

# トロムソにおけるナトリウムライダーを中心に用いた極域中間圏・下部熱圏変動の研究

野澤悟徳(名大STEL)、川原琢也(信州大学)、斎藤徳人(理研)、川端哲也(名大STEL)、津田卓雄(電通大)、高橋透(名大STEL)、和田智之(理研)、藤原均(成蹊大学)、堤雅基(極地研)、小川泰信(極地研)、鈴木臣、安里早稀、滝田真太郎、日比野辰哉(名大STEL)

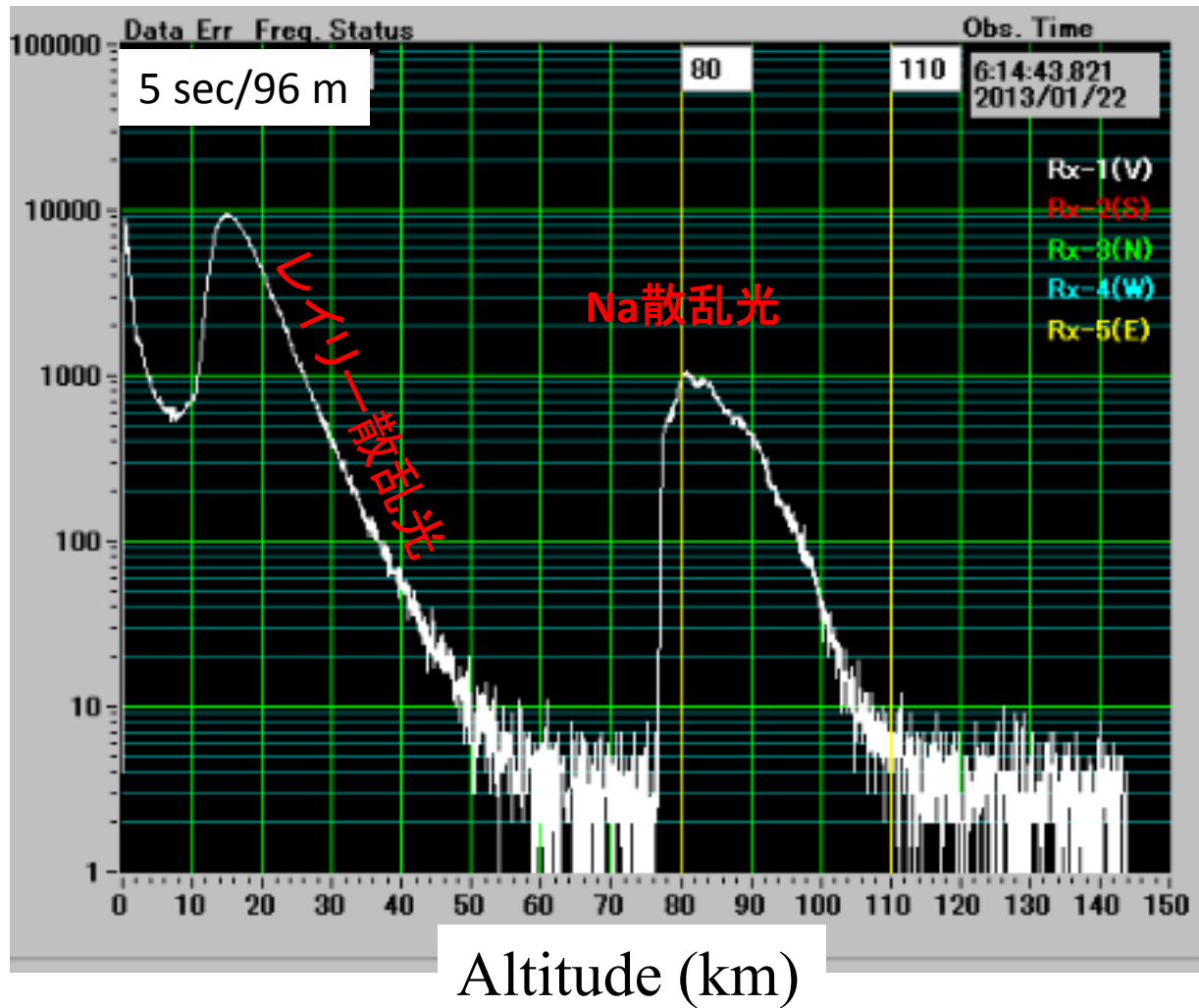
ノルウェー・トロムソ(69.6° N, 19.2°



# 受信エコーの例(5 sec/ 96 m)。鉛直モード。

高度80-110 km付近に存在するナトリウム原子の共鳴散乱を利用

Photo count



# トロムソナトリウムライダーの観測・研究成果



2010~2011

鉛直1方向

- 2010年10月から稼働
  - 2010年シーズン 256時間 ~1.7 W
  - 2011年シーズン 830時間 ~2.7 W
- 大気温度、Na密度データを取得

計約2800時間



2012

5方向観測  
(天頂角30°)

- 2012年シーズン 558時間 ~3.3 W
  - 2013年シーズン 688時間 ~3.6 W
  - 2014年シーズン 443時間 ~3.6 W
- +風速データ 計約1700時間



2013,  
2014

5方向観測  
(天頂角12.5°)

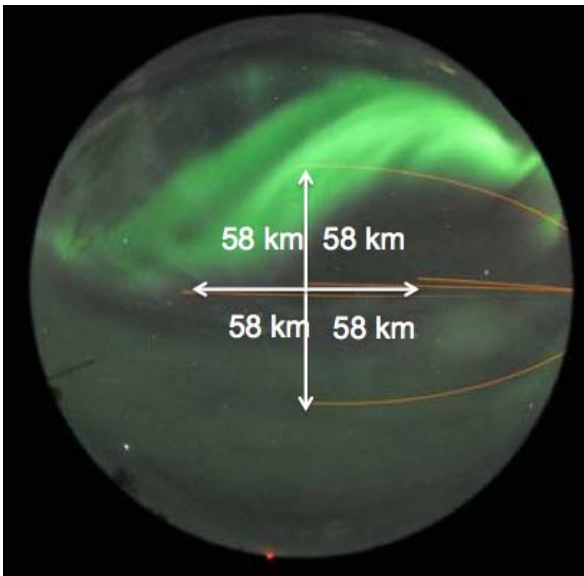
- GRL2編: Tsuda et al., 2011, 2013
- JGR2編: Matuura et al, 2013  
Nozawa et al., 2014
- Ann. Geophys. 1編:  
Takahashi et al., 2014

Webでサマリープロットを公開:

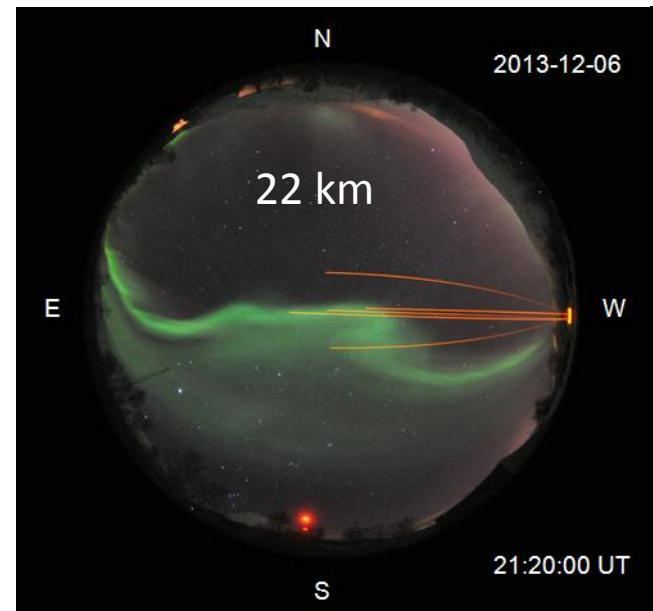
<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/~nozawa/indexlidardata.html>

