

天の川銀河に付随する「高温プラズマ」 の未知なる構造を探る

系外銀河のハローに見られる高温プラズマ
我々の銀河にも同様に存在すると考えられる
その温度・密度・スケールを明らかにすることを目指す



酒井和広 (ISAS/JAXA)



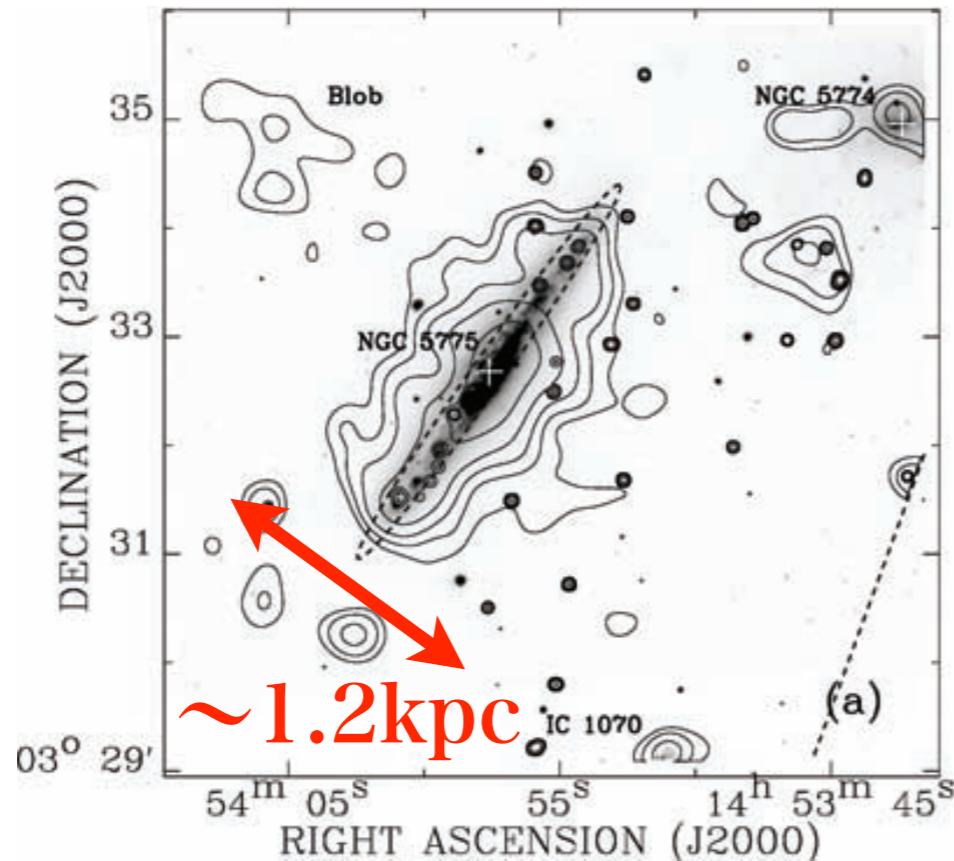
満田和久、山崎典子、竹井洋 (ISAS/JAXA)

Y. Yao (University of Colorado)、Q. D. Wang (University of Massachusetts)

D. McCammon (University of Wisconsin)

銀河を取り巻く高温プラズマ

Edge-on銀河 NGC 5775



SDSSの光学イメージ(点線部分)に0.3 - 7 keVのX線放射強度等高線(Chandra)を重ねた

Li et al. 2008

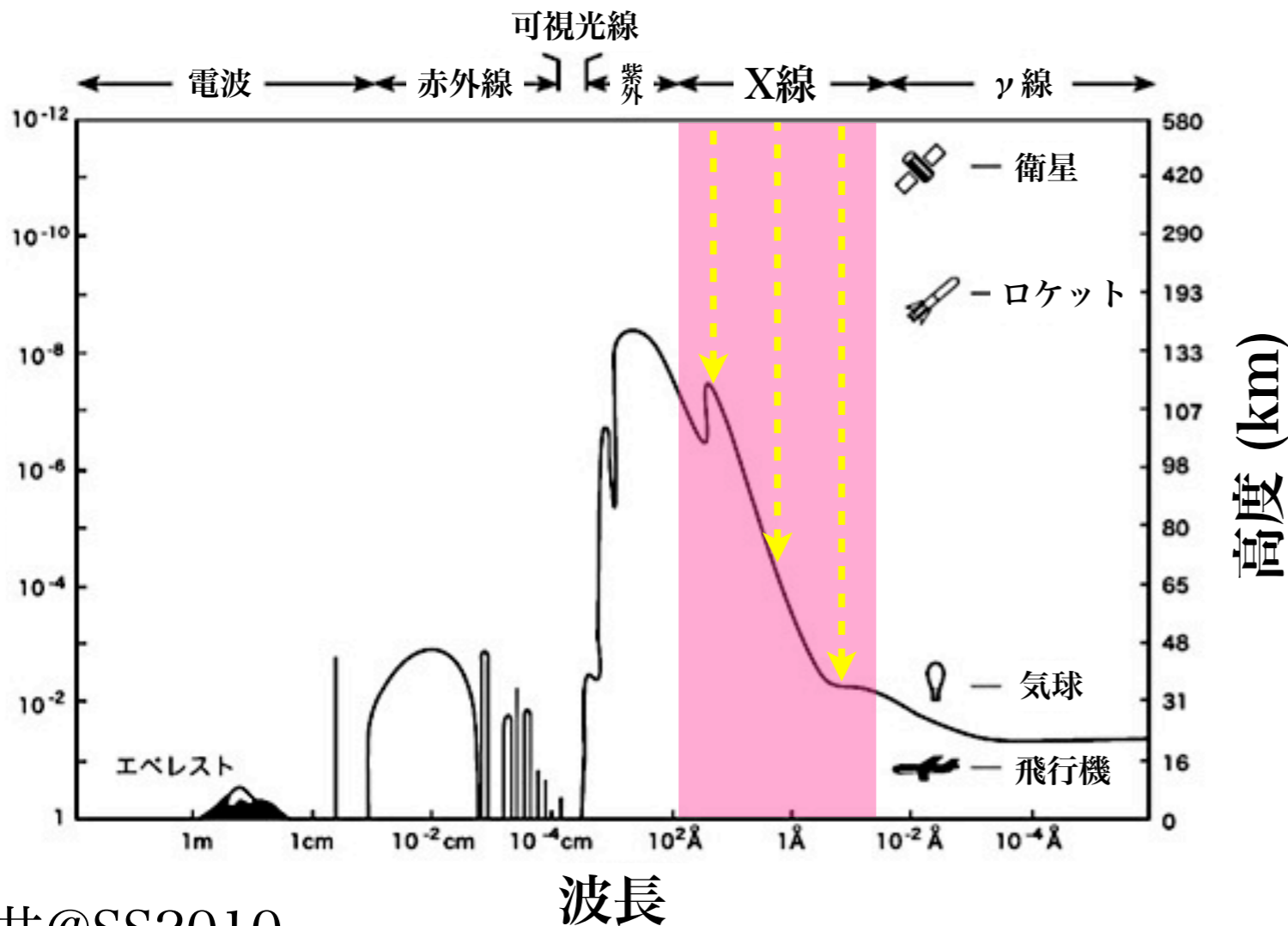
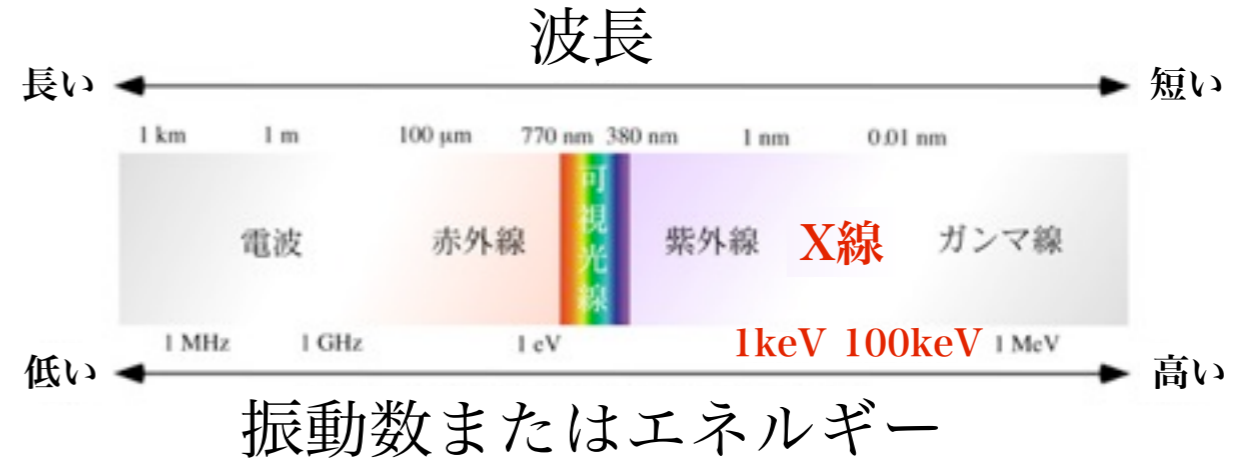
- ▶ 銀河面から数kpcの広がり
- ▶ 温度 \sim 200万度の高温プラズマで説明可能

