# “Surviving the Waves: evidence for a Dark Matter cusp in the tidally disrupting Small Magellanic Cloud”

De Leo et al. 2023 arXiv:2303.08838

GAゼミ@20230511 林航平

【アブスト】

SMCの~6000個のRGB星を用いて、そのダークマター密度プロファイルを調べた。SMCはMWからの潮汐力を受けているため、潮汐効果を受けた星を取り除く必要がある。この論文ではBINULATOR+GRAVSPHEREモデルをmock dataに用いることで、そのような星を取り除く事に成功し、95%信頼区間内(~2$\sigma$)でダークマター密度分布と速度非等方性パラメータを再現することができた。このモデルをSMCのデータに適用したところ、カスプ構造を持つダークマター密度分布が示唆された。

【ゴール】

銀河系矮小銀河のダークマター分布、動力学構造の解明

【オリジナリティ】

潮汐効果を受けた星を考慮した動力学解析

【ロジック】

◆ **潮汐効果を受けた星の取り扱い**

- 前提として、LMCの内側は潮汐効果を受けておらず、外側のtidal debrisを取り除けば良い。
- 星を動径方向にbinningする際(GRAVSPHEREはbinned analysis)、非ガウス性を取り扱えるgeneralized Gaussianを採用したBINULATORを用いた。観測エラーを考慮した分散、尖度を計算できる。
- Tidal debrisを取り除くために、generalized Gaussian(member) + Gaussian(debris)を各ビンで計算

◆ **mock analysis**

- Simulationでmock LMCを生成（図１a）。あるビンの星の速度分布（図１b）。
- mock dataにBINULATORを適用した例（図２下）。一般的なclipping（図２上）だとtangentially biasedされてしまう。
- GRAVSPHEREで得られたDM分布（図３下）。青破線がsimulation data、青実線が半星質量半径。黒/灰色の領域が68%/95%信頼区間。95%信頼区間内で、特に内側のDM分布を再現できる(？)。外側で合わないのは、member starの割合が減っているから。
- 図３上はisolated mock LMCで同様の解析をした結果（こちらも外側はあまり再現できず）。

◆ **real data analysis**

図４：視線速度分散分布。BINULATORを使うとtangentially bias、つまりtidal debrisの影響が消える。

図５：得られたDM分布と速度分散非等方性分布。95%信頼区間で見ると、DM密度の内側スロープは決まらない(元々GRAVSPHEREはスロープを決めるのが得意ではない)。非等方性はほぼisotropicに近い。

図６：150pcでのDM密度と$M_{200}$の関係。SMCはcuspに分類される。一方でsuccessiveな星形成を経験した矮小銀河（青）はほとんどcoreに分類される。断熱収縮している？

図７：150pcでのDM密度と$M_{star}/M_{200}$の関係。Hydro sim. (Lazar+2020)と比較すると、LMC likeな銀河はバリオンフィードバックを一番強く受けてcore構造を持つはず。

【コメント＆感想】

- mockのDM分布を再現できているとは思えない。
- （GRAVSPHERE自体があまり良い動力学モデルではないのかもしれない）
- tidal debrisの取り扱いが問題ないのか精査が必要。
- generalized Gaussianは観測エラーやbinary starの速度分布も組み込むことが可能なので、有用性がある。
- Gas dynamicsも同時にfittingすれば、DM分布をより制限できるのでは。

