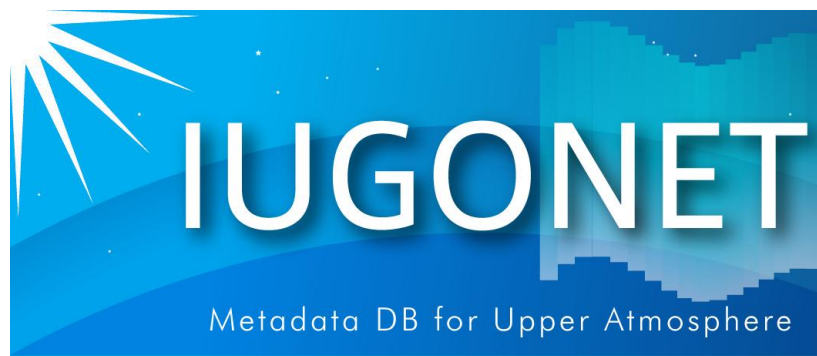




IUGONETデータ解析講習会@RISH  
2013年2月27日(水)

超高層大気長期変動の全地球上ネットワーク観測・研究  
Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork

# 京都大学生存圏研究所(RISH)が保有する 観測データの総合解析演習

**担当：新堀淳樹(京大RISH)**



(1) 地球大気の鉛直構造とその観測測器

(2) 京大生存研の保有する観測データについて

(3) 熱圏・中間圏データの総合解析演習

基礎編: 解析ソフト(UDAS)を用いたプロットの作成

応用編: スペクトル解析(コヒーレンス、S変換)

相互相関解析

他のデータセットとの統合解析

## <本講習会の目指すところ>

### 1. IUGONETプロダクト(MDB、解析ソフトウェア)の実体験

太陽地球科学分野に属する研究者・学生に、この講習会を通じて実際に触れてもらうことによって、**その便利さや凄さを実感**してもらう。

### 2. 利用者の獲得

IUGONET**プロダクトの弱点を指摘**してもらい、今後の開発過程の参考要素として取り組む。

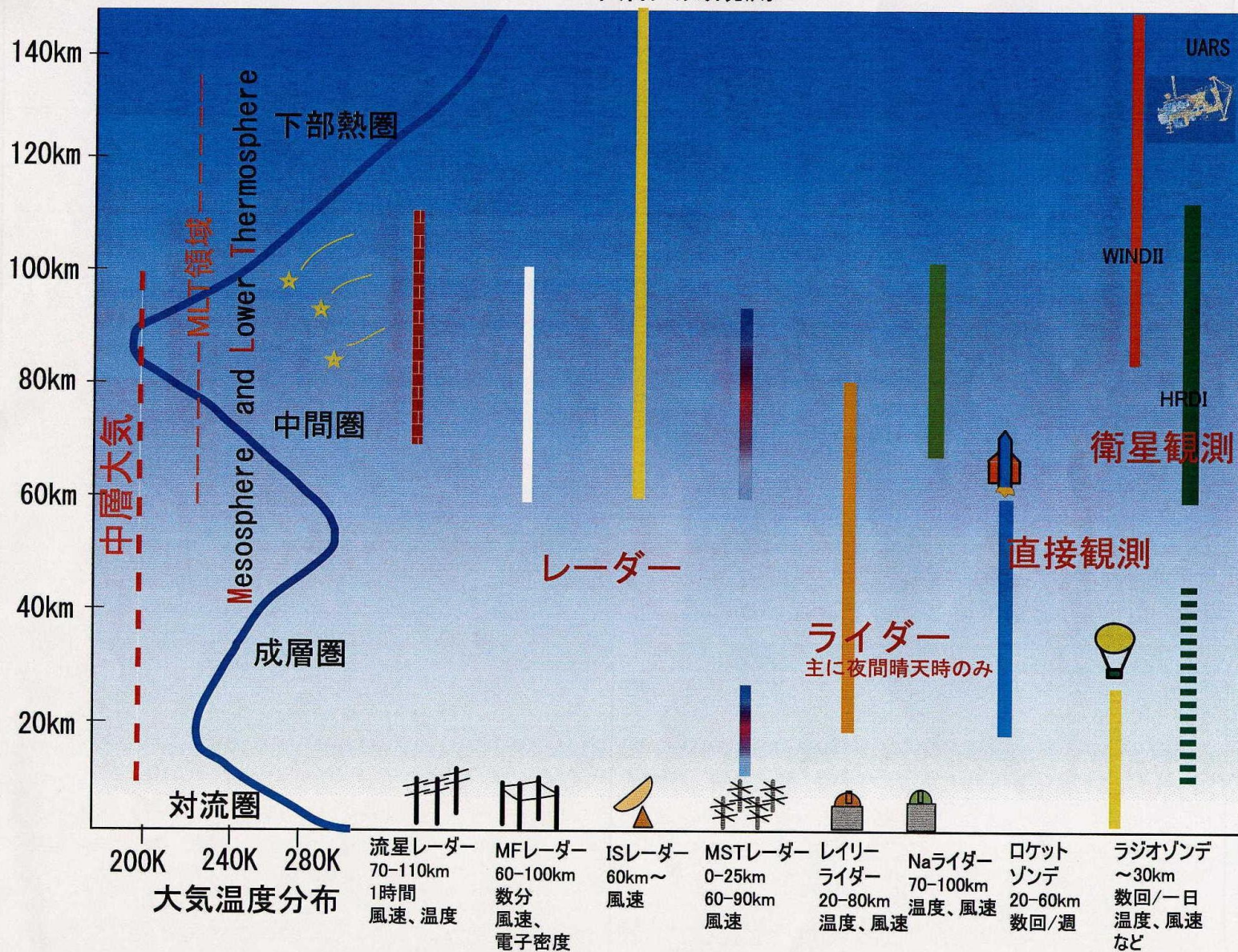
### 3. 成果物の増産

多くの研究者がIUGONETのプロダクトを利用することで、太陽地球系の多様な研究が促進されれば、**我々開発者の成果だけでなく、各機関のデータ提供もとの成果**にもなる

