

南極望遠鏡で探る、遠方銀河団の 隠れた銀河BH形成

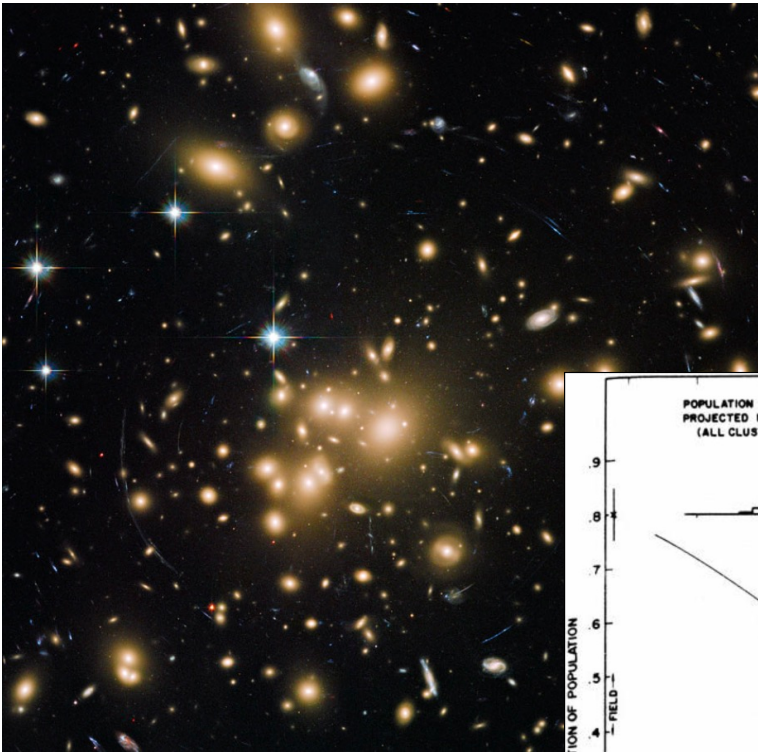
久保真理子（愛媛大学）

南極から遠赤外線-テラヘルツ波で探る宇宙 2022-03-14

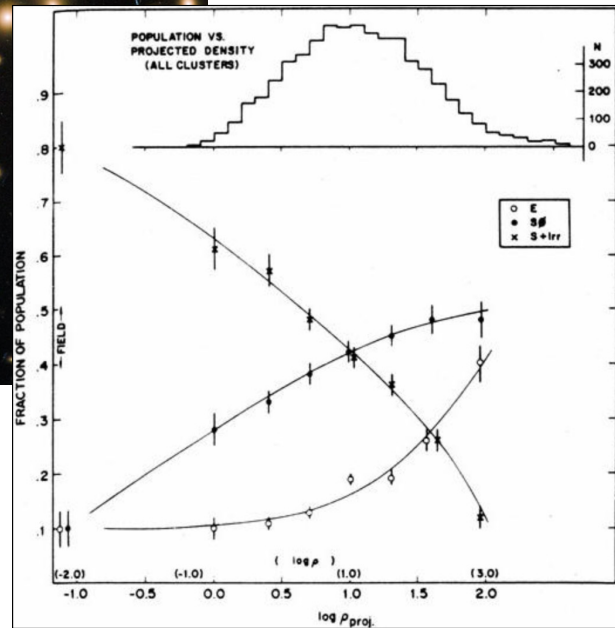
Table of contents

- 原始銀河団と隠れた星形成とAGN
- SPICAでの検討
- 南極望遠鏡への展望

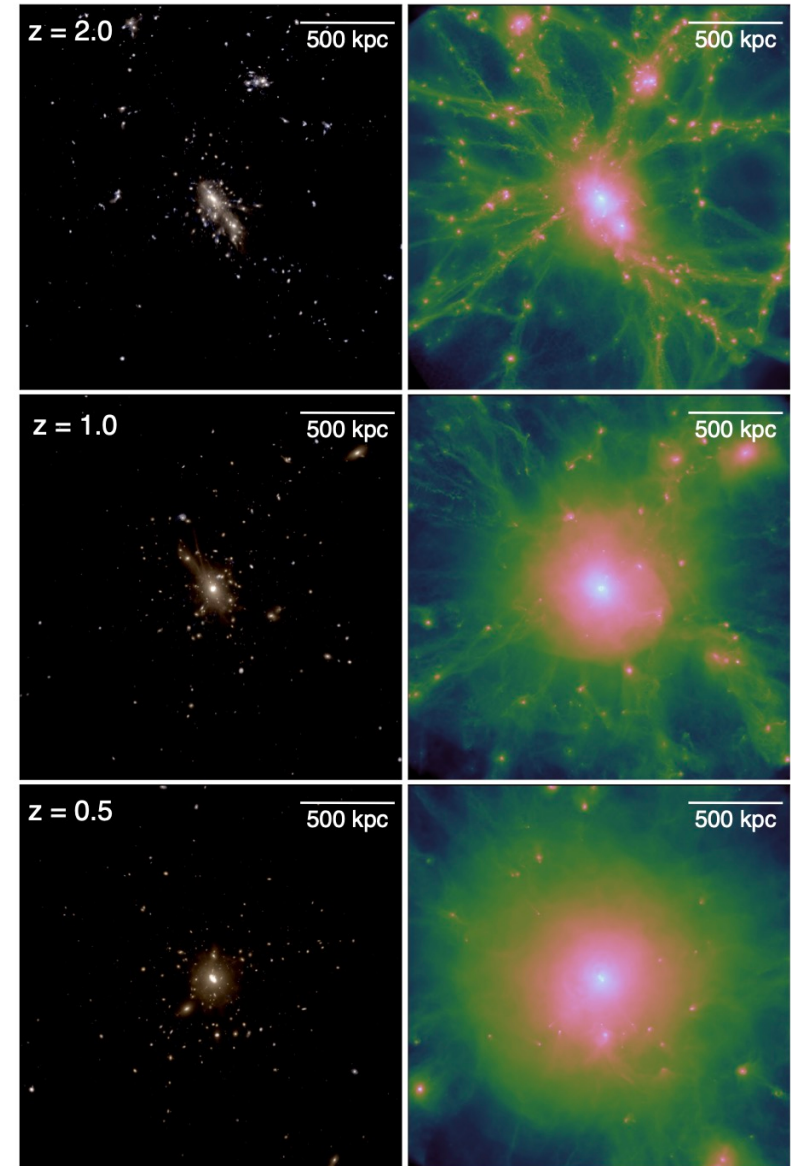
銀河の環境依存性



NASA, ESA, the Hubble Heritage Team (STScI/AURA), J. Blakeslee (NRC Herzberg Astrophysics Program, Dominion Astrophysical Observatory), and H. Ford (JHU)

