

Limit cycle and period-doubling bifurcation in fault valve model

*Takahiro Hatano¹, Ryo Mizushima¹

1. Department of Earth and Space Science, Osaka University

スロー地震の発生様式は多様であるが、その物理的機構はいまだ謎に包まれている。地震波観測によってスロー地震発生帯における低速度・高ポアソン比領域の存在が明らかにされ、流体はスロー地震発生に深く関与していると考えられている。従って、流体が如何にしてスロー地震発生に影響を及ぼすか、その機構については様々なモデルが提案されてきた。

多くのモデル、特に速度状態依存摩擦則の枠組では、スロー地震を説明するのはそれほど容易ではない。通常知られている発展法則 (aging law と slip law) を使うと、放射による散逸 (radiation damping) を入れない限りリミットサイクルは存在せず、軌道は発散してしまう。とはいえ地震波を放射しないスロースリップイベントでの radiation damping の導入は正当化し難い。また、スロースリップイベントの再現には非常に高い流体圧を (実効法線応力がゼロに近くなる程度まで) 仮定する必要がある。例えば微動の潮汐依存性を説明するためには実効法線応力が kPa オーダーでなければならない。そのように極めて高い流体圧がスロー地震発生に本質的なのかどうかは興味深い問題である。

他方、パークフィールドにおける低周波地震の繰り返し周期については3年周期と6年周期のものにきれいに分かれるという観測例も知られている [Shelly 2010]。速度状態依存摩擦法則の観点からは、ホップ分岐の周期は摩擦パラメタに連続的に依存するので、このような倍周期の存在は従来のモデルからは直ちには理解できない。

本研究では、流体圧が滑りと相互作用して変化する一種の断層バルブモデルを仮定し、それを速度状態依存摩擦法則と組み合わせた断層モデルを提案する。滑りパッチを仮定して連続体を1自由度系に落とすことで、滑り量・状態変数・流体圧の3変数からなる常微分方程式系に帰着した。このモデルはパラメタに応じて超臨界ホップ分岐と亜臨界ホップ分岐の両方を示すが、超臨界領域においては通常のホップ分岐に引き続いて周期倍加分岐を経てカオス転移を起こすことを紹介する。最後に、周期倍加分岐が実際のパークフィールドの様子を説明できるかどうか議論する。また、倍周期分岐を繰り返して到達するカオス状態について議論し、スロー地震発生における意義について考える。