

津波の近似数値計算モデルの比較

Comparison of approximate numerical models of tsunami

岩瀬 康行[1]; 五十嵐 裕[2]

Yasuyuki Iwase[1]; Hiroshi Igarashi[2]

[1] 防大・地球海洋; [2] 防大・地球

[1] Dept. Earth & Ocean Sci., NDA; [2] Geosci., NDA

1. はじめに

津波は一般的には海域での地震により、海底が短時間のうちに数キロメートル以上に渡って変動することにより発生する。この場合、津波の波長は伝搬する海域の深度と比べて十分に長いことから長波近似(静水圧近似)が成り立つと考えられている。さらに、波高が海深と比べて小さいことから線形近似を行うことも多い。しかし、津波が海岸に接近すると海深が浅くなるために線形近似は成り立たなくなる。また、海底摩擦による減衰も無視できなくなる。地震による直接の海底変動以外の原因でもたらされる(非地震性)津波や海底面の変動が一様ではない場合には長波近似が成立するとは限らない。本研究では、津波の数値計算を行う際に問題となる支配方程式の近似モデルの有効性について議論する。

2. 支配方程式と数値モデル

海水は非圧縮・非粘性の流体と仮定する。流体の運動方程式を線形化するか否か、静水圧近似するか否か、さらに海水を鉛直一層とみなすか否かで以下の4種類のモデルを考える。

- (1) 非静水圧モデル：非線形、非静水圧、多層
- (2) 静水圧モデル：非線形、静水圧、多層
- (3) 浅水モデル：非線形、静水圧、一層
- (4) 線形長波モデル：線形、静水圧、一層

本研究では、自由表面扱うために水厚で規格化した座標系を用いて数値計算プログラムを作成し、数値計算を実行した。

3. 計算結果と議論

まず、水深が一定の条件下で、初期波高の波長及び波高変化させて津波の伝搬波形比較を行った。

(1) 初期波高の波長が水深の50倍、波高が水深0.01倍である場合はどのモデルでも波高伝搬にほとんど差は生じなかった。これは、この条件では線形近似、静水圧近似が有効であることを示している。

(2) 初期波高の波長が水深の5倍、波高が水深0.01倍である場合は非静水圧モデルでは分散効果により多数の波長の波に分解されたが、静水圧モデルではほぼ初期波形を保ったまま進行した。津波の波長は水深と同程度の場合、分散効果が強いので静水圧近似は意味をなさない。

(3) 初期波高の波長が水深の50倍、波高が水深1倍である場合は進行波の先頭が尖り、尾部が長く伸びた。非線形のモデルでは線形モデルと比べて波高は低い、進行速度は大きかった。津波が海岸に接近し、波高が高くなると、非線形性を考慮する必要があることが示されている。

(4) (1)と同じ条件で、さらに波の速度の2乗に比例する海底摩擦を加えた場合は、一層モデル、特に線形長波モデルでは減衰が顕著であった。海底摩擦に関する適切な数値的取り扱いはまだ確立していないが、計算結果に大きな影響を与える可能性があることが分かった。

4. 議論と結論

上に述べた典型的な計算例が示すように、沿岸域での津波の波高や進行速度の数値計算では非線形性・非静水圧性は無視できない。沿岸で観測される津波波形は、これらの効果を強く反映しているので、例えば津波波形インバージョンなどを行う場合には注意が必要であろう。また、津波を発生させる海底変動が海水の運動に対して瞬時的ではない場合や津波が複雑な海底地形上を伝搬してくる場合にも非線形性・非静水圧性・海底摩擦を十分に考慮する必要があると予測される。しかし、非静水圧非線形モデルの計算には、膨大な計算機資源が必要である。実際に上の計算に要した時間を比較すると線形長波モデルを1とすると浅水モデルでは4.3、静水圧モデルでは40.7、非静水圧モデルでは3277.4であった。計算機や計算条件によってこの比は変わり得るものではあるが、非静水圧モデルは膨大な計算機資源を必要とするので、計算手法の開発・改良は防災的な観点からも重要である。