

情報・システム研究機構シンポジウム2013

# 南極大型大気レーダー (PANSY) による 高解像大気物理学の新展開

PANSY



佐藤 薫

東京大学大学院理学系研究科

*Thanks to*

*PANSY & KANTO research groups and my students*



空間スケール

# 大気の階層構造

地球温暖化  
十年振動

ブリュワ・ドブソン循環  
エルニーニョ・ラニーニャ

準2年周期振動

オゾンホール

惑星規模ロスビー波

モンスーン

北極振動・南極振動

突然昇温

赤道波

スーパークラウドクラスター

温帯低気圧

中間規模波

クラウドクラスター

前線 積乱雲 台風

重力波 海陸風

竜巻 山谷風

積雲  
ダウンバースト

10<sup>4</sup>km

10<sup>3</sup>km

10<sup>2</sup>km

10km

1km

時間スケール

1h

1d

10d

1y

10y

100y



# 高解像度時代に推進する大気物理学

## 実大気

地上観測  
衛星観測  
過去の観測データ

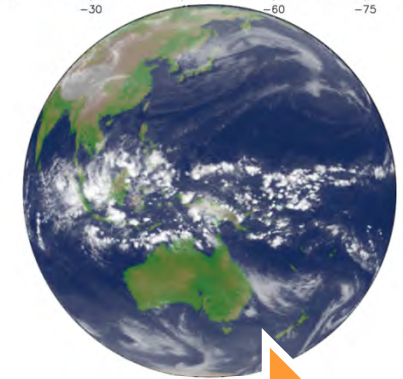
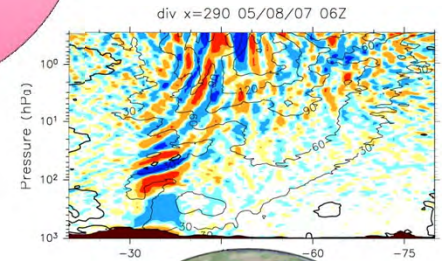
高分解能  
観測

大量データ

高分解能  
数値  
モデル

仮想大気  
理想実験  
現実的実験

データ  
セントリック  
科学



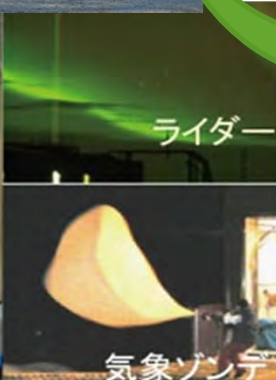
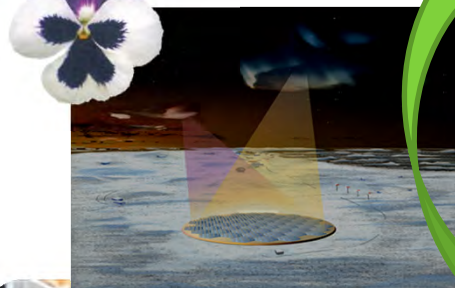
フィードバック

フィードバック

新理論

大気現象の階層構造の理解  
気象・気候予測の高精度化

PANSY



気象ゾンデ

大気球



# 南極昭和基地大型大気レーダー PANSYレーダー



高度1~500kmの3次元風速、プラズマパラメータを高精度高分解能で観測  
風速：高度分解能75m,時間分解能1分,精度0.1 m/s,鉛直風も計測可

システム	パルスドップラーレーダー アクティブフェイズドアレイ方式
中心周波数	47MHz
アンテナ	1045本の直交八木アンテナによる直径約160mの円形アレイ相当、約18,000m <sup>2</sup>
送信機	個々の八木アンテナ直下に送受信モジュール 送信ピーク電力 約520kW 最大デューティ比5%
受信機	デジタル受信機によるマルチチャンネルシステム55系統 ⇒各種の干渉計・イメージング観測
周辺装置	E層FAI観測用24アンテナ

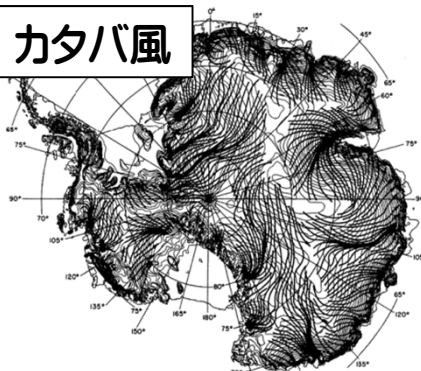


# なぜ南極大気研究が大事なのか

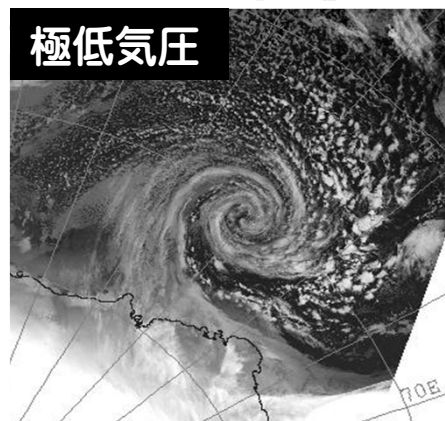
- 地球気候の中での極域の役割
  - 大気大循環の終着点であり出発点
- 極域固有の現象
  - オーロラ (宇宙空間からのエネルギー流入)
  - 極域固有の雲: 極成層圏雲・極中間圏雲
  - オゾンホール
  - ブリザード (極低気圧、カタバ風)

