

Practice of Satellite Radio Reception Experiment as a Teaching Material for High School Physics

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-08-06 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小林, 尚輝, 内山, 秀樹, 山本, 仁, 神尾, 誠也, 木下, 拓史, 島野, 誠大, 武井, 大, 松山, 福太郎, 内山, 智幸, 内田, 匡, 石代, 晃司, 渡辺, 謙仁 メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/1340

高校物理教材としての人工衛星電波受信実験の実践

小林 尚輝^{1, 2)}・内山 秀樹¹⁾・山本 仁³⁾・神尾 誠也⁴⁾・木下 拓史⁴⁾・島野 誠大⁶⁾
武井 大⁶⁾・松山 福太郎⁷⁾・内山 智幸⁸⁾・内田 匡⁹⁾・石代 晃司⁹⁾・渡辺 謙仁¹⁰⁾

- 1) 静岡大学 2) 静岡市立清水袖師中学校 3) 静岡大学附属浜松中学校 4) 日本大学三島高等学校
5) 立教新座中学校・高等学校 6) 立教大学 7) 静岡県西遠女子学園高等学校
8) 青森県立十和田工業高等学校 9) 静岡県立科学技術高等学校 10) 北海道大学

Practice of Satellite Radio Reception Experiment as a Teaching Material for High School Physics

Naoki KOBAYASHI^{1,2)}, Hideki UCHIYAMA¹⁾, Hitoshi YAMAMOTO³⁾, Masaya KAMIO⁴⁾,
Takushi KINOSHITA⁴⁾, Masahiro SHIMANO⁵⁾, Dai TAKEI⁶⁾, Fukutaro MATSUYAMA⁷⁾,
Tomoyuki UCHIYAMA⁸⁾, Tadashi UCHIDA⁹⁾, Koji KOKUDAI⁹⁾, Takahiro WATANABE¹⁰⁾

Abstract

近年の調査によると、日本の高校生の理科への有用感は低い。一方で、天文・宇宙に関する興味関心は高い。そこで我々は、高校生が意欲の持てる宇宙と関連し、科学技術や社会との関わりを明らかにしつつ学習でき、理科(物理)への有用感が増す教材を検討した。その結果、人工衛星電波の受信実験に着目した。2016-2018年に科学教室形式と高校で正課の授業における実践を行い、中高生計150人が参加した。結果、多様な学生を対象とする高校授業の実践において理科への有用感の向上や受講者の主観での物理内容の理解の向上が確認できた。

Key Words : 超小型人工衛星、宇宙教育、高校物理

1 はじめに

2013年の調査¹⁾では日本の高校生の理科への有用感はいずれの中韓の中で最も低い。その一方で「天文」「宇宙開発」に対する日本の高校生の関心は他分野に比べて高い。そこで我々は高校生が興味を持てる宇宙から出発し、科学技術や社会と物理との関わりを明らかにしつつ学習でき、理科(物理)の有用感が増す教材として人工衛星電波受信実験に注目した。

高校物理における人工衛星の教材化については浅井氏による研究²⁾があり、人工衛星のビーコンを受信して万有引力の法則や電波のドップラー効果を検証する実験が考案されている。我々は浅井氏の研究から進めて、実際の高校授業での使用を目的とした受信実験の教材開発を行った。さらに科学教室と高校授業の中で実践し、授業前後のアンケート・テス

トから受講者の理科への有用感や物理分野の理解の向上に対する本教材の有効性を検証した。

2 人工衛星電波受信実験

現在多くの大学等で開発されている超小型人工衛星にはアマチュア無線の帯域でビーコンを送信しているものがあり、安価なアマチュア無線の機材で受信できる。指向性のある八木アンテナ等で衛星を追跡しながら受信を行うことで、目に見えない人工衛星の位置と動きを確認できる。

人工衛星の電波受信は高校物理の多くの単元と関連がある。高校物理では惑星や人工衛星が、太陽(人工衛星の場合は惑星)との万有引力によって楕円軌道上を運動することを学習する。人工衛星の公転軌道を近似的に円とし、人工衛星が地球の周りを

等速円運動しているとすると人工衛星の速さが決まる。さらに人工衛星が地球上の観測者から見て天頂を通る時は、地平線から昇り反対側の地平線に沈むまでの時間を容易に計算できる。受信実験では実際にその時間(高度 700 km の人工衛星の場合約 14 分)で人工衛星が頭上を通過することを体験し、自分たちが計算した通りの速さ(第 1 宇宙速度)で衛星が地球の周りを回っていることを確認できる(浅井氏の論文²⁾も参照)。

