

すざく衛星の軌道と軌道上バックグラウンドの可視化による解析 学習ツールの開発

宇宙情報解析研究室：P05111-2 別当屋敷 啓太

指導教員：久保田 あや

2009 年 1 月 24 日

1 目的と背景

天体から放射される X 線は地球の大気によって吸収されてしまうため、X 線観測はすざく衛星などの人工衛星を用いて行われている。この X 線観測では、可視光線では分からなかった中性子星やブラックホールといった高エネルギー天体の正体を暴くことができる。しかし、人工衛星による観測では、宇宙線の影響などで目標天体以外からの雑音が検出器に生じてしまう。この雑音は軌道上の環境変化 (Cut-Off Rigidity の値, South Atlantic Anomaly など) により変化する。

本研究では、この軌道上での雑音の変化を視覚化するために、X 線観測衛星すざくの XIS 検出器で得られたデータを用い、すざく衛星軌道上の雑音量 (バックグラウンド) を可視化するツールの開発を行った。これにより、解析初心者や一般の方向けの人工衛星による X 線観測の学習支援を目指す。

2 すざく衛星と XIS 検出器

すざく衛星は地球を 1 日に 15 周、地球から高度 550 km の軌道を保っており、北緯 31° ~ 南緯 31° の範囲を飛行する。また、観測のために 4 種の装置 (XRT、XRS、HXD および XIS) が搭載されている。

この衛星の最大の特徴は、XIS 検出器と硬 X 線検出器 (HXD) により、さまざまな X 線天体に対して、これまでになかった広いエネルギー領域 (0.3~600keV) にわたり、より高いエネルギー分解能かつ高感度での観測ができることである。

XIS 検出器 (X-ray Imaging Spectrometers) は、撮像及び分光が可能な X 線 CCD カメラで、X 線光子の到来した位置及びエネルギーを高い精度で測定できる。これはあすか衛星 (日本の 4 番目の X 線天文衛星) で初めて搭載され、現在では、X 線観測衛星の標準装備となっている。すざく衛星には計 4 台の XIS が搭載されている。

3 X 線観測におけるバックグラウンド

バックグラウンドとは、観測を行う天体以外からの信号のことで、主に宇宙線が起源となっている。詳しく分類する

と、宇宙線と検出器が直接反応し検出されてしまうものと、宇宙線と衛星を構成する物質とが反応することで生じた X 線を検出器が検出してしまうものがある。

この宇宙線の量は、Cut-off Rigidity と South Atlantic Anomaly で決まる。

3.1 Cut-Off Rigidity とは

宇宙線に対する地磁気のシールド能力を Cut-Off Rigidity (COR) と呼ぶ。COR が高い領域では、一定以下のエネルギーの宇宙線は軌道を曲げられてしまい、検出器のバックグラウンドが低くなる。逆に、COR が低い領域では、検出器のバックグラウンドが高くなる。

3.2 South Atlantic Anomaly とは

South Atlantic Anomaly (SAA) とは、南緯 31 度のブラジル上空 ~ 太平洋上空にある、宇宙線の数が大きくはねあがる領域である。これは、地磁気を中心と地球の中心とのずれによるもので、地磁気によるシールドが弱く、検出器が故障を起こす危険性があるため、検出器の動作を停止している。

4 開発

開発の流れを図 1 に示す。まず、観測時刻毎のすざく衛星の位置情報と XIS のバックグラウンド量をそれぞれ計算、解析を行った。その後、Google Earth というバーチャル地球儀ソフトを用い、可視化を行った。

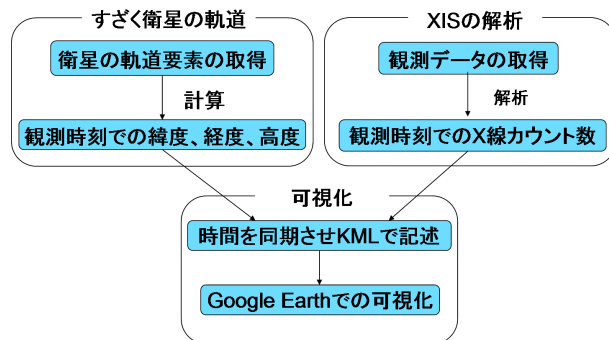


図 1: 開発の流れ

4.1 すざく衛星の軌道計算

衛星の軌道は軌道要素という6つのパラメータから計算することができる。軌道要素は Two-line Elements(TLE) というフォーマットで NORAD¹(北アメリカ航空宇宙防衛司令部)により更新、公開されている。TLE は図2に示すように2行で表される。

```
SUZAKU
1 28773U 05025A 08186.75749780 00000222 00000-4 0 7779
2 28773 31.4065 309.5344 0006489 52.2530 307.8700 15.0063586 7163972
```

