

論文審査の結果の要旨

氏名 長谷部 雅伸

本論文は、7章から構成されている。

第1章では、静水圧近似モデルの発展と最近の活用例、静水圧近似モデルの課題および適用性に関する既往研究についてのレビューがなされている。それらを踏まえた上で、本研究の目的を、浅水場(主に長波が卓越する沿岸域など)を対象とした流動モデルについて、(1)静水圧近似の適用条件に関する理論検討、(2)解の状況に応じて静水圧近似モデルと非静水圧モデルを自動的に使い分けることが可能な新たな数値モデルの開発、(3)様々な流動問題を対象とした数値シミュレーションによる本モデルの基本的性質の把握、(4)静水圧近似の具体的な適用基準値の提案、と設定している。

第2章は、大規模深層水放流の拡散シミュレーションについて述べられている。ここでは、深層水利用施設からの利用済み深層水放流を想定した拡散シミュレーションが行われ、成層状態や海域の流れの強さの違いによって、放流された深層水の拡散の様相が様々に変化することを見いだしている。本解析の条件下では、放流深層水は場の流れに直行する噴流となり、この二つの流れが干渉しあうことで放水口のごく近傍に逆回転の渦対が発生し、渦対自体が放流水とともに場の流れに従って移動することで遠方域の拡散場が変化しうること、また条件によっては放流水が分岐状に拡散する場合もあることを示している。こうした放流深層水の挙動は、従来の静水圧近似モデルを用いた解析では再現不可能であり、本研究を進める強い動機づけとなっている。

第3章では、静水圧近似の適用性判定に関する検討がなされている。潮流など主に長波によって駆動される自然現象としての流れと、局所的・人為的な流れが混在する浅水場を対象として、支配方程式の無次元化により静水圧近似が適用可能となる条件が理論的に検討されている。具体的には、静水圧パラメータ δ 、 ε をそれぞれ代表長さスケールおよび代表流速スケールの水平鉛直比によって定義し、これらパラメータを用いて支配方程式を無次元化した結果、 $\delta \varepsilon$ および ε^2 が十分に微小である場合には静水圧近似が適用できることを示している。

第4章では、第3章の知見をもとに、解析結果に合わせ時々刻々と静水圧領域と非静水圧領域の接続境界が変化する解適合型接続法が新たに提案されている。従来しばしば用いられる固定型の接続境界を用いた手法は定常性、周期性のある問題など空間スケールや流速の代表値が予め推定可能な場合に適しているのに対し、解適合型接続手法は、非定常性が強く流れ場の様相を事前に予測することが困難である場合に有用であることが特徴である。また、開発したモデルについて閉鎖性水域での密度流問題の一つとして知られる Lock-Exchange 問題を対象とした検証が行われており、密度フロントの進行速

度について既往のいくつかの研究例と整合する結果が得られることを示し、本モデルの妥当性を確認している。

第5章では、開発した手法を用いて、潮汐を模擬した振動流の作用下における鉛直密度噴流を対象としたシミュレーションが行われている。計算領域全体を静水圧近似モデルとした場合、噴流近傍の解析結果は明らかに現象を再現せず、遠方域での拡散場も非静水圧モデルとは異なる結果となるが、固定境界型接続モデルおよび解適合型接続モデルを用いたケースでは非静水圧モデルを用いたケースと非常に近い解析結果が得られることを示している。

第6章では、開発した手法が津波伝搬解析に適用され、既往の水理模型実験との比較による考察がなされている。具体的には、水平方向格子間隔 Δx を水深の 0.6 倍以下とした場合に第一波の分裂地点・分裂後の最大波高を概ね再現しうること、 Δx が水深の 1.5 倍以上のケースでは、非静水圧モデルを用いたとしても静水圧近似モデルと同様の結果となること、解適合型接続モデルによって波の分裂現象を精度よく再現するためには、少なくとも波峰の前後にわたる領域で非静水圧モデルを用いる必要があること、などを示している。また、静水圧パラメータ δ 、 ε について、波動理論との比較による理論考察により、 δ 、 ε はそれぞれ波の分散性、非線形性を表わすパラメータであることが示された。さらに各波動理論の適用限界から、 $\delta \varepsilon < 0.0087$ かつ $\varepsilon^2 < 0.03$ という具体的な静水圧近似の適用範囲を示し、数値解析によりその妥当性を確認している。

第7章は結言であり、本論文の主要な結論と今後の課題がまとめられている。

なお、本論文第2章は大山巧、第3～6章は多部田茂との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上のように、本論文は沿岸海域環境などの解析手法に関して新規かつ有用な知見をもたらすものである。したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上1993字