

相模湾海洋短波レーダーの更新と今後の展望

海上保安庁 海洋情報部 環境調査課 西村 一星
長野日本無線 株式会社 伊藤 浩之
国際航業 株式会社 小笠原 勇

1. はじめに

近年、陸上に設置し、広範囲の流況や波浪を観測することができる、リモートセンシングを用いた観測機器「海洋短波レーダー」の活用が進んでいます。海洋短波レーダーによるモニタリングが実施され、東京湾や有明海等の閉鎖性内湾域の流況や、黒潮や対馬海流のモニタリングなど、様々なエリアにおいて海洋短波レーダーによって観測された海象情報がインターネットを通じて提供されています。

海上保安庁海洋情報部では、2002年から相模湾において海洋短波レーダーにより海流観測を行い、海流情報の提供を行っています。相模湾は、沿岸漁業及びサーフィンやヨットといったマリレジャーの活発な地域です。そのため、海難事故が年間で数多く報告されています。そこで、海難事故の未然防止や、海難救助等に活用している漂流予測の精度向

上のため、詳細な海況情報を収集する必要があります。

そのため、海洋情報部では2004年からインターネットでの情報配信を始め、2011年には相模湾の海洋短波レーダーシステムの更新を行い、流況や波浪の情報を2012年4月より新たに提供を開始しています（インターネットアドレス <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/oceanradar/>）。

2. 海洋短波レーダーとは

海洋短波レーダーとは、陸上に設置した2局以上のレーダーのアンテナ（写真）から発射される短波帯の電波を用いて、遠隔地より海表面の流れや波を観測するリモートセンシングの機器であり、その原理は海面の動き（波の移動速度）をドップラーシフトの原理で計測するものです。短波帯の電波を利用してい



写真 伊豆大島灯台及び荒崎に設置された海洋短波レーダーのアンテナ

るため、雨や雲などの影響を受けずに観測が可能です。

海洋短波レーダーは2局の観測範囲が重なった範囲が流況（流向・流速）の観測範囲になります。これは1局の海洋短波レーダーでは自局の方向に近づく流れか遠ざかる流れ

（視線方向流速）を観測するため、2局以上の視線方向流速があるエリアにおいて観測時間での流れを幾何学的にベクトル合成することにより流向・流速を算出するためです（図1）。これにより数十km～百数十km範囲の海の表層の流れを測ることが可能です。一方、波高は、反射波のエネルギーを測定することで得られるため、1局だけでその値を得ることができます。しかしながら、波高を測るときに使う電波の反射波は、海流を測るときに電波の反射波より微弱であるため、波高のデータの取得範囲は海流に比べ半分ほどに減少します。

また、海洋短波レーダーの観測距離は、観測機器の発射する電波の周波数によって変

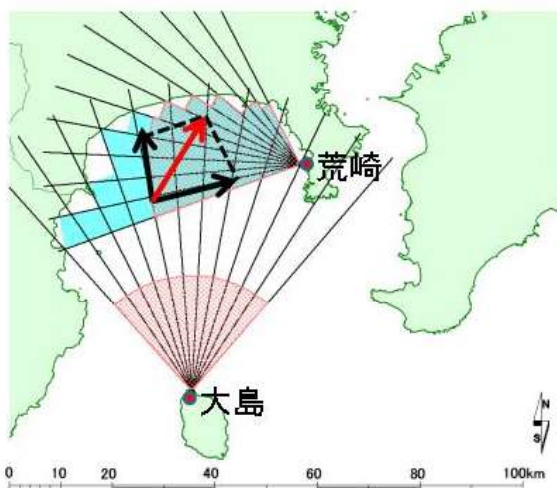


図1 相模湾における視線方向ベクトル及び観測範囲

- ・ 水色が流向・流速の測定範囲
- ・ ピンク色が波高の観測範囲
- ・ 線は視線方向のベクトル
- ・ 黒矢印が視線方向の流向き・流速
- ・ 赤矢印が実際の流向・流速

表1 周波数と観測距離・分解能について

| 種類 | レーダ周波数 | 周波数掃引幅 | 距離分解能 | 観測最大距離 |
|------|----------|--------|-------|--------|
| HF帯 | 5.1MHz | 15kHz | 10km | 約200km |
| | 9.2MHz | 22kHz | 7km | 約180km |
| | 13.9 MHz | 50kHz | 3km | 約 75km |
| | 24.5MHz | 100kHz | 1.5km | 約 50km |
| VHF帯 | 41.9MHz | 300kHz | 0.5km | 約 25km |

