

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）海陸プレート境界における海域観測によるプレート間滑りの把握と多様なプレート間すべりのモデル構築

（英文）Diversity of slip between plates by marine observation in the plate boundary regions and modelling of slip between plate boundaries

(3) 関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

- (5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

- (2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明
地震

- (3) 地震発生過程の解明とモデル化

2 地震・火山噴火の予測のための研究

- (1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）
ア. プレート境界巨大地震の長期予測

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

- (1) 南海トラフ沿いの巨大地震
(2) 首都直下地震

6 観測基盤と研究推進体制の整備

- (1) 観測研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

(5) 本課題の5か年の到達目標：

近年の観測より、沈み込み帯では多様な滑り現象が発生していることが明らかとなっており、スロー地震を含む地震活動、スロースリップに代表される地殻変動などの地殻活動の詳細を現在最先端の海底観測技術をもちいた長期のモニタリングを用いて明らかにする。観測の実施対象域は、地震発生サイクルにおいて、様々な状態に位置していると考えられる沈み込み帯とする。日本海溝南部は、巨大地震である東北沖地震の震源域に属していると考え、伊豆小笠原海溝北部は東北沖地震震源域に隣接する地域である。一方、相模トラフでは、1923年の関東地震が発生しており、その後海溝型の巨大地震は発生していない。南海トラフ東部から中部は、巨大地震の発生が予想されている領域である。このような沈み込み帯において、海底観測測器を用いた長期モニタリングを実施し、プレート境界の状態を把握する。一方、海底から得られた試料を用いて沈み込み帯浅部条件の摩擦実験を行うことにより、多様なすべり現象の条件・要因を明らかにする。得られた観測結果と実験結果を併せて、多様なプレート間すべりをモデル化する。本課題の5か年の到達目標は、プレート境界の状態の把握および多様なすべり現象の条件・要因の解明であり、これらから多様なプレート間すべりをモデル化することである。本課題は、沈み込みプレート境界における地震発生機構に関する理解を進めるために必要不可欠であり、さらに、将来的には地震サイクルのモデル化により、大地震発生の長期予測の信頼性を高めることに資することをめざす。さらに、起こりうる地震の最大規模、プレート運動による歪み

の蓄積量などを推定し、さらに他の沈み込み帯と比較することにより、沈み込み帯における巨大地震の発生の理解をめざす。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

東北沖地震震源域南部にあたる日本海溝南部（福島県沖から千葉県沖）と伊豆小笠原海溝域北部において、自己浮上式長期観測型海底地震計（広帯域地震計を含む）による観測を実施する。観測期間は約2年弱とし、その設置と回収を隔年で繰り返し行うことにより、約5年間の観測を実施する。日本海溝南部では、海底ケーブル式日本海溝地震・津波観測網(S-net)とも連携して、なるべく広域かつ高密度な観測が行えるように配慮する。2011年東北沖地震発生後に発生するプレート境界ならびに太平洋プレート内で発生する多様なすべり現象の規模および頻度の時空間的な分布を明らかにする。伊豆小笠原海溝域北部では、これまでに准モニタリング的な観測が実施されたことがあまりないため、まずは地震発生帯である浅部プレート境界の形状と構造、地震発生の様式とその深さ変化、地震発震機構解の決定、さらには、広帯域観測による様々なスロー地震の検出を目的とする。

房総半島沖相模トラフにおいてはスロースリップが発生することが知られており、自己浮上式海底精密水圧計による観測を引き続き、実施する。水圧計による観測では、観測期間を長期化することによる安定な観測の実施により、スロースリップなどの大規模なすべりイベントの時空間発展の推定を行う。加えて、GNSS/A海底地殻変動観測を実施して、上下変動だけではなく、水平変動も把握し、すべりイベントの時空間発展の推定精度の向上を図る。さらに、S-netと自己浮上式海底地震計の組み合わせによる高密度観測をおこない、スロースリップ前後の地震波速度構造変化の検出を試みる。同様に南海トラフ東部においても、同様の目的で、海底ケーブル観測システム(DONET)と自己浮上式海底地震計の組み合わせによる高密度海底地震観測を行う。

実験・モデル研究では、これまでに深海掘削により得られた試料を用いて沈み込み帯浅部条件の摩擦実験を行い、沈み込み帯浅部の多様なすべり現象の条件や要因を明らかにし、そのモデル化を行ってきた。今後は沈み込み帯浅部条件に加えて深部条件の摩擦実験も行って地震発生域周辺のプレート境界の挙動を明らかにすると共に、観測により得られた知見と併せて、日本海溝、相模トラフおよび南海トラフにおけるプレート境界断層の多様なすべりを明らかにするモデルの高度化を行う。

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

2011年東北地方太平洋沖地震の破壊の開始点から海溝軸に至る大すべり領域におけるプレート境界での固着回復過程の理解を目指して、自己浮上式海底地震計を用いた微小地震観測を実施した。周辺海域では、統合深海掘削計画により2024年度にプレート境界断層に至る掘削調査が行われたが、その掘削孔近傍に設置した2台の地震計（図1）を、新青丸KS-25-11次航海（共同利用航海）において回収した。また、2011年の本震発生直後に行われた余震観測を再現した19観測点による地震観測を実施するため、海洋研究開発機構・神戸大学との共同により、みらいMR-25-07航海において観測機材の設置を実施した。今年度設置した機材の回収は、2026年度に行われる予定である。

本年度はTHK_01課題、およびTKU_01課題と連携し、2012年より運用している既存のGNSS-A観測点5点（G13・G16-G18・G20）、および2024年に房総沖に設置した新規のGNSS-A観測点2点（G26-27）においてGNSS-Aキャンペーンデータを取得した（図2及び図3）。なお、新規観測点であるG27は昨年度時点で観測機器の一部が正しく設置されなかったため、2025年6月に東京海洋大学練習船・神鷹丸を用いて観測機器の再設置を行なった。これらのデータは、2025年6月に東京海洋大学練習船・神鷹丸から投入されたWave Glider、2025年8-9月に実施した新青丸KS-25-11次航海、および2025年10月に実施した東京海洋大学練習船・汐路丸によって取得された。WaveGliderについては、最初の観測点（G27）でのキャンペーン観測の実施後に舵が故障したため、1観測点のみの実施となった。

