降着円盤からの輻射

update:May. 15. 2012, presented by Sho Nakamura

輻射スペクトルの計算

遠くの観測者から降着円盤を観測したとき、その輻射スペクトルがどのようになるかを粗い近似から算出してみよう。円盤が光学的に十分厚く、円盤表面からの輻射が有効温度 $T_{\rm eff}$ の黒体輻射で近似できるとすると

$$\sigma_{\rm SB}T_{\rm eff}(r)^4 = \frac{\bar{\epsilon}(r)}{2} = \frac{\dot{M}}{6\pi}\left(1-\sqrt{\frac{r}{r_{\rm in}}}\right)\left(r\frac{\partial\Omega_k}{\partial r}\right)^2 \tag{1}$$

と書けるのであった (別章、降着円盤参照)。これより

$$T_{\rm eff}(r) = \left[\frac{\dot{M}}{6\pi\sigma_{\rm SB}}\left(1-\sqrt{\frac{r_{\rm in}}{r}}\right)\left(r\frac{\partial\Omega_k}{\partial r}\right)^2\right]^{1/4} = \left[\frac{\dot{M}}{6\pi\sigma_{\rm SB}}\left(1-\sqrt{\frac{r_{\rm in}}{r}}\right)\frac{9}{4}\frac{GM}{r^3}\right]^{1/4} = \left[\frac{3G}{8\pi\sigma_{\rm SB}}\left(1-\sqrt{\frac{r_{\rm in}}{r}}\right)\frac{\dot{M}M}{r^3}\right]^{1/4} \tag{2}$$

この温度の黒体輻射のスペクトル

$$I_\nu(r) = B_\nu(T_{\rm eff}(r)) = \frac{2h}{c^2}\frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{k_B T_{\rm eff}}}-1} \tag{3}$$

で円盤が光っていると考える。これより、無限遠方にいる観測者に到達する輻射流束は

$$F_\nu = \frac{1}{D^2}\int_{r_{\rm in}}^{r_{\rm out}} 2\pi r dr \cos i\ I_\nu(r) \underbrace{=}_{x=r/r_{\rm in}} \cos i\frac{r_{\rm in}^2}{D^2}\underbrace{\frac{4\pi h\nu^3}{c^2}\int_1^{x_{\rm out}}\frac{x}{e^{\frac{h\nu}{k_B T_{\rm eff}}}-1}dx}_{\equiv\bar{F}_\nu} \tag{4}$$

i, D はそれぞれ輻射と観測者の視線方向のなす角、観測者と降着円盤までの距離である。

数値積分結果

$\dot{M} = 10^{-9}M_\odot/{\rm yr}, M = 1.4M_\odot, x_{\rm out} = 10^4$。そして中心天体が白色矮星のとき ($r_{\rm in} = 10^9$cm)、中性子星のとき ($r_{\rm in} = 10^6$cm)、シュバルツシルトブラックホールのとき ($r_{\rm in} = 2GM/c^2$) で計算を行った。

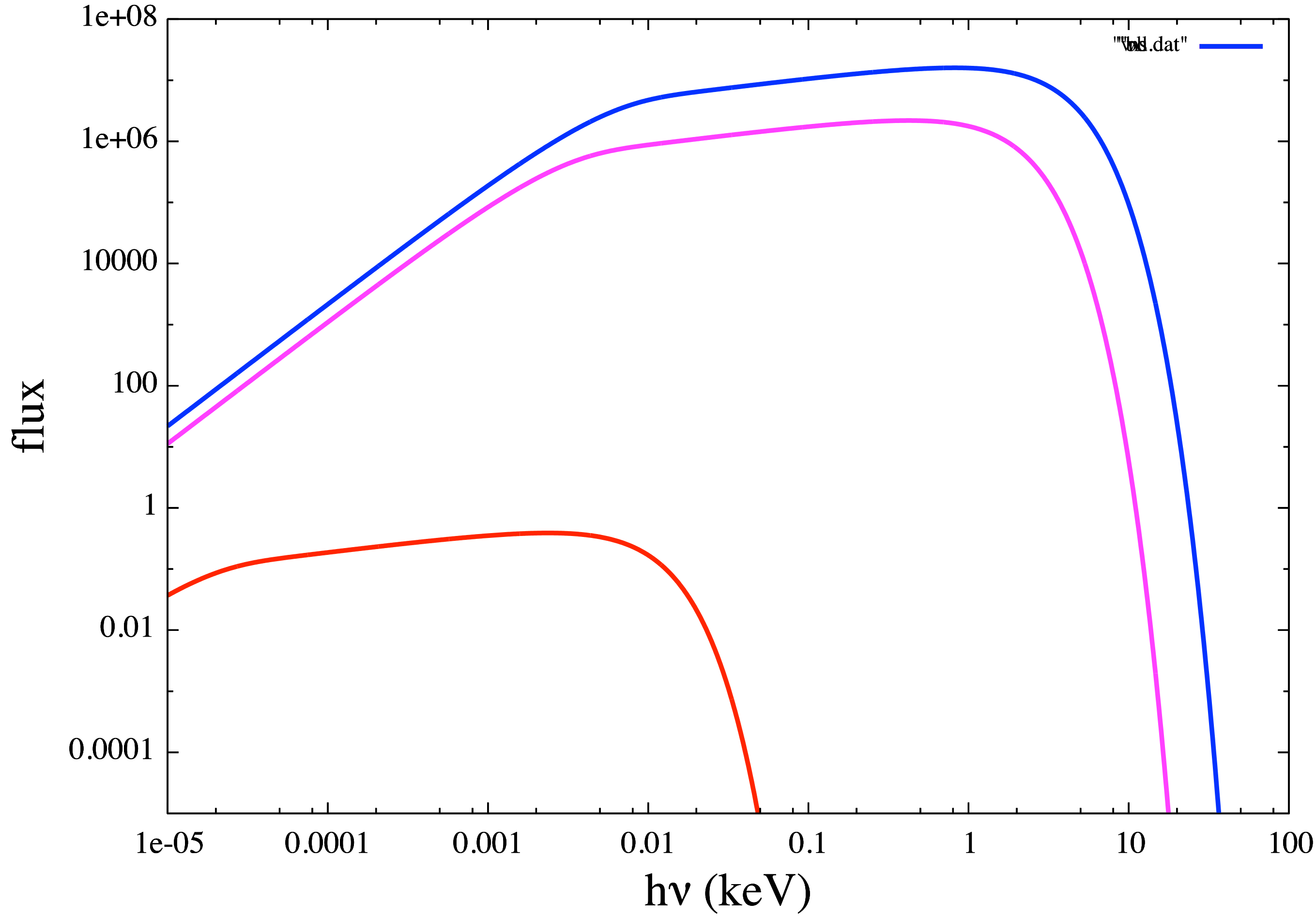

fig 1: blue : B.H., magenta : N.S., red : W.D.

Bibliography

[1] 東北大学理学部天文学コース 天体物理学実習 II (担当教官：李准教授) 演習プリント