

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

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

2022年3月23日



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





2022年3月23日

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム



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





UNIVERSITY

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

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

2022年3月23日

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム



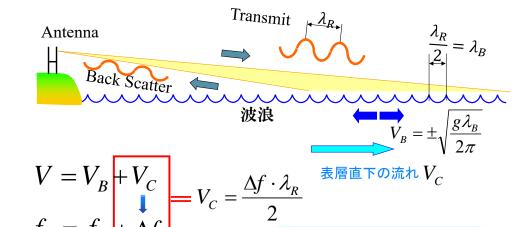
海洋レーダの特徴(他のレーダとは何が異なるか)

- 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

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

2022年3月23日

海洋レーダの流速観測原理



数からのずれ Δf を計測すれば 表層流速 Vc は知ることができる

1次散乱ピークのBragg散乱周波

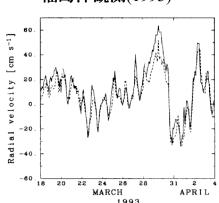
第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

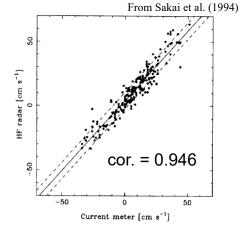
2022年3月23日



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





波浪の移動速度と水深の関係=λβ/4πで相関が高い

24.5MHz だと、水深48.5cm の流速に相当

Stewart and Joy(1974)

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

2022年3月23日

UNIVERSITY

表面波伝搬モード

アンテナ高 h[m]

水平線までの距離

 $r = 4.12\sqrt{h}$ [km] [m]

アンテナ高 3mだと 水平線までは7km

Over the horizon

= 短波(HF)帯電波 表面波伝搬モード

- 表面波伝搬モードの伝搬減衰は周波 数に依存
- 海洋レーダでの経験的な観測距離 (Bragg 散乱+往復とも表面波伝搬)

<10MHz: 200km 13-16MHz: 100km 24MHz: 70km 40MHz: 30km

• 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

(日向ほか、2014)

2022年3月23日

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

2022年3月23日

University OF RYUKYUS 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
- - 津波到来検知 早期警戒
 - 災害予測精度向上 被害予測精度向上

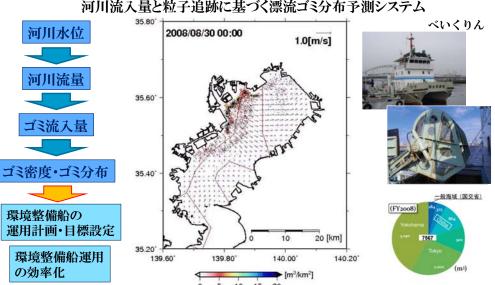
第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

2022年3月23日

University of the Rvukvus

漂流ゴミ回収の効率化

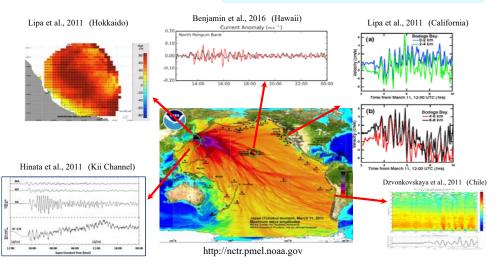
河川流入量と粒子追跡に基づく漂流ゴミ分布予測システム



UNIVERSITY 海洋レーダで観測された 東北地方太平洋沖地震津波

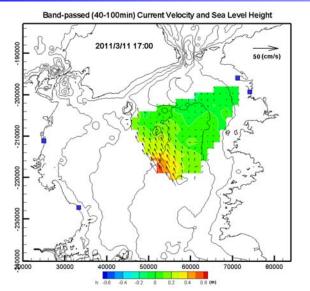
東北地方太平洋沖地震津波

= 初めて海洋レーダによる津波観測を実証



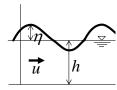
第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

レーダから推測した水位変動(進行波)



線形長波方程式

 \boldsymbol{C} $\bigvee h$



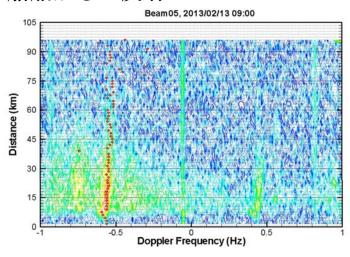
第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

日向ほか (2012)

