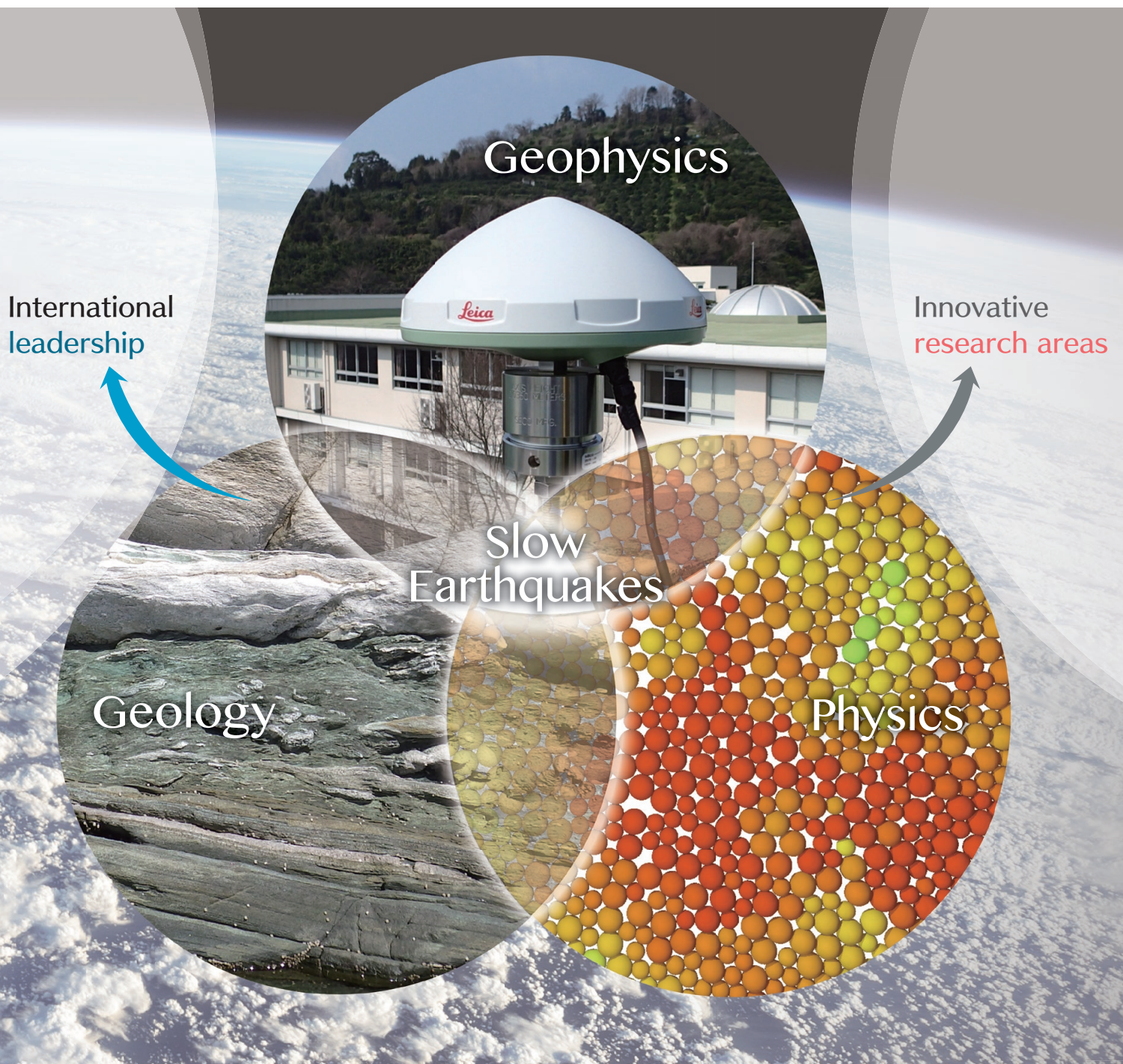


SLOW EARTHQUAKES

Newsletter03
スロー地震学



平成 28 – 32 年度 文部科学省・日本学術振興会科学研究費助成事業

新学術領域研究「スロー地震学」(領域番号 2804)

INDEX

A01班研究紹介..... 3**スロー地震と繰り返し地震から推定される
プレート間すべりの移動現象**

東北大学大学院理学研究科 内田 直希

A02班研究紹介..... 5**スロースリップとプレート間固着の空間的相関**

東北大学大学院理学研究科 高木 涼太

B01班研究紹介..... 7**深部低周波地震が起こる場所**

防災科学技術研究所 汐見 勝彦

B02班研究紹介..... 9**Episodic tremor and slip の地質学的描像**

筑波大学生命環境系 氏家 恒太郎

C01班研究紹介..... 11**確率論的震源物理学とスロー地震**

東京工業大学理学院 麻生 尚文

C02班研究紹介..... 13**スロー地震は予測しやすいか？****—分岐近傍としてのスロー地震の性質—**

東京理科大学理学部応用物理学科 住野 豊

異分野融合研究紹介..... 15**物理班との連携研究の現状と展望**

東京大学地震研究所 波多野 恭弘

公募研究紹介..... 16**GNSS データを用いた SSE のグローバル探索**

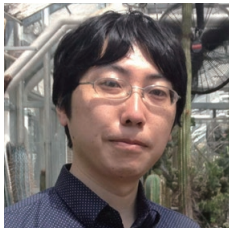
京都大学防災研究所 西村 卓也

スロー地震学 活動報告

- ・スロー地震データベースの公開 4
- ・地震学夏の学校2018..... 6
- ・スロー地震国際合同研究集会2018 8
- ・長崎巡検報告 10
- ・海外研究者長期招聘報告(1) 12
- ・海外研究者長期招聘報告(2) 14
- ・押しかけワークショップ in NZ 17
- ・NHK番組と日本地震学会賞 18
- ・若手研究者海外派遣報告..... 18
- ・スロー地震カフェ／スロー地震学特別セミナー 19

A01班研究紹介**スロー地震と繰り返し地震から推定される
プレート間すべりの移動現象**

東北大学大学院理学研究科 内田 直希



南海トラフ沿いの豊後水道から九州の沖合では、浅部の超低周波地震 (VLFE) と深部の長期的スロースリップイベント (SSE) および微動の同時期の発生が2003年と2010年に生じた (Hirose *et al.*, 2010)。このことは、プレート境界浅部と深部のスロー地震間に何らかの関係があることを示唆する。また、本ニュースレター **A02班研究紹介**にある研究からは、長期的SSEが地震発生域の深部延長において、海溝に沿った方向の伝播をすることが明らかになった (**図1**)。本研究では、西南日本での繰り返し地震を抽出し、それから推定される非地震性すべりと微動や超低周波地震などのスロー地震との関係を調べた。

繰り返し地震は非地震性すべりが卓越する場所で発生し、その積算すべりは、プレート境界でのスロースリップの推移を表わしていると考えられる。本研究ではまず、小繰り返し地震を防災科学技術研究所Hi-netの観測点における波形の相似性を利用して抽出した。その結果、小繰り返し地震は、九州の沖合のプレート境界の深さ約15–30 kmに分布することが分かった (**図1a**)。この分布は、プレート境界深部の微動 (Obara *et al.*, 2010) や浅部のVLFE (Asano *et al.*,

2015)のほか、プレート間のすべり欠損 (Yokota *et al.*, 2016) と相補的である (**図1a**)。さらに、小繰り返し地震の地震モーメントとすべり量の関係より、繰り返し地震の周囲の非地震性すべりを推定し、その領域ごとの時間変化の特徴を調べた結果、2003年と2010年の長期的SSEに先行して、比較的速いすべりが繰り返し地震分布域のうち深部において見られた (**図1cのd, e領域**)。この活動は、本ニュースレター **A02班研究紹介**による陸上のGPSデータ解析によるスロースリップの発生時期とも同期しており (**図1b, cの逆三角**)、九州沖のプレート境界型地震発生域の深部において数年かけてスロースリップが北進していく様子が捉えられた (**図1**)。

また、2010年の豊後水道の長期的SSE時には繰り返し地震分布域のうち浅部 (トラフ側) において短期的な活動が見られた (**図1c青楕円**)。この時期の時間軸を拡大してみると、この短期的活動も北に向かって移動している (**図2**)。すなわち浅部のVLFEは繰り返し地震の前、深部の微動および陸上GNSS観測点の変位は繰り返し地震活動の後にそれぞれ北に向かう移動が見られる。このことから、およそ1ヶ月かけて浅部から深部 (南から北) に向けて約300 kmにわたる広い範

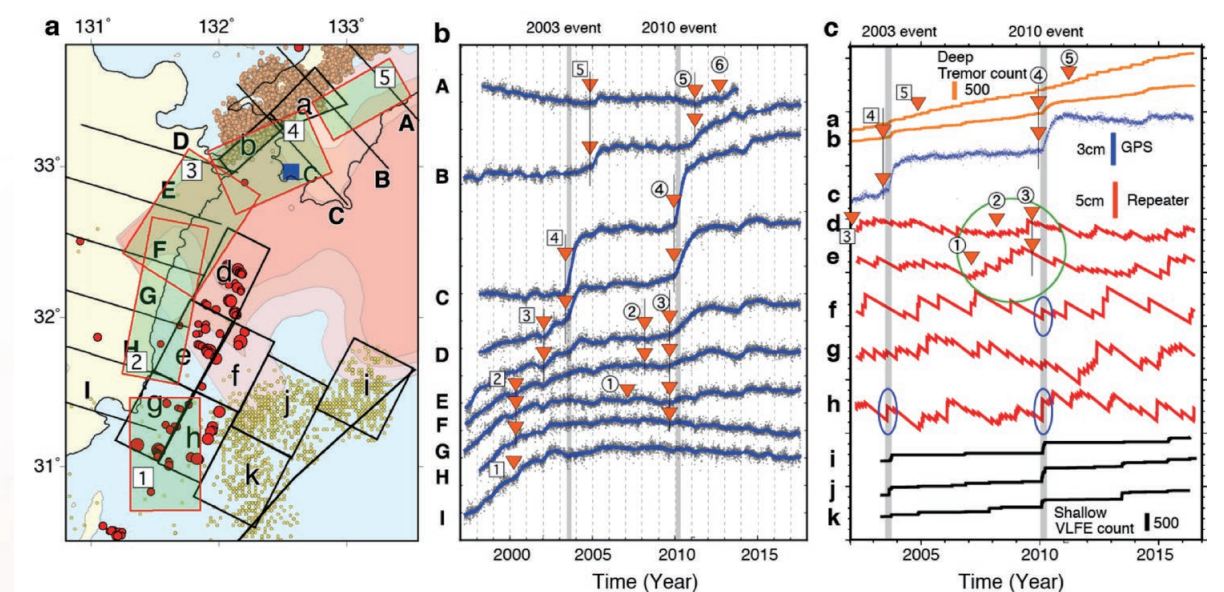


図1 (a) 西南日本での小繰り返し地震 (赤丸) および、長期的スロースリップ (緑矩形、2000–2004年)、深部微動 (オレンジ丸)、浅部VLFE (黄色丸)。プレート間のすべり欠損 (ピンク) の分布状況。(b) 図aの測線A–HのGPS観測点での平均の変位時系列。(c) 図aのa–kの領域での深部微動の積算個数、GPS観測点変位、小繰り返し地震から推定したトレンド除去後のすべり、VLFEの積算個数の時系列。

