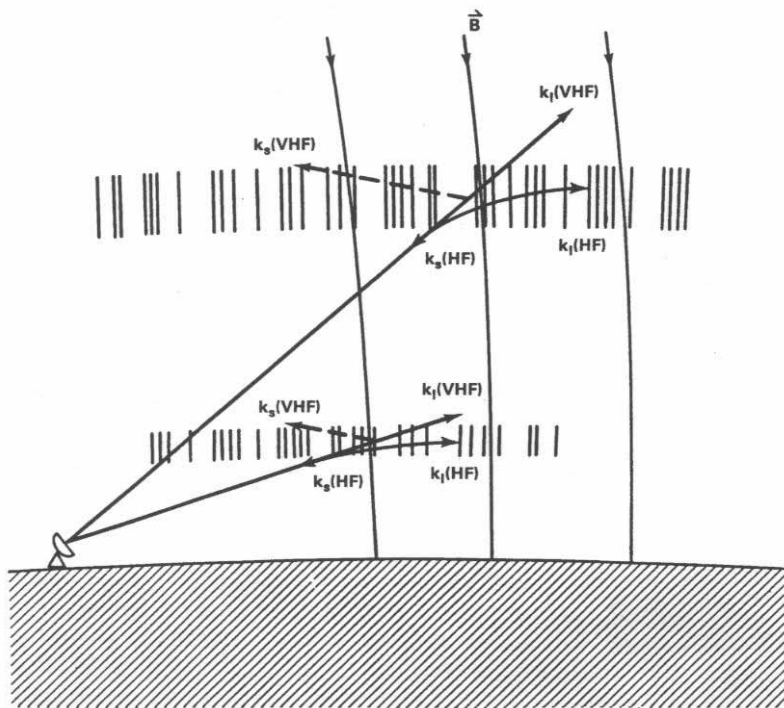


北海道短波レーダー計画の 今までの経過・現況報告

西谷 望 (名大STE研)・
北海道レーダー研究グループ

短波レーダーの観測原理 (電離圏エコー)



- 電離層中の10-100m程度のスケールを持つプラズマ不規則構造により、ブラッグ散乱を受ける。
- 散乱されて戻ってきた電波の受けるドップラー効果(周波数シフト)により、電離圏プラズマの水平対流速度を測定する。

Super Dual Auroral Radar Network (SuperDARN)

日本を含む11ヶ国による国際プロジェクト

空間分解能:15-100km、時間分解能:1 s – 2 min.

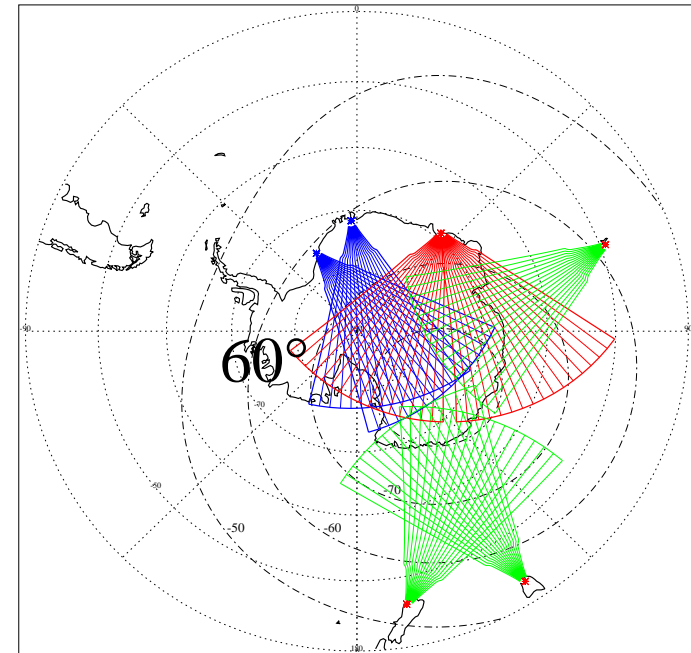
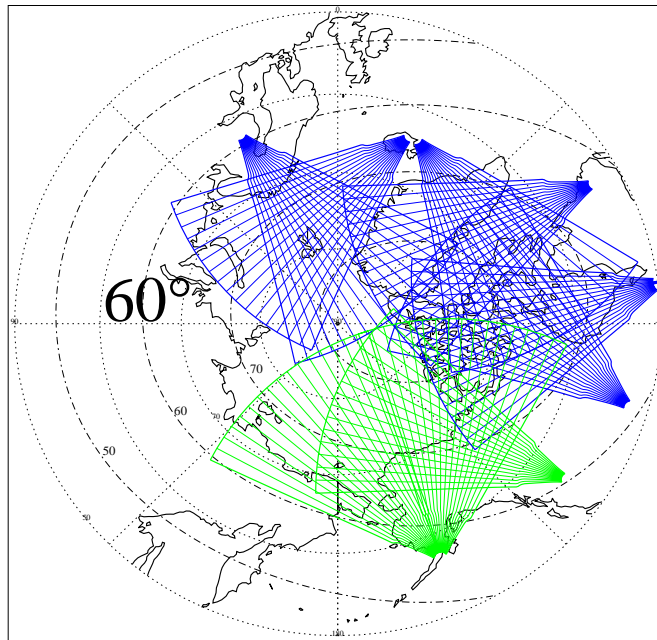
使用周波数: 8-20MHz、最大瞬間出力: 10 kW

SuperDARN

SuperDARN

Northern Hemisphere Map

Southern Hemisphere Map



現存のレーダーの有効視野は大部分60°より極側

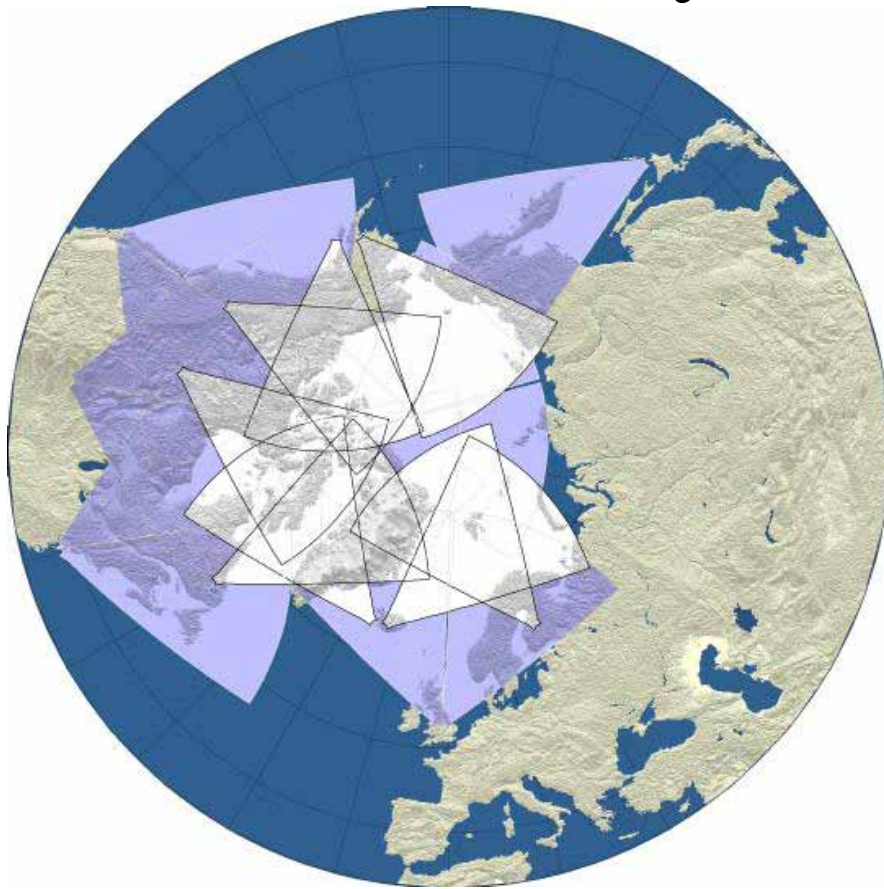
SuperDARN (Super Dual Auroral Radar Network)の現状

- 世界11ヶ国による国際プロジェクト
- 現時点で北半球に10基、南半球に7基、併せて17基のレーダーが極域に展開
- 通常モードでも1-2分の時間分解能で広域にわたる電離圏プラズマ対流を観測
- 最近では、電離圏だけではなく、熱圏・中間圏物理の研究にも有効なことが判明
- 課題: 現時点のレーダーは大部分極域(有効観測視野は磁気緯度60度以上)に展開

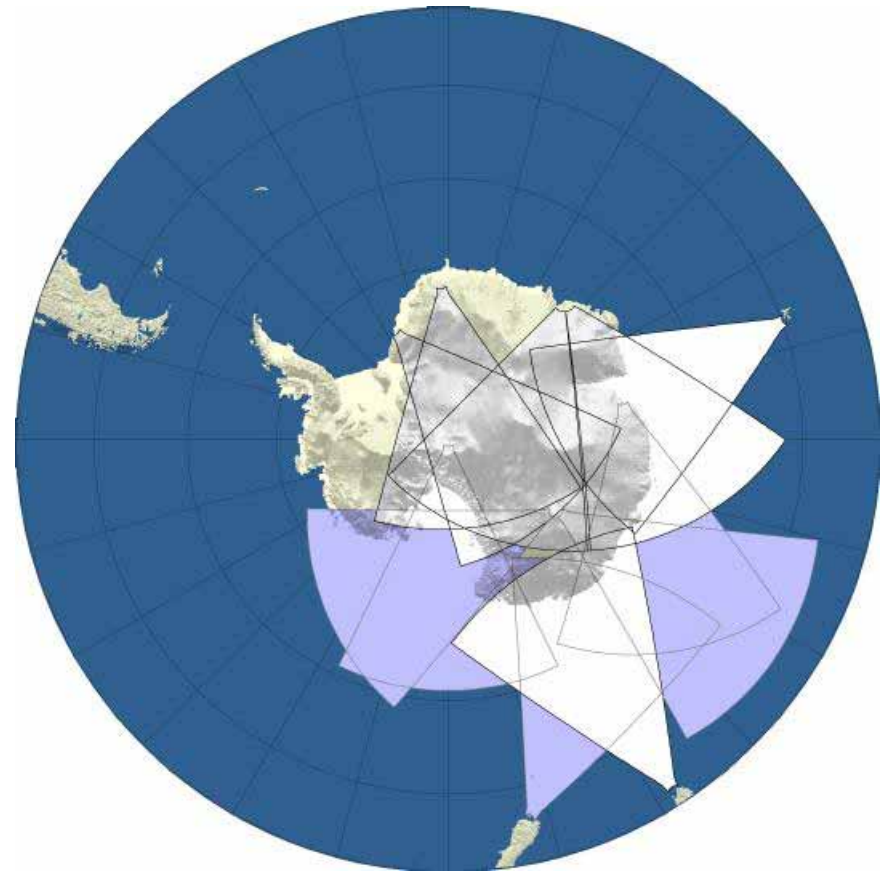
R.A. Greenwald, 2004 SuperDARN Workshop in Saskatoon

