

機械的アニールを施した高密度粒子系における Shear Jamming と Shear Melting

(名大理) 川崎猛史, 宮崎州正

【はじめに】

熱運動が無視できるほどの比較的サイズの大きな粒子を充填させると、ジャミング転移密度 ϕ_J を境に、系は剛性をもち、固体的になる。特に、 ϕ_J 近傍においては、系の弾性率、圧力、降伏応力などの様々な力学変数において臨界的振る舞いが見られ、そこでの力学応答は非線形かつ極めて複雑になる(1)。一方、ジャミング転移密度 ϕ_J は、系の生成プロトコルに強く依存することが知られている。特に、系を熱ゆらぎや機械変形にさらず、「熱的アニール」(2)や「機械的アニール」(3)により、 ϕ_J を系統的に変化させることができる。他方、 ϕ_J 近傍で見られる力学変数の臨界性、また非線形な力学応答が、系のアニールの度合いに対してどの様に依存するかについて、十分な理解は得られていない。本研究の目的は、高密度分散系に対してアニールを施すことにより、 ϕ_J を系統的に変化させ、そこでの力学応答の詳細を明らかにすることである。

【結果と考察】

本研究では一貫して、FIRE 法と呼ばれるエネルギー最適化手法 (4)を用い、準静的過程における多粒子系の数値計算を行った。粒子の初期構造は、周期的体積変形（機械的アニール）施したものをを用いた。特に、低密度のランダム構造から密度 ϕ_{MAX} まで圧縮し、その後、系の体積を膨張させ、エネルギーがゼロとなる密度を ϕ_{J0} とした。すると、 ϕ_{MAX} の大きさ（機械的アニールの度合い）に応じて、 ϕ_{J0} が系統的に変化することを確認した。次に、機械的アニールの度合いを変化させた系において、各ジャミング転移点 ϕ_{J0} から密度を $\delta\phi$ 変化させ、一様剪断を準静的に掛けた際の系の力学応答を調べた。その結果、剪断変形により剛性を獲得する Shear Jamming、またその逆に、剪断変形により剛性を消失する Shear Melting が、機械的アニールの度合い ϕ_{MAX} や、ジャミング転移点からの距離 $\delta\phi$ の大きさに応じて、それぞれ観測されることを見出した。このことは、剪断を掛けることにより、初期構造の記憶が失われ、ジャミング転移密度の値が ϕ_{J0} から ϕ_{JS} へ変化することが主な要因であることを本研究では明らかにした。ここで、 ϕ_{JS} は十分大きなシアを与えた系におけるジャミング転移密度である。

本公演では、このような機械的アニールの度合いに対して系統的に依存する、Shear Jamming や Shear Melting をはじめとする非線形力学応答の詳細について議論する予定である。

【参考文献】

- (1) J. Boschan, D. Vagberg, E. Somfai, and B. P. Tighe, *Soft Matter* **12**, 5450 (2016).
- (2) M. Ozawa, T. Kuroiwa, A. Ikeda, and K. Miyazaki, *Phys. Rev. Lett.* **109**, 205701 (2012).
- (3) N. Kumar and S. Luding, *Granular Matter* **18**, 58 (2016).
- (4) E. Bitzek, et al., *Phys. Rev. Lett.* **97**, 170201 (2006).