

## 宇宙地球フロンティア実地研修 報告書

## Report for Onsite Training in Earth-Space Frontier Science

氏名/Name	仲里佑利奈 Yurina Nakazato		
所属部局/Affiliation	理学系 研究科 物理学 専攻 Department of Physics, Graduate School of Science		
研究機関・企業名 /Hosting Institution	マドリード自治大学 Universidad Autonoma de Madrid		
期間/Period	2023年11月21日 21/11/2023	～	2023年12月21日 21/12/2023 *西暦で記入 mm/dd/yyyy

## 【1. 背景】

近年、最遠方天体観測は天文学における最先端研究課題の1つである。特に、2022年から運用が開始された宇宙望遠鏡JWSTは遠方宇宙からの酸素輝線を検出し、宇宙誕生から約5億年の銀河の姿を明らかにした。本研究では、銀河形成シミュレーションを用いて宇宙誕生10億年以内に形成された銀河の力学的構造および化学的進化を調べた。

## 【2. 共同研究の目的】

本研究では共同研究者であるD. Ceverino氏の開発した三次元流体シミュレーションを用いて宇宙誕生5-10億年に形成された遠方銀河の形成メカニズムを探る。

## 【3. 手法】

シミュレーション銀河と観測銀河を直接比較するべく、銀河中の輻射場の物理モデルを開発し(Nakazato et al. 2023), 輝線の放射の強度および空間分布を計算した。さらに、銀河の力学的構造を調べる為、銀河の高密度領域を同定するアルゴリズムを開発した(Nakazato et al. 2024)。

## 【4. 結果】

遠方宇宙は高密度であり、銀河衝突が頻繁に起こることが分かった。このとき、周囲のガスは潮汐効果によって圧縮され、clump(塊状)構造を形成する。ガス圧縮により、銀河は爆発的な星形成を行うことが分かった。形成された星は最終的に超新星爆発を起こし、大量の金属(酸素)を銀河に放出する。大質量銀河サンプルの中には、宇宙年齢8億年の時点で既に金属濃縮が起こっており、その金属量は現在の銀河に匹敵する。銀河衝突によって駆動される銀河のclump構造とその後の化学進化に対する我々の理論的予測は、最新のJWSTの結果とも整合している。

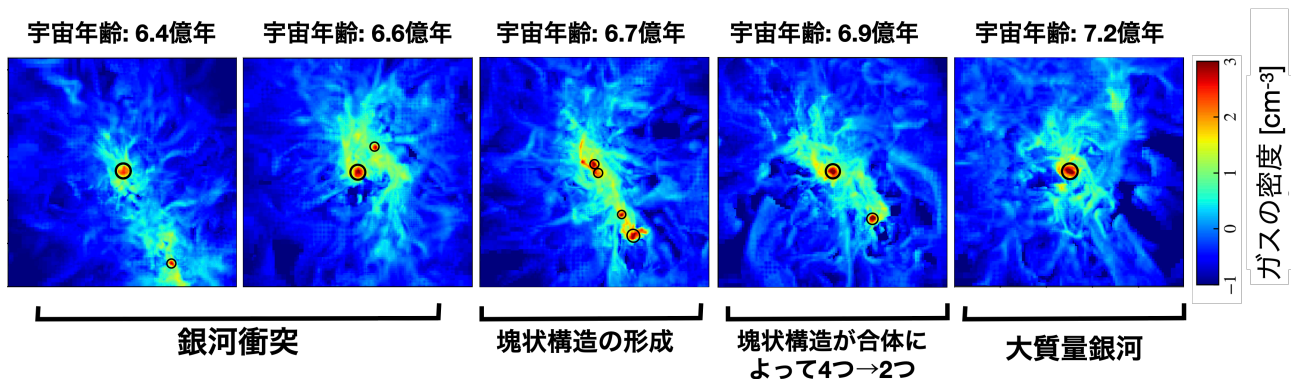


図1: 遠方宇宙における銀河合体の様子。2つの銀河が衝突する際に周囲のガスが圧縮され、複数の塊状構造を形成する。これがわずか数百万年という銀河進化の中では短いスケールで1つの大質量銀河へと成長していく。

