

冬期季節風下の巨大Freak waveに及ぼす高次干渉の影響について

岐阜大学 正会員 安田孝志, 学生会員 中山晋一 ○宮田達磨

【1. 緒言】

波高が10mを超えるようなFreak wave(巨大Freak waveと呼ぶ)は海洋構造物や船舶にとって危険度が極めて高いため、その解明が急がれている。ここでは、運輸省船舶技術研究所によって山形県由良沖(水深約40 m)で得られた波浪データを用いて巨大Freak waveの波形諸量に及ぼす高周波モードや高次干渉の影響について検討する。

【表-1】 巨大Freak wave出現時の気象・海象諸量

Code	風速(m/s)	風向	平均波向	$H_{1/3}(m)$	$H_{max}(m)$	$H_{max}/H_{1/3}$	$T_{1/3}(s)$	χ	κ	海象	Type
Y871124A	12.99	296.3	293.0	5.05	11.31	2.24	10.28	0.70	1.79	平衡期	II
Y871124C	11.62	281.7	293.5	4.91	10.11	2.06	10.36	0.60	2.50	平衡期	I
Y880109A	16.19	300.1	285.5	4.87	10.45	2.15	8.94	0.59	2.05	平衡期	II
Y880109C	13.38	292.4	285.8	4.44	10.42	2.35	9.09	0.57	1.84	減衰期	II
Y880202A	15.54	291.0	287.7	6.52	13.76	2.11	10.69	0.63	1.99	平衡期	II
Y880202A	16.62	292.8	284.2	7.19	14.45	2.01	8.85	0.61	1.71	平衡期	II
Y880202B	13.74	294.9	280.5	5.32	11.29	2.11	9.97	0.61	1.54	発達期	II
Y881214A	15.23	228.0	271.3	5.11	10.62	2.08	9.84	0.65	2.27	発達期	I
Y881214B	15.63	226.5	270.9	5.28	11.14	2.11	10.51	0.55	2.69	平衡期	II

【2. 巨大Freak waveの特性】

まず、1987年1月から1990年7月までの間に観測された巨大Freak waveを取り出し、それらの諸量を表-1に示す。表中の

χ および κ はFreak waveの波形の突出性および単独性を表す指標であり、それぞれ $\chi = (\eta_{max})_f / H_{max}$ および $\kappa = 2H_{max} / (H_{i-1} + H_{i+1})$ によって定義される。

ここで、 $(\eta_{max})_f$ はFreak waveの波頂高、 H_{i-1} および H_{i+1} はFreak waveの前後の波高を表す。ここでは、 $\chi > 0.6$ および $\kappa > 2.0$ を満たすFreak waveを典型的Freak wave(タイプI)と定義し、これ以外をすべてタイプIIとした。これより、タイプIの巨大Freak waveの観測は2例だけであり、しかもそれらの波高は、11m以下に留まり、タイプIが必ずしも最大の H_{max} を与える訳ではないことがわかる。また、同じタイプであってもY871124は風向と波高がほぼ一致する平衡状態において出現しているのに対し、Y881214は風向と波向が、90度以上異なった減衰期におけるものであり、これからでは典型的巨大Freak waveが出現するために必要な気象・海象の特定化はできない。ただし、表-1の巨大Freak wave全体についてみると半数近くが $\kappa > 2.0$ であり、また、 χ については半数以上が0.6を超えて

おり、突出性や単独性のいずれかを満たしていることがわかる。この点をFreak wave以外の最大波も含めて明らかにするため、図-1に非Freak wave、Freak waveおよび巨大Freak waveについて χ および κ の値の相対度数分布の比較を行う。 χ について見ると非Freak waveでは0.52付近をピークとした対称的な分布をしているが、Freak waveでは0.62付近をピークとし、特に巨大Freak waveでは大半が0.6を超えており、波峰の突出が巨大Freak waveの特色となっていることがわかる。これに対し、 κ について見ると、いずれの最大波も $\kappa \approx 1.75$ 付近をピークとした分布をしているが、非Freak waveでは $\kappa < 1.5$ の部分の頻度が増大しているのに対し、Freak waveではそのような傾向は見られず、巨大Freak waveでは $\kappa > 2.0$ の部分の相対度数が増大し、単独性もまた巨大Freak waveの特色となっていることがわかる。

【3. 巨大Freak waveの波形諸量に及ぼす高周波モードの影響】

上述のようなFreak waveを特色づける波形の突出性および単独性の発生原因を明らかにするため、波形諸量に及ぼす高周波モードの影響について検討する。図-2は、巨大Freak waveの実測波形と高周波モードを取り除いた波形の比較を示したものであり、Freak waveの波形が高周波モードと密接に関わっていることがわかる。図-3は、高周波除去フィルターの臨界周波数 f_c と各波形諸量との関係を示したものである。フィルター処理波形のFreak wave

