“Model comparison of the dark matter profiles of Fornax, Sculptor, Carina and Sextans”

GAゼミ@20130412　本間英智

M. A. Breddels and A. Helmi, 2013, arXiv, 1304, 2976

【アブスト】

軌道運動に基づく力学モデル(Schwartzschild model)を用いて４つのdSph(Fornax, Sculptor, Carina, Sextans)の星の視線速度分布を再現できるdark matter haloの密度分布を調べた。密度分布のモデルはNFW, Einasto, coreなどを仮定したが、パラメータの決定精度にモデル依存性は無く、スケール半径での密度分布の傾きはモデルに依らず決定できた。

【ゴール】

密度分布モデルの違いによる結果への影響を４つのdSphで調べる。

【オリジナリティ】

密度分布モデルのパラメータ決定精度がモデルに依存するか、ベイズ統計を用いて調べた。

【ロジック】

Data; (図1) 各dSphの星の視線速度データから前景星(存在確率をガウス関数で仮定)を取り除き、半径のビンごとで視線速度分布を得た。

Method; dark matter haloの密度分布モデルは以下のものを用意する。(x=r/r_s)

- $\rho_{(r)}=\rho_0/(x(1+x)^2)$　NFW profile
- $\rho_{(r)}=\rho_0/(1+x^\gamma)^{\beta/\gamma}$　(cored) β γ-profile
- $\rho_{(r)}=\rho_0 \cdot \exp[-2(x^\alpha-1)/\alpha]$　Einasto profile

各密度分布中での粒子の軌道をSchwartzschild modelで求め、各半径での軌道密度分布と星の視線速度分布を対応させる。観測された視線速度分布の2次と4次のモーメントを説明する密度分布モデルのパラメータ(表1)を探し、その決定精度をベイズ統計で評価する。

Result; (図2) 各dSphでのパラメータの確率分布。値はモデルごとで異なるが、決定精度に大きな違いはない。

(図3) 各dSphでの視線速度分布の2,4次のモーメントの半径ごとの違い。プロット点が観測データ、実線がベストフィットモデルの線。

(図4) 各dSphでのパラメータ決定精度をベイズ統計で評価した値(縦軸)。NFW profileが基準。値が小さいほどNFWより決定精度がよい。

(図5) 各dSphでのベストパラメータによるdark matter haloの質量分布(上段)、密度分布(中段)、cumulativeな密度分布(下段)。黒線は星成分。

(図6) あるスケール半径(星成分の密度分布の傾きが-3になる半径)でのdark matter haloの密度分布の傾きをパラメータに取ったモデルによる、パラメータの確率分布。図2に比べて、パラメータの値に大きなモデル依存性は無い。

【結論】

４つのdSphにおける星の運動を再現するようなdark matter haloの密度分布を複数のモデルで調べた。その結果、dark matter haloの密度分布の決定精度はモデルに依存せず、またモデルパラメータとして密度分布の傾きを採用した場合に、パラメータの値と決定精度がモデルに依存しなくなることが分かった。今回得られたパラメータの値は、Jeans方程式からhaloの質量を計算したWolf et al.(2010)の値とよく合う。

