

塵に覆われた高赤方偏移大質量スターバースト銀河の探査

小山 舜平 (東京工業大学大学院 理工学研究科)

Abstract

現代の大質量早期型銀河はダストに覆われた激しいスターバースト、すなわち星形成の爆発的増加を通して、その構成質量や重元素の大部分を獲得したといわれている。しかし、ビッグバンの後のどの時代からそのような初期大質量スターバーストが存在していたのかということは、未解決な問題である。塵の多い、大質量スターバースト銀河の赤方偏移分布の測定は、選択効果を負っているために実際より低く偏ってしまっていると長い間思われていたが、実際、最近になって赤方偏移 $z=5$ 程度のスターバースト銀河が複数発見されており、このことが確認されている。Riechers et al. (2013) では、 $z=6.34$ にある大質量スターバースト銀河 HFLS3 をサブミリ波カラーによる選択法によって発見した。この銀河には、高励起かつ科学的に進化した星間物質が太陽の 1,000 億倍あり、また、星形成率は天の川銀河の 2,000 倍にも上る。これは今までで最高の観測値となっている。

今回はこの論文の紹介と、この先に行うべき観測について述べる。

1 Introduction

スターバースト銀河とは、大質量星が短期間に大規模に生成される現象を起こしている銀河である。このようなスターバースト銀河がどの時期に発生したのか、また、その発生メカニズムを調べることは、宇宙の構造形成を考える上で大変興味深いことである。

2 Observations

HFLS3 の発見法であるサブミリ波カラーによる選択法とその後の追観測について述べる。

Riechers et al. (2013) では、ハーシェル宇宙望遠鏡によるサーベイ HerMES の波長 $250\mu\text{m}$ 、 $350\mu\text{m}$ 、 $500\mu\text{m}$ のデータから、フラックス密度が $S_{250\mu\text{m}} < S_{350\mu\text{m}} < S_{500\mu\text{m}}$ かつ、 $S_{500\mu\text{m}}/S_{350\mu\text{m}} > 1.3$ 以上の銀河、つまり、とても赤く光っている銀河を探し出した。これが、サブミリ波カラーによる選択法である。この選択法では 5 つの候補天体を見つけ出している。

続いて、この選択された銀河の中の最も明るいものの細かい特徴を調べるために、J-VLA、CALMA、PdB、CSO/Z-Spec 等を使い分光フォローアップを行った。

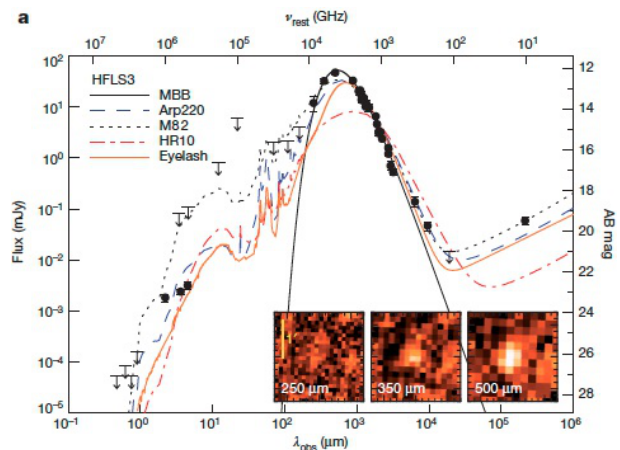


図 1: HFLS3 のカラーとエネルギー分布

3 Results

分光データから、 H_2O 、 CO 、 OH 、 NH_3 、 $[\text{CI}]$ 、 $[\text{CII}]$ などの輝線を用いて、HFLS3 の赤方偏移は $z=6.3369$ であると決定された。また、この銀河の星形成率 (SFR) は、 $2900 M_{\text{sun}} \text{yr}^{-1}$ であることがわかった。これは、今まで観測されてきたスターバースト銀河の中で最大の値である。その他の HFLS3 の各物理量は、図 3 に載せた。

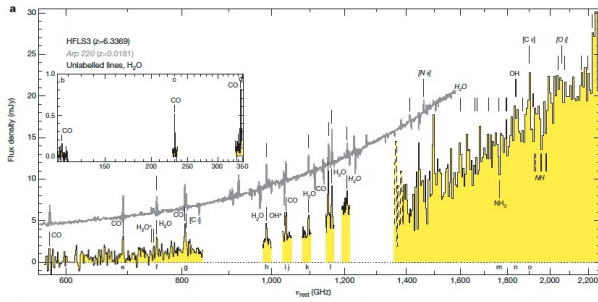


図 2: HFLS3 の分光データ

	HFLS 3	Arp 220*	Milky Way*
z	6.3369	0.0181	
$M_{\text{gas}} (M_{\text{sun}})^\dagger$	$(1.04 \pm 0.09) \times 10^{11}$	5.2×10^9	2.5×10^9
$M_{\text{dust}} (M_{\text{sun}})^\ddagger$	$1.31^{+0.32}_{-0.30} \times 10^9$	$\sim 1 \times 10^8$	$\sim 6 \times 10^7$
$M_* (M_{\text{sun}})^\S$	$\sim 3.7 \times 10^{10}$	$\sim (3-5) \times 10^{10}$	$\sim 6.4 \times 10^{10}$
$M_{\text{dyn}} (M_{\text{sun}})^\parallel$	2.7×10^{11}	3.45×10^{10}	2×10^{11} (<20 kpc)
$f_{\text{gas}} (\%)^\#$	40	15	1.2
$L_{\text{FIR}} (L_{\text{sun}})^\#$	$2.86^{+0.32}_{-0.31} \times 10^{13}$	1.8×10^{12}	1.1×10^{10}
$\text{SFR} (M_{\text{sun}} \text{yr}^{-1})^\ast$	2,900	~ 180	1.3
$T_{\text{dust}} (\text{K})^{**}$	$55.9^{+9.3}_{-12.0}$	66	~ 19

図 3: HFLS3 の物理量

5 参考文献

A dust-obscured massive maximum-starburst galaxy at a redshift of 6.34 (Riechers et al. 2013)
 シリーズ現代の天文学 銀河 I (谷口義明 and 岡村定矩 and 祖父江義明 (2007))

4 Conclusion

HFLS3 はその質量の約 1/3 をガスとしてもっており、スターバースト銀河として非常に若いものであるということが分かる。また、 $z=6.3369$ という値はビッグバンから 8.8 億年後の宇宙にこの銀河が存在していたことを示しており、宇宙最初期に大質量スターバースト銀河が誕生できる環境が既に存在していた、ということが考えられる。

現在の天文学では、星形成率のピークは 100 億年前であってそれ以前の宇宙ではその値は減少していると考えられているが、HFLS3 はその定説に対して矛盾した存在である。しかし、現在確認されているこのようなスターバースト銀河はこの 1 つであり、HFLS3 のみがこの時代で特異な存在であったという可能性も否定できない。そのため、このような銀河を多数その他にも発見できれば、宇宙の構造形成史の別シナリオを考えなければならなくなる。

私は今後、このような銀河の探査、究明を行いたいと考えている。