No Observational Evidence for Dark Matter Nor a Large Metallicity Spread in the Extreme Milky Way Satellite Ursa Major III / UNIONS 1

GAゼミ@2025/11/06 佐藤恭輔

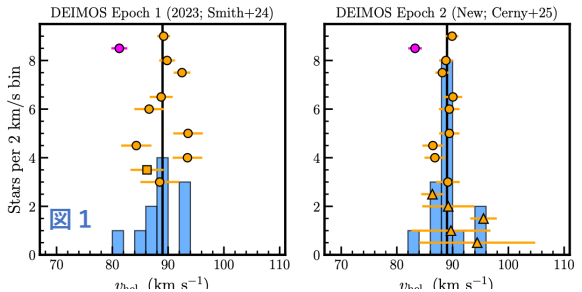
William Cerny, Daisy Bissonette, Alexander P. Ji, Marla Geha, Anirudh Chiti,et al. 2025 http://arxiv.org/abs/2510.02431

【アブスト】
MWの衛星銀河のうち最も質量が小さいUFDの候補であったUMa III/U1は発見時、$\sigma_v = 3.7\ \mathrm{km\ s^{-1}}$と大きな速度分散を示しており、ダークマターに富んだ天体の候補とされていた。しかし、N=11の非常に小さいサンプル数、連星の影響、金属量情報の欠如といった不確かさが残っていた。そこで、N=16のメンバー星に数を増やし、Keck/DEIMOSでの分光観測を行った。結果として、95%の信頼水準で上限を$\sigma_v < 2.3\mathrm{km\ s^{-1}}$と決め、尤度比は$\frac{\mathcal{L}_*}{\mathcal{L}_{DM}}$~120で星だけの系を支持する結果になった。また、Keck/LRISの低分散スペクトルのCa II K線から金属量の推定を行い、平均で$[\mathrm{Fe/H}] = -2.65 \pm 0.1(stat.) \pm 0.3(zeropoint)$だとわかった。系の金属量分散は$\sigma_{[Fe/H]} < 0.35\ dex$であり、これらの結果はUMa III/U1が星団である可能性を支持する。

【方法】　【オリジナリティ】：~$16M_\odot$の矮小銀河候補の分光フォローアップ【ゴール】：UMa III/U1がUFDなのか制限をかける。

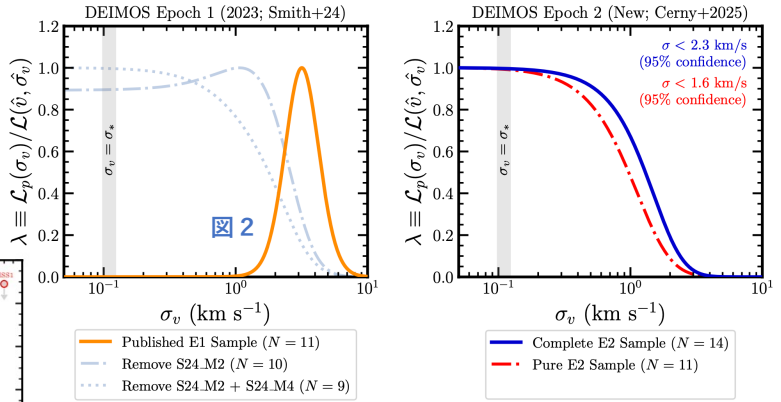
2023年のEpoch 1のデータに加えて、2025年4月にはKeck/DEIMOS（分解能 R≈6000、波長範囲650〜900 nm）による観測と、Keck/LRIS（R≈1000、波長範囲375〜900 nm）による観測を実施 (g<22, S/N>25)。最も連星の可能性が高かったメンバー星に関してはMagellan(05/04), Gemini(05/24), HIRES(05/28)の観測を実施。結果として1つの連星と3つの連星候補を同定し、1つ除いたCompleteと4つ全て除いたPureのカタログを作成。速度の不確かさの最低値は$1.1\ \mathrm{km\ s^{-1}}$。

$$\ln(\mathcal{L}) \propto -\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N}\ln\left(\epsilon_{v,i}^2+\sigma_v^2\right)-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N}\frac{\left(v_{\mathrm{hel,i}}-v_{\mathrm{sys.}}\right)^2}{\left(\epsilon_{v,i}^2+\sigma_v^2\right)}$$

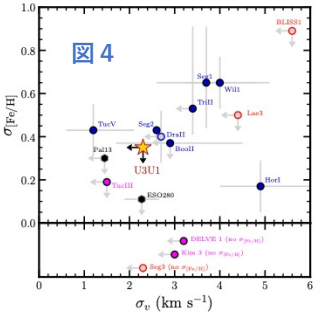


【結果とディスカッション】

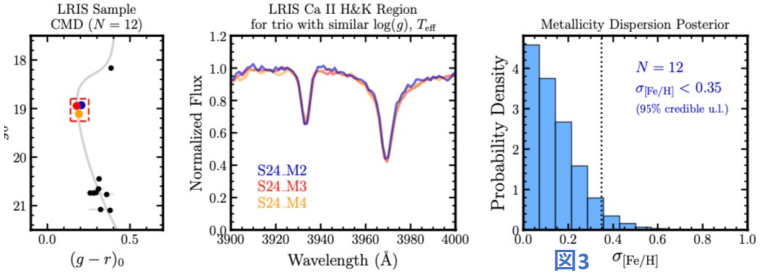
速度分散：(1)式の尤度関数を採用し、σ_v, v_{sys}を任意の変数にして最尤推定を行う。ただしv_{sys}に関しては周辺化して、σ_vに注目する。最尤推定値に対する$\mathcal{L}(\sigma_v)$の変化を図２に示した。動的質量に関しても計算を行った。Simon+24では$M/L_V \lesssim 1940 M_\odot L_\odot^{-1}$とされていたが、今回のComplete, Pureのサンプルそれぞれで$M/L_V \lesssim 900,720 M_\odot L_\odot^{-1}$まで下がった。ただし、DMがないことを証明するためには$\sigma < 0.1\ \mathrm{km\ s^{-1}}$ の精度が必要であり、現時点ではUMa III/U1を星団として扱うのが安全。



金属量分布：Beers+99のKP Indexを用いてB-Vの色を温度として近似し、Ca II Kの等価幅を求めた。誤差には、モンテカルロ-リサンプリングから求めた連続光部分に基づく誤差、B-Vの測光誤差が考慮されているが、0.05~0.15dexの誤差成分にとどまった。ただし、KP calibrationに基づく誤差が支配的で~0.25-0.3dexほどの系統誤差の存在が示されている。従って、系統誤差として0.3dexを採用した。速度分の導出と同様の手法から$\sigma_{[Fe/H]}$を導出した。UFD s($\sigma_{[Fe/H]}$ = 0.3~0.7dex)よりも、GCs($\sigma_{[Fe/H]} < 0.05$~0.1dex)に近いと結論づけた。



結論：図４では他の天体の速度分散、金属量分散と比較。UMaIII/U1を下回るUFD候補はTuc IIIだけである。なので、現段階ではGCsとして分類するのがもっともらしい。GCsとUFDsではSr, Baの組成の違いが知られているので注目していく。



【コメント】**視線速度推定の誤差の詳細がなかった(Geha in pressで議論？)。KP analysisに基づいて決めた系統誤差0.3 dexが金属量の分散に影響しそう。**