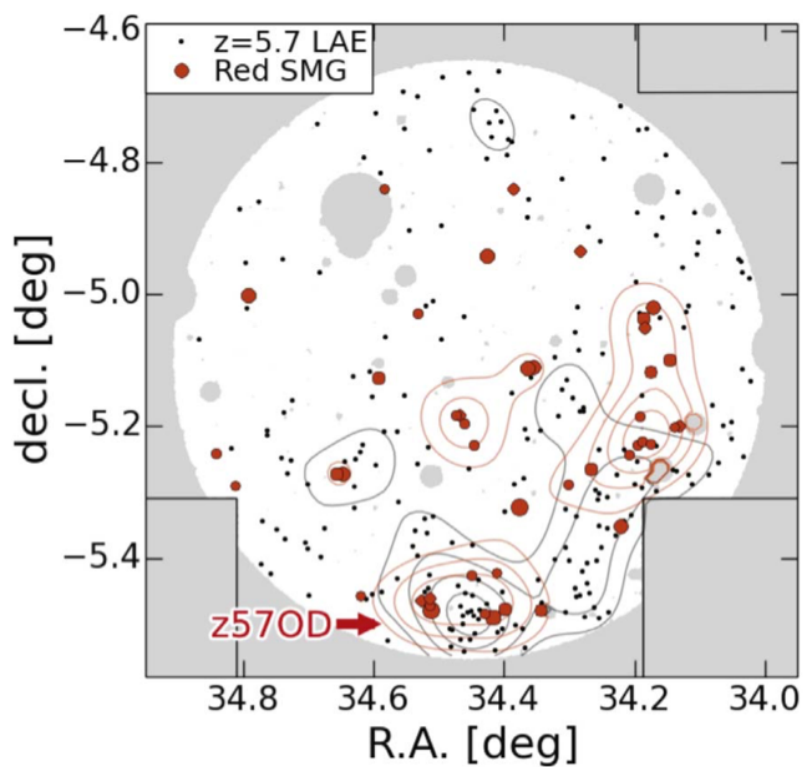


Dressler+80

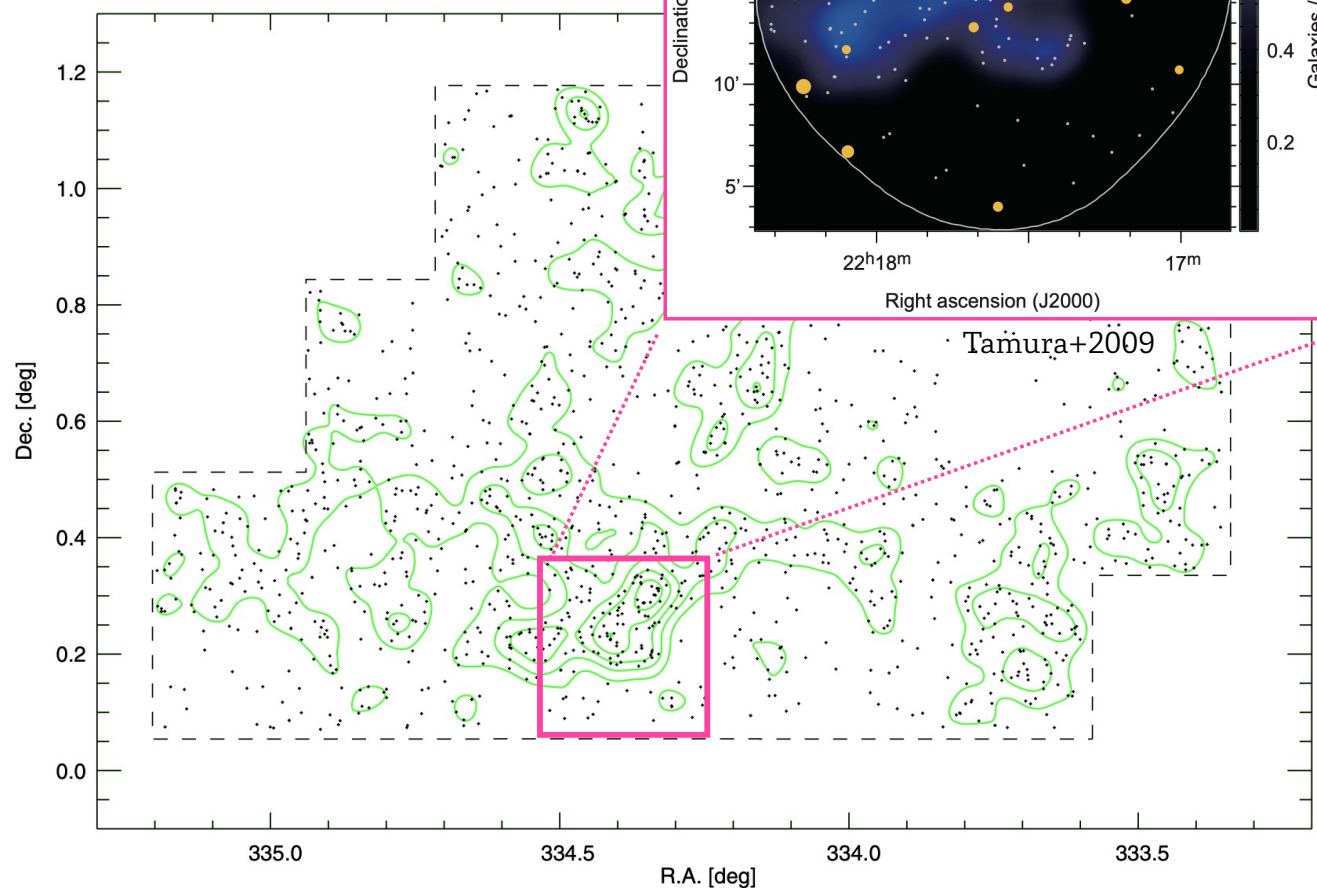


Tremmel +19

原始銀河団と隠れた星形成



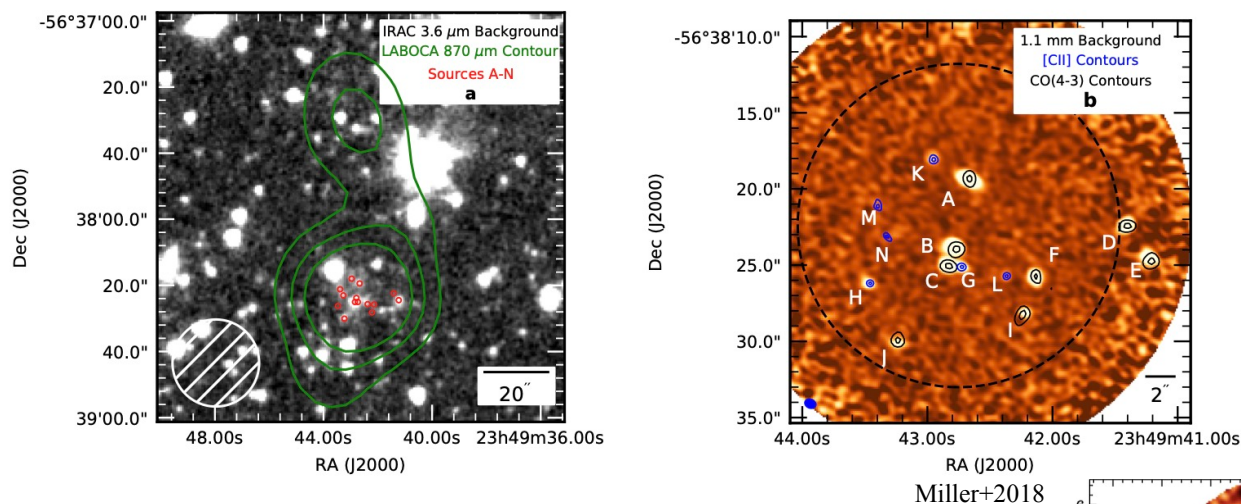
Harikane+2019



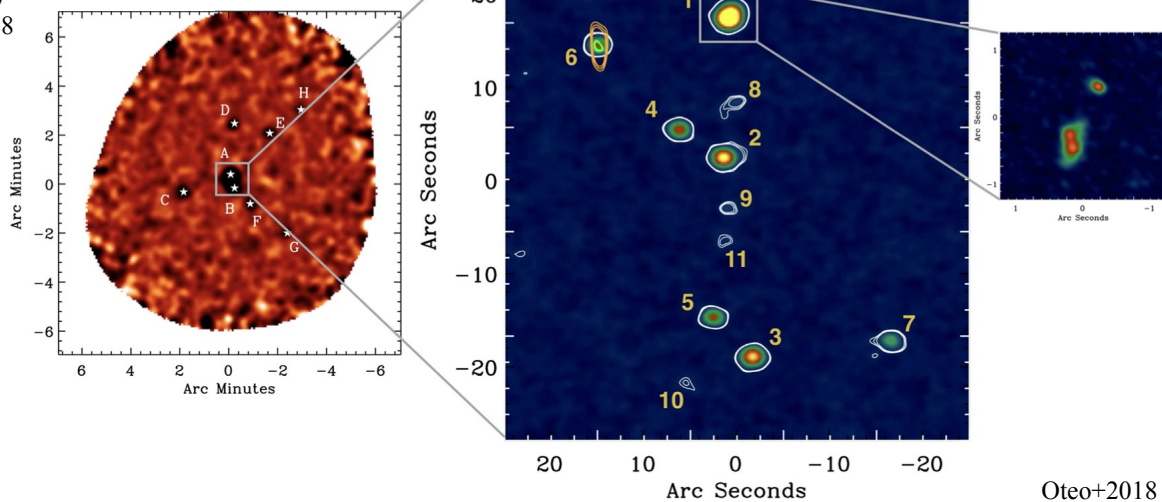
LAEs at $z=3.09$: Yamada+2012

原始銀河団と隠れた星形成

SPT, Herschel, Planck sourceとして発見された原始銀河団



SMGの群れがS_870 μm ~ a few 10 mJyのSingle sourceとして発見、高分解能+分光観測で同定 (SPT high- z bright点源の10%?, e.g., Wang+2020)。原始銀河団中心でBCGができた時期のレアなスナップショットだとされる。



Oteo+2018

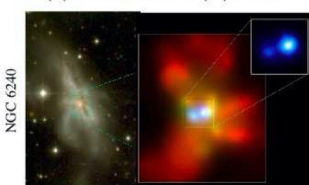
原始銀河団と隠れた星形成とAGN

(c) Interaction/"Merger"



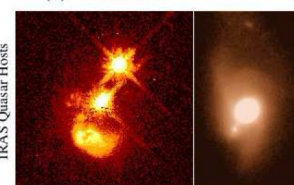
- now within one halo, galaxies interact & lose angular momentum
- SFR starts to increase
- stellar winds dominate feedback
- rarely excite QSOs (only special orbits)

(d) Coalescence/(U)LIRG



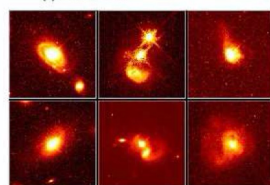
- galaxies coalesce: violent relaxation in core
- gas inflows to center: starburst & buried (X-ray) AGN
