m/s
#21	945	0 1 2 3 4 6	208Hz	1508m/s
#22	990	0 1 2 4 6	138Hz	1005m/s
#23	1035	0 1 2 3 4 6	208Hz	1508m/s



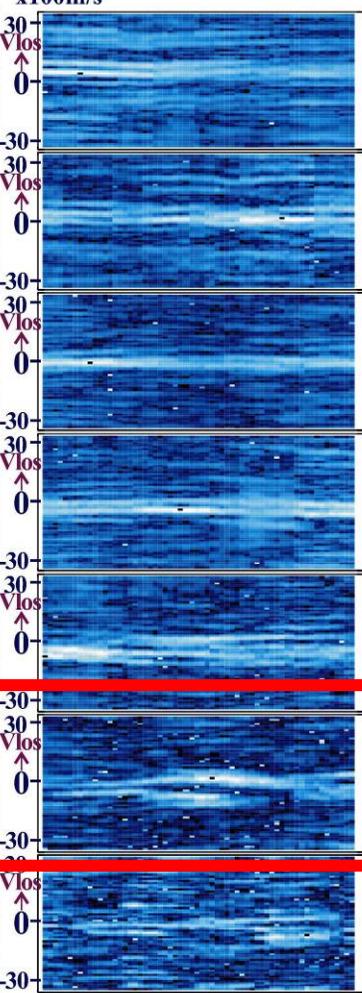
Ave.ACF



Ave.PwrSpec



Dyn.PwrSpec



51 52 53 54 55 56 57  
TIME (sec)

51 52 53 54 55 56 57  
TIME (sec)

0 5 10 15  
lags

-30 -20 -10 0 10 20 30  
Doppler Freq/Vel

51 52 53 54 55 56 57  
TIME (sec)

## TMS modeの電離層研究への応用例

(補足図:時間があれば)

極域の例その2:電離層加熱実験によるF層FAIの観測:

狭spectral width & 高power現象

TMS高時間分解能観測による時系列データで

約0.1秒の時間分解能で、FAIエコーの消長を詳細観測

(高powerの為、積分の必要すらない特殊なケース)



Raw time series analysis of cusp and heater induced irregularities.



# TMS applications to ionospheric studies

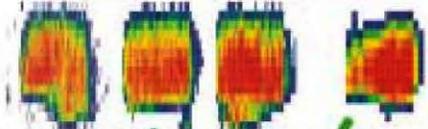
an example of high temporal (>~10Hz) power time profile  
(See next Darren's talk!)

## Heater Induced FAIs Echo Power Raw Time Series Plot 2003/03/18 13:13:57-13:16:35 Ranges 62-64

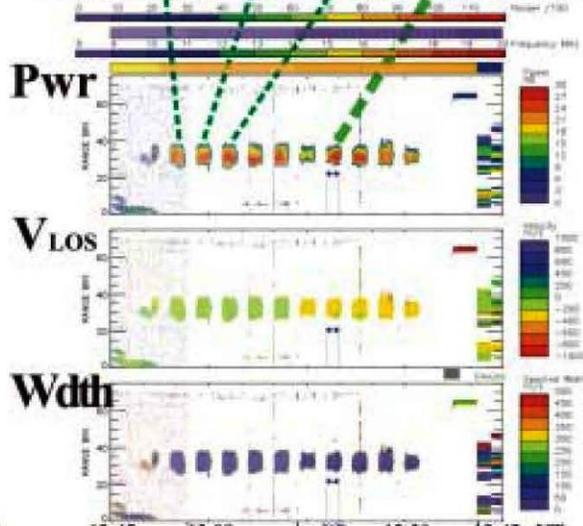
HF backscatter from irregularities induced by EISCAT Tromsø heater