図１a

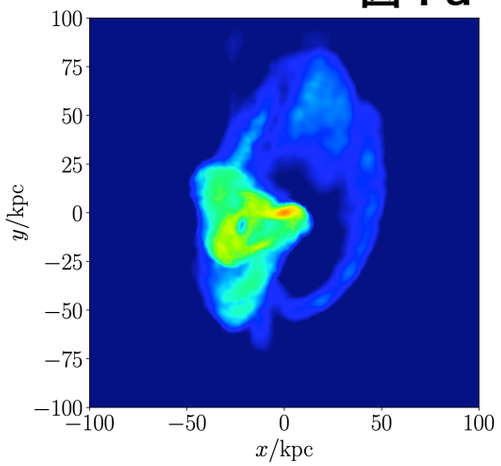
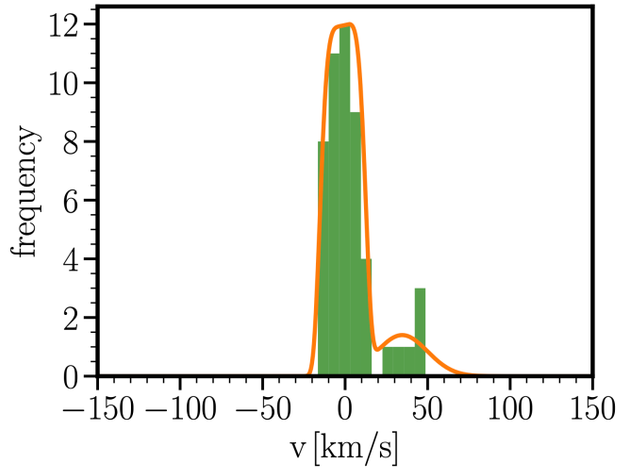



