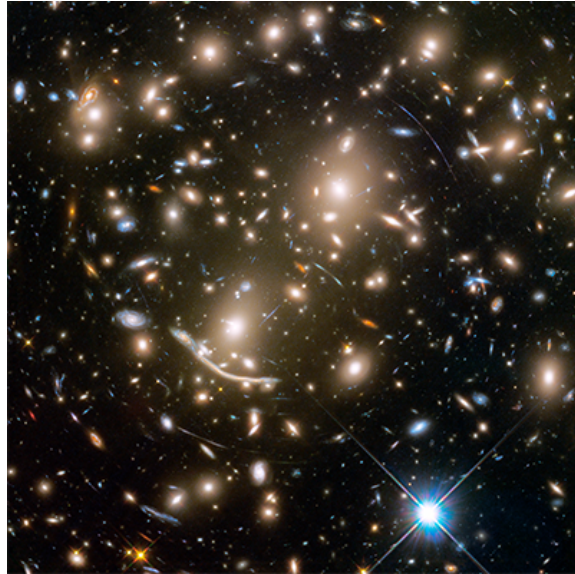


テラヘルツ帯原始銀河団探査：HSC-SSP/Planckによる
原始銀河団スタック解析に基づく観測可能性
久保真理子（国立天文台）

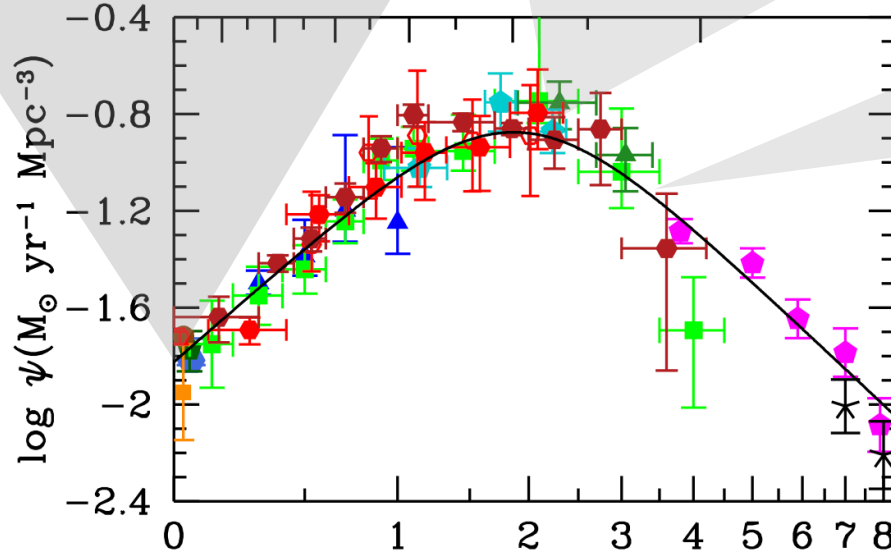
ABSTRACT

- HSC-SSP可視光広域探査から発見された $z\sim 4$ 大規模原始銀河団カタログについて、Planck等赤外線全天サーベイ公開データのスタック解析を行い、原始銀河団総量として、**初めて平均的な中遠赤外線(観測波長12-850 μm)SEDを解明した。**
- HSCで選ばれた銀河だけで説明できない強い赤外線放射を検出。
- **一般的な星形成銀河の想定と比べると、THz帯でとても明るい。**
- 原始銀河団における星形成・SMBH進化史を解明するには**THz帯観測が鍵**である。**THz帯の高精度望遠鏡が必要**。特に原始銀河団の統計的研究では、SPICAには難しい**広域探査**も必要である。

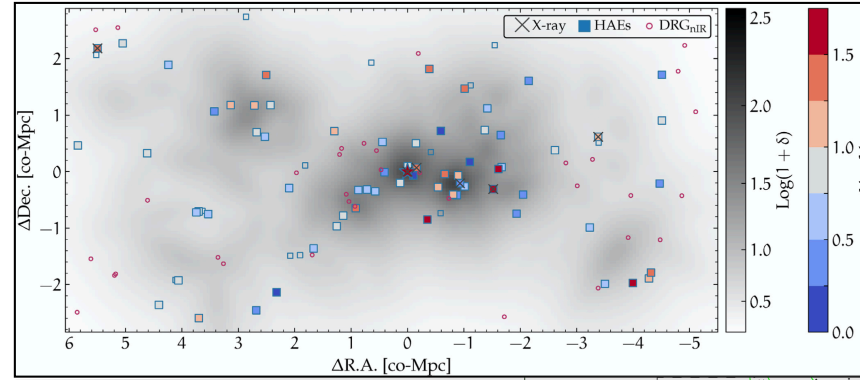
1. Introduction



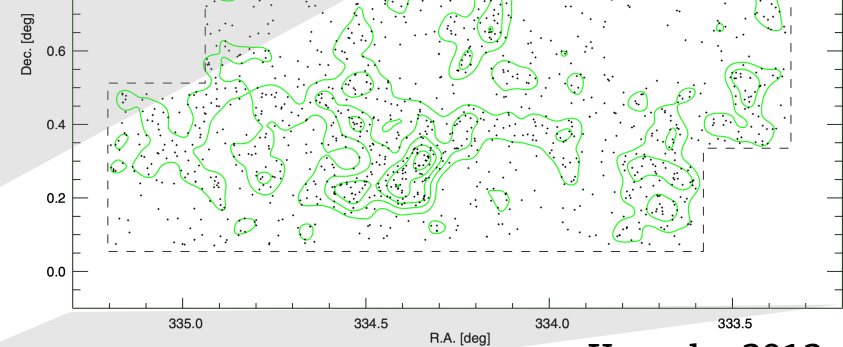
Abell 370 © Hubblesite.org lookback time (Gyr)
0 2 4 6 8 10 12



