

SCUBA GALAXY IN THE PROTOCLUSTER
AROUND 53W002 AT $z=2.4$

Smail, I et al.

2003ApJ...583..551S

みさゼミ 2011/1/11

馬渡 健(M1)

0.Abstract : 53W002領域中のサブミリ波銀河(SCUBA銀河)

- ・53W002領域のJCMT/SCUBA(850 μ m)やVLA(1.4GHz)による観測
=>2.3arcminの視野内にsubmili源 : 4天体
- ・4天体中、1天体(SMMJ17142+5016)は $z=2.39$ のLAEのNo18であることが判明
- ・No18なら先行研究から、可視・近赤(B,F410M,V,I,J,H,K)の撮像/分光データそろってる
+今回のsubmili/radio(450 μ m,850 μ m,1.4GHz,8.4GHz)データ



SED,輝線比,morphologyなどからNo18のphaseだけでなく動力的性質におよぶ詳細な議論が可能

No18は静的ではなく、かなり複雑な現象が中で起きてる模様

今回着目している天体:SMMJ17142+5016=No18



✳south is up



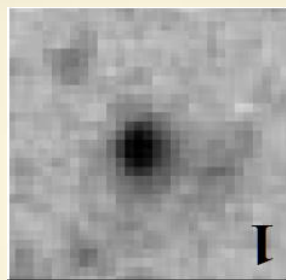
HST/J



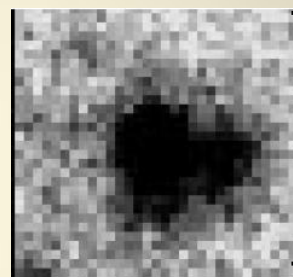
HST/K



HST/V,I+CISCO/K



B(ground based)



Ly α (ground based)

13"(\sim 100kpc)

波長毎に色々なmorphologyがある
更にサブミリと電波のmapもある

1.Introduction: サブミリ銀河(SMG/SCUBA galaxy)

SCUBA銀河(SMG): far-infraredやsubmiliで極端に明るい

massiveかつdustyな系 (z=0のULIRGに対応?)

=>dustで覆われたactiveな銀河(同じように活動性の高いLAEや
LBGとは観測手法的に重複しないと考えられてる)

・個体としての性質は徐々に分かり始めている

:大半が $z > 1$ 、 $L_{bol} = 10^{11\sim 13} L_{sun}$, $density \sim 10^{-4} Mpc^{-3}$ ← $z = 0$ の $10^{2\sim 3}$ 倍高密度

・一方で、環境依存性がよく分かってない

「SMGは現在のmassive Esの祖先」という理論予測

=>high-z(銀河の激進化期)では高密度領域に存在し、low-zでは低密度領域
に存在するのではないか?

z=0の観測では確かに
そうなる
(Tacconi et al.2002)

1.Introduction : I00a survey

- I00aサーベイ : powerful AGN/radio gal周辺を優先的に、SMGサーベイ
(別種族 : LAE, LBG, X-sourceがclusteringしてることが多い)

=> **SMG空間分布は別種族のclusteringとcorrelateしているか否か？**

1st result : high-z AGN周りでSMGの密度超過確認

※ただし本当に3次元的にAGN付近に集まってるかどうかは不明

: submiliだとPSF大きく、対応天体の同定が困難→分光してzを決められない

- 53W002field

: 電波銀河53W002を中心とした

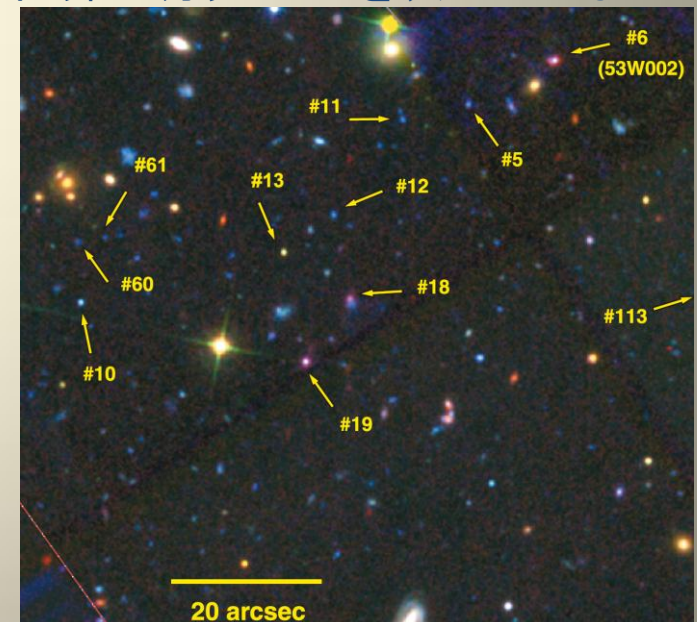
z=2.39におけるLAE高密度領域

(Pascarelle 1996, Pascarelle 1998, Keel 1999)

