

# MAXIによるAGNのX線光度変動の調査



佐藤 良祐、上田 佳宏、廣井 和雄、林田 将明(京大)、磯部 直樹 (ISAS)  
上野 史郎 (JAXA)、三原 建弘 (理研)、河合 誠之 (東工大)、MAXIチーム

Email : sato@kusastro.kyoto-u.ac.jp

## 概要

全天 X 線監視装置 (MAXI) は国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」に取り付けられ、全天の明るい活動銀河核 (AGN) の X 線強度をモニターしている。そのため、AGN の時間変動の系統的な調査に適している。本研究では、MAXI の7ヶ月分のデータを用いて AGN の光度変動を調査した。

特に明るい Mrk421, CenA の2天体については、これまで調べられていなかったタイムスケールで、Power Spectral Density (PSD) を求めた。また、セイファート銀河35天体について PSD より容易に計算できる Excess Variance を求め、超巨大ブラックホール (SMBH) の質量との相関を調べた。

## イントロダクション

### 1. Power Spectral Density (PSD)

PSD は周波数ごとの変動の強度を示すものである。光度で規格化したものを Normalized PSD (NPSD) という。AGN の X 線光度曲線の PSD は折れ曲がりを持つべき型になる。(図1 左)

PSD の折れ曲がりのタイムスケールと、ブラックホールの質量の間には相関があることが知られている。(図1 右)

