

ALMA での Sunyaev-Zel'dovich 効果 観測の撮像シミュレーション

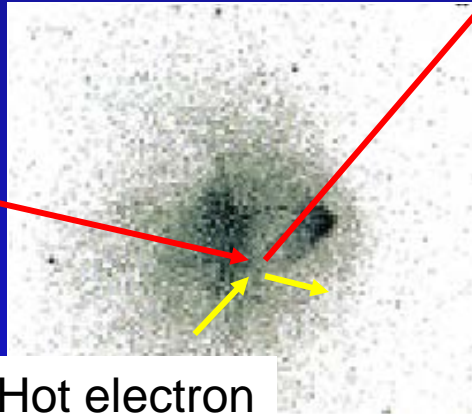
滝沢元和(山形大)

北山哲、山田健吉(東邦大)、他

Yamada et al. , PASJ, 64,102 (2012)

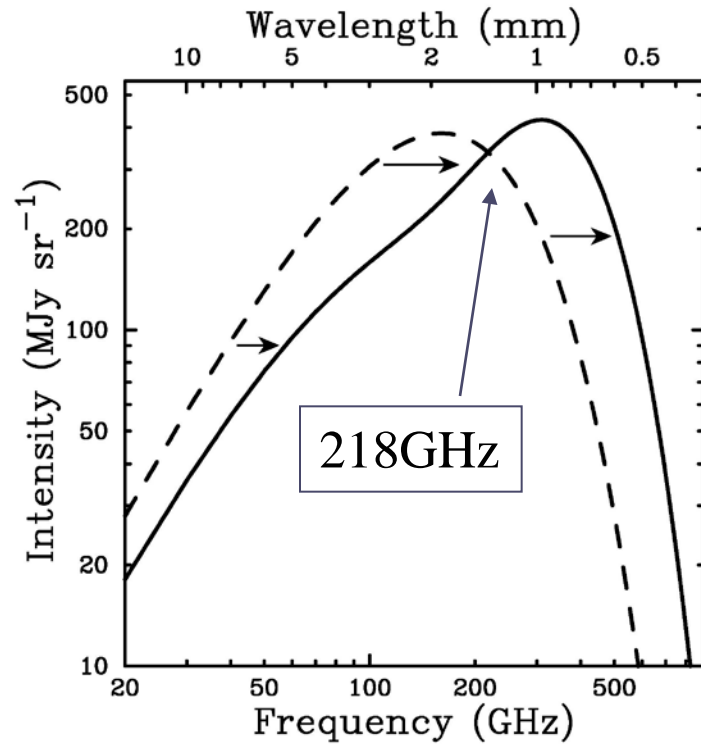
Sunyaev-Zel'dovich 効果

逆コンプトン散乱



CMB光子
(2.7K
black body)

Hot electron
(10^7-8K)



銀河団(など)の高温ガスによる逆コンプトン散乱で
Cosmic Microwave Background (CMB) のスペクトルが変形。

- ミリ波帯(R-J側)ではdecrement
- サブミリ波帯(Wein側)ではincrement

(Thermal) SZ vs X-ray

$$I_X \propto \int n_e^2 T_e^{-1/2} dl$$

$$I_{SZ} \propto \int n_e T_e dl$$

X線は密度構造に、SZは温度構造によりsensitive。

$$I_X \propto (1+z)^{-4}$$

$$I_{SZ} \propto (1+z)^0 \quad (U_{CMB} \propto (1+z)^4 \text{ ため})$$

high z object にはSZが相対的に有利

ALMAによるSZ観測

- 高空間分解能

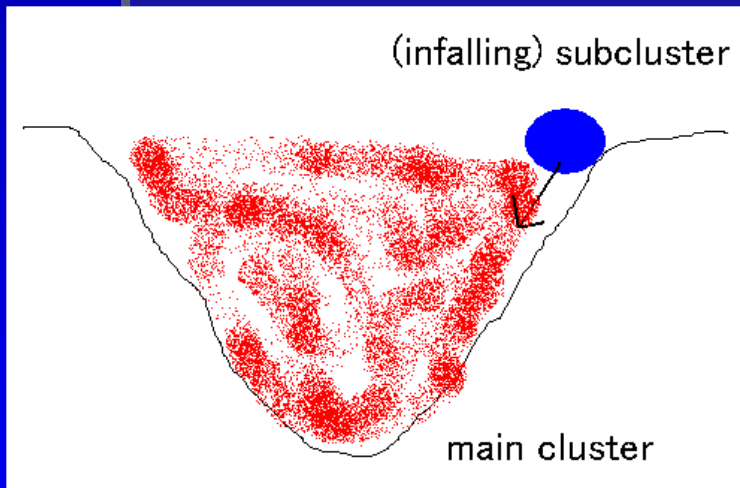
- 超高温 ($>10\text{keV}$)なICM中の衝撃波の良いプローブ(c.f. 硬X線観測)
- 点源によるコンタミは大幅に改善

