IUGONET

超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究

Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork

Metadata DB for Upper Atmosphere

EISCATレーダーデータ解析講習会

担当:小川泰信(極地研)

2012年8月10日1400-1440

極地研3階セミナー室

今回の講習の目的

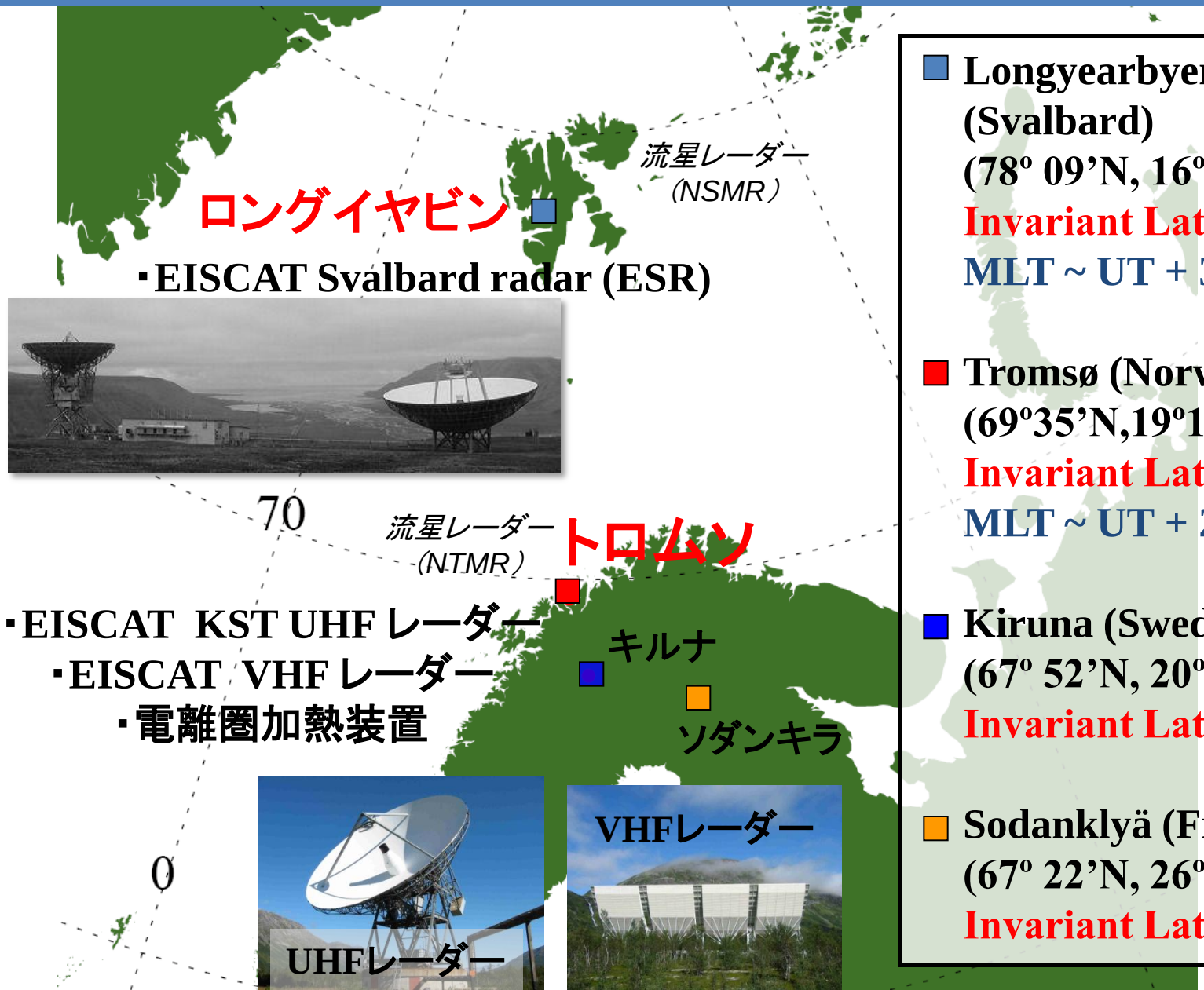
UDASを用いたEISCAT及び関連データの可視化方法を理解する。
（特に、EISCAT3次元イオン速度データや流星レーダーデータ等の同時可視化も。
EISCATデータ変数名の簡略化や読み込み時間の改善も実施。）

講習の内容：

・EISCATレーダーシステムの基本的な知識のおさらい
・UDAS/TDASを用いたEISCAT及び関連データの読み込みと
時系列プロット（2次元の高度分布やラインプロット）の作成。
・講習に使用するデータ：
（1）2009年01月8-30日の成層圏突然昇温イベント
（EISCATトロムソUHFレーダーやトロムソ流星レーダーデータ）と、
（2）2010年01月18-29日の成層圏突然昇温イベント
（EISCATトロムソUHFレーダーやスバールバルレーダー等のデータ）

謝辞：EISCAT用CDFファイルの修正や各種データプロット用プログラムの作成にあたり、田中良昌さん（極地研）に多大なご協力を頂きました。

EISCATレーダーシステムの設置場所



- **Longyearbyen (Svalbard) (78º 09'N, 16º 03'E , Invariant Lat: 75º10'N) MLT ~ UT + 3 hours**
- **Tromsø (Norway) (69º35'N,19º14'E, Invariant Lat: 66º12'N) MLT ~ UT + 2.5 hours**
- **Kiruna (Sweden) (67º 52'N, 20º 26'E , Invariant Lat: 64º27'N)**
- **Sodanklyä (Finland) (67º 22'N, 26º 38'E , Invariant Lat: 63º34'N)**

EISCATレーダーで導出可能な物理量

直接導出可能な物理量:

高度 約80 km から約1000 km の

・電子密度　・視線方向のイオン速度

・ イオン温度　・電子温度　（この4つが基本物理量）

3局方式（KST）/1局方式（TRO/ESR）の観測から

・イオンの3次元速度ベクトル

モデル等を用いて**2次的に導出可能な物理量**:

