

「すざく」が確立した活動銀河核セントラルエンジンの新たな描像

野田 博文 (東大理)、牧島一夫 (東大理/理研)、山田 真也 (理研)



1. Introduction

- 活動銀河核(AGN)からの一次X線は、超巨大ブラックホール(BH)近傍に形成された高温電子雲において降着円盤の黒体光子が逆コンプトン散乱を受けて生成
- 多くのAGN研究において、一次X線スペクトルは単一(1種類)のベキ関数(PL)型と仮定 → 高温電子雲が、均一な物理パラメータの単領域であると仮定
- 単一PLから逸れるスペクトル構造は全て、強力な相対論効果[1]や複雑な電離吸収[2]の影響を受けた二次成分で解釈 → 極端なパラメータや異なる解釈の縮退の問題
- 信号をモデルや仮定に依らず成分に分解した上で、一次および二次X線を決定すべき

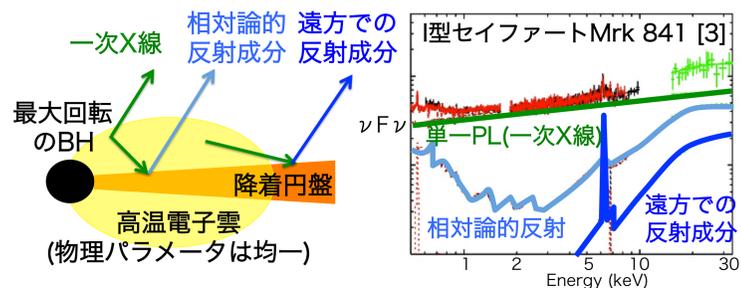


図1: 従来のAGN中心のジオメトリとX線スペクトル描像の一例。相対論的反射を生成するBH近傍のジオメトリ(左)とそれを用いたスペクトル解釈(右)。一次X線は単一PL型と仮定。

2. カウント-カウントプロット(CCP)を用いた新たな時間変動解析 [4,5,6,7]

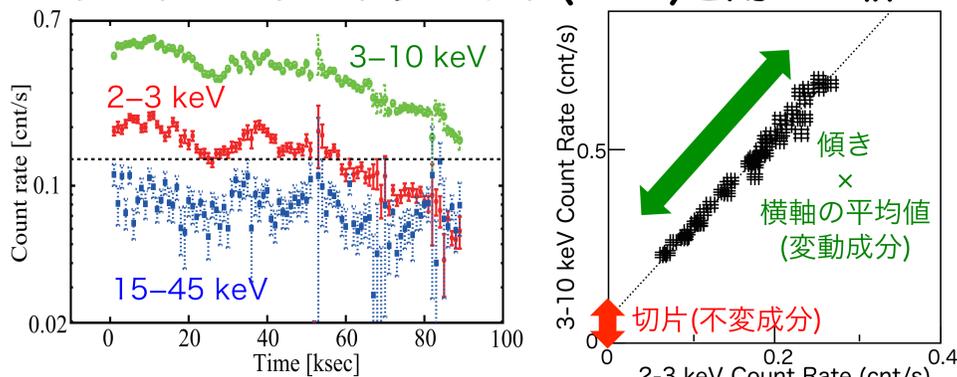


図2: 「すざく」で2009年に得られたI型セイファート銀河NGC 3516の三つのエネルギー帯域のライトカーブ(左)と、吸収を補正した後の異なるエネルギー帯域のカウントレート間のCCP(右)。

- C3PO法の手順 →
1. 3-45 keVを16個の細かいバンドに分割
 2. 横軸に2-3 keV、縦軸に細かいバンドを取ったCCPを16個作成
 3. 各CCPの傾きと切片を求めスペクトルに変換

