

# 可視超広域サーベイと X線観測との連携

寺島 雄一 (愛媛大)

# X線サーベイ

## X線の得意な点

- X線はAGNを見つけるのに有利
- 吸収を受けていても見つけられる

## X線の苦手な点

- 「広さ&&深さ」では可視にはかなわない

## 可視光との連携のやり方

- 可視光で見つけにくいもの(隠されたもの) --- 可視サーベイでできないことをやる
- 選んだ天体の性質の理解 --- 可視サーベイに関連するテーマ
- DeepなX線観測のある領域で比較 (可視分光データも欲しい)
  - color selectionの確認 (銀河成分の混入による誤認など)
  - X線スペクトル(photon index, 吸収量など)と質量降着の性質などの理解
  - おもしろい(変わった)種族の発見
- おもしろい天体のX線follow up観測

# X線サーベイ

## X線ミッション

Swift (Tueller+08)

MAXI (2009-)

(全天モニターできるが近傍宇宙( $z < \sim 0.05$ )にかぎる;

$0.2 \text{ mCrab} = 4 \times 10^{-12} \text{ cgs}$  (2年積分) Matsuoka+09)

NuStar (2011 米)

Astro-H (2013 日)

硬X線撮像観測

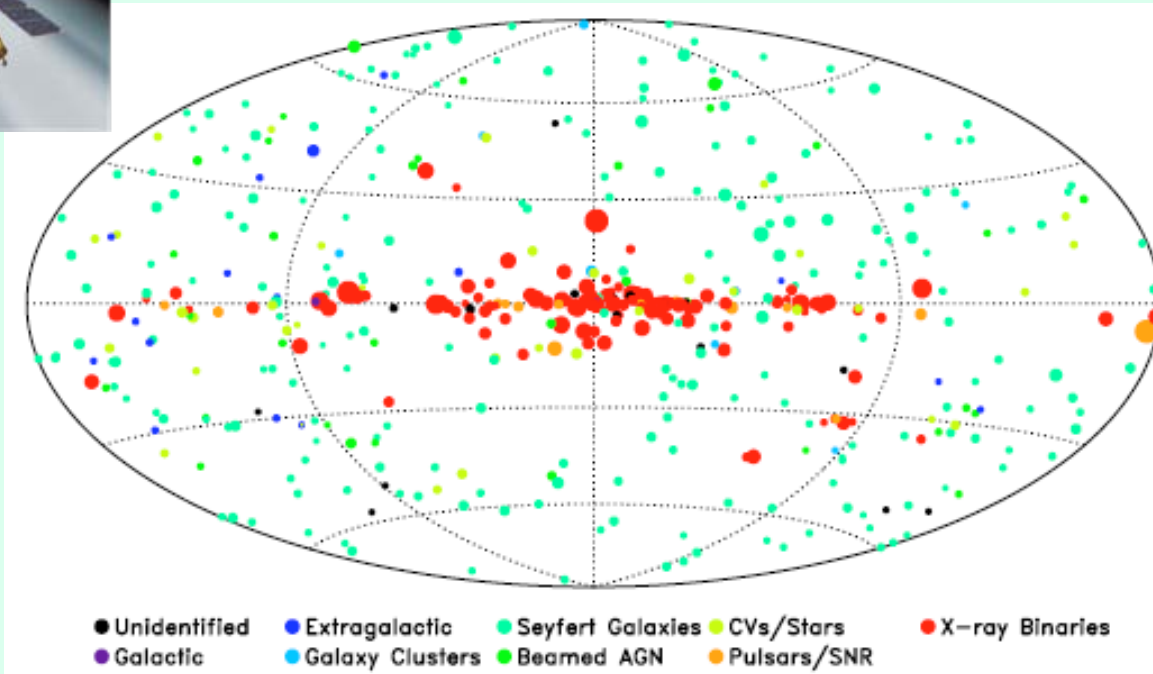
>10 keVの硬X線源 (obscured AGN)が検出可能

SWANSと相補的

SWANSと関連するのはChandraとXMM-Newtonのデータ



# Swift All Sky Map



視野 2sr  
15-150 keV

22 Month catalog

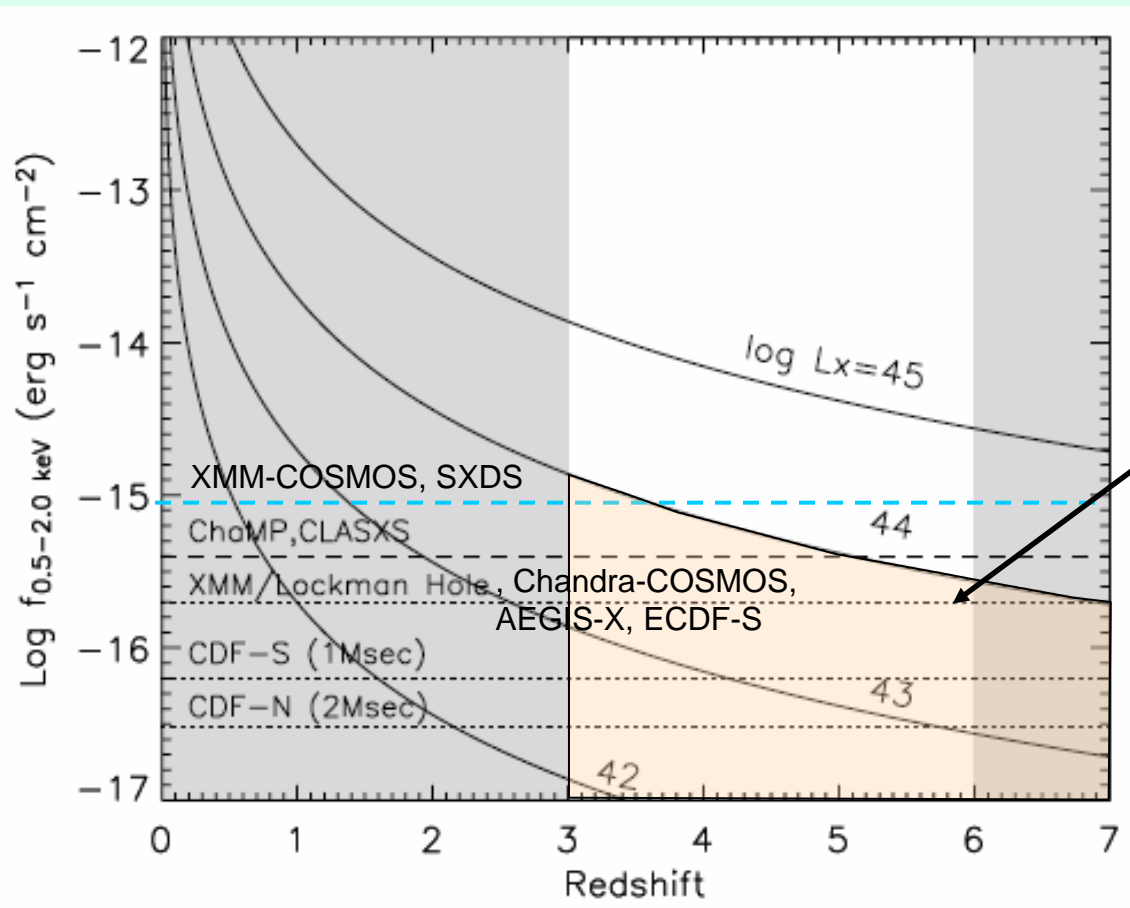
ほとんど  $z < 0.05$

$z > 1$  は blazar

Class	Source Type	# in catalog
0	Unidentified <sup>a</sup>	19
1	Galactic <sup>b</sup>	3
