

2020年度研究活動報告

滝沢元和(宇宙物理理論)

物理学科年次報告会

(2021.7.15@zoomで)

Contents

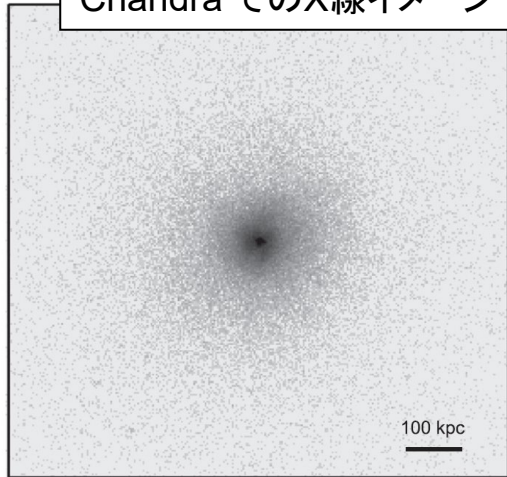
- Phoenix 銀河団の多波長 (Sunyaev-Zeldovich効果、X線および低周波電波) 観測
 - T. Kitayama, S. Ueda, T. Akahori, E. Komatsu, R. Kawabe, K. Kohno, S. Takakuwa, T. Tsutsumi, M. Takizawa, K. Yoshikawa
Publications of the Astronomical Society of Japan, 2020, 72, 33
 - T. Akahori, T. Kitayama, S. Ueda, T. Izumi, K. Lee, R. Kawabe, K. Kohno, M. Oguri, M. Takizawa
Publications of the Astronomical Society of Japan, 2020, 72, 62
- 銀河団のrotation measureのモデル計算 (M2長谷川)
- 銀河団電波ハローのFaraday Tomographyのモデル計算 (M2菅原)

Phoenix銀河団

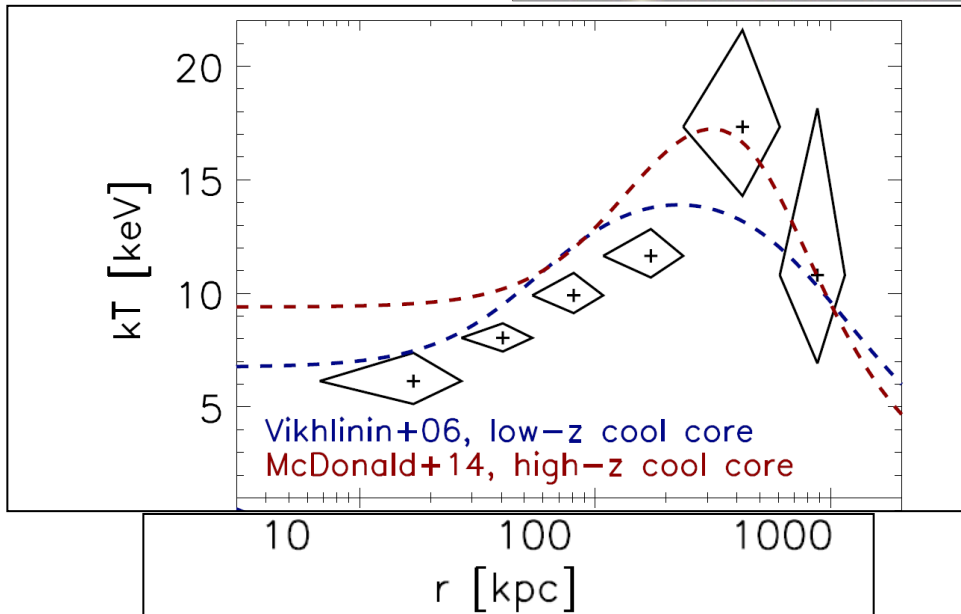
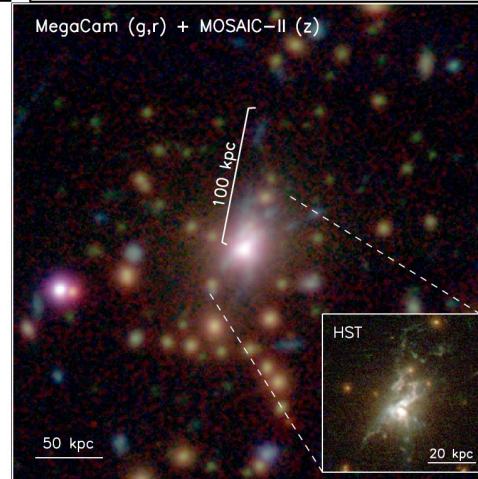
(McDonald et al. 2015)

- 比較的遠方 $z=0.596$
- ガスの分布などは近傍の典型的なcooling core 銀河団ににている。
- しかし中心部を詳しく見てみると、
、
– より低温、短冷却時間ガスの存在を示唆
– 中心銀河で活発な星形成活動 (~ 600 solar mass/year)
- classicalなcooling flowシナリオにむしろ近い？
- ただ問題も
 - 中心AGNが強いX線点源
 - X線スペクトルの解釈のモデル依存性
 - 中心AGNの電波放射が空間分解されていない

