

- 遠距離海洋レーダによる海流観測を開始  
～黒潮などの大規模海流観測により、日本の気象変動の解明へ～
- 平成13年9月7日

独立行政法人通信総合研究所(以下CRL、理事長:飯田尚志)沖縄亜熱帯計測技術センターは、沖合約200kmの広範囲の海流を同時に観測できる遠距離海洋レーダの開発に成功し、沖縄県の石垣島及び与那国島の2か所に本レーダを設置して海流の観測を本年7月14日から開始しました。今後、これまで実現できなかった東シナ海における黒潮の流速等の長期連続観測を行い、日本の気象変動に大きな影響を与えられている黒潮の季節変動、経年変動の実体を明らかにしていく予定です。

## <背景>

海洋レーダは、陸上から海に向かって短波帯の電波を発射し、海面で反射されて返って来た電波を解析することにより、表層の海流や海上風向、波高等の各種海洋観測データを広範囲にかつ連続的に取得する事ができるものであり、海洋学や海岸工学、水産業等の分野で最近特に注目を集めています。

CRLでは、1989年(平成元年)に日本初の海洋レーダ(短波海洋レーダ)を完成させて以来、様々な研究機関と共同で日本各地の海流観測を行うとともに、海洋レーダのシステムの改善やデータ解析手法等の研究を行ってきました。しかし、これまでの短波海洋レーダは、海流の最大観測可能距離が70km程度であり、各方面から要望の高かった黒潮など地球規模の大規模海流の観測は困難でした。そこで1999年(平成11年)から、より遠方まで観測できる海洋レーダの開発に着手し、このたび完成いたしました。

海洋レーダは、通常2台1組で使用されます。今回開発した遠距離海洋レーダも沖縄県の石垣島と与那国島の2か所に送受信装置を設置し、東シナ海南部の黒潮流入域を観測対象海域としています。これまで黒潮を広範囲にわたって長期連続観測した例はなく、遠距離海洋レーダによって得られる各種海洋観測データは、東シナ海海況の基礎データとしても非常に重要です。海洋学や気象学のみならず水産業や海上の安全確保に関しても多大な貢献をするものと期待されています。

## <特長>

遠距離海洋レーダは、従来の短波海洋レーダの2倍以上にあたる陸上から約200km沖合までの海流の観測が可能です。また、従来の短波海洋レーダでは狭ビームを掃引する事により全観測範囲を2時間かけて観測していましたが、遠距離海洋レーダではデジタルビームフォーミング方式の採用により、全観測範囲を同時に観測することが可能になりました。

遠距離海洋レーダは、沖縄本島にある沖縄亜熱帯計測技術センターと専用線で結ばれ、同センターから遠隔制御されます。観測データはネットワークを通して同センターに集約した後、準リアルタイムで自動的にデータ処理され、観測海域の流速が算出されます。また、観測データは、インターネット上で一般にも公開する予定です。

## <今後>

レーダ信号から流向、流速、海上風、波浪等の物理量を抽出する等の信号処理技術の確立、遠距離海洋レーダを用いた海洋データの長期間取得と応用にむけてのデータ解析やデータ配信等の研究を行います。

また、本年3月に投入された海洋観測用の係留ブイ「COMPASS」の計測データ等を参照して遠距離海洋レーダにより計測される各物理量の信頼性を検証します。東シナ海における黒潮の流速場を長期連続観測することにより、日本の気象変動に大きな影響を与えられている黒潮の季節変動、経年変動の実体を明らかにすることができます。

表1 遠距離海洋レーダの主要諸元

レーダ方式	FMICW
周波数	9.2 MHz
掃引帯域幅	22 kHz
送信電力	500 W(平均)
距離分解能	7.0 km
流速分解能	2.5 cm/s
角度分解能	8°
アンテナ形式	16素子リニアアレイアンテナ(受信) DBF (Digital Beam Forming)

(連絡先)

独立行政法人通信総合研究所  
沖縄亜熱帯計測技術センター 佐藤健治  
沖縄県中頭郡中城村久場台城原829-3  
電話 098-895-2045 FAX 098-895-4010

