

超新星ニュートリノの鉄コア回転率依存性

水口万結香（福岡大学大学院 理学研究科）

利用カテゴリ XC-MD

太陽の約8倍以上の重さをもつ恒星は元素合成の最終段階において中心部に鉄のコアを形成する。この鉄コアが重力的に不安定になって重力崩壊を開始し、それによって生じる爆発が重力崩壊型超新星爆発である。この現象を解明するにあたって、まずは内部コアで起こっている現象を理解する必要がある。重力崩壊が進み中心密度が核密度に達したとき、核力によって急激に圧力があがるため、内部コア表面に衝撃波が形成される。しかしこの衝撃波は、その背面での鉄の光分解とニュートリノ冷却によりエネルギーを失い、一度停止してしまう。停止した衝撃波が復活するにあたって重要になるシナリオが、ニュートリノ加熱メカニズムである。そこで、20太陽質量の親星モデルに対してIDSA法を用いた2次元軸対称のニュートリノ輻射流体計算に基づく重力崩壊のシミュレーションを行った。親星モデルの中心コアの自転速度をパラメータとして与え、衝撃波復活の成否やニュートリノ光度・エネルギーが自転に強く依存することを示し、スーパーカミオカンデにおける検出可能性を調べた。

初期角速度について無回転(0.0 rad/s)から高速回転(2.5 rad/s)の範囲より8通りを選んで計算を行い、うち4モデルが爆発を成功させた。回転速度が上昇するにつれ衝撃波半径は外まで到達しやすい傾向にあることがわかった。ゲイン半径・原始中性子星・電子型ニュートリノ球の半径も同様に大きくなる傾向が見られた。主な原因は回転による遠心力の影響であると考えられる。対して、ニュートリノ平均エネルギーとニュートリノ光度は回転速度の上昇とともに減少していることが分かった。平均エネルギーに関しては遠心力の影響によりニュートリノ球が自転軸に垂直な方向に膨らむことで内部物質の温度が下がること、ニュートリノ光度に関しては遠心力が降着物質を支えることで降着光度が減少し正味のニュートリノ光度が下がることが主な原因である。またニュートリノ加熱率に注目してみると、爆発に成功したモデルについて衝撃波の立ち上がりの直前に伸びていることがわかった。ゲイン半径と衝撃波の関連性を見ると、ゲイン領域が大きくなったため爆発に転じたのではないかと考えられる。

スーパーカミオカンデを想定した検出可能性については、回転速度の上昇に伴いニュートリノ検出数が減少することが明らかになった。前述のニュートリノ光度とエネルギーの減少によってニュートリノひとつあたりの反応断面積と地球に届くニュートリノの数が減少することが原因であると考えられる。以上の成果を日本天文学会2018年春季年会で発表した。