

(1) 実施機関名：

東北大学理学研究科

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）国際共同研究によるニュージーランドにおける地震発生機構の解明

（英文）International collaborative study on the earthquake generation process in New Zealand

(3) 関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

イ. 内陸地震

(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

(4) 内陸で発生する被害地震

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(4) 国際共同研究・国際協力

(5) 本課題の5か年の到達目標：

日本と同様に沈み込み帯に位置するニュージーランドにおいて陸域の地震観測を実施し、日本の地震との相互比較から、地震発生過程の理解を普遍化する。特にニュージーランド南島北部を主な対象とし、同地域を北島南部のヒ克蘭ギトラフから南島中央部のアルパイン断層への遷移領域として、プレートの沈み込みや衝突による地殻・上部マントル構造の発達過程とその周辺で発生する地震の理解の向上とそれに基づく災害軽減の取り組みに貢献する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

ニュージーランド南島北部は北島南部の沈み込み型プレート境界であるヒ克蘭ギトラフから南島中央部の横ずれ型プレート境界であるアルパイン断層の遷移領域になる。最近では、2010年及び2011年カンタベリー・クライストチャーチの地震（Mw7.0及び6.1）や2016年カイコウラ地震(Mw7.8)が発生した。アルパイン断層では、平均間隔300年程度でM8クラスの地震が発生しており、直近の地震が1717年であることから、今後高い確率でM8クラスの地震の発生が危惧されており（例えば、50年確率が29%; Cochran et al., 2017, Earth Planet. Sci. Lett. 464, 175–188.

<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.02.026>）、アルパイン断層沿いでの地震観測や災害軽減に向けた包括的な取り組みがなされている(Orchiston et al., 2018, New Zeal. J. Geol. Geophys. 61, 389–402. <https://doi.org/10.1080/00288306.2018.1455716>; Townend et al., 2022, AGU Fall Meeting, S25A-14)。

本研究では、カイコウラ地震の北端付近～ヒ克蘭ギトラフ南端にかけての領域とカイコウラ地震震源域～アルパイン断層の北端付近にかけての領域を対象とし、対象地域内の地震活動の実態および各断層とアルパイン断層本体・沈み込みプレート境界との関係を明らかにすることにより、これまでなされているニュージーランドでの災害軽減の取り組みに貢献することを目的とする。具体的には以下の観測研究を順次実施する。

これまで行ってきた臨時観測（観測点数45点）を継続し、データの解析を進めることで、プレート構造の発達過程とその周辺で発生する内陸地震の理解を進める。カイコウラ地震の地震後過程のモニタリングやより詳細な構造を求めるため、臨時観測を継続する。

詳細な震源分布と地表踏査やGNSSなどによるひずみ速度との対応関係から各断層の位置とそれらの関係を明確にする

応力テンソルインバージョン解析やS波スプリッティング解析により、断層およびその周辺での応力と強度を求める。

地震波トモグラフィや地震波反射面・微動の分布により流体を含む領域を求め、強度と水との関わりを明らかにする。

別途実施される（2.（1）イ（内陸地震の長期予測））「観測データと物理シミュレーションを統合した地震発生長期予測手法の構築と予測実験」と連携し、求められた応力場などの観測情報を地震発生シミュレーションへの入力として活用する。

ニュージーランド・ビクトリア大学ウェリントンおよびGNS Scienceでは、ヒ克蘭ギトラフ最南部・クック海峡における稠密地震観測を実施中であり、本課題の観測網を含めたクック海峡を挟んだ北島最南部・南島最北部における稠密地震観測網を構築し、ヒ克蘭ギトラフ最南部でのプレート構造や断層構造の理解の向上とそれに伴う災害軽減に貢献する。

（7）令和6年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

1）前計画からの予算減を受けて、ニュージーランドのヴィクトリア大学ウェリントン・GNS Scienceと協力して、南島北部にこれまで整備した臨時地震観測網の整備及び分担見直しを行なった。東側の領域をヴィクトリア大学ウェリントン・GNS Scienceに分担いただくこと、また研究領域を本来の目的をできるだけ損なわない範囲で南北に縮小することで、概ねこれまでの観測を維持することができる見通しである。

