

2009/9/11 TAO NIR-CAM ワークショップ @ 三鷹

# TAO近赤外観測装置による 遠方銀河団・銀河群の大規模探査

小山佑世 (東京大学・天文学教室)

# Outline

---

- \* なぜ銀河団観測か？
- \* 現状の理解と問題点・次のステップ
- \* TAOへの期待

# 銀河団

---

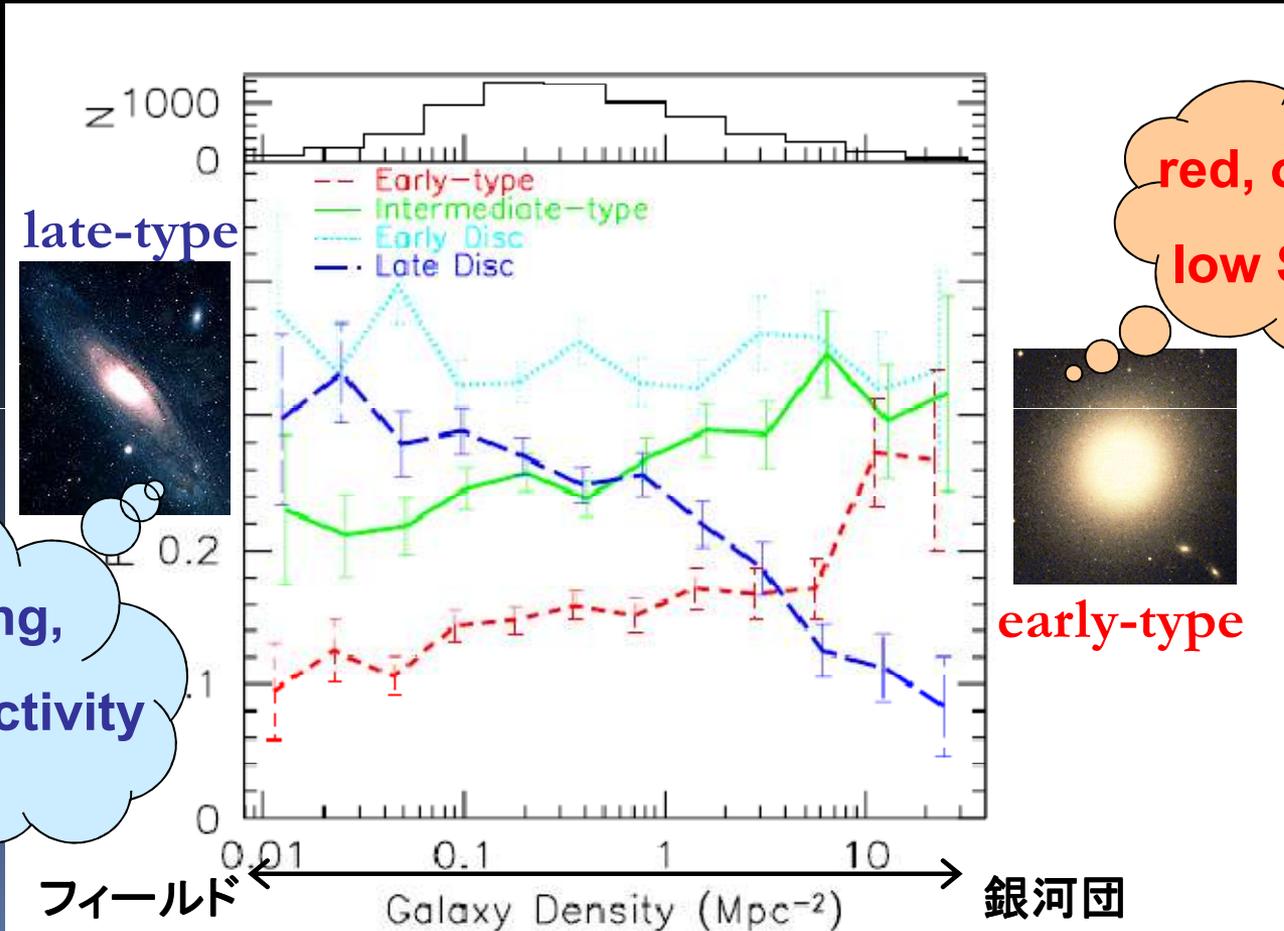
現在の宇宙の銀河団は、すでに星形成活動を終えた赤い楕円銀河やS0銀河（早期型銀河）に満ちている。



Coma cluster ( $z=0.024$ )

# 銀河の性質と環境の関係

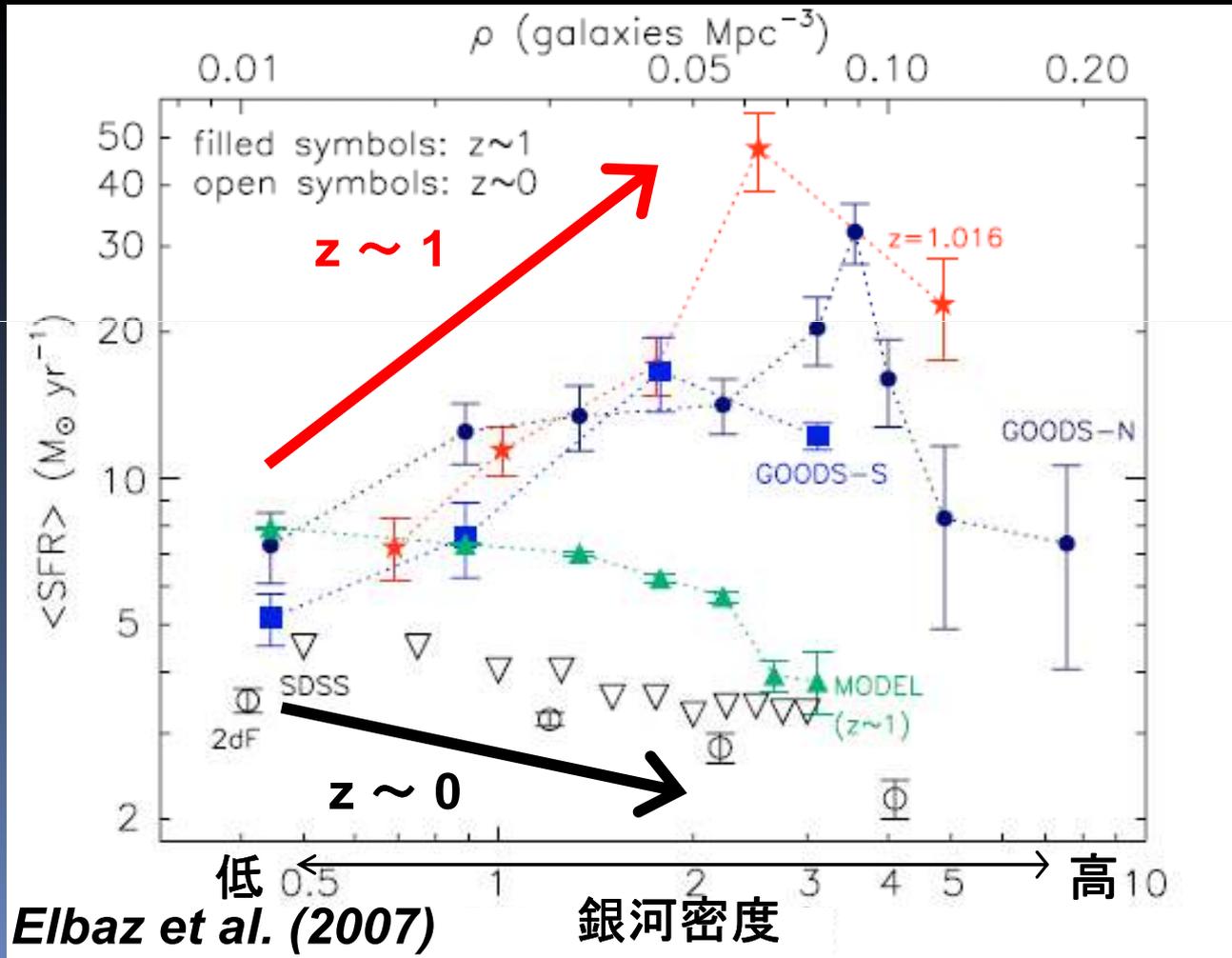
形態－密度相関 ( $z=0$ ) from SDSS galaxies (Goto et al. 2003)



