

遠距離海洋レーダ与那国局・石垣局の再利用と技術開発



■ 本日の内容

- ✓ NICT沖縄センターの紹介
- ✓ 遠距離海洋レーダの紹介
- ✓ 分散型レーダ開発計画の紹介
- ✓ パッシブ型バイスタティック受信予備実験の紹介

沖縄亜熱帯計測技術センター

■ 私たちの研究拠点 紹介



センターのあゆみ

- 沖縄電波観測所 (1972～2001)
- 1972年6月: 北谷村で電離層観測開始
- 1976年12月: 中城村庁舎へ移転
- ・1986年～ 短波海洋レーダの研究開発開始
- 1988年4月: 通信総合研究所へ名称変更
- 1992年～ ウィンドプロファイラの研究開発開始
- 1999年～ 降雨レーダの研究開発開始
- 沖縄亜熱帯計測技術センター (2001/4～)
- ・2001年3月: 大宜味 大気観測施設完成
- ・2001年7月: 石垣・与那国 海洋観測施設完成
- 2002年4月: 恩納研究施設へ移転
- 2002年8月: 名護 降雨観測施設完成
- 2004年4月: 情報通信研究機構へ再編
- ・2010年10月: 石垣局移転

1F: セミナー室、大会議室、食堂、事務室
2F: 研究室、計算機室
RF: レドーム、屋外測器架台

展示室

NICT 沖縄で開発した三つのセンサー

遠距離海洋レーダ 9MHz



与那国海洋観測施設

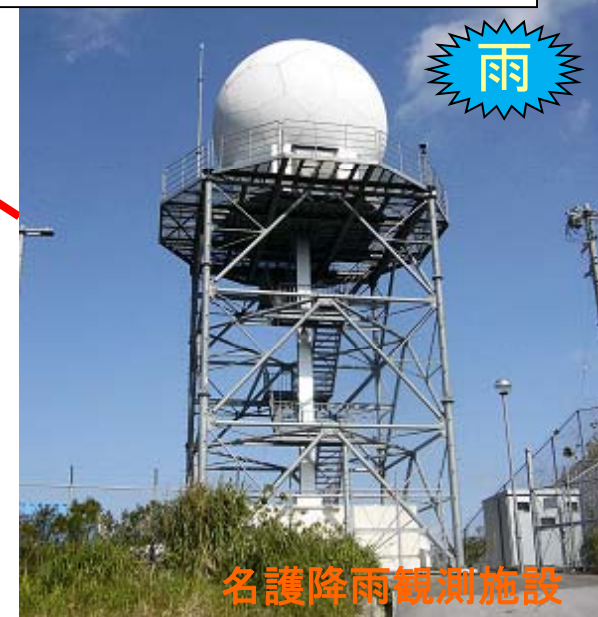


400 MHz帯ウィンドプロファイラ



風

偏波降雨レーダ (COBRA)



名護降雨観測施設

沖縄亜熱帯計測技術センター(恩納)

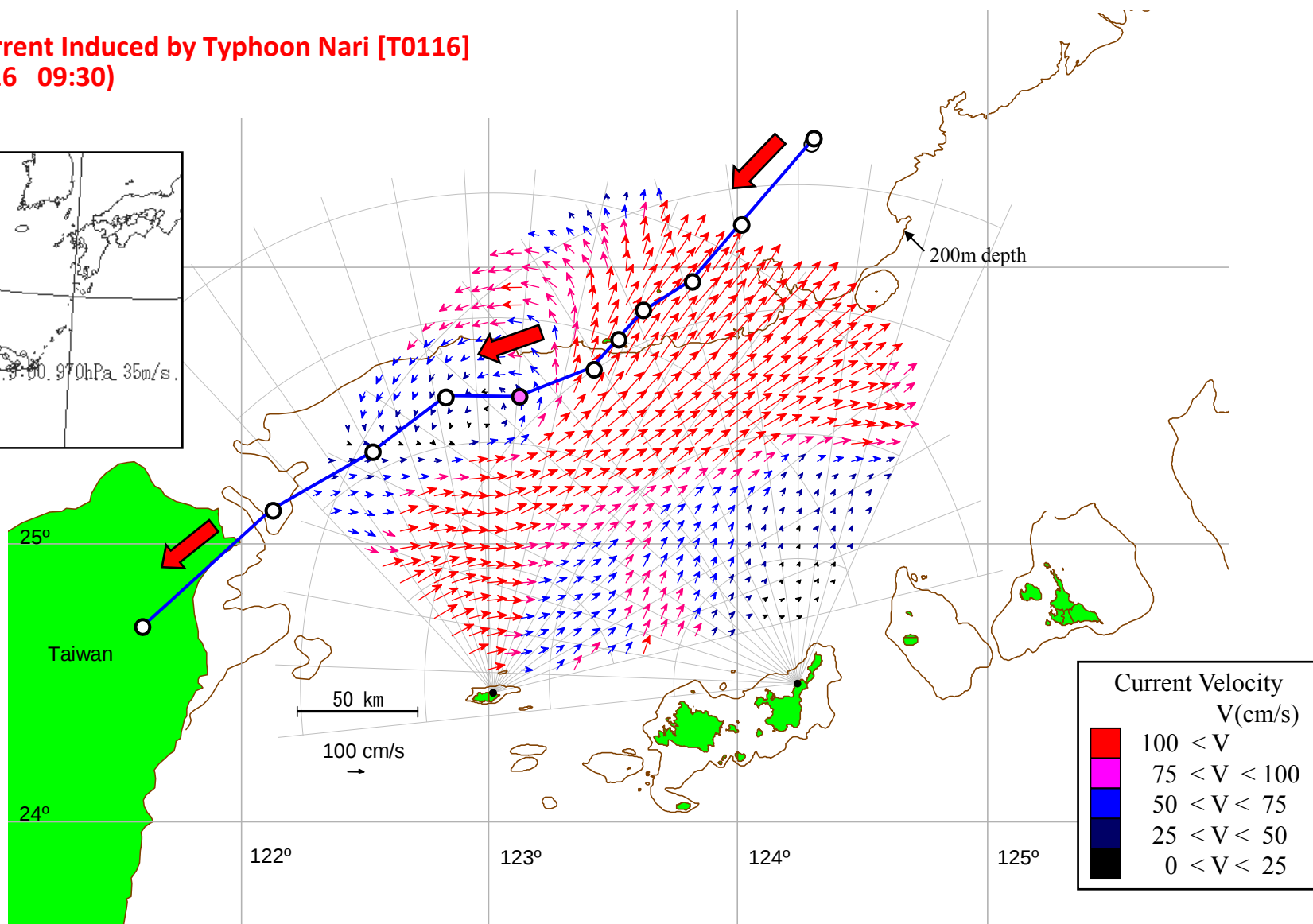
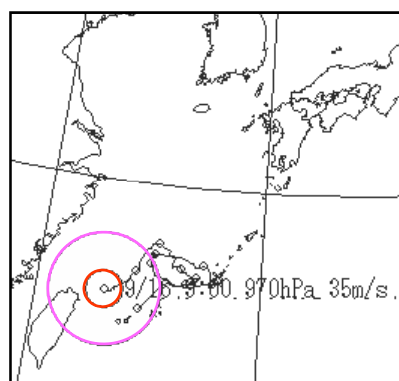


遠距離海洋レーダの諸元

- レーダ形式: FMICW ドップラーレーダ
- 周波数: 9.25 MHz
- 送信出力: 1 kW (ピーク)
- 観測距離: 200 km (表層流計測)
- アンテナ形式: 16素子アレイアンテナ (DBF)
- 速度分解能: 2.5cm/s
- 表層流の測定水深: 1.2m
- ビーム幅: 8° (正面方向)
- 観測範囲: ±60°
- 掃引帯域幅: 22kHz, 55kHz (送信禁止帯あり)
- 距離分解能: 7 km
- 時間分解能: 30分間隔 (最頻)

