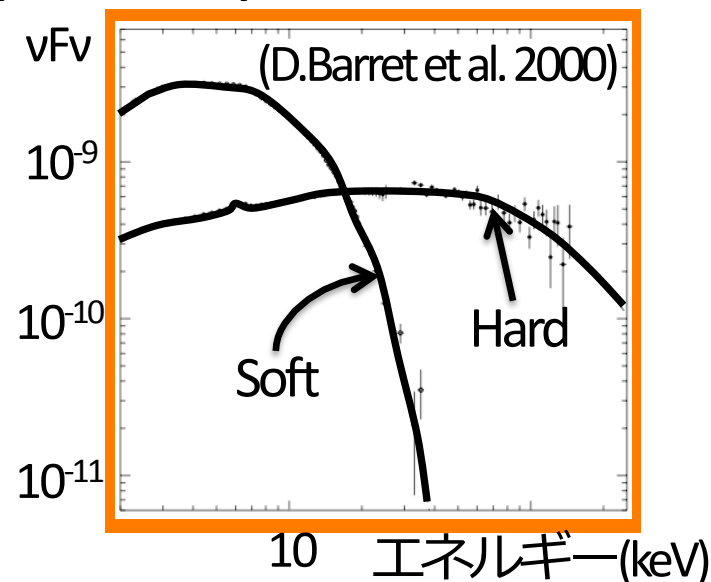


「すざく」による
Low-Mass X-ray Binary
Aql X-1のSoft/Hard状態の検証

東京大学 牧島-中澤研究室
桜井 壮希

牧島一夫 中澤知洋 山田真也

1. Low-Mass X-ray Binary(LMXB)とは？



典型的なSoft/Hard状態
のスペクトル

●LMXBにおける物質の降着

- 中性子星の周りに降着円盤が形成される
- どこかに高温の電子雲”コロナ”が存在
- 質量降着率の違いによって、Soft/Hard状態をとる

●ブラックホール連星とよく似ているが、中性子星表面からの放射があるので、両者の比較は降着機構を理解する上で重要

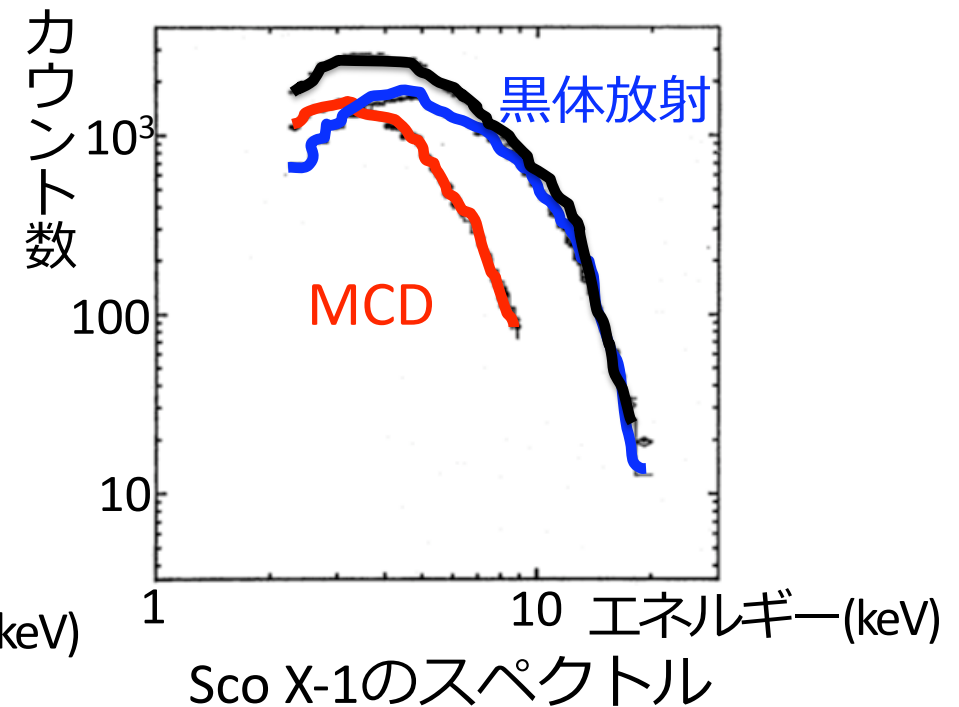
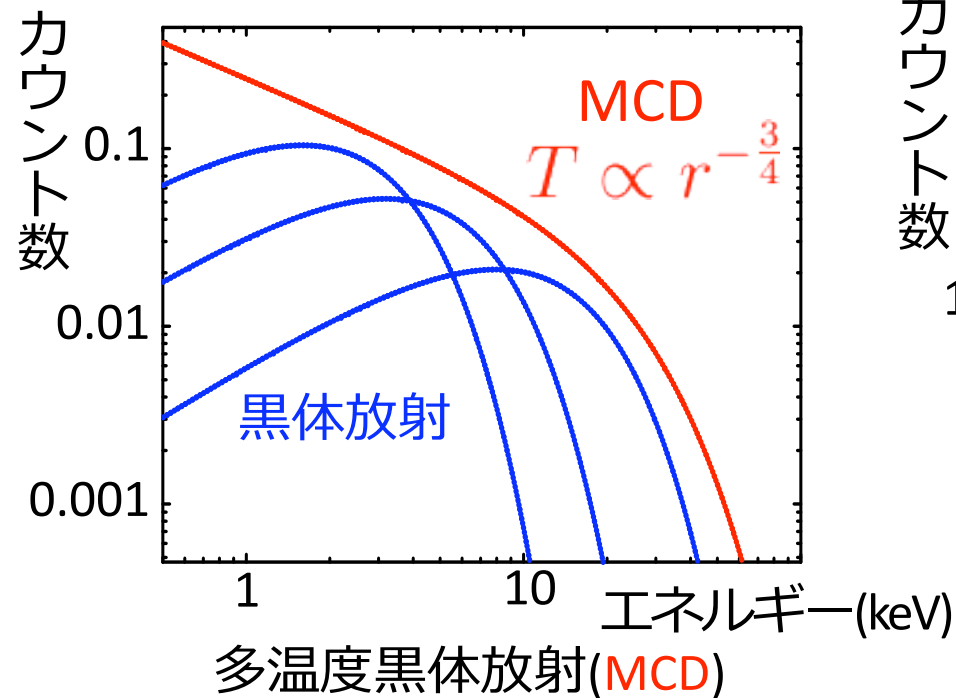
☆Soft/Hard状態で、円盤やコロナの物理量(形状, 温度etc)はどう変わっているのか？