高密度な領域ほど早期型銀河が多く、一般に星形成活動は弱い。

# $z \sim 1$ 銀河の星形成活動と環境の関係

星形成活動と環境の関係は  $z=0$  の傾向とは逆の傾向を示す。  
 $z=1 \rightarrow 0$  で高密度環境の星形成活動は劇的に変化した？





# Panoramic Imaging and Spectroscopy of Cluster Evolution with Subaru (PI : T.Kodama)

~10 X-ray detected clusters at  $0.4 < z < 1.45$

Class	Cluster	RA (J2000)	Dec (J2000)	$z$	$L_X$ $10^{44}$	Bands	Coordination
$z \sim 0.4$	CL 0024+1654	00 26 35.7	+17 09 43.1	0.39	3.2	$BRz'$ ,NB	ACS, XMM, Chandra
	CL 0939+4713	09 42 56.2	+46 59 12	0.41	9.2	$BVRI$ ,NB	XMM
	(RX J2228+2037)	22 28 36	+20 37 12	0.42	16.5	$BVRi'$	Chandra, S-Z
$z \sim 0.55$	MS 0451.6-0305	04 54 10.9	-02 58 07	0.54	12.0	$BVRI$	ACS (3.5'), Chandra, S-Z
	CL 0016+1609	00 18 33.5	+16 26 13.4	0.546	26.0 <sup>†</sup>	$BVRi'z'$	ACS (3.5'), XMM, Chandra, S-Z
	(MS 2053.7-0449)	20 56 21.8	-04 37 51.4	0.583	5.0	$BVRi'z'$	ACS (3.5'), XMM, Chandra, S-Z
$z \sim 0.85$	RX J1716.4+6708	17 16 49.6	+67 08 30	0.813	2.7 <sup>†</sup>	$VRi'z'$ ,NB	Chandra, Astro-F target
	(MS 1054.4-0321)	10 56 59.5	-03 37 28.4	0.83	20.0	$VRi'z'$	ACS (6'), XMM, Chandra, S-Z
	RX J0152.7-1357	01 52 42.0	-13 57 52.9	0.831	16.0	$VRi'z'$	ACS (6'), XMM, Chandra, S-Z
	(RX J1226.9+3332)	12 26 58.2	+33 32 49	0.9	53.0	$VRi'z'$	XMM, Chandra, S-Z
	(CL 1604+43)	16 04 28.3	+43 16 24.0	0.9	2.0	$VRi'z'$	ACS (6'), XMM
$z \sim 1.2$	RDCS J0910+5422	09 10 44.9	+54 22 08.9	1.11	2.1	$VRi'z'$	Chandra ACS(3.5')
	CL 1252-2927	12 52 54.4	-29 27 17.0	1.23	6.6	$VRi'z'$	ACS (6'), XMM, Chandra
	(RX J1053.7+5735)	10 53 43.4	+57 35 21	1.14	2.0 <sup>†</sup>	$VRi'z'$	ACS (6') XMM
	RX J0848.9+4452	08 48 46.9	+44 56 22	1.26	2.8	$BVRi'z'$	ACS (6'), XMM, Chandra
$z \sim 1.4$	(XMMU2235.3-2557)	22 35 20.6	-25 57 42.0	1.393	3.0	$VRi'z'$	XMM
	XMMJ2215.9-1738	22 15 58.5	-17 38 02.5	1.45	4.4	$VRi'z'$ ,NB	XMM

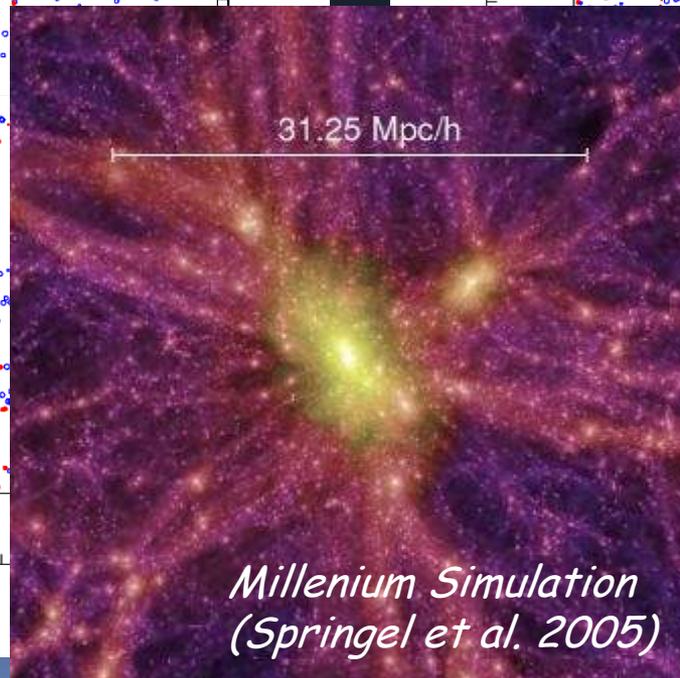
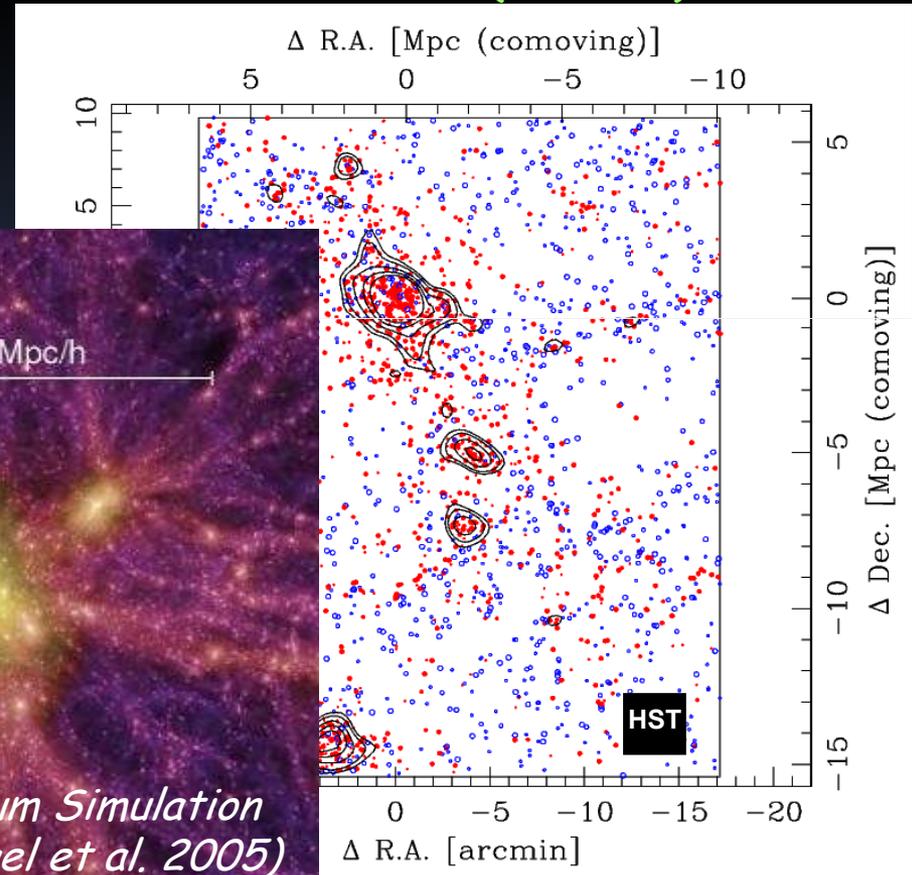
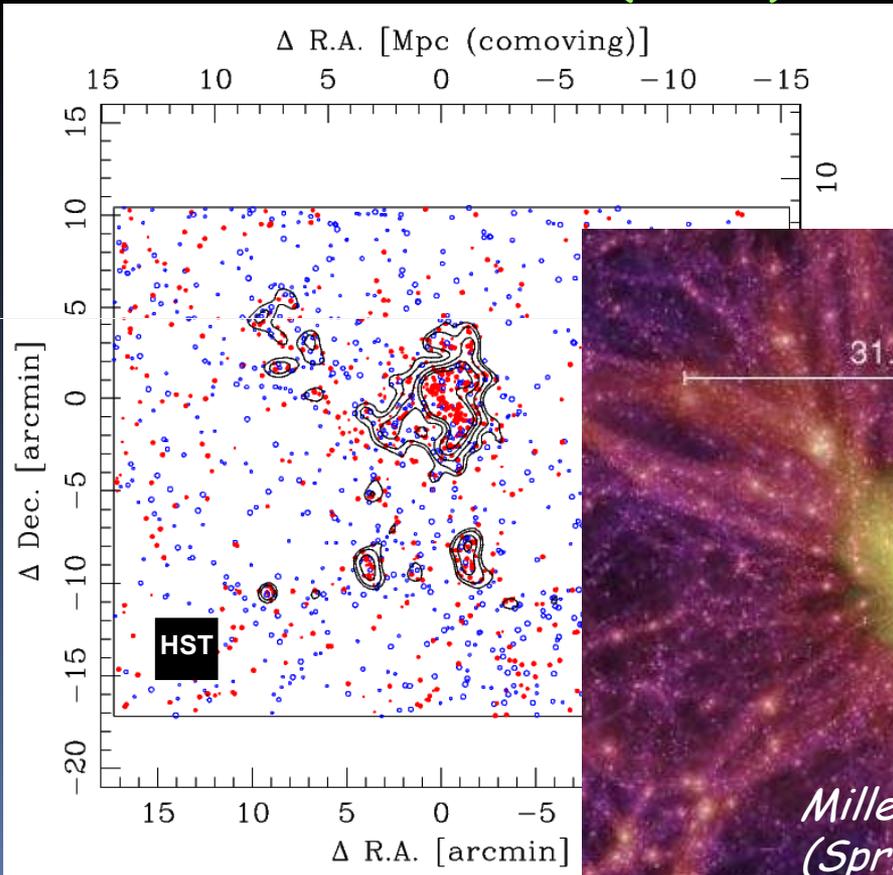


