

昭和基地SuperDARN 研究観測将来計画 ～南極観測第X期6か年計画～ SuperDARN plan for Phase X JARE project



Yukimatu, A.S.^{1,2}, T. Nagatsuma³, N. Nishitani⁴, T. Hori⁴,
K. Hosokawa⁵, M. Watanabe⁶, H. Kawano⁶, Y. Ebihara⁷,
H. Maeno³, R. Kataoka^{1,2,8}, Y. Tanaka^{1,2,8},
K. Nishimura⁷, Y. Kadowaki^{1,8}, and N. Sato¹

¹NIPR, ²SOKENDAI, ³NICT, ⁴ISEE/Nagoya U., ⁵UEC,
⁶ICSWSE/Kyushu U, ⁷RISH/Kyoto U., ⁸PEDSC/ROIS

Syowa SENSU radars status

経緯:



- 1995年: SuperDARN創設、Syowa South観測開始。
- 1997年: Syowa East稼働開始。
- 2001年: IQ生時系列データと流星風データ取得開始。
- 2005年Syowa South Stereo radar化
+Syowa East干渉計アンテナ追加。
- 2008年Syowa Southデジタル受信化等。
- 2017年～空中線更新作業開始
- 2021年南極観測第X期6か年計画でモニタリング観測移行計画
- 空中線保守と更新: 素子周り、振留線等破損多く高保守負荷
・2013,2015年老朽化によるブーム折損発生→ワイヤー式に更新へ
- 電監検査: 電波法改正に伴う送信機改修中
- 混信問題: 近接設置大型大気レーダーとの混信抑制。
 - 低域濾波器不十分、風との相関?、空中線/送信機保守強化。
- 第X期(2022-2028)中に空中線・送信機等更新計画



南極観測における昭和基地SENSUレーダー研究観測経緯と成果

▼第4期(33-37次)-第5期(38-42次): 1995年創設時にSuperDARN加盟。

1995(36次)で第1レーダー、1997(38次)で第2レーダー設置・観測開始。

GEOTAIL等衛星同時観測によるPc3-5波動の動態の解明。磁気圏尾部磁気再結合に伴う電離圏現象の発見。流星観測による中間圏界面領域中性風高度profile観測の実現。

▼第6期(2002-6(43-47次)): P2-1「南極圏広域観測網による太陽風エネルギー流入と電磁圏応答の研究」:

昭和基地レーダーによる極域夏季中間圏エコー(PMSE)のSuperDARNでの初観測を実現、PMSE発生率の増加傾向を明らかにし、地球温暖化に伴う極域中間圏界面の寒冷化を示唆。レーダー・光学観測を用いた南北面的共役性の研究の展開。

▼第7期(2007-2010(48-51次)): IPY2007-2008のICESTAR/IHYに呼応し広域観測で貢献。

脈動オーロラの明滅と電場変動の同期の発見、ブレイクアップオーロラアーク通過時の双極性電場変動の発見。高時間分解能の2次元プラズマ対流データの取得技術の確立。流星による中性風観測精度向上。

▼VIII期(2011-2016): AP39: SuperDARNレーダーとオーロラ多点観測から探る磁気圏・電離圏結合過程・レーダー・地上光学・衛星同時観測によるSC/SI現象に伴うオーロラ・電離圏対流、波動現象等の消長についてのSCモデル実証の成功。

・脈動オーロラと電離圏電場の関係やその生成機構に関する新たな知見。

・ERG衛星との連携観測準備を進め、電離圏での磁気圏領域同定手法開発中、SCに伴う波動現象の発見

・極中間圏夏季エコーや中規模伝搬性電離圏擾乱、熱圏Na層に関する新たな知見。

・磁場がほぼ無い太陽風に対する地球磁気圏の応答について、電離圏対流増大等、新しい発見と理論解釈、IX期の低太陽活動期における超高層大気の応答研究に繋がる先駆的研究。

