HR-GO II: chemical abundances of low-E retrograde dynamically-tagged groups: Revealing Thamnos as a very metal-poor substructure

GAゼミ：2026/01/22 石川諒

R.Xie et al. arXiv: https://www.arxiv.org/pdf/2601.09796

[Abstract]

本研究は、低エネルギー・逆行軌道の恒星集団（Rg8/9）を動力学的に選択してThamnosと同一起源かを検証し、高分散分光で詳細な元素組成を測定した。半数以上が[Fe/H]<−2のVMP星で、Rg8/Rg9は化学的に同一、また金属量分布は主ピーク[Fe/H]≈−2.1（副≈−1.5でin-situ混入候補）を示し、α-knee不在と中性子捕獲元素の傾向から、Thamnosは$M_* \approx 10^6 M_\odot$の低質量矮小銀河が、早期に取り込まれ星形成が打ち切られた残骸で、Cetus streamに近い進化史を持つと結論づけた。

[Goal]

低E逆行成分の“真の化学的性質”を, in-situ コンタミを抑えたサンプルで検証する

[Originality] 金属量非依存で、**多元素組成**から Thamnos 起源を検証/NLTE

[Sample]

[targets] 近傍halo星 Rg8,Rg9 (低エネルギー・逆行軌道; Myeong+18) , Gmag>13.5
LAMOST DR3 +GaiaRVS DR2, *STARGO*で(E, L, θ, ϕ) 4D動力学空間で集団同定 (Fig.1),
(→VMP以外のサンプルも動力学的に選択)　　N=35
[obs]高分散分光 (HDS, MIKE, ESPaDOnS, UVES)でfollow-up観測 (R≥28000, SNR >65)
(C, α(Mg,Si,Ca,Ti), odd-Z (Na,Al,Sc), iron-peak (V,Cr,Mn,Co,Ni,Zn),
n-capture(Sr,Y,Zr,Ba,La,Eu))

[Result & Discussion]

Fig.1 ： **サンプルの動力学平面選択**

Rg8はThamnosと動力学的に完全に一致、Rg9はz軸方向によりhigh-E

Fig.5’ ： **様々な元素比平面 [X/Fe] (一部抜粋**、下ページに全載)

VMPsampleでdynamically taggingされたものを金属量によらずに選択([Fe/H]≲-1)
Rg8, Rg9はどの元素比平面においても化学的にほぼ一致
KS検定で定量化(→p＝0.16; 差異なし)
→共通起源の証拠
(CEMPの不在はサンプル選択による可能性(giants))

Fig.6 ： **サンプルの金属量分布**

Rg8,9に差異なし、2峰性([Fe/H]~2.17(主) & 1.49(副))

Fig.7 ： **Thamnos** (本サンプル)**と他矮小銀河との[α/Fe]-[Fe/H]比較**

- high-α & 他の矮小銀河達ではα-kneeが存在するが、**Cetusの様**にThamnosにはない
- α-kneeはSN1aが大量にあるタイムスケールで起きると生成
  →**SFH truncated , ≥8Gyr前に降着してきた**



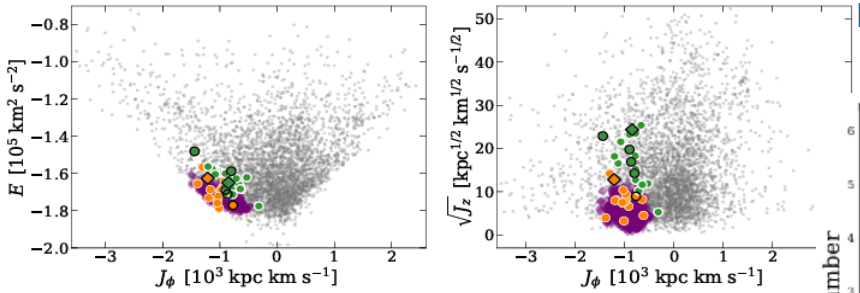


Fig. 1

Fig. 6

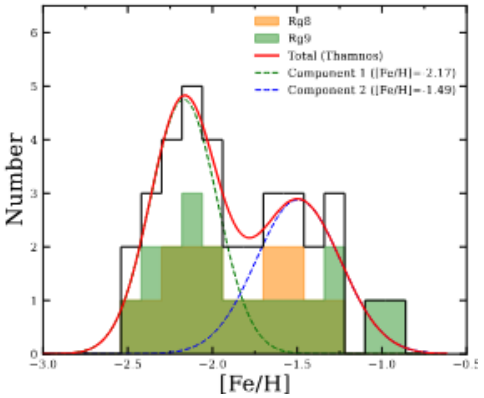


Fig.5’