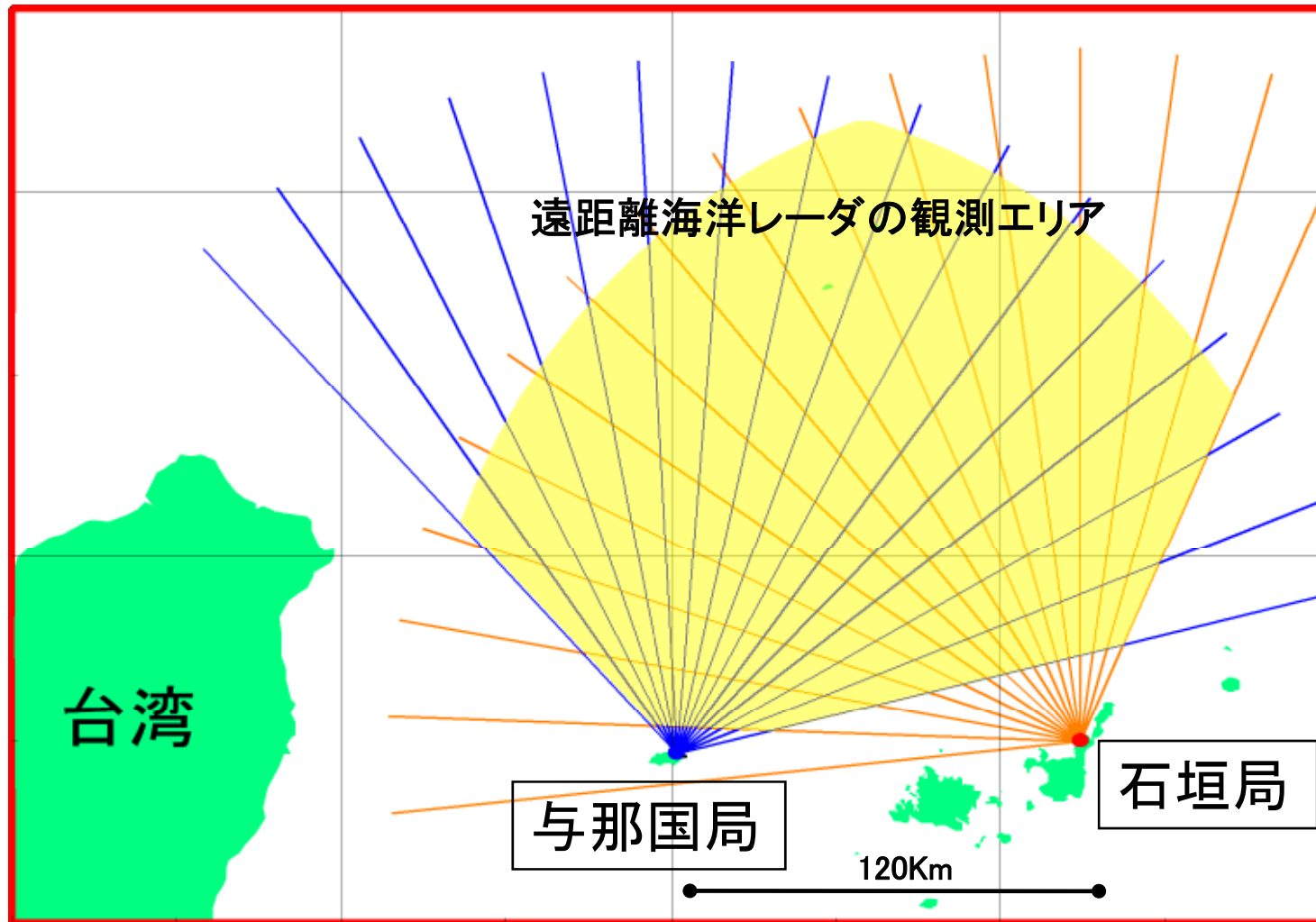
遠距離海洋レーダによる観測例

Surface Current Induced by Typhoon Nari [T0116]
(2001/09/16 09:30)



ディアルドップラ観測 (遠距離海洋レーダ9MHzの場合)

借地返還に伴い2010年10月で石垣局の撤去



分散型海洋レーダの開発

■ 目標

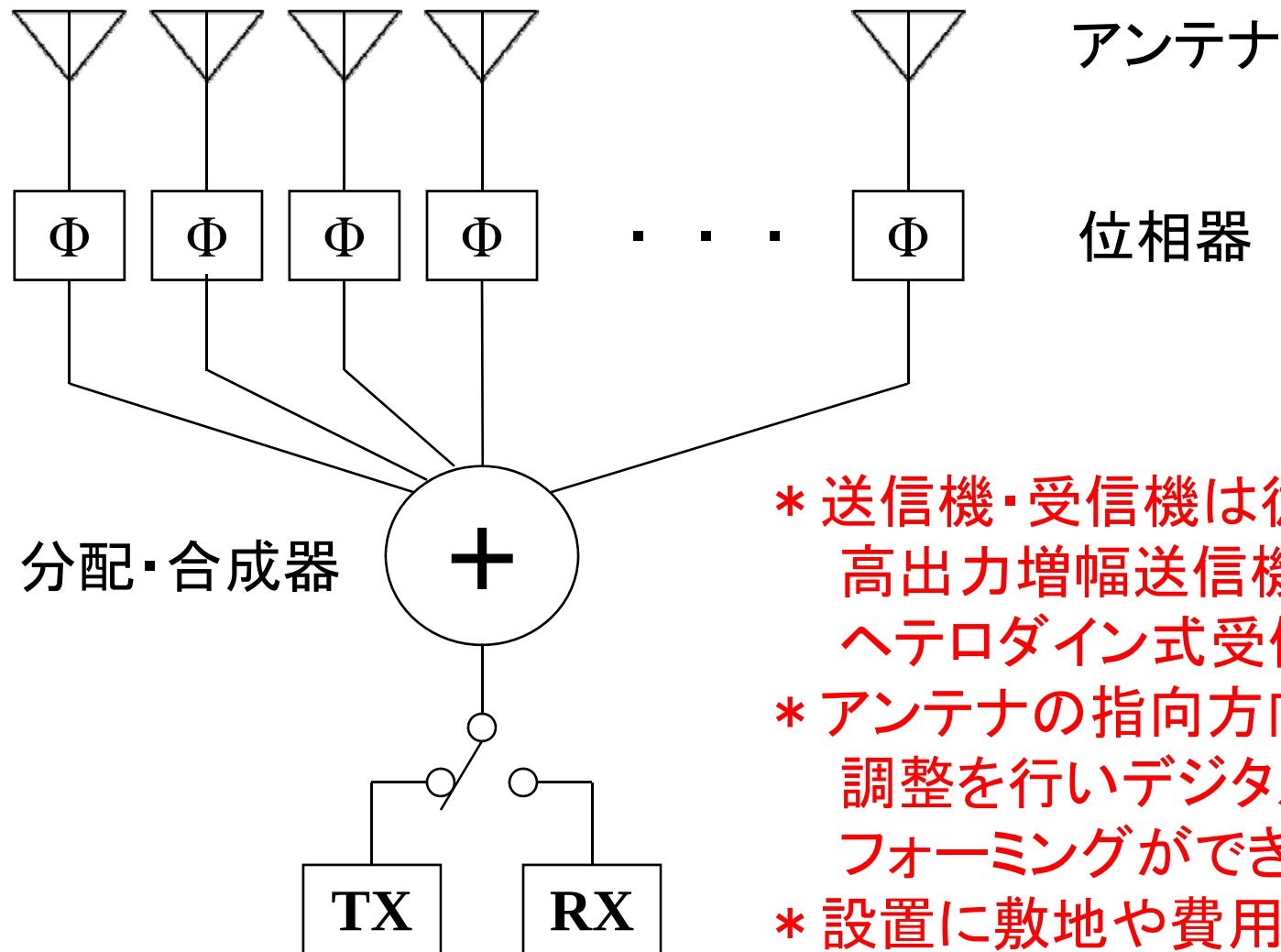
- ✓ 海洋レーダに一步進んだ干渉計技術を導入
- ✓ ソフトウェア無線の導入
- ✓ 信号処理の高度利用の追求と適用
- ✓ 設置運用の簡便さを追求
- ✓ 免許周波数以外のパッシブ型レーダの探究