2. Soft状態の先行研究

- 「てんま」によるLMXBの研究
(Mitsuda et al, 1984)

- 放射モデル

標準降着円盤(Shakura&Sunyaev 1973)からの多温度黒体放射(MCD)
+ 中性子星表面からの黒体放射



3. Hard状態の先行研究

- RXTEによるAql X-1の観測
(D.Lin, R.A.Remillard et al, 2007)

- 放射モデル

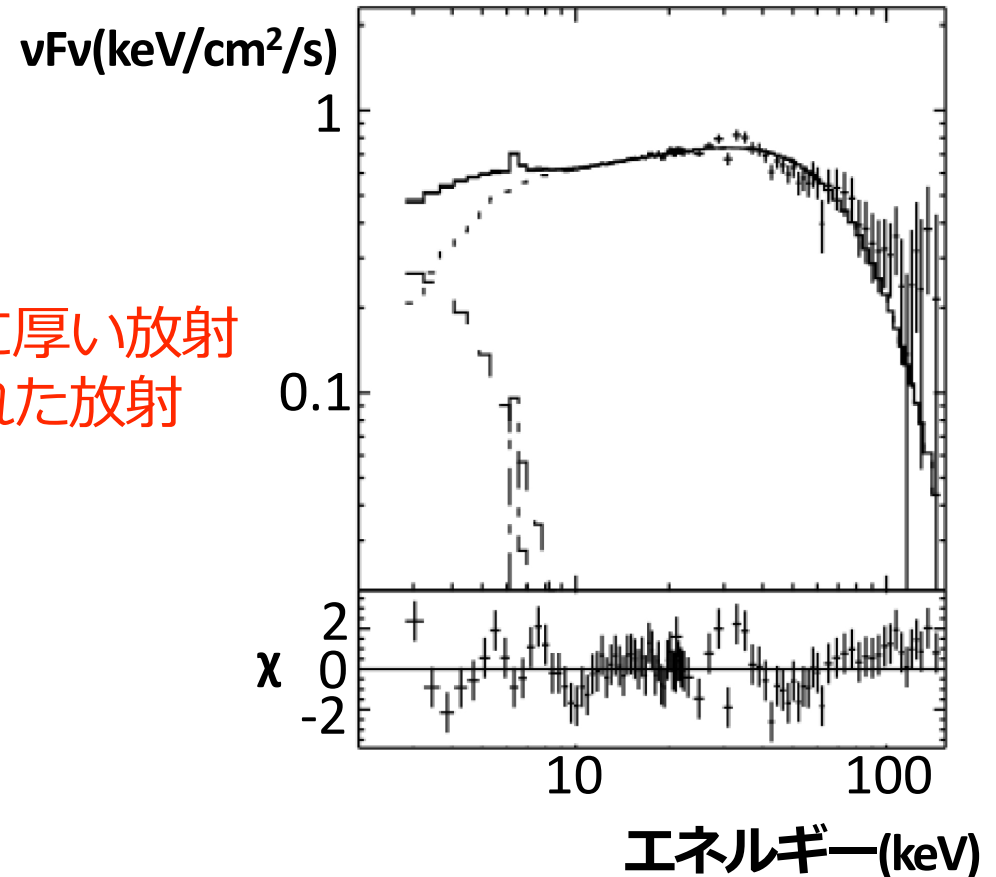
- 軟X線領域：何らかの光学的に厚い放射
- 硬X線領域：コンプトン化された放射

