

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム  
研究者派遣プログラム

成果報告書

提出日：平成 29 年 4 月 4 日

[基本情報]

○申請者

採 択 年 度：平成 28 年度

部 局 名 等：理学研究科地球惑星科学専攻

職 名：准教授

氏 名：成瀬 元

研究課題名：「津波起源混濁流」の発生機構の実験的解明

○渡航先

国 名：アメリカ合衆国

研究機関名：イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校

研究室名等：[研究室名] 土木環境学部水システム研究所

[職名等・氏名] 教授・Gary Parker

渡 航 期 間：平成 28 年 9 月 1 日～平成 29 年 3 月 20 日 (201 日)

○渡航期間中の出張

出 張 先：San Francisco

目 的：学会 American Geophysical Union Fall Meeting 2016 に参加し、発表を行う

期 間：2016/12/13-19

出 張 先：San Diego

目 的：IODP SEP Meeting に参加し、IODP 航海のプロポーザル審査を行う

期 間：2017/1/9-13

出 張 先：Austin

目 的：University of Texas at Austin を訪問し、研究に関する議論を行う

期 間：2017/1/23-27

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム  
研究者派遣プログラム

【成果】

○プロジェクトの成果及び今後の展開

・研究概要

本研究は、申請者らが新たに発見した「津波起源混濁流」の発生機構を解明し、深海底の堆積物のデータに基づいた過去の巨大津波発生履歴の復元を目指すものである。混濁流は世界の深海底で数百年に一度の割合で起こる普遍的な現象として地質学者には知られているが、その発生機構が津波に関連していることは近年まで理解されていなかった。本研究は、新たに発見された津波起源混濁流の数値モデルを開発し、水槽実験により数値モデルを検証する。そして最終的に、野外で実際に過去の津波記録を検証することを目指す。タービダイトから巨大津波の再来頻度を復元することは、我が国のようなプレート沈み込み帯における巨大災害のリスク管理・減災へ重要な貢献となるだろう。

・国際共同研究の立上げ・ネットワークの構築

津波起源タービダイト砂層から混濁流およびその起源となった津波の規模を復元するためには、イベント堆積層から流れの条件を読み取る逆解析手法開発が必要とされる。そこで、本研究では、まず津波堆積物に関する逆解析手法を開発し、滞在中に論文を投稿した。その後、滞在中にこの研究をさらに深化させ、深層学習ニューラルネットワークを応用したタービダイト逆解析法を新たに開発した。新しい手法を検証するため、イリノイ大学での混濁流専用実験水槽を利用し、水槽実験によって人工的にタービダイトを生成した。その際に、混濁流の流速・濃度を詳細に測定し、さらにタービダイトの層厚分布・粒度分布も測定した。そして、実験タービダイトの層厚・粒度分布のみから混濁流の流速・濃度を逆解析することができるかどうかを検証した。結果として、ニューラルネットワークを用いた逆解析法は従来の手法と比べて圧倒的に高い性能を示し、今後の幅広い応用が期待できることが明らかになった。

この成果はイリノイ大学 Gary Parker 研究室やテキサス大学 Kim Wonsuck 研究室のメンバーとの議論によって得られたものであり、実験に関しては Gary Parker 研究室の若手研究者である Roberto Fernandez Arrieta, Matt Czapiga, Jeffrey Kwang, Kensuke Naito らと共同で実施した。また、サウスカロライナ大学の Enrica Viparelli 教授とも滞在中に共同研究を行い、ベッドフォームの実験的研究に判別分析を導入した新しい研究手法を提案する論文を投稿した。

・国際共著論文の投稿・発表等の状況、国際学会等での発表状況 [予定を含む]