# 遠方宇宙の大規模構造

Spatial distribution of phot-z members ( $\Delta z = -0.05 \sim +0.03$ )

RXJ 0152.7-1357 (VRi'z')

CL 0016+16 (BVRi'z')



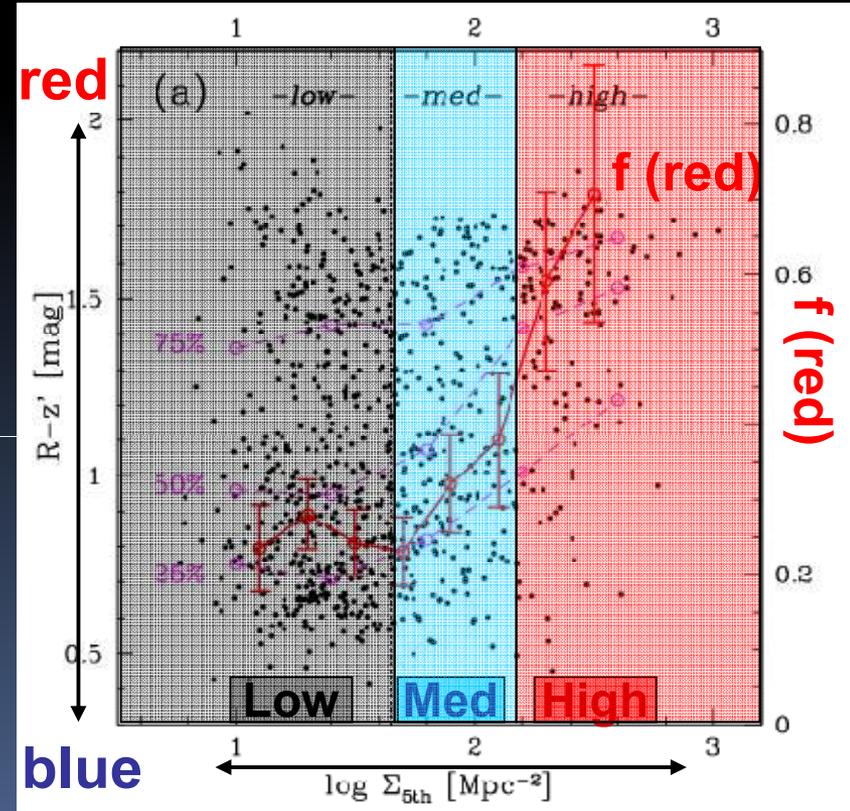
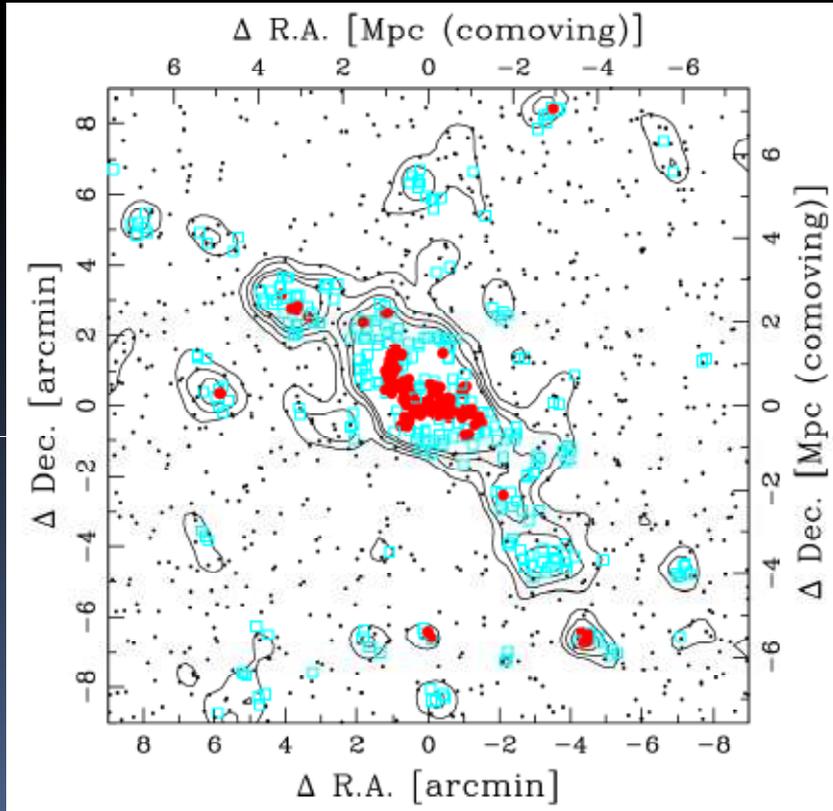
$z=0.83$  (7Gyr ago)

$z=0.55$  (5.4Gyr ago)

Kodama et al. (2005)

# 銀河団周辺部で銀河の性質が変化？

RXJ1716 銀河団 ( $z=0.81$ ) の例。(Koyama et al. 2008)



*med* = outskirts / group / filament

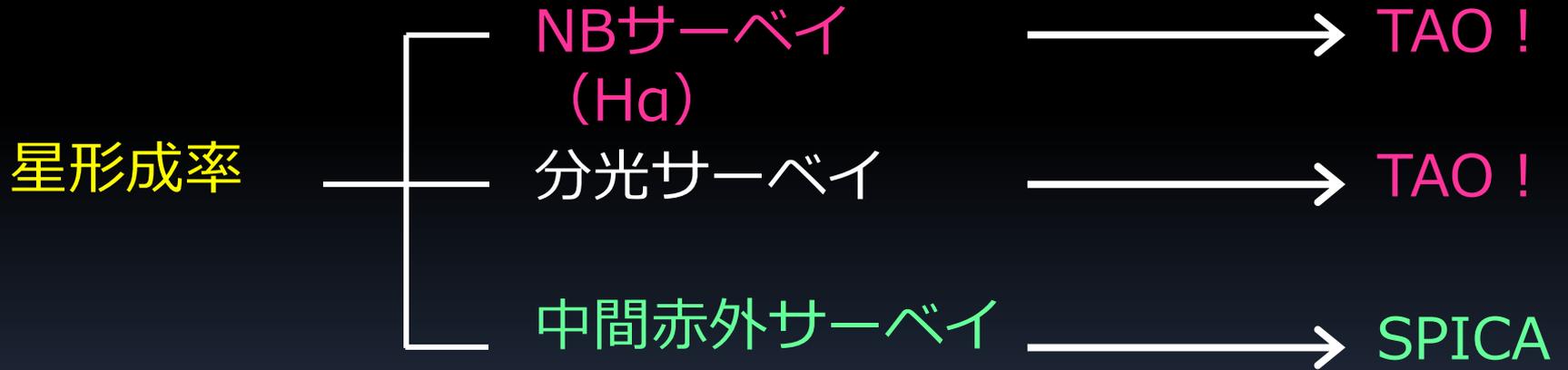
(銀河密度)

赤い銀河が銀河団周辺の中間的な密度環境で増え始めている。

銀河群・フィラメント環境で銀河の星形成が止まる!?

