

# 「すざく」衛星による Abell 1835 銀河団の外縁部の研究

東京理科大学 松下研究室  
M1 市川 和也

## 【研究テーマ】

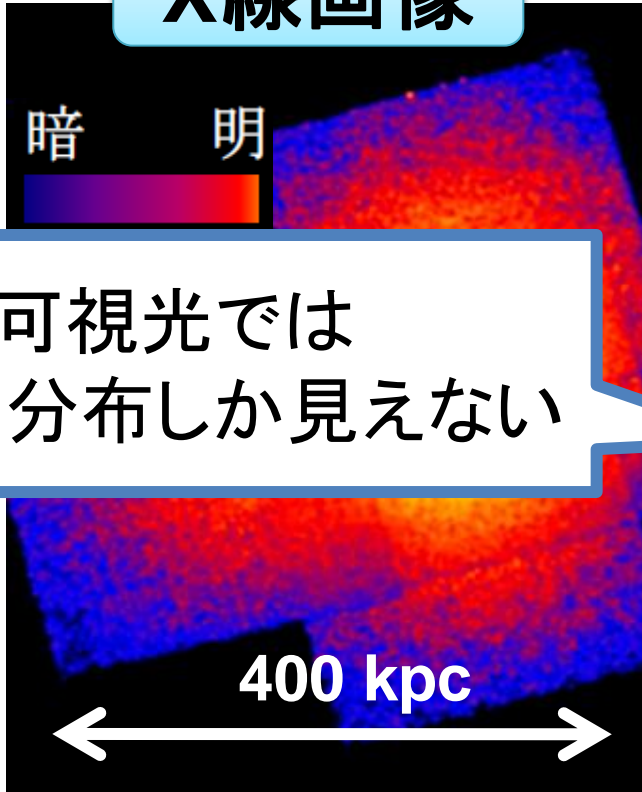
宇宙の大規模構造の中で銀河団が形成される  
過程で、銀河団ガスがどのように加熱されるのか  
を探る



