“The space motion of Leo Ⅰ: The mass of the Milky Way's dark matter halo”
Boylan-Kolchin et al. 2012 arXiv:1210.6046

GAゼミ@20121025 豊内 大輔

【アブスト】
Leo Ⅰは現在観測されているMW satellitesの中でもっとも遠方に存在し、かつ大きな視線速度が観測されているためその運動は銀河系のビリアル質量($M_{vir,MW}$)を制限する上で非常に重要である。ここでは、HSTによる観測でLeo Ⅰの固有運動を推定し、そこで得られた３次元速度から$M_{vir,MW}$の関数として束縛エネルギー(E)を求めた。Leo ⅠのようにEの小さなsubhaloが観測される確率分布関数をシミュレーションとの比較から推定したところ、MWは10^12Msunより重くなければならないことがわかった。

【ゴール】
銀河系ビリアル質量に対する制限。

【オリジナリティ】
Leo Ⅰの３次元速度とAquariusシミュレーションの結果との比較。

【ロジック】
(シミュレーション)
・Aquarius level Ⅱの６つのhost haloを使用
・シミュレーションにおけるsubhaloは各hostの半径1Mpc以内に存在し、
Vmax > 5km/s & Vmax > 0.044Vvirを満たすもの。
(Vmax : maximum circular velocity)
(Fig.1)
シミュレーションで得られた全subhalo(黒点)とLeo Ⅰ(四角)のhost中心に対する三次元速度(Vtot/Vvir)と距離(r/rvir)のプロット。Leo Ⅰの色の違いはビリアル質量の違い。また、host haloがNFWとしたときのescape velocityを破線(c=8)と点線(c=16)で示す。

・シミュレーションのほとんどのsubhalo(~99.9%)はhostに束縛されている。
・Leo Ⅰも$M_{vir,MW}$ > 0.7*10^12Msunなら十分束縛されているはず。
(Fig.2)
<点線>
あるsubhaloがLeo Ⅰより小さいEを持っている確率p(E<ELeo Ⅰ)をシミュレーションから求めた結果
<黒(グレー)実線>
ランダムに11個(現在観測されているclassical dwarfsの数)のsubhaloを抽出しその中に1個(2個)だけE<ELeo Ⅰを満たすsubhaloが見つかる確率→11個中１個Leo Ⅰのようなsubhaloが見つかる確率
(Fig.3)
ベイズの定理(裏面＋Table.1)でFig.2の結果から求めたMvirの条件付き確率p(Mvir|E)。グレー部分が1/11の場合。

・1/11の結果から$M_{vir,MW}$ = 1.6*10^12Msun＆90%信頼区間として
$M_{vir,MW} \in$ [1.0,2.4]*10^12Msun
・95%の確率で$M_{vir,MW}$ > 10^12Msun

