

海洋レーダの観測範囲の拡大と機能強化の検討について

山本 浩之*・鈴木 善光*・菊地 洋二**
吉村 藤謙***・浅倉 弘敏****

* (一財) 沿岸技術研究センター 波浪情報部

** 前 (一財) 沿岸技術研究センター 調査部

*** 国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所設計課長

**** 国土交通省中部地方整備局港湾空港部統括建設管理官

中部地方整備局では、現在、伊勢湾および三河湾に計 6 基の海洋レーダを設置し、海洋環境整備事業で利用しているが、近年の伊勢湾口付近でのゴミ回収量の増加など新たな問題が生じている。これらに対応するため、29 年度から、伊勢湾内から湾口方向に向けての観測範囲の拡大、機能強化を目的とした海洋レーダの新局設置について検討を行った。なお、今回の海洋レーダの検討にあたっては、海洋環境整備事業に加えて、GPS 波浪計を補完する波浪観測機器としての活用の検討も行っており、これについても併せて報告する。

キーワード：海洋レーダ、海洋環境整備事業、波浪観測

1. 管内の海洋レーダの設置状況

中部地方整備局では、浮遊ゴミ回収作業の効率化を目的に、伊勢湾、三河湾に海洋レーダを計 6 基導入し流況観測を実施している。図-1 のように、観測範囲の狭い三河湾には 42.2MHz が、観測範囲の広い伊勢湾には 24.5MHz の周波数のレーダが設置されている。海洋レーダは電波を発信・その反射エコー（ドップラーエコー）を受信・処理し、複数局の解析データを合成する事により、海の表層の流況（流向・流速）や波浪を広範囲（面的）に取得する事ができるリモートセンシング技術である。

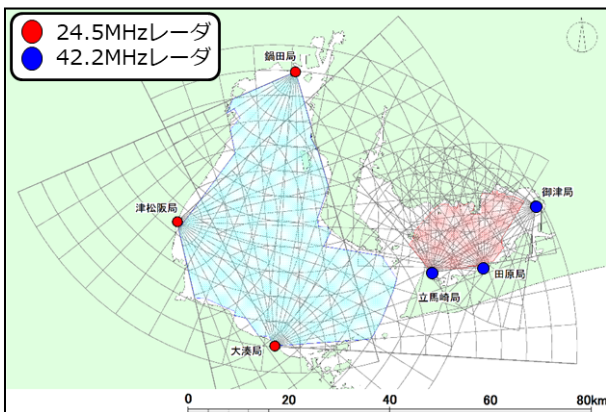


図-1 伊勢湾・三河湾の海洋レーダの観測範囲

2. 伊勢湾および湾口沖における流況および波浪観測の現状の問題点

近年、伊勢湾およびその沖合において、海洋環境整備事業等の諸問題に対応するため、伊勢湾内から湾口方向に向けての観測範囲の拡大、機能強化を目的とした海洋レーダの新局設置の必要性が高まっている。以下では具体的に説明する。

2.1 伊勢湾湾口部ゴミ回収効率化

中部地整のゴミ回収船である白龍のゴミ回収区域は、伊勢湾、三河湾（港湾、漁港区域除く）と広く、図-2 に示す海洋レーダを利用したゴミ回収支援システムを用いて効率的に漂流ゴミの回収作業を行っているが、現状では以下のような課題がある。

- ・H26 年 7 月から鳥羽港でのゴミ陸揚げが可能になり、今後益々、伊勢湾湾口部でのゴミ回収業務が増加することが予想されることから、ゴミの移動予測の精度向上が求められる。
- ・伊勢湾奥の河川から流出した漂流ゴミは湾口部の島に多く漂着し、それに加えて湾口付近では外来由来ゴミも含まれている。
- ・現在、伊勢湾湾口部の一部は海洋レーダの観測範囲外である。
- ・漂流ゴミは、表層流、風等による外力によって移動するが、特に伊勢湾湾口部は潮位変動による流れ、黒潮等の海流の変化が大きく、複雑な流れが解明できていない。