■IX期(2017-2022): SD: グランドミニマム期における極域超高層大気と内部磁気圏のダイナミクスの研究

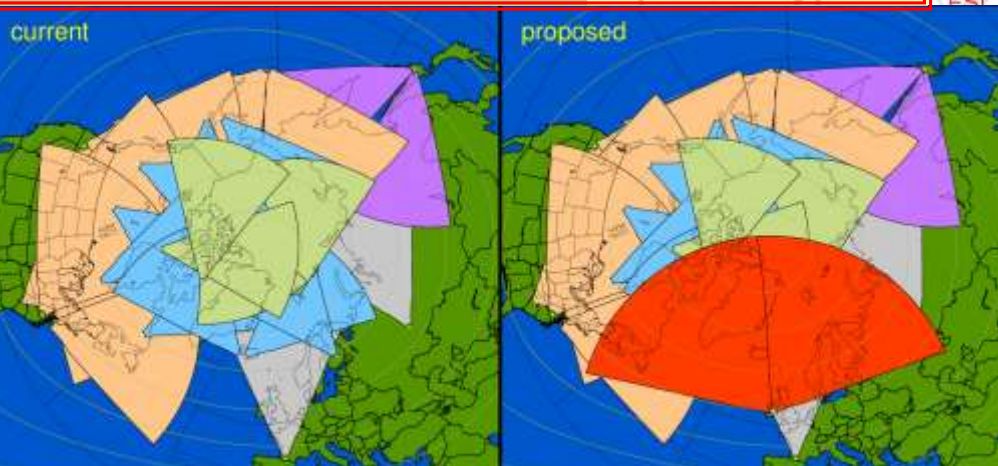
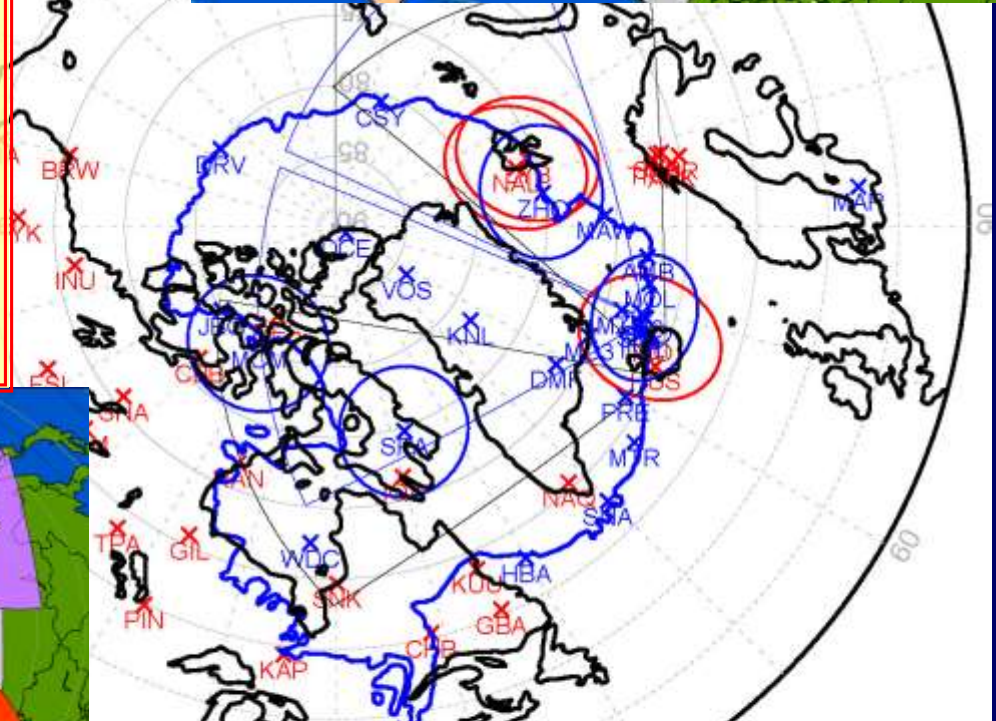
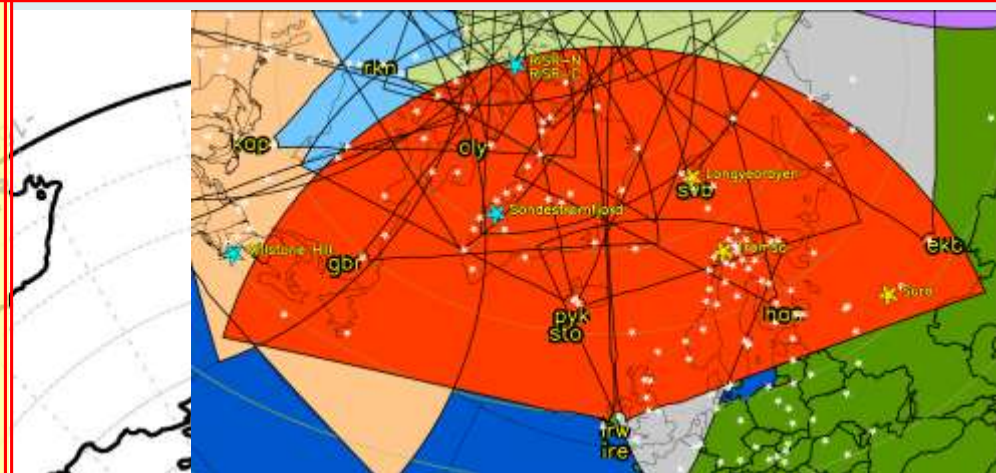
・ERG衛星との連携Campaign観測実施。VIII期ドームふじ基地光学観測データ回収。

・近距離エコーの高精度校正による流星・PMSE等の高精度観測。国内外の共同研究・連携体制の強化。

・20年に亘る観測により、空中線や送信機の老朽化や故障が発生、空中線更新・電監準備作業開始。

広域共役点観測～点から面、更に地球規模へ

- **Syowa-Iceland pair (so far mainly)**
 - Limited area – fine comparison between 2 points but large daily/seasonal/secure variation.
- **Syowa East +Zhongshan pair and Iceland East – Svalbard pair**
 - Comprehensive G.B. facilities in Svarbard and Zhongshan
 - Syowa : comprehensive GB facilities like Many opt. inst., MST/IS/MF radar, Lidar etc.
But no SD radars so far whose FOV covers over Syowa (and Iceland widely) though Tjornes on Iceland covered by Iceland East – many optical simultaneous researches.
- **However,... SD is still grouwing...**
 - Iceland will be covered by new Ireland radars possibly (hopefully) soon (2017??)
 - Many potential research targets including auroral, subauroral and inner magnetospheric studies...
(proposal by Simon Shepherd, USA)

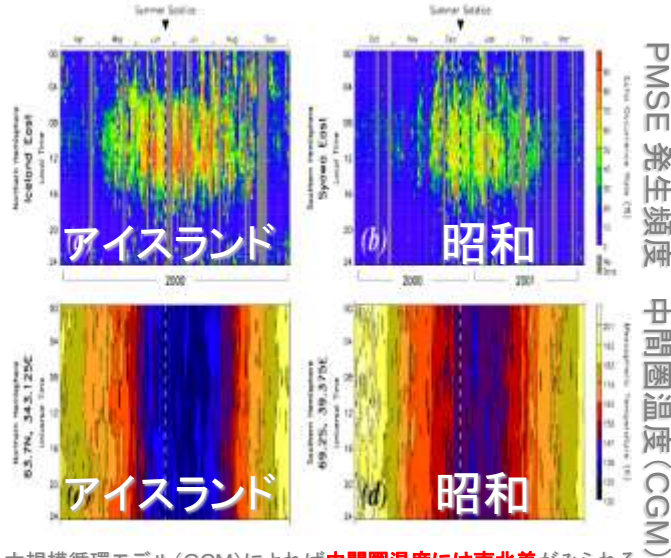


Courtesy of A Kadokura

Courtesy of S. Shepherd

Precise neutral wind and PMSEs observation

PMSE 出現頻度には南北差が見られる: 昭和とアイスランドでは1.5倍違う



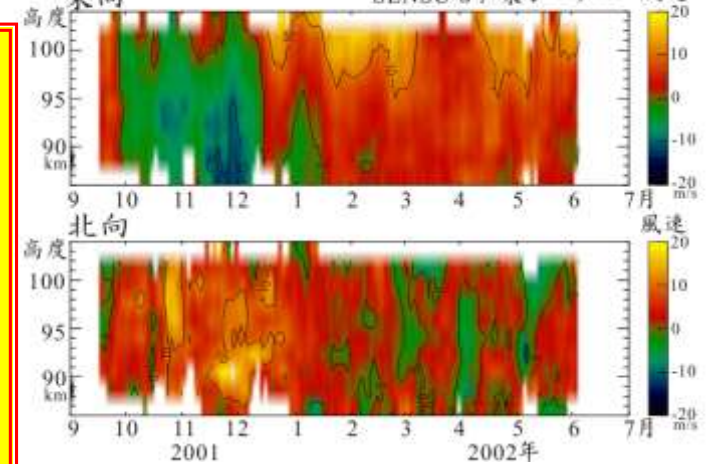
大規模循環モデル(GCM)によれば中間圏温度には南北差がみられる。

PMSE の発生頻度に見られる南北差も南北の温度差に起因しているのだろうか？

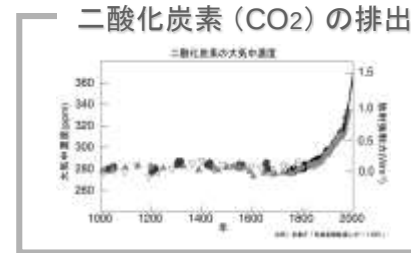
PMSEs detected at Syowa SuperDARN radar firstly obtained in SD radars and its yearly variation – possible relationship with global warming?

