

浜岡原子力発電所海洋レーダの津波観測性能評価

仮想津波観測実験を用いた検討

Evaluation of Tsunami Observation Performance Using Oceanographic Radar at Hamaoka Nuclear Power Station Study using a virtual tsunami observation experiment

(原子力安全技術研究所 地震・津波・防災G)

(Earthquake and Tsunami Disaster Prevention Group, Nuclear Safety Research and Development Center)

浜岡原子力発電所では、津波の襲来を予測する「津波監視システム」の開発に取り組んでいる。その観測技術の一つに海洋レーダがあり、仮想津波観測実験という数値解析手法を用い、海洋レーダで津波を観測・検知できる状況を確認した。

At Hamaoka Nuclear Power Station, we are developing a "tsunami observation and prediction system". We confirmed that tsunamis can be observed and detected by the oceanographic radar, which is one of the observation technologies, using a numerical analysis method called a virtual tsunami observation experiment.

1 背景・目的

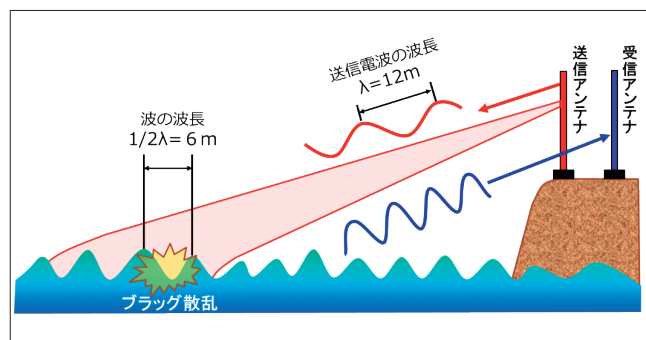
浜岡原子力発電所では、発電所前面での観測を強化するため、常設では世界初となる津波対応の海洋レーダを浜岡5号機の屋上に設置し試験観測を行っている。海洋レーダの実運用にあたっては、信頼性確保の観点から津波検知可能性の確認や最遠検知距離の検証が必要である。

そこで、本検討では実際に観測した流速と数値解析で求めた津波流速を信号レベルで重ね合わせ、津波発生時の観測状況を数値解析的に再現する仮想津波観測実験手法を用い、海洋レーダの性能評価を行った。

2 海洋レーダの概要

(1) 海洋レーダの原理

海洋レーダでは、海に向けて電波を発信、海面の波で反射した電波を受信し、ドップラー効果による周波数のずれから、海面の流速を測定する(第1図)。津波高さを直接観測するのではなく、津波による流速を観測するもので、津波が高いほどその流速は大きくなる。ただし、観測できる流向は、測線に沿って向かってくるか遠ざかるかの方向となる。



第1図 海洋レーダの観測原理

(2) 観測概要

海洋レーダの諸元を第1表に、設置状況を第2図に示す。観測範囲は、発電所を中心に半径60km、中心角130度の扇形で、13本のビームを設定し、1.5km間隔で520

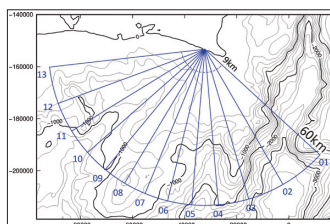
第1表 海洋レーダの諸元

設置場所	5号機屋上
レーダ周波数	24.515MHz (HF帯)
観測時間	64秒
観測可能距離	30km以上
アンテナ構成	送信用 1基 受信用 13基

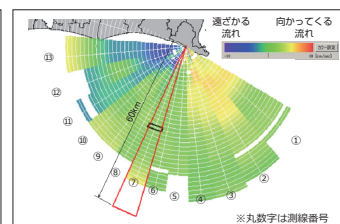


第2図 設置状況

点の観測点を配置している(第3図)。実際の観測状況を第4図に示すが、通常概ね30km以上遠方まで観測できている。



第3図 観測範囲と測線



第4図 レーダ観測状況

3 仮想津波観測実験

一般的に海洋レーダでは、1観測に15～30分間が必要とされているが、本海洋レーダは津波を捉えるため、それを約1分間に短縮している。観測時間を短縮することにより、短時間で津波を検知できる反面、ノイズの影響を受けやすく、流速検出精度が低下する可能性がある。そこで仮想津波観測実験という数値解析手法を用いて精度検証した。

(1) 仮想津波観測実験の概要

浜岡前面海域で実際に観測した流速データと数値解析で求めた模擬津波の流速データを、レーダの信号レベルで合成することにより、海洋レーダによる津波観測状況を再現する手法である。この手法を用いることにより津波の規模と背景の海の状態を組合せた様々なケースの比較検討が可能となる。

(2) 検討ケース

海洋レーダの観測では、高波浪となるほど、観測時間が

短くなるほど予測精度が低下する傾向にある。また、津波高さが小さくなるほど流速が小さくなり観測が難しくなる。これら条件を踏まえた観測性能を把握するため、第2表に示すケースについて仮想津波観測実験を行った。