- ✓ どこでもレーダ
- ✓ 何でもレーダ

ドラえものの
ポケットを実現

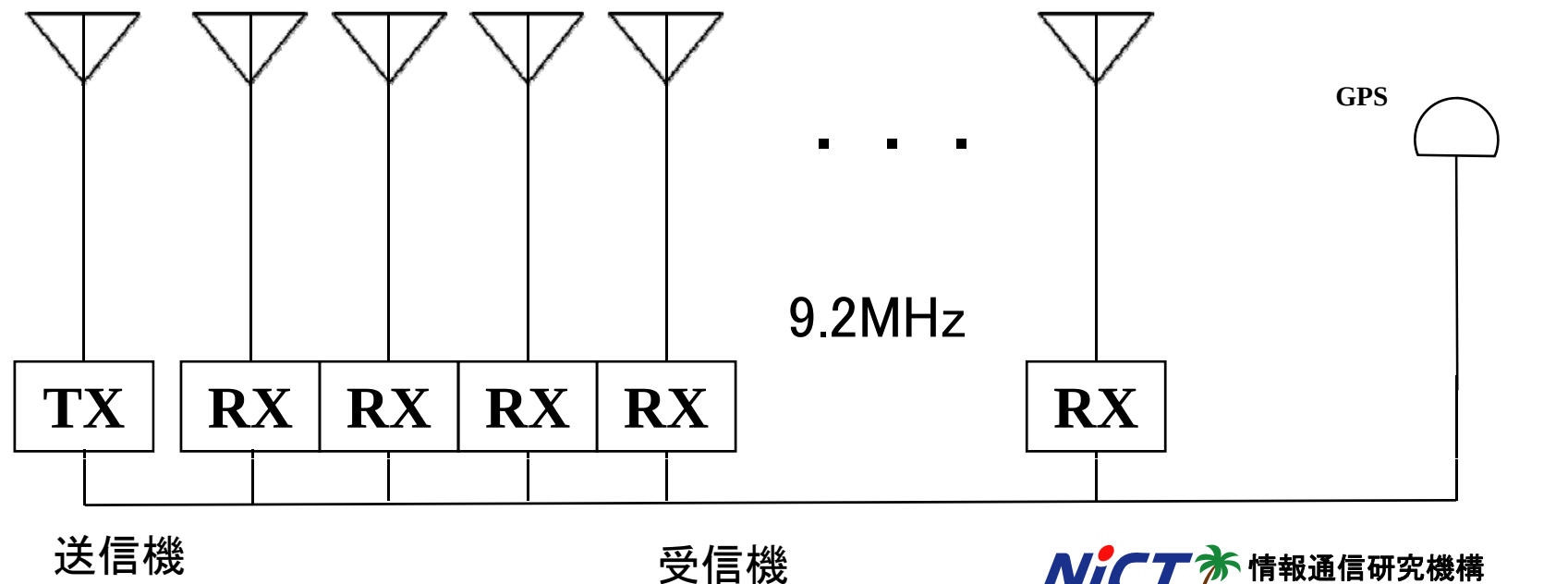
従来型海洋レーダの構成 （短波海洋レーダ24MHzの場合）



- * 送信機・受信機は従来からの高出力増幅送信機1台とヘテロダイン式受信機1台
- * アンテナの指向方向は位相器で調整を行いデジタルビームフォーミングができない
- * 設置に敷地や費用が多大に必要
- * 装置価格も大変高価

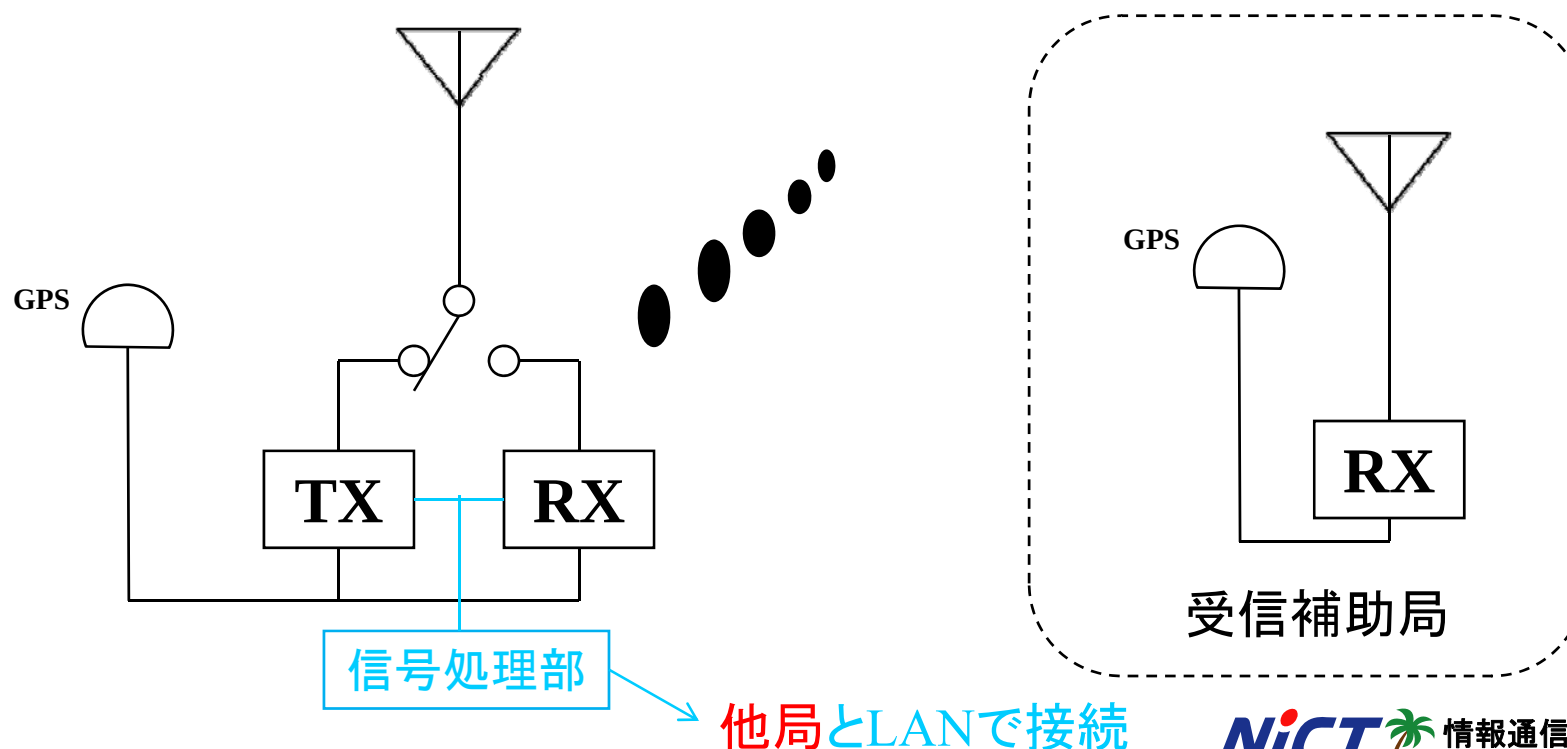
従来型海洋レーダの構成 （遠距離海洋レーダ9MHzの場合）

- * 送信機 高出力増幅送信機1台
- 受信機 ヘテロダイン式受信機16台
- * 受信アンテナの指向方向はデジタルビームフォーミングができるが受信出力が決め打ちで後処理できない
- * 設置に敷地や費用が極めて多大に必要
- * 装置価格も大変高価（2基しかないので特注品）

