

# 沿岸の広域観測を可能にする 海洋レーダとその展開

藤井 智史

琉球大学工学部

## 内容

1. 沿岸海洋観測と海洋レーダ
2. 海洋レーダの応用
  - 漂流物追跡 (ごみ回収の効率化)
  - 魚海況情報・急潮対策
  - 津波観測
  - 船舶追尾
3. 海洋レーダの展開
  - 国内の状況
  - 海外の状況と観測ネットワーク



## 海洋観測の技術

### ● 現場観測

- 観測船
- 係留系
- 漂流ブイ



### ● リモートセンシング技術

- 地球観測衛星
  - 放射計／散乱計
  - 高度計



## 沿岸観測

### ● 沿岸観測の要求条件

(沿岸: 海岸からおおよそ100km以内)

- 空間分布 (平面的広がり) (空間分解能 10km以下)
- 連続観測
- 短時間現象の把握 (1時間以内)

### × 現場観測の課題

- 空間分布の把握には多数のブイを配置?
- 連続観測には船舶は常に運用?
- 嵐の海(荒天下)での観測は?

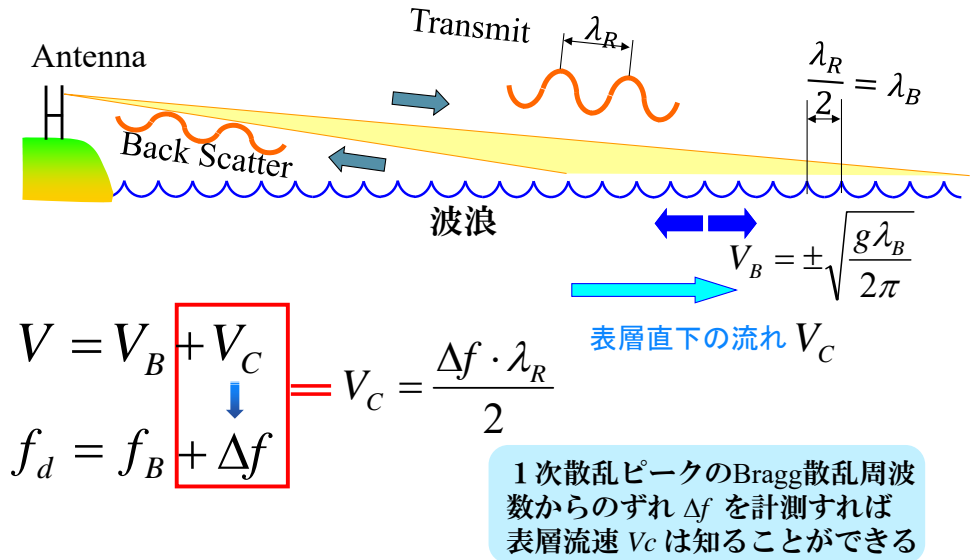
### × 衛星リモートセンシングの課題

- 陸域の影響が大きい
- 地球観測衛星は周回衛星 → 回帰周期は数日

# 海洋レーダの特徴 (他のレーダとは何が異なるか)

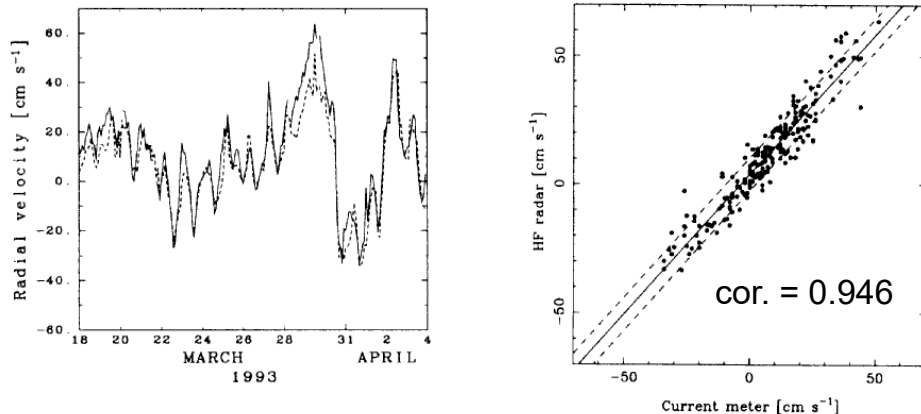
1. 陸上設置の海洋観測機器
2. 使用周波数 3-50MHz 帯 (HFからVHF帯)
  - 通常のレーダはマイクロ波 (GHz帯)
  - 超水平線 (Over-the-Horizon)
3. 海面での散乱を利用
  - 海面重力波でのBragg 散乱
4. ドップラーレーダである
  - 視線方向 (電波照射方向) の速度成分を測定  
流速計測

