

Velocity-Dependent Eddington Factor in Relativistic Radiation Flow

速度に依存する変動エディントン因子

福江 純 (大阪教育大学)

PASJ, 58, 461 (2006)

輻射圧で加速される相対論的な流れに対して、輻射流体力学の方程式系を閉じるために、速度に依存する変動エディントン因子を用いることを提案する。

輻射流体力学のモーメント定式化では、方程式系を閉じるために、エディントン近似がよく使われる。通常のエディントン近似では、輻射圧 P_0 と輻射エネルギー密度 E_0 の間に

$$P_0 = fE_0$$

を仮定し、係数 f (エディントン因子) を $1/3$ と置く。静止大気や低速流で輻射場がほぼ等方なら、 $f=1/3$ は非常によい近似であるし、エディントン近似は輻射場の等方性だけを仮定するので、光学的に厚いことを仮定する拡散近似よりは適用範囲が広い。

相対論的な輻射流の場合は、流体共動系で通常のエディントン近似を置けばいいように思われる。ところがそうすると、流速が $c/\sqrt{3}$ で方程式に非物理的な特異性が現れるのだ。その原因は、相対論的な加速流では、速度勾配が大きいため、流体共動系においてさえ、光子の平均自由行程が上流側と下流側で異なってしまい、輻射場が非等方になるからである。

そこで、相対論的な加速流では、低速領域と亜光速近傍領域をつなぐために、速度 v に依存する変動エディントン因子 $f (=P_0/E_0)$ を用いるべきだろう。

具体的な形として、平行平板流に対しては、

$$f(\beta) = \frac{1}{3} + \frac{2}{3}\beta$$

を一つの候補として提案した ($\beta=v/c$)。

このような速度依存変動エディントン因子は、ブラックホール降着流、ブラックホール風や相対論的ジェット、ガンマ線バーストなどでの輻射輸送問題や、亜光速領域でのニュートリノ輸送問題などに福音をもたらすだろう。

A RIAF Interpretation for the Past Higher Activity of the Galactic Center Black Hole and the 511 keV Annihilation Emission

銀河系中心ブラックホールの過去の高い活動性と 511 keV 対消滅放射の RIAF による解釈

戸谷友則 (京都大学)

PASJ, 58, 965 (2006)

われわれの住む銀河系中心の超巨大ブラックホール、Sgr A* は、現在は極めて低い降着率で活動していることが知られている。しかし、X線の 6.4 keV 輝線反射分子雲や、数度から数十度にわたる大スケールの銀河中心からのアウトフローの痕跡など、いくつかの観測事実は、過去において Sgr A* の活動性が現在より著しく高かったことを示唆している。

この論文ではまず、現在標準となっている「放射効率の低い降着流、radiatively inefficient accretion flow (RIAF)」の描像に基づく Sgr A* のモデルの枠組みで、過去およそ 10^7 年のスケールにわたって平均的な降着率が現在より 10^{3-4} 倍高かったとすれば、これら複数の観測事実を統一かつ定量的にうまく説明できることを示した。この高い降着率および継続時間スケールは理論的にも自然に説明がつく。一方、現在の低い降着率は、およそ数百年前に Sgr A* を通過した超新星残骸 Sgr A East によってそれまでの降着流が破壊されたためと考えることができる。

さらに、この仮説に基づいて、過去に Sgr A* の降着流の中で作られ、アウトフローによって吹き出された陽電子の生成量と銀河バルジにおける伝播距離を見積ると、ちょうどバルジ方向から観測されている電子陽電子対消滅ガンマ線 (511 keV) をうまく説明できることがわかった。この 511 keV ガンマ線はいまだにその起源が謎とされている興味深い現象で、さまざまな説が出ている一方でなかなかうまく説明がなかった。今回得られたシナリオはその中でも最も自然で無理のないものである。