

電波銀河 Fornax A ロープ中の 熱的・非熱的プラズマの 空間分布の研究

埼玉大学 田代研 → 立教大学 北本研
瀬田裕美

1. Introduction   	2. Target   	3. Results    	4. Discussion   	5. Summary 
---	---	--	---	--

Contents

1. Introduction

2. Target

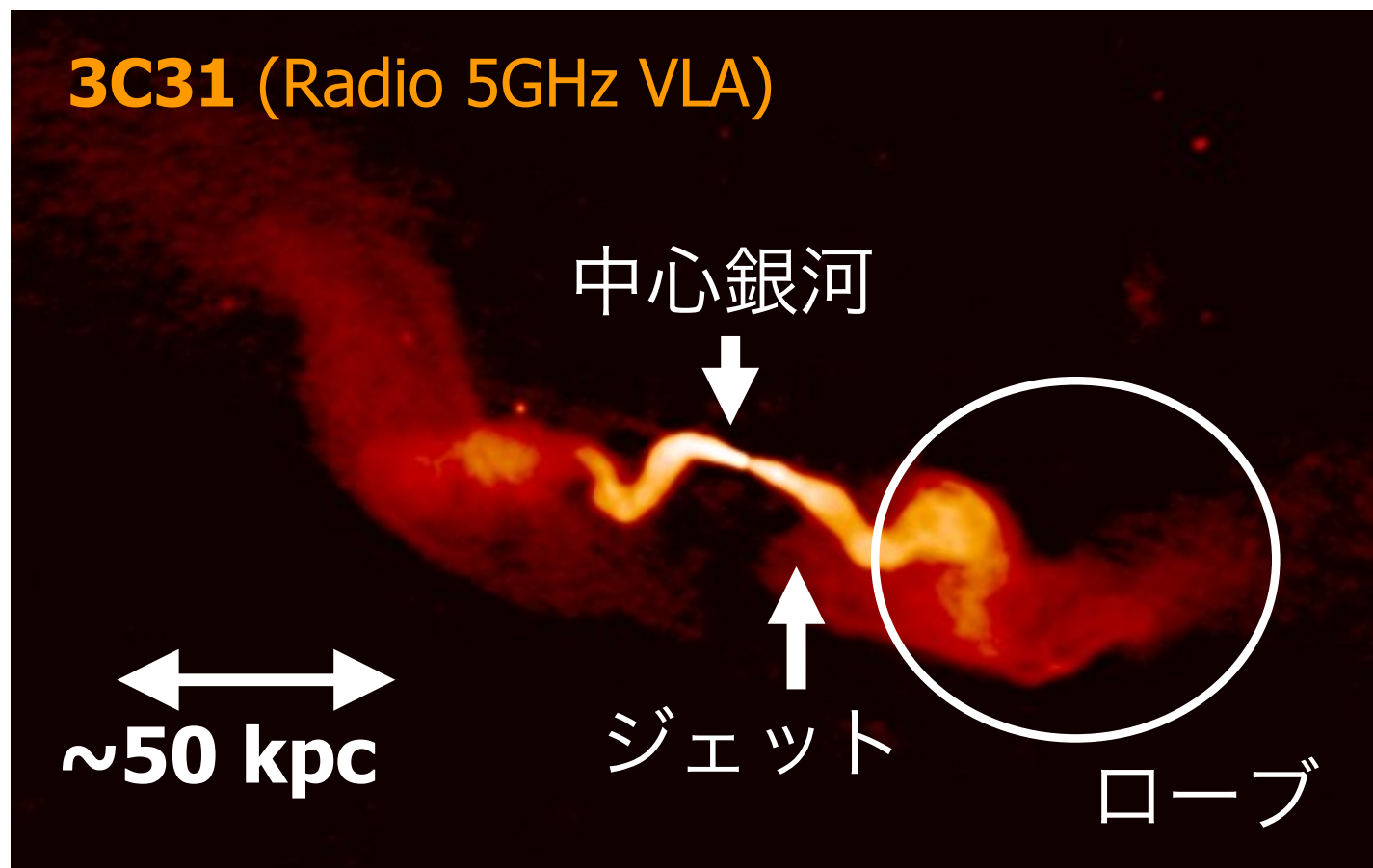
3. Results

4. Discussion

5. Summary



1-1. AGN ジェット & ロープ



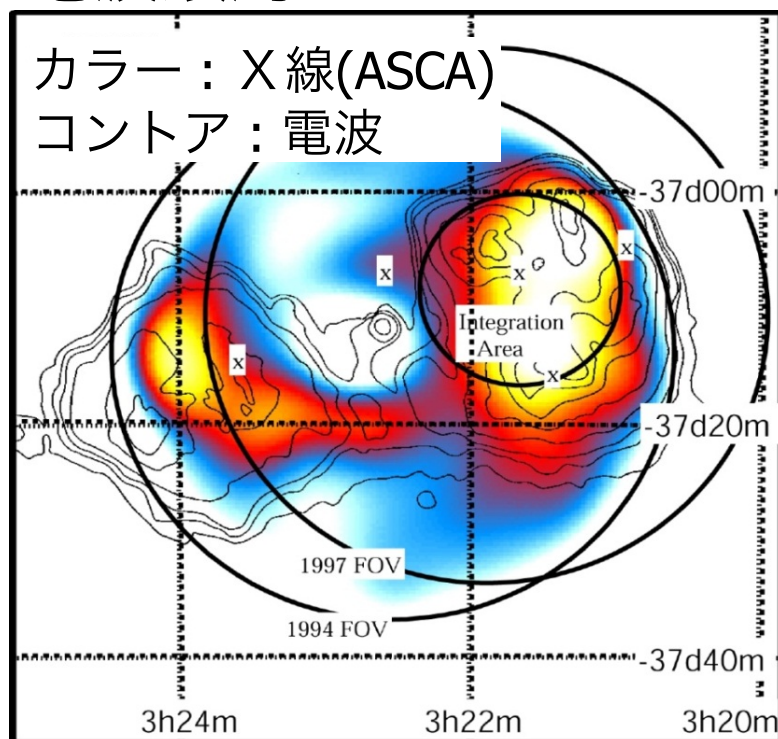
➤ 巨大質量ブラックホール $M = 10^{7-9} M_{\odot}$

- **ローブ**
- ジェットが運んできたエネルギーの貯蔵庫
 - ジェットの活動の履歴を保持

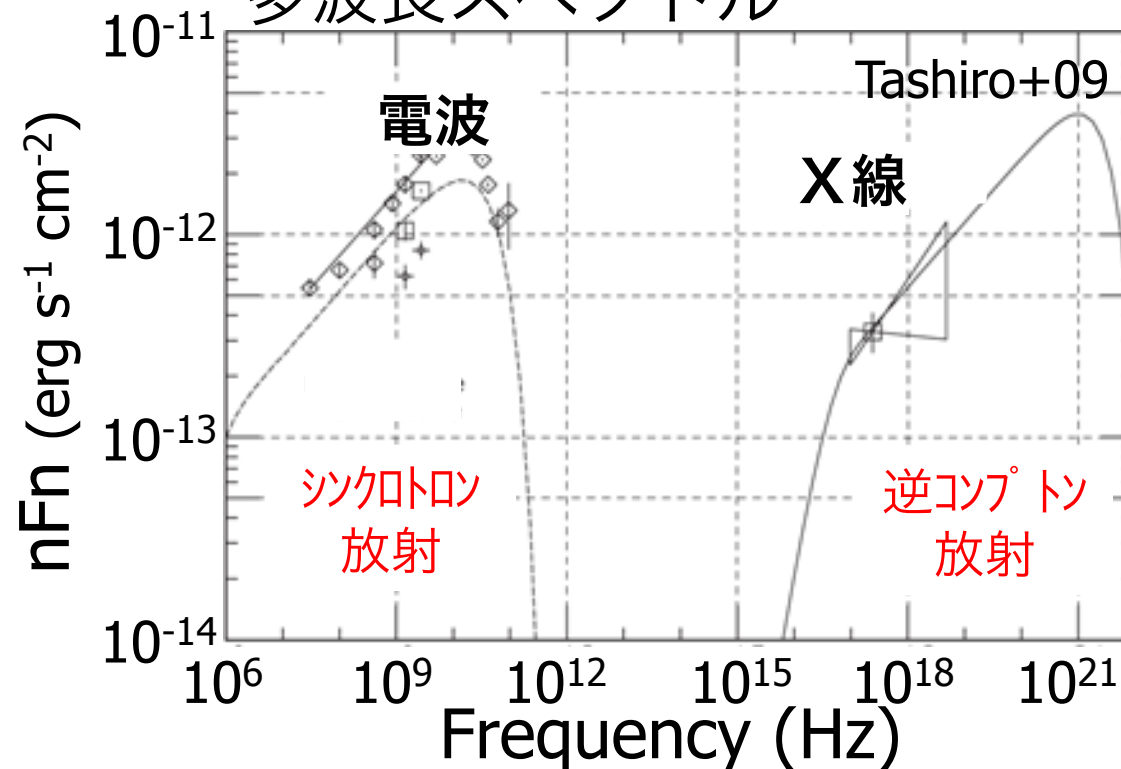


1-2. ロープからの非熱的放射

電波銀河Fornax A



多波長スペクトル



- シンクロトロン放射 = 非熱的電子 U_e x 磁場 U_m ← 電波
- 逆コンプトン放射 = 非熱的電子 U_e x 光子 U_{CMB} ← X線

電波 & X線観測から、ロープの非熱的エネルギーが求まる。

1. Introduction ★ ★ ★	2. Target ★ ★ ★	3. Results ★ ★ ★ ★	4. Discussion ★ ★ ★	5. Summary ★
--------------------------	--------------------	-----------------------	------------------------	-----------------