- starburst dominates luminosity/feedback, but, total stellar mass formed is small

(e) "Blowout"



- BH grows rapidly: briefly dominates luminosity/feedback
- remaining dust/gas expelled
- get reddened (but not Type II) QSO: recent/ongoing SF in host
- high Eddington ratios
- merger signatures still visible

(f) Quasar



- dust removed: now a "traditional" QSO
- host morphology difficult to observe: tidal features fade rapidly
- characteristically blue/young spheroid

(b) "Small Group"

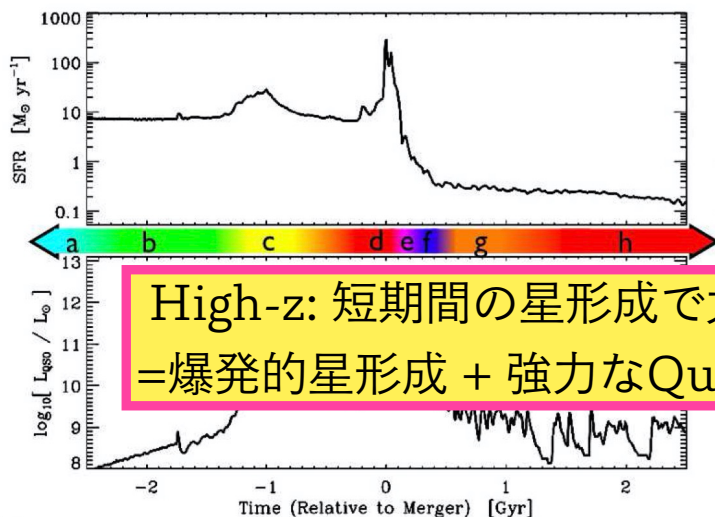


- halo accretes similar-mass companion(s)
- can occur over a wide mass range
- M_{halo} still similar to before: dynamical friction merges the subhalos efficiently

(a) Isolated Disk



- halo & disk grow, most stars formed
- secular growth builds bars & pseudobulges
- "Seyfert" fueling (AGN with $M_{\text{B}} > -23$)
- cannot redden to the red sequence



High-z: 短期間の星形成で大質量銀河に成長
=爆発的星形成 + 強力なQuenching (AGN?)