SuperDARN

Today and Tomorrow



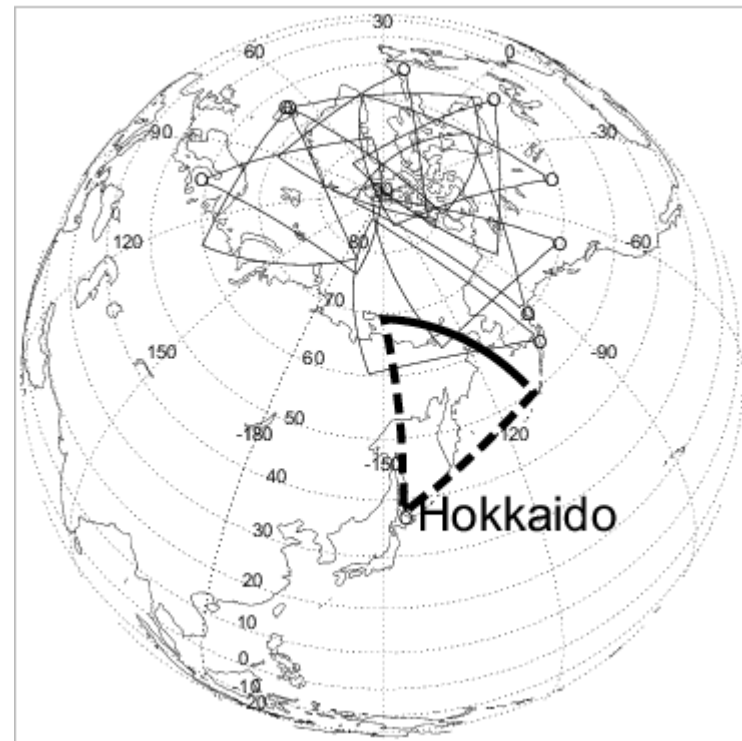
Northern Hemisphere



Southern Hemisphere

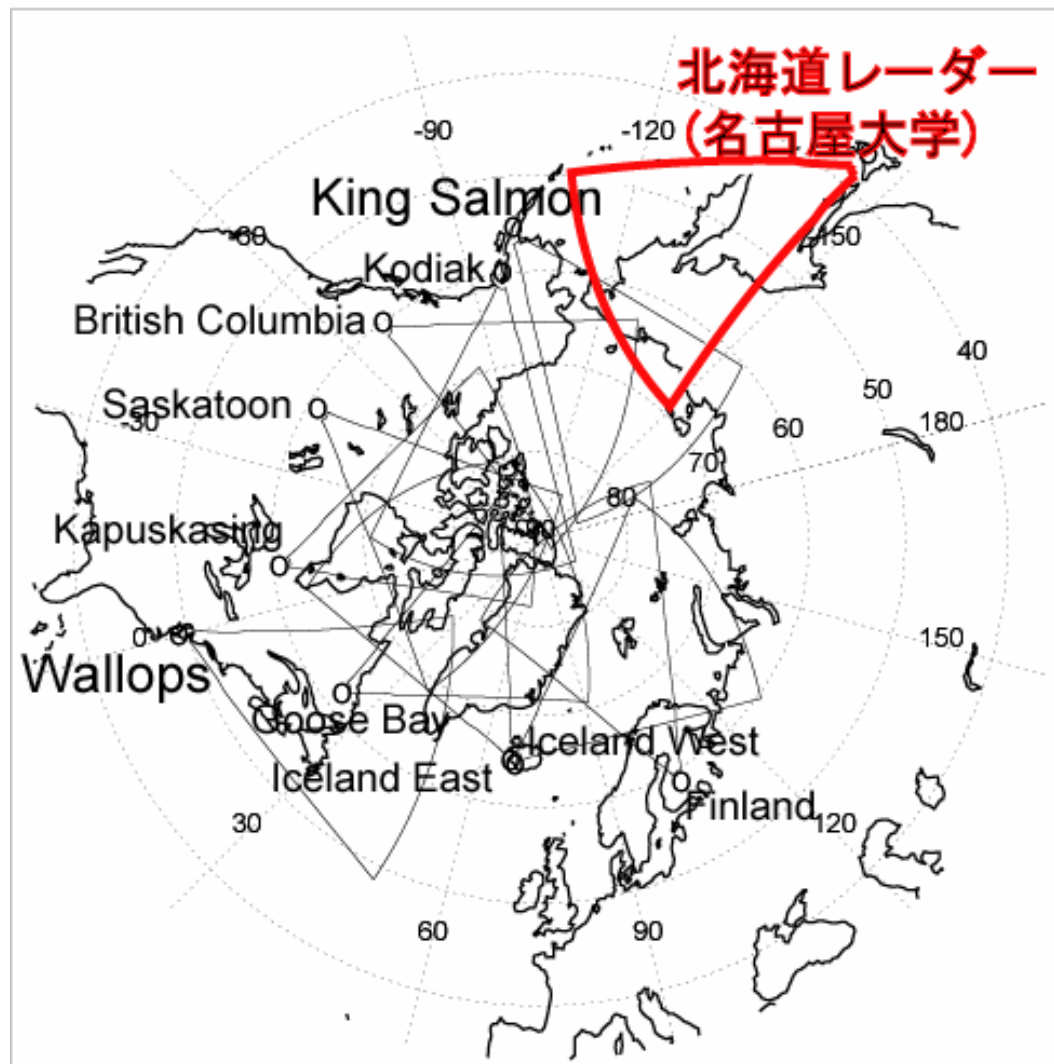
SuperDARNネットワークの 中緯度領域への拡大

- 日本を含む世界各国で中緯度領域にSuperDARNレーダーを作る案が次々と浮上
- 北海道、北米、イギリス、オーストラリア、.....etc.
- この中で北海道が一番緯度が低く、しかも他の様々な観測とのcoordinationが一番多様性がある
 - NICTのKing Salmon radar (シベリア北部域をカバー)
 - 極域・中緯度の磁場ネットワーク
 - 日本におけるGPS観測網
 - カムチャッカ領域のGPS観測網
 - 日本国内の大気光イメージングネットワーク
 - イオノゾンデ
 - 他
- 北海道レーダーは磁気緯度38-65度の領域をカバー

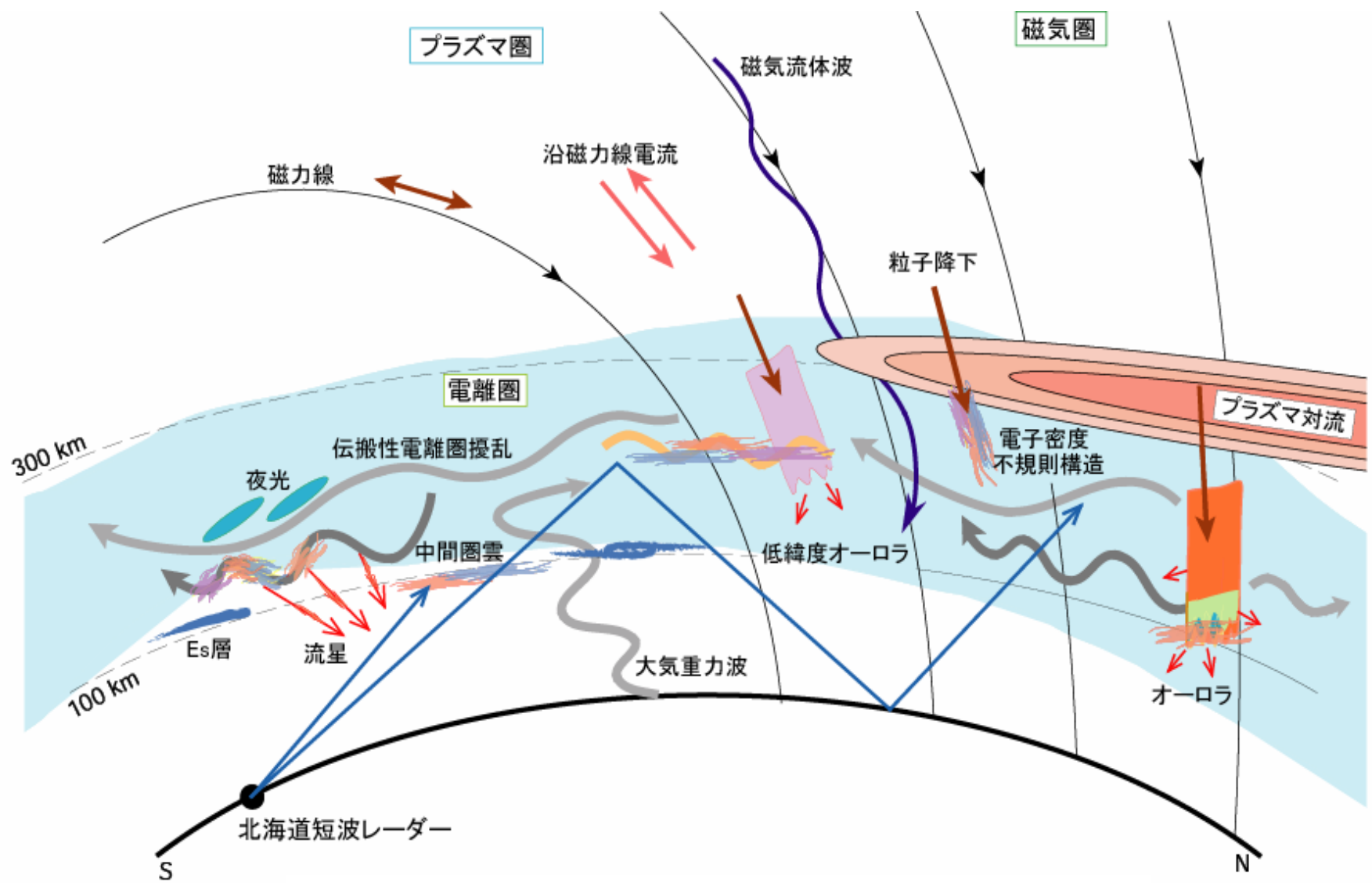


北海道レーダー(平成17年度特別教育研究経費で採択)