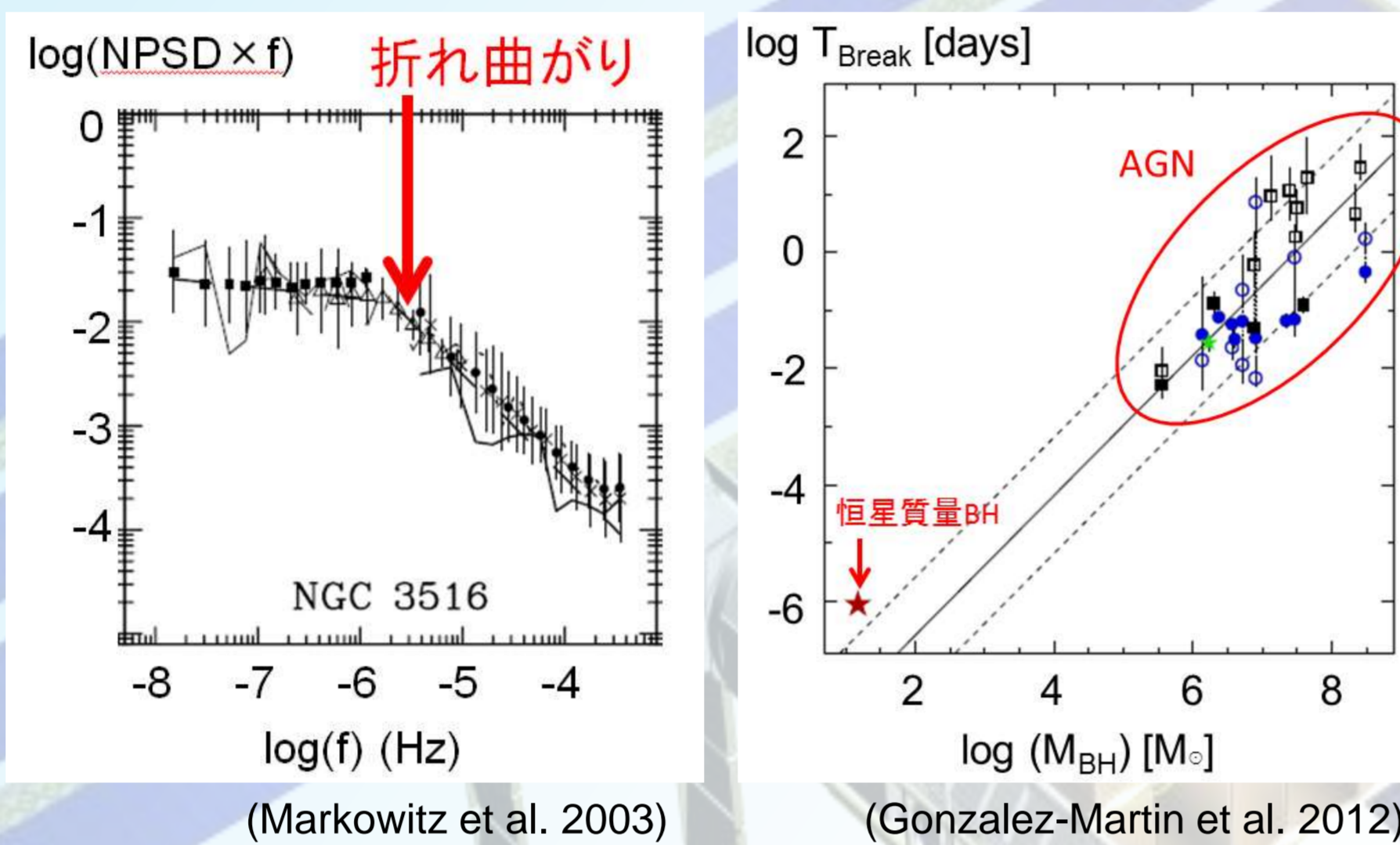


図1 (左) AGN の PSD の例 (右) PSD の折れ曲がり と ブラックホール 質量の相関

SMBH 質量が既知の近傍 AGN を用いてこの相関を精度良く定式化できれば光度変動のみから SMBH 質量の推定が可能になる。

しかし、AGN の折れ曲がりのタイムスケールは1週間程度以上と長く、長期間の観測が必要になるが、そのような観測は少ない。

### 2. Excess Variance

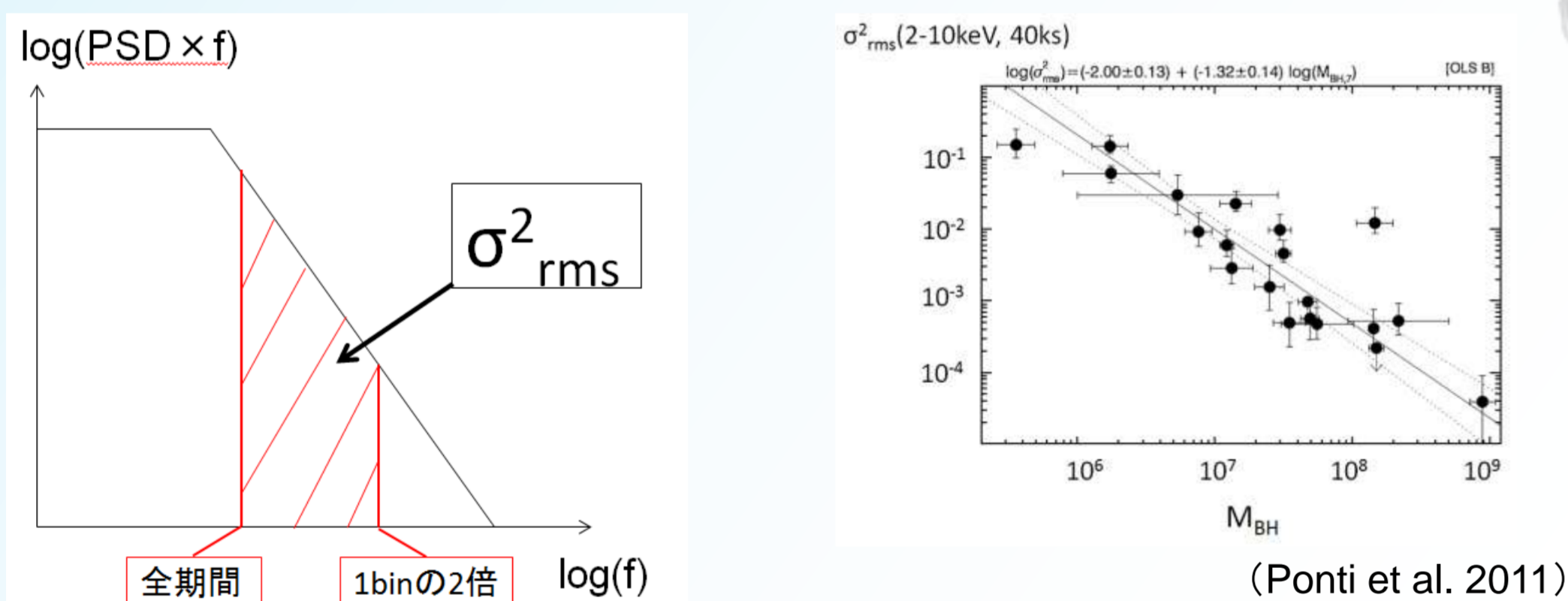


図2 (左) Excess Variance 概念図 (右) ブラックホール質量 (M\_BH) との相関

Excess Variance は変動の強度を示す物理量で、以下の式で計算される。

$$\sigma_{rms}^2 = \frac{1}{N\mu^2} \sum_{i=1}^N [(X_i - \mu)^2 - \sigma_i^2]$$

N : ライトカーブの点数  
μ : カウントレートの平均  
X<sub>i</sub> : 各点のカウントレート  
σ<sub>i</sub> : 各点のエラー

これは PSD のある範囲の積分量に相当し(図2 左)、PSD よりも容易に計算できる。また、Excess Variance とブラックホール質量の間にも相関があることが知られている。(図2 右)

PSD と同様に長いタイムスケールではあまり調べられていない。

MAXI のデータを用いて、長いタイムスケールでの PSD, Excess Variance の調査を行う。

## データ解析

- 2009年9月から2010年3月の7ヶ月間、2-10keV のデータを用い、MAXI カタログにある AGN について以下のように解析した。
- 統計精度を最大限引き出すため、Hiroi et al. (2011) で開発したイメージフィット法を用いて、1bin = 7日のライトカーブを作成した。
- 光子統計が良い Mrk421, CenA については、1bin = 1日のライトカーブを作成し、PSD を計算した。
- SMBH 質量が既知のセイファート銀河35天体について Excess Variance を計算し、SMBH 質量との相関を調べた。
- PSD の形を仮定して Excess Variance を見積もったモデル (Gonzalez-Martin et al. 2011) と比較した。