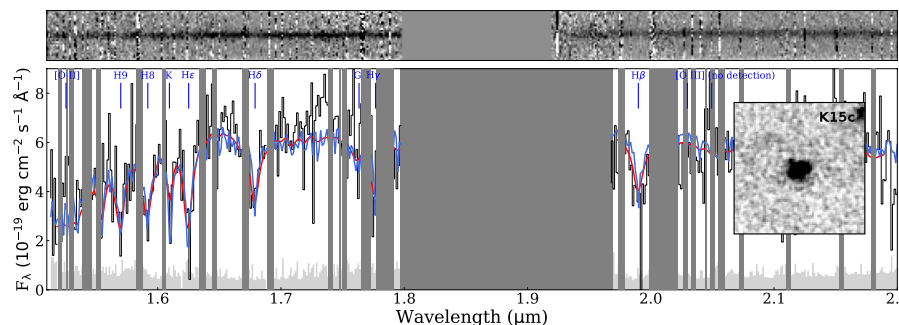
(g) Decay/K+A



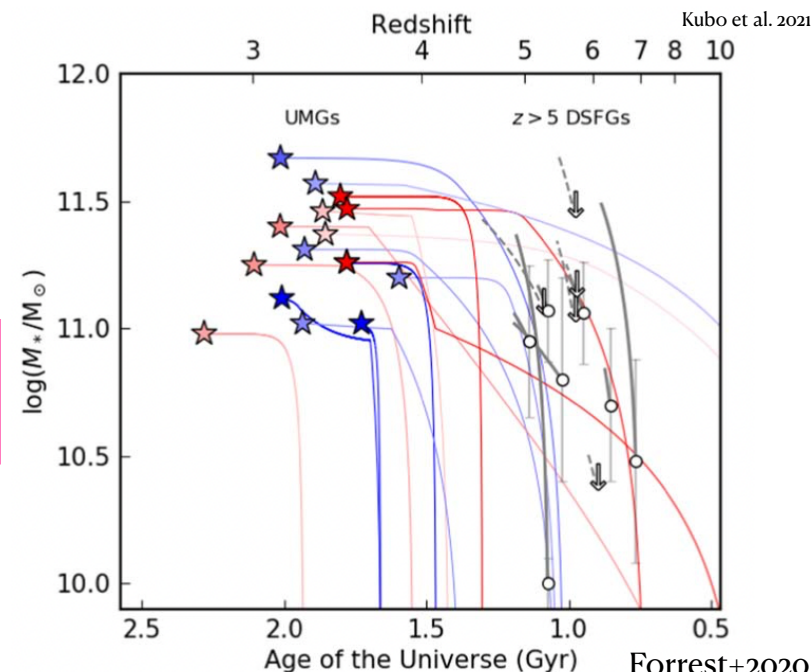
- QSO luminosity fades rapidly
- tidal features visible only with very deep observations
- remnant reddens rapidly (E+A/K+A)
- "hot halo" from feedback
- sets up quasi-static cooling



- star formation terminated
- large BH/spheroid - efficient feedback
- halo grows to "large group" scales: mergers become inefficient
- growth by "dry" mergers



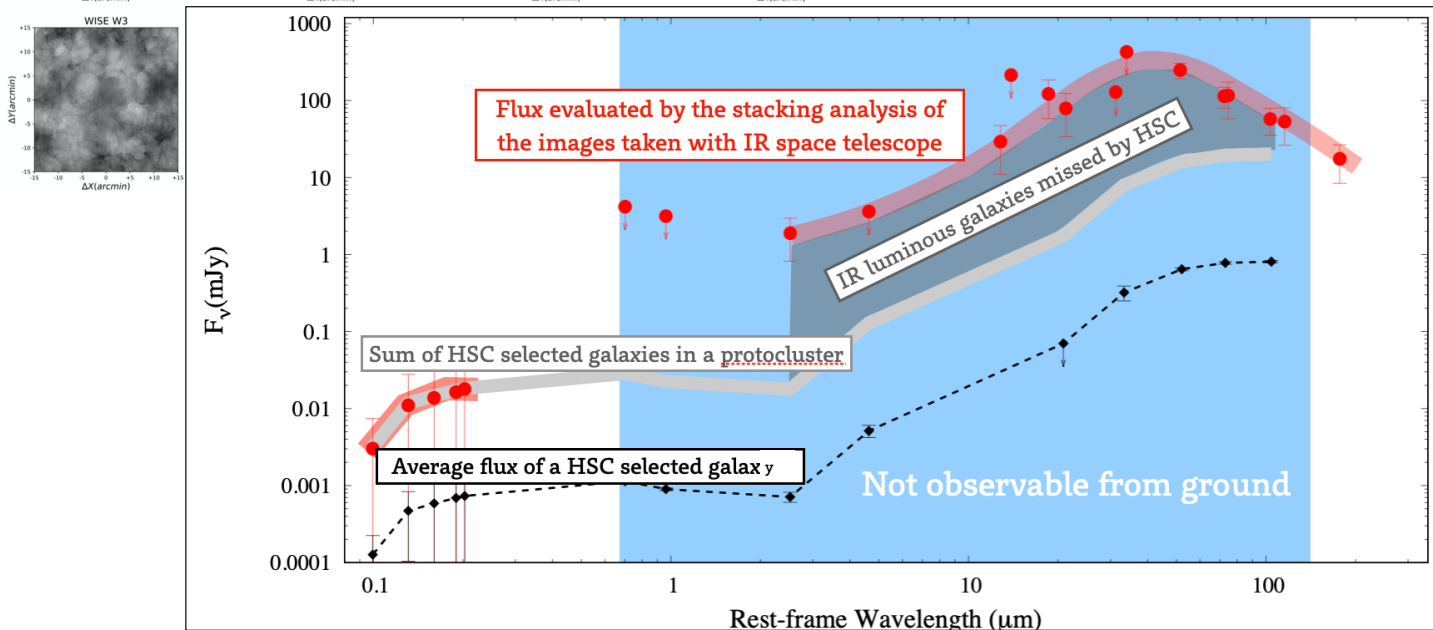
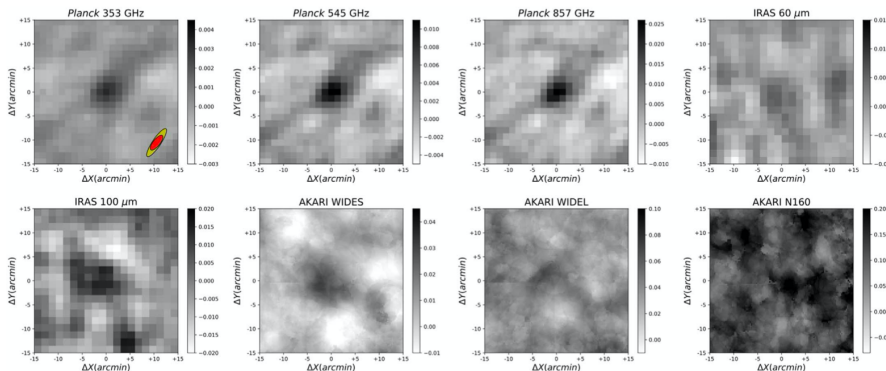
Kubo et al. 2021



