

大学間連携等による共同研究報告書

初期宇宙での星形成の研究

1. 報告書作成年月日：令和3年8月26日
2. 補助対象年度：令和2年度（令和2年4月1日～令和3年3月31日）
3. 共同研究期間：令和2年4月1日～令和5年3月31日
4. 研究の目的：これまで両者は共同研究によって原始的環境での星形成におけるコヒーレントな磁場効果の研究を進めてきた。一方、極初期の宇宙で生まれる星は乱流状態のガス雲から生まれると考えられるようになっている。この場合に乱流や乱れた磁場が星形成にどのような影響を与えるのかは明らかでない。本研究ではこれまでの共同研究に基づいてこれらを明らかにする。

5. 研究組織

(1) 研究代表者

研究代表者氏名：須佐 元
ローマ字氏名：SUSA HAJIME
所属研究機関名：甲南大学
部局名：理工学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：

(2) 研究分担者

研究分担者氏名：町田正博
ローマ字氏名：MACHIDA MASAHIRO
所属研究機関名：九州大学
部局名：理学研究院地球惑星科学部門
職名：准教授
研究者番号（8桁）：

(1) 研究分担者

研究代表者氏名：富永 望
ローマ字氏名：TOMINAGA NOZOMU
所属研究機関名：甲南大学
部局名：理工学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：

(3) 研究協力者

研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

6. 実施経過：（継続中）

令和2年3月ごろから新型コロナウイルスの影響で主にオンラインでのやり取りの中で研究を進めた。まず乱流現象と初期宇宙の星形成との関係について調べるために、初代星のホストであるミニハローで乱流状態がどれほど一般的に実現されるのかを調べた。

7. 研究成果：

その結果以下のことがわかった。

- 1) 星のホストとなるガス雲が重力収縮すると、コア付近は“収縮する宇宙”と同等になる。したがって、ソレノイダルな速度場の成分は“ハッブルドラッグ”によって成長する。またこれは別の味方をすると、循環が保存する場合に渦度が密度の2/3に比例して増大していくということと同等である。
- 2) 速度場の圧縮成分は線形理論で考えるとやはり収縮と共に増大する。しかし増加率はソレノイダル成分に及ばないため、先行して成長するソレノイダル成分に引きずられて線形理論よりも迅速に成

長する。3) 重力収縮が開始する低密度環境 ($\sim 10^4$ cc) で、乱れた速度場が異常に小さな値 (\sim マッハ 0.001 以下) をとらない限り、原始星の密度に到達するまでに音速の数倍に達する超音速な乱流が生成される。これらの主な結果は学会発表されており、またすでに *Astrophysical Journal* に投稿済みである。この他に、本共同研究の前身にあたる共同研究で調べた、磁場とガスの結合/散逸係数を考慮した星形成 model 計算、同じくこれまでの共同研究の知見を用いて初代星連星によって重力波天体が説明可能かどうか調べた研究、初代超新星によるガスのメタル汚染の詳細がどの程度金属欠乏星の組成比に影響するかを調べた研究を行った。

8. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

“Early Evolution of Disk, Outflow, and Magnetic Field of Young Stellar Objects: Impact of Dust Model”

Tsukamoto, Y.; Machida, M. N.; Susa, H.; Nomura, H.; Inutsuka, S.

The Astrophysical Journal, Volume 896, Issue 2, id.158, 20 pp. (2020)

DOI 10.3847/1538-4357/ab93d0

“Merger Rate Density of Population III Binary Black Holes Below, Above, and in the Pair-instability Mass Gap”

Tanikawa, Ataru; Susa, Hajime; Yoshida, Takashi; Trani, Alessandro A.; Kinugawa, Tomoya

The Astrophysical Journal, Volume 910, Issue 1, id.30, 31 pp.

DOI 10.3847/1538-4357/abe40d

“Does the structure of Population III supernova ejecta affect the elemental abundance of extremely metal-poor stars?”

Chiaki, Gen; Tominaga, Nozomu

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 498, Issue 2, pp.2676-2687

DOI 10.1093/mnras/staa2340

[学会発表] (計 2 件)

“星同士の詳細な合体条件の探求”

桐原 崇亘, 須佐 元 (甲南大学), 谷川 衝 (東京大学)

日本天文学会 2021 年春季年会 東京工業大学 (オンライン開催)

“ミニハロー内の収縮する始原ガスコアにおける乱流の増幅”

東翔 (甲南大学)

日本天文学会 2021 年春季年会 東京工業大学 (オンライン開催)