Discovery of RR Lyrae in the Ultra-Faint Dwarf Galaxy Virgo III

GAゼミ　2024. 05.23 鈴木陸斗

Chow-Choong Ngeow & Anupam Bhardwaj (2024):　arXiv: https://arxiv.org/abs/2405.05482

[アブスト]

Virgo IIIは、新しく発見されたultra-faint dwarf（UFD）の候補であり、この銀河に付随するRR Lyraeを見つけることは、その距離を決定する上で重要である。この論文では、Lulin One-meter Telescope(LOT)で撮影された約20epochsのrバンド画像から、Virgo III付近のRR Lyraeを探索した。その結果、2つのab型RR Lyraeと1つのc型RR Lyraeを発見した。この3つのRR LyraeがVirgo IIIのメンバーであると仮定すると、このUFDまでの距離は154±25kpcとなり、文献にある独立した測定値($151^{+15}_{-13}kpc$)と完全に一致した。

[オリジナリティ]

light-curve simulationsを用いたRR Lyrae検出

[ゴール]

UFDのような暗い天体でRR Lyraeを見つける

[データ]

Lulin One-meter Telescope(LOT)：台湾の望遠鏡(https://www.lulin.ncu.edu.tw/instrument/LOT/ , https://www.astro.ncu.edu.tw/observatory/index_e.php)
観測データ(表1)
SDSS DR16(LOTと深さが大体同じ理由で)

[方法と結果]

①light-curve simulationsを用いてRR Lyraeを検出(Fig.1 , Fig.2)
→X^2*MADを用いてRR Lyraeと恒星を識別(Ngeow et al. 2020)。

$$X^2 = \frac{1}{(N-1)}\sum_{i=1}^{N}\frac{(r_i-\bar{r})^2}{\sigma_r^2}$$

r_i:rバンド等級、$\tilde{r}$:平均値、$\bar{r}$:加重平均、σ_r:測光誤差

$$MAD = median(|r_i - \tilde{r}|)$$

$$r(\Delta t_i) = \bar{r} + AMP_r \times T_r(\Delta t_i - t_0, P), \qquad (2)$$ ←RR Lyrae のlight-curveの式

AMP_r：rバンドlight-curveの振幅、t_0：最大光度の時のepochs、P：脈動周期、T_r：rバンドのテンプレートlight- curve
各RR Lyraeに対してAMP_r, t_0,P,$\bar{r}$の一様分布乱数を生成
$\bar{r}$は20.5~23等の範囲(RR Lyraeはrバンドで約21.5等)
$P_{ab} = [0.45,0.80]$、$P_c = [0.25,0.40]$、$AMP_{ab} = [0.15,1.40]$、$AMP_c = [0.13,0.55]$ $(Ngeow\ et\ al.\ 2022)$

Fig.1

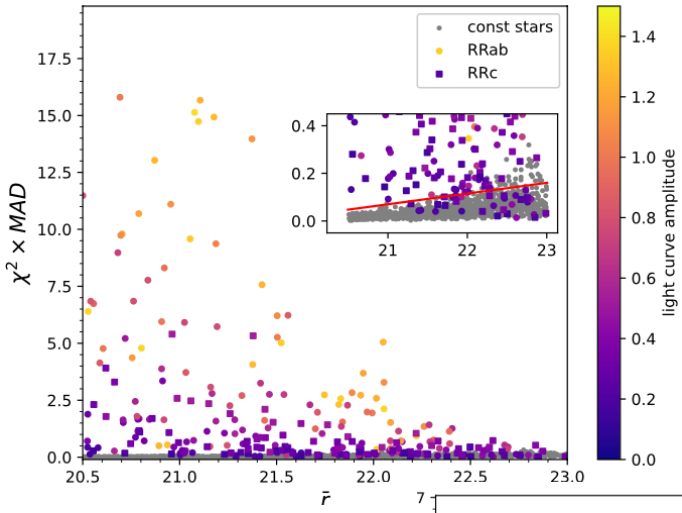
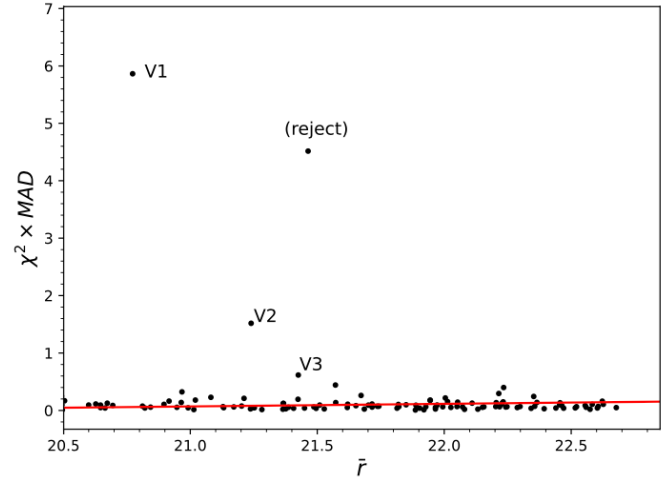