# 銀河団

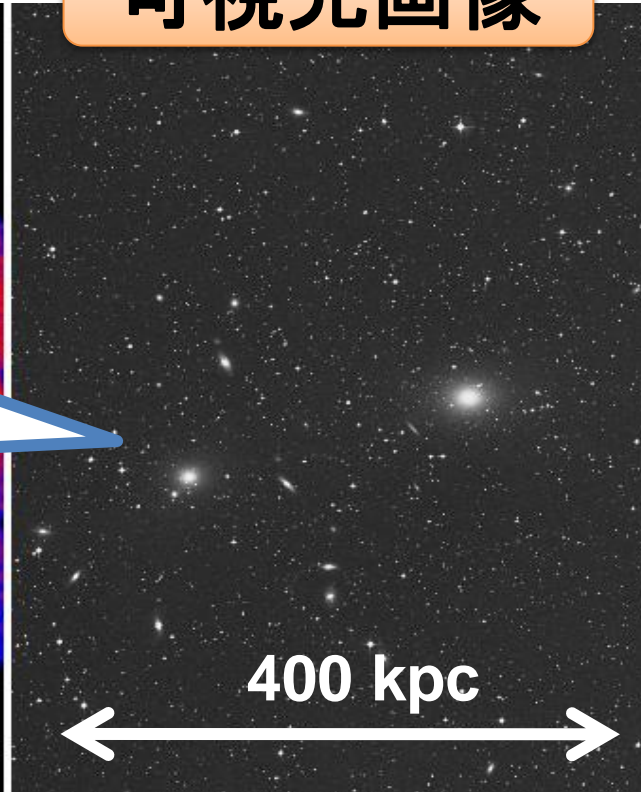
数百～数千個の銀河の集団  
宇宙最大の力学的に束縛された系

X線画像



可視光では  
銀河の分布しか見えない

可視光画像



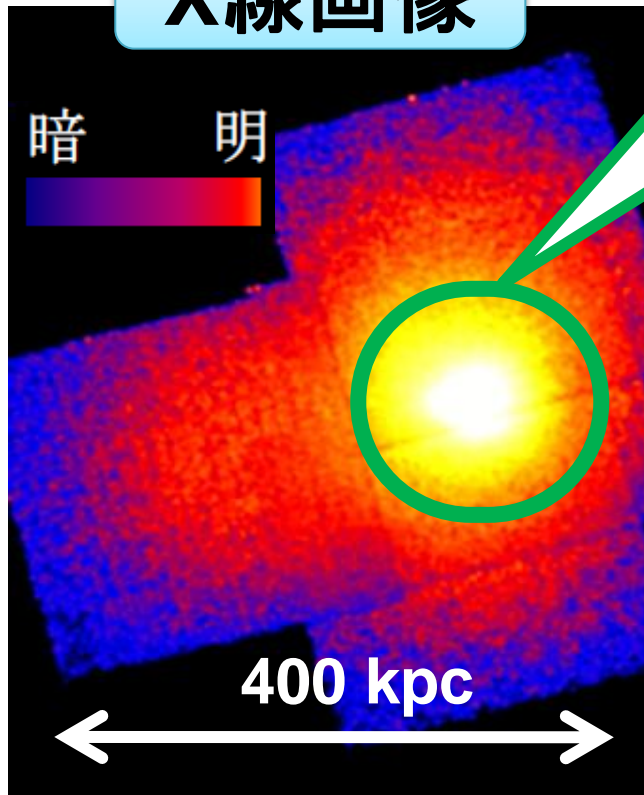
ケンタウルス座銀河団



# 銀河団

数百～数千個の銀河の集団  
宇宙最大の力学的に束縛された系

## X線画像



数百万～数千万度の  
**高温ガス**が存在

熱制動放射

**X線放射**

400 kpc

ケンタウルス座銀河団



# 冷たい暗黒物質(CDM) モデル

## 銀河団

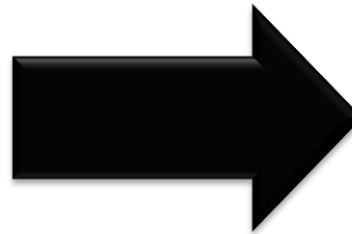
小さな構造から衝突  
合体を繰り返し  
大きな構造に進化



現在も

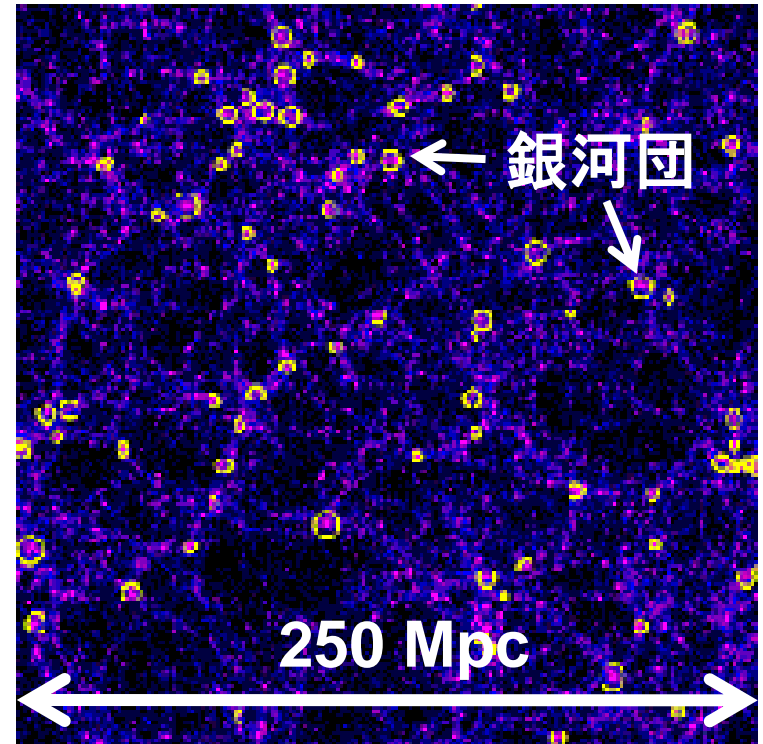
銀河団の巨大な重力により

フィラメント状の  
大規模構造



銀河団

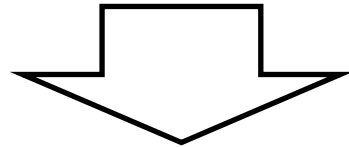
物質が流れ込むことで成長



Borgani et al. 2001



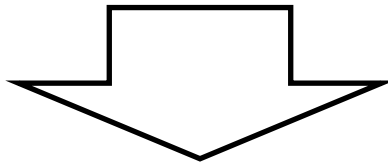
銀河団の形成時間＝宇宙年齢スケール



外縁部では現在も形成の最中だと考えられる

—— 本研究の目的 ——

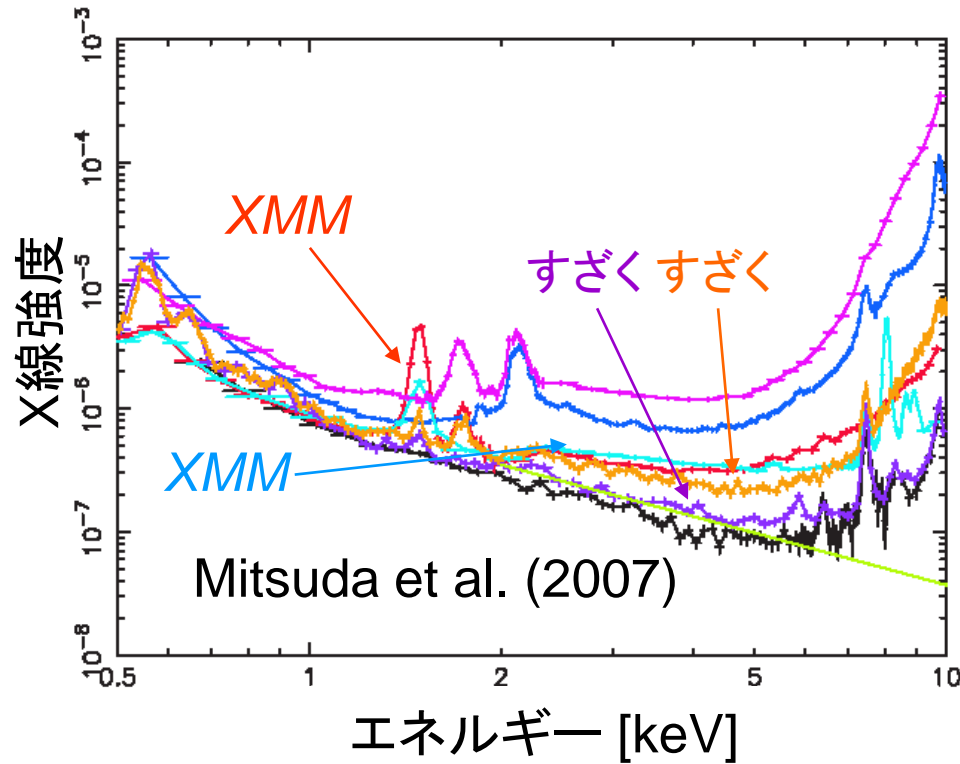
外縁部の高温ガスの調査



銀河団の構造形成や進化を探ること

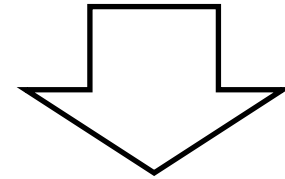


# 観測衛星：「すざく」衛星



2005年に打ち上げられた  
日本で5番目のX線天文衛星

過去の衛星では  
銀河団の中心領域のみ観測



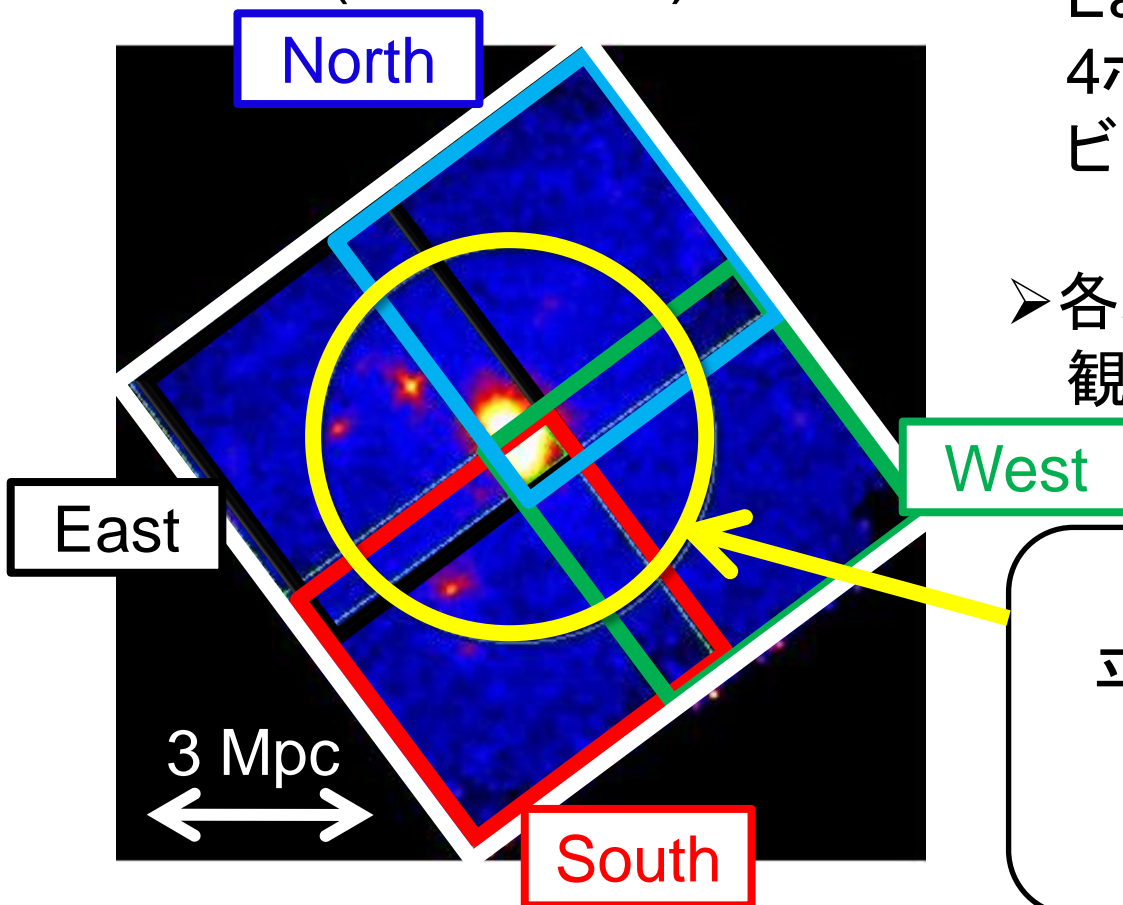
低く安定したバックグラウンドを持つ  
「すざく」衛星により  
X線輝度の低い銀河団の外縁部を初めて観測