人間活動の顕著な影響

カタバ風

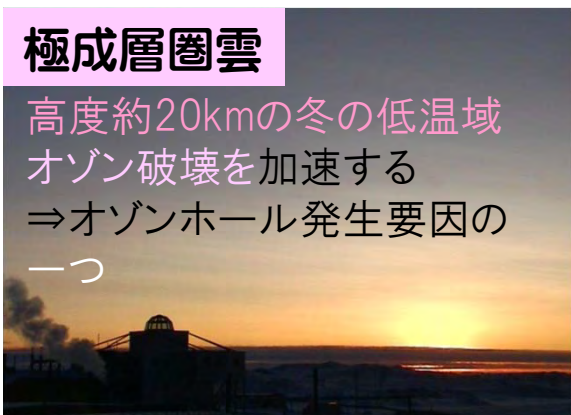


極低気圧

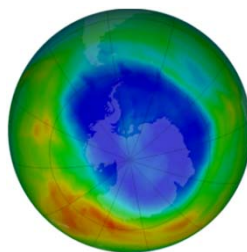


極成層圏雲

高度約20kmの冬の低温域  
オゾン破壊を加速する  
⇒オゾンホール発生要因の一つ

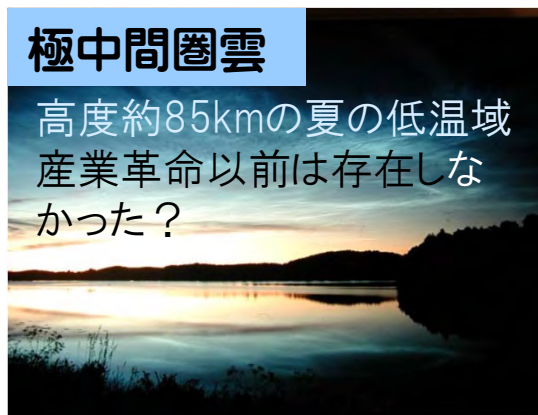


オゾンホール



極中間圏雲

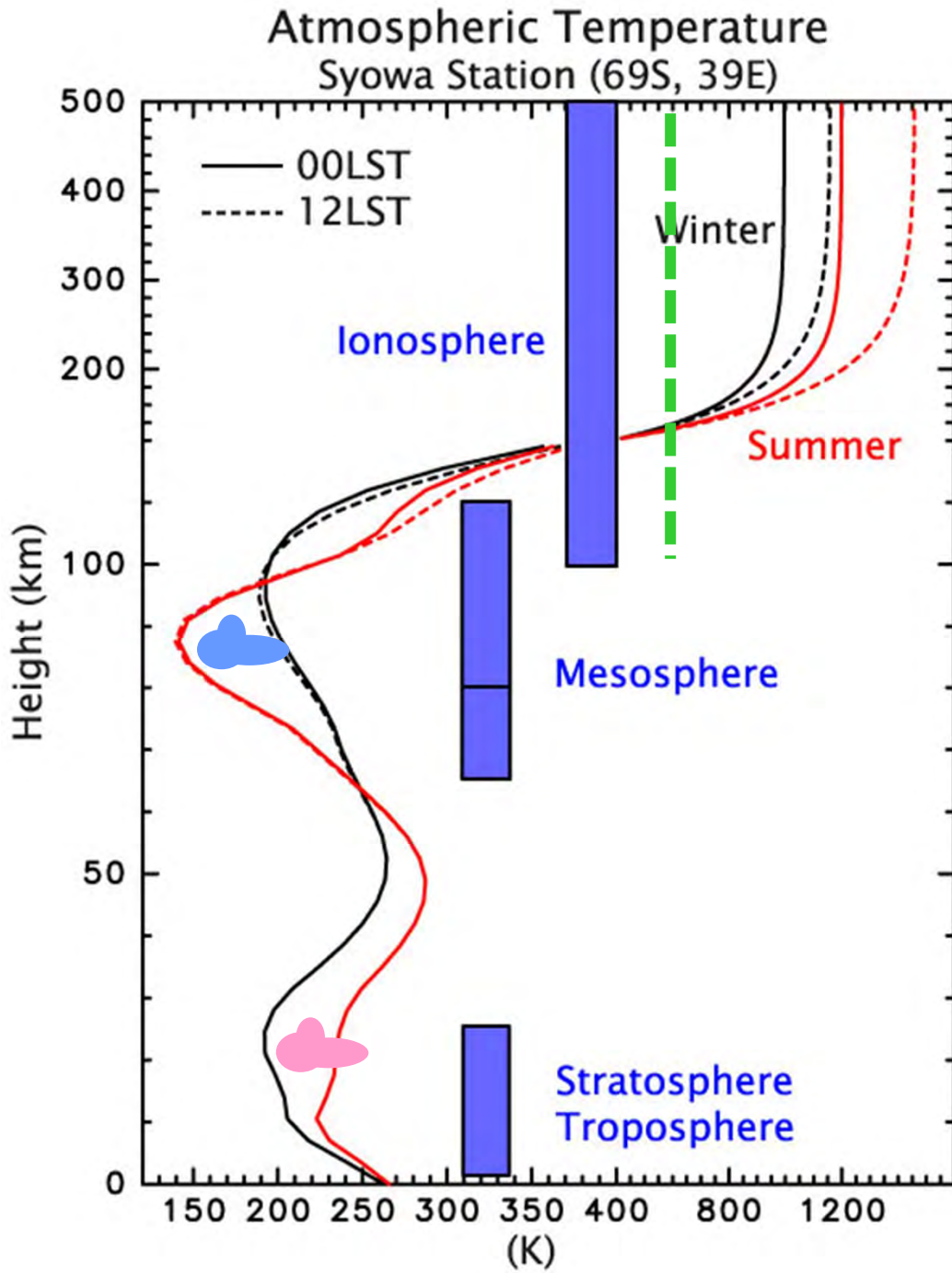
高度約85kmの夏の低温域  
産業革命以前は存在しなかった?



オーロラ

高度100km以上に出現  
100万MW以上の真空放電



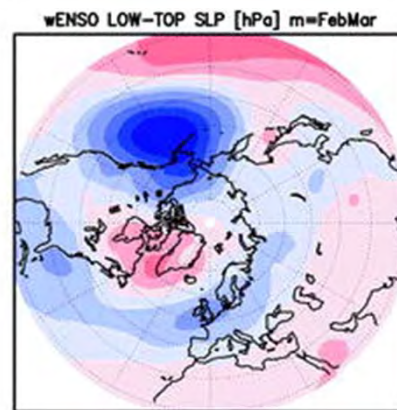
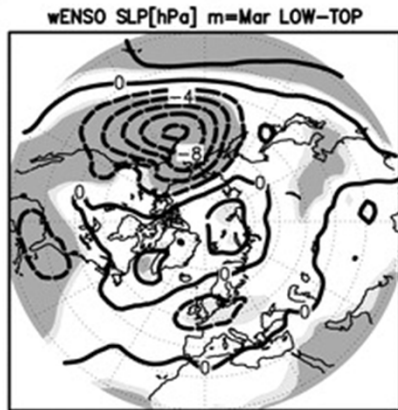
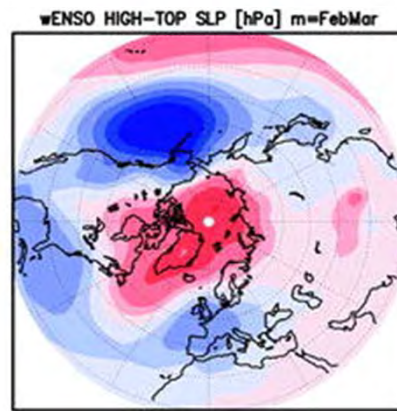
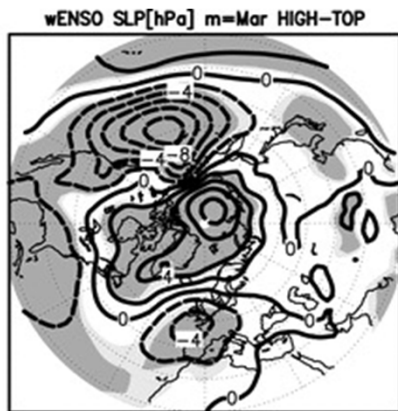
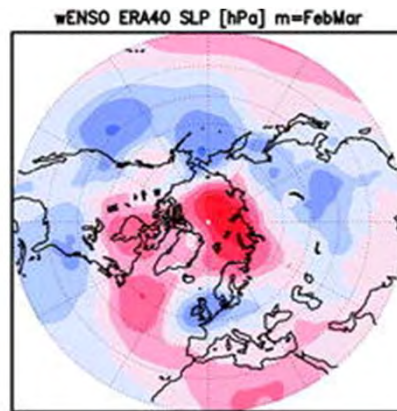
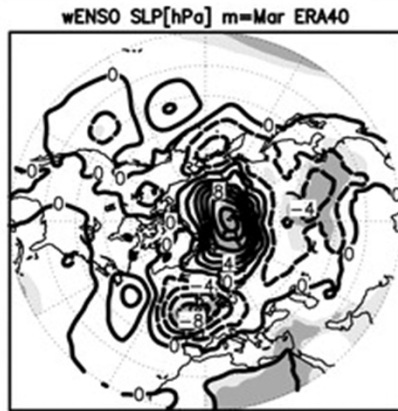




# エルニーニョ発生時の 北半球高緯度域の地表応答

海面気圧

地上気温



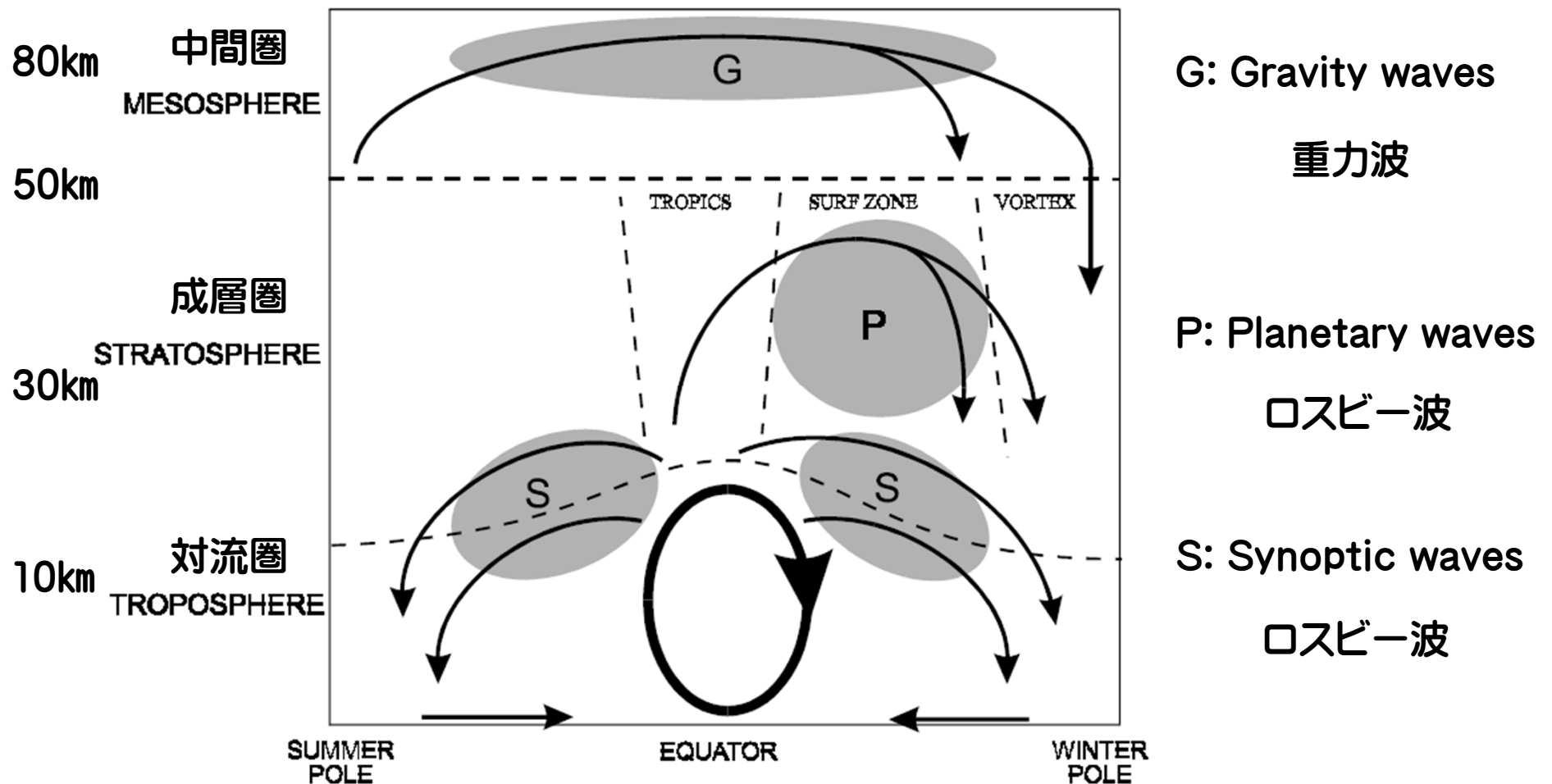
現実大気

High-top model (top~80km)