2	Extragalactic <sup>c</sup>	17
3	Galaxy Clusters	7
4	Seyfert Galaxies	229
5	Beamed AGN <sup>d</sup>	32
6	CVs / Stars	36
7	Pulsars / SNR	15
8	X-ray Binaries	121

Tueller+09

# X線検出感度



$M_B = -23$ が $L_x \sim 10^{44}$  erg/sに対応

High-z Low-L  
AGN

Deep surveyでないといと  
検出できない

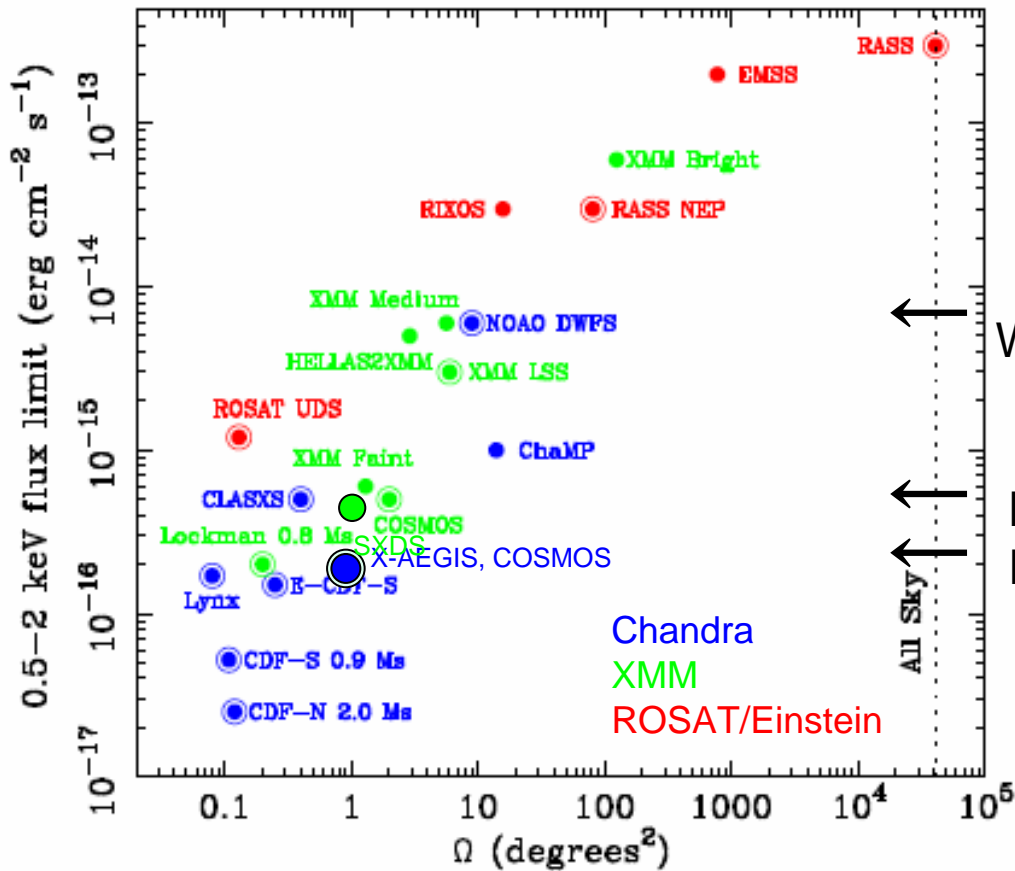
Wide surveyでは深さが  
足りない

Silverman+08

$\Gamma = 1.9, H_0 = 70, \Omega_M = 0.3, \Omega_\Lambda = 0.7$

# Flux limit vs $\Omega$

High- $z$  ( $z > 4$ ), low- $L$  ( $L_x < 10^{44}$  cgs)の  
AGNが検出できるのはareaの小さいdeep  
surveyのみ



Wide: Xbootes (NOAO),  
XMM serendipitous

Medium (XMM-COSMOS, SXDS)

Deep (C-COSMOS, AEGIS-X, ECDF-S)

# X線で見える対象(深さ)

- Deep Field (C-COSMOS, AEGIS-X, ECDF-S)
  - $z = 4-5$ ,  $L_x = 10^{43.5-44}$  cgs
- Medium Deep Field、標準的なポインティング観測
  - $z = 2.5$ ,  $L_x > 10^{43.5}$  cgs
  - $z = 7$ ,  $L_x > 10^{45}$  cgs
- Wide Field (Xbootes(NOAO), XMM serendipitous)
  - $z = 5$ ,  $L_x > 10^{45}$  cgs
  - $z = 1.5$ ,  $L_x > 10^{43.5}$  cgs

