

人工衛星の電波をキャッチしよう I —なべのBSアンテナ—

本教材は宇宙とのつながりを軸として科学を身近に感じてもらうために作った科学教材です。本教材の利用による事故等については一切責任を持ちかねますので、本教材の利用は、経験のある指導者の指導の下に行ってください。



●教材提供●
日本宇宙少年団
水沢2分団 松本晃治氏

目標とねらい

どの家のBS（衛星放送）アンテナもみな南西の方角を向いています。その理由を理解するために、まず静止衛星について学びます。つづいて、アンテナのしくみを視覚的に示して直感的理解を助けます。最後に電波の性質を学び、身近な中華なべでもBSが受信できることを示して興味を持たせます。次のように3つに分けて学習します。

- 1 静止衛星について知ろう
- 2 アンテナのしくみ・電波の性質
- 3 なべアンテナで電波をキャッチ

対象学年	小学校高学年以上	所要時間	1、2、3のそれぞれ1時間程度
------	----------	------	-----------------

●用意するもの

<p>【1 静止衛星について知ろう】</p> <p><input type="checkbox"/> パソコン</p> <p><input type="checkbox"/> インターネット接続環境</p> <p><input type="checkbox"/> 地球儀</p>	<p>【2 アンテナのしくみ・電波の性質】</p> <p><input type="checkbox"/> BS アンテナ</p> <p>*機能は正常だが使われていないものを使う。実際の活動ではMASPRO BSC45Rを用いた。</p> <p><input type="checkbox"/> ピンポン玉</p> <p><input type="checkbox"/> 同軸ケーブル</p> <p><input type="checkbox"/> BS チューナー</p> <p><input type="checkbox"/> テレビ</p> <p><input type="checkbox"/> 金網（目の粗いものと細かいもの）</p> <p><input type="checkbox"/> アルミ箔</p> <p><input type="checkbox"/> ダンボール</p> <p><input type="checkbox"/> ペットボトル（空のものと水を満たしたもの）</p>	<p>【3 なべアンテナで電波をキャッチ】</p> <p><input type="checkbox"/> BS アンテナ（受信機のみ）</p> <p><input type="checkbox"/> 同軸ケーブル</p> <p><input type="checkbox"/> BS チューナー</p> <p><input type="checkbox"/> テレビ</p> <p><input type="checkbox"/> 中華なべ（直径 35cm）</p> <p><input type="checkbox"/> 竹ひご</p> <p><input type="checkbox"/> タコ糸</p> <p><input type="checkbox"/> ガムテープ</p> <p><input type="checkbox"/> 両面テープ</p> <p><input type="checkbox"/> 消しゴム</p> <p><input type="checkbox"/> クリップ</p> <p><input type="checkbox"/> 分度器</p> <p><input type="checkbox"/> 方位磁石</p> <p><input type="checkbox"/> 段ボール箱（上写真参照）</p>
--	--	---



1 静止衛星について知ろう

静止衛星は止まっているわけではなく、地球の自転と同期しているために見かけ上止まって見えることを理解させます。文字にすると難しそうなケプラーの法則を、Java アプレットによる「動き」で直感的にとらえさせます。

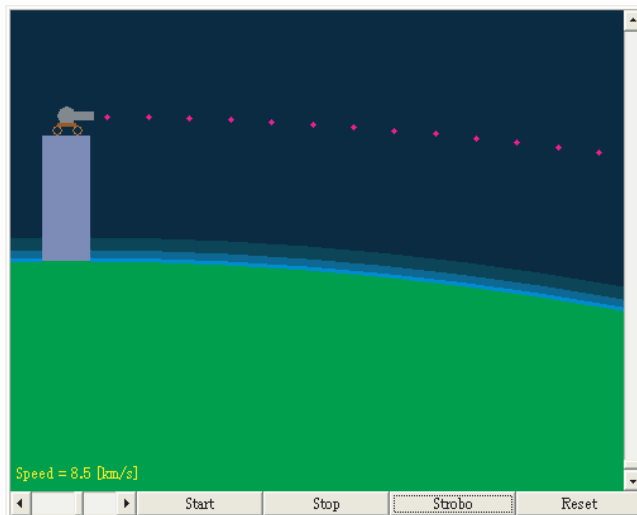
①人工衛星って、どんなもの？

人工衛星がどういうものかを直感的に理解させるために、「大砲で人工衛星」<http://www2.biglobe.ne.jp/~norimari/science/JavaApp/canon/canon.html> の JAVA アプレットを利用します。

