



# 暗黒粒子加速源 HESS J1614-518 のすざく衛星によるマッピング観測

○ 酒井理人、矢島由貴江 (名古屋大学)、松本浩典 (名古屋大学 KMI)



## Abstract

H.E.S.S. 望遠鏡によるTeV $\gamma$ 線銀河面サーベイは、空間的に広がった多数の新天体 (TeV $\gamma$ 線未同定天体) を発見した。特に、TeV $\gamma$ 線を放出するような高エネルギー粒子の存在を示唆するにも関わらず、他波長に既知の対応天体がないものは、「暗黒加速器」と呼ばれ、宇宙陽子の加速現場として注目を集めている。

HESS J1614-518 は、暗黒加速器の中でも最も明るい天体である。TeV $\gamma$ 線放射は空間的に広がっており、2つのピークを持つ。我々は、2006年9月と2008年9月の2回にわたり、X線天文衛星「すざく」により、HESS J1614-518 の観測を行った。その結果、TeV $\gamma$ 線のピーク位置にハード(Photon Index:  $1.7 \pm 0.3$ )な拡散X線 (src A) を発見し、TeV $\gamma$ 線からずれた場所にソフト(Photon index:  $3.2 \pm 0.3$ )なX線天体 (src B) を発見した。また、TeV $\gamma$ 線のもう一方のピーク位置には有意なX線放射が見られず、2-10 keV band で  $1.2 \times 10^{-13}$  erg s $^{-1}$  cm $^{-2}$  のフラックスの上限值を与えた。src A と src B の吸収量は同程度であり( $\sim 10^{22}$  cm $^{-2}$ )、物理的に関連している可能性が高い。また、HESS J1614-518 の $\gamma$ 線とX線のフラックス比  $F(\text{TeV})/F(X)$  は $\sim 34$ であり、TeV $\gamma$ 線の陽子起源を示唆する。未だ正体不明の天体であるが、src B のスペクトルは 特異X線パルサー (AXP) に見られるソフトなスペクトルに似ている。その場合、HESS J1614-518 の起源は AXP を生み出すような 特殊な超新星残骸 (SNR) なのかもしれない。すざく衛星による解析結果に加え、src B が AXP である可能性を検証するために行った XMM-Newton 衛星の解析結果についても報告する。

## 1. Introduction

HESS J1614-518 (以降 HESSJ1614) は、H.E.S.S. 望遠鏡によるTeV $\gamma$ 線銀河面サーベイで発見されたTeV $\gamma$ 線未同定天体のうち、最も明るい暗黒加速器である (TeV $\gamma$ 線フラックスは、 $F(1-10\text{TeV})=1.8 \times 10^{-11}$  erg s $^{-1}$  cm $^{-2}$ )。また、TeV $\gamma$ 線放射は空間的に広がっており、2つのピークを持つ (Aharonian et al. 2005a, 2006)。すざく衛星は、HESSJ1614領域の3箇所を観測した (図1)。本ポスターでは、すざく衛星XISのデータ解析の結果を中心に報告する。

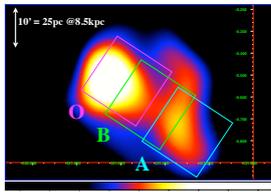


図1: H.E.S.S. 望遠鏡によるHESSJ1614のTeV $\gamma$ 線イメージ。マゼンタ(領域O)、水色(領域A)、緑(領域B)の四角は、すざく衛星XISの観測領域を表す。領域Oは2006年に、領域Aと領域Bは2008年に観測された。

## 2. HESS J1614-518, Using the Suzaku Satellite

### 領域O (Matsumoto et al. 2008)

2006年9月16日に図1領域Oの観測を行った。観測時間は45ksである。図2はXISによるX線イメージで、(a)は0.4-3keVバンド、(b)は3-10keVバンドである。3つのX線天体が発見された。その内の1つsrc Aは、TeV $\gamma$ 線ピーク位置と一致する。広がったX線放射である。