日本海溝沿いにおいて、2012年より運用しているGNSS-A観測点（20点：G01-20）、2019・2020年頃より運用している観測点（2点：G24-25）について、設置以降の平均変位速度を求めた（図3）。宮城沖では2011年東北地方太平洋沖地震の粘弾性応答と固着の影響により、10 cm/yr程度の陸向きの変動が得られた。一方、その南北（岩手沖・福島-茨城沖）では、相対的に小さい変動が見られた。これは両地域で2011年東北地方太平洋沖地震発生後に余効すべりが生じていたためと考えられる。近年設置されたG24-25観測点は、5-7 cm/yr程度の西北西方向の変動を示しており、1968年十勝沖地震

域、ならびに2025年青森県東北沖地震域周辺での固着の影響を示していると考えられる。

2011年10月から約1年間および2013年10月から1年間の観測を行った東北沖地震の震源域北部における長期観測型海底地震計データから東北沖地震震源域北部における余震活動の時空間変化を明らかにした。また、東北沖地震発生以前にも同領域で実施した長期海底地震観測から東北沖地震発生前の地震活動と余震活動についても比較を行い、結果をまとめた。解析の結果、東北沖地震発生時に大きな滑ったプレート境界領域における余震活動は本震発生直後から2014年までは低調であり、本震発生後3年経ても地震を起こす応力が回復していないことが推定される。一方、プレート境界付近で発生する逆断層型の発震機構を持つ地震の割合は2011年から2012年の観測に比べ2023年から2014年までの観測が増えており、本震時に大きく滑った領域の周辺から応力状態変化が始まると解釈される(図4)。房総半島沖において、自己浮上式海底圧力計(OBP)6台での観測を続けている。2025年度は、6月に東京海洋大学「神鷹丸」を用いて3台の回収、再設置を行った。房総沖スロースリップのOBPデータの解析を引き続き行った。昨年度までに開発した海洋モデルに対してマルチチャンネル特異スペクトル解析を用いて成分に分け、圧力計データと海洋モデルの相関がよい成分のみを用いて海洋モデルを再合成し、それを圧力計データから除去し、その後、季節変動等を表すパラメトリックモデルを当てはめ、スロースリップによる変動を抽出する方法を用いて、2024年2-3月に発生した房総沖スロースリップによる海底の上下変動を推定した。その結果、すべりの中心に近いと思われる観測点(KAP2)で若干の隆起(~5 mm)が認められた(図5)が、他の観測点では、ほぼ変動なしであった。これは、2018年のスロースリップによる上下変動(最大13 mm)より小さく、2024年のスロースリップはすべりが小さい可能性がある。

熊野灘で5-6年おきに繰り返し発生する大規模なスロー地震活動を観測し、その震源パラメータや発生域の地震波速度構造を精度よく求めるために、自己浮上型海底地震計の回収・再設置を行った。回収されたデータを用いてテクトニック微動の震源検出を試みた結果、2023年10月に観測点間の相関の高いシグナルが多数検出されたが、孀婦海山に由来するシグナルであることが分かった。次年度以降に回収するデータについても同様に微動検出を試みる予定であるが、遠地に由来するシグナルを効率よく除去するためのアルゴリズムを開発する必要がある。

沈み込み帯の深部スロー地震発生域におけるプレート境界断層帯の岩石力学的性質を明らかにするため、緑泥石-アクチノ閃石片岩(CAS)ガウジを用いた摩擦実験を実施した。実験は乾燥条件下で、温度300~600°C、封圧0.4~1.0 GPaの範囲で乾燥条件下で行った。その結果、CASの摩擦強度は封圧に対して正の依存性を示す一方、温度に対して負の依存性を示した。これらの特徴は、本実験条件下で摩擦と粘性変形が競合する準脆性的な変形挙動が卓越していたことを示唆する。また、摩擦強度から見かけの摩擦係数(μ)を算出したところ、 μ は0.4~0.5の範囲であった(図6)。

大地震につながる海溝型地震はアスペリティの破壊によって起きると指摘されており、そのアスペリティの形成要因の一つとして考えられているのが海山の沈み込みである。そこで、美濃帯舟伏山ユニットで採取した海山由来の石灰岩を用いて、封圧150 MPa、間隙水圧100 MPa、温度20~350°Cの条件で三軸摩擦実験を行い、沈み込んだ海山がアスペリティとしてふるまう性質を持つのかについて検討した。その結果、温度100~300°Cの間では断層の安定性を示すパラメータ(a-b)値が負となり、200°Cで最低値をとり、地震を引き起こすポテンシャルを持つことが明らかになった(図7)。日本海溝において令和6年度に実施されたIODP Exp.405 JTRACKによって回収された、2011年の巨大地震における最大すべり域のプレート境界断層の掘削コアの解析を行った。その結果、プレート境界断層が水平距離100mの中で15mの高低差が確認された。加えて、プレート境界断層の上下ではP波速度および密度にコントラストが見られた。このような物理特性のコントラストのある所にすべりが局在化することで、空間的に凹凸のある断層においても大きなすべりが可能になることが明らかになった(図8)

また、日本海溝のような冷たい沈み込み帯の陸上アナログである美濃帯の犬山地域の白チャートの化学分析を行った。その結果、白チャートはプレート境界において流体が流れた痕跡であり、かつ海底下5kmほどの深度で形成されたことが明らかになった。さらにその流路はプレート境界を海溝に平行な向きに、かつ間欠的に流れていた可能性が考えられ、津波を引き起こすような巨大なすべりを引き起こすプレート境界断層ではダイナミックな流体移動が起きていることが見いだされた(図9)。南海トラフの海溝型大地震の動的破壊シミュレーションを実施し、すべり分布と上下変動を計算した。四国での地殻変動をある程度説明するモデルでは、すべり領域の下限は深部の長周期スロースリップ発生域より浅いことがわかった。本成果は現実的なシナリオ地震設定に有用である(図10)。また、昨年度に引き続き、関東地域における、フィリピン海プレート上面で発生する大地震およびスロース

