

X線天文衛星 すざく搭載WAM (Wideband All-sky Monitor) による CygX-1の地食モニター



浅野 哲也、深沢 泰司、大野 雅功、高橋 拓也、上原 岳士(広島大理)、山岡 和貴(青山学院大理)、田代 信(埼玉大理)、玉川 徹、寺田 幸功(理化学研究所)、他HXDチーム

X線天文衛星「すざく」に搭載されているWAMは、広くて厚いBGOと光電子増倍管から構成され、Hard X-ray Detector(HXD)のアクティブシールドとして設計された。各面につき800cm²の有効面積を持ち、WAMはほぼ全天を観測することができるため、トランジェント天体の地食観測に適している。地食観測は、CGRO衛星BATSEによる観測実績がある。トランジェント天体を地食観測することの目的は、銀河系内のブラックホール天体など明るい天体を長期間、軟ガンマ線でモニターし、ブラックホール特有のハードテールの時間変動の様子を明らかにすることである。ここでは、Crabを用いた地食観測のキャリブレーション結果と、CygX-1やその他の天体のPreliminaryな解析結果を報告する。

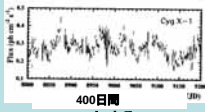
1、WAM (Wideband All-sky Monitor)



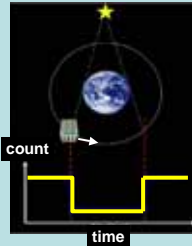
WAMによるガンマ線バースト、太陽フレアの観測については、多数報告

WAMのもう一つの機能 地食観測

同じような検出器であるCGRO衛星BATSEによって実績あり(ブラックホール天体やAGNの軟ガンマ線連続モニター)

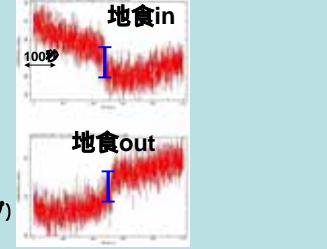


2、地食観測

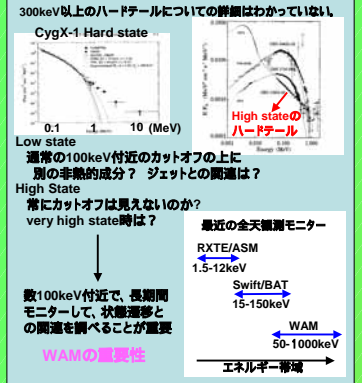


地食観測とは、観測衛星が地球を回るときに、天体が地球のかげに隠れる、または出てくる前後でのカウントレートの差を観測することで明るさを測定する解析技術

WAMは視野がコリメートされていないので、個々の天体の明るさは、直接わからないが、地食の前後のみにおいては、特定の天体のみの明るさを得ることができ、ターゲット天体の長期間モニターに適する。

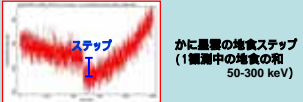


3、ブラックホールのハードテール



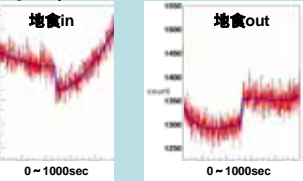
4. 解析の手順

ターゲット天体の位置、人工衛星の軌道から、ターゲットが地食する時間を計算し、その付近のライトカーブを得る。



統計を良くするために、1つの観測姿勢中で、複数の地食ライトカーブを足してその平均をとる。

ライトカーブのFittingによって地食によるステップの値を求める。

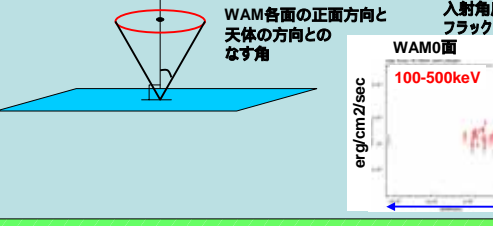
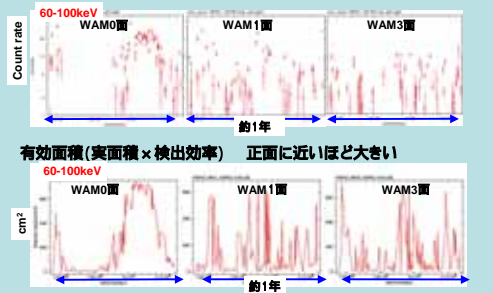


地食inとoutのライトカーブをカウントのステップを含む多項式でフィッティング。
・多項式は地食inとoutで独立。
・ステップは、地食inとoutで同時フィッティング。