北半球のSuperDARNレーダー



Wallops radar(2005.5稼働開始)と
北海道レーダー(2006年度稼働予定)

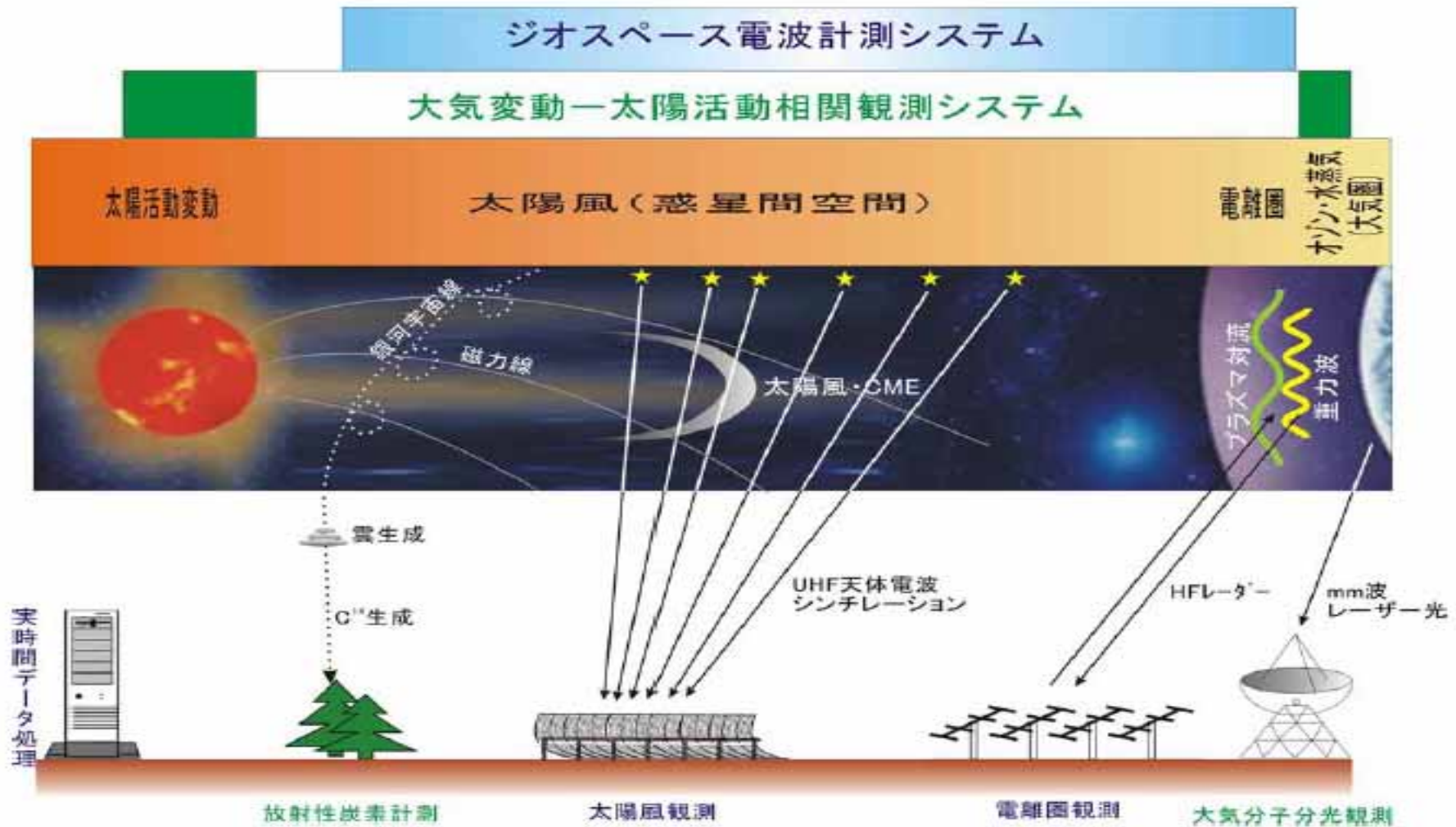


北海道短波レーダーの観測対象

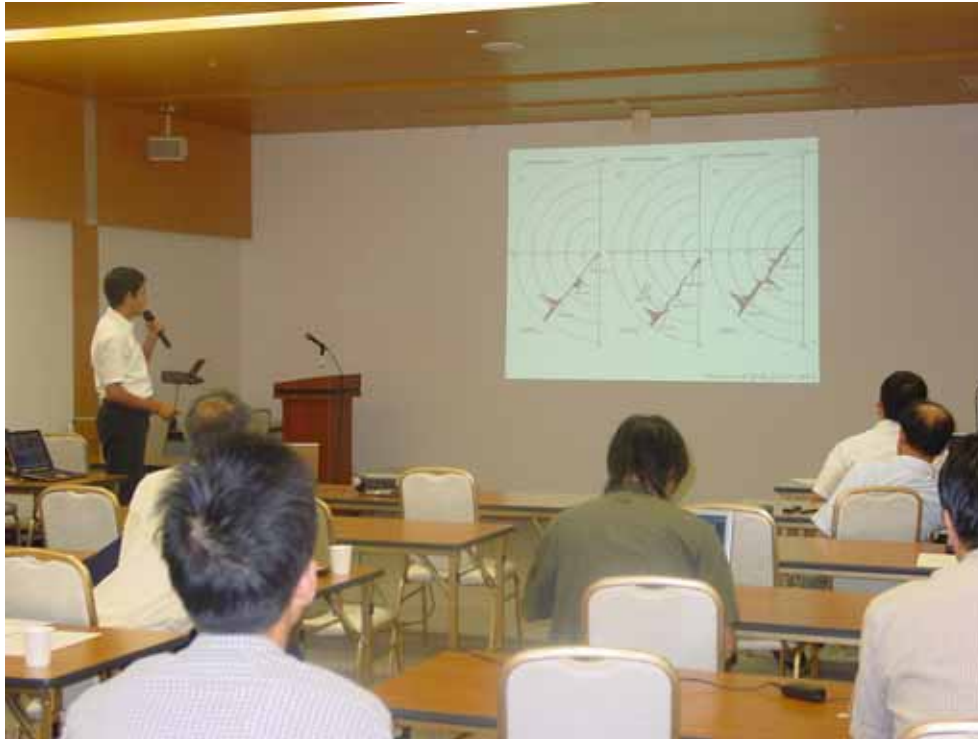
現在までの準備状況

- 平成17年度特別教育研究経費で採択される
- 中緯度短波レーダー研究会の開催(2003,2004)
- 中緯度短波レーダーMLの作成
- 建設候補地の選定、候補地における電波雑音状況調査(2003)
- 無線局免許申請に向けて総務省・北海道総合通信局と折衝中
(周波数の内示はすでに受けている:
9120±20kHz,10810±20kHz,11070±20kHz,14650±20kHz,16120±20kHz)
- 送受信システムの入札手続き完了(9月)
導入期限は2006年10月31日
- 土地利用のための農地転用等諸手続きは完了(9月末)
- アンテナタワーの基礎工事完了(10月下旬)
本体・エレメントは来年度春作業予定
- 今年度中に観測小屋建設予定(~11月末)
- SuperDARN国際会議を2007年5月北海道にて開催予定

特別教育研究経費 「ジオスペースにおけるエネルギー輸送過程」 平成17年度より5年間



平成15年度中緯度短波レーダー研究会 (2003/9/18、豊川市民プラザ)



