

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H01985

研究課題名（和文）タービダイトは地震・津波を記録するのか？：深層学習逆解析による解明

研究課題名（英文）Do turbidites provide a record of earthquakes and tsunamis? Examination by inverse analysis using deep learning neural network

研究代表者

成瀬 元（Naruse, Hajime）

京都大学・理学研究科・准教授

研究者番号：40362438

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、深層学習ニューラルネットワーク（DNN）を用いて、タービダイト（混濁流堆積物）を逆解析し、地震や津波による混濁流の特性を明らかにすることを目的としている。まず、1次元および2次元モデルで手法の妥当性を検証し、その結果を学術論文として発表した。次に、房総半島や日本海溝でのフィールド調査を通じてデータを収集し、逆解析を行った。これにより、過去の混濁流は現世のものに比べて土砂流量が圧倒的に大きいことが示された。結果として、タービダイトは大規模イベントに起因する堆積物である可能性が高まり、日本海溝の津波タービダイトが過去の巨大地震の指標となることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、悲惨な地質災害の防災・減災へ向けて、まったく新しい手段を創造した。例えば、タービダイトからその起源となった巨大津波の規模推定を行い、その解析結果を津波対策構造物の設計に役立てることも可能である。学術的な観点から見ると、本研究の手法が汎用性を持っていることが重要である。地質学は本質的には復元の科学であり、多くの場面で逆解析が必要となる。本研究がイベント堆積物の逆解析手法を確立したことにより、例えば層序断面から海水準変動を復元するシーケンス層序学など、さまざまな分野への波及効果が期待できる。

研究成果の概要（英文）：This study aims to characterize the characteristics of turbidite currents induced by earthquakes and tsunamis by inverse analysis of turbidites using a deep learning neural network (DNN). First, we validated the method with 1-D and 2-D models by both flume and numerical experiments. Next, data were collected through field surveys in the Boso Peninsula and the Japan Trench, and inverse analyses were conducted. The results showed that past turbidity currents had overwhelmingly larger sediment discharge than those measured in present-day. Thus, the possibility that turbidites in geologic records are consequences resulting from large-scale events was increased, suggesting that turbidites in the Japan Trench may indicate past mega-earthquakes.

研究分野：堆積学

キーワード：巨大津波 巨大地震 イベント堆積物 機械学習 堆積プロセス

1. 研究開始当初の背景

深海底で発生する混濁流は、堆積物を長距離にわたって運搬し、広範囲に特徴的な堆積層を残す。申請者らの研究により、巨大津波によって引き起こされた混濁流が深海底にタービダイト（混濁流堆積物）を堆積させることが発見された[1]。深海堆積物は陸上に比べて保存可能性が高いため、タービダイトからは過去数万年にわたる災害の再来周期を求められるものと期待されている。そのため、国際深海掘削計画（IODP）は2020年に日本海溝において18か所の掘削を行うことを決定した。この航海は、地震津波起源タービダイトから巨大地震発生頻度を推定することを目的としている。

ところが、近年になって、現世の海底谷では混濁流が地震以外の原因で頻繁に発生していることが明らかになった[2]。カリフォルニア州沖では18ヵ月に15回、コンゴ沖では1年間に6回もの混濁流が観測されている。しかし、これらの混濁流は地震とは関係がなく、嵐や洪水に伴って発生したものである。この結果は、タービダイトを巨大地震の指標として用いることに大きな疑問を投げかけている。

一方、露頭やコアでのタービダイト研究から得られた知見と現地観測の結果には矛盾が生じている。例えば、南海トラフや房総の前弧海盆堆積物などの地質記録では、およそ500~1000年に一回程度の頻度でしかタービダイトは堆積していない。現世で観測されているような年に数回発生する混濁流はほとんど堆積物を残さず、数百年に一回起こる巨大規模の地震・津波起源混濁流のみがタービダイトを残しているのかもしれない。実際、コンゴ沖で観測された現世の混濁流の堆積物濃度は0.17%と極めて希薄であり、流速も1.0~2.4 m/sとあまり高速ではない。このような希薄な混濁流では、流れが生じても認識可能なタービダイトは保存されない可能性がある。そうだとすれば、やはり地層中のタービダイトは地震発生記録として用いることができることになる。