2022年3月23日

OF RYUKYUS 船舶追尾

• 船舶からの反射エコー

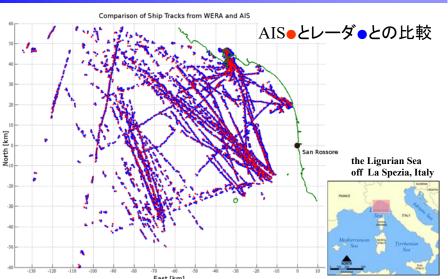


第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

2022年3月23日

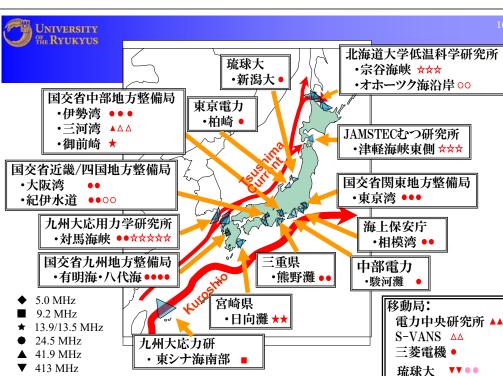
2022年3月23日

UNIVERSITY OF RYUKYUS 船舶追尾



国交省中部地方整備局 •伊勢湾 ••• •三河湾 ▲△△ •御前崎 ★ 国交省近畿/四国地方整備局 •大阪湾 •紀伊水道 ●●○○ 九州大応用力学研究所 •対馬海峡 ●●☆☆☆☆☆ 国交省九州地方整備局 ·有明海·八代海 ••• ◆ 5.0 MHz 9.2 MHz 13.9/13.5 MHz 24.5 MHz 41.9 MHz ▼ 413 MHz

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム



Revised from Fujii et al.(2014)

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

Gurgel et al. (2013)

- 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
 ・ 均 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

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

2022年3月23日

OF RYUKYUS

IOOS Integrated Ocean Observating System



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

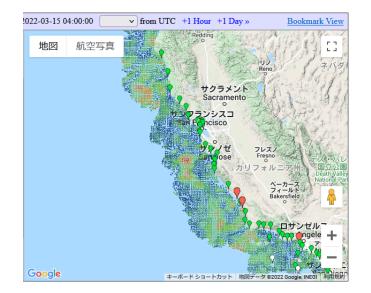
第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

UNIVERSITY

2022年3月23日

UNIVERSITY

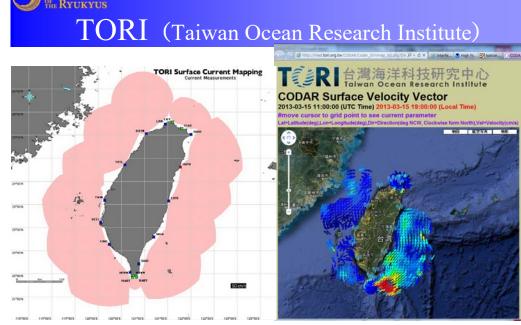
HF Radar Network (HFRNET)



Networking

- Data Format
- QC
- Diagnostics

2022年3月23日



(http://med.tori.org.tw/TOROS)

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム

第3回海洋技術フォーラムシンポジウム





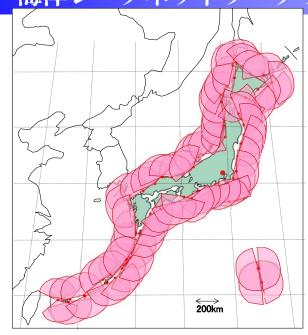
- 海洋観測機器としての海洋レーダ
 - 陸上設置 = 2次元連続観測、荒天時運用
 - 短波帯の利用 = 重力波でのBragg散乱
 - 観測物理量
 - ・ 表層流速、波浪スペクトル、海上風向、・・・
- 応用分野 ⇒ 導入・配備の進展 ネットワーク化
 - 環境計測・モニタリング
 - ・ 海浜・港湾構造物建設のアセスメント
 - 水産海況情報の高度化、急潮予測
 - _ 防災•救難
 - ・ 津波検知、波源推定 正確な被害予測
 - ・ 漂流予測 遭難者救助、油・汚染物流出時の追跡
 - 船舶追尾

UNIVERSITY
OF RYUKYUS

2021年

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 $-200 \mathrm{km}$
- •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