我々の天の川銀河はどうか？

X線天文学

X線では何が見える？

- ▶ 高エネルギー粒子 (keV領域) と 高温ガス (100万～1億度) を選択的に見る



X線を見るためには

- ▶ X線は大気に吸収されるため、ロケットや人工衛星などで観測を行う

X線の輝線と吸収線

輝線放射 (例: Ly α 線)

水素のLy α 線 : 10 eV \rightarrow 紫外線
酸素のLy α 線 : 654 eV \rightarrow X線

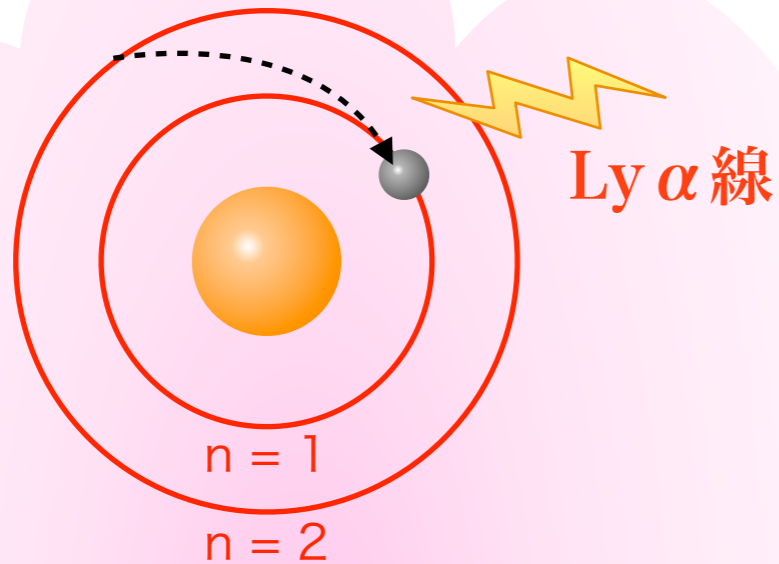
▶ 重い原子では輝線がX線の領域になる

吸収線

エネルギー準位に対応する
X線を選択的に吸収する

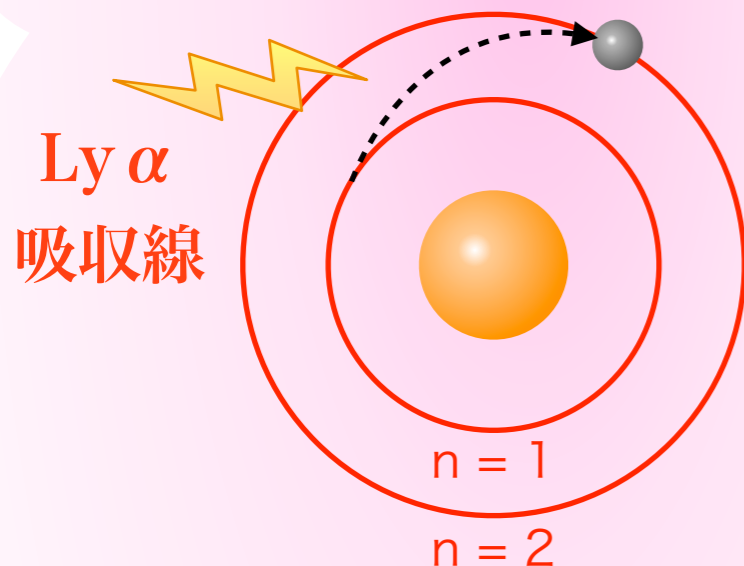
▶ 輝線と同じエネルギーのX線が吸収される

酸素の水素様原子 (H-like O) と
ヘリウム様原子 (He-like O) からの
輝線放射と吸収線を用いる



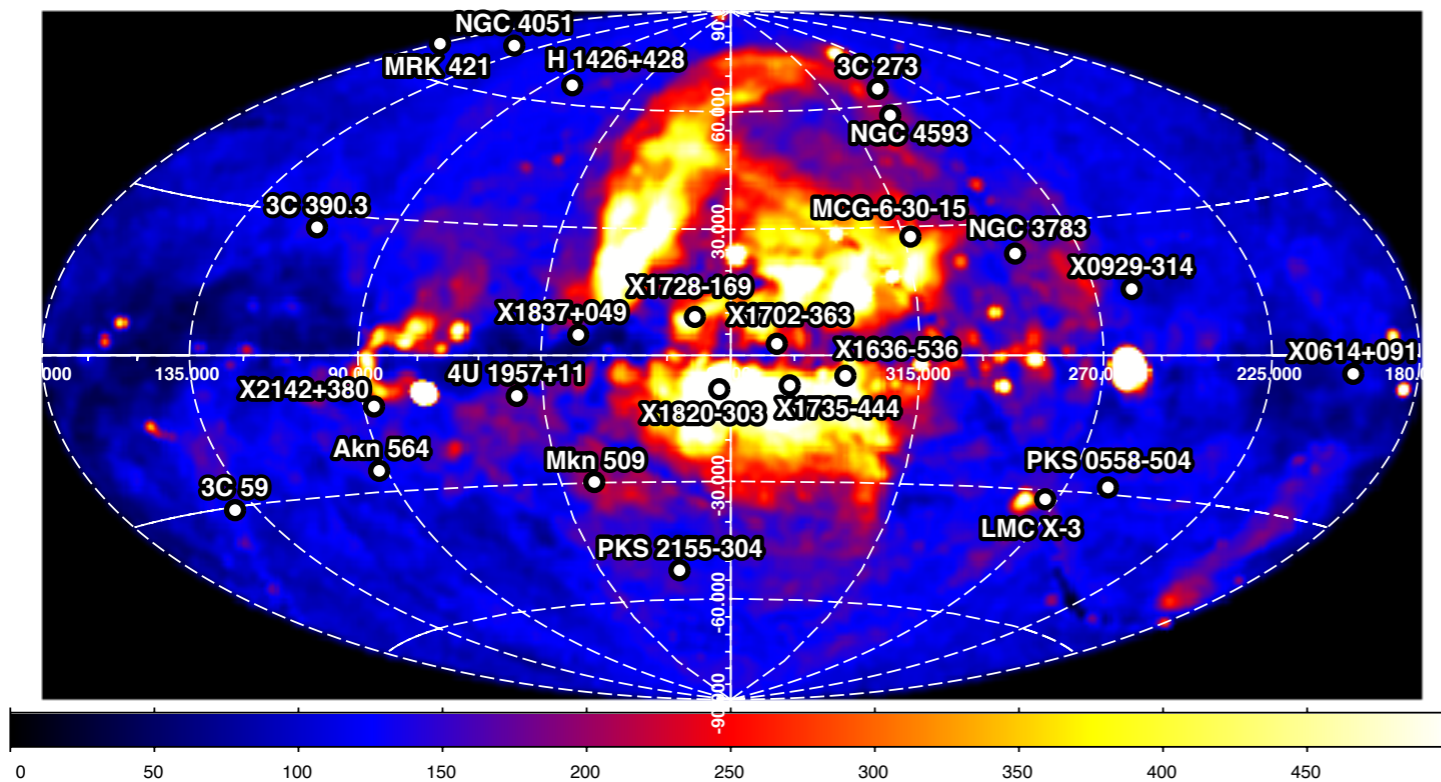
水素様原子