囲をスロースリップが移動した可能性がある。

このように、本研究では、小繰り返し地震データの解析から、スロースリップの発生状況を推定し、それを深部の長期的SSE・微動および浅部のVLFEの微動の活動と比較することにより、プレート境界深部での長期的なスロースリップの移動と浅部から深部にかけての比較的速いスロースリップの移動を見出した。このような広域のスロー地震間の相互作用やスロースリップの移動は、プレート境界の固着域に非定常なローディングを生じさせている可能性がある。

引用文献

Hirose, H., *et al.* *Science* 330 (6010), 1502-1502, doi:10.1126/science.1197102.

Takagi, R., *et al.* (2018), *J. Geophys. Res.*, in revision.

Obata, K., *et al.* (2010), *Geophysical Research Letters* 37, doi:10.1029/2010GL043679.

Asano, Y., *et al.* (2015), *Geophysical Research Letters* 42, 331-338, doi:10.1002/2014GL062165.

Yokota, Y., *et al.* (2016), *Nature* 534, 374-377, doi:10.1038/nature17632.

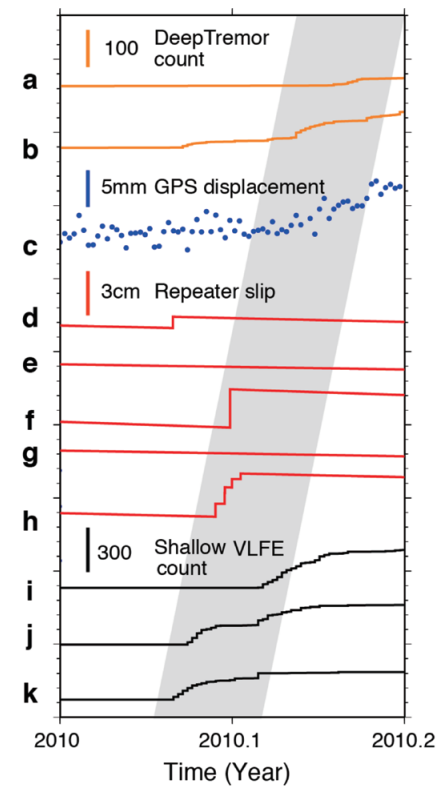


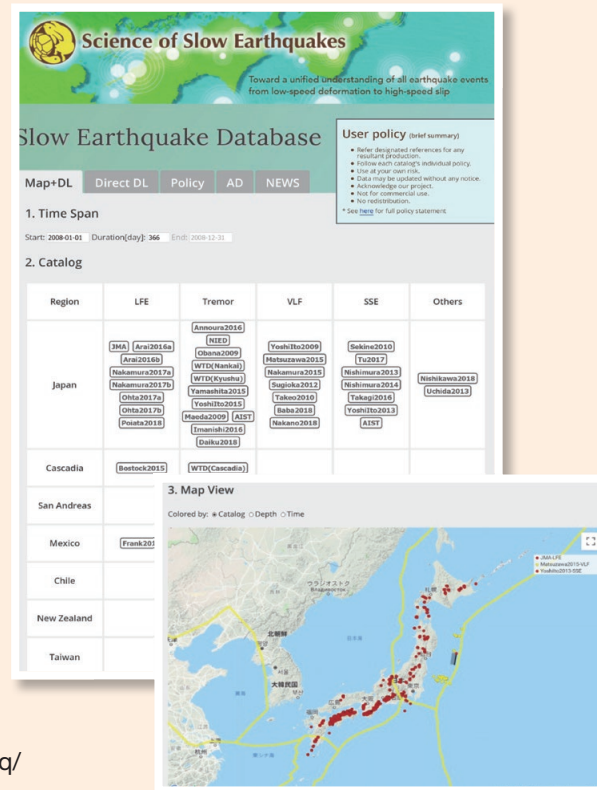
図2 図1の2010-2010.2年の拡大図

スロー地震学 活動報告

スロー地震データベースの公開

防災科研 松澤 孝紀

カタログ班は、これまで様々な研究で得られたスロー地震のカタログを集約し、手軽に比較表示・取得できるようにしたウェブサイト「スロー地震データベース」を2017年12月に公開しました(Kano, Aso, *et al.*, *SRL*, 2018)。図に示す“Map+DL”ページからは、スロー地震の発生状況を地図上に表示したり、カタログをダウンロードしたりすることが可能です(図は、Ito *et al.*, *Tectonophysics*, 2013, Katsumata & Kamaya, *GRL*, 2003, Matsuzawa *et al.*, *GRL*, 2015の2011年分のカタログをプロットした例です)。利用規約のもと、カタログをご自身の図で利用することもできます。本ページ掲載のカタログ数は当初29でしたが、2018年11月現在では46まで増えています。また、掲載カタログも随時募集しております。論文発表されたスロー地震関連のカタログがありましたら、ぜひカタログ班事務局までお知らせください。



<http://www-solid.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~sloweq/>

A02班研究紹介

スロースリップと プレート間固着の空間的相関性

東北大学大学院理学研究科 高木 涼太



スロースリップイベント(SSE)は、沈み込み帯の巨大地震発生域周辺で発生するため、巨大地震と相互作用すると考えられる。実際に、大地震に先行したSSEや地震後のSSE発生間隔の短縮が観測されているが、それらが巨大地震とSSEの相互作用の一例であろう。SSEは大地震に比べて短時間で繰り返すため、SSE活動様式の時空間的特徴から、巨大地震とSSEの関係性や相互作用の理解を深めることが重要である。本報告では、南海トラフ西部における新たなSSEカタログに基づき、SSE活動と巨大地震を発生させるプレート間固着の空間的相関性について述べる(Takagi *et al.*, 2018, in revision)。

SSEカタログは、我々が新たに開発した解析手法Grid-SSE(Grid-based Determination of Slow Slip Events)に基づく。Grid-SSEは、モデル時系列をGNSS変位時系列に合わせることで系統的にSSEを検出し、その断層パラメータを推定する。本研究では、スロー地震の中で最も継続時間

が長く規模が大きい長期的SSEに着目する。これまでの長期的SSEカタログは、目視検出と個別のすべりインバージョン等に依存していた。Grid-SSEは、モデルのすべり継続時間を長期的SSEに合わせて設定することで、長期的SSEの系統的な検出を可能にする。

Grid-SSEを20年間のGEONETデータに適用し、未報告の11個を含む24個の長期的SSE(Mw6.0-7.0)を検出した(図1)。長期的SSEは、走向方向にセグメント化され、日向灘南部・日向灘北部・豊後水道・四国西部の4つの領域に分かれる。また、SSE活動様式は走向方向に変化し、プレート境界浅部の固着強度分布と空間的に相関を持つことが明らかになった。四国西部と日向灘北部では、SSE発生間隔が比較的長く、積算すべり量は小さい。この領域の浅部には、1946年Mw8.3南海地震と1968年Mw7.5日向灘地震のアスペリティが存在し、固着が強い領域と推定される。一方、豊後水道と日向灘南部のSSEは、2つの固着したアスペリティの中

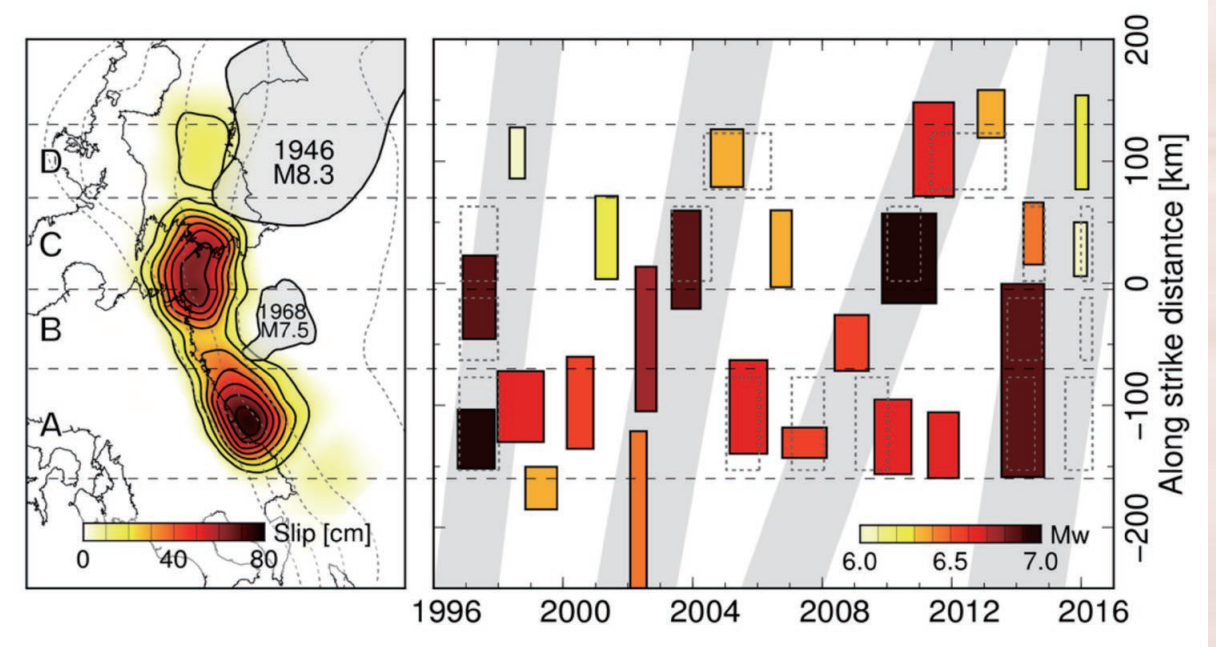


図1 (a) 1996-2017年における長期的SSEの積算すべり量。A: 日向灘南部、B: 日向灘北部、C: 豊後水道、D: 四国西部。灰色の領域は、1946年南海地震と1968年日向灘地震のすべり域。破線はプレート境界面の深さ(10km間隔)。(b) 長期的SSEの時空間プロット。色のついた四角は本研究、破線の四角は先行研究により検出されたSSEを示す。灰色の影は、日向灘南部から四国西部へのSSE移動現象を示す。