得られたステップの値を用いて、ターゲット天体の長期間の光度変動をモニター。各エネルギー帯で同じ解析を行い、スペクトルを作る。

5、Crabを用いたキャリブレーション

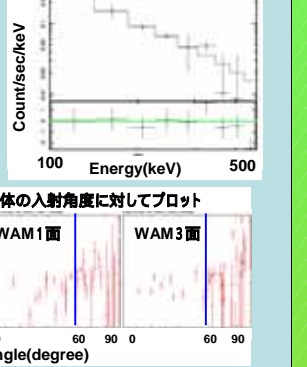
ライトカーブフィッティングで得た地食ステップ、つまり生のカウントレートを各種観測姿勢ごとに求めて得た、Crabのライトカーブ、姿勢ごとに、Crabの光のWAMへの入射方向が変化するので、それに伴い、カウントレートも変化する。



つぎに、各種観測姿勢ごとに右図のようなスペクトルを作成し、それをレスポンス関数を用いてフィッティングし、あるエネルギー帯域でのフラックスを求めた。ここで、べきは2.1に固定した。

その結果、下図のように、入射角度が60度以下の場合は、測定値のばらつきが小さいことがわかった。

1観測姿勢で得たCrabのスペクトル



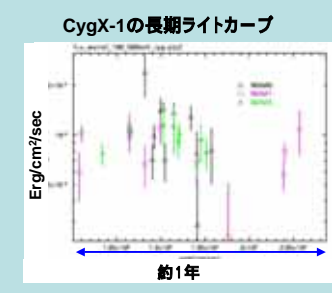
現状のフラックス測定精度

WAM0面については、fluxの不定性(ばらつき)が30%以内に収まった。

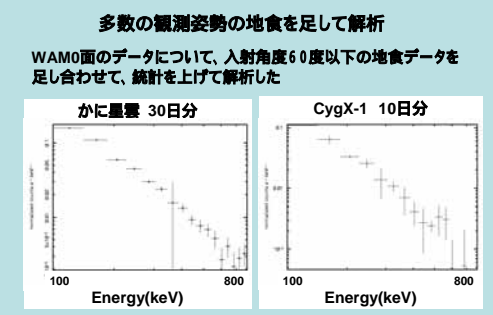
過去に観測されたCrabのfluxと比較すると、WAM0面のfluxの平均値は1.2倍、1面は0.80倍、3面は0.93倍となった。

(Integral 100-500keV 1.08 × 10⁻⁹ erg/cm²/sec)

6、ブラックホール天体CygX-1、その他の天体のPreliminaryな解析結果

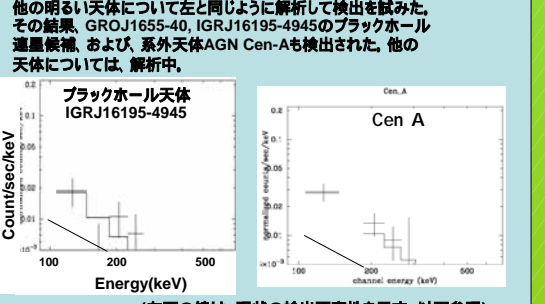


WAM0面における分数/平均 かに星雲 0.12
CygX-1 0.59
CygX-1のfluxの変動が見えていることが示唆される。



地食観測により100-700keVまでのスペクトルを得ることができた。さらに積分すれば、1000keV(51まで)検出可能と思われる。これは、地食解析が、主検出器のようなバックグラウンド差し引きの系統誤差には左右されないことを意味する。

他の天体の解析結果

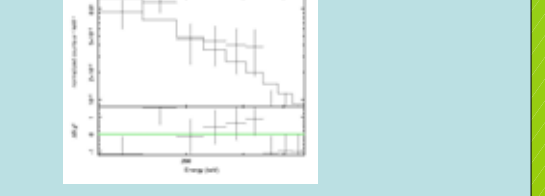


(左下の線は、現状の検出不定性を示す。以下参照)

暗い領域について同じ解析を行い、間違えて検出される不定性を調べた。

Lockman hole 明るい天体がない領域(何も検出されないはず)

現状の検出限界の指標が得られた。



まとめ

WAMの地食観測を用いて、数100keV辺りにおいて、他の衛星では実現できない軟ガンマ線モニター観測の可能性を実証した。

ブラックホール連星などのハードテールの謎に迫ることのできるデータが得られる可能性を示した。

今後

- レスポンスの不定性の調査、精度向上
- ライトカーブのフィットの改善
- 他の天体の解析
- 解析の自動化、ライトカーブの公開
- 軟ガンマ線の全天マップの作成