

波浪の極値の地域分布について

愛媛大学 工学部 正会員 ○山 口 正 隆
日本構造物設計事務所 山 本 貞 男

1. 緒 言：著者らは、これまで波浪の極値の推定法を確立するため、84年間にわたる彦根気象台の風記録から修正SMB法によって琵琶湖彦根愛西、長浜および知内における波浪を推算するとともに、年最大波高などの期間最大波高に各種の確率分布をあてはめ、その適合性の検討からその確率分布特性の究明に努めてきた。その結果、琵琶湖における期間最大波高は季節風および台風によって生じられるので、そのひずみ係数は負の値を含む非常に広範囲な変化を示し、したがって、その確率分布特性を表示するためには、パラメータの選択によって分布形状を多様に変える理論分布を使用する必要があることが明らかにされた。そこで、本研究では、前述の資料により多種類の理論分布をあてはめ、期間最大波高の確率分布特性と確率波浪の推定法を検討するとともに、新たに琵琶湖沿岸の6地点における期間最大波高の推定を行って合計9地点の資料から確率波高の地域分布特性も考察する。

2. 波浪推算地点の選定および波浪推算法：琵琶湖において高波高を発生させる風は夏期の台風および冬期の季節風である。すなわち、北西方向に開いた湖域では、季節風による風波が卓越し、一方南方に開いた湖域では台風による波浪が支配的になるであろう。そこで、前者に対して、愛知川、彦根愛西、彦根港と、後者に対してつづら尾崎、知内、木津および舟木崎と、また台風および季節風両者による波浪が影響する湖域として、天野川および長浜を波浪推算点に選定した。図-1は琵琶湖の概略図および波浪推算点の位置を示したものである。波浪の推算は、前回と同様彦根気象台における3～4時間ごとの風速・風向に対する定時観測値および日最大平均風速・風向から修正SMB法を用いて行った。

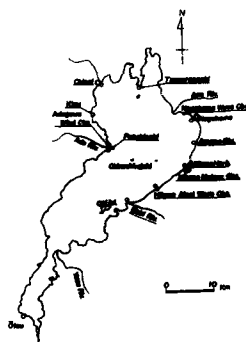


図-1 琵琶湖での波浪推算点

3. 極値波高の確率分布：表-1は9地点における期間最大波高資料の平均値、標準偏差、ひずみ度およびとり度を示したものであり、つぎのようなことがいえる。i) 愛知川、彦根愛西および彦根港では、季節風時最大波高の影響が大きいため、年最大波高と季節風期最大波高の統計量がよく似ている。またひずみ度は全般的に小さく、とり度も3に近いので、そのひん度分布は正規分布に近い。ii) つづら尾崎、知内、木津および舟木崎では、台風の影響が顕著に現われるので、年最大波高および台風期最大波高は大きなひずみ度をもち、しかもそれらの平均値および標準偏差は季節風期最大波高よりかなり大きい。iii) 天野川および長浜では、台風期最大波高のひずみ度は季節風期最大波高のそれよりかなり大きい。したがって、台風期最大波高は非常に大きく変動し、しかも大きな波高は時おり出現するのに対し、季節風期最大波高はかなり高波高の状態と比較的緩やかな変動をする。一方、年最大波高のひずみ度はあまり大きくないので、年最大波高に対する台風期および季節風期最大波高の寄与が拮抗していると考えられる。つぎに、期間最大波高の確率分布特性を表示するため、各種の確率分布をあてはめ、その適合性を検討した。用いた分布

は正規分布、ひずみ係数の正負により表示式を変えた対数正規分布、2および3パラメータGamma分布、超Gamma分布、3パラメータ対数Gamma分布、Weibull分布、最大値分布(Gumbel分布、対数極値分布A型およびB型)である。その結果

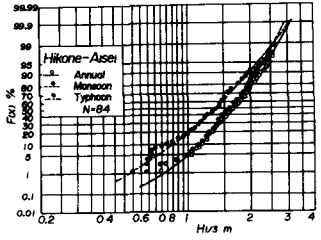
表-1 期間最大波高の統計的平均値

Place	Annual maxima				Typhoon maxima				Nonseason maxima			
	m	σ	β	δ	m	σ	β	δ	m	σ	β	δ
Bishi River	1.62	0.41	0.50	3.15	1.36	0.44	0.72	3.56	1.54	0.40	0.39	3.31
Hikone Aisai	1.67	0.42	0.16	2.51	1.37	0.45	0.49	3.18	1.61	0.39	0.09	2.67
Hikone Harb.	1.66	0.34	0.32	3.94	1.31	0.40	0.39	4.36	1.60	0.34	-0.28	3.10
Anano River	1.49	0.34	0.32	5.57	1.09	0.40	1.52	7.24	1.45	0.29	-0.45	2.89
Nagahama	1.35	0.37	0.51	3.61	0.96	0.48	0.90	3.46	1.22	0.33	0.34	3.61
Tsuzura Ozaki	1.32	0.52	1.59	5.32	1.24	0.56	1.44	4.78	1.02	0.24	0.68	3.21
Chino	1.44	0.54	1.20	4.22	1.37	0.60	0.95	3.67	0.98	0.25	0.24	2.67
Kinu	1.23	0.46	0.91	3.33	1.18	0.49	0.73	3.05	0.80	0.26	0.09	2.59
Fumikisaki	1.32	0.44	1.24	4.22	1.25	0.50	0.97	3.56	1.06	0.26	0.59	3.03