第2表 仮想津波観測実験の検討ケース

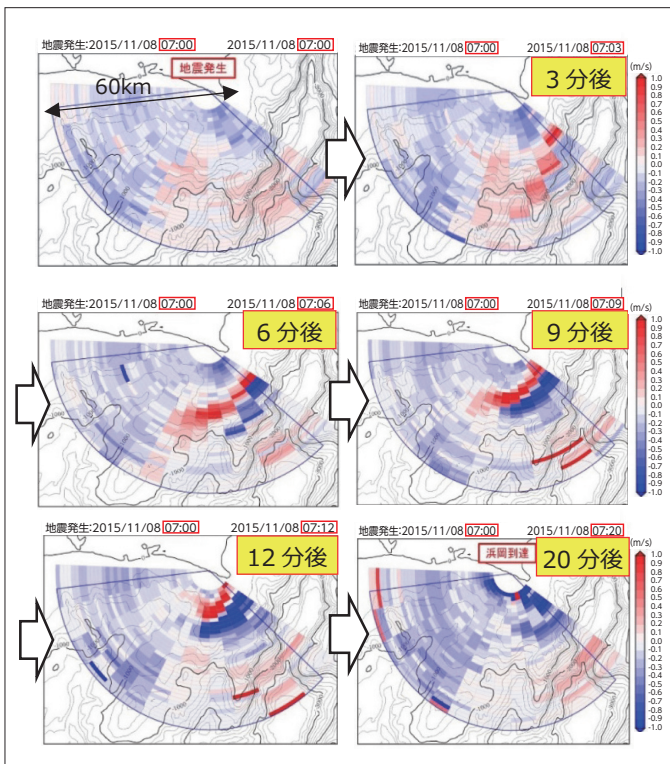
模擬津波のケース	実測海況のケース
1 想定最大級津波 (内閣府モデルケース①： 津波高20m級)	a 平常風況時 (2015/11/8)
2 既往最大級津波 (安政東海地震津波： 津波高6m級)	b 西風卓越時 (2015/10/30)
	c 台風通過時 (2015/9/9)

4 津波観測性能の評価

(1) 津波襲来状況の把握

結果の一例 (20m級津波、平常風況時) を第5図に示す。地震発生3分後では観測範囲の南東沖合30km付近に津波の第一波 (押し波) による反応が現れはじめ、その後徐々に帯状となって発電所に向かって進行し、20分後に発電所へ到達するまでの様子が確認できた。

他ケースは割愛するが、6m級津波、西風卓越時でもほぼ同じ傾向であった。台風通過時では、そもそも観測精度が著しく低下し観測が困難であり、津波による反応も確認できなかった。

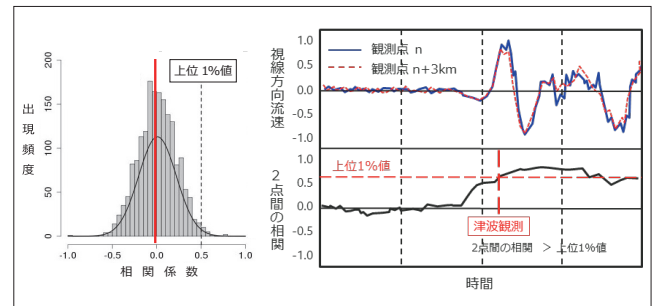


第5図 実験結果 (20m級津波、平常風況時)

(2) 最遠検知距離の定量的評価 (2点相関法)

海洋レーダの津波検知性能を定量的に評価するため、海況・津波規模毎の最遠検知距離の検討を行った。測線

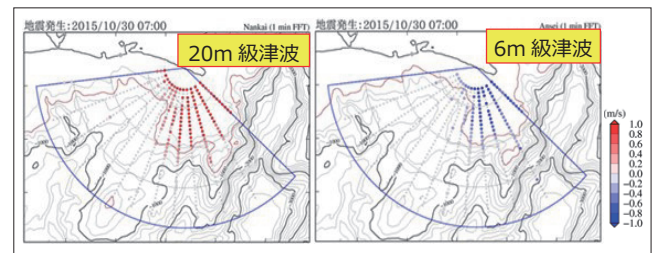
上で3km (2観測点分) 離れた点の津波発生前後における流速の相関関係を用いた津波観測判定の定量的評価を試みた。相関係数について、平常時は概ねゼロで正規分布を示すが、津波通過時は津波による流速の影響を受けて相関係数が有意に上昇する (第6図)。この関係を用いて2点間の相関係数がある閾値を超えた時に、津波を検知したと判定するものである。閾値については、定量的な指標がないため、正規分布の上位1%の相関係数値を判定の閾値とした。



第6図 津波検知判定のイメージ

(左図: 2つの観測点間における流速の相関係数頻度分布、
右図: 2つの観測点における流速の相関係数の時系列)

最遠検知距離の定量的評価結果の一例 (西風卓越時) を第7図に示す。平常風況時との比較では測線毎に多少の差は認められたがほぼ同等の結果であった。20m級津波より6m級津波の方が最遠検知距離は若干小さくなるが、概ね30km程度の範囲まで津波を検知できる可能性が高いと評価できる。海洋レーダで津波を検知するためにはある程度の大きさの流速が必要 (本検討においては概ね20cm/s以上) であることが確認できた。



第7図 最遠検知距離の評価結果 (西風卓越時)

5 まとめ

仮想津波観測実験手法を用い、発電所の海洋レーダについて津波検知可能性の確認、最遠検知距離の検証を行った。主な結果を以下に示す。

- 約1分間観測の海洋レーダにおいて、津波の観測状況を仮想津波観測実験により視覚的に確認できた。
- 台風通過時の限定的な時間を除き、既往最大の6m級津波でも約30km沖合で観測・検知できる可能性が高い。



執筆者 / 横洲弘武