

# 複数のレーダー観測による TID 時空間構造の解明 - 高緯度における SuperDARN-TID の性質 -

電気通信大学 清水悟史

細川敬祐, 柴田喬(電気通信大学)  
野澤悟徳(名古屋大学太陽地球環境研究所)  
元場哲郎(名古屋大学大学院環境学研究科)  
小川泰信, 佐藤夏雄, 行松彰(国立極地研究所)



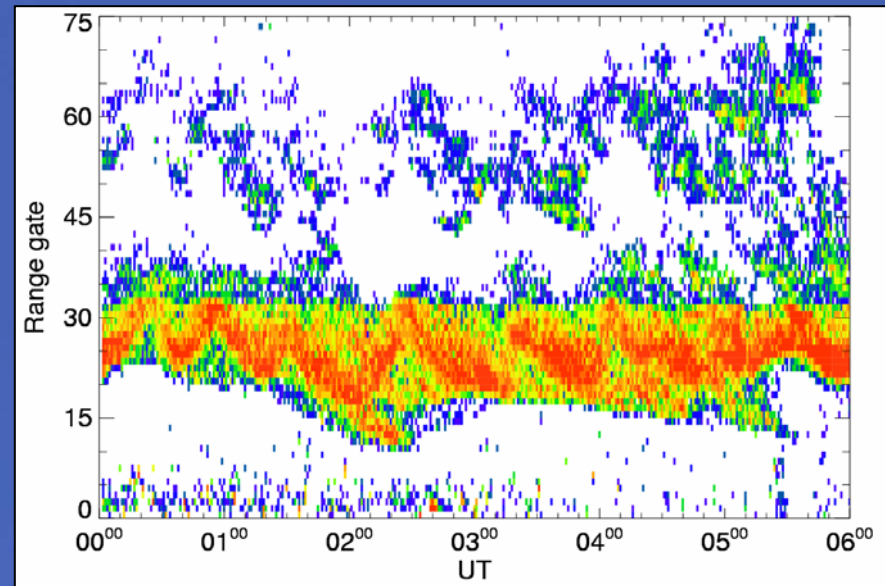
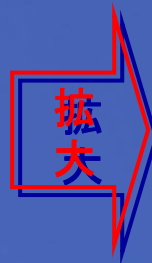
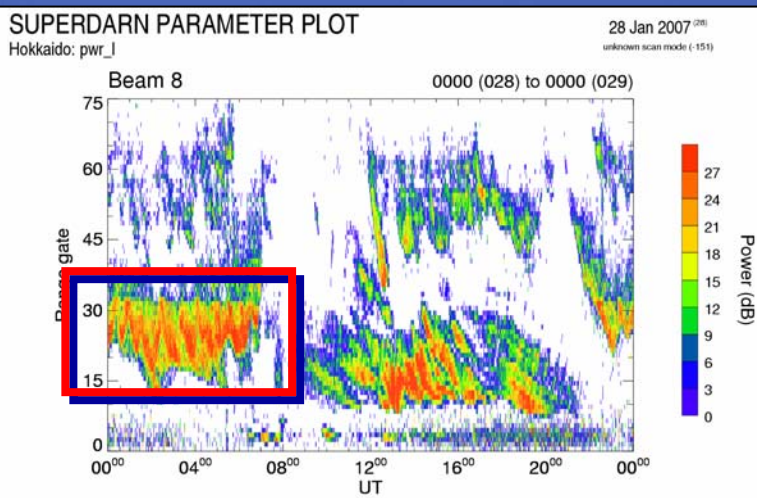
# 発表内容

- イベント解析により求められた極域 MSTID の性質
- SuperDARN レーダーと EISCAT レーダーの組み合わせ解析
- TID と大気重力波の関係性
- 北海道レーダーで期待される TID 観測

