

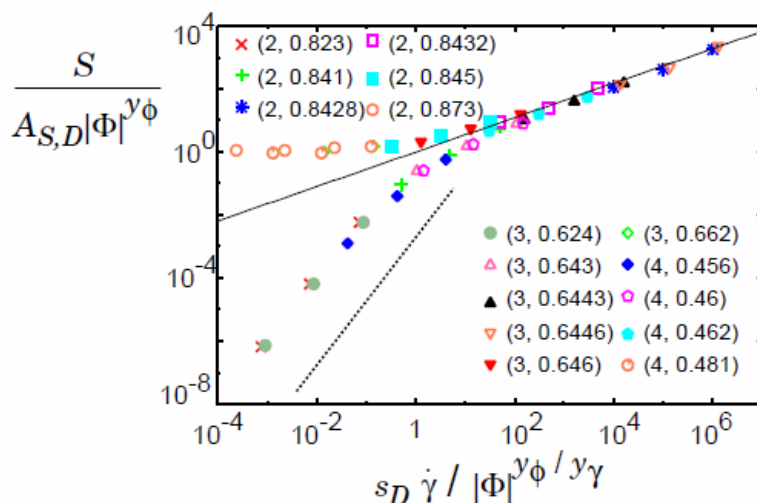
ジャミング転移近傍のレオロジー

(京大基研) 早川尚男、(青山学院理工) 大槻道夫

【はじめに】

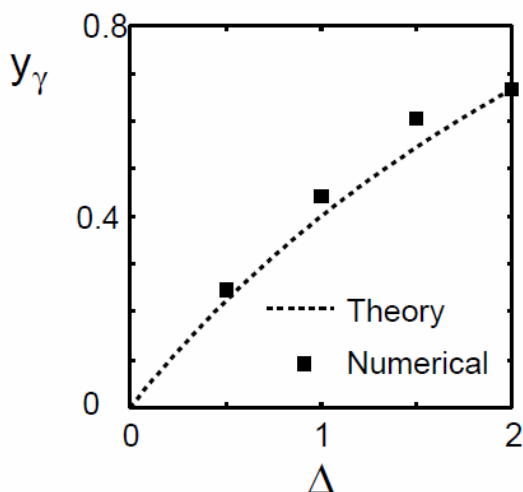
ジャミング転移は温度ゼロの粒子系で剛性が現れる非平衡相転移であるが、レオロジー的には降伏応力の発生に関する相転移と看做した方が分かりやすい。10年程前にガラス転移との類似性が指摘されて後、物理学会でのシンポジウムが盛況であったように近年は多くの研究者が注目するようになってきた。最近の研究では少なくとも摩擦のない粉体球の系ではジャミング転移が二次相転移と似た臨界現象的な性質を備えていることが明らかになりつつある。本講演ではジャミング転移の理論と数値シミュレーションによるその妥当性の確認を報告する。

【結果と考察】



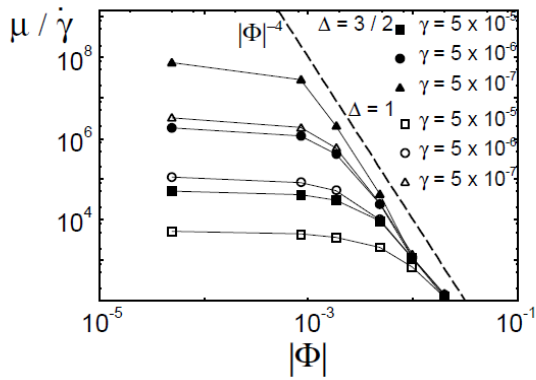
左の図はせん断応力 S とジャミング点からのずれを表す体積分率 Φ 、せん断速度 $\dot{\gamma}$ の間に成り立つスケーリング則を示した、我々のシミュレーションである。ここから分かることは空間次元によらずスケーリング則が存在すること、臨界密度以上では一定のせん断応力（降伏応力）を持つが、

臨界密度以下では応力はゼロになることが分かる。この図だけで理解するのは難しいが、それらは二次相転移と類似の臨界指数で特徴付けられ、



$$S = A_{S,D} |\Phi|^{y_\Phi} S_{\pm} \left(s_D \frac{\dot{\gamma}}{|\Phi|^{y_\Phi / y_\gamma}} \right)$$

というスケーリング則を充たし、その臨界指数が局所的な粒子相互作用モデルの斥力を表す Δ のみをパラメータとした平均場近似で決められることを明らかにした(1)。左の図は上の式に現れる y_γ を相互作用パラメータ Δ の関数として現したが、実線の平均場近似がよく成り立っていることが分かる。



領域では第一ピークは Φ に反比例してジャミング点で発散し、ジャミング点ではせん断速度の $-2/(4+\Delta)$ 乗で発散し、ジャミングが起きている液体相では

$$g_0 \sim \dot{\gamma}^{-2/\Delta} |\Phi|^{4/\Delta}.$$

を充たす(右図)。驚くべきことに、これらの全ての理論結果がシミュレーションと良好な一致を得ている。また、我々の理論は、弱散逸系でも3次元単分散系(2次元系では結晶化を避けるために多分散系を考える必要がある)でも有効であることを強調しておきたい。(2)

本講演では、ここで述べた様に様々な系での平均場近似の有効性を示しつつ、ジャミング転移の全貌を明らかにしていく。更にジャミング転移近傍でのレオロジーをどのように理解すべきか、第一原理的な理論との関係はどうなっているのかについても時間的余裕があればコメントする。

【参考文献】

- (1) M. Otsuki and H. Hayakawa, Prog. Theor. Phys. 121, 647 (2009)
- (2) M. Otsuki and H. Hayakawa, arXiv:0904.3267.

また、その平均場近似によってジャミング転移近傍での粘性率 μ の発散も左図のように特徴付けられる。ここで強調すべきは、 μ は Δ に依存せず、 $|\Phi|$ の-4乗で発散することである(左図)。

更に、動径分布関数の第一ピークの発散も予言できる。ここで、ジャミングが起こった

