

XRISM衛星による 低質量X線連星GX 340+0 の鉄輝線構造の検出

2025/09/10

広島大学大学院 先進理工系科学研究科

高エネルギー宇宙・可視赤外線天文学研究室

修士1年 前川 正貴

高橋弘充, 武田朋志(広島大学), Randall Smith(CfA), Priyanka Chakraborty (Arkansas大学),
Renee Ludlam (Wayne州立大学), Lia Corrales (Michigan大学), Elisa Costantini (SRON),
Ralf Ballhausen (NASA), Ioanna Psaradaki (MIT), 中川貴雄 (ISAS/JAXA)

Background (GX 340+0)

1/9

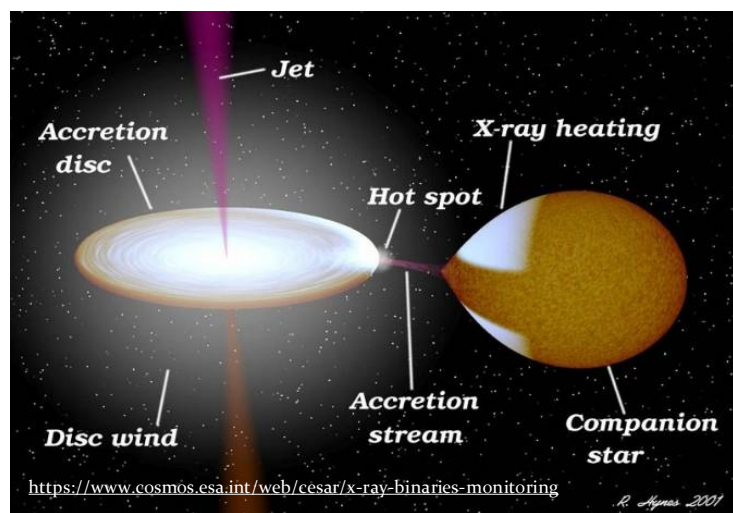
● NS-LMXB

- ・ 弱磁場の中性子星 (NS)
(a weakly magnetized neutron star)
- ・ 低質量X線連星 (LMXB)
(Low-mass X-ray binaries)

● Color-Color Diagram (CCD)

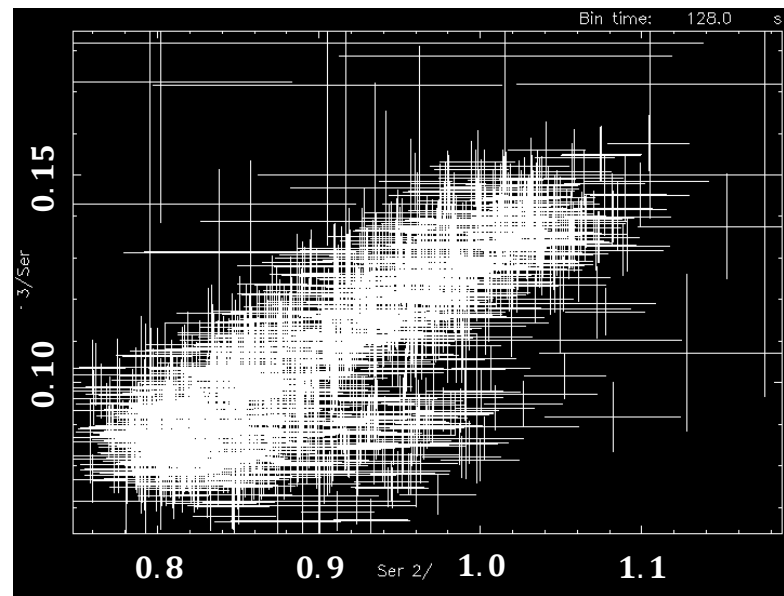
- ・ CCDによって2種類に分類 ⇒ GX 340+0は**Z天体**
- ・ **Z天体** : エディントン限界光度付近で輝く
- ・ GX 340+0の平均光度 : 1.47×10^{38} [erg/s] \sim 2.0×10^{38} [erg/s]

X線連星のイメージ図



GX 340+0のCCD

Hard Color
[[10 - 30 keV]/(6 - 8 keV)]



