

第三世代モデルを用いた瀬戸内海の波浪推算

国土交通省中国地方整備局 正会員 清水勝義
 国土交通省中国地方整備局 ○酒瀬川親浩
 財団法人日本気象協会関西支社 大西健二

1. はじめに

国土交通省中国地方整備局では、平成 13 年度に管内の日本海側海域における波浪推算を実施し、港湾施設の設計波算定に資するためのデータベース構築を行った。この際、波浪推算モデルとして、現在各国で盛んに研究が行われている第三世代波浪推算モデルのうち、Suzuki ら(1994)¹⁾によって開発された JWA-3G を使用した。

一方、平成 14 年度には、管内の瀬戸内海側海域を対象に同様の波浪推算を実施する計画となっている。しかしながら瀬戸内海は地形が複雑で水深も浅いことから、このような条件で精度良く推算を行うために、浅海効果を取り入れたモデルを使うことが望まれる。そこで本研究では、宇都宮ら(1999)²⁾により JWA-3G を浅海域に適用できるように改良された JWA-3GS を使用し、瀬戸内海の波浪推算を試みた。

2. 波浪推算モデルの概要

波浪推算モデルは球面座標系で記述されており、基礎となるエネルギー平衡方程式については下記の通り表される。

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \frac{1}{\cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} (\dot{\phi} \cos \phi F) + \frac{\partial}{\partial \lambda} (\dot{\lambda} F) + \frac{\partial}{\partial \theta} (\dot{\theta} F) + \frac{\partial}{\partial \omega} (\dot{\omega} F) = S \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \dot{\phi} &= \frac{C_g \cos \theta - \vec{U}|_{north}}{R} \\ \dot{\lambda} &= \frac{C_g \sin \theta - \vec{U}|_{east}}{R \cos \phi} \\ \dot{\theta} &= \frac{C_g \sin \theta \tan \phi}{R} + \dot{\theta}_h \\ \dot{\theta}_h &= \left(\sin \theta \frac{\partial \omega}{\partial \phi} - \frac{\cos \theta}{\cos \phi} \frac{\partial \omega}{\partial \lambda} \right) / kR \\ \dot{\omega} &= \frac{\partial \omega}{\partial t} \end{aligned} \quad (2)$$

ここに、 $F(f, \theta)$ ：波浪のスペクトルエネルギー、 f ：周波数、 θ ：波向、 ϕ ：緯度、 λ ：経度、 t ：時間、 ω ：各周波数、 U ：流れ、 C_g ：群速度、 R ：地球の半径、 h ：水深である。

また、分散関係式は以下のように表される。

$$\begin{aligned} \omega &= \sigma + \vec{k} \cdot \vec{U} \\ \sigma &= \sqrt{gk \tanh kh} \end{aligned} \quad (3)$$

さらに、式(1)の右辺のエネルギーソース項は次式で表される。

$$S = S_{net} = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bf} \quad (4)$$

ここに、 S_{in} ：風から波へのエネルギー輸送項、 S_{nl} ：非線形エネルギー輸送項、 S_{ds} ：エネルギー消散項、 S_{bf} ：海底摩擦項、である。

3. 計算条件

実際の計算は、まず外洋を対象とした広領域で波浪推算を行い、その結果を時空間的に引き継ぎ形で瀬戸内海に該当する狭領域を計算する。広領域では深海モデルで計算を行うが、狭領域では水深の影響を取り入れた計算を行う。狭領域の計算領域図を図-1 に示す。広領域では、格子間隔は 0.5 度 (約 50km)、計算タイムステップは 5 分とした。一方、狭領域では、格子間隔 0.1 度 (約 10km)、計算タイムステップは 1 分とした。ここで、広領域は計算対象周期を 2 秒までとしたが、狭領域では内湾の風浪成分を評価するため、計算対象周期は 1 秒まで拡張した。

波浪推算に入力する海上風の計算は、広領域ではカルドンの方法で計算し、狭領域ではカルドンの計算結果を初期値としてマスコンモデルで計算することにより、地形の影響を取り入れた。