深い狭い視野

広い視野だが浅い

=> **I00aサーベイのターゲット領域の1つに**



north is to the bottom
from Yamada et al. 2001(2001PASJ..53.1119Y)

2.1,2.2.Observation: サブミリ/電波域

2.1. submilli mapping

- ・SCUBA on JCMT @Mauna Kea
- ・チャンネル: 450 μ m、850 μ m
- ・期間: 2001/3/3~6の4日間。total exposure=33.3ks
- ・FoV: 2.3' (z=2.39physical-scaleで1.2Mpc)



2.2. radio mapping

- ・VLA(Very Large Array)
- ・チャンネル: 1.4GHz(,8.4GHzもたぶん)
- ・期間: 2001/5/14~17 total exposure=10.8ks
- ・マップ: 電波銀河53W002がdominant(50mJy)
周辺に電波源が7天体



2.3.Observation: 可視/近赤 撮像

基本的にHSTアーカイブデータ: Pascarelle, Keelらのデータと同じもの

Optical

- HST/WFPC2/B450, V606, I814, F410M (for Ly α @z=2.39)
- FoV: 2.5'
- exposure=57.6ks(B), 27.2ks(V), 20.4ks(I), 40.5ks(F410M)
- 検出限界: <28.4mag(B, V, 5 σ), <27.6mag(I, 5 σ)

Near infrared

- HST/NICMOS/J110, H160
PSF=0.2"、3 σ 検出限界=24.3mag(J), 23.9mag(H)
FoV << 2.3' (SCUBA mapのFoV)
↓
- William Herschel Telescope/INGRID near infrared imager/Ksバンド
FoV > 2.3'
seeing=0.6", exposure=4.3ks

2.4.Observation: 近赤 分光

No18のみの分光データ Motohara et al.2001a,b からの引用

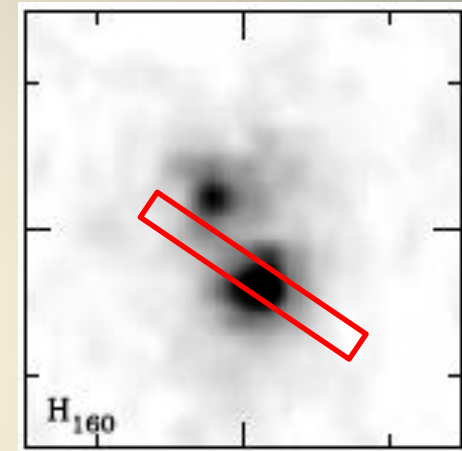
Near infrared

- Subaru/OHS/J,H range
exposure=1ks*8shot
seeing=0.6''
波長分解能 $R \sim 200$ (for H)
- Subaru/CISCO/K range
exposure=200s*24shot=4.8ks
seeing=0.4'' (but non-photometric??)
 $R \sim 430$ (for $2.2\mu\text{ m}$)

=>=>波長誤差 $\sim 22 \text{ \AA}$ (J,H), $\sim 13 \text{ \AA}$ (K)

(ちなみにNo18に関してはoptical分光データもある: Multiple Mirror Telescope/red spectrograph exposure=1800s?3600s?)

※スリットの当て方(想像図)




- southern componentにあてる
- P.A.=-35deg
- スリット幅=0.95''(OHS),0.7''(CISCO)

3.Results: 受かったSMGとその対応天体

- ・850 μ mマップにおいて 4σ (=3.7mJy)以上で受かった天体: **4つ**
(53W002も 3σ で受かった)
but ビームサイズが大きいため(PSFが大きい。10"くらい?)、ビームサイズ内に含まれる複数天体の内どれがSMGなのか同定できない

- ・より狭いビームサイズを持つVLAマップ(1.4GHz)を使った
4つのサブミリ源のビームサイズ内で1.4GHzで受かったのは1天体のみ
=>SMMJ17142+5016: 5.6mJy@850 μ m、 3σ detection@450 μ m

 850 μ mマップ上での座標から1.3"東に電波源
(260 μ Jy@1.4GHz、37 μ Jy@8.4GHz)
たぶん同一天体!

