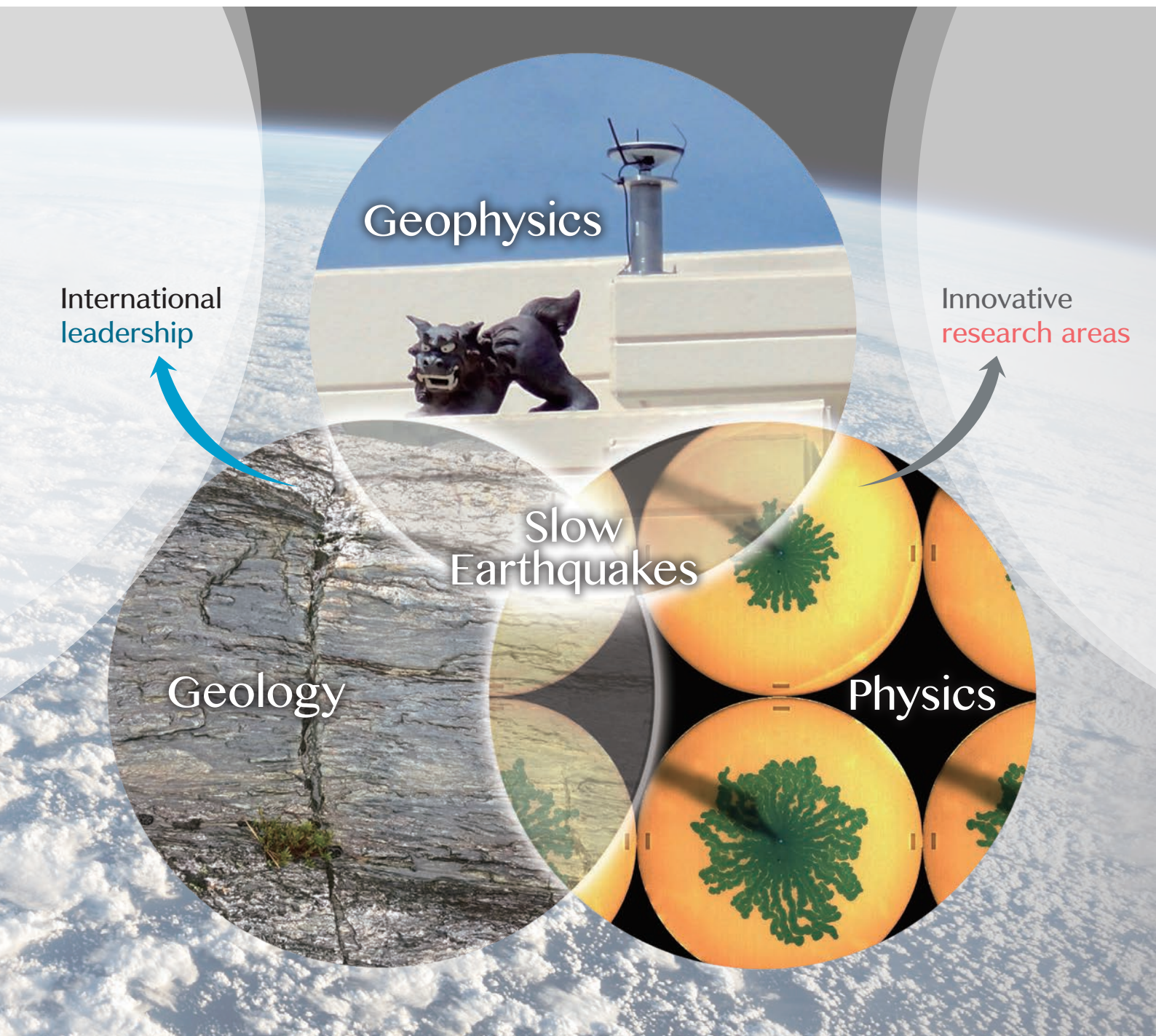


SLOW

Newsletter05

スロー地震学

EARTHQUAKES



平成28—令和2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)

A01 班研究紹介 3

行方不明かもしれない超低周波地震を追い求めて

京都大学防災研究所 宮澤 理穂

A02 班研究紹介 4

短期的スローリップイベントの長期的な活動様式の変化

神戸大学都市安全研究センター 廣瀬 仁

B01 班研究紹介 6

制御震源地殻構造探査によるスロー地震発生域の不均質構造の解明

東京大学地震研究所 蔵下 英司

B02 班研究紹介 7

デコルマ地形の応力・物性・超低周波地震との空間関係

高知大学 橋本 善孝

C01 班研究紹介 9

機械学習で地殻変動を予測する試み

静岡大学理学部 三井 雄太

C02 班研究紹介 10

スロー地震のアナログ実験—摩擦挙動の制御を目指して—

東京大学大学院農学生命科学研究科 山口 哲生

公募研究紹介 12

火山型深部低周波地震のアレー観測 12

東京工業大学 麻生 尚文

3次元不均質構造を考慮した南海トラフ浅部超低周波地震の
活用様式の網羅的把握 12

東京大学 武村 俊介

西南日本で深部スロー地震に同期して固着域下端で発生するゆっくりすべり 13

東北大学 加納 将行

ヒクランギ沈み込み帯北部の断層構造・地震波異方性・海山 13

海洋研究開発機構 新井 隆太

スラブ内地震とゆっくりすべりとの関係 14

建築研究所 北 佐枝子

浅部スロー地震に関連する流体挙動 14

海洋研究開発機構 利根川 貴志

深部スロー地震域の石英脈形成過程の解明 15

東京大学 山口 飛鳥

水を過剰に含む断層帯のレオロジー 15

海洋研究開発機構 岡崎 啓史

動的弱化に至る断層の加速についての実験的研究 16

産業技術総合研究所 高橋 美紀

古マントウェッジ蛇紋岩体に記録された高間隙流体圧下での脆性・塑性変形 .. 16

静岡大学 平内 健一

地質観察と地物観測をつなぐ深いスロー地震の物理モデル 17

東京大学 安藤 亮輔

地下構造の不確かさに起因するモデル予測誤差の影響を考慮した
L-SSE の測地すべり推定 17

海洋研究開発機構 縣 亮一郎

断層面の凹凸が断層のすべり方に及ぼす影響 18

名古屋大学 並木 敦子

活動報告 各班オンライン研究会・領域研究集会 18

若手研究者海外派遣報告 1 19

若手研究者海外派遣報告 2 19

若手異分野交流会 19

オンラインラボツアーを主催して 20

A01 班研究紹介

行方不明かもしれない 超低周波地震を追いかけて

京都大学防災研究所 宮澤 理稔



低周波地震・微動からスロースリップに至るまで、広い帯域で存在する種々のスロースリップイベントは、外部からの刺激に対して敏感に反応し、誘発されることが知られている。たとえば、低周波微動はその発見当時から、近くで起きた地震に誘発されて発生することが知られていた (Obara, 2002) ほか、遠くで起きた大地震の波が通過している際にも、その揺れの周期と振幅に同期するように誘発されることが発見されてきた (Miyazawa and Mori, 2006)。後者の場合は、どのような力が作用することで、低周波微動が直ちに発生しているのかを直接調べられ、そもそもの発生メカニズムに迫ることができる、大変貴重で珍しい現象でもある。

そうすると、スロースリップイベントの一種の超低周波地震についても、やはり遠地地震波によって誘発されるのだろうか、という疑問が生まれる。もしそうだとすると、低周波微動の場合と同様に、誘発のされ方を調べることで超低周波地震の発生の理解が深まることが期待される。しかし、超低周波地震が遠地地震波の通過後に活発化する現象はこれまでに報告されているものの (To *et al.*, 2015)、地震波が通過している最中の発生に関しては簡単に確認することができない。

なぜ超低周波地震の、地震波による即時的な誘発を見つけることが困難なのか？低周波微動も超低周波地震も、誘発するに十分な大きさの表面波に比べて、振幅が何桁も小さい。低周波微動（周期1秒以下）が即時的に誘発されたケースでは、誘発に寄与した表面波（周期約20秒）を取り除くという単純な信号処理で発見することができた。しかし、超低周波地震（周期数10秒）は、表面波と重なる周期帯の現象であるため、先のケースと同じ信号処理を用いると、表面波を取り除く際に超低周波地震も一緒に取り除かれてしまうという問題があり、発見されていなかった。

そこで、表面波を観測している記録中に存在するかもしれない、超低周波地震のシグナルを検出することを試みた (Miyazawa, 2019)。まず着目したのは、表面波は水平方向に伝わるのに対し、超低周波地震の波は下から入射してくる、という到来方向の違いである。この違いを観測するためには、地表と地中に観測点のあるボアホールを用いれば良い。地表と地中の記録について、表面波には位相の違いが現れないが、超低周波地震の波には位相に違いが見られるはずである。幸い日本にはKiK-netという世界に例を見ないボアホールの観測網が整備されており、この記録を使うことができる。誘発される超低周波地震の振幅が微小であるため、その検出には確率的なアプローチを用いる事にした。記録の中に、超低周波地震が存在するかもしれないとして、観測波形を粒子フィルタ法で対数尤度として評価し、そのパラメータをマルコフチェーン・モンテカルロ法で求める方法を用いた。簡単に言うと、超低周波地震の発生場所と時間を、大型計算機の中で色々試して、観測波形をよく説明できそうな物を見つけるという方法である。

この方法を、2016年4月1日に発生したMw5.9三重県沖の地震を四国西部で観測した記録に使った (Miyazawa, 2019)。結果として、検出限界ギリギリの中で、Mw4前後の超低周波地震が少なくとも6個、表面波が通過している時に誘発されたらしいことを発見した。マグニチュードの精度はあまりよくない。例として、**図1**には超低周波地震が発生しているような場所を、対数尤度分布のスナップショットとして載せている。発見した超低周波地震の波形を、三重県沖の地震を観測したときの波形と比べると、振幅が3桁も小さい (**図2**)。

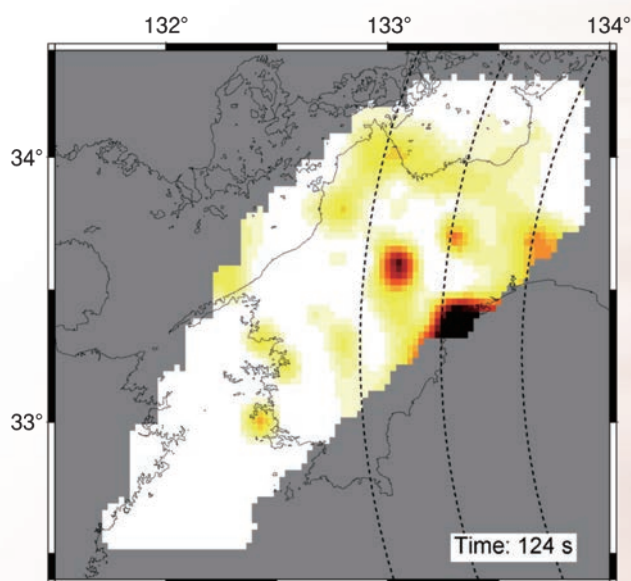
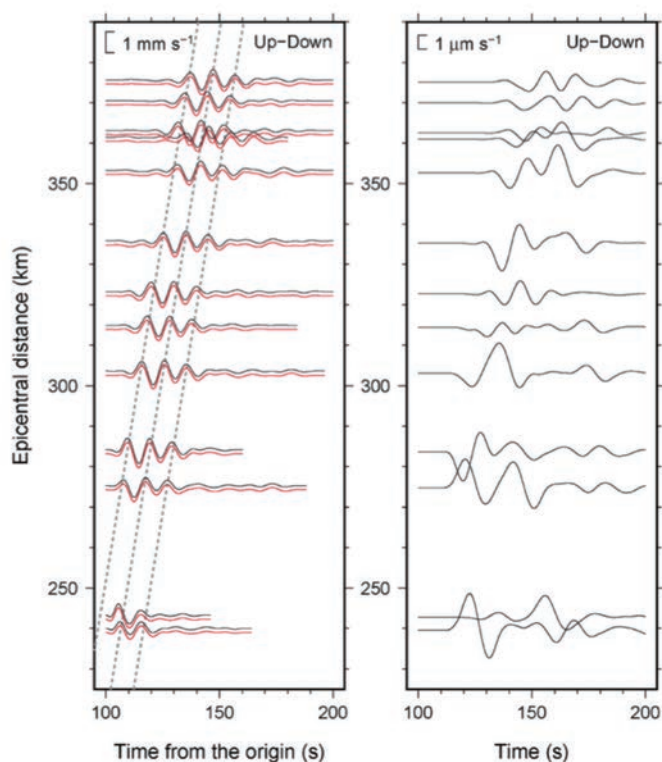