特徴的な天体が見つかったら50-100 ksec程度のふつうの  
pointing観測を提案すればよい

# 広めのChandra Deep Survey

## AEGIS-X survey

Extended Groth Strip

$17' \times 2^\circ \sim 0.67 \text{ deg}^2$

$\sim 200 \text{ ksec} \times 8 \text{ pointing}$

さらに3 pointing( $0.25 \text{ deg}^2$ ) deep観測済

CFHTLS, Spitzer/IRACあり

$\sim 14\text{h}20\text{m}, 52^\circ 30'$

## C-COSMOS

$\sim 200 \text{ ksec}, 0.8 \text{ deg}^2$

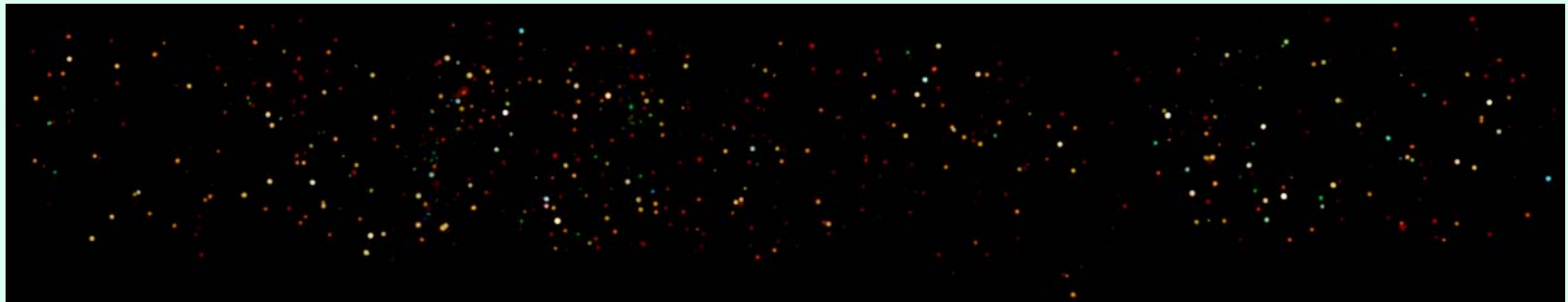
## E-CDF-S

$\sim 250 \text{ ksec}, 0.3 \text{ deg}^2$

$z \sim 4$  で  $10^{43.5} \text{ erg/s}$  を  
検出できる深さ

Chandra  
image

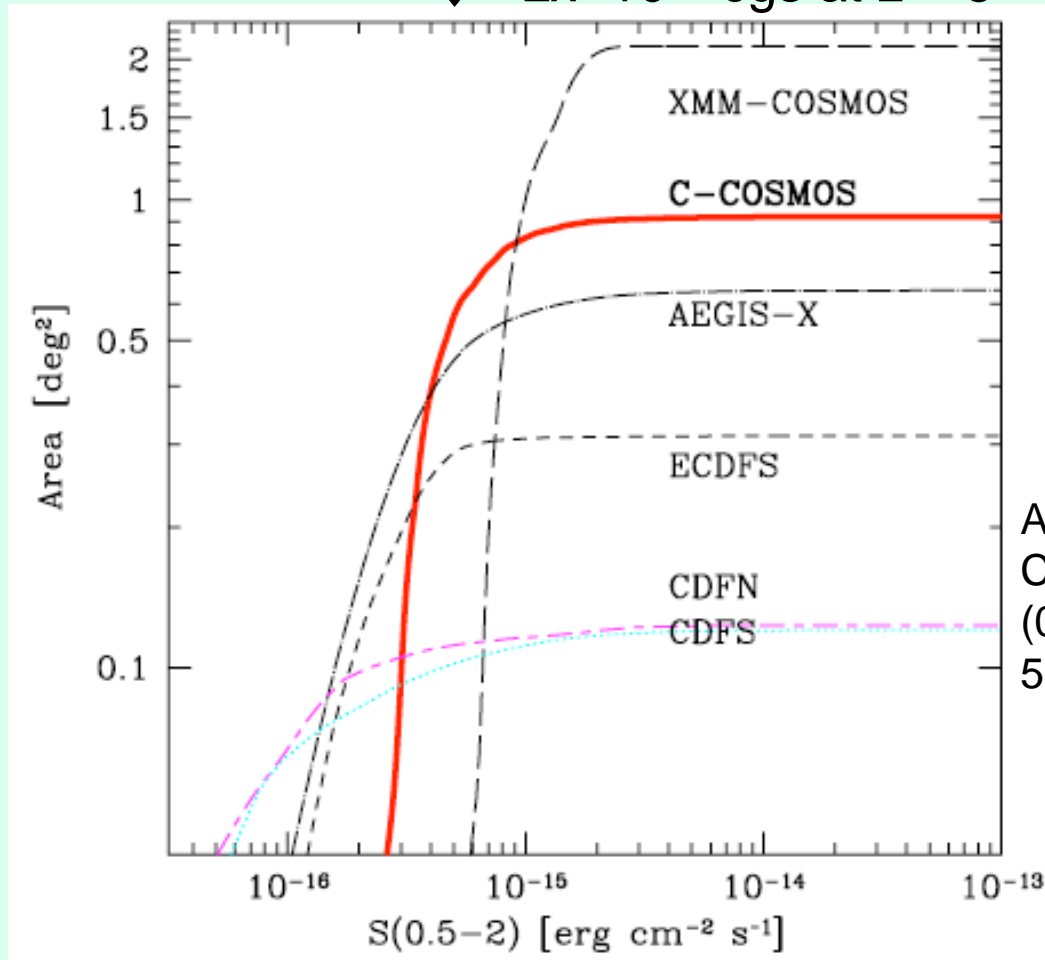
<http://astro.imperial.ac.uk/research/aegis/>





# Area – Flux limit curve for Deep Surveys

↓  $L_x=10^{44}$  cgs at  $z = 5$



AEGIS-X fieldのうち  
Chandra 3 pointings分  
(0.25 deg<sup>2</sup>はexposure  
5倍に; PI=Nandra observed)

# AEGIS-X field

どれほどクエーサがみつかるか？

Chandra DR2 + DEEP2 DR3 spec-z

(~0.67 deg<sup>2</sup>)

(~0.5 deg<sup>2</sup>)

146 sources

z = 1-1.5 26

1.5-2 7

2-3 2

3-3.5 3

High-z (z>3.5)はない

(DEEP2で分光されている領域は狭い)

z<2のstudyはできる

(X線スペクトルのslope, band ratio)