~数百万度の高温プラズマ



水素様原子

銀河を取り巻く高温プラズマ



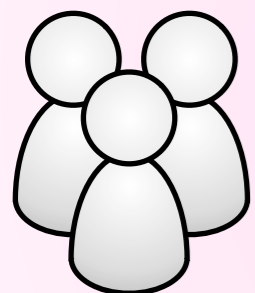
低エネルギーX線での全天の輝きと
吸収線が確認された天体

ほとんど全ての方向で
X線放射とX線吸収
が行われている

高温プラズマ？

温度、密度、スケールは？

高温プラズマの中で次第に吸収される



X線



AGN等
X線を発する天体

観測手法

Mkn 421

Chandra (NASA)



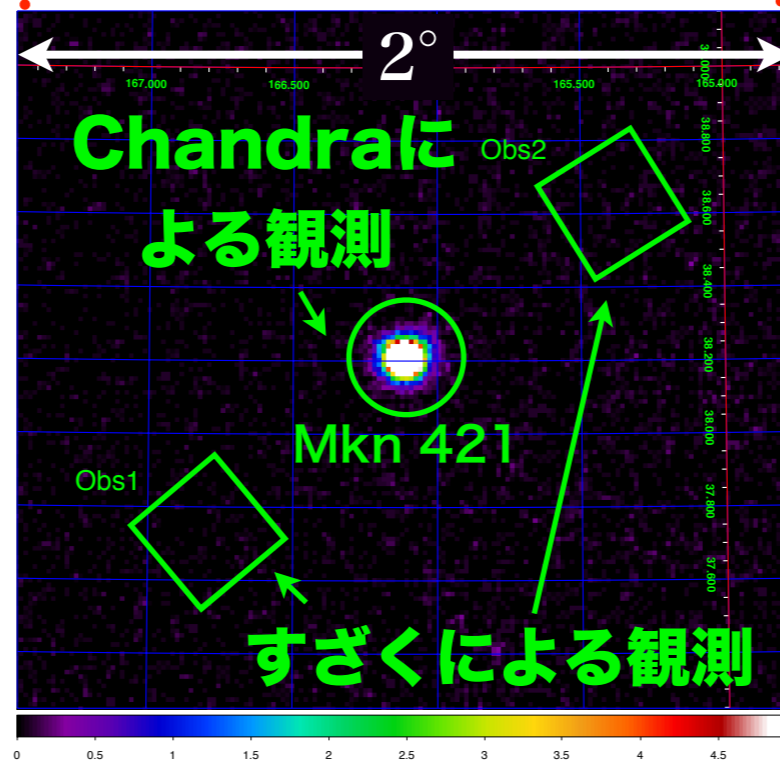
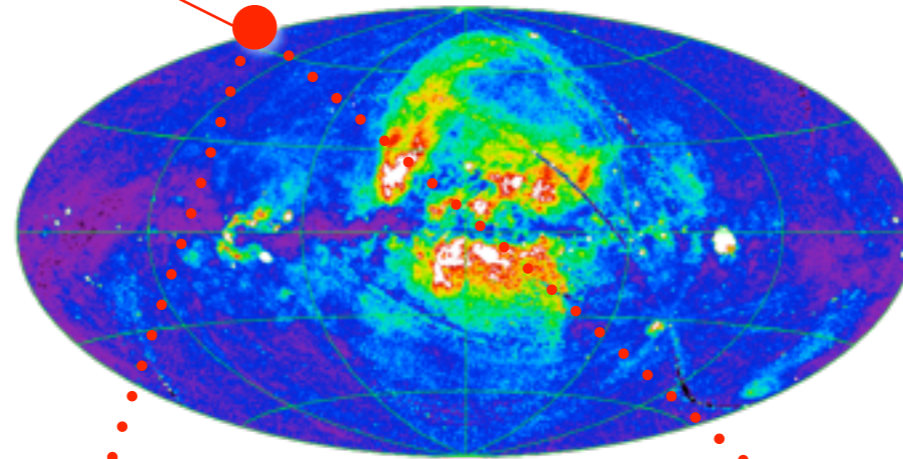
回折格子による
優れたエネルギー分解能



吸収線の形が
はっきり見える



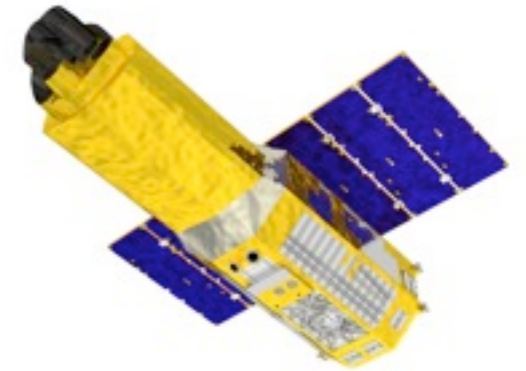
吸収線観測に最適



Mkn 421 基本情報

(銀経, 銀緯) = (179.8, 65.0), 距離
122~133 Mpcに位置するAGN (ブ
レーザー)

すざく (JAXA)



