

令和3~7年度 文部科学省 科学研究費助成事業 学術変革領域研究(A)



NEWSLETTER

Vol.2 March 2023



INDEX

- 2 各班研究紹介
- 14 公募研究紹介
- 19 新規メンバー紹介
- イベント紹介
- 21 国際合同研究集会2022
 - 海外研究者招聘
- 24 若手研究者海外派遣
 - ミニ押しかけワークショップ in New Zealand
- 25 若手・ダイバーシティタスクフォースより
- 26 装置等の紹介
- 28 報告





高速滑り時の岩石摩擦のスケール依存性解明に向けて ：熱弾性効果による垂直応力不均質の成長と不安定化

野田 博之 (京都大学 防災研究所)



室内実験は断層の性質解明のための有力な手法だが、大地震やスロー地震の発生する断層と実験試料の間には大きなスケール差がある。そのため、実験結果の天然への適用可能性や、アップスケールの方法の研究は重要である。摩擦のスケール効果についてこれまで、断層ガウジの幅に特徴的滑り量が依存する事 (Marone and Kilgore, 1993) や、広い長さスケールに亘る断層の粗さの消長を考慮した構成則 (Aochi and Matsu'ura, 2002) 等が提案されている。一方で断層の幾何的特徴に依存しない理論として、高速滑り時の摩擦発熱に着目し、熱・水理学的効果の帰結として見かけ上の破壊エネルギーのスケーリングが現れるとの提案もある (Rice, 2006)。高速摩擦のサイズ依存性に関しては近年実験的研究が進み、Yamashita et al. (2015) は大型試料は小型試料より低速度で摩擦係数の急激な低下（動的弱化）を示す事を報告した。彼らは垂直応力の不均質を考慮し、応力集中部への摩擦発熱の集中による局所的な動的弱化が巨視的な弱化の原因であると提案した。

実験試料の垂直応力不均質の原因としては、例えば加工精度が挙げられる。その場合、試料を高精度で加工すれば上述のサイズ効果は無くなってしまう。一方、高速滑り時に垂直応力の不均質が熱膨張の影響で増大する効果がトライボロジーの分野で研究されている (Thermoelastic instability, TEI, e.g., Burton, 1980)。TEIは長波長の不均質が低速の臨界速度 V_{cr} を持つ。本研究では準静的な2次元問題(図a)におけるTEIに関し、スペクトル境界積分方程式法による数値計算を効率的に行うアルゴリズムを提案した。特定波長に関する解析の結果、低速($V < V_{cr}$)では不均質の振幅は定常値に漸近、高速($V \geq V_{cr}$)では無限に増大する(図b,c)。高速では、初期の摩擦面をどれだけ高精度に加工しても、微小な不均質が増大し局所的な動的弱化に繋がる事が考えられる。斑レイ岩試料の場合、断層幅0.1mでは $V_{cr} \sim 1\text{ mm/s}$ 、10mmでは $V_{cr} \sim 10\text{ mm/s}$ となり、摩擦実験で通常使用される速度レンジでのサイズ効果の存在が説明できる。今後、摩擦実験中の温度分布測定などによる熱弾性効果の実証が待たれる。

引用文献

- Aochi, H. and Matsu'ura, M. (2002) PAGEOPH, 159, 2029-2044. Doi:10.1007/978-3-0348-8203-3_8.
- Marone, C. and Kilgore, B. (1993) Nature, 362, 618-621, Doi: 10.1038/362618a0.
- Burton, R. A. (1980) Wear, 59, 1-20, Doi:10.1016/0043-1648(80)90266-5.
- Yamashita, F., et al. (2015) Nature, 528, 254-257, Doi:10.1038/nature16138.

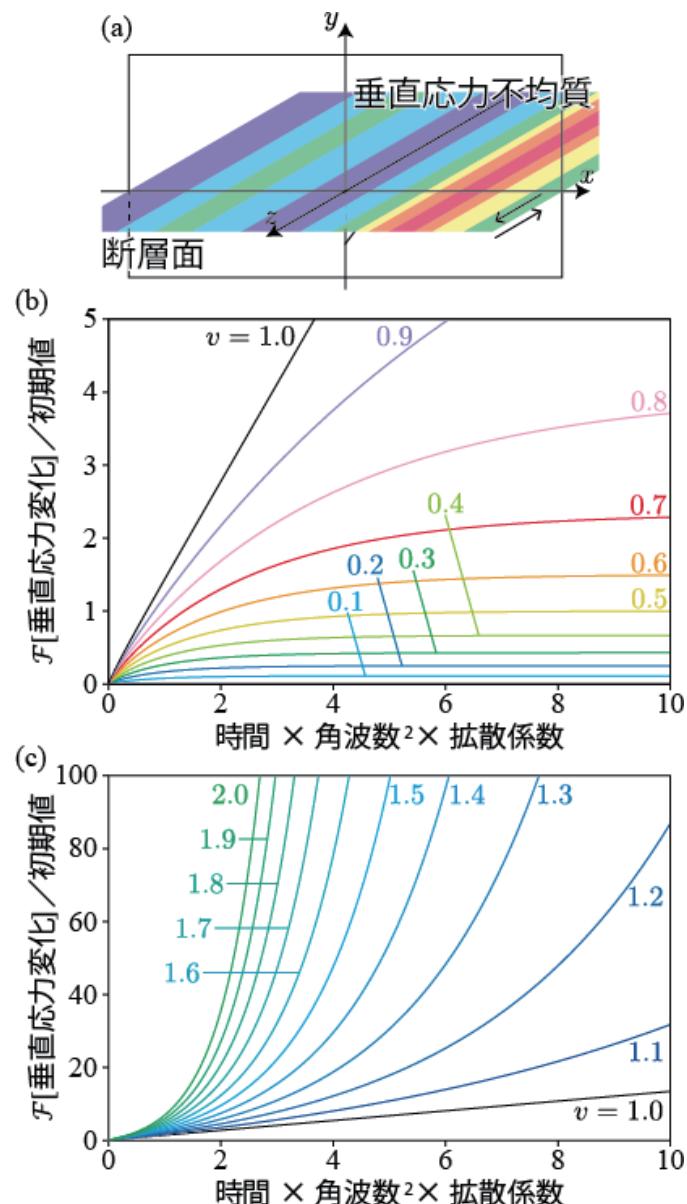


図 : (a)断層面の垂直応力不均質を考慮した2次元問題の模式図。(b)低速(c)高速での垂直応力不均質の成長の様子。 v は無次元速度 V/V_{cr} 。



砂箱実験から考える付加体先端内部の変形様式

藤内 智士（高知大学） 坪井 元春（高知大学） 橋 隆海（高知大学）



プレート境界で観測される浅部スロー地震の一部は、沈み込みウェッジの内部で起こっているとされます(例えば、Ito and Obara, 2006)。そこで、浅部スロー地震の発生メカニズムを考えるために、ウェッジ先端の内部で起こる変形の過程を理解することが重要です。本研究では乾燥砂を用いた模型(砂箱)実験でクーロンウェッジを作り、その発達過程を撮影した画像をデジタル画像相関法(DIC)によって解析しました。特に、ウェッジの後部に生じるバックスラスト(Back thrust)、および前方にできる断層(Frontal Thrust、FT)の動きを追跡しました。同時にロードセルによる荷重計測を行い、力学的にもバックスラストがウェッジ内部の変形にどれほど寄与しているのかを探りました。

実験の方法は次の通りです。アクリルの箱の中に粘着シートを敷き、ロードセル、アクチュエータに繋いでシートの上に豊浦砂から成る厚さ16mmの砂層を作り、砂層の横に撮影用カメラを設置し、アクチュエータを0.4mm/sの速さで250mm牽引してウェッジを作りました。豊浦砂の強度特性にもとづく相似律から、天然の沈み込みウェッジとの縮尺は1/50000程度です。シートの牽引距離50–250mmの区間において、シートが0.4mm動くごとに1枚の間隔で計500枚の画像を撮影しました。この間隔は、相似則にもとづいて沈み込み速度40mm/yearのプレート収束帯に置き換えると、500年程度の間隔の歪みを見ていることになります。同時に牽引にかかる荷重データも得ました。撮影した画像をPCに取り込みDICで解析し、主ひずみが1.0%を超える最も固定壁側にある線状の領域をバックスラストと認定し、バックスラストとFTの交点から固定壁までの距離を測定しました。その結果と荷重のデータを比較し、バックスラストの位置と荷重の相関を調べました。

実験装置の模式図

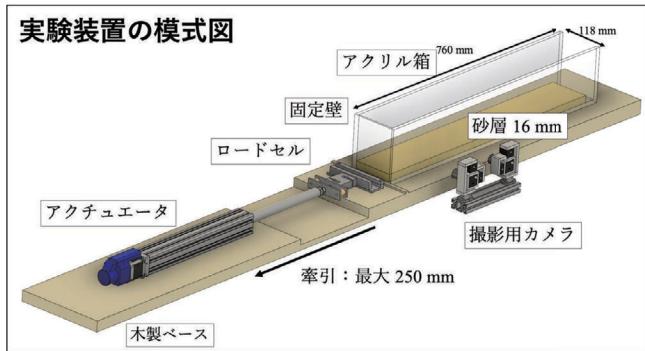


図1：付加体を作る模型実験装置の模式図。

豊浦砂を空中落下法で密詰め充填した砂層（間隙率約35 %）について実験を行った結果、1つのFTが変位している間にバックスラストは大きく2つの位置で繰り返し変位している様子が明らかになりました。新たなFTができ、荷重が1つのピークに達する直前、バックスラストはウェッジ前部に発達し、この間にウェッジはFTとバックスラストに挟まれた前方部分のみが隆起していました。その後、バックスラストは緩やかに後退し、唐突にウェッジ後部に移りました。この期間でのバックスラストのひずみ量は小さく、上記の認定基準では見いだされないこともあります。また、その位置もある程度の幅を持って移動しており、バックスラストレインゾーン（Back Strain Zone、BSZ）とも呼べるひずみ領域を形成していました。さらに、明瞭ではない箇所もありますが、バックスラストが前方へ移動する直前で荷重の増大率が下がる傾向が見られました。この結果は、今回の模型実験において、ウェッジ内部の変形にはバックスラストの変位が大きく寄与していることと、ウェッジ内部では変形が局在化せずに広範囲で起こっていることを示しています。

今後は、DIC解析をさらに進めると同時に、初期条件を変えた砂層の実験にも取り組む予定です。また、天然の付加体で見られる浅部スロースリップなどの変形イベントとの比較を行っていきます。

引用文献

Ito, Y. and K. Obara (2006) Geophys. Res. Lett., 33, L02311, doi:10.1029/2005GL025270.

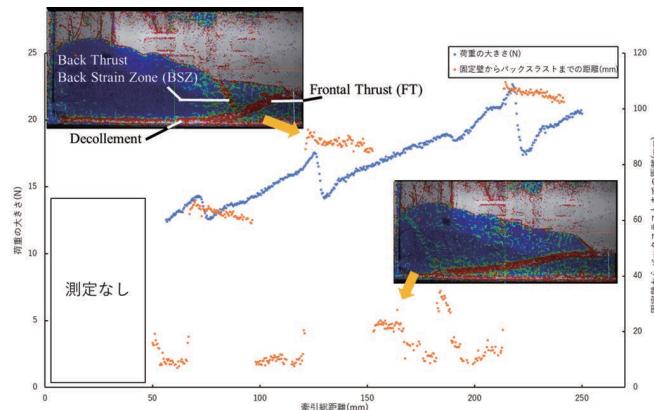


図2：デジタル画像相関法(DIC)を用いて解析した固定壁からのバックスラストの距離(オレンジ)の変化とロードセルを用いて測定した牽引荷重(青)の変化。



スラブ内地震とゆっくりすべりと海溝型巨大地震の関係

北 佐枝子（国立研究開発法人 建築研究所）



スラブ内地震^{*1}の発生時期は、ゆっくりすべり（スロー地震）のそれと関係することが知られてきていましたが、詳細なメカニズムはこれまで十分に検証されていませんでした。本研究では、スラブ内地震とゆっくりすべりの関係メカニズムを明らかにするため、スラブ内地震の発震機構解および地震活動の観測データを使って時間変化を調べました。その結果、紀伊半島下で半年に一回発生する、M6程度の大きさのゆっくりすべり発生前には、スラブ内地震の微小地震活動が1ヶ月前ほどから活発になり（図1a）、地震活動を表す指標のb値^{*2}（図1b）の急上昇もみられるなど、ゆっくりすべりとスラブ内地震の連動を見出しました。本震前の微小地震活動やb値の急上昇の特徴は、地殻流体の動きに連動して発生する地震活動に見られる特徴と考えられ、スイスなどの注水実験（Bachmann et al. 2012）やM9後の北方での内陸地震研究（Yoshida et al. 2017）でも報告例があります。西南日本の地下構造解析結果（Shibutani and Hirahara 2017）やこれらの研究を踏まえて考えると、本研究で観測されたこのスラブ内地震とゆっくりすべりの発生時期の連動は、スラブからその上のプレート境界への地殻流体の移動が原因と推測されます。

さらに、紀伊半島下のゆっくりすべり発生前後では、スラブ内における応力軸の変化を捉えることに成功しました。その応力軸（最大主応力軸、σ1）の変化量は、ゆっくりすべり発生域（ETS zone）よりも、海溝軸寄りの場所（updip zone）の方が大きいことを明らかにしました（図2）。さらにupdip zoneでは、（M6程度の）ゆっくりすべりの発生後に、別の小さなゆっくりすべり（相似地震^{*3}）が遅れて発生していることも見つけました。

上記の結果は、下記のような地殻変動現象の発生を意味すると考えられます。すなわち、M6程度のゆっくりすべりが起きる時、ETS zoneのプレート境界での「固着の解消」がまず発生しますが、その時点ではupdip zoneでは固着が解消されずに歪が蓄積されます（図2）。その後、updip zoneでも小さなゆっくりすべりが遅れて発生、すなわち「固着の解消」が遅れて伝搬し、さらに海溝軸に近い場所に歪が蓄積されます。Updip zoneやそれより海溝軸に近い場所は、南海トラフ地震の想定すべり域に相当します。つまり本研究の結果は、従来GPSなどの測地学的手法などでのみ把握されてきた海溝型巨大地震のすべり域での歪の蓄積過程を、スラブ内地震の研究により把握できることを示唆しています。

なお、この内容をまとめた研究論文は、2021年12月に科学雑誌「Nature Communications」に掲載されました。

Kita, S. et al., 2021, Effects of episodic slow slip on seismicity and stress near a subduction-zone megathrust. Nature Communications, 12, 7253.

