

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19360397

研究課題名（和文） 海洋フロントの生成と変動の予測

研究課題名（英文） Prediction of the formation and development of ocean front

研究代表者

馬場 信弘（BABA NOBUHIRO）

大阪府立大学・工学研究科・教授

研究者番号：10198947

研究代表者の専門分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：海洋工学・海洋物理・環境技術・環境予測・海洋科学・フロント・重力流
・密度成層

1. 研究計画の概要

本研究の目的は、生物学的環境を支配する、海洋フロントに特有な物理的な現象を対象とし、実海域における海洋フロントの生成と変動を予測する方法を開発することである。実海域における3次元的な密度界面を対象とし、閉鎖性海域および大洋における環境影響を考察する上で十分な精度で物質輸送を予測することを目標として、具体的な4つの課題

- (1) 海洋フロントのための計算主要部の開発
- (2) 実験との比較による計算主要部の検証と改良
- (3) 実海域への応用のための要素技術の開発
- (4) 観測との比較による計算法全体の検証と改良

に取り組む。

2. 研究の進捗状況

(1) 海洋フロントのための計算主要部の開発

海洋フロントのための計算主要部の開発を行った。海洋フロントは密度の不連続面であり、この不連続面を偏微分方程式の数値解によって正確に捉えるため、新たに非圧縮性流体のための非振動スキームを開発した。2次元的な海洋重力流の計算を行い、変形する密度界面において、過度の数値拡散による不連続面の消

失はなく、数値振動も起きていないことが確認された。

(2) 実験との比較による計算主要部の検証と改良

開発した計算主要部を実験と比較することによって検証し、改良を行った。フロントの発生方法についての検討結果に基づいて製作した小型水槽を用いた実験と、高度化したスキームを組み込んだナビエ・ストークスの有限体積解による計算によって、同等レベルの正確度でフロントを再現し、フロント近傍の3次元非定常な密度場について、計算結果と実験結果を比較した。この結果を用いて、非振動スキームに関する制約条件の調整を行い、乱流モデルを導入しない直接計算で再現できる条件や精度について考察した。

(3) 実海域への応用のための要素技術の開発

フロント、密度界面、壁境界近傍など、時間的に変動の激しい領域を集中的に反復することにより収束速度を上げ、計算効率を改善した。この方法によって、フロントの長時間の計算を行った結果、フロントは、一定速度で進行する初期段階から、壁面における反射など特別な攪乱がなくても、フロントの位置が時間の1/2乗に比例して減速する段階に自然に遷移することが明らかになった。この遷移は長水槽を用いた水槽実験によっても再現され、遷移点が定量的に一致した。この現象は初期のポテンシャルエネルギーがフロントの運動

エネルギーに消費される平衡状態から、壁面における粘性摩擦によって散逸される平衡状態への遷移であることが理論的に説明された。

3. 現在までの達成度

③やや遅れている

(理由) 研究計画のうち、下記の点について課題が十分達成されていない。

- (1) 実海域に相当する高レイノルズ数において、数値的に安定な解が得られていない。
- (2) 密度場の画像計測法について、異なる色のスリット光線を照射した異なる断面間のデータの干渉が小さくなく、定量的に分離して3次元的な構造を把握するには至っていない。
- (3) 計算の効率化を行ったが、実際のCPU時間を大幅に短縮するに至っていない。

4. 今後の研究の推進方策

当初の4年目の計画

IV. 観測との比較による計算法全体の検証と改良

に取り組む。

並行してこれまでの3年間の研究の中で、必ずしも計画通りに達成できていない高レイノルズ数の数値的安定性、画像計測法の3次元解析、計算の効率化について取り組む。

- (1) 高レイノルズ数におけるフロント近傍での空間的な数値振動は、サブグリッド乱流モデルによる渦動粘性が密度界面において不連続変化するためと考えられ、この部分にも数値的な振動を抑えるスキームの導入を検討する。
- (2) 密度場の画像計測法について、単一波長の光線を照射することによって、異なる断面間のデータの干渉を抑え、定量的に分離することを検討する。
- (3) 計算効率を上げるため、収束回数は大幅に減少したが、さらに、収束の悪いセルを探索するアルゴリズムの改善を検討する。

また、上記IVの今期の計画に関する予備調査の結果、時間的に連続した観測データの取得は、容易ではないことが分かってきたため、これに相当する観測を行うことを検討する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

- ① J. Koue, T. Katayama, T. Katsuragi, N. Baba and K. Kitaura, Structure of the Head of Gravity Currents in a Long Channel, Proc. of the 19th International Offshore and Polar Engineering Conference, Osaka, Japan, 871-876, 2009, 査読有

〔学会発表〕(計3件)

- ① 片山卓也, 桂樹哲雄, 馬場信弘, 湧昇システムにおける成層流体の混合, 日本船舶海洋工学会講演会, 2009年11月5日, 大阪
- ② 脇川慎太郎, 馬場信弘, 片山卓也, 北浦堅一, 回転が重力流の挙動に与える影響に関する実験, 日本船舶海洋工学会講演会, 2008年11月12日, 大阪
- ③ 池田麻由, 浦部英一郎, 馬場信弘, 密度界面の計算方法の改良, 日本船舶海洋工学会講演会, 2007年11月12日, 大阪