

方向スペクトルの出現特性に関する研究

九州大学工学部 学生会員 大谷 優衣 岩崎 裕志
正会員 横田 雅紀 児玉 充由 フェロー会員 橋本 典明

1. はじめに

全国港湾海洋波浪情報網(NOWPHAS)では全国沿岸で波浪観測が行われており、有義波高・有義波周期・平均波向情報などが提供され広く利用されている。これに加えてNOWPHASの主要な観測装置である海象計により取得されるデータからは方向スペクトルを推定することが可能である。方向スペクトルは海面を伝わる不規則な波浪を周波数および波向に関するエネルギー分布として表現したものであり、港湾・海岸構造物等の計画・設計・施工や波浪の発達・減衰過程を検討する上で非常に重要である。

本研究はNOWPHASにより取得、蓄積された波浪情報をもとに複数地点について網羅的に方向スペクトル解析を行うことにより、我が国沿岸の方向スペクトルの出現特性を把握することを目的としている。

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・室津の計5地点とし、対象期間は2006年1月から2006年12月までとした。方向スペクトル解析に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(橋本ら, 1987)を適用して2時間間隔で解析を行った。さらに、推定された方向スペクトルについて方向集中度 S_{max} を算出し、その出現特性について検討を行った。

推定された方向スペクトルの一例として直江津における冬季および夏季の解析結果を図-2に示す。冬季の有義波高5.21m、有義波周期10.2秒の例では周波数0.1Hz付近、NW方向にエネルギーが集中しており明瞭なピークがあることから、冬季季節風が卓越しNW方向のうねり性波浪が来襲していたことが推察される。一方、夏季の有義波高1.22m、有義波周期4.9秒の例では周波数0.2Hz付近に弱いエネルギーの集中がみられるものの冬季に比べピークは明瞭ではなく、複数方向からの波が重なった風波性の波浪と推察される。

図-3は図-2に示した直江津での冬季、夏季の例についてピーク周波数 f_p における方向分布関数 $G(f_p, \theta)$ を示した

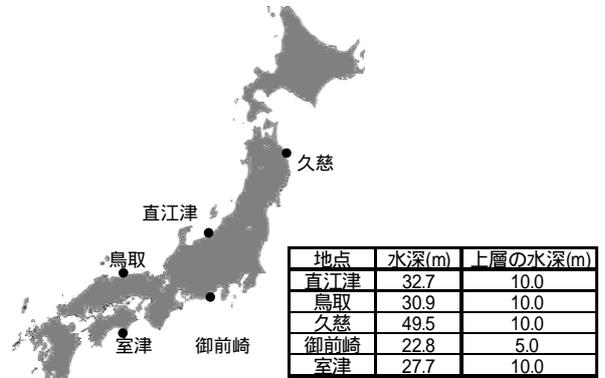


図-1 解析対象の地点図

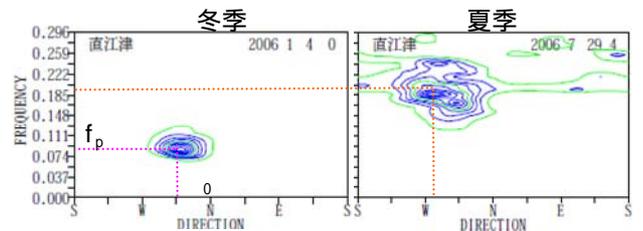


図-2 方向スペクトルの一例(直江津)