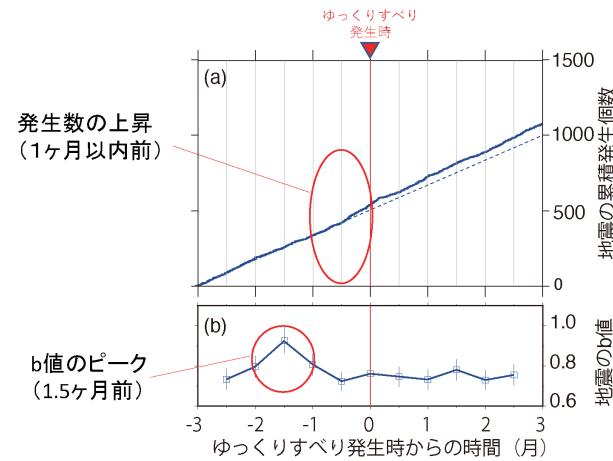


図1：ゆっくりすべりの発生時に対するスラブ内地震の地震活動の時間変化。スラブ内地震の発生数の時間変化、(b) 同地震のb値の変化。

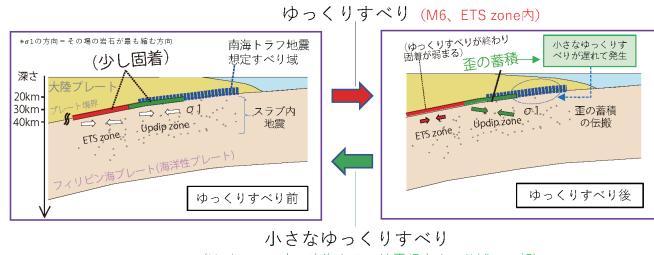


図2：ゆっくりすべりの発生前後での応力場の時空間変化（鉛直断面での概念図）。

【用語解説】

^{*1}スラブ内地震：沈み込む海洋性プレート（スラブ）内部で発生する地震。時に被害地震となることがあります。1994年M7.8釧路沖地震、2001年M7.0芸予地震なども該当する。

^{*2}b値：発生した地震の平均マグニチュードと関係する指標。b値が大きいと、大きな地震に比べて小さな地震の割合が高いことを意味する。最新の研究結果では、岩石が含む水の割合が高いとb値が大きくなることが指摘されている。

^{*3}相似地震：小繰り返し地震とも呼ばれ、規模の小さなゆっくりすべりの発生指標の一つ。小さなゆっくりすべりに引きずられ、プレート境界で発生する現象。

引用文献

- Bachmann, C. E., Wiemer, S., Goertz-Allmann, B. P. & Woessner (2012) J Geophys. Res. Lett., 39, L09302.
- Kita, S., Houston, H., Yabe, S. et al. (2021) Nature Comm., 12, 7253.
- Shibutani, T. & Hirahara, K. (2017) presented at IAG-IASPEI 2017, J08-P12, Kobe, Japan
- Yoshida, K., Saito, T., Urata, Y., Asano, Y. & Hasegawa, J. (2017) Geophys. Res. Solid Earth, 122, 10,379–10,397.



地震サイクルに伴う動的流体圧変動の地質学的制約

橋本 善孝 (高知大学) 細川 貴弘 (高知大学)



流体圧は断層挙動に強い影響を与えます。地震時に摩擦発熱によって流体圧が上昇する熱加圧モデルと、逆に地震時の新規クラックに流体が移動することによって流体圧が下がる断層バルブモデルが提唱されています。これらは地震時の逆の流体圧変動過程ですが、両者は同時に起こり、競争的な現象です。我々は地震サイクルの中での動的な流体圧変動を地質学的に天然から制約しました。

対象地域は四国白亜系四万十帯牟岐メランジュです(図1aと1b)。ユニット境界に破碎帯が発達しており、底付断層と考えられています。この破碎帯に隣接するメランジュに主に方解石で埋められた引張クラックがネットワーク状に観察されます(図1c)。この引張クラックは破碎帯と密接であることから、底付断層に関連していると考えられます。また、方位によらず、交互の切断関係があり、異なる応力で繰り返し形成されたことが示唆されます。

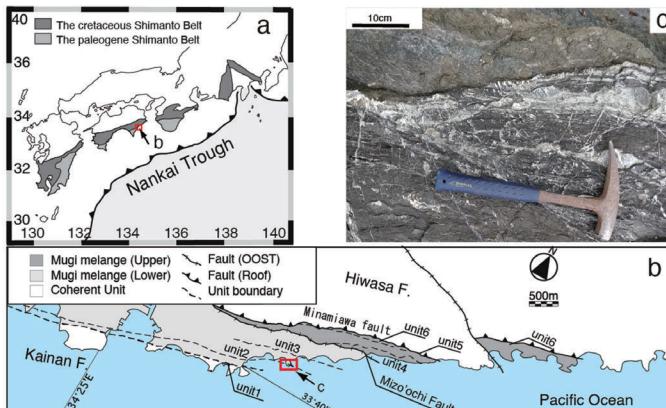


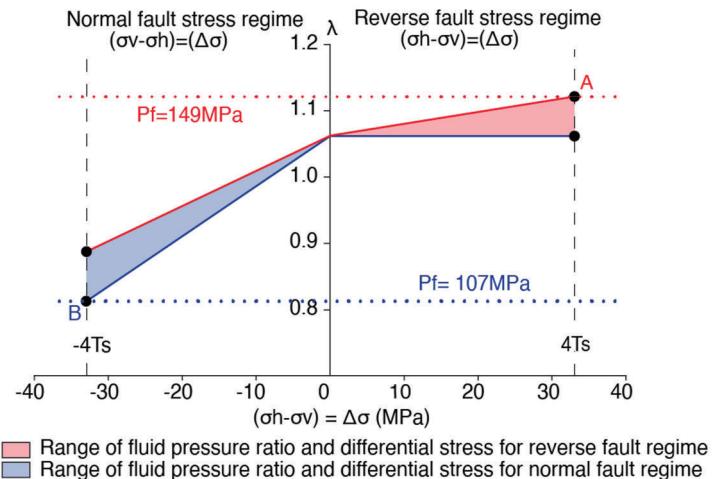
図1:a) 四万十帯の分布 ,b) 牟岐メランジュの分布 ,c) ネットワーク状引張クラックの産状

この引張クラックの方位から古応力解析を行います。この手法から主応力方位、応力比、および過剰間隙流体圧比 P^* (差応力に対する最小主応力と流体圧の差の比)を得ます。その結果、最大最小主応力が交換する逆断層型と正断層型の2つが得られました。これは地震サイクルに伴う変化と考えられます。主応力は面に対して垂直水平に分布し、垂直方向の主応力を深度から得られる垂直荷重に置き換えます。引張クラックの形成条件(最小主応力が引張破壊強度 T を超える)を P^* を含めた形で流体圧比 λ (垂直

荷重に対する流体圧の比)と差応力で表現すると、それぞれ差応力が $4T$ のときに、 P^* がゼロの時の正断層応力場が最小流体圧条件、 P^* を与えた逆断層応力場が最大流体圧条件となります(図2)。ここに、流体包有物からの流体圧の最小値と最大値を与えます。また、切断関係から正逆応力場が同一深度で起こったとするとき深度と T が制約できます。

その結果、逆断層応力場では λ はおよそ1.1、正断層応力場では0.83程度になり、深度は約5km、 T はおよそ7-9MPa程度と制約されました。逆断層応力場の1以上との λ は不安定で、イベント事に熱加圧が勝ったと考えられます。一方、正断層応力場ではクラックへの流入によって流体圧が下がり、断層摩擦の回復増加が見込まれます。詳細は以下の論文をご覧ください。

Hosokawa, T. and Hashimoto, Y. (2022) Geological constraints on dynamic changes of fluid pressure in seismic cycles. Scientific Reports, 12, 14789.



■ Range of fluid pressure ratio and differential stress for reverse fault regime
■ Range of fluid pressure ratio and differential stress for normal fault regime

図2:引張クラック形成条件における流体圧比 λ と差応力関係。Aが流体圧最大値、Bが流体圧最小値。Pfは流体包有物からの流体圧



海底背景ノイズの水深変化を探る

佐脇 泰典（京都大学大学院理学研究科(D3)）



地震計の水平動二成分の設置方位は、地震波を用いた様々なデータ解析における基礎的な情報です。しかし、海底地震計(OBS; Ocean Bottom Seismograph)の多くは測器を船舶から自由落下方式で設置するため、設置方位は分かりません。本研究では、日向灘で2014年から実施されている広域OBSアレイ観測のデータを用いて地下構造推定を行うため、Rayleigh波偏向解析(Doran & Laske, 2017, Stachnik et al., 2012)によって、広帯域(固有周期360秒, 120秒, 20秒)および短周期(固有周期1秒)OBSの水平動絶対方位を推定しました(図1a)。

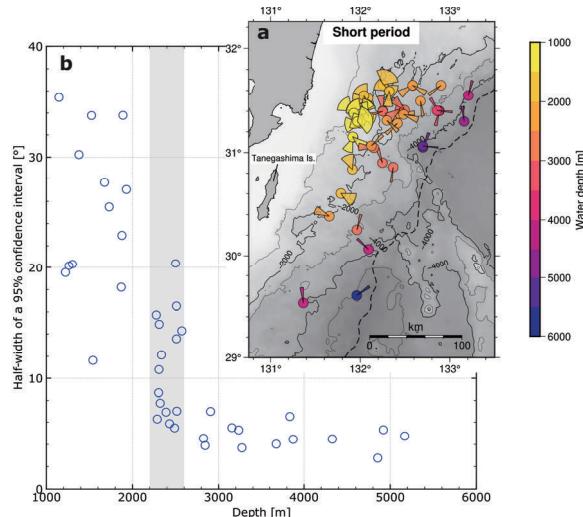


図1：(a) 短周期 OBS における推定方位とその推定誤差。色は設置水深を示す。扇の広さは方位推定誤差の大きさを示す(方位推定誤差の2倍の広さ) (b) 短周期 OBS における方位推定誤差と水深の関係。灰色で塗られた水深(2200–2600m)は、短周期 OBS の方位推定誤差が悪化する遷移水深を示す。

推定方位誤差は、広帯域OBSで大半が 6° 未満、短周期OBSの約半数で 8° 未満と良く決まりました。しかし、短周期OBSでは水深約2,200–2,600 mの範囲で方位推定誤差が遷移し(図1b)、遷移水深より浅いと推定誤差が大きくなるだけでなく、波形相関値まで急激に悪化していました。長周期海底背景ノイズの影響を調べるために、広帯域OBSのノイズパワースペクトル密度(PSD)を計算したところ、遠地Rayleigh波の通過周期帯域(15–50秒)を含む長周期帯で、浅海ほどノイズレベルが高いという顕著な水深依存性を確認しました(図2)。上下動PSDと水深の負相関関係は、海洋infragravity波の水深に対する分散関係式(Crawford et al., 1991)で説明でき、上下動成分の長周期ノイズはコンプライアンスノイズが支配的で(図2a)、使用周期帯におけるコンプライアンスノイズの影響は大きいと考えられます(図2b)。一方、周期10秒以上の水平動PSDは上下動PSDに比べて15–30dB程度高く、水深に

対して負相関を示したものの、海洋infragravity波の分散関係式と調和的ではなく(図2c)、浅海底付近を流れる海流が、水平動成分の長周期ノイズレベルを高くしていると考えられます。特に水深2,000m以浅の水平動PSDが示す水深依存性は、水深で異なる海底流の強度を反映しているかもしれません。

以上から、水深2,000m以浅の短周期OBSについて、方位推定誤差の著しい増大と波形相関値の低下を招いたのは、海底流がRayleigh波水平動成分のSN比を悪化させるとともに、コンプライアンスノイズがRayleigh波の上下動波形自体を歪めたためと結論付けました。Cascadia海域でDoran & Laske(2017)が示した「Rayleigh波偏向解析による方位推定誤差が海底の環境ノイズレベルの指標となり得る」ことが、日向灘海域でも確認されました。他海域の海底地震観測においても、水深依存性を持つ海底背景ノイズレベルが表面波や常時微動解析に影響を与えている可能性が考えられます。日向灘においては、現在構築が進んでいる南海トラフ海底地震津波観測網(N-net)の運用が始まれば、より一層、海洋学的・地震学的知見が広がると期待されます。なお本研究成果は、Geophysical Journal Internationalに掲載されました(Sawaki et al., 2022)。

引用文献

- Crawford, W. C., Webb, S. C., & Hildebrand, J. A. (1991) JGR, 96(B10), 16151–16160. Doi:10.1029/91JB01577.
- Doran, A. K., & Laske, G. (2017) Bull. Seismol. Soc. Am., 107(2), 691–708. Doi:10.1785/0120160165.
- Sawaki, Y., Yamashita, Y., Ohyanagi, S., Garcia, E. S. M., Ito, A., Sugioka, H., et al. (2022) Geophys. J. Int., 232 (2), 1376 –1392. Doi:10.1093/gji/ggac397.
- Stachnik, J. C., Sheehan, A. F., Zietlow, D. W., Yang, Z., Collins, J., & Ferris, A. (2012) Seismol. Res. Lett., 83 (4), 704–713. Doi:10.1785/0220110128.

