

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 24 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25800243

研究課題名(和文)北海道下におけるより詳細な島弧衝突過程とそれに伴う太平洋スラブの変形機構の解明

研究課題名(英文) Detailed examination of the Arc-arc collision process and its relationship with deformation mechanism of the Pacific slab, beneath the Hokkaido

研究代表者

北 佐枝子 (Kita, Saeko)

広島大学・理学(系)研究科(研究院)・特任助教

研究者番号：10543449

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：北海道全域下の地震波減衰構造の推定をおこなった。当該地域の2つのM7クラスの内陸大地震は、低減衰域と高減衰域の縁に分布しており、それらの場所は速度構造の急変域(Kita et al., 2012)にも対応していた。北海道東部と南部下では、マントル内の上昇流と考えられる高減衰域を確認した一方、活火山の空白域である大雪山系の西から石狩低地帯の下では、その傾向は顕著でなかった。また北海道での解析経験を生かし、四国下での減衰構造の推定も行い、四国山地の造山運動、地下構造と微動のセグメンテーションに関係があることも見つけた。これらの結果をまとめて作成した論文は、国際誌に計3本受理された。

研究成果の概要(英文)：I successfully estimated a detailed seismic attenuation structure beneath Hokkaido. The characteristics of the obtained attenuation structure is almost the same trend in the seismic velocities structure by Kita et al. [2012, JGR]. I also estimated stress drops of intraslab earthquakes beneath Hokkaido, which promotes the understanding the cause of the intraslab earthquakes. I can also estimated a seismic attenuation structure beneath southwestern Japan, using my study experience beneath Hokkaido. Finally, three papers are published using this science fund.

研究分野：地震学

キーワード：地震波減衰構造 スラブ内地震 日高衝突帯 北海道 メカニズム解 地震波トモグラフィー法

1. 研究開始当初の背景

これまでの北海道島弧会合部の研究

日本列島は、千島弧、東北日本弧などの複数の島弧から形成されている。島弧は、海溝近くで形成され、火成活動や付加作用によって成長し、やがて他の島弧と衝突し、より大きな大陸に成長していく[木村, 2002]。大陸は一方的に増加するだけでなく、近年の研究により地球内部へ物質を戻す役割も担う可能性が指摘されるようになってきた[木村, 2002]。よって、その初期段階である島弧と島弧が隣り合って衝突する場所(島弧会合部)を研究することは、大陸地殻の成長過程を解明すると同時に、地球内部における物質循環機構の解明にもつながる。

北海道島弧会合部は、日本における島弧会合部のうちの1つであり、太平洋プレート内部(スラブ内)地震と内陸地震活動を含め、地震活動が最も活発な島弧衝突帯であることが知られている。すなわち、過去100年の間に、M7前後の内陸大地震が10個程度発生しており、1970年には日高南部地震、1982年には浦河沖地震が発生した。

1996年の兵庫県南部地震以降、日本列島には、世界で最も高感度の基盤稠密地震観測網(観測点間隔は約20km)が構築された。それにより、これまで不可能だったM1台の地震の検知も可能となったため、世界の地震学をリードする重要な研究成果が上がってきている[たとえば Obara, 2002]。地下構造のイメージング法(地震波速度トモグラフィ法、地震波減衰トモグラフィ法など)などの多くの地震学的手法において、使用できる地震数の飛躍的な増加は、詳細で正確な解析を行うことに直結する。よって、地震発生数の最も多い会合部である北海道において、上記観測網を使用して会合部の構造を詳細に調べれば、世界をリードする成果が上がる事が期待される。

地震波速度トモグラフィ法を用いた先行研究である北ほか[Kita et al., 2012]では、日高山脈付近下で地震波速度構造に関して統合データ(稠密地震観測網および臨時地震観測網[勝俣ほか, 2002]の統合データ)を用いて推定し、深部より深さ10km程度まで貫入する、特異な高速度異常域(マントル物質に相当)を数か所で見つけた(概念図を図1に示す)。それらの高速度異常域と地殻物質の境界は、南北方向に延びる衝上断層の深部延長上に位置していた。そのうち2つは、1970年のM6.7日高山脈南部地震、1982年M7.1浦河沖地震の断層面に一致していた。これらは異常に深部で発生したM7クラスの内陸大地震だが、急激な速度不連続面(マントル地殻)を利用し発生した地震である可能性が高いことを明らかにした。