Fig.2(SDSSのデータ)



SDSSのデータとLOTのデータをマッチング
SDSSのデータで赤線より上の恒星に対して予備的なLomb-Scargleピリオドグラム解析実施。周期、振幅、光度曲線から3つ同定(表3)

②色等級図と空間分布からこの3つのRR LyraeはVirgo IIIのメンバー星であると判断(Fig.3 , Fig.4)

③距離計算
Tonry et al. (2012)の変換を用いて、SDSSの等級をPS1の等級に、SDSSのPSF photometricをLOT light curveに。
gatspy package (VanderPlas & Ivezic 2015)を用いて、周期を精密化
[Fe/H]はSarajedini et al. (2006)の経験的な関係を用いて導出→Dias et al. 2016のスケールに変換→距離計数計算(20.937±0.355mag)
20.9±0.2mag、20.91±0.04mag(Homma et al. 2023)

[コメント]

なぜX^2*MADでセレクションした後にさらにLomb-Scargle解析を行うのか。固有運動からメンバー特定できるといいなあ。誤差大きい。

表1

Table 1. Log of LOT observations.

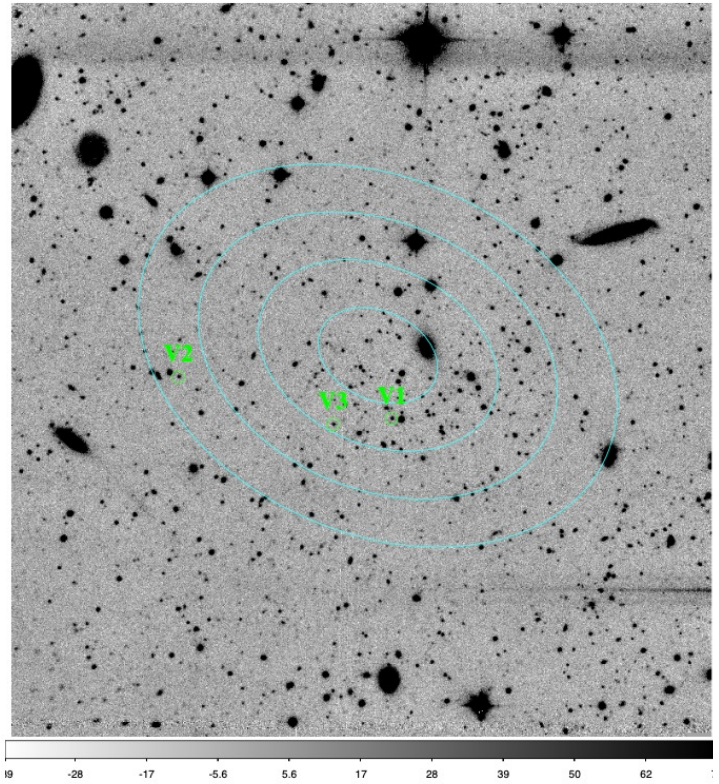
Date	MJD	Δt[a]	FWHM[b]	Depth[c]
2023-12-24	60302.796701	0.000	2.96	21.9
2023-12-25	60303.839954	1.043	2.97	22.0
2024-01-10	60319.845984	17.049	1.98	23.2
	60319.860313	17.064	2.17	23.1
	60319.874363	17.078	2.43	23.0
2024-01-11	60320.735174	17.939	2.17	22.8
	60320.749248	17.953	2.32	22.8
	60320.763287	17.967	2.17	22.9
2024-01-13	60322.871262	20.075	1.49	23.4
	60322.885324	20.089	1.51	23.3
2024-01-14	60323.847639	21.051	1.76	23.3
	60323.861701	21.065	1.82	23.3
	60323.875741	21.079	1.89	23.3
	60323.890775	21.094	1.91	23.2
2024-01-15	60324.849537	22.053	2.36	23.0
	60324.863588	22.067	2.25	23.1
	60324.877639	22.081	2.05	23.2
	60324.891678	22.095	2.00	23.1
2024-03-08	60377.669803	74.873	1.85	23.1
	60377.869294	75.073	2.80	21.9
	60377.883345	75.087	2.77	21.5