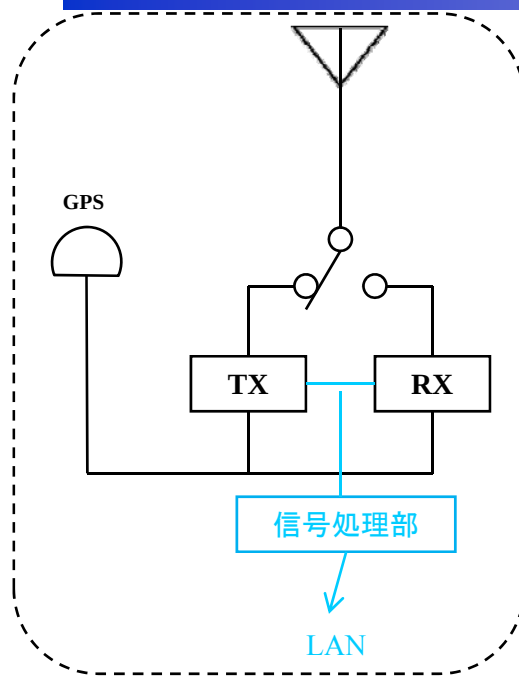


分散型海洋レーダの基本構成

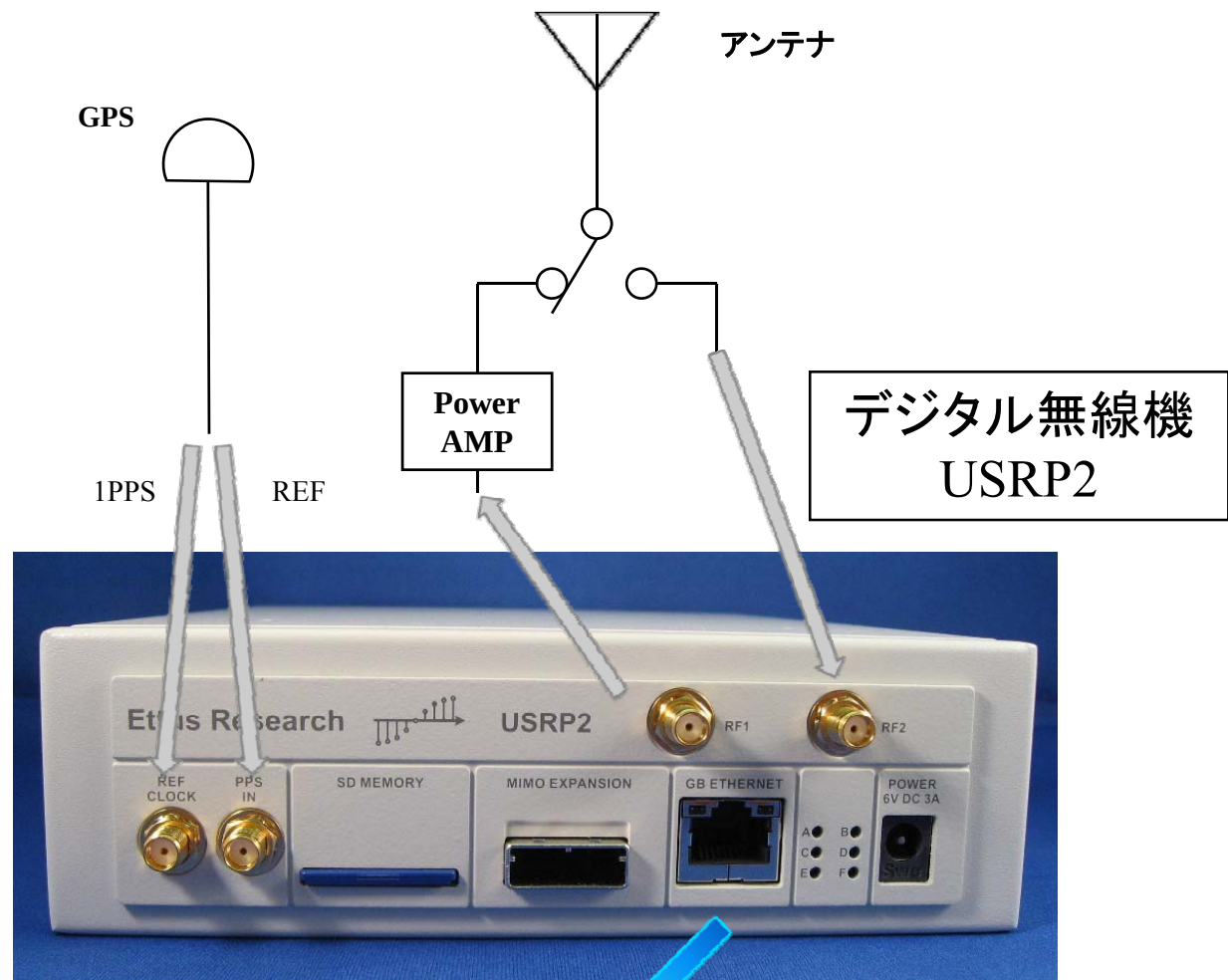
- 受信部にデジタル受信機(AD変換器)を採用する
- 低電力の送信機
- デジタル受信機と低電力送信機が1組の局を**複数局**用意
- 各観測サイト間に**無線(有線)LAN**を構成する
- 各観測サイトはGPSを備え時刻ならびに位置情報を得る