# 海洋レーダの流速観測原理



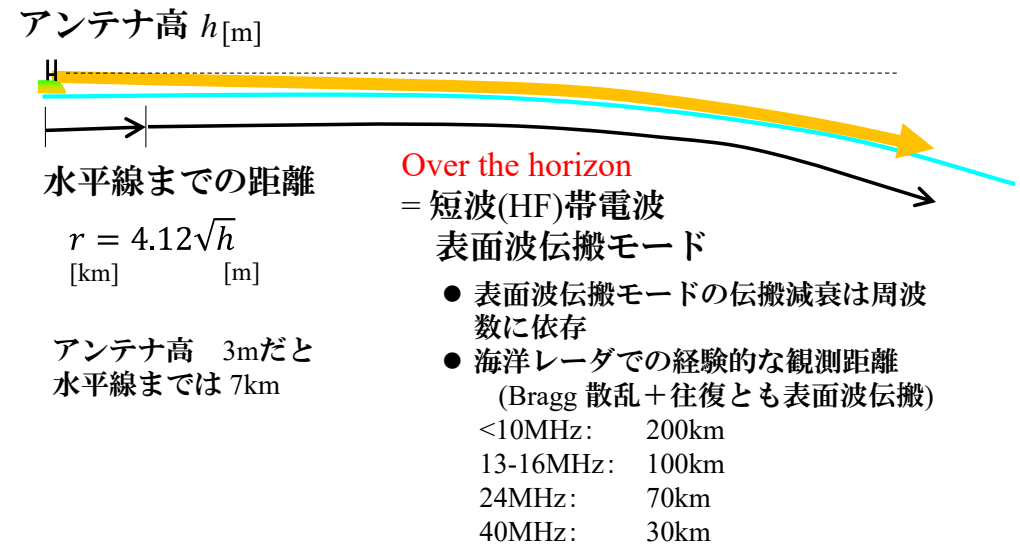
# 表層流速精度の検証

福島沖観測(1993) 2m深に設置の流速計との比較 From Sakai et al. (1994)



波浪の移動速度と水深の関係  $= \lambda_B/4\pi$  で相関が高い  
24.5MHz だと、水深48.5cm の流速に相当 Stewart and Joy(1974)