間領域と安定すべりが卓越する領域の深部に位置し、SSEの発生間隔が短く積算すべり量も大きい。

このような浅部の固着と深部のSSE活動の相関関係は、他の沈み込みプレート境界においても見ることができる(図2)。長期的SSEは、固着が弱いセグメントの深部、あるいは、固着が強いセグメントの端に位置している。この空間的相関の原因として、固着域によるStress shadow効果が考えられる。固着によって上盤と下盤がピン留めされることで、固着域周辺では応力載荷速度が減少する。そのため、固着域のすぐ深部ではSSEの発生間隔が長くなり、積算すべり量も小さくなると考えられる。また、固着が弱い領域の深部では、相対的に応力載荷速度が大きいため、発生間隔が短く、積算すべり量が大きくなる。SSEのセグメント化について、これまでは断層強度を変化させる環境要因が主に考えられてきた。しかし、ここで提案したモデルでは、断層強度の走向方向の変化だけではなく、不均質な固着分布による力学的要因も重要であることを意味している。

プレート間固着とSSE活動の空間的相関性は、時間的相関の存在を示唆し、固着状態が時間変化することでSSE活動様式も変化すると考えられる。速度状態依存摩擦則を用いた数値実験においても、地震発生前の固着の剥がれにより

SSE発生間隔が短くなると予想されている。これらのことから、SSE活動様式は、巨大地震発生域の固着状況を反映し、さらには巨大地震の切迫度を知る鍵となる可能性がある。

引用文献

Takagi, R., *et al.* (2018), *J. Geophys. Res.*, in revision.

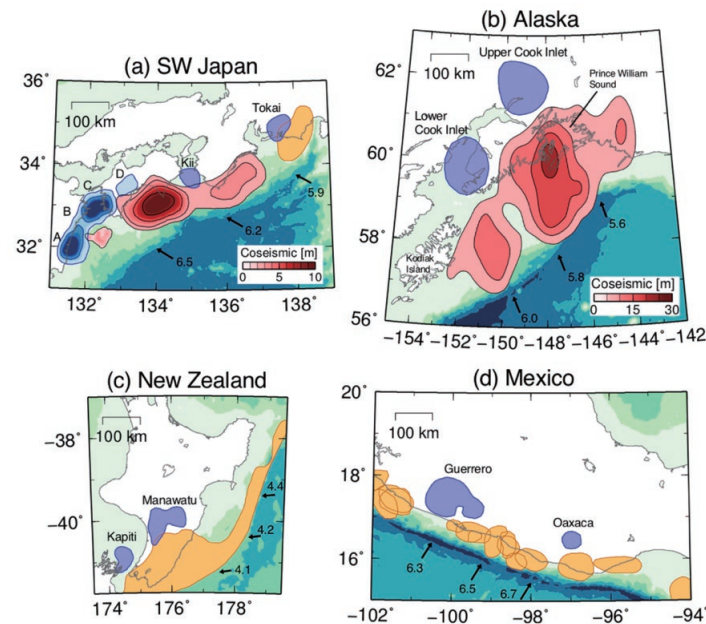


図2 長期的SSE(青)と固着域(赤・橙)の分布。(a) 西南日本、(b) アラスカ、(c) ニュージーランド、(d) メキシコ。

スロー地震学 活動報告



地震学夏の学校2018

静岡大理 三井 雄太

日本地震学会主催、「スロー地震学」共催のイベント『地震学夏の学校2018 ゆっくり変形』が、9月5日～9月6日に浜松市立青少年の家で開催されました。「スロー地震学」関係者4名(代表の小原さん、A02班の田中さん、C01班の福山さん、C01班公募研究の森重さん)を含む5名の講師、および、「スロー地震学」から旅費補助を受けた学生たちを含む30名弱の一般参加者により、2日間にわたって(台風21号のため、9月4日は中止)様々な議論が交わされました。

講師からは、観測(地震/測地)・すべり実験・地球内部物質の変形/流動に関する最先端の話題が提供され、普段、専門家の講演を聞く機会が少ない全国の大学から集まった修士・学部生にとって、大きな知的刺激となったようでした。

今年度の地震学夏の学校は、参加者のポスター発表

を含む合宿形式となったため、夜のBBQ形式懇親会後の時間まで使って、参加者同士の交流が深まっているようでした。近年、研究分野の細分化が進み、隣の研究室で何をしているかもわからない状況が当然のようになってしまった中での、このような機会の大切さを改めて感じました。



2018.09.05 ▶ 09.06
地震学夏の学校

B01班研究紹介

深部低周波地震が起こる場所



防災科学技術研究所 汐見 勝彦

西南日本では、フィリピン海プレートの沈み込みに伴って深部低周波地震(微動)が発生していることは良く知られている。この深部低周波地震活動は、平成23年12月に内閣府が公表した新たな南海トラフ巨大地震想定震源域の深部境界設定の根拠として採用されるなど、海溝型巨大地震との関連が注目されている現象のひとつである。防災科学技術研究所では、文部科学省委託研究「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」の一環として、四国西部における深部低周波地震活動と沈み込むプレートや陸側モホ面の相対的な空間配置を把握することを主目的として、30台の地震計からなる線状のアレイを2014年2月から1年間設置した(図1左)。本報告では、この地震計アレイと周辺の定常地震観測点で得られた遠地地震記録にレシーバ関数解析を適用することで得られた結果について紹介する。

観測点下にモホ面など地震波速度が不連続となる境界面が存在する場合、遠方から到来するP波と不連続面によってP波からS波に変換した波(Ps変換波)との到達時間差から不連続面の位置を、変換波の振幅から不連続の大きさを推定することができる。また、変換波振幅の到来方向依存性から、不連続面の傾斜方向や観測点下の媒質の異方性の特徴を推定することも可能である。レシーバ関数とは、動径方向(radial)成分およびその直交方向(transverse)成分の波形記録を上下動成分でデコンボリューションすることにより得られる時

系列で、Ps変換波の特徴を強調して表示する特徴がある。

各観測点で得られたレシーバ関数の振幅情報をそれぞれの地震波線に応じて空間上に分配することで、地震波速度不連続面の空間分布を得ることができる。図1右に示した断面図は、沈み込むプレートに関する境界面の特徴を明瞭に示すために、ひと工夫してある。傾斜面が浅くなる方向から地震波が入射する場合、その面で励起するPs変換波の振幅は他の方位から来る波に比べて小さくなる。四国西部に沈み込むフィリピン海プレートの場合、プレートが浅くなる南東方向には、ソロモン諸島等、地震活動の活発な地域が存在する。実際、この方向から到来する地震波は解析対象全データの約50%を占める。しかし、これらのデータは弱い変換波しか記録せず、平均化の過程で変換波に関する情報を弱めてしまうため、図1右に示す断面図の作成から除外した。赤で示されるレシーバ関数の正振幅は、深部が浅部よりも高速度な不連続面、負の振幅(青)は深部の方が低速度な不連続面の存在を意味する。A端直下の深さ30 kmからB端の下50 kmまで傾斜する赤い線が特徴的である。この線と重なるように通常の地震活動(黒点)が発生しており、この赤線は沈み込むプレート内の海洋モホ面に相当する不連続面を表すと判断できる。この面の約10 km浅部に、赤線と並行する青線が距離60 km付近まで存在する。これはフィリピン海プレート上面に相当する。Ohta & Ide(2011, JGR)によって詳細に

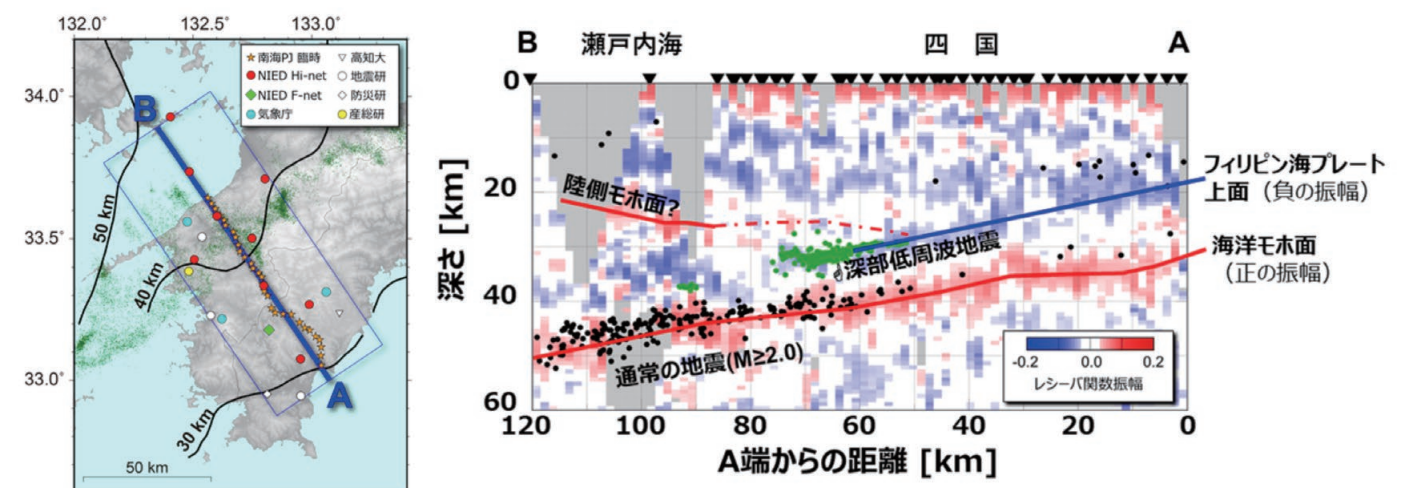


図1 (左)解析対象領域と解析に使用した観測点分布。緑点は、Maeda & Obara (2009, JGR) による深部低周波微動源分布、黒線はShiomi *et al.* (2008, GJI) によるフィリピン海プレート内海洋モホ面の等深度線を表す。(右)測線A-Bにおけるレシーバ関数振幅断面図。緑点は、Ohta & Ide (2011, JGR) による深部低周波地震、黒点は気象庁一元化震源による通常の地震の震源位置を表す。

