

# 波浪推算モデルを用いた新潟県沿岸域の波浪特性の解析

水工学研究室 上村 雄一  
指導教員 細山田 得三

## 1. はじめに

新潟県沿岸を含む日本海では特に冬季の強い季節風により高波浪が発生する。これにより、高波浪による海岸浸食や船舶の出港不可、越波による道路や家屋への浸水被害が発生しており、これら諸問題の対策の為に保全・改良事業が行われている。これらの事業の計画時には、まずその海岸の波浪特性を把握する事が重要である。

波浪特性を把握するためには、波浪情報が必要である。通常は観測値を用いるが、新潟県内でデータを容易に入手可能な観測所は新潟沖と直江津の2点のみであり、他の場所で波浪特性に求める場合は別の手段を用いる必要がある。観測値のない海岸で波浪特性を知る方法としては、一般的に新たに観測を行う方法と数値計算で求める方法がある。

観測では連続観測が可能であるが欠測があり、費用や期間がかかる問題がある。これに対し、数値計算は、欠測がなく広域な情報を得ることができる。このため、観測に代わるデータの入手法として、数値計算を用いることが多い。

各海岸の波浪特性を数値計算により得ることで、計算領域全ての場所で波浪特性を把握することが可能となり、その結果、海難事故や海岸浸食の対策、構造物の設計、港湾区域内の静穏率や飛来塩分量の算定、小領域の高精度計算の入力条件決定等に役立てることが可能となる。このように任意の場所の波浪特性を容易に把握できれば海岸事業にとっても有用であると考えられる。

本研究では数値計算により新潟県沿岸域の波浪特性を求めることとし、海岸工学の分野ですでに実務的に用いられている第三世代波浪推算モデル SWAN (Simulating WAVes Nearshore)を用いて、季節風が卓越する冬季における日本海全域の波浪推算を行い、新潟県沿岸域の波浪特性の把握し、今後の新潟県沿岸域の海岸事業計画に役立てることを目的とする。

## 2. 数値解析法

SWAN の基礎方程式は波作用量平衡式である。SWAN では、エネルギースペクトル  $E(\sigma, \theta)$  を相対角周波数  $\sigma$  で割った波作用量スペクトルの空間的および時間的変化を計算する。

波作用量平衡式は、 $(x, y)$ 座標系の場合、式(1)のように表される。

$$\begin{aligned} \text{波作用量平衡式} \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(C_x N) + \frac{\partial}{\partial y}(C_y N) + \frac{\partial}{\partial \sigma}(C_\sigma N) \\ + \frac{\partial}{\partial \theta}(C_\theta N) = \frac{S}{\sigma} \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 $C_x, C_y$ は伝播速度、 $\theta$ は伝播方向角、右辺  $S$  はエネルギー関数項であり、式(2)のように表される。

$$\begin{aligned} \text{エネルギー関数項} \\ S = S_{in} + S_{ds} + S_{nl} \end{aligned} \quad (2)$$

式の右辺第1項  $S_{in}$  は風による波の発達項、 $S_{ds}$  は減衰項、 $S_{nl}$  は波の不規則性を表現する非線形干渉項である。SWAN では、複数のソース項をオプションとして選択できる。図-1に研究の流れを示す。

## 3. 計算条件

本研究では日本海全域(東経 128 ~ 143 ° , 北緯 33 ~ 52 ° )を計算領域として波浪推算を行い、新潟県沿岸域の推算結果を考察した。地形情報は NGDC (U.S. National Geophysical Data Center) が提供する空間情報が 2 分刻みの地形情報 (Etopo2) を用いた。風のデータは ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Fore-casts) から入手した空間情報が 6 時間毎の 30 分刻みのデータを地形の格子に合わせて 2 分刻みに線形補間したデータを用いた。波浪推算モデル

の計算格子は 405 格子 × 513 格子 (約 3300m/格子) とした。そのときの計算条件を表-1 に示す。また、計算領域を図-2 に示す。図-3 には対象領域の風情報 (ベクトル図, ECMWF, 2003 年 12 月 20 日 18 時) を示した。