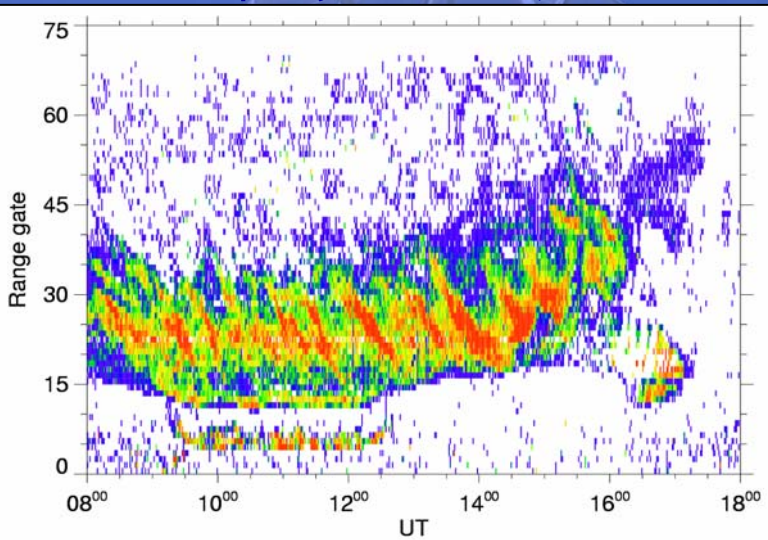


# 北海道レーダーで得られた TID の観測例

## 北海道レーダー



## フィンランドレーダー



2300-0600 UT (0800-1500 LT)に TID と考えられる波状構造

フィンランドレーダーでの TID 観測例では、0800-1600UT (1000-1800 LT) で観測



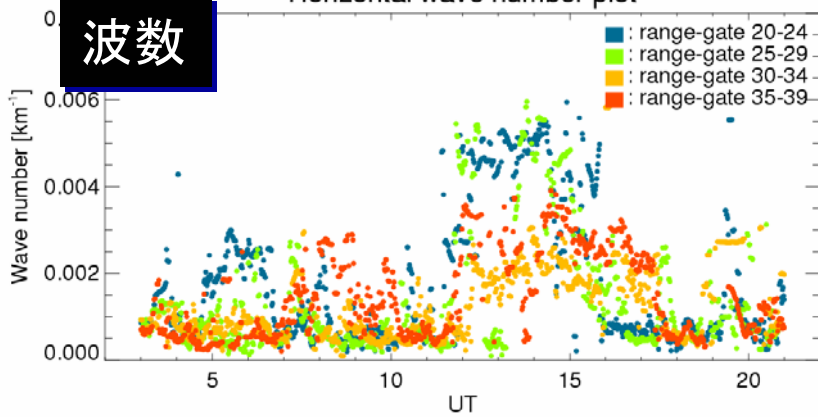
地方時でほぼ同時間帯に昼間の TID を観測



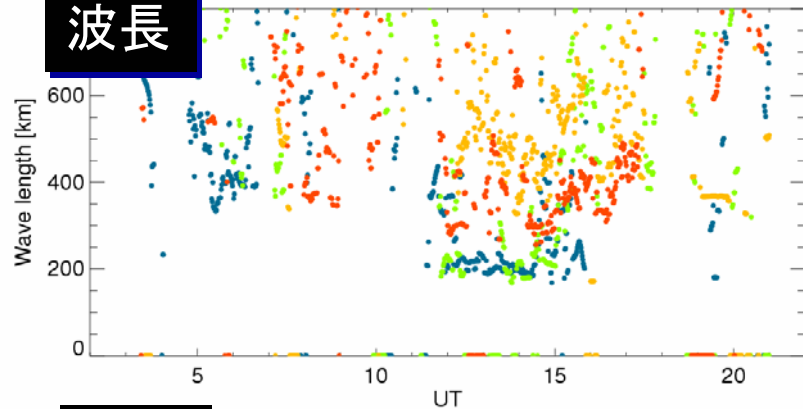