決められた深部低周波地震の震源(緑点)は、この青い線の深部延長上に分布する。その傾斜は、直下の海洋モホ面と並行である。以上から、当該地域の深部低周波地震はプレート境界上面で発生していると言える。

一方、深部低周波地震が発生している領域の背景は、周辺部に比べて白く表示されている。これは、当該場所では明瞭な変換波が励起されていない、すなわち地震波速度に大きな不連続がないことを表す。深部低周波地震活動の浅部、深さ20 kmまでも白くなっているが、瀬戸内海側(距離90 km以遠)では深さ約25 kmに赤線が見える。この赤線が陸側のモホ面に相当すると考えると、深部低周波地震活動域とその北部では、陸側のモホ面は明瞭には検出できていないことになる(赤鎖線)。さらに、地震波到来方向別のレシーバ関数振幅の特徴に基づいて海洋地殻内の地震波異方性の特徴を調査したところ、深部低周波地震活動域の直下とその南側(太平洋側)で、異方性の軸の向きが大きく異なり、両者はほぼ直交していることが分かった。

沈み込んだ海洋地殻が一定の深さに達すると、脱水を伴う組成変化にともなって地震波速度が上昇することが知られている。解放された水は、プレート境界付近で深部低周波地震を引き起こしつつ、より上部に位置するマントルウェッジ内

に達し、マントル物質の蛇紋岩化、すなわちマントルの地震波速度低下に寄与すると考えられる。その結果、マントルウェッジの地震波速度と、その上下に位置する下部地殻および海洋地殻の速度との差が小さくなるため、レシーバ関数振幅が低下し、陸側モホ面やプレート境界が不明瞭になる。また、海洋地殻の組成変化が、海洋地殻内の異方性の特徴変化をもたらすと考えられる。

現在得られている結果は、四国西部の一測線のみである。南海トラフ沿いで発生するスロー地震群は、再来期間等、地域的に異なる活動パターンを示している。今後は、他の地域においても詳細な地下構造と深部低周波地震活動の空間的位置関係を把握し、活動の特徴を規定しているものが何かを明らかにする必要がある。

引用文献

内閣府 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (2011), http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/chukan_matome.pdf

Maeda, T., and Obara, K. (2009), *J. Geophys. Res.* 114, doi: 10.1029/2008JB006043.

Shiomi, K., *et al.* (2008), *Geophys. J. Int.* 173, 1018–1029, doi:10.1111/j.1365-246X.2008.03786.x.

Ohta, K., and Ide, S. (2011), *J. Geophys. Res.* 116, doi: 10.1029/2010JB007857.

スロー地震学 活動報告



スロー地震国際合同研究集会2018

東大地震研 加藤 愛太郎

3年目となる「スロー地震学」の研究集会は、国際合同研究集会という位置づけで、9月21日から23日まで、福岡県福岡市内で開催されました。本研究集会は、東京大学 地震研究所 地震・火山噴火予知研究協議会「海溝型地震」研究推進部会、東京大学地震研究所共同利用研究集会「スロー地震の発生メカニズムを探る：観測・調査・実験・理論・モデリングからの情報の統合化と巨大地震との関連性の解明を目指して」及び京都大学防災研究所共同利用研究集会「スロー地震の発生メカニズムを探る：観測・調査・実験・理論・モデリングからの情報の統合化と南海トラフ巨大地震

との関連性の解明に向けて」との合同で実施されました。研究集会後には、スロー地震が起こる深さに存在していたと考えられる西彼杵変成岩(長崎県)の露頭巡検も行われました。研究集会には、領域内外を合わせて129名の研究者・学生(うち外国人31名(招待講演14名))が参加し、口頭発表とポスター発表を通して、自由闊達な議論が交わされました。地震学、測地学、地質学、非線形物理学、数理統計学など、多様な学術分野にわたる研究成果が、幅広い視点から報告されました。



2018.09.21 ▶ 09.23
スロー地震国際合同研究集会

B02班研究紹介

Episodic tremor and slipの地質学的描像

筑波大学生命環境系 氏家 恒太郎

Episodic tremor and slip(ETS)の発生は、沈み込み帯における地震・測地観測によって明らかになった。しかし、ETSの実態や変形メカニズムは良く分かっていない。その大きな理由の1つとして、地球物理学的観測の空間分解能に限りがあることがあげられる。**B02地質班**では、ETS発生深度のプレート境界域で形成され、現在地表に露出する地質体を対象に、ETSがどのようなメカニズムで発生し、どのように岩石中に記録されているかを探る研究を行っている。ここでは、南海トラフ沈み込み帯の陸域アナログとして捉えられている、東九州上部白亜系四万十付加体中に発達する槇峰メランジュでの研究成果について紹介する(Ujiie *et al.*, 2018)。

槇峰メランジュはかつてのプレート境界域で形成されたメランジュで、若くて暖かいプレートが沈み込んだ際の、地震発生帯より下端側の温度300–350℃・深度10–15 kmの脆性-塑性遷移領域での変形を良く保存している。これまで、沈み込み帯における地震性高速すべりに関する地質学的研究は、摩擦熔融物が固化して出来たシュードタキライトをはじめとする断層における摩擦発熱の証拠を見出すことで進展してきた(Ujiie and Kimura, 2014及び関連する文献を参照)。一方、ETSのようなスロー地震を対象とした地質学的研究は、これまでのような断層における熱異常を検出する手法を



図1 槇峰メランジュ下部に発達する通称「Tremor Island」。この島にはクラックシール剪断脈・引張脈と粘性剪断帯が共存して発達しており、ETSイベントに関連した地質現象を記録していると考えられる。ETSの地質学的証拠に基づけば、ETS発生域の厚さは非常に薄く、数十メートルオーダーである。



適用することは難しい。そこで我々は、沈み込み帯における地球物理学的観測から導き出された4つのスロー地震の特徴、すなわち(1)高間隙水圧の発生、(2)非常に低い断層強度、(3)低角逆断層メカニズム解、(4)数ヶ月から数年以内の発生間隔(Beroza and Ide, 2011及び関連する文献を参照)の全てを満たす地質学的特徴を検討した。

槇峰メランジュの下部には、厚さ10–60 mほどの石英脈濃集帯が発達し(図1)、これらは底付け付加時のデュープレックス構造形成に伴って2回繰り返していることから、底付け付加前の沈み込み時に形成されたものであると考えられる。石英脈濃集帯内部には、クラックシール剪断脈・引張脈と圧力溶解クリープを主要な変形メカニズムとする粘性剪断帯が共存して発達する。これらクラックシール脈と粘性剪断帯の幾何学的形状、運動学的指標、微細構造を検討したところ、静岩圧に近い間隙水圧下で非常に低い剪断強度のもと、低角逆断層すべりが繰り返し発生していたことが明らかとなった(図2)。更に、石英析出反応速度式に露頭や顕微鏡下で計測・分析したデータを代入して求めた低角逆断層すべりの発生間隔は、1、2年未満と短いことが明らかとなった(図3)。これらの結果は、地球物理学的観測結果(1)–(4)を満たすものである。

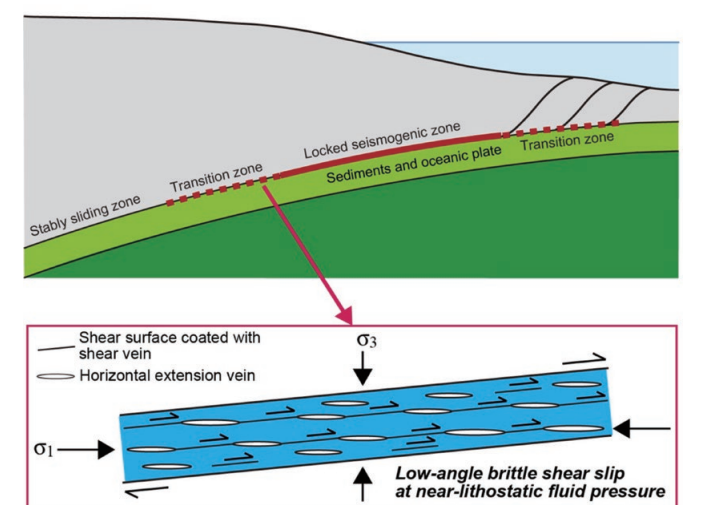


図2 沈み込み帯における低周波微動に関する地質モデル

以上のことから、石英脈濃集帯に発達するクラックシール脈と粘性剪断帯はETSの地質学的特徴を表していると考えられる。剪断脈中に記録されたクラックシールイベントの回数は約100–150であることから、固着域下端側の脆性–塑性遷移領域において、頻繁に歪みが解放されていたことが示唆される。クラックシール脈は、ETS発生深度で形成された他の地域でのメランジュや変成岩類においても認められることから、今回我々が提示したETSに関する地質学的描像は、沈み込み帯において幅広く適用できるかもしれない。

引用文献

Beroza, G. C., and Ide, S. (2011), *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 39, 271–296, doi:10.1146/annurev-earth-040809-152531.

