

# 超高層大気観測・全球気象データ を用いた大気現象の解析 ～成層圏・中間圏中の大気波動・ 成層圏突然昇温の振る舞い

村山泰啓

(情報通信研究機構 統合データシステム研究開発室、  
WDS-Scientific Committee、京都大学生存圏研究所)

Collaborators: 川村誠治、木下武也、坂野井和代、

# 科学とデータ

- 自然科学の研究
  - 原著論文における「知」:  
自然現象→仮説→(実験→)観測→データ→分析→仮説検証→結論(=研究成果:「科学知」)
- 自然科学の研究成果の再検証
  - 研究成果→第三者による再試験→立証・棄却
- 地球宇宙環境系の科学では
  - 惑星系などの環境変動を再試験できない
  - 「データ」のみが科学の根拠。
  - データと原著論文がセットで、「科学」ではないか。
  - 社会と科学者集団はデータと原著論文を共有するべき。  
(→アカウントビリティ、研究効率、科学の信頼性)

- NICTの所有する長期間観測データを含む科学データベースの解析アプリケーション開発および解析的科学研究

例えば:



超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究  
(<http://www.iugonet.org/>)

NICT (または他大学) の所有する観測データを収集  
データ形式を揃える (.nc など)

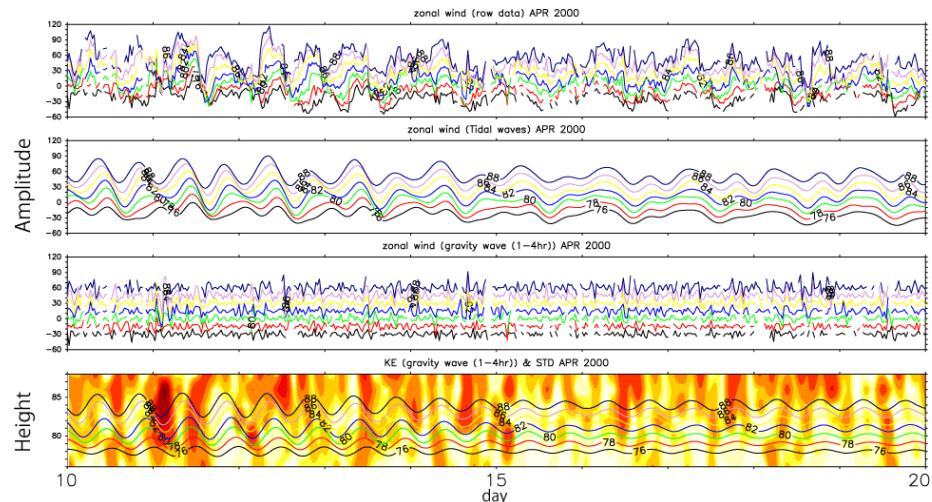
解析、描画を行う

UDAS

IDL

DCL

GrADS+EXTRAWING



# SALMONデータベース

## 北極域環境計測データネットワークシステム SALMON

System for ALaska (Arctic) Middle atmosphere Observation data Network

## →環境計測データネットワーク科学アプリケーションシステム

(Scientific AppLication system for Atmospheric MOnitoring data Network)

### 【データ取得機能】

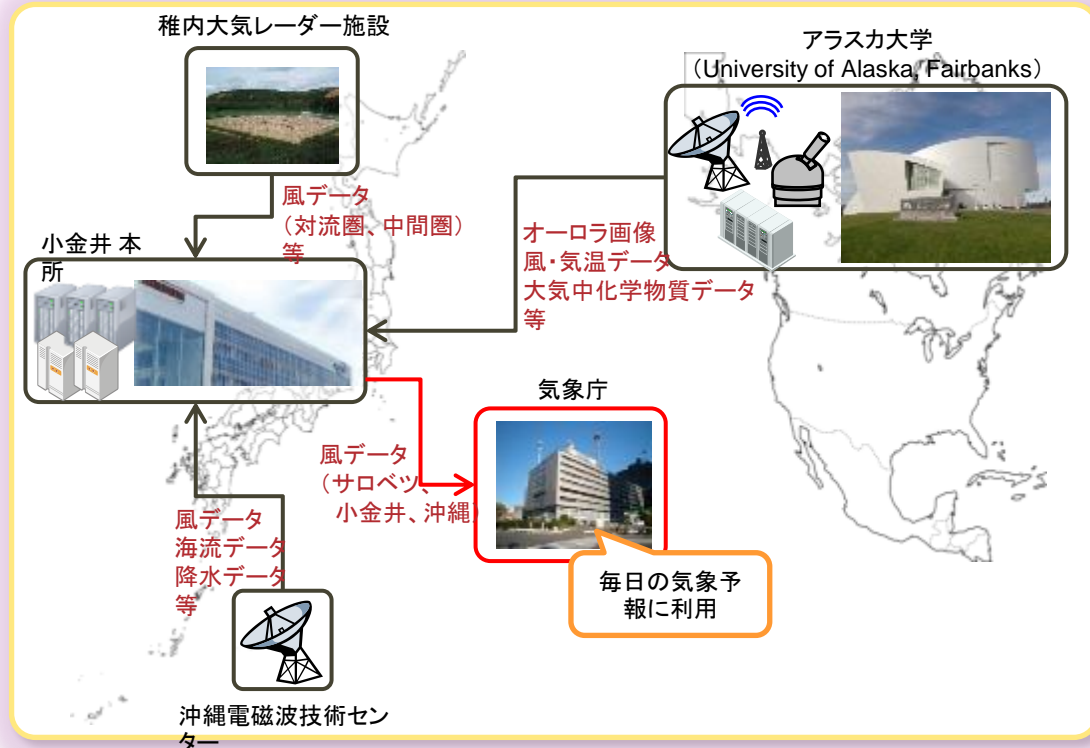
- 国内外サイトからの自動データ取得(アラスカ、沖縄、稚内、小金井)

### 【データ表示・公開機能】

- Webの簡易解析表示機能

### 【利活用】

- 風測定データ気象庁配信、  
毎日の気象予報に利用
- オーロラライブ(2007年文部科学大臣表彰受賞)



Ongoing: MURレーダー・赤道大気レーダー全データファイルのミラーリング実験(津田、塩谷、橋口、村山、木下、富士通<sup>2</sup>FIP)

# 潜在的対象データの概要

(これまでは原則、共同研究ベースで公開;PIIによって異なる  
⇒できるだけフリーオープンにしていきたい。)

| 観測地点 | 観測装置名                                 | 観測期間              |     |
|------|---------------------------------------|-------------------|-----|
| アラスカ | イメージング・リオメータ                          | 1995 ~ 1999       | 超   |
|      | ミリ波ラジオメータ                             | 1999, 2003 ~ 2006 | 成   |
|      | レイリーデータ                               | 1997 ~ 2005       | 成   |
|      | 多波長ライダー                               | 2003 ~ 2006       | 対   |
|      | ファブリ・ペロー干渉計                           | 2000 ~ 2009       | 超   |
|      | 分反射レーダ<br>(FCAWind / METWind / DAE※1) | 1998 ~ 現在         | 中   |
|      | FTIR                                  | 2007 ~ 2011       | 対 成 |
|      | 大気光イメージャー                             | 2000 ~ 2007       | 超   |
| 稚内   | オーロラウェブカメラ                            | 2004 ~ 現在         | 超   |
|      | HFLレーダ                                | 2004 ~ 2007       | 超   |
|      | 分反射レーダ<br>(FCAWind / DAE※1)           | 1996 ~ 現在         | 中   |
| 山川   | VHF                                   | 2001 ~ 現在         | 対   |
|      | 分反射レーダ<br>(FCAWind / DAE※1)           | 1998 ~ 2008       | 中   |

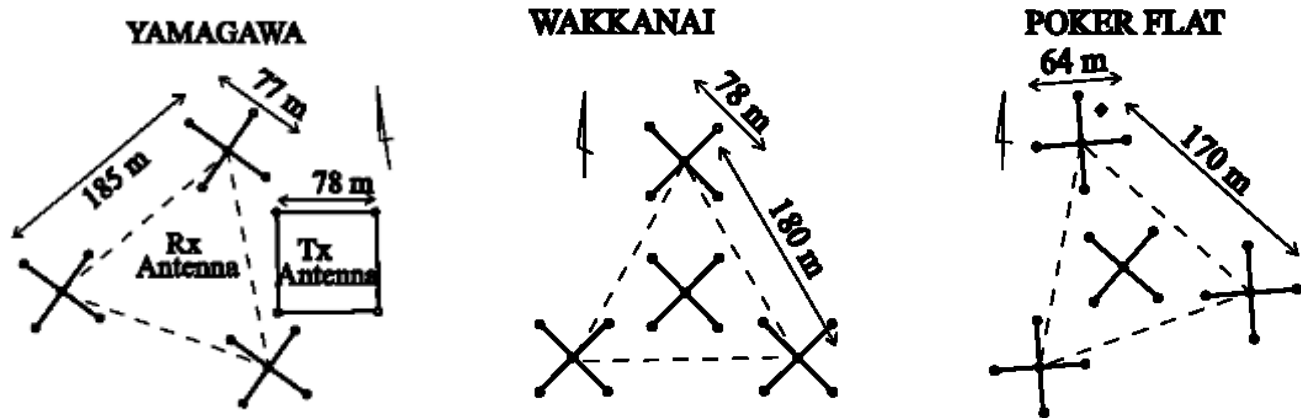
| 観測地点          | 観測装置名                       | 観測期間        |     |
|---------------|-----------------------------|-------------|-----|
| 沖縄<br>(亜熱帯)   | 400MHzWPR                   | 2003 ~ 現在   | 対   |
|               | 遠距離海洋レーダ (LROR)             | 2002 ~ 2010 | 海 対 |
|               | 地上気象測器 (MOS)                | 2003 ~ 現在   | 対   |
|               | 沖縄偏波降雨レーダ<br>(COBRA)        | 2003 ~ 2004 | 対   |
|               | ドップラソータ (DS)                | 2001        | 対   |
| 小金井<br>(都市環境) | シーロメータ                      | 2003 ~ 現在   | 対   |
|               | 水蒸気ラジオメータ                   | 2004 ~ 2008 | 対   |
|               | 1.3GHz ウィンドプロファイラ           | 1993 ~ 2006 | 対   |
|               | 1.3GHz ウィンドプロファイラ<br>(LQ-4) | 2011 ~ 現在   | 対   |
|               | UV放射計                       | 2003 ~ 2008 | 対   |
|               | 地上気象測器                      | 2007 ~ 2011 | 対   |
|               | 全天カメラ                       | 2010 ~ 現在   | 対   |
|               | 放射収支計                       | 2010 ~ 現在   | 対   |
|               | 気象観測装置 (鉄塔上段)               | 2010 ~ 現在   | 対   |
|               | 気象観測装置 (鉄塔中段)               | 2010 ~ 現在   | 対   |
|               | 気象観測装置 (鉄塔下段)               | 2010 ~ 現在   | 対   |
|               | 超音波風速計                      | 2010 ~ 現在   | 対   |

上記 赤枠分を登録:30万件(→133万件)

