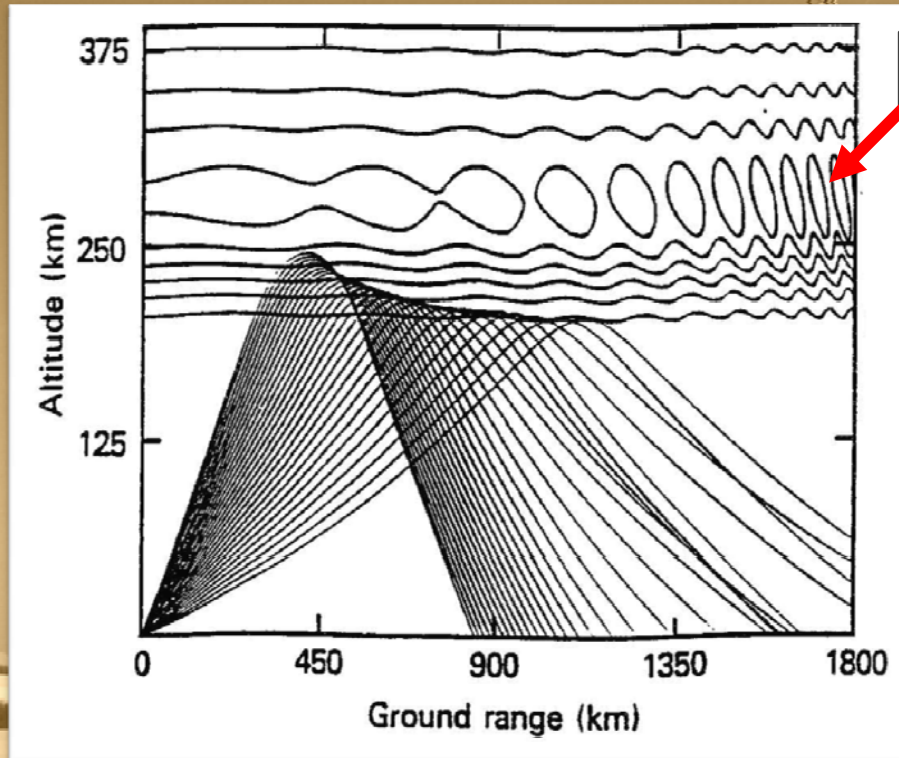


北海道-陸別HFレーダーとGEONETで観測された 大規模伝搬性電離圏擾乱のマルチイベント解析

林 秀和・西谷 望・大塚雄一(名大STE研)、
小川忠彦・津川卓也(NICT)、細川敬祐(電通大)、齊藤昭則(京大理)、
北海道-陸別HFレーダー研究グループ

観測機器

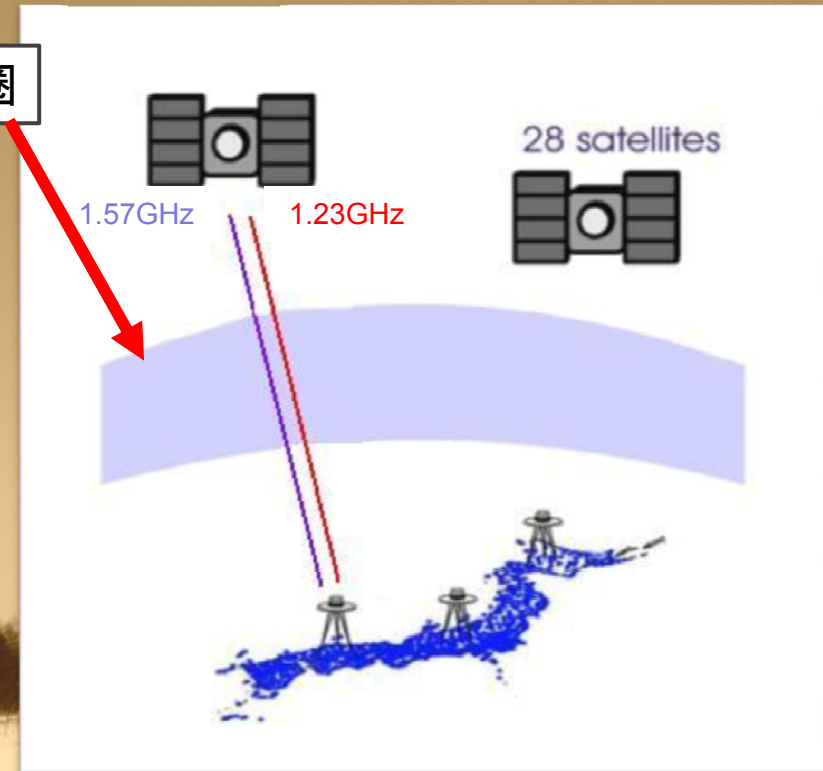
SuperDARN



(Greenwald et al. 1993)

周波数のドップラーシフトから電離圏構造の視線方向の速度を測定

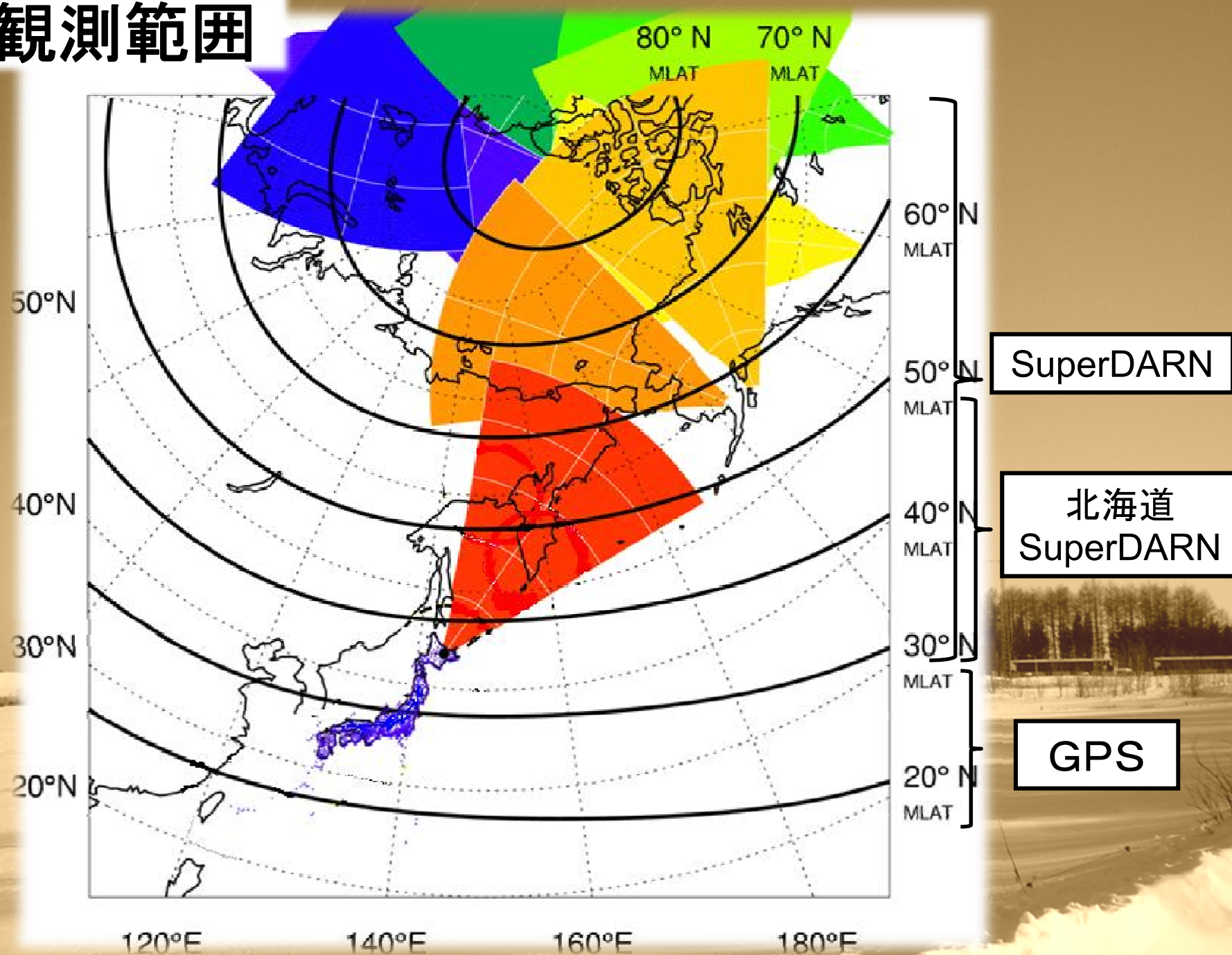
GPS



(Tsugawa et al. 2004)

GPSの2周波の位相差を利用してパス上の全電子数(TEC)を測定

観測範囲

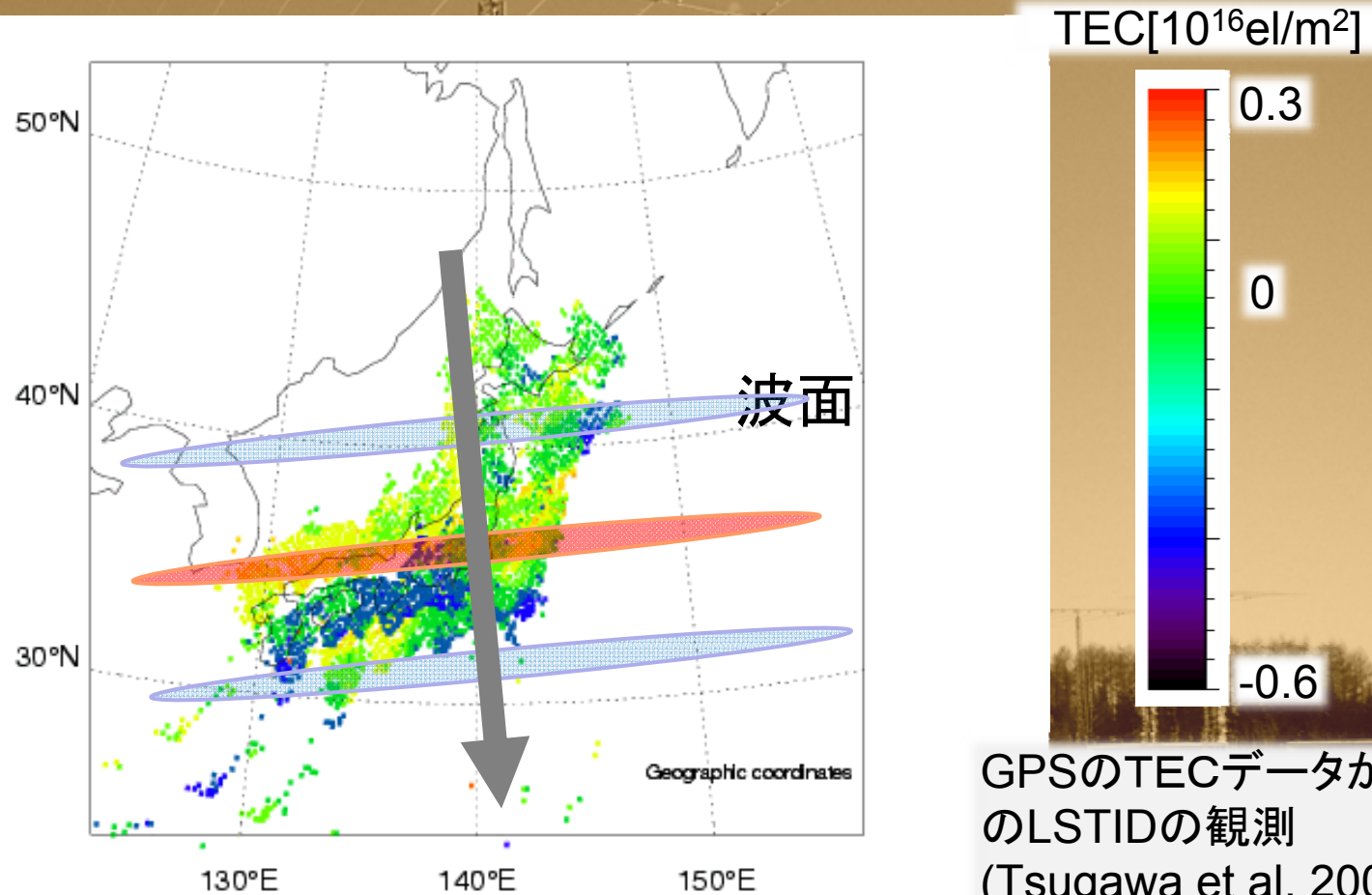


研究目的

- 2006年11月に名大STE研は北海道にHFレーダー(SuperDARN)を設置した。
- 設置後2年間で、SuperDARNとGPSのTEC(全電子数)データからLSTID(大規模伝搬性電離圏擾乱)に相当する変動が観測された。
- LSTIDについて、近年は主に、GPSのTECデータから解析されていたが(Tsugawa et al. 2007)、北海道HFレーダーの設置により、さらに広い緯度範囲での観測が可能となった。
- これらの観測結果からLSTIDについて解析することで、さらなるLSTIDの知見を得る。

大規模伝搬性電離圏擾乱の特徴 [Hunsucker, 1982]

(LSTID: Large-Scale Traveling Ionospheric Disturbances)



GPSのTECデータからの
LSTIDの観測
(Tsugawa et al. 2004)

- 水平波長 1000km以上
- 位相速度 数100m/s - 1000m/s
- 周期 30分- 3時間
- TEC変動の振幅 10 - 20 %

2006年

11月

1 2 3 4
 5 6 7 8 9 10 11
 12 13 14 15 16 17 18
 19 20 21 22 23 24 25
 26 27 28 29 30

12月

1 2
 3 4 5 6 7 8 9
 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23
 24 25 26 27 28 29 30
 31

観測期間

2007年

1月

1 2 3 4 5 6
 7 8 9 10 11 12 13
 14 15 16 17 18 19 20
 21 22 23 24 25 26 27
 28 29 30 31

2月

1 2 3
 4 5 6 7 8 9 10
 11 12 13 14 15 16 17
 18 19 20 21 22 23 24
 25 26 27 28

3月

1 2 3
 4 5 6 7 8 9 10
 11 12 13 14 15 16 17
 18 19 20 21 22 23 24
 25 26 27 28 29 30 31

4月

1 2 3 4 5 6 7
 8 9 10 11 12 13 14
 15 16 17 18 19 20 21
 22 23 24 25 26 27 28
 29 30

5月

1 2 3 4 5
 6 7 8 9 10 11 12
 13 14 15 16 17 18 19
 20 21 22 23 24 25 26
 27 28 29 30 31

6月

1 2
 3 4 5 6 7 8 9
 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23
 24 25 26 27 28 29 30

7月

1 2 3 4 5 6 7
 8 9 10 11 12 13 14
 15 16 17 18 19 20 21
 22 23 24 25 26 27 28
 29 30 31

8月

1 2 3 4
 5 6 7 8 9 10 11
 12 13 14 15 16 17 18
 19 20 21 22 23 24 25
 26 27 28 29 30

9月

1 2
 3 4 5 6 7 8 9
 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23
 24 25 26 27 28 29 30
 31

10月

1 2 3 4 5 6
 7 8 9 10 11 12 13
 14 15 16 17 18 19 20
 21 22 23 24 25 26 27
 28 29 30 31

11月

1 2 3
 4 5 6 7 8 9 10
 11 12 13 14 15 16 17
 18 19 20 21 22 23 24
 25 26 27 28 29 30

12月

1
 2 3 4 5 6 7 8
 9 10 11 12 13 14 15
 16 17 18 19 20 21 22
 23 24 25 26 27 28 29
 30 31

2008年

1月

1 2 3 4 5
 6 7 8 9 10 11 12
 13 14 15 16 17 18 19
 20 21 22 23 24 25 26
 27 28 29 30 31

2月

1 2
 3 4 5 6 7 8 9
 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23
 24 25 26 27 28 29

3月

1
 2 3 4 5 6 7 8
 9 10 11 12 13 14 15
 16 17 18 19 20 21 22
 23 24 25 26 27 28 29
 30 31

4月

1 2 3 4 5
 6 7 8 9 10 11 12
 13 14 15 16 17 18 19
 20 21 22 23 24 25 26
 27 28 29 30

5月

1 2 3
 4 5 6 7 8 9 10
 11 12 13 14 15 16 17
 18 19 20 21 22 23 24
 25 26 27 28 29 30 31

6月

1 2 3 4 5 6 7
 8 9 10 11 12 13 14
 15 16 17 18 19 20 21
 22 23 24 25 26 27 28
 29 30

7月

1 2 3 4 5
 6 7 8 9 10 11 12
 13 14 15 16 17 18 19
 20 21 22 23 24 25 26
 27 28 29 30 31

8月

1 2
 3 4 5 6 7 8 9
 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23
 24 25 26 27 28 29 30
 31

9月

1 2 3 4 5 6
 7 8 9 10 11 12 13
 14 15 16 17 18 19 20
 21 22 23 24 25 26 27
 28 29 30 31

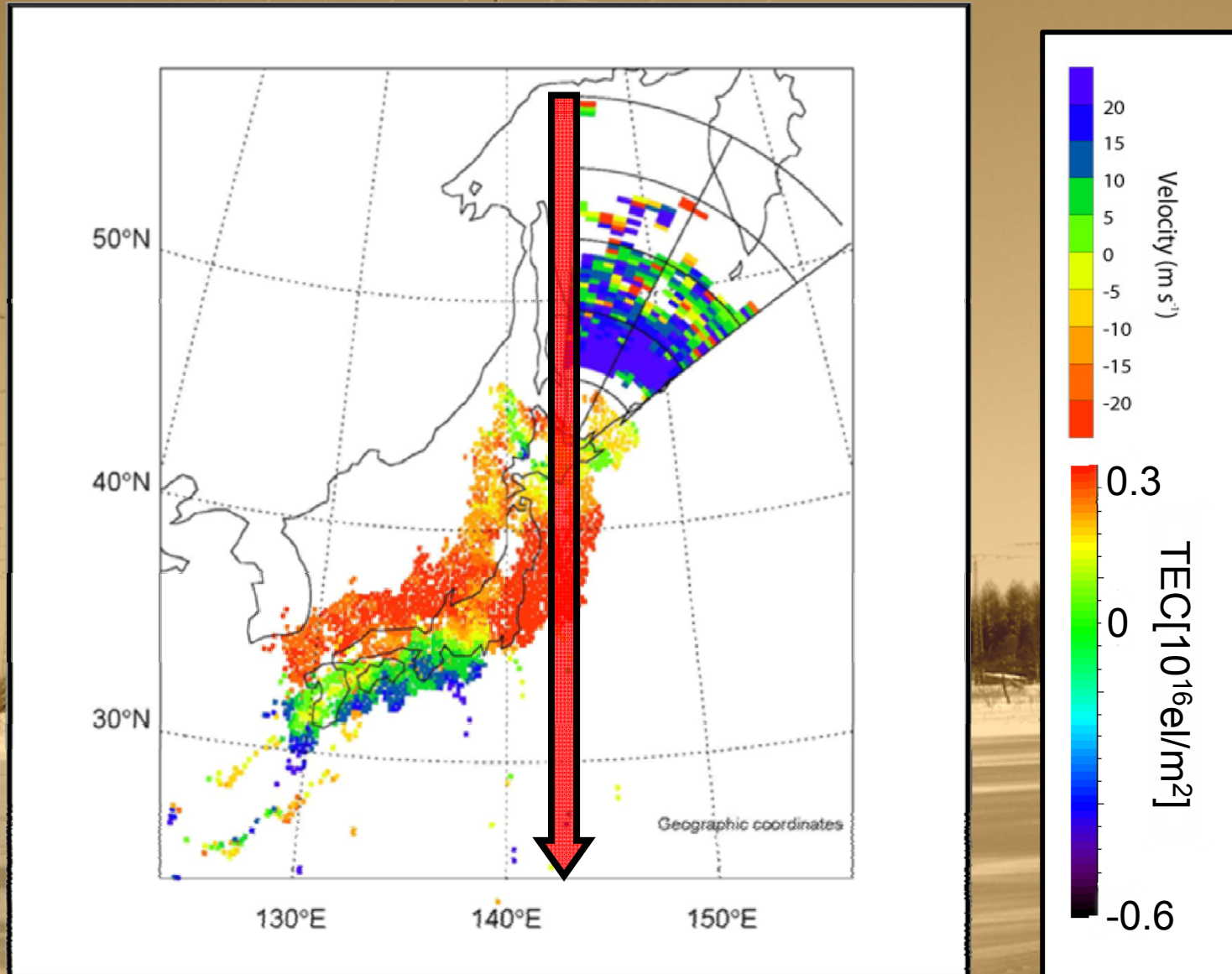
10月

1 2 3 4
 5 6 7 8 9 10 11
 12 13 14 15 16 17 18
 19 20 21 22 23 24 25
 26 27 28 29 30 31

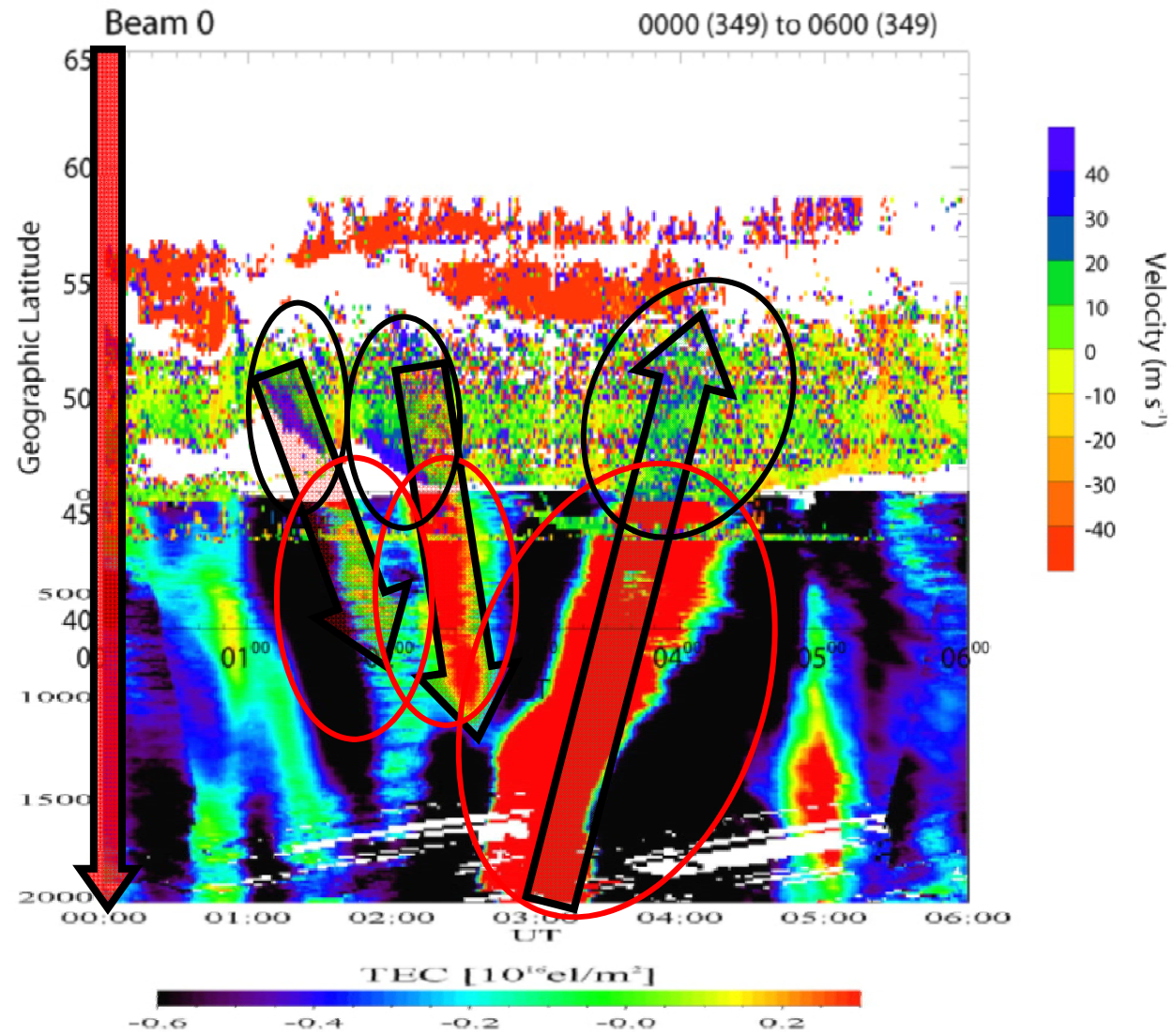
11月

1
 2 3 4 5 6 7 8
 9 10 11 12 13 14 15
 16 17 18 19 20 21 22
 23 24 25 26 27 28 29
 30

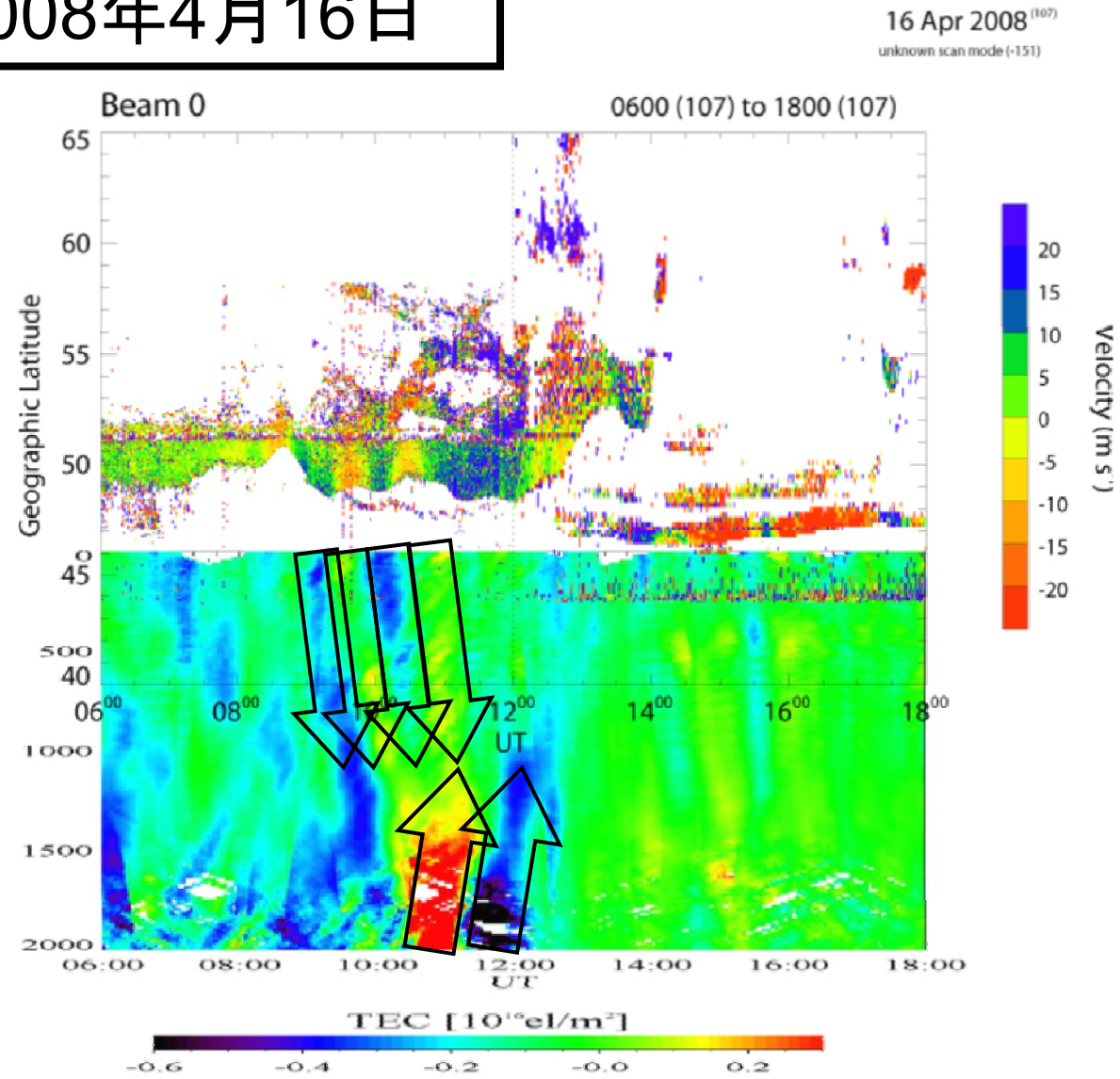
SuperDARN & GPS



①磁気嵐(Dst -147nT)のときに発生した擾乱 2006年12月15日

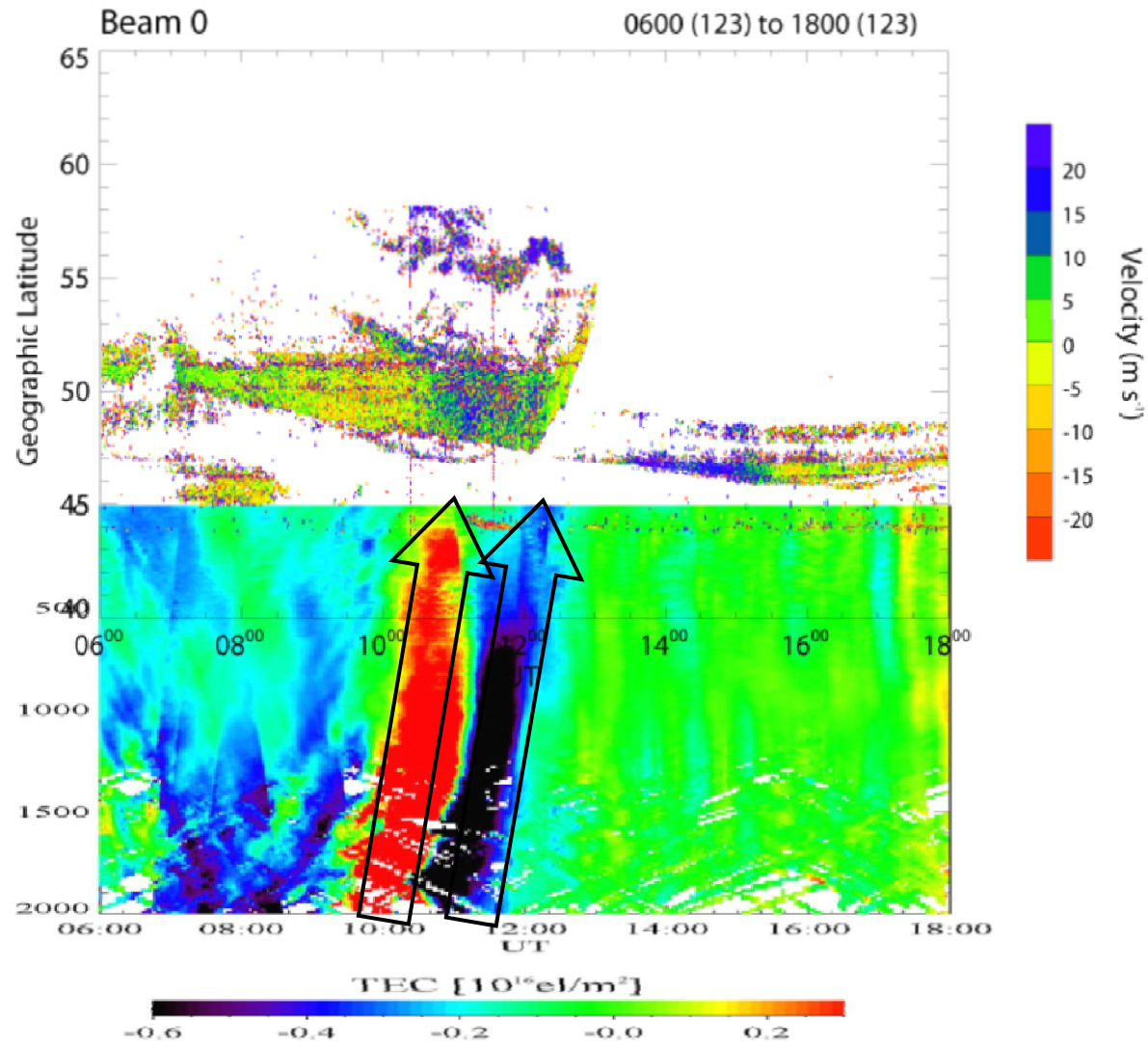


② 2008年4月16日

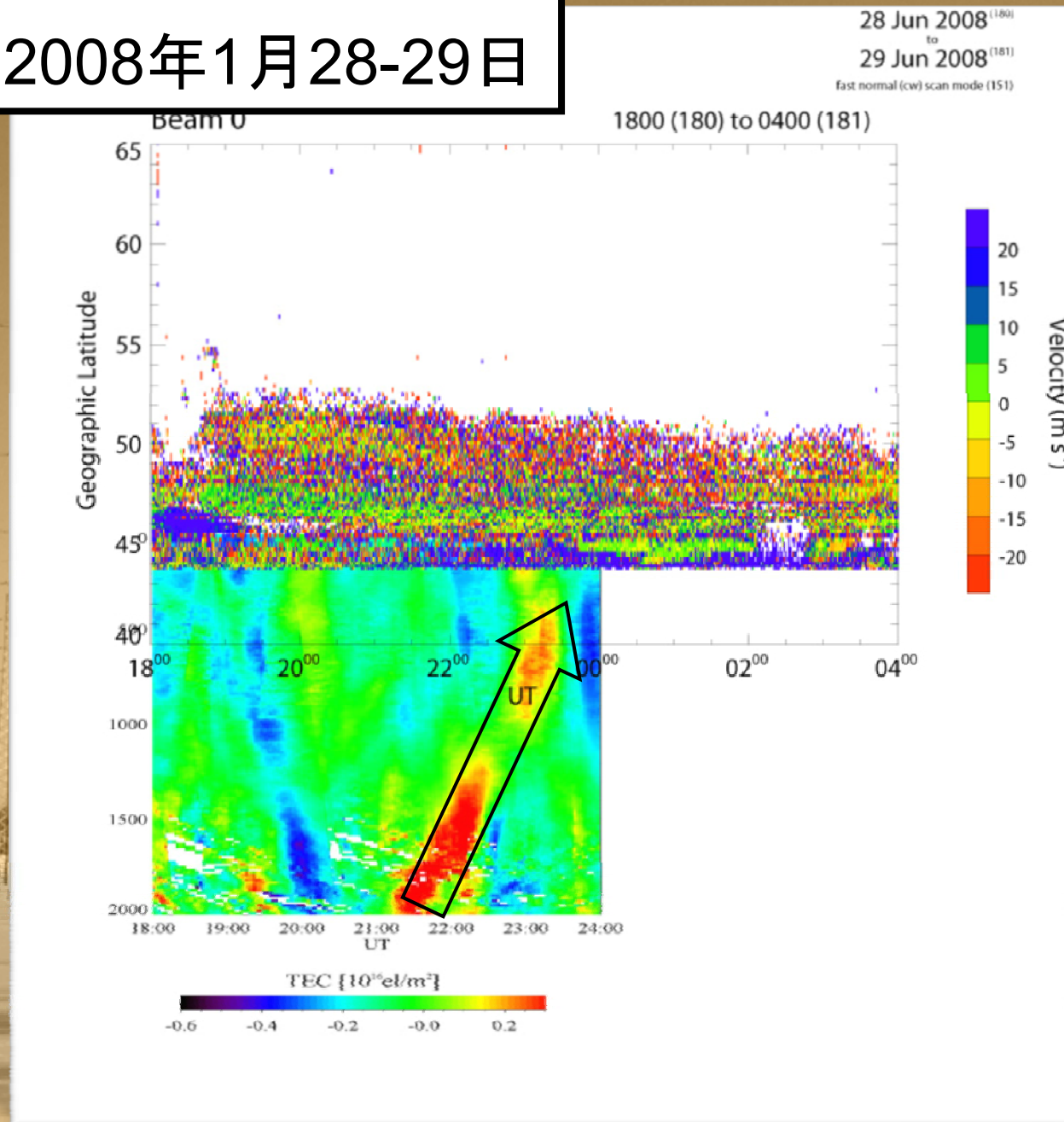


③ 2008年5月2日

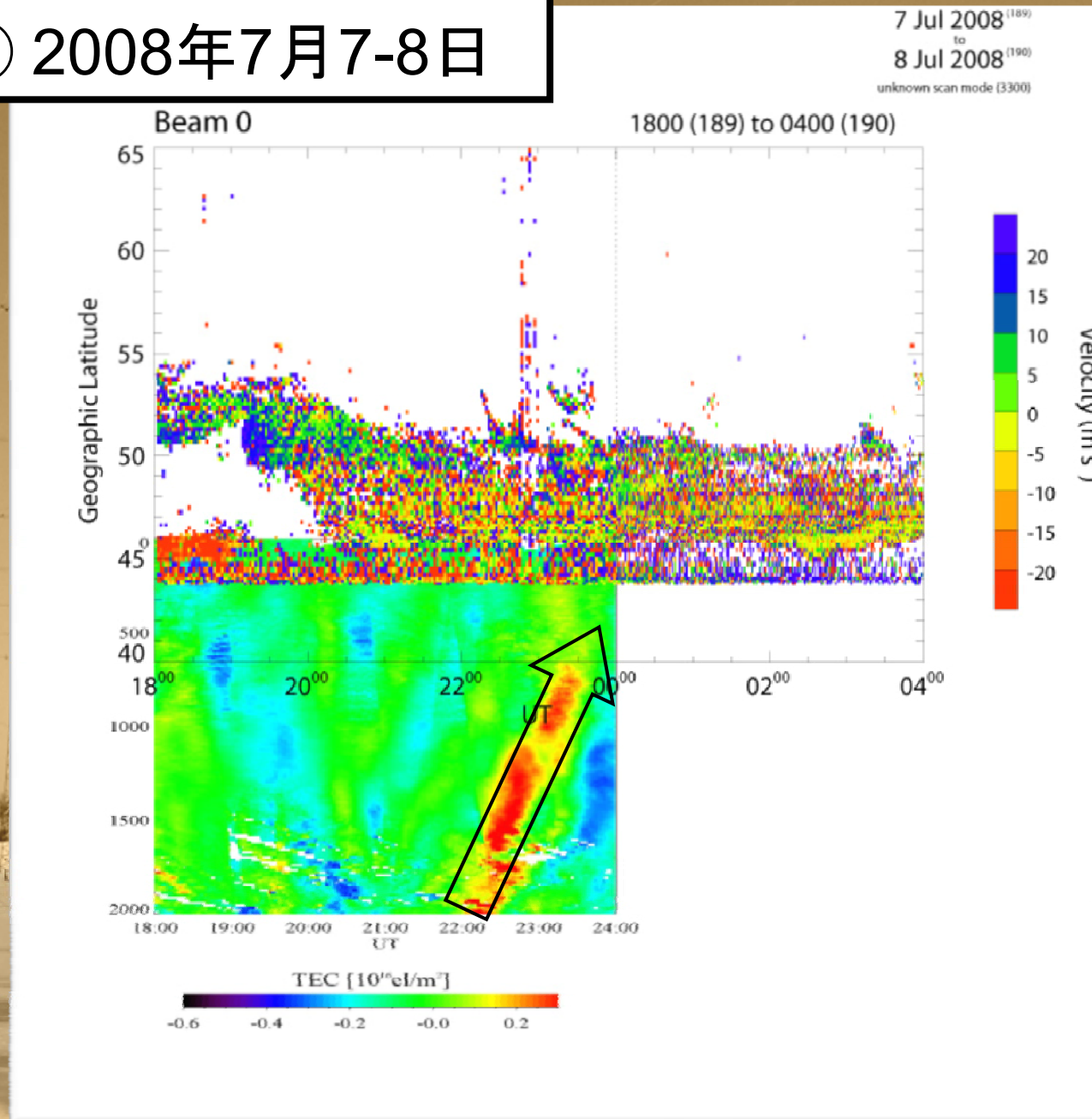
2 May 2008⁽¹²³⁾
unknown scan mode (-151)