広がった放射で高感度かつ
良好なエネルギー分解能

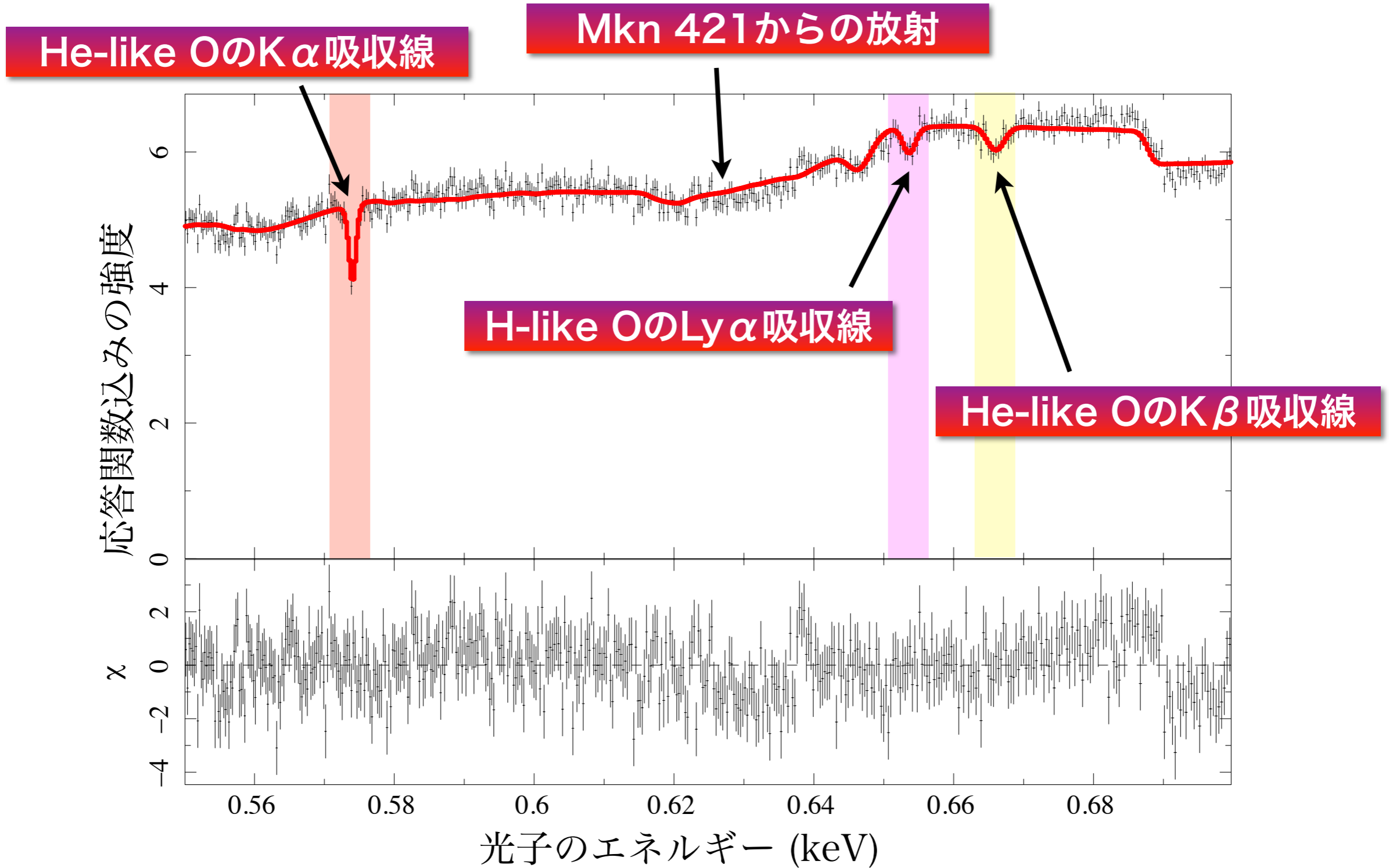


輝線を分離して
見る事ができる



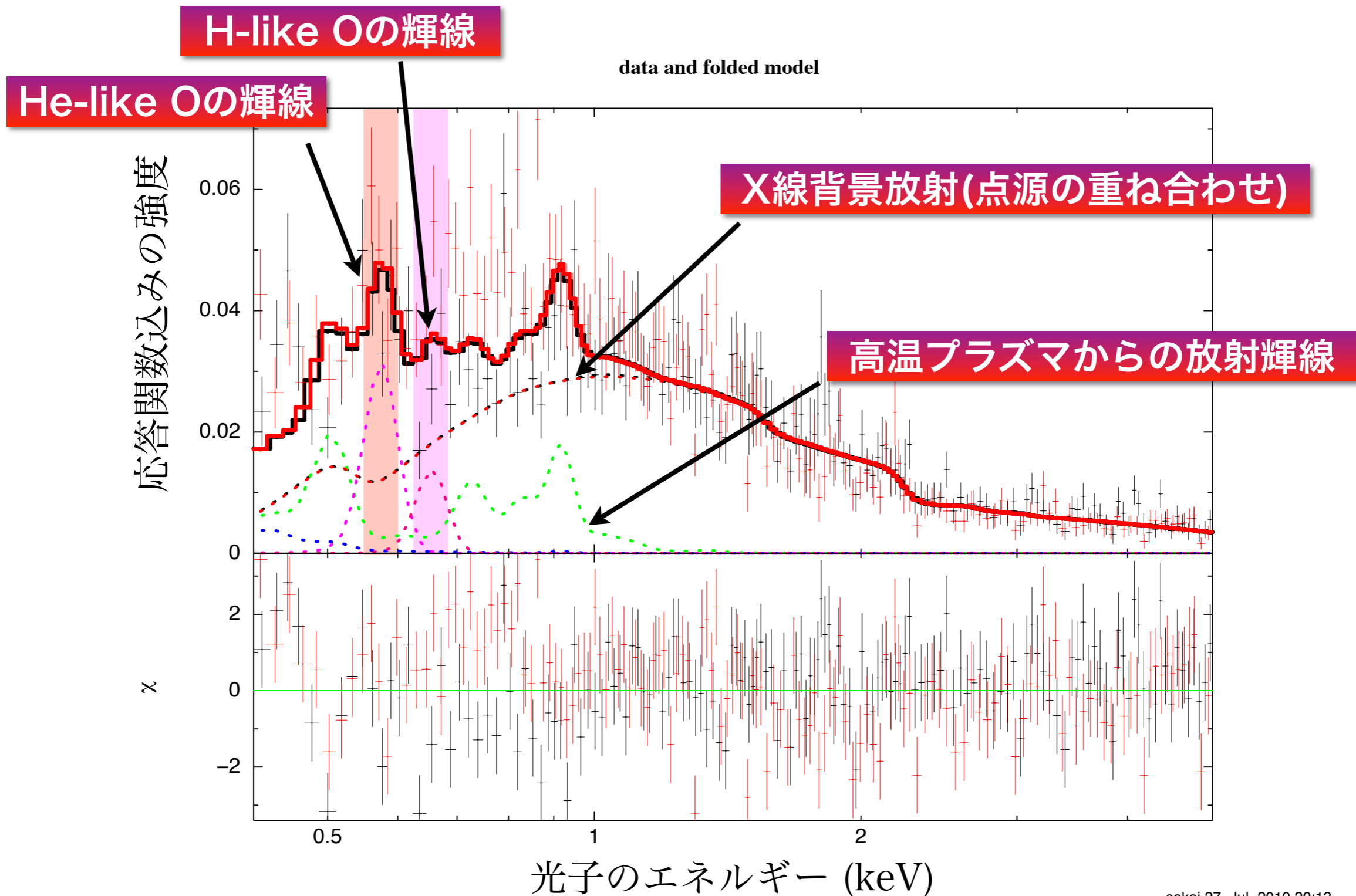
輝線観測に最適

Chandraによる観測結果



sakai 27-Jul-2010 19:57

すざくによる観測結果



sakai 27-Jul-2010 20:13

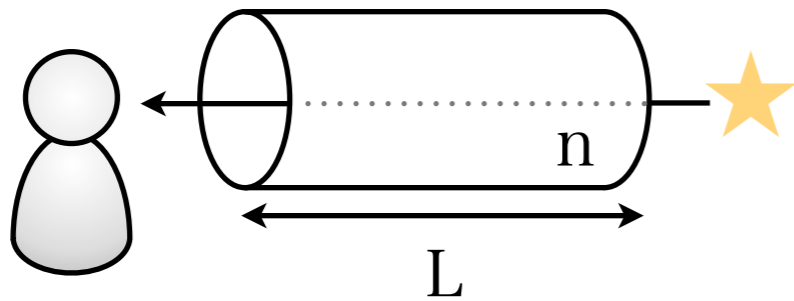
輝線は本来は δ 関数だが検出器の応答によりガウス関数になっている