Chandra でのX線イメージ

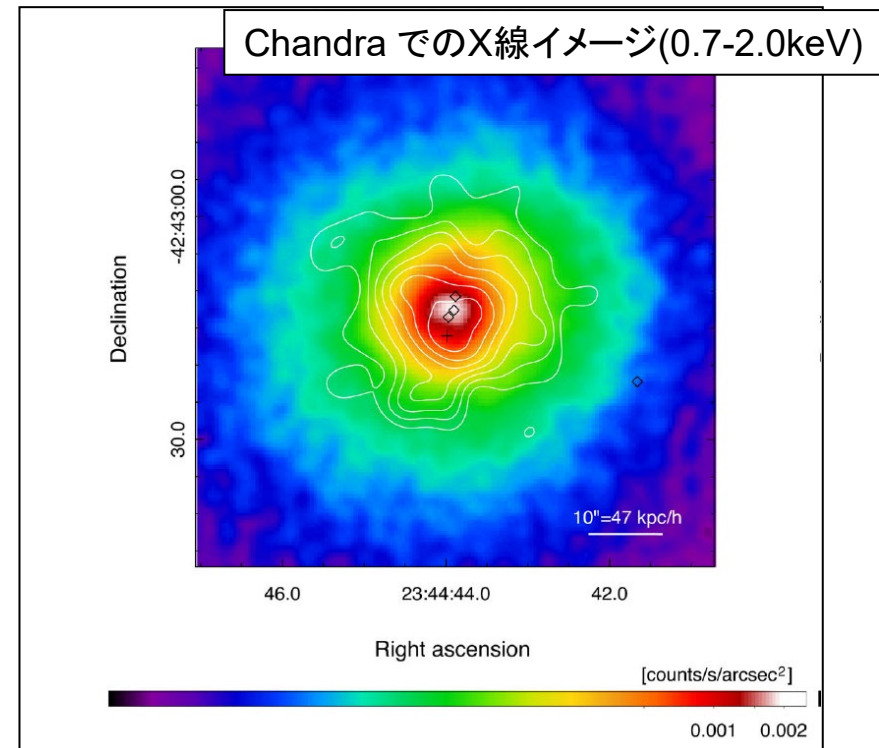
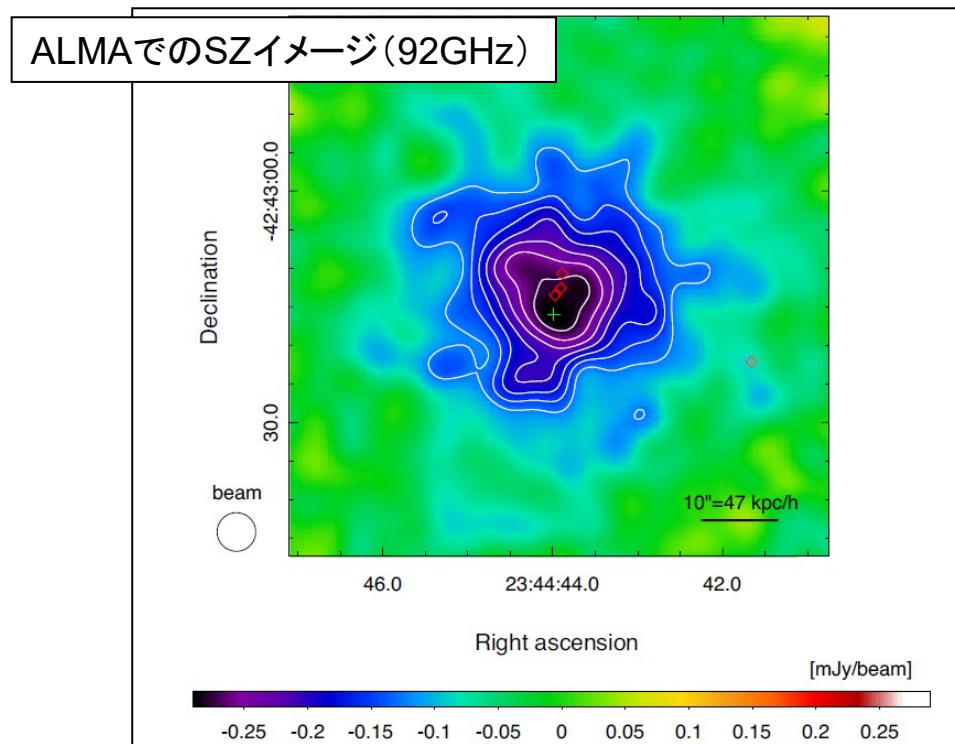


可視光 image
中心銀河はfilamentaryな構造(冷えたガス??)



