

K15a 衝撃波により加速された星の外層の発展：数値計算と自己相似解の比較

菊地 礼奈、茂山 俊和 (東京大学)

星の内部を衝撃波が進み、表面に到達したあと、加速された外層が真空へ膨張していく現象を考える。衝撃波が表面に到達した瞬間を shock break out といい、衝撃波は消滅する。その後は、rarefaction wave となって、膨張していく。超相対論的な場合、大気が平行平板であることと状態方程式を $e = 3p$ とするなどの仮定をおくと、自己相似解が得られる (Nakayama & Shigeyama (2005))。

実際の系は球対称であり、また状態方程式も $e = 3p + \rho$ を用いるべきである。自己相似解では加速が止まらないという不自然な解になっているが、状態方程式の静止質量エネルギーを無視した影響があると考えられるためである。

特に、shock break out 後に焦点を当て、この二点の効果を組み入れることを考える。球の効果は逐次近似を行い、補正をみつめた。星の半径 R_* に対する、shock break out 時における表面からの流体要素までの距離 a の比、 ξ が球の効果のパラメタとなる。 $\xi^{1/(m+1)}$ で展開して、最低次の補正まで組み入れた。平行平板と比べ、加速は激しくなり、圧力と密度はより早く減少することがわかった。

同時に数値計算を行い、結果を比較した。Godunov 法で解いた。数値計算では、自己相似解を導いたときと同等の相対論的流体の式を解いたが、状態方程式に $e = 3p + \rho$ を用いた。平行平板と球対称の双方で計算を行った。ある範囲内で、球の補正の式は数値計算とよく一致することが示された。自己相似解では加速が永遠に続くことになっているが、数値計算から、ある地点で加速の効率が急激に落ち、それからは自己相似解から離れて進化していく様子があった。