Ujiie, K., and Kimura, G. (2014), *Prog. Earth Planet. Sci.* 1, 7–30, doi:10.1186/2197-4284-1-7.

Ujiie, K., et al. (2018), *Geophys. Res. Lett.* 45, 5371–5379, doi:10.1029/2018GL078374.

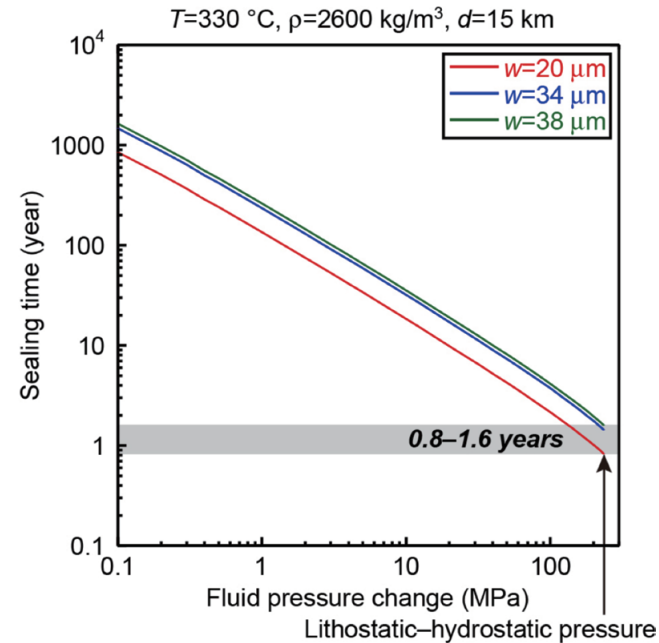


図3 石英充填剪断脈中のinclusion bandsの幅(w)に対応して求めた石英析出時間。

スロー地震学 活動報告



長崎巡検報告

北九州市立自然史・歴史博物館 森 康
筑波大 氏家 恒太郎

スロー地震国際合同研究集会後に行われた巡検では、長崎市北西部に分布する長崎変成岩を見学しました。巡検初日は、深さ約30 km、温度約460°Cの条件下で形成された蛇紋岩メランジュを見学し、メランジュにおける剪断変形が、緑泥石とアクチノ閃石からなる剪断帯に局所化している様子を確認しました。2日目は、交代変成作用に伴って形成された反応帯と剪断帯を見

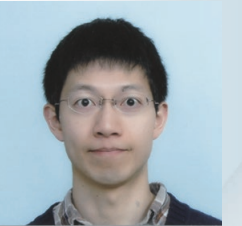
学しました。巡検は国内外の研究者・大学院生ら24名が参加し、終始活発な議論が交わされました。特にプレート境界沿いの局所化した剪断変形の成因や流体が深部スロー地震発生にどのような役割を果たしているかについて、マントルウェッジ付近のプレート境界域で変形した岩石を目に見学しながら、議論が盛んに行われました。



2018.09.24 ▶ 09.25
長崎巡検報告

C01班研究紹介

確率論的震源物理学とスロー地震



東京工業大学理学院 麻生 尚文

地震という物理現象は、プレート運動により地盤に蓄積した応力の一部が局所的な断層面での剪断滑りによって解放されるものである。地震の震源物理学では、震源に働く物理法則や震源での応力状態を理解するために、断層面上での破壊進展シミュレーションや、観測地震波形を用いて断層面上でのすべり履歴を推定する逆解析などが行われている。

これまでの震源物理学では、決定論的な概念に基づいて地震現象が理解されてきた。例えば、初期条件と境界条件が定められれば、断層面上の破壊進展は決定論的に求められ、断層面上でのすべり量と地下構造が与えられれば、地震波形が決定論的に求められる、という考え方である。決定論的な条件と決定論的な物理法則により決定論的な結果を得るという、ごく単純な論理が背景にある。

一方で、地震活動の特徴から地震現象の理解を目指す地震統計学では、余震の大森則を代表として、地震の確率論的な側面を当然のように取り扱ってきた。また、地震による波動伝播の研究分野でも、散乱の効果を確率論的に取り扱うことが行われている。

震源物理学においても、確率論的な概念を検討する必要がある。例えば、断層破壊プロセスにおいて、地震と同時に進行する断層ガウジの成長など、非線形プロセスは多岐にわたるため、結果として生じる滑り分布は決定論的カオスとなる

ことが想像される。さらに、地下での物理条件を完全に把握することは現実的にはほぼ不可能である。つまり、地震による滑りは、確率論的に与えられる条件と、確率論的に与えられる物理法則によって、確率論的に計算されるべきである。震源物理学の更なる発展には、このような確率論的な観点でのアプローチが不可欠である。

本研究では、確率論的な震源物理学の先駆けとして、確率論的な応力擾乱がある環境下での地震破壊プロセスの特徴をシミュレーションにより解明する。断層面の凹凸や非線形プロセスなど、弾性体として説明できない様々な効果を、時間変化する応力揺動項として代表させているが、時間変化する不均質構造を仮定したことと等価である(図1)。

具体的には、地震での断層走向方向の破壊伝播を、二次元均質媒質中の面外剪断亀裂問題と捉える。剛性率は30 GPa、S波速度は3 km/sを仮定する。摩擦則は滑り弱化則を用い、外力として1 MPaのガウシアンノイズの応力擾乱を与え、境界積分法(BIEM法)を用いて破壊伝播の特徴を抽出した。外力は2 kmと2/3秒の相関距離を持つ。滑り弱化距離2 mで垂直応力の8 MPaの応力降下があると仮定した。初期応力は、強度まで6 MPaのレベルで均質に与えるが、核形成領域では応力が強度を僅かに上回るようにして自発的な破壊成長を促した。

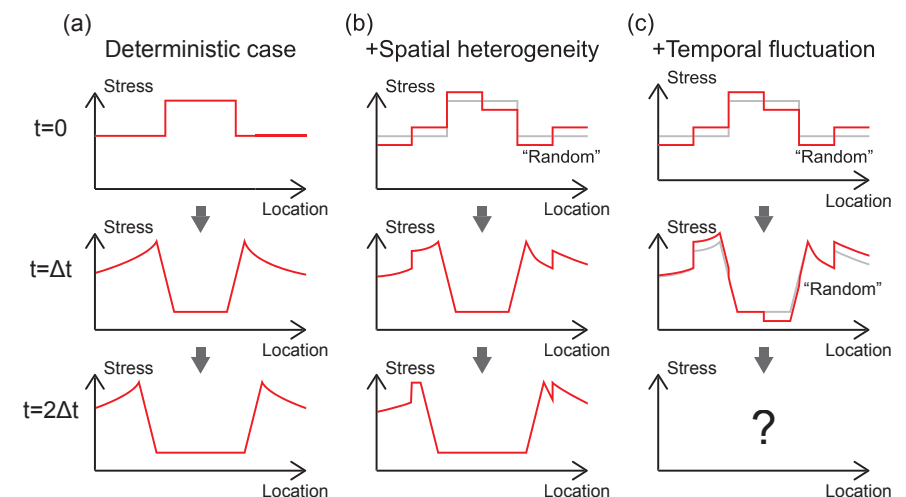


図1 確率論的破壊伝播シミュレーションの概念図。(a)決定論的な場合。(b)初期応力に空間不均質を仮定した場合。(c)空間不均質が時間変化する場合。

その結果、 2×10^5 秒(2日強)で15～20 kmにわたりゆっくりと破壊が伝播する様子が確認できた(図2)。初期段階のバースト的な活動の後、破壊フロントに沿ってパルス的な滑りが拡散的($\sim 10^4$ m²/s)に広がる様子が再現できた。また、長い時間にわたり計算を行ったところ、数日かけて広がった滑りが、加速に転じて通常の地震を引き起こした。このスロー地震から始まる通常の地震は、大地震前に観測されるスロー地震現象に対応すると解釈できる。また、初期応力レベルと強度レベルを変化させるだけで、通常の地震が発生し、その条件によって、クラック的な破壊とパルス的な破壊のどちらも再現することができた。

このように、破壊断層シミュレーションに確率論的な概念を導入することで、スロー地震や通常の地震の様々な特徴を再現することができた。非常にシンプルなモデルで地震の多様性と複雑性を再現することができ、確率論的震源物理学の新たな可能性が示唆される。特に、スロー地震の本質的物

要因が応力擾乱という形で表現されうると考えられる。更なるシミュレーション結果と観測事実との照らし合わせにより、多様な側面からの確率論的震源物理学の発展が期待される。

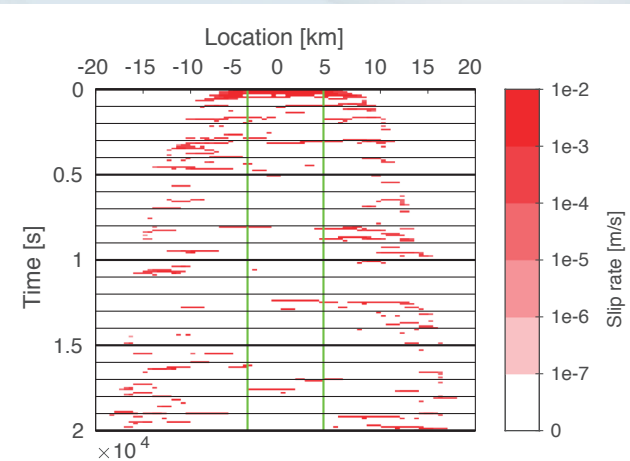


図2 シミュレーション結果。すべり速度の時空間分布を色で示す。初期のバースト的な活動の後、破壊フロントに沿った拡散的マイグレーションが確認できる。

スロー地震学 活動報告

海外研究者長期招聘報告(1)

浅部スロー地震の地質学的検討

Noah PHILLIPS, McGill Univ.