【感想】
シミュレーションで束縛されていないsubhaloがないのはなぜ？
→Aquariusにはビリアル質量の重いサンプルが多いがその影響か？

Fig.1

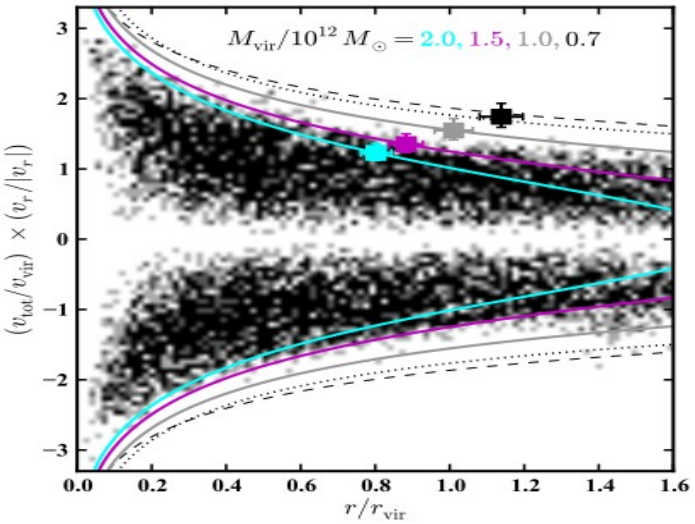


Fig.2

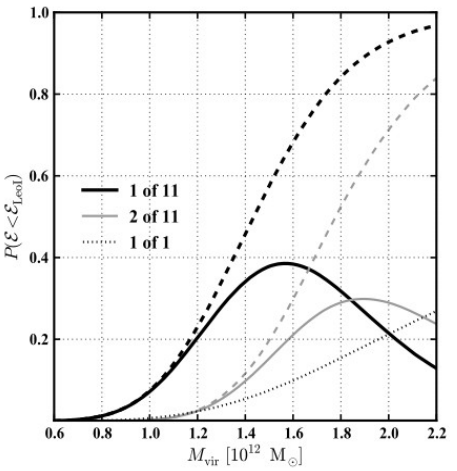
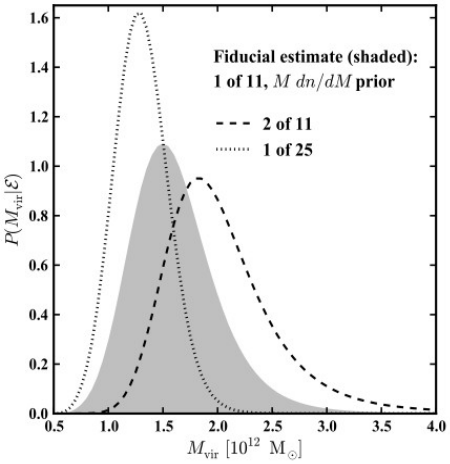


Fig.3



Bayes' Theorem

$$P(Mvir|E) = P(E|Mvir)P(Mvir)/P(E)$$

P(E|Mvir) : Fig.2から求まる
P(E)：単なる規格化定数とみなしてよい
P(Mvir)：Mvirについての事前確率。今回は３つの場合を考える。

$$P(Mvir) = \begin{cases} \text{Constant} \\ \text{dn/dMvir} \\ \text{Mvir*dn/dMvir} \end{cases}$$

TABLE 1
ESTIMATES OF THE MASS OF THE MILKY WAY (IN UNITS OF $10^{12}\,M_\odot$).

	$V_t = 0$ (prior: $dn/dM_{\rm vir}$)	Measured V_t (prior: flat)	Measured V_t (prior: $M_{\rm vir}\,dn/dM_{\rm vir}$)	Measured V_t (prior: $dn/dM_{\rm vir}$)
1 of 11	$1.1, [0.7 - 1.6]$	$1.6, [1.1 - 2.5]$	$1.6, [1.0 - 2.4]$	$1.5, [1.0 - 2.2]$
2 of 11	$1.3, [1.0 - 2.1]$	$2.1, [1.4 - 3.4]$	$2.0, [1.4 - 3.1]$	$1.9, [1.3 - 2.8]$
3 of 11	$1.6, [1.1 - 2.7]$	$2.5, [1.7 - 4.8]$	$2.3, [1.6 - 4.1]$	$2.2, [1.6 - 3.6]$
4 of 11	$1.9, [1.3 - 3.6]$	$3.1, [2.0 - 6.8]$	$2.8, [1.9 - 5.6]$	$2.6, [1.8 - 4.6]$

NOTE. — Column (1) indicates the number of satellites with binding energies as low as Leo I; in all cases, we assume the satellites are selected from a sample of eleven (the classical Milky Way satellites). Columns (2)-(5) show the median value and 90% confidence interval of the posterior probability distribution for the virial mass of the Milky Way, in units of $10^{12}\,M_\odot$. Columns (2) assumes that Leo I has zero tangential velocity ($3\,\sigma$ away from the result of Paper I), whereas columns (3)-(5) adopt the measured tangential velocity and its error distribution but use different priors on $P(M_{\rm vir})$. When using the measured tangential velocity, we find that $M_{\rm vir,MW} > 10^{12}\,M_\odot$ at 95% confidence, a result that is independent of the choice of prior and the unknown tangential motions of some of the classical satellites. Our best estimate of $M_{\rm vir,MW}$ assumes that Leo I is the most energetic classical satellite and uses a mass prior that is proportional to the mass-weighted dark matter halo mass function (row one, column four), giving a median value of $M_{\rm vir,MW} = 1.6 \times 10^{12}\,M_\odot$.