Soft Color [(6 - 8 keV)/(1.7 - 4 keV)]

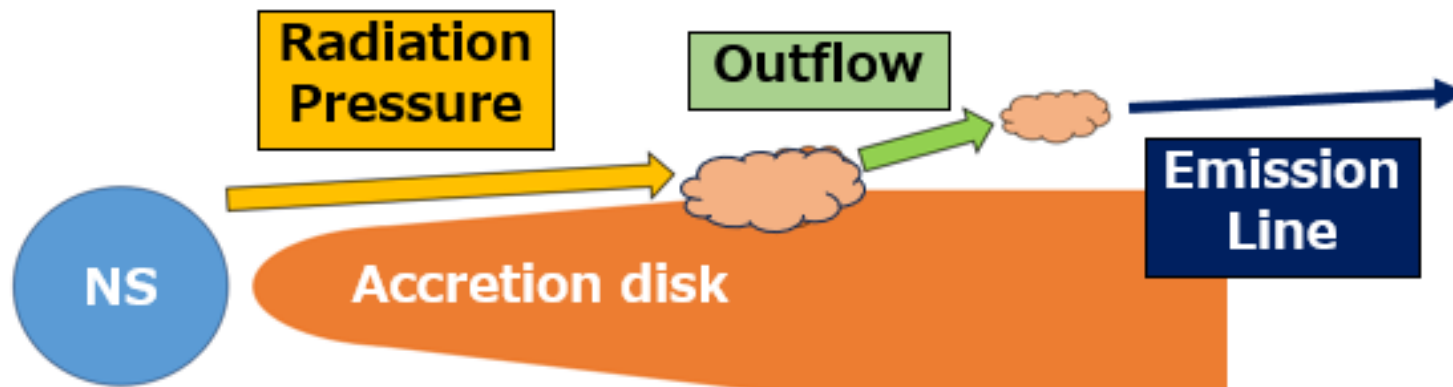
↑
中性子星の
エディントン
限界光度

Background (Doppler shift)

2/9

- **エディントン限界光度**：重力と輻射圧が釣り合う際の**光度** ⇒ 輻射圧による**アウトフロー**の可能性
 - **アウトフローによる鉄輝線のドップラーシフト** ←
- ⇒ **XRISM衛星 Resolve**：高精度のエネルギー分解能 5 eV @ 6 keV

鉄輝線構造からアウトフローの様子を調べたい！



XRISM衛星
Resolve, Xtend

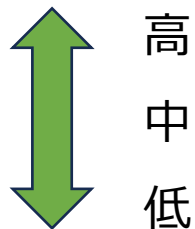
XRISM Figure:
<https://www.xrism.jaxa.jp/topics/science/1057/>

- Hpを用いた鉄輝線構造の検出は既に論文化 (XRISM/Resolve) ⇒ R. M. Ludlam et al. (2025)
⇒ HpイベントはGX 340+0の全イベントの3割程度

Resolve (grade)