1-3. 目標・手法・困難な点

- 目標：ジェットの活動の履歴を明らかにしたい。
- 手法：X線でローブの放射の空間分布を測定。
- 困難な点：ローブの放射は、暗くて広がっている。

➡ バックグラウンドの評価が重要。

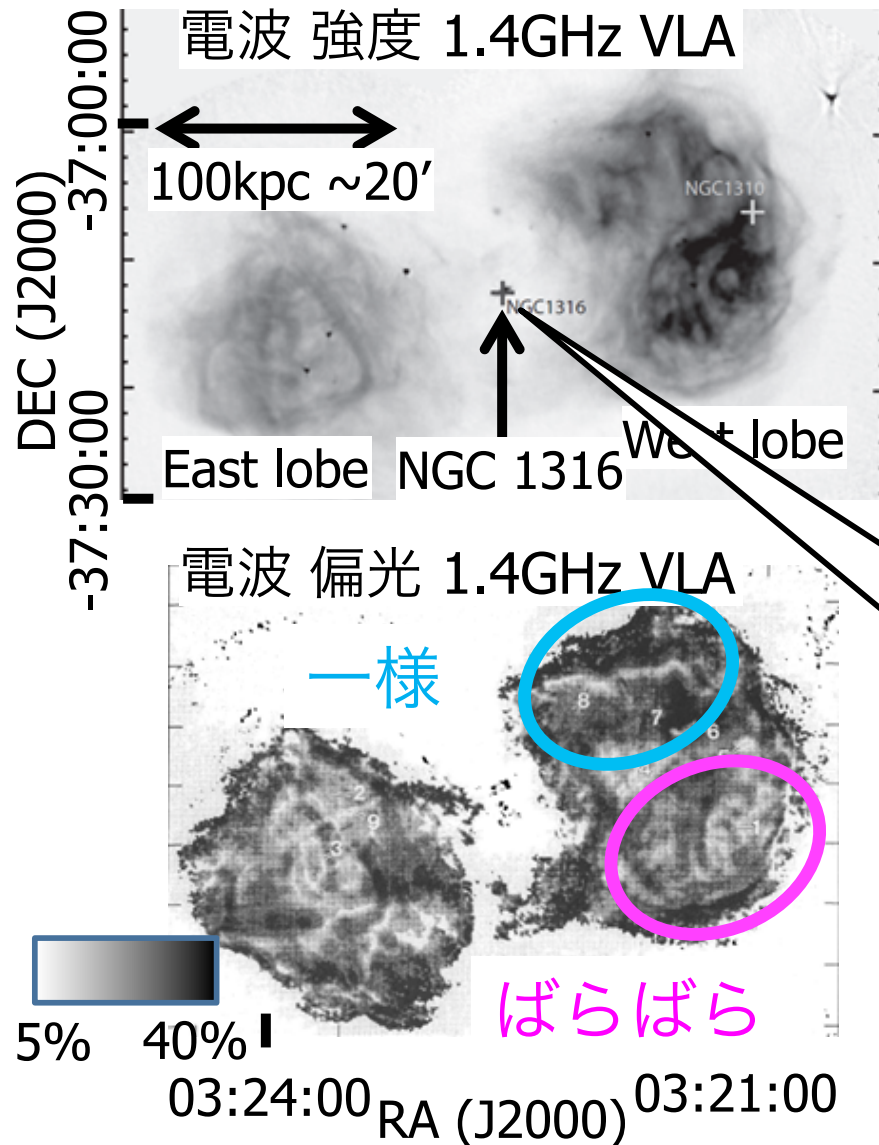
- 非X線背景放射
- X線背景放射
 - ・ 広域的
 - 宇宙X線背景放射
 - 天の川銀河からの放射
 - ・ 局所的
 - 銀河団からの放射
 - 中心銀河からの放射

ローブの観測には、すざく衛星が最適。

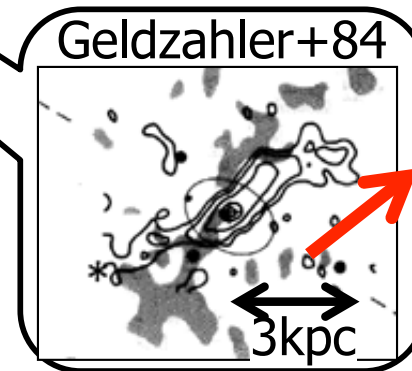


2-1. Fornax A (NGC 1316)

Fomalont+ 89



- 明るく、近く ($z=0.006$)、大視野角
- **すざくで空間分布を狙うのに最適**
- Fornax 銀河団のメンバー銀河
- 有名なローブ非熱的X線
- 中心銀河の活動 休止中
- 北向きのジェットの痕跡

