

方向集中度に着目した波浪出現特性に関する研究

九州大学工学部 学生会員 ○齋藤 隆介
正 会 員 横田 雅紀 児玉 充由
フェロー 橋本 典明

1. はじめに

波浪は、沿岸域の開発・利用・防災において最も支配的な自然外力であり、波浪の出現特性を把握することは港湾・海岸構造物の計画・設計・施行に必要不可欠である。全国港湾海洋情報網（NOWPHAS）では全国各所で波浪観測を実施・運用しており、海象計が実用化されてからは高精度な方向スペクトル推定が可能な波浪データが蓄積されている。本研究では NOWPHAS のデータをもとに、波の方向分散性を表すパラメータである方向集中度 $S_{\max}$ の出現特性について検討を行った。

2. 解析方法

対象地点は図-1 に示す日本海側の直江津・鳥取および、太平洋側の久慈・御前崎の計 4 地点とした。2004 年の 2 時間間隔のデータについて有義波高が基準値（平均値+標準偏差 $\sigma \times 3$ ）を超えた期間を暴浪として方向スペクトル解析を行った。方向スペクトル解析は海象計で観測された鉛直方向の水位変動および、鉛直軸から 30 度傾いた 3 方向の上層における水粒子速度の計 4 つのデータを使用し、これに方向スペクトルの推定精度が高いベイズ法（橋本，1987）を適用して解析を行った。さらに、推定された方向スペクトルについてパラメータ S を算出し、その出現特性について検討を行った。本研究ではパラメータ S の算出には図-2 で示される方向分布関数の半値幅を用いた。式（1）にパラメータ S の算出式を示す。

$$S = \log \frac{1}{2} / \log \left(\frac{1 + \cos(\alpha/2)}{2} \right) \quad (1)$$

式(1)は式(2)の光易型方向分布関数に式(3)で定義する半値幅を代入し変形することによって導いた。

$$G(f, \theta) = G_0 \cos^{2S} \frac{\theta - \theta_0}{2} \quad (2)$$

$$\alpha = 2(\theta - \theta_0) \quad (3)$$

ここで式（2）中の G_0 は正規化条件を満たすための定数、 θ_0 はピーク波向を表す。

3. 解析結果

方向スペクトルからパラメータ S の算出を行った結果の一例として 2004 年直江津の 1 月 10 日 22 時から 1 月 11 日 16 時までの S の分布を図-3 に示す。