Low-top model (top~30km)



# ロスビー波、重力波が駆動する大気大循環

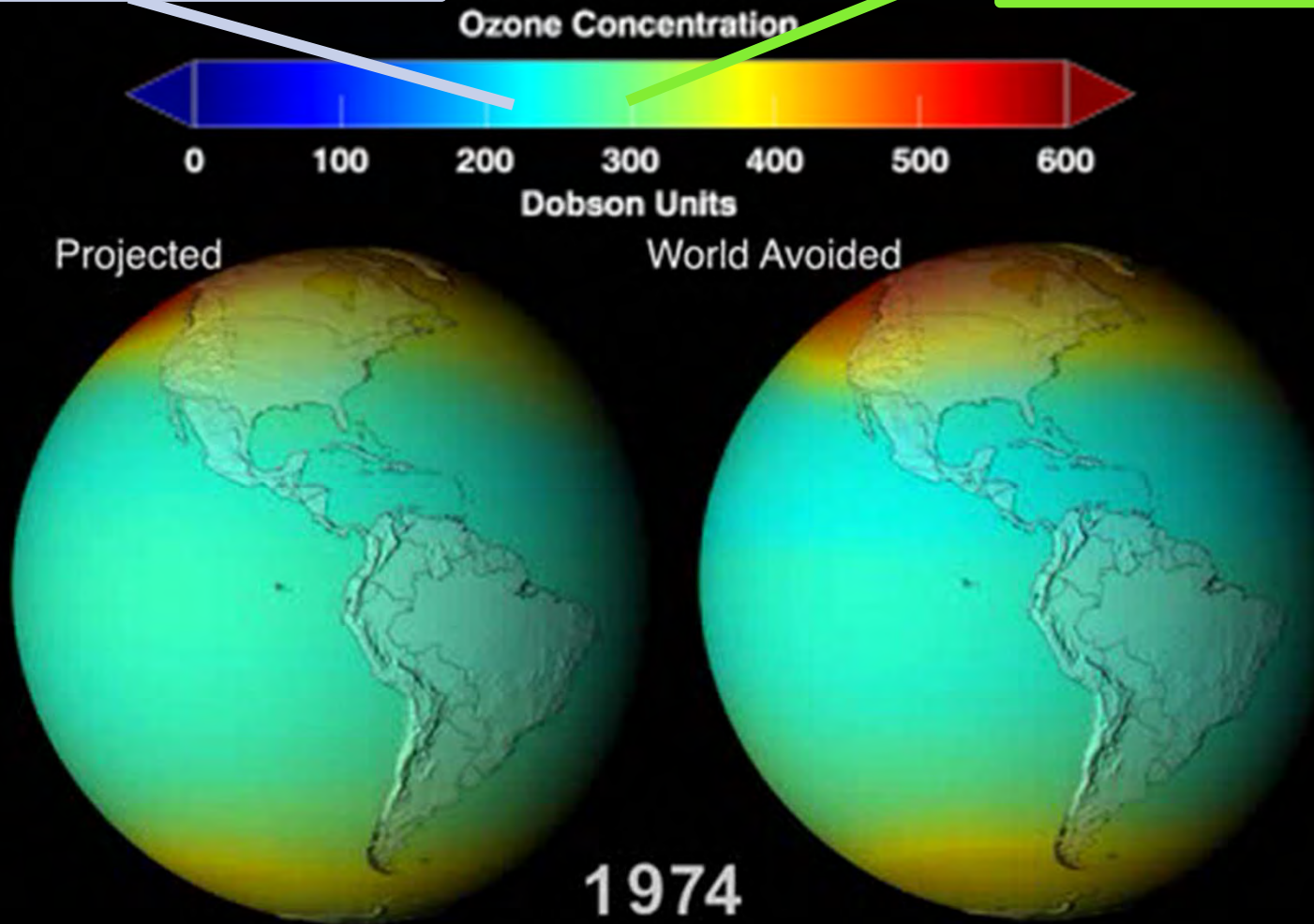




# World avoided model

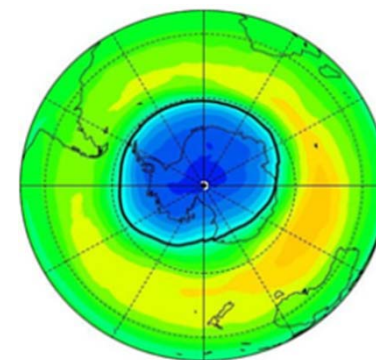
オゾンホールレベル

現在の全球平均

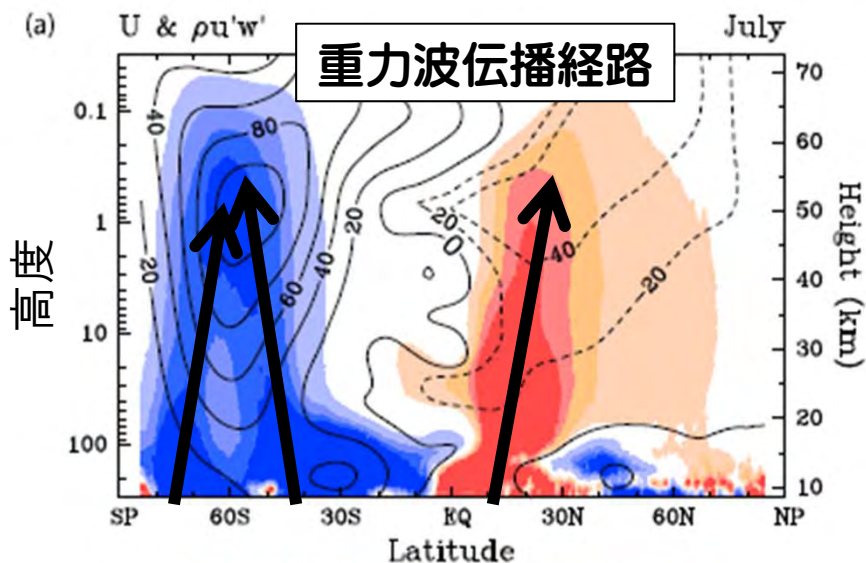
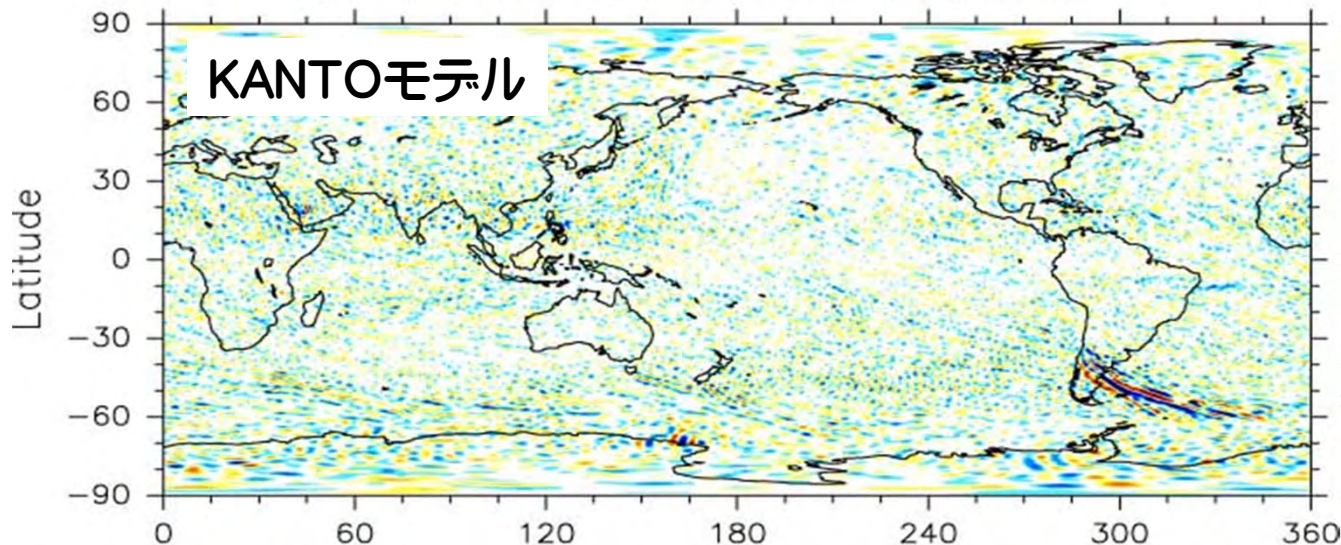