温度分布。典型的なcool core 銀河団より冷えているように見える

ALMA (SZ効果) + Chandra (X-ray) で多波長観測 (Kitayama et al. 2020)



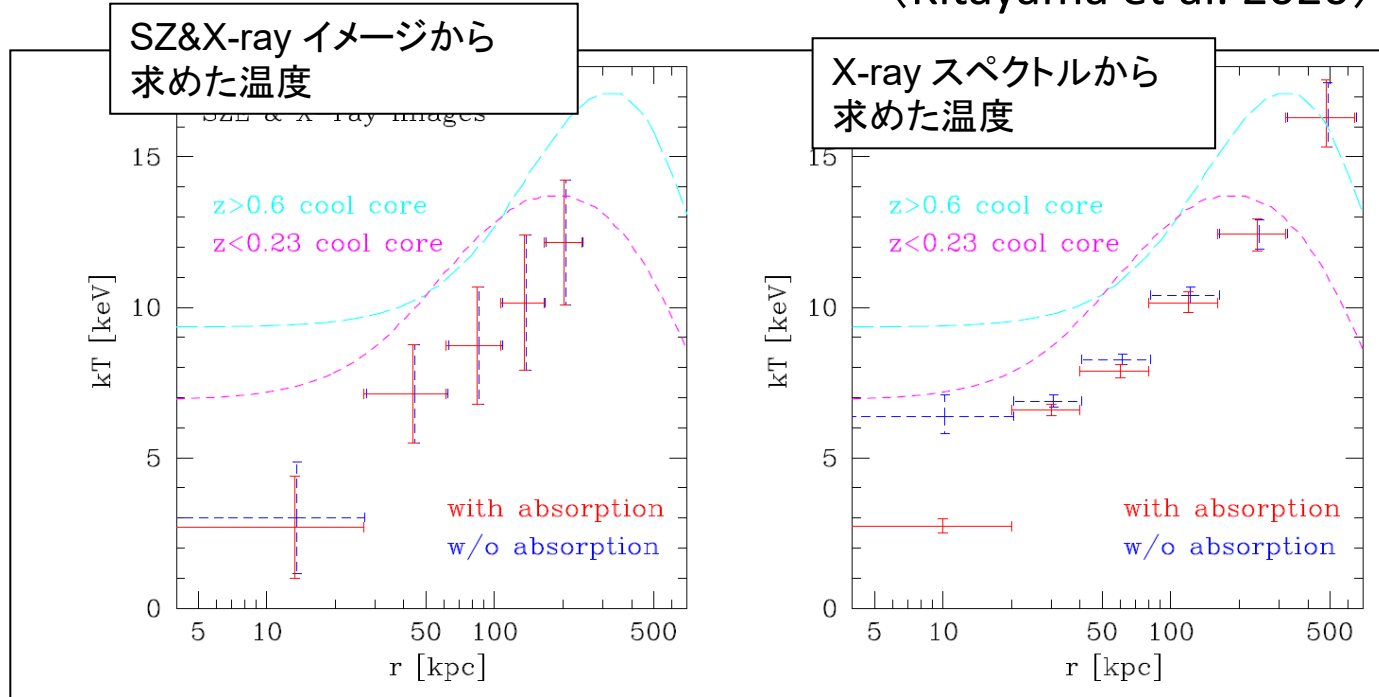
- SZ効果: 高温電子によるCMBの逆コンプトン散乱。X線とは相補的な高温ガスのプローブ

$$I_{SZ} \propto \int n_e T dl, \quad I_X \propto \int n_e^2 T^{1/2} dl$$

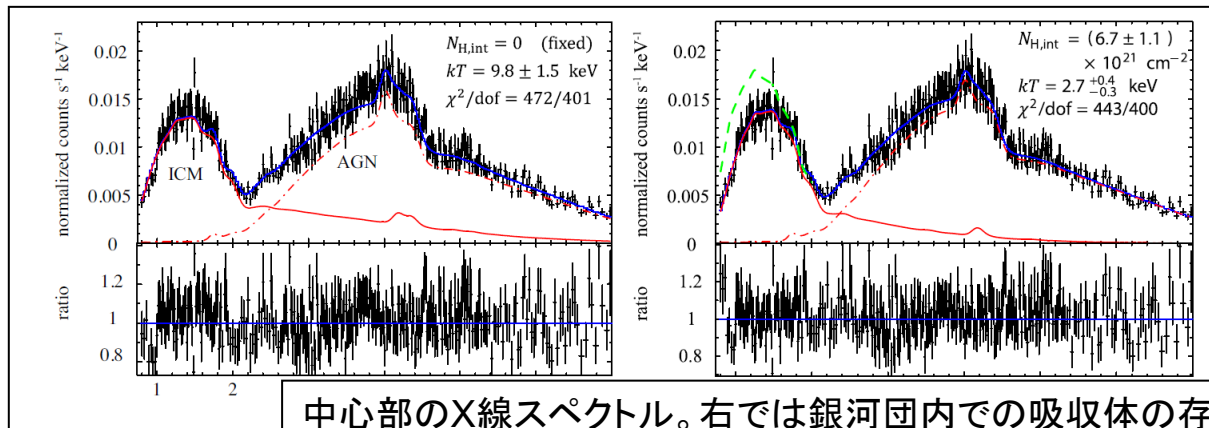
両者の比較でイメージから温度が決定できる

ALMA (SZ効果) + Chandra (X-ray) で多波長観測 (つづき)

(Kitayama et al. 2020)

