

## 1901 地震サイクルシミュレーションの高度化

担当者 平原和朗(hirahara@kugi.kyoto-u.ac.jp)

### ・実施機関（代表機関）名

京都大学大学院理学研究科

### ・研究目的

速度状態依存の摩擦（RSF）則に基づく地震サイクルシミュレーションにより、過去の地震発生履歴の再現がなされ、地震発生予測に繋げようとする研究が進んできた。しかしながら、現行の地震サイクルシミュレーションの多くは、主として計算上の制約から、

1)媒質の単純化：均質半無限弾性媒質を仮定

2)動的破壊過程の単純化：準動的地震サイクルシミュレーション

といった現実とは異なる単純化が行われている。本研究では、こういった単純化に対する地震サイクルシミュレーションの高度化に関して以下の2つの研究課題を扱う。

第1は、2次元モデルを用いる基礎的研究であり、1)と2)を扱う。これには商用有限要素法ソフトウェア ABAQUS を用いる。最近では ABAQUS は不均質粘弾性媒質中での地殻変動研究にも用いられるようになってきている。しかし、ABAQUS の特徴である接触解析機能は、ほとんど用いられていない。本課題ではこの接触解析機能を用いた RSF 則に基づく、地震サイクルシミュレーションモデルを構築する。1)の媒質の問題について、まず重力場における不整形の地表（海底）地形を含む、沈み込むプレートおよび地殻・マントルウェッジでの不均質粘弾性構造を考慮した2次元地震サイクルモデルを構築する。これにより、海底地形を含む地表面形状の影響や不均質弾性・粘弾性媒質が地震サイクルに及ぼす影響を評価する。2次元断面としては、2011年東北地方太平洋沖地震を含む断面とし、東北地方太平洋沖地震サイクルにおける不均質粘弾性構造の影響を特に評価したい。また、島狐地殻内に内陸断層を導入し、プレート境界地震と内陸地震の連動を考慮した地震サイクルモデルを構築し、M9 東北地方太平洋沖地震後の内陸地震活動の今後を調べる。これらのモデルは陰解法による ABAQUS\_standard を用いて開発する。

なお、これまでの地震サイクルシミュレーションでは、すべり応答関数を用いた境界要素法によるものが主流であった。ここでは、以下の動的サイクルへの発展性を考えて、有限要素法による領域解法を試みる点が新規性に富む。また、プレートを一定速度で沈み込ませ、プレート境界をマスタースレーブ法による接触問題として扱い、プレート境界でのすべり発展および上盤側の粘弾性応答を見積もる点が大きな特徴である。

上記モデルは、準動的な地震サイクルモデルである。ところが最近、平面断層ではあるが、2)の動的破壊過程を含むシミュレーションでは、準動的な地震サイクルシミュレーションとは大きく異なる結果が報告され、地震サイクルにおける動的破壊過程の重要性が指摘されている。難しい問題となろうが、2)の問題すなわち波動放射を含む動的破壊過程を、上記不均質モデルに組み込んだ、動的な地震サイクルシミュレーションに挑む。この動的破壊過程には、陽解法の ABAQUS\_explicit に切り替えてシミュレーションを行う。

上記は計算に負荷のかかる重い計算となるので、まず2次元での検討を行う。実際の3次元問題に対して、我々はこれまで地震サイクルシミュレーションの高度化として、均質弾性体媒質における大規模マルチスケール地震サイクルシミュレーションを実現するために、階層型行列（H-matrix）法を用いた計算の高速化・省メモリ化を進めてきた。第2の研究課題は、これを受け継ぐもので、階層型行列を用いる境界要素法的解法による地震サイクルシミュレーションの高度化である。具体的には、引き続き階層型行列を用いる省メモリ化・高速化を継続し、その中でも均質弾性体ではあるが、まず、海底地形等の地表面形状の効果を含む準動的な大規模地震サイクルシミュレーションコードの開発を行う。また、

動的地震サイクルシミュレーションについても、同じく階層型行列を用いるが、まずは全無限均質弾性体での動的地震サイクルシミュレーションコードを開発する。更に、粘弾性すべり応答関数を用いるサイクルシミュレーションを効率化する手法の開発を行う。