

施行プログラムの実施:大分県(大分市)

日本宇宙少年団おおいた分団における活動について

① 活動のねらい

「衛星データを利用して調べたいこと」を課題とし、子ども達が何について興味や関心を持っているかを把握する。衛星の特色やリモートセンシングに対する理解を深めるとともに実際に画像データを操作し、衛星データが子ども達の身近なものとなることを狙いとする。また、子ども達が衛星データを媒介として能動的に「調べる」ことの動機づけを行う。

② 対象・人数等

総勢31名(YAC団員(子ども)、一般(子ども)、指導員、保護者で構成)

③ 活動場所

大分高専総合電子実験室(総合研究棟3F)

④ 活動内容(7月)

大分高専と日本宇宙少年団おおいた分団が主催となり、「衛星を知ろう」をテーマにJAXA「人工衛星ガイドブック」を用いて「あかつき」および地球観測衛星「だいち」などの説明を行い、人工衛星について学習するとともに、宇宙環境や地球環境についてみんなで考えた。また、「衛星データを楽しもう」と題し、衛星データに親しんでもらうために、衛星による観測について学習するとともに、実際に「だいち」によって観測されたデータをPCを用いて楽しむ活動を行った(7月19日実施)。初回であるので、PCでの操作法を学ぶまでにとどめた。

《活動の成果と課題》

人工衛星の初歩を学び、人工衛星には、探査衛星、静止衛星や放送衛星・気象衛星など位置を利用する生活に密着した衛星、だいちやランドサットなどの地球観測衛星などのいくつかの種類やそのための軌道があることを知った。衛星データを利用するためのソフトとしてRESTECの「リモ10ライト」を使用した子ども達はもとより指導者を含め非常に使いにくかった。これをきっかけに子ども達にも使い易く、操作し易い衛星データ利用ソフトの開発が課題となった。

⑤ 活動内容(8月)

大分高専と日本宇宙少年団おおいた分団が主催となり、7月の活動の続き・発展の活動を行った。まず、衛星が赤外線を含むさまざまな波長の光を用いて観測している

ことを学んだ。この際、概念的に理解がむずかしい「波長」、「赤外線」について、概念形成を目的に、工作・実験を行った。具体的には、分光器の製作と観察、赤外線フィルターを用いた写真撮影などの工作・実験を行って、具体的に体験することにより、衛星データを利用する際に必要な概念の形成を促した。この後、子ども達が各自でPC上で地球観測衛星「だいち」や「LANDSAT」の衛星データを操作して楽しむ活動を行った。最後に、夏休み中に、「衛星データを利用しよう」または「衛星データを利用して調べたくなったこと」というテーマで各自が衛星データで調べたいこと、あるいは身の回りで調べたいことを行ってみよう、という課題を与え9月の活動研究に繋げた。「調べる」ための道具として、赤外線フィルターを各自に持たせた。

《活動の成果と課題》

◆8月の課題結果を基に、子ども達が調べたいことを整理した活動について

衛星データを利用するためのソフトとして7月に続いて「リモ10ライト」を使用した子ども達にとって敷居が高く非常に使いにくかったので、独自にソフトを開発することにした。分光器による波長の概念の導入、赤外線による写真撮影による赤外線という波長を実感することは、大きな成果があったといえる。さらに、ナトリウムの暗線を分光の観測から子ども達自身で発見するなど、不思議の発見などの科学する心の育成につながることができた。

⑥ 活動内容(9月)

夏休み中に行った自由研究について発表してもらった。赤外線フィルターを使ってとった写真や、「海の水の蒸発」から発展した自由研究などの発表があった。また、衛星データを用いて調べたいことをみんなでまとめた。さらに、人工衛星が生活に密着していることを知るための一つとして、「GPSで地球の大きさを測ろう」という活動を行った。具体的には、GPSで南北に50m以上離れた2点の緯度を測り、これから地球の大きさを逆算する活動である。GPSの原理も簡単に説明した。また、ISSを見ようと題して、ISSについて学習を深めるとともに、翌日(9月13日)に各自の家でISSを見ようと呼びかけた。