CDとEMによる複合解析

観測可能量 { 吸収線 ...→ Column Density (柱密度)
輝線 ...→ Emission Measure

Column Density

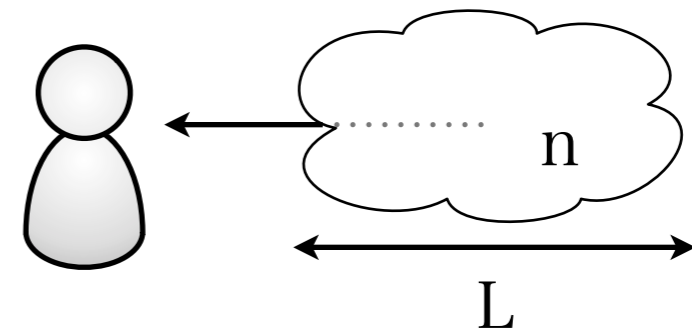
▶ 視線方向の線密度



$$CD = \int n dl$$

Emission Measure

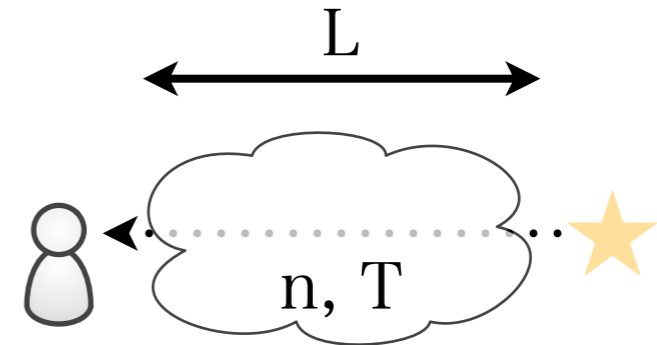
▶ 輝線の強度を決める



$$EM = \int n^2 dl$$

CDとEMによる複合解析

