

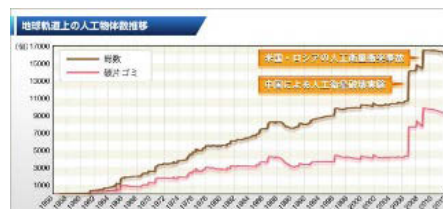
スペースデブリの観測をめざして

福岡県立小倉高等学校科学部SS天文研究会

早瀬 加奈子、樋本 ゆき乃 (高1)

1. スペースデブリとは

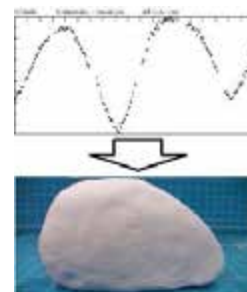
スペースデブリとは、使われなくなった衛星やロケットの残骸など、宇宙空間に存在するゴミのことを指します。スペースデブリの数は年々増加しており、正常に活動している人工衛星に衝突する危険性があるため、除去しなければなりません。



2. 目的

現在、JAXAがアームを使い、スペースデブリを除去する方法を開発しています。そこで、スペースデブリの回転の様子と形状がわかれば、JAXAの開発に貢献できると考え、回転の様子と形状を求める手法の確立を行うことにしました。

手法の確立には、昨年度まで行っていた「自転軸を用いた小惑星の形状決定の手法」を応用していきます。この手法は、ライトカーブ（観測対象の天体が反射した光の量を観測し、グラフに表したもの）より、自転軸の状態と形状を決定するというものです。右図は実際にライトカーブより、小惑星 kalliopeの形状決定を行ったものです。



3. 観測

回転の様子と形状を求めるためには、スペースデブリを観測し、データの解析をする必要があります。よって、まず観測手法の確立を行いました。

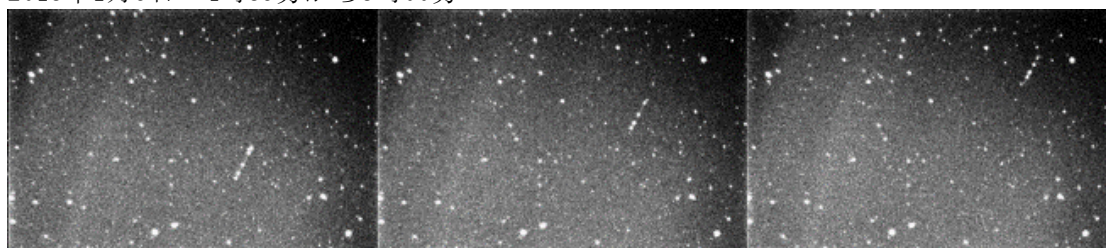
(手法)

CCDカメラ (SBIG ST-402 MEMNOCHROME CCD) を天頂に向けて固定します。露出時間は3秒、露出から次の露出までの時間は1秒とします。

(結果)

今回は約650枚撮影し、その中から点滅しているものを見つけました。

2015年1月9日 4時59分から5時00分



これらの静止面の中央を見ると、点滅している物体が通過していることがわかります。スピードが速く点滅しているということから、スペースデブリと推測できます。

上記の観測を行った上で、多くの人工天体の中からスペースデブリだけを効率良く観測するため、軌道計算が必要であると考えました。

4. 軌道計算

スペースデブリの軌道、観測可能範囲、地球の影に入る時間がわかれば特定のスペースデブリの観測を行うことができるため、これら3つを求めていきます。

また、軌道計算を行う上でスペースデブリには情報がTLE（スペースデブリの軌道と位置を数字で示すデータ）しかないため、TLEを用いて求めていきます。

今回は、軌道と観測可能範囲を求めることができるようになりました。

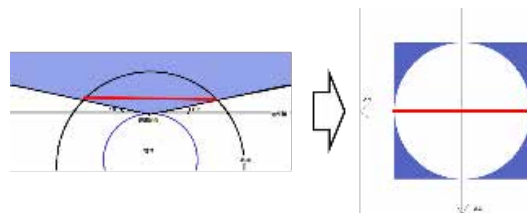
(軌道)

私たちは本より数式を学び、計算手法の確立を行いました。はじめはExcelで関数を組みましたが、計算量が多くExcelが対応できなくなったため、BASICで軌道計算のプログラムを組むことにしました。よって、プログラムにTLEを入力することで、スペースデブリの座標を知ることができるようになりました。

(観測可能範囲)

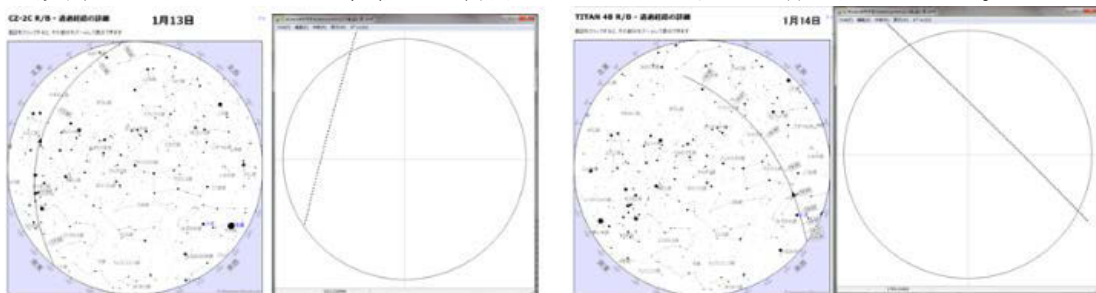
スペースデブリは光害や建物によって観測できない範囲があります。それを地平線から 10° 以下と定義し、観測可能範囲を円で示しました。円の直径は、軌道と 10° の直線の交点間の距離で表され、高度によって異なります。

最終的に、上記の軌道と観測可能範囲を組み合わせることでプログラムを作ることができました。



<検証>

観測地点上空を通過した、軌道が判明している4つの人工天体を用いました。



1月13日
CZ-2C R/B

1月14日
TITAN 4B R/B

5. まとめ・展望

観測により、複数のスペースデブリのデータを得ることができました。今後は地球の影に入る時間を求め、軌道計算の精度を上げていこうと思います。また、軌道計算の結果をもとに観測を行い、解析を行っていきます。

参考文献

- 1) HEAVENSABOVE <http://www.heavensabove.com>
- 2) 人工衛星位置推算の実際（最終版） <https://www.infra.kochi-tech.ac.jp>
- 3) 天体の位置計算 増補版 長沢 工 著 地人書館
- 4) 外務省「地球軌道上の人工物体推移」 <http://www.mofaj/press/pr/wakaru/topics/vol85/>