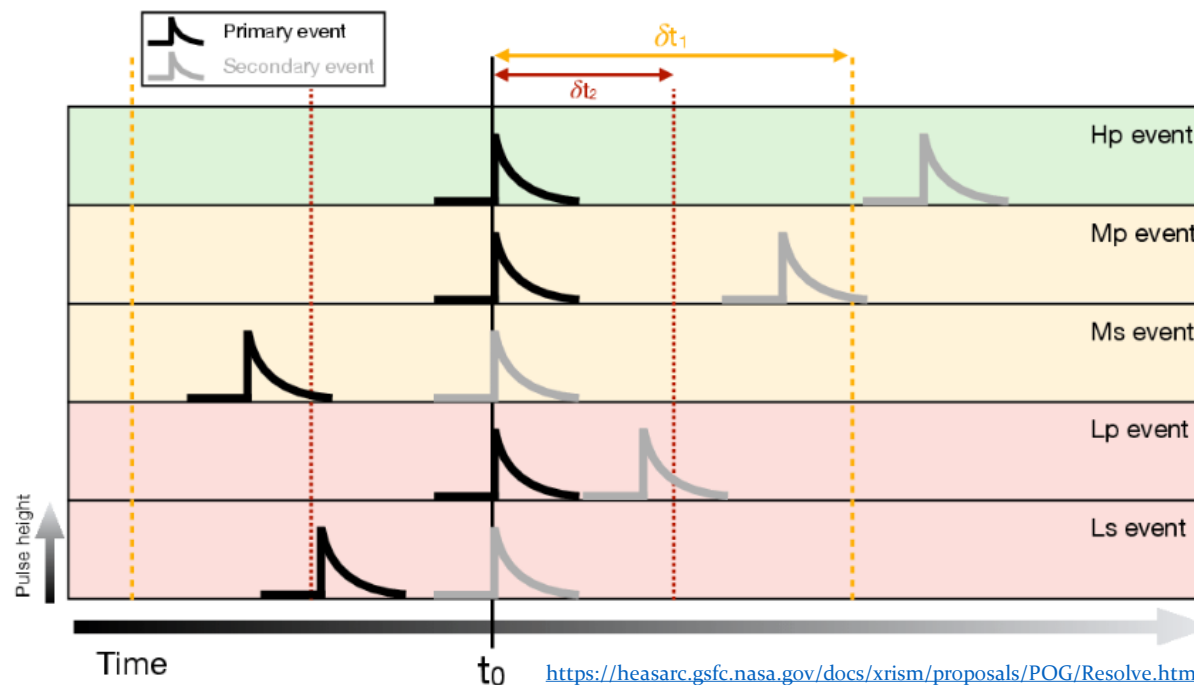
●分解能

- High-res ⇒ Hp
- Mid-res ⇒ Mp, Ms
- Low-res ⇒ Lp, Ls



●目標

MpやMsを足して統計をあげる。
⇒ 鉄輝線構造について解析。



- Resolveで明るい天体を解析する際、Hpに、MpやMsを単純に足すことはできない。
⇒ HpとMpMsとでは、スペクトル形状が異なる。



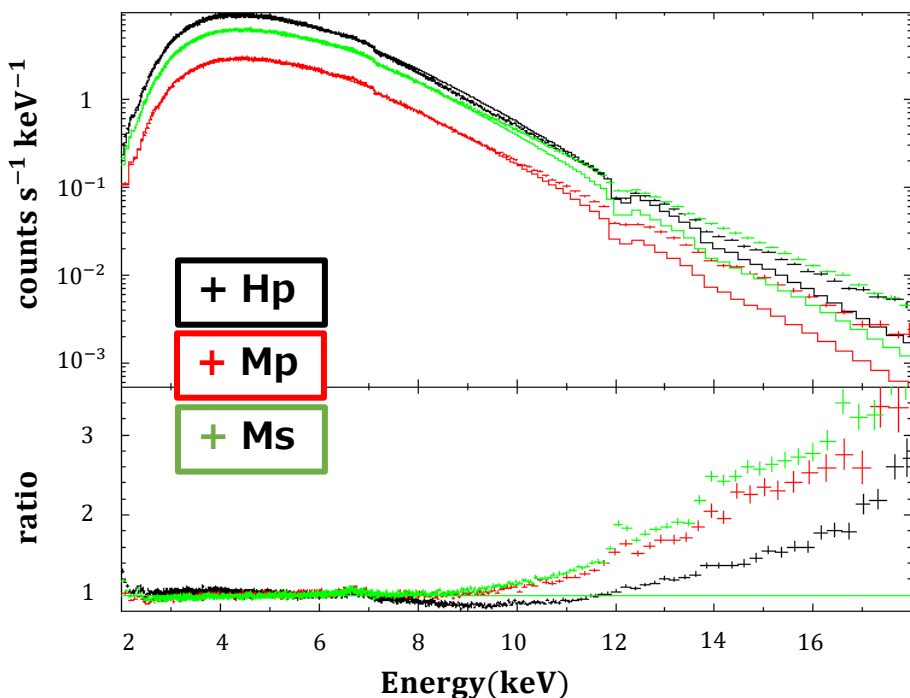
MpやMsをどのように足すのか

Resolve (スペクトル形状の違い)

