

# X線形態分類に基づく銀河団磁場の性質

小澤武揚<sup>1</sup>、中西裕之<sup>1</sup>、安楽健太<sup>1</sup>、赤堀卓也<sup>2</sup>、小野寺幸子<sup>3</sup>、津田裕也<sup>3</sup>

1. 鹿児島大学 2. シドニー大学 3. 明星大学

## 概要

**背景:** 銀河団は銀河団同士の衝突により成長していると考えられており、衝突の際IntraCluster Medium(ICM)内での乱流の発生が示唆されている。Ryu et al. (2008)によるLarge Scale Structure (LSS)形成シミュレーションにおいて乱流による磁場の増幅が示されたことから、銀河団の進化と磁場の成長には何らかの関係があると考えられる。

**目的:** 銀河団はX線によりIrregular、Regular、Cool-Coreの3形態に分類できる。X線による形態分類は銀河団の進化状態を反映している可能性があり、各形態ごとに磁場の性質に違いが見られることが期待される。本講演ではX線形態分類ごとの銀河団の磁場強度を比較する。

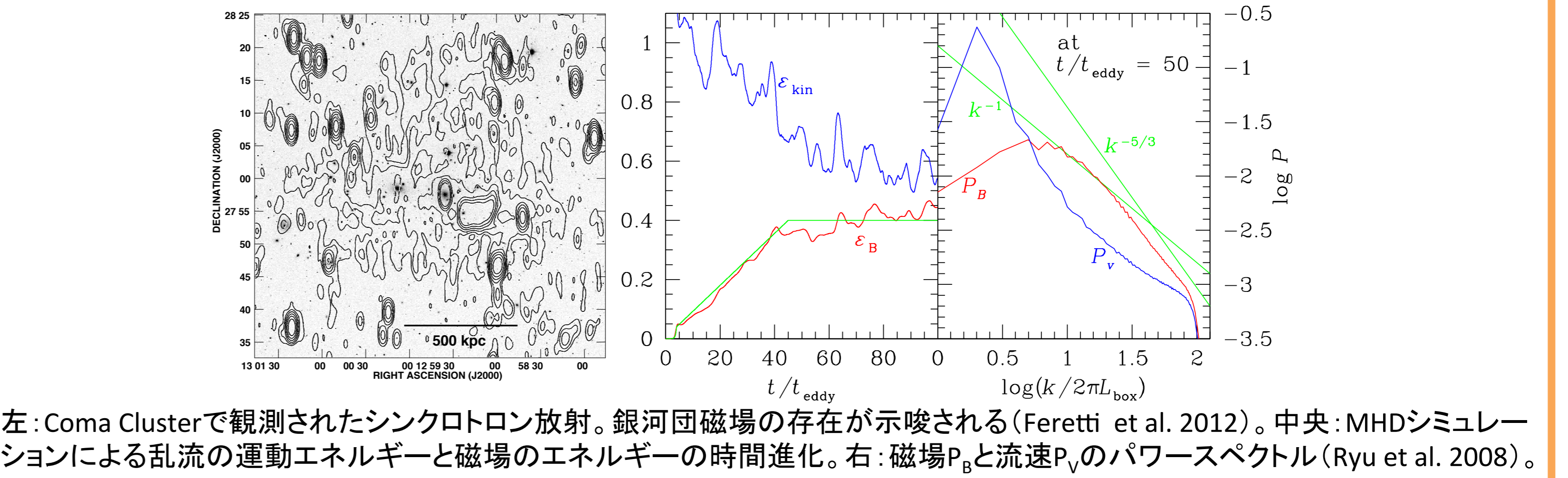
**方法:** VLA archiveと新たに観測されたEVLAの偏波データからX線形態分類ごとに銀河団のRotation Measure (RM)を求める。求めたRMの分散から磁場強度を求める。

