

How to Visualize



SD

Keisuke Hosokawa

The University of Electro-Communications

hosokawa@ice.ucc.ac.jp

話の内容と時間配分

★ 観測とデータの概要

SuperDARN とは何なのか？ 観測のしくみ

1 次データ(rawacf 形式), 2 次データ(fitacf 形式), 3 次データ(map 形式)

★ レーダー視野の確認

レーダーの数の変遷, EISCAT, 地上カメラとの関係, れいめい衛星との関係

★ 2 次データ(fitacf 形式)の可視化と解析

基礎編: ポーラーパッチの観測を題材にして

- 時系列プロット (Range-Time-Intensity plot)
- 地図の上に描く (地理座標, 磁気座標, polar map, コマ送り, movie)
- 数値データの参照方法

応用編 1: 地上カメラ・れいめい衛星とのオーロラ同時観測を題材にして

応用編 2: 北海道レーダーの TID 観測を題材にして

★ 3 次データ(map 形式)の可視化

球関数展開の手法, 可視化の方法, そしてその信頼性

観測とデータの概要

SuperDARN とは何なのか？ 観測のしくみ

1 次データ(rawacf 形式), 2 次データ(fitacf 形式)

3 次データ(map 形式)

すごく簡単に概要をまとめると ...

EISCAT は ...

- 高い周波数 (VHF, UHF)
電離圏で屈折しない
- 強いパワー
- 鉛直上向きに電波を送信
(する人が多い)
- 鉛直方向に高い空間分解能
- 散乱対象は個々のプラズマ
- N_e, T_e, T_i, V_i を観測
- リモセンでありながら
in-situ 観測的な雰囲気
(とにかく場の量が分かる)

SuperDARN は ...

- 低い周波数 (HF)
電離圏で屈折する
- 強くないパワー (10 kW程度)
- 斜め上向きに電波を送信
(oblique sounding)
- 水平方向に広い観測視野
- 散乱対象は電子密度の縞々
(FAIs) もしくは地面 (海面)
- V_{\perp} を観測 (E x B drift)
- FAIs は電子密度の大規模構造
(polar patch, aurora) に伴うため
それらの時空間構造が分かる

電離圏エコーと地上散乱エコー

電離圏エコー (Ionospheric Scatter)

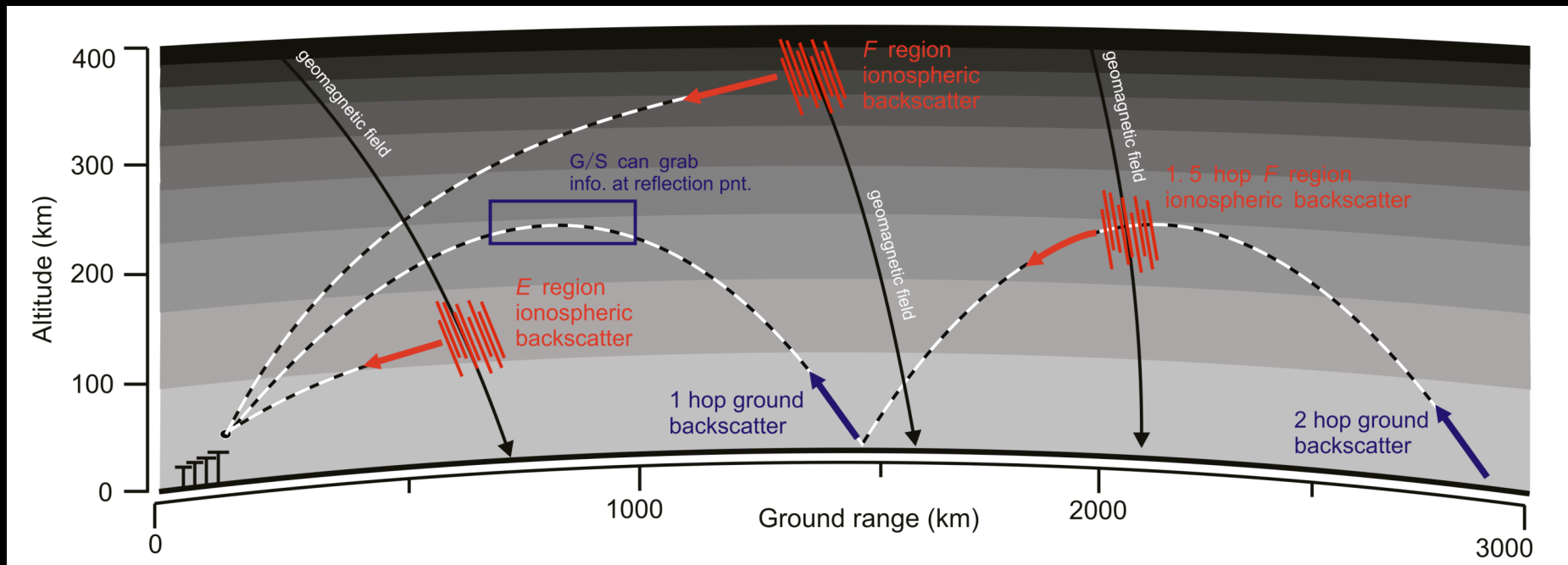
電離圏電子密度不規則構造 (FAIs) に電波が垂直に入射した時に起こるブラッグ散乱
印可された Doppler shift から電離圏プラズマの水平対流速度を得る

地上散乱エコー (Ground Scatter)

電離圏で反射した後、地面で散乱し、レーダーまで戻ってくるエコー。

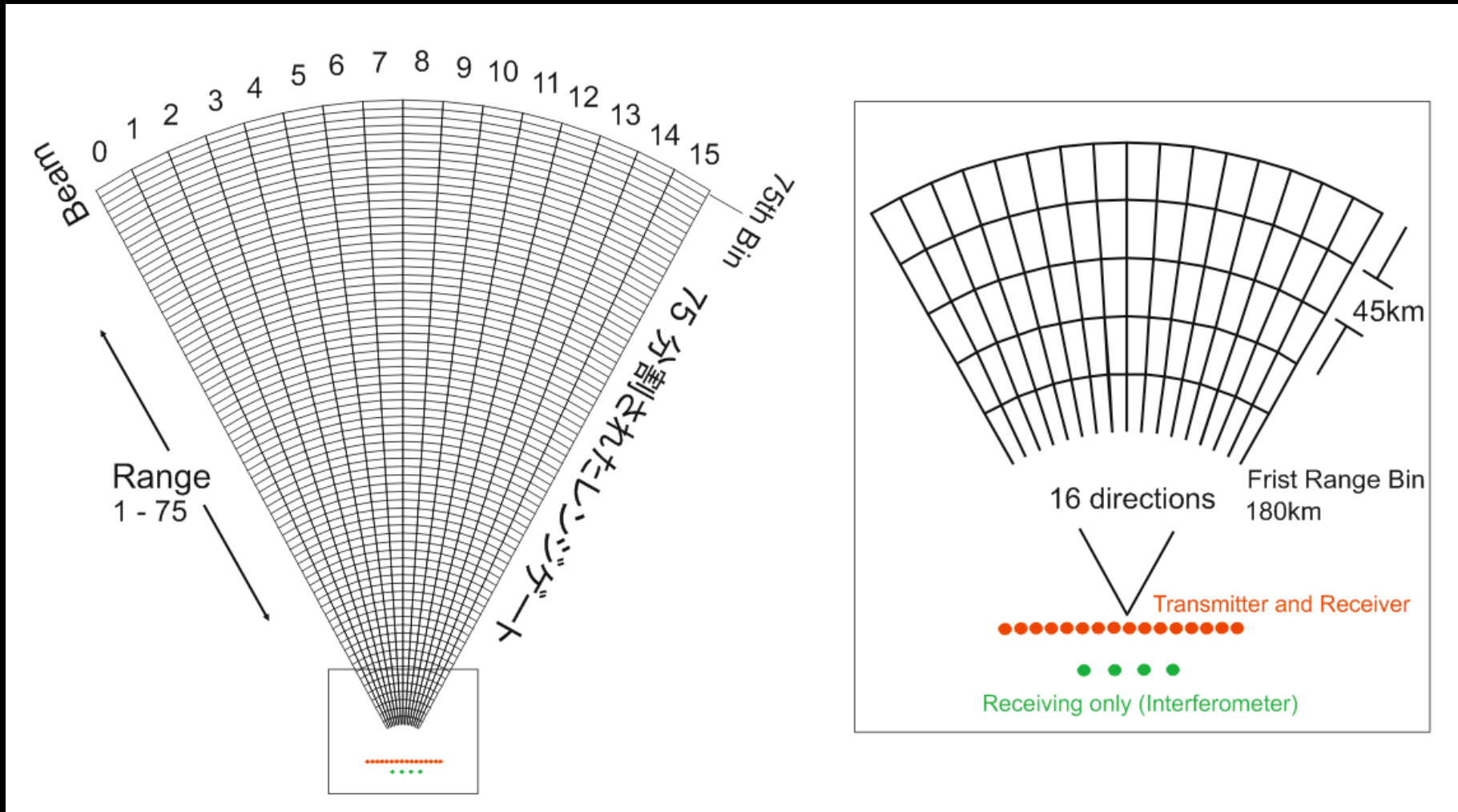
地面で散乱するため、Doppler 速度は一般に小さく ($< 50 \text{ m s}^{-1}$), スペクトル幅は狭い。

TID, ULF 波動などで電離圏に揺らぎ(擾乱)がある場合, その情報を持ち帰ることがある。



観測システムのあらまし

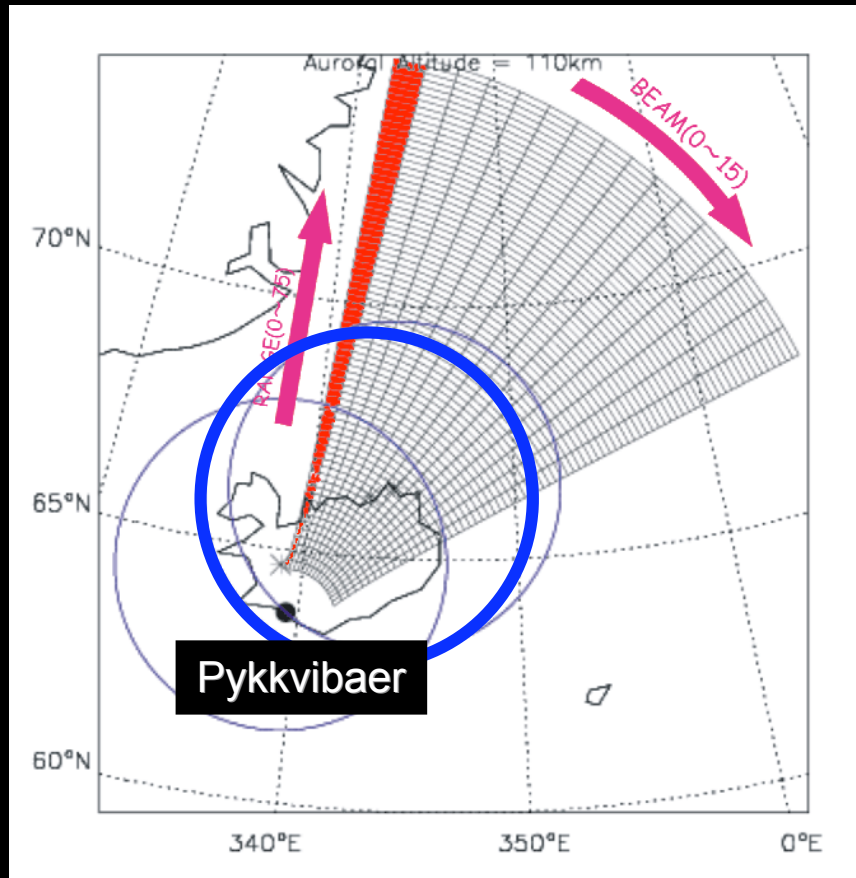
16本のメインアンテナアレイと4本のサブアンテナアレイ
16本の beam, 3.24度のビーム幅, beamは西から0, 1, 2, ..., 14, 15