4/9

● **明るい天体** : ハード側でスペクトル形状が異なる。

~GX 340+0のスペクトル~

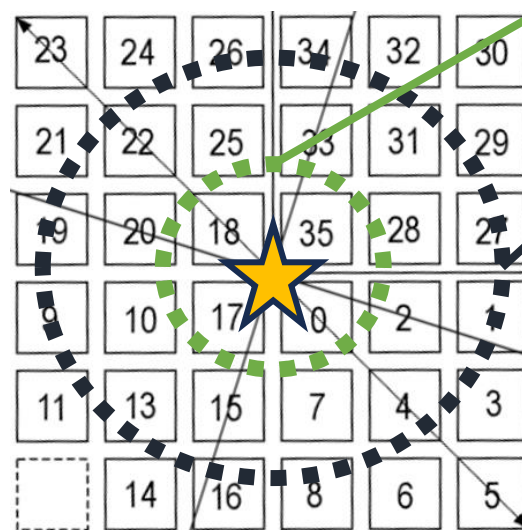


Model: tbabs*diskbb

縦軸 : log scale

横軸 : linear scale

~Resolveのピクセル配列~



中心 : Mp, Msが支配的

外側 : Hpが支配的

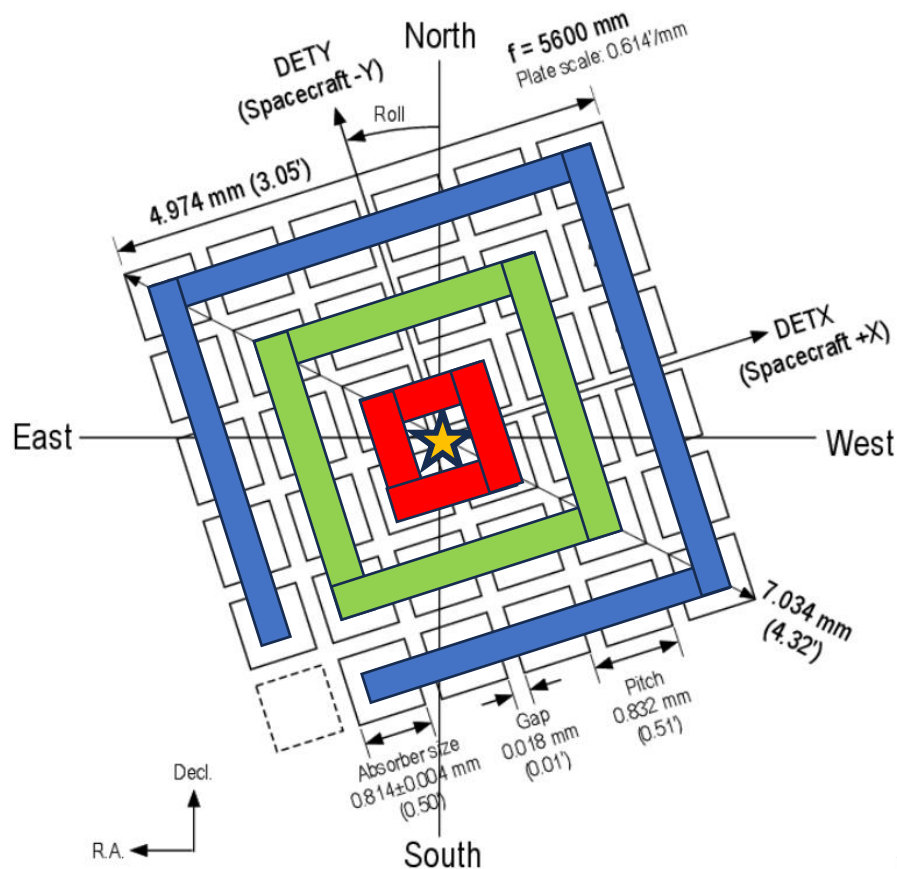
外側のハードなX線は集光しづらい

Hpのハード側のスペクトルが落ちる

現行のARF : Hp/Mの割合が全領域で一定と仮定
 ⇒ **HpやMのスペクトルを領域に分けて解析** する必要がある

Resolve (Region)

