

AGNの鉄のK輝線を含む反射成分を用いたトーラス構造の推定

○林数馬、深沢泰司（広島大学）

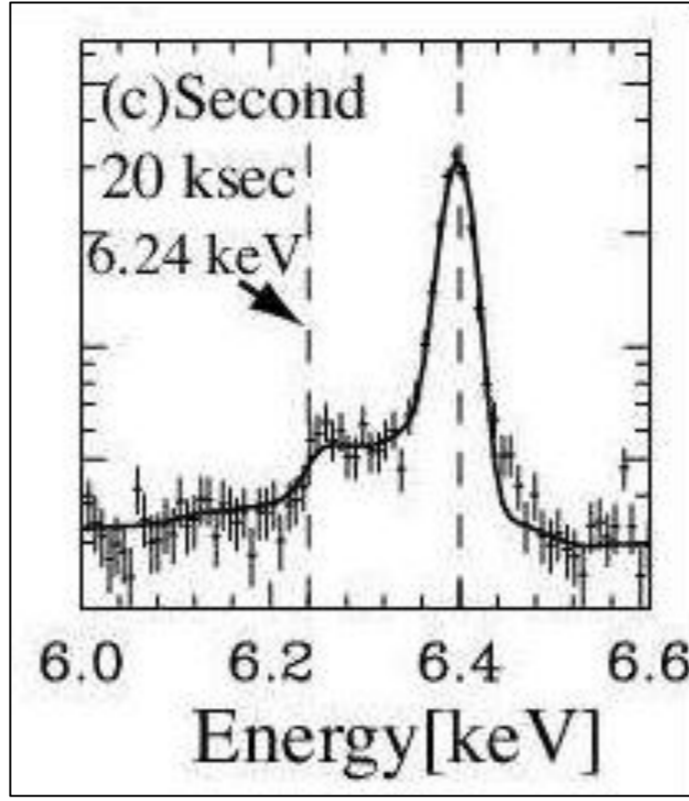
序論 AGNの反射成分

AGNのX線スペクトル=直接成分+反射成分
 今までの反射成分のモデル(Xspecのpexravなど)
 →連続成分の見積りのみで鉄などの元素の蛍光X線輝線が入っていない!

Ikeda et al.(2009)のようにシミュレーションを用いたモデルや鉄輝線、シミュレーション結果を関数近似化したモデル(Xspecのpexmon)などがある

ただし、鉄輝線を含むモデルは存在するが、**多重散乱であるCompton shoulderを考慮した研究は少ない**

Compton shoulder



Compton shoulderは鉄輝線が周りの物質により多重散乱されることにより、低エネルギーテールのような構造が形成される。

X線連星GX301-2のCompton shoulder (Chandra HETG)