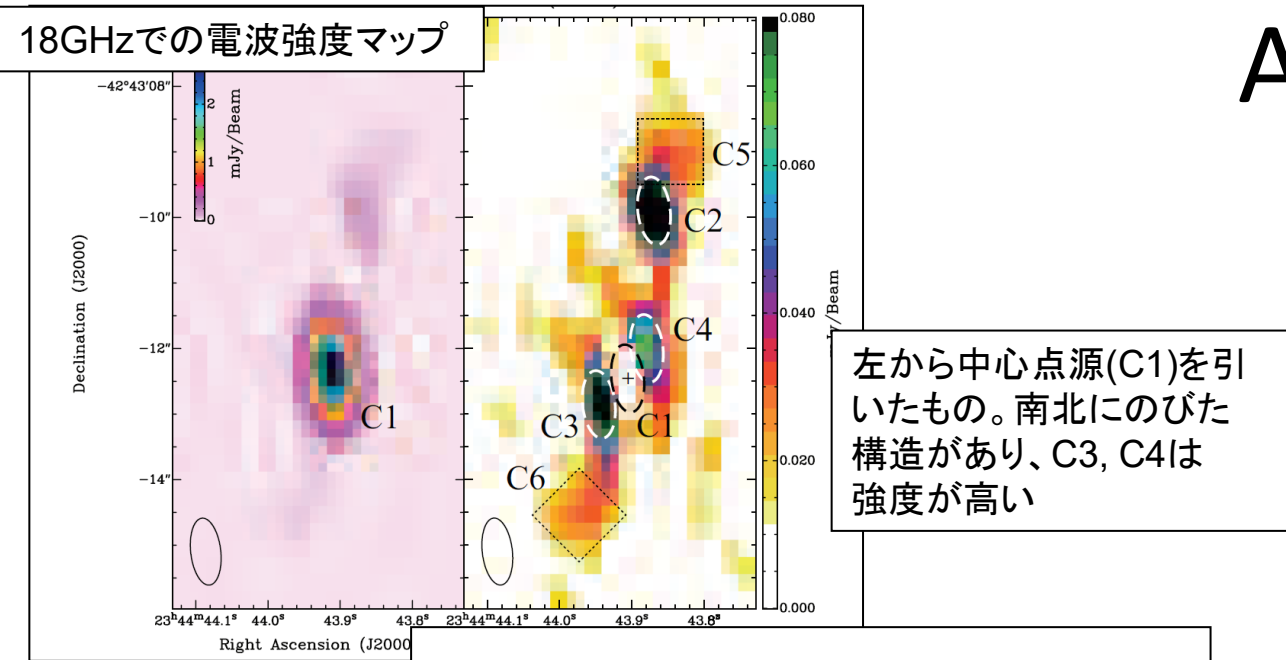


- X線スペクトルによる温度決定は中心部の吸収体 (cold gas) の有無の仮定に結果が左右される。
- SZ+Xのイメージ解析では吸収体の有無にほとんど結果は左右されない。
- 典型的なcooling core 銀河団よりも確かによく冷えているようだ。

