

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H05206

研究課題名(和文) 内陸地震の発生過程の解明-ニュージーランド南島北部における稠密地震観測による-

研究課題名(英文) To clarify the process by which intraplate earthquakes are generated -A dense seismic observation in the northern part of the South Island in New Zealand-

研究代表者

飯尾 能久 (IIO, Yoshihisa)

京都大学・防災研究所・教授

研究者番号：50159547

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：ニュージーランド南島北部において稠密地震観測を継続するとともに、観測の空白域であった南島の北西端に3カ所に新たに観測点を設置した。得られたデータの解析により、沈み込むプレートから放出された水が地殻深部に達して内陸大地震を引き起こしているという仮説を支持する結果が得られた。また、2016年12月14日に観測網内においてカイコウラ地震(Mw7.8)が発生した。本震の震源付近に4カ所の観測点を新設するとともに、道路が寸断されアクセスが困難だった観測点のメンテナンスを行い、地震前後を含む貴重なデータを得ることが出来た。推定した3次元速度構造を用いて、詳細な余震分布や地震前後の応力場を推定した。

研究成果の概要(英文)：We continued a dense seismic observation in the northern part of the South Island in New Zealand, and installed 3 new stations around the north-western end of the South Island where no seismic stations are operated. By analyzing recorded data, we obtained the results that support the hypothesis that water upwelling from subducting plates reaches to the lower crust and generates intraplate earthquakes. The Kaikoura earthquake Mw(7.8) occurred within our seismic network on December, 14th, 2016. We installed 4 new stations near the hypocenter of the main shock, and succeeded the maintenance of seismic stations to which accesses are difficult owing to road closed, and obtained valuable data. We estimated detailed hypocentral distributions and stress fields before and after the main shock.

研究分野：固体地球惑星物理学

キーワード：内陸地震 水 ニュージーランド 断層 観測

1. 研究開始当初の背景

平成 23-26 年度基盤研究 A(海外)「内陸地震の断層直下はやわらかいのか? - ニュージーランド南島北部における稠密観測 - 」(以下、前計画と略記)の概要

前計画は、内陸地震はなぜ起こるのかという問題を解明するために、ニュージーランド南島北部に地震観測網を設置して、断層直下の下部地殻の「やわらかい」領域の変形による応力集中により内陸地震が発生するという仮説を検証するものであった。そのためには、下部地殻の不均質構造の詳細なイメージングが必要であるが、南島北部は理想的なフィールドとなっている。下部地殻はパイロサイスなどの人工的な震源の波が届きにくい、自然地震データが重要であり、対象領域の下側の広い範囲で地震が起こっている必要があるが、南島北部では、直下に沈み込む太平洋プレート内に発生する地震が広く分布している。加えて、南島には活火山は無く、アルパイン断層の西側の逆断層地域やカンタベリー平野下において詳細な地質構造が推定されているが(Ghisetti & Sibson, 2006, 2012)、変動が大きい割には構造は比較的単純である。これらのことは断層に関係した不均質構造を把握する上で大変重要である。さらに、MT 法により、各断層の直下の下部地殻にそれぞれ低比抵抗異常が見出されており、地震学的な構造と比較することにより不均質構造の実態に迫ることが期待された。

クライストチャーチ地震と余震観測

前計画は 2011 年度に始まったが、その直前の 2011 年 2 月 21 日に南島のクライストチャーチ付近で M6.3 の大地震が発生し大きな被害が生じた。その前年 2010 年の 9 月 3 日にはその西側でダーフィールド地震(M7.1)が発生し地表に地震断層が現れた。我々は 2009 年から南島北部(Murchison 盆地付近)の 2 か所でパイロット地震観測を始めており、2010 年 10 月に現地を訪れ、ニュージーランドの地震関係者から大規模な余震観測網を設置してほしいと要請を受けていたが、クライストチャーチ地震の発生により、余震観測網を設置することを決断した。2011 年 3 月に持ち出し可能な機材を総動員して、2 つの地震の余震域を含む、カンタベリー平野とその周辺に 29 点から成る余震観測網を設置した(観測点分布は図 1、と)。

