

Photon-trapping effects on spectral energy distribution

京都大学基礎物理学研究所 大須賀 健

Photon-trapping を考慮した SED:

質量降着率が臨界を超えると、降着流内部で発生した光子が、解放されることなくガスもろともブラックホールに吸い込まれる現象が起こる。これが photon-trapping である (Ohsuga et al. 2002)。光子が解放されずにブラックホールに落ち込んでしまいか、解放されるにしても下流に運ばれる為、この photon-trapping は観測される輻射スペクトル (SED) に大きな影響を与える。我々は photon-trapping 効果を考慮しつつ輻射輸送を解き、超臨界降着流の SED を計算した。結果を図 1 に示す。図から分かるように、 $\dot{m} < 100$ では SED は質量降着率の増加にしたがって高エネルギー側にシフトする (\dot{m} は臨界降着率で無次元化した質量降着率)。しかし、 \dot{m} が 100 を超えると SED は反対に低エネルギー側にシフトする。これが photon-trapping の効果である。質量降着率の増加に伴って円盤の温度は上がり、ブラックホール近傍の高温領域で大量の高エネルギー光子が発生するが、そこでは photon-trapping による光子吸い込みの効果が大きく、結果として SED の高エネルギー成分が削られてしまうのである。

この結果と超光度 X 線源 (ULX)、狭輝線 1 型セイファート銀河 (NLS1) の観測データとの比較を行った。結果、我々のモデルは ULX の時間変動が質量降着率の変化に起因することを示唆し、そして、IC 342 S1 がこれまで考えられてきたよりも重いブラックホール ($50\text{-}100M_{\odot}$) を持つことを予言する (Ohsuga et al. 2003)。また、比較的軽いブラックホール ($10^5\text{-}7M_{\odot}$) を持つと言われる NLS1 の Soft X-ray hump が 100eV 程度のピークを持つことから、そこでは $\dot{m} = 100\text{-}300$ という極めて激しいガス降着が起こっている可能性がある。

Slim disk との相違:

Slim-disk モデルは超臨界降着流の解として広く信じられているモデルである。しかしながら、このモデルでは質量降着率が大きくなると SED が低エネルギー側へ移るといった結果は得られない。Slim disk は photon-trapping を正しく取

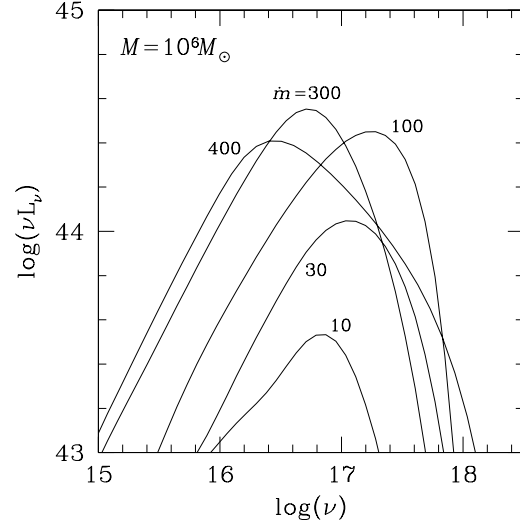


図 1: 超臨界降着流の SED

り扱っておらず、超臨界降着流の SED を再現することができないのである。Slim disk では鉛直方向に積分した方程式を用いて円盤の動径方向の構造を求めている。鉛直方向の構造は解かず、SED は円盤内部の温度から $T_{\text{eff}} = T_0/\tau^{1/4}$ (T_{eff} :有効温度、 T_0 :円盤の内部温度、 τ :光学的厚み) という関係式で求めた有効温度での黒体輻射の重ね合わせとしている。しかし、この手法では、光子が下流へ流されつつ表面から解放されていく現象を正しく取り扱うことができない為、超臨界降着流の SED を再現できないのである。Slim disk に modified-blackbody や相対論補正を導入することで、観測されている SED を再現しようという試みも行われているが、光子が下流へ流される効果を取り入れていないので本質的な解決にはならない。Photon-trapping を正しく取り扱うことが必要である。

References

- Ohsuga, K., Mineshige, S., Mori, M., & Umemura, M. 2002, ApJ, 574, 315
- Ohsuga, K., Mineshige, S., & Watarai, K. 2003, submitted to ApJ