

## 銀河と銀河中心超大質量ブラックホールの共進化の宇宙論的シミュ

### レーション

#### Cosmological simulations of co-evolving galaxies and their central supermassive black holes

岡本 崇

北海道大学大学院理学研究院

##### 1. 研究目的

ほぼ全ての銀河の中心には超大質量ブラックホール (SMBH) が存在している。SMBH の中には太陽の  $10^9$  倍以上の質量をもつものもあり、どのようにしてこのような大質量のブラックホールが形成されたのかは宇宙物理学における大きな謎となっている。また SMBH の質量はその母銀河のバルジの星質量・速度分散と強い相関があることが知られており、(1) バルジ形成と SMBH への質量供給機構に関係がある、(2) SMBH へガスが降着する際にその重力エネルギーを輻射やジェットとして放出する現象が活動銀河核 (AGN) として知られているが、このエネルギー放出現象 (AGN フィードバック) がバルジでの星形成を終了させているという主に 2 つの共進化シナリオが提唱されている。また、AGN フィードバックは大質量銀河の星形成を終焉させるメカニズムとしても有望視されており、銀河形成を理解する上でも共進化を理解することは重要である。本研究では SMBH の進化と AGN フィードバックを self-consistent に取り入れた宇宙論的銀河形成シミュレーションを行い、SMBH 成長と銀河形成どのように相互作用して現在の宇宙の姿が出来上がったのかを明らかにする。

##### 2. 研究成果の内容

高分解能シミュレーションの結果にもとづいた超新星爆発、SMBH へのガス降着のモデルをシミュレーションコードに実装した。また AGN フィードバックにはエディントン比が  $\geq 0.01$  と比較的大きい場合に標準円盤となった降着円盤からの輻射によるもの (quasar-mode) とエディントン比が小さい場合に radiatively-inefficient accretion disk (RIAF) と呼ばれる降着円盤から生成されるジェットやアウトフローによるもの (quasar-mode) の 2 つが考えられているが、今回は前者に制限をつけるために quasar-mode フィードバックだけを考えた。ターゲットとして天の川銀河質量の銀河を選び、AGN 光度の 0.2% (降着質量エネルギーの 0.02%) を AGN フィードバックのエネルギーとして用いたものと、AGN フィードバックを無視した 2

つのモデルで銀河形成シミュレーションを行った。その結果、この程度の質量の銀河においては quasar-mode フィードバックは SMBH の成長を強く抑制する一方、母銀河での星形成活動にはほとんど影響を与えないことが明らかになった。これは SMBH 質量と母銀河のバルジの速度分散や質量の間の観測的な関係を用いて quasar-mode フィードバックの効率を決定できることを意味する。

### 3. 学際共同利用が果たした役割と意義

共進化をシミュレーションするために銀河が形成される領域を含む大きな宇宙論的な体積と、銀河よりも空間的に 10 桁以上小さい SMBH を同時に扱わねばならない。このようなダイナミックレンジの大きなシミュレーションを複数モデル行うには学際共同利用による大規模計算が必要不可欠であった。

### 4. 今後の展望

AGN フィードバックが母銀河の星形成活動の抑制に本質的な役割を果たしていると考えられている大質量銀河のシミュレーションを天の川銀河質量の銀河で得られたフィードバックの効率を用いて行う。その結果、quasar-mode フィードバックだけでこのような大質量銀河も説明できるのか、それとも大質量銀河では radio-mode が必要なのかを明らかにすることができる。後者の場合は radio-mode フィードバックを導入し、銀河の星質量と宿主ダークマターハロー質量の関係を再現するように調整する。これによって、SMBH と銀河の共進化における AGN フィードバックの役割を明らかにするとともに、大質量銀河形成の描像を得る。

### 5. 成果発表

#### 1. 学術論文

#### 2. 学会発表

- ① 岡本崇, 「衛星銀河ハローのダークマターによる構造の違いと銀河形成過程による影響」, 日本天文学会 2019 年秋季年会, 2019/9/11-13, 熊本大学
- ② 岡本崇, 「Structure of subhalos around Milky Way-mass galaxies in CDM and SIDM universe」, Cosmic acceleration, 2020/2/17-19, IPMU
- ③ 岡本崇, 「銀河と銀河中心ブラックホールの進化における AGN フィードバックの役割」, 日本天文学会 2020 年春季年会, 2020/3/16-19, 筑波大学

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース*	
		当初配分	追加配分
Cygnus			
Oakforest-PACS	○	225000	112500
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			