

波浪推算モデルを用いた波の方向分散特性に関する研究

九州大学 学生会員 ○小田 圭祐

正会員 横田 雅紀 児玉 充由

フェロー 橋本 典明

1. はじめに

海面を伝わる不規則な波浪を方向スペクトル（周波数および波向に関するエネルギー分布）で表現した際、伝播方向に関するエネルギーの集中度を表す重要なパラメータに方向集中度がある．方向集中度は波浪の観測に基づく算出が可能であるものの、調査地点に限られるため、擾乱に対する応答特性は十分に解明されていない．一方、波浪推算モデルは任意の海域における波浪情報を得ることができるため、算出される方向スペクトルから方向集中度の平面分布特性を確認可能である．しかしながら、波浪推算モデルは波高と周期の再現性を主眼に高精度化が進められてきており、方向スペクトルの再現性については十分に検討されているとはいえない．本研究では、波浪推算モデルにおける方向集中度の出現特性に関する基礎的検討として、一方向風条件および台風条件における応答特性の把握を試みる．

2. 解析方法

数値計算はエネルギー平衡方程式を基礎式とした第三世代波浪推算モデル WAM を用いた．風波および伝搬距離の異なるうねりについて比較を行うため、図-1 の計算領域に示すように風域および無風域を設定した．計算領域はすべて深海としている．表-1 に計算条件を示す．一方向風については風速 20m/s の南風とし、モデル台風については台風モデルを用い、中心気圧 935hpa、最大風速半径 90km の台風が緯度 -50° 経度 125° で移動しない条件で計算を行った．WAM では算出される方向スペクトル $S(f, \theta)$ から式(1)を用い、有義波高 H_s 、有義波周期 T_s が算出されている．本研究では、方向スペクトルが周波数スペクトル $S(f)$ と式(2)に示す光易型方向分布関数 $G(f, \theta)$ の積で表わされることを利用し、ピーク周波数における方向分布関数から半値幅 α （図-2 中に示す $1/2G(f_p, \theta)$ の値をとる θ の幅）を求め、式(2)を変形した式(3)に α ($\alpha = 2(\theta - \theta_0)$) を代入することにより $S_{\max}$ を算出した．ここで式(2)中の θ_0 はピーク波向、 f は周波数、 θ は方向、 G_0 は正規化条件の定数である．

$$H_s = 4.0 \sqrt{\iint S(f, \theta) df d\theta}, T_s = \iint f^{-1} S(f, \theta) df d\theta / \iint S(f, \theta) df d\theta \quad (1)$$

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

$$S_{\max} = \log \frac{1}{2} / \log \left(\frac{1 + \cos(\alpha/2)}{2} \right) \quad \cdots (3)$$

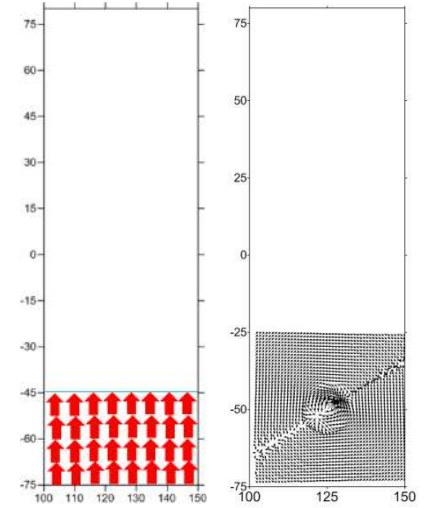


図-1 計算領域と風速図

(左：一方向風 右：モデル台風)

表-1 計算条件

格子間隔	1.0°
緯度	-75.0°～80.0°
経度	100.0°～150.0°
方向分割数	32 (11.25°)
周波数分割数	35 (約0.04～1.1Hz)
最小周波数	0.04177248

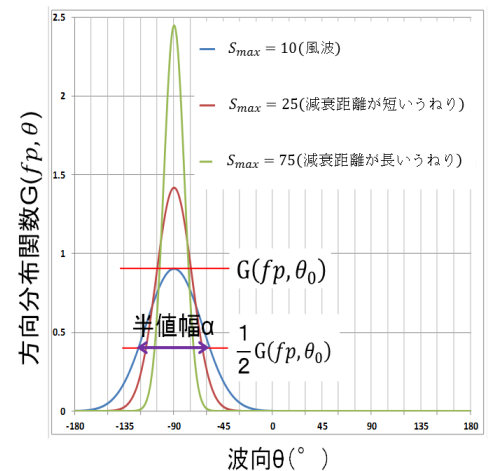


図-2 方向分布関数

3. 波浪推算結果

3.1 一方向風における検討

まず、定常状態に達した時点での伝搬距離（緯度）ごとの有義波高、有義波周期および方向集中度を図-3に示す。減衰距離 0° は風域内の地点であり、風波を想定している。有義波周期は減衰距離によらず約 20 秒でほぼ一定の値であり、有義波高は減衰距離の増大に伴って減少する様子がうかがえる。 $S_{\max}$ は風波条件の減衰距離 0° で 10 程度であり、減衰距離とともに増加し、 70° 程度の減衰距離で $S_{\max}$ 50 を超える結果が得られた。なお、定常状態では波浪の周波数分散が生じていない条件と考えられる。