- 解釈

コンプトン化MCD + 黒体放射
or
MCD + コンプトン化黒体放射

- 問題点

2 keV以下が無く、エネルギー分解能が足りないため
MCDや黒体放射がよく決まらない



広帯域かつ高精度の観測データが必要

4. 「すざく」によるLMXBの観測

- 広帯域(0.5~100 keV)かつ高精度の観測が可能

- LMXBの観測は約20例
- 広帯域での解析は始まったばかり

- 今回のターゲットは「Aql X-1」

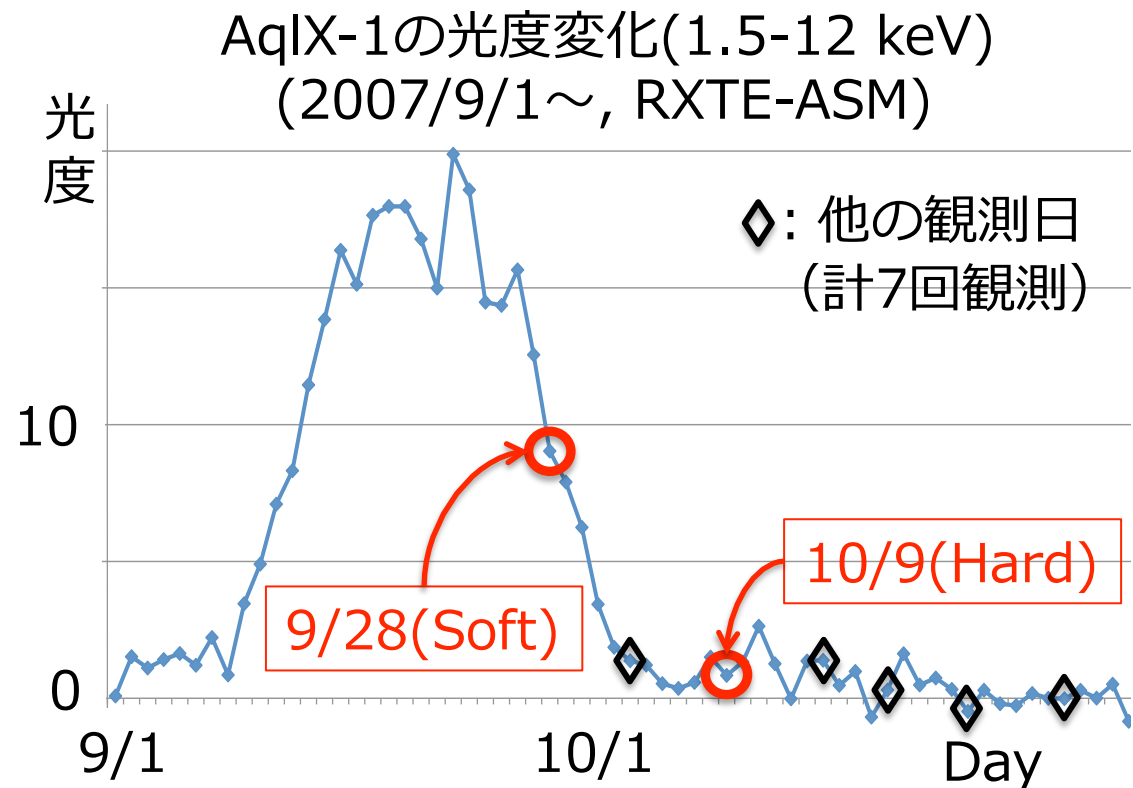
- 光度の振れ幅が大きい(再帰型transient)
- 比較的近い(~ 5.2 kpc)

- 光度

$L_{\text{Soft}} \sim 0.05L_{\text{Edd}}$ (@2-20 keV)

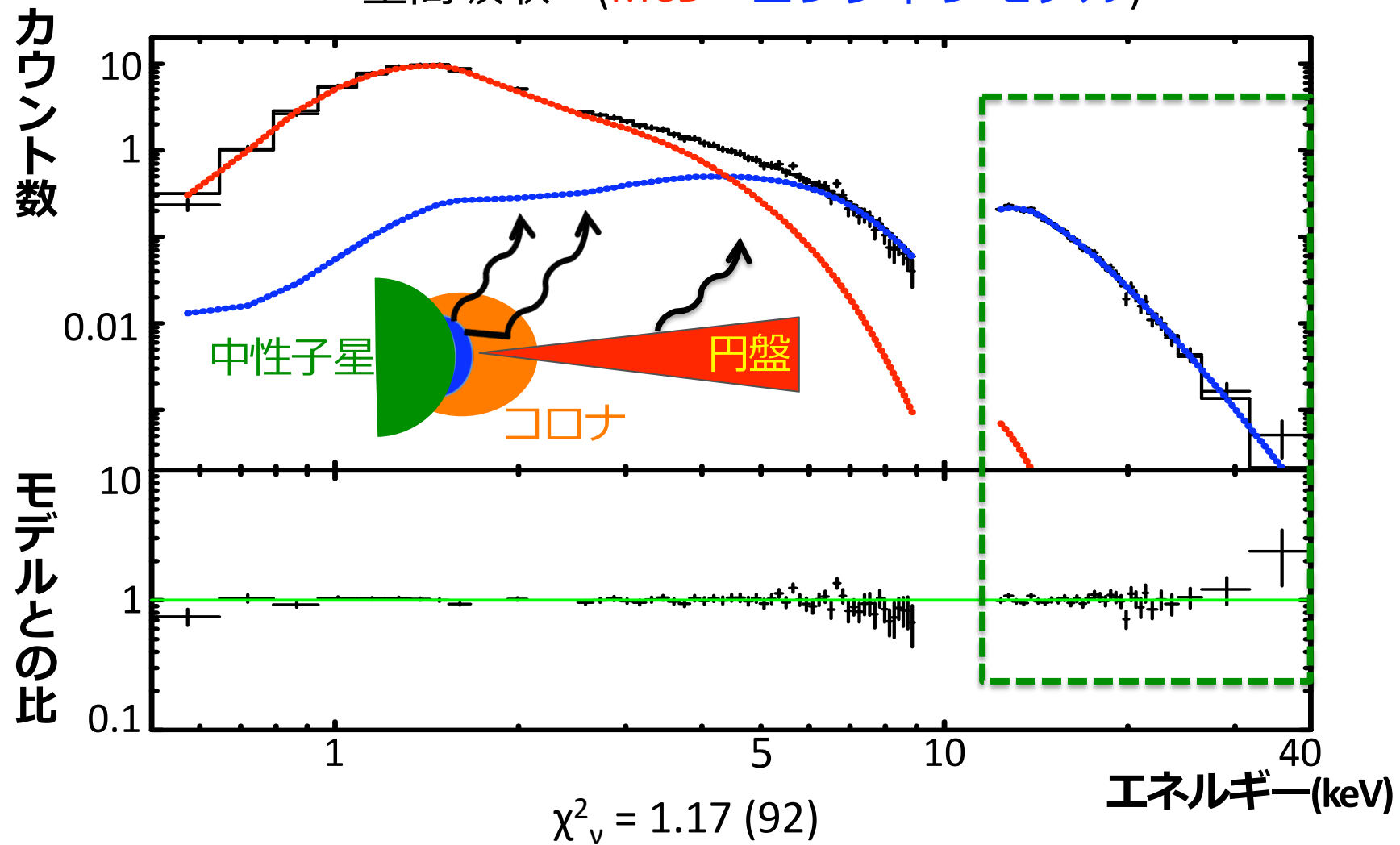
$L_{\text{Hard}} \sim 0.02L_{\text{Edd}}$ (@2-100 keV)