# 表面波伝搬モード

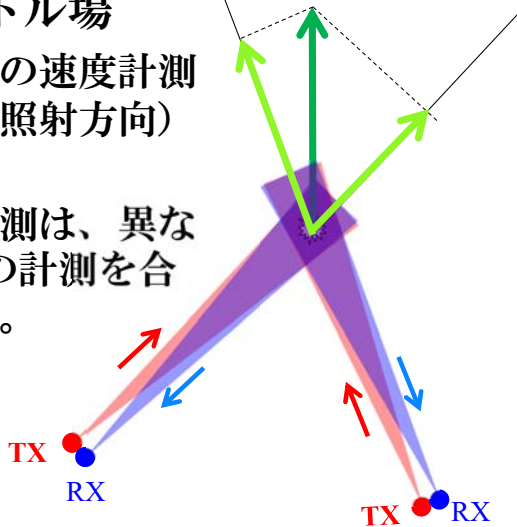


# ベクトル流速の計測

## ● 流れは2次元ベクトル場

- ドップラーレーダの速度計測は視線方向（電波照射方向）成分のみ
- 速度ベクトルの計測は、異なる2方向以上からの計測を合成する必要がある。

ドップラーレーダは2台以上で1セット

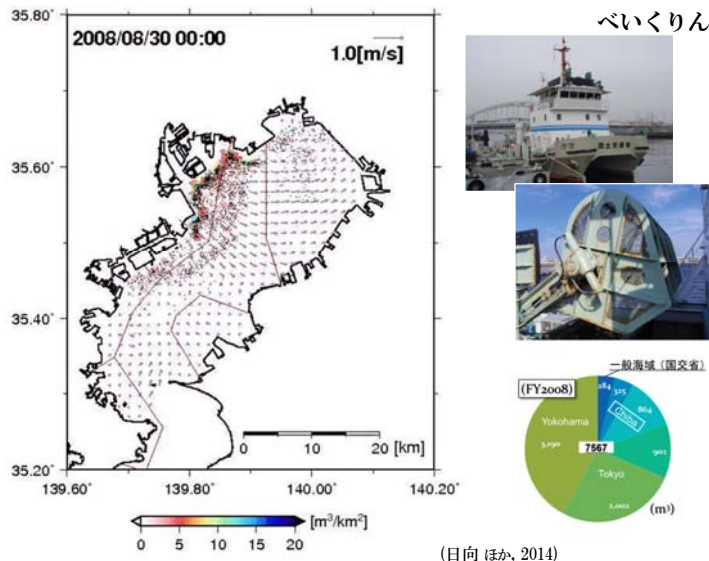
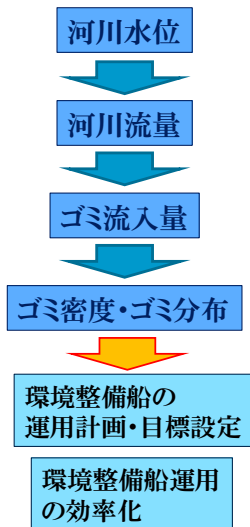


# 海洋レーダの応用例

- 沿岸環境モニタリング
  - 環境アセスメント
  - 漂流物の追跡 ゴミ回収効率化、油流出、海難救助
- 水産業(沿岸漁業)
  - 海況情報 漁獲確保・増進
  - 急潮被害(漁網・漁具流出)の回避・低減
- 海上交通
  - 最適航路選択
  - 船舶追尾・監視
- 津波防災・減災
  - 津波到来検知 早期警戒
  - 災害予測精度向上 被害予測精度向上