- 22名の磁気圏・電離圏・熱圏・中間圏物理の研究者が参加
- 講演の数: 14
- レーダー研究のターゲット・計画遂行上の課題について活発な議論がなされた。

オンライン集録: <http://st6.stelab.nagoya-u.ac.jp/mlradar/syukai0309.html>

平成16年度中緯度短波レーダー研究会

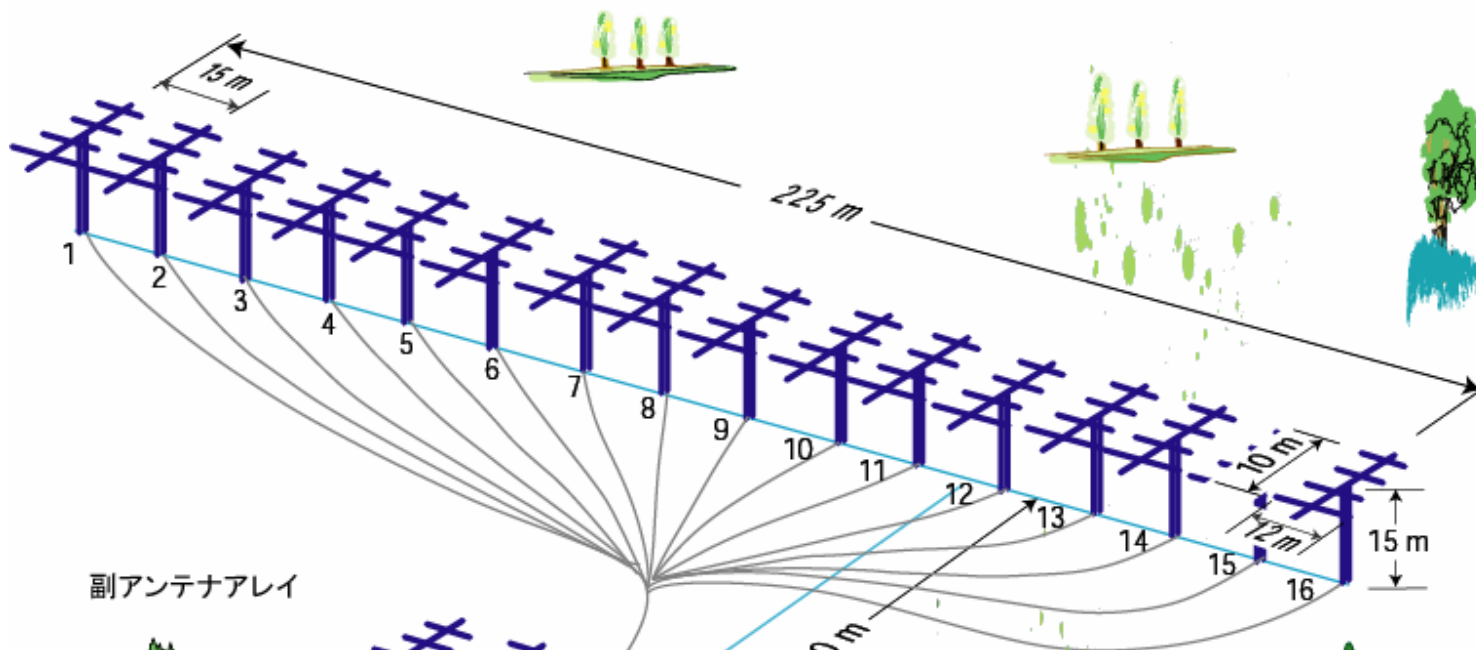
2004年10月13日、名古屋大学豊田講堂第1会議室
28名出席、講演数21

- 概要(小川忠、西谷、佐藤)
- 内部磁気圏における粒子・電磁場ダイナミクス(海老原、新堀、三好)
- 擾乱時電流系(橋本、中野)
- 電磁気圏電場ダイナミクス(菊池、田口)
- ULF地磁気脈動(湯元)
- 中緯度電離圏イオン流出(小川泰)
- 中緯度電離圏イレギュラリティ(齊藤、小野間、横山)
- 中規模・大規模伝搬性電離圏擾乱(小竹、大塚、津川、藤原)
- 流星エコー・中間圏エコー(堤、細川)

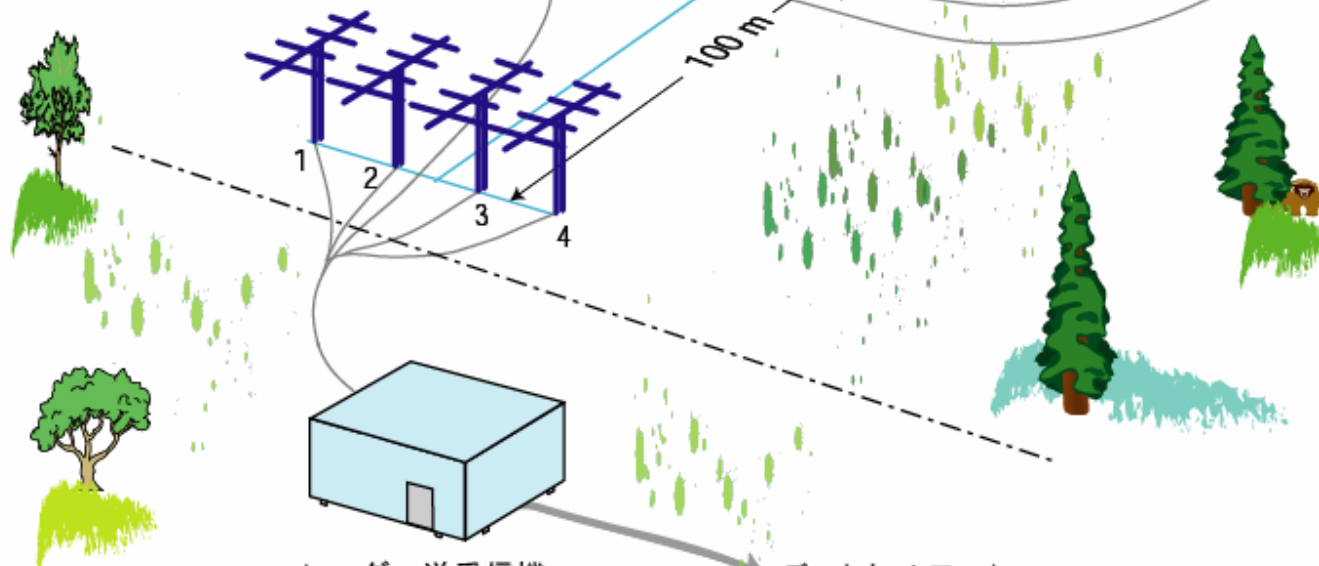


オンライン集録: <http://st6.stelab.nagoya-u.ac.jp/mlradar/syukai0410.html>

主アンテナアレイ



副アンテナアレイ



レーダー送受信機
システム

データネットワーク



レーダーシステムの諸仕様

使用周波数	8~20MHz	最大瞬間出力	10kW
パルス仕様	マルチパルス方式	Duty比	約2.5%
パルス長	100~300 μ s	1パルスパターン長	0.1s
時間分解能	1s~2min	空間分解能	15km~ 約100km
ビーム幅 (水平方向)	約5度	ビーム方向	約0~60度 (16方向)
ビーム幅 (鉛直方向)	約40度	最大到達距離	約3500km

SuperDARNレーダーのアンテナおよび送受信装置の例



Iceland Eastレーダーアンテナ



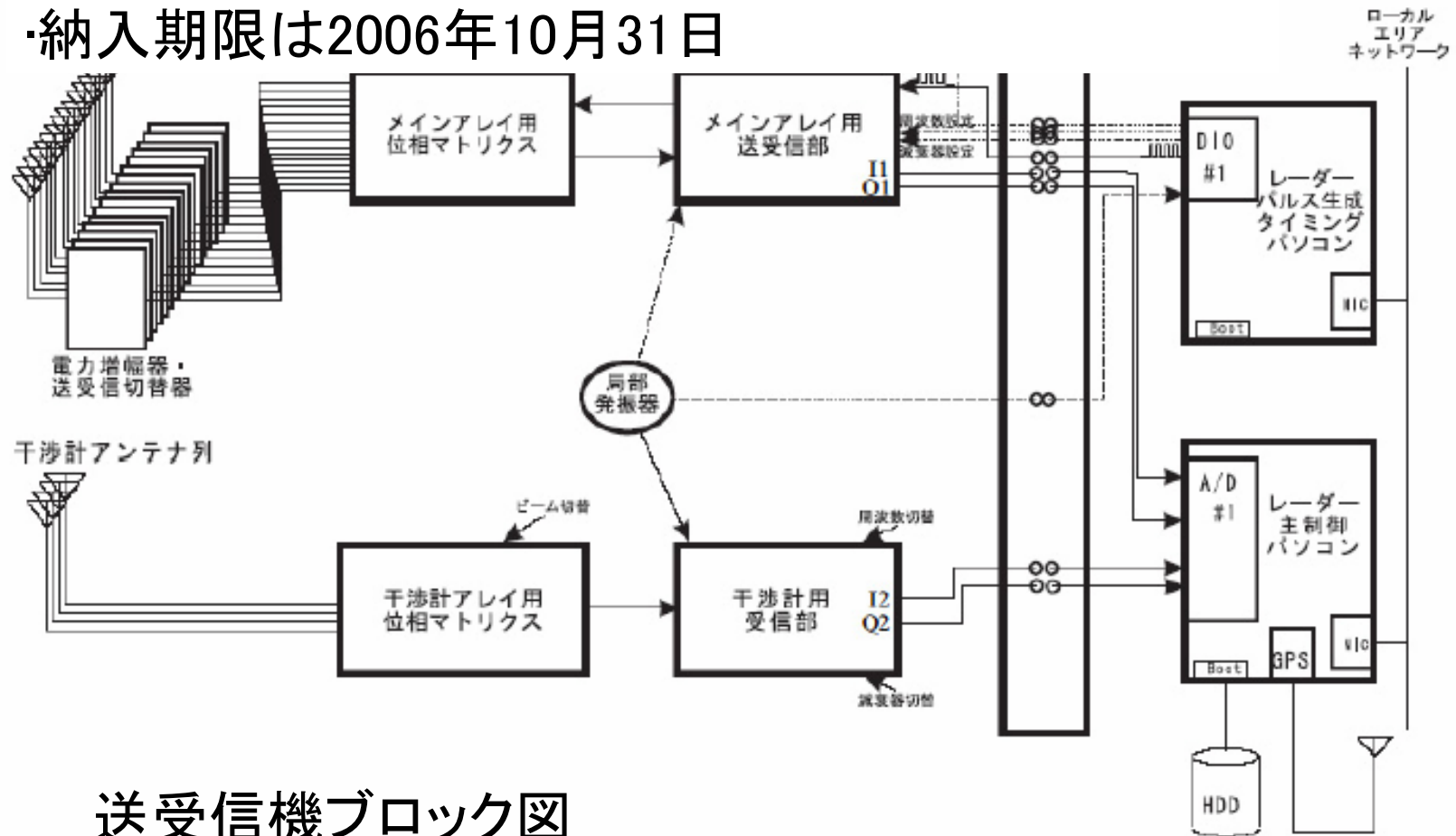
King Salmonレーダー送受信装置
(レスター大学で作成時)

レーダー送受信機システム

・国際入札の結果、英国レスター大学が落札

(2005年9月3日開札)

・納入期限は2006年10月31日



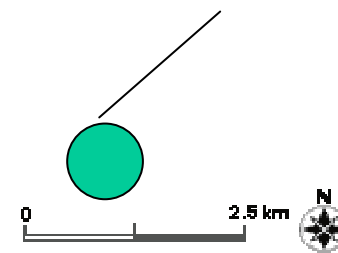
送受信機ブロック図

レーダーシステム建設予定地 (陸別町ポイントマム)

