

津波数値解析のネスティングにおける誤差修正法に関する研究

防衛大学校	学生会員	○青山 昂平
防衛大学校	正会員	藤間 功司
防衛大学校	正会員	嶋原 良典

1. はじめに

海底地盤の変動により津波が発生した場合、沿岸地域における津波の高さや遡上範囲を予測することは、被害の軽減や予報の正確化のために必要不可欠である。津波を予測する方法としては、計算メッシュに水深、線流量を設定し、線形・非線形長波理論式を有限差分法によって解くことで波高分布を算出するのが一般的である。津波は水深が浅くなるにつれて波速が遅くなるので波長も短くなる。そのため通常、外洋上では空間メッシュを粗くし、沿岸部に近づくにつれて細かくしてゆく。しかし、細かいメッシュ領域から粗いメッシュ領域に津波が通過する場合、本来の波の高さの数パーセント程度の反射波が発生することがある (Kowalik¹⁾)。このような反射波は、津波の沿岸での計算精度が低下するだけでなく、計算の不安定性の原因となる。そこで本研究は、津波計算のネスティング時に発生する反射波誤差について調べ、その修正方法について検討した。

2. 計算領域と計算手法

計算領域は水深 4,000m の水平床とし、大領域での計算格子を 1,800m、小領域での計算格子 600m とした。大領域を縦横 401 メッシュ、小領域を縦横 184 メッシュとして図 1 のように設定した。初期条件として小領域の中心位置に、以下の式で示すようなガウス分布を与えた。

$$\eta = H \times e^{-\frac{x^2+y^2}{a^2}} \quad (1)$$

ここで、 x , y は中心からの距離であり、 η は水位、 a は特性半径である。すなわち細かいメッシュ領域から粗いメッシュ領域に津波が通過することになる。

支配方程式は二次元の線形長波理論式であり、Staggered-Leapfrog 法により差分化して解析する。また、ネスティング手法は後藤ら²⁾にしたがう。

3. 反射波が生じる初期条件の検討

まず、式 (1) の特性半径 a に対して反射波が残るような条件を検討した。図は $a=2.5\text{km}$ の場合の水位波形の x 軸方向での断面である、600m グリッドの領域に反射波が伝播していることがわかる。

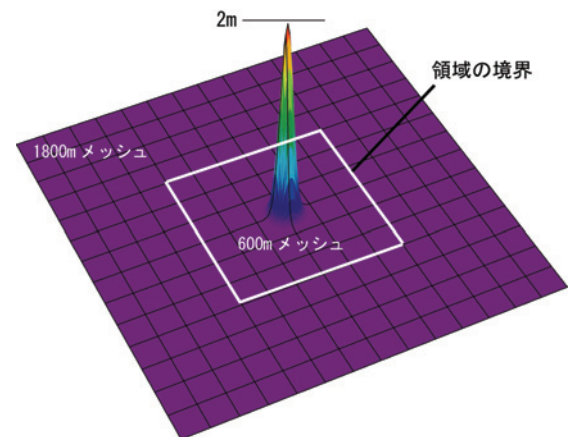
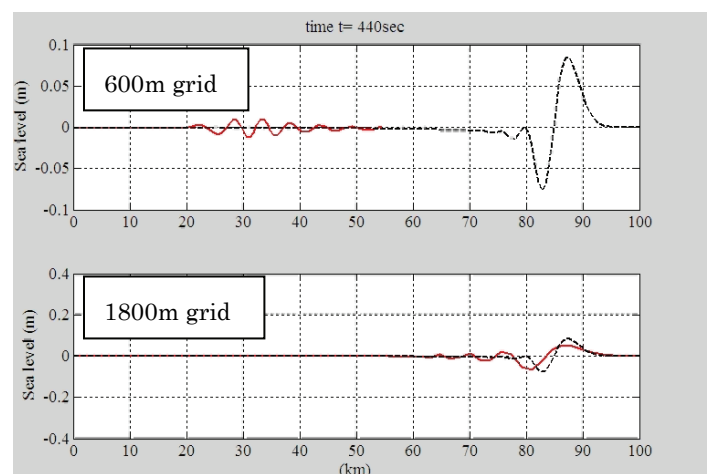


図1 計算領域と初期条件

図2 小領域から大領域への通過 ($a=2.5\text{km}$)

