

複雑な地形の影響を考慮できる1地点浅海波浪推算モデル

愛媛大学工学部 正 員 山口 正隆
愛媛大学工学部 正 員 畑田 佳男
愛媛大学大学院 学生員 ○宇都宮好博

1. はじめに：わが国で用いられてきたスペクトル法に基づく波浪推算モデルは、著者らによるモデルを含めて、対象領域に設けた格子網上の全地点で方向スペクトルの時空間変化を計算する方法を採用している。このため、これらのモデルにおいて細かい地形の影響を考慮しようとするれば、計算機の記憶容量および計算時間の面で大きな制約を受けるし、数地点のみの波浪情報を必要とする場合に、全格子点での波浪を推定することは経済的でない。そこで、本研究では、波浪推算点に到達する個々の成分波の時空間変化のみをエネルギー平衡方程式に基づいて独立に計算することにより1地点での波浪を計算できる浅海波浪推算モデルを開発するとともに、SWAMPの課題を対象としたモデルテストおよび日本海における波浪推算結果と観測結果との比較から、本モデルの適用性を検討した。

2. モデルの概要：本モデルのsource function は風波の発生項、発達項および減衰項から構成されており、各項には、井上によるphillips機構の表示式、郭による Miles機構の表示式およびCavaleriらによる減衰項の表示式に対するそれぞれの修正式が用いられている。一方、砕波は P-Mスペクトルおよび $\cos^4 \theta$ 型方向分布関数で定義される平衡方向スペクトルを越えて波浪が発達しないと仮定して評価される。数値計算では、まず逆屈折計算によって波浪推算地点に到達する成分波の波向線を計算することにより、波向線上に波計算格子点を作成する。ついで、波計算格子点において各成分波ごとに移流伝播計算と発達減衰計算を1ステップ内で交互に行う。この場合、波向線上の波計算格子点における風および水深は正方向格子網上に与えられたデータから線型内挿により推定される。そして、推算対象全期間に対する各成分波ごとの計算を繰返せば、波浪推算地点における方向スペクトルが得られ、さらに全周波数・方向に関する計算の終了後、各時点での方向スペクトルの積分から平均波が計算される。

3. モデルテストの結果：図-1は矩形海域(1000km×1000km)の海岸線に対して直角沖方向に $u_{10}=20\text{m/s}$ ($u_*=0.855\text{m/s}$)の一樣風が吹送した場合の海域中心線上における無次元全エネルギー $\hat{\varepsilon} (= \varepsilon g^4 / u_*^4)$ と無次元吹送距離 $\hat{f} (-gF / u_*^4)$ の関係を無次元吹送時間 $\hat{t} (=gt / u_*^4)$ をパラメータとして示したものであり、 $\hat{f} < 3 \times 10^6$ の fetch-limited な状態では $\hat{\varepsilon}$ は $\hat{f}$ にほぼ比例し、いわゆる fetch-law が満足されるとともに、計算結果は光易らの観測結果とも比較的良好に対応する。つぎに、図-2は、矩形海域の中央より西側において $u_{10}=20\text{m/s}$ の一樣風が吹送し、一方、東側では風速が0である風域に対して計算された全エネルギー $\varepsilon / \varepsilon_{PM}$ と平均波向で作られる波ベクトルの平面分布(カスター図)を定常状態について示したものであり、西側境界付近で対岸距離の増加とともに波向が境界方向に変化するとともに、有風域で発達した波浪が無風領域に伝播する様子が見出される。図-3は、一樣な南風によってfully-developed sea($f_p = f_{PM}$)であった波浪場に対して突然風向が 90° 変化した $u_{10}=20\text{m/s}$ をもつ一樣な東風が吹送した後の方向スペクトルの経時変化を各時点の最大値で無次元化した等値線分布として示したものである。これからW～Sの範囲にある方向スペクトルが逆風の影響を受けて減衰するとともに、高周波側

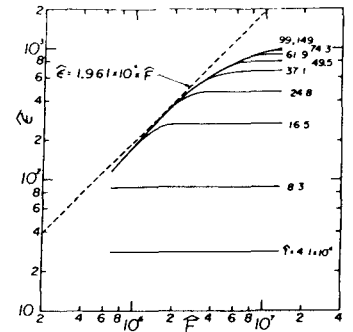


図-1 $\hat{\varepsilon}$ と $\hat{f}$ の関係

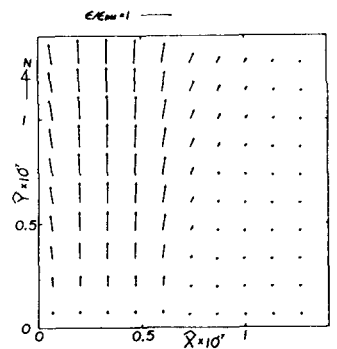


図-2 $\varepsilon / \varepsilon_{PM}$ のカスター図

ほど新しい風向に対して早く
応答することがわかる。

4. 日本海における波浪追算
結果：波浪追算は日本海全域
を対象とした大領域(5km間隔)
および能登半島から男鹿半島
に至る北陸海岸沿岸域を対象
とした小領域(1km間隔)の2