リップイベント(SSE)の発生サイクルに関する数値モデリングにも取り組み、大正型および元禄型地震がそれぞれ、200~300年および1000~1500年間隔で発生する挙動が再現され、より実際の発生間隔に類似した結果となった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

海洋プレート沈み込み帯におけるスロー地震を含む海底地震観測およびスロースリップを含む海底地殻変動観測、さらには、沈み込み帯から得られた実際の試料を用いた物性実験は、プレート境界の多様な滑り現象を明らかにするために必要不可欠である。本年度は、前計画を引き継ぎつつ、様々な観測、実験、解析を実施してきた。例えば、スロースリップは、プレート境界での応力蓄積・解放過程の一形態であり、これを解明することはプレート境界でおこる現象の理解に重要である。これらの観点から、本課題は「関連の深い建議の項目」の目的達成に大きく貢献しているといえる。また、本課題は観測事実、実験事実からプレート沈み込みの理解をめざしている。スロースリップは、プレート境界での応力蓄積・解放過程の一形態であり、これを解明することはプレート境界でおこる現象の理解に重要である。また、スロースリップは、その周辺の巨大地震に関連しているという研究もあり、スロースリップの理解は、巨大地震発生予測につながる可能性があり、災害軽減に貢献する。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Shinohara, M., R. Hino, K. Mochizuki, T. Sato, K. Nakahigashi, T. Yamada, Y. Murai, H. Yakiwara, Y. Ito, R. Azuma and T. Kanazawa, Spatiotemporal variation of aftershock activity in northern source region of the 2011 Tohoku-oki earthquake by long-term ocean bottom seismometers. *Prog Earth Planet Sci* 12, 37 (2025). <https://doi.org/10.1186/s40645-025-00713-7>, 査読有, 謝辞無

Hirauchi, K., Nagata, Y., Okazaki, K. (2025). Fault-fracture mesh development produces tectonic tremor in fluid-overpressured serpentinized mantle wedge. *Communications Earth & Environment*, 6, 182., 査読有, 謝辞無

Kanagawa, K., Nakanishi, T., Fujimori, J., Sagano, S. and Sawai, M. (2025). Temperature-dependent frictional properties of opal gouge and their implications for faulting in opaline chert at the Japan Trench subduction zone. *Journal of Structural Geology*, 105589., 査読有, 謝辞無

James D. Kirkpatrick, Heather M. Savage, Christine Regalla, Srisharan Shreedharan, Catherine Ross, Hanaya Okuda, Uisdean Nicholson, Kohtaro Ujiie, Ron Hackney, Marianne Conin, Pei Pei, Sara Satolli, Junli Zhang, Patrick Fulton, Matt J. Ikari, Shuichi Kodaira, Lena Maeda, Natsumi Okutsu, Sean Toczko, Nobuhisa Eguchi, IODP Expedition 405 Scientists (2025). Extreme plate boundary localization promotes shallow earthquake slip at the Japan Trench. *Science*. 391, 489-493. doi: 10.1126/science.ady0234, 査読有, 謝辞無

Hanaya Okuda, Hitomi Mizuno, Takashi Sano, Akira Ijiri, Minoru Ikehara, Wataru Tanikawa, Asuka Yamaguchi (2025). Trench-parallel fluid migration and its transient discharge in a cold subduction zone decoded by geochemistry of subducted cherts. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 26, 2025GC012331. doi: 10.1029/2025GC012331, 査読有, 謝辞無

Tsuda, K., Shibazaki, B., & Ampuero, J.-P. (2025). Role of accretionary wedge in the dynamic rupture of tsunami earthquakes. *Geophysical Research Letters*, 52, e2025GL117571. <https://doi.org/10.1029/2025GL117571>, 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Sun, T., K. Wang, J. He, F. Tomita, T. Iinuma, R. Hino, M. Kido, & Y. Ohta (2025) A Thin and

Weak Lithosphere-Asthenosphere Boundary (LAB) Beneath the Oceanic Lithosphere and its Effects on Subduction Earthquake Cycle Deformation, EGU General Assembly 2025, EGU25-13084. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu25-13084>

飯沼卓史・木戸元之・太田雄策・福田達也・富田史章・横田裕輔・日野亮太・藤田実季子・堀高峰 (2025) Seafloor Crustal Deformation Observations Utilizing Unmanned Surface Vehicles at Plate Subduction zones around the Japanese Islands, 日本地球惑星連合2025年大会, SCG55-28.

富田史章・Sun Tianhaozhe・飯沼卓史・木戸元之・太田雄策・内田直希・Wang Kelin (2025) Postseismic deformation of the 2011 Tohoku earthquake: Insights from GNSS, GNSS-A, and repeating earthquake observations, 日本地球惑星連合2025年大会, SCG46-09.

富田史章・木戸元之・中東和夫・太田雄策・遠藤神奈多・唐啓賢・日野亮太, 日本海溝沿い房総沖におけるGNSS音響結合方式による海底地殻変動観測の開始, 日本地球惑星連合2025年大会, SCG55-30, 幕張, 5月, 2025年.

Hino, Ryota, K. Obana, T. Iinuma, T. Kubota (2025) Uncovering mechanism of massive shallow coseismic slip without significant stress drop in 2011, 日本地球惑星連合2025年大会, SCG46-12.

金澤志旺、佐藤利典、碓氷典久、中東和夫、山田知朗、篠原雅尚、海底圧力計と海洋モデルを用いた2024年房総スロースリップによる海底上下変動の抽出、JpGU2025, SCG55-P31, 5/28, 2025.

Shion Kanazawa, Toshinori Sato, Norihisa Usui, Kazuo Nakahigashi, Tomoaki Yamada, Masanao Shinohara, Estimating Vertical Movement During the 2024 Boso, Japan, Slow Slip from Ocean Bottom Pressure Gauge and an Oceanic Model, AOGS2025, SE11-A004, 7/30, Singapore, 2025.

金澤志旺、佐藤利典、碓氷典久、中東和夫、山田知朗、篠原雅尚、海底圧力計と陸上GNSSデータを用いた2024年房総スロースリップのすべり分布の推定、日本地震学会2025秋季大会、福岡、P08-15、10/20, 2025.