● Resolveのピクセルを3つの領域に分けたARFを作成



● **Central pixel**
 4 pixels of center
 中心の4ピクセル

● **Inner-ring pixel**
 12 pixels around the center
 中心まわりの12ピクセル

● **outer-ring pixel**
 19 pixels at the outermost region
 一番外の19ピクセル

d

Spectrum(Each region)

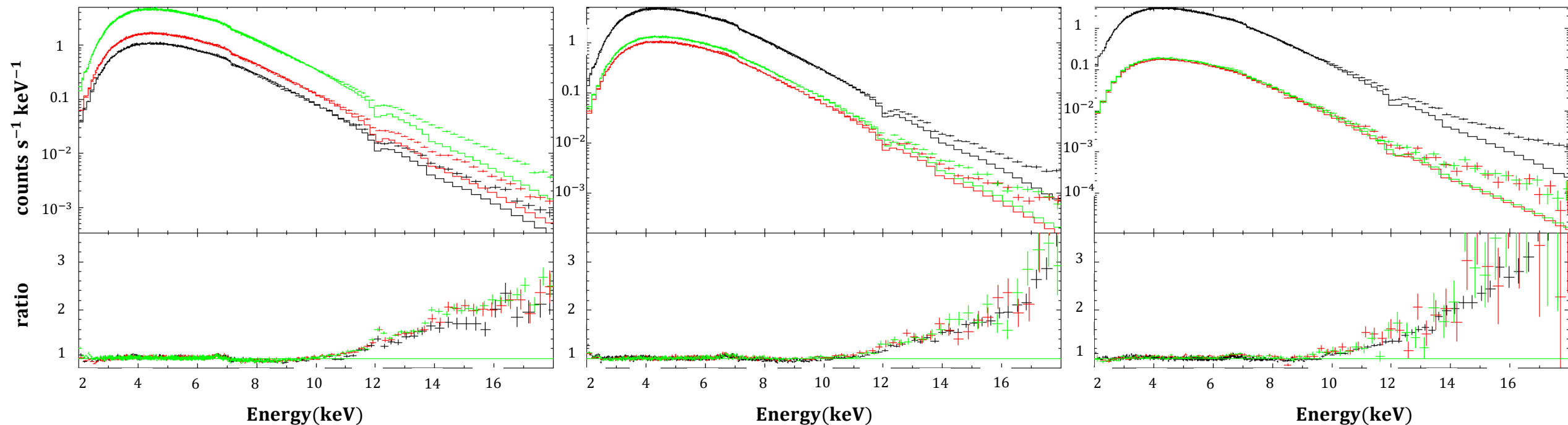
6/9

- 3つの各領域のフィッティングとその残差 [Model: tbabs*diskbb] [横軸 : linear scale]

