

新潟地震時の津波による浸水の特徴抽出と考察

新潟大学大学院自然科学研究科環境科学専攻社会基盤系 学生会員 ○渡辺勇次
東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 正会員 大竹雄
新潟大学工学部工学科社会基盤工学プログラム 正会員 中村亮太

1. 研究背景

近年、津波の数値計算に関する研究は高度に発展しており、数値計算結果による精度の高い評価や予測が可能になってきた。また、津波の断層モデルに基づく津波予測の不確実性も指摘されている¹⁾。例えば、熊倉ら²⁾の研究では、新潟地震を対象として4ケースの断層モデルとすべり量の不確実性を考慮して、新潟都市部の現在の地形における津波の危険度を評価した。そこでは、断層モデルの不確実性による数値予測結果の差異にともなう津波の浸水被害の危険度の変化の度合いについて、定量的に評価されている。この研究では、津波による数値シミュレーションには数値計算モデル COMCOT が用いられている。しかし、高度な数値解析に関しては、計算コストが問題になることが多い。つまり、数値計算モデルを用いて不確実性を考慮した解析を行うことは効率的であるとはいえない。

2. 研究目的

以上の研究背景を踏まえて本研究では、津波による浸水を構成する主要な特徴に関する情報を用いて、低い計算コストで数値計算モデルを用いた数値予測結果と同等の解を得ることを目的としている。

統計モデルとして用いるのは、渡邊ら³⁾が構築した固有値直行分解 (POD) を用いた。この方法は、抽出された特徴のうち、主要なモードに関する観測情報のみを用いることで、逆解析論をベースとした代替モデルの構築を目的としている。

この代替モデルは POD モードに関連するパラメータを推定して、低コストで数値計算と同等の解析を行う事ができる手法である。このモデルを用いることで、不確実性と津波による浸水共通の特徴を考慮しつつ、陸域における浸水の評価できると考えている。そのため、本研究ではまず、PODを用いて陸域における浸水に関する主要な特徴 (固有モード) を抽出した。

3. 研究方法

本研究で用いる津波の水位データについては、熊倉らによる津波解析モデル COMCOT を用いた4ケースの断層モデル (Abe⁴⁾, Satake・Abe⁵⁾, 松橋ら⁶⁾, 岩渕ら⁷⁾) を用いた場合の津波数値計算で得られた、新潟市海岸付近の時系列水位データを用いた。

このようにして数値計算で得られた時系列水位データに対して、特異値分解(SVD)を用いた POD を適用した。ここで、POD とは、Chatterjee ら⁸⁾によっても紹介されている理論である。時系列データから特徴を持つ固有モードを抽出する分析手法の一つであるため、空間的な現象を解釈できる。

また、本研究で扱う、特異値分解(SVD)を用いた POD の方法論については渡邊らの研究で用いられたものと同じ理論を用いている。この方法に抽出された左特異ベクトルである POD モードと、右特異ベクトルである各時刻補正係数、寄与率に着目し、考察を行った。

4. 研究結果

本解析では、熊倉らの研究に基づく4断層モデルを用いた津波の数値計算結果に対してモード分解を適用することで、POD モードを抽出した。解析結果を図-1、図-2、図-3 に示す。図-1 は特異値分解により得られた左特異ベクトルであり、POD モードを表している。この図から、海域の要素に大きな影響を受けた特徴が抽出されており陸域における浸水の特徴の解釈は難しい。また、岩渕らの断層モデルについては、陸域にも特徴が見られた。

次に、図-2 は、抽出された主要な POD モードの各時刻補正係数をプロットしたものである。この図から、海域の要素に大きく影響を受けているため、浸水の特徴に関する解釈が難しい。しかし、断層モデル毎の異質

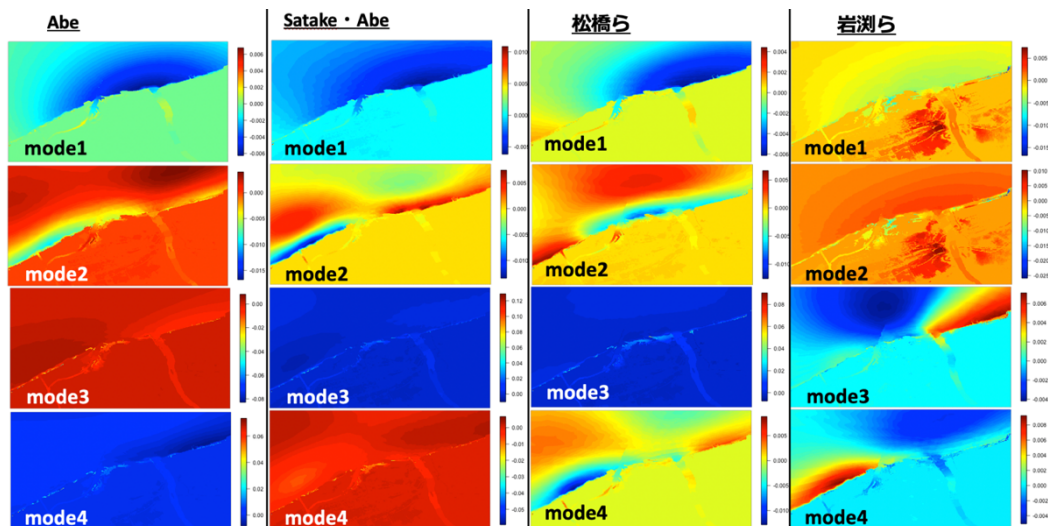


図-1 各断層モデルの POD モード(mode1 から mode4)