それでは、実際に地層に残されているタービダイトはどちらの要因で形成されたものなのか。定量的な手法によって、地震性タービダイトを他のタービダイトから区別することはできるのか。これが、本研究が答えるべき「問い」である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、以下の2点である：

2011年東北沖混濁流の流速・濃度をタービダイトから逆解析によって推定し、現世の観測結果と比較すること。この混濁流は、海底圧力計などによる観測結果から地震・津波によって発生したことが明確である。この地震・津波起源混濁流の規模・濃度が現世の観測結果をはるかに上回るならば、地震・津波性タービダイトは嵐・洪水性タービダイトと区別が可能ということになる。

房総半島の前弧海盆堆積物の砂層を逆解析し、実際に地層中で数百年に一回の頻度で堆積しているタービダイトがどのような流速・濃度の流れから堆積しているかを明らかにする。地層の解析結果を現世の嵐起源・地震起源の混濁流と比較することで、地層中のタービダイトが主としてどのタイプの流れからの堆積しているかを明らかにする。

3. 研究の方法

この問題を解決するために、タービダイトから混濁流の流速などを復元する手法が必要である。そこで、応募者は深層学習ニューラルネットワーク (DNN) を応用した新しい手法を考案した (図 1)。日本海溝のような複雑な地形を流れる混濁流を取り扱うには、混濁流の 2 次元水平モデルを用いた逆解析が必要である。そこで、本研究では新しい 2 次元モデルの開発にも取り組んだ。これらの手法の解析結果を確実なものとするためには、水槽実験による手法の検証も必要である。

本研究で用いる逆解析手法の手順は以下の通りである (図 1)。まず、モデル計算を繰り返す。あらかじめ様々な初期条件 (一様乱数で生成) の下でフォワードモデルによる数値計算を繰り返しておき、初期条件とそれに対応して形成されるイベント堆積物の層厚・粒度分布のデータの組み合わせを作成する。これが次のステップでの学習データ (トレーニングデータ) となる。次に、機械学習を行う。DNN の入力ノードにイベント堆積物のデータ (粒度・層厚分布) を与え、出力ノードからは正解となるモデル初期条件が出力されるように DNN の重み係数を最適化する。この機械学習が成功すれば、イベント堆積物の逆解析が可能になる。DNN の入力ノードに対して未知のイベント堆積物の特徴値を入力すると、それを堆積させたイベントの水利条件がただちに出力されるようになる (図 1)。

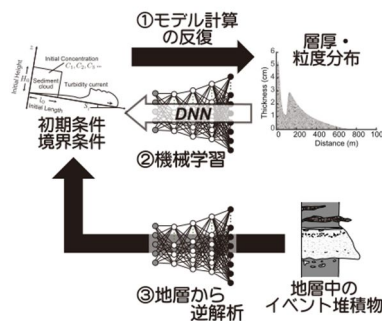


図 1: DNN による逆解析法の概要.

要するに、本研究の手法は、DNN によって堆積物と流れの初期条件との一般的な関係をあらかじめ「発見」しておき、その関係を利用して逆解析を行うものである。この際、学習データの計算は完全に並列で行うことができる。また、DNN の学習時間は、GPGPU を利用すれば十分に許容可能な時間 (<1 日) で終了可能である。そして、いったん機械学習が済んでしまえば、DNN による逆解析は瞬時に終了する。数百におよぶ堆積層を解析することも容易であるし、解析を短時間で繰り返すことができるため、ジャックナイフ法などによる逆解析結果の信頼区間推定も可能である。したがって、本研究のアプローチは革新的であるのみならず、実用的である。