Madau & Dickinson 14



Shimakawa+2018



Yamada+2012

原始銀河団=現在の銀河団の祖先と考えられる、遠方の銀河高密度領域。銀河団を占める大質量楕円銀河がどのように形成されてきたか解明するための重要なターゲット

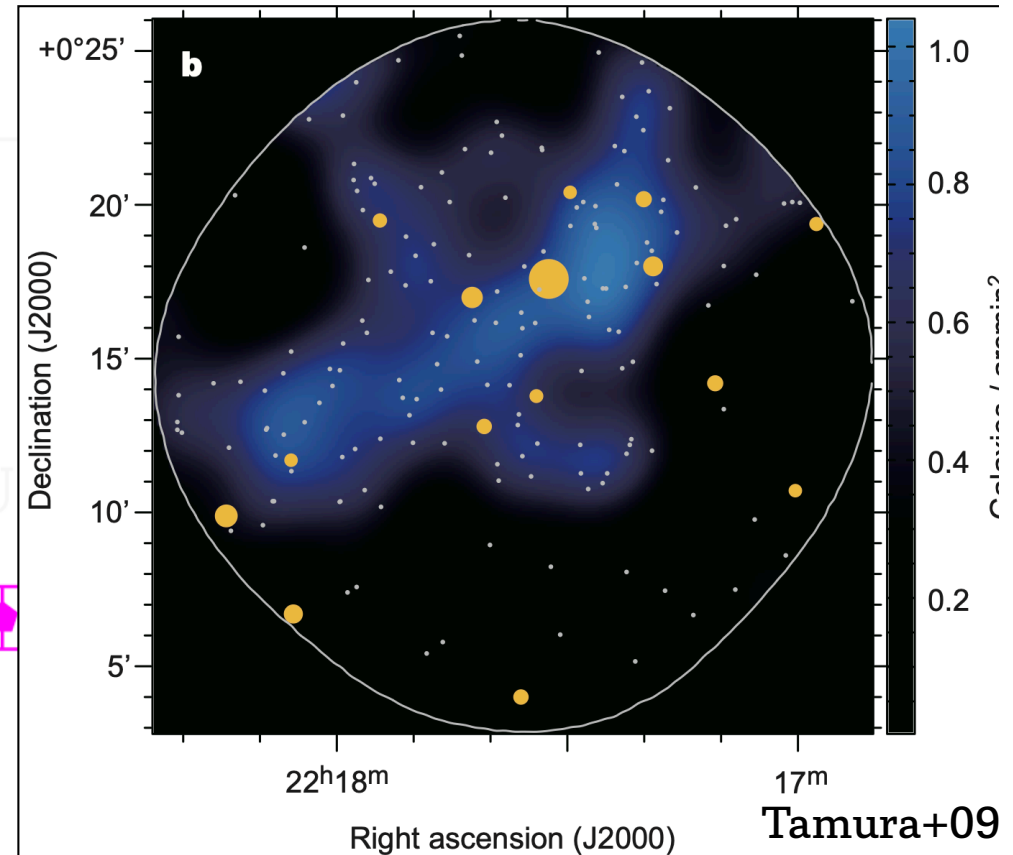
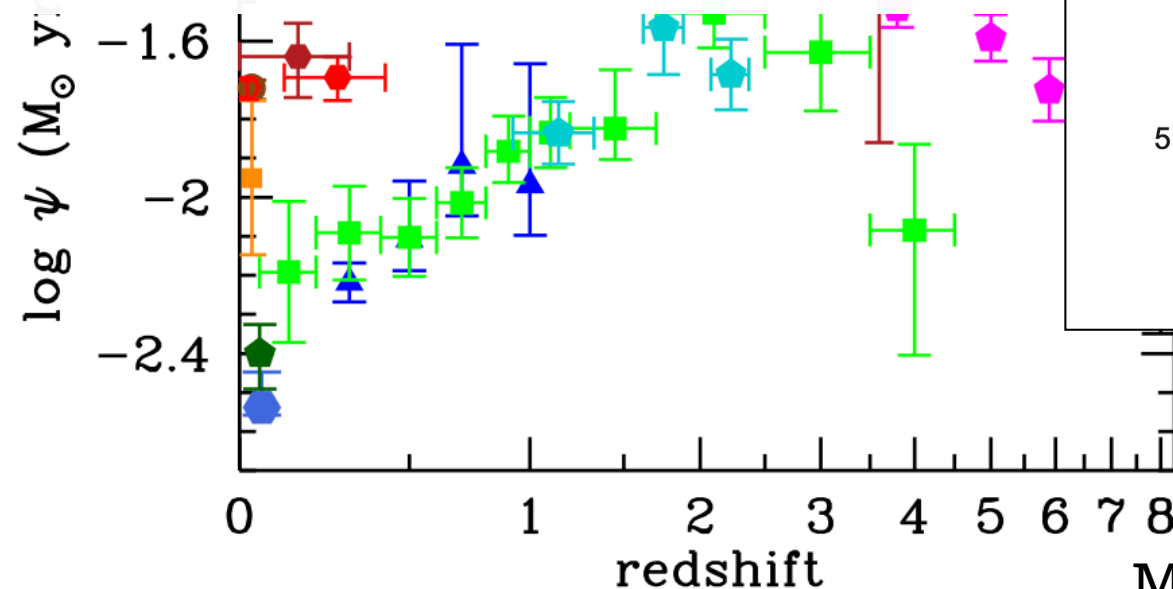
1. Introduction

近赤外線~サブミリ観測

→可視ではみえないダスティな星形成銀河

X線観測

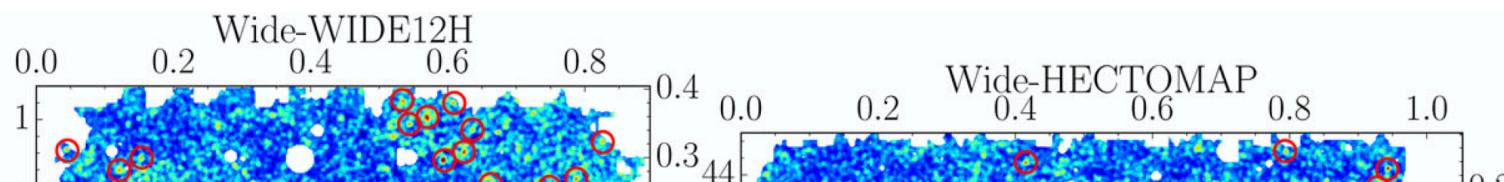
→AGN超過?(ばらつきが大きい。ガス・ダストによる減光も?)