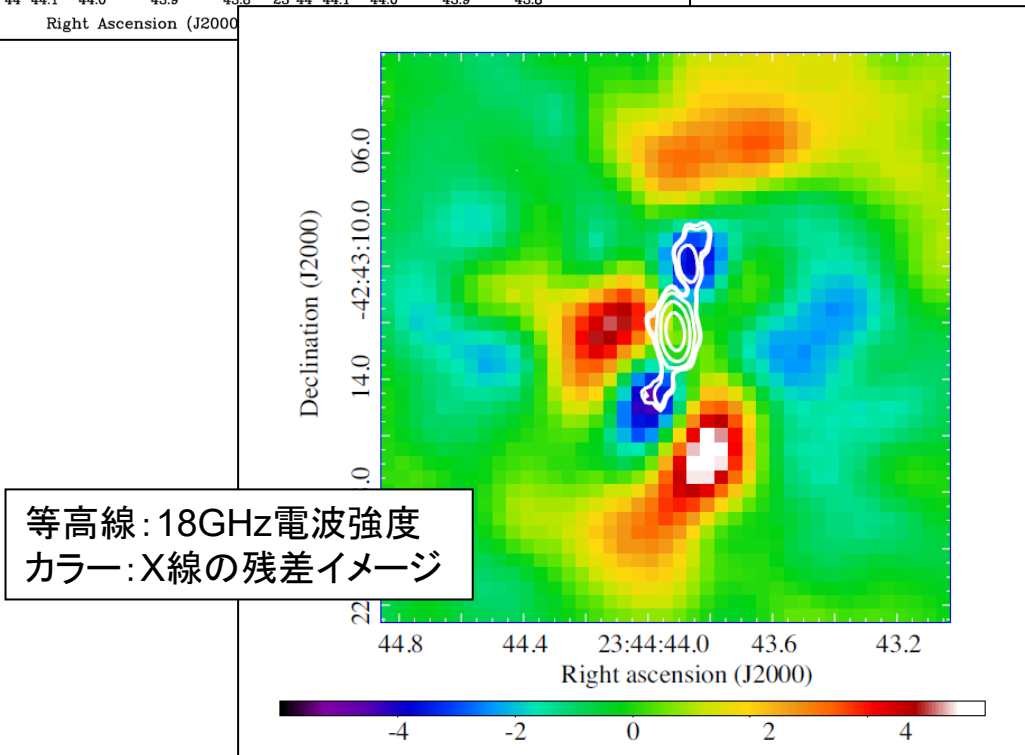


中心部のX線スペクトル。右では銀河団内での吸収体の存在を入れたモデルで考慮。

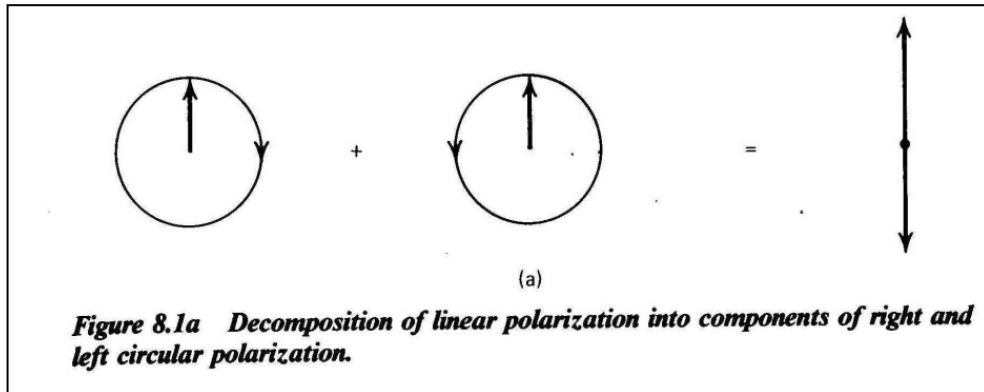
ATCA (低周波電波) 観測 (Akahori et al. 2020)



- 中心銀河を初めて電波で空間分解。南北にのびた構造 (ジェット+ノット?) を発見。
- X線でのnegative残差と電波ジェットが一致。
- ジェットで高温ガスが押しつけられている様子が見えている。
- 中心銀河から加熱がおきはじめたところ?



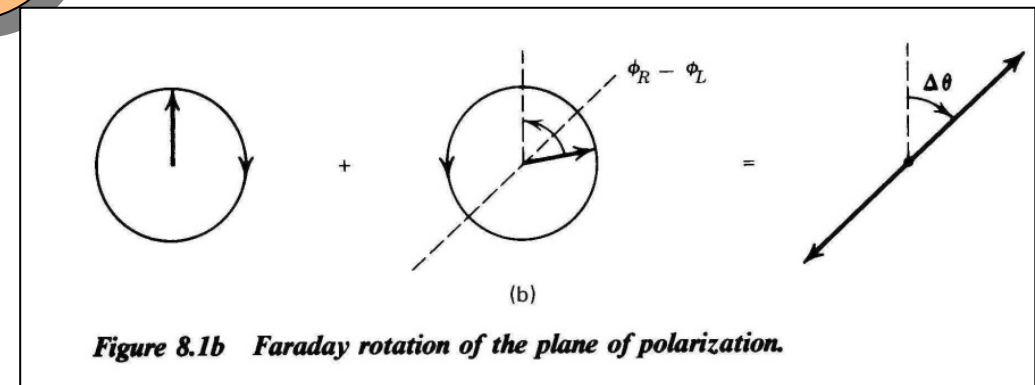
Faraday Rotationと Rotation Measure



偏光面は磁化されたプラズマ中で回転する

$$\chi = RM \lambda^2 + \chi_0$$

$$RM = 0.81 \int_0^d n_e \mathbf{B} \cdot d\mathbf{r} \text{ [rad m}^{-2}\text{]}$$