関川真佑子・奥田花也・北村真奈美・高橋美紀・山口飛鳥・澤井みち代 (2025). 海山由来石灰岩の高温高圧環境下における摩擦特性, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SSS10-P24, 千葉・幕張メッセ国際会議場

関川真佑子・奥田花也・北村真奈美・高橋美紀・山口飛鳥・澤井みち代 (2025). 海山由来石灰岩の摩擦特性: 沈み込み帯における地震活動との関係, 日本地質学会第132年学術大会, T4-O-4, 熊本大学

奥田花也, 赤松裕哉, 北村真奈美, 澤井みち代 (2025). 地震発生帯の岩石の弾性的性質: スケール依存性および地震発生プロセスへの影響. 日本地質学会第132年学術大会, T5-O-10, 熊本大学

廣瀬丈洋, 奥田花也, 谷川亘, 濱田洋平, 岡崎啓史, John D. Bedford (2025). 地震断層内部の静・動的物理化学プロセス解明に向けた回転式熱水摩擦試験機の開発. 日本地質学会第132年学術大会, T4-O-5, 熊本大学

Matsuzawa, T. & Shibazaki, B., (2025), Numerical modeling of recurrences of two types of Kanto earthquakes and Boso slow slip events, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SCG45-P51.

Matsuzawa, T. & Shibazaki, B. (2025), Numerical modeling of two types of megathrust earthquakes and Boso slow slip events in the Kanto region, Japan, Asia Oceania Geosciences Society 22nd Annual Meeting, SE11-A010.

Matsuzawa, T. & Shibazaki, B. (2025), Numerical modeling of seismic cycle of two types of Kanto earthquakes and the effect on Boso SSEs, International Joint Workshop on Slow-to-Fast Earthquakes, 2025, P2-61.

松澤孝紀, 芝崎文一郎(2025), 関東地震発生と房総スロースリップイベントへの影響の数値シミュレーション, 日本地震学会2024年秋季大会, S08-10.

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報:

項目: 地震: 地震: 海底地震観測: KS-25-11航海

概要: 自己浮上式海底地震計の回収

既存データベースとの関係: なし

調査・観測地域: 宮城沖

調査・観測期間: 2024/7/13-2025/8/28

公開状況: 公開留保中 (公開時期・ポリシー未定)

項目: 地震: 地震: 海底地震観測: MR-25-07航海

概要: 自己浮上式海底地震計の設置 海洋研究開発機構研究船「みらい」 MR-25-07航海 (課題名: 「千島海溝・日本海溝における巨大地震・津波の発生源の海域地震履歴研究」) により実施

既存データベースとの関係: なし

調査・観測地域: 宮城県沖

調査・観測期間: 2025/11/15-次年度も継続予定

公開状況: 公開留保中 (公開時期・ポリシー未定)

項目: 地震: 地殻変動: GNSS音響結合方式海底地殻変動観測

概要: 東京海洋大学練習船・神鷹丸による房総沖におけるGNSS-A観測機器の設置、およびGNSS-A用Wave Gliderの投入。

既存データベースとの関係: なし

調査・観測地域: 房総沖 34.9461 141.8941

調査・観測期間: 2025/6/16-2025/6/20

公開状況: 公開留保中 (公開時期・ポリシー未定)

項目: 地震: 地殻変動: GNSS音響結合方式海底地殻変動観測: KS-25-11航海

概要: KS-25-11航海: 千島・日本海溝における船舶によるGNSS-A観測の実施、。

既存データベースとの関係: なし

調査・観測地域: 宮城沖 37.9329 143.1986

調査・観測期間: 2025/10/21-2025/10/24

公開状況: 公開留保中 (公開時期・ポリシー未定)

項目: 地震; 地震: 広帯域地震観測

概要: 熊野灘において海底地震計の設置・回収を行った

既存データベースとの関係:

調査・観測地域:

調査・観測期間:

公開状況: 公開留保中 (公開時期・ポリシー未定)

項目: 地震: その他: 海底掘削調査

概要: 東北沖プチスポット火山におけるInternational Ocean Drilling Programme (IODP3)

Expedition 502 T-petitへの乗船

既存データベースとの関係:

調査・観測地域:

調査・観測期間:

公開状況:

(10) 令和8年度実施計画の概要:

2011年東北地方太平洋沖地震の破壊の開始点から海溝軸に至る大すべり領域におけるプレート境界における海底地震観測のために2025年に設置した海底地震計の回収を実施する予定である。房総半島沖

において、自己浮上式海底圧力計（OBP）6台での観測を続ける。東京海洋大学「神鷹丸」を用いて、設置、回収を行う予定である。房総沖スロースリップのOBPデータの解析を引き続き行う。2024年2-3月に発生したスロースリップのすべり分布等を求める。南海トラフ東部においても、スロースリップ前後の地殻活動を把握することを目的として、海底ケーブル観測システム(DONET)と自己浮上式海底地震計の組み合わせによる高密度海底地震観測を継続する。

令和7年度に引き続き、前弧マントルウェッジの基底で発生するepisodic tremor and slip (ETS)の発生機構の解明を目的として、ETS発生域に相当する温度圧力条件下において、アクチノライト-緑泥石片岩の摩擦実験を乾燥・含水条件で実施する。これにより、摩擦強度ならびに摩擦の速度依存性(a-b)を定量化し、流体の有無がすべりの安定性に与える影響を明らかにする。また、沈み込む海山と地震発生について引き続き検討するため、海山を構成する石灰岩に加え、海山由来玄武岩・泥岩を使用した摩擦実験を実施する。各試料の摩擦特性を比較検討することで、地震発生に対する物質依存性についても明らかにしていく。深海掘削コアの解析を通じて日本海溝周辺の地震活動に影響をおよぼす地殻応力場を明らかにする。熱水低～高速剪断試験機を用い、断層すべりに伴う物質および流体の物理化学特性の動的な変化が摩擦特性に与える影響を実験的に調べる。高温油圧三軸試験機を用い、沈み込み帯の浅部で発生する物質変化と摩擦特性変化の関連を実験的に調べる。モデリングでは、南海トラフ巨大地震の動的破壊の高精度モデル、相模トラフ巨大地震の動的破壊のモデル化、千島海溝での地震発生サイクルモデルの高度化を進める。加えて、関東地域で繰り返す大地震のモデリングにおいて、元禄型地震のすべり分布の再現等、実際の地震との比較・議論が可能なモデル化を目指す。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