- 干渉計

- 銀河団のような広がったソースの観測可能性の議論は単純ではない。
- 流体シミュレーションデータ等を用いたイメージングシミュレーションが有用

流体シミュレーション: Method

(Takizawa 2005, ApJ, 629, 791)



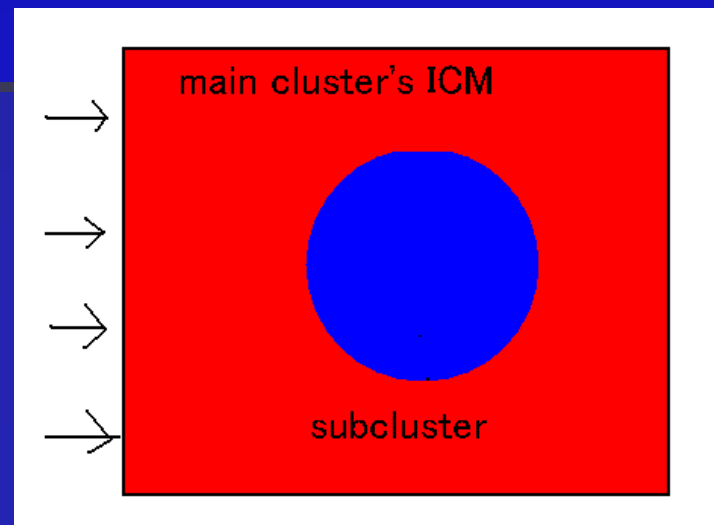
- メインクラスターの重力ポテンシャル内でのサブクラスターの運動を、サブクラスターをtest particle と近似して解く。
- 上の結果をサブクラスター前面の境界条件に反映。
- サブクラスター周囲のガスの運動を流体コード(Roe TVD法)で解く。

Simulation Box:

$800\text{kpc} \times 800\text{kpc} \times 800\text{kpc}$

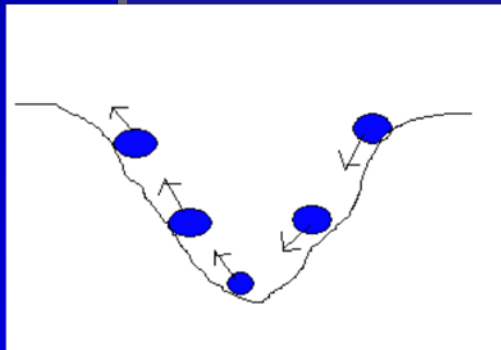
Mesh Size:

$400 \times 400 \times 400$



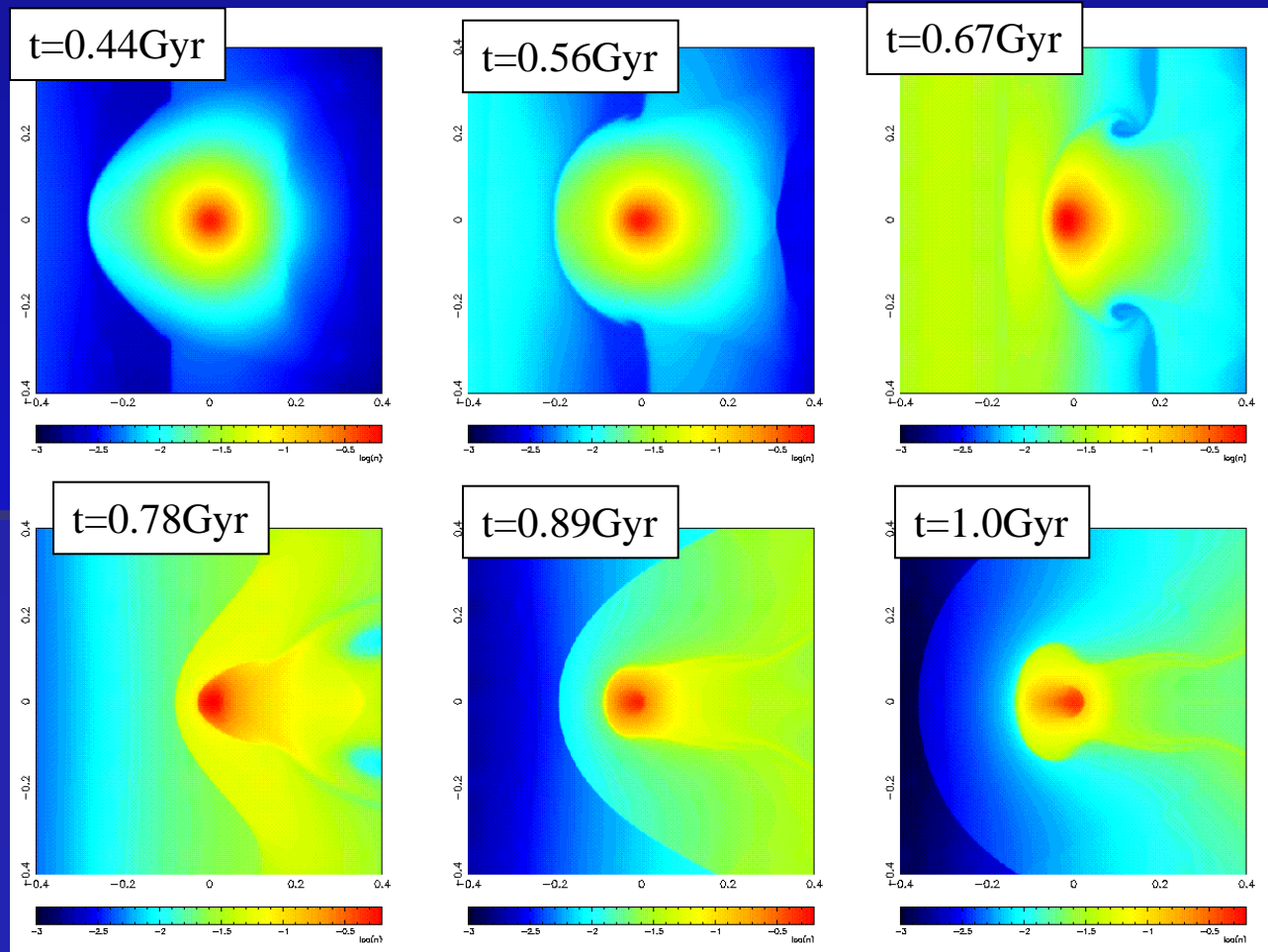
流体シミュレーション: Results

(Takizawa 2005, ApJ, 629, 791)



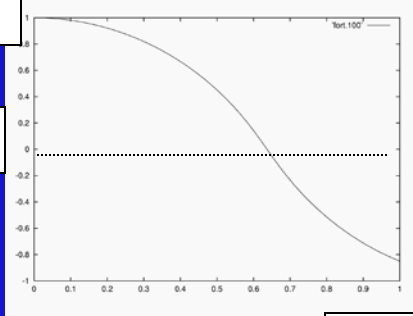
Time evolution of the subcluster's position in the main cluster