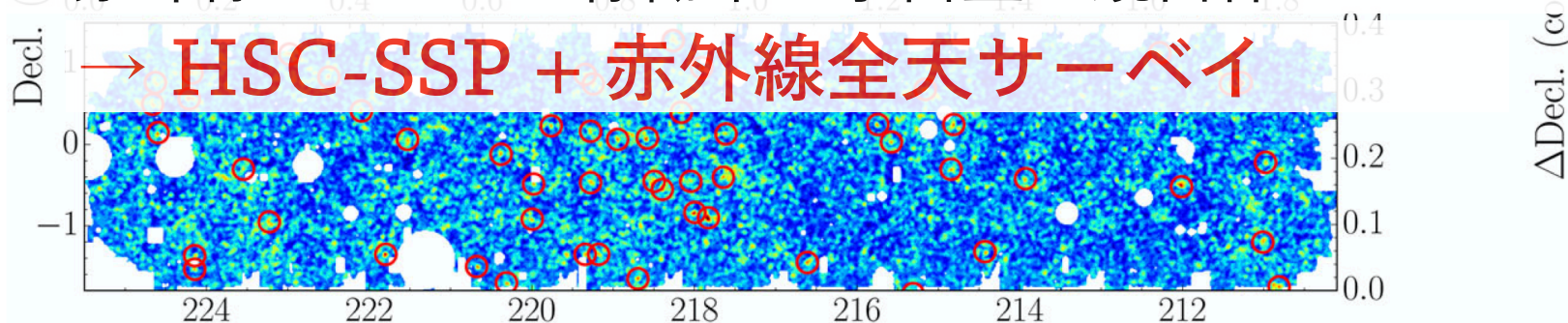
HSC-SSP+IR archive

Kubo et al. arXiv191109368K, ApJ accepted

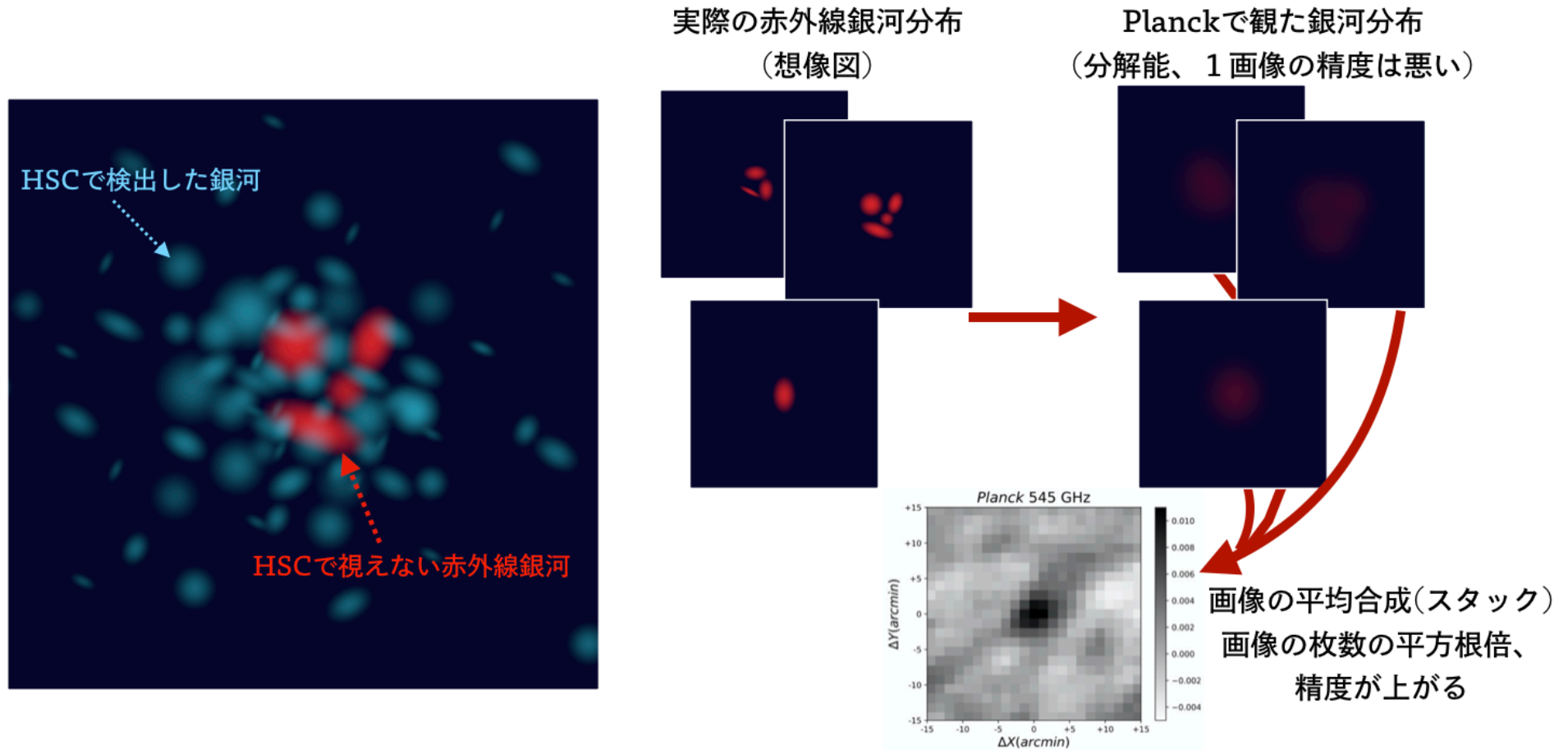
- **統計的研究が必要**：急激な銀河進化の時代なので、ばらつきが大きく、何領域も観測しないとその時代の典型値がわからない。ただし、原始銀河団の面密度は1~数個/deg²
- Toshikawa+18: HSC-SSP120平方度のz~4 LBG探査から、約180個のz~4原始銀河団候補を発見



- 可視光では観えない、ダストに隠された星形成もみたい。
- とはいえサブミリでも何領域も深く観測するのは大変だし、中遠赤外線に至っては稼働中の宇宙望遠鏡自体がない…



