

対流合体が超新星爆発に与える影響の系統的調査

高橋 亘 (Albert Einstein Institute)

利用カテゴリ XC-B+

重力崩壊型超新星爆発のメカニズムには未だ不明な点が多い。ニュートリノによる停滞衝撃波再加熱のシナリオが精力的に調べられている一方で、最新の三次元計算では観測される典型的爆発エネルギー 10^{51} erg が再現されない問題が残っている。解決案のひとつとして、爆発自体の物理ではなく、初期条件である親星の構造に爆発しやすさを決定づける性質があるのではないかと注目されている。O'Connor & Ott (2011) は親星中心領域のコンパクトさを定量的にあらわすことで、コンパクトネスが爆発のしやすさと相関していることを示した。この研究では一次元計算で超新星爆発を起こす現象論的な手法が採られており、より現実的な多次元爆発計算を行う場合に爆発と親星の構造の間にどのような傾向が見られるかは興味深い。

ところで親星の恒星進化過程において、その構造を決定づける最も重要なプロセスは何だろうか。報告者は進化の後期過程における内向きの Convective boundary mixing (CBM) に注目して一次元恒星進化計算を行い、CBM効率を様々に変更した親星モデルセットを用意した。結果、効率の大きな場合に酸素・シリコン燃焼に起因する対流領域が合体し、親星のごく中心部で大きな密度ジャンプが形成されることを見つけた。大きな密度ジャンプは質量降着率の急減少の引き金として働くので、この新しい親星モデルでは高エネルギーの爆発が起きる可能性がある。

本研究では用意した親星モデルを初期条件に、第一原理的二次元軸対称爆発計算を行い親星の密度構造が爆発に与える影響を網羅的に調べている。下図にCBM効率をゼロとしたモデル（左）と高効率のモデル（右）の流跡線を示した。両者はヘリウムコアの初期質量が異なるモデル（左は5太陽質量、右は11太陽質量）であり、効率的なCBMを課すことで小さなコアが形成され、初期質量の大きな星であっても爆発がおきる可能性を実際に示した。一方、効率的なCBMを課したモデルではコア内で大きなエントロピージャンプが形成されたにもかかわらず、両者はほとんど見分けのつかない爆発をしている。実は両者はほとんど等しいコンパクトネスパラメータ ($\xi_{2.5} = 0.167$) を持っている。この結果は、現実的な多次元計算においても爆発の基本的な性質はコアのコンパクトネスによって記述できることを示唆している。現在この考えを確かにするべく、より多くの爆発計算を行なっているところである。

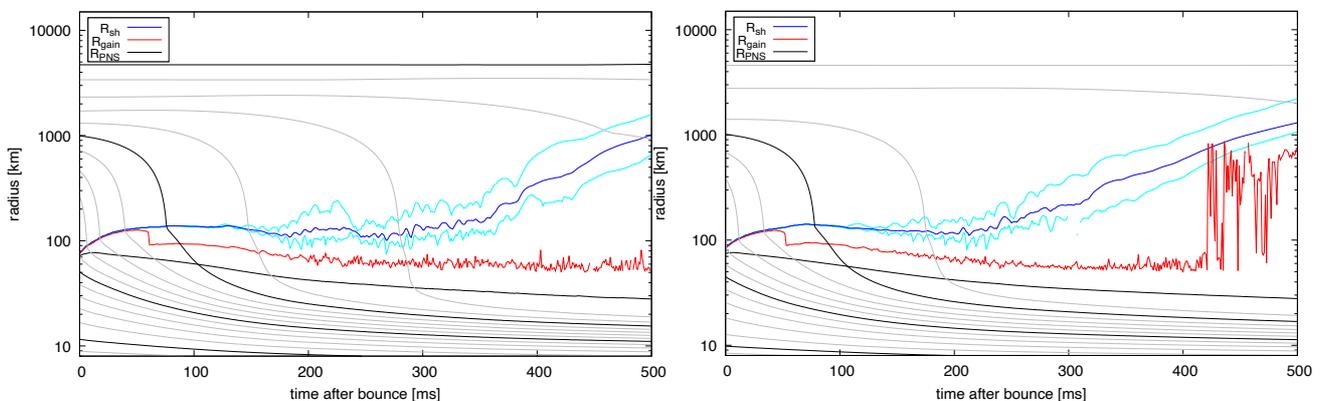


図1: 爆発計算で得られる0.1太陽質量おきの質量素片が描く流跡線。青線はショック半径、赤線はニュートリノ加熱領域の半径、黒太線は原始中性子星の表面をあらわす。