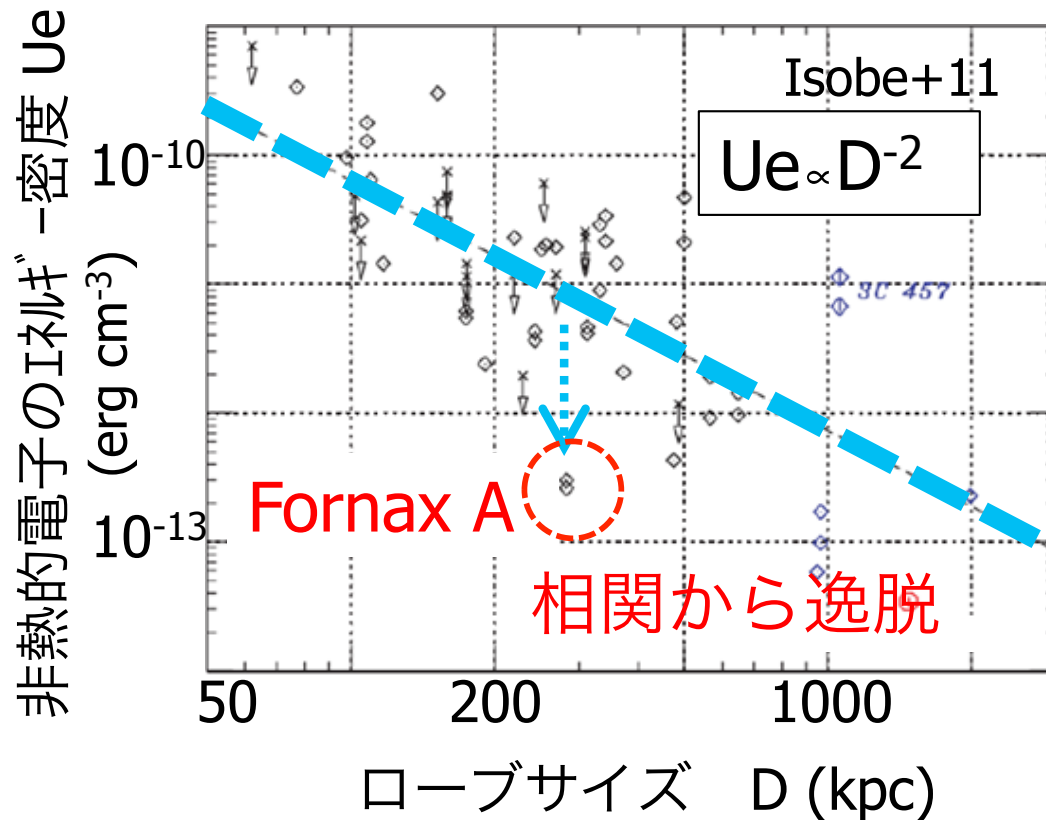


- 西ローブ南北で、偏光に違い



2-2. Fornax A の特徴

1. Ue 小さい



失ったエネルギーは
どこにいったのか？

2. ロープ周辺の熱的放射

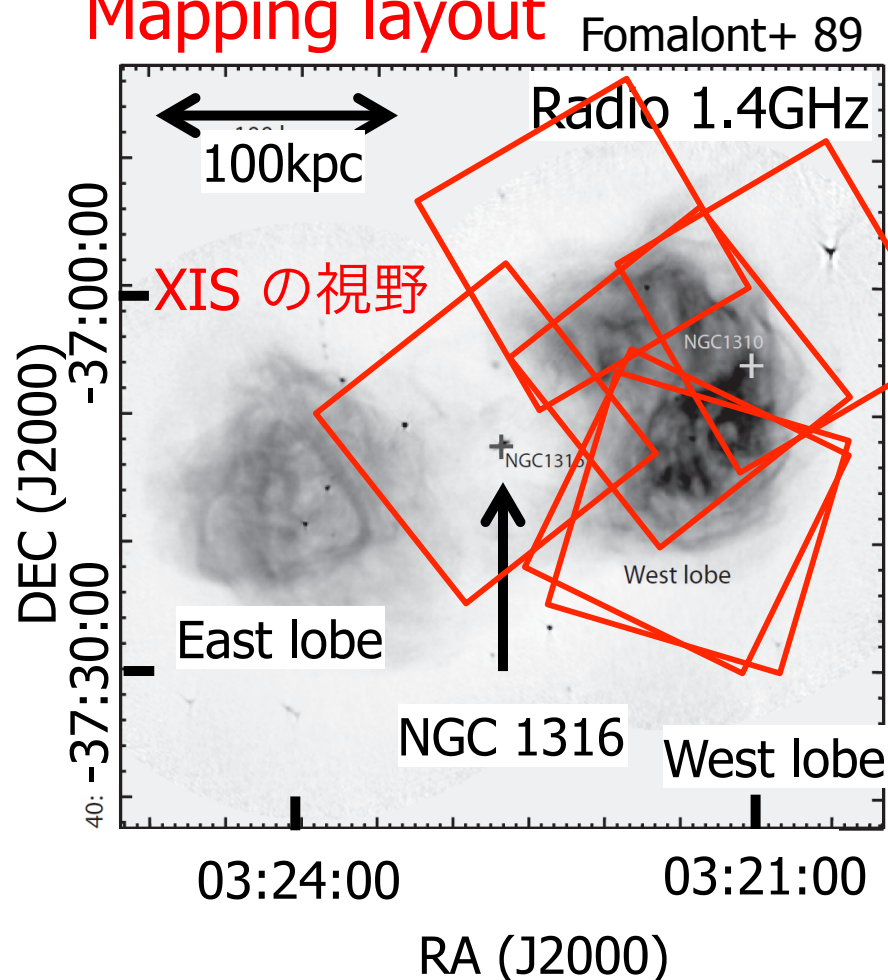
- 温度 0.8 keV の
熱的放射の存在
(Kaneda+95, Tashiro+02, 09)
- 可能性ある起源
 1. Fornax 銀河団？
 2. Fornax A 中心銀河？
 3. ロープ？

熱的放射の起源は、
わかっていない。

1. Introduction ★ ★ ★	2. Target ★ ★ ★	3. Results ★ ★ ★ ★	4. Discussion ★ ★ ★	5. Summary ★
--------------------------	--------------------	-----------------------	------------------------	-----------------

2-3. 観測

Mapping layout



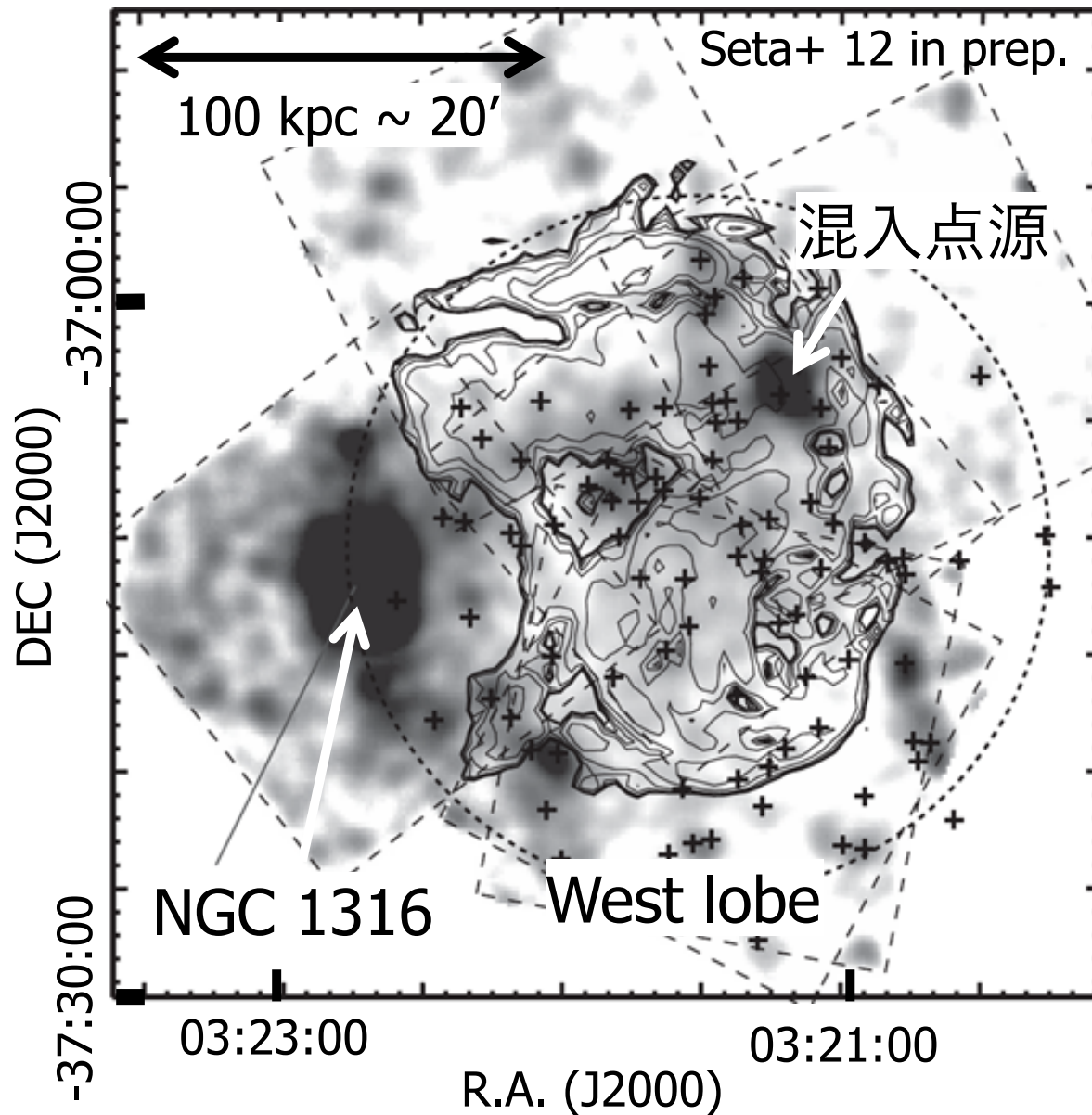
Our observations list

	Start date	Exposure
ローブ 中央	2006/12/26	87 ks
中心銀河	2006/12/23	40 ks
ローブ 西	2009/06/08	53 ks
ローブ 北	2009/06/09	54 ks
ローブ 南 1	2009/06/30	45 ks
ローブ 南 2	2009/08/22	38 ks
Total		317 ks