# NICT MF radar system specifications

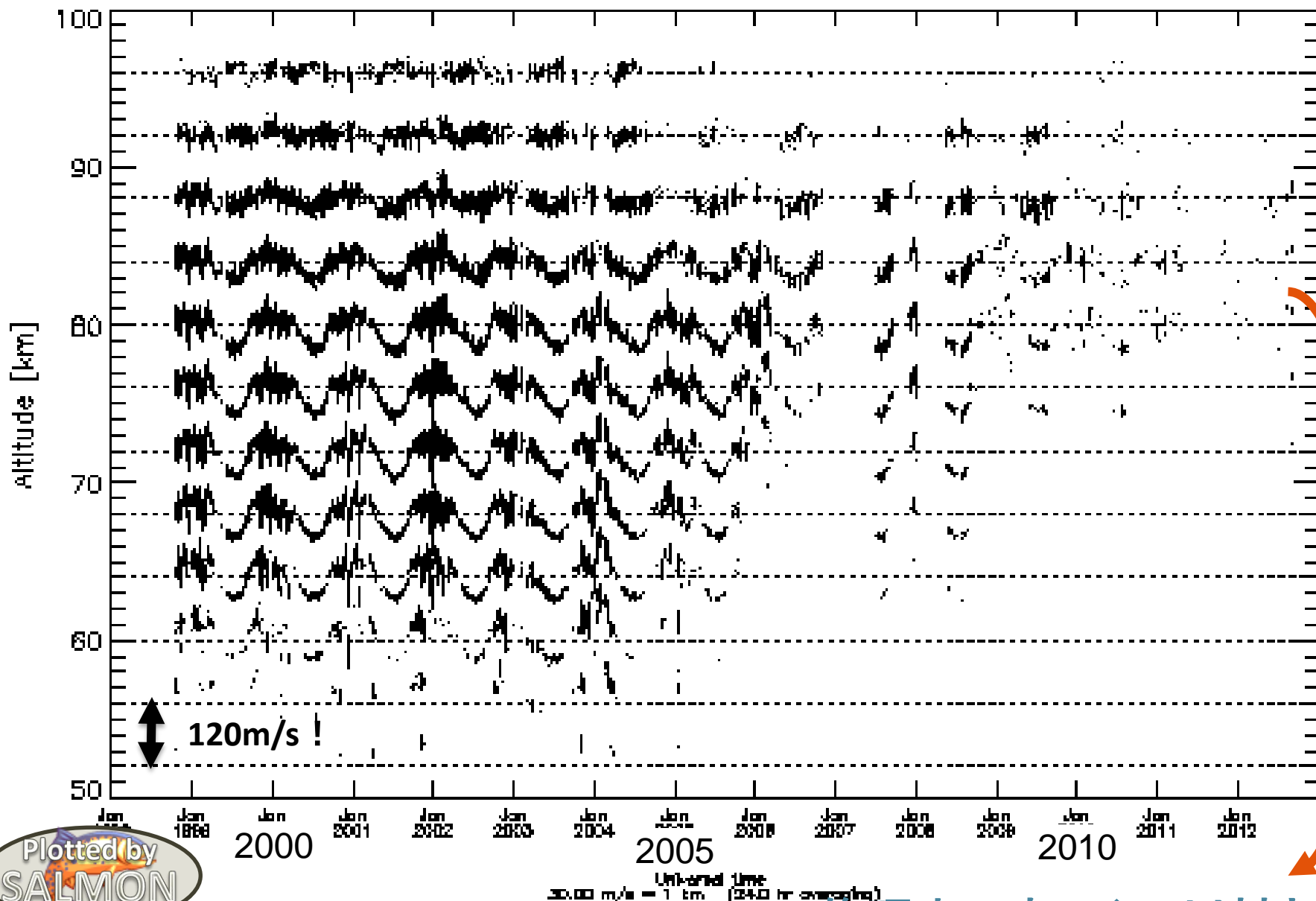
| Site                                 | Yamagawa, Japan                                | Wakkanai, Japan                      | Poker Flat, Alaska                        |
|--------------------------------------|--|--------------------------------------|---|
| (Lat., Long.)                        | (31.20°N, 130.62°E)                            | (45.36°N, 141.81°E)                  | (65.1°N, 147.5°W)                         |
| Frequency                            | 1.9550 MHz                                     | 1.9585 MHz                           | 2.43 MHz                                  |
| Bandwidth                            | 60 kHz<br>(24 kHz since Sept. '96)             | 24 kHz                               | 60 kHz                                    |
| Peak Power                           | 50 kW  | 50 kW                                | 50 kW<br>(10 kW in Nov. '97–Apr. '97)     |
| Pulse duration<br>(half power width) | 27 $\mu$ sec<br>(48 $\mu$ sec since Sept. '96) | 48 $\mu$ sec                         | 27 $\mu$ sec                              |
| Time resolution                      | 2–4 min.                                       | 4 min.                               | 3 min.                                    |
| Sampling interval                    | 2 km   | 2 km                                 | 2 km                                      |
| Antenna                              | Tx: 4 dipoles<br>Rx: 3 crossed-dipoles         | 4 crossed-dipoles<br>(for Tx and Rx) | 4 crossed-dipoles<br>(for Tx and Rx)      |
| Antenna height                       | Tx: 30 m, Rx: 15 m                             | 15 m                                 | 10 m                                      |
| Observation                          | FCA since Sept. '94,<br>DAE since Sept. '98    | FCA & DAE<br>since Sept. '96         | FCA since Oct. '98,<br>DAE since Nov. '97 |

FCA: wind velocity measurement mode by Full Correlation Analysis,  
DAE: electron density measurement mode by Differential Absorption Experiment.



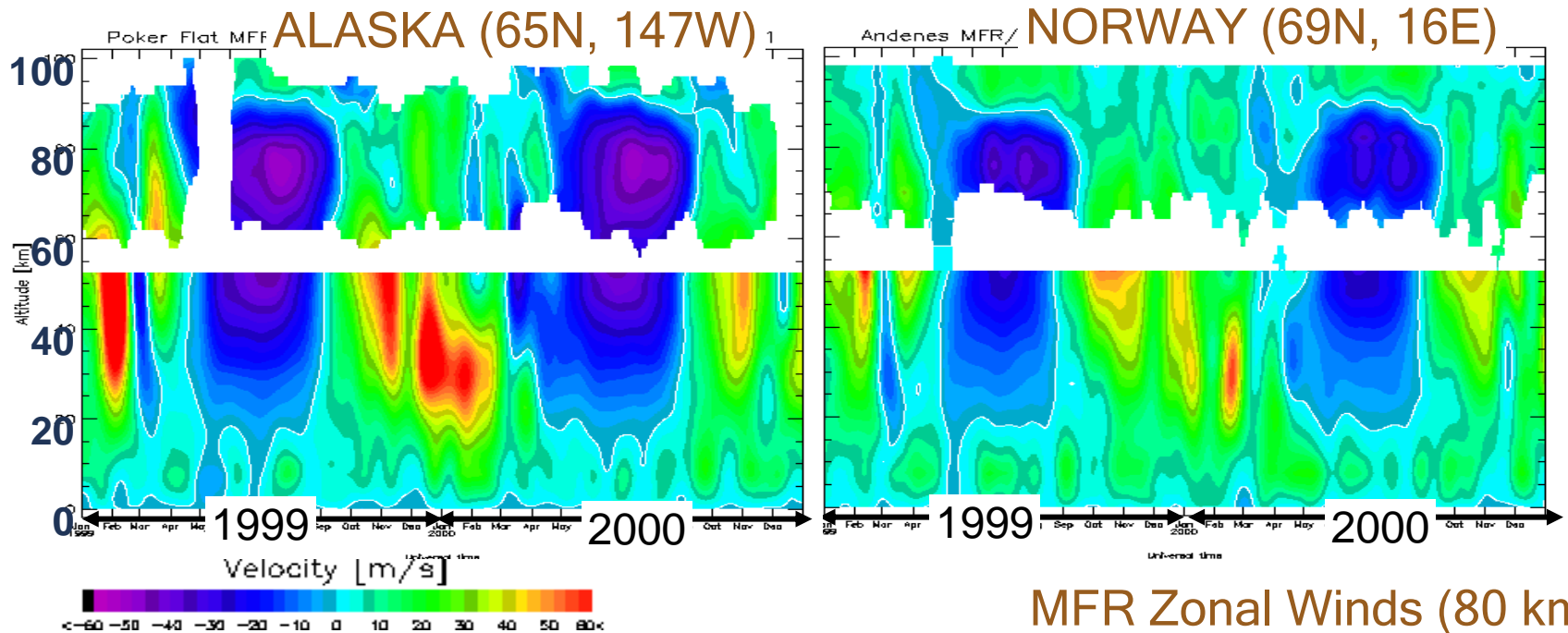
# ポーカーフラットMFLレーダー：東西風(1日平均、1998-)

Poker Flat MFR eastward wind 19980101-20121231



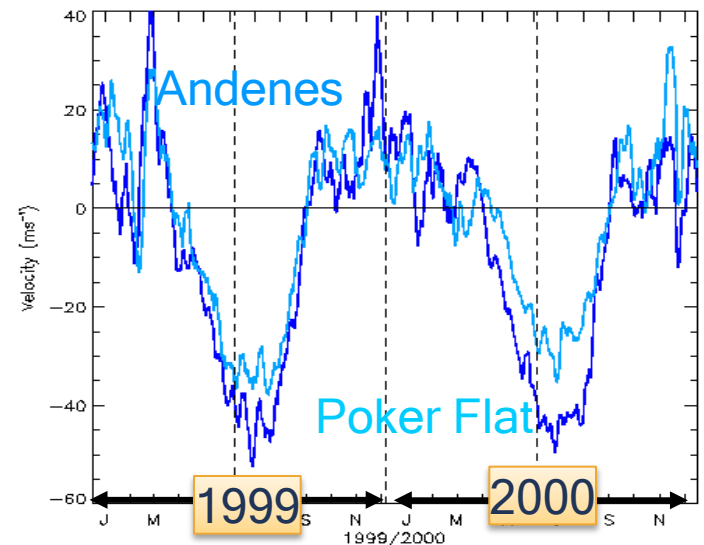
修理中です！(w/川村さん)

# Zonal Asymmetry of Summer MA Jet (1)



- MFR+UKMO data cover the height range of 0-100 km.
- Clear seasonal variation (summer=westward/blue, winter=eastward/green-red)
- Comparison: wind speed is stronger at Poker Flat than at Andenes.
- Persistent difference (10-20 m/s) especially in summer

## MFR Zonal Winds (80 km)

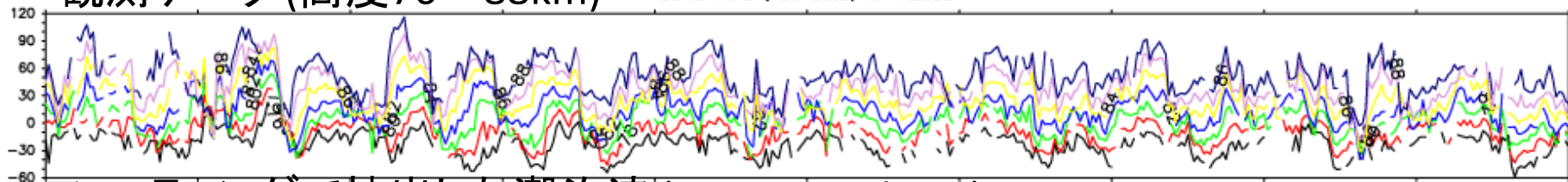




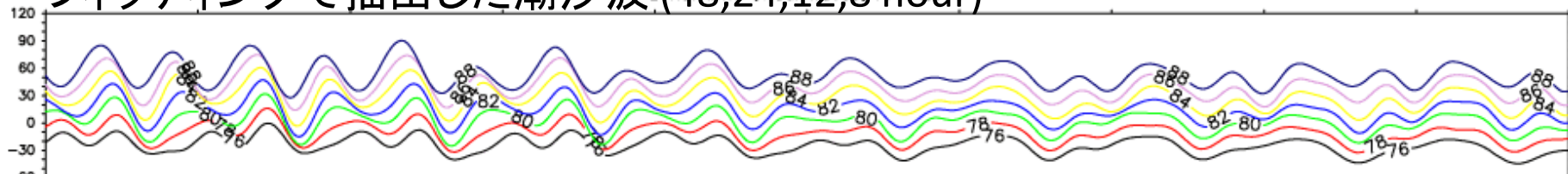
# 潮汐波と短周期重力波運動エネルギー (例：2000年4月11～20日, 東西風速)

