



Swift衛星で探る活動銀河核からの X線と可視/紫外光の相関

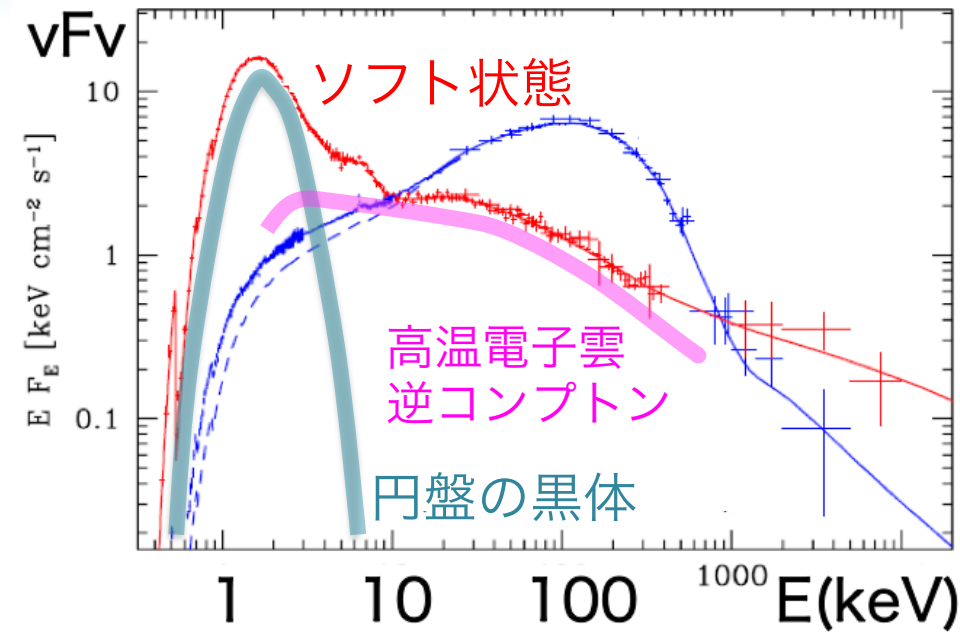
東北大学 学際科学フロンティア研究所

野田博文

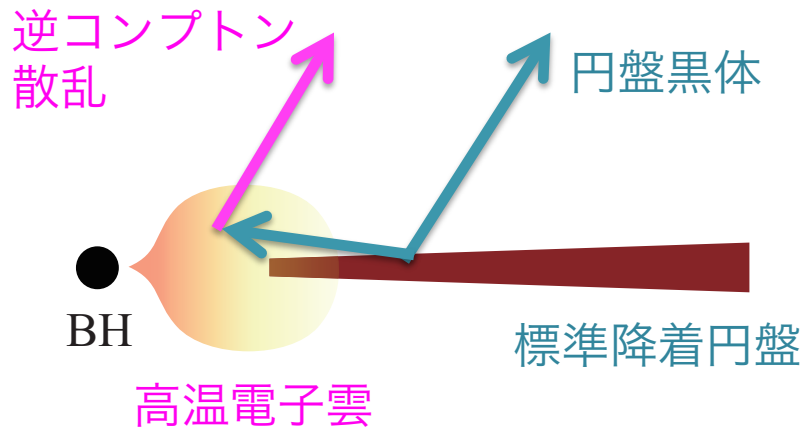
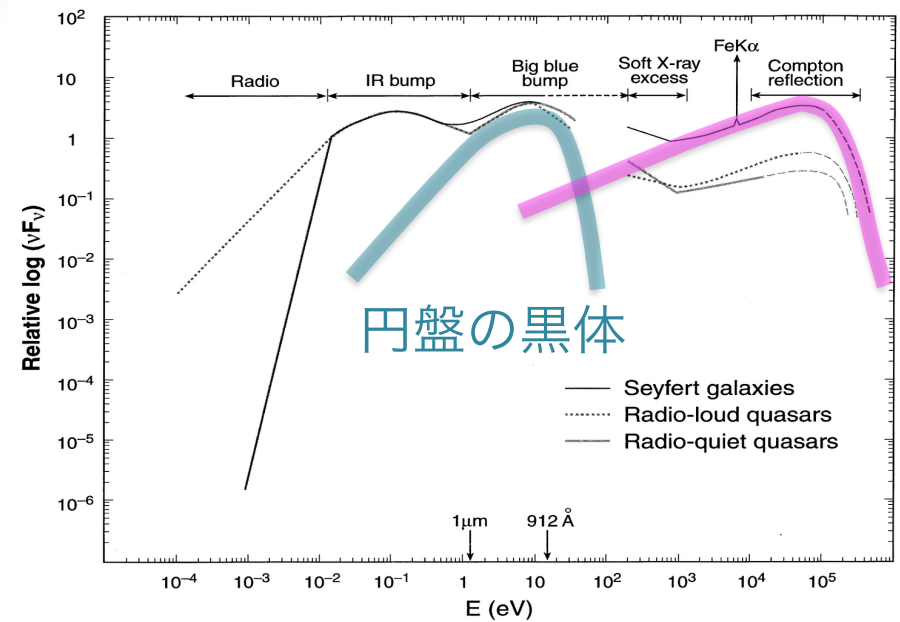
小久保充 (東北大)、峰崎岳夫 (東大天文センター)、牧島一夫 (理研)

1. BH連星とAGNのスペクトルの比較

Cyg X-1 (McConnell et al. 2002)



Quasar SED (Koratkar & Blaes 1999)