初の Fornax A ローブのマッピング観測を実施。



3-1. 熱的放射のX線イメージ



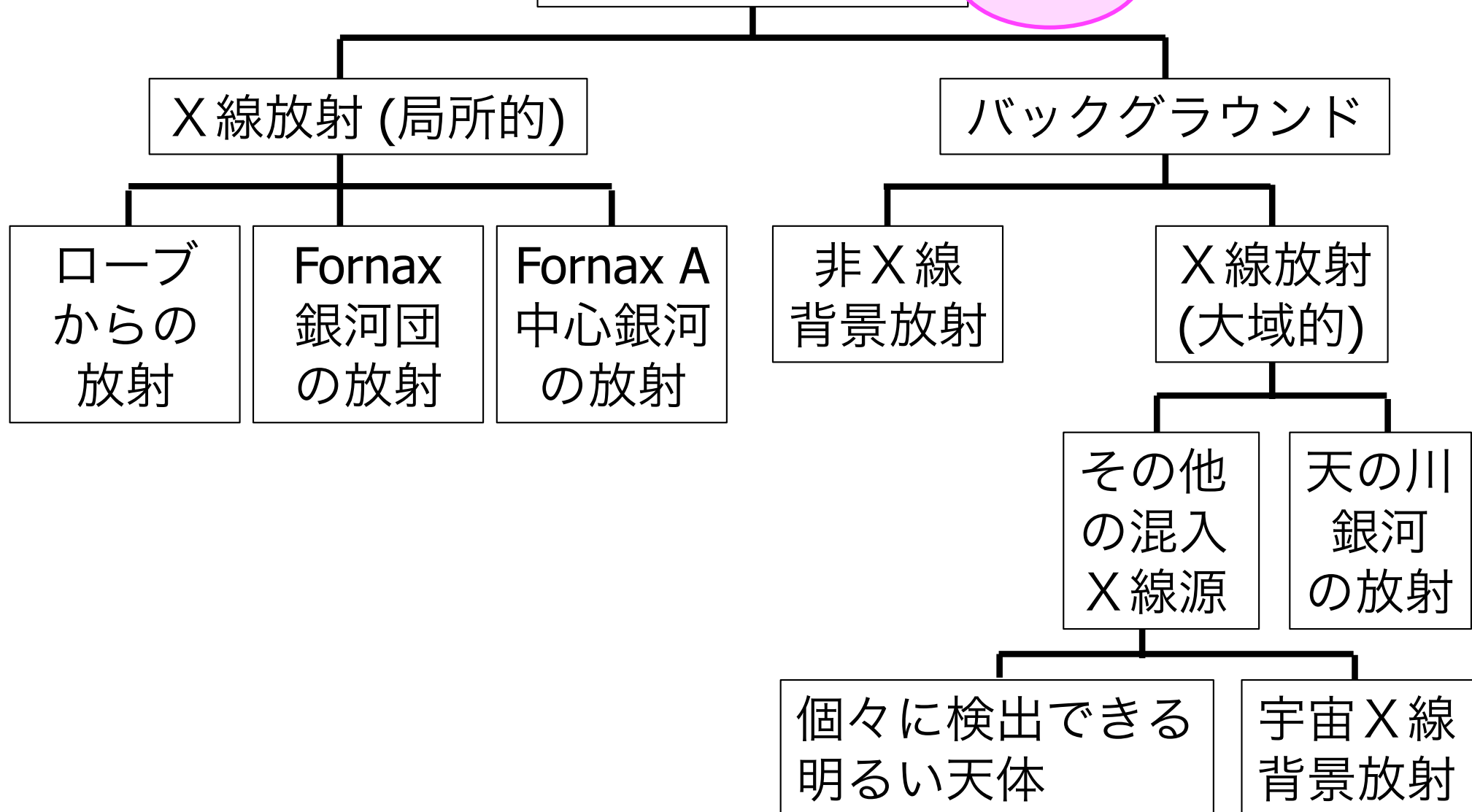
- gray : X線 0.7-1.5 keV
- contour : 電波 1.4 GHz
- + : X線点源

ローブ内に、局所的に、
広がったX線を検出

1. Introduction ★ ★ ★	2. Target ★ ★ ★	3. Results ★ ★ ☆ ☆	4. Discussion ☆ ☆ ☆	5. Summary ☆
--------------------------	--------------------	-----------------------	------------------------	-----------------

3-2. バックグラウンドの詳細解析

捕えたX線の総量 100%

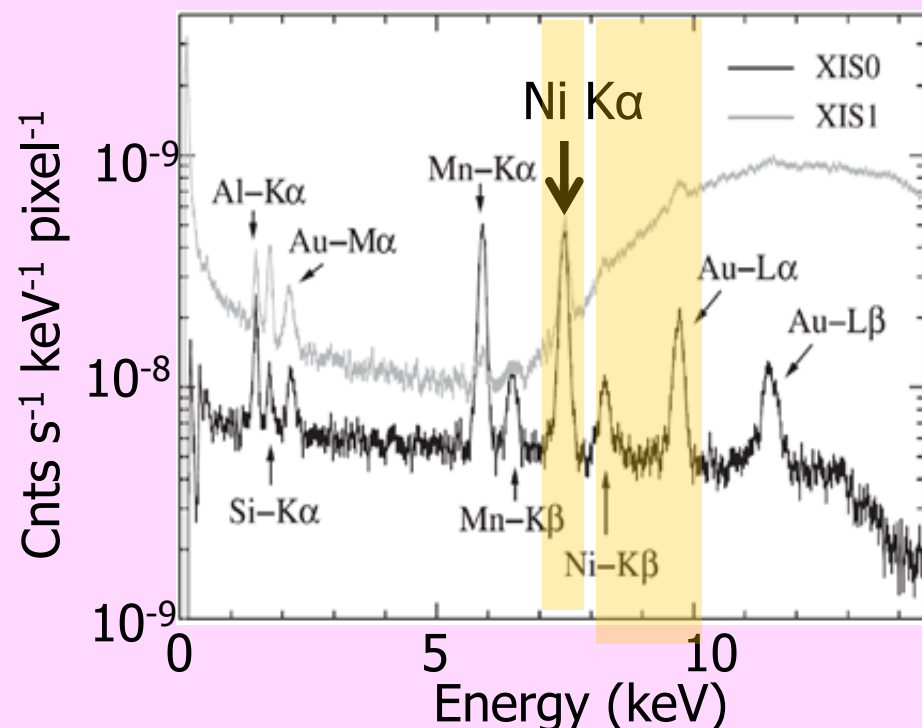




3-2. バックグラウンドの詳細解析

非X線背景放射

軌道・NXB長期変化量
でsimulate, 不定性7%
NXB スペクトル (Tawa+ 07)



X線の総量 100%

バックグラウンド

非X線
背景放射 23%

X線放射
(大域的)

その他
の混入
X線源

天の川
銀河
の放射

個々に検出できる
明るい天体

宇宙X線
背景放射

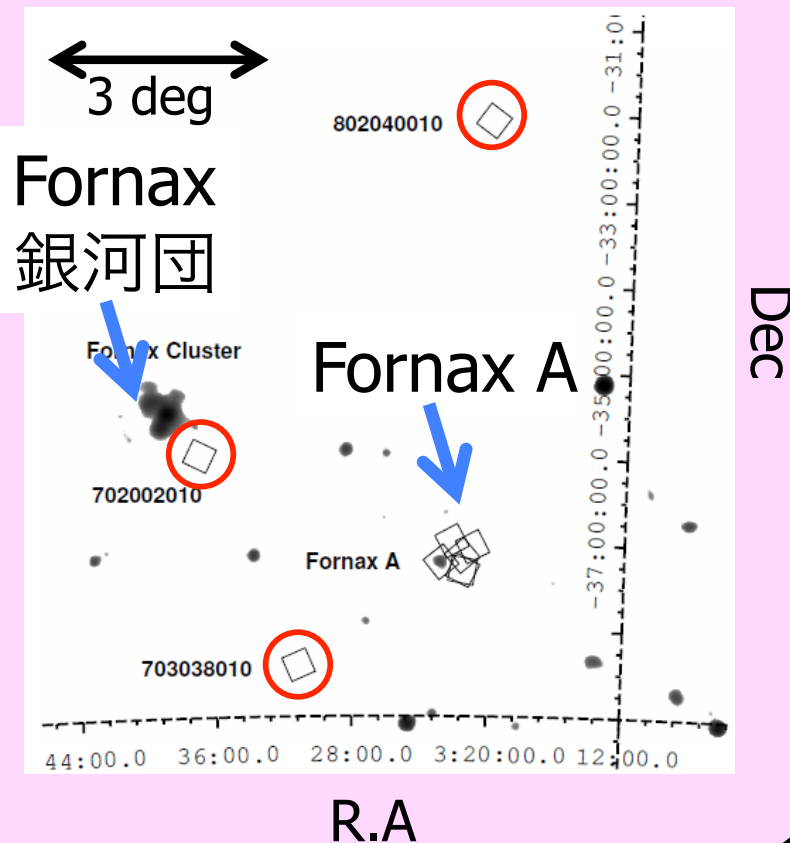


3-2. バックグラウンドの詳細解析

天の川銀河の放射

方向により明るさ変化

Fornax A 周囲の3データを解析



X線の総量 100%

バックグラウンド

非X線
背景放射

23%

X線放射
(大域的)

