平成 25 年度年次報告

課題番号：1412

（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）計画期間中（平成 21 年度～25 年度）の成果の概要：

2010 年から 2014 年にかけて和歌山地域を横断する 3 本の稠密地震計アレイを展開し、連続波形データを取得した。2009 年には、群発地震域の南部で比抵抗構造探査も実施した（図 1）。地殻変動解析については、すでに GPS データを用いた解析が Yoshida et al (2011) によって遂行されており、群発地震発生域の東部に隆起域（隆起速度：約 5 mm/yr）の存在が報告されている（図 1）。

和歌山地域の地震活動は深さ 10 km 以浅に位置し、地震発生層の下限が活動域の中心部では縁辺部に比べて浅くなる、上に凸状の形状を示すことが明らかになった（図 2）。地震発生域の深部延長部には、顕著な低速度体が存在し、下部地殻全体が低速度を示す（Low-V1, 図 2）。群発域の南東部において地震発生層の下限が浅くなるが、それに応じて低速度層の上端も浅くなっている。このことから、震源域直下の低速度体の分布と活発な非火山性地震の分布との間には、明瞭な空間的な対応関係が見られる。2009 年度に地震発生域の南部で取得された比抵抗構造（Uyeshima et al., 2010）を参考にすると、この低速度体は地殻内の流体である可能性が高く、地殻流体が非火山性地震の発生に密接に関与していると考えられる。地殻流体の存在を示唆する低速度域の中心は、地表で観測された隆起域に概ね一致する（図 2a）。このことから、地震発生域の深部延長部に存在する地殻流体の浮力により、隆起変動が生じていると推察される。

群発地震発生域の深部には陸のモホ面に対応する高速度ギャップが存在する。陸のモホ面は、群発地震発生域の南部で徐々に浅くなり、マントル・ウェッジ先端で不明瞭となる（Low-V2, 図 2）。この特徴は、陸のモホ面が海洋性地殻の上面と交わる東海地域と異なっており興味深い点である (Kato et al., 2010)。マントル・ウェッジは全体的に低速度を示しており、マントル主要構成物であるオリビンの蛇紋岩化が進行していると解釈できる。

紀伊半島南部の前弧域の地殻下部では、沈み込むスラブから解放された流体と考えられる低速度体がイメージングされた（Low-V3, 図 2）。この低速度体は、地殻浅部方向へ延びる形状を示す。この低速度体も、過去に取得された比抵抗構造 (Umeda et al., 2006) を参考にすると、低比抵抗域に対応しており、沈み込むスラブから前弧域への流体供給が進行していることを示唆する。このような前弧域での流体供給を示唆する構造異常は、東海地域でも同様に見つかっている (Kato et al., 2010)。

また、和歌山地域に南方から沈み込むフィリピン海プレートの海洋性地殻が明瞭にイメージングされた。和歌山地域に向かって、海洋性地殻の沈み込み角度は徐々に高角になる（図 2f）。さらに、紀伊半島南部で低速度層として見える海洋性地殻は、和歌山地域の深部（深さ 45-55 km）で、高速度層へ変化する。沈み込みにともなう海洋性地殻の高速度化は、海洋性地殻内の玄武岩が脱水変成作用によりエクロジャイト化していることを意味する。一方、低周波地震・微動域の海洋性地殻内は低速度・高ポアッソン比で特徴づけられ、東海・四国西部で確認された特徴と一致する。

2013 年 1 月から 2014 年 10 月にかけて、和歌山地域北部から淡路島を横断する東西測線上に 40 点から成る稠密地震計アレイを展開して連続波形記録を収集した。観測期間中に取得された遠地地震の波形を用いたレシーバー関数解析により、和歌山地域から紀伊水道にいたる東西断面上における不連続面のイメージングをおこなった。その結果、フィリピン海プレートの海洋性地殻は和歌山地域から海へ向かって急激に浅くなり、淡路島の東部で陸のモホ面に近づき、それに伴い群発域の直下に存在する蛇紋岩化したマントル・ウェッジの厚さは薄くなる。淡路島の西側では海洋性地殻の存在を確認することは困難となり、マントルが地殻直下に存在する可能性が挙げられる。

以上の結果から、非火山性群発地震の発生域の下部地殻とマントル・ウェッジ内に地殻流体が存在し、地殻流体が群発地震の発生に重要な役割を果たしていると考えられる。このような不均質な流体分布は、沈み込むフィリピン海プレートの脱水反応や幾何学的形状、沈み込み様式に依存していることが示唆される。

（８）平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

加藤愛太郎, 2013, 稠密地震波観測に基づく地震発生と地殻流体, 地球化学, 46, 191-203.