**SuperDARN-
first-ever
precise neutral
wind altitude
profile obtained
at Syowa radar**

中間圏界面領域における平均中性風の季節変化
東向 SENSU昭和東レーダー 風速

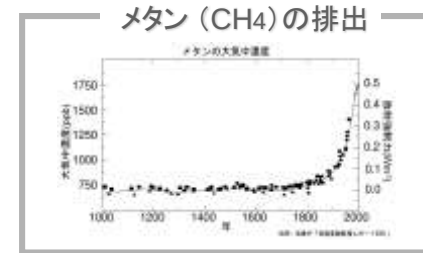


人類の社会生活



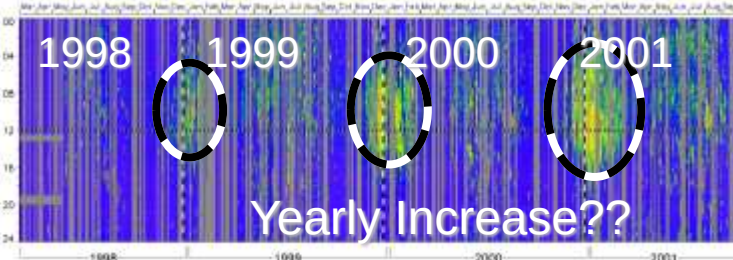
CO2による赤外放射

中間圏
寒冷化

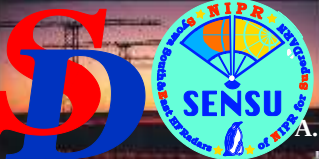


PMSE 発生頻度長期変動(昭和) 酸素原子との化学反応

水分子の
増加

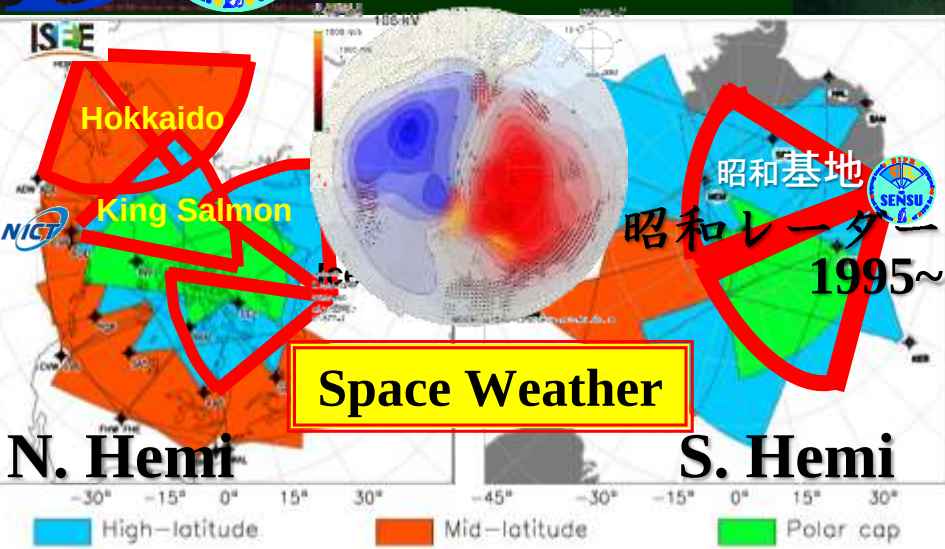


増加傾向にあるかどうかを確かめるにはさらに長期にわたる観測データの蓄積が必要。



SuperDARN in JARE phase IX (2017-2022)

A. S. Yukimatu(PI), H. Miyaoka, T. Nagatsuma, N. Nishitani, K. Hosokawa, T. Hori, M. Watanabe, H. Kawano, Y. Tanaka, Y. Ebihara, N. Sato, A. Kadokura



With International SuperDARN and optical obs. network

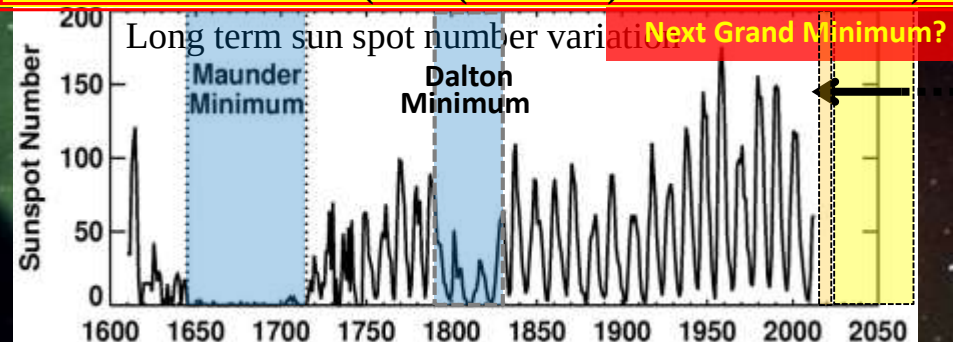
■ Grand minimum influence to polar upper atmosphere