# オゾンホール消滅時期の再現における 重力波の南北伝播の重要性

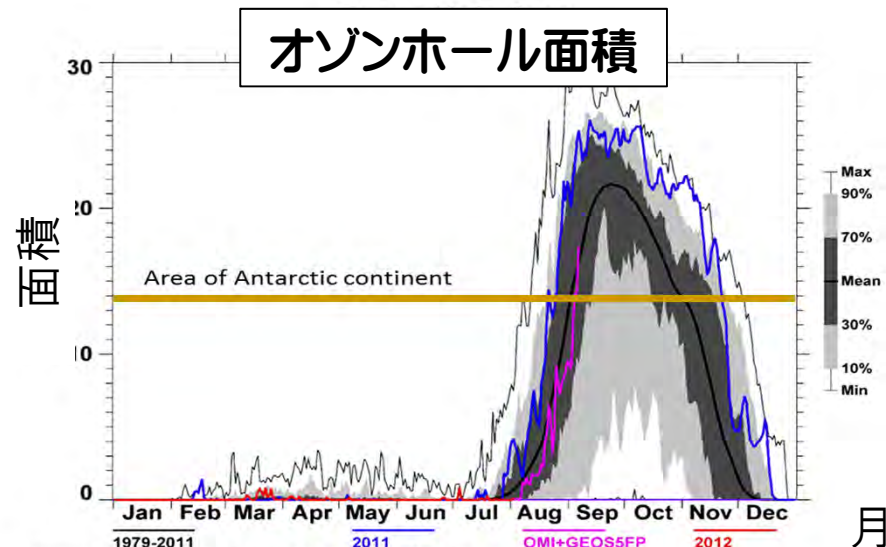
$\nabla_h \cdot v_h$  10hPa, 0000UTC 7 Aug year5



標準的な気候モデルには  
オゾンホール消滅期が約20日  
遅れるバイアスがあった  
⇒重力波が60Sに集まる効果を  
パラメタライズすると解消  
McLandress et al. (JAS,2012)



Sato et al. (GRL, 2009)



P. Newman (NASA), E. Nash (SSAI), R. McPeters (NASA), S. Pawson (NASA)



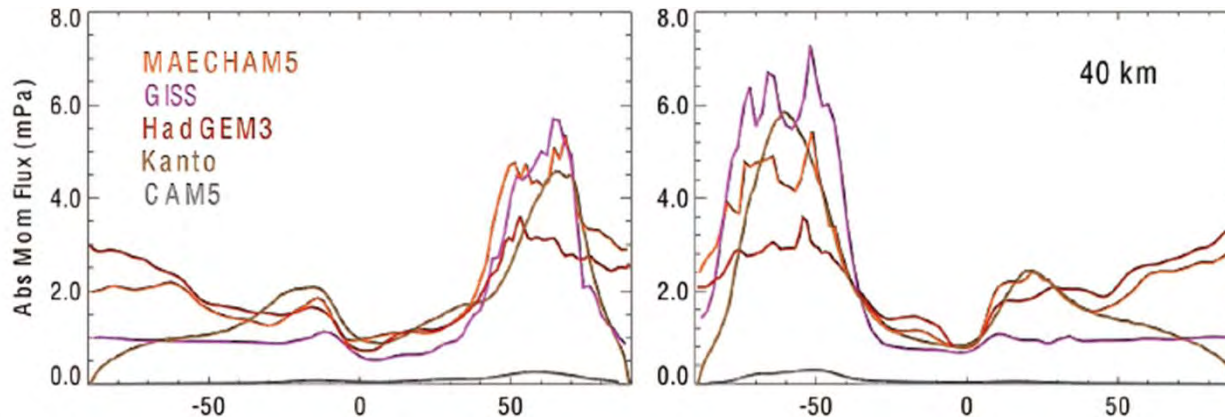
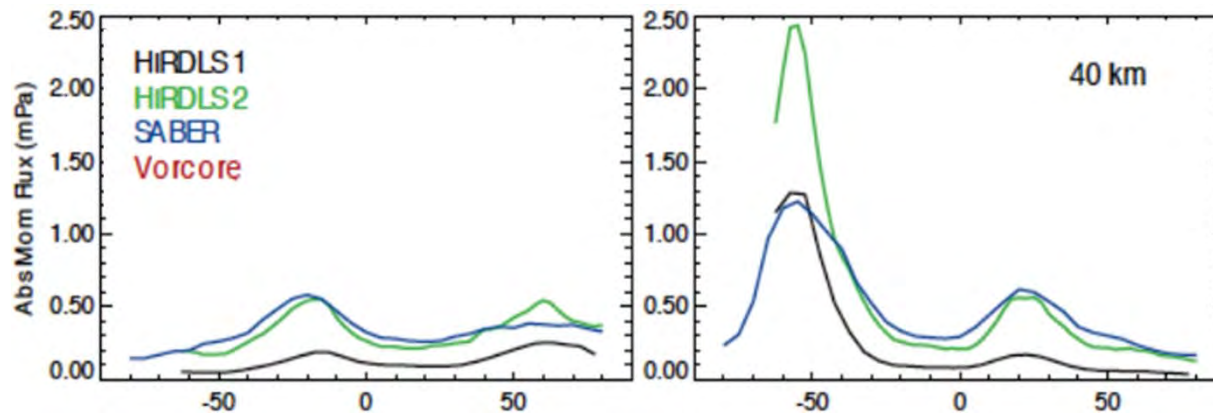
# 国際宇宙科学研究所:重力波研究チーム

## Gravity Waves for Global Climate Prediction and Weather Forecasting Applications



1月

7月



衛星観測  
(気球観測)

気候モデル  
上3つ:重力波パラメ  
タリゼーション  
下2つ:重力波解像

Geller et al. (J. Climate, 2013)

# お手本はMULレーダー (京大大学生存圏研究所)



475本x1MW

重い  
(>50kg)

消費電力が大きい  
(230kW)