<添付資料>

図1 遠距離海洋レーダの海流観測範囲

図2 遠距離海洋レーダアンテナ(与那国局)

図3 初期観測データ(海流 2001/07/24 12:00)

海流の向きを矢印の向き、流速を矢印の長さ及び色で表しています。色は流速が大きくなるにつれて黒、紺、青、ピンク、赤と変化します。

大陸棚を表す200mの等深線も表示しています。

この観測例では、黒潮の流路が観測海域の北東部の赤い矢印(流速が100cm/s以上)の領域であることが明瞭に示されています。

<参考資料>

(1) COMPASS : 通信総合研究所平成13年2月15日付報道資料「遠距離海洋レーダ開発用洋上観測プラットフォーム完成」

<http://www2.crl.go.jp/pub/whatsnew/press/010215/010215.html>

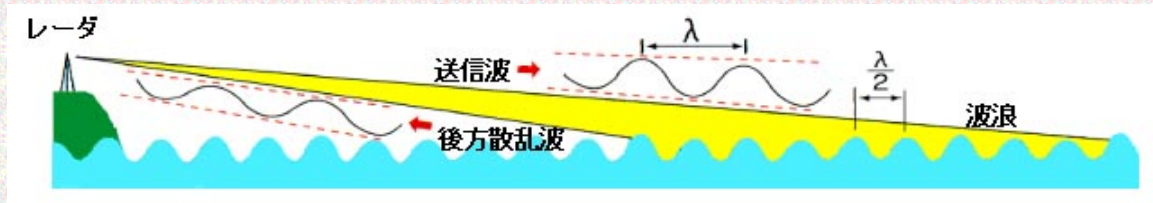
<補足説明>

**【デジタルビームフォーミング】**

デジタルビームフォーミング(DBF)はフェーズドアレイの一種であるが、通常のフェーズドアレイの場合、アレイアンテナの各アンテナ素子に給電する位相をハードウェア的に変化させることによりビーム形成を行なうのに対し、DBFでは各アンテナ素子毎に受信機とA/D変換機を備えており、各々が受信した信号をデジタル信号処理する事によりビーム形成を行う。

DBF方式は、観測領域内の全ビームを任意の方向にかつ同時に合成することができるという特長があるため、海流や海上風等の早い変化の検出や観測領域内での同時性が求められる情報の取得に適している。

## 【海洋レーダの原理】

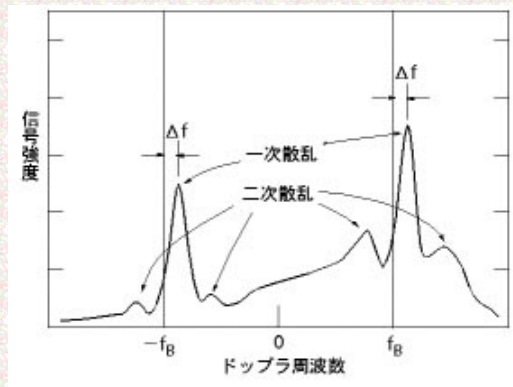


図i 海洋レーダの観測概念図

陸上に設置したレーダから短波帯の電波を海面に照射すると、電波はその波長の1/2の波長を持つ海面の波浪によってブラッグ散乱を受け、強い後方散乱波が生じる(図i)。この後方散乱波を受信して周波数解析すると、ブラッグ散乱に寄与する波の位相速度に対応したドップラ周波数付近に一次散乱と呼ばれる鋭いピークが現れる(図ii)。ドップラ周波数が正のピークはレーダに近づく波、負のピークは遠ざかる波にそれぞれ対応する。 $f_B$ はブラッグ散乱に寄与する波の位相速度に対応するドップラ周波数を表し、

$$f_B = \frac{2}{\lambda} \sqrt{\frac{g\lambda}{4\pi}}$$

で与えられる。ここで $\lambda$ 、 $g$ はそれぞれ送信波の波長と重力加速度を表す。一次散乱のピーク周波数に対応するドップラ速度は、波の位相速度にレーダ視線方向の海流の速度成分を加えた速度である。従って一次散乱のピーク周波数に対応するドップラ速度から波の位相速度を差し引くことにより海流のレーダ視線方向の速度成分を求める事ができる。具体的には、図iiの $\Delta f$ を速度に換算することに対応する。海洋レーダで流速ベクトルを求めるためには複数のレーダを用いて異なる方向から同一の海面を観測することが必要である。海洋レーダによって計測される流れは水深 $\lambda/8\pi$ 程度の表層の流れであると見積もられている。