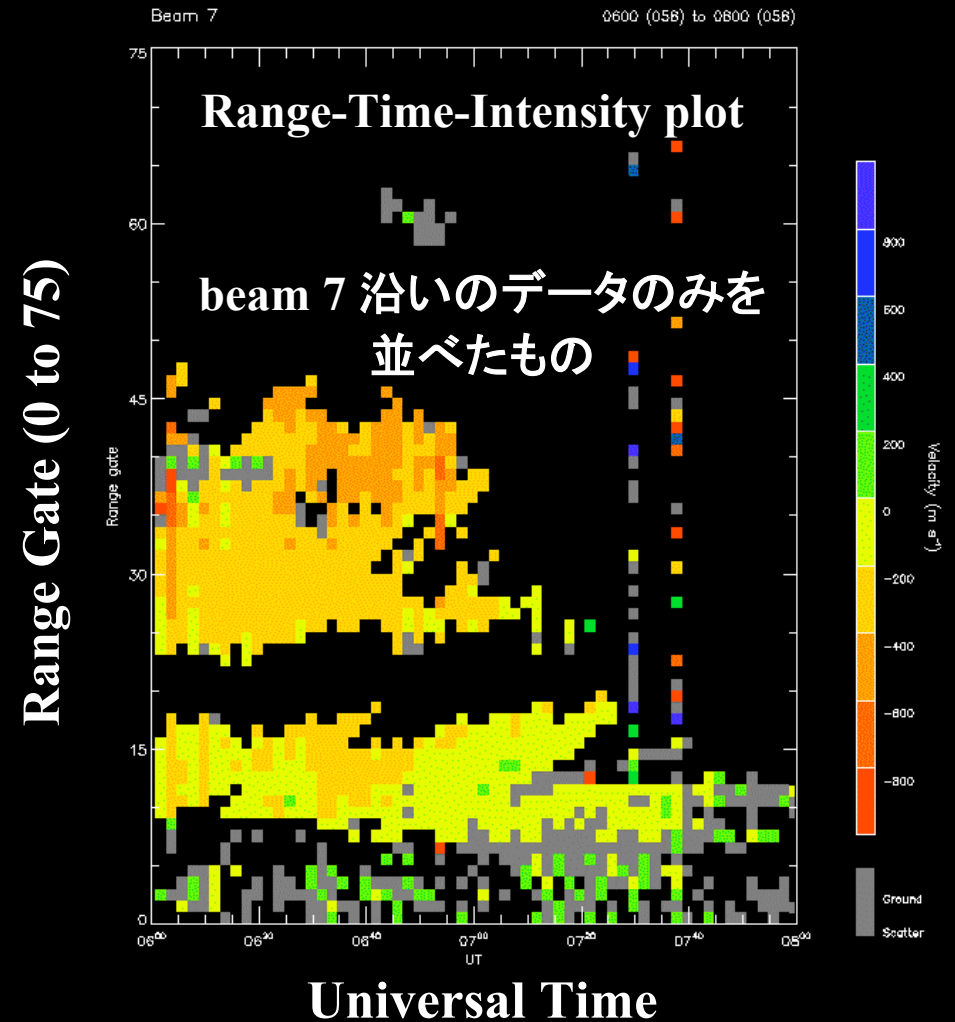
観測モードのあらまし

normal scan が全ての基本

1 方向を 7 秒間観測 x 16 beams = 120 秒で視野をフルスキャン



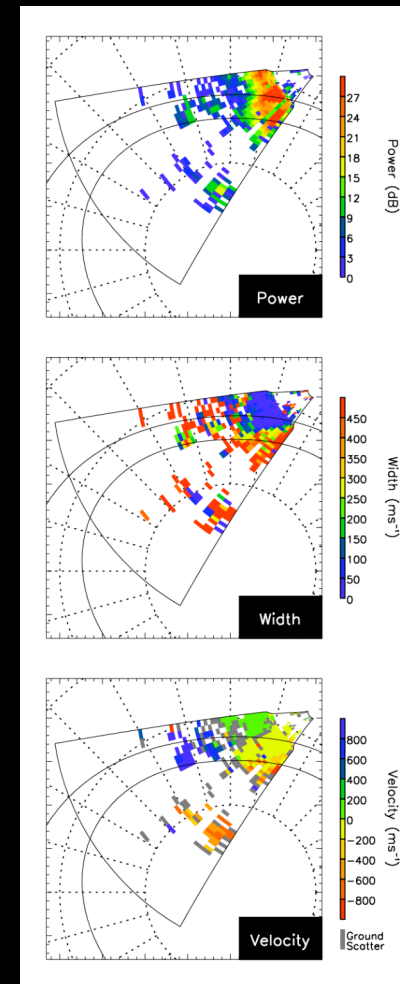
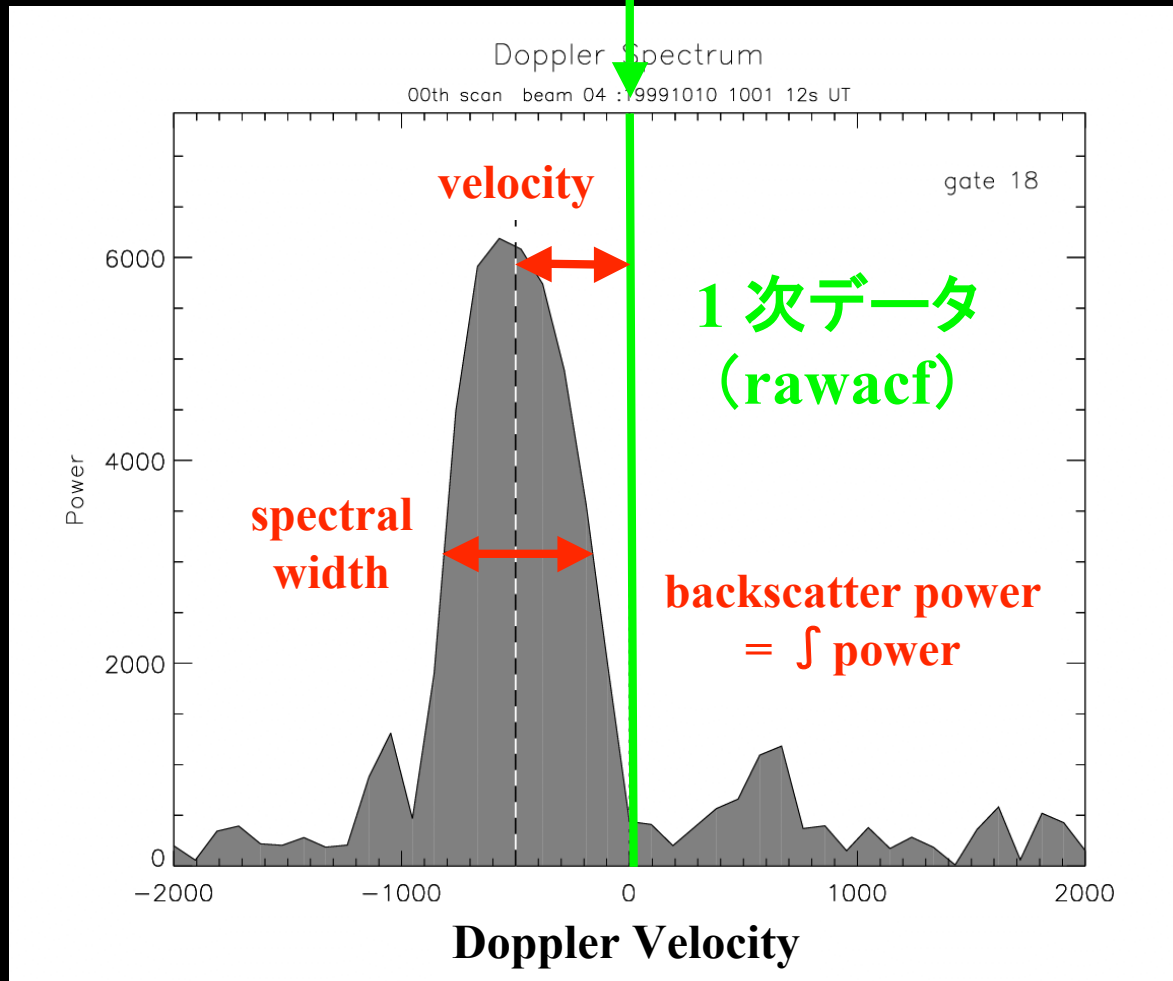
normal scan の霧囲気



1次データ(rawacf)から2次データ(fitacf)へ

送信周波数に対応

2次データ
(fitacf)



power

width

velocity

Doppler Frequency Shift と等価

レーダー視野の配置

レーダーの数の変遷

EISCAT, 地上カメラとの関係, れいめい衛星との関係

レーダーの観測視野 – EISCAT, 全天カメラとの関連

1. 視野プロットの作成

Go > **plot_polar_fov**, 19950501

Go > **plot_polar_fov**, 20010101

Go > **plot_polar_fov**, 20070326

座標系列は
AACGM Lat / Lon

2. EISCAT のサイトの位置を上書きする

Go > **plot_polar_fov**, 20070326, **/eiscat**

3. 地上カメラの視野 (OMTI, NIPR, THEMIS) を上書きする

Go > **plot_polar_fov**, 20070326, **/eiscat**, **/camera**

4. PostScript への出力

Go > **ps_open**, 'fov.ps' ← **ps ファイルの名前を指定**

Go > **plot_polar_fov**, 20070326, **/eiscat**, **/camera**

Go > **ps_preview** ← **ps ファイルを gv でプレビュー**

レーダーの名前とID

5. レーダーの名前の一覧とID の表示

Go > **list_radars**

北半球 >>

1	gbr	Goose Bay
3	kap	Kapuskasing
5	sas	Saskatoon
6	pgr	Prince George
7	kod	Kodiak
8	sto	Stokkseyri (Iceland West)
9	pyk	Pykkvibaer (Iceland East)
10	han	Hankasalmi (Finland)
16	ksr	King Salmon
32	wal	Wallops
40	hok	Hokkaido
65	rkn	Rankin Inlet

南半球 >>

4	hal	Halley Bay
11	san	Sanae
12	sys	Syowa South (昭和第1)
13	sye	Syowa East (昭和第2)
14	tig	Tiger
15	ker	Kerguelen
18	unw	Unwin

全 19 基

レーダーの観測視野 - れいめい衛星との関連

6. れいめい衛星の footprint (fdlat, fdlon から求めた AACGM Lat / Lon) を上書き

```
Go > plot_polar_fov, 20060924, /reimei
```

7. れいめい軌道の時間範囲を指定

```
Go > plot_polar_fov, 20060924, reimei=[0200, 0400]
```

-
8. 時刻を指定し、磁気緯度・磁気地方時座標系上に表示

```
Go > plot_polar_fov, 20060924, 0300 ← hhmm を指定
```

9. れいめい衛星の位置 (AACGM Lat / MLT) を上書き

```
Go > plot_polar_fov, 20060924, 0300, /reimei
```

時刻を指定しているので、衛星の位置は点になる

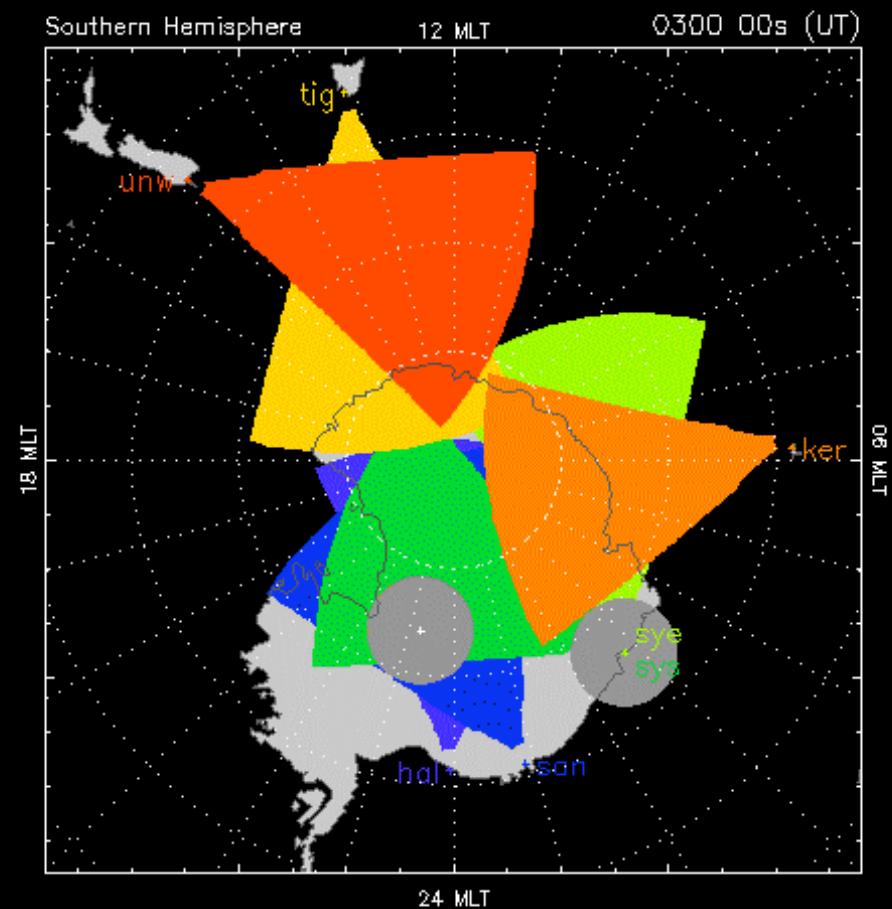
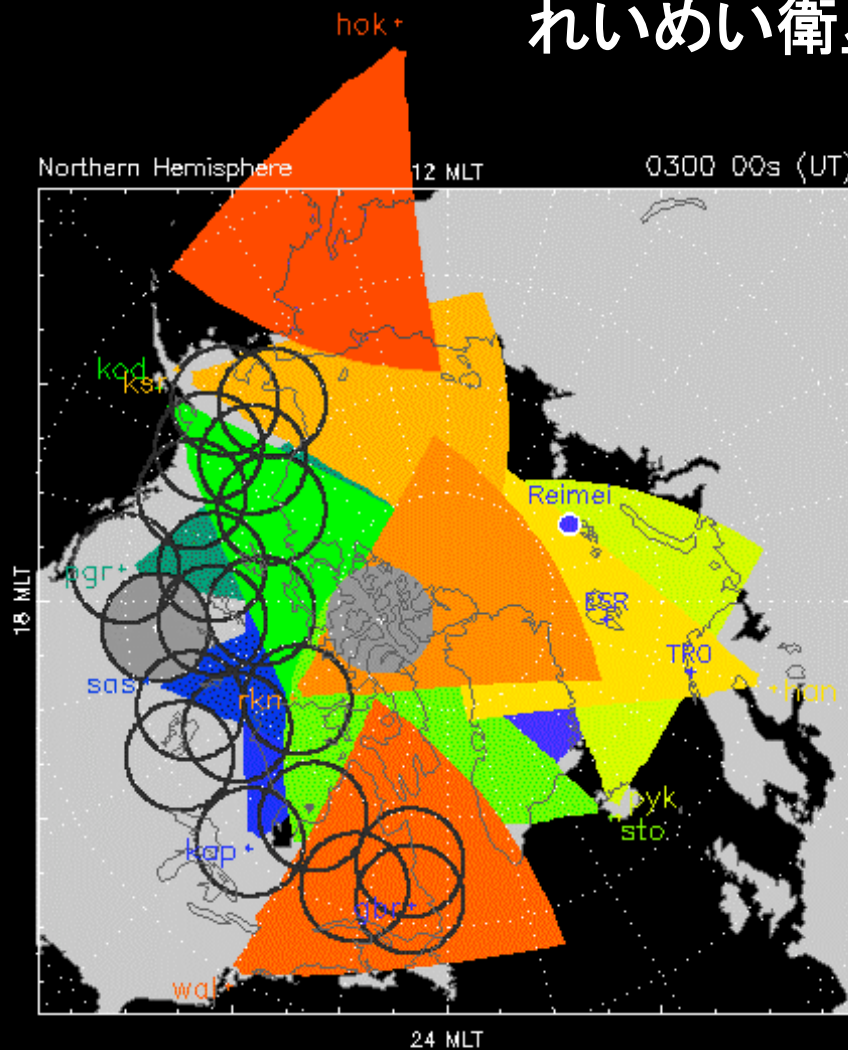
10. EISCAT, 地上カメラの視野など全てを上書き

```
Go > plot_polar_fov, 20070303, 0300, /reimei, /cam, /eiscat
```

