

極性流体力学の導出と粉体流への応用

Derivation of micropolar fluid mechanics and its application to granular flows

早川尚男、京大人環

Hisao Hayakawa, GSHE, Kyoto University

We derive equations of micropolar fluid mechanics from gas kinetic theory of inelastic rough particles. The derived result is applied to explain a collisional flow on an inclined surface and the result is quantitatively good.

粉体が流れる現象をどう記述するかという問題は古くて新しい問題である。境界の影響がそれほど顕著でない場合には気体分子運動論が古くから用いられ流体力学が近似的に成り立つことが期待されているが、濃厚領域まで含めるとその導出はかなり繁雑であり必ずしもよく理解されているとはいいがたい。

一方で固体、液体、気体の性質を併せ持ち、常に局所的なガラス化の影響を逃れ得ない粉体では流体力学がどこまで成立しているのかは明確でない。そこで系統的な力学の導出が望まれる。

本講演ではシミュレーションに留まらない面での粉体の特徴を紹介するために

- 粉体の動力学における極性流体力学の可能性
- 一様解が可解であり速度分布にべきのテールをもつ Maxwell model を用いた流体力学の導出とその異常性

について論じる。]

粉体流を流体力学によって記述する際、粒子の回転の自由度が独立変数になりいわゆる極性流体力学の枠内に入る。比較的希薄な状態が保たれている斜面上の流れではその理論解析の定量的な有効性が御手洗等 [1] によって示されている。

本講演では極性流体力学の枠組を紹介し、気体分子運動論からの系統的導出法を紹介し [2]、更に密度相関の効果を取り入れた Enskog 方程式に散逸の効果を取り入れる事で高密度の問題に適用するストレートな方法で何処までうまく行くのかを紹介する。また間に合えば境界層の系統的な扱い迄解説したい。

一方、従来の非弾性 Boltzmann 方程式からの流体力学の導出では殆んどガウスの速度分布を仮定して速度分布の揺らぎを Sonine 多項式で最低次まで展開したものを一様解として更に速度分布の揺らぎを取り入れることで輸送係数を計算していた。しかしその2重の展開の正統性はあまり明快でない上にそもそも一様解のテールは Sonine 多項式で展開したものと一致しないことが知られており、その非ガウス性の影響ははっきりしていない。一方、衝突の際の相対速度を平均化した粉体温度で置き換えた Maxwell model は一様状態では可解であり、速度分布にべきのテールを持つ。このモデルをベースにして流体力学を導出した場合にどういう異常が現われるのかを紹介する。

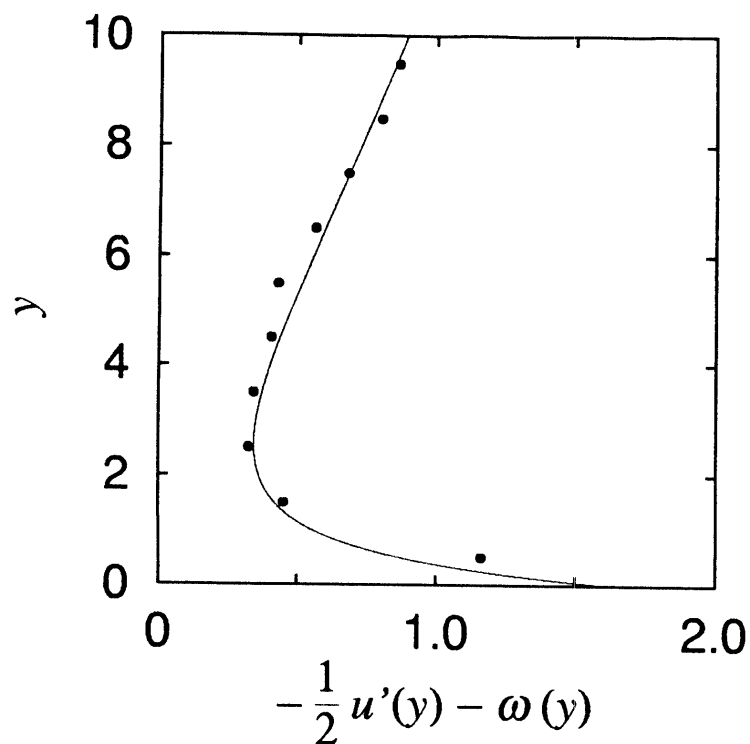


図 1: 御手洗等 [1] による粒子の回転と流体の回転のずれ $\frac{1}{2}\nabla \times \boldsymbol{v} - \boldsymbol{\omega}$ のプロット. 実線は極性流体による解析解、データは粒子シミュレーションの結果.

参考文献

- [1] N. Mitarai, H. Hayakawa and H. Nakanishi, Phys. Rev.Lett. **88** , 174301 (2002).
- [2] H. Hayakawa, to be published in Traffic and Granular Flows 2001 edited by Y. Sugiyama and D. E. Wolf (Springer)