なお、この講習会で取り上げた題材で皆さんを共著に入れた論文が仕上がれば上出来である

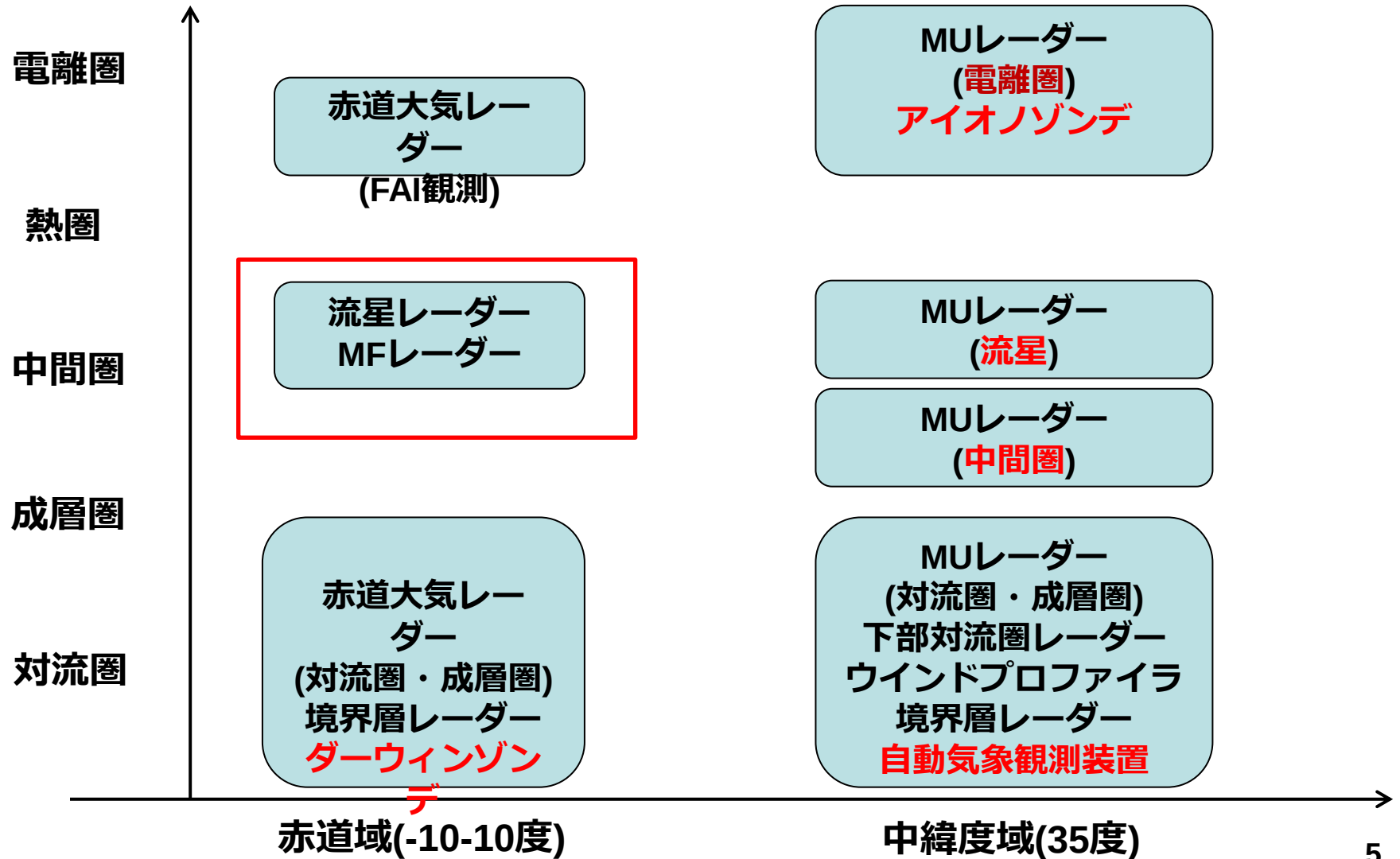
## 2. 地球大気の鉛直構造とその観測測器

### 中層大気観測



## 2. 地球大気の鉛直構造とその観測測器

<RISHのデータがカバーする領域(UDASで解析可能なもの)>



# 3. 京大生存研の保有する流星・MFレーダー

## <インドネシアのMF、流星レーダー群>



**Meteor radar  
Kototabang (2002-)**



**MF radar  
Pontianak (1995-)**

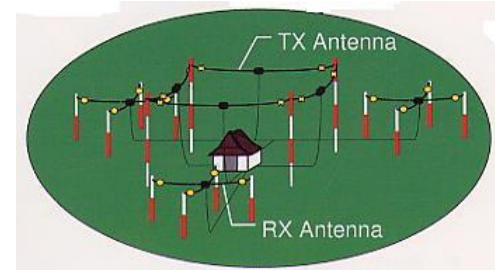
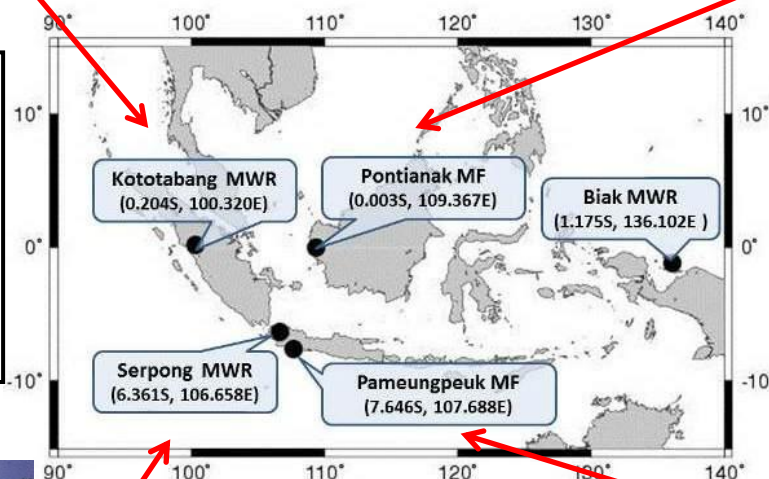
### Regional network in Indonesia (1992- )

#### 流星レーダー

(Jakarta, Koto Tabang, Biak)

#### MFレーダー

(Pontianak, Pameungpeuk)



**Meteor radar  
Jakarta (1992-1999)**



**MF radar  
Pameungpeuk (2004-)**

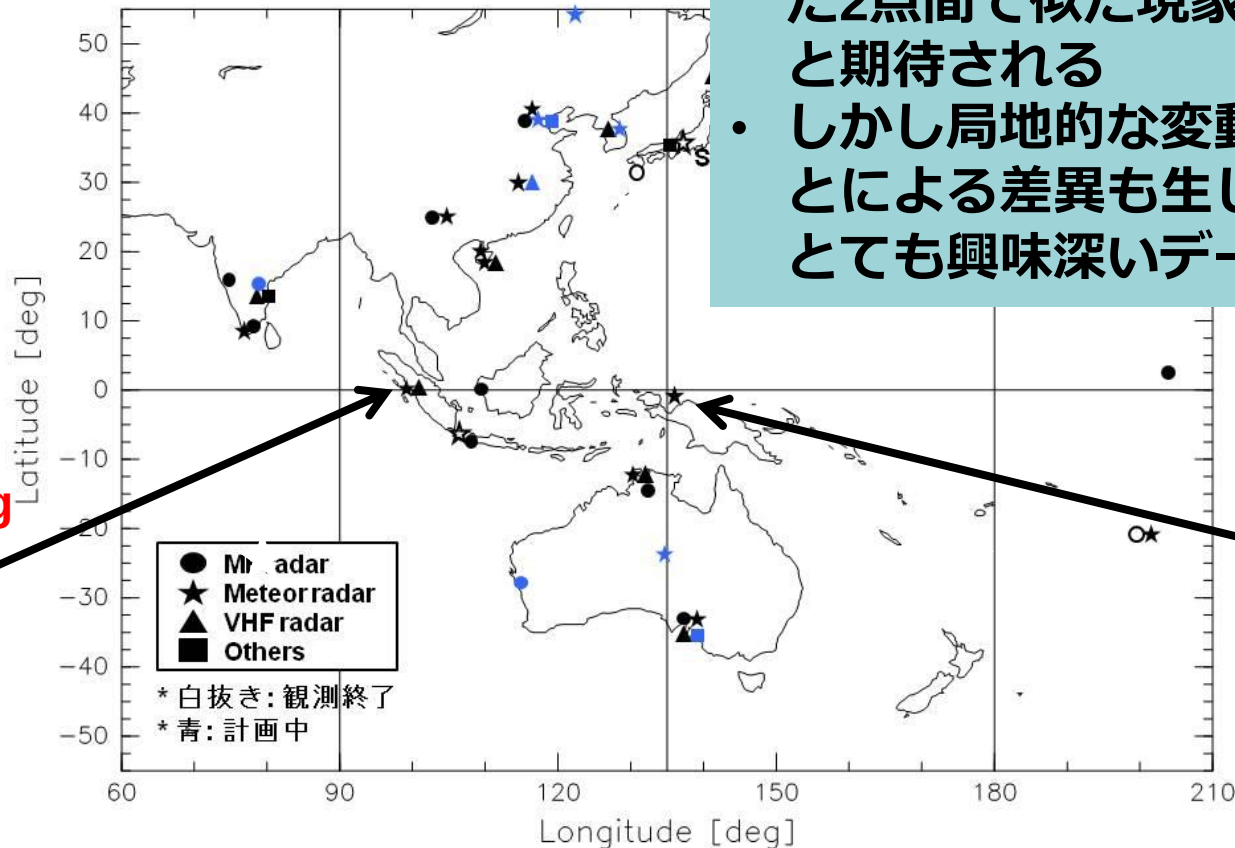
### 3. 京大生存研の保有する流星・MFレーダー

#### <ビアク、コトタバン流星レーダーを使用する意図>

- ・ 2観測点ともにほぼ赤道上にあり、経度差は約36度
- ・ 観測システムは同一
- ・ 高度70-110kmの風速を観測

- ・ 地球大気は東西方向に対してほぼ一様であり、経度方向に離れた2点間で似た現象が観測されると期待される
- ・ しかし局地的な変動が加わることによる差異も生じうるので、とても興味深いデータ対である