# ビームの空間的広がり(高度100 km)

2012年シーズン  
天頂角  $30^\circ$



2013年,2014年シーズン  
天頂角  $12.5^\circ$



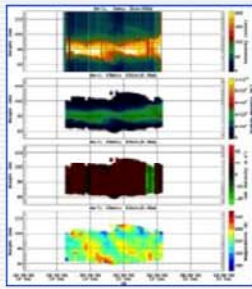
# ライダーデータ公開

<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/~nozawa/indexlidardata.html>

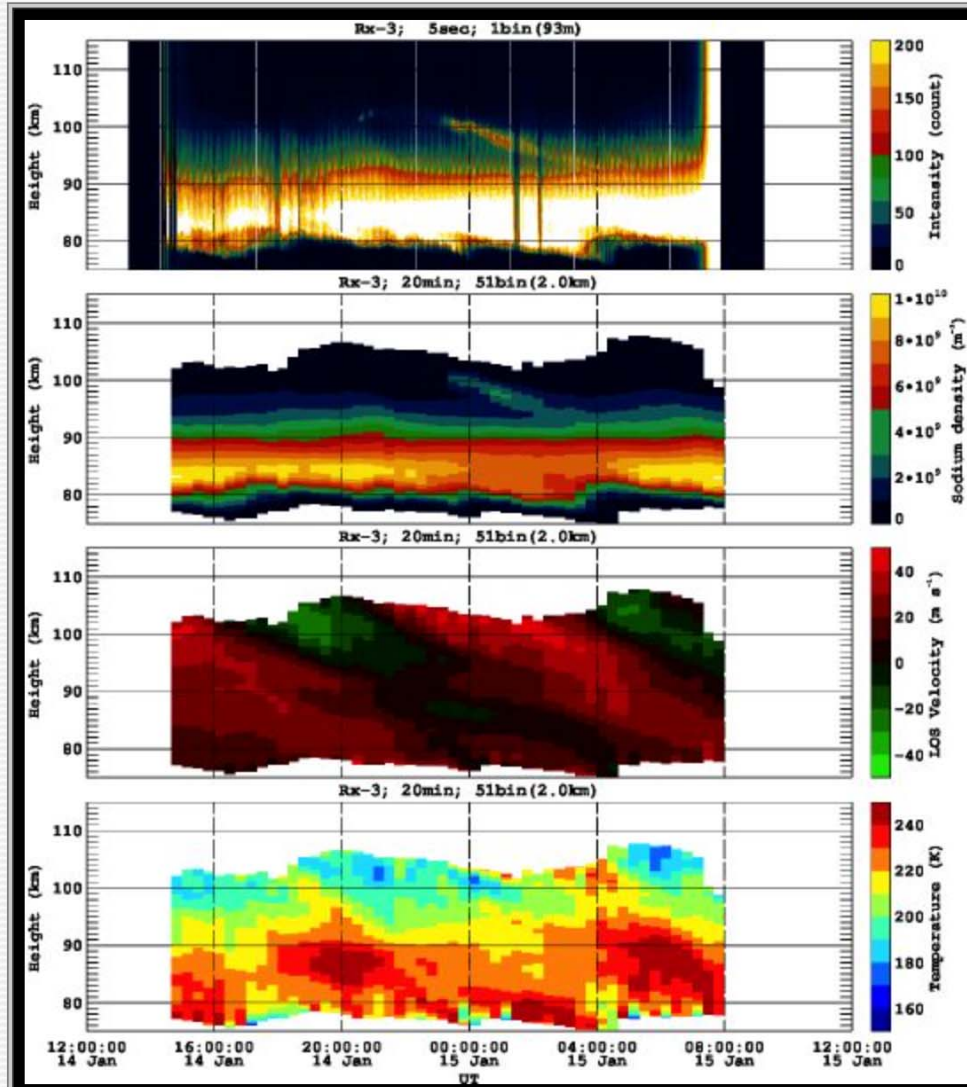
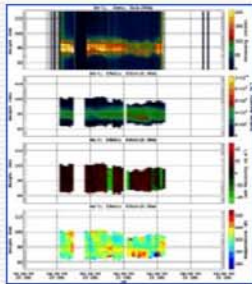


ページ 313 / 350

Neutral temperature, Na de



201410191200\_rx1\_20min51bin



201501141200\_rx3\_20min51bin

m LIDAR from



\_20min51bin

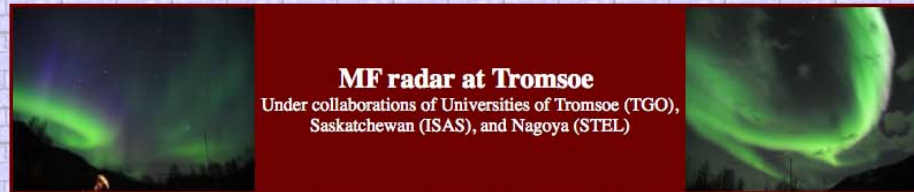


# トロムソMレーダーデータ公開

<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/~nozawa/MFradar/index.html>

Last modified: December 3, 2014

000024



## (1) Monthly averaged data plots

[1998](#)

[1999](#)

[2000](#)

[2001](#)

[2002](#)

[2003](#)

[2004](#)

[2005](#)

[2006](#)

[2007](#)

[2008](#)

[2009](#)

[2010](#)

[2011](#)

[2012](#)

[2013](#)

[2014](#)

## (2) Daily data plots

[1998](#)

[1999](#)

[2000](#)

[2001](#)

[2002](#)

[2003](#)

[2004](#)

[2005](#)

[2006](#)

[2007](#)

[2008](#)

[2009](#)

[2010](#)

[2011](#)

[2012](#)

[2013](#)

[2014](#)



If you are interested in our data, please contact on

Satoriori NOZAWA\*

[nozawa@stelab.nagoya-u.ac.jp](mailto:nozawa@stelab.nagoya-u.ac.jp)\*

# ベアアイランド流星レーダーデータ公開

<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/~nozawa/NBMR/index.html>

Last modified: December 4, 2014

000015



#### Reference

[Nozawa, S., C.M. Hall, M. Tsutsumi, A. Brekke, Y. Ogawa, T. T. Tsuda, S. Oyama, R. Fujii, Mean winds, tides, and quasi-2 day waves above Bear Island. JASTP. 90-91, 26-44, 2012.](#)

## (1) Monthly averaged data plots

<a href="#">2007</a>	<a href="#">2008</a>	<a href="#">2009</a>	<a href="#">2010</a>
<a href="#">2011</a>	<a href="#">2012</a>	<a href="#">2013</a>	

No data are available after April 22, 2013 due to system problems.

## (2) Daily data plots

<a href="#">2007</a>	<a href="#">2008</a>	<a href="#">2009</a>	<a href="#">2010</a>
<a href="#">2011</a>	<a href="#">2012</a>	<a href="#">2013</a>	