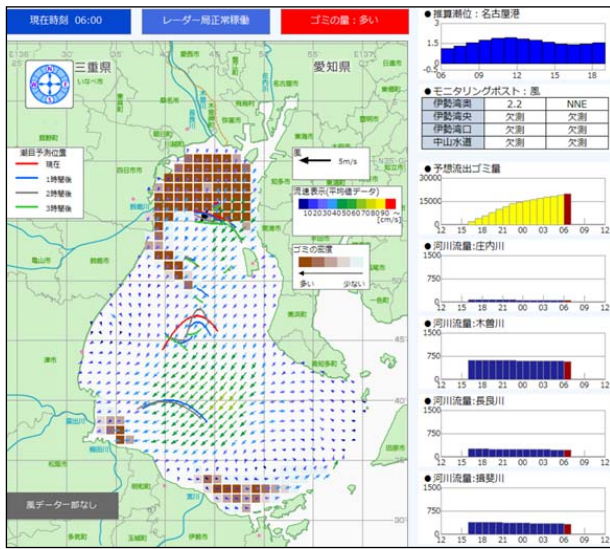


図-2 ゴミ回収支援システム画面例

2.2 海洋環境改善

中部地整では、伊勢湾再生の取組みとして、海域における貧酸素水塊等の発生状況を連続的に把握し、その発生要因の解明及び環境改善に繋げるため、伊勢湾の4地点にモニタリングポストを設置している。また、図-3に示す伊勢湾シミュレータの流況モデルでは、伊勢湾口、湾沖を開口部として、モニタリングポストの実測データ(水温、塩分)を空間的に補間することで与えている。より正確に推定するためには、点観測だけではなく面で捉えたデータを与えることが必要である。

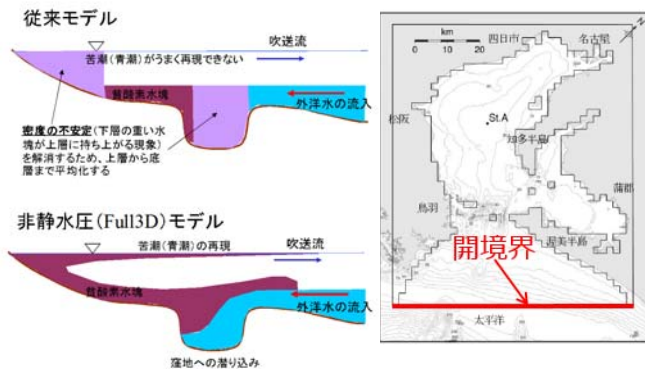


図-3 伊勢湾シミュレータと開境界

2.3 災害時利用

伊勢湾沖、湾口部は、流れが速く、複雑であり、かつ大型船、タンカーの航行が集中するため、油流出事故の危険性が高い海域である。事故が発生した場合の流出油の拡散を推定するにあたって湾口部、湾外の漂流予測精度を向上させる必要がある。

2.4 波浪観測機器としての活用

現在、伊勢湾口沖にGPS 波浪計が設置されている(図-4 参照)が、沖合に設置されていることもあり海象条件によっては機器の点検や調整に行くことができず十分な観測態勢の確保に課題がある。

一方、海洋レーダは流況の他、波浪の観測も可能であることから、設置条件等においてGPS 波浪計の欠点を補うことができ、GPS 波浪計による沖合波浪観測を補完することができる。結果、波浪観測において冗長性を確保できることから、海洋レーダは代替機能確保の有力候補となる。

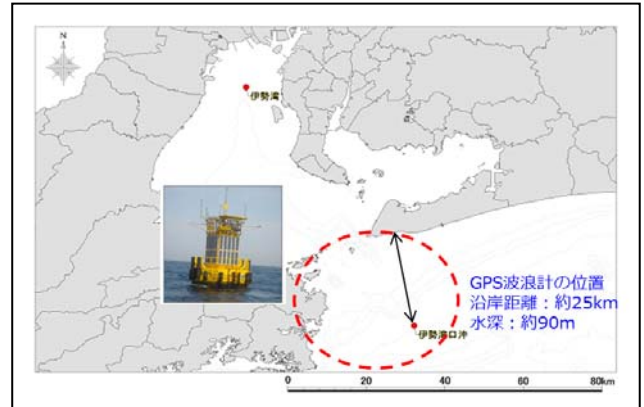


図-4 GPS 波浪計の設置位置

2.5 海洋レーダの目標海域の設定

これまで説明した現状での問題となる項目を表-1にまとめるとともに、各問題を解決するために有効と思われる海洋レーダの観測範囲を拡大する目標海域を図-5から図-7に示す。

