

(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：

非火山性地震の発生メカニズムの解明－震源域深部の地殻内流体との相互作用

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

ウ. 広域の地殻構造と地殻流体の分布

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

エ. 地震活動と火山活動の相互作用

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

ウ. ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程

(5) 本課題の5か年の到達目標：

非火山性群発地震活動が最も活発な和歌山地域において、詳細な地殻構造のイメージング（微小地震稠密連続観測・比抵抗構造探査に基づく）と地殻変動解析を通して、(1) 群発地震発生域の地殻内流体の精細な分布・存在形態とその起源、(2) 群発地震発生域の力学モデル、(3) 応力場の変化と群発地震活動との関係、を捉えることを目指す。最終的に、各々の解析結果を統合することで、地殻内流体との相互作用を考慮した非火山性群発地震発生の定量的モデルの構築を目指す。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

平成 21 年度においては、和歌山地域の非火山性群発地震活動域を南部から横断する測線で、広帯域 MT 観測を実施する。また、合成開口レーダー（SAR）データを用いた干渉解析を開始する。

平成 22 年度においては、非火山性群発地震活動域を横断する測線で、稠密自然地震観測を実施する。また、前年度に得られた MT 観測データの処理・解析を始める。SAR データを用いた干渉解析を継続する。

平成 23 年度においては、前年度に得られた稠密自然地震データの処理・解析を開始する。また、MT 観測データの解析と SAR データを用いた干渉解析を継続する。

平成 24 年度においては、非火山性群発地震活動域の地殻内の地震波速度構造・反射面の空間分布・詳細な震源分布・メカニズム解分布・比抵抗構造・地殻変動の力学モデルの推定に関する解析を進める。

平成 25 年度においては、各々のテーマに関する解析を遂行し、全ての成果を統合することで、非火山性群発地震発生の定量的モデルの構築を目指す。

(7) 平成 22 年度成果の概要：

本年度は、非火山性地震活動の駆動源の全体像を捉えるために、広域にわたる自然地震観測を実施した(図1)。和歌山地域を横断する長さ約90kmの南北測線上に、計86点からなる稠密地震計アレイを11月下旬に展開した。また、昨年度に実施した比抵抗構造探査のデータ解析を進め、群発地震発生域の比抵抗構造を推定した。その結果、非火山性地震発生域から中部地殻にかけて、低比抵抗体が存在することが明らかとなり、流体の存在が示唆される(図2b)。しかしながら、不測の事態(観測機器の初期的不調、低調な太陽活動の影響によるMT応答関数決定精度の低さ)やスタティックシフト推定の不定性から、この低比抵抗体の上面の深さの決定精度が劣るため、更なる検討が必要である。

本研究課題の先行研究として実施された和歌山地域における2006年小規模・稠密地震観測データの統合解析が完了した(Kato et al., 2010a)。非火山性群発地震の多くは、ポアソン比が1.66と低い領域で発生しており、流体の関与が示唆される(図2c)。また、メカニズム解・応力場解析から、広域応力場に調和的な特定な断層面がすべることで、群発地震が発生していることが示された。群発地震の直下には、貫入岩を示唆する顕著な高速度体が存在しており、貫入岩が引き起こす熱水循環による流体圧の変化が、広域応力場に調和的な断層面を滑らせることで、非火山性地震が誘発されるというモデルを提案した。

本課題に関連する成果として、2008年に東海地域で実施した稠密地震アレイ観測(図3)のデータ解析が完了した(Kato et al., 2010b)。沈み込むフィリピン海プレートの海洋性地殻内や上盤内の流体分布の推定に成功した(図3)。長期的SSEによるモーメント解放量の最も大きな領域では、海洋性地殻内に顕著な低速度・高ポアソン比の異常域が現れる。この異常域の弾性波速度は、通常の海洋性地殻の速度に比べて有意に低下する。室内実験で得られた弾性波速度の測定結果を参考にすると、この領域には高圧流体、もしくは大量の流体の存在が示唆される。長期的SSE域に対してより深部に位置する低周波地震・微動域では、海洋性地殻内に低速度・高ポアソン比の異常域が依然として存在するものの、その大きさが長期的SSE域にくらべて明らかに低下する。上述の速度構造の深さ変化は、低周波地震・微動域の海洋性地殻内では、流体圧の低下、もしくは、流体量の減少が生じている可能性を示す。この原因として、海洋性地殻内の高圧流体の一部が、微動域直上のマントル・ウェッジ内へ漏れていることが考えられる。実際、マントル・ウェッジ内のP波・S波速度は、乾いた橄欖岩に比べて有意に低い値を示し、海洋性地殻から漏れた流体によって橄欖岩の蛇紋岩化(約60%)が進行していると考えられる。

