

**特集****人工衛星電波受信実験の教育利用  
～静岡大学附属浜松中学校での実践～**

内山秀樹、原田裕貴、増田光希（静岡大学 教育学部）

**1. 問題意識**

最近の調査[1]によると、物理・化学を好きと答える高校3年生の割合は、国語や地理・歴史、外国語を好きと答える割合に比べ20ポイント近くも低い。更に、「社会に出たら理科は必要なくなる」と考える高校生の割合は、日本では4割以上に達し、日米中韓の中で最も高い[2]。科学技術に支えられた現代社会に生きながらも、その基礎となる理科への学習意欲と有用感には日本の高校生（や一般市民）では低いと言える。これは技術者育成だけでなく、科学技術に関わる様々な政策を選択する市民の育成の点でも、大きな問題である。

一方で調査[2]によると、日本の高校生は、科学の分野の中でも天文に対する興味が非常に高い。そこで我々は、高校生が興味を持つ宇宙から出発し、しかし、天文に限らない基礎的な理科分野を、技術や社会との関わりを明らかにしつつ学習でき、理科への有用感が増す教材を検討した。その結果として、人工衛星電波の受信実験の教育利用を提案する。

**2. 人工衛星電波受信実験**

アマチュア無線帯域の電波でモールス信号を発信している超小型人工衛星は多い。本実験では、受信周波数のドップラー効果を調整しながら、手でアンテナを動かし、この電波を受信することで、衛星の動きを確認する。この実験では、高校で扱う物理現象（遠心力と万有引力の力学、波動の物理学等）が、定量的に理解しやすい形で現れる。更に、学んだ物理の予想通りに、目には見えないが物凄い速さで衛星が頭上を通過するのを体験することができる。ここから「衛星を含む様々な

科学技術が気づかない所で重要な社会インフラをなすこと」、「その原理は高校で学ぶ理科で理解できること」を実感でき、理科の有用感を高める教材になり得る。実際、人工衛星電波の受信実験は、アマチュア無線家の間で長く行われており、その教育利用の試みも既になされてきている[3][4][5][6]。

**3. 静岡大学附属浜松中学校での実践**

静岡大学教育学部附属浜松中学校は、理数教育プログラム「浜松トップガンプロジェクト」を進めている[7]。その一環として開催された科学教室「身近な物理学から迫る“人工衛星”」の中で受信実験の教育利用の実践を行なった。受講者は中学1、2年生の希望者10名であった。元々理科への意欲が高く、能力も高い中学生達である。平成28年12月から平成29年3月の土日に全4回、各回約3時間の日程で実施した。大学教員1名に、第2・3回で大学生TA各回3名が加わり実施した。

第1回では、社会インフラとしての人工衛星について解説した後に、実験を交えつつ、遠心力と万有引力の物理について講義した。関数電卓を使って、人工衛星の速さが秒速約8kmであることを受講者自身で導いた。

第2回では、アンテナによる電波受信と波動の物理（固有振動、共鳴）との関連を、演示実験を行いながら解説した（図1）。穴あけ、金属棒加工、ハンダ付けを受講者自身で行い、1人1個、八木アンテナ[8]を製作した（図2）。

第3回では、実際に受信実験を行なった。実験に先立ち、天球上の位置は方位・仰角で表せることを解説した。校庭にて、トランシーバからの電波を受信し、製作した八木アン

テナの動作確認を行なった。また、アンテナの向きを変えつつ受信を行い、電波が横波であることを確認する実験を行なった。その後、イスタンブール工科大学の超小型人工衛星 ITUpSAT-1 の受信実験を行なった。受信機の数都合から 3 班に分かれて行なったが、全ての班で電波受信に成功した (図 3)。



図 1 第 2 回の演示実験の様子  
電波受信・アンテナの原理について、音の共鳴や弦の固有振動といった高校物理で扱う内容に関連づけながら解説 (左: 原田)。



図 2 第 2 回のアンテナ製作の様子(左: 増田)

第 4 回では、実験結果からの考察を行なった。偏光板の実験を行い、電磁波が一般的に横波と考えられることを第 3 回の結果を踏まえつつ確認した。また、ドップラー効果についても解説した。中学数学レベルの作図の問題から、第 3 回の衛星の通過時間 (約 14 分) が、高度 700 km を秒速 7.5 km で移動した場合に対応することを受講者自身で導出した。