温度一様、密度一様の
ガスを仮定すれば、



$$CD = nL$$

$$EM = n^2 L$$



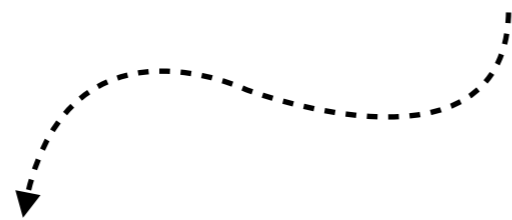
$$n = \frac{EM}{CD}$$

$$L = \frac{CD^2}{EM}$$

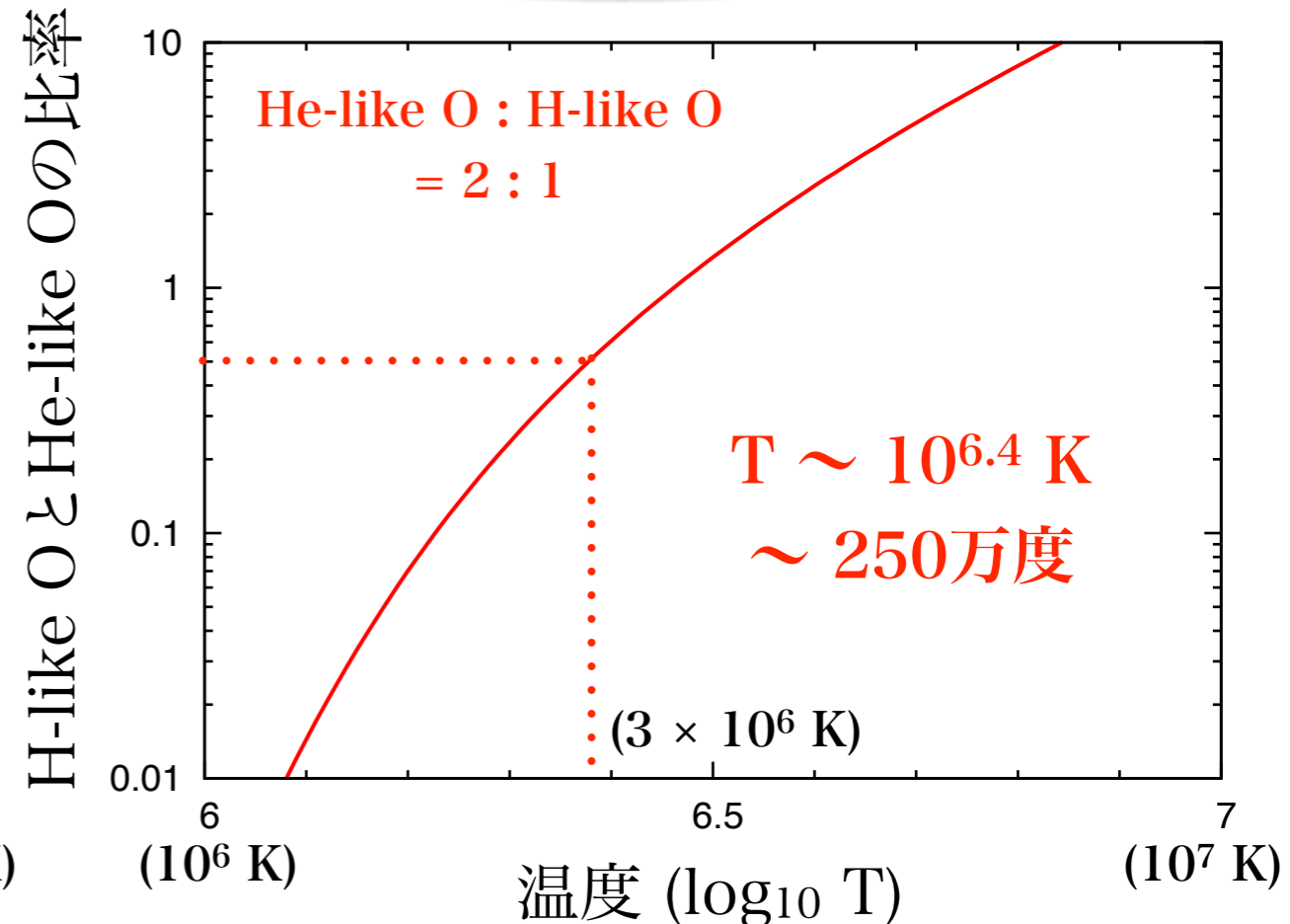
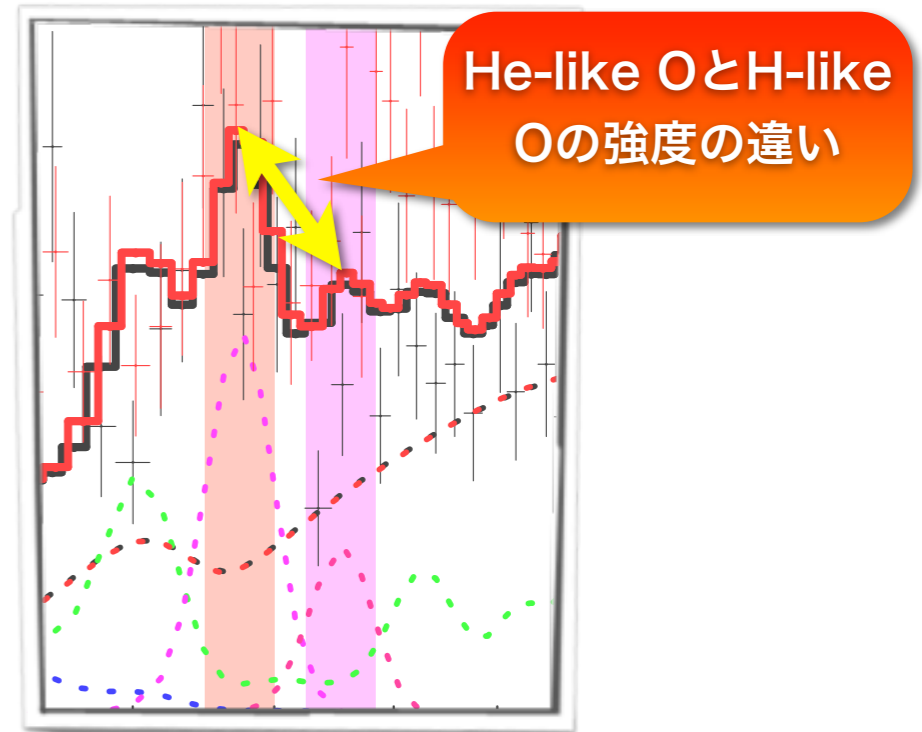
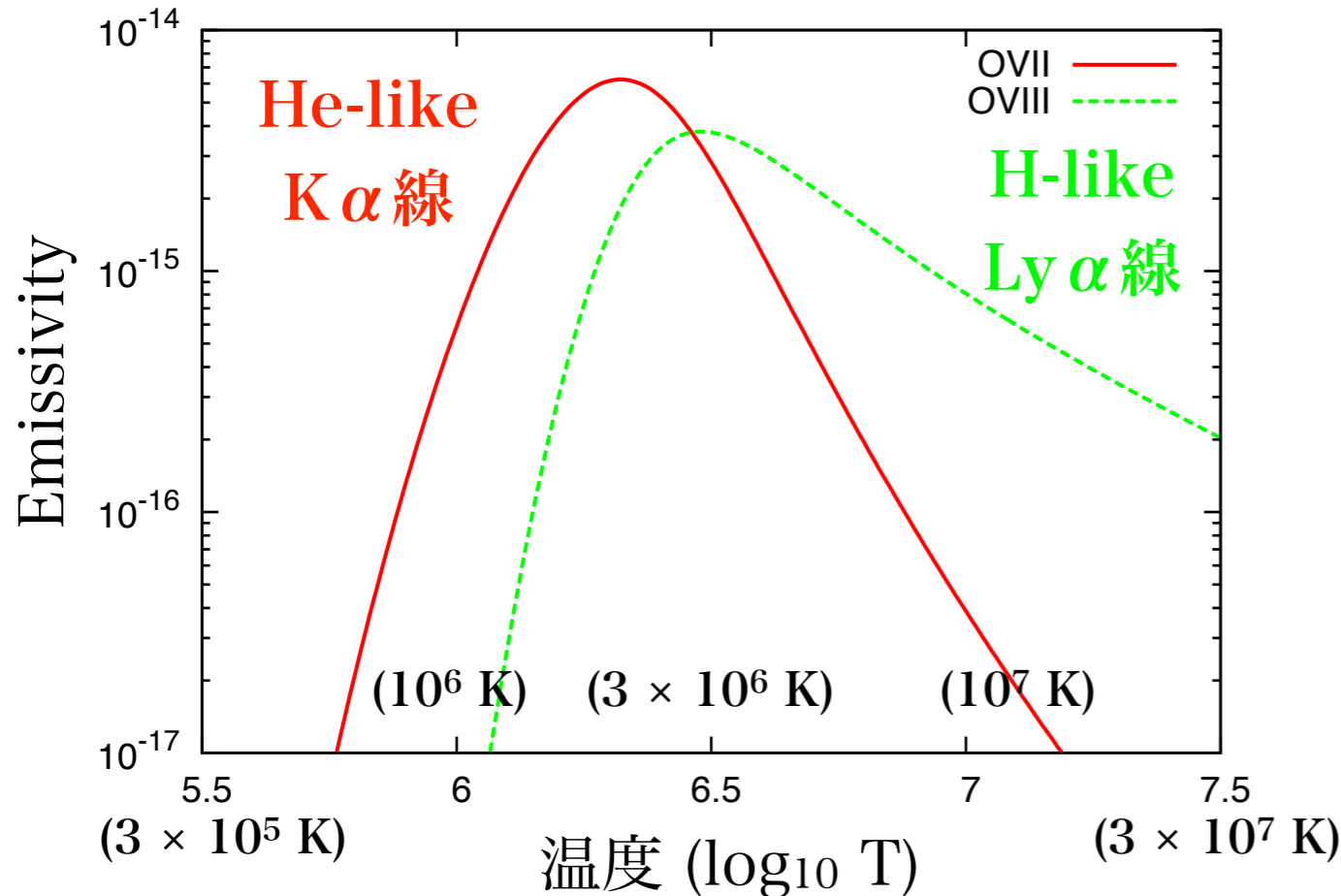
密度 n と奥行き L が独立に求まる

