

(1) 実施機関名：

北海道大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）津波波源モデルの分析に基づく地震・津波事前予測の高度化

（英文）Source model investigation for advancing tsunami disaster estimation

(3) 関連の深い建議の項目：

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化

イ. 津波の事前評価手法

(4) その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

(3) 千島海溝沿いの巨大地震

(5) 本課題の5か年の到達目標：

津波の事前評価手法を高度化することを目的として、津波の伝播・氾濫予測における不確実性の分析のもと、既往イベントに対する断層モデルの不確実性を分析する。先行研究の調査や、津波観測記録の収集・体系的整理・信頼性検証、数値実験などの様々な手法を組み合わせながら、主にわが国に影響した地震津波の再現性における不確実性を系統的に分析する。その結果に基づき断層モデルの不確実性を評価するとともに、複数のイベントにおいて同様の分析を行い、統一した評価基準を用いて断層モデル群の不確実性の定量化を目指す。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

本研究課題は以下の4項目に基づき実施する。令和6-9年度においては主に(1-2)を行いながら、その結果に基づき随時(3)を行う。令和9-10年度においては、継続して(3)を行うとともに、成果の取りまとめに向けて(4)を行う。

(1) 既往イベントにおける津波の観測記録(波形・痕跡データ等)を収集および精査しながら津波の再現計算を実施し、観測記録と計算結果の比較などを通して断層モデルの不確実性を分析する。

(2) 様々な既往イベントを対象としながら断層モデルの不確実性を評価し、それらの断層モデルのスクリーニング評価を実施して不確実性の高い断層モデルを抽出する。

(3) 不確実性が高い断層モデルにおいて、それをもたらしている要因を特定する。可能な場合にはその断層モデルを再構築することによって不確実性の低減を図る。

(4) 断層モデル群の不確実性の統一評価に向けて、それを定量化する指標を開発し、その結果を視覚化する。

(7) 令和6年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

本研究計画に沿って、令和6年度は(1)断層モデルの不確実性評価に向けた既往地震・津波イベントの整理と情報収集、(2)沿岸津波波形を用いた震波源逆解析手法の課題整理、(3)津波予測に基づく代表的な巨大地震の断層モデルの不確実性評価を実施した。それぞれの概要を下記に記載する。

津波波形を用いて構築された既往地震の断層モデルの不確実性評価に向け、それらの断層パラメータや観測記録の収集・整理を開始した。これと併行して、構築される断層モデルの不確実性をもたらす要因を検討し、津波の波動特性（非線形特性）、観測点分布、逆解析に用いる波形の時間長を主要な要因として推察した。また、様々な高精度観測記録が得られた2016年福島沖地震・津波イベントを対象にしながら、それらの要因の影響を検証した。その結果、沿岸津波波形を用いた逆解析を実施する場合、津波の非線形特性、観測点分布、使用波形の時間長それぞれが断層モデルの構築精度に影響することがわかった。