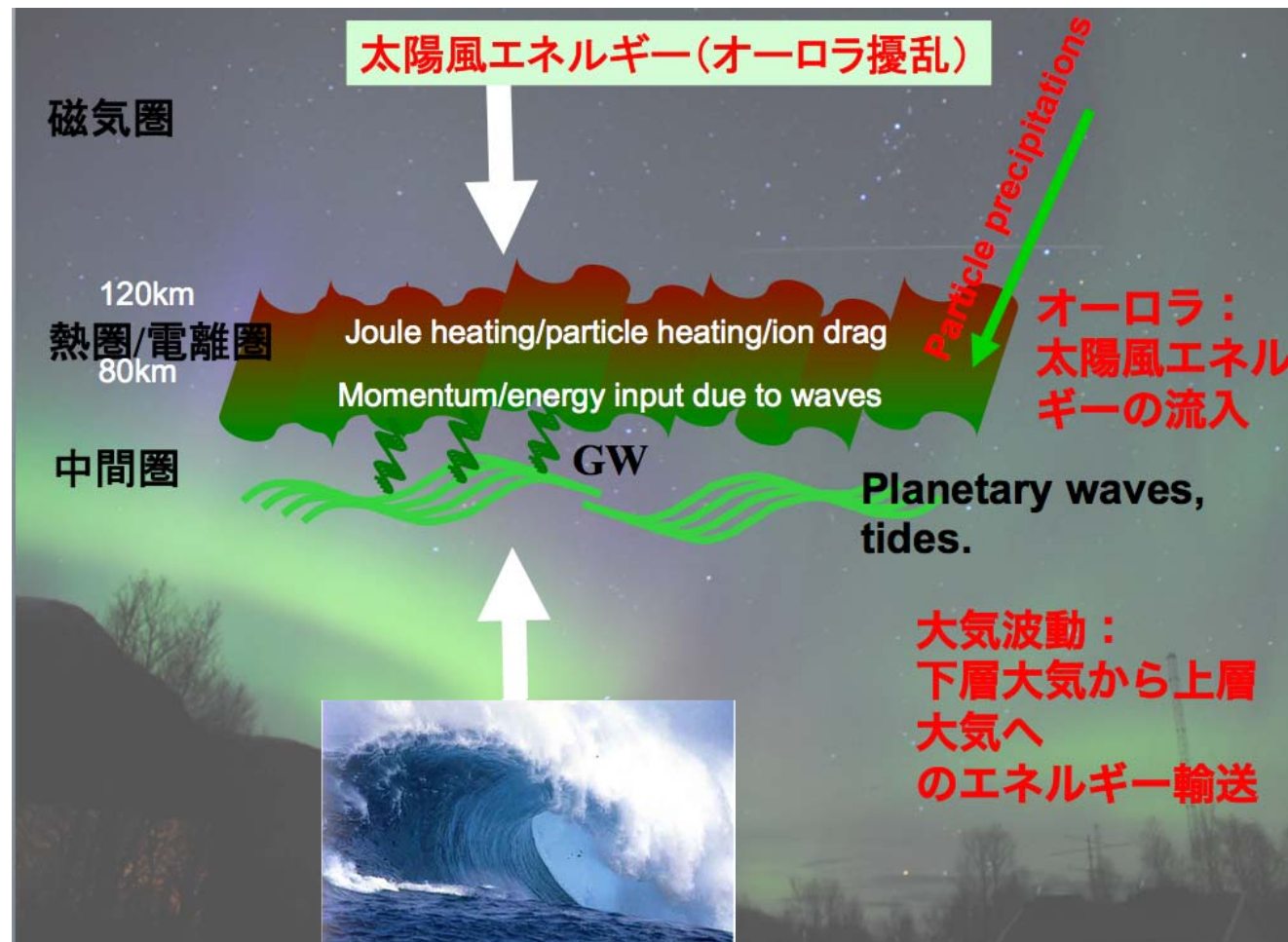
# 研究目的

北極域下部熱圏・中間圏(高度80-110 km)は、遷移領域、ターミナル

北極域下部熱圏・中間圏における大気温度・風速変動の解明

(1) 磁気圏—電離圏—熱圏結合 オーロラ擾乱への応答

(2) 大気上下結合 大気波動による変動、大気波動の散逸、伝搬過程





## 研究トピックス

北極域下部熱圏・中間圏における大気温度・風速変動の解明

(1) 磁気圏—電離圏—熱圏結合　オーロラ擾乱への応答

(2) 大気上下結合　大気波動による変動、大気波動の散逸、伝搬過程

- (1) Altitude variations of the semidiurnal tide
- (2) Sporadic sodium layer (SSL)
- (3) Response of the upper mesosphere/lower thermosphere to sudden stratospheric warmings (SSW) 上部成層圏温度の導出
- (4) Comparison of the neutral temperature and the ion temperature　ジュール加熱の評価  
EISCAT UHF radarとの同時観測43夜(約250時間)
- (5) Probability of instabilities (287夜:>4hr/night)  
大気不安定発生頻度の季節・高度変動。  
さらにオーロラ活動やSSW期間との相関

## 研究トピックス

北極域下部熱圏・中間圏における大気温度・風速変動の解明

(1) 磁気圏—電離圏—熱圏結合 オーロラ擾乱への応答

(2) 大気上下結合 大気波動による変動、大気波動の散逸、伝搬過程

(1) Altitude variations of the semidiurnal tide

**(2) Sporadic sodium layer (SSL)**

(3) Response of the upper mesosphere/lower thermosphere to SSW 上部成層圏温度の導出

(4) Comparison of the neutral temperature and the ion temperature ジュール加熱の評価

EISCAT UHF radarとの同時観測43晩(約250時間)

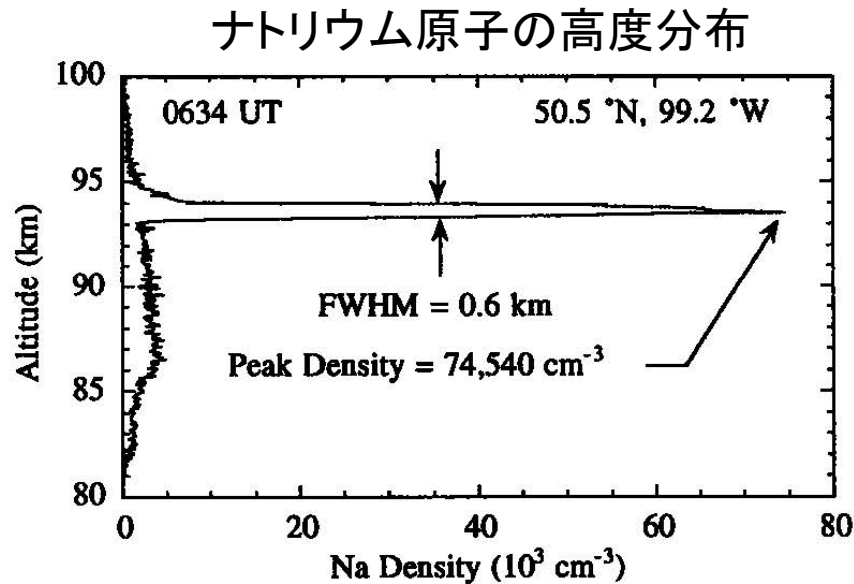
(5) Probability of instabilities (287夜:>4hr/night)

