Probing the nature of dark matter with accreted globular cluster streams

GA ゼミ@2020 0625 佐藤元太

Khyati Malhan, Monica Valluri, Katherine Freese arXiv:2005.12919v1

[abstract]
サブハロー内の球状星団がホスト銀河に降着した後に発生するストリーム(GCS)の構造を手がかりに、そのサブハローの DM 分布を明らかにする。具体的には、サブハローの DM 分布がカスプ/コアであると仮定して N 体シミュレーションを行い、この結果得られる GCS の構造が観測と合うかどうかを比較することで検証を行う。その結果、現実の GCS はサブハローがコア構造を行う場合のシミュレーション結果に似た構造をしているものがあることが分かった。

[originality] 恒星ストリームを利用して DM 分布に制限を与えるシミュレーションを行った。
[goal] MW サブハローの DM 分布を明らかにし、それを再現するよう DM モデルに制限を与える。

[logic]シミュレーション条件
サブハローの密度分布: Dehnen モデル, $\rho \propto (r/r_0)^{-\gamma}(1+r/r_0)^{\gamma-4}$, カスプ型:$\gamma=1$, コア型:$\gamma=0$
サブハローの質量: 10^8 or 10^9 M_{sun}　サブハローのカスプ/コアと質量の大小でモデルを 4 種類に区別した。
GC モデル: サブハローのモデルに関わらず質量は $5\times10^4 M_{sun}$ で一定。
サブハローにはこの GC 以外の星成分は含まれないと仮定。

Dehnen モデル

$$\rho(r) = \frac{(3-\gamma)M_0}{4\pi r_0^3}\left(\frac{r}{r_0}\right)^{-\gamma}\left(1+\frac{r}{r_0}\right)^{\gamma-4}$$

図 7：それぞれのシミュレーションにおいて、GCS の「幅」がどう分布するかを記した。
※「幅」・・・物理的幅 w と、動力学的幅 σ_{Lz} および σ_{vlos}
サブハローをコア構造とした場合の方が、GCS は細く、冷たい傾向にある。観測された GCS には、コアの場合の構造に似た特徴を持つものがある(GD-1 と Jhelum)。カスプサブハローの GCS に一致する観測結果は存在しない。(Orphan は一致しているように見えるが、金属量の観点からはサブハロー由来ではないと予想される。)　→**CDM を超える DM 理論が必要になる**

図 8：各シミュレーションにおける GCS の横密度分布。
in-situ の stream と比較して、降着してきた GCS の方が複雑な構造を有する。(cocoon 成分や第二の stream 構造など。)

図 10：観測された stream (GD-1)の構造を示している。cocoon や spur、第二の stream 構造が見られる。図 8 と比較して、コアサブハローの場合のシミュレーション結果に似た構造が現れている。

表 1　各シミュレーションで採用したパラメータ値

Model	M_0 [$M_\odot$]	r_p [kpc]	$v_{circ}(r_p)$ [km s^{-1}]	$\overline{v_r^2}(r_p)$ [km s^{-1}]	v_t [km s^{-1}]	L_0/L_{circ}
SCu (small cuspy)	10^8	0.5	11.5	7.3	±17.6, ±18.6, ±19.6, ±20.5	±1.5, ±1.6, ±1.7, ±1.8
		1.0	11.6	6.5	±9.8, ±10.8, ±11.7, ±12.7, ±13.7, ±14.7, 15.6	±0.8, ±0.9, ±1.0, ±1.1, ±1.2, ±1.3, 1.4
SCo (small cored)	10^8	0.5	7.3	5.7	±7.8, ±8.8, ±9.8, ±10.8, ±11.7	±1.1, ±1.2, ±1.3, ±1.5, ±1.6
		1.0	8.8	5.5	±1.0, ±2.0, ±2.9, ±3.9, ±4.9, ±5.9, ±6.8	±0.1, ±0.2, ±0.3, ±0.4, ±0.6, ±0.7, ±0.8
LCu (large cuspy)	10^9	0.5	21.6	16.6	±48.9, ±49.9, ±50.9, ±51.8	±2.2, ±2.3, ±2.4, ±2.4
		1.0	24.7	16.0	−40.1, −41.1, ±42.1, ±43.0 44.0, 45.0, 46.0	−1.6, −1.6, ±1.7, ±1.7 1.8, 1.8, 1.9
LCo (small cored)	10^9	0.5	10.5	12.0	±14.7, ±15.7, ±16.7, ±17.6, ±18.6, ±19.6, ±20.5, ±21.5, ±22.5, ±23.5, ±24.5	±1.4, ±1.5, ±1.6, ±1.7, ±1.8, ±1.9, ±1.9, ±2.0, ±2.1, ±2.2, ±2.3
		1.0	15.3	12.4	±13.7, ±14.7, ±15.6, ±16.6, ±17.6, ±18.6, ±19.6, ±20.5, ±21.5, ±22.5	±0.9, ±1.0, ±1.0, ±1.1, ±1.2, ±1.2, ±1.3, ±1.3, ±1.4, ±1.5