私は、浅部スロー地震の地質学的研究を筑波大学と共同で行った。今回の長期招聘では、南海トラフにおける浅部スロースリップや超低周波地震(VLFEs)の陸域アナログであると考えられる四万十付加体上部白亜系牟岐メランジュを対象に、ドローン画像を用いた岩石分布と変形構造の詳細な検討を行った。その結果、我々は玄武岩質ブロックの縁辺に沿ったすべりの局所化を見出した。玄武岩質ブロックは大きさが1～5 mほどで、鱗片状頁岩マトリックスに囲まれて発達する。この玄武岩質ブロックは数層準に渡って、約20 mの厚さで分布する。牟岐メランジュで採取した試料を用いてライス大学で摩擦実験を行ったところ、玄武岩質ブロックの縁辺を構成する物質は速度弱化、頁岩マトリックスは速度強化の摩擦挙動を示した。今回我々が見出した地質学的特徴と摩擦挙動は、速度弱化と速度強化を示す物質の混合を必要とするVLFEsの地球物理モデルを説明することが出来るかもしれない。



上図：フィールド調査中のNoah Phillips。

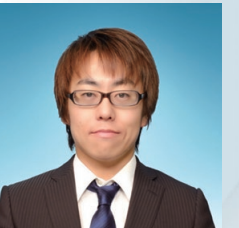
下図：玄武岩質ブロック(緑色)の縁辺に沿って認められるカタクレース(薄緑色)。

2018.09.20 ▶ 11.03
海外研究者長期招聘報告(1)

C02 班研究紹介

スロー地震は予測しやすいか？ — 分岐近傍としてのスロー地震の性質 —

東京理科大学理学部応用物理学科 住野 豊



プレート境界の状況を想定した際、スロー地震は破壊的な滑り現象である巨大地震が見られる固着域と定常的に滑り続ける非地震域の境界において見られる。このことは、スロー地震の物理を理解する上で、安定不安定の境界、すなわち分岐点の近傍を理解することが重要であると強く示唆する。

スロー地震は、通常地震に比べると繰返し性が高く予測性が高いことが期待されている。同時に通常地震との結合性があることから、スロー地震を介することで通常地震のある種の予測が可能となるのではないかと期待されている。ではスロー地震の予測性・繰返し性はどの程度確保されるものであろうか？スロー地震の特性が、定常滑りの不安定化のごく近傍の性質により生まれているとすると仮定すると、スロー地震は微小な擾動により乱されやすくなるかもしれない。すると繰返し性・予測性は通常地震に比べ、低下する可能性も考えられる。事実スロー地震は、潮汐のように環境の変化に鋭敏に応答することも見だされている。このような、揺らぎや周期的な外力変化がもたらす応答はどの程度定量的に見積もることが出来るであろうか？以上の疑問は、スロー地震を用いた通常地震の予測の可能性を探る上で重要な問題となる。

このような疑問に答えるための Toy Model として、我々は一般に地震のモデルとして用いられる速度状態摩擦則(Rate and state friction model)に関して、定常滑りが不安定化する近傍に着目して方程式を簡略化しスロー地震の特性を抜き出す試みを行っている。空間としては最も単純な

1次元の薄い弾性膜を考え、その上方が一定の速度で膜と垂直方向に v_l で引きずられていることを仮定する(図1)。このような空間設定を考慮すると、連続弾性体のナビエの方程式よりスタートして、

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} = \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} + \frac{2\mu}{\rho h^2} [v_l t - u(x,t)] - \frac{1}{h\rho} \sigma(v, \theta)$$

という方程式を得ることが出来る。この際、弾性膜の密度は ρ 、ずり弾性率を μ 、厚さを h としている。また下方の床との速度・摩擦力をそれぞれ u 、 σ としている。本研究では摩擦則として、速度状態摩擦則(slip law)を用いる。これらの方程式を無次元化すると、

$$\frac{\partial \chi}{\partial t} = \psi, \quad \frac{\partial \psi}{\partial t} = Y \frac{\partial^2 \chi}{\partial x^2} + \eta \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - G \chi - \left[\sigma_* + \theta + \ln \left(\frac{\psi + v_l}{v_*} \right) \right]$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -(\psi + v_l) \left\{ \theta + (\beta + 1) \ln \left(\frac{\psi + v_l}{v_*} \right) \right\}$$

となる。

このような、定常的滑り状態が不安定化する分岐点近傍において、数値的に系の振る舞いを観察したのが図2となる。図2(a)の相図に示すように、 G が小さい時には空間的に乱れた不規則振動滑りがあらわれることが見だされた(図2(b))。このような G が小さい状況は弾性膜の厚さ h が大きくずり弾性率 μ が小さいときに成立する。一般的な地震モデルでは半無限空間近似が用いられるが、これは h を無限とした状態に相当する。以上より一般的な状況でも、分岐点近傍では必ず不規則振動滑りが見だされる事となる。こうして表れた不規則振動滑りは周期的に振動しており、一見繰返し性や予測性があるように見える。しかしながら、空間的には足並みが不揃いになり、この不揃いに起因して長時間の相関が失われる。そのため、時間方向の規則性も徐々に乱れて長時間の振る舞いに関しては予測が不可能となる。

我々はこのような不規則振動滑りの要因を明らかにするため、振動が生じ始める分岐点近傍において、数理モデルを分岐点からの距離を微量として展開し整理することで、単純化した方程式、

$$\frac{\partial W(t, \tau, x)}{\partial \tau} = \lambda_1 W - g|W|^2 W + d \frac{\partial^2 W}{\partial x^2}$$

に縮約した。この際の係数は全て元のモデルのパラメータか

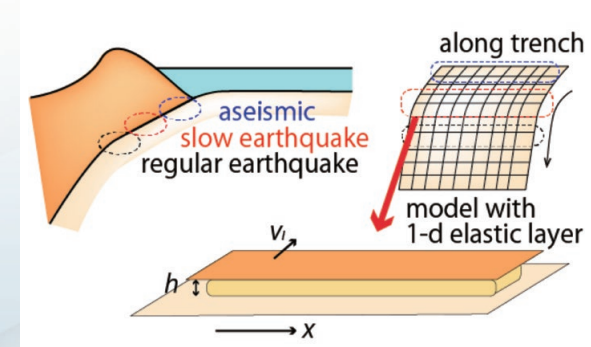


図1 想定している状況。スロー地震の見られる、非地震域と震源域の境界に関して一次元の薄い弾性膜でモデルする。

ら一意に決まる。この方程式(複素ギンツブルグランダウ方程式)の係数に関し

$$1 + \frac{\text{Im}d \text{Im}g}{\text{Re}d \text{Re}g} < 0$$

が成り立つときBenjamin-Feir不安定性と呼ばれる不安定化が生じ、時空カオスが生じる。このような不安定化が生じる領域における数値計算において、不規則振動滑りが観察されておりこれが不規則振動滑りの要因である。

本研究より、スロー地震を定常滑りが不安定化する分岐点近傍での滑り運動の振る舞いと解釈し、地震で見られるよ

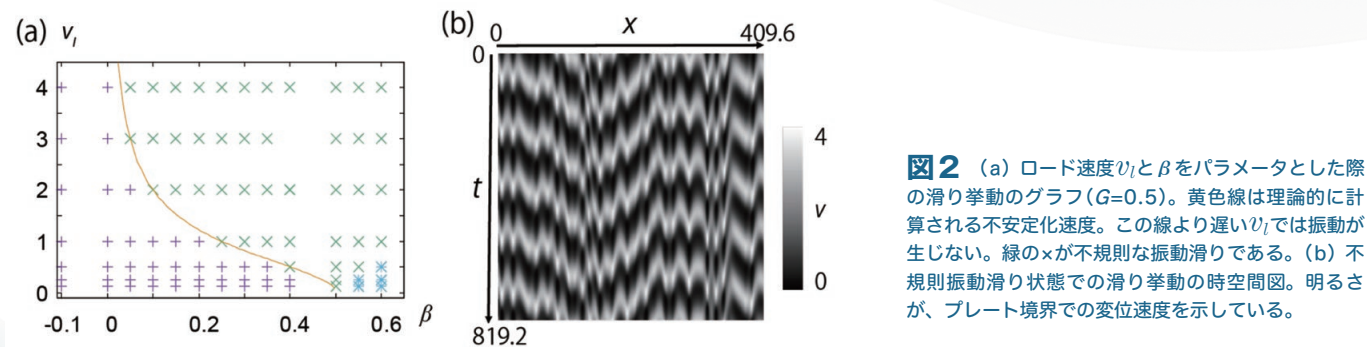
うな分厚いプレート想定すると必ず空間的な乱れが生まれることが見いだされた。また時間的には乱れが蓄積し長期的な繰返し性は失われるものの、短時間の領域においては依然として予測性が保たれることが見いだされた。今後、観測データとの対比を行うとともに、空間的にランダムに結合された系、外部からの周期的擾動などを考慮してより現実に近い現象を取り入れる予定である。

引用文献

Yabe, S., *et al.* (2015), *J. Geophys. Res.* 120, 7587–7605.

Gu, J., *et al.* (1984), *J. Mech. Phys. Solid.* 32, 167–196.

Sumino, Y., *et al.*, in preparation.



