

第Ⅱ部門 現地観測データに基づくFreak Waveの出現特性の分析およびその予測法の提案

関西大学大学院

学生員○道前 武尊

京都大学防災研究所

正会員 森 信人

関西大学環境都市工学部

正会員 島田 広昭

京都大学防災研究所

正会員 間瀬 肇

1. はじめに

海洋には突然出現する高波である巨大波浪(Freak wave)によると思われる被害が、日本の周辺で多く発生している。Freak wave の発生は、海洋構造物や船舶に被害をもたらし、多くの生命が失われている。近年では、2010 年 1 月 12 日に第二山田丸転覆事故により死者 10 名の被害があった。このような人的被害をなくすためにも、Freak wave 出現特性の分析や予測方法の確立が急がれている。

一般的に Freak wave は、観測波のうち有義波高の 2 倍を超える最大波と定義されるが、その発生には線形重ねあわせと非線形相互作用による増幅の 2 つの発生機構が混在する。線形重ねあわせに比べて、非線形相互作用の影響については定式化が難しく、このため Freak wave の発生頻度を理論的に把握することは難しい。そこで、本研究では、観測結果をもとに基本波浪統計量である水面変位の kurtosis (尖度) や N (波の数) を用いて、Freak wave の出現特性を定量的に推定することを試みる。

2. 波浪観測データの概要と解析の概要

観測データとして、全国港湾海洋波浪情報網(NOWPHAS)の観測データを用いた。NOWPHAS データの中で、方向スペクトルを計算可能な海象計を解析候補とし、日本海および太平洋沿岸合計 6 観測地点(設置水深 50m)を解析対象として選定した(図-1 を参照)。解析対象とした観測期間は 2001~2005 年であり、2 時間毎に観測が行われている水位データおよび方向スペクトルデータを用いた。表-1 に、今回解析の対象とした各観測点の観測期間、有効観測回数および平均観測波数を示す。

データ解析は、観測された水位データに対して 1 次処理を行った後、代表的な波浪統計量を計算し、これらに統計的検定を行い、有効データセットを作成した。最大波にはスパイクノイズが大きな影響を与えるため、1 次処理では特にノイズに留意して処理を行った。

ついで、波浪統計量の解析を行い、特に Mori・Janssen(2006)の最大波確率密度分布に関する理論式(式(1))に補正係数 a を加え、これを実測値もとに推定することを試みた。

表-1 観測点、観測期間有、効観測回数および平均観測波数

観測点	観測期間	有効観測回数	平均観測波数
留萌	2001・2005	11680	269
久慈	2001・2005	17331	221
輪島	2001・2005	14079	261
潮岬	2001・2005	15598	230
細島	2002・2005	10276	227
中城湾	2003・2005	9652	221

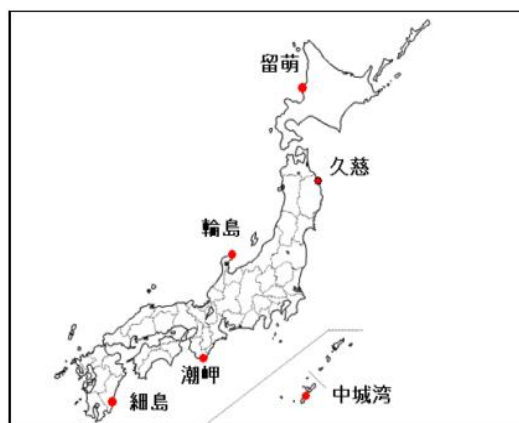


図-1 解析対象とした観測点

$$p_m(H_{\max}) = \frac{N}{4} H_{\max} e^{-\frac{H_{\max}^2}{8}} [1 + \kappa_{40} A_H(H_{\max})] \times \exp \left\{ -N e^{-\frac{H_{\max}^2}{8}} [1 + \kappa_{40} B_H(H_{\max})] \right\} \quad (1)$$