実際の無線機の構成イメージ



- * 現在開発中のデジタル無線機 USRP2
- 1. 最初の段階として受信のみを検討
- 2. 複数台を用いてDBF化



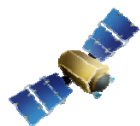
他局とLAN接続

信号処理部
PC

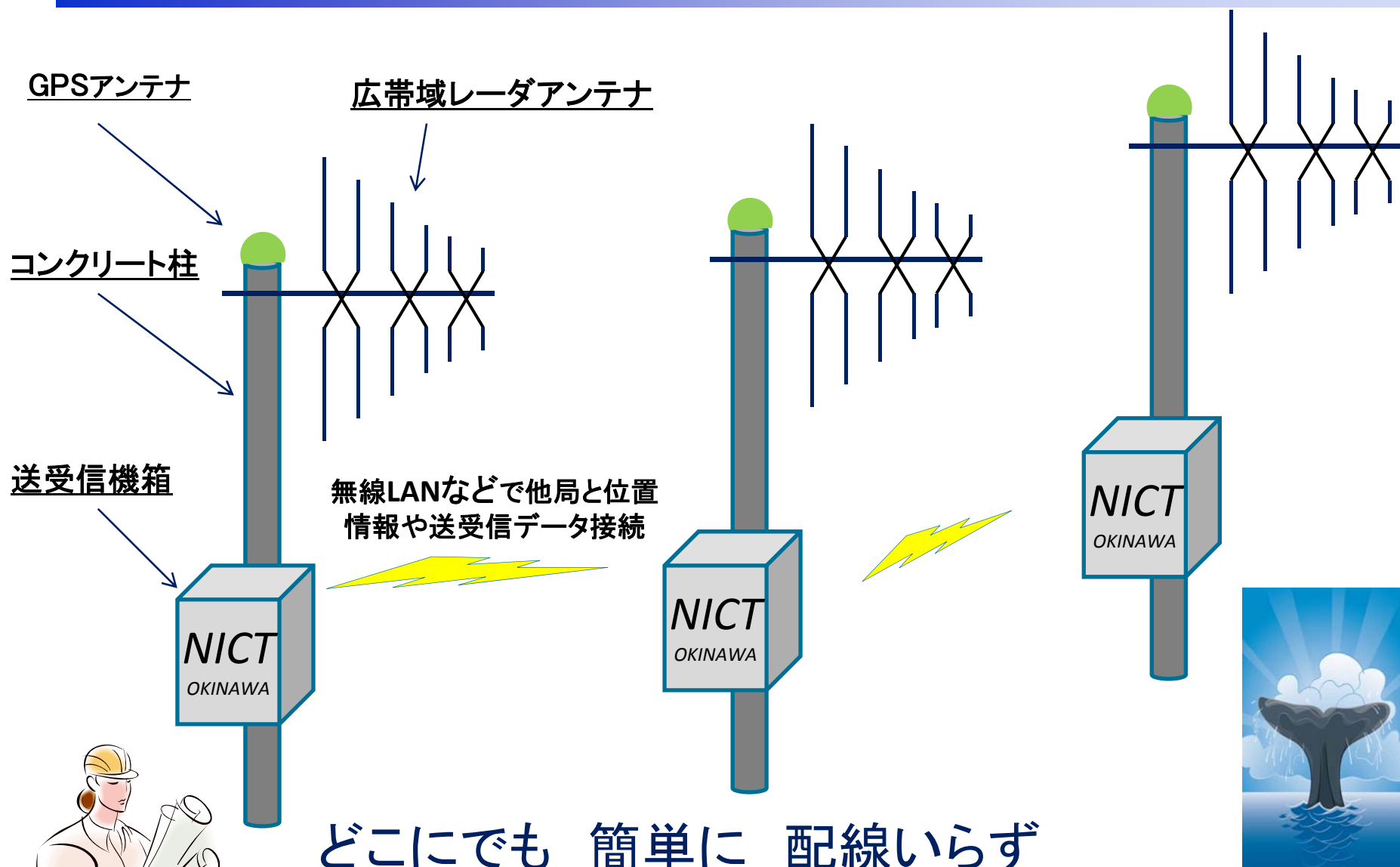
USRP2の概要

- USRP2は直接RFのフロントエンドとして動作し計算機への橋渡しをする
A/DおよびD/Aコンバータとして動作
- USRP2 はオリジナルのUSRPにいくつかの機能を向上させた 2008年～
- 送受信信号処理はパソコン上のGNU Radio などでおこなう
- GNU Radio はフリーのソフト群 おもにLinux 上で動作するソフトが多い
- 信号処理パソコンとの接続にギガビットのイーサネット
- 外部基準信号に 10 MHz と 1 PPS を用いて時刻情報を付加できる
- 標準SDカードでコンフィグレーション情報を保持
- USRPのドータ・ボード (Basic RX/TX など) の付加が可能で動作周波数範囲が広い
- Basic RXの場合 ⇒ 1 ～ 200MHz 程度まで受信可能
- A/D 14-bit 100M サンプル/sec
- D/A 16-bit 400M サンプル/sec
- 25 MHz の最大帯域幅 (16-bit)
- Xilinx Spartan 3-2000 FPGA
- 約20万/1台(Basic TX/RX を含む)
- メモリ1 MByte SRAM