長期的SSEによる滑りの多くは、前弧側の上盤プレートと沈み込む海洋性地殻が接する境界で主に発生する。一方、低周波地震・微動は、蛇紋岩化したマントル・ウェッジと海洋性地殻が接する境界で発生する(図4)。このように、長期的SSEと低周波地震・微動によるゆっくりすべり域は、プレート境界面上に位置するものの、上盤物質の構成岩石種が大きく異なることが明らかとなった。本研究によって抽出された詳細な地下構造により、ゆっくり地震と関連性の高い異常構造が存在することが明らかとなり、ゆっくり地震の発生過程を理解する上で重要な知見が得られた。

**(8) 平成22年度の成果に関連の深いもので、平成22年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :**

Kato, A., S. Sakai, T. Iidaka, T. Iwasaki and N. Hirata (2010), Non-volcanic seismic swarms triggered by circulating fluids and pressure fluctuations above a solidified diorite intrusion, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L15302, doi:10.1029/2010GL043887.

Kato, A., T. Iidaka, R. Ikuta, Y. Yoshida, K. Katsumata, T. Iwasaki, S. Sakai, C. Thurber, N. Tsumura, K. Yamaoka, T. Watanabe, T. Kunitomo, F. Yamazaki, M. Okubo, S. Suzuki, N. Hirata (2010), Variations of fluid pressure within the subducting oceanic crust and slow earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L14310, doi:10.1029/2010GL043723.

**(9) 平成23年度実施計画の概要 :**

前年度に得られた稠密自然地震データの処理・解析を開始する。また、広帯域比抵抗探査データの再解析とSARデータを用いた干渉解析を継続する。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

