

すざく衛星による活動銀河核の硬X線軟ガンマ線スペクトルの時間変動

すざく衛星によるセイファート銀河の軟ガンマ線カットオフエネルギーの時間変動

深沢泰司、平木一至(広島大学)

セイファート銀河のX線放射(再プロセスされたものを除く)

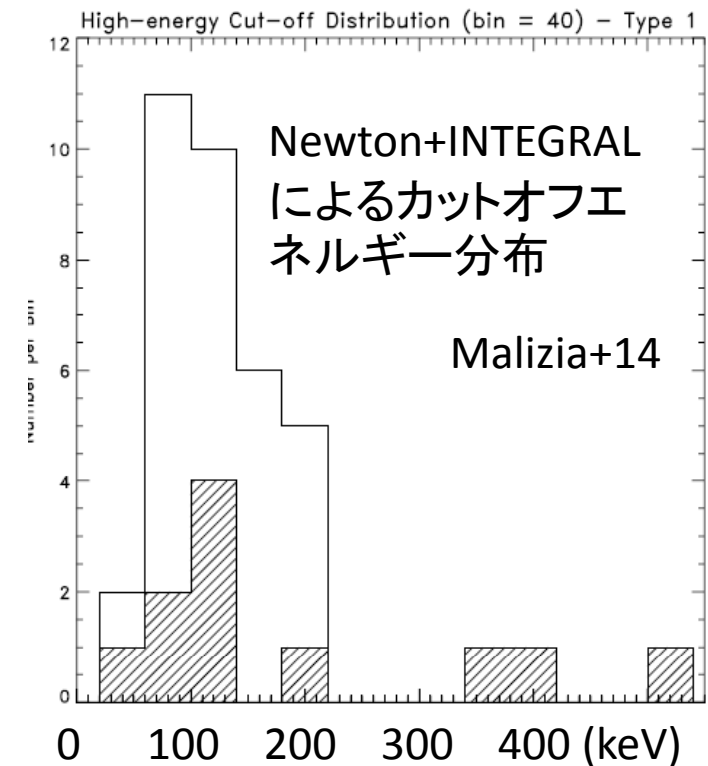
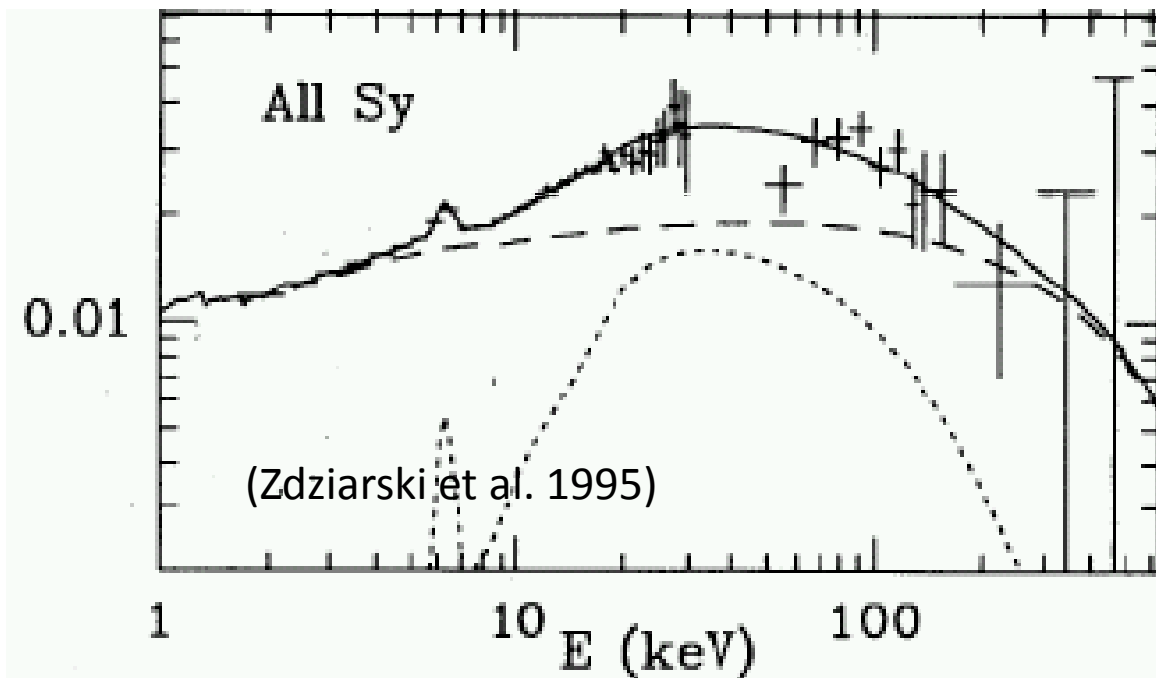
べきが1.6-1.9、50-500keVのカットオフをもつpowerlaw