2%

その他の
混入
X線源

天の川
銀河
の放射

個々に検出できる
明るい天体

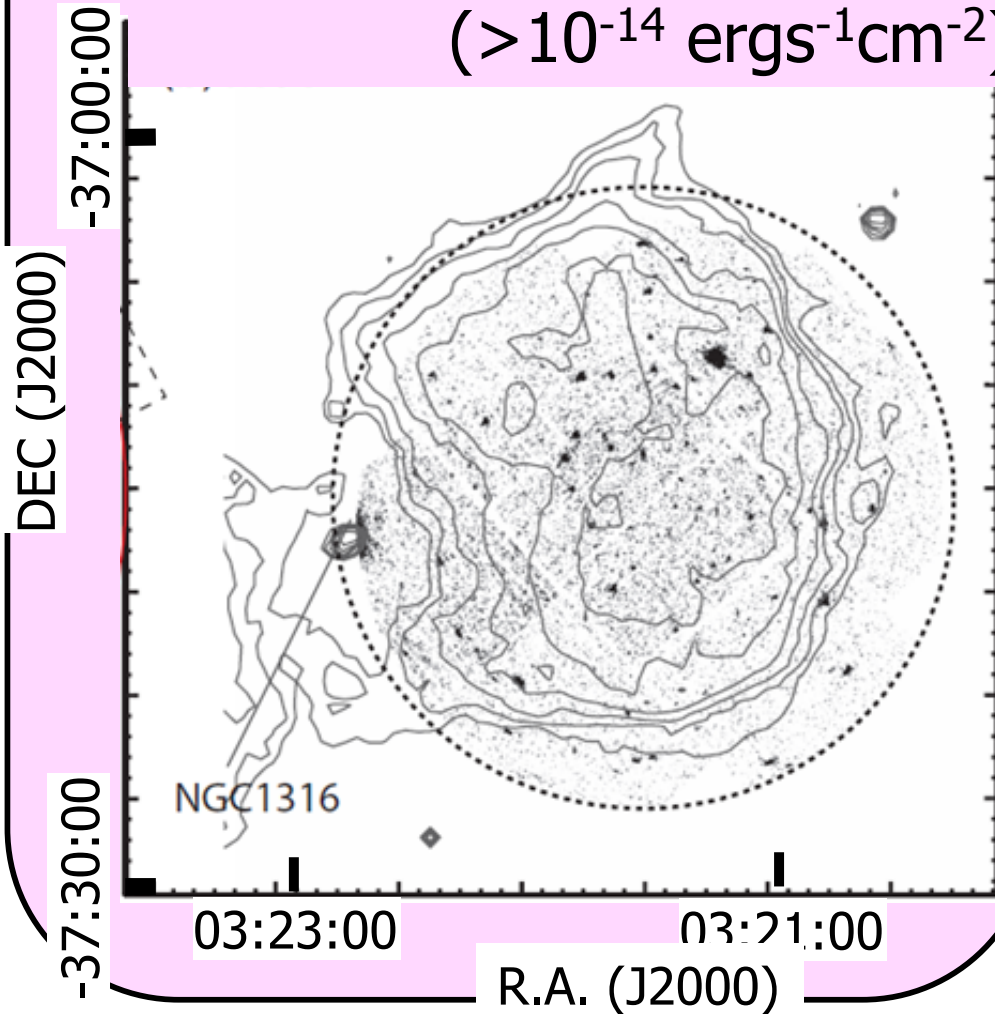
宇宙X線
背景放射



3-2. バックグラウンドの詳細解析

明るい天体

XMM で検出した94天体
($>10^{-14} \text{ ergs}^{-1} \text{ cm}^{-2}$)



X線の総量 100%

バックグラウンド

非X線
背景放射

23%

X線放射
(大域的)

2%

その他の
混入
X線源

天の川
銀河
の放射

20%

個々に検出できる
明るい天体

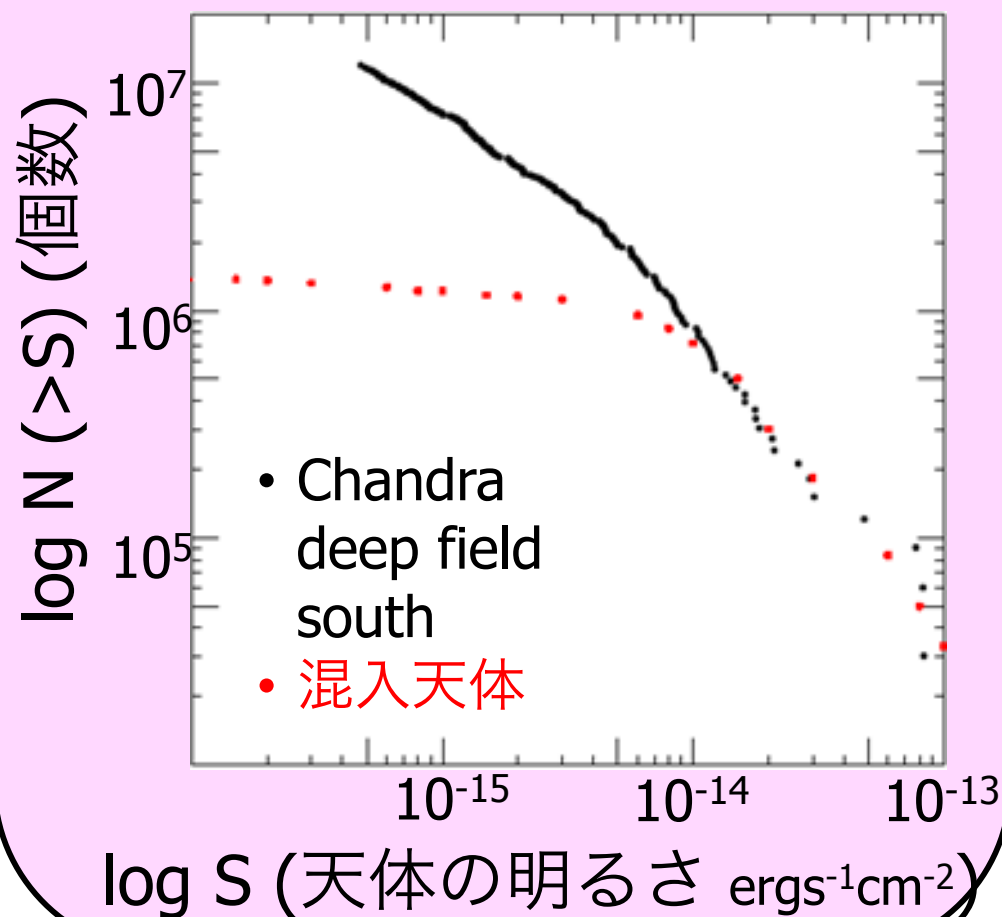
宇宙X線
背景放射



3-2. バックグラウンドの詳細解析

宇宙X線背景放射

= Chandra field – XMM天体



X線の総量

100%

バックグラウンド

非X線
背景放射

23%

X線放射
(大域的)