アジア太平洋域における中間圏-下



流星レーダー  
Koto Tabang  
(2002/11-)  
南緯 : 0.203  
東経 : 100.318

流星レーダー  
Biak (2011/5-)  
南緯 : 1.175  
東経 : 136.102

## ＜流星レーダーについて＞



### 流星レーダーの諸元

ビアク : 136.102度、-1.175度

コトバン : 100.320度、-0.204度

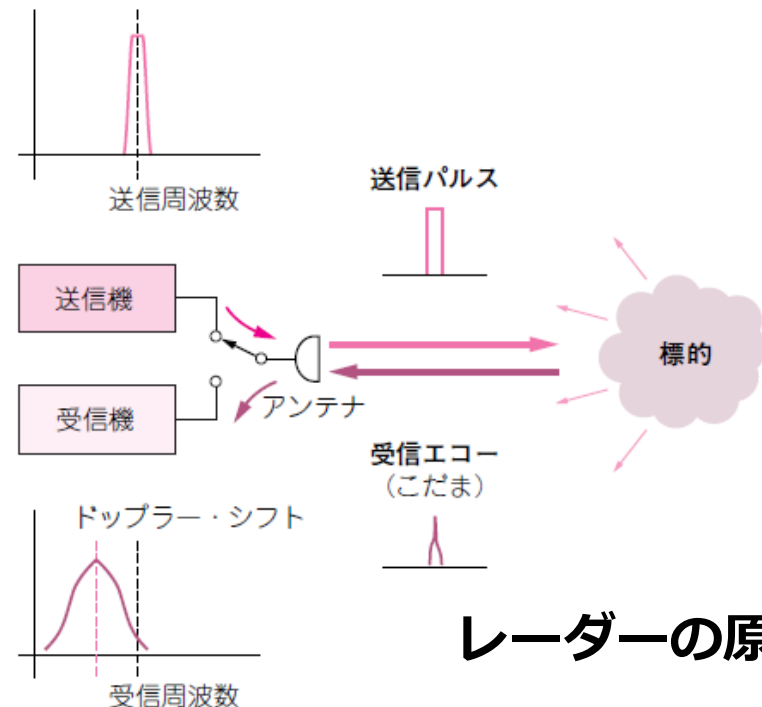
中心周波数: 33.3 MHz

37.7 MHz

送信出力: 12 kW

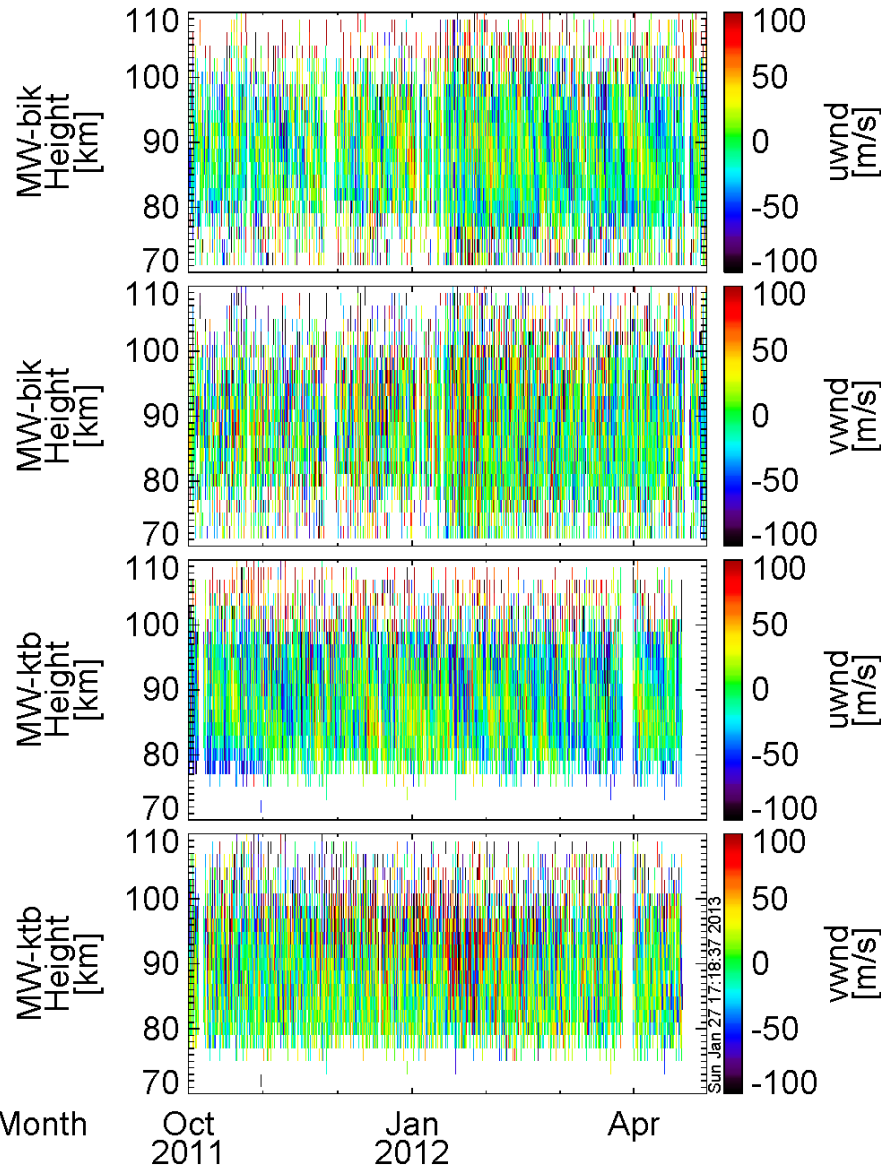
観測高度: 70km-110km (中間圏・  
下部熱圏風速)

5本のアンテナの干渉計で全天の流星飛跡の方向を計測し、その動きから中性風を導出



レーダーの原理図

## <下部熱圏・中間圏の風速データ解析> [基礎課題]



ビアクとコタバン流星レーダー観測から得られた熱帯域の熱圏下部の風速の高度時間プロットの作成

日時: 2011/11/01-2012/02/29

観測高度範囲: 70-110 km

時間分解能: 1時間

1段目: ビアクにおける東西風

2段目: ビアクにおける南北風

3段目: コタバンにおける東西風

4段目: コタバンにおける南北風

下部熱圏(80-100 km)の南北成分において**2日波**が観測されている

## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [基礎課題]

## 1) ビアクとコタババン流星レーダーデータ解析-1

## ● 日時を指定して高度-時間プロットを作成する-1

```
> timespan, '2011-11-1',152, /day
```

(2011/10/01から152日分のデータの日時指定)

```
> iug_load_meteor_rish, site = 'ktb', parameter = 'h2t60min00', length =  
'1_month'
```

ビアク : bik、コタババン : ktb

bik:2011/5/31、ktb:2002/11/15以降

パラメタは、4つ選択可で、'h2t60min00'以外にも'h2t60min00'、  
'h2t60min30'、と'h4t60min30'が選択可能

length : 1日ファイル→'1\_day'、 1ヶ月ファイル→'1\_month'

## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [基礎課題]

## 1) ビアクとコタババン流星レーダーデータ解析-1

## ●日時を指定して高度-時間プロットを作成する-2

> `tplot_names` (tplot変数名の確認)

風速2成分とその分散、流星痕のtplot変数がロードされていることを確認

なお、キーワード'/ verbose'をくわえて、`tplot_names,1,/verbose` とすれば、選択したtplot変数の中身が表示される。

> `tplot`, 'tplot変数名'

⇒指定したtplot変数のデータのプロットが出力される。

※複数のプロットをしたい場合は、以下のようにする。

> `tplot`, ['tplot1', 'tplot2',...]

## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [基礎課題]

## 1) ビアクとコタババン流星レーダーデータ解析-2

## ●簡単な解析の演習

> **zlim**, 'tplot変数名', 最小値、最大値 (カラーバー範囲変更)

例えば、東西風速のコンター範囲を-100から100m/sまでの範囲に変えたい場合、**tplot変数名のところに東西風速を表すtplot変数名を、最小、最大のところに、-100, 100**をそれぞれいれればよい。

(ex. > **zlim**, 'iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00', -100, 100)

> **ylim**, 'tplot変数名', 最小値、最大値(y軸の範囲変更)

例えば、東西風速の高度80 – 100kmの熱圏下部の部分に拡大したい場合は、**tplot変数名のところに東西風速を表すtplot変数名を、最小、最大のところに、80, 100**をそれぞれいれればよい。(他も同様)

(ex. > **ylim**, 'iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00', 80, 100)

## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [基礎課題

## 1] (2) ビアクとコタババン流星レーダーデータ解析-2

## ● 簡単な解析の演習

> `tsmooth_in_time`, 'tplot変数名', 時間(秒)

例えば、東西風速の6時間の移動平均値を求めたい場合、**tplot変数名のところに東西風速を表すtplot変数名を、時間のところに21600秒をいれる。**

このまま実行すると、入力したtplot変数名の後に'\_smoothed'という文字が付け加わるが、引数newnameを用いれば、お好みのtplot変数名がついたtplot変数を作成できる。

>`tsmooth_in_time`, 'iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00', 21600, newname = 'iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00\_ts21600'

## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [基礎課題]

## 13) ビアクとコタババン流星レーダーデータ解析-3

## ●簡単な解析の演習

> **tlimit**, 'tplot変数名', 開始日時、終了日時 (時刻範囲変更)

(ex. > tlimit, '2011-12-01', '2012-03-01')

例えば、得られているプロットの図に対して、横軸の時刻範囲を2011年12月1日から2012年3月1日に拡大したい場合、このコマンドを用いる。

自分の好きな箇所を拡大したい場合は、tlimitだけを打つと、プロットにカーソルを持ってくると、**十字の線が現れるので、各々のところで、右クリックをすれば、その時刻の拡大図が出来上がる。**

