

すざく衛星による酸素輝線強度の時間変動性評価



P1-026 ○ 吉武宏、満田和久、山崎典子、竹井洋 (ISAS/JAXA)

Abstract

軟X線背景放射の主たる要因とされるOVII 輝線は、すざく衛星による同一方向の複数回観測から強度 ~ 3 LU の時間変動を起こすことが分かった。この強度変動は、これまで報告されてきた高層地球大気と太陽風の電荷交換反応による短期的な効果を排除した上で生じている。これに代わり、数日 ~ 1 年単位の太陽活動を反映した太陽圏内に広く分布する中性物質との電荷交換反応が、OVII 変動に寄与することが今回示唆された。

1. 軟X線背景放射

0.1–1 keV の軟X線領域において、全天は非ゼロの放射成分を有し、その強度は銀河中心方向を除いて一様である(図1)。この軟X線背景放射と呼ばれる広がったX線放射の起源として、以下の4天体が挙げられている (Snowden, SSRv 2009)。

- 遠・ AGN に代表される点源天体 (Cosmic X-ray Background, CXB) : power law 成分、高銀緯でも40%程の寄与
- 銀河系円盤に束縛されたハローガス (Galactic Halo, GH) : 熱的プラズマ放射 ($kT \sim 0.2$ keV) $\rightarrow$ Also See P1-027!
- 太陽系を内包する古い超新星残骸 (Local Hot Bubble, LHB) : 熱的プラズマ放射 ($kT \sim 0.1$ keV)
- 近・ 太陽風と太陽系内に存在する星間物質の電荷交換反応 (Solar Wind Charge Exchange, SWCX) : 輝線放射群

→ SXDBの大半は高階電離酸素からの輝線放射 (OVII K α : 0.57 keV, OVIII Ly α : 0.65 keV)

すざく衛星によりこれまで得られた知見 (Yoshino+, PASJ, 2009)

- ・ 特異な点源が存在しない14方向のblank sky 観測から、OVII, OVIII 輝線強度に1次の相関を発見 (図2)。
 - Linear 成分 (OVIII/OVII 傾き ~ 0.5) : 熱的プラズマによる遠方起源 (LHB + GH)
 - OVII Floor 成分 (~ 2 LU) : ~ 100 pc 以内の近傍起源 (LHB + SWCX) *LU = photons $s^{-1} cm^{-2} str^{-1}$

本研究のテーマ

- ・ SWCXは太陽活動に伴い放射強度が唯一、時間的に変動しうる。
- 軟X線背景放射の描像を大きく左右する要因となる。

酸素輝線の強度は、どの程度時間的に変動するか?

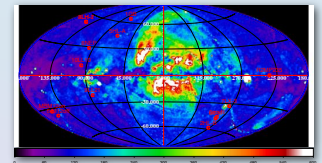


図1. ROSAT 衛星3/4 keV全天図

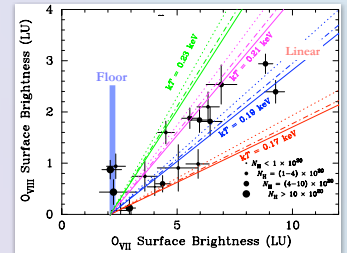


図2. OVII / OVIII 輝線相関図 (観測領域は図1の赤点)

2. すざく衛星による観測

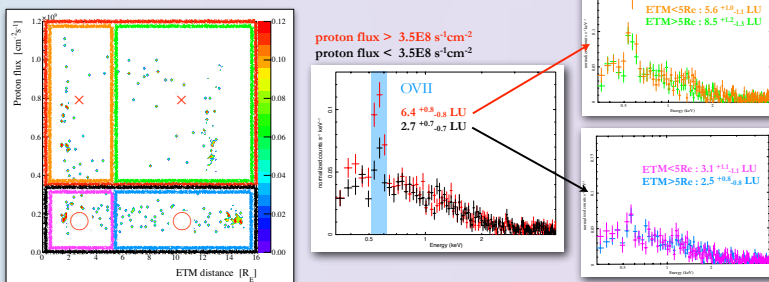
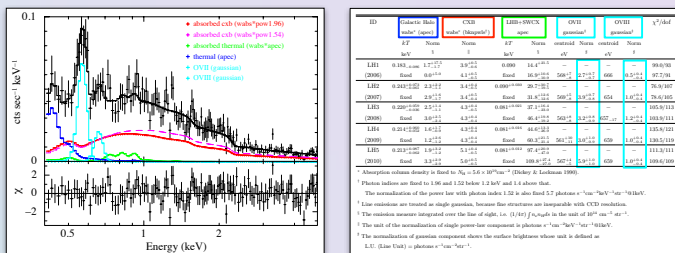


