“Unraveling the Complexity of Dwarf Galaxy Dynamics: A study of Binary Orbital Motions”

Wang et al. 2023 arXiv:2306.04311

GAゼミ@20230714 林航平

【アブスト】

AURIGA simulationによるdwarf satellitesを用いて連星の運動の影響を考慮した動力学解析を行った。その結果、半星質量半径での力学的質量は連星の影響で必ず過大評価することがわかった。それは外側の速度分散が連星の影響を受けて大きくなることに起因する。この傾向は、UFD(σ<3 km/s)で連星の割合(f_{binary})が大きいほど大きくなる。一方で、f_{binary}が低いclassical (3<σ<9 km/s)をtwo epochで観測すると、連星の影響は取り除くことができる。

【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】

連星の影響を考慮した、高解像度シミュレーションを用いた動力学解析

【ロジック】

◆ **AURIGA simulations**

- m_{dm}~4e4Msun。Level-2(m_{bar}~800Msun), Level-3(m_{bar}~5e3Msun)。
- MW-sized haloのsatellitesを抽出(level2: 17個, level3: 28個)。銀河の短軸と回転軸が大きくズレているもの、星粒子が40個未満のものは取り除く。
- 星数の少ない低質量銀河で連星の影響を議論するために、level3の銀河で連星の速度を3.5倍/10.5倍してscalingすることで、擬似的に低質量銀河を作り出す。

◆ **mock analysis**

- Binary modelはModel-IとModel-IIの２つ(主にdN/dqの形が違う)からランダムサンプリング。ただし解析結果にはあまり影響しない。
- Mock sampleの種類は表１。連星の割合や観測エラーの有無、simulationの種類、two-epoch obs.の有無など。
- 動力学解析はMulti-Gaussian Expansion（軸対称）。ダークマターハローは球対称で外側の密度スロープは-3で固定。inclinationも真値で固定。