~Central pixel~

~Inner-ring pixel~

~Outer-ring pixel~



- + Hp
- + Mp
- + Ms

○中心 : Msが多い。外側 : Hpが多い。

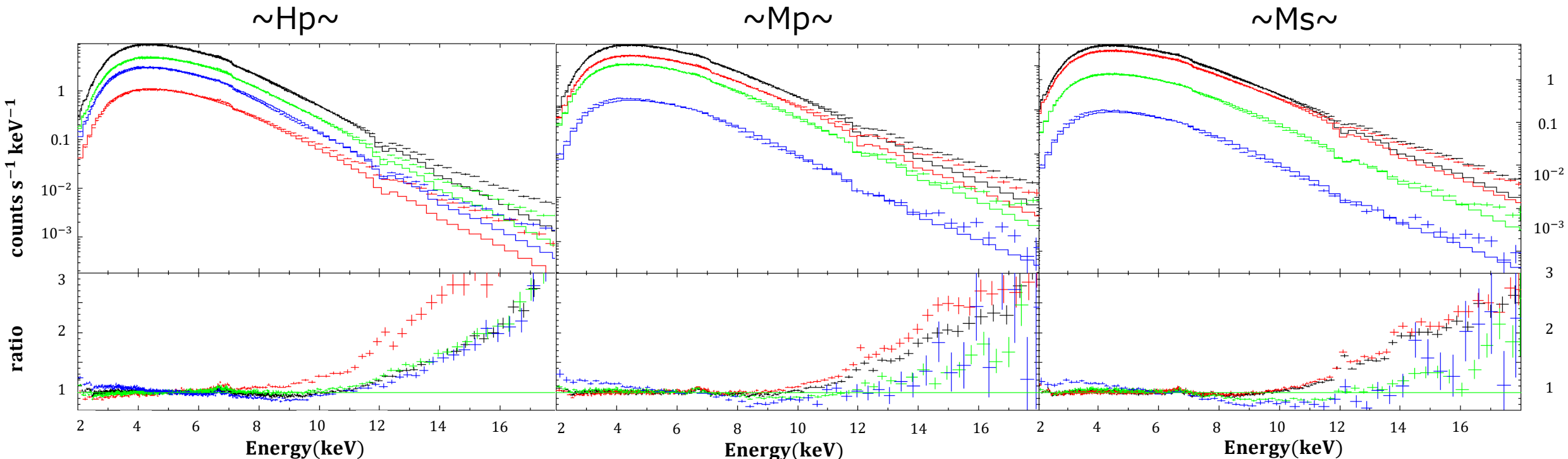
○gradeの違いで、差は出ない。

○各領域に絞ると、HpにMp、Msを足しての解析は可能。

Spectrum (Hp, Mp, Ms)

7/9

● 1つのgradeについての、領域ごとのスペクトル。 [Model: const*tbabs*diskbb] [横軸 : linear scale]



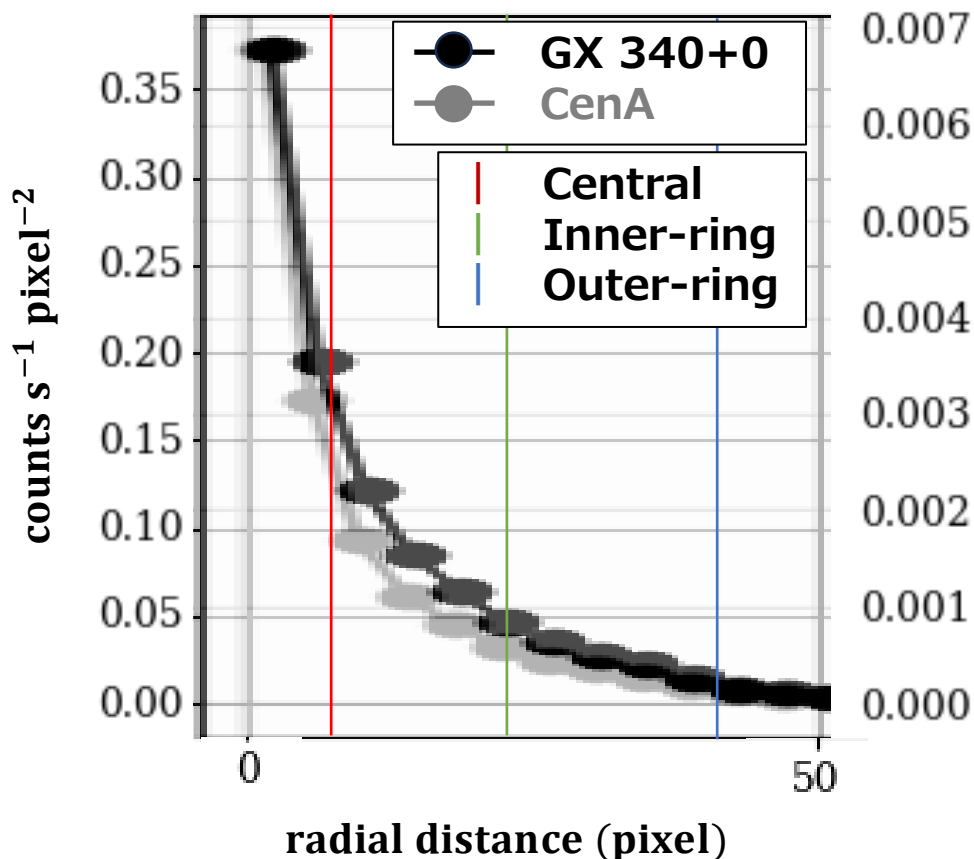
- + All pixels
- + Central pixel
- + Inner-ring pixel
- + Outer-ring pixel