篠原雅尚（東京大学地震研究所）、塩原肇（東京大学地震研究所）、望月公廣（東京大学地震研究所）、一瀬建日（東京大学地震研究所）、山田知朗（東京大学地震研究所）、悪原岳（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：有

日野亮太（東北大学理学研究科）、木戸元之（東北大学災害科学国際研究所）、太田雄策（東北大学理学研究科）、東龍介（東北大学理学研究科）、富田史章（東北大学災害科学国際研究所）、村井芳夫（北海道大学）、佐藤利典（千葉大学）、伊藤喜宏（京都大学防災研究所）、山下裕亮（京都大学防災研究所）、八木原寛（鹿児島大学）、仲谷幸浩（鹿児島大学）、澤井みち代（千葉大学）、奥田花也（海洋研究開発機構）、平内健一（静岡大学）、芝崎文一郎（建築研究所）、松澤孝紀（防災科学技術研究所）

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：
電話：
e-mail：
URL：

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：篠原雅尚
所属：東京大学地震研究所

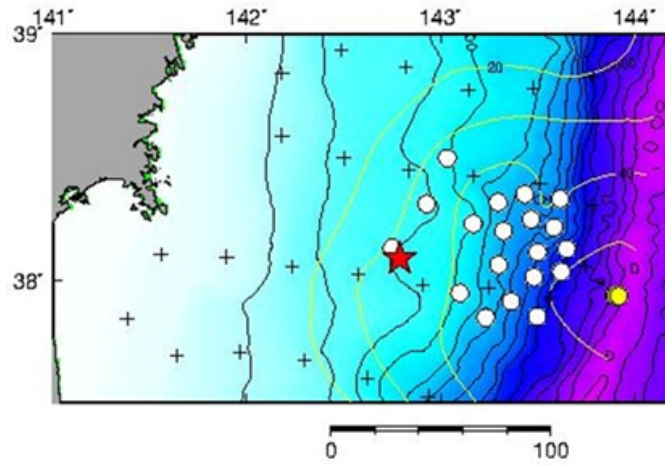


図1

2011年東北地方太平洋沖地震震源域における海底地震観測の観測点配置。黄色丸はKS-25-11航海で回収された地震計が設置されていた地点。白丸はMR-25-7航海により地震計を設置した地点。+はS-netノード、赤星は東北沖地震の震央、黄色コンターは同地震の地震時すべり分布（Kubota+, 2023）をそれぞれ示す。

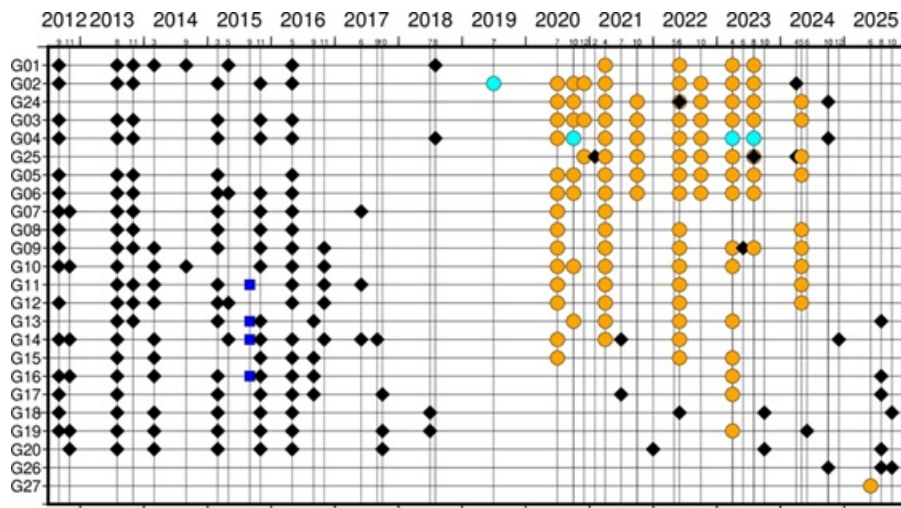


図2

日本海溝沿いにおけるGNSS-A観測実施状況。黒色ダイヤは船舶による観測の実施、橙色円はWave Gliderを用いた観測の実施、水色円は船舶とWave Gliderの同時観測の実施、青色四角は自航式ブイ（Kido et al., 2015）を用いた観測の実施をそれぞれ示す。