大気不安定発生頻度の季節・高度変動。

さらにオーロラ活動やSSW期間との相関

# Sporadic sodium layer (SSL)

By 高橋



*Gu et al. (1995)*

## 基本的な特徴

- 半値幅 : ~1 km
- Lifetime : 数分から数時間
- 密度 : 平均ナトリウム密度の2~10倍
- 水平空間スケール : 数100 km

1000-2000 kmに広がるSSLも報告されている(*Fan et al., 2007*)。

SSLは*Clemesha et al., (1978)*によって初めて観測された。

高度方向に薄い、空間的に数百キロの広がりを持つ構造がどのように生成されるのか？

極域と低緯度で成因が違うようだ。中緯度では、あまり観測されない。

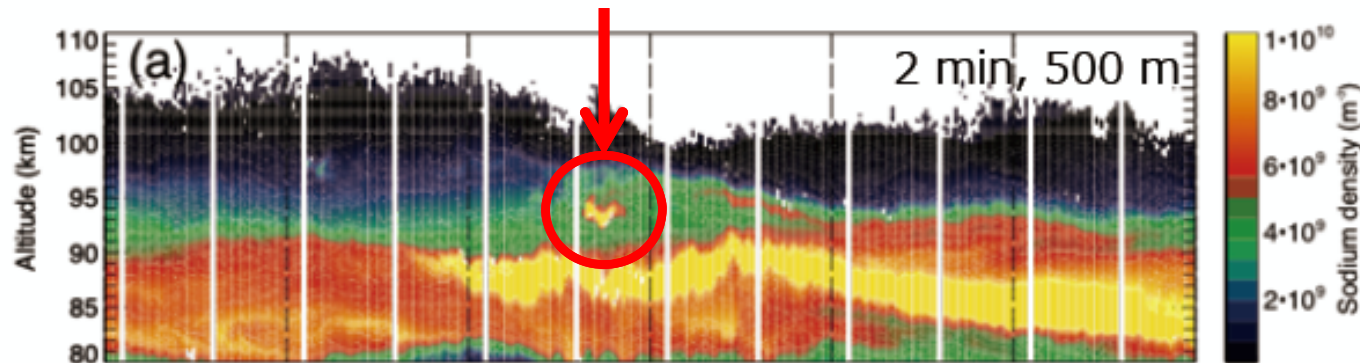
Es層と同時に発生している例が多い。

# Sporadic sodium layer (case study for January 22, 2012)

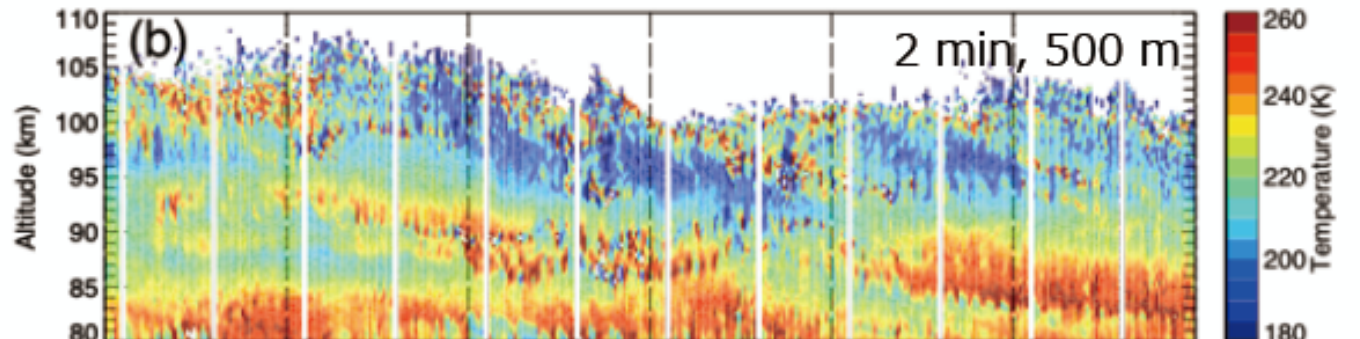
By 高橋

高度80-110 km

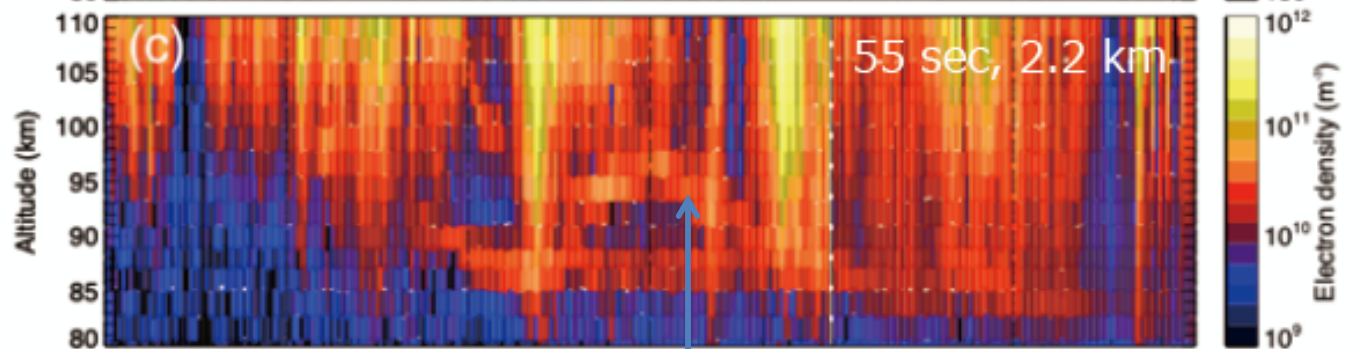
SSL



ナトリウム密度



中性大気温度



電子密度

EISCAT

Sporadic E layer

## 研究トピックス

北極域下部熱圏・中間圏における大気温度・風速変動の解明

(1) 磁気圏—電離圏—熱圏結合　オーロラ擾乱への応答

(2) 大気上下結合　大気波動による変動、大気波動の散逸、伝搬過程

(1) Altitude variations of the semidiurnal tide

(2) Sporadic sodium layer (SSL)

**(3) Response of the upper mesosphere/lower thermosphere to SSW** 上部成層圏温度の導出

(4) Comparison of the neutral temperature and the ion temperature　ジュール加熱の評価

EISCAT UHF radarとの同時観測43晩(約250時間)

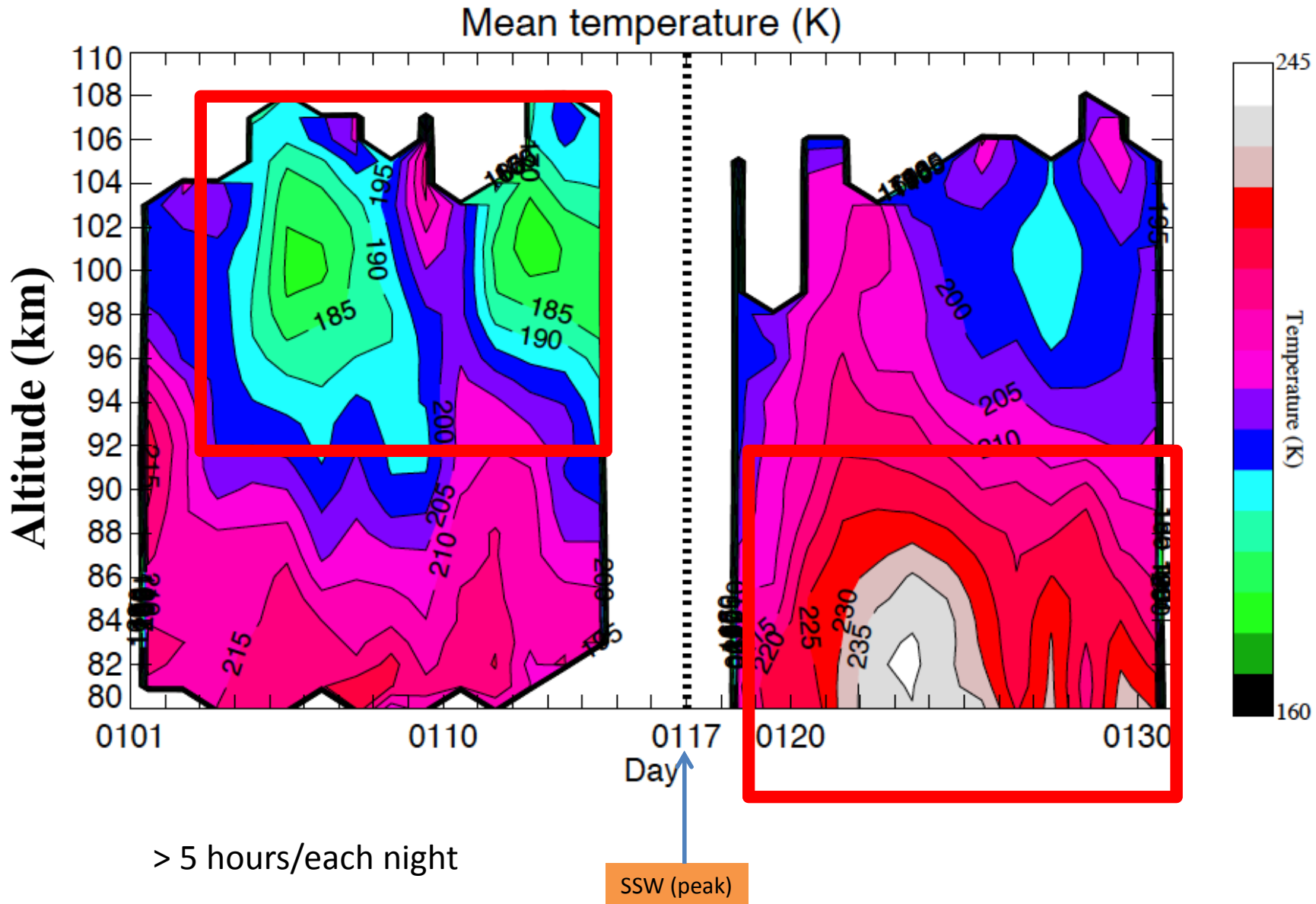
**(5) Probability of instabilities** (287夜:>4hr/night)