観測データ (高度76～88km)

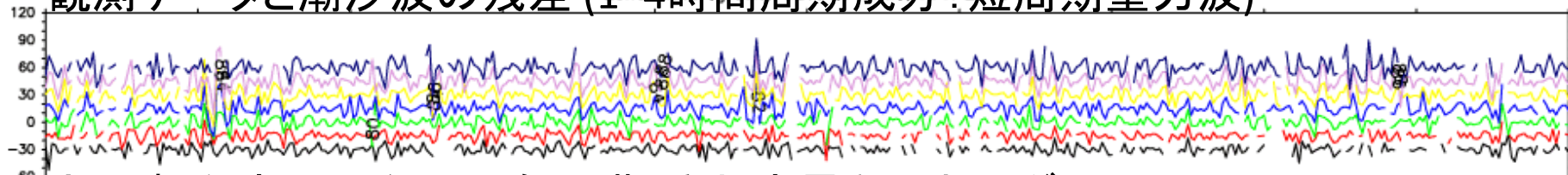
zonal wind (raw data) APR 2000



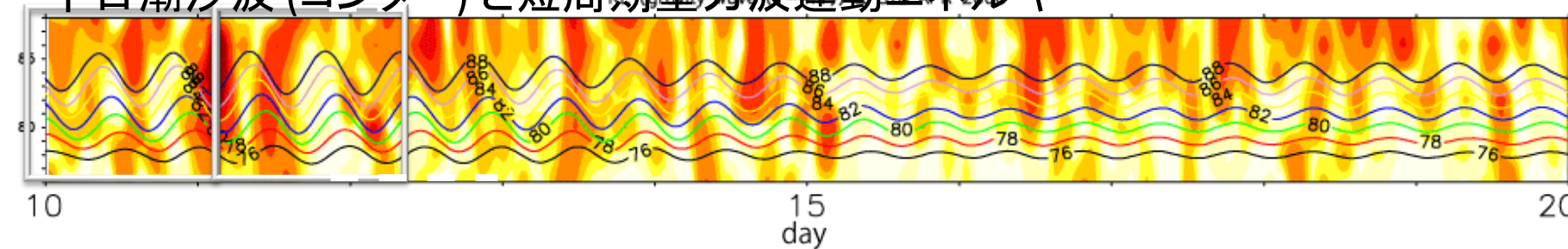
フィッティングで抽出した潮汐波 (48, 24, 12, 8 hour)



観測データと潮汐波の残差 (1～4時間周期成分: 短周期重力波)

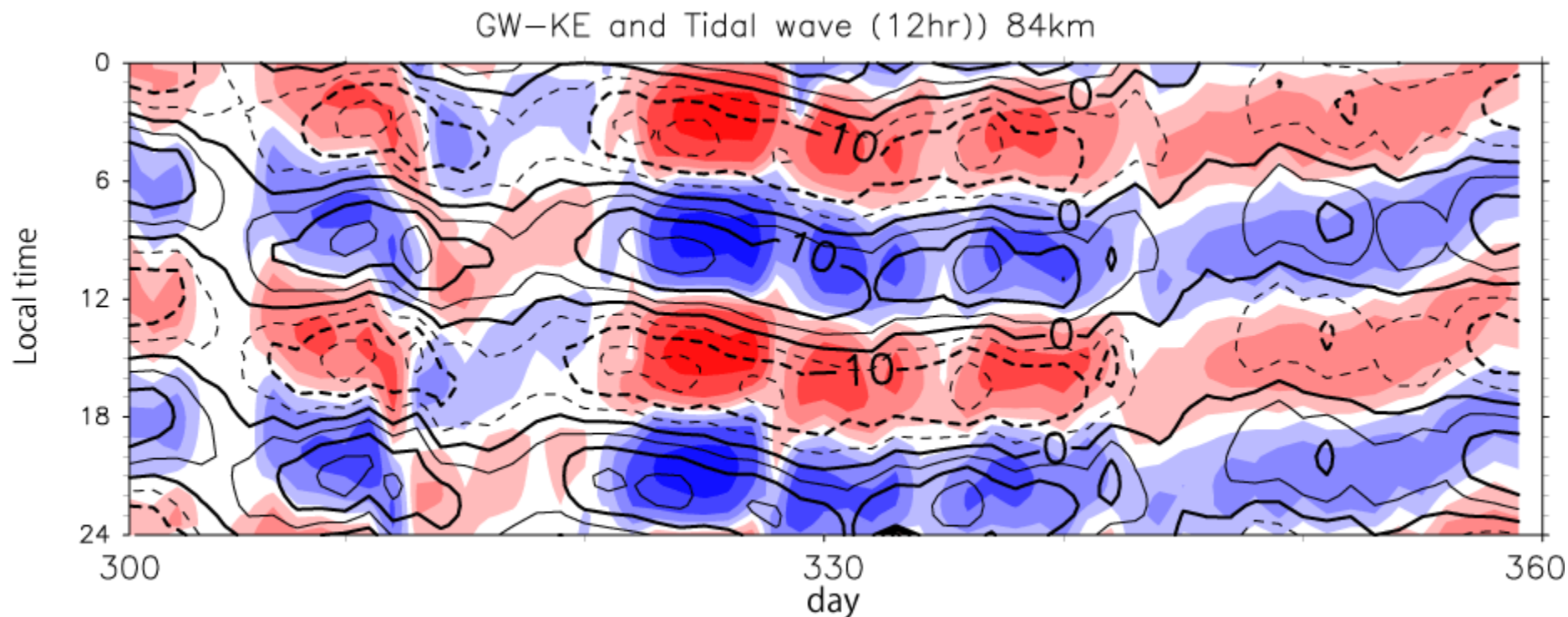


半日潮汐波 (コンター) と短周期重力波運動エネルギー



# 位相 (重力波運動エネルギーと半日潮汐波)

- 重力波運動エネルギーを非線形最小二乗フィッティングにより、48, 24, 12, 8時間周期に分解

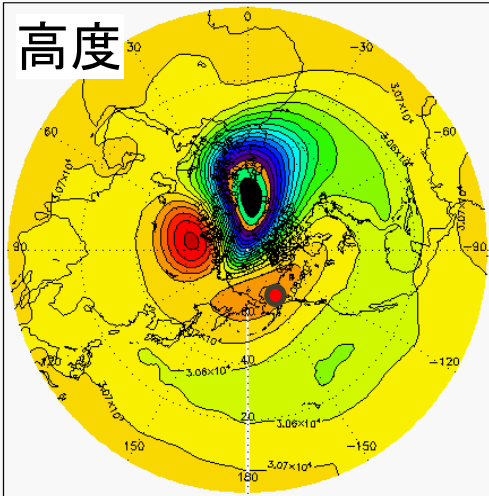


カラー: 潮汐波  
実線: 重力波  
運動エネルギー

# UDAS上での極座標プロット例

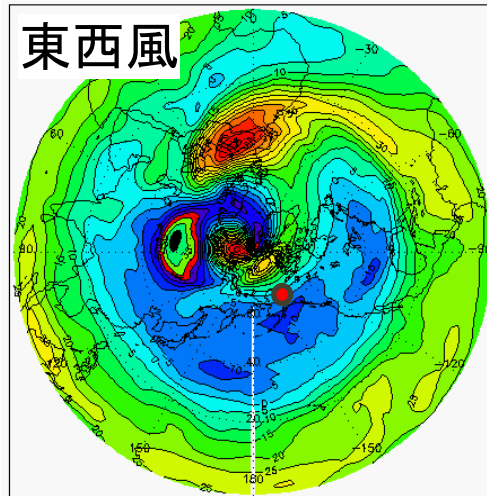
NASA/GSFC MERRA : Geopotential height [m]  
@ 10.00[hPa] : 2006-01-21 00:00

高度



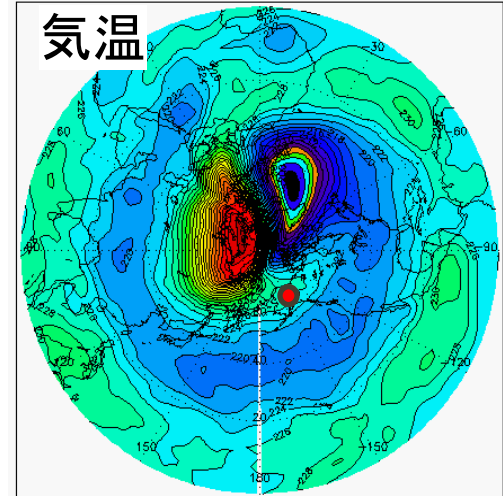
NASA/GSFC MERRA : Eastward wind component [m/s]  
@ 10.00[hPa] : 2006-01-21 12:00

東西風



NASA/GSFC MERRA : Air Temperature [K]  
@ 10.00[hPa] : 2006-01-21 12:00

気温



## 今後、何をしたいのか、何をすべきか。

- 科学データ(つまり各専門領域のデータ)を扱うシステムをつくる
  - 活動成果を継続的に出るような開発(アジャイル型開発+研究成果)
  - 科学者にとってのモチベーションと、科学者でないといけない要件分析をセットに。
- 今後の課題
  - 気象4次元データなど、TDAS(衛星データの性質)で想定しなかった形式
  - GFDnaviなど別の切り口のツール群との関係性検討
  - Proxy設定・OS等環境依存をなくす、入れやすさ・設定しやすさ? メタデータ中のURI利用性向上等進めたい(進めてほしい。)