視野の配置図は、データを解析する前に必見

灰色の○: 日本の定常観測カメラ (OMTIs, Syowa ASI, S-P ASI)
黒色の○: THEMIS カメラ

れいめい衛星の位置, Tromsoe, ESR は青色



2 次データ (fitacf 形式) の可視化と解析

基礎編:

ポーラーパッチの観測を題材にして (20 分)

時系列プロット (Range-Time-Intensity plot)

地図の上に描く (地理座標, 磁気座標, polar map, コマ送り, movie)

数値データの参照方法

応用編 1:

地上カメラ・れいめい衛星とのオーロラ同時観測を題材にして (10 分)

応用編 2:

北海道レーダーの TID 観測を題材にして (10 分)

基礎編

ポーラーキャップパッチを題材にして

fitacf データの読み出し

時系列プロット (RTI プロット)

地図の上に描く (地理座標, 磁気座標, polar map)

コマ送り, movie

数値データの参照方法

fitacf データの読み出し

1. Hankasalmi レーダーの 1999 年 2 月 27 日 06 UT から 4 時間分のデータを読んでみる

Go > **archive, 'han', 1999022706, 4** ← 読み出す時間長 (hour)

↑ ↑
レーダー ID スタート時刻: **yyyymmddhh**

SuperDARN radar	Hankasalmi (10)
Current file	19990227.0600.00.han.fitacf.bz2 (appended)
Start time	0600 00s (058)
End time	0959 48s (058)
Frequency band	12.300 to 12.500 MHz
Scan mode	> normal (ccw) (150)
No beams	1920 (20%)
No scans	120
Maximum file size	18 hours (9752 beams)

Scan mode について

1. **Common Time**: 全レーダーが共通観測を行わなければならない時間帯。
最低でも全観測時間の 50 % は確保される。通常は 20 days / month 程度。
PI の了解が得られればすぐにでも使用することが可能。殆どの場合これを用いる。

150	normal scan	7 sec / beam, 2 min / scan
151	fast normal scan	3 sec / beam, 1 min / scan
152	stereo normal	7 sec / beam, 2 min / scan on channel A
153	fast stereo normal	3 sec / beam, 1 min / scan on channel A
155 (9050)	normal sound	≐ normal scan (周波数最適化を行う)
157 (9060)	fast normal sound	≐ fast normal scan (周波数最適化を行う)

2. **Discretionary Time**: 各レーダーが勝手に観測モードを決めて良い時間帯。
れいめいと共同観測などはこの時間帯を使って、特別観測モードを走らせる。
基本的には、観測提案を行ったグループが解析する。

cpid がマイナスである場合は Discretionary Time Operation

3. **Special Time**: 全レーダーが参加して特殊な観測モードを行う時間帯。
最近は殆ど行われない。

cpid がプラスで、150, 151, 152, 153, 9050, 9060 以外のもの

fitacf データの読み出し

1. Hankasalmi レーダーの 1999 年 2 月 27 日 06 UT から
4 時間分のデータを読んでみる

Go > archive, 'han', 1999022706, 4

SuperDARN radar	Hankasalmi (10)
Current file	19990227.0600.00.han.fitacf.bz2 (appended)
Start time	0600 00s (058)
End time	0959 48s (058)
Frequency band	12.300 to 12.500 MHz
Scan mode	> normal (ccw) (150)
No beams	1920 (7%)
No scans	120
Maximum file size	48 hours (24672 beams)

2. Hankasalmi レーダーは 0800 UT にどのへんにいる？

Go > plot_polar_fov, 19990227, 0800

時系列プロット (RTI plot)

1. RTIプロットの作成

```
Go > plot_rti
```

2. プロットするビームを変えてみる

```
Go > set_beam, 5
```

```
Go > plot_rti
```

3. 時間幅を変えてみる

```
Go > time, 0730, 0930
```

```
Go > plot_rti start time, end time
```

4. スペクトル幅をプロット

```
Go > width_1
```

```
Go > plot_rti
```

5. ドップラー速度をプロット

```
Go > vel
```

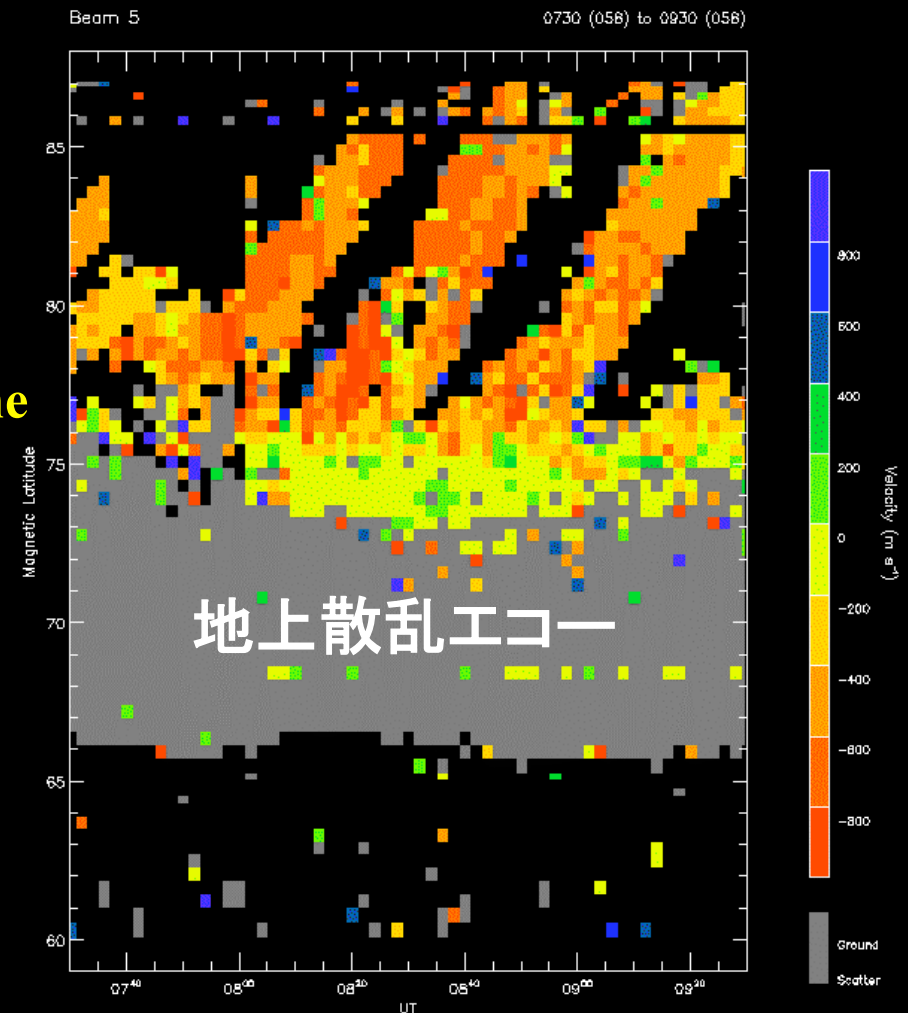
```
Go > plot_rti
```

SUPERDARN PARAMETER PLOT

27 Feb 1999 00

Hankasalmi: vel

normal (km) scan mode (130)



時系列プロット (RTI plot)

6. 縦軸を地理緯度に変えてみる

```
Go > set_coords, 'geog'
```

```
Go > plot_rti
```

7. 縦軸を磁気緯度に変えてみる

```
Go > set_coords, 'mag'
```

```
Go > plot_rti
```

8. 縦軸の範囲を変えてみる

```
Go > map, y=[70,85]
```

```
Go > plot_rti
```

9. 縦軸の範囲をデフォルトに戻す

```
Go > map, /default
```

10. カラースケールの変更

```
Go > set_scale, -800, 800
```

```
Go > plot_rti min, max
```

11. カラースケールをデフォルトに戻す

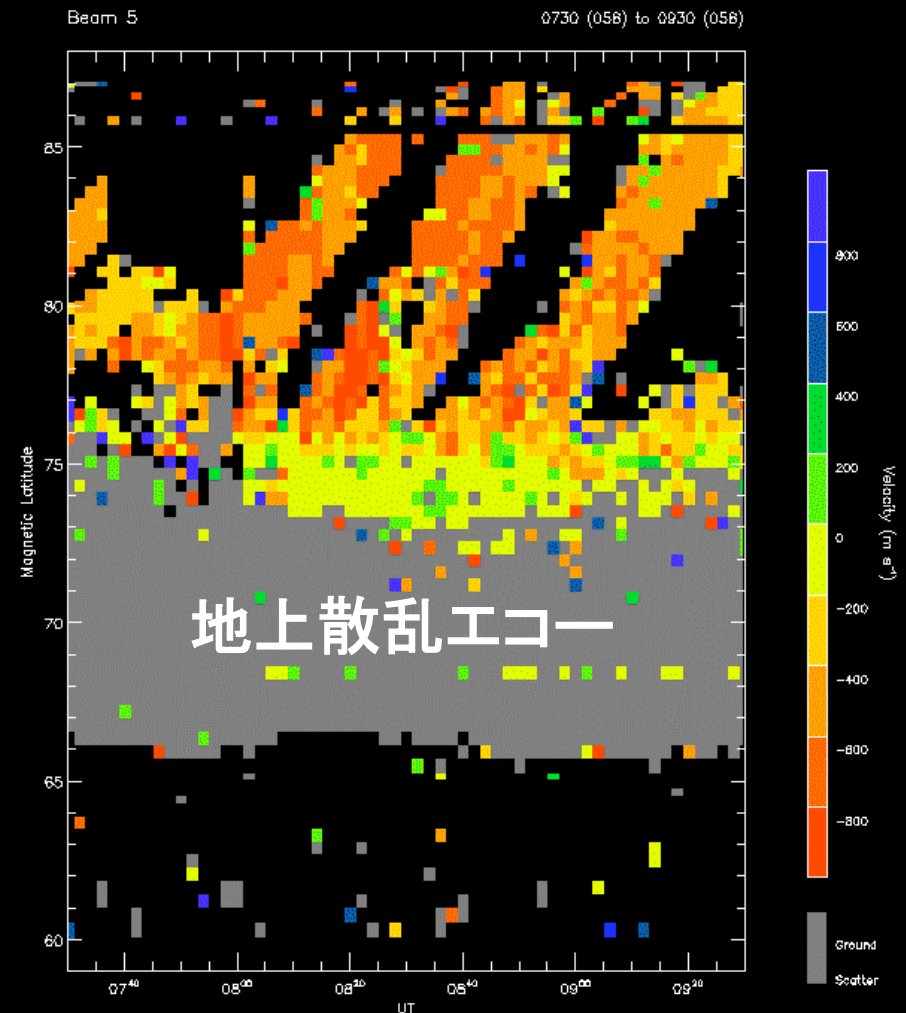
```
Go > default_scale
```

SUPERDARN PARAMETER PLOT

27 Feb 1999 00

Hankasalmi: vel

normal (-km) scan mode (130)



時系列プロット (RTI plot)

12. 電離圏エコーのみをプロット

Go > `set_scatter, 2`

Go > `plot_rti`

13. 地上散乱エコーのみをプロット

Go > `set_scatter, 1`

Go > `plot_rti`

14. 両方をプロット (区別なし)

Go > `set_scatter, 0`

Go > `plot_rti`

15. 両方をプロット (地上散乱は灰色)

