



東北大学

東北大学

担当部署連絡先 研究推進課基盤研究係
E-mail : kenjyo@grp.tohoku.ac.jp

作成日 : 2021年8月25日
更新日 : —

科研費
KAKENHI

大規模計算機シミュレーションによる星・円盤形成過程の研究

天文学およびその関連分野

研究者所属・職名 : 理学研究科・准教授

ふりがな とみだ けんご

氏名 : 富田 賢吾

主な採択課題 :

- [若手研究\(A\)「大規模マルチスケールシミュレーションによる星初期質量関数の起源の探求」\(2016-2020\)](#)
- [国際共同研究加速基金\(国際共同研究強化\)「Athena++による星形成過程のマルチスケール輻射磁気流体シミュレーション」\(2018-2019\)](#)
- [基盤研究\(A\)「星・惑星形成過程における高エネルギー物理現象の探求」\(2021-2025\)](#)

分野 : 天文学、宇宙物理学

キーワード : 星形成、惑星形成、原始惑星系円盤、高性能計算、数値シミュレーション

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

星は光や電波で観測できる宇宙の最も基本的な構成要素であり、その形成過程を理解することは宇宙全体の構造や進化を理解する上で本質的に重要である。また、地球・太陽系を含む多様な惑星系の形成過程を理解することは、生命や人類の起源を理解する上でも重要である。近年、すばる望遠鏡やアルマ望遠鏡等の大型装置による観測で、若い原始星やその周囲の原始惑星系円盤、そこで進行する惑星形成過程の観測的理解が飛躍的に進みつつある。このような最先端の観測と理論モデルを比較(図1)し、理論と観測の両面から星・円盤・惑星形成過程をより深く理解する必要がある。

●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

宇宙物理学では、対象とする現象の空間・時間スケールが人間のそれとは大きく異なるため、他の物理学と異なり「実験」を行うことができない。そのため、コンピュータシミュレーションを用いた「数値実験」が大きな役割を果たす。星・円盤・惑星形成過程では流体力学・重力・磁場・化学反応・放射など様々な物理過程が複雑に作用するため、これらを取り入れた高度な数値シミュレーションが不可欠である。我々は多様な物理過程を含む新たなシミュレーションコードを開発し、最先端のスーパーコンピュータを用いた大規模数値シミュレーションによりこの問題に取り組んだ。

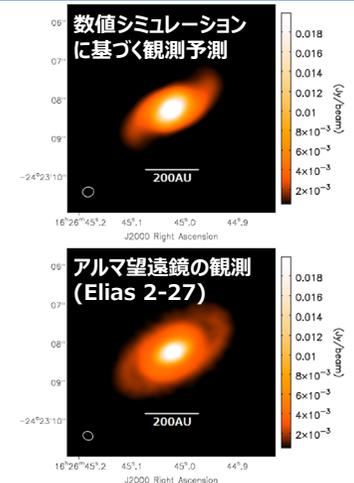


図1 原始惑星系円盤のシミュレーションと観測の比較



東北大学

東北大学

担当部署連絡先 研究推進課基盤研究係
E-mail : kenjyo@grp.tohoku.ac.jp

作成日 : 2021年8月25日
更新日 : —

科研費
KAKENHI

大規模計算機シミュレーションによる星・円盤形成過程の研究

天文学およびその関連分野

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

米国プリンストン高等研究所・プリンストン大学を中心とする国際協力により、宇宙物理学向けの先進的な磁気流体シミュレーションコード **Athena++** (<https://www.athena-astro.app/>) を開発した。このコードは必要な領域にだけ高分解能の計算格子を自動的に生成する解適合細分化格子に対応しており、宇宙物理学で必要となる磁気流体力学を中心として重力や化学反応など様々な物理過程を含んでいるため、幅広い問題に適用できる。また、現代的なスーパーコンピュータに向けた新しい設計により、従来の宇宙物理学向け公開コードを大幅に上回る高い性能を実現した。Athena++コードはインターネット上で公開しており、これを用いた講習会や研究会なども実施している。

分子雲と呼ばれる低温高密度のガスのうち、特に高密度なガスの塊である分子雲コアと呼ばれる天体が星・円盤・惑星形成過程の初期条件になっていると考えられている。我々はAthena++コードを用いて、銀河内の星間ガスが圧縮・冷却されて分子雲が形成される過程の大規模シミュレーションを行った。その結果、ガスの重力と磁場の相互作用により形成される分子雲はフィラメント（ひも）状の構造を持つことや、分子雲には急激な圧縮・冷却過程によって駆動された乱流が普遍的に存在することがわかった（図2）。また、分子雲には星間空間から持ち込まれた磁場が存在するが、その強度は周囲の乱流・ガス圧とのバランスで決まり、分子雲コアのガス密度や質量と磁場の間に普遍的な関係があることが分かった。これらの結果は分子雲の観測と整合的であり、その後進行する星・円盤形成過程を理解する基礎となる。

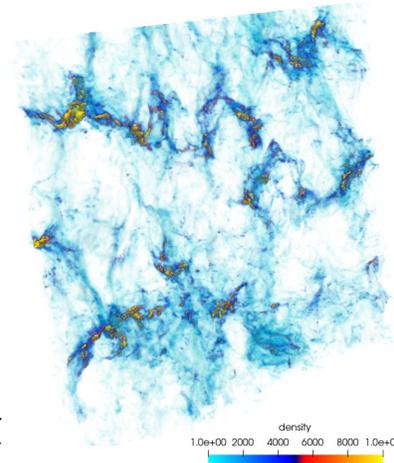


図2 分子雲形成過程の数値シミュレーションの結果。高密度領域（黄色）はフィラメント状の構造を持つ。

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

Athena++コードは現在も開発が継続されており、ブラックホールや超新星爆発の高エネルギー天体现象から星惑星形成まで幅広い分野で利用されている（図3）。今後も最先端のスーパーコンピュータで大きな成果を上げられると期待している。

分子雲よりも小スケールの星・原始惑星系円盤の形成についての研究や、より大スケールの銀河スケールでの星間物質と星形成の研究も進めている。今年度からは星形成過程と高エネルギー宇宙線の関係を調べる新たなプロジェクトを開始した。Athena++コードの高い汎用性と性能を生かし、今後も幅広い分野に研究を広げていく予定である。

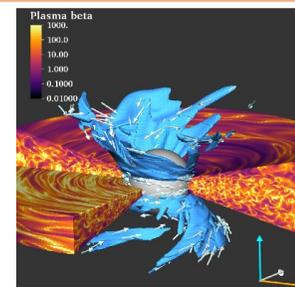


図3 原始星への降着の高解像度シミュレーション