・中性風速度（高度は約90-120 km）

・電気伝導度/電場

・電離圏電流

・降下粒子エネルギースペクトル

・時間分解能は約1分、高度分解能は約3km（@E領域）、約20km（@F領域）

・研究対象によって分解能を変えている（e.g., オーロラ微細構造の研究（0.4秒値）や長期変動解析用の1時間積分値。CDFファイルについては1分値を用意。）

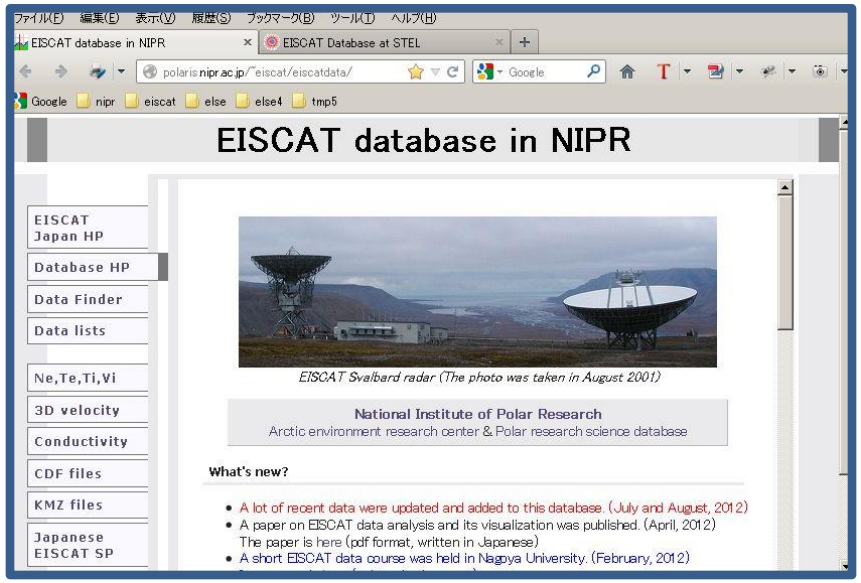
EISCATレーダー観測について

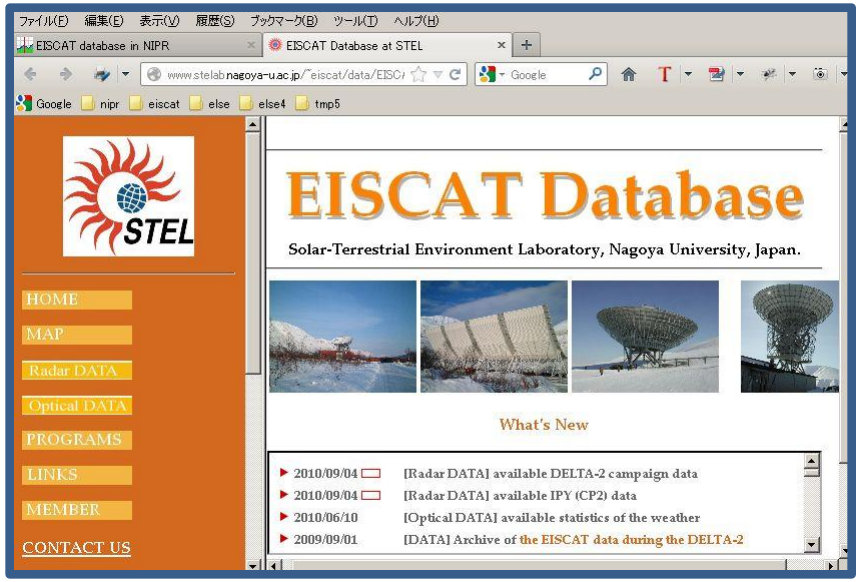
・全レーダー合わせて、年間3000-4000時間の観測（延べ約120-160日）。
1レーダーあたり年間1000-2000時間→毎日運用している訳ではない。
ただし、国際極年（IPY）のキャンペーン観測の一環として、2007年3月1日から2008年2月28日までの1年間は、ESRによる極冠域電離圏の連続観測を実施。

・EISCAT共通実験（CP）と各国の特別実験（SP）の実験時間が約半分ずつ。
・CPは加盟国/世界共通の観測（World day観測、長期データベース作成用）。
・SPでは各加盟国の研究者による独自の観測が行われる。PIのSPデータ優先権は実験実施後1年間。

・日本のSP実験時間は合計約200時間。
・毎年10-17件のSP実験申請
（毎年2-3月に公募。その内、新規の申請は例年2-5件）。
・各種科研費やプロジェクト研究費などを用いて現地での観測を実施。
・過去の日本のEISCAT特別実験については、
http://polaris.nipr.ac.jp/~eiscat/sp.html を参照。

EISCATデータベース





（極地研の場合）

http://polaris.nipr.ac.jp/~eiscat/eiscatdata/

EISCATレーダーシステム（UHF/VHF/ESR）によって得られた

- プラズマ基本物理量
- 3次元イオン速度や電場
- 電気伝導度

の各種プロットや数値ファイル、CDFデータ等を作成・整備・公開中。

（名大STE研の場合）

http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/~eiscat/data/EISCAT.html

極地研とほぼ同じ期間の基本物理量の数値データ（ミラーリング）や、中性風速度データ等を公開中。

（1）2009年1月の成層圏突然昇温イベント時のEISCATデータ及び関連データのプロット作成

EISCATデータ及びトロムソ流星レーダーデータを用いた、この突然昇温イベントの研究は、以下の論文にまとめられている。その中で用いたデータ解析内容についても、この講習で紹介。

Kurihara, J., Y. Ogawa, S. Oyama, S. Nozawa, M. Tsutsumi, C. M. Hall, Y. Tomikawa, and R. Fujii, Links between a stratospheric sudden warming and thermal structures and dynamics in the high-latitude mesosphere, lower thermosphere, and ionosphere, Geophys. Res. Lett., vol. 37, L13806, doi:10.1029/2010GL043643, 2010.

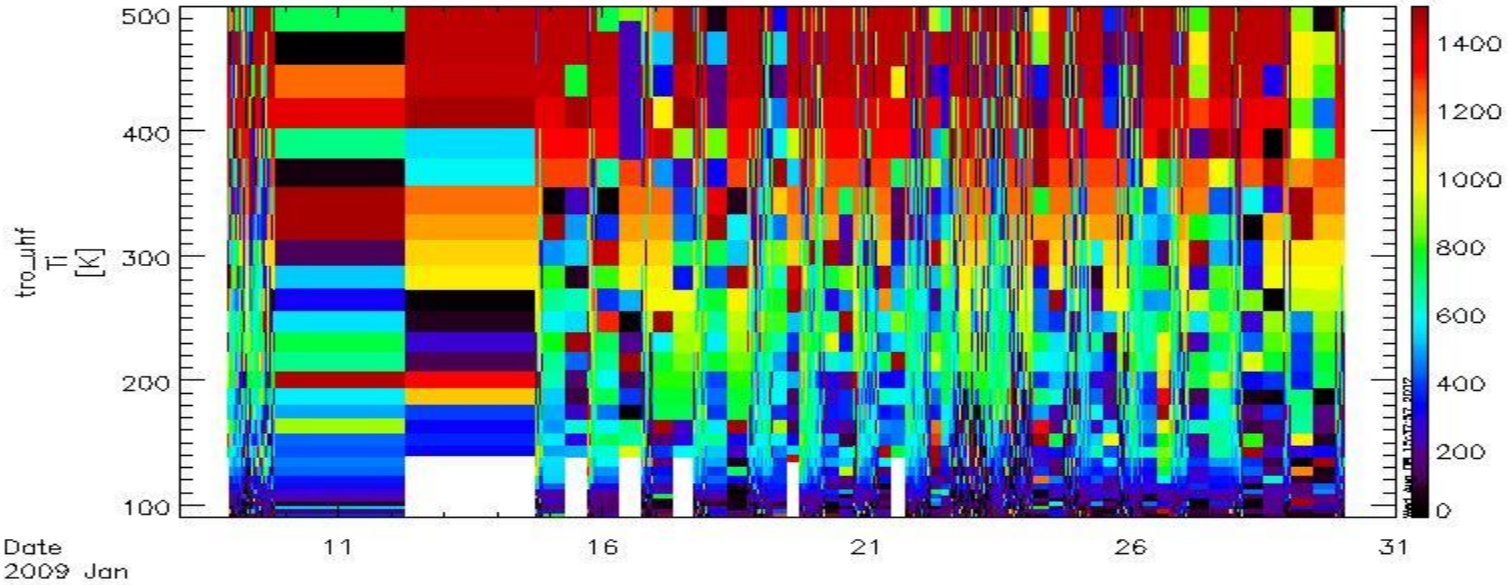
（1-1）EISCAT時系列データの表示

（TDAS/UDASへの入力コマンドと、その補足説明（赤字））

thm_init　　初期化
timespan, ‘2009-1-8’,23　　データをロードする時間幅の設定（開始日,日数）
iug_load_eiscat;　　EISCATデータの読み込み （or iug_load_eiscat, /get_support_data ）
tplot_names　　変数名の確認
tplot,[‘eiscat_trouhf_ti’]　　イオン温度のプロット表示
ylim, ‘eiscat_trouhf_ti’, 90, 500　　Y軸（高度）の変更
zlim, ‘eiscat_trouhf_ti’, 0, 1500　　Z軸（カラースケール）の変更
tplot　　プロットの再表示（軸などの変更を反映）

（注：このときのEISCAT観測は夜間の特別実験が中心）

イオン温度
の高度分布



Kurihara et al., GRL, 2010 の Figure 3 作成までのデータ解析の流れ

突然昇温前に生じる極域電離圏イオン温度変動（地磁気静穏時）を、EISCATデータから導出。

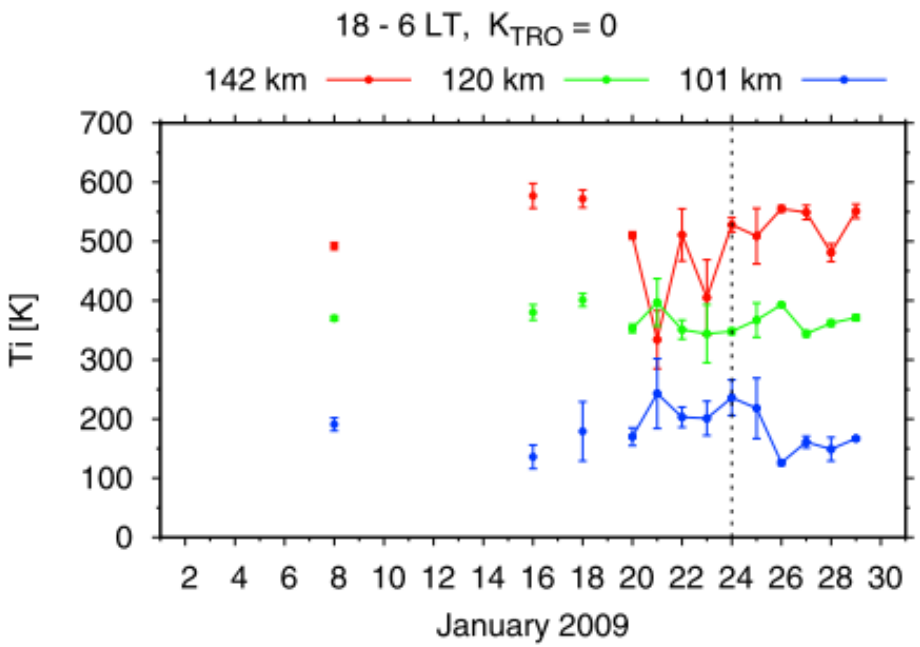


Figure 3. Ion temperature variations for geomagnetically quiet nights in January 2009 derived from the EISCAT UHF radar data at Tromsø.