## 結果

### light curve の例

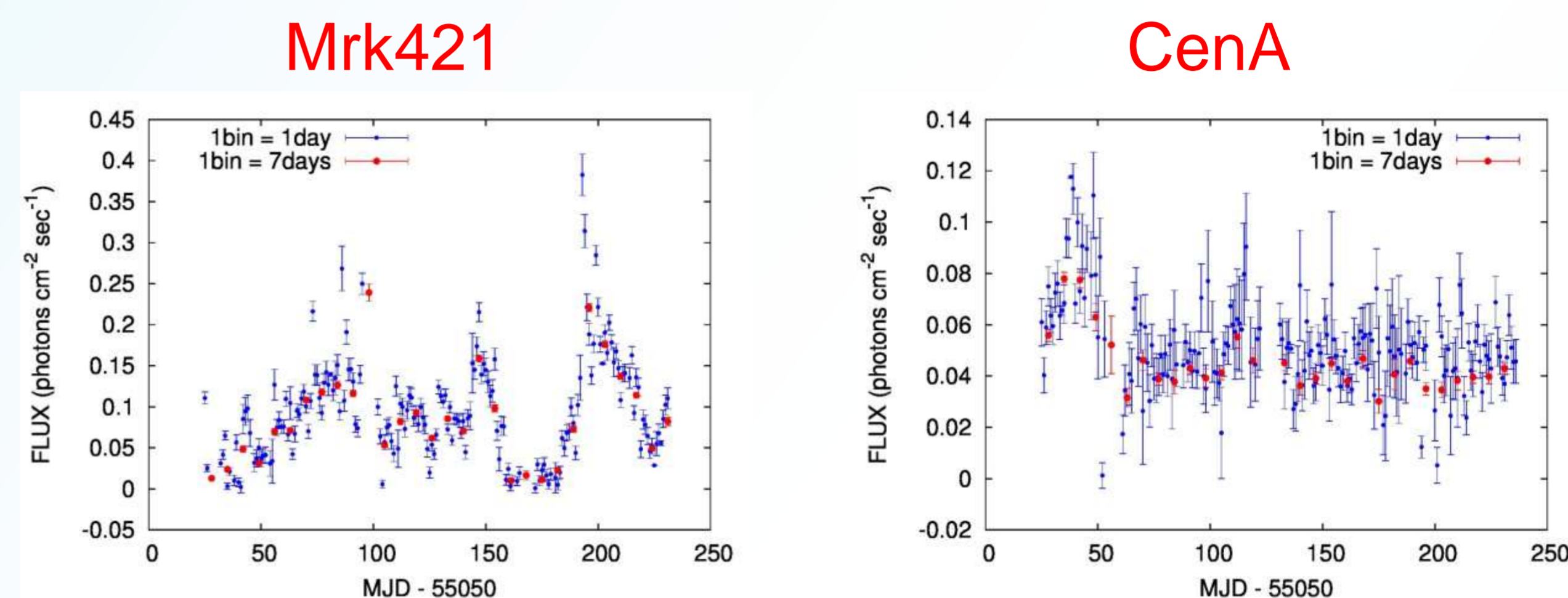


図3 (左) Mrk421 のライトカーブ (右) CenA のライトカーブ

### 1. PSD

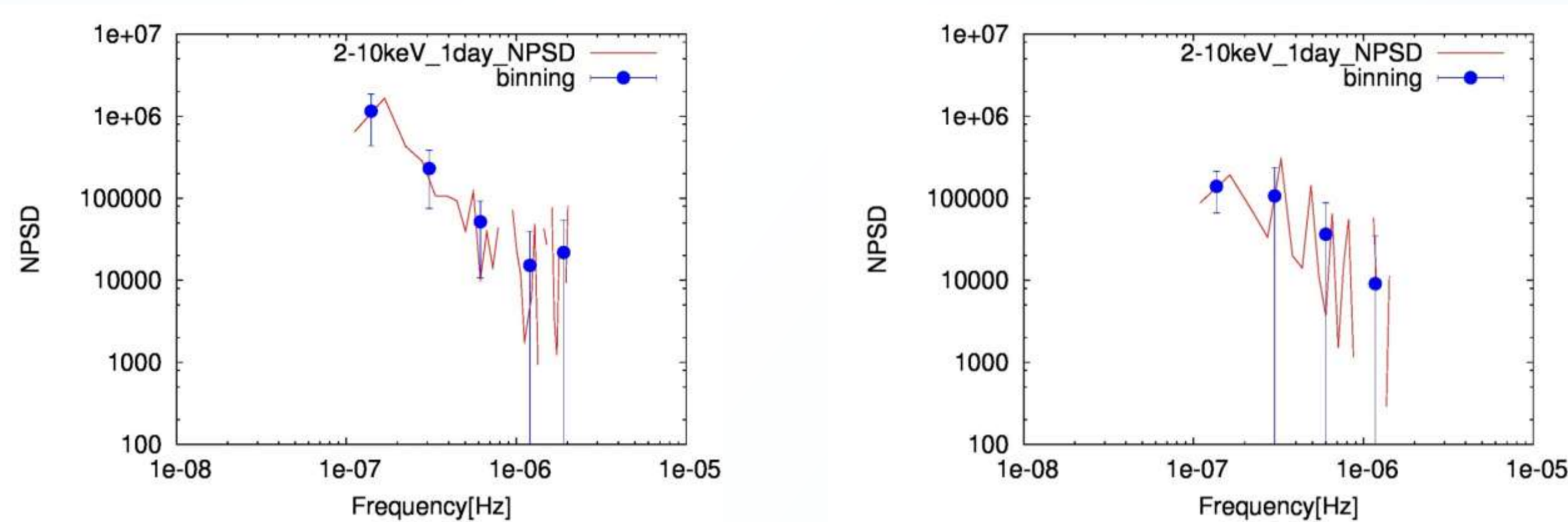


図4 (左) Mrk421 の PSD (右) CenA の PSD (青い点はビンニングしたもの)

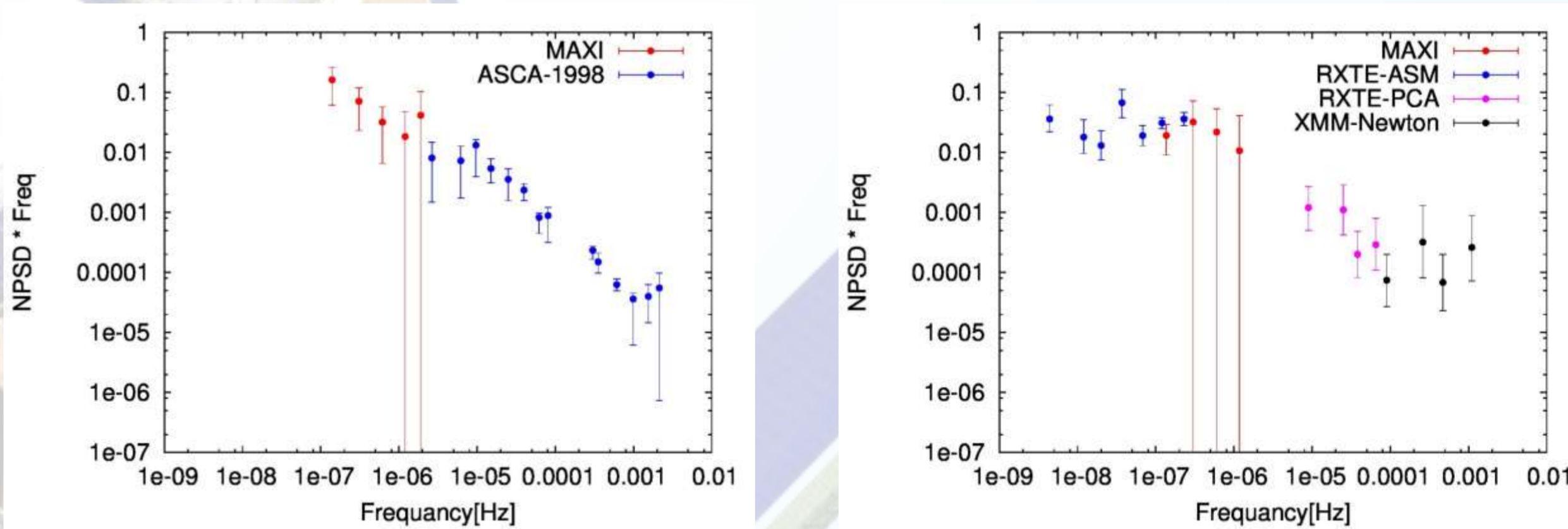


図5 (左) Mrk421 Kataoka et al. 2001 との比較 (右) CenA Rothschild et al. 2011 との比較

- Mrk421 については過去の結果の高周波側と傾きが近く、今回のタイムスケールでは折れ曲がりは見えていないと考えられる。(図5 左)
- CenA については Rothschild et al. (2011) で 10<sup>-6</sup> ~ 10<sup>-7</sup> [Hz] 付近に折れ曲がりがあることが示唆されているが、それに矛盾しない結果が得られた。(図5 右)
- 折れ曲がりを見つけるには、さらに長期間のデータを用いる必要があると思われる。

