

J22a 次世代重力波望遠鏡による球状星団起源の連星ブラックホールの検出率

谷川衝 (会津大学)

2つのブラックホール(BH)からなる連星(BH-BH)はAdvanced LIGO(以下、LIGO)やKAGRAのような次世代重力波望遠鏡の有望なターゲットである。BH-BHの主要な形成過程の1つに、球状星団(以下、星団)内での力学的形成がある。過去の研究(O'Leary et al. 2006; Sadowski et al. 2008; Downing et al. 2010; 2011)は、LIGOによる星団起源BH-BHの重力波検出率を $1-10^3\text{yr}^{-1}$ と予想した。これらの研究は、星団の構造進化や星同士の近接遭遇などの力学過程を近似的に扱っている。しかし、この近似手法が適切かどうか自明でない。上の力学過程を近似なしで解くには、 N 体シミュレーションが必要となる。しかし、星団の星の数は 10^6 個程度であるが、実行可能な N 体シミュレーションは現在のところ $N \sim 10^5$ である。これは計算機性能の不足のためである。

我々は $N = 10^4-10^5$ の N 体シミュレーションの結果を $N \sim 10^6$ へ外挿し、LIGOによる星団起源BH-BHの重力波検出率を導出した。以下に N 体シミュレーションの設定を述べる。星団の初期質量関数にはKroupa (2001)、星の進化モデルにはEldridge & Tout (2004)を採用した。星団の金属量を $Z = 0.001$ とした。また、星団の初期の半質量半径(星団の半分の質量を含む半径)内の質量密度を25、400、 $6400M_{\odot}\text{pc}^{-3}$ と変えて、質量密度の依存性も調べた。BHは誕生時の超新星爆発によりキックを得て星団から脱出する。そのため、一部のBHしか星団に残らないはずである。我々は、BHの星団への残留率を25%、50%、100%としてパラメータ化した。

結果、LIGOによるBH-BH検出率は $1-10\text{yr}^{-1}$ であった。このとき、星団すべてが、星の数 10^6 個、半質量半径内の質量密度 $10^5M_{\odot}\text{pc}^{-3}$ で100億年前に誕生したと仮定した。ただし、仮定する星の数や質量密度を数倍変えると、検出率は1桁ほど増減する。最後に N 体シミュレーションの設定に伴う不定性を議論する。