輝線強度比から温度を決定

輝線強度 $\propto EM \times \epsilon(T)$

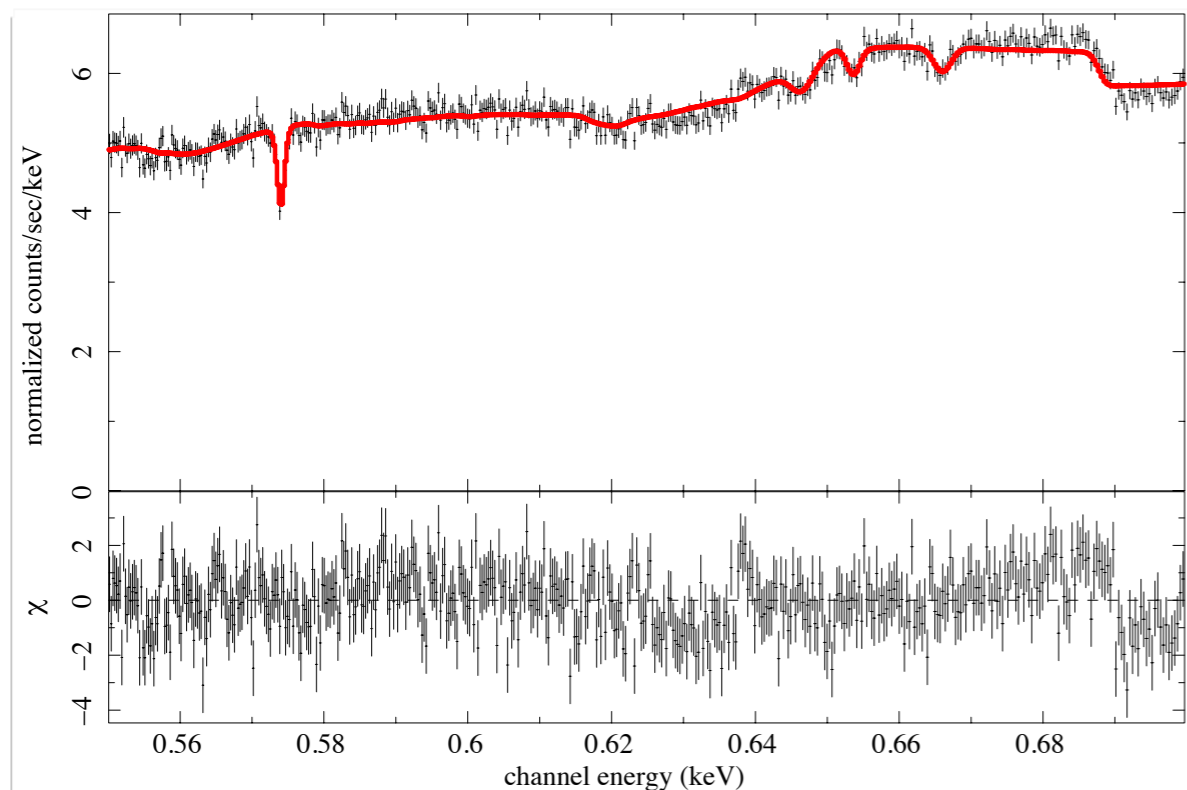


酸素輝線の放射率

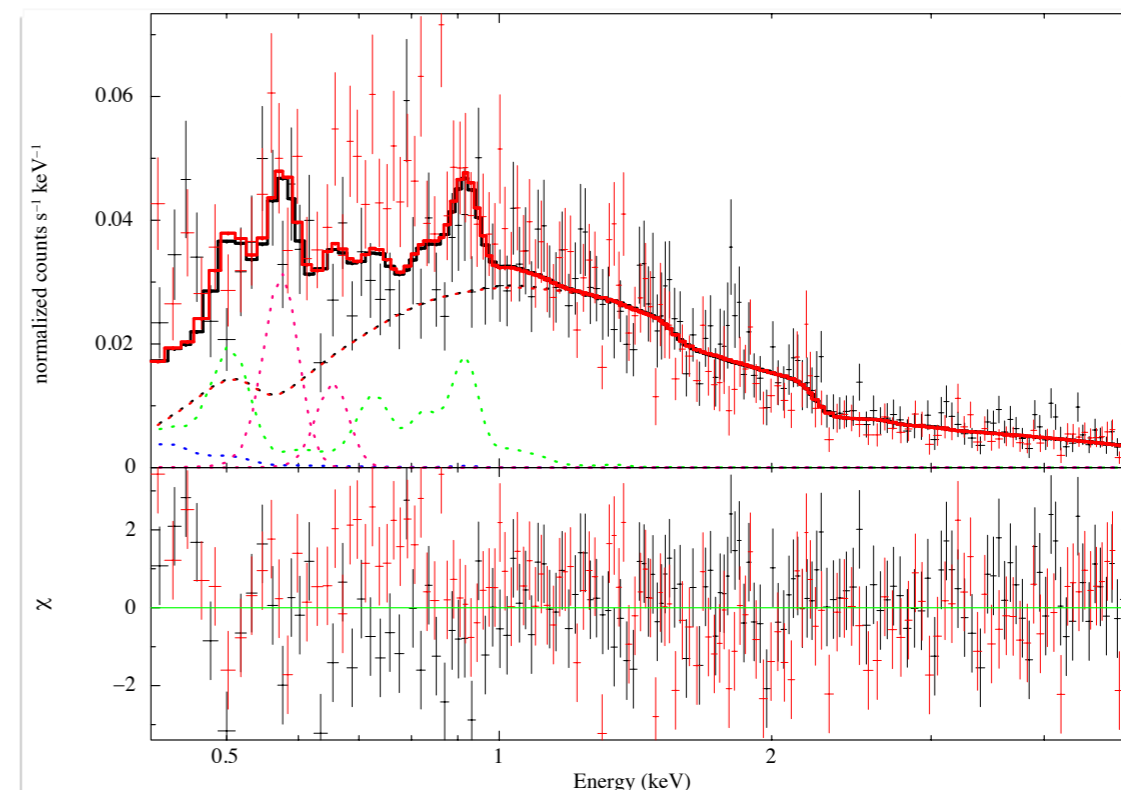


解析結果

吸収線



輝線



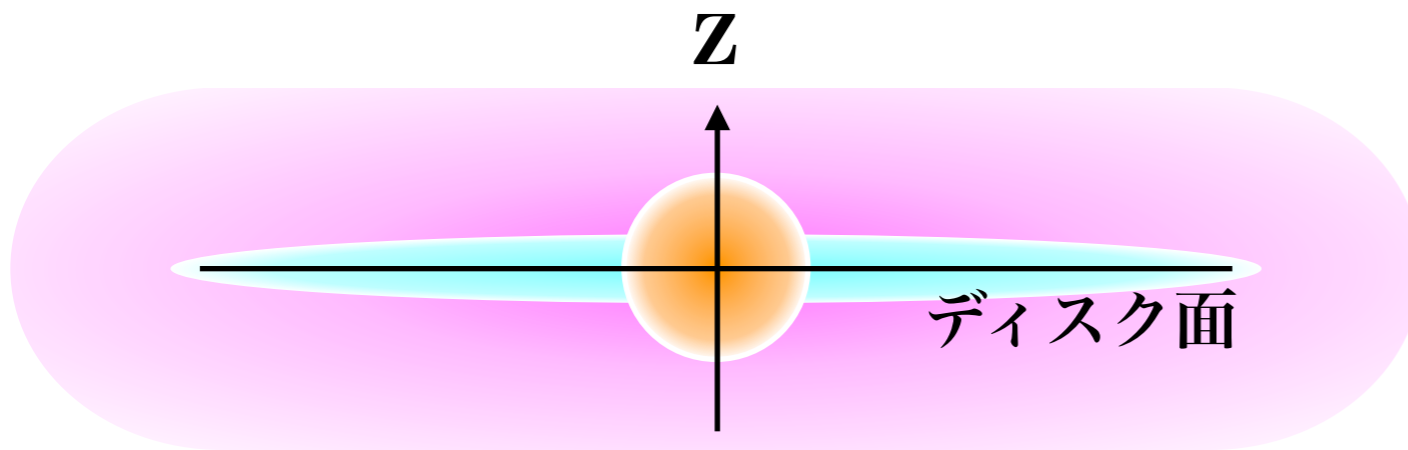
温度 : $1.4 \pm 0.2 \times 10^6$ K
CD : $1.4 \pm 0.4 \times 10^{19}$ cm⁻²

↔
温度が
合わない?

