

X28a SMBH 形成問題における軽い種 BH 急成長シナリオの実現性

喜友名正樹 (東北大学)

初期宇宙に観測される超大質量ブラックホール (SMBH) の起源を説明するシナリオに、軽い種 BH ($m = 10^{1-3} M_{\odot}$) がエディントン降着限界を超える降着率で急成長したとするシナリオがある。Bondi 半径スケールの研究からは、BH 周囲に十分高密度なガスが存在すれば定常的な Super-Eddington 降着が実現可能だと考えられている (Inayoshi et al. 2016) が、このような成長が宇宙論的にどの程度実現可能かについては分かっていない。特に、Bondi 半径より外側のガスは BH の重力を感じないため、ガス自身の重力で集まって clump を形成して clump が BH を trap して降着する必要がある。この BH-clump-capture model は Lupi et al. 2016 で提案されているが、シミュレーションの解像度が不足しており、この機構がどの条件でどの質量まで BH を成長可能か分かっていなかった。

我々は、自己重力ガス clump 中での BH 降着を解析モデル構築で定式化し、BH-clump-capture シナリオが実行可能なパラメータ領域を調査した。Bondi 半径での降着、輻射フィードバック、ガス動摩擦等を解析モデルに組み込み、BH-clump 間の 2D 相対運動と BH 降着を五次精度 Runge – Kutta – Fehlberg 法で consistent に追跡した。この解析モデルを用いて BH 質量 $10^2 - 10^5 M_{\odot}$ 、clump のガス密度 $10^2 - 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 、ガス温度 $10 - 10^5 \text{ K}$ その他軌道運動のパラメータを変化させて計算した。

解析的議論と結果の解釈から、BH が super-Eddington 成長を実現するには Inayoshi et al. 2016 の条件以外に 3 つの条件を満たす必要があることを示した。特に、BH が clump に trap されるための制約から、この機構での BH 成長は $\lesssim 10^3 M_{\odot}$ で有効な可能性がありつつ、 $\sim 10^4 M_{\odot}$ 以上では機能しないことが分かった。このことは、軽い種 BH の super-Eddington 成長シナリオの実現性に制約を与える。