

津波監視海洋レーダの観測性能高度化に関する検討

中部電力(株) 正会員 ○横洲 弘武

中部電力(株) 正会員 橋詰 正広

国際航業(株) 非会員 渡邊 紗代

1. はじめに

中部電力(株)浜岡原子力発電所では、前面海域に襲来する津波を監視するため津波監視海洋レーダを設置している。津波監視海洋レーダは、通常の海洋レーダに比べ観測時間が1分と短いため、観測ノイズの影響を受けやすく、精度の高い津波予測を行うには、観測データの信頼性を十分に評価しておく必要がある。本研究では昨年度検討した独自の流速計算アルゴリズムを用いて、浜岡原子力発電所での観測データ（AD）データから流速を再計算し、現行システムで得られる流速との比較により観測データの信頼性を検証した。また、観測ノイズは海象の影響や季節的（時間的）な影響を受けると考えられるため、海洋レーダのノイズ特性について分析を行い、その特徴を把握した。

2. 検討期間の選定

2015年に海洋レーダを発電所内に設置して以降、現在までデータを蓄積しており、データが安定的に取得できている2015/4～2016/9を検討対象期間とした。海洋レーダの観測精度は受信信号のS/N比に大きく依存し、S/N比に影響を与える主要因の一つに波浪がある。有義波高が3m超過の場合には海洋レーダの津波検知確率が大きく低下するという研究報告もある。そこで、本研究では有義波高に着目して検討期間を選定した。具体的には、浜岡原子力発電所の海洋レーダ観測範囲内（沖合27km）に設置されている御前崎沖GPS波浪計の観測データを用いて、3区分の有義波高が卓越する期間を選定した（表-1）。なお、選定にあたっては、波向きが御前崎沖GPS波浪計に近接する測線（測線B02）方向に近いという条件を考慮した。

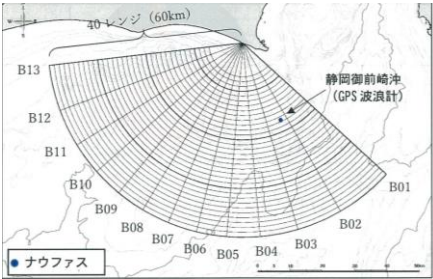


図-1 観測範囲

| 区分 | 有義波高 (Hs)    | 状況   | 選定期間           |
|----|--------------|------|----------------|
| 1  | 0m < Hs < 1m | 低波浪  | 2016/7/25～7/31 |
| 2  | 1m < Hs < 3m | 通常波浪 | 2016/1/5～1/11  |
| 3  | 3m < Hs      | 高波浪  | 2015/7/15～7/22 |

表-1 波高区分毎の観測データ選定期間

3. 流速計算アルゴリズムの検討

(1) 流速計算フロー

海洋レーダが受信するデータ（AD データ）には全観測範囲の観測信号が含まれており、海洋レーダの流速解析では測線、距離等に信号を分解して流速を計算する。今回提案する流速計算フローを図-2に示す。昨年度の研究において検討した浜岡原子力発電所の海洋レーダに適した独自の流速計算アルゴリズム（①観測時間（2分）、②出力時間（30秒）および③ピークサーチ手法（半値幅法）を用いて、AD データから流速を計算（以下、AD 解析流速）した。

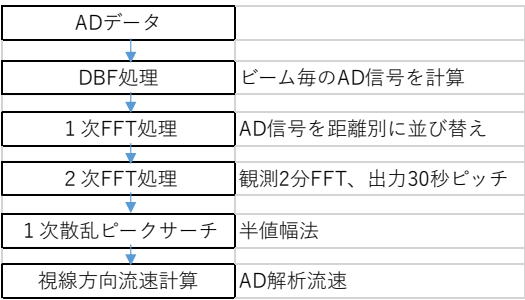


図-2 流速計算フロー

(2) 流速計算結果の比較・検証

AD 解析流速と浜岡原子力発電所海洋レーダの現行システムで得られる流速（以下、観測流速）の比較を行った。ここでは一例として、区分1と区分3の結果をそれぞれ図-3および図-4に示す。測線は観測範囲から偏りなく、東側（B02）、中央（B07）、西側（B11）の3か所を抽出し、距離方向は一定の観測精度が得られることが確認できている沖合約20km地点にて比較検証することとした。