図2: Two-Line Elements

TLE から軌道要素を取り出し、図3に示すフローチャートの通り、観測時刻での緯度、経度、高度を計算するプログラムの作成を行った。

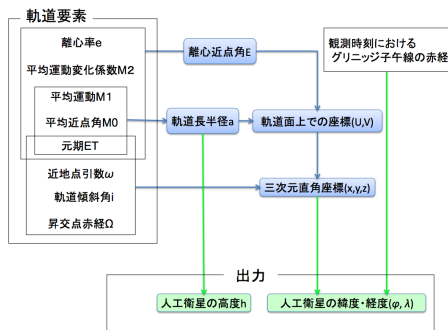


図3: 計算フローチャート

4.2 XISのバックグラウンド量の解析

2007年5月3日～5月6日に天体からのX線放射が少ない LOCKMANHOLE という領域について解析していき、バックグラウンドの時間変化を調べていった。

また、通常解析を行う際に使用するスクリーニングされたデータでは衛星が夜の地球を向いている時間帯など今回の研究に使えるデータも除去されているため、スクリーニングされていない元のデータから解析を行った。図4に解析結果と COR の時間変化の様子を示す。COR については、すざくの calibration database(caldb) に保存されているデータを用いてグラフを作成した。両者の変動を比較すると、下グラフの COR が低いと上グラフの X 線カウント数が多いという3.1で述べた相関が明らかである。

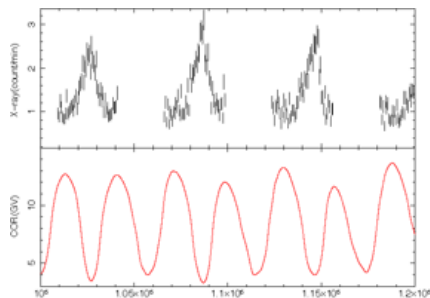


図4: 観測時刻における X 線カウント数と COR の強度
(5月5日 3:00～8:30)

5 可視化

可視化は、位置情報など様々な機能を付加させる KML 言語が利用できる Google Earth を用いて搭載させることにした。

4.1と4.2で得られたデータを KML 言語で記述し、Google Earth に搭載させた結果を図5に示す。

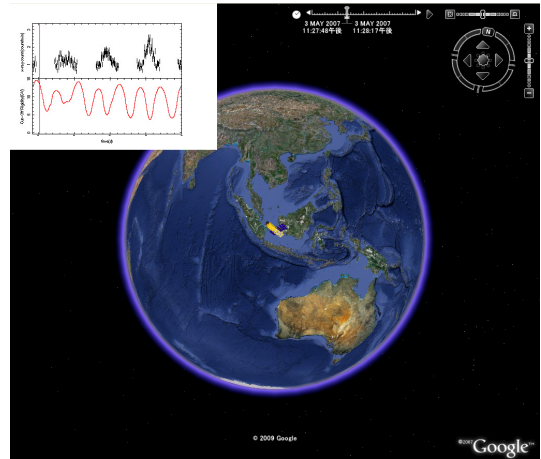


図5: 軌道とバックグラウンドの可視化

6 まとめと今後の課題

同研究室田丸の研究『Cut-off Rigidity の可視化による人工衛星運用の学習支援ツールの開発』と合わせると、より視覚的に衛星の軌道上の環境を表現することができるようになる。そうすると、極地方が COR が低く、宇宙線の影響を大きく受けるため、すざく衛星が赤道付近を回っていることがより分かりやすくなる。

今後の課題としては、すざく衛星が地球の裏に回ると、衛星の位置が確認できなくなるため、衛星が確認できる視点に自動で移動させることが必要であると考えている。

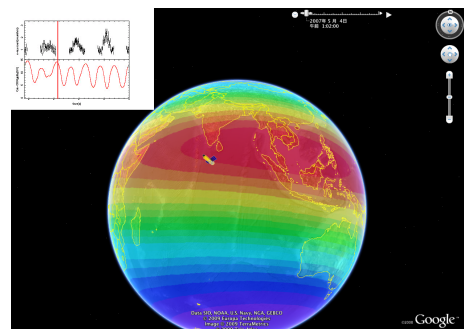


図6: COR の可視化との組み合わせ画像

参考文献

- [1] 海老沢 研 講義ノート (東京大学)
- [2] 中本 創 卒業論文 (広島大学) 2006
- [3] すざくヘルプ編「すざく解析マニュアル」

¹<http://celestrak.com/NORAD/elements/>