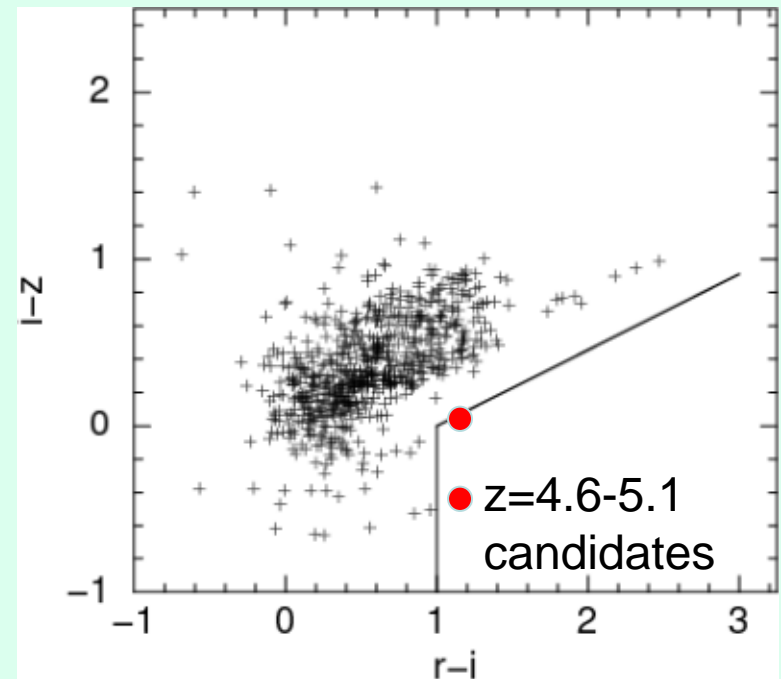
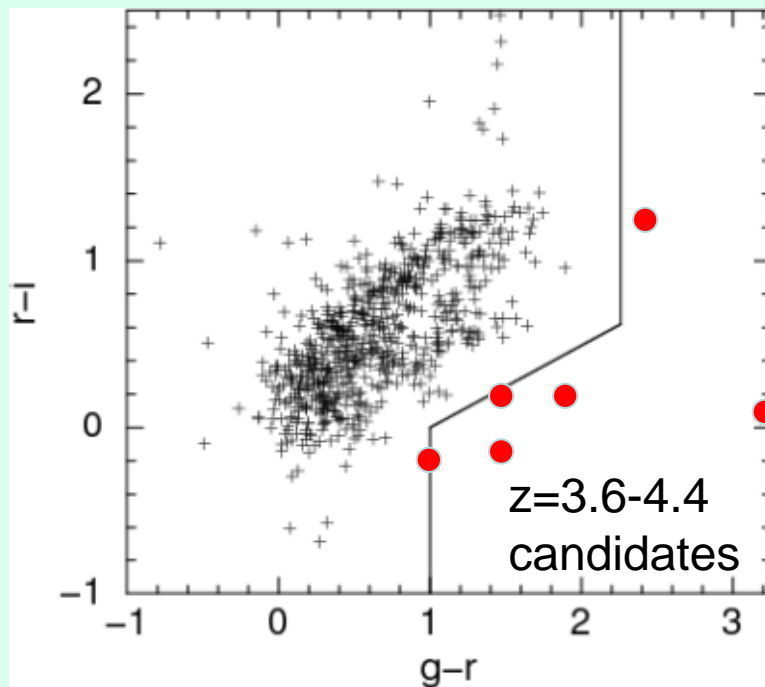
# AEGIS-X Chandra sourceのcolor

CFHTLS 1deg<sup>2</sup>, 5 sigma limit (AB mag)