■ Inner Magnetosphere Dynamics

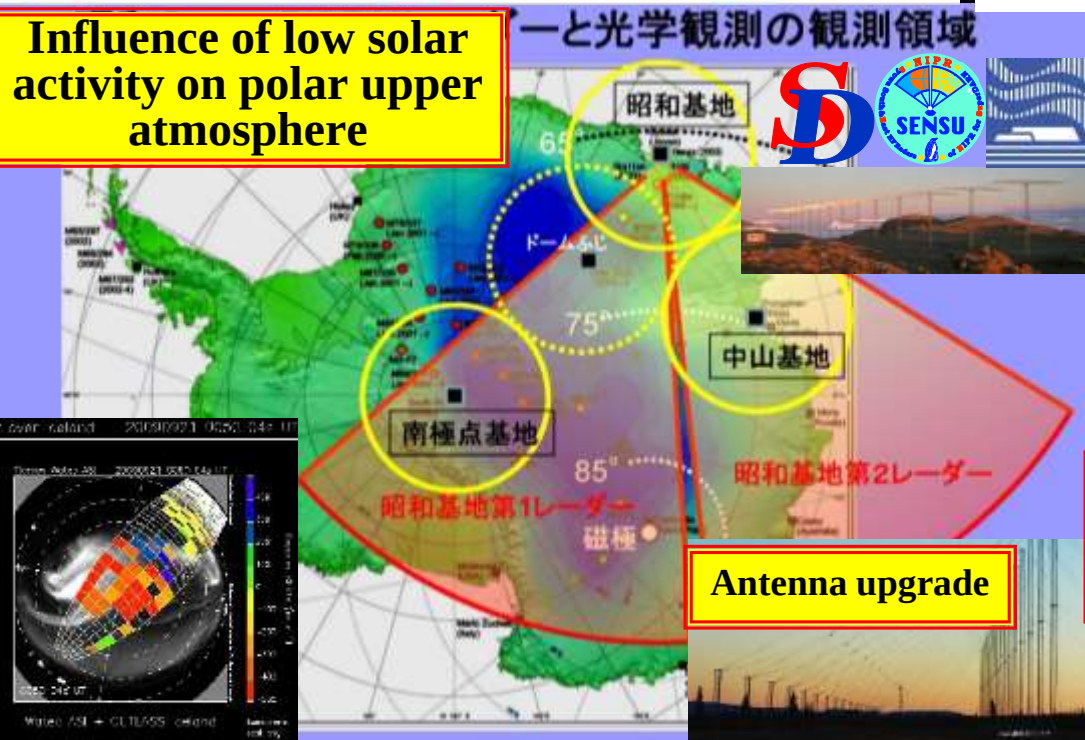
★ with ERG(Launched Dec. 2016)/VAP

■ Contribution to Space weather research

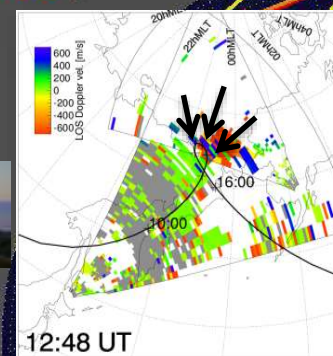
★ contribution to VarSITI(ISEST(MinMax24)/SPeCIMEN/ROSMIC)



Influence of low solar activity on polar upper atmosphere



ERG for 72 hours 2017/03/08 00:00 - 2017/03/11 00:00



Inner magnetosphere research with ERG/VAP

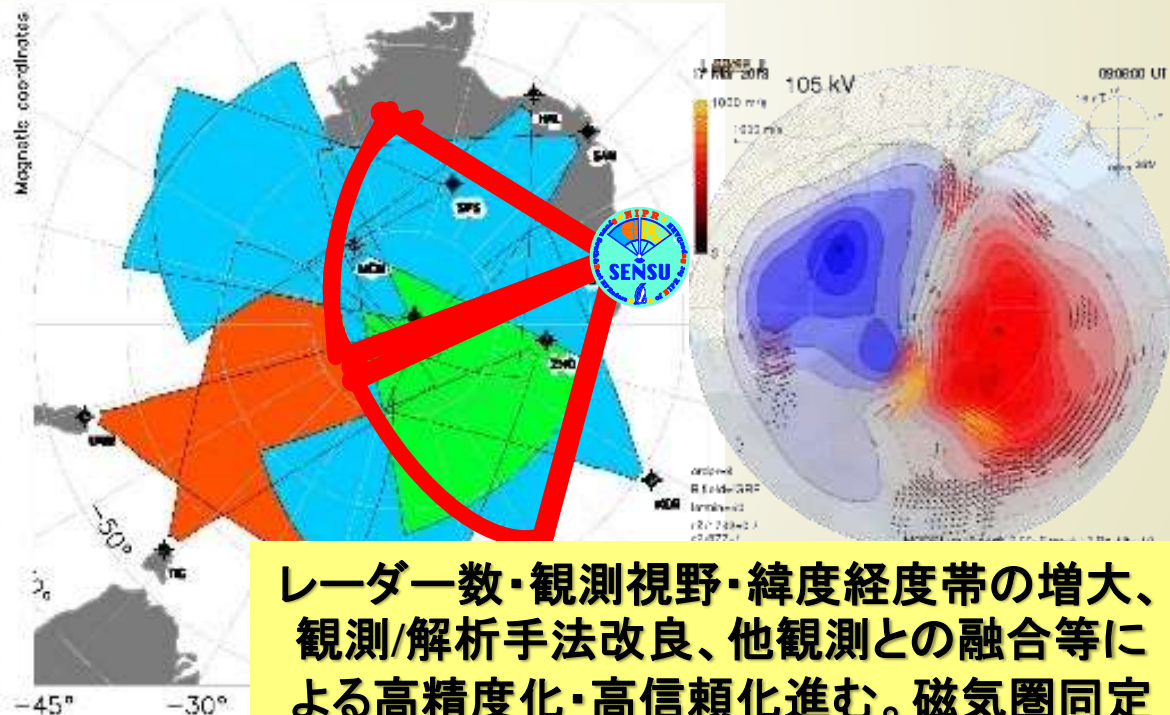
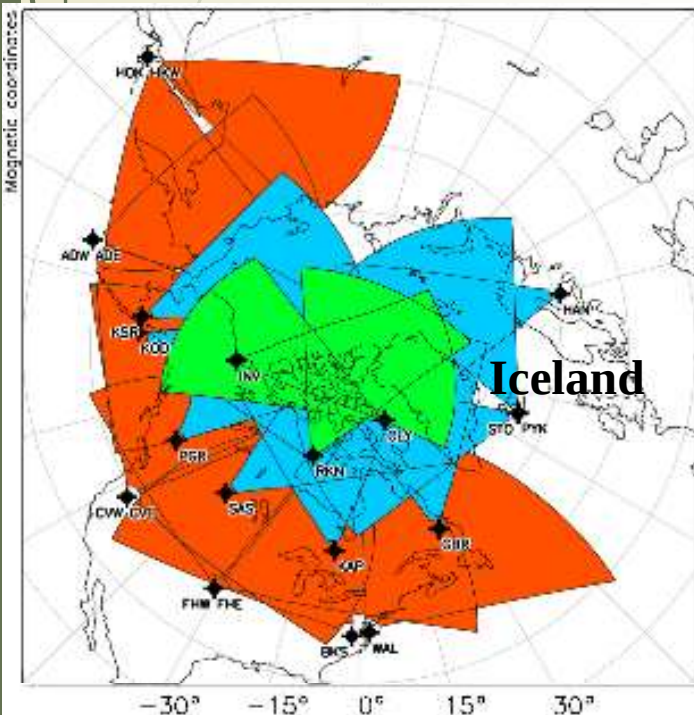
ERG&SD for 72 hours