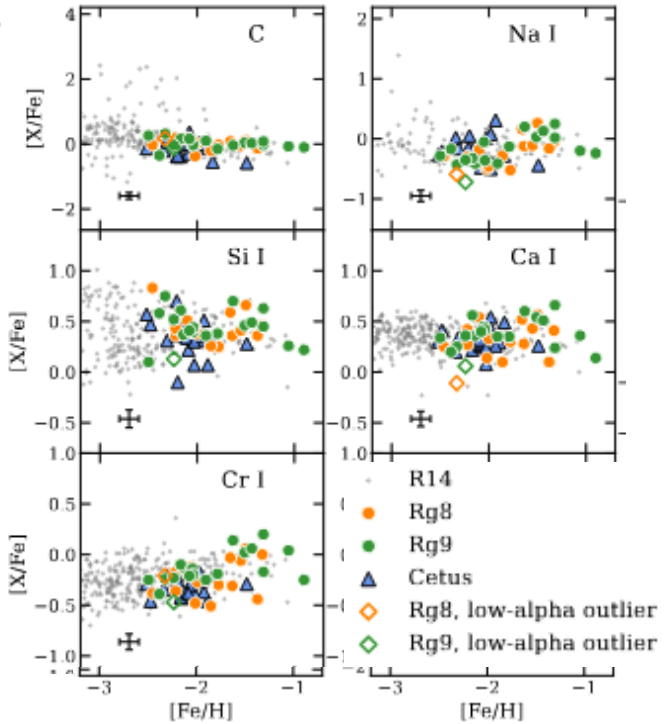
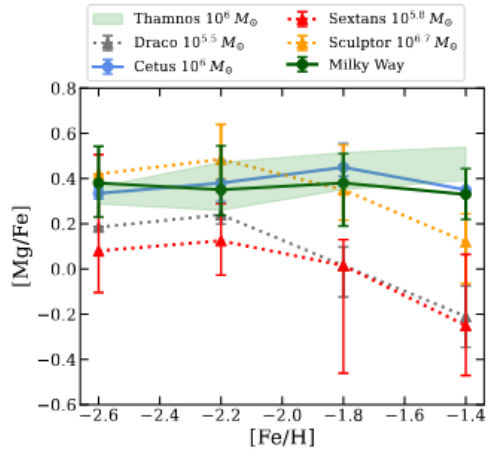


Fig. 7



[Comment] より多くの成分についても高分散分光情報を統計的に集められれば、MW形成史をより明快に描ける(期待)

Fig. 5　先ほどの**元素比平面 [X/Fe]**全データ

Fig. 8　. 中性子捕獲元素の元素比平面

(Table1　観測星の恒星パラメータ等)