本研究は、応募者が考案したこの DNN 逆解析法を 2 次元水平混濁流モデルに対して実装し、堆積物から過去の流れの規模を推定する。本研究では、まず (I) イベント堆積物の逆解析を行う DNN を実装する。次に、(II) 水槽実験によって本研究の逆解析手法の妥当性を検証する。これと並行し、(III) 2020 年に実施される日本海溝掘削航海 (IODP Exp. 386) で採取されるコア試料と更新統大田代層のタービダイトの地質調査を行い、これらのデータ

から混濁流の流速・堆積物濃度の復元を試みる。

4. 研究成果

まず、本研究では実際に混濁流に対して使用した場合の手法的妥当性を 1 次元モデルによる数値実験で検証し、天然の露頭条件でも混濁流の水理条件が復元できることを示した。この成果は *Earth Surface Dynamics* 誌に掲載済みである [3]。さらに、水槽実験による逆解析モデルの検証も行った。1 次元モデルの水槽実験による逆解析手法の検証は完了し、ニューラルネットワークによる実験堆積物の逆解析結果が実験で観測された水理条件をよく再現することが明らかになった。この結果は *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 誌に掲載済みである [4]。

さらに、これらの成果に加えて、水平 2 次元の混濁流フォワードモデルの開発を行った。このモデルは、浮遊砂による密度成層効果が流れの乱流運動エネルギーに与える影響を考慮しており、さらに混合粒径の堆積物を取り扱えるように既存のモデルを拡張している。移流項の数値解法としては CIP 法を用いており、実装は Python によって行った。結果として、高精度かつ安定した計算を可能とするモデルの開発に成功し、GitHub にてオープンソースソフトウェアとして公開した [5]。このモデルを使って海底谷の中を流れる混濁流の挙動を再現したところ、実際の混濁流が形成するベッドフォーム「サイクリックステップ」を再現することに成功した。このことは、本研究のフォワードモデルの妥当性を示唆している。さらに、水槽実験により本モデルの精度を検証し、実際の流れをよく再現するモデルであることを確認した [6]。また、複雑な地形を流下した混濁流の逆解析が十分に可能であるかどうかに関して数値実験を行い、その精度が十分であることを検証した。

最終的に、本研究のモデルを用いて地層中のイベント堆積物(タービダイト)を堆積させた混濁流の水理条件の逆解析を行った。この際に、逆解析を行うモデルを拡張し、モンテカルロドロップアウト法によって実装したベイズニューラルネットワークを採用することで、逆解析の不確実性も定量化することに成功した。房総半島に分布する安房層群および上総層群の野外調査を行い、得られたデータに基づいてタービダイトの逆解析を行ったところ、実際の地層中に保存されたタービダイトの堆積条件が復元された。その結果、現世の Monterey Canyon などで観測されている混濁流などと比較すると、過去の堆積盆にタービダイトを堆積させるような混濁流は流速・濃度・土砂流量という点で圧倒的に大規模な流れであることが推定された [7]。したがって、地層中のタービダイトはごく平均的な嵐や小規模な斜面崩壊のようなイベントではなく、millennial scale の大規模イベントに起因する堆積物である可能性が高まったのだ。これらの結果を踏まえると、今後、日本海溝の津波タービダイトは、過去の巨大地震イベントの重要な指標になることが示唆される。本研究は、実際の日本海溝の地形データを用いて数値実験を行い、このようなタービダイト逆解析が実現可能であることも明らかにした [8]。

引用文献

[1] Arai, K., Naruse, H., Miura, R., Kawamura, K., Hino, R., Ito, Y., ... & Kasaya, T. (2013). Tsunami-generated turbidity current of the 2011 Tohoku-0ki earthquake. *Geology*, 41(11), 1195-1198.