●操作のしかた●

- ・このアプレットでは、地上 300km の高さで大砲からさまざまな速さの砲弾を打ち出し、その飛び方を見ることができます。
- ・速度を 2 ~ 3km/s から始め、7.7km/s まで徐々に上げていきます。初速が遅いと途中で地上に落ちますが、7.7km/s では落ちずに地球を一周することがわかります。
- ・第一宇宙速度 (7.906km/s) より遅いのは、高度が 0 ではなく、300km であるためです。

大砲で人工衛星



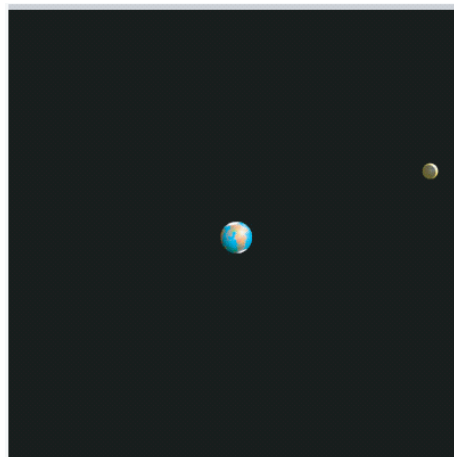
アプレットのイメージ

②ケプラーの法則を直感的につかむ

次に、ケプラーの法則を直感的に理解させるために、「Physics2000」(英語) <http://www.colorado.edu/physics/2000/applets/satellites.html> の JAVA アプレットを利用します。

●操作のしかた●

- ・マウスでクリックすると白い点が出て地球の重力に引かれて加速度的に落下していきます。
- ・ドラッグしてからマウスを放すと初速がつき、うまくすると地球を周回する軌道にのります。複数の白点を飛ばしてその飛び方を観察します。
- ・月による摂動があって多少乱れますが、(A) 軌道の形が楕円であること、(B) 楕円軌道の近地点付近を通過するときのほうが遠地点付近を通過するときより速くなること、(C) 地球からの平均高度が高いほど地球を一周するのにかかる時間が長くなること、の 3 点を見てとることができれば目的達成です。これらはそれぞれケプラーの第一、第二、第三法則で説明できるものです。



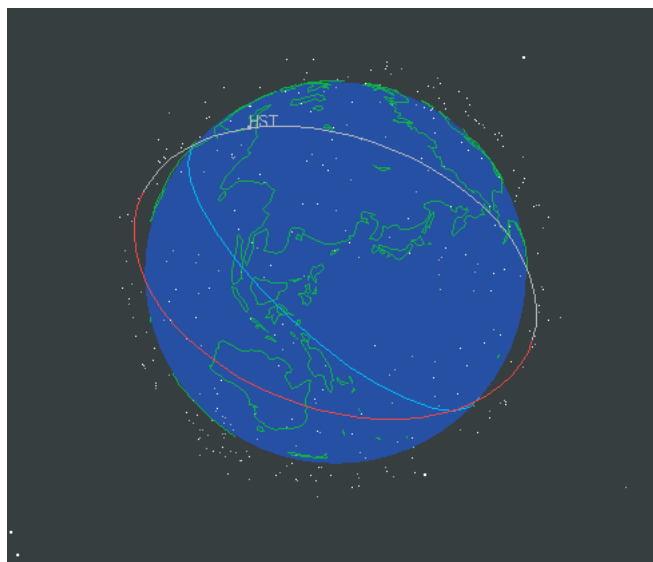
アプレットのイメージ

③ 静止軌道に衛星が密集しているのはなぜ？

つづいて、静止衛星の軌道を理解させるために、「SCIENCE@NASA」(英語) <http://science.nasa.gov/RealTime/JTrack/3D/JTrack3D.html> の JAVA アプリレットを利用します。