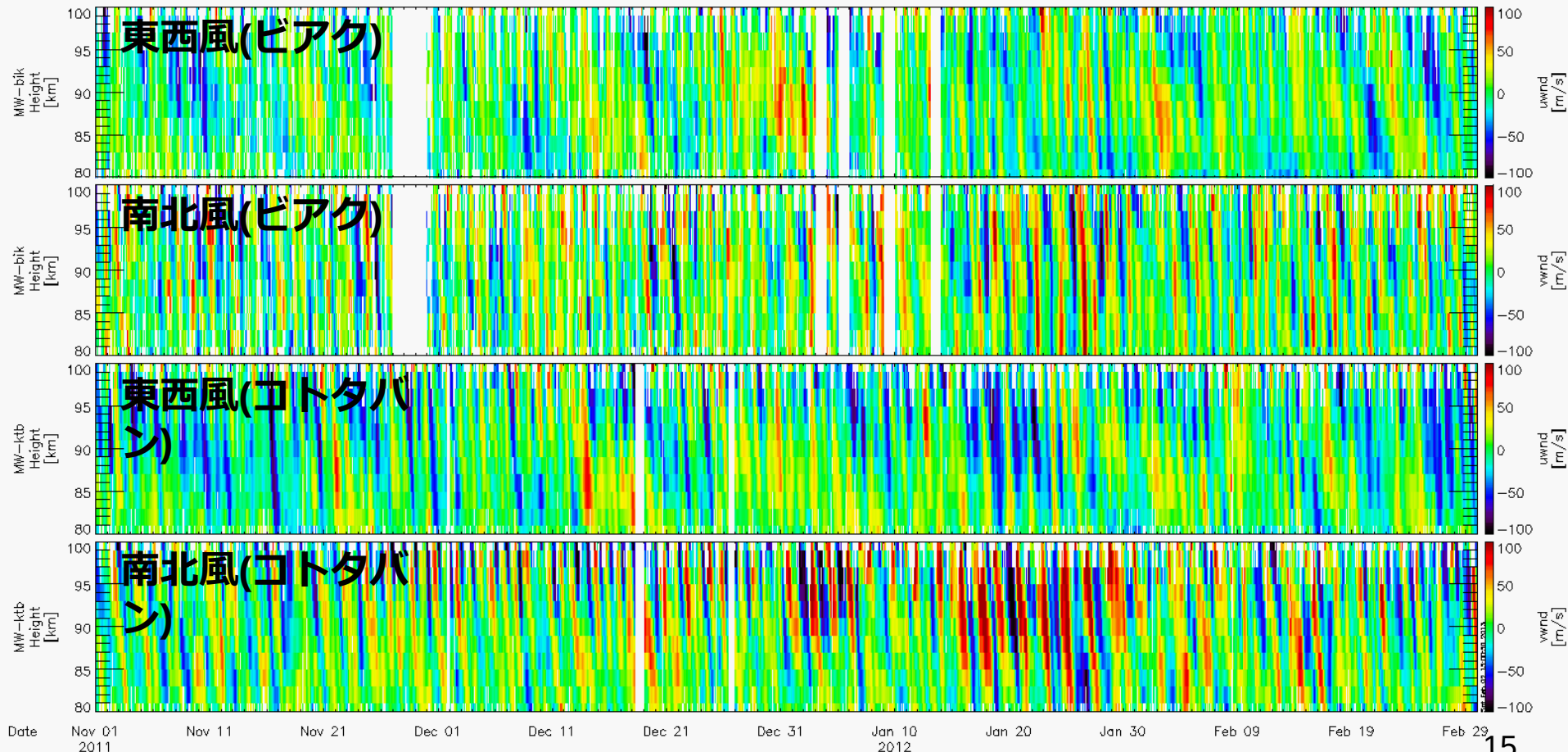
**zlim等でカラーバーの範囲をあらかじめ設定しておく**と、時刻を拡大した時に、その範囲が自動で設定されなくなる。

## <下部熱圏・中間圏の風速データ解析> [基礎課題]

### (3) コッタバン流星レーダーデータ解析-3

#### ● 簡単な解析の演習

ビアクとコッタバンの観測点において、下部熱圏(80-100 km)の南北成分に**2日波**が2012年1月の期間に出現している



### <下部熱圏・中間圏の風速データ解析> [基礎課題]

#### 1) 解析やプロットに必要なtplot変数群

iug\_meteor\_bik\_uwnd\_h2t60min00

iug\_meteor\_bik\_vwnd\_h2t60min00

iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00

iug\_meteor\_ktb\_vwnd\_h2t60min00

※上から順に、ビアクとコタバンで観測された東西、南北風  
が格納されたtplot変数群である

## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [基礎課題]

## 1] (5) 解析後のプロット等の保存

## ●作成したプロットをpsやpngファイル等へ保存

[psファイルへの保存]

> `popen`, '保存するファイル名'ex. `popen`, 'test'> `tplot`> `pclose`

[pngファイルへの保存]

> `makepng`, '保存するファイル名'ex. `makepng`, 'test'

## ●数値データの保存

[tplot形式で保存]

> `tplot_save`, 'tplot変数名',  
filename='\*\*'ex. `tplot_save`, '\*\*', filename= '\*\*'

[テキストファイルへの保存]

➤ `tplot_ascii`, 'tplot変数名'➤ ex. `tplot_ascii`, '\*\*\*'

## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [応用課題]

## (1) 風速のスペクトル解析

## ●クロススペクトル、コヒーレンス解析

ビアクとコタババンにおける中間圏・下部熱圏風の卓越周波数成分を調べるとともに、両者のスペクトルの相関を見るためにコヒーレンス解析を行う

## ●S(Stockwell)変換

上記の解析で見られた卓越周波数成分の振幅変動の様子を捉えるとともに、**時間とともに周波数が変化していないか**を調べる

S変換は、ウェーブレット変換を一般化したものであり、**時間的に非定常な現象のスペクトルを見る**のに向いている

## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [応用課題]

## (2) クロススペクトル、コヒーレンス解析

## ●データ補間、スペクトル計算の前準備

> `split_vec`, 'tplot変数名'

例えば、東西風速の各高度毎に分けたtplot変数を作成したい場合、**tplot変数名のところに東西風速を表すtplot変数名**をいれる。

このまま実行すると、入力したtplot変数名の後に'\_'\*\*という番号が付け加わったtplot変数名が生成される。

>`split_vec`, 'iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00'

※このパラメタの場合、高度70-110kmまでの範囲に2km毎にデータが並んでいるので、tplot変数名の最後の数字からどの高度かの見当がつく。

**高度 = 70 + 番号\*2**

例えば、90 kmの場合は、'iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00\_10'のtplot変数名のデータとなる

## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [応用課題]

## (2) クロススペクトル、コヒーレンス解析

## ●データ補間

> `udata_interpolation`, 'tplot変数名1', , 'tplot変数名2'

ビアクとコトタバン上空の東西風速の各高度毎に分けたtplot変数に格納されたデータの補間を行う場合、**tplot変数名のところに各観測点の東西風速を表すtplot変数名**をいれる。

このまま実行すると、入力したtplot変数名の後に'\_interpol' が付け加わったtplot変数名が生成される。

>`udata_interpolation`, 'iug\_meteor\_bik\_uwnd\_h2t60min00',  
'iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00'

これを実行すれば、以下のtplot変数が生成される。

iug\_meteor\_bik\_uwnd\_h2t60min00\_interpol

iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00\_interpol

⇒南北風についても同じ作業を行う (**vwnd**を含むtplot変数)

### <下部熱圏・中間圏の風速データ解析> [応用課題]

#### (2) クロススペクトル、コヒーレンス解析

##### ●データ補間

Start Time : 2011-11-01/00:00:00

End Time : 2012-03-27/23:00:00

3600.0000 [sec] : Time Interval

3648 : number of iug\_meteor\_bik\_uwnd\_h2t60min00\_10 data

3552 : number of iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00\_10 data

3552 : number of iug\_meteor\_bik\_uwnd\_h2t60min00\_10\_interpol data (interpolated iug\_meteor\_bik\_uwnd\_h2t60min00\_10 data)

3552 : number of iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00\_10\_interpol data (interpolated iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00\_10 data)

340 : interpolation number of iug\_meteor\_bik\_uwnd\_h2t60min00\_10\_interpol data

74 : interpolation number of iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00\_10\_interpol data

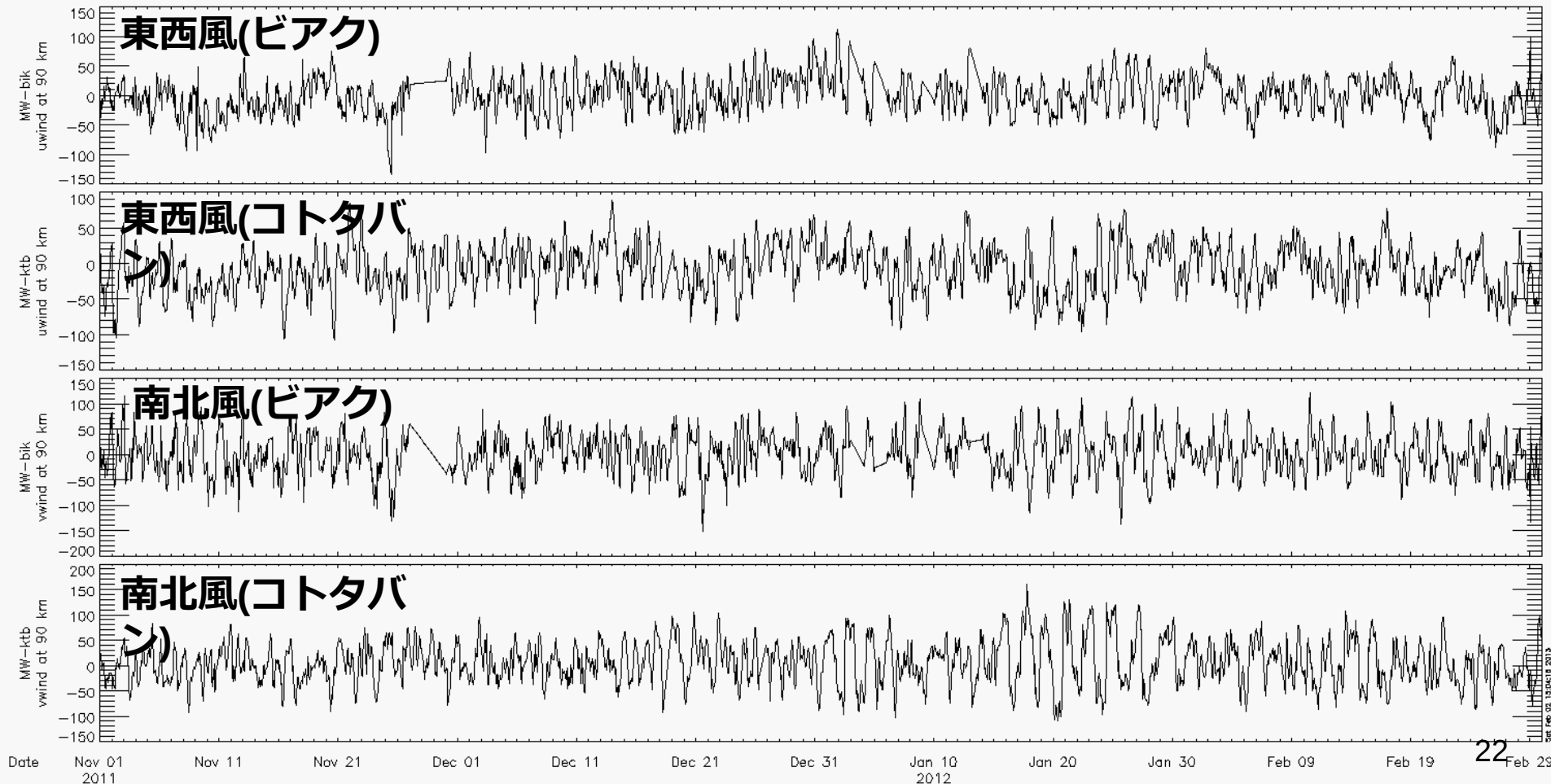
上記のように、データ補間のコマンドを実行すると、コンソール上にデータ補間点数の情報が出力される

