

紀伊半島における深部低周波微動の移動方向・速度に見られる深さ依存性 Depth-dependency on direction and velocity of tremor migration in Kii peninsula

小原 一成^{1*}, 松澤 孝紀², 田中 佐千子², 前田 拓人¹

OBARA, Kazushige^{1*}, MATSUZAWA, Takanori², TANAKA, Sachiko², MAEDA, Takuto¹

¹ 東京大学地震研究所, ² 防災科学技術研究所

¹Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, ²National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

西南日本や Cascadia の沈み込み帯で検出される深部低周波微動 (Obara, 2002) は, プレート境界の巨大地震発生域深部延長部で短期的スロースリップイベントに同期して発生し (Obara et al., 2004), その領域が弱いながらも固着していることを示している。従って, これらの現象を理解することは, プレート間カップリングの状態把握の点においても重要である。微動は, 半年等のほぼ規則的の間隔でバースト的に発生し, それぞれのエピソード期間中に 1 日約 10km の速度で沈み込むプレートの走向方向に移動する (Obara, 2010) が, 他にも, この長期的低速移動方向とは逆方向に 100km/day のオーダーで移動する Rapid Tremor Reversal (RTR) (Houston et al., 2011), 1000km/day のオーダーでプレートのすべり方向に移動する超高速移動 (Shelly et al., 2007; Ide, 2012) が報告されている。このような移動様式は, すべり破壊過程を明らかにする上でも重要であり, シミュレーション研究においても観測事実を説明する試みがなされている。そこで, 微動移動現象の特徴を客観的に把握するため, 移動イベントを自動的に検出する手法を開発した。

本研究に用いる微動カタログは, 観測点間のエンベロープ時間差を用いるエンベロープ相関法に振幅情報に加え, 1 分間隔で微動源を推定するハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) によって構築されたものである。解析対象は, 2001-2010 年に紀伊半島中部から北東部の地域に発生した 43 回のエピソードで, 微動の時空間分布の回帰分析に基づいて外れ値を取り除き, 平面と時間の 3 次元空間で線形的に分布する微動群を主成分分析に基づいて抽出した。できるだけ様々な速度を有する移動イベントを検出するため, 4 種類の時間スケール (30 分, 1 時間, 2 時間, 4 時間) を用い, それぞれの半分の時間ずつシフトさせながら解析を行った。その結果, 各時間スケールで 200 前後の移動イベントが検出された。30 分スケールでは, ほとんどが北西-南東方向に速度 20-100 km/h で移動するイベントであり, 既に知られているプレートすべり方向の高速移動と同じである。しかし, 1 時間以上のスケールでは, 時間が長くなるに従って速度も遅くなり, 北東-南西方向の移動が顕著となる。さらに, この北東-南西方向の移動イベントのほとんどは, 微動域の浅部端に集中する。移動方向は, 北東に向かうものに比べて南西に移動するイベントが多く, この地域で発生するエピソードの大半が南西方向に移動することと調和的である (Obara, 2010)。以上から, やや速度の遅い移動イベントはプレート走向方向が支配的で, 微動域の最も浅い側に分布するのに対し, 高速移動はプレートすべりの方向でやや深部側に分布する, という深さ依存性を有することが明らかになった。

本解析では, RTR も自動的に検出される。例えば, 2006 年 1 月の北東に向かう大規模な微動エピソードの際には, それとは逆に南向きで 16-18km/h の速度を有する RTR が 5 時間の間に 2 回検出された。興味深いことに, これらの RTR を繋ぐように北向き 50km/h の高速移動が存在する。つまり, 微動は往復運動しており, 破壊フロント付近におけるすべりの揺らぎを反映している可能性がある。これらの RTR は, 微動域の最深部から最浅部に移動しており, やや斜交したプレートすべり方向の移動とみなすこともできる。そこで, 全ての移動イベントを長期的移動方向に投影すると, RTR とプレートすべり方向の高速移動イベントは, いずれも 10-20km/h と同様の移動速度を有する。このことは両者とも既存の線状不均質に沿って発生したもので, 北東-南西方向に伝播する平面波的な揺らぎパルスとのなす角度によって, 速度の異なる移動イベントとして検出された可能性を示している。

ところで, 微動域最上端に存在する走向方向の配列は何を意味するのであろうか? これは, 長期的低速移動エピソードとの類似性から, その低速移動を駆動するプースター的な役割を果たすのかもしれない。Nakata et al. (2011) のシミュレーション研究に見られるように, 微動移動は本来拡散的であるが, その運動によって一定速度で移動する現象が再現可能であることと調和的である。また, 微動は陸側モホ面よりも下側のプレート境界で発生すると考えられており, スラブ内から脱水した水がプレート境界に沿って上昇する際に, 浸透性の低いモホ面で遮られ, 水溜めの状態になっている可能性がある (片山・平内, 2010) が, その豊富な流体が走向方向の微動移動と関連するのかもしれない。

キーワード: 深部低周波微動, スロー地震, 沈み込み帯, 震源移動, プレート境界

Keywords: non-volcanic tremor, slow earthquakes, subduction zone, source migration