#### 4. 推算結果の検証

図-4 は新潟港沖における推算値と観測値の有義波高の経時変化図である。観測値には NOWPHAS (全国港湾海洋波浪情報網) の 2 時間毎のデータを一日平均した値を用いた。計算値と観測値を比較すると、3m 以上の高波浪などが正確に再現できていないなどの問題点はあるが、定性的に現象を再現できていると考えられる。

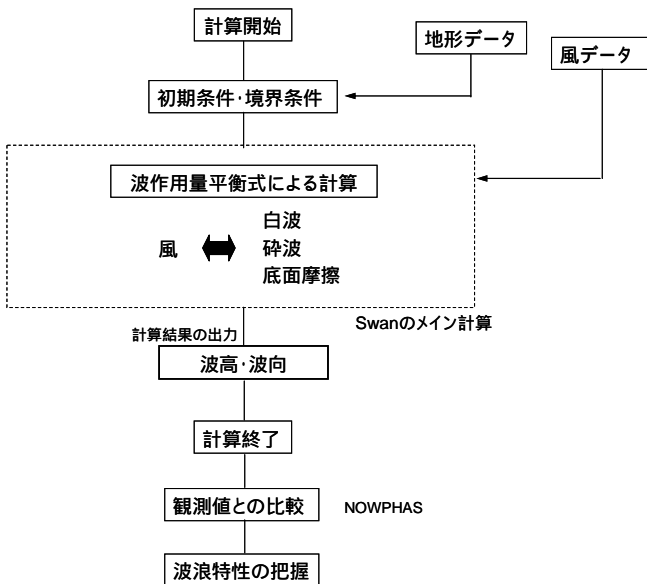


図-1 研究の流れ

表-1 計算条件

諸元	条件
座標	直交座標
対象領域	日本海全域
(経度)	128.0 ~ 143 °
(緯度)	33 ~ 52 °
格子間隔 (地形・風)	2分, 約3000m
格子間隔 (計算)	約3300m
格子点数 (地形・風)	450 × 570
格子点数 (計算)	405 × 513
タイム・ステップ	6時間

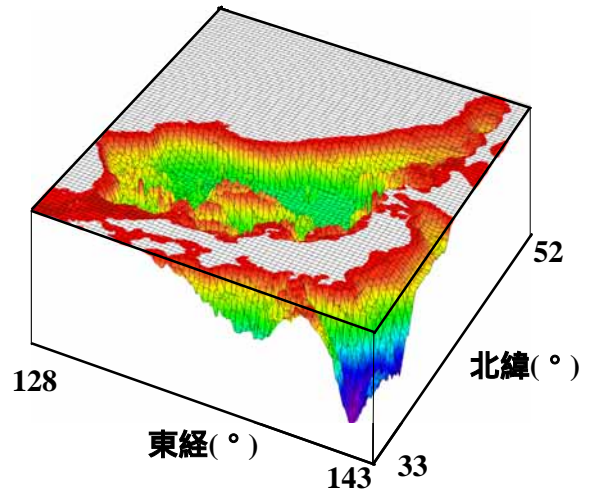


図-2 対象領域

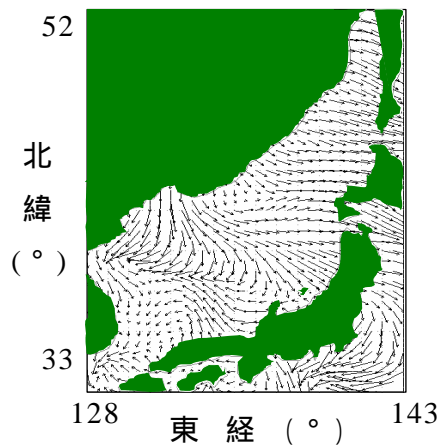


図-3 風情報

(ベクトル図, ECMWF, 2003 年 12 月 20 日 18 時)

