

# W04b X線衛星「すざく」によるブラックホール連星 LMC X-3の状態遷移の観測



岩尾祐希・高橋弘充・水野恒史・深澤泰司(広島大学)・久保田あや(芝浦工業大学)・Chris Done(Durham大学)

## 1. 研究概要

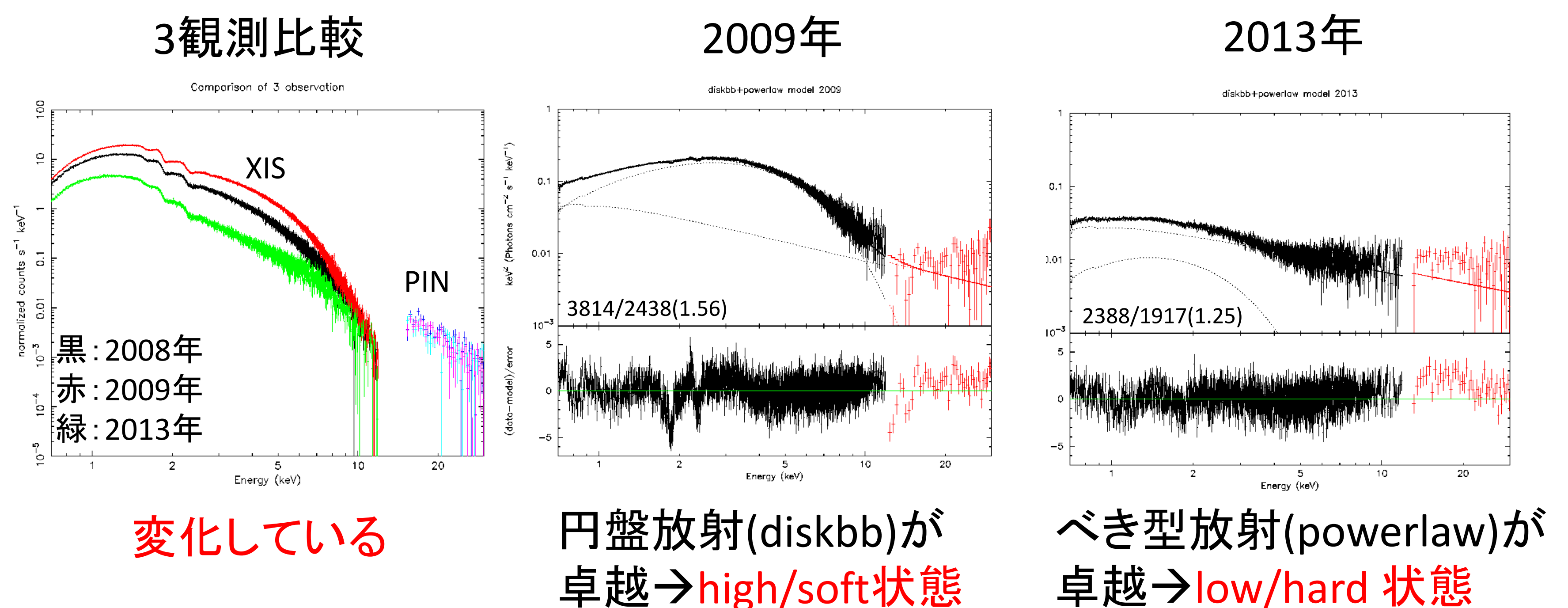
ブラックホール連星は恒星質量ブラックホールと伴星からなる天体であり、伴星からの物質の供給によりブラックホールの周りに降着円盤を形成し、X線で明るく輝いている。降着円盤の物理状態は幾何学的な構造や光学的厚さの違いにより大きく2つに分類されており、high/soft状態とlow/hard状態と呼ばれる。ブラックホール連星であるLMC X-3はX線衛星「すざく」で3回観測されている(先行研究:齋藤他2016年春年会)。今回はXIS検出器のCCDにおけるpileup効果の影響を除去して、より詳細な解析を行った。3観測の比較から、降着円盤の最内縁半径が光度によって変動しており、さらにエディントン光度の3%ほどで、**high/soft状態からlow/hard状態に遷移**している可能性があることが分かった。

## 2. 「すざく」によるLMC X-3の3観測

|       | 露光時間(ks) | フラックス(erg/cm <sup>2</sup> /s) | エディントン比 |
|-------|----------|-------------------------------|---------|
| 2008年 | 54.3     | 2.59E-10                      | 9.2%    |
| 2009年 | 133.4    | 3.80E-10                      | 13.5%   |
| 2013年 | 87.1     | 7.42E-11                      | 2.6%    |