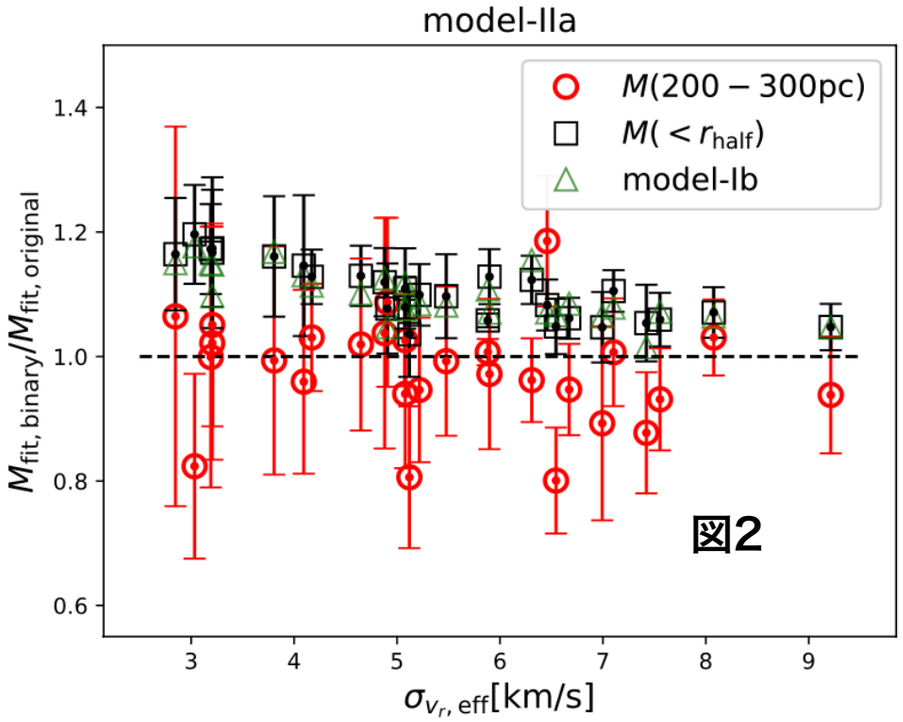
◆ **結果**

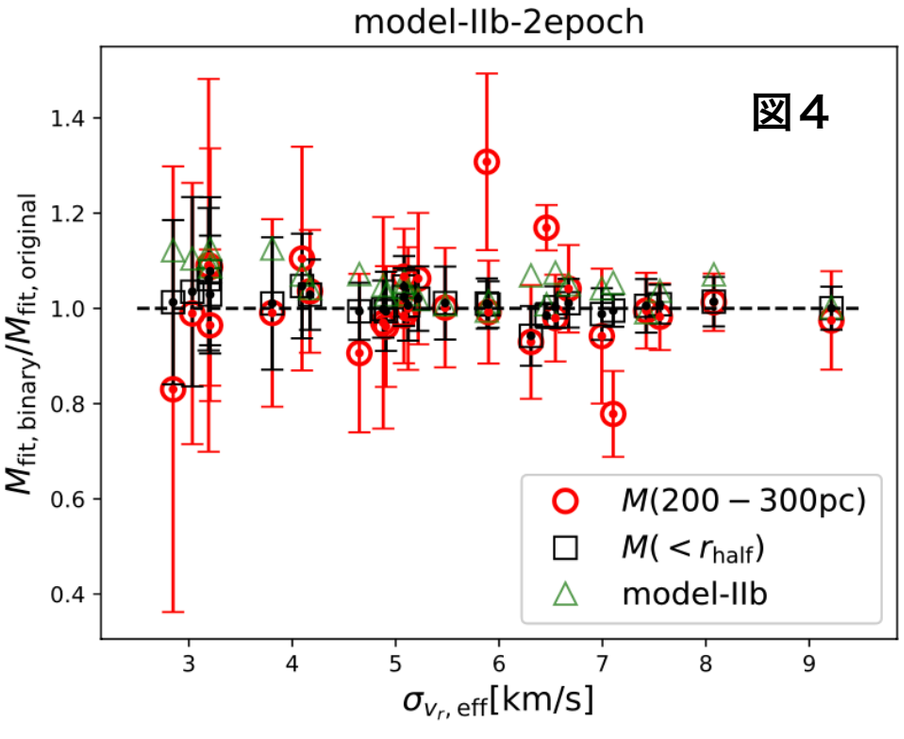
図１：Model-Iaでの結果。縦軸にfittingで見積もられた動力学質量、横軸に真値。右図が連星無、左図が連星有。大きい質量側は連星の影響を大きく受けない。小質量側は連星無のサンプルが過小評価している。
-> resolutionとsmall sampleが原因。連星の「おかげで」coincidenceに真値に近い値になった。

図２：Model-IIaでの結果。縦軸にfittingによる連星有り無しの動力学質量の比、横軸に銀河の速度分散。半星質量半径での質量が全体的に１を超えている。

図３：(a)fittingによるDM密度分布。(b)視線速度分散分布。連星の影響で外側の速度分散が大きくなり、その結果外側のDM密度分布を過大評価。->力学的質量が系統的に大きくなる。どのモデル同様の傾向。連星の割合が小さい(molde-IIb)と影響が小さくなる。

図４：Model-IIb-2epochでの結果。観測エラーが3km/s, 1年間隔を空けて2回観測した場合。図２のような過大評価が無い。-> 連星の影響を取り除くことができる。
ただし、連星の割合が多いとlow-mass側で影響が残る。





【コメント＆感想】

- σ-clippingやtwo-epoch obs.で連星を取り除いているが、どの程度取り除けているのか、またメンバー星をどの程度取りこぼしてしまっているのか、その情報があると良い。
- 連星を取り除かずに動力学に取り入れられるか。
- そもそも動力学解析によるfittingがあまり上手く行っていない印象。特にlow-mass側はresolutionの影響に注意。
- 実際は潮汐効果の影響も考慮する必要がある。