更にこのradio sourceに対してはopticalでも対応天体いた(<1.0")
:No18 (in Pascarella et al.1998)

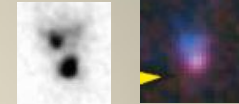
以降

SMMJ17142+5016=No18

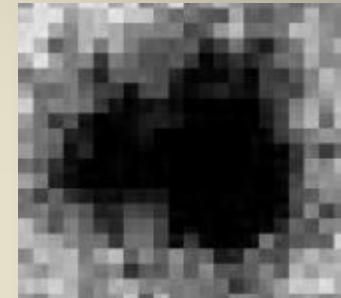
3.1.No18に関する先行研究

- HST imaging: B,F410M(Ly α),Vを用いたLAE探査 (Pascarella96a,96b,98,Keel99)
=>同領域の他LAEと違ってサイズ大きい $\sim 2''$
0.6''(4.7kpc)離れた2つのcomponentからなる

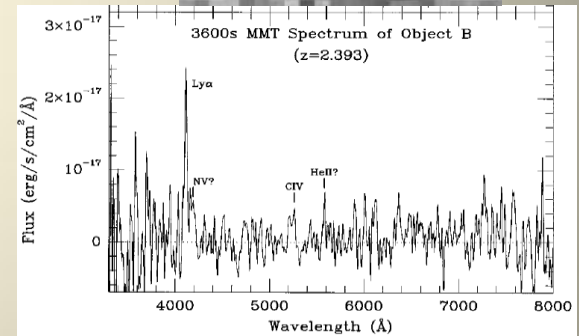
青く広がったnorth component
赤くコンパクトなsouthern component



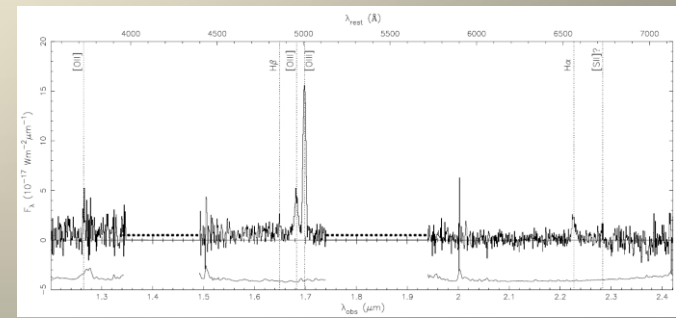
- Kitpeak ground imaging : HST imagingの追観測 (Keel99)
=>50kpc以上の広がったLy α halo



- MMT spectroscopy: optical(rest UV)(Pascarella96a)
=>強く狭いLy α $\rightarrow z=2.393$