Saiga, A., Kato, A, E. Kurashimo , T. Iidaka , M. Okubo , N. Tsumura , T. Iwasaki , S. Sakai and N. Hirata, 2013, Anisotropic structures of oceanic slab and mantle wedge in a deep low-frequency tremor

zone beneath the Kii peninsula, SW Japan, J. Geophys. Res. Solid Earth, 118, 1091-1097, doi: 10.1002/jgrb.50069.

加藤愛太郎，2013，内陸地震の発生と殻流体，S1_1，地殻流体研究会 2013，修善寺.

（9）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

（10）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

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：加藤愛太郎

所属：東京大学地震研究所

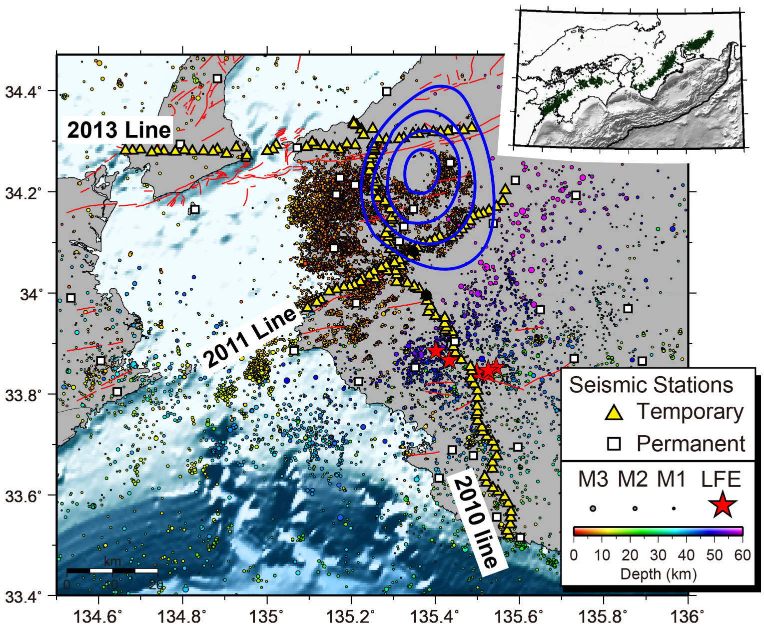

図 1

本計画中に実施した稠密地震計アレイ観測点の配置（△印）と気象庁一元化処理震源の震央分布を示す（2011～2012 年）。定常観測点は□印。赤☆印は再決定された低周波地震の震源を表す。青色コンターは地殻変動のデータ解析から得られた隆起速度分布（Yoshida et al., 2011）（コンター間隔は 1 mm/年で、隆起速度 4 mm/年以上のみを示す。）を、赤実線は活断層の地表トレースを表す。

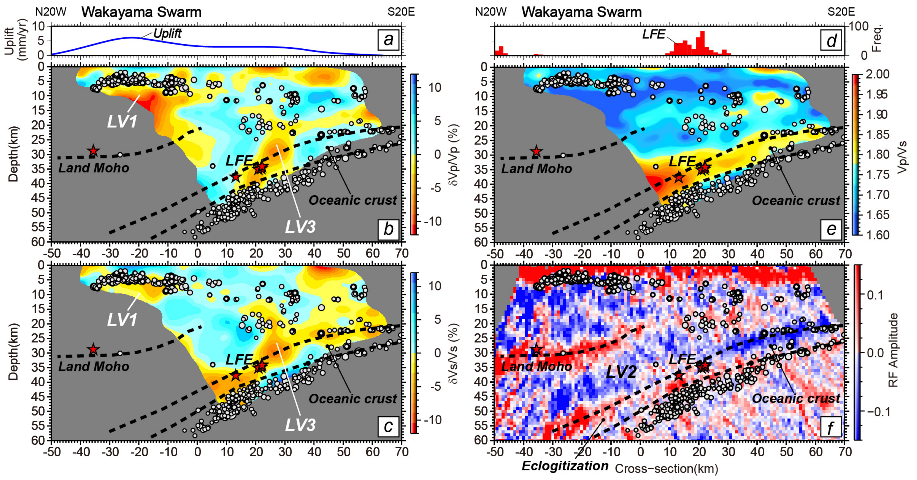

図 2

2010 年に実施した稠密地震計アレイデータに基づく地震波速度構造と不連続面構造の深度断面図を示す。（a）測線に沿った方向の隆起速度分布、（b）P 波速度構造の偏差、（c）S 波速度構造の偏差、（d）低周波地震（気象庁カタログ）の頻度分布、（e）Vp/Vs 比、（f）レシーバー関数断面。灰色は再決定された測線近傍の地震を、赤☆印は再決定された低周波地震の震源を表す。黒色の破線は、陸のモホ面と、沈み込む海洋性地殻の上面・下面の位置の解釈線を示す。