“Spatially-resolved spectro-photometric SED modeling of NGC 253’s Central Molecular Zone” https://arxiv.org/abs/2501.15082

by Pedro K. Humire et al （2025.5）

GAゼミ 2025.6.24 曹

Abstract

本論文では、近傍のスターバースト銀河NGC253の中央分子帯 (CMZ) に存在する**10個の巨大分子雲 (GMC)** に着目する。近紫外からセンチメートル波までをカバーする空間分解された多波長SEDを解析し、各GMCの星形成活動やその物理的特性を調査。**内部のGMCは外部のGMCよりもSFR・ダスト質量・光度が著しく高く**、33GHz帯、RRLや60μm帯、TIRなどが有効なSFRトレーサーであることが分かった。銀河中心にはショックの兆候が見られるが、**AGNの寄与は少ない（≤7.5%）**ことも明らかになった。

Goal 原始銀河の星形成メカニズムを、近傍のスターバースト銀河のISMから定量的に捉える

Originality GMCスケール (**3"≒51pc) ごとの多波長SED**の解析

Methods (図1)

データ: S-PLUS, HST, Spitzer, ALMA, VLA, MUSEなど
・GalaPyを用いたSEDフィッティング (検証のためにCIGALEも併用)
ALMAのデータに基づいてGMCの位置を決定し、**各GMCに対して3"のアパーチャを統一**使用。
各GMCを孤立した系と仮定。(図2)
・MUSE + S-PLUS データを用いてstarlightで恒星集団のスペクトルを解析

Results

表5と表B.1: GalaPyによる結果。中心GMC (3~6)と外部GMC (1,2,7~10)で、SFR、恒星質量、ダスト質量、光度に大きな差。

図4: 恒星質量とダスト質量の比較。特に**ダスト質量は、内部と外部を最も明確に分ける指標**である。星質量は内部でやや大きいが、例えばGMC 6（内部）とGMC 7（外部）では約2倍程度の差にとどまる。

図6: 各GMCのSFH。青線: 若い星の寄与　赤線: 古い星の寄与 (→ 若い星は明るいが質量は小さい、古い星は暗いが質量が大きい) 黒線: GalaPyによる結果。
GMC5の例: GMC 5 の星集団のほぼ全質量（≒100%）は10 Gyr前には形成されていた。一方で、現在観測される光の約半分（~50%）は、30Myr未満の若い星によるもの。AMRは年齢–金属量関係から導出された星年齢分布。cAMRはAMRの累積分布。また、GMC3～6には、Butterworth et al. (2024) による超星団（SSC）の年齢が青の破線、その時点での残存光・質量割合がr.l.f.、 r.m.f.で示されている。 **GMC4が最も若い、GMC3–7 は比較的若い、GMC1, 2, 8–10 は古い。**

図7: WHAN図(左) BPT図(右)：星形成かAGNかを診断するための輝線診断図。K01は理論によって、K03は観測によって導かれた境界線。この間の領域が**コンポジット領域で各GMCが位置している**。また、CIGALEの結果より**AGNの寄与が7.5%以下**。