# 漂流ゴミ回収の効率化

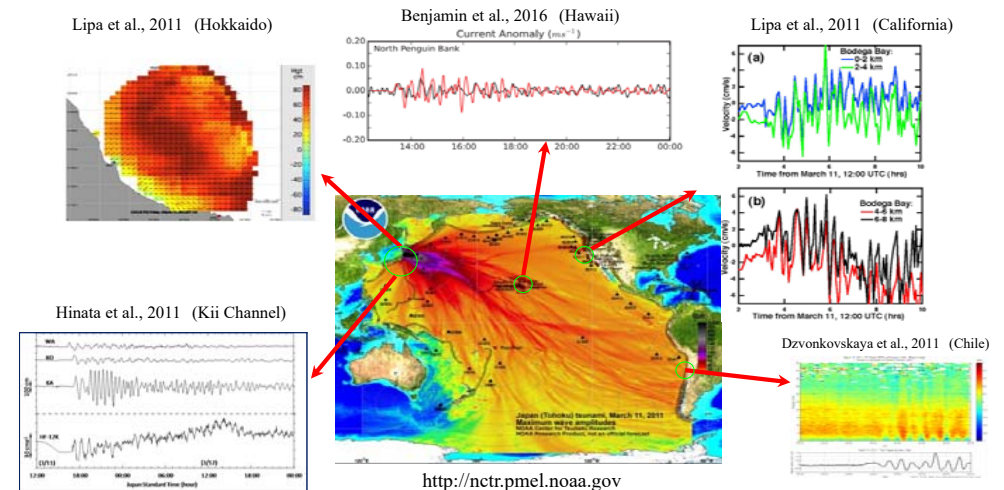
河川流入量と粒子追跡に基づく漂流ゴミ分布予測システム



# 海洋レーダで観測された東北地方太平洋沖地震津波

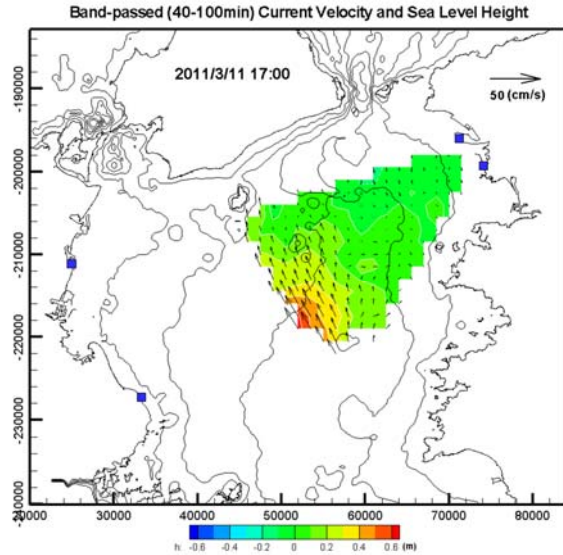
## 東北地方太平洋沖地震津波

= 初めて海洋レーダによる津波観測を実証





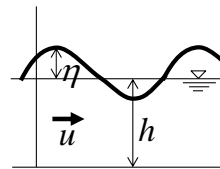
# レーダから推測した水位変動 (進行波)



