

2 (3) 千島海溝沿いの巨大地震総合研究

「千島海溝沿いの巨大地震」総合研究グループリーダー 高橋浩晃
(北海道大学)

1. はじめに

千島海溝沿いでは、2011年東北地方太平洋沖地震と類似した巨大地震が、繰り返し発生していることが津波堆積物の調査から明らかにされている。政府の地震調査研究推進本部では、M8.8程度以上の超巨大地震の発生が切迫している可能性が高いと評価しており、津波や地震動による大きな被害が予想される。一方、千島海溝沿いでは、国によるプロジェクト研究がほとんど実施されておらず、ハザード評価に必要な基礎的なデータが不足している。今後進むであろう体系的な災害対策を下支えする、北海道に最適化された地震動や津波の事前予測・即時予測手法の高度化も萌芽的な段階にある。北海道の社会素因や自然素因を考慮した防災対策を総合的に進めるためのシーズが必要となっている。

本総合研究グループでは、千島海溝沿いで発生する巨大地震による災害の軽減を目指した総合的な研究を横断的に実施する。総合研究グループが目指す最終的なアウトプットは、津波避難計画に代表される災害軽減に貢献する地域防災スキームのプロトタイプ の提示である。避難計画は1つのシナリオしか作成できないため、災害誘因と災害素因の不確実性を反映させたロバストな仕様とすることが必要である。災害誘因である地震動と津波の事前予測やその信頼区間の推定と、地域や時代ごとに異なる災害素因を重畳させて最適な避難計画を検討することが望ましい。事前予測シナリオは、その性質上、不確実性を内包しているため、リアルタイムデータによる即時的な防災情報との組み合わせが重要となる。千島海溝沿いで地震が発生した場合、北海道太平洋沿岸への津波到達は20分程度と見積もられており、防災科学技術研究所のS-net水圧計データを活用した津波のリアルタイム予測手法の開発は特に重点的に進めるべき課題である。

近年の津波堆積物の網羅的な調査から、巨大津波履歴の概要の把握は飛躍的に進んだ。しかし、津波事前予測や地震長期予測の高度化には、直近の17世紀初頭のイベントをはじめ、各イベントの規模や波源域の違いの有無について更にデータを蓄積する必要がある。特に、十勝沖～根室沖の領域が日本海溝北部や北方領土以東と連動する可能性は、最大マグニチュードを含めた津波浸水予測の波源域設定を行う上で重要な問題である。プレート間固着の空間分布は、地震時断層のすべり分布に起因する津波の特性を規定すると考えられる。海底地殻変動観測によるプレート間固着状況の把握は、津波予測に事前情報を与えることが期待される。

前回の超巨大地震から約400年が経過している千島海溝南部は、超巨大地震の準備～直前段階にあると考えられる。これまでに千島海溝で発生した巨大地震では、長期的な地震活動の静穏化や前震の存在が報告されており、2008-2015年にも地震活動の低下が見られている(松浦, 2019)。また、20世紀以降に発生したM8クラスの巨大地震の大すべり域と地下構造や定常的地震活動との空間的な関連性の報告がある。一方、東北地方太平洋沖地震においても、大すべり域と地震波速度構造や地震波反射強度との空間的関連性や、スロースリップをはじめとした直前～長期的な前駆的現象の可能性が検討されている。

地震活動やプレート間固着などの震源域の動的な現況や、大すべり域周辺の地下構造といった静的な特徴などの基礎的なデータの蓄積を図り、東北地方太平洋沖地震などで得られた知見を参照することで、地震発生に至る過程に関する研究を進める。また、北海道は歴史的背景から他地域に比べて史料が極めて限られる。遺跡から発見される液状化痕跡は、巨大地震の発生履歴や揺れの特性を記録している可能性があり、北海道でも網羅的な調査を進める必要がある。

地震や津波災害は地域性の強い現象である。事前予測に基づくハザードマップや避難計画に実効性を担保するためには、実証実験に基づいた課題の検討と対策の検証による最適化を行うことが望ましい。その際、北海道特有の人口分散・低人口密度という社会素因と、積雪寒冷という自然素因の考慮が求められる。整備が進む地理空間情報と避難訓練の実データを融合した空間分析手法は、避難計画設計への大きな貢献が期待される。一方、住民はもとより、地方行政機関や防災情報を伝える地域の報道機関においても、地震津波の災害リテラシーの向上は大きな課題である。災害現象は地域性が強いため災害リテラシー向上の一元的な知識体系は確立されていないが、関係機関や地域社会と試行錯誤的に連携を積み重ねることはすべての基盤となる。能動的・受動的に地域防災力の向上を目指した取り組みを行っていくことは、災害の社会素因の把握のためにも重要である。

