“A ‘Universal’ Density Profile for the Outer Stellar Halos of Galaxies”

Rhea-Silva Remus , Andreas Burkert , and Klaus Dolag arXiv:1605.06511

GAゼミ＠20160531 本間大輔

【アブスト】

銀河のouter stellar haloは緩和時間が長いためmergingなどの銀河形成の記録が残っており、銀河形成史を理解する重要な情報を含んでいる。この論文では、Magneticumというシミュレーションを用いて様々な質量の銀河のouter stellar haloの密度プロファイルを調べた結果、どの銀河の密度プロファイルもEinasto profileというプロファイルで記述できることが分かった。さらに、(dry) mergerを多く経験するほどouter stellar haloの密度プロファイルのslopeは緩くなる傾向にあり、これは観測で得たMWとM31のstellar haloの密度プロファイルの違いを上手く説明する。

【ゴール】

銀河のouter stellar haloの密度プロファイルの多様性を理解

【オリジナリティ】

高解像度シミュレーションを用いてouter stellar haloの密度プロファイルを定式化

【ロジック】

Simulation

The Magneticum Pathfinder simulations:

・流体力学的cosmologicalシミュレーション

・様々なvolumeとresolution（表1）。

・星形成やフィードバックなども考慮。

・この論文では、Box2 hr($m_{\rm gas} = 1.4 \times 10^8\, M_\odot/h$)とBox4 uhr($m_{\rm gas} = 7.3 \times 10^6\, M_\odot/h$)から銀河を選んでMW質量の銀河から明るい銀河団中の銀河の質量まで、様々な質量の銀河をカバー

表1

	Box0	Box1	Box2b	Box2	Box3	Box4
[Mpc/h]	2688	896	640	352	128	48
mr	2×4536^3	2×1526^3	–	2×594^3	2×216^3	2×81^3
hr	–	–	2×2880^3	2×1584^3	2×576^3	2×216^3
uhr	–	–	–	–	$2 \times 1536^3 (z = 2)$	2×576^3

Model

銀河のouter stellar haloの密度プロファイルを上手く記述する**Einasto profile**

$$\rho(r) = \rho_{-2} \exp\left\{-\frac{2}{\alpha}\left[\left(\frac{r}{r_{-2}}\right)^{\alpha} - 1\right]\right\}$$

α：slopeのきつさ　r_{-2}：$\rho(r) \propto r^{-2}$となる半径　ρ_{-2}：r_{-2}内の密度

図1

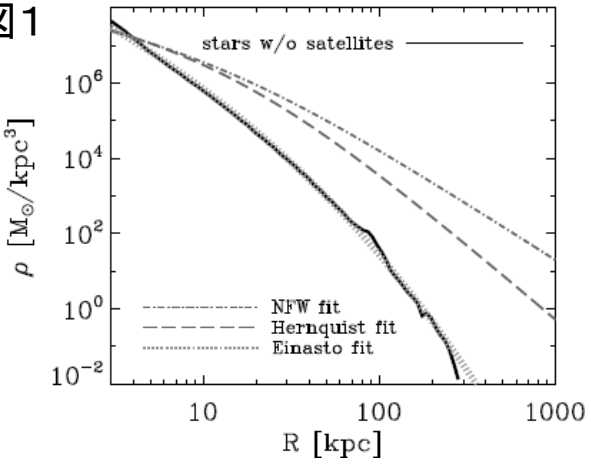


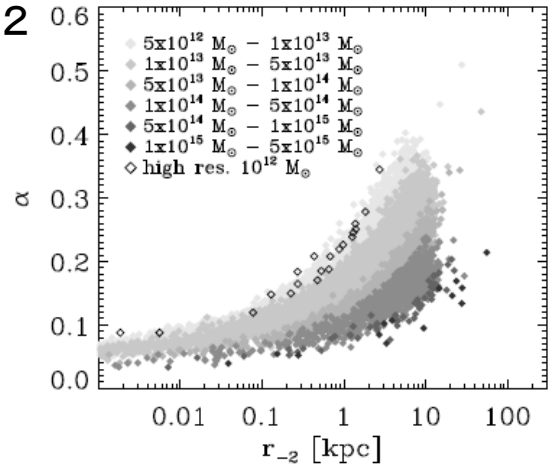
図1：Box4 uhrから24個のMW質量の銀河を選んで、それらをスタックしたときのstellar radial density profile（黒実線）
NFWやHernquist プロファイルではフィットできないが、Einastoプロファイルで上手くフィットできている

Result

図2：様々な質量の銀河におけるEinastoパラメータαとr_{-2}の関係

→ 銀河の質量をfixさせたとき、αとr_{-2}に相関があり、この相関は銀河のタイプや質量に依らないのが分かる

図2



Discussion

幅広い銀河の質量の範囲でのouter stellar haloの自己相似性が示すことは、outer stellar haloの形成はaccretionが支配的に効いて、多くのaccretion (merger)を経験するほどEinastoプロファイルのslopeが緩くなる（αが小さくなる）

Application to observation

観測結果として、MWとM31のouter stellar haloの密度分布をpower law（$\rho(r) \propto r^{\gamma}$）でフィットすると

$40\mathrm{kpc} < r < 100\mathrm{kpc}$でMWは$\gamma \approx -6$(Deason et al.2014)で、M31は$\gamma \approx -3$(Ivata et al.2014)

今回のシミュレーション結果を調べると、多くのMW質量の銀河は$-6 < \gamma < -5\,(40\mathrm{kpc} < r < 100\mathrm{kpc})$である

→ MWは‘normal’ caseであり、M31は複数回のdry (minor) mergerを過去に経験して、outer stellar haloの密度プロファイルが他に比べてflatになったということで、accretion historyの違いが表れている

【コメント】

・球対称を仮定しているが、haloの軸比の違いは考慮しなくても大丈夫なのであろうか？