線形長波方程式

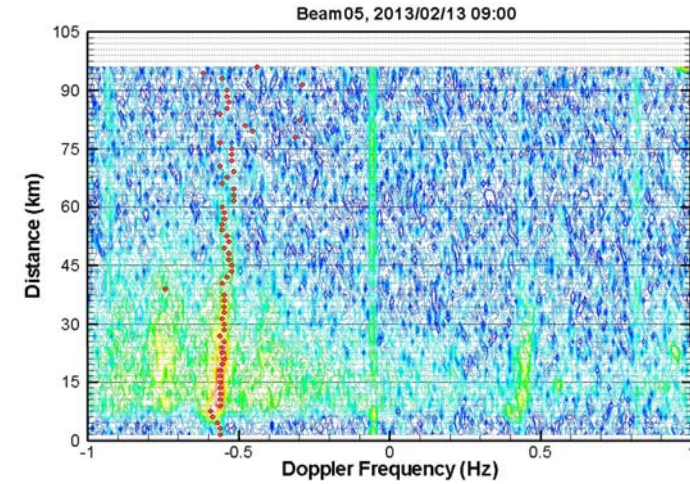
$$u = \frac{C}{h} \eta$$

$$= \sqrt{\frac{g}{h}} \eta$$

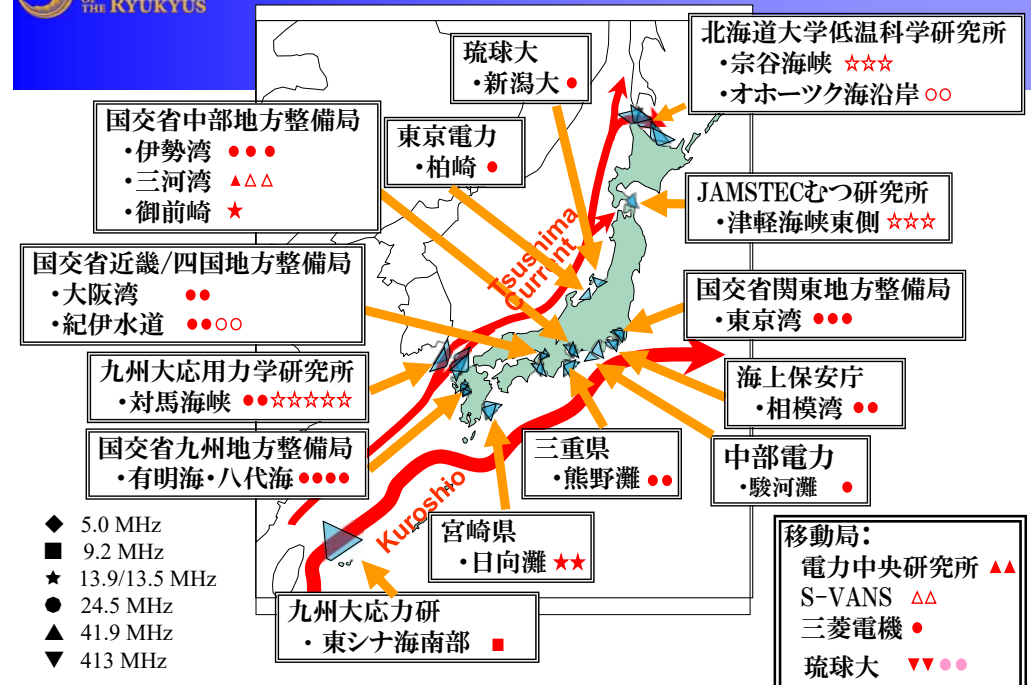
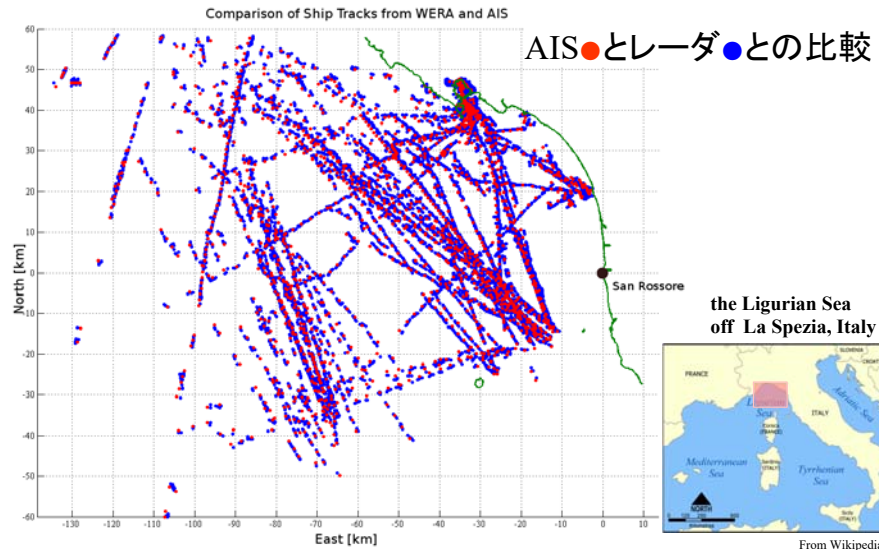


# 船舶追尾

## ● 船舶からの反射エコー



# 船舶追尾

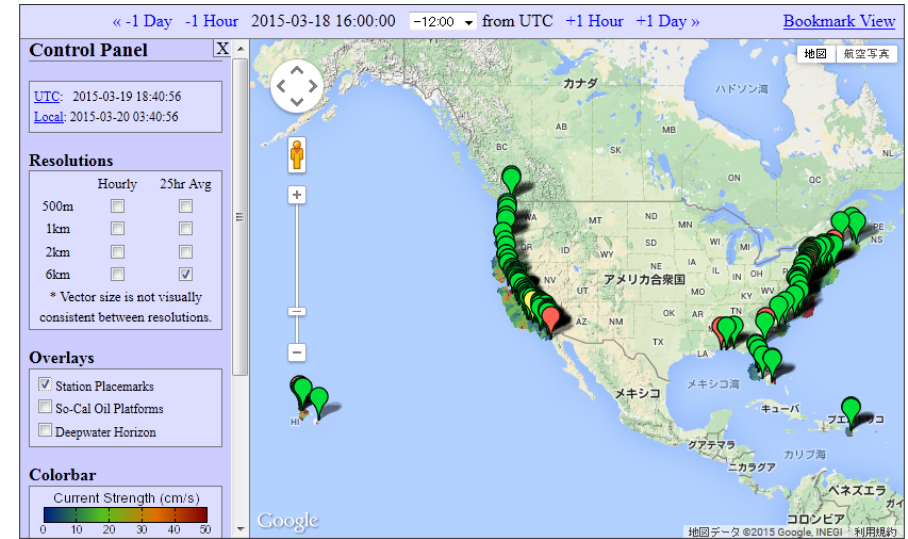


# 海洋レーダの現状 (世界では)

- 全世界で約400基 Roarty, H. (2022)
  - US 約200
    - National HFRadar Network (HFRnet)
      - 184 sites, 32 organizations
  - 欧州 約80 米州(米国以外) ~40
    - ▶ 英、独、仏、伊、露、ノルウェー、...
    - ▶ カナダ、メキシコ、チリ、...
  - アジア・太平洋 ~140
 