以上のように、本総合研究グループでは、北海道太平洋沿岸に最適な災害軽減スキームのプロトタイプ作成を目標として、要素技術である津波や地震動の事前・即時予測手法の高度化、避難計画の地理空間的解析、震源域の現況評価、巨大津波履歴情報の拡充などの課題間の連携をとり、その成果をインタラクティブに共有することで、現象理解・現象予測・災害誘因予測を結びつけた横断的研究を推進する。

2. 令和元年度の主な成果

津波堆積物の年代決定の高度化を目指した北海道太平洋沿岸での調査から、17世紀前半の伊達市有珠・登別市富岸・竹浦の津波堆積物は1640年北海道駒ヶ岳噴火起源であること、白老町社台・苫小牧市勇払・むかわ町汐見の津波堆積物は1611年慶長地震津波起源の可能性が高いことがわかった。また、十勝の大樹町における17世紀津波堆積物の年代は、浦幌町と同様に1611年よりは新しい時代のものであると推測された（北海道大学〔課題番号：HKD_01〕）。

千島海溝南部の根室沖に海底地殻変動観測基準局を3か所設置し、1回目の測定を実施した。また、海溝軸を跨ぐ形で3点の海底間音響測距機器を設置し観測を開始した。釧路・根室沖の地震活動が比較的活発な海域で、海底地震計10台を用いた自然地震観測を2か月間実施した（図1）（北海道大学〔課題番号：HKD_09〕、東北大学災害科学国際研究所〔課題番号：IRID02〕、東京大学地震研究所〔課題番号：ERI_05〕）。

地震活動の静穏化現象を用いて、カムチャツカ半島東岸から千島列島、北海道沖、東北日本沖、伊豆小笠原諸島にかけての沈み込み帯での長期予測を試行した。1988年から2015年までに発生した震源の深さ70km以浅、Mw7.5以上の9個の地震を予測対象とし、15年間のサブカタログを作成して空間格子の周囲から6個の地震を選び、地震の発生間隔が11年以上の場合を「静穏化」と判定して警報ONにした場合の確率利得は1.9となり、ランダムな予測より高い結果が得られた（北海道大学〔課題番号：HKD_09〕）。

地殻変動観測や地震活動評価から得られたプレート間固着の状態把握を先見情報として利用し、かつS-netで観測される圧力波形データから津波即時予測を実施する手法として、S-net観測網で地震発生後500秒以内に観測された圧力波形を3つのタイプに分類することで津波波源域（地震時隆起域）を推定し、かつ隆起域の面積から地震のマグニチュードを推定する手法を開発した。震源域近傍の海底圧力観測データ同化による津波数値計算手法を用いて、実際のS-net観測点分布で津波がどの程度予測可能かを1968年十勝沖地震の断層モデルに適用し、津波の高さ分布が過大に見積もられる傾向にあることがわかった（図2）（北海道大学〔課題番号：HKD_09〕）。

避難訓練結果を可視化する避難訓練可視化システムを開発し、集団避難実験における運用を通して、システムの効果及び課題を検証した。避難訓練可視化システムの運用はおおむね良好に進められた。特に端末側アプリの機能簡略化によって、参加者もアプリを意識することなく、避難行動を行うことができた。システムを利用したフィードバック学習に関しては、動的な訓練結果と災害関連情報を可視化することによって、参加者の防災意識を変化させる効果があったと考えられた（北海道大学〔課題番号：HKD_07〕）。さらに、関係機関との情報共有や、公開講座・防災機関向け・報道機関向けの地震津波防災勉強会を実施したほか、津波警報時の呼びかけ方法について報道機関とフィールドワークを実施し、地域防災力の向上を図った。（北海道大学〔課題番号：HKD_09〕）。

