



「宇宙シミュレータ FIRST による初代天体形成の先駆的研究」  
 （平成 16～19 年度 特別推進研究「融合型並列計算機による宇宙第一  
 世代天体の起源の解明」）

所属（当時）・氏名：筑波大学・大学院数理物質科学研究科・教授・  
 梅村 雅之  
 （現所属：筑波大学・計算科学研究センター・教授）

### 1. 研究期間中の研究成果

#### ・背景（事象の初歩的な説明）

宇宙第一世代天体は、宇宙の全ての構造の起源となる天体であり、その誕生は、宇宙全体の進化、銀河の誕生、重元素の起源を解き明かす上でも根源的な問題である。第一世代天体における星形成過程は、これまで多くの研究が行われてきたが、その質量、個数、形成率については、まだ十分な理解が得られていない。

#### ・研究内容及び成果の概要

新規開発した重力計算専用ボード Blade-GRAPE を PC クラスタに融合し、宇宙シミュレータ FIRST を開発した（右図）。これを用い、3次元輻射流体力学を世界に先駆けて実現した。そして、第一世代天体について、従来の計算よりも数桁高い分解能を実現する大規模シミュレーションを行い、第一世代天体の質量が、これまでの計算より2桁近く小さくなることを示した。

### 2. 研究期間終了後の効果・効用

#### ・研究期間終了後の取組及び現状

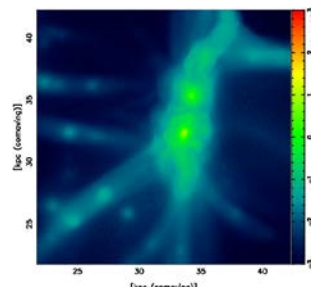
FIRST を用い、輻射流体力学と高精度N体計算によって、第一世代天体における星形成過程、原始銀河からの電離紫外線光子の脱出と宇宙再電離、ライマン $\alpha$ 輝線天体の宇宙論的モデルの構築、紫外線輻射場内の球状星団形成、原始銀河における巨大ブラックホールの合体成長、について研究が進展した。

#### ・波及効果

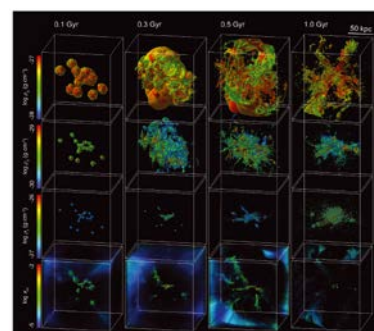
第一世代天体の質量に関する成果は、それまで学界で信じられてきた第一世代天体の質量の見直しにつながった。また、3次元輻射流体力学の実現は、国際プロジェクトに発展し、世界10数グループが参加する Comparison Project が行われた。さらに、SPH法とツリー化された輻射輸送を組み合わせた高速輻射流体力学コード START 開発は、格子法を用いた高速輻射流体力学の実現につながり、3次元輻射流体力学のポテンシャルが一気に高まった。計算機科学への波及効果として、宇宙シミュレータ FIRST の開発は、演算加速器をもつ融合型計算機のさきがけとなり、コンピュータサイエンスの発展に対しても重要な影響を与えた。そして、初代天体と宇宙再電離の研究は、高赤方偏移宇宙観測にも大きな影響を与え、遠方宇宙のライマン $\alpha$ 輝線天体の観測による宇宙再電離の共同研究へと発展した。



宇宙シミュレータ FIRST(上)と、  
 その中に組み込まれている  
 Blade-GRAPE(下)



第一世代天体形成



原始銀河からの電離光子の脱出の  
 3+3次元輻射輸送シミュレーション