

FFASTの目指す科学と期待される成果



平原 真帆, 伊藤 真之(神戸大学), 上田 佳宏, 鶴 剛(京都大学),
常深 博, 林田 清, 穴吹 直久, 薙野 綾(大阪大学), 國枝 秀世,
古澤 彰浩(名古屋大学), 河野 功, 巳谷 真司, 池永 敏憲, 尾崎 正伸(JAXA), 森 浩二(宮崎大学), FFAST WG

■ はじめに

FFASTは、望遠鏡と検出器を搭載した2機の小型衛星を一定の距離を保ちつつ編隊飛行させ、天空の一定領域を硬X線エネルギー領域で走査観測するミッションである。科学目的としては、周辺の濃いガスによる吸収のために他の波長域では検出が難しい活動銀河中心核(質量降着を伴う超巨大ブラックホール)をできるだけ多く検出し、その進化史や宇宙X線背景放射への寄与を明らかにすることを目指す。

■ FFASTの目指す科学

硬X線によるAGNの観測意義

● AGNの宇宙論的進化の解明

AGNと母銀河の共進化を強く示唆する観測結果が得られており、宇宙史の中でAGNの進化の理解は重要である。10keV以下の観測から、AGNの光度と空間数密度の赤方偏移 z による変化が明らかになり、低光度のAGNほど数密度は小さい z 側にピークを持つことが分かった(図1)。しかし、AGNには周囲を厚いガスで囲まれ、強い吸収のために10keV以下のX線や他の波長では検出が難しいものが多数存在する(図2)。このため、AGNの進化史の全容を解明するには透過力の高い硬X線観測による観測が重要である。

