

海洋レーダによる流況観測について

中筋 みゆき

近畿地方整備局 神戸港湾空港技術調査事務所 調査課（〒651-0082 神戸市中央区小野浜町7番30号）

海洋レーダは、近畿地方整備局が所有する清掃船兼油回収船の「浮遊ゴミ回収業務の効率向上」を図ることを目的に設置したものである。海洋レーダの観測原理を紹介すると共に、その活用事例と今後の活用方策について報告する。

キーワード 海洋レーダ，海域環境，浮遊ゴミ，流況観測，波浪観測，津波観測

1. はじめに

近畿地方整備局管内における海洋レーダ観測システムは、大阪湾及び紀伊水道における海水表層の流れを広域的・連続的に把握し、近畿地方整備局が所有する清掃船兼油回収船の「浮遊ゴミ回収業務の効率向上」を目的に、2006年度から運用している。本論文は、当該システムの観測原理や設置概要を紹介すると共に、当該システムから得られたデータを用いた活用事例と、今後の活用方策について報告するものである。

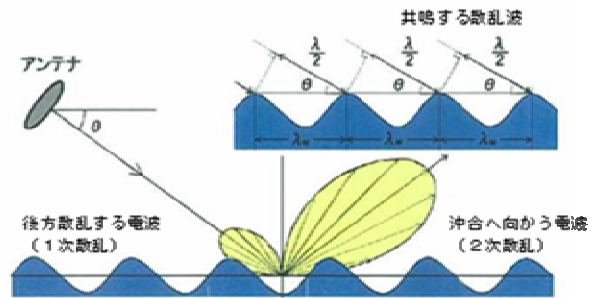


図-1 ブラッグ共鳴散乱

2. 海洋レーダについて

(1) 海洋レーダとは

海洋レーダとは、陸上に設置した2局以上のアンテナから発射した電波により、数十km～数百kmの海面付近の流れや波浪を観測することができる機器である。観測範囲は観測機器の発信する電波の周波数（短波（3～30MHz）や超短波（30～300MHz））によって変わる。陸上設置のため海上・海中測器のような流出事故が無く、メンテナンス性が高い。

(2) 観測原理

陸上に設置したアンテナから海上に向けて短波や超短波の電波を照射すると、電波の波長の半分の長さを持ち、レーダビームと同方向に伝播する海面波から強い信号が返ってくる。これはブラッグ共鳴散乱機構（図-1）により、海面で反射された電波の位相と、隣の海面波で反射された電波の位相とが一致するためである。海面で反射され戻ってきた受信信号を周波数解析するとドップラースペクトル（図-2）が得られる。

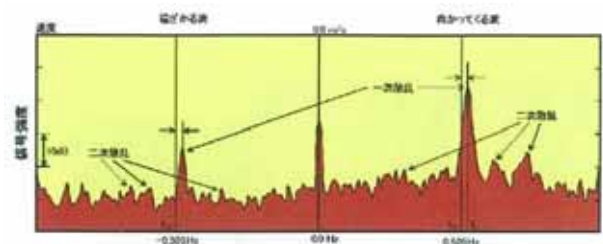


図-2 ドップラースペクトル

(3) 流れの計測原理

（図-2）はHF帯（短波帯（3～30MHz））のレーダで観測したドップラースペクトルである。周波数の+0.505Hzと-0.505Hz付近に大きなピークがみられるが、これは一次散乱ピークと呼ばれ、レーダ波と共鳴散乱を起こす海面波（HF帯、24.5MHzのレーダでは波長約6m）によるものである。海面波は、自身が進む速さ（波長によって決まる位相速度）と、海面波が乗っている表層流速を合わせた速度で移動している。そのため一次散乱ピークの位置からドップラースhift量（海面波の移動速度）を調べれば、レーダ波と共鳴する海面波の位相速度はわか

っているので、レーダビーム視線方向の表層流速を知ることができる。

1つのレーダは、レーダ局に近づく方向又は遠ざかる方向、すなわちビーム視線方向の表層流速を計測する。そのため、図-3のように離して設置した2台(複数台)のレーダで計測したビーム視線方向の流速を合成することにより、対象海域の表層流ベクトルを観測することができる。算出された表層流の観測相当水深は理論上HF帯で約0.5m、VHF帯(超短波帯(30~300MHz))で約0.3mである。