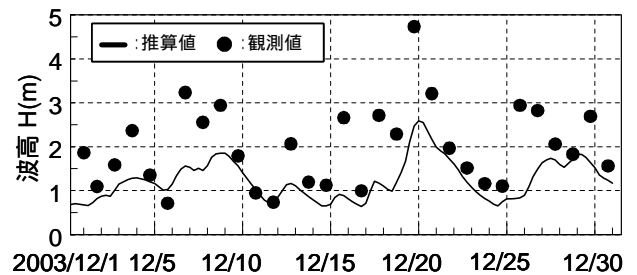


図-4 有義波高の経時変化  
(2003 年 12 月の新潟港沖)

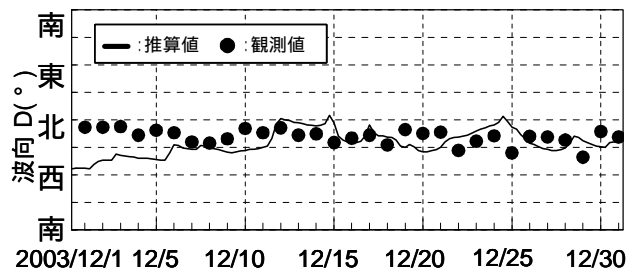


図-5 有義波向の経時変化  
(2003 年 12 月の新潟港沖)

図-5 は新潟港沖における推算値と観測値の有義波向の経時変化図である。12月の新潟沖での波浪特性としては平均波高で2m前後、卓越している波向は $-20 \sim -30^\circ$ の主に北北西(NNW)である。図より、主に北西方向からの波浪が卓越しており、新潟県沿岸では季節風の影響を強く受けていることが確認できた。ここには新潟沖の波高、波向の経時変化のみを掲載したが、輪島、直江津に関しても同様な結果を得ている。

図-6 は有義波高と ECMWF の風データの風速の経時変化を示す。図-7 は有義波向と ECMWF の風データの風向の経時変化である。図-6 において風速が速くなった後、遅れて波高が大きくなる様子が分かり、風データと推算値の関連性を確認した。図-7 において、波向が風向の傾向を掴んでいる。

また、1月 2月 3月の違いについても検討した。各月の違いについては本論を参照されたい。

## 5. 計算結果の整理と考察

### 5-1 日本海全域の波浪特性

図-8 に日本海全域で高波浪時の一例として2003年12月20日18時の日本海全域における有義波高の空間分布を示す。日本海側の地域では12月~2月まで特に激しい北西からの季節風が吹送し、2~4mの波浪が発生することが図-8 から確認できる。これは西高東低の冬型気圧配置が強まることが要因として考えられる。

### 5-2 新潟県沿岸域の波浪特性

新潟県沿岸域は能登半島や佐渡等の地形的な影響を受ける地域であるため、波浪特性も複雑になる。図-9 に新潟県沿岸域の波高分布を示す。図-10 に高波浪時の一例として2003年12月20日0時の新潟県沿岸域における有義波高の空間分布を示す。図-11 に同期間・同領域の波向分布を示す。これらより、佐渡島の遮蔽域で佐渡島の影響により波高が低下する現象が確認できた。特に、角田浜付近で周辺に比べ0.5~1.0m程度の低下が見られた。また、能登半島の陰影部付近でも波高が低下する現象が確認できた。新潟県全域を通して北西からの波向が卓越していることも確認できた。

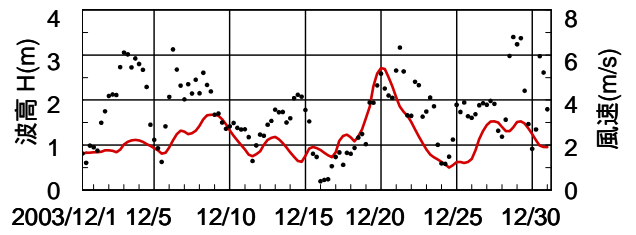


図-6 有義波高と風速の経時変化  
(2003年12月の新潟港沖)