④ 2008年1月28-29日



⑤ 2008年7月7-8日



南向きに伝搬する擾乱(0.3TECU以上)40件

GPSで観測された時間 (日本:+9h)	件数	SuperDARNのDoppler velocity 振幅±20m/s以上
2300-0100 UT	25件	○×××××××××××××× ×××××××△△△△△
0200-0400 UT	8件	××××××××
0500-0700 UT	3件	×××
1000-1200 UT	4件	○○××

- 今回の観測期間では比較的大きな磁気嵐は1日しかなく、擾乱の規模が比較的小さかった。

北向きに伝搬する擾乱(0.3TECU以上) 15件

GPSで 観測された時間 (日本:+9h)	件数	SuperDARNのDoppler velocity 振幅+20m/s以上
0300-0500 UT	2件	○×
0900-1100 UT (日没直後)	3件	○○○
2200-0000 UT (日出直後)	10件	××××××××××

- いずれも下方方向のDoppler velocity
- 時刻によって現象が違う??

2006年



南向きに伝搬する擾乱 40件

北向きに伝搬する擾乱 15件

2007年

Dst -50 nT以下



2008年



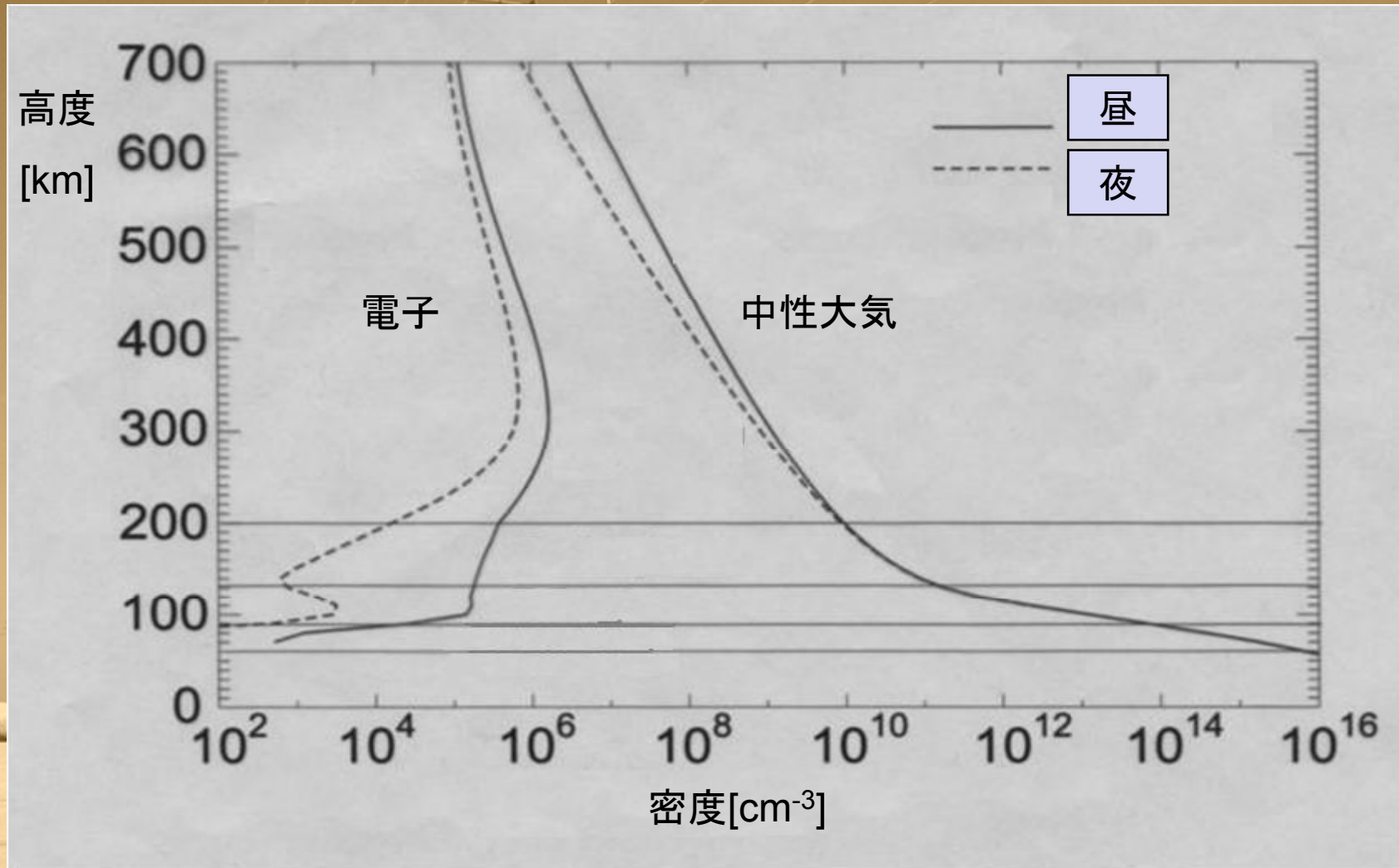
Dst -50 ~ -70 nT の地磁気擾乱では、GPSでの大規模な擾乱はあまり見られなかった

まとめと課題

- 初めてGPSとSuperDARNを同時に用いてLSTIDの観測を行った。
- **南向きに伝搬する擾乱**は、GPSで、LSTIDに相当するような擾乱が40件確認されたが、それらはSuperDARNのDoppler velocityのデータからは対応するような波状構造($\pm 20\text{m/s}$ 以上)は3件しか確認できなかった。
 - 今回の観測期間では比較的大きな磁気嵐は1日しかなかった。
- **北向きに伝搬する擾乱**は、GPSで15件観測され、そのうちSuperDARNでは4件観測された。いずれも下方向のDoppler velocityだった。
 - 時刻によって現象が違う??



研究背景—電離圏



- 電離圏は電波の伝搬に影響を与える。

(ex. 周波数によって電波の反射する高度が変わる $f_0F2 \cong 8.98 \times \sqrt{n_{\max}} [Hz]$)

2006年

南向きに伝搬する擾乱 33件

11月

1 2 3 4
 5 6 7 8 9 **10 11**
12 13 14 15 16 17 18
 19 20 21 22 23 24 25
 26 27 28 29 30

12月

1 2
 3 4 5 **6** 7 8 9
 10 11 12 **13 14 15** 16
 17 18 19 20 21 **22** 23
 24 25 26 27 28 29 30
 31

2007年

1月

1 2 3 4 5 6
 7 8 9 10 11 12 13
 14 15 16 17 18 19 20
 21 22 23 24 25 26 27
 28 29 30 31

2月

1 2 3
 4 5 6 7 8 9 10
 11 12 13 14 15 16 17
 18 19 20 21 22 23 24
 25 26 27 28

3月

1 2 3
 4 5 6 7 8 9 10
 11 12 13 14 15 16 17
 18 19 20 21 22 23 24
 25 26 27 28 29 30 31

4月

1 2 3 4 5 6 7
 8 9 10 11 12 13 14
 15 16 17 18 19 20 21
 22 23 24 25 26 27 **28**
29 30

5月

1 2 3 4 5
 6 7 8 9 10 11 12
 13 14 15 16 17 18 19
 20 21 22 23 24 25 26
 27 28 29 30 31

6月

1 2
 3 4 5 6 7 8 9
 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23
 24 25 26 27 28 29 30

7月

1 2 3 4 5 6 7
 8 9 10 11 12 13 14
 15 16 17 18 19 20 21
 22 23 24 25 26 27 28
 29 30 31

8月

1 2 3 4
 5 6 7 8 9 10 11
 12 13 14 15 16 17 18
 19 20 21 22 23 24 25
 26 27 28 29 30

9月

1 2
 3 4 5 6 7 8 9
 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23
24 25 26 27 **28 29** 30
 31

10月

1 2 3 4 5 6
 7 8 9 10 11 12 13
 14 15 16 **17 18 19 20**
 21 22 23 24 25 26 27
 28 29 **30** 31

11月

1 2 3
 4 5 6 7 8 9 10
 11 12 13 **14** 15 16 17
 18 19 20 21 22 23 24
 25 26 27 28 29 30

12月

1
 2 3 4 5 6 7 8
 9 10 **11** 12 13 14 15
 16 17 18 19 20 21 22
 23 24 25 26 27 28 29
 30 31

2008年

1月

1 2 3 4 5
6 7 8 **9** 10 11 12
 13 **14** 15 16 17 18 19
 20 21 22 23 24 25 26
 27 28 29 30 31

2月

1 **2**
 3 4 5 6 7 8 9
 10 11 **12** 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23
 24 25 26 27 28 **29**

3月

1
 2 3 4 5 6 7 8
 9 10 **11** 12 13 14 15
 16 17 18 19 20 21 22
 23 24 25 26 27 **28** 29
 30 31

4月

1 2 3 4 5
 6 7 8 9 10 11 12
 13 14 15 **16** 17 18 19
 20 21 22 **23** 24 25 26
 27 28 29 30

5月

1 2 3
 4 5 6 7 8 9 10
 11 12 13 14 15 16 17
 18 19 20 21 22 23 24
 25 26 27 28 29 30 31

6月

1 2 3 4 5 6 7
 8 9 10 11 12 13 14
 15 16 17 18 19 20 21
 22 23 24 25 26 27 28
 29 30

7月

1 2 3 4 5
 6 7 8 9 10 11 12
 13 14 15 16 17 18 19
 20 21 22 23 24 25 26
 27 28 29 30 31

8月

1 2
 3 4 5 6 7 8 9
 10 11 12 13 14 15 16
 17 18 19 20 21 22 23
 24 25 26 27 28 29 30
 31

9月

1 2 3 **4** 5 6
 7 8 9 10 11 12 13
 14 15 16 17 18 19 20
 21 22 23 24 25 26 27
 28 29 30 31

2006年

11月

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30		

12月

1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	14
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	30
31	

南向きに伝搬する擾乱

33件

北向きに伝搬する擾乱

14件

2007年

1月

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31					

2月

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28		

3月

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31		

4月

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

5月

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31				

6月

1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	14
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	30

7月

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

8月

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30		

9月

1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	14
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	30
31	

10月

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31					

11月

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31		

12月

1						
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

2008年

1月

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31				

2月

1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	14
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	

3月

1						
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

4月

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

5月

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31		

6月

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

7月

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31				

8月

1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	14
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	30
31	

9月

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31					

2006年



南向きに伝搬する擾乱 40件
北向きに伝搬する擾乱 15件

2007年

Dst -50 nT以下



2008年



Dst -50 ~ -70 nT の地磁気擾乱では、GPSでの大規模な擾乱はあまり見られなかった

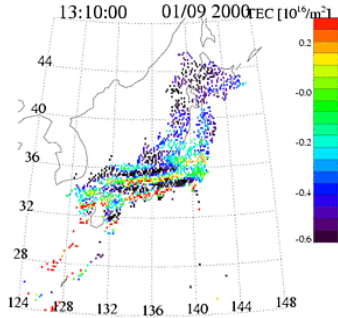
GPSを用いてLSTIDを探す

GPS-TEC Homepage - Windows Internet Explorer

http://stegps.kugi.kyoto-u.ac.jp/

GPS Total Electron Content

13:10:00 01/09 2000 rec [10¹⁶/m²]



- [Introduction of GPS-TEC database](#)
- [Two-dimensional TEC map over Japan](#) (since April 20, 1999)
- [TEC plot over a single point in Japan](#)

For questions and comments, please contact:
Akinori Saito: saitoua@kugi.kyoto-u.ac.jp

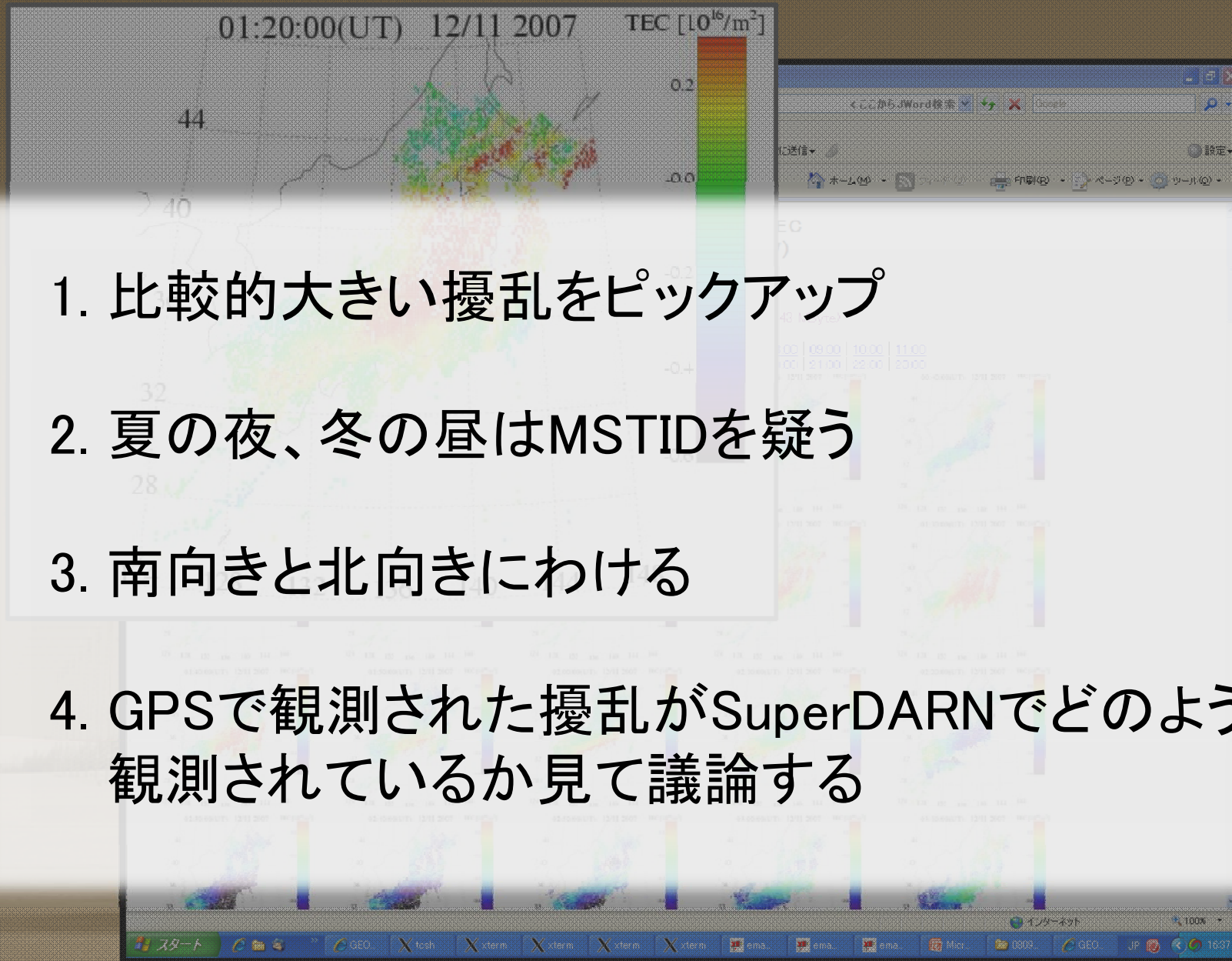
We acknowledge Geographical Survey Institute,
Japan for providing the GEONET data.

This GPS-TEC database is supported by
Japan Society of the Promotion of Science(JSPS)
with a grant-in-aid for publication of
scientific research results.

ページが表示されました

スタート | GEO... | tssh | xterm | xterm | xterm | xterm | ema... | ema... | ema... | Micr... | 0809... | GPS... | JP | 16:41

<http://stegps.kugi.kyoto-u.ac.jp/>



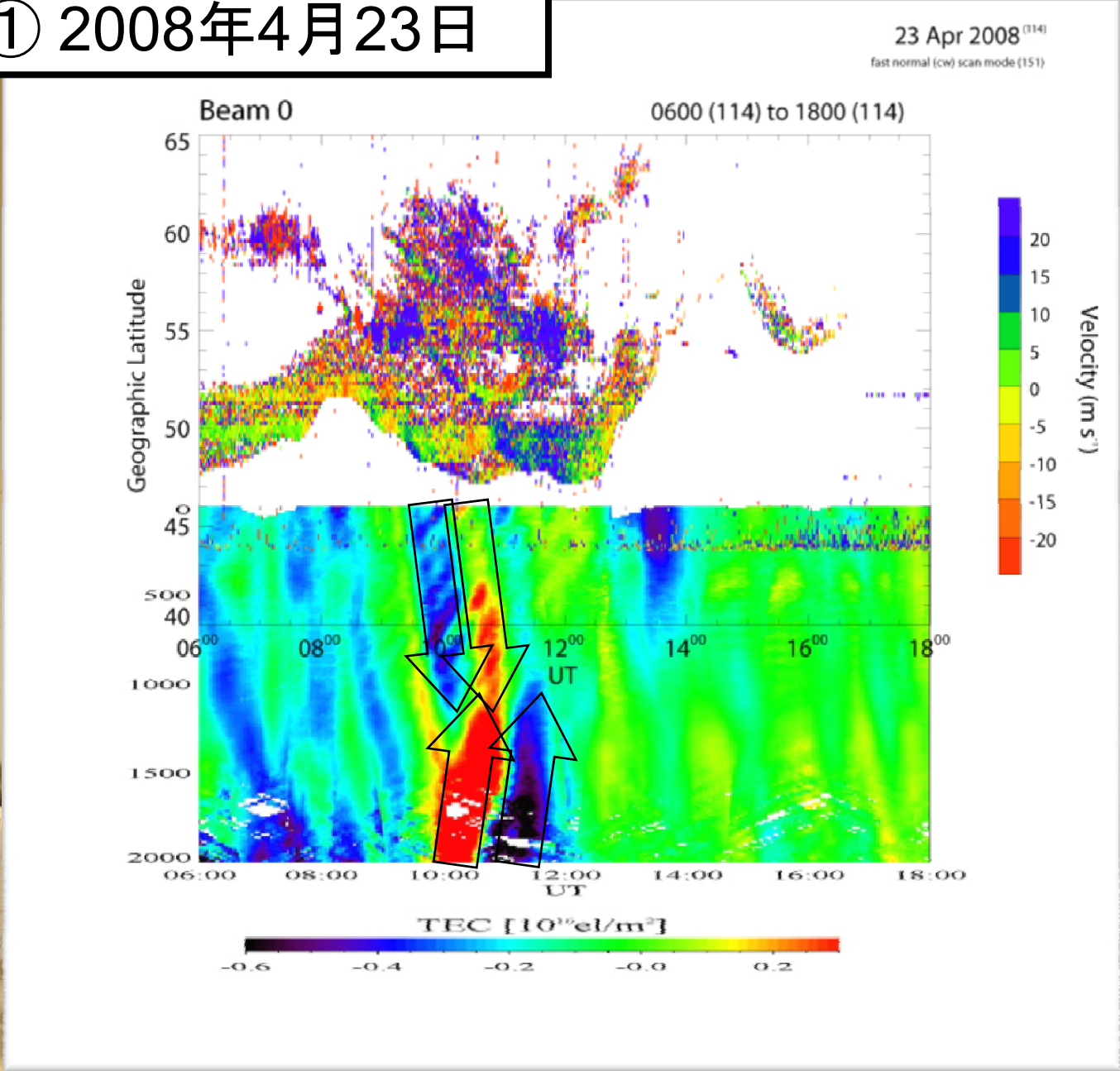
南向きに伝搬する擾乱 33件

GPSで観測された時刻	件数	SuperDARNのDoppler velocityで観測された？
0000UT	20件	○ × × × × × × × × × × × × × × × × △ △ △
0300UT	6件	× × × × × ×
0600UT	3件	× × ×
1000UT	4件	○○ × ×

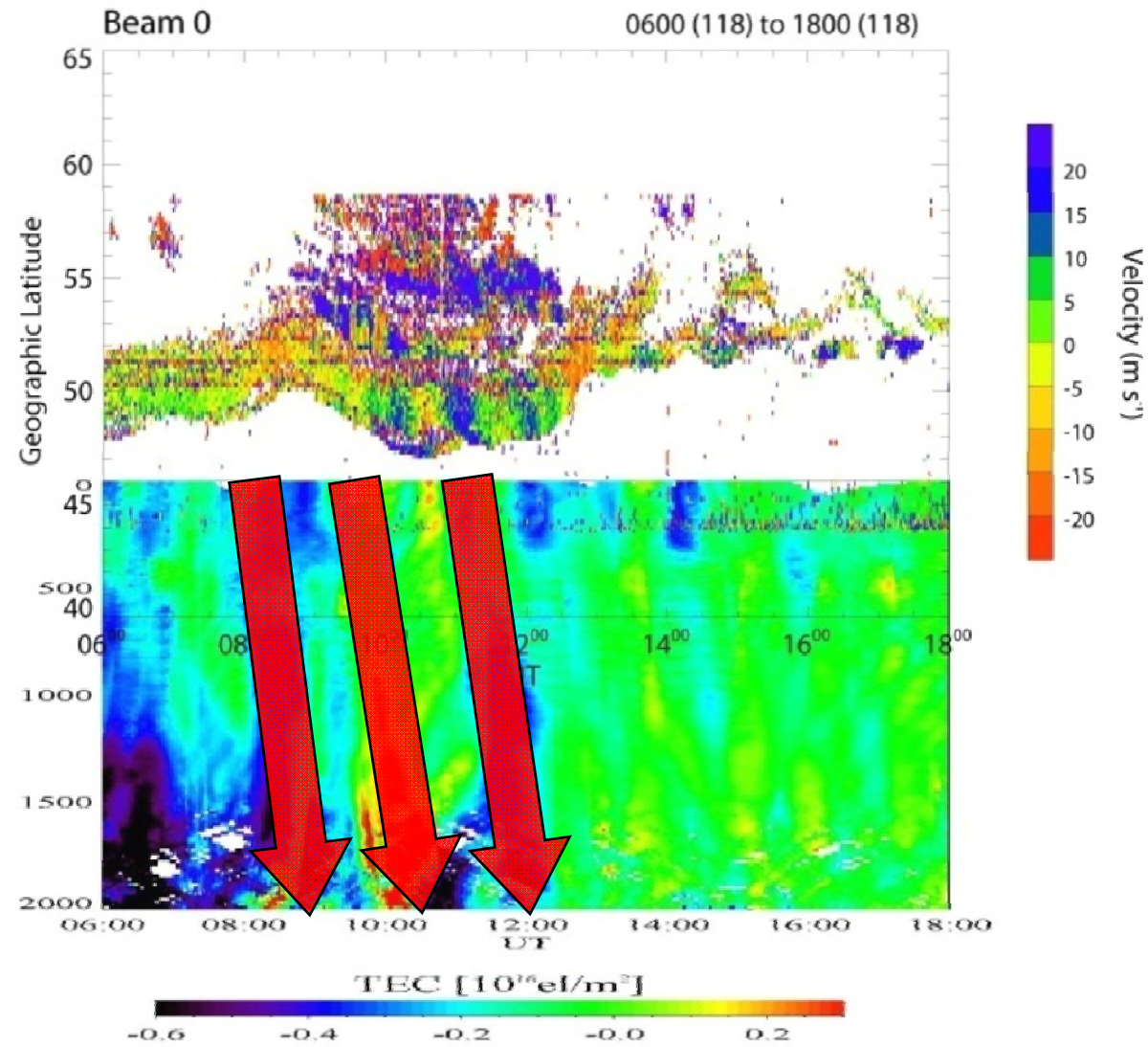
課題

- 南向きに伝搬する擾乱についてはGPS-TECとSuperDARNのDoppler velocity(さらにpower)との関係を議論
- 北向きに伝搬する擾乱については時刻によって現象が違うのか議論。

① 2008年4月23日



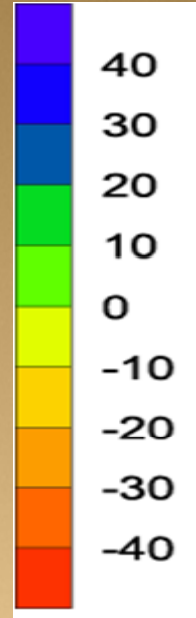
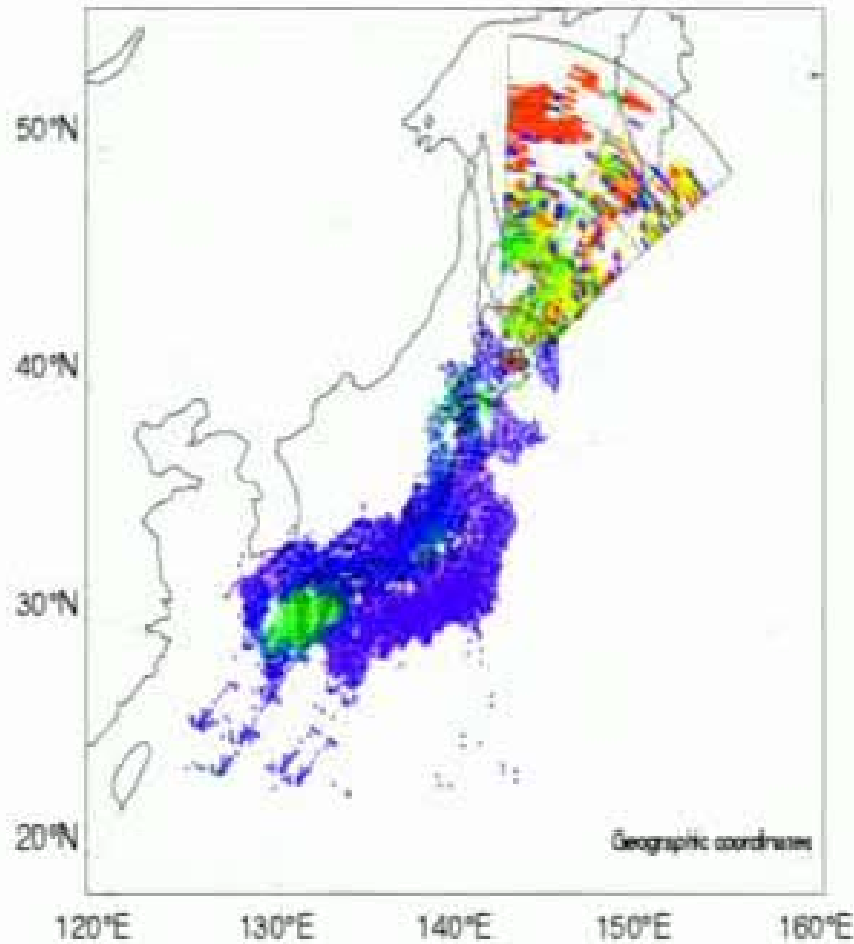
南向きに伝搬する擾乱 ② 2007年4月28日



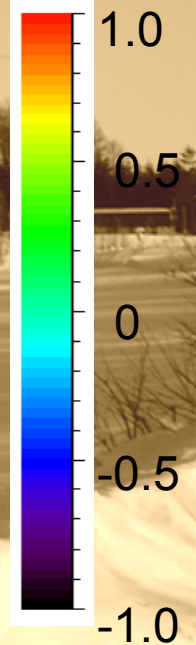
観測結果

2006/12/15
0030-0459 UT
0930-1359 LT

29
Velocity[m/s]



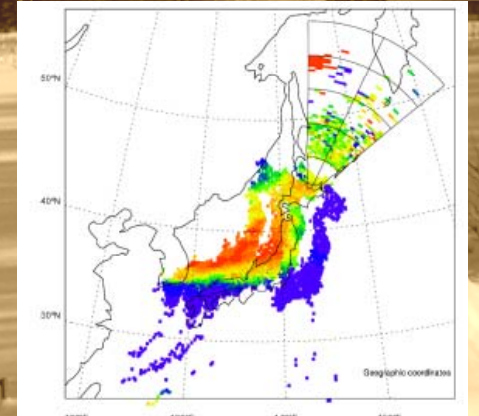
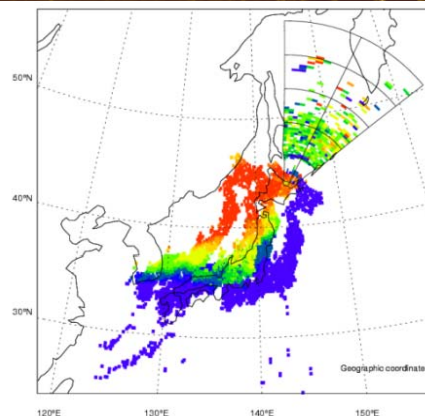
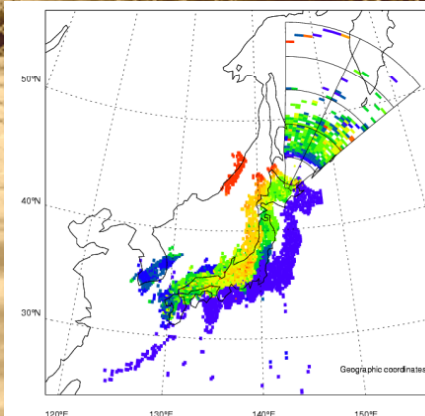
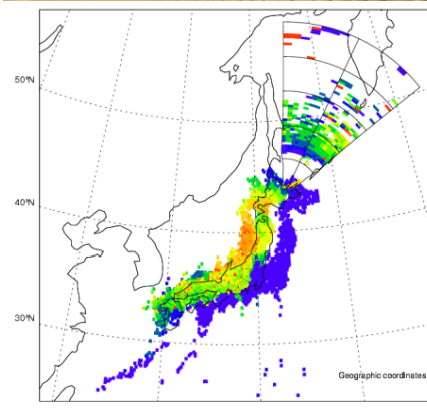
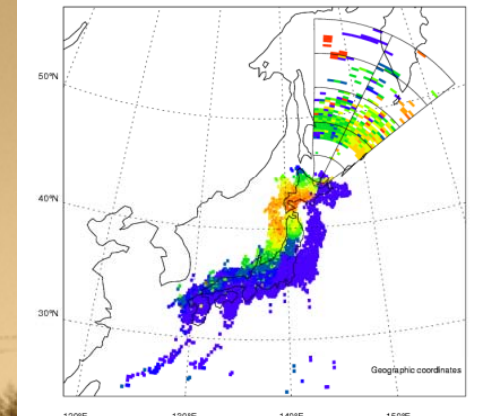
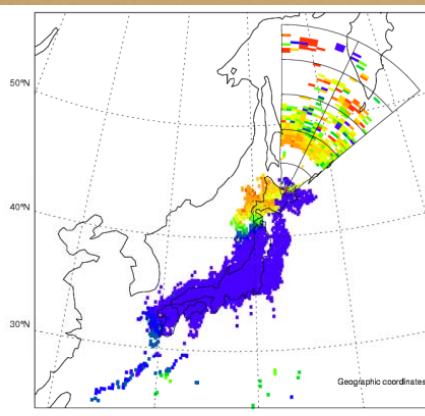
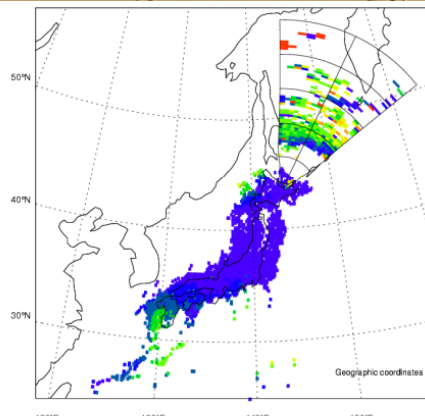
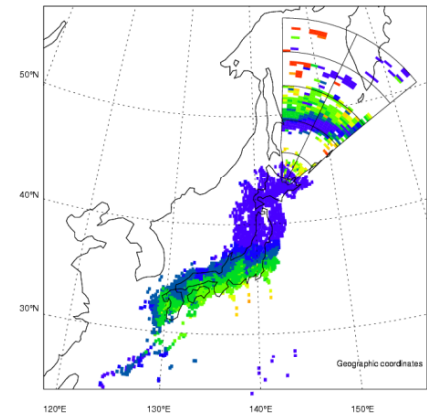
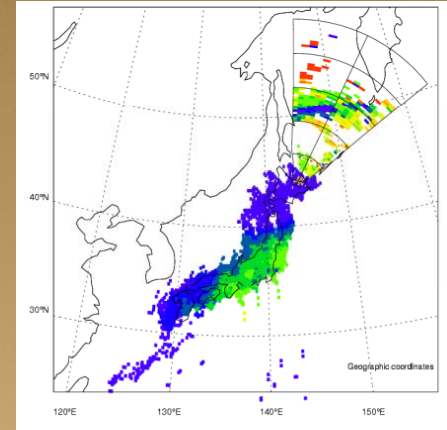
TEC[10^{16} el/m²]