（1）4方向にスキャン観測をしていたEISCAT UHFデータの内、沿磁力線方向のACF（自己相関関数）データのみ抜き出す。

（2）ACFの段階でデータを1時間積分。その後、フィッティングで物理量推定。

（3）夜間（18-6LT）かつ地磁気活動度が低い時（トロムソK指数が0）のデータを1日毎に平均。

（4）3つの異なる高度について、イオン温度の時間変化を表示。

現段階では、TDAS/UDASによる作成は不可能（1分値の平均ではデータの精度が低い）。

（1-2）EISCAT時系列データの複数表示

(1-1)の続き

tplot,[‘eiscat_trouhf_??’]

4つの基本物理量の表示
もしくは、個々の変数名を記入

tplot,['eiscat_trouhf_ne','eiscat_trouhf_te','eiscat_trouhf_ti','eiscat_trouhf_vi']

ylim, ‘eiscat_trouhf_??’, 90, 500

4つの基本物理量プロットすべてのY軸の変更

tplot

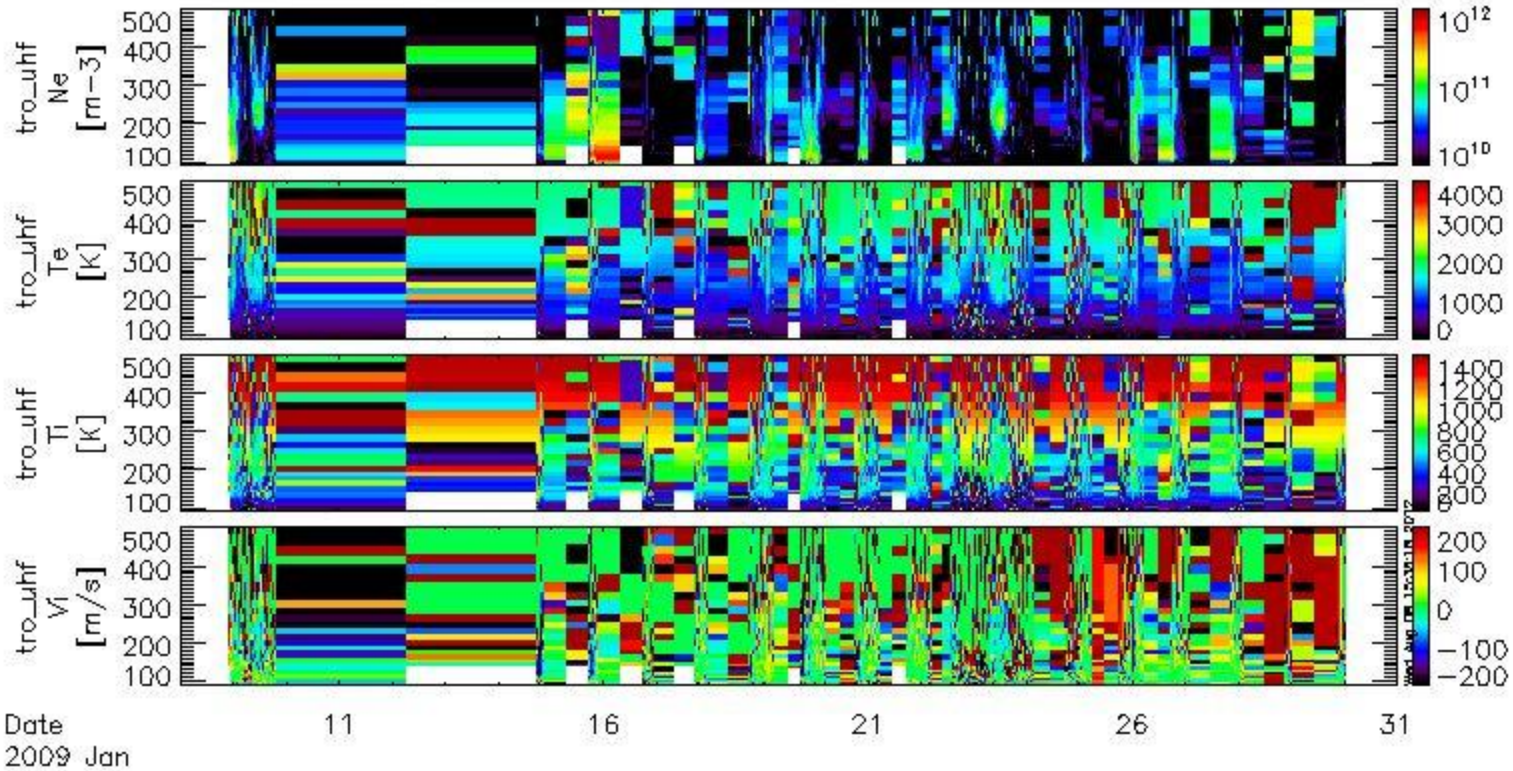
プロットの再表示（軸の変更を反映）

電子密度

電子温度

イオン温度

視線方向のイオン速度の高度分布



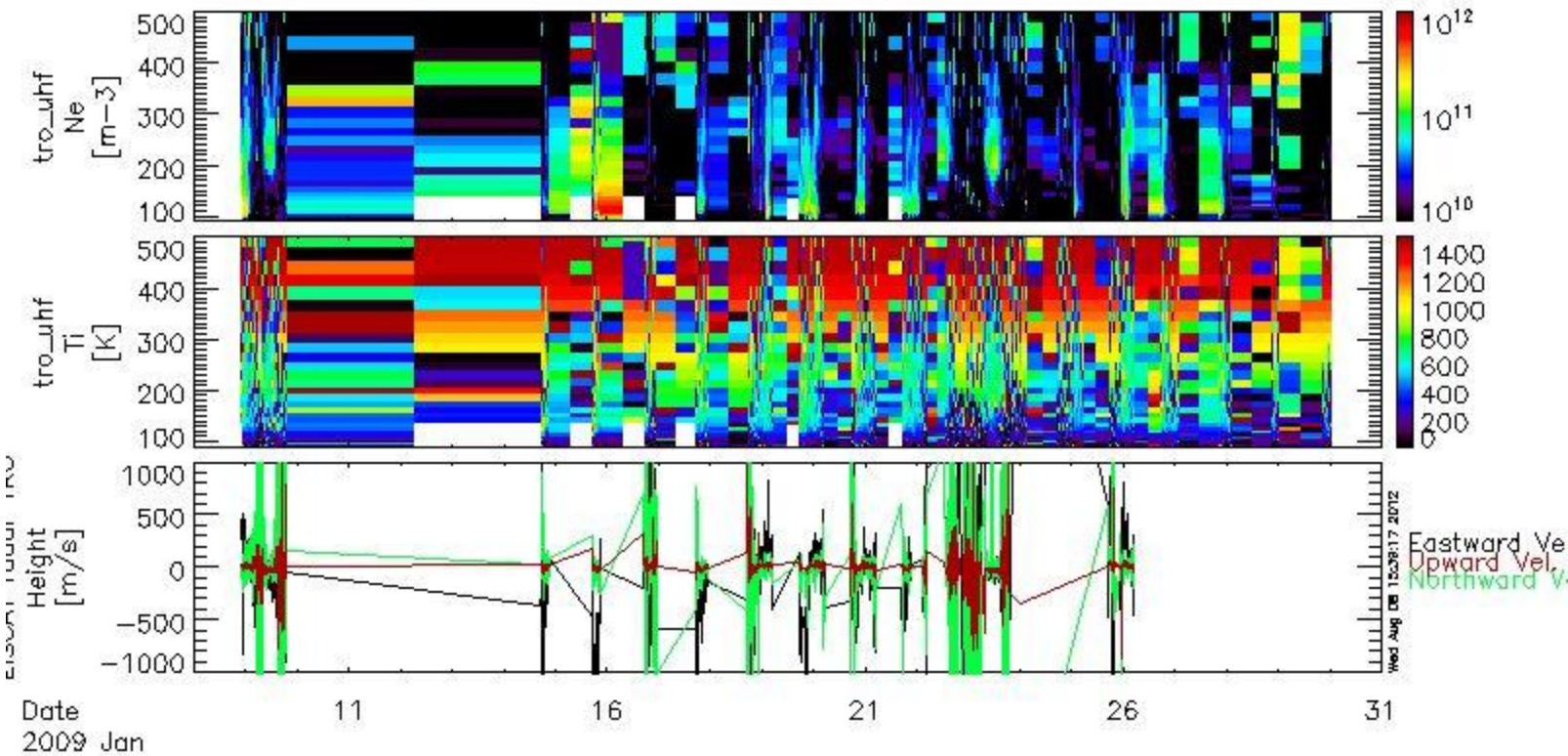
（1-3）EISCAT3次元イオン速度の追加表示

iug_load_eiscat_vecvel　　3次元イオン速度データの読み込み
tplot_names　　変数名の確認（eiscat_*_vecvel_*_* と記載）
tplot,['eiscat_trouhf_ne','eiscat_trouhf_ti','eiscat_trouhf_vecvel_mono_exb']