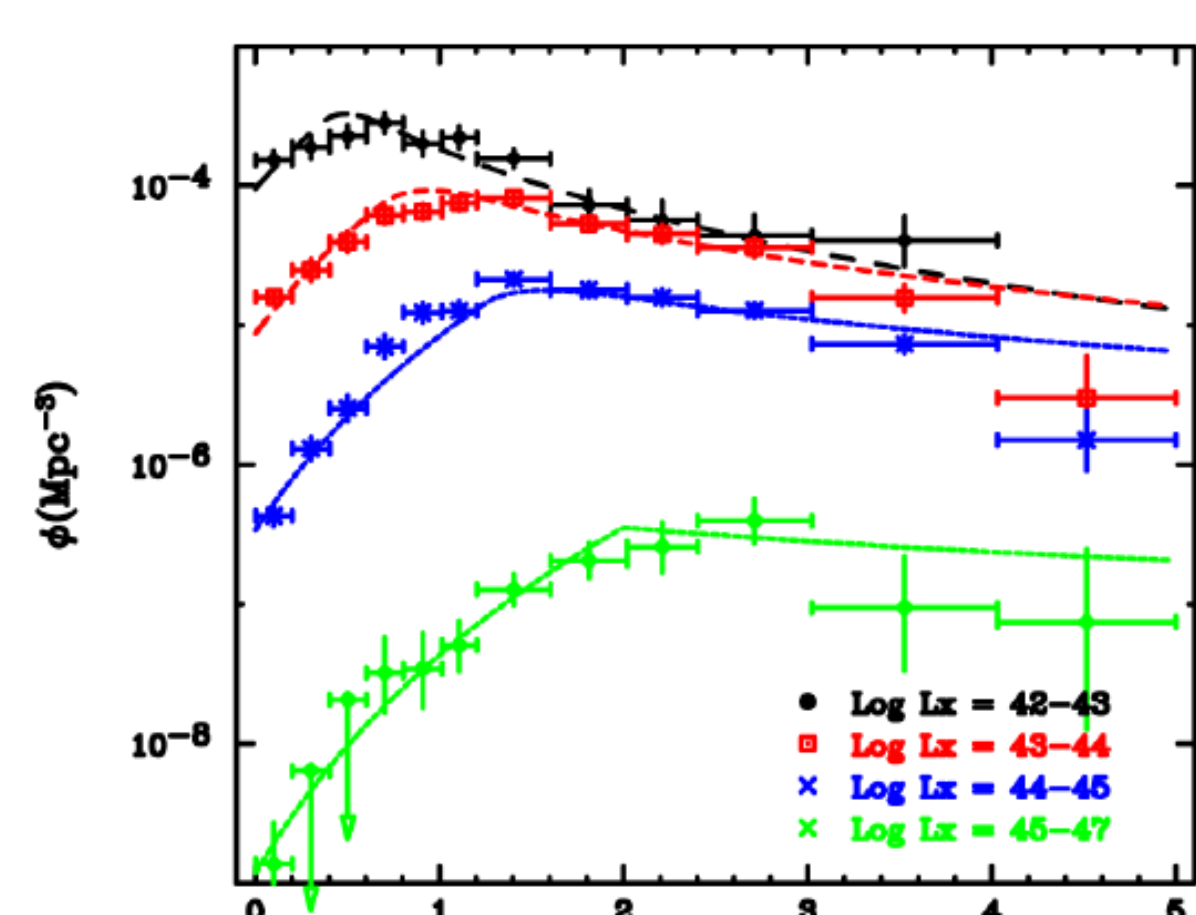


図1 10keV以下のエネルギー領域で検出されたAGNの光度／空間数密度の z 依存性 (Ueda 2012)