表-1 現状での問題点のとりまとめ

項目別	観測拡大範囲
(a) 浮遊ゴミの回収効率化	湾口～湾沖部の往復流による漂流ゴミの移動範囲
(b) 海水交換量の把握	伊勢湾シミュレータの開境界範囲
(c) 航行が多い海域(湾口、湾沖)	流出油拡散予測に必要な範囲
(d) GPS 波浪計周辺海域(波浪観測)	GPS 波浪計の設置地点をカバーする範囲

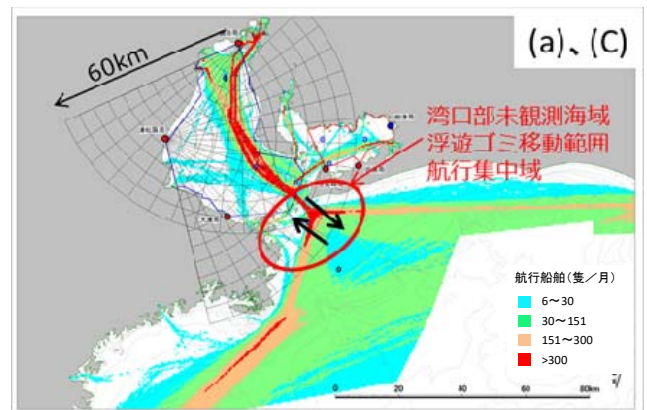


図-5 ゴミ回収の効率化、流出油拡散予測の目標海域

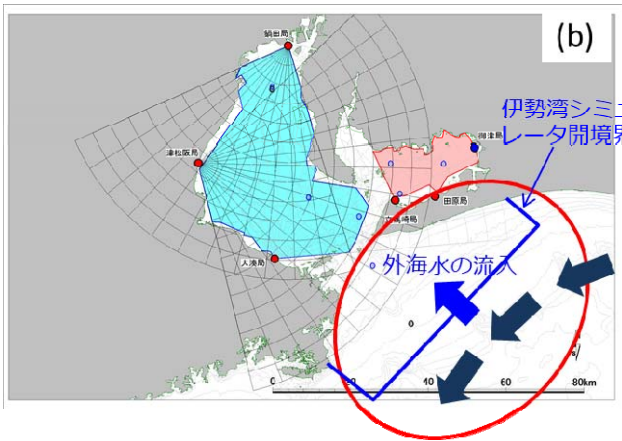


図-6 伊勢湾シミュレータの開境界の目標海域

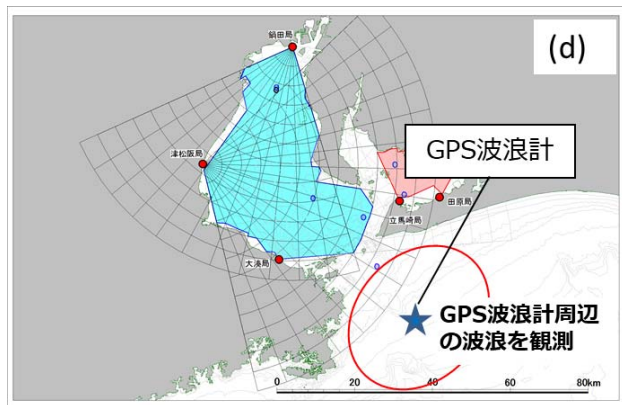


図-7 波浪観測の目標海域

3. 海洋レーダ観測の機能検討

問題解決に向けた海洋レーダ観測範囲の拡大および機能強化のために、海洋レーダの新局設置が必要であり、そのためには図-8のような検討が必要になる。ここでは特に、周波数の選定、および波浪観測のための検討について紹介する。