注: デフォルトではこの設定

Go > `set_scatter, 3`

Go > `plot_rti`

16. 複数のビームをプロットしてみる

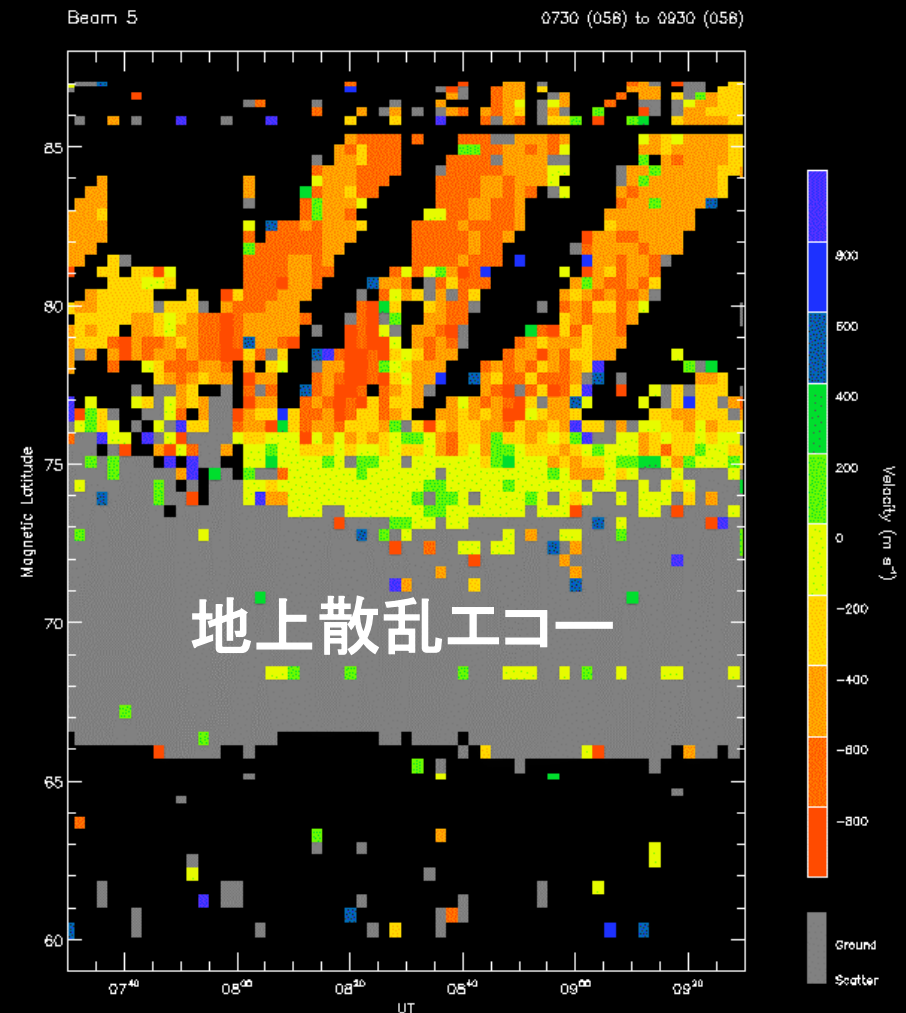
Go > `plot_rti, /all`

SUPERDARN PARAMETER PLOT

27 Feb 1999 00

Hankasalmi: vel

normal (-east) scan mode (130)



地図の上に描く (地理座標, 磁気座標, polar map)

1. 地理緯度・経度マップの作成

```
Go > set_coords, 'geog'
```

```
Go > plot_map
```

2. 磁気緯度・経度マップの作成

```
Go > set_coords, 'mag'
```

```
Go > plot_map
```

3. レーダー視野も上書きできる

```
Go > plot_map, /beams
```

4. 複数のパネルを連続的に書ける

```
Go > plot_map, 2, 3
```

```
Go > plot_map, 3, 4
```

↑
横方向のパネル数, 縦方向のパネル数

SUPERDARN PARAMETER PLOT

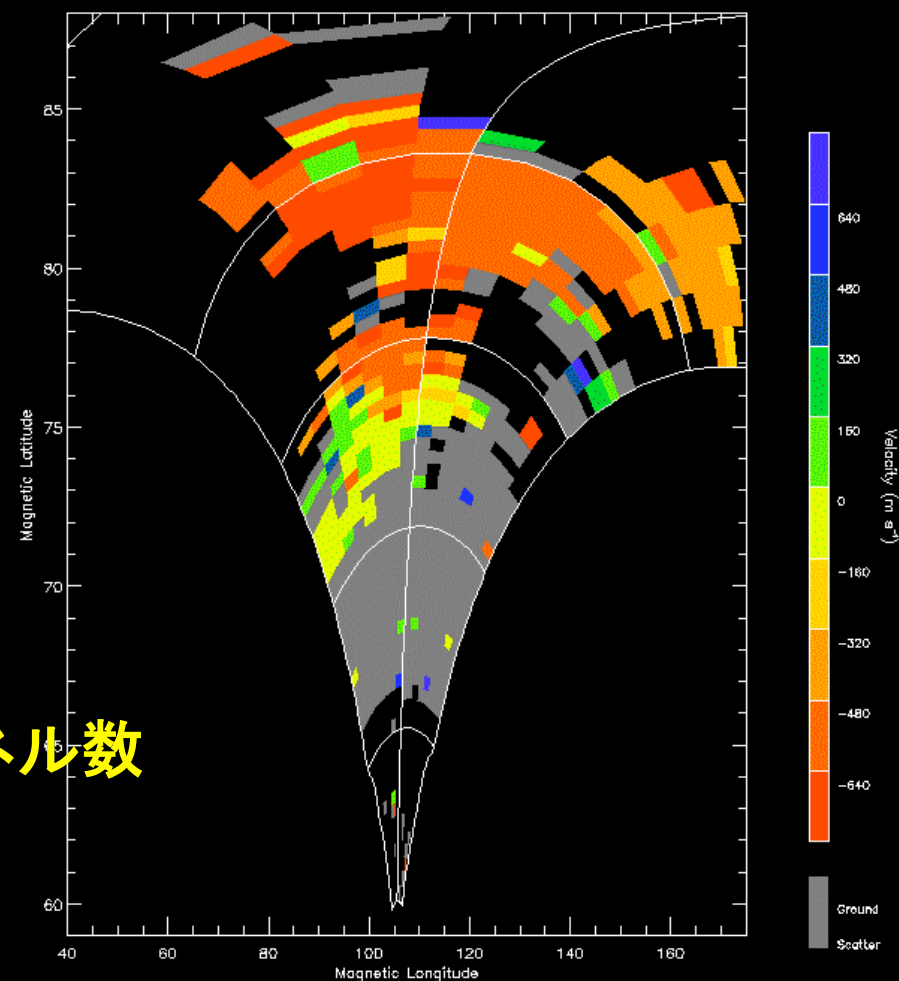
27 Feb 1999 00

Hankasalmi: vel

normal (km) scan mode (1:1)

0812 00s (058)

12.405 MHz



地図の上に描く (地理座標, 磁気座標, polar map)

1. polar map の作成

Go > `plot_polar`

2. オーロラオーバルモデルの上書き

Go > `overlay_polar_oval, Kp=2` ← モデルに入力する Kp 指数を指定

3. レーダーの視野の上書き

Go > `overlay_polar_beams`

4. 地形の上書き

Go > `overlay_polar_coast`

Go > `overlay_polar_coast, /fill, col=253`

5. レーダーの周囲のみを拡大表示

Go > `plot_polar, /clip`

6. 複数のパネルを連続的にも書ける

Go > `plot_polar, 4, 5, /beams, /clip`

↑
横方向のパネル数, 縦方向のパネル数

SUPERDARN PARAMETER PLOT

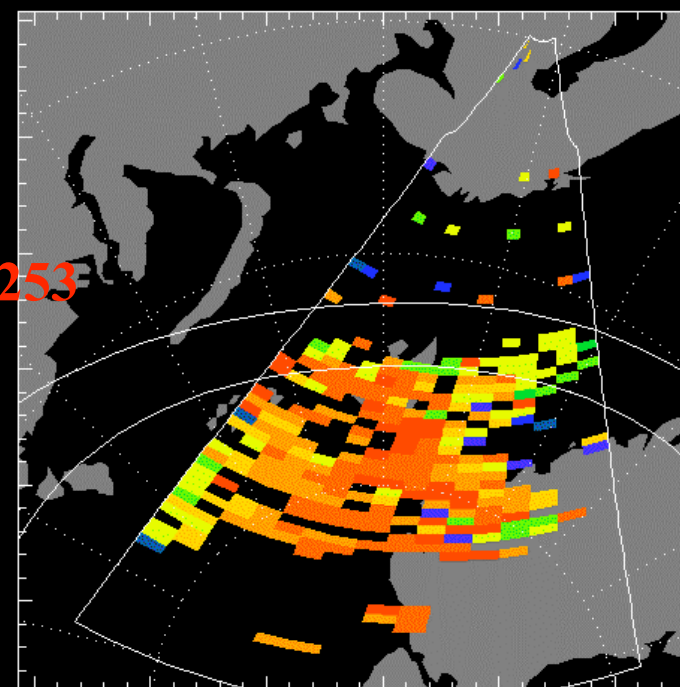
27 Feb 1999 00

Hankasalmi: vel

normal (km) scan mode (150)

0900 00s (058)

12.405 MHz



Ionospheric
scat only

Scan を行き来する – プロットする時刻の指定

- ★ 殆どの場合, レーダーは beam 0 から 15 までを連続的に掃引する.
- ★ 連続的に掃引された 16 本の beam をまとめて scan と呼ぶ.
- ★ 2 次元プロットを行う場合, scan 毎にデータをまとめて表示する.

1. scan の一覧表示

Go > `list_scans`

今の場合, 4 時間分の normal scan のデータ (2 分間で視野全体を掃引) を読み込んでいるため, 全体で 120 回分の scan がある.
現在の scan のところに “>” というマークがついている.

2. scan 番号を指定して, 現在の scan をジャンプ

Go > `go, 45` ← 45 番目の scan にジャンプ

3. 時刻を指定して, 現在の scan をジャンプ

Go > `go_time, 0730` ← 0730 UT にジャンプ

Go > `plot_polar | plot_map`

Scan を行き来する – プロットする時刻の指定

いちいちコマンドを打つのが面倒な場合...

4. 磁気緯度・経度マップに関しては

Go > **browse**

Go > **browse, 2, 3**

↑
横方向のパネル数, 縦方向のパネル数

5. polar map に関しては

Go > **browse_polar**

Go > **browse_polar, 1, 2**

↑
パラメータの変更



↑
1 scan
戻る

↑
1 scan
進む

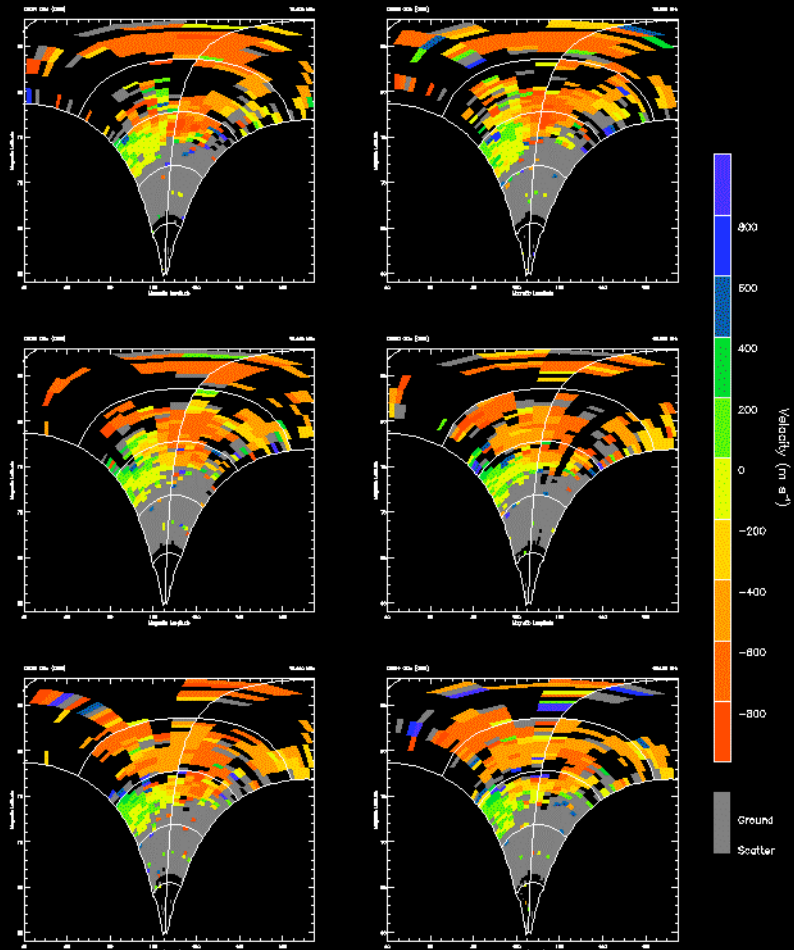
↑
プロットする

SUPERDARN PARAMETER PLOT

27 Feb 1999 00

Hankasalmi: vel

name1 (km) scan mode (150)



地図の上に描く (movie での表示)

1. movie にする scan の範囲を確認しておく. あまり長くないほうが良い.