※ L_{edd} : Eddington光度



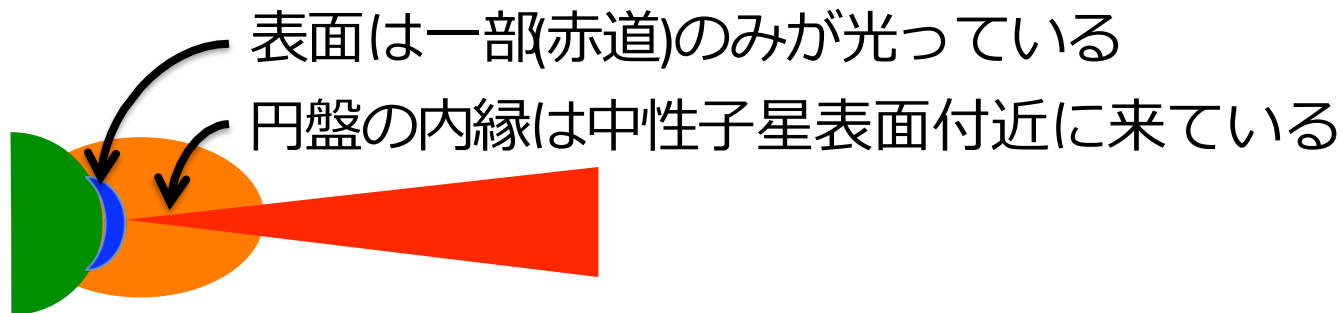
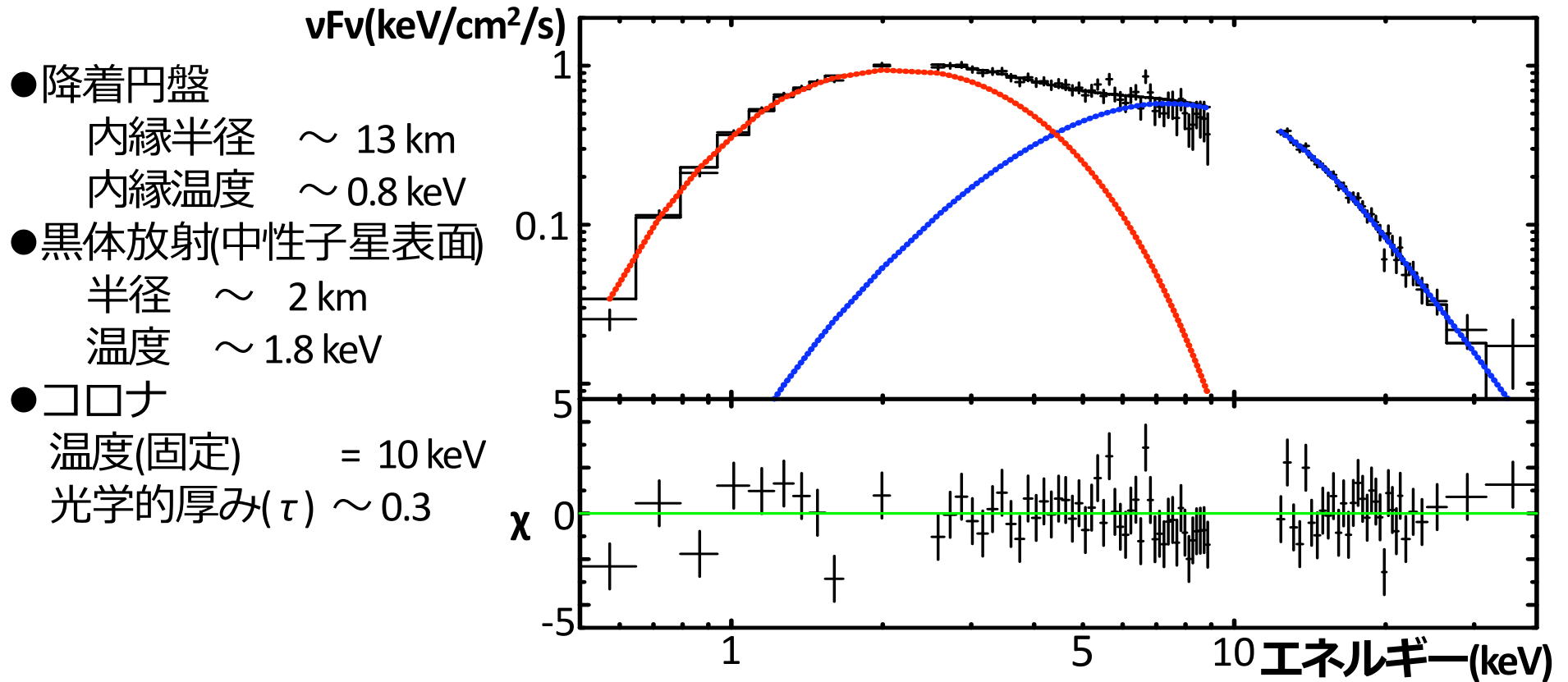
5-1. Soft状態のスペクトルフィット