# 対象銀河団: Abell 1835 ( $kT=8$ keV, $z=0.253$ )

距離: 29億光年、球対称な銀河団

観測されたX線画像  
(0.5-2 keV)



➤「すざく」衛星を用いて  
East, **South**, **West**, **North**の  
4ポインティングに分けて  
ビリアル半径を超えて観測

➤各ポインティングの  
観測時間 ~ **50 ks**

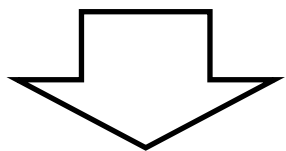
銀河団が力学的に  
平衡状態にある半径  
= **ビリアル半径**  
= 2.7 Mpc



# 対象銀河団: Abell 1835 ( $kT=8$ keV, $z=0.253$ )

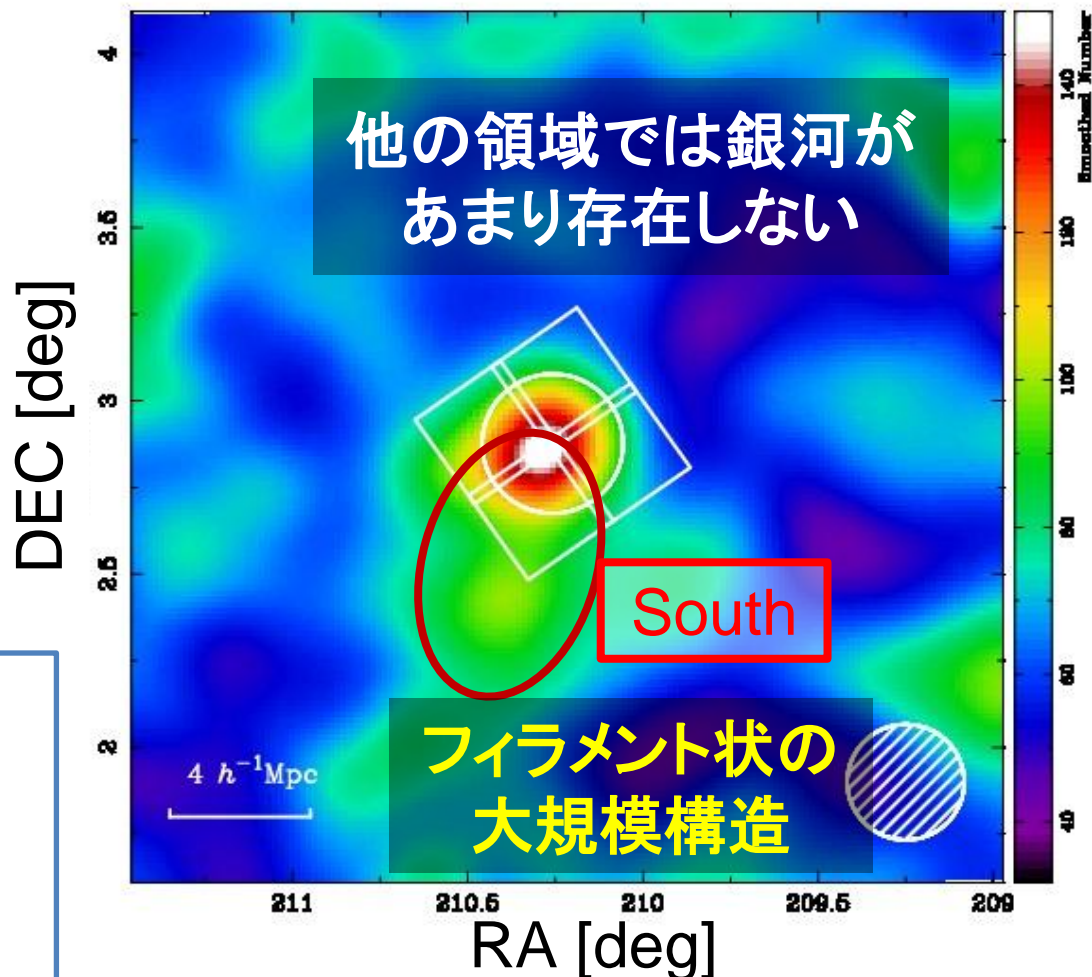
Abell 1835の周辺に  
大規模構造が存在

高温ガスの  
非等方性を調査



大規模構造と関係した  
構造があるのかを  
明らかにする

25 Mpc  $\times$  25 Mpc



銀河の個数分布 (SDSSより)