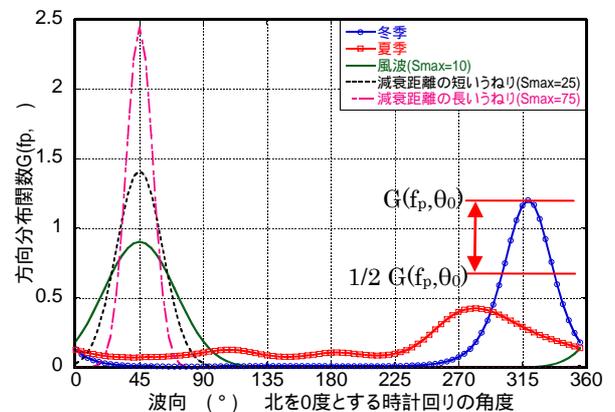


図-3 ピーク周波数での方向分布関数

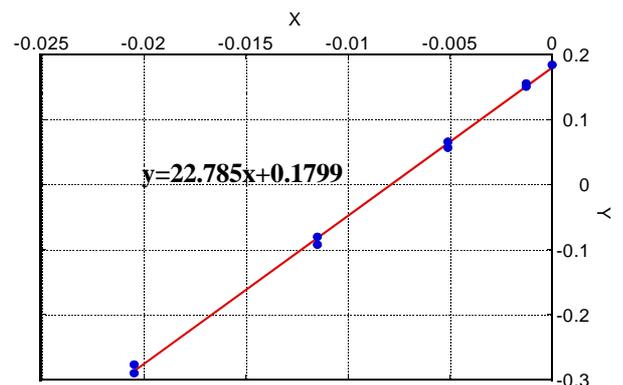


図-4 方向集中度の算定方法

ものであり 現在提案されている方向集中度 S_{max} (合田ら, 1975) を式(1)の光易型方向分布関数に代入した例 ($\theta_0=45^\circ$) を併せて示している. ここで式(1)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.

$$G(f_p, \theta) = G_0 \cos^{2S_{max}} \frac{\theta - \theta_0}{2} \quad (1)$$

図より冬季は方向集中度が風波と減衰距離の短いうねりの間にあり, 夏季は風波よりも小さいことが確認できる.

なお S_{max} の算定に際しては, 式(1)を変形した式(2)により波向毎に得られる X と Y の関係を図-4 に示すようにプロットし, 最小二乗法により算定した一次関数の傾きを S_{max} とした. また本検討では, 図-3 中に示した, ピーク波向 θ_0 における $G(f_p, \theta_0) \sim 1/2G(f_p, \theta_0)$ の範囲内で S_{max} を算出した.

$$\log G(f_p, \theta) = \log G_0 + S_{max} \cdot \log \frac{1 + \cos(\theta - \theta_0)}{2} \quad (2)$$

Y
X

図-4 は図-3 の冬季の例について算定したものであり, S_{max} は 23 程度であったことがわかる.

3. 解析結果

図-5 は直江津において算出された S_{max} の時系列を NOWPHAS により提供されている有義波高 $H_{1/3}$ の時系列と比較したものである. S_{max} の値は各時刻で大きく変動しており, 擾乱の発生に伴う明瞭な増減は確認できなかった. 30 日間移動平均値をみると, 有義波高が比較的大きい冬季 (1 月頃) は S_{max} が 13 程度とやや大きく, 有義波高が比較的小さい夏季 (8 月頃) は S_{max} が 8 程度とやや小さくなっていることがわかる. 他地点の S_{max} については, 鳥取と久慈は波高が高い冬季に 11 程度と大きくなり, 御前崎と室津は波高が高い夏季に 8 程度と大きくなっていた.

次に暴浪期間における出現特性を把握するため, 有義波高が基準値 (平均値+標準偏差 $\times 3$) を越えた期間を暴浪期間とし整理を行った. 表-1 は抽出された各暴浪期間について S_{max} 最大値および S_{max} 最大時のピーク周波数の逆数 $1/f_p$, ピーク波向 θ_0 と, その時刻での NOWPHAS の有義波高 $H_{1/3}$, 有義波周期 $T_{1/3}$, 平均波向を示したものである. 直江津では対象期間中に基準値を超えた期間は 10 回あり, 各期間の S_{max} 最大値は 20 前後であった. 図-6 は表-1 に示した $1/f_p$ と $T_{1/3}$, θ_0 と平均波向を比較したものである. ここでは他地点の解析結果も併せて示しており, $1/f_p$ は $T_{1/3}$ とほぼ同程度又はやや大きく, θ_0 は平均波向とほぼ一致するという結果であった.