**結果:** 銀河団Abell 401A (以下AbellはAと略す)、A401B、A2142、A2199、A2256のRM mapを作成した。得られたRMの分散から、各銀河団で2~5uGの磁場強度を得た。

**結論:** IrregularはRegular、Cool-Coreよりも磁場強度が小さいようである。しかしサンプルが少ないため統計的に議論できない。

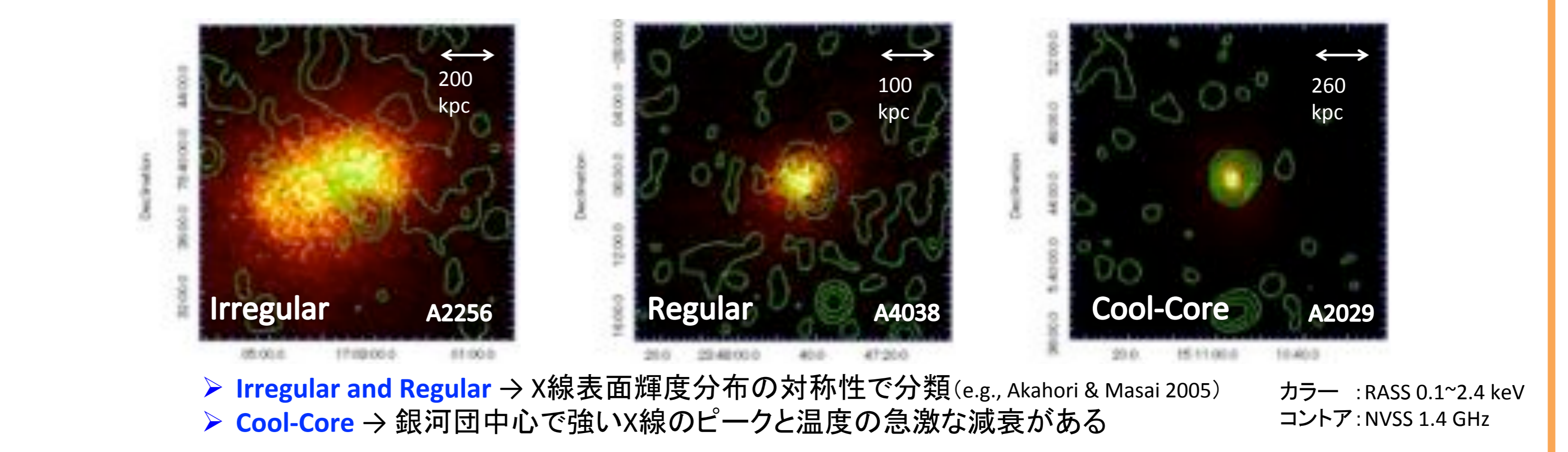
## 1. 乱流による磁場の増幅

銀河団衝突に伴う乱流で磁場は増幅されている?



## 2. X線形態分類

X線形態分類は銀河団の進化状態を表している?



乱流による磁場の増幅があるならば	X線形態	Irregular	Regular	Cool-Core	となる?
	乱流の状態	driving	cascade	decay	
	磁場強度	weak	strong	rather strong	

## 3. Faraday Rotation Measure

$\phi = RM \cdot \lambda^2$

RM: Rotation Measure  
 $\phi$ : 偏波角  $\lambda$ : 波長

縦軸が偏波角、横軸が波長の二乗を表す。傾きがRMとなる。[m<sup>2</sup>]

$\sigma_{RM}(r) = \frac{K B n_0 r_c^{1/2} \Lambda_B^{1/2}}{(1 + r^2/r_c^2)^{(6\beta-1)/4}} \sqrt{\frac{\Gamma(3\beta-0.5)}{\Gamma(3\beta)}}$

K: 定数(441)  
 $n_0$ : 銀河団X線中心での電子密度  
 $r_c$ : コア半径  
 $r$ : 銀河団中心からの距離  
 $\Lambda_B$ : ファンダム磁場のスケール(10kpcを仮定)  
 $\beta$ :  $\beta$ モデルパラメータ