受講者達自身がまとめた報告書も公開されているので、こちらにも参考にされたい[9]。



図 3 第 3 回の衛星電波受信実験の様子  
アンテナ係、受信機係、記録・計時係に役割分担をして実施。

#### 4. 受講者アンケートの回答結果

講座終了後、無記名アンケートを行い、受講者 8 名から回答を得た。

「講座 (および受信実験) は面白かったですか?」「学んでいる理科の内容が人工衛星に繋がることを実感できましたか?」という選択式質問には全員が肯定的な回答をした。

記述式回答では、「宇宙にいる人工衛星の電波を、自分たちで作ったアンテナで受信することができたということが一番面白かった」「実際に自分のものを使って行なったが、『ピー』などの音が受信機から出て、本当にモジュール信号を通じて受信できたことに感動した」といったものがあった。第 3 回実施時の反応を見ても、受信実験そのものは、受講者にとって面白く達成感があった様子である。

「最初は意味不明だと思っていた式を実際に使って解いていく中でよく分かった」といった回答もあり、物理の理解を深める実験教材としても効果があったと言えそうである。

さらに「八木宇田アンテナ（ドップラー効果、波、三角関数、人工衛星、モールス信号）についてもっと知りたい」「人工衛星の中身を見たい」「今回の講座により、人工衛星等が意外に身近なものであると感じた」といった回答もあり、より発展的な内容への関心にも繋がったようである。

一方で「全体的にもう少し詳しく説明して欲しかった」「講座数が4回では少ないのではないか」「回数を増やして、もっと細かい部分までおさえることができればよい」といった回答も多く、中学生対象の4回の科学教室としては、内容がやや過多だった様子である。

## 5. 今 後

今後は、高校生を対象とした教材の開発とその実践、特に実際の物理の授業での実施をしていきたい。また、より多くの受講者に対しアンケートやテストを行い、受信実験による物理内容の理解、および、理科の有用感の向上の効果をより定量的に測定していきたい。

## 6. 研究会のご案内と謝辞

本研究は、内山が世話人の1人をつとめる「小型衛星の科学教育利用を考える会」での議論に基づきます。本会については、Webサイト[10]をご覧ください。第5回会合を今年8月4、5日に静岡大学浜松キャンパスで計画しています。ご興味のある方は是非ご参加下さい。本会で議論いただいた方々に感謝します。

今回の科学教室は、静岡大学の「地域・産業界と連携した浜松 TopGun 教育システムの構築と事業の実施」の一環で行われました。附属浜松中学校の小南陽亮校長先生、山本仁先生には実施に際し、ご尽力いただきました。

本研究は研究課題名「超小型人工衛星からの電波受信実験の高校物理での教育利用」にて、科研費（若手 B）の支援を受けています。

## 文 献

- [1] 後藤頭一 他 (2013)「中学校・高等学校における理系進路選択に関する研究 最終報告書」, 国立教育政策研究所
- [2] 国立青少年教育振興機構 (2014)「高校生の科学等に関する意識調査報告書-日本・米国・中国・韓国の比較-」
- [3] 保田敦司 (2016)「筑波大学衛星と教育の結びつき」, 第2回小型衛星の科学教育利用を考える会
- [4] 中野多恵 (2016)「超小型衛星に搭載したdigi-singer機能の教育利用」, 第3回小型衛星の科学教育利用を考える会
- [5] 山崎政彦 (2017)「超小型衛星教育キット HEPTA-Sat を用いたハンズオントレーニング」, 第4回小型衛星の科学教育利用を考える会
- [6] 村中崇信・白水始 (2014)「宇宙教育プログラムへの知識構成型ジグソー法の導入」, 京都大学高等教育研究 第20号
- [7] 浜松トップガンプロジェクト  
<http://topgun.ed.shizuoka.ac.jp/>
- [8] JAMSAT 500円八木アンテナ  
[http://www.jamsat.or.jp/features/cheap\\_yagi/](http://www.jamsat.or.jp/features/cheap_yagi/)
- [9] トップガンジャーナル 第25号  
<http://topgun.ed.shizuoka.ac.jp/> トップガンジャーナル
- [10] 小型衛星の科学教育利用を考える会  
<https://wwp.shizuoka.ac.jp/sess/>