

ブラウン運動を利用した微粒子の質量推定

Weighing a single Brownian particle

○ 田村純也, 長谷川雅章, 後藤宏介, 持地広造, 盛谷浩右, 乾 徳夫 (兵庫県立大工)

○ Junya Tamura, Masaaki Hasegawa, Kosuke Goto,

Kozo Mochiji, Kousuke Moritani, Norio Inui (Univ. of Hyogo)

E-mail: inui@eng.u-hyogo.ac.jp

1. はじめに

懸垂した液滴の気液界面に微粒子を捕獲し, そのブラウン運動の観察から粒子の質量を推定する方法を提案する. 水分子の衝突により生じる粒子位置の揺らぎは質量に反比例するため, 顕微鏡で粒子の位置を観測することにより質量を推定できる. 直径 $0.6 \mu\text{m}$ の金粒子を用いて本手法の有効性を検証する.

2. 質量推定の原理

図1に示すように透明な板に金粒子を含んだ液滴を滴下し, 懸垂させる. 金粒子は鉛直下向きに沈降していき, やがて気液界面に到達する. 図1では金粒子の一部が空気に露出しているが, 粒子が完全に水滴内に存在してもよい. 金粒子は界面もしくは界面近傍でブラウン運動をしている. 時刻 t における質量推定値は次式より求められる [1].

$$m(t) = \frac{\pi k_B T R}{2 \langle r(t) \rangle^2 g}. \quad (1)$$

ここで, k_B はボルツマン定数, T は温度, R は液滴の半径, $r(t)$ は観測開始から時刻 t までの間で求めた粒子の液滴最下端部からの平均水平距離, g は重力加速度を表している. なお, 浮力は無視している.

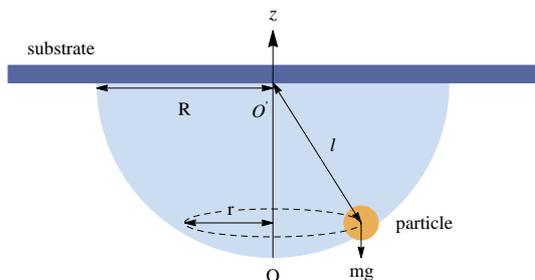


図1: 測定原理説明図

3. 実験方法と結果

直径が $0.6 \mu\text{m}$ の金粒子を蒸留水に分散させ, 希釈により金粒子の数密度を減少させる. 金粒子を1個だけ含んだ液滴をスライドガラスに懸垂させ, 表面近傍でブラウン運動する金粒子の運動を暗視野顕微鏡を用いて撮影する.

半径が 1.371 mm で温度が 294.4 K の水滴に金粒子を捕獲し, その質量推定を行った. 図2は重力加速度を 9.7973 m/s^2 とした場合の質量推定値の時間変化である.

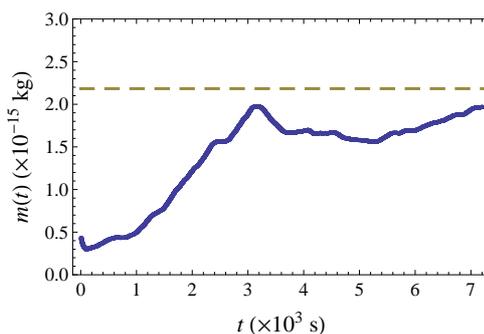


図2: 質量推定の時間変化

図中の破線は金粒子の直径が $0.6 \mu\text{m}$ で比重 19.3 の球と仮定した場合の質量値を示している. 時間が経過すると破線で示した質量の値に漸近していることが分かる. 測定開始から2時間後における差は相対値でおよそ10%であった. 本手法の測定精度は高くはないが市販の顕微鏡で比較的容易に質量の推定ができ, また, 粒子の形状が観察できれば密度が求まるので, 不均一な粒子で内部構造の観察が困難なナノコンポジット粒子やコアシェル粒子への応用が期待される.

[1] J. Tamura, M. Hasegawa, K. Goto, K. Mochiji, K. Moritani, and N. Inui, "Weighing a single Brownian particle in a droplet", J. Phys. Soc. Jap., to be published.