g 28.3, r 27.5, i 27, z 26.4

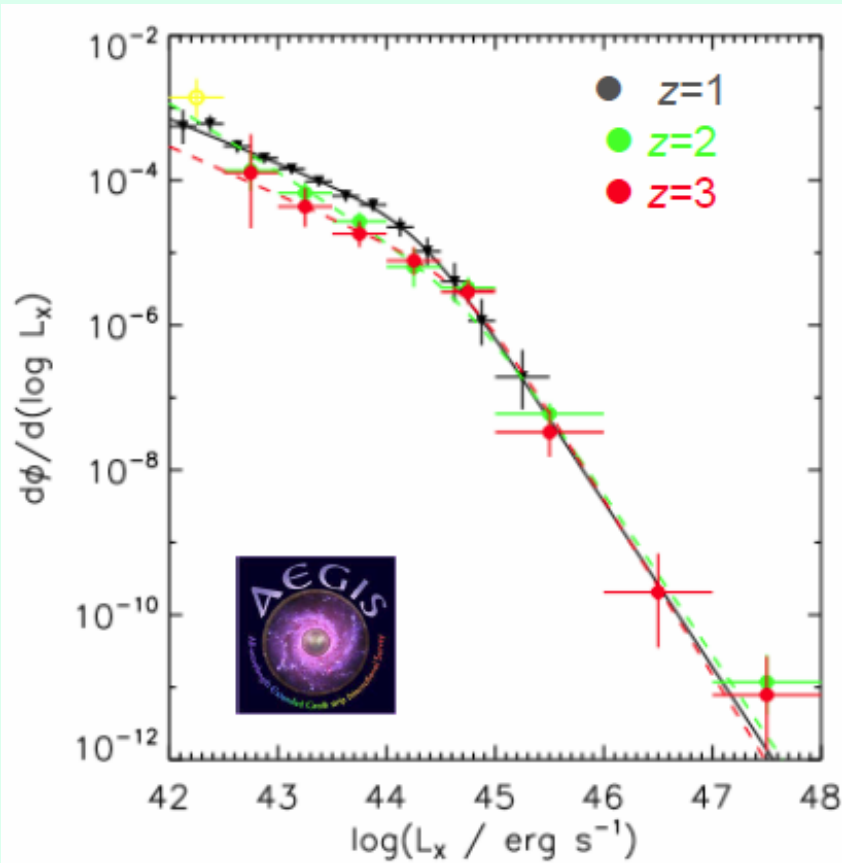
Chandra DR2 + CFHTLS imaging

~700 sources



$z > 3.6$ 候補 8天体: survey areaが小さく感度も  
ぎりぎりなのでまとまったstudyは困難

# X-ray LF at z~3



Aird+ 08

Candra 5 fields  $\sim 0.35 \text{ deg}^2$

2 Ms x 1, 200 ks x 4

Ly break technique

R 19.0-25.5

1314 LBGs

22 X-ray detections

logLx

>44 9

43-44 10

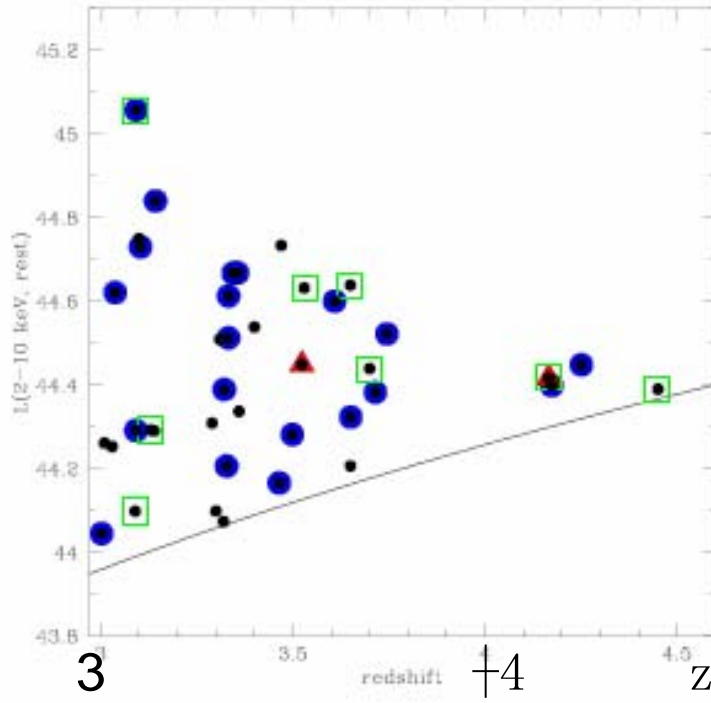
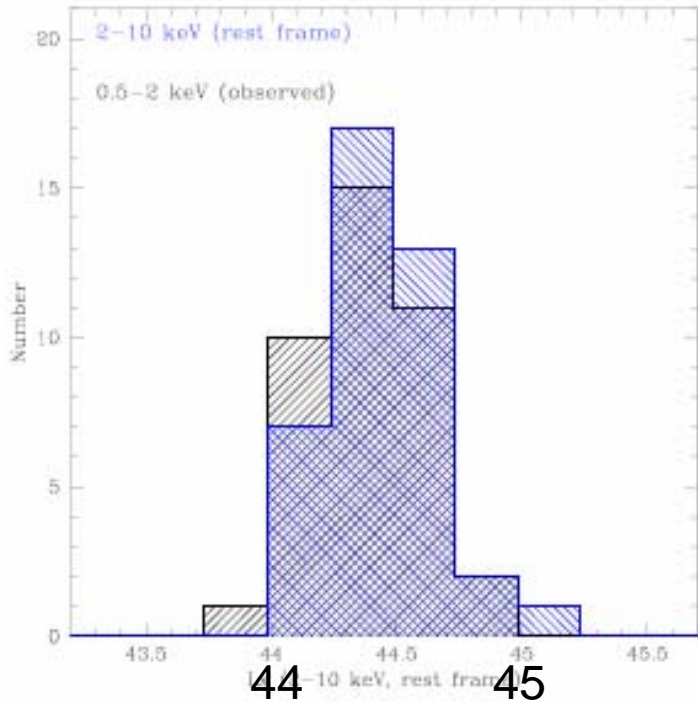
42-43 3 (2個はSB)

z~3で $10^{42} \text{ erg/s}$ までLF

Low-Lでnegative evolution

# $z > 3$ X-ray selected QSOs in XMM-COSMOS

Brusa+ 0809.2513



$L_{2-10, \text{rest}}$

$F_{0.5-2, \text{obs}} > 1e-15 \text{ cgs}$

1651天体中  $z > 3$ は40個

$L_{2-10, \text{rest}}$ はすべて  $> 1e44 \text{ erg/s}$

# ECDF-S

ECDF-S + COMBO-17

z

1-1.5 10

1.5-2 11

2-2.5 7

2.5-3 8

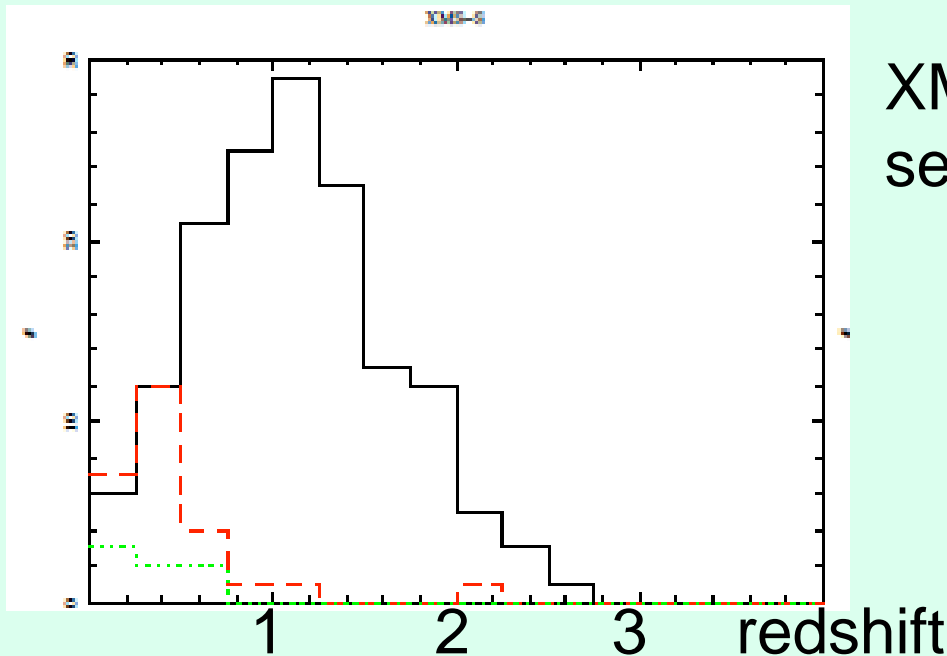
3-3.5 1

3.5-4 1

4-4.5 1

# Medium/Wide Field Survey Serendipitous Survey

- $z < 2.5$  Seyfert luminosityの性質、進化
  - areaはある程度かせげる  
(serendipitous + wide field)



