

氏名	哈申図雅
授与した学位	博士
専攻分野の名称	学術
学位授与番号	博甲第4994号
学位授与の日付	平成26年 3月25日
学位授与の要件	環境学研究科 生命環境学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	有限要素法による空間離散化にもとづく流れと波の解析法と数値シミュレーションに関する考察
論文審査委員	教授 渡辺 雅二      教授 沖 陽子      教授 梶原 毅

## 学位論文内容の要旨

### [問題と目的]

津波や洪水のような自然災害が深刻化することに伴い、人間を取巻く水圏環境での波や流れの現象に関する課題に関心がたかまり、その再現や予測に必要な技術開発が強く要請されるようになった。一方、流れの数値解析手法は、汚濁物質の拡散や地形変化の予測、洪水や津波、高潮などの防災対策、各種河川・海岸・海洋構造物の計画、設計等を行う上で有効に用いられて来た。本研究では有限要素法に空間離散化に基づく流れや波の数値解析手法の開発と、その妥当性を研究目的とした。

### [方法]

水圏環境中の流れや波の問題を解決するためには、微分方程式や数値解析の理論と方法は不可欠である。有限要素法は偏微分方程式の数値計算を行うための重要な手法の1つである。本研究では、流れや波の支配方程式である運動方程式と連続の方程式の空間離散化を行うためには、有限要素法を適用した。また、安定化を考慮し、流れのシミュレーションを高精度及び高速に行うため、基礎方程式の時間の離散化には次数4の1段階法であるルンゲ・クッタ法と4段階法であるアダムス・バッシュフォース・ムルトン予測子修正子法を適用した。

### [結果と考察]

第2章では、水平二次元流における基礎方程式を誘導し、数値解析に必要な基礎方程式の離散化を紹介した。支配方程式が浅水波の方程式である水の動きを有限要素法による空間離散化に基づく数値シミュレーションの結果を示した。また、厳密解と数値解による結果を比較し、数値解析モデルの妥当性を検証した。

第3章および第4章では、解析対象領域をそれぞれ吉井川および児島湖とし、陰的方法および陽的方法によるマルチレイヤー流れシミュレーションについて説明した。流れを数値解析するためには、グローバル・ポジショニング・システムより構成されるハードウェア・システムを使用した地形を測定する手法が紹介された。流れの数値解析にRTK-GPSと超音波測深機により計測された測位-測深データは導入され、計算結果が生成された。地形データをガウス・クリューゲル投影法により直交座標に変換した。時間・位置データおよび時刻・深さデータが同期され、各要素上の最小二乗近似が適用された。

第5章では、有限要素法に基づく津波の解析を検討した。前述の手法を1968年4月1日に発生した日向灘津波に適用した。津波のシミュレーションにより津波発生から沿岸への到達時間が予測でき、津波の高さが予測できた。津波の高さや伝播速度を的確に把握するには正確な地形データと初期波形に関するデータが必要であると考えられる。

今後はソフトウェアとハードウェア両面の研究開発が要求される。また、シミュレーションのための要素分割の最適化を検討するべきである。

## 論文審査結果の要旨

哈申図雅氏は、環境学研究科博士後期課程において、同研究科博士前期課程における研究テーマであった水域における流れと波の計算機解析に関する研究を引き続き行い、その内容を充実させた。同氏の用いる解析方法は、運動方程式と連続方程式から導かれる偏微分方程式に対し、有限要素法による空間離散化を適用し、その結果導かれる系に常微分方程式ソルバーを適用するものである。この方法は、回転放物面を水底とするモデル問題に適用され、厳密解との比較により、その妥当性が検証された。更に、この方法が、1968年4月1日の日向灘地震により発生した津波に適用され、定点における波高の変化について考察がなされた。博士前期課程で着手され博士後期課程でも継続された、潮汐により吉井川に発生する流れに関する研究では、マルチレイヤー解析により鴨越堰下流域に発生する複雑な流れが解析された。また、当該研究では、鴨越堰付近におけるRTK-GPSと超音波測深機による測位・測深結果が計算機解析に導入された。同氏の博士論文は、上記の研究を含む閉鎖性水域や河川に発生する流れや津波に関する解析方法ばかりではなく、解析方法と解析結果の検証あるいは計測結果の導入にも及び、流れや波の研究に貢献するものであり博士（学術）の学位に相応しいものであることを示した。