AGNは暗いため現状では分解できないが、ASTRO-Hであれば分解が期待されている

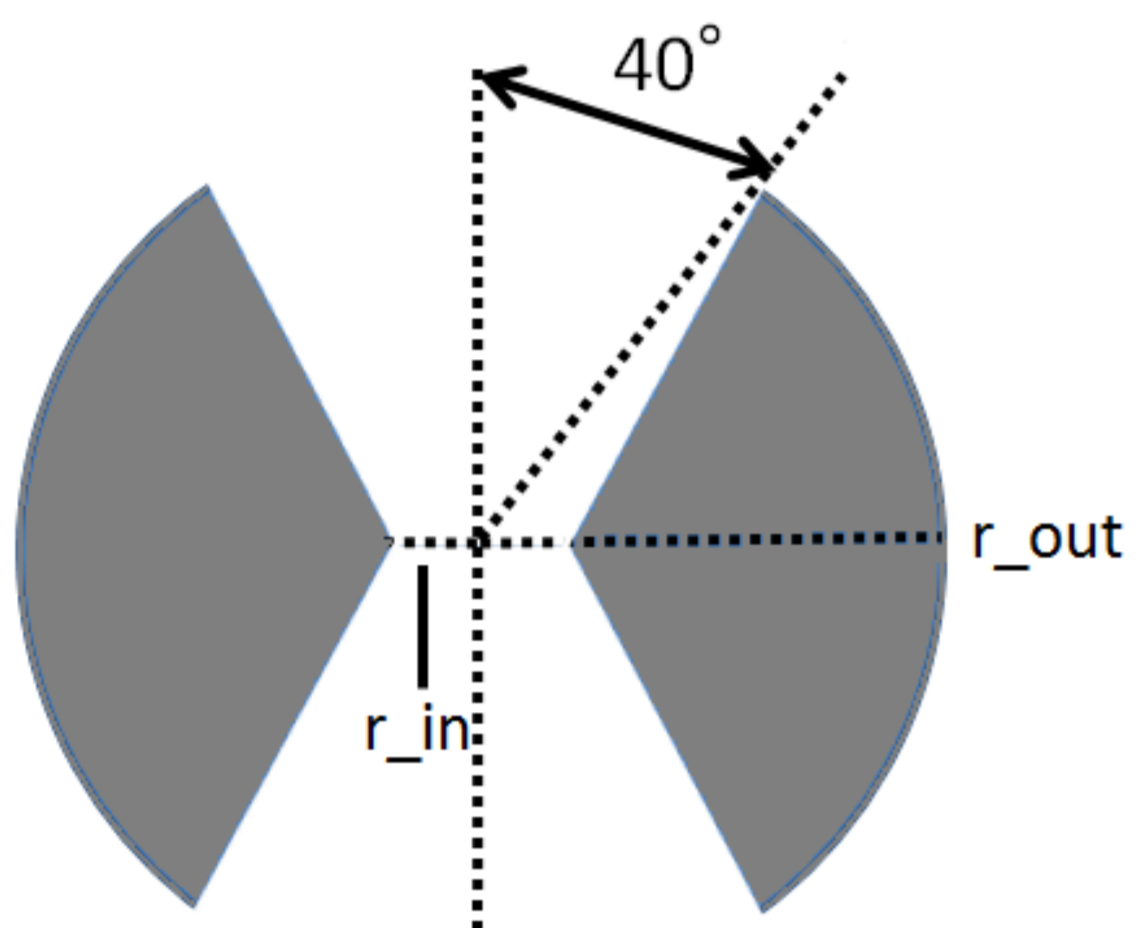
本研究の目的

次期X線天文衛星ASTRO-HではCompton shoulderは重要なサイエンスとなりうる。そこで、シミュレーションを用いてトーラスを再現することで反射成分の鉄輝線、Compton shoulderがトーラスの密度、傾斜角によりどのように振る舞うかを調査した。

また、得られた結果をテーブル化してXspec用反射成分モデルを構築し、「すざく」で観測された鉄輝線の強い5天体に適用し、現在のX線CDでトーラスの傾斜角、密度に制限をつけられるか試行した。

シミュレーション

モンテカルロ・シミュレーションの環境



用いたトーラスモデルの概略図

シミュレーションはIkeda et al.(2009)のジオメトリに基づき行った。

・使用したソフトウェア

・Geant4 ver9.2 patch04

・仮定した条件

・物質組成は太陽組成比を仮定 Anders&Grevesse(1989)