Go > list_scans

ここでは scan 60 から scan 70 までを movie にする

2. 地理座標上の movie 表示

Go > set_coords, 'geog'

Go > movie, 60, 70, /beams

↑
start scan と end scan

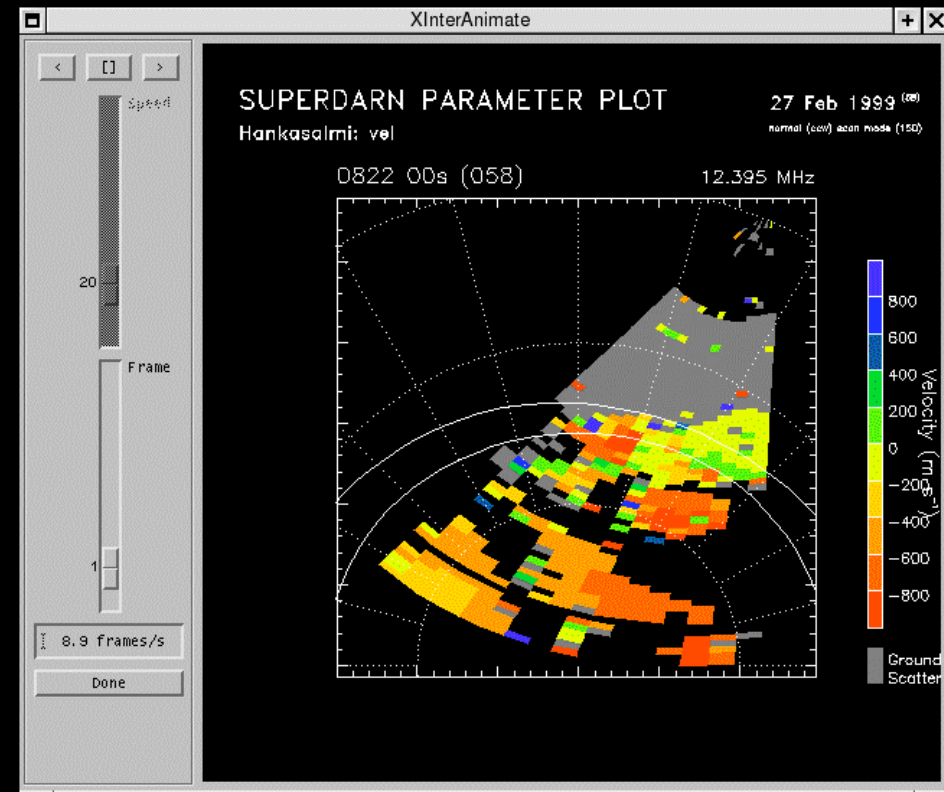
3. 地磁気座標上の movie 表示

Go > set_coords, 'mag'

Go > movie, 60, 70, /beams

4. polar map 上の movie 表示

Go > movie, 60, 70, /polar, /beams



地図の上に描く (movie での表示)

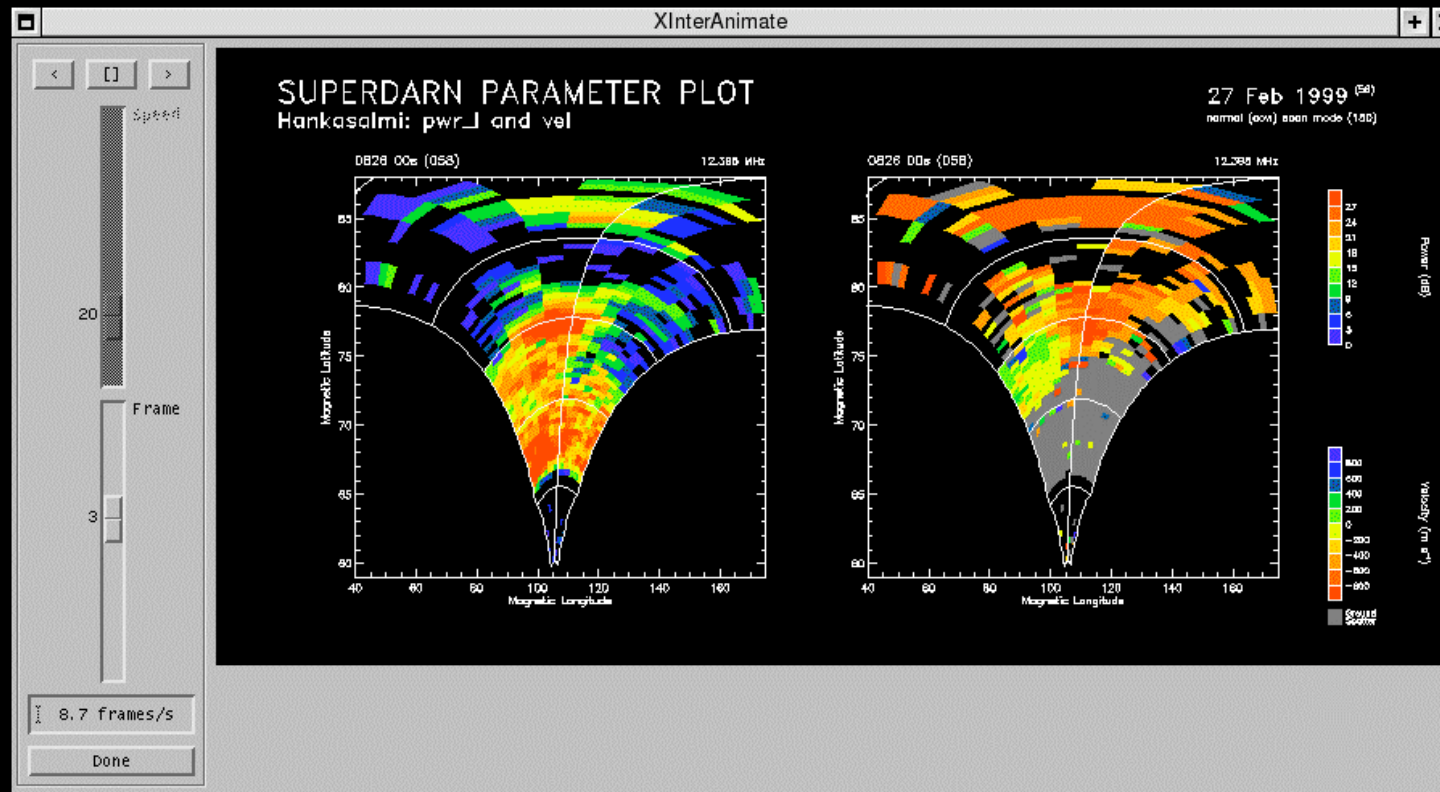
5. 2つのパラメータを同時に movie 表示

Go > movie_2_par, 'pwr_l', 'vel', 60, 70, /beams

Go > movie_2_par, 'vel', 'width_l', 60, 70, /polar, /beam



↑
プロットしたい二つのパラメータを指定



Go 上での数値データの扱いかた

- データ量(データは一本のビームがひとつのブロック)

Go > help, **no_beams**

- データの入っている配列 (75 x no_beams の2次元配列)

Go > help, **a1** ← パワー (pwr_1)

Go > help, **a2** ← ドップラー速度 (vel)

Go > help, **a3** ← スペクトル幅 (width_1)

- データに関する情報が入っている配列 (no_beams の一次元配列)

Go > help, **beam_time** ← beam の時間(その年の始めからのトータル秒)

Go > help, **beam_dir** ← beam の番号(方向)

- fov の入っている配列 (17 x 75 の2次元配列)

Go > **set_coords**, 'geog' | 'mag'

Go > **define_beams**

Go > help, **x** ← 経度

Go > help, **y** ← 緯度

一度 Go の上でデータの読み出しをしてしまえば、後は、IDL 上でユーザー自身のデータ解析が可能

応用編 1

地上カメラ・れいめい衛星とのオーロラ同時観測を題材にして

STEREO レーダーのデータの読み出し

衛星軌道の上書き

ラインプロット

fitacf データの読み出し (STEREO レーダーの場合)

1. Pykkvibaer レーダーの 2006 年 9 月 24 日 02 UT から
2 時間分のデータを読んでみる

Go > archive, 'pyk', 2006092402, 2

SuperDARN radar	Pykkvibaer (9)
Current file	20060924.0200.04.pyk.fitacf.bz2
Start time	0200 04s (267)
End time	0400 30s (267)
Frequency band	10.100 to 10.700 MHz
Scan mode	myopic over Tjornes 2005 (-26401) > myopic 2005 (-6401)
No beams	6720 (72%)
No scans	420
Maximum file size	18 hours (9252 beams)

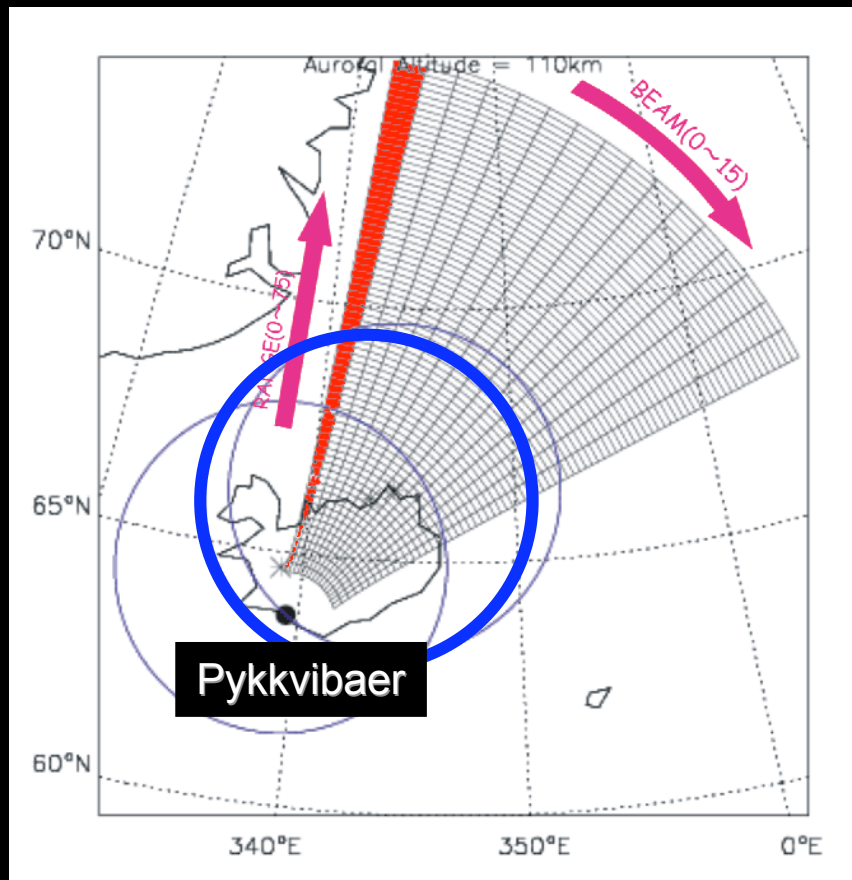
fitacf データの読み出し(STEREO レーダーの場合)

range gate 間の空間分解能を 15 km にした *E* 領域特別観測

channel A: cpid -6401

16 beam full scan / 32 sec

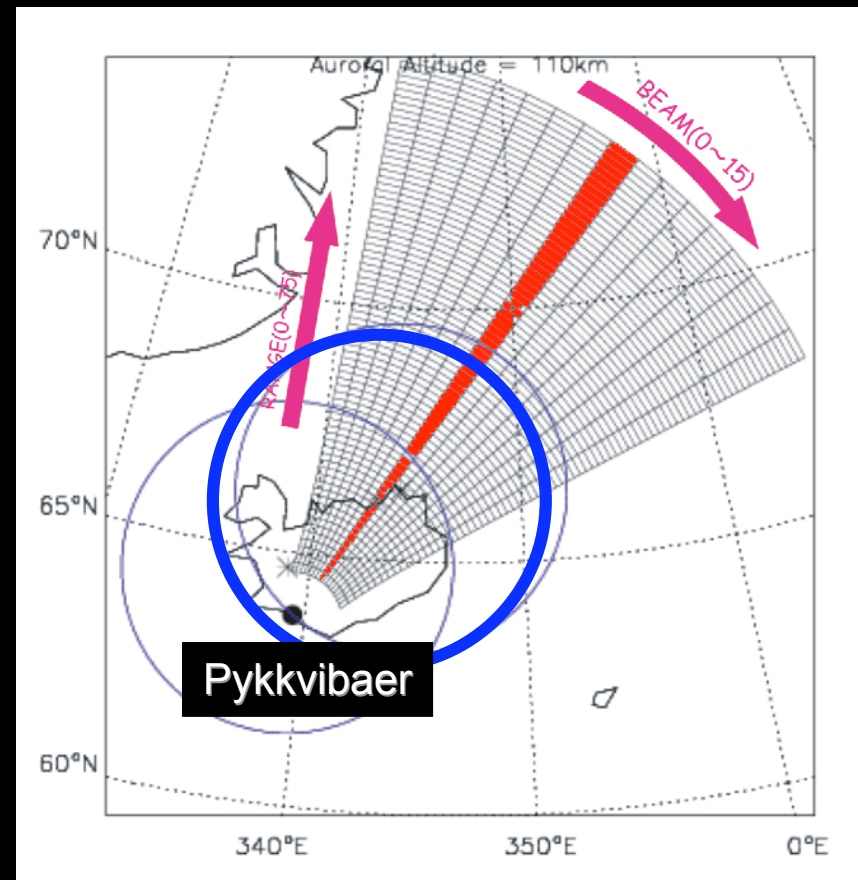
広域空間構造を観測



channel B: cpid -26401

camp beam 7: 2 sec resolution

Tjornes 上空の時間変化を観測



channel A だけを取り出して解析

2. channel A (myopic 2005, cpid: -6401)だけを抽出

```
Go > make_mono, -6401
```

```
Go > vel
```

```
Go > plot_rti, /all
```

3. polar plot にしてみる

```
Go > go_time, 0259
```

```
Go > plot_polar, /beams
```

扇形が小さい(15 km の分解能)