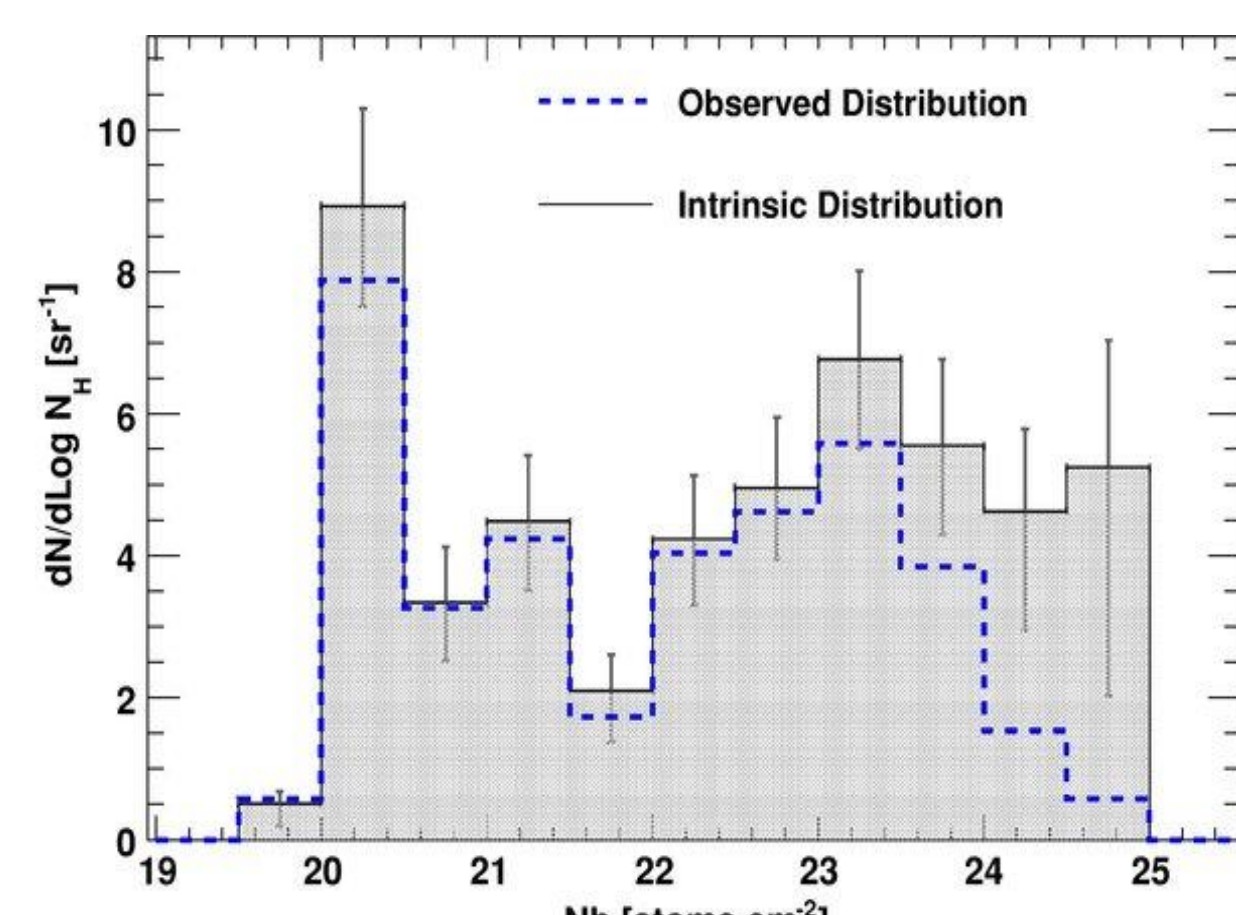


図2 AGNの吸収物質の厚さ N_H の分布 (Brusa et al. 2010)

● 宇宙X線背景放射(CXB: Cosmic X-ray Background)の起源の解明

CXBのエネルギー分布は20-30keV付近にピークを持ち、その起源の解明には硬X線領域にスペクトルのピークを持つ Compton-thick AGN (吸収物質の厚さ $N_H > 10^{24} \text{ cm}^{-2}$) のpopulationの決定が重要である(図3)。