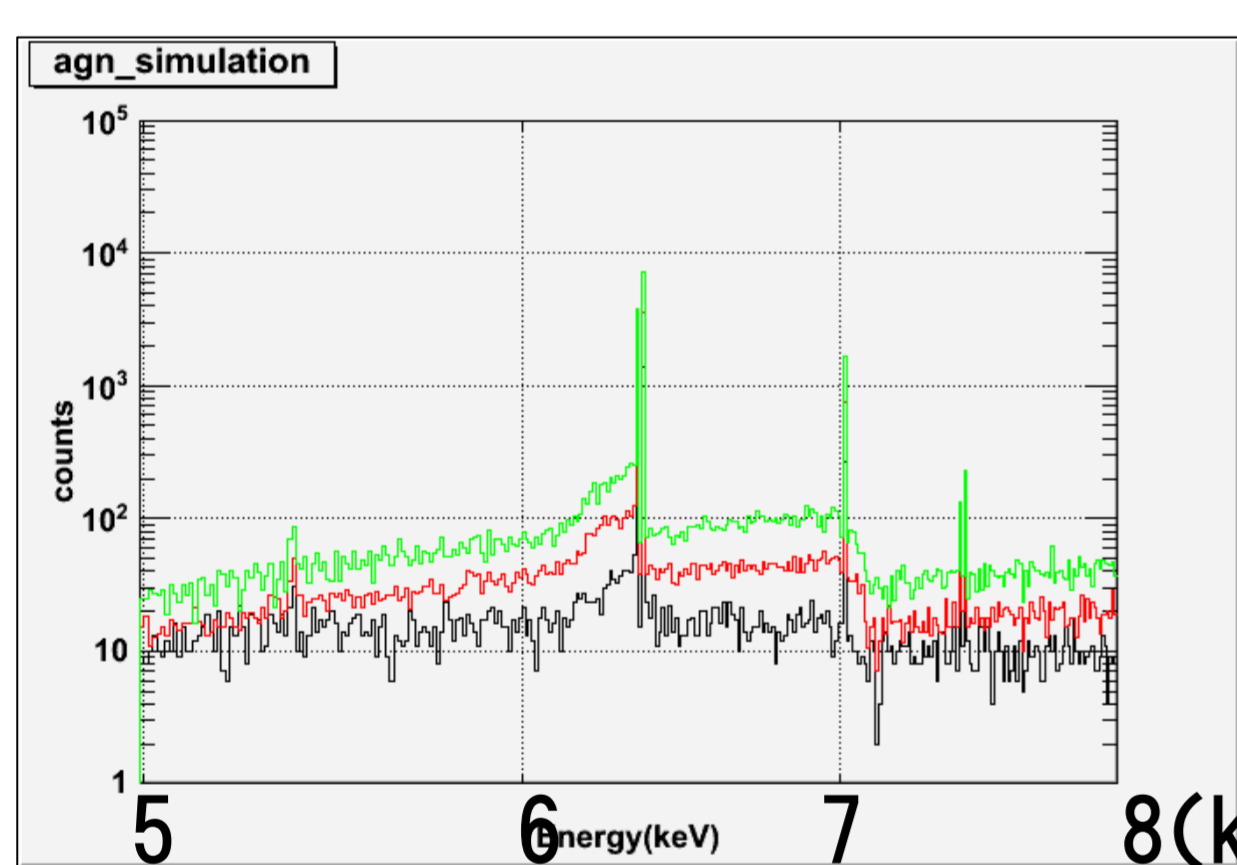
・入射光子は中心から E^{-2} に比例する 1.5~100 keVの光子を等方的に入射

・ $r_{in}/r_{out} = 0.01$ を仮定

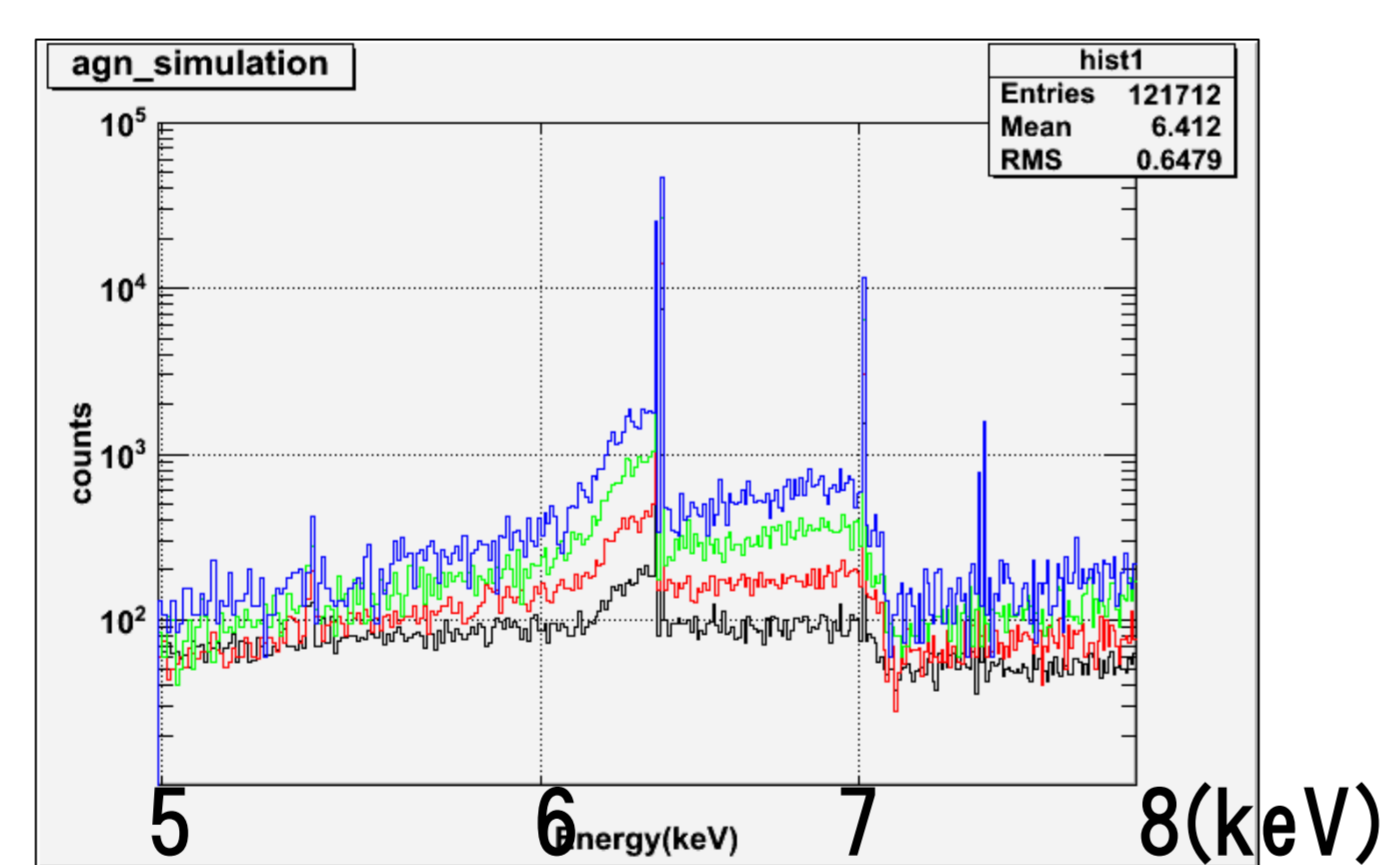
この条件で、**トーラスの光学的厚さ τ** 、**トーラスの視線方向に対する傾斜角**、**鉄のアバundance**、**half opening angle**を変化させてシミュレーションをおこなった。

