“Milky Way Satellite Census. III. Constrains on Dark Matter Properties from Observation of Milky Way Satellite Galaxies” by Nadler, Drlica-Wagner, Bechtol et al.　arXiv:2008.00022

GAゼミ@200811　千葉柾司

【アブスト】

3つのDark Matter (DM)理論、WDM、SIDM、FDMに関して、Dark Energy Survey (DES) とPan-STARRS1 (PS1) で発見されたUltra faint dwarf satellites (UFDs)の数や空間分布を再現するために必要な、各DMパラメータへの制限を与えた。結果は表1にまとめられる。CDMと比較したモデルは前論文(裏頁)で調べられていて、基本的にはCDM理論でこれまで言われてきたミッシングサテライト問題を解決できる。

【ゴール】

3つのDM理論に制限を与える。

【オリジナリティ】

DM onlyのシミュレーションと銀河形成効率ファクター f を組み合わせて、DES+PS1の結果と比較。

【ロジック】

・図1:CDMのパワースペクトルと各DMのそれとの比(典型例)。あるMより小でパワーが弱くなる。

・図2:CDMの質量関数と各DMのそれとの比(典型例)。

$$\left(\frac{\mathrm{d}N_{\mathrm{sub}}}{\mathrm{d}M}\right)_{\mathrm{DM}} \equiv f_{\mathrm{DM}}(M,\boldsymbol{\theta}_{\mathrm{DM}})\left(\frac{\mathrm{d}N_{\mathrm{sub}}}{\mathrm{d}M}\right)_{\mathrm{CDM}}$$

・WDMとFDMの場合のgalaxy formation efficiency f_{DM} と各粒子質量との関係。

$$f_{\mathrm{WDM}}(M,m_{\mathrm{WDM}}) = \left[1+\left(\frac{\alpha M_{\mathrm{hm}}(m_{\mathrm{WDM}})}{M}\right)^{\beta}\right]^{\gamma}$$

$$M_{\mathrm{hm}}(m_{\mathrm{WDM}}) = 5\times10^{8}\left(\frac{m_{\mathrm{WDM}}}{3\,\mathrm{keV}}\right)^{-10/3}\mathrm{M}_{\odot}$$

$$f_{\mathrm{FDM}}(M,m_{\phi}) = \left[1+\left(\frac{M_0(m_{\phi})}{M}\right)^{\tilde{\beta}(m_{\phi})}\right]^{\tilde{\gamma}(m_{\phi})}$$

$$M_0(m_{\phi}) = 1.6\times10^{10}\left(\frac{m_{\phi}}{10^{-22}\,\mathrm{eV}}\right)^{-4/3}\mathrm{M}_{\odot}$$

・図3:Abundance matching(裏)を導入して、DES+PS1でのUFDs光度関数を再現する例。

・表1:FDMの質量制限は、core/cuspなどに必要な 10^-22 eVと矛盾してしまう。

・裏:CDMの場合で比較した前論文の結果。サテライト総数は N_{tot} = 220 ±50 for Mv < 0。

表1

Dark Matter Paradigm	Parameter	Constraint	Derived Property	Constraint
Warm Dark Matter	Thermal Relic Mass	$m_{\mathrm{WDM}} > 6.5\,\mathrm{keV}$	Free-streaming Length	$\lambda_{\mathrm{fs}} \lesssim 10\,h^{-1}\,\mathrm{kpc}$
Interacting Dark Matter	Velocity-independent DM–Proton Cross Section	$\sigma_0 < 8.8\times10^{-29}\,\mathrm{cm}^2$	DM–Proton Coupling	$c_p \lesssim (0.3\,\mathrm{GeV})^{-2}$
Fuzzy Dark Matter	Particle Mass	$m_{\phi} > 2.9\times10^{-21}\,\mathrm{eV}$	de Broglie Wavelength	$\lambda_{\mathrm{dB}} \lesssim 0.5\,\mathrm{kpc}$