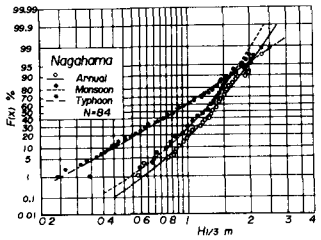
これらの分布は、正規分布を除き、いずれもパラメータの選択によって広範囲に分布形状を変えうるので、その適合性は良好であることがわかった。しかし、それぞれの分布は数値計算などにおいてつぎのような問題をもっている。i) 対数極値分布、3パラメータGamma分布およびWeibull分布の母数を積率法で推定すると、たとえば、原点パラメータが資料の最小値より大きくなるという不合理な結果が得られる場合がある。ii) 3パラメータGamma分布、対数Gamma分布および超Gamma分布の積率解および最尤解が存在しない場合があるし、Weibull分布の最尤解の推定が非常に困難な場合もある。また対数極値分布の最尤解は求められなかった。iii) 3パラメータGamma分布および対数Gamma分布の母数推定が行われても、必ずみ度が小さい場合には、 Γ 関数が発散するので、特殊な数値計算上の工夫をくしても、超過確率の計算が困難である。結局、積率法および最尤法により全ケースの母数が推定されたのは、正規分布、Weibull分布、2パラメータGamma分布、対数正規分布およびGumbel分布であるが、これらのうち、計算の容易さおよび資料に対する高適合性という観点から、対数正規分布が最適と考えられた。図-2は資料を対数正規確率紙にThomas plotで図示し、最尤法による母数の推定結果から計算した対数正規分布の非超過確率曲線と比較したものである。図示したのは対象とした7地点のうち、前述の波浪特性を代表する彦根愛西、長浜および知内であり、資料の平均的傾向は台風時および季節風時あるいは低波高部および高波高部を含めて、理論曲線よく表示されている。他のケースを含めて対数正規分布の適合性はかなりよいので、各地点における理論曲線の特性について考察すると、i) 知内、木津では台風期最大波高に対する非超過確率曲線と季節風期最大波高に対するそれは全く交差せず、またつづら尾崎、舟木崎では小さい非超過確率値で交差しており、同一年数の再現期間に対する確率波高に関して、台風期最大波高によるものが卓越する、ii) 愛知川、彦根愛西、彦根老および天野川、長浜では、両者の曲線は大きな非超過確率値で交差し、しかも前者の値が大きい。そして上記の非超過確率値以下では、同一の再現期間に対して、季節風期最大波高の値が台風期最大波高の値より大きくなるので、季節風期における彦根愛西などでの高波高の出現機会は長浜などより多い。また逆に長浜、天野川では、彦根愛西などより台風の影響が卓越する、ことなどが明らかになる。

4. 極値波高の地域分布：図-3は非超過確率99.5%に対する再現期間200年をもつ確率波高の地域分布を示したものである。これから、i) 年最大および台風期最大波高はつづら尾崎〜知内で最大、一方彦根老〜長浜で最小となり、その差は1.4m程度である、ii) 季節風期最大波高は多少の変動はあるものの、愛知川から舟木崎に向っておおむね減少する傾向にある。また台風期および季節風期最大波に対する極値波高の地域分布特性は再現期間によって変化しないけれども、年最大波に対するそれは、それぞれの期間最大波高の最大・最小領域が異なるため、再現期間の長短により変化することになる。

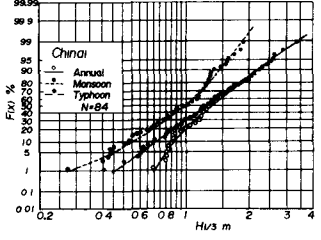
5. 結 語：以上、本研究では琵琶湖沿岸の極値波高の地域分布を明らかにした。本研究は自然災害特別研究(代表東京大岩垣雄一教授)による成果の一部であることを付記する。



(a) 彦根愛西



(b) 長浜



(c) 知内

図-2 期間最大波高に対する対数正規分布の適合性

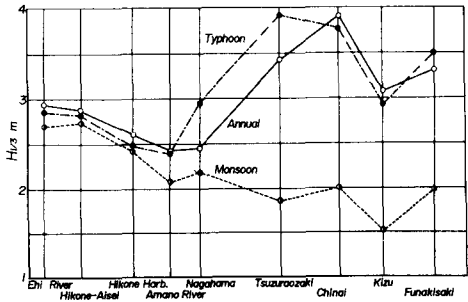


図-3 確率波高の地域分布