# 高緯度 TID の性質

Horizontal wave number plot

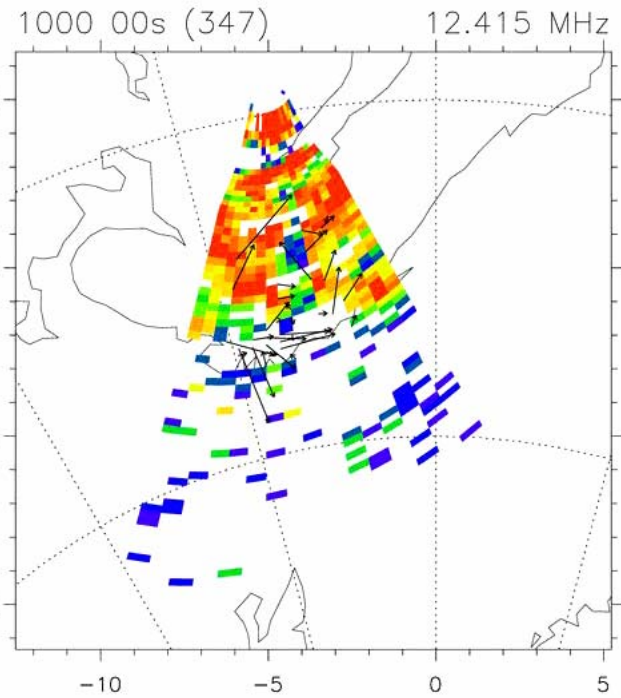
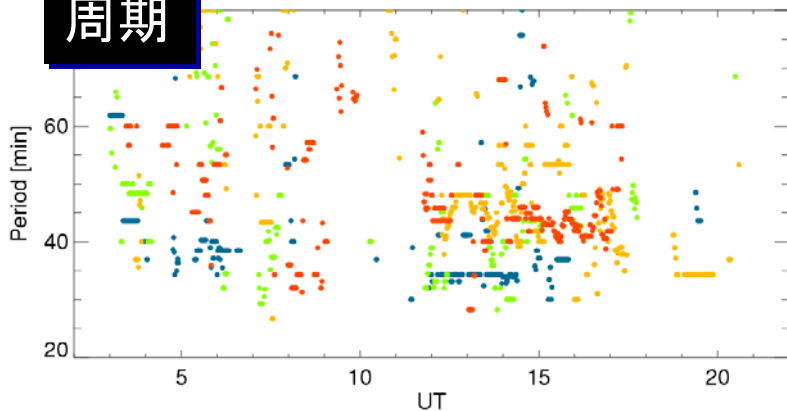
波数



波長



周期



SuperDARN レーダー視野上における波数ベクトルプロット

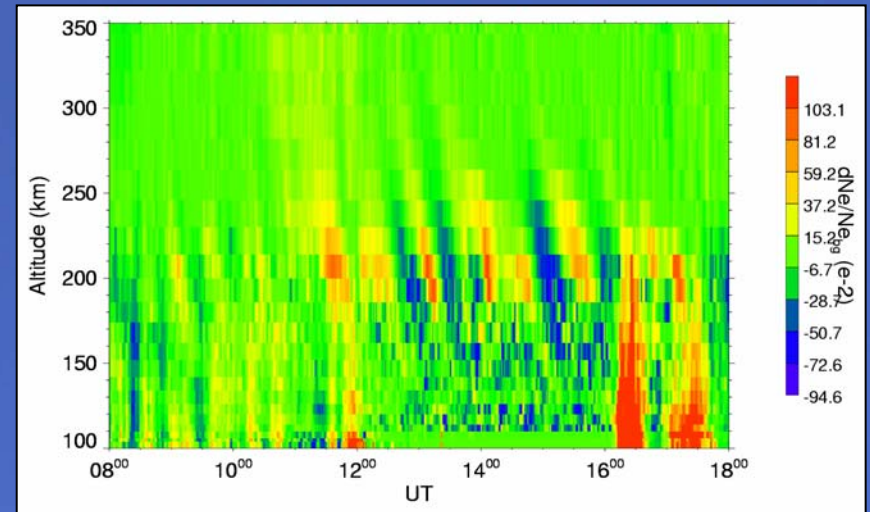
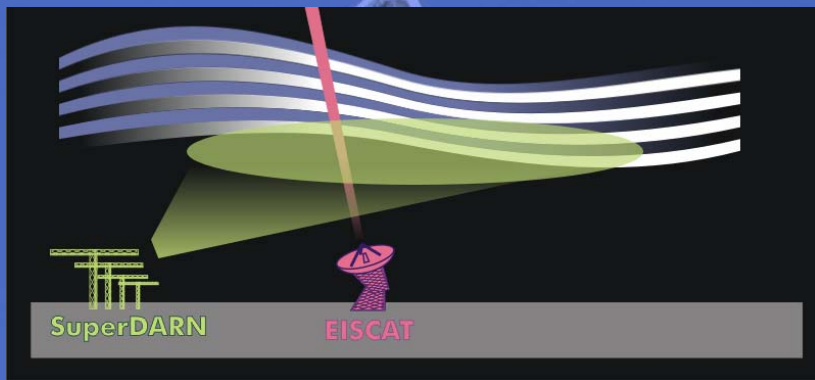
フィンランドレーダーによる TID 観測データの  
パラメータ解析結果 (2001 年 12 月 13 日)