AB級アンプの採用



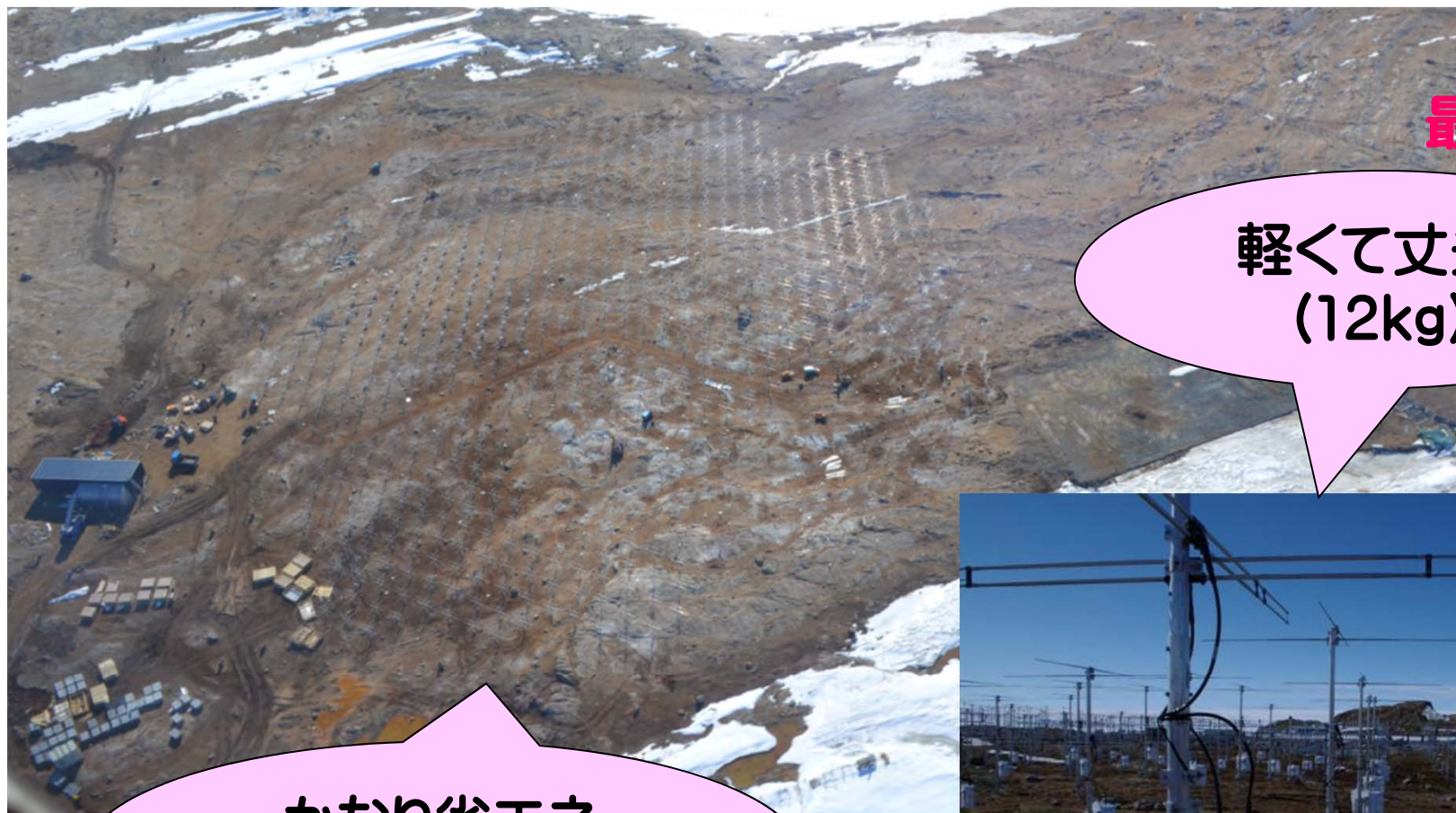
(滋賀県信楽町)

京大大学生存圏研究所提供



# PANSY レーダー (南極昭和基地)

1045本x500kW



最適化設計

軽くて丈夫!  
(12kg)

かなり省エネ  
(75kW)

E級アンプの採用



# 第VIII期：PANSYレーダーの建設と調整

52次隊(堤他 夏隊4+2名、越冬隊2名)

成果:1000本のアンテナ設置、3群による初期観測(2011/3/30)

53次隊(佐藤亨他 夏隊6+1名、越冬隊2名)

成果:アンテナ移設、新12群の設置と本格観測開始(2012/4/30~)

54次隊(富川他 夏隊5名、越冬隊3名)

成果:14群の設置と26群観測調整(輸送の問題。へリ、氷上)

55次隊(藤田他 夏隊4名、越冬隊2名)

目標:21群の設置と47群観測調整(予定)

56次隊

目標:8群+FAIの設置と55群観測調整(予定)

