

N33a 爆縮する鉄コアでの渦不安定: 超新星爆発直前でのゆらぎの成長

花輪知幸 (名大理)、松本倫明 (法政大人間環境)

超新星残骸のガスが化学的に不均質であることや、SN1987A が X 線 γ 線で早期から明るかったことなどから、II 型超新星爆発は非球対称であると考えられている。化学組成の不均一や、X 線 γ 線の光度曲線は、爆発初期に非球対称なゆらぎが存在したと仮定する数値シミュレーションによってよく再現されるが、非球対称なゆらぎの起源はまだ確定していない。本研究発表では、爆発初期のゆらぎをつくる機構の一つとして、II 型超新星に至る鉄コアの爆縮中での渦モードの成長を論じる。

本研究では、鉄コアの状態方程式を指数 $\gamma = 1.3$ のポリトロープ ($P = K\rho^\gamma$) で近似し、Yahil (1983, ApJ, 265, 1047) の相似解を使って球対称な爆縮をモデル化した。この相似解では中心密度は時間の逆二乗に比例して $[\rho_c \propto (t - t_0)^{-2}]$ 増大し、コアの半径は $|t - t_0|^{2-\gamma}$ に比例して小さくなる。この相似解に非球対称な密度・速度ゆらぎを与え、線形解析によりゆらぎの固有モードと成長率を求めた。相似解は球対称なので、ゆらぎは球面調和関数 $Y_\ell^m(\theta, \varphi)$ によって展開することができ、その成長は

$$\frac{\delta\rho}{\rho_0} \propto |t - t_0|^{-\sigma} Y_\ell^m(\theta, \varphi), \quad \text{and} \quad \delta v_r \propto |t - t_0|^{-\sigma-\gamma+1} Y_\ell^m(\theta, \varphi), \quad \text{where} \quad \sigma = \frac{1}{3} + \ell \left(\gamma - \frac{4}{3} \right)$$

と表される。この表式より、 ℓ の小さい、従って大局的なゆらぎほど成長が速いことがわかる。このゆらぎは、渦状の対流を引き起すという特徴があるので、私たちはこれを渦モードと名付けた。渦モードでは密度や重力場のゆらぎは小さく、速度ゆらぎが大きな振幅をもつ。速度ゆらぎは爆縮中に 30 倍程度増幅すると推定される。重力収縮中に成長した速度ゆらぎは、超新星爆発時に非球対称な物質混合を引き起こす種となる可能性がある。また $\ell = 1$ のゆらぎが成長して、中性子星が超新星残骸に対して相対速度 (kick) をもたらす可能性もある。