

領域接続を用いた新潟県中越沿岸域の波浪推算

水工学研究室 松永 由希子

指導教員 細山田 得三

1. はじめに

新潟県中越沿岸域では、台風などの低気圧の通過や冬季季節風の強風が継続して吹くことなど、風の吹送距離および吹送時間が長くなるようなときに十分発達した高波浪が発生する可能性が高くなる。新潟県の海岸は古くから高波浪による海岸浸食や船舶の出航不可、越波による道路や家屋への浸水被害が発生しており、近年では漂着ゴミによる被害も発生している。これらの諸問題に対策を講ずるため沿岸域の開発・利用・防災といった事業が行われている。

2. 新潟県沿岸域の地形の特徴

港湾・海岸事業を各海岸で行う際にはまず、その海岸の波浪特性を把握することが必要である。現在日本では、国土交通省などが運営しているNOWPHAS(全国港湾海洋波浪情報網)が全国69箇所の観測地点で波浪観測を行い、観測情報の提供をしており、新潟県沿岸域の観測地点は直江津と新潟沖の2箇所のみとなっている。しかしこの海域では、沖に佐渡島、西側に能登半島、北側には男鹿半島がある複雑な地形となっている。この地形の影響を受けて波浪状況も複雑となり、海域ごとに異なる波浪状況となるため、この2箇所の観測データを中越沿岸域に代用することは出来ない。よって、この沿岸域の波浪特性を把握するためには別の手段を用いる必要がある。

3. 本研究の目的

波浪特性を把握する手段として、一般的な方法としては新たに必要な場所で新たに観測を行う方法と、数値計算を行い推算する方法などがある。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であり、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出来る。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中越沿岸域の波浪特性を領域接続を用いて精度の高い波浪推算をして求め、他の地点との波浪特性と比較して、中越沿岸域の波浪特性を明らかにすることを目的とした。

2. 数値解析法

本研究で使用した波浪推算モデル SWAN (Simulating Waves Nearshore)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 $E(\omega, \theta)$ を流れに相対な角周波数 ω で割った波作用量スペクトル N 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。

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(C_x N) + \frac{\partial}{\partial y}(C_y N) + \frac{\partial}{\partial \sigma}(C_\sigma N) + \frac{\partial}{\partial \theta}(C_\theta N) = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

ここで、 C_x, C_y は伝播速度、 θ 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。

エネルギー関数項

$$S = S_{in} + S_{ds} + S_{nl} \quad (2)$$

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.

3. 計算条件

本研究では, 日本海全域から新潟県沿岸域まで3段階の領域接続を用いて波浪推算を行った. 領域接続を用いることで, 計算時間を短縮しながら推算精度の向上が期待できる. 計算条件は表-1に示す.

地形情報は, 大領域 Domain1 について NGDC で提供される1分刻みの全球情報 Etopo1 を利用し, 中領域 Domain2 および小領域 Domain3 は, JODC (日本海洋データセンター) が提供する空間情報が500mメッシュ地形情報を用いた.

風データは, 気象業務支援センターが提供している地表面データセット (MSM: Mesoscale Spectral Model) を使用した.

計算対象期間は, 2008年5月, 8月, 11月, 12月の各1ヶ月間である.

4. 直江津地点における観測値・波浪推算値の比較

波浪推算の検証においては, NOWPHASの直江津での観測値3時間ごとのデータと比較した. 波高において²検定を行ったが, 全ての期間において観測値と推算値に有意差はなかった. それぞれの期間のRMSEは, 5月は0.48m, 8月は0.34m, 11月は0.88m, 12月は0.85mとなっている. また, 波向において, 波向別のエネルギーフラックス分布について分布状況が似通った分布であった. これより, 良好な結果であるとした.

また領域接続による波浪推算によって, 領域接続をした場合の相関関数0.77がしなかった場合の0.73から向上し, RMSEは0.92mから0.85mになり, 若干の向上がみられた.