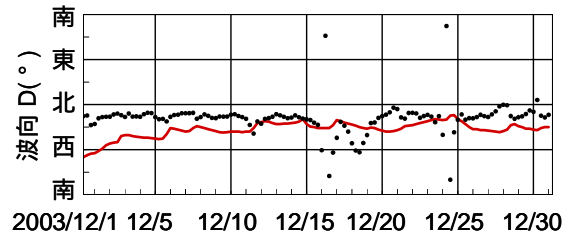


図-7 有義波向と風向の経時変化  
(2003年12月の新潟港沖)

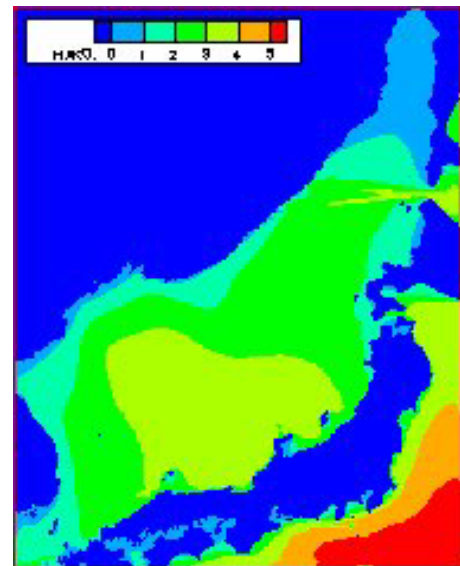


図-8 有義波高の空間分布  
(2003年12月20日18時の日本海全域)

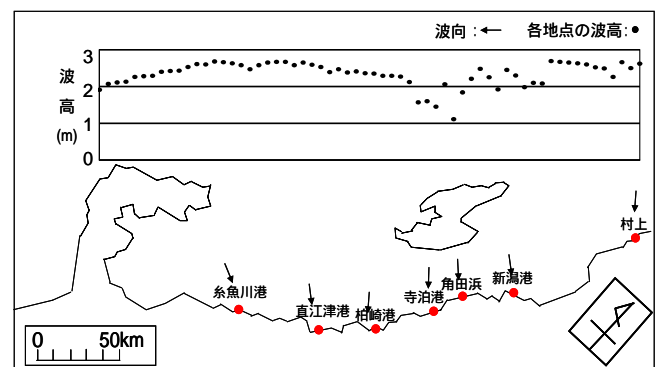


図-9 新潟県沿岸域の波高分布  
(2003年12月20日18時)

### 5-3 主要港の波浪特性

新潟の主要な7港についてそれぞれ検討を行った結果を以下に示す。図-12に直江津、新潟の波向別波高出現頻度を示す。その他の地点の波向別波高出現頻度は本論に示す。糸魚川港付近では能登半島の影響を受けて、他の地点とは異なる西北西の波向が卓越する。これは能登半島を回折した波の影響と考えられる。直江津では北西からの波が著しく卓越し、地域性が見られた。柏崎、寺泊、新潟の沿岸域では佐渡島からの回折波の影響で波高が小さくなる。角田浜は佐渡島の影響を特に受けて周辺の地点に比べ、波高が小さい。村上は地形的な影響が少ないため、日本海で発達した波浪がエネルギー損失の少ない状態で入射するため、高波浪が発生しやすい。

### 6. まとめと今後の課題

本研究では波浪推算モデル SWAN を用いて、日本海全域を対象とした冬季の波浪推算を行った。結論として新潟県沿岸域の波浪特性を波浪推算モデルを用いて再現できることを確認し、波浪特性の解析に用いた。新潟では寺泊や角田浜、新潟港を含む地域で佐渡の影響が確認された。また、糸魚川港付近では能登半島の影響を受けて、他の地点とは異なる波浪特性を示した。また、新潟県の主要な7港についてそれぞれ考察を行い、各地点で地域性が見られた。推算値から新潟県沿岸全域における波浪特性を取りまとめることができた。