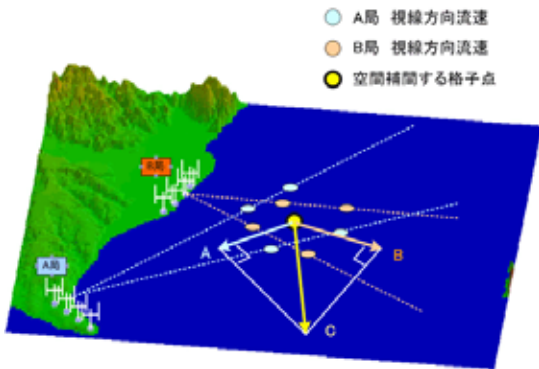


図-3 流況の算出方法について



図-4 海洋レーダの外観(垂水局)

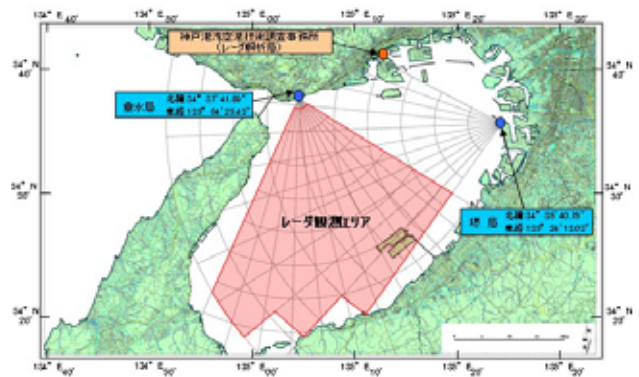


図-5 大阪湾における観測範囲

(4) 波浪計測原理

ドップラスペクトルの一次散乱とピークのまわりには、小さなピークが多く存在している。これは二次散乱と呼ばれる。二次散乱は、海洋表面におけるすべての周波数、方向に関する波浪成分によって作り出されている。この二次散乱は理論的に波浪方向スペクトルを用いた積分形式で表現することができる。そのため、その積分方程式を解くことにより、観測時刻・観測領域での波浪方向スペクトル(波高・周期・波向)を求めることができる。

(5) 大阪湾・紀伊水道における設置概要

現在、日本沿岸には大学等研究機関や海上保安庁などが所有する約50基の海洋レーダが運用されている。近畿地方整備局管内には、大阪湾観測を行うために垂水局(兵庫県)と堺局(大阪府)、紀伊水道観測を行うために湊局(和歌山県)と雑賀崎局(和歌山県)にレーダ局を設置している。(四国地方整備局管轄:徳島局(徳島県),阿南局(徳島県)に設置)(図4~6)



図-6 紀伊水道における観測範囲

3. 環境面における活用

(1) 海上ゴミ回収作業への活用

従来、ゴミの発見は長年の経験と勘に頼っていたが、海洋レーダを用いて浮遊ゴミの集まる潮目を予測するシステムを構築することにより、ゴミ回収の効率化を図っている。通常のゴミ回収時以外にも、大型ゴミの通報やゴミ回収要請を受けた際や、災害・事故時の油流出の際