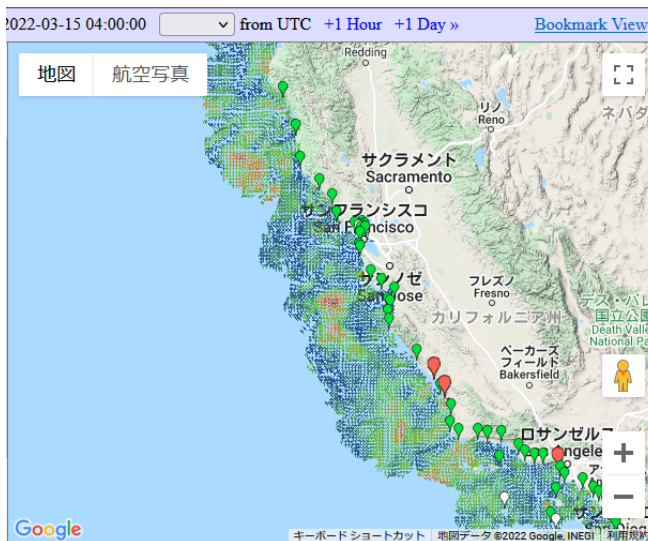
・ 豪 14	・ インドネシア 4
・ 中国 15	・ タイ 19
・ 韓国 45	・ ベトナム 3 → 10基以上
・ 台湾 21	・ インド 4 → 約10基
・ 香港 2	・ フィリピン 4

# IOOS Integrated Ocean Observing System



<https://cordc.ucsd.edu/projects/mapping/>

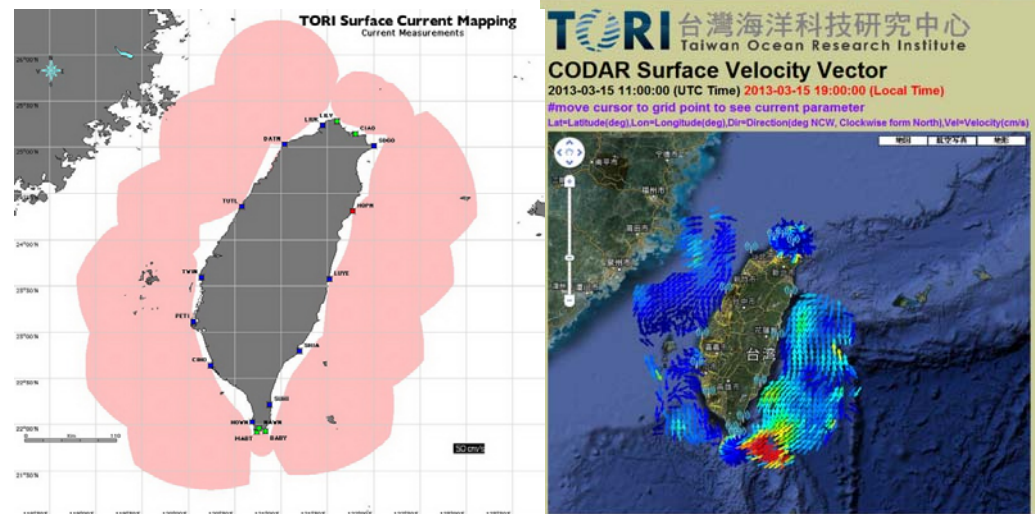
# HF Radar Network (HFRNET)



