Detection and evaluation of tremor migration beneath Kii Peninsula

*Takuya Maeda¹, Kazushige Obara¹, Akiko Takeo¹, Takanori Matsuzawa²

1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

西南日本やCascadiaなどで発生する深部低周波微動は、短期的スロースリップイベント(SSE)とともに Episodic Tremor and Slip (ETS ; Rogers and Dragert, 2003) を構成し、1日約10 kmの速度で、プレート形状の走向 (strike) 方向に移動することが知られている。このような移動する微動のメインフロントが通過した後に、比較的小規模で高速度の移動現象がしばしば確認されている。例えば、メインフロント移動の10~20倍の速度で反対方向に移動するRapid Tremor Reversal (RTR ; Houston et al., 2011) やメインフロント移動のおよそ100倍の速度でプレートの傾斜 (dip) 方向に移動するstreak (Ghosh et al., 2010) などが挙げられる。ここではこれらの様々な微動の移動現象をマイグレーションと呼ぶ。マイグレーションの特徴として、その移動方向や移動速度がマイグレーションの継続時間に依存することが知られている。例えば、西南日本では、継続時間が短いマイグレーションはdip方向、長い継続時間の場合はstrike方向に卓越する (Ide, 2012; Obara et al., 2012)。Cascadiaでも、時間窓が長くなるに従い、strike方向に移動するマイグレーションの割合が大きくなることが報告されている (Bletery et al., 2017)。

本研究では、微動マイグレーションの特徴をより詳細に明らかにするため、従来とは異なる手法により、複数の時間窓におけるマイグレーションの抽出と、マイグレーションの移動方向、移動速度、アスペクト比の推定を行った。ここでアスペクト比とは、1つのマイグレーションを構成する微動分布における、移動方向の長さとしてとそれと直交する方向の長さの比を指す。解析にはエンベロープ相関・振幅ハイブリッド法による微動カタログを用いた (Maeda and Obara, 2009)。解析対象地域は紀伊半島中部から北東部にかけての領域、解析期間は2001年1月~2020年5月とし、ETSだけでなく期間中に発生した小規模な活動も含めて解析を行った。解析に用いた時間窓は1h, 2h, 4h, 8hの4通りで、その半分の時間長で時間窓をずらしながら全期間について解析することにより、その時間窓の長さを継続時間とするマイグレーションの探策を行った。設定された時間窓の中に含まれる全ての微動が、ある一つの方向に移動すると仮定して、その移動方向を10度刻みで変化させ、移動方向に投影した距離と微動の発生時刻との相関係数が最大となる方向を推定した。この時、回帰直線からの残差が 2σ を超える微動源については外れ値として除去し、移動方向を再計算した。この回帰直線の傾きから、マイグレーションの速度を推定した。また、それぞれの時間窓において、外れ値を除いたデータからマイグレーションの重心を求めた。この重心を通る移動方向の直線と微動源との距離の標準偏差 σ' を計算し、移動方向の長さを時間窓内での移動距離、それに直交する横方向の長さを $\pm 3\sigma'$ としてアスペクト比を求めた。なおこの時、マイグレーションを構成する微動群から空間的に離れた点を外れ値として除去し、マイグレーションの方向と速度を再計算した。また、1つの時間窓における微動数が20個未満の場合及び、時間窓を4等分したいずれかにおいて微動源が3点未満の場合、マイグレーションとしては採用しないこととした。

約20年間の微動活動をまとめて解析した結果、マイグレーションの移動方向は、時間窓の長さによらずdip方向に卓越する。一方、移動速度は時間窓が1, 2, 4, 8 hのときにそれぞれ5, 3, 2, 1 km/h付近にピークを持ち、時間窓が長くなるに従って低下した。また、アスペクト比は、大部分のマイグレーションで1より大きく、時間窓の長さとともに増加傾向にあることから、マイグレーションの多くは移動方向に対して直交方向の広がりを持って進行していることが明らかになった。以上の結果を既往研究 (Obara et al., 2012) と比較するといくつか相違点が見られる。この違いは、既往研究では一次元的な移動を前提として、ETSなどの大規模活動中のマイグレーションを抽出したのに対し、本研究で小規模な活動も含めて解析し明らかにされたように、マイグレーションのほとんどが面的に進行する現象であることに起因する可能性がある。