レーダー
予定地



太陽地球環境
研究所附属陸
別観測所



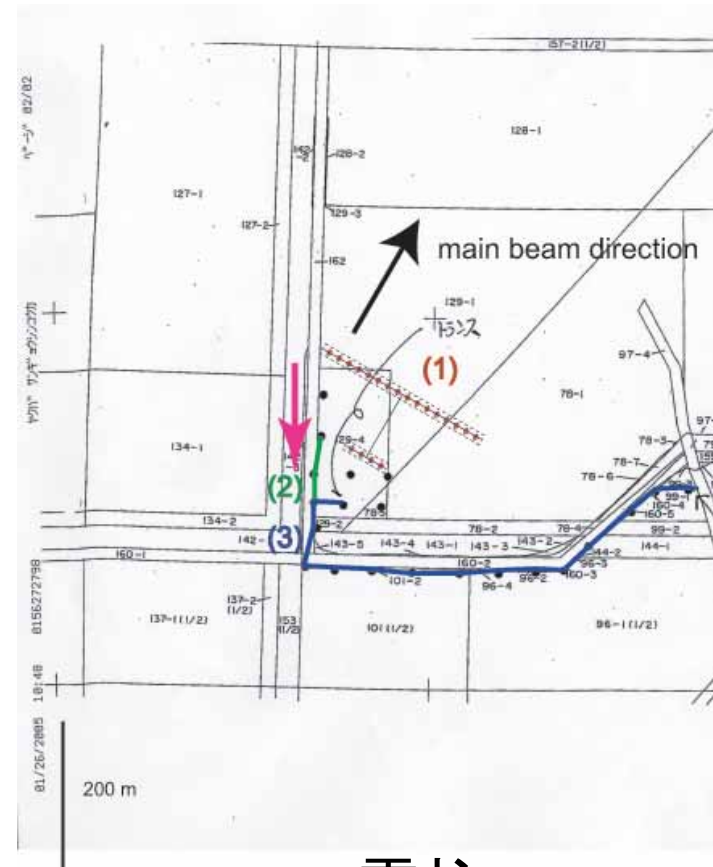
短波レーダー設置予定地

左:2003年5月12日撮影

右:2002年11月21日撮影



レーダーアンテナアレイの配置図: 北海道陸別町ポイントマム

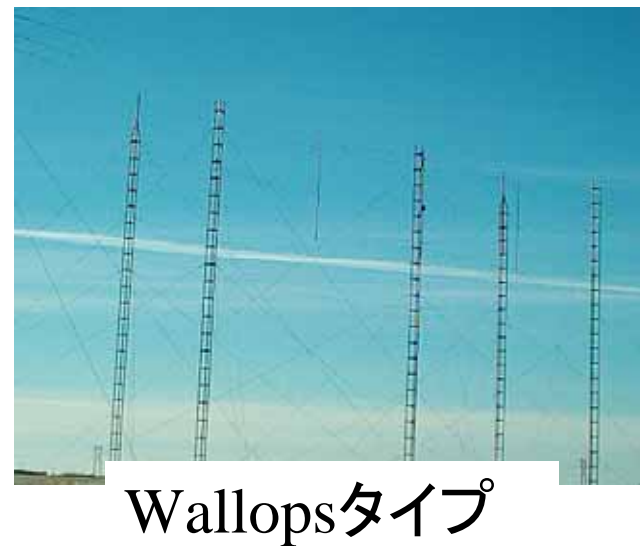
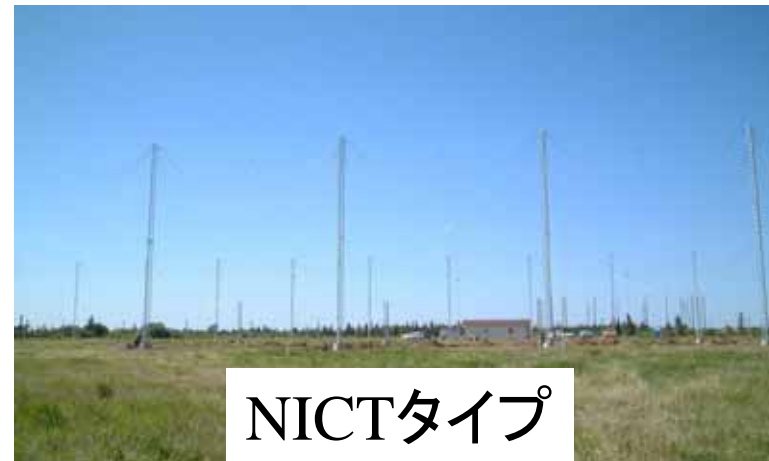


北海道HFレーダーのアンテナに 要求される条件

- 遠隔地まで観測ができるような高いgain
- 高いfront-to-back ratio
- 広い周波数範囲(9-16MHz)で安定した特性
- 垂直方向への漏れが可能な限り少ない
- 限られた予算で建設が可能
- 建設後のメンテナンスが容易