図1 2016年三重県沖の地震発生124秒後の対数尤度分布図。色が濃いほど、その場所で超低周波地震が発生したらしいことを示している。黒点線は、図2の波の大振幅に大体対応。



これで、超低周波地震も、ほかのスロー地震と同様に、地震波で直ちに誘発される事が、初めて確かめられた。今後、そもそもどういう過程を経て超低周波地震が起きているのかを調べるために利用可能な、新しい現象の発見である。

引用文献

- Miyazawa, M. (2019), *J. Geophys. Intl.* 217, 1123–1140, doi:10.1093/gji/ggz073.
 Miyazawa, M., and Mori, J. (2006), *Geophys. Res. Lett.* 33, L05303, doi:10.1029/2005GL025087.
 Obara, K. (2002), *Science* 296, 1679–1681, doi:10.1126/science.1070378.
 To, A., et al. (2015), *PEPI* 245, 40–51, doi:10.1016/j.pepi.2015.04.007.

図2 2016年三重県沖の地震の観測波形（赤は地中観測点、黒は地表観測点）（左図）と検出した超低周波地震の波形（右図）を震央距離毎に並べたもの。振幅のスケールは3桁も違う。

A02班研究紹介

短期的スロースリップイベントの長期的な活動様式の変化

神戸大学都市安全研究センター 廣瀬 仁



南海トラフ沿いの巨大地震発生域の深部延長では微動とスロースリップイベント（SSE）が同期発生する、いわゆる Episodic Tremor and Slip (ETS) が発生している (Rogers and Dragert, 2003; Obara et al., 2004)。ETSは発生場所が巨大地震発生域と近接しているため、その活動によって巨大地震の震源域の応力増大に寄与し巨大地震の発生サイクルとも密接に関連すると考えられる（例えば、Obara and Kato, 2016）。ETSの大局的な活動様式は、微動にくらべてはるかに規模の大きなSSEがコントロールしていると考えられるので、SSEのすべり領域の位置と広さ、SSEの規模、発生間隔などを知ることがすなわちETSの活動様式を理解することにつながる。なおETSを構成するSSEは、その継続時間が日～週程度と比較的短いため「短期的SSE」と呼ばれる。

西南日本において、短期的SSEは傾斜変動 (Obara et al., 2004)、歪計 (小林・他, 2006)、GNSS (Nishimura et al., 2013) 等で観測されているが、この断層運動をモデル化

する際、すべり量が場所によらず一定の矩形断層として表現される場合が多い。これはSSEのおおよその位置や規模を知るには簡便である反面、SSEのすべり領域の範囲を議論する場合には、その仮定のためにバイアスを生じる可能性がある。Hirose and Obara (2010) などの研究では、複数の短期的SSEのすべりの時間発展を推定しているが、必ずしも全てのメジャーなETS活動期のSSEのすべり分布が求められているわけではない。

そこで我々は、より多くの短期的SSEのすべり分布を得るため、従来の矩形断層モデルの推定時に求められた防災科学技術研究所の傾斜変化データに基づき、すべり分布を推定する解析を試みた。この結果、四国地方で過去18年間に発生し、矩形断層モデルが得られている61のSSEについてのすべり分布を得た (Hirose and Kimura, 2020)。

図1にそのうちの2例を示す。すべりが四国西部の比較的小さい領域に分布するケース (図1a) や、四国のETS領域の

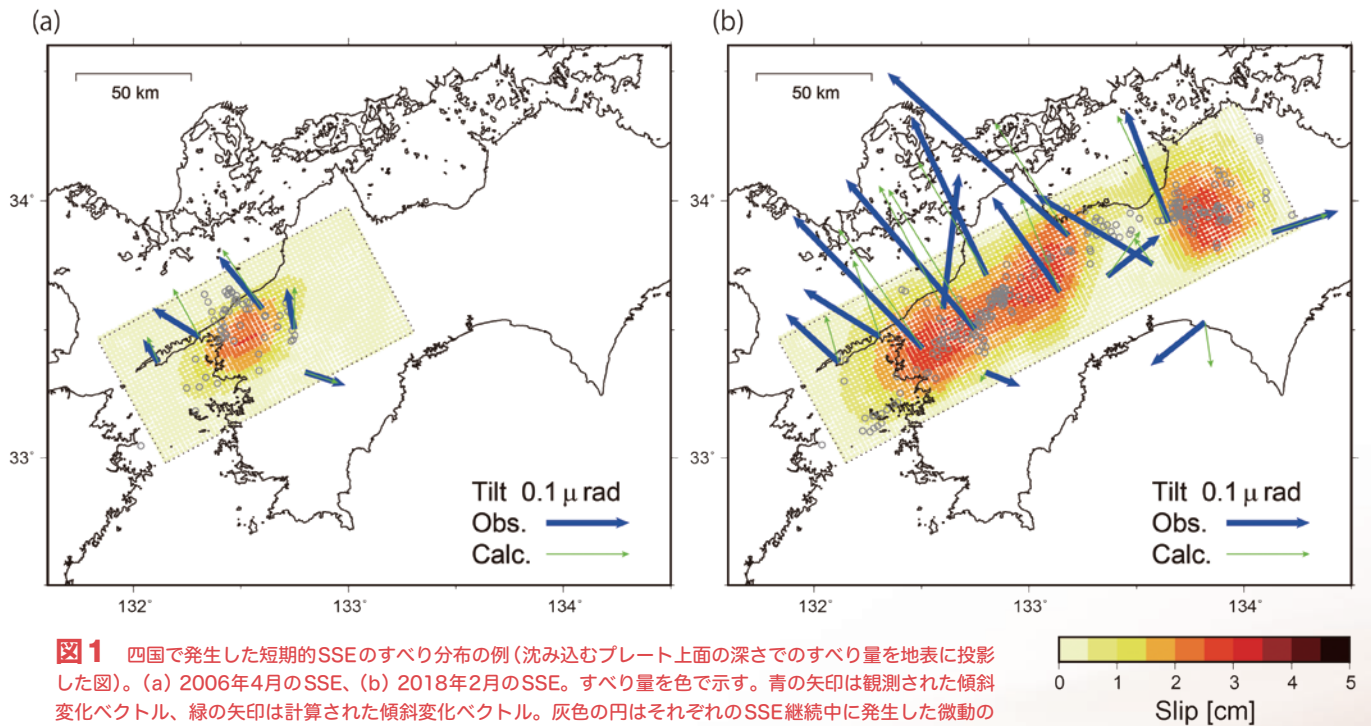


図1 四国で発生した短期的SSEのすべり分布の例（沈み込むプレート上面の深さでのすべり量を地表に投影した図）。（a）2006年4月のSSE、（b）2018年2月のSSE。すべり量を色で示す。青の矢印は観測された傾斜変化ベクトル、緑の矢印は計算された傾斜変化ベクトル。灰色の円はそれぞれのSSE継続中に発生した微動の震央。（Hirose and Kimura, 2020を一部改変）

ほぼ全域にわたって分布するケース（**図1b**）が求められた。長期的にみてもすべり量は空間的に一様でなく、18年間の累積すべり量の分布によれば四国のETS領域が3つに区別されることが分かった。

このSSEのすべり領域の広がりやの長期的な変化を見るため、すべり領域の走向方向への長さをSSEの発生時に対してプロットしたところ、2012年頃を境に、それ以降のSSEではより大きいものが増える傾向が見られた（**図2**）。このような規模の変化が何によって引き起こされているのかを明らかにすることで、スロー地震の発生メカニズムだけでなく、巨大地震の準備過程の理解も深まることが期待される。



図2 短期的SSEの発生時に対する、すべり領域の走向方向への長さ。グレーの期間は解析期間外。（Hirose and Kimura, 2020を一部改変）

引用文献

- Hirose, H., and Obara, K. (2010), *J. Geophys. Res.* 115, doi:10.1029/2008JB006050.
- Hirose, H., and Kimura, T. (2020), *J. Geophys. Res.* 125, doi:10.1029/2020JB019601.
- 小林昭夫・他 (2006), *地震* 2, 59, 19–27, doi:10.4294/zisin.59.19.
- Nishimura, T., et al. (2013), *J. Geophys. Res.* 118, doi:10.1002/jgrb.50222.
- Obara, K., et al. (2004), *Geophys. Res. Lett.* 31, doi:10.1029/2004GL020848.
- Obara, K., and Kato, A. (2016), *Science* 353, 253–257, doi:10.1126/science.aaf1512.
- Rogers, G., and Dragert, H. (2003), *Science* 300, 1942–1943, doi:10.1126/science.1084783.