→この情報を基にユーザーは、**データの利用可否を判断**できる

## <下部熱圏・中間圏の風速データ解析> [応用課題]

### (2) クロススペクトル、コヒーレンス解析

#### ● データ補間したものをプロット



## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [応用課題]

## (2) クロススペクトル、コヒーレンス解析

## ●コヒーレンス解析

```
> uspec_coh, 'tplot変数名1', 'tplot変数名2', wd=1
```

データ補間で生成されたtplot変数に格納されたデータについてクロススペクトル、コヒーレンス解析を行う場合、**tplot変数名のところに各観測点の東西風速を表すtplot変数名**をいれる。

このまま実行すると、ビアクとコトタバンの東西風速のパワースペクトル、コヒーレンス、及び位相のプロット図が現れる。

```
>uspec_coh, 'iug_meteor_bik_uwnd_h2t60min00_10_interpol',  
  'iug_meteor_ktb_uwnd_h2t60min00_10_interpol',wd=1
```

⇒南北風についても同じ作業を行う (**vwndを含むtplot変数**)

※この解析を行う前に、**必ずデータ補間の作業**を行っておく。

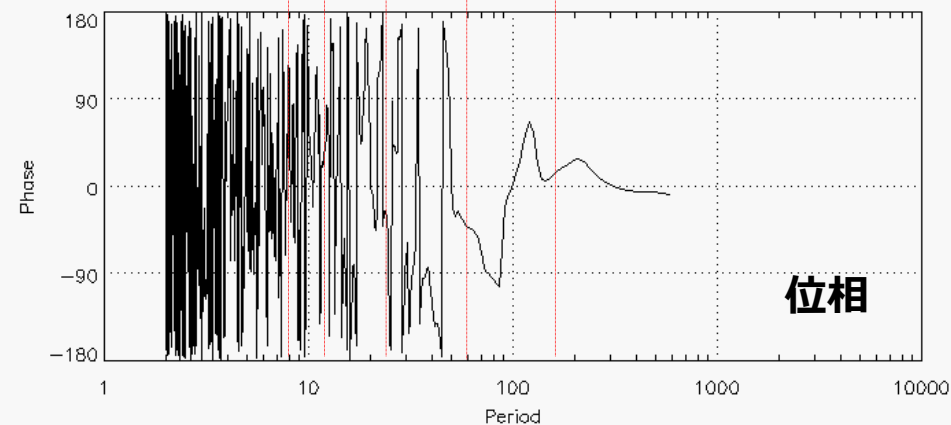
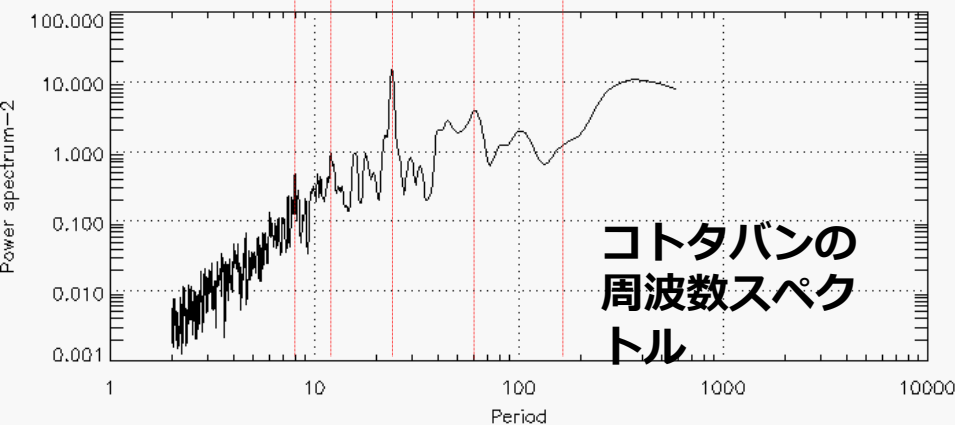
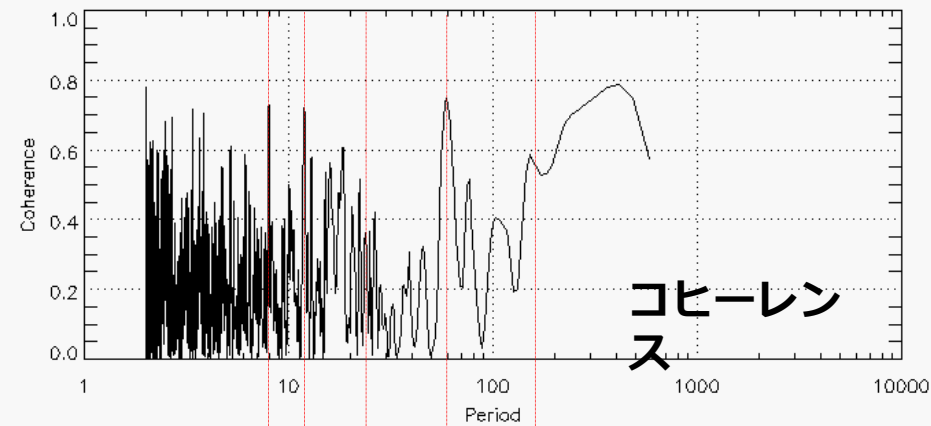
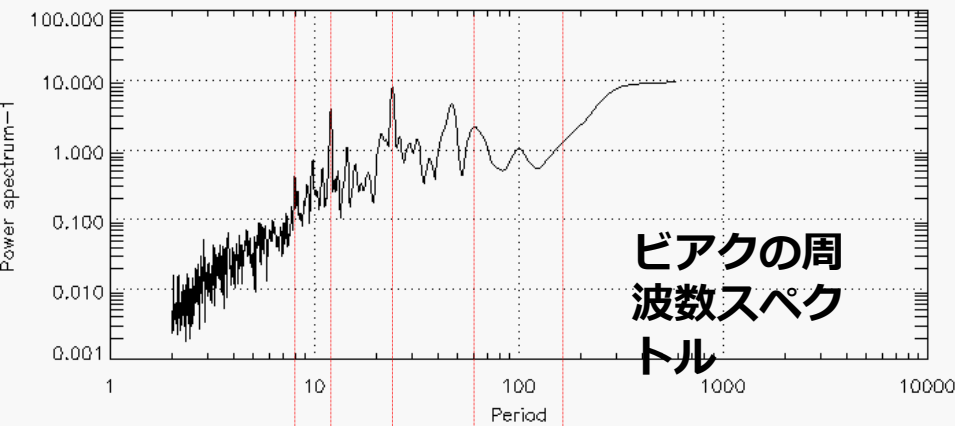
wdはプロットwindowの番号であり、南北風では、wd=2とすると、別のwindow 2にプロットが描かれる