2024年能登半島地震、2003年十勝沖地震、1952年十勝沖地震、12世紀北海道南西沖地震の断層モデルの不確実性をそれぞれ分析した。2024年地震においては、陸域で観測された地震時地殻変動を最も良く説明することができる断層モデルのひとつである国土地理院モデル（2024年2月29日版）を用いて津波予測を実施した。その結果、第一波目の主要な津波に先行して観測された比較的小さな水位変動は、急峻な海底地形が水平方向に変位したことに起因する可能性があることがわかった。一方、同断層モデルによる津波では観測津波波形を十分に再現することができないことがわかった。これを踏まえて詳細な分析を実施した結果、観測された津波を説明するためには国土地理院モデルよりもさらに北東域に波源が必要であることがわかった。さらに、津波被害が最も大きかった能登半島飯田湾では、津波の第一波目ではなく後続波が最大水位を形成したこと、後続波は様々な方向から伝播する複数の津波の重合により特徴づけられていたことがわかった。2003年地震においては、津波の非線形特性を考慮しながら沿岸津波波形を用いて構築された断層モデルを地震時地殻変動の観点で検証した。その結果、同断層モデルは陸域で観測された地震時水平変位を再現できないことがわかった。1952年地震においては、津波の非線形特性を考慮せずに沿岸津波波形を用いて構築された断層モデルを検証した。その結果、津波の非線形特性の影響が無視できず、構築されている断層モデルの規模が過小評価になっている可能性があることがわかった。12世紀地震においては、それに伴う津波が形成したとされる津波堆積物の分布地域を十分に浸水させることを念頭に置いて同地震の断層すべり量が推定されているが、それが過大評価になっている可能性があることがわかった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究と関連の深い建議の項目「3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究 (1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化 イ. 津波の事前評価手法」では断層モデルの見直し等による想定津波の再検討などを通じて津波の事前評価手法を高度化するとされている。また「5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究 (3) 千島海溝沿いの巨大地震」では、津波の地域的な増幅氾濫特性を評価する手法等を検討し、津波予測の空間分解能の向上を目指すとしている。本研究で今年度実施した、断層モデル構築手法および千島海溝沿いで発生した地震を含む既往地震の断層モデルの分析と津波予測は、建議の研究計画に遂行に資する研究内容でありその目的達成に大きく貢献している。

既往地震・津波特性の推定や検証を実施する本研究は、今後発生することが懸念される巨大地震・津波の想定や予測の高度化および不確実性の低減を加速させる研究として位置づけられる。巨大地震発生領域を研究対象とする各研究グループと情報共有を図りながら、地震・津波想定の高高度化に貢献する。

(8) 令和6年度の成果に関連の深いもので、令和6年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Yamanaka, Y., Y. Matsuba, T. Shimozono, and Y. Tajima, Nearshore Propagation and Amplification of the Tsunami Following the 2024 Noto Peninsula Earthquake, Japan, *Geophysical Research Letters*, 51(19), doi:10.1029/2024gl110231, 査読有, 謝辞有

Yamanaka, Y. and Y. Tanioka, 2024, Tsunami waveform inversion using Green's functions with advection effects: application to the 2003 Tokachi-Oki earthquake, *Earth Planets Space*, 76, 71, doi: 10.1186/s40623-024-02006-7, 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

山中悠資・谷岡勇市郎, 2024, 沿岸津波波形を用いた線形インバージョンの不確実性と高度化, 日本地震学会2024年度秋季大会, S17-02

跡邊陽太・谷岡勇市郎・山中悠資, 2024, 令和6年能登半島地震における富山湾北東部に襲来した津波第一波の励起過程, 日本地震学会2024年度秋季大会, S17-06

対馬弘晃・林豊・山本剛靖, 2024, 沖合津波波形で拘束した津波波源を用いた沿岸津波波形逆解析の評価, 日本地震学会2024年度秋季大会, S17P-09

山中悠資・松葉義直・下園武範・田島芳満, 2024, 石川県珠洲市飯田町に襲来した津波の伝播・増幅特性の推定, 第71回海岸工学講演会, 83

(9) 令和6年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

項目：地震：その他：津波調査

概要：2024年能登半島地震・津波の分析に向けた現地調査を実施した。

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：新潟県上越市直江津 37.1795 138.2494

調査・観測期間：2024/12/5-2024/12/5

公開状況：

(10) 令和7年度実施計画の概要：

令和6年度に引き続き、既往地震の断層モデルの断層パラメータや観測記録の収集・整理を実施しながら断層モデルの不確実性を評価する。令和6年度に具体的に対象としたイベントも含め、不確実性が高いと考えられる断層モデルについては詳細な分析を実施するとともに可能な場合はそれを再構築する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

山中悠資（北海道大学大学院理学研究院）

他機関との共同研究の有無：有

対馬弘晃（気象庁気象研究所）

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：北海道大学大学院理学研究院

電話：011-706-3591

e-mail：isv-web@ml.sci.hokudai.ac.jp

URL：https://www.sci.hokudai.ac.jp/isv/

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：山中悠資

所属：北海道大学大学院理学研究院