- 卓越する時刻: 1200-1600 UT
- 波長: 200~300 km
- 周期: 35~48 分
- 伝搬速度: 90~130 m/s
- 一定して南西へ伝搬

# EISCAT レーダーデータとの組み合わせ

3次元空間構造の解明を目的とした SuperDARN と EISCAT の同時観測データ (SuperDARNと同様、2001年12月13日) の組み合わせ解析

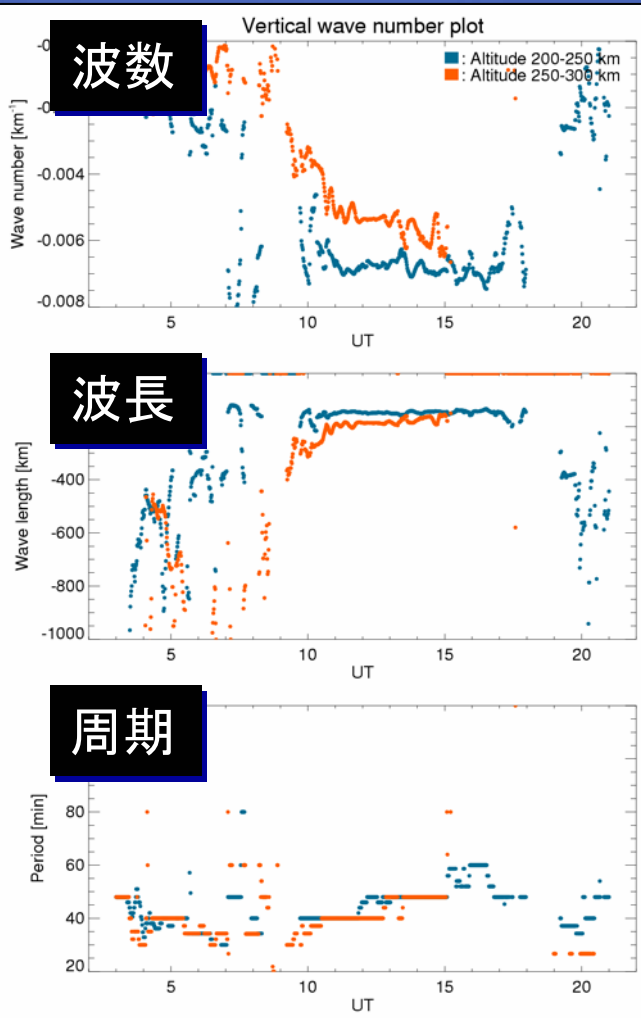
SuperDARN: 水平 2 次元観測データ  
+  
EISCAT: 鉛直 1 次元観測データ



