



活動レポート

身近な物理学から迫る“人工衛星”

平成 28 年 12 月 18 日（土）から 4 回シリーズで、課外講座「物理学を使って人工衛星に迫ろう」が附属浜松中学校で行われました。

講師の先生は、静岡大学教育学部教員養成課程 内山秀樹 先生です。先生は、人工衛星を使い、X 線天文学という学問をされていると同時に、理科の学生に天文学と物理学を教えています。今回の課外講座は、4 回シリーズで行われました。

1 平成 28 年 12 月 18 日（土）に、第 1 回講座「人工衛星の物理」が附属浜松中学校で行われました。受講者は、中学生 8 名。

今回の講座では、「物理学」を使って人工衛星について迫っていきます。まずは、物質や運動の基本的な性質を学んでいきました。

人工衛星はどのくらいの高さを回っているのだろう？

人工衛星はなぜ落ちてこないのだろう？

飛行機と違って「飛んでいる」ようには見えないのは、なぜだろう？

内山先生の講義に、受講生も入りこんでいきます。

遠心力について考えてみよう

- 遠心力の大きさ F_c と
 - 円運動の半径 r
 - 物体の速さ v
 - 物体の質量 (重さ) mにはどんな関係があるだろうか？

衛星で遠心力と万有引力が釣り合う条件

遠心力	万有引力
$\frac{mv^2}{r}$	$\frac{GmM}{r^2}$
\downarrow	\downarrow
$v^2 = \frac{GM}{r}$	$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

(人工)衛星の速さ v を求める式が計算できた！

あとでこれを使ってみましょう。

<内山先生 講義の様子>

説明の後、内山先生から、高校 3 年生で勉強するような話ですがと前置きがあり、課題が出されます。

課題：「ISS・STARS-C の速さを計算してみよう！」

宇宙ステーション ISS に補給機「こうのとり」をドッキングさせるには、「こうのとり」を ISS と同じ速さまでもっていかねばなりません。さて、その速さは？

受講生が、関数電卓を使いながら計算していくと $V=7689 \text{ m/s} = 7.7 \text{ km/s}$ が導き出されました。1 秒間で約 8 km もの速さで地球を回っている！？

(飛行機の速さは 1 秒間で約 250 m)



＜大学から持ってきていただいた、理系の大学生の必須アイテム・関数電卓を使って ISS の速さを計算する受講生＞

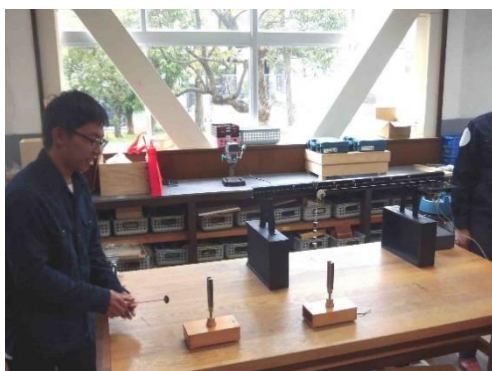
計算後、「こうのとり」6号機/H-IIB ロケット 6号機打上げライブ中継と「こうのとり」6号機キャプチャ（把持）ライブ中継を視聴し、発射の感激とともに「こうのとり」が 7.7 km/s の速さを出しているにもかかわらず飛行機と違って「飛んでいる」ようには見えない精妙さを実感できました。

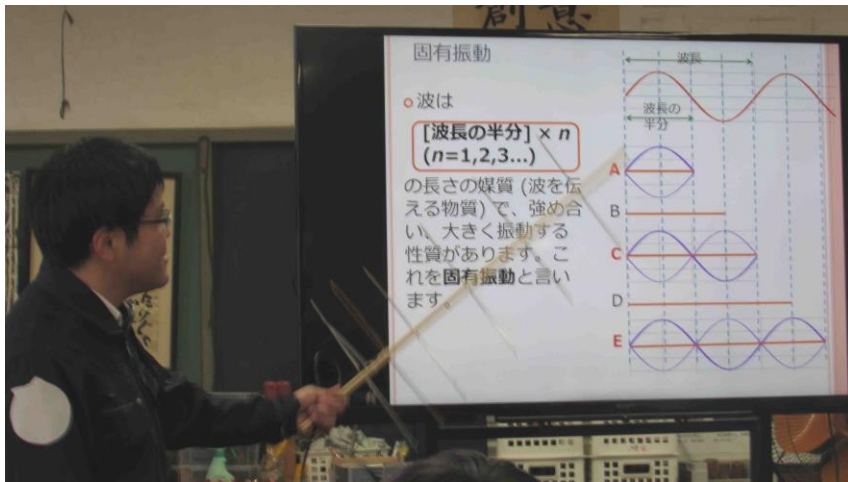
2 平成 29 年 2 月 18 日（土）、第 2 回講座「人工衛星電波受信用アンテナの作成」が附属浜松中学校で行われました。受講者は、中学生 10 名。

