

海洋地球研究船「みらい」に搭載された ドップラーレーダーについて*

米 山 邦 夫**

1. はじめに

海洋科学技術センターでは、旧原子力船「むつ」を改造して、新しく海洋地球研究船「みらい」を建造し、先頃1997年9月に竣工しました。今後、1年間の慣熟訓練期間を経て、1998年11月より本格的な運用が予定されています。「みらい」はルーチン作業的に利用されるのではなく、各研究テーマ遂行のための、いわゆる“ミッション指向型”の観測研究船として利用される位置付けにあります。全長約130m、総トン数約8,600トンにもなるこの世界最大級の海洋観測研究船は、大型であることの特徴を活かして、海象気象条件が厳しいために観測データの極めて少ない中・高緯度海域での観測や、赤道太平洋海域を中心とした多数の海洋観測ブイの展開などが主要ミッションの1つとして考えられています。

「みらい」に搭載された観測装置の中で特徴的なものの1つとして、海洋上空に発達する雲の発生・維持機構と、それによりもたらされる降水が海洋に与える影響を調べることを主目的として、ドップラーレーダーが搭載されていることが挙げられます。ここでは、本システムに関して簡単な紹介を以下に記します。

2. 主な性能

降雨による電波の減衰の影響を極力おさえ、より広範囲にわたって純粋海洋上空に発達する降水雲を観測するためにいわゆるCバンド(5cm波)のドップラーレーダーを採用しています。本システムの主な性能は以下の通りです。



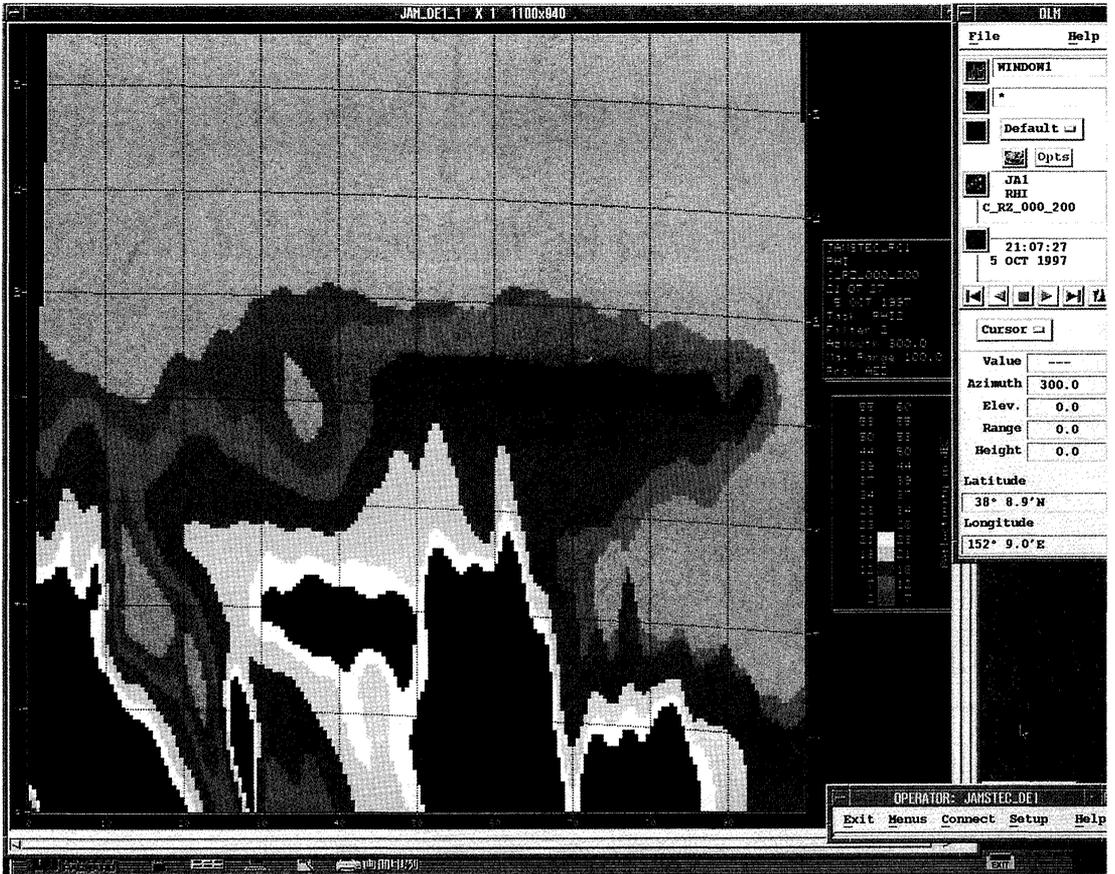
第1図 「みらい」全景。中央部甲板上の球状のものがドップラーレーダー。

出力管	マグネトロン
アンテナ径	φ3.0m (円形パラボラアンテナ)
レドーム径	φ5.5m (ソリッドラミネート型)
主方向利得	40 dB 以上
ビーム幅	1.5°以下
送信周波数	5290 MHz
尖頭出力	250 kW
最小受信電力	-109 dBm
パルス幅	2.0 μs (降雨強度モード) 0.5 μs (ドップラーモード)
鉛直自動走査範囲	-17°~+85° (観測範囲-2°~+70°)
水平走査速度	1~6 rpm
観測範囲半径	0~200 km (降雨強度モード) 0~100 km (ドップラーモード)

ただし、本ドップラーレーダーは北海道、本州、四国、九州、五島列島及び南西諸島の陸地から220 km以

* On the Shipboard Doppler Radar of the R/V Mirai.