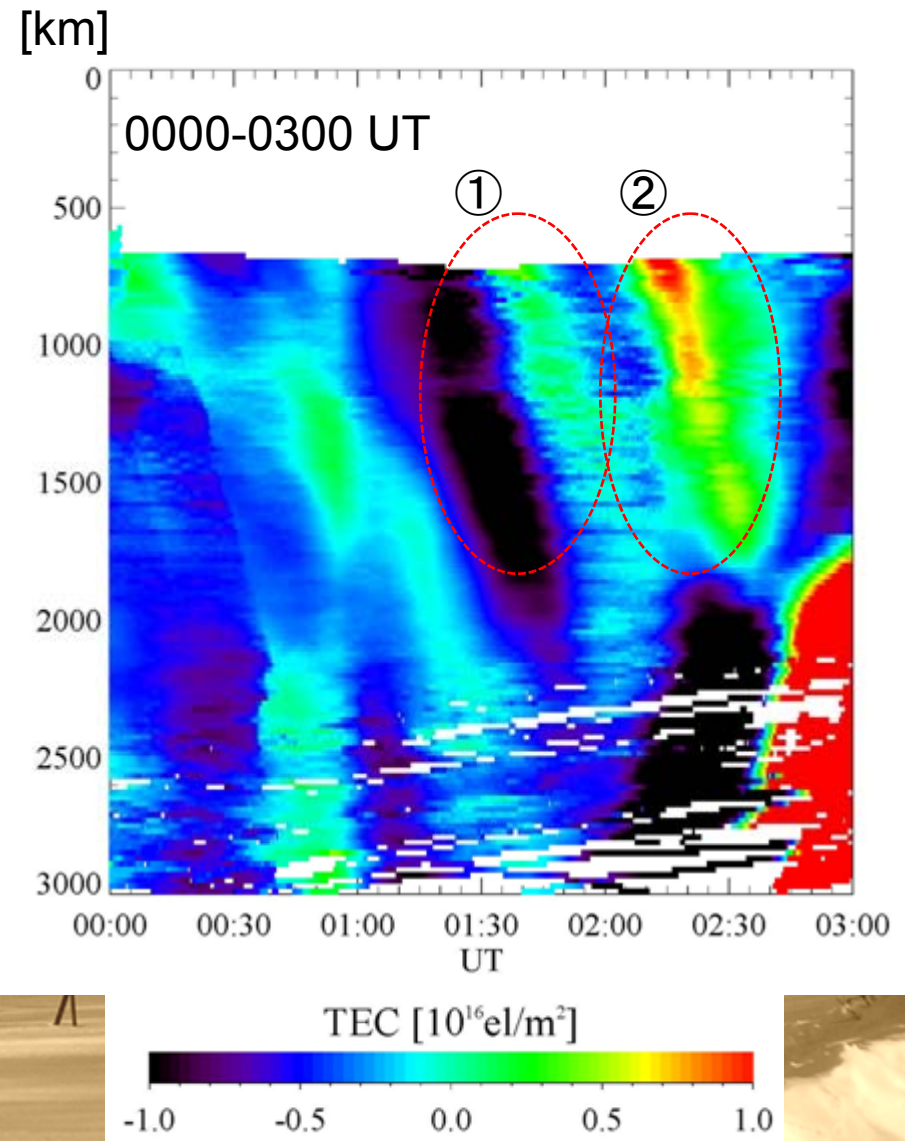
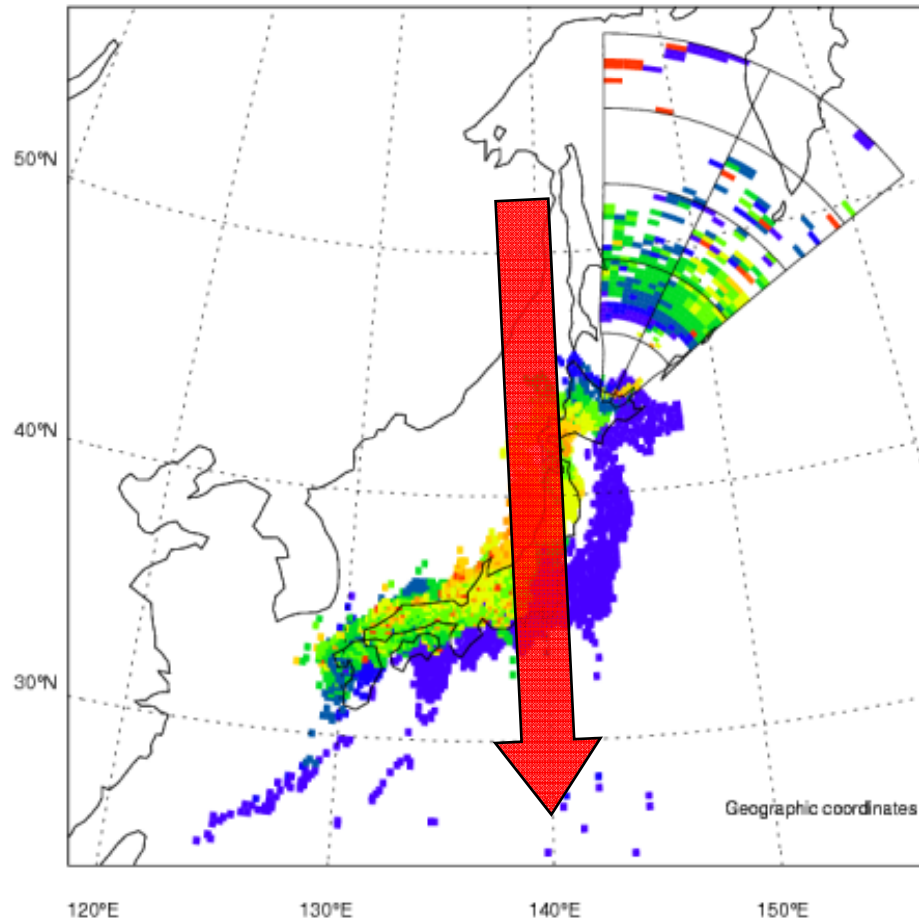
南向きに伝搬する変動

0110-0230 UT
1010-1130 LT

SuperDARN : Doppler velocity
GPS : TEC

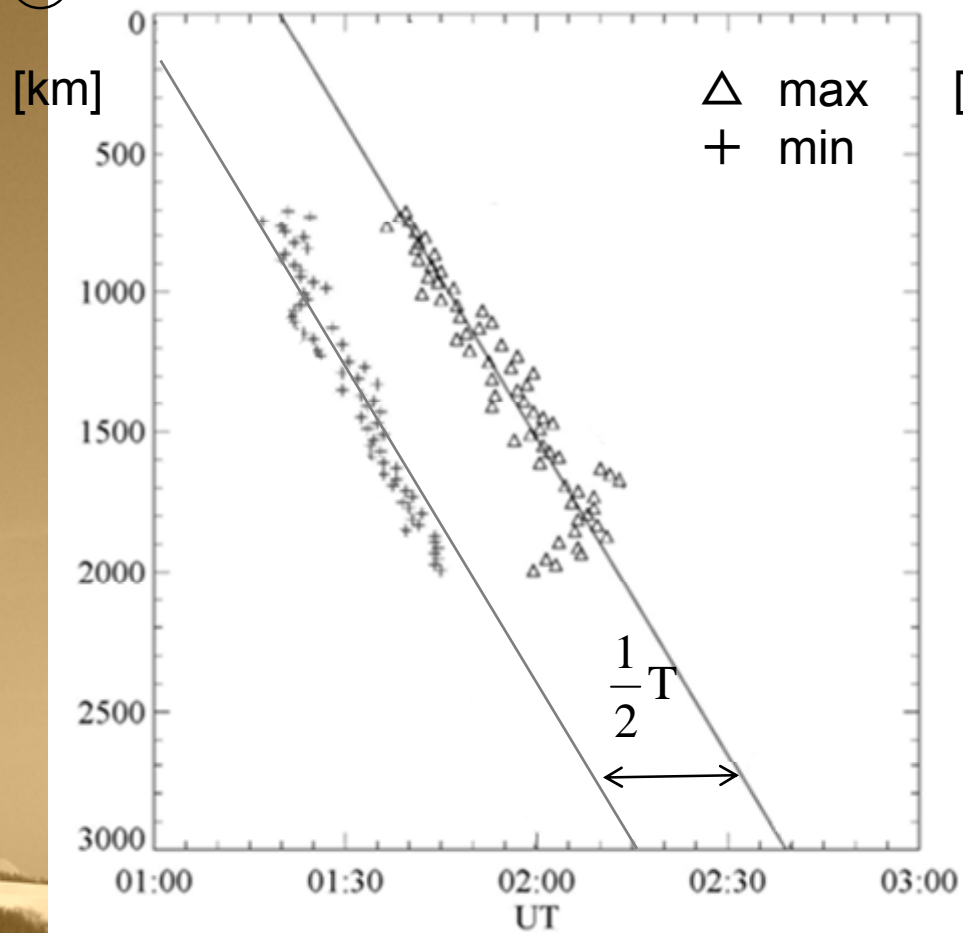


GPSのTEC変動



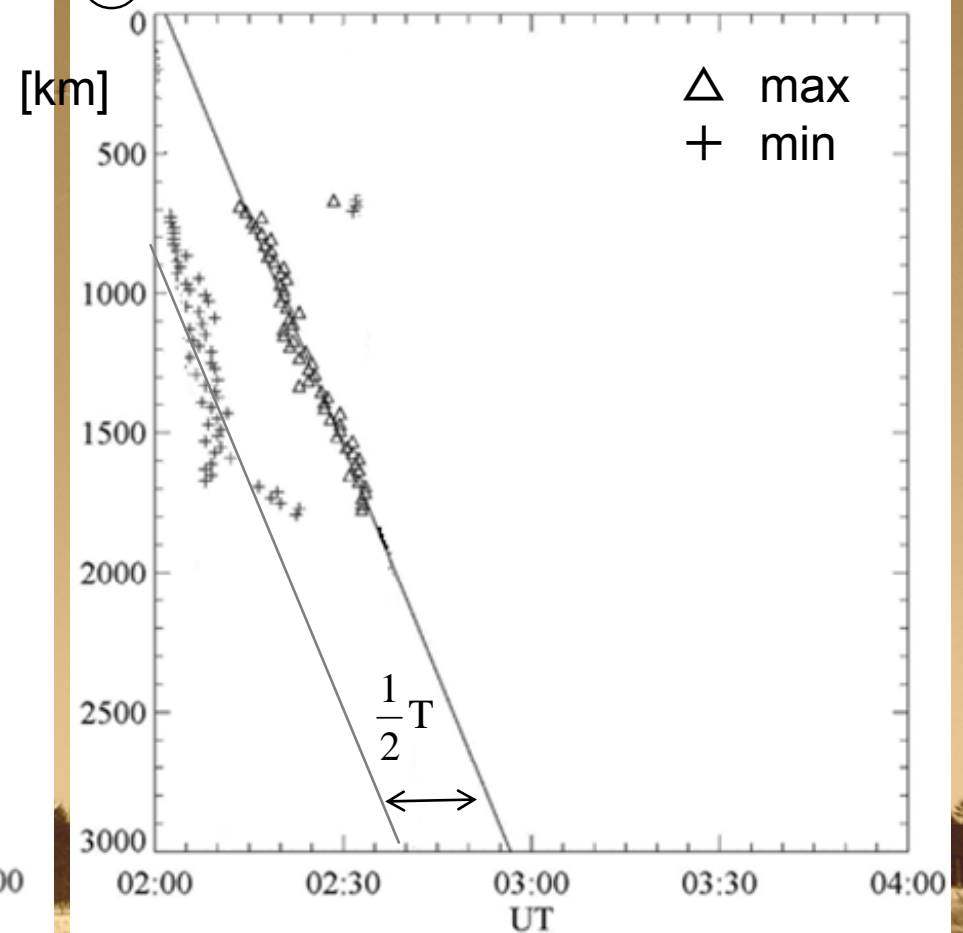
2つの南向きに伝搬する変動

①



伝搬速度：629 m/s
 周期：47 min
 波長：1773 km

②

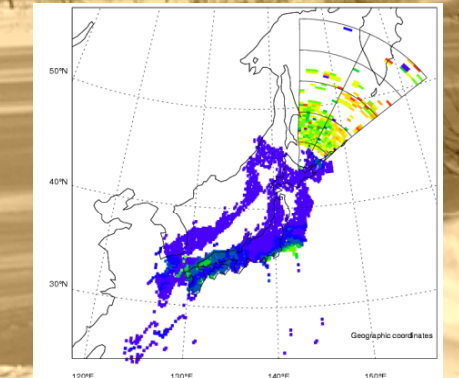
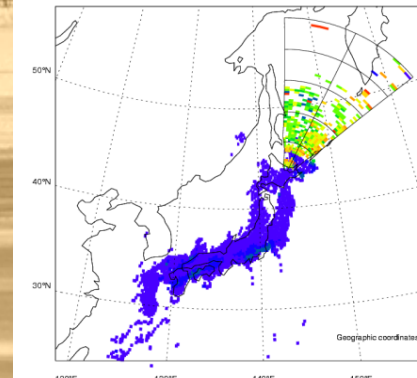
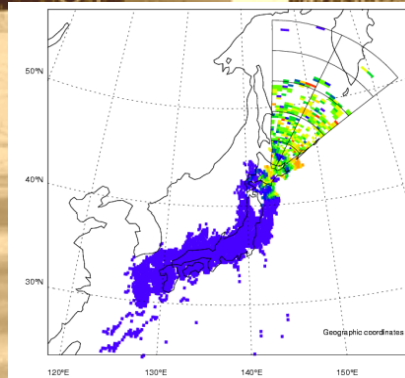
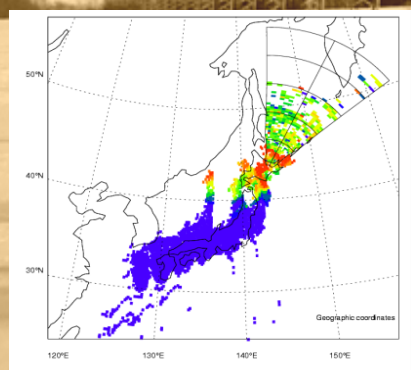
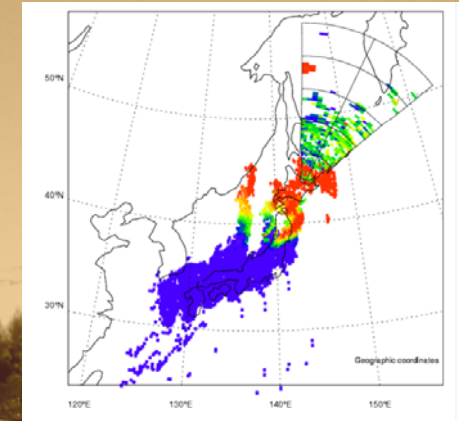
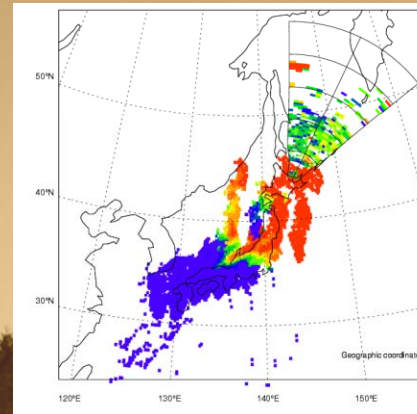
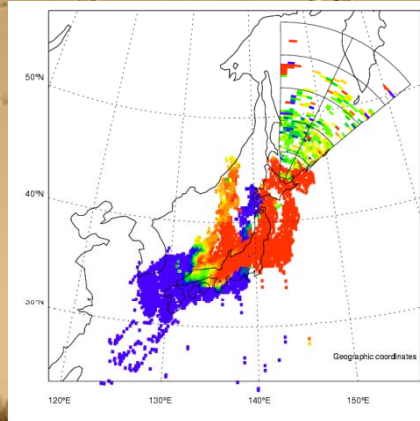
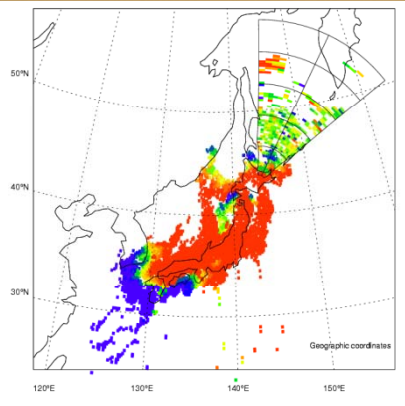
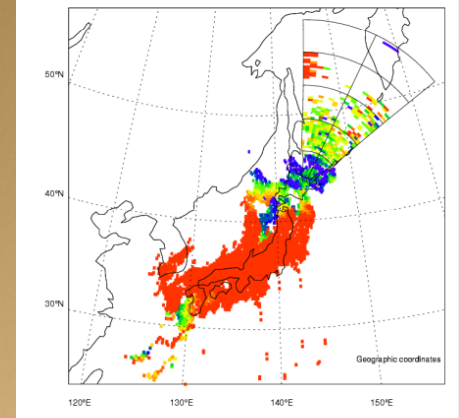
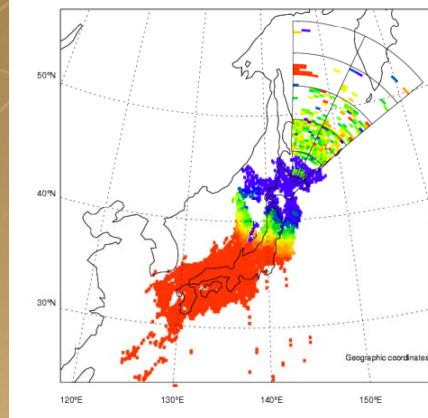
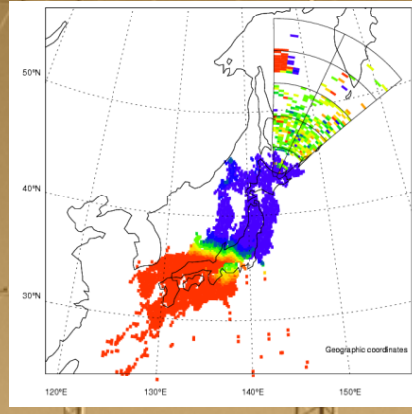
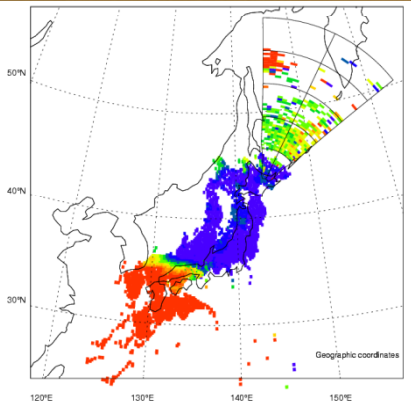


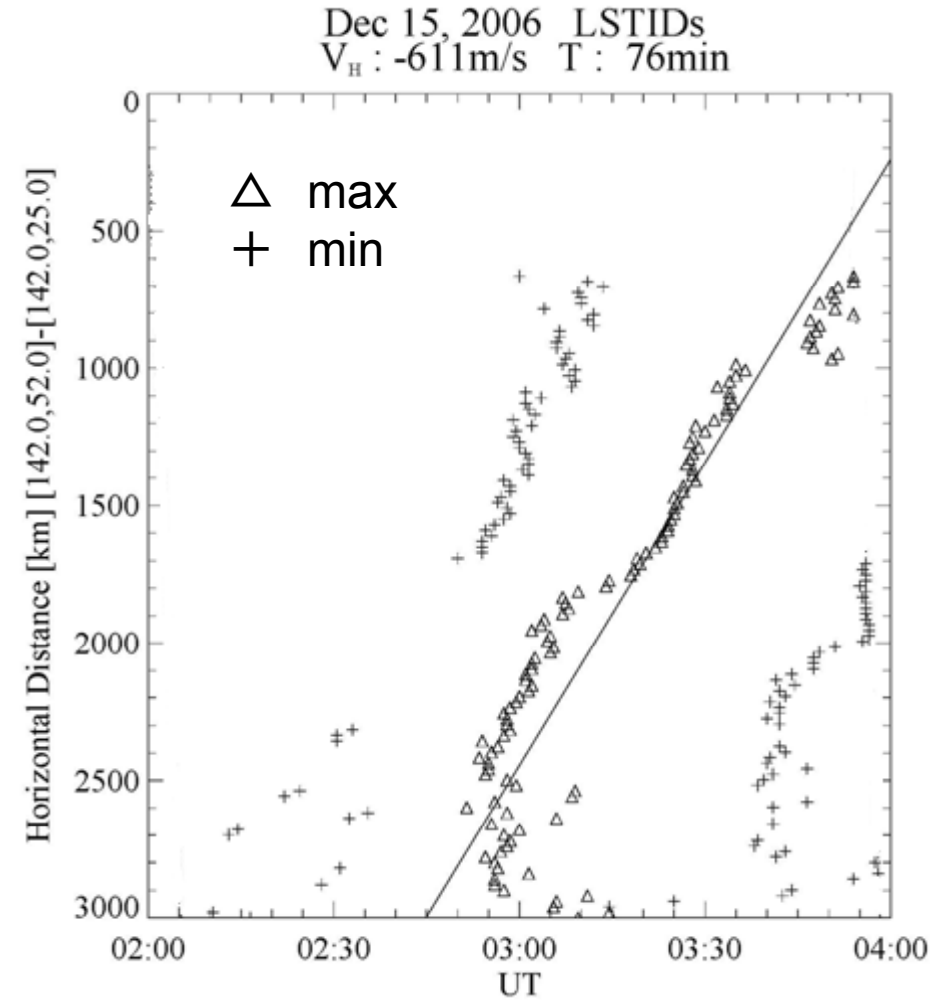
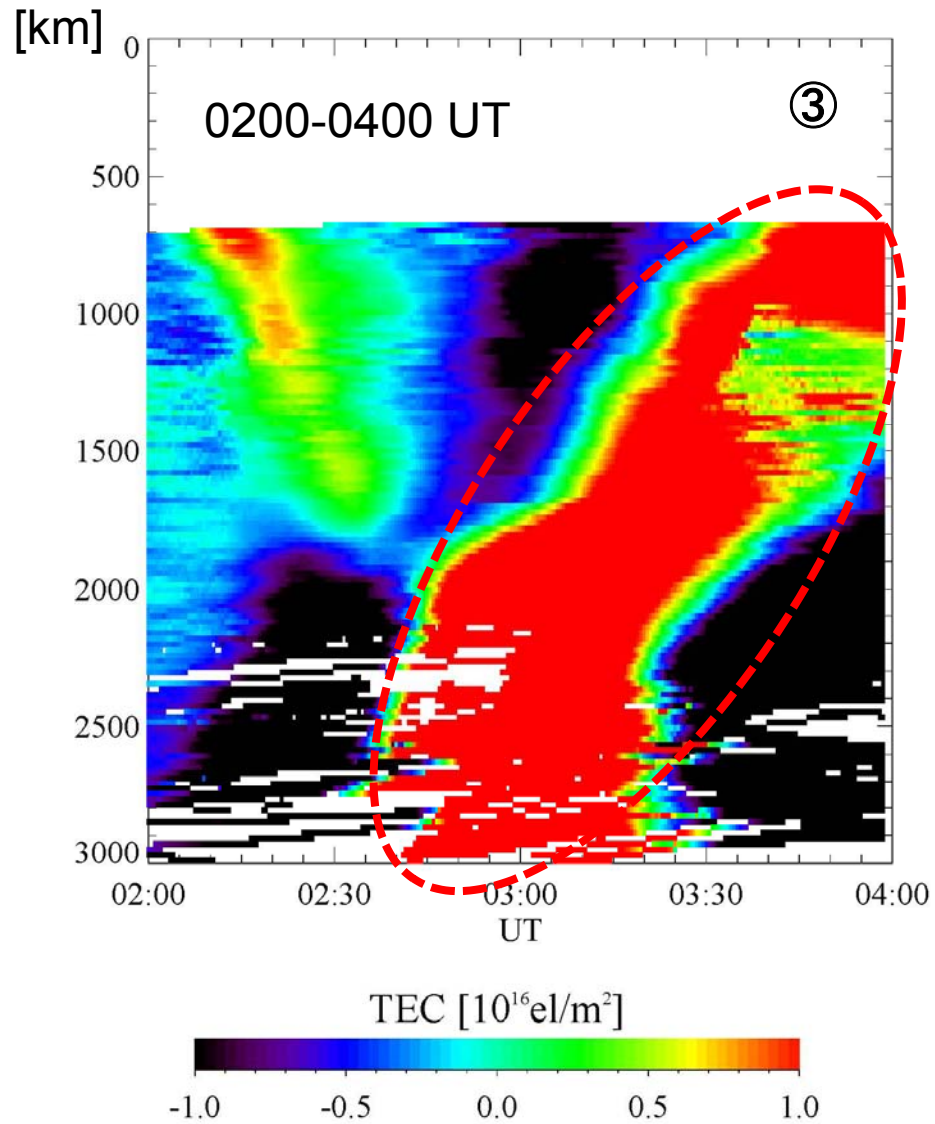
伝搬速度：908 m/s
 周期：32 min
 波長：1743 km

- 伝搬速度、周期、波長は今までのLSTIDの例にほぼ一致。

北向きに伝搬する変動

0250-0440 UT
1150-1340 LT



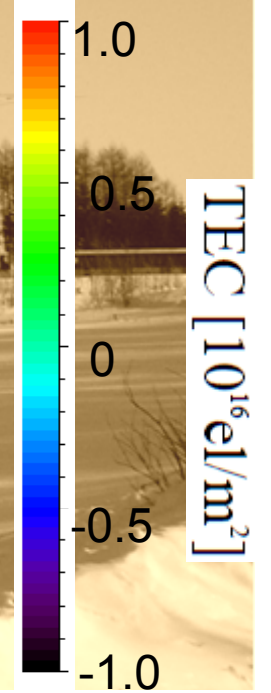
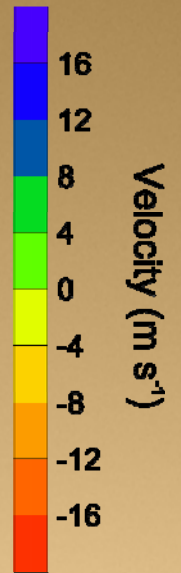
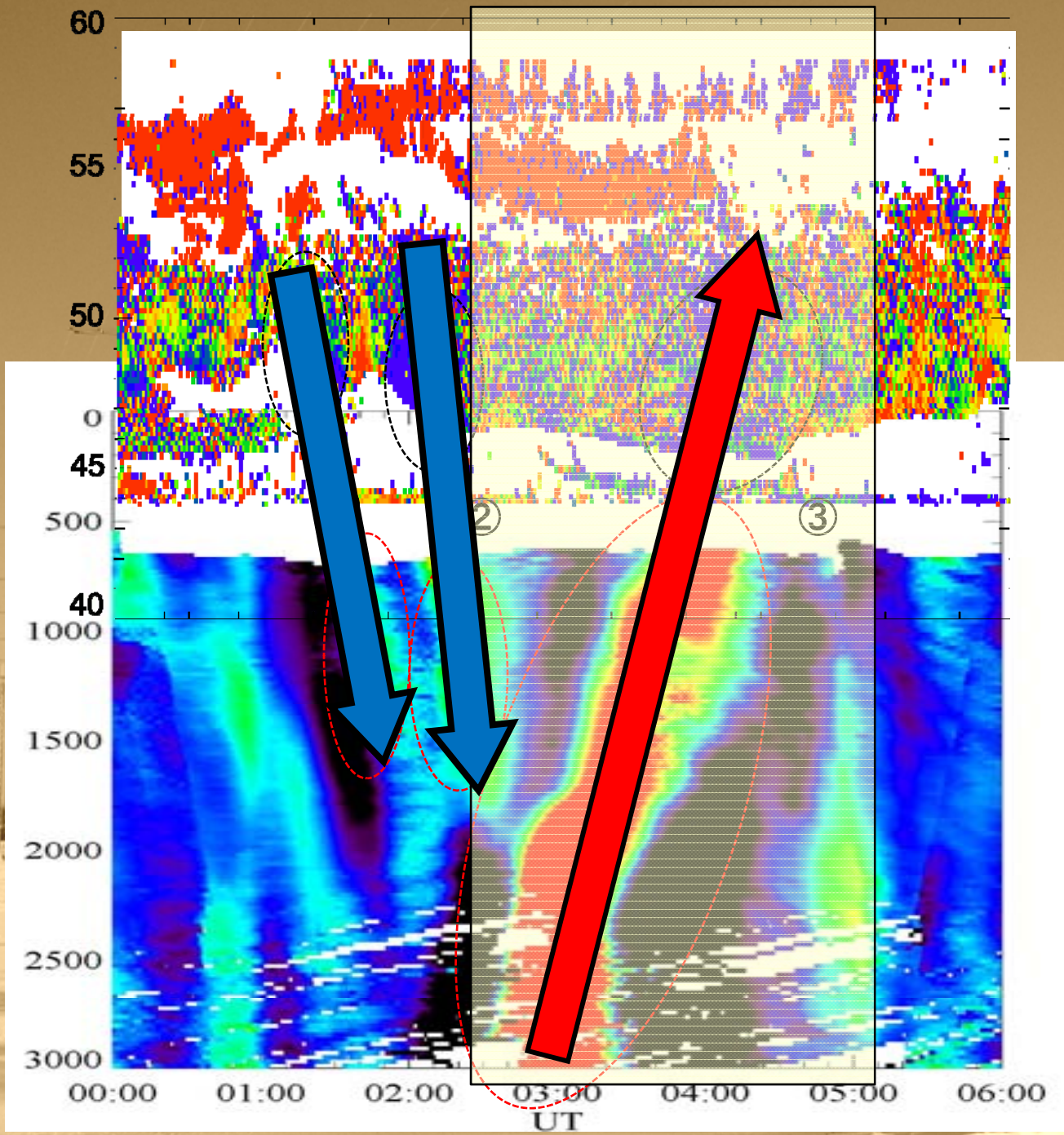


伝搬速度：北向きに611m/s
 周期：76分
 波長：2786km

Beam 1

Geographic Latitude

[km]