## <下部熱圏・中間圏の風速データ解析> [応用課題]

### (2) クロススペクトル、コヒーレンス解析

#### ●コヒーレンス解析

東西風90 km

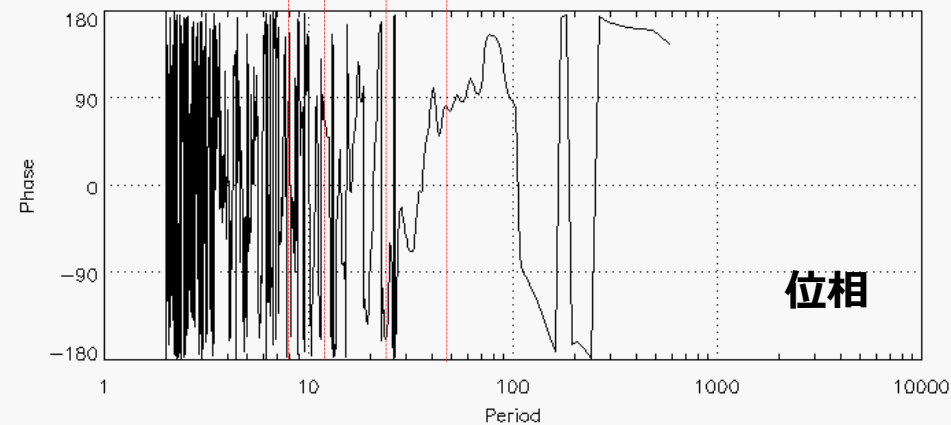
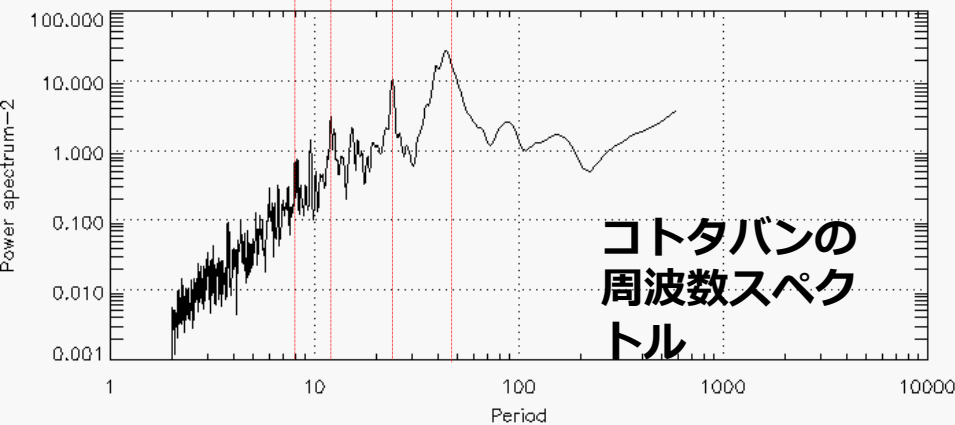
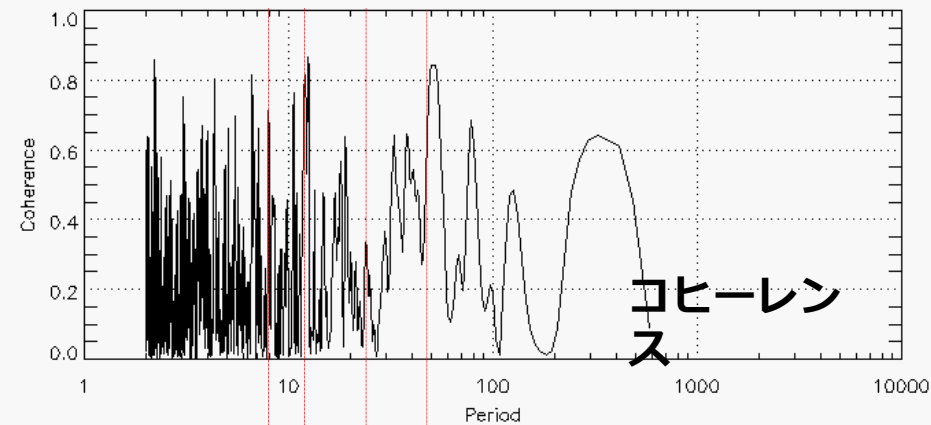
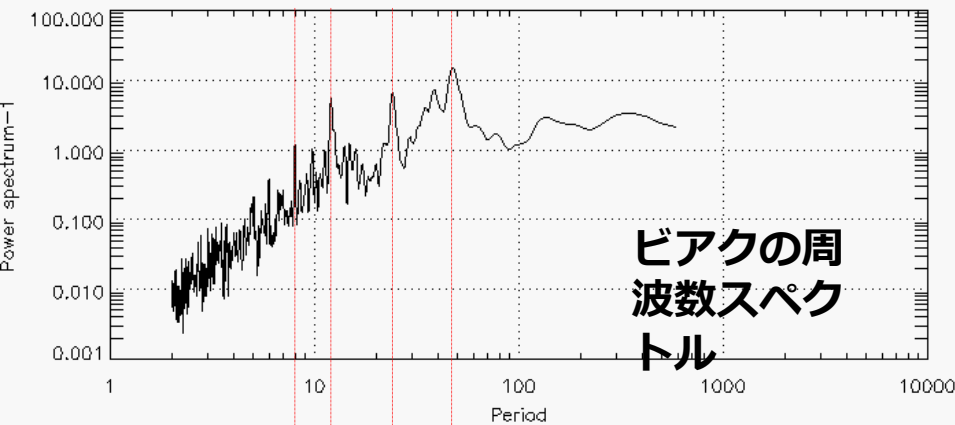


## <下部熱圏・中間圏の風速データ解析> [応用課題]

### (2) クロススペクトル、コヒーレンス解析

#### ●コヒーレンス解析

南北風90 km



## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [応用課題]

## (3) S(Stockwell)変換解析

## ● S変換解析の利点

非定常な変動現象を捉えるために地震分野(P-wave, S-wave解析)で開発された解析手法

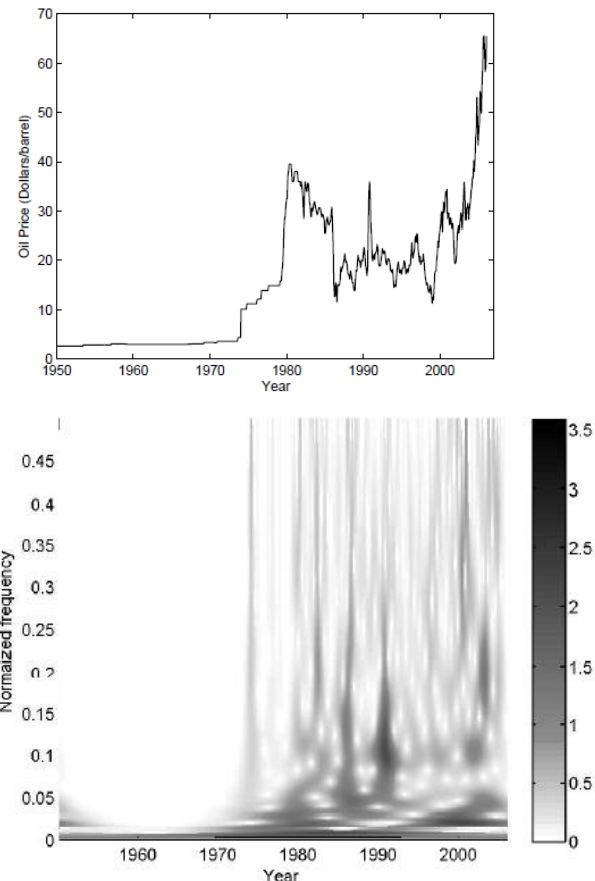
[Stockwell, 1996]

時間的に周波数と振幅が急激に変化する現象を捉えることが可能

⇒地磁気分野：Pi 2脈動、磁気インパルス現象

⇒ウェーブレット解析の欠点(ノイズに弱い、振幅の周波数依存)を克服した拡張版

原油1バレルあたりの単価変動



## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [応用課題]

## (3) S(Stockwell)変換解析

## ●実演習

> `ustrans_pwrspc`, 'tplot変数名', /abs, /sampling

データ補間で生成されたtplot変数に格納されたデータについてS変換解析を行う場合、**tplot変数名に各観測点の東西風速を表すtplot変数名**をいれる。

引数/absと/samplingは必須である。ここで、/absを/powerにすればS変換のパワースペクトルが得られる。

>`ustrans_pwrspc`,

'iug\_meteor\_bik\_uwnd\_h2t60min00\_10\_interpol',/abs,/sampling

このまま実行すると、入力したtplot変数名の後に'\_stpwrspc'が付け加わったtplot変数名が生成される。

通常のプロットコマンド(tplot, 'tplot変数')を入れればS変換した時系列プロットが得られる

⇒y, z軸の調整やy軸のキャプション名を変更する

## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [応用課題]

## (3) S(Stockwell)変換解析

## ●実演習

> ylim, 'tplot変数名', 0, 500

y軸の調整を行う。

そのままでは、高周波のスペクトルがつぶれて見えない  
S変換で生成されるtplot変数群

'iug\_meteor\_bik\_uwnd\_h2t60min00\_10\_interpol\_stpwrspc'

'iug\_meteor\_bik\_vwnd\_h2t60min00\_10\_interpol\_stpwrspc'

'iug\_meteor\_ktb\_uwnd\_h2t60min00\_10\_interpol\_stpwrspc'

'iug\_meteor\_ktb\_vwnd\_h2t60min00\_10\_interpol\_stpwrspc'

