

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：32641

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H05903

研究課題名(和文) 東北地方太平洋沖地震震源近傍における沖積層の高精度解析と地殻変動メカニズム推定

研究課題名(英文) Estimation of mechanism of crustal deformation on the basis of high resolution analysis of incised valley fills near the source region of 2011 Tohoku-oki earthquake

研究代表者

丹羽 雄一 (Niwa, Yuichi)

中央大学・理工学部・助教

研究者番号：20705371

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、海溝型超巨大地震の繰り返しメカニズム解明に向けて必要なデータである、観測記録よりも長期間での地殻変動を、東北地方太平洋沖地震の際に広域的な地殻変動が記録された三陸海岸を対象に、沖積平野における沖積層の解析と放射性炭素年代測定に基づいて推定した。沖積層の堆積環境や年代の時空間分布に基づいて推定された最近数千～1万年間の地殻変動は、三陸海岸中～南部で沈降傾向であり、同海岸北部では相対的隆起傾向であることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、三陸海岸では限られた範囲でのみ認められる隆起海岸地形だけを根拠に、同海岸全域が長期的に隆起傾向にあるとみなされ、この隆起傾向を前提として超巨大地震繰り返しモデルが提案されてきた。本研究で明らかになった、三陸海岸の北部と南部の地殻変動傾向の違いは、従来の地震サイクルモデルの前提条件を見直す必要性を示すという点で、地震テクトニクス研究の発展やハザード評価に寄与する。

研究成果の概要(英文)：This study estimated long-term (> 1000 years) crustal movements, which is necessary to clarify mechanism of megathrust earthquake cycles, on the basis of analyses of incised valley fills in alluvial plains along the Sanriku coast, near the source region of 2011 Tohoku-oki earthquake. Sedimentary analyses and radiocarbon dating showed distribution of shallow marine sediments in four alluvial plains along the Sanriku coast during the last ten thousand years. The distribution of shallow marine sediment and sediment stacking pattern indicate that millennial-scale crustal movements are characterized as subsidence along the central to southern Sanriku coast and relative uplift along the northern coasts.

研究分野：地形学、第四紀学、自然地理学

キーワード：沖積層 放射性炭素年代 地殻変動 堆積相 東北地方太平洋沖地震

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

海溝型超巨大地震の繰り返しやプレート沈み込みに関連した地殻変動メカニズムを解読するにあたり、測地的に観測される短期間(数10~100年間)の地殻変動と地形・地質学的に推定される長期間(千年以上)の地殻変動を比較検討することが重要である。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の際の広域的な沈降(Ozawa et al., 2011)および、2011年以前の数10~100年間における沈降(Kato, 1983)が記録されている三陸海岸(図1)は、長期的な地殻変動データを取得することで、地震サイクルや地殻変動メカニズムの解明に迫ることが期待される絶好のフィールドである。しかし、10万年スケールの隆起を示す海成段丘を確実に認定できる場所が同海岸の一部地域に限られることや、段丘地形の形成年代を示すデータが得られないこと(小池・町田, 2001)から、従来の地形・地質学的方法では、三陸海岸の長期的な地殻変動の解読は困難である。従って、三陸海岸では、新たな観点からの地殻変動データの取得が求められる。三陸海岸には、小規模な沖積平野が点在する(千田ほか, 1984)ことから、各沖積平野で沖積層試料を採取し、試料の解析と放射性炭素年代測定(^{14}C 年代測定)を行うことで、最近数千~1万年間の地殻変動を三陸海岸の広域で推定することが期待できる。

