

宇宙論的シミュレーションによる高密度環境での楕円銀河形成史の 解明

大木 平 (北海道大学)

利用カテゴリ XT4B

近年観測機器の性能の向上により、高赤方偏移 ($z \sim 2 - 3$) において多数の早期型銀河 (Early-Type Galaxies, ETGs) が観測されている。これらの ETGs は現在の宇宙の ETGs の祖先と考えられているが、現在の同質量程度の楕円銀河に比べサイズがファクター 3 程度小さく、密度では 1-2 桁程度も高いという特徴をもつ (Trujillo et al. 2007)。さらに、数天体については分光観測により、非常に高い速度分散 ($\sim 500\text{km/s}$) をもつことが分かっている (van Dokkum et al. 2009)。これらのコンパクトかつ大質量の銀河の近傍宇宙までの進化の謎は、ETGs のサイズ進化問題として知られている。我々は、この ETGs のサイズ進化問題の研究に取り組んだ。

ETGs は力学的には恒星系とそれを取り巻くダークマター (DM) ハローで構成されている。このため N 体粒子系でモデル化することが可能である。我々は、銀河合体によって ETGs のサイズがどれだけ増加するか、また ETGs の中心速度分散がどのように変化するかを調べるため、ETGs 同士の衝突合体の N 体シミュレーションを行った。特に、ETGs の質量比、合体の仕方を変えてシミュレーションを行い、サイズ、速度分散の進化の様子を調べた。

以下では、コンパクトかつ大質量の ETG に対し、2つのタイプの minor merger シミュレーションを行った結果を示す。

[A] 質量 1/10 のコンパクトな satellite ETGs 10 個の継続的な minor merger

[B] 質量 1/10 のコンパクトな satellite ETGs 10 個の同期した minor merger

A では satellite を 0.2Gyr 毎に継続的に衝突させている。一方で、B では 10 個の satellite を同時に衝突させている。

シミュレーションの様子を図 1 に示した。左はシミュレーション A、右はシミュレーション B の結果である。各シミュレーションにおける合体後の銀河の性質を表 1 に示す。A の銀河の方がサイズ増加が大きく、恒星系の速度分散の減少も大きいことが分かる。この違いは、合体の際の力学的緩和の仕方の違いによる。B では合体の際の激しい緩和により、中心にまとまった恒星系を形成する。一方 A ではそのような激しい緩和は起きず、はじめにあったコンパクトかつ大質量の ETG の外縁部に星が降り積もる。このため、最終的にできる銀河は B に比べ広がった恒星系となる。この結果から、A のよう

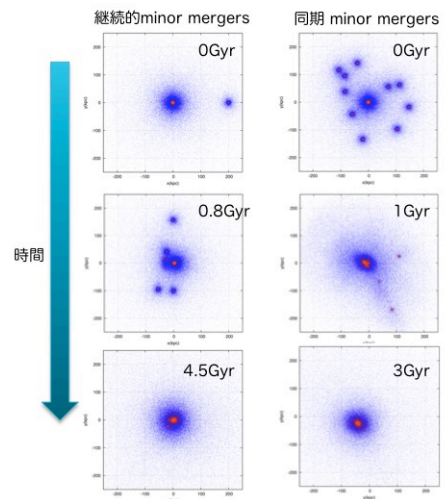


図 1: 銀河合体の様子のスナップショット。球状の各銀河は広がった DM ハローと中心の恒星系から成る。

表 1: 初期のコンパクトな早期型銀河と、各シミュレーションにおける合体後の銀河の性質

Name	stellar mass (M_{\odot})	r_{vir} (kpc)	$r_{*,\text{half}}$ (kpc)	R_e (kpc)	$\bar{\rho}(< 1\text{kpc})$ ($10^{10} M_{\odot} \text{kpc}^{-3}$)	$\bar{\rho}(< R_e)$ ($10^{10} M_{\odot} \text{kpc}^{-3}$)	σ_e (km/s)	α ($R_e \propto M_*^{\alpha}$)	β ($\sigma_e \propto M_*^{\beta}$)
initial	1.0×10^{11}	247	1.33	1.0	0.992	0.991	254		
A	1.94×10^{11}	285	5.64	4.32	0.844	0.0254	228	2.12	-0.163
B	1.96×10^{11}	289	13.7	10.1	0.843	0.00213	205	3.06	-0.318

なタイプの合体の方がサイズ進化よく説明するといえる。また、どちらも中心から 1kpc 以内の平均密度の低下が見られた。これは、低質量の ETGs が大質量の銀河に合体する際に、力学的摩擦によって大質量の ETG の星々を ‘加熱’ したためであると考えられる。

さらに我々は、宇宙論的シミュレーションである Millennium Simulation Database (Springel et al. 2005, De Lucia & Blaizot 2007) を用いて、銀河団銀河の合体史を調べた。その結果、 $z \sim 2$ で $10^{11} M_{\odot}$ 以上の星質量をもつ銀河は、 $z < 2$ で継続的な minor merger を経験していることが分かった。図 2 に、2つの銀河団の中心銀河について、 $z \sim 2$ 以降の星質量の進化の様子を示した。横軸は z 、縦軸は星質量である。赤線は銀河の星質量を表す。また青、緑、紫の線はそれぞれ $z \sim 2$ 以降に major merger, minor merger, accretion によって獲得した累積の星質量を表す。図から、 $0 \leq z \leq 2$ に minor merger で得た星質量は、 $z \sim 2$ での星質量と同程度であることが分かる。さらに、これらの minor merger は短い期間に起こるものではなく、長い期間をかけて継続的に起こっていることが分かる。

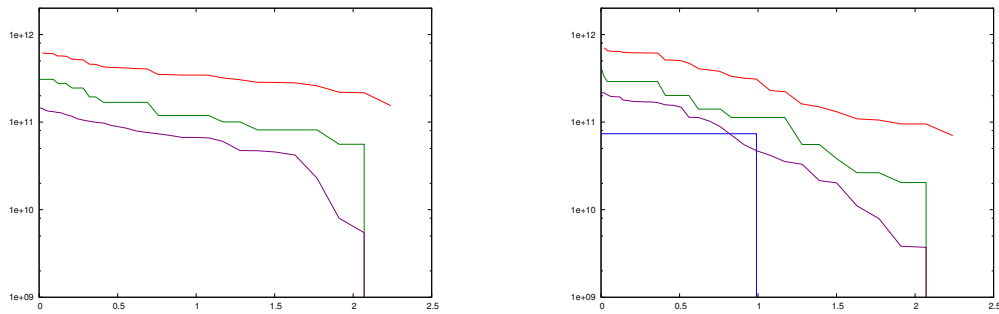


図 2: 銀河団の中心銀河の星質量の進化

N 体シミュレーションによる結果と宇宙論的シミュレーションの解析結果を合わせて考えると、 $z < 2$ での継続的な minor merger によって早期型銀河のサイズ進化が引き起こされたというシナリオが支持される。

参考文献

- Trujillo, I., et al., MNRAS, 382, 109, 2007.
 van Dokkum, P. G., Kriek, M., Franx, M., Nature, 460, 717, 2009.
 Springel, V. et al., Nature, 435, 629, 2005.
 De Lucia, G. & Blaizot, J., MNRAS, 375, 2, 2007.