図１b



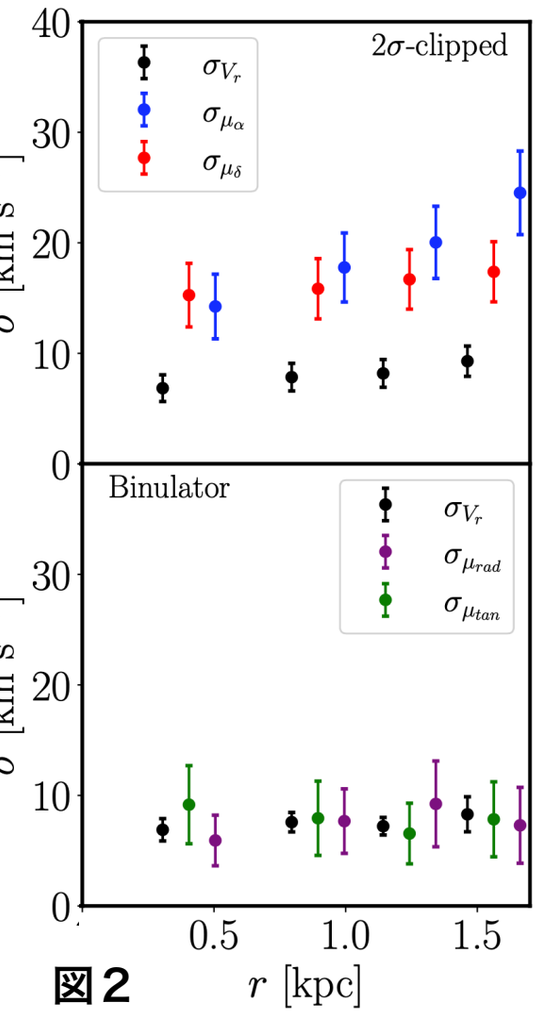




図２

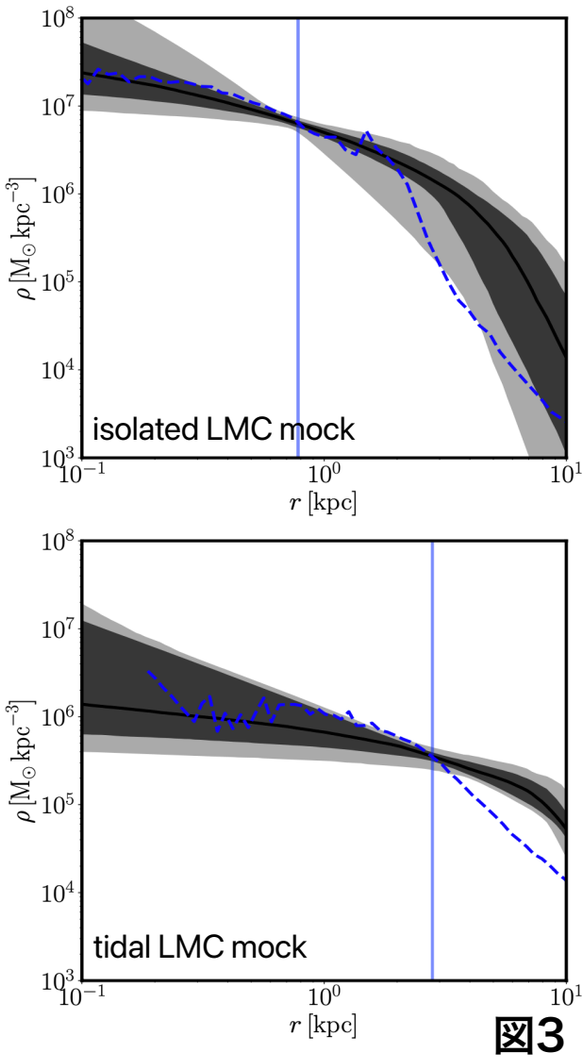
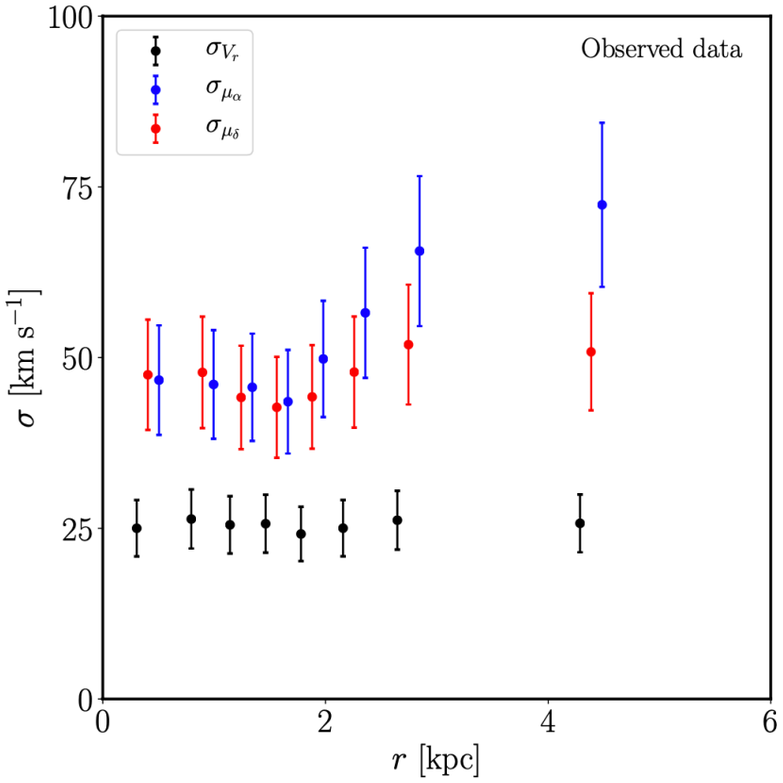



図3

図4


Observed data
$\sigma_{V_r}$
$\sigma_{\mu_\alpha}$
$\sigma_{\mu_\delta}$
$\sigma$ [km s$^{-1}$]
$r$ [kpc]