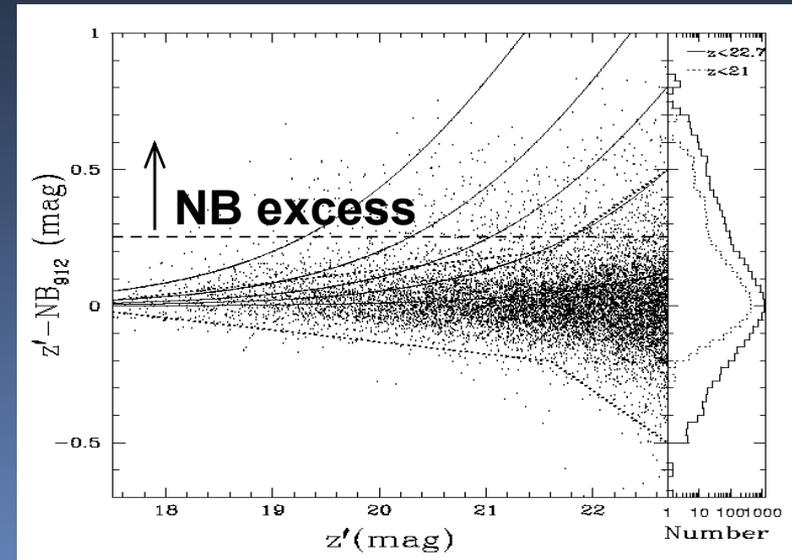
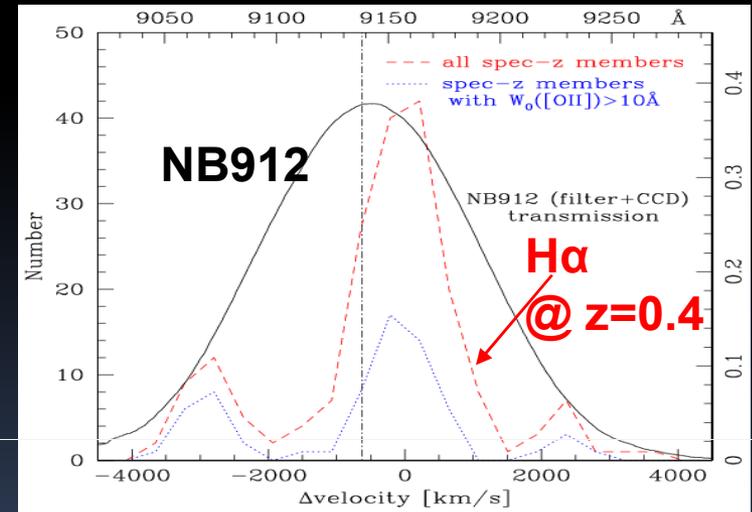
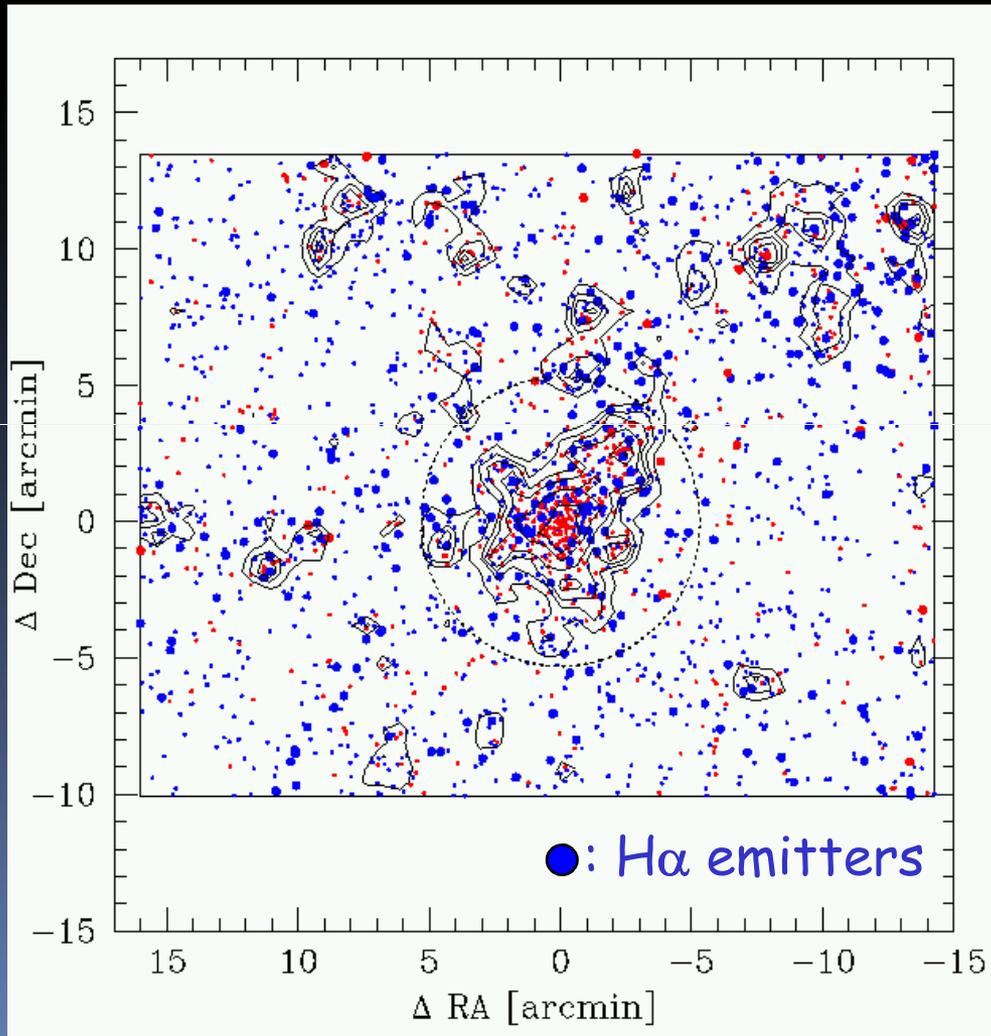
# 次のステップ：各銀河の物理量を正確に求める