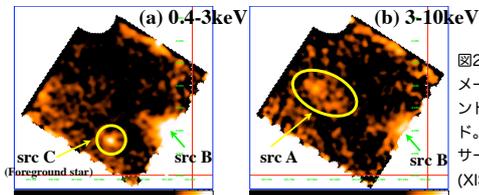


図2: 図1領域OのX線イメージ: (a)0.4-3keVバンド、(b)3-10keVバンド。どちらもXIS F1センサー (XIS0+XIS2+XIS3)。

src Aのスペクトルは、吸収を受けたpower-law関数でフィットできる。ベストフィットパラメータは、光子指数 $\Gamma=1.7^{+0.3}_{-0.3}$ 、吸収の柱密度 $N_H=1.2^{+0.5}_{-0.4} \times 10^{22}$  cm $^{-2}$ である。吸収を補正したフラックスは、 $F(2-10\text{keV})=5.3 \times 10^{-13}$  erg s $^{-1}$  cm $^{-2}$ である。このハードな拡散X線は、この領域に高エネルギー電子が存在することを示している。

### 領域A

2008年9月20日に図1領域Aの観測を行った。観測時間は54ksである。図3はXISによるX線イメージで、(a)は0.4-3keVバンド、(b)は3-10keVバンドである。領域Oで発見されたような広がったX線放射は見られず、明らかなX線天体は見つからなかった。

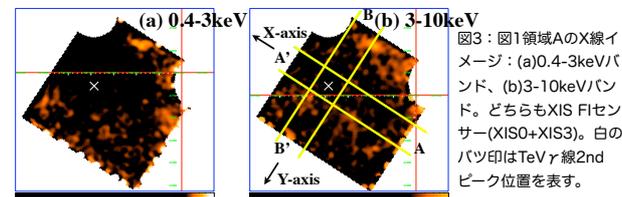


図3: 図3の黄色線の中のイベントを、それぞれX・Y軸方向に射影したプロファイルを図4に示す。プロファイルにも、TeV $\gamma$ 線2ndピーク位置と一致する広がったX線放射は見られない。

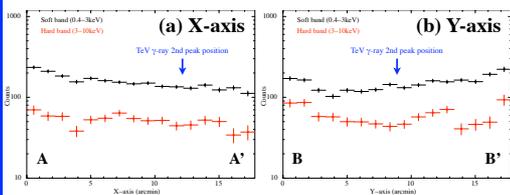


図4: 図3のX・Y軸方向の射影プロファイル。

また、TeV $\gamma$ 線2ndピーク位置から半径3'の範囲でsrc Aと同じ吸収を受けた光子指数 $\Gamma=2$ のpower-law関数を仮定すると、フラックスの上限值は、 $F(2-10\text{keV}) < 1.2 \times 10^{-13}$  erg s $^{-1}$  cm $^{-2}$ になる。

### 領域B

2008年9月21日に図1領域Bの観測を行った。観測時間は52ksである。図5はXISによるX線イメージで、(a)は0.4-3keVバンド、(b)は3-10keVバンドである。領域Oの観測で検出器視野の端であったため、正確な物理量の決定が困難であったsrc Bを視野の中心で検出した。

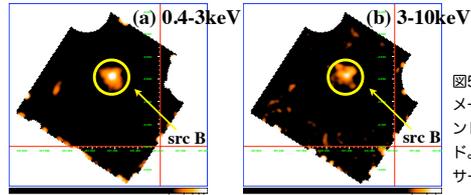


図5: 図1領域BのX線イメージ: (a)0.4-3keVバンド、(b)3-10keVバンド。どちらもXIS F1センサー (XIS0+XIS3)。

src BのX線スペクトルを図6に示す。スペクトルは、吸収を受けたpower-law関数でフィットできる。ベストフィットパラメータは、光子指数 $\Gamma=3.2^{+0.3}_{-0.2}$ 、吸収の柱密度 $N_H=1.1^{+0.2}_{-0.1} \times 10^{22}$  cm $^{-2}$ である。観測されたフラックスは、 $F(2-10\text{keV})=5.2 \times 10^{-13}$  erg s $^{-1}$  cm $^{-2}$ 、銀河中心までの距離を仮定すると、光度は、 $L_x(2-10\text{keV})=4.2 \times 10^{33}$  erg s $^{-1}$ になる。このソフトなX線天体の光子指数と光度は、AXPに見られるものと一致する。しかし、src Bのライトカーブからは、周期変化は見つからなかった。