### 2. Excess Variance

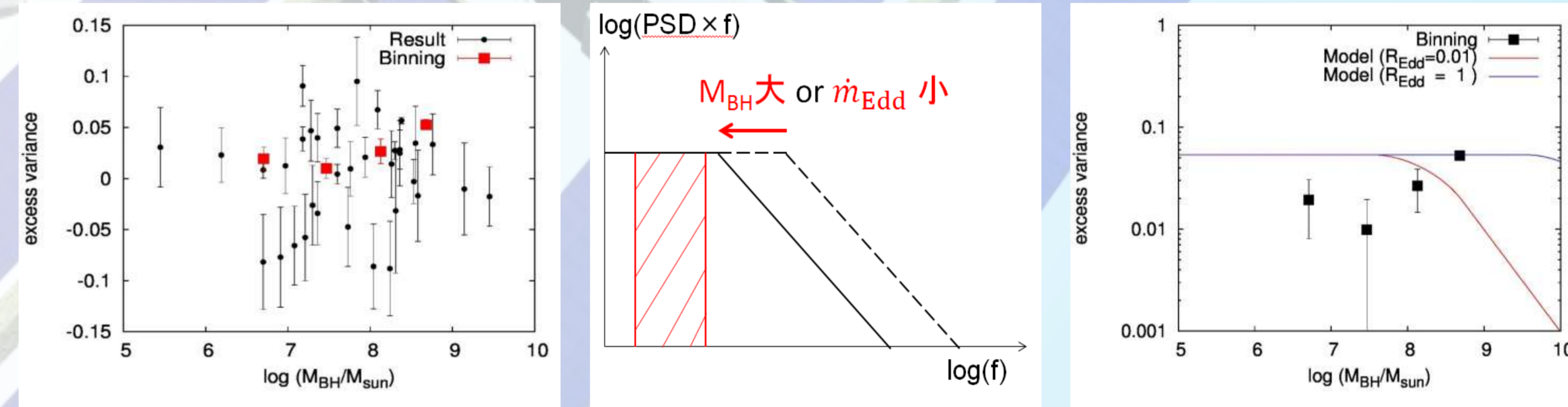


図6 (左) セイファート銀河の Excess Variance と SMBH 質量の相関 (赤の点はビンニングしたもの) (中) モデル (Gonzalez-Martin et al. 2011) で仮定した PSD の模式図 (折れ曲がりより長周期側を見ている場合、質量が変わっても Excess Variance は一定になる。) (右) ビンニングした結果とモデルとの比較

- 分散が大きいため、SMBH 質量で区切って重み付き平均を取りビンニングしたが、有意な相関は見られなかった。(図6 左)
- 今回のタイムスケールではモデルはほぼコンスタントになり、相関が見られないという結果はモデルと矛盾しない。(図6 右)
- 統計を良くするためにより長期間のデータで調べる必要がある。

## まとめ

- MAXI の2009年9月から2010年3月の7ヶ月間、2-10keV のデータを用い、MAXI カタログにある AGN について時間変動を調査した。
- Mrk421, CenA の2天体で PSD を求めた。
  - Mrk421 : 今回のタイムスケールでは折れ曲がりは見えていないと思われる。
  - CenA : 10<sup>-6</sup> ~ 10<sup>-7</sup> [Hz] 付近に折れ曲がりがあるとする Rothschild et al. (2011) の結果に矛盾しない結果になった。
- SMBH 質量が既知のセイファート銀河35天体について Excess Variance を計算し、SMBH 質量との相関を調べた。
  - 有意な相関は見られなかったが、モデルと矛盾はしない。
- 今後はより長期間のデータを用いて調べたい。