

せん断流下における熱揺動を伴う粒子の分離

科学技術振興機構 東京大学 牧野 真人¹, 東京大学 土井 正男

ウイルスやマイクロメカニクスと言った範囲では球形、楕円体のような単純な形状をしたものではないことが多い。そこで、我々は任意形状をした粒子の希薄分散系における解析シミュレーションシステム「MIKAN」(Microhydrodynamic Kinetics ANalyzer)を開発中である。本発表ではMIKANを用いて計算した結果を述べる。

ある粒子とその鏡映を重ね合わせることの出来ない粒子をキラル粒子と呼ぶことにする。図1に以下で用いたキラル粒子の例を示した。キラル粒子はせん断流下において、熱揺動がない場合は、それぞれの対掌体が渦度に対して逆に移動することが分かっている。本発表では、その移動の熱揺動依存性を議論する。

粒子は揺動散逸定理にしたがってブラウン運動するものとする。粒子の回転拡散と流動場の流れの速さの比で表されるPéclet数の依存性を以下で調べる。

シミュレーションでは図1のAの粒子に関して調べた。粒子は初期座標として原点にあるとし、ランダムな配向を取っているとした。希薄系を考えており、粒子は互いに相互作用しないとする。

せん断流を印加し、ひずみ10,000における1000個の粒子の z 座標(渦度の負の方向)の平均を計算した。その平均値をさまざまなPéclet数において図2にプロットした。Péclet数が小さいときは、粒子は特定の方向に進むことなく、移動速度はゼロとなる。しかし、Péclet数が大きくなるにつれて、粒子の平均位置は z 座標負の方向(渦度の方向)に移動し、移動速度が大きくなることが分かる。さらにPéclet数が大きな値になると移動速度に極値があるように見える。これは、粒子の回転の特徴的な時間に比較してシミュレーション時間が短く粒子が速く移動する配向を取っていないことに起因する。

また、粒子の広がりについても見た。図4,3に見るように、Péclet数が大きくなるにつれて粒子の分布が広がっているのが分かる。また $Pe = \infty$ のときは、粒子に速く進むものと遅く進むものの二通りがあることが分かる。これを良く見ると速く進むものは、粒子の2つの円盤を結ぶ軸が渦度に垂直になっており、遅く進むものは、渦度に対して平行になっている。図2に見られる移動速度の極値の存在は十分なシミュレーション時間がないために、安定な速く進むグループに移っていないことに起因する。

¹ E-mail: makino@rheo.t.u-tokyo.ac.jp

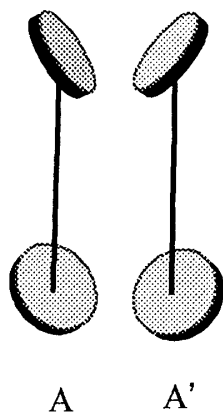


図 1: 粒子モデル

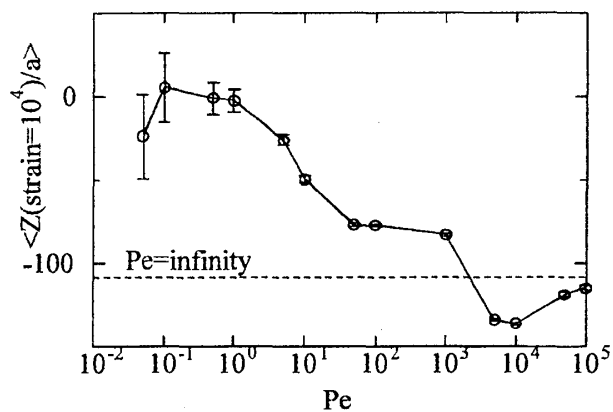


図 2: Péclet 数に対するひずみ 10000 における粒子の平均の z 座標

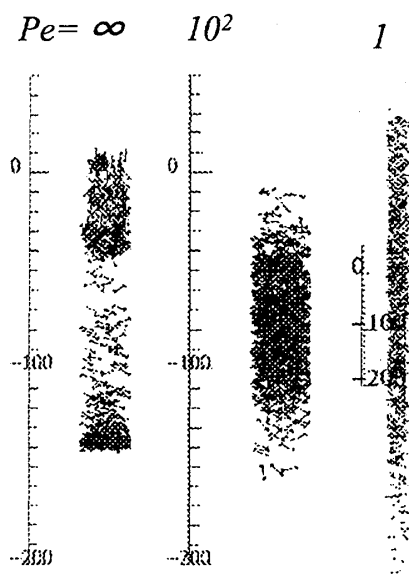


図 3: $Pe = \infty, 10^2, 1$ の場合のひずみ 10000 における粒子のスナップショット。ただし水平方向は周期境界条件を使っている。

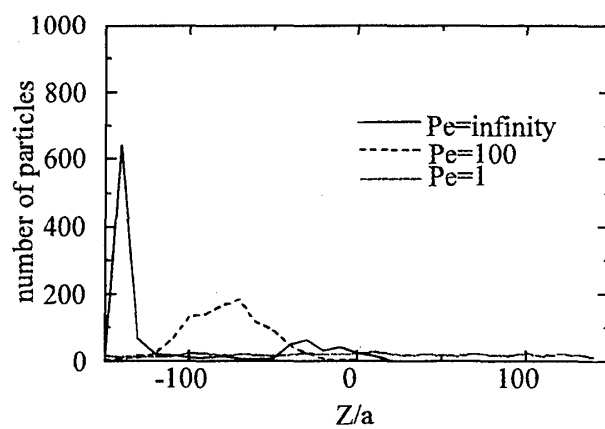


図 4: $Pe = \infty, 10^2, 1$ の場合のひずみ 10000 における粒子の z 座標のヒストグラム