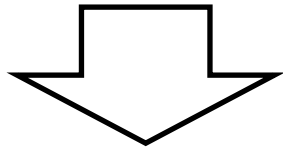


# X線エネルギースペクトル解析

～ガスの温度と密度を求める～

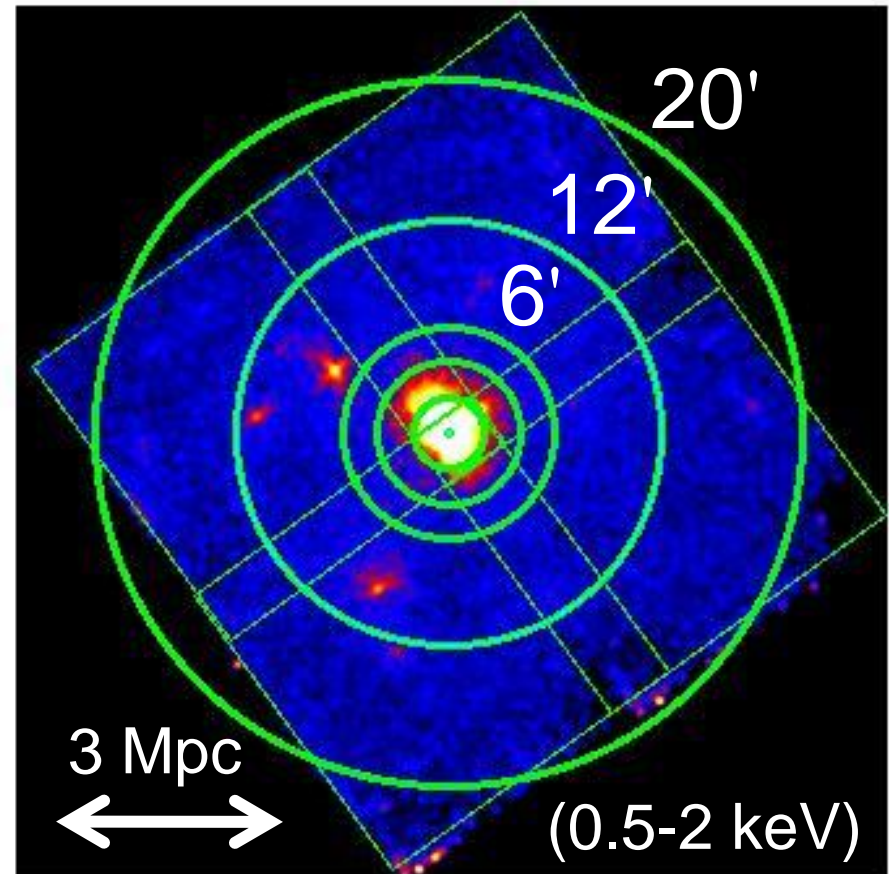
- スペクトルを図のように5つの同心円環領域に分割  
(0-2', 2-4', 4-6', 6-12', 12-20')

