

大型レーダーを用いた南北両極の大気科学の推進

PANSYとEISCAT_3Dを中心として



計画責任者: 佐藤 薫(東大院理、全体、PANSY)、宮岡宏(極地研、EISCAT_3D)

主要メンバ: 佐藤亨(京大院情報)、堤雅基(極地研)、中村卓司(極地研)、
山内恭(極地研)、野澤悟徳(名大STE)、小川泰信(極地研)、
大山伸一郎(極地研)、富川喜弘(極地研)、西村耕司(極地研)、
山岸久雄(極地研)、藤井良一(名大)、佐藤夏雄(極地研)

前回の提案との違い

前回の提案: 大型施設計画

「南極昭和基地大型大気レーダー計画(PANSY)」

PANSYレーダー設置と13年の連続観測による極域大気科学推進

現状:

平成21年度PANSYレーダーの補正予算が認められる
しかし、運用維持費は措置されず

今回の提案: 大規模研究計画

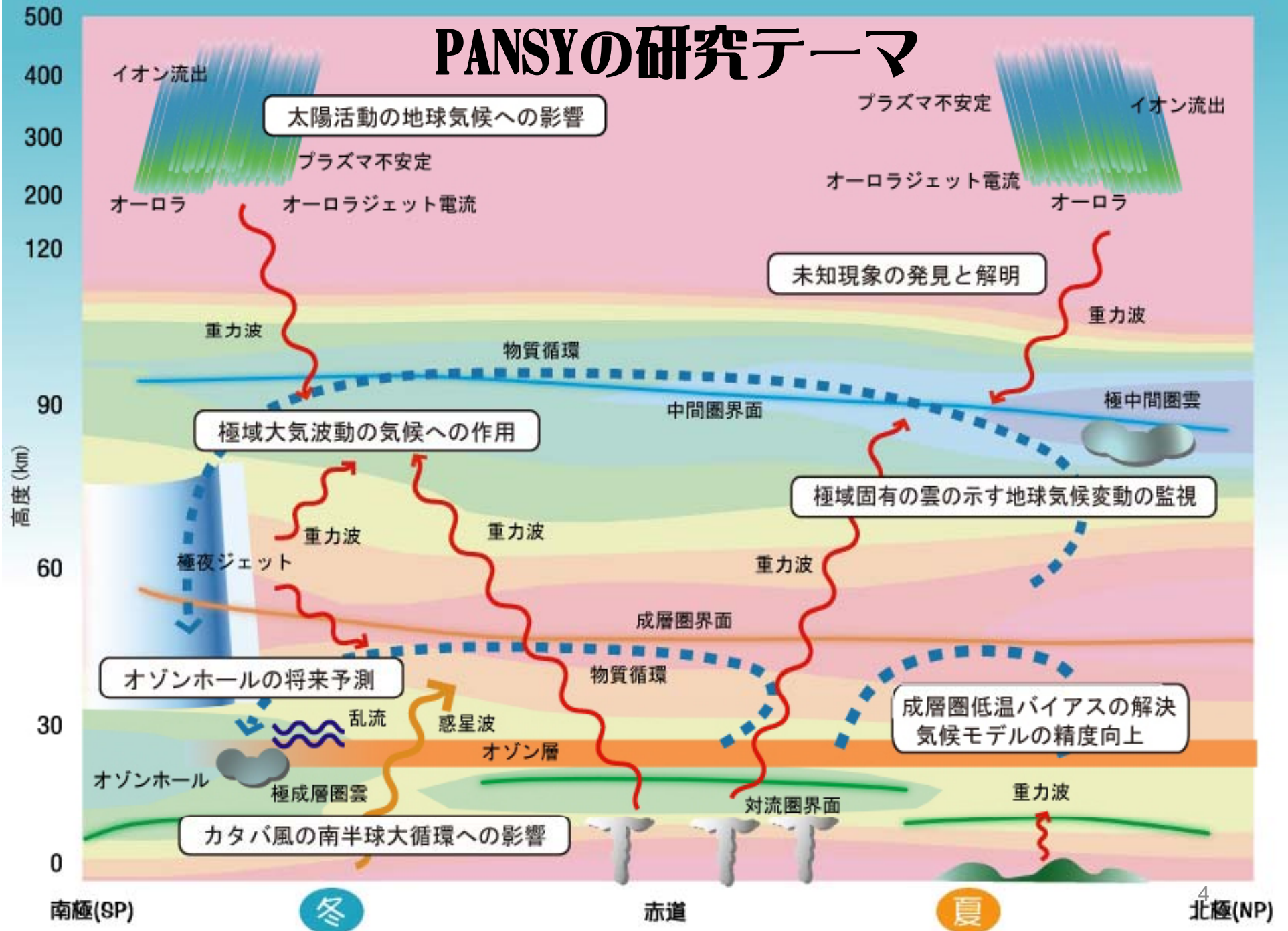
「大型レーダーを用いた南北両極の大気科学の推進」

PANSYとEISCAT_3Dによる大気科学の推進