表8: 各GMCのダスト減光。中心部の減光が大きい ($A_V[\mathrm{mag}] \approx 4\sim6$)。

図13: SEDベースのSFRと(E)VLAの連続波強度の関係。

図14: SEDベースのSFRとIRの関係。 IRは多くのGMCで利用可能。

→図13,14より**33GHz帯、60μm帯、TIRがSFRの有効なトレーサー**。

Comment 低輝度AGNの可能性は？なぜGMC1でshockが起きているのか？

図1

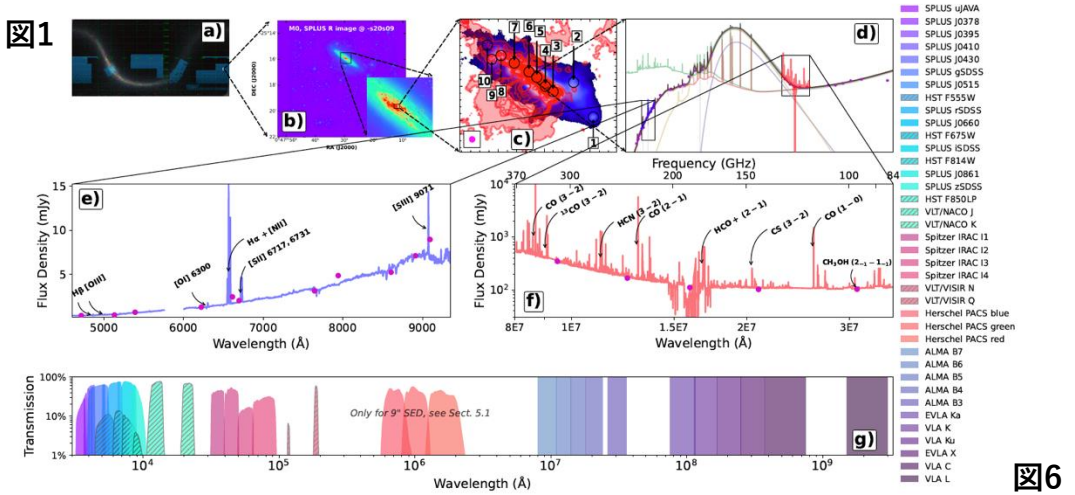


図2

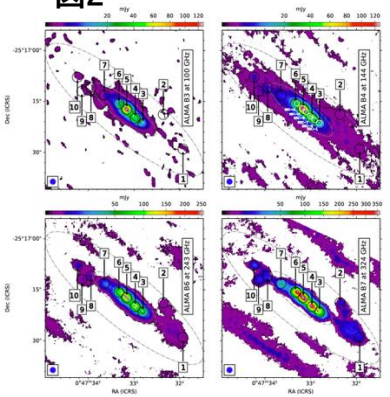
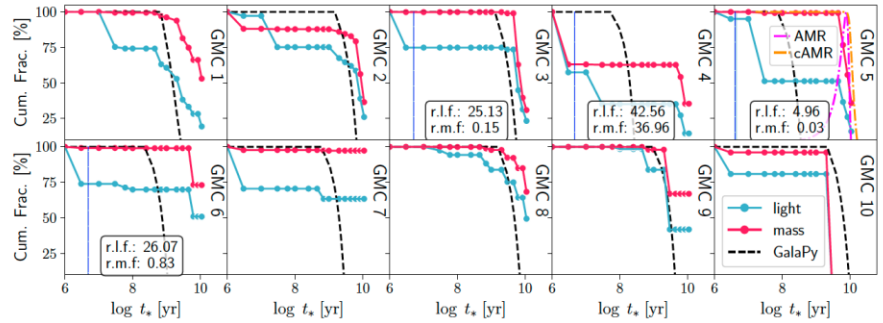


図6



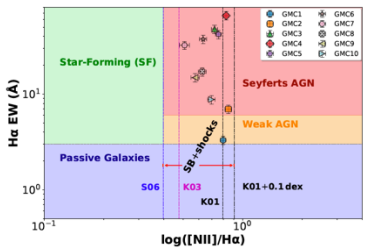


図7

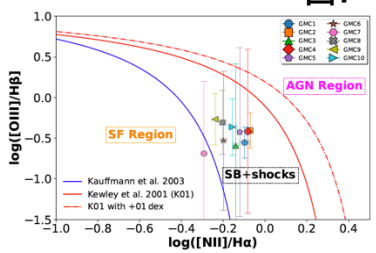
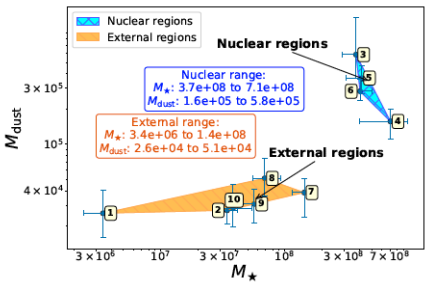