スペクトルの振る舞い

Half opening angleは40°に固定した。見やすくするためスペクトルの位置を上下に適宜ずらして示している。



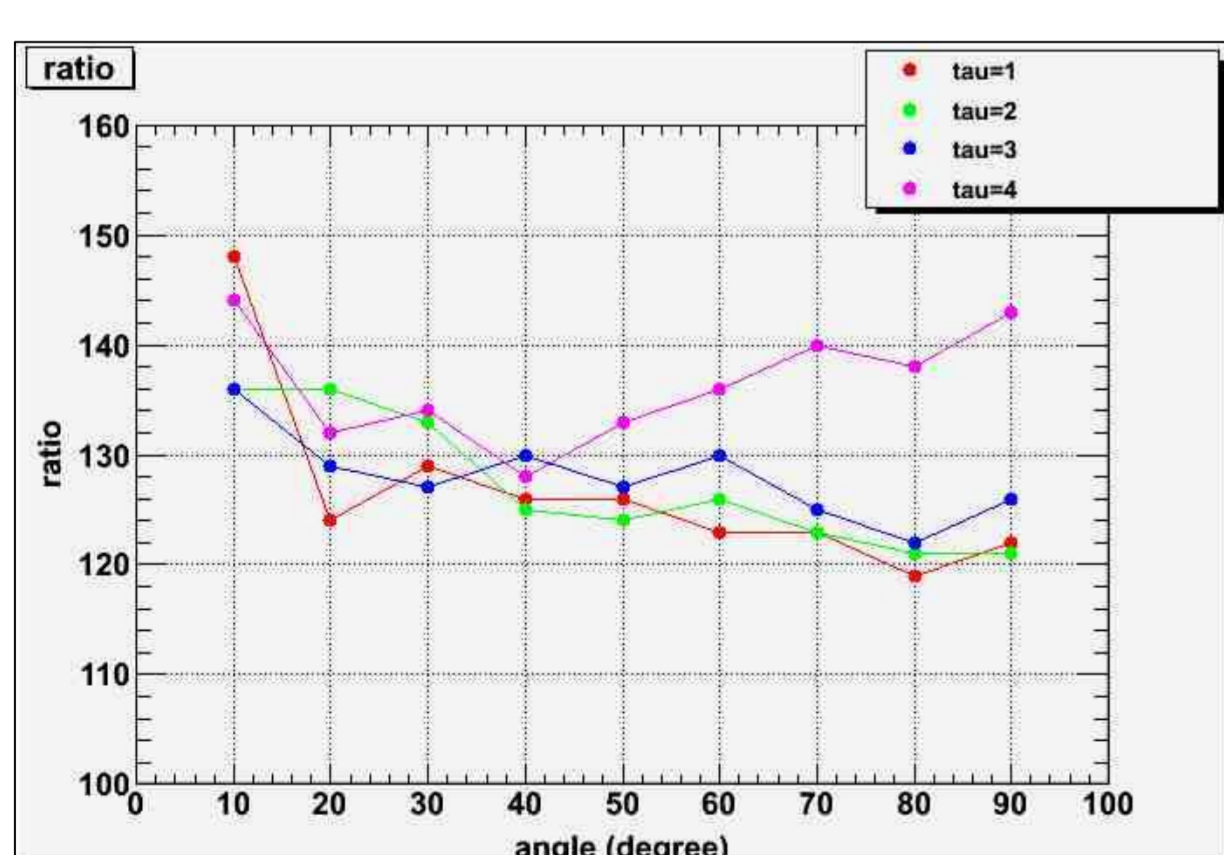
鉄輝線付近のスペクトルの、トーラスの傾斜角依存性
 黒: 0-10°, 赤: 50-60°, 緑: 80-90°