「人工衛星の電波を受信してみよう」

超小型人工衛星は、電波でモールス信号を発信しています。人工衛星の電波を受信するには、その動きに合わせてアンテナを動かす必要があり、人工衛星の電波を受信すれば、衛星の動きを確認できます。

＜電波受信のしくみについての説明＞





製作するアンテナの長さを求めていくために、波が強め合い大きく振動する性質・固有振動数について学びました。波長の半分の長さ×nの長さで金属棒の長さを求めました。

<固有振動数とアンテナの長さについて作成の様子>



<受信用アンテナ作成の様子>

<作成したアンテナで受信確認>

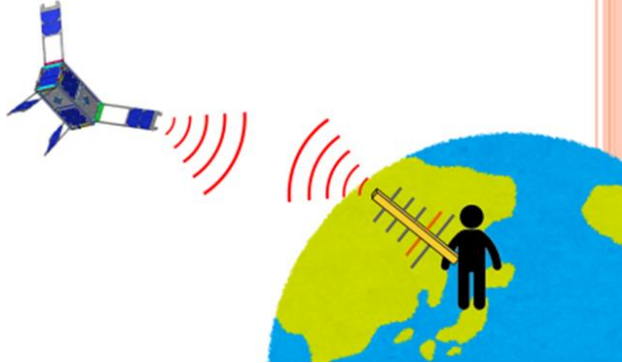
3 平成29年2月26日(日)、第3回講座「人工衛星電波受信実験」が附属浜松中学校で行われました。受講者は、中学生10名。高校生2名、合計12名

前回作成したアンテナを使って あらかじめ、方位何度、高度何度、周波数は、運動場で、アンテナを持って角度を定めるイメージトレーニングを行い、水平線上に人工衛星が現れるのを待ちます。今回、この時間帯で観測できる人工衛星は、IUTUPSA。

人工衛星の電波を受信すれば、衛星の動きを確認できます。自作したアンテナで実際に観測するための方法を学んでいきました。

人工衛星の電波を受信してみよう！

- 超小型人工衛星は電波でモース信号を発信。
 - 人工衛星の電波を受信するには、その動きに合わせてアンテナを動かす必要がある。
- 人工衛星の電波を受信すれば、衛星の動きを確認できる！



受信方法

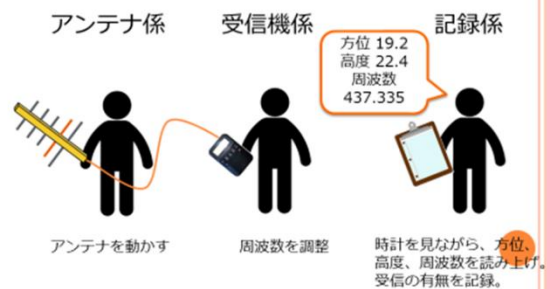
人工衛星の位置は、「方位」と「高度」で表します。高度は地平線からの角度で表します。方位は、北から東回りに測った角度で表します。

3人1組でチームになります。受信機の音声は全員で聞きます。その結果・・・、



受信方法

- 3人1組でチームになります。
- 受信機の音声は全員で聞く様にして下さい。



電波受信成功！

高度・方位・周波数を合わせると、モールス信号がしっかりと聞こえてきました。一つの班が「トントン、ツーツー」と聞こえると他の班からも「トンツー」といったように一斉に聞こえてきました。中にはー・ー・とといったふうに一生懸命、書き留める受講生もいました。電波受信成功！

4 平成 29 年 3 月 11 日（土）に、第 4 回講座「実験結果の解析・人工衛星受信実験から分かる波の物理学」が附属浜松中学校で行われました。受講者は、中学生 8 名。

前回の電波受信を振り返り、トランシーバーのアンテナに対し、アンテナの金属



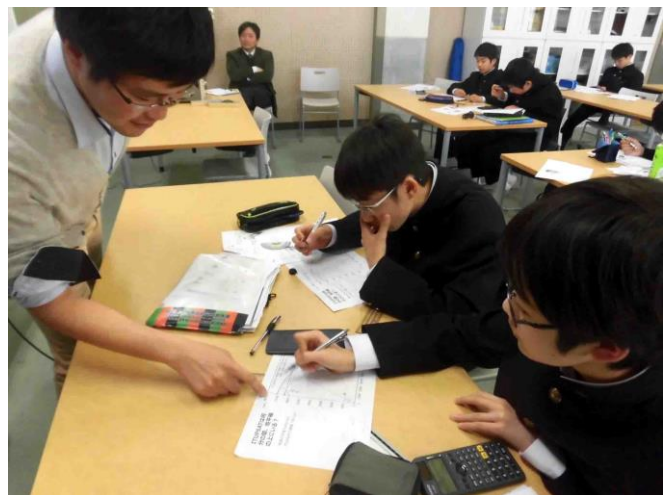
棒の向きを変えると聞こえ方に変化があるだろうか？と先生から問いかけられ、波の種類