○どのgradeでも、中心はハード、外側はソフト。

○外の領域ほどHpが支配的：最初のような全領域でのスペクトルはHpがソフトになる。

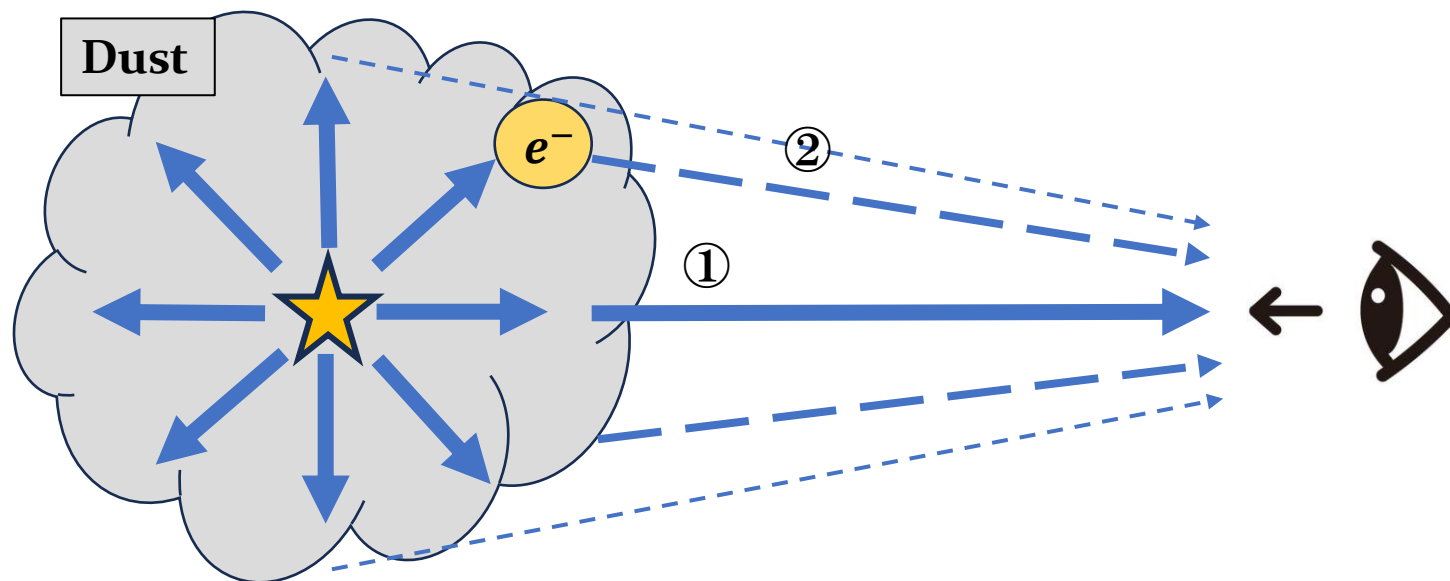
Discussion (Dust-scattering)

天体信号の広がり比較 (Xtend)



●ダスト散乱 (Dust-scattering)

- ① 直接届くX線光子
 - ② ダストと相互作用する(散乱される)X線光子
- => 天源の周りに広がったように見える。



Conclusion

9/9

- GX 340+0では、ResolveのHpのみでの鉄輝線構造の検出は既に論文化されているため、**MpやMsを用いて統計をあげて解析を行いたい。**
- 明るい天体の場合、ResolveのMpやMsをHpと同時に扱うには、**ARFの扱いに注意が必要。**
- 各領域内では、gradeの残差は一致。⇒ **gradeで差が出ることはない。**
- 領域で見ると、**中心はハード、外側ほどソフト**になっていた。
- CenAに比べてGX 340+0は広がっている。
⇒ 中心はハード、外側ほどソフト ⇒ **ダスト散乱**によるソフトな放射の寄与
- 今後
⇒ **ダスト散乱の効果**を考慮した解析を行いたい。