> options, 'tplot変数名', ytitle = 'MW-bik!Cuwind at 90 km!Cperiod [hour]'

y軸のキャプションを変更する。

> zlim, 'tplot変数名', 0, 50 ←カラーバーのスケール調整

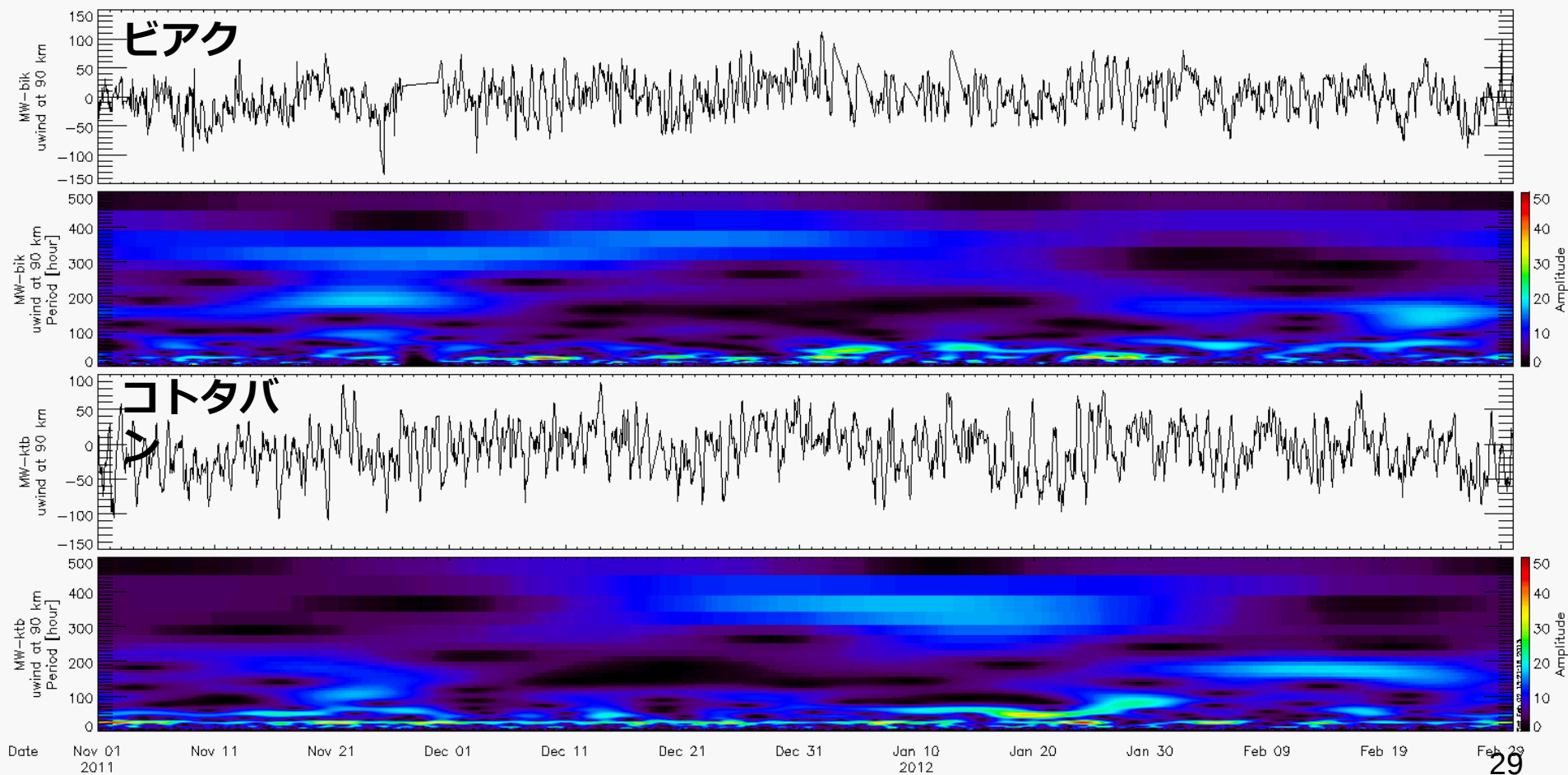
## <下部熱圏・中間圏の風速データ解析> [応用課題]

### (3) S(Stockwell)変換解析

#### ●実演習

周期：2-500 時間

東西風90 km



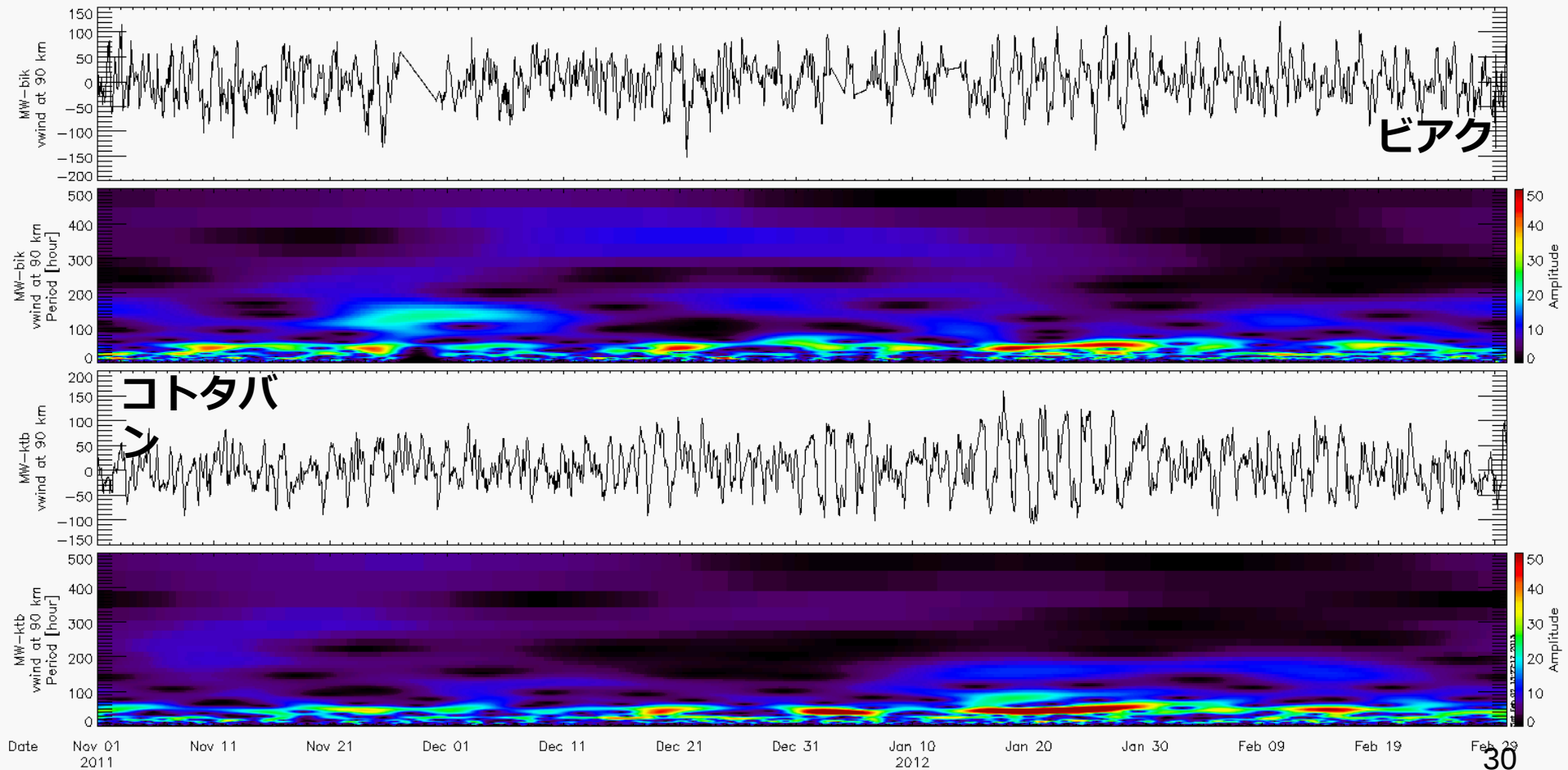
## <下部熱圏・中間圏の風速データ解析> [応用課題]

