

2次元ブロックバネモデルを用いた地震のシミュレーション：動的破壊におけるヒーリングの効果

Numerical simulations of earthquakes based on the two-dimensional block-spring model:
Effects of healing during a dynamic rupture

馬場 唯斗 [1], 熊谷 博之 [2], 渡邊 誠一郎 [1]

Yuito Baba [1], Hiroyuki Kumagai [2], Sei-ichiro Watanabe [3]

[1] 名大・理・地球惑星, [2] 名大・理・地震火山観測地域センター

[1] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ, [2] Research Center for Seismology & Volcanology, Nagoya University, [3] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ.

イベント中のヒーリングの有無が破壊の様式や統計的特徴に与える影響を調べるために、ブロックバネモデルにおいてイベント中のヒーリングが無い動摩擦一定則についてのシミュレーションを行なった。馬場・他(1998年合同学会)で示したようにヒーリングが有る場合、破壊はHeaton pulse的に伝わり断層面のストレス分布は強い不均質性を示すが、ヒーリングが無い場合は明瞭なHeaton pulseは見られず、ストレス分布の不均質性は弱くなった。一方統計的特徴は摩擦パラメータを変化させてもその傾向は変化しないことから、摩擦が速度あるいはすべりに依存することが統計的性質の変化を生む上で本質的役割を果たしていることが分かった。

はじめに：馬場・他(1998年合同大会)は、2次元ブロックバネモデルのシミュレーションを3つの摩擦構成則(速度およびすべり弱摩擦、動摩擦一定)について行なった結果を示した。速度弱摩擦則と動摩擦一定則では動的破壊はHeaton pulse的に伝わり、断層面の静的ストレス分布は短波長成分を含む強い不均質性を示した。一方すべり弱摩擦則の動的破壊ではすべりは破壊全体に広がり、断層面の静的ストレス分布は長波長成分の卓越する滑らかな特徴を示した。統計的性質(サイズ分布、ストレスドロップ分布)をみると、速度およびすべり弱摩擦則では摩擦パラメータを変えるとその傾向は系統的に変化するが、動摩擦一定ではパラメータを変えてもその傾向に変化はみられなかった。今回の発表では、破壊中に起こるヒーリング(静止摩擦力の回復)の有無がダイナミックな破壊の様式やストレス分布に影響を与えているのではないかという考えに基づいて、イベント中のヒーリングが無い動摩擦一定則を用いたシミュレーションを行ないこれまでの結果と比較した。

計算手法：2次元ブロックバネモデルの運動方程式に基づき最大静止摩擦と動摩擦の比 μ をパラメータとする動摩擦一定則を用いてシミュレーションを行なった。なお動的破壊においてすべったブロックは、各イベントが終了するまでヒーリングは起こらないとした。バネ定数に関するパラメータ β (巻きバネと板バネの比の平方根) は Yamashita (1976, JPE, 24, 417-444) に従い等方弾性体に対応する値に固定した。

結果：イベント中にヒーリングが有る場合の動摩擦一定則では強い不均質性を示した断層面の静的ストレス分布が、ヒーリングが無い場合の動摩擦一定則では長波長成分の卓越するより滑らかな特徴を示した。動的破壊においても明瞭な Heaton pulse は見られなくなった。一方サイズ分布では、ヒーリングが有る場合の動摩擦一定則に比べ分布がマグニチュードの大きな側に広がり、より大きなイベントが起こりやすくなる傾向を示した。これらの特徴はすべり弱摩擦則の場合のパラメータ μ (すべり量が増す時に摩擦が小さくなる割合) がより大きい場合の結果と類似している。一方ヒーリングが有る場合の動摩擦一定則と同様に μ を変化させてもサイズ分布とストレス分布の傾向の変化は見られなかった。

議論：イベント中のヒーリングの有無は動的な破壊の様式に影響を与えており、その結果として断層面の静的ストレス分布の不均質や統計的特徴に違いが現れた。それらの違いは速度およびすべり弱摩擦則におけるパラメータを大きくした場合の結果の違いと類似しており、ヒーリングが有る場合と無い場合の動摩擦一定則はそれぞれ速度およびすべり弱摩擦則の極限とみなせる。一方で動摩擦一定則では、ヒーリングが有る場合と無い場合の両方ともパラメータ μ を変化させても統計的性質の傾向は変化しないことから、摩擦が速度あるいはすべりに依存するということが統計的性質の変化を生む上で本質的役割を果たしていることが分かった。さらにこれらのさまざまな摩擦則の中で地震の統計則($b=1$ 、ストレスドロップ一定)を再現するのは速度弱摩擦則の特定のパラメータのみということも分かった。