図-8 新局設置の検討の流れ

3.1 周波数の選定

海洋レーダの各周波数について、観測性能および国内での利用実績を表-2に示す。ゴミ回収支援や海域環境モニタリング目的では、これまで流速測定の高分解能に優れた 24.5MHz や 41.9MHz のレーダを利用してきことがわかる。今回の新局検討では、観測の対象海域が伊勢湾口から沖合に向けて広いことから、観測範囲を広くとれる 13.5MHz と 24.5MHz を周波数の候補として絞り込むことにした。図-9に両周波数の観測範囲のイメージを示す。なお、海洋レーダの設置位置は検討中であり、図-9の位置は設置候補地との直接の関係はない。

表-2 海洋レーダの周波数別の観測性能

種類	周波数 [MHz]	波長 [m]	周波数掃引幅 [kHz]	距離分解能 [km]	最大観測距離 [km]	流速分解能 [cm/s]	主な機関 (主な目的)
HF帯	5.1	58.8	15	10.0	約200	22.9	海上保安庁海洋情報部 (黒潮観測) ※H29d廃局
	9.2	32.6	22	7.0	約180	12.7	情報通信研究機構、愛媛大学 (対馬暖流)
	13.5	21.6	50	3.0	約100	8.7	北海道大学 (宗谷暖流) 九州大学 (対馬暖流)
	24.5	12.2	100	1.5	約50	4.8	国土交通省 (ゴミ回収支援、海域モニタリング) 三重県 (波浪観測)
VHF帯	41.9	7.15	300	0.5	約25	2.9	国土交通省 (ゴミ回収支援、海域モニタリング)

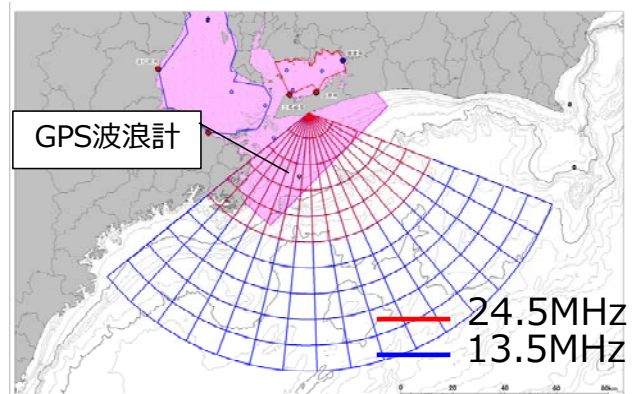


図-9 レーダの観測範囲のイメージ図

3.2 波浪観測のための検討

環境整備事業で海洋レーダを内湾域の流況観測のために利用することについては、国内での実績も多く、技術的に確立されている。一方、沖合海域での波浪観測については、24.5MHzで熊野灘、和歌山沖および相模湾などで行われているものの実績は少なく、13.5MHzでは実績がない状況である。このことから海洋レーダの波浪観測への利用について、技術的な検討を行った。

図-10と図-11に24.5MHzによる波浪観測 ($H_{1/3}$) についてのGPS波浪計との比較調査実績を示す。このように平常時には海洋レーダによる波高観測はGPS波浪計の観測と高い相関関係がある。

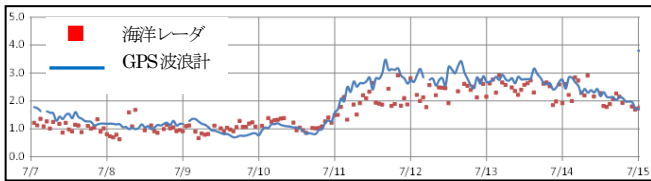


図-10 海洋レーダと GPS 波浪計の観測波高 ($H_{1/3}$) の比較 (和歌山沖)

国際航業株式会社より提供

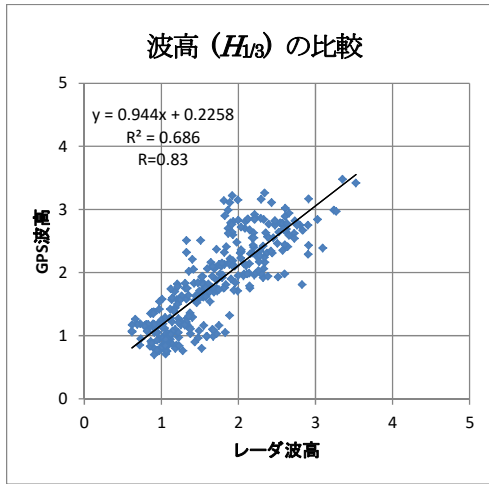


図-11 海洋レーダと GPS 波浪計の相関図 (和歌山沖)