Forrest+2020

Hopkins+2008

原始銀河団と隠れた星形成とAGN

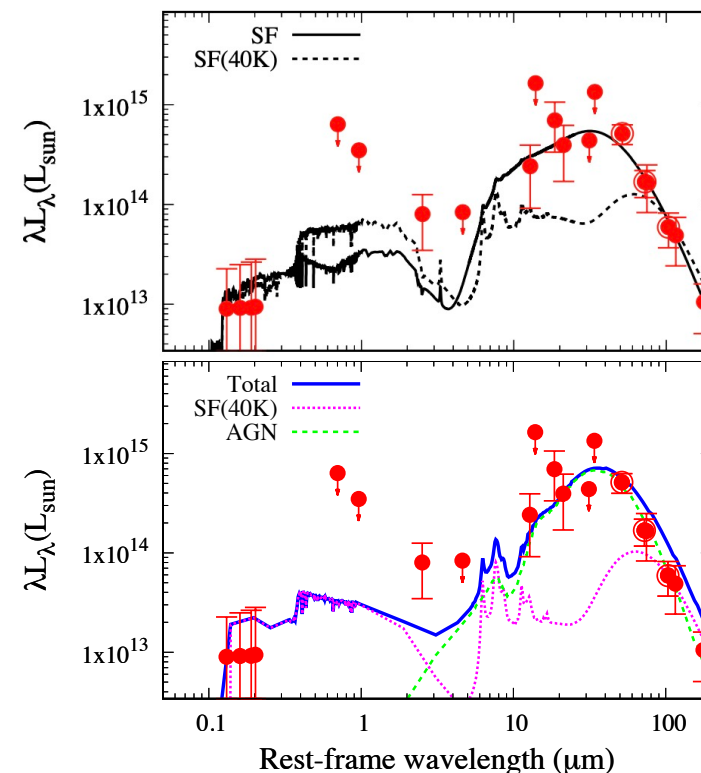


Kubo+2019

原始銀河団用のX線観測が必要で困難 + dusty (Kubo+2013)

可視光探査によって発見された $z \sim 4$ 原始銀河団の、赤外線全天観測スタック解析で見積もった、原始銀河団一つあたりの平均的総フラックス

AGN+starburst and/or young hot starburst?



SPICAでの検討

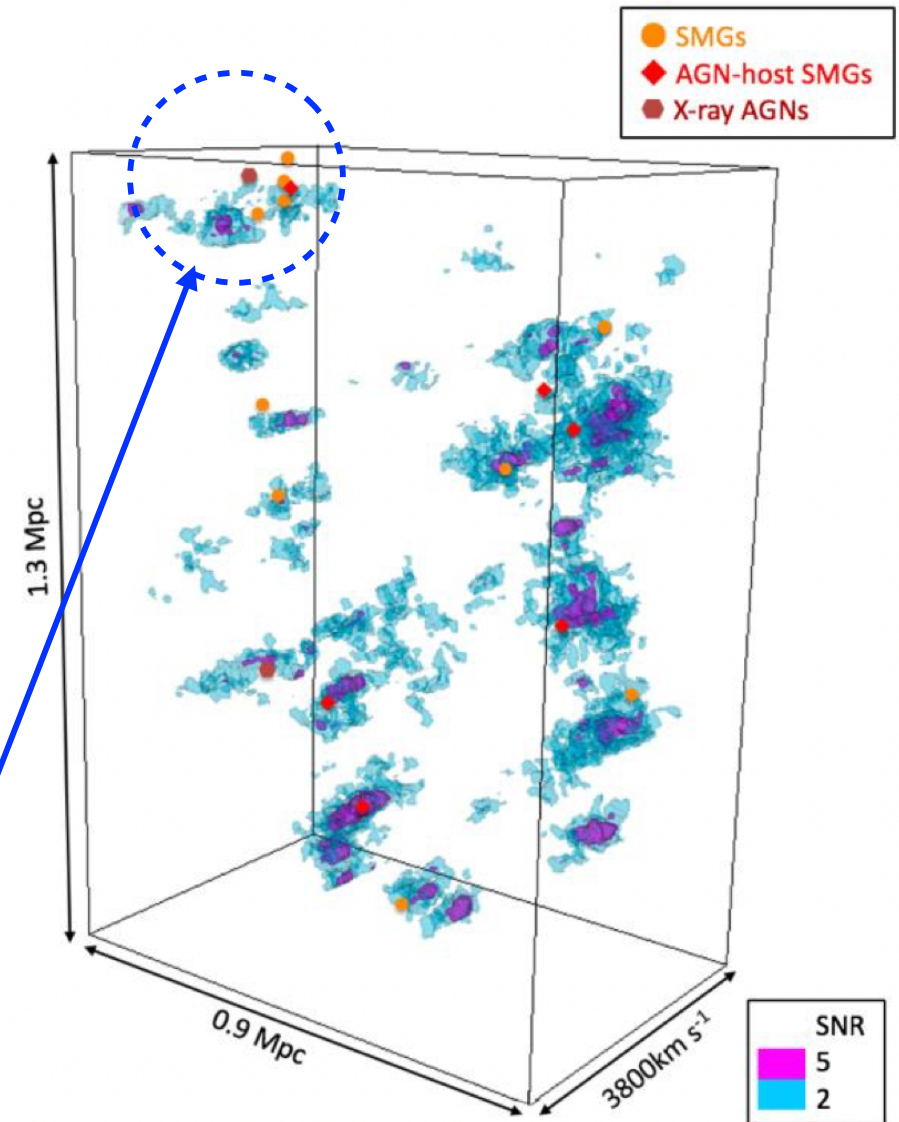
- 原始銀河団ではダスティな星形成・AGN活動も活発。ただし中遠赤外線観測がないと検出・切り分けは困難でSPICAが重要。
- SMI輝線・SAFARI赤外線撮像SED観測から、原始銀河団、遠方電波銀河の星形成活動・AGN活動の包括的理解を期待していた。
- 探査よりは既知の原始銀河団・遠方電波銀河周辺のフォローアップ。

表 3.1 銀河ブラックホール進化班の構成

氏名	所属	主な担当章節
泉拓磨	国立天文台	§ 3.1, 3.4
市川幸平	東北大学	§ 3.3
今西昌俊	国立天文台	§ 3.2
梅畑豪紀	理化学研究所	§ 3.3
久保真理子	国立天文台	§ 3.3, 3.7
竹内努	名古屋大学	§ 3.5, 3.7
田村陽一	名古屋大学	§ 3.6
鳥羽儀樹	日本学術振興会/京都大学	§ 3.5
長峯健太郎	大阪大学	§ 3.4
橋本拓也	筑波大学	§ 3.6
播金優一	日本学術振興会/国立天文台	§ 3.5
馬場俊介	日本学術振興会/国立天文台	§ 3.4
山下拓時	国立天文台	§ 3.3
和田武彦	宇宙科学研究所	装置性能について

