

N50b 超新星の光度曲線における相対論的膨張の効果

岩本 弘一 (日大理工)

超新星の ejecta(放出物)の相対論的な膨張 ($\beta \equiv v/c \sim 0.1 - 0.5$, v は ejecta 表面の速度、 c は光の速さ) が後期の光度曲線に与える影響を調べた。熱源である放射性元素の崩壊によるガスの加熱率がガスの放射率と等しいこと(放射平衡)、および ejecta 内部での吸収は無視できること(nebula 近似)を仮定し、光度曲線の解析解を求めた。この解析解を β で展開し、放射性元素の指数関数的な崩壊から予想される(準)指数関数的な減光への補正項を求めた。その結果、以下の事柄が明らかになった。

1. ejecta の膨張は、(i) ドップラー効果で光子のエネルギーが高くなること、および(ii) 光の(有限な)伝播時間の効果(light-traveling-time effect)と観測者系で放射性物質の寿命が長くなることにより、一般に超新星の光度を増加させる。
2. 最初の補正項は β に関して2次であり、 E_k を爆発の運動エネルギー、 M_{ej} を ejecta の質量として、 $E_k/(M_{ej}c^2)$ に比例する。この補正項の大きさは、 t を爆発後の時間、 τ_{ra} を放射性元素の平均寿命として $\tau = t/\tau_{ra}$ の2次関数として変化し、 $\tau \gg 1$ のとき、すなわち $t \gg \tau_{ra}$ のときに非常に大きくなる。

得られた解析解をいろいろなタイプの超新星に適用すると、補正項の大きさは、通常の超新星では非常に小さいが、 $E_k/(M_{ej}c^2)$ が大きいハイパーノバや非球対称な超新星爆発では、爆発後数年の時間で(近傍の超新星ならば)観測可能な程度のかかなりの大きさに達することが分かった。