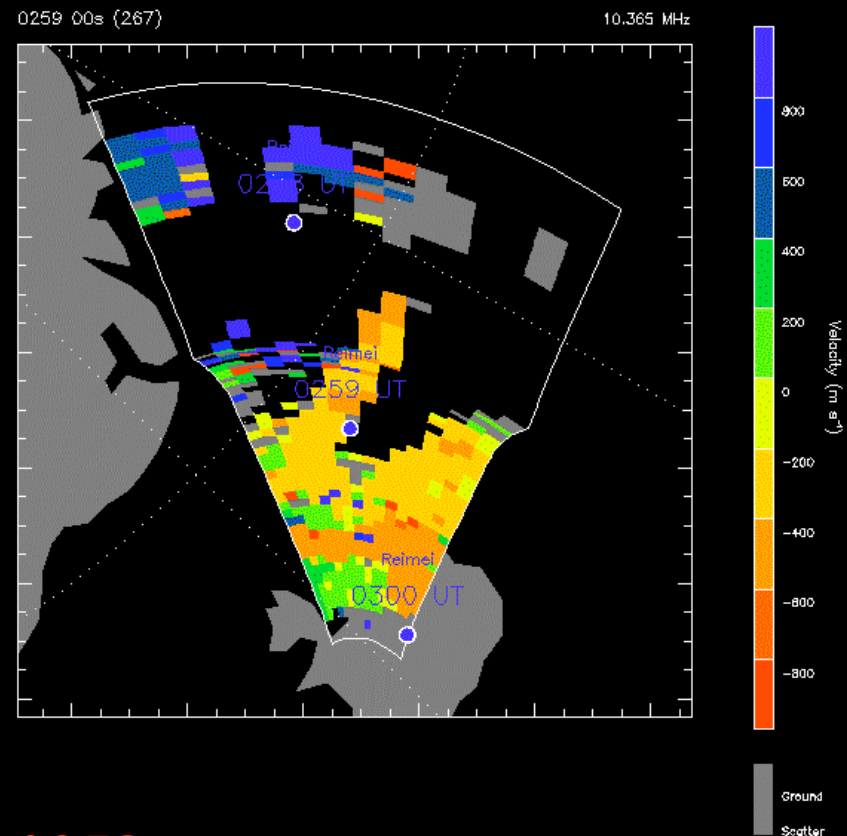
```
Go > plot_polar, /clip, /beams
```

4. れいめいの軌道を上書き

```
Go > overlay_reimei, 20060924, 0258
```

```
Go > overlay_reimei, 20060924, 0259
```

```
Go > overlay_reimei, 20060924, 0300
```



channel B だけを取り出してラインプロット

5. channel B (myopic 2005 over Tjornes, cpid: -26401) は?

```
Go > archive, 'pyk', 2006092402,2
```

```
Go > make_mono, -26401
```

```
Go > set_coords, 'gate'
```

```
Go > plot_rti, /all
```

```
Go > set_beam, 7
```

```
Go > plot_rti
```

6. 時間幅を狭める

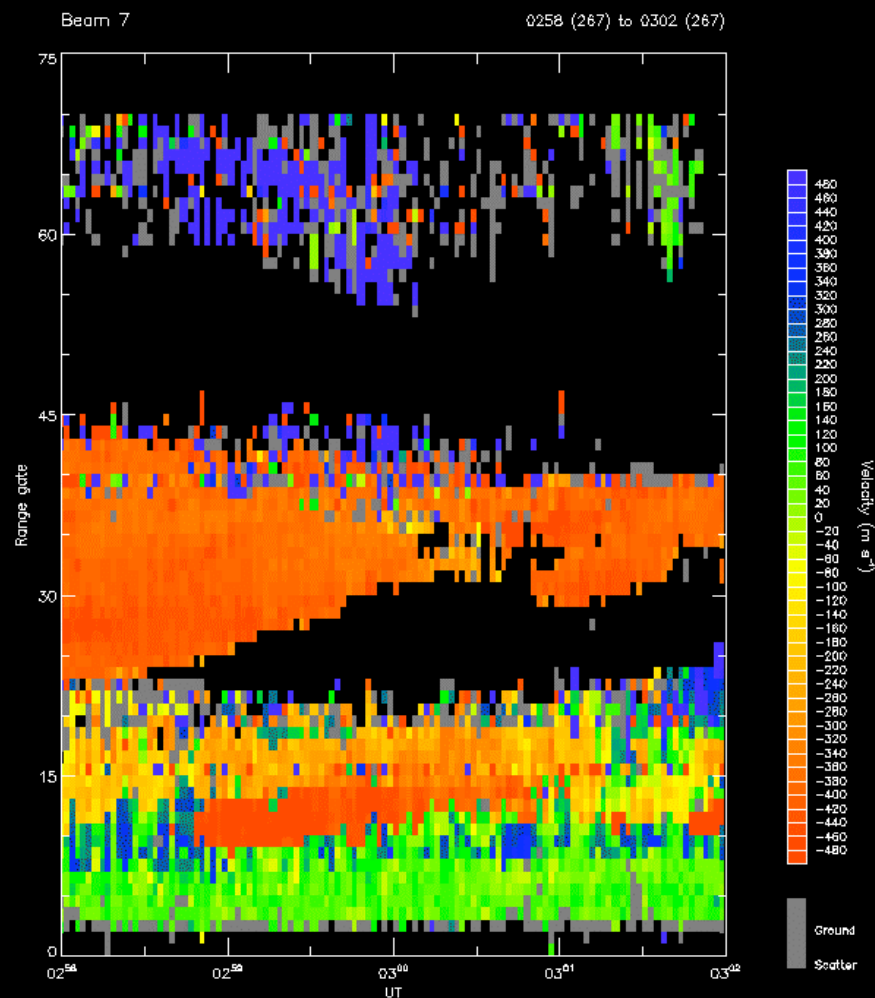
```
Go > time, 0258, 0302
```

```
Go > plot_rti
```

7. カラースケールを変える

```
Go > set_scale, -500, 500, 50
```

```
Go > plot_rti
```



時系列プロット (ラインプロット)

8. ラインプロットにするセルを指定

```
Go > set_cell, 7, 8
```

beam 7, gate 8 の意味

```
Go > plot_graph
```

9. 縦軸の範囲をもっと狭める

```
Go > set_scale, -100, 400
```

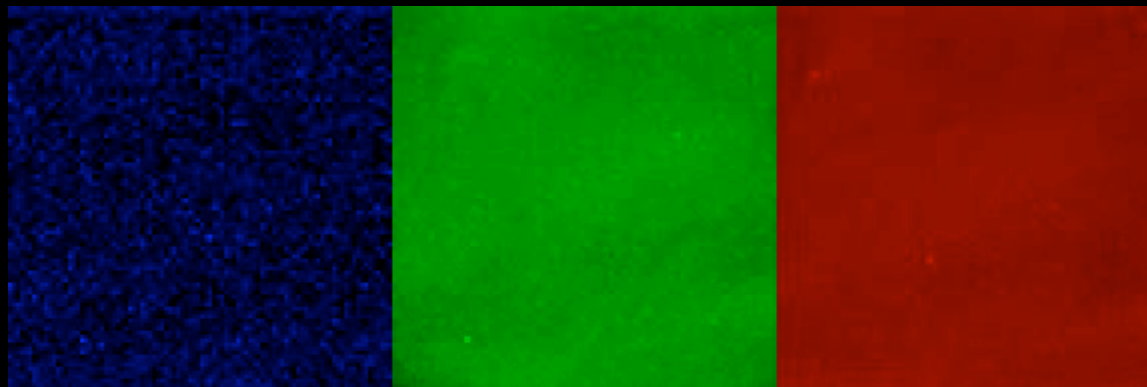
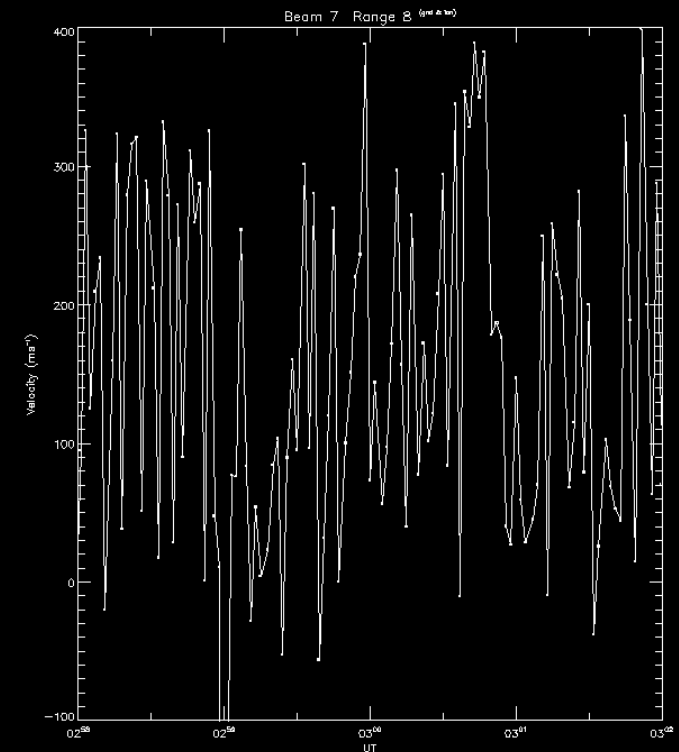
```
Go > plot_graph
```

SUPERDARN PARAMETER PLOT

24 Sep 2006 0000

Pykkybaer: vel

mysh 2005.01.07 (same as in mode (-2000))



Ch.1 (427.8 nm)

Ch.2 (557.7 nm)

Ch.3 (670 nm)

Date=2006 Sep. 24 UT=03:00:13.88 Exp. time= 60 msec.

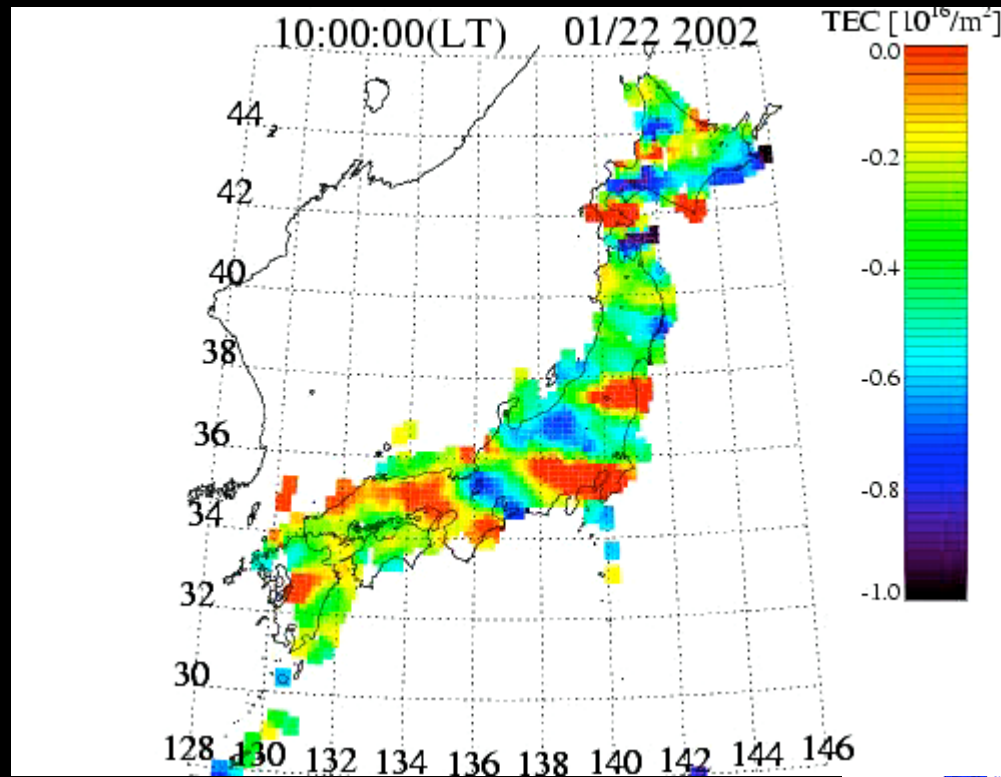
REIMEI/MAC

応用編 2

北海道レーダーによる TID の観測を題材にして

地上散乱エコーのマッピング

地上散乱エコーの使い道 - TID

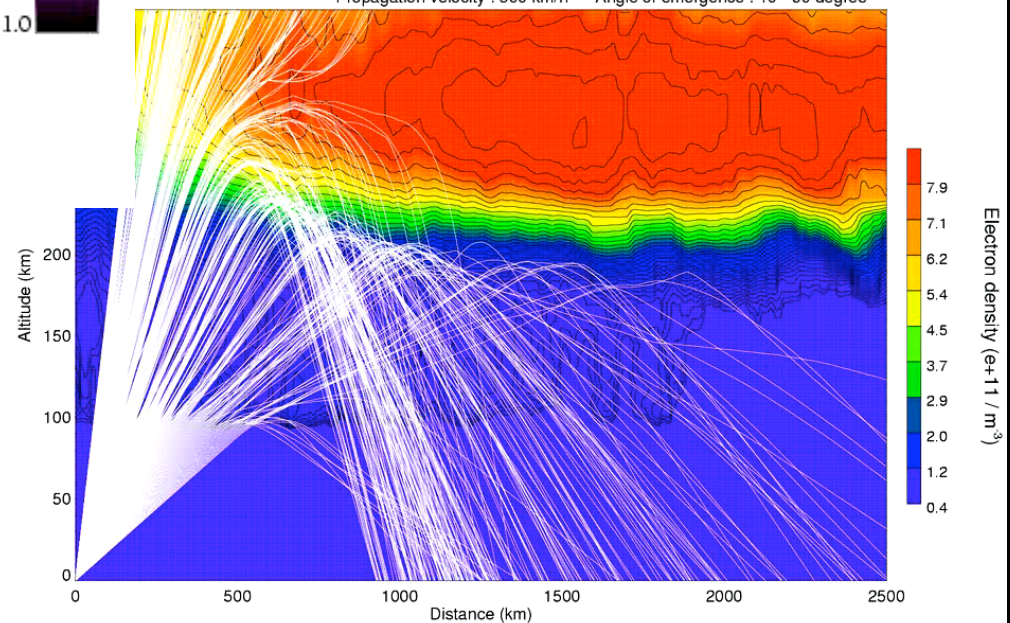


SuperDARN によるTID 観測 再現シミュレーション

ACING for EISCAT Ne distribution
20011213

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



GPS-TEC に見られる
TID (移動性電離圏擾乱)