EISCAT 観測データにおいて電子密度の変動が示す TID 波状構造

# SuperDARN vs. EISCAT ①

## TIDのパラメータ解析結果による大気重力波との比較



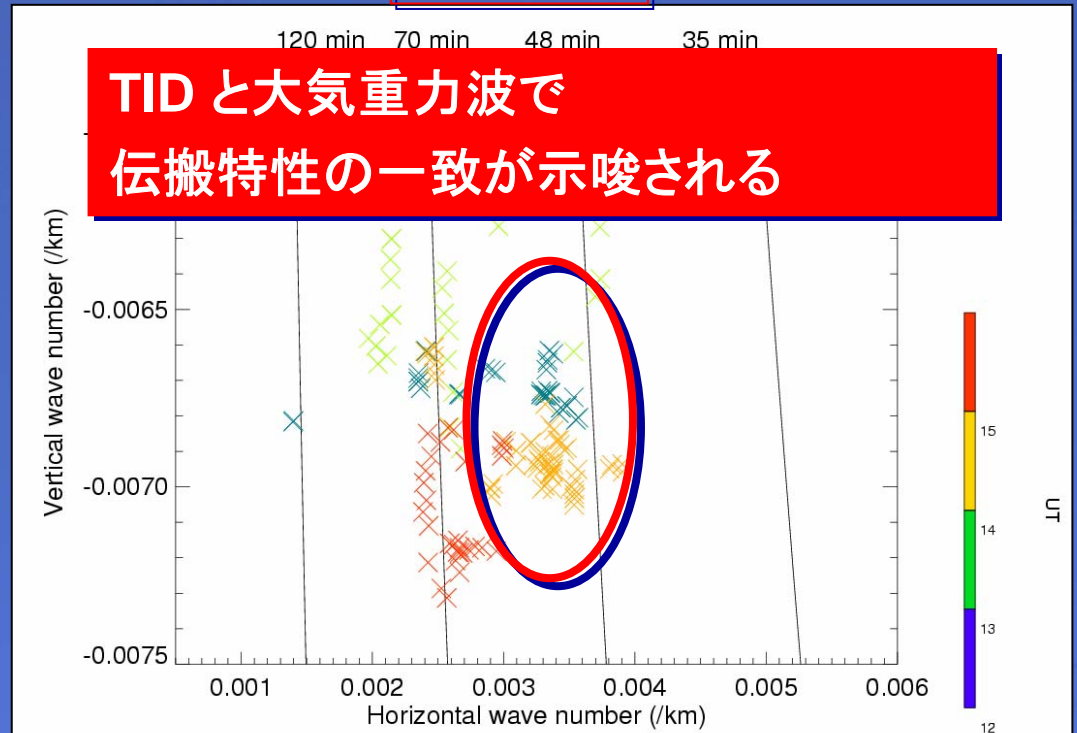
$$\omega^4 - \omega^2 C^2 (k_x^2 + k_z^2) + (\gamma - 1) g^2 k_x^2 - \gamma^2 g^2 \omega^2 / 4C^2 = 0$$