高温コロナによる低エネルギー円盤光子の熱的コンプトン

カットオフがあることはわかるが、その振る舞いは不定性が大きい

吸収、反射の影響でカットオフエネルギーが変わってしまう

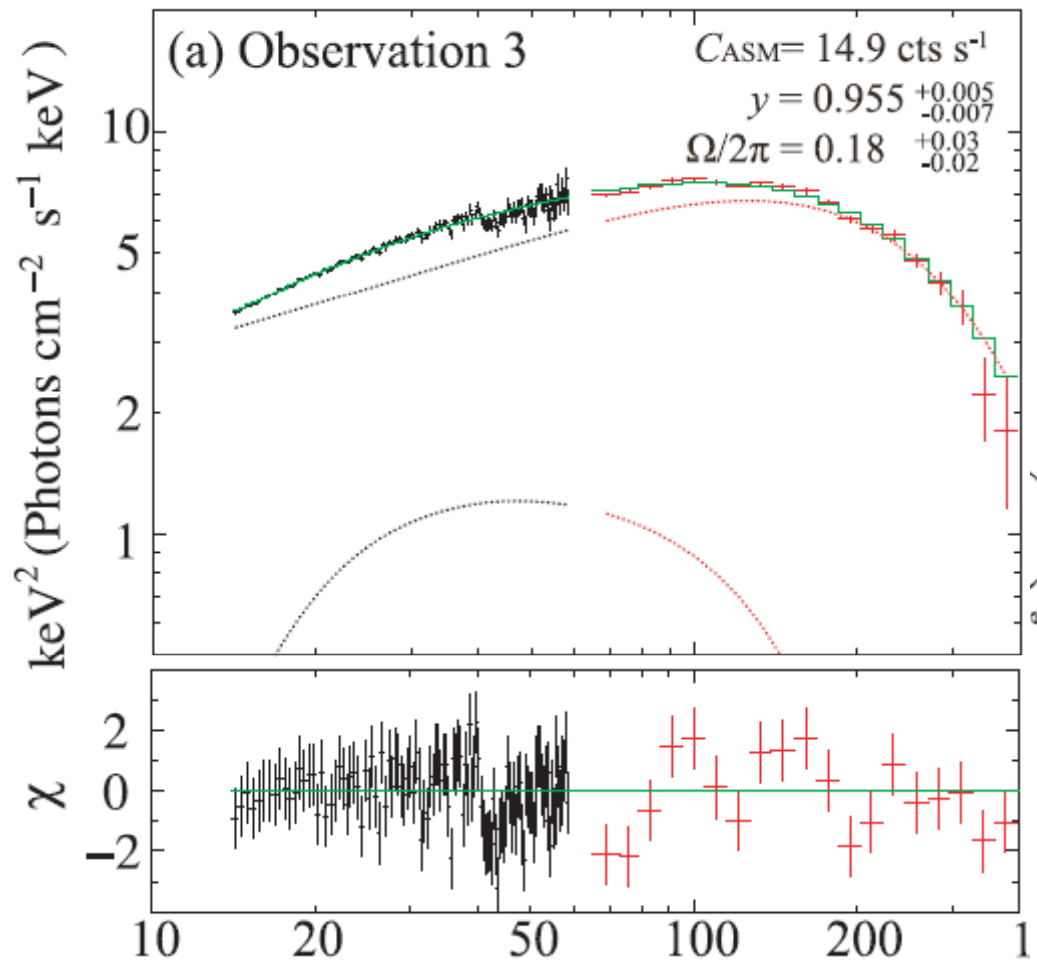
光度との相関は？



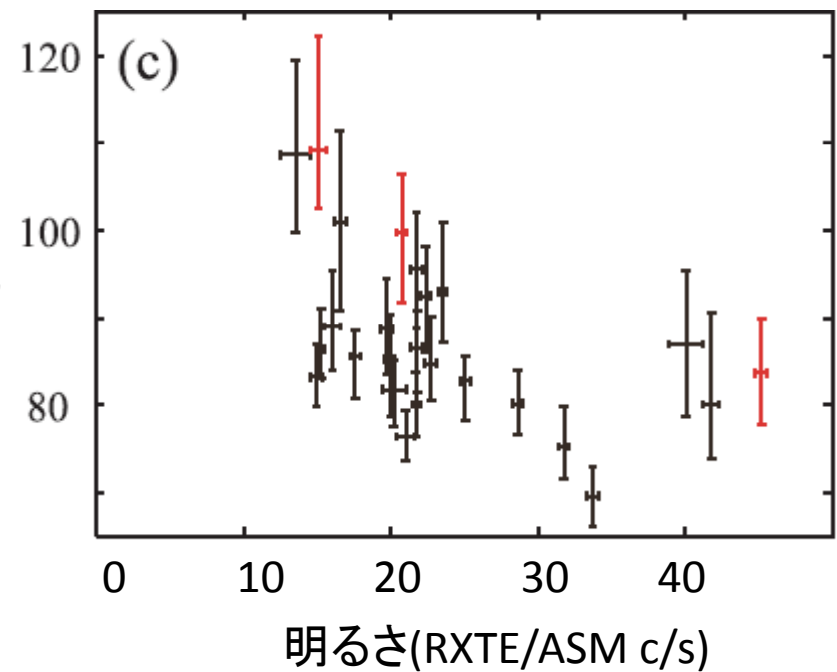
ブラックホール連星の場合

カットオフエネルギーの不定性小さい
明るくなると、カットオフエネルギーが低くなる傾向

Suzaku CygX-1 Torii+11



電子温度 \sim カットオフエネルギー $\times 0.5$
(keV)



本研究の目的

セイファート銀河X線スペクトルのカットオフエネルギーの時間変動を調べる

Suzaku XIS/PIN/GSO (0.5-400keV)

カットオフエネルギーを決めるために必要な広帯域

XMM-Newton + NuStarでは、0.4-70keV

1日のスナップショット観測で、十分なS/Nのスペクトル取得可能

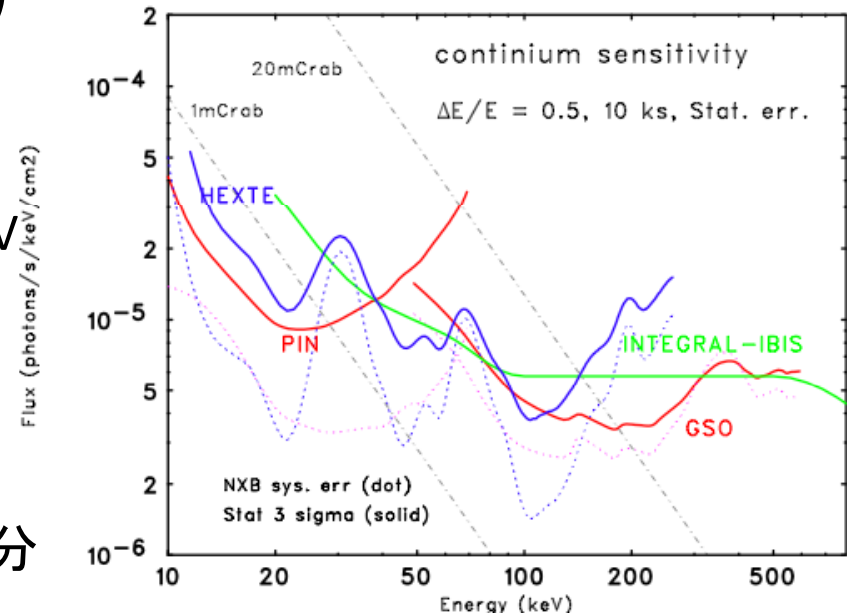
INTEGRAL, Swift-BATでは、長期間積分観測が必要

同じ天体を既に何度か観測している

解析天体 最もX線で明るい部類

NGC4945 (7回), NGC4151 (4回), IC4329A(6回), Cen A(4回)

感度図

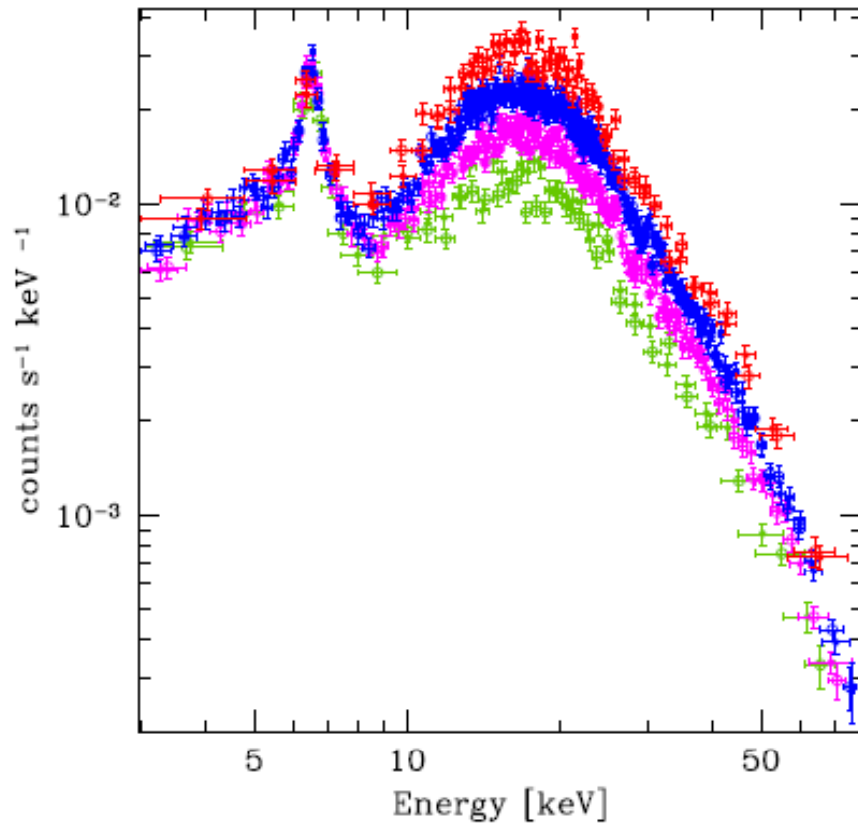


NGC4945

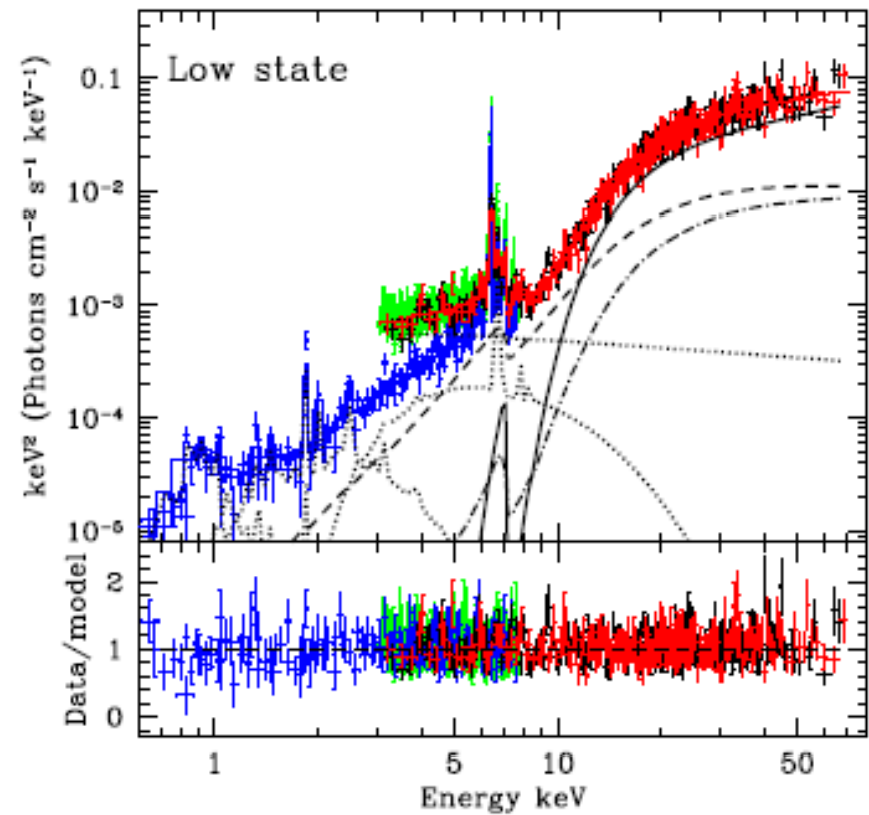
Compton-thick Seyfert 2

XMM/Newton + NuStarの観測 (Puccetti+14)