** Kunio Yoneyama, 海洋科学技術センター海洋観測研究部.



第2図 反射強度のRHI断面図. 1997年10月5日21時(UTC)の観測例. $38^{\circ}09'N$, $152^{\circ}09'E$ から方位300度の方向を観測している.

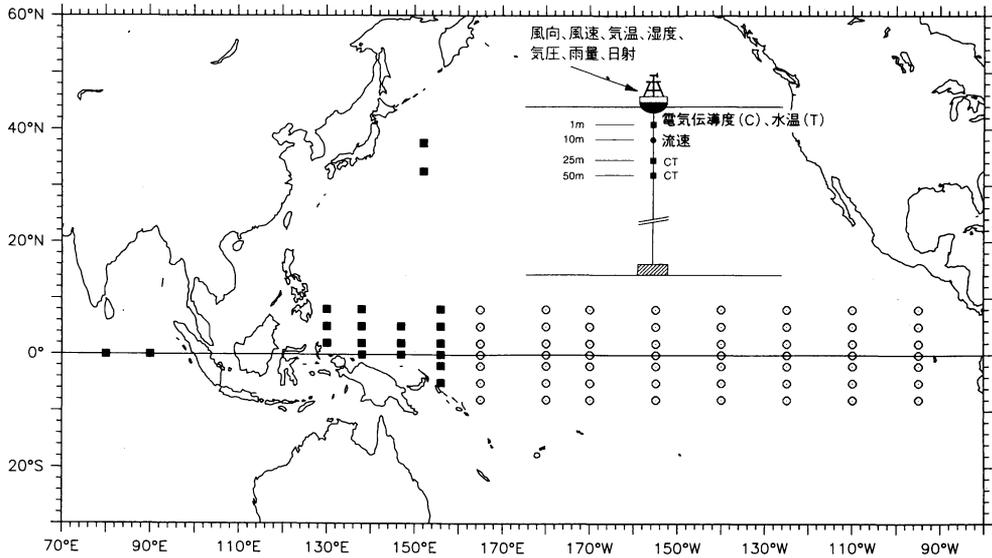
上離れた日本領海内及び公海内で使用できる、とされています。

第1図は「みらい」の全景で、中央部に見える球状のものがドップラーレーダー(のレドーム)です。同じ甲板の船尾側(図の左側)に操作を行うドップラーレーダー室があります。

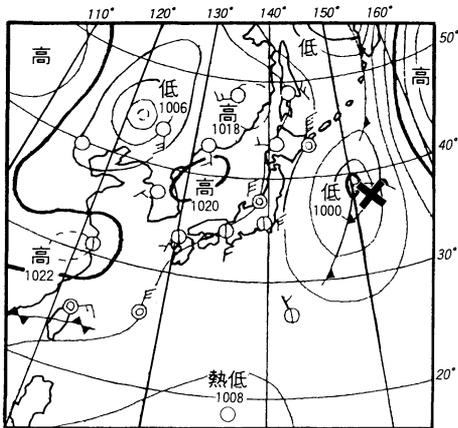
船舶搭載型で一番問題となるのが船体動揺の修正です。本システムではレーダーアンテナ直下の台に慣性航法装置を取り付けて、船体の揺れ(ピッチ、ロール、ヘディングとそれぞれの加速度成分)を計測し、一方でGPSにより得られる位置情報とを組み合わせることにより、船体の動揺を瞬時に検出し、制御部から信号を送って、常にアンテナを意図した角度で操作できるように制御します。これは1992年11月～1993年2月に西部赤道太平洋で実施されたTOGA/COARE (Tropical Ocean and Global Atmosphere/Coupled

Ocean-Atmosphere Response Experiment)の国際集中観測において使用された2台の船舶搭載型ドップラーレーダーと同様の方法を採用しています(Rutledge *et al.*, 1993)。本システムでは、この方式によりピッチ $\pm 10^{\circ}$ 、ロール $\pm 15^{\circ}$ 、ヘディング $\pm 3^{\circ}$ 以内の揺れの海況下においても観測可能な状態が作られるよう設計されています。

また、取得されたデータは船上において表示・出力されるシステムになっています。反射強度、ドップラー速度、速度幅の基本データの各種断面表示の他、例えば1時間積算降水強度、鉛直積算強度、エコー追跡等の処理ができるようになってきました。慣熟訓練航海中に得られた反射強度の鉛直断面図の例を第2図に示しています。この例では、10月5日から6日にかけて本州東方沖海上で低気圧の通過に伴いもたらされた降水域を観測しています。第3図に参考のためその時の天