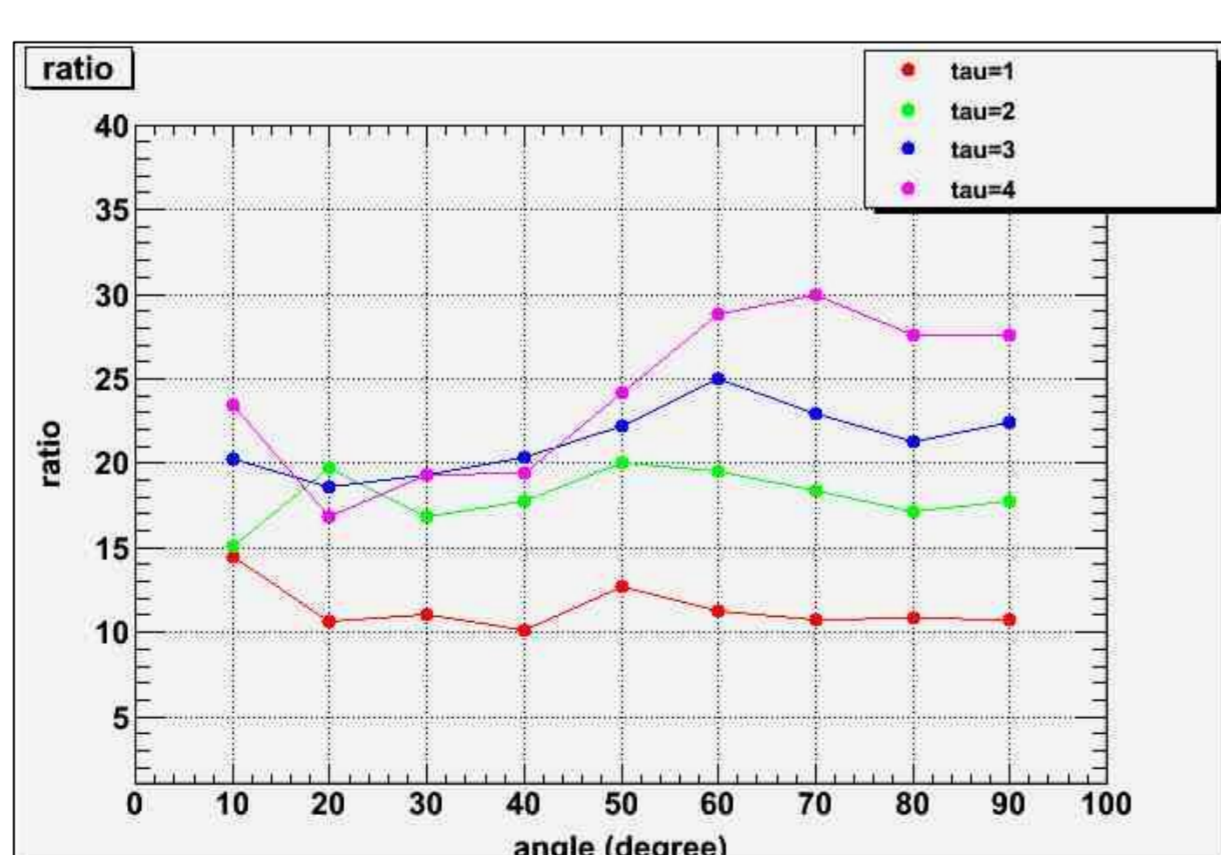
鉄付近のスペクトルの光学的厚さによる違い
 黒: $\tau = 1$ 赤: $\tau = 2$ 緑: $\tau = 3$ 青: $\tau = 4$

左図からトーラスの傾斜角が大きいほど、Compton shoulderが強くなるのがわかる。また右図から光学的厚さが大きくなるほどCompton shoulderが強くなるのがわかる。