XMM MSS  
serendipitous survey

Barcons+07

# Wide-area Surveys in X-rays

- XMM Large Sky Survey (LSS)  
<http://www.astro.ulg.ac.be/themes/spatial/xmm/LSS/>  
 $3^\circ \times 3^\circ$
- NOAO Wide-Deep Survey Field  
<http://www.archive.noao.edu/ndwfs/>  
Chandra  $9\text{deg}^2$   
XMM LSSに含まれるが観測はまだ
- XMM Serendipitous Survey  
<http://xmmssc-www.star.le.ac.uk/>
- ChaMP Chandra Serendipitous Survey  
<http://hea-www.cfa.harvard.edu/CHAMP/>



# X線アーカイブデータの利用

クエーサカタログができれば、X線アーカイブデータを使った  
解析も可能

SDSS DR5 quasars

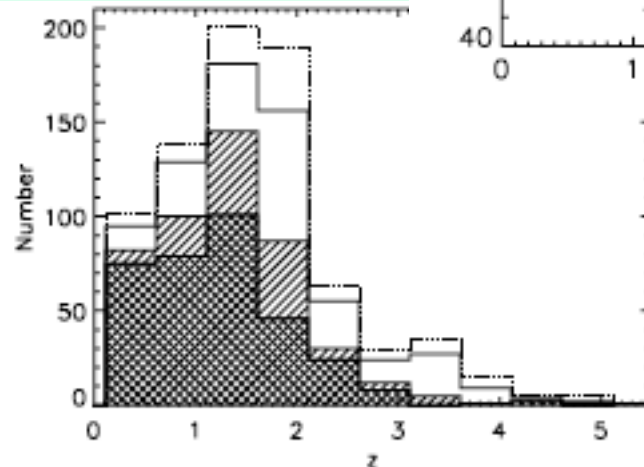
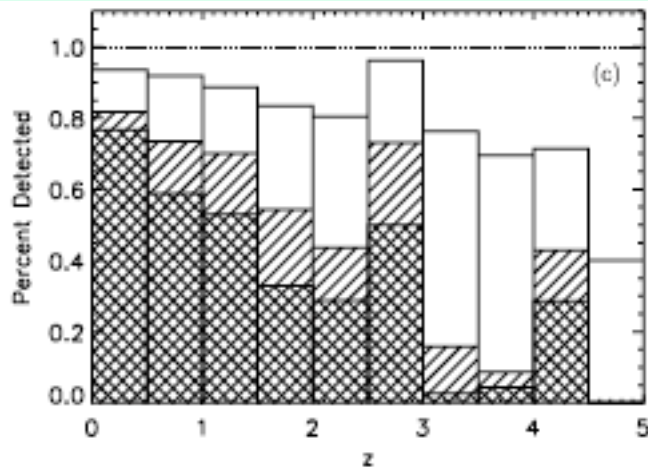
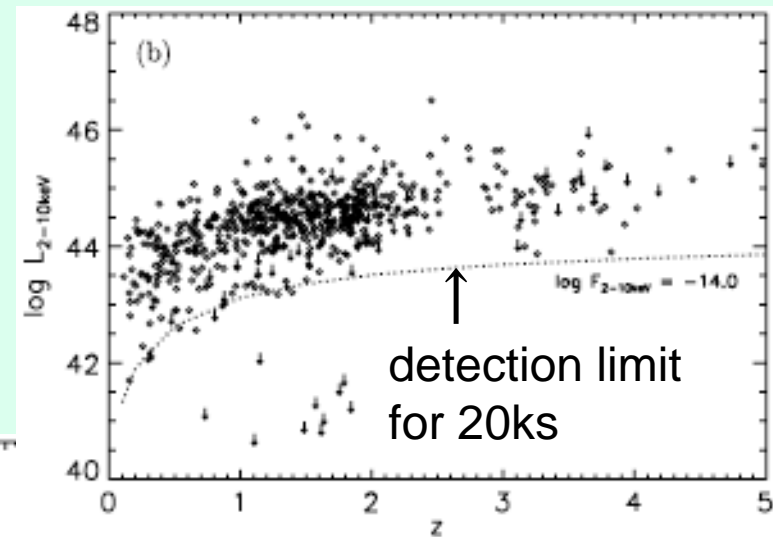
+ XMM serendipitous observations