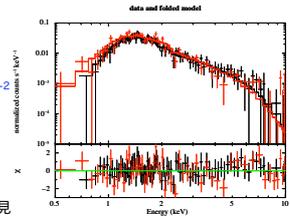


図6: src BのX線スペクトル。黒はXIS F1センサー、赤はXIS B1センサー。

### すざく衛星による観測結果

- src Aとsrc Bの吸収量は、同程度 ( $\sim 10^{22}$  cm $^{-2}$ )
- どちらも同じくらいの距離にあり、物理的に関連している可能性が高い
- HESSJ1614のTeV $\gamma$ 線とX線のフラックス比は、 $F(1-10\text{TeV})/F(2-10\text{keV}) \sim 34$
- TeV $\gamma$ 線の起源が陽子起源であることを示唆

### HESS J1614: TeV $\gamma$ 線のピークにハードな拡散X線+TeV $\gamma$ 線からずれた場所にソフトなX線天体

- CTB 37B (Nakamura et al. 2009, Sato et al. 2010) に似ている、SNR+AXP ?
- しかし、src Bで AXP に見られる2-12s程度のパルス検出には成功していない (すざく衛星XISの時間分解能(8s)では検出できなくてもおかしくない)

## 3. HESS J1614-518, XMM-Newton Analysis

XMM-Newton衛星は、2007年2月13日にsrc Bを含む領域の観測を行っている。観測時間は33ksである。しかし、background flaringの影響を大きく受けており、その時間帯を除いた有効な観測時間はMOS1、MOS2で10ks、PNは1ks未満になる。そのため、MOS1、MOS2のデータ解析を中心に図7はEPICによるX線イメージで、MOS1、MOS2は0.2-12keVバンド、PNは0.3-12keVバンドである。src Bの中心に点源を発見した。

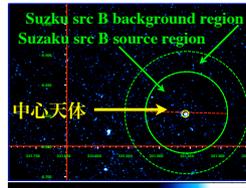


図7: src Bを含む領域のX線イメージ。

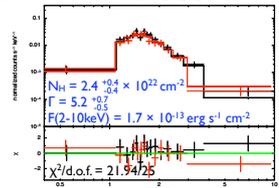


図8: 中心天体のX線スペクトル。

中心天体のX線スペクトルに吸収を受けたpower-law関数をフィットした結果を図8に示す。また、黒体放射をフィットすると、温度 $kT=0.37^{+0.04}_{-0.04}$  keV、吸収の柱密度 $N_H=1.1^{+0.3}_{-0.2} \times 10^{22}$  cm $^{-2}$ であり、距離10kpcを仮定すると、半径は、 $R=2.1$  kmになる( $\chi^2/\text{d.o.f.} = 25.01/25$ )。一方、中心天体のライトカーブからは、周期変化は見つからなかった。

### XMM-Newton衛星の解析結果

#### すざく衛星で発見したsrc Bの中心に点源を発見

- 光子指数5.2のパワーローだとすると、吸収量はTeV $\gamma$ 線ピークのハードな拡散X線の約2倍
- ハードな拡散X線やHESSJ1614と無関係? 光子指数5.2はAXPとしてはソフト過ぎる?
- 温度0.37keVの黒体放射だとすると、吸収量はTeV $\gamma$ 線ピークのハードな拡散X線と同程度
- ハードな拡散X線やHESSJ1614と関連? しかし、中性子星としては半径が小さい