星間吸収 × (MCD + コンプトンモデル)



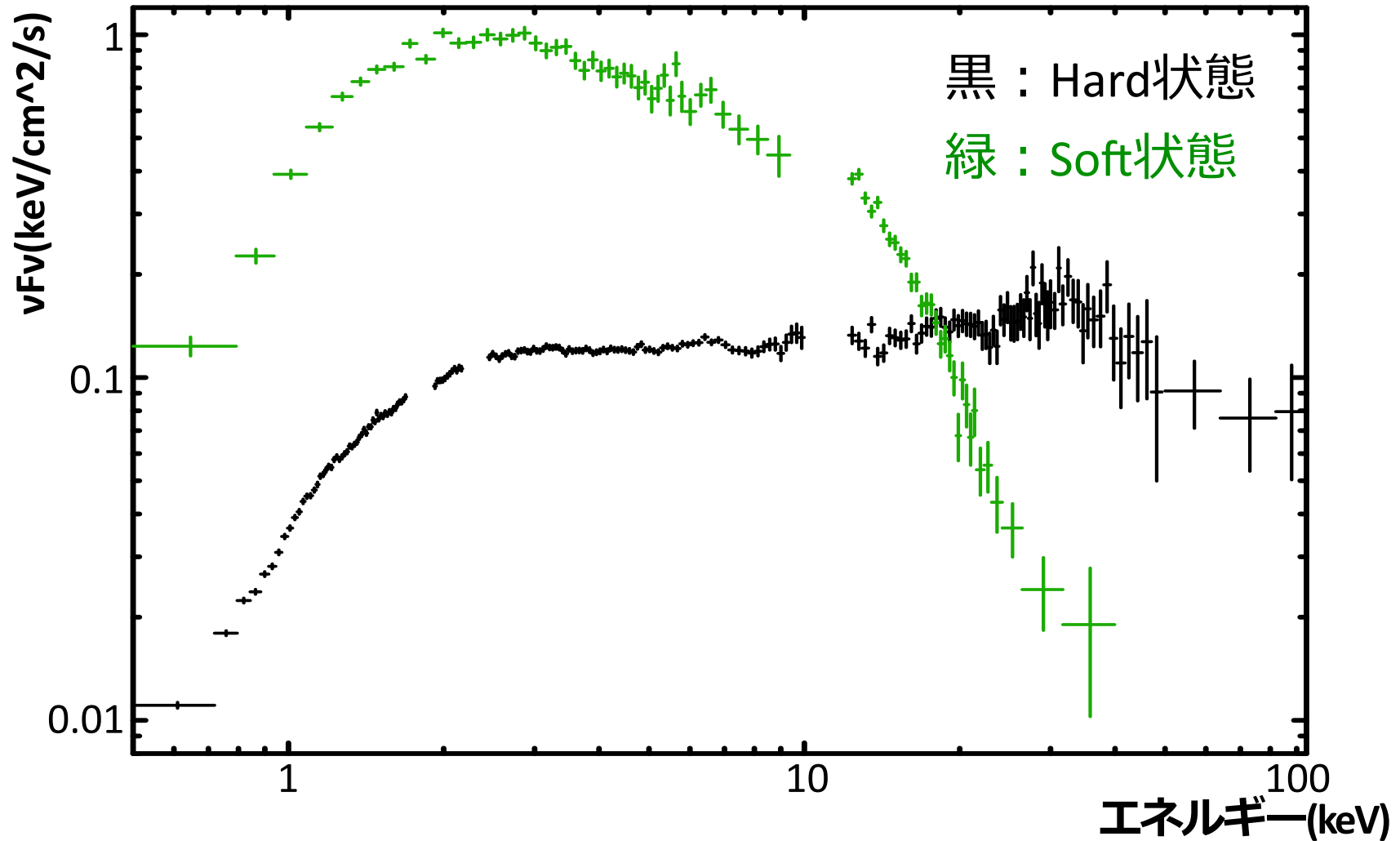
硬X線領域に逆コンプトン散乱の効果が現れている

5-2. Soft状態の解析結果