5. 新潟県中越地域の海上風の特徴

2008年4月1日から2009年3月3日の期間における中越地域の中心部にある出雲崎付近の海上風の風向別出現頻度を図-1に示す. 図より, 通年では能登半島と佐渡島の間海上方向となるWSW~WNWの風向が多く出現しており, 風速は1.5m/s~3.3m/sが一番多く, 次に3.3m/s~5.4m/sが多い. また, 陸上からの風向となるE~SEからの風向は少なく, その場合でも風速はほぼ3.3m/s以下の弱風となる. 季節毎には最多出現の風向にはほぼ同様の傾向があるが, 特に冬季にWSW~WNWの風向の風が多く出現している. また, 冬季に風速が強くなり, 7.9m/s以上の風速も多く出現している.

これらの結果より, 出雲崎付近では通年でWSWからWNWの風向の海上風が一番多く, 冬季には風速が大きくなる事がわかる.

表-1 計算条件

推算条件	Domain 1	Domain 2	Domain 3
座標	球面座標		
計算領域 (経度) (緯度)	東経128°~142° 北緯33°~45.8°	東経135°~140° 北緯36°~40°	東経136.9°~139.8° 北緯36.9°~38.9°
格子間隔(地形)	1分(約0.017°)	約0.0045°	
格子間隔(風)	約0.095°	約0.045°	
格子間隔(計算)	約0.14°	約0.05°	約0.004°
格子点数(地形)	848×776	1117×893	
格子点数(風)	146×143	107×91	
格子点数(計算)	100×100	100×100	700×500
タイムステップ	3時間		
境界条件	開条件	領域接続による閉条件	