南極北極大気観測センターの設立

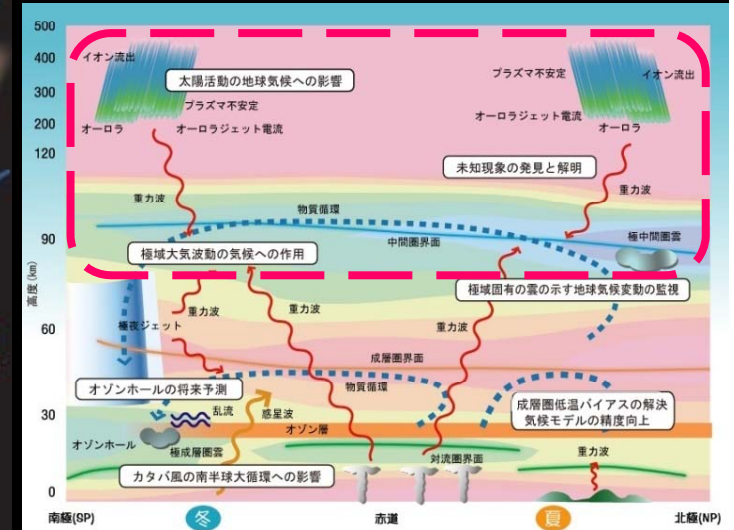
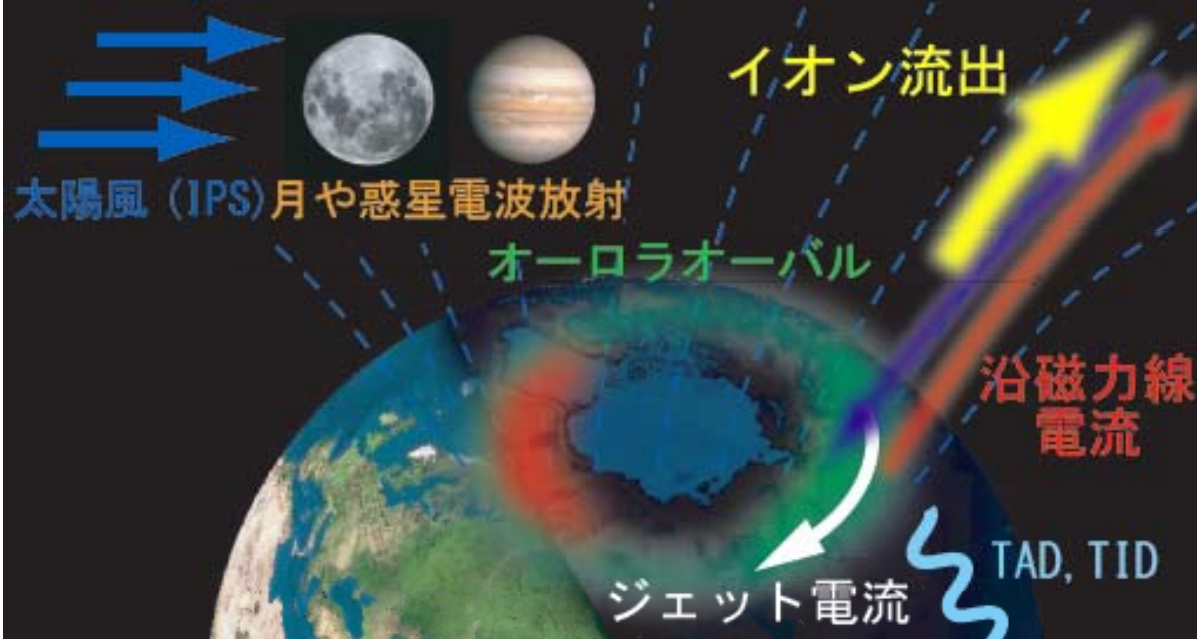
極域科学の重要性

- 人間活動のグローバルな影響が顕著に表れる
 - フロンによる激しいオゾン層破壊(オゾンホール)
 - 極中間圏雲(夜光雲)の出現と拡大
- 宇宙空間とつながっている
 - 磁気圏からの電磁・粒子エネルギー注入(オーロラ)と中間圏にも及ぶエネルギー散逸(化学組成変化)
 - 極域電離圏からのイオン上昇流(宇宙空間への大気流出)
- 地球気候の中での極域の役割
 - 大気波動によって駆動される大気大循環の終着点であり出発点
→ 気候モデルの低温バイアス、両半球のテレコネクション
- 極域固有の現象
 - カタバ風(南極)
 - 極成層圏雲(両極)
 - 成層圏突然昇温(主に北極)
- 他緯度と比較すると基礎的な観測研究がかなり不足
 - 各階層の物理とスケール間結合(数m~2万km)