Courtesy of T. Hori

宇宙天気図生成 宇宙天気研究貢献

観測研究目的

- 国際SuperDARNプロジェクトの重要な一翼を継続的に担い、国際的な宇宙天気研究の発展に資すること



レーダー数・観測視野・緯度経度帯の増大、
観測/解析手法改良、他観測との融合等による高精度化・高信頼化進む。磁気圏同定領域増加の可能性も。Simulationとの共同。

グランドミニмум期の 極域超高層大気研究

目的

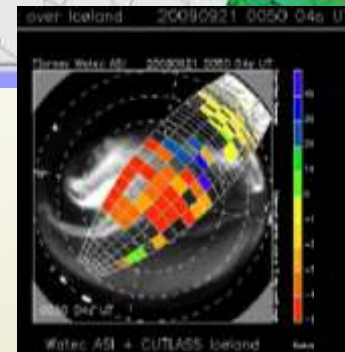
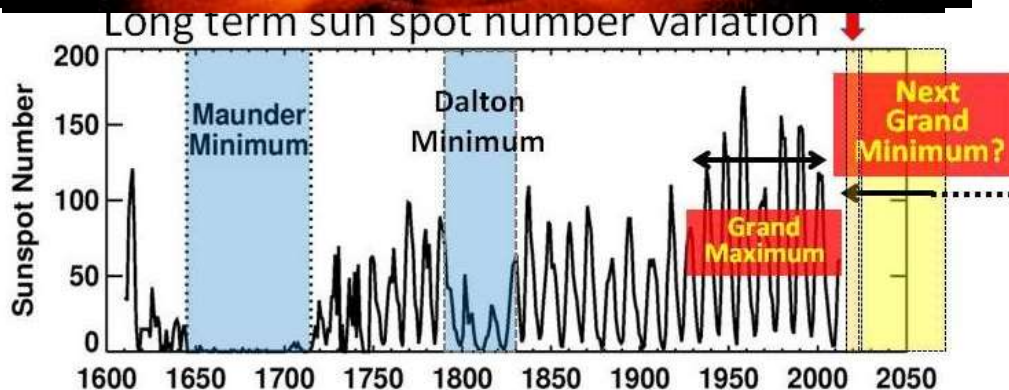
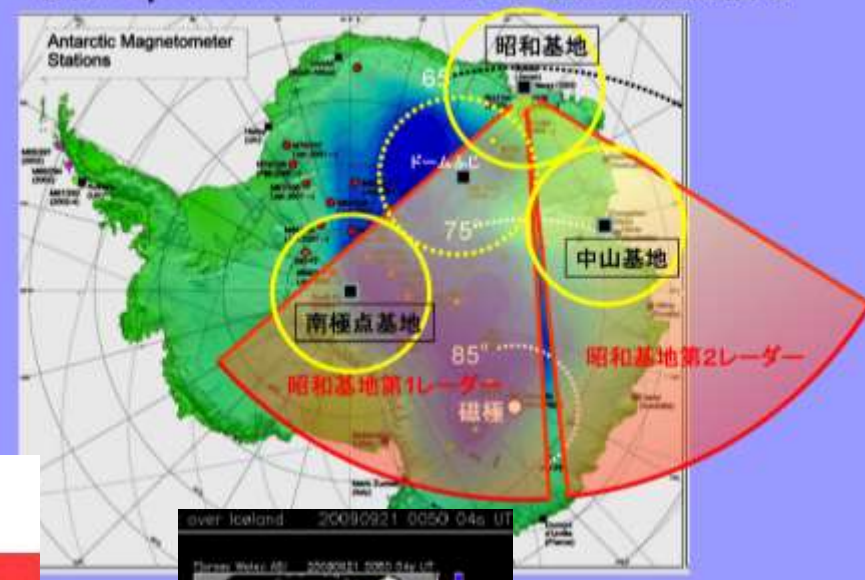
- IX期は11年太陽活動周期中極小期に向かう期間。JARE1以来最低の活動度となる予想-Grand Minimum再来の可能性。極域超高層大気は太陽風変動に最も敏感に反応。その物理機構解明、X期以降のGeospace・地球への影響の定量的評価の重要性
- GMの地球規模環境変動への影響、太陽風・磁気圏・オーロラ活動、温暖化との関係等の定量的評価に絶好の機会。SD、視野下の光学観測網、衛星との連携による観測的研究。

太陽黒点数の変動 (約11年周期)