大気不安定発生頻度の季節・高度変動。  
さらにオーロラ活動やSSW期間との相関

# Variation of neutral temperature (nocturnal mean) in January 2012

Before SSW (peak), temperature was low (or normal) between 94-104 km

After SSW (peak), temperature increased.



## 研究トピックス

北極域下部熱圏・中間圏における大気温度・風速変動の解明

(1) 磁気圏—電離圏—熱圏結合　オーロラ擾乱への応答

(2) 大気上下結合　大気波動による変動、大気波動の散逸、伝搬過程

(1) **Altitude variations of the semidiurnal tide**

(2) Sporadic sodium layer (SSL)

(3) Response of the upper mesosphere/lower thermosphere  
to SSW 上部成層圏温度の導出

(4) Comparison of the neutral temperature and the ion  
temperature　ジュール加熱の評価

EISCAT UHF radarとの同時観測43晩(約250時間)

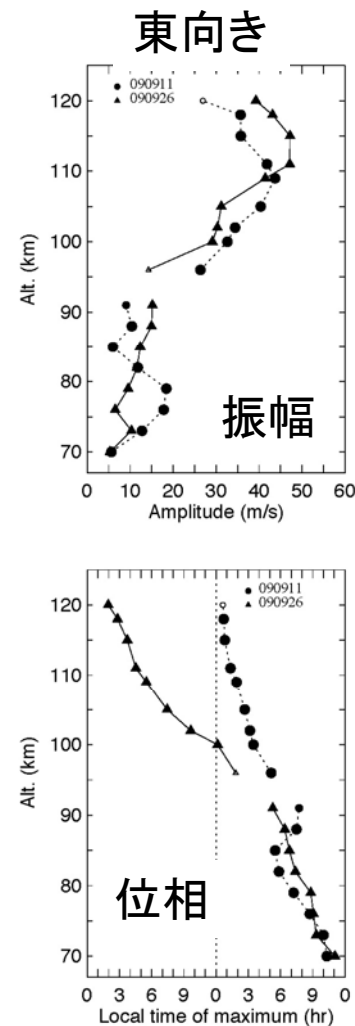
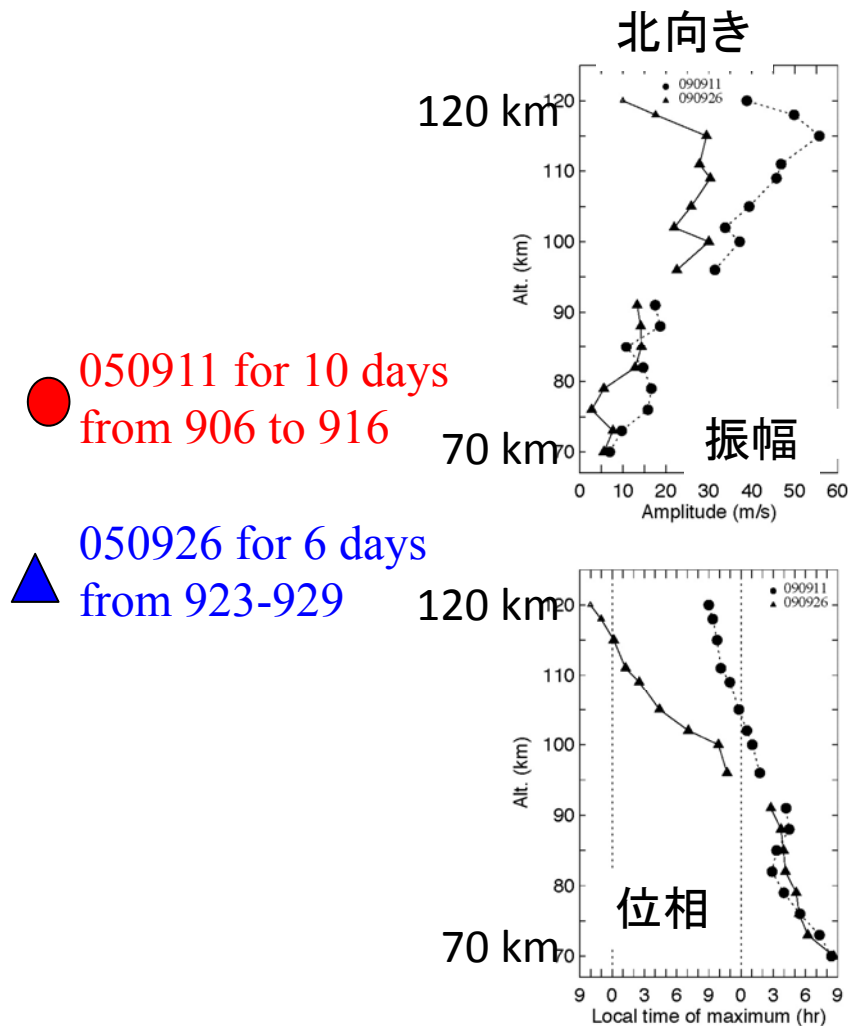
(5) Probability of instabilities

大気不安定発生頻度の季節・高度変動。  
さらにオーロラ活動やSSW期間との相関

# ナトリウムライダーの重要性

中間圏界面領域は幅広く観測できるレーダーはない  
→ Na LIDARは、80-110 kmをカバーできる。

2005年9月の観測例： EISCATレーダーとMFレーダー



● 振幅は80 km付近で一度ピークになりそのあと、減少。110 km付近で再度ピーク。

● 冬期観測の問題点  
電子密度が低く、レーダー観測の精度が落ちる。  
(流星レーダーは、時間分解能が1時間で80-100kmが対象)