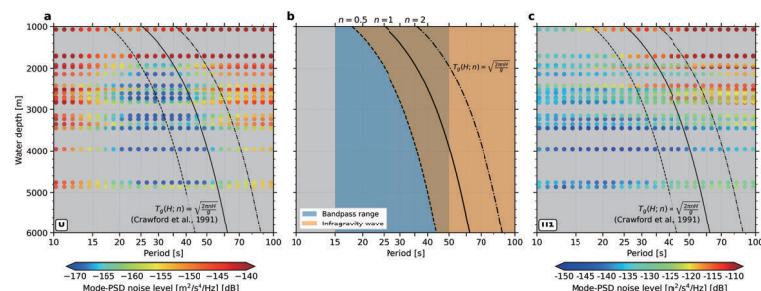


図2：広帯域 OBS から求めた 10–100 秒の帯域におけるモード PSD と設置水深の関係。(a) 上下動成分、(c) 水平動成分のモード PSD を色でしめす。実線、波線、波点線で示される曲線は、海洋 infragravity 波の水深に対する分散曲線で、水深に対する波長の比 n がそれぞれ 1, 0.5, 2 の時を示す(Crawford et al. 1991)。分散曲線より長周期側に海洋 infragravity 波が卓越する。(b) コンプライアンスノイズの卓越範囲と本解析で使用した Rayleigh 波の通過周期帯域との関係。



研究紹介

氏家 恒太郎 (筑波大学 生命環境系)



専門は構造地質学です。これまでフィールド調査、室内実験、深海掘削に基づいて、プレート沈み込み帯で発生する巨大地震やスロー地震の発生プロセス・発生メカニズム解明に向けた研究に取り組んできました。SF地震学では以下のトピックについて研究していく予定です。

低周波地震と微動の実体は何か？

深部スロー地震発生域で形成された変成岩中に濃集して発達する石英脈を対象に、せん断脈と伸長脈のコンビネーションで低周波地震や微動を説明できないか様々なアプローチに基づいて検討しています。また、微量元素と同位体分析から、高間隙水圧下での石英脈形成をもたらした流体の起源についても研究しています。

プレート境界における滑りやレオロジーは、化学反応に左右される？

地震発生帯下限付近からマントルウェッジ付近で形成されたメランジュを対象に、異なる岩石間での交代作用による化学反応がプレート境界における滑りやレオロジーにどのような影響を与えているのか調べています。特に、地震発生帯下限は反応生成物による強度低下により規定されているのか、スロースリップは化学

反応に促進された粘性せん断によって引き起こされているのか検討しています。

浅部スロースリップと珪質堆積物における続成作用の関係

日本海溝陸域アナログであると考えられるジュラ紀付加体を対象に、フィールド調査と室内実験を組み合わせることで、珪質堆積物の続成作用に伴う高間隙水圧下での滑りがスロースリップを説明できるのか検討していきます。この研究は、2023年度からスタート予定です。

再び東北地方太平洋沖地震震源域へ

地球深部探査船「ちきゅう」により、宮城県沖日本海溝沈み込み帯で東北地方太平洋沖地震時に巨大地震性滑りを引き起こした浅部プレート境界と沈み込み帯に持ち込まれる物質を掘削し、浅部巨大地震性滑りメカニズムや地震後の断層ヒーリング効果を検討します。掘削は2024年度に実施される予定です。

このほかに、大陸衝突帯であるフランス・コルシカ島（写真）、島弧大陸衝突帯である台湾、ニュージーランド北島などにも研究対象を拡げています。



写真：フランス・コルシカ島での地質調査



重力観測と技術開発

田中 愛幸 (東京大学 大学院理学系研究科)



はじめに

B01班では、重力計測、光ファイバーによる歪計測、海底計測の3つを大きなテーマとして機器開発を行っています。今回は、主に重力計測に着目し、なぜ重力を測るのか、なぜ技術開発が求められているのか解説したいと思います。

スロー地震と水

スロー地震の震源域には、沈み込む海洋プレートから供給される水が蓄積していると考えられています。水の蓄積度合いによって断層すべりの様式が異なるので、スロー地震の多様性を理解するために水の状態やふるまいを明らかにすることが重要です。水は研究領域に共通するテーマの1つであり、様々なアプローチで調べられています。

なぜ重力を測るのか

重力というとブーゲー異常のような重力の空間変化を想像され

るかもしれません。しかし、我々が測ろうとしているのは、それよりも3-4桁小さい重力の時間変化です（10億分の1G=1 μGalの桁）。地下でマグマが移動すると地表の万有引力が変化するため、火山地域では重力観測が昔から行われてきました。スロー地震の発生に伴って水が移動することは室内実験や数値シミュレーションで確認されているため、実際に水の移動が発生しうるかどうか野外観測により検証することを目指しています。

観測された重力変化

スロースリップ域において精密重力計測を行っている研究グループは世界的にも少ないため、先行研究はまだ限られています。図1に観測結果を示します。東海地方では3地点で長期的スロースリップ(LSSE1,2)に同期した重力の減少が見られます。カスカディアでは、スロースリップ非発生時には一定の割合で重力が増加し、スロースリップ時(ETS)に重力が減少すると仮定すると観測結果がうまく説明できます。

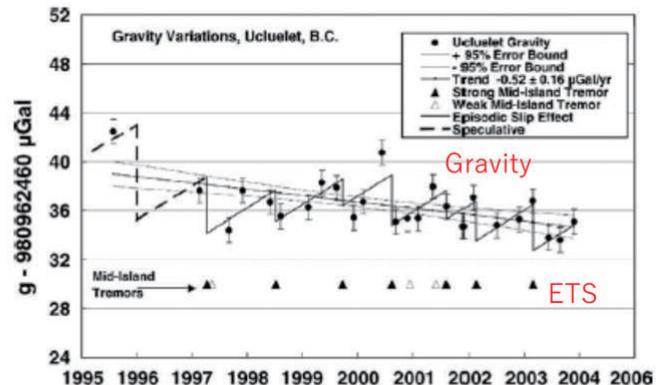
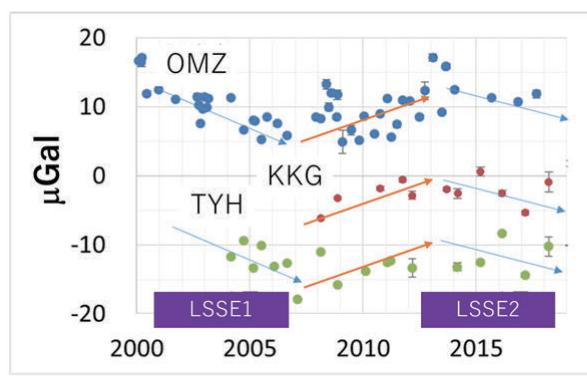


図1：(左) 東海地方 (右) カスカディアで観測された重力変化 (Tanaka et al., 2018; Lambert et al., 2006に基づく)。

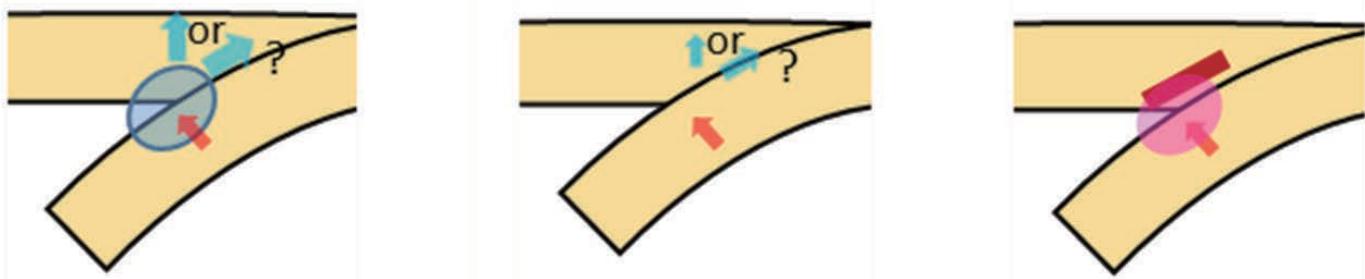


図2：(左) 震源域に流入する水よりも流出する水の量が大きく、重力は減る (中央) 水の流入・流出が等しく重力は変わらない (右) 水が閉じ込められて蓄積し、重力が増える

重力変化の原因

図2に重力の増減を説明する1つのモデルを示します。スロースリップの発生に伴い一時的に震源域周辺の透水率が上昇し、水が流出すると仮定しています(Sibson,1992)。観測された数 μGal の変化は、幅が震源断層、厚さが30cm程度の体積の水が震源域から流出すれば説明できます。ただし、水の移動が断層破碎帯に限定されるのか、もっと広い領域で起こるのかは、上記の重力観測の時空間分解能からは一意に決められません。仮にプレートの厚さ程度で移動が起こるとすると、スロースリップによる応力降下程度(数100kPa)の応力変化によって、これくらいの量の水が動く可能性が計算により示せます。

重力計の開発

多点で連続的に重力を測れば、水の分布や時間変化の様子がもっと分かるようになり、スロー地震の詳細な発生過程が解明できるかもしれません。しかし、上記の観測で用いたレーザー干渉型の重力計は連続観測には不向きで維持費も高価なため、少ない観測点で時々観測するのがやっとです。そこで、1つの光源から放

たれたレーザー光を、遠方の複数地点に設置された干渉計が光ファイバーを通して受け取り、多点で同時に高い頻度で重力を測る技術を実証しようとしています。

おわりに

B01班では重力計に加え光ファイバーセンシング機器の開発も行っています。また、別のプロジェクトでは光格子時計による重力ポテンシャル観測を地震研究に応用する研究も進められています。1990年代後半に整備された地震・地殻変動稠密観測網は、スロー地震の世界に先駆けた発見を促しました。ファイバーを利用した光の監視網がこれに加われば、スロー地震研究の新たな展開が期待できます。これらの計測の基礎は、光の周波数の安定度を長距離、長時間にわたり高く維持することです。光ファイバーで長距離伝送する技術や光格子時計は日本発の技術であり、ノーベル賞の候補として挙げられています。B01班の開発には、光学分野の優れた技術を防災へ生かしたいという思いが込められています。



大きくて遅いスロー地震の場所の意味を探る

三井 雄太（静岡大学 理学部）



スロー地震に関して約15年前に提唱されたスケーリング則 (Ide et al., 2007) では、スロー地震は「大きいものほど遅い」ことが示唆されています。言い換えると、大きいスロー地震ほど、同規模の地震(ファスト地震)から乖離しています。小さいスロー地震がslow-to-fast現象の分岐点であるのに対し、大きいスロー地震はslow-to-fast現象のエンドメンバーと言えます。

大きくて遅いスロー地震としてよく調べられてきたのが、南海トラフで発生する(長期的)SSEです。特に、過去に発生してきたMw 8級プレート境界地震の震源域より深部延長側では、東海地方・紀伊水道・豊後水道においてそれぞれMw6.5を超えるような大規模SSEが発生してきました(例えばOzawa et al., 2002; Kobayashi, 2014; Hirose et al., 1999)。

我々の研究 (Mitsui et al., 2022) では、海溝走向方向の不均質の観点から、上記3つの大規模SSE領域・(プレート境界近傍)のファスト地震活動度の高い領域・低重力異常の領域が対応していること、ならびに、これらの領域が微動・低周波地震などの小さいスロー地震が活発な領域とは必ずしも対応しないことに着目しました(図1)。エンドメンバーであるはずの大きいスロー地震とファスト地震が対応し、小さいスロー地震が対応しないのは興味深いことです。上記の対応・不対応関係は、表層付近の密度差と関連した地下の応力不均質あるいは間隙流体圧の不均質に起因すると考えられます。

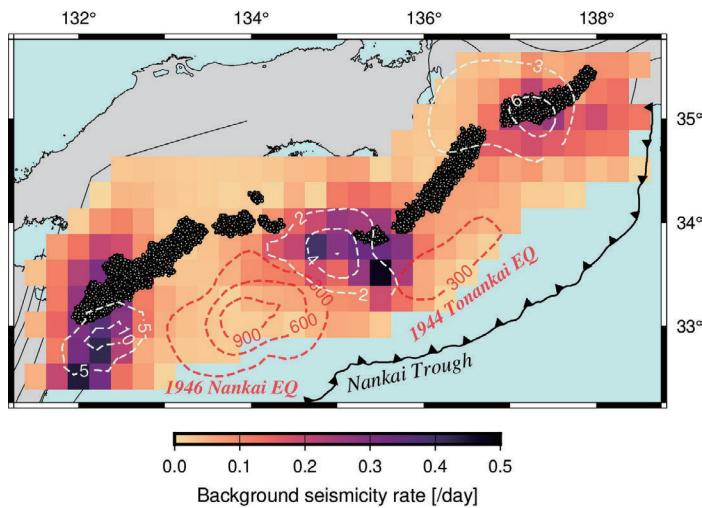


図1：プレート境界近傍の背景地震活動率と、深部スロー地震の空間分布。白い点線はMw 6.5を超える大規模 SSE のすべり分布 (Ochi and Kato, 2013; Kobayashi, 2017; Yoshioka et al., 2015)、灰色の点は小さいスロー地震の一種である微動の震央 (Annoura et al., 2016) を表す。赤い点線は過去の南海トラフ地震のすべり分布 (Sagiya and Thatcher, 1999) を示す。単位は cm。

大きいスロー地震は遅いため、地震計ではなく、GNSSなどの測地学的な観測データからシグナル検出が行われます。一般にデータのS/N比が悪いので、適切なノイズ除去が必要となります。

我々は、このノイズ除去を適切に行うためにニューラルネットワークなどの機械学習(図2)や独立成分分析などの統計的手法を組み合わせ、見逃されてきたシグナルを探索しています。

参考文献

- Hirose et al. (1999) Geophys. Res. Lett., 26, 21, 3237-3240, Doi:10.1029/1999GL010999.
- Ide et al. (2007) Nature, 447, 76-79, Doi:10.1038/nature05780.
- Kobayashi (2014) Earth Planets Space, 66,9, Doi:10.1186/1880-5981-66-9.
- Mitsui et al. (2022) Earth Planet. Sci. Lett., 598, 117824, Doi:10.1016/j.epsl.2022.117824.
- Ozawa et al. (2002) Science, 298, 5595,1009-1012 Doi:10.1126/science.1076780.