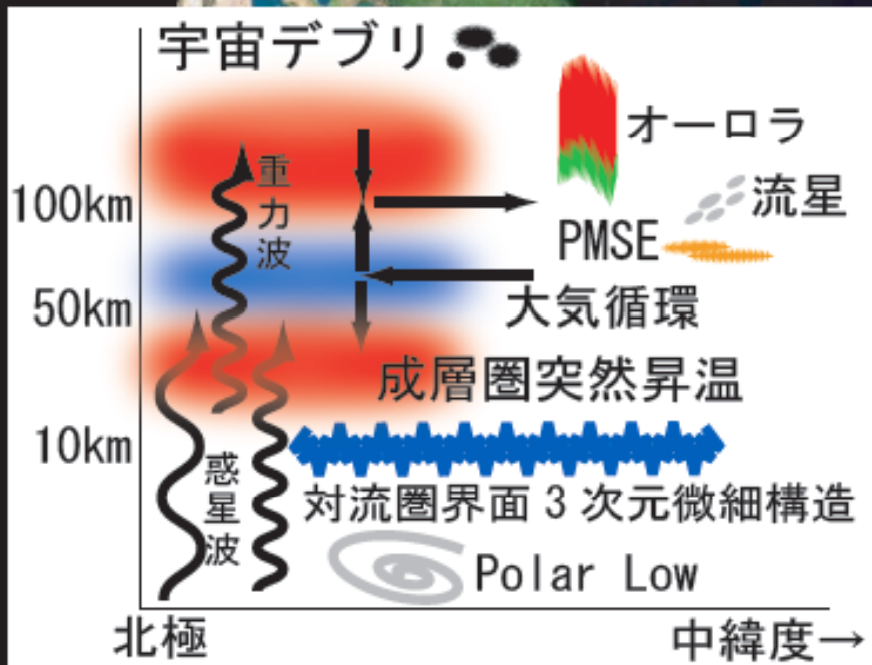
PANSYの研究テーマ



EISCAT_3Dの研究テーマ



PANSYの研究テーマ



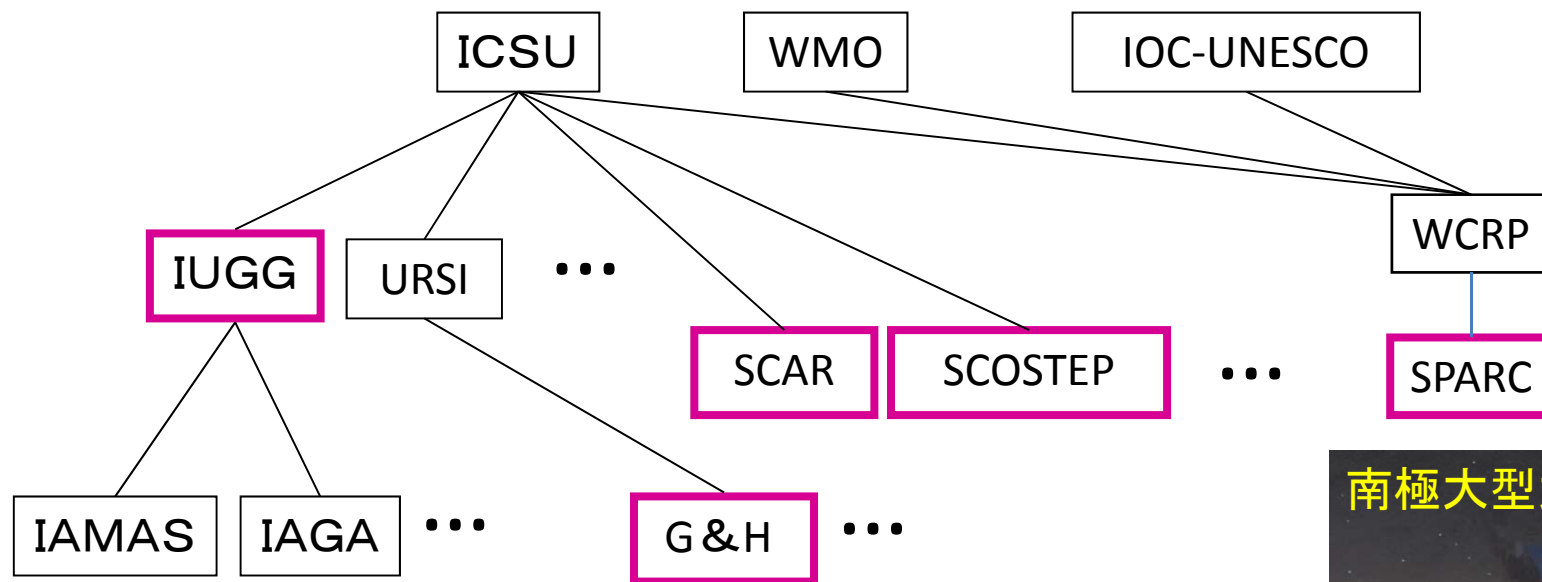
オーロラの生成機構

- ・3次元微細構造
- ・メソミクロスケール3次元電流系
- 領域間のエネルギー収支と物質循環
- ・イオン流出
- 下層大気と超高層大気の上下結合
- 超高層大気の長期変動
- ・GHG増加に伴う中間圏・熱圏の寒冷化