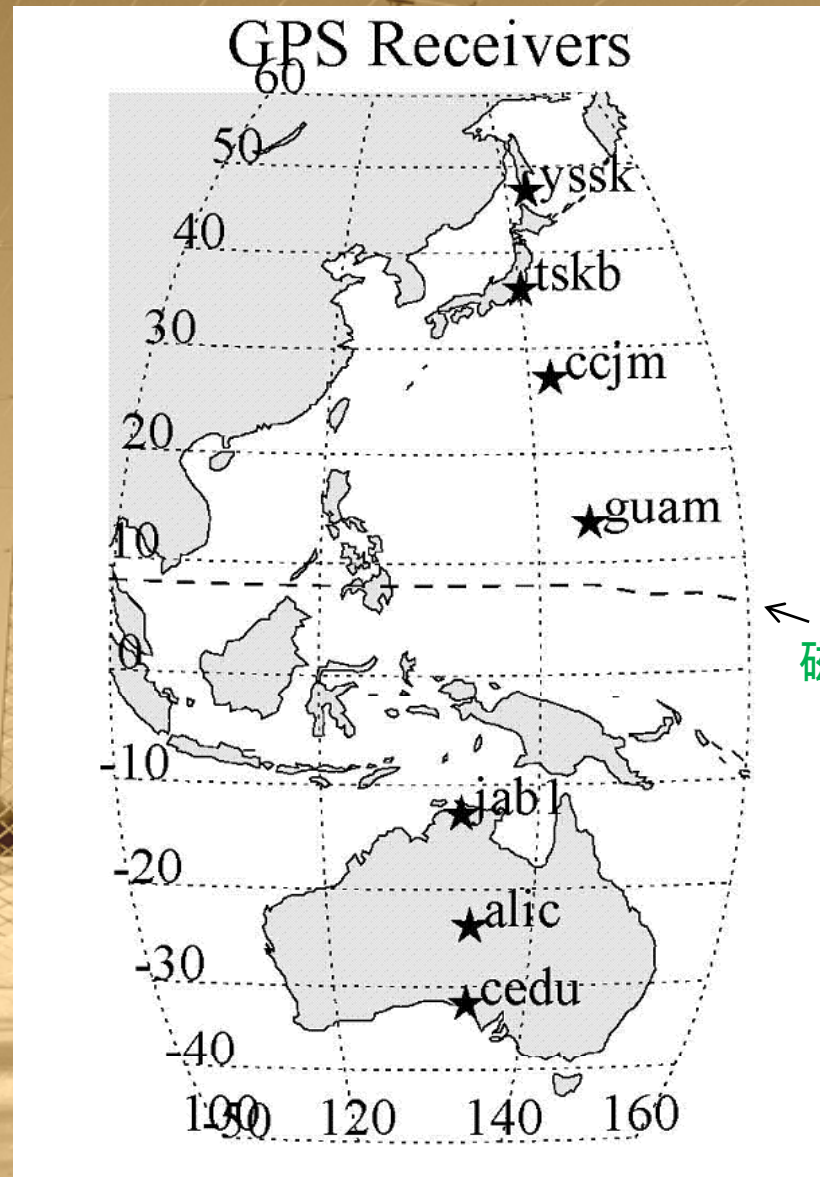


北向きに伝搬する擾乱

赤道を越えて南半球から伝わってきた？



各地点におけるTEC変動値



•ユジノサハリンスク

•筑波

•父島

•グアム

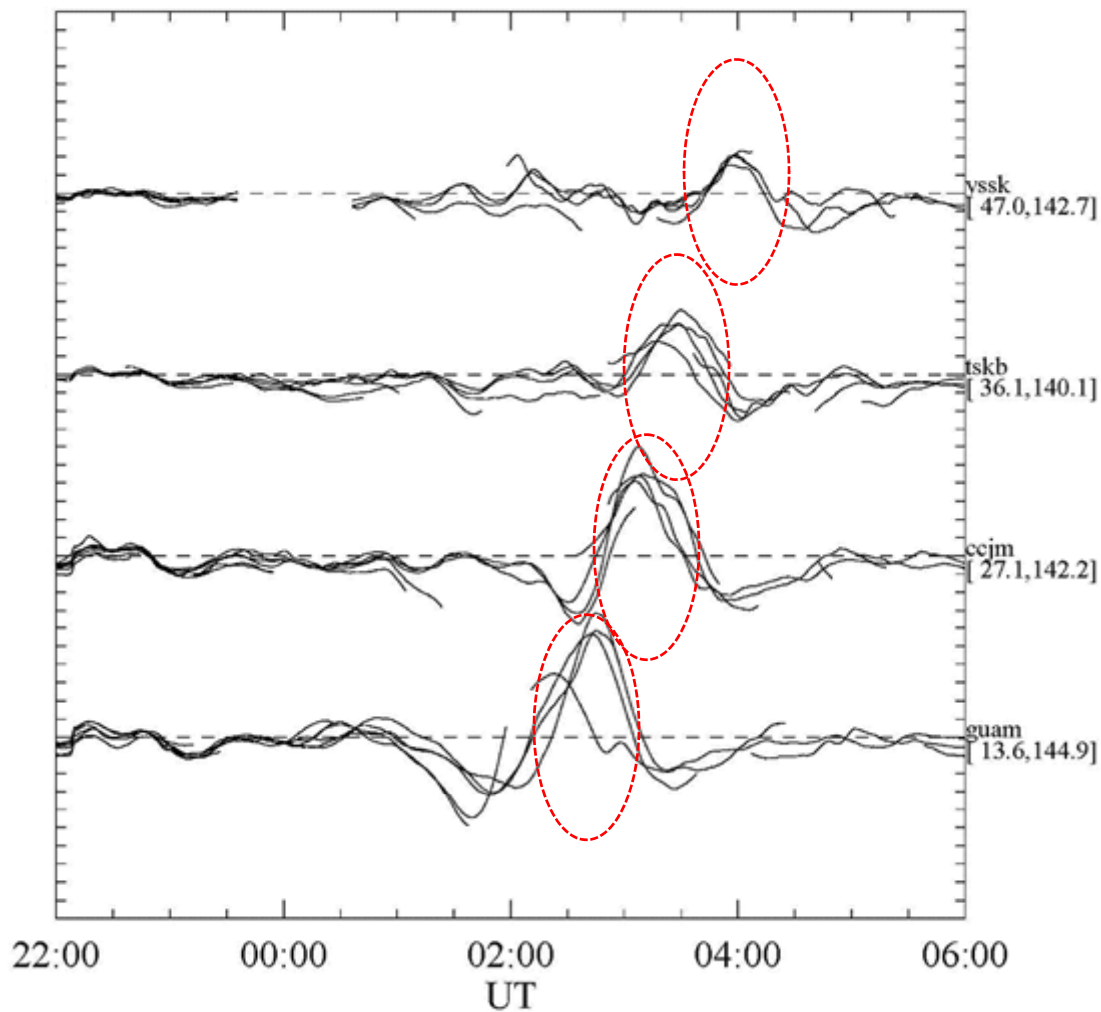
← 磁気赤道

•ジャビル

•アリススプリング

•セドゥナ

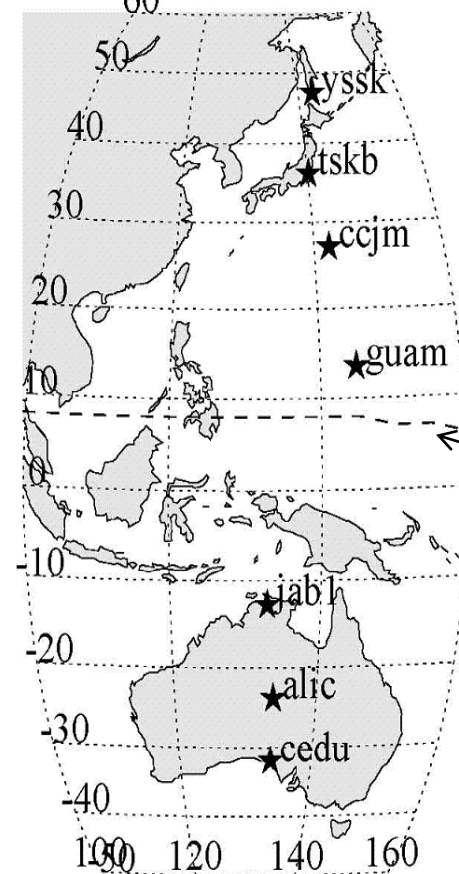
Dec 15 2006
TEC perturbation [10^{16} el/m²]



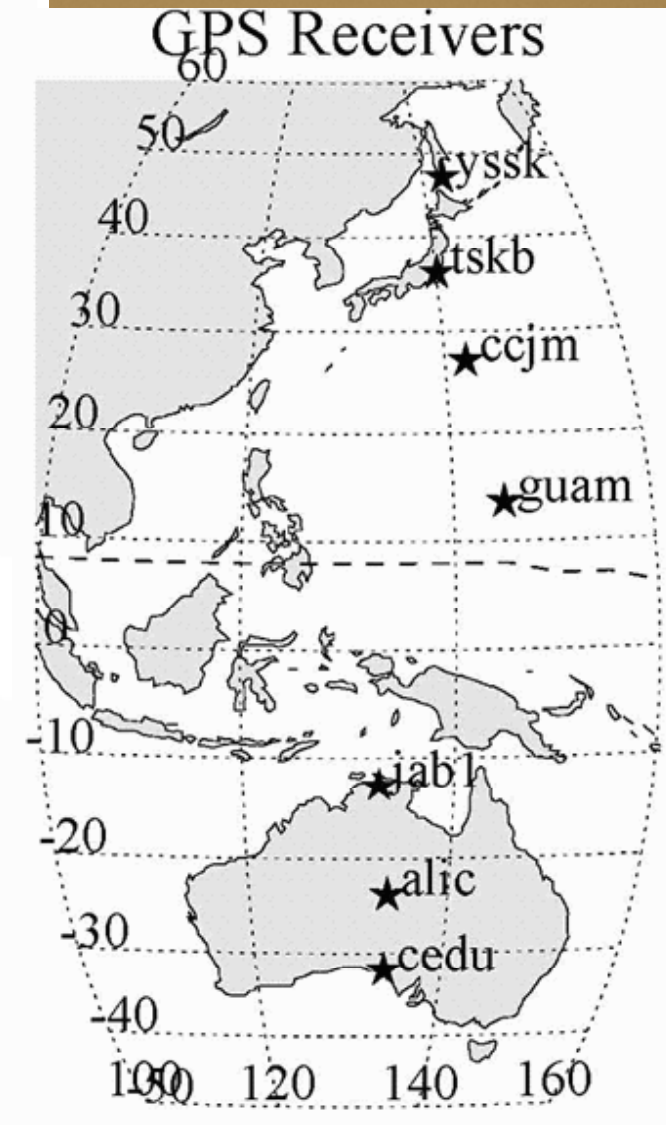
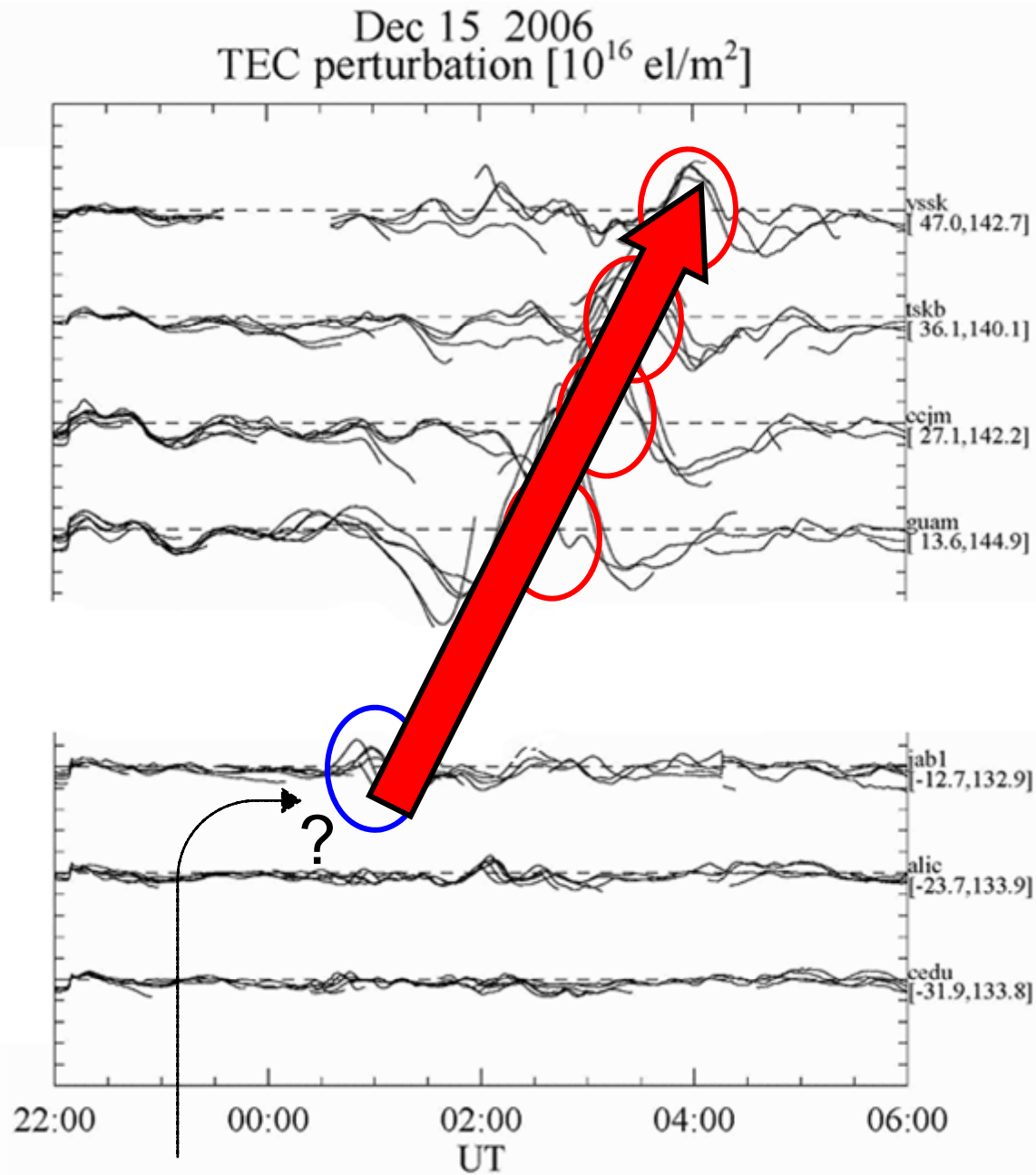
縱軸 1目盛TEC [10^{16} el/m²]
 横軸 2200-0600 UT

北半球

GPS Receivers

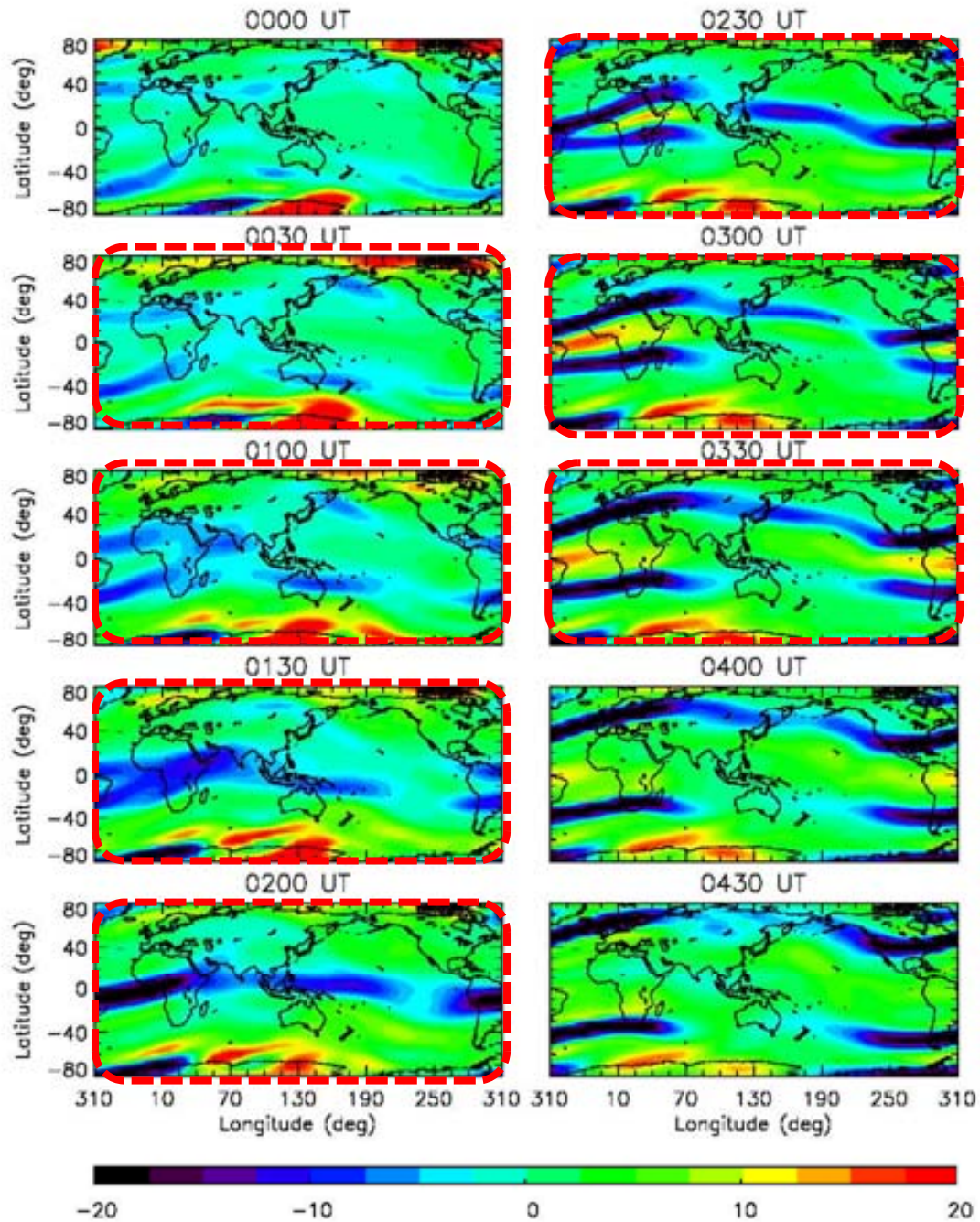


磁気赤道



この付近で発生して、北半球に伝搬してきた??

2006/12/15
0000-0430 UT



Vertical neutral wind from CMIT model [Jiuhou Lei et al. 2008]

まとめと課題

- 初めて、HFレーダーとGPSを同時に用いてLSTIDが観測された。
- 南向きに伝搬する変動は、伝搬速度、周期、波長は今までのLSTIDの例にほぼ一致した。
- 北向きに伝搬する変動は、南半球のTEC値から、南半球から北半球に伝搬してきた可能性がある。
- 赤道を越えたときなぜTEC値が増えたか。
- ほかに例があるか。





LSTID event on December 15, 2006 observed by Hokkaido HF radar and GEONET

H. Hayashi,¹ N. Nishitani,¹ T. Ogawa,¹ Y. Otsuka,¹ T. Tsugawa,²
K. Hosokawa,³ A. Saito,⁴ and SuperDARN Hokkaido HF Radar Group

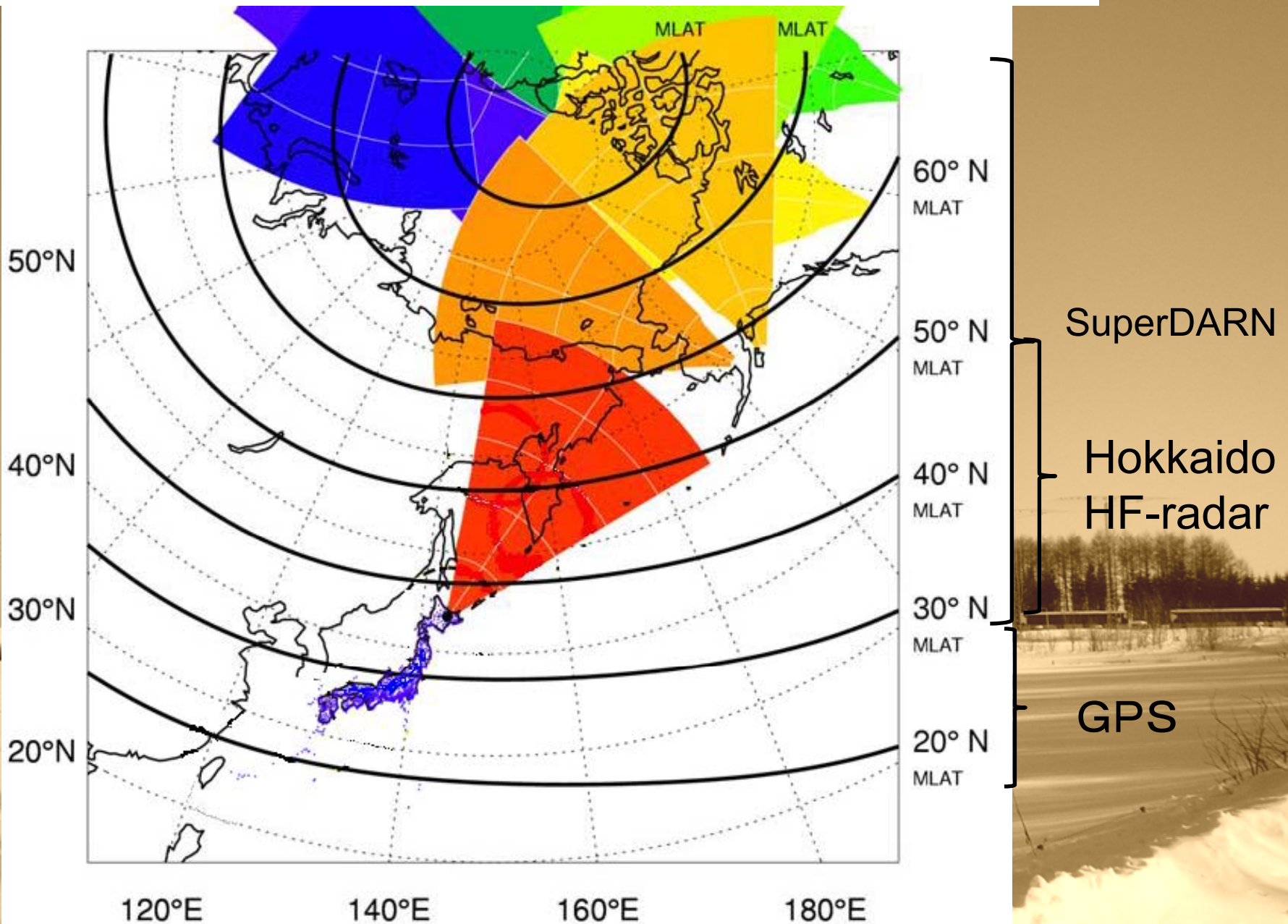
¹*Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, Japan*

²*National Institute of Information and Communications Technology, Tokyo, Japan*

³*The University of Electro-Communications, Tokyo, Japan*

⁴*Kyoto University, Japan*

Field of view of observation

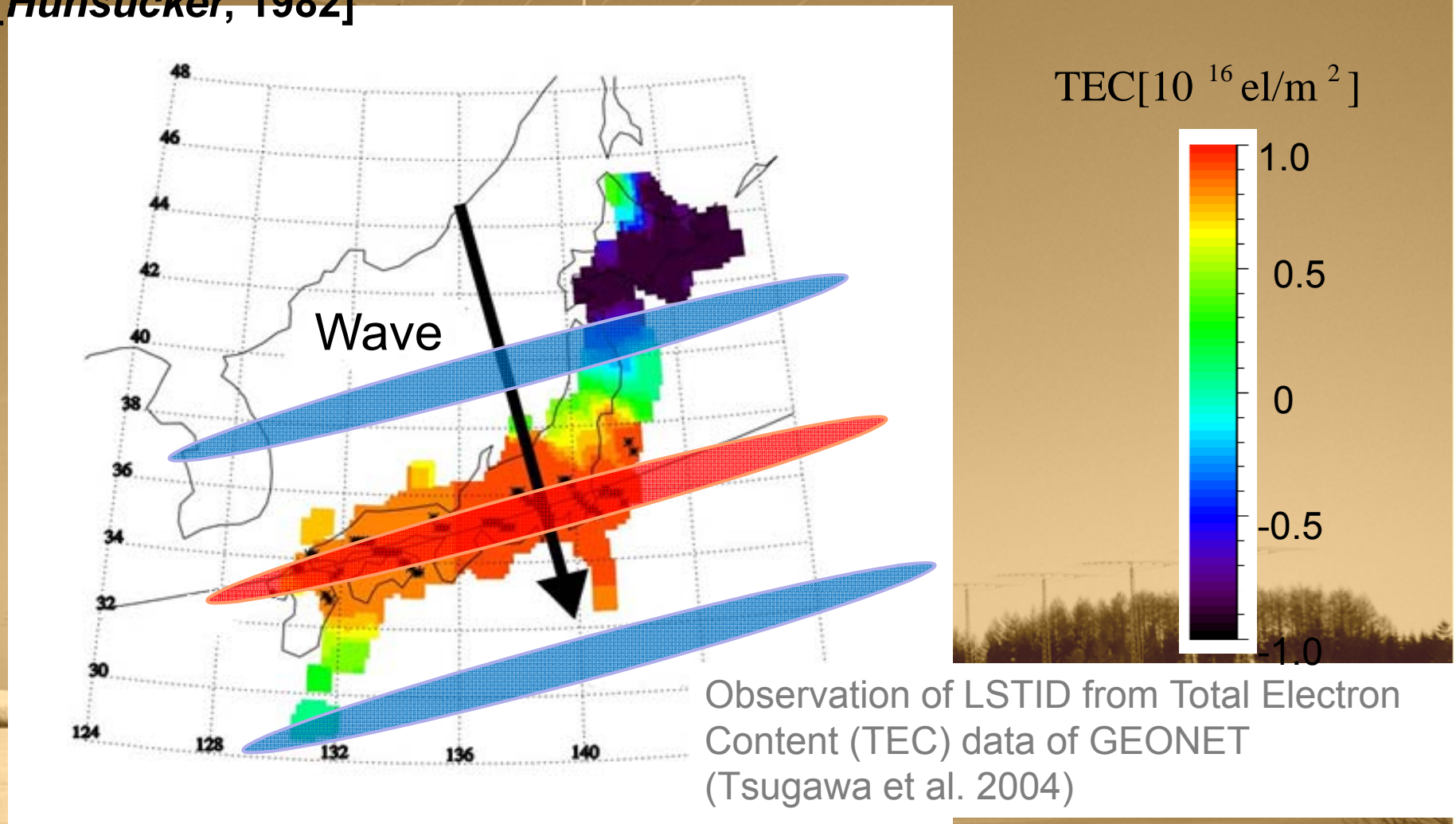


Motivation

- During a relatively large storm event on December 15, 2006, Doppler velocity data of Hokkaido radar and Total Electron Content (TEC) data of GEONET recorded daytime Large-Scale Traveling Ionospheric Disturbances (LSTIDs).
- LSTID has been analyzed using GPS-TEC data over Japan (e.g., Tsugawa et al., 2003). Since the Hokkaido HF radar started operation in November 2006, we can obtain the data to the north of Japan.
- From these observations we obtain new information on LSTID.

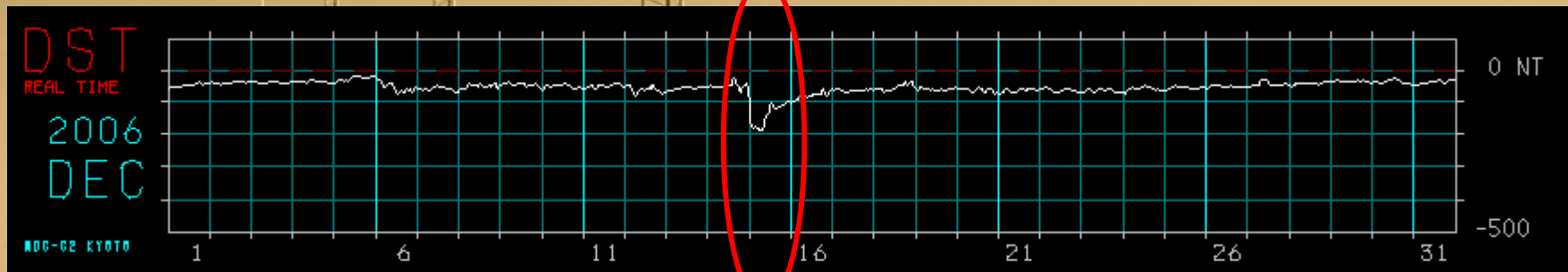
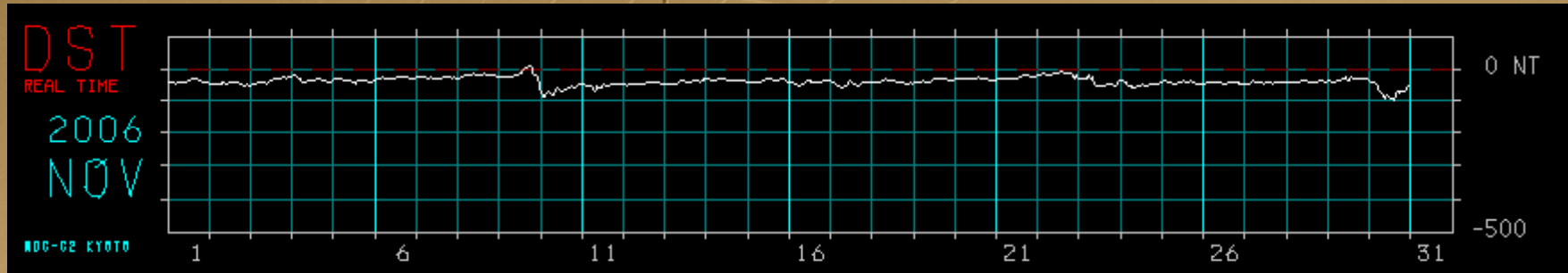
LSTID: Large-Scale Traveling Ionospheric Disturbances

[Hunsucker, 1982]

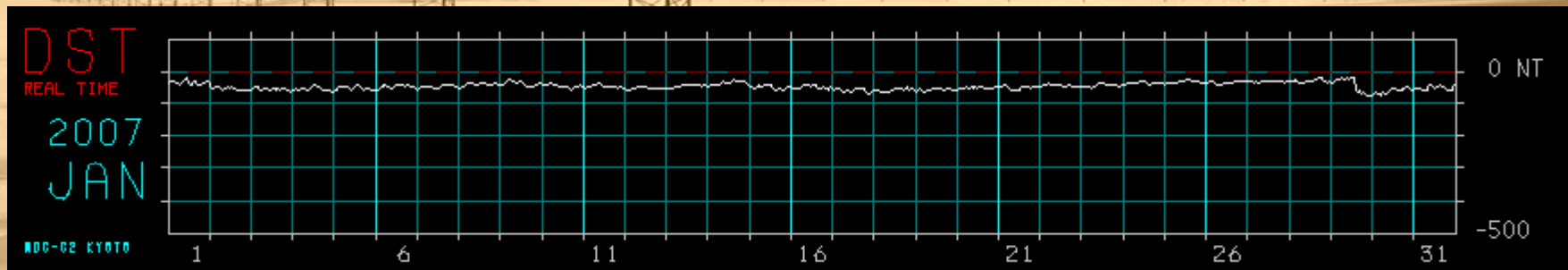


- Wavelength $> 1000 \text{ km}$
- Velocity $100 - 1000 \text{ m/s}$
- Period $30 \text{ min} - 3 \text{ hours}$
- Amplitude of TEC $10 - 20 \%$

The Dst index (2006/11-2007/01)



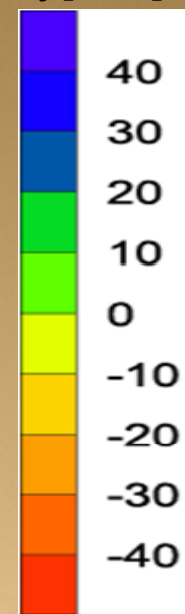
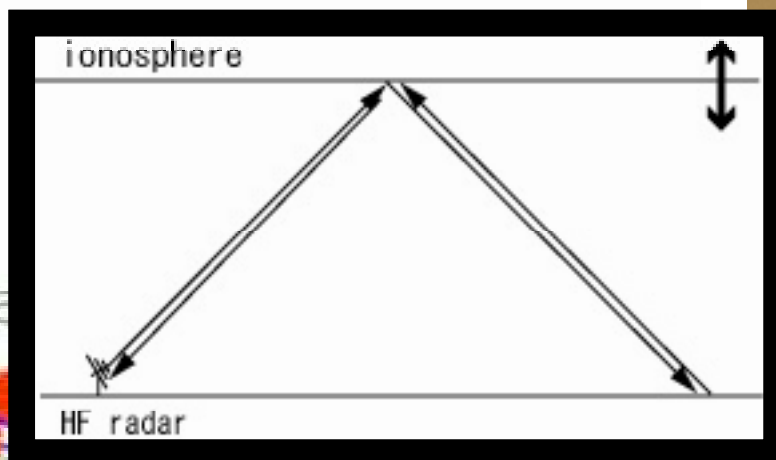
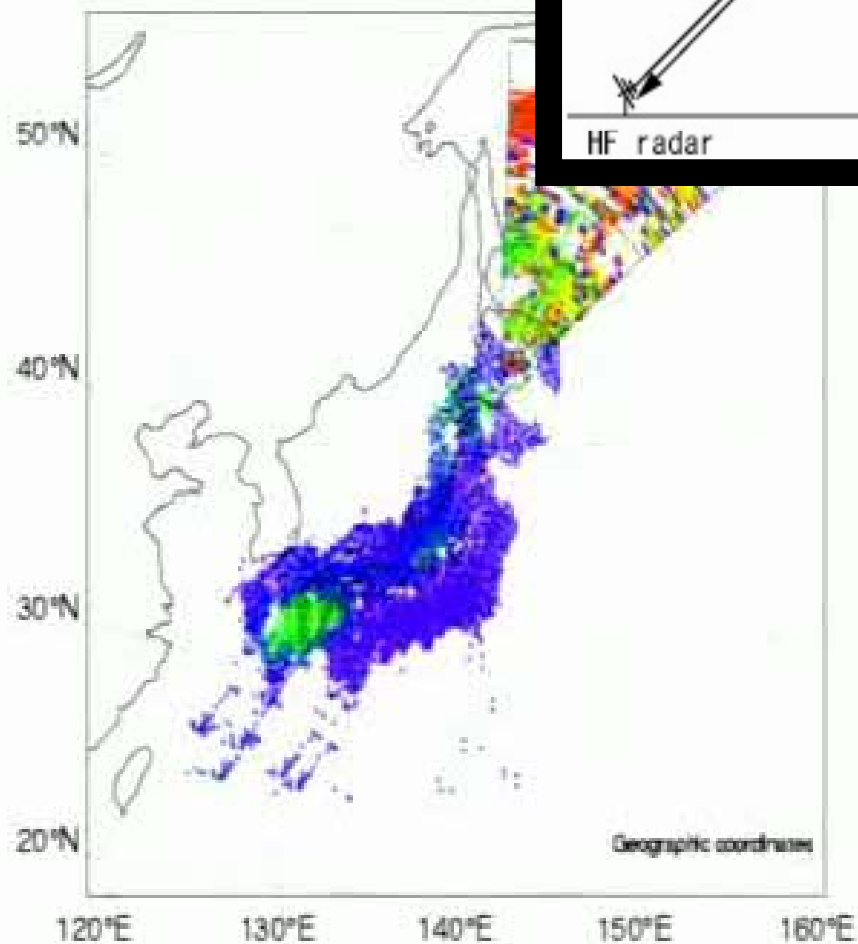
December 15, 2006. (-147nT)



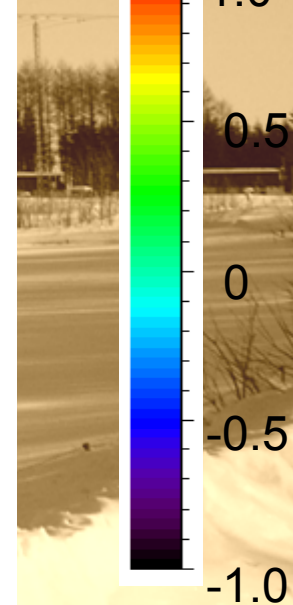
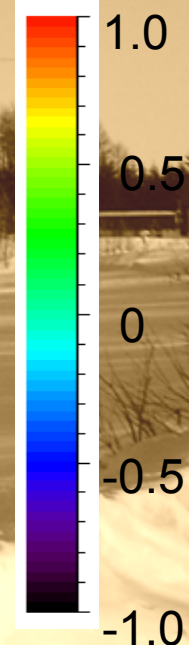
Result