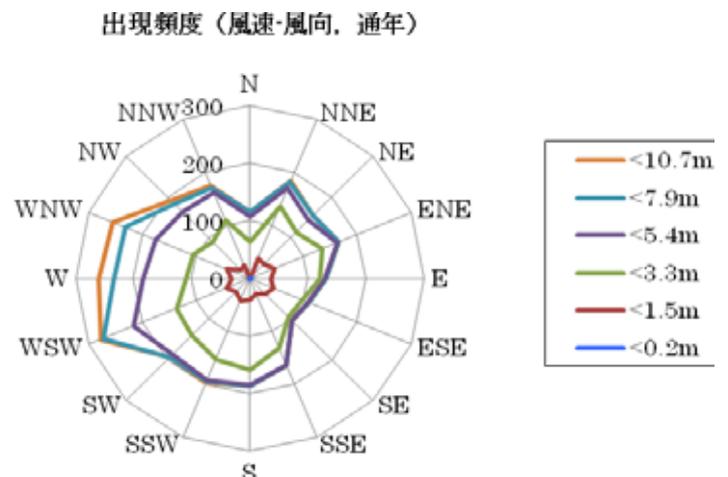


図-1 風向別海上風出現頻度

6. 中越沿岸域(出雲崎地点)とその他の新潟県沿岸域との比較

出雲崎と直江津，角田，新潟での比較結果を図-2に示す。対象期間4ヶ月において北西から西の方角から波が入射するときにおいて波高が大きくなることわかる。

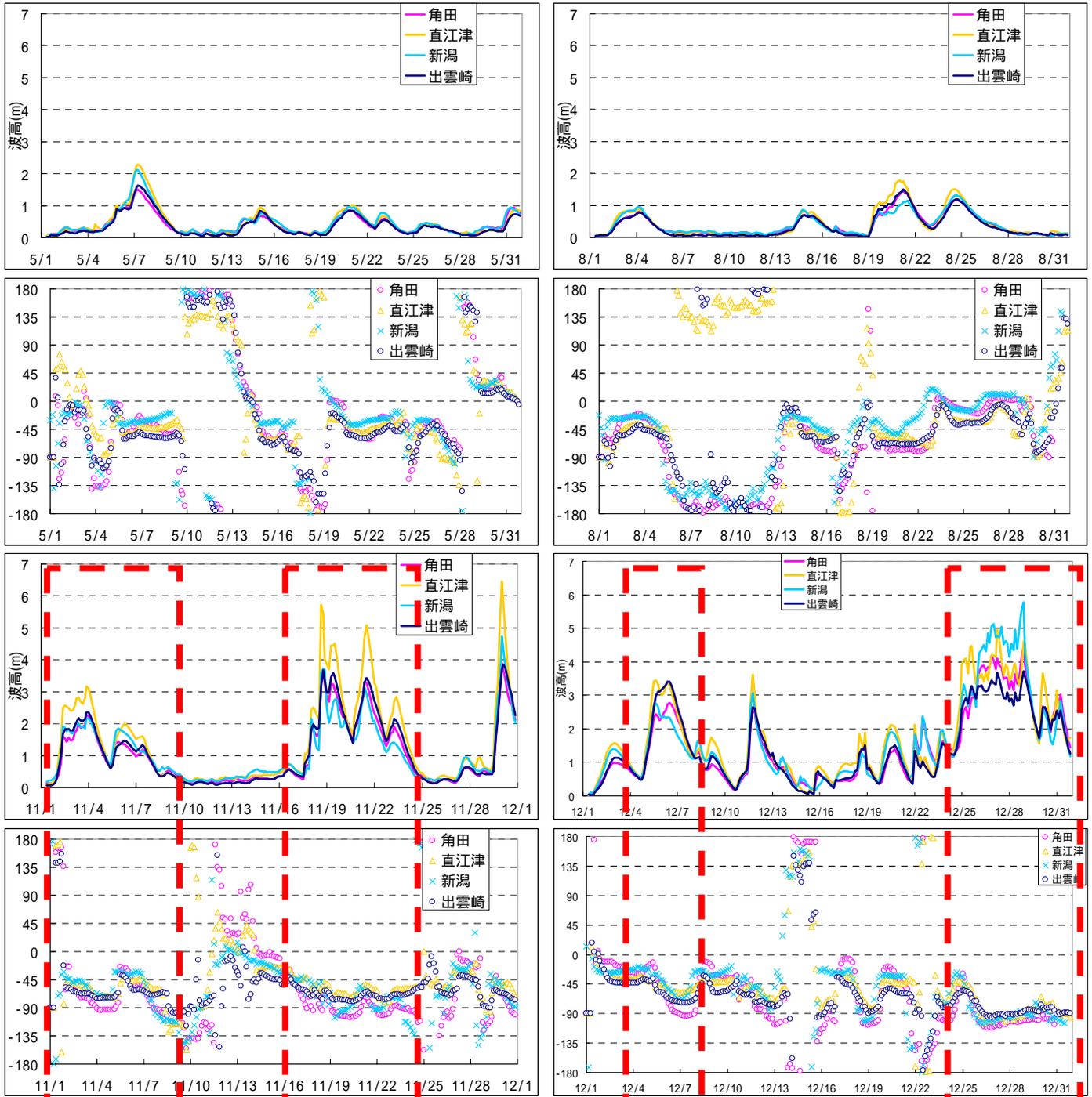


図-2 波高・波向経時变化(5月, 8月, 11月, 12月)

また、各地点の波向別の出現頻度を図-3 示す。出雲崎では、西北西～北西からの波が多い。直江津では北西～北北西の波が多い。角田では西～北にかけて分布しており、新潟では北北西の波が卓越している。

出雲崎では、佐渡島と能登半島の遮蔽効果を受け、その間を入射してくる波向が卓越している。出雲崎と他の地点を比べると、角田については、出雲崎よりも佐渡島の遮蔽効果の影響を受けやすく、外海側の波向によって佐渡島の南端を回りこむ波向や北端を回りこむ波向が混在しているため頻度分布が分散している。