---



# H $\alpha$ mapping of CL0024 Cluster (z=0.4)

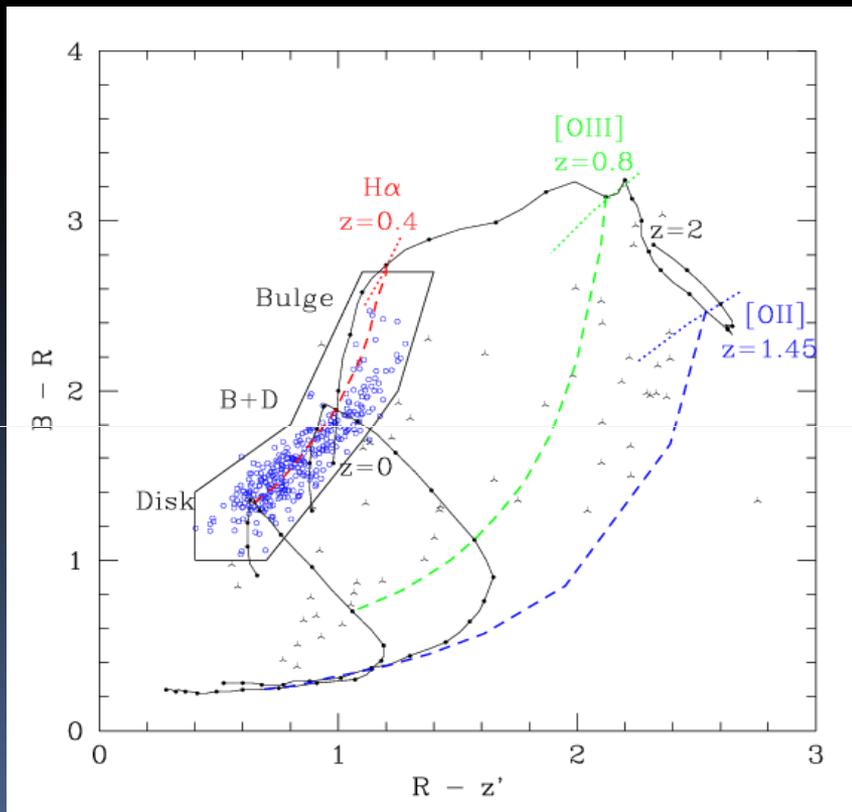
Suprime-Cam + BRz' and NB912 (FWHM=134Å=4000km/s)



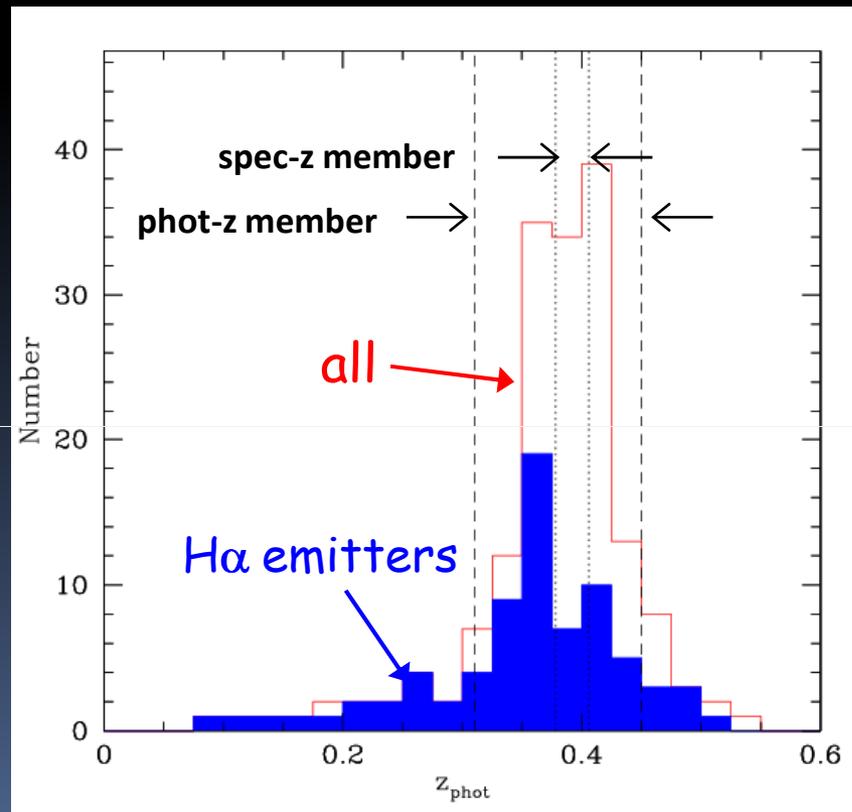
Kodama et al. (2004)

# 星形成銀河の選択 (広視野NBサーベイの利点)

## Colour selection of H $\alpha$ emitters



## Phot-z of the H $\alpha$ emitters



(Kodama et al. 2004)

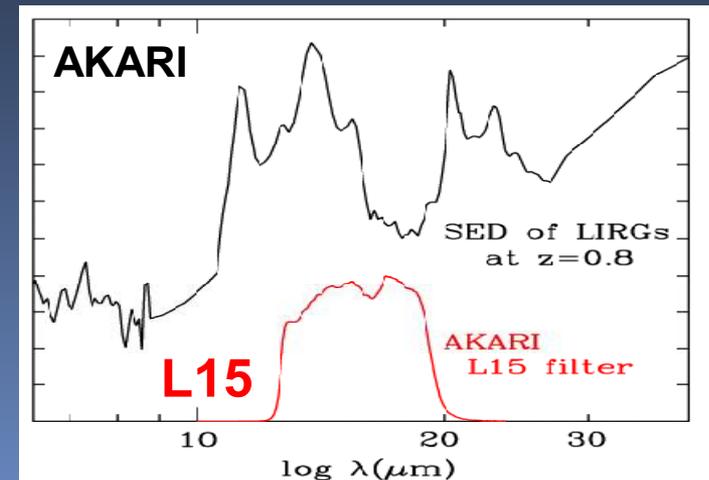
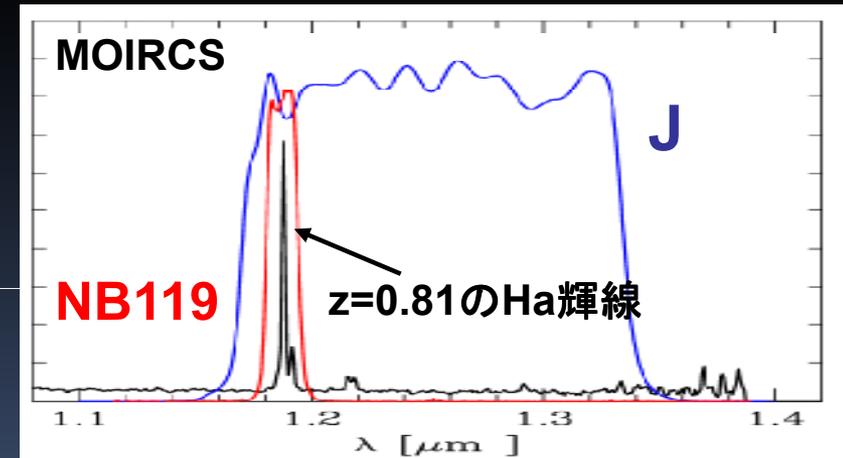
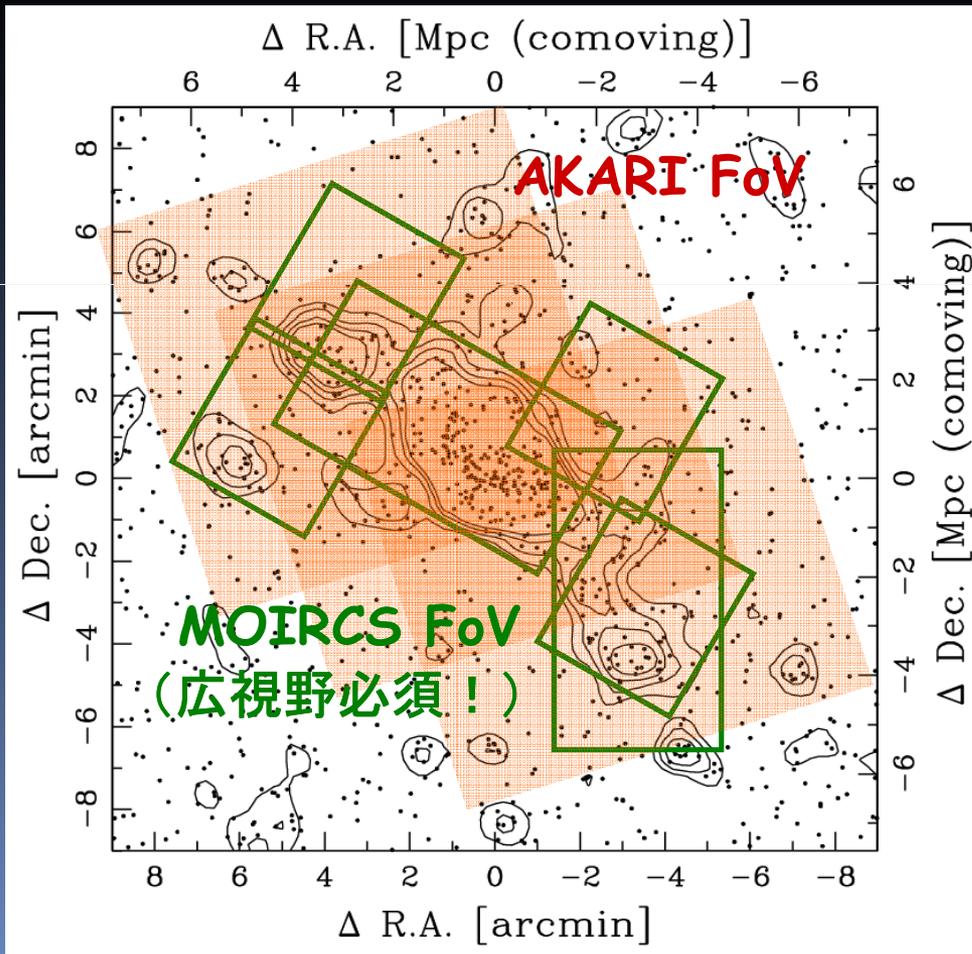
Phot-z の限界を超えて、星形成銀河をコンプリートに選び出せる。