プロットの作成。3つ目に3次元イオン速度を表示。
（補足）eiscat_*_vecvel_*_exbはF領域の3次元イオン速度（ExBドリフト速度）を意味する。
eiscat_*_vecvel_mono_* の場合は、95-150 kmの各高度の3次元速度も表示可能。

電子密度の高度分布

イオン温度の高度分布

3次元イオン速度の時間変動



黒色が東向き、緑色が北向き、茶色が上向き成分

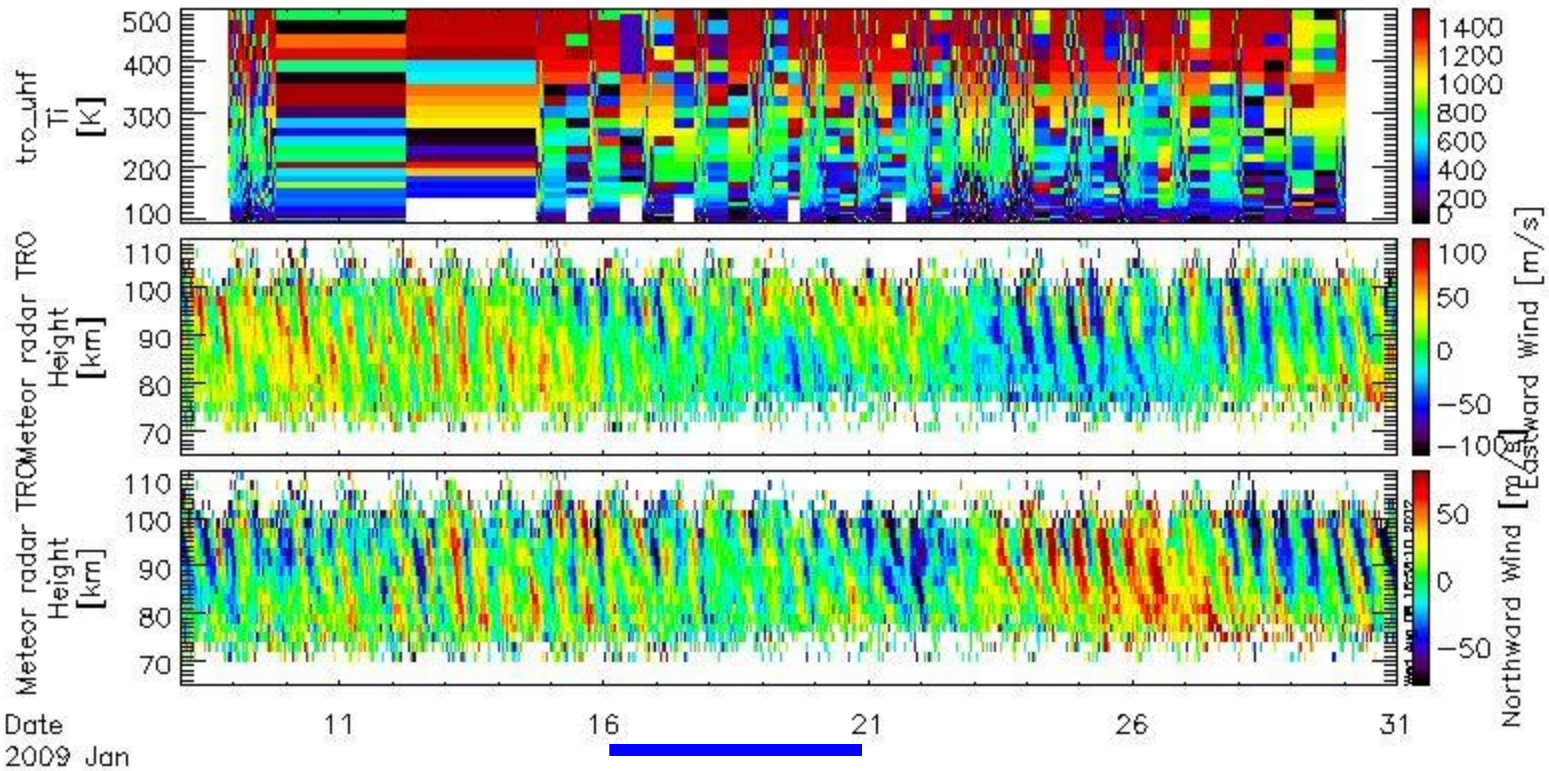
(1-4)流星レーダー(NTMR)風速の追加表示

iug_load_meteor_nipr　　流星レーダーデータの読み込み
tplot_names　　変数名の確認(トロムソとロングイアビン両方)
tplot,['eiscat_trouhf_ti','iug_meteor_tro_uwnd', 'iug_meteor_tro_vwnd']
プロットの作成。高度70-110kmの2次元風速の高度分布を表示。

イオン温度の高度分布(EISCAT)

中性風(東西成分)の高度分布(NTMR)

中性風(南北成分)の高度分布(NTMR)



西向きの風が卓越する領域が段々と降下

Kurihara et al., GRL, 2010 の Figure 2 作成までの流れ

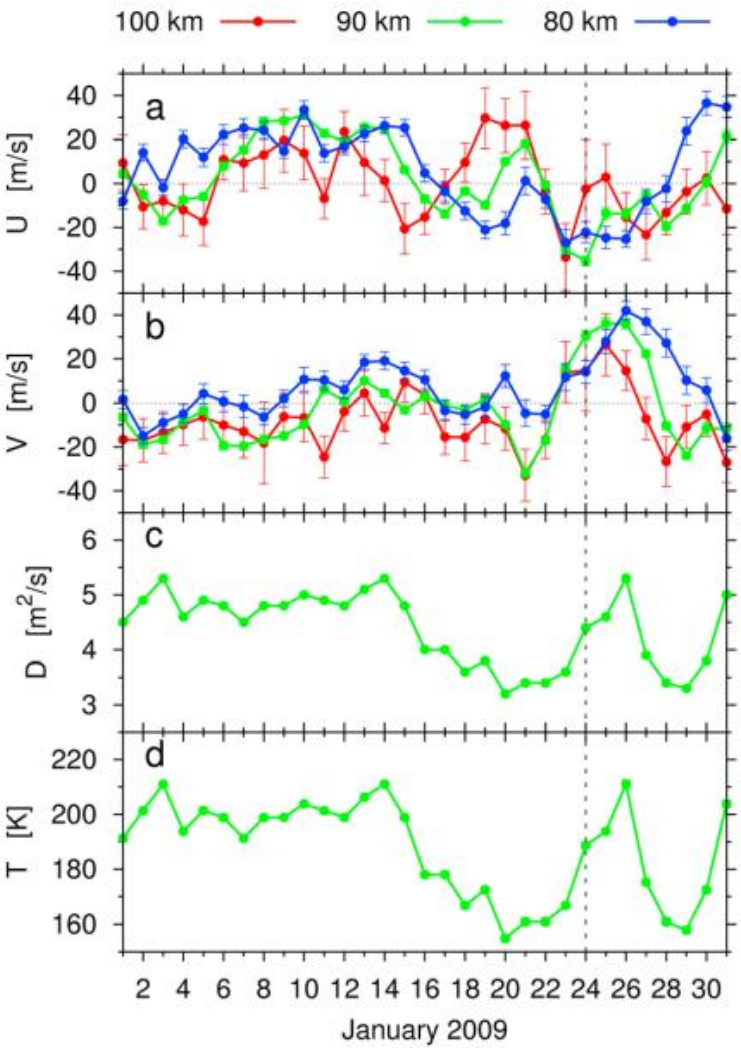


Figure 2. (a) Zonal wind, (b) meridional wind, (c) ambipolar diffusion coefficient, and (d) temperature variations derived from the NTMR data.

