

津波初期条件としての海面上昇の体積が津波波高に及ぼす影響

中央大学 理工学部

学生員 ○多田総介

中央大学大学院

学生員 銭潮潮

中央大学 理工学部

フェロー会員

山田正

1. はじめに

海底プレート境界面の急激な変形が原因となり、水面を隆起及び沈降させ津波の初期形状を形成する。日本海溝や南海トラフは日本列島に沿って位置しており、先の東日本大震災では日本海溝付近のプレート境界面が急激に変形し、津波が発生したことにより甚大な被害をもたらした。さらに、平成23年中央防災会議の資料では東海・南海・東南海沖でそれぞれ30年以内に87%、70%、60%の確率で大地震発生すると発表しており、津波研究は重要である。本研究では津波初期における海面上昇の体積に着目し到達する波高との関係を考察する。

2. 計算方法

2. 1 基礎方程式

津波計算に用いる基礎方程式を(1),(2)に示す。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial u(h-b)}{\partial x} = 0 \quad \dots(1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = 0 \quad \dots(2)$$

ここに $u[m/s]$: 平均流速, $h[m]$: 波高, $b[m]$: 水深, $g[m/s^2]$: 重力加速度, x : 伝播方向の座標, $t[s]$: 時間座標とする。

2. 2 初期条件及び境界条件

初期波形はべき級数で(3a)またはガウス分布で(3b)を与える。

$$h(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{(x - Xbar) + Xmax}{aX} \right)^{mX}} \quad \dots(3a)$$

$$h(x) = e^{-cx^2} \quad \dots(3b)$$

ここに mX , aX , $Xbar$, $Xmax$, c は任意で与えるパラメーターとする。(3a)において mX は波形の急峻さを, $Xbar$, $Xmax$ は中心の位置, (3a)において aX , (3b)において c は x 方向の広がりを表す。

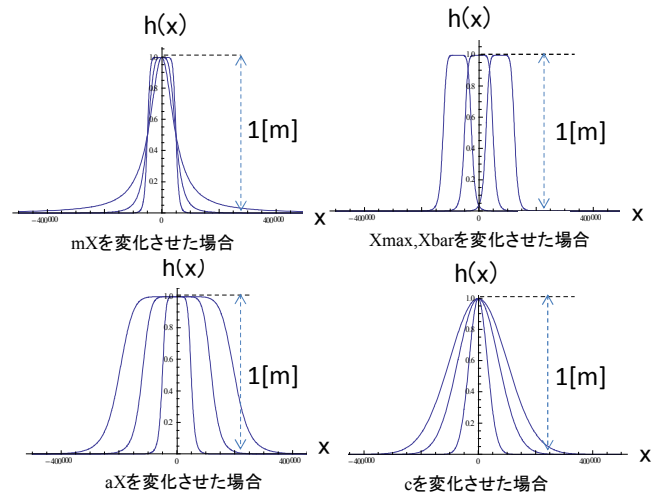


図-1 初期条件 $h(x)$ の各パラメーターと波形の関係

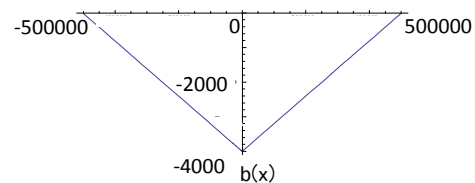


図-2 海底面の概形

奥行きを $1[m]$ とし aX , c を変化させることにより初期波形の体積を変化させる。各パラメーターと初期波形の関係を図-1 に示す。(3a) (3b) 式の波形は中心の高さを変化させず、体積のみを変化させる特徴を有する。境界条件は計算領域の両端において周期境界条件とする。水面と海底までの距離の関係を図-2 に示す。本計算では計算領域の中心を $-4000[m]$ とし計算領域の両端で水深が $-10[m]$ となるように与える。

2. 3 計算領域

計算領域は津波が発生した地点から岸までと見立て $x=0[m]$ を津波発生 の中心とし $x=-5000000[m]$ から $x=5000000[m]$ の $1000km$ とする。

2. 4 周期境界条件

計算結果の例の一つを図-3 に示す。津波が計算領域の両端に到達すると波高は急激に高くなるが、これは計算領域の両端に入射した津波が足し合わさるためである。波高を計算する地点は周期境界の影響が出ない地点とする。

3. 結果及び考察

3. 1 海底面の差異が津波の進行に及ぼす影響

図-3 に海底面を図-2, 図-4 に海底面を水深-4000[m]一定で与えた場合の初期波形の時間変化を示す. 図-3 図-4 より津波の波高は初期波高の半分の高さになる事がわかる. また海底面が図-2 に示す形状の場合, 波速が速くなり, 両端に達するまでの時間が海底面一定時に比べ遅いことがわかる.

3. 2 解析解と数値解の比較

図-5 に解析的に得られるダランベールの解と近似的に求めた数値解の時間変化を比較した図を示す. $t=500$ と $t=1000$ の図を比較すると, 周期境界条件の影響が現れるまで波形が一致していることがわかる. つまり津波は海底面一定の場合, 解析解と数値解にほぼ差異は見られない.