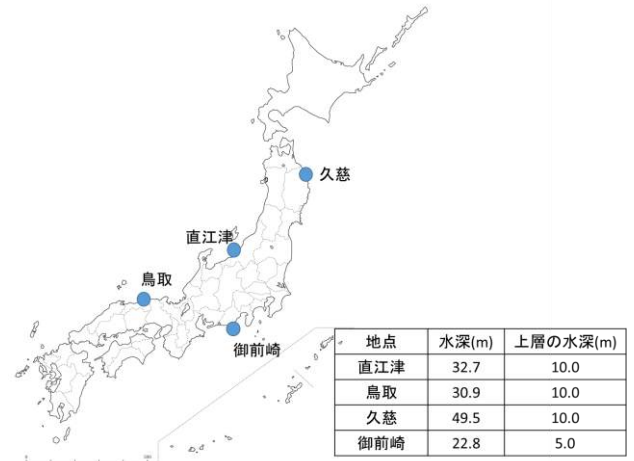


図-1 解析対象の地点図

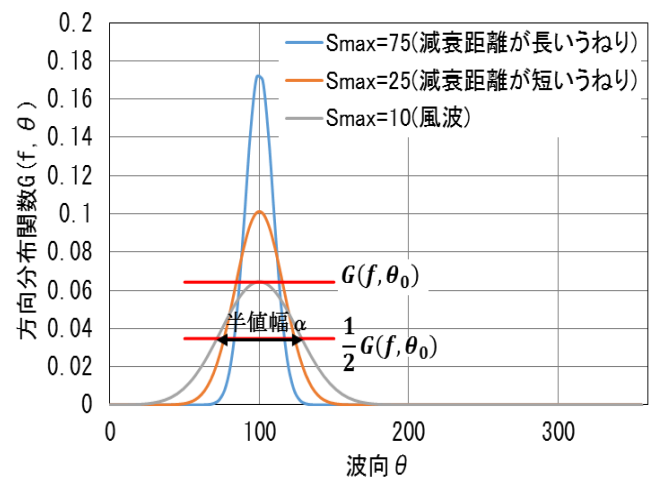


図-2 パラメータ S の算出

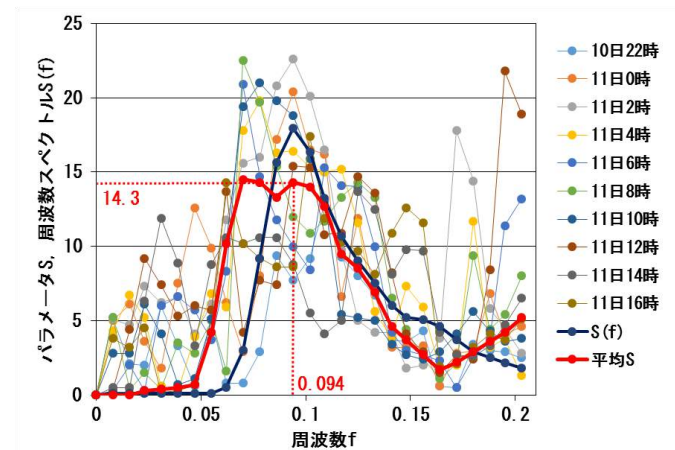


図-3 対象期間における各時間のパラメータ S 、周波数スペクトル、方向集中度 $S_{\max}$

パラメータ S の波形は時間により大きくばらついていることが確認された。そこで対象期間における方向スペクトルを平均し、平均方向スペクトルに対して周波数スペクトルとパラメータ S と方向集中度 $S_{\max}$ の算出を行った。推定された平均方向スペクトルの解析結果を図-3、図-4に示す。NW 方向にエネルギーの集中を持つワンピークのスペクトル形状を持つことが確認され、平均方向スペクトルのピーク周波数は 0.094Hz 、 $S_{\max}$ は 14.3 という結果が得られた。以下では同様の平均処理を各暴浪期間について整理した結果を示す。

表-1 は暴浪期間における $S_{\max}$ の最大値と平均値を、平均方向スペクトルの $S_{\max}$ 、ピーク周波数、有義波高、有義波周期と波形勾配を示す。日本海側の直江津では 11 月から 2 月にかけて暴浪期間が集中して観測されており、これは冬季季節風によって風波性の大きな波が高頻度で襲来していることが推察される。この時の $S_{\max}$ はおよそ 14 程度という結果になった。風波の場合は $S_{\max}=10$ を用いることが提案されているので本検討では設定値よりも少し高い $S_{\max}$ が算出された結果になった。御前崎では平均方向スペクトルのピーク周波数が直江津よりも小さい値をとっているものの、方向集中度は直江津と比べて低い傾向にあり、様々な方向から波が襲来しやすいことが要因と推察される。いずれの地点においても、 $S_{\max}$ の周波数、波形勾配、有義波高、有義周期に関する明瞭な相関はみられなかった。なお、暴浪期間に算出された $S_{\max}$ の最大値は各地点とも 20~30 の値を示しており、時々刻々の波浪についてはうねりに近い方向集中度を持った波が襲来していた可能性もある。

4. おわりに

本研究では日本沿岸の 4 地点を対象に方向スペクトルの解析および方向集中度 $S_{\max}$ の算定を行った。算出された $S_{\max}$ は時間で大きくばらついており、波形勾配などとの相関は確認できなかった。暴浪期間における平均方向スペクトルについてみると冬季風浪による風波が想定される直江津において $S_{\max}$ が 14 程度であることが確認できた。

参考文献

- 1) 橋本典明：ベイズ型モデルを用いた方向スペクトルの推定，港湾技術研究報告書，第 29 巻，第 2 号，pp97-125，1987
- 2) 合田良実・鈴木康正：光易型方向スペクトルによる不規則波の屈折・回折計算，港湾技研資料，No.230，45p，1975

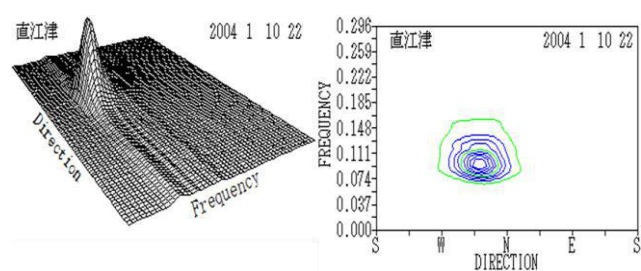


図-4 平均方向スペクトル

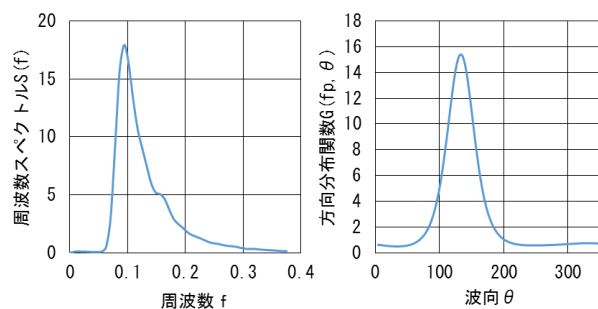


図-5 左：周波数スペクトル，右：方向分布関数

表-1 暴浪期間の平均 $S_{\max}$ ，最大 $S_{\max}$ ，平均方向スペクトルの $S_{\max}$ ， f_p ， $H_{1/3}$ ， $T_{1/3}$ ， H/L
(上から直江津，御前崎，鳥取，久慈)