その後、地震活動が順調に減衰したため、2013 年 4 月に、クライストチャーチ地震の余震域を中心に 10 力所を残して、北部に 15 力所を移設した。2013 年 12 月には、クック海峡で M6.5 の地震が発生したため、その付近に 2 か所増設し、2014 年 10 月時点では、48 力所において地震観測を行っていた。

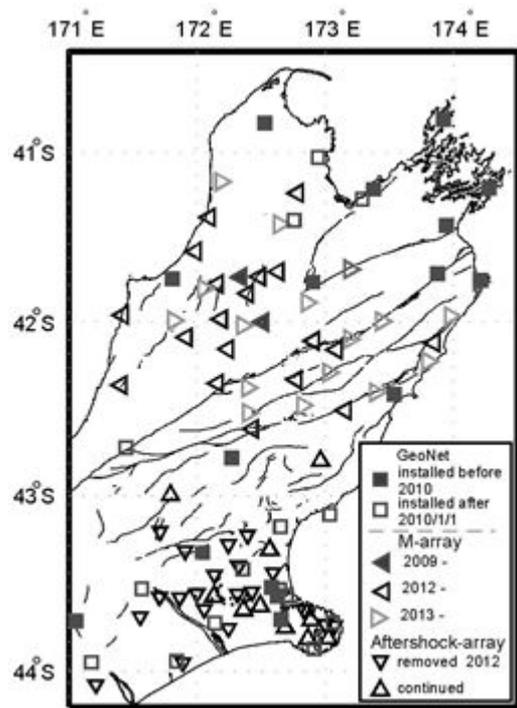


図 1 2014 年 10 月時点の高感度地震観測点の分布。M-array:南島北部の観測網。○:移設した余震観測点。GeoNet の新設点(□)は本研究の観測網を避けるように設置されている。

2. 研究の目的

沈み込む海洋プレートから脱水した水が上昇して地殻に達し、下部地殻を局所的に「やわらかく」することにより、直上の断層に応力集中が生じて内陸地震が発生するという仮説がある。ニュージーランド南島北部に地震観測網を設置し、「やわらかい」不均質領域の実態を明らかにして、内陸地震の発生過程についての物理モデルを構築すること、および、2011 年 2 月のクライストチャーチ地震がなぜ起こったかを解明することが本研究の主な目的である。2016 年 12 月 14 日に観測網内において 2016 年カイコウラ地震(Mw7.8)が発生した。この地震は 10 枚程度の断層が関与している地震観測史上最も複雑な地震だと言われている。この地震の発生過程の解明が新たに目的として加わる。

3. 研究の方法

クライストチャーチ地域を含むニュージーランド南島北部に設置した 48 力所において地震観測を継続するとともに、観測網が手薄な地域に 4 力所の観測点を増強し、調査地域内で最近発生した M6~7 クラスの大地震の余震等のデータを活用して、下部地殻の不均質構造を地震学的手法で明らかにする。詳細に推定された不均質構造に基づき、比抵抗構造や地質構造、地殻変動の解析結果を総合して、内陸地震の発生過程の物理モデルを構築するとともに、応力場の解析も進めて、クライストチャーチ地震の発生過程を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 地震観測

クライストチャーチ地域を含むニュージーランド南島北部の48カ所において地震観測を継続するとともに、アクセスが困難なため観測の空白域であった、南島の北西端、Farewell 岬周辺の3カ所に新たに観測点を設置した(図2、右向き三角)。また、故障した地震計13台を修理・調整することにより、良好なデータを記録することが出来た。