2-min on / 2-min off

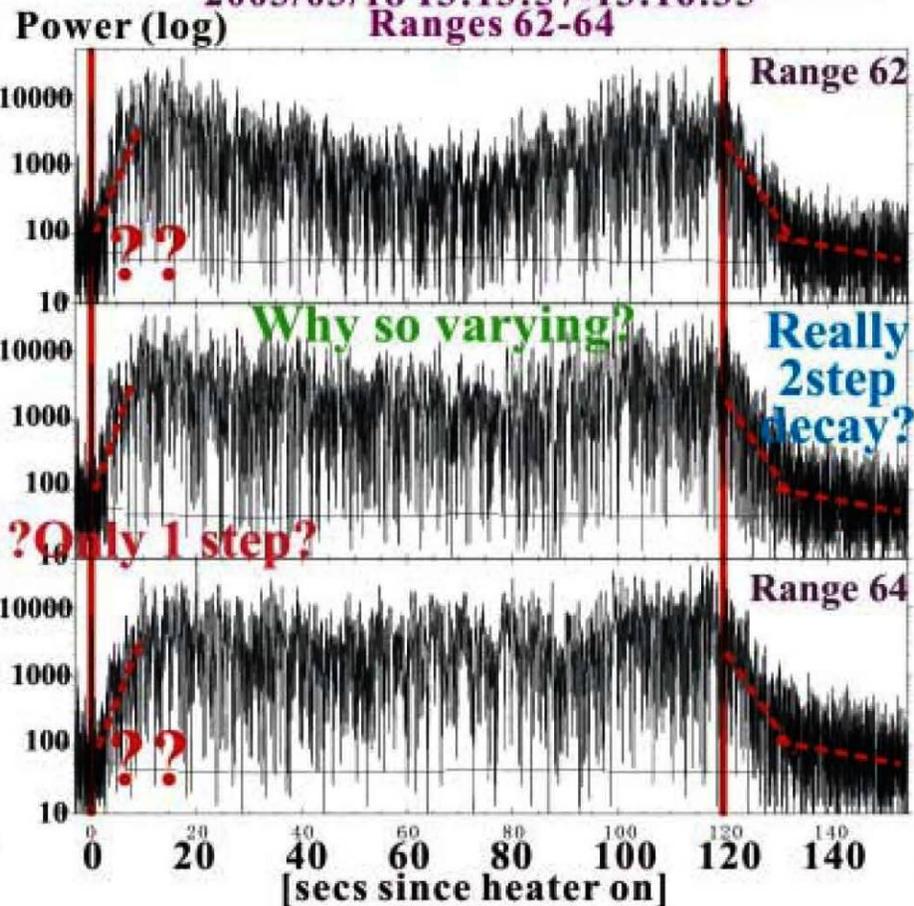
75 kW/Tx \* 12 Tx = 0.9MW / O-mode



CUTLASS Finland Beam 5 2003/03/18



12:45 13:00 13:15 13:30 13:45 UT Yukin  
StereoTMS (stereo\_scan.dat) int=1sec rsep=15km  
MonoTMS (mono.dat) int=10sec rsep=15km  
back to normal stereo\_scan