地上散乱エコーの使い道 – 北海道レーダー

1. データの読み出し(2006年12月22日から8時間分)

```
Go > archive, 'hok', 2006121722, 8
```

2. 受信強度の RTI プロットを作る

```
Go > pwr_l
```

```
Go > set_coords, 'geog'
```

```
Go > set_beam, 3
```

```
Go > plot_rti
```

縦軸は地上散乱の場所の緯度

3. 電離圏での反射点の緯度に変換

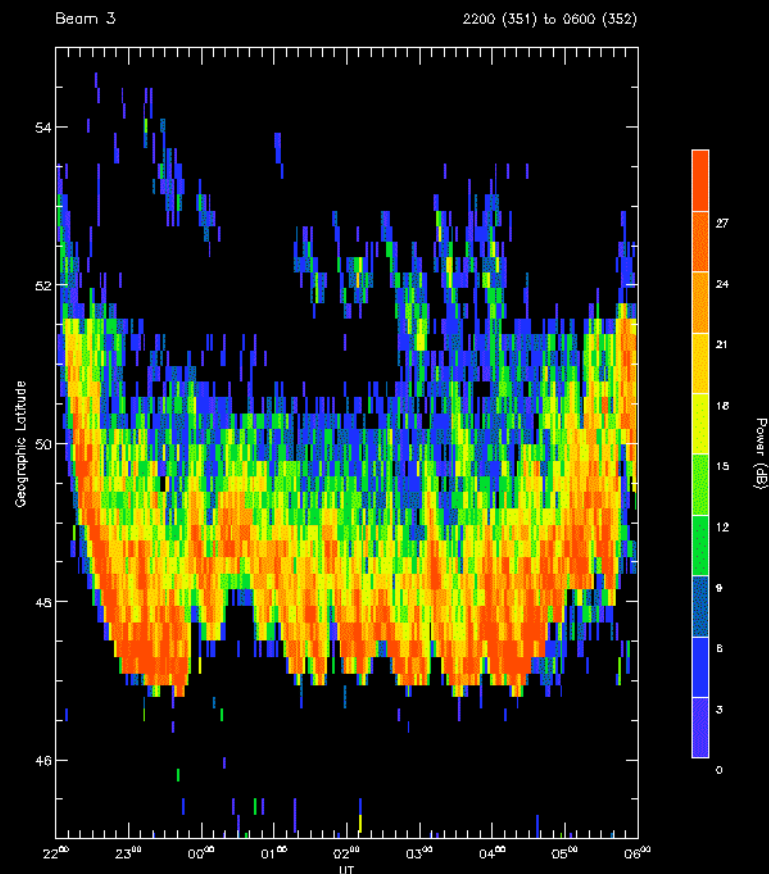
```
Go > set_gscat, 'on'
```

```
Go > plot_rti
```

```
Go > map, y=[45, 55]
```

```
Go > plot_rti
```

```
SUPERDARN PARAMETER PLOT  
Hokkaido: pwr_l  
17 Dec 2006 (00)  
to  
18 Dec 2006 (00)  
normal (m) unit mode (150)
```



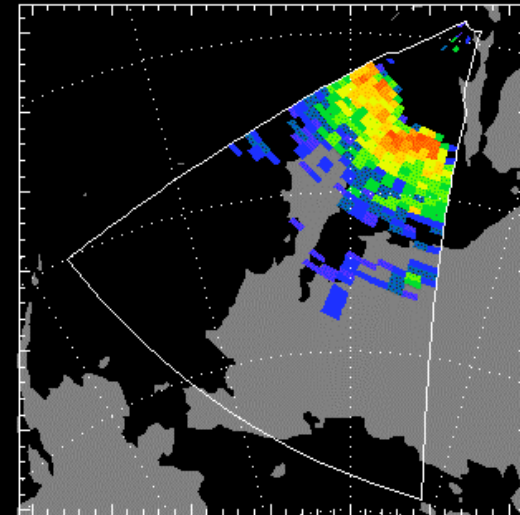
地上散乱エコーの使い道 – 北海道レーダー

4. 2次元プロットでも違いを見る. まずは通常の視野.

```
Go > set_gscat, 'off'
```

```
Go > plot_polar, /clip, /beams
```

```
Go > overlay_polar_coast
```

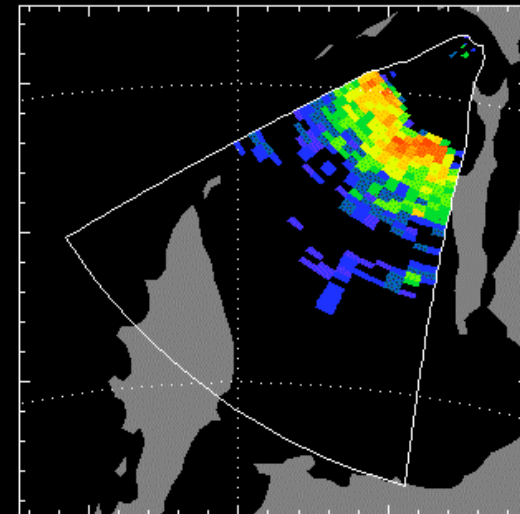


5. 反射点でマッピング

```
Go > set_gscat, 'on'
```

```
Go > plot_polar, /clip, /beams
```

```
Go > overlay_polar_coast
```



扇形が小さくなった！

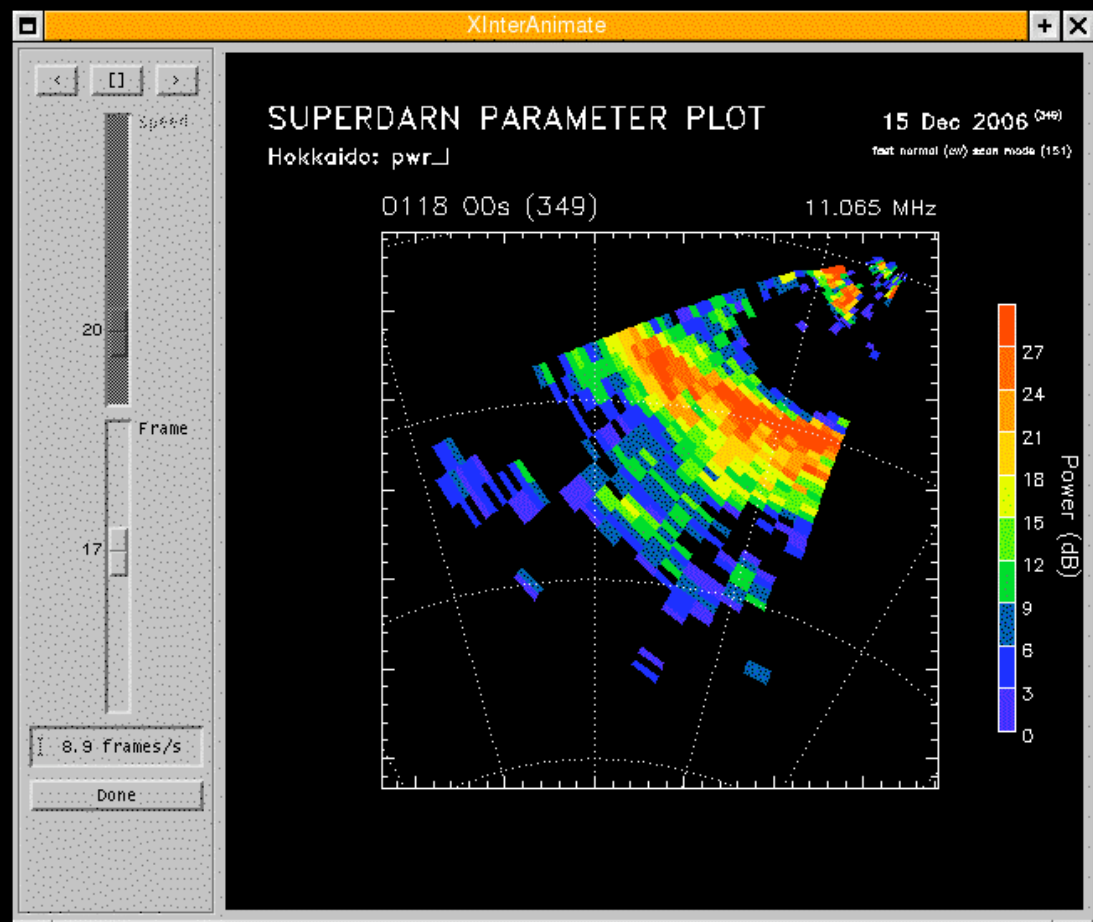
地上散乱エコーの使い道 - 北海道レーダー

6. movie で波面の動きが見れるか？

Go > archive, 'hok', 2006121500, 2

Go > movie, 60, 90, /polar

低緯度へ動いていく
波面が見える



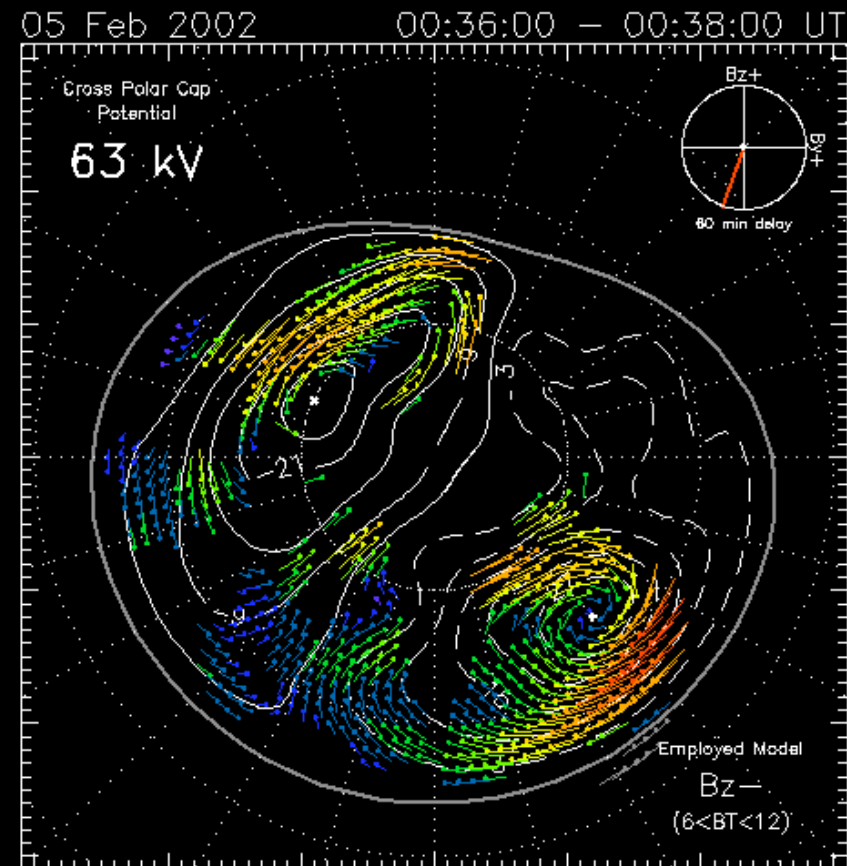
3 次データ (map 形式) の可視化

球関数展開の手法, 可視化の方法, そしてその信頼性

着想は？

SuperDARN データの問題点

- 得られる Doppler 速度は
視線方向成分
- 視野の重複するレーダーの
データをベクトル合成すると
データの数が著しく減る.