銀河団のRMは平均値0の正規分布に従うと考えられる

領域全体のRMの分散から磁場強度を推定する

## 4. 調査対象

X線で観測されている近傍銀河団 (Mohr 1999)

$\beta$ モデル(電子分布モデル)のパラメータが既知 (Mohr+2009, Ota & Mitsuda 2002, Chen+2007)

X線形態分類がなされている (Akahori & Masai 2005)

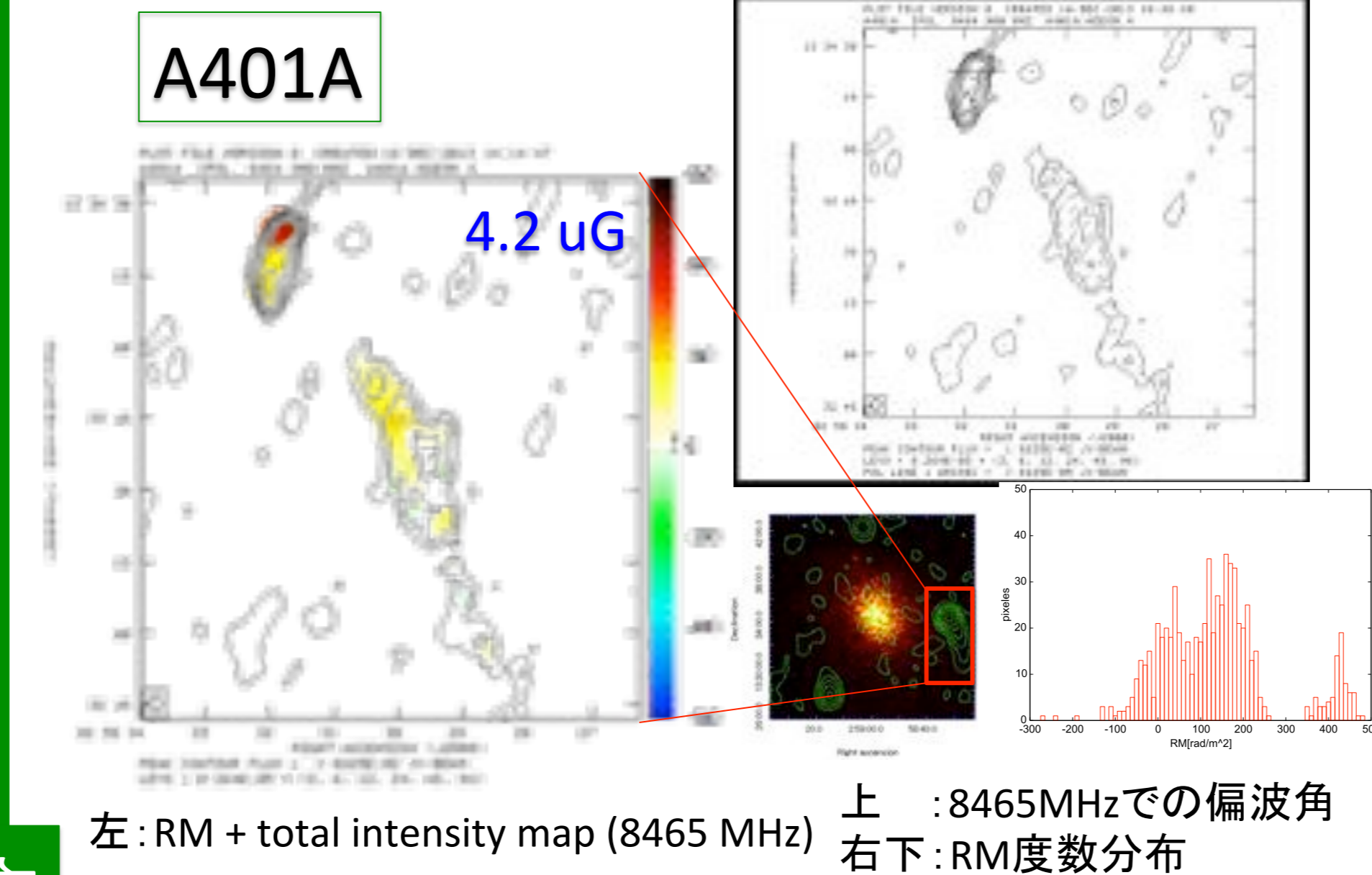
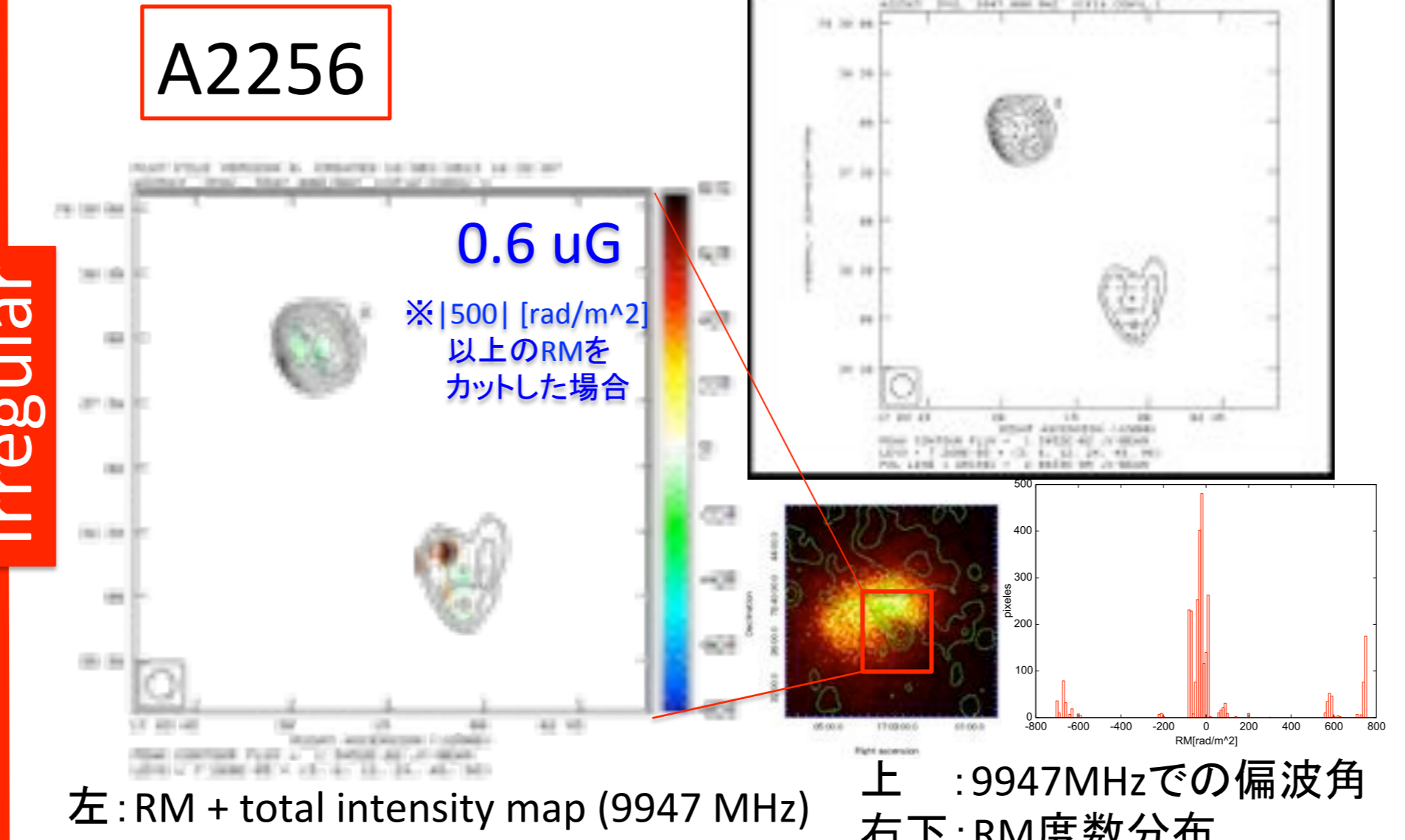
Cool-Coreの存在が既知 (Sanderson+2006)