10keV以上で、
数日スケールで2倍くらい変動



カットオフエネルギーは、200keV固定で解析



NGC4945

Suzakuによる観測

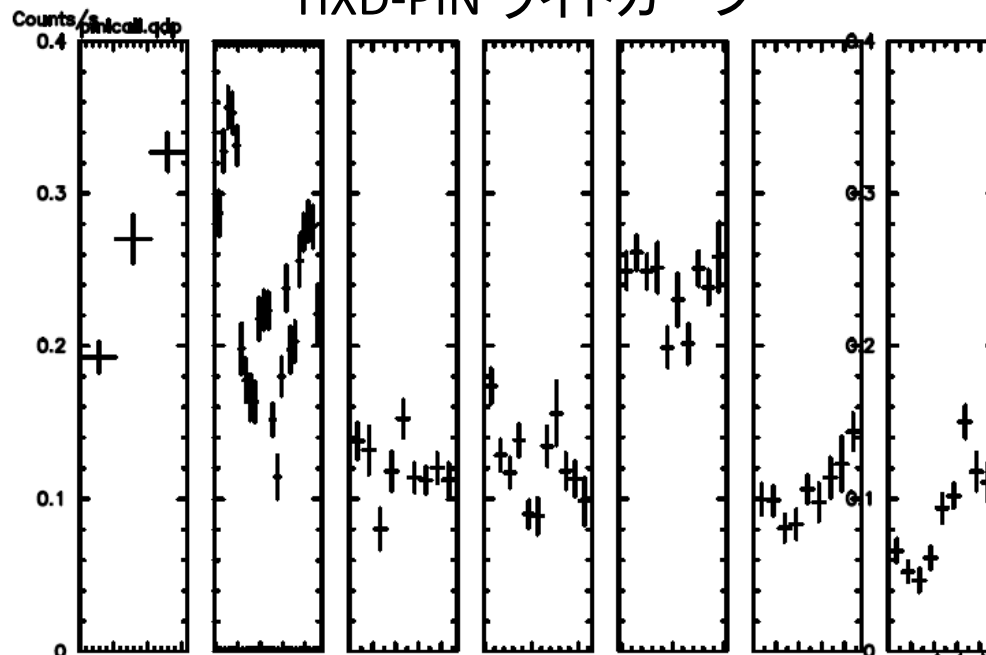
2005.8月 1回

2006.1月 1回

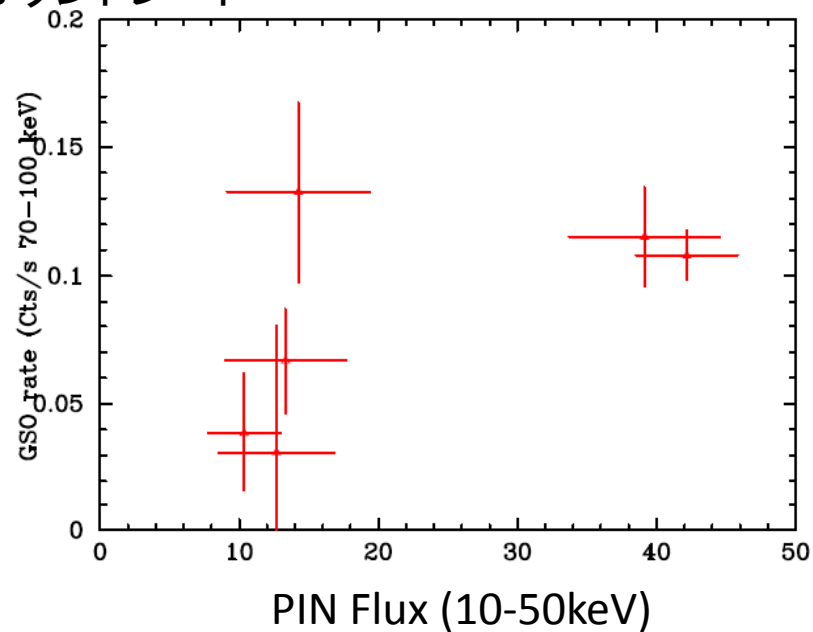
2010.7-8月 4回

2011.1月 1回

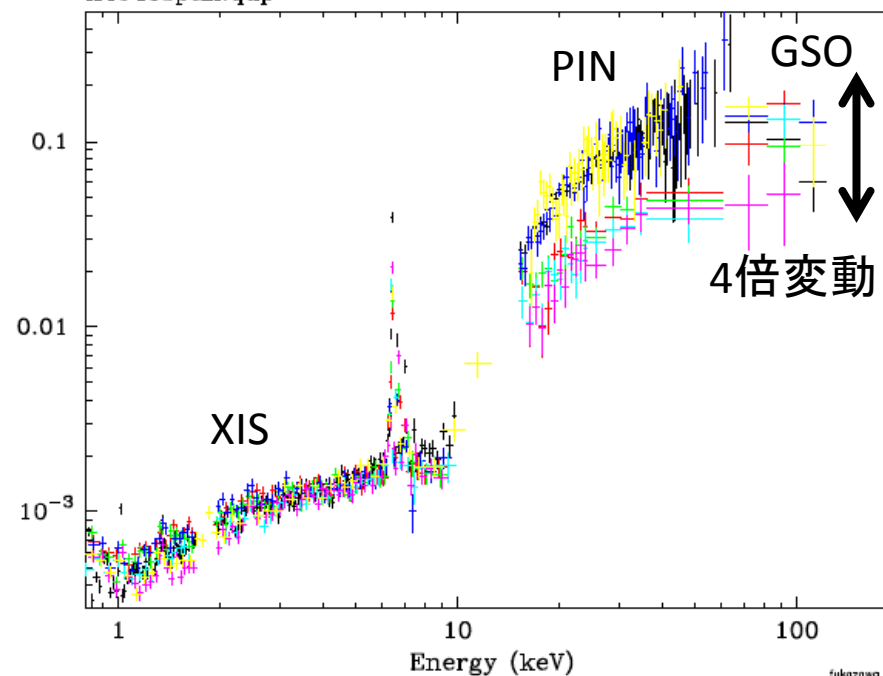
HXD-PIN ライトカーブ



GSO(70-100keV)
のカウントレート

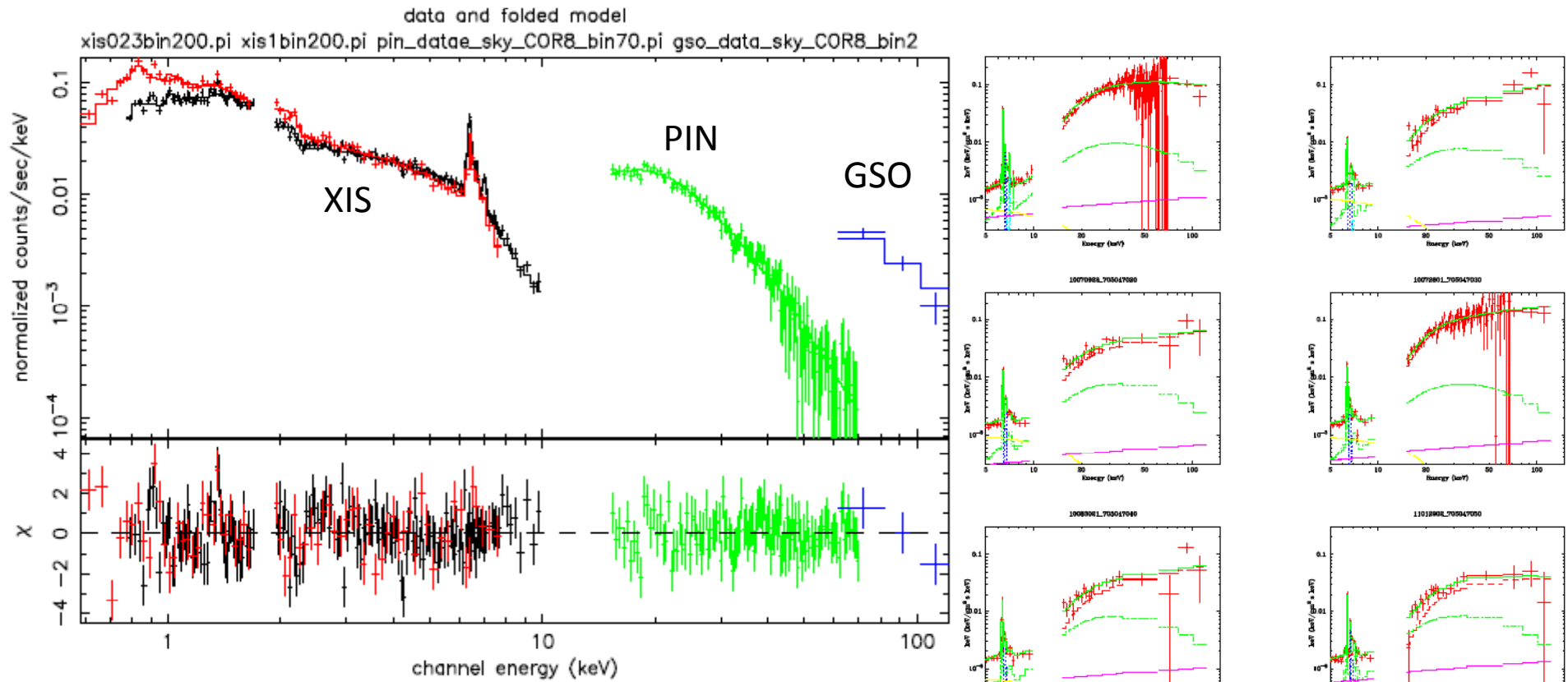


n4945spall.qdp



NGC4945

低エネルギー成分 + MyTous (物質透過) * powerlaw * cutoff + pexmon (反射)