このような背景から、硬X線領域で多数のAGNを検出するためのサーベイ観測が重要となり、FFASTの他、NuSTARやASTRO-Hなどの衛星で観測計画がある。

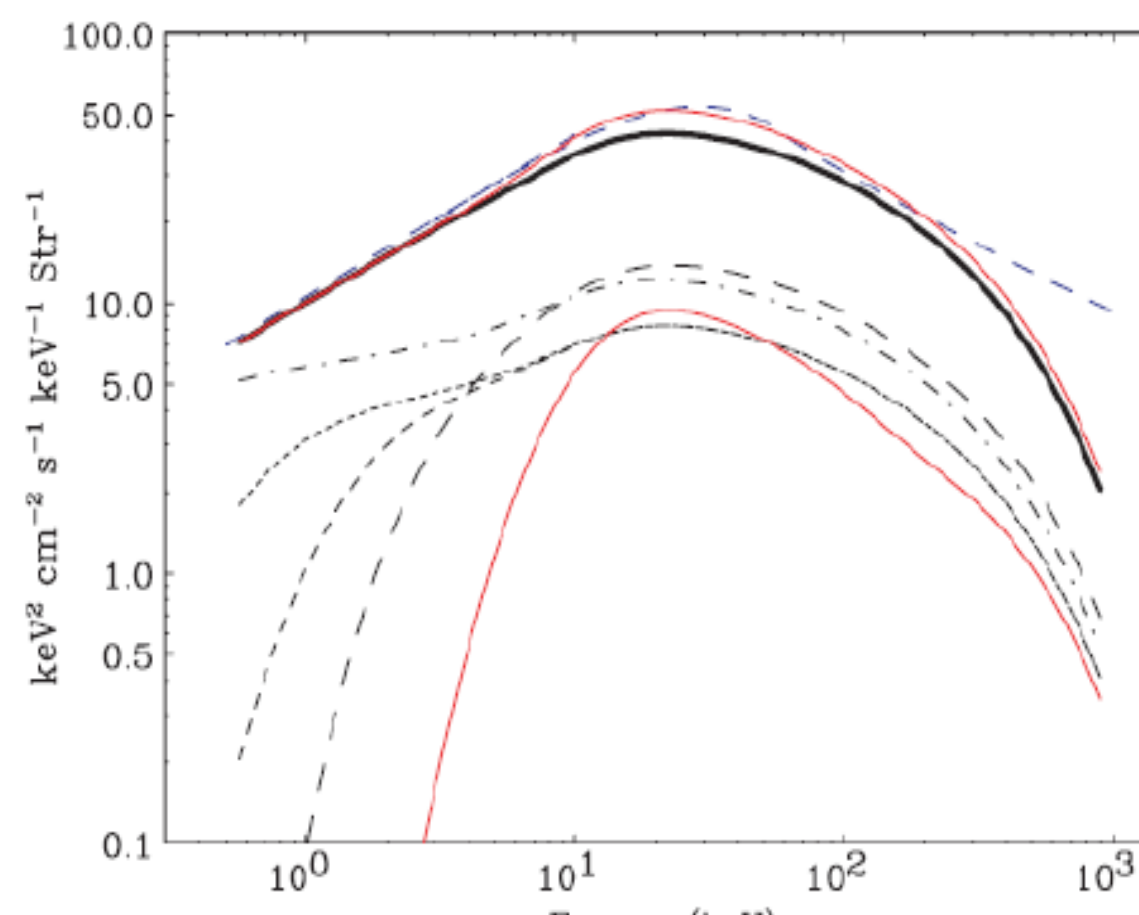


図3 CXBのスペクトル(最上の青破線)と強い吸収を受けたAGNに期待される寄与(下赤実線) (Ueda et al. 2003)

関連する他のミッションとの関係

NuSTARやASTRO-Hなどの衛星が天空の狭領域の深い観測を計画し、Swift衛星はほぼ全天を浅く観測しているのに対して、FFASTは、走査領域の広さ、感度においてこれらの中間のパラメータ範囲に焦点を当てる。これによって、現時点で観測可能な z の範囲で、よりcompleteなAGNのサンプルを得て、進化の全体像の把握を目指す。