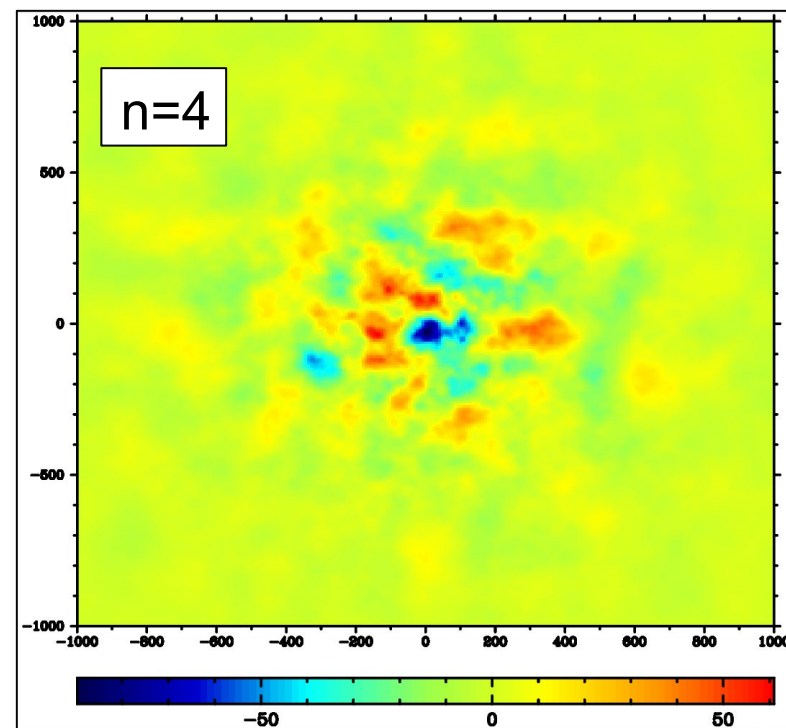
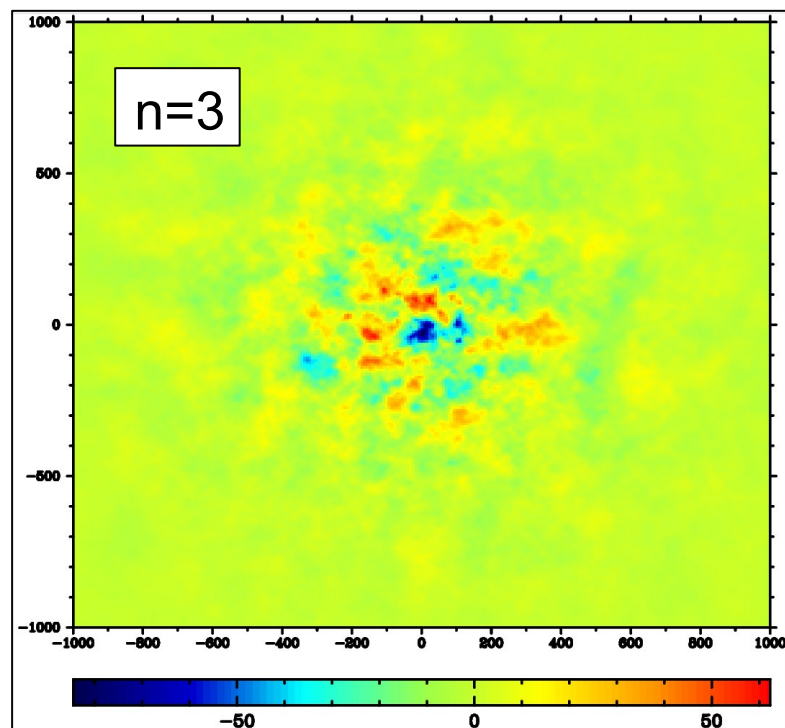
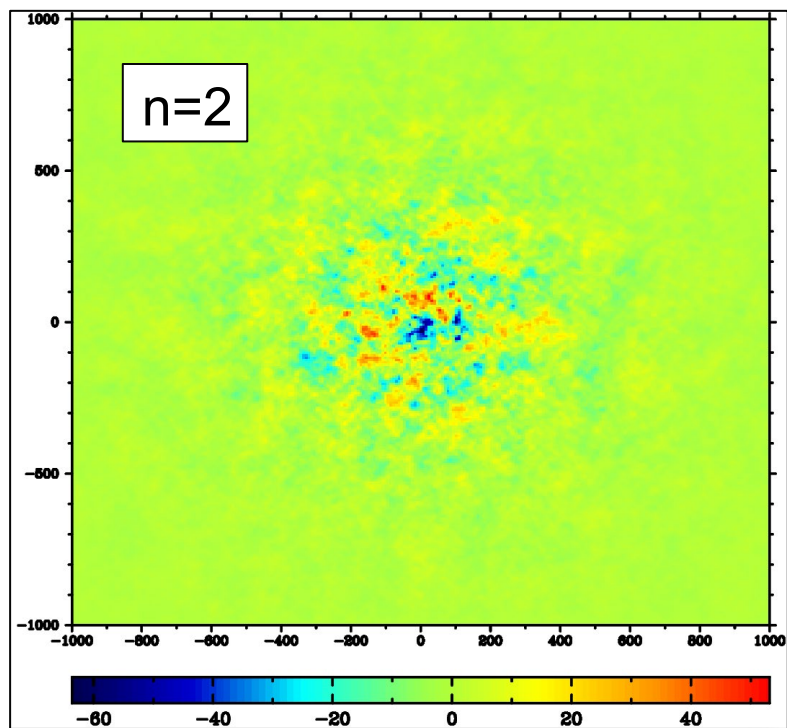


χ : 偏波角 χ_0 : 偏波角の初期値 RM : Rotation Measure n_e : 熱電子密度 λ : 波長 B : 磁場

乱流磁場を持った銀河団のRMマップ (M2長谷川)

べき型パワースペクトル ($|B_k|^2 \propto k^{-n}$)
の乱流磁場をもった銀河団のRMマップ
を計算。今後は観測で得られる統計量
との詳細な比較・議論を予定

$$RM = 0.81 \int_0^d n_e \mathbf{B} \cdot d\mathbf{r} \text{ [rad m}^{-2}\text{]}$$



Faraday Tomography

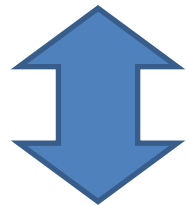
- ファラデー深度 (磁場で測った“距離”)

$$\phi(r) = 0.81 \int_{there}^{here} n_e \mathbf{B} \cdot d\mathbf{r} \text{ rad m}^{-2}$$

- 複素偏光強度

$$P(\lambda^2) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(\phi) e^{2i\phi\lambda^2} d\phi$$

