“Soliton Random Walk and the Cluster-Stripping Problem in Ultralight Dark Matter”

GAゼミ@20200110 林航平

Schive et al. 2019 arXiv:1912.09483

【アブスト】
Eridanus II (Erill)はその中心付近に古い(>3Gyr)星団を保持しており、これによってDMモデルに制限を与えるという研究が行われている。Ultralight DM (UDM)モデルはハロー中心に形成されるsoliton coreがランダムウォークする事で、星団を撹拌し1Gyr以内に潮汐破壊してしまうという問題を抱えている。しかし、MWによる潮汐力によってUDMハローの外側を剥ぎ取ることによって、ランダムウォークによる撹拌が抑制され、星団が5Gyr以上生き残れることが明らかになった。

【ゴール】
Erillを用いたダークマター理論への制限

【オリジナリティ】
高解像度UDM simulationを用いてUDMハロー内の星団の力学進化を追った

【ロジック】
・UDMのsoliton coreについては2018年10月30日GAゼミの発表を参照。
・Star cluster in Erill： $M_{\rm sc} \sim 2\times10^3 M_\odot$, $r_{\rm sc} \sim 13$pc, $T_{\rm sc} \geq 3$Gyr
・シミュレーション
Cosmological simulationから$M_{\rm vir} \sim 6\times10^9\ M_\odot$, $r_{\rm vir} \sim 50$ kpc, $r_{\rm sol} \sim 0.7$ kpcのUDMハローを取り出す。その中心にプランマー球の星団を置く。パラメータは$\rho_{*,\rm max} \sim 0.2 M_\odot$ pc^{-3}, $r_s \sim 20$pc。UDMと星団の分解能は0.12kpcと3.8pc。
・<u>結果１：孤立系UDMハロー</u>
星団の力学進化(図１a)：カラーマップは星団の密度、白コントアはsoliton coreの境界を示す。coreがハロー中心でふらつき、それによって星団が撹拌されている。撹拌による潮汐力は$r_{\rm sol}$付近で最大になる。
星団の星質量進化(図１b)：1Gyr以内に元の星質量から約99%質量欠損している。よって星団が生き残ることができない。
・<u>結果２：潮汐力を受けたUDMハロー</u>
Erill軌道パラメータの不定性が大きいため、(超)簡単に$M_{\rm MW} = 1\times10^{12} M_\odot$の質点から100kpcにあるハローが円軌道している場合の潮汐効果を考える。
UDMハローの力学進化(図２a)：カラーマップはUDMの密度を示す。潮汐効果によって、4Gyr後にはsoliton coreより外側のUDMがはぎ取れられる。
星団の星質量進化(図２b)： 色の違いはUDMハロー中心に星団を置いた時間の違いを示す。例えば青線はUDMハローがMWハローの潮汐効果を受けて4Gyr後(図２aの(d))に星団を置いた場合を示している。
soliton coreのみのUDMハローでは、星団は撹拌の影響を受けず5Gyr以上生き残る。→ 観測結果を再現可能
・ランダムウォークの起源
soliton coreと外側のUDMハローの波動関数の波が干渉することで密度のゆらぎが増幅されることによって引き起こされる。

