

様々な数値解析法による粉体のシミュレーション

工学部 機械システム工学科 桑木賢也, 嶋 拓二, 下山 悠, バイオ・応用化学科 平野博之

Keywords: 離散要素法、直接数値計算、埋め込み境界法

1. 研究目的

粉体とは、粉末や粒子の集合体の総称である。粉体の例としては小麦粉、粉末乳製品、調味料、医薬品、化粧品、鉄、石炭、セメント、トナー、火薬類など様々である。これらの粉体の製造、加工、処理の過程である乾燥、造粒コーティング、触媒反応、廃棄物焼却、熱回収において流動層技術は広く活用されている。これらの流動層のシミュレーションにおいて離散要素法 (Discrete Element Method) は、解析ツールの一つとして欠かせないものとなってきている。DEM は粒子間の付着性、反応、伝熱を考慮できるというという長所を持っている。しかし、DEM は流体に局所平均化された式を用いるため、数値シミュレーションにおいては流体計算セルより小さいスケールの現象は直接計算することができず、他の方法により求めた構成方程式を組み込んで数値計算を行う必要がある。これに対して直接数値計算 (Direct Numerical Simulation) は粒子周りに計算メッシュを配置し、流れ場を解いていくので、DEM で必要とされる多くの構成方程式が不要となる。本研究では DNS の一手法である境界埋め込み法 (Immersed Boundary method) を用いている。

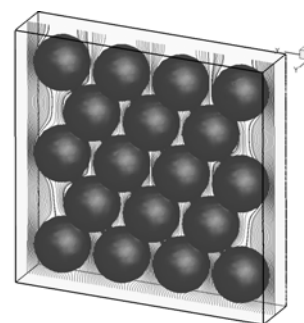


図 1 抗力のシミュレーション

2. 研究成果概要

図 1 は抗力のシミュレーションから得られた解析結果の流線を示す。また図 2、図 3 には粒子 500 個における IB 法と DEM 法の解析の結果をベクトル線図で表している。抗力の計算に使われる Cello et al. の式と IB 法を比較してみると近い値が得られた。このことから IB 法は精度が高いと思われる。

3. 今後の展望

粒子スケール以下の粒子周りの現象を厳密に計算できる DNS を用いて、粒子間の付着性、反応、伝熱などの DEM に組み込むための構成方程式を求め様々な流れ場のシミュレーションを実現させ、流動層内の現象を明らかにする。

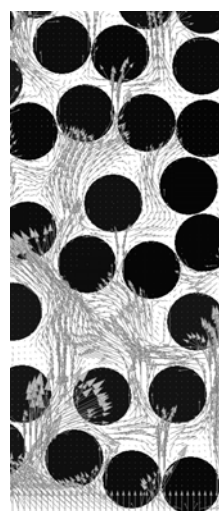


図 2 IB 法の解析
結果

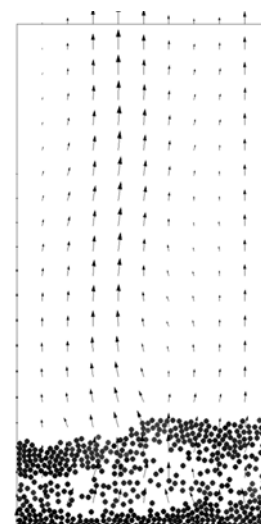


図 3 DEM 法の解析
結果