

## 超大質量星の重力崩壊により形成されるトーラスの非軸対称な変形

### 不安定性に対する研究

打田晴輝（京都大学）

利用カテゴリ XT4B

#### ○研究の背景

赤方偏移  $z \geq 6$  程度（宇宙誕生から 10 億年程度）の初期宇宙には太陽質量の 100 億倍程度の超巨大ブラックホール(Super Massive Black Hole;SMBH)が存在することが近年の観測により分かっている。しかし、SMBH がどのようにして形成されたのかは未解明の問題である。SMBH 形成を説明する有力なシナリオとして 10 万太陽質量程度の超大質量星 (Super Massive Star;SMS) による Direct Collapse(DC)シナリオが注目されている。具体的には、SMS の重力崩壊により同程度の質量を持った SMBH が形成され、ガス降着により SMBH へ成長するというシナリオである。

我々は過去の研究で回転する SMS が重力崩壊する際の核融合の効果や、重力崩壊時に観測可能なシグナルが出る可能性があるのかを調べた。研究では様々な回転パラメータ、組成、質量の SMS を重力崩壊からディスクの形成に至るまでを数値相対論を用いて計算した。シミュレーションでは国立天文台の XC30 及び基礎物理学研究所の XC40 を用いた。その研究では結果として、重力崩壊に核融合反応はなんの影響も与えないことが分かった。また、重力崩壊後は初期質量の最大で 5 %程度がトーラスとして残り、ほぼすべての質量が BH となることが分かった。

#### ○研究の目的

重力崩壊後の形成される BH 周りのトーラスは Papaloizou-Pringle instability (PPI)と呼ばれる不安定性によって非軸対称に変形する可能性がある。もし変形を起こすと重力波を放出する可能性があり、重力波検出器である Laser Interferometer Space Antenna (LISA)で観測できる可能性がある。しかし、SMS 重力崩壊から得られたトーラスについて、PPI が起きるかについては調べられていない。従ってシミュレーションを用いてトーラスの長時間の時間発展

を計算し、PPI が起きるか、起きた場合どのような重力波が放出されるのか、またその観測可能性を調べることを目的として研究を行った。

#### ○研究方法

トーラスの時間進化をスーパーコンピュータを用いたシミュレーションを行い、結果を解析することで進める。計算は SMS 重力崩壊で用いた軸対称コードを 3次元に拡張したものを使う予定である。初期条件は早い回転モデルの SMS が重力崩壊した際に得られるトーラス（質量比約 20:1）について計算する予定である。

#### ○これまでの研究経過及び得られた結果

テスト計算として、初期質量  $6.2 \times 10^5$  太陽質量の高速回転する SMS が重力崩壊して形成されたトーラス（ $2.4 \times 10^4$  太陽質量）について、回転速度に対し非軸対称に僅かな摂動を加えた際のトーラスの変形について調べた。計算は 2次元計算で得られた計量を固定して行った。

結果、図 1 のようにトーラスは非軸対称な摂動が成長し、大きく変形することが分かった。また、放出される重力波を計算した所、 $z=0.1$  程度の距離に存在すれば宇宙重力波望遠鏡(Laser Interferometer Space Antenna; LISA)で観測できる可能性があることが分かった。

以上の結果は天文学会 2017 年秋季大会（北海道大学）で発表した。

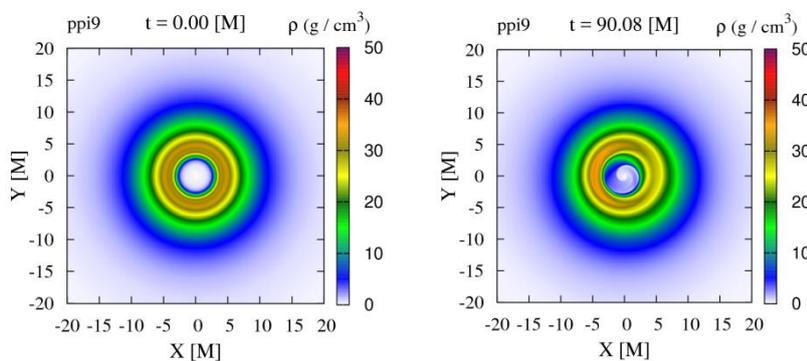


図 1 : トーラスの密度分布の時間変化