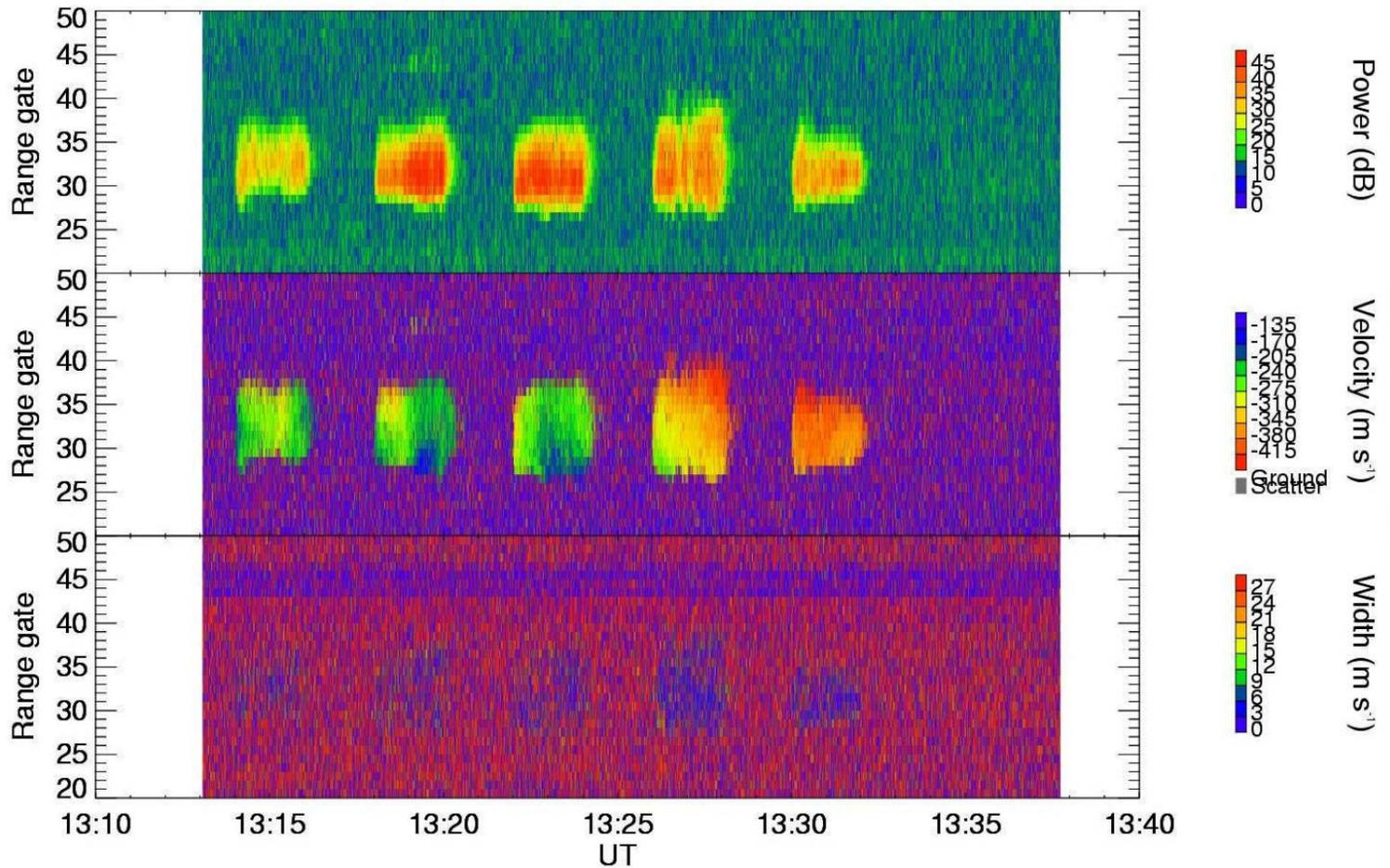


# SUPERDARN PARAMETER PLOT

Hankasalmi (pwr\_l, vel & width\_l): Raw TMS data

18 Mar 2003<sup>(77)</sup>

unknown scan mode (-6318)