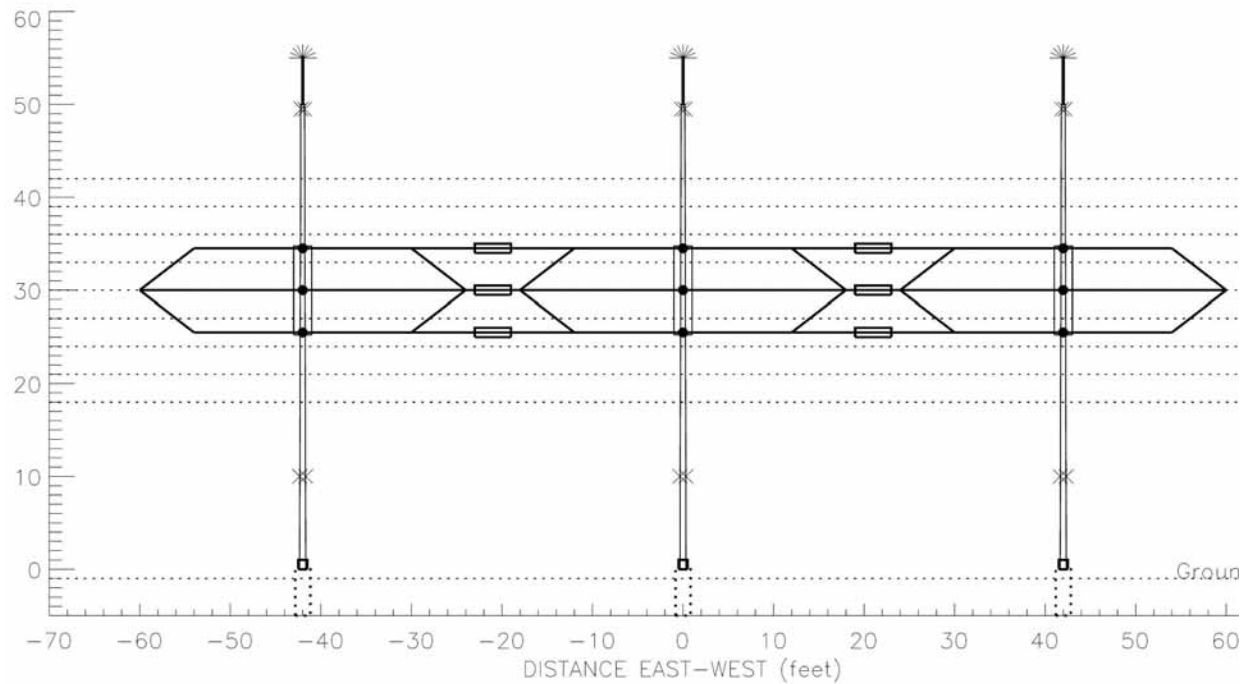


SuperDARNで現在使用されている アンテナタイプ



Wallops Island

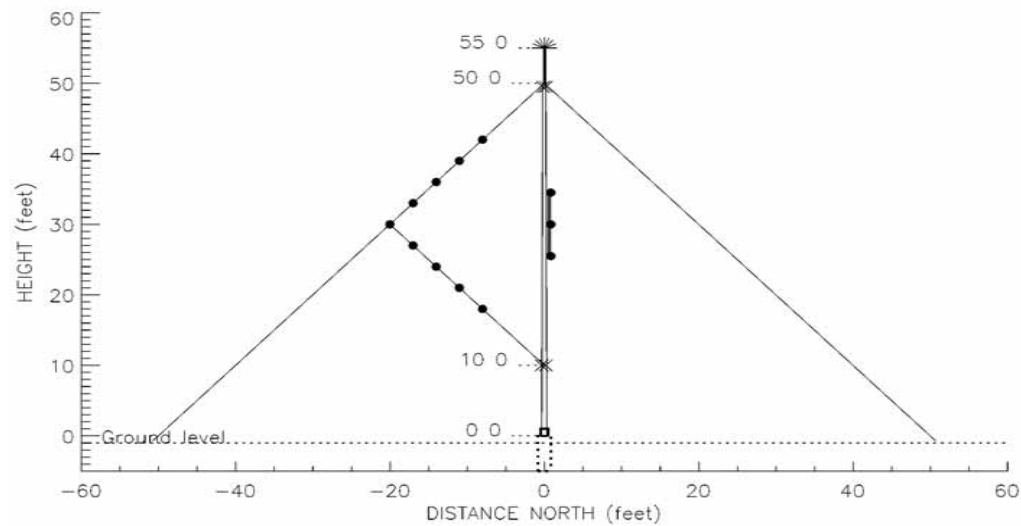
Front View of Three Antennas



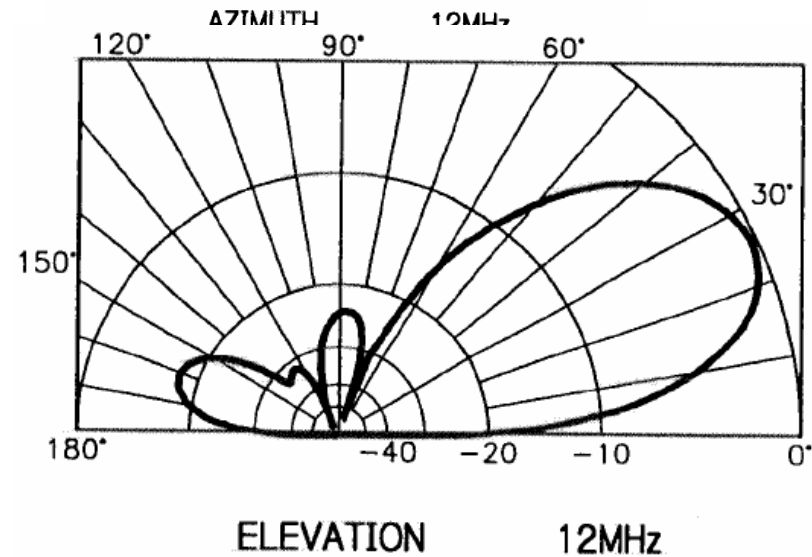
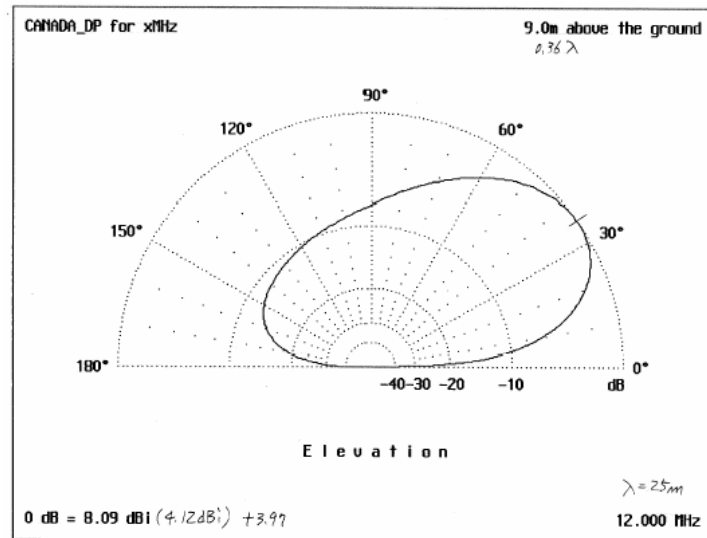
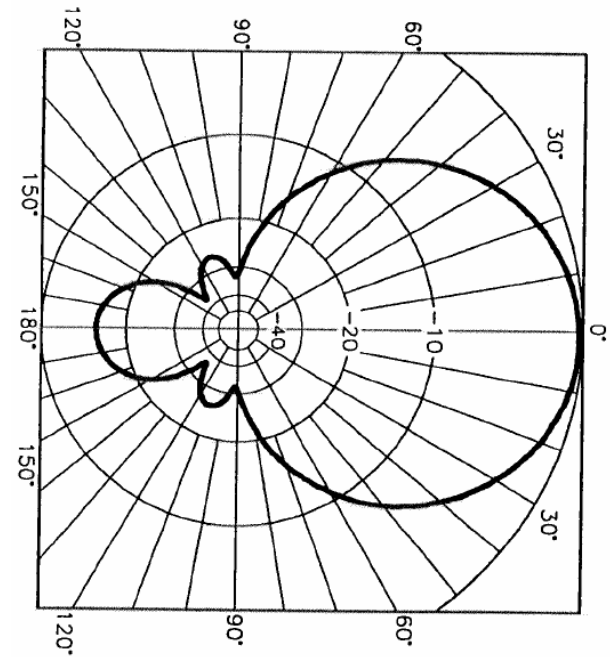
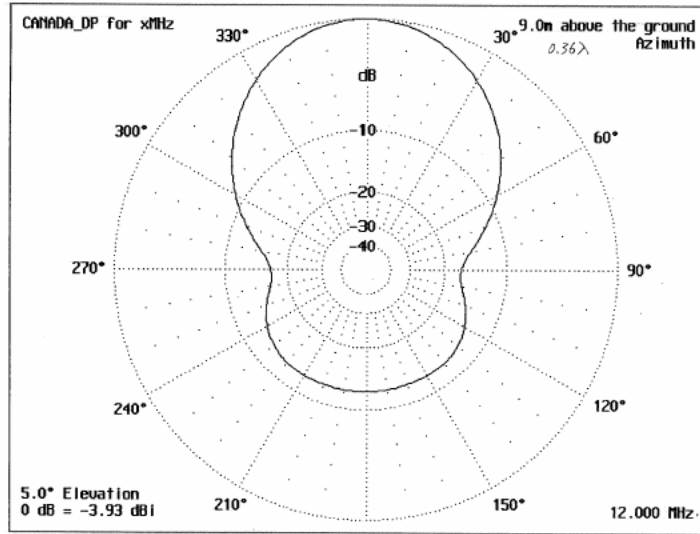
Barker-Williamson antenna (folded dipole)

Wallops Island

End-on View of Antenna Array
Showing Front and Rear Guy Lines,
Reflector Wires, and Antennas



	SABRE	NICT	Wallops
gain	◎	○	◎/△
F/B ratio	◎	△	◎/△
周波数特性	◎	◎	△
垂直方向への 漏れ	◎	◎	△
Elev. Angleの 周波数特性	△	◎	△
コスト	△	○	◎
メンテの容易 度	△	○	◎



Wallops-type antenna (left)とNICT-type antenna (right)のアンテナ放射パターン (12 MHz)



観測予定地における測量作業(2005/08/23-25)

アンテナタワーの基礎工事の進行状況



穴掘り(2005.10.8、北海道新聞より)



組んだ型枠にコンクリートを流し込む
(2005.10.13)

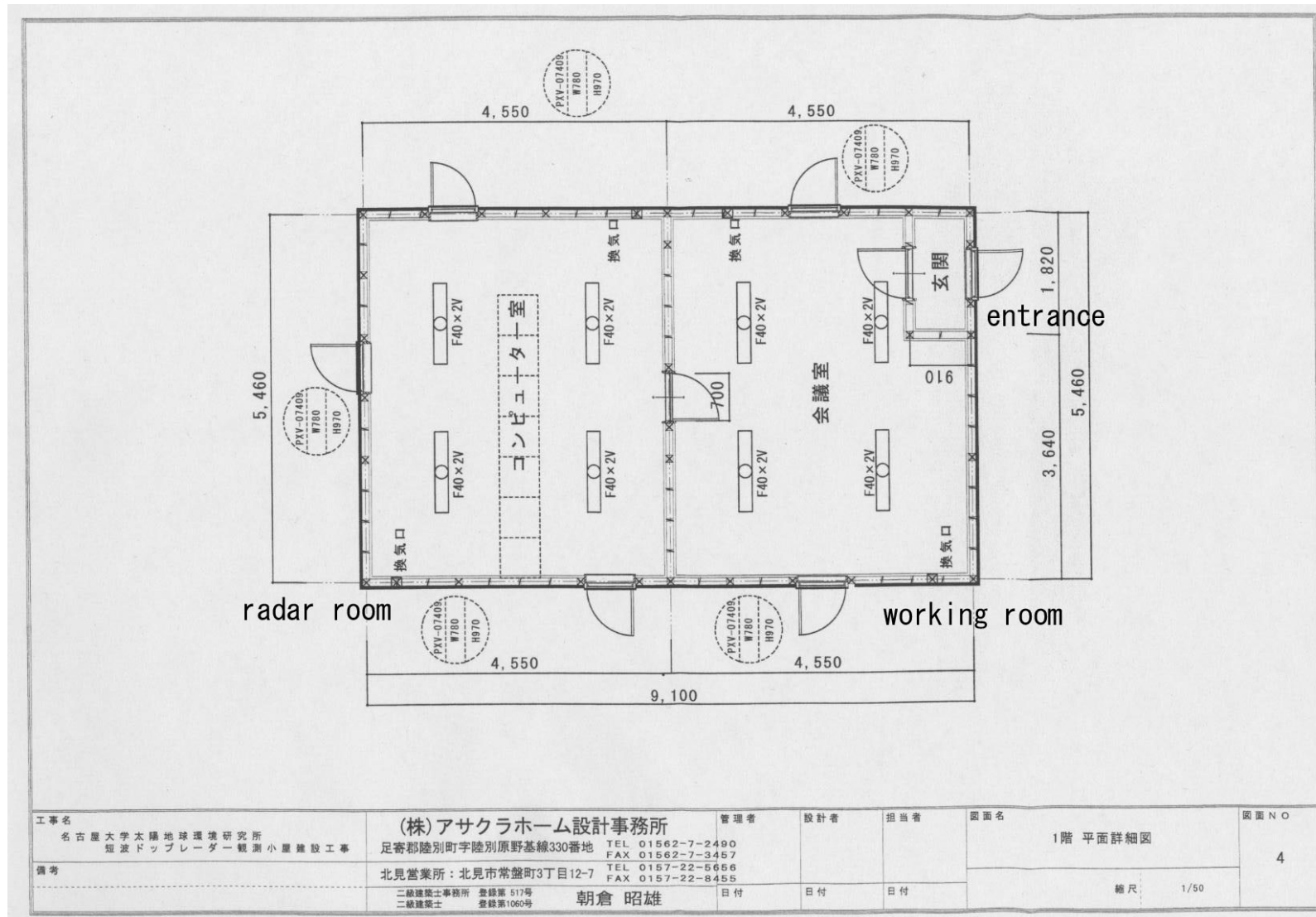


土台作り(2005.10.11)