成層圏突然昇温に伴う極域中間圏の風速・温度変動を表示。

(1)トロムソ流星レーダーデータから3つの高度の風速データの抜き出し。
(2)風速2成分について、それぞれ1日平均値を作成。
(3)拡散係数の情報についても1日平均値を作成。
(4)拡散係数から温度変動を推定。

この内、(1)と(2)については、UDAS/TDASでも容易に作成・表示可能。

トロムソ/ロングイアビン流星レーダーデータの使用については、PIの堤雅基さん(tutumi@nipr.ac.jp)に御連絡下さい。

(1-5)太陽風/惑星間空間磁場の追加表示

omni_hro_load
tplot_names

太陽風/惑星間空間磁場データの読み込み
変数名の確認

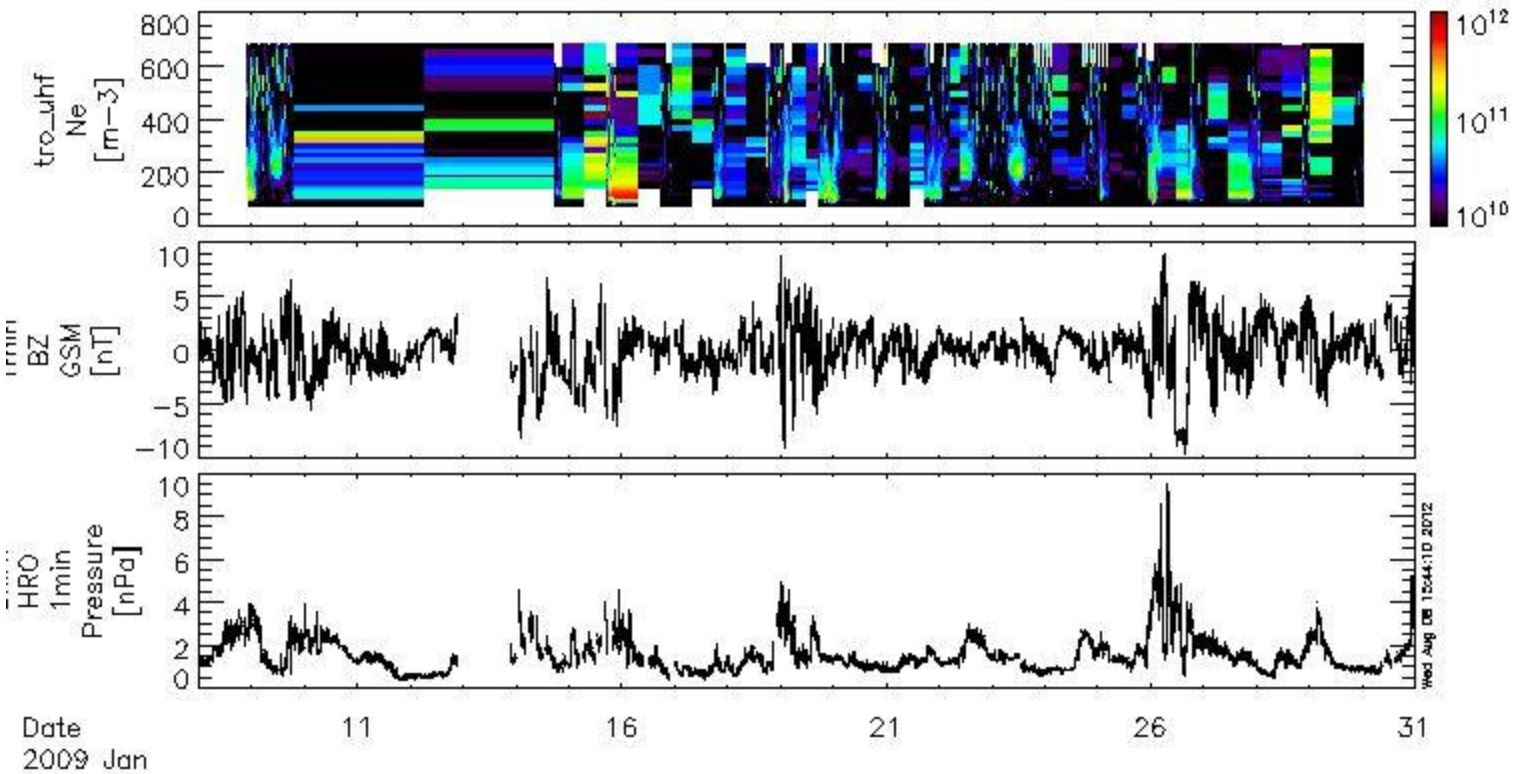
tplot,['eiscat_trouhf_ne','OMNI_HRO_1min_BZ_GSM','OMNI_HRO_1min_Pressure']

プロットの作成。惑星間空間磁場(南北成分)と太陽風動圧の1分値を表示。

電子密度の高度分布(EISCAT)

惑星間空間磁場(南北成分)

太陽風動圧



(1-6)表示する時間幅の変更

tlimit, '2009-01-25/22:00:00', '2009-01-26/04:00:00‘

表示する時間幅の指定（tlimit, /last　tlimit, /full 等の書き方もOK）

tplot,[‘eiscat_trouhf_??’,‘eiscat_trouhf_*_exb’,‘OMNI_HRO_1min_BZ_GSM’,‘OMNI_HRO_1min_Pressure’]　プロットの表示