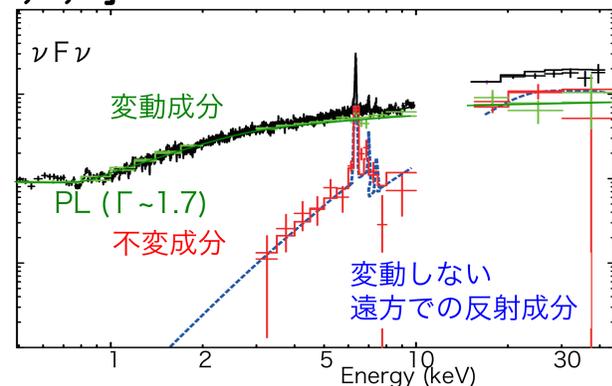


図3: NGC 3516の2009年「すざく」データにC3PO法を適用して得られた変動成分(緑)と不変成分(赤)と、それらをPLと反射モデルでフィットした結果。

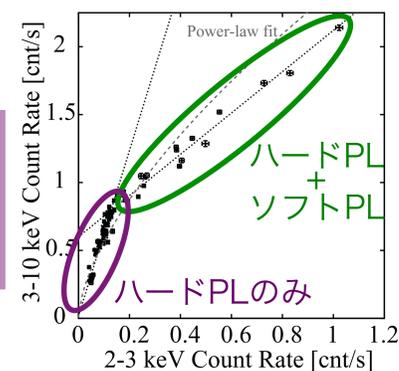
- 異なるエネルギーバンド間で作成したCCPが直線上に分布 → 変動成分はスペクトル形(吸収の大きさ、べき)を変えず、強度だけ変動
- CCPの傾きは変動成分、切片は不変成分の強度 → 時間変動から、モデルに依らずにスペクトルの成分分解に成功! (C3PO法)
- NGC 3516の2009年スペクトルは、観測中に変動するPL($\Gamma \sim 1.7$)型の一次X線と変動しない遠方で生成された反射成分でよく再現

3. I型AGNの硬X線帯域をC3PO法で系統解析 [8]

- 「すざく」I型AGNアーカイブの2-45 keV帯域にC3PO法を適用
- 一次X線はこれまで仮定されてきたような一種類のPLでなく、 $\Gamma \sim 1.7$ のハードPLと $\Gamma \sim 2.3$ のソフトPLの二種類が存在
- 一次X線がハードPLのみの天体と、ハードPL+ソフトPLで下に凸なスペクトル形を持つ天体に大別できることが判明
- これらの天体は、CCP上で二つの枝に分かれて分布 (2つの枝を1天体が示すことも → NGC 3516[7]、NGC 3227[9])

ハードPLのみの枝に分布した天体

MCG 3516 (2009)
NGC 3227 (Faint)
NGC 5548
NGC 2992
NGC 4593 etc



ハードPL+ソフトPLの枝に分布した天体

NGC 3516 (2005)
NGC 3227 (Bright)
MCG-6-30-15
NGC 4051
IC 4329A
NGC 3783 etc

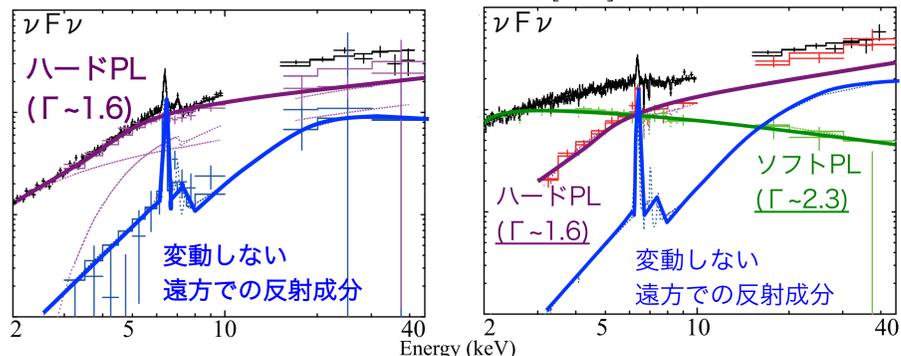


図4: NGC3227の2008年「すざく」データから作成したCCP(上)と、CCP上に現れた2つの枝にそれぞれC3PO法を適用して成分分解されたX線スペクトルおよびそのフィット結果(下)。

4. 質量降着率が支配する2つの硬X線PLの強度 [8]