《活動成果と課題》

「衛星データを利用して調べたいこと」が課題であったが、結果をみると指導者が予測する答えや求める答えが少なく、衛星データの利用に対する子ども達のイメージする考え方が広範囲に及ぶことがわかった。参加者の中には海水塩分の%を実験結果から実証した発表があったが、衛星データ利用は、単に衛星画像データから得た学習だけでなく、衛星データをきっかけにした子ども達の幅広い学習プログラムとして効果的であるということが分かった。

(i)「GPSを使って地球の大きさを測ろう」についての活動

生活に密着した人工衛星のひとつであるGPS衛星について実感するための活動として、「GPSを使って地球の大きさを測ろう」という活動を行った。GPSの原理を、長いひもなどを使って具体的に説明し、次にGPSの信号を受信できる装置を指導者が自作し、「宇宙へつなぐ活動教材集」の中のテキストをアレンジしてワークシートを作成し、これらを用いて、実際に、南北に50m離れた2点の緯度を計測して、ワークシート上の計算で、各自で地球の大きさを求めた。



(自作したGPS信号測定器)

GPSを使って地球の大きさを測ろう

GPSって何？

GPS (Global Positioning System) は、人工衛星を利用して自分が地球上のどこにいるかを測るしくみです。最初はアメリカが軍事用のシステムとして開発しましたが、徐々に民間にも開放され、今では、カーナビはもちろん携帯電話でも利用できるようになりました。

GPS衛星は、高度約20000kmの6つの軌道上に4機ずつ配置され(計24機、実際には予備も含めて約30機が回っている)、地球上のどこにいても最低4機の衛星の電波を受信できるようになっています。

地球の回りを回るGPS衛星群と、地上のユーザからの見え方

高い点はユーザ(黄色い点)から受信可能なGPS衛星、赤い点はユーザからは地平線の下にあって受信できないGPS衛星。

●「三角形の辺の長さ」と「頂点」から距離を測る

GPSの原理は、最低3つの頂点の位置が決まっていれば、残りの2つの頂点の位置が分かるというところから理解することができます。GPS衛星は非常に正確な原子時計を積んでおり、衛星の現在位置と電波を受信した正確な時刻の情報を発信しています。受信機側では、衛星の発信時刻と受信機の受信時刻の差から、衛星から受信機までの距離を計算します。例えば、電波が届くまでに0.1秒かかっていたら、それが光速(約30万km/秒)をかけて、約3万kmと計算できますね。このようにして同時に3機の衛星との距離を計算できれば、(衛星の位置は、衛星白らが明らかにしていますから)受信機の位置は3機の衛星がつくる三角形を底面とする三角形の頂点として決定することができます。子どもに説明するときは、まず、下の図のように平面の三角形で理解させ、続いて立体の三角形に話を進めていきましょう。

平面の場合は、A、Bの2点の位置が分かっている時、辺b、cの長さが決まると三角形は1つしかないので、頂点Cの位置も必ず決まります。

立体の場合は、A、B、Cの3点の位置が分かっている時、三角形ABCを底面として辺b、cの長さが決まっていれば、頂点Cの位置は必ず決まります。

●実際は4機の衛星の電波を受信して時計を修正

原理としてはこのように考えればよいのですが、地上のGPS受信機の時計は正確なものではないので、4機の衛星の電波を受信し、時刻の誤差も未知数として受信機の位置を算出しています。(実際には、その他にも様々な補正が行われて、誤差を小さくしています。もう少し詳しく知りた方は、次のサイトをご覧ください。<http://gps.jaxa.jp/07.html>)

GPSを使って地球の大きさを測ろう

GPSを補完、補強する準天頂衛星

準天頂衛星「みちびき」は、日本が打ち上げる超小型衛星です。準天頂という名前が示すように、日本のほぼ真上に長い時間見える軌道を持つ衛星で、GPSを補完・補強する衛星システムを目的としています。GPSは、少なくとも4機の衛星が視野に入っていることが測位を行うための最低条件ですが、見える高度は必ずしも高いとは限りません。また、測定を行う衛星の位置が一方に偏っていることで、誤差が大きくなります。衛星の配置は、真上に1機と、広い角度で地平線の上に3機の衛星が分散しているのが、高精度の測位には都合の良い配置なのです。