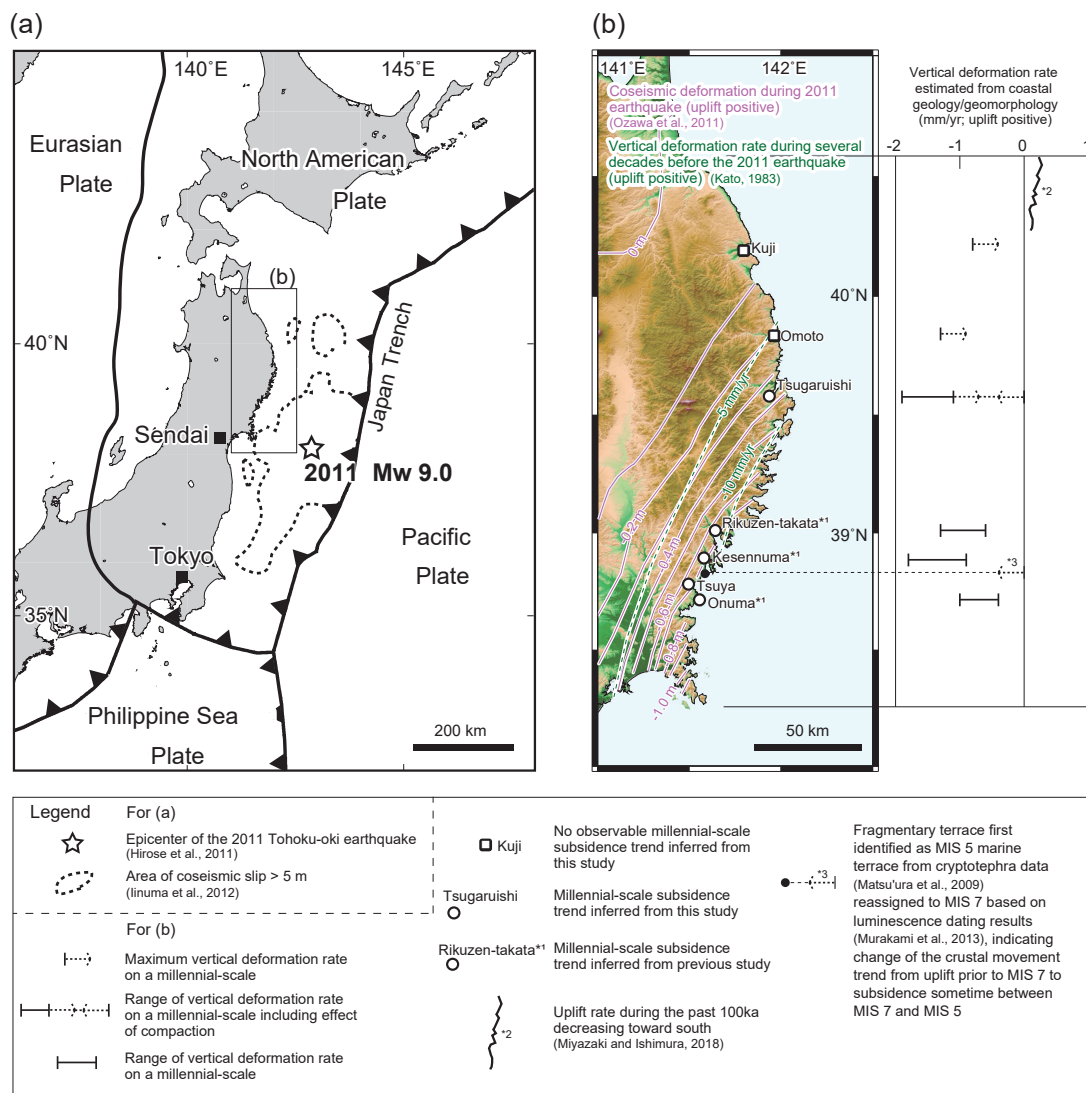


図1 三陸海岸の地殻変動情報
Niwa and Sugai (2020)を一部改変

2. 研究の目的

本研究では、三陸海岸に点在する沖積平野において、最近数千～1万年間の地殻変動の推定を第一の目的とする。次に得られた地殻変動データを海成段丘から推定される最近10万年間の地殻変動と比較検討し、三陸海岸の観測記録よりも長期間での地殻変動像を解読する。

3. 研究の方法

三陸海岸に分布する沖積平野において、まずは沖積層試料を各平野につき1～3地点で採取した。採取した沖積層試料を室内で半割した後に観察、記載、珪藻分析を行い、堆積環境を推定した。沖積層試料に含まれる木片などの炭質物に対しては¹⁴C年代測定を行い、堆積年代を推定した。