光も電磁波で横波であることなどを知り、人工衛星からの電波を自作のアンテナが拾う原理について学んでいきました。

今回観測した人工衛星 IUTUPSA は、何分間、地平線の上にいるのか？

定規と分度器は使って良いです。ITUPSAT の速さを計算してみよう！ITUPSAT がもし本当に 7.5 km/s で回っていたら、何分の間、地平線の上にいるだろうか？

地球の半径 6400 km
ITUPSAT の高度 700 km
とします。



作図により、地平線上で観測可能な時間を計算していき、前回の観測時間と一致し感激しました。

そして、作ったアンテナが八木・宇田アンテナと呼ばれること、それが世界で使われていることにも今回の講師の内山先生が JAXA 内之浦宇宙観測所 (USC) で仕事をされているところも写真等でみせていただきました。

受講生へのアンケート（感想・印象に残ったこと）

- ・人工衛星からの電波を、実際に自分で作ったアンテナで受信したこと
- ・アンテナの微妙なずれや力の入れ具合などの誤差がかなり電波の受信に大きく影響したこと。そういう世界なんだと感じた。
- ・中学生ではやらないようなこと、例えば、衛星の電波の受信などをやらせてくれたこと。
- ・僕たちでも、計算で速度などが求められて、印象に残った。
- ・人工衛星を追いかけたこと。引力と動く速さのこと。
- ・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。また物理学を通して人工衛星についての理解が深まったように思った。
- ・高度・方位・周波数を合わせると、モールス信号がしっかりと聞こえてきたところ。
- ・今回、人工衛星を観測して、様々な物理学について学ぶことができた。宇宙にさらに興味を持つようになって良い経験だと思った。また、別の宇宙の内容で講座をして欲しいと思った
- ・人工衛星は秒速約 7km で動いていて、とても速いことが分かった。地球の引力（重力）と遠心力によってつり合っていて、計算もしっかりしないと落下してしまうから細かい内容の計算までされていると思った。実際に電磁波を観測すると本当にモールス信号が聞こえて達成感があった
- ・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万有引力と遠心力などのことがよくわかったこと。

解説

講座を担当した内山です。今回の内容は、高校生向けの物理実験として元々準備したものです。中学生には難しすぎると実は思っていたのですが、最後の考察を含めて皆さん着いて来てくれて正直驚きました。お疲れさまでした。

今回の講座では高校までの物理学を元に、作成したアンテナの長さや人工衛星の通過時間を、皆さん自身で導いてもらいました。特に衛星通過時間は、物理学で計算した値と、皆さんが実際に受信できた時間がよく一致したのではないのでしょうか。ここから、一見難しい技術の固まりに見える人工衛星も、皆さんが現在学んでいる（そしてこれから学んで行く）理科の知識が実は基礎となることを実感してもらえると嬉しいです。

受信実験を通して、皆さんには「万有引力と遠心力」の物理学を学んでもらいました。この内容は、最近の天文学で話題になっている「地球以外に海がある（=生物がいる）かもしれない太陽系外の惑星の発見」とも実は深く関連しています。今回はお話する時間はありませんでしたが、皆さんの学んでいる理科はこうした最先端の研究にもつながっています。興味のある方は（大学生向けの教科書で相当難しいですが）「超・宇宙を解く—現代天文学演習」（福江純・沢武文 編恒星社厚生閣）の 55 章にチャレンジしてみると良いかもしれません。

『流れ星に願い事を3回唱えると、その願いが叶う』と言いますが、広い夜空に突然現れる流れ星を見つけ、短い発光の間に3回も願い事を唱えるなんてまず不可能です。

最近、それが可能になるかもしれないと話題になっています。今回の講座で学んだ人工衛星から小さな流星素材を地球へ向けて射出すると、大気圏に突入した時に激しい発光を引き起こし、流れ星に見えるというものです。成功の暁には人工流れ星の出現方位、時刻が前もって知らされることでしょうかから、願い事を唱える準備をして、その時を待ちましょう！

一方で、この言い伝えを深く考えてみました、『流れ星を見た瞬間に願いごとが出て来るくらいに、いつも夢や志を抱いている人が目的を達成できる』のだと。(勿論、そのためのひたむきな努力を欠かさないと大前提付きですが。)強い意欲を持ち、TOPGUNの活動に積極的に取り組む皆さんの願いは必ずや叶います。

夢に向かって邁進する皆さんの姿を横目に、年老いた星がひとつ消えて行きます。

編集部子ども記者より

今回の講座は全4回にわたる長い講座でした。その中で中学、高校の物理の基本となることから JAXA にも関わっている内山先生ならではの、天文学の豆知識や宇宙観測所の裏側についても教えていただきました。私たちの生活を支えている人工衛星。TV 等でもよく見ますが、難解の分野だと思いませんか？実はとても面白く、壮大な世界です。是非、皆さんも調べてみて下さい。私たちもこれからの学びに繋げていきたいと思えます。

トップガンジャーナル子ども記者

中学1年 豊田幸吉