そこで、いつも日本の真上に測位のための衛星(準天頂衛星)を配置できれば、GPS衛星と組み合わせ、非常に高精度の高い位置の測定が可能になります。高層ビルの林立する大都市や、見通しの悪い山間部などでは、十分な数のGPS衛星が視野に入らないことがあります。そんなときでも、準天頂衛星がほぼ真上に見えることで、測位ができる場所と時間を拡大することができます。

準天頂衛星は、2010年にも1機が打ち上げられます。この衛星1機では、24時間日本の真上からのサービスを行えるわけではありませんが、「みちびき」によって様々な試験を行い、その成果が認められれば、将来的にはいつでも日本の真上からGPSを補完補強できるように3機の衛星が構成されるシステムを構築することを計画しています。

●準天頂衛星の軌道は8の字

気象衛星や通信衛星、放送衛星などは、約36000km上空を地球の自転速度に合わせて周回しているため、地上からはいつも同じ位置に見えます。そのため静止衛星と呼ばれます。ただし、静止衛星は赤道上空しか配置することができません。したがって、静止衛星は日本の真上にはなく、南に30～50度傾いたところにあります。

準天頂衛星を日本の真上に配置するためには、静止衛星の軌道を斜めに傾けなければなりません。しかし、それでも1機の衛星を常に日本の真上に配置することはできません。1機が日本の真上にあるのは7～9北に制限されます。軌道が斜めに傾いているので、地球の自転とともに衛星も少しずつ角度を変え、南北に移動していくからです。

そのような条件の中で、日本上空に滞在する時間をできるだけ長くするために、準天頂衛星は衛星の直下の軌跡が、コマのようにならぬように下の図に対して上のコマの8の字を描く軌道をとることになりました。現在は3機を増やして、24時間からず1機を日本の真上に配置しておくことを目指しています。

準天頂衛星のイメージ

3機による準天頂衛星システムのイメージ。衛星の動きが、地上に対して南北に8の字を描いているのが特徴

GPSを使って地球の大きさを測ろう

緯度・経度情報から地球の大きさ(周囲)を計算しよう

●地球の大きさを初めて測定したエラトステネス

古代ギリシアの数学者・天文学者エラトステネス(前275～前194)は、地球の大きさを初めて測定しました。アレキサンドリア(現在のエジプト)に住んでいたエラトステネスは、夏至の日(シエネ(現在のアスワン)では太陽が真上にきて深い井戸の底を照らすと伝え聞きました。シエネ(北緯緯線にある)では、夏至の日の太陽の南中高度が90度になる、ということ。シエネから5000スタジアム(約25km)離れたアレキサンドリアでは、夏至の日の太陽の南中高度は82.8度でした。

エラトステネスは、2つの町の太陽高度の差(7.2度)から、地球の周囲の長さを計算で求めました。

$$5000 \text{ (スタジアム)} \times 360 \text{ (度)} \div 7.2 \text{ (度)} = 250000 \text{ (スタジアム)}$$

地球の周囲は250000スタジアム(約25000km)としたのです。地球の周囲は約4万kmですが、それは意外と外れていませんね。この測定は2000年以上前の計測、計算としては驚くべき正確さであると評価されています。

●GPSを使えば、50m歩くだけで地球の大きさを計算できる

エラトステネスの考え方をヒントに、GPSで計測した2地点の緯度・経度の差から、地球の周囲の長さを求めることができます。(この学習活動は、JAXA宇宙利用ミッション本部 準天頂衛星システムプロジェクトチームが行っているものです。)

- 50m離れた、ほぼ1000分の1分まで同じ経度(または緯度)の2地点を決めます。(この距離は、参加者には教えておかないようにします。)
- 巻尺で計測した10mを歩いて、自分の歩幅を求めます。(10mを20歩で歩いたら、歩幅は0.5m。)
- 出発点で、GPS受信機を見て緯度・経度を記録します。
- 2地点の間を歩き、その距離を自分の歩幅を数えて求めます。
- 終点の緯度・経度をGPS受信機を見て記録します。両地点の経度が同じで緯度だけが異なるとして、出発点 [N036° 03.995']、終点 [N036° 04.022'] だとすると、

$$\begin{array}{r} N036^\circ 04.022' \\ - N036^\circ 03.995' \\ \hline 0.027 \text{ (分)} \end{array}$$