【感想】

・この結果は、dSphのdark matter haloの密度分布を調べるにはデータ不足であることを言っているのか。

・「core / cusp 問題」に示唆を与えるには、どのようなデータが必要か。

図1

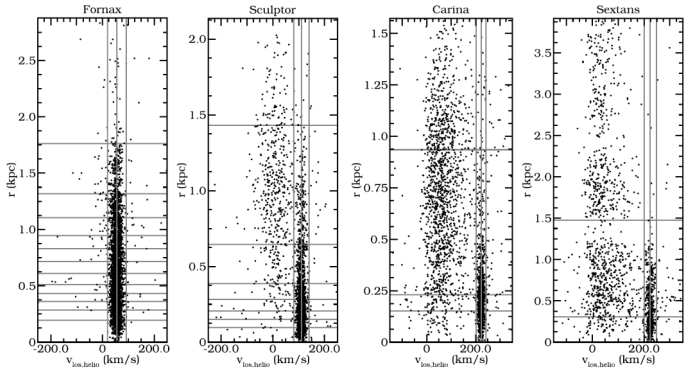
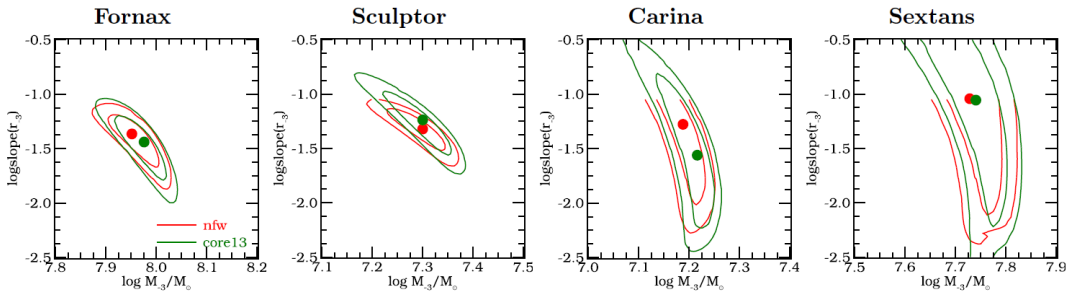
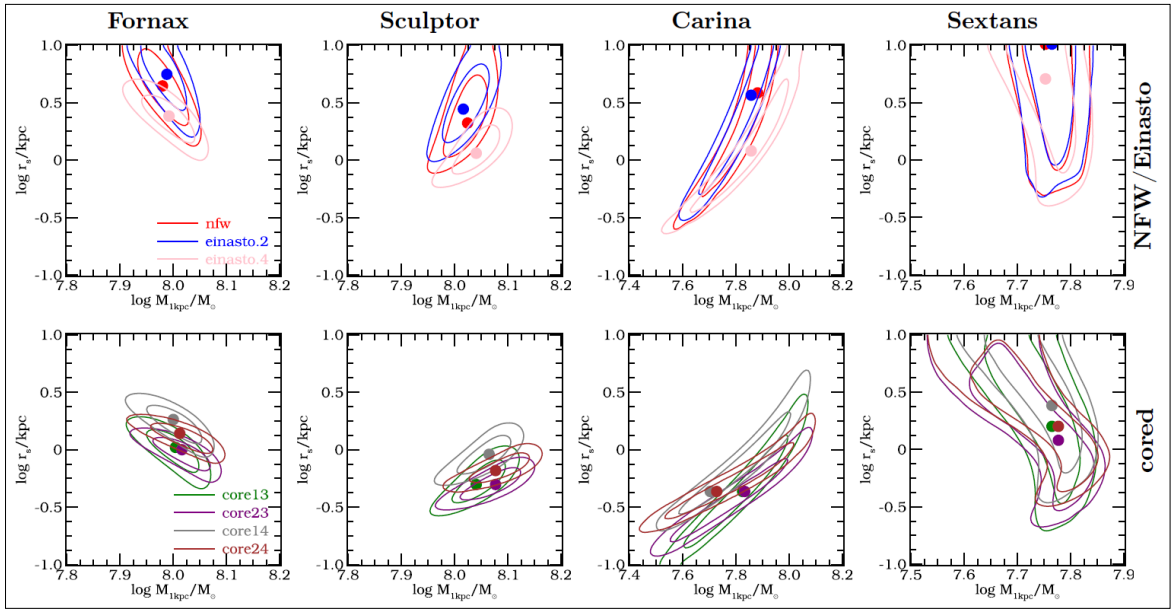