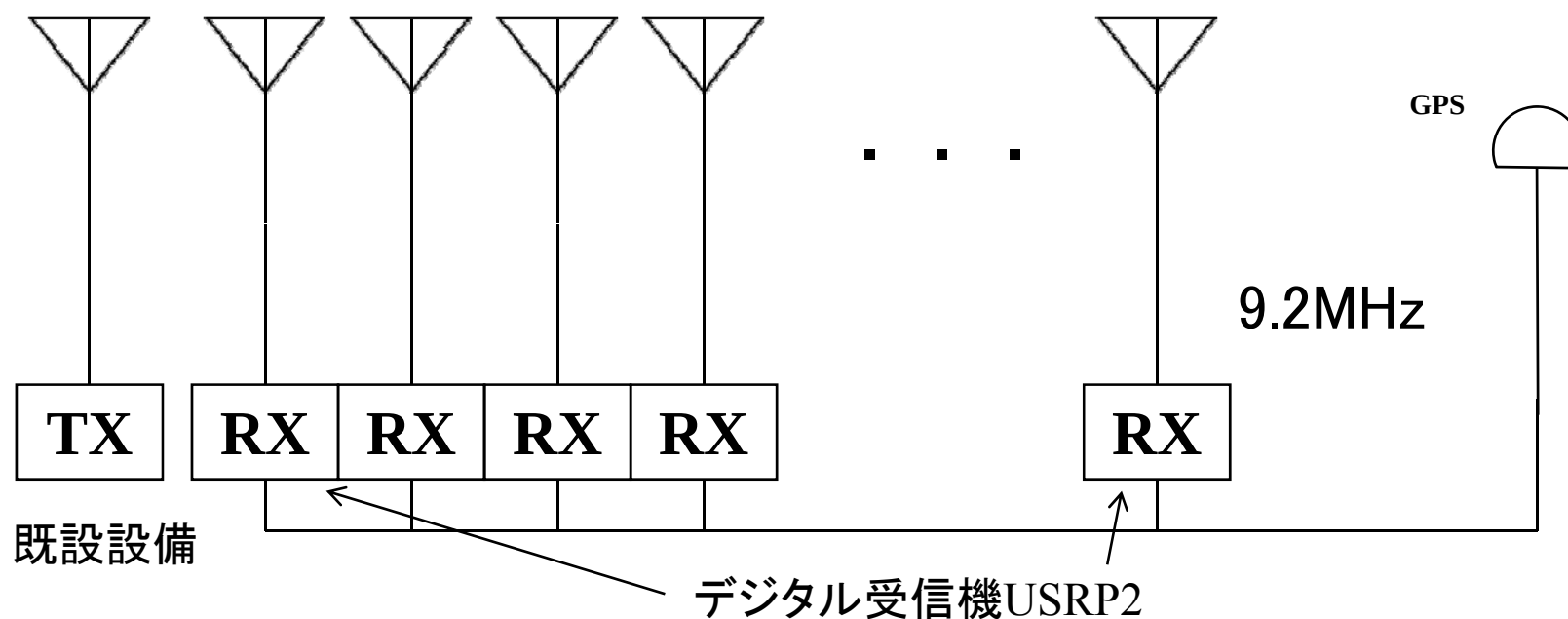
分散型海洋レーダ計画



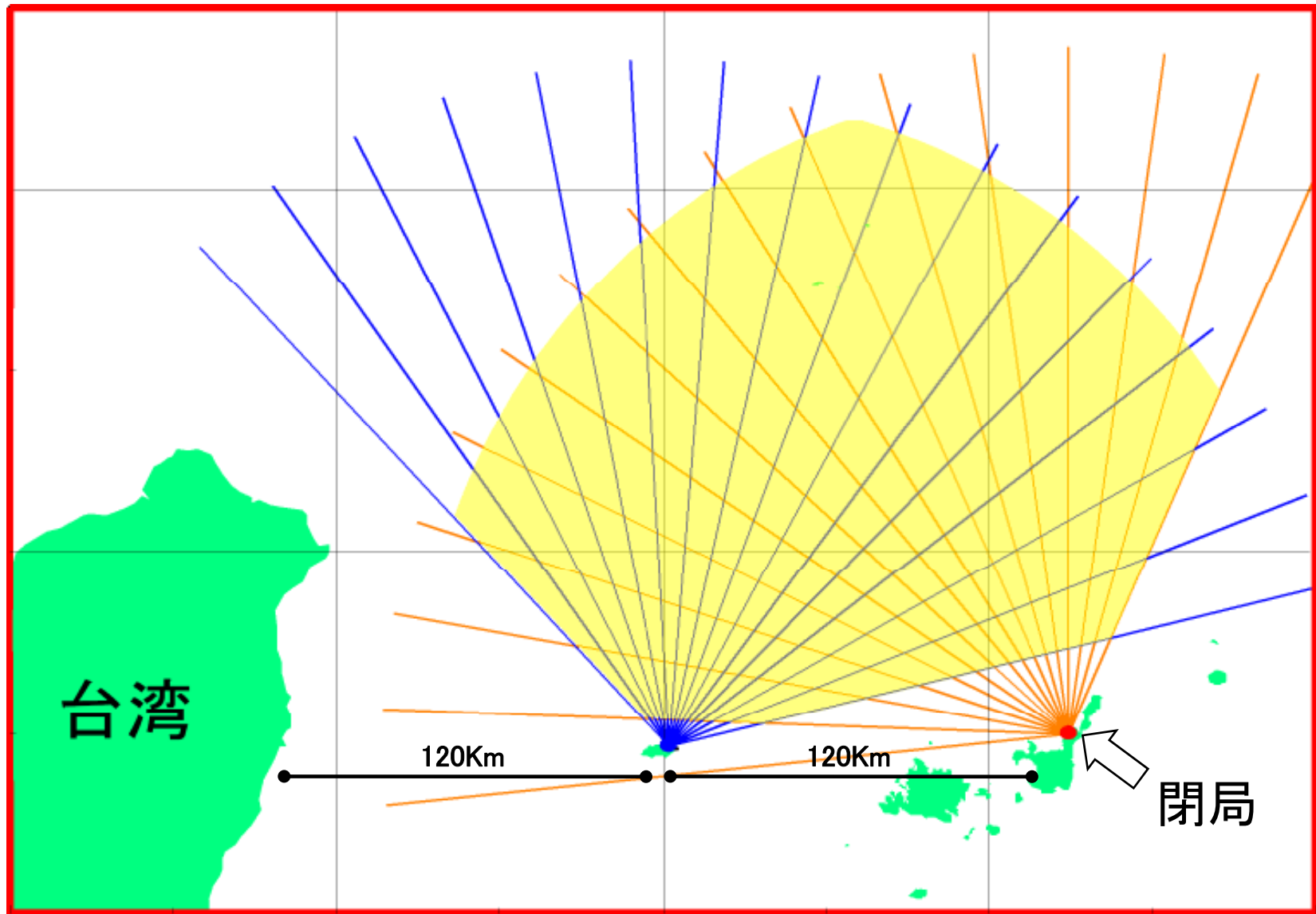
どこにでも 簡単に 配線いらず
24時間海を見つめます

遠距離海洋レーダ石垣局を用いた実験計画

- 2010年10月 石垣局を停波
- 2011年 2月 恩納センターに石垣局アンテナを6~8台設置
- USRP2受信機を並列運転をおこないオフラインで信号処理
- DBF化や既設短波海洋レーダと比較検討をおこなう予定

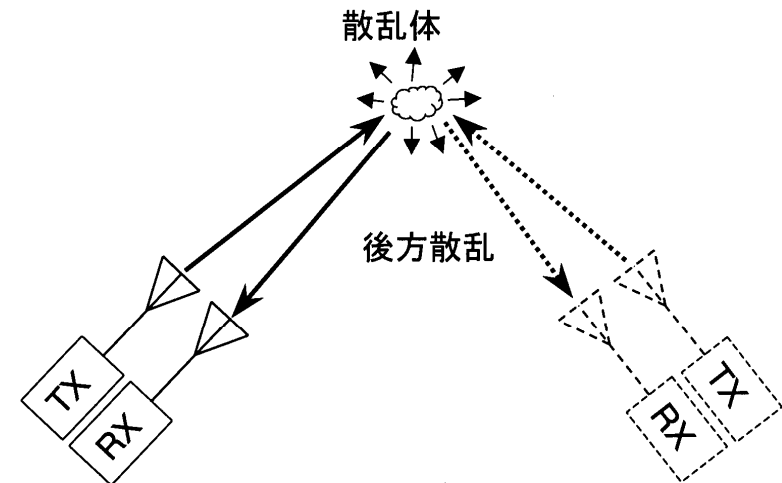


パッシブ型バイスタティック受信予備実験 in 与那国

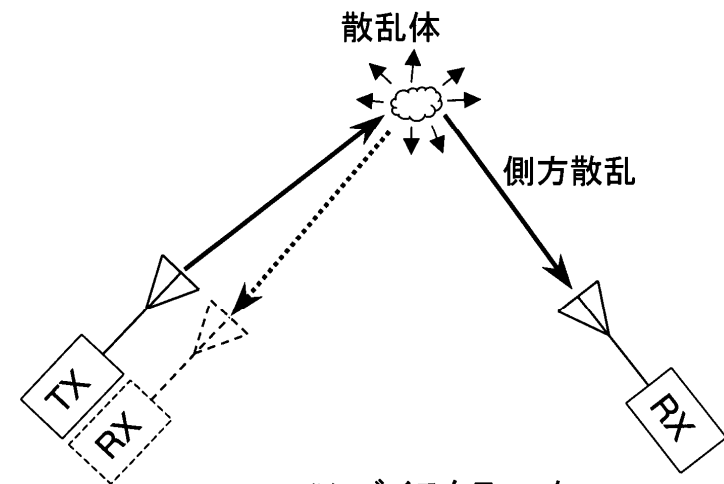


パッシブ型バイスタティック受信予備実験 in 与那国

- モノスタティックレーダとバイスタティックレーダ
- 側方散乱を利用して散乱体の様子を調べる→バイスタティック
- 1送信機に対して複数の受信機を展開可能→コスト削減、周波数資源の有効利用
- 技術的な課題→ブラッグの散乱条件がモノスタティックより複雑・遠隔地での時刻同期→与那国・石垣間で実験
- 未知の送信源を利用できないか？



(a) モノスタティック



(b) バイスタティック

台灣における海洋レーダ

TORI 國研院台灣海洋科技研究中心
Taiwan Ocean Research Institute

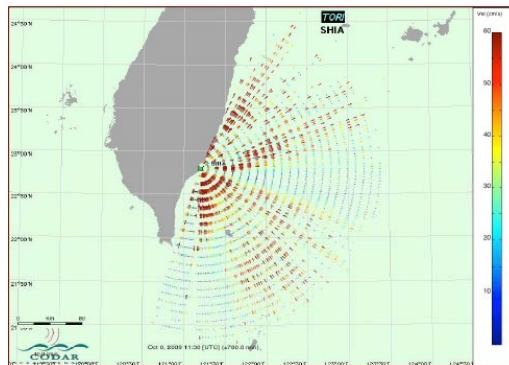


圖2. 小野柳站觀測之徑向速度場(Oct 8th 2009, 竣工初測)

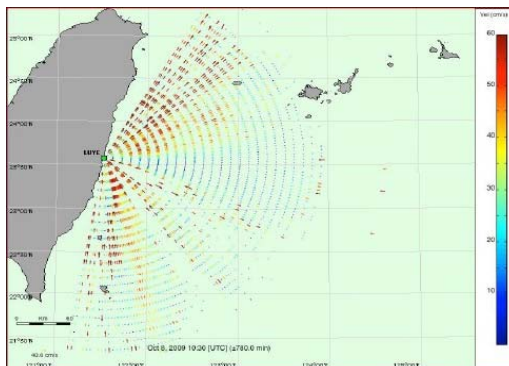


圖3. 綠野機動站觀測之徑向速度場(Oct 8th 2009, 竣工初測)

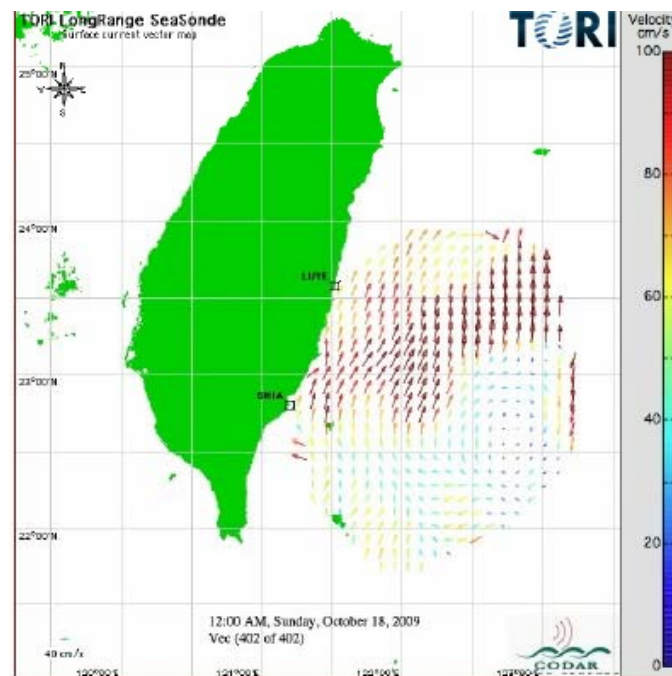


圖4. 觀測之合成速度向量流場(Oct 18th 2009, 竣工初測)