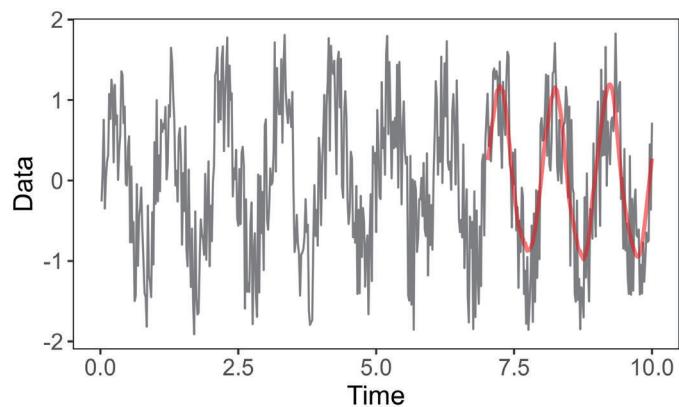


図2：再帰型ニューラルネットワーク (e.g., Yamaga and Mitsui, 2019) を用いたシグナル検出のテスト。灰色の線はランダムノイズを含む人工データ、赤い線はニューラルネットワークによる予測値を示す。



南海トラフ浅部スロー地震の震源特性の把握 ：活動の時空間変化と群発活動の特徴

武村 俊介 (東京大学 地震研究所)



我々のグループでは、防災科学技術研究所の広帯域地震観測網F-netの連続波形データから、南海トラフプレート境界浅部(10 km以浅)で発生する浅部超低周波地震(スロー地震の一種)の信号を検知、相互相関解析による震央の再推定、非線形インバージョンによる震源時間関数の推定を行い、浅部超低周波地震活動の時空間特性を明らかにしました(Takemura et al. 2022ab)。詳細は以下の通りです。

活動の時空間変化の特徴(図1ab)から、紀伊半島南東沖をRegion A、紀伊半島南方沖をRegion B、室戸岬沖と紀伊水道沖をRegion Cとしました。図1cの背景の灰色の領域はKodaira et al. (2000)やPark et al. (2004)による沈み込んだ海山です。Region Aでは、沈み込んだ古・銭洲海嶺の西端で浅部超低周波地震(個々の地震モーメントを足し上げた)積算モーメントが大きく、活動が活発であることが伺えます。一方で、Region Cは土佐湾下に沈み込んだ海山のup-dip側で浅部超低周波地震が活発なように見えます。他の沈み込み帯の研究事例からも浅部スロー地震活動と海山の関係は多様であり、より詳細な構造探査結果(例えば、Nakamura et al., 2022)やより正確な震源決定研究を統合

し、さらに研究を進める必要があります。

図1bで群発的に発生する浅部超低周波地震活動は、SSEの発生を示唆し、群発活動等の震源特性はSSEの性質を反映していると考えられます。そこで、群発活動中の浅部超低周波地震の積算モーメントと群発活動域の面積(図2a)、群発活動の継続時間(図2b)、走行方向への広がりの速さ(図2c)の関係について調べました。積算モーメントと活動域の面積に明確な地域性は見られませんでしたが、継続時間と走行方向への広がりの速さに地域差が確認できました。この地域差は、浅部スロー地震断層の流体圧やせん断強度の走行変化を見ていると考えられますが、詳細を明らかにするにはさらなる研究が必要となります。

参考文献

- Kodaira et al. (2000) Science, Doi:10.1126/science.289.5476.104.
- Nakamura et al., (2022) GRL, Doi:10.1029/2022GL098180.
- Park et al. (2004) EPSL, Doi:10.1016/S0012-821X(03) 00553-3.
- Takemura et al. (2022a) JGR, Doi:10.1029/2021JB023073.
- Takemura et al. (2022b) GRL, Doi:10.1029/2022GL097979.

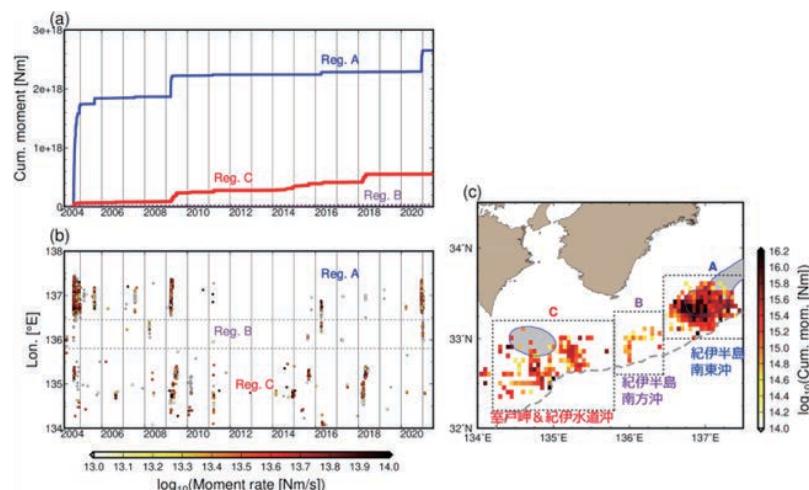


図1：浅部超低周波地震活動の時空間変化。(a) 積算モーメントの時間変化、(b) 浅部超低周波地震活動の時空間変化、(c) 浅部超低周波地震の積算モーメントの空間変化。(c) 中の灰色の領域は、沈み込んだ海山(Kodaira et al., 2000; Park et al., 2004)を示す。

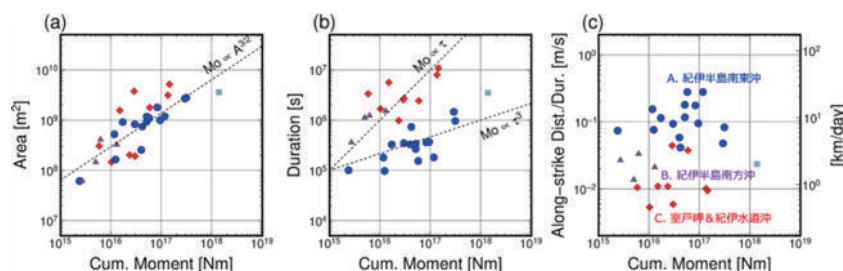


図2：浅部超低周波地震群発活動の震源特性の地域変化。水色の四角は2004年紀伊半島南東沖地震後に発生した群発活動を示し、主な議論からは除外している。



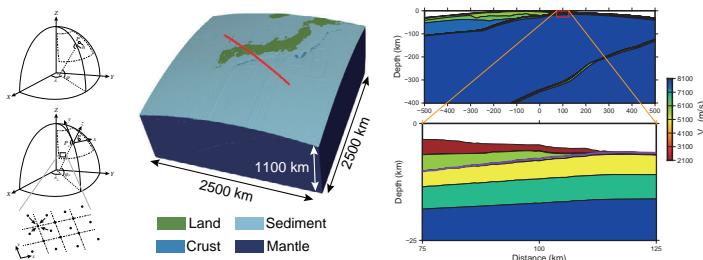
Slow to Fast地震学のモデル・予測研究における大規模シミュレーションの活用

堀 高峰（海洋研究開発機構）



数値シミュレーションを研究の道具として活用するアプローチには、大きく分けて2つあります。1つは、対象とする現象について、理解したい部分を代表する、できるだけシンプルな数理モデルを構築した上で、そのモデルの振る舞いを数値シミュレーションで調べるもので、モデル・予測班がターゲットとする断層の物理で言えば、バネスライダーモデルでの数値シミュレーション（例えばRuina, 1983; Im et al., 2017）や確率的な振る舞いを導入した微動の数値シミュレーション（例えばIde, 2008; Ide & Yabe, 2018）等が相当します。もう一つは、対象とする現象について、観測データと直接比較できるような、現実に近い初期条件・境界条件等を与えられるモデルを構築した上で、その振る舞いを調べるもので、モデル・予測班がターゲットとする断層の物理であれば、断層のジオメトリやそこにかかる応力場をできるだけ現実に近い形でモデル化した動的破壊過程の数値シミュレーション（例えばAndo & Okuyama, 2010; Ando & Kaneko, 2018）や地形や地下の3次元不均質構造をできるだけ現実に近い形でモデル化した地殻変動や地震動の数値シミュレーション（例えばIchimura et al., 2013; Ichimura et al., 2022）ということになります。

現象の理解と予測という目標のためにはどちらも有用であり、目的に応じた活用が重要となります。前者の場合、観測データから抽出した定性的あるいは半定量的な特徴と数値シミュレーション結果との整合性からモデルの妥当性を評価したり、シミュレーション結果として得られる振る舞いから、これまで知られていない特徴的な振る舞いや新たな現象を予測したりすることになります。後者の場合、対象とする現象の理解や予測をより定量的に行なうことが目標となるので、観測データと数値シミュレーション結果とをできるだけ直接的に比較、整合させること（いわゆるデータ同化）を目指すことになります。究極的には、機械工学分野や気象・気候分野での「デジタルツイン」が後者の目指す方向性と言えます。



図：(左) グリーン関数の計算に用いた座標系。(中央) FEM モデルの全体像。(右) 中央の図の赤線の断面における P 波速度構造の断面図とその拡大図。Hori, Agata et al. (2021) を改変。

後者の例として、我々は全国一次地下構造モデル（長周期地震動計算のための3次元地下構造モデル）を用いて、プレート境界でのすべりによる地殻変動の応答関数を計算しました（図、Hori, Agata, et al., 2021）。ここで、地震波動伝播計算に使う3次元地下構造モデルを地殻変動計算に導入し、両者を共通化していることが一つのポイントです。1kmグリッドの各層のジオメトリができるだけ忠実に離散化した有限要素メッシュを生成するために、自由度が十億単位の大規模シミュレーションとなっています。このような超大規模有限要素メッシュの生成やそれによる地殻変動計算が実現したのは、単に計算機の性能が上がったということではなく、計算科学と計算機科学における技術開発の成果に他なりません（例えばFujita et al., 2016; Ichimura et al., 2016）。現実に近いジオメトリという意味では、GNSSの解析で用いられる準拠円体を用いていることも特徴の一つです（図左）。これは、現実世界での観測を行う際の座標系やジオメトリと、シミュレーションの仮想世界でのそれらを一致させるという意味で、究極的な「デジタルツイン」構築に向けた最初の一歩とも言えます。一方、前者の場合、必要最小限のシンプルな数理モデルという意味で、必然的に小規模のシミュレーションかと言えば、必ずしもそうとは限りません。モデル・予測班で重要と考えている断層の持つ多階層性の物理の理解と予測のためには、どれだけ物理を単純化したとしても、階層的な幾何学的不均質のモデル化は不可避であり、数値シミュレーションとしては大規模にならざるを得ません。

ハイパフォーマンス・コンピューティング (HPC) 関係のプロジェクトで培われてきた計算科学・計算機科学の先端技術の活用を通して、両者の数値シミュレーションをこれまで実現できなかった規模でモデル・予測班の皆さんに行なうことに協力することで、ゆっくり地震から通常地震までの振る舞いの理解と予測において新しい知見を得るとともに、現象理解のための新たな視点や予測手法の方向性を見出したいと考えています。

参考文献

- Ando, R., Kaneko, Y. (2018) Geophys. Res. Lett., 45, 12,875–12,883.
- Ando, R., S. Okuyama (2010) Geophys. Res. Lett., 37, L10308.
- Fujita, K. et al. (2017) Proc. Platform Adv. Sci. Comp. Conf., p.11. ACM.
- Hori, T., R. Agata et al. (2021) Earth Planets Space, 73:41.
- Ichimura, T. et al. (2013) Geophys. J. Int., 195(3):1730–1744.
- Ichimura, T. et al. (2016) Geophys. J. Int., 206(1):114–129.
- Ichimura, T. et al. (2022) HPC Asia 2022, Doi:10.1145/3492805.3492814.
- Ide, S. (2008). Geophys. Res. Lett., 35, 17, 3–7.
- Ide, S., S. Yabe (2019) Pure Appl. Geophys., 176, 1021–1036.
- Im, K., et al. (2017) J. Geophys. Res.: Solid Earth, 122, 10,102–10,117.
- Ruina, A. (1983) J. Geophys. Res., 88, B12, 10359–10370.



力学的カップリングに基づく プレート境界大地震のシナリオ作成手法の開発

野田 朱美 (気象庁 気象研究所)



地震（断層すべり）は断層面上のせん断応力と摩擦応力の相互作用に支配される力学的現象です。プレート沈み込み帯においては、プレート境界の固着によりせん断応力が蓄積していき、それが摩擦強度を超えるとプレート境界地震が発生します。それゆえ、プレート境界の応力状態は、将来発生する地震を予測する上で重要な手掛かりとなります。

国土地理院の陸上のGNSS連続観測システム（GEONET）および海上保安庁の海底地殻変動観測による地殻変動データの集積により、南海トラフ沿いのプレート境界における固着の時空間分布を詳細に推定することが可能になってきました（e.g., Noda et al., 2018）。一般に、地殻変動データから直接推定されるのはすべり遅れ速度ですが、これは固着に起因するプレートの動き・変形を表す「運動学的カップリング」と捉えられます。力学的現象としての地震の理解に活用するには、推定されたすべり遅れを応力（力学的カップリング）に変換する必要があります。

我々はこれまで、すべり遅れ速度から計算した応力蓄積速度に基づき、将来発生しうる地震シナリオを作成する手法を開発してきました（Noda et al., 2021）。しかしながら、応力蓄積速度の計算に際して、すべり遅れ速度の推定誤差が増幅されることが懸念されます。そこで、地震発生の本質的な原因である力学的カップリングこそ推定すべきパラメータであるという考え方のもと、地殻変動データから応力蓄積速度を直接的に推定する手法を開発しました（Saito & Noda, 2022）。この手法を西南日本の地殻変動データ（図1a）に適用し、南海トラフ沿いのプレート境界における

応力蓄積速度の分布を推定しました（図1b）。応力蓄積の大きい領域のうち、Muroto, Kii, Kumano, Enshu は過去に発生したプレート境界大地震の震源域の位置と概ね対応しました。Bungoに関しては豊後水道スロースリップの発生に関与していると考えられます。

さらに、図1bの速度で100年間応力が蓄積したと仮定して応力蓄積モデルを構築しました。このモデルから想定しうる地震シナリオの一例として、前震・前震の余効すべり・本震から構成される地震シナリオを図2に示します。まず前震がKiiで発生（図2a）します。これによりKiiの周囲では応力が増加し、プレート境界深部で余効すべりが生じます（図2b）。そして、余効すべりがMurotoの応力蓄積域に侵入することで、摩擦の弱化プロセスが進行して本震が発生します（図2c）。ここでの応力蓄積モデルは幾つかの単純化の下で構築されたものであり、今後、スロー地震による力学的カップリングの時空間変化を考慮する等、改良の余地があります。ここで紹介したような応力蓄積モデル構築からシナリオ作成までの枠組みを整えておくことで、応力状態や摩擦特性に関する新たな研究成果を容易に取り入れ、より実現性の高いシナリオに更新していくことができると言えています。