Date	050822	060115	100704	100709	100726	100830	110129
χ^2 (d.o.f)	180.3224 (120)	414.2601 (344)	179.7979 (109)	215.6270 (110)	296.1260 (170)	122.1221 (07)	269.4827 (123)
N_{H}	3.73 (1.08)	3.73 (0.60)	3.82 (0.59)	3.04 (0.54)	3.61 (0.29)	4.16 (2.93)	4.23 (1.48)
Γ	1.34 (0.95)	1.21 (0.47)	1.50 (0.13)	1.66 (0.12)	1.74 (0.08)	1.75 (0.95)	1.11 (0.66)
Norm _{po}	50.77 (32.77)	49.53 (17.31)	12.09 (5.72)	6.40 (2.73)	26.99 (6.38)	12.59 (31.33)	15.77 (25.08)
Norm _{ref}	1.22 (0.24)	1.36 (0.11)	1.10 (0.18)	1.08 (0.18)	1.02 (0.18)	1.17 (0.21)	1.18 (0.15)
E_{cut}	52 (31)	48 (12)	273050 (-)	958255 (-)	673928 (-)	345119 (-)	66 (46)

吸収は、 $(3.0-4.2) \times 10^{24} \text{ cm}^2$ でやや変化、ベキは、あまり決まらない

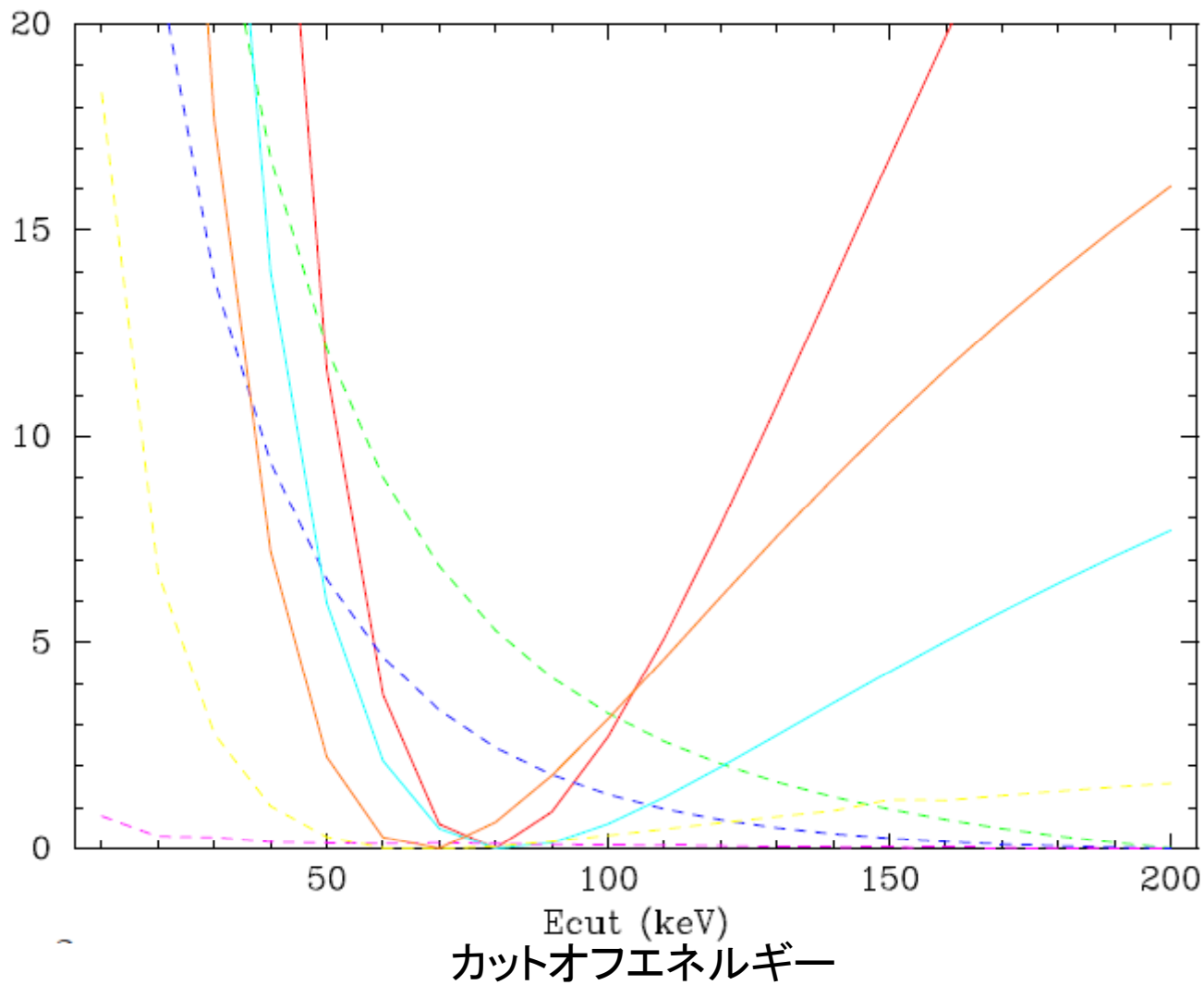
NGC4945

明るくなるとカットオフエネルギーが低め

べきを1.6に固定
反射成分も固定

実線: 明るい時期
破線: 暗い時期

χ^2



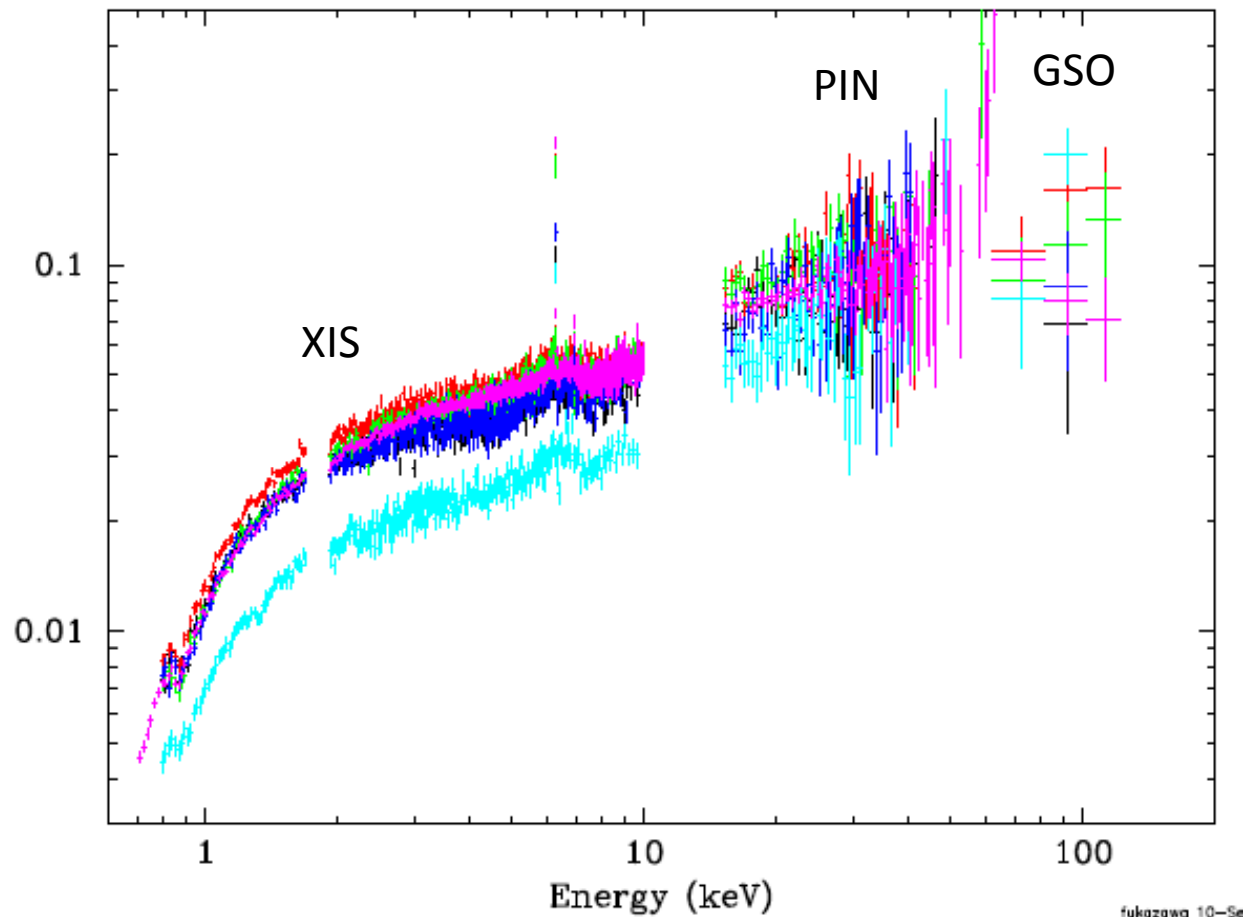
IC4329A

明るいSeyfert 1

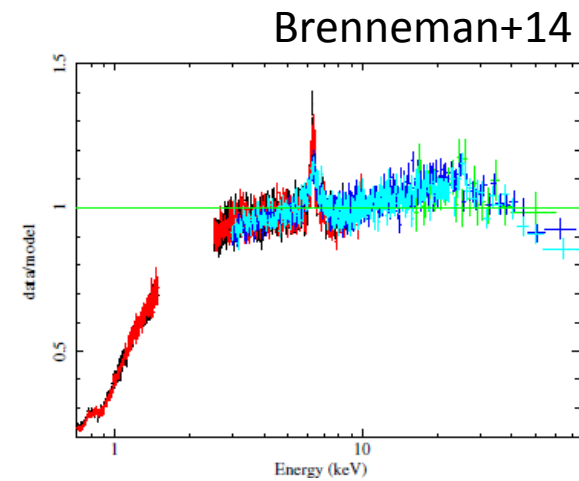
Suzakuによる観測

2007.8月 5回

2012.8月 1回

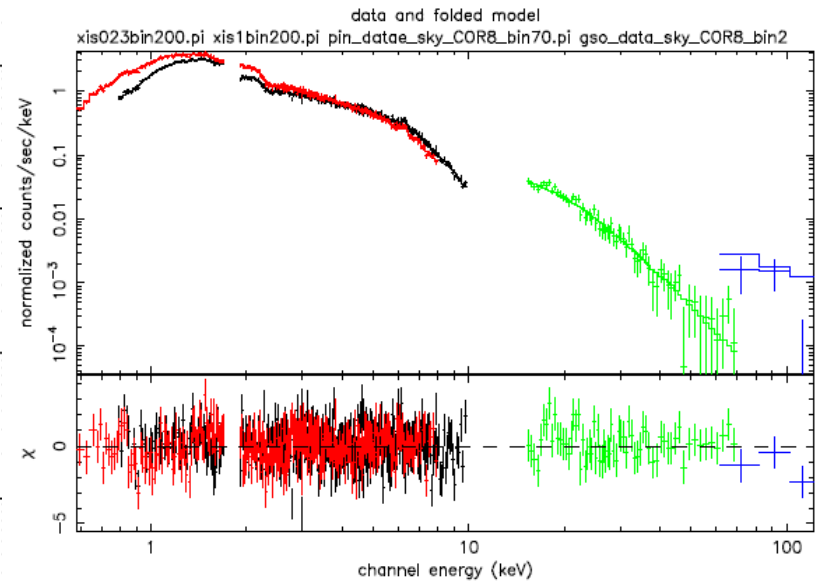
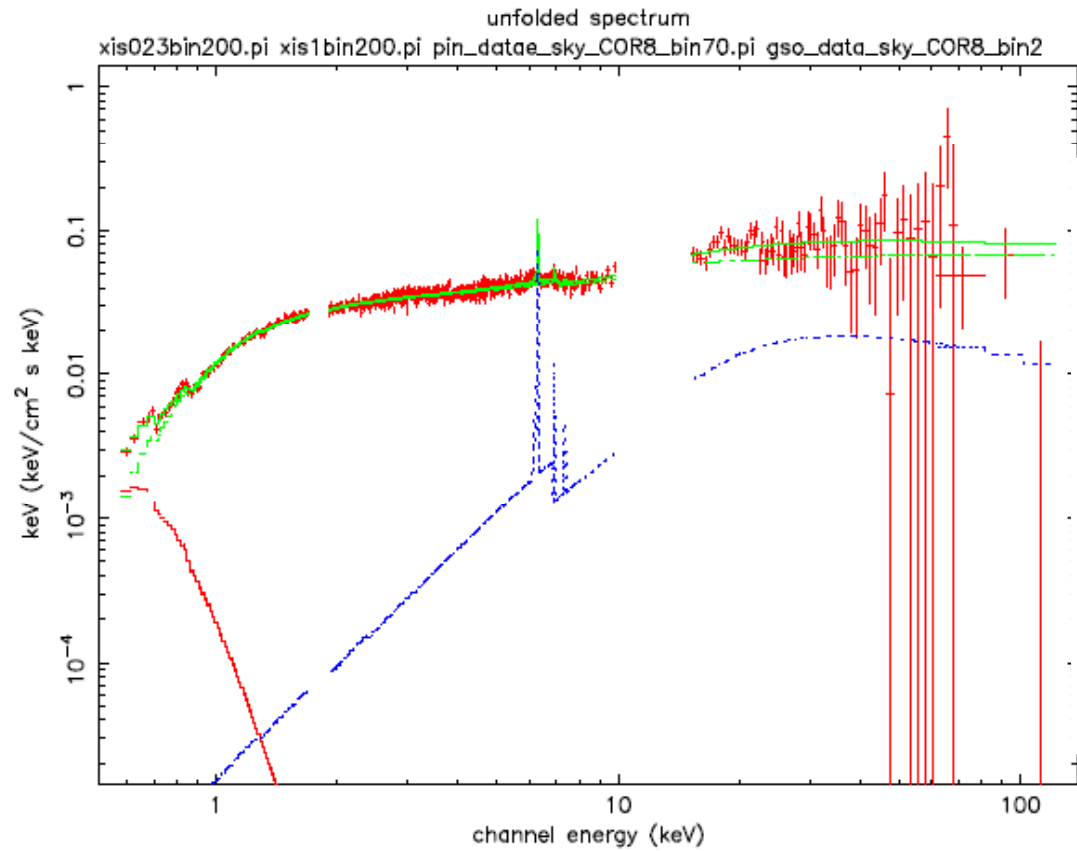