☆ BH連星もAGNも円盤黒体+高温電子雲のコンプトンでスペクトルが説明可

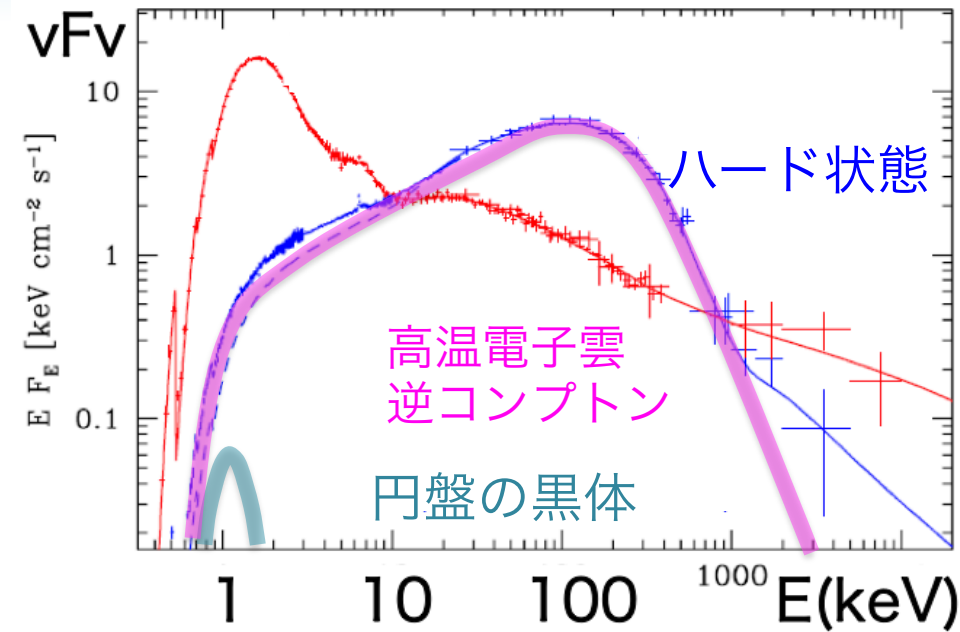
☆ BH連星は降着率が変わるとX線スペクトルが変化。降着流が状態遷移

☆ AGN降着流の状態は？ → 野田他16
降着率によって降着流の構造は変化？

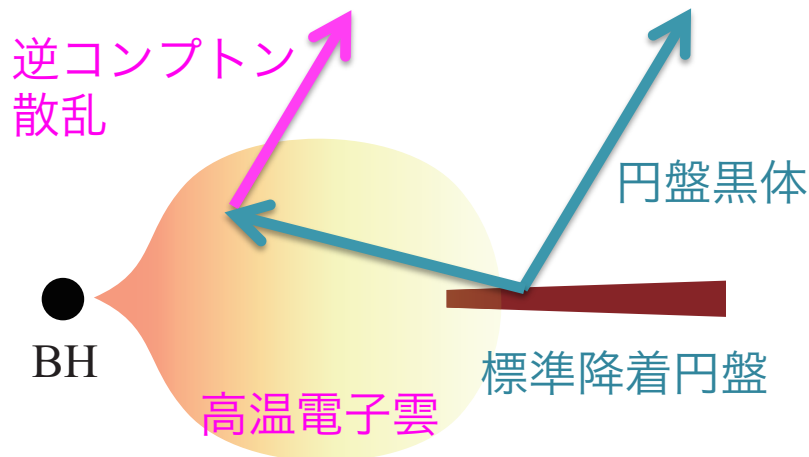
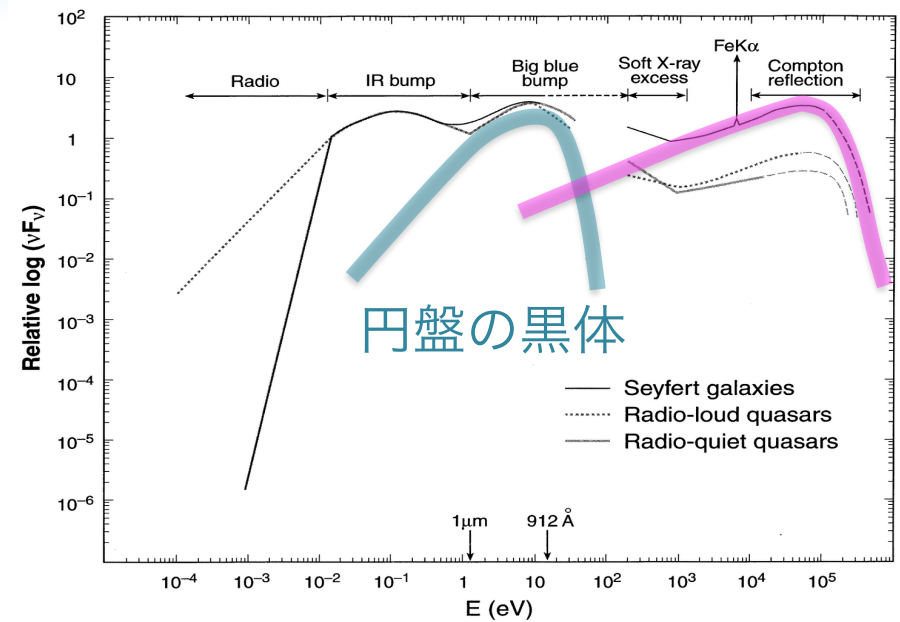
→ AGNのX線-可視光/UV同時観測に着目

1. BH連星とAGNのスペクトルの比較

Cyg X-1 (McConnell et al. 2002)



Quasar SED (Koratkar & Blaes 1999)