3. これまでの課題と今後の展望

海域のプレート間固着の状況は、津波浸水予測の断層モデル設定において重要な情報であり、海底地殻変動観測の結果が期待される。千島海溝南部では、2008年以降M6.8以上の地震が発生しておらず、地震活動は低調な状態が続いている。地殻活動のデータを用いた地震活動の変化を定量的にモニターしていくことが重要である。17世紀巨大津波の波源を特定する決定的な物証はいまだない状態であり、津波堆積物の広域比較から千島海溝と日本海溝の接合部での地震発生の可能性を含めて検討を引き続き行うことが必要である。津波即時予測には大きな役割が期待されているが、S-netの運用が始まってから北海道の沖合観測網では実際に津波が観測された事例がなく、実データを用いた検討が行われていない。津波避難計画の策定には、津波浸水の時系列に加え、強震動による建物被害の評価が必要である。震源特性と地盤情報を組み合わせた広帯域強震動予測手法の高度化が期待される。被災後の復旧復興には事前復興計画が重要であるが北海道では策定事例がない。津波や強震動の事前予測情報から被害を推定し、それに基づいた復興計画の策定が望まれる。

総合研究グループの関連課題は、これまでの研究をベースとし、それを更に発展させることで進められており、上記のように成果が挙がっている。一方、総合研究グループとしての目標を達成するためには、関連課題の担当者が総合研究グループで期待されるアウトプットを把握し、他の成果との結合親和性を考慮して研究を進める必要がある。事前情報を整理して全体スキームの共通認識を図るとともに、総合研究グループには含まれていないが、予防災害対策に重要な課題を検討することが必要である。関連課題を含め、災害軽減の事後確率の最大化が期待される課題を特に重点的に推進することが、限られた研究リソースの活用の観点から重要である。

成果リスト

- 青田裕樹, 大園真子, 富田史章, 高橋浩晃 (2019), 陸域GNSSデータによる釧路・根室沖の簡易的なプレート間固着の推定, 日本地球惑星科学連合2019年大会, SSS16-P05
- 橋本雄一, 塩崎大輔 (2019), 津波浸水想定データを援用した避難訓練可視化システムの開発と利活用, 地理情報システム学会講演論文集28, CD-ROM
- Inoue, M., Y. Tanioka, Y. Yamanaka (2019), Method for Near-Real Time Estimation of Tsunami Sources Using Ocean Bottom Pressure Sensor Network (S-Net), Geosciences, doi:10.3390/geosciences9070310
- 井上真優, 谷岡勇市郎, 山中悠資 (2019), 海底圧力観測網(S-net)を用い即時的に津波の規模を推定する手法の開発, 日本地球惑星科学連合2019年大会, HDS13-P03
- 奥野祐介, 塩崎大輔, 橋本雄一 (2019), 津波と土砂崩れによる複合災害を想定した集団避難行動分析ー北海道稚内市を事例としてー, 地理情報システム学会講演論文集28, CD-ROM
- 川村壮, 橋本雄一, 戸松誠, 竹内慎一 (2019), 積雪寒冷地の港湾都市における建物立地状況と津波からの避難可能性に関する空間分析, 地理情報システム学会講演論文集28, CD-ROM
- 川村壮, 橋本雄一, 戸松誠, 竹内慎一 (2019), 港湾都市の津波浸水想定地域における施設立地の変化, 日本地理学会発表要旨集, 96, 50p
- 西村裕一, 石澤堯史, 千葉崇, 横山祐典, 宮入陽介 (2019), 津波堆積物から描く慶長地震津波(1611年)の北海道における波高分布, 歴史地震研究会, 0-06
- 太田雄策, 木戸元之, 東龍介, 佐藤真樹子, 鈴木秀市, 山本龍典, 高橋秀暢, 木村友季保, 大塚英人, 本荘千枝, 日野亮太, 大園真子, 岡田和見, 青田裕樹, 高橋浩晃, 篠原雅尚, 富田史章, 金松敏也, Kan-Hsi Hsiung, 飯沼卓史 (2019), 千島海溝南西部根室沖における海底測地観測網の構築, 日本地震学会2019年秋季大会, S03-10
- Tanioka, Y. (2019a), Tsunami simulation method assimilating ocean bottom pressure data for real-time tsunami forecast; A case study for the 1968 great earthquake, EGU General Assembly, EGU2019-11714
- Tanioka, Y. (2019b), Tsunami forecast method assimilating ocean bottom pressure data in the source area; A case study for the Tokachi-oki earthquake (Mw8.0), 27th IUGG General Assembly, IUGG19-0492.
- Tanioka, Y., M. Inoue, Y. Yamanaka (2019), Near-real time estimation of tsunami sources using a classification of waveforms observed at dense ocean bottom pressure sensors, AGU Fall Meeting, NH33A-03