人工衛星の出す電波とそれを受信するアンテナには波と電磁波に関する物理が深く関わっている。高校物理で学習する弦の固有振動や音の共鳴と同様に、金属棒も電波により電流が固有振動を起こす。本実践で使用したアンテナは 435MHz 帯の電波に最適化されており、アンテナの導波器の金属棒の長さはおおよそ(弦の固有振動の場合と同じく)その半波長程度となっている。また、金属棒の向きによって電波を受信できなくなることから電波が横波であることがわかる。受信実験の際には受信周波数が人工衛星の動きによって変化していくことからドップラー効果が確認できる。

本研究では 2019 年現在入手しやすい機材で受信実験の教材開発を行い、それを用いて科学教室高校授業の中で実践を行った。

3 受信実験の実践

2016~2018 年に 5 校の実施先で全 6 回科学教室形式の実践を行い、中高生計 74 人が参加した。また 2018 年に 2 校の高校で正課の授業における実践を行い、計 76 人が参加した。実践では主に受信実験に関わる物理内容の講義、受信実験を行い、一部の実施先ではアンテナの製作も行った。また、本教材の教育効果を検証するため実践の前後に受講者にアンケートを行った。高校授業の実践のうち 1 校では、実践の約 1 ヶ月半後に実験参加者と非参加者の両方に人工衛星の速さや周期を求めるなど、受信実験の内容と関連のある 4 問の力学のテストを実施し、その結果を比較した。

4 アンケート・テスト結果

実践後に行った教材の満足度に対する質問では科学教室・高校授業いずれの受講者からも実施内容に対し肯定的な回答が得られた。ここから受信実験は、天文や人工衛星に対する興味が高い科学教室受講者以外の、一般の生徒にも受け入れられる実験だ

と考えられる。

実践の前後に行った理科の有用感に関する質問では、科学教室の受講者は実践前から肯定的な回答が多く、前後での有意な変化は見られなかった。高校授業の受講者は実践後に肯定的な回答が増えて前後で有意な差が見られた。自由記述欄にも「物理や数学が身近な現象に深くかかわっていることを知れた」「普段学んでいる物理が人工衛星というスケールの大きいものに使われているのがすごいと思った」といった回答があった。受信実験を通して、現代社会を支える実用的な技術(人工衛星)との関連を実感し、受講者の理科(物理)への有用感が増していると考えられる。

また、実践の前後に、物理内容の理解について受講者自身の主観的な意識を問う質問をした。いずれの受講者も実践前後で回答に有意な向上が見られ、自由記述では「授業で学んでいた内容が実際の実験で目で確認でき理解が深まった」「高校の物理の内容とはまた異なる切り口でここまで習ったことを見直せた」といった声があった。実験を通し受講者の主観では物理内容の理解が深まったと感じているようであった。

また高校授業の実践のうち 1 校で行ったテストでは、実験参加者の方が実験非参加者より高得点であった。しかし追加で行ったアンケートより、実験の参加者は非参加者と比べ物理が好きな生徒が集まっていたため、テストの差はこの影響もあると考えられる。

5 小学生向けの実践

受信実験は、小学生にとっても面白く、科学技術(理科)と社会の関連を実感できる教材になり得る。そこで、小学生向けの科学教室の中で人工衛星電波受信実験を行った。高校生向けの物理内容は小学生には難しいため、人工衛星とは何か、どんな役割をしているかなど「人工衛星」そのものについての内容について講義を行った。重要な科学技術であるが普段意識しない人工衛星が身の回りでのどのような役割をしているかを学び、実際に人工衛星の出す信号を受信することでその存在を実感することを目的として実験を行った。実践は 2019 年にディスカバリーパーク焼津天文科学館の日本宇宙少年団(YAC)の活動の一環として行い、小学 4 年生 3 名、小学 5 年生 5 名、小学 6 年生 3 名、中学 1 年生 3 名が参加した。講義、受信実験を合わせ、おおよそ 2 時間で行った。実践後のアンケートの結果では、参加者の

満足度は非常に高かった。「人工衛星からの電波を受信するのがとても楽しかったです。人工衛星はどんなものかも知れてうれしかったです。」といった自記述もあり、受信実験は小学生にとっても面白く、科学技術(人工衛星)の存在や役割を実感できる実験であると考えられる。

6 今後の展望

高校授業で人工衛星電波受信実験が簡単に実施できるように、必要な情報をまとめた Web サイト³⁾の作成を現在進めている。Web サイトでは、実験手順、必要な機材、受信予報作成のための Excel ファイル等を公開している。また、対象とできる人工衛星のリストや過去の実践で使用した講義資料等を今後公開する予定である。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費 17K12933 の助成を受けました。

参考文献

- 1) 国立青少年教育振興機構, 高校生の科学等に関する意識調査, 2014.
- 2) 浅井文男, 物理教育, 46-5, pp.246-250, 1998
- 3) <https://wwp.shizuoka.ac.jp/jushin-jikken/>

(2020年2月28日受付、2020年4月1日受理)