- [2] Paull, C. K., Talling, P. J., Maier, K. L., Parsons, D., Xu, J., Caress, D. W., ... & Cartigny, M. J. (2018). Powerful turbidity currents driven by dense basal layers. *Nature communications*, 9(1), 4114.
- [3] Naruse, H., & Nakao, K. (2021). Inverse modeling of turbidity currents using an artificial neural network approach: verification for field application. *Earth Surface Dynamics*, 9(5), 1091-1109.
- [4] Cai, Z., & Naruse, H. (2021). Inverse analysis of experimental scale turbidity currents using deep learning neural networks. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 126(8), e2021JF006276.
- [5] 成瀬元. (2020). オープンソースソフトウェア turb2d による混濁流シミュレーション. *堆積学研究*, 78(2), 54-54.
- [6] Fujishima, S., & Naruse, H. (2023). Verification of a DNN-based Inverse Model for 2-D Turbidity Currents Using Results of Flume Experiments. AGU23.
- [7] Naruse, H., & Fukuda, S. (2023). Reconstruction of paleohydraulic conditions of turbidity currents from geologic records considering uncertainties: inverse analysis of turbidites using Bayesian neural network. AGU23.
- [8] Cai, Zhirong (2022) Reconstructing the Behavior of Turbidity Currents From Turbidites-Reference to Anno Formation and Japan Trench. 京都大学博士学位論文, 10.14989/doctor.k24174