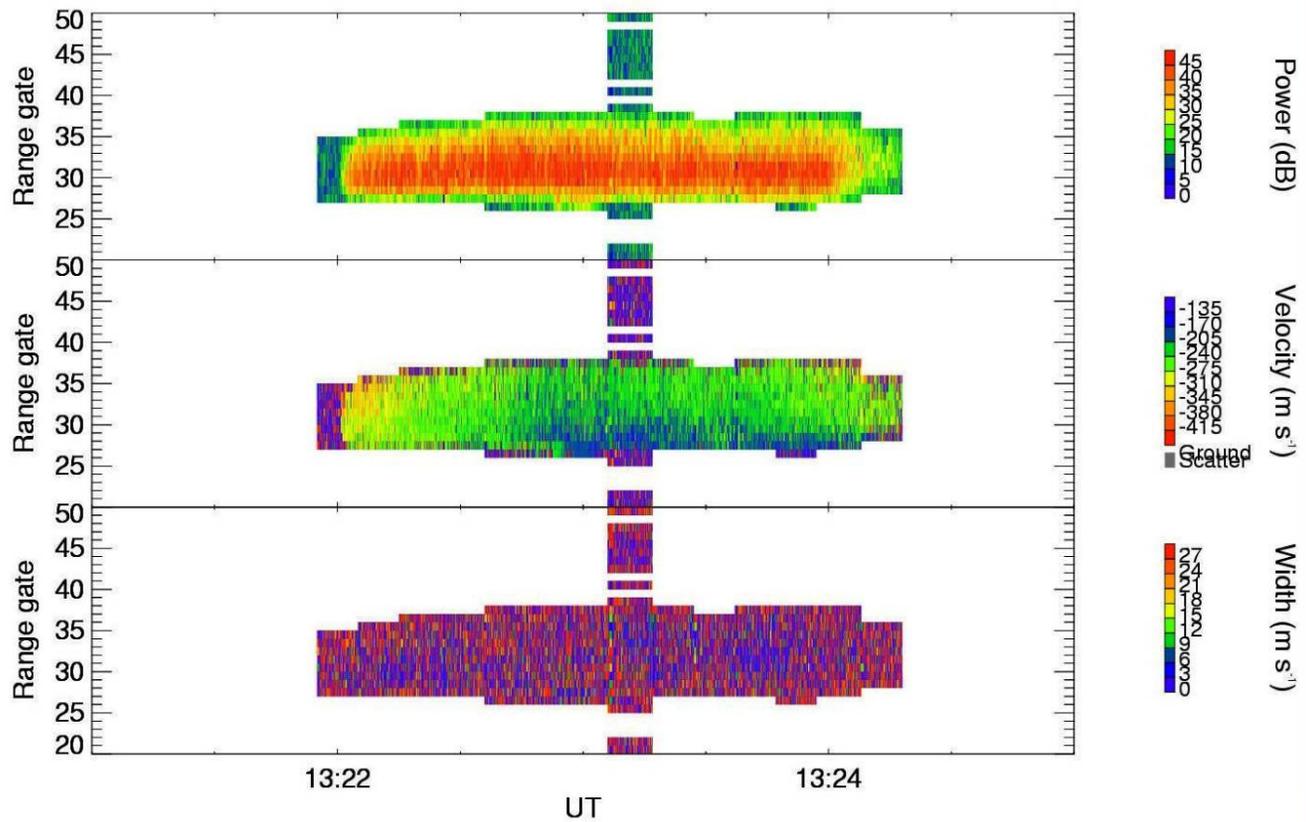
# RTIs 2: "Raw" TMS Mode Data

## SUPERDARN PARAMETER PLOT

Hankasalmi (pwr\_l, vel & width\_l): Raw TMS data

18 Mar 2003<sup>(77)</sup>

unknown scan mode (-6318)



# 必要となるもの: 基本的にソフトのみ

- ・TMS modeはRadar制御ソフト(ROS)の変更(追加)のみ
- ・stable ROS1.0xではいつでも可能。
- ・最新ROS  $\beta$  への移植は鋭意準備中(今暫しお待ちください。)
- ・TMS(nre)データから流星を抽出するプログラム(idl)はready  
陸別サイトのLinux上で可能(科研費でidl購入済)  
(C codeに移植予定だが完成時期未定)

**北海道レーダーでも是非!!**

**近々遠からずやりましょう!!**

★参考文献: Yukimatu, A. S., and M. Tsutsumi, A new SuperDARN meteor wind measurement: Raw time series analysis method and its application to mesopause region dynamics, Geophys. Res. Lett., 29(20), 1981, doi:10.1029/2002GL015210, 2002.

# 余談

## プラズマポーズの検出:

是非tryできたらと思います。他のcommunityへの貢献にも。

既にRay辺りがSD2006でその口火を切ったようですが、

早い者勝ち?、point targetで良いideaで頑張ってみるのもよいかも。

これもTMSを有効利用できる可能性もあるかもとも思います。