### (3) S(Stockwell)変換解析

#### ●実演習

周期：2-500 時間

南北風90 km



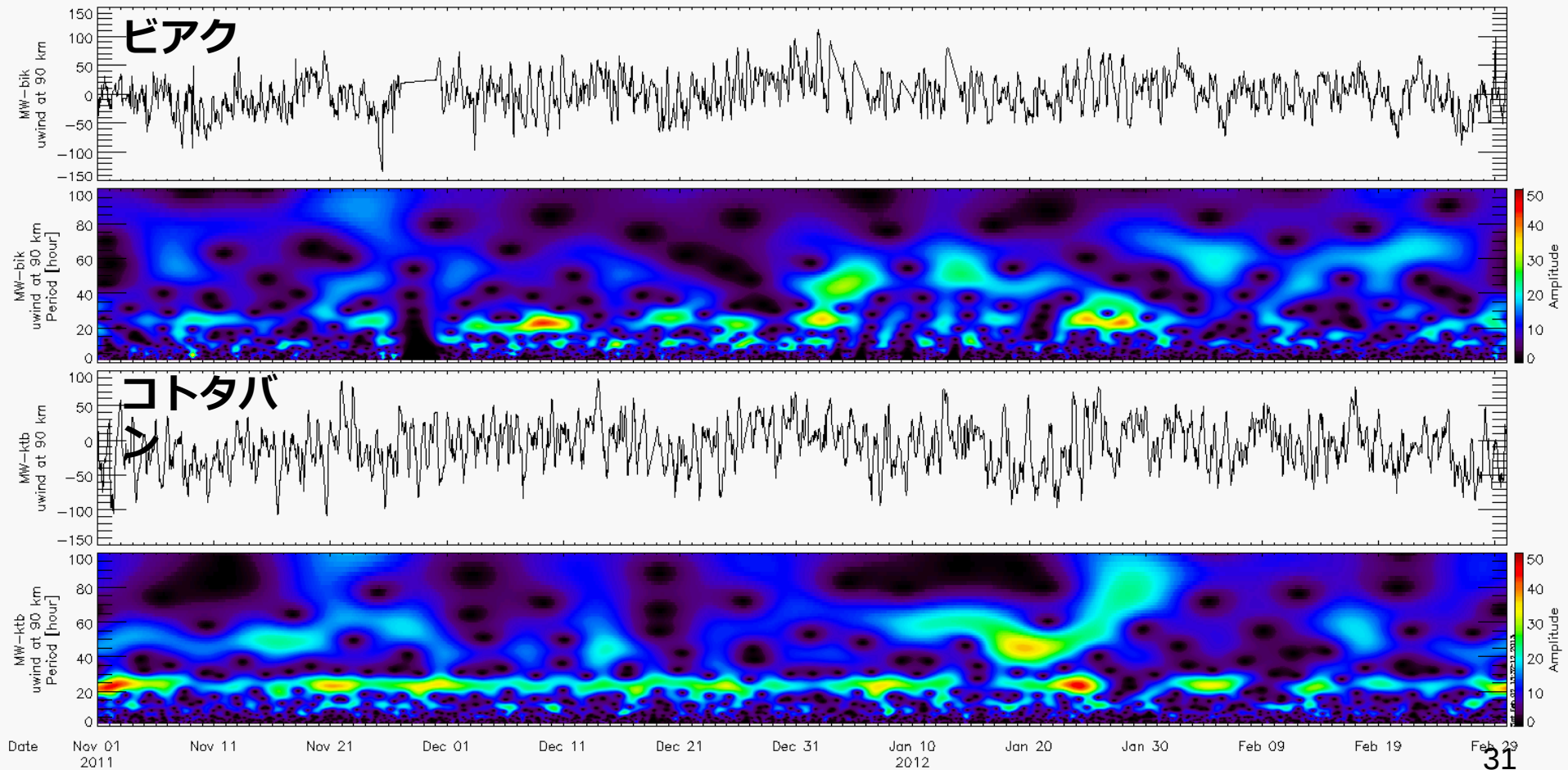
## <下部熱圏・中間圏の風速データ解析> [応用課題]

### (3) S(Stockwell)変換解析

#### ●実演習

周期：2-100 時間

東西風90 km



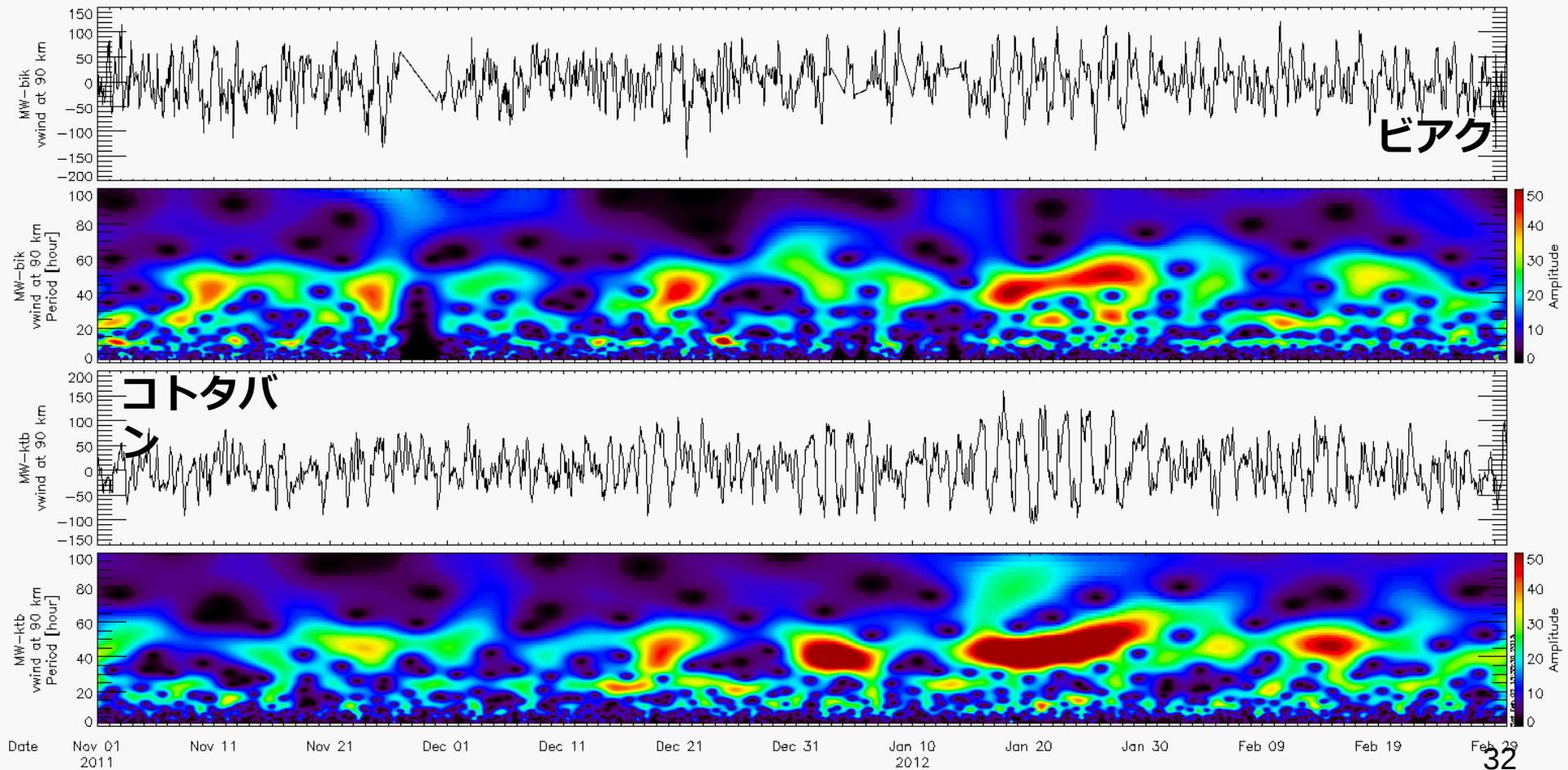
## <下部熱圏・中間圏の風速データ解析> [応用課題]

### (3) S(Stockwell)変換解析

#### ●実演習

周期：2-100 時間

南北風90 km



## &lt;下部熱圏・中間圏の風速データ解析&gt; [応用課題]

## (3) S(Stockwell)変換解析

## ●進んだ使用法

Oustrans\_pwrspcに許されている引数

|                  |                                                                             |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 選 help           | explains all the keywords and parameters                                    |
| 選 verbose        | flags errors and size                                                       |
| 必 samplingrate   | if set returns array of frequency                                           |
| 選 maxfreq        | maximum frequency performing the S transform                                |
| 選 minfreq        | minimum frequency performing the S transform                                |
| 選 freqsmplngrate | frequency interval                                                          |
| 選必 power         | returns the power spectrum                                                  |
| 選必 abs           | returns the absolute value spectrum                                         |
| 選 Rremoveedge    | removes the edge with a 5% taper, and takes out least- squares fit parabola |

### <下部熱圏・中間圏の風速データ解析> [応用課題]

#### (3) S(Stockwell)変換解析

##### ●進んだ使用法

```
Oustrans_pwrspc,'wdc_mag_kak_1min_xyz_x_avg', /abs ,/sampling,  
/verbose
```

[以下のようなメッセージがコンソール画面に出力]

Performing S transform:

Not complex data, finding analytic signal.

Minimum Frequency is 0.

Maximum Frequency is 372.

Frequency sampling rate is 1.

The number of frequency elements is 373.

Calculating Local Amplitude Spectra.

○S変換はPCのメモリをかなり必要とするので、長期間のデータを解析するときには注意を要する

- 今回の解析講習会では、赤道中間圏・下部熱圏領域の風速変動の統合解析演習を行った。T D A Sには実装されていない高度なスペクトル解析(コヒーレンス、S変換)を行ったが、これらのプログラムが将来的にUDASに実装される予定である。
- この解析講習会を通じて、各種の分野の異なるデータの統合解析の手法とUDASの使用法を学んだわけであるが、これ以外にもIUGONETプロジェクトでは、多くの超高層観測データ(MLT領域の風速場など)の検索、解析ソフトを公開しているので、皆さんは、ドシドシ使い倒してほしい。
- 今後も解析ツールの修正や公開データの種類の増加に伴うアップデートがなされるので、IUGONETのホームページを時折、見て確認してほしい。