☆ BH連星もAGNも円盤黒体+高温電子雲のコンプトンでスペクトルが説明可

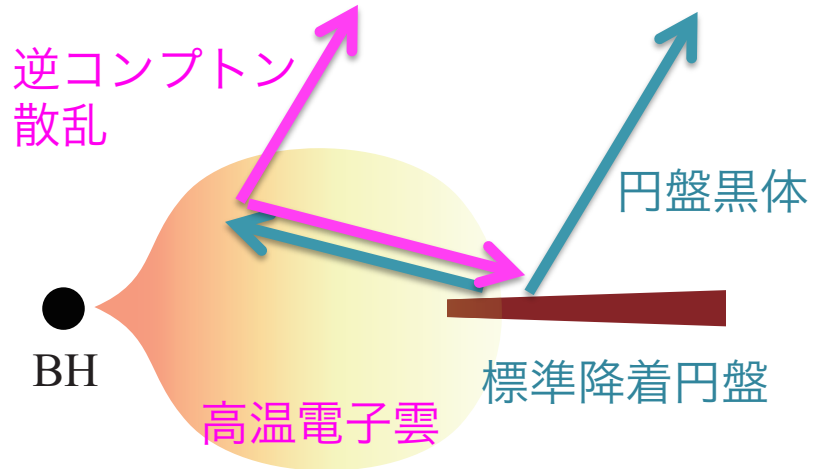
☆ BH連星は降着率が変わるとX線スペクトルが変化。降着流が状態遷移

☆ AGN降着流の状態は？ → 野田他16
降着率によって降着流の構造は変化？

→ AGNのX線-可視光/UV同時観測に着目

2. X線と可視光/UVの相関とSwift衛星

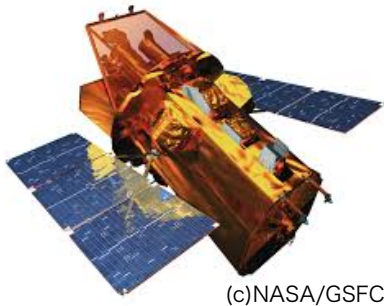
☆ BH連星と同様の描像に基づく、X線と可視光/UVの強度変動には良い相関



- ① 電子雲中の逆コンプトン散乱の種光子は円盤から供給
- ② 電子雲からのX線が円盤を照射し、円盤の温度が変化

X線が変動 $\Leftrightarrow$ 可視光/UVが変動

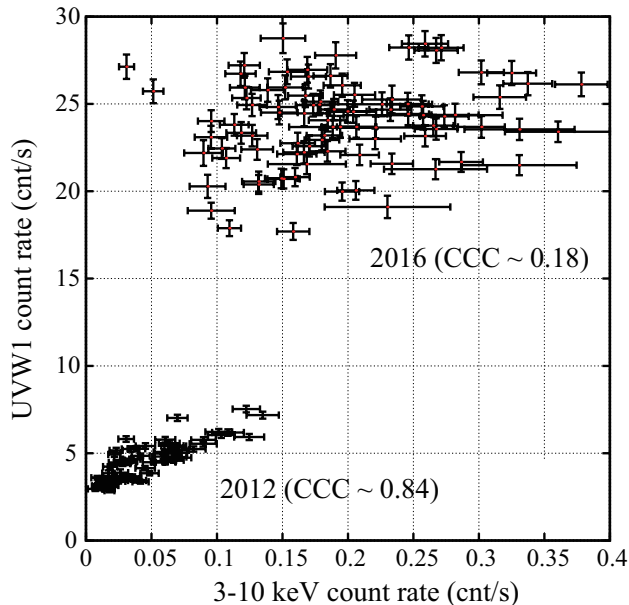
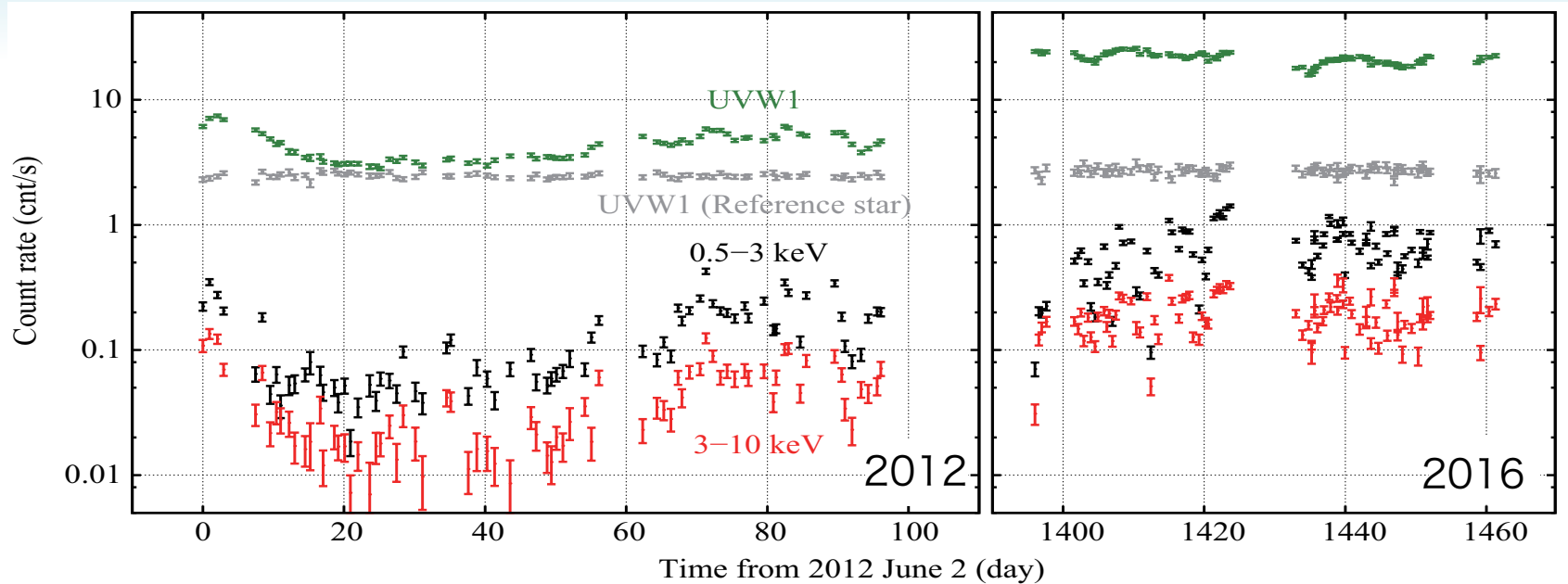
☆ X線と可視光/UVの同時モニタする Swift衛星



- ・ XRT が $\sim 0.1-12$ keV をカバー。露光時間は1回 ~ 1 ks
- ・ UVOT が V、B、U、UVW1(2600 Å)、UVM2(2246 Å)、UVW1(1928 Å) を撮像。母銀河は差し引いていない
- ・ 本研究ではBATは使用しない

☆ まず典型的I型セイファートNGC 6814 (BH質量 $\sim 1.4 \times 10^7 M_{\odot}$; Benz+15、エディントン比 $\eta \sim 0.01$; Walton+13) に着目。その後、複数を系統解析