(2) カイコウラ地震の余震観測

2016年12月14日に観測網内において2016年カイコウラ地震(Mw7.8)が発生した。この地震は10枚程度の断層が関与している地震観測史上最も複雑な地震だと言われている。図2に、地表変位が現れた3つの断層を示した。余震域直上で5点の地震観測点が作動していた。この付近は、定常地震観測網が約100kmおきにしかない地域であるため、本研究による臨時観測網が極めて重要となる。カイコウラ地震の発生直後に、データ回収を試みたが、余震域付近の観測点へ通ずる道路は地震による土砂崩れ等のため通行不能のところが多かった。2017年1月には、全ての観測点のメンテナンスを行うことが出来た。本震発生に至る貴重なデータを得ることが出来た一方、極めて大きな地震だったため観測点近傍でも土砂崩れが発生し、2観測点はそのために欠測となっていた。メンテナンスと同時に、クライストチャーチ付近の5観測点を撤収し、土砂崩れでやられた1点を含めて、カイコウラ地震の余震域内に移設した。それ以外については、2015年度に南島の北西端、Farewell 岬周辺に設置した3点を含むニュージーランド南島北部の51カ所において地震観測を継続している。

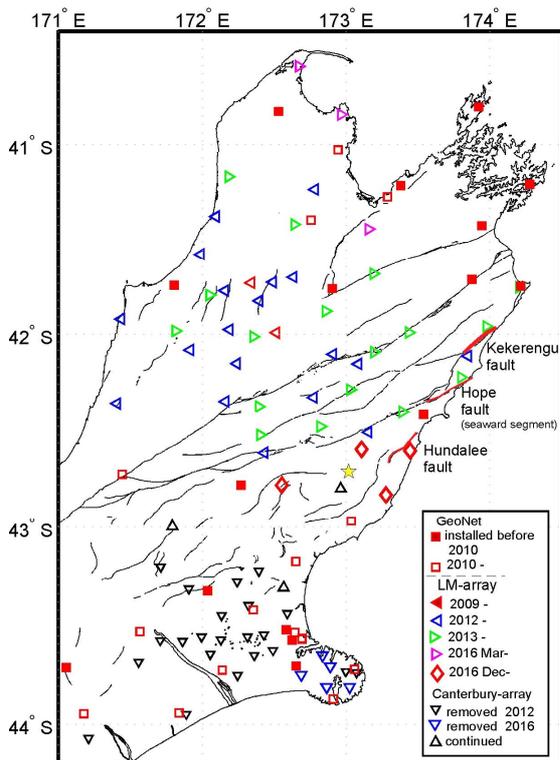


図2 2018年1月時点の高感度地震観測点の分布。M-array:南島北部の観測網。右向き三角:南島の北西端 Farewell 岬周辺に新設した3観測点。□:カイコウラ地震の余震観測点。◇:カイコウラ地震の震央。

(3) 南島北部の地震発生場の特徴と地震発生

これまで得られた地震データをニュージーランドの定常地震観測網である GeoNet データと統合して解析を行い、詳細な震源分布、メカニズム解、地震波速度・トモグラフィーを行った。

その結果、地殻浅部においては、アルパイン-ワイラル断層の西側の逆断層地域であるマーチソン盆地周辺において低速度域が盆地の走向に沿って南北に伸びていること、アルパイン-ワイラル断層の東側の横ずれ断層地域であるマールボロ地域においては低速度域が南島北部の東海岸に沿っていることが推定された。地殻深部においては、浅い地震活動がある地域の深部に低速度異常域が見出された。沈み込むプレート境界から、アルパイン断層の西側の逆断層地帯にある、1929年のマーチソン地震(M7.8)で活動した White Creek 断層付近へ続く低速度異常が顕著であり、既存のMT観測による低比抵抗異常とも調和的であることが分かった(投稿に向けて原稿の最終仕上げ中)。このことは、最上部マントルから地殻深部において間隙流体が不均質に分布しており、沈み込むプレートから放出された水が地殻深部に達して内陸大地震を引き起こしている可能性を強く示唆しており、上記の仮説を指示する結果である。さらに、アルパイン断層の東側において低速度域が南島北部の東海岸に沿っていることは、クライストチャーチ地震の発生に関係しているかも知れない。