表面の黒体放射は、コロナで弱く逆コンプトン散乱されている

6-1. Hard状態のスペクトル

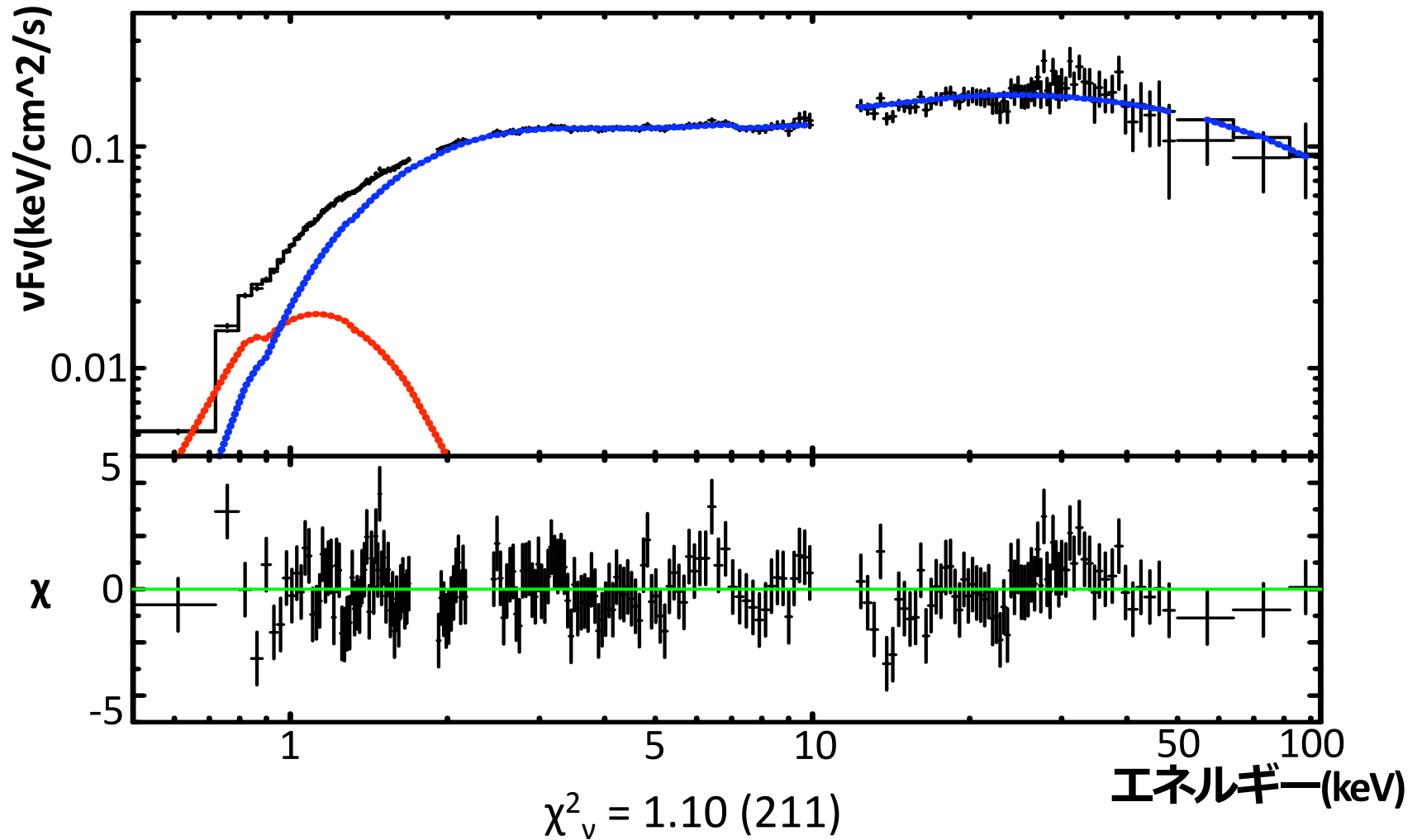


Soft状態に比べ硬X線領域が強い(20keV以上で卓越)

