



Title	重力流先端内部の不安定現象に関する研究
Author(s)	眞田, 有吾
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48534
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	真 田 有 吾
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 2 3 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科地球総合工学専攻
学 位 論 文 名	重力流先端内部の不安定現象に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 戸 田 保 幸 (副査) 教 授 内 藤 林 教 授 長 谷 川 和 彦 教 授 矢 尾 哲 也 助 教 授 松 村 清 重 助 教 授 鈴 木 博 善

論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、重力流先端内部で発生する 3 次元不安定現象、ローブ・クレフト構造に着目し、数値シミュレーションおよび室内可視化実験を相互に検討することにより現象の詳細ならびに発生メカニズムを明らかにすることを目的として行われたものである。本論文の内容の要約は以下の通りである。

第 1 章では、重力流に関する研究の現状について述べ、問題点を明らかにした。

第 2 章では、重力流の先端部で生じるローブ・クレフト構造発生メカニズムについて、水門開放問題を対象として数値計算および定性的な可視化実験の結果から検討を行った。数値計算では、密度変化に対応した 3 次元 CFD コードを新たに開発した。可視化実験については、従来からの染料による先端形状の可視化に加えて、レーザー誘起蛍光法 (LIF) を用いて先端内部を断層撮影し、内部構造を詳細に観察した。これらの結果より、底面摩擦影響により重力流先端部で不安定成層構造が生成され、その結果として水路幅方向に周期的なキノコ状の対流が発生することを示した。この対流は水門開放直後から連続して発生し、先端部の進行方向に沿って連続して発生しており、連続した対流列となることがわかった。対流が発生する場所では、前進速度の低下が生じることがわかった。以上より、この周期的な対流構造がローブ・クレフト構造の形成に大きく関係していることを示した。

第 3 章では、屈折率変化を利用したランダムパターン屈折率測定法を提案し、この手法と粒子画像流速測定法 (PIV) を組み合わせることで密度場・速度場同時計測法を構築した。この手法を適用することにより組織的構造には再現性があるが、流れ場には完全な再現性のない重力流実験で初めて密度場・速度場を同時に計測することができた。この結果と第 2 章の CFD 結果を比較検討することにより、密度場と速度場の 2 次元的な組織構造について調査を行った。その結果、両者には大略的な一致がみられたが、塩分濃度計による密度の点計測との比較では先端部の到達速度に差がみられることを示した。

第 4 章では、重力流先端内部の複雑な 3 次元構造をとらえようとする場合に問題となる、密度変化に伴う屈折率変化に起因する光学的障害を除去するため、屈折率整合法を提案した。この手法では、従来は不可能であった先端内部の流れの観察と PIV と LIF の併用が可能となるため、断面内速度場・密度場を同時計測する手法を提案した。この結果、第 2 章で示した先端部内部で発生する対流構造を室内実験で初めて撮影することに成功した。さらに計測結果と CFD 結果との比較から重力流先端内部の 3 次元組織構造の詳細を調査した。この対流が先端内部での混合に大きな影響を与えていることを明らかにした。

最後に、第 5 章では結言を述べた。

論文審査の結果の要旨

重力流（密度流）は大気、海洋及び陸水中で温度あるいは塩分濃度の不均一のより密度の水平勾配が生じた場合に見られる現象で自然現象中には多くの例が見られる。本論文はこの流れの先端内部で発生する不安定現象のメカニズムを明らかにすることを目的として行われたものである、内容の要約は以下の通りである。

- (1) まず重力流に関する研究の現状について述べ、問題点を明らかにしている。その後、重力流の先端部で生じるローブ・クレフト構造について、数値計算および定性的な可視化実験を行い検討している。可視化実験については、従来からの染料による先端形状の可視化に加えて、レーザー誘起蛍光法（LIF）を用いて先端内部を断層撮影する方法を提案し、内部構造を詳細に観察・検討している。また数値計算結果可視化により、実験で得られた結果を再現できていることを示し、両方の結果を合わせて考察することにより底面摩擦影響により重力流先端部で不安定成層構造が生成され、その結果水路幅方向に周期的なキノコ状の対流が発生することを示している。またこの周期的な対流構造がローブ・クレフト構造の形成に大きく関係していることを示している。
- (2) 屈折率変化を利用したランダムパターン屈折率測定法を提案し、この手法と粒子画像流速測定法（PIV）を組み合わせることで密度場・速度場同時計測法を構築している。この手法を用いて密度場・速度場を同時に計測した結果を示している。
- (3) 重力流先端内部の複雑な3次元構造をとらえようとする場合に問題となる、密度変化に伴う屈折率変化に起因する光学的障害を除去するため、新しい屈折率整合法を提案している。この手法により、従来は不可能であった先端内部の流れの観察と PIV と LIF の併用を可能としている、さらに、断面内速度場・密度場を同時計測する手法を提案し、これらを用いた計測結果と CFD 結果との比較から重力流先端内部の3次元組織構造の詳細を明らかにしている。

以上のように、本論文は重力流先端近傍の不安定現象発生メカニズムを詳細に検討しており、その中でこれまでにこの分野の研究では見られない新しい実験手法を提案している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。