

コクーン膨張モデルから探る電波銀河ジェットの全パワーと年齢

伊藤 裕貴 (早稲田), 紀 基樹 (SISSA), 川勝 望 (SISSA), 磯部 直樹 (理化学研究所), 山田 章一 (早稲田)

FR II 型などの光度の高い電波銀河ジェットは、銀河団間物質 (以下 ICM) 中を伝播することで ICM との相互作用によりコクーン形状を形成することが理論的に予測されている。このコクーン膨張の理論モデルと実際のコクーンの観測を比較することで、直接観測できる非熱的電子以外の見えない成分の奇与を含んだ全パワーと年齢を見積もることができる (Kino & Kawakatu (2005) 以下 KK05)。

今回我々は KK05 による Cygnus A の解析に続き、その他の 4 つの FR II 型電波銀河 3C223、3C284、3C263、3C219 においてもコクーンモデルを用いる事により、これらの全パワーと年齢の見積もりを行なった。基礎方程式の唯一の違いはエネルギー方程式であり、コクーンのする仕事の項を加えて以下のように設定した。

$$\frac{P_c(t)V_c(t)}{\hat{\gamma}_c - 1} + \int_{t_{min}}^t P_c(t') \frac{dV_c(t')}{dt'} dt' \simeq 2L_j t, \quad (1)$$

ここで $\hat{\gamma}_c$ 、 P_c 、 V_c はそれぞれコクーン物質の比熱比、コクーン物質の圧力、コクーンの体積である。解析の手法も KK05 と同様であるが、違いは A_h には不定性を持たせずホットスポットの位置での電波ローブの断面積で評価したところである。解析結果は表 1 にてまとめている。中心ブラックホールの質量が見積もられているものについてはジェットのパワーと Eddington 光度の比も表示した。

天体名	$t_{age}(Myr)$	$L_j(erg/s)$	L_j/L_{Edd}
Cygnus A	18 - 42	$1.0 \times 10^{46} - 5.2 \times 10^{46}$	0.029 - 0.16
3C223	260 - 528	$4.7 \times 10^{45} - 1.9 \times 10^{46}$	0.25 - 1.0
3C284	220 - 510	$2.0 \times 10^{45} - 1.1 \times 10^{46}$	
3C263	94 - 230	$1.9 \times 10^{46} - 1.1 \times 10^{47}$	0.071 - 0.42
3C219	100 - 180	$4.5 \times 10^{46} - 1.4 \times 10^{47}$	2.1 - 6.8

表 1: コクーンモデルから予測される電波銀河の年齢とパワー。

ジェットのパワーと Eddington 光度の比は (ジェットのエネルギーが降着流起源であると仮定したとき) Eddington 降着率で規格化したときの中心ブラックホールへの降着率の下限値を与える量となっている。今回の結果からは、中心領域では高い効率で重力エネルギーから運動エネルギーへの変換が起こっている事を示唆される。また、先行研究 (e.g. Rawlings & Saunders 1991) との比較すると、コクーンモデルから予測されるジェットのパワーは数倍から数十倍大きい値の範囲を取る。先行研究では非熱的電子の放射の観測データを元にジェットのパワーを見積もっていたので、この結果は観測では見えない粒子 (陽子や熱的粒子) が多く存在し、ジェットのダイナミクスを考える上で無視出来ない事を示唆している。実際のジェットの組成というのは未だ分かっておらず、これらを制限していくことは今後の課題である。

Reference

- Begelman M, C., Cioffi D, F., APJ, 345, 21
Kino, M., Kawakatu, N. MNRAS, 364, 659
Rawlings, S., Saunders, R. Nat, 349, 138