TAO ならほぼ redshift の切れ目なく  $z > 2$  まで H $\alpha$  輝線サーベイを行える。

# ダストに埋もれた活動性を見逃さない工夫

## H $\alpha$ + MIR mapping of RXJ1716 cluster (z=0.8)

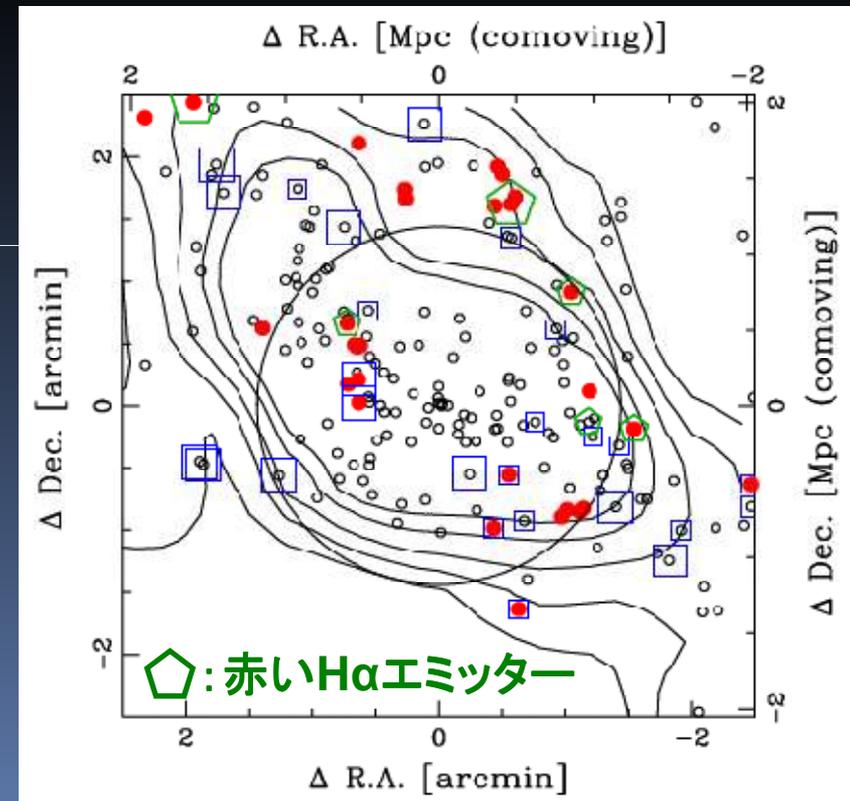
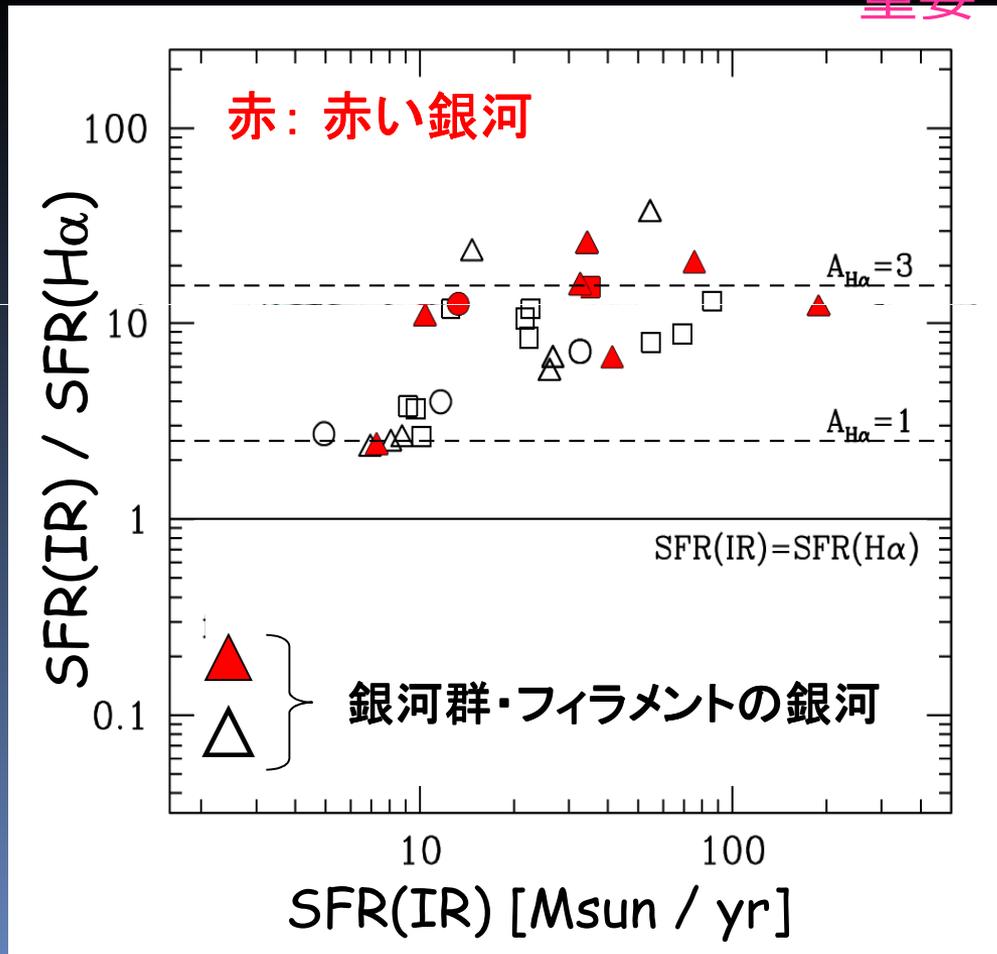
すばる S-Cam (V, R, i', z') MOIRCS (J, NB119) あかり IRC (3, 7, 15 $\mu$ m)