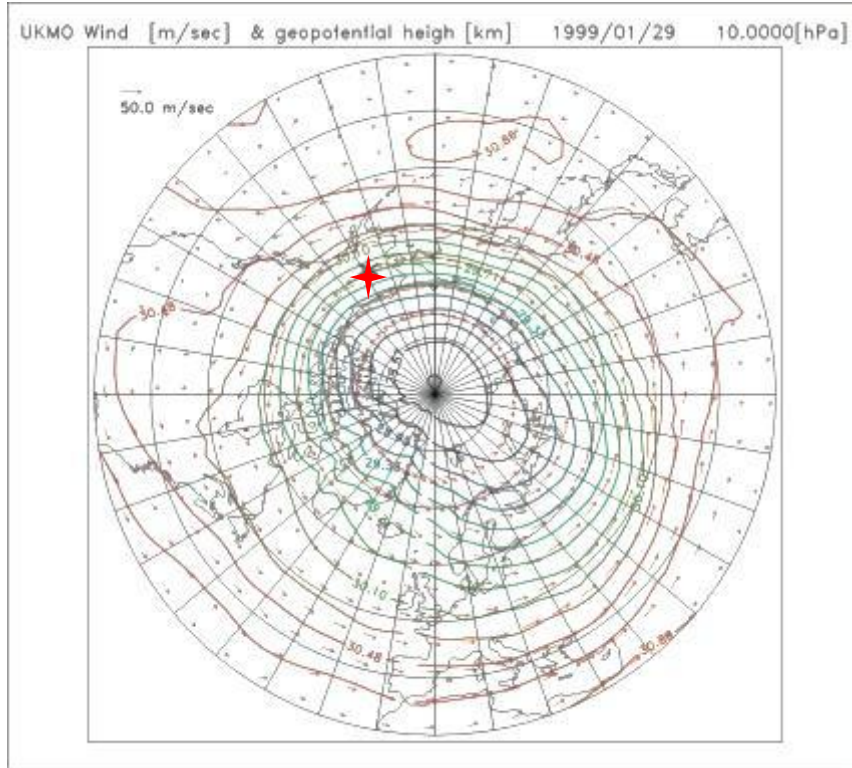
アラスカ上空における冬季中層大気気候 ～  
他の指標との定量的な比較～  
Climatology of the middle  
atmosphere over Alaska  
in winter season  
– quantitative comparison with other  
indexes –

坂野井和代<sup>1</sup>、村山泰啓<sup>2</sup>、R. L. Collins<sup>3</sup>、水谷耕平<sup>2</sup>、川村 誠治<sup>2</sup>

1. 駒澤大学
2. 情報通信研究機構 (NICT)、
3. 米国アラスカ大学地球物理研究所

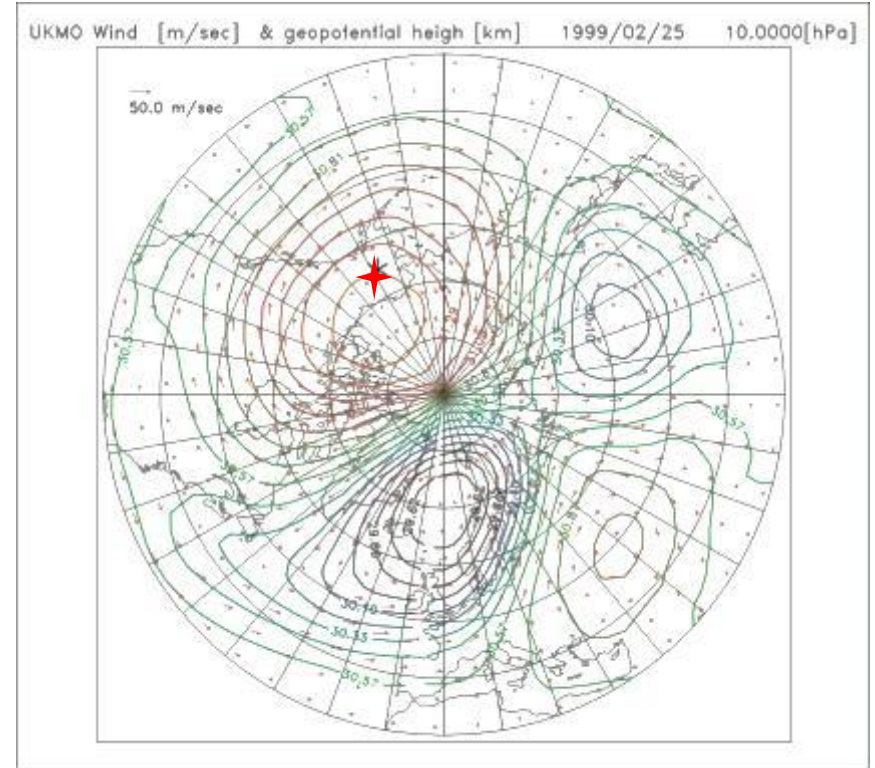
# 北極域中層大気の気候(成層圏突然昇温 SSW)

- 北極冬季成層圏 (at 10 hPa : ~30 km alt.)



静穏時

- 巨大低気圧(極渦)
- 東向き極ジェット

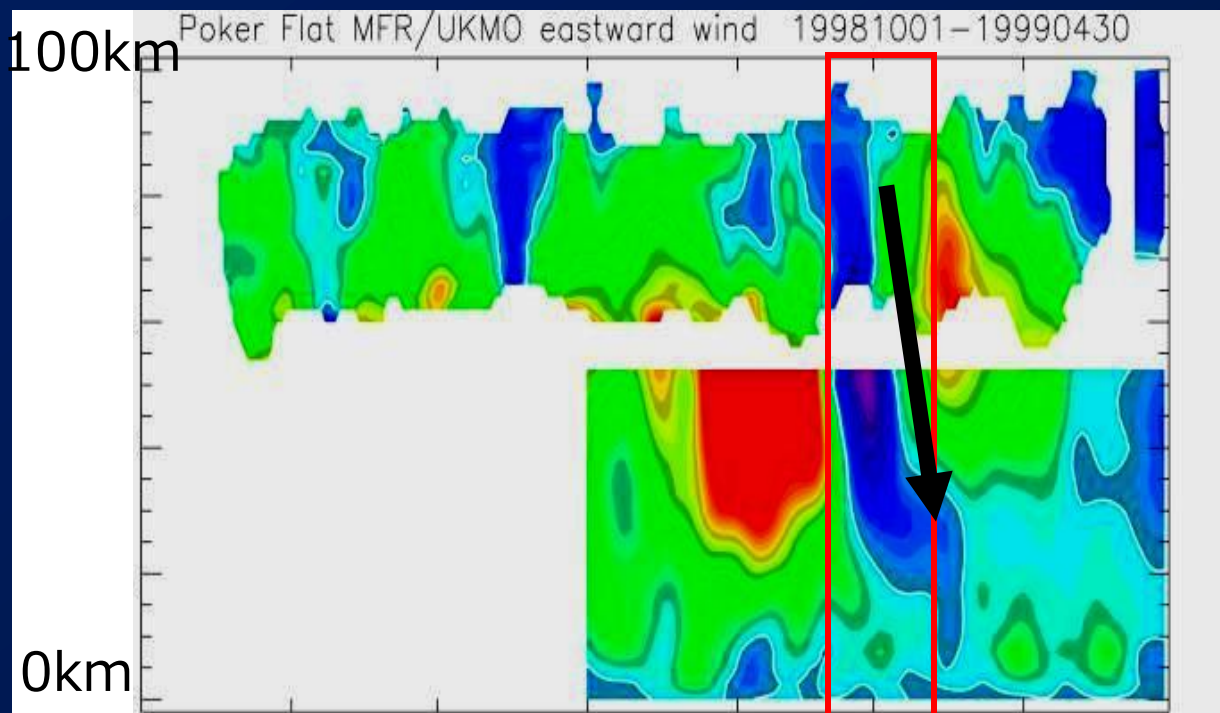


擾乱時

- 極渦の移動または崩壊
- 成層圏上部の顕著な温度上昇
- 帯状平均で西向きの風

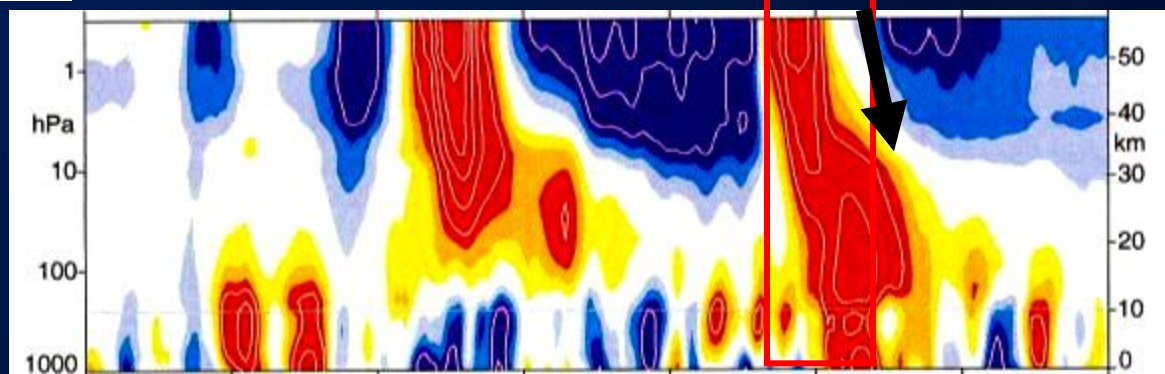
# ➤ 背景

赤：東向き風  
青：西向き風



Poker Flat  
MF radar data

UK Met  
Office data



AO index  
[Baldwin and Dunkerton,  
*Science*, 2001]

Oct '98    Nov    Dec    Jan '99    Feb    Mar    Apr

# 使用した成層圏昇温の分類

[e.g. Labitzke K., 1981, Chaffey and Fyfe, 2001]

解析期間：UKMO data 11月～4月、1998-2013年

\* 4月に入ってからからの昇温は冬-夏の季節変化として除く

**MW** : 大昇温 (Major Warming)

- 10 hPa (約30 km)高度の帯状平均で  $T_{90} - T_{60} > 0$
- 北緯60度、10 hPa高度の帯状平均で西向きの風(東風)

**mW** : 大昇温にはならないもの (Minor warming)

- 10 hPa (約30 km)高度の帯状平均で  $T_{90} - T_{60} > 0$
- 北緯60度、10 hPa高度の帯状平均で東向きの風(西風)

