

Frictional properties of metagabbro gouge in meter scale

*Futoshi YAMASHITA¹, Kurama Okubo¹, Eiichi Fukuyama^{2,1}

1. NIED, 2. Graduate School of Engineering, Kyoto Univ.

岩石の摩擦特性が断層スケールに依存するか否かは極めて重要な研究テーマである一方、確認する手段が限られていることから、未だその真偽は明らかとはなっていない。そのため、山下他（2021, 地震学会；2022, JpGU）は変はんれい岩の粉末粒子を模擬ガウジ（平均粒径12 μm , 最大粒径75 μm ）として用い、メートルとセンチメートルの二つの断層スケールにおいて可能な限り近い条件下での摩擦実験を実施して、スケール間で摩擦特性に違いがないかを調べてきた。メートルスケール実験（下田他, 2020, 地震学会）に使用した試験機は防災科学技術研究所が所有する大型二軸摩擦試験機（断層面積: 1.5 m \times 0.1 m）、センチメートルスケール実験で使用した試験機は電力中央研究所が所有する二軸摩擦試験機（断層面積: 10 cm \times 5 cm）である（Mizoguchi et al., 2021, EPS）。調査の結果の一つとして、速度ステップ変化に対する応答から見積もられた速度-状態依存摩擦則（rate- and state-dependent friction law, 以下RSF則）の摩擦パラメタのうち、 a および b に関しては二つのスケール間で有意な差は見られなかったが、 D_c に関してはセンチメートルスケール実験で得られた $9.9 \pm 4.9 \mu\text{m}$ に対し、メートルスケール実験では $23.9 \pm 10.2 \mu\text{m}$ と倍以上の大きさが見積もられた。ガウジの D_c はガウジ層の厚さに依存することが知られているが（e.g. Marone and Kilgore, 1993, Nature）、どちらの実験でも初期の層厚は3 mmと共通であるため、それが差の原因ではない。また、ガウジの D_c はせん断変形の集中により実験中の総変位量の増加に伴って減少する性質が示されている（e.g. Marone and Kilgore, 1993, Nature; Scuderi et al., 2017, Geology）が、メートルスケール実験で D_c が推定された際の変位量はセンチメートルスケール実験に比べ大きかったことから、この変位量依存性でもスケール間の D_c の違いを説明できない。一方、メートルスケール実験では、速度ステップ変化実験に加え、一定速度での摩擦実験も実施されており、特定の条件では、既往研究（e.g. Leeman et al., 2016, Nature Communications; Scuderi et al., 2017, Geology）で見られたような安定すべりから最大すべり速度の小さいスティックスリップ（以下、スロースティックスリップと呼ぶ）に遷移する現象が確認されている（山下他, 2020, 地震学会）。そこで、このスロースティックスリップを数値実験によって再現し、摩擦パラメタを制約できるかの調査をおこなった。再現においては、Urata et al. (2017, PAGEOPH) を参考に、1自由度のバネ-スライダ系において、断層面の摩擦すべりがRSF則のSlip law (Ruina, 1983, JGR) に従うものとして計算をおこなった。メートルスケール実験でスロースティックスリップの発生が確認されたのは、垂直応力が1.3 MPaもしくは2.7 MPaで載荷速度が10, 15, 30 mm/sの条件下である。一方、垂直応力2.7 MPa, 載荷速度5 mm/sでは明瞭なスロースティックスリップは発生しなかった。摩擦パラメタとしてメートルスケールの速度ステップ変化実験で推定された $a=0.004156$, $b=0.004983$ を仮定し、上記の7つの実験条件での摩擦すべり応答を計算した。7つの実験中に観察されたせん断荷重変化の最大振幅と、同条件で計算されたせん断荷重変化の最大振幅とが最も近くなる D_c を探索したところ、6 μm という値が得られた。この値は速度ステップ変化実験から推定された D_c に比べ有意に小さく、最大振幅を再現するには最適な一方、すべり初めの安定すべりを再現することはできない。安定すべりを再現するにはより大きな D_c が必要であるため、 D_c がすべりに伴って23.9 μm から6 μm に徐々に変化すると仮定して計算したところ、安定すべりからスロースティックスリップへの遷移についても再現できた。ただし、初期の D_c が23.9 μm である必要はなく、値を確定することはできなかった。また、ここでは摩擦パラメタ a 及び b の変位量に伴う変化も考慮していない。以上の通り、速度ステップ変化実験で推定された摩擦パラメタの a 及び b に基づき、実験で観察されたスロースティックスリップの基礎的な挙動を再現することはできたが、各パラメタを制約するには至らなかった。今後、メートルスケール実験後に採取されたガウジ層の微細構造観察や断層沿いに設置されたひずみゲージデータの解析をおこなひ、摩擦パラメタのスケール依存性に関し総合的に調査を進めていく予定である。