Koji Ohata, Hajime Naruse, Miwa Yokokawa, Enrica Viparelli, submitted, New bedform phase diagrams and discriminant functions for formative conditions of bedforms in open-channel flows. Submitted to Journal of Geophysical Research Earth Surface  
Hajime Naruse, Roberto Fernandez Arrieta, Matthiew Czapiga, Jeffrey Kwang, Kensuke Naito, in prep. Inverse analysis of turbidite using deep-learning neural network. Journal of Geophysical Research Earth Surface  
Robert Dorrel, Hajime Naruse, in prep, Significance of flow stratification of turbidity currents for producing large-scale submarine channels

## 京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム 研究者派遣プログラム

### ・在外研究経験によって習得した能力等

渡航先機関では、特に研究成果を広く普遍的に利用可能な状態にすることの重要性について学ぶところが多かった。研究成果を発表するだけでなく、フリーソフトウェアやライブラリとして成果を容易に利用可能な状態とすることは、他の研究者の注意を喚起し、多様な専門知識を利用して研究を展開していくうえで欠かせない手段となっていることを滞在中に実感した。得られた実験データをデータベース化し、研究コミュニティで共有することについては、この渡航で広がったネットワークを通じて実現しつつある。

研究室の運営方法としては、プレゼンテーションを重視するセミナーと、未完成な状態でも構わないのでアイデアを交換し合うリサーチミーティングを使い分けることの有益性について学んだ。教育・人材育成方法に関しては、論文を添削する際には学生と同席し、随時質問を互いに交えながら添削することが効率的かつ理解を深めるのに有効な手段であることを知った。今後は、これらの手法を京都大学での教育にも活用していきたいと考えている。

### ・在外研究経験を活かした今後の展開

渡航中にまとまった時間を得たことにより、近年になって進展の著しい機械学習の手法を習得することができ、さらにこの手法を堆積学の分野へ応用する突破口を発見することができた。今回の滞在中に開発したタービダイト逆解析手法は、陸上の津波堆積物や火砕流堆積物・土石流堆積物などへも応用することのできる幅広い柔軟性を持っている。今後は、この機械学習によるイベント堆積物逆解析法を展開し、より一般的に使用可能な状態へと発展させることを自分自身の研究の方向性として考えたい。

滞在中に、混濁流実験専用水槽を利用した水槽実験を実施した。この際に、塩水とプラスチック粒子を実験に利用する際の技術的問題点などについて確認し、解決策について研究グループ間で議論をできたことは大きな収穫であった。例えば、高濃度の塩水を実験に利用する際には超音波流速計の計測結果に大きなノイズが発生し、それを防ぐには他の計測機器を用いたキャリブレーションが必要であることは、これまであまり知られていなかった水槽実験のノウハウである。今後は、これらの実験的研究に関するノウハウを本邦の研究者グループとも共有し、堆積学の実験的研究分野を拡大することに努めていきたい。

今回の滞在中の大きな収穫の一つが、アメリカの若手研究者たちとの交流である。これにより得られた人脈を有効活用するため、2017年5月に千葉県で開催される JpGU-AGU Joint Meeting において国際セッションを主宰する。また、この学会に併せて、国際ワークショップも企画している。これらの活動は、アメリカと日本の堆積学研究グループの交流を深め、新しい共同研究の方向性を探ることを目的としている。今後も2017年12月にニューオーリンズで開催される AGU にてセッションを開催するなど、積極的に研究グループ間の交流を深めていく予定である。

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム  
研究者派遣プログラム

英文成果報告書

○申請者情報

部 局 名 : Graduate School of Science

職 名 : Associate Professor

氏 名 : Hajime Naruse

研究課題名 : Experimental Investigation for understanding generating mechanisms of tsunami-induced turbidity currents

渡航期間 : 9/1/2016-3/20/2017

○渡航先情報

国 名 : United States of America

研究機関名 : University of Illinois at Urbana-Champaign

研究室名等 : Hydrosystems Laboratory, Department of Civil and Environmental Engineering