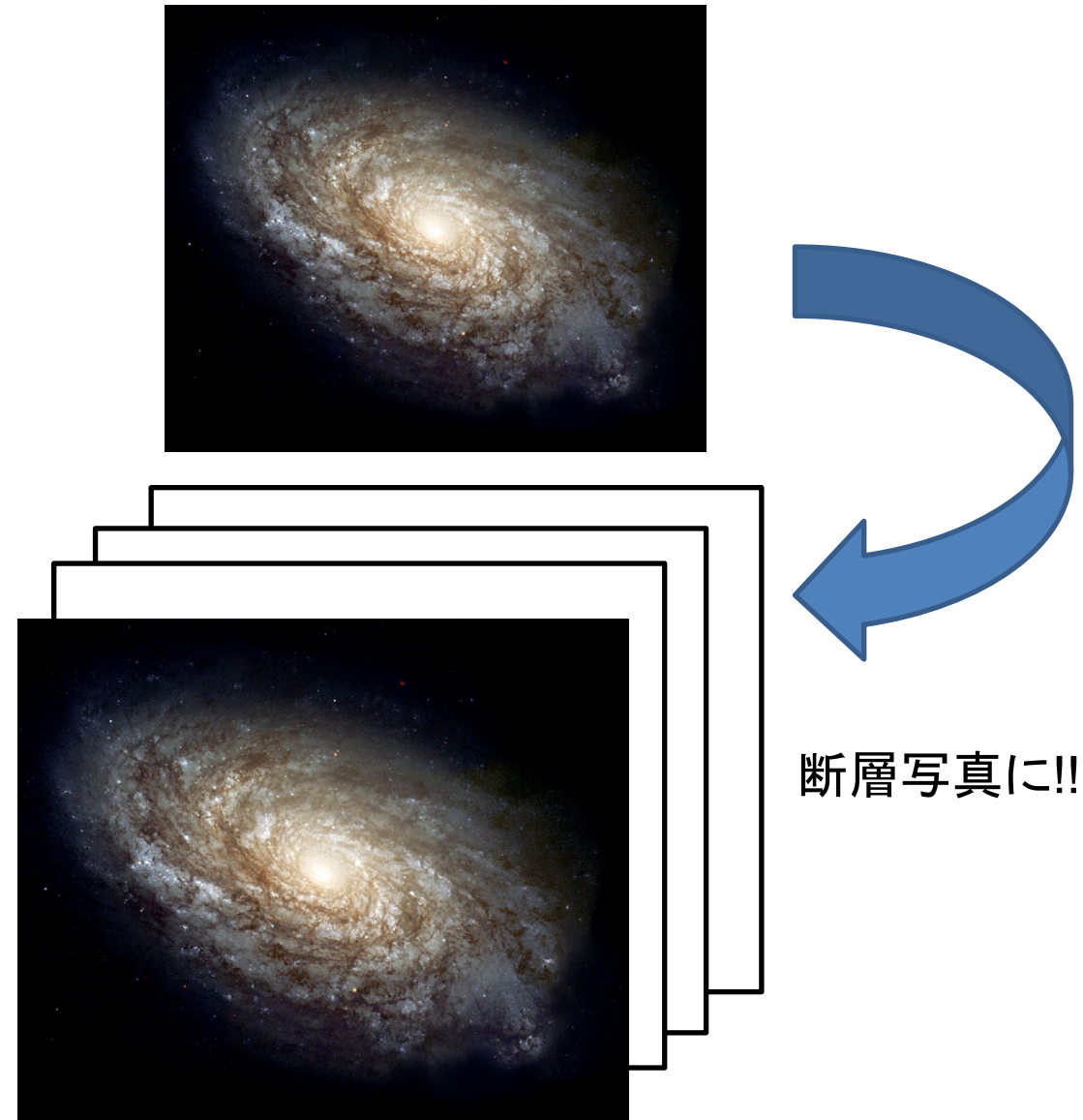
$F(\phi)$: Faraday Spectrum (ファラデー深度
上での複素偏光強度分布)