このKita et al.[2012]による結果は、表層から深部まで続く複数の地質断層が島弧衝突帯形成を担うことを、詳細な解析結果により世界で初めて示したもので、従来の島弧衝

突モデル[伊藤, 2000]を覆した画期的な成果である。さらに、岩石学者(東大・小澤教授、新潟大・高澤博士、JAMSTEC 阿部博士)と共同研究を行い、世界のレルゾライト研究上で非常に重要な幌満橄欖岩が地下深部での捕獲岩起源ではないことを示し、従来の学説を覆す成果もあげた。これらの結果は、北海道島弧会合部での現在の地質史における改定の必要性を示唆している。

減衰構造の推定について

地球内部を表現するパラメータとして一般的には地震波速度構造が広く知られているが、地球内部の非弾性構造を表現するパラメータとして、地震波の減衰の程度を表すQ値がある。日本列島周辺では、1980年代より地震波減衰構造の推定が行われてきた[例えば、海野・長谷川, 1984; Nakanishi, 1979; Hoashiba, 1993; Tsumura et al., 2000 など]が、事例は地震波速度構造と比べて少ない。それは、地震波減衰構造の推定には、地震波の最大震幅、震幅スペクトル等、波形を加工してから抽出する情報を用いるため、基盤観測網の整備以前はS/N比の高い地震波形が十分に入手できる環境が一部地域を除いて無かったためである。先述の基盤稠密地震観測網が整備されデータが十分に蓄積された2000年代以後、高品質かつ大量の地震波形データが日本列島下では安定的に得られるようになった。

2. 研究の目的

本科研費における研究では、1)減衰構造の推定を日高地域において20km程度の分解能で行い、先行研究で見られた島弧衝突過程が見られるか確認すること、2)Vp/Vs比の構造を精度よく直接求めること、3)2)での結果と岩石のVp/Vs比の測定値と対応させることにより、日高地域下の速度構造を詳細な岩相分布に焼き直すこと、4)3)の結果に対し、日高地方における変成岩研究や構造地質研究の知見を用いて、現在得られている島弧衝突モデルに時間軸を入れることを行いたい。そして、5)スラブ内地震のメカニズム解の推定を行い、下に沈み込む太平洋スラブも島弧衝突により変形している可能性について実証する。これらを総合して、北海道島弧会合部にて、時間軸の入った島弧衝突モデルを提案することを目的とする。

3. 研究の方法

北海道島弧会合部の、東北日本弧と千島弧とが衝突している最前線の日高山脈を中心として、内陸地殻領域(深さ0-35km)からスラブ領域(深さ160km)までを研究対象範囲とし、統合データ(稠密地震観測網データ2000-2011年+集中観測データ2年分)を用いて、詳細な地震波減衰構造の推定、地震波速度構造(Vp/Vs構造)および発震機構の決定を行う。それらを通し、当該地域で

の内陸大地震の発生原因，流体の空間分布および，島弧とスラブの同時変形の形態について明らかにし，島弧変形のモデル（連動変形モデル）を提案する．

研究をより効率的に行うために，地震学と岩石学の両方の分野の研究者，地震波トモグラフィ法の第一人者 [Eberhart-Phillips 博士] を研究協力者として迎え，島弧会合部の岩石学的研究の現場見学を含む，北海道での研究集会も開催する．また，地震波減衰トモグラフィ法の改良にも取り組む．