Δt:最初の画像との時間差(日)
FWHM:点光源の半値幅を秒角単位で平均
Depth:5 σ の限界等級

表3:検出したRR Lyraeの詳細

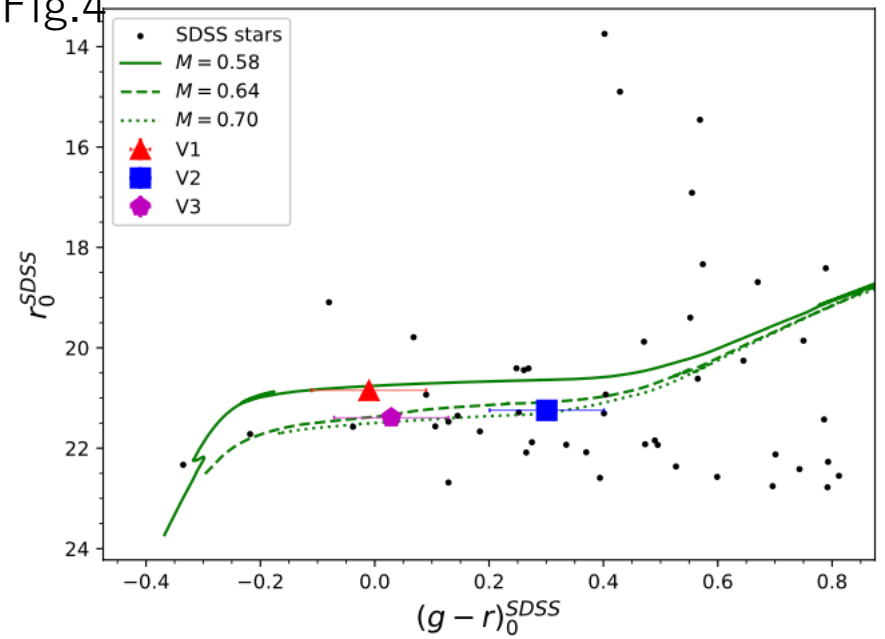
	V1	V2	V3
	From SDSS DR16		
α_{J2000} (°)	186.34445301	186.40158543	186.36018615
δ_{J2000} (°)	+04.42413144	+04.43515192	+04.42253358
MJD_{SDSS} (days)	51987.3194	51987.3198	51987.3194
r_{SDSS} (mag)	20.938 ± 0.047	21.310 ± 0.058	21.476 ± 0.070
	From LOT light-curve		
Type	ab	ab	c
P (days)	0.60737	0.67793	0.43435
AMP_r (mag)	0.574	0.568	0.267
$\langle r \rangle$ (mag)[a]	20.852 ± 0.010	21.247 ± 0.014	21.394 ± 0.016
μ_r (mag)	20.542 ± 0.305	20.994 ± 0.253	21.142 ± 0.247

Fig.3



Virgo IIIの空間分布。楕円は半光度半径

Fig.4



Virgo IIIの色等級図。緑線はBaSTI libraryから取ってきたHBのmassモデル