フーリエ変換

$$F(\phi) = \int P(\lambda^2) e^{-2i\phi\lambda^2} d\lambda^2$$

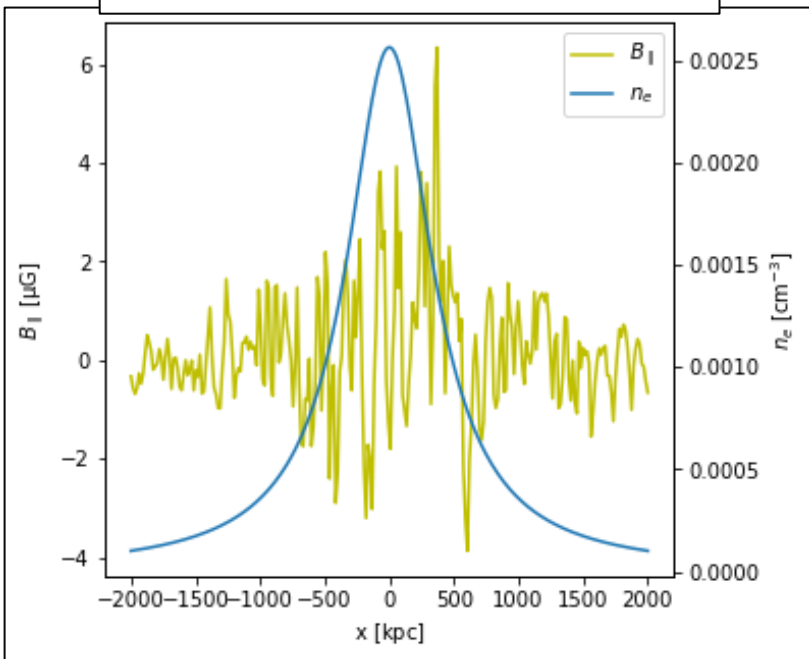
波長依存性を使って“奥行き方向”の分解へ
 (“断層写真”)。



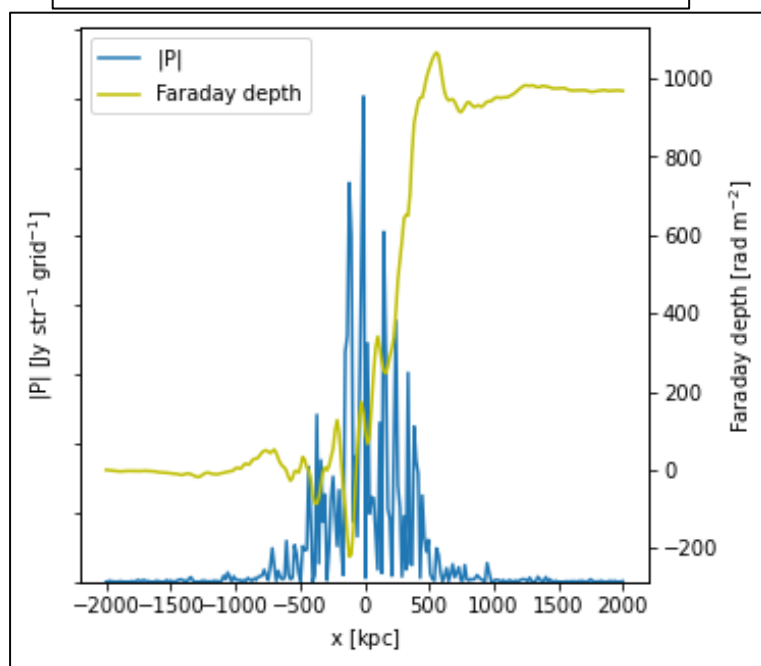
銀河団電波ハローのFaraday tomography (M2菅原)

モデル銀河団(乱流磁場+熱的電子+非熱的電子)でシンクロトロン放射分布を計算し、トモグラフィーをしてファラデー深度上での放射分布を計算。今後はその物理的解釈、磁場情報の取り出しなどに取り組む予定

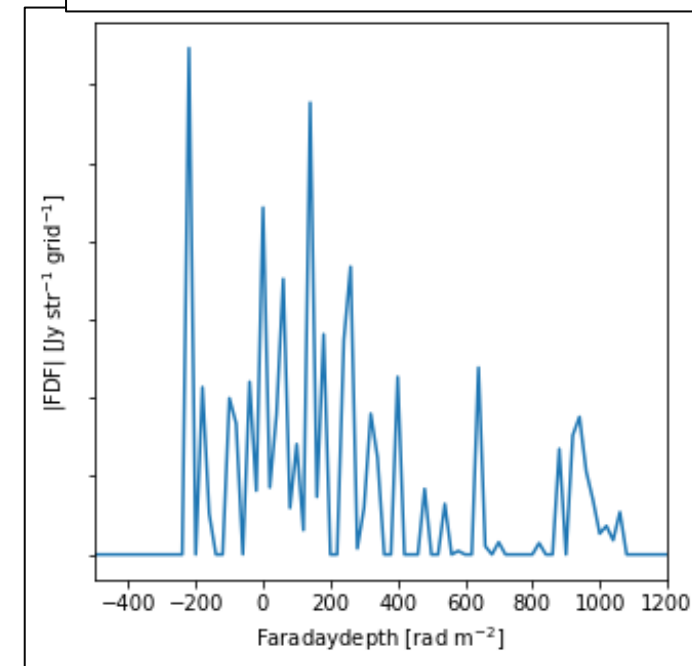
電子密度と視線方向磁場の視線方向プロファイル



偏波強度とファラデー深度の視線方向プロファイル



偏波強度のファラデー深度プロファイル



まとめ

- Phoenix 銀河団の多波長 (Sunyaev-Zeldovich効果、X線および低周波電波) 観測
 - T. Kitayama, S. Ueda, T. Akahori, E. Komatsu, R. Kawabe, K. Kohno, S. Takakuwa, T. Tsutsumi, M. Takizawa, K. Yoshikawa
Publications of the Astronomical Society of Japan, 2020, 72, 33
 - T. Akahori, T. Kitayama, S. Ueda, T. Izumi, K. Lee, R. Kawabe, K. Kohno, M. Oguri, M. Takizawa
Publications of the Astronomical Society of Japan, 2020, 72, 62
- 銀河団のrotation measureのモデル計算 (M2長谷川)
- 銀河団電波ハローのFaraday Tomographyのモデル計算 (M2菅原)