## Networking

- ◆ Data Format
- ◆ QC
- ◆ Diagnostics

# TORI (Taiwan Ocean Research Institute)

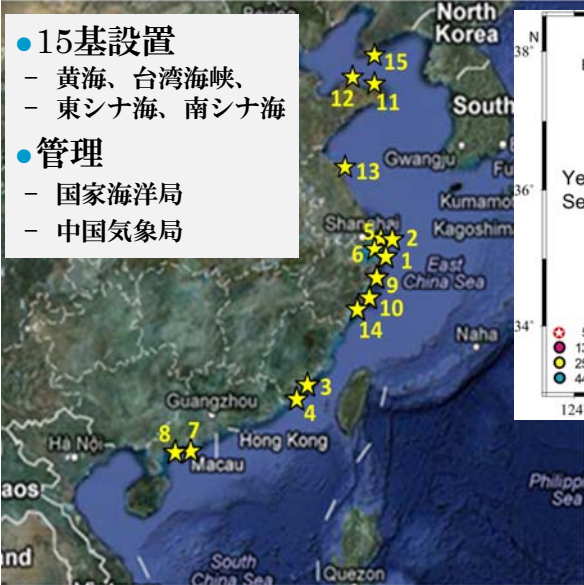


<http://med.tori.org.tw/TOROS>

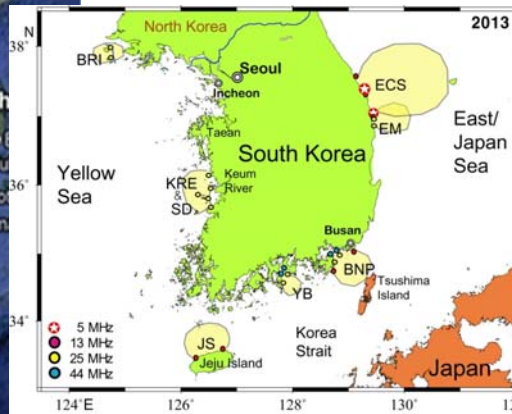


# 中国、韓国

- 15基設置
  - 黄海、台湾海峡、東シナ海、南シナ海
- 管理
  - 国家海洋局
  - 中国気象局



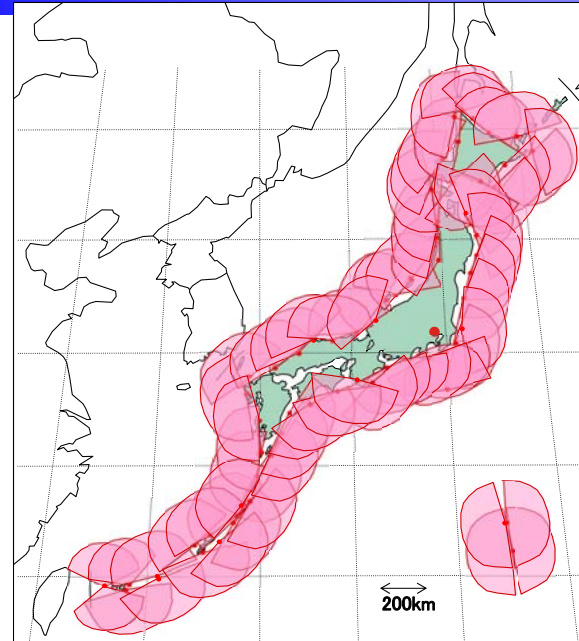
第3回海洋技術フォーラムシンポジウム



- 45基設置
- フォーラムの設立
  - 大学
  - 国立研究機関

2022年3月23日

# 海洋レーダネットワーク round JAPAN



- 遠距離レーダ
  - 200km
- 約100km間隔
  - ベクトル合成
- 70基配置

内湾、内海を入れて約100基

2021年

# まとめ

- 海洋観測機器としての海洋レーダ
  - 陸上設置 = 2次元連続観測、荒天時運用
  - 短波帯の利用 = 重力波でのBragg散乱
  - 観測物理量
    - ・ 表層流速、波浪スペクトル、海上風向、...
- 応用分野 ⇒ 導入・配備の進展 ネットワーク化
  - 環境計測・モニタリング
    - ・ 海浜・港湾構造物建設のアセスメント
    - ・ 水産海況情報の高度化、急潮予測
  - 防災・救難
    - ・ 津波検知、波源推定 正確な被害予測
    - ・ 漂流予測 遭難者救助、油・汚染物流出時の追跡
  - 船舶追尾

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

2022年3月23日