分散関係式: 大気重力波の伝搬を記述した式



解析により求められた TID のパラメータ

比較結果



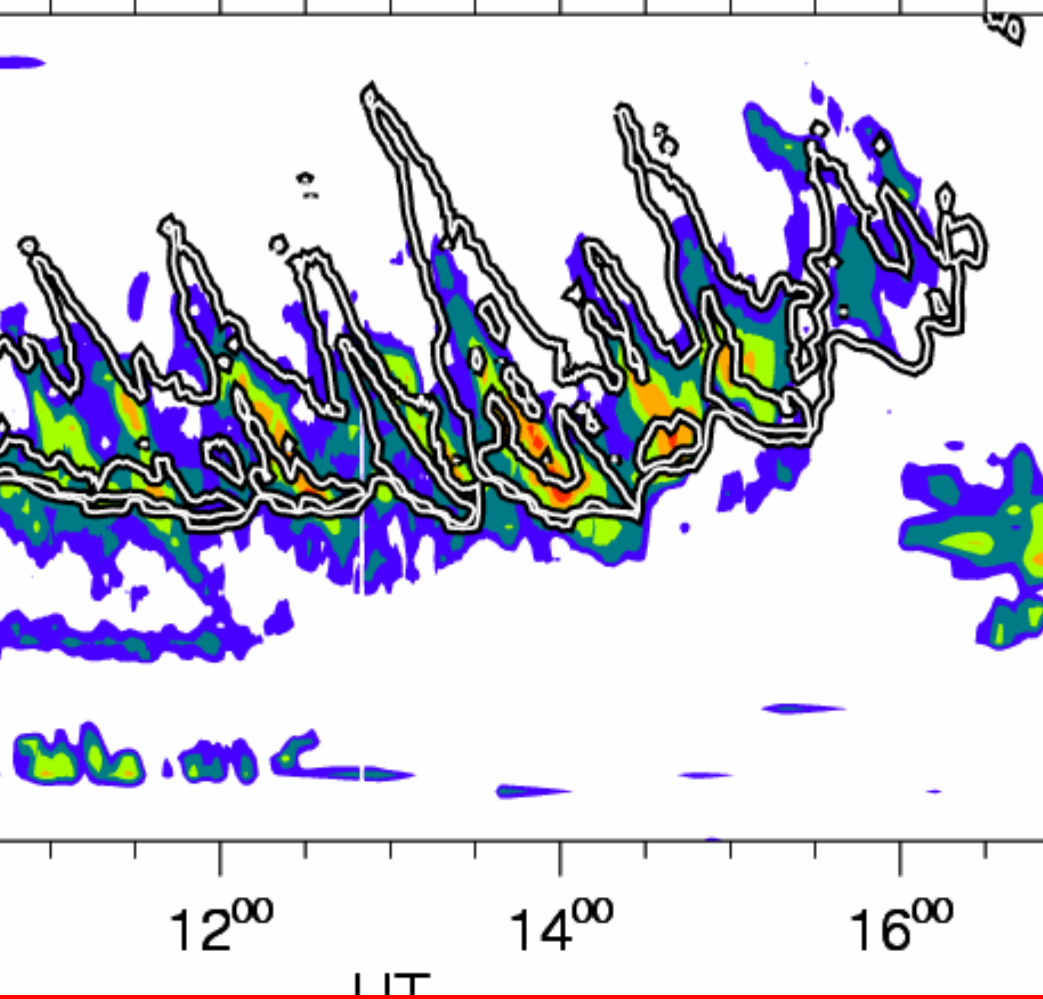
EISCAT データの  
パラメータ解析結果



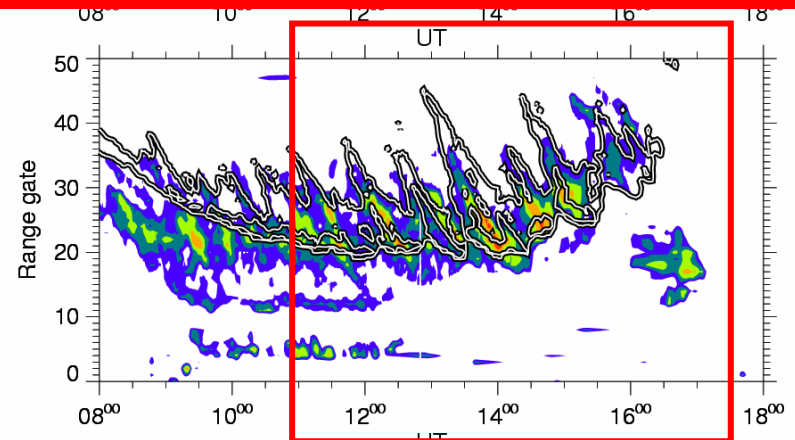
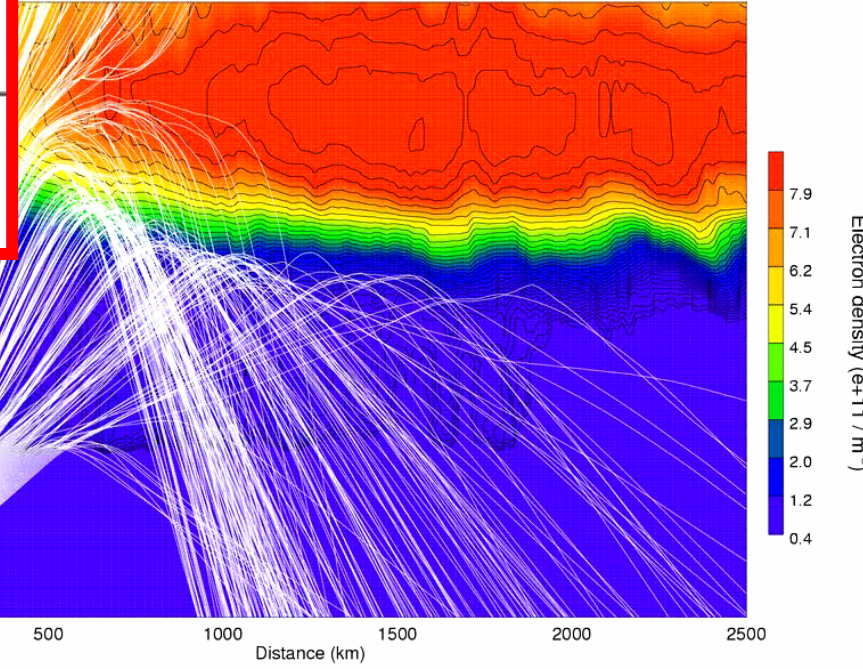
# EISCAT ② シミュレーション