図4



GMC	T_{DD} [K]	M_{dust} [$\log_{10}(M_\odot)$]	ism.Rdust [$\log_{10}$ (pc)]	ism.f_PAH	noise.f_cal	χ^2_{red}
1	$34.643^{+2.957}_{-3.512}$	$4.410^{+0.210}_{-0.195}$	$1.08^{+0.10}_{-0.09}$	$0.17^{+0.10}_{-0.06}$	$-0.64^{+0.11}_{-0.11}$	2.27
2	$33.528^{+4.437}_{-2.875}$	$4.435^{+0.115}_{-0.105}$	$1.08^{+0.07}_{-0.07}$	$0.32^{+0.06}_{-0.07}$	$-2.25^{+0.14}_{-0.14}$	1.80
3	$34.110^{+14.707}_{-3.781}$	$5.766^{+0.204}_{-0.315}$	$1.64^{+0.11}_{-0.20}$	$0.12^{+0.04}_{-0.07}$	$-0.61^{+0.07}_{-0.06}$	1.47
4	$84.532^{+6.791}_{-12.551}$	$5.195^{+0.153}_{-0.108}$	$1.17^{+0.15}_{-0.08}$	$0.04^{+0.02}_{-0.02}$	$-0.55^{+0.07}_{-0.07}$	1.32
5	$67.929^{+4.023}_{-3.896}$	$5.566^{+0.133}_{-0.107}$	$1.43^{+0.08}_{-0.09}$	$0.03^{+0.02}_{-0.01}$	$-0.62^{+0.08}_{-0.08}$	1.14
6	$63.318^{+3.233}_{-2.899}$	$5.453^{+0.079}_{-0.102}$	$1.35^{+0.06}_{-0.08}$	$0.04^{+0.01}_{-0.01}$	$-0.73^{+0.10}_{-0.08}$	1.35
7	$62.911^{+4.631}_{-10.806}$	$4.474^{+0.145}_{-0.135}$	$1.08^{+0.12}_{-0.10}$	$0.06^{+0.02}_{-0.03}$	$-0.94^{+0.10}_{-0.09}$	1.38
8	$41.419^{+4.510}_{-2.629}$	$4.492^{+0.147}_{-0.127}$	$1.21^{+0.08}_{-0.09}$	$0.17^{+0.07}_{-0.05}$	$-1.38^{+0.11}_{-0.10}$	1.35
9	$43.383^{+5.060}_{-4.396}$	$4.679^{+0.133}_{-0.124}$	$1.17^{+0.08}_{-0.09}$	$0.15^{+0.07}_{-0.04}$	$-1.11^{+0.09}_{-0.08}$	1.29
10	$41.532^{+5.290}_{-3.377}$	$4.574^{+0.128}_{-0.117}$	$1.20^{+0.08}_{-0.08}$	$0.19^{+0.06}_{-0.05}$	$-1.25^{+0.10}_{-0.09}$	1.31

表5: GalaPyによるSEDフィッティング結果その１

中心GMC

GMC	SFR [$\times 10^{-4} M_\odot$ yr^{-1}]	$M_\star$ [$\log_{10}(M_\odot)$]	$\tau_\star$ [$\log_{10}$ (yrs)]	$Z_\star$ [$\times 10^{-3}$]	L_{bol} [$\log_{10}(L_\odot)$]	Age [$\log_{10}$ (yrs)]
1	50^{+10}_{-10}	$6.535^{+0.159}_{-0.097}$	$10.88^{+0.08}_{-0.21}$	$0.35^{+0.18}_{-0.08}$	$8.065^{+0.052}_{-0.073}$	$9.30^{+0.15}_{-0.13}$
2	80^{+10}_{-10}	$7.534^{+0.106}_{-0.086}$	$9.21^{+0.14}_{-0.14}$	$3.88^{+0.19}_{-0.15}$	$8.391^{+-0.002}_{-0.062}$	$9.66^{+0.13}_{-0.12}$
3	870^{+110}_{-90}	$8.573^{+0.108}_{-0.100}$	$9.07^{+0.28}_{-0.46}$	$7.88^{+2.27}_{-0.94}$	$9.354^{+0.071}_{-0.042}$	$9.62^{+0.15}_{-0.23}$
4	2740^{+390}_{-280}	$8.850^{+0.251}_{-0.136}$	$7.48^{+0.13}_{-0.10}$	$20.84^{+2.31}_{-1.47}$	$10.132^{+0.050}_{-0.114}$	$8.54^{+0.16}_{-0.08}$
5	6450^{+600}_{-590}	$8.620^{+0.124}_{-0.105}$	$7.57^{+0.12}_{-0.11}$	$17.59^{+1.17}_{-1.14}$	$10.184^{+0.016}_{-0.065}$	$8.40^{+0.13}_{-0.03}$
6	1870^{+180}_{-170}	$8.605^{+0.072}_{-0.095}$	$8.17^{+0.10}_{-0.12}$	$12.87^{+0.82}_{-0.63}$	$9.602^{+0.061}_{-0.045}$	$8.56^{+0.06}_{-0.04}$
7	220^{+30}_{-20}	$8.156^{+0.096}_{-0.087}$	$8.50^{+0.31}_{-0.18}$	$8.12^{+0.87}_{-1.18}$	$8.903^{+0.041}_{-0.080}$	$9.39^{+0.23}_{-0.14}$
8	110^{+10}_{-10}	$7.837^{+0.098}_{-0.127}$	$9.24^{+0.24}_{-0.24}$	$4.45^{+0.71}_{-0.40}$	$8.533^{+0.045}_{-0.048}$	$9.76^{+0.15}_{-0.16}$
9	90^{+10}_{-10}	$7.752^{+0.106}_{-0.099}$	$9.12^{+0.24}_{-0.18}$	$4.53^{+0.62}_{-0.53}$	$8.605^{+0.102}_{-0.212}$	$9.73^{+0.12}_{-0.10}$
10	50^{+10}_{-10}	$7.581^{+0.095}_{-0.150}$	$9.55^{+0.21}_{-0.25}$	$3.31^{+0.37}_{-0.32}$	$8.507^{+0.075}_{-0.090}$	$9.64^{+0.12}_{-0.12}$