高温ガスの構造を見る



【いくつかの明るい点源】

- ✓ 円領域で除去
- ✓ もれこみを考慮

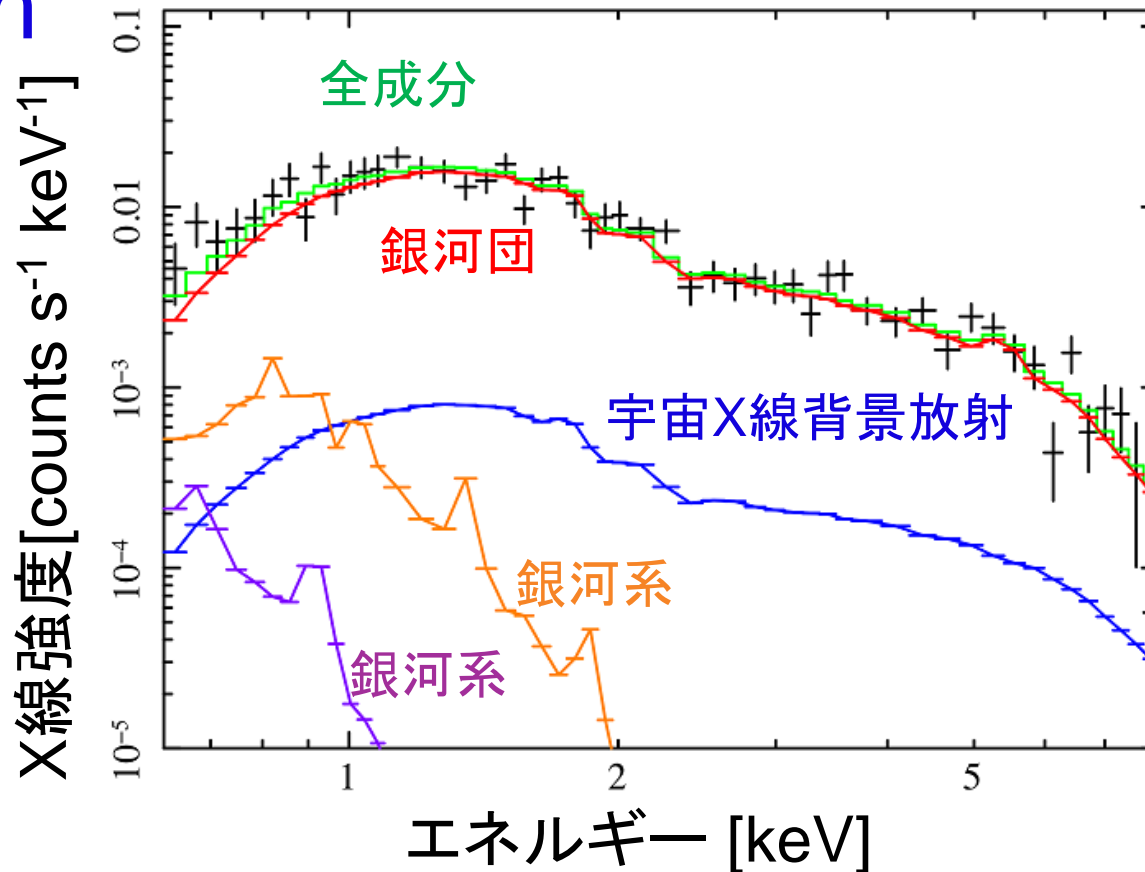




# X線エネルギースペクトル解析

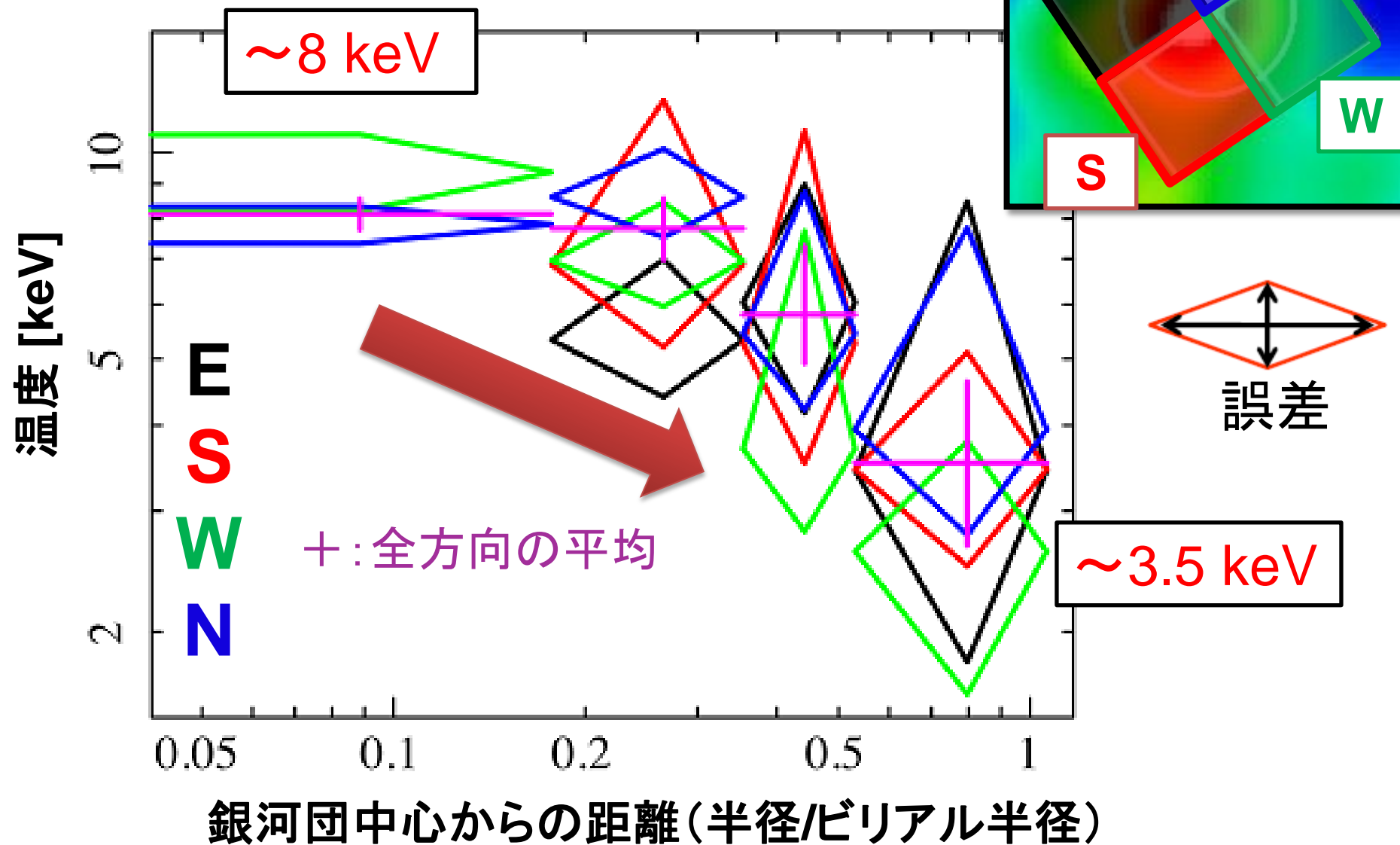
Model : 銀河団成分 + 宇宙X線背景  
放射成分 + 銀河系成分  
銀河系成分

North



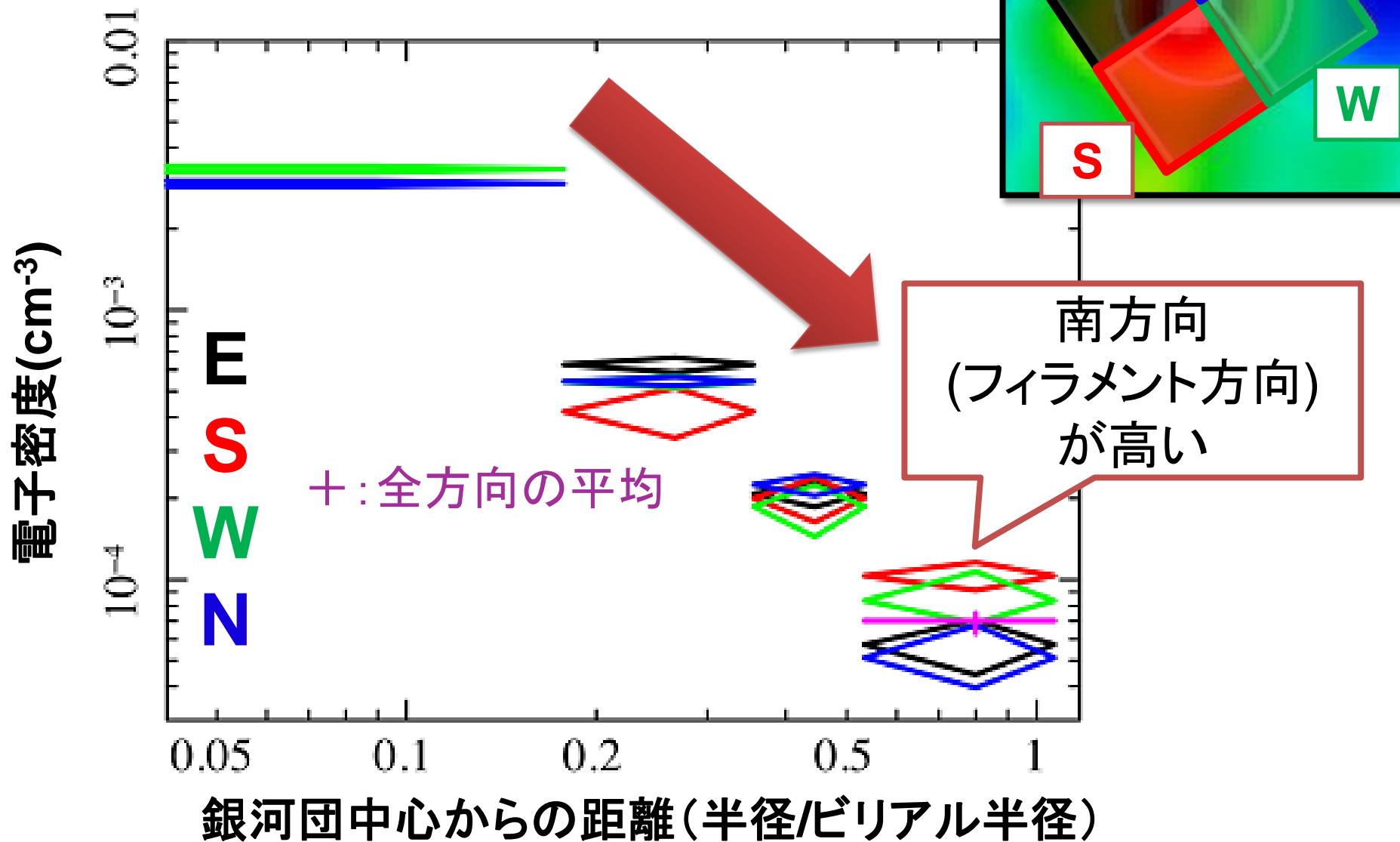


# 温度の半径分布





# 密度の半径分布





# エントロピーについて

X線天文学での

エントロピー  $K = kT/n_e^{2/3}$  [keV cm<sup>2</sup>] → **ガスの熱史**

重力のみの衝撃波加熱を仮定



銀河団の外側ほど強い衝撃波となる  
(加熱によりエントロピーは上昇)