SuperDARNによるTID観測原理の  
検証的な検証を目的とした、EISCAT  
TID実観測データに対する  
トレイシングシミュレーション

EISCATで得られた電子密度の高度分布  
TID電子密度構造の伝搬を再現する

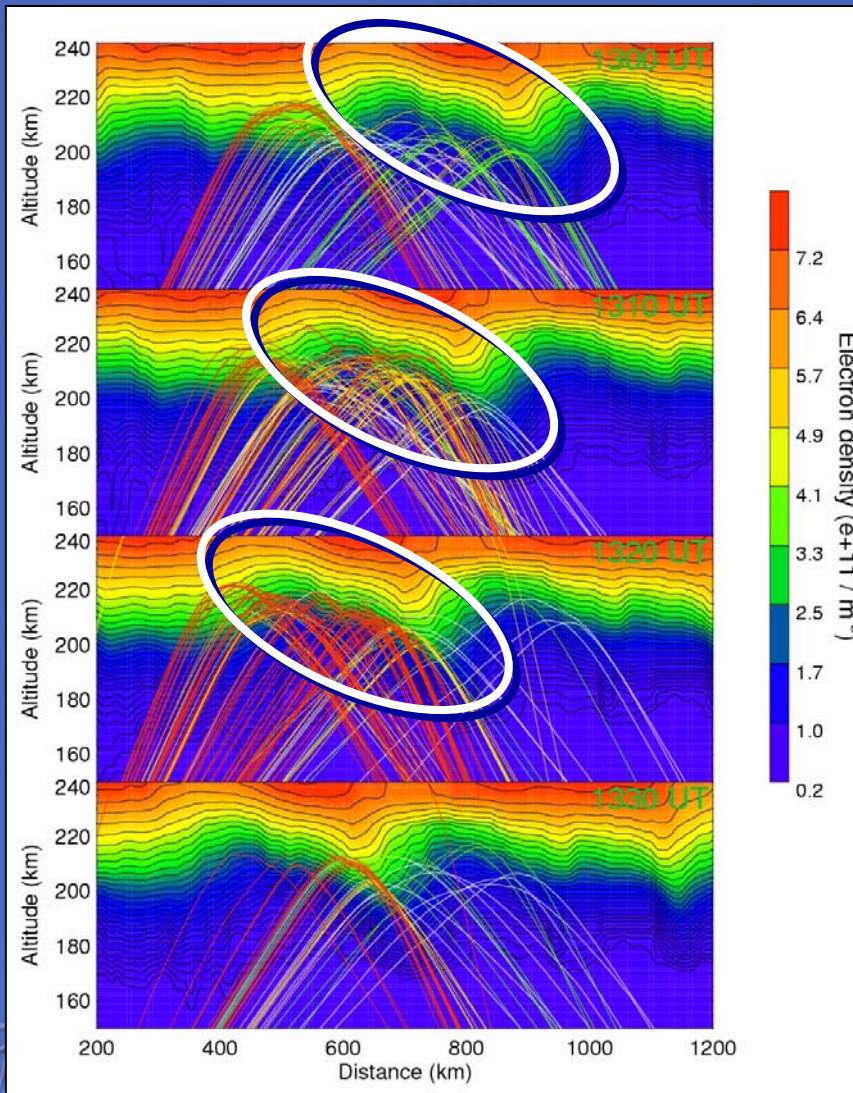


Parameters for EISCAT Ne distribution  
UT : 1000  
Propagation velocity : 500 km/h  
Position of rader : Distance-0 km Altitude-0 km  
Transmit frequency : 12,5000 MHz  
Angle of emergence : 10 - 60 degree

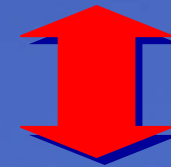


# SuperDARN vs. EISCAT ②

## SuperDARN の観測シミュレーション



等電子密度線が下に凸な部分の左側  
||  
電子密度が増加してゆく領域  
において、等しい range-gate となる電波  
の集束が起こり、SuperDARN で強い  
power が観測される。さらに、TID の伝  
搬に対応して集束部分も移動してゆく。