2）2016年カイコウラ地震震源域において、地震の震源再決定と地震波速度構造のトモグラフィ推定を行なった (Okada et al., 2024)。

・決定された余震分布は既往研究による断層モデルを概ね支持するものであったが、一部の地域では断層モデルと余震分布に乖離が見られ、断層モデルを再構築する必要を指摘した。

地震波速度構造からは、

・震源域中央部・カイコウラ半島付近の上部地殻に地震波速度高速度域が確認された。この領域は、その西方から東方向に始まった破壊が北東方向に転進した領域であり、バリアとして当初の東方向への破壊の進展を妨げた一方で、破壊過程を複雑にした要因であると考えられる

・震源域深部およびそのプレート境界付近に地震波速度低速度域・高い V_p/V_s 領域を確認した。この地震波速度異常領域は高間隙圧流体の分布に対応すると考えられ、上部地殻内での断層の連動破壊やそれに伴って発生したプレート境界での地震時・地震後すべりの発生に高間隙圧流体が関わることを強く示唆する。

3）南島北部にこれまで整備した臨時地震観測網のデータを行い、特に北西部について、テンプレートマッチング法を用いた地震の検出を行なった（田上・他、2024ab）。

4）マルボロ断層帯の地震発生過程をモデル化するために、既往研究としてNZ側でこれまで構築した断層形状と応力場のモデルの数値データの提供を受けた。

関連する国内の地震を対象とした成果

1）2017年6月25日7時2分の長野県南部の地震(Mj5.6)について、Mj5.6の断層の上下の端付近の地震前の応力場について調べた。M5.6のすべり分布と初期応力を仮定して地震後の応力場の再現を試みた結果、M5.6の発生前に、断層の上下の端付近において、応力緩和が発生していた可能性、あるいは、この断層の上下の延長部が存在した場合には、その部分の断層強度が小さかった可能性を指摘した（飯尾・他、2024）。

同種の研究を今後ニュージーランドを対象に行う予定である。

・「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
各項目の目的、特に、

「大学は、海外の沈み込み帯で地震観測を行い、プレートの沈み込みや衝突による地殻・上部マントル構造の発達過程とその周辺で発生する地震の発生機構を調べる。」

「大学は、内陸地震について、活断層や過去の大地震震源域周辺で、地震観測、を実施し、内陸地震が発生する場や その過程を明らかにする。」

「また、複雑な断層系の相互作用や断層端の特性を理解するために、複数の活断層で連鎖的に破壊が起きた海外の地震を対象にして国際共同研究を行う。」

に関して研究の進展を得た。

本課題の成果はニュージーランド側の災害軽減を目的とした取り組みに貢献するとともに、地震発生過程の理解を通じて国内の災害軽減を目的とした取り組みに貢献するものであると捉えている。

(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

Okada, T., Matsuno, M., Matsumoto, S., Kawamura, Y., Iio, Y., Sato, T., Tagami, A., Hirahara, S., Kimura, S., Bannister, S., Ristau, J., Savage, M.K., Thurber, C.H., Sibson, R.H., 2024, Complexity of the 2016 M 7.8 Kaikōura, New Zealand, earthquake from seismic observation: Inferences of overpressured fluid involvement, Phys. Earth Planet. Inter., 348, 107155.
<https://doi.org/10.1016/j.pepi.2024.107155>,査読有,謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

田上綾香・岡田知己・Martha Savage・Calum Chamberlain・John Townend・松野弥愛・松本聡・河村優太・飯尾能久・佐藤 将・平原 聡・木村 洲徳・Stephen Bannister・John Ristau・Francesca Ghisetti・Richard Sibson, 2024a, Fault re-activation of middle to small earthquakes in a tectonic inversion region, northwestern South Island, New Zealand, 2024 JpGU Meeting, SSS05-P01