# ➤ ポーカーフラットにおける風速擾乱

1998/11 – 1999/04

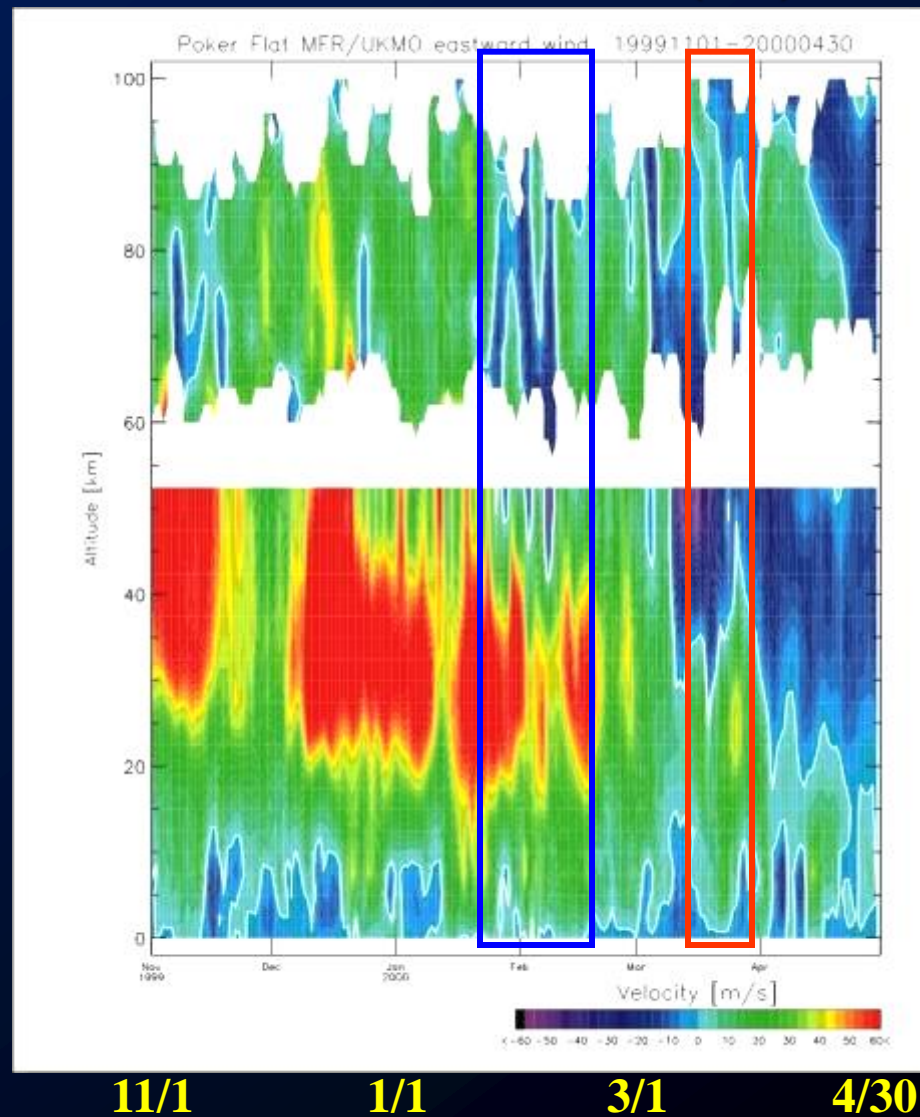
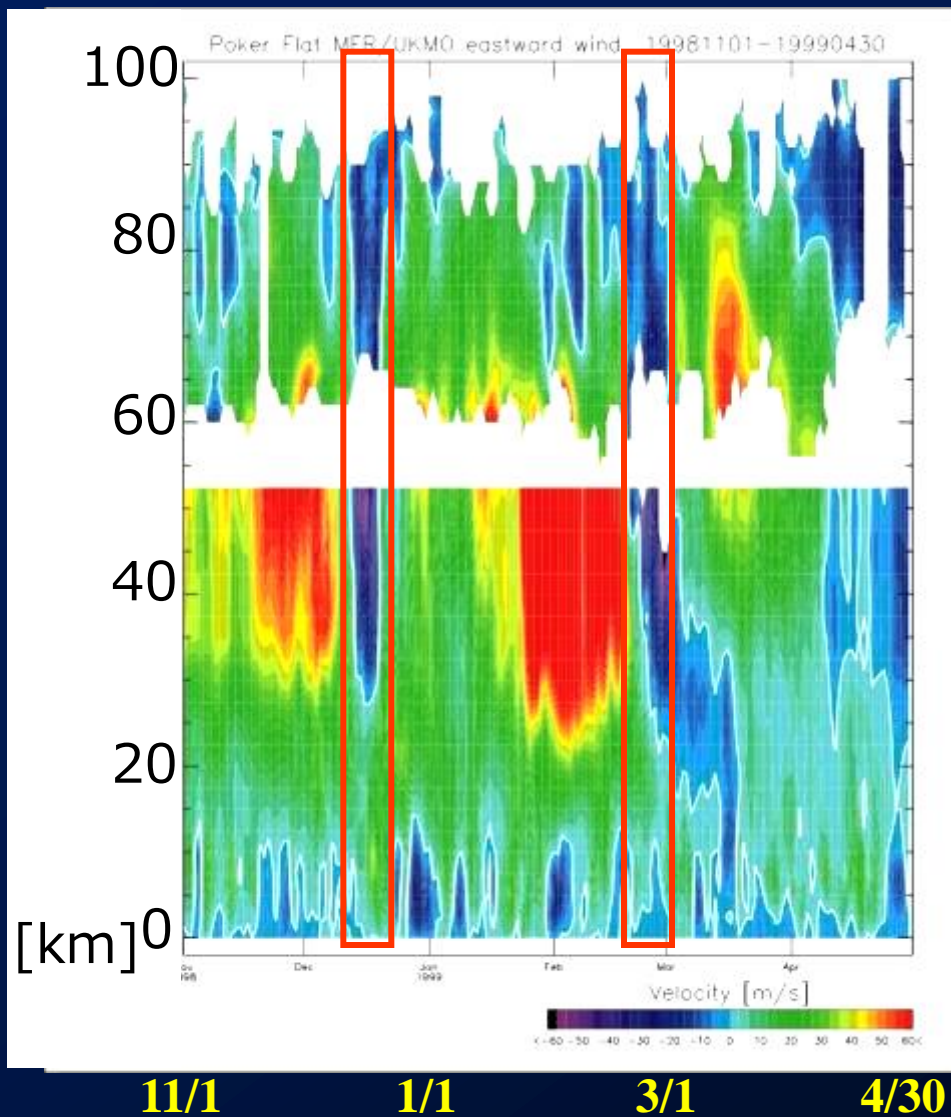
MW

MW

**(65.1°N, 147.5°W)**

1999/11 – 2000/04

mW MW(FW)





# ➤ ポーカーフラットにおける風速擾乱

2000/11 – 2001/04

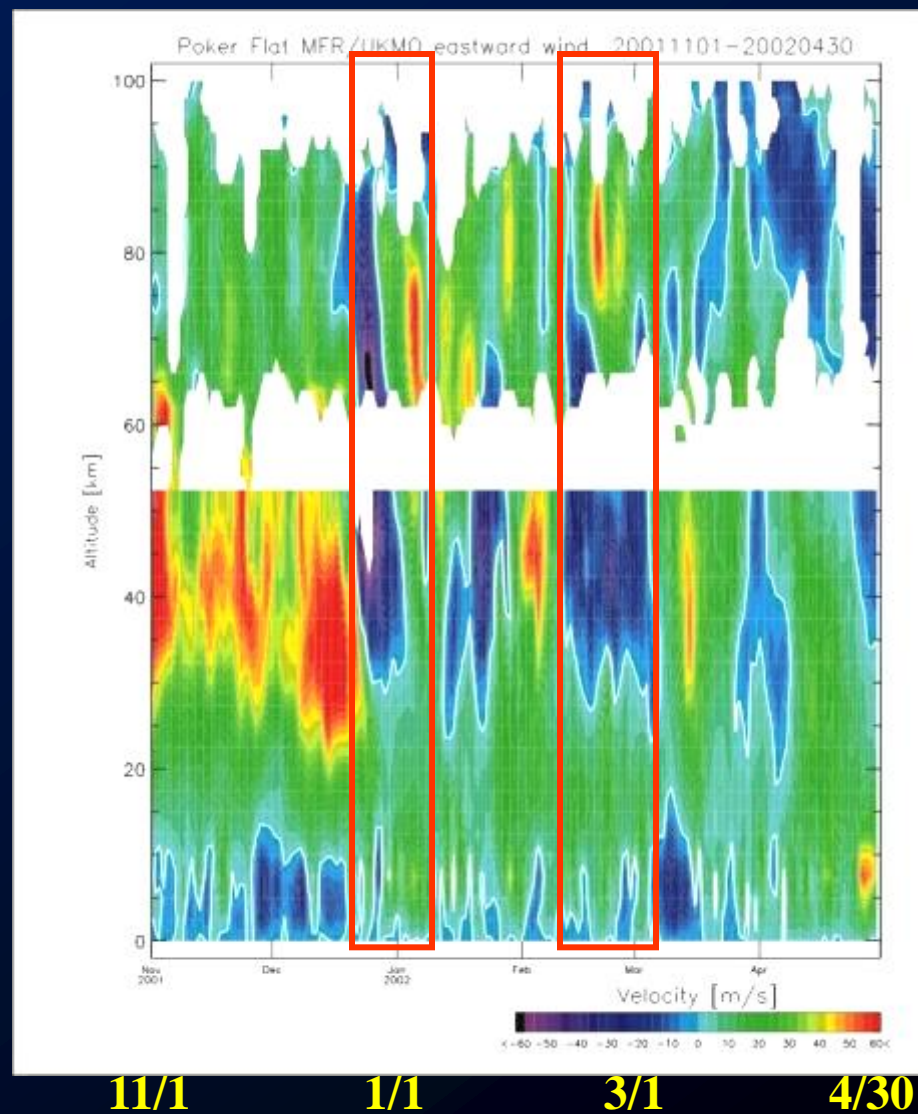
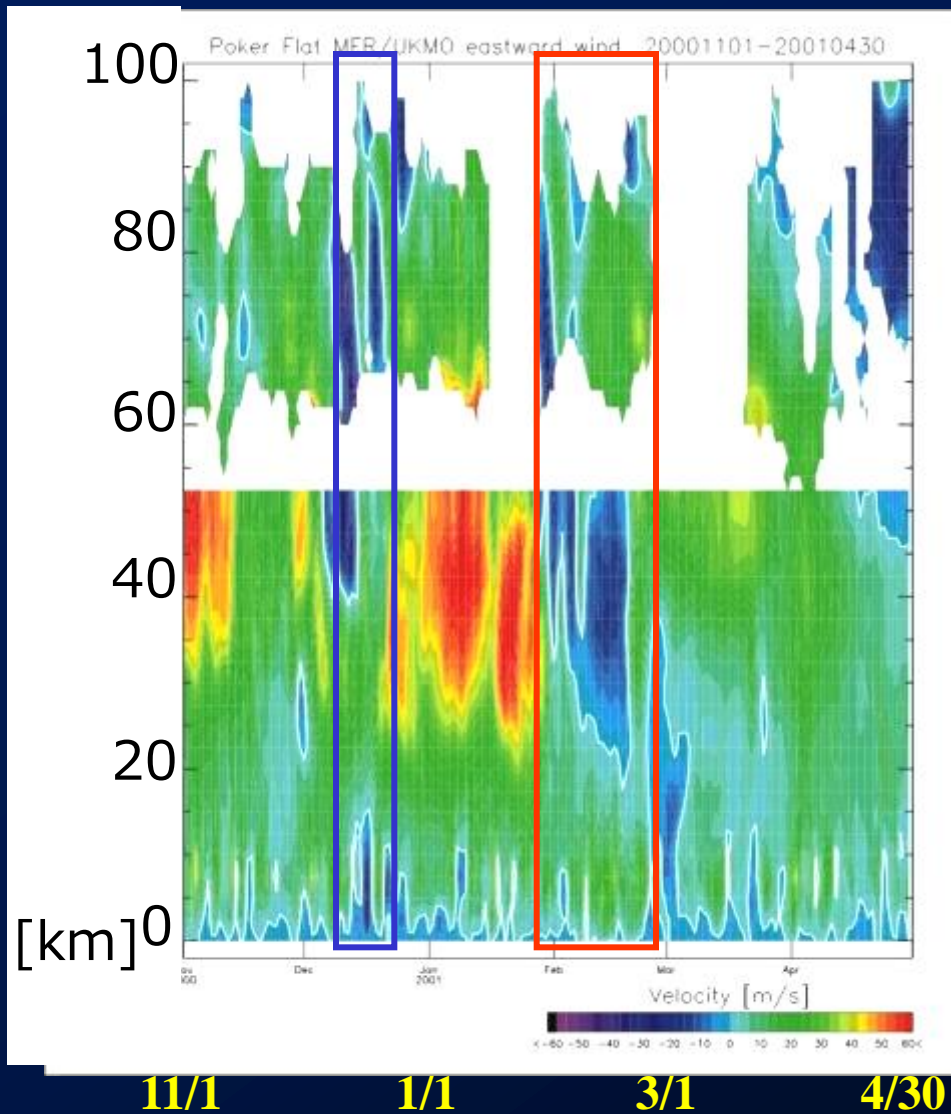
mW