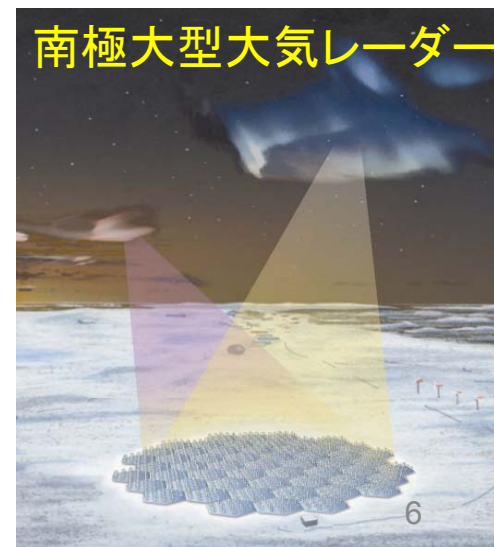
PANSYに対する国際学術組織の提言

MST/IS Radar in the Antarctic



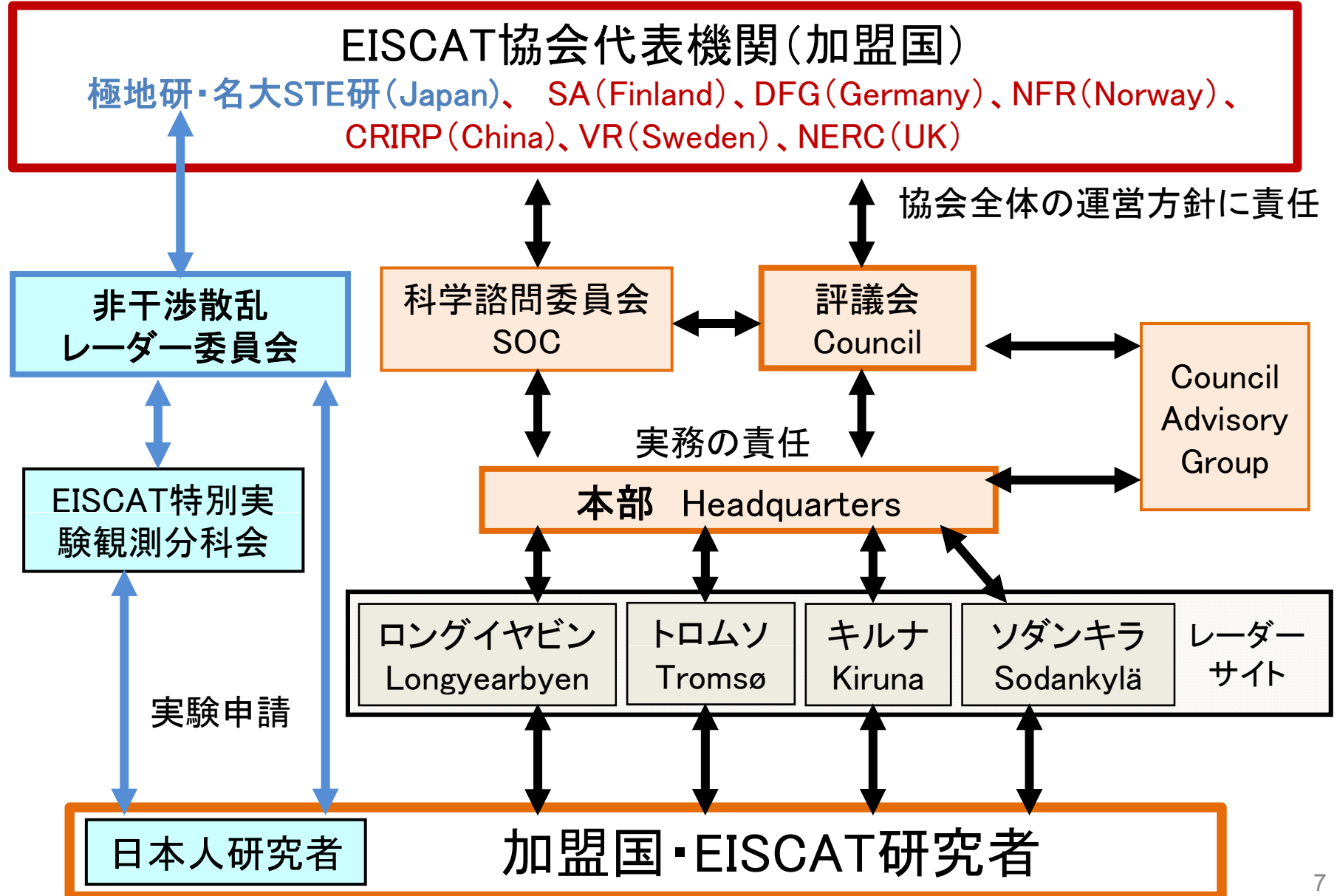
IPY2007-2008:

パイロットシステム（下部熱圏探査レーダー）
学術会議・総合科学技術会議のドキュメント





EISCAT国際組織と国内体制

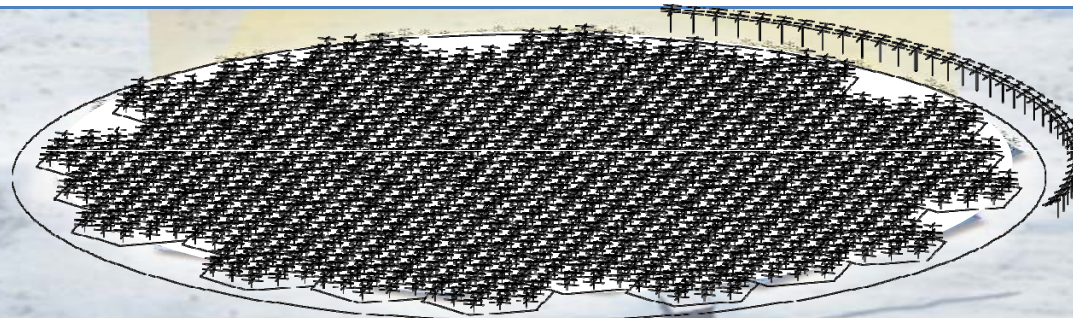




PANSYレーダー基本諸元

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

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の準円形アレイ 約18000m ²
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



PANSYの準備状況

• 技術的困難の解決、建設へ

レーダー開発(6年)→概算要求→補正予算にて建設→(運用)

隔絶した環境での運用可能なレーダーの開発と現地試験
(省電力、省重量、省工期、耐強風、耐低温)

今年度観測隊派遣・レーダー建設(11月12日記者発表)

• コミュニティでの議論

- 国際: IUGGを含む5つの主要国際学術組織からの提言
- 国内: 特別セッション・シンポジウムの開催
(08春: 気象学会、08秋: SGEPSS、10春: JpGU、11春: 気象学会)
- 南極観測計画での位置づけ: 2010年からの公募重点研究観測に採択

• 問題点

- 運用・保守(13年)のための予算がついていない
- コミュニティで観測研究を組織的に展開するためのセンターが必要
- PANSYのほうを検討は先だったのに、ほぼ同規模の北極のMAARSYが半年早く観測を開始する(もう待ったなし)!



PANSYの科学1:極中間圏雲(夜光雲)

高度約85kmの夏の低温域

人間活動の影響により出現した？

(最初のレポートは1885年。昨年中緯度でも出現)

