

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 11 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22760579

研究課題名（和文）粉体シミュレーションの大規模解析手法の構築

研究課題名（英文）Development of a large scale model of discrete element method

研究代表者 酒井幹夫（SAKAI MIKIO）  
東京大学・大学院工学系研究科・准教授

研究者番号：00391342

## 研究成果の概要（和文）：

離散要素法（以下、DEM と記す）は、粉体が係わる諸現象の解明に用いられてきたが、計算負荷が大きいため、計算粒子数は数十万個程度であり、小規模な体系しか適用されなかった。そのため、DEM は産業界のような 10 億個超の粒子を処理するような大規模体系への適用が困難であった。このような問題を解決するために、申請者は DEM の大規模解析手法として DEM 粗視化モデルを開発し、固気・固液混相流の典型的な体系に応用してきた。DEM 粗視化モデルは実験による検証が課題である。そこで、本研究では、固気・固液混相流の典型的な体系において検証実験を行い、DEM 粗視化モデルの妥当性を検証した。

## 研究成果の概要（英文）：

The Discrete Element Method (DEM) is widely used to figure out the complicated phenomena related to solid particle behavior. On the other hand, the DEM could not be applied to large scale systems because of the excessive calculation cost. In fact, the number of the calculated particles became a few hundred thousand by using a latest PC. Namely, the DEM could not be applied to industrial systems, where over billion particles were dealt with. Accordingly, development of a large-scale model of the DEM is desired now. To solve this problem, we have developed a coarse grain model of the DEM, where large-sized modeled particle represents a group of original particles. The coarse grain model was applied to typical gas-solid and solid-liquid flows. In the past studies, adequacy of the coarse grain model was shown by numerical examples. Validation of the coarse grain model was required for the practical usage. In the present study, we show the adequacy of the coarse grain model by the validation tests.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：プロセス工学・化工物性・移動操作・単位操作

キーワード：離散要素法、DEM-CFD 法、固体-流体連成問題、大規模解析、固気・固液混相流

## 1. 研究開始当初の背景

離散要素法（以下、DEM と記す）は、粉体が係わる諸現象の解明に用いられてきたが、計算負荷が大きいため、計算粒子数は数十万個程度であり、小規模な体系しか適用されなかった。そのため、DEM は産業界のような 10 億個超の粒子を処理するような大規模体系への適用が困難であった。

## 2. 研究の目的

申請者は DEM の大規模解析手法として粗視化モデルを開発した。DEM 粗視化モデルは、大きなモデル粒子でオリジナル粒子群を代表して計算するものである。これまでに、DEM 粗視化モデルを固気・固液混相流の典型的な体系において応用してきたが、実験による検証がなされていなかった。

従って、本研究の目的は、固気・固液混相流の典型的な体系において、DEM 粗視化モデルの妥当性を検証するための実験データを取得するとともにその妥当性を検証することである。

## 3. 研究の方法

本研究は平成 22 年および 23 年の 2 年間で実施する。固気混相流として流動層を選定し、固液混相流として回転円筒容器を選定した。これらの体系において、粉体の挙動をスピードカメラで撮影して検証データを取得する。各体系において、実験と同じ体系の DEM 粗視化モデルを用いた数値解析を実行し、その結果が検証実験データとよく一致することを示す。流動層実験装置の導入、検証データの取得、数値解析の高速化・高精度化については、国内外の研究者と意見交換を行う。

## 4. 研究成果

固気混相流の大規模解析手法として、DEM 粗視化モデルを用いた 2 次元および 3 次元 DEM-CFD 法を開発した。これらの数値解析コードを流動層に応用した。検証データ取得のため、ラボスケール流動層を製作した。ガラスビーズなどの粉体を用いて、最小流動化速度および定常状態の圧力損失を取得した。数値解析による検証および数値解析と実験結果による検証より、DEM-CFD 法が妥当であることを検証することができた。

固液混相流の大規模解析手法として、DEM 粗視化モデルを用いた 2 次元および 3 次元 DEM-MPS 法および DEM-SPH 法を開発した。これらの数値解析コードを回転円筒容器内の固液混相流に応用した。ラボスケール回転円筒容器を使用して検証データを取得した。数値解析と実験結果による検証より、DEM-MPS 法および DEM-SPH 法が妥当であることを示した。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 2 件）

- [1] M. Sakai, H. Takahashi, C.C. Pain, J-P Latham, J. Xiang, Study on a large-scale discrete element model for fine particles in a fluidized bed, Adv. Powder Technol. (in press)
- [2] 茂渡悠介, 酒井幹夫, 水谷慎, 青木拓也, 斉藤拓巳, "自由液面を伴う固液混相流解析手法の開発," 混相流, 24, pp.681-688 (2011)

〔学会発表〕（計 5 件）

- [1] 酒井幹夫, 越塚誠一, "粉体シミュレーションの大規模化・高速化に関する研究," 第 17 回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム, 53-56, 名古屋, Nov. 21-22 (2011)
- [2] M. Sakai, S. Mizutani, Y. Yamada, Y. Shigeto, X. Sun, "Large Scale Discrete Element Modeling of Fine Particles in a Gas-Solid Flow," CHEMECA 2011, 293, September 18-21, 2011, Sydney, Australia (2011)
- [3] M. Sakai, Y. Yamada, Y. Shigeto, S. Mizutani, S. Yang, K. Shibata, S. Koshizuka, "Numerical Study on Coarse Grain Modeling of the DEM for Industrial Scale Gas-Solid Flow Systems," AJK2011-FED ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2011, P. 61 AJK2011-12014 (2011)
- [4] 孫曉松, 酒井幹夫, "DEM-SPH 法を用いた固液混相流数値解析手法の開発," 化学工学会 第 77 年会 研究発表プログラム集, 39, 東京, Mar. 15-17 (2012)
- [5] 酒井幹夫, 山田祥徳, 孫曉松, "ラグランジュ的手法による固液混相流の数値解析手法の開発," 化学工学会第 43 回秋季大会 研究発表講演要旨集, 212, 名古屋, Sep 14-16 (2011)

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

酒井 幹夫 (Mikio SAKAI)

東京大学・大学院工学系研究科・准教授

研究者番号：00391342