

# コロイド粒子系を用いた非平衡実験と非平衡関係式

(東京大学大学院理学系研究科) 佐野 雅己

## 【はじめに】

我々は、非平衡状態における熱ゆらぎの性質とその特異性を明らかにするため、コロイド粒子系を用いて様々な制御された非平衡条件を作りだし、その下における非平衡ゆらぎの特性を計測する実験を行っている。本研究ではこれまで、微少な非平衡系におけるエネルギー散逸と揺動散逸関係の破れに関する関係の検証や、温度勾配などの非平衡条件下でのエントロピー力（枯渴効果）の計測などの研究を行ってきた。この報告では、ブラウン粒子の熱ゆらぎを観測し、その結果をフィードバックした場合におこる、見かけ上の熱力学第二法則の破れと情報量を含む一般化 Jarzynski 等式に関して報告する。また、自己駆動する粒子における局所温度場や流体効果、一般化揺動散逸関係などについても時間があれば報告する。

## 【研究結果】

非平衡過程については、一般に  $W \geq \Delta F$  の関係が成り立ち、2つの平衡状態間遷移のゆらぎは、Jarzynski 等式  $\langle e^{\beta(\Delta F - W)} \rangle = 1$  を満たすことが知られている。これに対して、シラードエンジンのように系の状態を観測し、その情報に基づいて操作を行う場合を考えると相互情報量を  $I$  として、 $W \geq \Delta F + kTI$  の関係が成り立ち、対応する等式として  $\langle e^{\beta(\Delta F - W)} \rangle = \gamma$  という新しい関係式が成立することが最近、沙川・上田等によって示された。ここで  $\gamma$  は観測情報がどれだけフィードバック効率を表す量であり、逆操作により評価可能である。この関係は、今後ミクロな観測と制御を伴うような状況の下での様々な実験系に適用される可能性を秘めている重要な関係式である。今回我々は、サブミクロンサイズのコロイド粒子の回転と実時間制御を組み合わせ、シラードエンジン型のマックスウェルの悪魔の実験系を実現し、その際にこの関係式が成立していることを初めて実証した。

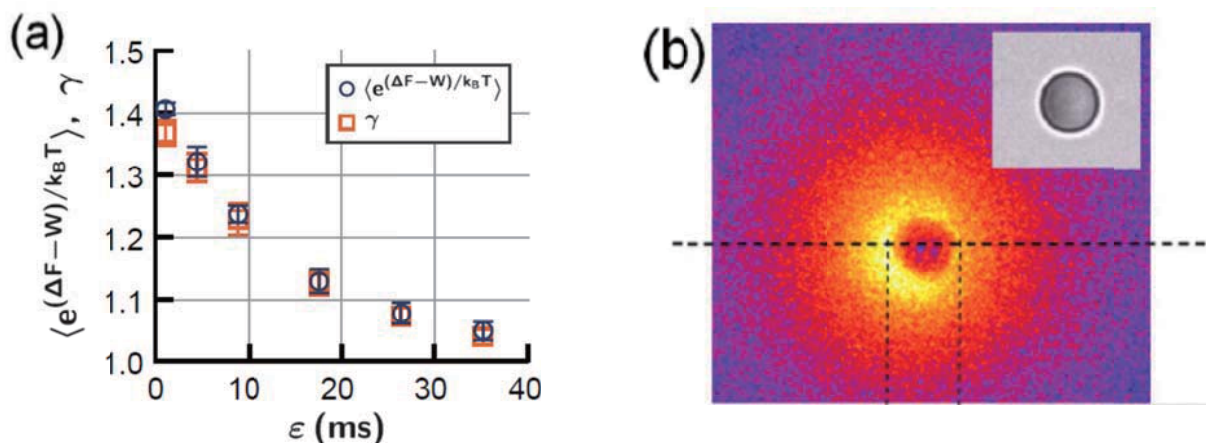


図 1 (a)一般化 Jarzynski 等式の評価、(b)Self-thermophoresis による自己駆動粒子

## 【参考文献】

- (1) S. Toyabe, T. Sagawa, M. Ueda, E. Muneyuki and M. Sano, Nature Physics, 6, 988–992 (2010).
- (2) H.-R. Jiang, N. Yoshinaga, M. Sano, Physical Review Letters, 105 (2010) in press.