

眼視観測による国際宇宙ステーションの軌道速度の手法による比較

東京工業大学附属科学技術高等学校 科学部：

小林 宇宙、深堀 貴雄（高2）、宮崎 珠実、日下部 秀太（高1）、久保 公貴（高3）

【東京工業大学附属科学技術高等学校】

要 旨

国際宇宙ステーション(ISS)は、地球の上空約400キロメートルを1周約90分で周回する、肉眼で見ることが出来る有人人工衛星である。科学部では、2020年11月からの野口聡一宇宙飛行士の搭乗中、夕方に日本列島を縦断通過するときにISS眼視観測イベント『アストロ・ノグチ目撃ミーティング』[1]を主催し、『いつもの観測』(ISSの目撃)、『精密観測』(子午線通過時刻の眼視観測)の二種類の観測について報告を集めている。それぞれの観測につきISSの軌道速度の計算を行い、分単位の日撃情報からも軌道速度を計算することができた。

1. 目的

『いつもの観測』と『精密観測』の報告より、それぞれISSの軌道速度を求め、比較を行う。

2. 軌道速度の計算方法

2012年に科学部が行った眼視観測[2]の計算方法を改良した。観測点A, BとISSの位置関係は図1の通りである。A, Bの子午線通過直下点をP, Qとおき、その緯度 Φ° を、A, Bの子午線通過時刻とTwo-Line Elements(TLE)[3]より求めた。P, Qの経度 λ° はA, Bの経度と等しい。球面三角の球形に対して、回転楕円体の地球が持つ高緯度地域での誤差を小さくするため、P, Qに、赤道とグリニッジ子午線が交わる点Zを加えて球面三角を構成し、P, Q間のISSの移動角 θ° を式1より計算した。観測時のTLEによる軌道長半径6798 kmを用いて求めた軌道周長L kmから、 θ を距離に換算し、軌道速度v km/sを式2より計算した。

$$\cos\theta = \cos(\Phi P) \cdot \cos(\Phi Q) + \sin(\Phi P) \cdot \sin(\Phi Q) \cdot \cos(\Delta\lambda) \quad (\text{式1})$$

$$v = ((\theta^\circ / 360^\circ) \cdot L) / (t_A - t_B) \quad (\text{式2})$$

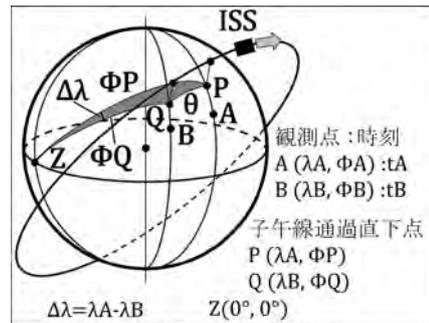


図1 ISSの軌道と観測点

3. 観測方法及び結果

2020年11月21日17時37分前後のISSの日本列島縦断通過について、二種類の観測方法より軌道速度を求めた。計算に用いるTLEは以下の通りである。

1 25544U 98067A 20325.96286668 .00016717 00000-0 10270-3 0 9022

2 25544 51.6414 292.7278 0001625 62.4493 297.6822 15.49036388 16316

【観測1：いつもの観測】 目撃の方角(四方位、天頂)、時刻(分単位)、都道府県、都市(任意)の報告からISSの北上を実感させるイベントである。16都道府県から31件の目撃報告があった。全ての目撃報告と結果は、イベントサイトに掲載している(図2)。このうち、子午線に沿った「南」「北」「天頂」の報告を抽出し、さらに、観測点が都市単位までわかる報告を採用して軌道速度を計算した。観測点の経緯度は報告された都市の中心地点の値を採用した。ここでは、最も遠い二地点の組み合わせの軌道速度を示した(表1)。

【観測2：精密観測】 観測者は、ISSの子午線通過時刻(秒単位、GPSまたは電波時計による)、観測点の経緯度(GPSまたは地理院地図による)を報告する。東京都より2件の観測報告があり、計算を行った(表1)。



図2 ISS目撃報告一覧

表1 2020年11月21日の二種類の観測方法による各報告とISSの軌道速度

観測種別	記号	子午線通過時刻t	観測点 [°]		軌道速度v [km/s]
			経度λ	緯度Φ	
いつもの	京都1	17時36分	135.5111' E ※	35.0082' N ※	6.3±3.3
	北海道1	17時38分	142.3217' E ※	44.8476' N ※	
精密	東京1	17時37分34秒	139.6214' E	35.6227' N	5.63±0.96
	東京2	17時37分37秒	139.7469' E	35.6441' N	

※観測点の経緯度は報告された都市の中心地点の値

4. まとめ

軌道速度の参照値は、人工衛星の運動方程式より求めていたが、今回、TLEを用いて求めた軌道速度7.66 km/sを参照値とした。観測結果は、『いつもの観測』は、6.3±3.3 km/s、『精密観測』は、5.63±0.96 km/sとなった。いつもの観測も、軌道速度を求められたが、分単位での測定のため誤差範囲が大きくなることがわかった。精密観測は、基本的に誤差範囲が小さく正確な値が得られるが、今回の値は参照値と26.5%離れており、子午線の設定に問題があったと考えている。次回の観測では、子午線の設定に工夫を取り入れたい。

5. 参照

- [1] 東京工業大学附属科学技術高等学校 科学部. “野口宇宙飛行士応援：きぼう、みつけた!”, https://www1.hst.titech.ac.jp/club/sci_club/ISS-WatchNet2020.html.
- [2] 北川翔太, 新井雄太. “眼視観測による国際宇宙ステーションの軌道速度の測定”, 第14回 ジュニアセッション 講演予稿集, 2012, p. 136-137.
- [3] NASA. “Human Space Flight (HSF) – Realtime Data”. <https://spaceflight.nasa.gov/realdata/sightings/SSApplications/Post/JavaSSOP/orbit/ISS/SVPOST.html>. (参照 2020-11-21).