$$T^2(k) \equiv \frac{P_{\mathrm{DM}}(k)}{P_{\mathrm{CDM}}(k)}$$

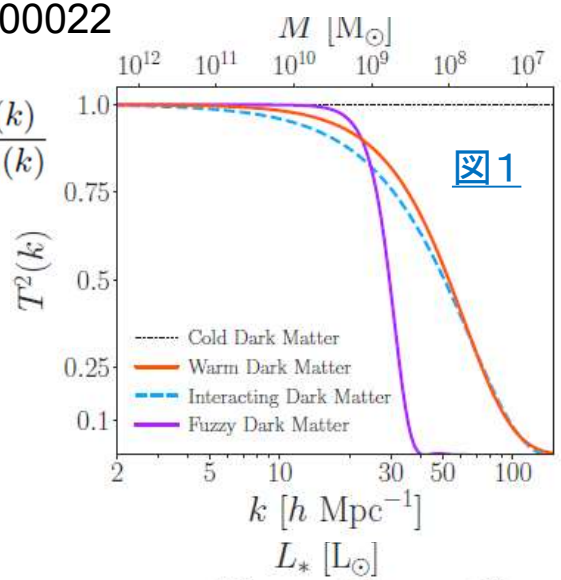


図1

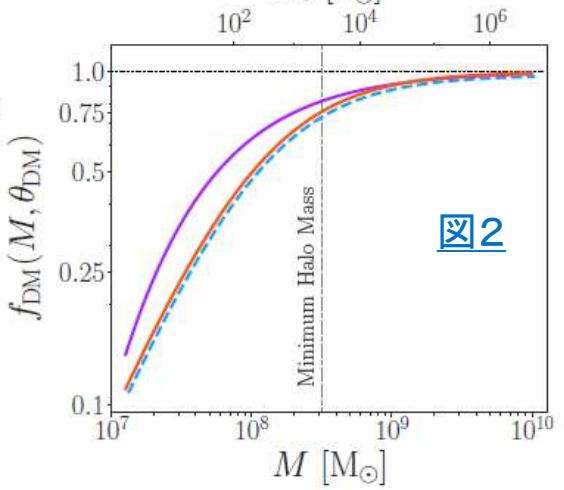


図2

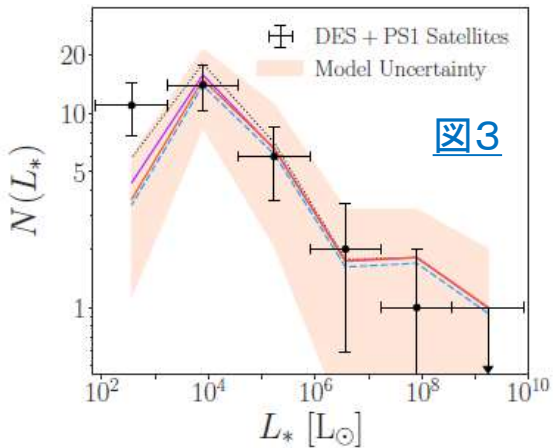


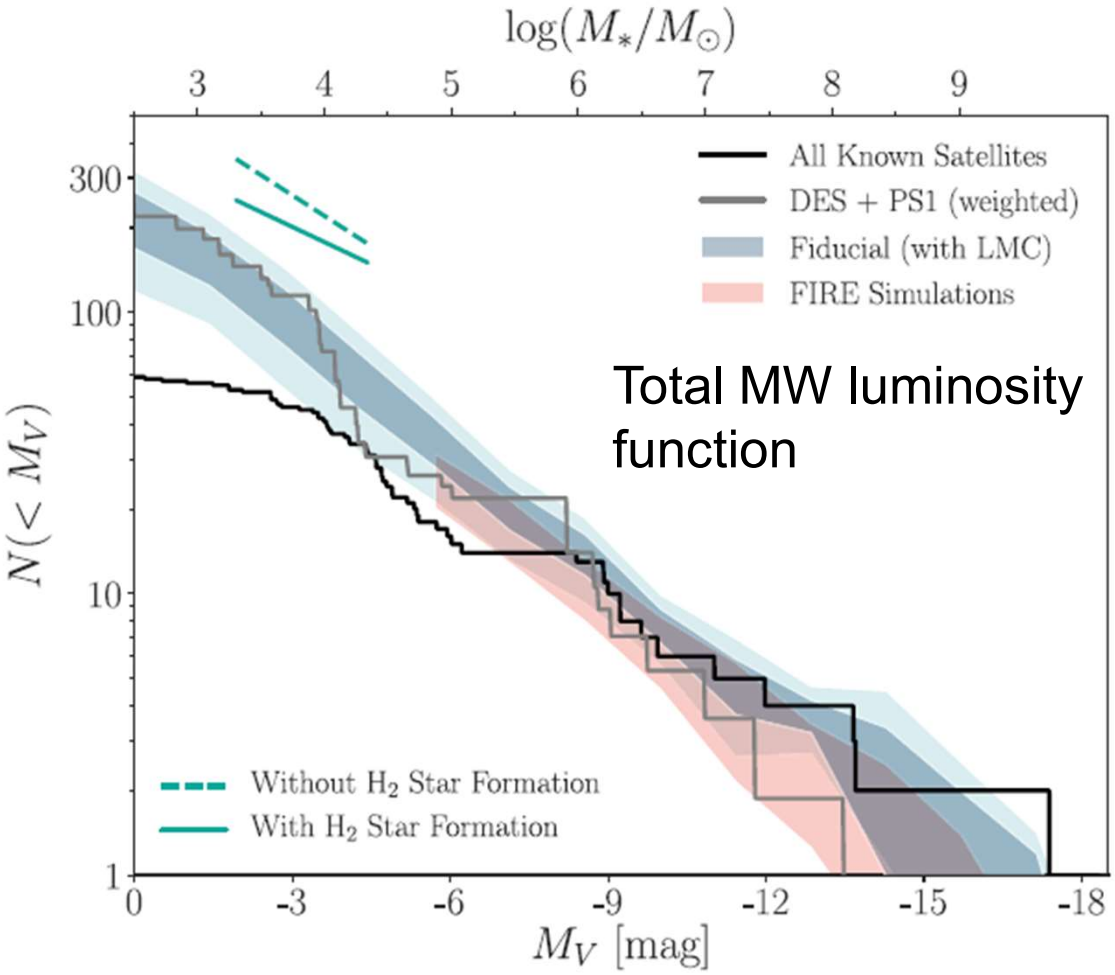
図3

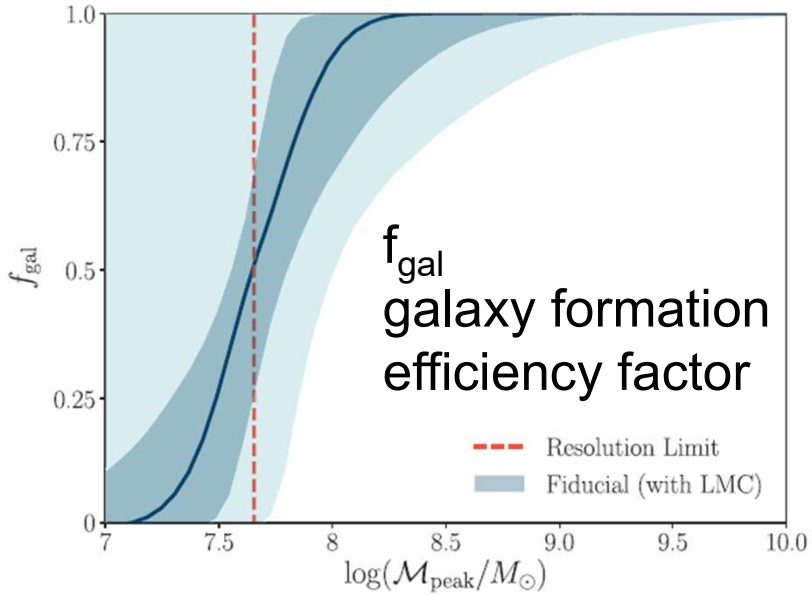
【コメント】

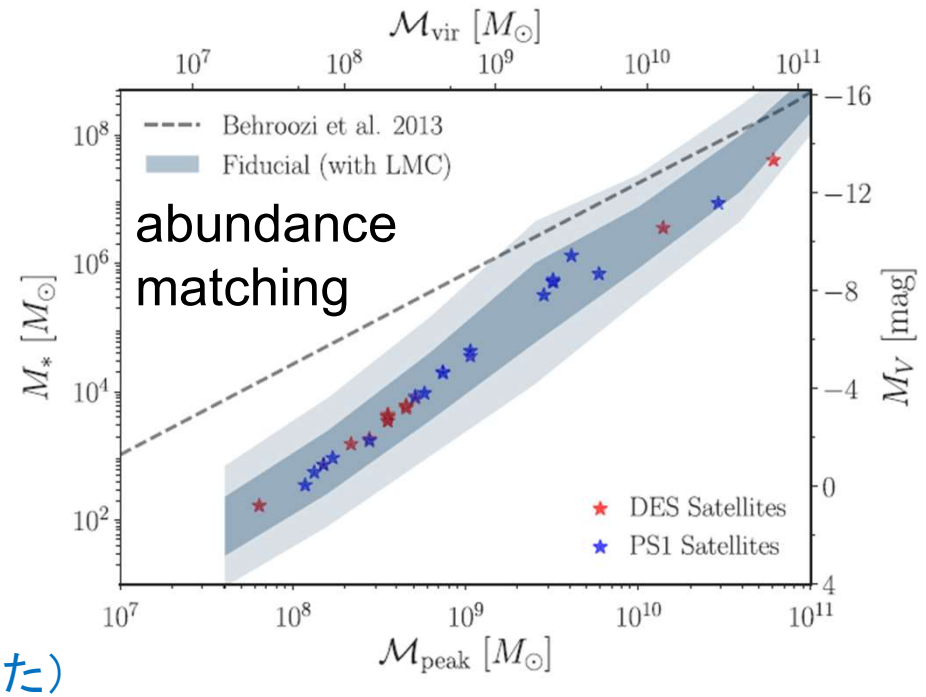
・HSC-SSPの結果を使って今後同様の解析をしないと。。。

"Milky Way Satellite Census. II. Galaxy-Halo Connection Constraints Including the Impact of the Large Magellanic Cloud" by Nadler, Wechsler, Bechtol et al. 2020, ApJ, 898, 48

DES+PS1 surveys で発見されたUFDsの分布とCDM銀河形成シミュレーションを組み合わせて、銀河系にあるサテライト銀河の総数を予言した。
LMCが最近落ちてきてそのサテライト銀河も入るのも考慮。







N_{tot} = 220±50 for Mv < 0

（Homma et al. 2019で比較したNewton et al 2018のモデルでは、$N_{tot} = 124^{+40}_{-27}$ for $M_V < 0$ を予言してた）