

摩擦を考慮したプレート間巨大地震発生サイクルの2次元FEMシミュレーション

2-D FEM simulation for seismic cycle of great interplate earthquakes following a friction law

平原 和朗 [1]

Kazuro Hirahara [1]

[1] 名大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ.

汎用有限要素法(FEM)コードABAQUSに摩擦構成則の組み込みを行い、重力の作用する沈み込み帯に特有の不均質粘弾性媒質中における、プレート間巨大地震サイクルの予備的シミュレーションを行った。実際のモデリングフィールドとして東北日本を選び、9cm/年の速度で太平洋プレートが沈み込む東北日本の2次元FEMモデルを作成し、弾性媒質と粘弾性媒質中における、簡単な摩擦則とすべり速度/状態に依存する摩擦則に従う予備的なシミュレーションを行い、比較検討を行った。重力場の作用する粘弾性媒質の扱いや、摩擦構成則の組み込みにおける問題点を議論する。

1. はじめに

最近、岩石実験から得られた摩擦の構成則を用いて、プレート境界地震の地震サイクルのシミュレーションが行われ、多くの成果を挙げている。しかしながら、これまでのこれらの研究の多くは、均質半無限弾性体を仮定したものである。沈み込み帯には強い不均質並びに粘弾性構造が存在し、地震サイクルに大きな影響を与えていると考えられる。本研究では、これらの影響を考慮する為、汎用有限要素法(FEM)コードABAQUSに摩擦構成則の組み込みを行い、重力の作用する場での沈み込み帯におけるプレート間巨大地震サイクルの予備的シミュレーションを行った。

2. FEMモデル

モデル領域として東北日本を選び、海溝に直交する200 x 660 kmのモデル空間を節点数815、要素数1354の三角形要素を用いて、2次元FEMモデルを作成した。上部地殻及び沈み込む太平洋プレートは弾性体、他の領域はマクスウェル固体に近い標準線形固体を用いた。傾斜角20°で沈み込む太平洋プレート境界面をマスタースレーブ法で定義し、境界面での摩擦を定義することにより摩擦構成則を組み込んだ。また、沈み込むプレートの中央節点に9cm/年の速度を与えて、定常的に沈み込むプレートを表現している。ABAQUSのユーザーサブルーチンFRICに、摩擦則を記述している。速度と状態依存の摩擦則の場合、Kato and Hirasawa(1997)に従い、プレート境界に沿って深さ70kmまで摩擦パラメータの分布を与えた(深さ5-50kmにa-bが負の領域を、またL=10cmを用いている)。他のプレート境界領域は摩擦ゼロと仮定した。

3. シミュレーション

比較の為、弾性モデルと粘弾性モデルを考えた。また、摩擦則として、単純な摩擦変化の場合とすべり速度と状態に依存する摩擦則の場合を考えた。粘弾性媒質の場合、重力をかけて15000年経って平衡状態に達した後に、プレートを潜り込みを開始させている。

まず、100年の地震間に深さ60km程度までのカップリング領域に対応するプレート境界に摩擦係数0.5を与え固着させ、1年間は突如摩擦係数をゼロにして、地震と余効すべりを起こさせるという人工的な地震サイクルを定義し、シミュレーションを行った。弾性モデルでは、地震時のリバンド量は100年間に貯えられたスリップ量9mで地震サイクル毎に一定であるが、粘弾性モデルでは、最初のサイクルではリバンド量2m程度であるが、サイクル毎に徐々に増大し、10~20サイクルではほぼ100%のリバンド量になるという現象が確認された。固着域以下の部分をフリースリップとしている為、地震時にも深部で大きなリバンドが生じており、簡単なモデルとは言え、粘性境界にする等に改める必要はあろうが、興味ある結果と言える。

すべり速度と状態に依存する摩擦則の場合、現在のところ完全には成功しているわけではないが、ある程度定常な地震サイクルに達するまでかなり不規則なすべりの発展が見られる。やや定常になったと思われる部分を比較すると、繰り返し間隔は弾性モデルの40年に比べ粘弾性モデルでは100年程度となり長くなっている。メッシュサイズが10km以上と大きいため、連続体ではなくプレート境界が不均質になっているモデルに対応し、すべりもやや不規則になっている。今後、ユーザーサブルーチンFRICの精度をあげ、時間刻みの自動調節を行う等アルゴリズムの改善を行う必要がある。また、細かなメッシュサイズでの計算を行う必要がある。

謝辞：CTIの永坂さん並びにRISTの中村さんにはABAQUSの使用について有益な助言並びに議論をしていただきました。