3観測中で**光度は約5倍変動**

降着円盤放射(diskbb)+べき型放射(powerlaw)での解析結果



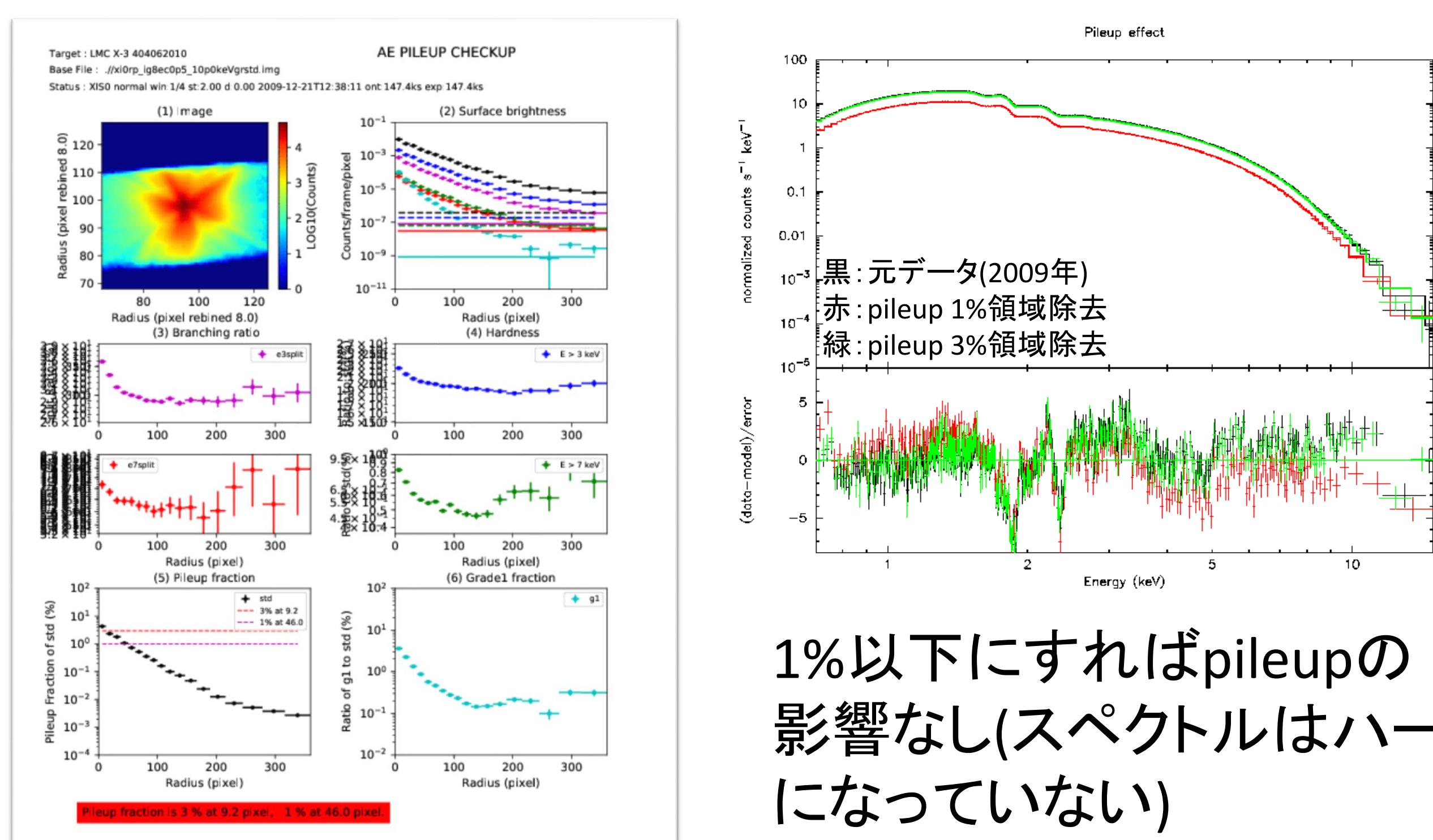
変化している

円盤放射(diskbb)が卓越→**high/soft状態**

べき型放射(powerlaw)が卓越→**low/hard状態**

## 3. XIS検出器のCCDにおけるpileup効果

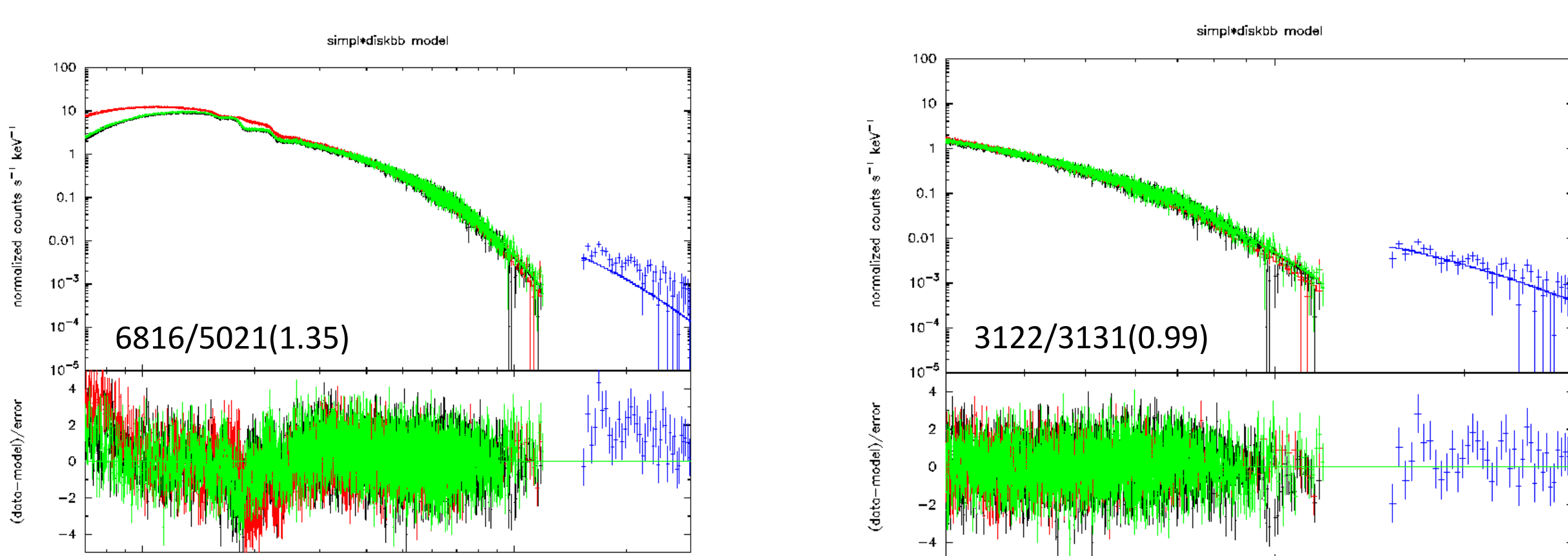
- 「すざく」搭載のXIS検出器: CCD
- 明るい天体を観測すると
  - 1回の撮像(8秒)の間に複数の光子を検出(pileup)
  - 複数のソフトな光子が1つのハードな光子に誤認
  - スペクトルがハードになってしまう
  - (1光子では起こらない位置関係に検出される)
- 1番明るい2009年のデータで、pileupの影響を調べた(山田他2012を利用)
- 天体中心の明るい領域(1観測目約30pix、2観測目約50pix)を除去し、**pileupの割合1%以下にすれば影響なし**
- #3観測目は暗く、pileupの影響なし



1%以下にすればpileupの影響なし(スペクトルはハードになっていない)