fig.8

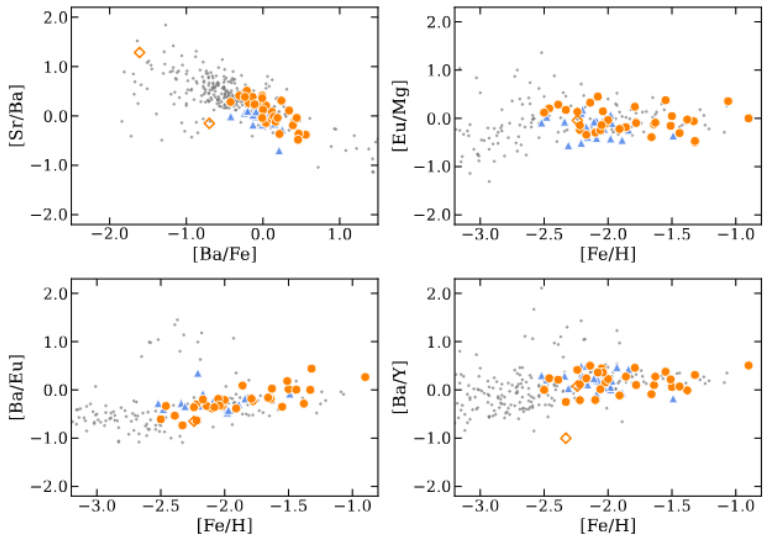


Table.1

R14　Cetus　Thamnos　low-alpha outliers

short ID	Gaia ID	RA (deg)	Dec (deg)	G	t_{exp} (s)	Tel./Inst.	S/N per pixel	T_{eff} (K)	T_{eff}(err) (K)	log g (dex)	log g(err) (dex)	[Fe/H] (dex)	[Fe/H](err) (dex)	ξ_t (km s^{-1})	ξ_t(err) (km s^{-1})	source	group
Rg9_1	4972678230112467968	5.4085571443996869	-51.96999443073288	12.81	1350.0	Magellan/MIKE	133.4	5077.817	112.722	2.098	0.036	-2.05	0.09	1.71	0.14	RVS	Rg9
Rg9_2	4711709553278850048	25.9993656873449	-63.24083067788601	11.21	750.0	Magellan/MIKE	165.4	4833.173	94.892	1.881	0.028	-1.63	0.1	1.74	0.13	RVS	Rg9
Rg8_1	4851489027705355776	49.118785780916056	-40.60319633287946	11.97	3600.0	VLT/UVES	94.2	4974.713	102.089	2.205	0.03	-2.0	0.08	1.65	0.09	RVS	Rg8
Rg9_3	2902434449329878144	84.30434352180205	-31.222006399828202	11.77	2880.0	VLT/UVES	65.8	4972.573	105.646	2.014	0.03	-2.17	0.11	1.75	0.14	RVS	Rg9
Rg8_2	5267028900300303488	107.63009293049194	-71.36415837061494	10.60	2160.0	VLT/UVES	87.9	5120.051	96.549	2.67	0.023	-1.55	0.12	1.38	0.1	RVS	Rg8
Rg9_4	6570213550937424848	123.77704298002514	17.605019757464262	11.03	2679.0	CFHT/ESPaDOnS	125.7	4627.606	91.972	1.674	0.036	-0.9	0.09	1.83	0.12	RVS	Rg9
Rg9_5	6510933725210623744	126.12361121852184	13.16992624765404	12.94	1900.0	VLT/UVES	105.45	5414.091	123.587	3.432	0.026	-2.08	0.12	1.2	0.1	LAMOST VMP	Rg9
Rg8_3	5708148155001776512	126.15904372789976	-17.923322200420596	9.95	2679.0	CFHT/ESPaDOnS	132.7	4565.67	83.186	1.176	0.029	-2.22	0.1	2.0	0.12	RVS	Rg8
Rg8_4	5829731639703564416	131.88380705256918	5.803893539483561	11.34	2679.0	CFHT/ESPaDOnS	141.0	5055.005	94.953	2.517	0.025	-1.78	0.12	1.52	0.08	RVS	Rg8
Rg9_6	5219649806594112768	142.10092320488107	-69.74121640632211	12.19	900.0	Magellan/MIKE	141.7	4963.32	90.405	2.049	0.028	-2.24	0.09	1.77	0.17	RVS	Rg9
Rg9_7	3827038413057098624	144.48366079888515	-2.7655723831280894	9.74	2679.0	CFHT/ESPaDOnS	129.4	5194.987	123.151	3.083	0.03	-1.06	0.13	1.1	0.17	RVS	Rg9
Rg9_8	3769595552327985952	148.96253402276037	-11.4093730018335	10.31	2679.0	CFHT/ESPaDOnS	129.7	4883.917	95.76	1.943	0.029	-1.79	0.08	1.75	0.09	RVS	Rg9
Rg9_9	3828090710108683008	151.81465702895521	-4.361546612412707	10.84	2679.0	CFHT/ESPaDOnS	136.2	4991.43	110.105	2.303	0.033	-1.32	0.09	1.5	0.08	RVS	Rg9
Rg9_10	3830580489765691008	155.20250049439943	-0.8941296684578997	12.35	4380.0	VLT/UVES	83.6	5047.768	104.281	2.355	0.035	-1.91	0.07	1.62	0.12	RVS	Rg9
Rg8_5	5398944422751362560	170.7916124108969	-35.39725640334401	11.87	2400.0	VLT/UVES	73.3	4589.391	82.035	1.373	0.044	-1.86	0.08	2.09	0.11	RVS	Rg8
Rg8_6	3570774890078547840	181.25163895699416	-13.614516253090993	11.54	2160.0	VLT/UVES	77.8	5270.126	125.437	2.948	0.029	-2.1	0.08	1.35	0.17	RVS	Rg8