2006/12/15
0030-0459 UT
0930-1359 LT

48
Velocity[m/s]



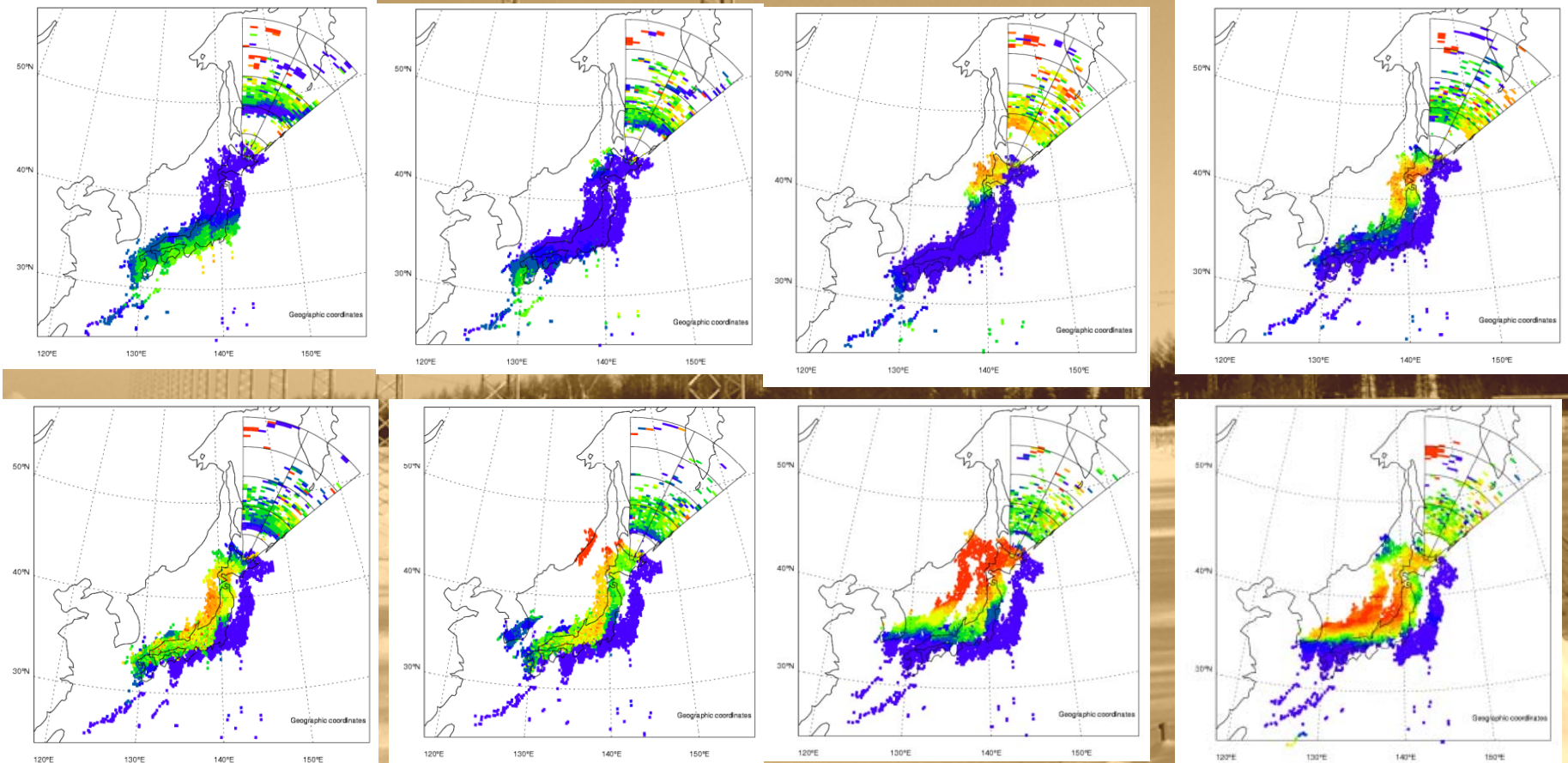
TEC[10^{16} el/m²]



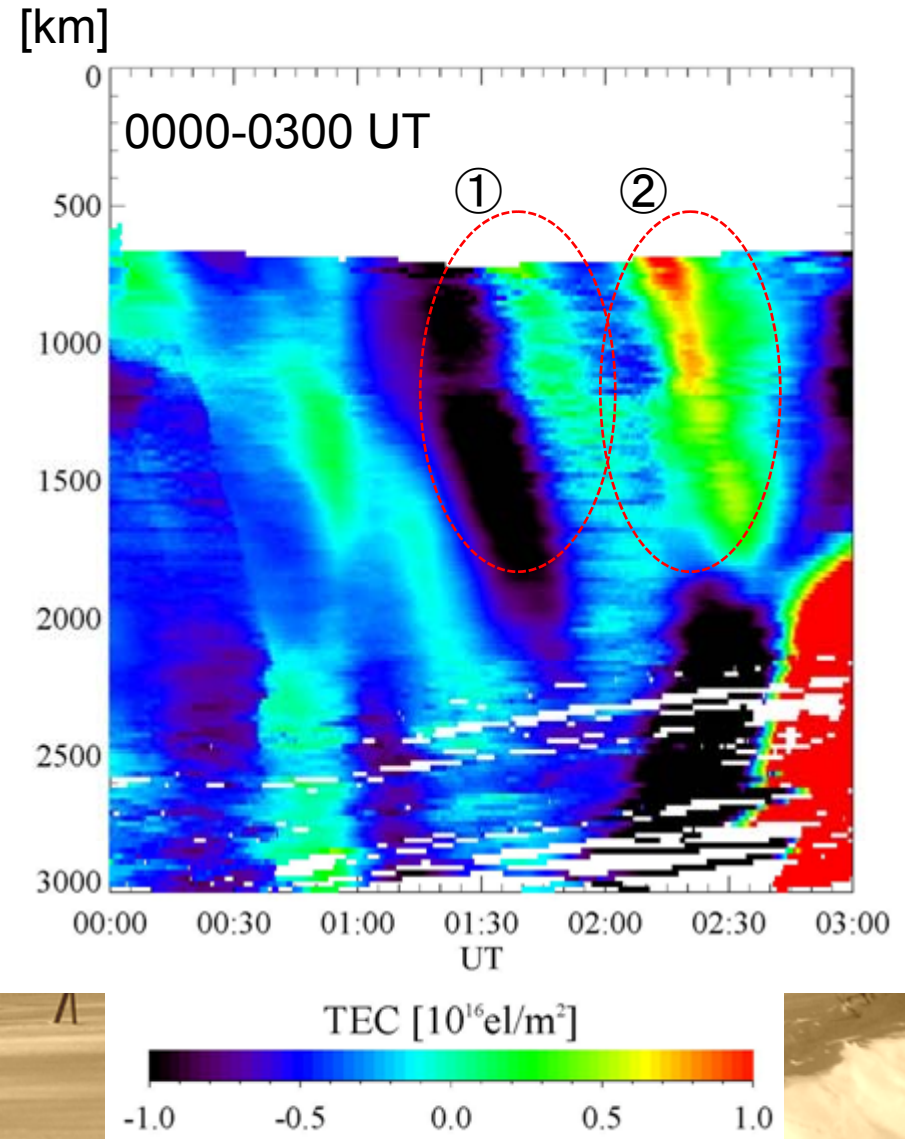
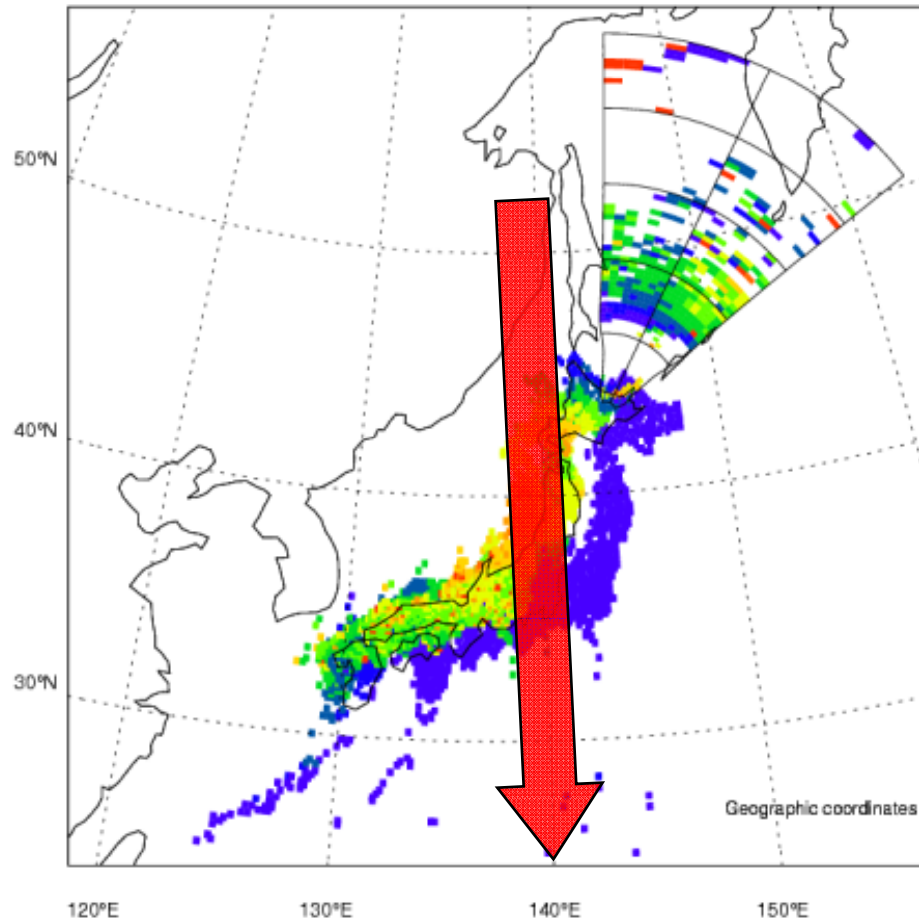
Two disturbances propagating southward

HF-radar : Doppler velocity
GPS : TEC

0120-0230 UT
1020-1130 LT



GPS-TEC perturbation

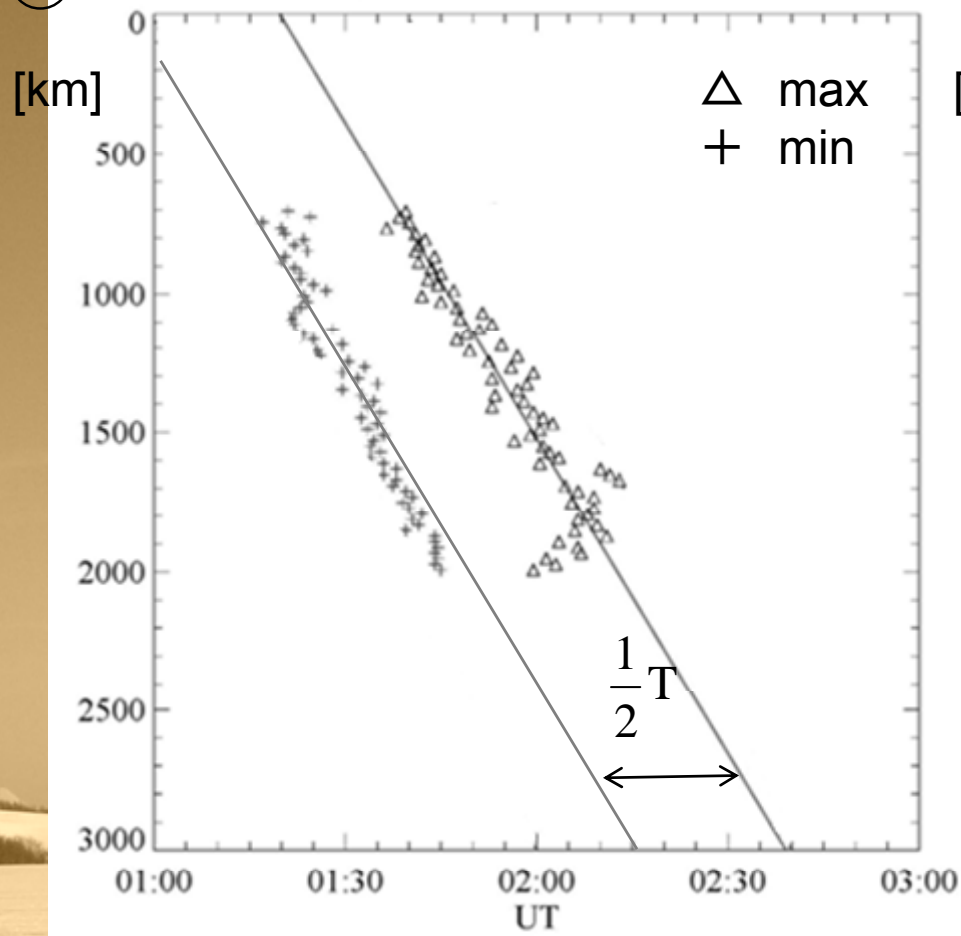


2 disturbances propagating southward

Jan. 30, 2004

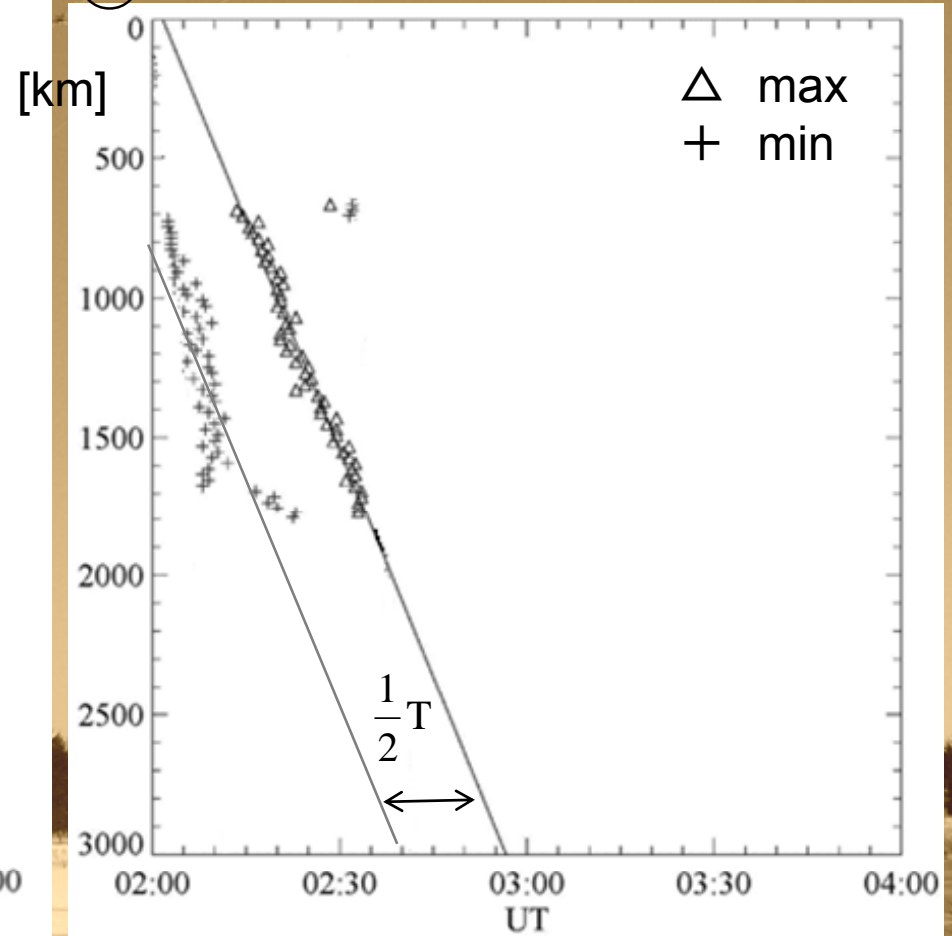
Science

①



Velocity : 629 m/s
Period : 47 min
Wavelength : 1773 km

②

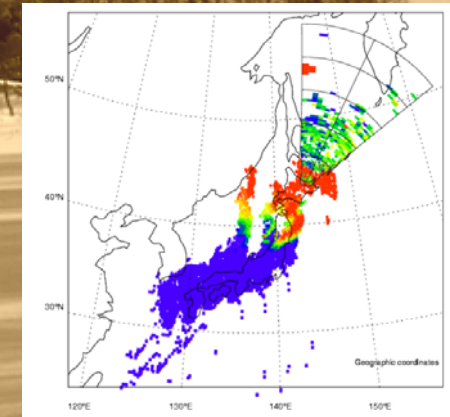
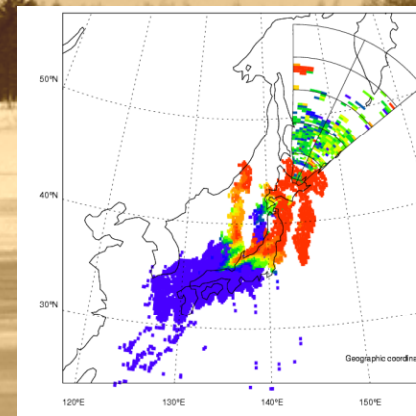
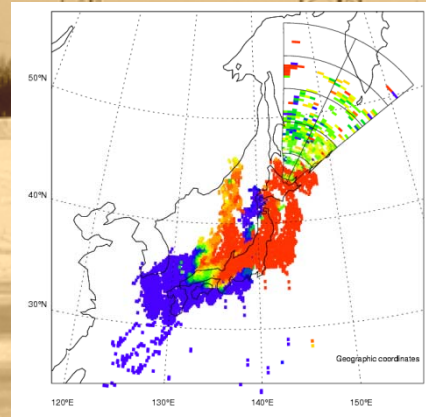
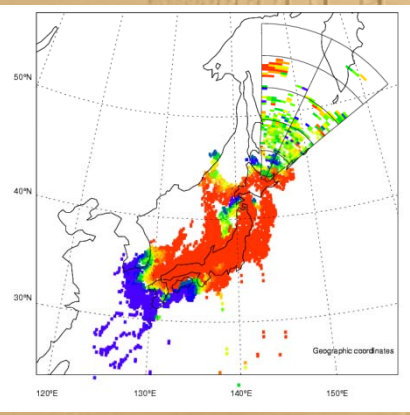
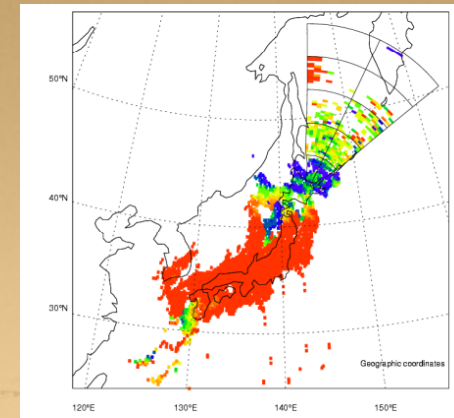
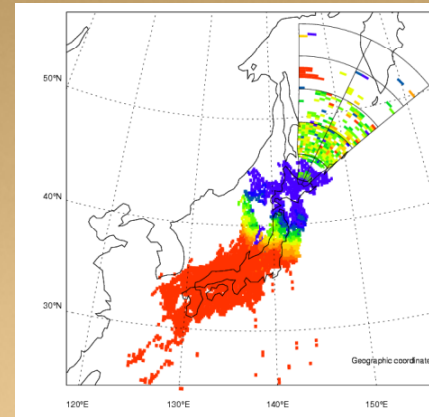
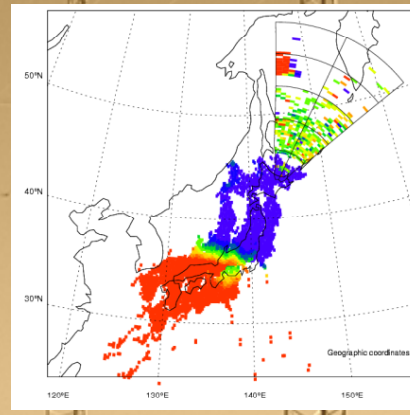
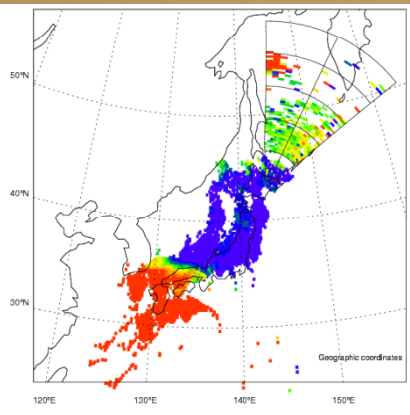


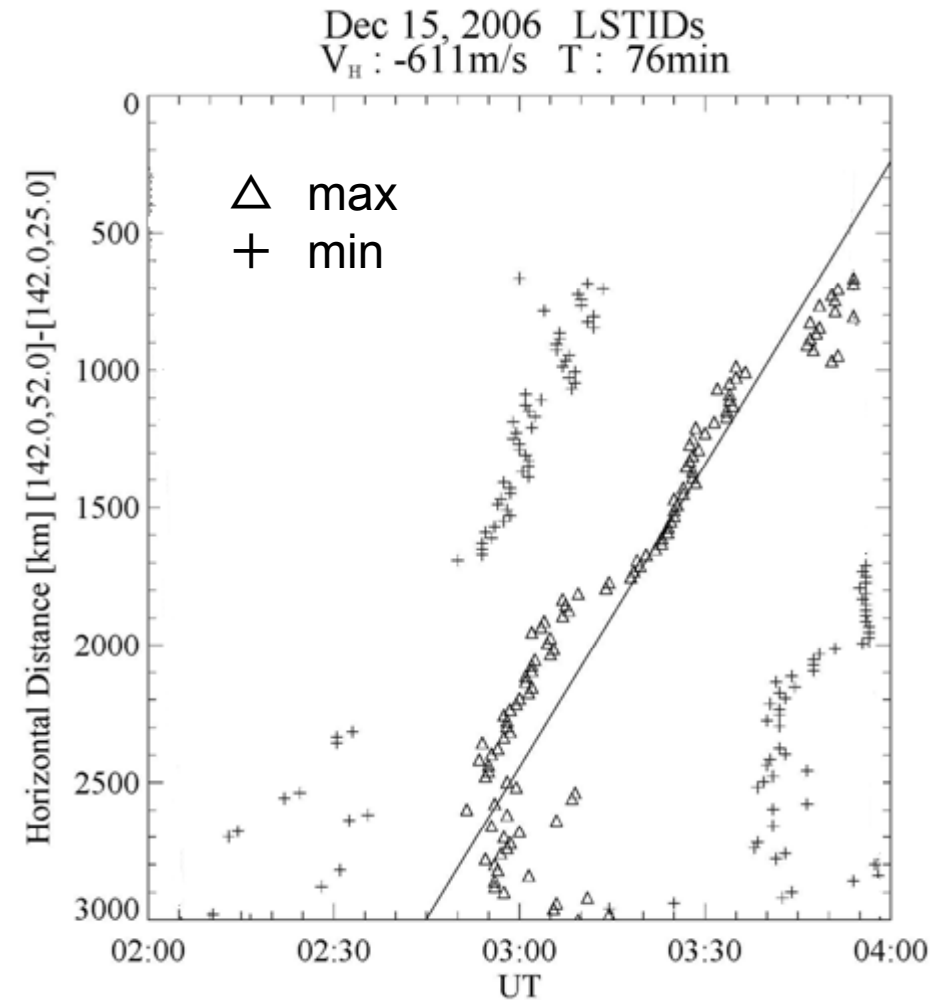
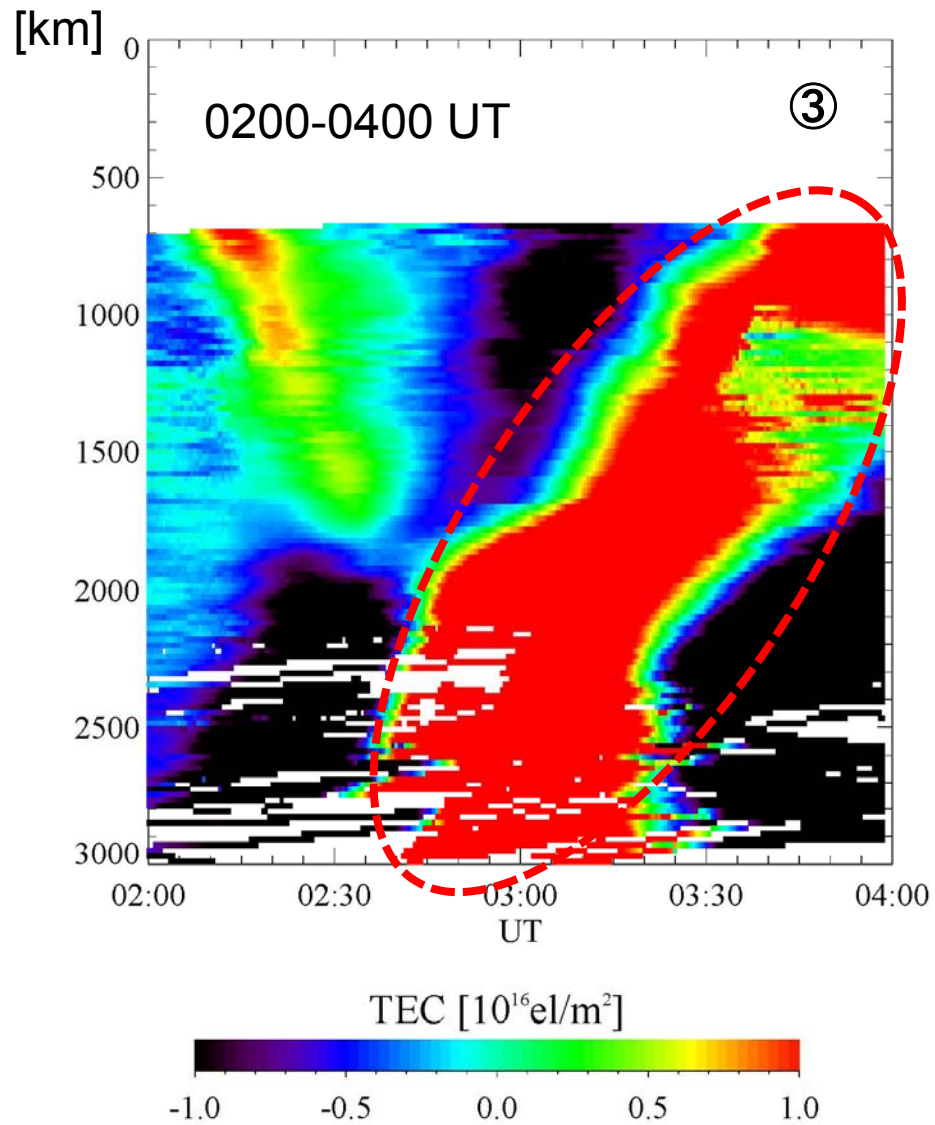
Velocity : 908m/s
Period : 32min
Wavelength : 1743km

One disturbance propagating northward

HF-radar : Doppler velocity
GPS : TEC

0250-0400 UT
1150-1300 LT



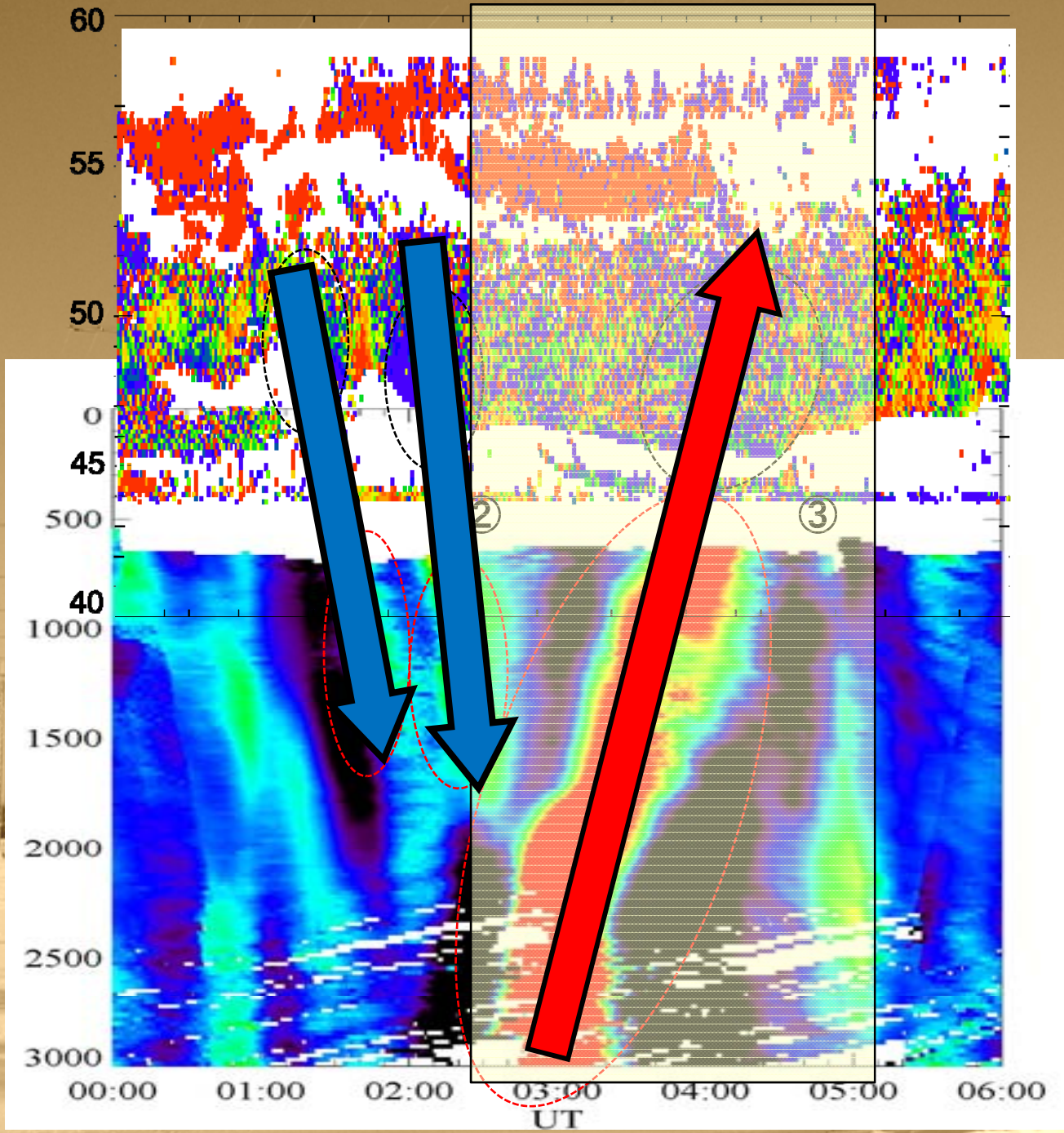


- Velocity : 611 m/s
(northward)
- Period : 76 min
- Wavelength : 2786 km

Beam 1

Geographic Latitude

[km]



Velocity (m s^{-1})

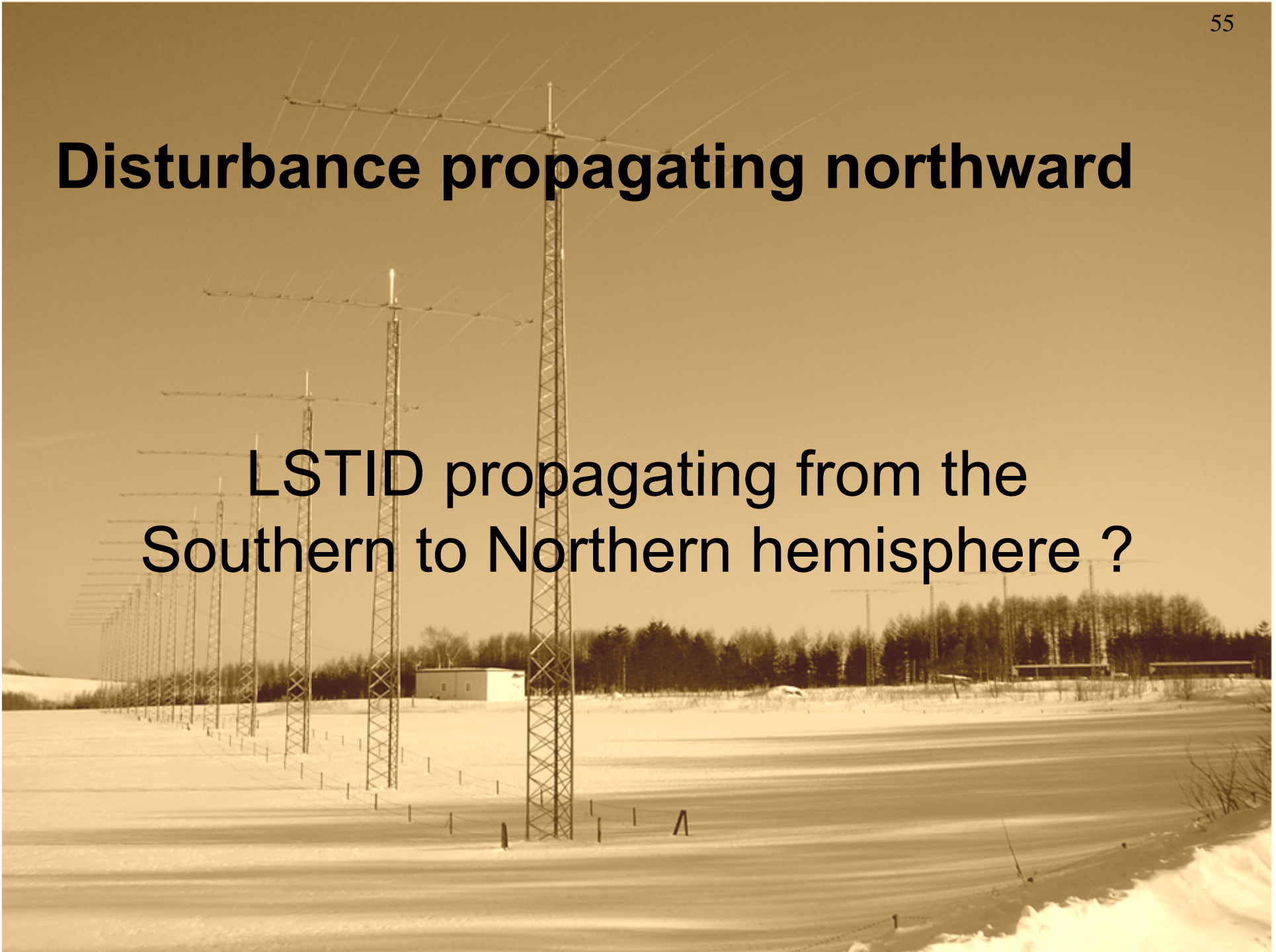
TEC [10^{16} eI/m^2]

16
12
8
4
0
-4
-8
-12
-16

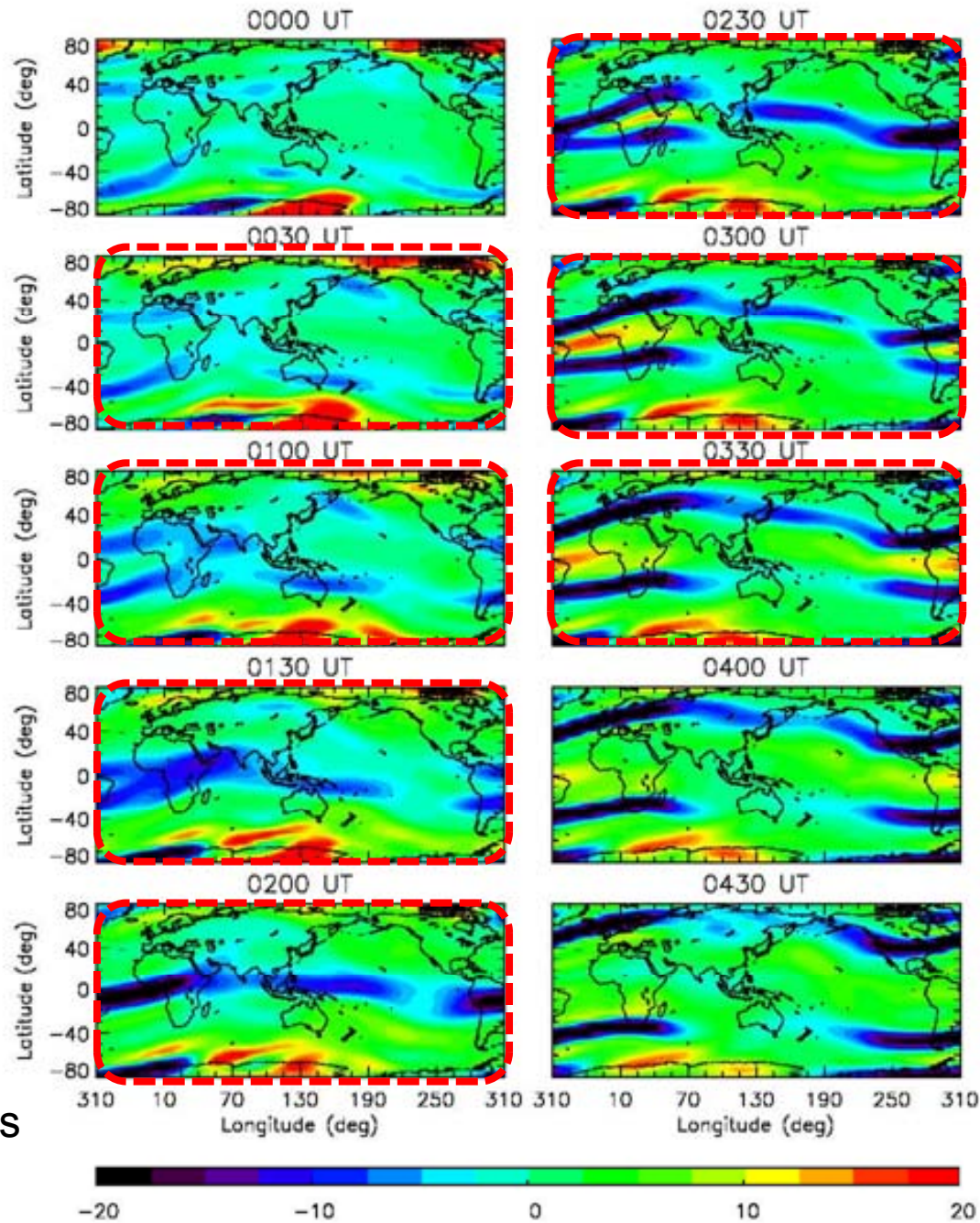
1.0
0.5
0
-0.5
-1.0

Disturbance propagating northward

LSTID propagating from the
Southern to Northern hemisphere ?