東京大学地震研究所：加藤 愛太郎・岩崎 貴哉・平田 直・金澤 敏彦・飯高 隆・酒井 慎一・上嶋 誠・  
小河 勉・青木 陽介・中川 茂樹

他機関との共同研究の有無：有

神戸大学：山口 覚

産業技術総合研究所：今西 和俊

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：東京大学地震研究所 地震火山噴火予知研究推進センター

電話：03-5841-5712

e-mail：yotik@eri.u-tokyo.ac.jp

URL：http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/index-j.html

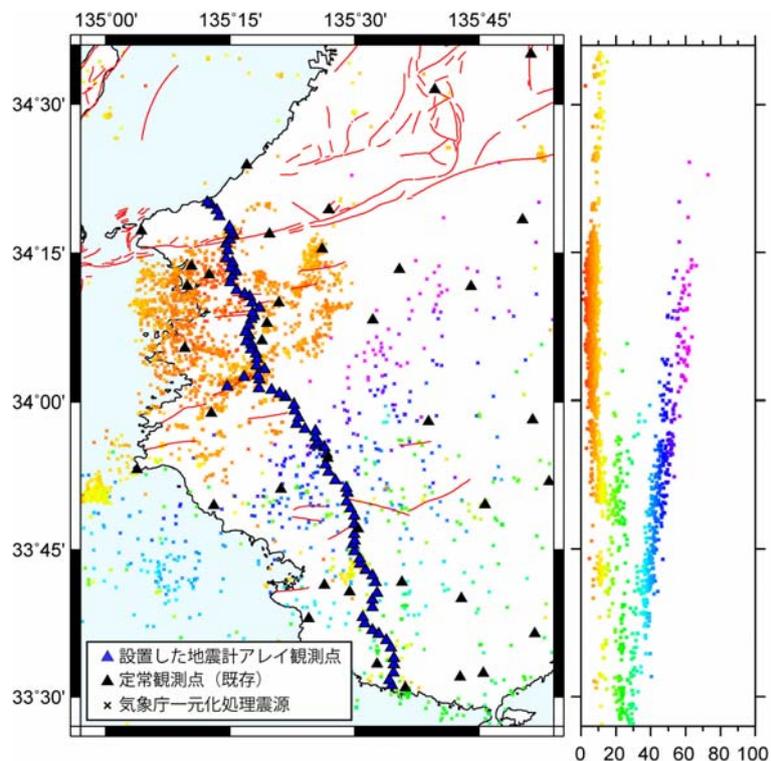


図 1

本年度に設置した稠密地震計アレイ観測点，定常観測点，気象庁一元化处理震源の分布図を示す。

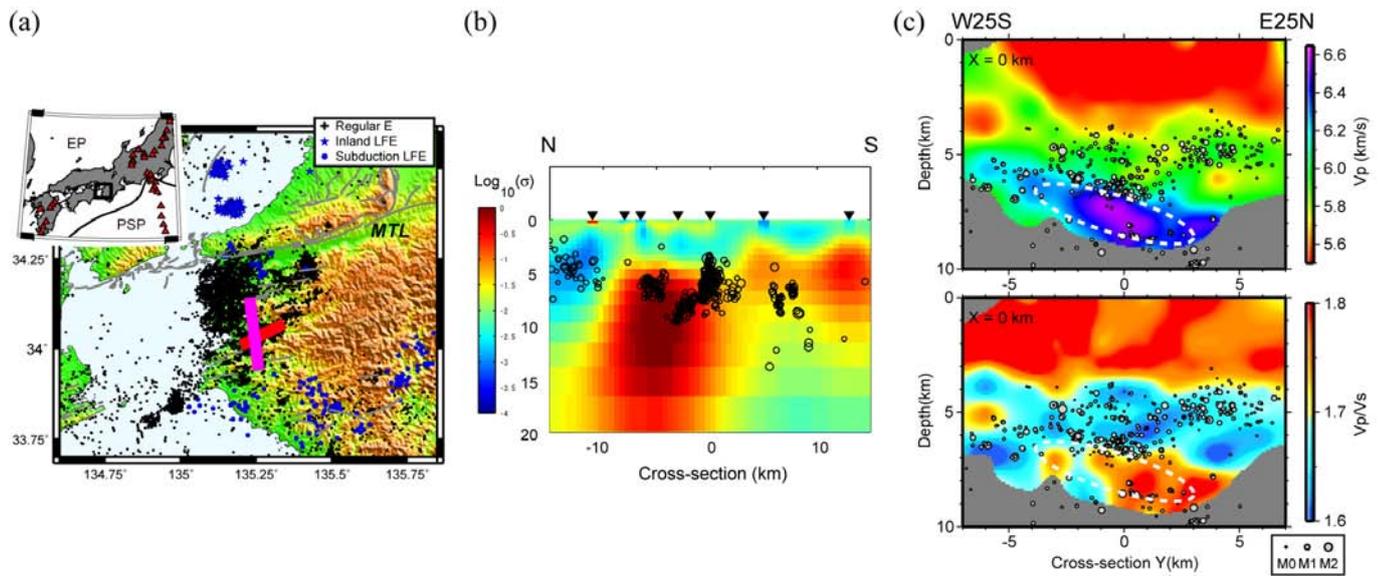


図 2

(a) 和歌山地域における比抵抗構造探査（紫色太線）と 2006 年稠密地震観測の測線を示す（赤色太線）. (b) 比抵抗構造の深度断面図（NS 走行）を示す. ○は気象庁一元化処理震源を表す. (c) 地震波速度構造（ $V_p$ ,  $V_p/V_s$  比）の深度断面図（W25S-E25N 走行）を示す. 灰色○は再決定震源を表す (After Kato et al., 2010a).