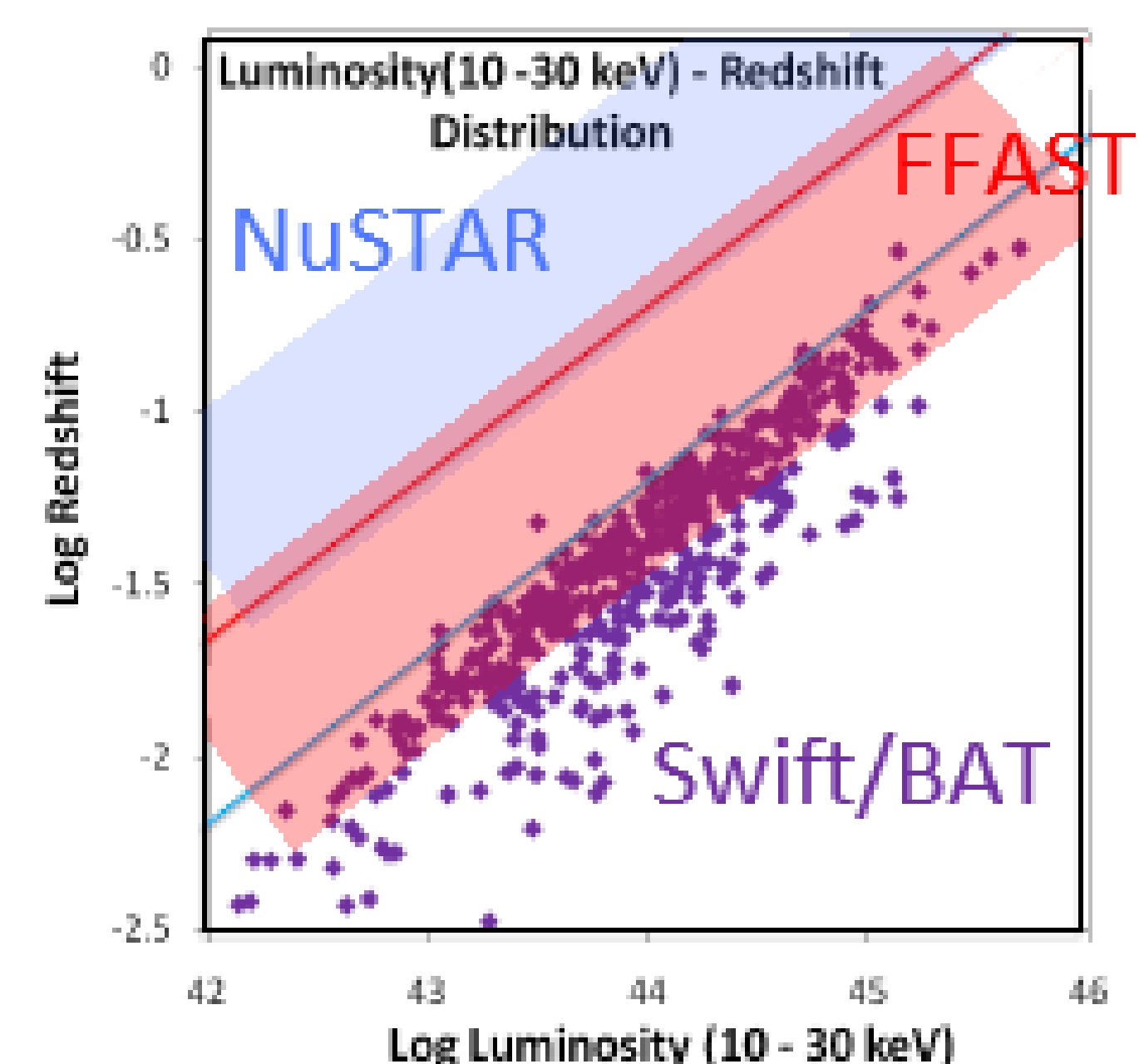


図4 Swift/BATの58か月の観測により検出されたAGNの硬X線(10-30keV)光度－赤方偏移分布図。青と赤の線は、それぞれフラックスが1mCrabおよび0.1mCrabのライン。

■ 期待される成果(検出天体数の評価)

以下の条件のもとで、FFASTによる2年間の観測で検出が期待される天体数の評価を行った。

評価条件

- 軌道: FFASTの走査領域/観測時間分布は、望遠鏡衛星－検出器衛星の軌道によって決まる。強い吸収を受けたAGNの多数検出を目指すため、レコード盤軌道をベースとしながら軌道制御を行い、観測時間が500秒以上となるよう領域をできるだけ広くとった軌道(図5、巳谷他, 2011)に基づいて検出天体数の評価を行った。
- SD-CCDのバックグラウンド(BG): Suzaku XISと同程度の荷電粒子BG
- 観測時間分布: 図6の通り
- 10-30keVのフラックスと天体数の関係(log N-log S): Ueda et al. (2003) の予測を使用
- 望遠鏡の結像性能: HPD(Half Power Diameter) 1.46 arcmin
- 検出条件: 10-30keVの検出光子数がHPD内で荷電粒子BGのゆらぎに対して 4σ 以上
- 観測期間: 2年