本研究では入手の容易さ等の理由から地形データと風データを選択したが、各港湾を詳細に検討するには地形、風ともにデータの解像度が不十分である可能性があり、高精度のデータと比較をする必要があると考えられる。例えば、地形データに関してはJODC(Japan Oceanographic Data Center)のデータをさらに分割し、風データに関しては気象モデル等を用いるなどして詳細なデータを準備し、これらを用いて、新潟県沿岸の波浪特性の把握が行われることを期待する。

また、SWAN 計算上のコマンドの選択にも検討の余地がある。各オプションの効果の差異を考慮することにより、さらに高精度に新潟県沿岸の波浪を再現できるものとする。

### 参考文献

- 1) 間瀬肇, 平尾博樹, 國富將嗣, 高山知司(2001): SWAN を用いた日本沿岸波浪推算システム構築と適用性の検証, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp.236-240.

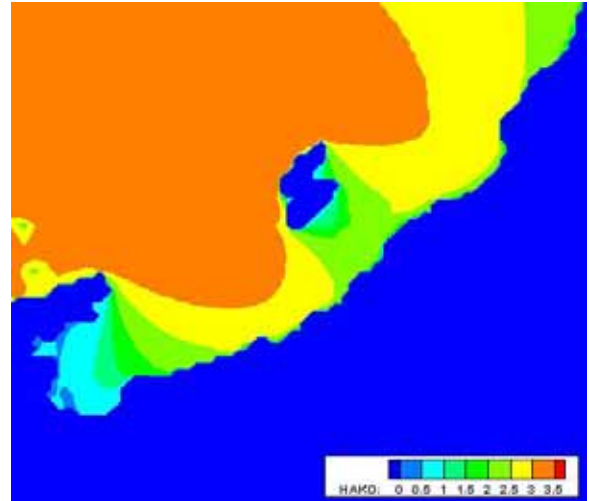


図-10 有義波高の空間分布

(2003年12月20日0時の新潟県沿岸域)

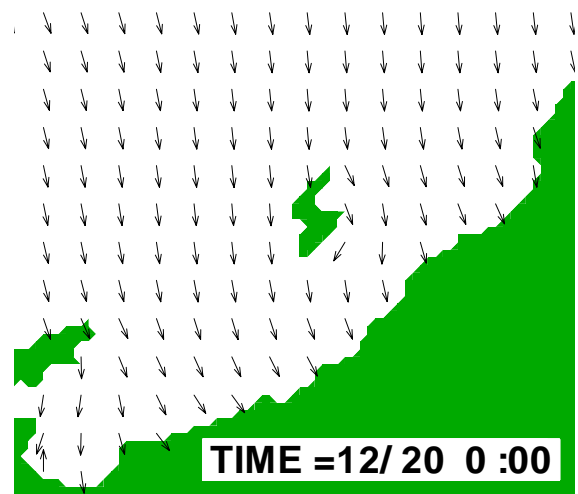


図-11 有義波向の空間分布

(2003年12月20日0時の新潟県沿岸域)

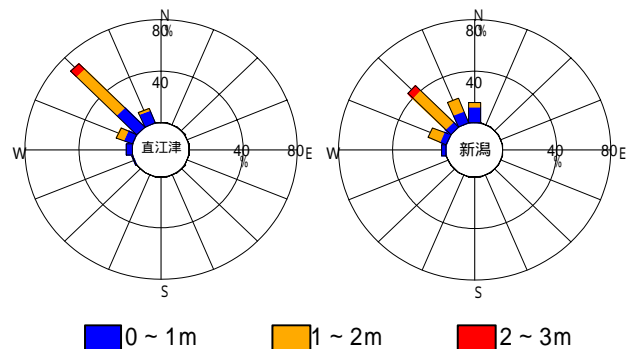


図-12 直江津、新潟の波向別波高出現頻度