気候変動のカナリア

人間活動の影響

温室効果気体の増加

→中間圏の寒冷化

エアロゾルの増加

→雲核の増加

メタンの増加

→水蒸気増加

PANSYでできること

✓雲内外の循環

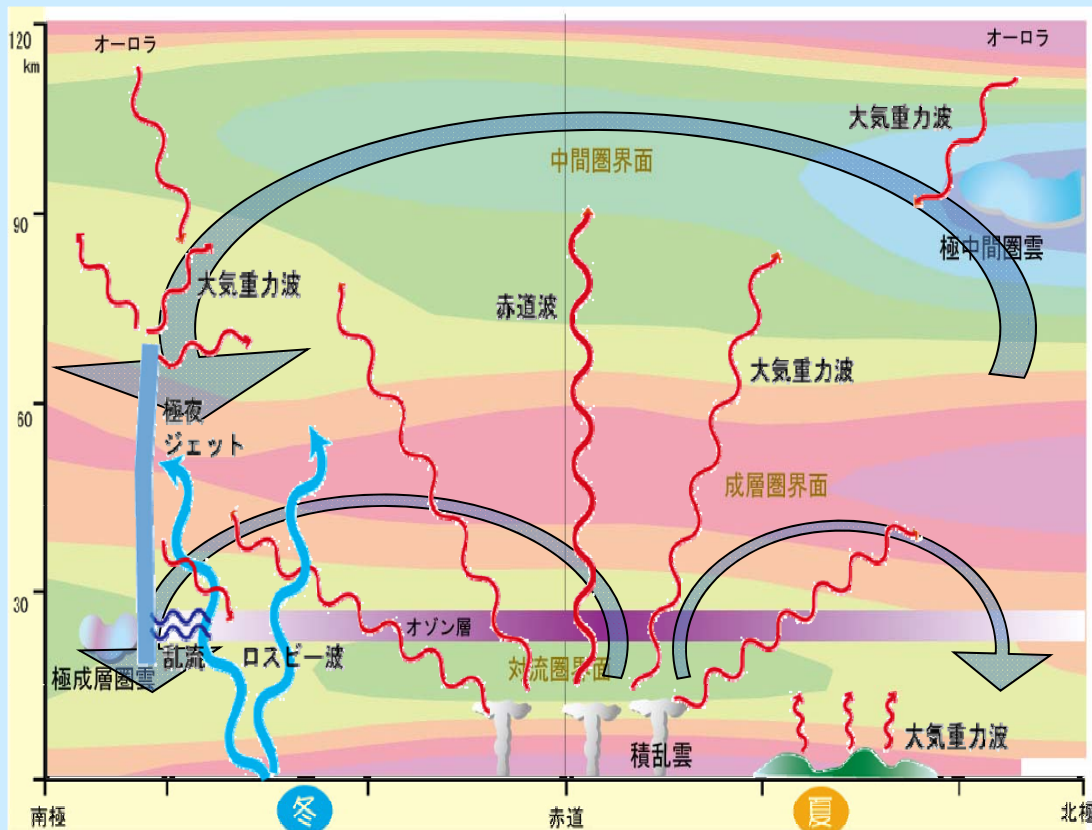
✓雲の3次元微細構造

✓生成メカニズム



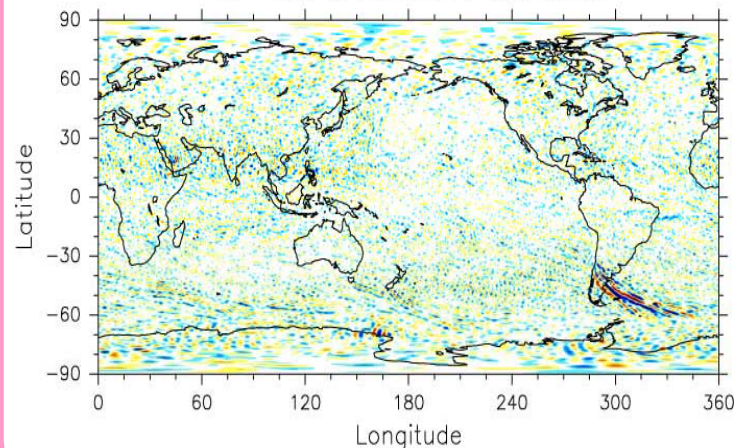
PANSYの科学2:大気波動の物理学

重力波の作用は定量的に未説明 (特に極域)



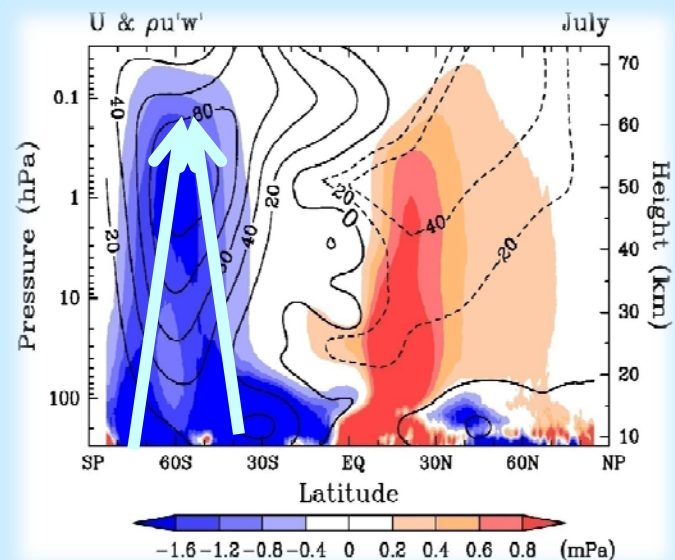
高解像度気候モデルによる重力波シミュレーション

div 10hPa, 0000UTC 7 Aug year5



PANSYでできること

- ✓ 重力波に伴う運動量輸送の評価
 - 気候モデルの低温バイアスの解決
 - 極成層圏雲の予測 → オゾンホール予測



極域には重力波が集まってくる¹



EISCAT_3D基本諸元

高度60～2000 kmのプラズマパラメータや3次元風速を高精度高分解能で観測

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、レーダー視野：天頂角<40度
中心周波数	225-240 MHz(波長：1.2-1.36 m)
アンテナ	コア(送受信)局：16000本*の直交八木アンテナ、直径120m 4つの受信局：8000本の直交八木アンテナ コア局から50-150 kmの距離に設置 (*最大32000本)
送受信機	49個の送受信モジュール 送信ピーク電力 2MW以上、デューティ比 0-100%で可変 干渉手法により、高度100 kmで最高20 mの空間分解能
周辺施設	レーダーサイト内にデータ及びオペレーションセンターを設置





EISCAT_3Dの準備状況



LOFAR station: a possible receiver design for EISCAT_3D.