スロー地震学 活動報告



海外研究者長期招聘報告(2)

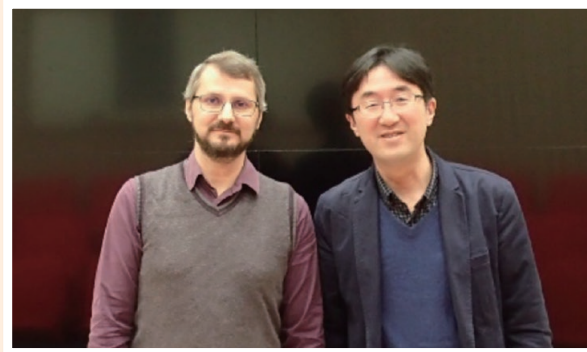
「海山の沈み込みが海溝型巨大地震とSSEの発生に及ぼす役割に関する数値モデリング」の共同研究

神戸大 吉岡 祥一

本科研費における国際活動支援班の支援を得て、2018年9月12日～10月13日の間、メキシコ国立自治大学のVlad Constantin Manea博士を招聘した。その間、氏は福岡での国際研究集会で招待講演を行い、神戸大学にて共同研究を行った。本共同研究では、海山の沈み込みが、沈み込み帯のプレート境界での温度構造に与える影響と、それが海溝型巨大地震やSSEの発生に及ぼす影響を調べた。ここでは、高分解能の3次元粘弾塑性沈み込みモデルを用いた数値シミュレーションを行った結果について報告する。

予備的な結果として、海山は強く、沈み込みの間、その形状と大きさを保持し続けることがわかった。また、数値モデリングの結果、冷たい不活発な海山は、スラブ表面での温度場に強い影響を与え、その結果、スラブ表面での等温線をより深部へ押し下げることがわかった。プレート境界における海溝型巨大地震やSSEの発生域の上限・下限は熱的に制御されていると考えられており、海山の沈み込みによってもたらされ

る熱擾乱は、プレート境界で発生するこれらのイベントの走向方向の破壊域を限定するのに重要な役割を果たしている可能性がある。このような研究は、不規則性な海底地形がプレート境界での地震活動・地震空白域の存在・SSEの発生などに及ぼす短期的・長期的な影響に関して我々の理解を深めるものとなるであろう。



Vlad Constantin Manea博士(左)と吉岡(右)

2018.09.12 ▶ 10.13
海外研究者長期招聘報告(2)

異分野融合研究紹介

物理班との連携研究の現状と展望



東京大学地震研究所 波多野 恭弘

機会があるごとに強調していて恐縮なのですが、「スロー地震学」では物理班とその他の班がいかに融合できるかが審査の重要な観点になっています。実は「新学術領域」という科研費自体が異分野連携を主要な目的にしているので、これは当然のことではあるのですが、おかげで物理班班長の私は「スロー地震学」の開始以来常にプレッシャーに晒されています。幸いなことに、皆様のおかげで異分野間共同研究がいくつか軌道に乗り始めました。以下にその例をいくつか挙げます。これをお読みになって、関連する新しい共同研究のネタが皆様の頭の中に関くことを願っています。どんな思いつきでも構いませんので、波多野までご一報ください。

① 水の移動と破壊のダイナミクスをセルオートマトン(CA)でモデル化する

VLFEや群発地震では発生時間間隔の分布関数が特徴的なべき関数になるが、その背後にはいずれも間隙水の関与があると考えられる。間隙水のダイナミクスと応力変動が結合した物理モデル(ここではCA)を構築し、観測で見られるべき的な分布関数の背後にある物理プロセスを解明する。現時点では水の移動と剪断破壊への影響を考慮したCAモデルを構築し、べき的な分布関数を再現することに成功している。(A01 竹尾さん、C02 波多野とその学生の田中)

② 太平洋プレート沈み込み速度の数年周期振動を非線形動力学的観点から理解する

A01 内田さん達の発見したプレート沈み込み速度の振動を再現するシンプルな数理モデルを構築する。分岐理論的な理解とともに、観測で得られた振動周期の時空分布を定量的に説明したい。詳細は今号の住野さんの記事を参照されたい。(A01 内田さん with C02 住野、山口、波多野)

③ 微動のスペクトルを室内実験で再現する

隅田さんの室内実験(剪断変形を受ける粉体)で放出される音波のスペクトルと微動のスペクトルの類似性について考察し、微動のダイナミクスに関する新しい物理モデルを考える。実験データは井出さんのCAモデルとも似ている面があり(例えば今号の麻生さんの記事を参照)、粉体実験とCAモデルという二つのモデルを軸にして観測スペクトルの説明を考えていく方針。(B01 望月さん C01 井出さん with C02 隅田さん)

④ 微動などの潮汐応答を記述する理論とシミュレーションを観測と比較検討する

微動などの潮汐応答性に関して、核形成過程に基づいた地震発生理論を作り、観測データと比較する。(A02 田中愛さん、可能ならA01 田中佐さんも with C02 波多野)

⑤ 石英の動的摩擦弱化における湿度の影響

ガウジの摩擦特性には水分の影響が強く効くが、これは粒子サイズが小さくなるにつれ粒子間架橋効果が相対的に強くなることに起因すると考えられる。サブミクロン粒子系における水分の影響をモデル化したシミュレーションを行い、室内実験結果と比較する。(B02 堤さん with 波多野)

⑥ 空隙中流体の移流特性の理論、特に乱流の効果

間隙水の移動において乱流などの影響を考慮した水理特性を研究し、マクロなスロー地震の物理モデルに実装する。可能であればB02班での実験と比較して研究を進めたい。(B02 氏家さん A02 田中愛さん with C02 鈴木)

⑦ 海山とスロー地震の関係に関係するアナログ実験

海山を模擬した摩擦実験系を構築し浅部低周波微動やスロースリップを再現し、その過程を詳細に観察する。(B01 望月さん with C02 山口さん)

公募研究紹介

GNSSデータを用いたSSEの
グローバル探索

京都大学防災研究所 西村 卓也



スロー地震の中でも測地学的観測手法によって観測され、一番規模が大きくて継続時間が長いものがスロースリップイベント (SSE) である。GNSSの観測網が整備された1990年代以降、SSEは世界各地で相次いで発見され、研究が進められているが、GNSSデータのノイズレベルと同程度のシグナルの大きさである小規模のSSEについては発見が難しく、SSEの基礎的な性質すら十分につかめているとは言えない。我々は南海トラフ沿いに発生する短期的SSEをGNSSデータから客観的基準により検出する手法を開発し、南西諸島海溝沿いのGNSSデータに適用することにより200個以上の多くの未発見のSSEを検出することに成功した (Nishimura *et al.*, 2016)。本研究は同様な手法を海外のGNSSデータに適用して、短期的SSEをできるだけ多く検出しSSEの発生メカニズムの解明に資することと、短期的SSE検出手法自体の改良を目指すものである。

本稿ではニュージーランド北島のヒクランギ沈み込み帯における解析結果について紹介する。ニュージーランドの北島では、東側のヒクランギ海溝から太平洋プレートがオーストラリアプレートの下に沈み込んでいる地域であり、先行研究 (例えば、Wallace *et al.*, 2012) により様々な規模、継続時間、深さを持つSSEが発生していることが報告されている。本研究ではネバダ大学測地学研究室 (<http://geodesy.unr.edu/>) が公開しているGNSS日座標値データを用いて、プレート境界面で発生するSSEの検出を行った。その結果、2004年4月から2018年3月までの期間に120個以上のSSEを検出することができた。図1に検出されたSSEの累積すべり量分布を示す。SSEは海溝軸付近から深さ約50 kmにかけての領域で発生しているが、ヒクランギ海溝南部の固着が強いと考えられている領域ではほとんど発生していない。北部では深さ20 km以浅 (以後、浅部と呼ぶ) でSSEが頻繁に発生し、プレート間相対運動の半分以上がSSEによって解消されているようである。一方、深さ30 ~ 50 km (以後、深部と呼ぶ) にもSSEが活発な領域があり、累積すべり量にも南部から北部までほぼ連続的な帯状の分布が深部に認められる。先行研究により、ヒクランギ海溝南部では継続時間が数ヶ月以上の大規模な長期的SSEが発生していることが知られていたが、比較的継続時間が短い深部

SSEが発生していたことは本研究によって初めて明らかになった。

検出されたSSEの継続時間を推定すると浅部でのSSEが概ね40日以内であるのに対し、深部では30 ~ 80日と長いものが多かった。そのため、SSEのすべり速度は深部では1 mm/日以下と推定され、浅部のSSEより遅いという傾向が見られた。また、浅部と深部のSSEの発生域は中部では明確に別れているが、北部に行くと不明瞭になる。このような発生分布は、プレート境界断層におけるスロー地震の発生条件を解明するための手がかりとなるものであり、今後さらに世界の他の地域にも解析を広げていく予定である。

引用文献

Nishimura, T. (2014), *Prog. Earth Planet. Sci.* 1:22, doi:10.1186/s40645-014-0022-5

Wallace, L., *et al.* (2012), *J. Geophys. Res.* 117, B11402, doi:10.1029/2012JB009489.

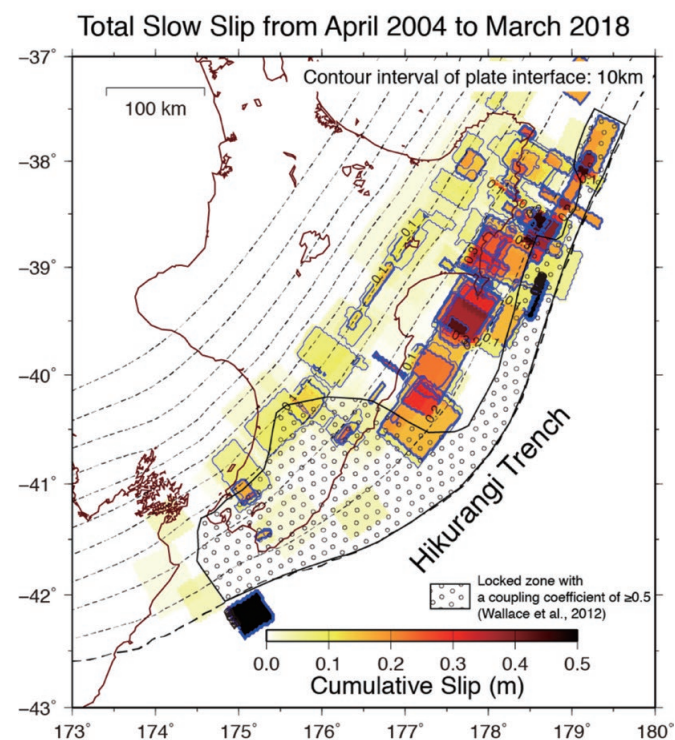


図1 ニュージーランドのGNSSデータを用いてヒクランギ沈み込み帯で検出されたスロースリップイベント (SSE) の累積すべり分布。

スロー地震学
活動報告

押しかけワークショップ in NZ

東大地震研 望月 公廣

2018.02.26 ▶ 02.29
押しかけワークショップ in NZ

本新学術領域では、世界のスロー地震発生現場の研究者との議論を通してスロー地震の理解を深めるとともに、日本のリーダーシップを強化することを目的として、「押しかけワークショップ」と名付けた小研究集会を開催することになっている。第1回目となる今回は「New Zealand – Japan Joint Workshop on Slow Slip」と題して、2018年2月26、27日にニュージーランド (NZ) のビクトリア大学ウェリントン校にて開催した (写真1)。日本からは5名の大学院生を含む27名もの参加者を得た。NZからも、ビクトリア大学から13名、GNS Scienceからの15名に加え、オタゴ大学やNIWAから、総勢30名を超える参加者があった。また、ケンブリッジ大学 (英) やコロンビア大学 (米) からの参加者もあり、日・NZだけにとどまらない65名の研究者による国際的なワークショップとなった。