3. 結果と考察

有効データセット中の基本統計量と $H_{\max}/\eta_{rms}$ との相関関係を見たところ、4次の非線形指標である kurtosis との間に正の弱相関が見られた。これより、 $H_{\max}/\eta_{rms}$ と kurtosis および N (波の数) との関係を詳細に見るために、観測されたサンプルを N と kurtosis の値で分類し、それぞれの区分内において $H_{\max}/\eta_{rms}$ の確率密度分布を作成した。例として $N=200-225$, $\mu_4=2.90-3.00$ の範囲のものを図-2に示す。図からも、実測値と理論式のずれが大きいことが分かる。そこで、式(1)に加えた補正係数 a を、kurtosis(μ_{40})と波の数の関数として観測値に基づき最小二乗法で求めた。

$$a = -0.145\kappa_{40} + 0.00062N + 0.424 \quad (2)$$

次に、得られた推定式をもとに、Freak wave の発生頻度の推定式の精度を検討した。図-3に示すのはその一例であり、 $H_{\max}/\eta_{rms}$ の期待値は kurtosis の増加とともに増大する。また、 $N=200-250$ 付近が最大となっている。提案した予測式と Mori・Janssen(2006)の理論式との Freak wave 発生頻度の違いについて比較を行った。発生頻度が最大であったのは kurtosis=3.4-3.5 かつ $N=200-225$ で、つづいて kurtosis=3.3-3.4 かつ $N=225-250$ の時であった。これらの条件に対応する Freak wave の発生頻度は、Mori・Janssen(2006)の理論式で 27.9% および 26.1%、提案した予測式は 11.5% および 6.1% である。実際の出現頻度は、8.3% および 7.3% であった。以上の結果から、今回提案した予測式により、Freak wave の出現頻度を精度よく推定することが可能となった。

4. 結論

本研究は、十分なサンプル数と精度良い観測波浪データを解析し、Freak wave の出現特性について解析し、新たな予測式を提案した。主な成果は以下の通りである。

$H_{\max}/\eta_{rms}$ は kurtosis の増大とともに出現頻度が増大し、 $N=200-250$ 付近で出現頻度が最も高くなる傾向が見られた。ついで、理論式中に補正係数 a を取り入れて実測値に近似したことで、Freak wave の出現頻度をより精度よく予測することが可能となった。今後は気象擾乱を取り入れることで、気象の非定常性が波浪に及ぼす影響について、数値シミュレーションと織り交ぜながら詳細に検討する予定である。

<参考文献>

Kristian Dysthe et al. (2008): Oceanic Rogue wave, Annual Review of Fluid Mechanics, pp.287-290

Mori, N. and P.A.E.M Janssen (2006): On kurtosis and occurrence probability of freak waves, Journal of Physical Oceanography, American Meteorological Society, Vol.36, No.7, pp.1471-1483.

Mori, N., M. Onorato, P.A.E.M. Janssen, A.R. Osborne and M. Serio (2007): On the extreme statistics of long crested deep water waves: Theory and experiments, Journal of Geophysical Research, Vol.112, C09011, doi:10.1029/2006JC004024.

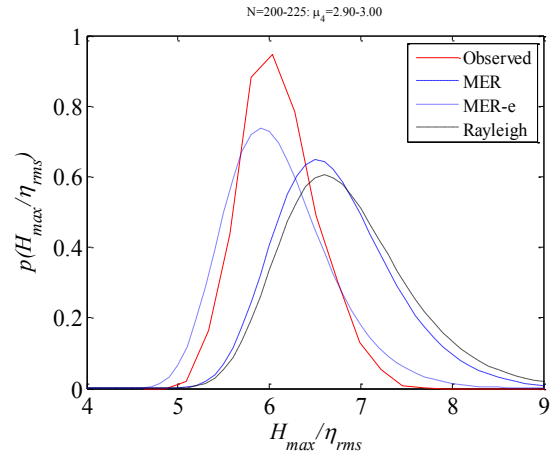


図-2 $H_{\max}/\eta_{rms}$ の確率密度分布 (実線：観測データ，破線：理論式，今回提案，一点鎖線：Rayleigh 分布)

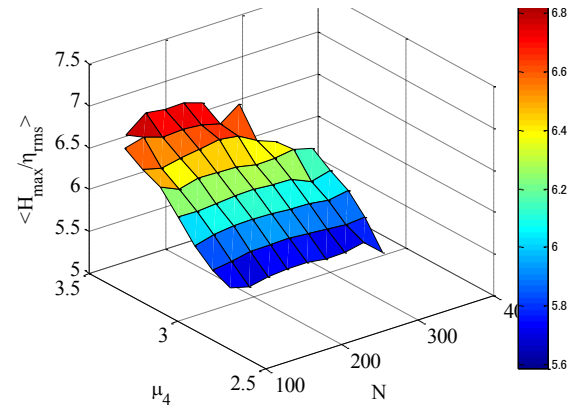


図-3 推定された $H_{\max}/\eta_{rms}$ の期待値 (全観測点 $H_{1/3}>1$)