田上綾香・岡田知己・Martha Savage・Calum Chamberlain・John Townend・松野弥愛・松本聡・河村優太・飯尾能久・佐藤 将・平原 聡・木村 洲徳・Stephen Bannister・John Ristau・Francesca Ghisetti・Richard Sibson, 2024b, ニュージーランド南島北西部, 反転テクtonics地域における中・小規模断層の活動評価, 2024年度日本地震学会秋季大会, S08P-07

飯尾 能久・加藤 慎也・富坂 和秀・澤田 麻沙代・土井 一生・野田 俊太, 2024, 2017年長野県南部の地震(Mj5.6)の断層端付近の応力場, 2024年度日本地震学会秋季大会, S09-03

(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：

(10) 令和7年度実施計画の概要：

引き続き、南島北部にこれまで整備した臨時地震観測網を運用するとともに、ニュージーランドのヴィクトリア大学ウェリントン・GNS Scienceと協力し、この領域の地殻構造や地震活動の研究を通じて、地震発生過程の高度化を進める。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

岡田知己,高木涼太,飯尾能久

他機関との共同研究の有無：有

松本聡（九州大学）,安藤亮輔（東京大学）,三宅弘恵（東京大学）,Martha SAVAGE（ビクトリア大学ウェリントン）,John TOWNEND（ビクトリア大学ウェリントン）,Jamie HORWORTH（ビクトリア大学ウェリントン）,Calum CHAMBERLAIN（ビクトリア大学ウェリントン）,Richard SIBSON（オタゴ大学）,Andy NICOL（カンタバリー大学）,Stephen BANNISTER（GNS Science）,Emily WARREN-SMITH（GNS Science）,Katie JACOBS（GNS Science）,Clifford THURBER（ウィスコンシン大学マディソン校）

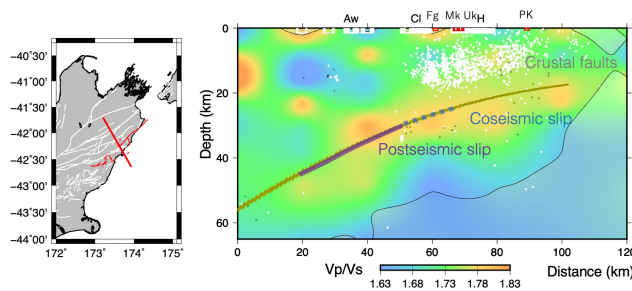
(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター
電話：022-225-1950
e-mail：zisin-yoti-aob@grp.tohoku.ac.jp
URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：岡田知己
所属：東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター

Seismic wave velocity tomography of the Kaikoura earthquake source area (Okada et al., 2024)



Seismic wave velocity tomography revealed regions of low seismic wave velocity and high V_p/V_s near the source region of the Kaikoura earthquake, deep crustal faults, and areas of seismic and postseismic slip along plate boundaries. These regions of low seismic wave velocity and high V_p/V_s indicate areas of high pore fluid pressure, suggesting a relationship between faulting and seismic activity and fluids, especially the contribution of fluids to interlocking rupture and postseismic slip generation.

Fig. Cross-section of V_p/V_s across the Kaikoura Peninsula. The solved area (with a DWS of greater than 0.1% of the maximum) is shown by black line. Blue bold and purple broken lines shows approximate locations of coseismic slip (Hamling et al., 2017) and postseismic slip (Wallace et al., 2018) on the plate interface, respectively.

図1. 2016年カイコウラ地震震源域の V_p/V_s 分布。西北西－東南東方向の鉛直断面図で示す。黒点・白点はカイコウラ地震前と後の地震を示す。青太点線と紫太線はそれぞれ、2016年カイコウラ地震震源域のプレート境界での地震時すべり域 (Hamling et al., 2017)と余効すべり域 (Wallace et al., 2018)を示す。地震波速度トモグラフィの結果、カイコウラ地震の震源域、地殻内断層の深部やプレート境界に沿った地震時・地震後すべり域付近に地震波速度低速度・高 V_p/V_s の領域を見出した。この地震波速度低速度・高 V_p/V_s の領域は高い間隙流体圧の領域を示しており、断層活動や地震活動と流体との関連、特に流体による連動破壊や地震後すべり発生への寄与、が示唆される。