

研究主論文抄録

論文題目 活動銀河中心核における降着円盤に関する研究

熊本大学大学院自然科学研究科 理学専攻 物理科学講座  
(主任指導 小出 眞路 教授)

論文提出者 甲斐 隆志

主論文要旨

2型 Seyfert や LINER に分類される活動銀河の多くで、その中心核近傍から強力な  $\text{H}_2\text{O}$  メーザー (メガメーザー) が観測されている。メーザーを生じるには温度  $T \simeq 400 - 1000 \text{ K}$ 、水素分子の数密度  $n(\text{H}_2) \simeq 10^7 - 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 、水素分子に対する水分子の存在比  $n(\text{H}_2\text{O})/n(\text{H}_2) \geq 10^{-4}$  程度の状態が必要と考えられる。メガメーザーが観測される LINER の一つである NGC 4258 では詳細な VLBI 観測から Kepler 回転している幾何学的に薄い円盤の存在が明らかにされており、メーザー源は半径  $r = 0.14 - 0.28 \text{ pc}$  の領域に存在している。このメーザー源の Kepler 回転から求められた中心ブラックホールの質量は  $M = 3.9 \times 10^7 M_\odot$  である。

Shakura and Sunyaev (1973) により提案された標準降着円盤モデルは観測される円盤の多くの性質を説明することに成功しているが、円盤の外部領域に位置するメーザー領域に適用するのは適切とはいえない。なぜなら、この領域では円盤の赤道面に垂直な方向の自己重力が重要となりうるからである。実際、標準降着円盤モデルに鉛直方向の自己重力を組み入れた場合、円盤の外部領域で密度は半径とともに著しく増大し、既に延べたメーザー条件に達することができない。さらに、円盤は重力的に不安定となってしまふことが示されている。

標準降着円盤モデルは光学的に厚い円盤を仮定しており、粘性による加熱は黒体放射による冷却と局所的につり合っているとす。しかし、もし円盤の外部領域が光学的に薄くなれば、様々な分子が存在するその領域では黒体放射に代わって分子輝線による冷却が重要となるだろう。よって以下のことを仮定してメーザー条件を満足するような降着円盤モデルを構築する。

1. 円盤は定常・軸対称である。
2. 円盤は幾何学的に薄い。

3. ガスは Kepler 回転している.
4. 円盤の鉛直方向では自己重力を含んだ静水圧平衡が成り立つ.
5. 円盤は光学的に薄く, 円盤内の粘性により生成されたエネルギーは  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$  分子輝線によって放射される.

一般に主な冷却分子として  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$  が考えられるが,  $\text{H}_2$  は期待される温度・密度域では非効率なので無視してよい. 円盤の構造方程式と化学反応ネットワークを連立して数値計算を行うことで主な分子の存在量を反映した適切な冷却率を用いることができる. ここで, 化学反応ネットワークは 5 種類の元素 ( $\text{H}$ ,  $\text{He}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{N}$ ,  $\text{O}$ ) から成る 247 種の原子または分子による 3172 の分子反応を含み, Woodall et al. (2007) による UMIST データベースの反応率を用いている. 降着ガスの初期組成は太陽系組成を仮定する.

NGC 4258 の中心核で観測される円盤にモデルを適用して数値計算を行った結果,  $M = 3.9 \times 10^7 M_\odot$ , 質量降着率  $\dot{M} = 10^{-6} - 10^{-7} M_\odot \text{yr}$ , 粘性パラメータ  $\alpha = 0.1$  の場合にメーザー領域で次のような結果が得られる.

1. 円盤は幾何学的に薄く, 光学的にも薄い.
2. 温度と  $\text{H}_2\text{O}$  数密度はそれぞれ  $T \simeq 400 - 500 \text{ K}$ ,  $n(\text{H}_2) \simeq 10^7 - 10^9 \text{ cm}^{-3}$  である.
3. 水分子の存在比は  $n(\text{H}_2\text{O})/n(\text{H}_2) \simeq 10^{-3}$  に達する.
4. 円盤の自己重力は無視できる.
5. 円盤の内部領域からの照射は無視できる.
6. Toomre の  $Q$  パラメータは 1 より大きく, 円盤は重力的に安定である.
7. ガスはせいぜい 10 億年で中心ブラックホールに降着する.

これらの結果は観測とよく整合し, 黒体放射冷却を考慮した光学的に厚い降着円盤モデルからは得られなかったものである.