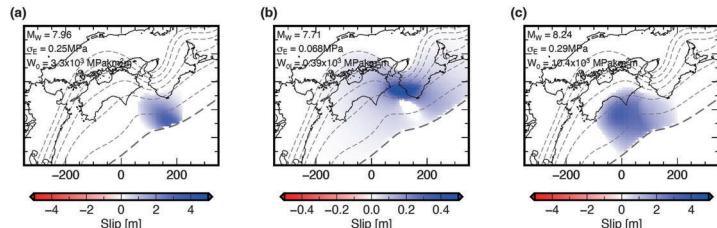


図2：前震・前震の余効すべり・本震のシナリオ (Saito & Noda, 2022)。(a) 前震,(b) 余効すべり,(c) 本震のすべり分布。

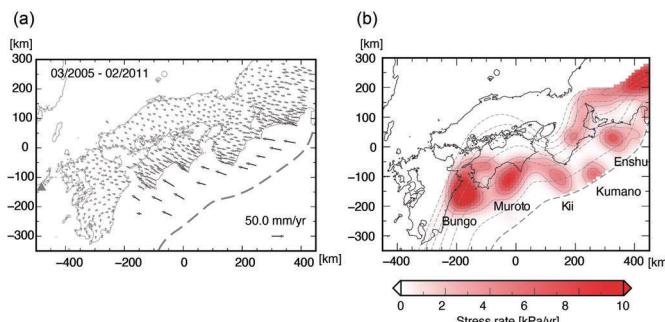


図1：地殻変動データの解析による力学的カップリングの推定 (Saito & Noda, 2022)。(a) 測地観測による地表の変位速度。(b) プレート境界のせん断応力蓄積速度分布。

引用文献

- Noda, A. et al. (2018) J. Geophys. Res., 123, 8125–8142, Doi:10.1029 /2018JB015515.
- Noda, A. et al. (2021) J. Geophys. Res., 126, e2020JB020417, Doi:10.1029/2020jb020417.
- Saito, T., and Noda, A. (2022) J. Geophys. Res., 127, e2022JB023992, Doi:10.1029/2022JB023992.

公募研究A01

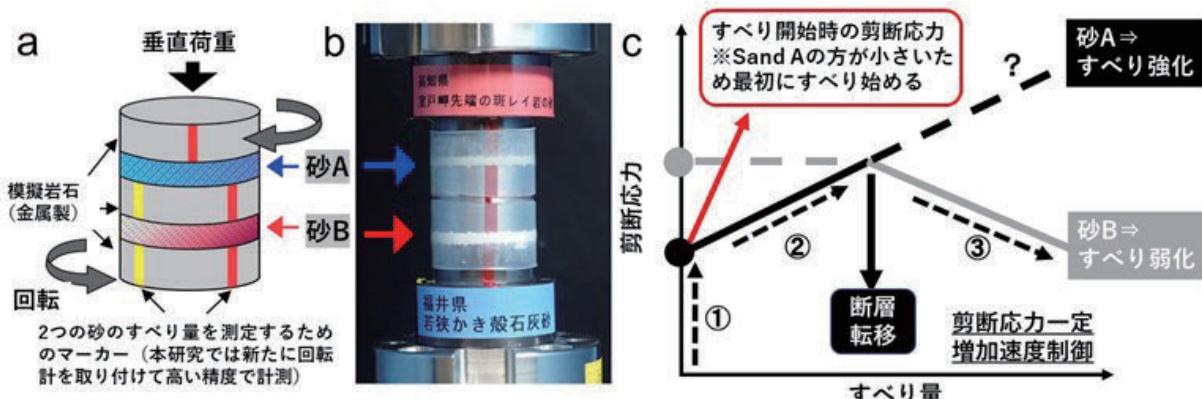
二面剪断実験による「断層転移」とスロー地震説の解明

谷川 亘（海洋研究開発機構）

近年スロー地震と巨大地震の関連性を示唆する観測結果が報告されています。これは、スロー地震が大規模な巨大地震の引き金となる前兆現象の可能性を示唆することから（説明）、この現象は巨大地震発生予測の高度化という観点から非常に注目が集まっています。

そこで本研究では、複合面構造をもつ模擬断層の摩擦実験より偶然に観察された「断層転移」（2つの弱面が存在する断層を同時に剪断すると、はじめ片方の断層のみが動き出しが、途中で最初に動いていた断層が止まり別の断層がすべり出す現象）に着目し、「断層転移」と「スロー地震説」との類似性を明らかにし、スロー地震が巨大地震を引き起こす可能性とそのメカニズムを評価します。

ちなみに本研究は、2021年度にJAMSTEC50周年記念行事の一環として実施した「すべらない砂甲子園」（日本各地の砂から一番すべりにくい砂を二面剪断実験により決定するイベント：<https://www.jamstec.go.jp/50th/suberanai/>）から着想を得ました。



図：a) 本研究で用いる二面剪断実験の概要。b) 本研究の着想を得た「すべらない砂甲子園」c) 二面剪断実験時に観察される断層転移の概念図。

公募研究A01

間隙水圧分布を考慮した注水によるせん断実験

椋平 祐輔（東北大学）

Slow地震の発生に流体が関与していることが近年明らかになってきていますが、逆に地下に注水を行う資源工学分野でもSlow地震に類似した現象が観測されています。我々は60cm立方体の大型岩石試験片に注水機構を設けた実験装置を用いて誘発地震の研究を行っています。ここでは、注入した間隙水圧を、試験片の大きさから断層面に閉じ込めることが可能になり、実際の地下に近い間隙水圧の分布を再現していると考えています。

本研究では、AE（弾性破壊音）の連続収録が可能な収録装置を導入して、注水に伴い発生する極小地震や、できればSlow地震に関連する弾性波を網羅的に計測することを目指しています。さらに、歪みや間隙水圧の分布と共に、室内実験スケールでのSlow地震からFast地震へのトランジションの挙動を包括的に明らかにする予定です。

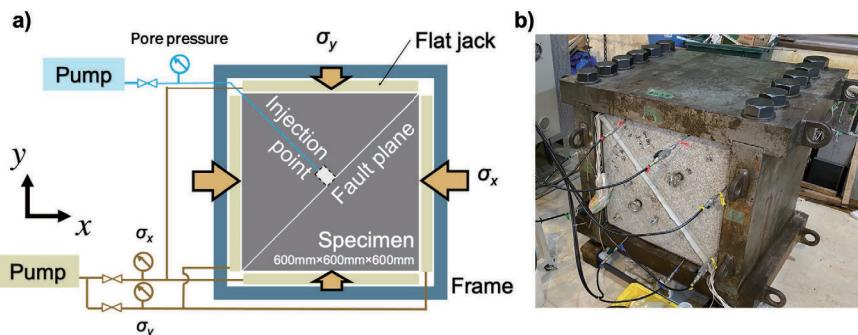


図:a) 本研究で用いる実験システム概要。一辺600 mmの大型岩石試験片をフラットジャッキを用いて2軸方向から載荷する。

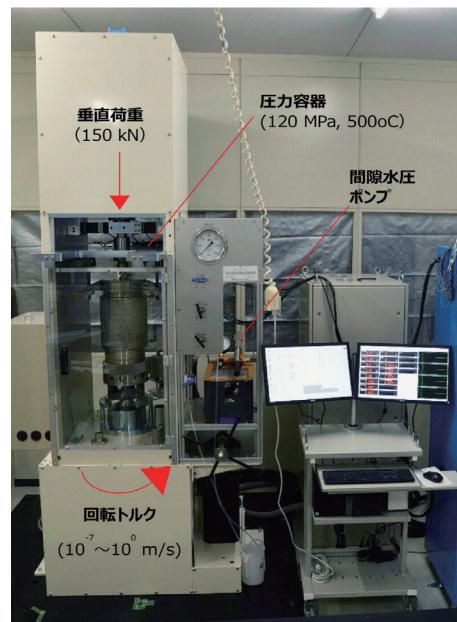
b) フレーム外観と模擬断層面を有する岩石試験片

公募研究A01

回転式剪断摩擦試験を用いたSlow to Fastすべり再現実験

廣瀬 丈洋 (海洋研究開発機構)

沈み込み帯プレート境界で発生するスロー地震には、水が深く関与していると考えられています。しかし、スロー地震発生に及ぼす水の物理化学的な役割はよくわかっていないません。本研究では、プレート境界に存在する水の間隙流体圧の変動がスロー地震を誘発するという仮説を、スロー地震発生域の間隙水圧条件を再現したSlow to Fastすべり実験によって検証します。特に、回転式剪断摩擦試験を改良・調整して、臨界状態で静止している断層中の間隙水圧を変動させることで、自発的にすべりを発生させる応力・水圧制御実験に挑戦します。本研究によって、スロー地震発生の物理化学的過程、そして巨大地震への進展プロセスが明らかになれば、巨大地震の発生予測に向けた新たな視点の創出に繋がることが期待されます。



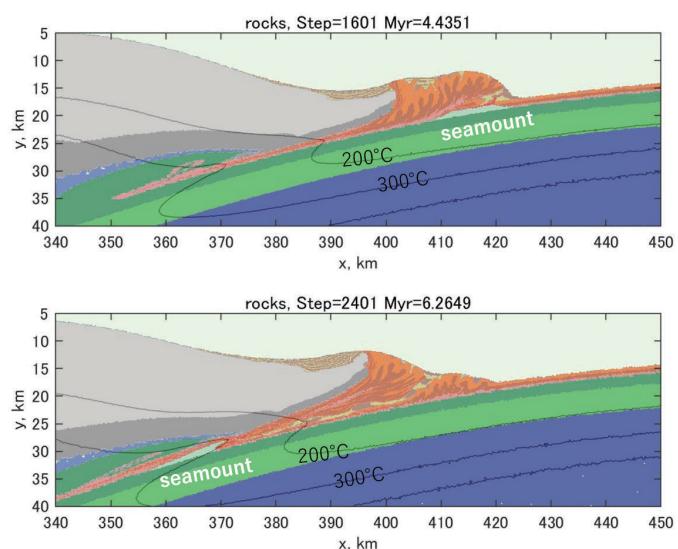
図：高知コア研究所に設置の回転式熱水剪断試験機。地震時の幅広いすべり速度（ $100 \text{ nm/s} \sim 2 \text{ m/s}$ ）を熱水条件下で再現することができる。

公募研究A02

深部スロー地震発生域での海山沈み込みの影響

宮川 歩夢 (産業技術総合研究所)

海山など海洋プレート上の起伏が、沈み込み帯で浅部スロー地震や巨大地震の発生に影響していることは多く検討されているが、海山のようなプレートの起伏が深部スロー地震に与える影響は未解明である。そこで、沈み込み帯浅部の脆性変形・深部の延性変形を統一的に扱える数値シミュレーションを用いて、沈み込み帯深部にかけての海山の影響について検討している。シミュレーションの結果、浅部においては付加体を構成する堆積物よりも十分強度の高い海山は付加体を大きく変形させながら沈み込むのに対し、深部においてはその高温な環境下で海山自身も延性的に変形する可能性が示唆された（図）。このような海山および周辺での変形モードの変化が、深部スロー地震とどのような関係があるのか検討を進めたい。



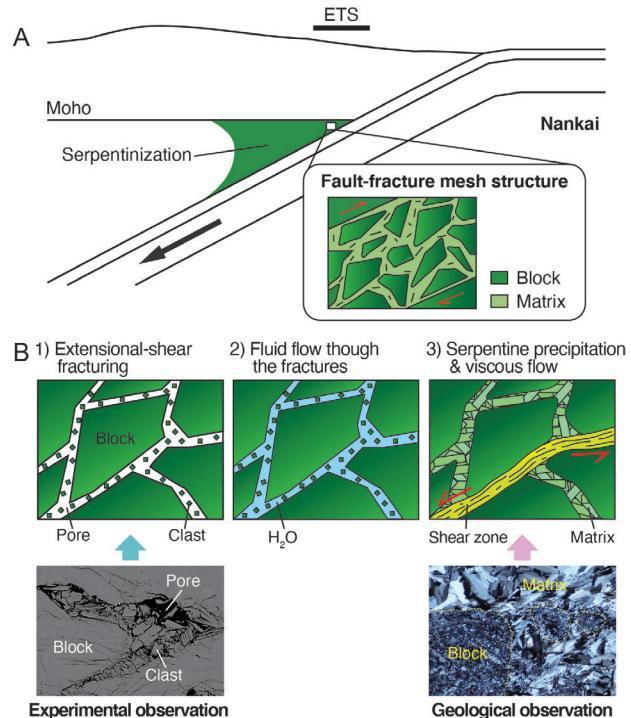
図：海山の沈み込みシミュレーション。浅部では海山が形状を維持しているのに対し（上図）、深部では海山も大きく変形している（下図）。

公募研究A02

蛇紋岩化したマントルウェッジ先端部における破壊・溶解-析出作用と深部スロー地震との関連性

平内 健一（静岡大学）

西南日本下のEpisodic Tremor and Slip (ETS)の一部は蛇紋岩化した前弧マントルウェッジの先端付近で発生するところから、蛇紋岩とETSの発生との間には何らかの関連性があると考えられてきました（図A）。これまでに私は、野外地質調査（Hirauchi et al., 2021, Earth Planet. Sci. Lett.）や高温高圧変形実験をとおして、高間隙水圧下での蛇紋岩の破壊と溶解-析出の繰り返しがETSの発生と周期性を支配する要因となる可能性を明らかにしました（図B）。具体的には、1) 蛇紋岩が高間隙水圧下において開口（モードI型）および開口・剪断（モードI-II型）破壊を起こすこと、2) 破壊後の熱水下において蛇紋石の溶解-析出が働き、析出した蛇紋石の一部は粘性剪断帯を形成すること、3) 割れ目が閉鎖することで再び破壊が起きるために必要な高間隙水圧条件に達することを示しました。これらのこととは、新たな破壊群の形成と局所的な粘性クリープがテクニック微動や短期的スロースリップにそれぞれ対応し、ETSの繰り返し間隔が蛇紋石の溶解-析出速度に支配されていることを示唆します。