Rg9_11	1518697038547076352	189.19573491775882	36.348829399057674	11.59	2679.0	CFHT/ESPaDOnS	122.8	4523.132	69.342	1.509	0.034	-1.44	0.08	1.77	0.12	RVS	Rg9
Rg8_7	3622623945729949440	197.07858451118268	-11.562913255033726	11.80	600.0	VLT/UVES	69.7	4562.901	79.465	1.467	0.039	-1.64	0.1	1.73	0.08	RVS	Rg8
Rg9_12	3743225081213792768	201.83229078655556	14.333826203341292	11.51	2679.0	CFHT/ESPaDOnS	138.9	5097.172	112.671	2.674	0.029	-1.51	0.1	1.35	0.17	RVS	Rg9
Rg8_8	3726623482130353920	205.63094845566571	11.141954400363651	12.17	4320.0	VLT/UVES	80.2	4931.942	89.542	2.296	0.031	-1.33	0.1	1.38	0.2	RVS	Rg8
Rg8_9	6110665270141152384	208.66316528741723	-41.46289970109404 5	10.95	720.0	VLT/UVES	63.2	5029.009	102.807	2.156	0.026	-2.22	0.1	1.7	0.13	RVS	Rg8
Rg8_10	6288088528539093168	208.8097215996244	-21.480359723035724	12.07	1200.0	VLT/UVES	78.9	5043.968	116.406	2.278	0.035	-2.06	0.09	1.65	0.1	RVS	Rg8
Rg8_11	3720752850247991040	209.75248444461709	7.0008845437180807	10.45	1440.0	VLT/UVES	69.6	4506.014	83.962	1.479	0.029	-1.5	0.12	1.88	0.19	RVS	Rg8
Rg9_13	1231766834895266048	213.63431346227754	14.963318033056218	10.75	720.0	VLT/UVES	89.3	4922.893	96.202	1.741	0.031	-2.39	0.07	2.1	0.09	LAMOST VMP	Rg9
Rg9_14	6118201739454237440	216.89779988020665	-37.898426446645348	11.38	2160.0	VLT/UVES	95.4	5047.075	97.593	2.259	0.03	-2.24	0.09	1.72	0.11	RVS	Rg9
Rg9_15	1177212679547133440	219.20429723500077	7.927032557807032	10.39	2160.0	VLT/UVES	68.8	4232.786	64.03	0.731	0.04	-1.32	0.13	2.0	0.15	RVS	Rg9
Rg9_16	3651423694314288384	220.65323770575662	-0.24653969075751	12.64	3800.0	VLT/UVES	86.9	5308.49	115.688	2.935	0.027	-2.33	0.12	1.45	0.13	LAMOST VMP	Rg9
Rg8_12	1208500997053446528	228.18877779200977	17.263395799401795	13.37	4750.0	VLT/UVES	100.2	5258.052	129.44	2.671	0.037	-2.33	0.01	1.62	0.14	LAMOST VMP	Rg8
Rg9_17	1215930294043293056	230.38787505266661	24.088901429418 75	13.22	3800.0	VLT/UVES	94.9	5017.87	101.48	2.035	0.044	-2.5	0.13	1.85	0.2	LAMOST VMP	Rg9
Rg8_13	4543104496041198464	259.75868811651319	13.974075058759668	12.59	5700.0	VLT/UVES	77.4	4975.092	97.57	2.267	0.027	-2.46	0.11	1.7	0.08	LAMOST VMP	Rg8
Rg8_14	4488707193348903296	267.68475701452303	9.387478749560852	12.10	4320.0	VLT/UVES	89.4	4606.943	85.81	1.471	0.04	-1.38	0.09	2.14	0.15	RVS	Rg8
Rg9_18	4074532055211991296	285.66162159548963	-24.131224327833745	10.72	4320.0	VLT/UVES	115.1	5147.418	112.269	2.427	0.027	-2.04	0.11	1.57	0.09	RVS	Rg9
Rg8_15	4241432938148259456	297.4504042295441	2.163825234971092	10.74	2160.0	VLT/UVES	82.6	4755.95	101.411	1.294	0.036	-1.66	0.1	1.82	0.14	RVS	Rg8
Rg8_16	6901006361471541248	307.06599336642274	-12.013854556049768	11.47	1440.0	VLT/UVES	90.2	4809.58	94.236	1.666	0.037	-2.02	0.11	2.1	0.07	RVS	Rg8
Rg9_19	2701974646152054272	325.0497265798293	8.489441566515794	11.92	900.0	Subaru/HDS	138.6	5270.505	118.437	2.848	0.033	-2.14	0.11	1.42	0.1	RVS	Rg9