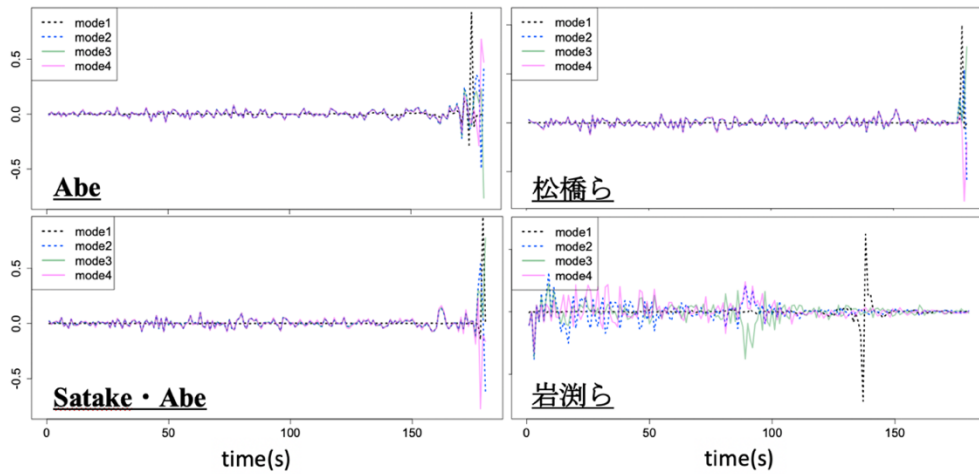


図-2 各断層モデルに関する POD モードの各時刻補正係数(mode1 から mode4)

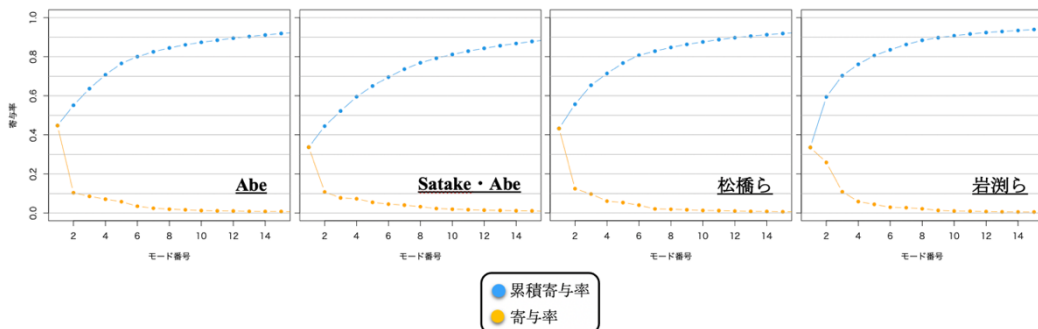


図-3 各断層モデルに関する POD モードの寄与率

性が異なる特徴として表現されている可能性がある。

図-3 については、COMCOT を用いた数値計算により得られた水位データに対する、POD モードの寄与率と累積寄与率を示したものである。Abe のモデルでは、モード1のみで、0.4 を超えおり、モード1 の値が最も大きいことが分かった。また、岩渕らのモデルでは、モード番号5で累積寄与率が80%に達しており、用いた断層モデルによる津波によって異なる値を示すことが分かった。

5. 結論

本研究で用いた数値計算結果を再構築する際には、10 個のモードのみを扱うことで、90%近くの再現性が保証される事が示唆された。これは、津波が線形的に分解しやすい現象であるということになる。また、各断層モデル共通の特徴についても解釈ができなかったが、断層モデルそれぞれに固有の特徴が見られた。特に岩渕らのモデルに関しては他のモデルとは大きく異なる異質性があると考えられる。

本研究では、海域のデータを含んだ状態で POD を適用したため、全体的に海域データの要素の影響を大きく受けた結果とな

ってしまった。そのため、新潟地震津波の陸域における浸水の特徴について上手く考察することができなかった。従って今後は、海域データを省き、陸域のみのデータを対象として、POD を適用する必要性があると考えている。

参考文献

- 1) 外里健太, 小谷拓磨, 波多野僚: 数値解析結果の空間モード分解による津波のリスク評価, 日本計算工学会論文集, 2020.
- 2) 熊倉僚也, 中村亮太, 大泉洗太: 新潟地震を用いた新潟都市部における不確実性を考慮した津波危険度の評価, 2020.
- 3) 渡邊慎也, 大竹雄, 茂野恭平: データ駆動型性能評価法の開発へ向けた基礎研究, 新潟大学大学院 博士前期課程学位論文, 2019.
- 4) Abe, K.: Re-examination of the fault model for the Niigata earthquake of June 16, 1964, *J. phys. Earth*, Vol.23, pp.349-336, .
- 5) Satake, K. and Abe, K.: A fault model for the Niigata, japan, earthquake of June 16, 1964, *J. Phys. Earth*, Vol.31, pp.217-223, 1983.
- 6) 松橋ゆかり, 油川健, 佐藤裕, 964 年新潟地震津波に伴う地殻水平変動と断層モデル, 地震第 2 輯, Vol.40, No.4, pp.619-662, 1987.
- 7) 岩渕洋子, 今村文彦, 越村俊一, 1964 年新潟地震津波に見る港湾域での複合災害の実態と今後の課題, 海岸工学論文集, Vol.53, pp.1326-1330, 2006.
- 8) Anindya Chatterjee: An introduction to the proper orthogonal decomposition, *CURRENT SCIENCE*, Vol. 78, No. 7, 10 APRIL. 2000.