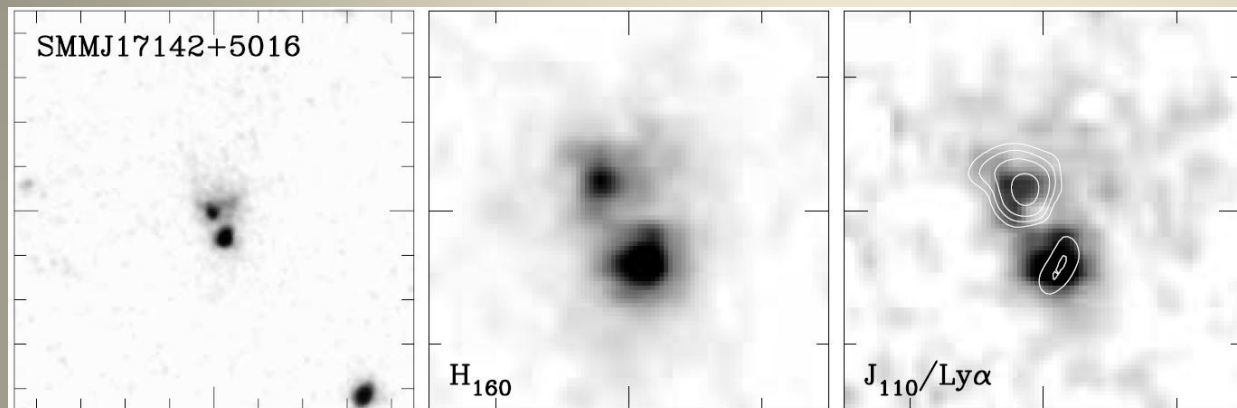


- near IR spectroscopy: (Motohara2001a)
=>[OIII]の輝線比などから
Seyfert2 AGNっぽい



3.2.Results : Morphology

- No18の特徴: multiple component, 広がったLy α halo
⇔ 可視で明るい他のSMGでも観測されてる性質



north is up
左: B, V, Iの三色合成(rest UV)
1 辺9" (70kpc)
中: H(rest 470 Å ⇔ optical)
1 辺3" (23kpc)
右: J(rest 320 Å) + Ly α contour
1 辺3" (23kpc)

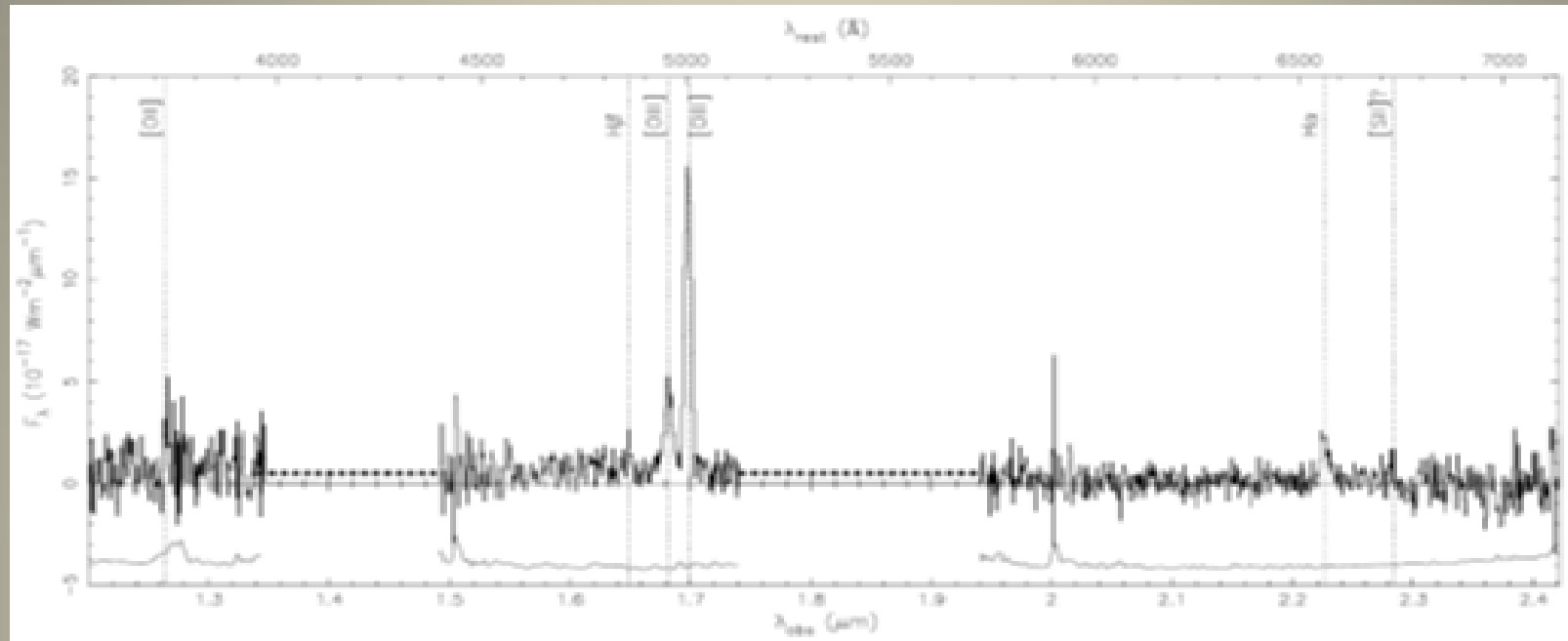
- north componentは青く広がっており、southern componentは赤くコンパクト
- Ly α の大半はnorth componentから。西側に噴き出してる？

⇒ north componentの構造に対する推測

星質量は小さい/潮汐残骸 or dustに包まれたAGNの散乱光

※radio mapを重ねてNo18のどこから電波が出ているのかも興味深いが、radio mapにそれだけの位置決定精度がない...