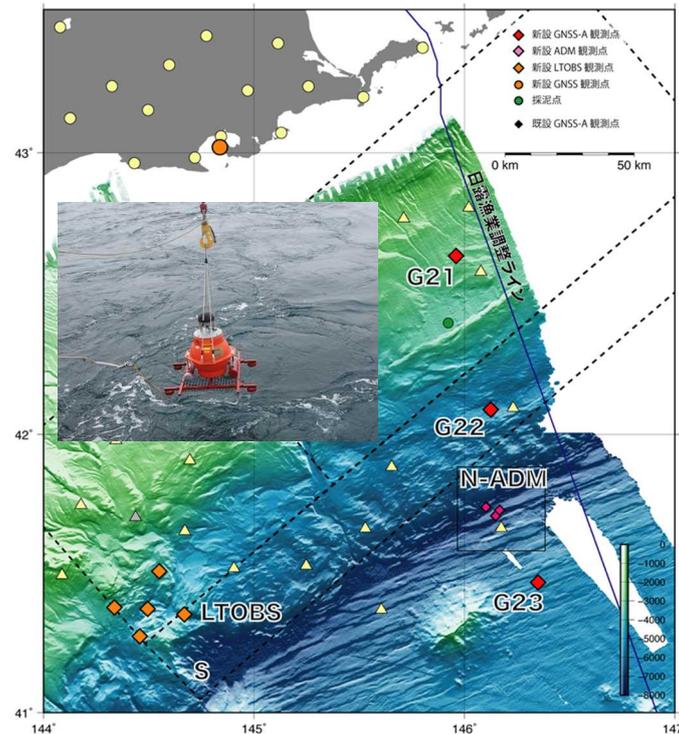


図 1. 海底地殻変動基準局の設置状況。G21・G22・G23がGNSS/A基準局（東北大学災害科学国際研究所 [課題番号：IRID02]）。

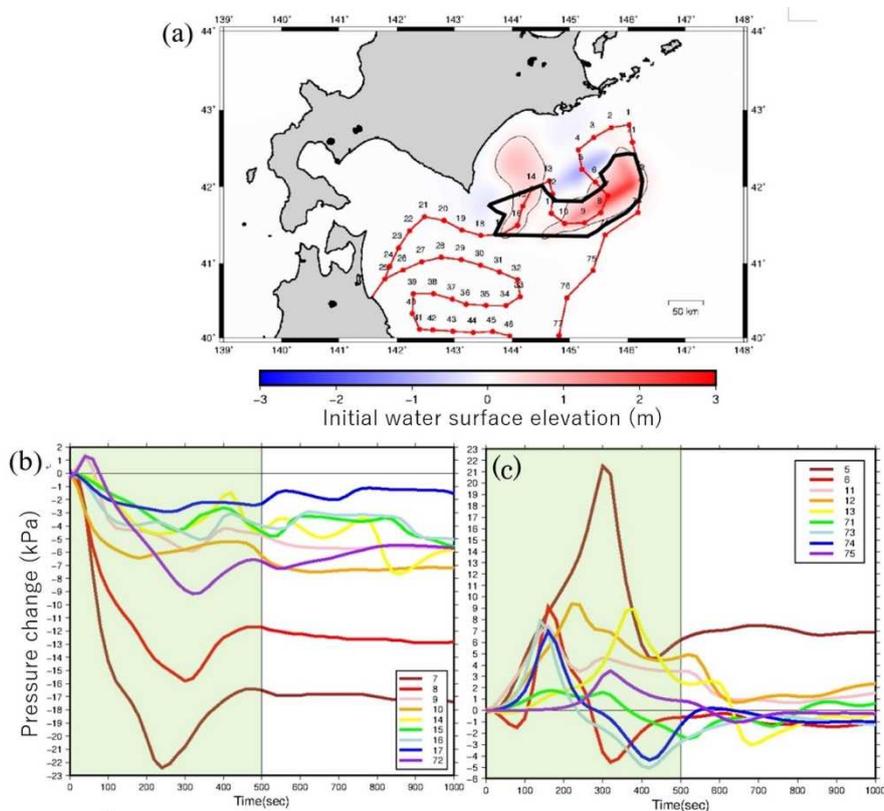


図 2. 1952年十勝沖地震の地震時隆起域を，S-net観測網の観測点で計算された水圧計波形のタイプ分けにより推定した。(a) 1952年十勝沖地震断層による海面上昇の初期値とS-net地震観測網の観測点分布（赤丸，数字は観測点番号），(b) 各観測点で想定される水圧の時間変化（Inoue et al., 2019）（北海道大学 [課題番号：HKD_09]）。