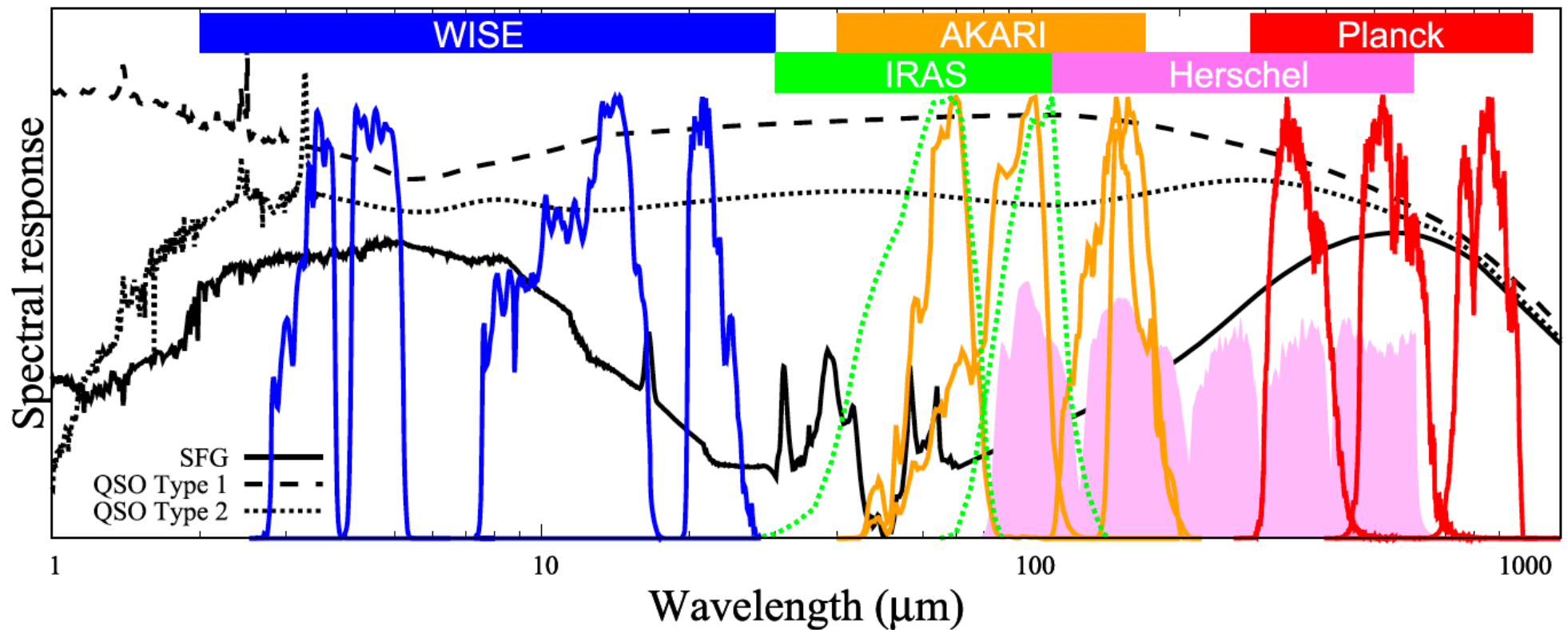
2. Method



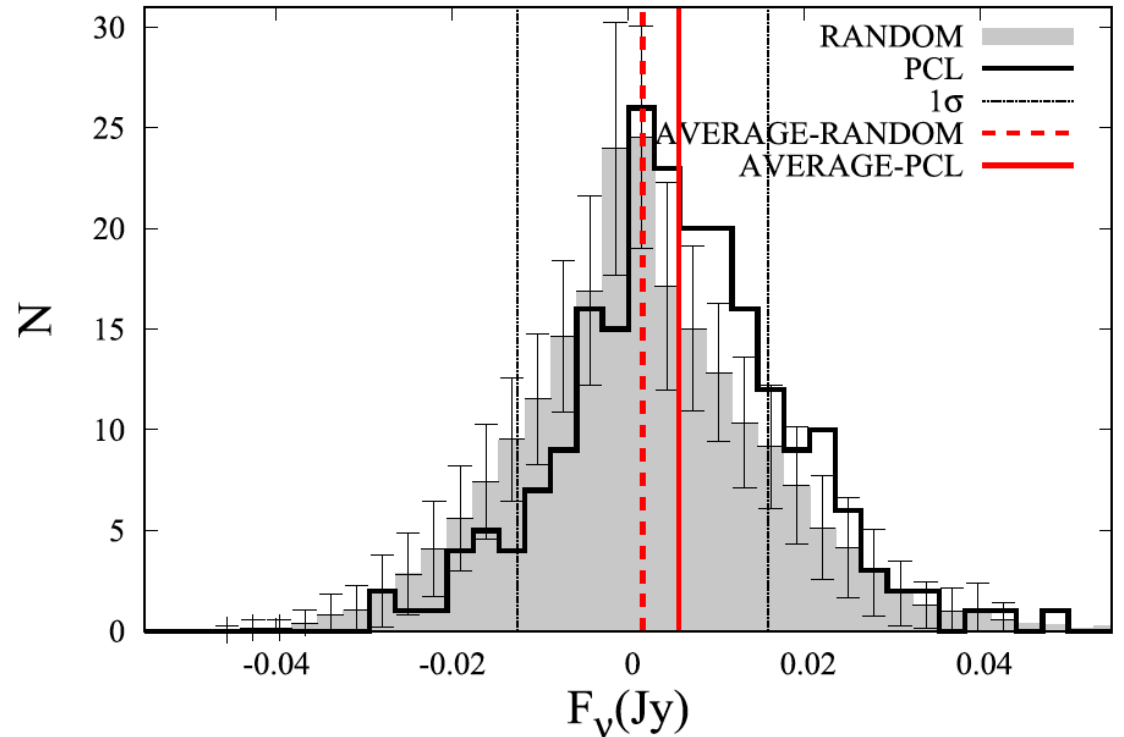
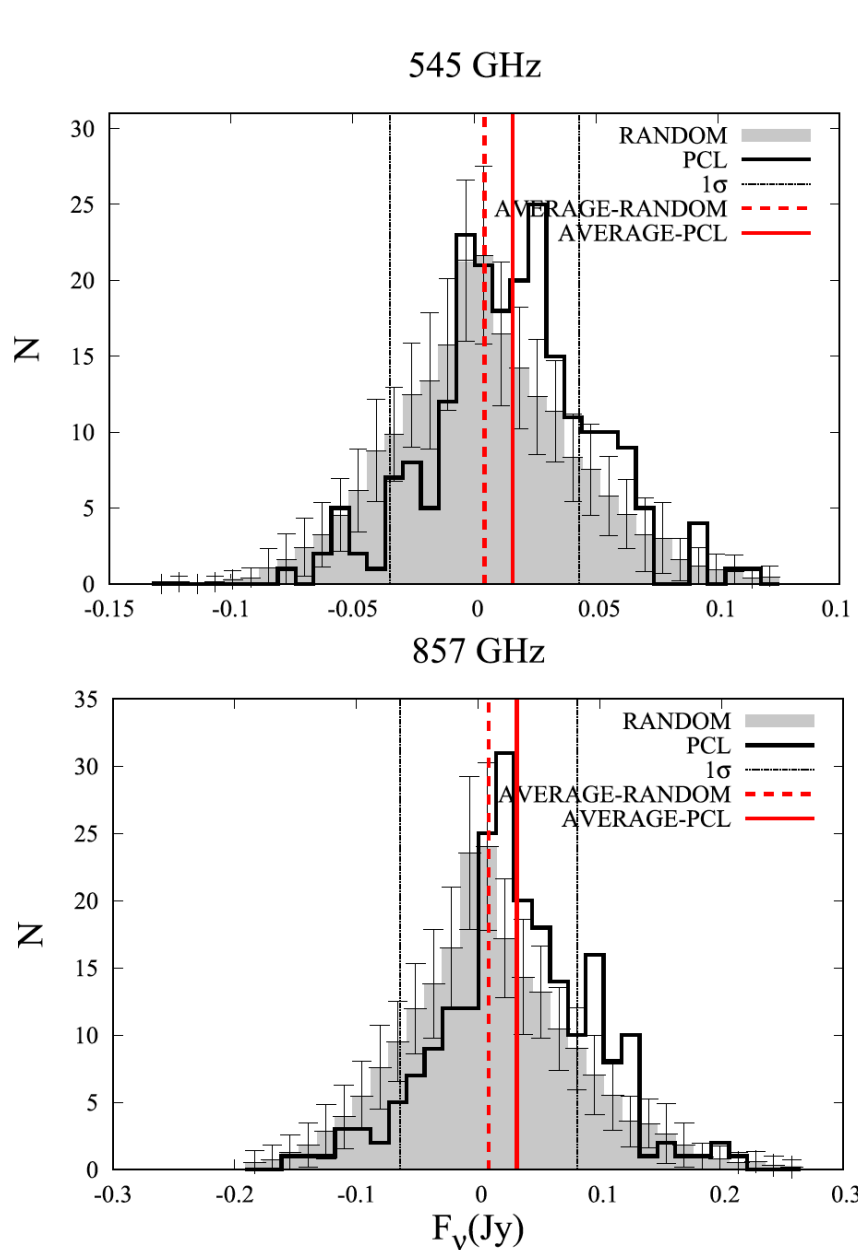
- Planck等の赤外線全天サーベイはHSC-SSPを全てカバーしてくれている。
- Planckの分解能($\sim 5'$)が大体原始銀河団の大きさ。
- 全ての画像からGalactic dustを引いて、PlanckとPSFを合わせてからスタックする。
- Herschelの高分解能スタック画像を使って、PSFでなまされたフラックスを補正。