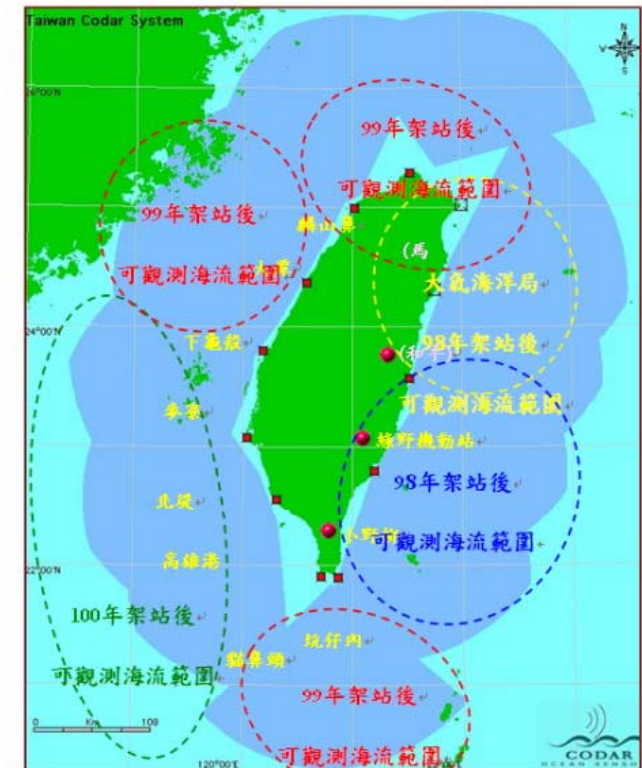
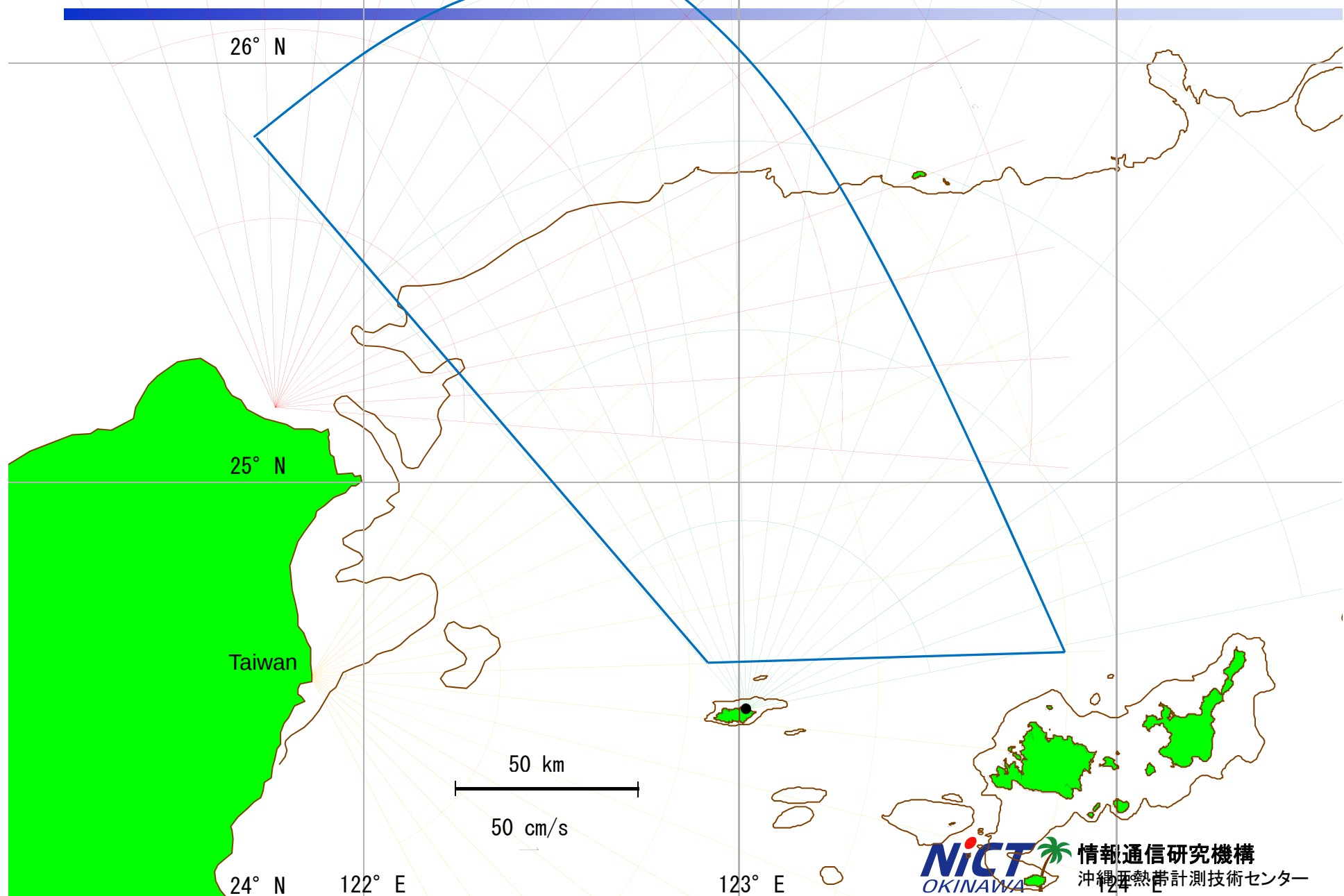


