

特集2

ソフトウェア受信機を使った 衛星電波受信実験の教育利用

杉山明、松平朋香、内山秀樹、山本仁（静岡大学教育学部）

1. はじめに

主に低軌道の人工衛星からの電波を受信する実験（衛星電波受信実験）は、第1宇宙速度やドップラー効果等の高校物理で扱う現象を確認でき、かつ、科学技術（人工衛星）との関連を実感させ、生徒の理科への有用感の向上につながる教材であると先行研究[1]で報告されている。先行研究[1]の実践では、アナログ式のアマチュア無線機（ワイドバンドレシーバー）を使用していた。しかし、ワイドバンドレシーバーの多くは、価格が高く音声出力のみしかないという欠点がある。そこで我々は近年利用されるようになったソフトウェア受信機（以下SDRと称する）を用いて新たな手法で受信実験を検討することとした。

2. SDR

SDRとはSoftware Defined Radio（ソフトウェア受信機）の略であり、コンピュータがデジタル信号処理を行うことで動作する受信機である。SDRは、比較的安価なパソコン用チューナーと無料のソフトウェアで構築することができる。そのため、パソコンがあれば低価格で受信実験を行うことができる。また、公開されているソフトを使うことで、周波数毎の電波強度（スペクトル）を見たり、気象衛星NOAAの可視光／赤外線画像を取得したりすることが容易にできる。スペクトルで周波数の変化を直接見られるため、ドップラー効果で衛星の速さを測定する教材として利用できる可能性がある。また、NOAAの画像は、生徒が興味を持ちやすく、かつ、気象分野の教材としても利用することも考えら

れる。今回は、SDRの教育利用の実践として行った、NOAA-18衛星[2]の受信実験を題材とした科学教室について報告する。

3. 実践報告

実践は、静岡大学教育学部附属浜松中学校で、理数系人材育成プロジェクト浜松トップガン[3]での科学教室として行った。全4回、各回150分で行った。受講者は、小学6年生4人、中学1年生2人、2年生5人であった。使用した機材は、必要なソフト（HDSDR[4]とWXtoImg[5]）をインストールしたパソコンとパソコン用チューナー[6]が3セットと、先行研究[1]と同じワイドバンドレシーバー2セットを準備した。アンテナは高専衛星プロジェクト用[7]の段ボールアンテナを、[8]を参考にNOAA衛星受信用に改良したものを使用した。生徒向けのSDRの使い方・アンテナの作り方のマニュアルも準備した。

第1回は、人工衛星の物理を学んだ。人工衛星について導入した上で、「どうして人工衛星は落ちてこないの？」を、講座を通して答えていく問として設定した。簡単で定性的な実験で遠心力を体感し、定量的な遠心力の式を結び付けた。遠心力と万有力のつり合いで衛星は落ちてこないことを説明した。そして、衛星の速さを、関数電卓を使って導出した。

第2回では、アンテナの原理となる波の物理を解説した。電波も音と同様の波であることを示し、オシロスコープを使い音の波形を観察して波長についての理解を図った。また、弦の固有振動や、音叉の共鳴の実験を行い、波（電波）のエネルギーを適切な固有振動数

を持つ振動体（アンテナ）があれば受け取れることを学んだ。その後、段ボールアンテナを2人1組で作成した。

第3回では、まず、衛星の位置が天体と同様に方位と高度で表せること、衛星が通る時刻と方位・高度を示した表の見方を説明した。その後、NOAA-18衛星の到来に合わせ、校庭へ出て受信実験を行った。複数の班を作り、受信係と記録係などを分担させ、リアルタイムで画像を表示しながら実験を行った。受信実験後は、結果と気付いたことを共有した。そして、NOAAの赤外線画像を入口に、温度により異なる波長の電磁波で物体が光ることを説明し、サーモグラフィを使って人間や雲が赤外線で光ることを実験で確認した。

第4回では、衛星の高度を与えた上で、受信実験での通過時間が、第1回で求めた速さと整合するかを定量的に確認した。

4. 実践からわかったこと

今回の実践で、SDRを使ったNOAA衛星の受信実験は、画像の出力が簡単で小中学生でも時間をかけずに十分に行えることが分かった。また、今回全ての班が画像の受信に成功したように実験の成功率が高いこと、また赤外線の内容に関連させることができ、先行研究[1]より教育の幅が広がる可能性があることも分かった。一方で必要ソフトの機能が多く複雑であり、表記も英語であるため分かりづらい問題点があった。学校現場で同様の実験を容易に行える様に、教員向けのインストール用や操作用のマニュアルが必要である。

5. 今後の展望

今回の実践を終えて、実験を行うにあってマニュアルの作成が少々不十分であり、操作がわかりづらかったなどが課題であった。事後アンケートなどから改善点を見つけ、それらを踏まえて、教員用を含む、より分かりや

すいマニュアルの作成を行っていききたい。また気象分野でNOAA画像の利用、ドップラー効果の教材としての利用も検討し実践していきたい。

謝辞

本研究はJSPS科研費JP20H01742の助成を受けたものである。

文献

- [1] 小林尚輝ら（2020）「高校物理のための人工衛星電波受信実験の教材化と実践」物理教育 68/2 79-86
- [2] <https://en.wikipedia.org/wiki/NOAA-18>
- [3] <https://topgun.ed.shizuoka.ac.jp/>
- [4] <https://www.hdsdr.de/>
- [5] <https://wxtoimgrestored.xyz/>
- [6] <https://amzn.asia/d/ec3HJ1f>
- [7] <http://space.kochi-ct.jp/kosen-sat/>
- [8] <https://www.jamsat.or.jp/features/cheapagi/uhf.html>



杉山 明



松平 朋香
内山 秀樹
山本 仁