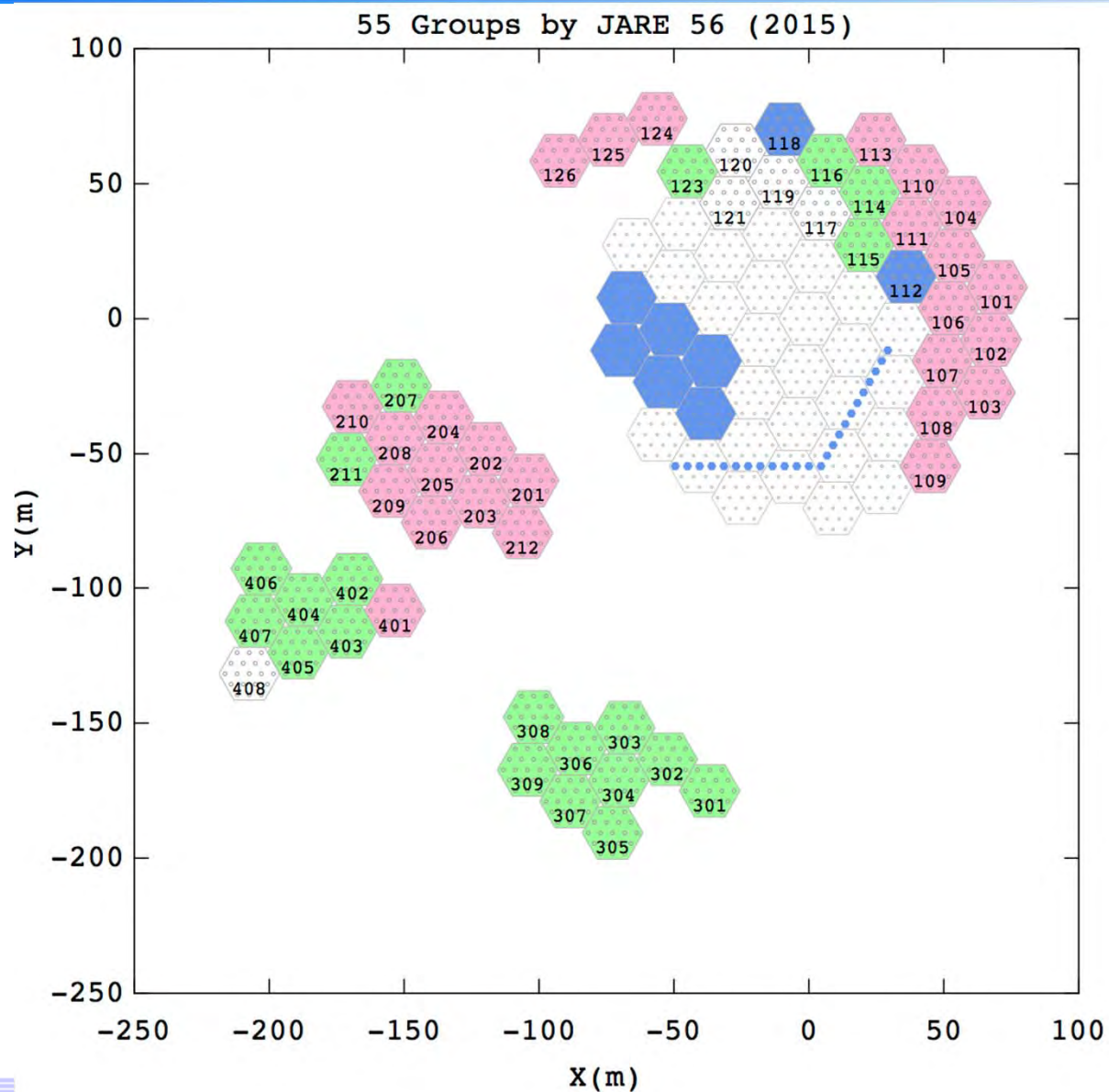
57次隊

目標:55群キャンペーン観測

53次隊以降、12群観測は  
システム調整期間以外は  
継続的に行っている



# PANSYシステム構築

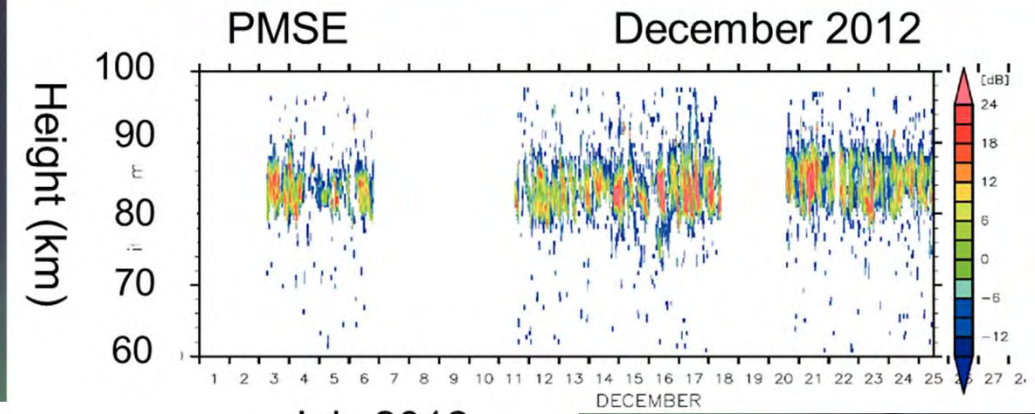


12群観測は  
連続

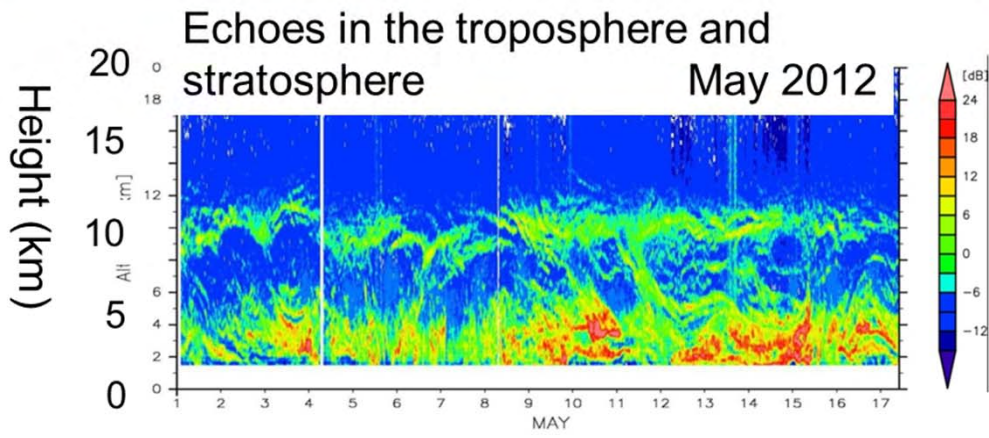
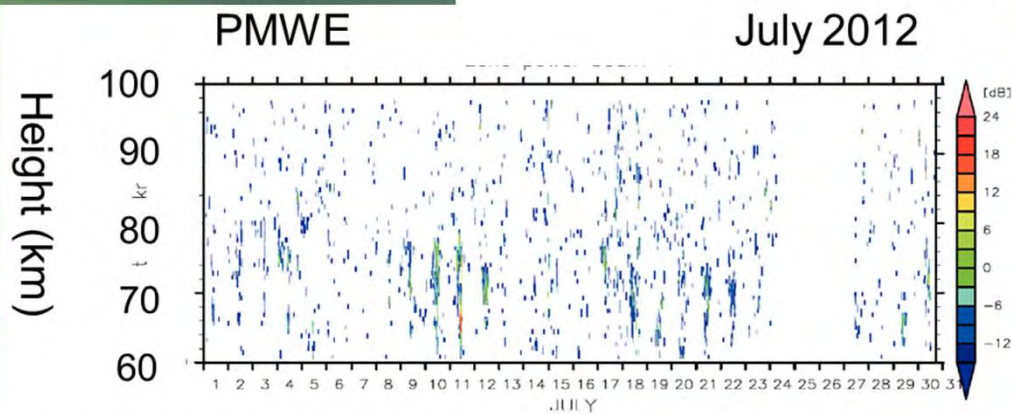
全群観測は  
キャンペーン

# PANSYレーダーの現状 南極最大の大型大気レーダーとして観測中

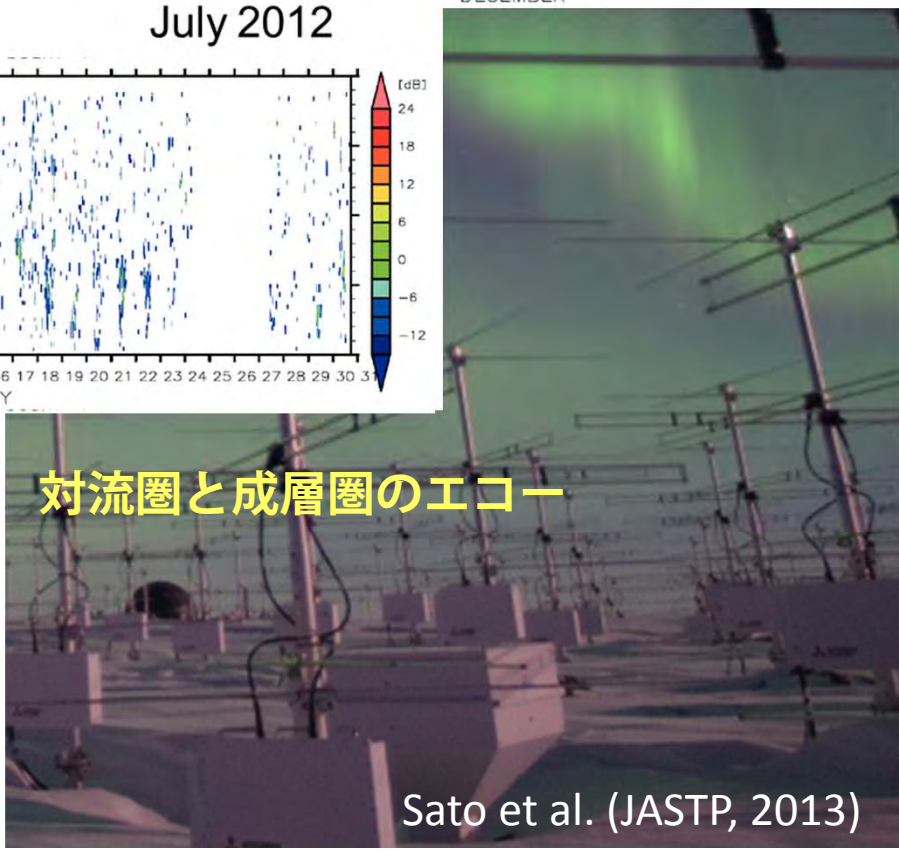
中間圏夏のエコー



中間圏冬のエコー

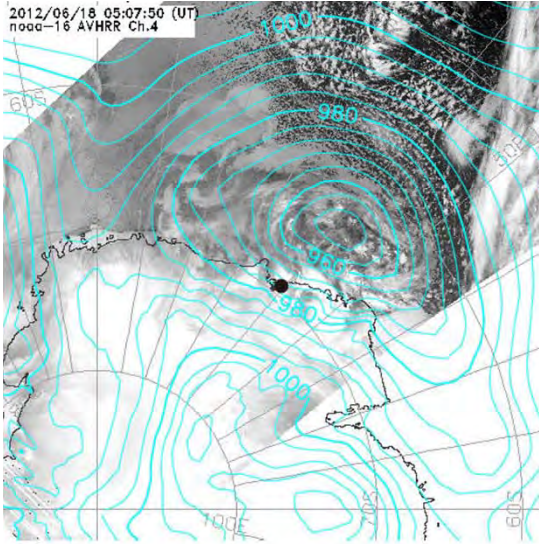


対流圏と成層圏のエコー





2012/06/18 05:07:50 (UT)  
noaa-16 AVHRR Ch.4

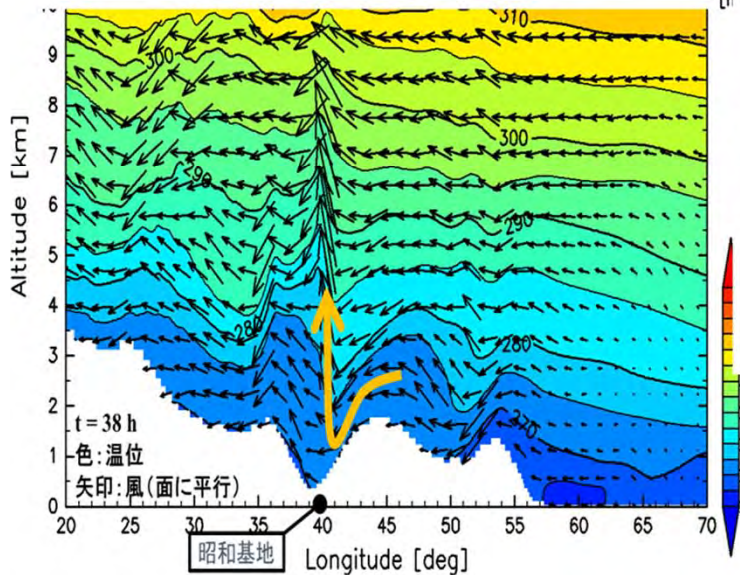


# 対流圏顕著現象の成因と物理 -地形の役割-

Nomoto et al. (submitted to MWR)