• 計画の位置づけ

- EISCAT評議会での最終決定(2008年)
- 欧州研究インフラ戦略フォーラム(ESFRI)のロードマップに採択(2008年12月)。環境分野は欧州全体で10提案のみ
- EU枠組み計画(FP-6) EISCAT_3Dデザインスタディ(2005-2009年) 約x.x億円
テスト用フェーズドアレイ設置(キルナ)。VHF帯受信波を用いたテストを実施済
- EU枠組み計画(FP-7) 準備フェーズ(2010-2014年) 実施支援: 約x億円
- EISCAT_3Dプロトタイプ受信局をフィンランド北部に建設中。約x千万円

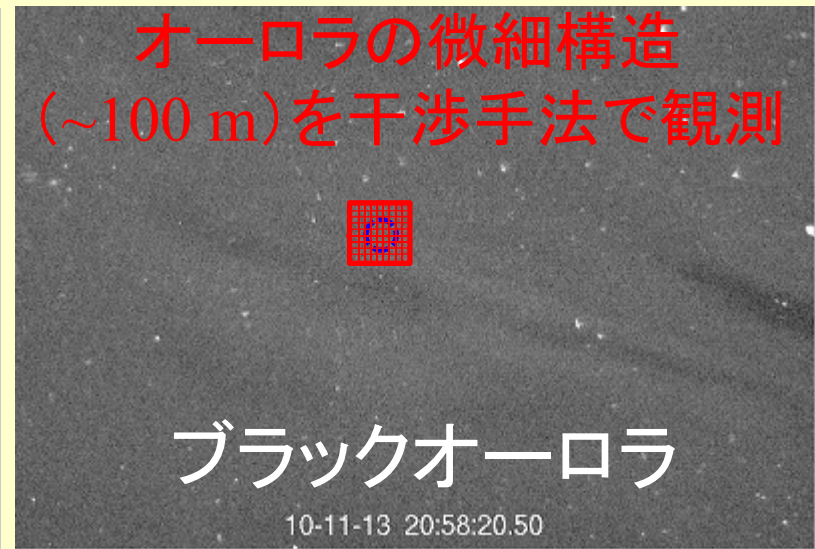
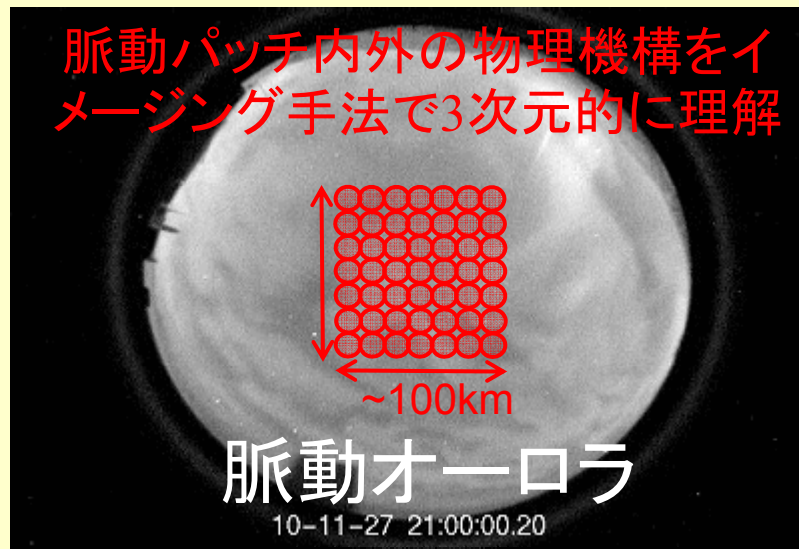
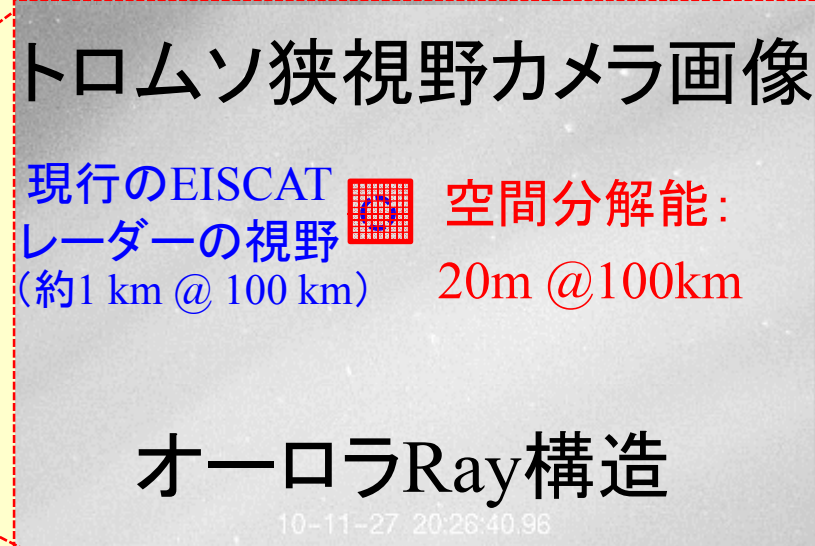
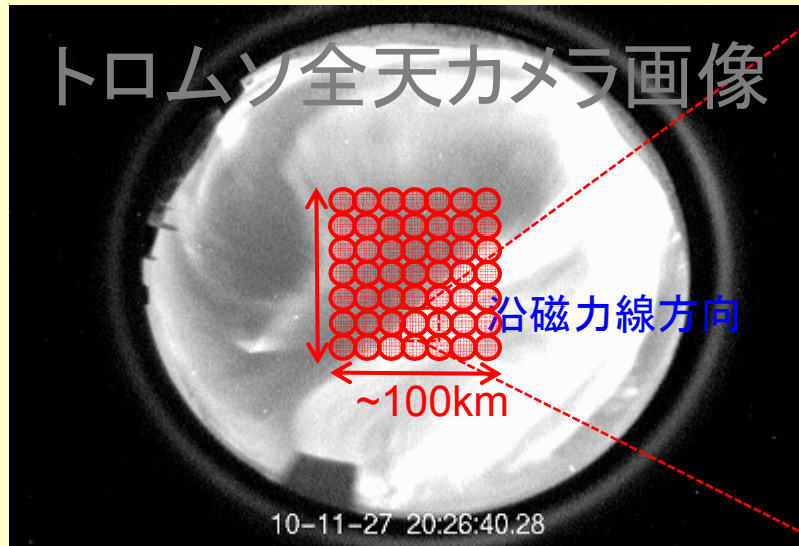
• EISCAT_3Dコミュニティの合意形成