Young+09

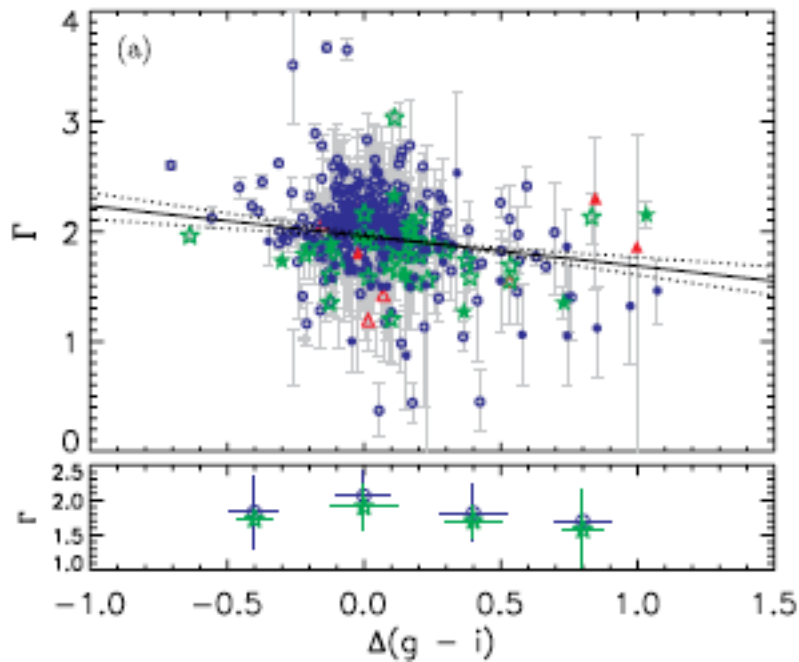
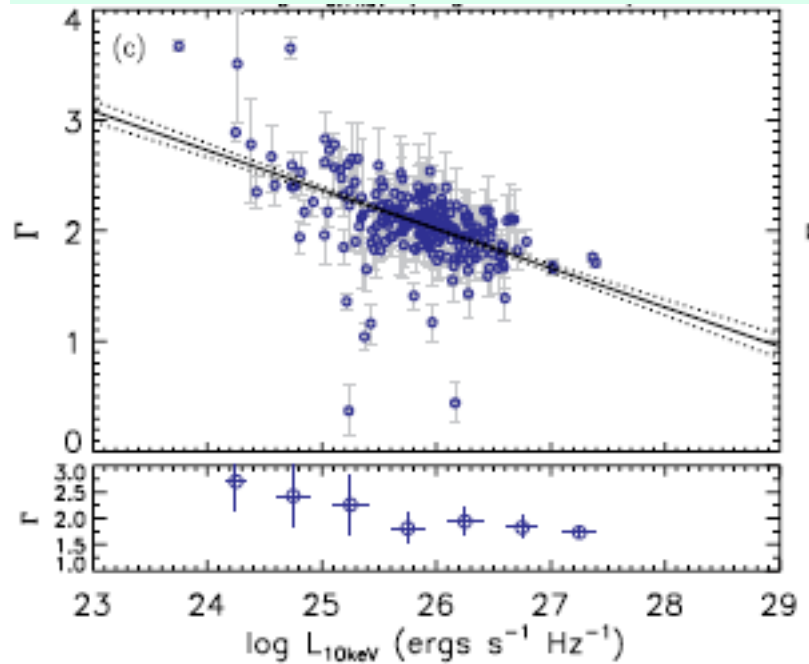
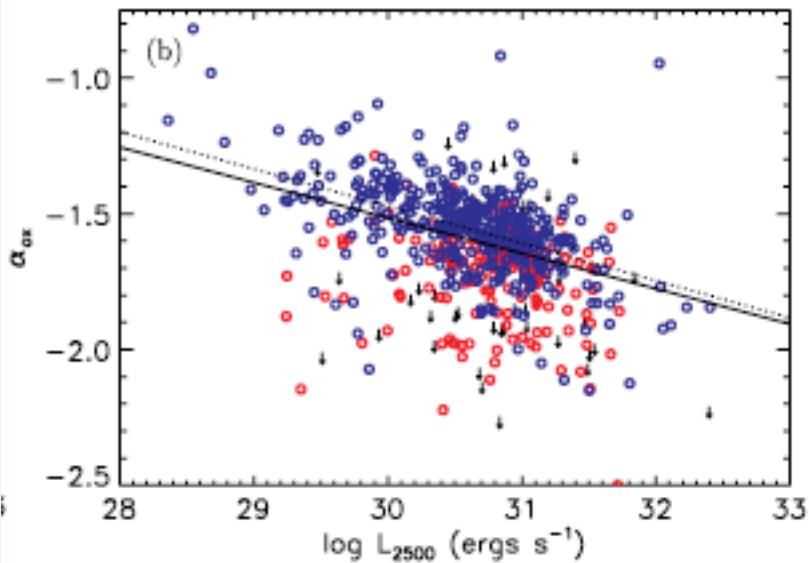
792 objects at  $z=0.11-5.41$

685 detections ( $>2\sigma$ )

70 radio loud, 51 BAL



# Correlations



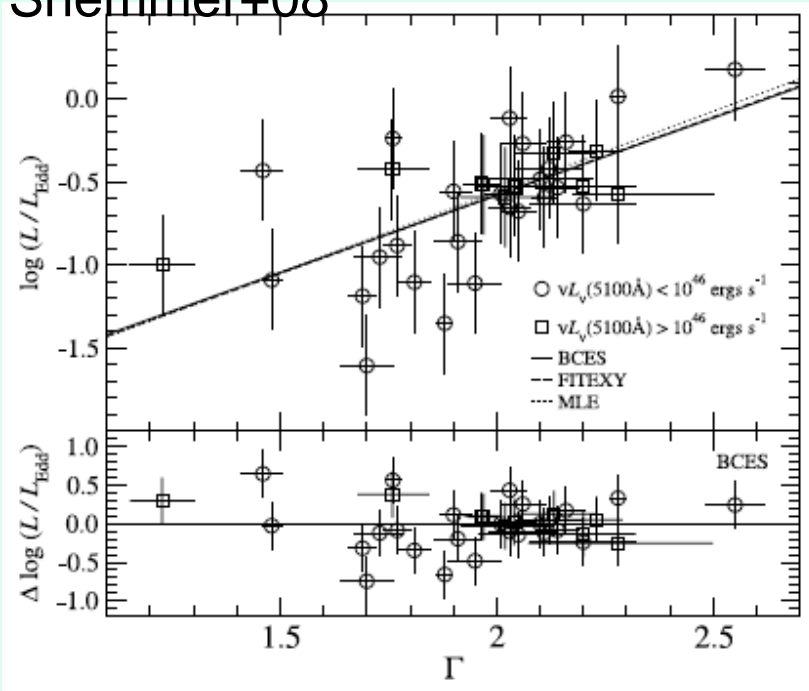
steeper  $\alpha_{OX}$  and flatter  $\Gamma$   
for luminous sources

flat spectrum for redder color sources  
artifact of absorption?

opt. colorだけで  $L/L_{Edd}$  を推定するのは  
困難?