直江津については、出雲崎よりも能登半島の遮蔽効果の影響を強く受け、西北西や西の波向が少なく、出雲崎よりも頻度分布は北側に偏っている。新潟については、北北西の波向が卓越しており、佐渡島の遮蔽効果を受け、佐渡島の北端を回りこむ波向や、直接北の波向で入射してくる波が多く、出雲崎とはまったく異なる頻度分布となっている。

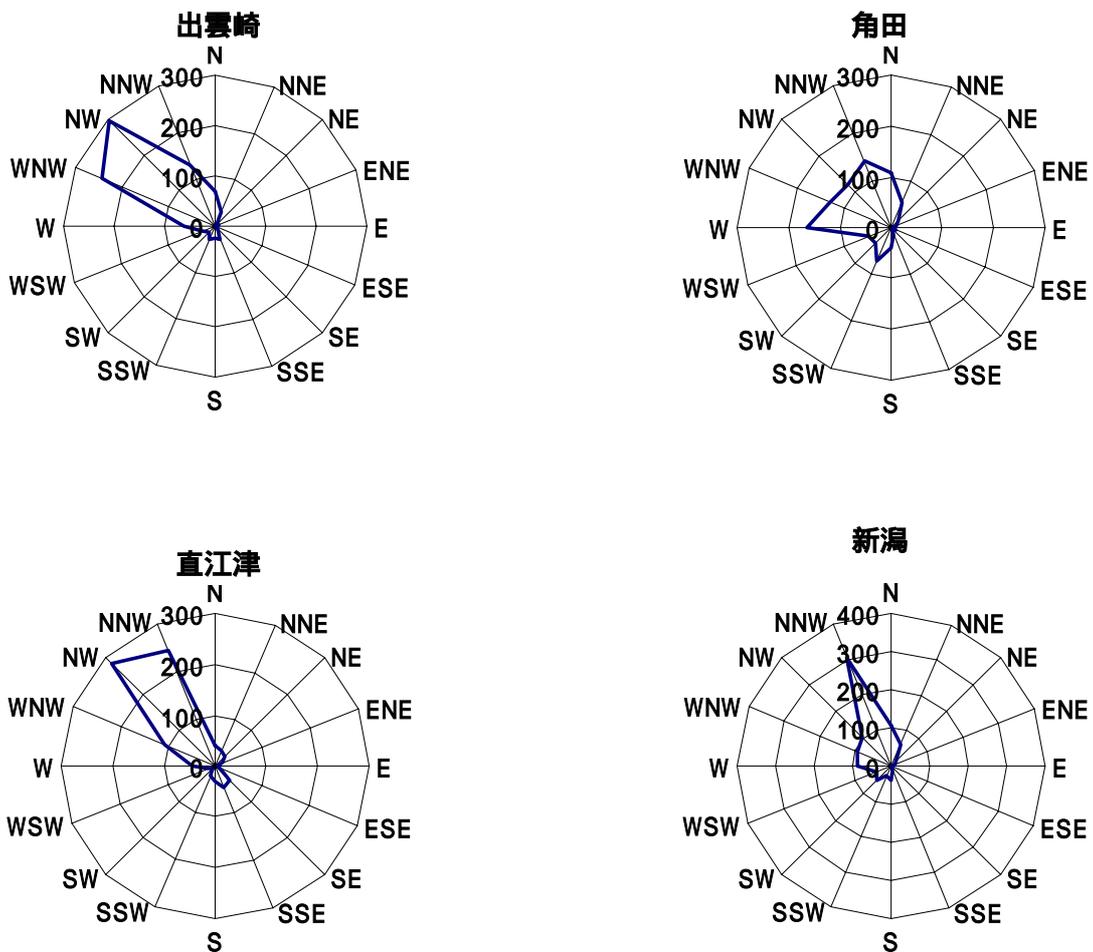


図-3 波向別出現頻度

出雲崎の最多頻度である西北西～北西の波向で中越地域沿岸に波が進入するときの波浪状況として2008年12月6日の気象状況図と波浪状況図を示す。図-4の天気図よりこの日は北海道北東部に低気圧があり、典型的な西高東低の冬型の気圧配置となっている。このときの新潟県沿岸域の風ベクトルは図-5のようになっており、直江津沖から新潟の沖合いにかけては西風となっていて上越から中越沿岸域にかけて風速が大きくなっているが、新潟から角田にかけて風が弱くなっている。また佐渡以北の海域では北風となっている。