図：(A) 南海沈み込み帯の模式断面図。 (B) マントルウェッジ先端部で起る蛇紋岩の破壊・流動・溶解・沈殿プロセスを示した模式図

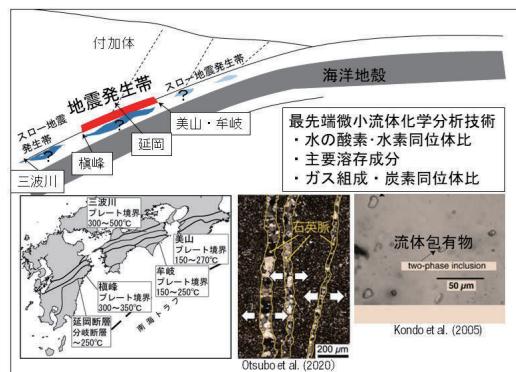
公募研究A02

石英脈微小流体包有物の直接化学分析によって解き明かす地震発生帯流体の起源と挙動

井尻 晃（神戸大学）

本研究は、プレート境界での巨大地震の発生メカニズムの解明のために、プレート境界型地震と密接に関係すると考えられる流体の素性を明らかにすることを目的としています。流体の素性を明らかにするためには、流体を直接採取して化学分析を行い、その起源と移動経路を推定することが最も確実な方法です。しかしプレート境界型地震の発生域は現在の科学掘削などでは到達できない深度でおこるため、流体を直接採取することができません。そこで、本研究では、過去の地震活動の痕跡である陸上に露出した断層帯周辺の亀裂を埋める石英脈中の流体包有物に着目しました。石英はかつて亀裂中を流れている水から沈殿し、石英脈中に出来たマイクロメートルスケールの微小な空隙中に水やガスが流体包有物として閉じ込められています。近年の分析技術の発展により、流体包有物に含まれるような微量の水の酸素・水素安定同位体比、二酸化炭素・メタンの炭素同位体分析が可能になっています。南海トラフ沈み

込み帯の陸上アナログとされている西南日本外帯の陸上露頭で見つかっている断層帯の石英脈中の流体（流体包有物）について、これらの最先端分析技術を用いた化学・同位体分析を行い、かつての断層帯に存在していた流体の起源・移動経路を明らかにする予定です。



図：研究概要

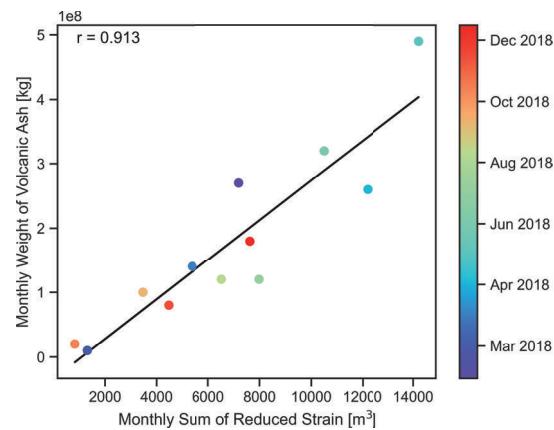
公募研究A03

桜島火山における火碎物噴出率推定法の開発

中道 治久 (京都大学)

中道治久（京都大学防災研究所火山活動研究センター）と高橋龍平（京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻博士課程）は公募研究課題「ブルカノ式噴火のSlow-to-Fast理解のための火碎物噴出率推定法の開発」を2022年6月より実施しています。この課題において、ブルカノ式噴火の速さを決める火碎物の噴出率を観測から推定する手法の開発に取り組んでおり、様々な様式の噴火を含め噴火のSlow-to-Fastの理解に貢献することを目的としています。この研究は、計画研究課題「世界の沈み込み帯から：SlowとFastの破壊現象の実像」で実施されている噴火に前駆する傾斜変動の研究と相補的な関係にあり、両者の研究課題により噴火開始から噴火終息までをカバーしています。公募研究課題では桜島において行われている広域地震観測、インフラサウンド観測、地殻変動連続観測によるブルカノ式噴火時のデータの解析を進めています。ここではその一例を紹介します。桜島には250m深の観測坑道が3箇所あり、それぞれには山頂火口方向に向いた伸縮計と、これに直交する方向に向いた伸縮計、そして斜行する方向の伸縮計が設置されています。この3成分の伸縮計から噴火に伴う記録を抽出して、主ひずみを推定して、火口からの距

離補正を施したReduced Strainを求めています。そして、1ヶ月毎の積算にして、桜島周辺で測定された降下火山灰量との線形関係を見出しています（図）。今後は関係式の構築を行い、個々の噴火での噴出量推定を行いたいと考えています。



図：2018年における噴火時のReduced Strain（横軸）と降下火山灰量（縦軸）の1ヶ月積算値の比較。

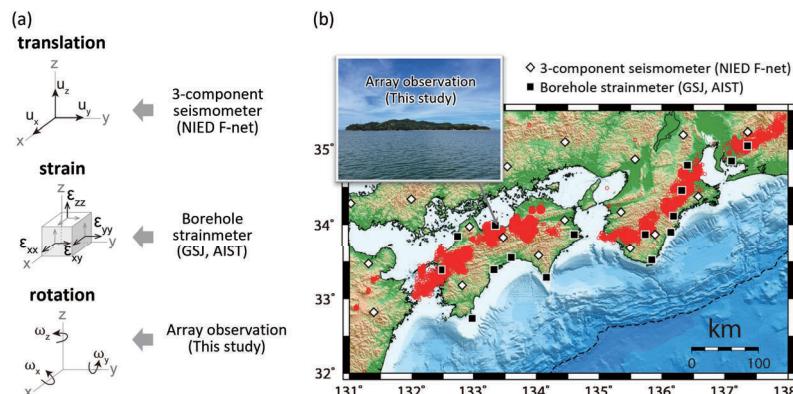
公募研究A03

地動の歪・回転成分を用いたゆっくり地震解析: 非せん断破壊成分の推定と新しい震源像

今西 和俊 (産業技術総合研究所)

通常の地震とは異なる性質を持つゆっくり地震が発見されてから20年近くが過ぎました。ゆっくり地震がどのような発生メカニズムを持つかは地震学の本質的課題であり、主に地震波解析に基づいて、プレート境界におけるせん断破壊として長い間理解されてきました。しかし、複雑な挙動を示すゆっくり地震はそんなに単純なプロセスとは考えにくく、新たな知見が蓄積されてきた現在において、「ゆっくり地震＝せん断破壊」という認識を再考してみる意義があるといえます。

通常の地震波解析で使われるのは地動の並進3成分ですが、本研究では新たな観測量として歪と回転成分を併用したメカニズム解推定法を開発し、ゆっくり地震に含まれる非せん断破壊成分を十分な精度で推定することに挑戦します。歪成分は、産総研が西南日本に展開している歪計のデータを活用していきます。回転成分については、新たに広域地震計によるアレイ観測を計画しています。本研究を通して、ゆっくり地震の非せん断破壊成分の実態とそれが意味する背後の物理機構に迫りたいと考えております。



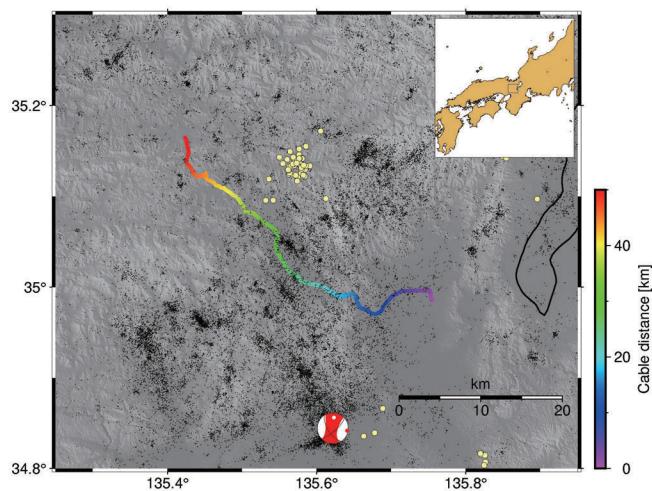
図：(a) 地動の並進、歪、回転成分。(b) 研究対象地域と観測点分布。写真はアレイ観測予定の新居大島（愛媛県新居浜市）。赤丸は気象庁による深部低周波地震。

公募研究B02

ビッグデータ解析を通じた内陸スロー地震の解明に向けて:DASによる誘発現象の観測

宮澤 理稔（京都大学）

多様なスロー地震の中でも、付近に火山がないにもかかわらず地殻内で発生している低周波地震は、沈み込み帯で観測されることの多い現象に比べて観測事例が少なく、発生メカニズムもよく分かっていません。本研究では、京都府南部の内陸部で発生が確認されている低周波地震活動について、高感度・高密度の観測を行うことによって調査を行います。このために国道9号沿いに敷設された50km長の光ファイバケーブルを利用して、分布型音響センシング(DAS)の技術によりひずみ変化の連続観測を行います。ただし対象とする低周波地震は稀にしか発生しないため、低周波地震が遠地地震からの地震波によって誘発されやすいという現象を活用します。つまり、この領域を地震波が通過している際に、地下での動的な応力変化に伴い、誘発されているかも知れない低周波地震を捉えます。この現象について低周波地震からのシグナルはごく微小ですが、DASによって得られる約1万か所に及ぶ大規模記録の解析を通じて調査し、なぜそこに低周波地震が存在するのかという学術的疑問に迫ります。



図：観測に利用する 50 km 長の光ケーブルと気象庁一元化震源カタログによる地震活動。黄色丸は低周波地震を示す。

公募研究B03

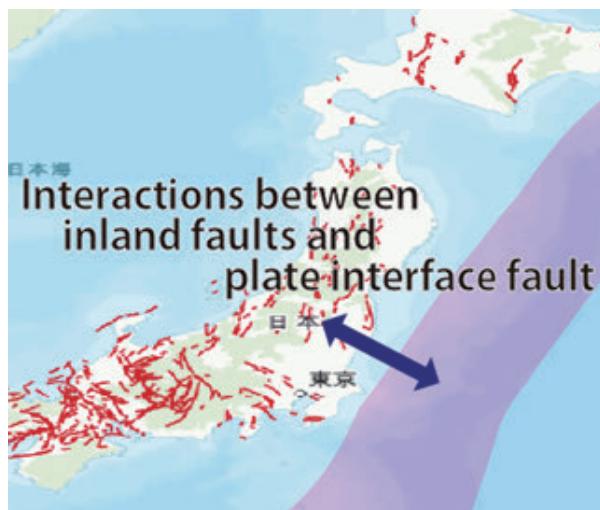
マルチスケールな“島弧-海溝結合系”的超大規模シミュレーション

安藤 亮輔（東京大学）

日本列島は、プレート沈み込み運動により形成された島弧であり、多数の内陸活断層が存在します(図)。M9の超巨大地震を起こすプレート境界断層とM7の大地震を起こす内陸断層では、平均活動間隔がそれぞれ約100年と約1,000年であるとの時空間スケールの違いが重視され、両者はそれぞれ別の枠組みでモデル化されることが多くありました。一方で近年、海溝型巨大地震の前後や地震間における地殻変動および地震活動の時空間変化が詳細に観測されるようになり、島弧-海溝を一つのシステム、結合系、としてとらえ理解することの重要性が高まっています。このようなマルチスケールな物理シミュレーションの実現は、従来は計算機容量の問題で大きな困難を抱えていました。本公募研究では、近年開発が進んだ階層行列法を応用した高効率な準動的(Ozawa et al., 2023)・完全動的(Sato and Ando, 2021)な境界要素法アルゴリズムをパソコン上に実装します。計算性能をフル活用することで、物理モデルと実観測データとの比較を実現し、より深く物理過程を理解することで現象予測能力を向上させたいと考えています。

参考文献

- Ozawa S., A. Ida, T. Hoshino and R. Ando (2023) Geophys. J. Int., 232, 1471–1481, Doi:10.1093/gji/ggac386.
Sato, D. S. K. and R. Ando (2021) Eng. Ana. Bound., 133, 407–450, Doi:10.1016/j.enganabound.2021.08.026.



