

冬期季節風下の Freak wave 出現時の気象・海象特性について

岐阜大学 正会員 安田孝志 学生会員 中山晋一・○赤羽 透

1. 緒言

Freak wave の発生原因については種々指摘されているが、気象条件との関連については何ら検討されていない。一方、日本海での異常波浪の発生と気象条件とは密接に結び付いており、風域場の変化がその要因となることが指摘されている。勿論、異常波浪が有義波に対するものであるのに対し、Freak wave は最大波に対するものであり、異常波浪発生時の気象条件がそのまま Freak wave に当てはまるものではないが、検討する必要がある。ここでは、定常風域場の下での Freak wave に着目し、このときの気象および海象特性を調べるとともに、このときの出現特性についても検討する。

2. 観測波の概要

波浪観測は、1986年9月～1990年7月の約4年間にわたって、山形県由良沖の水深約40mの海底に図-1のように設置された超音波式波高計によって実施された。また、風速の測定は海面上10mに設置された1軸超音波式風速計によって行われた。まず、30分連続データを一単位とし、これに対する有義波高 $H_{1/3}$ および平均風速 $\bar{U}$ の値が10時間以上一定となる期間内に10mを超える Freak wave が出現するものを対象データとした。表-1は、このような観測データの観測日時とその継続時間、その間での平均風速 $\bar{U}$ 、平均風向 $\bar{\theta}$ 、 $H_{1/3}$ 、 $T_{1/3}$ 、 $(k_p a)_{1/3}$ 、 N を示す。また、図-2は、代表例としてほぼ37時間にわたって一定風速および風向が続く Data II の $\bar{U}$ および $\bar{\theta}$ の時間的変化を示したものであり、風域場の定常性が確認できる。さらに、図-3はこれに対応した $H_{1/3}$ および $T_{1/3}$ の時間変化を示し、これらの値もほぼ一定であり、このときの波浪場が平衡状態にあることがわかる。このときの方向スペクトルから計算される主波向 $\theta_p (= 320.5^\circ)$ は平均風向 $\bar{\theta} (= 291.5^\circ)$ にほぼ一致しており、方向集中度の高い ($\theta_k = 57.0^\circ$) 定常波浪場が実現されていることがわかる。

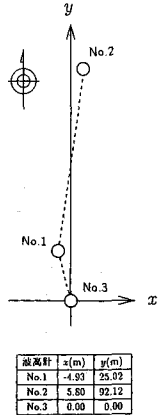


図-1
波高計位置

3. 波高の分布特性

上述したように、ここで対象とする波浪データでは、 $H_{1/3}$ の値がほぼ一定であるため、表-1に示した時間内の波高は同一の母集団に属するものと扱うことができる。これによって、波高分布特性、特に Freak wave の出現特性の定量的評価が可能になると期待される。そこで、D-II のデータより、この間の18,568個のゼロダウン波高の分布を Rayleigh 分布と比較した。図-4はその結果であり、全体としては Rayleigh 分布よりも低波高側にずれ、Rayleigh 分布は過大評価となっている。しかし、 $H/H_{1/3}$ の値が2.0を越える部分では逆に Rayleigh 分布を上回っており、 $H/H_{1/3}$ が2.0を上回る波高はそれ以下のものとは別の母集団に属していることを示唆する結果となっている。

図-5は、こうした高波高の分布特性をより明瞭にするため、表-1に示した D-I～V の各データについての相対超過度数分布を Rayleigh 分布と比較したものである。これから、同じような平衡状態下にあっても、D-I～III と D-IV および V の波では明らかに差異があり、後者では Rayleigh 分布の枠内でも捉えられるが、前者では高波高部分で Rayleigh 分布は明らかに過小評価となる。このように、同一地点での平衡状態下の波浪であっても2種類の分布特性が存在しているようである。しかし、前者及び後者のデータを一括して超過度数分布について調べると、その結果は図-6のようになる。 $H/H_{1/3} = 2.0$ 以下の波高に対してはこれから、母数の値が2.094の Weibull 分布に従うと考えてよく、Freak wave が含まれる $H/H_{1/3} = 2.0$ 以上の波高に対しては、その発生原因を踏まえた何らかの新しい分布関数が必要となる。

このような高波高の分布特性をさらに吟味するため、このときの30分単位データごとの $H_{max}/H_{1/3}$ の時間変化の1例を D-II について図-7に示す。これからわかるように、平衡状態にある波浪条件においては GF の値はほぼ一定であるが、 H_{max} の時間的変動は激しく、Freak wave の出現が何度か確認できる。さらに、図-8はこのときの3測点での30分単位データの $H_{max}/H_{1/3}$ を一括してその相対度数分布を求め、平均波数244に対する Rayleigh 分布に基づく、 $H_{max}/H_{1/3}$ の極値分布と比較したものである。これから、前述の図-4の場合と同様、観測値は $H_{max}/H_{1/3} \leq 2.0$ では理論分布を下回っているが、Freak wave となる $H_{max}/H_{1/3} > 2.0$ においては理論分布にほぼ対応するようになり、さらに、 $H_{max}/H_{1/3} > 2.3$ では理論分布を上回るようになってこのような高波の出現を Rayleigh 分布の枠内で議論することに問題のあることがわかる。