第4図 トライトンブイネットワーク配置案。■はトライトンブイネットワークを、○はアトラスブイからなる TAO 配列をそれぞれ示す。図右上はトライトンブイ（低緯度用）の模式図（一部省略、CT は 750 m まで取付けられている）。



第3図 1997年10月5日21時 (UTC) 地上天気図(気象庁提供)。図中×は船の位置を示す。

気図と船の位置を示しています。

3. 海洋科学技術センターにおける研究計画

海洋科学技術センターでは、エル・ニーニョ現象の発生に深く関与しているとされている西部赤道太平洋に存在する暖水プールの挙動を捉えることを目的として、船舶による CTD (塩分・温度・深度) 観測, 中層 ADCP (音響式流向・流速計) 係留系の展開による赤道

海流系の観測, ラジオゾンデによる大気観測等の熱帯域における観測研究 TOCS (Tropical Ocean Climate Study) を実施しています。特に大気観測では、1997年2月の TOCS 観測航海時に、西部赤道太平洋海域における大気境界層を中心とした日変化の役割を調べることを主目的として、米国大気研究センター (National Center for Atmospheric Research) およびブルックヘイヴン研究所 (Brookhaven National Laboratory) との共同観測研究を実施し (観測概要については、<http://www.oasd.bnl.gov/mike/armocean/ifo/justos.html> を参照)、1日8回のラジオゾンデ観測の他、ウィンドプロファイラーや RASS (Radio Acoustic Sounding System), SABL (Scanning Aerosol Backscatter Lidar) 等を用いた観測を行いました。両機関とは、今後も引き続き同海域を中心とした観測研究において協力していく予定です。

同海域での現象の解明には、まさに TOGA/COARE が実施されたように大気-海洋相互作用の研究が不可欠となっています。そこで、海洋科学技術センターでは、今後より継続的かつ広範囲に海象気象の変動を捉えることを目的として、各種海上気象センサーや水深750 m まで温度・塩分計が取り付けられた海洋気象観測ブイ (名称: トライトン) からなるトライトンブイネットワークを展開します (第4図)。図中

では■がトライトンブイの配置案を、○が米国海洋大気庁太平洋海洋環境研究所が中心に展開しているTAO (Tropical Atmosphere Ocean) -array をそれぞれ示しています。(トライトンブイについては、例えば、<http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/OCEAN/TRITON/index.html> を参照)。

現在までの海洋科学技術センターにおけるこのような活動を背景として、本ドップラーレーダーシステムを中心観測手段として、トライトンブイデータ等と組み合わせることにより、西部赤道太平洋とその周辺海域を中心対象領域として、暖水プール上空に発達する雲の発生・維持機構の解明と降水が海洋に与える影響の評価に資する観測研究(例えば1か月程度の停船観測)を当初の中心研究課題として実施していく予定です。

さらには、1997年11月に打ち上げられた熱帯降雨観測衛星 TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) に対しても同期観測の実施や各種データの提供を行い、より広範囲にわたった水収支の観測に貢献できる方向で進めたいと考えています。

4. おわりに

海洋地球研究船「みらい」は1997年10月より、航海計器類及び観測機器類の作動確認とこれら機器操作の慣熟訓練のための航海を開始しました。この1年におよぶ慣熟訓練航海中に、本ドップラーレーダーシステムのハード・ソフト両面における初期故障への対応を行う予定で、特にノイズ(シークラッター)の除去の検討や他データとの比較による観測精度の評価を行う

など、信頼できるデータの取得を行うための取り組みが始まっています。

「みらい」は1998年11月以降は、中・長期計画に基づいて、国際的な観測計画等との関係をはかりながら、地球規模での海洋・大気現象の解明に向けて、国内はもとより国外の研究者の参加も含めて利用されていくことが計画されています。本ドップラーレーダーシステムの利用を中心とした海洋科学技術センターにおける大気-海洋相互作用に関する観測研究の実施にあたっては、当センターだけでなく、外部研究者の意見を広く取り入れるべく大気-海洋相互作用研究委員会(委員長:東京大学気候システム研究センター住教授)をセンター内に設置して、議論をしていただいております。

ドップラーレーダーを「みらい」に搭載させるにあたっては、初期の計画段階から関係各方面からさまざまな形でご協力を得ました。ここに厚くお礼を申し上げます。言うまでもなく、搭載することが目的ではなく、実際に有効に活用されて初めてその意義があるわけであり、広く皆様のご協力を期待するものであります。

参考文献

- Rutledge, S. A., R. Cifelli, C. DeMott, W. Petersen, T. Rickenbach, J. Lutz, R. Bowie, M. Strong and E. Williams, 1993: The shipboard deployment of the MIT C-band Radar during TOGA COARE, 26th International Conf. on Radar Meteor., 371-373.