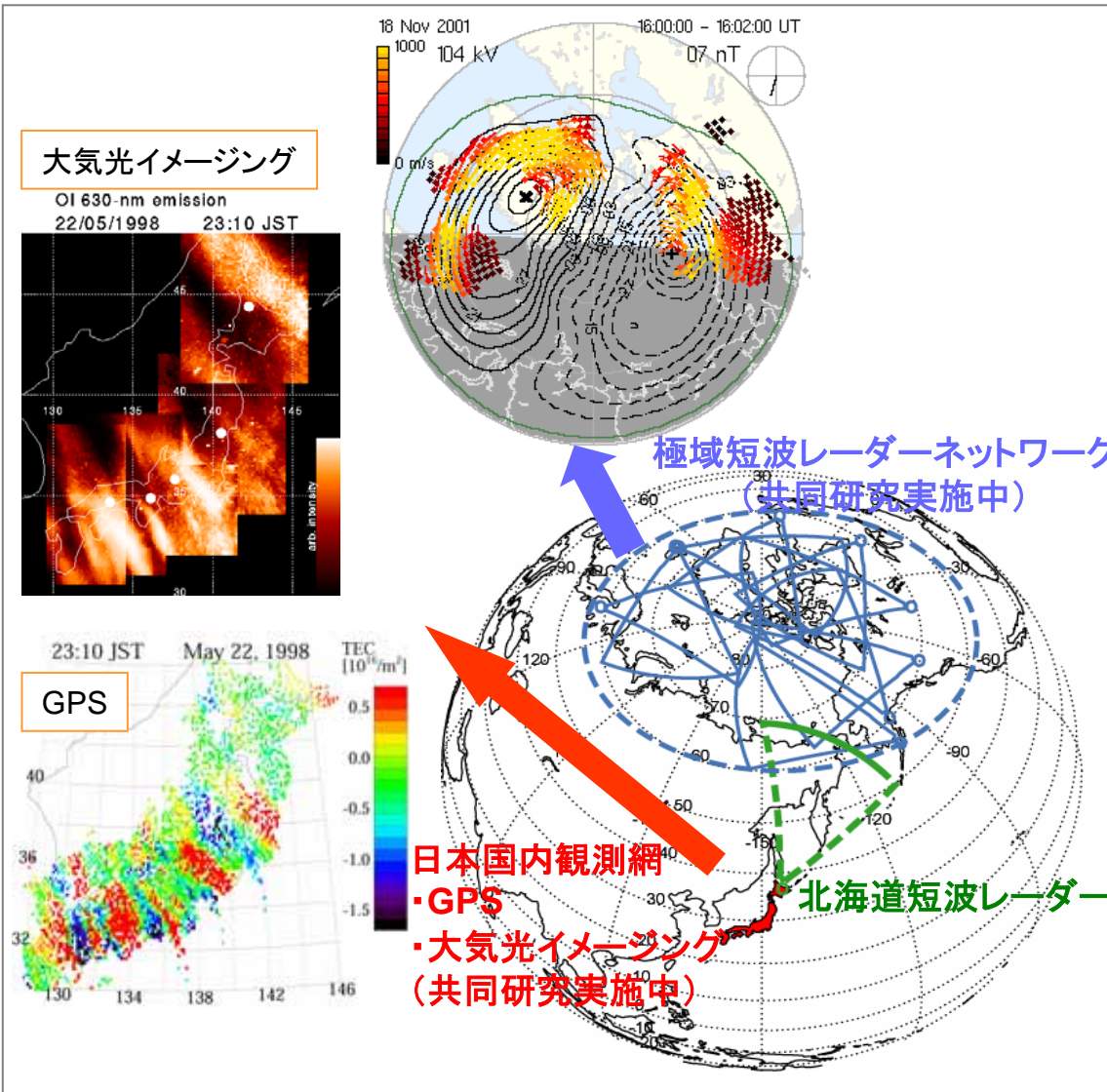


完成したタワー基礎(2005.10.26、
今年度はここまで)

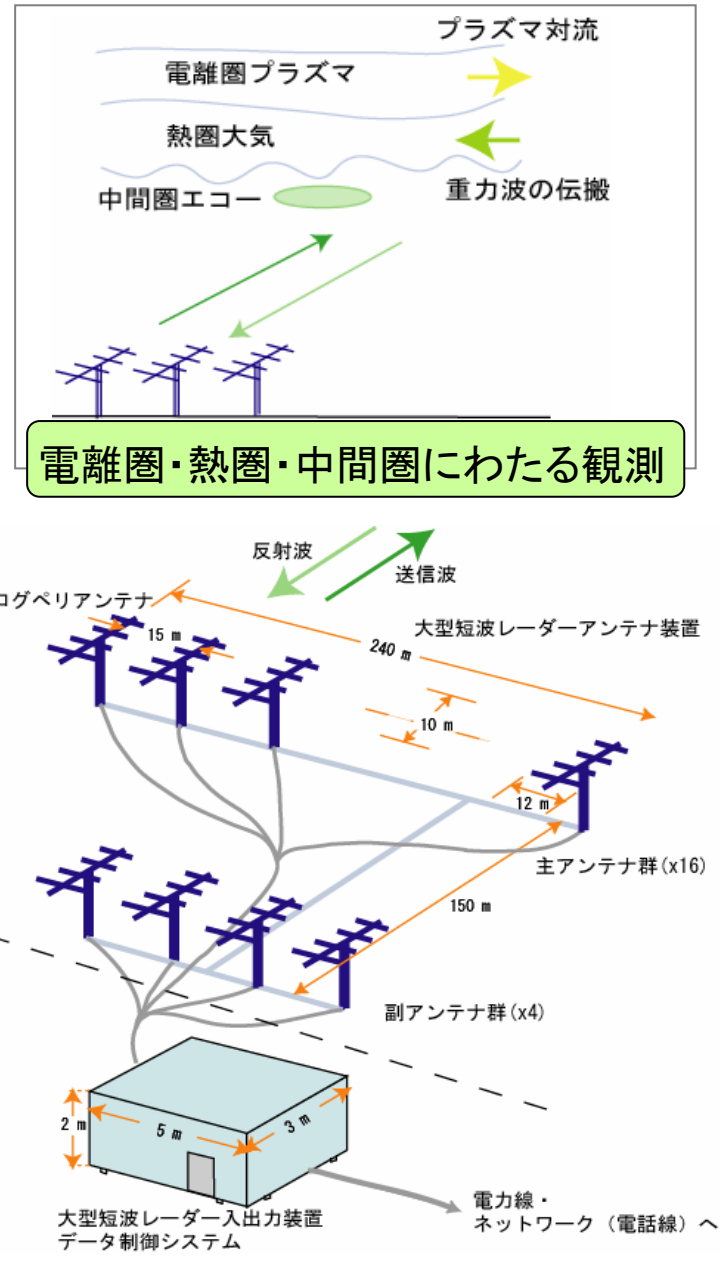
観測小屋レイアウト (11月末までに完成予定)



中緯度大型短波レーダー(北海道短波レーダー)



従来の観測空白域をカバー
高緯度と中緯度を結ぶ領域のダイナミクスの統一的な解明



レーダー運用準備の当面の課題

- 小屋建設(11月末までに)
- アンテナ完成(来年春)
- 電力線、電話線の地下埋設(約180m)
- 高速ネットワーク回線の確保(次年度)
- 無線局免許状取得(申請～予備免許まで半年)
- 送受信システム導入