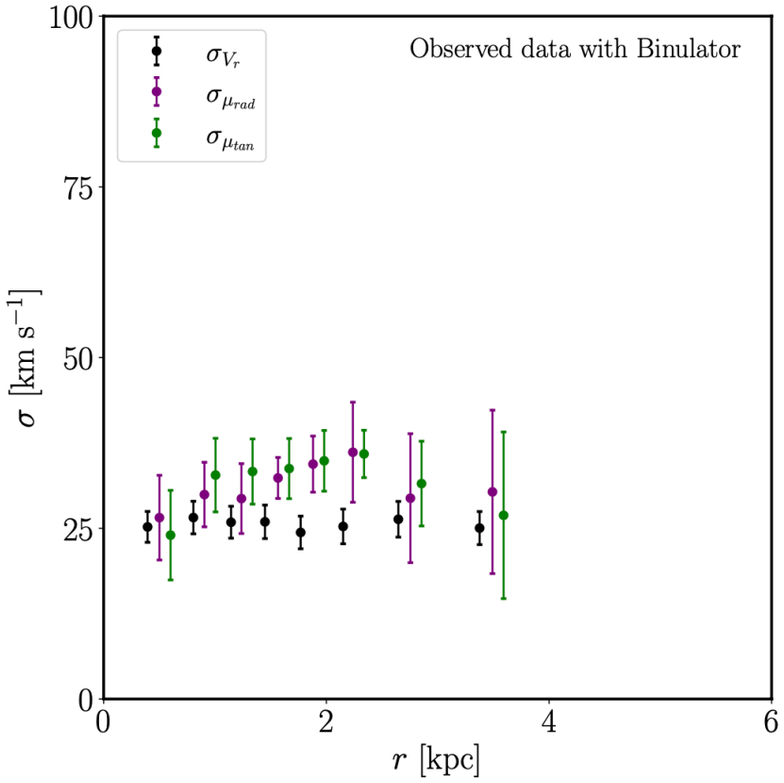
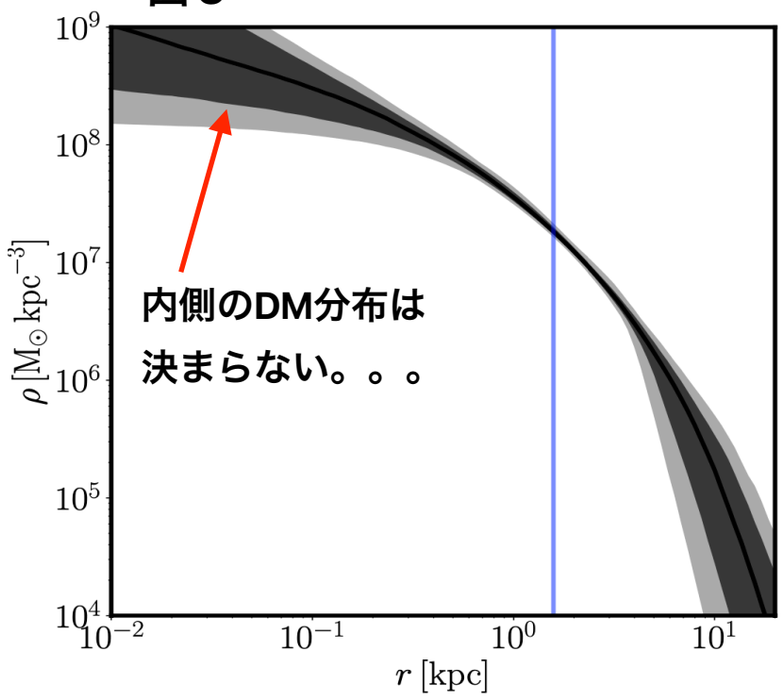

Observed data with Binulator
$\sigma_{V_r}$
$\sigma_{\mu_{rad}}$
$\sigma_{\mu_{tan}}$
$\sigma$ [km s$^{-1}$]
$r$ [kpc]

図5


内側のDM分布は
決まらない。。。
$\rho$ [M$_\odot$ kpc$^{-3}$]
$r$ [kpc]