暴浪期間	平均方向スペクトル					時刻別	
	$S_{\max}$	ピーク周波数	有義波高	有義波周期	波形勾配	平均 $S_{\max}$	最大 $S_{\max}$
1/8 4:00~1/8 16:00	14.3	0.094	4.41	9.21	0.0334	15.9	21.5
1/10 22:00~1/11 16:00	14.4	0.094	4.34	8.88	0.0353	16.0	20.2
1/13 18:00~1/15 20:00	13.3	0.094	4.79	8.11	0.0467	14.7	21.1
1/22 18:00~1/23 20:00	15.8	0.086	4.37	9.34	0.0321	16.9	23.6
2/15 8:00~2/16 4:00	14.0	0.094	4.36	9.11	0.0337	16.2	20.5
11/27 2:00~11/27 18:00	15.8	0.078	4.41	12.06	0.0194	16.1	25.0
12/5 16:00~12/6 12:00	12.4	0.086	4.27	9.51	0.0302	15.0	20.1
12/22 18:00~12/23 4:00	16.4	0.094	4.19	8.69	0.0355	18.6	23.7

暴浪期間	平均方向スペクトル					時刻別	
	$S_{\max}$	ピーク周波数	有義波高	有義波周期	波形勾配	平均 $S_{\max}$	最大 $S_{\max}$
1/22 6:00~1/22 16:00	13.7	0.102	3.89	8.90	0.0315	15.7	19.3
2/23 12:00~2/24 4:00	11.6	0.070	3.99	10.47	0.0233	14.7	18.3
9/29 20:00~9/30 4:00	12.3	0.109	4.11	8.60	0.0356	14.6	22.8
10/26 22:00~10/27 0:00	9.2	0.102	3.90	8.14	0.0377	9.3	10.3
12/5 10:00~12/6 14:00	8.6	0.078	4.31	10.18	0.0267	13.3	19.6
12/29 22:00~12/31 22:00	9.0	0.109	2.65	8.18	0.0253	11.9	18.1

暴浪期間	平均方向スペクトル					時刻別	
	$S_{\max}$	ピーク周波数	有義波高	有義波周期	波形勾配	平均 $S_{\max}$	最大 $S_{\max}$
4/27 12:00~4/27 18:00	6.2	0.102	3.383	8.790	0.0281	7.1	7.8
6/21 16:00~6/21 18:00	9.8	0.109	3.587	9.103	0.0278	10.5	11.1
7/28 20:00~7/31 2:00	8.1	0.086	4.104	10.957	0.0219	14.0	23.4
8/29 0:00~8/31 8:00	4.1	0.070	2.993	11.507	0.0145	12.0	17.4
9/3 4:00~9/3 10:00	13.5	0.070	3.226	13.756	0.0109	18.7	20.7
10/9 14:00~10/10 12:00	9.9	0.070	4.899	12.482	0.0202	12.6	14.9
10/19 20:00~10/21 12:00	8.0	0.070	4.035	12.325	0.0170	12.5	21.5
12/5 4:00~12/5 18:00	8.8	0.086	3.875	10.816	0.0212	10.9	16.4

暴浪期間	平均方向スペクトル					時刻別	
	$S_{\max}$	ピーク周波数	有義波高	有義波周期	波形勾配	平均 $S_{\max}$	最大 $S_{\max}$
1/20 0:00~1/20 14:00	8.5	0.094	4.24	8.87	0.0345	12.6	22.4
2/16 12:00~2/17 10:00	11.6	0.078	3.44	11.80	0.0158	14.3	23.4
3/6 18:00~3/7 4:00	9.9	0.102	4.20	8.51	0.0372	13.5	18.4
4/28 0:00~4/28 8:00	20.2	0.102	3.68	8.55	0.0322	21.7	31.5
5/21 12:00~5/22 18:00	11.9	0.086	4.52	9.76	0.0304	14.3	20.8
9/30 10:00~9/30 18:00	14.5	0.109	4.25	8.23	0.0402	17.7	23.7
10/10 8:00~10/11 14:00	13.2	0.094	3.84	9.39	0.0279	17.9	25.2
11/2 2:00~11/2 20:00	16.1	0.102	3.97	8.42	0.0359	16.7	25.6
12/5 10:00~12/6 14:00	16.2	0.086	4.68	10.25	0.0286	17.6	23.8
12/18 20:00~12/19 14:00	17.1	0.078	3.28	12.37	0.0137	19.8	25.4