- 国際EISCAT: 2003年より計画検討開始。毎年検討会議開催
40研究機関からのサポートレター(2009年)
国際コミュニティ: 国際会議(EGU、COSPAR等)のセッションで検討
- 国内: 2003年よりEISCAT_3Dの検討開始

• 今後解決すべき点

- EISCAT_3Dの建設(2014-2015年)と運用予算(2016-2045年)は、各国の共同出資が必要
- EISCAT_3D計画のサイエンス集約組織が必要
→ EISCAT_3D国際ワーキンググループ(7名含む日本1名)結成(10年)

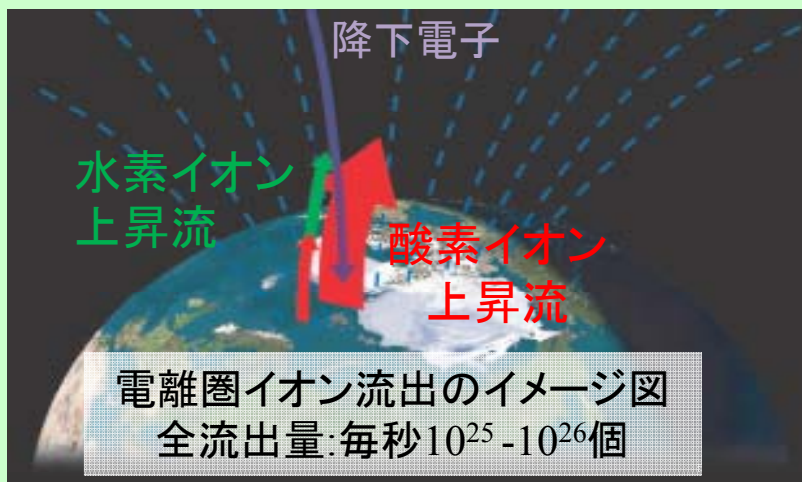
EISCAT_3Dの科学1: オーロラの3次元構造



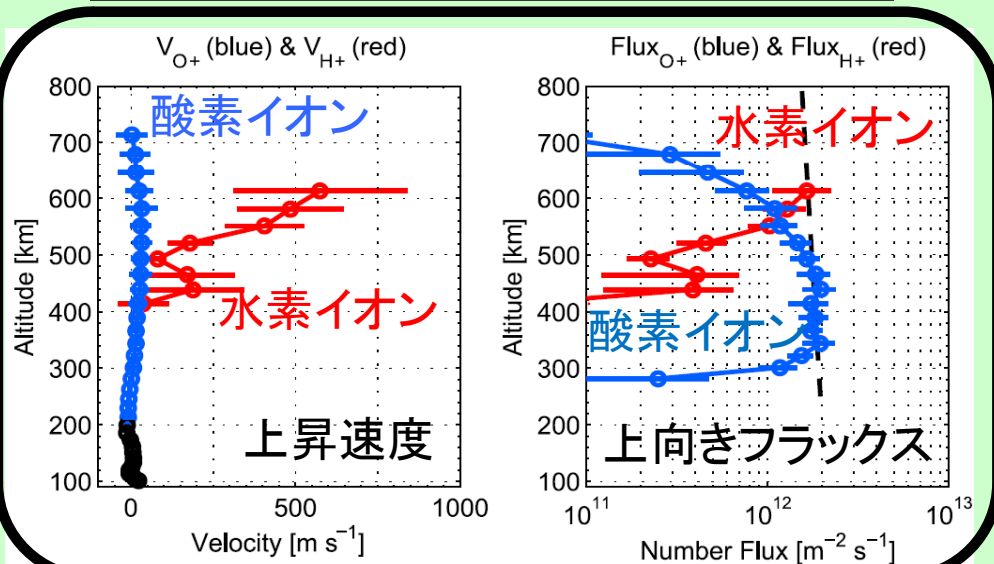
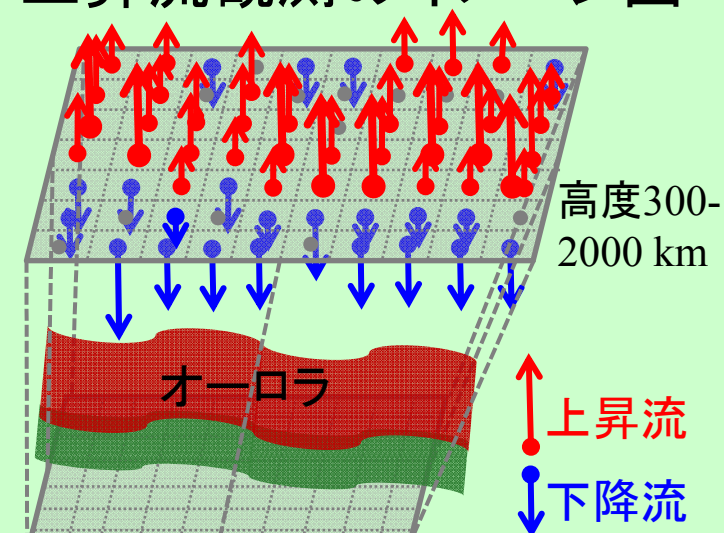
現在のEISCATレーダーでは、基本的に1点のみを3局観測。
→ EISCAT_3Dでは3次元構造をマイクロ&メソスケールで理解可能に。14

