

静止軌道、デブリを探して九千里 -小型望遠鏡で静止軌道上のデブリが撮影できるか？-

平川 泰山、大島 有貴 (高2)、溝口 瑛斗、杉本 晋一郎 (高1) 【福岡工業大学附属城東高校】

概要

高度 35,800km の静止軌道上には、気象衛星や通信衛星など様々な人工衛星が配置されている。この人工衛星に危害を加える可能性があるスペースデブリのことが気になり、それを観測する方法について研究した。今回は小口径望遠鏡を用いてデブリが通ると予想された場所を撮影し、デブリらしきものが写っていれば、それが目的のデブリであるか検証を行った。小口径望遠鏡で撮影された写真は階調補正を行えばデブリらしきものが辛うじて確認できた。撮影した物体の軌跡から軌道傾斜角と平均運動と昇交点赤経を計算し、TLEのそれと比較することで検証することができた。

目的

- ・静止軌道付近のデブリを小口径望遠鏡で撮影する。
- ・撮影した物体がデブリであるかを検証する。

使用した機材

冷却CCDカメラ；QHY 9、望遠鏡；ボーグ 102ED (口径 102mm、焦点距離 450mm、F=4.5)、架台；ピクセン SXD 赤道儀、画像処理ソフト；ステライメージ7 (アストロアーツ社)、星図ソフト；ステラナビゲーター10 (アストロアーツ社)、人工衛星表示ソフト；ヘブンスット Ver2.4 (アストロラボ) 撮像ソフト EZ-CAP (QHY社)

観測対象

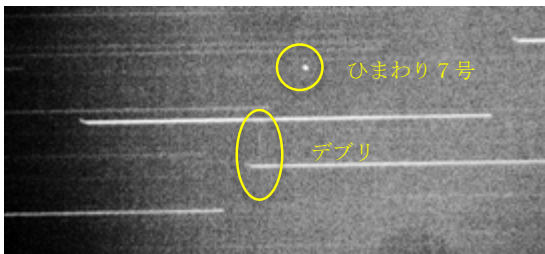
- ・タイタン3Cトランステージ (国際識別番号:1968-081E)
1968年に静止軌道上に4つの衛星を運んだロケットの3段目。1992年に静止軌道上で爆発して多数のデブリとなった。
- ・ひまわり7号 (国際識別番号:2006-004A)
東経145度、赤道上空約35,800kmの多目的気象衛星。静止軌道にあり、地上からは常に同じ方向に見える。

実験手順

- ・タイタン3Cデブリ (NORAD番号3432) がひまわり7号の静止軌道面を横切る日時を予測し正確に望遠鏡を向ける。
- ・架台を固定しCCDカメラで3分間撮影した画像で、恒星や静止衛星と違う動きをしているものを探す。
- ・その動きから物体の軌道傾斜角と昇交点赤経と角速度を求めてデブリのTLEと比較する。

結果

当日は雲があったが、その雲の切れ間からひまわり7号とタイタンのデブリと思われる物体を同時に撮影することができた。<写真>



ひまわり7号から0.08°の位置を通過するタイタン3Cのデブリ (#3432)

撮影日時；2016年1月21日0時29分30秒～3分30秒 (露出180秒)

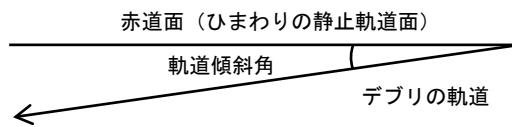
撮影地；福岡県糟屋郡宇美町

考察

1. 軌道傾斜角の検証

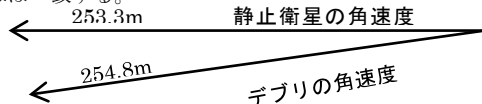
ひまわり7号は地上からは静止して見えるが実際は恒星が静止して、ひまわり7号が西から東 (画像では右から左) に動いている。相対速度の式から (地球の中心に対する) デブリの速度ベクトルを作出する。

ひまわり7号は赤道面上を運動しているので、ひまわりの速度ベクトルとこのデブリの速度ベクトルのなす角度を求めるとそれがデブリの軌道傾斜角となる。測定値は約7度であった。タイタン3Cのデブリ (NORAD番号3432) のTLE (二行要素) での軌道傾斜角は6.68度でありほぼ一致している。



2. 平均運動の検証

写真からデブリの角速度と静止衛星の角速度をベクトルに直して比較するとデブリの平均運動が求まる。この値は1.010となりTLEの値である1.015とほぼ一致する。



3. 昇交点赤経の検証

画像のデブリの速度からデブリがひまわり7号の真東に達した時刻を推定すると0時26分となる。この時刻の地方恒星時を調べると8時6分であり、角度になおすと121.5度となる。(このとき観測者の東121.5度に春分点がある) これに観測地点の東経130.5度とひまわり7号の東経145.0度の差14.5度を加えた136.0度がこの時刻のひまわり7号の春分点からの離角 (赤経) でありデブリの降交点赤経となる。昇交点は降交点の反対側にあるので180度を加え昇交点赤経316.0度が求まる。この値はTLEの値315.9596に一致する。

3つの軌道要素がほぼ一致することが確かめられたので、この物体がタイタン3Cのデブリである可能性は高いと言える。

まとめ

静止軌道付近のデブリは非常に遠方ではあるが地表に対する相対速度が小さいので小型望遠鏡でも固定撮影法で検出することが可能である。ただしこの方法で撮影できるデブリは大型の明るいものに限られる。

今後の展開

今回撮影したデブリは、タイタン3Cのデブリの中でも比較的大きいものであった。今後は撮影法を発展させてより小型のデブリの撮影をしていきたい。