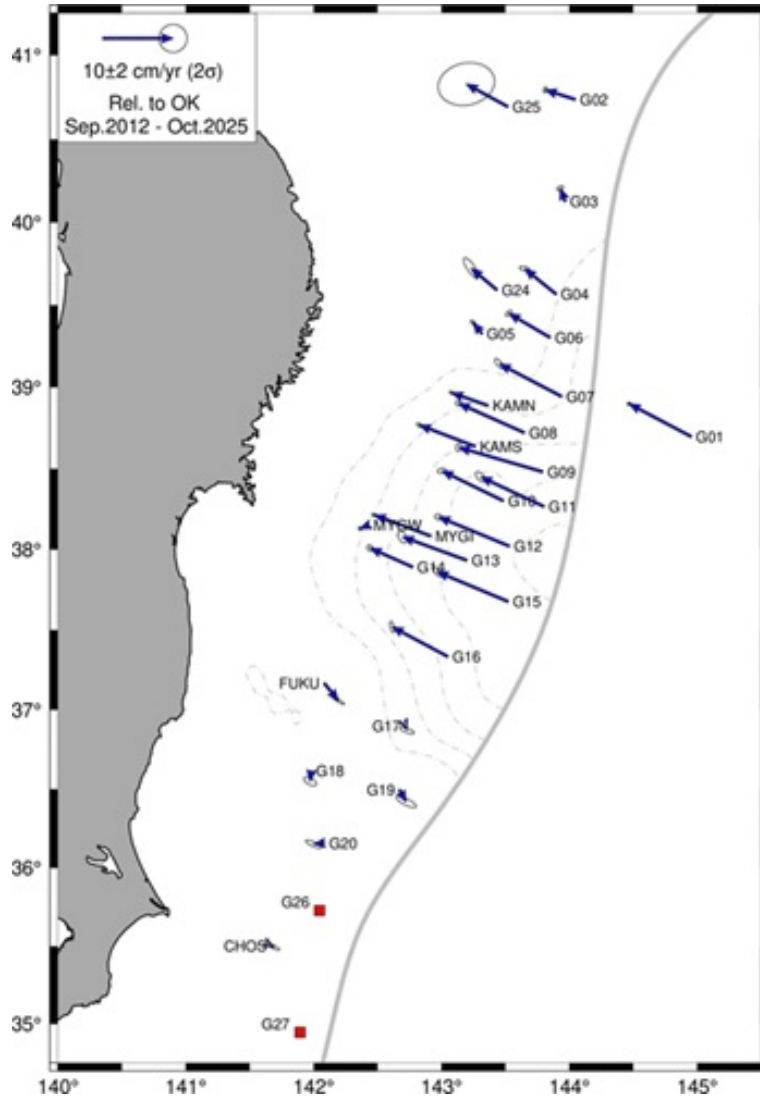


図3

日本海溝沿いでのGNSS-A観測点の変位速度。2012年9月から2025年10月までの平均変位速度を示す。ただし、G24・G25はそれぞれの設置時期（2019・2020年）以降の平均変位速度を示す。誤差楕円は2σ推定誤差を示す。赤四角は2024年度、および本年度に設置された新規観測点（G26-27）の位置を示す。

Spatiotemporal variation of aftershock activity in northern source region of the 2011 Tohoku-oki earthquake by long-term ocean bottom seismometers

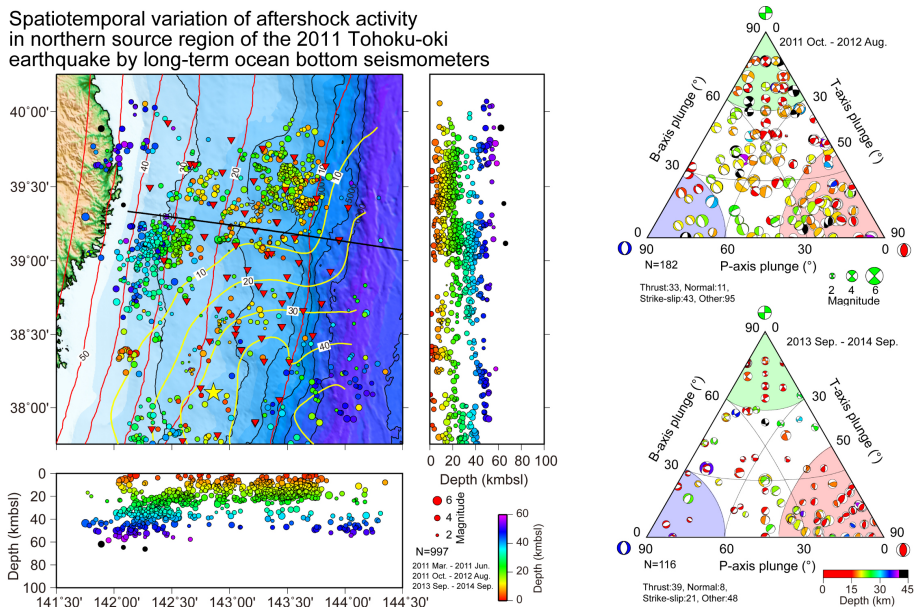


図4

海底地震観測による2011年東北沖地震余震分布と発震機構解分布。左：海底地震観測による余震震源分布と本震時にすべり量(黄線)との比較。赤線はプレート境界の深度コンターを示す。右：発震機構解の分布を示す三角図。それぞれの円の大きさがマグニチュードを、色は地震の深度を示す。赤、緑、青の領域が純粋な逆断層型、横ずれ型、正断層型の発震機構解に対応する。

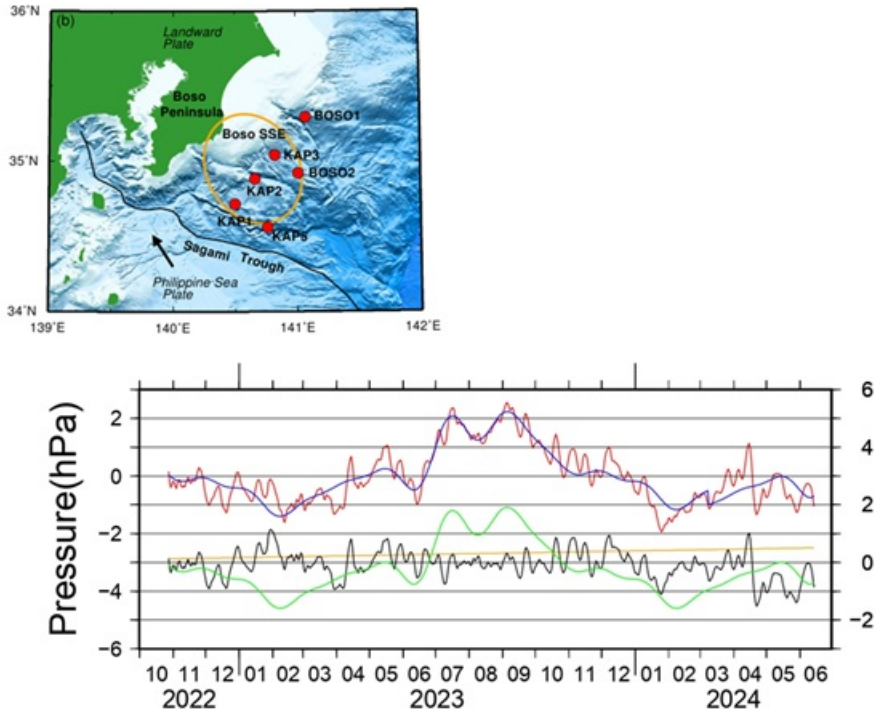


図5

2024年2-3月に発生したスロースリップによる海底上下変動の推定。赤線は海底圧力計データから再構成した海洋モデルデータを差し引いたもの、青線はフィッティング曲線、緑線は季節変動曲線、オレンジ線はトレンドと対数関数（東北地震の余効変動）を表す。黒線は赤線からスロースリップ時の変動を除いたフィッティング曲線を差し引いたものを表す。青線の2024年2-3月に見られる段差がスロースリップによる変動を表す。