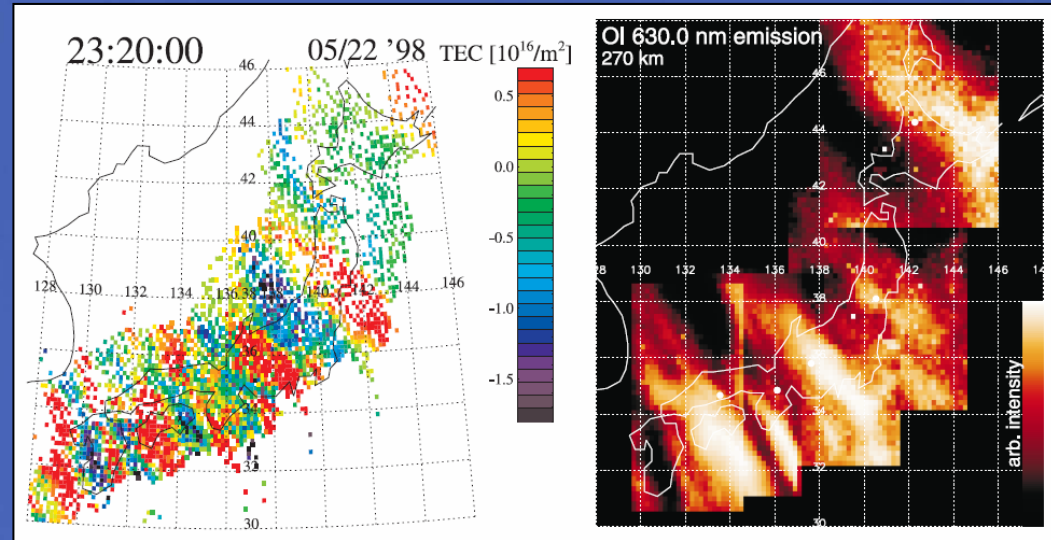
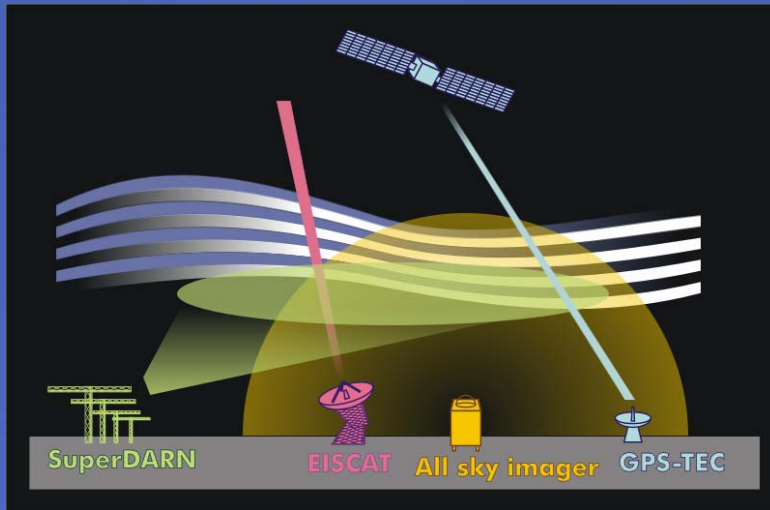


TID の観測において、SuperDARN の  
ground scatter power が強い領域は、  
電子密度変動のピークではなく、空間勾  
配が生じている領域である。

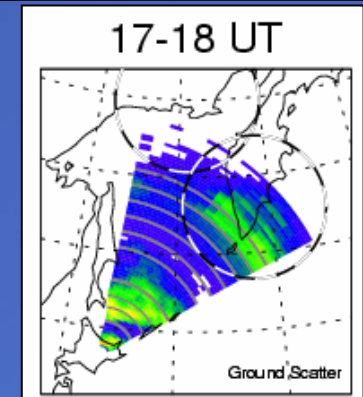
反射高度付近における電波の時間推移



# 北海道レーダーと異なる観測器による TID の同時観測



- OMTI (カムチャツカ半島)  
2 hop の ground scatter が ASI 視野と交わる
- GPS-TEC (日本)  
GPS 衛星と受信局を結ぶ電波経路が SuperDARN の観測領域と交差する時間帯で比較が可能



いずれも電子密度の空間分布が得られるため、SuperDARN の ground scatter による TID 観測との組み合わせが可能  
(電子密度が低い部分から高い部分へかけての領域 = SuperDARN で強い power が得られる領域)

# まとめ

- RTI プロットにみられる power の強い部分は、TID の空間構造（水平面において電子密度の勾配がある領域）と明確に対応
- 北海道レーダーでも明瞭な波状構造が得られているため、極域と同様の解析が行えると考えられる
- 異なる観測器との組み合わせによって、より多角的・広範囲の TID 解析が期待される