開会に先立ち、ビクトリア大学のギルフォード副総長および高田駐NZ日本大使から、日本-NZ共同研究のさらなる発展を期待するとの挨拶をいただいた。その後2日間に渡って、初日は“Shallow slow slip”と“Areas with deeper slow slip and/or locking”、2日目は“Kaikoura earthquake and relation between slow slip and earthquakes”および“Geology and

physics / modeling”という4つのテーマに関する最新の研究成果について30件の口頭発表があり、それぞれ活発な議論が行われた。口頭発表に加え、15件のポスター発表があり、小研究集会としては大きめの会場が埋まるほどであった。ワークショップの最後には、日本-NZ共同研究の今後の進め方について意見交換を行い、人的交流をより一層図って行くことを確認して閉会となった。

ワークショップの翌日から、NIWAやGNS Scienceを訪問したのちにウェリントン断層を見学する1日コース、および2016年カイクウラ地震の断層周辺を見る2日コースの巡検が行われ、希望者が参加した。

望月公廣 (東大地震研) と伊藤喜宏 (京大防災研) は、2月28日にビクトリア大学ウェリントン校にて、また3月1日にNPOのEast Coast LABの主催でネイピアの国立水族館にて、一般を対象とした講演を行った (写真2)。本講演について、ニュージーランド・ヘラルドのインタビューを受け3月7日の朝刊に記事が掲載された。

今回の押しかけワークショップ参加者からは、日、NZ問わず、ワークショップ、巡検ともに非常に有意義であったとの感想が聞かれ、また一般公演についても多くの聴衆があり、成功に終わった。



写真1 ビクトリア大学ウェリントン校にて、日本・NZ以外からの参加者も含め、65名の参加者による押しかけワークショップを行った。



写真2 ネイピアの国立水族館において、一般を対象とした講演会を行なった。



NHK番組と日本地震学会賞

東大地震研 小原 一成

スロー地震に関連した2つのNHK番組に出演しました。一つはNHKスペシャル「メガクエイク 南海トラフ巨大地震 迫りくる“Xデー”に備えろ」(2018年9月1日放映)です。番組では、高木涼太さんが発見したスロースリップの移動(本ニュースレター【A02班研究紹介】を参照)が巨大地震を促進する可能性を紹介する映像が流れ、私がスタジオで解説を行ないました。二つめは、探検バクモン「東京大学地震研究所 防災・予測の最先端を探る」(2018年10月3日放映)です。爆笑問題とサヘルさんに菊川怜さん(東大工卒)が地震研を訪問し、私が案内役となって海底地震計実験室などを回り、深部低周波微動の発見などを解説しました。いずれも、番組制作に関わる労力や段取り、こだわりを目の当たりにし、貴重な体験でした。

また、10月9日には2017年度日本地震学会賞を受賞いたしました。対象業績は「スロー地震学の創成」であり、本領域が採択されたことに象徴されるように、スロー地震研究が新たな学問分野として認められたこ

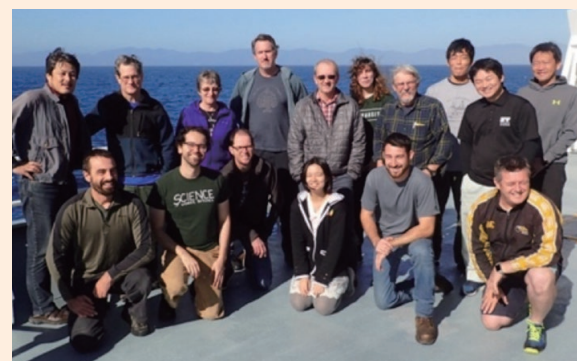
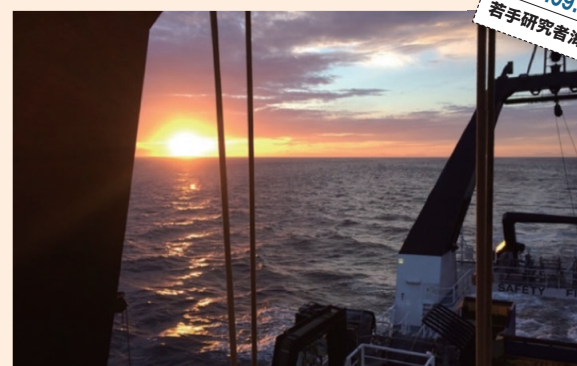
とを意味していると思います。これまでご支援いただいた皆さんに感謝するとともに、今後のスロー地震学発展に寄与するであろう若手研究者の皆さんに大いに期待します。



若手研究者海外派遣報告

京大 M1 井上 智裕

2018年度前期は私、井上智裕が海外へ派遣されました。9月30日から10月23日までニュージーランドへ渡航し、その内の2週間はRV Tangaroaに乗船しました。陸上では海底圧力計や海底地震計の回路基板や電池を取り付けるなどの設置準備を行い、そして船上では主にそれらの海底観測機器の設置または回収をしました。また回収した海底圧力計のデータを船上で解析したことなど、海底圧力計や海底地震計を用いたスロースリップイベントの発生に関する研究を主に行いました。特に、私が研究に使っている海底圧力計の準備や、海外研究者と話ができたことは私にとって有意義な経験となりました。船上での投入設置作業にはかなり疲れましたが、デッキからの美しい景色をみて力を受け最後までやりきることができました。



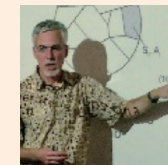
(上) ブリッジから見た夕日
(下) RV Tangaroaにて集合写真(3列目右から2番目が本人。木戸 元之 教授、山下 裕亮 助教、技術職員の鈴木さん他と一緒に)

スロー地震カフェ

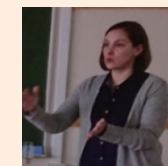
国内外の様々な分野の研究者を招いて話題を提供してもらい、スロー地震の様々な謎を解明しようという企画です。2018年は東大地震研以外に東北大や海洋研究開発機構(横浜)でも開催しました。



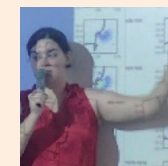
1月12日
中田 令子(海洋研究開発機構)
スパースモデリングで得られた豊後水道長期的スロースリップの空間分布



9月18日
Ken Creager (University of Washington)
Imaging Northern Cascadia slow slip on scales from seconds to weeks and 100 m to 300 km



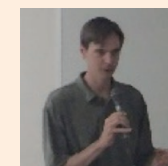
3月13日
Natalia Poiata
(IPGP、ルーマニア国立地球物理研究所)
An automated multi-scale network-based scheme for detection and location of seismic sources



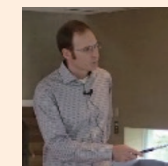
9月25日
Noel Bartlow
(University of California, Berkeley)
Mechanics of slow slip events in Cascadia and New Zealand



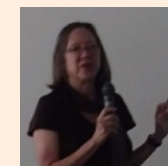
3月14日
堀 高峰(海洋研究開発機構)
沈み込み帯での巨大地震とゆっくり地震発生過程の理解と予測のためのHPCの活用：現状と展望



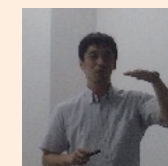
9月26日
David Shelly (U.S. Geological Survey)
Earthquake swarms in high definition: migrating seismicity and fluid-faulting interactions beneath Long Valley Caldera, California



5月31日
Christopher Johnson
(SCRIPPS, University of California San Diego)
Climate modulated water storage, the deformation, and California earthquakes



10月1日
Heidi Houston
(University of Southern California)
Evolution of stress and strength through slow slip and tremor cycles



7月30日
中島 淳一(東京工業大学)
スロー地震が起こる場所、スロー地震で起こること



10月29日
Noah Phillips (McGill University)
The Life and Death of Frictional Melts (Earthquakes) in the Rock Record: Implications for the Short- and Long-Term Strength of Faults

スロー地震学特別セミナー

学会や研究集会で招聘した研究者を話者に迎え、日本各地の研究機関で特別セミナーを開催しました。

2月21日
Natalia Poiata (IPGP、ルーマニア国立地球物理研究所)
An automated multi-scale network-based scheme for detection and location of seismic sources

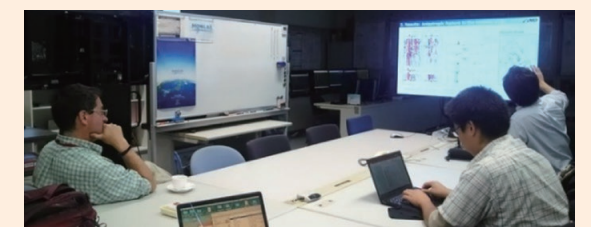
9月20日 Jean-Francois Molinari
(EPFL, Switzerland)
Evolution of roughness during dry sliding: insights from atomistic and mesoscale models

6月1日
Stephen Kirby
(Scientist Emeritus and Senior Scientist, U.S. Geological Survey)
Fluid Fluxes from Dehydrating Serpentinized Forearc Mantle: Possible Roles in Non-Volcanic Tremor and Related Phenomena

9月24日 北島 弘子 (Texas A&M University)
Experimental constraints on in-situ stress and strength in the Nankai accretionary prism

9月18日 Vlad C. Manea
(Computational Geodynamics Laboratory, Geosciences Centre, National Autonomous University of Mexico)
Slow-slips and tectonic tremors diversity in subduction zones

9月26日 Geoffrey Abers (Cornell University)
Recent Cascadia work, related to a volcano project



Geoffrey Abers氏とのブレインストーミング(防災科研にて)

新学術領域研究（研究領域提案型）



Newsletter03

発行・問い合わせ先

新学術領域研究「スロー地震学」事務局
〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1（東京大学地震研究所内）

TEL : 03-5841-2956

Email : sloweq-office@eri.u-tokyo.ac.jp



発行日 2018.12

<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/sloweq/>