

シアシックニングサスペンションの S 字型レオロジー曲線

(OIST) 瀬戸 亮平

【はじめに】

サスペンションは流動できる体積分率 ϕ に最大値があり、そこで粘性率が発散し流れなくなる。これはジャミング転移とみなせる。剛体球のジャミング転移は、粒子間に働く摩擦力があるかないかで変わる。我々の数値計算を用いた研究は、このようなよく知られた事実が、シアシックニング（ずり粘稠化）という現象の背景にあることを示した(1, 2)。

しかし、実験データの中にまだはっきりと説明できない問題が残っている。体積分率の大きいサスペンションは、剪断速度に対して粘性率が不連続に変化する不連続シアシックニングとなる。これを応力制御のレオメーターを用いて測定すると S 字型のレオロジー曲線（剪断速度 vs 粘性率）が描かれると期待されるが、実際に報告されているデータは、直線的、つまり剪断速度が一定のまま粘性率が増加するものが多いようである。実験データは重要ではあるが、レオメーターの測定には境界に起因する現象のためにバルク流動特性が隠れてしまうことも起こりうる。そこでまずは応力制御の数値計算で S 字型レオロジー曲線を再現してから考えようということになった。

【結果と考察】

我々の数値計算モデルは、ゼロレイノルズ数極限の粘性流体を介して相互作用しあう微粒子多体系のダイナミクスを求める Stokesian Dynamics の枠組みに、粉粒体的な摩擦接触力モデルを付け足したものだだったので、剪断速度制御のレオメーターを模したシミュレーションであった。このような慣性ゼロで力の釣り合いが時間発展を決定するという系の性質のために、その応力制御版を、壁の導入やフィードバックアルゴリズムとは異なる、直接的な方法によって実装できることがわかった。このシミュレーションを用いて S 字型レオロジー曲線を描く定常状態を得ることができた。剪断流の時間平均は一様で、シアーバンド等の不様な流動は見られなかった。さらに体積分率を大きくすると、剪断応力が小さければ流動するが、大きければ剪断速度がゼロになるという Shear Jamming も再現することができた。我々が数値計算で得た結果は、サスペンションの真のバルク流動特性だろうか。まだ十分な結論には至っていないが議論したい。

【参考文献】

- (1) R. Seto, R. Mari, J. F. Morris, and M. M. Denn. Discontinuous shear thickening of frictional hard-sphere suspensions. *Phys. Rev. Lett.*, 111:218301, 2013.
- (2) R. Mari, R. Seto, J. F. Morris, and M. M. Denn. Shear thickening, frictionless and frictional rheologies in non-brownian suspensions. *J. Rheol.*, 58(6):1693–1724, 2014.
- (3) R. Mari, R. Seto, J. F. Morris, and M. M. Denn. The non-monotonic flow curves of shear thickening suspensions. in preparation, 2015.