

国際宇宙ステーションの観測と高度測定

ISS Altitude : Observation and Calculation

松本有理佳、只木莉緒奈、吉村まな美 (高2)

【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

1. 研究動機

物理学的な理論より、高い高度で地球を周回する飛行体ほどその速度は速くなり、遠くにあればあるほどみかけの速さは遅く見える。例えば、地球を周回する飛行体の写真を右図のように連続的に撮影すると、観測者からの直距離が変化するため、軌跡の長さが変わることがわかる。

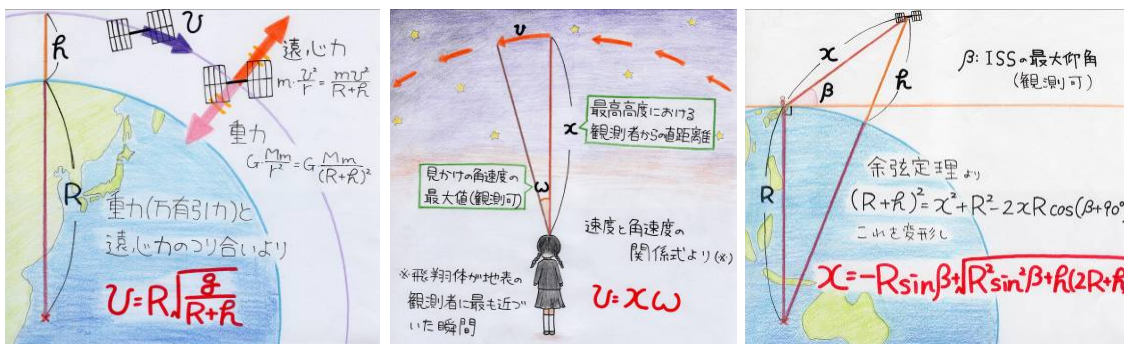
このように、飛行体を連続的に撮影した写真から軌跡の長さや位置を求めることで、撮影した飛行体の高度や速度がわかるのではという疑問からこの研究は始まった。

研究するにあたり、JAXAなどのウェブサイトを検索すれば簡単に情報を入手できるISSを研究の対象とすることに決めた。



2. 仮説

ほぼ円運動で地球を周回する飛行体 (ISS等) の速度 v 、地表からの高度 h 、最高高度における観測者からの直距離 x には、次の関係が成り立つ。



- ① 飛行体にはたらく万有引力と遠心力のつり合いより

$$v = R \sqrt{\frac{g}{R+h}}$$

- ② 飛行体が地表の観測者に最も近づいた瞬間、速度と角速度の関係式より

$$v = x\omega$$

- ③ 右図の余弦定理より

$$x = -R \sin \beta + \sqrt{R^2 \sin^2 \beta + h(2R+h)}$$

以上3式を連立すれば、飛行体の速度 v 、高度 h 、直距離 x を導けるという仮説を立てた。

3. 研究目的

実際にISSの一地点連続写真観測を行い、ISSの高度を写真から求めて仮説の検証を行うことが研究の目的である。また、ISSは高度350km～400kmあたりの範囲で高度が変動するので、測定した高度と実際の高度の誤差を少なく (目標は1%以内) にすることで、ISSの高度変化を正確に追跡することができる。観測精度を上げ、高度変化の検出を行うこともこの研究の目的である。

4. 観測方法

前橋女子高校にて露出時間を2.0秒に設定し、ISSの軌跡を一地点連続写真撮影する。撮影した写真から ω 、 β の値を測定し、仮説で立てた3式に代入して高度 h の値を求める。

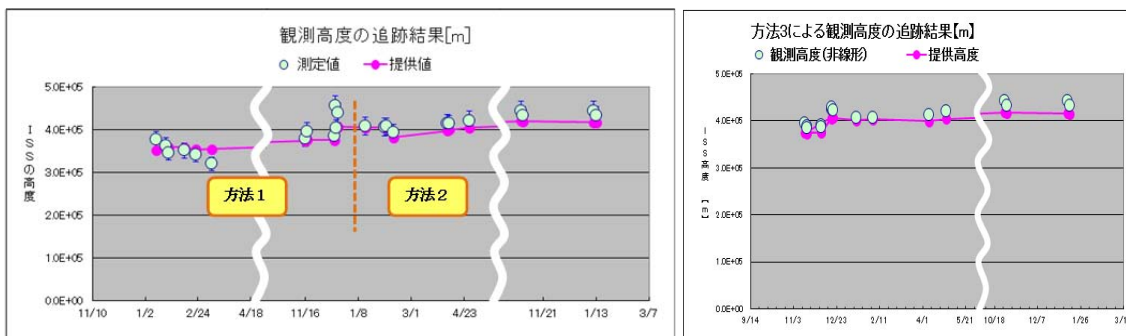
2010年に研究を開始してから数々の問題点の改善を行っているが、2011年12月に大幅に観測方法を見直した。本研究ではこれ以前の観測を方法1、改善後の観測を方法2としている。また、現在は方法2に新たな計算方法を追加した方法3を用いている。

方法1 ・カメラ「NikonD60」、レンズ「AF-S DX NIKKOR 18-55mm f/3.5-5.6G VR」を使用し、赤外線リモコン「ML-L3」を用いて上記の通り、ISSの撮影を行う。

方法2 ・カメラを「NikonD60」から「NikonD7000」に変更
・レンズを「AF-S DX NIKKOR 18-55mm」から単焦点「AF-S DX NIKKOR 35mm f/1.8G」に変更
・線形解析に非線形解析を追加

方法3 方法2に加えて、
・高度の計算方法をニュートン法に変更
・ β の値は観測せずにJAXAのウェブサイトからの提供値を用いていたが、ISSの軌跡の写真から天文シミュレーションソフトウェア「ステラナビゲータ」を用いて測定する方法を発見した。これにより、撮影した写真からの情報だけで高度を測定することができるようになった。

5. 結果と考察



現在23回の写真撮影に成功し、高度を測定することができている。グラフからわかるように、方法を変え、問題点を改善したことで精度が上がった。また、高度変化の追跡にも成功している。

しかし、計算結果では提供値よりもやや高い値がでてしまっている。これは地球の自転を考慮せずに解析を行っているためであり、この問題点についてはExcelによる数値シミュレーションを検討している。実際に行った結果、誤差の値は+3%~+4%の範囲だと推測している。

この研究の応用として、偶然写真に写りこんだ人工衛星の解析にも成功している。2月3日のISS写真観測時に、偶然人工衛星と思われる飛翔体が写りこんだ。この飛翔体に同様の解析を行ったところ、測定した値との誤差-1.7%の精度で観測できた。

今後は人工衛星の観測を主として行い、ISS以外の飛翔体にもこの研究が有効であることを実証していく予定だ。その成果をジュニアセッションで発表できるように進めていきたい。

<参考文献> JAXA(Web) <http://www.jaxa.jp/>

SIMBAD Astronomical Database(Web) <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>

宇宙情報センター(Web) <http://spaceinfo.jaxa.jp/ja/iss.html>