MW

2001/11 – 2002/04

MW

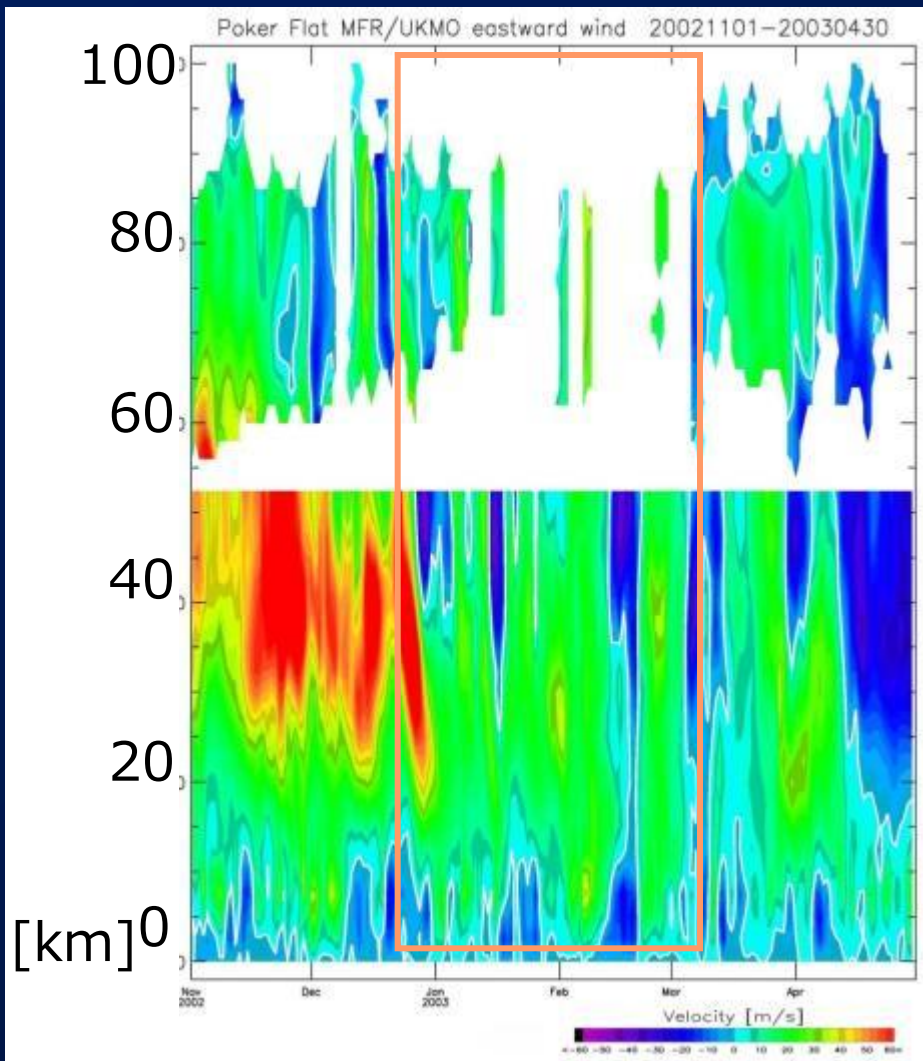
MW



# ➤ ポーカーフラットにおける風速擾乱

2002/11 – 2003/04

MW&mW



11/1

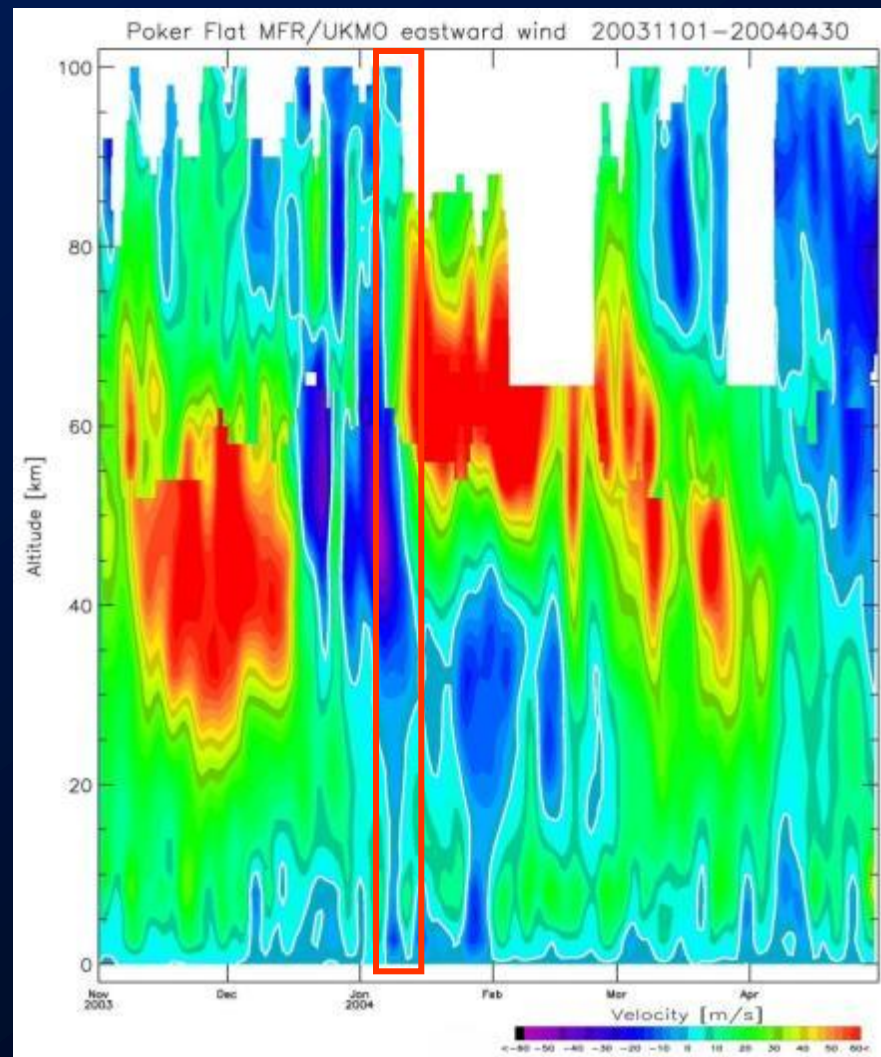
1/1

3/1

4/30

2003/11 – 2004/04

MW



11/1

1/1

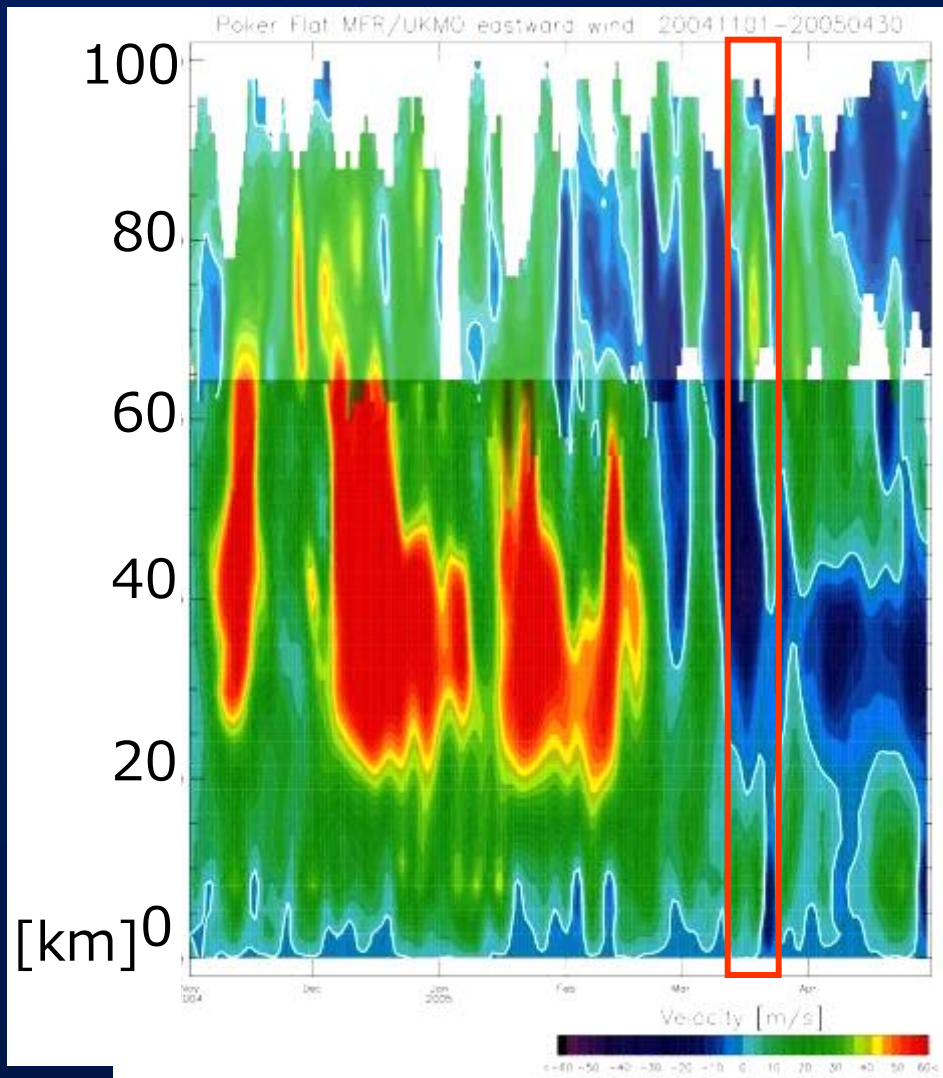
3/1

4/30

# ➤ ポーカーフラットにおける風速擾乱

2004/11 – 2005/04

MW (FW)



