2023 年度年次報告書

複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた新しい流体科学

2023 年度採択研究代表者

仲村 英也

大阪公立大学 大学院工学研究科

准教授

粉体の流動と混合の時間・空間スケールリング

研究成果の概要

本研究の全期間における目標は、粒子サイズが不均質な粉体(粒径多分散粉体)の流動・混合の時間スケールリングを可能とする代理モデルと、空間スケールリングを可能とする粗視化 DEM モデルを開発するとともに、粗視化粒子よりも小さい空間スケールの微視的な混合均一性まで予測できる粗視化-微視化連成計算技術を開発することである。2023 年度は(1) 高速計算代理モデルで使用するタイムステップの決定方法に関する検討を行った。並行して(2) 粒径 2 成分粉体を対象とした代理モデル開発に取り組んだ。以下にその成果の概要を示す。

本研究では、これまでに開発した高速計算代理モデル RNNSR¹⁾に立脚して、粉体混合過程の予測を行う。RNNSR は粒子座標時系列データ $\bar{\mathbf{x}}(\mathbf{p}, t)$ を入力すると、DEM のタイムステップ Δt_{DEM} の数万倍大きい Δt_{RNN} 秒後の粒子座標 $\bar{\mathbf{x}}(\mathbf{p}, t + \Delta t_{\text{RNN}})$ を外挿予測する代理モデルである。タイムステップ Δt_{RNN} の大きさは予測精度と計算速度に関わる重要な変数であり、適切な値に設定する必要がある。そこで、この Δt_{RNN} が予測精度に及ぼす影響を調査し、十分な予測精度を担保する Δt_{RNN} の決定方法を提案した。その結果、 Δt_{RNN} の適正值は、粒子座標時系列データ $\bar{\mathbf{x}}(\mathbf{p}, t)$ (すなわち粒子軌跡)の変動周期 T_i を目安として決定できることを明らかにした。変動周期 T_i は学習データを高速フーリエ変換すれば容易に求めることができる。

これまでに構築した粒径単分散粉体用の RNNSR に立脚して、粒径 2 成分粉体の流動・混合を対象とした RNNSR の開発にも着手した。検証のため、転動ドラム型混合機内で粒子径の異なる大小 2 成分からなる粉体を転動させた際に起こる粒径偏析現象の予測を行った。その結果、転動時間の経過に伴い、大粒子が粉体層の外側に、小粒子が粉体層の内側に偏る典型的な粒径偏析現象を、開発した代理モデルで比較的良好に予測することができた。以上より、粒径偏析を予測する高速計算代理モデル開発について先鞭をつけることができた。