2%

その他の
混入
X線源

天の川
銀河
の放射

20%

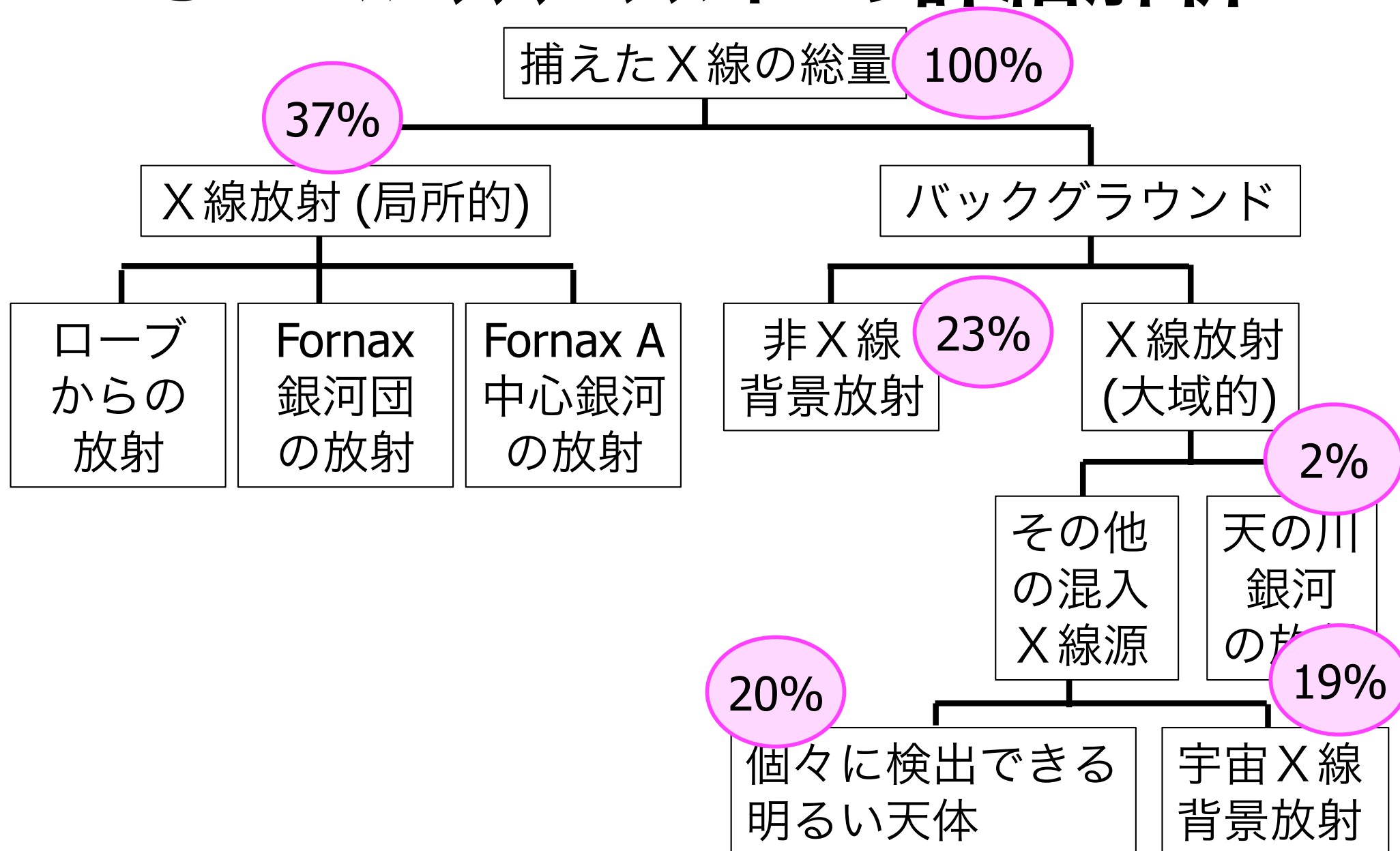
個々に検出できる
明るい天体

19%

宇宙X線
背景放射

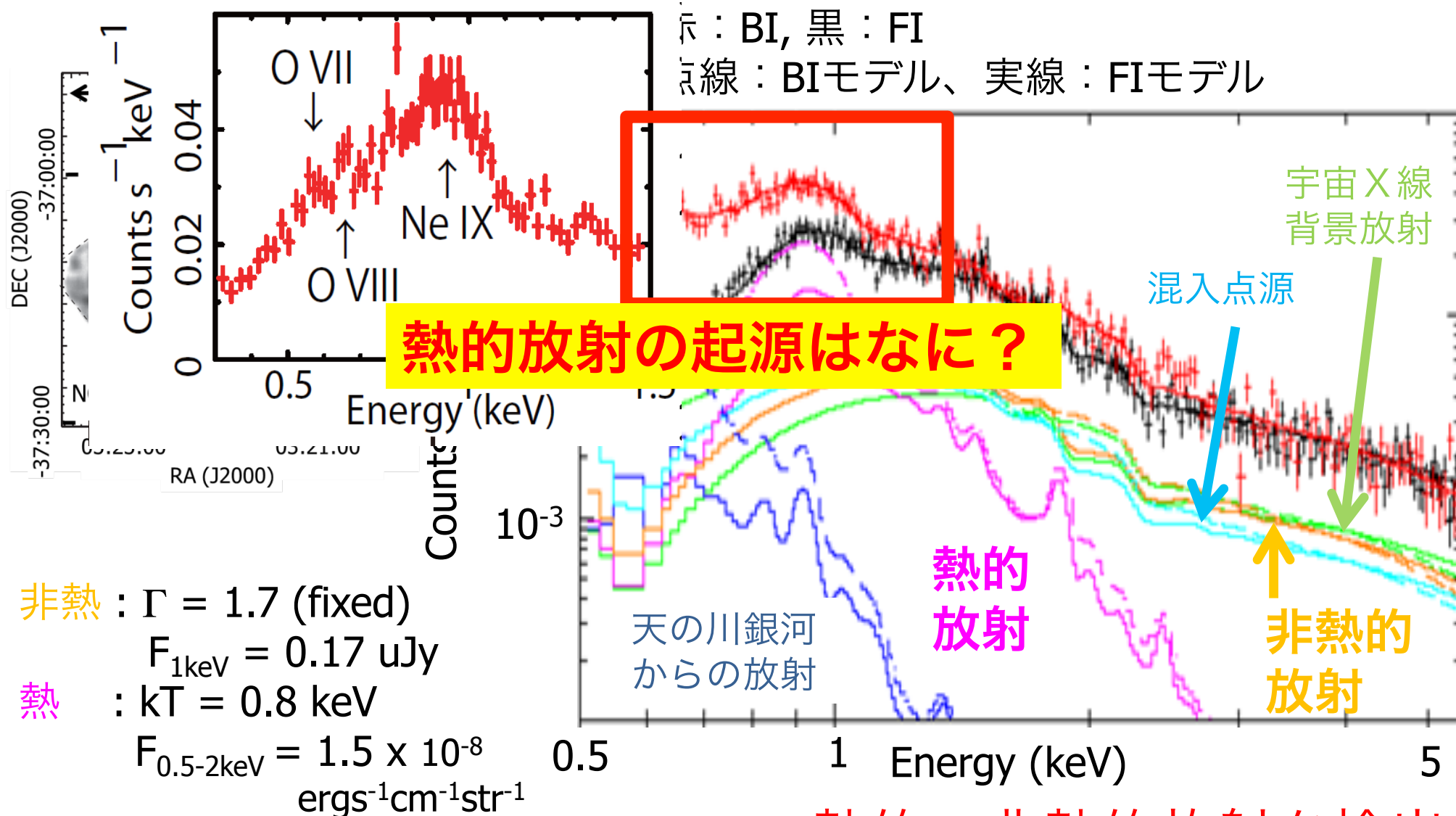
1. Introduction ★ ★ ★	2. Target ★ ★ ★	3. Results ★ ★ ☆ ☆	4. Discussion ☆ ☆ ☆	5. Summary ☆
--------------------------	--------------------	-----------------------	------------------------	-----------------

3-2. バックグラウンドの詳細解析





3-3. X線スペクトル



熱的・非熱的放射を検出

1. Introduction ★ ★ ★	2. Target ★ ★ ★	3. Results ★ ★ ★ ★	4. Discussion ☆ ☆ ☆	5. Summary ☆
--------------------------	--------------------	-----------------------	------------------------	-----------------