3. 3 初期条件の体積と最大波高の関係

初期波形の幅を変えることで体積を変化させ, (3a) は 29 ケース, (3b) は 17 ケースの計算を行った. 最大波高は周期境界条件の影響が小さいと考えられる地点 ($x=450000[m]$, $x=400000[m]$) における値を用いた. 図-5, 図-6 に無次元体積と無次元波高関係を示す. 無次元化は体積, 最大波高が最小となるケースを基準とし行った. 初期条件における海面上昇の体積が増加すると津波波高は上昇することがわかる. 一例として図-5 (3a)において, 海面上昇の体積が基準の 15 倍になると波高は約 1.2 倍になることがわかる.

4. まとめ

本研究では津波初期条件としての海面上昇の体積に着目しその影響を検証した. 以下に得られた知見を示す. (1)水深に変化のない場所では波形の数値解と解析解にほとんど差異がない(2)津波初期条件としての海面上昇の体積が増加した場合, 津波波高は高くなる. (3) 津波の海面上昇の体積が等しい時, ベキ級数で表した波形はガウス分布で表した波形に比べ津波到達時の最大波高が高い. その原因として, ベキ級数の波形の方がより位置エネルギーを有した体積が大きいためであると考えられる.

参考文献

土木系大学講義シリーズ⑬海岸工学 服部昌太郎 著 コロナ社
中央防災会議 H23 南海トラフの地震モデル検討会 第1回会合 資料

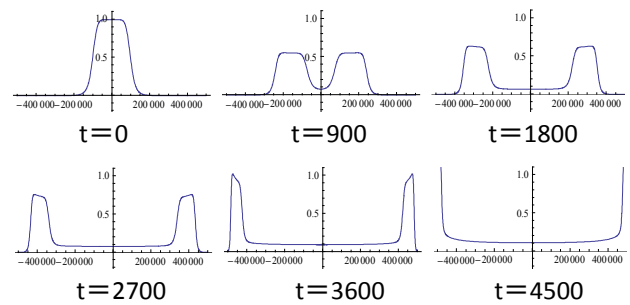


図-3 時系列ごとの波形

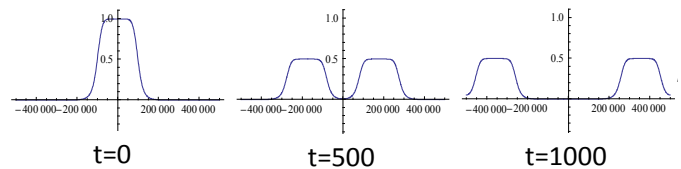


図-4 水深一定-4000[m]での時系列ごとの波形

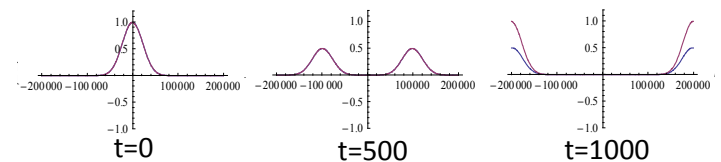


図-5. ダランベールの解と数値解の波形比較

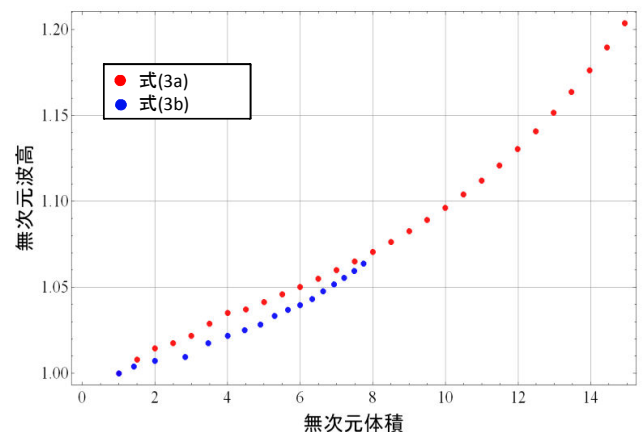


図-6 $x=450000[m]$ 地点
無次元化した体積と波高の関係

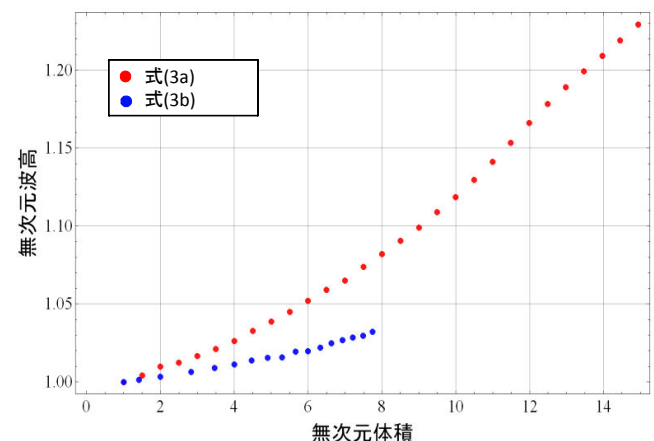


図-7 $x=400000[m]$ 地点
無次元化した体積と波高の関係