2. Method: Data

- Planck, IRAS, AKARI, WISE (全天), H-ATLAS(カタログの半分をカバー)
- 全てパブリックデータ！

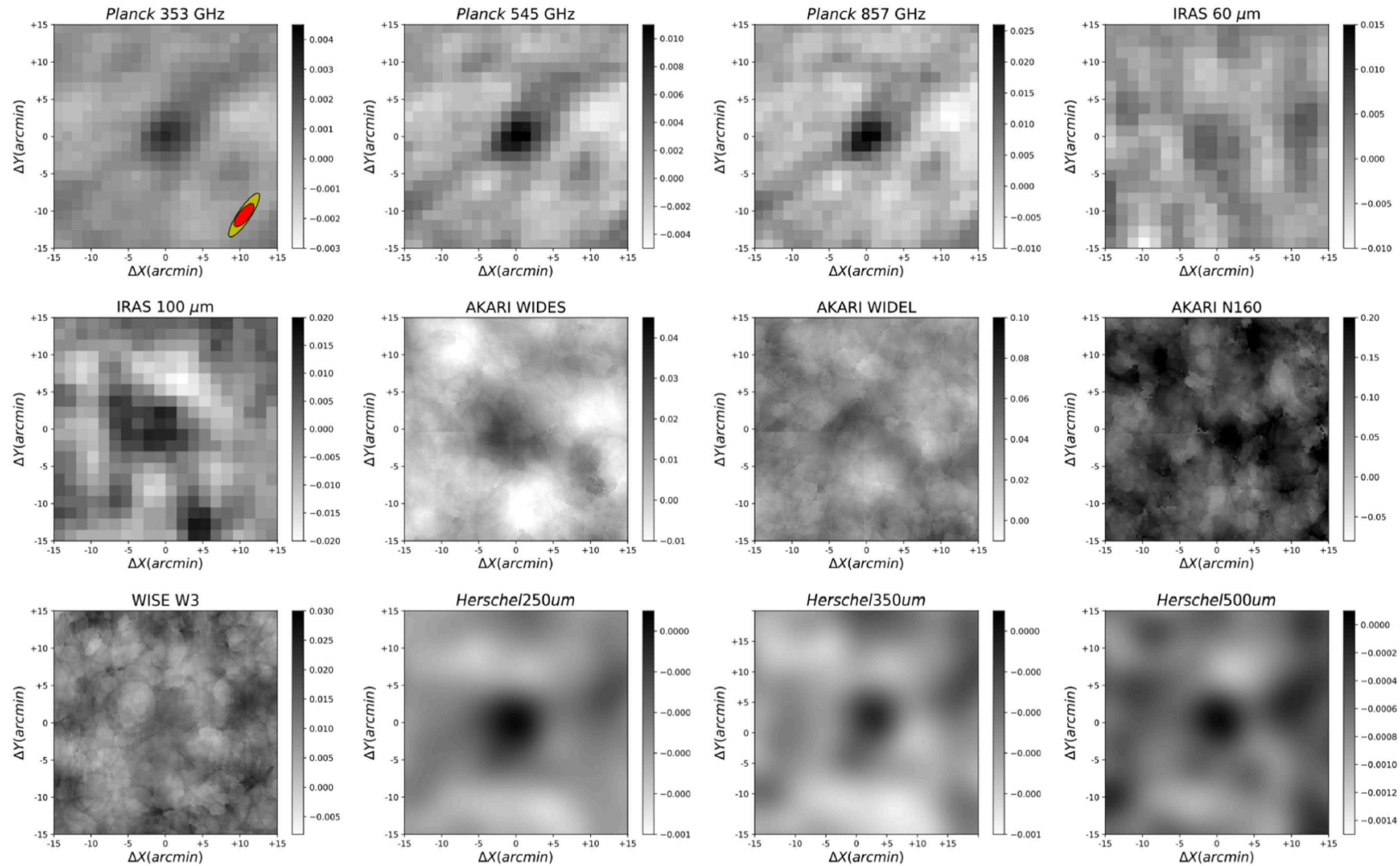


2. Method



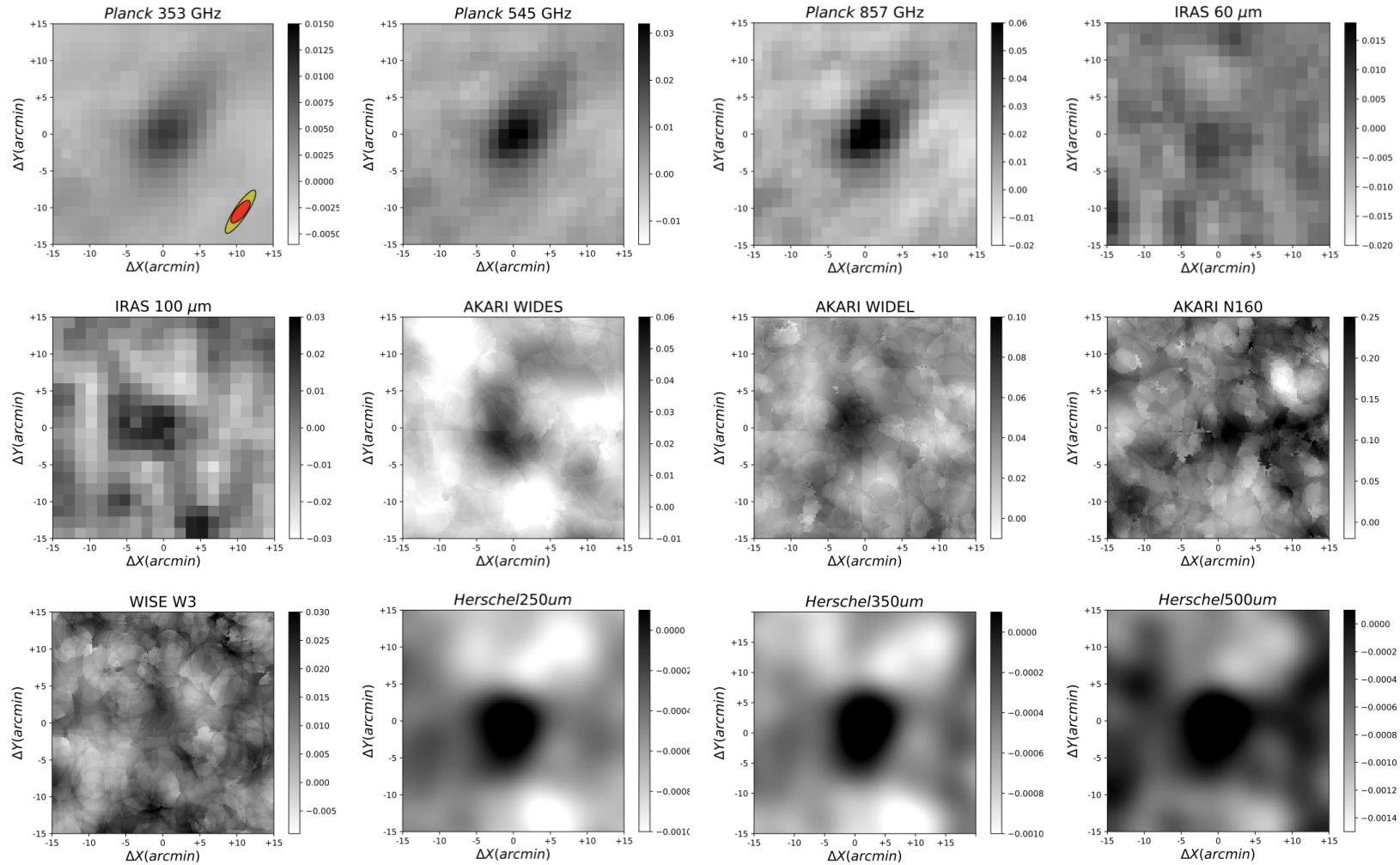
- 原始銀河団の位置でPlanck画像のフラックスを測定すると、ランダム点で測った場合からオフセットしている。
- 明るい半分は”Brighter half”として解析する。

3. Results



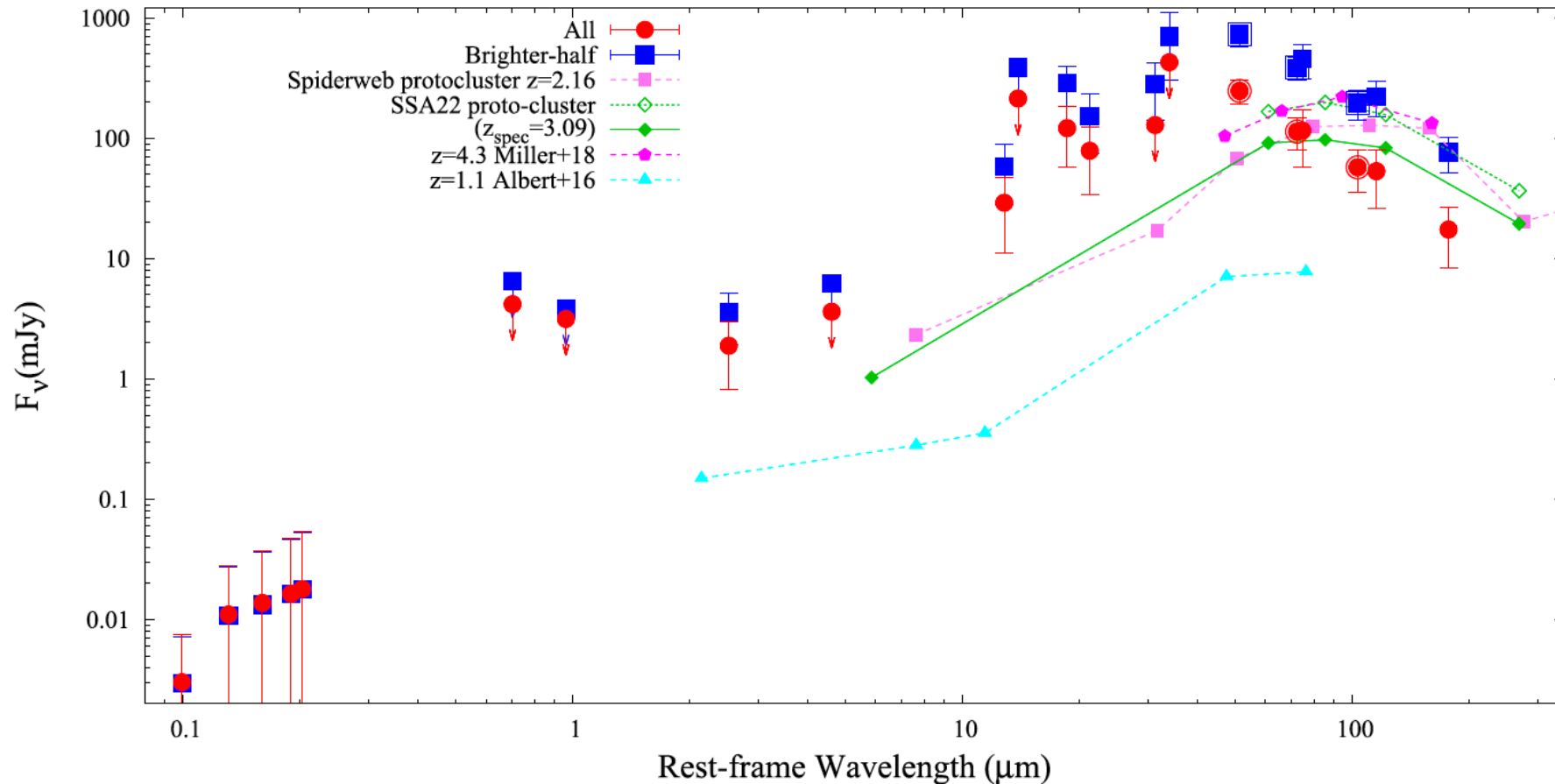
- Stacks of the all protoclusters
- Planck, IRAS, Herschel, AKARI(WIDES) and WISE (W3) detections over 2σ