4. 結語

定常風域場での波浪観測データより、Freak wave がこのような気象・海象条件下で出現することを明らかにするとともに、 $H_{1/3}$ がほぼ一定の18,568この波からなる標本を基にこのときの波高分布を調べ、Rayleigh 分布は全体に安全側となっているが、Freak wave となるような高波に対しては必ずしも安全側とはならず、このような高波の生成機構の解明が必要となることを示した。最後に、本研究は運輸省船舶技術研究所との協同研究による成果であることを付記し、謝意を表す。

表-1 気象・海象諸量

Data	Date	Hour	$\bar{U}$	$\bar{\theta}$	$H_{1/3}$	$T_{1/3}$	$(k_p a)_{1/3}$	N
D-I	87/11/24-1	16	12.09	284.2	4.734	9.995	0.103	7156
D-II	88/01/09-1	37	13.81	291.5	4.316	8.761	0.118	18568
D-III	88/02/02-1	12	16.54	283.1	6.593	10.949	0.123	4836
D-IV	88/12/14-1	17	14.45	224.6	5.309	10.249	0.111	7362
D-V	90/01/25-1	11.5	15.73	279.6	4.773	9.468	0.114	5326

*単位は mks で表示

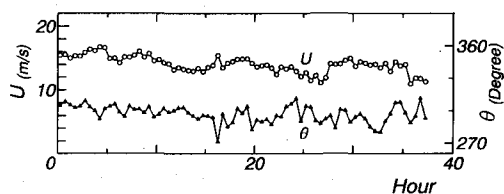


図-2 Data-II の 30 分平均風速・風向の時間的変化

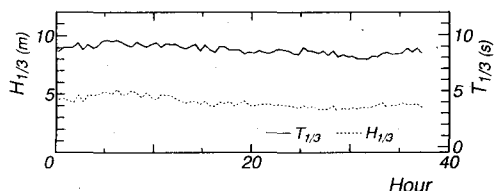
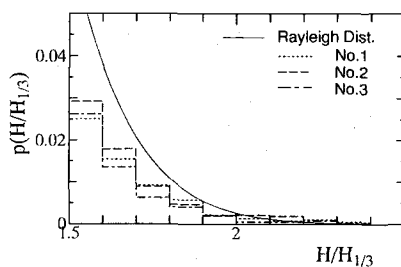
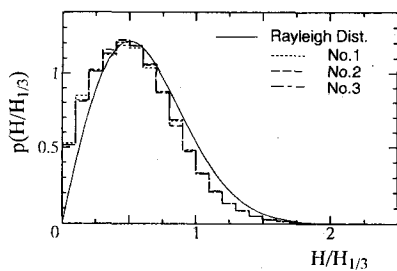
図-3 Data-II の測点 1 での $H_{1/3}$ および $T_{1/3}$ の時間的変化

図-4 定常風下 (Data II) の波高の相対度数分布

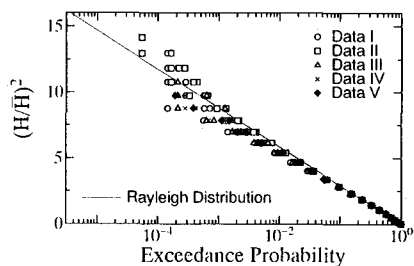


図-5 定常風下の相対超過度数分布

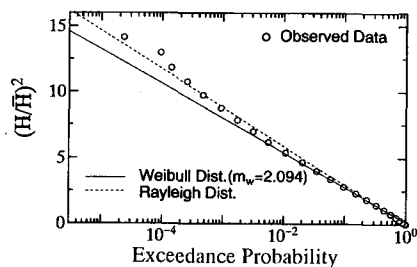
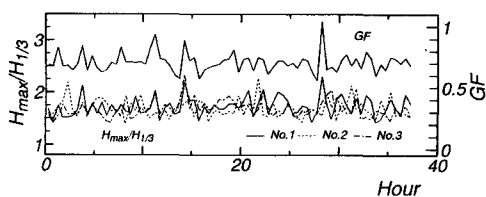
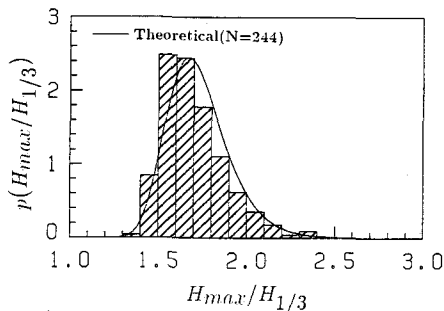


図-6 定常風下の相対超過度数分布

図-7 Data II の $H_{max}/H_{1/3}$ と GF の時間的変化図-8 $H_{max}/H_{1/3}$ の相対度数分布 (Data II)