3-4. 熱的放射の起源

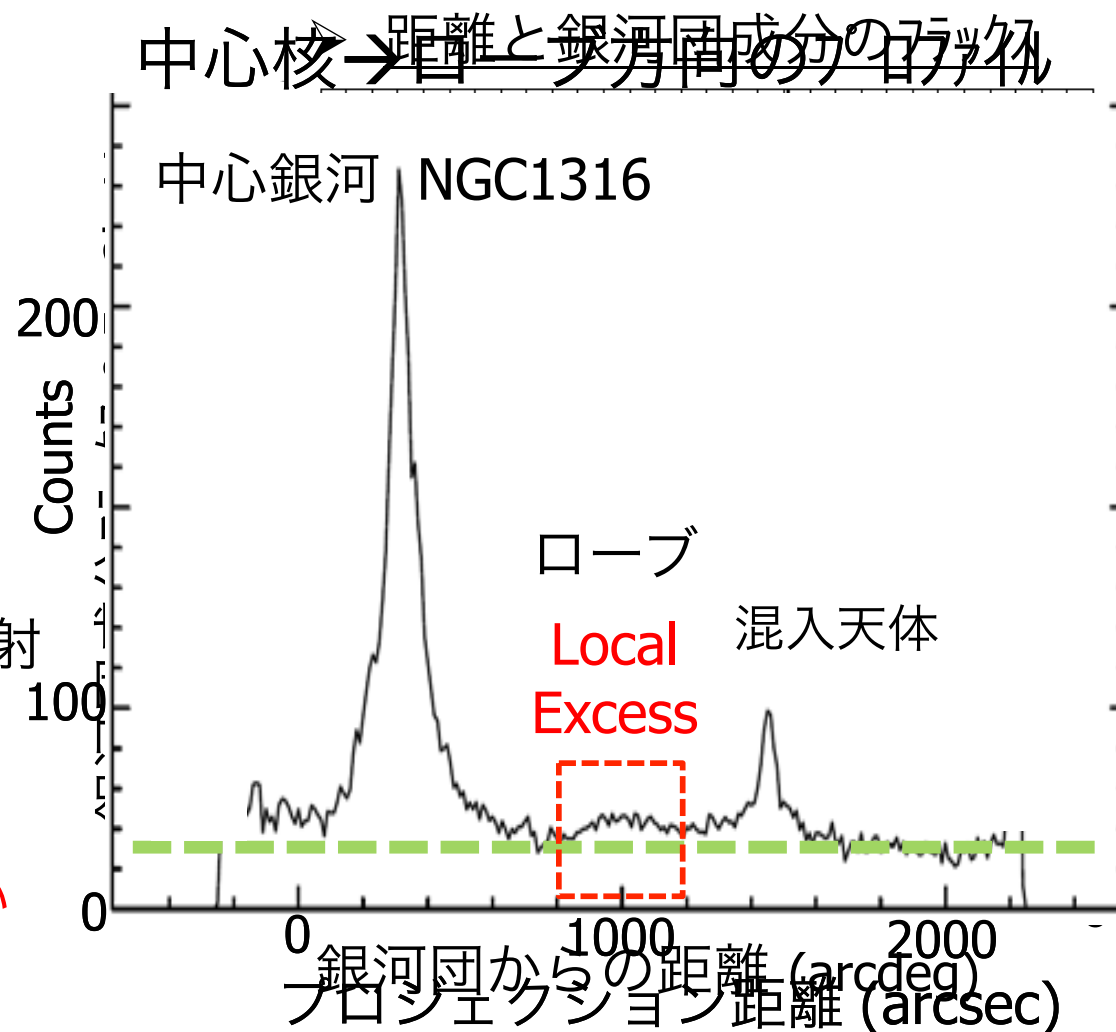
1. ~~Fornax~~ 銀河団 ×

2. ~~Fornax A~~ 中心銀河 ×

3. ローブ ○

- 銀河団周辺のデータと比較
- 銀河団銀河の分離と分離できる放射
ローカルな分布がローブに存在

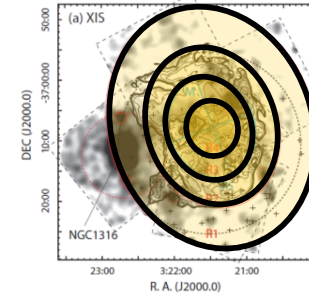
➡ 銀河団銀河起源ではない



- Fornax Aの熱的成分起源がローブ起源であることを発見。
- 一般的にも、ローブからの熱的放射の発見は初めて。



4-1. 空間分布



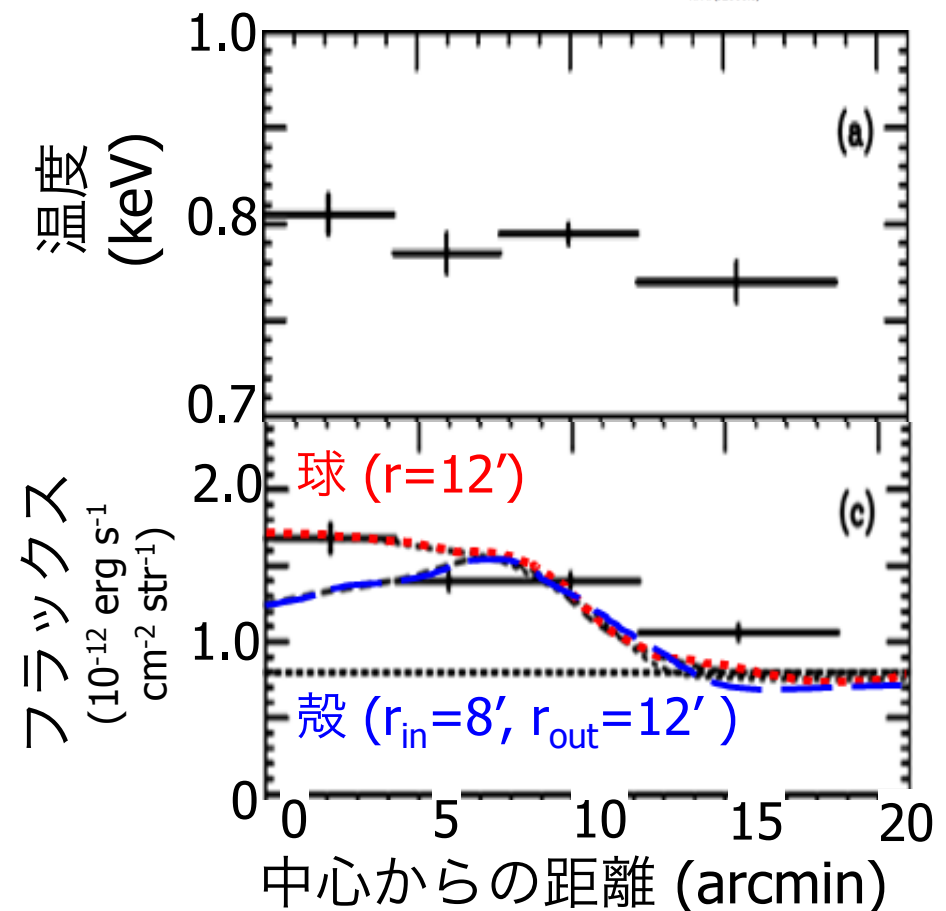
- 加熱の起源の可能性：
 - 衝撃波加熱 (e.g., Croston+08)
 - ローブ内の非熱的電子による加熱

- 温度：中心でより高温
- フラックス：中心集中

- 分布形状：殻型 ×、**球型** ○

熱的放射

- 球型分布
- ローブ内の電子による加熱を示唆。



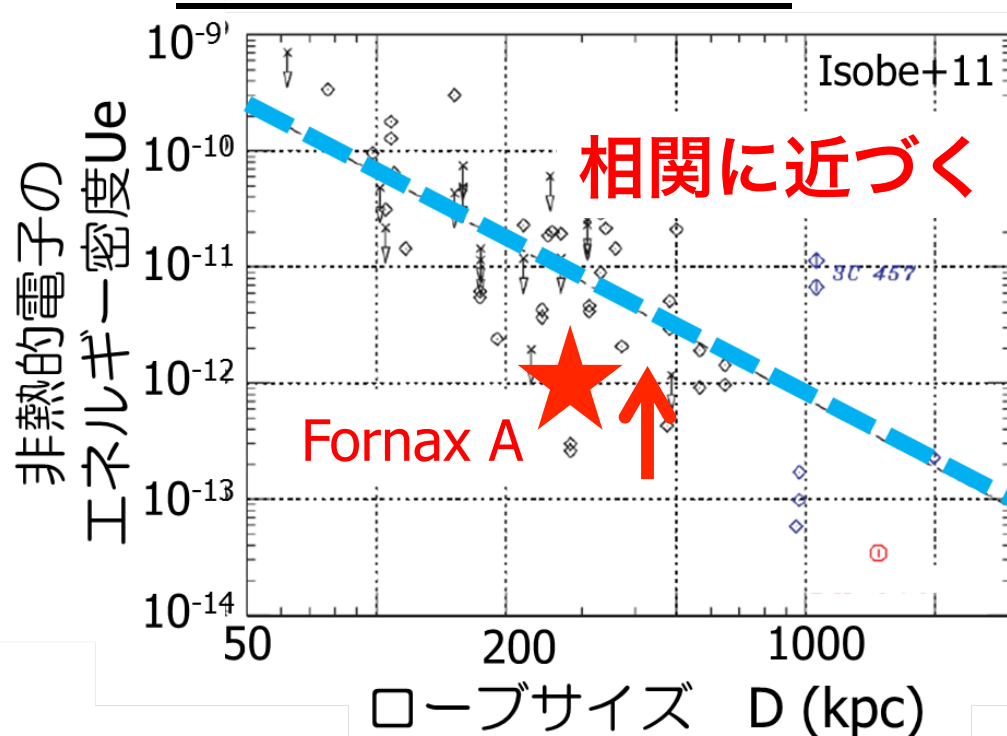
1. Introduction ★ ★ ★	2. Target ★ ★ ★	3. Results ★ ★ ★ ★	4. Discussion ★ ★ ☆	5. Summary ☆
--------------------------	--------------------	-----------------------	------------------------	-----------------