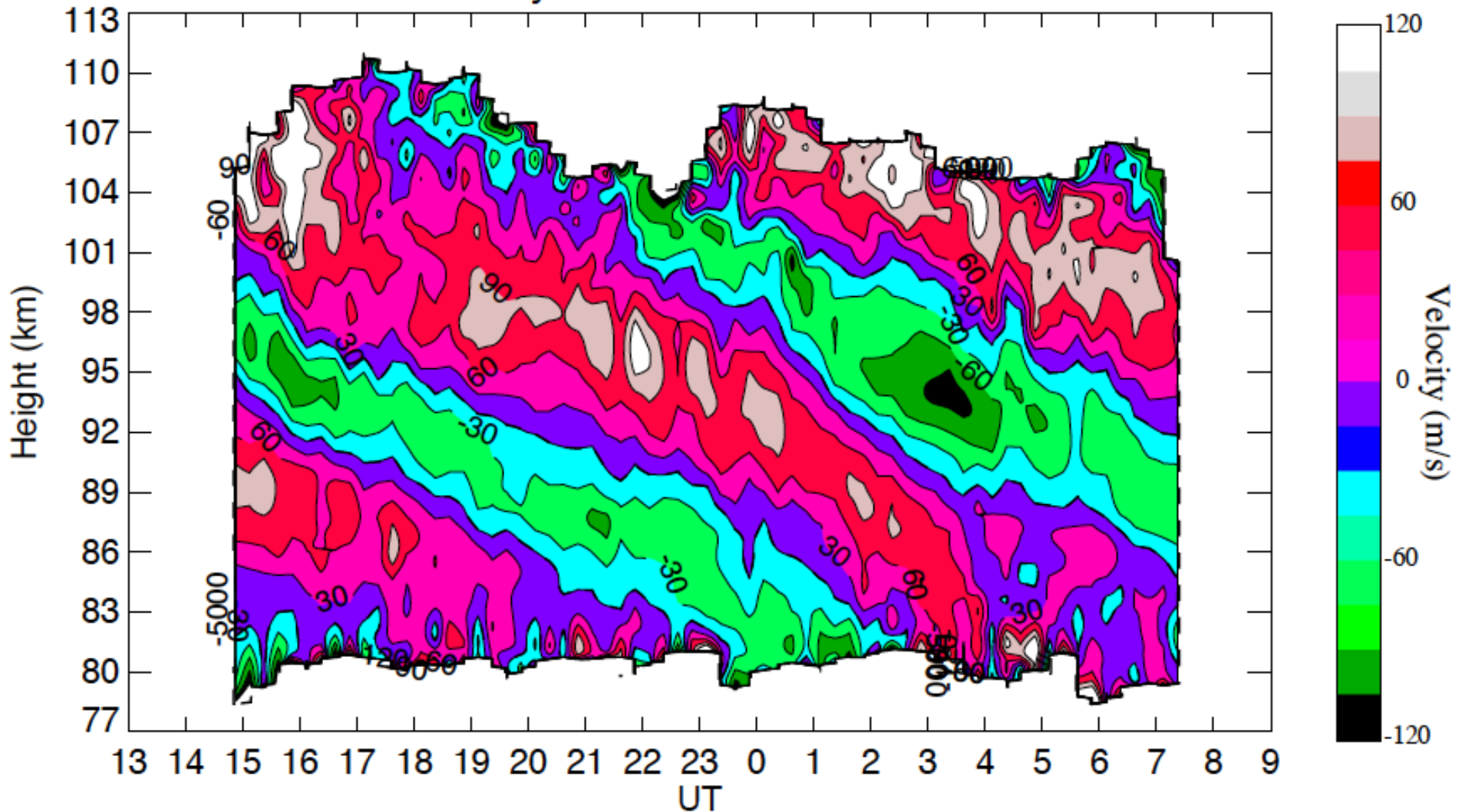


# 半日潮汐波の観測例 (Jan 14, 2014)

天頂角12.5° 補正後(鉛直風の補正なし)

2012年10月以降計62晩を解析中

Eastward wind velocity with 15 min resolution: error < 20 m/s

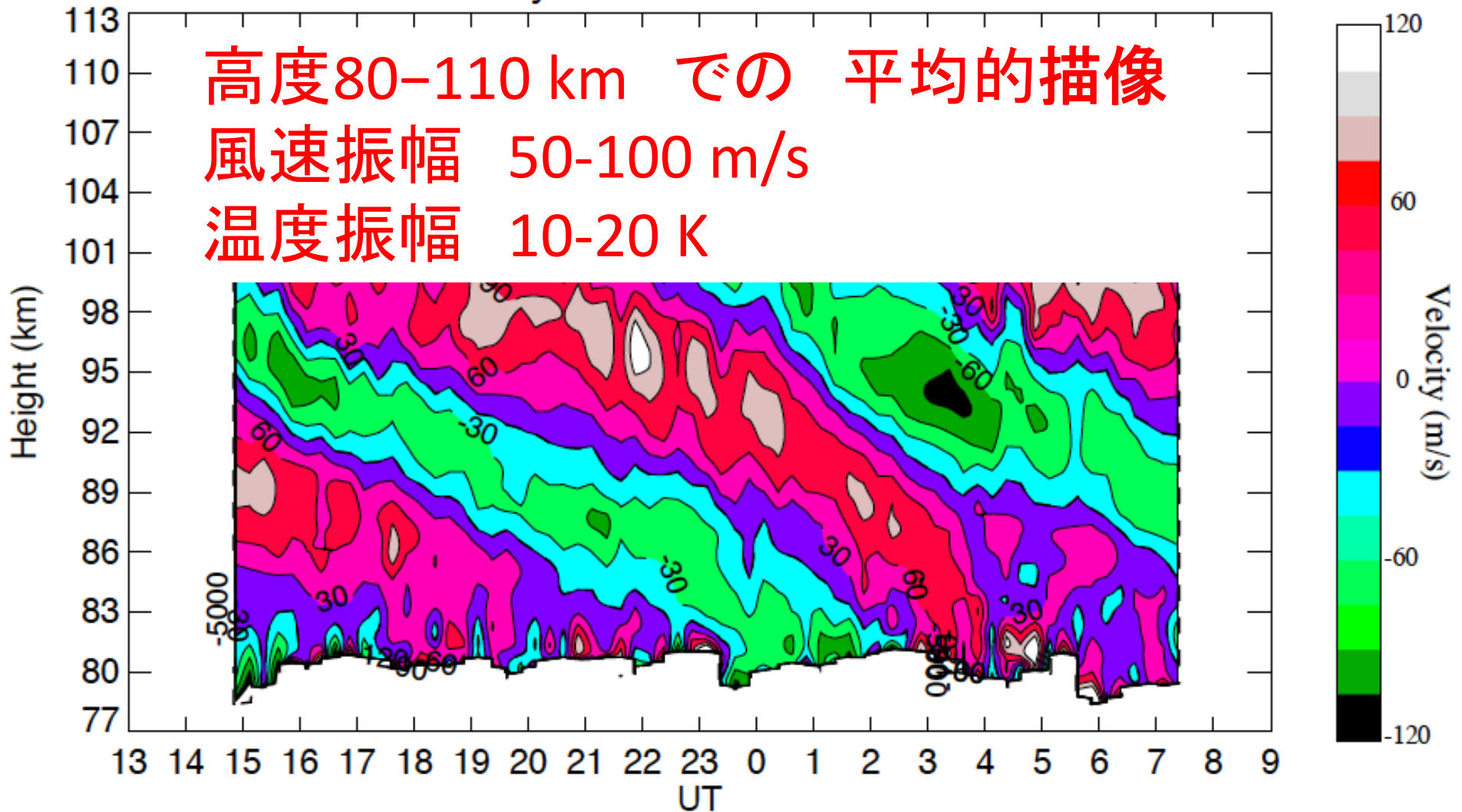


# 半日潮汐波の観測例 (Jan 14, 2014)

天頂角12.5° 補正後(鉛直風の補正なし)