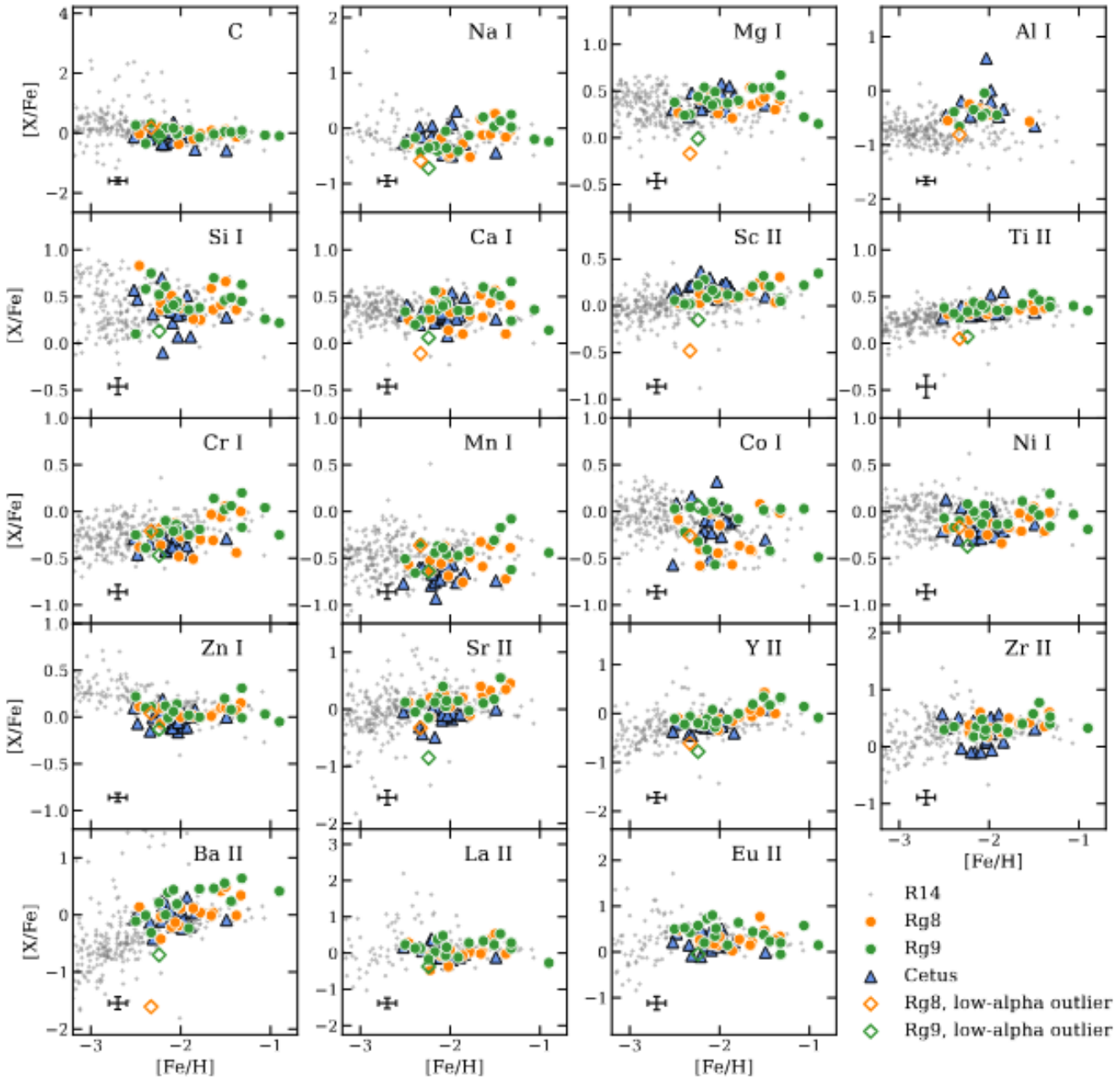


fig.5