次に、波の発達過程と減衰過程における $S_{\max}$ の変化を確認するため、計算開始後 60 時間まで風速 20m/s の一方向風を与え、計算開始 60 時間以降は無風とした条件で計算を行った。60 時間後、風域内は定常状態と同程度の波高および周期になっている。図-4 は減衰距離 50° の地点での時系列を示したものである。減衰距離 50° では $S_{\max}$ が急激に高くなった時間（112 時間後）に風域からの波が到達しはじめたと考えられる。波高の減少とともに $S_{\max}$ が増加しており、波高は高くない条件ではあるが、定常状態での検討と比較して高い値 70 となった。

3.2 モデル台風における検討

計算開始 6 時間後の風域内における有義波高と $S_{\max}$ の分布を図-5に示す。有義波高の大きい中心部で $S_{\max}$ の値が最も小さく、中心から遠ざかるにつれて $S_{\max}$ は大きくなる傾向にあり、最大で 13 程度であった。

図-6 は定常状態に達した時点での有義波高と $S_{\max}$ の平面分布図である。台風が移動しないという非現実的な計算条件ではあるものの、波高が低いうねり性の海域では非常に高い $S_{\max}$ が算出されていた。風域内においても、多様な波向の波浪が存在する台風条件において、一方向風条件では発生していなかった 60 程度の大きい $S_{\max}$ が算出されている点が興味深い。一要因として特定の風速以下の場合に $S_{\max}$ が高くなる可能性が考えられ、詳細な検討が必要といえる。

3.3 実海域における観測結果との比較

実海域における観測結果との比較例として 2008 年日本海側の冬季風浪の福井（NOWPHAS）における有義波高、有義波周期および $S_{\max}$ を比較したものを図-7に示す。有義波高と有義波周期は概ね一致しているが $S_{\max}$ の値は NOWPHAS に比べ過大であり、約 4 倍程度となっていた。

4. おわりに

本研究では、波浪推算モデルによる数値実験により、減衰距離の増大に伴い算出される $S_{\max}$ も増大すること、台風条件であっても強風速が発生していない海域では高い $S_{\max}$ が算出されうることを明らかにした。なお、波浪推算により得られる $S_{\max}$ の値については、今後、観測データの比較による精度の検証が必要といえる。

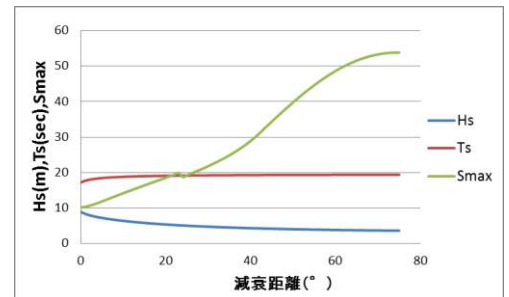


図-3 減衰距離と波高、周期、 $S_{\max}$ の関係

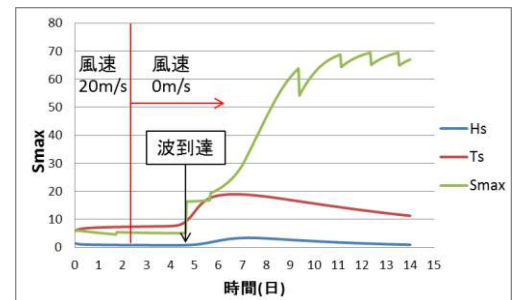


図-4 減衰距離 50° における時系列データ

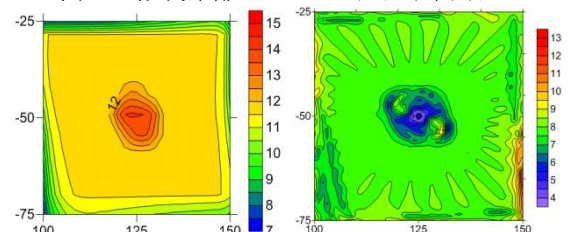


図-5 6 時間後の平面分布図
(左：波高 右： $S_{\max}$)

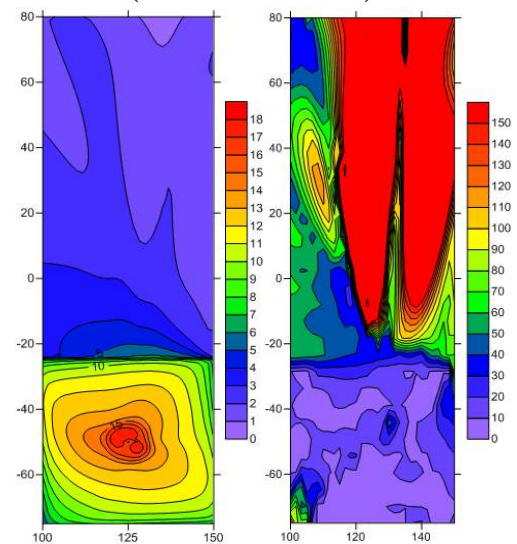


図-6 平面分布図(左：波高 右： $S_{\max}$)

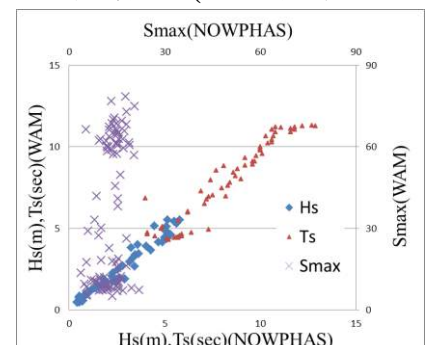


図-7 WAM と NOWPHAS の比較