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 25件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Harisma Harisma, Niki Sota, Hirata Takafumi, Naruse Hajime	4. 巻 14
2. 論文標題 Cretaceous to early Paleogene sediment provenance transition from continental to magmatic arc systems in the Northwestern Pacific Region	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-024-55471-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Mitra Rimali, Naruse Hajime, Abe Tomoya	4. 巻 24
2. 論文標題 Understanding flow characteristics from tsunami deposits at Odaka, Joban Coast, using a deep neural network (DNN) inverse model	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Natural Hazards and Earth System Sciences	6. 最初と最後の頁 429 ~ 444
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/nhess-24-429-2024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Kikuchi Kazuki, Naruse Hajime	4. 巻 461
2. 論文標題 Abundance of trace fossil Phycosiphon incertum in core sections measured using a convolutional neural network	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 106570 ~ 106570
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sedgeo.2023.106570	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kato Taichi, Yamada Masaki, Naruse Hajime, Sakai Yuichi	4. 巻 93
2. 論文標題 Flume experiments in the development of crevasse-splay deposits: transition from asymmetric to symmetric geometry	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Sedimentary Research	6. 最初と最後の頁 825 ~ 839
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2110/jsr.2023.029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ohata Koji, Naruse Hajime, Izumi Norihiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Linear-stability analysis of plane beds under flows with suspended loads	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Earth Surface Dynamics	6. 最初と最後の頁 961 ~ 977
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/esurf-11-961-2023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Naruse Hajime	4. 巻 129
2. 論文標題 Understanding sedimentation, erosion, and geomorphological development of alluvial rivers through model experiments	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of the Geological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 441 ~ 452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2023.0012	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamada Masaki, Naruse Hajime, Kuroda Yugo, Kato Taichi, Matsuda Yuhei, Shinozaki Tetsuya, Tokiwa Tetsuya	4. 巻 119
2. 論文標題 Features of crevasse splay deposits and sedimentary processes associated with levee breaching due to the October 2019 flood of the Chikuma River, Central Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Natural Hazards	6. 最初と最後の頁 95 ~ 124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11069-023-06122-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Popeschi Justine, Nakata Kazushi, Naruse Hajime	4. 巻 70
2. 論文標題 Conditions of submarine leveed channel inception: Examination by flume experiments	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sedimentology	6. 最初と最後の頁 2175 ~ 2195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sed.13117	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Fukuda Sojiro, de Vet Marijke G. W., Skevington Edward W. G., Bastianon Elena, Fernandez Roberto, Wu Xuxu, McCaffrey William D., Naruse Hajime, Parsons Daniel R., Dorrell Robert M.	4. 巻 14
2. 論文標題 Inadequacy of fluvial energetics for describing gravity current autosuspension	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-023-37724-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ono Kenya, Naruse Hajime, Yao Qifeng, Cai Zhirong, Fukuda Sojiro, Yokokawa Miwa	4. 巻 93
2. 論文標題 Multiple scours and upward fining caused by hydraulic jumps: implications for the recognition of cyclic steps in the deepwater stratigraphic record	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Sedimentary Research	6. 最初と最後の頁 243 ~ 255
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2110/jsr.2021.142	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakanishi Ryo, Ashi Juichiro, Aizawa Masataka, Naruse Hajime	4. 巻 447
2. 論文標題 Application of mineralogy and geochemistry to identify the landward extent of paleo-tsunami deposits not visible to the naked eye in the coastal wetland of Erimo, Hokkaido, Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 106365 ~ 106365
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sedgeo.2023.106365	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakanishi Ryo, Ashi Juichiro, Aizawa Masataka, Naruse Hajime	4. 巻 447
2. 論文標題 Application of mineralogy and geochemistry to identify the landward extent of paleo-tsunami deposits not visible to the naked eye in the coastal wetland of Erimo, Hokkaido, Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 106365 ~ 106365
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sedgeo.2023.106365	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ohata Koji, de Cala Isabel, Dorrell Robert M., Naruse Hajime, McLelland Stuart J., Simmons Stephen M., McCaffrey William D.	4. 巻 9
2. 論文標題 Density stratification controls the bedform phase diagram of saline gravity currents versus open channel flows	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sedimentology	6. 最初と最後の頁 1-27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sed.13075	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ohata Koji, Naruse Hajime, Izumi Norihiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Upper and lower plane bed definitions revised	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 23-35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-022-00481-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Harisma H., Naruse H., Asanuma H., Hirata T.	4. 巻 41
2. 論文標題 The Origin of the Paleo Kuril Arc, NE Japan: Sediment Provenance Change and Its Implications for Plate Configuration in the NW Pacific Region Since the Late Cretaceous	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Tectonics	6. 最初と最後の頁 e2022TC007299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022tc007299	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kikuchi Kazuki, Naruse Hajime	4. 巻 26
2. 論文標題 Morphological Function of Trace Fossil Paleodictyon: an Approach from Fluid Simulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Paleontological Research	6. 最初と最後の頁 378-389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2517/pr210001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nifuku Ko, Naruse Hajime, Ikehara Minoru	4. 巻 55