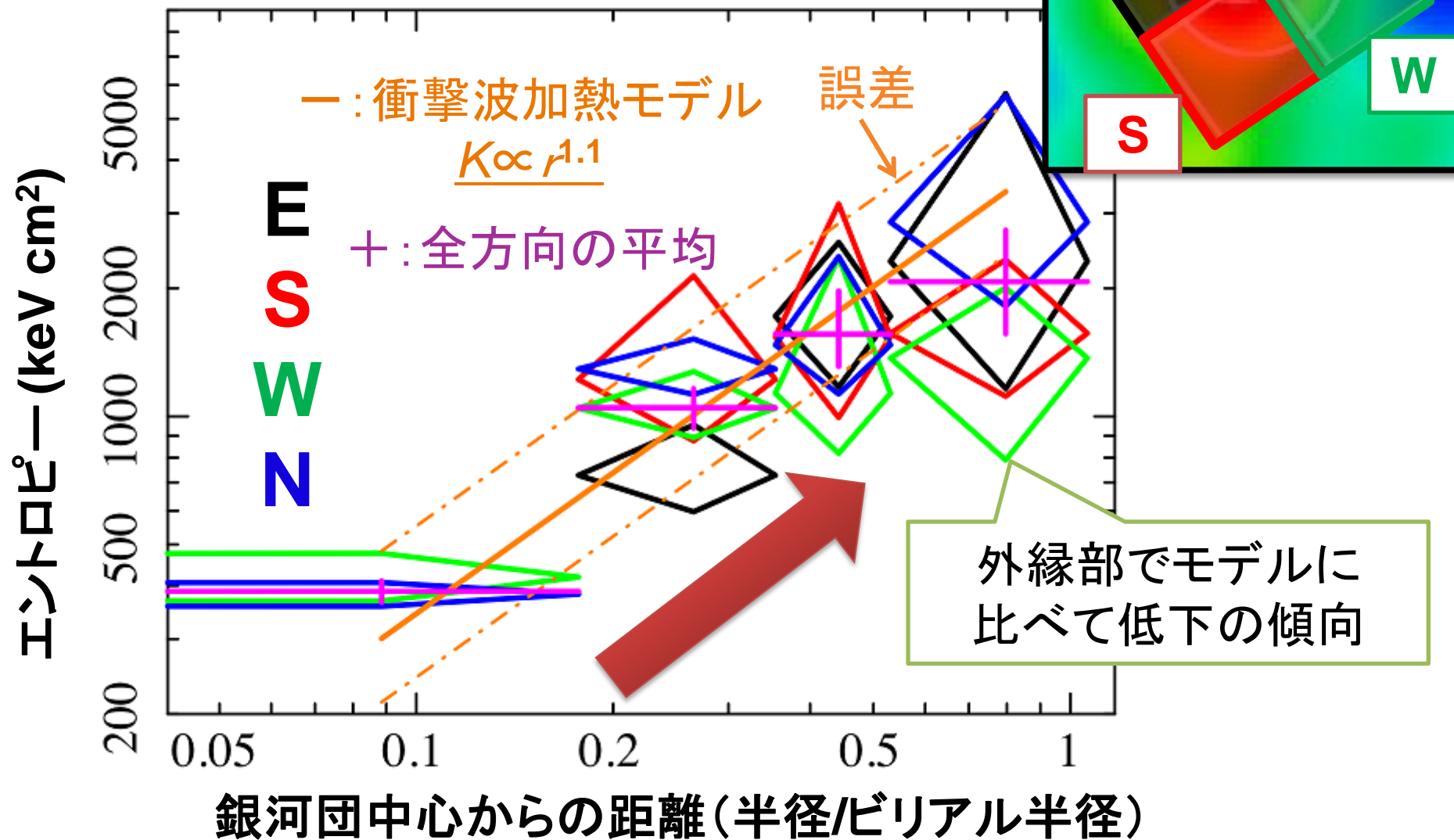
衝撃波加熱モデル

(Tozzi & Norman 2001; Ponman et al. 2003)

$$K \propto r^{1.1}$$



# エントロピーの半径分布





# 銀河団の質量

銀河団が静水圧平衡にあると仮定

温度

密度

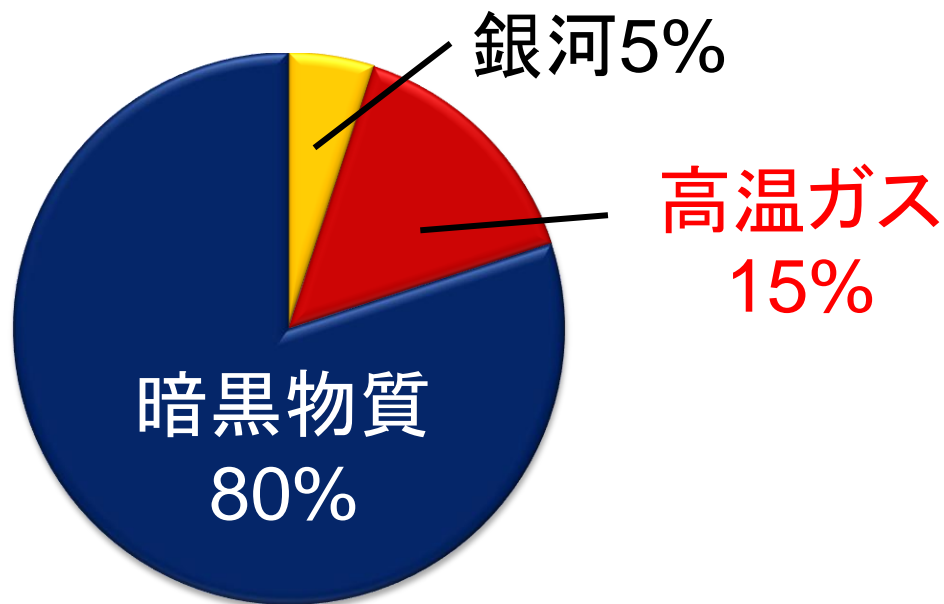


X線から求まる

銀河団の全質量(静水圧質量)