### **【1. Background】**

The observation of the most distant galaxies had been one of the most cutting-edge research topics in astrophysics. In particular, James Webb Space Telescope (JWST), operational since 2022, has unveiled galaxies existing just 0.5 billion years after the BigBang, evidenced by the the detection of oxygen emission lines. In this study, we perform three-dimensional hydrodynamical simulation and follow formation and evolution of early galaxies within the first billion years after the BigBang.

### **【2. The purpose of research collaboration】**

In this study, we perform three-dimensional hydrodynamical simulation and follow formation and evolution of early galaxies within the first billion years after the BigBang. We use galaxy formation simulations performed by Prof. D. Ceverino at Universidad Autonoma de Madrid.

### **【3. Method】**

In order to compare simulated galaxies and observed ones, we develop a physical model of radiation field and calculate spatially resolved oxygen line emission from each galaxy (Nakazato et al. 2023). We also develop an algorithm to identify high-dens regions in galaxies (Nakazato et al. 2024).

### **【4. Result】**

We show that the early universe is dense and galaxy merger happens frequently, which leads the surrounding gas to be tidally compressed and form clumpy structure. Through the merger-induced gas compression, galaxies experience bursty star formation. The formed stars finally end in supernovae explosion and expel a significant abundance of metal (oxygen) to galaxies. Some massive galaxy samples are already metal-enriched at the cosmic age of 0.8 billion year, whose metal abundance is comparable to the present-day galaxies. Our theoretical predictions of clumpy morphologies driven by galaxy-galaxy merger and subsequent chemical evolution are consistent with the latest JWST observations.

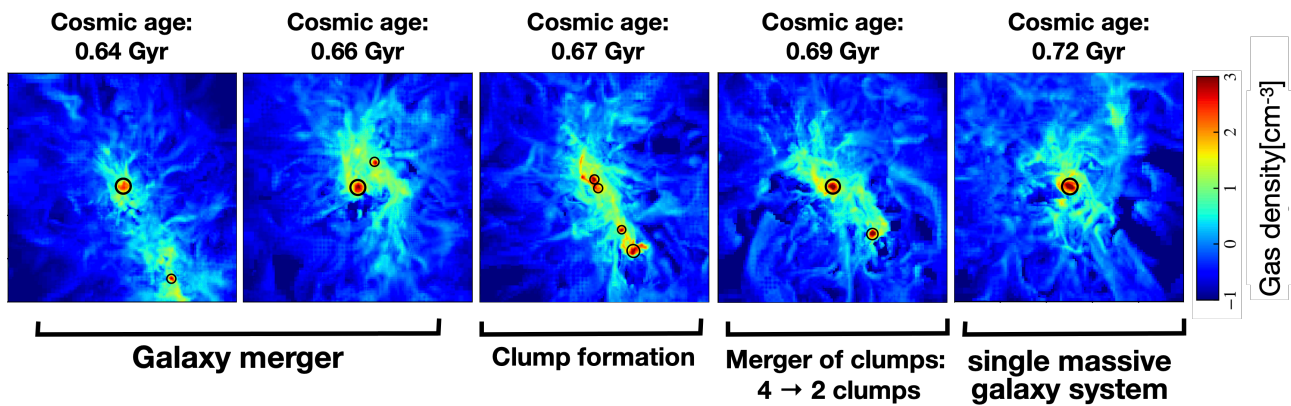


Figure1: Evolution of galaxy through merger via projection of gas density. When a galaxy experience merger, the surrounding gas is compressed to form multiple clump structures. These clumps merge with each other for only a few million years and evolve to a single massive system.



Figure2: The science building at Universidad Autonoma de Madrid.