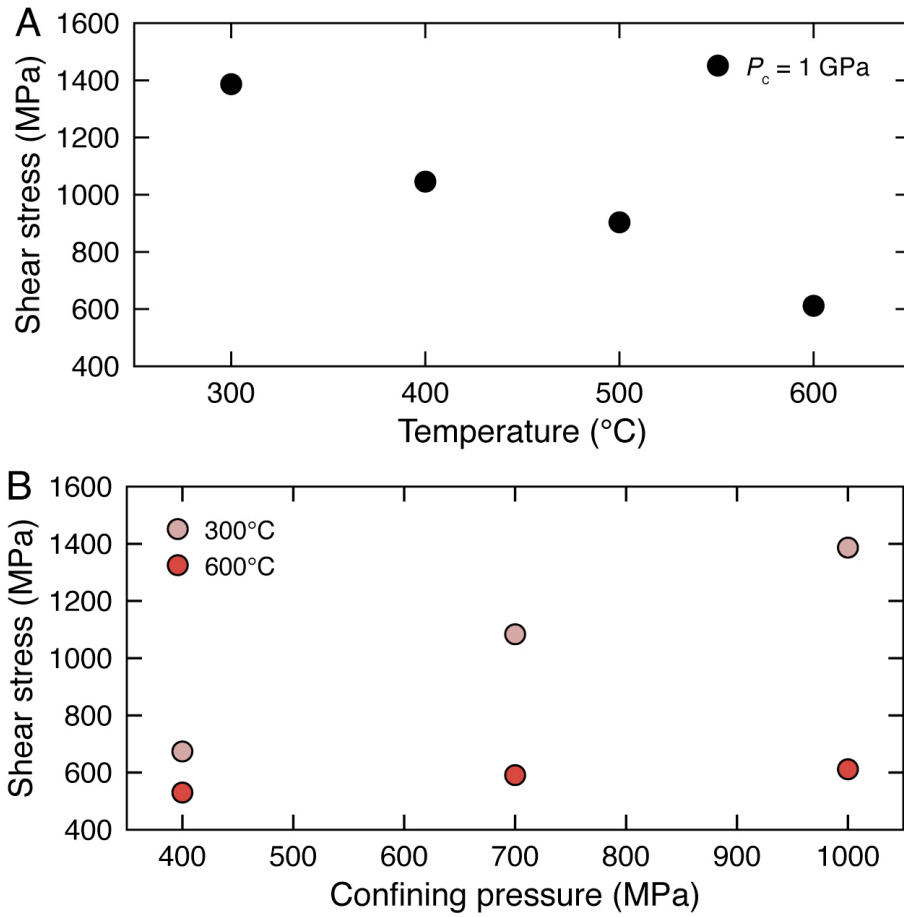


図6

アクチノ閃石-緑泥石片岩ガウジの剪断歪3.0における剪断応力の温度・圧力依存性

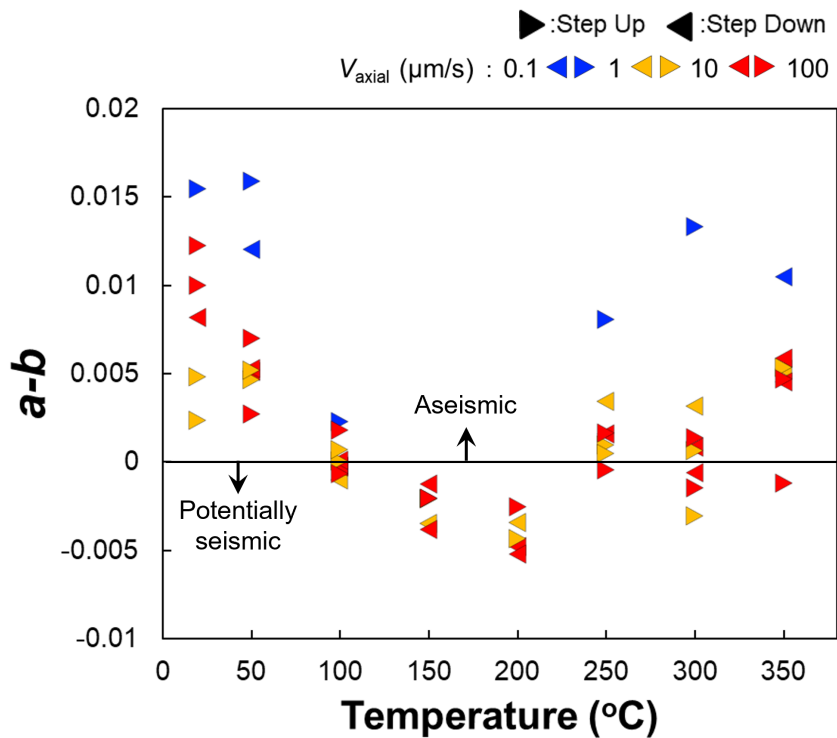


図7

海山由来石灰岩の断層すべり安定性パラメータ (a-b) の温度依存性。すべりが不安定となる条件である「a-bが負」が、温度約100~300°Cで現れることがわかった。