3. NGC 6814の時間変動 (preliminary)



- ☆ 2012年はエディントン比 $\eta \sim 0.008$ と暗い
 - ・ X線も UV も数十日のタイムスケールで変動
 - ・ X線-UV が良く相関 (Troyer+16; 本研究)
- ☆ 一方 2016年は $\eta \sim 0.04$ と 5倍明るくなった
 - ・ X線の変動タイムスケールが数日に
 - ・ X線-UV の相関が著しく弱まった

➔ X線スペクトルの成分に変化はあるか？

4. UV-X線変動に対して主成分解析 (Preliminary)

☆ X線とUVの時間変動を利用して、大まかなスペクトル成分と形状を知りたい

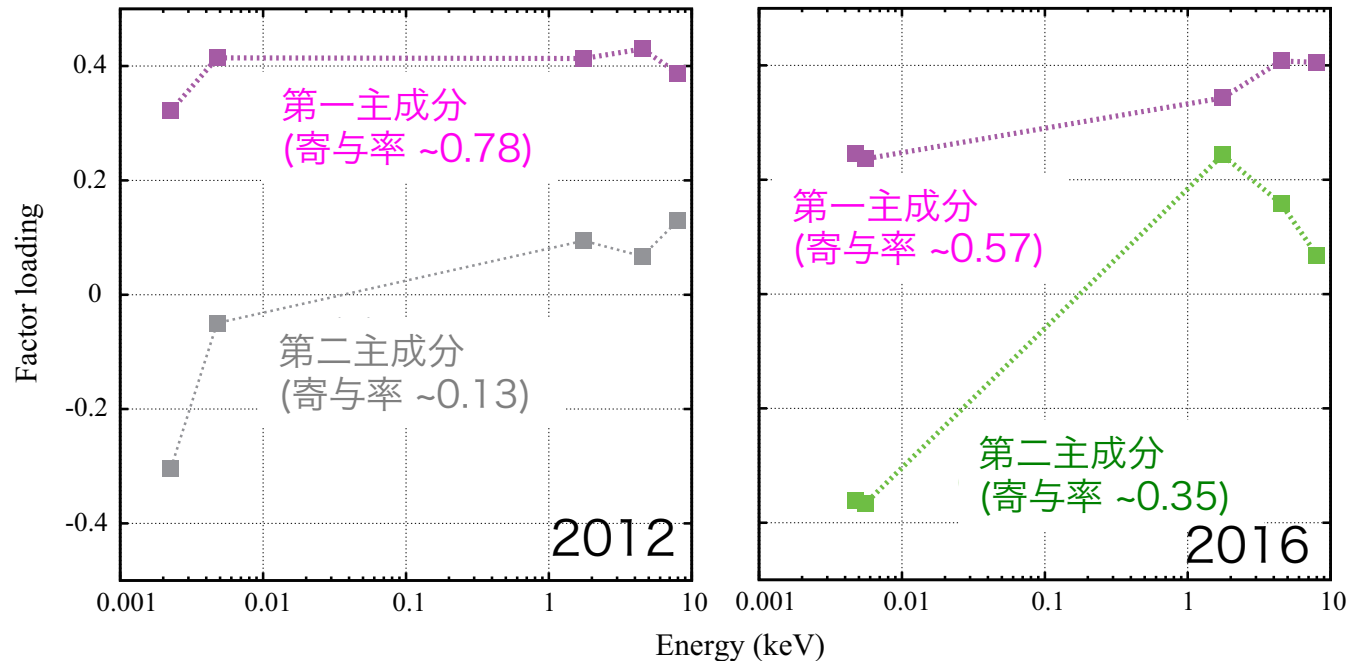
➔ 可視-UV 2バンド、0.3-3 keV、3-6 keV、6-10 keV (計5バンド)
にライトカーブを分割し、主成分分析