表1

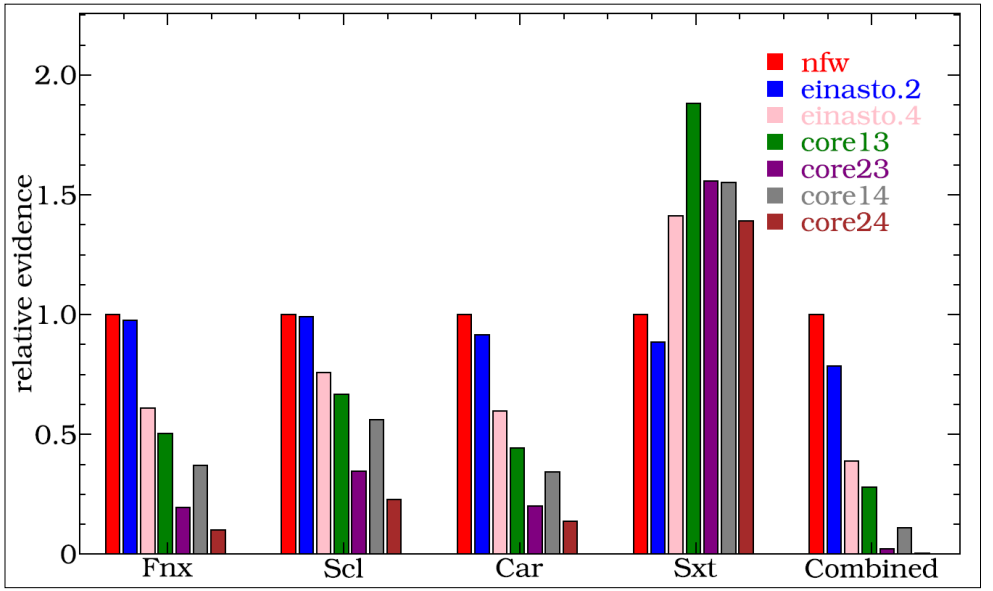
Name	Fixed parameters	Free parameters
NFW	-	M_{1kpc}, r_s
core13	$\beta=3,\gamma=1$	M_{1kpc}, r_s
core14	$\beta=4,\gamma=1$	M_{1kpc}, r_s
core23	$\beta=3,\gamma=2$	M_{1kpc}, r_s
core24	$\beta=4,\gamma=2$	M_{1kpc}, r_s
einasto.2	$\alpha'=0.2$	M_{1kpc}, r_s
einasto.4	$\alpha'=0.4$	M_{1kpc}, r_s

