

1412 次世代プレート境界地震発生モデル構築のための実験的・理論的研究
担当者 中谷正生(nakatani@eri.u-tokyo.ac.jp)

・実施機関（代表機関）名

東京大学地震研究所

・研究目的

次期研究計画では、滑りのモニタリングが可能になったプレート境界の地震に関して、物理モデルにもとづくプレート境界すべりの数値シミュレーションとの比較によって、地震サイクルのゆらぎを考慮する新たな長期評価手法の開発や、スロースリップ等多様な滑りと地震発生の相互作用の解明を行うことを一つの目標として掲げている。海溝型地震のシミュレーションにおいてはこれまで、プレート境界断層が固着域（アスペリティ）と準定常的クリープ域に棲み分けられているというアスペリティモデルが有望視されてきた。ところが 2011 年の東北沖地震（M9）では、従来アスペリティが認定されていなかった部分をふくむプレート境界面上の広い領域で大きな滑りが生じ、単純なアスペリティモデルが巨大地震には適用できないことが明白となった。また、詳細な観測データが得られたにもかかわらず、大きなすべりを生じた原因は特定できておらず、観測とは別にモデルパラメータに制約を与えることが必要となっている。そのためには震源断層の浅部から深部にわたる物理化学素過程を解明することが不可欠である。そこで本課題では室内実験（A）、理論（B）、数値シミュレーション（C）の 3 つのアプローチを組み合わせることで次世代のプレート境界断層モデル構築をめざす。

上述のように東北沖 M9 地震はプレート境界地震の理解に大きな変更を迫るものであるため、室内実験においては M9 地震における巨大滑りの原因解明をひとつの目標とする。これまで提案された代表的なモデルには、大変位・高速すべりになったときにだけ働く動的弱化メカニズムを考える、あるいは、これまで比較的小規模（～M7 級）な地震への余効滑りの応答等、一見クリープ域のようにふるまっていた領域が実は巨大なアスペリティであった、というものがある。この巨大アスペリティでは、臨界すべり距離 D_c がメートル級になることが示唆されている。有力な動的弱化メカニズムである Thermal Pressurization (TP) においては、沈み込んでいく未固結堆積物の水理的特性とその滑り時の変化が鍵となるだろう。巨大アスペリティモデルで必要とされる大きな D_c もプレート境界に介在する粉体物質の厚みや固結度と関係する可能性が高い。そこで本課題では、室内実験により粉体物質の固結に伴う力学・水理物性の変化を解明する。プレート境界に沿った間隙圧分布の重要性も指摘されているが、摩擦強度の間隙圧依存性が深部の延性をおびた物質では不明であるため、この点を実験でおさえ、付加体浅部からウェッジマンタル領域までのプレート境界物質の強度分布を明らかにする。

東北沖地震などでは本震前にスロースリップイベントが確認されており、時間・空間スケールによって、断層面上で異なった物理プロセスが働くことが推察される。スロースリップは測地学的研究や微動の発生から、プレート境界断層のさまざまな深さで観測されており、予測される南海トラフ巨大地震におけるその挙動が注目されている。深部のスロースリップについては、超低速すべりでだけ有効となるヒーリング過程や、脆性-延性遷移域での変形機構の滑り速度による交替、それに対する蛇紋岩の関与が議論されている。また、高間隙水圧による安定化は、浅部でも深部でもスロースリップのメカニズムになりうる。このような、同一プレート境界断層上で時空間的に様々なすべり挙動を生むメカニズムについても、上記の室内実験の結果や後述の数値シミュレーションから考察していく。

本課題では室内実験で明らかにされる微視的な変形メカニズムと断層すべりシミュレーションを結ぶ摩擦構成則についても新しい定式化を行っていくが、断層と室内実験では空間スケールが乖離しているため、実験で得られた経験則を断層モデルにそのまま用いることができるかは疑わしい。原理的には、実験サンプル（数 cm）程度の空間メッシュでシミュレーションできればよいことになるが、まず計算コストの観点から非現実的である

し、断層トポグラフィなど各種地質学的構造も数 cm 精度で与えねばならず、これはほぼ不可能である。したがって、より現実的な地震発生モデル構築のためには、実験室で得られた経験則を、断層スケール程度まで予め「粗視化」しておくことが不可欠な作業となる。つまり、m から km 程度のメソスケールにおける地質学的不均質性（とくに断層トポグラフィ）の影響を数理的に検討し、構成法則に取り込むのである。ここではまずそのような理論的枠組を構築し、その理論を室内実験で得られる摩擦構成則に適用し、断層スケールに適用可能な構成法則を導出する。また、南ア大深度鉱山内の自然断層直近に既設の温度モニタを維持し、百 m スケールでの動摩擦絶対値の実測を試みる。

数値シミュレーションでは、動的弱化過程も含めて様々な素過程が共存・競合する場合の多様なふるまいを系統的に理解し、室内実験の結果から推測される摩擦パラメータの空間分布が地震および非地震性滑りの発生パターンに与える影響を評価する。さらに摩擦構成則のスケールアップも考慮して、プレート境界の不均質性やアスペリティ間の相互作用を考慮した震源断層モデルのシミュレーションを行ない、観測事実と矛盾しないプレート境界地震発生モデルを探索する。また、より現実的な岩盤構造中での滑り・破壊計算を行うために必要な計算手法を開発する。