IX X

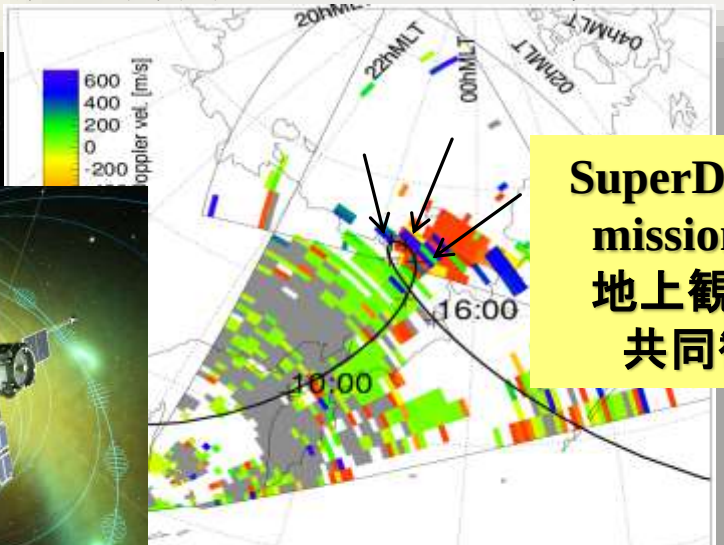


昭和SuperDARNレーダーと光学観測の観測領域



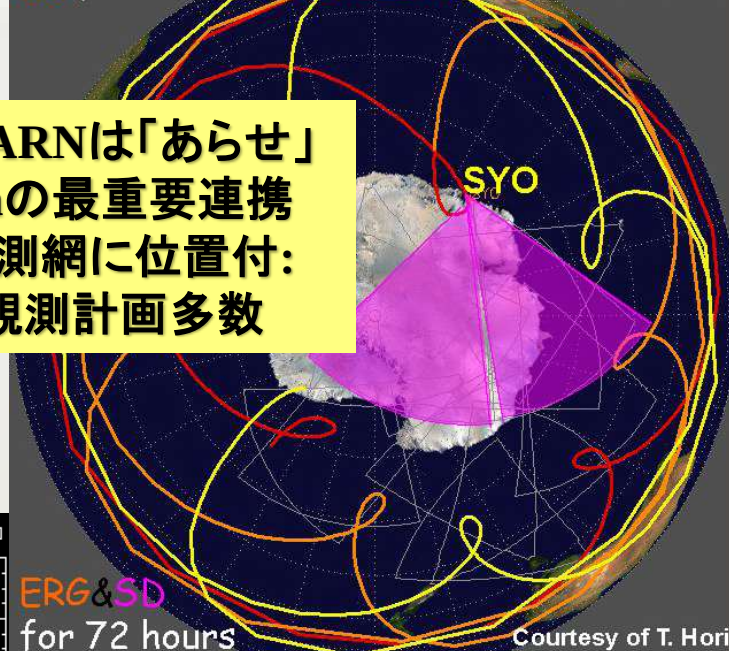
放射線帯観測衛星との連携/内部磁気圏研究 →天文学/素粒子物理等基礎分野への貢献

- 放射線帯(内部磁気圏)観測衛星あらせ(ERG)、米国Van Allen Probe衛星も観測を開始。SuperDARNは最重要衛星連携地上観測網のひとつとして位置づけられる。放射線帯の高エネルギー粒子のダイナミックな消長は古くて新しい研究課題であり、活況を呈している。
- 高エネルギー粒子の加速機構と内部磁気圏のダイナミクス解明への貢献、天文学における粒子加速機構・宇宙線・素粒子物理等基礎分野への貢献への将来的貢献も重要。



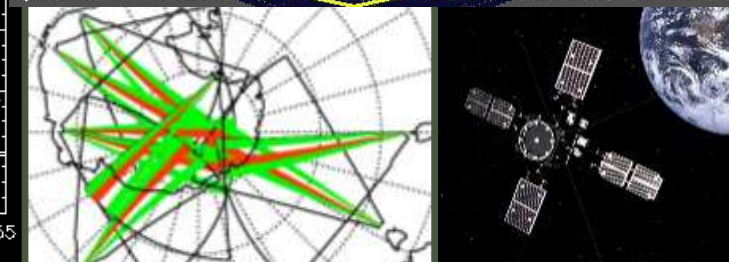
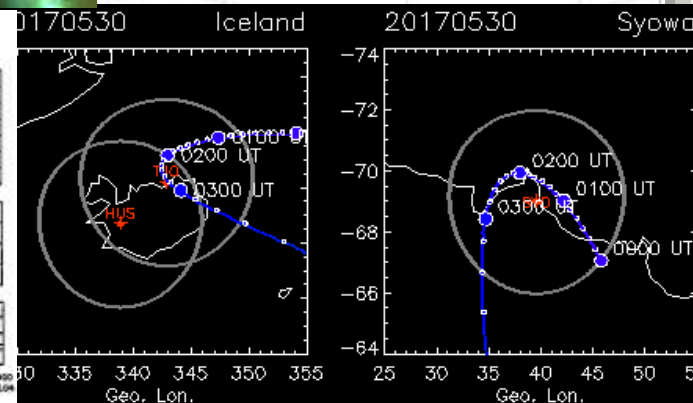
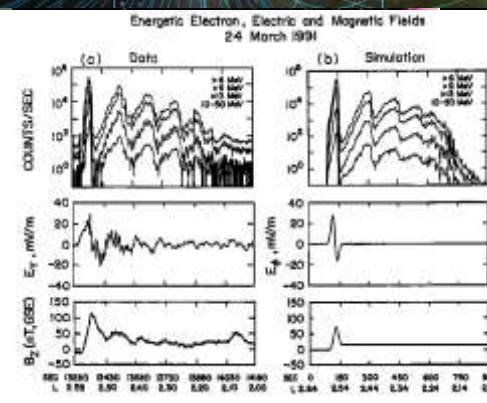
ERG for 72 hours 2017/03/08 00:00 - 2017/03/11 00:00

