

宇宙初期の低金属環境におけるガス衝突による大質量星団形成

前田 龍之介（東北大学）

課題概要

星団の中でも若く質量の大きな星団は Young Massive Cluster(YMC) と呼ばれる。YMC は超新星爆発・恒星風・紫外線といった現象で周囲の星間媒質に多大な影響を与える重要な天体であるが、その特徴的な星の高密度構造の起源の困難さから、形成過程は未解明である。一方で、近年の大マゼラン雲における HI ガスの観測から、YMC は HI ガスの高速衝突によって形成したことが観測的に示唆された。そこで、我々は加熱冷却・化学反応・自己重力入りの MHD シミュレーションを用いてガスの高速衝突計算を実行し、実際にガス衝突で YMC の前駆体となるガスクランプが形成可能であることを示した(Maeda et al. 2021)。しかしながら、Maeda et al. (2021)では星が形成されたことによるフィードバック効果は考慮されていなかった。ガス集積以前にフィードバックが存在すると YMC 形成に影響を及ぼす可能性があるため、本研究ではフィードバックを考慮した計算を実行し YMC 形成におけるフィードバック効果の影響を確かめた。加えて本年度では、Maeda et al. (2021)で注目していた銀河系近傍の環境とは異なり、近年 JWST で観測されている宇宙初期環境の低金属環境($\leq 0.01 Z_{\odot}$)の YMC 形成の解明のための計算も行なった。本研究では特に $10^{-4} Z_{\odot}$ のガス衝突計算を行い、現在と過去の宇宙での YMC 形成過程の違いの解明を目指した。

研究内容

本年度は不老 TypeI システムを利用し計算を行った。フィードバックを考慮した星団形成シミュレーションの結果、YMC に進化する大質量ガス塊は重力の効果が大きく、星からの光電離フィードバック効果がある場合でも長時間コンパクトな構造を維持することがわかった。この高密度なガス塊は高い星形成効率で星形成し、最終的に高密度な YMC に進化すると考えられ。一方で、重力の効果が小さい低質量なガス塊は大質量星が形成するとフィードバックの効果で蒸発し、YMC には進化できないということもわかった。これらの結果は論文として投稿済みである(成果 1)。

また低金属環境での星団形成の計算も行った。その結果、低金属環境の衝撃波圧縮層で高密度構造を形成する際には、太陽金属量の場合と異なり、金属冷却ではなく水素分子冷却が主要な役割を果たすことが明らかになった(図 1)。この場合、衝撃波圧縮層の高密度ガスは熱的に安定になるため、形成するガス塊の分裂が抑制され、宇宙初期の星団はより大質量になる可能性があることがわかった。

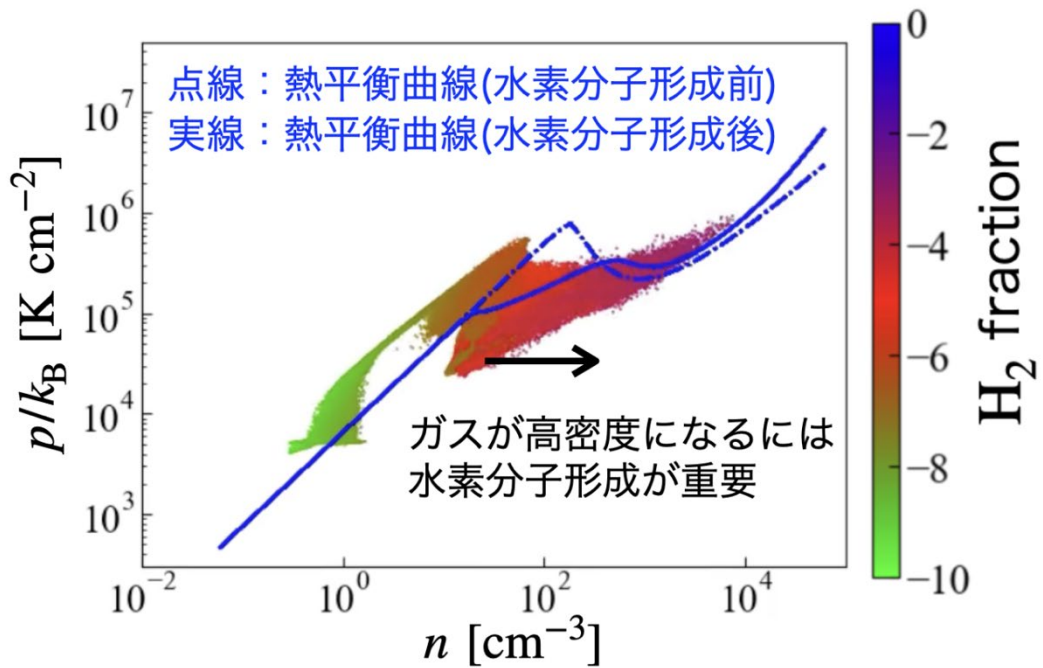


図 1 $Z = 10^{-4}Z_{\odot}$ かつ太陽近傍の UV 強度を用いた 3DMHD 計算の結果の相図。低金属環境では太陽金属量とは異なるガスの進化になる。。

成果発表

[1] "The Impact of Stellar Radiative Feedback on Formation of Young Massive Clusters via Fast HI Gas Collisions", Ryunosuke MAEDA, Tsuyoshi INOUE, Kazuyuki OMUKAI, Yasuo FUKUI, and Kisetu TSUGE 2024, ApJ, 971, 62 (査読論文; 投稿済)