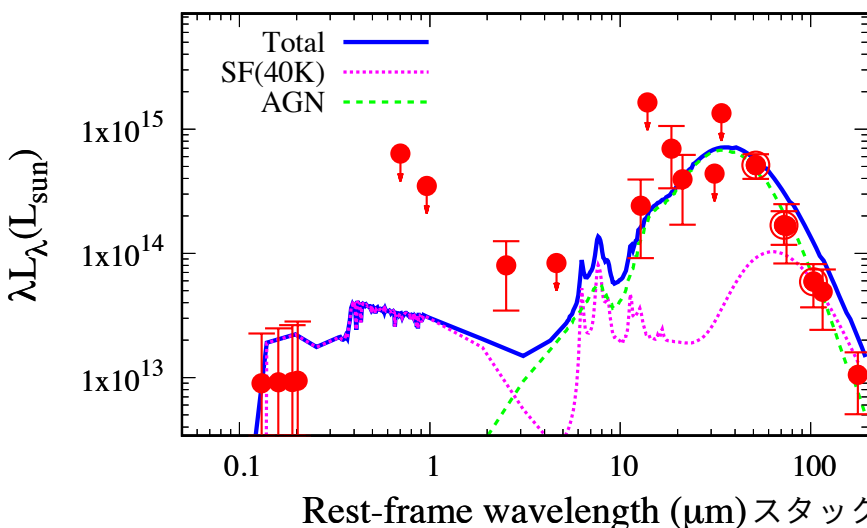
南極望遠鏡への期待

- 星形成もAGNも活発であり、遠赤外線SEDの制限が重要である。
- 面密度~a few per deg²。大規模構造が1degに渡って広がっていることも。広視野観測が重要。**統計的研究・原始銀河団探査**に期待。
- 原始銀河団では、複数のSMGが固まった領域がしばしば見られる。Single dishの浅い観測で1個の天体として検出できる。
- ただし、多様な銀河からなる銀河群を見ていることも。高分解能・多色のフォローアップ観測が不可欠である。

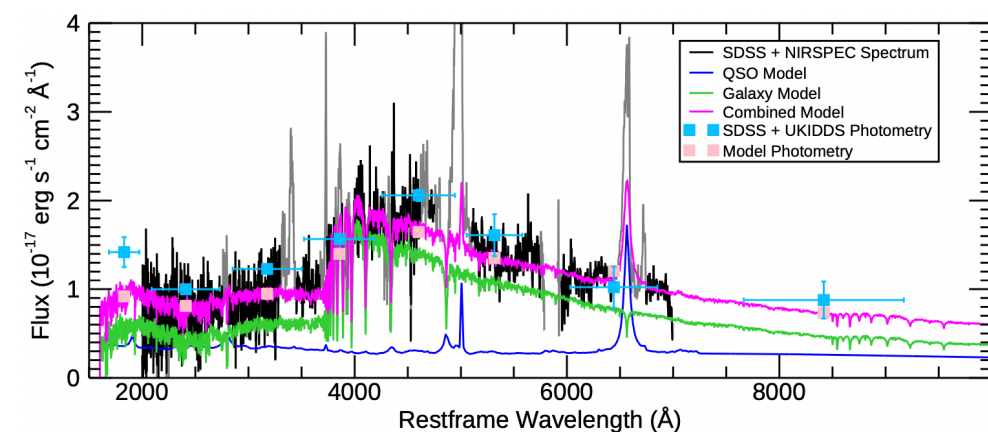


Ly α nebulaeに基づくIGM分布 vs. SMG分布: Umehata+2019

原始銀河団銀河赤外線SEDの解明



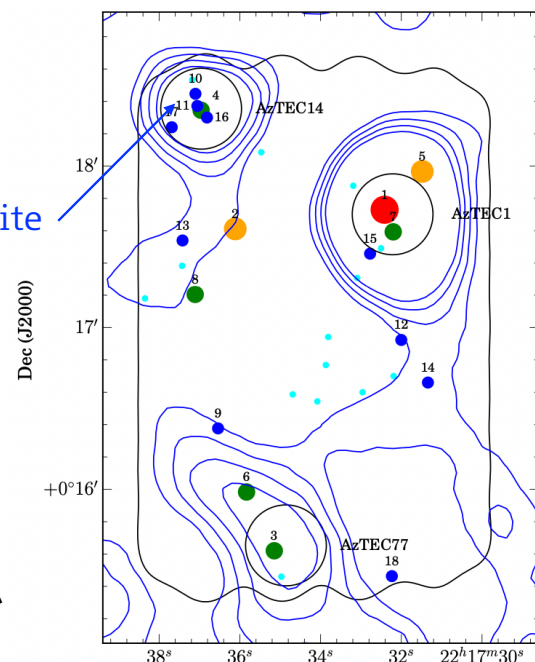
ダスト温度やSFRの推定には遠赤外線SEDが不可欠。
Post-starburst QSOのようなものも。
ただし、中間赤外線の輝線診断が使えないとAGN/星形成の
切り分けに不定性が残る。



Post-starburst QSO (Swiggum+2022)

AGN, QG, SMGのcomposite

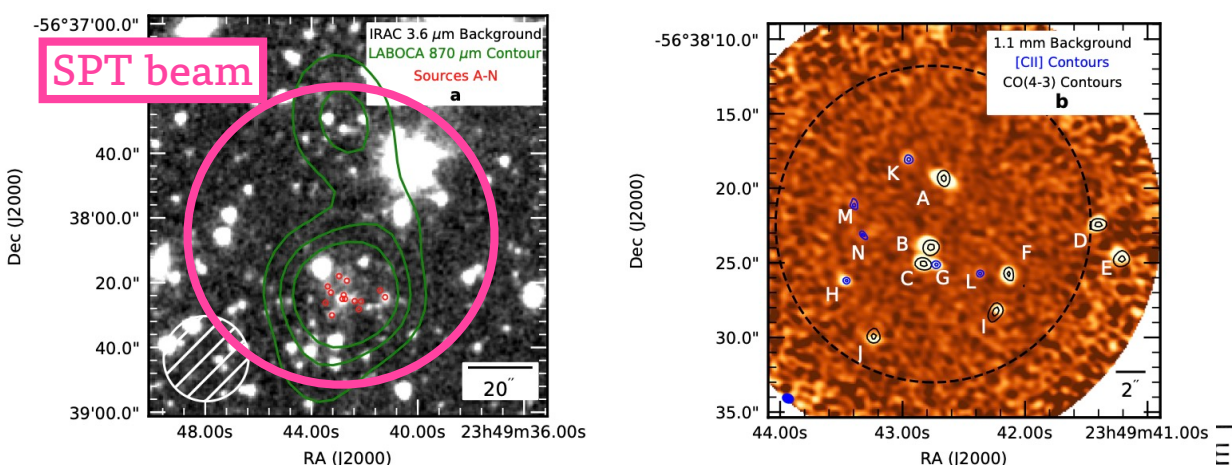
multiplicity が低い光度の
天体まで観測して個別天体
としてのSEDを評価したい



