



原始銀河団領域SSA22のサブミリ波銀河の多波長同定

梅畑豪紀¹ umehata@ioa.s.u-tokyo.ac.jp

田村陽一¹, 河野孝太郎¹, 五十嵐創¹, 鈴木賢太¹, 中西康一郎², 高田唯史², 川邊良平², 伊王野大介², 廿日出文洋³,

山田亨⁴, 林野友紀⁴, 市川隆⁴, 内一由夏⁴, 久保真理子⁴, 松田有一⁵

¹東京大, ²国立天文台, ³京都大, ⁴東北大, ⁵ダラム大

Abstract

SSA22領域は $z=3.1$ に位置する原始銀河団を含む領域であり、AzTEC/ASTEによる波長1.1mmの観測から112個のSMGsが検出されている。サブミリ波に加えてX線から電波に至る豊富な多波長データを有することから、SMGsの性質や進化を調べる上で適した領域の一つである。我々は、本領域におけるSMG研究の第一段階として多波長データにおける対応天体候補の同定及び赤方偏移の推定を行った。対応天体候補はIRAC dataを用いたカラー診断法によって抽出し、該当天体に対して可視から近赤外、近赤外から電波の2つの波長域におけるSED fit、及び1.1mmと1.4GHzのflux指数を用いた方法でそれぞれSMGsの赤方偏移を推定した。

Introduction

SMGs: サブミリ波銀河(SMG)は $z \sim 2$ 以遠の遠方宇宙にその多くが存在し、1000Msun/yrを超える星形成率を示す爆発的星形成銀河である。現代の宇宙において銀河団中心部に存在する大質量楕円銀河の先祖にあたるものと考えられている。銀河進化における重要な系列の一つにも関わらず、ダストによる激しい減光を受け、可視～近赤外では「隠された」天体であるため、大部分のSMGsは正確な赤方偏移が不明である。

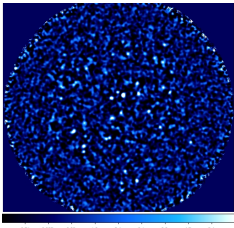
SSA22領域: SSA22領域には $z=3.091$ に原始銀河団が存在することがライマンブレイク銀河(LBG)の観測から判明している(Stidel+1998)。ライマン α 輝線銀河(LAE)が大きな密度超過を示し、極赤銀河(DRG)、ライマン α プロップ(LAB)といった複数の高赤方偏移に位置する銀河種族も観測されている特異な領域である。従って、SSA22領域は原始銀河団環境におけるSMG形成について、或いはSMGと他の銀河種族との関係、SMGという種族自体について調べる上で最適な領域の一つであると考えられる。

AzTEC/ASTE: ASTEは標高4800mのアタカマ砂漠(チリ)に設置されているサブミリ波望遠鏡、AzTECはUniv of Massachusettsによって開発された波長1.1mm帯の連続波カメラでASTEに搭載された。ADF-S, SXDF, SSA22といった領域でdeep surveyを行い、約8000平方分の領域で約1000個のSMGsを発見した。



ASTE

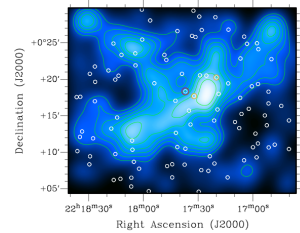
SMGs in SSA22



SSA22 AzTEC/ASTE 1.1mm S/N map

左図: SSA22領域において、AzTEC/ASTEによる1.1mm(270GHz)の観測から112個のSMGsが検出されている(coverage: 992min², rms: 1 σ =0.62-1.2mJy, 検出条件: S/N > 3.5 σ)。このうち、分光観測によってspec-zが求まっているものは4天体に過ぎない。

右図: Subaru/Suprime-Camによる観測から得られた $z=3.1$ におけるLAEsの数密度分布にAzTEC sourceの位置を重ねた図。LAEsの観測から $z=3.1$ には大規模構造が存在することが発見された(Matsuda+2005)。AzTEC sourceの赤方偏移が判明すれば $z=3.1$ におけるSMGsと大規模構造の関係が明らかになることが期待される。

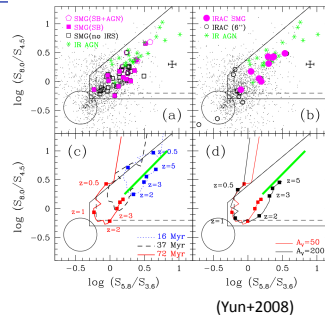


SSA22中心部のAzTEC sourceのSpatial Distribution. 背景はLAEの数密度分布。

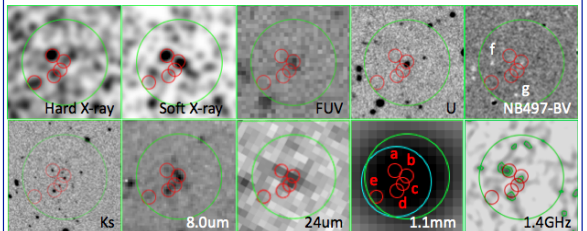
SMGs候補天体の抽出

AzTEC/ASTEのbeam sizeは28"と粗く、1"前後の高い分解能を持つ他の波長の画像上では多数のsourceがbeam size内に含まれてしまう。そこで、Yun+2008の方法を用いてIRAC 3.6, 4.5, 5.8, 8.0umのflux比からSMGsの候補天体を抽出した。(注: IRACのcoverageがないsourceは除外)