B01班研究紹介

制御震源地殻構造探査による スロー地震発生域の不均質構造の解明

東京大学地震研究所 蔵下 英司



フィリピン海プレートが南西日本弧下に沈み込む南海トラフは、海溝型巨大地震発生帯として知られている。近年、スロー地震と呼ばれる、時間スケールの異なる様々なすべり運動がプレート境界面上の巨大地震震源域近傍で発見されている（例えば、Obara and Kato, 2016）。西南日本では、非火山性深部低周波微動が帯状に分布し（Obara, 2002）、継続期間が数日から数週間の短期的スロースリップイベント（S-SSE）が検出されている（例えば、Nishimura *et al.*, 2013）。プレート境界におけるすべりの挙動をコントロールする構造要因を明らかにすることは、沈み込み帯のダイナミクスを理解する上で重要である。プレート境界に存在する流体は、断層すべり挙動を理解する上で重要な要素の一つである（例えば、Saffer and Tobin, 2011）。流体に起因した不均質構造に関しての知見を得るためには、反射波の振幅強度等の特性を把握することが有効である。そこで、深部低周波地震発生域からの反射波の特性を把握する為に、四

国西部地域において制御震源地殻構造探査を実施した（図1）。

2019年11月に四国西部の深部低周波地震発生域で実施した制御震源地殻構造探査では、愛媛県西予市から久万高原町に至る東西測線（測線長：約80km）と愛媛県大洲市から高知県四十万町に至る南北測線（測線長：約50km）を設定し、地震観測装置を、東西測線上に200m間隔、南北測線上に250m間隔で、計600か所に設置した。発破（薬量：200 kg）は測線上の6か所で実施し、測線全体で良好な発破記録を得ることができた。得られた記録で注目すべき特徴は、沈み込むフィリピン海プレートからの反射波と考えられる明瞭な後続波が確認できることである。

スロー地震発生域の反射法断面図を得る為に、発破データに対して重合後マイグレーション、深度変換を含む通常の共通反射点重合法に基づいた手順で反射法解析を適応した。Normal moveoutや、深度変換では、Matsubara and Obara（2011）によって示された3次元速度構造に基づいた速度を使用した。得られた反射法断面図からは、幾つか反射イベントが確認できるが、特に、深さ25–33km付近にPHS上面に対応すると解釈した北傾斜の反射帯が確認できる（図2）。プレート境界に沿った反射帯の見え方は、プレートの沈み込む方向と沈み込みに垂直な方向の両方で変化している。東西測線上でS-SSEの積算滑り量（Nishimura *et al.*, 2013）が大きな領域（40cm以上）の2か所（SP1とSP2の間とSP3近傍）は、明瞭な反射帯が確認できる領域に対応し、反射波の特性の変化と積算滑り量の変化との間には対応関係があるように見える。このことは、プレート境界近傍の構造不均質が断層のすべり挙動に影響を与えている可能性を示唆している。

引用文献

- Hirose, F., *et al.* (2008), *J. Geophys. Res.* 113, B09315, doi:10.1029/2007JB005274.
- Nishimura, T., *et al.* (2013), *J. Geophys. Res.* 118, 3112–3125, doi:10.1002/jgrb.50222.
- Matsubara, M., and Obara, K. (2011), *Earth Planets Space* 63, 663–667, doi:10.5047/eps.2011.05.018.
- Obara, K. (2002), *Science* 296, 1679–1681, doi:10.1126/science.1070378.
- Obara, K., and Kato, A. (2016), *Science* 353, 253–257, doi:10.1126/science.aaf1512.
- Saffer, D. M., and Tobin, H. J. (2011), *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 39(1), 157–186, doi:10.1146/annurev-earth-040610-133408.

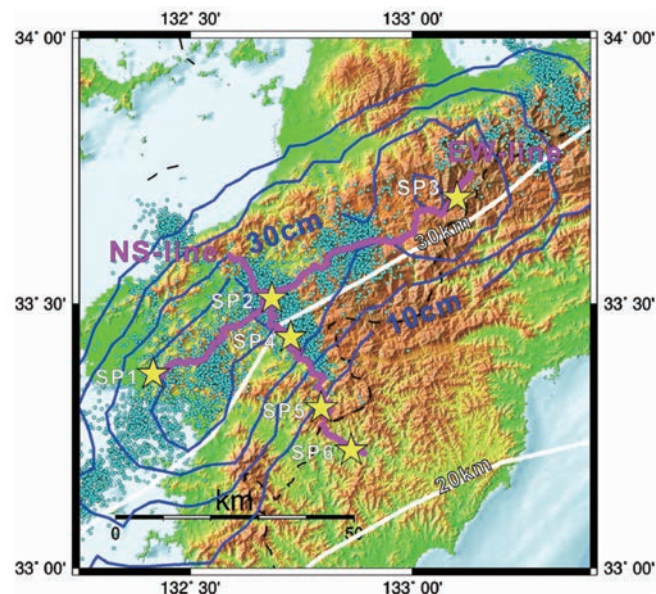


図1 四国西部における探査測線図。紫色の線は、制御震源地殻構造探査測線、黄色星印は、発破点位置を示す。青色丸印は、気象庁によって決定された深部低周波地震の震央位置（2006年4月1日–2016年3月31日）を示す。青色コンターは、短期的スロースリップ（1996年6月–2012年1月）の積算すべり量（Nishimura *et al.*, 2013）、白色コンターは、フィリピン海プレート上面の深さ（Hirose *et al.*, 2008）を示す。

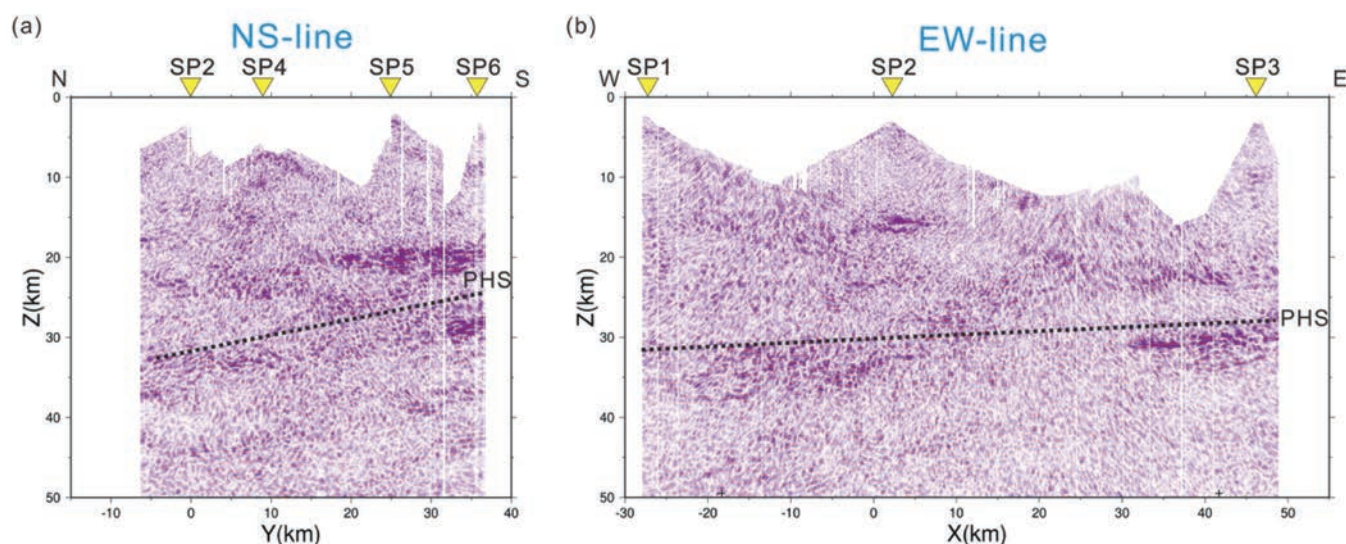


図2 マイグレーション後深度断面図。黄色三角印は、発破点位置を示す。破線は、解釈したフィリピン海プレート上面を示す。(a) 南北測線、(b) 東西測線。

B02班研究紹介

デコルマ地形の応力・物性・超低周波地震との空間関係

高知大学 橋本 善孝



近年、沈み込み帯浅部においても多様なスロー地震が観測されている。このような多様なすべりをもたらす要因として、不均質なレオロジーの分布が提案されている (Ando *et al.*, 2010)。この不均質なレオロジー分布は岩石物性の不均質分布あるいは応力の不均質分布に起因していることが提案されている (Fagereng and Sibson, 2010, Barnes *et al.*, 2020)。Sun *et al.* (2020) は、海山などのプレート境界上の凹凸が応力の空間変化を生み、物性も応力に応答して変化する二次元モデルを提唱した。

紀伊半島沖南海トラフでは詳細な3次元地震反射構造から浅部デコルマの詳細な地形と弾性波速度分布が得られており (Moore *et al.*, 2007, Shiraishi *et al.*, 2020)、かつ同地域では浅部スロー地震 (Araki *et al.*, 2017) や超低周波地震 (Nakano *et al.*, 2018) が観測されている。本研究では、この天然のデータを用いて、デコルマ面上での地形による応力分布と弾性波速度による物性分布、さらに超低周波地震との空間的な関係を明らかにし、それらの相互作用を議論することを目的とする。

まず、3次元反射断面からデコルマをトレースし、立体地

形を作成した上で、50×50mメッシュに区切った面の傾斜方向と傾斜を得る。また、超低周波地震のCMT解の低角な節面とそのすべり方向から小断層応力解析で広域応力を得る。得られた広域応力は北西南東水平圧縮場で応力比 (差応力で標準化された中間主応力の最小主応力との差) は0.65であった。この広域応力とメッシュ各面の姿勢から各面の垂直応力と剪断応力を応力比で概念化した値として得る。この剪断応力の垂直応力に対する比をSlip tendency (Ts) と呼び、値が大きいほどすべりやすい面と評価することができる。この際、最大のTsを摩擦係数0.6の摩擦則で規制する。また、各面の垂直応力の最大主応力との差を差応力で標準化したものをDilation tendency (Td) と呼び、この値が大きいほど開きやすい断層と評価することができる。こうしてデコルマ面上のメッシュ各面にかかるTsとTdの分布を得る (図1)。その結果、北東南西方向に連続するTsの大きい領域と小さい領域が深度方向で繰り返す分布が得られた。Tdについても同様の傾向が見られ、Tdの大小はTsの大小と一致する。また、浅部に著しく小さいTsとTdが東西方向に分布する領域があることが明らかとなった。

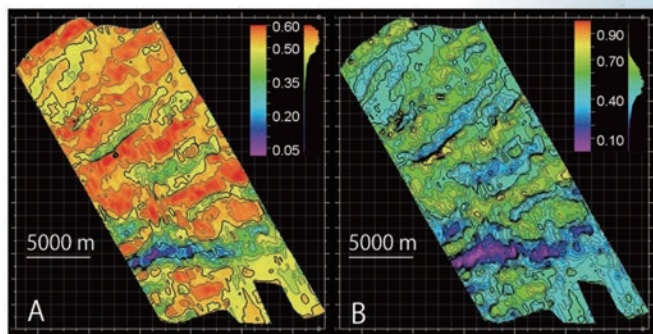


図1 紀伊半島沖浅部デコルマ面上のTs, Tdの分布。

次に堆積物の物性を検討するためにデコルマ面の上下100mの厚さにおける弾性波速度の平均値の分布を得た。全体として浅部から深部にかけて弾性波速度が増加する傾向が見られるが、単純な増加ではなく、弾性波速度が周囲に比べて相対的に高い領域と低い領域が北東南西方向へ連続し、深度方向に繰り返す分布が見られた。同地域の堆積物を用いた室内実験で得られた弾性波速度－有効圧－間隙率の関係 (Hashimoto and Yamaguchi, 2014) を用いて、弾性波速度を有効圧、間隙率に変換したところ、それぞれ4500–6000kPa、5–20%程度であった。

ここでTs, Td、超低周波地震の分布、および堆積物物性の分布を対比する。まず、Ts, Tdと超低周波地震の分布について述べる。同地域では2016年の4月1日から4月18日にかけて、超低周波地震が深部から浅部へ移動しながら発生するイベントが観測された。この超低周波地震はある時間帯で

北東南西方向に配列する傾向が見られる(図2)。これは、Ts、Tdの北西南東方向の連続性とほぼ並行である。また、Ts、Tdの著しく低い領域は超低周波地震の移動を妨げているように見える。超低周波地震の位置決定精度はTs、Td分布の精度よりも低い、広域的な分布の傾向の一致は、両者に関係があることを示唆している。単純に考えれば、Tsの高い領域はすべりやすい領域であり、そこで低周波地震が起こっている可能性が指摘できる。同時にその領域はTdの高い領域であり、イベント時には流体流路となる可能性がある。次に、Ts、Tdと堆積物物性の分布を対比すると、Ts、Tdの高い領域・低い領域が弾性波速度の早い領域と遅い領域と必ずしも一致していないが、その分布にはよい並行性が見られる。両者の値の高低に空間的なずれを生じる理由は今後詳細に検討していく必要があるが、並行性が存在することは、やはり両者には関連があることが示唆される。