VLAの観測データがあるもの  
Irr.2天体、Reg.4天体、CC.3天体

Irregular	Regular	Cool-Core
A2256 (350kpc)	A401 (450kpc)	A2142 (500kpc)
A358 (290kpc)	A1367 (130kpc)	A3571 (240kpc)
A2029 (470kpc)	A2199 (180kpc)	

Archive: VLA archiveデータ  
observed: 本研究のためにEVLAで新たに観測された銀河団  
済: RMを求めた銀河団(残りは解析中)  
図はカラーがRASS(0.1~2.4keV)、コントラストがNVSS(1.4GHz)を表す  
電波強度は各視野でのNVSSでの最大電波強度を表す  
A2029、A2199はCD銀河を持ち、乱流と磁場を結びつけるのに妨げになるかもしれない

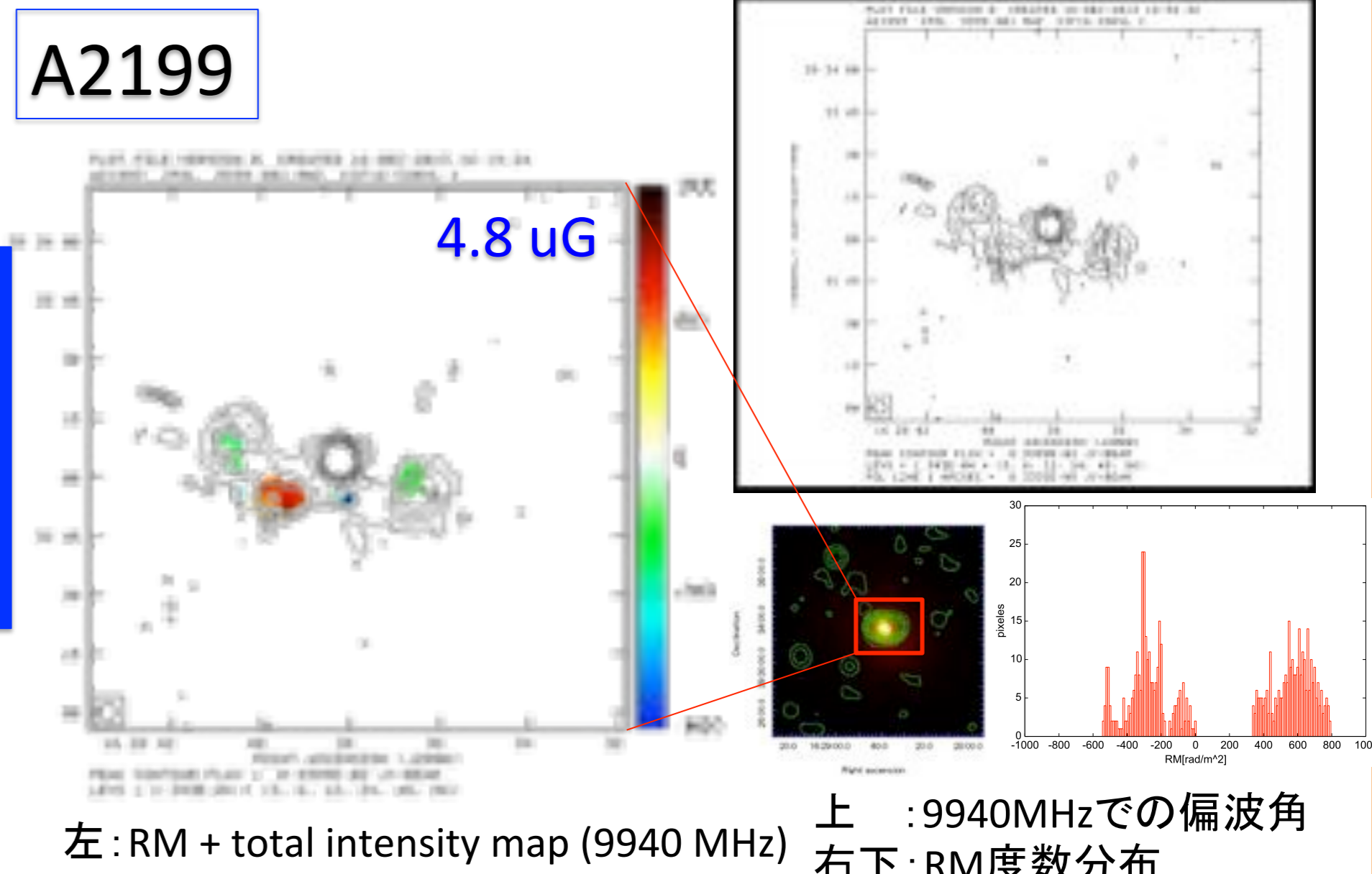
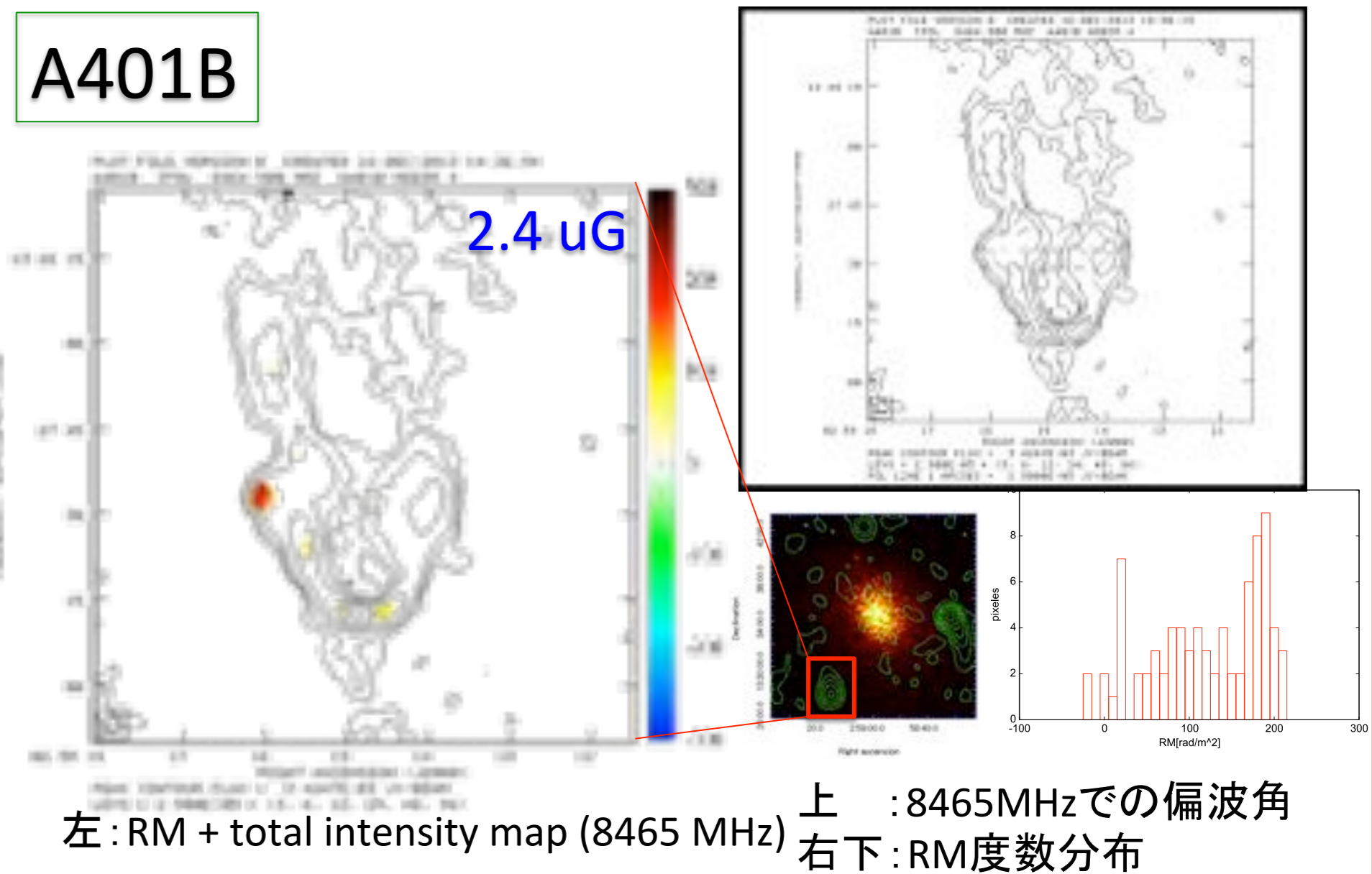
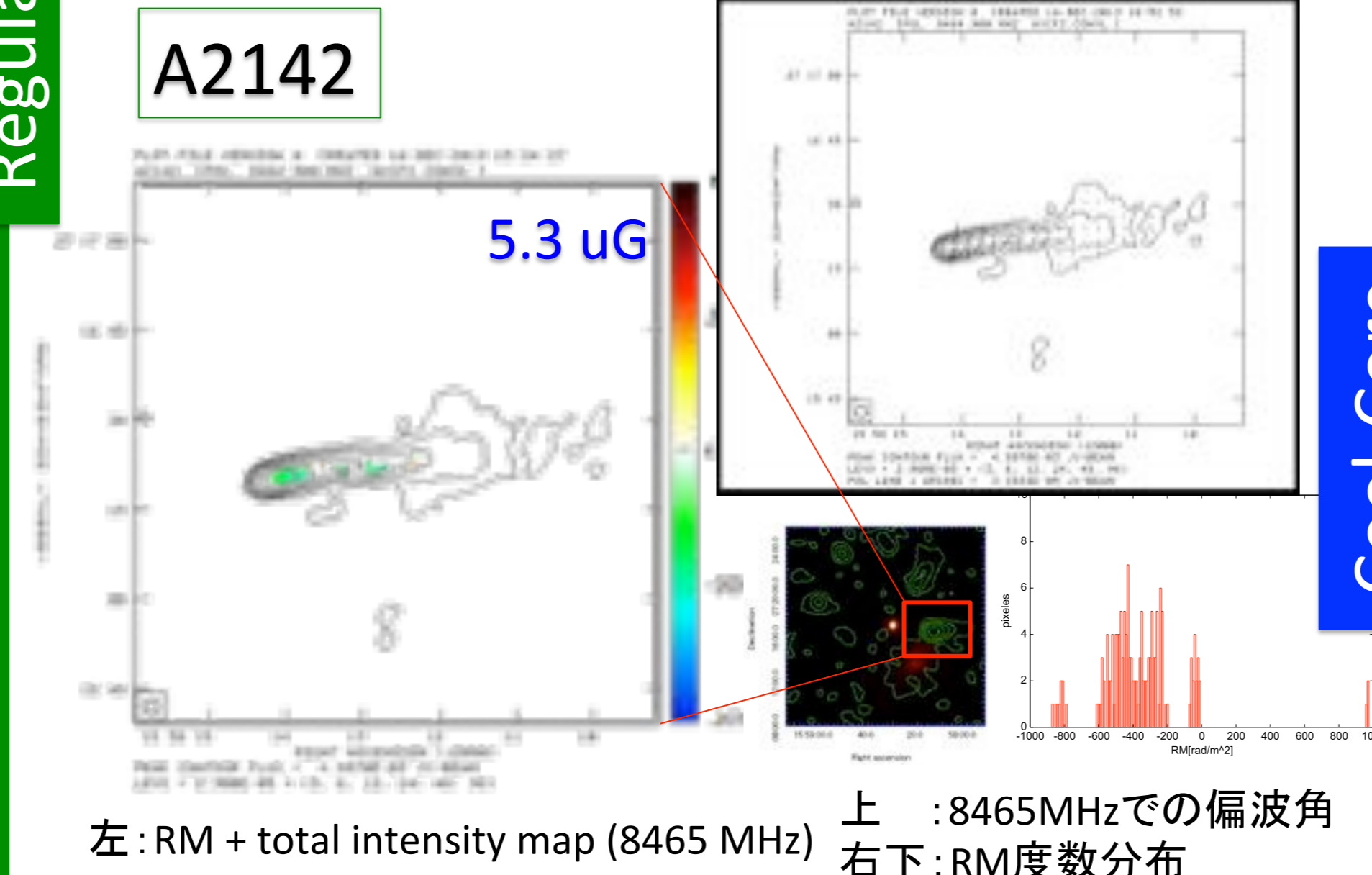
銀河団磁場による、銀河団内偏波源偏波のRotation Measureを求める。