3. Results



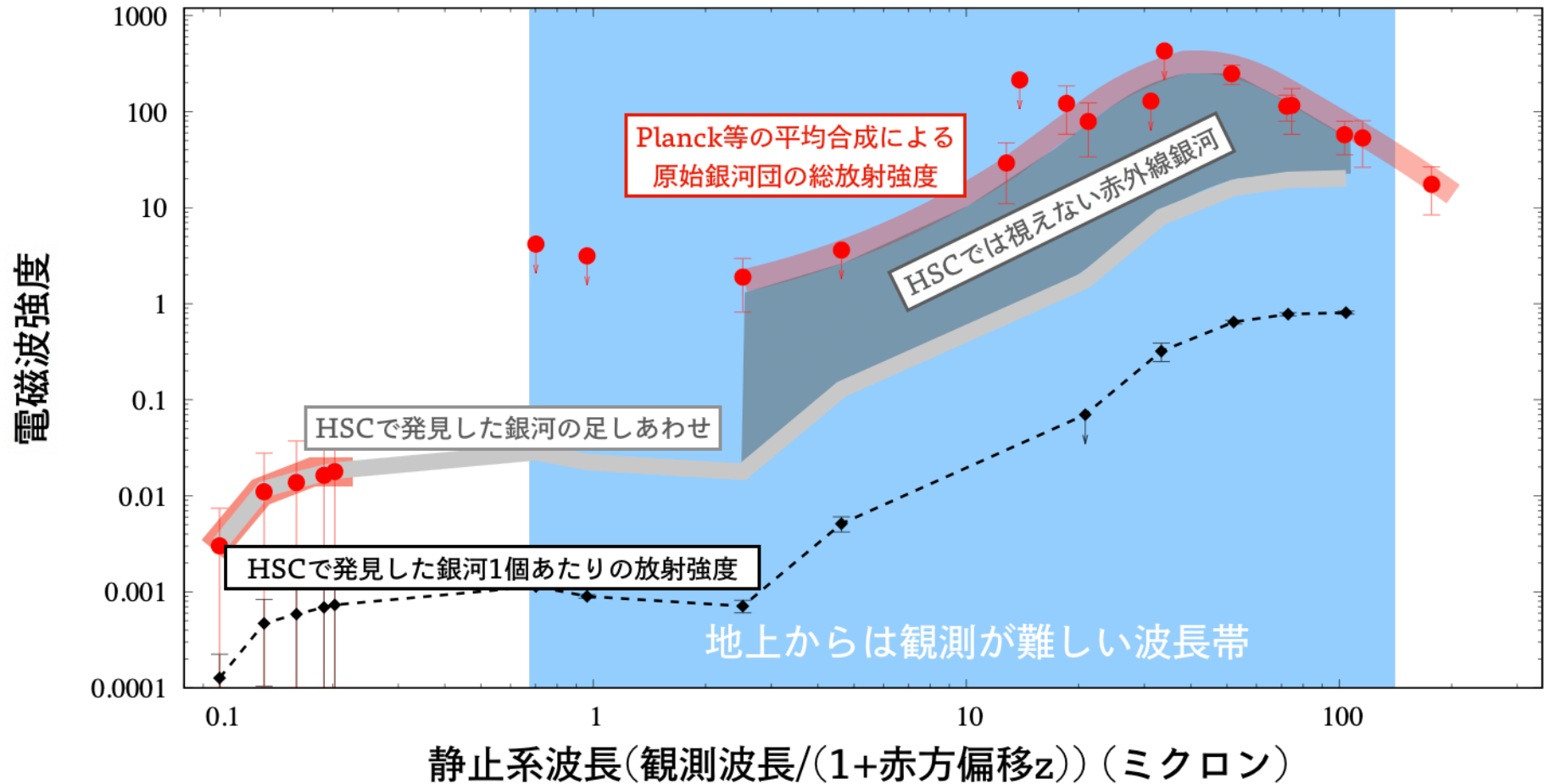
- Stacks of the brighter half protoclusters
- Planck, IRAS, Herschel, AKARI(WIDES,WIDEL, N160) and WISE (W3) detections over 2σ