受入研究者名 : Professor Gary Parker

○渡航報告

**Research Environment**

I visited the Hydrosystems Laboratory, which is a part of Department of Civil and Environmental Engineering, University of Illinois at Urbana Champaign. This laboratory is well known as one of the top-ranked research institutes for hydraulics and hydrology in United States. There are several research groups of morphodynamics, which is a science of sediment transport, erosion and deposition, in this institute. Many experimental tanks including the 15-m long experimental flume for turbidity currents in deep-sea environments are available, and the state-of-the-art facility for analyzing properties of sediment and fluid dynamics are equipped in this laboratory. The University of Illinois at Urbana-Champaign is located in the Mid-West of the United States, and is famous especially in Physics and Engineering.

**Interaction with international researchers**

My host researcher was Professor Gary Parker, who is one of the top researchers of morphodynamics. He has received a lot of awards including Gilbert Medal that is the highest award of Earth and Planetary Surface Process Focus Group in AGU. His research interest is to solve geomorphological and sedimentological problems using the fluid mechanics and applied mathematics.

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム  
研究者派遣プログラム

He contributed to essential understandings of mechanisms of river meandering, dynamics of turbidity currents, sorting of mixed grain sediment by fluvial sediment transport, and so on. During my stay, we frequently discussed about the modeling of turbidity currents and tsunamis. As a result of our discussion, I could submit a paper describing a new method for inverse analysis of tsunami deposits. Also, I was inspired from our discussion to get an idea that the machine learning technique can be applied to solve inverse problems of sedimentological event deposits. We also planned an experiment of turbidity currents in the 15-m long experimental flume for verifying the method of inverse analysis of turbidites. The experiment was conducted in cooperation with members of Professor Parker's research group.

Dr. Robert Dorrel of University of Leeds (UK) visited the University of Illinois at Urbana-Champaign for a month during my stay. He is a young talented sedimentologist, and we share the research interest on dynamics of deep-sea sediment gravity flows. We collaborated to produce a new theoretical model of submarine channel formation, which will be published within a year.

Besides research groups in University of Illinois, I visited Professors Lesli Wood and Zane Jobe of Colorado School of Mine, and Professor Wonsuck Kim of University of Texas at Austin for future collaboration. I gave several talks in seminars of those universities, and discussed about plans for sessions and the workshop that will be held in Japan at May 2017. In addition, I collaborated with Professor Enrica Viparelli of University of South Carolina for developing new method to understand the formative conditions of river bedforms. We submitted a paper on this topic during my stay.

**Presentation and Publications during the stay in United States**

I submitted four papers to peer-reviewed journals. The first paper proposes a new method for the inverse analysis of tsunami deposits, and was submitted to Journal of Geophysical Research Earth Surface. The second paper conducted a discriminant analysis of the bedform phases on the basis of existing experimental data, and was also submitted to Journal of Geophysical Research Earth Surface. I also submitted a paper about the grain-size trend analysis of surface sediment of the microtidal sand

京都大学若手人材海外派遣事業 ジョン万プログラム  
研究者派遣プログラム

flat to the Progress in Earth and Planetary Sciences. This paper proposes a new statistical method to reconstruct sediment-transport pathways from data of grain-size distribution. In addition, a paper about frequency analysis of lake varve thickness was submitted to Journal of Sedimentological Society of Japan. These papers are all now on reviewing processes.

With regard to oral presentations, I gave a talk about a theoretical model of formative process of submarine channel in American Geophysical Union that is the largest international conference in Earth and Planetary Sciences. Additionally, in the seminars of CSM and UT Austin, I presented two talks about the analysis of the submarine debris flow deposit and significance of self-accelerating processes in submarine channel formation.

### **Experiences of my stay**

I was inspired from Professor Parker's management of his research community. Especially, I have learned about the significance of sharing research results with global communities. Nowadays, we are requested not only publishing our results but also producing free softwares for utilizing our research methodologies. We can communicate and share ideas each other via such softwares. Databases for sharing experimental results are also an effective method to progress our international collaboration.