

高波浪期間における波高の出現特性について

鳥取大学工学部 正会員 太田隆夫
鳥取大学工学部 正会員 木村 晃
鳥取大学大学院 学生員 〇垣尾太郎

1. 研究の背景と目的

低気圧や台風あるいは季節風により、数時間から数十時間にわたって高波浪の状態が継続することがあり、時として海岸構造物に被害を及ぼす。これに対処するために、1 つには高波浪期間における波高の統計学的性質を知る必要がある。これまでの研究により、波高の確率分布はほぼ Rayleigh 分布で表されることが知られているが、これは波浪の統計的な性質が時間的に変化しない（定常である）という仮定の下に成り立っている。これに対して実際の海の状態は時々刻々と変化する（非定常である）ことから、ある程度以上の時間にわたる観測データに対して Rayleigh 分布を適用できる保証はない。とはいえ、非定常性を前提にして波高の確率分布を理論的に導くことは困難であると思われる。したがってどのような分布に従うかも含めて波高の出現特性を検討するには、連続観測した水位変動データを解析する方法が有力となる。本研究では、連続観測データを解析し高波浪時における波高の出現特性を検討することを目的の 1 つとする。しかしこのような連続観測例はあまり多くないため、これを補う目的で数値シミュレーションデータにより波高の出現特性を推定することの可能性についても検討する。

2. 連続観測データの解析

本研究で用いた連続観測データは、運輸省船舶技術研究所の「浮遊式海洋構造物の開発研究」に関連して、山形県由良港沖で得られたものであり、その概要を表-1 に示す。基礎的な解析として、まず観測データを 20 分毎の区間に分け、各区間での有義波諸元および周波数スペクトルを求めた。周波数スペクトルについては、JONSWAP および Wallops スペクトルとの比較を行った。その結果、形状パラメータ $\gamma=2.0$ の JONSWAP スペクトルが全体的によく適合した。その一例を図-1 に示すが、実線が観測データのスペクトル、点線が JONSWAP スペクトルである。つぎに、解析対象とする高波浪期間については、まず有義波高の設定値を決め、これを超えている期間とした。有義波高の設定値は、観測データ中の最大有義波高 $(H_{1/3})_{\max}$ の 80% 程度を下限として決定した。図-2 にその一例を示すが、実線は各区間（20 分ごと）の有義波高、破線は設定値を表している。ここで波高の出現特性を検討するデータは、表-1 のうち波高の増大・減少過程を含む 3 ケース（D70831, D71217, D81214）とした。

表-1 連続観測データの概要

データコード	観測年月日	開始時刻	継続時間	データ数
D70831	1987. 8.31	18:18	21:40:09	78009
D71124	1987.11.24	8:12	23:45:47	85547
D71217	1987.12.17	10:13	22:25:54	80754
D80109	1988. 1. 9	18:18	37:41:05	135665
D80202	1988. 2. 2	16:13	24:45:12	89112
D81214	1988.12.14	10:33	30:04:41	108281
D00125	1990. 1.25	16:34	23:44:18	85458