XMM-Newton + Suzaku +
NuStar



IC4329A

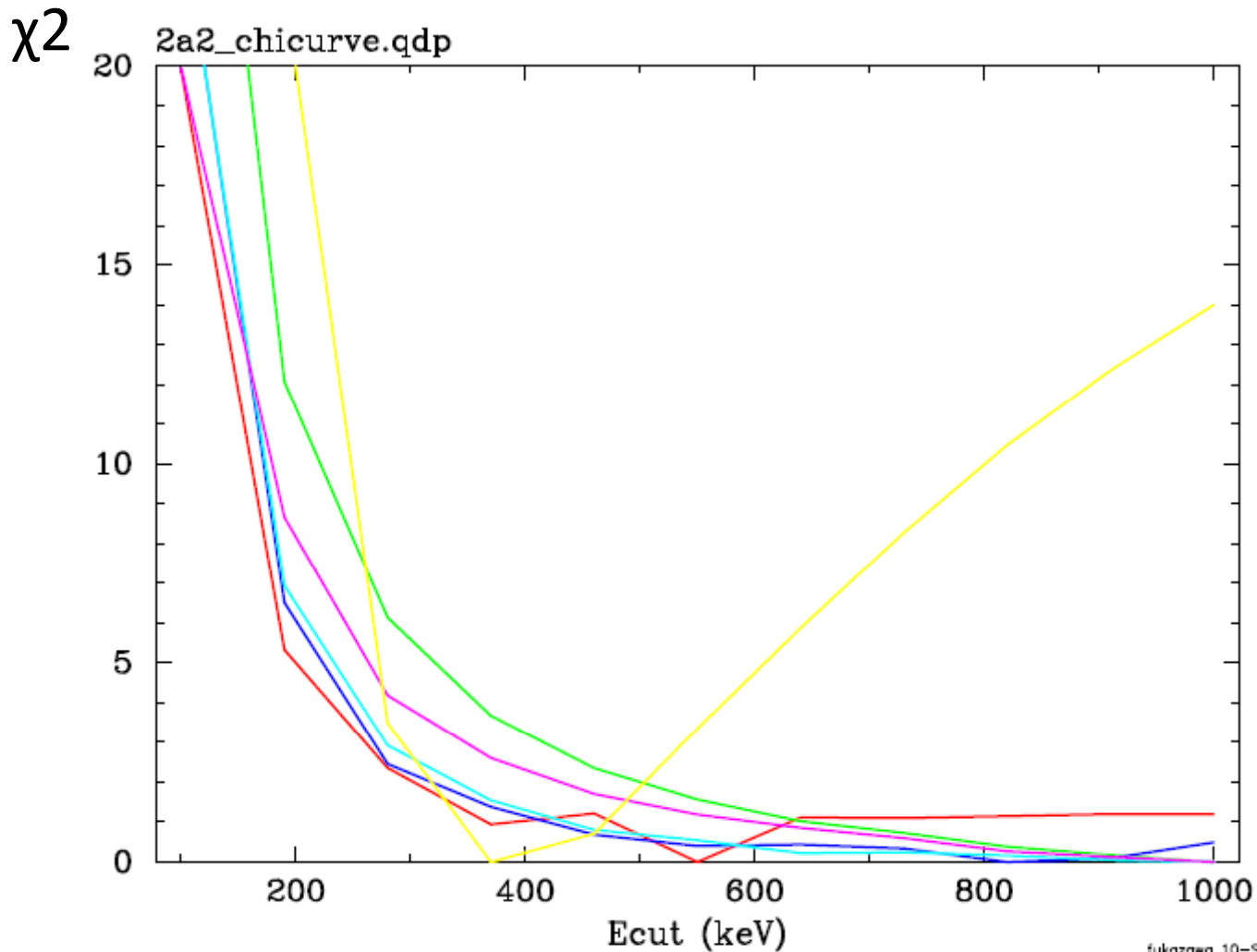
CompTT (Soft excess) + zphabs (吸收) * zpcfabs (部分吸收) * powerlaw * cutoff + pexmon (反射)



IC4329A

べきは、1.78—1.88で、ほぼ一定
部分吸収は変化

カットオフエネルギーは、300keV以上で、一定？



カットオフエネルギー

NGC4151

明るいSeyfert 1.5

Suzakuによる観測

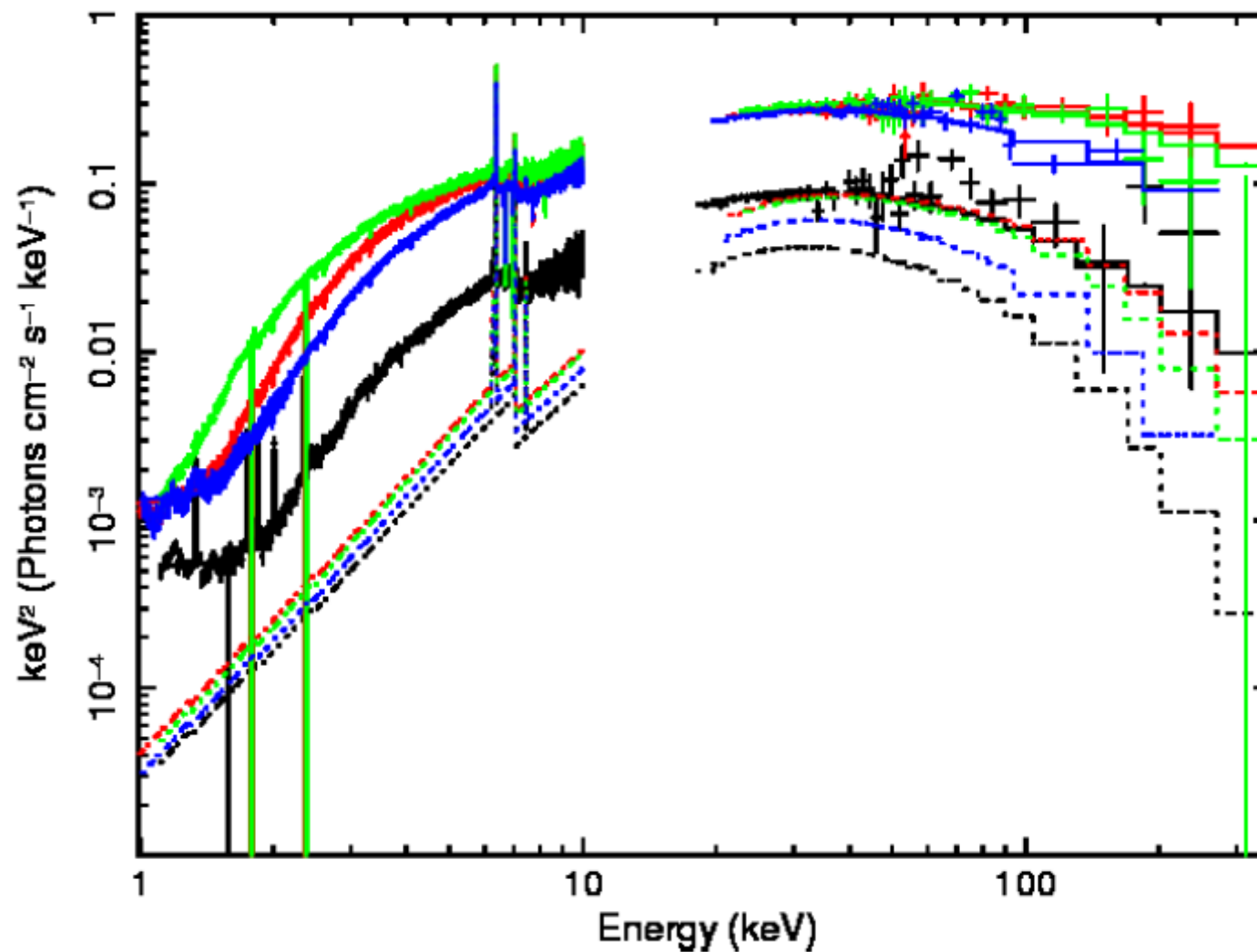
2006.12月 1回

2011.11-12月 2回

2012.11月 1回

Hiragi+14

zphabs(吸収)*zpcfabs(部分吸収)*powerlaw*cutoff + pexmon(反射)