図3 (左) 太陽風 proton flux、衛星視線内の地球磁場に対するX線 Exposure Map (LH1)
(中) 左図を元に proton flux で観測時間帯をソートしたスペクトルの比較
(右) 更に衛星視線内の磁場強度でソートしたスペクトルの比較



- ・ Target : Lockman Hole ($\ell, b = (149^\circ.61, 53^\circ.19)$) の年内定点観測
 - 2006 (LH1) から2010 (LH5) 年の同一方向5観測を使用。
 - 放射強度の変動源として、視線方向の違いや視差による空間的な影響を排除できる。

- ・ すざく衛星の周回軌道は高度550kmと他のX線天文衛星に比べて低く、地球大気とのSWCX 放射による影響を受けやすい (Fujimoto+, PASJ 2007)。
 - 太陽活動(太陽風荷電粒子のフラックス、地球磁場) とOVII 強度の相関を調べ、顕著な増光時間帯を除去可能 (例: 図3 $\bigcirc \times$)。

スペクトル解析

地球大気の影響を取り除いた後、SXDBの各成分をモデルに考慮したスペクトルフィットから得られた酸素輝線を表1にまとめる。5年間の観測を通して、OVIII 輝線に優位な変動は見られないが、OVII 輝線は2006年に観測された最小値2.7 LU に対して、2010年には ~ 3 LU の増光を検出した。

地球大気とのSWCX 放射による短期変動を除去しても、OVII 輝線は時間に依存した顕著な強度変化があることを初めて確認した。

図4. CCD response で畳み込まれたLockman Hole 方向のエネルギースペクトルとbest fit モデル (LH5)

表1 各年のエネルギースペクトルに対するfit 結果 (色は図4の放射モデルにそれぞれ対応)

3. 議論 : OVII 強度変動に対する太陽近傍の星間空間におけるSWCX 放射の影響

OVII 輝線の変動は各年の観測期間中(~ 100 ks)に定常的と見なしている太陽活動との正相関も見られず(図5)、地球大気でのSWCX 放射によるものではない。 → 更なる長期スケール(数日 ~ 1 年) の変動成分を示唆。

太陽圏内星間空間でのSWCX による輝線放射

太陽系外から星間風に乗って飛来する中性物質 (H&He) は、太陽からの重力と輻射圧による相互作用から、図6に示す密度分布を形成する (Lallement+, Science 2005)。このような太陽近傍の星間空間に密度 $0.1 cm^{-3}$ 程度で広がる中性物質と太陽圏に拡散する太陽風イオンとのSWCX OVII 放射を見積もる (Koutroumpa+, ApJ 2006)。

- ・ 0.1 ~ 1 AU ですざく衛星の視線中に広がった太陽風の圧縮構造(共回転相互作用領域)
 - ・ 12年の長期変動に伴う高速(high ion composition) / 低速(low ion)太陽風の分布変化
- という両者の影響を2010年の観測に踏まえると、星間空間中のSWCX 放射は3 LU の増光の起源として説明可能なOVII 強度を生む。ただし両者の切り分けは現状では難しく、12年の長期変動で太陽極大期へ向かう今後の追観測が望まれる。

軟X線背景放射の観測には、数日 $\sim$ 年スケールの時間変動性として、太陽圏内星間空間でのSWCXによるOVII 輝線放射が大きな影響を及ぼしている。

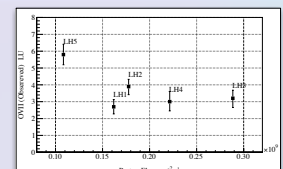


図5. 各観測時間中におけるOVII輝線強度と太陽風 proton flux 平均値の比較

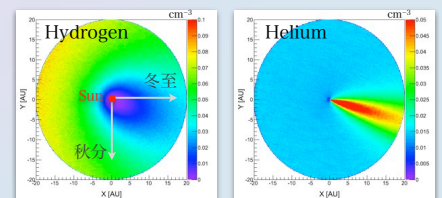


図6. 黄道面における中性星間物質の太陽圏20 AU 内の分布 (Fahr, A&A 1971 に基づくシミュレーション)