

Title	多数の粒子と気泡の相互作用問題に適した数値解析法に関する研究
Author(s)	岩田, 隆一
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/57527
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	岩田 隆一
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 23803 号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	多数の粒子と気泡の相互作用問題に適した数値解析法に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 梶島 岳夫 (副査) 教授 田中 敏嗣 教授 矢野 猛 准教授 大川 富雄

論文内容の要旨

液相に分散した多数の粒子と気泡の相互作用は自然環境、工業、生体等に関する流れで広範に観察される。このような分散性固気液三相流動では、粒子や気泡の集団的な挙動が物質・熱輸送ならびに乱流現象に大きな影響を与える。また、粒子群や気泡群の集団挙動には分散相どうしの直接の相互作用だけでなく、媒質流体を介しての相互作用が極めて重要である。分散性固気液三相流の解析手法を確立するには、分散相の集団挙動を正しく反映できる連続体モデルや分散相の集団挙動を正しくシミュレートできる質点モデルの構築が有効である。そのためには個々の分散相の周りの流れを解像するような数値解析法を開発し、分散相の集団挙動の支配因子を見出す必要がある。

本研究は、多数の粒子と気泡の液相を介した相互作用問題を取り扱うための数値解析法を開発し、実現象に対する再現精度の検証を行い、適用例として懸濁液中の上昇気泡を解析した結果を取りまとめたもので、次の5章から構成されている。

第1章では、上記のような研究の背景、目的を示し、固気液三相流動の理論的・実験的研究およびその数値解析法の発展に関する概要を述べた。

第2章では、固気液三相流動について界面周りの流れを考慮した解析が可能な数値解析法として、流体-固体間相互作用を扱う体積力型埋め込み境界法と気液界面相互作用を扱うVolume of fluid法を連成させる方法を提案した。

第3章では、開発した計算法の多数の粒子および気泡を含む流れへの適用性を示す目的で、表面張力波、単一上昇気泡、固定した粒子周りの流れ、単一沈降粒子、粒子-粒子の接近、自由界面を有する流れ場中の円柱の引き上げ、引き下げを解析した。参照データとの比較により、本研究で提案する手法が精度、計算効率の観点で優れていることを示した。

第4章では、本手法の有用性を実証するため、粒子列を通過する上昇気泡および粒子懸濁液中の上昇気泡の計算を行い、粒子および気泡を質点としてではなく、界面現象も含めて解析をすることによって、粒子や気泡周りの流れが気泡近傍における粒子の回転運動に強く影響していることを明らかにした。

第5章では、以上の結果をまとめ、その成果を総括した。

本研究で開発された数値計算法により、粒子群と気泡群の挙動とそれに伴う液相の流れ

を直接的に解析することが可能となった。本研究成果は、大規模な系に対する工学的応用のための連続体モデルおよび質点モデルの高精度化、固気液三相流れにおける分散相の集団挙動と流れ場の相互作用の解明への適用が可能である。

論文審査の結果の要旨

液相に多数の粒子と気泡が分散した混相流は、自然界や工業装置において広範に観察される。このような分散性固気液三相流では、粒子や気泡の集団挙動が物質・熱輸送ならびに乱流現象に大きな影響を及ぼす。粒子や気泡の集団挙動には、分散した要素間の直接的な衝突や接触だけでなく、媒質である液体の役割が極めて重要である。そのため、個々の粒子や気泡の周りの液相の流れを直接計算しながら、多数の粒子や気泡の運動を追跡するような効率の高い解析方法の確立が期待されている。

本論文は、多数の粒子と気泡が液相を介して相互作用する流れ場を取り扱うための数値解析法を開発し、精度と計算効率の検証を行い、適用例として懸濁液中の上昇気泡を解析した結果を取りまとめたもので、その成果は次のように要約できる。

1. 分散相固気液三相流動について、質点モデルなどの仮定を用いず、分散相の各要素の周りの流れも直接計算する解析法として、流体・固体間の相互作用を扱う体積力型埋め込み境界法と気液界面相互作用を扱う Volume of Fluid (VOF) 法を連成させる方法を確立している。
2. 表面張力波、単一上昇気泡、固定した粒子周りの流れ、単一沈降粒子、粒子と粒子の接近、自由界面近傍からの円柱の引き上げおよび引き下げという基本的な流れ場を計算し、参照データとの比較により、本手法が多数の粒子や気泡を含む分散性固気液三相流の解析のために十分な精度と効率を有していることを実証している。
3. 粒子列を通過する上昇気泡および粒子懸濁液中の上昇気泡の計算を行い、例えば気泡周りの粒子の回転運動が両者の相互作用に大きく影響を及ぼし、各相の速度に深く関係することを明らかにしている。

以上のように、本研究で提案された新しい数値計算法により、多数の粒子と気泡の挙動とそれに伴う液相の流れに対する直接解析が実現された。本論文は、連続体モデルおよび質点モデルによる工学的応用に適した計算法の高精度化、固気液三相流における粒子や気泡の集団挙動が流れ場に及ぼす影響解明のいずれに対しても有用である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。