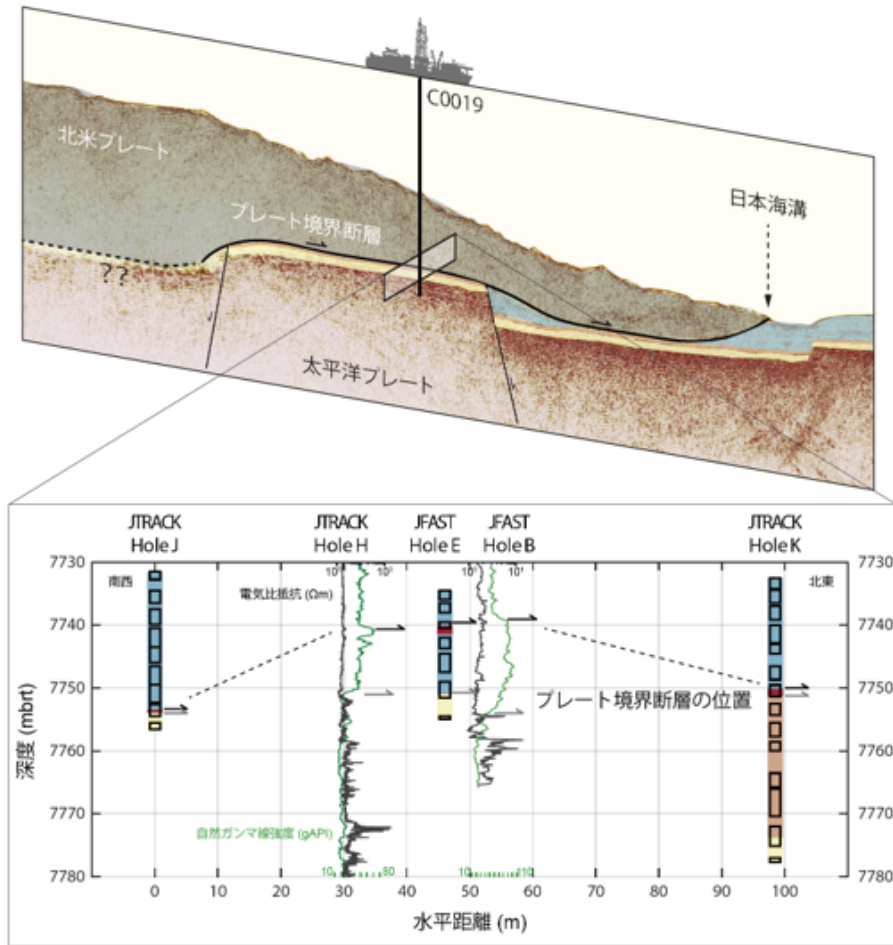


図8

IODP Exp 405 JTRACKで明らかになった日本海溝のプレート境界断層の描像。水平距離100mの中で断層は15mも上下していた。Kirkpatrick et al. (2025)より改変。

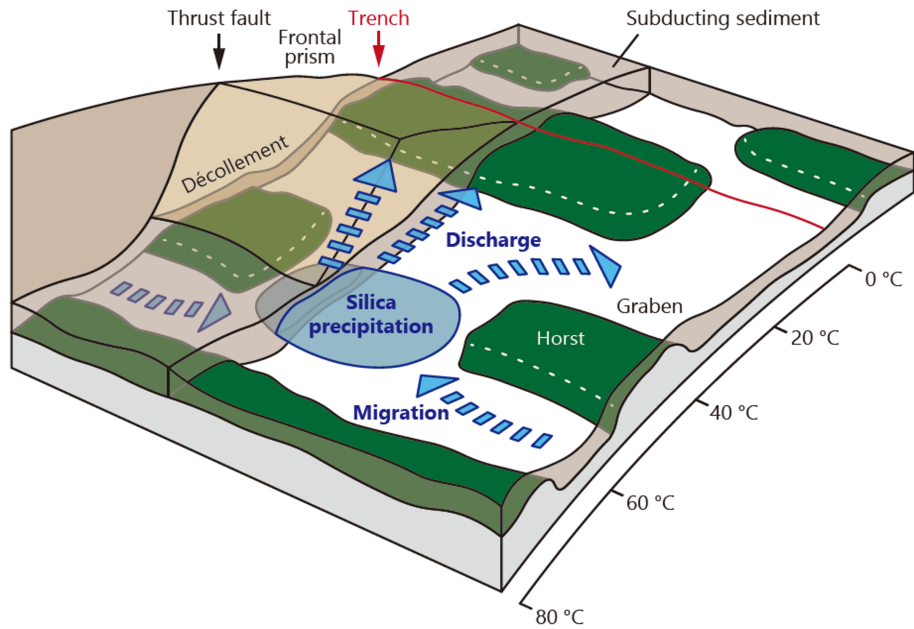


図9
美濃帯犬山地域の白チャートの化学分析から明らかになった、プレート境界における流体移動の模式図。Okuda et al. (2025)より。

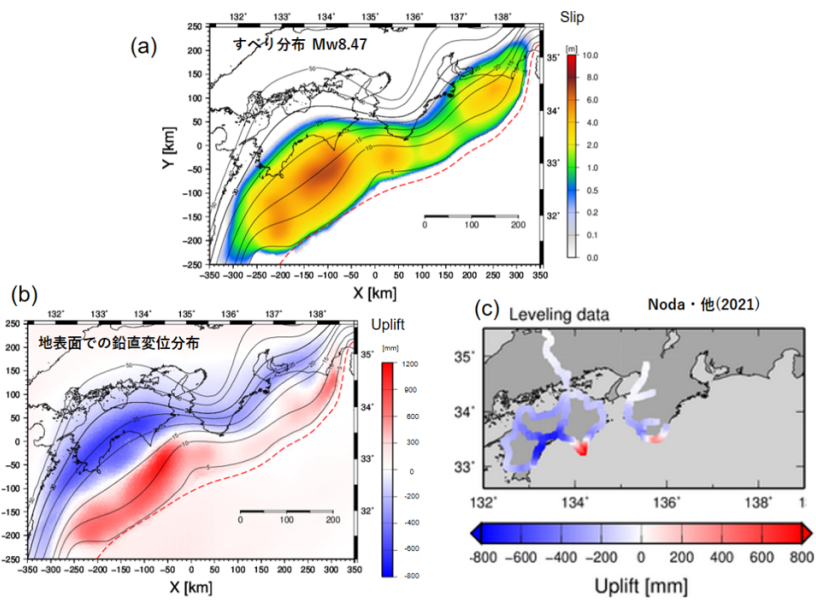


図10
三次元スペクトル要素法により、プレート境界形状を組み込み、すべり弱化を用いて、南海トラフ海溝型巨大地震の動的破断シミュレーションを行った。応力降下量の分布は、野田ら（2021）により推定された応力蓄積率と再発間隔（100年）の積により計算する。深部の長期的SSE発生域の深さですべり強化の摩擦則を与えた結果、図(a)に示すすべり分布が得られた。計算された上下変動(b)は高知市周辺で最も大きな沈降を示しており、実際の観測データ（図c）とある程度調和的な結果が得られた。