キーワード 津波 線形長波理論 ネスティング

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校システム工学群建設環境工学科 TEL 046-841-3810

なお、 $a=5\text{km}, 7\text{km}$ のような波長が長い場合についても検討したが、反射波は現れなかった。そこで以下では、反射波を除去する手法を $a=2.5\text{km}$ の場合について適用する。

4. フィルタによる反射波除去の検討

反射波の発生する原因として、大領域に抜けられない短波長のエネルギー成分が小領域内にとどまってしまうことが考えられる。そこで、Hansen³⁾によるネスティング計算の手前で短波長成分を取り除く計算を考える。これは、ある格子の水位を計算する際、周り 4 点の平均値を利用して補正を行うというものである。式を以下に示す。

$$\bar{\eta}_{j,k} = \nu \eta_{j,k} + 0.25(1-\nu)(\eta_{j-1,k} + \eta_{j+1,k} + \eta_{j,k-1} + \eta_{j,k+1}) \quad (2)$$

図 3 はフィルタを考慮する区間 (10, 30 グリッド) と式 (2) の係数 ν を変化させることにより、小領域内に反射波が残る割合を調べたものである。 ν は 0.85 まで小さくすることにより反射波が除去される傾向にあるが、それより小さいと逆に反射波は大きくなることがわかる。この計算条件では、 $\nu=0.90\sim 0.95$ でフィルタのグリッド数を 30、もしくは $\nu=0.85$ でグリッド数を 10 とすれば、入射波に対する反射波は 5% 程度まで減少させることができるといえる。しかし、最適な条件は計算条件によって異なることが予想でき、フィルタの設定は経験的なものにならざるを得ない。

また、図 4 はフィルタを考慮することによる波本体の水位の減少割合を示したものである。これによると、 ν が小さくなるにつれて水位は減少傾向にあり、 $\nu=0.95$ で 10~20% 減衰してしまう。このように、たとえ反射波が除去されていても津波本体がフィルタによって減衰されてしまうことがわかる。

5. おわりに

今回行った補正式を挿入する方法は、数値条件によっては有効な結果が得られるものの、その条件の確定は困難であるため、より一般問題に有効な誤差修正法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) Kowalik, Z. and T.S. Murty (1993) : Numerical Modeling of Ocean Dynamics, World Scientific.
- 2) 後藤智明, 小川由信 (1982) : Leap-frog 法を用いた津波の数値計算法, 東北大学工学部土木工学科.
- 3) Hansen, W. (1962) : Hydrodynamical methods applied to oceanographic problems., Proc Symp. Mathem.-Hydrodyn. Methods of Phys. Oceanogr., Inst. Meereskunde Univ. Hamburg, pp.25-34.

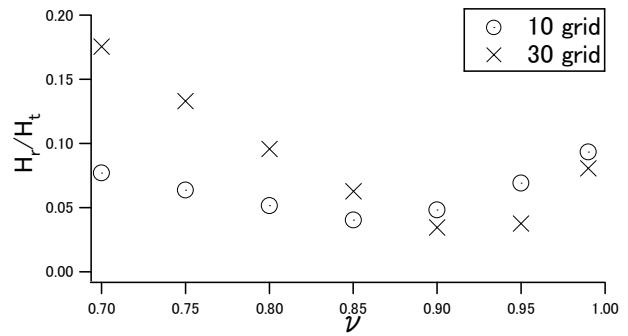


図 3 反射波の最高水位(H_r)と透過波の最高水位(H_t)との比と ν の関係

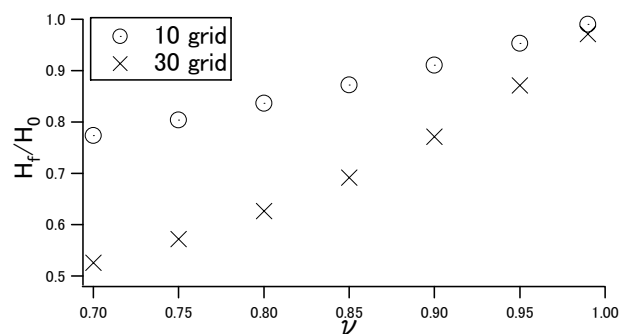


図 4 境界におけるフィルタを考慮した場合の水位(H_f)とフィルタなしの水位(H_0)との比と ν の関係