には、予め通報位置からゴミの移動を予測して船を移動させ、ゴミや油を発見・回収している。（図-7,8）



図-7 潮目に集積するゴミ

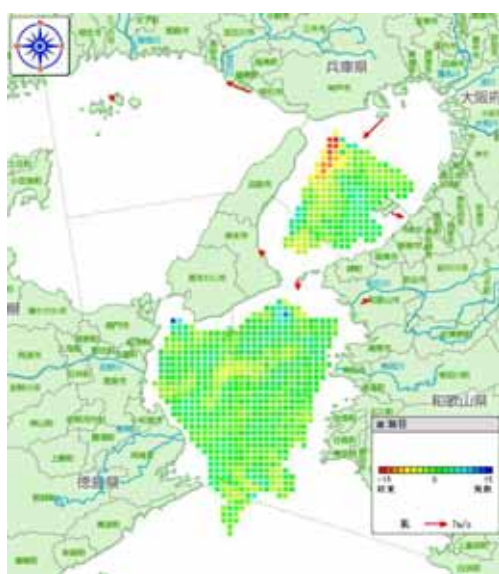


図-8 大阪湾・紀伊水道 海況情報表示・ゴミ回収支援システム（潮目予測機能）



図-9 大阪湾・紀伊水道海洋レーダ表層流況配信システム表示例

4. 防災面における活用

(1) 津波観測

近年の大規模地震とそれに伴う津波発生の危険が懸念される中、現在日本国内では気象庁から津波予測が地震発生後数分以内で公表されている。

東日本大震災においては、気象庁は地震発生から3分後に大津波警報を発表しており、極めて迅速な対応を行った。しかし、第一報として発表された津波の高さは岩手県で3m、宮城県で6mであり、過小評価となってしまった¹⁾。その後、津波警報は切り替えられたが、第一報の影響は大きく、また第二報以降の情報を得るのが困難な状況が各地で発生していた。そのため、避難行動に支障が生じた可能性があり、人的被害が拡大したと考えられる(中央防災会議, 2011)。

(2) 表層流況配信システム

表層流況観測結果を提供するシステムを構築し、大阪湾環境データベースを通じてインターネットを利用し一般に情報提供を行っている。（図-9）

(URL : <http://kouwan.pa.kkr.mlit.go.jp/kankyo-db/>)

(2) 紀伊水道における津波観測結果²⁾

湊局に設置している海洋レーダで得られたデータをより詳しく解析することで、2011年3月11日に発生した東日本大震災により和歌山県沿岸域に到達した津波伝搬状況が検出された。

ここで海洋レーダの2つの観測モードについて説明する。一つは1時間毎に10分間の観測を行い、流況や波浪の観測を行う通常観測モードであり、得られたデータは浮遊ゴミ回収事業の効率化等に役立てられている。もう一つは連続観測モードで、数分間隔での流況データの算出が可能である。

東日本大震災（2011年3月11日14時46分、宮城県沖を震源域としたM9.0の巨大地震）で津波が発生し、津波は地震発生後約1.5時間で紀伊水道の南側陸棚斜面に到達し

た．国土技術政策総合研究所を中心とする研究グループは同日17:00に湊局（和歌山県）の海洋レーダの観測モードを通常観測モードから連続観測モードへ切り替え、紀伊水道に進入してくる津波の伝搬状況と、それによって発生した共振現象を視線方向流速の変動として計測することができた．

(3)今後の活用方策と課題

海洋レーダを利用することで、現在の津波予測に関するシステムの改善をすることができる可能性がある．また、海洋レーダを用いた津波検知の利点として、面的に広範囲に観測ができるため、津波を沖合で検知できること、湾内等で発生する共振モードの解析ができること等への活用が期待される．

東日本大震災によって発生した津波による流速変動は世界各地に設置されている海洋レーダでも計測された．従来の研究は理論解析や数値実験に基づいているが、今回の観測結果を考慮すると、例えば、平均水深を100mと仮定した場合、陸棚幅が50km以上あれば津波到達の25分位前には、陸棚端付近で津波を検知することが可能である²⁾．

しかし、日本沿岸の陸棚幅は一般に狭く、20km以下であることが普通である．このことから海洋レーダによる早期津波検知を実現するためには大水深での津波を検知することが必要となる．よって、大水深域における検知に加え、データ解析処理・データ通信速度の向上やアンテナ等の設置方法等といった課題も含め、さらなる技術開発が必要である．

5. おわりに

本論文では海洋レーダで得られたデータの活用事例や最新の技術開発状況である津波観測結果について報告した．

環境面においては、ゴミ回収効率化のため、潮目予測や移動予測のさらなる精度向上を図っていくと共に、より使いやすいシステムの改良も合わせて行っていく予定である．

防災面においても紀伊水道において観測された津波データを基に関西大学及び国土技術政策総合研究所が中心となり海洋レーダを利用した津波軽減技術の技術開発が平成24年度から2カ年でスタートしたことにより、今後、近畿地方整備局として防災面における海洋レーダの活用方策の検討を進める予定である．

また、海洋レーダの面的観測の利点を活かし、ナウファス等の波浪観測網との連携手法の検討や、高度利用を図っていきたい．

謝辞：紀伊水道における津波観測については、国土技術政策総合研究所 日向博文室長をはじめとする関係各位からの多大なご指導、データ提供を承りました．この場を借りて感謝を申し上げます．

参考文献

- 1) 日経ビジネス (2011.5.16)
- 2) 藤井智, 日向博文, 古川恵太, 宮田正史, 小林孝, 水谷雅裕, 小海尊宏, 永松宏, 金津伸好: 海洋短波レーダを用いた紀伊水道における津波観測, 海洋学会