

Title	自己重力流体方程式の解の大域的挙動と特異性の成長
Author(s)	澤田, 真宏
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/55852
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (澤田 真宏)	
論文題名	自己重力流体方程式の解の大域的挙動と特異性の成長
論文内容の要旨	
<p>天文学における、宇宙空間に観測される星間ガスの分布に関する仮説の一つに、星間ガスがその自己重力で凝集を起し、孤立したガス塊の集まりへと進化するという重力不安定説がある。本論文は、星間ガスを圧縮性流体とみなして自己重力流体の数学モデルをたて、モデル方程式の解の挙動を研究し、数学解析の立場から当該仮説の可否を論じている。本論文で扱うのは、無限一様に分布する圧縮性流体に平面波擾乱が入射して生じる空間1次元周期的な流れにおける重力現象である。流体の状態方程式について、圧力が密度に比例する等温流と圧力が密度のべき乗に比例する等エントロピー流を対比させ、双方の流れのモデル方程式には解の有界性という点において本質的に差異があることを導き出している。その要点は以下のとおりである。</p> <p>はじめに、ニュートンの重力則をもとに空間1次元周期的に分布する流体に対する自己重力のモデルを導出し、これを圧縮性粘性流体の等温流ないし等エントロピー流の方程式に組み込んで自己重力流体のモデル方程式を得ている。つぎに、モデル方程式の初期値問題に対して、周期条件のもと、局所解の構成、解のアプリオリ評価、これらに基づく解の延長を行い、大域解の一意存在を示している。つづいて、等温流モデルについては松村-西田の先行研究にならって解の有界性を導くことで、等エントロピー流モデルについては解の有界性を仮定することで、解軌道のオメガ極限集合が空ではなくモデル方程式の平衡解の集合に含まれることを示している。モデル方程式の平衡解全体の構造を平衡解の分岐、ならびに、ある非線形振動子の解の周期性に着目して決定し、さらにモデル方程式に付随するエネルギー形式の単調性をもとに平衡解の線形安定性の概念を導入して平衡解の安定性を論じている。最後に、エネルギー値が最小の平衡解を特定しその安定性を判定することで、等エントロピー流のモデル方程式に対して非有界な解の存在を示し、非有界な解を導く初期条件を提示している。</p> <p>モデル方程式に対する解析結果は、流れの熱力学的過程によっては星間ガス内部で限りなくガスの希薄化が進行し星間ガスが孤立したガス塊に分裂する可能性を示唆しており、重力不安定仮説を支持するものとなっている。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (澤 田 真 宏)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	八木 厚志
	副 査	教授	谷田 純
	副 査	教授	藤崎 泰正
	副 査	准教授	山本 吉孝

論文審査の結果の要旨

宇宙空間を充たす物質の分布の解明は天文物理学における主題のひとつであり、観測事実を説明し天体の進化を理解するために様々なモデルが提案されている。特に主要な物質と考えられているガスの分布に関して、前世紀初頭の Sir James Jeans による先駆的研究以来、重力不安定仮説の名のもと自己重力系のダイナミクスに基礎をおく研究が精力的に進められている。本論文は、星間ガスに係る重力不安定仮説に特化して流体力学のモデルをもとにして組み立てられた等温流、等エントロピー流両モデルの類似点および相違点に注目して詳細にモデル解析を行った結果をまとめたものであり、その主たる成果は以下の3点に要約できる。

(1) 等温流モデルに対しては先行研究における手法をもとに、等エントロピー流モデルに対してはさらに流体密度の下限に関する先験情報を加えて、モデル方程式の解軌道のコンパクト性を得ている。さらに、両モデルに対して、コンパクトな軌道をもつ解の長時間挙動が平衡に支配されることを導いている。これにより、解の有界性に関して決定的な結果を欠く等エントロピー流のモデル方程式に対して、解の有界性の可否を定常問題と結びつけて研究する道筋をつけている。

(2) 流体の平均密度をパラメータにとり、モデル方程式の平衡解の全体構造を同パラメータで分類して示している。モデル方程式に付随したエネルギーの形式、ならびに、エネルギーによる平衡解の安定性の概念を導入し、平衡解の安定性が同パラメータに連続的に依存することをもとに各平衡解の安定性を導き出している。平衡解の構造および安定性をあわせて、パラメータの増大により等エントロピー流のモデル方程式にはやがて安定な平衡解が欠けてしまうこと、この点において等温流のモデル方程式とは様相が異なることを明らかにしている。

(3) 指定された平均密度をもつ平衡解のエネルギー値を比較して平衡解の準位を決定している。最小準位の平衡解の安定性に照らして、解軌道に沿うエネルギーの減少性をもとに等エントロピー流のモデル方程式に対する非有界な解の存在を示している。この結果は、等温流のモデル方程式に対する解の有界性と鋭い対比をなすとともに、時間の経過とともに星間ガス中に真空に限りなく近い領域が拡がり星間ガスが孤立したガス塊の集団へと進化すると説く重力不安定仮説に支持を与えるものとして、等エントロピー流モデルが有力な候補となりうることを示している。

以上のように、本論文は自己重力流体方程式の時間大域的な解の挙動と特異性の成長について解析的に研究し、流体が従う熱力学過程による流体の長時間挙動の違いを示すとともに、重力不安定仮説を支持するモデルを見出しており、情報科学に寄与するところが大きい。よって、博士(情報科学)の学位論文として価値あるものと認める。