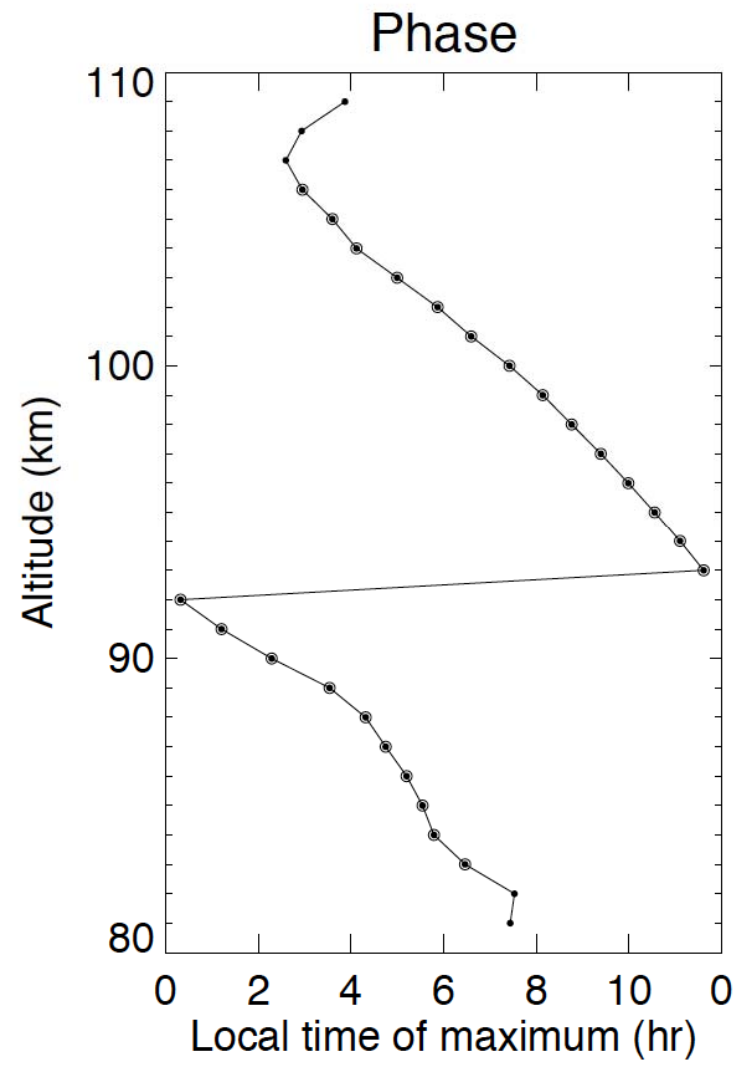
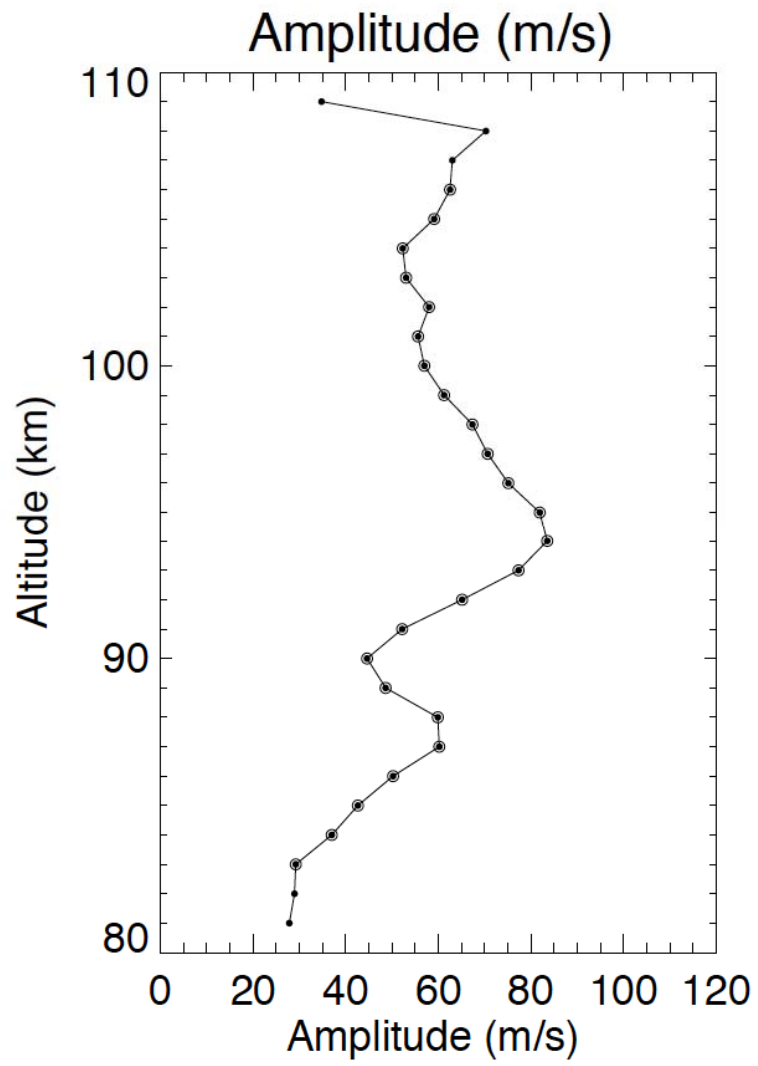
2012年10月以降計62晩を解析中