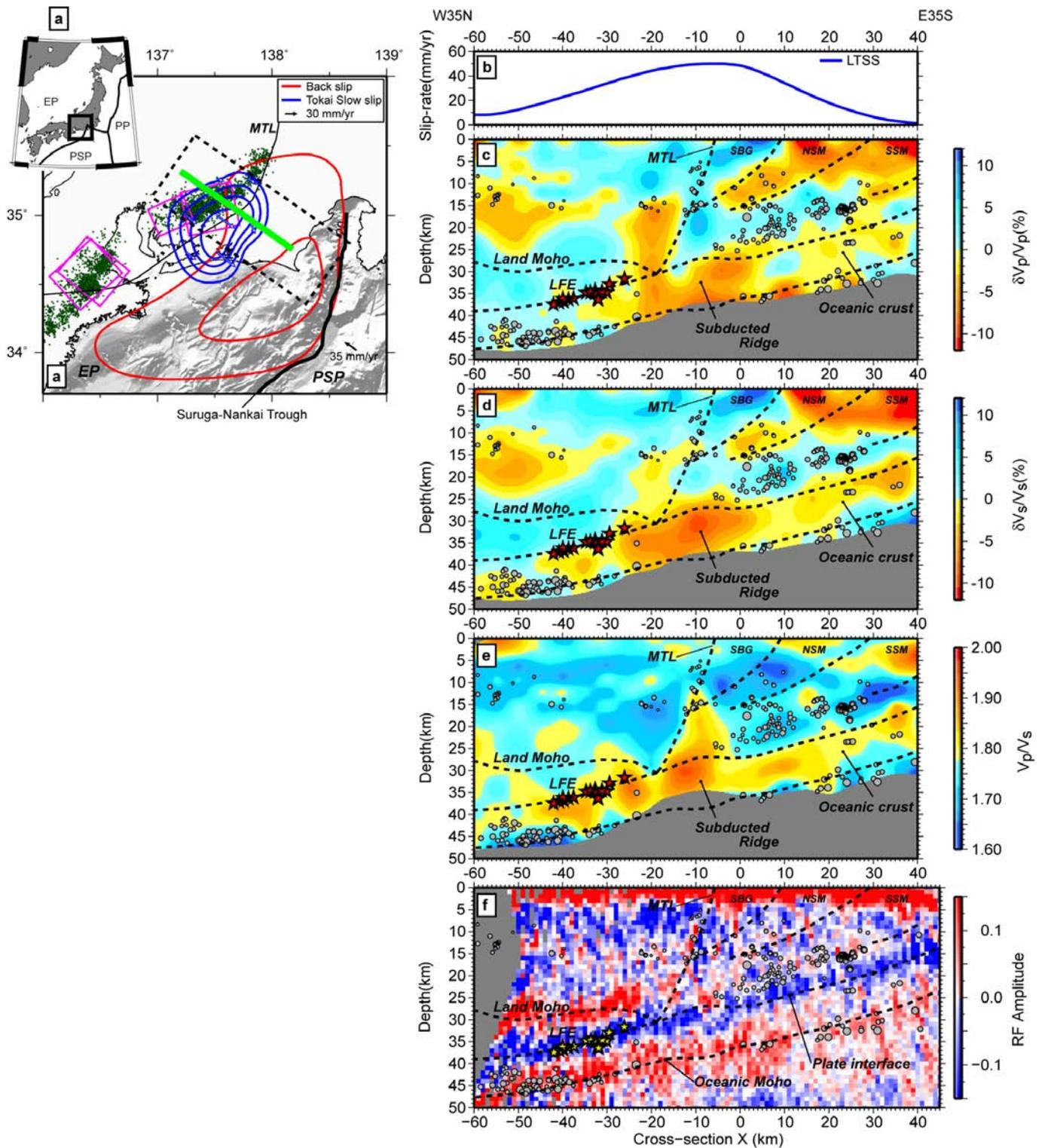


図 3

(a) 東海地方におけるアレイ地震観測点の分布図 (緑色太線), すべり欠損速度 (赤実線), 長期的 SSE のすべり速度 (青実線), 気象庁一元化処理震源による深部低周波地震の震央分布 (点), 短期的 SSE の震源断層を示す (紫色) (After Kato et al., 2010b). (b) 長期的 SSE のすべり速度, (c)-(f) 地震波速度構造とレシーバー関数の深度断面図を示す. 灰色の丸印は, 再決定された通常の地震の震源, 赤色の星印は, 高精度に推定された低周波地震の震源を表す (After Kato et al., 2010b).

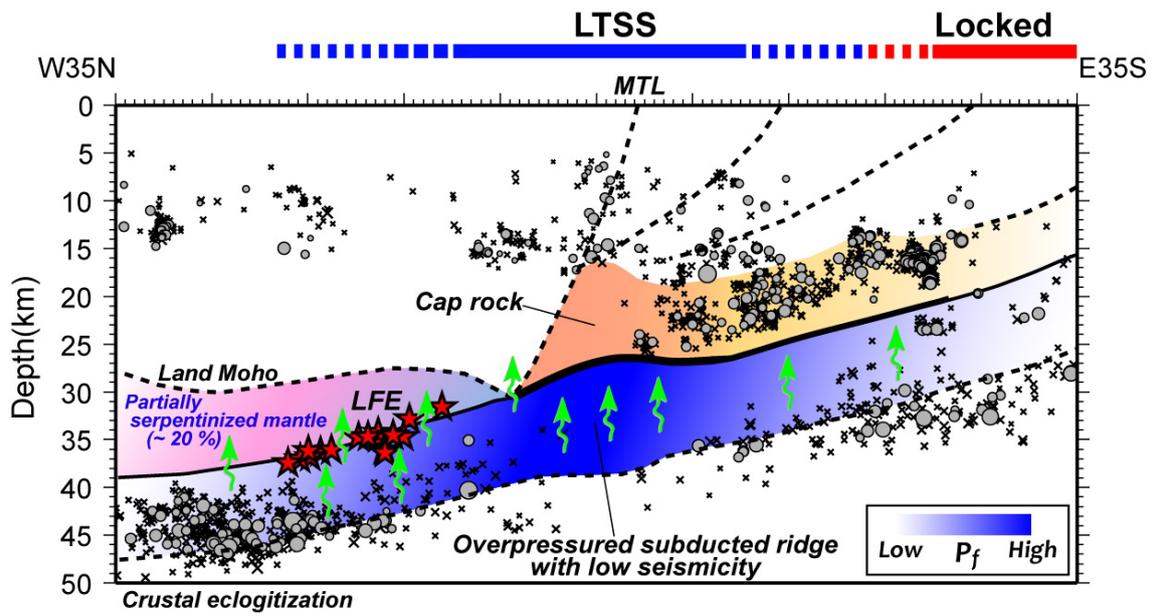


図 4

東海地方の地下構造の解釈図。予想される沈み込む海洋性地殻内の流体圧分布を寒色系の濃度で表わす。緑色の矢印は、予想される流体の移動経路を示す (After Kato et al., 2010b).