表B.1: GalaPyによるSEDフィッティング結果その２

図13

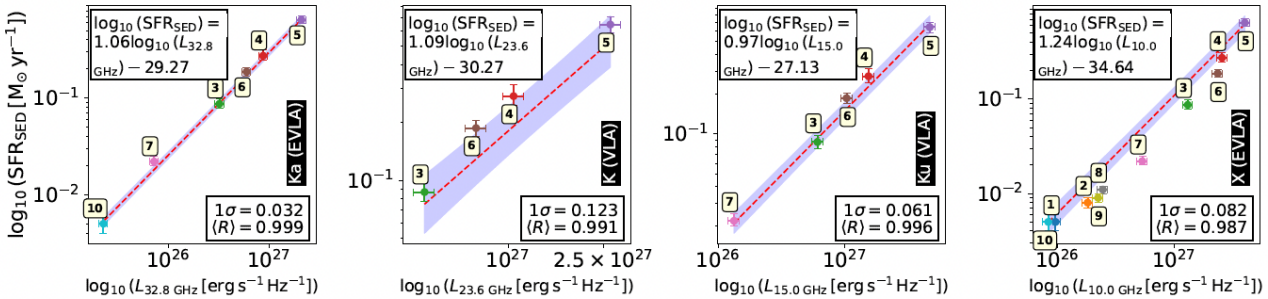
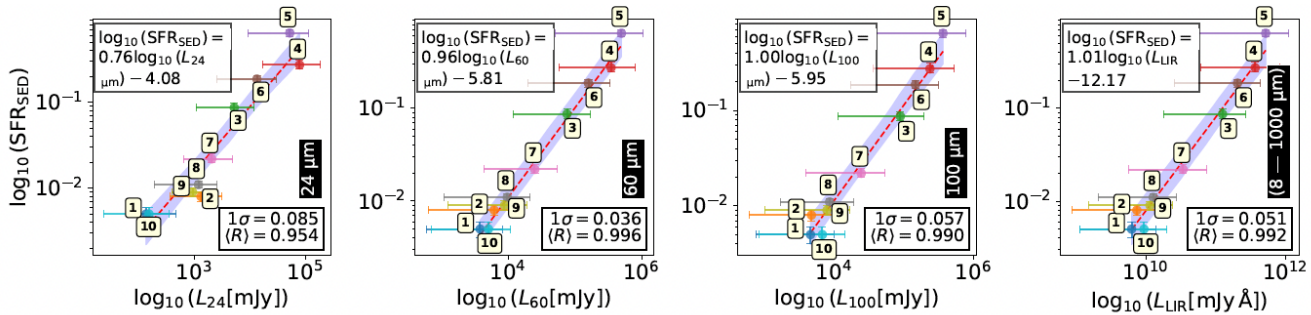


図14



GMC	$(F_{H\alpha}/F_{H\beta})_{obs}$	A_V^{Balmer} [mag]	A_V^{CIGALE} [mag]	$A_V^{STARLIGHT}$ [mag]
1	3.81 ± 0.32	1.08 ± 0.11	3.57 ± 0.02	2.12
2	8.32 ± 1.70	2.89 ± 0.30	3.58 ± 0.02	2.42
3	29.79 ± 16.90	5.06 ± 0.56	6.04 ± 0.11	4.44
4	45.69 ± 37.94	5.87 ± 0.67	6.06 ± 0.00	5.67
5	43.43 ± 37.37	5.81 ± 0.65	6.24 ± 0.02	4.66
6	29.14 ± 16.45	5.04 ± 0.54	6.08 ± 0.01	4.10
7	21.21 ± 10.11	4.38 ± 0.47	5.07 ± 0.02	2.97
8	19.18 ± 10.04	4.18 ± 0.45	3.53 ± 0.01	2.28
9	17.01 ± 7.84	3.96 ± 0.42	3.54 ± 0.01	1.84
10	11.13 ± 5.05	3.36 ± 0.37	3.54 ± 0.12	2.11

GMC1のみ
$A_V^{Balmer} < A_V^{STARLIGHT}$

表８