

(第14回) 2018年度・研究助成報告

研究題名	粉体せん断セル内での液滴変形挙動の数値シミュレーション
研究期間	2018年4月1日～2020年3月31日
研究機関・所属 研究者名	大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻 鷲野 公彰

1. 2018年度研究成果の概要

本研究目的を達成するためには、数値シミュレーションモデルの構築が必要不可欠であった。2018年度は、粉体粒子と液滴の複雑な相互作用を表現するため、カラー関数による界面捕獲法を用いた CFD - DEM 固気液三相流モデルの開発を行った。ここで開発された界面捕獲法の特徴的な点は、VOF 法をベースとしたカラー関数の移流方程式に、拡散界面モデルで使用する拡散項を導入しているところである。これにより、数値拡散を抑えながら滑らかな界面を得ることができ、表面張力および粉体濡れを精度良く計算することが可能となった。また、開発されたモデルによるベンチマークシミュレーション結果を実験および理論式と比較し、モデルの妥当性を検証した。次に、開発されたモデルを用い、比較的大きな粒子 (1mm オーダー) からなる粉体せん断セル内液滴挙動のシミュレーションを行い、液滴変形挙動が毛管現象により大きく影響を受けることが示された。

2. 助成期間内での研究成果の概要

一般的に産業界で使用されている粉体の粒径は、 $1\mu\text{m}$ ~ $100\mu\text{m}$ 程度のオーダーであることが多い。しかし、上記で開発された CFD - DEM カップリングモデルは非常に計算負荷が大きく、小さな粒径を用いた系の計算をすることが困難もしくは実質不可能である。そこで、固気液三相流モデル開発に加えて、実粒子よりも大きな粒子を用いて計算コストを低減する粗大粒子モデルの開発を助成期間内に行った。本研究で開発された粗大粒子モデルは粉体を連続体と近似することにより導出され、粒子に働くどのような力に対しても適用可能である点で画期的である。開発されたモデルを用いた検証シミュレーションでは、粗大粒子が実粒子の挙動を良好に模擬できていることが確認できた。また、粗大粒子モデルを用いることで小さな粒子 ($10\mu\text{m}$ と $100\mu\text{m}$ のオーダー) の粒子からなる粉体せん断セル内液滴挙動のシミュレーションを行った。得られた結果より、粒径が小さくなると毛管現象が液滴変形に与える影響は限定的になる傾向が見られ、液滴の形状も粒径が大きな場合とは大きく異なることがわかった。

3. 研究発表

論文発表

1. 鷲野 公彰, 離散要素法における粗大粒子モデル, 粉体工学会誌, 掲載決定.
2. K. Washino, E.L. Chan, T. Kaji, Y. Matsuno and T. Tanaka, On large scale CFD-DEM simulation for gas-liquid-solid three-phase flows, Submitted to Particuology.

口頭発表

1. K. Washino, E.L. Chan, Y. Matsuno, T. Tsuji and T. Tanaka, Development of CFD-DEM coupling model for particle-liquid-gas flow, AIChE annual meeting (Pittsburgh, USA, 28th October – 2nd November, 2018).
2. 鷲野 公彰, Chan E. Leen, 辻 拓也, 田中 敏嗣, DEMにおける粗視化モデル, 粉体工学会 第53回技術討論会 (Tokyo, 3rd – 4th September, 2018).
3. K. Washino, State-of-the-art models for fluid-solid multi-phase flows, 3rd Japan-Taiwan International Engineering Forum (28th February – 1st March 2019).
4. K. Washino, E.L. Chan, J. Uno, T. Tsuji and T. Tanaka, DEM-CFD model for gas-liquid-solid flows with complex wall boundaries, 8th International Conference on Discrete Element Method (Enschede, Netherlands, 21st – 26th July 2019).
5. 鷲野 公彰, OpenFOAM - LIGGGHTS カップリングによる固気液三相流の数値シミュレーション, OpenCAE シンポジウム 2019 (Osaka, 19th – 21st December 2019).