4. 計算事例

瀬戸内海に影響を与えた気象擾乱の実例として、九州の西側を通過した台風 9307 号を取り上げ、波浪推算を行った。

海上風の推算結果について、今治地点における推算値と実測値 (気象庁アメダス) の時系列を図-2 に示す。推算値はカルドンの方法によるものと、マスコンモデルによるものの 2 種類を併記している。両者とも推算値がやや高めに計算されており、再現性には課題が残されるものの、変化傾向としては良く合っている。特にマスコンモデルを施した方が適合性が高い。

次に波浪推算結果について、苅田港地点における推算値と実測値 (九州地方整備局) の時系列を図-3 に示す。波高については、推算値がやや高めに計算されているが、変化傾向は良く合っているのがわかる。周期については絶対値、変化傾向ともに良好な結果を示している。

5. まとめ

第三世代モデルを使用して瀬戸内海における波浪推算を行った。台風 9307 号の計算事例では、風、波浪ともに推算値がやや高めに計算されたものの、変化傾向としては良い結果が得られた。今後、計算事例を増やし、より詳細な推算精度の検討を行う。

また、本研究では狭領域を 0.1 度格子で計算したが、瀬戸内海の複雑な地形を十分に反映させるためには、よりきめ細かい格子間隔で実施することが望ましく、この点については今後見直す予定である。

参考文献

- 1) Suzuki, Y. and Isozaki, I.: On the development of a global ocean wave model JWA3G, Prec. Pacific Ocean Remote Sensing Conf. in Melbourne, Australia, 1994, pp.195-201
- 2) 宇都宮好博・大西健二・鈴木靖 (1999): 第三世代波浪推算モデルの浅海域への適用、海岸工学論文集、第 46 巻、pp.266-270.

狭領域

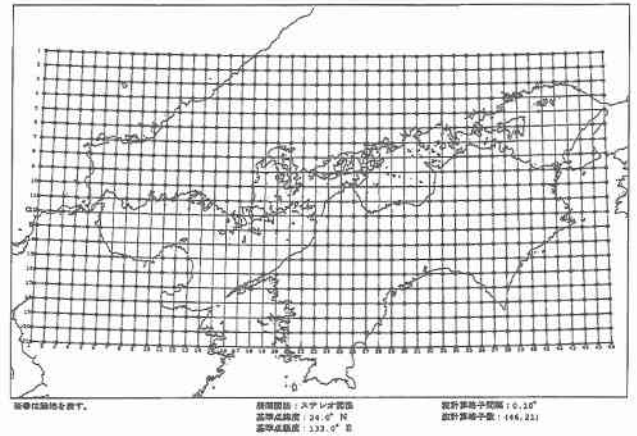


図-1 計算領域 (狭領域)

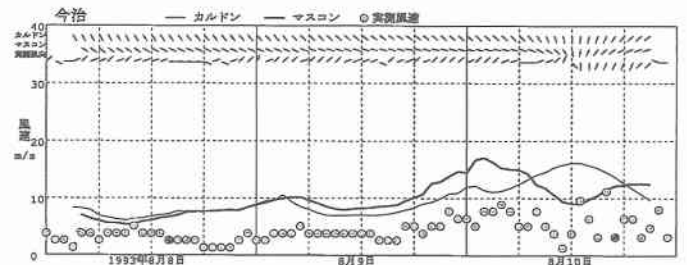


図-2 海上風推算結果の時系列 (今治)

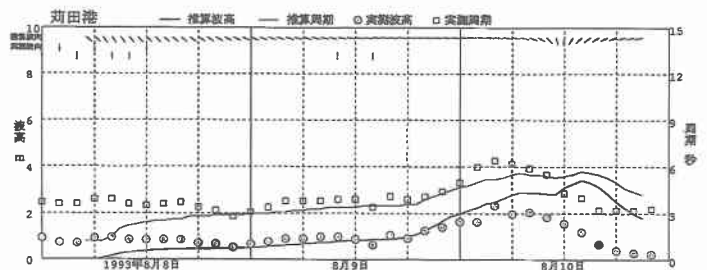


図-3 波浪推算結果の時系列 (苅田港)