3.3.Results : スペクトル特徴 (rest UV/optical)



SPECTRAL PROPERTIES OF SMM J17142+5016/No. 18

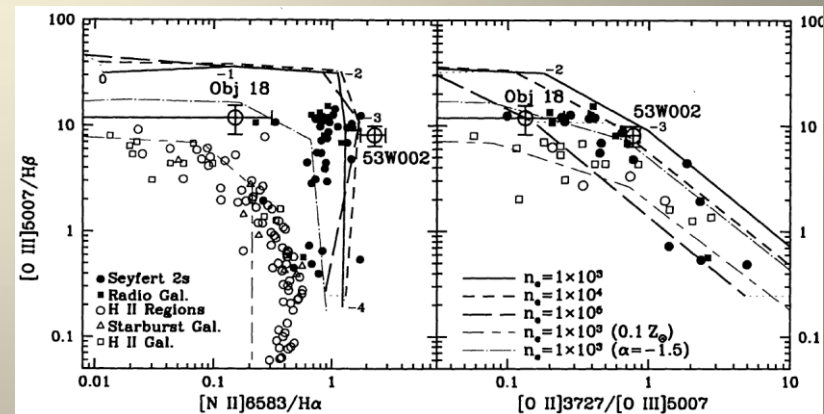
Line	λ_{obs} (Å)	λ_0 (Å)	z^a	Flux ($\times 10^{-19} \text{ W m}^{-2}$)	Comments
Ly α	4124.9	1215.7	2.393	4.7	K02
[O II].....	12651.5	3727.4	2.394	1.2 ± 0.2	
H β	16487.3	4861.3	2.392	0.54 ± 0.20	
[O III].....	16817.1	4959.0	2.391	3.22 ± 0.10	
[O III].....	16975.6	5006.9	2.390	10.5 ± 0.3	
H α	22260.1	6562.8	2.392	1.96 ± 0.05	Blended with [N II]
	22248.9	6562.8	2.390	1.4 ± 0.1	Deblended

^a Systematic uncertainties in the redshifts from the wavelength calibration are ± 0.004 for the J/H -band spectra and ± 0.002 for the K -band lines.

3.3.Results: スペクトル特徴 (rest UV/optical)

- $H\alpha$ と $[OIII]$ 輝線は二次元スペクトル中で空間方向に広がり(1"~2")
更に $[OIII]5007$ は異なる空間毎に $200\sim 300\text{km/s}$ の速度勾配あり
- $H\alpha + [NII]flux = (1.96 \pm 0.5) \times 10^{-19} Wm^{-2}$: from OHS spectrum
 $6.3 \times 10^{-19} Wm^{-2}$: from narrow band imaging(Keel2002)
=> $H\alpha + [NII]$ の空間的な広がりを支持(スリットに全体が入ってこれない)
- $H\alpha$ と $[NII]$ を gaussian fit で分離 => $[NII]/H\alpha = 0.4 \pm 0.1$
: 普通の星形成銀河の値に近い
- color: 輝線の continuum への寄与を考慮して continuum の color 求めた
Bの25%: $Ly\alpha$, Jの10%: $[OII]$ 、 $H\beta + [OIII]$: Hの45%、 $H\alpha + [NII]$: Kの30%
=> $B-I=1.6$, $I-K=2.7$, $J-H=1.3$, $H-K=0.6$
z=2.4の若い星種族からなる系と consistent

- rest UVスペクトルに星の強い吸収線なし
=> UV光はAGNの寄与大きい
- 輝線診断: $[OIII]/H\beta$, $[OII]/[OIII]$, $[NII]/H\alpha$
Seyfert 2 AGN か low metallicity starburst



3.4.Results: 遠赤/電波の性質

- ・No18の全波長域にわたるSED作成
:よく研究されたSMG/dusty luminous 銀河と比較
=>No18は典型的なultra luminous infrared galaxy

(ULIRG)

一番近いのはSMMJ09431+4700

($z=3.39$ のnarrow line Seyfert1)

- ・SFR推定

-from 850 μ m flux: $T=38K, \beta = 1.5$ のダストスペクトルを仮定

=> $dust\ mass \sim 10^8 M_{sun}$ 、 $dust\ luminosity\ L_{bol} = (8 \pm 2) \times 10^{12} L_{sun}$

