Candidate Dark Galaxy-2: Validation and Analysis of an Almost Dark Galaxy in the Perseus Cluster

Li et al. (2025) arxiv:2506.15644

GAゼミ@20250821 大滝恒輝

【アブストラクト】

Perseus銀河団内で４つの球状星団 (GC) を持つ dark galaxy 候補 (CDG-2) の存在を検証する。HSTとEuclidの画像を用いて、４つのGCの周りの非常に faint な diffuse emission を検出した。これは、CDG-2 が銀河であるという強い証拠であり、GCの過密度領域の解析だけで発見された初の銀河となる。GCとdiffuse成分を合わせた銀河全体の光度は $L_{V,\mathrm{gal}} = 6.2 \pm 3.0 \times 10^6\ L_\odot$, GC光度は $L_{V,\mathrm{GC}} = 1.03 \pm 0.2 \times 10^6\ L_\odot$ (16.6%) であり、faintest 銀河の一つとなる。CDG-2 が標準的な GC 光度関数 (GCLF) に従うとするとGCの光度比は33%となる。観測で得られた GC-to-halo 質量関係をもとにすると、ダークマターハロー割合は最小でも 99.94%から99.98%、GCLFをもとにすると99.99%以上と見積もられる。この銀河は、これまで見つかった中で最も GC-dominated かつ dark-matter-dominated な銀河の一つである。

【オリジナリティ】

GC過密度領域として発見された銀河の詳細な解析

【ゴール】

CDG-2が銀河 (dark galaxy) であることの検証

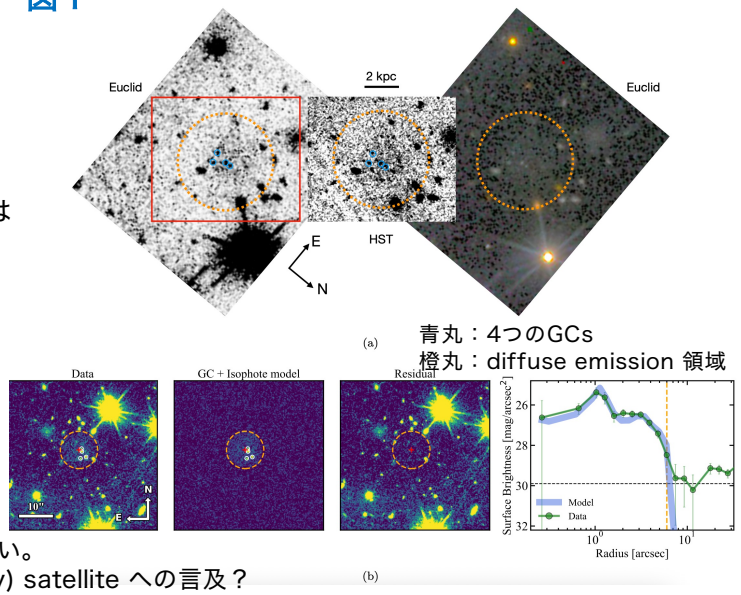
【ロジック】

- Ultra Diffuse Galaxy (UDG) は、サイズが天の川銀河程度 $(R_\mathrm{e} > 1.5\ \mathrm{kpc})$ 面輝度が矮小銀河程度 $\left(\mu_{0,g} > 24.0\ \mathrm{mag\ arcsec^{-2}}\right)$ の銀河で、同じ光度の銀河よりもGCの数が5-7倍多い。通常は diffuse stellar light で同定されるが、 Li et al. (2022) ではGCの過密度領域を探す統計的手法が開発された。
- Li et al. (2025a) は、HSTによるPIPERサーベイから $22.0 \le \mathrm{F814W} \le 25.75\ \mathrm{mag}$ と $1.0 \le \mathrm{F475W} - \mathrm{F814W} \le 2.4\ \mathrm{mag}$ を満たすGCの分布から CDG-2 を発見した。
- HST と Euclid Early Release Observations のデータから CDG-2 の diffuse emission を確認（**図１a**）
- Euclid データに対して、 GC を PSF photometry, extended light を楕円等輝度線でモデル化（**図１b**）
  ４つのGCの絶対等級 $M_{I_E,\mathrm{GC}} = -10.7\ \mathrm{mag}$, 光度 $L_{V,\mathrm{GC}} = 1.03 \times 10^6\ L_\odot$. 等輝度線内の extended light の絶対等級 $M^{\mathrm{iso}}_{I_E,\mathrm{diffuse}} = -12.3\ \mathrm{mag}$, 光度 $L^{\mathrm{iso}}_{V,\mathrm{diffuse}} \approx 4.5 \times 10^6\ L_\odot$. 等輝度線外の flux も考慮した銀河全体の光度の推定値は $L_{V,\mathrm{gal}} \approx 6.2 \times 10^6\ L_\odot$ で、GCの光度比は16.6%.
- 検出されてないGCがあるとして、この銀河が標準的な GCLF に従うとすると、GCの光度比は33%となるが、従来のUDGよりも高い（**図2**）
- GC質量光度比 $M/L_V \approx 1.6\ M_\odot/L_\odot$, GC-to-halo 質量関係 $M_\mathrm{GC}/M_\mathrm{h} \approx 2.9{\times}10^{-5}$ とすると、$M_\mathrm{h} \approx 5.7{\times}10^{10}\ M_\odot$ 標準的な GCLF に従うとすると、$M_\mathrm{h} \approx 1.2{\times}10^{11}\ M_\odot$ となり、ダークマターが支配的な銀河を表す。

【コメント】

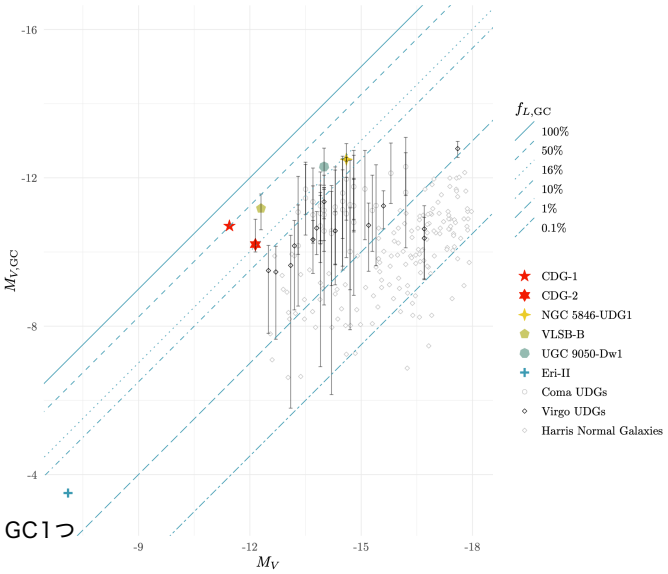
結果がスケーリング関係に依存している。力学状態が知りたい。
星形成史や星形成の抑制メカニズムは？missing (too-many) satellite への言及？

図１



青丸：4つのGCs
橙丸：diffuse emission 領域

図2



GC1つ