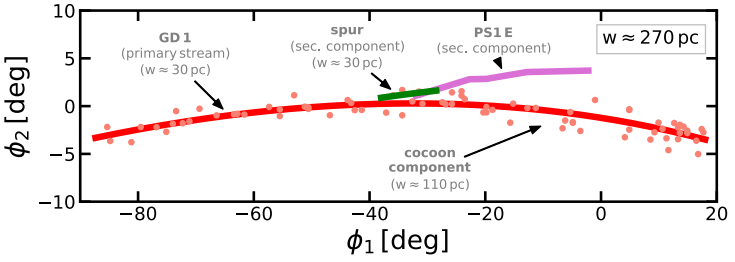


図 10 観測された GD-1 の構造と軌跡

[comment]
・図 8 と図 10 を視覚的に比較できない、差分の程度が数値的に評価されていないから、「似た構造」という結論の根拠が不明確
・現在のサブハローがコア型であったとしても、バリオンフィードバックがどの程度の効果を及ぼすかが未知である以上、CDM を誤りだと推察するのは早計では

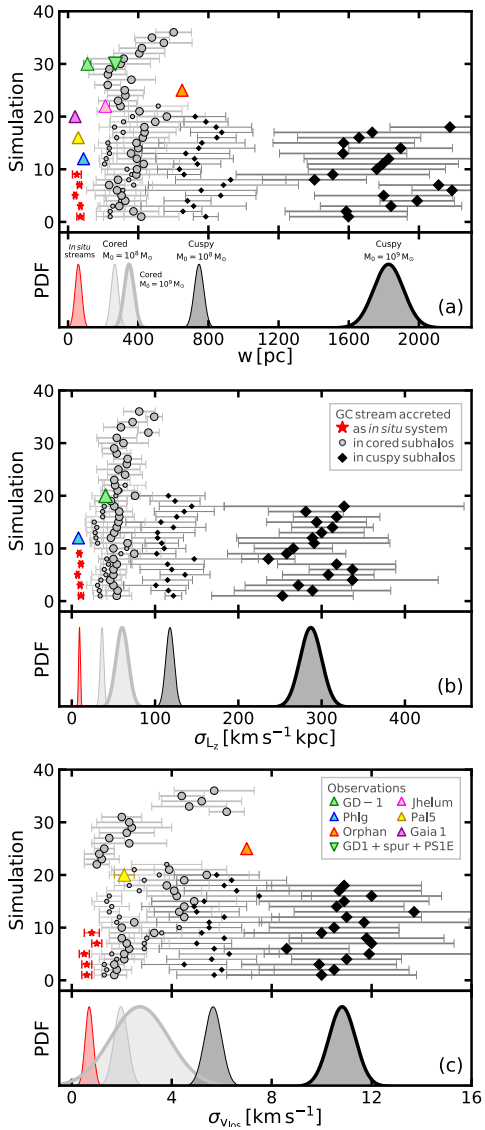


図 7 steam の 3 つの「幅」の分布。
上段:各シミュレーション結果と観測結果の値をプロット。下段:シミュレーション結果の値をガウス分布でフィッティングした場合の分布。