3. Results



- 特に顕著な原始銀河団と言われている、 $z=2\sim 4$ 個別原始銀河団との比較
- $z=2\sim 4$ の典型的な原始銀河団と大差ない。

3. Results

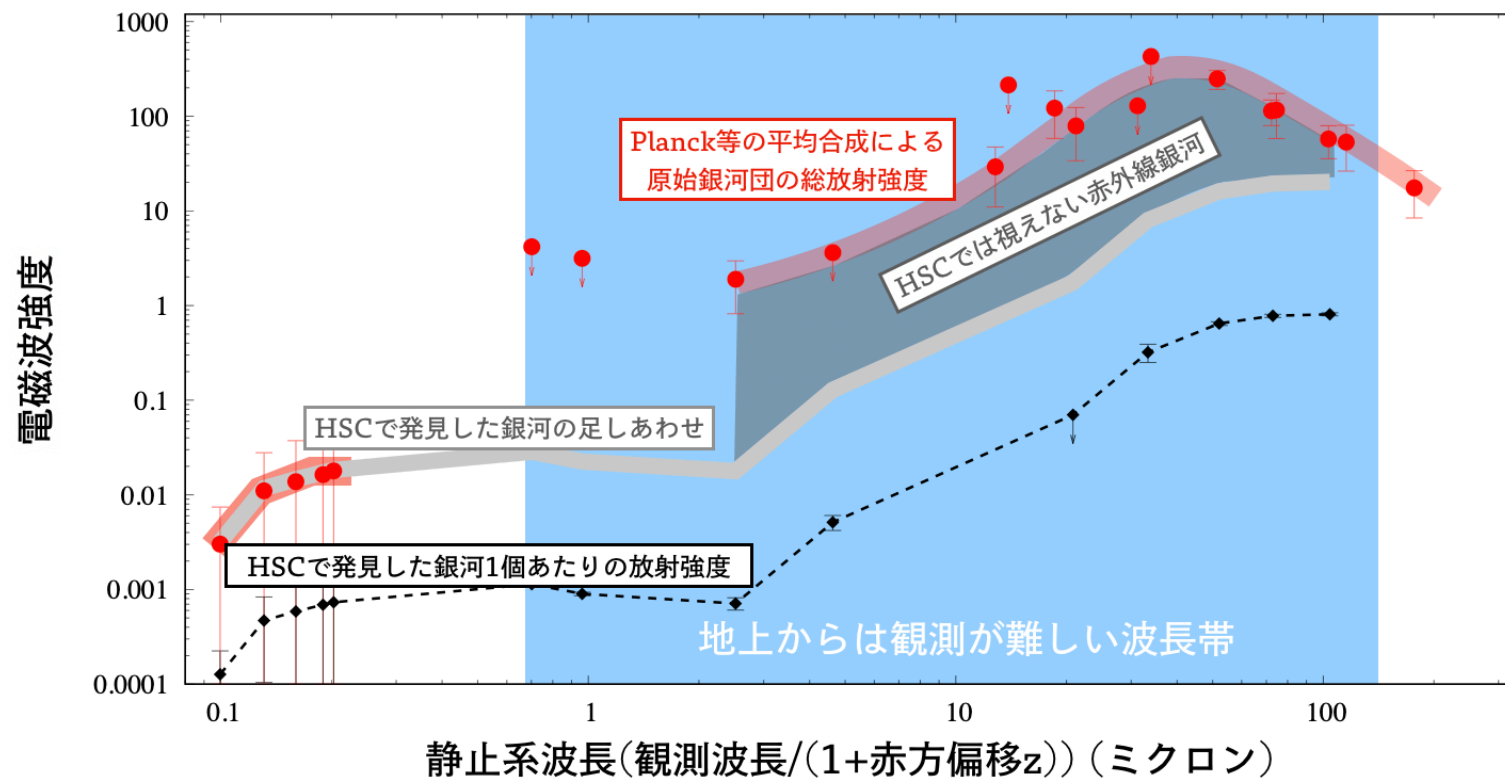


- LBGとはSEDが異なる。LBGの密度超過のみで説明できない。
- 可視光で検出できない天体+より温かいダストが必要

4. Discussion

ダスト放射の起源は？

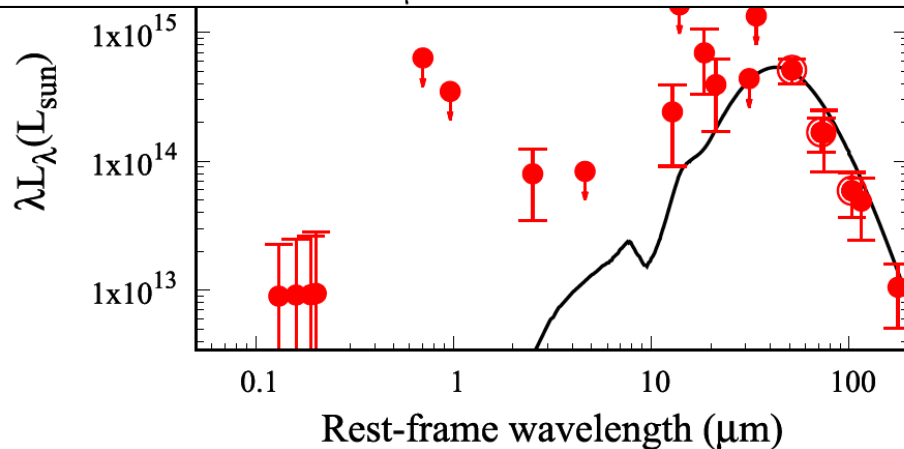
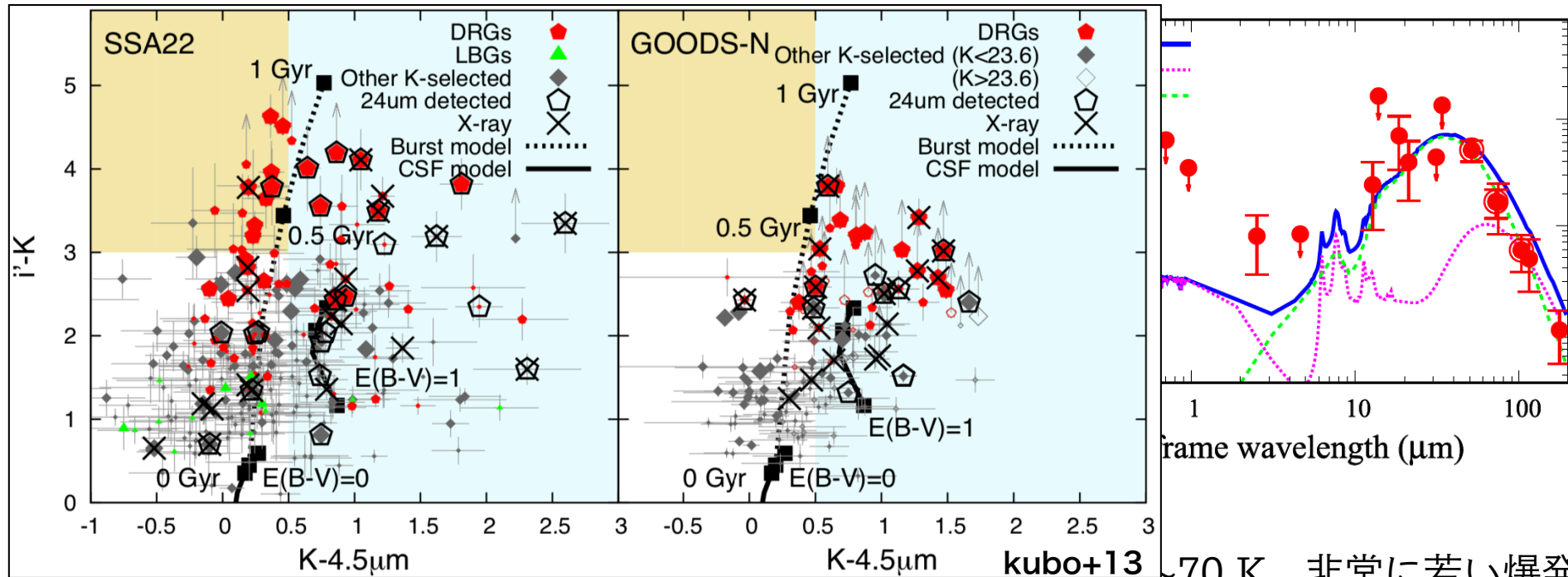
- 一般的な星形成銀河のSED ($T=20\text{-}40\text{K}$)では、短波長側が説明できない。 **稼働中の望遠鏡で観測できないTHz帯が一番面白い**
- (1)星形成銀河としてMAGPHYS ($T_{\text{dust}} < \sim 70\text{K}$)、(2)AGN、(3)MAGPHYS($T_{\text{dust}}=40\text{K}$)+AGNでSEDフィットをしてみた。