キーワード 海洋レーダ、津波観測性能、S/N比

連絡先 〒437-1695 静岡県御前崎市佐倉 5561 中部電力(株)原子力安全技術研究所 TEL0537-85-2353

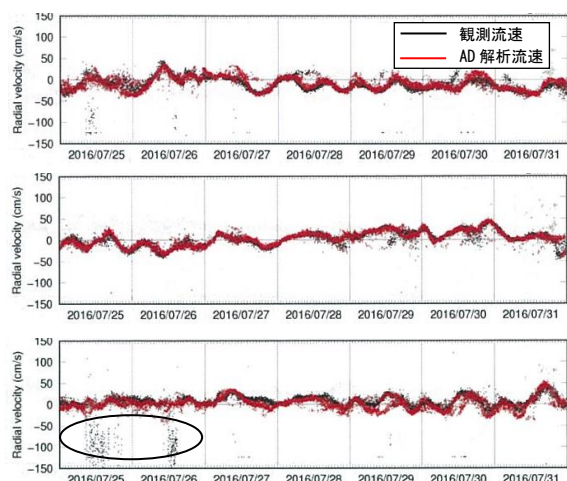


図-3 区分1の流速比較（上 B02、中 B07、下 B11）

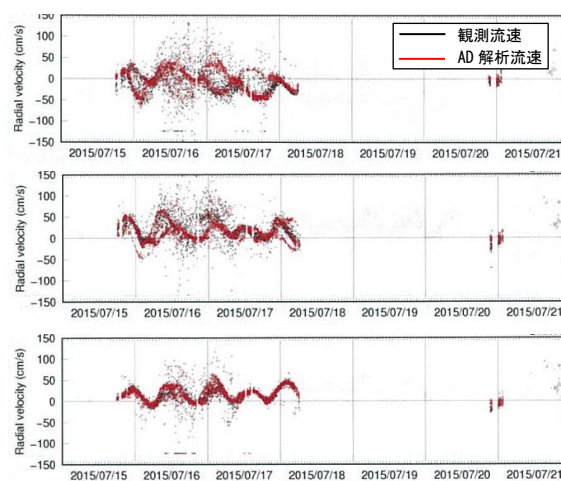


図-4 区分3の流速比較（上 B02、中 B07、下 B11）

図-3 より、低波浪時には観測流速およびAD解析流速とも似たような変動傾向を示していることが確認できた。測線 B11 には、時系列の前半にノイズ影響と見られる観測流速の異常値（ $-50 \sim -100 \text{ cm/s}$ ）が点在しているのが確認できるが、AD 観測流速の算定にはさほど影響がないことがわかる。また、全体的にみてAD観測流速の値が安定していることが確認できた。一方、図-4 では、高波浪の影響により流速のバラつきが大きく、安定した流速を得ることが困難であることが確認できた。ここでは示さないが、区分2は区分1と同様に安定した流速が得られており、有義波高 3m 未満であれば本手法を適用することにより安定的にバラつきの小さい流速が得られることが確認できた。

次に、数日レベルの変動傾向を確認するため、10 区間（約 10 分）の移動平均を調べた。図-3 中段のグラフの移動平均グラフを図-5 に示す。平均化により観測流速とAD解析流速が近似の傾向を示しており、提案した流速計算アルゴリズムに一定の信頼性があることが確認できた。

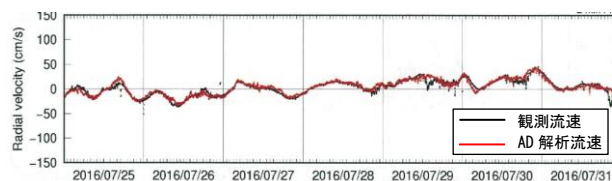


図-5 区分1の流速比較（B07 移動平均）

#### 4. ノイズ影響調査

全観測範囲の S/N 比を計算してノイズ影響について調査した。一例として、区分1における S/N 比の平均および標準偏差をそれぞれ図-6 および図-7 に示す。図-6 の観測範囲の東西比較より、S/N 比は東側の測線（B01～08）の方が西側測線（B09～13）より高い傾向にあること、沖合 40km 付近では S/N 比は東側が 25dB 以上であるのに対し西側は 25dB 未満であることが確認できた。また、図-7 では西側の方が東側よりバラつきが大きいことが確認された。波高区分別には、区分2は区分1と類似の傾向であったが、区分3は S/N 比が大きく低下することが確認できた。

#### 5. まとめ

浜岡原子力発電所内に設置した津波監視海洋レーダの観測性能に関して、AD解析流速および観測流速の計算結果を有義波高に着目して調査した。その結果、有義波高 3m 未満であれば、いずれも S/N 比は 20dB 以上で安定し十分な観測性能を有すること、有義波高 3m 以上では S/N 比が大きく観測精度が低下することが確認できた。また、AD解析流速と観測流速との比較では、AD解析流速の方がバラつきは小さく、安定した流速が得られることが確認できた。

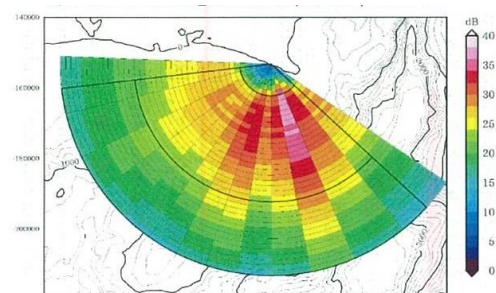


図-6 区分1のS/N比の平均

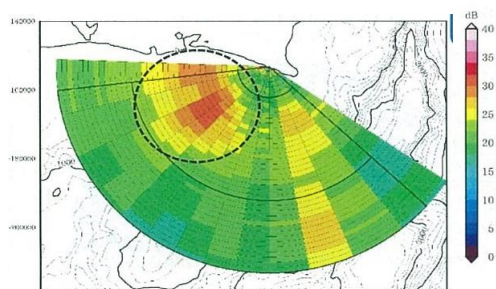


図-7 区分1のS/N比の標準偏差