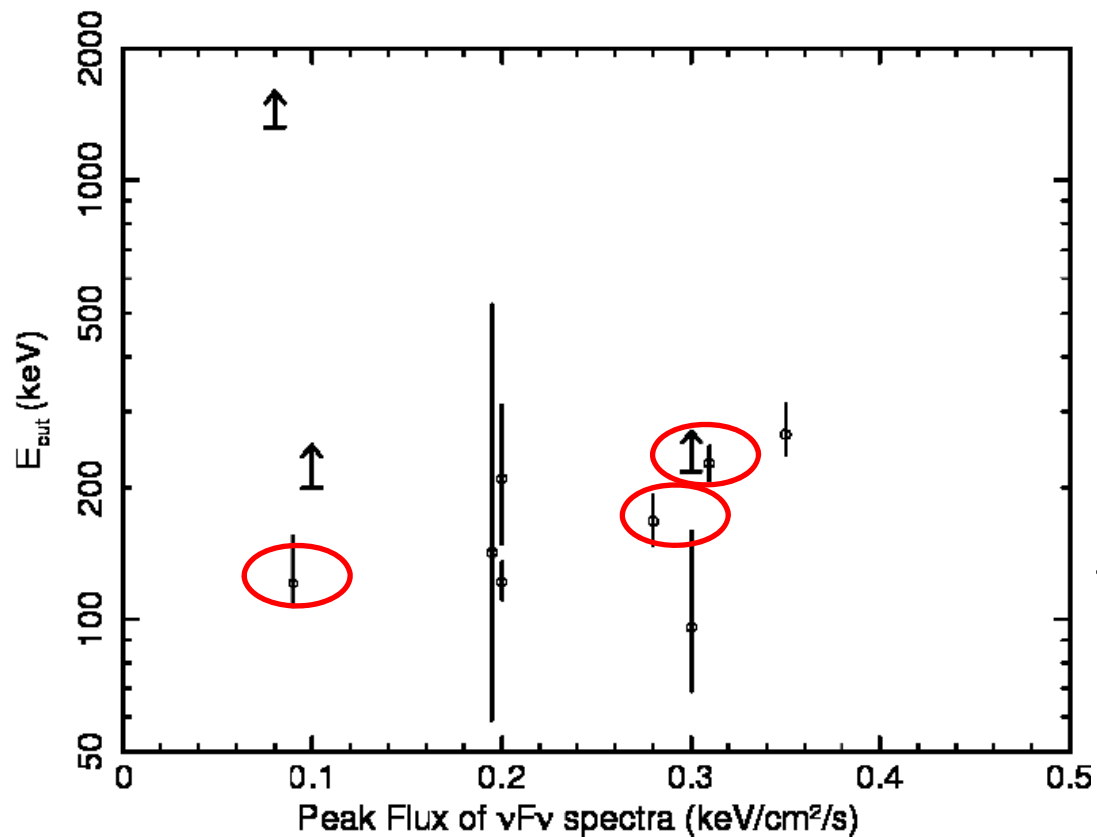


NGC4151

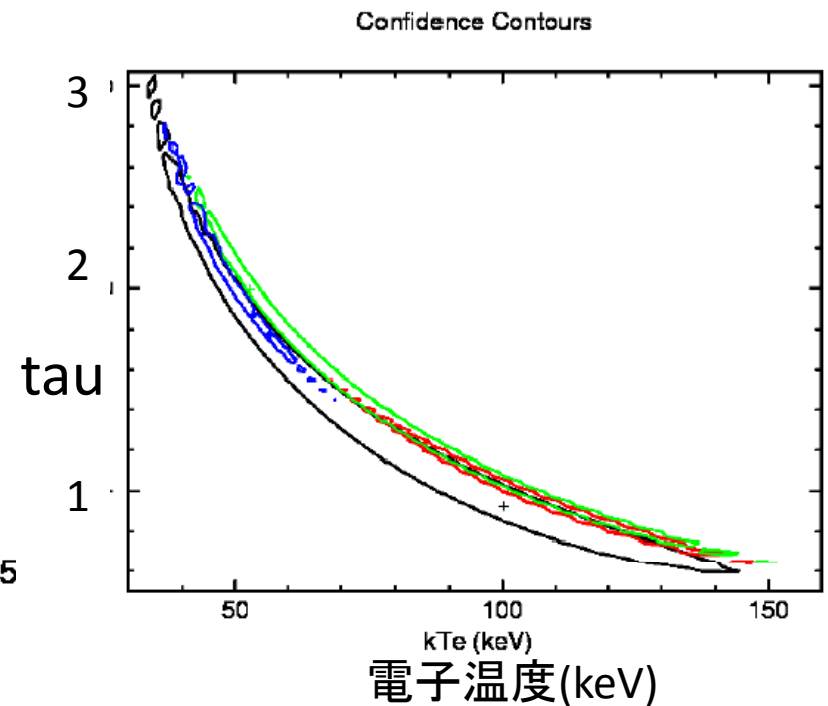
べきは、1.69—1.74で、ほぼ一定
部分吸収は変化

カットオフエネルギーは、すざくの結果だけだと、明るくなると高くなるが、他の結果も入れると、傾向が見られない。
ただし、暗い時に上限値が高めの場合がある。

カットオフエネルギー



Hiragi+14



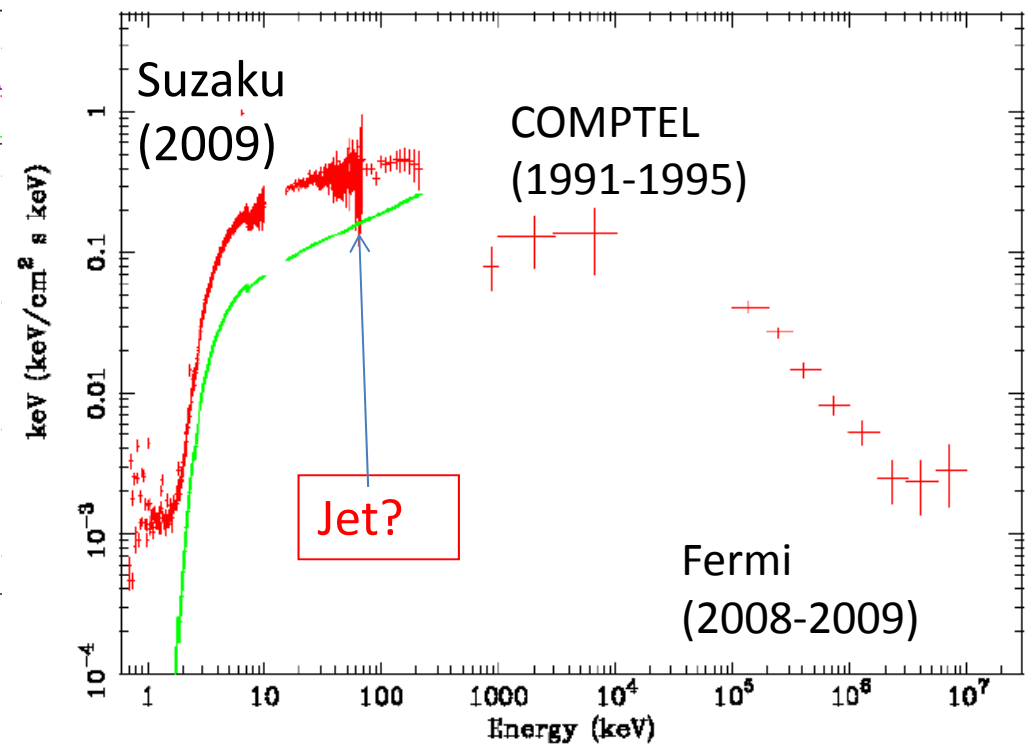
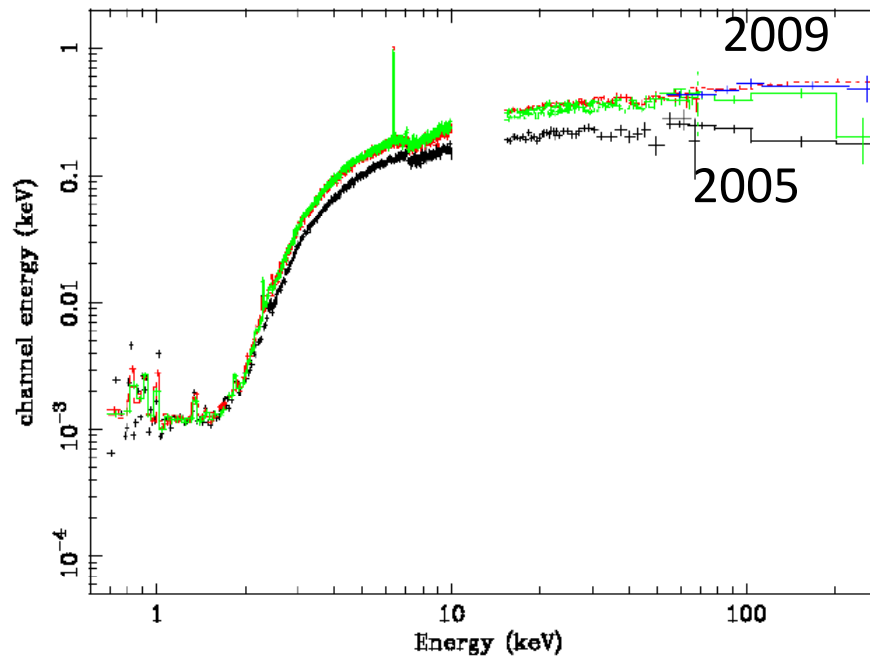
Cen A (電波銀河)

明るくなるとハードになった。

カットオフエネルギーは $>300\text{keV}$

(最近のINTEGRAL SPIでも、 $>700\text{keV}$; Burke+14)

