

自己重力効果のカウリング近似を用いた地震波動としての津波の差分法モデリング Finite-difference modeling of tsunami as a seismic wave based on the Cowling approximation of self-gravitation effect

藏本 稔大^{1*}, 竹中 博士¹, 中村 武史², 岡元 太郎³, 豊国 源知⁴

Toshihiro Kuramoto^{1*}, Hiroshi Takenaka¹, Takeshi Nakamura², Taro Okamoto³, Genti Toyokuni⁴

¹九州大学, ²海洋研究開発機構, ³東京工業大学, ⁴情報・システム研究機構 国立極地研究所

¹Kyushu University, ²JAMSTEC, ³Tokyo Institute of Technology, ⁴National Institute of Polar Research

表層に海水層を有する全地球モデルを用いて自己重力効果を考慮した地震波動の方程式をノーマルモード理論を用いて津波を計算する手法は、Ward (1980, JPE) 以来グローバル規模の津波のシミュレーションに用いられてきた。このアイデアは現在では固体地球の振動 津波-大気重力波 (インフラサウンド) のモデリングへと発展している (例えば、Kobayashi, 2007, GJI; Watada, 2009, JFM)。本研究では、同じ方程式を地球浅部の比較的ローカルまたはリージョナルな海を含む (水平方向にも不均質な) 構造モデルに適用し、近地地震の地震動シミュレーションで普及している時間領域差分法によって解くためのスキームを提案する。このスキームによって、海域地震について地震波動と同時に近地の津波も計算することが可能となる。本研究では、自己重力効果を含む地震波動方程式に振動や波動伝播による重力ポテンシャル (または重力加速度) の変化を無視するカウリング近似を適用した方程式を出発点とする。カウリング近似を適用したグローバルな球座標系の方程式を時間領域差分法で解くスキームは Toyokuni and Takenaka (2010, AGU) で提案しているが、本研究では地震動と津波をモデリングの対象とする比較的浅部の領域を計算対象にしているため、ローカルな座標系 (デカルト座標系) を採用し、さらに重力加速度も領域内で一定の定数として方程式を簡略化している。結果として通常の地震動のシミュレーションに用いられている方程式に重力が関与する項を付加しただけの単純な方程式が得られた。これを現在実際の地震の地震動シミュレーションにおいてもっとも普及し実績のある速度-応力型のスタガード格子差分法で離散化し、計算するスキームを開発した。本発表では、このスキームと計算例を紹介する。近地地震における地震動と津波の同時シミュレーションの先行研究として Maeda and Furumura (2010, ACES, AGU) があり、彼らはローカルな地震波動方程式と (従来津波計算で用いられている) 浅水長波の方程式の類似性に着目して、新しい方程式を考案している。彼らの提案した方程式は、海面波高が全領域の重力項として現れるいわば遠隔作用的な力源を含んでいるのが特徴で、波高を主パラメーターとする従来の津波シミュレーションとたいへん親和性が良い。今回我々が用いた方程式では、重力項には波高ではなく領域内の各点各点の変位 (計算スキームでは変位速度) をパラメーターとしており、方程式は陸域でも海域でも共通である。また、我々が採用した定式化から自然に津波の効果を含む海中の圧力変動も自然に出てくる。さらに、今回開発したスキームは、津波だけでなく、原理的にはインフラサウンドの計算にも適用可能である。

キーワード: 津波, シミュレーション, カウリング近似, 自己重力効果, 地震波動

Keywords: Tsunami, numerical simulation, Cowling approximation, self-gravitating effect, seismic wave