

メタモデルを用いた確率論的津波ハザード解析手法の提案と 南海トラフ地震による津波災害廃棄物量のリスク評価への応用

早稲田大学大学院 学生会員 ○青木 康貴, 石橋 寛樹, 小島 貴之
早稲田大学 正会員 秋山 充良
東北大学 正会員 越村 俊一

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震で確認されたように、災害廃棄物は地域の復旧・復興の妨げとなるため、これを事前に予測し、対策を講じることがレジリエンス強化の観点から重要である。確率論的ハザード解析に基づく災害廃棄物量のリスク評価は、その合理的な処理計画の立案に貴重な情報を与える。例えば、短期的には、災害廃棄物量の期待値に対応できる対策を講じ、順次、発生頻度の小さい災害廃棄物量にも対処できるように対策を高度化するなどである。しかし、確率論的津波ハザード解析は、計算負荷の大きな津波数値解析を多数回行わなければならない、計算コストが過大である。

本稿では、少数の津波数値解析に基づくメタモデルを用いた確率論的津波ハザード解析手法を提案し、南海トラフ地震により生じる津波災害廃棄物量のリスク評価への適用例を示す。

2. メタモデルを用いた確率論的津波ハザード解析

メタモデルを用いた確率論的津波ハザード解析フローを図-1 に示す。平均応力降下量およびすべり角（以降、断層パラメータ）にばらつきを与えることで、断層運動の不確定性を考慮する。一般の津波ハザード解析では、ハザード強度とその発生頻度の関係性を評価するために、計算負荷の大きな津波数値解析を多数回繰り返さなければならない。一方、提案手法では、少数の津波数値解析からメタモデルを作成することで、断層パラメータのあらゆる組み合わせに対する浸水深の変化を予測できるようにし、各津波ハザード強度の計算を効率化する。これにより、特に、極めて低頻度な領域であっても、津波ハザード強度（浸水深）と頻度の関係の評価が可能になり、後述する災害廃棄物量のリスク評価精度を高めることができる。

津波数値解析には非線形長波理論に基づく平面二次元津波解析モデル³⁾を用いる。津波数値解析では、ある断層パラメータに対する津波ハザード強度として、対象地域を 30 m ごとに分割したメッシュ毎の最大浸水深を得る。提案手法では、35 回の津波数値解析のみが必要である。35 回の津波数値解析結果をもとに、図-2 に示されるようなメタモデルをメッシュ毎に作成する。メッシュ毎に得られるメタモデルを用いて、断層パラメータの不確定性を考慮した試行回数 10 万回の繰り返し計算、すなわち、

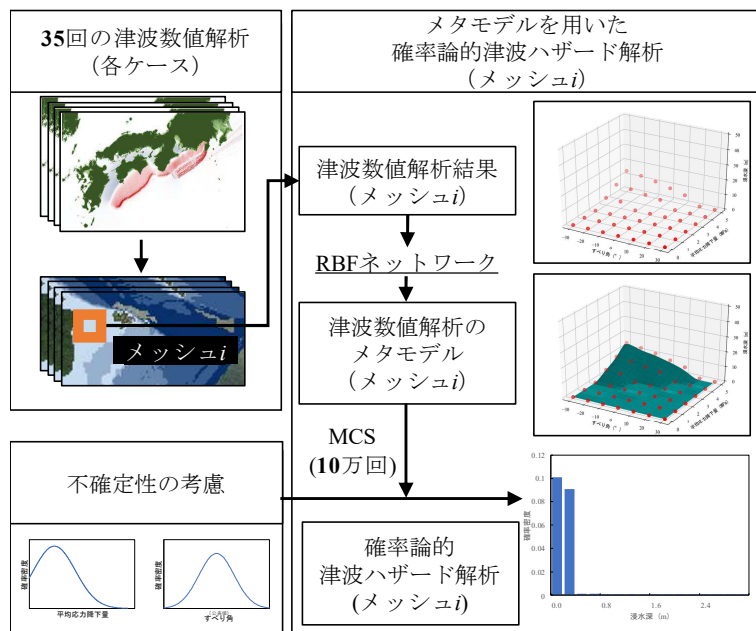


図-1 メタモデルを用いた確率論的津波ハザード解析

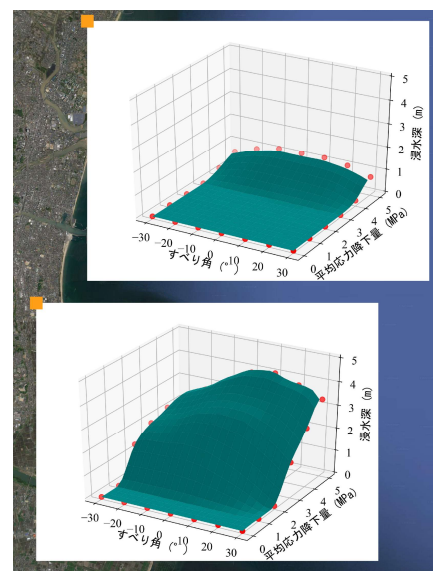


図-2 メタモデルの例

キーワード メタモデル, 確率論的津波ハザード解析, 計算負荷, 南海トラフ地震, 災害廃棄物

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学創造理工学部社会環境工学科 TEL: 03-5286-2694