Soft状態と同じくMCD + "コンプトンモデル"で合わせてみる

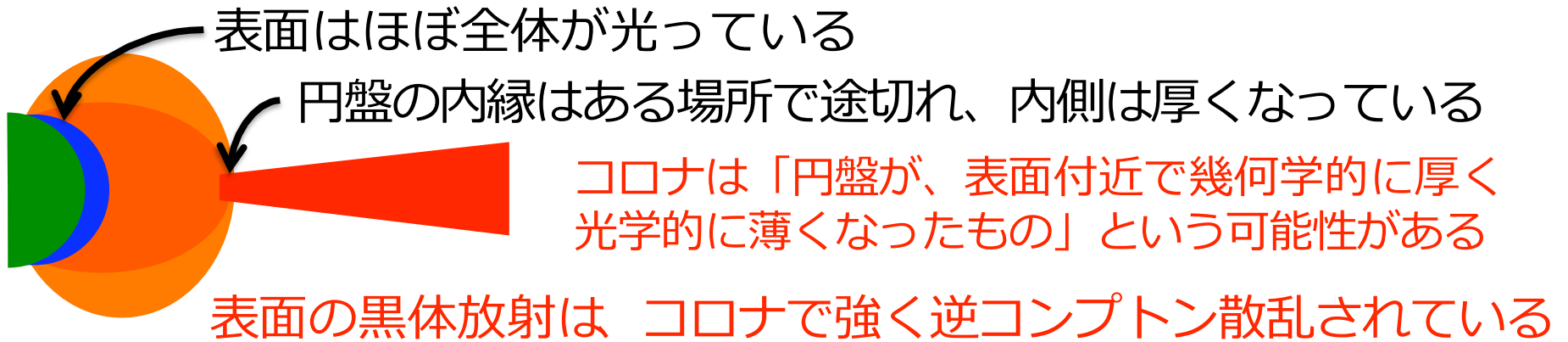
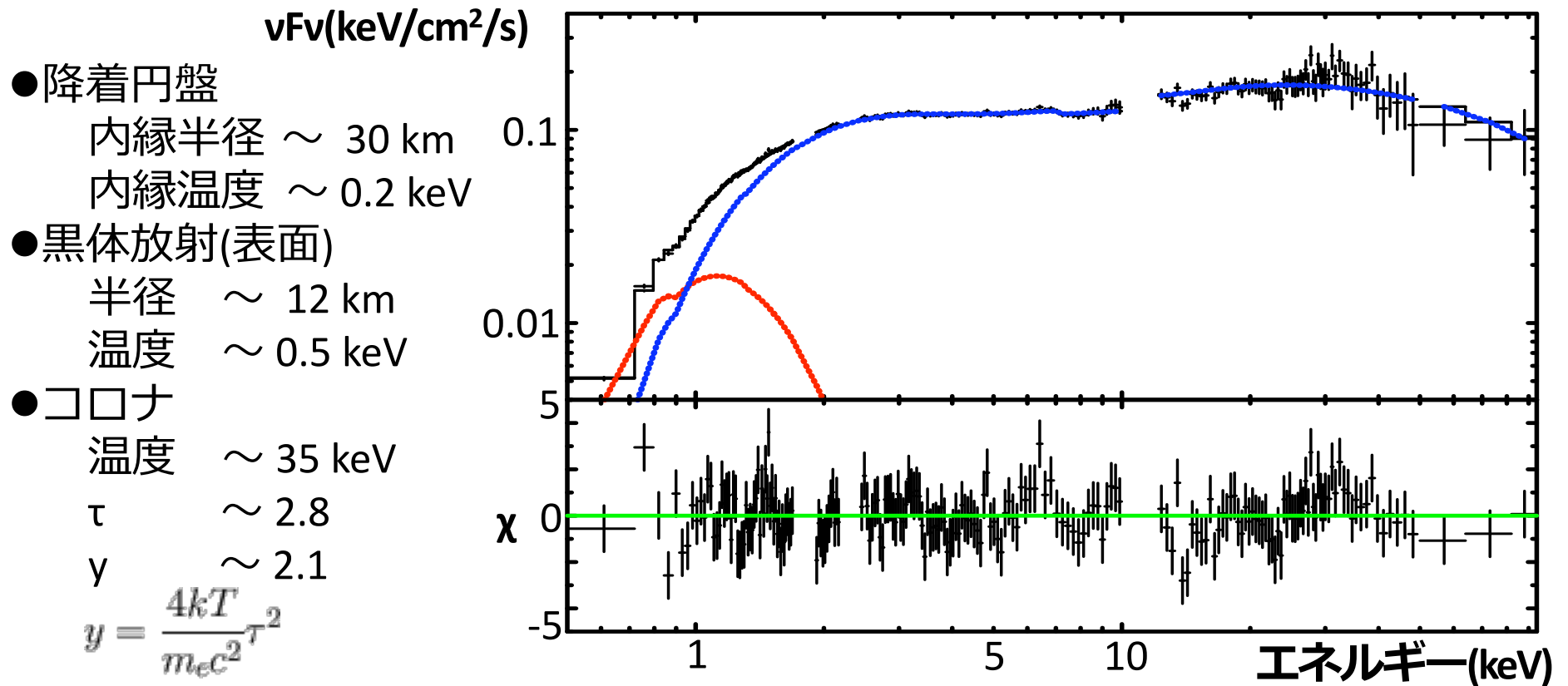
6-2. Hard状態のスペクトルフィット

星間吸収 × (MCD + コンプトンモデル)