2006/12/15
0000-0430 UT

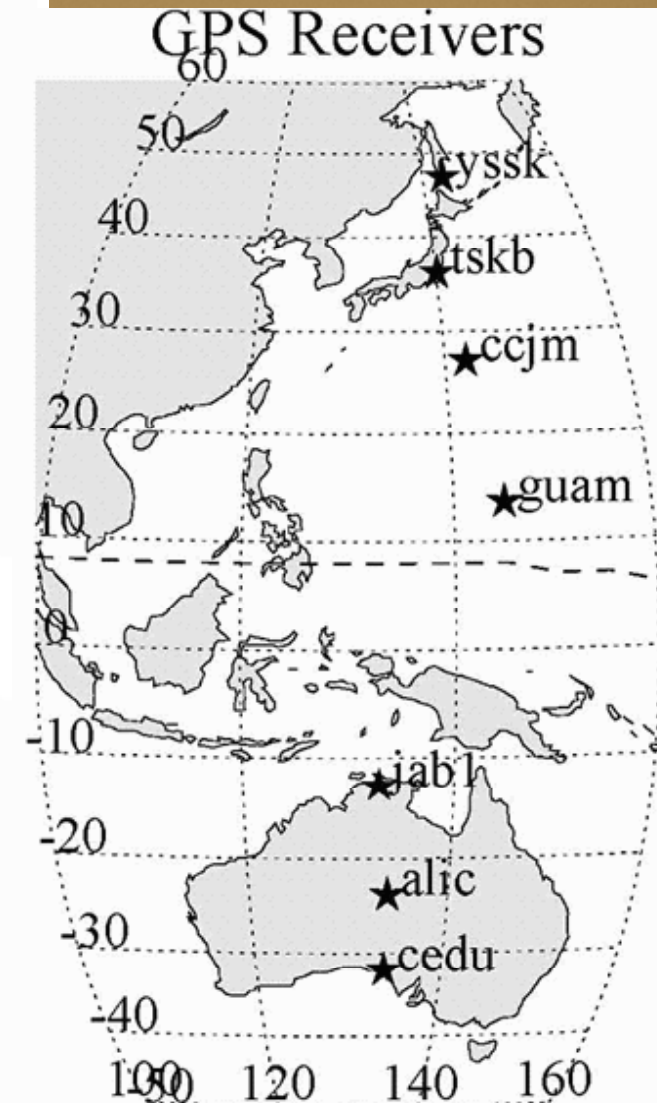
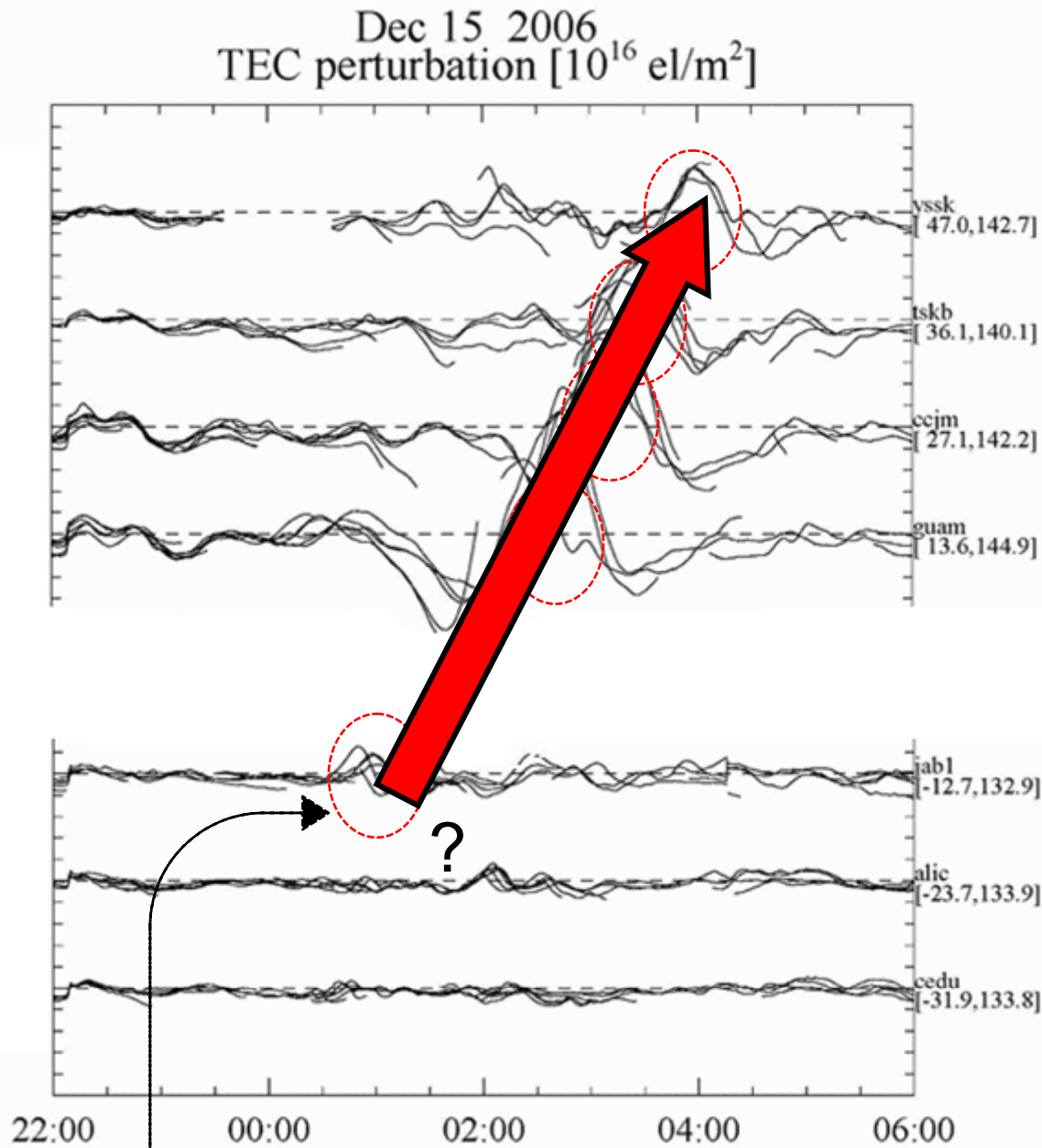


Blue color shows
downward

Vertical neutral wind from CMIT model [Jiuhou Lei et al. 2008]

56





Disturbance might be generated in the southern hemisphere, propagating to the northern hemisphere.

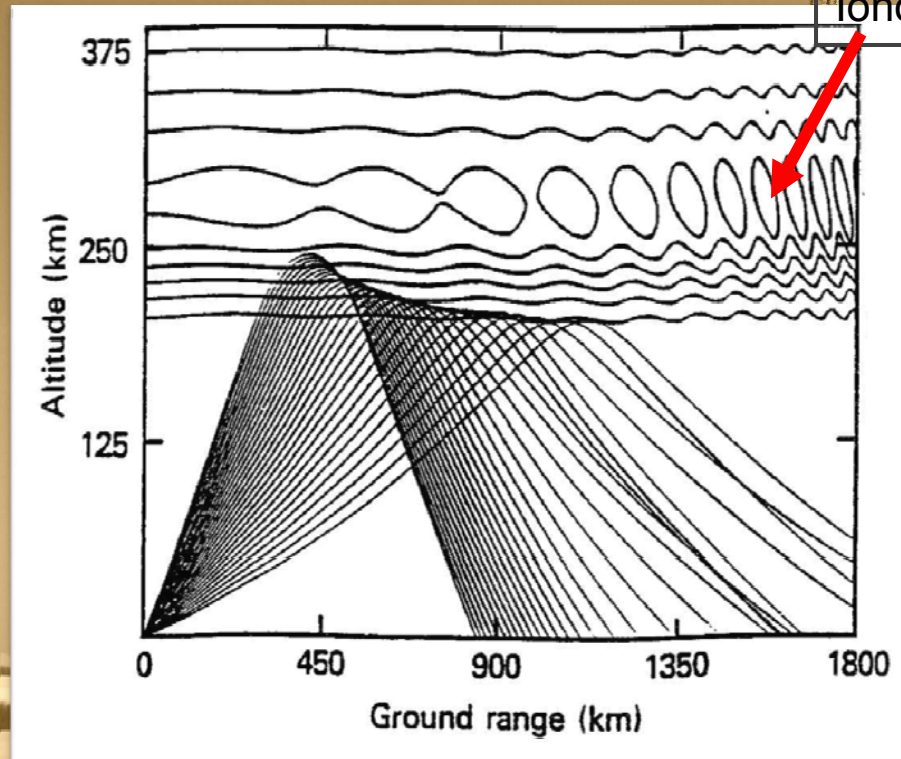
Conclusion

- We demonstrated the capability of the SuperDARN Hokkaido HF radar and GEONET dataset for monitoring high to low latitude ionosphere at the same time.
- As for the southward propagation, the velocity, period and wavelength corresponded to traditional LSTID parameters.
- As for the northward propagation, the GPS TEC data in the southern hemisphere and the simulation result suggest the propagation from the southern to the northern hemisphere.
- The future subject is to analyze more examples.



Observation ionosphere

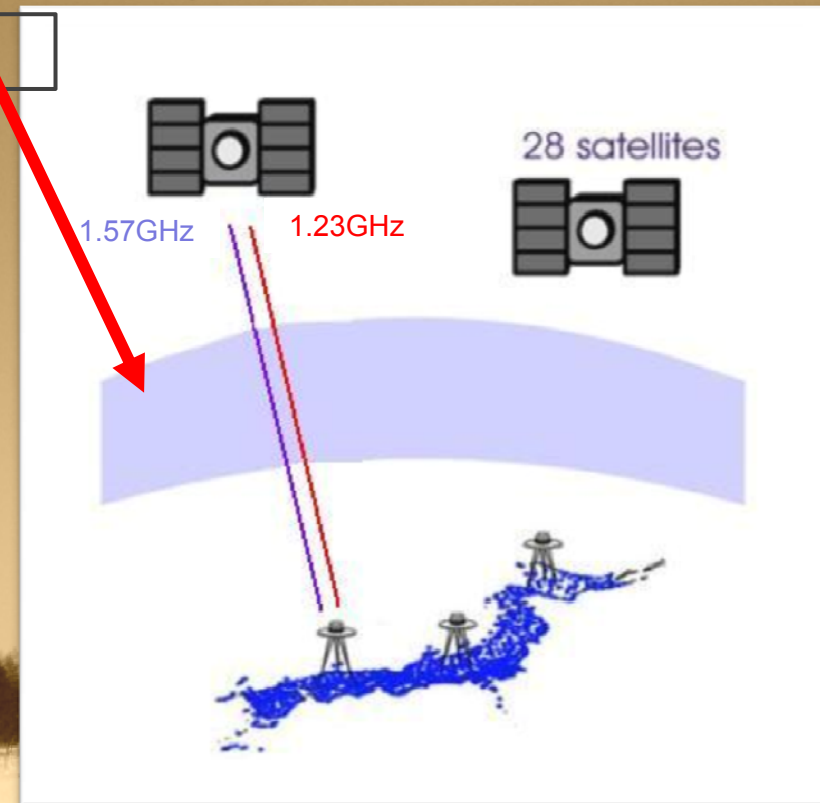
HF-radar



Greenwald et al. 1993

HF radar can measure the echoes backscattered from the ground and the E and F regions of the ionosphere.

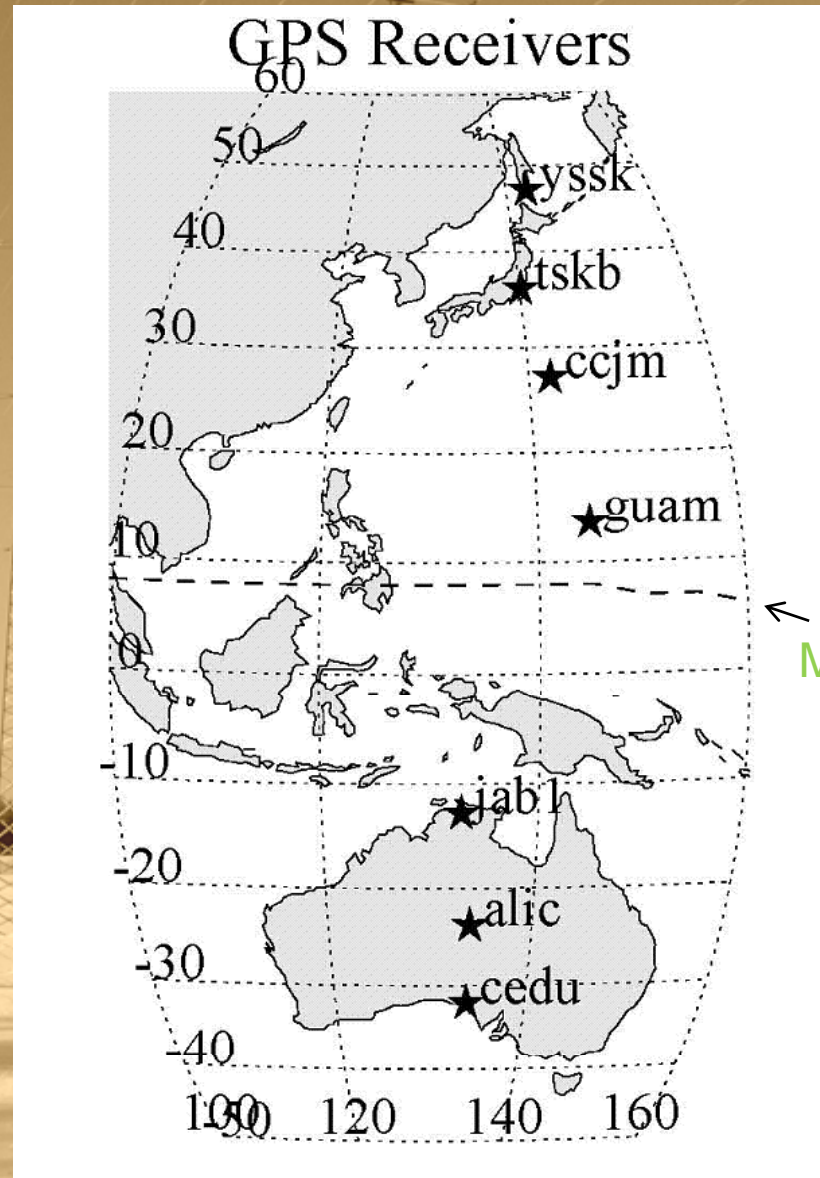
GPS



Tsugawa et al. 2004

Total Electron Content (TEC) is measured by using the phase difference between two frequencies of GPS signal .

TEC data of GPS at each station



- Yuzhno-Sakhalinsk

- Tsukuba

- Chichijima

- Guam

← Magnetic equator

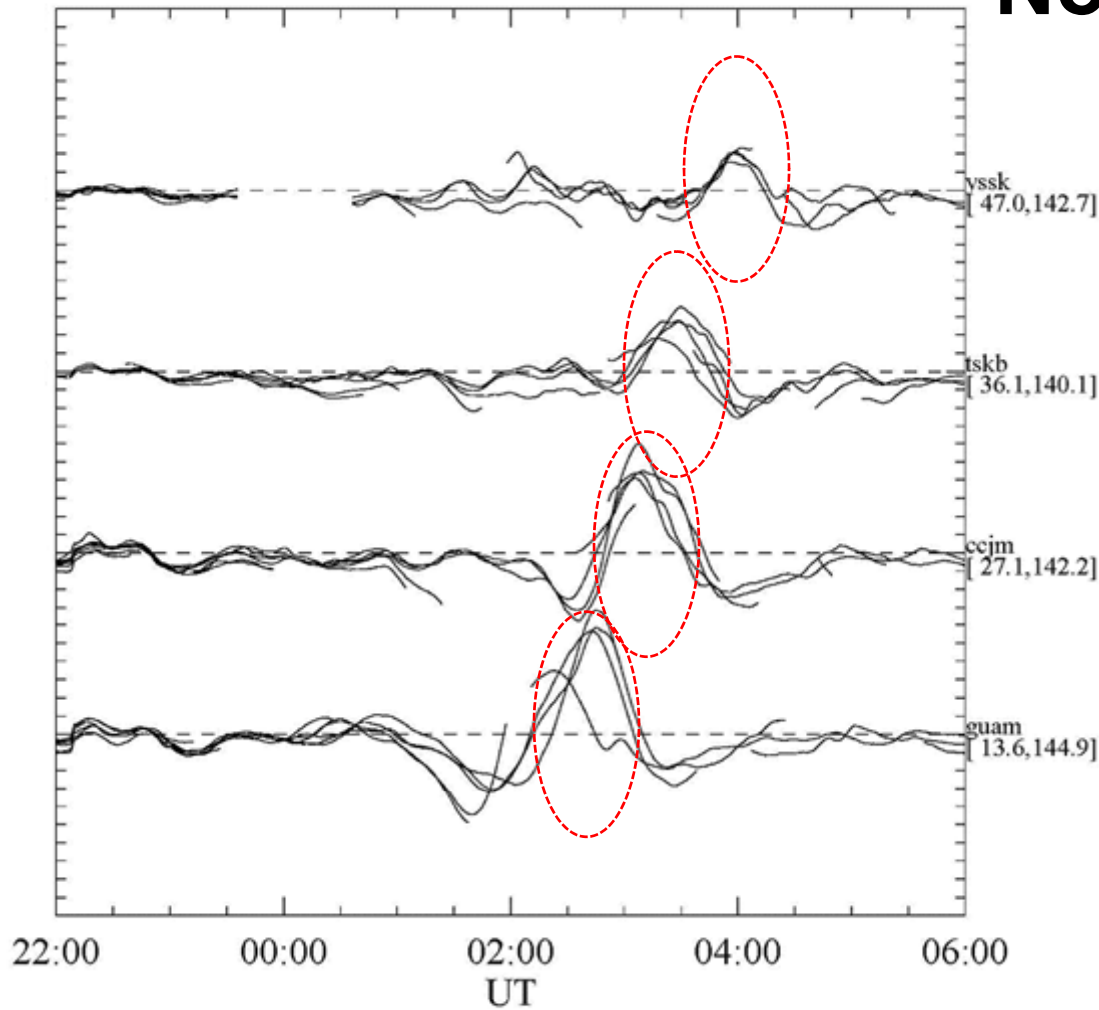
- Jabiru

- Alice Springs

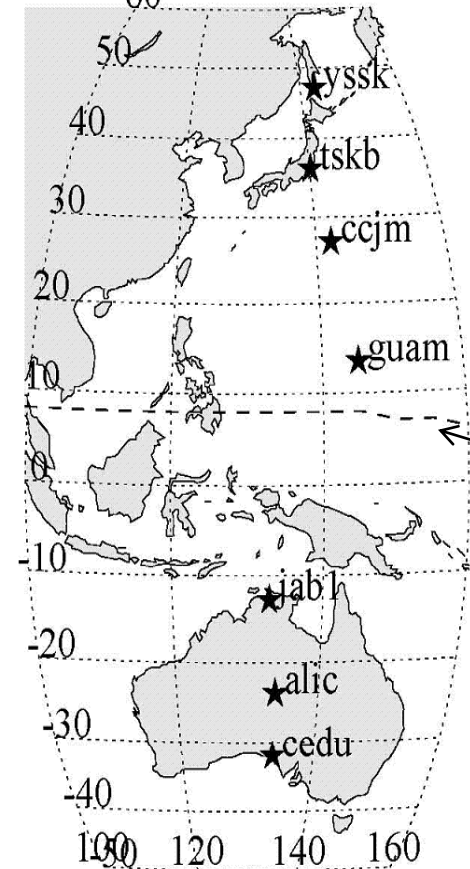
- Ceduna.

Northern hemisphere

Dec 15 2006
TEC perturbation [10^{16} el/m²]



GPS Receivers



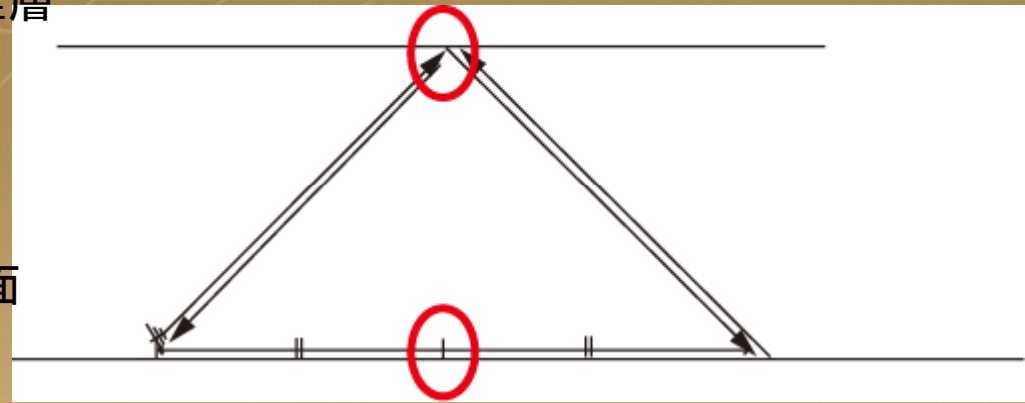
Magnetic equator

Horizontal axis : 2200-0600 UT
Vertical axis : TECU per scale [10^{16} el/m²]

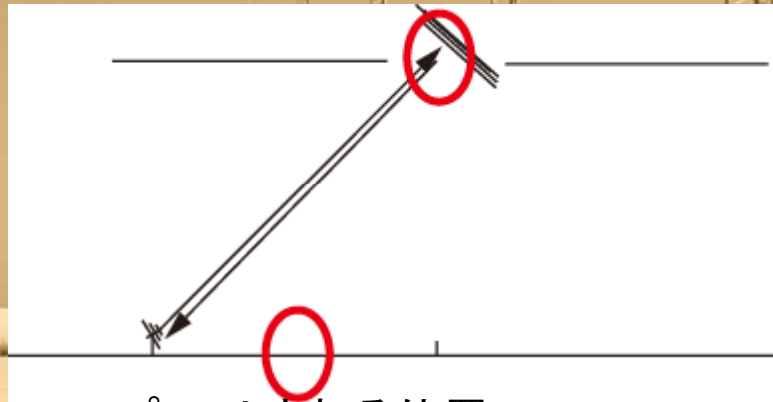
電波のエコー

電離層

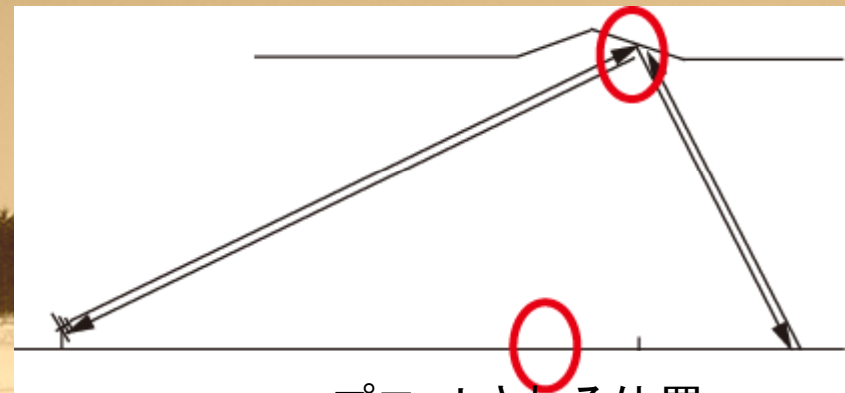
地面



プロットされる位置



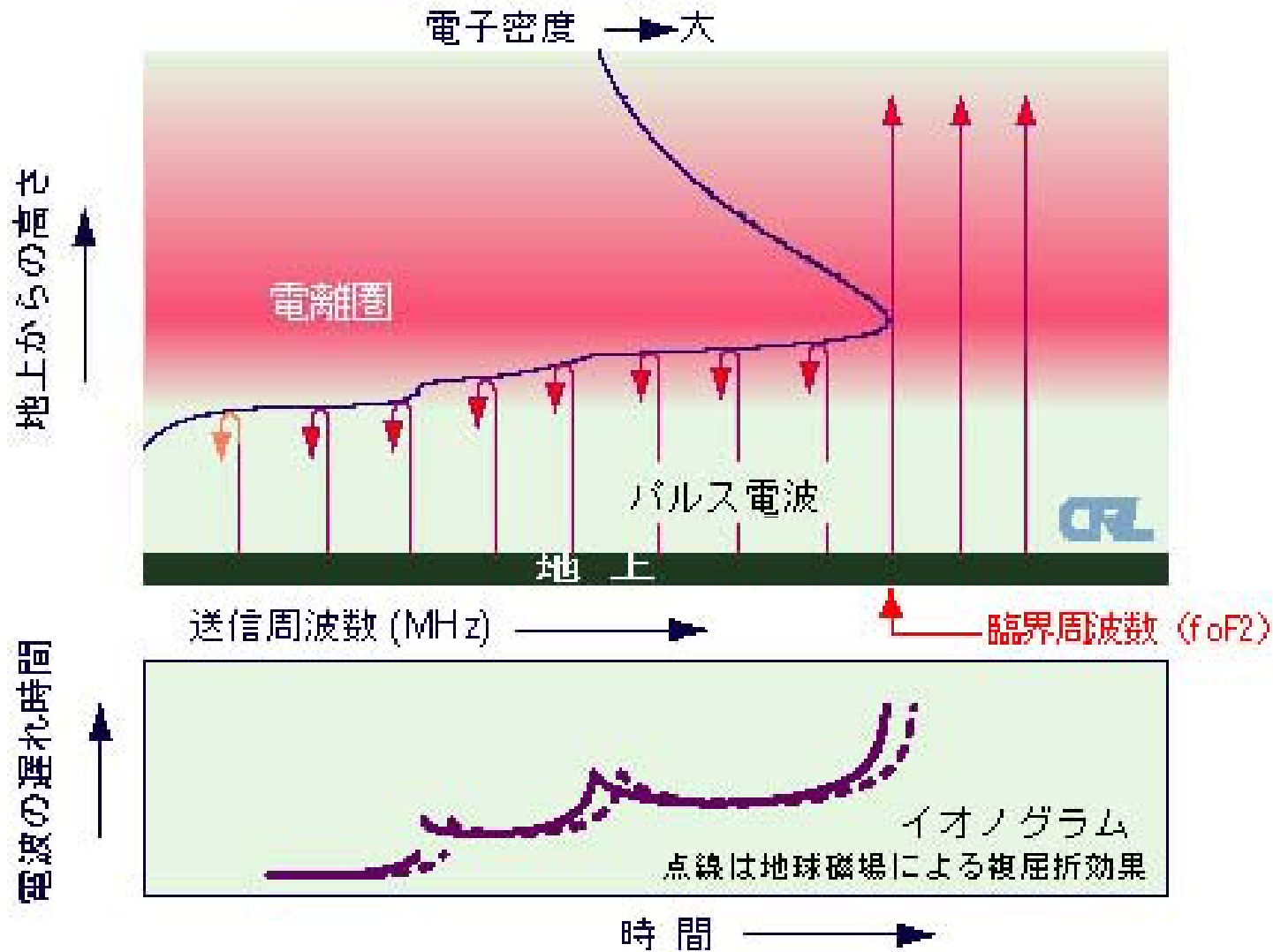
プロットされる位置



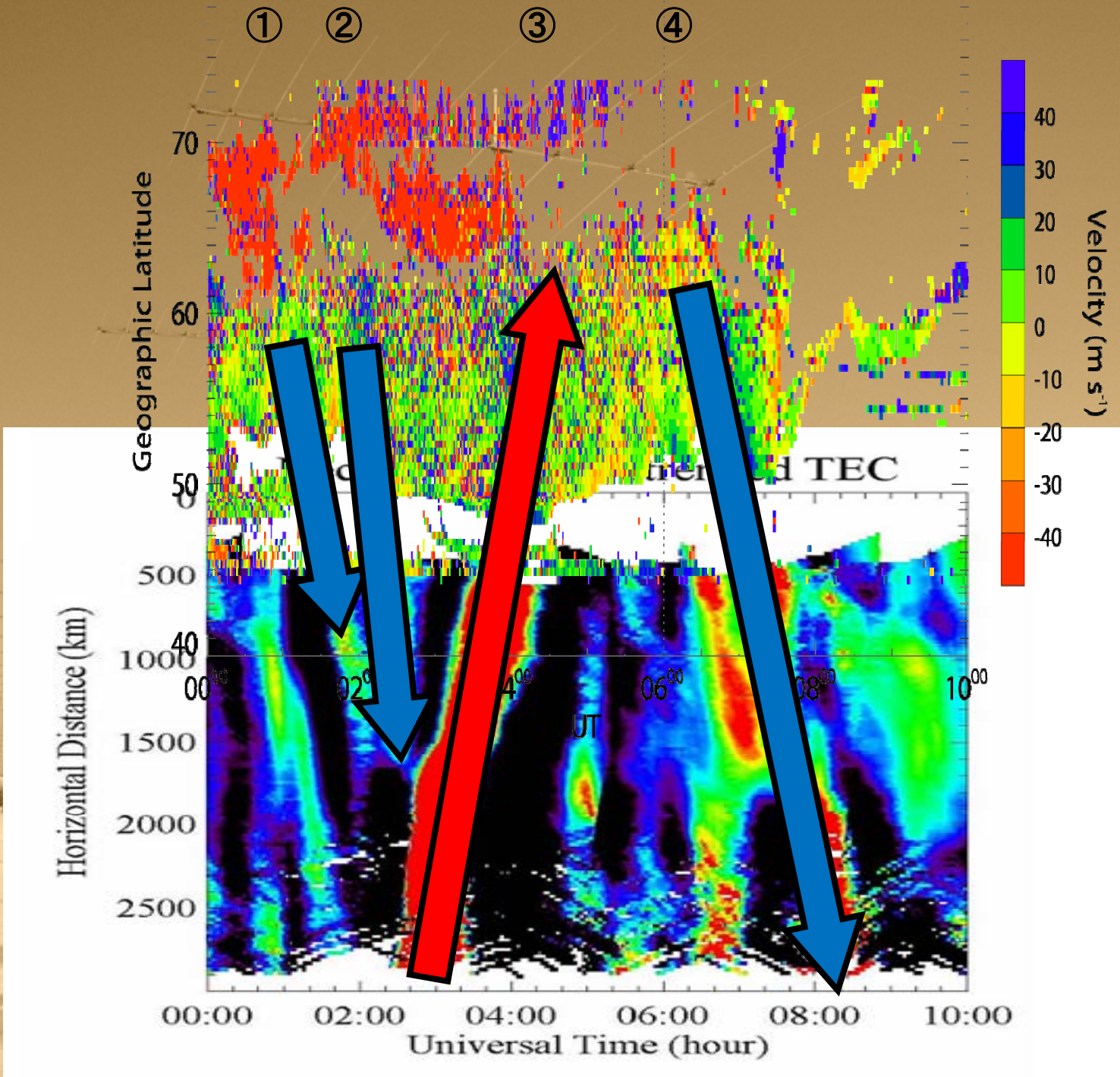
プロットされる位置

電離層に凹凸があるとプロットされる位置がずれる

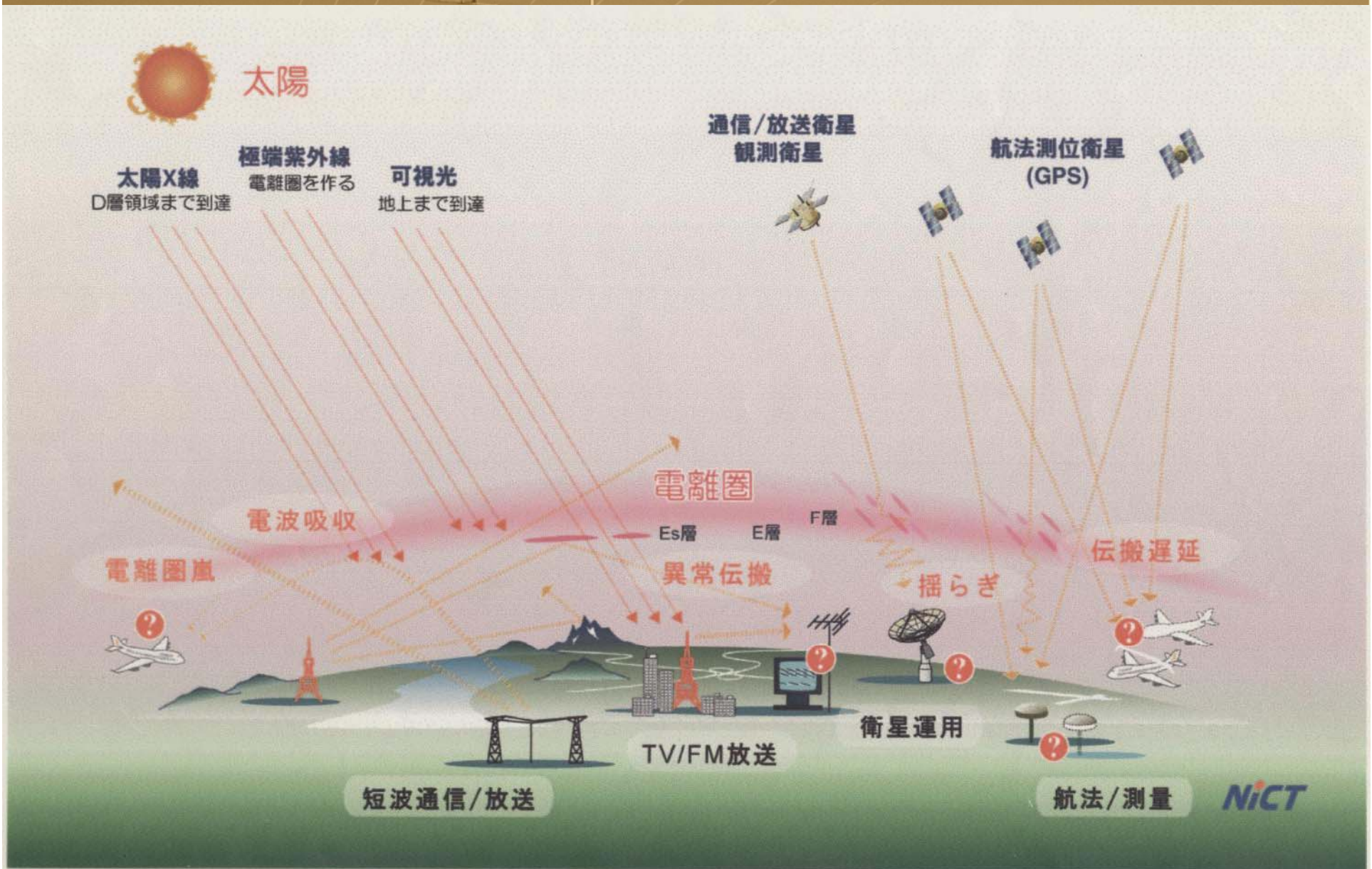
電離圏の電波観測 (イオノゾンデ)



$$f_oF2 \cong 8.98 \times \sqrt{n_{\max}} [\text{Hz}] \quad n_{\max}: \text{最大電子密度} [\text{m}^{-3}]$$