- Eddington比 η に対し、ハードPLの全体に占める割合はどう変化? → 質量降着が小さいほど、ソフトPLは減少し、ハードPLが卓越
- $\eta \sim 0.01$ を境にスペクトル構成が大きく変化 → AGNの状態遷移か
- ハードPLはBH連星のハード状態のRIAFから生じるコンプトンに、ソフトPLはソフト状態の降着円盤に関連するハードテールに相当か → 「すざく」によりAGNセントラルエンジンの新描像が得られた

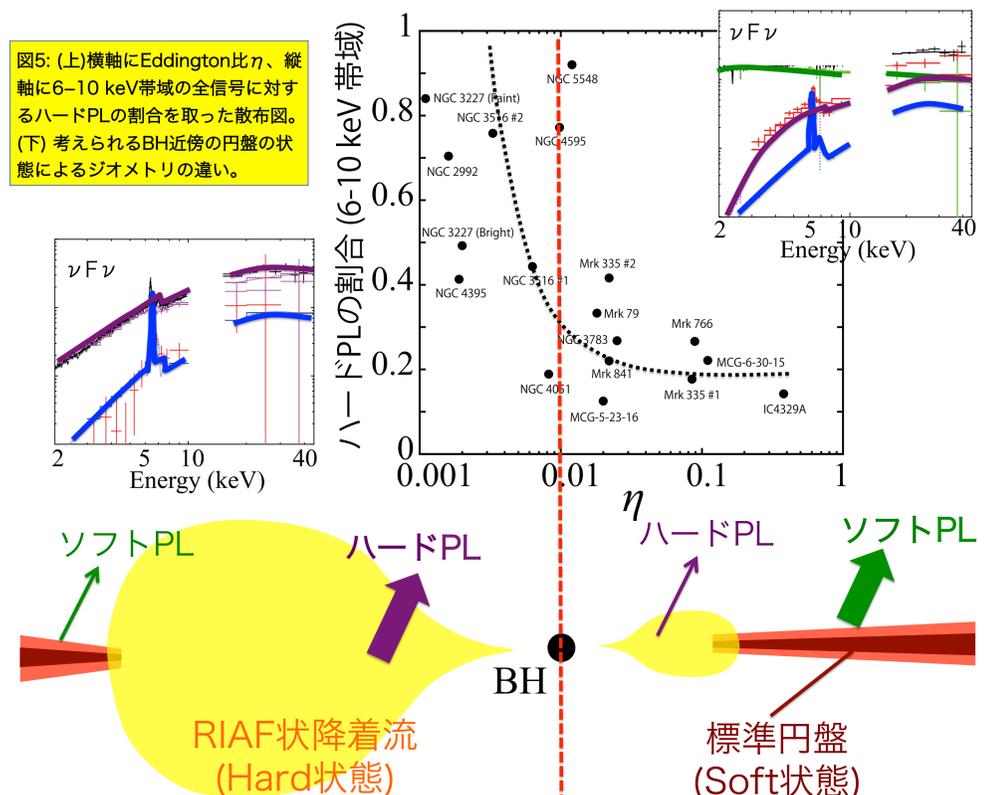


図5: (上)横軸にEddington比 η 、縦軸に6-10 keV帯域の全信号に対するハードPLの割合を取った散布図。(下)考えられるBH近傍の円盤の状態によるジオメトリの違い。

5. Summary

- カウント-カウントプロットを利用して、モデルに依存せずにスペクトルを成分に分解するC3PO法を開発し、「すざく」のI型AGNアーカイブの硬X線(2-45 keV)帯域に系統的に適用した。
- 一次X線は、従来の仮定のような1種類のPLではなく、 $\Gamma \sim 1.7$ のハードPLと $\Gamma \sim 2.3$ のソフトPLの2種類が存在することがわかった。一次成分がハードPLのみの天体と、ハードPL+ソフトPLである天体に大別できる。
- 質量降着が大きいとソフトPLが、小さいとハードPLが卓越する。さらにEddington比 ~ 0.01 を境に大きく状態が遷移するという、AGNセントラルエンジンの新たな描像が「すざく」によって得られた。

6. Reference

- [1] Miniutti他2007
- [2] Miller他2008
- [3] Cerrutti他2011
- [4] 野田他2011a
- [5] 野田他2011b
- [6] 野田他2013a
- [7] 野田他2013b
- [8] 野田博士論文2013東大
- [9] 野田他2014 submitted