国際航業株式会社より提供

次に、台風などの異常時波浪への適用も含めて今回さらに調査したところ、以下のことがわかった。

- ・海洋レーダの波浪観測には限界があり、24.5MHz では有義波高で約7~8m 程度である。図-12 に示すように波高が高くなるほど二次散乱は大きくなるが、次第に一次散乱と二次散乱の判別ができなくなるのが理由である。
- ・伊勢湾沖の波高は、台風時には有義波高で10m 以上が想定されることを考えると、24.5MHz でGPS 波浪計の補完目的で波浪を観測するには限界がある。波長が長い13.5MHz の方が、測定限界波高が高くなり優位になる可能性がある。

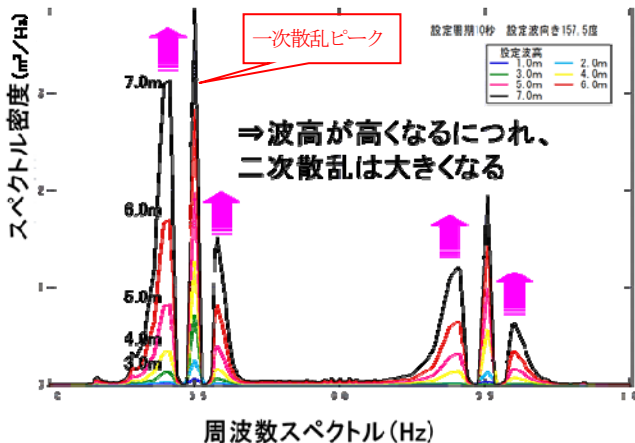


図-12 モデル波浪のドップラースペクトル

4. 今後の課題

伊勢湾内から湾口方向に向けての海洋レーダの観測範囲の拡大、機能強化のために今回検討を行ったが、新局設置を実施するためには、更に以下の検討を行う必要がある。

(海洋環境整備事業からの課題)

- ・伊勢湾内には既に3基の24.5MHz の海洋レーダが設置されている。24.5MHz の新局を設置する場合には、既設レーダとの混信を防止する対策を検討する必要がある。
- ・海洋レーダにより観測される値がどの水深の流れを示すかは周波数で決まり、13.5MHz では表層から1m程度、24.5MHz では0.5m程度である。13.5MHz の新局を設置する場合には、既設レーダとの測定水深の違いが観測データに与える影響を調査する必要がある。

(波浪観測からの課題)

- ・海洋レーダによる波浪観測には測定限界波高があるため、異常時波浪の観測には課題がある。理論的には13.5MHz の方が測定限界波高は高くなることが期待されるが、13.5MHz による波浪観測の実績調査はないため、今後これを明らかにする必要がある。

(設置条件等の課題)

- ・海洋レーダの設置には海岸線に平行に13.5MHz で幅100m以上、24.5MHz で60m以上の用地が必要となるため、設置場所が限られる。設置場所の広さの確保が困難な場合は、アンテナ本数を減らすことなど、観測への影響について検討する必要がある。
- ・海洋レーダの設置に際して、耐震性、耐津波性の対策について検討する必要がある。

5. おわりに

本稿は、国土交通省中部地方整備局発注の「平成29年度 波浪及び流況観測の高度化と効果的な活用に向けた検討業務」の成果の一部をまとめたものである。発注者からは本稿をまとめるにあたり、適切な助言を頂いた。ここに感謝いたします。

謝辞

検討にあたり、「平成29年度 沖波波浪観測システムの利活用に関する検討委員会 海洋レーダ技術検討ワーキング (座長:名古屋大学大学院 水谷法美教授)」において重要なお指摘を頂いた。また、本稿をまとめるにあたり、国際航業株式会社から海洋レーダに関する資料をご提供頂いた。ここに厚く御礼申し上げます。