(注) 望遠鏡有効面積の光軸からのずれに伴う減少(vignetting)は考慮していない

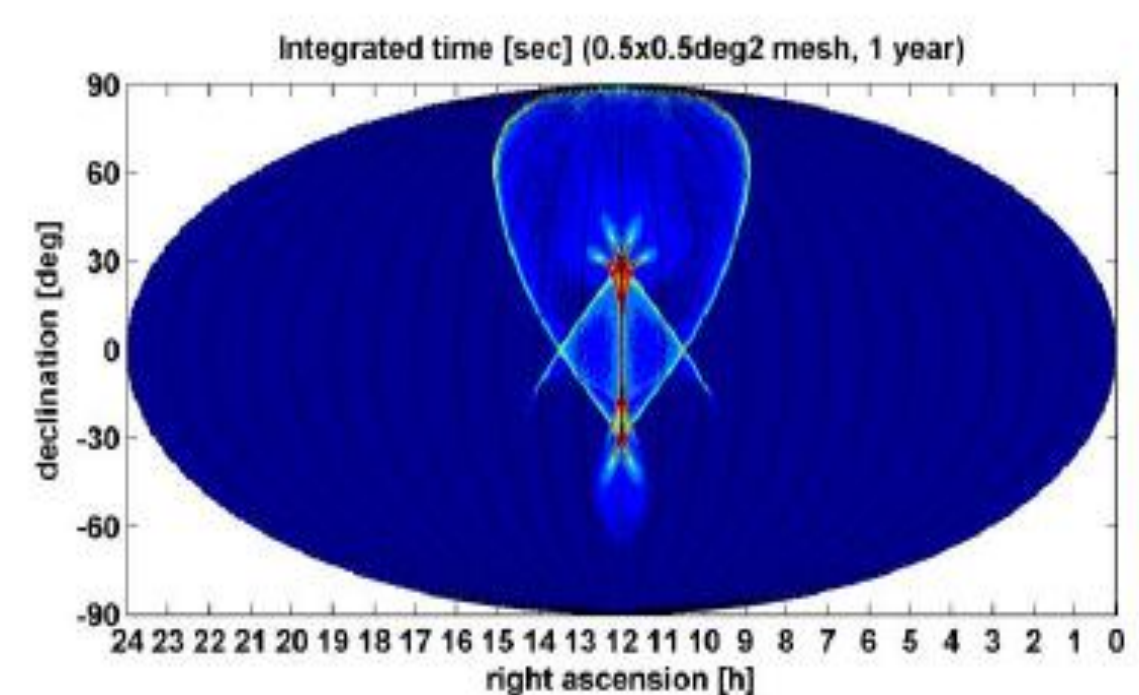


図5 天空上の観測時間分布 (巳谷他, 2011)