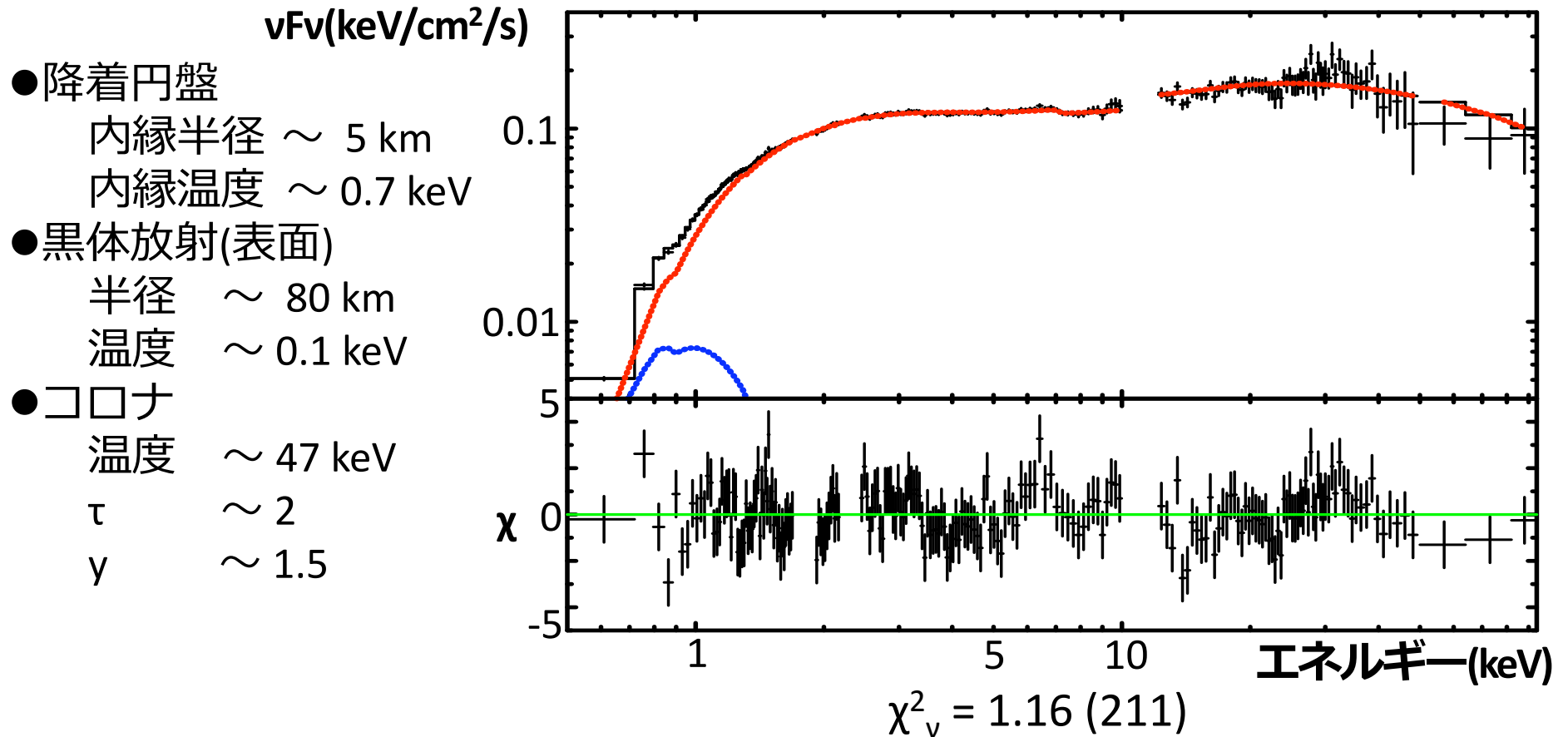
MCDとコンプトンモデルの和で再現出来ている

6-3. Hard状態の解析結果



6-4. Hard状態の解析結果2

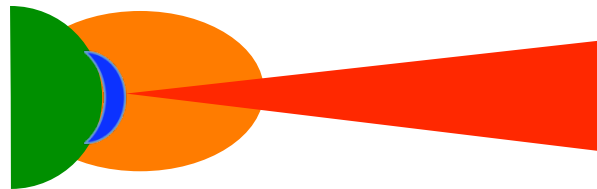
「コンプトン化MCD + 黒体放射」の場合



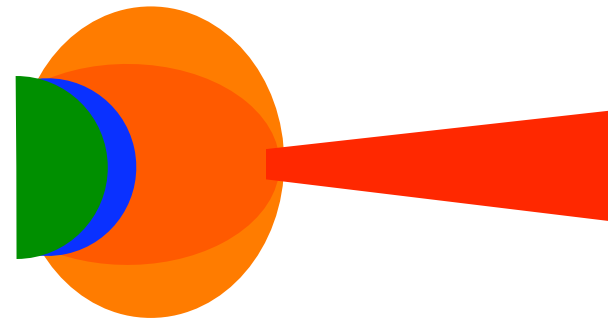
統計的にはacceptableであるが、円盤の内縁半径や黒体放射半径が意味をなさない

7. Soft/Hard状態の比較

	Soft状態	Hard状態
降着円盤の内縁	中性子星表面付近	中心から30km付近
黒体放射	表面の赤道部	表面のほぼ全体
コロナ	温度10keV (仮定) 光学的にやや薄い($\tau \sim 0.3$)	温度35keV 光学的に厚い($\tau \sim 2.8$)
エネルギー配分 (円盤:表面:コロナ)	1.8 : 1 : ~ 0 (Virial定理 \times 円盤の傾き)	$\sim 2 : 3 : 6$



Soft状態



Hard状態

8. Summary

- 2007年9-10月、「すざく」はAql X-1のアウトバーストを観測した。
- Soft/Hard状態のスペクトルは、円盤の多温度黒体放射と表面からの黒体放射の和として解釈出来る。
- 表面の放射は逆コンプトン散乱されていて Hard状態ではそれが顕著である。
- Soft状態では降着円盤が表面付近まで続いているが Hard状態ではある場所で途切れている。
- Hard状態の表面付近では、円盤が幾何学的に厚く光学的に薄い状態になっている。