- 鉛直風の再現が難しい
- 地形(カタバ風)が影響している可能性大

東風や等温位面は地形の影響を受けて波打っている  
40E付近で流れがジャンプ

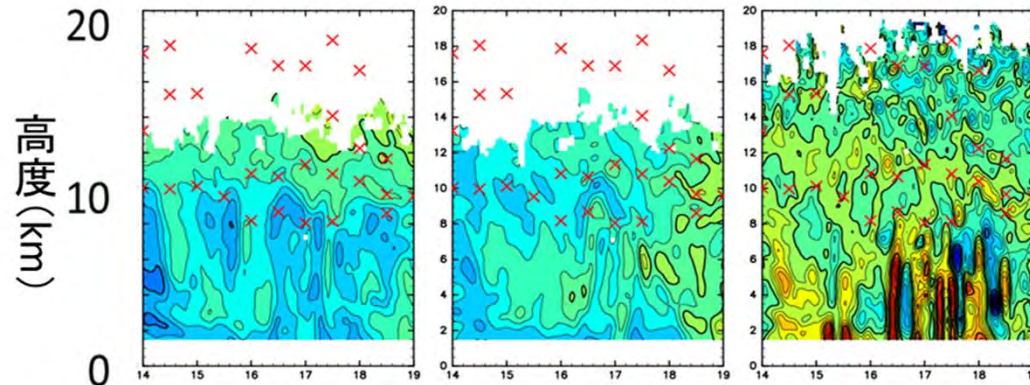


## PANSY観測

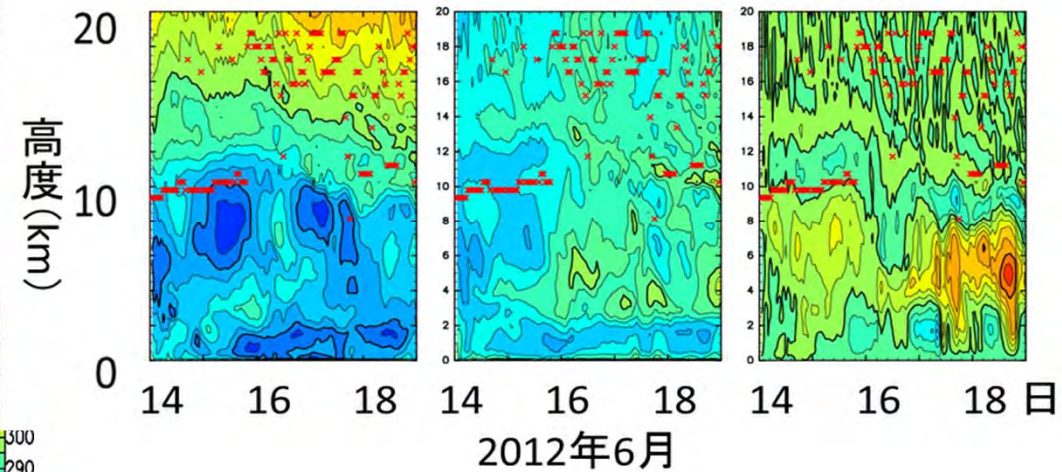
東西風

南北風

鉛直風



## モデル(NICAM)シミュレーション

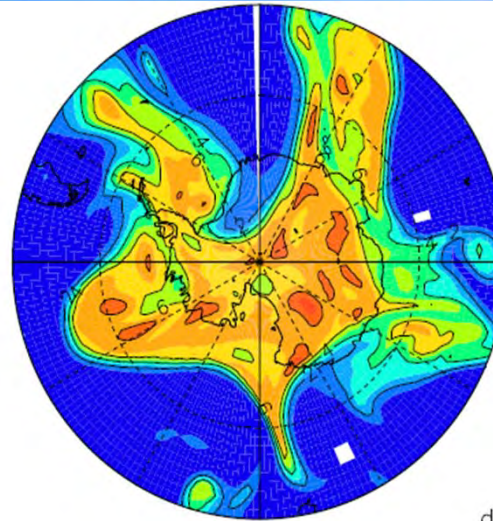
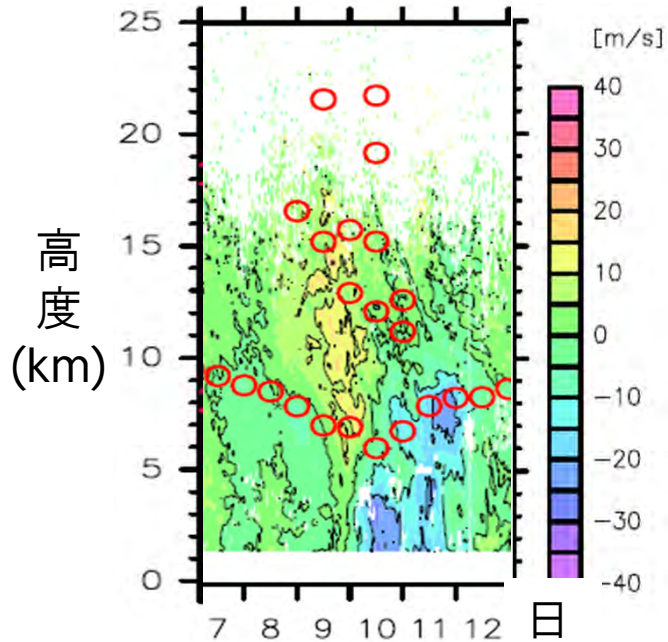


事例解析の積み重ね  
モデルの理想実験による物理の解明



# 対流圏界面の科学

PANSY 観測  
2013年4月



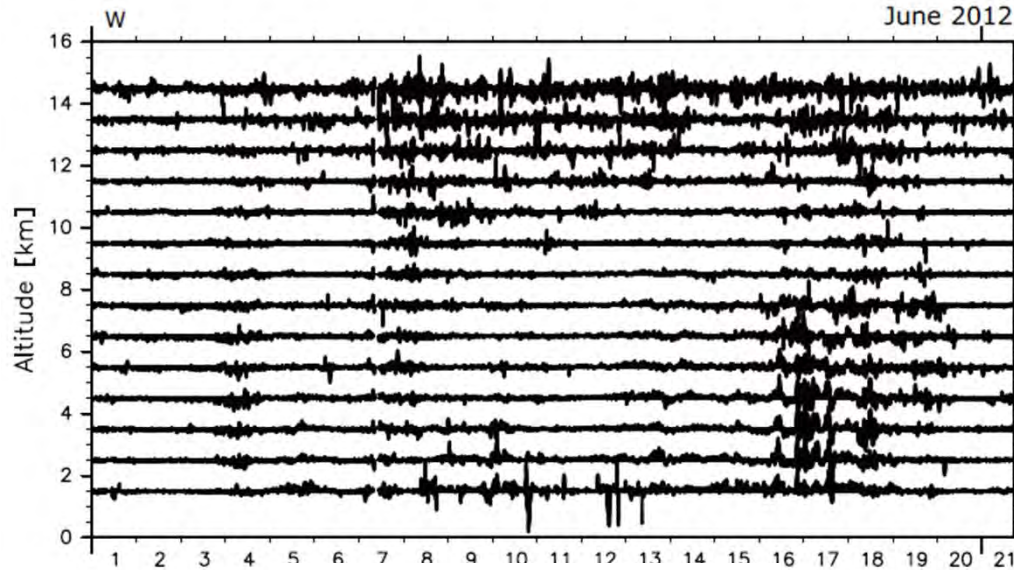
ECMWF PV@315K

低緯度空気の流入

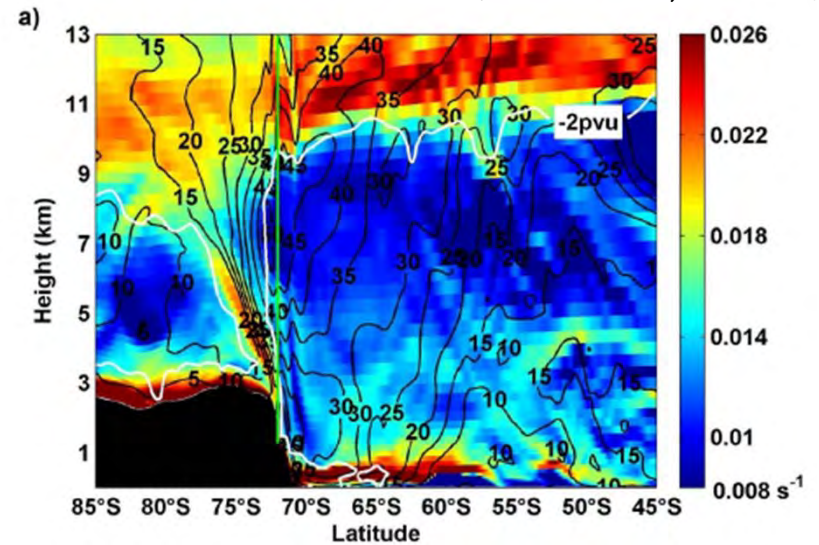
澁谷修士論文(2014)

date: 8.50

Mihalikova et al. (ANGEO, 2013)



