

ガンマ線バーストジェットの相対論的数値流体力学的研究

水田晃 (高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所理論センター)

利用カテゴリ XT4C・SX9B

ガンマ線バーストは、数秒から数百秒程度の間、主にガンマ線の波長で明るく輝く突発天体現象である。近年の観測、理論の進展によりその一部は重力崩壊型超新星爆発を伴う相対論的な流速を持ったジェット状のアウトフローからの放射であることが分かってきた。しかし、ジェットの形成機構、即時放射の放射機構は解明されていない。親星の内部から外層を突き破って星周物質空間へ伝播する相対論的ジェットの流体シミュレーションを行い、光球面からの熱的放射による光度曲線、スペクトルの特性を調べた。

ジェットのパワーを $5 \times 10^{50} \text{erg/s}$ と仮定すると、定常的なジェットでは 100 秒程度の継続時間でガンマ線バーストで考えられている全爆発エネルギーが解放されたことになる。観測者から見たジェットの光球面はジェットが星の表面を突き破った直後は先行衝撃波付近にあるが、ジェットが伝播するにつれ、密度が下がるためジェット内部が見えてくる。最終的には観測者からはジェットが透明になり光球面はジェット背面に至ると期待される。このスケール(現状の親星の半径 $4 \times 10^{10} \text{cm}$ に対し)はおおよそ 10^{13}cm である。そこで、昨年度は計算領域を $3 \times 10^{13} \text{cm}$ まで広げ、ジェットからの熱的放射成分に関する光度曲線を全て追えるようにした。斜めから見た場合はジェットが透明になるスケールは更に外側になるため、今回の計算では視線方向が 5 度までの光度曲線を計算することができた。その結果、光度曲線には非常に明るい時期と、暗い時期があることが示された。明るい時期はジェットの内部でも衝撃波によって一度散逸を受けた熱的成分が卓越している部分からの放射に相当する。逆に暗い時期は、初期のファイアボールが散逸を受けず断熱膨張している部分が光球面となっている時である。

視線方向がジェット軸から離れると、初期にも先行衝撃波や、密度の高いコクーン成分を見ている時期ができる。このフェーズでは徐々に光度があがっていき、ジェットを見る頃には数桁光度があがる。初期のフェーズは観測で見られているプリカーサに対応していると考えられる。また、スペクトルはピークエネルギーを持ち、ピークエネルギーはガンマ線バーストで観測される 100keV 程度のものが再現できている。特に低エネルギー側は 1 温度の熱的放射であるプランク分布よりはソフトになっており、様々な温度の重ね合わせを反映していることが示された。