☆ 暗い 2012年は第一主成分のみが卓越 (寄与率~0.78)。UV-X線が同時に変動

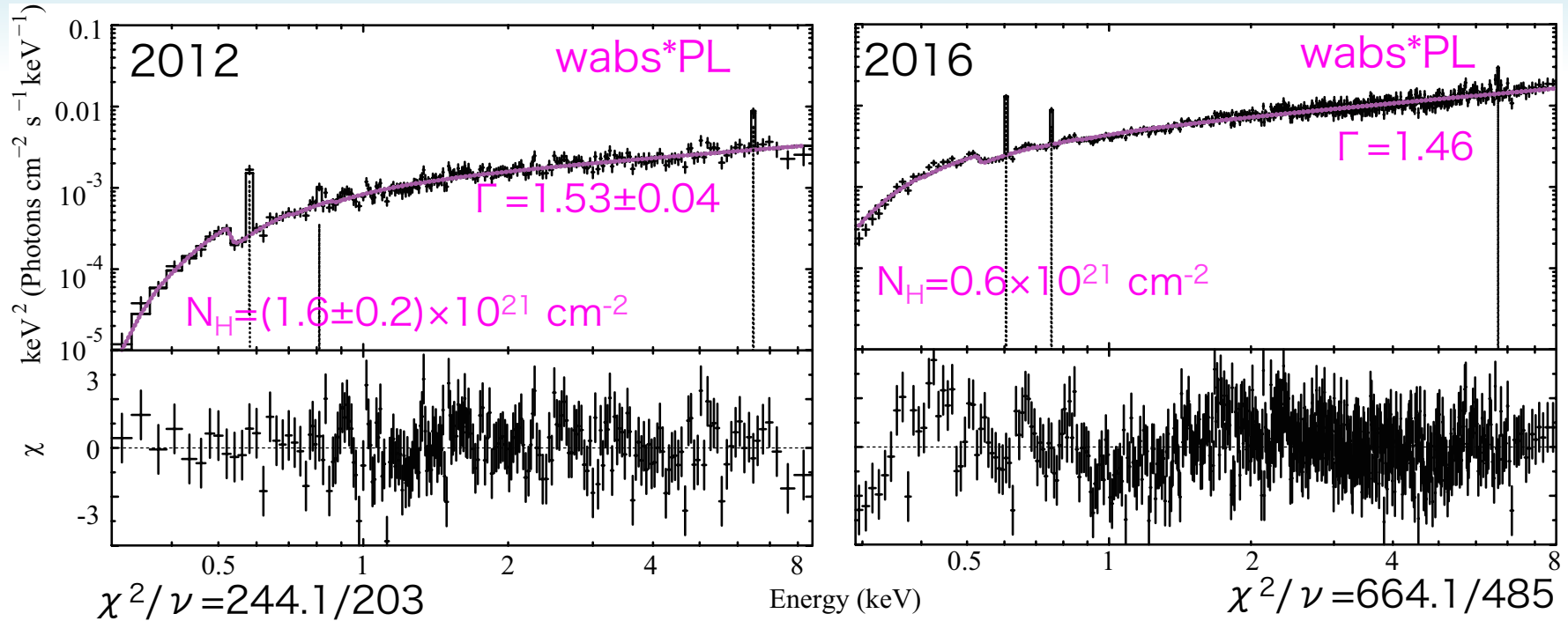
☆ 一方、明るい 2016年は、2成分が同等に寄与

第一主成分 (寄与率~0.57): UV-X線が正相関。X線はハードなスペクトル

第二主成分 (寄与率~0.35): UV と正相関しないソフトな X線スペクトル



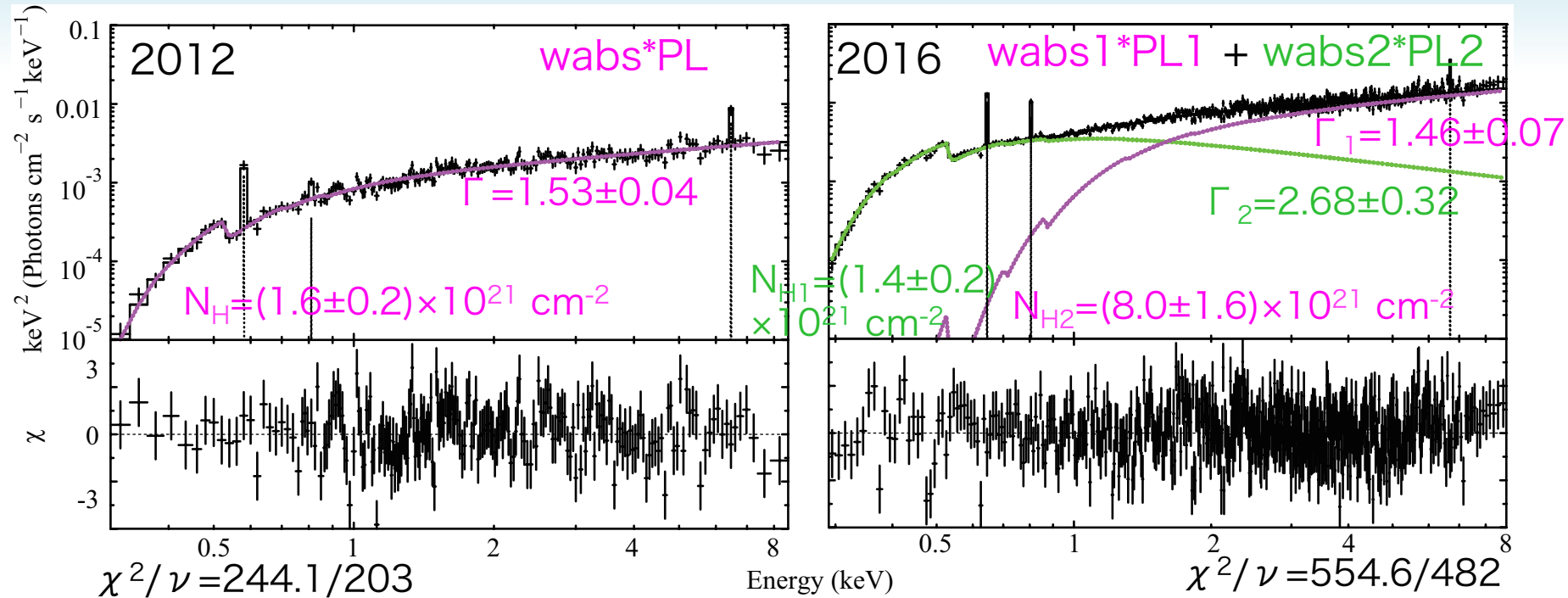
5. 時間平均スペクトル解析 (Preliminary)



☆ 暗い2012年は $\Gamma \sim 1.5$ のハードな成分で再現。 N_H は銀河系内の値と無矛盾

☆ 明るい2016年は同様の、単一のハード成分では再現できない

5. 時間平均スペクトル解析 (Preliminary)



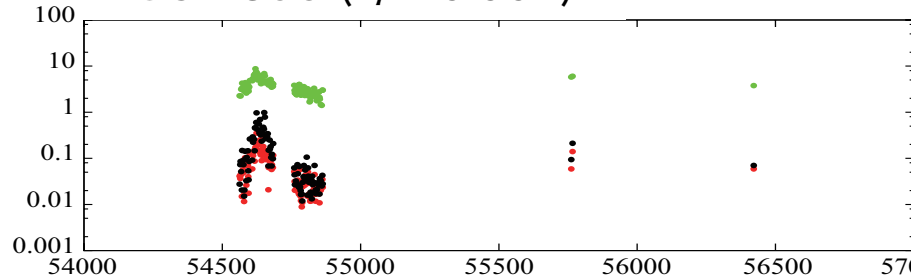
- ☆ 暗い2012年は $\Gamma \sim 1.5$ のハードな成分で再現。 N_H は銀河系内の値と無矛盾
- ☆ 明るい2016年は同様の、単一のハード成分では再現できない
- ☆ 2016年のスペクトルは、 $\Gamma \sim 2.7$ のソフトな成分($wabs2*PL2$)を加えると再現。
➔ 主成分解析 (2016年は第一、第二主成分が同等) とコンシステントな結果！