本研究の結果は、地形による応力分布が、物性分布、超低周波地震の分布と良い相関を持つことを示した。この結果は、地形が他の要素に影響を与える第一要因であることを示唆する。なぜなら、Ts、Tdの分布は広域応力に応答する地形の効果のみから得られるものであるからである。そのTs、Tdが物性や超低周波地震の分布と強い相関を持つことから、地形とそれにコントロールされる応力が他を決定する要因である可能性がある。

同様に日向灘では九州パラオリッジが沈み込む領域で、沈み込んでいられる海山の周りを取り囲むように微動や超低周波地震が起きている (Yamashita *et al.*, 2015)。地形がどのようにスロー地震をコントロールしているかを明らかにする目的で、IODP掘削プロジェクトを提案している。本プロジェクトに多くの方にご協力をいただきたいと思います。

引用文献

- Ando, R., *et al.* (2010), *Geophys. Res. Lett.* 37, doi:10.1029/2010GL043056.
- Araki, E., *et al.* (2017), *Science* 356, 1157–1160, doi:10.1126/science.aan3120.
- Barnes, P. M., *et al.* (2020), *Science Advances* 6, eaay3314, doi:10.1126/sciadv.aay3314.
- Fagereng, A., and Sibson, R. H. (2010), *Geology* 38, 751–754, doi:10.1130/G30868.1.
- Hashimoto, Y., and Yamaguchi, M. (2014), *Proc. IODP* 333, doi:10.2204/iodp.proc.333.202.2014.
- Moore, G., *et al.* (2007), *Science* 318, 1128–1131, doi:10.1126/science.1147195.
- Nakano, M., *et al.* (2018), *Nature communications* 9, 984, doi:10.1038/s41467-018-03431-5.
- Shiraishi, K., *et al.* (2020), *Earth, Planets and Space* 72, 1–14, <https://doi.org/10.1186/s40623-020-01204-3>.
- Sun, T., *et al.* (2020), *Nature Geoscience* 13, 249–255, <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0542-0>.
- Yamashita, Y., *et al.* (2015), *Science* 348 (6235), 676–679, doi:10.1126/science.aaa4242.

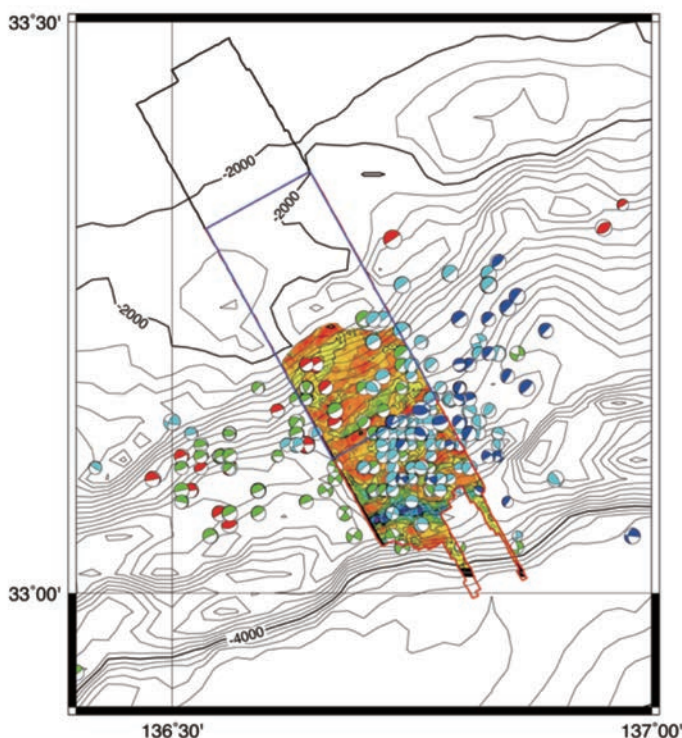


図2 超低周波地震の分布とTsの分布の関係。CMT解の色は発生日の違いを示す。

C01 班研究紹介

機械学習で地殻変動を予測する試み

静岡大学理学部 三井 雄太



機械学習は、訓練データを学習することで自律的に統計的モデルを構築するアルゴリズムの総称であり、地震学関連分野への導入が急速に進んでいる。具体例としては、P波初動の読み取り (Ross *et al.*, 2018)、スペクトル画像からの地震・微動シグナルの識別 (Nakano *et al.*, 2019)、スロースリップイベントの核形成フェーズの検出 (Hulbert *et al.*, 2020)、余震分布の予測 (DeVries *et al.*, 2018)、粘弾性計算の高速化 (DeVries *et al.*, 2017) などがある。また、南海トラフ全域に対して Savage (2018) が行ったような、地殻変動データのクラスタリングによるブロック境界の推定も、機械学習の一種と言える。

我々は、種々の機械学習アルゴリズムの中から再帰型ニューラルネットワーク (RNN) に注目した。RNNは時系列データの解析に適した形式のニューラルネットワークであり、**図1**に示すように、過去のデータを入力して次のデータを予測し、実際の値と比較することで、モデルの訓練を行う。

Yamaga and Mitsui (2019) では、RNNによる地殻変動予測の試行のため、「データ量が多く」「S/N比が良い」イベン

トとして、2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動を選択した。データとして、国土地理院のGNSS観測網 (GEONET) のF3解を使用した。このイベントは、Nishimura (2014)、Tobita (2016)、Morikami and Mitsui (2020) などの回帰分析によって、シンプルな推移予測が行われてきたため、RNNによる予測の比較対象とすることができる。

東日本の153観測点のデータでモデルの訓練を行い、38観測点で予測実験を行った。実験では、本震発生から1年間のデータを与えた上で、その後の余効変動の予測および実データとの比較を行った。結果として、少なくとも本震発生から約7年間の期間については、過学習に陥ることなく、ある種の回帰分析よりも精度の高い予測が可能と分かった。ただし、成功したのはGNSSデータの水平成分のみであり、S/N比が1桁小さい鉛直成分では機能しなかった。この他、予測値と実データとの差の時空間発展に着目することで、物理メカニズムを反映している可能性のある興味深い結果が得られた。詳細はYamaga and Mitsui (2019) を参照されたい。

現時点では、このような取り組みがどのような科学的進展

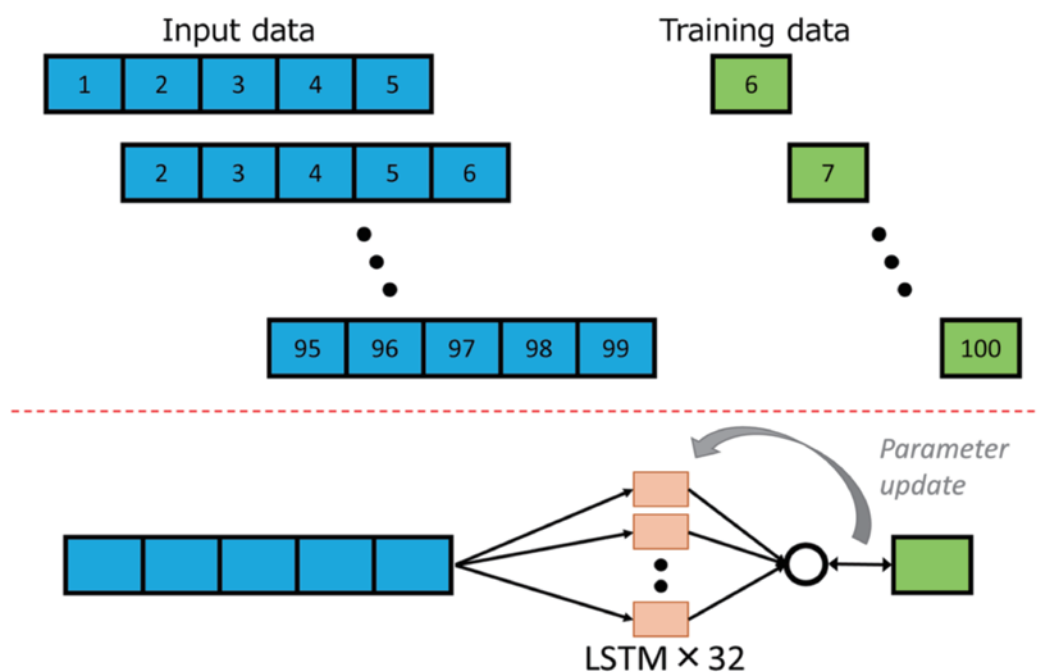


図1 再帰型ニューラルネットワーク (RNN) の概念図。本研究では、入力データから予測値を算出する層にLSTMと呼ばれる長期記憶用ユニットを設定した。

に繋がるのか、明確なビジョンがあるわけではない。データの下処理やモデルの訓練について課題も多く、今もって手探りの段階である。この手探り感を楽しみながら、研究を進めていきたい。

引用文献

DeVries, P. M. R., *et al.* (2018), *Nature* 560, 632–634, doi:10.1038/s41586-018-0438-y.
DeVries, P. M. R., *et al.* (2017), *Geophys. Res. Lett.* 44, 2662–2669, doi:10.1002/2017GL072716.
Hulbert, C., *et al.* (2020), *Nat. Comm.* 11:4139, doi:10.1038/s41467-020-17754-9.

Morikami, S., and Mitsui, Y. (2020), *Earth Planets Space* 72:37, doi:10.1186/s40623-020-01162-w.
Nakano, M., *et al.* (2019), *Seis. Res. Lett.* 90, 530–538, doi:10.1785/0220180279.
Nishimura, T. (2014), *J. Dis. Res.* 9:3, doi:10.20965/jdr.2014.p0294.
Ross, Z. E., *et al.* (2018), *J. Geophys. Res.* 123, 5120–5129, doi:10.1029/2017JB015251.
Savage, J. C. (2018), *J. Geophys. Res.* 123, 1954–1968, doi:10.1002/2017JB014874.
Tobita, M. (2016), *Earth Planets Space* 68:41, doi:10.1186/s40623-016-0422-4.
Yamaga, N., and Mitsui, Y. (2019), *Geophys. Res. Lett.* 46, 11886–11892, doi:10.1029/2019GL084578.