わります。

表1に日本国内において運用されている海洋短波レーダーの種類と性能を示します。相模湾の海洋短波レーダーは24.5MHzを使用しています。

海洋短波レーダーは、陸上設置のため、従来のような海上・海中測器のような流出事故が無いという特徴もあげられます。

3. 相模湾海洋短波レーダーの特徴

海上保安庁では、三浦半島（荒崎：神奈川県横須賀市）と伊豆大島（大島灯台：東京都大島町）の2箇所にレーダー局を設置し海況観測を行っています。

新しい海洋短波レーダーは、これまでの海流情報だけでなく、波高の情報も提供できるようになりました。海流及び波高の情報を1時間毎に海流図（図2）及び波高図（図3）に作成し、インターネットにより提供しています。

さらに、新しくなった海洋短波レーダーは、八木式のアンテナを直線的に複数設置し、DBF（デジタル・ビーム・フォーミング）方式で電波の送受信を行います。この方式は、設置面積は広がりますが、観測時間が短く、また指向性のアンテナを使うことにより方向分解能が高く、また、周囲から（地形等）の影響を受けにくいという特徴があります（2004, 吉川ら；2005, 吉川ら）。

現在、日本に展開されている多くのDBF方式の海洋短波レーダーは受信アンテナを8本利用しています。そのため、広いアンテナの設置場所が必要であるという問題を抱えてい

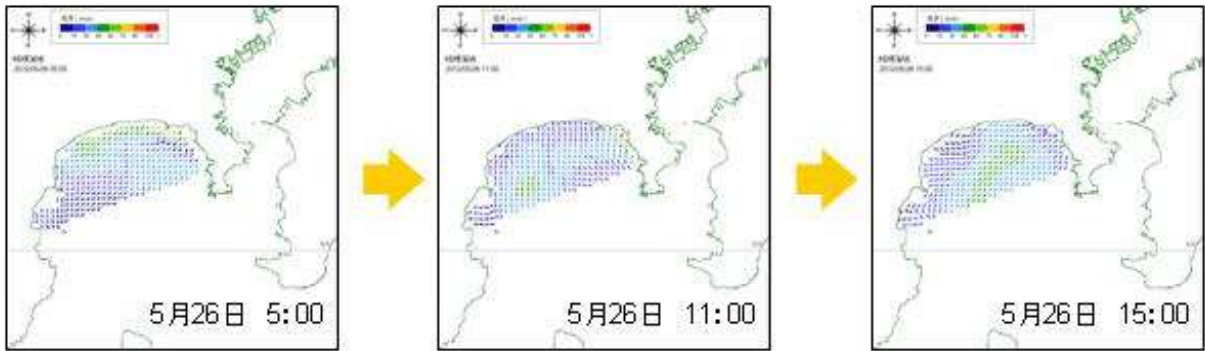


図2 相模湾における流向・流速 (cm/s) の時系列変化

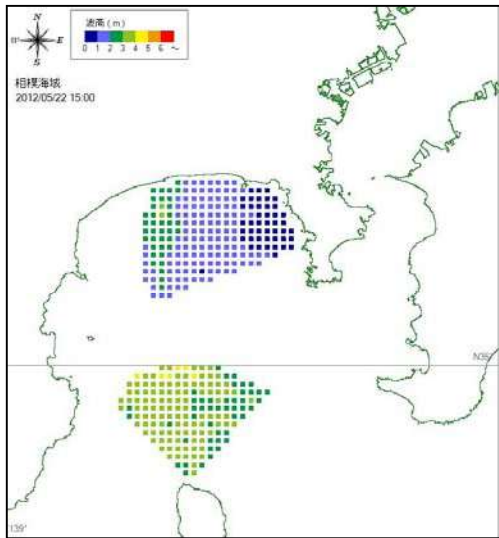


図3 相模湾における波高 (m)

ました。

現在、アンテナ狭小化への取り組みが試みられています。その結果、受信アンテナの数が通常の半数の4本でも、8本時の流速値との相関係数が0.8以上という値を得ています(2008, 小海ら)。今回、相模湾に設置したアンテナの数は6本ですが、通常の8本で得られるデータと同等な結果を得ることが可能となっています。

4. 観測結果について

海流図(図2)は海流の流向・流速を1.5km間隔で表示しています。矢印の向きが流向を表し、色の違いが流速を表しています。青色は流速の弱い状態を示し、赤色になるほど流速が強い状態を表します。

図2は、2012年5月26日5:00、11:00、15:00の相模湾の海流を表しています。図では、

5:00で南西向きであった流れが、時間がたつにつれて、徐々に流向が変わり、15:00の時点で北東向きの流れになっています。さらに、南東向きの流れのときは沿岸部に強い流れが存在していましたが、北東向きの流れに変わると湾中央部の流れが強くなっていることも捉えています。このように、船を出すことなく陸上から広範囲の流況の時間変化を捉えられるのが海洋短波レーダーの強みです。