SuperDARNは「あらせ」missionの最重要連携地上観測網に位置付: 共同観測計画多数

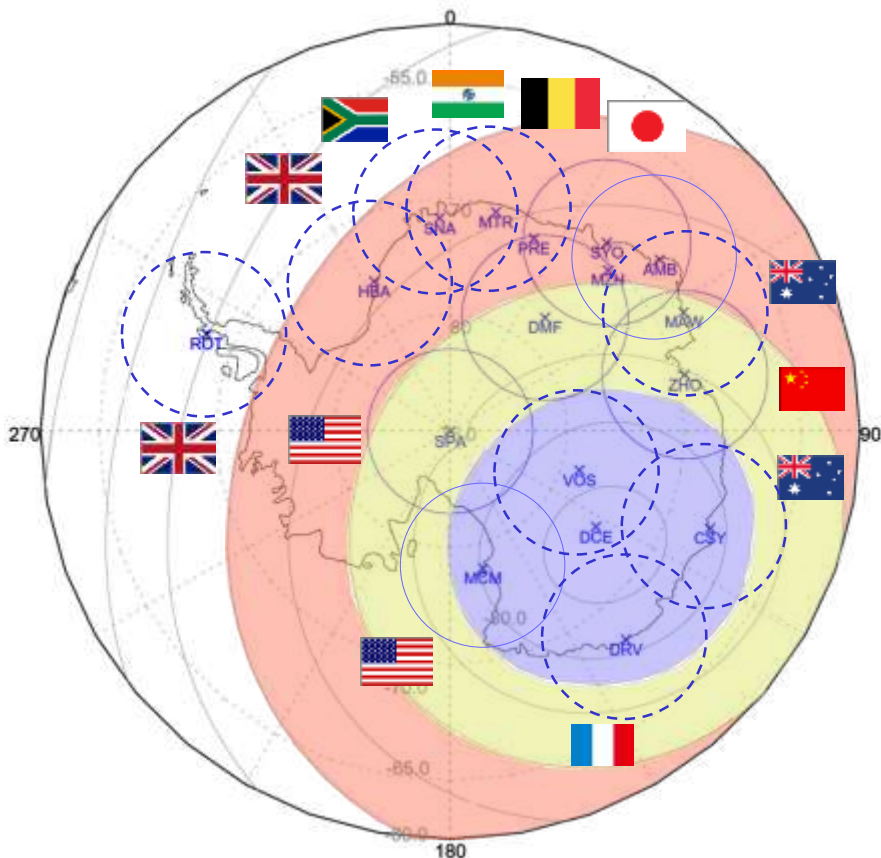


ERG&SD for 72 hours

Courtesy of T. Hori

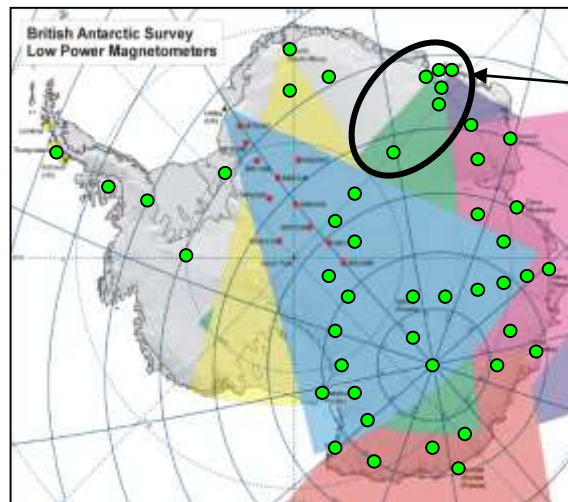


南極域での広域ネットワーク観測



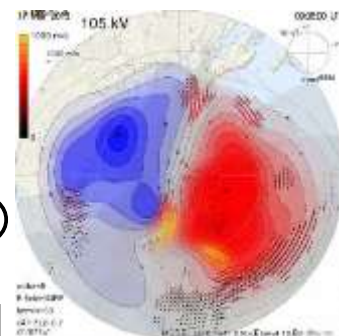
全天イメージャネットワーク
(極地研主導で展開)

- 外国有人基地を利用した国際協力による全天イメージャのネットワーク観測を主導する。
- 基地が無い場所には、無人観測装置を活用。
→ ラージスケールのエネルギー流入過程の解明を目指す。



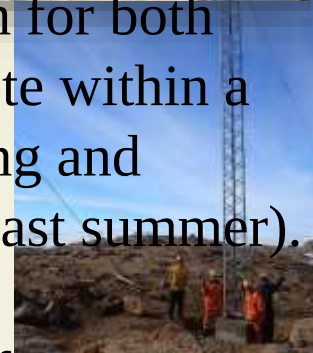
日本の
担当

- 無人磁力計ネットワーク(AIMNet)
(英国BASが中心となって展開)
- 国際SuperDARN短波レーダー網
(緯度・視野拡大中、宇宙天気図提供)



GNSSネットワーク(GRAPE)
(イタリア、英国、ベルギー等が展開)

SENSU other issues



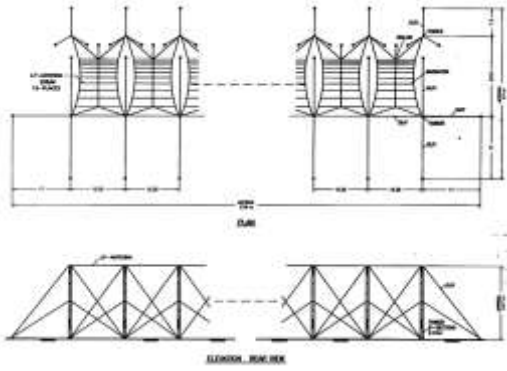
SENSU other issues to be resolved soon

- **Antenna maintenance & upgrade**: Foundation construction for both sys and sye completed and overall upgrade is planned to complete within a few year. But recent **funding situation** is not stable for upgrading and maintain radars (e.g., additional tower could not be bought for last summer). Design for non-flat ground plane – must be finalized soon...
- **Interference issue**: It has recently been a serious issue – interference to an MST radar installed very close (<1km) to sys/sye – transmitters/antenna monitored and identify any instability/interference. Now both sides are trying to improve how it is easily overcome in near future.
- **Radio authority issue**: 20-year-old sys/sye need to meet new radio wave spurious regulation law (which several years ago changed by Japanese gov.) within several years. Aged transmitters should be refurbished and upgraded to meet the new regulation (as well as stability to reduce interference if any). Again, budget for this is also an issue.

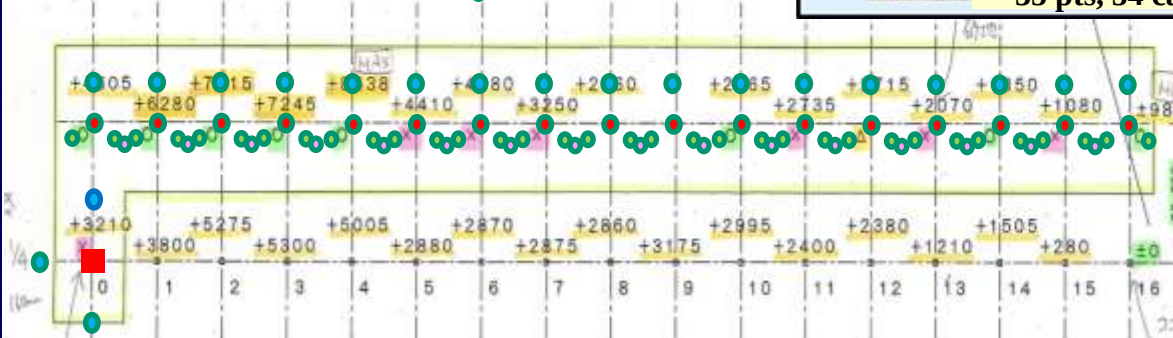
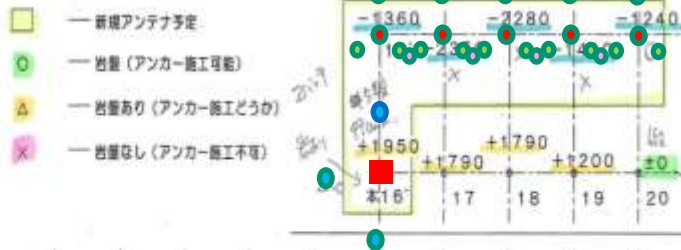


...

