

国立天文台 天文学データ解析計算センター
成果報告書 (平成17年度)

提出期限：平成18年3月20日(月)17:00 必着

応募カテゴリ（いずれかを選択） A ・ **B** ・ C
システム（いずれかを選択） VPP ・ **GRAPE**

プロジェクト ID: g05b08

研究代表者（現在のユーザ ID : taruyaat）

氏名	樽家 篤史	
所属機関名	東京大学大学院理学系研究科 附属ビッグバン宇宙国際研究センター	
連絡先住所	〒113-0033 文京区本郷 7-3-1	
電話番号	03-5841-4177	
E-mail	ataruya@utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp	
職または学年	助手	
研究代表者が学生の場合には指導教官の氏名		

研究課題名

(和文)	自己重力系の非平衡進化と準平衡状態の研究
(英文)	Non-equilibrium evolution and quasi-equilibrium states in self-gravitating N-body systems

研究分担者

[illegible]

成果に関連して出版、もしくは印刷、投稿中の論文リスト

(1) このプロジェクト（同様の過去のプロジェクトも含む）での成果

● 研究会発表

“Description of Quasi-Equilibrium States in N-body Self-gravitating System”

Atsushi Taruya, Masa-aki Sakagami, Takashi Okamura,

The 3rd 21st century COE Symposium on “*Astrophysics as Interdisciplinary Science*”, held at Waseda University, 1st – 3rd September 2005

※ 研究会集録は、Journal of Physics: Conference Series より出版予定 (印刷中).

“Generalized variational principle for stellar dynamics and quasi-equilibrium states in N-body system”,

Atsushi Taruya, Masa-aki Sakagami, Takashi Okamura,

The 15th Workshop on General Relativity and Gravitation, held at Tokyo Institute of Technology, 28th November – 2nd December 2005

※ 発表内容は、研究会集録 Proceeding of the 15th Workshop on General Relativity and Gravitation pp.151–155 (2006) に記載.

(2) これまでのプロジェクトの今年度中の成果

● 学術論文

“Antonov problem and quasi-equilibrium states in N-body system”

Atsushi Taruya, Masa-aki Sakagami,

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society **364** p.990–1010 (2005).

成果の概要

本研究プロジェクトでは、重力熱的不安定性によって駆動される、自己重力系の非平衡進化に着目し、熱・統計力学、および動力学的な視点から、非平衡進化の特徴づけとその記述法の確立を目指した研究を進めている。これまで、断熱壁で閉じ込められた自己重力系という、ある種、理想化された系に焦点をあて、N 体シミュレーションを用いてその動力学の性質について詳しい研究を行ってきた。系統的な N 体シミュレーションの解析結果から、系のエネルギーが熱平衡 (等温分布) からさほど遠くない場合、恒星ポリトロープ分布と呼ばれる恒星系モデルの解の系列を用いると、系の非平衡状態をよく記述できることが明らかになってきた。このことは、系の長時間進化が、ポリトロープ指数という 1 パラメーターの時間発展のみで特徴づけられることを意味している。

こうした成果を踏まえ、本年度は、恒星ポリトロープの系列で記述される“準平衡状態”の時間進化の様子を、解析的に導出する問題について取り組んできた。具体的には、自己重力系の Fokker-Planck モデルをベースに、一般化変分原理を用いて、時間進化するポリトロープ指数 n の発展方程式を導き、簡単な数値積分から、 n の時間進化の近似表式を得た。図 1 に、N 体シミュレーションと近似表式から得られた、ポリトロープ指数の時間進化の様子を示す。解析的な近似

表式が、 N 体シミュレーションの結果をよく再現していることがわかる。こうした解析から、重力熱的に不安定な領域へと向かうフェーズで、図 1 に示すように、 n の時間変化が減衰するふるまいが現れ、安定な等温分布に落ち着くフェーズでは、ポリトロップ指数は指数関数的に増大することが明らかになった。実際、後者の振る舞いも、 N 体シミュレーションで確認され、解析的な近似表式が、定量的にもよい記述を与えることが確かめられている。今後はこの成果を踏まえて、 N 体シミュレーションで見つかっている、準アトラクター的な振る舞いについても解析を進めていく方針である。

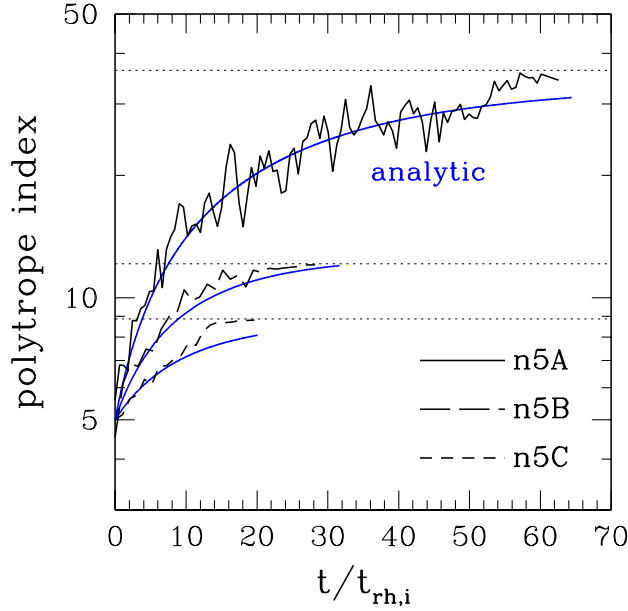


図 1: ポリトロップ指数の時間発展の様子。Pre-collapse 期に、恒星ポリトロップ分布の系列で記述できる“準平衡状態”が存在し、系の時間発展は、ポリトロップ指数の時間進化のみで記述できる。実線、破線、点線は、異なる初期条件に対するポリトロップ指数の時間進化で、黒線は N 体シミュレーションのデータから得られたフィッティング結果を表す。一方、青線は、Fokker-Planck モデルを下に、一般化変分原理を用いて解析的に求められた、 n の時間進化を表している。なお、時間スケールは、それぞれの初期分布から見積もった half-mass relaxation time $t_{\text{rh},i}$ で規格化している。