Model	reference	$f_{\rm binary}$	m_1	clipping (3σ)	resolution	error	epoch
model-Ia	Duquennoy & Mayor (1991)	70%	$0.8M_\odot$	no	level-2	no	1
model-Ib	Duquennoy & Mayor (1991)	70%	Kroupa IMF	yes	level-3	no	1
model-Ic	Duquennoy & Mayor (1991)	36%	Kroupa IMF	yes	level-3	no	1
model-IIa	Moe & Di Stefano (2017)	70%	Kroupa IMF	yes	level-3, 3.5 scaling	no	1
model-IIb	Moe & Di Stefano (2017)	36%	Kroupa IMF	yes	level-3, 3.5 scaling	no	1
model-IIa-err	Moe & Di Stefano (2017)	70%	Kroupa IMF	yes	level-3, 3.5 scaling	3 km/s	1
model-IIb-err	Moe & Di Stefano (2017)	36%	Kroupa IMF	yes	level-3, 3.5 scaling	3 km/s	1
model-IIa-2epoch	Moe & Di Stefano (2017)	70%	Kroupa IMF	yes	level-3, 3.5 scaling	3 km/s	2
model-IIb-2epoch	Moe & Di Stefano (2017)	36%	Kroupa IMF	yes	level-3, 3.5 scaling	3 km/s	2
model-IIa-FD	Moe & Di Stefano (2017)	70%	Kroupa IMF	yes	level-3, 10.5 scaling	1 km/s	2
model-IIb-FD	Moe & Di Stefano (2017)	36%	Kroupa IMF	yes	level-3, 10.5 scaling	1 km/s	2

