

輻射駆動噴水モデルにおける CO 振動回転吸収線の輻射輸送計算

馬場俊介 (国立天文台)

利用カテゴリ XC-Trial

活動銀河核 (AGN) とは、超巨大質量ブラックホール (SMBH) への質量降着により母銀河に匹敵する光度を放射する銀河の中心領域である。AGN には大別して可視スペクトルに幅の広い ($> 10^3 \text{ km s}^{-1}$) 輝線を示すもの (1 型) と、示さないもの (2 型) の 2 種がある。これらを統一的に説明するのが、AGN 統一モデルである [1]。このモデルは、ダストの多い分子ガスが SMBH を数 pc スケールでトーラス状に取り囲んでおり (AGN トーラス)、広輝線がトーラスで遮蔽されるか否かで 1/2 型の違いが生じるという物である。アприオリに仮定した光学的・幾何学的に厚いトーラス構造を形成する機構を明らかにすることが重要である。

その機構の 1 つとして、輻射駆動噴水モデルが提案されている [2]。このモデルでは、赤道面における超新星爆発と中心核からの輻射圧で乱流が生じ、それによって軸方向に厚い構造が動的に成立する。モデルを検証するため、観測との比較が急務である。これまでに、Circinus 銀河を想定した条件下で輻射流体力学、非平衡 X 線化学反応、そして CO(3-2)、[C I](1-0) 輝線の輻射輸送が 32 pc 立方の範囲で 3 次的に計算され、その結果が ALMA による観測と比較されている [3, 4, 5]。両輝線の輝度分布、[C I](1-0) の速度プロファイル、およびそのアウトフロー成分が AGN 近傍からの脱出速度を超えないという点で、観測結果は輻射駆動噴水モデルと整合している。ただし、これらはトーラス全体での大域的な比較になっており、トーラス内部のガス運動の検証としては不十分である。

相補的に、吸収線観測からの比較が効果的である。その例に、CO 振動回転吸収線 ($v = 1 \leftarrow 0$, $\Delta J = \pm 1$, $\sim 4.7 \mu\text{m}$) の分光がある [6, 7]。近赤外線領域の吸収線であるため、支配的な連続光源である AGN 近傍 $< 1 \text{ pc}$ のダスト昇華層 (= トーラス内縁) の手前を、母銀河の影響を抑え実効的に高い空間分解能で観測できる。異なる回転励起レベルを同時観測できるのでガスの状態も詳細に調べられる。白旗ら [6] はダストに深く埋もれた AGN を持つ超高光度赤外線銀河 (ULIRG) IRAS 08572+3915 をすばる望遠鏡 IRCS により高分散分光し、 $\sim 60\%$ の割合で背景光源を覆い隠している深い吸収を検出した。高い遮蔽割合はガスが AGN 中心核近傍に存在していることを示しており、スペクトルから見積もられる高いガス温度と柱密度はガスが X 線で加熱されていることを示している。これはガスが AGN トーラスに相当するものであることを支持している。各吸収線にはインフロー・アウトフロー成分が含まれており、それはトーラスが動的に成り立つという輻射駆動噴水モデルと定性的に一致している。馬場ら [7] は「あかり」と Spitzer で ULIRG 10 天体を観測し、同様に、高い背景光源被覆率を持つ高温・高柱密度の CO ガスを検出した。これらの研究は、CO 吸収線がトーラス内部のガスを局所的にプローブしており、輻射駆動噴水モデルの検証に有効であることを示している。

本課題では、輻射駆動噴水モデルで得られたガスの物理・化学状態が近赤外線観測と整合するかどうかの検証を目指し、その第一歩として、既存の輻射輸送計算コードが XC50 で正しく動作すること、XC-Trial で十分に計算できることを確認し、そして、CO 振動回転遷移を新たに導入するには計算コードのどの部分を改修しなければならないのかを洗い出した。

参考文献

- [1] Antonucci, R. R. J., & Miller, J. S. 1985, ApJ, 297, 621
- [2] Wada, K. 2012, ApJ, 758, 66
- [3] Wada, K., Schartmann, M., & Meijerink, R. 2016, ApJL, 828, L19
- [4] Wada, K., Fukushige, R., Izumi, T., & Tomisaka, K. 2018, ApJ, 852, 88
- [5] Izumi, T., Wada, K., Fukushige, R., Hamamura, S., & Kohno, K. 2018, ApJ, 867, 48
- [6] Shirahata, M., Nakagawa, T., Usuda, T., et al. 2013, PASJ, 65, 5
- [7] Baba, S., Nakagawa, T., Isobe, N., & Shirahata, M. 2018, ApJ, 852, 83