C02班研究紹介

スロー地震のアナログ実験 ―摩擦挙動の制御を目指して―



東京大学大学院農学生命科学研究科 山口 哲生

通常地震では、岩盤に蓄えられたひずみエネルギーを解放するため、急激な破壊やすべりが発生し、その結果地震波が放射される。それでは、地震波をほとんど放出しないスロー地震では、何が急激な破壊・すべりや地震波の放射を抑制しているのだろうか？今のところ、有効法線応力の減少による弱化の低減、粘性的な断層面と脆性的な領域の共存、断層すべり領域の非局在化などが現象論の枠組みで議論されている。

次に、このような現象をもたらす物質的起源とは何だろうか？本領域では地質学に基づく研究も行われており、さまざまな候補物質が精力的に調べられている。確定的なことを言うのは難しいかもしれないが、近い将来、物質やメカニズムに関するより明確な議論がなされるであろう。

このような議論を傍から見ていると、次のような疑問が浮かぶ：これだけ現象論も物質も分かっているのであれば、我々の身の周りにあるアナログ物質を使って、すぐに地震と

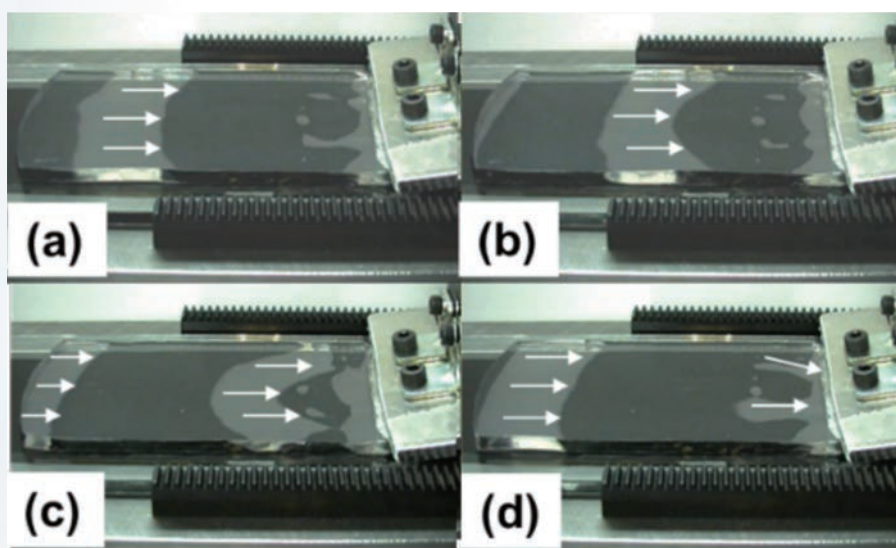


図1 ゲルシートーガラス界面をスリップパルスが伝ばする様子 (Yamaguchi *et al.*, 2009)。

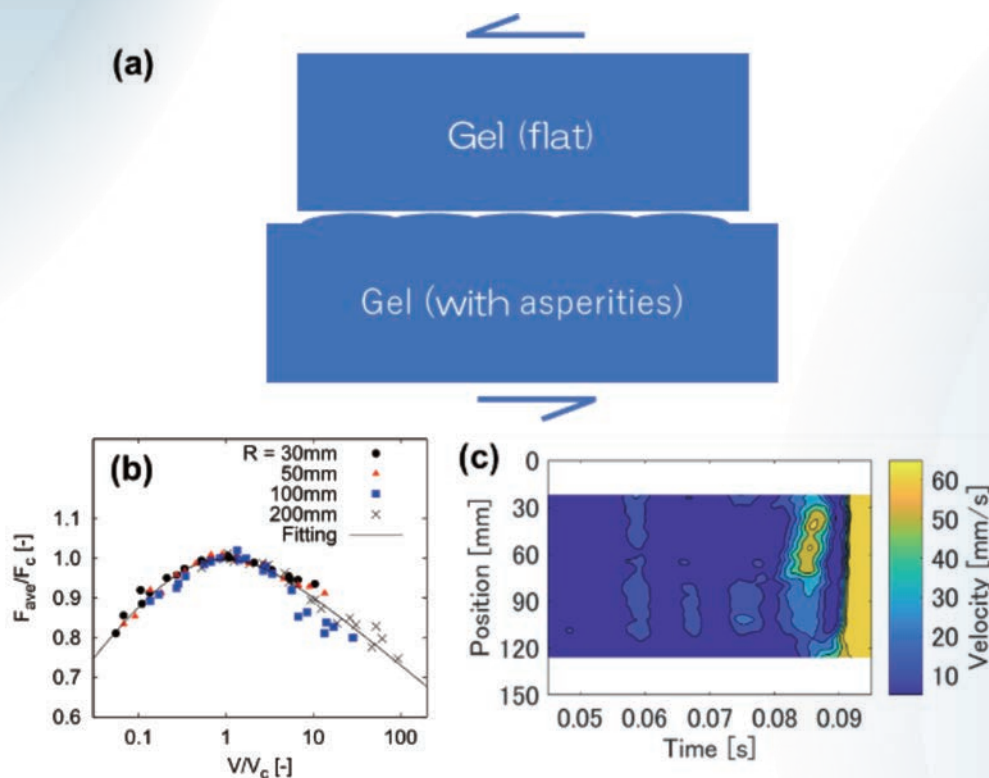


図2 (a)実験系、(b)摩擦力のすべり速度依存性、(c)すべり速度の時空間プロット (Fukudome *et al.*, in preparation)

スロー地震を作り分けるデモ実験を示してみせられるのではないか？このように極めて安易な発想が、私の研究のモチベーションとなった。

もともと、ゴムやゲルの摩擦を専門としていただけに、実験系自体はすぐに準備することができた。まず、図1のように、ゲルでできたシートをガラス板の上で引っ張ると、スリップパルスのような振る舞いが観察されるとともに、媒質の弾性波速度よりも1000分の1程度のゆっくりとした破壊伝ぱが観察された。これは、2つの要因からなる：一つは、媒質が薄くひずみエネルギーをため込む領域に制限があり、すべりが始まるとすぐにひずみエネルギーが枯渇してしまい、高速破壊に移行しないこと、もう一つは、媒質が大きな粘性をもち、き裂進展にブレーキをかけてしまうことである。しかしながら、この実験には大きな問題があった。それは、強いバイマテリアル効果である：片方の弾性体がもう一方に比べて著しくやわらかいと、断層面でお互いが離れるような運動が起こり、それが弱화에繋がる。これは、タイヤと路面の間で生じることがあっても、GPa程度にもおよぶ静岩圧のかかる断層中では困難だし、そもそもゲルとガラスの弾性率コントラストは非現実的である。そこで、同種媒質、つまりゲル同士の実験を行うことにした。

ところが、ここから思うようにいかない。岩石試験片と同様に、表面に粗さをつければすぐに岩石のような実験が可能になるのではという期待も空しく、失敗が続いた。表面の凹凸、ゲルの物性、形状など、いろいろと試してみたものの、

全く“地震”が起こらない。地震が起こらなければ、当然のことながら地震の実験にはならないので、これ以上研究が進まないことになる。

ところが、転機が訪れた。実験を担当していた学生さんが、あるとき、かなり薄い（曲率半径の大きな）突起をゲル表面につけて実験を行ってみたところ、わずかに不安定すべりが起こったというのである。そこで、もっと薄い突起をつけて実験したところ、図2のように、急激なすべりや地震波の放出を確認できた。その後、系統的に突起曲率半径や法線応力、すべり速度を変えて実験を行うことで、摩擦構成関係とすべり挙動との関係にある程度理解できるようになった。また、この研究の副産物として、巨大地震の核生成過程のなかに、微動的な活動が生じることを見出すことができた (Fukudome *et al.*, in preparation)。

このように、我々のアナログ実験は、ようやく地震を起こすことができるようになったものの、未だ“絵に描いた餅”を脱しきれていない。その原因は、断層面の摩擦構成関係を自在に制御できないことにある。本研究では、その難しさを学ぶとともに、重要な課題として今後も取り組むべきと強く認識することができた。ライフワークとして、今後も取り組んでいきたいと考えている。

引用文献

- Yamaguchi, T., Ohmata, S., and Doi, M. (2009), *J. Phys: Condensed Matt.* 21, 205105, doi: 10.1088/0953-8984/21/20/205105.
Fukudome, T., Otsuki, M., Selvadurai, P.A., Sawae, Y., and Yamaguchi, T. in preparation.

公募研究紹介 A01

火山型深部低周波地震の
アレー観測

東京工業大学 麻生 尚文

深部低周波地震は、プレート境界型と火山型に大別される。発生機構がほとんど分かっていない火山型の深部低周波地震の活動および初動極性を捉えるために、広島県庄原市で小アレー観測を行っている。観測対象は、島根鳥取県境付近で発生する深部低周波地震である。山間部の露岩に4点の短周期地震計を100～200m間隔で設置した。オフラインの観測点であり、定期的にデータ回収と電池交換を行っている。

観測条件は非常によく、近隣の基盤観測点よりもS/Nの高い地震波形を得ることができた。スタックにより、明瞭な初動極性も確認できるようになった。また、2020年3月29日の活動について、マッチドフィルター解析により、多くの地震活動を検出した。火山型深部低周波地震は連発する特徴があり、その性質について更なる調査をすすめる。

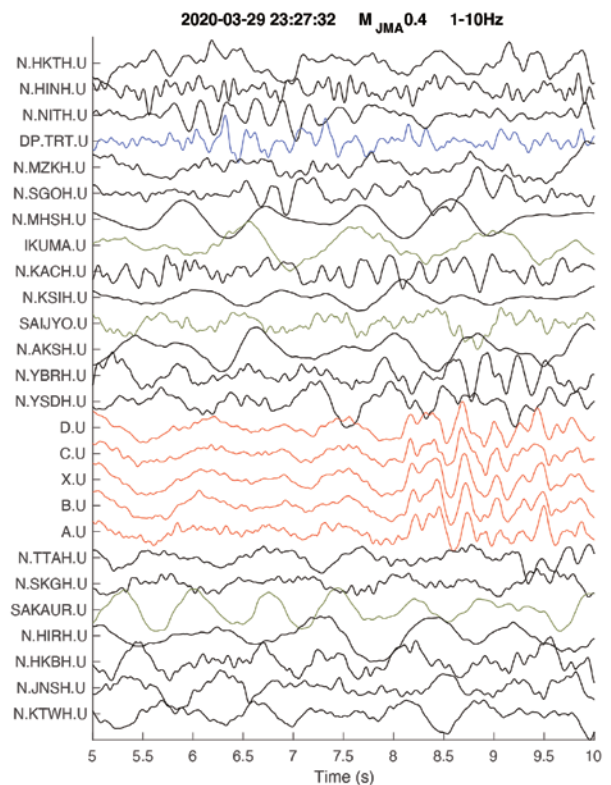


図1 観測波形(A～D)とスタック波形(X)

公募研究紹介 A01

3次元不均質構造を考慮した
南海トラフ浅部超低周波地震の
活用様式の網羅的把握

東京大学 武村 俊介

3次元地下構造の影響を考慮した浅部超低周波地震のCMT解析とCMT解析で得られたイベントをテンプレートとした相互相関解析により、室戸岬沖から紀伊半島南東沖にかけて、長期間(15年分)の浅部超低周波地震活動の時空間分布を明らかにした。浅部超低周波地震の活動の再来間隔は5～10年と長く、深部と比べると大きなモーメント解放を伴う(図1)。また、その震央分布は、プレート境界のせん断応力変化が0～5kPaの地域に集中しており、強度の強い固着域と安定すべり域の間の遷移領域で活発に発生していることを明らかにした(図2)。