11/1

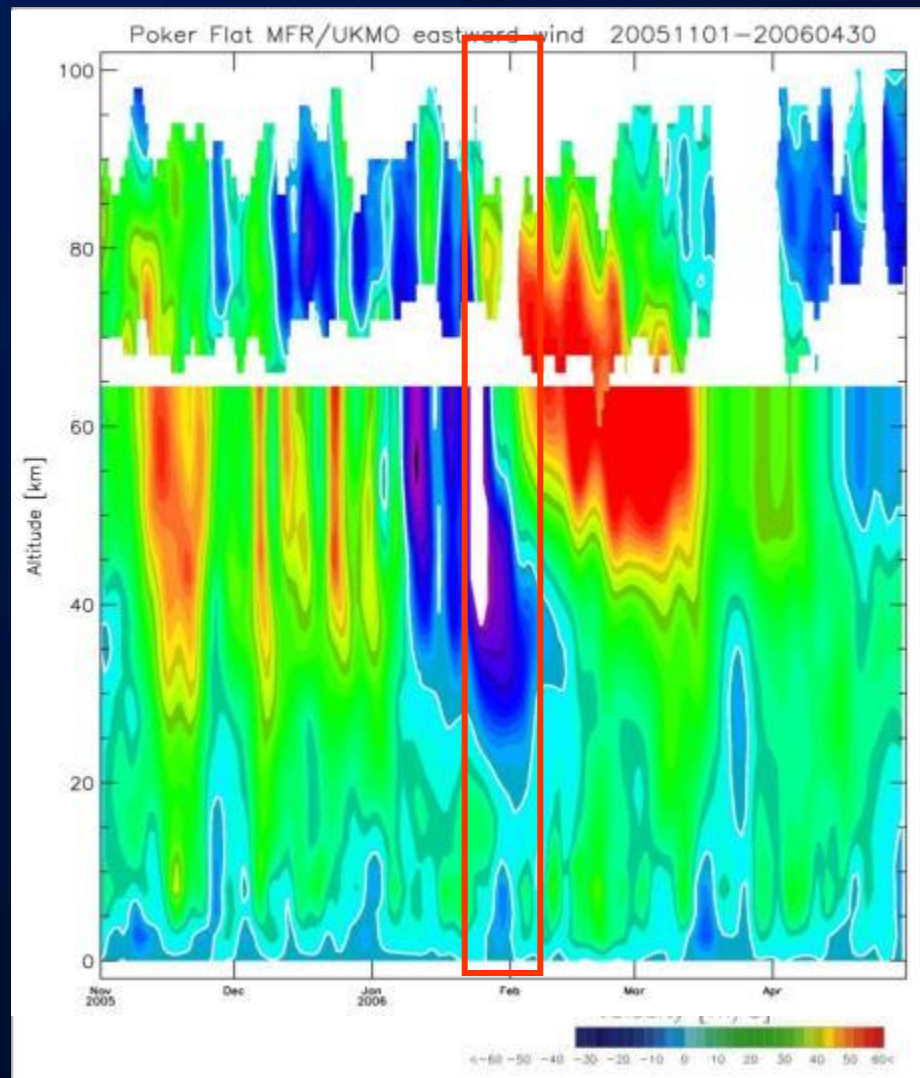
1/1

3/1

5/1

2005/11 – 2006/04

MW



11/1

1/1

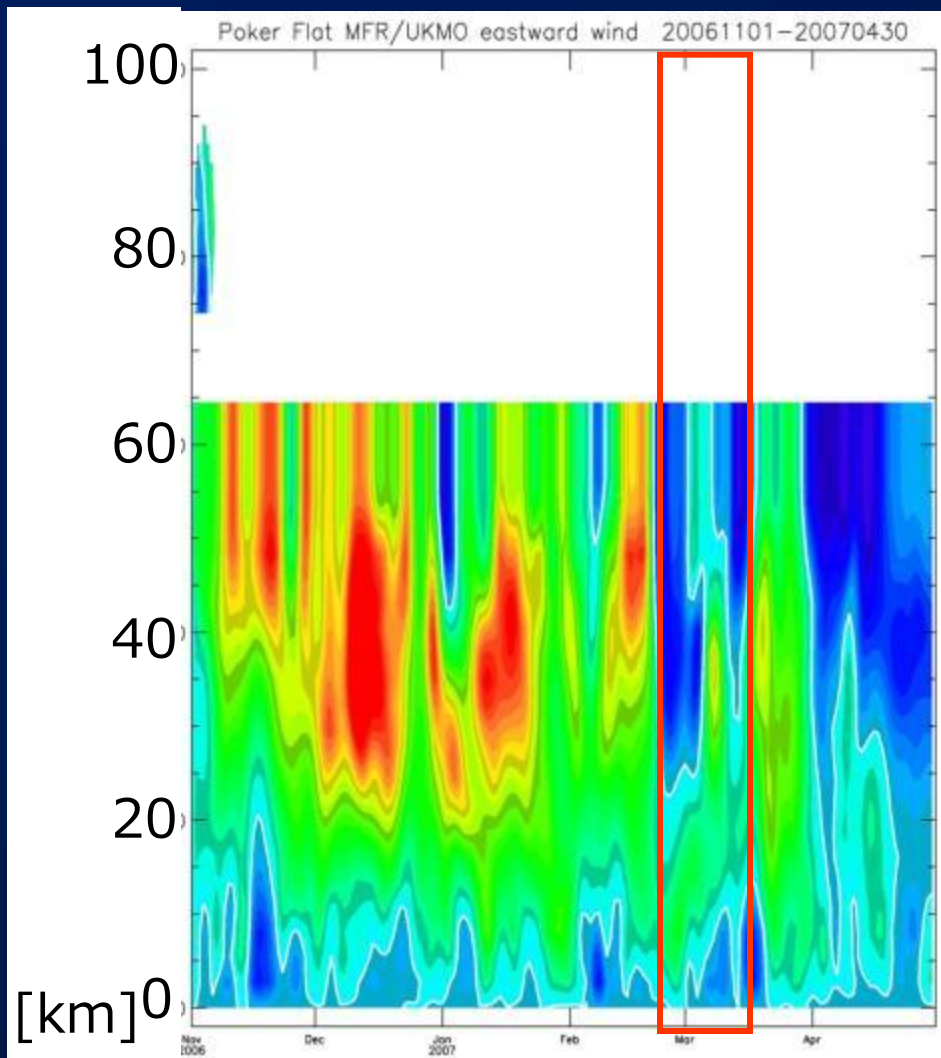
3/1

5/1

# ➤ ポーカーフラットにおける風速擾乱

2006/11 – 2007/04

MW (FW)



11/1

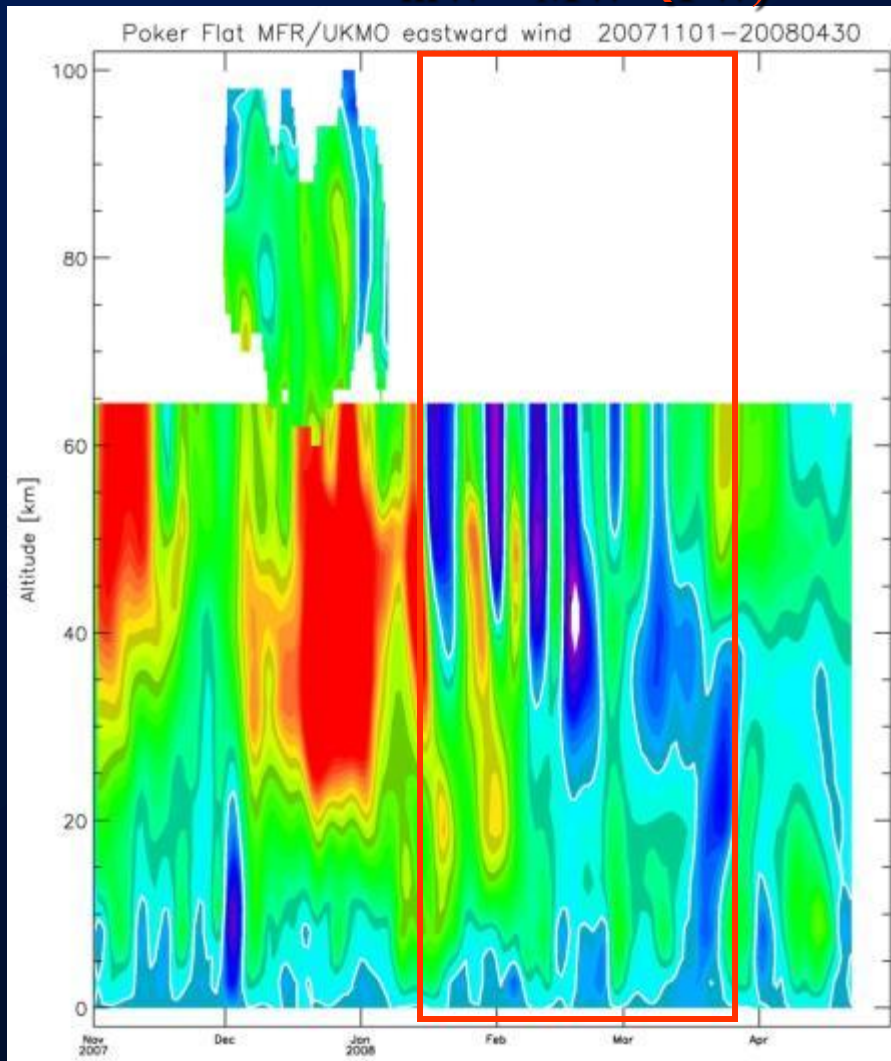
1/1

3/1

5/1

2007/11 – 2008/04

mW · MW (FW)