図6



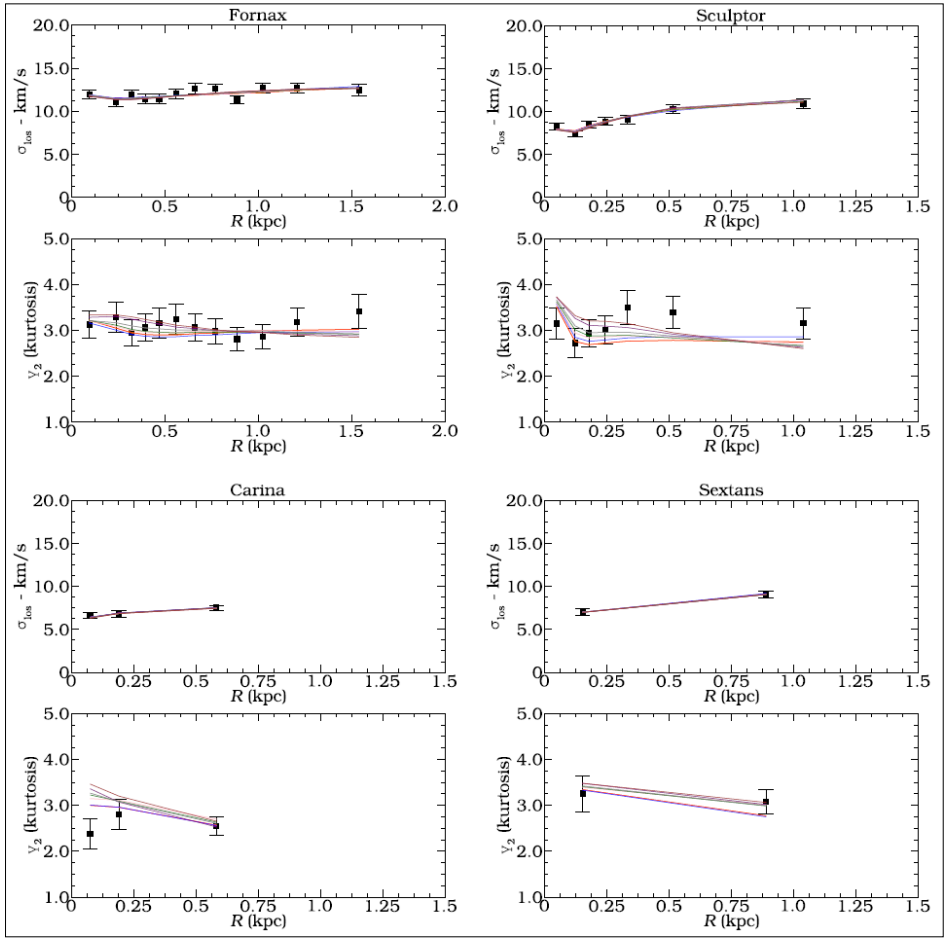

Fornax
Sculptor
Carina
Sextans
NFW/Einasto
cored
nfw
einasto.2
einasto.4
core13
core23
core14
core24
log r_s/kpc
log M_1kpc/M_⊙

↑ 図2

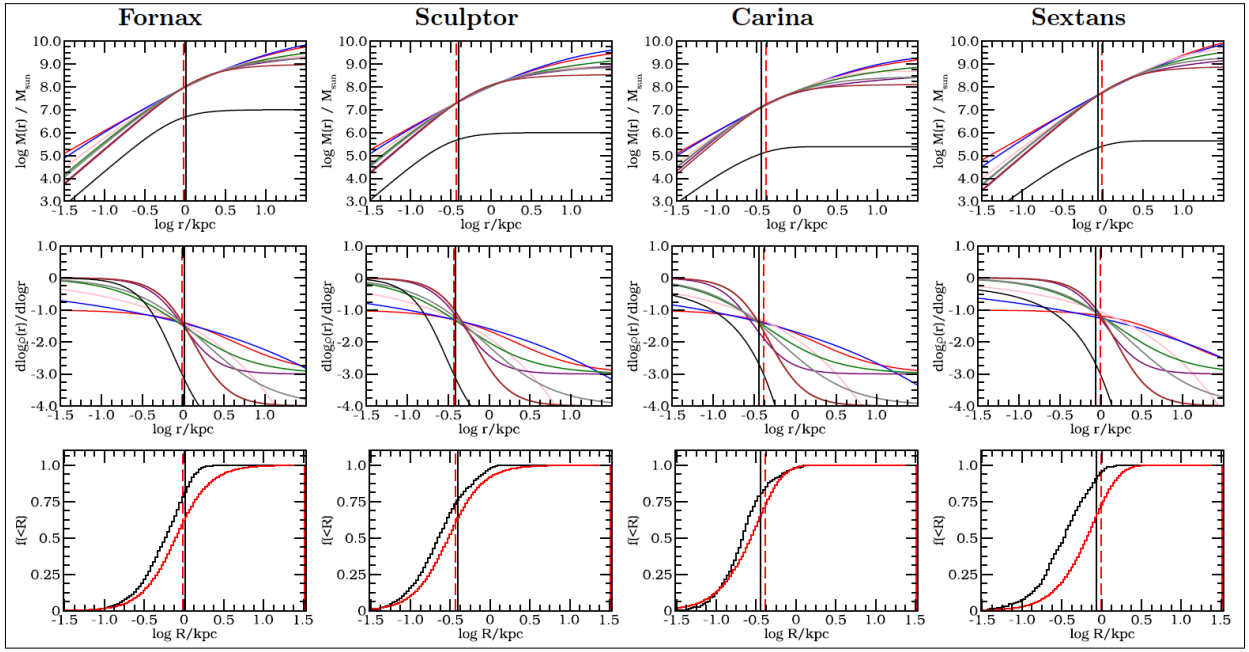

relative evidence
nfw
einasto.2
einasto.4
core13
core23
core14
core24
Fnx
Scl
Car
Sxt
Combined

↑ 図4

←図3


Fornax
Sculptor
Carina
Sextans
σ_los - km/s
γ_2 (kurtosis)
R (kpc)

↓ 図5


Fornax
Sculptor
Carina
Sextans
log M(r) / M_sun
log r/kpc
dlogρ(r)/dlogr
f(<R)
log R/kpc