

活動銀河ジェットを包むコクーンからのガンマ線放射

紀 基樹

SISSA, via Beirut 2-4, 34014 Trieste, Italy

活動銀河（以下 AGN）の中心核では、巨大ブラックホールが周辺物質を吸い込んだり吐き出したりしながら、さまざまな高エネルギー天体現象を引き起こすことがよく知られる。ブラックホール近傍から相対論的な速度で噴出する AGN ジェットは、これまでに多くの非熱的な高エネルギー放射が観測されている。AGN ジェットは、非常に長い空間スケールを伝播したのち、最終的には背景物質にせき止められて強い衝撃波を生み出す。衝撃波物質はその内部エネルギーで広がり、系全体を包み込む“コクーン（繭）”（または“風船”とも呼ばれる）構造の存在が Scheuer によって 1974 年に理論予言された。また 1989 年に Begelman らによって、実際に周辺銀河団間物質（以下 ICM）よりもコクーン圧の方が高く、“コクーン（繭）”は横に膨らむことが示された ([1])。

最近の観測で、ようやくコクーンの“間接的”証拠が報告され始めた。ひとつの例は Fabian や Blanton らによるいわゆる「X 線空洞」と呼ばれるもので、X 線波長で制動放射で明るく光る ICM にジェットが ICM を押しのけた部分が暗く空洞状になったものだ。しかし、これは逆にジェット物質密度が ICM に比べて薄いことが理由で、熱的制動放射では暗いということを示すものでもある。こうした事情から、コクーンそのものからの放射というのは、今まであまり話題にあがらなかった。

しかし、本当にコクーンからの放射は見えないのだろうか？「そんなことはなくて、実は若い AGN ジェットの場合は見えるであろう。それも比較的未開拓波長域の MeV ガンマ線で見える。」ということがここでの主張である（詳細は [4] で準備中）。

まず、“コクーン膨張”進化を、ジェット軸に沿った方向と垂直方向の運動方程式、そしてエネルギー注入方程式から求めた ([2], [3])。これら一連の研究により、AGN ジェットとコクーンの時間共進化を定式化できた。今回は、さらにコクーンへの質量注入（今まで話題にあがらなかった）を考慮して、コクーン内部の電子数密度と温度を定式化した ([4])。30kpc サイズで年齢が 10^7 年程度の電波銀河で規格化した時、制動放射の時間スケールもクーロンカップルの時間スケールも系の年齢に比べて十分長く、放射冷却の影響はほとんど効かない、2 温度の状態が実現してると考えられる。典型的な電子の温度は、たいへん面白いことにジェットのバルクローレンツ因子 (Γ_j) のみで決まり、

$$kT_e \approx 1 (\Gamma_j/10) \text{ MeV} \quad (1)$$

のように、およそ 1 MeV が予言される。予言される相対論的温度での熱的制動放射の光度は、

$$L_{\text{brem}} \approx 8 \times 10^{41} \left(\frac{n_e}{4 \times 10^{-5} \text{ cm}^{-3}} \right)^2 \left(\frac{\Theta_e}{10} \right)^{3/2} \left(\frac{t}{10^7 \text{ yr}} \right)^{-1} \text{ erg/s} \quad (2)$$

($\Theta_e \equiv kT_e/m_e c^2$) と、若い天体の方がより明るい、ということ分かる ([4])。ポイントは、若くて体積が小さくなった分暗くなる効果より、密度が濃くなる効果の方がより効く分、小さい（若い）コクーンの方が制動放射で明るくなる、ということである。これを、COMPTEL, INTEGRAL などの感度と比べるとだいぶ暗く、今までの観測で電波銀河からの MeV 放射がレポートされていないことがよく理解できる。しかし、若い電波銀河コクーンを考えてやると MeV 観測の次世代装置で見える可能性もまたたいへん興味深い。

こうしてわれわれは「若い AGN ジェットを包むコクーン」を、MeV 波長での新しい放射源として予言する。

参考文献

- [1] Begelman, M. C. & Cioffi, D. F. 1989, ApJ, 345, L21
- [2] Kawakatu, N., Kino, M., 2005, MNRAS submitted
- [3] Kino, M., Kawakatu, N., 2005, MNRAS 364, 659
- [4] Kino, M., Kawakatu, N., H. Ito, in preparation