

準2次元静水圧モデルを用いた津波の数値シミュレーション

Numerical simulation of tsunami using hydrostatic approximation approach (quasi-two dimensional model)

五十嵐 裕[1], 岩瀬 康行[2], 松田 裕也[3], 江口 孝雄[4]

Hiroshi Igarashi[1], Yasuyuki Iwase[2], Yuya Matsuda[3], Takao Eguchi[4]

[1] 防大・理工研・地球科学, [2] 防大・地球海洋, [3] 広大・理・地球惑星シス, [4] 防大 地球海洋学科
[1] Geoscience, National Defense Academy, [2] Dept. Earth & Ocean Sci., National Defense Acad., [3] Earth and Planetary Syst. Sci., Hiroshima Univ., [4] Dept. of Earth and Ocean Sciences, N.D.A.

1 背景

津波とは一般には、海域で生じた地震による海底の隆起、沈降のために引き起こされる海の波のことを言う。津波は言うまでもなく人間圏に害をもたらす自然現象として自然科学のみならず各種工学の分野においてもそのメカニズムが研究されてきた。津波は海水の運動であるからナビエ・ストークスの運動方程式に従って運動する。但し、ナビエ・ストークスの運動方程式は非線形項を含み、かつ数値解を求めることが困難であることから浅水近似式が一般的に用いられている。浅水近似式は波長が水深よりも十分に大きい(いわゆる長波)という条件下において成立する。しかし、すべての津波が浅水近似により表現できるとは限らない。例えば、隆起量が大きい地震が海底深部にて発生した場合、波長は大きくはならないものの、水深は深いため浅水近似は成立しないと考えることができる。また、地震に伴う海底の隆起が瞬時にかつ一様に発生することも考えにくく、伝播する海底地形も同様であることはありえない。このことから津波の伝播を水平方向のみの運動として近似することは難がある。そこで、本稿では静水圧近似を用いることにより計算の容易さを損なうことなく、準3次元的に津波の数値計算を行う手法について検討する。

2 モデル

簡単のため、水平方向1次元、鉛直方向1次元の直交2次元座標系を考える。浅水近似式は鉛直方向の運動を考慮しない近似のため、結果として1次元として津波を捉えることができる。一方、静水圧近似式を用いた運動方程式に関しては水平方向はそのまま鉛直方向のみが近似され、結局、完全な1次元でも2次元でもない式が導出される。これを準2次元と呼称する。座標系は地形を考慮するため、水深を規格化したZ*座標系を用いた。計算方法は支配方程式の移流項を風上法を用い、その他の空間微分項は中央差分を用いた。また、時間微分項は前進差分を用いた。初期条件は簡単のため、計算開始時に波形を与えた。計算境界は陸岸は考慮せず自由端を想定した。計算の実施は当初、水深一定下における一様地形において両式の比較、検討を行った。次に海底地形を変化させ、同様の比較、検討を行った。

3 結果

海底地形を一様平面とみなした場合、静水圧近似モデルと浅水近似モデルから得られる波高、伝播速度ともに計算結果はほぼ一致した。次に、海底地形を変化(段差や勾配を変化)させることにより計算を実施した。静水圧近似モデルから得られた計算結果は浅水近似モデルから得られた計算結果より波高が高く、伝播速度が速いことが確認できた。また、初期波高を高くすることによって、静水圧近似モデルの波高と伝播速度の方がより大きくなることも確認できた。

4 考察

海底地形一様下においては、浅水近似と静水圧近似の計算結果は一致することを確認した。また、海底地形を考慮した場合、水深、初期波形を変化させることによって、両モデルの波高と伝播速度は変化した。鉛直成分が無視できなくなるためと考える。すなわち、この鉛直成分は津波波形の波高(標準海面からの高さ)や伝播速度に影響を及ぼす。また、初期波高を大きくすることによって伝播速度と波高に影響がでたが、これは断層の隆起量の大きさが増すほど津波の伝播形式の鉛直成分が無視できないことを意味している。これらのことから、特に複雑な海底地形を伝播する津波において、比較的近地で発生した地震に伴って発生する津波を考察するうえではこの手法は有効であると考えられる。