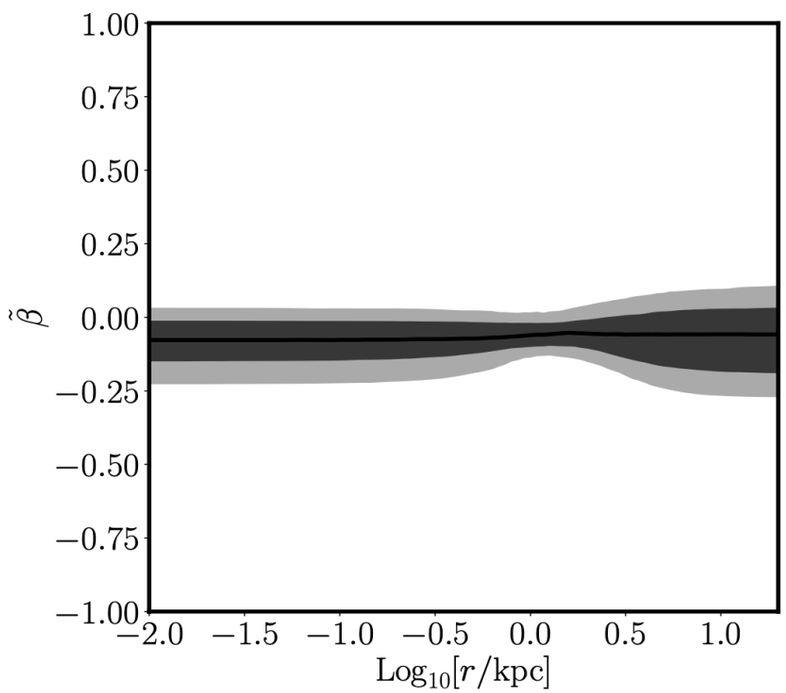

$\tilde{\beta}$
Log$_{10}$[$r$/kpc]