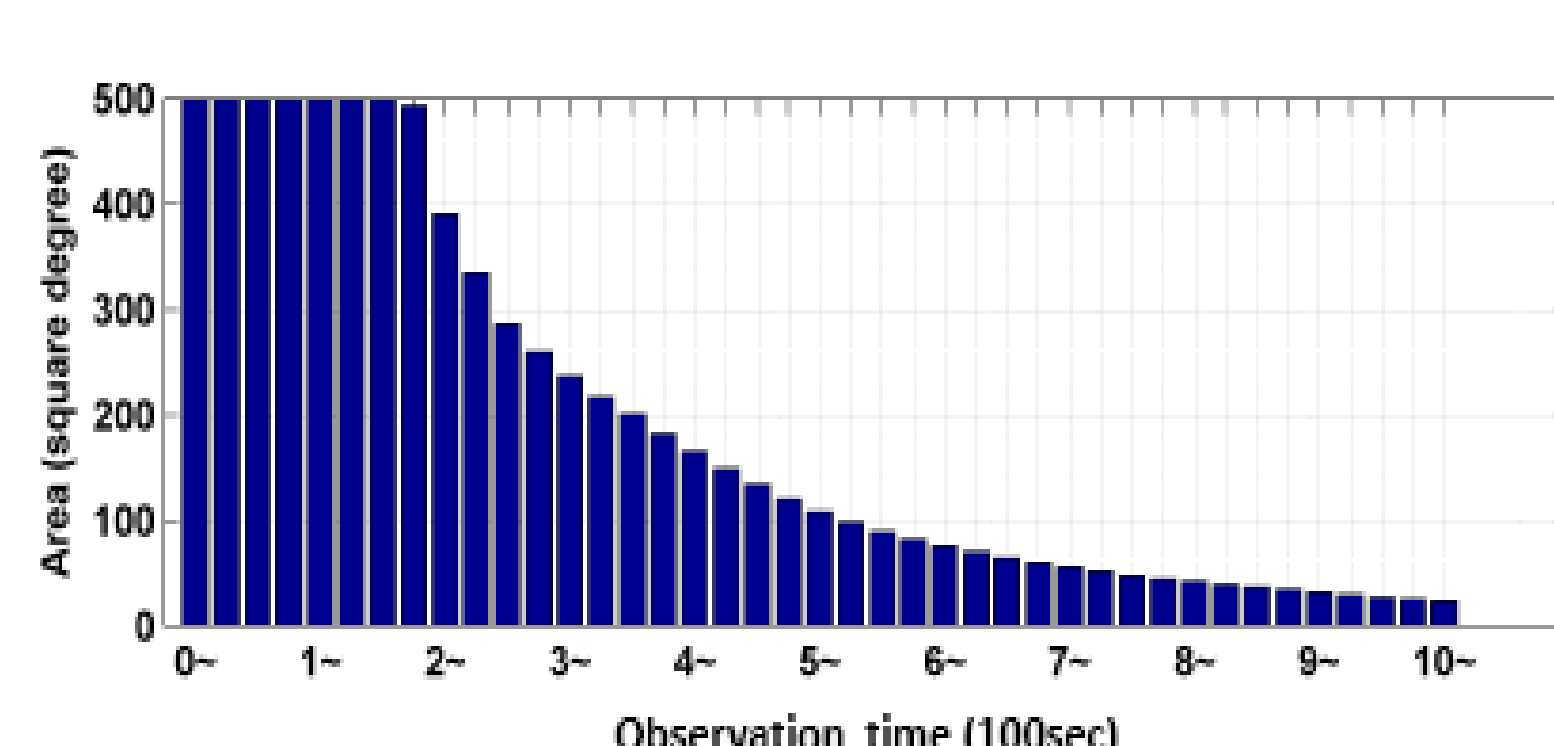


図6 観測時間に対する観測立体角分布(累積分布) (巳谷他, 2011)

