

A New Calculation Method of Wet/Dry Boundary for Tsunami Inundation

*Masaaki MINAMI¹

1. Japan Meteorological Agency Meteorological Research Institute

1 背景と目的 津波浸水計算では、浸水現象を水が存在するメッシュ(以下wetと表記する)と水が存在しないメッシュ(以下dryと表記する)との境界条件として取り扱うことが一般的である。その境界条件の違いは、浸水計算結果の正確性、計算安定性に大きく影響する。これまでに相田(1977)、岩崎・真野(1979)、Hibberd and Peregrine(1979)などのアルゴリズムが利用され、最近では、岩崎・真野(1979)の方法を改善した小谷ほか(1998)の方法(以下、小谷の方法という)が、研究や防災のための津波数値計算で広く利用されている(例えば、Imamura et al. 2008; 国土交通省 津波浸水想定の設定の手引きVer 2.10 2019)。小谷の方法は、計算精度に優れていることから多くの計算で用いられている。一方、小谷の方法を用いた場合に、遡上先端の計算が不安定になる場合があることも指摘されている(原子力土木委員会 津波評価部会 2007)。この計算不安定は、従来の相田(1977)の方法を用いることで回避可能である(原子力土木委員会 津波評価部会 2007)が、相田(1977)の方法は越流公式を基にした計算条件であり、その計算精度についての検証が充分でない。そこで本研究では、津波数値解析に基づいて、小谷の方法の計算不安定の原因を明らかにするとともに、それを改善して数値解析の安定性を向上させるための手法を提案する。

2 小谷の方法 小谷の方法については以下の通りである。1) wet側の波高がdry側の地盤高がよりも高い場合にのみ遡上計算を行う。(2) wet/dry境界の計算を行う際の全水深Dについて、wet側の波高とdry側の地盤高の差とする。(3) wet/dry境界の計算の移流項の計算の際に、全水深Dがゼロまたはある下限値より小さくなった場合には、その全水深を分母として持つ項のみを省略し移流項の計算を行う。

3 数値解析条件 数値解析においては、津波数値モデルJAGURS (Baba et al. 2015)を用いた。JAGURSでは、上述の小谷の方法が浸水境界条件として実装されている。

4 結果と考察：小谷の方法の数値不安定の原因 数値解析の結果、小谷の方法の数値不安定は、上記2の(2)wet側格子の波高とdry側格子の地盤高の差を全水深Dとしていることが原因であった。これは、通常wet/wet境界では、境界に接する二つのメッシュの全水深の相加平均を境界上での全水深Dとしており(例えばImamura et al. 2006)、これには両方の静水深が情報として入っている。しかしながら、小谷の方法の(2)では全水深Dでは海側(wet側)のメッシュの静水深の情報が抜け落ちており、海側のメッシュの静水深が大きければ大きいほど、wet/dryの境界条件からwet/wetでの計算に変わった際の全水深Dの不連続が大きくなり、その全水深Dの差がfluxを計算する際に大きな差となっていた。つまり、小谷の方法では、wet/dry境界のfluxが過少に評価され、次タイムステップでwet/wet境界に変わったときに、fluxの不連続が大きくなる場合があり、これが計算不安定に繋がっていると考えられる。これは、水深/地盤高の変化が小さい場合、つまりは隣接メッシュ間の水深/地盤高の差が十分小さい場合では問題にならず、水深/地盤高の変化が大きい場合に顕在しやすい。

5 新手法の提案とその性能評価 以上の考察に基づいて、以下の通り、wet/dryの境界条件についての改善を提案する。それは、wet/dry境界で用いる全水深Dについて、小谷の方法の(2)のwet側の波高とdry側の地盤高の差ではなく、wet側の全水深Dとdry側の全水深(dryなので全水深はゼロ)の相加平均、すなわちwet側の全水深Dの1/2を用いる方法である。この方法を用いることによって、wet/wetでの計算との不連続をなくすることができる。この提案手法を、小谷の方法では計算不安定(数値振動)が生じていた状況に適用した結果、数値振動は発生しなくなることを確認できた。