

複雑断層系の地震発生過程シミュレーション

Simulation of earthquake generation process in complex fault systems

平原 和朗[1]

Kazuro Hirahara[1]

[1] 名大・環境・地球惑星

[1] Environmental Studies, Nagoya Univ.

我々は、科学技術振興調整費「高精度の固体地球変動予測のための並列ソフトウェアに関する研究」の「3次元不均質場での地震発生過程と地震波動伝播の並列シミュレーション・モデルの開発/準静的地震発生サイクルシミュレーション・動的破壊伝播過程シミュレーション・モデルの開発」といった5年間にわたるプロジェクトを終了し、14年度から、「複雑断層系の地震発生過程シミュレーション」という課題で地球シミュレータを用いた研究を行っている。本課題における地球シミュレータを用いた研究開発の現状と今後について報告する。

東北日本や西南日本といった地域における、現実的な3次元不均質粘弾性モデルにおける地震発生サイクルシミュレーションを目指して、(財)高度情報研究開発機構と共同で並列有限要素法プログラムGeoFEM(<http://geofem.tokyo.rist.or.jp/>)の地震発生サイクルシミュレーションモジュールを開発してきた。このプログラムは、1)大規模問題が扱える並列有限要素法プログラム群であり、2)粘弾性媒質が扱え、3)地震すべりや運動学的なプレート運動を表すディスローケーション機能(Melosh and Raefsky, 1981)を有し、4)マスタースレーブ法を用いた接触解析機能を有している。接触解析については、速度と状態に依存する摩擦則を組み込んで、プレート境界や断層でのすべり発展を準静的に追う機能を開発中であるが、現在は、単純な摩擦則での動作確認が取れているといった段階である。また、準静的地震発生サイクルシミュレーションから動的破壊に切り替えるスキームを用いているが、この段階ではすべり依存の摩擦則を取り入れたシミュレーションプログラムを行う。

平成14年度は、GeoFEMを地球シミュレータにインストールし、ベクトル化や並列化のチューニングを主に行って、きた。並列化率が99.8%、ベクトル化率が98.3%であることを確認した。テストに用いているモデルは、東北地方で観測されているアスペリティー分布を想定したもので、3つの摩擦係数の高いアスペリティーを置いた単純化したモデルである。百年間プレートを沈み込ませ摩擦係数を1%変化させ地震を発生させる接触解析を行い、準静的プログラムの動作確認を行った。また、本格的には16年度に行う予定であるが、動的破壊伝播の準備として、すべり依存の摩擦則による動的破壊シミュレーションを行っている。これは百年プレートを沈み込ませる準静的計算の後、動的破壊に切り替え、破壊伝播シミュレーションを行ったものである。両者とも、平面境界では接触解析がうまく行えることを確認している。最終的な目標である西南日本モデルについては、現在、フィリピン海プレートが3次元的に沈み込む西南日本モデルのプロトタイプを作成し、地球シミュレータでテスト中であるが、複雑な形状では接触解析に問題が生じるので、形状を滑らかにする作業を続行中である。

15年度以降の開発予定は以下の通りである。地球シミュレータを用いた具体的な目標としては、東北日本モデルと西南日本モデルの構築が挙げられる。東北日本では日本海溝沿いのアスペリティー構造が地震波の解析から、また固着すべりの領域の特定がGPS解析等によりなされ、かなり詳細な摩擦特性のイメージが構築されつつある。西南日本に比べプレート境界の形状が簡単なので、まずはこういった摩擦特性に関する知見を取り入れ、東北日本の地震発生サイクルシミュレーションを行う。GeoFEMの開発とは別に、現在Kato and Hirahara(1997)の2次元モデル(KH97)を3次元化した弾性体呼コードを開発したところ(Hirahara and Hirahara, 2002)(HH02)である。GeoFEMに速度と状態依存の摩擦構成則の組み込みが成功するまでは、地球シミュレータのチューニングが必要であるが、まずは弾性モデルでHH02を使用して、地震波解析その他から求められたアスペリティーを組み込み、東北地方の百年程度の準静的地震発生サイクルシミュレーションを行う予定である。本来の我々の目標は、西南日本の南海トラフ沿いで90~150年の間隔で繰り返し発生するマグニチュード8クラスの巨大地震発生時の1000年程度のシミュレーションである。GeoFEMによる接触解析の開発と併せて、これにも、まずはHH02を適応して、セグメント間の相互作用を調べる。HH02の拡張ではとりあえず弾性問題を扱うが、GeoFEMを用いて単位すべりに対する応力履歴を計算し、これを繰り込んで粘弾性媒質中での1000年程度の準静的地震発生サイクルを構築する予定である。破壊伝播の動的な地震発生解析に関してはGeoFEMによる接触解析を予定している。