

Photoelectric grain heating が矮小銀河の dark matter の空間分布に与える影響

一色翔平 (北海道大学)

利用カテゴリ 利用カテゴリ XC-B

1. 導入

Kleyna et al. (2003) らは、矮小銀河における dark matter (DM) 密度の空間分布を観測から求めた。その結果、矮小銀河の中心部において DM 密度が一定となる core 構造を持つことが判明した。しかし、単純な無衝突の cold dark matter (CDM) を用いた数値計算では、矮小銀河の中心部に向かうほど DM の密度が大きくなる cusp 構造しかつくりだすことができない (Navarro et al. 1996)。この観測と理論の間の、矮小銀河における DM の空間分布に関する不一致は core-cusp 問題と呼ばれている。

観測と理論の間の不一致について、Read et al. (2016) らはシミュレーション中で複数回の爆発的星形成とそれに伴う超新星爆発の影響を組み込むことで解決できると主張した。これは、超新星爆発により引き起こされたガスの激しい運動は、DM の空間分布に影響を与え、徐々に cusp 構造を core 構造に変化させるというものだった。

ただし、これまでの数値計算を用いた研究はダストの光電効果による加熱過程である photoelectric grain heating の影響を考慮していなかった。Forbes et al. (2016) や Hu et al. (2017) は超新星爆発と比較して、photoelectric grain heating は矮小銀河の星形成率の抑制に無視できない影響を及ぼすと指摘した。言い換えると、photoelectric grain heating は星形成率を抑制することで、超新星爆発の影響も抑制することを示した。

以上より、超新星爆発の影響によって core-cusp 問題を解決したとされる Read et al. (2016) らの結果は photoelectric grain heating の影響を無視していたことで、超新星爆発の矮小銀河への影響を過大に見積もっていた可能性が強い。そこで本研究では、輻射流体シミュレーションを行うことで、photoelectric grain heating と星形成を整合的に扱い、超新星爆発が矮小銀河の DM の密度分布にどのような影響を与えるかを調べた。

2. 手法

矮小銀河への Photoelectric grain heating の影響を調べる数値計算を行った。矮小銀河の初期条件 (ガス・ダークマターの空間分布) は、GALIC (Yurin et al. 2014) を用いて生成した。数値計算コードは、GIZMO (Hopkins 2015) を使用した。超新星爆発等の種々の物理過程については指導教官の岡本崇氏が GIZMO での銀河形成シミュレーション向けに既に実装したものを使用した。Photoelectric grain heating の影響は申請者が M1 クロージャール法で実装した。これにより、大質量星から放出された光の強度の空間分布を求め、photoelectric grain heating の矮小銀河の進化に与える影響を計算した。

3. 結果

図 1 にはシミュレーションから得られた $10^9 M_\odot$ の矮小銀河の星形成率の時間発展である。この計算結果からわかることは、photoelectric grain heating の影響が矮小銀河の星形成率に全く影響を与えていないことがわかる。

また、図 2 にはシミュレーションから 10 Gyr たった後のダークマターの分布を載せた。Photoelectric grain heating の影響が矮小銀河の星形成率に影響を与えていないことから

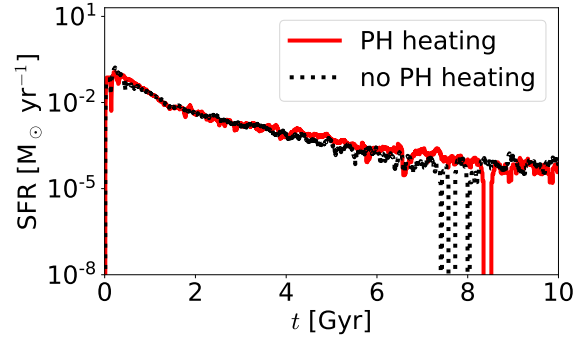


図 1: 縦軸はシミュレーション開始からの時間、横軸は星形成率を表す。赤の実線は Photoelectric grain heating の影響を入れた場合 (PH heating) の計算結果である。黒の波線は Photoelectric grain heating の影響を入れなかった場合 (no PH heating) の計算結果である。

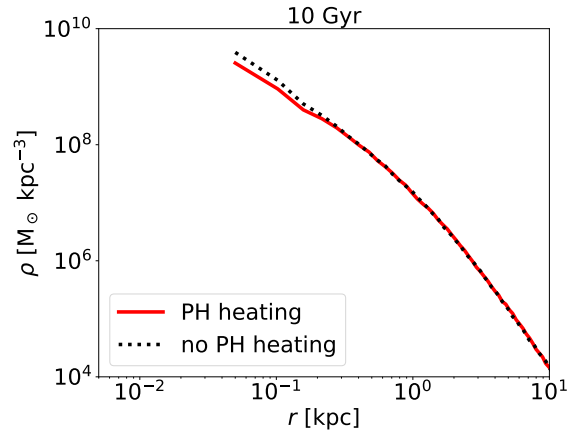


図 2: 縦軸は銀河中心からの距離、横軸はダークマターの質量密度を表す。赤の実線は Photoelectric grain heating の影響を入れた場合の計算結果である。黒の波線は Photoelectric grain heating の影響を入れなかった場合の計算結果である。

推測できるように、ダークマターの空間分布には Photoelectric grain heating は影響がないように見える。ただし、今回の数値計算での Feedback の入れ方について、まだ矮小銀河のコア構造が Photoelectric grain heating の影響ある、なしにかかわらず形成できていないことがわかる。故に、超新星爆発による Feedback の影響の入れ方についてまだ改善が必要である。