段階で実施し、とくに小領域では水深の影響を考慮した。まず、大領域では深海波浪モデルによる計算を行ったが、観測点の波浪が浅海性砕波の影響を受けていることを便宜的に考慮するため、波浪推算点では、周波数スペクトルがThorntonによる浅海平衡周波数スペクトルを越えないと仮定した計算を実施した。一方、小領域では外海からの伝播波浪を評価するため、大領域で計算された方向スペクトル値を空間および方向に関して線型内挿し、流入境界条件として与えるとともに、水深の影響を含む浅海波浪モデルによる計算を行った。波浪追算の対象期間は昭和45年1~2月および昭和55年12月の季節風であり、海上風は、等圧線のスプライン関数近似に基づく天気図解析法により山口らが推定した結果を用いた。図-4は金沢および福井における大領域での計算結果と観測結果を有義波高について比較したものであり、観測結果は計算結果よりやや小さいものの、浅海平衡スペクトルを用いた結果によって比較的良好に再現されている。図-5は酒田港および直江津港における有義波高の観測結果を小領域における計算結果と比較したものである。この時点では酒田港の波高計設置水深が小さく、しかも波高が大きいため、観測結果は風速の変化によらずほぼ一定値をとる。一方、計算結果によれば浅海波の計算結果は酒田の最盛時付近で観測結果を比較的良好に再現しているのに対し、減衰期では観測結果より小さく、むしろ深海波の結果に近い。一方、これに対して直江津では、波高計設置水深に比べて波高がそれほど大きくないため、両者のモデルによる差は小さく、最盛時には観測結果と計算結果の対応もよいが、減衰期では観測結果が大きい。また、図-6は、昭和55年12月の季節風時の柏崎港および新潟西港における観測結果と小領域における計算結果を有義波高について比較したものであり、計算結果は観測結果よりやや遅れた経時変化を示すものの、観測結果を比較的良好に再現しているし、図-5と同様に浅海波モデルによって観測結果がよく再現されていることがわかる。以上の結果および他地点における比較結果においても、大領域における観測結果は浅海平衡スペクトルを用いた結果に近い値を与え、小領域の観測結果も浅海波モデルによってよく再現されることが明らかになった。

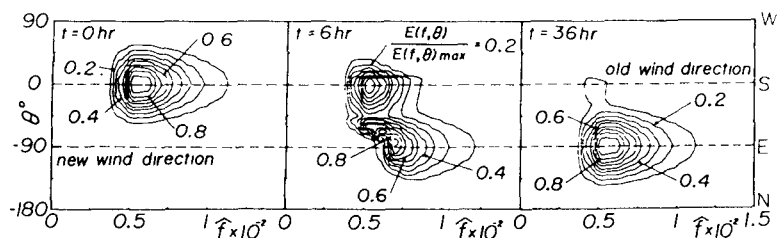


図-3 風向の変化に伴う方向スペクトルの経時変化

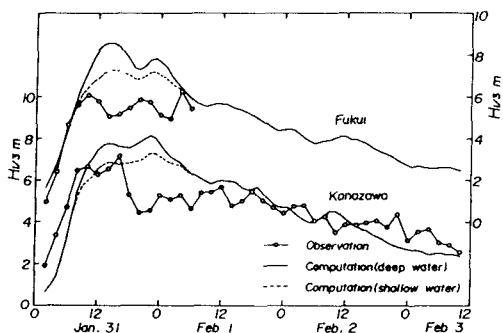


図-4 有義波高の比較(大領域)

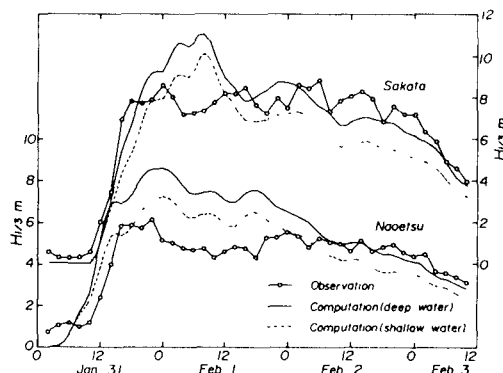


図-5 有義波高の比較(小領域)

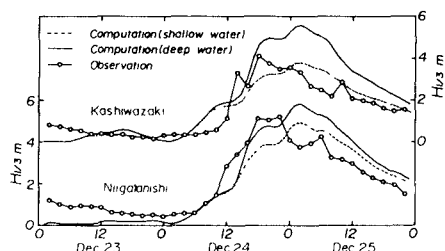


図-6 有義波高の比較(小領域)