● 操作のしかた ●

- ・始める前に View → Zoom In で地球に寄っておき、マウスをドラッグして視点を高緯度側に設定しておくといいでしょう。
- ・Options → Update Rate → 1/4 second、Options → Timing → × 1000 として、衛星の動きを早送りで見ます。
- ・Satellite → Select で軌道を表示する衛星を切り替えると、様々な高度や軌道傾斜角を持った人工衛星があることがわかります。
- ・徐々に地球から Zoom out していくと、赤道上のある高さの円軌道に沿って多くの人工衛星が存在することが見てとれます。
- ・Satellite → Select で BS-3N (日本の放送衛星) を選択します。衛星の動きと地球の自転が同期しており、地球から見ると衛星が止まっているように見える (すなわち静止衛星) ことを理解させましょう。
- ・この軌道に衛星が密集している理由を、ケプラーの第三法則を思い出しながらかえましょう。静止衛星の高度は 35,786km で周期は 23 時間 56 分 4 秒 (1 恒星日) です。この高度よりも低くなると人工衛星の軌道周期が地球の自転周期より短くなり、逆にこの高度よりも高くなると人工衛星の軌道周期が地球の自転周期より長くなります。静止衛星の軌道はただ一つしかないのです。



アプリレットのイメージ

④ 地球儀で放送衛星の位置を確認

最後に、地球儀を用意し、日本からみると静止衛星がどちらの方角に見えるかを考えます。放送衛星は東経 110 度の静止軌道上にあります。地球儀の直径が 30cm であれば、放送衛星は東経 110 度・緯度 0 度の赤道上空 84cm に位置します。これを日本の地上から見ると南西の空に見えるはずですが、これで「自分の家の周りの BS アンテナがすべて南西の方角を向いている理由」がわかるとおもいます。

考えさせよう 体験させよう

- ① 7.7km/s がどのくらい速いかを時速に直して想像させましょう。
- ② 軌道運動の特徴を子ども自身が見出せるまで待つ忍耐が必要かもしれません。
- ③ 地球から 38 万 km ほど離れると軌道周期がどの程度になるか問いかけて見ましょう。月が 1 か月かけて地球を一周することを理解する助けになるかも知れません。
- ④ ケプラーはもともと惑星の運動から法則を見つけました。太陽の周りの公転周期がいちばん短い (長い) 惑星は何かを考えさせましょう。
- ⑤ 静止衛星の軌道周期が 24 時間でないことをきっかけに、平均太陽日と恒星日の違いについて考察するとよいでしょう。

2 アンテナのしくみ・電波の性質

アンテナの曲面が電波を受信機に集めるように設計されていることを理解させます。

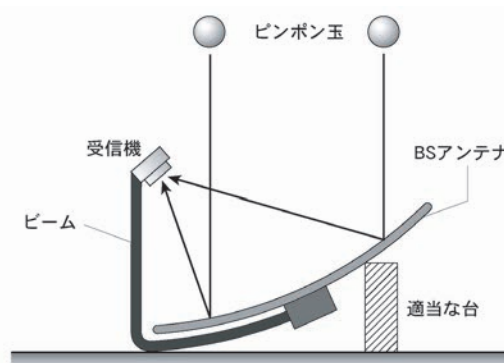
①アンテナのしくみの説明

実験

BSアンテナのお皿を上に向けます。受信機がついているビームがほぼ垂直になるように傾けてアンテナを固定し、アンテナの上からピンポン玉を落とします。ピンポン玉がアンテナ面で跳ね返り、受信機にうまく当たれば成功です。うまくアンテナを固定すれば、アンテナ面上のどこに落としても、ピンポン玉は受信機に当たるはずです。