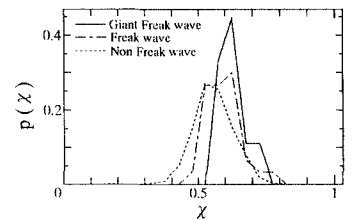


図-1 (a) : 突出性指標の分布

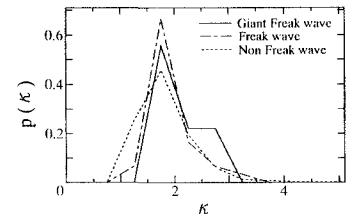


図-1 (b) : 単独性指標の分布

の波形勾配を表す $(ka)_f$ や元波形の波高との比 $H_{max}/(H_{max})_0$ についてはタイプIとIIの間で高周波モードの影響に差が認められるが、その他の諸量にはタイプによる差異は何ら認められない。このことは、 χ や κ によって評価される波形の突出性や単独性は特定のバンドの高周波モードによっているものではなく、広範囲の高周波モードによっていることを示すものと言える。これに対し、タイプIの $H_{max}/(H_{max})_0$ や $(ka)_f$ の値は f_c/f_p が2以下になる付近から急減し始めることから、Freak waveの波高が高周波モードと密接に関わっていることは確かである。にも関わらず、例えば κ の値が高周波モードと無関係になるのは、上述の図-2(b)からわかるように $f_c/f_p = 2$ とした場合に波高の小さいゼロダウン波がFreak waveの後ろに新たに形成されてしまうことによる。このように、フィルターによって前後の波の波高が減少し、結果的に κ の値が増大することはゼロクロス波の定義を含めて χ や κ に対する検討の必要性があることを示すものと言える。

【4. 高次干渉の影響】

χ や κ に対する高周波モードの影響は必ずしも明瞭ではないが、 H_{max} に対しては $f_c/f_p > 1.5$ の高周波モードが関わっていることが明らかとなった。問題は、こうした高周波モードが独立したものであるか、あるいは高周波として何らかの拘束を受けたもののいずれかであるかということになる。この点を明らかにするため、Y881214Aの巨大Freak waveを含む波列について $f_c/f_p > 1.5$ のモードの位相を一様乱数によって与えて波形の再合成を行い、元波形との比較を行う。図-4はその結果であり、他に6通りの乱数波を用いて波形合成を行ったが、元波形におけるような突出性や単独性は見られなかった。このことから、 $f_c/f_p > 1.5$ の高周波モードの位相は何らかの拘束を受けているものと考えられ、図-4からわかるように拘束を受けた高周波モードがFreak waveの原因になっていたことは確かである。こうした拘束モードの原因としては高次干渉以外は考えられず、以上の結果からFreak waveが高次干渉によっていることが判断される。

【5. 結語】

由良沖での巨大Freak waveの波形データを解析し、その波高が高次干渉によって励起拘束された高周波モードによっていることを示した。

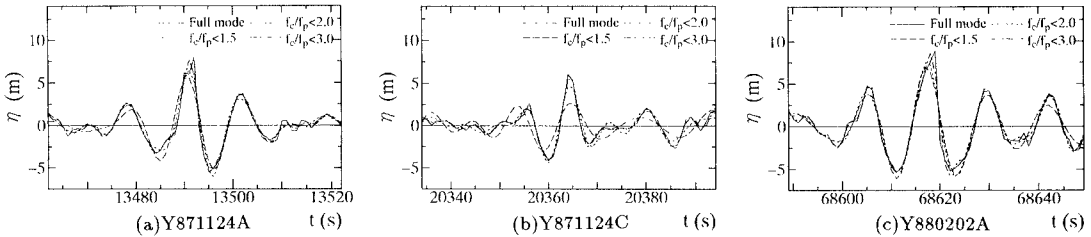


図-2 : Freak waveの波形に対する高周波成分の影響

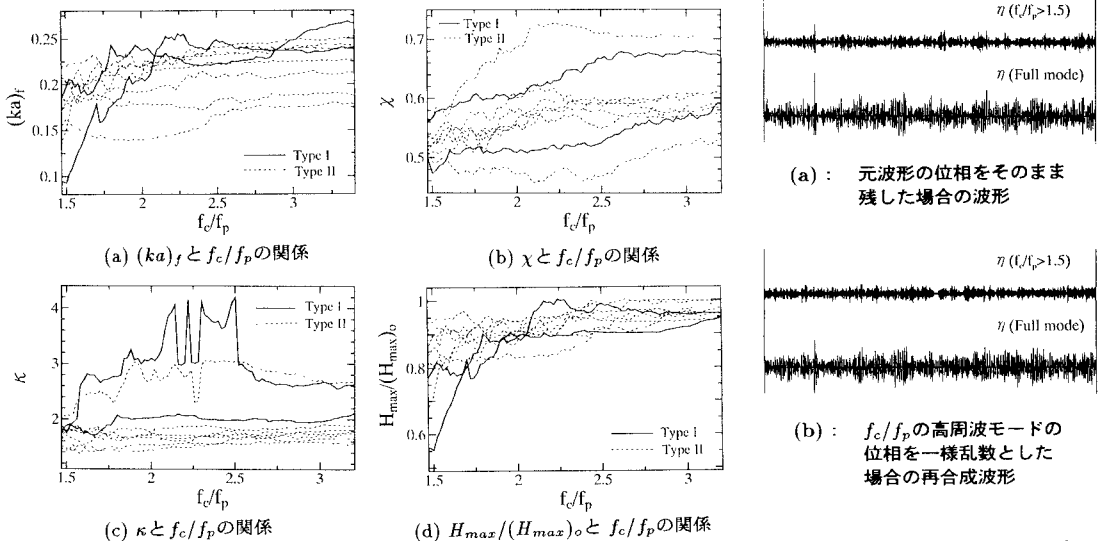


図-3 : 臨界周波数 f_c と統計量の関係

図-4 : 高周波拘束モードの影響