

## 宇宙再結合期における再結合放射の影響

### Effect of Recombination Radiation in the Epoch of Reionization

田中賢  
京都大学

#### 1. 研究目的

本プロジェクトでは輻射流体シミュレーションを用いて輻射輸送が重要な役割を果たす第一世代星・原始銀河の形成過程を調べ、更にこれまで考慮されてこなかった水素原子、ヘリウム原子からの再結合光子が形成過程に及ぼす影響を研究することを目的とする。また、同様に空間的に広がった光源からの輻射である星間空間のダストによる赤外線放射についても、これらを考慮した輻射輸送・輻射流体シミュレーションを行い、天体形成に及ぼす影響を研究する。

#### 2. 研究成果の内容

宇宙初期における第一世代星の形成シミュレーションにおいて、計算量の膨大さから一般的には近似として取り入れる水素原子やヘリウム原子からの再結合放射を整合的にとり入れた数値シミュレーションを実施した。その結果、再結合放射を無視した数値シミュレーションと比較して電離波面から中性水素領域へ再結合光子が浸透し適度な電離領域が形成されることにより、その適度な電離領域内の自由電子によって水素分子の生成が促進され、自己遮蔽領域が生成されることにより水素分子の放射冷却によって初代星の形成が促進されることがわかった。いくつかの条件設定では再結合放射を無視した数値シミュレーションと再結合放射を取り入れたものとの初代星の形成の様子が大きく異なった。以上のことから再結合放射を整合的に取り入れることが第一世代星の形成を詳細に理解するうえで重要であることがわかった。本研究により、初期宇宙の第一世代星形成において天体の形成過程や形成時期についての従来の再結合放射を考慮してこなかった数値シミュレーションによる結果は第一世代星の形成が抑制されすぎている可能性が高いことがわかった。

#### 3. 学際共同利用が果たした役割と意義

我々が開発している 3 次元輻射流体シミュレーションコード ARGOT の特徴は再結合放射などの広がった光源からの輻射輸送計算を GPU を用いて高速に実施するというものであり、GPU を備えた Cygnus システムを利用することで極めて効率的な数値計算が可能となった。従って、本学際共同利用プログラムが本研究の遂行に本質的であったといえる。

4. 今後の展望

今後は計算コードにダークマターの重力の効果を統合的に取り入れ、原始銀河における再結合放射の効果を定量的に調べ、電離光子の脱出確率などをより正確に求めることを目指す。また、天体物理学的に重要な広がった光源からの輻射輸送として星間ダストからの赤外線放射にも応用していくつもりである。また、目標としていた NVIDIA GPUDirect Version 3 による GPU 間直接通信の実装がマルチスレッドで使用する場合、現状のシステムでは困難であったがいずれは効率的に使えるようにしておきたい。

5. 成果発表

- (1) 学術論文
- (2) 学会発表
- (3) その他

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース*	
		当初配分	追加配分
Cygnus	○	15000	
Oakforest-PACS			
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			