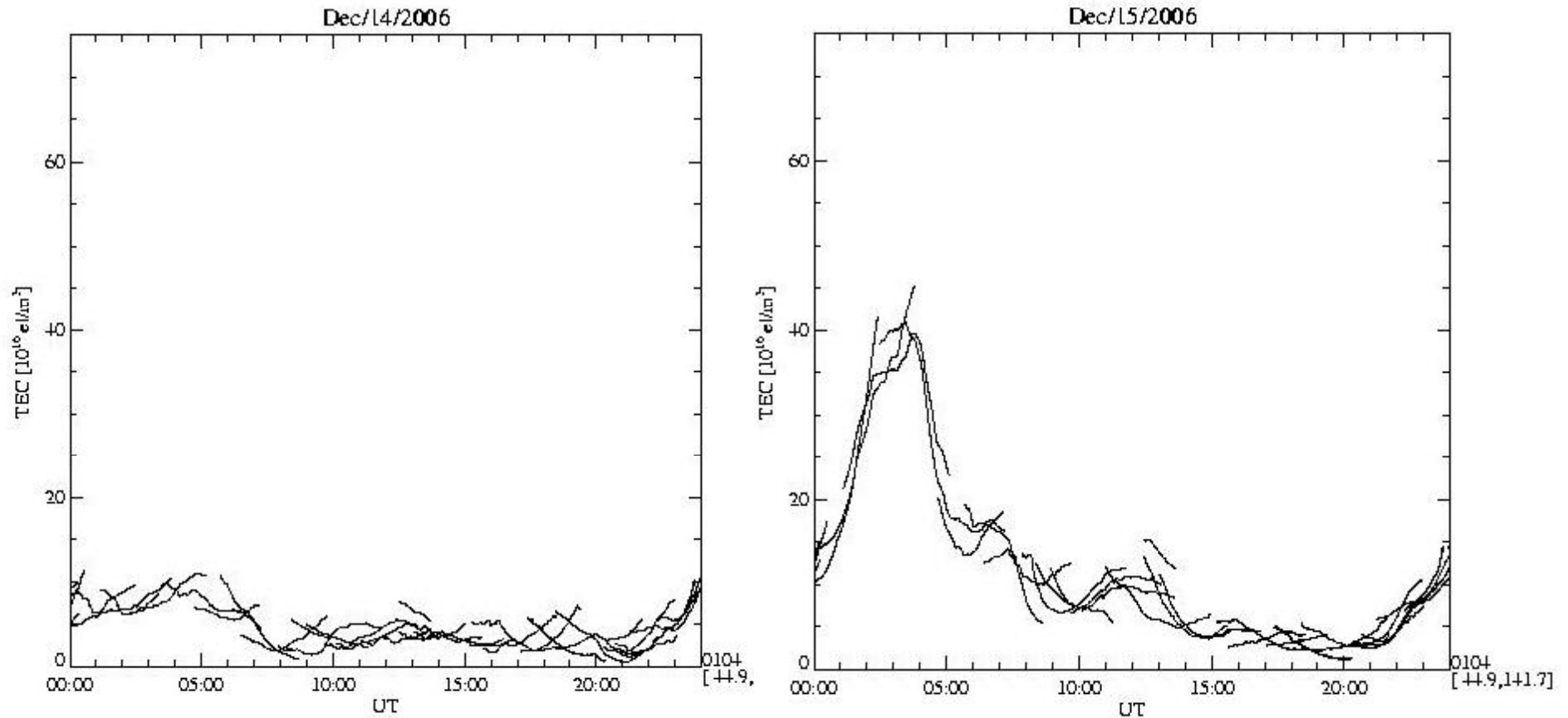


電離圏の擾乱により及ぼす影響

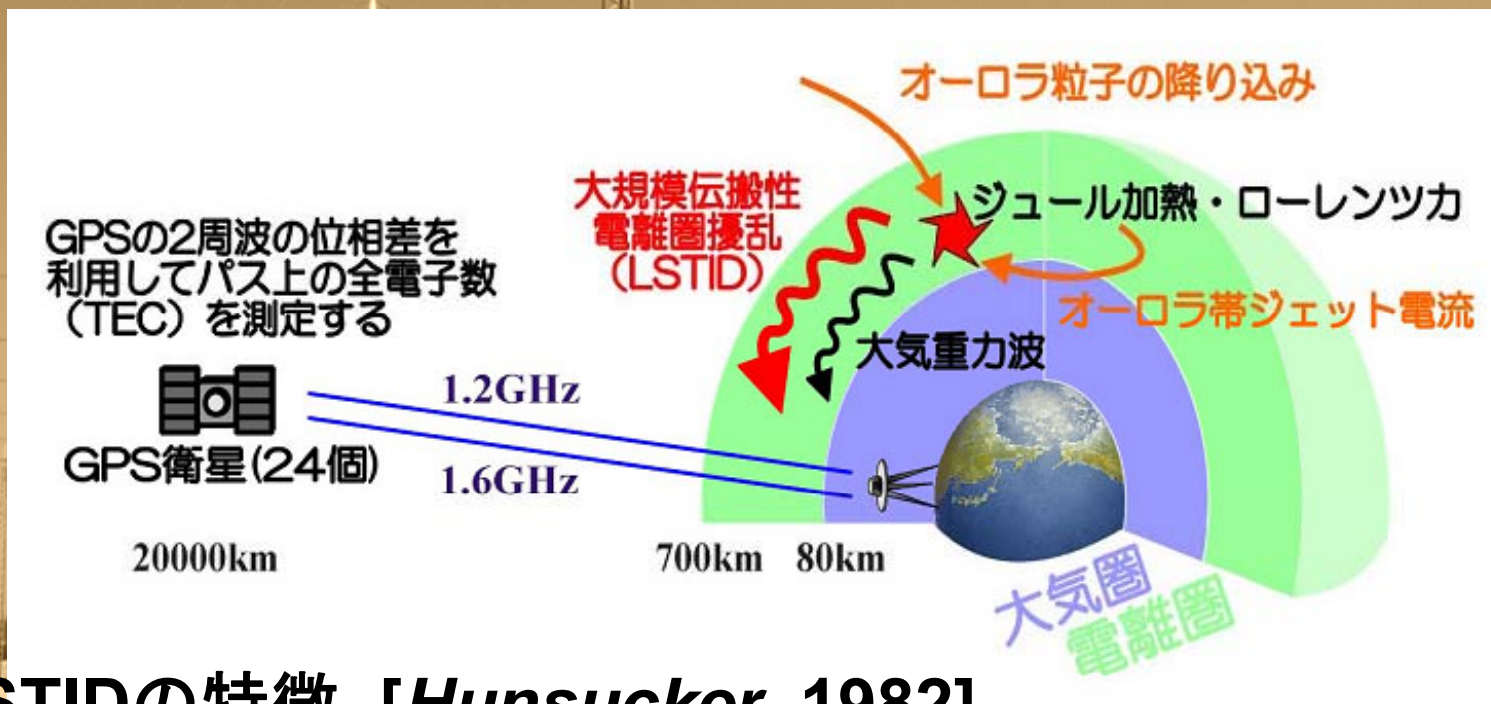


稚内でのGPSデータ TEC絶対値(推定値)

2006/12/14-15
0000-2400 UT
(LT=UT+09)

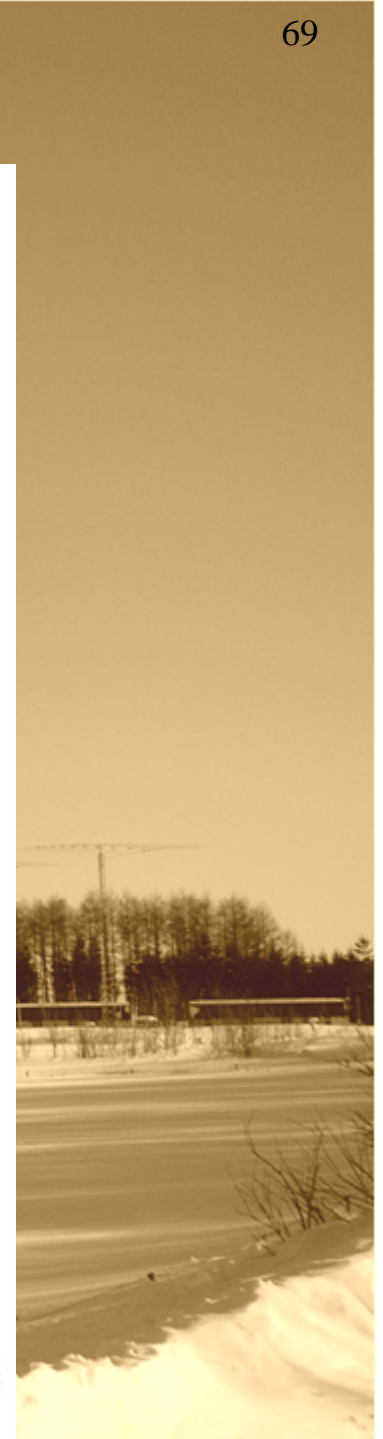
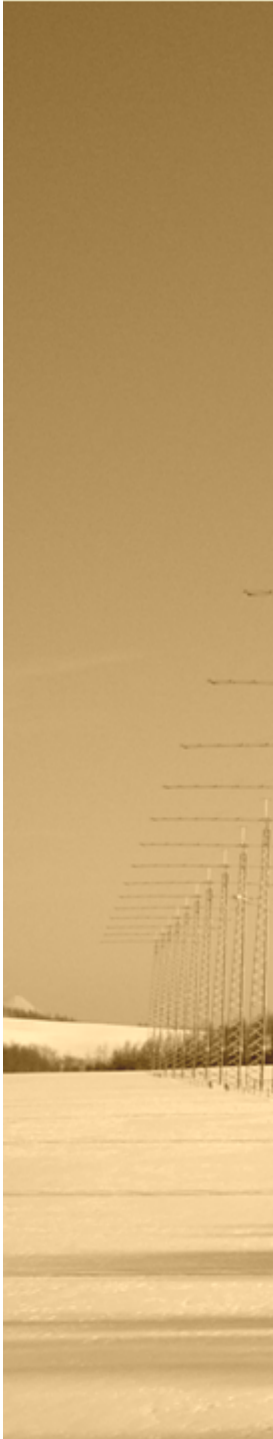
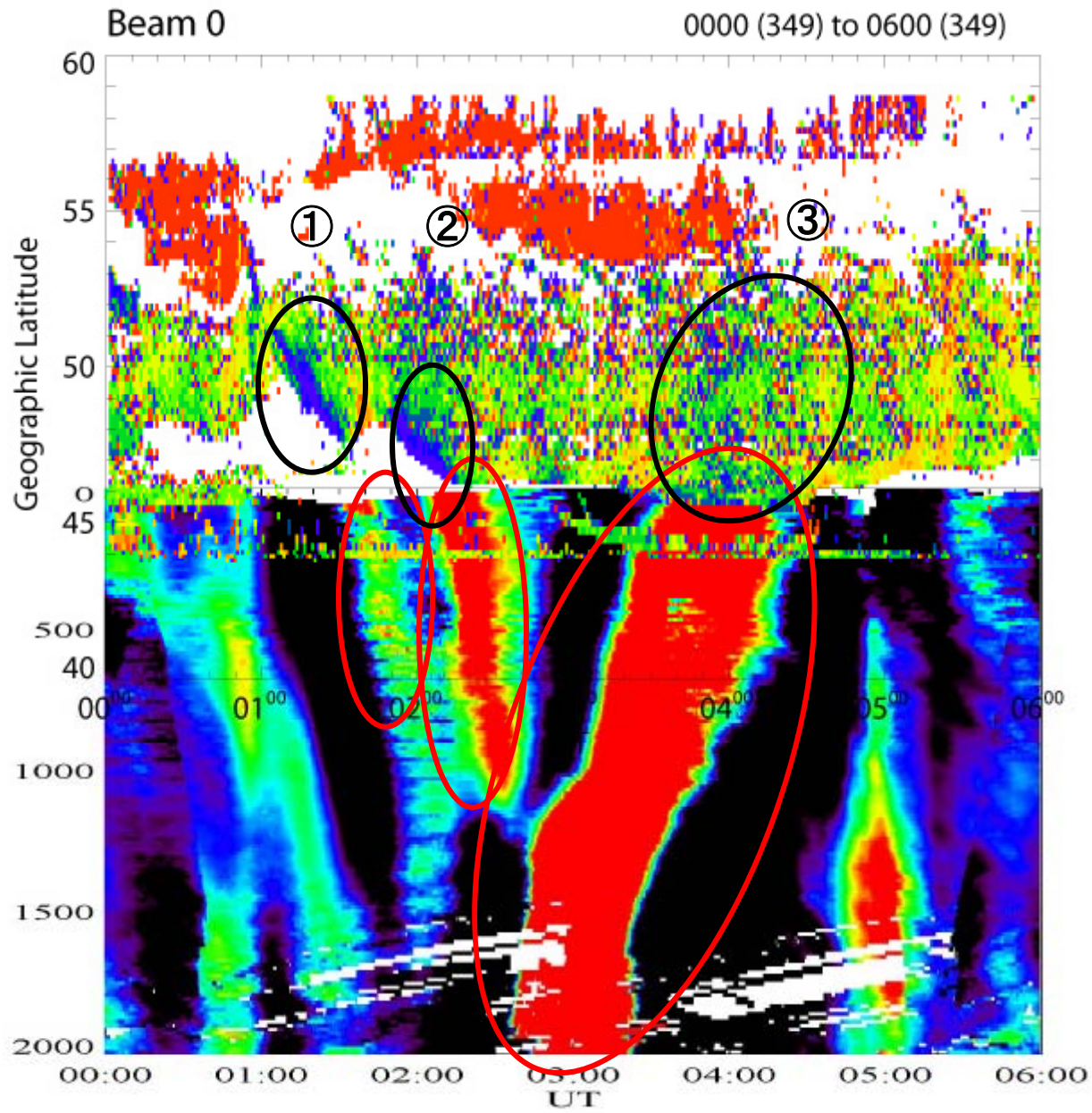


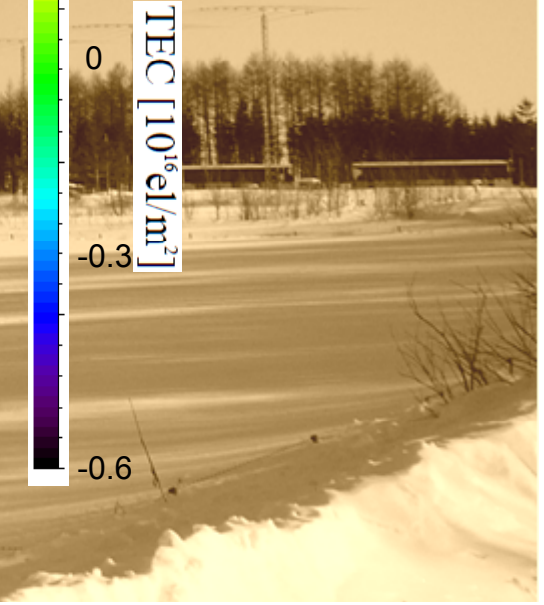
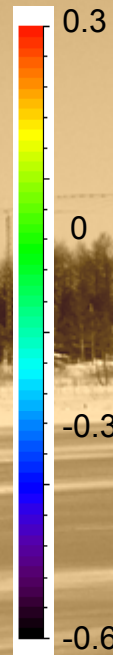
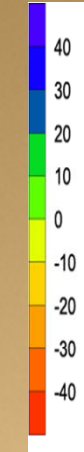
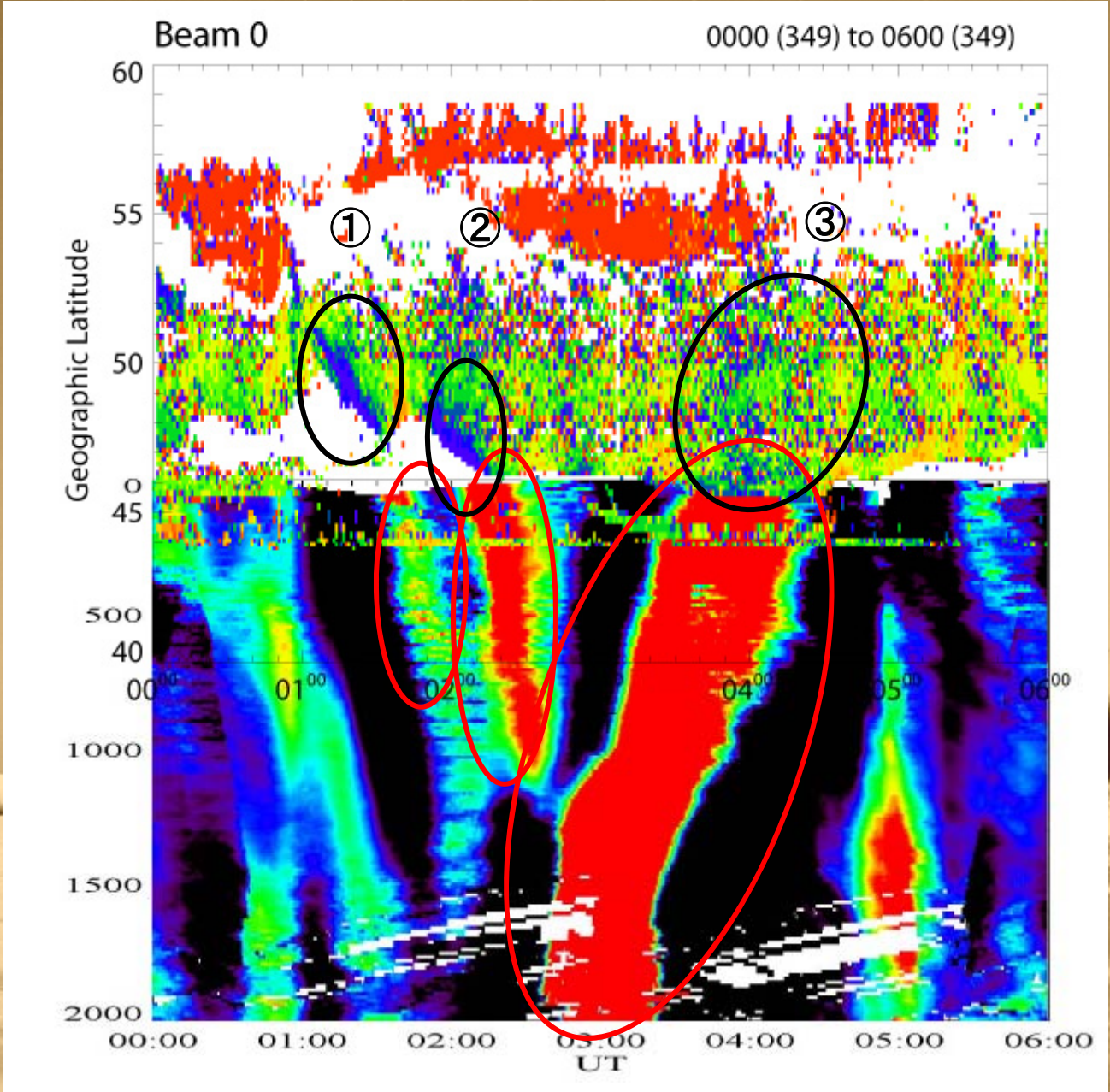
GPSを利用した大規模伝搬性電離圏擾乱 (Large-Scale Traveling Ionospheric Disturbances: LSTID) の研究

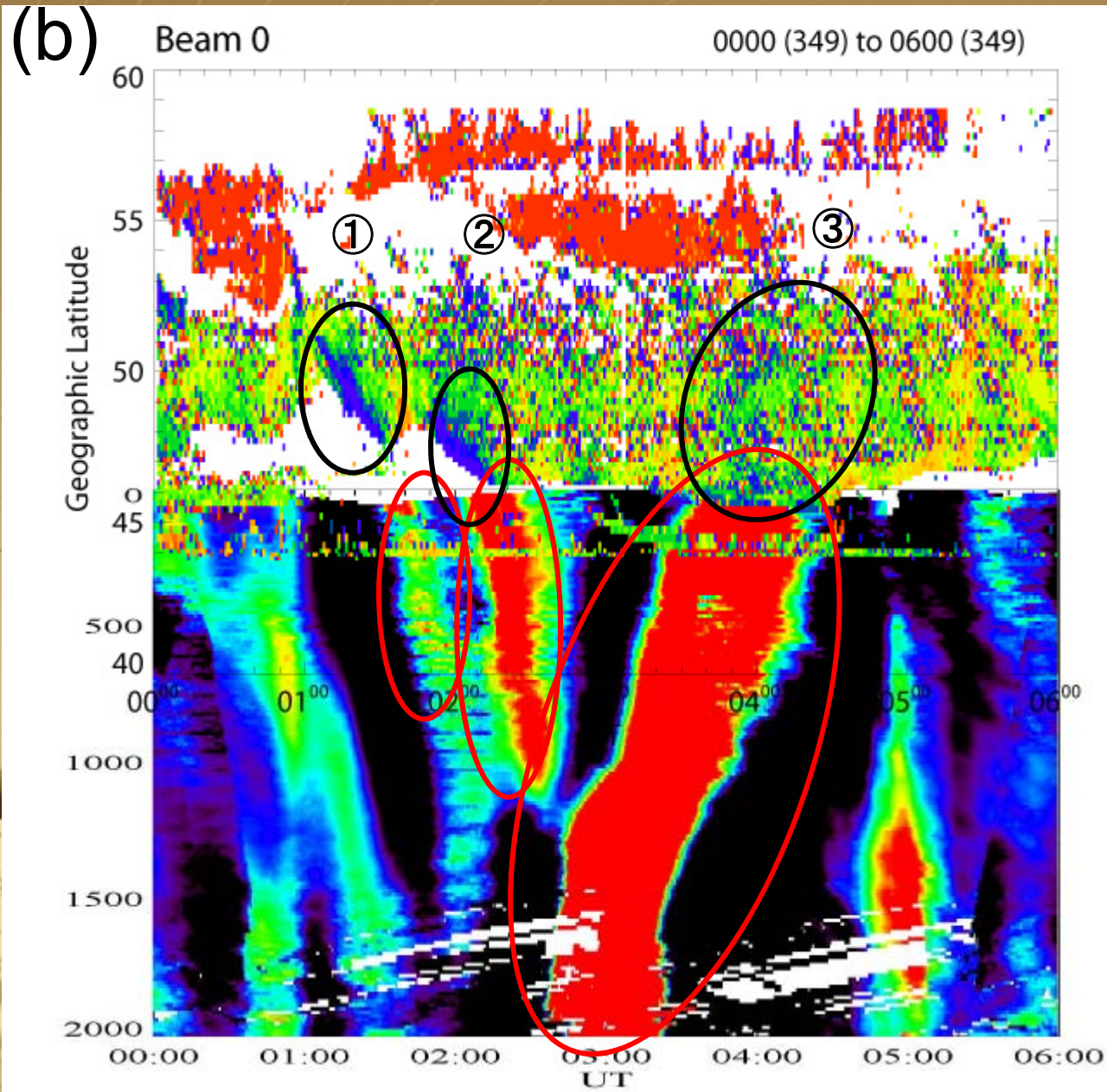
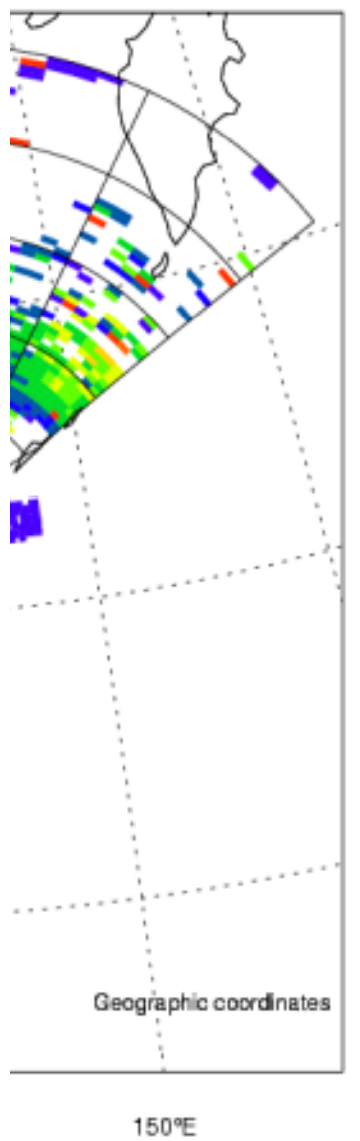


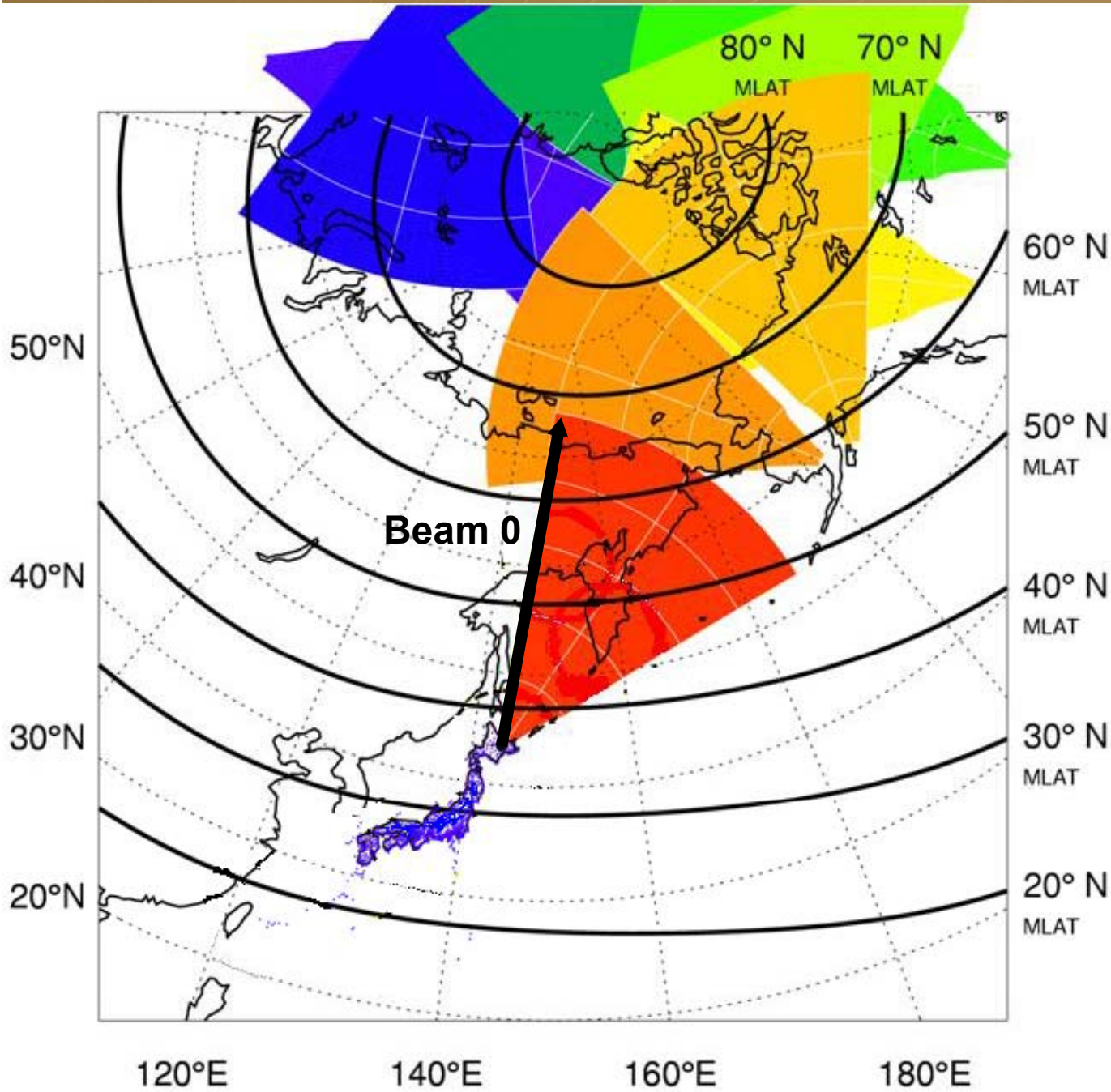
LSTIDの特徴 [Hunsucker, 1982]