Eastward wind velocity with 15 min resolution: error < 20 m/s

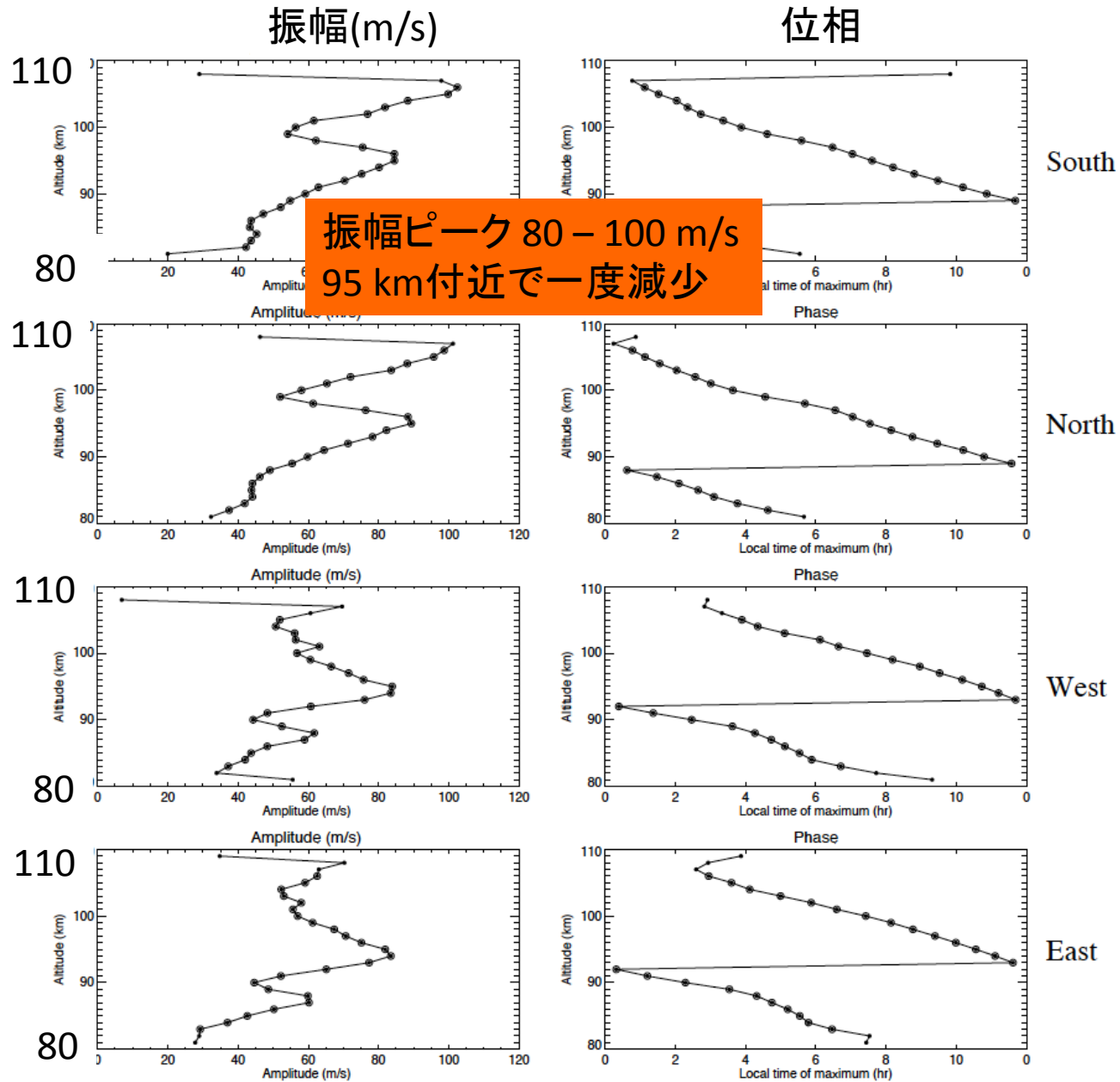


# 半日潮汐波の観測例 (Jan 14, 2014)

Eastward beam

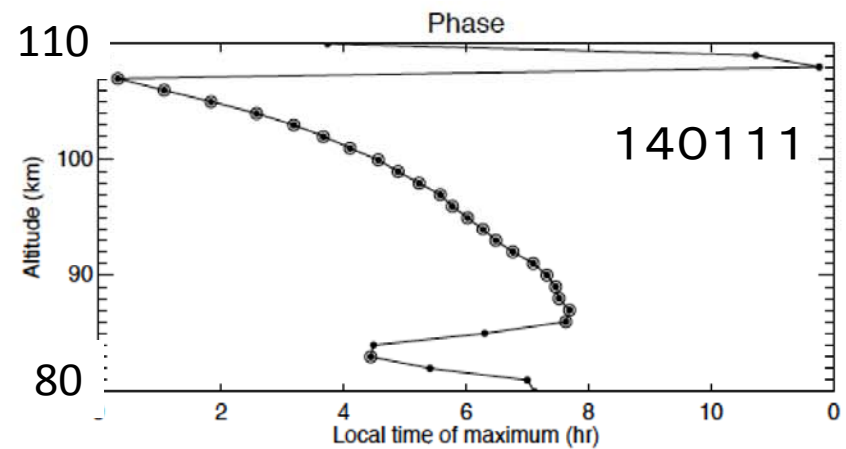
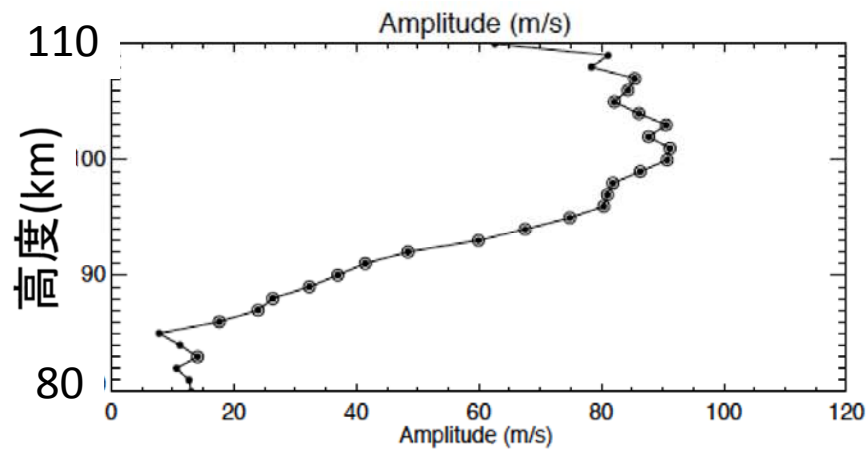
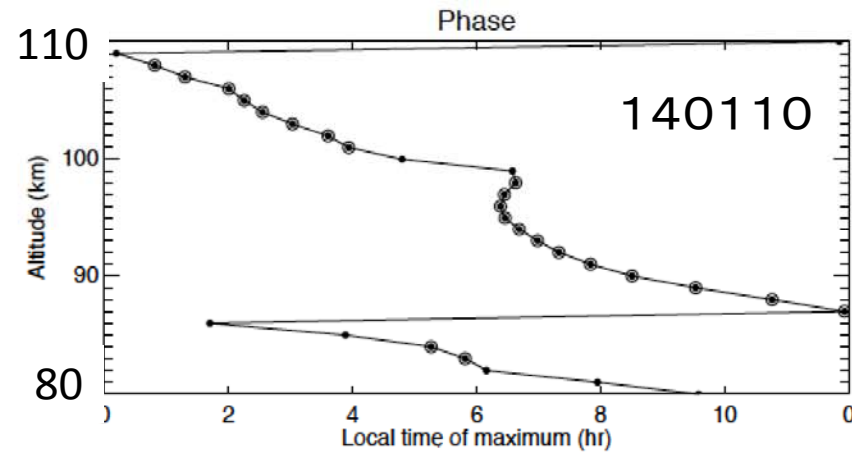
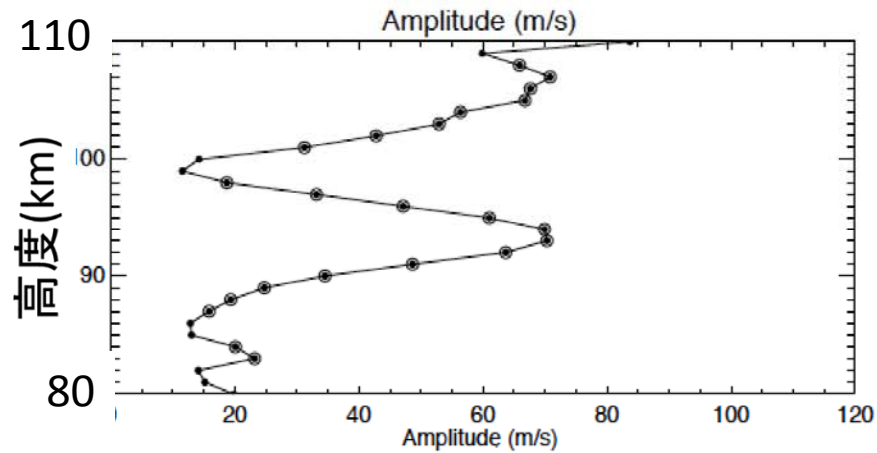


# 半日潮汐波の観測例 (Jan 14, 2014)



# 半日潮汐波の高度変動

中間圏高度で散逸するパターン、高度とともに単純増加パターンなどがあり、背景大気のかなが伝搬を制御しているのか？



62晩データを解析中

## まとめ

○トロンソナトリウムライダー2010年冬から5シーズンで計約2800時間分のデータ  
(大気温度、Na密度)を取得。高度幅は、80 km – 110 km。時間分解能2分まで可能。

○2012年10月からは、5方向観測を実施。風速データ約1700時間を取得。  
時間分解能3分まで可能。

### ○Topics

- (1) Altitude variations of the semidiurnal tide 62夜
- (2) Sporadic sodium layer (SSL) 5方向イベント
- (3) Response of the upper mesosphere/lower thermosphere to SSW 上部成層圏温度の導出
- (4) Comparison of the neutral temperature and the ion temperature ジュール加熱の評価  
EISCAT UHF radarとの同時観測43夜(約250時間)
- (5) Probability of instabilities (287夜:>4hr/night)  
大気不安定発生頻度の季節・高度変動。  
さらにオーロラ活動やSSW期間との相関。

○データ公開 高度80-110 km 温度・風速・Na密度  
高度30-50 km 温度を予定

} 共同研究を歓迎

<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/~nozawa/indexlidardata.html>

# 将来計画

## 北欧において対流圏から熱圏までカバーする観測を実施

高度

EISCAT\_3D  
90-120 km  
U, and Ti  
1 min



MF radar  
70-90 km  
U 5 min



Meteor radar  
80-100 km  
U 60 min



FPI (green)  
~110 km  
or 97 km  
U  
~3 min



Na Lidar  
80-110 km  
Tn, U ~5 min

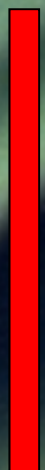


30-50 km

EISCAT\_3D  
5 - 30 km  
U



### 中層大気・風速・微量成分 観測システム(概算要求)



レイジー  
ライダー  
30-80 km  
Tn 10min

ミリ波  
受信器  
30-90 km  
NO<sub>x</sub>, HO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>