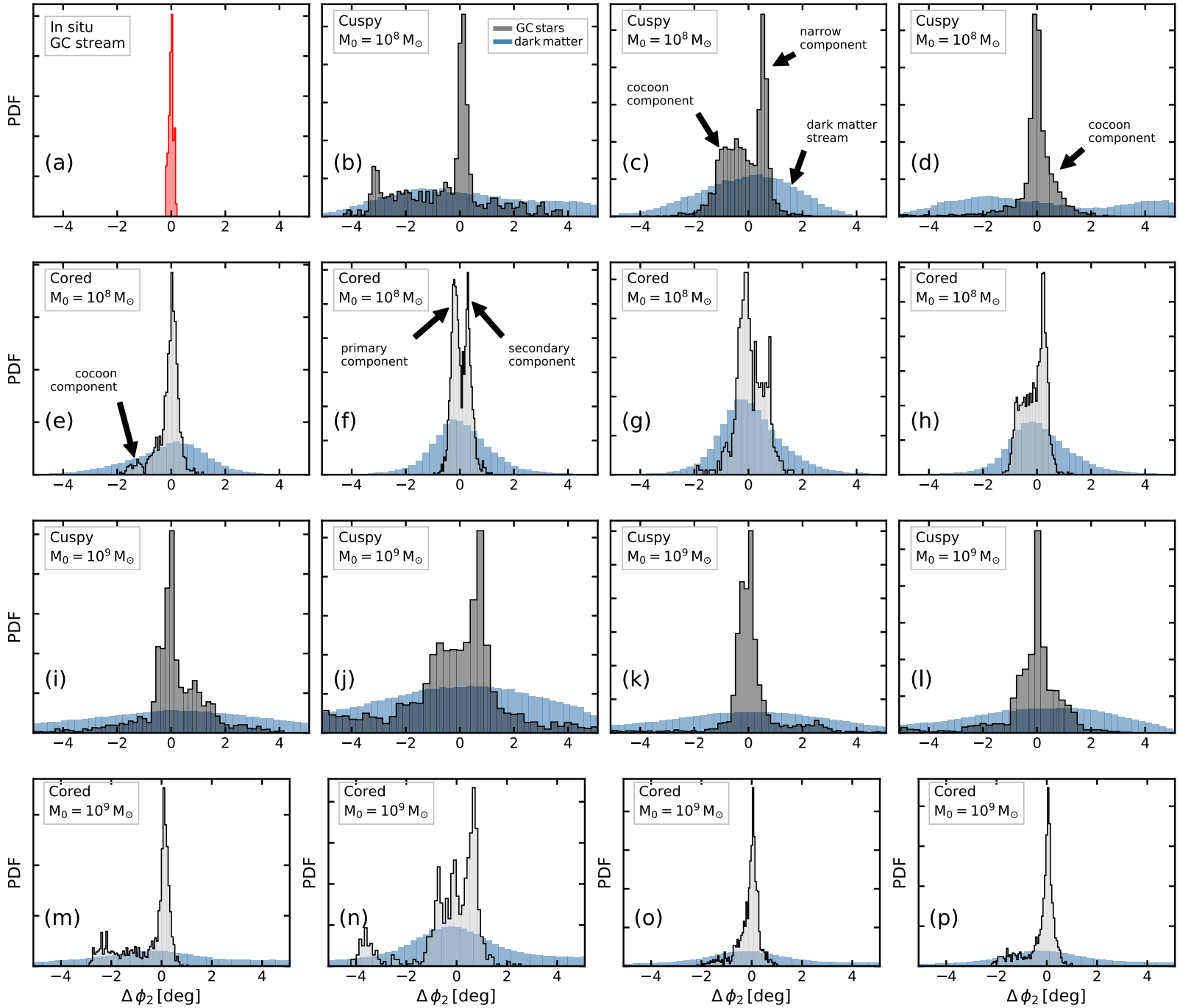


図 8 各シミュレーションで形成された stream の、横方向の密度分布