# ダストに埋もれた活動性を見逃さない工夫

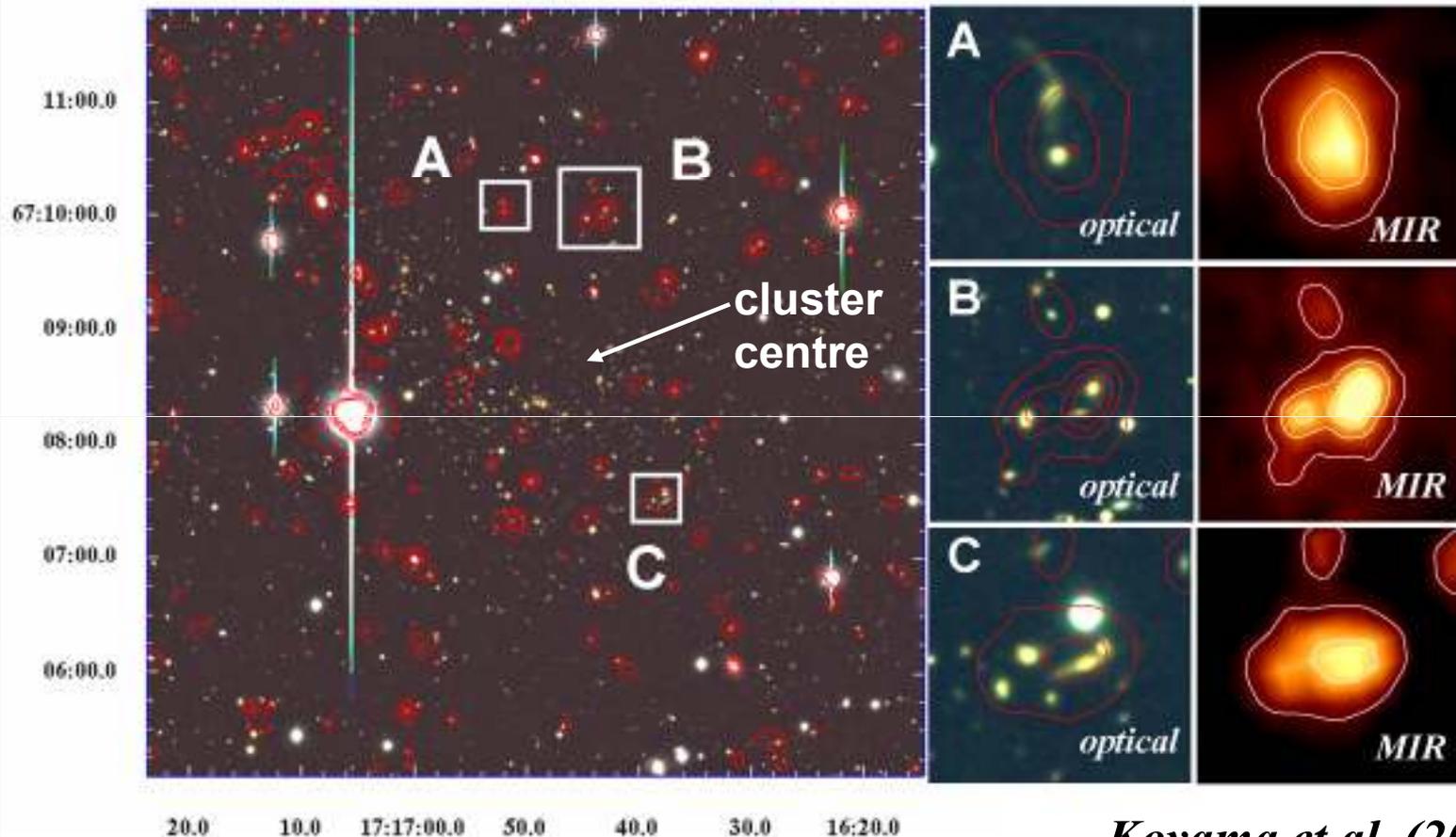
## H $\alpha$ + MIR mapping of RXJ1716 cluster (z=0.8)

ダスティー銀河の存在も無視できない。SPICAとのコラボレーション重要！



# 広視野 AO の魅力

*Image: Subaru optical / Contour: AKARI MIR*



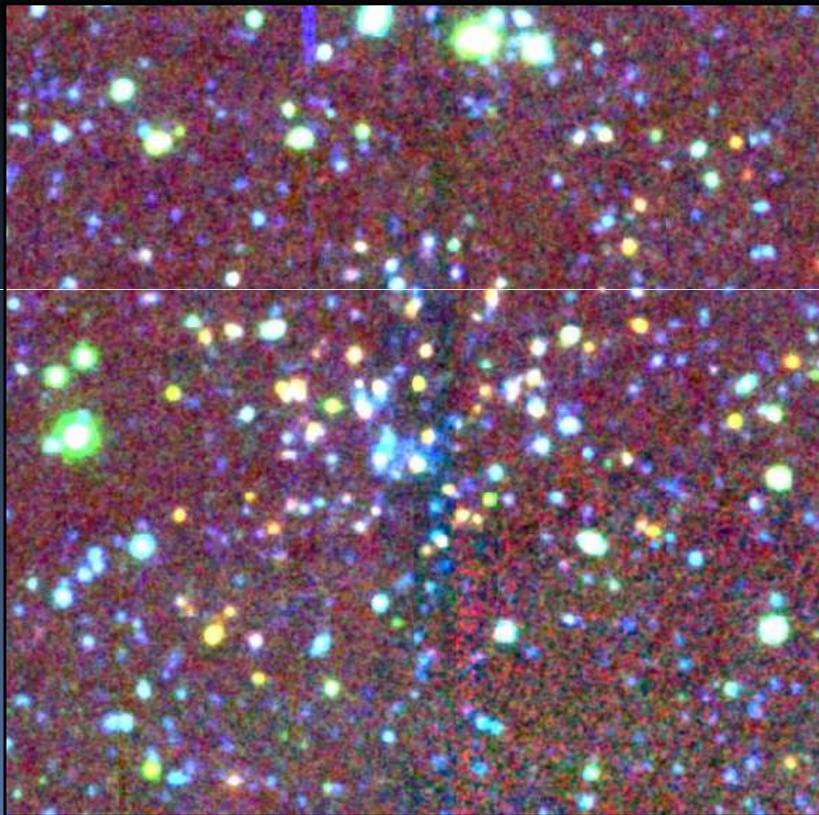
*Koyama et al. (2008)*

中間赤外で輝くような銀河はすべて合体/相互作用銀河なのか？  
z~1 の銀河群レベルまで詳細に銀河の形態調査がしたい

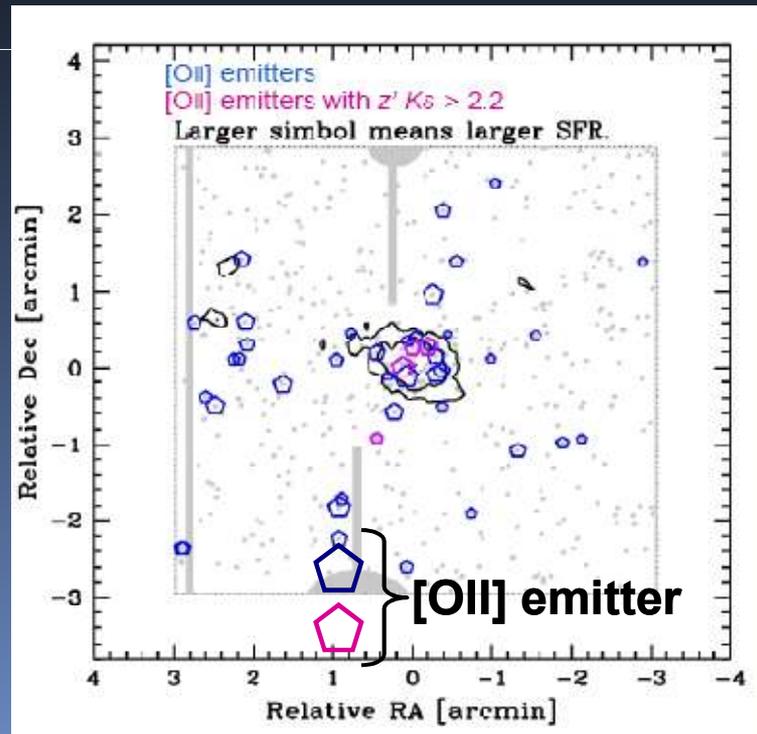
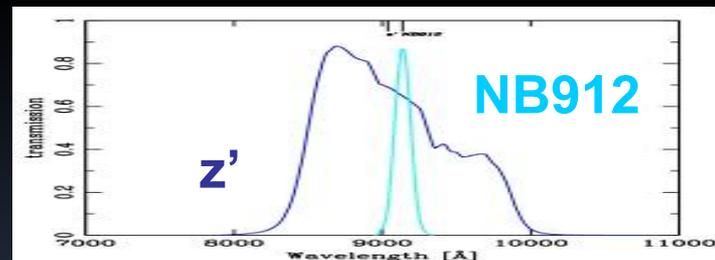
# $z \sim 1.5$ 銀河団における星形成活動