4. 研究成果

初年度は，北海道全域下の地震波減衰構造の推定を行い，地震波速度構造で見られた異常構造を，地震波減衰構造からも確認した．すなわち，日高地方下で異常に沈み込む地殻物質と解釈される低速度域を，低減衰域としてイメージングされた．日高地域の2つのM7クラスの内陸大地震は，低減衰域と高減衰域の縁に分布しており，それらの場所は速度構造の急変域 [Kita et al., 2012, JGR] にも対応していた．また，北海道東部と南部のマントルウエッジ内では，スラブ上部表面に平行で深部から火山列下のモホ面付近に伸びる高減衰域を確認した．この空間分布は，Zhao et al. [2013] による北海道下マントルウエッジ内の低速度領域の空間分布と対応するため，マントル内の上昇流と考えられる．一方，大雪山系の西から石狩低地帯の下のマントルウエッジ領域では，やや減衰が大きい傾向があるものの，その傾向は顕著でなかった．この場所は，活火山及び第四紀火山の分布空白域 [中川ほか, 1995] と一致していた．すなわち，北海道での火山の偏りと減衰構造の地域変化が対応することを見つけた．さらに，上面地震帯 [Kita et al., 2006; 2010a] の深さ下減の地域変化と減衰構造の地域変化も対応づくこともみいだした．さらに，千島前弧スリバーの北限が一枚の面ではなく，火山フロント全体でスリバー運動の北限での活動を担っている可能性をみつけた．これら上記減衰構造の解析結果は論文に纏め，国際誌 (JGR) に投稿した．

初年度の7月中旬から8月中旬には，研究協力者の UC Davis の Eberhart-Phillips 博士の下に1ヶ月滞在し， V_p/V_s 比を直接もとめる地震波速度構造のイメージング法の解析方法を習得した．また減衰構造の解析結果の議論を進展させることができた．また，期間中に UC Berkeley や Stanford University にも出向き，UC Berkeley では Roland Burgmann 教授とはスラブ内地震の活動について Mayeda 博士とは S コーダ波スペクトル比法についての議論を行い，Stanford では Greg Beroza 教授と減衰構造に関して議論を行うことが出来た．さらに USGS Menlo park では Boatwright 博士とコーナー周波数の推定手法について議論を行うことが出来た．

初年度7月上旬には北海道日高地方に出向き，研究協力者と共に「北海道下の地下構造に関する勉強会（開催日：2013年7月6日，口頭発表者数1名，参加者22名，様似町で開催）を開催した．これは同時期に様似町で開催されていた静岡大学，新潟大学および東京大学の連合チームによる幌満巡検（橄欖岩を学ぶ巡検）に合流して行った．それにより，日高衝突帯における地震学・地質学・岩石学間での学際的な意見交換や議論を行うことができた．

次年度は，産前産後休暇および育児部分休業を取得したため，当初の予定通りに研究計画を遂行できなかったが，論文が2本受理されている．次年度7月には，投稿中の論文（北海道全域下の地震波減衰構造）が国際誌 (JGR) にて受理された．また，本研究課題を遂行する上で得られた研究経験と知見を用いて，北海道下のスラブ内地震の応力降下量に関する研究を進めることが出来た．深さ70-180kmの範囲において，スラブ地殻内で発生する地震の応力降下量がスラブマントルで発生する地震のそれよりも小さくなる傾向を見出した．また，スラブ地殻内での応力降下量の深さ変化が，MORB 中の脱水を伴う相変化により剛性率が深さ変化することにより起きている可能性を見出した．これらの成果についても論文に纏め，国際誌 (G-cubed) にて1月に受理された．

最終年度も，育児部分休業を取得したことと所属機関を異動したことにより，当初の予定通りには研究計画は遂行できなかったが，論文が1本受理 (JGR) されている．

北海道の島弧衝突部下に沈み込む太平洋スラブ内の地震のメカニズム解の決定に関しては，所属先であった防災科学技術研究所により読み取られた初動極性のデータを使用することにより行うことが出来た．応力場の解析については進行中であり，具体的な成果は出ていない．また，北海道日高地方での変形モデルの議論は，研究協力者の市原寛博士（現・神戸大学）により最新の MT 探査の研究結果と比較することにより行った．それにより，日高衝突帯の何案地域における地下構造モデルについては成熟することが出来た．

最終年度に発表した論文は，これまでの北海道ではなく四国下での減衰構造の解析結果に関するものである．しかし，これはこれまでの北海道下での速度および減衰構造の研究経験を十分に活かした物であり，北海道での研究経験がなければ解析および議論については全く出来なかった．主な成果としては，下記の通りである．四国では造山運動により隆起量の比較的大きい石鎚山と剣山があり，その下では上部地殻の速度を持つ物質が通常の下部地殻の深さに存在しており，減衰構造でもその場所は低Qになっていた．この2つの低Qの場所の縁は，四国で発生する深部低周波微動の活動中に見られるセグメ