EISCAT_3Dの科学2:極域電離圏イオン流出

磁気圏の組成やダイナミクスに大きな影響。流出機構や流出経路の理解は不十分。



EISCAT_3Dによるイオン 上昇流観測のイメージ図



現行のEISCATによる組成毎のイオン上昇流の例
(しかし長時間積分必要&1次元観測のみ)

EISCAT_3Dでできること

- ・イオン上昇流の3次元構造観測
 - ・広い高度での流出イオン組成導出
 - ・プラズマ加熱/擾乱の3次元可視化
- イオン流出の発生機構の解明

南極域

本計画による日本の国際貢献

北極域

AMISR(米)



PANSY

磁気圏

熱圏/
電離圏

中間圏

成層圏



対流圏



MAARSY(独)

最先端の日本の技術を駆使した国際共同極域大型大気レーダ網で
温暖化等の気候変化や太陽活動の地球気候への影響を解明
地球気候予測の高精度化へ

年次計画と予算(総額xxx.xx億円)

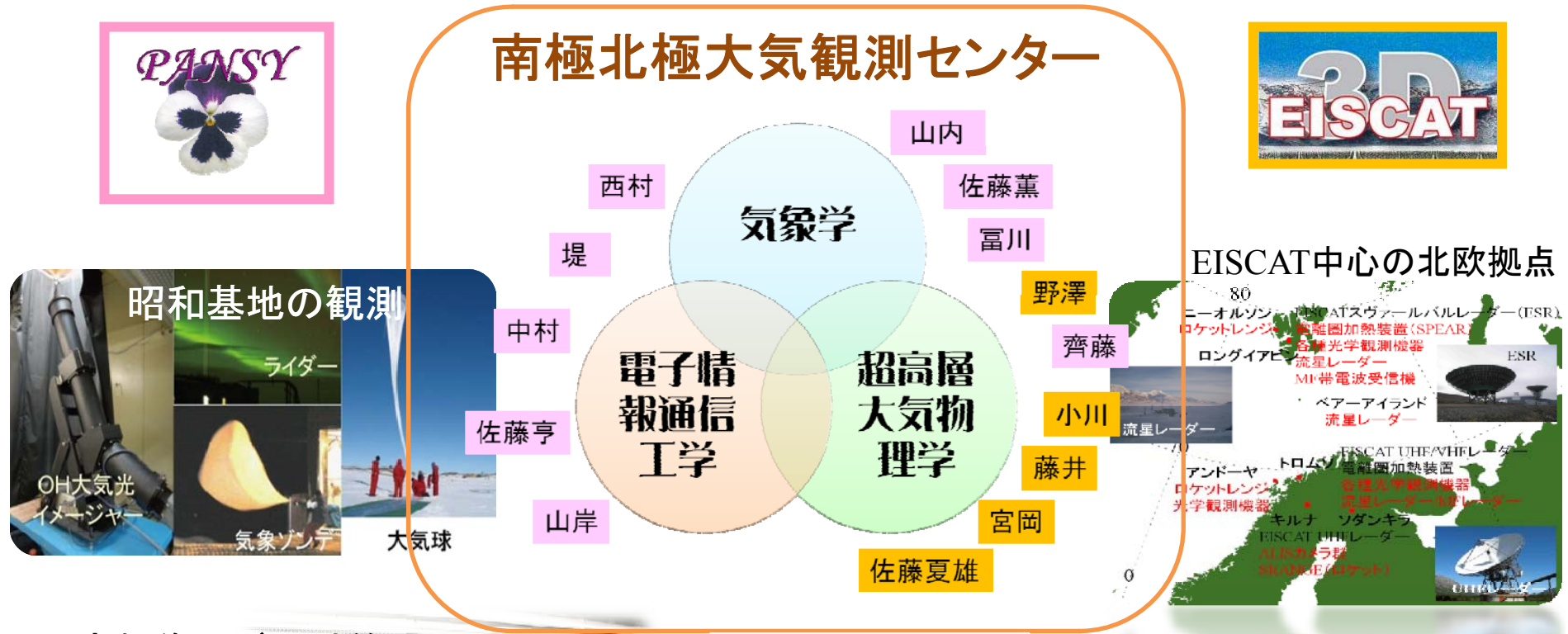
	2011年度	2012	2013	2014	2015	2016以降
	観測運用・維持費:x.x 億円/年x13年、キャンペーン観測:xxxx万円/年x13年 特任教員+ポスドク3名:xxxx万円/年x13年					
運用	建設と試験観測			本観測		
規模	ミニシステム 観測 (MST/IS調整)	フルシステム観測 (55Ch、FAI調整)				
サイエンス	対流圏開始	成層圏・中間圏・ 電離圏追加	イメージン グ開始	定常観測・昭和基地特別観測 ・国際共同キャンペーン観測等		
	観測運用費:x 億円/年x13年、特任教員+ポスドク3名:xxxx万円/年x13年 2014年度:設置分担金(Max xx億円、おそらくxx億円程度)					
EISCAT	現行観測			←終了(ただしESRは継続)		
EISCAT_3D	準備フェーズ			建設	本観測	
南極北極 大気観測 センター	人件費・旅費等:xxxx万円/年x13年					

科研費:新学術領域申請(11-16年度)、データ公開促進費採択(10年度)

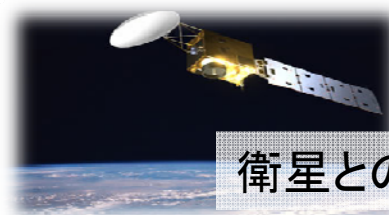
研究組織：3分野の融合プロジェクト



南極北極大気観測センター



高解像モデル計算



衛星との比較研究

国際協力

東京大学・極地研・名古屋大学・京都大学を中心とする国内研究グループ
11大学(北大・東北大・電通大・信州大・京都女子大・高知工科大・九大・琉球大)
8研究所(気象研・国立環境研・統計数理研・情報研・JAMSTEC・宇宙研・NiCT)