50m離れた2地点間の緯度の差は0.027分ということになります。

⑥2地点間の距離が50m(0.050km)、2地点の緯度(経度)の差が、0.027分だったとすると、地球の周囲は次の式で求められます。

$$0.050 \text{ (km)} \times 360 \text{ (度)} \div 60 \text{ (分/度)} \div 0.027 \text{ (分)} = ? \text{ (km)}$$

この場合は計算すると40,000kmになります。エラトステネスは約9000m離れた2地点の緯度の差から地球の周囲を計算しましたが、現代の私たちはGPSのおかげで、わずか50mの緯度(経度)の差から、おおよそ地球の大きさを求めることができるのです。(GPS受信機には誤差があるので、地球の周囲が40,000kmにならない場合もあります。)

GPSを使って地球の大きさを測ろう

地球の一周の長さ: $X \text{ m} = \text{一周の角度} (360 \text{ 度}) : \text{何度?}$

地球の一周の長さ = $X \text{ m} \times 360 \text{ 度} \div \text{何度}$

- 何度?

$$X \text{ m} \text{ 離れた2地点の緯度の差 (経度は一定として)}$$

$$\frac{\text{北の地点の緯度 } N \text{ 度}}{\text{南の地点の緯度 } N \text{ 度}} = \frac{\text{分}}{\text{分}} \quad (1)$$

$$\frac{\text{北の地点の緯度 } N \text{ 度}}{\text{南の地点の緯度 } N \text{ 度}} = \frac{\text{分}}{\text{分}} \quad (2)$$
 (1)と(2)の緯度の差

$$= \frac{\text{度}}{\text{度}} = \frac{\text{分}}{\text{分}} \quad (3)$$
- 地球の一周の長さ

$$X \text{ [m]} \times 360 \text{ 度} \div (\text{求めた角度}) \times 60 = \text{分} \quad (4)$$
- 地球の半径

$$(4) \div (2 \times 3.14159) = \text{分} \quad (5)$$

(i)の活動成果と課題

上記のようにGPS受信機の自作を行ったが、全国で利用するためには、精度の良い既存のGPS受信器が必要であると思われる。角度の概念、相似の概念が子ども達には難しいことが判明した。

⑦ 活動内容(2月)

(ii)「色を合成しよう」についての活動

衛星データを利用する際に、困難な概念の一つに、様々の波長をディスプレイのRGBに対応させて表示させる、ということがある。たとえば、「だいち」のavnir-2のデータは赤外線を含む4つの波長帯(バンド)のデータから構成されており、赤外線を含む画像の表示の一つにフォールスカラーという表示方法があるが、これは、赤外を赤色表示、赤バンドを緑色表示、緑バンドを青色表示とする表示方法である。このように、観測された各バンドのデータをどのように表示するかによって見え方が異なり、これを理解しておくで衛星データの利用が格段に高まることになる。そこで、人間の目がどのように景色を見ているのかを学習してRGBで全ての色を表現できることを体験する導入活動を行うことにした。この活動の後に、実際に衛星データを楽しむ活動を行った。この際、自分のお家と通っている学校の間には不思議を発見しよう、という課題を与えた。なお、この際、おおいた分団指導者の開発した解析ソフト(仮称:足立ソフト)を使用して子ども達が実際に衛星画像データの操作を体験した。

《活動成果と課題》

独自に開発した「仮称:足立ソフト」を使用してみたところ、これまでと異なり、子ども達が勝手に自由に衛星データを扱って楽しむことができるようになった。半年前に比べて、フォールスカラーの意味を理解した上で衛星データを利用できるようになった。大分は緑が多いので、色の微妙な違いに興味を持つ子供もいた。保護者の方々もとても興味を持ったようである。壁の低い利用しやすいソフトの開発が重要であることがわかった。

⑧ 施行プログラムの実施計画について

テーマを設定し、本活動プログラムを継続的に行うことで、子ども達が「衛星データ」を楽しく学習できるよう計画した。継続して参加した子ども達が、本活動で少しずつ「衛星データ」についてイメージが見えてくるよう、活動教材を研究し、教材開発にも工夫を施した。さらに、衛星データを利用して、子ども達の科学する心の育成を意識し、様々な不思議の発見を目指す学習プログラムの事例として役立てていただきたい。

⑨ 試行プログラム実施に関わる活動のお知らせ

(第1回目(7月)活動案内)

(第2回目(9月))

(第3回目(2月))