Density evolution



1Mpc

0

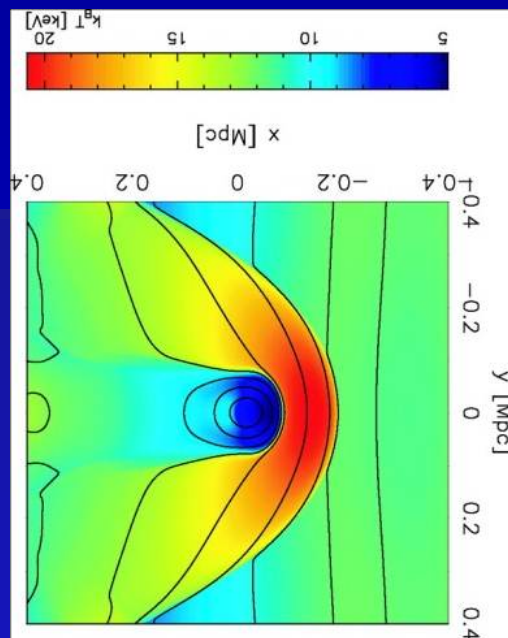


1Gyr

X-ray vs SZ image

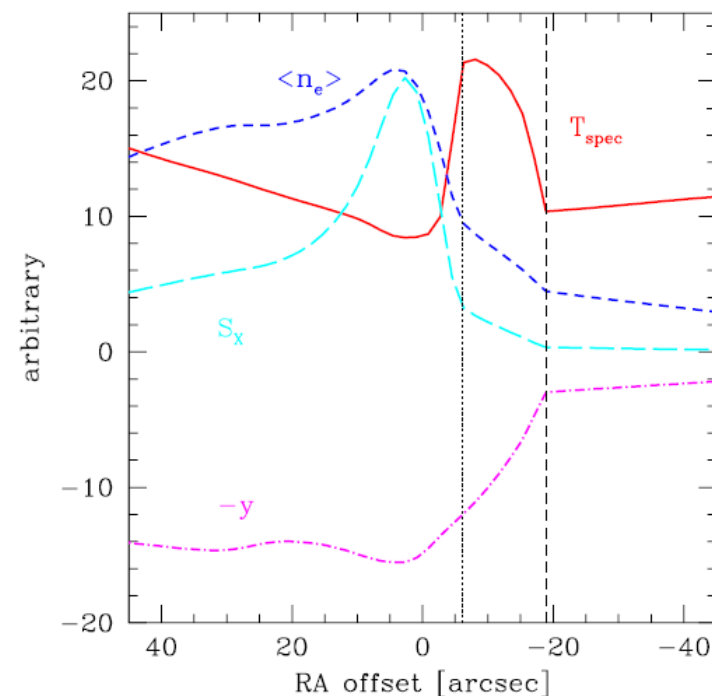
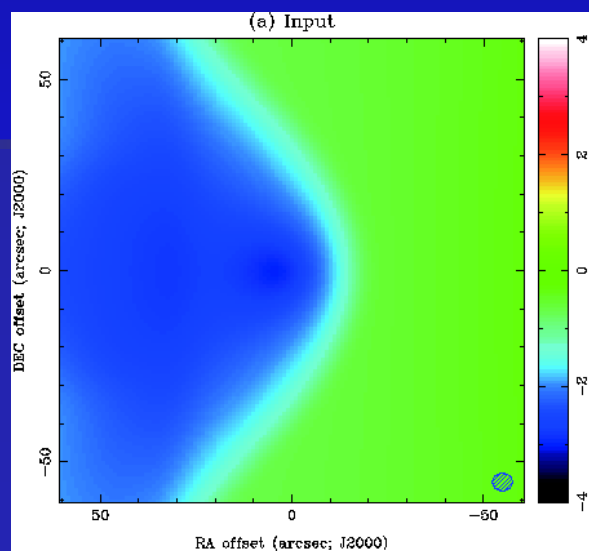
X-ray image (contours)
and kT (colors)
at $t=0.78$ Gyr