沖積層試料中に海面高度付近で堆積したと考えられる潮間帯堆積物が見られる場合は、その分布高度を地殻変動を含まない相対的海水準(Nakada et al., 1991; Okuno et al., 2014)と比較し、地殻変動を推定した。また、平野内の複数地点で沖積層試料が得られた場所では、堆積面高度(堆積地形)を示す500年～1000年ごとの等時間線を地質断面図に描き、堆積地形の変化の特徴からも地殻変動の解読を行った。

4. 研究成果

本研究の遂行によって、三陸海岸に点在する沖積平野において、沖積層の発達過程を高い時間分解能で復元することができた。また、復元した沖積層の発達過程からは、最近数千～1万年間の地殻変動データを取得することができた。

従来、三陸海岸では、海岸全域が長期的に隆起することを前提として、超巨大地震繰り返しモデルが提案されてきた(Goldfinger et al., 2013など)が、本研究の実施によって、三陸海岸一帯の長期的隆起という、従来の超巨大地震繰り返しモデルにおける前提条件を見直す必要性を指摘することができた。また、本研究の遂行によって、一つ一つの沖積平野で沖積層の発達過程を丹念に調べ上げることで地殻変動を推定する、という検討を超巨大地震発生帯の広域に展開していくことで地殻変動像の解明に迫る、という研究手法が地震テクトニクス研究へ有用であることが例証された。本研究の具体的な成果は以下の通りである。

(1) 三陸海岸中～南部の沈降傾向の推定

三陸海岸中部に位置する津軽石平野では、3地点の沖積層試料の解析に基づいて最近1万年間の海進・海退に対応した浅海堆積物が認定された。地殻変動を含まない相対的海水準が安定ないしは若干の低下傾向を示す7000～5000年前に認められる海退期のデルタ堆積物が前方(海方向)に付加するだけでなく、上方に墨重することが確認でき(図2a)、当該平野では7000年前以降も相対的海水準が上昇傾向にあったことが示唆され、その原因として最近数千～1万年間の沈降傾向を指摘することができた(Niwa et al., 2017)。三陸海岸南部の津谷平野でも沈降傾向に矛盾のない堆積環境を報告した(丹羽ほか, 2016)。

(2) 三陸海岸北部の相対的隆起傾向の推定

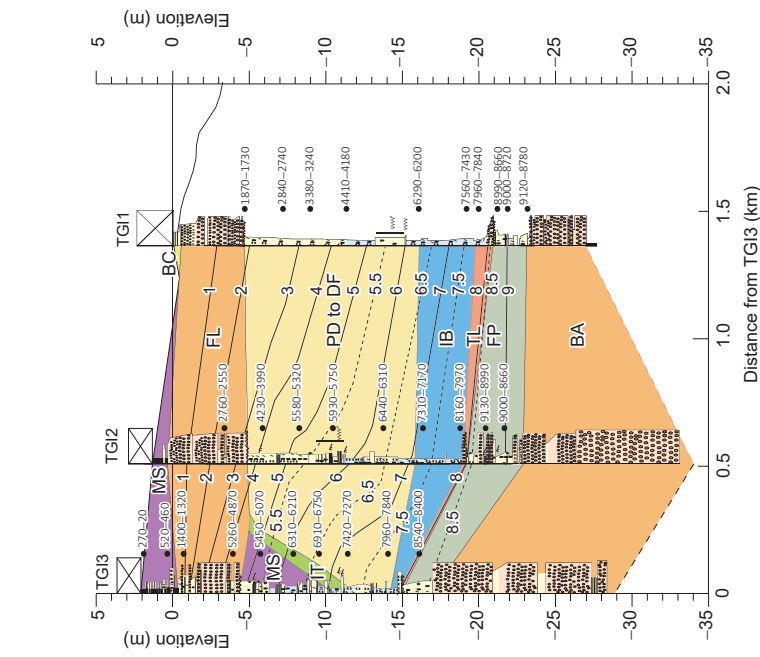
三陸海岸北部に位置する小本平野および久慈平野でも、津軽石平野と同様の沖積層の解析を行った。両平野ともに最近1万年間の海進・海退に対応した浅海堆積物が認められ、8000年前以降には津軽石平野と同様に海退期のデルタ堆積物および河川堆積物が認められるものの、津軽石平野のようにデルタ堆積物が上方に墨重する様子は見いだせないことが示された。

