

# 論文審査の結果の要旨

学位申請者 Ayurzana Badarch

本論文は、「Application of macro and mesoscopic numerical models to hydraulic problems with solid substances (固体を含む水理学的問題に対するマクロおよびメソスコピックな数値モデルの適用)」と題し、10章より構成されている。

第1章では、研究の背景動機と目的、マクロとメソスコピックモデリングの背景について概説し、研究のフローについて記述した。

Part1 (2~4章) では、マクロスコピックに対応した研究結果を集め、土砂の輸送について移流・拡散方程式(ADE)や粒子追跡による数値モデル(PTM)を考案し、さらに海水による塩析によるフロック化による沈降の促進まで考慮してその定式化を実施するとともに信濃川の下流部の大河津分水路河口を対象として数値実験と現地計測結果との比較検討を行った。第2章では流体運動や物質輸送の支配方程式を概説し、第3章では非圧縮性流体と非線形長波方程式の解法の特徴について整理した。第4章では、計算結果を示し、ロックイクスチェンジによる単純な実験室スケールの現象と計算の適用現場である大河津分水路(信濃川河口)における流動と土砂の輸送について検討を行った。その結果、PTMは、広い河口流れに適用した場合でも土砂の粒径に依存した分布を的確に説明することを確認した。また計算結果と適用現場の観測結果は良好な一致を示すことを確認した。

次いでPart2(5~9章)ではメソスコピックモデリングを対象とした研究結果を取りまとめ、格子ボルツマン法(LBM)と自由表面変動を評価するモデルを組み合わせ、流れにおける氷の生成と融解について検討を行った。第5章ではLBM法の基本的な考え方の整理と流れの方程式への適用可能性、熱量などのスカラー量の輸送への対応、乱流、自由表面変動の取り扱い、埋め込み境界法(IBM)への適用方法、境界条件の取り扱いについて整理した。特に、氷と水の間の相変化を表現するためにLBM法における分配関数2つを未知数として計算する手法を用いることとした。第6章では、第5章で検討した内容を実際に数値計算コードに反映される手法を考察し、第7章ではそれらの計算手法を様々な計算事例に適用し、LBM法の妥当性と発展性について確認を行った。特にNS方程式の直接数値計算結果とLBM法の計算結果との比較においてその同等性を確認するとともに、自由表面の変動や氷と水の混合物の挙動を室内実験によって確認し、妥当性を評価した。第8章ではLBM法をモンゴルにおける小規模の発電施設の水理現象に適用し、厳冬期の施設の凍結や施設の運転による氷の成長や融解現象の評価についての理解を深めた。第9章では、今後、計算速度を高速化するための並列化に向けた取り組みを考察した。

第10章ではそれぞれ、Part1とPart2の結論をとりまとめ、今後の発展性について展望した。

よって、本論文は工学上及び工業上貢献するところが大きく、博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと認める。

審査委員主査 細山田 得三 印