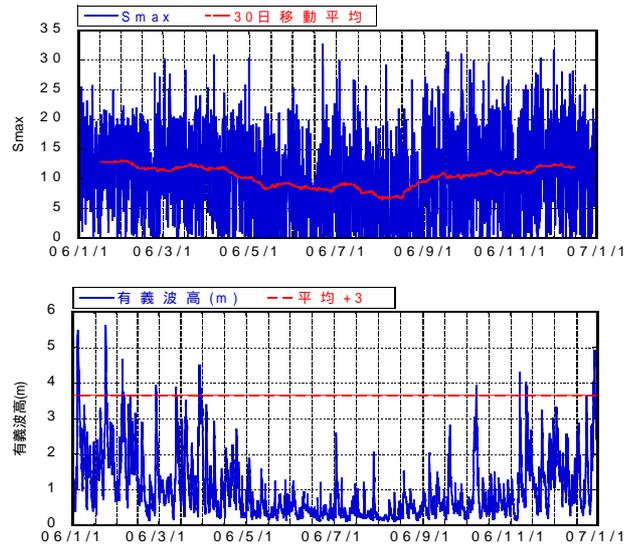


図-5 $S_{max}, H_{1/3}$ の時系列 (直江津)

表-1 暴浪時の $S_{max}, 1/f_p, \theta_0, H_{1/3}, T_{1/3}$, 平均波向

期間	S_{max}	$1/f_p$	θ_0	$H_{1/3}$	$T_{1/3}$	平均波向
1/3 12:00 - 1/4 22:00	22.79	11.6	319	5.21	10.2	315
1/22 20:00 - 1/24 0:00	20.60	10.7	323	4.30	8.8	331
2/3 18:00 - 2/4 10:00	18.91	10.7	327	4.18	9.1	331
2/27 10:00 - 2/27 12:00	10.40	11.6	323	3.92	10.9	319
3/13 8:00 - 3/13 10:00	20.53	9.8	327	3.85	8.3	327
3/29 12:00 - 3/30 8:00	20.35	11.6	331	4.24	9.9	327
10/8 6:00 - 10/8 12:00	20.10	11.6	340	3.94	9.1	344
11/7 12:00 - 11/7 16:00	14.67	9.1	278	4.08	7.7	9999
11/12 2:00 - 11/12 16:00	17.88	9.1	327	4.02	8.7	323
12/28 20:00 - 12/29 20:00	21.66	9.8	319	3.76	8.1	319

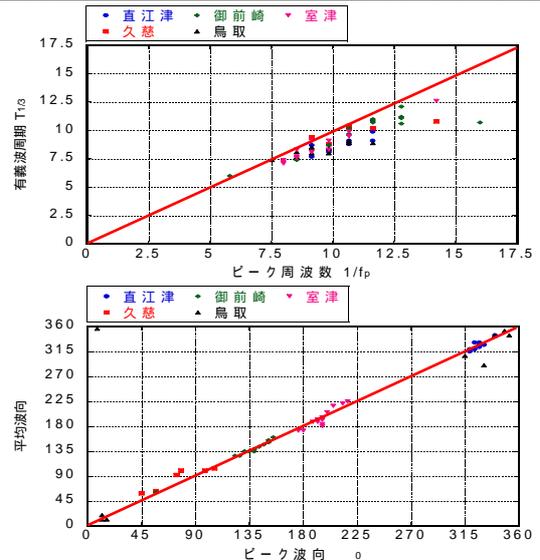


図-6 $1/f_p$ と $T_{1/3}$, θ_0 と平均波向の比較

4. おわりに

本研究では日本沿岸の5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} は短時間で大きくばらついており, 気象擾乱に伴う明瞭な変動傾向は確認できなかった. また暴浪期間のうち S_{max} が比較的大きかった時刻について, ピーク周波数, ピーク波向を NOWPHAS により提供されている有義波周期, 平均波向と比較した結果, 各地点ともピーク周波数の周期は有義波周期よりもやや大きくなり, ピーク波向はほぼ一致することがわかった. なお, 本研究で用いたデータは NOWPHAS より提供を受けたものである.