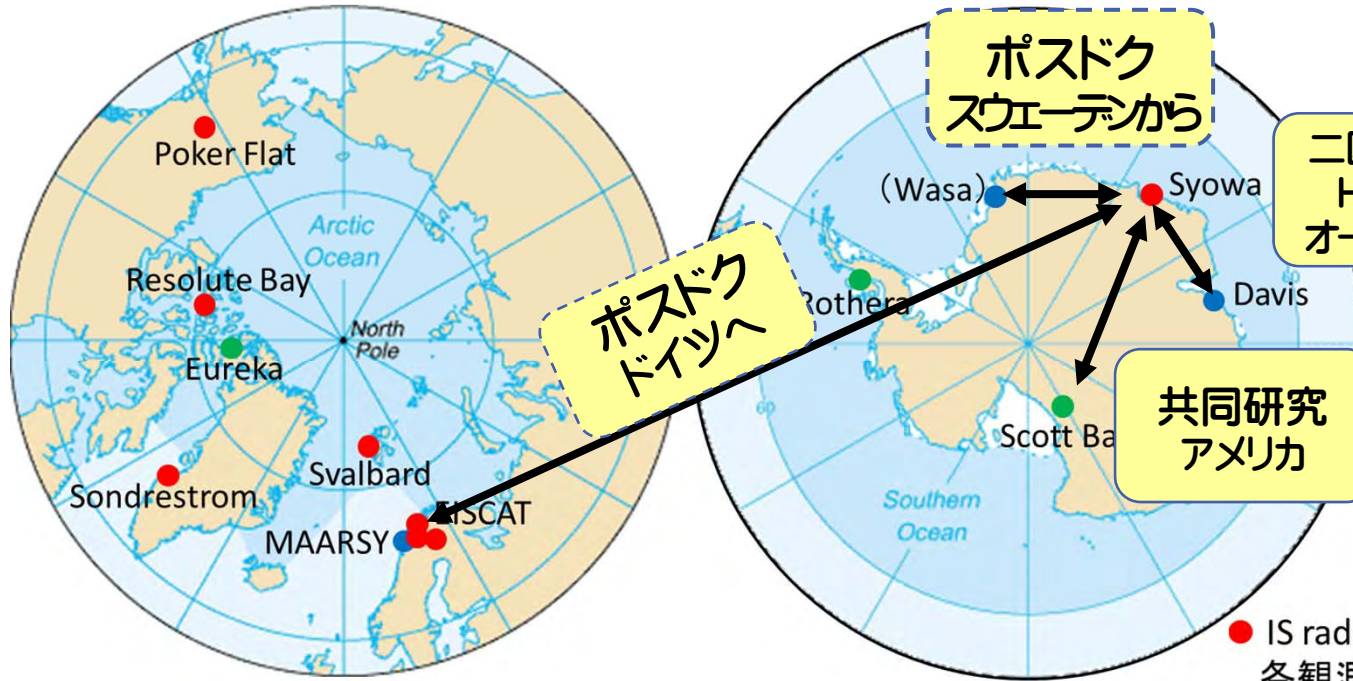
Sato et al (JASTP, 2013)



多重圏界面の成因: 圏界面漏斗 + 重力波



# 国際共同観測の実施



国内・国際シンポ  
等で議論・調整

二国間交流  
H24,25  
オーストラリア

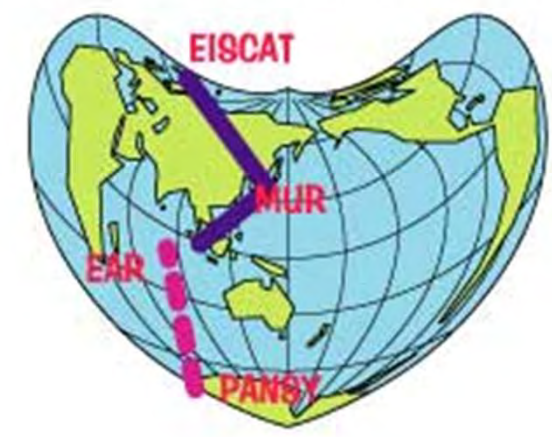
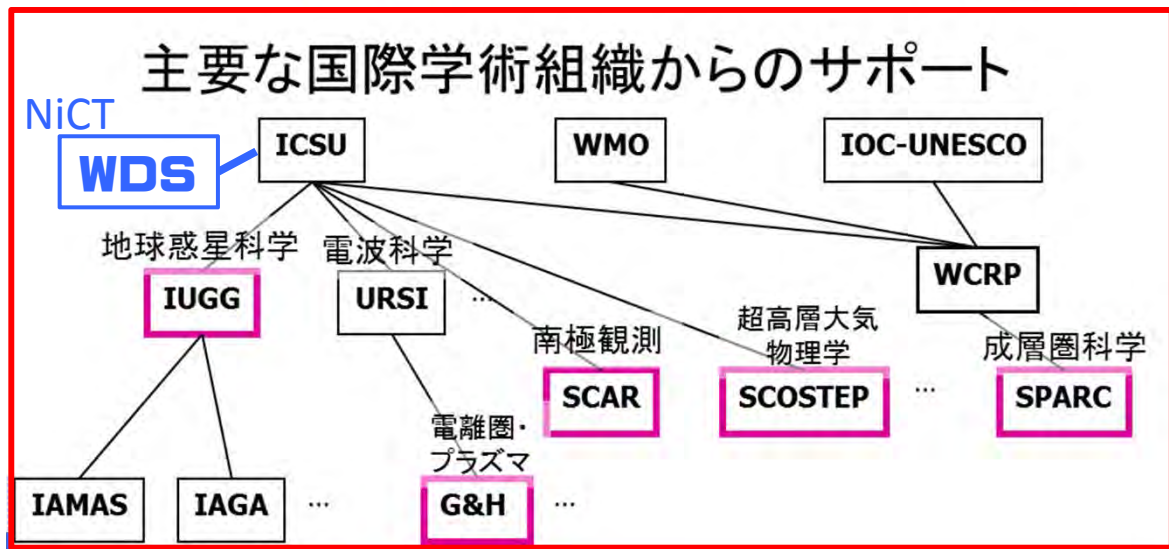
ポストドク  
ドイツへ

ポストドク  
スウェーデンから

共同研究  
アメリカ

世界のレーダー  
同時観測  
&  
現実全大気の高解像  
シミュレーション

● IS radar ● MST radar ● MF radar  
各観測拠点で最大規模の設備のみ表示

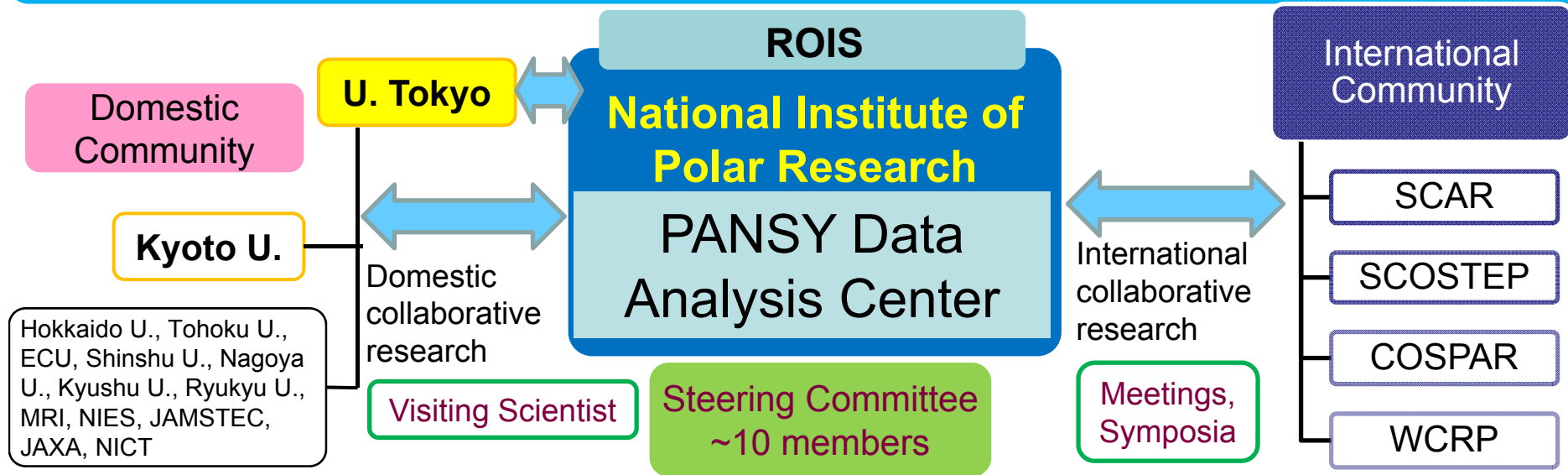


京大  
RISH

日本の大型大気レーダー観測網

# PANSY Data Analysis Center (Oct. 2013 ~)

(under Data-centric Research Commons Project, ROIS)



## Extend domestic/international collaborative research

To be extended

**Radar Operation**

**Data Analysis· Delivery**

**Assimilation Numerical model**

**Technical development Internat'l campaign**

Operation ↔ Real-time data

Data delivery  
↘  
↘  
↘

**Syowa St.**



High resolution modeling



Novel technique