

津波の浅海域非線形数値計算手法としての Boussinesq 方程式系と Green-Naghdi 方程式系の有効性の比較

Comparison of the effectiveness of between Boussinesq and the Green Nagdhi equation systems as non-linear calculation methods

小野 友也 [1]; 都司 嘉宣 [1]

Tomoya Ono[1]; Yoshinobu Tsuji[1]

[1] 東大地震研

[1] ERI, Univ. Tokyo

1. はじめに

津波が水深の浅い海域にはいると非線形性の影響を強く受ける。浅海域での津波の振る舞いを現す式としては非線形長波理論の方程式や波の分散を考慮した非線形分散波理論の Boussinesq 方程式系があり、しばしば用いられてきた。本研究で用いる Green-Naghdi 方程式 (以下 GN 方程式) は「水平流速は深さ方向に変化しない」という仮定の元で導かれ、流体の浅海域での非線形的な挙動を現実に近い形で再現しうる方程式である。「水平流速は深さ方向に変化しない」と仮定することで海水層を無数の平面で区切った場合それぞれの平面の上で流体粒子の水平運動を考える必要がなく 1 枚の平面上の記述ですむ。すなわち海水の運動を記述する記憶量は著しく節約できるという特徴がある。

GN 方程式は元々、弾性固体の問題を解くのに用いられ流体力学への応用は Green ら (1976) や shipwave 問題を扱った Ertekin ら (1986) によって行なわれてきた。

また韓ら (2002) は 1 次元の GN 方程式を用いて津波の非線形的な振る舞いを数値的に検証した。その結果ソリトン分裂、追い越しソリトンに関して 2 ~ 3 の例に対して K-dV の理論解と比較し、ほぼ一致したと報告した。また河川を遡る津波の形、すなわち undular bore の再現に成功した。

しかし、実問題の津波の数値計算手法として GN 方程式系が用いられた例は報告されていない。

本研究では津波の実問題に対して GN 方程式を使用した際の有効性を検証することを目的として、まず 1 次元の GN 方程式および、真野 (1988) による Boussinesq 方程式を用いた数値計算を行い、ソリトンの分裂、追い越しソリトンなどの性質に関してさらに多くの K-dV の理論解と比較する。そして水槽実験を通じて GN 方程式を検証する。

さらに次の段階として二次元に拡張して、ソリトンの斜め衝突などの諸性質に関して検証する。

2. 1次元計算

まず、1次元において、Boussinesq 方程式系である、真野 (1988) が提案した方程式に対し、ソリトン分裂に関して解析解が知られているケースについて計算を行った。

真野の方程式を用いた計算では、K-dV のソリトン分裂の理論で、「0.2m と 0.8m の二つの波に分裂する」ケースにほぼ一致した結果となった。また水深急変部ではソリトンは通過する際に 2 つの波に分裂した。

参考文献

韓世燮・都司嘉宣 (2002): Green-Naghdi 方程式を用いた津波の非線形数値計算, 津波研究の最前線, 月刊海洋号外 28,p199-204.

Green,A,E. and P.M.Naghdi(1976): Direct fluid sheets, Proc.Roy.Soc.Lond, A, 347,447-473.

R.C.ERTEKIN, W.C.WEBSTER. and J.VP.WEHAUSEN(1986): Waves caused by a moving disturbance in a shallow channel of finite width, J.Fluid Mech., 169, 275-292.

真野明,1988, 緩斜面上における津波先端部の特性, 文部省科学研究費自然災害特別研究成果,NO.A-63-1, 日本海中部地震津波の発生・増幅機構と破壊力,155-172.