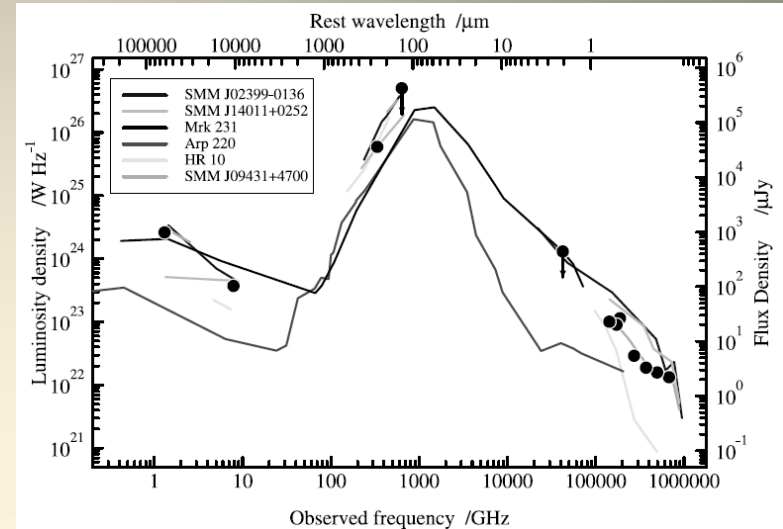
=> $SFR \sim 750 M_{sun} yr^{-1}$ (for $M \geq 5 M_{sun} star$), $4 \times 10^3 M_{sun} yr^{-1}$ (for $M \geq 0.1 M_{sun}$)

-from H α flux: H α luminosity = $0.3 \sim 1 \times 10^{36} W$ をKennicutt law: $SFR \propto L(H\alpha)$ に代入

=> $SFR = 10^2 \sim 10^3 M_{sun} yr^{-1}$

AGN寄与がある程度あると考えると、Pascarella96aでB,Vから求めた値: $SFR \sim 10 M_{sun}$
よりかなり大きい

=> UV光がdustによる吸収をかなり受けている



4. Discussion : No18について

- southern component: 点源AGNがdominant . OHSスペクトルからSey2 AGN
 - northern component: continuum弱いがLy α で広がってる
- SF region? 潮汐残骸? 南側AGNの散乱光により照らされてる?

MMTスペクトルでCIV検出してることから有力

総合的には

「AGNと星形成中の母銀河とdustによる減光、散乱が入り混じった複雑な系」

- 50kpc以上の広がりを持ったLy α halo (H α , [OIII]も広がってる)
- : 西側に伸びた構造: 空間的速度勾配のあった[OIII]の広がり方向と同じ
- ⇒ その方向(northern componentの中心から西方向へ)にgasが運動してる
- 潮汐相互作用もしくはwindによって!

可能性

dustで隠されたstar burst → super windによる広がり → 衝撃電離

(Taniguchi&Shioya2000)

※こうしたことを検証するための追観測: 8m級望遠鏡による面分光 → 動力学的な解析(特にnorthern component)はやる価値がある!

4. Discussion : SMGの性質

- ・SMGのultra luminous activityの物理機構はいまだ不確か
but No18というSMG中にAGNがいるという事実
=>SMGのfar IRでの明るさの要因の一つとして「AGN heated dust」
SF heated dustとの分離が困難・・・
ただしSMGはX線でほとんど受かってない
=>全波長域でAGN componentがdominantではないだろう
- ・環境依存性の議論
: 原始銀河団という環境下にSMGがいた！(1個だが)
=>「SMG=massive Esの形成途中のphase」という理論を支持

5.Conclusion

- ・分光同定された初めてのSMG=No18を発見
- ・morphology的には他のSMG(merger/tidal featureあり)とよく似てる
- ・OHSスペクトル→Sey2 narrow line AGN (radio quiet)
- ・遠赤データ→ $SFR \sim 10^3 M_{sun} yr^{-1}$
- ・広がったLy α /H α halo→star burst起因のsuper wind?
(もしそうなら、近傍銀河の形成にも影響与えそう)
- ・53W002領域は多様な銀河種族が狭い視野内に集まったおもしろい領域
: SMG/ultra luminous narrow line AGN(No18), powerful radio galaxy(53W002),
broad-line AGNs(QSOs), LAEs