

地震発生予測のための地震サイクルシミュレーション：レビューと展望

Implications of seismic cycle simulations for earthquake forecasts: A review and perspective

加藤 尚之 [1]; 堀 高峰 [2]

Naoyuki Kato[1]; Takane Hori[2]

[1] 東大・地震研; [2] IFREE, JAMSTEC

[1] ERI, Univ. Tokyo; [2] IFREE, JAMSTEC

すべり速度状態依存則のような室内実験に基づく摩擦則は、地震発生時の振る舞いだけでなく強度回復も記述できるために、地震発生サイクルの数値シミュレーションにしばしば利用されている。シミュレーションで得られる地震サイクルは、様々なデータから推定されている大地震の繰り返しの特徴をかなり良く再現し、余効すべりやエピソード非地震性すべり（ゆっくり地震）のような多くの現象の力学的説明に成功している。近年の地震学的・測地学的観測から、アスペリティでは地震が繰り返し発生し、その周囲では非地震性のすべりが発生していることが示されている。このようなすべり様式の違いは、摩擦則のパラメータの違いで表現することができる。さらに、アスペリティでの地震性すべりと周囲での非地震性すべりとの相互作用がシミュレーションで調べられている。このように、摩擦構成則を用いたシミュレーションはプレート境界でのすべり過程を理解するには非常に有用である。

一方、このようなシミュレーションが地震発生の予測に有用であるかについては明らかではない。シミュレーションからは、地震発生に先行して非地震性の前駆すべりの発生が予測され、これは地震の短期予知の物理的根拠となっている。しかし、前駆すべりの規模は、現在の観測データから良く制約されていない摩擦パラメータに依存するため、確かなことは言えない。気象の数値予報のように、地震の数値予報を行うことが、シミュレーション研究の最終目標の一つであるが、以下に述べるように、その達成のためには未解決の問題が多く残っている。(1) 摩擦構成則は十分に正確とは言えない。すべり速度・状態依存則は少数のパラメータで記述できる簡潔なものであるが、岩石摩擦の重要な特徴を捉え、多くの実験事実を説明可能である、しかし、実験室でさえ、すべての現象を説明できているわけではなく、地震サイクルへの適用可能性についてもじゅうぶんに明らかになっているわけではない。(2) 数値シミュレーションの初期条件になるプレート境界面上の応力やすべり速度の分布を正確に測定することはほぼ不可能である。(3) プレート境界面上の摩擦パラメータを正確に推定することは難しい。測地データ等を利用して、摩擦パラメータの推定を試みる研究はいくつかあり、今後の進展には期待できる。(4) 多くの地震や非地震性すべりの相互作用は地震サイクルを複雑にし、決定論的な予測を難しくしている。

今後は、プレート境界面上でのすべりのモニターと、モニターされたデータとシミュレーションとの比較による現象の物理的理解が、アスペリティでの応力変化や将来の地殻活動予測には重要である。観測とシミュレーションの詳細な比較は、摩擦構成則の妥当性の評価や改良にも有用であろうし、摩擦パラメータの推定のためにも必要である。このためには、観測データとシミュレーションの比較から有用なデータを抽出し、誤差を評価するための手法を開発することが重要である。この手法により、データを説明する物理量やパラメータ値の範囲の推定を目指すべきである。さらに、地震発生の可能性が高い地域において、予測のためのシミュレーションを試行することも重要である。このようなシミュレーションにより、モデルパラメータを決めるため、そして予測誤差を小さくするために、どのような観測が必要かも明らかになると期待される。多くのアスペリティが相互作用するような状況で、地震発生も確率予測をするための基礎研究も重要である。このためには、様々な場合を想定したシミュレーション研究が有用であろう。