中心のSZ強度が
1E0657-56
のbullet部分と同じになる
ように
結果を再規格化。



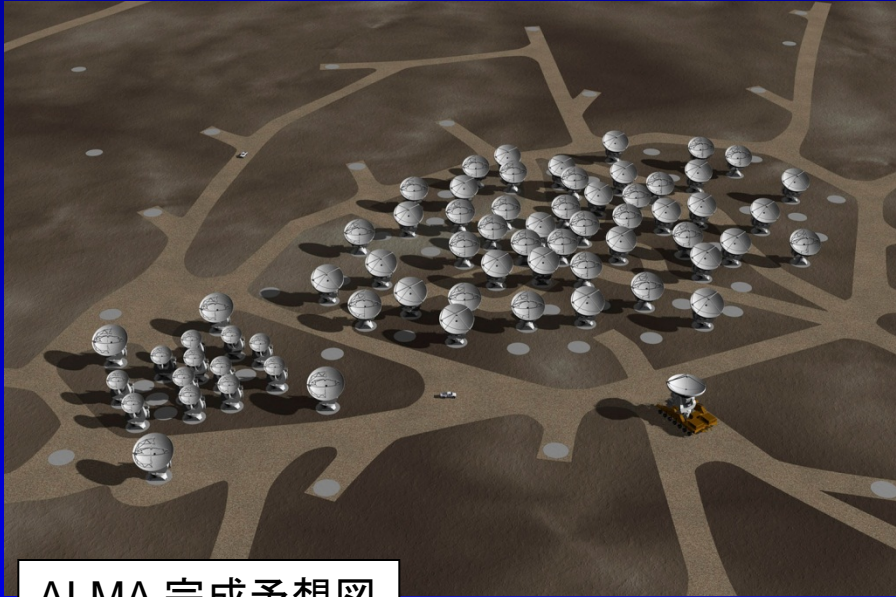
上と同じデータから
作った
90GHz SZ image

これをinput model
としてmock
observational data
を作る。

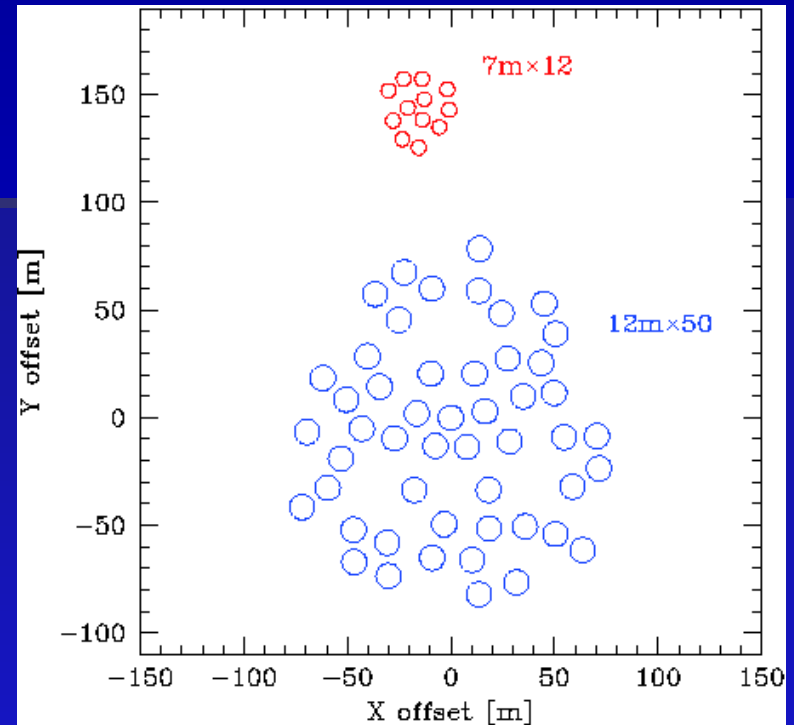


中心軸に沿った各種物理量の
変化。X線は密度変化を、SZは温度変化
をよくトレースしている。

Imaging Simulation for ALMA(1)



ALMA 完成予想図



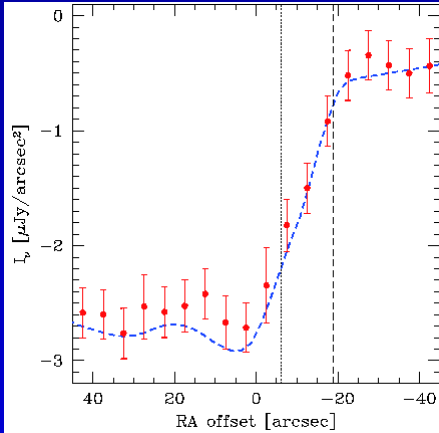
most compact configuration

- ALMA(12m × 50) + ACA(7m × 12 + SD × 4)をmost compact configuration で使用
- 90 GHz (Band 3)
- 10h(ALMA)+40h(ACA)
- 各種ノイズも適切に考慮。