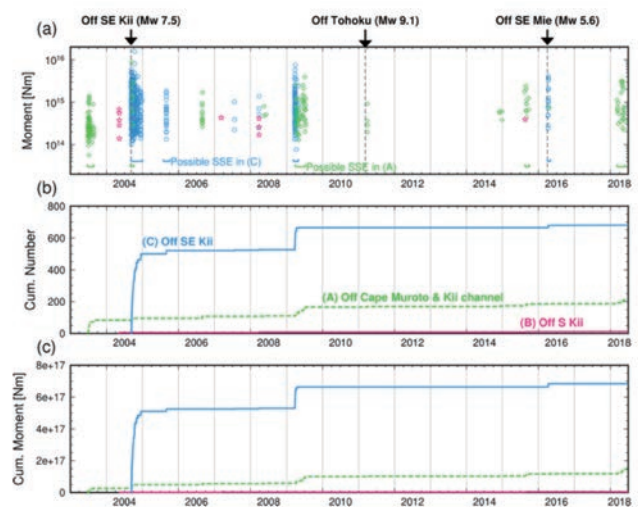


図1 各活動セグメントでの浅部超低周波地震の活動履歴。

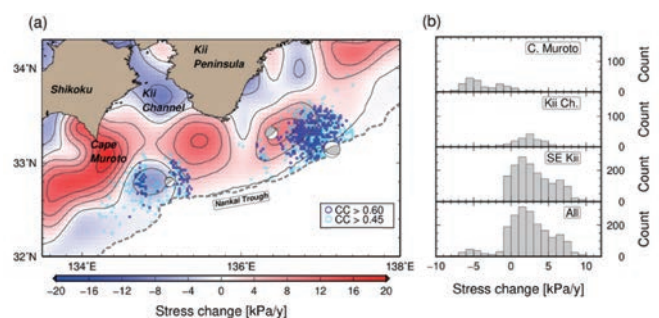


図2 浅部超低周波地震の震央分布とプレート境界のせん断応力変化(Noda et al., 2018)の比較。

公募研究紹介 A02

西南日本で深部スロー地震に同期して固着域下端で発生するゆっくりすべり

東北大学 加納 将行

スロースリップイベント（SSE）は巨大地震発生域に隣接して発生することが多く、巨大地震との関連性が指摘されている。一方で短期的SSEに伴う地殻変動は小さく、GNSSの変位は必ずしも明瞭ではない。本公募研究では、低周波地震の発生数を基準に、複数の短期的SSEによる累積地殻変動を検出する既存手法を、西南日本の既知の短期的SSEに適用し、累積地殻変動の抽出と断層すべりの詳細な空間分布の推定を試みた。その結果、抽出された12回の短期的SSEに伴う累積地殻変動は最大1.5cm程度で概ねプレートの沈み込み方向と逆向きの変位を示していた（図1左）。また得られた断層すべりから、従来の研究で明らかにされているプレート境界深部に加えて、深さ20km程度の浅部でもゆっ

りとしたすべりが発生していることが示唆された（図1右）。この浅部すべり域は1946年南海地震の地震時すべり域、またすべり欠損が大きい領域の深部下端に位置している。これは、深部での短期的SSE発生時に巨大地震震源域の内部でもゆっくりすべりが発生する場合があることを意味しており、流体の移動によるモデルで定性的に説明可能であることを示唆した。

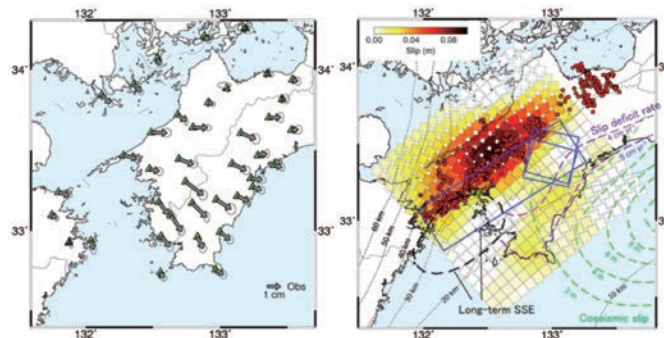


図1 （左）12回の短期的SSEによる累積地殻変動。（右）断層すべり分布。紫線・緑線はそれぞれ先行研究で得られたすべり欠損、1946年南海地震の地震時すべりの等値線を表す。（Kano et al., 2019）

公募研究紹介 B01

ヒクランギ沈み込み帯北部の断層構造・地震波異方性・海山

海洋研究開発機構 新井 隆太

スロー地震の発生環境を明らかにすることを目的に、プレート境界浅部（深さ<10km）でスロー地震活動が活発なニュージーランドヒクランギ沈み込み帯北部の3次元P波速度と異方性構造を推定した。解析には海洋研究開発機構が国際共同研究の一環で取得した3次元屈折法探査データを使用した。その結果、付加体内に発達する分岐断層やdeformation frontの近傍で顕著な異方性を検出した（図1）。また、沈み込む海山が先行研究より約10km深い側に位置する可能性があることを示した（図2）。こうした海山の沈み込みによりsubduction channelが形成され、流体に富む堆積物が沈み込み帯深部へ運ばれると考えられる。

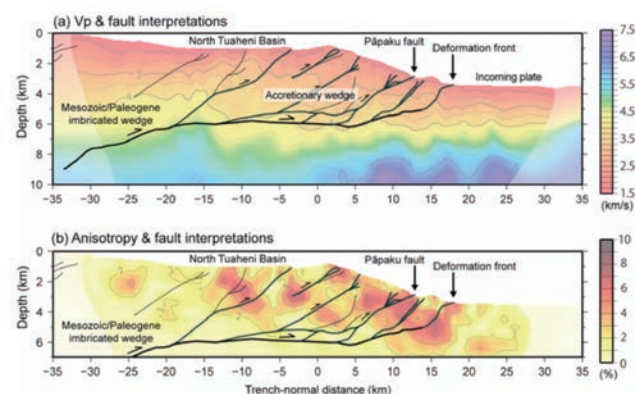


図1 ヒクランギ沈み込み帯のP波速度と異方性（Arai et al., 2020）。

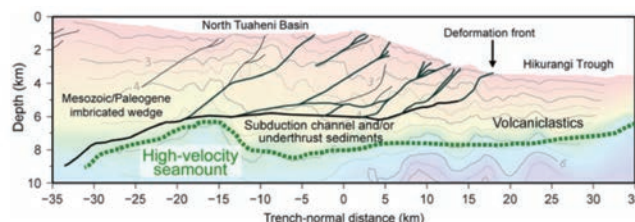


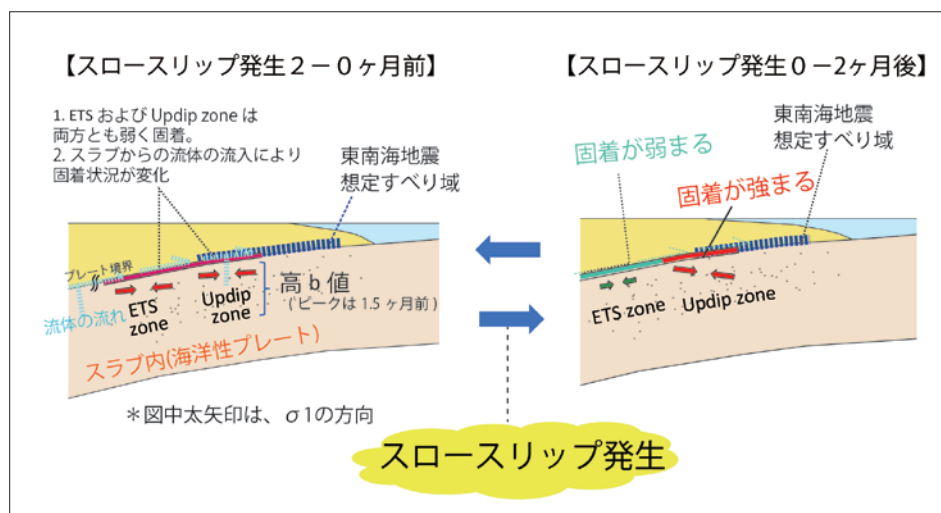
図2 ヒクランギ沈み込み帯に沈み込む海山の構造モデル（Arai et al., 2020）。

公募研究紹介 B01

スラブ内地震と
ゆっくりすべりとの関係

建築研究所 北 佐枝子

スラブ内地震の発生時期は、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、どのようなメカニズムで起きるかは、これまで不明でした。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、スロー地震（ETS）発生前後でのスラブ内の応力軸の変化を捉えることに成功し、その応力軸の変化がETSの起きる場所よりも、海溝軸寄りの場所の方が大きいことを明らかにしました（図1）。また、ETS発生前に小さな規模のスラブ内地震の割合が高くなり、スラブ内地震の発生個数のピークがくるといふ、流体注入が起きた時の地震活動の特徴を持つこと

も明らかにしました。これらの結果は、スラブ内からスロー地震の起きるプレート境界への流体の移動が、スロー地震とスラブ内地震とをつなぐ原因となることを示唆し、またスラブ内の状態をモニタリングすること自体が、海溝型巨大地震の起こりうるプレート境界の状態変化の把握に役立つ可能性を持つことも意味しています。

図1 スロー地震とスラブ内地震との関係を表現する模式図。

公募研究紹介 B01

浅部スロー地震に関連する
流体挙動

海洋研究開発機構 利根川 貴志

南海トラフの浅部沈み込み帯において流体挙動とスロー地震発生との関係性について調査した。

まず、地球深部探査船「ちきゅう」の掘削時に海底地震計を設置し、船舶ノイズによって発生するP波が海底下の分岐断層とその下1 kmで変換したPs反射波を抽出した。それらの振幅が潮汐荷重の大きさによって変化することを明らかにした。これは潮汐荷重による断層帯内の流体の分離・接続で説明でき、これまで検出されたSSEは、これらの弱面で発生していた可能性がある（図1a, b）。

また、DONETで記録された常時微動から表面波を抽出し、散乱場の時間変化を推定したところ、スロー地震発生前に散乱場が変化することを明らかにした。これは、スロー地震発生域に深部から流体が流入し、その一部が上に抜けることで散乱場が変化していると考えられ（図1a, c）、今後スロー地震発生時の準備過程の解明に貢献できると期待される。

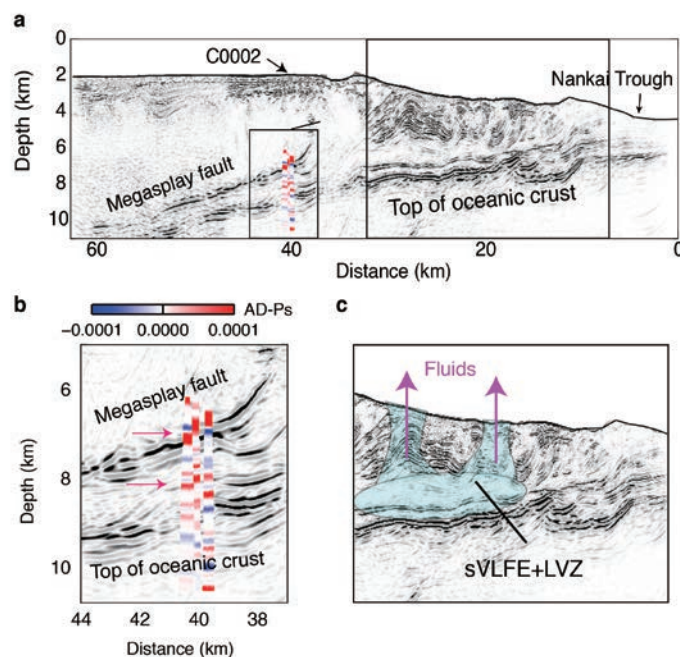


図1 (a) 潮汐応答する不連続面を反射断面図 (Shiraishi et al., 2019) にプロット。(b, c) (a) の一部を拡大し、解釈を追加。

公募研究紹介 B02

深部スロー地震域の 石英脈形成過程の解明

東京大学 山口 飛鳥

本研究では、沈み込み帯におけるスロー地震群の発生と岩石レオロジー・流体移動・鉱物沈殿の関係を理解するために、深部スロー地震域の陸上アナログとみなされる陸上付加体・変成帯の調査を行った。沖縄県慶良間諸島において、四万十帯で初となるマイロナイトを発見し、年代測定・被熱分析と併せて約500℃に達する最高被熱温度をもつ付加体が約1億年前に形成されたことを示した。慶良間諸島では石英脈を多く含む泥質岩（図1）中に見られる溶解-析出クリープから礫質マイロナイト（図2）に見られる延性変形まで、海嶺沈み込み直後の極めて若い海洋プレートの沈み込みによる一連の変形が認められ、変形機構の変化と脆性-延性遷移の痕跡が岩石に記録されている。本研究により大量の石英脈の形成は脆性-延性遷移の直前に生じていることが示唆された。今後マイロナイトの詳細な解析を継続することにより、沈み込み帯のレオロジー構造に制約を与えることが期待される。