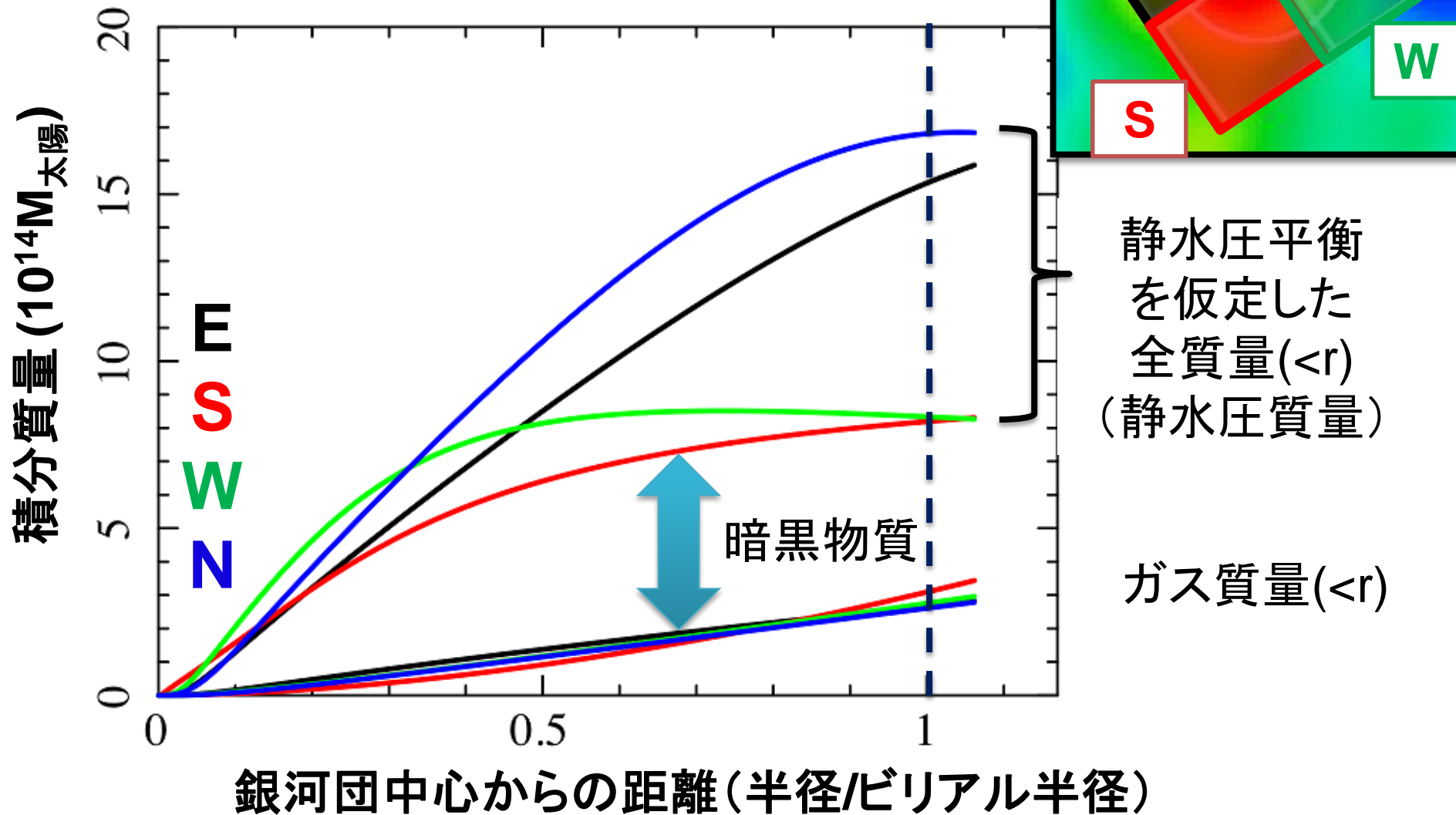
銀河団の  
高温ガスの質量



銀河団の質量比

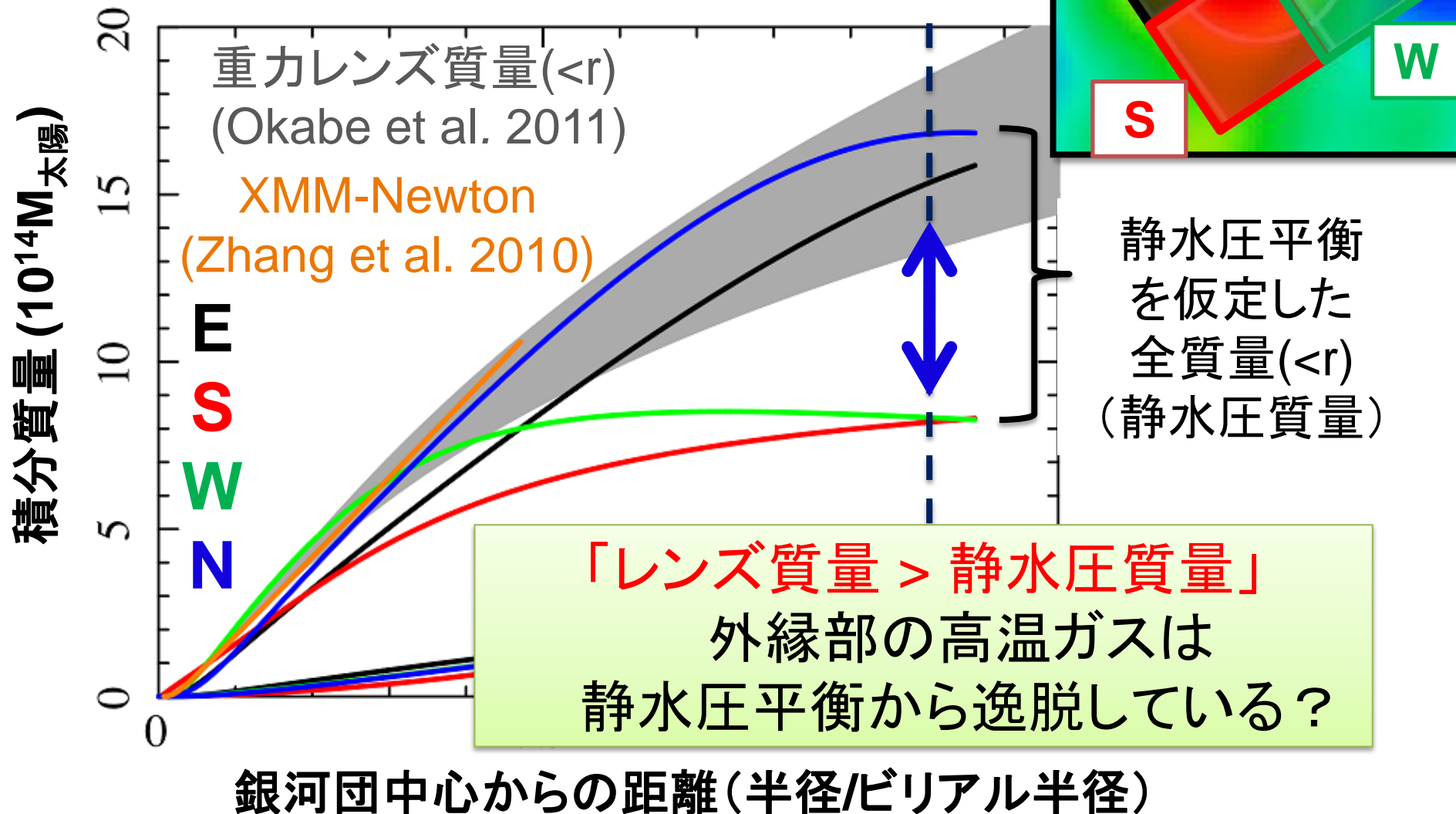


# 質量の半径分布



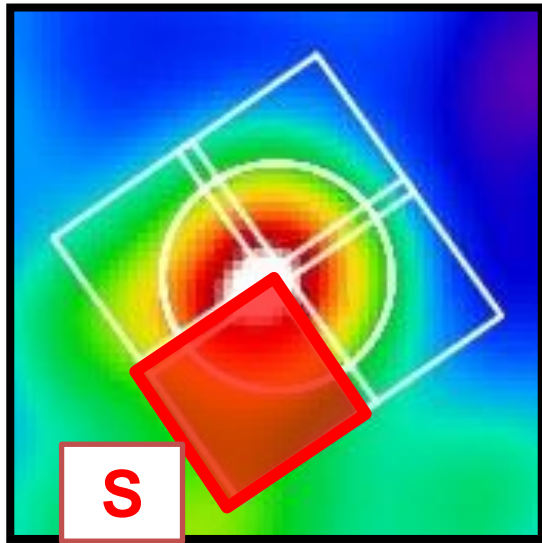


# 質量の半径分布



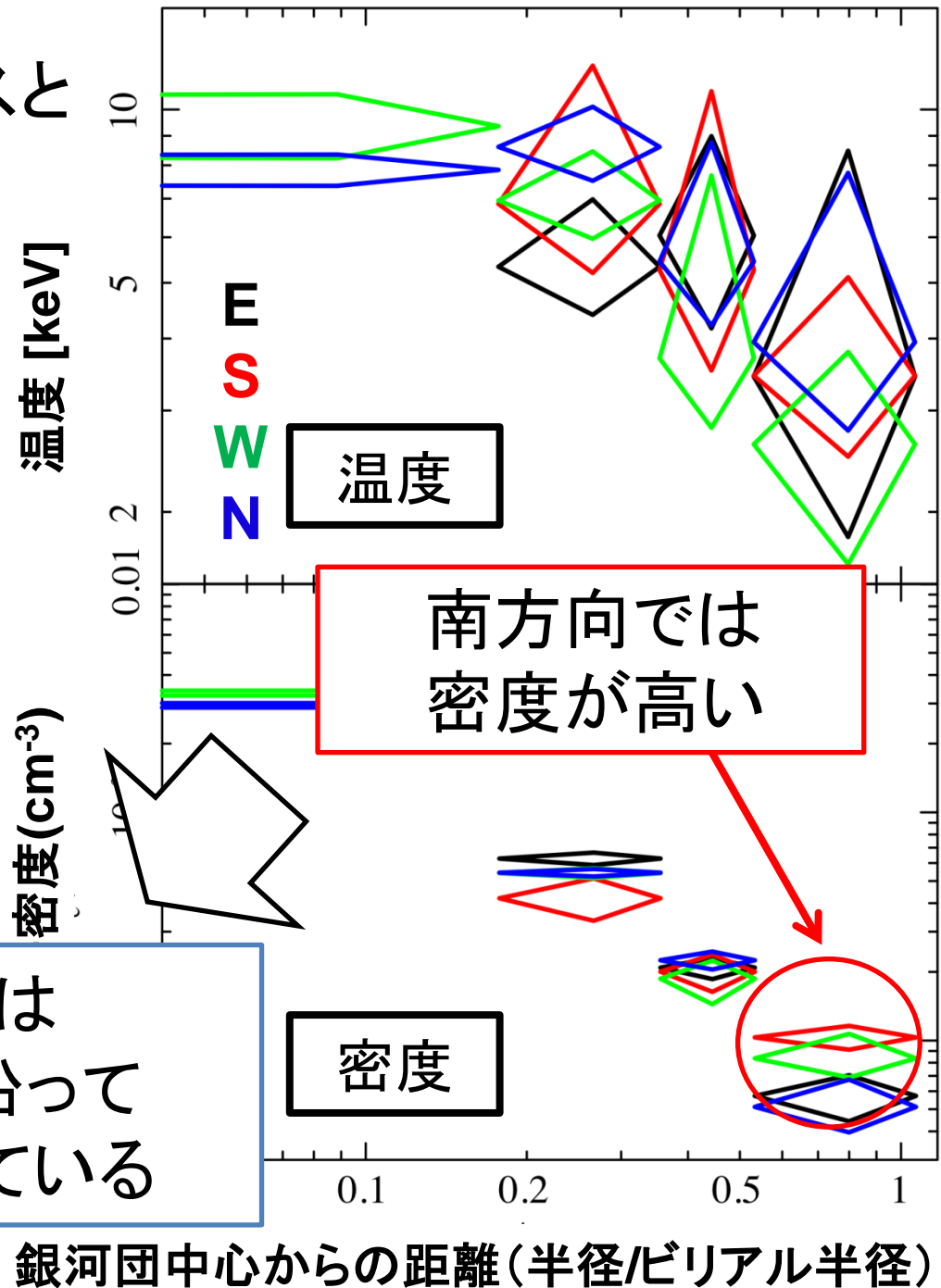


# 銀河団外縁部の高温ガスと大規模構造との相関



フィラメント構造  
(南方向)

現在も南方向では  
フィラメント構造に沿って  
質量降着流が起きている



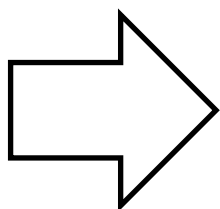


# まとめ

- 「すざく」衛星を用いて**Abell 1835 銀河団**の**外縁部**まで観測
- SDSSデータ → **南方向**に銀河分布の**フィラメント構造**を発見

## 【解析結果】

- ✓温度…**中心から外側に向かって減少**
- ✓密度…外縁部で**南方向 (フィラメント方向)** が他に比べて**高い**
- ✓エントロピー…外縁部で**重力のみの加熱モデルに比べて低下**
- ✓X線と重力レンズの質量を比較→ガスは**静水圧平衡から逸脱**



現在もフィラメントに沿って  
質量降着流が起きていることを示唆