## 4. スペクトル解析(ソフトXSPECを利用)

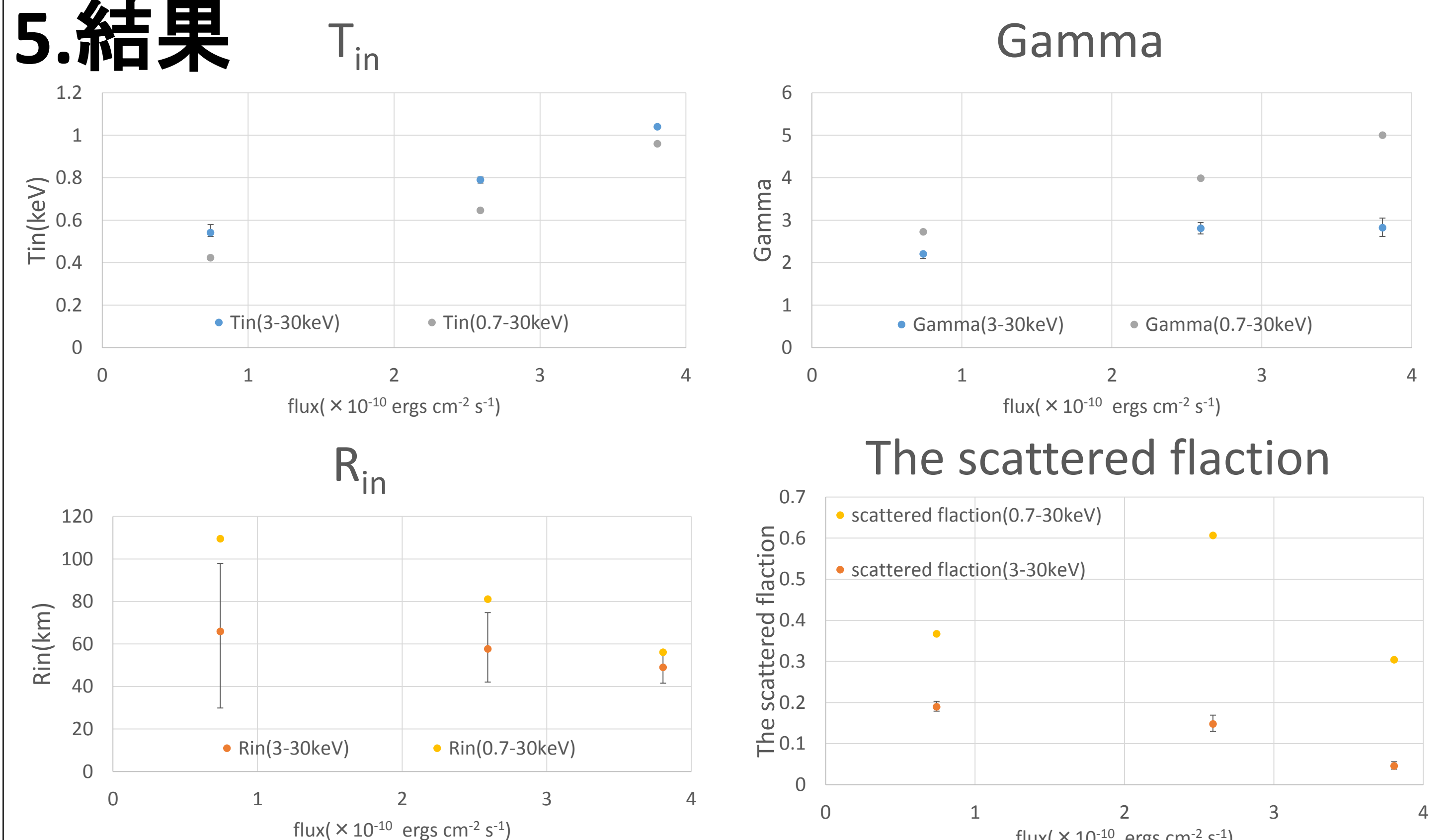
- tbfeo\*(simpl\*diskbb)
- 降着円盤放射(diskbb)とコロナによって円盤放射が逆コンプトン散乱された放射(simpl)モデルを設定した。



全帯域(0.7-30 keV)ではデータを再現できない  
→ **diskbb放射よりも幅広い放射**が要求されている

3-30 keV:OK  
今回は3-30 keVと0.7-30 keV(参考)の両方の結果をプロット

## 5. 結果



0.7-30keVはエラーバーなし、3-30keVはエラーバーあり

- $T_{in}$ : 円盤の最内縁温度
- $R_{in}$ : 円盤の最内縁半径
- Gamma: 光子のpowerlaw index
- Scattered fraction: 円盤放射のコロナでの散乱割合

光度が下がると

- $T_{in}$ とGammaは共に**減少**し、物理描像と一致する
- $R_{in}$ はエラーが大きいものの2観測目約49 km、1観測目57km、3観測目約65 kmと**増加**する傾向を示した
- 散乱割合は1観測目に大きく他の観測と異なる(考察中)

## 6. まとめ

- XIS検出器のpileup効果を考慮し、「すざく」のLMC X-3の3観測について解析を行った
- 低エネルギー領域(0.7-3keV)まで含めて解析するにはdiskbbモデルより幅広いモデルが必要
- LMC X-3の降着円盤が**high/soft状態からlow/hard状態に遷移**している可能性がある

今後

- 「XMM-Newton」のデータを用いて3観測間のLMC X-3の状態について調査予定
- 2keV付近の吸収端が改善されたレスポンスがリリースされたあと再度解析する

参考文献

- [1]Yamada,S.et al"Recipe for Pileup Effect on the Suzaku XIS"
- [2]Kubota,A," TESTING ACCRETION DISK STRUCTURE WITH SUZAKU DATA OF LMC X-3"
- [3]Saito,R,"ブラックホール連星 LMCX-3 の high/ soft 状態における円盤コロナモデルの検証"