# Spectral Slope as Indicator of $L/L_{\text{Edd}}$

Shemmer+08

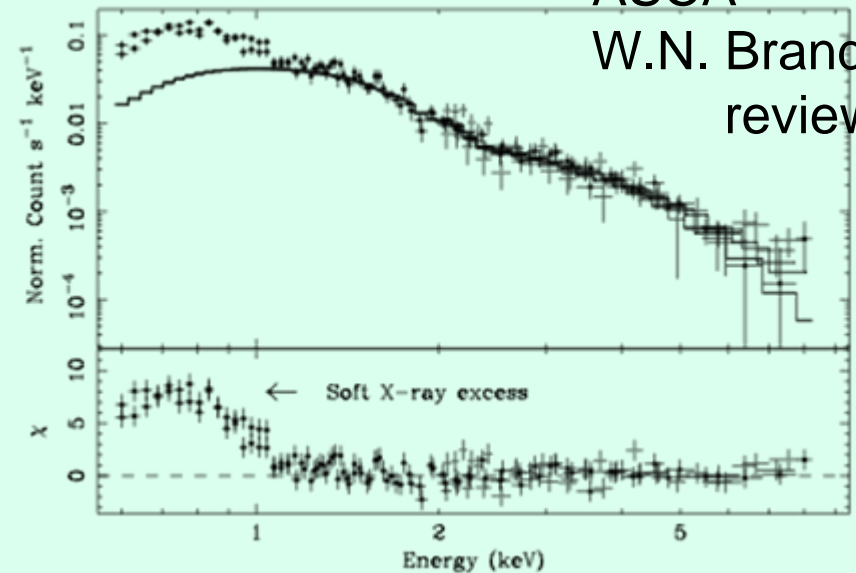


NLS1 1H0707

ASCA

W.N. Brandt

review



large  $L/L_{\text{Edd}} \rightarrow$  steeper X-ray slope

大規模クエーサーカタログ+ serendipitous X線データ  
様々なsubclassに分けた大規模な統計的研究が可能  
 $L_x$ ,  $z$ ,  $\Gamma$  ( $L/L_{\text{Edd}}$ に関係) etc.

# BH成長との関連

$L = 10^{43.5}$  cgsは  $M = 10^{5.5} M_{\text{solar}}$ のエディントン光度

Medium/Wide Surveyとpointing観測のアーカイブを使って

$z \sim 1-2$ のLow mass, large  $L/L_{\text{edd}}$   
(super-critical accretion候補)が見つかる面白い

Down sizingのlow mass populationのrise

(steep X-ray slope; 決定精度はよくないので大量のデータを使って統計的に扱う)

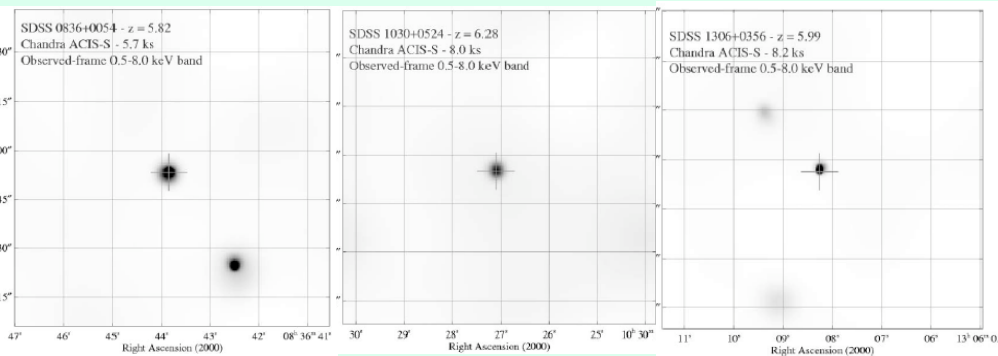
# Highest-z quasarのfollow up

Chandra Brandt+02

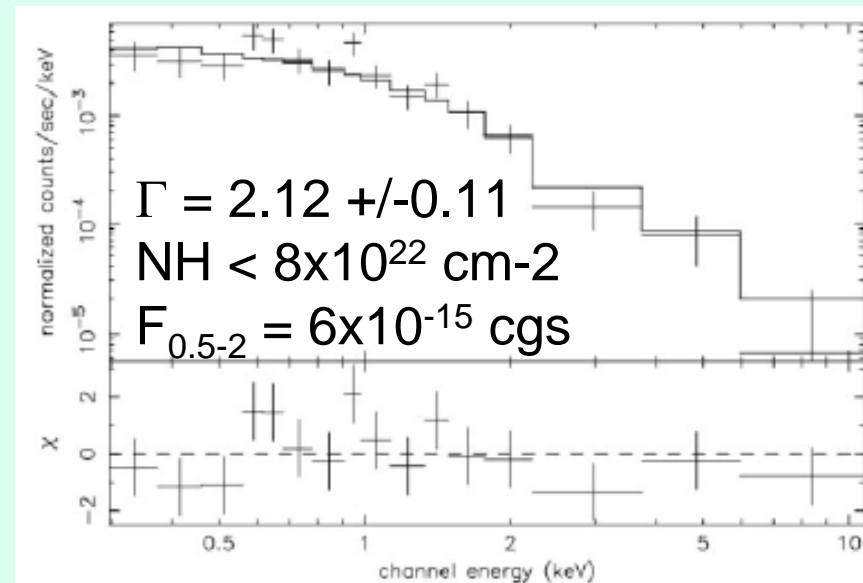
XMM 75 ksec, 560 cnts

SDSS J1030+0524,  $z=6.30$  (Farrah+04)

$z$  band 20.02 mag,  $M_{1450}=-26.89$  (Fan+01)



SDSS name	$z$	$M_{1450}$ mag	exposure ks	cnts (0.5-8 keV)
0836+0054	5.82	-27.9	5.7	21
1030+0524	6.28	-27.2	8.0	6
1306+0356	5.99	-27.2	8.2	17



Chandraで 100 cntsあれば  
それなりのスペクトルが得られる

# Follow up観測

- 面白い天体が見つかったらX線follow upを提案するとよい
  - 例 Highest-z quasar,  
quasar cluster  
High-z ( $z > 1.5$ ) 銀河団
- 科学的に特に重要性/緊急性が高ければディレクタータイムを使わせてもらうことも
- 暗い天体の観測はChandraかXMMで  
(すぎくやAstro-Hは $z < 1$ で明るい天体を詳しく調べるには有効)

# まとめ

- high- $z$  ( $z > 3.6$ ) X線サーベイ
  - X線では深い観測が必要
  - 既存のdeep fieldを集めてもサンプルサイズは小さい
- low/medium- $z$  ( $z < 2.5$ ) X線サーベイ
  - medium deep survey + serendipitous sourceを使える
  - スペクトル(hardness)を手がかりに系統的な研究が可能
- follow up pointing観測
  - 面白い天体はChandra/XMMでpointing提案
- 大規模クエーサーカタログができたなら、すべてのChandra/XMM archivalを用いて統計的な研究が可能
- 可視・近赤外分光subsampleがあるといろいろできる