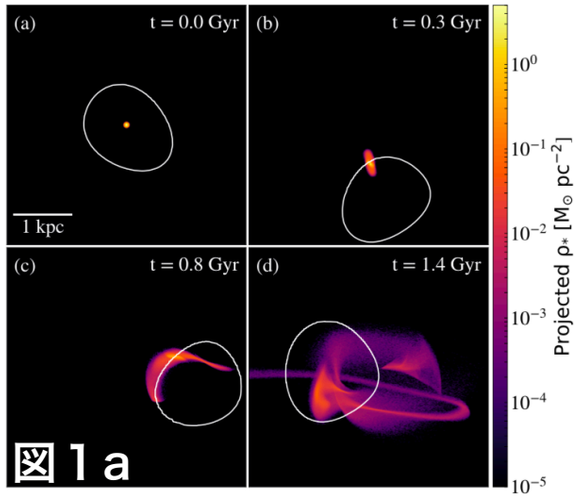
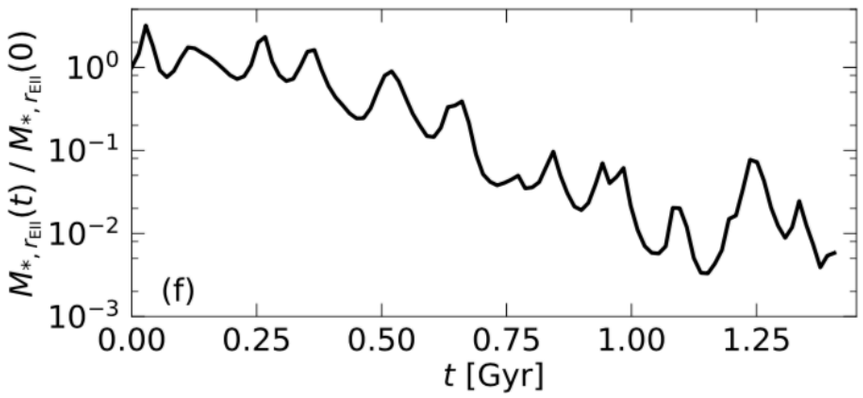


図1b



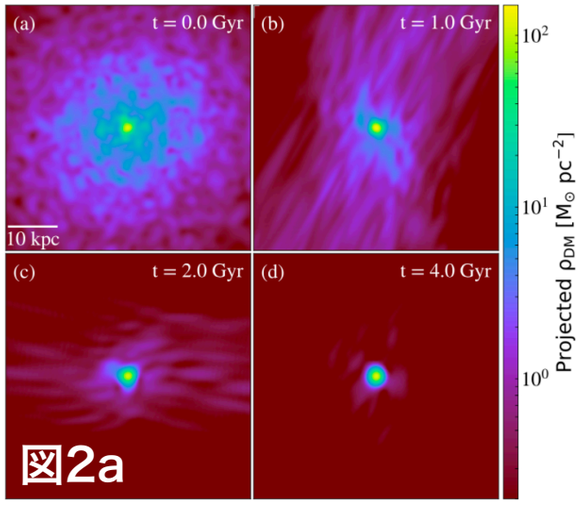
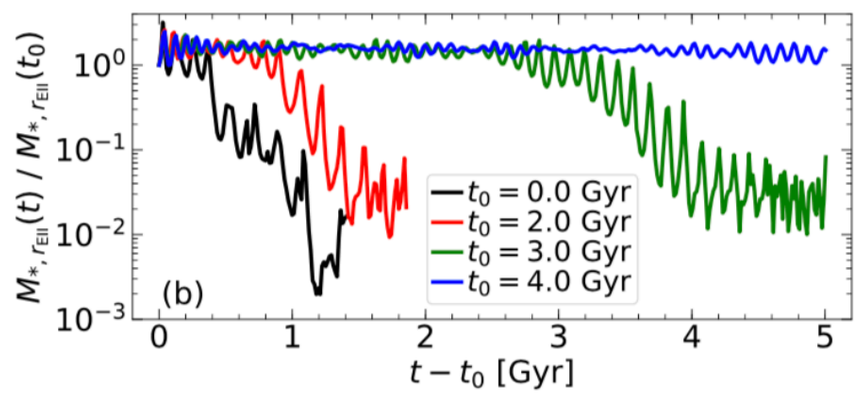


図2b



【感想】
- MWハローにより潮汐効果のモデル不定性が大きいが、Erillのinfall timeと星団の形成時期が重要。
- Soliton coreのランダムウォークは、銀河形成やUDMハロー内の星運動にも影響を与えそう。
- ランダムウォークによって撹拌された星の速度分散は大きくなる？→コア構造を持っていても、星の速度分散は大きくなるのでは。