図6

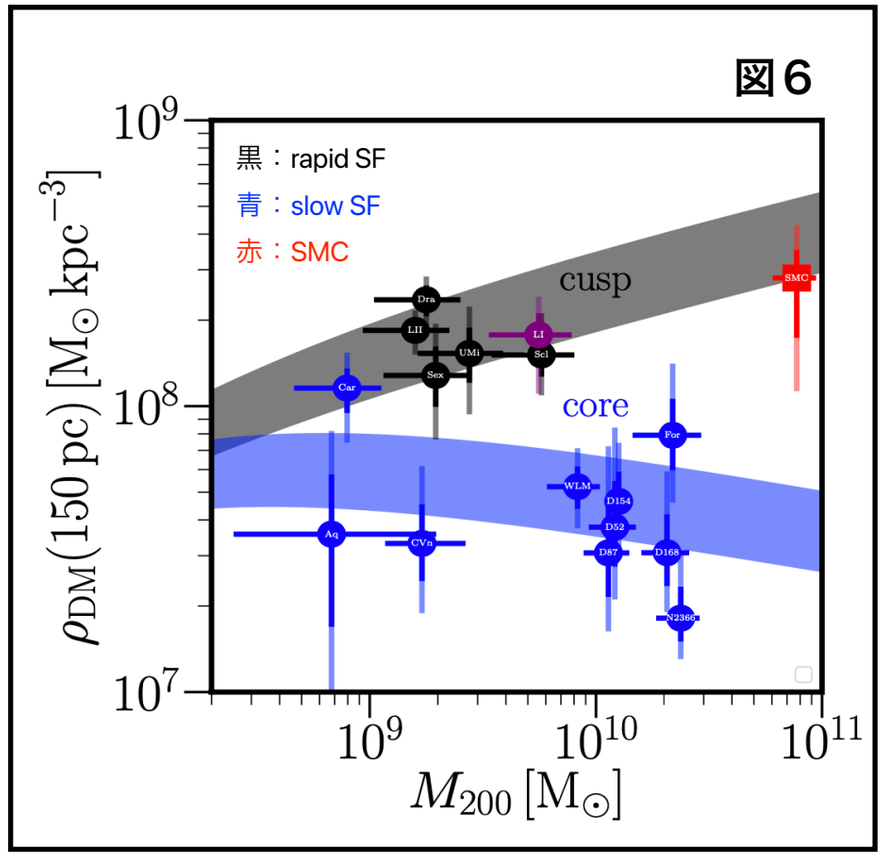
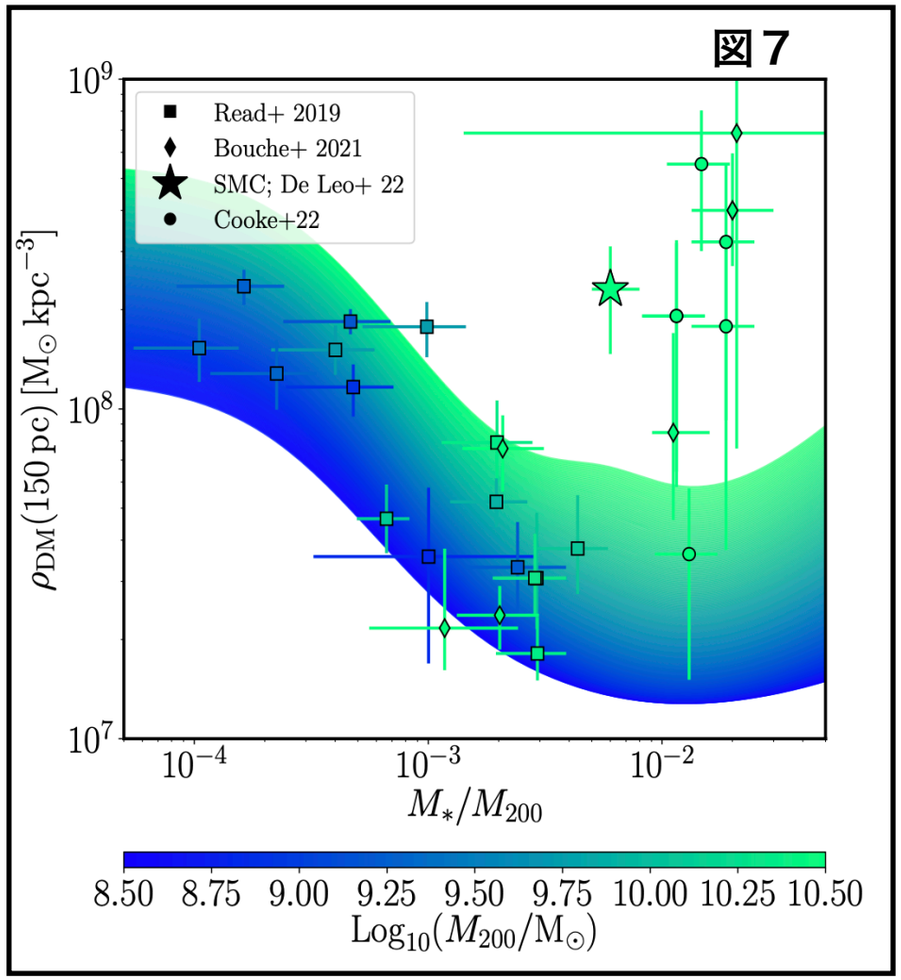

黒：rapid SF
青：slow SF
赤：SMC
cusp
core
Dra
LII
LI
Scl
UMi
Sex
Car
SMC
For
WLM
D154
D52
D87
D168
N2366
Aq
CVn
$\rho_{\rm DM}(150\,{\rm pc})$ [M$_\odot$ kpc$^{-3}$]
$M_{200}$ [M$_\odot$]

図7


Read+ 2019
Bouche+ 2021
SMC; De Leo+ 22
Cooke+22
$\rho_{\rm DM}(150\,{\rm pc})$ [M$_\odot$ kpc$^{-3}$]
$M_*/M_{200}$
Log$_{10}(M_{200}/{\rm M}_\odot)$