図ii 観測されるドップラスペクトルの模式図

海洋レーダで観測される波長数 $m$ の波浪は主に海上風によって励起されるため、海上風の方向と波浪の最大発達方向とは基本的に一致する。海洋レーダで観測される正と負の一次散乱はレーダに近づく波とレーダから遠ざかる波にそれぞれ対応しており、一次散乱のピーク強度は散乱に寄与する波浪の発達度に対応するため、正と負の一次散乱のピーク強度比からは海上風向の推定が可能である。また、二次散乱と呼ばれる一次散乱の周辺に現れる副次的なピークを解析することにより波高、波周期、波向等の推定も可能である。しかし、通常、二次散乱の強度は一次散乱に比べて非常に小さいため、波浪の推定には非常に信号対雑音比の良いデータが必要である。従って、波浪の推定可能範囲は流速ベクトルの計測可能な範囲に比較するとずっと小さい。

図1 遠距離海洋レーダの海流観測範囲

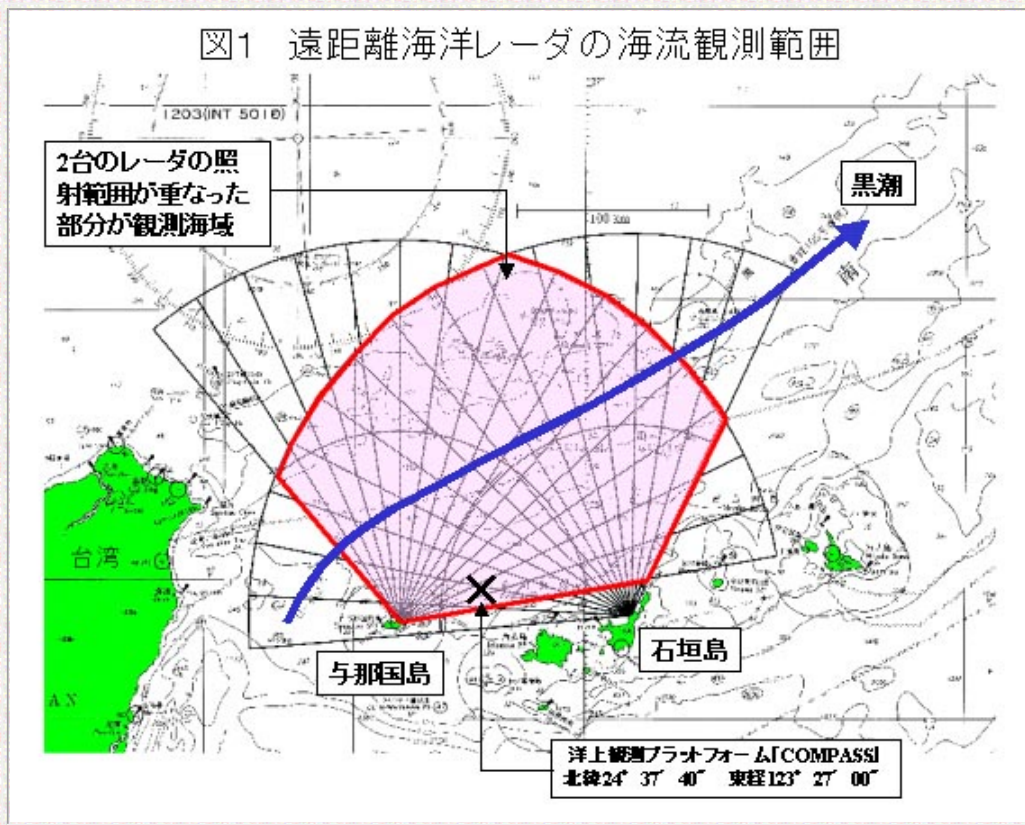


図2 遠距離海洋レーダアンテナ (与那国局)