暗い2012年はUVと相関するハード成分のみ卓越する一方、明るい2016年は同じハード成分に加えて、UVと相関しないソフトな成分も同等に寄与

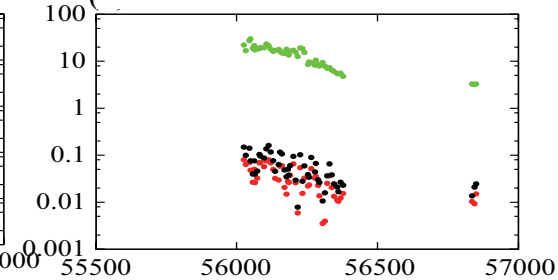
6. 他のセイファートの Swift ライトカーブ (Preliminary)

Swift で長期モニタされた代表的なセイファートのうち、 η が異なる 5 天体

NGC 4395 ($\eta \sim 0.001$)



NGC 3516 ($\eta \sim 0.01$)

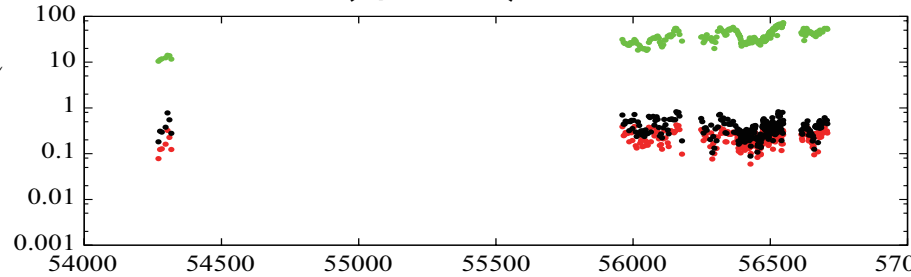


UV

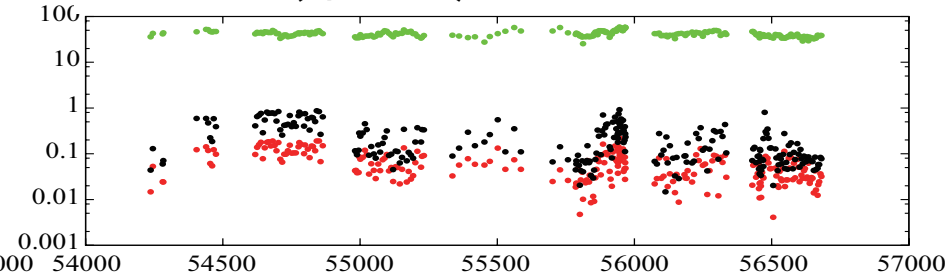
0.5-3 keV

3-10 keV

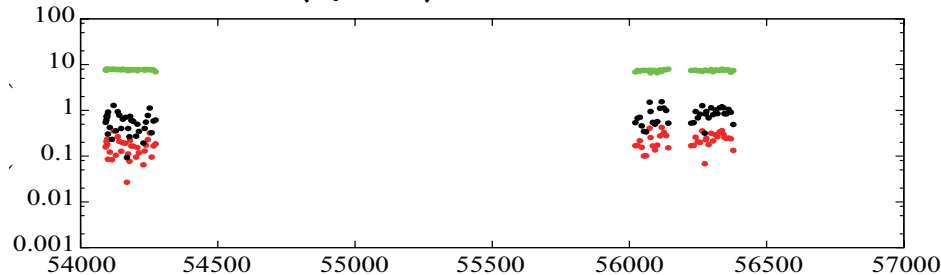
NGC 5548 ($\eta \sim 0.1$)



Mrk 335 ($\eta \sim 0.3$)



Mrk 766 ($\eta \sim 1$)



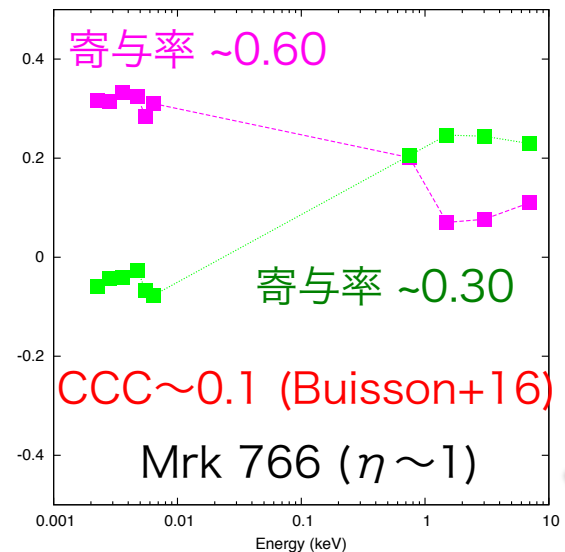
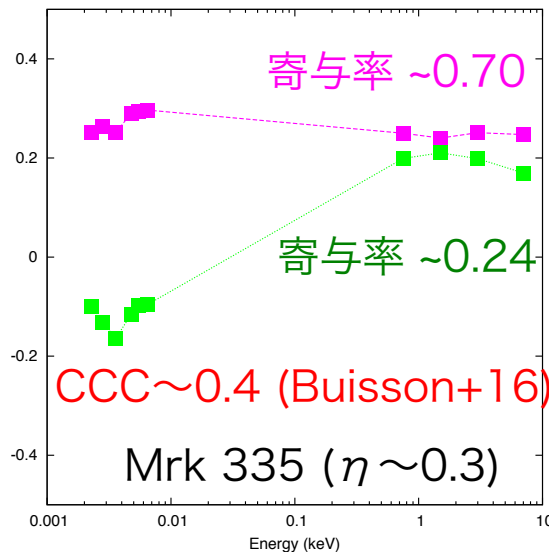
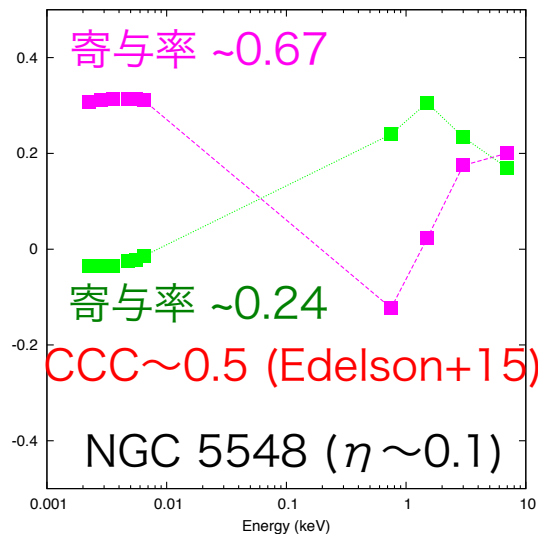
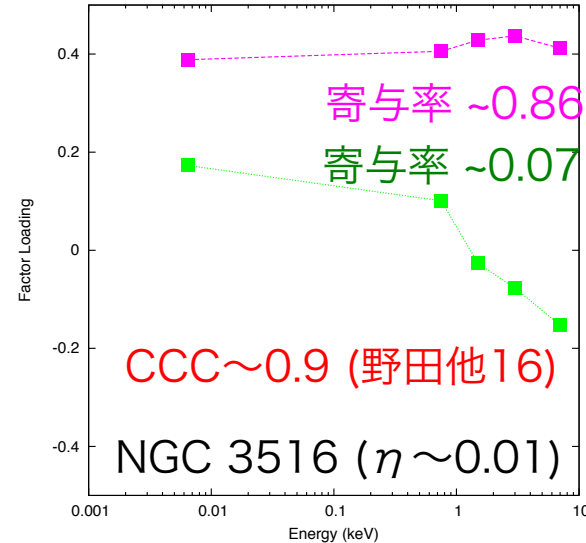
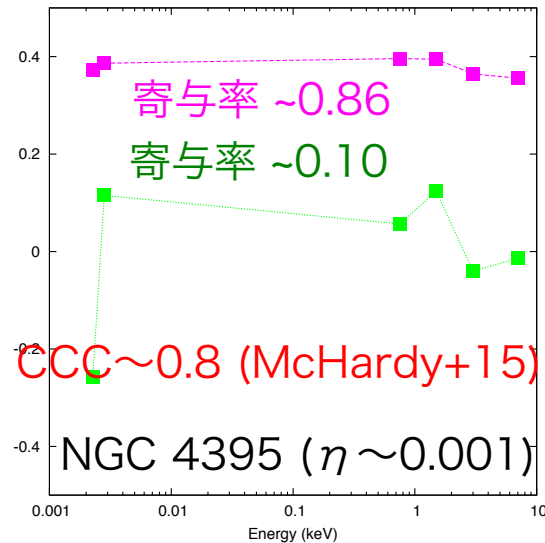
MJD