小本平野では、海面高度よりも低位で堆積したプロデルタ～デルタフロント堆積物の年代測定値から、7400～7200年前の相対的海水準が標高-7.6 mよりも高いことが推定された。この相対的海水準は、津軽石平野において潮間帯堆積物の分布高度から推定された同時期の相対的海水準(-11.5 m)よりも高いことから、最近数千～1万年間の小本平野の地殻変動は、相対的に隆起傾向であることが明らかになった(Niwa et al., 2019)。久慈平野においても、9000～6000年前の堆積環境から推定した相対的海水準が、同期間の津軽石平野の相対的海水準よりも高いことが示され(図2b)、最近数千～1万年間の相対的隆起傾向が明らかになった(Niwa and Sugai, 2020)。

(3) 三陸海岸の地殻変動像

津軽石平野および、津谷平野で推定される最近数千～1万年間の沈降傾向は、本研究実施以前に推定されていた陸前高田平野(丹羽ほか, 2014)、気仙沼大川平野(丹羽ほか, 2015)、大沼(Ishimura and Miyauchi, 2017)における同期間の沈降傾向と整合的である。三陸海岸北部の相対的隆起傾向も踏まえると、三陸海岸の最近数千～1万年間の地殻変動様式は、中～南部で沈降、北部で相対的隆起であることが明らかになった(図1b)。この北側隆起、南側沈降という最近数千～1万年間の地殻変動様式は、三陸海岸において12.5万年前に形成された海成段丘を確実度高く確認できるのが最北部(八戸～久慈)のみ、という海成段丘の分布(宮崎・石村, 2018)とも調和する。このことから、三陸海岸では、少なくとも10万年前以降は、北側隆起、南側沈降の地殻変動様式が継続している可能性が示される。