4. Discussion

ダスト放射の起源は？

All

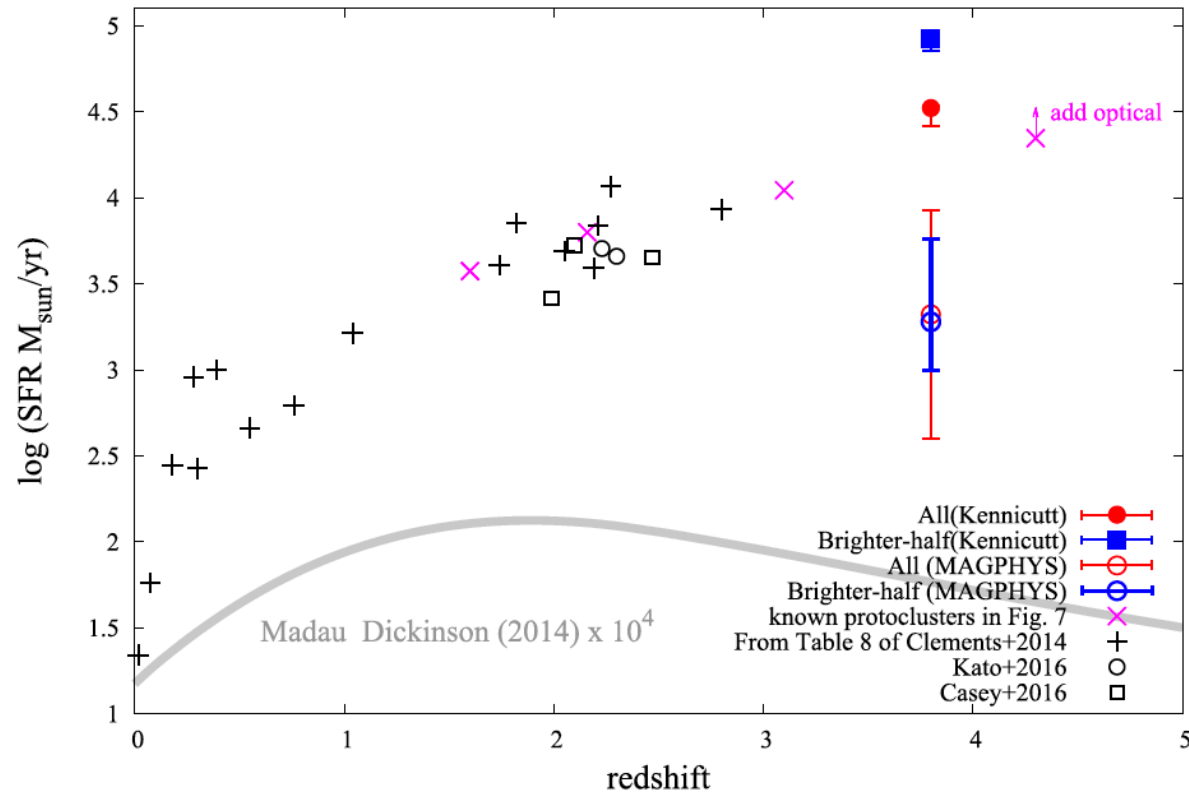


70 K、非常に若い爆発的な星形成銀河)もしくはAGN+星形成銀河でもっとも良くフィットできる。

- 前者の場合、 $\text{SFR} \sim 16 \times 10^3 \text{ Msun/yr}$ 、後者の場合、 $\text{SFR} \sim 2 \times 10^3 \text{ Msun/yr}$ となる。

4. Discussion

原始銀河団の星形成史



- 各時代のmassive end的な原始銀河団をプロットしたので、おおよそ大質量銀河団の星形成史といえるものが描かれている($z \sim 4$ のみ平均値)。
- AGNを考慮するか否かで結論が変わる。
- 少なくとも赤外線光度は $z \sim 4$ から進化し続けている。

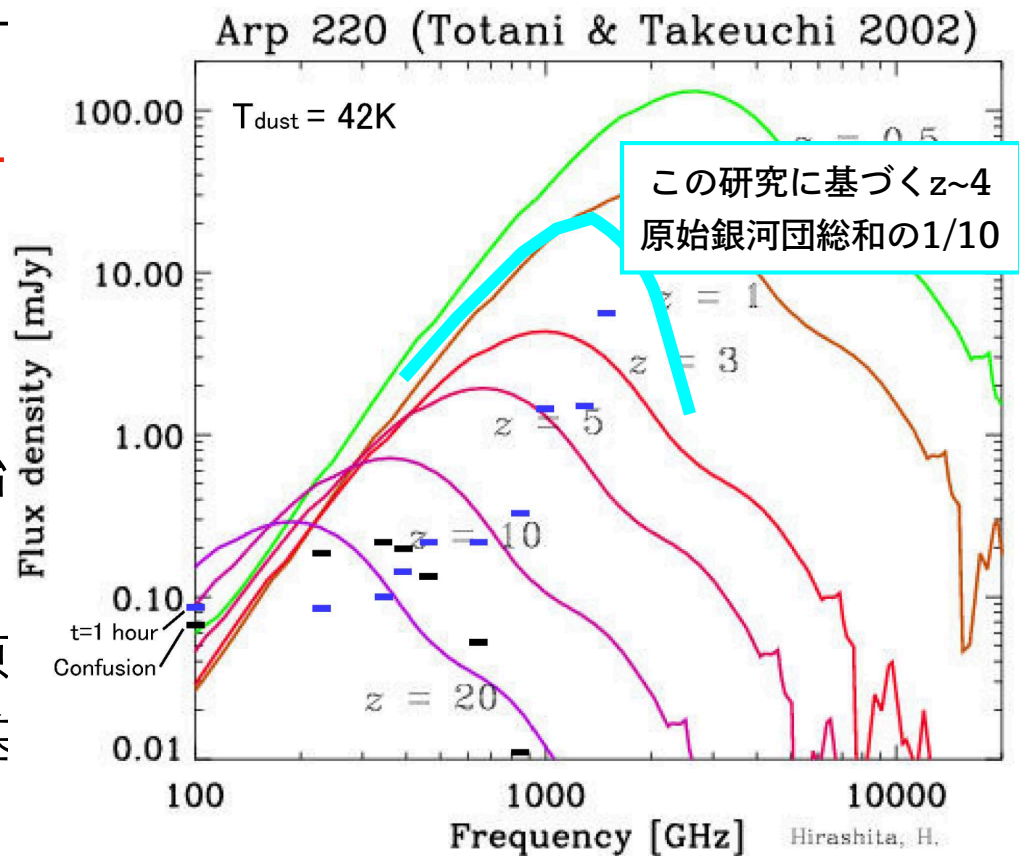
5. Conclusion & for THz telescope

- 統計的に原始銀河団の総赤外線放射量がわかった。可視で検出された銀河から想定される約3倍明るく、大量の隠された星形成・AGNが潜んでいる。
- **原始銀河団は中遠赤外線**で**想定以上に明るい**。銀河BH進化を解明するのに非常に重要な波長帯だと示している。
- 同じ手法でHSC-SSPではあと2倍くらいはS/Nを上げられる。今後の遠方銀河赤外線観測の良い資料になるだろう。
- **中遠赤外線源の正体を知るため、まずは分解したい**。
- 原始銀河団研究には理想的には**100平方度オーダーの観測が欲しい**が、SPICAでも辛い。南極30mTHz望遠鏡では？

5. Conclusion & for THz telescope

~もし>>100平方度の高精度THzサーベイがあったら~

- どのようなタイムスケールで大質量楕円銀河とSMBHが進化したか？ハロー質量との関係は？...**タイムスケールが短いダスティな星形成銀河と原始銀河団の関係を統計的に見る必要がある**
- LSST+WFIRST+Euclid
- $z < 10$?の可視近赤外線探査された原始銀河団と赤外線源の関係
- 可視光では見つからないダスティな原始銀河団の、遠赤外線源密度超過に基づく探査
- より深いスタック解析($z > 10$?)



30mTHzの1hour 感度との比較
10mにも期待？