Exclude the stars whose LOSV's change is greater than 5km/s

表 1

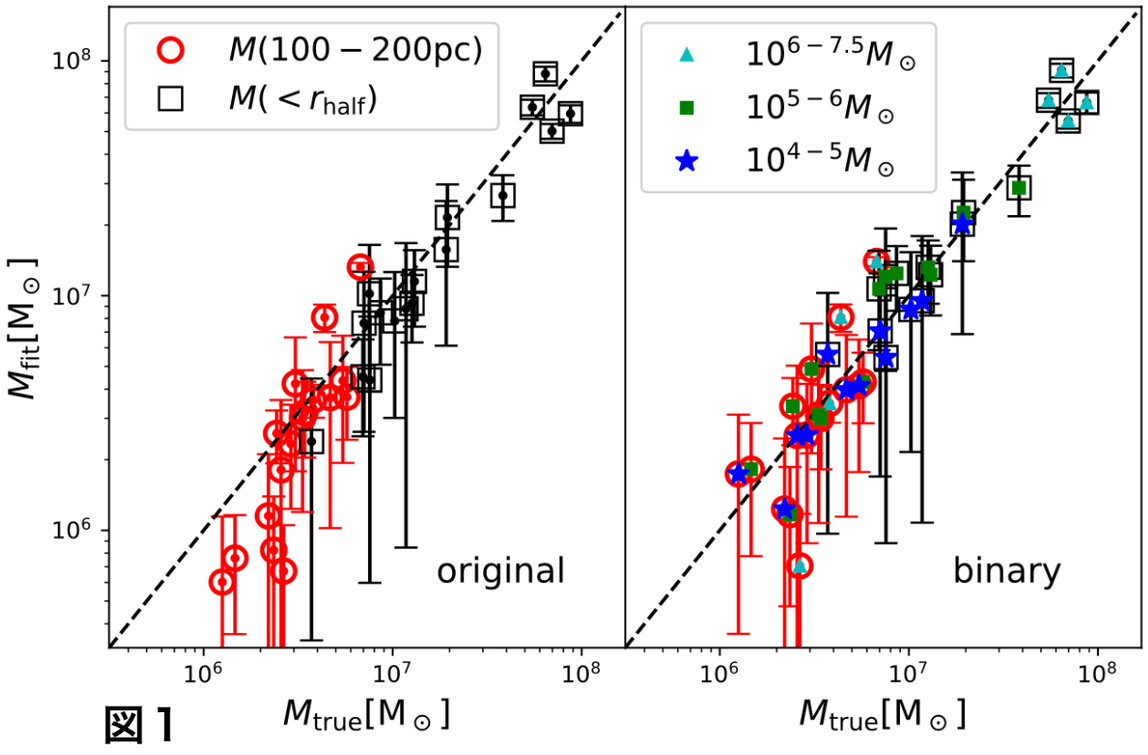


図 1

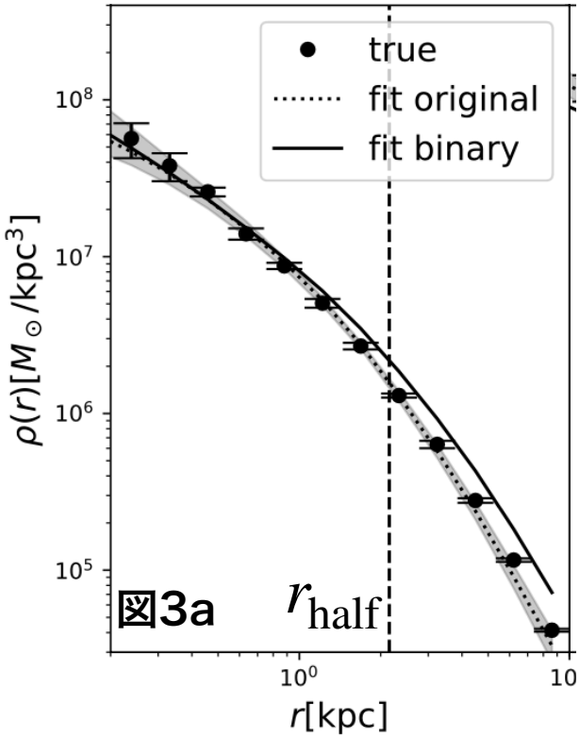


図3a

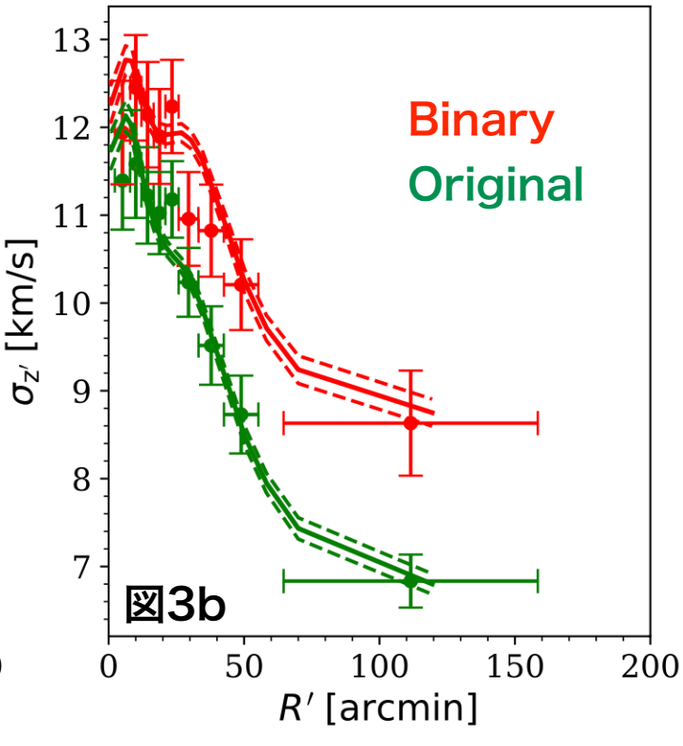


図3b