

本論文はメッシュレス手法である粒子法による二相流とジェット流の数値シミュレーションについて記述したもので論文は7章より構成されている。

第1章は序論で、従来の多相流解析手法では非常に多くの実験相関式が必要であるが、その根本原因は気液混合流れにおいて液体がどのような形状を取るかという流体様式を計算できないためであるとしている。粒子法(MPS法)はメッシュレス手法であるため形状適用性に優れ、自由表面や液体の液滴への分裂の表現にも適している。本研究の目的は二流体に適用できる粒子法を開発することであるとしている。

第2章は本研究で開発され用いられているMPS法の物理モデルについてまとめている。即ち、二流体モデルと計算のアルゴリズム：表面張力、液体・ガス相互作用、浮力、熱伝導と相変化の計算モデルについて述べている。

第3章は单相流の実験解析について記述し、自由表面や液体の分裂挙動を解析し計算モデルの検証を行っている。

第4章は円管内の気液二相流解析へ本手法を適用し、垂直、水平流について流動パターンを従来実験的に求められているものと定性的に比較し検討している。第5章は気液二相流問題の実験解析を行っている。まず矩形チャンネル流実験解析で放物型、サドル型の典型的径方向分布が再現できることを示している。次に重力を変化させた実験のボイド率変化を再現できることを示している。これは本手法がナビエ・ストークス方程式のみで気泡挙動を表現できることを示した重要な結果であるとしている。

次に気泡径が径方向ボイド率分布に及ぼす影響に関する実験を解析し、本手法では気泡に働く力を仮定せずとも実験結果を説明できることを示している。これらにより層流二相流における気泡に働く力はナビエ・ストークス方程式のみで表現できることを実証したとしている。次に二相圧損実験結果との比較を行い実験式の再現性を確認している。相変化を含まない気液二相流計算の総合的検証としてプール流にガスを吹き込んだ実験を解析しその流動様式を良好に表現できることを示している。

次に低サブクール強制対流管内沸騰実験を解析し、二相伝熱と单相伝熱の比が適切に計算できていることを示している。最後に、BWR燃料集合体のスペーサ周りの流れへの本手法の適用性について見通しを得たとしている。これらにより、本手法により流動様式に関する実験式を用いずとも実用的精度をもって、二相流解析ができることを示したとしている。

第 6 章はジェット流動の実験解析について述べ、ガソリンプールへ吹き込む水ジェットの挙動と広がりを計算で再現できるとしている。

第 7 章は結論で MPS 法を気液二相流へ拡張する手法を開発し、流動条件や境界形状に対して汎用性があり、実用上十分な精度があることを示したとしている。以上を要するに本論文は気液二相流解析のための粒子法を初めて開発している。この成果はシステム量子工学、特に原子力熱流動工学に進展をもたらすのみならず、工学諸分野の気液二相流問題の解決に寄与するところが少なくない。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。