ylim, ‘eiscat_*_exb’, -500, 500　ExBドリフト速度データのY軸を修正

tplot　再表示（軸の修正を反映）

（なお、2009-01-26 00:25 UT には、デルタ-2ロケットがアンドーヤから打ち上げ。）

電子密度

電子温度

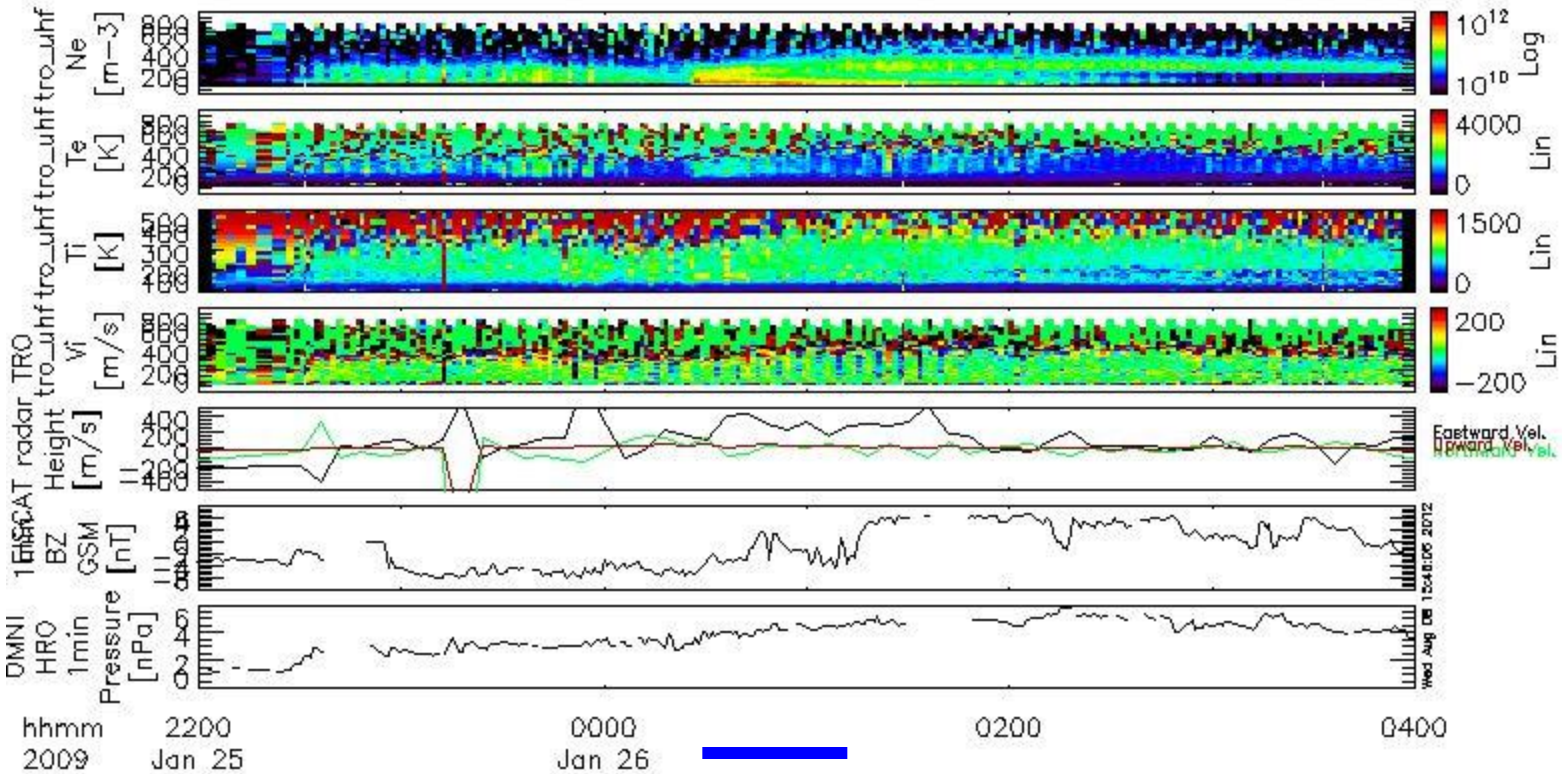
イオン温度

イオン速度

ExBドリフト速度

IMF Bz

太陽風動圧



電子密度増大時に東向きの対流速度を観測

(1-7)地上光学データの追加表示

iug_load_ask_nipr, site='tro'　地上光学データの読み込み(トロムソ)
ylim, 'iug_ask_*', -75, 75　Y軸の設定を変更
zlim, 'iug_ask_*', 0,120　Z軸の設定を変更
tplot,['eiscat_trouhf_??','eiscat_trouhf_*_exb','iug_ask_tro']
最下段にトロムソ光学データのケオグラムを表示。

電子密度

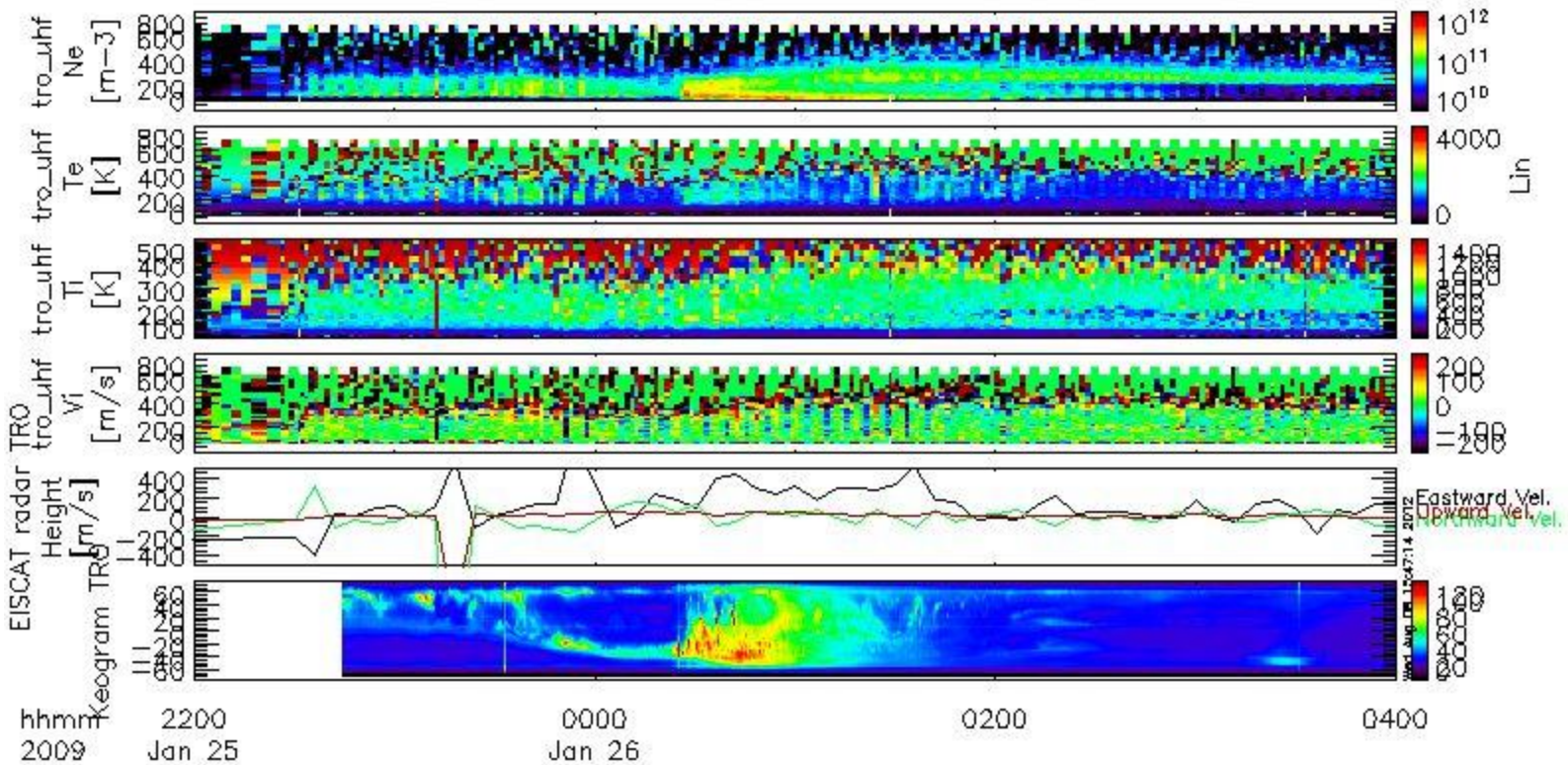
電子温度

イオン温度

イオン速度

ExBドリフト速度

トロムソ光学データ(南北ケオグラム)



（2）2010年1月の成層圏突然昇温イベント時の複数のEISCATデータのプロット作成

このときの成層圏突然昇温は 2010年01月28日に発生。EISCATでは、その前の1月18日から約12日間（トロムソ）/8日間（ロングイアビン）の連続観測を実施。

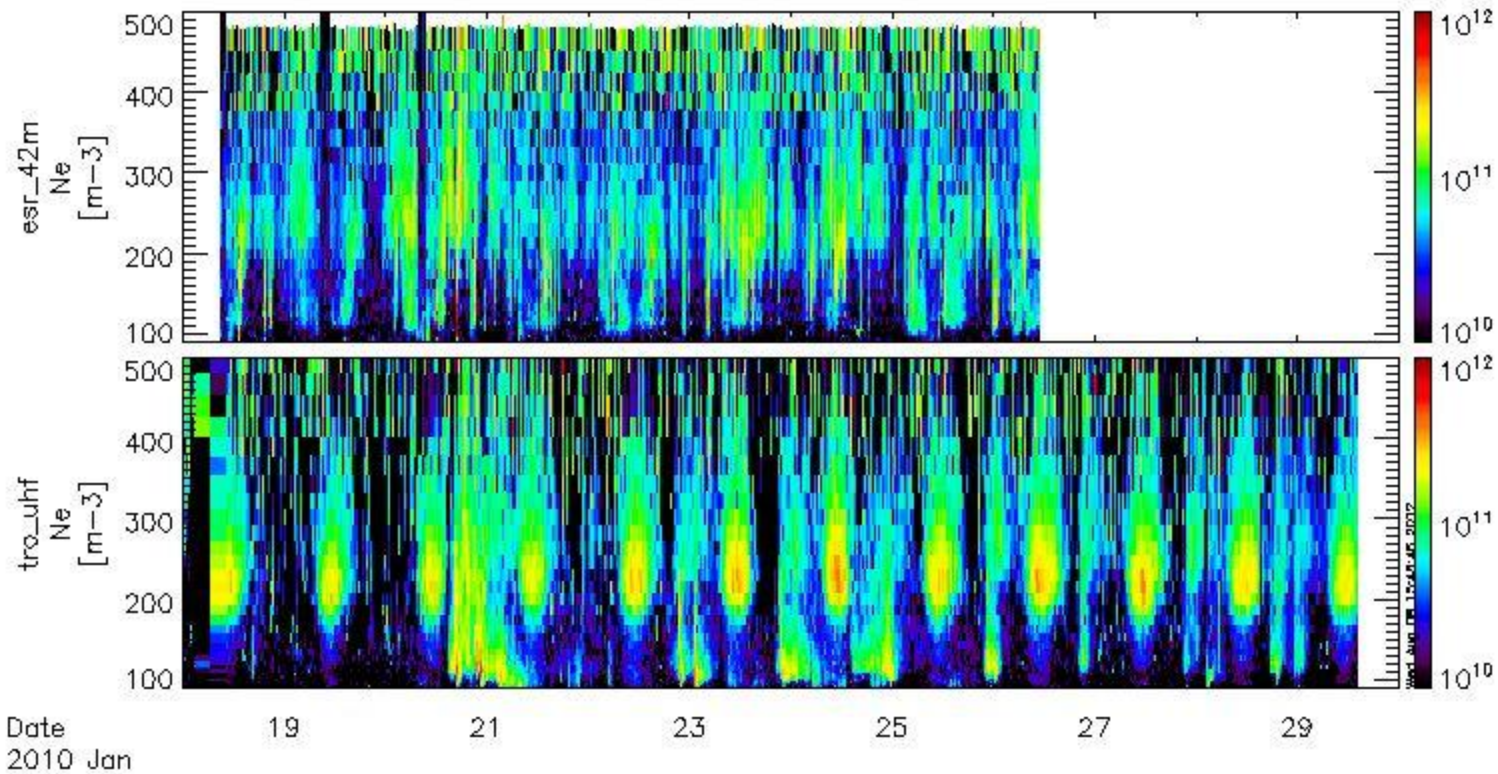
(2-1)2つのEISCATレーダーデータの同時表示

```
timespan, ‘2010-1-18’,12
iug_load_eiscat, /get_support_data
tplot,[‘eiscat_esr42m_ne’,‘eiscat_trouhf_ne’]
ylim, ‘eiscat_*_??’, 90, 500
tplot
```