このスペクトルから、連続成分に対する鉄輝線とCompton shoulderの割合を求めたものを、以下に示す。



連続成分に対する鉄輝線の割合のトーラス傾斜角依存性



連続成分に対するcompton shoulderの割合のトーラス傾斜角依存性

●: $\tau = 1$ ●: $\tau = 2$ ●: $\tau = 3$ ●: $\tau = 4$

シミュレーションによって、**光学的厚さ**、**鉄のアバundance**、**トーラスの傾斜角**を独立に変化させて得たスペクトル群をテーブル化して、Xspec用モデルスペクトルを構築した。

このモデルを用いて、すざくで観測したAGNの解析を行った

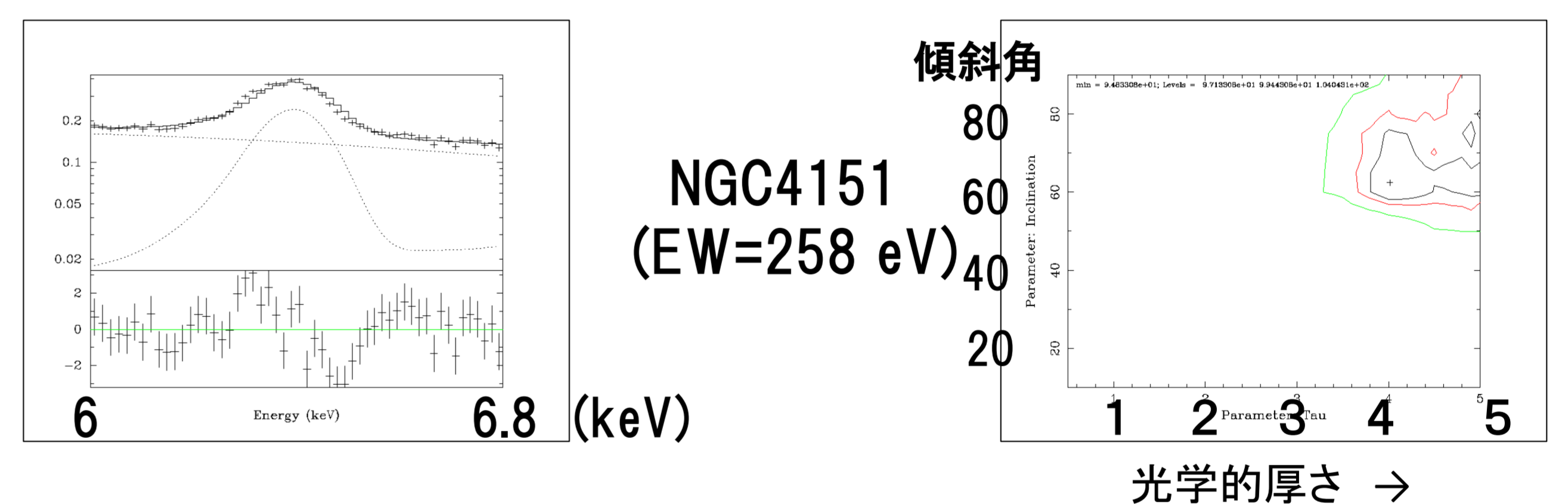
天体への適用と考察

モデルフィットの条件

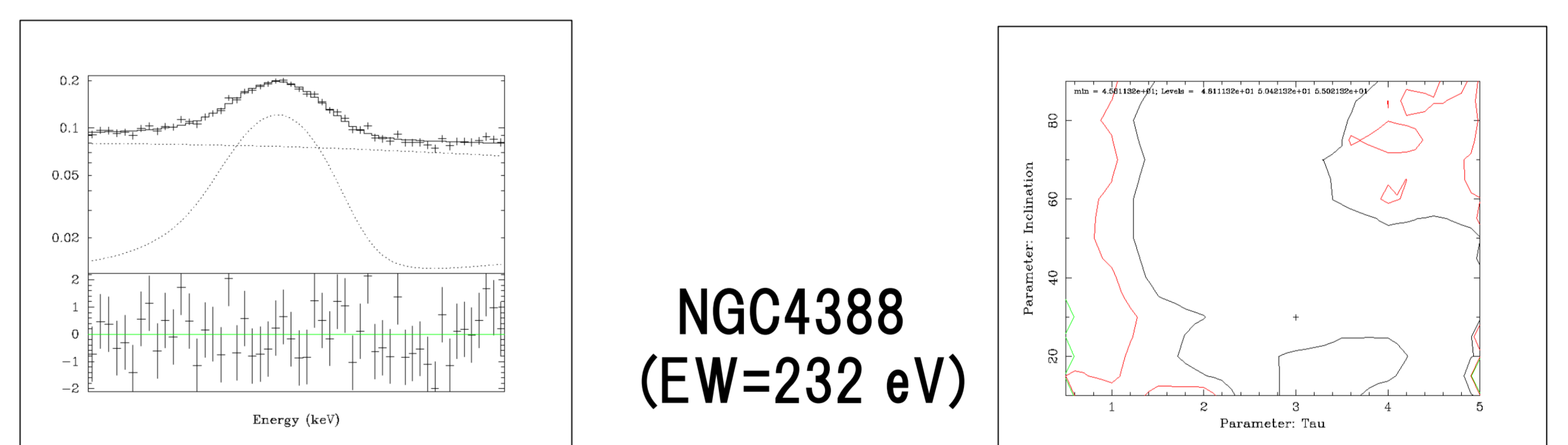