モンテカルロシミュレーション (MCS)を実施し、メッシュ毎に確率論的津波ハザード曲線を得る。

津波数値解析のメタモデルは、断層パラメータと浸水深の関係を示す曲面であり、計算負荷の大きな津波数値解析を代替する関数である。その関数として、本研究ではRBFネットワークを用いる。津波遡上域では、断層パラメータの組み合わせに応じて津波の到達・未到達の違いが生じるため、断層パラメータに対する浸水深の非線形性が大きい。RBFネットワークは、対象事象の関数をガウス関数の線形和として表現する手法であり、非線形性の高い遡上域のメッシュを含む、面的な確率論的津波ハザード解析のメタモデルとして有効である。

図-2より、メッシュ毎のメタモデルは、その地点の地形条件を反映していることが確認できる。解析対象地域における全てのメッシュのメタモデルをそれぞれ利用することで、遡上域を含む面的な確率論的津波ハザード解析が可能になる。

3. 南海トラフ地震による津波災害廃棄物のリスク評価

提案手法を用いて、三重県全域を対象とした、南海トラフ地震による津波災害廃棄物のリスク評価を行った。津波災害廃棄物のリスク評価フローを図-3に示す。

内閣府・南海トラフの巨大地震モデル検討会（以下、検討会）²⁾が公表している津波断層モデルに基づき、断層パラメータの値にばらつきを与え、断層運動の不確定性を考慮した。本研究では、大すべり域の位置がそれぞれ異なる計15ケースの津波断層モデルを想定し、各ケースに対してメタモデルを作成した。MCSに基づき生成された多数の断層パラメータを各メッシュのメタモデルに代入することで、確率論的津波ハザード曲線を得ている。なお、津波を生じさせる南海トラフ地震の発生確率は1.0とし、各津波断層モデルの発生確率は互いに等しいとした。津波フラジリティ曲線および原単位は、復興調査支援アーカイブのデータ⁴⁾を基に推定した。

図-4に、三重県を災害廃棄物処理の地域区分⁵⁾で分類した津波災害廃棄物の各リスクカーブを示す。図-4より、伊勢志摩地域、東紀州地域、中勢地域、北勢地域の順に災害廃棄物が多くなる傾向が確認された。中勢地域では、超過確率が非常に小さい場合、浸水地域に位置する構造物数が多くなるため、東紀州地域を上回る災害廃棄物が生じることが予想される。

4. まとめ

メタモデルを用いた遡上域を含む面的な確率論的津波ハザード解析手法を提案した。また、津波災害廃棄物のリスク評価に適用することで、その有用性を確認した。提案手法は、少数の津波数値計算で、地域の地形条件を反映しながら、低頻度のリスクを評価することができる。今後は、工学的観点から、メタモデルの基になる津波数値解析の回数とメタモデルの妥当性の関係を定量的に整理していきたい。

参考文献

- 1) Ramu, M. and Prabhu, R.V.: Metamodel Based Analysis and its Applications: A Review, *Acta Technica corviniensis-Bulletin of Engineering*, Vol.Tome VI, No.Fascicule 2, pp.25-34, 2013. 2) 内閣府：南海トラフの巨大地震モデル検討会，2015. 3) Goto, C., Ogawa, Y., Shuto, N. and Imamura, F.: Numerical method of tsunami simulation with the leap-frog scheme, *IUGG/IOC Time Project*, 1997. 4) 国土交通省都市局：復興支援調査アーカイブ (<http://fukkou.csis.u-tokyo.ac.jp/>，アクセス日：2019年7月5日)． 5) 三重県：三重県災害廃棄物処理計画，2015.

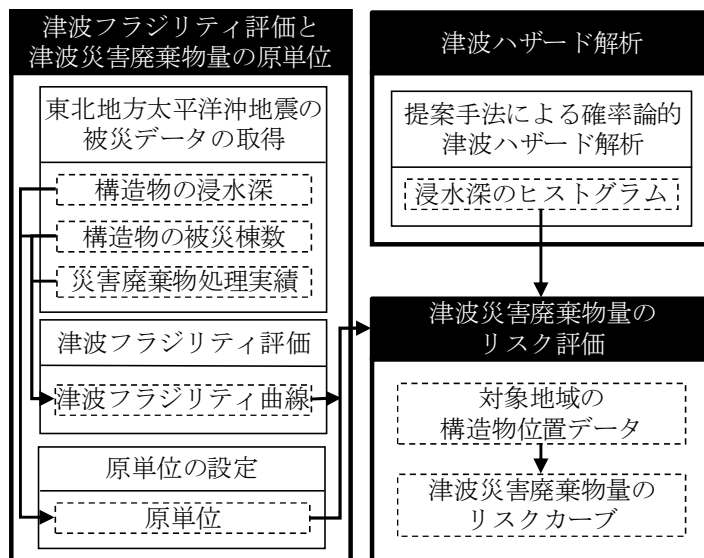


図-3 津波災害廃棄物のリスク評価フロー

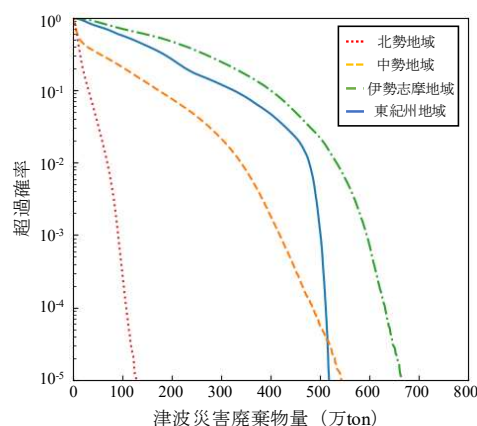


図-4 津波災害廃棄物のリスクカーブ