図：島弧 - 海溝結合系のイメージ

■NL vol. 1発行後に加わっていただいたメンバーをご紹介いたします。

	<p>石井 明男 大阪大学基礎工学研究科・講師 専門：計算材料科学 キーワード：付加体、深海掘削、時空間スケール</p>	A01班 協力者	 <p>Chengrui Chang (常 承睿) 東京大学・ポスドク 専門：地質工学、実験岩石力学 キーワード：摩擦、断層、地すべり</p>	A01班 協力者
	<p>山本 由弦 神戸大学理学研究科・教授 専門：構造地質学 キーワード：沈み込み帯、液状化・地すべり</p>	A01班 協力者	 <p>岡崎 啓史 広島大学大学院先進理工系科学研究科・准教授 専門：実験岩石力学、岩石レオロジー キーワード：岩石変形実験、高温高压、破壊、摩擦、結晶塑性変形</p>	A01班 协力者
	<p>棚平 祐輔 東北大学流体科学研究所・助教 専門：地震学、岩石力学、資源工学 キーワード：誘発地震、流体、室内実験</p>	A01班 協力者	 <p>廣瀬 文洋 海洋研究開発機構 高知コア研究所・上席研究員 専門：岩石力学、構造地質 キーワード：断層、摩擦、レオロジー</p>	A01班 協力者
	<p>金木 俊也 京都大学防災研究所・ポスドク（学振PD） 専門：断層の物理化学 キーワード：岩石実験、モデル計算、化学反応</p>	A01班 協力者	 <p>汐見 勝彦 防災科学技術研究所・総括主任研究員 専門：観測地震学 キーワード：地殻構造、プレート形状、地震活動</p>	A02班 協力者
	<p>山田 泰広 九州大学工学研究院・教授 専門：地下探査 キーワード：エネルギー資源・変形構造の形成と形態</p>	A02班 協力者	 <p>福地 里菜 鳴門教育大学・講師 専門：海洋地質学 キーワード：付加体、西南日本、被熱温度</p>	A02班 協力者
	<p>浜橋 真理 山口大学国際総合科学部・講師 専門：構造地質学 キーワード：付加体、褶曲 - 衝上断層、岩石物性</p>	A02班 協力者	 <p>最首 花恵 産業技術総合研究所 地質調査総合センター・研究員 専門：地化學 キーワード：石英脈、熱水流通実験、シリカ鉱物析出反応速度</p>	A02班 協力者
	<p>辻 修平 海洋研究開発機構 海域地震火山部門・研究員 専門：物理探査・海域測地学 キーワード：人工震源を用いた構造モニタリング、海底地殻変動観測、長期モニタリング</p>	A02班 協力者	 <p>志村 侑亮 産業技術総合研究所 地質情報研究部門・研究員 専門：野外地質学・テクトニクス キーワード：地質図、付加体、高压型変成岩類</p>	A02班 協力者
	<p>高下 裕章 産業技術総合研究所 地質情報研究部門・研究員 専門：構造地質学・変動地形学 キーワード：アナログ実験、ジオメカニクス、海洋底地球物理観測</p>	A02班 協力者	 <p>川本 竜彦 静岡大学理学部地球科学科・教授 専門：マントル流体論、沈み込み帯流体論 キーワード：流体包有物、高温高压実験、マントルかんらん岩の炭酸塩化</p>	A02班 協力者
	<p>平内 健一 静岡大学理学部・准教授 専門：構造地質学 キーワード：野外地質調査、高压変形実験、前弧マントルウェッジ、蛇紋岩</p>	A02班 協力者	 <p>永治 方敬 東京大学大学院理学系研究科・助教 専門：構造地質学、鉱物物理学、構造地震学 キーワード：岩石構造、鉱物変形メカニズム、岩石レオロジー、地震波伝搬特性</p>	A02班 協力者

新規メンバー紹介

	澤山 和貴 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設・助教 専門：岩石物理学 キーワード：デジタル岩石物理、岩石変形実験、 フラクチャ	A02班 協力者
	今西 和俊 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門・副研究部門長 専門：地震学 キーワード：地震観測、地殻応力、微小地震	A03班 協力者
	道家 涼介 神奈川県温泉地学研究所・主任研究員 専門：宇宙測地学、地震地質学、変動地形学 キーワード：地殻変動、活断層、活火山	A03班 協力者
	岸田 欣増 ニューブレックス株式会社 専門：DFOS、力学	B01班 協力者
	Ge Jin コロラド鉱山大学 地球物理学学科・助教 専門：分布型光ファイバーセンシング、地震イメージング キーワード：分布型光ファイバー、分散型音響、 分布ひずみセンシング、表面波イメージング	B01班 協力者
	町田 祐弥 海洋研究開発機構 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター・研究員 専門：海底地殻変動、孔内計測、海底地震 キーワード：水圧計校正、光ファイバ歪計測	B01班 協力者
	寒河江 皓大 産業技術総合研究所 地質調査総合センター・ポスドク 専門：地震学 キーワード：テクトニック微動、微動マイグレーション、 アレイ解析	B02班 協力者
	ROUET-LEDUC Bertrand 京都大学防災研究所・助教 専門：データサイエンス、地球物理学 キーワード：データサイエンス、スロー地震、震源核形成	B02班 協力者
	中田 令子 東京大学大学院理学系研究科・特任研究員 専門：地震学 キーワード：地震発生サイクル計算	B03班 協力者
	渡邊 倫子 東京大学地震研究所	事務局
	利根川 奈美 東京大学大学院理学系研究科	事務局

International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes

国際合同研究集会2022

9月14日から16日まで本領域主催の国際研究集会、International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2022 が、奈良春日野国際フォーラムにおいて開催されました。現地参加が134名、オンラインのみの参加者も142名と、盛大な集会になりました。まだ海外からの参加は難しい状況にも関わらず、米国、メキシコ、ス

ランス、イスなどから20名の参加者がいました。6件の基調講演、24件の口頭発表、112件のポスター発表（うち19件はオンライン）が行われました。今回試験的に実施した、テーマ別のブレークアウトセッションも盛り上がり、集会運営の新しい形を示すことができました。集会に先立ち、13日には領域の若手集会が、集会後17日、

18日で、三重県松阪・伊勢への巡検もおこなわれました。巡査には、海外参加者を含む46名が参加しました。

（領域代表 井出 哲）



活発な議論が交わされました

ポスター会場



海外研究者招聘

SF地震学国際ワークショップに参加して

マサチューセッツ工科大学地球大気惑星科学科
博士課程2年生 土山絢子

2022年9月に奈良県で開催された「Slow-to-Fast地震学」に関する国際ワークショップに参加しました。私の所属する米国マサチューセッツ工科大学からは5名の博士学生が現地参加し、それぞれ多くの研究者と充実した議論を行うことができました。また、3日間というスケジュールの中で専門的な話題のみならず、現在の日本のアカデミアにおける研究環境面での課題について、日本国内外の参加者と建設的な議論をする機会が得られたことも大きな収穫となりました。

普段は地震学分野の研究者との議論が多い中で、実験を専門手法とする研究者や地質学的なアプローチをとる研究者と深く議論することができたのは、本ワークショップでしか得られない貴重な経験だったと思います。私が取り組んでいる

やや深発地震は、沈み込み帯浅部の領域で発生するスロー地震とは異なる地震活動として分類されることが多いですが、地震のメカニズムの本質を理解する上ではどちらも欠かせない現象だと個人的には感じています。今回、沈み込み帯で発生する地震活動の包括的な理解を目指とした「Slow-to-Fast地震学」のワークショップに参加できたことで、地球深部の地震活動のメカニズムを普段とは異なる視点から考察することができました。ポスターセッションで議論をする中で、新しい共同研究のアイデアも得られたので、博士3年次以降に日米共同研究の発足を目指してこれからも日々の研究活動に精進していきたいと思います。今回のワークショップへの旅費をご支援いただき本当にありがとうございました。





Report on International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2022

Indiana University

Elizabeth Sherrill

Thanks to support from the Science of Slow-to-Fast Earthquakes project and my research advisor, I was granted the opportunity to attend the International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes 2022 in Nara, Japan from September 14-16. There were many thought-provoking oral and poster presentations on all three days of the workshop. The first presentation by Ide-san on scaling slow and fast earthquakes was excellent and helped set the stage as we began the workshop. I also found the presentations by the geologists on the third day to be really enlightening. My work is centered on geophysical observations and inferences of slow-to-fast slip events so it was helpful to gain more understanding of the geologic processes and observations connected to the spectrum of slip events. The workshop allowed me to connect with scientists from Japan, Europe, and other parts of the United States and learn more about what they are doing for their research.



Photo: A beautiful sunset as workshop attendees leave at the end of the day.

It helped foster existing connections and build new ones that may lead to collaboration in the future. The International Forum in Nara was a magnificent facility for a workshop and it was an honor to get to present my work on the main stage. It was also nice to have the

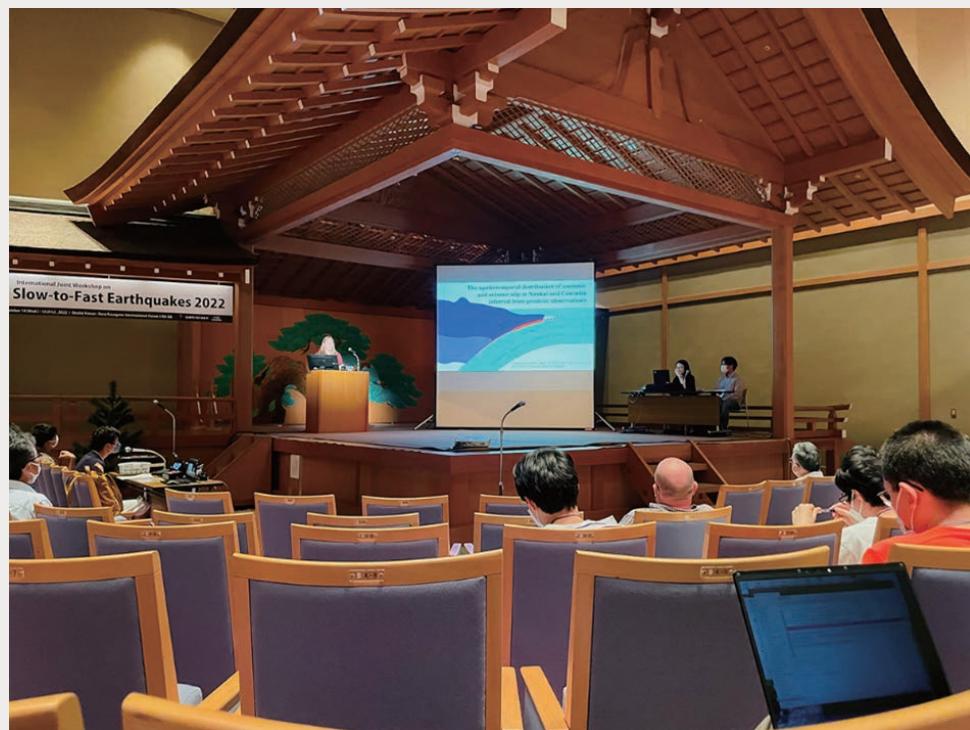


Photo: Elizabeth Sherrill presenting her research on stage at the International Forum in Nara.

Japanese garden and Nara Park to walk around in during breaks. This was my first time in Japan and all of the people with the Science of Slow-to-Fast Earthquakes project and in Nara were very helpful and kind. This was definitely the best workshop I have ever attended in my short time as an early career researcher, and I expect it to be hard to beat with future workshops.

September 2022, Slow-to-Fast Earthquakes Workshop Post-Meeting Report

Grand Valley State University

John Weber

1. Workshop: I was really impressed with the quality of technical presentations and posters at the meeting. I particularly enjoyed learning about the geological record of slow-slip earthquakes. Whitney Behr's keynote talk was excellent and helped me solidify and mesh together many of the related concepts. The workshop venue and Nara itself was idyllic and beautiful. It was a real pleasure to be there and such a great place to interact with many new colleagues and some old friends. The meeting was well-organized. The organizers were on top of all the details and available when even small items needed attention. This was a 100% professional operation. Thanks to Nami Tonegawa and her crew!

2. Field Trips: Like the workshop itself, the field trips were 100% professionally organized and run. Kudos to Asuka Yamaguchi for his hard work, organization, and great communication. The rain on Day 1 came as a deluge and was relentless. (see photo1 on the right) Nonetheless, participants were treated to some great geology. It was a pleasure to be able to see and learn



Photo1 : Day 1 weather conditions were not great, but the geology and leadership were!

about the MTL. We all made it to our hotels, got dry and warm, and had an excellent group dinner that revived our dampened spirits. On Day 2 we were treated to sunny skies and again some excellent geology. We examined and discussed beautiful coastal outcrops of the Sambagawa rocks. It was a pleasure to see these two classic Japanese geological localities with such an august group of geoscientists. This was a great learning experience that I truly treasure.



Photo2: Day 2, Interpretation of mesoscopic structures (possibly related to slow-slip?) as seen in well-exposed coastal outcrops of exhumed Sambagawa metamorphic (subduction zone) rocks under a sunny sky!



若手研究者海外派遣報告(Stanford大学)

防災科学技術研究所
JSPS特別研究員(PD) 三反畠 修

2022年春、米国・スタンフォード大学での滞在研究を行う機会を頂き、カルデラ火山特有の地震現象を再現する数値計算手法の開発のため、Eric Dunham准教授との共同研究を行いました。この種の地震は、火山地下に長い時間かけて（slowに）蓄積したマグマの圧力が作り出す地殻内の応力によって、カルデラ内の断層構造が一気に（fastに）破壊して発生します。その理解のために地震学と火山学双方の知見が必要で、広範な地球物理現象に対する知見を持つDunham准教授との共同研究は、2019年春以来準備を進めてきたものでした。Dunham准教授との週一回のミーティングで具体的な課題や手法を議論しながらコード開発を進めました。試行錯誤の末に、地震発生を初めて再現することに成功した時には、Dunham准教授から“Welcome to earthquake cycle simulations!”というお言葉を頂き、感慨深く感じたものです。今も共同研究を継続中で、有意義なスタートアップとなりました。

念願の共同研究に胸を躍らせる一方で、コロナ禍が収まらない状況に少なからず不安を感じていた中、背中を押して送り出してくださった、齊藤竜彦さんをはじめとする防災科学技術研究所の

皆様、安全な渡航のためにご尽力頂いたSF地震学関係者・事務局の皆様に、改めて感謝申し上げます。この経験・研究を通して、地震学分野の発展へと貢献できるよう今後も精進していきたいと思います。



Dunham研究室のメンバーと。左から二人目がDunham准教授、三人目が筆者。



mini押しかけワークショップ in New Zealand

京都大学防災研究所
伊藤 喜宏

8月17日にビクトリア大学ウェリントンにて「mini押しかけワークショップ」を行いました。押しかけワークショップは本学術変革領域の目玉企画の一つであり、本領域で注目する地域に我々が出向いて、その地域の研究機関と協力してワークショップを実施するものです。ワークショップを通じて、Slow-to-Fastの地震現象の根本的的理解に向けた知見の深化はもちろんのこと、将来の共同研究の実現に向けて、その土台となる人的ネットワークの構築を狙います。今回は筑波大学の氏家恒太郎さんのグループが実施したニュージーランド北島東海岸のホークス湾周辺での地質調査にあわせて、東京大学地震研究所の望月公廣さんと私(伊藤)が現地入りしました。ビクトリア大学ウェリントンのMartha Savageさんの多大なる協力により、mini押しかけワークショップの実施に至りました。急遽の開催決定にもかかわらず、ビクトリア大学やGNS Scienceから多くの研究者・学生（約30人:17件の口頭発表と1件の基調講演）に参加いただき、ニュージーランドの最新の研究に触ることができました。また本領域の紹介を含む日本からの研究内容を基調講演として紹介する機会もいただけ



ました。今後の共同研究のさらなる推進に向けて大きな成果を残せたと自負しております。ご協力いただいた皆様、ありがとうございました。



若手・ダイバーシティタスクフォースより

若手ダイバーシティTF

建築研究所 北 佐枝子
海洋研究開発機構 濱田 洋平
東京大学地震研究所 武村 俊介・竹尾 明子

ランダムイベント

領域内の様々な分野の研究者同士の交流促進のために、ランダム交流イベントを実施しました。学生を含む多様なキャリアから応募があり、それぞれを3~4名ずつの10グループに分けて、グループごとに交流を行いました。一部のグループでは、対面での交流イベント（写真）へ発展し、領域研究の良いスタートとなりました。