- ・フィットにはXspecを用いて、モデルは **powerlaw*wabs+反射モデル** とした。
- ・フィット範囲は6.0~6.8 keVを用いた。
→鉄輝線でパラメータを制限できるかを確認するため。
- ・鉄のアバundanceは1.0に固定した。
→光学的厚さと傾斜角の関係を見るため。

モデルを適用した結果、全体として τ が1~5となっており、考えられるトーラスの値としてはリーズナブルな値になっている。一方、トーラスの傾斜角度は、あまり制限できていないが、NGC4151はCompton shoulderの兆候が見えており、70-90°に制限できている。ただし、鉄のabundanceの評価や、disk-lineの評価、XISのエネルギーレスポンスの不定性もあるため、今後つめていく必要がある。

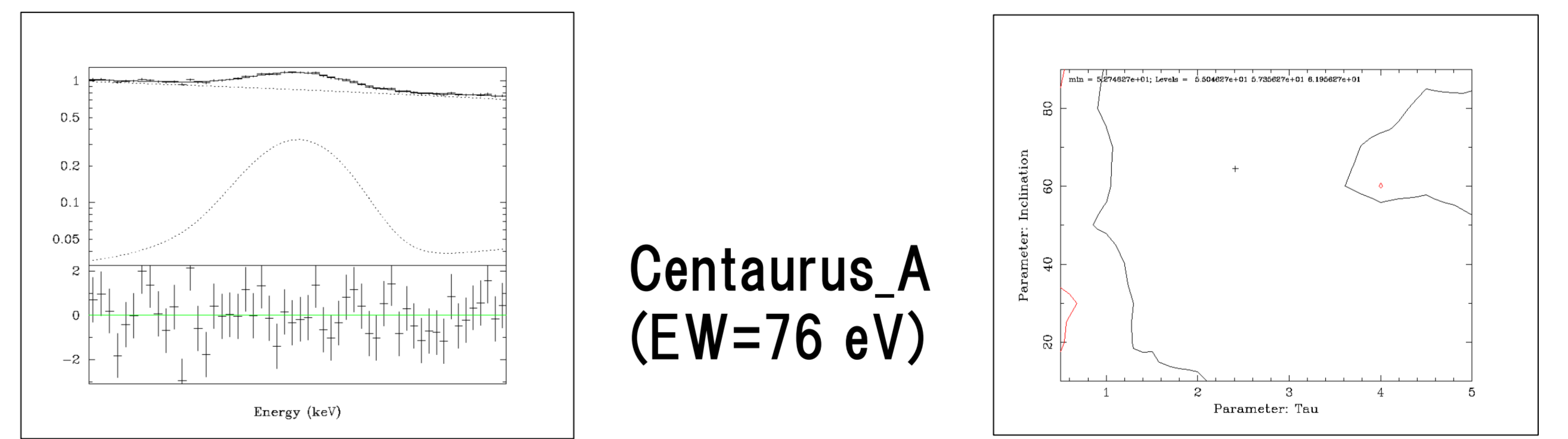
左図はスペクトル、右図はConfidence contours. 横軸が光学的厚さを表し、縦軸がトーラスの傾斜角を表す