Imaging Simulation for ALMA(2)

mock data image
およびfidelity

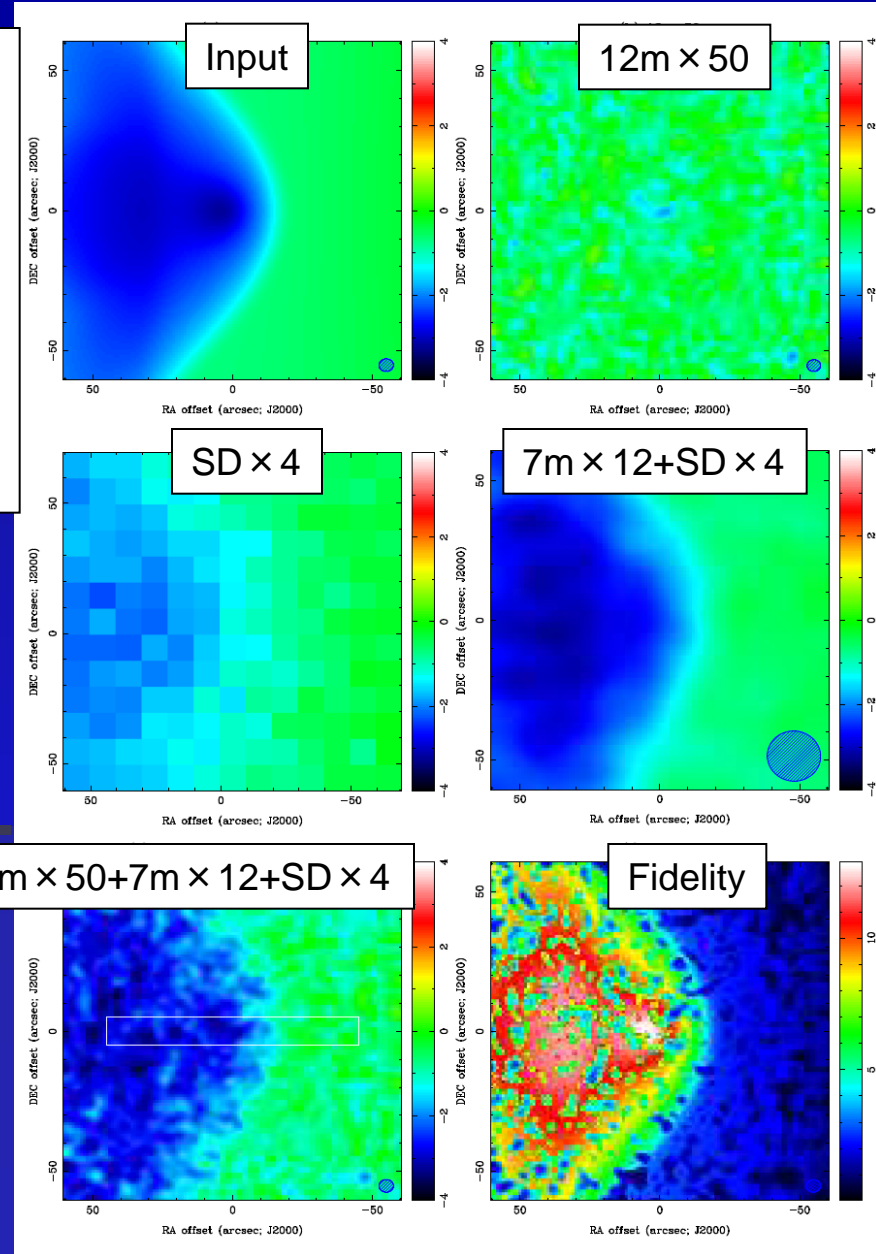
ALMAとACAを組み
合わせることで、銀
河団の全体像をとら
えながら衝撃波付近
の構造を分解するこ
とが可能に。



中心軸に沿ったSZ強度
点線: input model
赤点+エラーバー: mock data
衝撃波による変化が
分解できている。

Fidelity: imageの再現性の善し悪しの指標
Fractional error のほぼ逆数

$$f(\vec{\theta}) \equiv \frac{|I_{in}^{smooth}(\vec{\theta})|}{\max\{|I_{out}(\vec{\theta}) - I_{in}^{smooth}(\vec{\theta})|, 0.7\sigma_{diff}\}}$$



Summary

- 流体シミュレーションデータを用いてALMA+ACAでのSZ観測のイメージングシミュレーションを行った。
- X線イメージは cold front などの密度変化の良いプローブである。その一方、衝撃波などの圧力や温度変化のプローブとしてはSZ効果が相対的に良いプローブである。
- ALMAとACAを組み合わせることで、銀河団全体の構造の把握と衝撃波近傍の空間分解を両立することが可能である。