

静止画から人工天体の高度を求める

田振 直輝 (高2) 上田 華子 (高1)

【福岡県立小倉高等学校科学部 SS 天文研究会】

はじめに

私たちは先輩方とともに学校で小惑星や変光星を観測、解析を行っていく中で撮影した静止画に多くの流れていく人工天体が写っていることに気付いた。そこで人工天体に着目し、静止画から人工天体の高度を求めることにした。この研究の1つ目の目的は私たちの手で観測を行い、撮影した静止画から人工天体の高度を求める手法を確立すること、2つ目の目的は確立した手法を用いて、人工天体の高度の分布を調べることである。

研究 1

(1) 観測

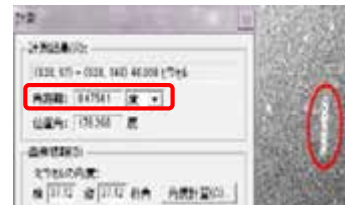
時間 日没後から 2 時間 器具 冷却 CCD カメラ SIBG ST-402 ME

レンズ Canon EF 50mm(単焦点) 画角 7.8°×5.2°

カメラを天頂付近に向け固定し、露出を 3 秒で 4 秒おきに連続撮影した。

(2) 画像の解析

撮影した画像は約 2 万枚であったが、人工天体が写っていたのは 71 枚であった。写っていた静止画を天体画像処理ソフト『ステライメージ』で解析することで人工天体の角距離を測定した。

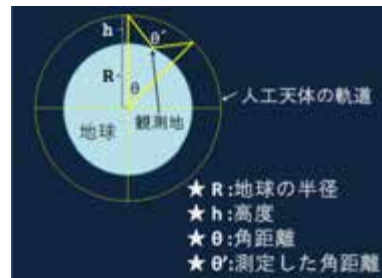


(3) 高度計算

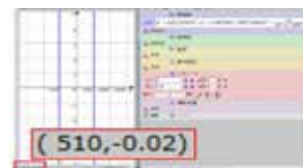
高等学校で習う万有引力の法則、(2)で測定した人工天体の角距離を用いて、人工天体の高度を求める式を立てた。

立式の手順

- | | | |
|----|--|---|
| 1) | 角距離と中心角の比の関係は | $\Delta\theta' : \Delta\theta = R + h : h \dots A$ |
| 2) | 遠心力=万有引力より | $m(R+h)\omega^2 = \frac{GMm}{(R+h)^2}$ |
| | 式を整理して | $(R+h)^3 = \frac{GM}{\omega^2}$ |
| 3) | $g = \frac{GM}{R^2} (gR^2 = GM)$ $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ より | $(R+h)^3 = \frac{gR^2}{\Delta\theta^2} \times \Delta t^2$ |
| | 式を整理して | $(R+h)^3 = gR^2 \times \frac{(R+h)^2}{h^2 \times \Delta\theta^2} \times \Delta t^2$ |
| 4) | Aより $\Delta\theta = \frac{h}{R+h}$ を代入し | $h^2(R+h) = \frac{gR^2}{\Delta\theta'^2} \times \Delta t^2$ |
| | 式を整理して | $h^3 + Rh^2 - \frac{gR^2}{\Delta\theta'^2} \times \Delta t^2 = 0$ |
| | | $h^3 + Rh^2 - gR^2 \frac{\Delta t^2}{\Delta\theta'^2} = 0$ |



この三次方程式をグラフ作成ソフト『grapes』に入力し、 θ の部分に解析で得られた各距離を入力することによりグラフを描く。この時にこのグラフとX軸との交点のY座標が人工天体の高度 h となる。



(4) 検証

観測した人工天体のいくつかは非常に明るく、heavens above のデータより名称を特定することができた。そして heavens above より軌道要素がわかるので、天頂付近での高度が求められる。この値を観測によって求めた高度と比較する。その中の COSMOS1707・COSMOS1763 を観測によって求めた高度と、Heavens above に記載されている軌道要素によって求めた高度を比較した。

〈比較した表〉

名称 \ 求めた値	観測によって求めた高度	軌道要素によって求めた高度	誤差
COSMOS1707	633km	630km	3km
COSMOS1763	843km	768km	75km

この結果より観測によって求めた高度と軌道要素によって求めた高度の誤差は約 10% 以内に収まったと考えられる。

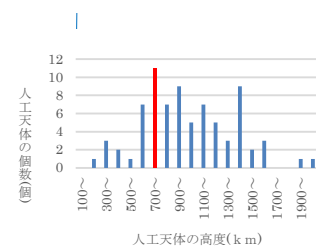
研究 2

(1) 観測

研究 1 と同様に行う。

観測した人工天体の個数 58 個

〈観測によって求めた高度の分布図〉



(2) 観測によって求めた高度の分布図の結果

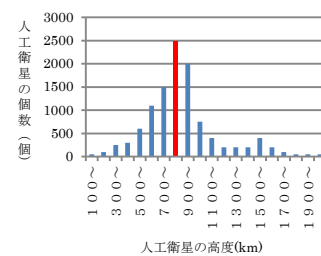
研究 1 の手法を用いて人工天体の高度を求め、分布図にまとめた。

(3) 検証

観測によって求めた高度の分布図と論文の分布図を比較した。その結果、ピークに約 100 km のずれが生じた。

これは静止画に等級が明るく、高度が低い人工天体が多く写りやすいためピークが低くなったと考えられる。

〈論文の分布図〉



展望

観測の精度を上げ、より正確な高度を求めたい。また、より多くの人工天体を観測し、高度の分布図の精度を上げたい。

参考文献

Heavens above <http://www.heavens-above.com/>

高等学校理科教科書 総合物理 1 数研出版

スペースデブリ環境について 北澤幸人・花田俊也・柳沢俊忠・松本晴久

天体の位置計算 増補版 長沢工 地人書館