Fukazawa+11



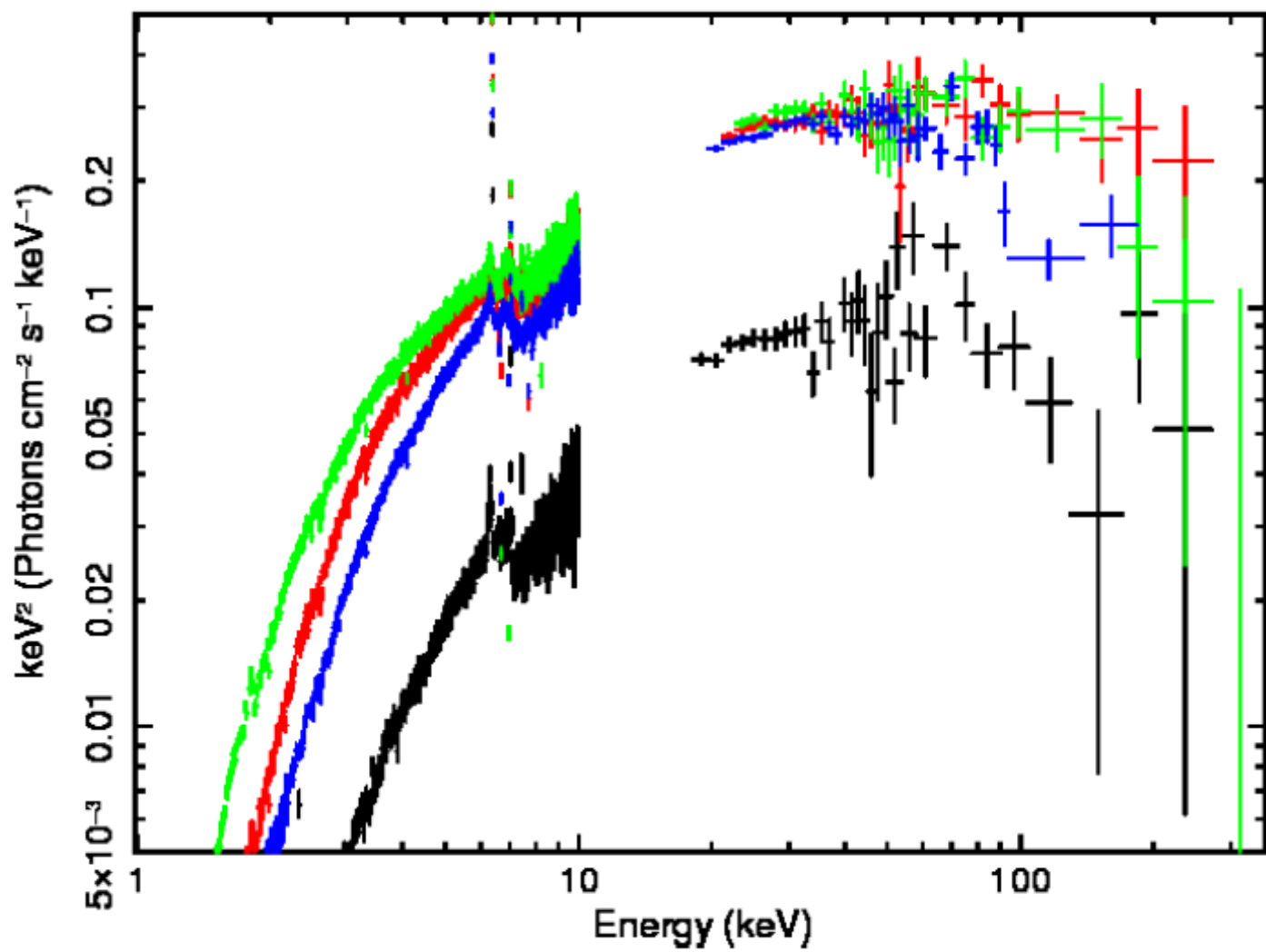
まとめ

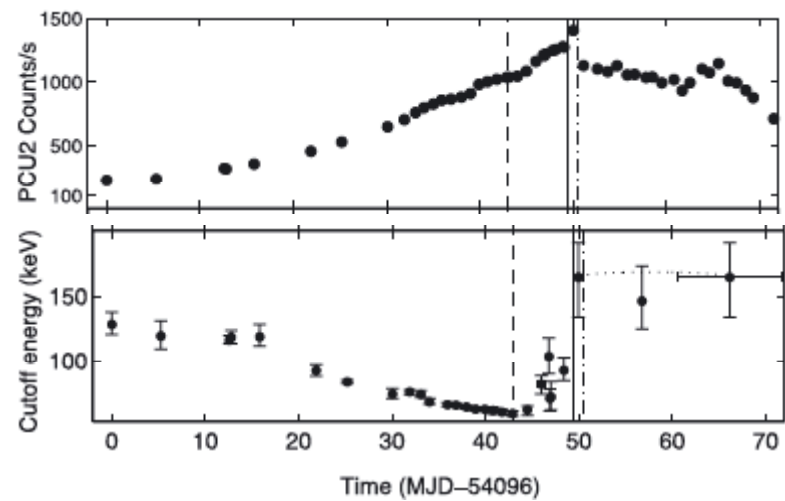
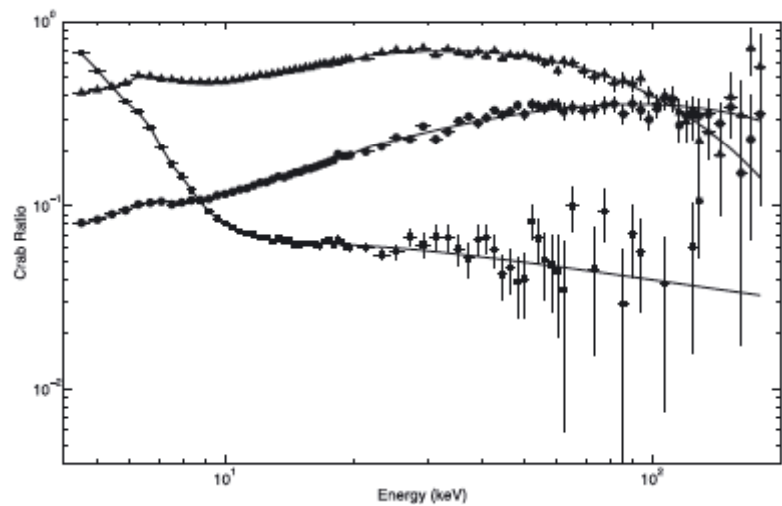
すざくXIS/PIN/GSOにより、明るいセイファート銀河4天体のカットオフエネルギーの時間変動を追った。

NGC4945, NGC4151は明るくなるとカットオフエネルギーが低くなる傾向が見られたが、はっきりしない。

IC4329A, Cen Aは、カットオフエネルギーは 300keV以上という高い値を持つようだ。

ASTRO-H SXS/SXI/HXI/SGDに期待





Parameter	Dec, 2006 (Epoch 1)	Nov, 2011 (Epoch 2)	Dec, 2011 (Epoch 3)	Nov, 2012 (epoch4)
N_H (10^{22} cm $^{-2}$)	$8.83^{+0.33}_{-0.28}$	$4.37^{+0.17}_{-0.30}$	$2.74^{+0.02}_{-0.09}$	$6.36^{+0.22}_{-0.25}$
N_H (10^{22} cm $^{-2}$)	$30.21^{+4.64}_{-3.74}$	$8.30^{+0.66}_{-1.17}$	$6.64^{+0.73}_{-0.34}$	$21.27^{+2.81}_{-2.55}$
covering fraction	$0.48^{+0.04}_{-0.03}$	$0.49^{+0.05}_{-0.04}$	0.43 ± 0.03	0.44 ± 0.02
N_H (10^{22} cm $^{-2}$)	-	$1.60^{+0.58}_{-0.44}$	$4.95^{+2.75}_{-1.39}$	$9.62^{+1.46}_{-1.35}$
$\log \xi$	-	$2.93^{+0.07}_{-0.08}$	$3.09^{+0.07}_{-0.17}$	3.13 ± 0.82
Γ	$1.74^{+0.02}_{-0.05}$	$1.73^{+0.01}_{-0.03}$	$1.69^{+0.03}_{-0.01}$	1.67 ± 0.02
E_{cut} (keV)	$121.1^{+34.9}_{-14.0}$	>217.9	$227.1^{+20.8}_{-18.6}$	$168.5^{+24.1}_{-19.1}$
reflection factor	$1.06^{+0.05}_{-0.07}$	$0.46^{+0.03}_{-0.02}$	$0.44^{+0.01}_{-0.02}$	$0.41^{+0.01}_{-0.02}$
flux (10^{-11} erg/cm 2 /s)	$7.0^{+0.3}_{-0.5}$	$13.8^{+0.9}_{-0.6}$	$13.5^{+0.3}_{-0.6}$	$11.6^{+0.3}_{-0.6}$
) E	$6.388^{+0.003}_{-0.001}$	$6.389^{+0.003}_{-0.005}$	$6.384^{+0.007}_{-0.006}$	$6.382^{+0.035}_{-0.004}$
line width (keV)	$0.028^{+0.005}_{-0.006}$	<0.046	$0.053^{+0.022}_{-0.014}$	<0.031
equivalent width (eV)	$258.0^{+9.3}_{-7.0}$	82.8 ± 3.6	$81.2^{+4.0}_{-3.6}$	$95.2^{+9.7}_{-10.0}$
I_{Fe} (10^{-4} photons/cm 2 /s)	1.64 ± 0.04	2.25 ± 0.10	2.29 ± 0.10	$2.14^{+0.07}_{-0.08}$
χ^2 / d.o.f	1.19	1.23	1.31	1.8
χ^2 , d.o.f	739,623	789,639	823,630	1157, 642

70-100 keV