- 水平波長 1000km以上
- 位相速度 数100m/s - 1000m/s
- 周期 30分- 3時間
- TEC変動の振幅 10 - 20 %

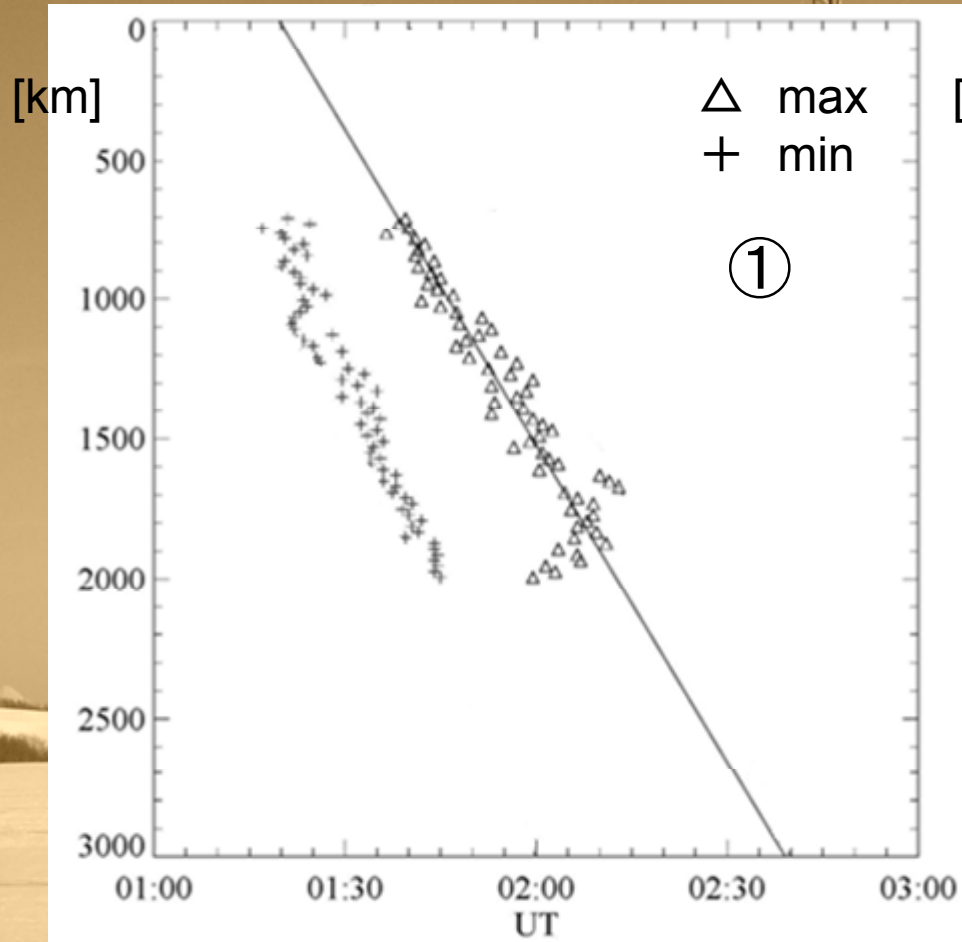




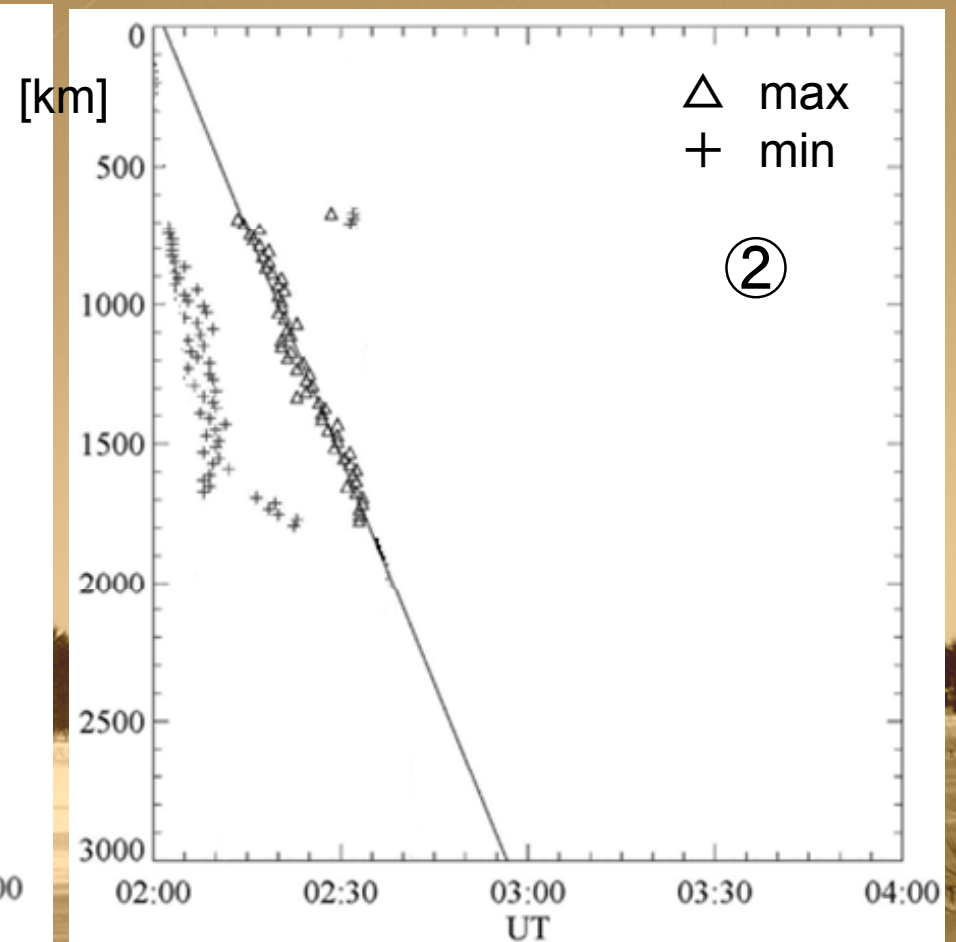




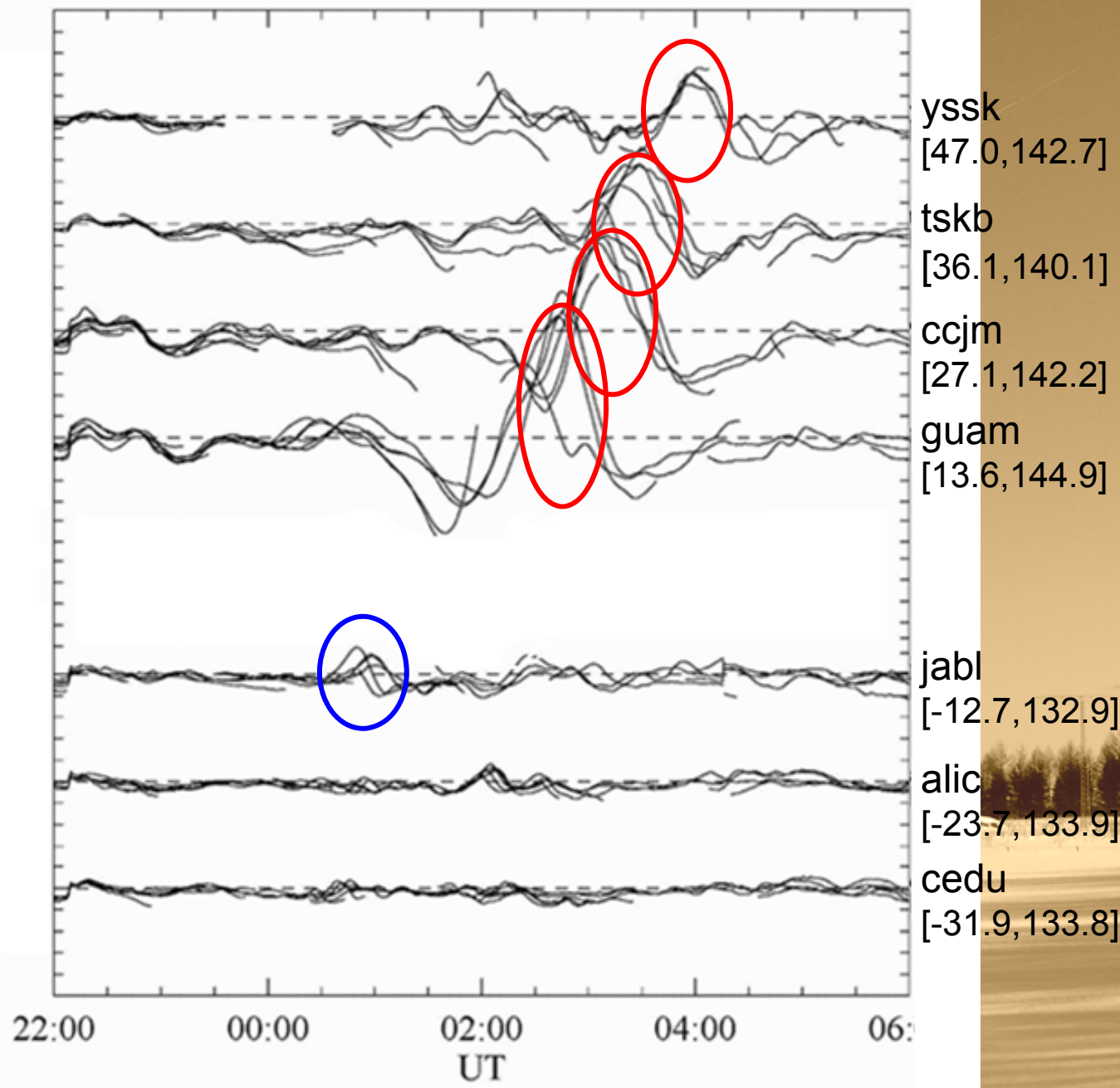
(a)



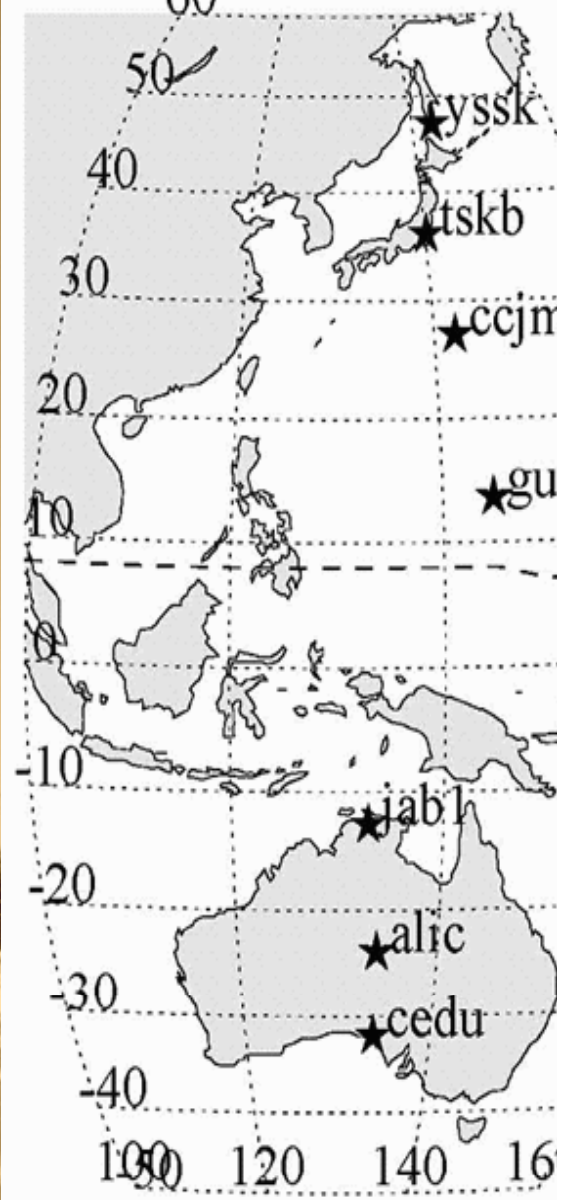
(b)



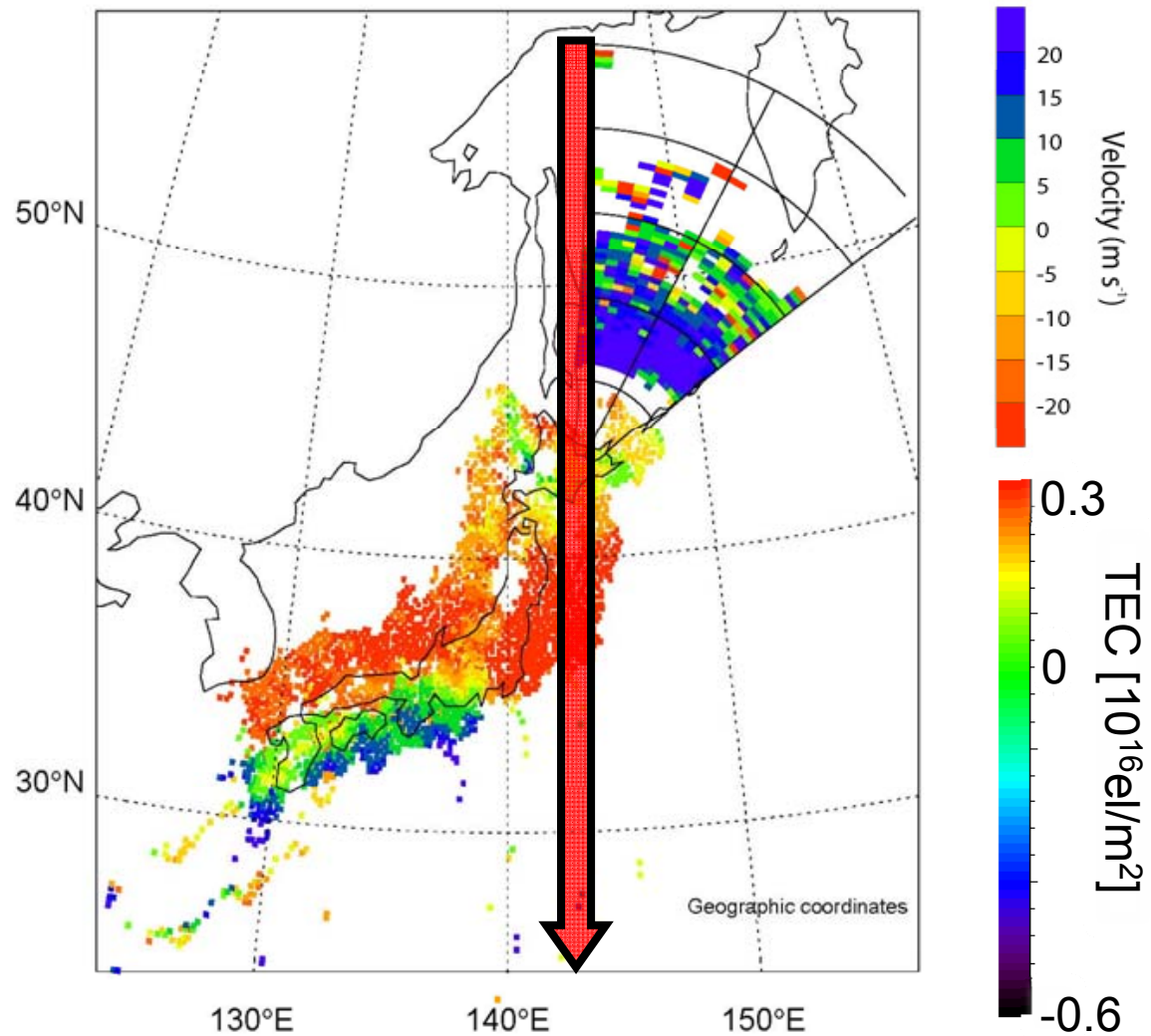
TEC perturbation [10^{10} el/m²]



GPS Receivers



SuperDARN & GPS

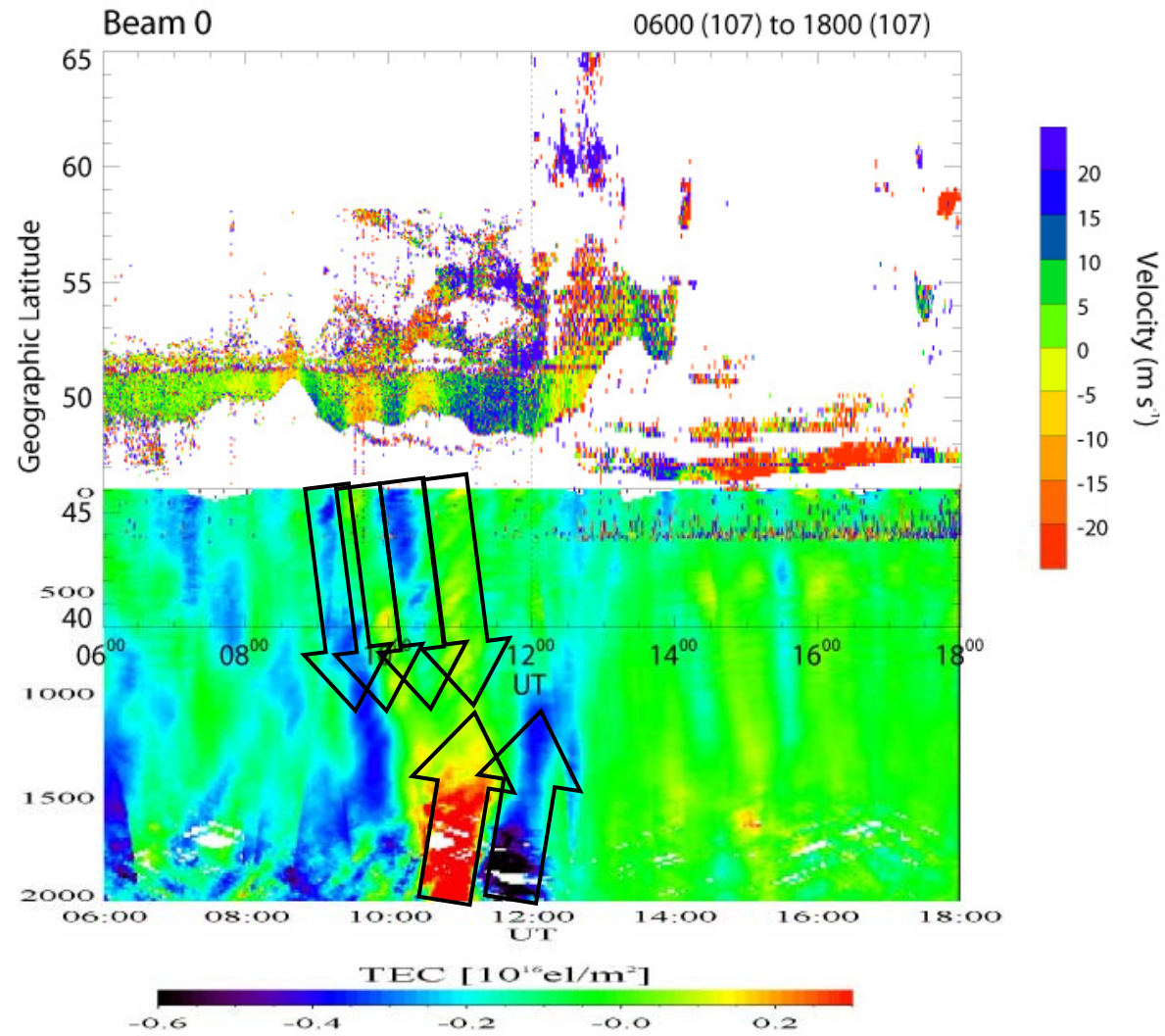


SUPERDARN PARAMETER PLOT

Hokkaido: vel

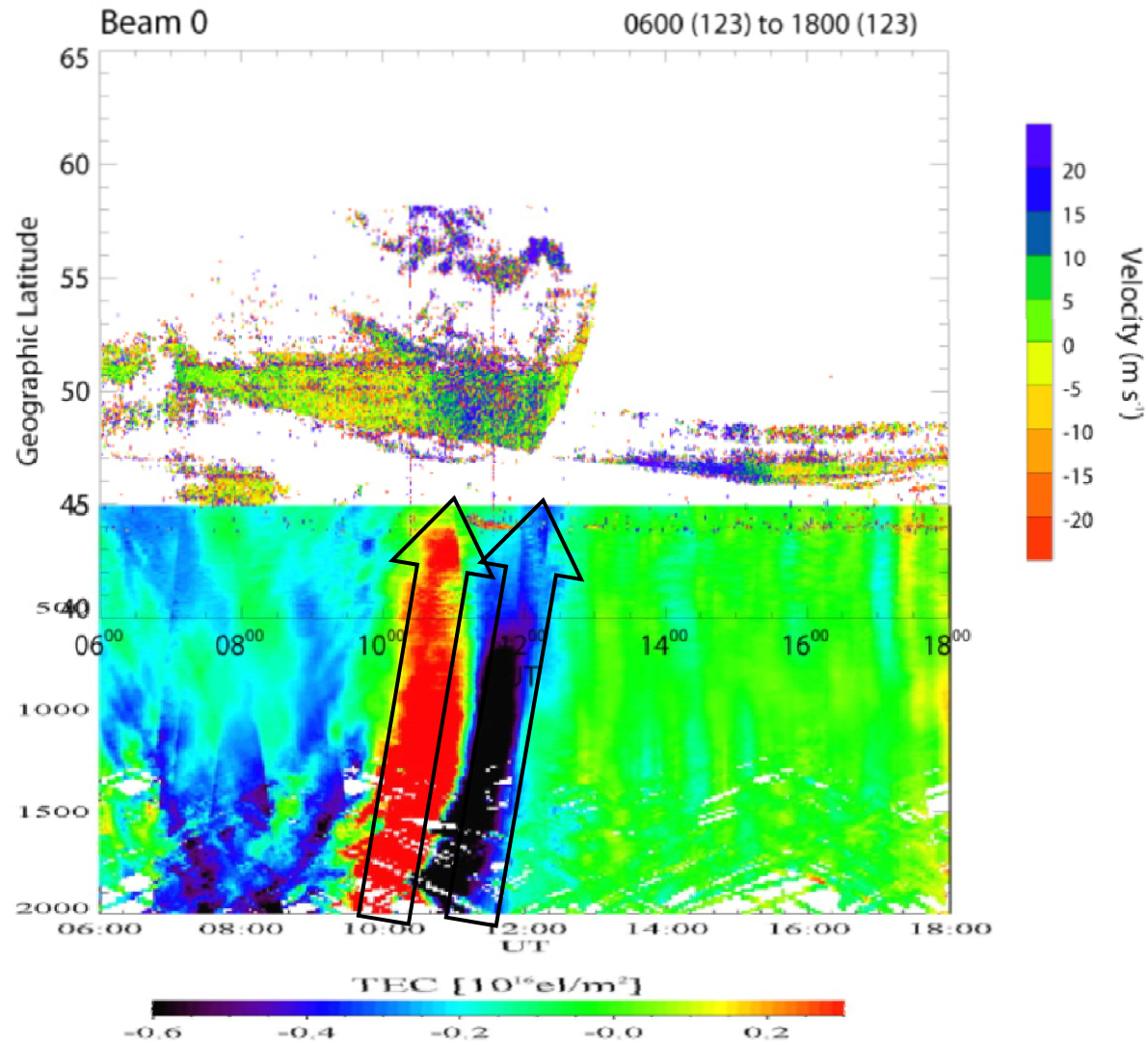
16 Apr 2008⁽¹⁰⁷⁾

unknown scan mode (-151)

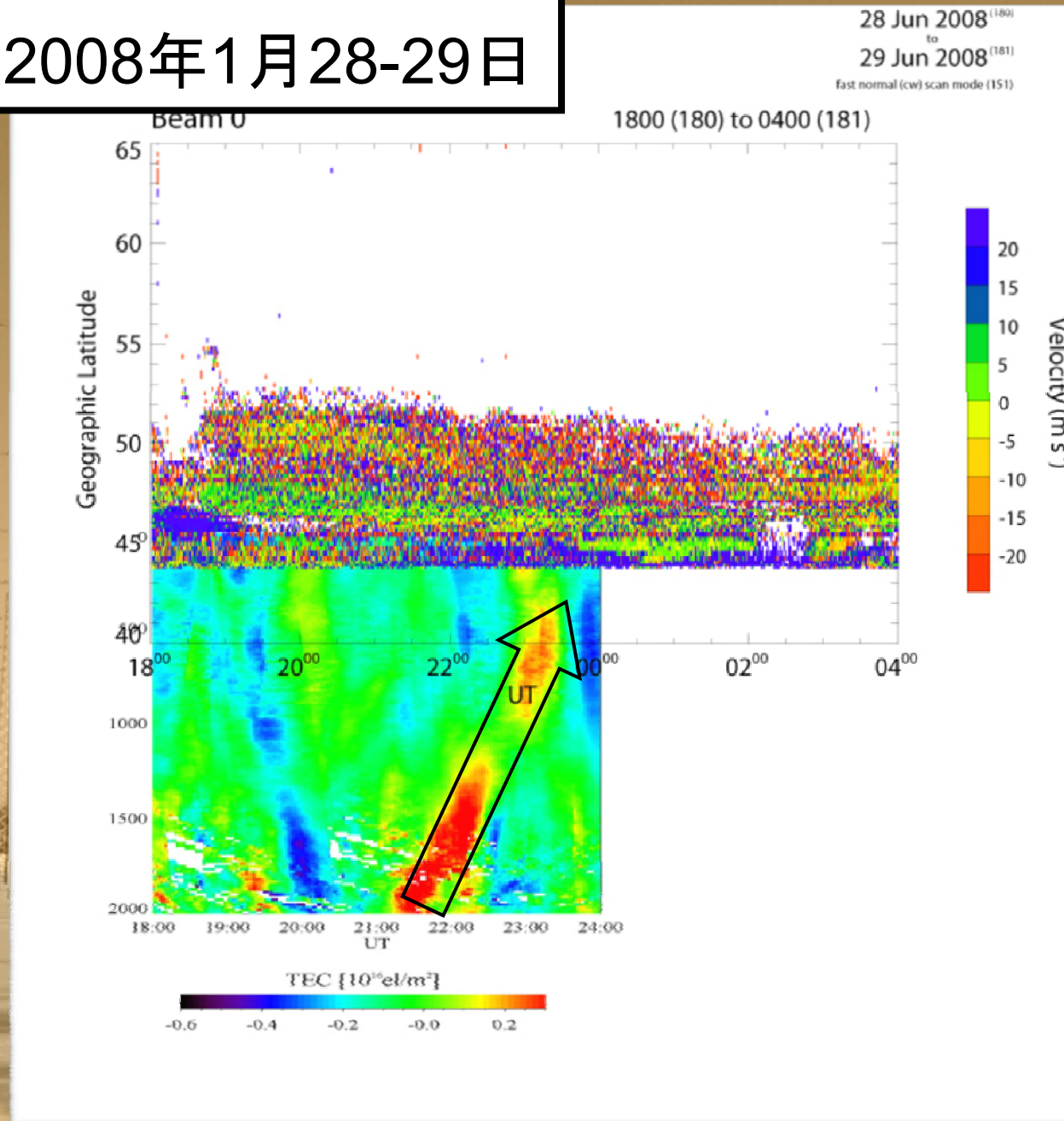


③ 2008年5月2日

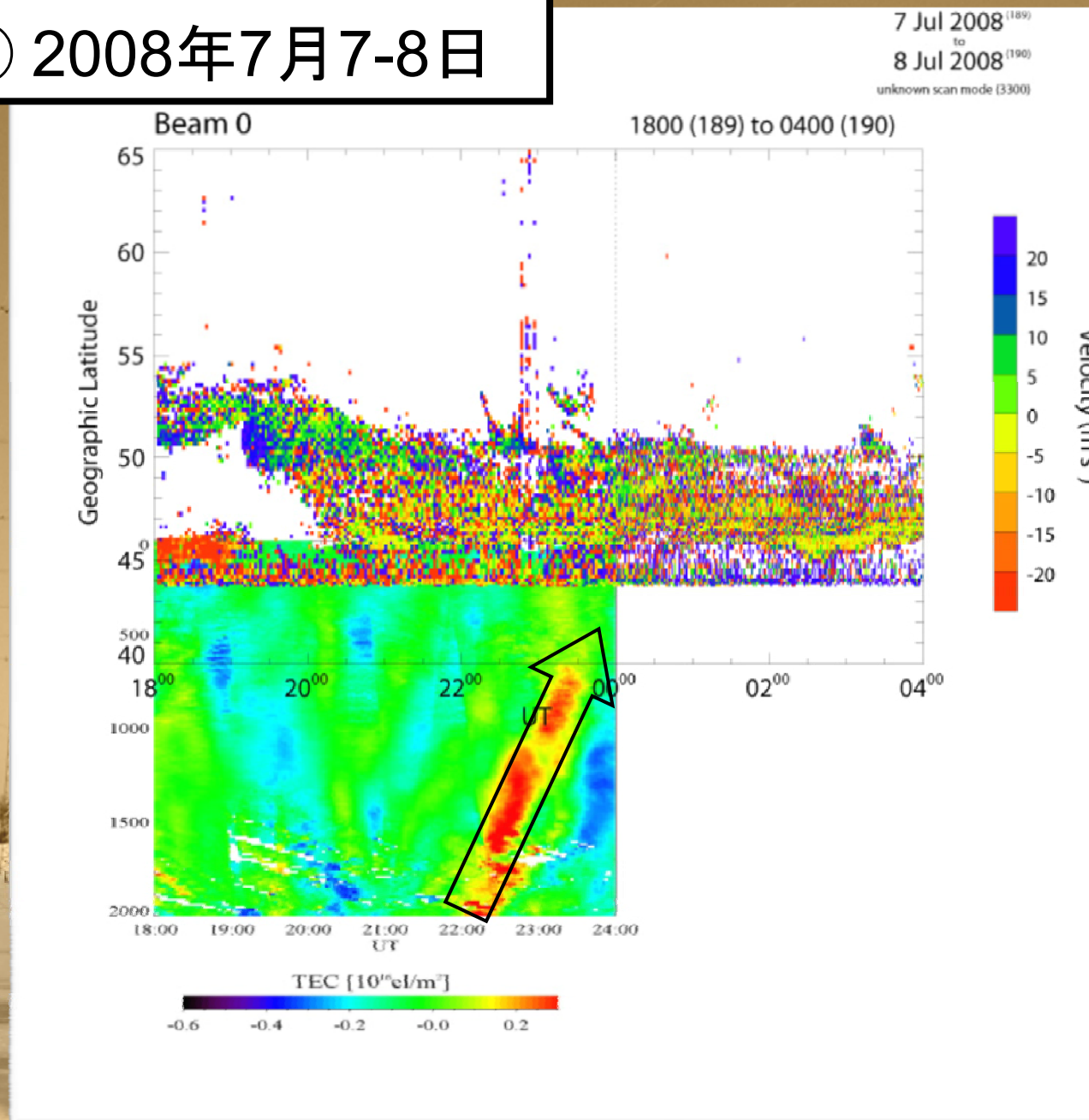
2 May 2008⁽¹²³⁾
unknown scan mode (-151)



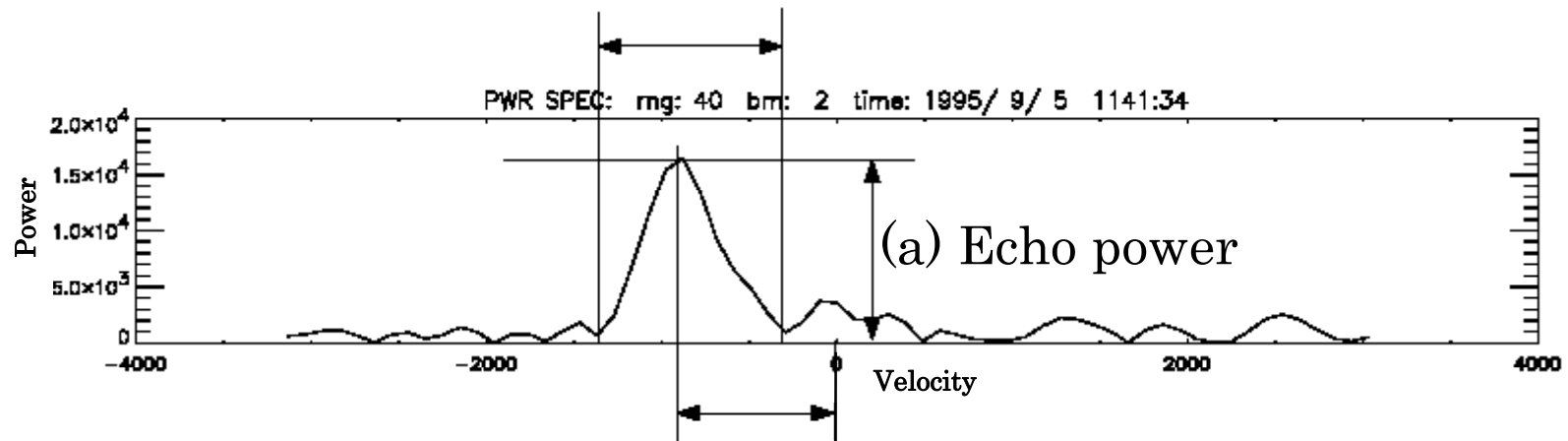
④ 2008年1月28-29日



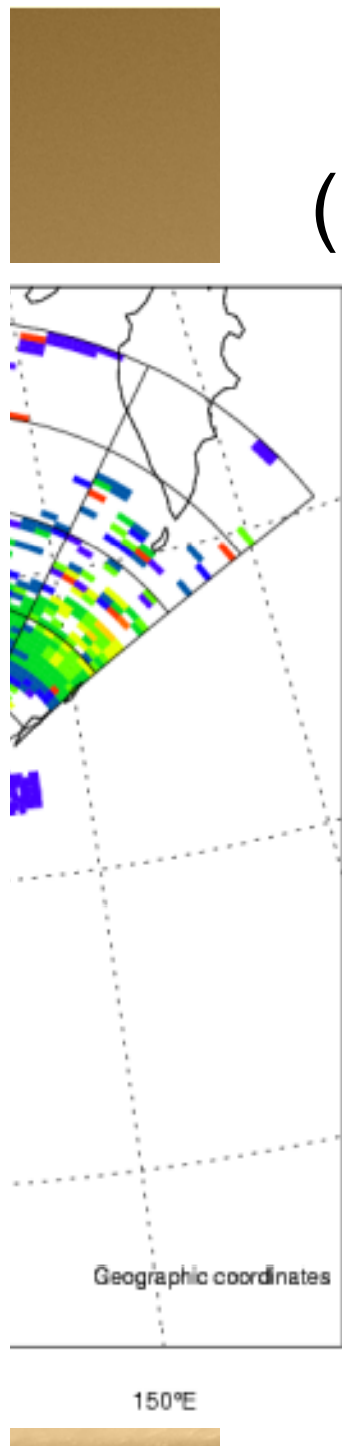
⑤ 2008年7月7-8日



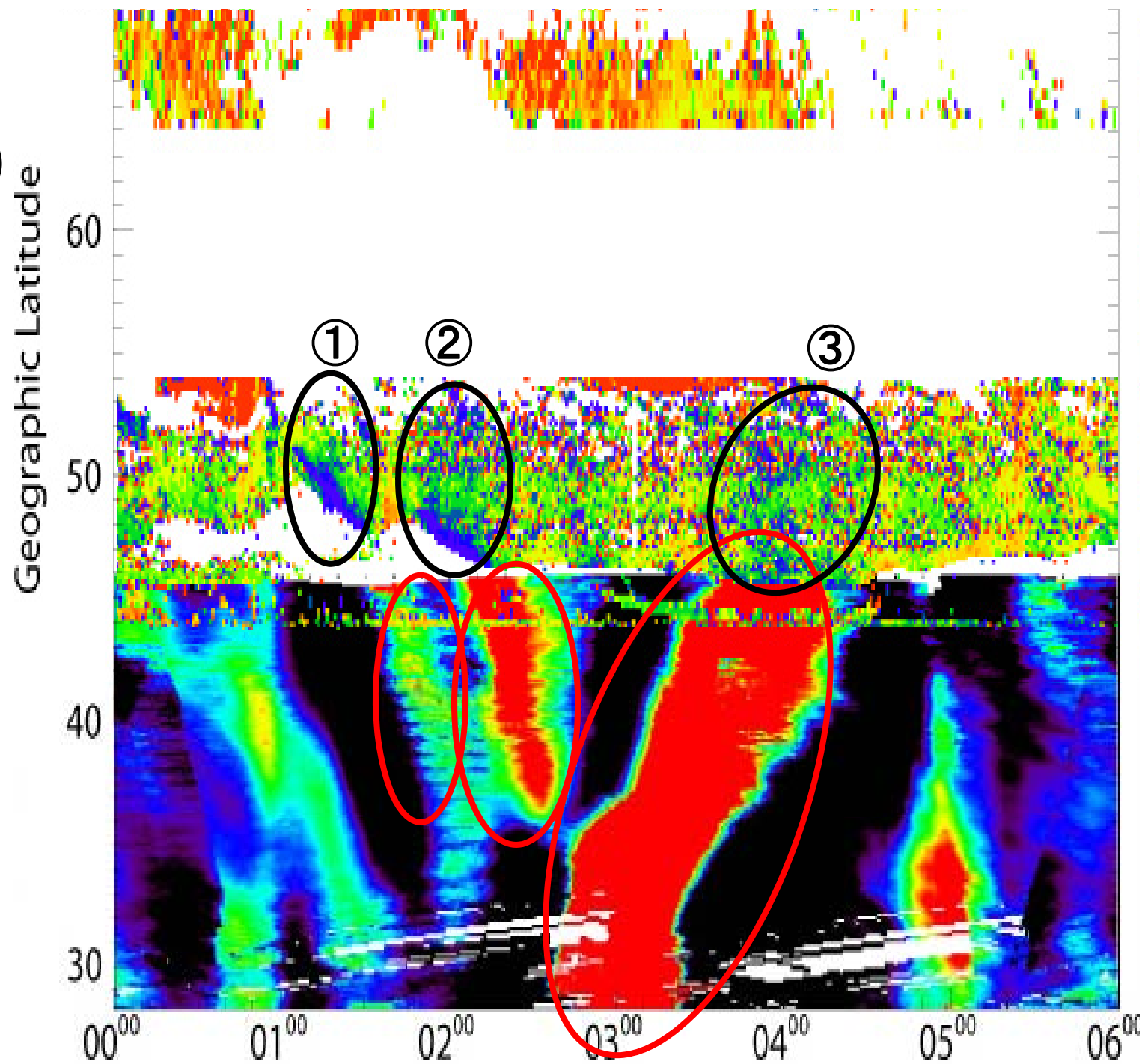
(c) Doppler spectral width



(b) Doppler velocity



(b)



2006		Dst -50 nT以下			
Nov 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	Dec 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31				
2007					
Jan 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	Feb 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28	Mar 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	Apr 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	May 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	Jun 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
Jul 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	Aug 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	Sep 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	Oct 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	Nov 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	Dec 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
2008					
Jan 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	Feb 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29	Mar 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	Apr 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	May 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	Jun 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
Jul 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	Aug 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	Sep 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	Oct 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	Nov 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	