1. AzTEC source 112個の各検出位置から直径30"の円の範囲で対応天体を検索。
2. IRAC ch1~ch4のcolor ratioを用いてhigh-z SMGsの候補を絞り込む(以降、"IRAC red" sourceと呼称)。
 $\log(S_{8.0}/S_{4.5}) > -0.3$ and $\log(S_{5.8}/S_{3.6}) > -0.3$
and $\log(S_{8.0}/S_{4.5}) < \log(S_{5.8}/S_{3.6}) + 0.4$
=> 54個のAzTEC sourceに対して181個のcandidateを同定!



Postage Stamps (例: AzTEC10)

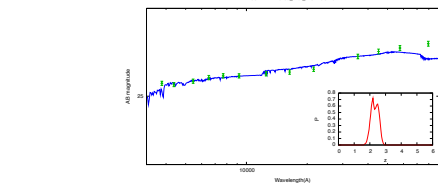
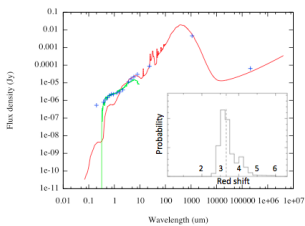


SSA22-AzTEC10の多波長画像。green circleはAzTEC/ASTEのbeam size(30")、red circleはIRAC red sourceの位置を示す。

SED fit

全181個の"IRAC red" sourceについてphoto-zの評価を行った。SMGsのSEDをstellar componentが主要な可視～近赤外、及びdust componentの寄与が大きい近赤外より超波長側の2つに大別し、それぞれについてSED fitを行ってredshiftとprobabilityの関係を求めた。

例SSA22-AzTEC10b



左図) red curve: $z=3.1$ best fit SED(Michalowski et al.2010). green curve: HYPERZによるbest fit SED. 右下はdust-zのprobability 上図) HYPERZによるbest fit SED.とprobability.

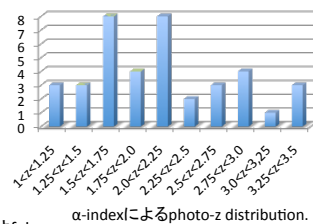
Summary

[Current Status]

- SSA22領域の112個のSMGに対して、IRAC coverageのある54個のAzTEC sourceについて計181個の"IRAC red" sourceを抽出。
- 可視～電波の16 bandでsourceを検出及び測光。
- SED fitを行い、photo-zを推定。

[Next Works]

- contaminantsの切り分けと精度の向上
-> contamination: SMA観測のあるAzTEC1で検証->4/5はfake.
dust-z code: heavily obscured sourceに対してzを過大評価してしまうweak point有り。
- photo-zとdust-zを組み合わせた評価方法の確立
- 高分解能観測、分光観測による検証
-> 最終的にはALMAによる高分解能(<1")のsub-mm観測、或いは分光観測による確証が必要。
=> Redshift分布、角度相関関数、光度関数、etcのSMGsのパラメータを求める。



SSA22 photometry Catalogs

SExtractor, MOPEX/APEX, IRAF/APPHOT, miriadを用いて各波長におけるsourceを検出し、"IRAC red" sourceとのクロスマッチを調べた。

band/A	Instrument	Deepness	Threshold	covered SMGs
U	CFHT	27.6(AB)	1.5 σ	112
B	Suprime-Cam	28.3(AB)	1.5 σ	112
V	Suprime-Cam	28.0(AB)	1.5 σ	112
R	Suprime-Cam	28.0(AB)	1.5 σ	112
i'	Suprime-Cam	27.7(AB)	1.5 σ	112
z'	Suprime-Cam	27.2(AB)	1.5 σ	112
J	MOIRCS	25.8(AB)	1.6 σ	17
H	MOIRCS	25.3(AB)	1.6 σ	17
Ks	MOIRCS	24.6(AB)	1.6 σ	17
ch1	IRAC	23.9(AB)	1.5 σ	54
ch2	IRAC	23.9(AB)	1.5 σ	54
ch3	IRAC	24.0(AB)	1.5 σ	54
ch4	IRAC	24.0(AB)	1.5 σ	54
24um	MIPS	20-30 [μ y] (1 σ)		
1.1mm	AzTEC/ASTE	0.6-1.2 [mJy] (1 σ)	3.5 σ	112
1.4GHz	VLA	12 [μ y] (1 σ)	2.0 σ	112

References

- Blain, A. W., et al. 2002, Phys. Rep., 369, 111
Matsuda, Y., et al. 2004, AJ, 128, 569
Matsuda, Y., et al. 2005, ApJ, 634, L125
Minchalski, et al. 2010, A&A, 514, 67
Stidel, C. C., et al. 1998, ApJ, 492, 428
Tamura, Y., et al. 2010, ApJ, 724, 1270