点では、大学は渡航制限が比較的少ない一方、海外渡航が難しい国立研究開発法人が多くあることなどが報告されました（アンケート結果は本領域ウェブサイトに掲載しています）。なお本セッションの現地参加者は、学生・若手研究者が大半であり、渡航関係情報は今後の未来を担う若手ほど必要としている現状も見て取れました。

https://slow-to-fast-eq.org/news/questionnaire_2022/

オンラインランチ会

領域内の若手を中心として、気さくな情報交換・交流の場としてオンラインのランチ会を月1回程度の頻度で開催しています。2021年度10月のプロジェクト始動以降、11回開催し、最近の地震活動、海外渡航情勢、ダイバーシティに関する状況などの様々な情報と意見の交換がなされました。

コロナ禍の留学・在外研究

コロナ禍中の留学・在外研究経験を報告・情報共有し、今後の在外研究促進を目的としたハイブリッド形式で、2022年5月のJpGUのユニオンセッションとして本領域の後援により開催されました。5件の口頭、3件のポスター発表があり、本領域からも伊藤さん（A03班）など3名が参加しました。セッションの最後に登壇者同士での議論を行い、今後の国際交流の在り方や共同研究の推進方策に関する活発な意見交換がなされました。オンラインツールの利便性の一方で、海外での対面活動は海外研究者との信頼感の醸成に大きなメリットがあり、国際共同研究推進に依然として重要な役割を持つと登壇者全員が実感していることがわかりました。さらにセッションでは、Slow-to-Fast地震学に参加している大学・研究機関を対象とした対コロナ禍の機関別対応状況に関するアンケートの実施結果も紹介されました。2022年4月の時

国際合同研究集会前日の若手イベント

Slow-to-Fast地震学国際合同研究集会の前日（9月13日）に奈良県民文化会館で、「新しいプロジェクトの若手と知り合う」をコンセプトに若手研究者向けイベントを開催しました。21名の学生・若手研究者が集いました。この会をキックオフとして、若手の分野間融合を図るようなイベントを今後開催していくべきと考えています。





大型アナログ実験装置

産業技術総合研究所 野田 篤

産総研では、SF地震学の予算を受けて、新たな大型アナログ実験装置を導入しました。アナログ実験装置とは、砂などの粒子を材料として、天然で起きている変形・破壊現象を実験室で再現する装置で、沈み込み帯におけるせん断帯の発達過程や付加体形成過程の解明などに使用されています（例えば、Koge et al., 2018, Noda et al., 2020, Okuma et al., 2022）。この実験装置の主な特徴は、（1）海洋プレートに相当する底面とバックストップに相当する壁面が上下可動型である点、（2）その底面と壁面に設置した複数のロードセル（荷重計）が実験中の荷重をリアルタイムで計測する点です。（1）の点については、底面を上下させることで、時間とともに傾斜が増加（減少）する海洋プレートに対する付加体の変形様式や断層活動の変化を観察することができます。また、壁面を上下させることで、地下深部へ排出される土砂量、いわゆるサブダクションチャネルの流量を調整して、付加体下部の構造侵食や底付付加を再現することができます。（2）の点については、実験に使用的乾燥砂は、動的に一定のせん断応力に達するまで、破壊前のひずみ硬化と破壊後のひずみ軟化を伴う弾性/摩擦-粘性変形に呼応するため、天然で見られる岩石の脆性変形と同様の挙動を示します。つまり実験中の応力変化をリアルタイムに測定することで、長期的な付加成長プロセスにおける付加体のひずみ硬化とひずみ弱化の状態をモニタリングすることができます。さらに、底面で測定する荷重値に応じて底面高度を即時に上下させることで、動的平衡の状態を人工的に作ることができます。2022年度までは実験装置の立ち上げに必要なハード・ソフトの整備を行い、2023年度からは、沈み込み帯浅部における長期的時間スケール(10^5 - 10^6 年)の応力変化・変形構造・断層活動などの実験的研究を進めていきたいと考えています。これらの



図1:実験装置の写真。電動シリンダの上下動により底板の高さが変わる。

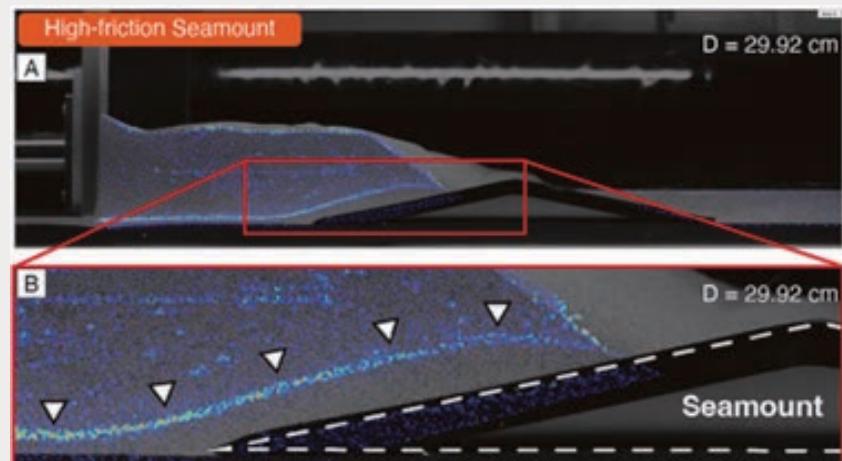


図2:海山沈み込み実験の画像解析結果の一例(Okuma et al., 2022)。

長時間スケールの応力変化は、現在観測でとらえられている短時間スケール(10^0 - 10^2 年)の地震活動にも何らかの影響を与えると考えられます。現在、一緒に実験に参加してくださる方を募集しております。この実験装置を使っての実験に興味がある方、実験的アプローチによる沈み込み帯の長期的変動現象の解明に興味がある方、ご連絡をお待ちしております。

Koge, H. et al. (2018) Prog. Earth Planet. Sci., 5(1), 69. Doi: 10.1186/s40645-018-0230-5.

Noda, A. et al. (2020) Tectonics, 39, e2019TC006033. Doi:10.1029/2019TC006033.

Okuma, Y. et al. (2022) Tectonophysics, 845, 229644, Doi:10.1016/j.tecto.2022.229644.

回転式摩擦試験機

京都大学 堤 昭人

2台の回転式摩擦試験機を利用し、それぞれに同じ試料ホルダーを採用することで、slowかfastに至る幅広い断層すべり速度範囲での一定すべり速度実験、速度ステップ実験などの摩擦実験を行うことができます。直径25mmの円柱形状試料の場合、約 3×10^{-9} mm/s ~ 1.3 m/s の範囲の滑り速度条件を設定することができます。

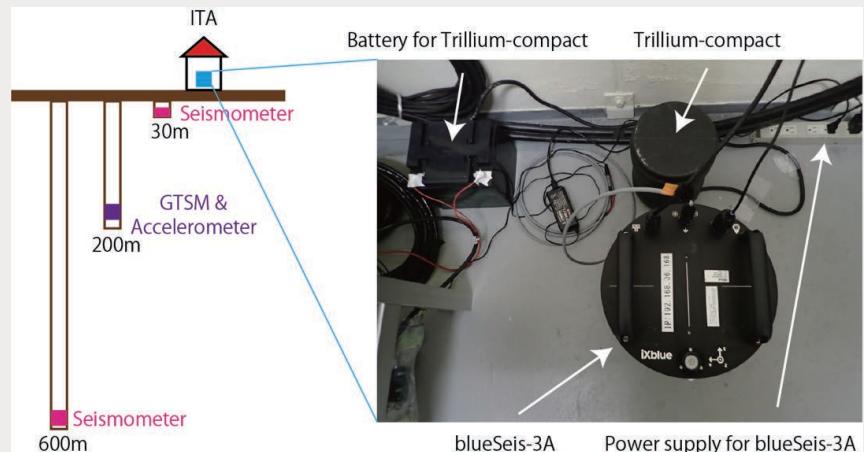


写真：左：中—高速摩擦試験機 右：超低速—低速摩擦試験

9成分地震動同時観測

産業技術総合研究所 矢部 優

2021年11月から2022年1月にかけて、産業技術総合研究所飯高観測点においてiXblue社の回転地震計「blueSeis-3A」の試験観測を実施しました。回転成分地震動の観測は技術的課題がまだ多いですが、光ファイバージャイロを搭載したこの回転地震計は、現状での最先端の機材です。重量は20kgと軽くはありませんが、ポータブル地震計としてなんとか運搬可能です。飯高観測点には200m深井戸の底にボアホール型の歪計(Gladwin Tensor Strainmeter)が設置されており、水平歪3成分を計測しています。さらに回転地震計の隣に広帯域地震計(Trillium-compact)を設置し、並進・歪・回転の3種類9成分の地震動を同地点同時観測する珍しい機会となりました。観測期間中には紀伊水道付近の深さ17kmでM5.1の地震が発生し、全ての観測機器でシグナルが観測されました。回転地震計は1Hz以上の高周波帯域では自然地震のシグナルを十分捉えることが確認され、多種多成分観測のメリットを活かした解析も期待されます。



図：飯高観測点の構成図。3本の井戸のうち、200m深井戸の底に歪計(Gladwin Tensor Strainmeter; GTSM)と加速度計が設置されている。他の井戸の底にはボアホール型の地震計が設置されている。地上の小屋内に写真のように回転地震計(blueSeis-3A)と広帯域地震計(Trillium-compact)を設置し、全部で3種類9成分の観測が実現された。

受賞

日本地震学会若手学術奨励賞

久保 久彦 (B02班研究協力者 防災科学技術研究所)

竹尾 明子 (総括班・B02班研究分担者 東京大学地震研究所)

矢部 優 (A03班研究分担者 産業技術総合研究所)

JpGU学生優秀発表賞

副島 祥吾 (A02班学生 東京大学)

日本測地学会 濑戸賞

小杉 一誠 (B02班学生 静岡大学)

日本地質学会 ナウマン賞

片山 郁夫 (A01班研究協力者 広島大学大学院先進理工系科学研究科)

日本地質学会 柵山雅則賞

岡崎 啓史 (A01班研究協力者 広島大学大学院先進理工系科学研究科)

宇野 正起 (A02班研究協力者 東北大学大学院環境科学研究科)

令和4年防災功労者 内閣総理大臣表彰

加藤 愛太郎 (総括班・B02班研究代表者 東京大学地震研究所)

紫綬褒章

小原 一成 (スロー地震学領域代表・総括班研究協力者 東京大学地震研究所)

日本測地学会第30回坪井賞

加納 将行 (B03班研究協力者 東北大学大学院理学研究科)

日本地震学会学生優秀発表賞

佐脇 泰典 (A03班学生 京都大学)

増田 混己 (B03班学生 東京大学)

Slow-to-Fast 地震学公式 SNS の紹介

TwitterやFacebookなどをSNSを通じて、Slow-to-Fast地震学関連のイベントやセミナーなどの告知・報告などを、Slow-to-Fast地震学関係者のみならず、一般の皆さんに向けて日々発信しています。Slow-to-Fast地震学関係者で発信したい情報がありましたら、事務局 (sfeq-post-group[at]g.ecc.u-tokyo.ac.jp) までご連絡ください。写真の提供も大歓迎です。



Facebook



Twitter

Website



Website



Facebook



Twitter

Slow-to-Fast 地震学リーフレット ver.1 の発行

Slow-to-Fast地震学での研究領域の紹介やスロー地震とファスト地震の比較などを分かりやすく伝えることを目的に、リーフレット(日本語版・英語版)を作成しました。このリーフレットは2022年9月に開催された奈良県奈良市での国際研究集会でも配布されました。リーフレットの印刷したものは事務局(sfeq-post-group [at] g.ecc.u-tokyo.ac.jp)にありますので、必要な方はお知らせください！またリーフレットのpdf版をSlow-to-Fast地震学ウェブサイトにアップしています。



月刊地球特集号出版

月刊地球2022年11月・12月合併号(通巻518号, Vol. 44, No. 11)「スロー地震に関する地質学的・実験的・地震学的研究の連携と進展」が出版されました。領域関係者が多く執筆しており、特にスロー地震に関する物質科学的な研究成果が日本語でコンパクトにまとめられている一冊です。ぜひご覧ください。

イベント予定

Japan Geoscience Union Meeting 2023

日程: 2023年5月21日(日)~26日(金)

会場: 幕張メッセ + オンライン

Slow-to-Fast地震学国際合同研究集会2023

日程: 2023年9月13日(水)~15日(金)

会場: 東京大学伊藤国際学術研究センター

編集後記

2022年の国際研究集会は奈良の素晴らしい会場で行われ、能舞台に海外からの参加者も感嘆の声を上げていました。その後の地質巡査では松阪から鳥羽を訪れ、伊勢神宮でお開きとなりました。奈良から伊勢へと向かう道のりは、江戸時代の大坂發お伊勢参りの定番コースで、上方落語の「東の旅」という一連の落語の中にその道中の様子が描かれています。人間国宝の故・桂米朝のCDには、お祭りの軽業を見物したり、狐に騙されたり、宿で宴会したりしつつ数週間かけて歩いて旅をしていた様子がいきいきと描写されており、今や貴重な文化遺産です。科学の世界では近年、データアーカイブの重要性が強調されていますが、どんな分野であれ活動の記録を後世に残すことは重要で、トップランナーほどその価値は大きいことを、米朝師の落語を聴いて改めて感じ入った次第です。「東の旅」の中で喜六・清八の2人が歩いた道のりを、現代では車で3時間もあれば移動できます。ここにもSlow to Fastがありました。(山口)

令和3~7年度 文部科学省 科学研究費助成事業 学術変革領域研究(A)



ニュースレター Vol. 2 2023年3月発行

発行・お問い合わせ Slow-to-Fast 地震学事務局

<https://slow-to-fast-eq.org>



編集:Slow-to-Fast地震学 ニュースレター編集委員会
山口 飛鳥・竹尾 明子・北 佐枝子・濱田 洋平・大坪 誠・矢部 優
横田 裕輔・三井 雄太・野田 朱美・渡邊 倫子・利根川 奈美