波高図(図3)は波高を1.5km間隔で表示しています。色は波高の違いを表し、青色が波高の低い状態を表し、赤色になるほど波高の高い状態を表します。図3は、2012年5月22日15:00の相模湾の波高を示します。このとき、伊豆大島北部では5mほどの波高が観測されています。

5. 海洋短波レーダーをとりまく情勢について

5. 1 海洋短波レーダーを利用した津波に関する研究

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、巨大津波が発生し東北地方太平洋沿岸中心に大きな被害を与えました。その津波における流速変動を紀伊半島に設置されている国土交通省近畿地方整備局の海洋短波レーダーが津波の伝搬状況の計測に成功しており、海洋短波レーダーによる津波観測は陸棚上では可能であることを示しました(日向ら, 2011)。ところが、日本南岸の陸棚幅は一般的に狭く20km以下が普通です。今回、海

洋短波レーダーを更新した相模湾でも急深の構造となっています。海洋短波レーダーによる早期津波検知を実現する為には陸棚よりも沖合、大水深域での津波検知が必要となり、データ処理・通信速度の向上といった課題も含めて、更なる技術開発を進める必要があると考えられます。

5. 2 電波利用を取り巻く情勢について

電波は日本国内のみならず、周波数帯によっては国境を越えて伝播するため、国際的なルールの下で運用されています。

現在、日本国内では海洋表層の流れや波浪を観測するため、「5.1、9.2、13.9、24.5、41.9MHz」の5つの電波帯が行政機関・大学・民間企業等により利用されています。現在では国内約50局程度の海洋短波レーダーが「実験局」として設置され、観測が行われています。このような状況を踏まえ、総務省は海洋短波レーダーでの周波数は実験段階から実用段階としての「実用局」の扱いが必要との認識を示しました。

今般、国際的な無線通信規則の改訂にむけた世界無線通信会議（WRC-12）が、2012年の1月から2月にかけてスイスのジュネーブで開催され、本会議において、海洋短波レーダーへの国際的な周波数分配が確定しました。これにより、海洋短波レーダーの安定運用に不可欠な実用局としての無線局免許を取得するための準備が整いました。今後、既存の電波利用者への混信を軽減・回避するとともに、こうした成果を社会に還元し、信頼性の高い海洋モニタリングシステムとして海洋短波レーダーを発展的に開発・利用していく環境が整いました。日本国内においても、このような環境が実現できれば、海流等の観測をより幅広く行うことができるようになると考えられます。

5. 3 海洋短波レーダーの今後の展望について

現場に行くことなく、リモートセンシング

で流れを測定でき、かつ広域の流れを一度に把握することのできる海洋短波レーダーは、日本近海の流れを把握する上で非常に魅力的な観測機器の1つと言えるでしょう。しかしながら、海洋短波レーダーの現在の配備状況は、日本の近海の流れを全て把握するには程遠い数しか配備されていません。また、全国的に統一されたルールについても議論が始まったばかりです。今後、海洋短波レーダーをより普及させていくには、メーカー等民間企業や行政機関・学識経験者（大学・研究機関）等によって、海洋短波レーダーの利用や運用についてのルールを策定し、情報共有を行いながら管理し、有効活用を進めていく必要があると考えられます。今後、海洋短波レーダーがさらに普及し、気象海象情報の観測への応用や、船舶の安全な航行の確保、沿岸防災・環境対策、漂流予測等のため、利活用されることを期待しています。

参考文献

- 1) 吉川 裕・増田 章・丸林 賢次・石橋 道芳・奥野 章・山下義幸, 対馬海峡に設置されたHFレーダーの計測精度の再検証, 沿岸海洋研究, 第43巻, 第1号, 69-75, 2005.
- 2) 吉川 裕・増田 章・丸林 賢次・石橋 道芳・奥野 章・山下義幸, HFレーダーによる対馬海峡表層海流観測 -計測精度の検証-, 沿岸海洋研究, 第41巻, 第2号, 109-117, 2004.
- 3) 小海 尊宏・伊藤 浩之・千葉 修・藤田 裕一・新井 栄・山田 寛喜, 海洋レーダーにおけるアンテナ狭小化現地実験, 電子情報通信学会信学信越大会2008
- 4) Hinata, H., Fujii, S., Frukawa, K., Karaoka, T., Miyata, M., Kobayashi, T., Mizutani, M., Kokai, T., Kanatsu, N., 2011. Propagating tsunami wave and subsequent resonant response signals detected by HF radar in the Kii Channel, Japan