温度 : $2.3 \pm 0.3 \times 10^6$ K
EM : $1.4 \pm 0.1 \times 10^{-3}$ cm⁻⁶ pc

密度 : $3.0 \pm 0.9 \times 10^{-4}$ cm⁻³
スケール : 14.7 ± 5.9 kpc

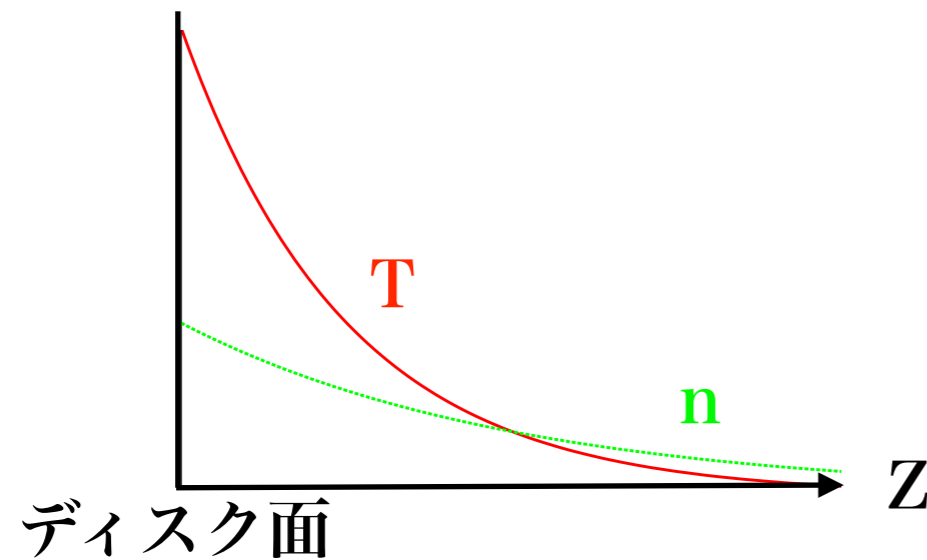
Exponentialモデル



密度と温度が
指数関数的に減少

$$T = T_0 e^{-z/h_T}$$

$$n = n_0 e^{-z/h_n}$$



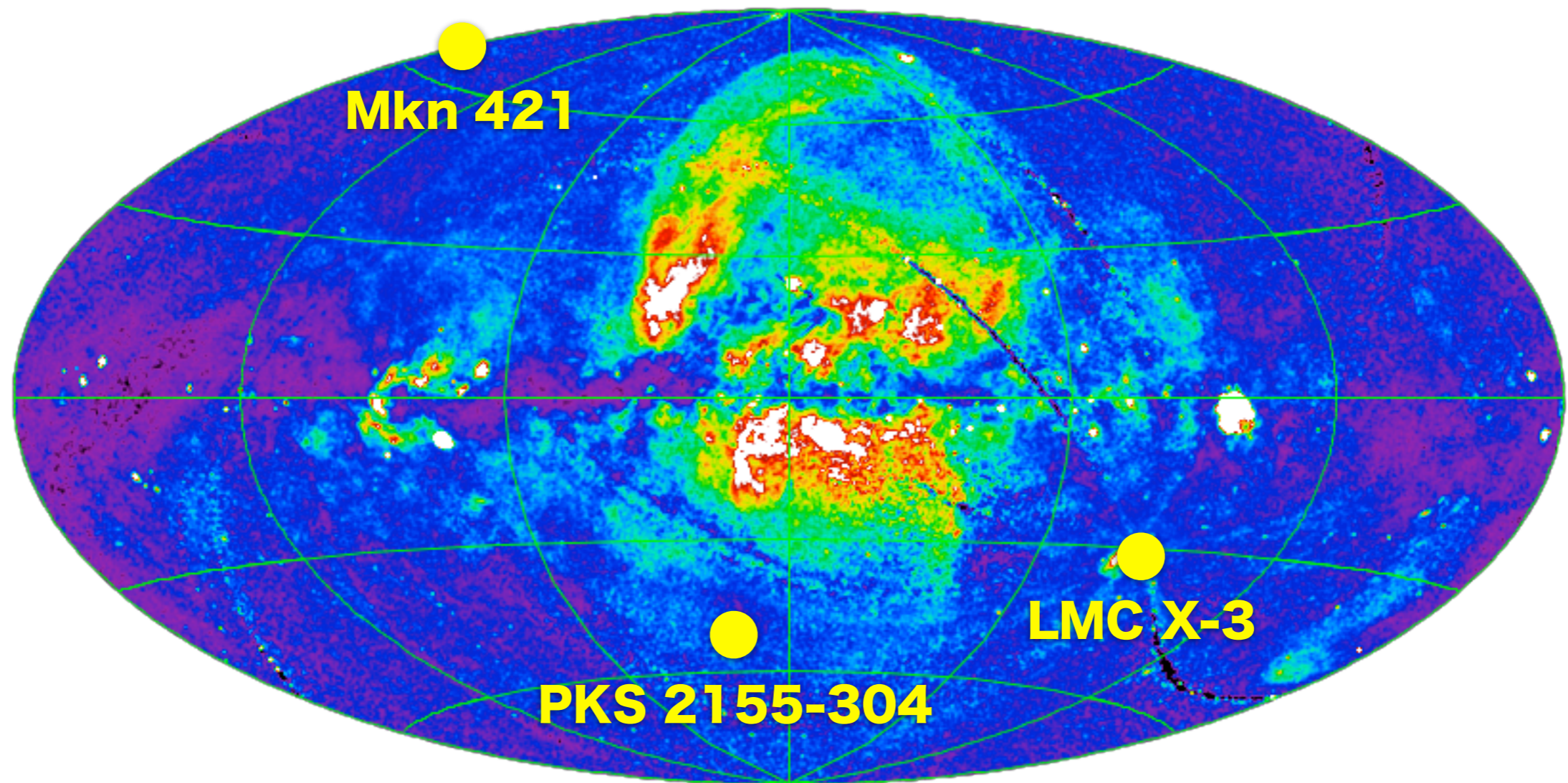
温度 : $3.8^{+0.6}_{-0.5} \times 10^6 \text{ K}$

密度 : $2.3^{+1.8} \times 10^{-3} \text{ cm}^{-3}$

スケール : $2.6_{-1.0} \text{ kpc}$

Preliminary!

先行研究との比較



LMC X-3: Yao et al. 2009

PKS 2155-304: Hagihara et al. 2010

先行研究との比較

対象	温度 10^6 K	密度 10^{-3} cm $^{-3}$	スケール kpc
Mkn 421	3.8 (3.3, 4.4)	2.3 (-, 4.1)	2.6 (1.0, -)
PKS 2155-304 (*1)	2.5 (2.2, 3.1)	1.4 (1.0, 1.9)	2.3 (1.5, 3.2)
LMC X-3 (*2)	3.6 (2.9, 4.7)	1.4 (0.3, 3.4)	2.8 (1.0, 6.4)

(*1) Hagihara et al. 2010

(*2) Yao et al. 2009

まとめ

これまでの3対象の観測から

天の川銀河のハローに数百万度の
「高温プラズマ」が存在する

であろうことが示唆される