7. 複数セイファートの主成分解析結果 (Preliminary)

前スライドの時間変動に対して、NGC 6814と同様に主成分解析を行った結果

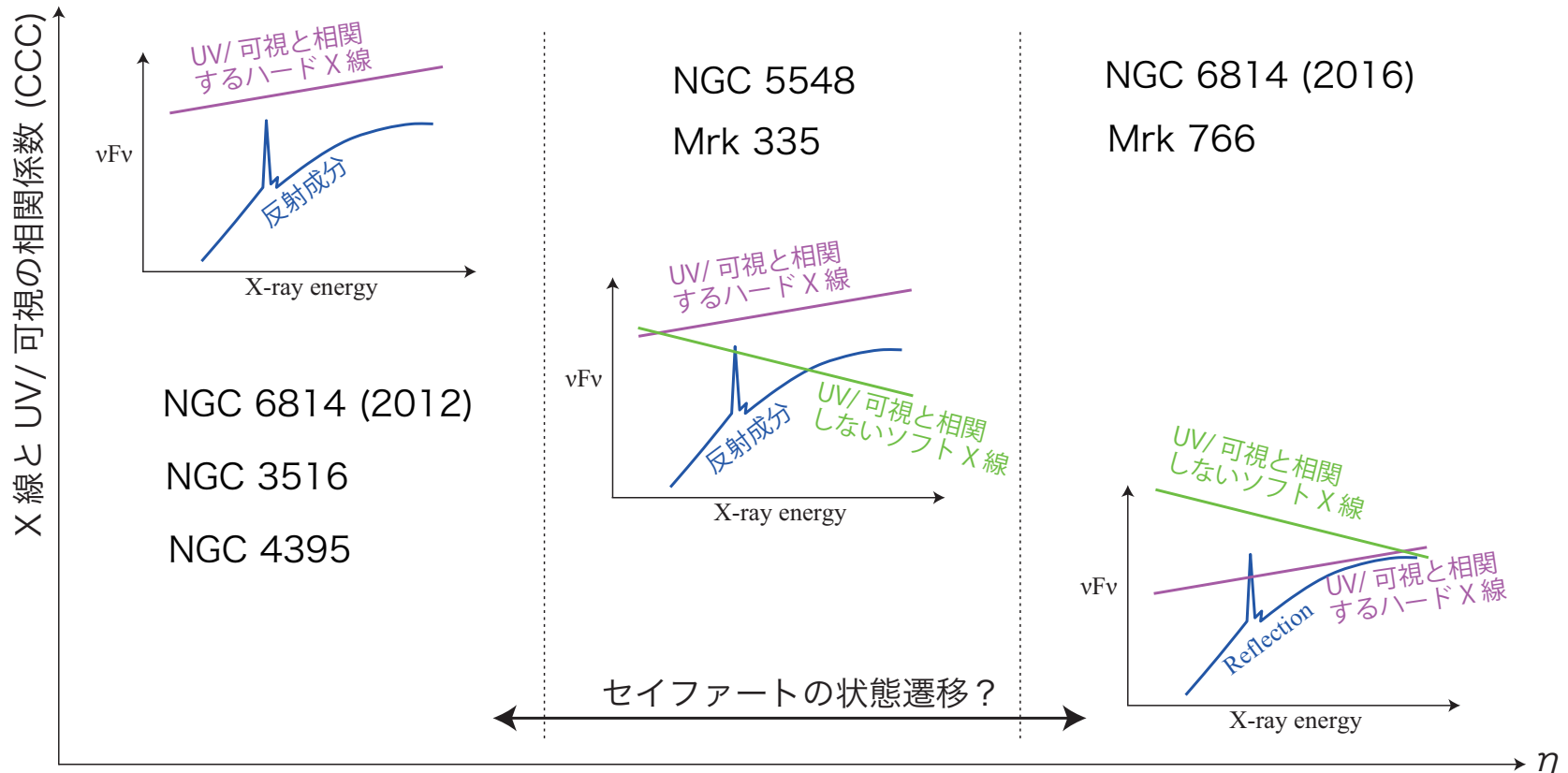
↑ X線と可視光/UVの間の相関係数 (CCC)