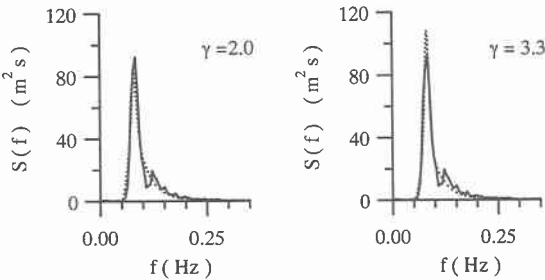


図-1 周波数スペクトル（D71217）

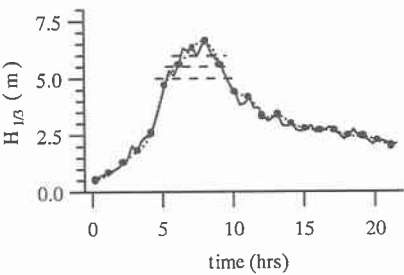


図-2 有義波高の設定値（D70831）

3. 数値シミュレーションおよび波高の出現特性

通常の波浪観測では1時間あるいは2時間ごとの有義波諸元が記録される。このデータから高波浪期間の波高の出現特性を推定することが可能であることを検討するため、水位変動の数値シミュレーションを行った。1時間ごとの有義波諸元が得られている場合を想定し、これを3次スプライン関数で補間して20分ごとの値として与えた。図-2の●は1時間ごとの有義波高を表し、点線はそれらを通るスプライン曲線である。2.で述べた有義波高の設定値により高波浪期間を決定し、その期間について水位変動を逆FFT法により計算した。周波数スペクトルとしてはJONSWAPスペクトル($\gamma=2.0$)を用い、各データの高波浪期間に対して5回のシミュレーションを行った。図-3に連続観測データとシミュレーションデータ(5回分)から求めた波高の超過確率を示す。○は連続観測データ、△はシミュレーションデータであり、実線はシミュレーションデータに当てはめたWeibull分布、点線はRayleigh分布を表す。また、表-2には連続観測データおよびシミュレーションデータに当てはめたWeibull分布の形状母数と尺度母数を示す。これらより、Weibull分布の適合性は良好であり、シミュレーションデータから得られる波高の出現特性は連続観測データのそれをほぼ再現し得ることがわかる。

4. 波浪観測点のデータによる検討

3.の結果を受けて、日本海沿岸における気象庁の波浪観測点(松前、温海、経ヶ岬、鹿島)でのデータ(1時間ごとの有義波諸元)より、高波浪期間の波高の出現特性を検討した。表-3に観測データの概要を示すが、各地点での全データのうち最大有義波高($H_{1/3})_{\max}$ なるべく大きなもの(表中の順位を参照)を選択した。3.で述べた手法により、5回の数値シミュレーションを行った。図-4(a)に松前、(b)に温海のシミュレーションデータによる波高の超過確率を示す。図中の実線はデータに当てはめたWeibull分布、点線はRayleigh分布である。図-3と同様にWeibull分布の適合性は良いが、図-3に比べてRayleigh分布に近くなっている。Weibull分布の形状母数は2.0~2.05である。また、シミュレーションデータによる最大波高($H_{\max})_{\max}$ と、観測された最大有義波高($H_{1/3})_{\max}$ (表-3参照)との比の平均値はおおよそ1.8~2.0であり、通常の波浪観測による($H_{1/3})_{\max}$ の2倍程度の波高を考慮する必要があることを示唆している。

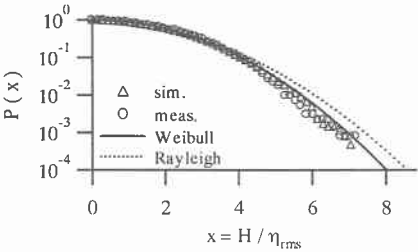


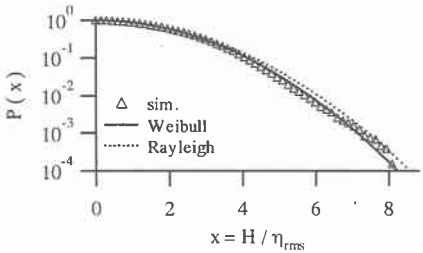
図-3 波高の超過確率 (D71217, >6.5m)

表-2 Weibull 分布の母数

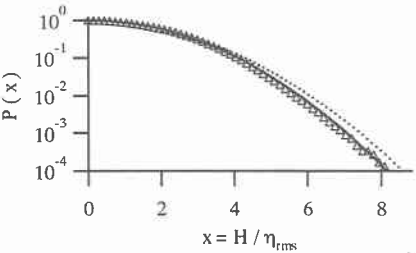
データ	基準値 (m)	形状母数		尺度母数	
		meas.	sim.	meas.	sim.
D70831	5.0	2.067	2.082	7.751	8.012
	5.5	2.110	2.074	8.171	7.922
	6.0	2.077	2.094	7.812	8.147
D71217	5.5	2.018	2.058	7.360	7.753
	6.0	2.026	2.065	7.448	7.829
	6.5	2.077	2.043	8.042	7.643
D81214	4.0	2.056	2.075	7.545	7.888
	5.0	2.051	2.072	7.531	7.874

表-3 波浪観測データ

観測点	データの期間	($H_{1/3})_{\max}$ (m)	順位
松前	1995.11. 7.22"~11.10.19"	7.53	2
温海	1994. 2.21.17"~ 2.25.15"	8.46	1
経ヶ岬	1990.12.11.12"~12.12.16"	6.81	5
鹿島	1995.11. 7.19"~11. 9.12"	6.20	4



(a) 松前 (>6.5m)



(b) 温海 (>7.0m)

図-4 波高の超過確率