



|              |                                                                                                                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | 流体の重力不安定に関する数理的研究                                                                                                                               |
| Author(s)    | 岩田, 順敬                                                                                                                                          |
| Citation     | 大阪大学, 2006, 博士論文                                                                                                                                |
| Version Type |                                                                                                                                                 |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/46626">https://hdl.handle.net/11094/46626</a>                                                             |
| 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、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>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 いわ 岩 た より 順 たか 敬

博士の専攻分野の名称 博 士 (情報科学)

学 位 記 番 号 第 20474 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 18 年 3 月 24 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第1項該当

情報科学研究科情報数理学専攻

学 位 論 文 名 流体の重力不安定に関する数理的研究

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 魚 崎 勝 司

(副査)

教 授 石 井 博 昭 教 授 谷 田 純 助 教 授 山 本 吉 孝

### 論 文 内 容 の 要 旨

星間ガスの分布に関連して提唱されている仮説のひとつに重力不安定説がある。均質なガスが自己重力で不安定化するという考えは天文学において Jeans 不安定性と呼ばれている。一つの標準理論は、自己重力作用下での流体方程式を数理モデルとし、平面波摂動に対するモデル方程式の平衡解の安定性を調べて Jeans 不安定性の発生機構を説明している。しかしながら、標準理論のモデル方程式は平衡解を許容しないという点で不整合である。さらに、線形近似理論からは均質な平衡から離れてガスがどのように振る舞うのかについて十分な知見は得られない。モデル方程式の非線形性に着目し自己重力で形成される構造をも視野に入れた解析が望まれている。本論文では、数学的な整合性をもつモデル方程式の非線形ダイナミクスを解析し、自己重力流体の階層分化の機構を明らかにする。

本論文では、研究対象を流体の一次元周期流に絞り流体の自己重力をモデル化する。第2章では、エネルギー散逸の効果を取り入れた流体の基礎方程式に自己重力を組み込んでモデル方程式を導く。モデル方程式は均質な平衡を許容する。モデル方程式から密度と運動量の空間平均の保存、粘性によるエネルギーの減少などの性質が導かれる。第4章ではモデル方程式の初期値問題に対して時間大域的可能性を示す。線形偏微分方程式の理論と不動点定理とを組み合わせ初期値問題に対して時間局所解の一意存在を示す。このために必要な数学的基礎を第3章にまとめる。続いて解のアプリオリ評価を用いて時間局所解を時間大域的に延長する。第5章では、流体の平衡を取り扱う。モデル方程式の定常問題に分岐理論を適用し、流体の平均密度を指定して均質な平衡の近傍で非均質な平衡の有無を調べる。線形化問題の固有値を調べて流体のエネルギーに対する変分法の観点から平衡の安定性を判定する。均質な平衡の安定性の交替と同時に非均質で安定な平衡の出現が示される。第6章では、エネルギーの観点から安定と判定される平衡に摂動を加えその挙動を考察する。流体運動における保存則を考慮に入れて初期摂動に適切な仮定をおき、初期値問題の解の挙動を調べる。モデル方程式から直接に摂動のノルム評価を導き、摂動が時間の経過とともに指数的に減衰して平衡が漸近安定であることを示す。対流や放射にともなう熱の輸送など実際の天体形成過程において重要と考えられる要因を取り入れた数理モデルをたてその厳密解析の可能性を探ることが今後の課題である。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、流体の自己重力によって均質な流体に引き起こされる重力不安定に対して一次元周期流の数値モデルを提案し、モデル方程式の数学解析により重力不安定の機構について研究を行い、以下の7章にまとめたものである。

第1章では、序論として宇宙規模での構造形成にたいする重力不安定の仮説について概観しこれに関連して流体の重力不安定に対する数値的研究の進捗について述べ、非線形の数値モデルにより流体の重力不安定を解析する本研究の意義を明らかにしている。

第2章では、一次元周期流に対して流体の自己重力をモデル化する手続きを述べ、圧縮性粘性流体の基礎方程式に自己重力を組み入れて本研究のモデル方程式を提案している。さらにモデル方程式から導かれる自己重力流体の性質について概観している。

第3章では、モデル方程式を数学解析するための準備として、関数解析、ならびに線形偏微分方程式の関数解析的な取り扱いについて基礎的事項をまとめている。

第4章では、モデル方程式の数学的な基礎付けとして、線形偏微分方程式の理論と不動点定理を応用して非線形のモデル方程式の初期値問題にたいして適当な関数のクラスで時間大域的可解性を示している。

第5章では、モデル方程式の定常問題を解析して流体の平衡状態について議論している。分岐現象一般を取り扱うための数学的な枠組についてまとめたのち、これを応用して均質な平衡から非均質な平衡が分岐することを示している。さらに、流体のエネルギーを導入し、これに変分法を適用して分岐にともなう均質な平衡が安定性を失い替わりに非均質な平衡が安定性を獲得する機構を明らかにしている。

第6章では、エネルギーの観点から安定と判定される流体の平衡に摂動を加え、これを初期状態として初期値問題の解の漸近挙動を議論している。流体運動における保存則を考慮して初期摂動に適切な仮定をおき、摂動のノルム評価をモデル方程式から直接に導出し、摂動が時間の経過とともに指数的に減衰し平衡が漸近安定であることを示している。

第7章では、総括として本論文のまとめと今後の展望について述べている。

以上のように、本論文は流体の重力不安定についてモデル方程式を提案し、これを数学解析の方法で研究し、流体の重力不安定に関わる非線形機構に対して知見を得たもので、情報科学とくに非線形数学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値あるものと認める。