## 4結果

Source	RA	Dec.	Distance from the X-ray center [kpc]	kpc''	Frequency [MHz]	Configuration	Beam ["]	$\beta$	$n_0$ [cm <sup>-3</sup> ]	$\langle RM \rangle$ [rad/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{RM}$ [rad/m <sup>2</sup> ]	B [uG]	
A2256	17 03 31	+78 37 44	197		2051/3947 8051/9947	C	13.0 × 13.0 13.0 × 13.0	0.83	500	3.0E-03	-30	44	0.6
A401A	02 58 32	+13 34 12	625		4885/4535 8085/8465	B,C	3.0 × 3.0 3.0 × 3.0	0.61	246	5.9E-03	140	137	4.5
A401B	02 59 15	+13 27 36	730		4885/4535 8085/8465	B,C	3.0 × 3.0 3.0 × 3.0	0.61	246	5.9E-03	124	67	2.4
A2142	15 58 13	+27 16 26	270		4885/4535 8085/8465	B	3.0 × 3.0 3.0 × 3.0	0.59	114	1.9E-02	-339	438	5.3
A2199	16 28 39	+39 32 52	26		4558/6447 8058/9940	C	4.5 × 4.5 4.5 × 4.5	0.66	139	8.3E-03	101	607	4.8

> RMは周波数が最も高いマップでstokes iがrms 3σ以上の領域且つ、偏波角の誤差が15°以内且つ、RMの誤差が60 [rad/m<sup>2</sup>]以内の領域のみを表示している。  
> 各偏波源は銀河団中央断面に位置していると仮定した  
>  $\Lambda_B$ はGovoni et al. 2010より10 [kpc]を仮定した



磁場強度 Irregular 0.6 uG (or 4.5 uG) < Regular 4.0±1.5 uG < Cool-Core 4.8 uG

## 4結論

各銀河団で2~5uGの磁場強度を得ることができた。Irregular Cluster A2256に関しては正規分布から外れているRMを除外することによって0.6 uGの値を得た。A2256において500 rad/m<sup>2</sup>以上のRMが妥当な値なのかどうかは、EVLAの多周波の観測データからRMを求めRMの決定精度を上げることで判断することができる。RegularとCool-Coreでは磁場強度に大きな差は見られなかった。従ってIrregularからRegularで磁場が進化しているような気もするが、わずか5偏波源しか磁場強度を出していないのでまだ統計的に議論することはできない。しかし調査対象の銀河団全てを解析しても9銀河団しかなく、銀河団のRMを用いた磁場研究においては多周波、高感度での観測が必須となる。