図1 石英脈の濃集した泥質片岩



図2 礫岩を原岩とするマイロナイト

公募研究紹介 B02

水を過剰に含む断層帯の レオロジー

海洋研究開発機構 岡崎 啓史

深部スロー地震の発生域周辺では高 V_p/V_s 比帯の存在など水が多量に存在している可能性が示唆されている。本研究では水を過剰に含む断層帯のレオロジーを調べるために深部スロー地震発生域と同様の高温高压下での岩石変形実験をおこなった。実験試料には沈み込む堆積物中の代表鉱物である石英の多結晶体の粒間に存在する水の量を任意に変化させた

ものを用いた。岩石変形実験により粒間に存在する水はその圧力効果（=有効圧を下げるなど）だけでなく存在すること自体が岩石の強度を大きく減少させることがわかった。また、その効果は粒間に存在する水の量と石英-水の二面角の関数として記述できる。この水の効果は岩石の脆性変形と結晶塑性変形の両方に影響を及ぼし、特に深部スロー地震発生域に相当すると考えられる脆性-塑性遷移領域においては水に富むせん断面に特徴付けられるS-C'マイロナイト様の構造を作ることがわかった。S-C'マイロナイト構造ができる実験条件では試料の微小な破壊音であるアコースティックエミッションも観測されたことから水の存在に伴う弱化とS-C'構造の形成が深部スロー地震の発生メカニズムに関わっている可能性がある。

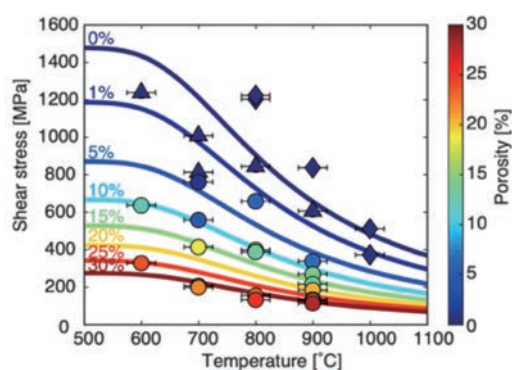


図1 水を多量に含む石英せん断体の剪断応力、温度、含水量の関係

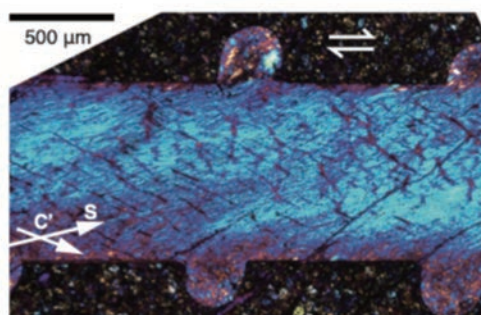


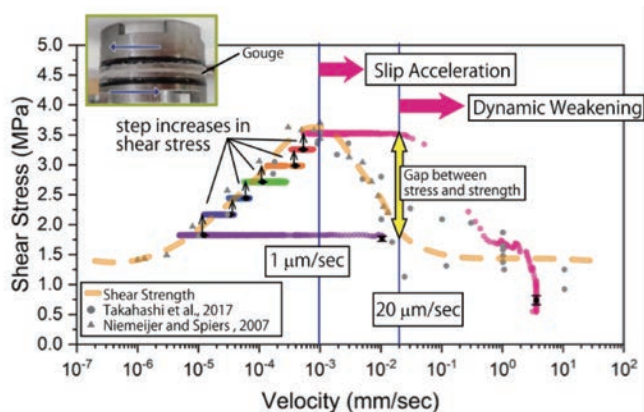
図2 脆性-塑性遷移領域における水を5vol%含む実験回収試料の薄片写真(クロスニコル+検板)

公募研究紹介 B02

動的弱化に至る断層の
加速についての実験的研究

産業技術総合研究所 高橋 美紀

地震時の断層すべりは、非常にゆっくりとした剪断から m/sec オーダーの高速剪断までの幅広いレンジの速度変化を伴うすべりの加速の過程でもある。この加速プロセスを明



らかにするため、岩塩と白雲母の粉体が80：20の重量比で混在する模擬断層物質を用いて回転剪断実験を実施した。この模擬断層物質は1μm/sec以下の低速では速度強化の安定変形が、1μm/secを超えて20μm/secに至るまでに急激な速度弱化が表れるなど、剪断強度や摩擦パラメータが大きく変化することが過去の研究[例：Niemeijer and Spiers, 2007, JGR; Takahashi *et al.*, 2017, *G-cubed*]により明らかになっており、剪断応力を制御（ステップ状に増加）し、すべり速度の変遷を見るには有利な物質である。剪断応力が速度1μm/secにて定常状態の剪断強度の最大値を超えると、加速が止まることなく動的弱化に至るが、速度が20μm/secに至るまでの数時間、強度との差が摩擦係数にして0.2も開きがあるにもかかわらず、高い剪断応力を保持していることが分かった。

図1 実験結果一例。剪断応力をステップ状に増加させつつ、剪断速度の変化を計測（カラーの点）。黄色破線は過去の研究結果（灰色点）を参照に引いた定常状態での剪断強度と剪断速度との関係。

公募研究紹介 B02

古マントウエッジ蛇紋岩体に
記録された高間隙流体圧下での
脆性・塑性変形

静岡大学 平内 健一

南海やカスカディアなどの温かい沈み込み帯において、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基底部で発生する。本研究では、蛇紋岩の変形とETSとの関連性を理解するべく、ETSの震源域に対応する温度圧力条件（約400℃、約1 GPa）で形成したマントルウェッジ起源の蛇紋岩体（四国三波川帯）に対して構造解析を行った。蛇紋岩体はblock-in-matrix構造を呈し（図1）、高間隙流体圧下での開口破壊および開口・剪断破壊の形成に起因する。開口破断面の形成は間隙流体圧の急激な低下をもたらし、開口部は蛇紋石の沈澱によって充填される（図2上）。開口破断面を充填したマトリックス部分の蛇紋石の一部は、転位クリープによって動的再結晶化している（図2下）。このような脆性破壊と粘性流動のイベントは、間隙流体圧の周期的な変化に起因して発生していると考えられる。



図1 block-in-matrix構造を示す蛇紋岩の露頭写真。

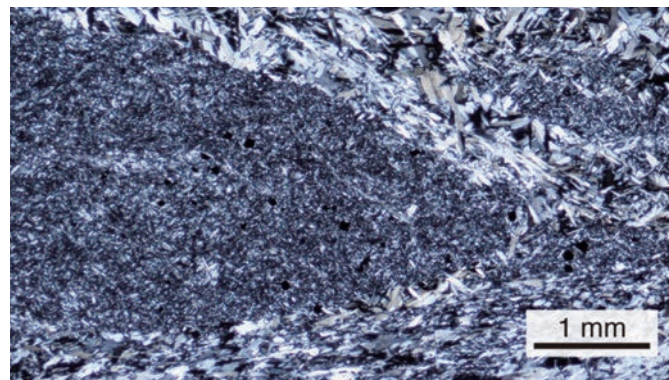


図2 block-in-matrix構造を示す蛇紋岩の薄片写真（クロスニコル）。

公募研究紹介 C01

地質観察と地物観測をつなぐ
深いスロー地震の物理モデル

東京大学 安藤 亮輔

スロー地震の地球物理学的観測事実が蓄積されるに従い、深部スロー地震の発生様式の深さ方向の変化には、テクトニックな環境の詳細によらず、一定の系統性が見出されるようになってきた。南海トラフ沈み込み境界で典型だが、地震発生層の深部延長には、まず長期的スロースリップの領域が位置し、そのさらに深部に短期的スロー地震と微動の領域が位置すると考えられる。スロー地震の発生には、様々な物理学的・地質学的なモデルが考案されているが、本研究では特定の变成作用や物質構造を仮定しない、より一般的なモデルを提案した。このモデルでは、露頭で観察されるBlock-in-matrixと呼ばれる脆性・延性不均質な断層帯構造(図1a)を考慮して、脆性物質の存在割合と延性物質の粘性という二つのレオロジー特性に、温度依存性の効果を取り入れた点に新規性がある。一自由度ばね・質点系によってこのモデルの力学挙動を解析したところ、低温(浅部)側では滑り量の大き

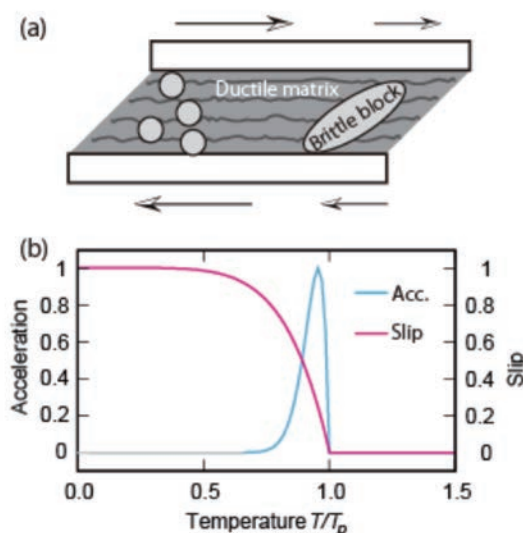


図1 (a)断層帯の不均質構造の模式図 (b)モデル解析によって得られた一自由度断層の滑り(紫)と滑り加速度(青)の温度依存性

な遅い滑りが発生し、高温(深部)側では滑り量の小さな早い滑りが発生することが分かった(図1b)。この振る舞いは二つのレオロジー特性の競合として理解される。今回得られたモデルの特徴は、観測されるスロー地震様式の深さ依存性とよく対応しているように見える。

公募研究紹介 C01

地下構造の不確かさに起因する
モデル予測誤差の影響を考慮した
L-SSEの測地すべり推定

海洋研究開発機構 縣 亮一郎

長期的スロースリップ(L-SSE)は、スロー地震の中でも発生期間が長くすべり量が大きいため、測地データを使ったすべり分布の推定が可能となる。測地すべり推定の際に前もって地下構造モデルを仮定する必要があるが、地下構造は本質的に不確かにはかわからない。その中で「一つの地下構造モデル」を仮定することは推定結果にバイアスを生じる一つの大きな原因となりうる。本研究では、「不確かな地下構造」を丸ごと多数の地下構造モデルからなるアンサンブルにより表現することで、「一つの地下構造モデル」を仮定せずにすべり推定できる新しいすべり推定手法を構築し、豊後水道の2010年L-SSEのすべり分布推定へと適用した。通常、すべり推定においては、各誤差要因に基づく推定の不安定性を軽減するために経験的な拘束を推定対象のパラメータに与えることが多い。一方本研究では、新しい手法により複数の