Antenna Upgrade during 2016-2017 summer



**Wire L.P. antenna
by NICT(wie)@Alaska**



SuperDARNレーダーアンテナ更新作業(58夏)

Current antenna array (sy)



To improve hard maintenance work of 20-yr old antenna every year and to avoid more serious damages recently happened in antenna boom, a decision made to upgrade it to maintenance-free wire type log periodic antenna

Land survey

276+144 pts



Earthwork & boring



Anchor bolts

355pts



Pipe Foundation

61 pts



Mixing concrete & concrete placement



35 pts, 54 cans, 1.35 ton

Building up 15m tower



1 off

Upgrading aged conventional log-periodic antenna to wire type LP ones. Construction work was hard and necessary to complete in very tight schedule during short summer operation season.

SuperDARN将来計画と南極観測

SuperDARN将来計画

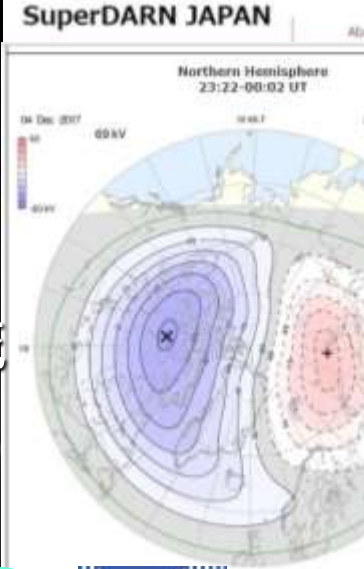
- 宇宙天気凶動態を得る唯一の観測手段
- ジオスペース宇宙天気研究への重要基礎データ
- 参加機関/レーダー数・視野の増大→更に観測網拡充
- 高精度化、高信頼化による貢献度の質的向上期待大
- 磁気圏領域同定手法の更なる発展、より強力なツールに
- 地上地磁気観測網と並ぶ重要な基本観測網へ
- MLT領域高精度中性風広域観測網の構築へ
- 宇宙科学・天文学・基礎物理学への貢献

低太陽活動期への突入、Grand Minimum研究

- 観測史上初の貴重な機会。長期観測の重要性
- 機構解明、地球への影響の定量的評価重要

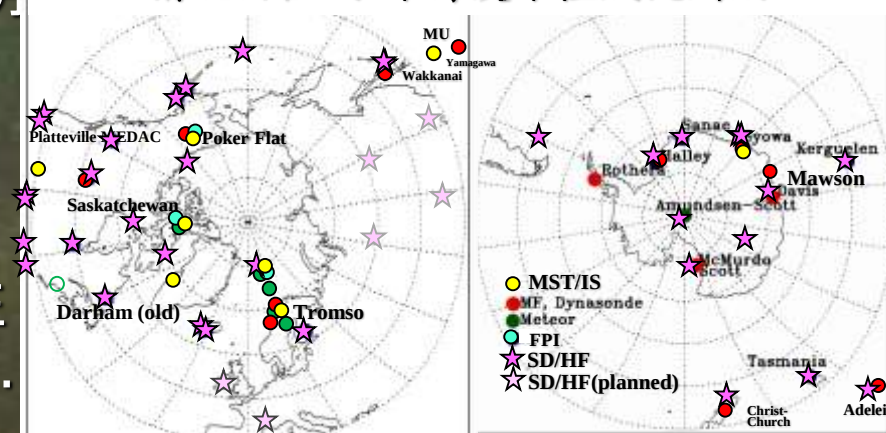
南極観測、昭和基地観測の重要性

- 広域南北共役観測、非対称性解明
- 視野下無人観測網構築可
- オーロラ帯直下の昭和基地
- 拠点観測昭和上空レーダー検討
- 衛星/IS/MST/光学観測網、理論・simulation研究との連携の重要性
- 老朽機器更新と保守軽減/安定運用...



空中線更新

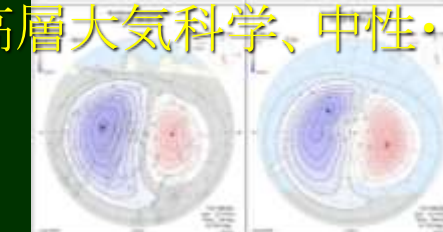
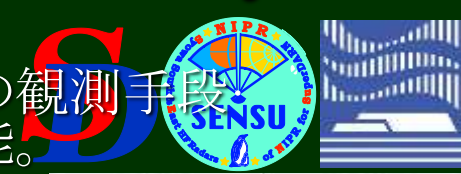
南北両極域~中緯度中性風観測網



SuperDARN JARE Phase X plan and beyond

■ 国際SuperDARN観測と南極昭和SD観測の重要性

- **SD** – 地球規模宇宙天気図を準実時間で提供できる唯一の観測手段
電場potential mapのみならず、中性風やPMSE観測等も可能。
- 電離圏・宇宙天気研究の基礎データを提供（宇宙天気・超高層大気科学、中性・電離大気相互作用(大気上下結合)の研究・理解に貢献）
- 南北中～高緯度に亘る、地磁気観測網にも相当。
- **Syowa** – 南極で貴重なオーロラ帯直下での拠点観測地
- 地磁気南北共役・非共役性を点でなく2次元、地球規模研究が可能
- 衛星・IS/MST・地磁気・光学広域観測網、理論・simulationと幅広く共同研究に基礎データを提供。
- 国際的に重要性がwell-recognizedされたon-going project
- レーダー視野下に極冠域に広がる南極大陸上広域磁場・光学観測網との共同研究
- Many productive scientific papers and citations
- Contribution to Space/Astronomical/Fundamental physics etc.



■ JARE phase X & beyond – move to JARE Monitoring obs.

- 長期安定稼働と広い研究communityへのデータ提供の重要性（先端研究と共に、或いはそれ以上に。）
- 宇宙天気・宇宙気候に関するX期重点研究観測(片岡他)に重要な貢献。（特に低太陽活動期の地球環境への影響の定量的評価等）
- 高精度・高時間分解能観測への改良
- 磁気圏領域同定研究の発展、中性風観測網の展開
- 空中線・送信機の長期安定稼働の為の更新(NICT/ISEE協力得る)。
- 国内関係5機関と共同研究契約継続・NIPR内今後の観測体制確立(予算も)

Antenna upgrade