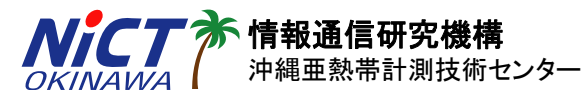
圖1：CODAR測流系統佈置規劃

<http://www.tori.org.tw/modules/tadnews/index.php?nsn=32>

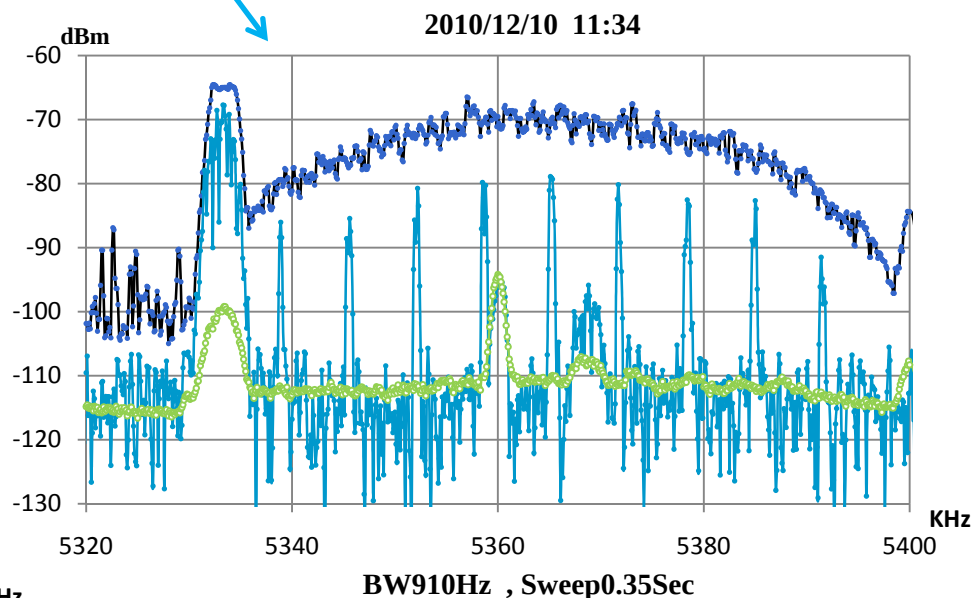
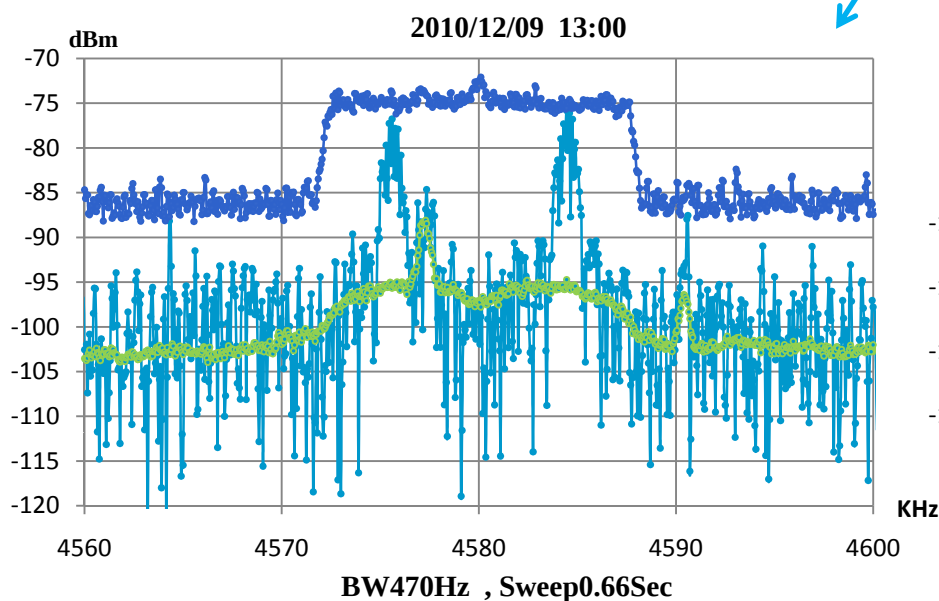
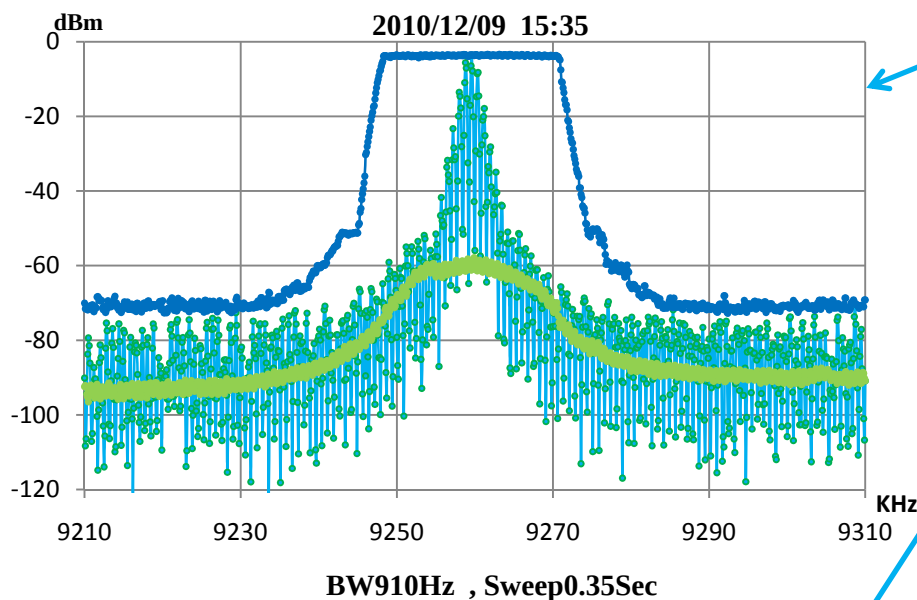
台湾の海洋レーダーとのバイスタティック受信の可能性



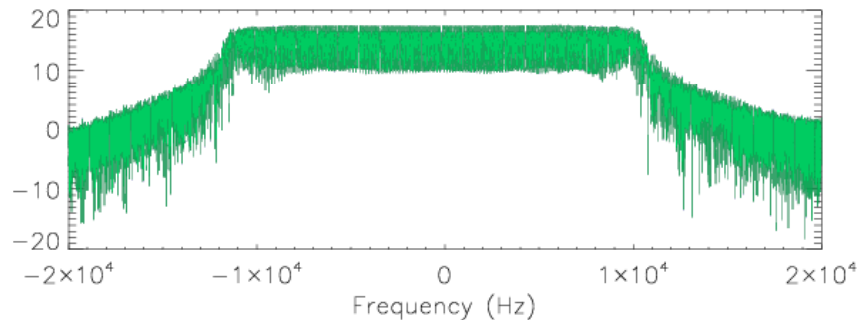
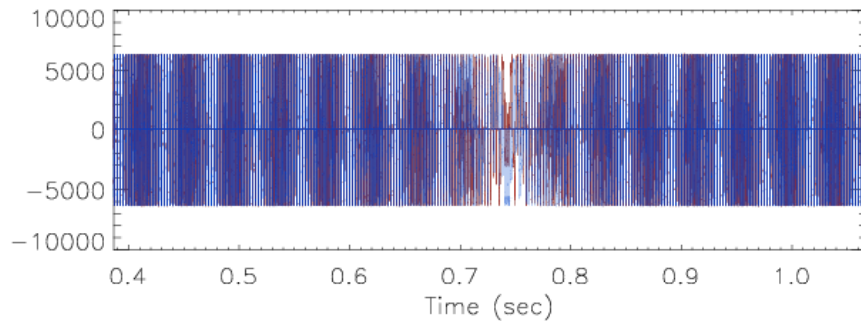
2010/12/09-10



与那国で受信できる信号のスペクトルデータ



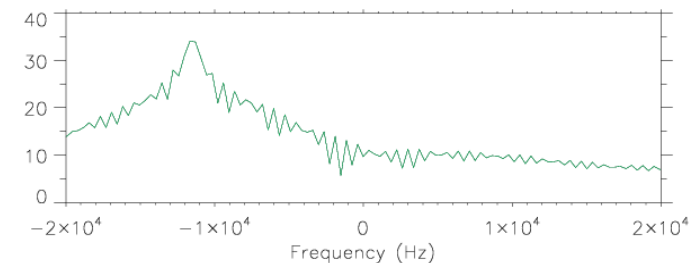
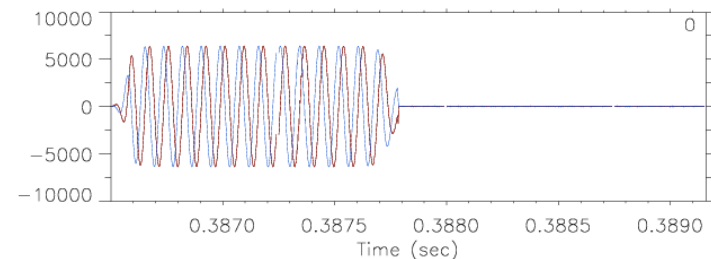
USRP2で受信したスペクトル図 1



上図: 時系列 1掃引区間
下図: 上図をFFT計算した図

掃引パルス数256, 掃引時間680.96mS,
パルス繰返し周期2.66mS

- 遠距離海洋レーダ9MHzをUSRP2で受信記録してスペクトル図を描画
- 9260KHzでサンプリング



まとめ

- NICT沖縄センターと遠距離海洋レーダの現状を紹介した。
- 現用の海洋レーダは開発当初のプロトタイプから基本形は変化していない。これを、デジタル受信機と高度信号処理技術を用いることにより分散型化し、小型で廉価さらに設置が容易なレーダへと進化させる道筋を示した。
- パッシブ型バイスタティック受信のための予備実験結果を紹介した。