ント境界と対応していることを見出した。すなわち、地下構造と微動の活動様式と造山運動とが関係することを見出した。この内容を纏めた論文は、3月にJGRにて受理された。

上記以外にも、スラブ内地震の活動様式に関する議論を深めるために5月にはミシガン大学に滞在し、van Keken 教授(ミシガン大学・現・カーネギ研究所)、Abers 教授(カーネル大学)、Hacker 教授(UC Santa Barbara)や研究協力者の中島淳一教授(東京工業大学)と共にスラブ内地震に関する最新の知見を交換した。

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 3件)

1. Kita, S. and M. Matsubara, Seismic attenuation structure associated with episodic tremor and slip zone beneath Shikoku and the Kii peninsula, southwestern Japan, in the Nankai subduction zone, Journal of Geophysical Research, doi: 10.1002/2015/JB012493, Vol. 121, 2016 (査読あり)。

2. Kita, S. and K. Katsumata, Stress drops for intermediate-depth intraslab earthquakes beneath Hokkaido, northern Japan: Differences between the subducting oceanic crust and mantle events, Geochemistry, Geophysics, Geosystems (G-Cubed), doi: 10.1002/2014GC005603, Vol. 16, 552-562, 2015 (査読あり)

3. Kita, S., Junichi Nakajima, Akira Hasegawa, Tomomi Okada, Kei Katsumata, Yoichi Asano and Takeshi Kimura, Detailed seismic attenuation structure beneath Hokkaido, northeastern Japan: Arc-arc collision process, arc magmatism and seismotectonics, Journal of Geophysical Research,, doi: 10.1002/2014JB011099, Vol. 119, 6486-6511, 2014 (査読あり)。

[学会発表](計 7件)

1. Saeko Kita and Kei Katsumata, Stress drops for intermediate depth intraslab earthquakes beneath Hokkaido, northern Japan, AGU 2015 fall meeting, 2015年12月17日, Moscon center, San Francisco (米国加州)

2. 北佐枝子・松原誠, 西南日本における詳細な地震波減衰構造-長期的・短期的のソースリップとの関係-, 日本地震学会2015

年秋季大会, 2015年10月28日, 神戸国際会議場(兵庫県)

3. 北佐枝子, スラブ内地震および衝突帯の地震発生機構の研究, 日本地震学会2015年秋季大会(招待講演), 2015年10月26日, 神戸国際会議場(兵庫県)

4. 北佐枝子・中島淳一・長谷川昭・岡田知己・勝俣啓・浅野陽一・木村武志, 北海道下の3時限減衰構造: 島弧 島弧衝突とM7クラス内陸大地震(その3), 日本地球惑星科学連合2014年春季大会, 2014年4月30日, パシフィコ横浜(神奈川県)

5. 北佐枝子, 北海道下におけるスラブ内地震の応力降下量の空間変化の特徴, 日本地震学会2014年秋季大会, 2014年11月25日, 朱鷺メッセ(新潟)

6. 1. Saeko Kita, Junichi Nakajima, Tomomi Okada, Akira Hasegawa, Kei Katsumata, Yoichi Asano, and Naoki Uchida, High-resolution seismic attenuation structure beneath Hokkaido corner, northern Japan., AGU 2013 fall meeting, 2013年12月09日~2013年12月13日, Moscon center, San Francisco (米国加州)

7. 北佐枝子・中島淳一・長谷川昭・岡田知己・勝俣啓・浅野陽一, 北海道下の3時限減衰構造: 島弧 島弧衝突とM7クラス内陸大地震(その2), 日本地球惑星科学連合2014年春季大会, 2013年5月19日~2013年5月24日, 幕張メッセ(千葉県)

[その他]

ホームページ等 :
<http://home.hiroshima-u.ac.jp/saeko/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

北佐枝子 (Saeko Kita)

広島大学・大学院理学研究科・特任助教

研究者番号: 10543449