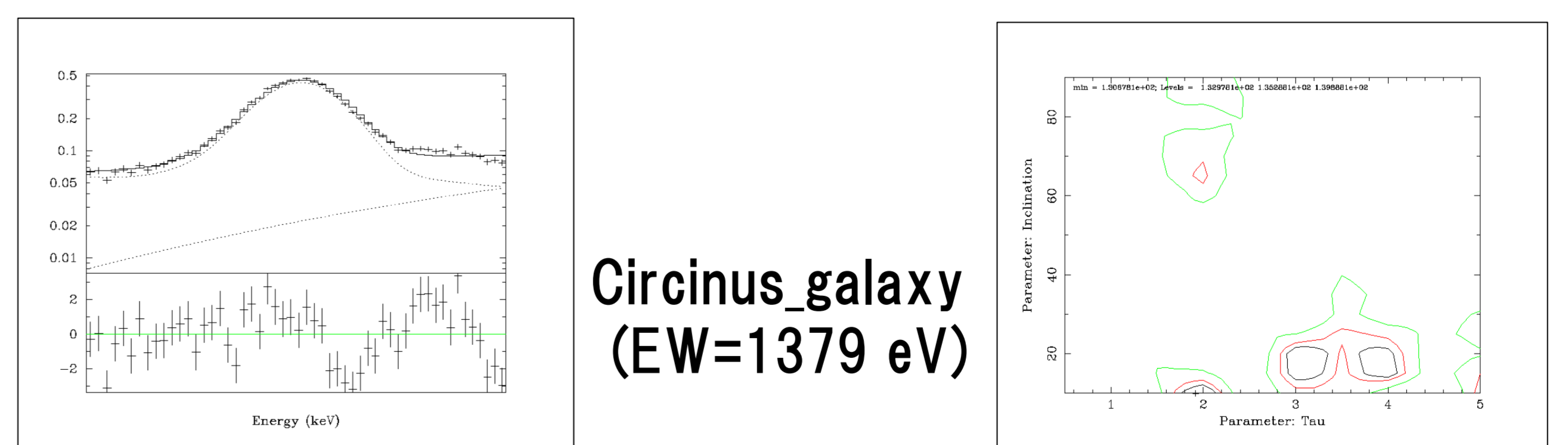
NGC4151 (EW=258 eV)



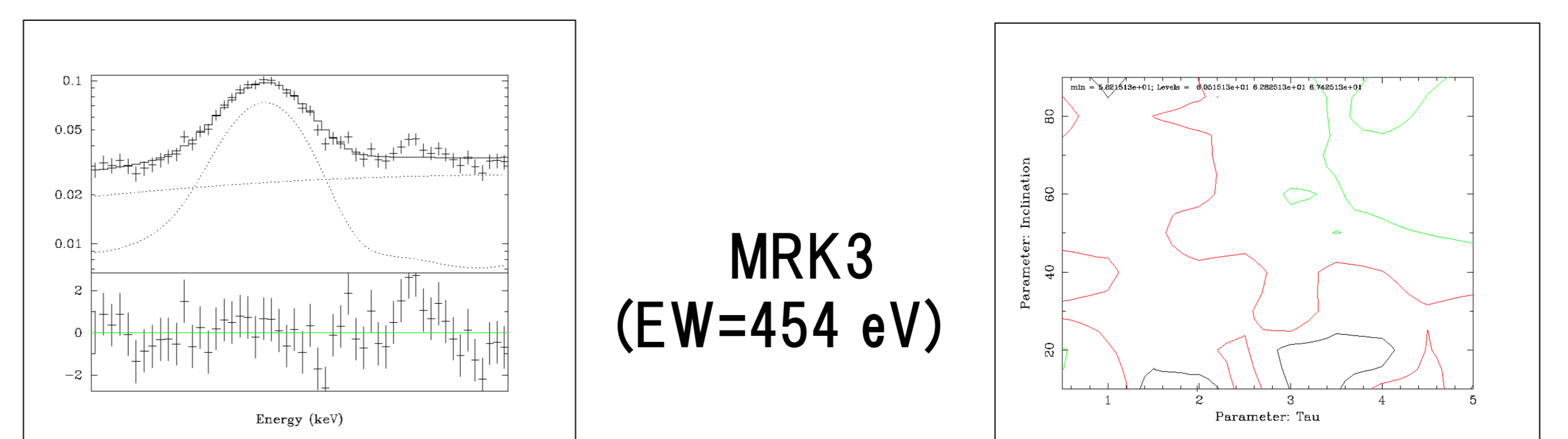
NGC4388 (EW=232 eV)



Centaurus_A (EW=76 eV)



Circinus_galaxy (EW=1379 eV)



MRK3 (EW=454 eV)