カイコウラ地震に関連しては、まだ preliminary な結果であるが、地震メカニズム解の解析から余震域内の応力場の地震前後の時空間変化を推定した。さらに、推定された3次元速度構造を用いて、余震の震源分布を精度良く決定した(投稿に向けて原稿の最終仕上げ中)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 8 件)

T. Okada, Y. Iio, S. Matsumoto, S. Bannister, S. Ohmi, S. Horiuchi, T. Sato, T. Miura, J. Pettinga, F. Ghisetti, R. H. Sibson, Three-dimensional seismic velocity structure beneath the northern South Island, New Zealand from dense seismic observation, IAG- IASPEI 2017, 神

戸国際会議場（兵庫）、口頭、2017/08/02

T. Sato, T. Okada, Y. Iio, S. Matsumoto, S. Bannister, J. Ristau, S. Ohmi, T. Miura, J. Pettinga, F. Ghisetti, R. H. Sibson, Regional stress field inferred from focal mechanisms obtained by dense seismic observation in the northern South Island, New Zealand, IAG-IASPEI 2017, 神戸国際会議場（兵庫）、ポスター、2017/08/02

岡田知己・中山貴史・平原聡・堀修一郎・佐藤俊也・松澤暢・吉田圭佑・長谷川昭・2011年東北地方太平洋沖地震合同余震観測グループ、稠密地震観測で求めた、東北沖地震後の内陸誘発地震震源域の応力場、日本地震学会 2017 年度秋季大会、かごしま県民交流センター（鹿児島）、口頭、2017/10/26

佐藤将・岡田知己・飯尾能久・大見士朗・三浦勉・松本聡・S. Bannister・J. Ristau・J. Pettinga・F. Ghisetti・R. Sibson, ニュージーランド南島北部における 2016 Mw 7.8 Kaikoura 地震前後での広域応力場の推定とその変化、日本地震学会 2017 年度秋季大会、かごしま県民交流センター（鹿児島）、ポスター、2017/10/26

T. Okada, Y. Iio, S. Matsumoto, S. Bannister, S. Ohmi, S. Horiuchi, T. Sato, T. Miura, J. Pettinga, F. Ghisetti, R. H. Sibson, SEISMIC TOMOGRAPHY IN THE NORTHERN SOUTH ISLAND AND THE 2016 KAIKOURA EARTHQUAKE, GEOSCIENCE SOCIETY OF NEW ZEALAND ANNUAL CONFERENCE 2017, University of Auckland, オークランド市（ニュージーランド）、口頭、2017/11/30

T. Sato, T. Okada, Y. Iio, S. Matsumoto, S. Bannister, J. Ristau, S. Ohmi, T. Miura, J. Pettinga, F. Ghisetti, R. H. Sibson, SPATIO-TEMPORAL REGIONAL STRESS FIELD ASSOCIATED WITH THE MW 7.8 KAIKOURA EARTHQUAKE BY STRESS TENSOR INVERSION IN THE NORTHERN SOUTH ISLAND, GEOSCIENCE SOCIETY OF NEW ZEALAND ANNUAL CONFERENCE 2017, University of Auckland, オークランド市（ニュージーランド）、ポスター、2017/11/29

T. Okada, Y. Iio, S. Matsumoto, Richard H. Sibson and members of the Lyell-Murchison Project, 2016, Three-dimensional crustal seismic velocity structure in the northern part of the South Island, New Zealand, Workshop on the Deep Fault Drilling Project (DFDP) - Alpine Fault, 高山市, 2016/07/18

〔図書〕(計 1 件)

飯尾能久(分担執筆), 図説 固体地球の事典, 朝倉書店, 2018

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飯尾 能久 (IIO, Yoshihisa)
京都大学・防災研究所・教授
研究者番号：5 0 1 5 9 5 4 7

(2) 研究分担者

岡田 知己 (OKADA, Tomomi)
東北大学・理学研究科・准教授
研究者番号：3 0 2 8 1 9 6 8

(3) 研究分担者

松本 聡 (MATSUMOTO, Satoshi)
九州大学・理学研究院・准教授
研究者番号：4 0 2 2 1 5 9 3