Umehata+2017

原始銀河団の大規模統計研究

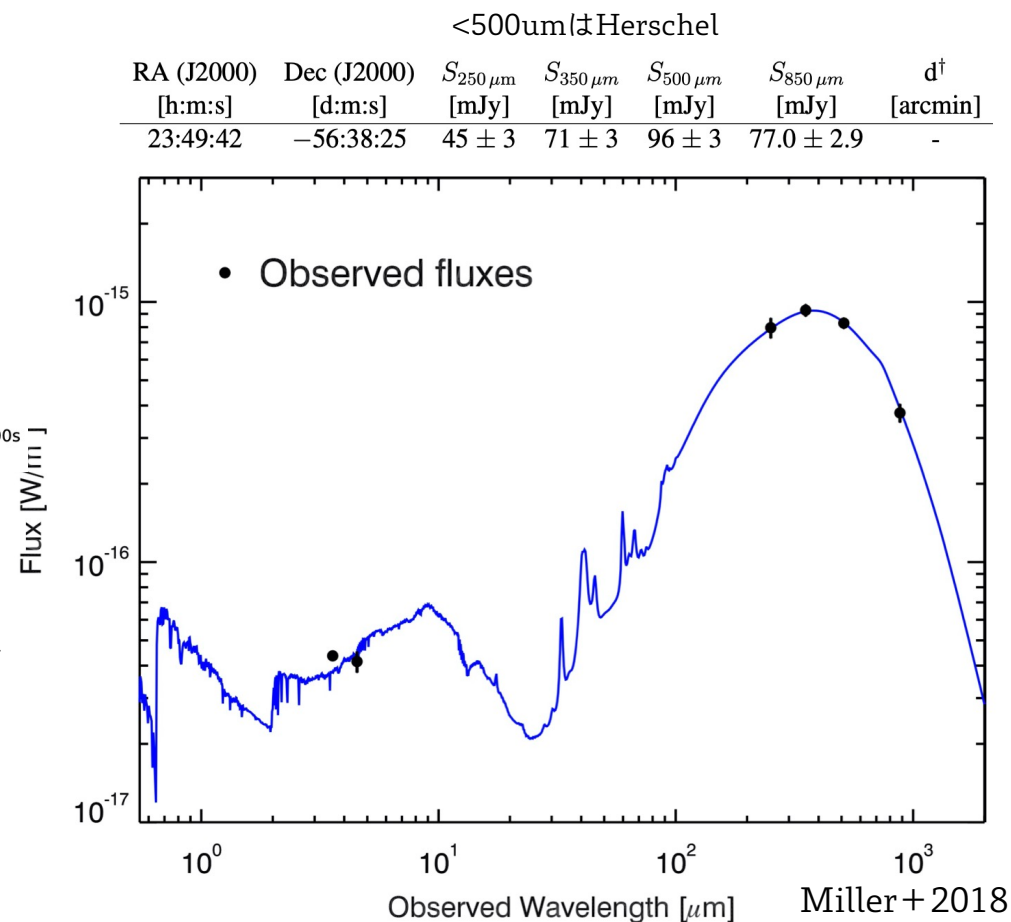
最も星形成が活発な時代の原始銀河団コア



F850 ~ 数10 mJyでSEDから遠方らしい点源として検出。

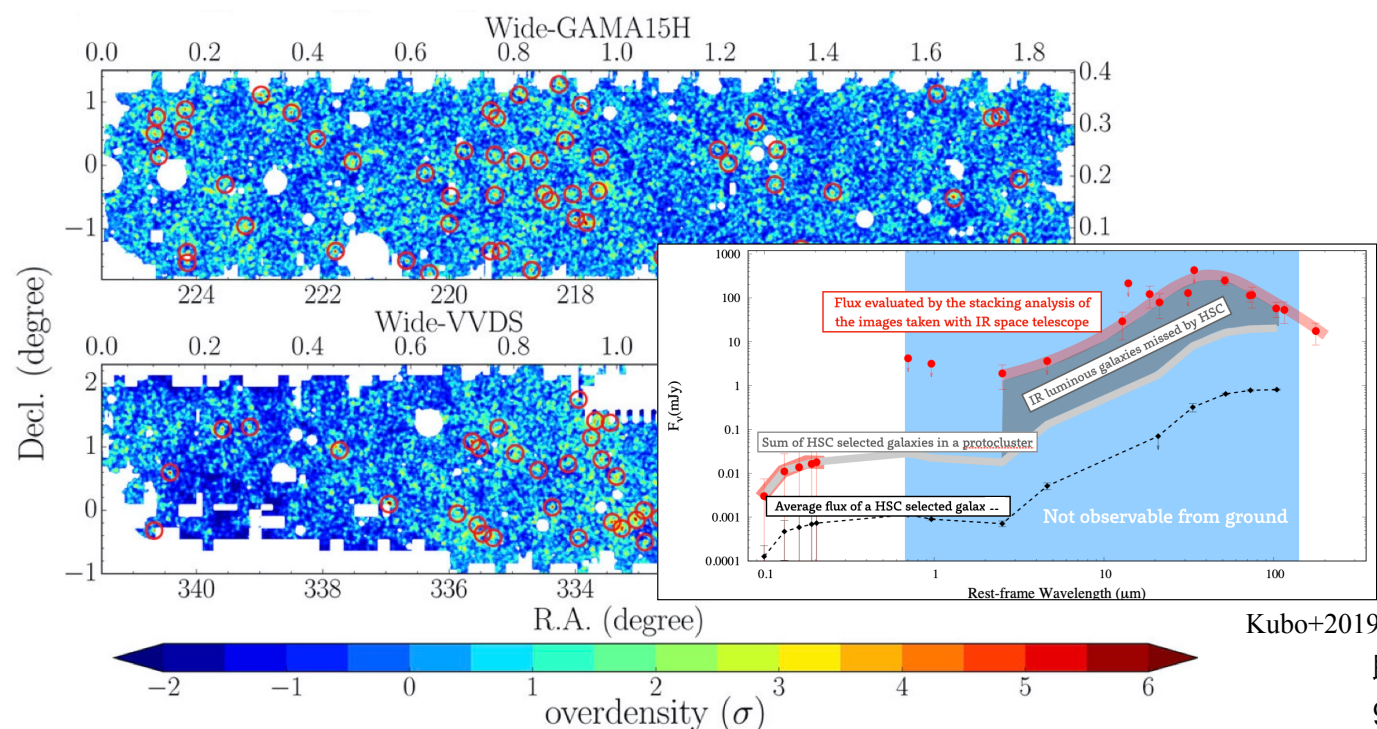
BCGの星形成史を紐解く重要なターゲット。

SPTで発見された明るいhigh- z 点源の大半は重力レンズ天体だが、20''分解能で multiplicity 天体として分離可(Wang+2020)。a few 10 deg²に一個程度(Greenslade+18)なので100平方度以上掃けると嬉しい。+ blind search for e.g., [C II]

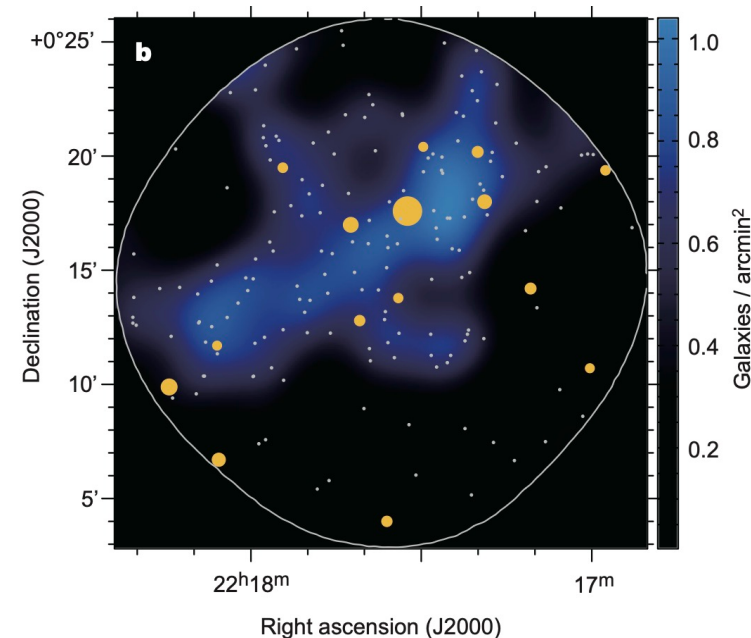


原始銀河団の大規模統計探査 @ sub-mm

原始銀河団のSMG探査 & SMG密度超過による原始銀河団探査



HSC PCL survey (Toshikawa+2018)



既知の原始銀河団($z=3.1$)に対するSMG探査(Tamura+2009)
90% completeness at 4.0 mJy for 1.1 mm.

