

## 気象衛星の電波干渉予測計算を利用したスターリンク衛星の光害対策

金子 晃 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、橋本 将 (高2) 【早稲田佐賀高等学校】

### 要旨

本研究は、スターリンク衛星の写り込みによる天体観測の妨害を防ぐ方法を見つけることを目的とし、TLEを用いた気象衛星ひまわりの電波干渉の予測の事例をもとにスターリンク衛星用の観測妨害の予測計算を作成した。その結果、観測天体からの離角において計算で求めた数値と実際の数値で、その誤差が0.1度以内になった。

### 1. 背景

人工衛星は太陽光を反射する為、天体観測を妨害することがある。2018年から打ち上げが始まり、2024年現在その数が6000機近い通信衛星であるSTARLINK衛星（以下スターリンク）は特にこういった妨害を起こしやすい。事実、りょうけん座の超新星爆発の観測を妨害した他、不特定多数のアマチュア天文家の観測の妨害を起こしている。本研究はスターリンクの写り込みを防ぐ為の計算に、2016年8月に発生した気象衛星ひまわり7号（以下ひまわり）の電波干渉の予測計算を参照した。電波干渉は低軌道衛星と静止衛星の位置関係が地球から見て同一直線上になり重なった際に発生する。この事例より、スターリンクと遠方の天体の位置関係は低軌道衛星と静止衛星の位置関係と同等であるという仮説を基に、ひまわりの電波干渉の軌道計算を改変し、スターリンク予測用の計算にした。

### 2. 目的

スターリンク衛星の妨害を避ける新しい方法として、気象衛星ひまわりの電波干渉の予測計算を利用できるかを調べる。また、作った計算の正確性の評価を行い、実用性の評価も行う。

### 3. 研究手法

既にひまわりの妨害予測のExcelデータを手に入っており、この計算は電波干渉の予測をできており誤差は小さく正確性は十分であると判断した。その為計算式は変更せず入力するTLEデータをスターリンクのものに限定した。また、常に高度と方位角が同じである静止衛星と異なり妨害を予測したい天体は無数にある為、観測方向の高度と方位角を自由に入力できるようにした。計算結果は地平線から天頂までの高度を90度としたときに、観測予定の天体と近傍を通過するスターリンクの距離が近い順に離角として出力される。以下は実験の手順である。

- (1) ひまわりの電波干渉の予測計算をスターリンクの妨害の予測計算に改変する。
- (2) こと座のベガの周辺をデジタル一眼レフカメラで定点観測し、ベガの近くを通るスターリンクの写真を撮る。
- (3) スターリンク用予測計算にベガの近くをスターリンクが通過した際の高度、方位角、時刻、緯度経度を入力し、計算で求めた離角と実際の写真の離角を比較する。2つの数値の誤差によって予測計算の正確性を評価する。

### 4. 結果

- |                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| ○観測条件                 | ○観測結果              |
| ・時刻：2023年11月22日 17：50 | ・予測計算で得られた離角：1.07度 |
| ・高度：47.3度             | ・観測で得られた離角：0.98度   |
| ・方位角：111.2度（西北西）      | →誤差：約0.09度         |
| ・観測地点：神奈川県横浜市港北区      |                    |

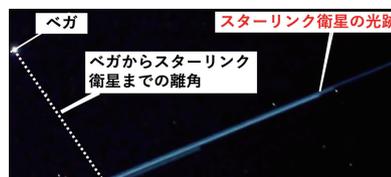


図1：観測写真（点線が離角）

### 5. 考察

観測結果より得られた誤差が約0.09度であり、この妨害予測計算は観測に使う際には十分正確であると判断した。また、ひまわりの電波干渉の計算がスターリンクの妨害予測にも応用できることも判明した。一方で不便な点もあり、妨害が懸念されるスターリンクの視等級がわからない為、深夜のように地球の影に完全に隠れて見えないスターリンクも計算結果に出力されることがあった。本計算はスターリンク以外のTLEにも対応している為、あらゆる人工衛星の妨害も予測できる他、衛星数が増加してもTLEがあれば対応できるなど、アップデートが可能で拡張性にも優れている。今後の展望として、ひまわりの電波干渉予測計算は正確かつ応用できる範囲が広い為、既存の計算に高度のデータを入れることでスターリンク衛星同士の衝突予測なども理論上は可能であると考察できる。

### 6. 参考文献

- [1] STARLINK衛星通過予測サイト；heavens above (<https://www.heavens-above.com>)
- [2] TLEデータ入手サイト：celestrak (<http://celestrak.org>)
- [3] 人工衛星の起動概論. 川瀬成一郎. コロナ社. 2015
- [4] 天体の位置計算 増補版. 長沢工. 地人書館. 1985
- [5] 宇宙システム概論 衛星の設計と開発. 茂原正道. 培風館. 1995

### 7. 謝辞

ひまわりの電波干渉の研究文書および軌道計算のデータについては、元気象庁気象衛星センター職員である森喜和様よりご提供頂きました。なお、研究への利用および軌道計算のプログラムの改変についてはご了承をいただいています。