4-2. エネルギー密度

◆ エネルギー密度 (erg cm^{-3}) ◆ なぜ Fornax A に熱的放射？

熱的電子	非熱的電子	磁場
7×10^{-13}	3×10^{-13}	0.8×10^{-13}

◆ エネルギーの再評価



• 中心銀河・非熱的電子
の注入 休止

• 非熱的電子は熱化するはず

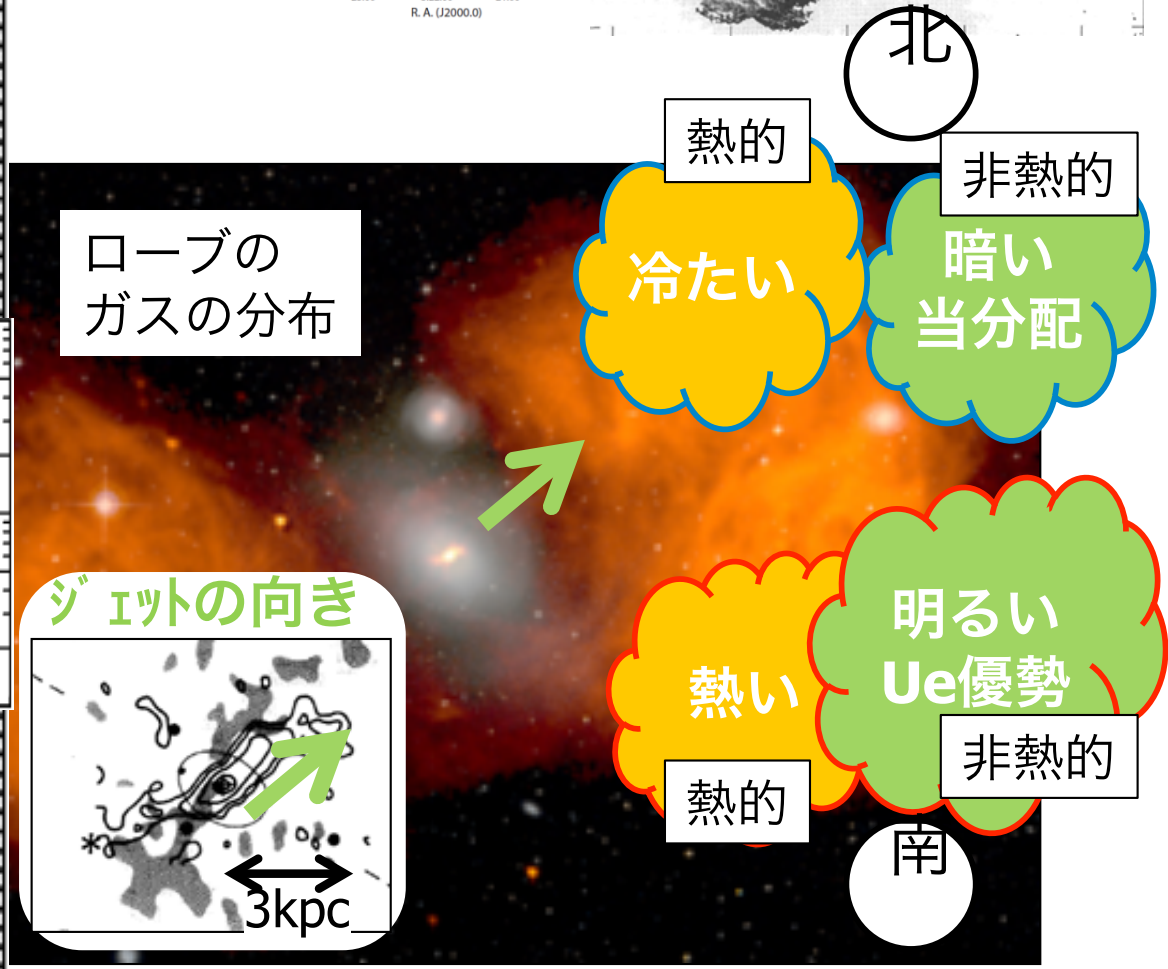
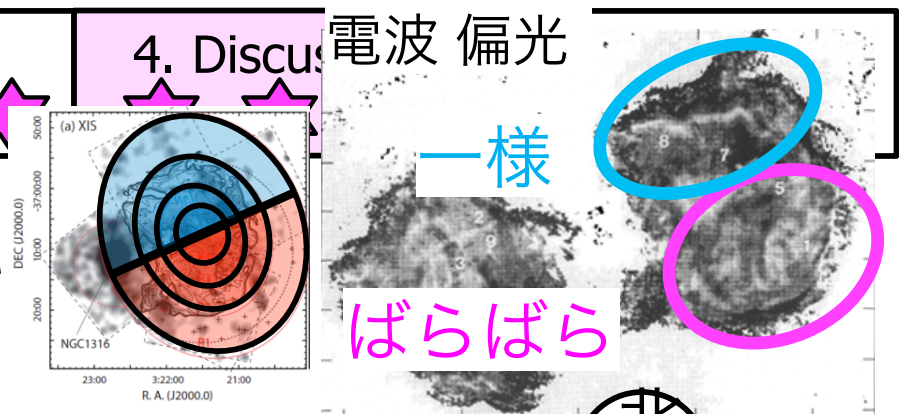
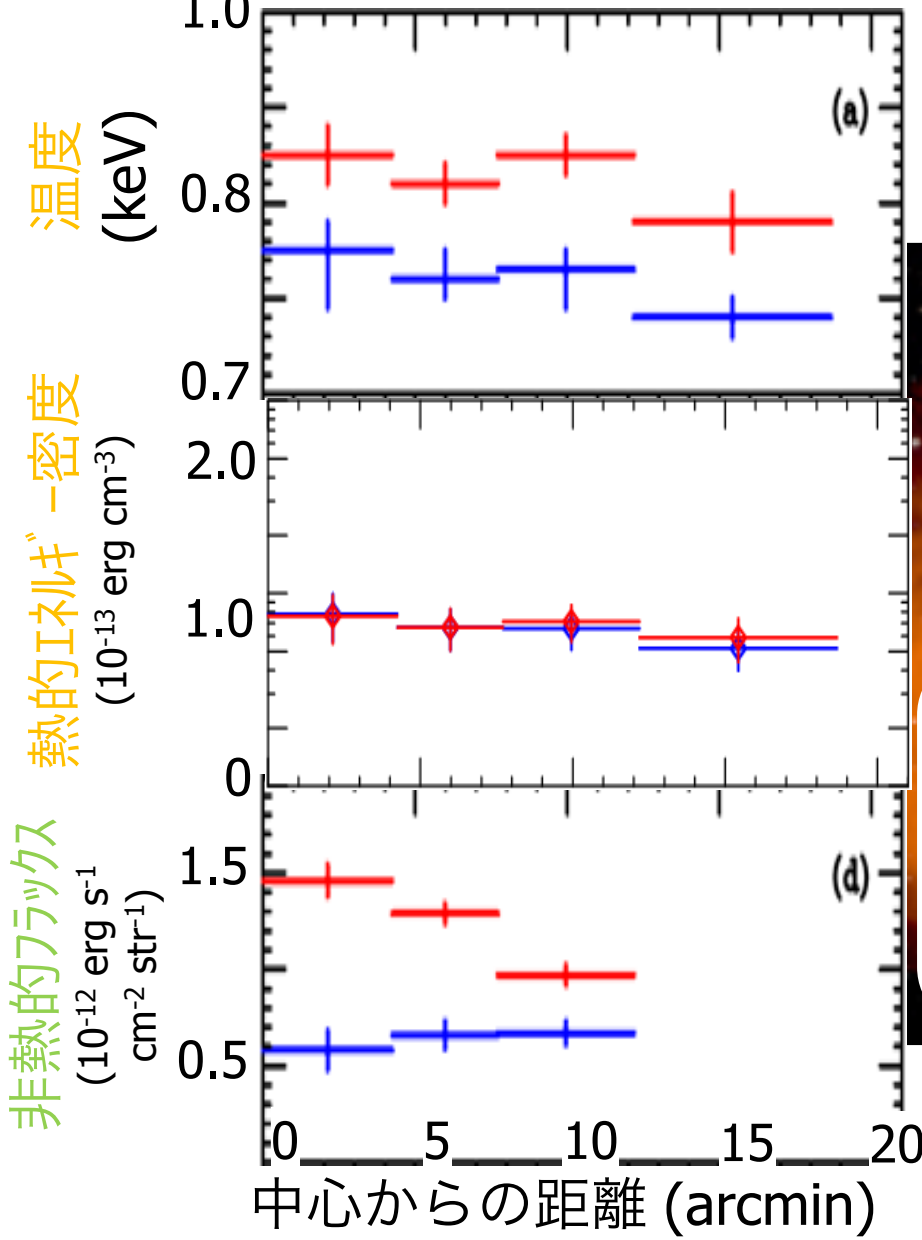
• 冷却時間

非熱的 $\sim \text{Gyr} < \text{熱的} \sim 10 \text{ Gyr}$

• 熱/非熱的放射のコントラスト比 大

熱的放射は、非熱的エネルギーに匹敵。

4-3. ローズ 南北の違い



ジェットの歳差運動を示唆!?

1. Introduction ★ ★ ★	2. Target ★ ★ ★	3. Results ★ ★ ★ ★	4. Discussion ★ ★ ★	5. Summary ★
--------------------------	--------------------	-----------------------	------------------------	-----------------

5. Summary

- 初のFornax A 西ローブのマッピング観測を行った。
- ローブ “内” に熱的放射を初めて発見。
- 熱的放射のもつエネルギーは、非熱的エネルギーに匹敵。
- 新たなエネルギー形態を示唆。
- 南北のX線放射の違いを発見。

Feature Work

- Fornax A 東ローブの新たな観測。
- 複数のローブで熱的放射の存在を検証。