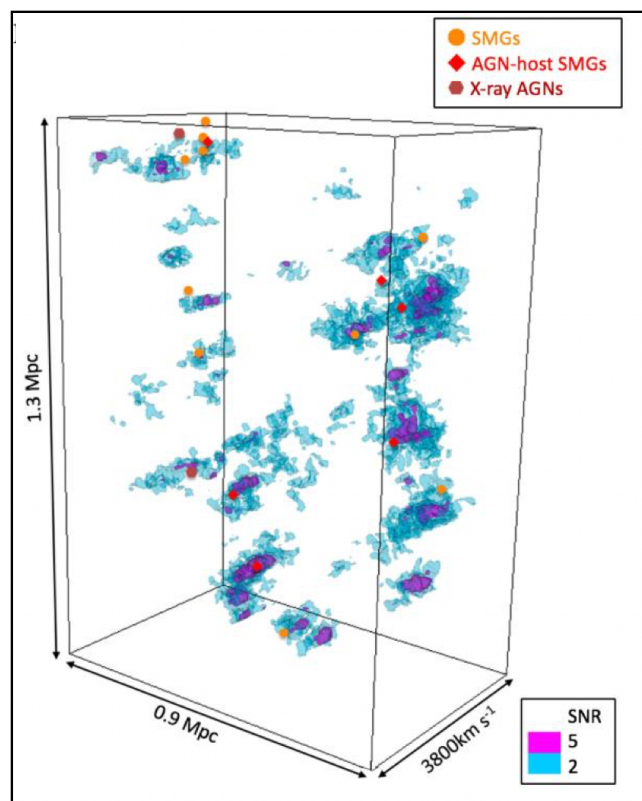
およそ $z=3-4$ 原始銀河団の数密度がa few per deg²程度なので、検出限界 1mJy 多色で10-20 deg²くらい掃けると、SFR = 数百Msun/yr程度までのSMGの検出が期待できる。

Cosmic web & starburst

可視+sub-mm ~1平方度のExtra deep survey at $z \sim 3$:

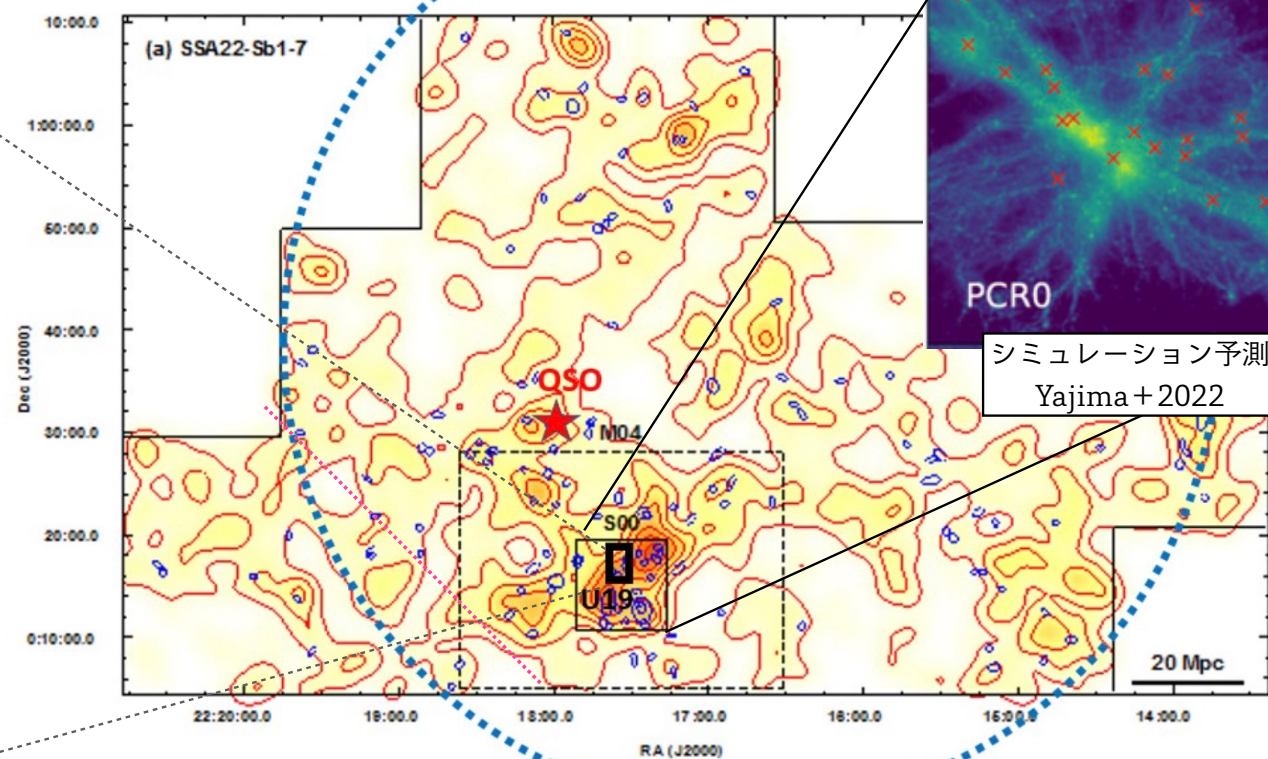
大規模 filamentaryなIGM分布($\text{Ly}\alpha$ nebulae + IGM tomography)

のどこで星形成が起きているか？



+2009

Umeshata+2019



※この領域はDeclination=0-1deg
なので、南極からはキツイ？

HSC FoV (1.5 deg)

Subaru Intensive MIRACLES survey (PI Matsuda)

Summary

- 原始銀河団の隠れた星形成AGNを特徴づけるには遠赤外線SEDが不可欠。SPICAではSMI輝線やSAFARI遠赤外線SED等から既知の原始銀河団・遠方電波銀河周りの銀河BH進化を包括的に理解することが期待されていた。
- 一方、原始銀河団の統計的研究には南極望遠鏡(THzが $z=2-4$ に有利)が必要。原始銀河団の星形成AGN活動のレアなピーク期から、各時代の平均的な活動性まで追うことができる。
- HSC, Rubin, Roman, Euclid, G-REX etc..等の可視近赤外線広域撮像、ALMAによる高分解能撮像との組み合わせも不可欠。
- Multiplicityの高い天体の遠赤外線SEDの扱い、星形成/AGNの切り分けは難しい。