2. 論文標題 High-resolution upper Maastrichtian carbon isotope stratigraphy of terrestrial organic matter from northern Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Newsletters on Stratigraphy	6. 最初と最後の頁 137 ~ 157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1127/nos/2021/0652	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Naruse Hajime, Nakao Kento	4. 巻 9
2. 論文標題 Inverse modeling of turbidity currents using an artificial neural network approach: verification for field application	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth Surface Dynamics	6. 最初と最後の頁 1091 ~ 1109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/esurf-9-1091-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Cai Zhirong, Naruse Hajime	4. 巻 126
2. 論文標題 Inverse Analysis of Experimental Scale Turbidity Currents Using Deep Learning Neural Networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Earth Surface	6. 最初と最後の頁 e2021JF006276
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021jf006276	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mitra Rimali, Naruse Hajime, Fujino Shigehiro	4. 巻 21
2. 論文標題 Reconstruction of flow conditions from 2004 Indian Ocean tsunami deposits at the Phra Thong island using a deep neural network inverse model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Natural Hazards and Earth System Sciences	6. 最初と最後の頁 1667 ~ 1683
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/nhess-21-1667-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mitra Rimali, Naruse Hajime, Fujino Shigehiro	4. 巻 0
2. 論文標題 Reconstruction of flow conditions from 2004 Indian Ocean tsunamideposits at the Phra Thong island using a deep neural networkinverse model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Natural Hazards and Earth System Sciences	6. 最初と最後の頁 1-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/nhess-2020-373	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fukuda Sojiro, Naruse Hajime	4. 巻 90
2. 論文標題 Shape difference of mud clasts depending on depositional facies: application of newly modified elliptic Fourier analysis to hybrid event beds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Sedimentary Research	6. 最初と最後の頁 1410 ~ 1435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2110/jsr.2020.67	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 de Cala Isabel, Ohata Koji, Dorrell Robert, Naruse Hajime, Patacci Marco, Amy Lawrence A., Simmons Steve, McLelland Stuart J., McCaffrey William D.	4. 巻 8
2. 論文標題 Relating the Flow Processes and Bedforms of Steady-State and Waning Density Currents	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 535743
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2020.535743	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Mitra Rimali, Naruse Hajime, Abe Tomoya	4. 巻 125
2. 論文標題 Estimation of Tsunami Characteristics from Deposits: Inverse Modeling Using a Deep Learning Neural Network	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Earth Surface	6. 最初と最後の頁 e2020JF005583
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JF005583	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sasaki Hana, Sasaki Yasunori, Saito-Kato Megumi, Naruse Hajime, Ishihara Yoshiro	4. 巻 90
2. 論文標題 Bed-thickness frequency distributions and recurrence intervals of sediment-gravity-flow deposits intercalated in lacustrine varved diatomite: examples from the middle Pleistocene Hiruzenbara Formation, southwest Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Sedimentary Research	6. 最初と最後の頁 561 - 572
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2110/jsr.2020.28	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Hajime Naruse
2. 発表標題 Reconstruction of paleohydraulic conditions of turbidity currents from geologic records considering uncertainties: inverse analysis of turbidites using Bayesian neural network
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 成瀬 元, Buburanda Harisma, 平田 岳史, 仁木 創太
2. 発表標題 古第三紀における古千島弧での碎屑物供給源変化と海嶺沈み込み: 碎屑性ジルコン年代分布のBayesian population correlation 解析
3. 学会等名 日本地質学会第130年学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 成瀬 元, 山田 昌樹, 酒井 祐一
2. 発表標題 河川と混濁流のつくるクレバススプレイ堆積物の違い: 数値実験による検討
3. 学会等名 日本地質学会第130年学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 成瀬 元
2. 発表標題 機械学習の堆積学への応用：露頭とモデルをつなぐ
3. 学会等名 石油技術協会春季講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 成瀬 元, 山田 昌樹, 加藤 汰一
2. 発表標題 クレバススプレイ地形の発達過程の実験的検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 成瀬 元
2. 発表標題 海底の土砂動態：浮遊砂輸送モデリングの課題
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 成瀬 元
2. 発表標題 生物攪拌が地質記録に与える影響の除去：格子オートマトン-逆置み込み法
3. 学会等名 日本堆積学会2023年大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hajime Naruse
2. 発表標題 Filtering effect to the scale of turbidity currents in submarine canyons
3. 学会等名 AGU Fall meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hajime Naruse
2. 発表標題 Uncertainty estimation of the flow conditions of particulate gravity currents reconstructed by deep neural network
3. 学会等名 Particulate Gravity Currents 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 成瀬 元
2. 発表標題 重力流堆積物逆解析の不確実性の評価
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 成瀬 元・石原与四郎
2. 発表標題 石垣島カラダギ洞窟に流入した先島津波の規模: 3次元数値実験による検討
3. 学会等名 日本堆積学会2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hajime Naruse
2. 発表標題 Reconstruction of crustal uplift history in island arcs by inversion of river longitudinal profile: consideration of basement rock strength and sea-level change
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 成瀬 元
2. 発表標題 岩盤河川縦断形状に基づく日本列島隆起速度のベイズ推定
3. 学会等名 日本地質学会2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 成瀬 元
2. 発表標題 復元の科学としての堆積学
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hajime Naruse
2. 発表標題 Grain size segregation on cyclic steps formed by turbidity currents
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hajime Naruse
2. 発表標題 Cyclic steps inside submarine canyon and in canyon-fan transition zone: Numerical experiments by 2D shallow-water model of turbidity currents
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Cai Zhirong and Hajime Naruse
2. 発表標題 Inverse Analysis of Experimental Scale Turbidity Currents by Deep Learning Neural Network
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hajime Naruse
2. 発表標題 Morphological diversity of cyclic steps at submarine canyon-fan transition zone: A two dimensional numerical modeling approach
3. 学会等名 American Geophysical Union 2020 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日本堆積学会、伊藤 慎	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 210
3. 書名 フィールドマニュアル 図説 堆積構造の世界	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	新井 和乃 (Arai Kazuno) (40757754)	高知大学・海洋コア総合研究センター・特任助教 (16401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関