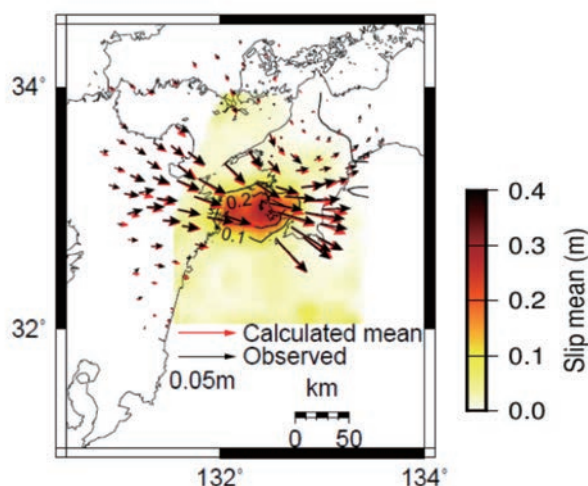


図1 本研究で得られた2010年豊後水道L-SSEのすべり分布

プレート形状モデルと弾性パラメータを同時に考慮することで「一つの地下構造モデル」の仮定に伴う誤差要因を低減し、そのような拘束を導入せずとも周辺領域の他のスロー地震活動と整合的なすべり分布を得ることができた。

公募研究紹介 C02

断層面の凹凸が断層のすべり方に及ぼす影響

名古屋大学 並木 敦子

沈み込むプレートの表面には海山などの地形が存在する。これがアスペリティになっている可能性も指摘されているが、断層面の形状が断層のすべり方に及ぼす影響はあまり良くわかっていない。よって本研究では表面に凹凸のあるプレートが沈み込んだ場合に発生する地震の特徴を実験により調べている。

図1に示すように、プレートを模したアクリル板の上に断層面の凹凸を模した突起をとりつけ、岩石を模したゲル状物質の下で移動させた。ここで使用しているゲル状物質はマクスウェル流体的であり、応力緩和する。凹凸の上で十分に長い時間緩和させる事で、上盤と下盤がかみ合う断層面を作れる。実験の結果、断層面の凹凸と地震の発生間隔に重要な相

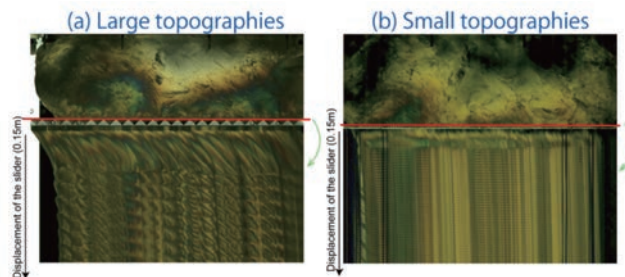


図1 断層面に凹凸がある場合の地震の発生の様子。光弾性により応力場を可視化している。プレートは左から右に移動している。上半分はプレート移動に伴い変形するゲル状物質の全景、下半分は赤線の位置の応力場の変化をプレートの変位の関数（縦軸）として並べた物。水平方向の線はゲル状物質が急に戻ったすべりを表す。

関がある事がわかった。凹凸が大きい時には大きい地震が散発的に発生する一方、凹凸が小さい時には小さな地震が頻発する事がわかった。地震前に蓄積できる応力とすべりに伴う応力降下量も凹凸のサイズに依存する。この結果は断層面の形状の小さな違いが地震発生様式に重要な影響を及ぼす事を示している。

スロー地震学
活動報告



各班オンライン研究会・ Slow Earthquakes WS 2020 Virtual

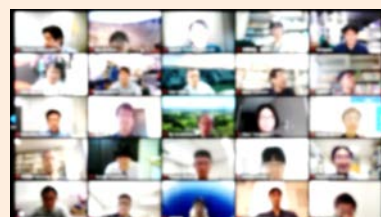
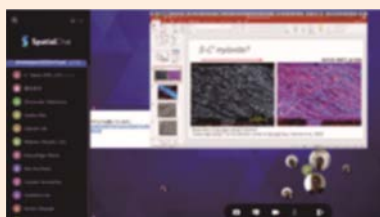
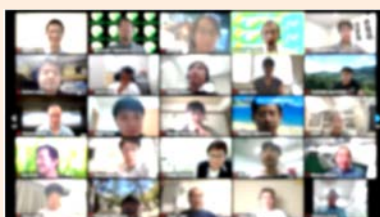
東京大学 小原 一成

2020年度は新型コロナウイルス感染拡大のため、対面式のセミナーや集会の開催が出来ない状態が続いたが、急速に普及したオンラインツールを積極的に活用し、各班でオンライン研究会を開催した（4/14：C01、5/25：C02（仮題：アナログ実験の魅力と意義）、6/16・6/23・6/30：A01・A02合同、7/28・8/4：B01、8/27・31：スロー地震学若手の会2020夏プログラム）。若手の会ではオンデマンド発表資料とSlackによる議論という形態を試み、好評だった。

例年9月に開催していた国際合同研究集会は、本領域の最終年度にもあたるため海外研究者を数多く招聘し大規模に奈良で開催する予定であったが、諸外国との往来が不可能となったこともあり、領域内のオンライン国内研究集会（Slow Earthquakes WS Virtual 2020）として9月16-17日の2日間の開催となった。前述の若手の会の経験を踏まえ、Dropboxを利用した動画・ポスターのオンデマンド視聴・閲覧、および

SlackやZoomによる議論を主体とした形式で行い、110名の参加、62件の発表があった。なかには、読み上げソフトを用いるなど、工夫を凝らしたプレゼンもあった。Slackでは全部で2,000を超える質疑応答がなされるなど、活発な議論が展開された。また、初日夜にはSpatial Chatを利用した懇親会も開催し、若手を中心に盛り上がりを見せた。開催後に参加者に実施したアンケートでは、プレゼンコンテンツの作成が慣れておらず大変だったという声もあったが、好きな時間に視聴・質疑ができることもあり、各種アプリケーションを駆使しての研究集会の形態に満足したと回答した人が多かった。

今後、対面式の集会の会場開催が可能になるかまだ読めない状況が続くと予想されるが、領域では引き続きオンラインの研究会を中心に議論を深めていく予定である。



FY2020
オンライン・イベント

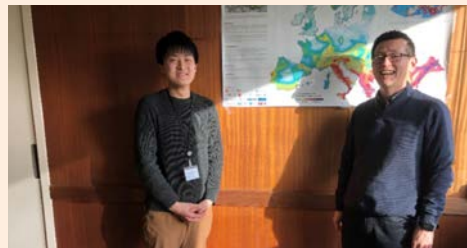
スロー地震学
活動報告

若手研究者海外派遣報告 1

神戸大学D2 佐藤 圭介

2020.02.10 ~ 03.18
若手海外派遣報告

2020年2月10日から3月18日にかけて、フランス地質調査所（BRGM）の青地秀雄博士の研究室に滞在し、断層の動的破壊モデリングについて学びました。今回は、パラメータの空間分布や詳細な値にこだわったモデリングではなく、すでに得られている運動学的知見（運動学的震源インヴァージョンや地殻変動データを用いた静的インヴァージョン）を利用して破壊の大まかな描像を得るアプローチについて、詳しく議論しました。ミスフィットの計算には限られた観測点のみを用いて、探索する動的破壊パラメータの範囲も絞ることにより、計算回数を抑えながらも、破壊シナリオを得ることを目指します。今後は、動的破壊モデリ



ングによって推定した地震時すべりの位置や量と、先行研究によって得られているスロー地震の破壊域との比較を行うことにより、レギュラーの地震とスロー地震との時空間的な関係に関する考察を得たいと考えています。

スロー地震学
活動報告

若手研究者海外派遣報告 2

東京工業大学M2 土山 絢子

2019.08.15 ~ 2020.03.15
若手海外派遣報告

2019年8月から2020年の3月まで、カリフォルニア大学バークレー校に滞在し、Roland Bürgmann教授および平貴昭博士との共同研究を行いました。現地では、地殻浅部の流体と断層破壊の関係性を解明するという目的で、2019年7月にカリフォルニア南部で



発生したRidgecrest地震の余震活動から低周波成分に富む地震を検出する手法を適用し、その時空間分布との相関性などを議論しました。新型コロナウイルスの影響で帰国直前に大学が閉鎖されてしまいましたが、すぐにリモートワーク体制が整備されたので、帰国後も継続的にオンラインで個別ミーティングを行いながら共同研究を続けています。半年間という比較的長期の滞在だったこともあり、海外の研究者から専門的な内容のみならず、博士課程を目指す上での進路や研究の心構えに関するアドバイスをいただくことができ、とても貴重な経験となりました。

スロー地震学
活動報告

若手異分野交流会

東京工業大学 麻生 尚文 / 東北大学 加納 将行 / 東京大学 竹尾 明子、武村 俊介

2020.08.19 ~ 31
若手異分野交流会

スロー地震を端緒として領域内のそれぞれの研究分野の相互理解、研究者同士の交流を深めることを目的として、若手主体のイベントを継続的に開催している。2020年1月30日-31日で熱海での合宿、感染症拡大後は現地開催が難しいため、8月19日-31日の間でオンデマンド+Zoomによる議論セッション形式の学生・若手主体の研究集会を開催した。また、Spatial Chatを用いたランチ会による交流会を随時開催しており、今後も継続予定である。





オンラインラボツアーを主催して

東京理科大学 住野 豊

2020.06.26
ラボツアー

Covid-19の感染拡大に伴い、4月—5月は大学への登校が基本的には禁止され、オンライン上での研究活動に制限される状況になりました。初めはもどかしい側面が多かったですが、4月後半ころからは遠隔での研究室セミナーにもなれてきました。こうした中で、オンライン化が進んだからこそ行える手法として6月26日にオンラインラボツアーを主催しました。6月から本格的に研究室での実験をリスタートするにあたり、ピンチをチャンスにする観点で、アナログ実験のアイデアを得ることができたと思った次第です。本稿ではこうしたオンラインラボツアーの実施経験と反省に関してまとめたいと思います。

まず初めに強調したい点としてオンラインラボツアーは実行がしやすく気楽に行えるという点です。基本的な準備は通常の実験室見学と大きく変わりはありません。むしろラボに見学者が来られる場合は足元や部屋の安全性に関して気を配る必要がありますが、この点気にしなくて良いのは気が楽ではあります。気を配った点としては、実験装置の詳細を注視できるように気を配りました。この際、あまり素早くカメラを動かしてしまうと気持ち悪くなるかと思い、カメラを撮影しながらの移動等は抑え気味に行いました。

一方で反省点としてはオンラインツアーを建物の入り口から始めるなど、「ツアー」の雰囲気をもっと出しても良かったかもしれません。カメラの移動時間を最小限にするため、学生の協力を得ながら複数のアカウントで行うことで臨場感のあるラボツアーができたと思います。ここまで来ると本格的にテレビ局のようですね。また、参加者の方からのフィードバックを得る機会を適切に用意できなかったのは私の失敗でした。



特に学生が参加者の方と触れ合う機会を用意できなかったのは私の落ち度です。例えばZoomであればブレイクアウトルームをうまく利用できるはずでした。5分程度で私の研究室の学生と参加者が少人数で議論できる時間を用意し、実験紹介の間、繰り返すことでより上手に意見集約と人的交流が図れると思われます。オンライン講義で用いている手法として、miroのようなインタラクティブな同時参加型ホワイトボードアプリを利用することも議論活性化の手法となりそうです。

色々慣れていない部分もあったオンラインラボツアーですが、移動時間なしに実験装置の様子や雰囲気を感じ取れるイベントだったのではないかと思います。是非今後もこうしたバーチャルラボツアーを行っていただきたいと考えています。

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 2021.1

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

新学術領域研究 (研究領域提案型)



スロー地震学
Science of Slow Earthquakes

Newsletter05