

沈降するフロクの映像の統計的性質について

Statistical analysis on the projection of settling flocs

OADACHI Yasuhisa, DAI Tokunrin, Ezral Bin Ghazali, SAHA Santanu

1. はじめに

フロクの沈降速度 V_f はフロクの直径 D_f の関数であり、その正確な評価が凝集性の懸濁液の輸送特性において重要となる。フロクが、球状均一粒子から構成され、フラクタル構造をとり、透水性がない球形と仮定すると単一のフロクの沈降速度を

$$V_f = \alpha \frac{g}{18\mu} (\rho_s - \rho_w) d_0^{\beta-D} D_f^{D-1}$$

と導くことができる。ここに g は重力加速度、 μ は溶媒の粘度、 ρ_s はフロク構成する粒子の密度、 ρ_w は水の密度、 d_0 はフロクを構成する粒子の直径、 D はフラクタル次元、 α は形状など剛体球からのずれを反映する補正係数である。しかし、これまでに報告された研究では同じ沈降速度に対し、測定されるフロク径が大きくばらついているため、実用上はその精度向上が求められる。本研究では特に α に対する形状補正を行う立場から 2 球衝突球モデルに基づいてフロクの沈降を考察し、沈降速度式の精度向上の可能性を考察する。

2. 2 球衝突球モデル

Sutherland らはシミュレーションの結果、「フロクは平均的に短軸と長軸の長さ比が 1 : 2 の楕円体に近似できる」と結論した。この結果は、凝集過程が本質的に 2 体衝突で進行することを反映している。我々はより計算の楽な 2 球衝突によるモデルで近似し、フラクタル次元や投影面積の分布則を求めた。この考えかたは、まだ発展の余地を残しているが、モデルによる予測結果はフロクシミュレーションの計算結果を定性的に説明づけている。すなわち、ランダムに見た場合は投影図の見え方の分布は、2 つの球が横に並ぶように配置された見え方の頻度が大きく、最頻値は右側に大きく偏ったものとなる (図 1)。この考え方を進めると沈降するフロクの配向性と見える大きさのバラツキを考慮することによって、フロク径の測定精度を改善することができる。

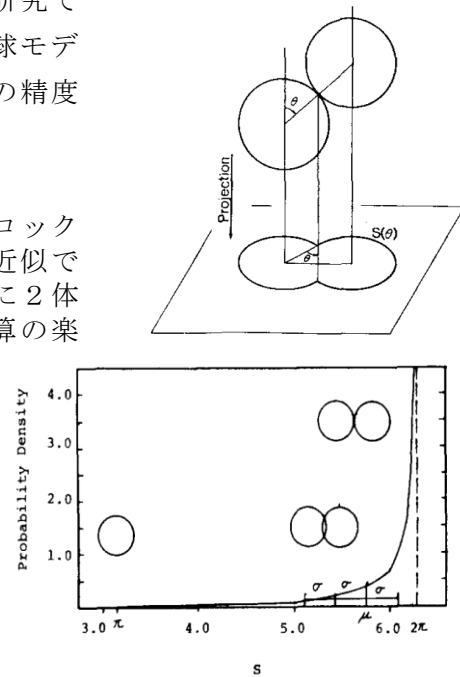


図 1. 2 球衝突モデル (上) と投影面積の頻度分布 (下)

3. フロクの沈降実験

上の考え方の有効性を確認するために、図 2 にしめすように二台のカメラを直角に配置して、8 角形の沈降管内をシート光源照らし、沈降するフロクの運動を直交する二つの方向から撮影し、面積相当径、フロク投影図の配向分布などフロク径に対するいくつかの指標について統計的な解析を試みた。

4. 試料 実験には Na 型モンモリロナイトブロックを用いた。試料はクニシネ工業株式会社 から購入したクニピア F を用い、イオン 交換，透析を行い，当該カチオン以外を除去し，Na 型モンモリロナイト懸濁液を用いで NaCl によりブロックを作成した

5. 結果と考察

図 3 は 1 台のカメラで同じ速度で落下するブロックの投影図の頻度分布である。図に示されている通り、同じ沈降速度のブロックの投影面積の頻度分布は、最頻値が常に平均値を上回るものとなり、2 球衝突モデルの予測を定性的に追認した。

また、カメラ 1 とカメラ 2 から撮ったそれぞれの投影面積相当径 D_s と 2 つのカメラの記録の平均値 の関数としてブロック沈降速度を表すと、図 4 に示すように明らかにバラツキの幅が減少することが確認できる。この時平均値対する変動係数は $1/5 \sim 1/3$ となった。

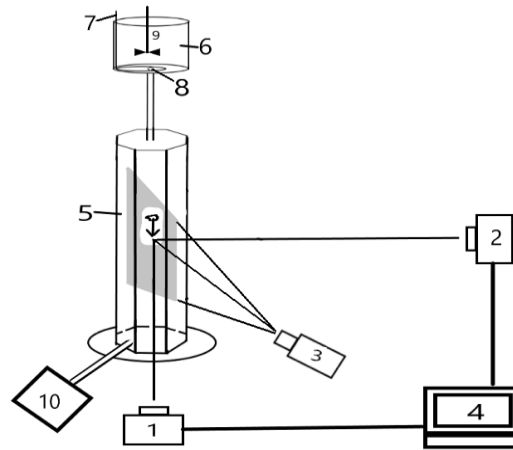


図 2 フロックの沈降速度測定実験装置

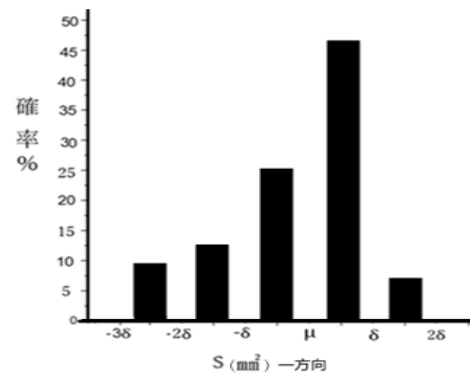


図 3 同一沈降速度を示すブロックの投影面積の分布

謝辞；本研究は科学研究費 16H06382 によって行われた。

[1] D.N.Sutherland I. Goodarz-Nia(1971) Chem. Eng Sci.,.26, pp. 2071-2085.
 [2] Y. Adachi, Ooi S. (1990) J. Colloid Interface Sci. 135(2), 374-384.

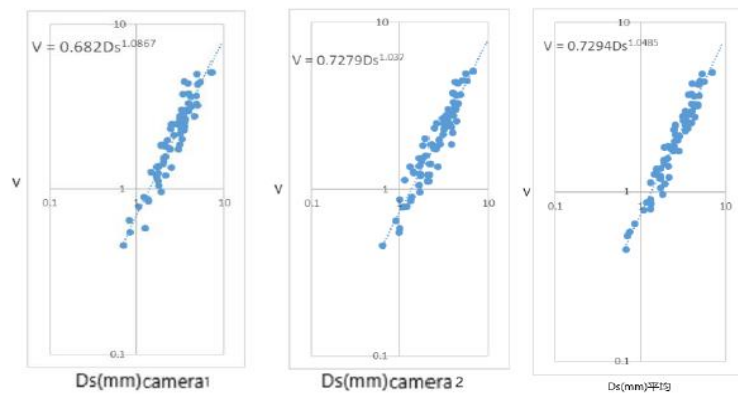


図 4 面積相当径とフロック沈降速度の関係