実験から学ぶこと

この実験により、アンテナの曲面が電波を受信機に集めるように設計されていることがわかります。



②電波の性質の学習

BSアンテナ、BSチューナー、TVを相互に接続し、BSアンテナを静止衛星の方向へ向け固定します。向けるべき方向は地域によって異なりますが、サン電子株式会社「放送受信のノウハウ」<http://www.sun-ele.co.jp/explain/construst/bs-hoko.html>などを参考にします。微調整は受信された映像を見ながら行います。

実験

信号が受信できている状態でアンテナ面と受信機の間いろいろなものを挟んで受信状態が変わるかどうかを観察します。ダンボール・空のペットボトル、目の粗い金網を挟んでも受信状態は変わりませんが、アルミ箔、水の入ったペットボトル、目の細かい金網を挟むと受信ができなくなります。

実験から学ぶこと

この実験により、金属や水を通過できないという電波の性質を学びます。BS信号の周波数は12GHzで波長は約2.5cmです。この電波は目の間隔が3cm程度の金網は通り抜けませんが、目の間隔が3mm程度の金網では反射されてしまいます。

考えさせよう 体験させよう

- ①ピンポン玉がうまく受信機に当たるアンテナの傾きを予め確認しておくことは重要ですが、最初は敢えて傾きをズラしておきましょう。アンテナを目的の衛星にきちんと向けておかないと、信号の受信ができないことをまず体験させて次のステップへ進みます。
- ②アンテナの材質を確認させます。電波は金属で反射されることを理解させます。
- ③電波を通す（通さない）ものの材質と、電気を通しにくい（通しやすい）ものの材質との関係を考えさせます。
- ④波長より十分細かい金網で反射されるという電波の性質の応用例を考えさせます（電子レンジの扉やきく8号のアンテナなど）。

安全対策

見通しのよい場所として建物の屋上で活動する場合、ふざけて転落しないよう事前によく注意しておきましょう。

3 なべアンテナで電波をキャッチ



●中華なべアンテナによる BS 信号の受信

実験

- (1) なべ底の中心に消しゴムを両面テープで貼りつけます。そこに、できるだけ底面に対して垂直になるように竹ひごを立て、たこ糸とガムテープを用いて固定します。
- (2) 竹ひごの真ん中あたりに短いたこ糸を結び、糸の先にクリップをつけます。
- (3) 竹ひごと鉛直に垂れた糸がなす角 ϕ を分度器で測ります。仰角 $\theta = 90^\circ - \phi$ となります。
- (4) 段ボール箱に扇形の穴を開け、(1)(2) で整えた中華なべをセットします。
- (5) 前述の「放送受信のノウハウ」などを参考にして BS 衛星へ向くように方位角と仰角を調整します。方位角は北から東回りに測る角度で、方位磁石と分度器を用いて調整します。仰角の調整は段ボール箱に開けた穴の大きさに調整します。
- (6) 「2 アンテナのしくみ・電波の性質」で用いた BS アンテナから受信機のみを取り外し、なべにかざして受信状態がよくなる位置を探します。受信状態は受信機の傾きにも依存しますので傾きを変えながら最適な位置を探してください。



ダンボールの箱は中華なべがしっかりと収まるようにくりぬいておく。



セットした中華なべアンテナ

考えさせよう
体験させよう

- ①大雑把に受信機を BS 衛星に向けただけでは受信できないことを確かめましょう。正確な角度が必要なことを実感させましょう。
- ②予めピンポン玉を使って、どこに受信ポイントがあるかを予測させておくと、受信機をかざす位置をつかみやすいかもしれません。
- ③中華なベアンテナが正確に BS 衛星に向いていれば竹ひごに沿った位置で受信できますが、方向がずれていると受信ポイントも竹ひごから離れた位置に移動します。この理由を考えてみましょう。

安全対策

見通しのよい場所として建物の屋上で活動する場合、ふざけて転落しないよう事前によく注意しておきましょう。

キーワード

人工衛星 衛星（静止衛星） 電波 アンテナ 中華なべ

教材提供 : 日本宇宙少年団水沢 Z 分団 松本晃治氏
発行 : 宇宙航空研究開発機構 宇宙教育センター

協力 : 財団法人日本宇宙少年団 YAC 株式会社学習研究社
©JAXA2009 無断転載を禁じます