データを読み込む日にちと日数の入力
EISCATデータの読み込み（すべて）
2つのレーダーの電子密度データをプロット
Y軸（高度幅）の変更
再表示（軸の修正を反映）

ロングイアビンESRによる電子密度の高度分布

トロムソUHFレーダーによる電子密度の高度分布



(2-2)太陽風/IMFや3次元イオン速度の追加表示

(2-1)の続き

iug_load_eiscat_vecvel　　EISCAT3次元イオン速度データの読み込み

omni_hro_load　　太陽風/IMFデータの読み込み

tplot,['eiscat_trouhf_ne','eiscat_esr42m_ne','eiscat_*_exb','OMNI_HRO_1min_BZ_GSM', 'OMNI_HRO_1min_Pressure']

読み込んだデータの追加プロット

電子密度@TRO

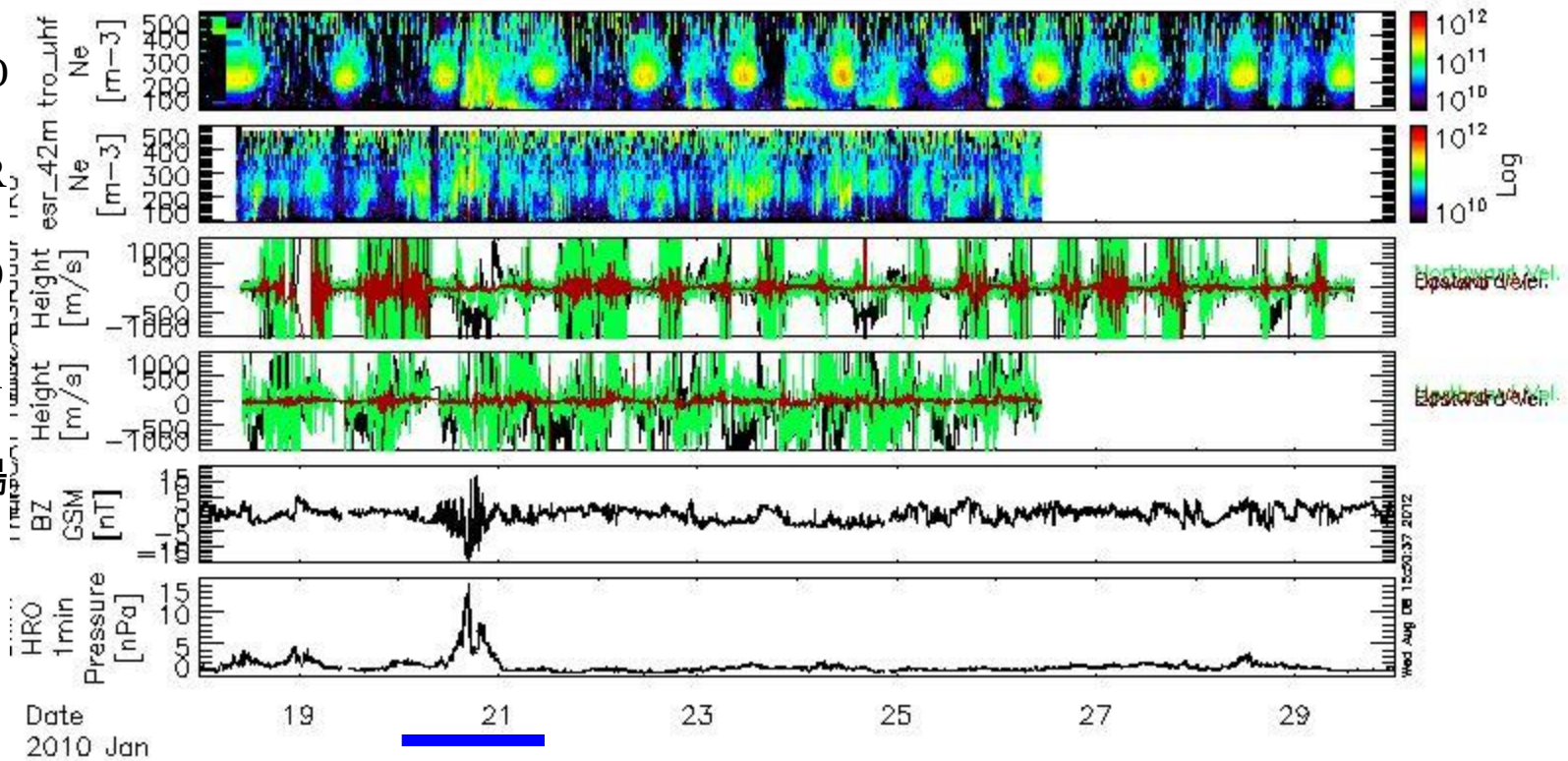
電子密度@LYR

ExB速度@TRO

ExB速度@LYR

惑星間空間磁場（南北成分）

太陽風動圧



複数のMクラスフレアに伴う太陽風密度や磁場変動を観測

(2-3) 太陽フレアと太陽風擾乱に伴う極域電離圏変動の詳細表示

tlimit, ‘2010-1-20/10:00:00’, ‘2010-1-21/12:00:00‘
ylim, ‘eiscat_*_exb’, -2000, 2000
tplot

