# Are Local Group Dwarf Spheroidal Galaxies the First Safe Planet-hosting Environments?

SAゼミ@2026/01/08 佐藤恭輔

Stefano Ciabattini, Stefania Salvadori, and and Leonardo Testi et al. 2025 https://arxiv.org/abs/2509.01669

**【アブスト】**
本研究では、局所銀河群の矮小楕円体銀河（dSph）が、超新星やガンマ線バーストなどの生命に有害な天体現象を長期間回避しつつ、地球型惑星を形成・保持できた可能性を、星形成史と化学組成に基づく準経験的モデルを用い検証した。その結果、2つのシナリオが示された。もし [Fe/H] ≲ −1 の低金属量でも惑星形成が可能であれば、光度が $5\times10^3 L_\odot \le L_V \le 2\times10^7 L_\odot$ の dSph では、約0.1–10%の星が1Gyr以上安全に地球型惑星を保持できた可能性がある。この場合、超低光度矮小銀河（UFD）は局所銀河群で最も早くその条件を満たした天体となる。一方で、$[\mathrm{Fe/H}] \ge -0.6$の金属量範囲で惑星形成が可能な場合、UFDでは惑星形成できない上に $3\times10^5 L_\odot \le L_V$ のdSphでも0.001-0.1%の確率でしか惑星を形成、保持することができない。興味深いことに、光度 $L_V \sim 10^6 L_\odot$の矮小銀河が、最も生命に適した環境となる可能性があった。これは検討したすべてのシナリオにおいて、4Gyr地球型惑星の安全を維持できたためである。

**【オリジナリティ】**：矮小銀河環境に地球型惑星が存在できた可能性を検証　**【ゴール】**：宇宙最初の生命が生まれた場所は矮小銀河なのか探る

**【方法】**
SAGAデータベースから取得した金属量サンプルを用いて、以下のモデルに従って、任意の時間$\Delta t$の間に、惑星を形成し、超新星やガンマ線バーストの影響を受けなかった惑星が存在する確率を計算する。この時、星形成史を微分して100Myr毎の星形成率に読み替えている。矮小銀河中での星密度は等方的だと仮定している。

$$P_{\mathrm{form}} = \frac{1}{N_{*,\mathrm{tot}}} \sum_i f_{\mathrm{TP}}([\mathrm{Fe/H}]) N_*([\mathrm{Fe/H}]_i) \quad (2)$$

地球型惑星が形成される確率

$$f_{\mathrm{surv}}(t, \Delta t) = \frac{M_*(t)}{M_*^{\mathrm{tot}}} \left(1 - \frac{V_{\mathrm{fill}}(t, \Delta t)}{V_{\mathrm{gal}}}\right), \quad (4)$$

形成された惑星が$\Delta t$の間生き延びる割合

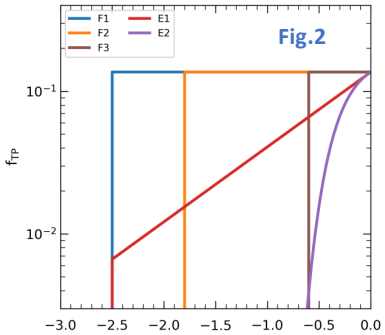
$$V_{\mathrm{fill}}(t, \Delta t) = \sum_j V_{\mathrm{ster},j} \int_t^{t+\Delta t} R_j(t') dt', \quad (5)$$

$\Delta t$の期間の間に放射の影響を受ける銀河中の体積

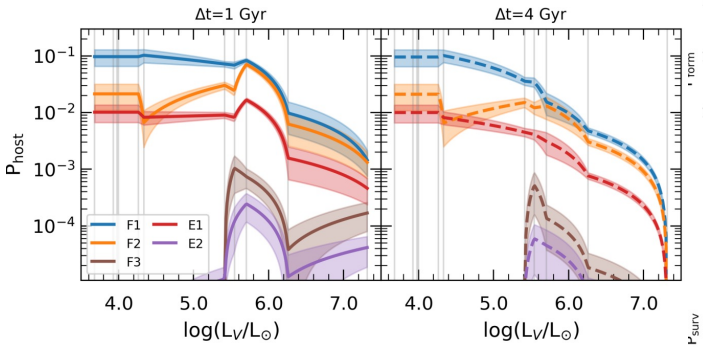
$$P_{\mathrm{surv}} = \int_{t_{\mathrm{form}}}^{t_{\mathrm{today}}} f_{\mathrm{surv}}(t', \Delta t) dt'. \quad (6)$$

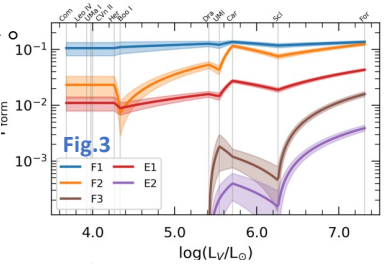
惑星が形成されてから現在までの間に、$\Delta t$の期間生き延びた星が存在する確率

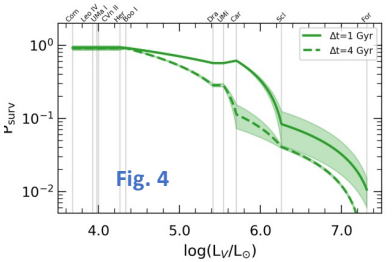
結局は矮小銀河の体積のうちSNe, GRBの影響が及ばない体積の割合を推定し、どのくらいの星質量が生き残るか計算する。そのうちどのくらいの主星が惑星を形成するか求めることで、 $\Delta t$ の期間生存する地球型惑星を持つ確率を導出するということ。




**【結果とディスカッション】**
Fig. 3：各矮小銀河の金属量分布と、金属量に対して地球型惑星形成確率の関数を掛け合わせて計算した矮小銀河の光度毎の地球型惑星形成確率。
Fig. 4：形成された地球型惑星が$\Delta t$の間生存する確率。
Fig. 5：$P_{host} = P_{form} \times P_{suv}$から求めた、 各光度の矮小銀河に$\Delta t$の間生存した地球型惑星が存在した確率。




## Discussion

**恒星の質量の違いについて：**今回モデル計算に用いたのは分光可能なF, G, K型星であり、惑星形成確率はF, G, K型星を公転する近接惑星を仮定したもの。従って、本来考慮すべきの地球型惑星は$M < 0.8M_\odot$のK, M型星を考慮すべきであり、この点は今後の課題である。

**その他の環境？：**バルジや球状星団も最初の生命が誕生した候補地ではあるが、両者とも放射が強かったり、環境密度が高いため惑星を維持できないのでは？と結論づけている。

**【コメント】物理過程を簡略化しすぎているように感じた。惑星が生き残る確率を示す光度関数を作成しているが、星形成史が全く異なる矮小銀河を同一の関数で線形補間している点は同意できない。一方で矮小銀河における惑星形成と宇宙最初の生命の可能性というのは非常に面白い着眼点だと思ったので、より詳細なモデルを考えたら面白いのではないかとおもう。**