データの inversion ができないか？

基本的なアイデア(1)

Ruohoniemi and Baker, JGR, 1998

まず、極域の electrostatic potential を以下の様に球面調和関数 Y_{lm} で仮定する。

$$\Phi(\theta, \phi) = \sum_{l=0}^L \sum_{m=-M}^M A_{lm} Y_{lm}(\theta, \phi) \quad (1)$$

ここで、 A_{lm} は複素係数であり、 L は展開の order、 M は展開の degree ($M \leq L$) Φ を実数で考える為に以下の様に書き直す。

$$\Phi(\theta, \phi) = \sum_{l=0}^L [A_{l0} P_l^0(\cos\theta) + \sum_{m=1}^l (A_{lm} \cos m\phi + B_{lm} \sin m\phi) P_l^m(\cos\theta)] \quad (2)$$

ここで、 P_l^m は Legendre の陪関数で、 A_{lm}, B_{lm} は実数係数。また、SuperDARN で観測している速度は、 $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ drift によっていると仮定すると以下の関係が得られるので、

$$\mathbf{E} = -\nabla \Phi \quad (3)$$

$$\mathbf{V} = \frac{\mathbf{E} \times \mathbf{B}}{B^2} \quad (4)$$

観測で得られた速度を用いて fitting を行なうことができる。最小にするべき自乗和のようなものを以下の形でおく。

基本的なアイデア(2)

Ruohoniemi and Baker, JGR, 1998

観測で得られた速度を用いて fitting を行なうことができる。最小にするべき自乗和のようなものを以下の形でおく。

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sigma_i^2} [\mathbf{V}[i] \cdot \hat{k}[i] - W_i]^2 \quad (5)$$

- $\mathbf{V}[i]$: 各 grid における仮定した Potential から求まる速度
- $\hat{k}[i]$: radar から各 grid に向いている単位ベクトル
- W_i : 各 grid で平均された観測値
- σ_i : 各 grid における速度観測値の不定性

これを最小にするような係数 A_{lm}, B_{lm} を求める。この過程において radar が cover していない範囲については、APL model と呼ばれる model の値を用いる。

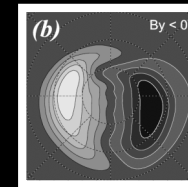
基本的に AMIE などのインバージョン手法を修正し, SuperDARN の特徴である line-of-sight の観測データに適用可能にしたもの

球関数展開の流れ

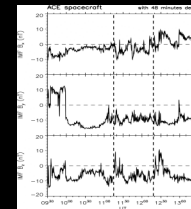
1. **make_grid**
各レーダーの LOS vel をグリッドに振り分け
2. **combine_grid**
グリッドデータをまとめる
3. **map_addhmb**
Heppnar & Maynard modelで外枠決め
4. **map_addimf**
IMF 情報を衛星データから組み込む
5. **map_addmodel**
Goose Bay モデルを組み入れる
6. **map_fit**
球面調和関数展開を行い、係数を得る

以上の処理をやった結果をデータベース化してある

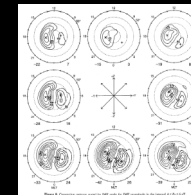
H-M



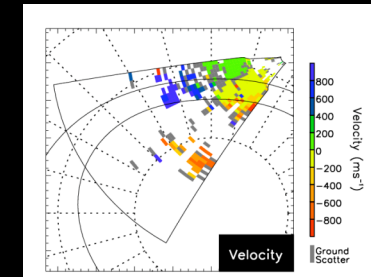
SW



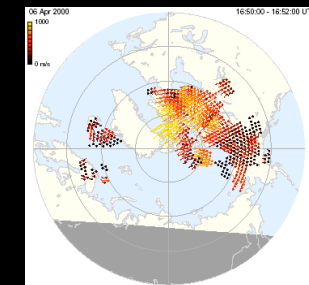
G-B



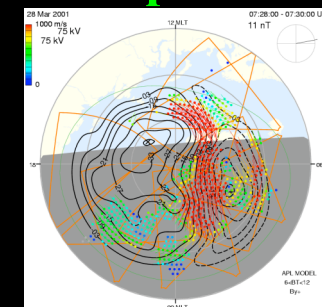
fitacf data



grddata



mapdata



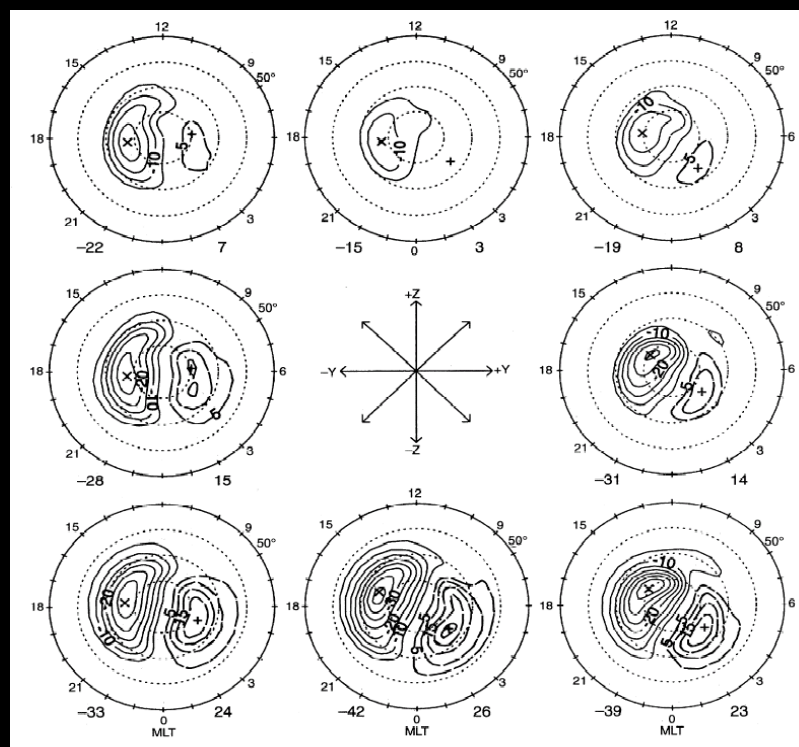
手法の問題点

データが足りない部分をモデルで補っている

IMF のみの函数(サブストームの phase は考慮されていない)

衛星観測で得られた IMF との時間差を与える必要がある。

Goose Bay model



Ruohoniemi and Greenwald, JGR, 1996

map データの読み出し

1. 2002年2月5日の北半球のデータを読み出す

```
Go > file_pot, 20020205
```

```
Opening MAP file for 05 Feb 2002
```

```
-----  
MAP file contains data from:
```

```
Kodiak
```

```
Prince George
```

```
Pykkvibaer
```

```
Hankasalmi
```

```
Goose Bay
```

```
Kapaskasing
```

```
Saskatoon
```

```
Stokkseyri
```

```
First Map = 0002 - 0004
```

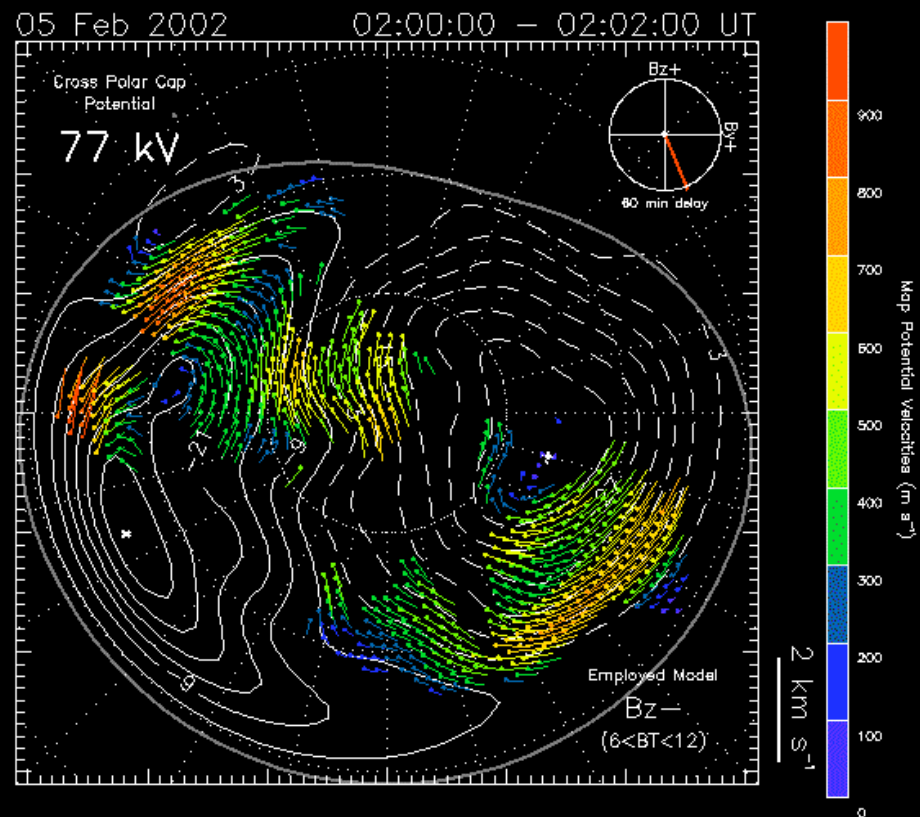
```
Last Map = 2356 - 2358
```

```
Order = 8
```

```
IMF delay = 60
```

potential map のプロット

1. まずは何も考えずに
`Go > plot_pot`
2. 複数枚のパネルをプロット
`Go > plot_pot, 2, 3`
3. プロットする時刻のジャンプ
`Go > go_time_pot, 0800`
`Go > plot_pot`
4. `merge` ベクトルをプロット
`Go > mergev`
`Go > plot_pot`
5. `los` 速度をプロット
`Go > losv`
`Go > plot_pot`



6. `map` データに戻す
`Go > fitv`
`Go > plot_pot`

map データの読み出し(南北両半球)

1. 2002年2月5日の南北両半球のデータを読み出す

Go > file_pot, 20020205, /both

Opening MAP file for 05 Feb 2002

MAP file contains data from:

Kodiak
Prince George
Pykkvibaer
Hankasalmi
Goose Bay
Kapaskasing
Saskatoon
Stokkseyri

First Map = 0002 - 0004
Last Map = 2356 - 2358
Order = 8
IMF delay = 60

Opening MAP file for 05 Feb 2002

MAP file contains data from:

Sanae
Halley Bay
Syowa South
Syowa East
Kerguelen
TIGER

First Map = 0002 - 0004
Last Map = 2354 - 2356
Order = 8
IMF delay = 60

potential map のプロット(南北両半球)

1. そのままやると北半球のマップが出る

```
Go > go_time_pot, 1200
```

```
Go > plot_pot
```

2. 半球をスイッチして南半球をプロット

```
Go > switch_map
```

```
Go > plot_pot
```

3. 両半球の同時刻のデータをプロット

```
Go > switch_map
```

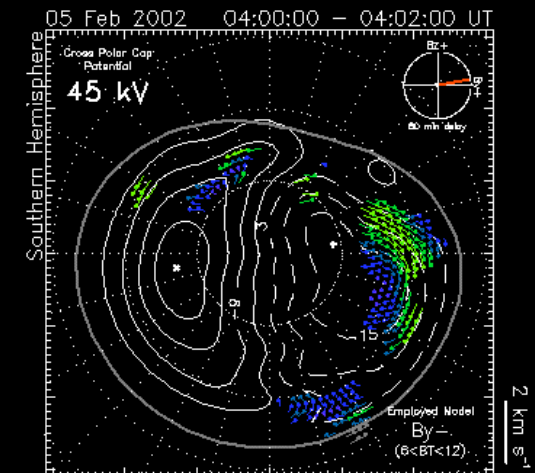
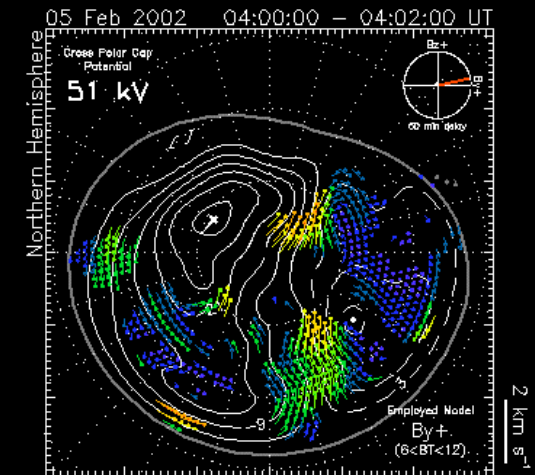
```
Go > go_time_pot, 1200
```

```
Go > clear_page
```

```
Go > plot_pot_panel, 1, 2, 0, 0
```

```
Go > switch_map
```

```
Go > plot_pot_panel, 1, 2, 0, 1
```



map データの読み出し(球関数展開の次数を変える)

1. 2002年2月5日の北半球のデータを読み出す

```
Go > file_pot, 20020205, order=12
```

```
Opening MAP file for 05 Feb 2002
```

```
-----  
MAP file contains data from:
```

```
Kodiak
```

```
Prince George
```

```
Pykkvibaer
```

```
Hankasalmi
```

```
Goose Bay
```

```
Kapaskasing
```

```
Saskatoon
```

```
Stokkseyri
```

```
First Map = 0002 - 0004
```

```
Last Map = 2356 - 2358
```

```
Order = 12
```

```
IMF delay = 60  
-----
```

プロットは同様の手順

`plot_pot`

球関数展開の次数は
8, 10, 12 の指定が可能

デフォルトは 8

(keyword なしの場合)

役に立つかもしれない細かい TIPS

- なるべくエコーが多い interval について用いる
マップがデータにより依存するかモデルにより依存するか？
- エコーがない領域の contour については基本的には見ない
実際にレーダーの観測データがインプットされている領域のみ
- Fitting の次数についてはすくなくとも 7 次程度, 8 がベター
あまりに高い次数を用いると細かい渦が出現する
- 最小自乗量 χ^2 を自分が見たい時間帯で最小になるようにする
8, 10, 12あたりの次数でプロットを行ってみて、 χ^2 の値をチェック
- 時間的、空間的に細かい変動については、fitting を行う前の LOS
データを cross-check する必要がある

参考文献およびウェブサイトリスト

- Go に関して (どっちも情報が多少古い)
Steve Milan's page on "Go" (本家)
<http://ion.le.ac.uk/cutlass/idl/go.html>
Japanese version (日本語版)
<http://gwave.ice.uec.ac.jp/~hosokawa/codes/go/go.html>
- Spherical Harmonics Fitting (SHF) に関して
Ruohoniemi and Baker, JGR, page 20,797-20,811, 1998.
- Web で見れるデータ
JHU/APL (全レーダー, map データも)
<http://superdarn.jhuapl.edu/>
北海道レーダー (準リアルタイム)
<http://center.stelab.nagoya-u.ac.jp/web1/hokkaido/gif/>