(a) The Tsugaruishi plain



(b) The Kuji plain

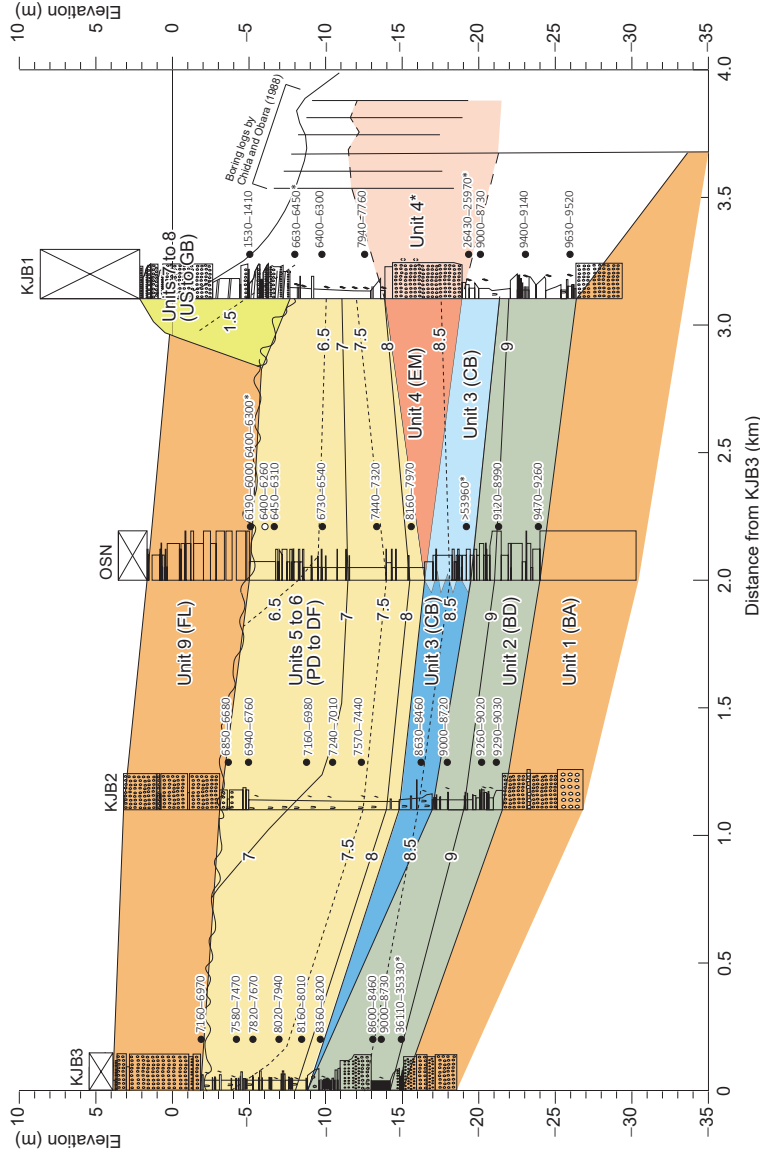


図2 津軽石平野 (a) と久慈平野 (b) における堆積相の時空間分布
 (a)はNiwa et al. (2017)、(b)はNiwa and Sugai (2020)を一部改変