表示する時間幅の指定 。
対流速度の表示軸の変更。
再表示（軸の修正を反映）

電子密度@TRO

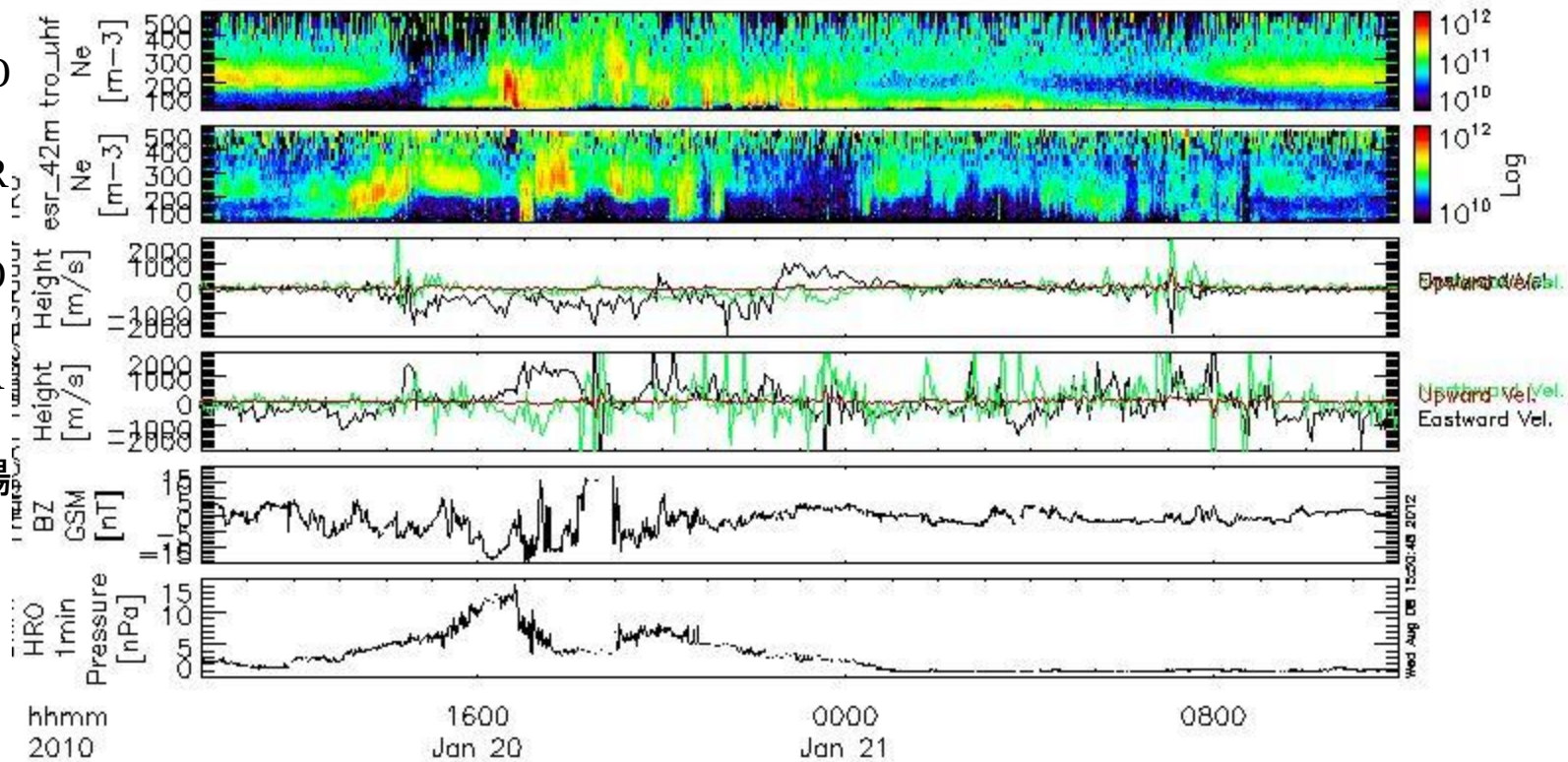
電子密度@LYR

ExB速度@TRO

ExB速度@LYR

惑星間空間磁場
（南北成分）

太陽風動圧



講習会での説明は以上。

次ページ以降は補足。

（その他1）ある時刻の高度分布を表示

```
thm_init
timespan, '2009-1-26',1
iug_load_eiscat
```

特定の時刻のためのインデックスを見つける:

```
inds=nn('eiscat_trouhf_ne','2009-01-26/00:50:00')
print, inds
```

tplotの変数をIDLの変数に変換する:

```
get_data, 'eiscat_trouhf_alt', data=alt1
get_data, 'eiscat_trouhf_ne', data=ne1
help, ne1, /struct
```

新しいウィンドウを開き、プロットを表示する:

```
window,1
plot, ne1.y(inds, *), alt1.y(inds, *), /xlog, xtitle='Ne',
ytitle='Altitude',xrange=[10.^10,10.^12],yrange=[90,500]
```

その他の方法として、マウスで表示したい時刻を選択:

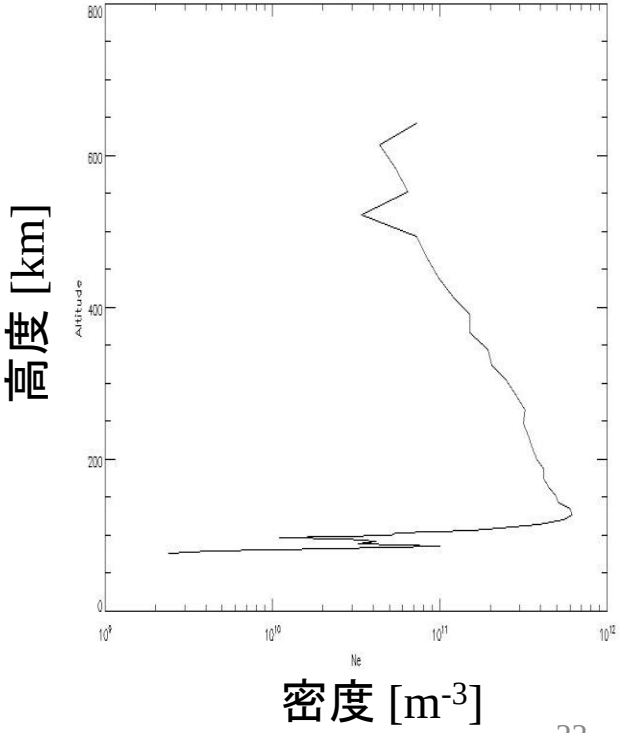
```
tplot,['eiscat_trouhf_ne']
window,2,xsize=256,ysize=256
ctime,/cut
```

（その後、右クリックでコマンドプロンプトに戻る。）

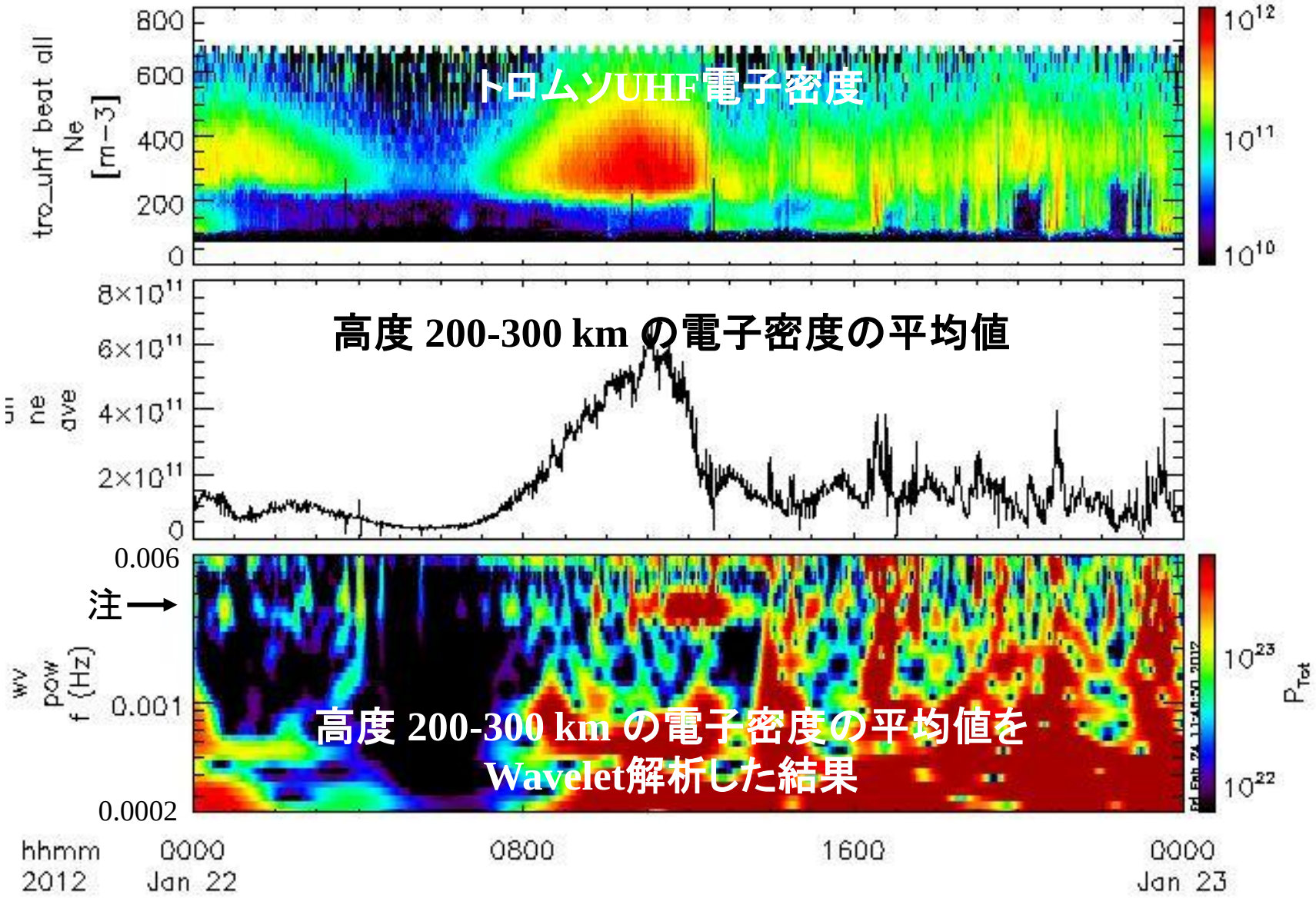
トロムソUHFデータの電子密度の高度分布を作成

例

2009-01-26 00:50:00 UT
の電子密度分布@トロムソ



（その他2）周波数解析



注：アンテナを約4分サイクルでスキャンしているためにピークが発生