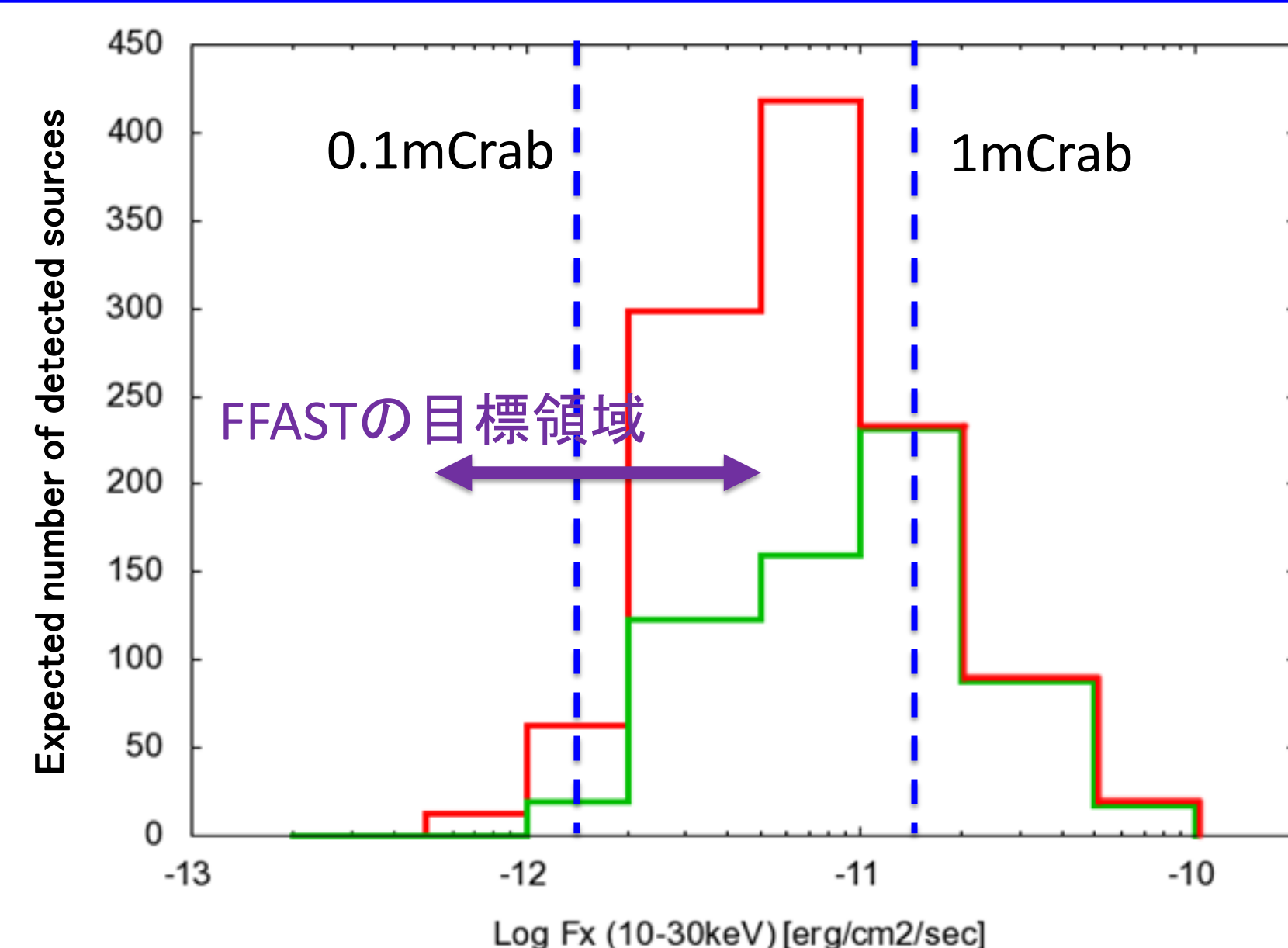


図7 フラックス範囲ごとの検出天体数。緑線は焦点距離20m、赤線は12mの場合。

評価結果を図7に示した。これまでのミッションデザインでは焦点距離20mを想定していたが、今回12mの場合の評価も行った。この結果、FFASTが目標とする $F_x(10-30\text{keV})$ が $5 \times 10^{-12} \text{ erg/cm}^2/\text{sec}$ 以下の領域について、焦点距離20mの場合で140天体程度、12mの場合で370天体程度の値を得た。焦点距離12mの方が、plate scale(天空上の単位角度に対する焦点面上の長さ)が小さく、HPD内のBGが小さいため検出限界フラックスが下がり、検出天体数が多くなる。

■ まとめ

- FFASTは $z-L_x$ のパラメータ空間でSwift/BATの全天サーベイとNuSTAR、ASTRO-Hの狭領域サーベイの中間の空白領域を埋める。
- 望遠鏡焦点距離20mと12mの場合を比較すると、後者でより多くの天体が検出可能となる。
- 評価の不確定性は大きいですが、2年間の観測で0.1-1mCrabの天体が数百天体と期待される。
- FFASTで検出される天体をASTRO-Hや光学望遠鏡等で追観測することで、AGNのpopulation(L_x 分布、 N_H 分布)の進化を解明できる。
- 今後、衛星の設計などと並行して、観測成果を最大にする軌道、焦点距離などの検討を進める。

参考文献

Brusa, M., et al. 2010, ApJ, 716, 348
Ueda Y., et al. 2003, ApJ, 598, 886