<引用文献>

- 千田 昇・松本秀明・小原真一 (1984) 陸前高田平野の沖積層と完新世の海水準変化. 東北地理, 36, 232 - 239.
- Goldfinger, C., Ikeda, Y., Yeats, R.S., Ren, J. (2013) Superquakes and supercycles. *Seismological Research Letters*, 84, 24-32.
- Hirose, F., Miyaoka, K., Hashimoto, N., Yamazaki, T., Nakamura, M., 2011. Outline of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake (Mw9.0)-Seismicity: foreshocks, mainshock, aftershocks, and induced activity. *Earth Planets Space* 63, 513-518.
- Iinuma, T., Hiro, R., Kido, M., Inazu, D., Osada, Y., Ito, Y., Ohzono, M., Tsushima, H., Suzuki, S., Fujimoto, H., Miura, S. (2012) Coseismic slip distribution of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (M9.0) refined by means of seafloor geodetic data. *Journal of Geophysical Research*, 117, B07409. <https://doi.org/10.1029/2012JB009186>.
- Ishimura, D., Miyauchi, T. (2017) Holocene environmental changes and paleo-tsunami history in Onuma on the southern part of the Sanriku Coast, northeast Japan. *Marine Geology*, 386, 126-139.
- Kato, T. (1983) Secular and earthquake-related vertical crustal movements in Japan as deduced from tidal records (1951-1981). *Tectonophysics* 97, 183-200.
- 小池一之・町田 洋 編 (2001) 日本の海成段丘アトラス. 東京大学出版会.
- 宮崎真由美・石村大輔 (2018) テフクロクロノロジーに基づく三陸海岸北部における最終間氷期海成段丘の形成年代と最終間氷期以降の地殻変動の再検討. *地学雑誌*, 127, 735 - 757.
- Nakada, M., Yonekura, N., Lambeck, K. (1991) Late Pleistocene and Holocene sea-level changes in Japan: implications for tectonic histories and mantle rheology. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 85, 107-122.
- Niwa, Y., Sugai, T. (2020) An assessment of coastal tectonics along the Sanriku coast, northeast Japan from a Holocene sedimentary succession in the Kuji plain. *Marine Geology*, 424, 106165.
- 丹羽雄一・遠田晋次・須貝俊彦・松島義章 (2014) 陸前高田平野完新統の堆積相・堆積速度および推定される地殻変動傾向. *第四紀研究*, 53, 311-322.
- 丹羽雄一・須貝俊彦・松島義章 (2015) 三陸海岸南部・気仙沼大川平野の完新世における地殻変動. *地学雑誌*, 124, 545-560.
- 丹羽雄一・須貝俊彦・松島義章 (2016) 三陸海岸南部の完新世沈降を支持する堆積環境: 津谷平野で得られたコア試料の堆積相と年代. *地学雑誌*, 125, 395-407.
- Niwa, Y., Sugai, T., Matsushima, Y., Toda, S. (2017) Subsidence along the central to southern Sanriku coast, northeast Japan, near the source region of the 2011 Tohoku-oki earthquake, estimated from the Holocene sedimentary succession along a ria coast. *Quaternary International*, 456, 1-16.
- Niwa, Y., Sugai, T., Matsushima, Y., Toda, S. (2019) Millennial-scale crustal movements inferred from Holocene sedimentary succession of the Omoto plain, northern Sanriku coast, Northeast Japan: Relevance for modeling megathrust earthquake cycles. *Quaternary International*, 519, 10-24.
- Okuno, J., Nakada, M., Ishii, M., Miura, H. (2014) Vertical tectonic crustal movements along the Japanese coastlines inferred from late Quaternary and recent relative sea level changes. *Quaternary Science Reviews*, 91, 42-61.
- Ozawa, S., Nishimura, T., Suito, H., Kobayashi, T., Tobita, M., Imakiire, T. (2011) Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-oki earthquake. *Nature* 475, 373-377.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Niwa, Y., Sugai, T., Matsushima, Y., Toda, S.	4. 巻 519
2. 論文標題 Millennial-scale crustal movements inferred from Holocene sedimentary succession of the Omoto plain, northern Sanriku coast, Northeast Japan: Relevance for modeling megathrust earthquake cycles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Quaternary International	6. 最初と最後の頁 10-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.1016/j.quaint.2018.11.009	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 丹羽 雄一	4. 巻 58
2. 論文標題 三陸海岸における地震サイクル解明に向けた地形・地質研究の現状と課題	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第四紀研究	6. 最初と最後の頁 3-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.4116/jaqua.58.3	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 Niwa, Y., Sugai, T., Matsushima, Y., Toda, S.	4. 巻 456
2. 論文標題 Subsidence along the central to southern Sanriku coast, northeast Japan, near the source region of the 2011 Tohoku-oki earthquake, estimated from the Holocene sedimentary succession along a ria coast	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Quaternary International	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.quaint.2017.08.008	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 丹羽雄一・須貝俊彦・松島義章	4. 巻 125
2. 論文標題 三陸海岸南部の完新世沈降を支持する堆積環境：津谷平野で得られたコア試料の堆積相と年代	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 地学雑誌	6. 最初と最後の頁 395 - 407
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） http://doi.org/10.5026/jgeography.125.395	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 Niwa, Y., Sugai, T.	4. 巻 1
2. 論文標題 Geomorphology and Tectonic Setting of the Sanriku Coast, Northeastern Japan, and Introduction of Recent Studies on the Formation of Alluvial Plains and Holocene Crustal Movements Along the Coast	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Natural Disaster and Coastal Geomorphology	6. 最初と最後の頁 15 - 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-33814-9	査読の有無 無
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 Niwa, Y., Sugai, T.	4. 巻 424
2. 論文標題 An assessment of coastal tectonics along the Sanriku coast, northeast Japan, from Holocene sedimentary succession in the Kuji plain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Marine Geology	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) 10.1016/j.margeo.2020.106165	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8件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 丹羽 雄一・須貝 俊彦・松島 義章・遠田 晋次
2. 発表標題 三陸海岸北部・小本平野における完新世の堆積環境と地殻変動傾向
3. 学会等名 地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 丹羽 雄一・須貝 俊彦・舟津 太郎・村木 昌広
2. 発表標題 三陸海岸北部・久慈平野完新統の堆積過程と地殻変動傾向
3. 学会等名 日本第四紀学会2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 丹羽 雄一
2. 発表標題 三陸海岸における完新世地殻変動の空間的分布
3. 学会等名 日本地理学会春季学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Niwa, Y., Sugai, T., Matsushima, Y., Toda, S.
2. 発表標題 Holocene sedimentary succession and crustal movement in the Tsugaruishi plain, central Sanriku coast, northeast Japan
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Niwa, Y., Sugai, T., Matsushima, Y., Toda, S.
2. 発表標題 Holocene deltaic succession recording millennium-scale subsidence trend near the source region of the 2011 Tohoku-oki earthquake: An example from the Tsugaruishi plain, northeast Japan
3. 学会等名 AGU fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 丹羽雄一・須貝俊彦・松島義章
2. 発表標題 津谷平野完新統の堆積過程と三陸海岸南部における沈降傾向の関係
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 丹羽雄一
2. 発表標題 沖積平野の地形・地質学的特徴に着目した地殻変動の解説 三陸海岸南部における長期地殻変動の見直しを例に
3. 学会等名 日本第四紀学会2016年大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 丹羽雄一・須貝俊彦
2. 発表標題 堆積相分布の沖積平野間比較に基づいた三陸海岸における地殻変動様式の推定
3. 学会等名 日本地理学会春季学術大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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