

## 超大質量ブラックホールはどのようにできたのか？

最近の天文観測の進展のおかげで、多くの銀河の中心に超大質量ブラックホール (SuperMassive Black Hole; SMBH) が存在することがわかってきた。しかも、質量の大きな銀河ほどより重い SMBH を抱えていることから、銀河と SMBH は何らかのかたちで共進化してきたと考えられている。また、宇宙 138 億年の歴史のなかで、ビッグバンからたった 7 億年ほどしか経っていない早期宇宙 (赤方偏移  $z=7$ ) に、約 20 億太陽質量の SMBH が存在していたこともわかっている。

「種 BH」を SMBH に成長させるためには、降着する物質から角運動量を効率よく引き抜き、また重力と拮抗する放射圧にも打ち勝たなければならず (いわゆるエディントン限界)、そう簡単な物理過程ではない。また、銀河衝突ともなう SMBH 同士の合体も検討されているが、ガス降着のほうがより重要な寄与をすると考えられている。

従来のシナリオでは、金属量が非常に少ない初代星が爆発した後にはできる、数十から数百太陽質量の BH が種として考えられていた。しかし、これだと初期質量が小さすぎて、 $z=7$  に SMBH をつくるには時間が足りないという問題が、宇宙論的構造形成の観点から指摘されていた。

そこで最近注目を浴びているのが、いわゆるダイレクトコラプスシナリオである。これはガス球を 10 万～100 万太陽質量の中間質量 BH に、通常の星を経由せずに直接崩壊させるというものだ。最初からある程度大きい BH を生成すれば、 $z=7$  までに SMBH をつくりやすくなる。宇宙におけるこのような物理過程は実験室では実験できないので、宇宙論的流体力学シミュレーションを用いた検証が始まっているが、まだ決着はついていない。

ガスが SMBH に落ちていくと、重力エネルギーを輻射や熱エネルギーとして解放し、高温になって紫外線や X 線などを放射する。これが活動銀河核 (Active Galactic Nuclei; AGN) として観測されている天体現象である。磁場駆動によるジェットが吹き出し、近傍の星間物質を圧縮加熱するなどしてフィードバックを及ぼす。これが AGN フィードバックと呼ばれている現象である。銀河は、超新星と AGN からのフィードバックによって自己制御しながら成長してきたと考えられている。このように SMBH 形成は、膨張宇宙における構造形成と密接な関連をもっているため、さらなる研究が待たれるところである。

長峯健太郎 (阪大院理)、会誌編集委員会