↓ 第二主成分の寄与率



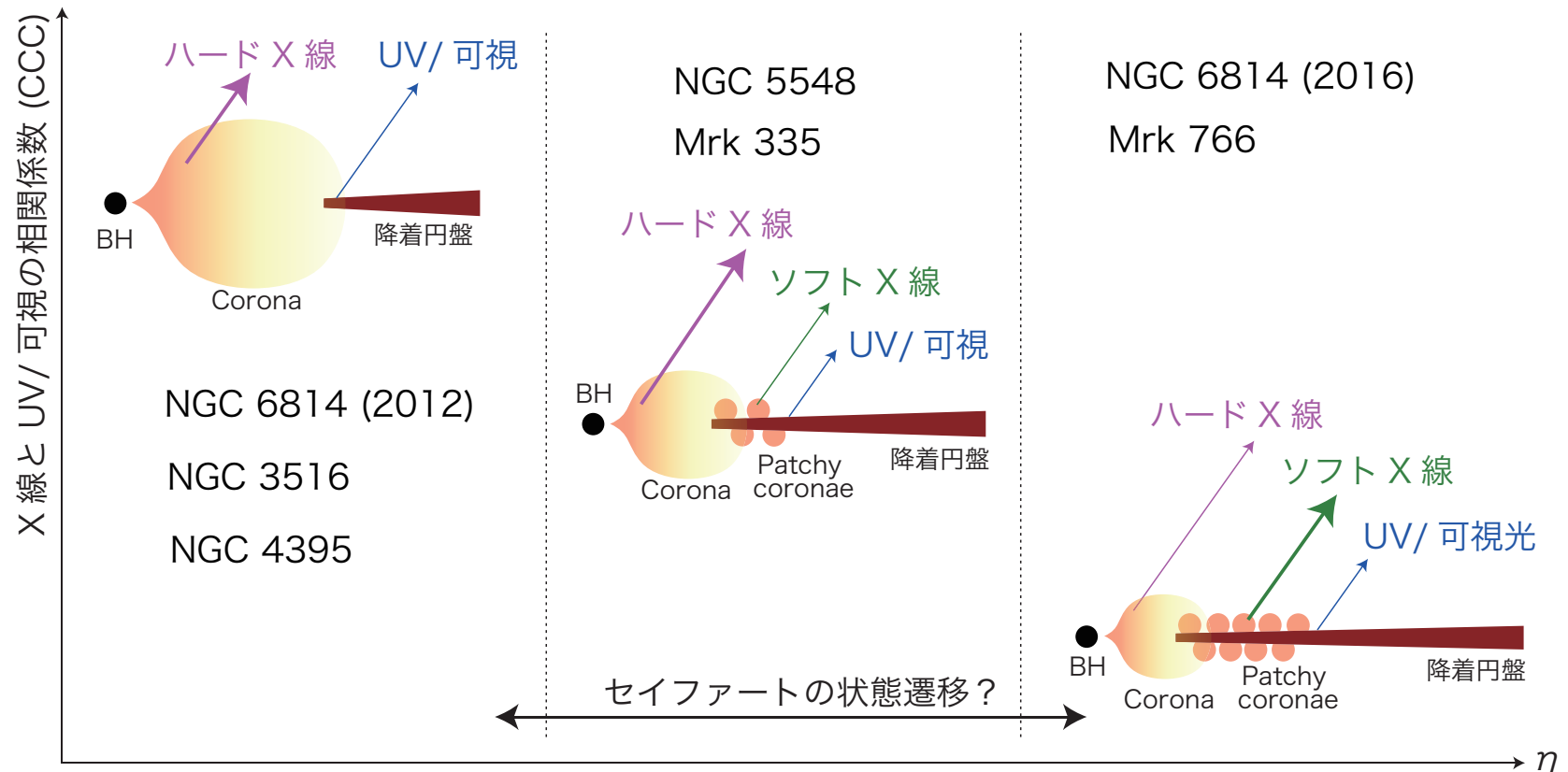
8. 考察: セイファートの状態遷移?

- ☆ 可視光/UVと相関するハードX線は常に存在 → BH 連星と同様のコロナ
- ☆ 降着率が上がると可視/UVと相関しないソフトX線が出現 → 別のX線領域
 - ・ NGC 6814 は ~4年で発生 → X線生成領域はコンパクト
 - ・ 可視/UVと相関しない → 円盤上に局所的に存在 or 円盤から遠い?
- ☆ BH連星とは異なるセイファート(AGN)特有の状態遷移に相当する可能性



8. 考察: セイファートの状態遷移?

- ☆ 可視光/UVと相関するハードX線は常に存在 → BH 連星と同様のコロナ
- ☆ 降着率が上がると可視/UVと相関しないソフトX線が出現 → 別のX線領域
 - ・ NGC 6814 は ~4年で発生 → X線生成領域はコンパクト
 - ・ 可視/UVと相関しない → 円盤上に局所的に存在 or 円盤から遠い?
- ☆ BH連星とは異なるセイファート(AGN)特有の状態遷移に相当する可能性



9. 結論

- AGNが放射するX線と可視光/UVの強度変動には良い相関が期待されるが、実際には天体ごとに相関はまちまち。
- SwiftアーカイブのAGNデータを解析し、典型的なI型セイファートNGC 6814が、暗かった2012年はX線と可視光の強い相関を示した一方、明るかった2016年には相関が弱くなったことを発見。
- 主成分解析と時間平均スペクトル解析から、暗い時間帯には可視光/UVと連動するハードX線が卓越するのに対し、明るい時間帯にはそれに加えて可視光/UVと相関しないソフトX線が現れることが判明。その他のセイファートを比較すると、同様の傾向を発見。
- セイファートは質量降着率が上がると、降着円盤から離れているか、円盤を局所的に覆うX線放射領域が新たに生じ、BH連星とは異なる、AGNの状態遷移に相当する可能性が見えて来た。