11/1

1/1

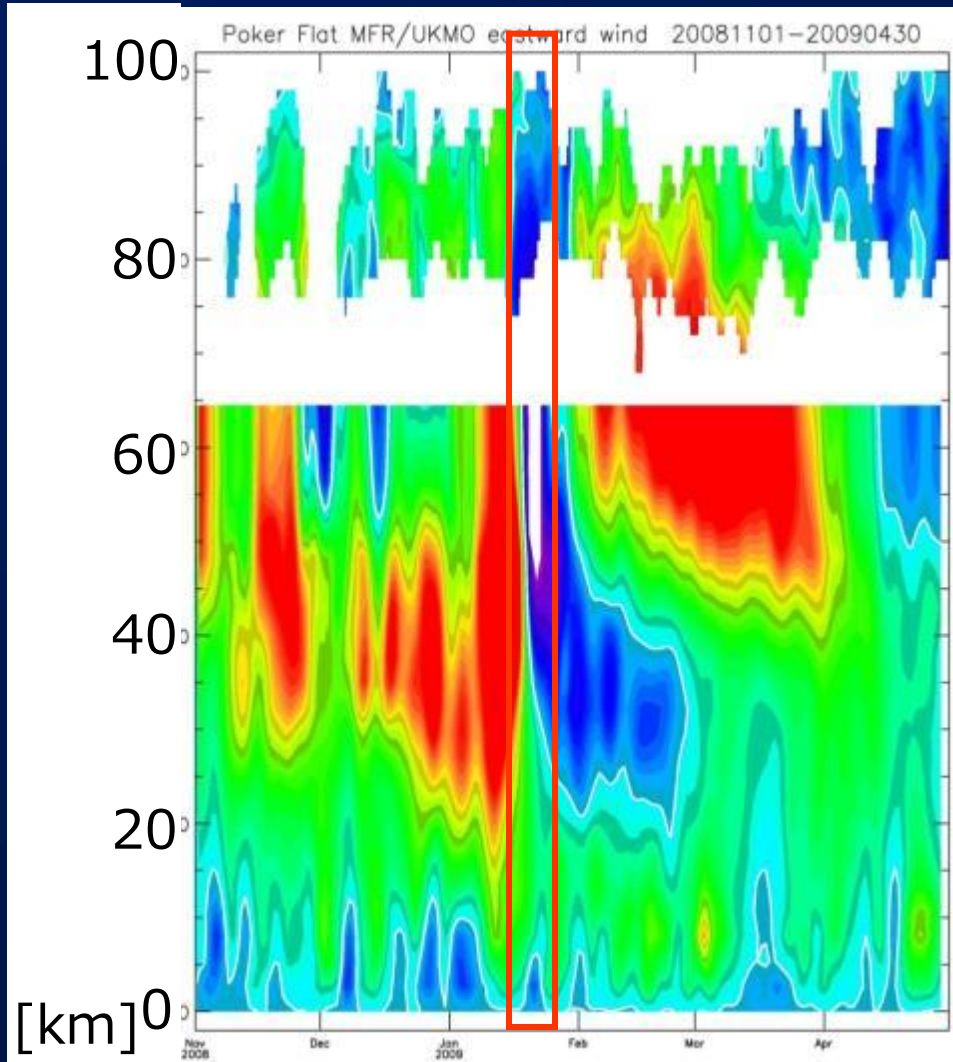
3/1

5/1

# ➤ ポーカーフラットにおける風速擾乱

## 2008/11 – 2009/04

MW



11/1

1/1

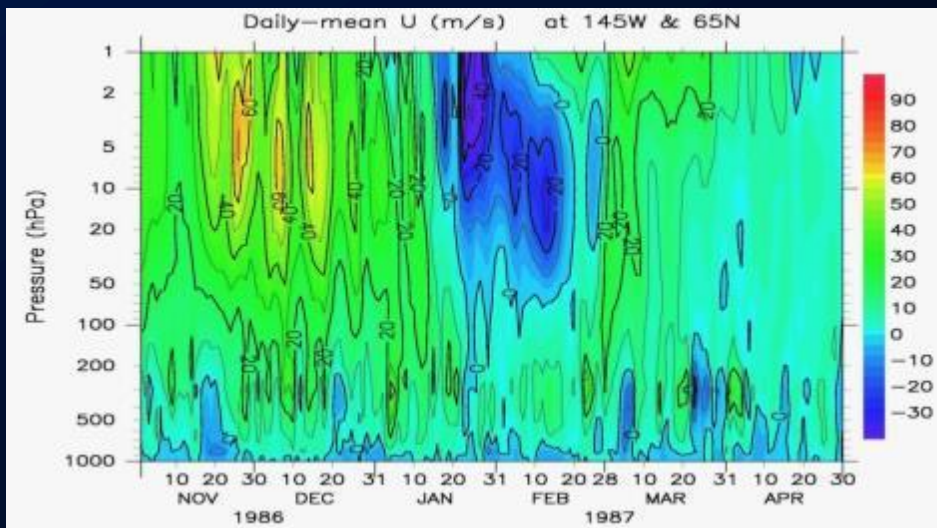
3/1

5/1

# NIPR気象データ表示システム 1979/1980年~1997/1998 年

## のNCEP/DOEデータ

## 過去：1986/11 – 1987/04



11/1

1/1

3/1

5/1

# 先行研究

- Labitzke, 2005: 上部成層圏温度とF10.7 indexの相関を、QBOの位相に分けて比較

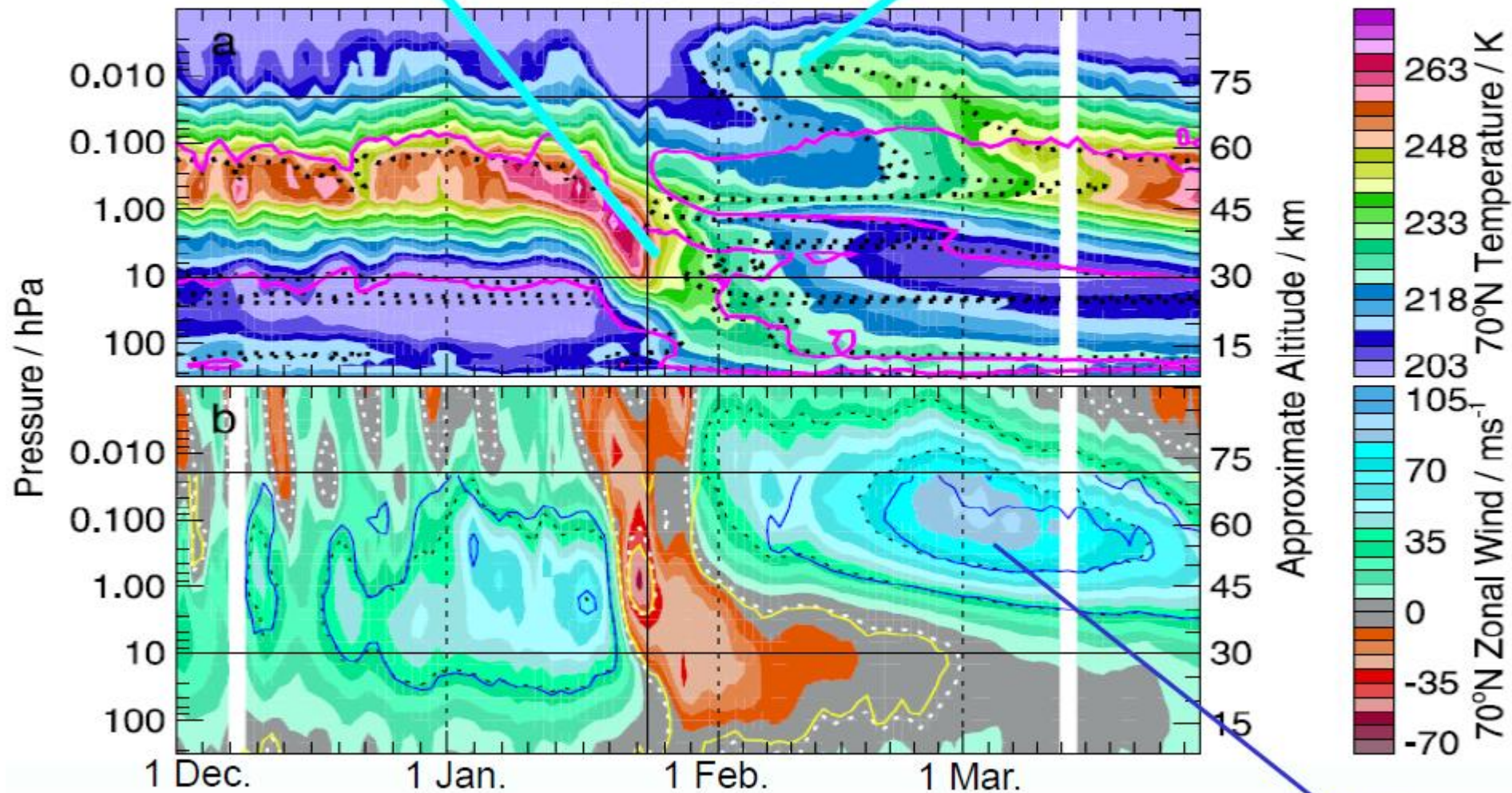
| Solar           | MAX (F10.7 = 200) |              | Min (F10.7 = 70) |              |
|-----------------|-------------------|--------------|------------------|--------------|
| QBO             | East              | West         | East             | West         |
| 30hPa Arctic    | Positive NAM      | Negative NAM | Negative NAM     | Positive NAM |
| 30hPa Antarctic | Positive SAM      | Negative SAM | Negative SAM     | Positive SAM |

# Stratopause "jump" in MLS T observations 2009

Plunging of stratopause near 30km

Re-formation of elevated stratopause near 75km

2008-2009

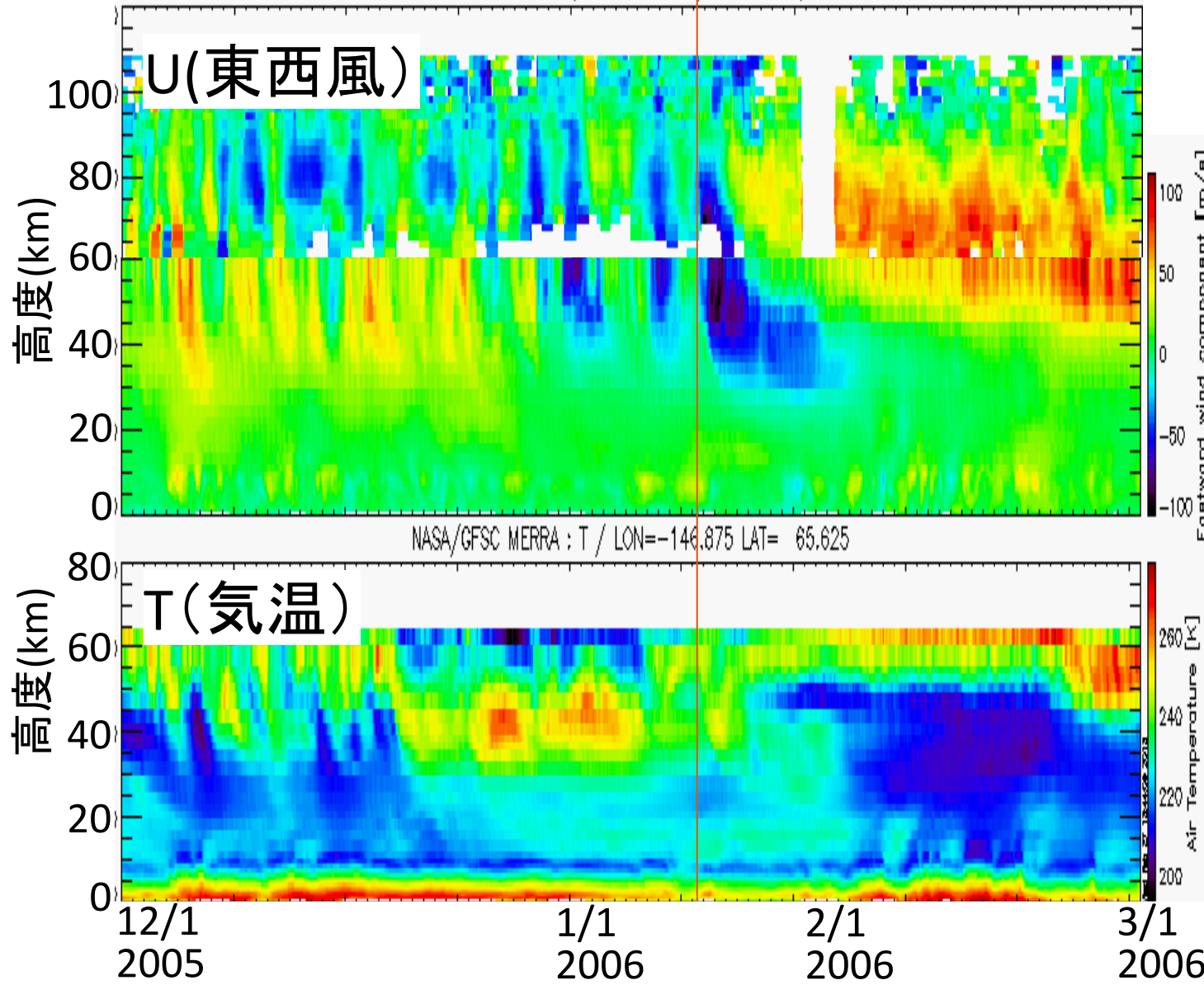


*Manney et al. [2009] using MLS (top) and GEOS-5 assimilation (bottom)*

Vortex  
recovery

# UDASでプロット： 超高層大気観測と全球気象データ

アラスカ上空のMFレーダー＋MERRA



- UDAS上でのMFレーダー、気象データの処理モジュールを開発
- 図は、2006年2月の成層圏突然昇温の例。
- 中間圏観測レーダーでツールを共通化  
→世界中のレーダーデータで全球解析。



## • データへの識別子・ID付与 [小山さん、能勢さんの見解より]

### – データの利用・再利用

- IUGONETはデータファイル単位でID (URI) を付与する。

### – データの検索

- DataCite等でのDOI (digital object identifier)付与は「データセット」(データの「集合」)が多い。
- NASA・EOSDIS: "product citation web page"に付与。  
doi形式モデル例(←あまりよくない?):  
[prefix]/[suffix:[mission]/[instrument]/data[1-n]]

# The Ideal Pyramid