運用開始へ！

今後の課題

- 完成後の運用体制
- 観測モードの決定体制
- 周波数選択方法
- 他の観測手段との協力体制

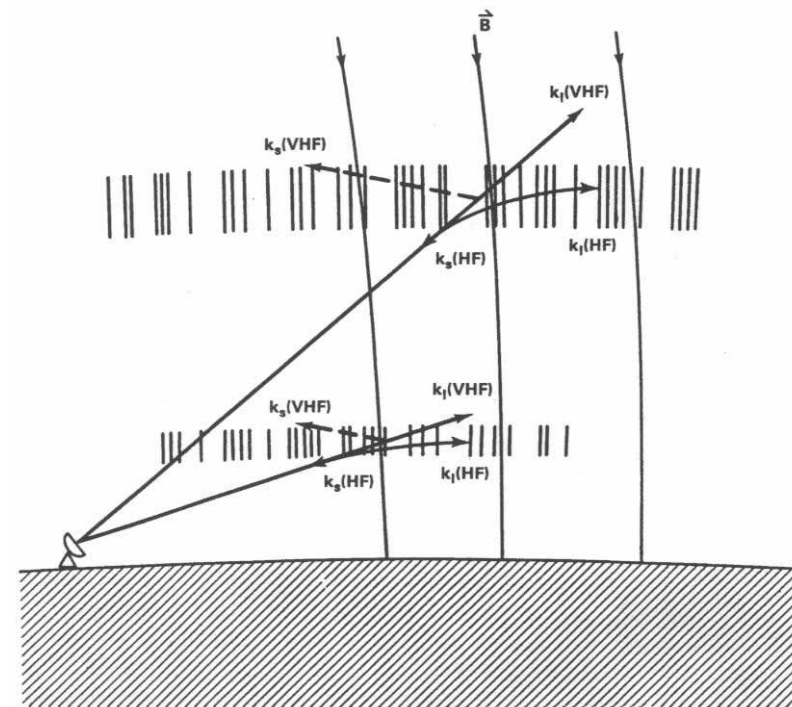
SuperDARN Workshop 2007

- 日時 2007年5月頃、5日間
- 場所: 北海道東部

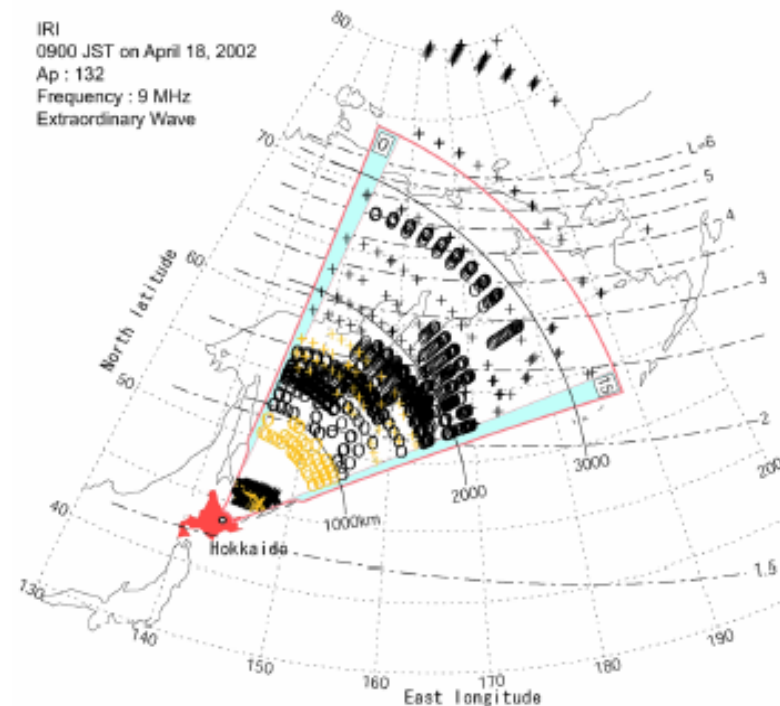
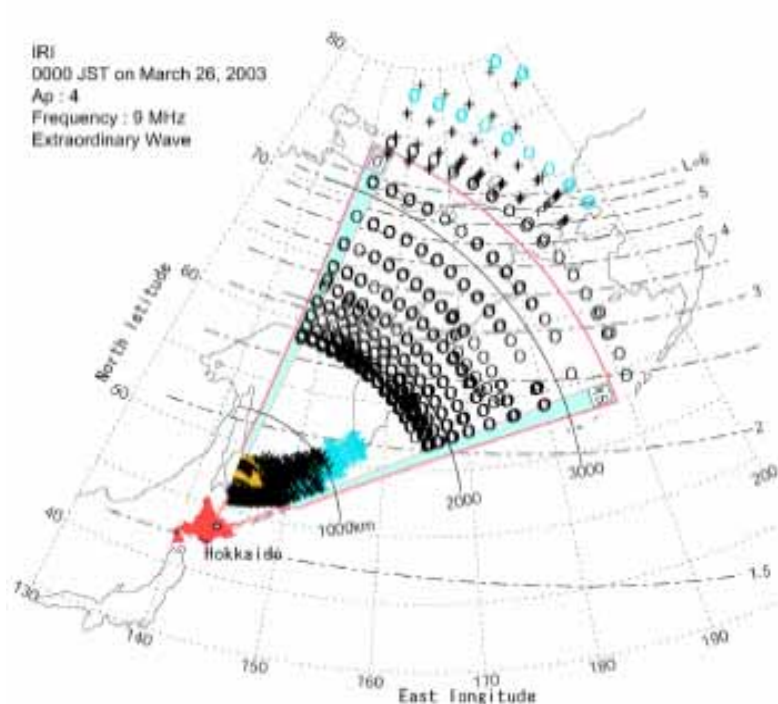
- 毎年世界中で場所を変えて開催
(2003:芬、2004:加、2005:英、2006:米)
- 例年の参加者数: 約70名
- 皆様のご参加・ご協力をお願いいたします。

HFレーダーによる電離圏エコーの受信条件(Bragg散乱を利用)

- 後方散乱域において、水平方向に $\lambda/2$ の空間スケールを持つirregularity構造が存在する
- 散乱域において、電波の進行方向と磁力線方向とが直交する(irregularityは、磁力線に沿ってほぼ一様な構造を持つため)
- 電波の伝搬路において、D層による吸収等がほとんど存在しない



電波の直交条件を満たす領域 (左側: 夜、右側: 昼)



Jones and Stephenson (1975) algorithm + IRI-2001

Nishitani and Ogawa, APUAR, 2005

伝搬経路は地磁気活動度、地方時、使用周波数に高い依存性を持つ→その時々状況に応じて最適周波数を選ぶ

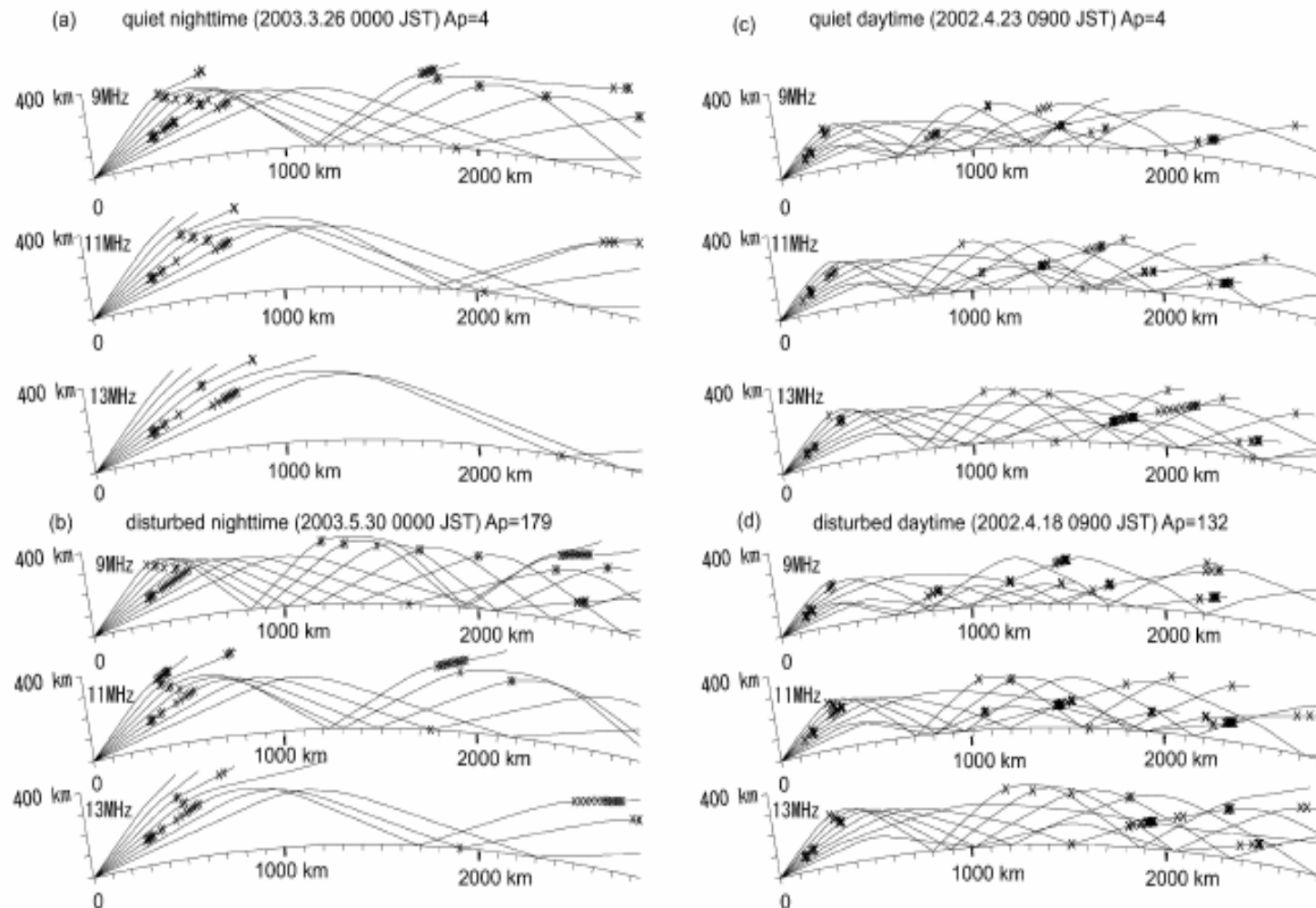
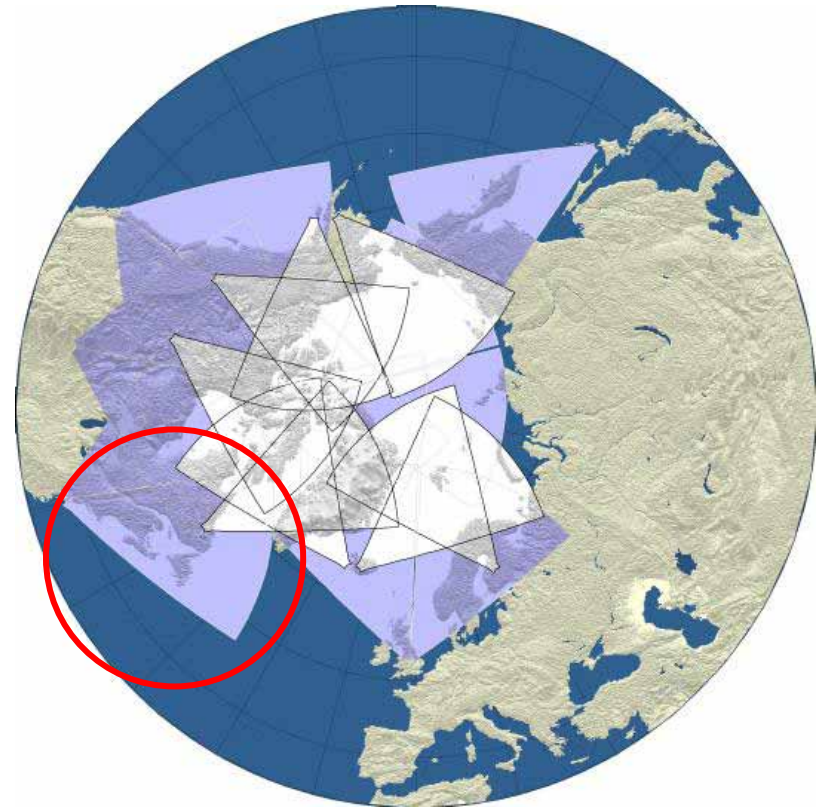


Fig. 3. Vertical profile of HF ray paths (solid curves) in the model ionosphere. The horizontal axis is the distance from the radar antenna, and the vertical axis is the height. The radar wave is emitted at a horizontal angle of 30° clockwise from the geographic north. At \times points, where the angle between radar HF ray vector and the ambient magnetic field vector is within the range of $90^\circ \pm 1^\circ$, HF waves are expected to be backscattered by ionospheric field-aligned irregularities (if they exist). Four sets of 3 panels show the results for (a) quiet nighttime (2003/03/26, 00 JST), (b) disturbed nighttime (2003/05/30, 00 JST), (c) quiet daytime (2002/04/23, 09 JST) and (d) disturbed daytime (2002/04/18, 09 JST) conditions respectively, with 3 different frequencies.

Wallop Island radar

- 1st mid-latitude SuperDARN radar
- 2005年5月より稼働開始
- 2005年6月よりデータ公開
<http://superdarn.jhuapl.edu>
で参照可能
- 地磁気緯度 $\sim 49^\circ$
- 地理緯度 $\sim 38^\circ$



Wallops Island radar



Wallops Island radar

