

ニューラルネットワークを使った災害イベント堆積物の逆解析 Inverse Analysis of Deposits of Geohazard Events by Artificial Neural Network

○成瀬 元・福田壮二郎・Rimali Mitra

○Hajime NARUSE, Sojiro FUKUDA, Rimali MITRA

This study aims to establish a methodology to estimate paleo-hydraulic conditions from deposits of geohazard events such as tsunami deposits or turbidites by using artificial neural network. In this method, numerical simulation was repeated under various initial conditions, producing a data set of thickness and grain-size distribution of event deposits. Then, this synthetic data set is used for supervised training of a deep-learning neural network (DNN). After training, DNN can output initial conditions of past flows only from characteristics of ancient deposits. Here we applied the methodology to ancient turbidites and modern tsunami deposits, suggesting that our method is superior in its precision and versatility.

近年になって、低頻度・高リスク災害イベントである津波の災害リスクを地質記録から見積もる方法が確立されつつある。陸上に分布する津波堆積物は、過去の津波の来襲頻度を知るための有力な手掛かりとなりつつある(高清水康博, 2017)。また、2011年東北地方太平洋沖地震津波の記録から、巨大津波が深海底に混濁流(乱泥流)を発生させ、広範囲にタービダイト(混濁流堆積物)を堆積させることが明らかになった(Arai et al., 2013)。陸上と異なり深海底は安定した堆積環境であるため、津波起源のタービダイトは巨大地震発生履歴の長期記録となりうるのではないかと注目されている。

しかしながら、災害イベント堆積物の研究が防災・減災のための取り組みに貢献するためには、イベントの発生の有無だけでなく、その規模も読み取ることができなければならない。ある地域において過去に高頻度で津波が襲来したことが分かったとしても、それらが最大浸水深 50 cm のものばかりであればさほどの問題とはならないが、5 m であれば重大な災害リスクである。すなわち、今イベント堆積物研究に求められているのは、過去の災害規模の定量的な復元である。

しかしながら、津波堆積物やタービダイトから過去の流れの流速や水深を読みとる手法は未だに確立されていない。津波や混濁流による土砂の運搬作用を解くフォワードモデルは計算機への負荷が大きく、通常最適化手法を用いた逆解析の実施は困難である。

そこで、講演者らは、ニューラルネットワークを用いた新しいイベント堆積物の逆解析手法の確立を目指している。この手法では、まず様々な初期条件・境界条件の下で数値計算を繰り返し実施し、それぞれの初期条件における堆積層の厚さや粒度の分布をあらかじめ求める。次に、このイベント堆積物の人工データをトレーニングデータとして深層学習ニューラルネットワーク(DNN)による教師あり学習を行う。各座標におけるイベント堆積物の粒度ごとの堆積量をニューラルネットワークの入力ノードに与えると、出力ノードからはモデルの初期条件・境界条件(最大浸水深・流速など)が出力されることを期待するのである。この機会学習が成功すれば、得られるDNNは汎用の逆解析モデルとして実際の堆積物にも応用することができる。すなわち、本研究の手法は堆積物とモデル初期条件の間の経験的な関係をDNNで発見し、それを過去の災害イベントの復元に利用しようとするものである。

本講演では、学習済みのDNNをタービダイトおよび津波堆積物に応用した例を紹介する。まず、DNN逆解析を更新統上総層群大田代層のタービダイトに応用した。大田代層は火山灰鍵を豊富に含むため、タービダイトの単層を30 km以上にわたって追跡することができる。まず、あるタービダイト単層の層厚分布・粒度分布を測定した。次に、1次元浅水方程式に基づく混濁流モデルをフォワードモデルとしてDNNの機械学習を行い、その後実際の堆積物のデータを学習済みDNNにかけた

ところ、混濁流の初期条件が出力された。そして、得られた条件を用いて改めて数値計算を行った結果、実際のタービダイトの特徴がよく再現されることが明らかになった。このモデル計算の結果を過去の流れの条件とみなすならば、かつての房総半島の海底扇状地では4-7 m/s の流速で混濁流が流れていたことが推定される。

次に、予察的ではあるが、2011年東北地方太平洋沖地震津波の堆積物に対して応用した例も紹介する。堆積物のデータは仙台平野の4000 mにおよぶ測線上から得られたものである。この地域では津波の最大浸水深が現地測量から測定されており、さらに流速もヘリコプターからのビデオ映像より推定されている。ここでは、フォワードモデルとして1次元浅水方程式に基づく津波堆積物形成モデルFITNUSS (Naruse & Abe, 2017)を採用し、DNN逆解析を堆積物のデータに対して行ったところ、実際の測定データに近い流速・新水深を得ることができた。

DNN逆解析が過去のタービダイト・津波堆積物に対して妥当な結果を出したということは、本研究の手法がフォワードモデルの種類にかかわらず汎用的に用いられることを表している。今後は、フォワードモデルを高度化し、より複雑な地形の

下でも適用可能な逆解析モデルの構築を目指す予定である。

引用文献

- Arai, K., Naruse, H., Miura, R., Kawamura, K., Hino, R., Ito, Y., . . . Kasaya, T. (2013). Tsunami-generated turbidity current of the 2011 Tohoku-Oki earthquake. *Geology*, 41(11), 1195-1198. doi:10.1130/g34777.1
- Naruse, H., & Abe, T. (2017). Inverse Tsunami Flow Modeling Including Nonequilibrium Sediment Transport, With Application to Deposits From the 2011 Tohoku - Oki Tsunami. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 122(11), 2159-2182.
- 高清水康博. (2017). 北海道太平洋岸の津波堆積物研究: 北方四島の津波堆積物と北海道西部太平洋側の断層モデルの検討 (125周年記念特集 日本の古津波). *地質学雑誌*, 123(10), 805-817.