このときの波浪状況を図-6に示す。波高分布を見ると、外海側である佐渡北西端の日本海側および能登半島の北側で波高が大きくなっているが、中越沿岸域に近づくにつれ波高は小さくなっている。この沿岸域では、佐渡島と能登半島の間から入射する西の波向の波の影響を直接受けるため、他の沿岸域よりも波高が大きくなっている。上越沿岸域では、中越沿岸域よりも能登半島の遮蔽効果の影響を強く受けるため、中越沿岸域よりも北の波向で入射し、また波高が小さくなっている。下越沿岸域では、沿岸の北西側に佐渡島があるため波が佐渡南端および北端から回りこむしかなく、風も弱いため他の2沿岸域よりも波高が小さくなっている。この3沿岸域では、佐渡島および能登半島の遮蔽効果の影響の違いで波高および波向に違いがあることがわかった。

7.まとめ

中越沿岸域の波浪特性を上越、下越沿岸域の波浪特性と比較しながら明らかにすることが出来た。

また領域接続を用いた波浪推算によって推算値の精度向上を確認できた。

参考文献

犬飼直之、岡本大；平成20年2月の佐渡島高波被害に関する研究”，土木学会，海洋工学論文集，第56巻，pp.1396-1400。
上村雄一，“波浪推算モデルを用いた新潟県沿岸域の波浪推算の解析”，長岡技術科学大学大学院工学研究科修士課程

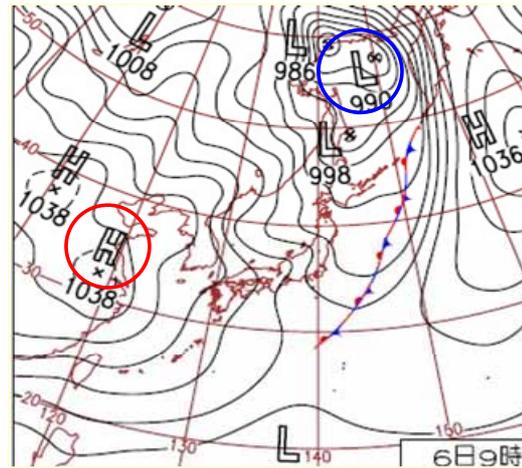


図-4 12月6日の気象状況図



図-5 12月6日12時の風ベクトル図

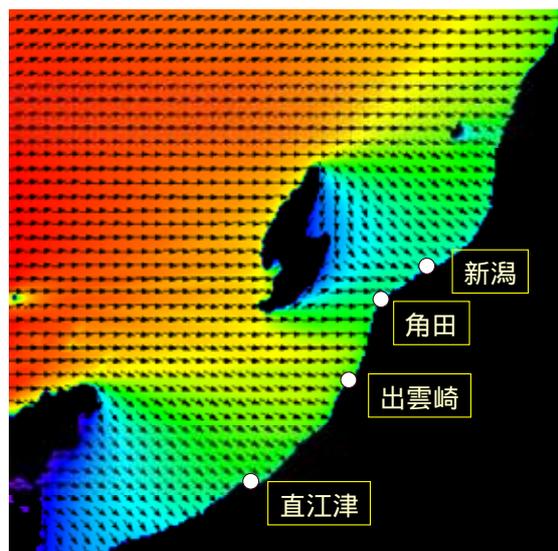


図-6 12月6日12時の波高・波向分布