XCS2215 (X線最遠方銀河団,  $z=1.46$ ) の [OII] 輝線サーベイ。

[OII] 輝線銀河が銀河団の中心近くにも多く存在

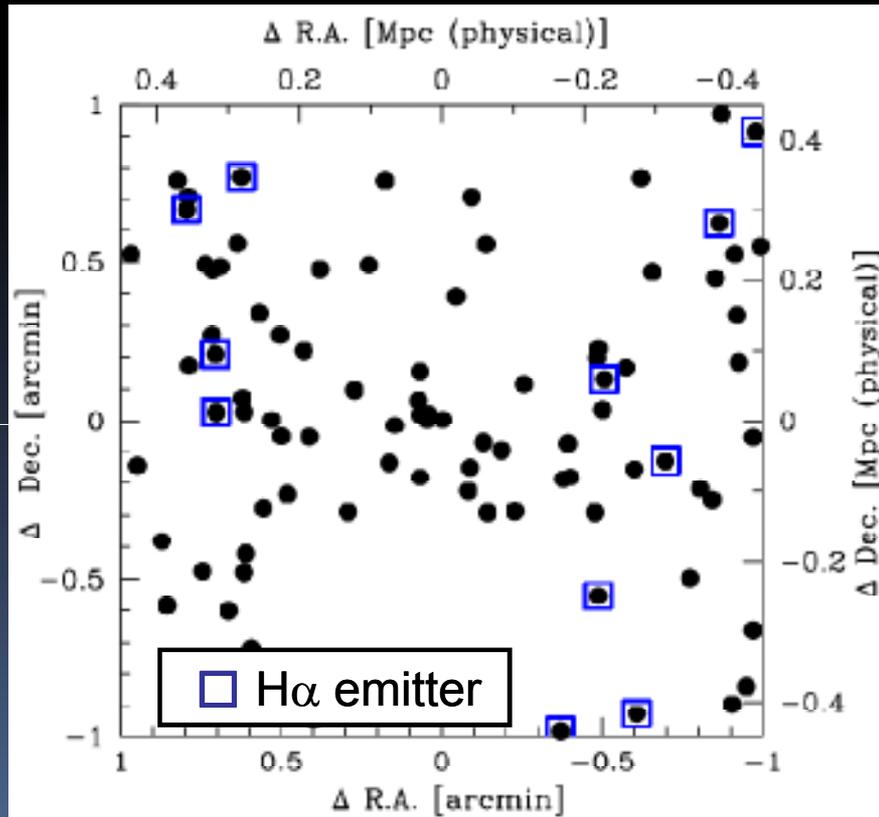


(Hayashi et al. 2009)



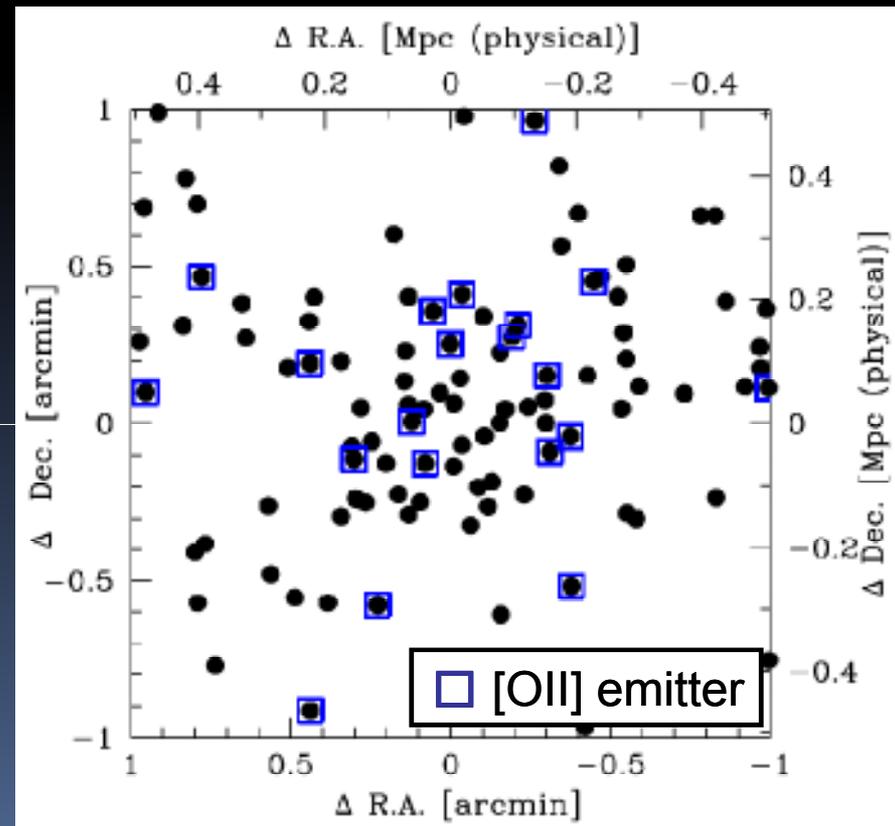
# $z \sim 1 - 2$ は銀河団形成の重要な時期か？

$H\alpha$  emitters at  $z=0.81$  (RXJ1716)



Koyama et al. (2009)

[OII] emitters at  $z=1.46$  (XCS2215)



Hayashi et al. (2009)

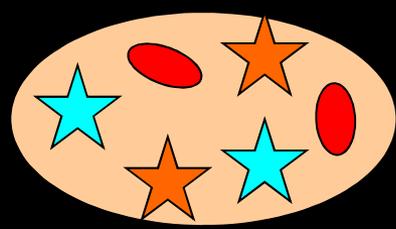
**Propagation of SF site? ( cluster core at  $z=1.5 \rightarrow$  outskirts at  $z=0.8$  )**  
 $z > 1$  銀河団も  $H\alpha$ 輝線での調査が必須。

● : passive red galaxy

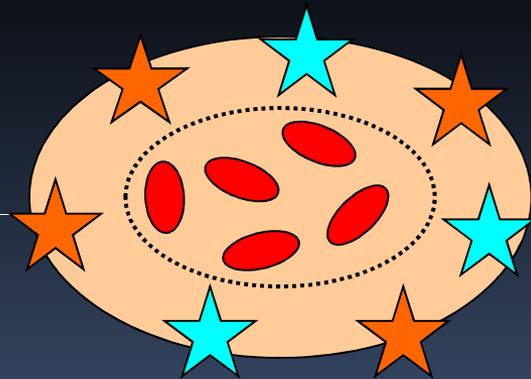
★ : normal SF galaxy

★ : dusty starburst

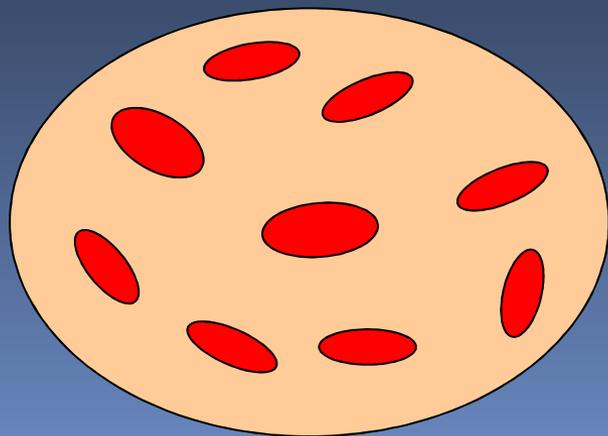
z=1.5



z=0.8



z=0



銀河団進化のイメージ (予想)

# まとめ：TAOへの期待 ( $z < 2$ の銀河団研究)

---

- ・ H $\alpha$ 輝線に基づく  $0.5 < z < 2.0$  の大規模構造に沿った銀河団・銀河群の星形成活動探査をしたい。
- ・ NBで銀河団とその周辺のH $\alpha$ 輝線銀河を一網打尽にする。チューナブルフィルターがあれば断然 Powerful。
- ・ 隠された星形成活動を見落とさない対策 → SPICA 連携
- ・ 広視野AOの威力を存分に使って形態の進化を見たい。