

— GPS で宝探し —

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●
宇宙航空研究開発機構
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

2010年4月1日 発行
2012年4月1日 改訂

目標とねらい

カーナビゲーションや携帯電話ですっかり身近なものになったGPS。この便利なシステムが、人工衛星によって実現されていることを、子どもたちは知らないかもしれません。その原理は、中学生で習う数学がわかれば容易に理解できます。説明のしかたを工夫すれば小学生でもわかるでしょう。

子どもたちにGPSを体験させて驚きと不思議を喚起し、GPSのしぐみに興味を持たせましょう。そして、GPSを使ったゲームにより、この技術の素晴らしさを頭と身体で納得してもらいましょう。GPS受信機を持って歩いているうちに、私たちは平面ではなく球面の上で暮らしていることを実感するようになります。

対象学年	小学校低学年以上	所要時間	2～3時間
------	----------	------	-------

★ここでは指導例を紹介します。活動実績や子どもたちの年齢等に応じてアレンジし、指導者の創意工夫を生かしてご活用ください。

●用意するもの

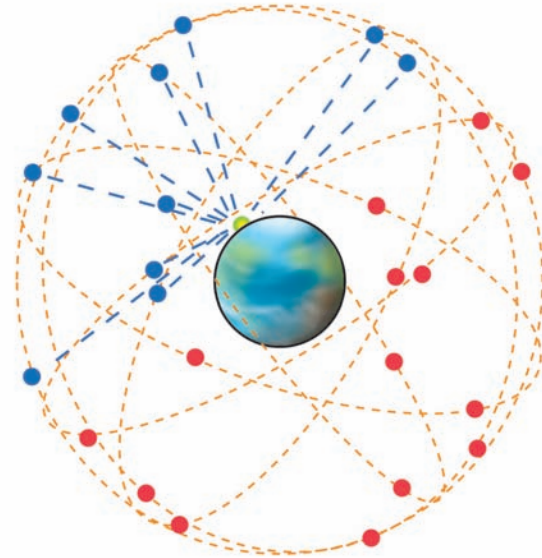
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 登山（トレッキング）用GPS受信機（2～3人に1台あると理想的）
<input type="checkbox"/> （GPS受信機がない場合）GPS機能つき携帯電話
<input type="checkbox"/> 空き缶、空き箱など（宝探しで、クイズの問題用紙などを入れておく）
<input type="checkbox"/> 筆記用具（鉛筆、消しゴム、定規） | <input type="checkbox"/> クリップボード（画板）
<input type="checkbox"/> 宝探しを行うときは、その場所の地図（ゲームに応じて指導者が作成してください）
<input type="checkbox"/> パソコン（Google Earthがあると便利）
<input type="checkbox"/> 雨具、救急医薬品など |
|--|---|

1 GPSって何？

地球の回りを周る GPS 衛星群と、地上のユーザからの見え方

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調べるしくみです。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 機が周回している)、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。

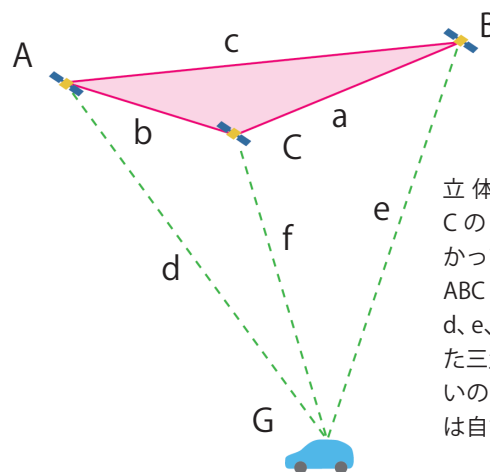
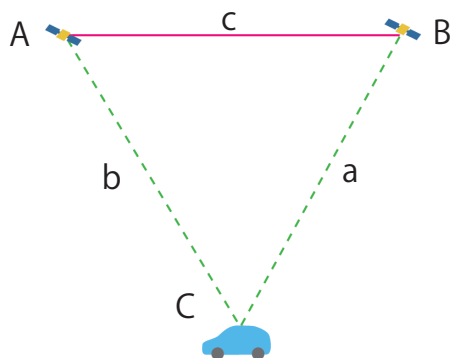


青い点はユーザ (黄色い点) から受信可能な GPS 衛星、赤い点はユーザからは地平線の下にあって受信できない GPS 衛星。

● “三角形の辺の長ささと頂点” から原理を理解

GPS の原理は、底辺の 3 つの頂点の位置が決まっていれば、後は三角錐の辺の長さがわかれば自ずと頂点の位置が決まるということ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発信した正確な時刻の情報を発信しています。受信機の側では、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、それに光速 (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、衛星自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錐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には、まず、下の図のように平面の三角形で理解させ、続いて立体の三角錐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、a の長さが決まった三角形は 1 つしかないので、頂点 C の位置も自ずと決まる。



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 d、e、f の長さが決まった三角錐は 1 つしかないので、頂点 G の位置は自ずと決まる。

● 実際は 4 機の衛星の電波を受信して時計を補正

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割り出しています。(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い方は、次のサイトをご覧ください。<http://qzss.jaxa.jp/07.html>)

●カーナビから渡り鳥の調査まで——GPSの利用

GPSは最も身近なところでは、陸上ではカーナビゲーション、海上では船舶、空では飛行機というように、交通にはなくてはならないものとなっています。個人が持ち歩くものとしては、携帯電話のほかに、登山用のGPS受信機、GPS機能つきカメラなどがあります。

ハングライダーやパラライダーなどのスカイスポーツでは、競技者はGPS受信機を携帯して飛行経路を記録します。GPSを利用する宝探しなどのゲームもさかんに行われています。

野生動物の生息調査でも、GPSが活躍しています。一例をあげると、2009年から小笠原諸島のアホウドリ14羽の背中にGPS発信器を装着した行動域の調査が、山階鳥類研究所、環境省、米国魚類野生生物局の共同事業として実施されています。その経過について環境省は同年10月に、14羽中12羽で長距離の追跡に成功し、アメリカ西海岸、オホーツク海、ベーリング海、アラスカ湾などまで到達したことが明らかになったと発表しました。

2 GPS受信機を手にとってみよう

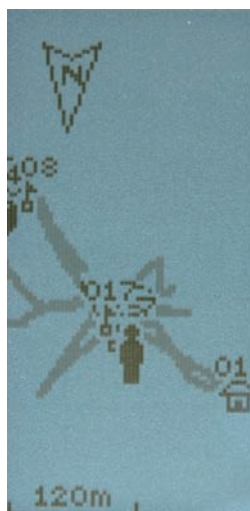
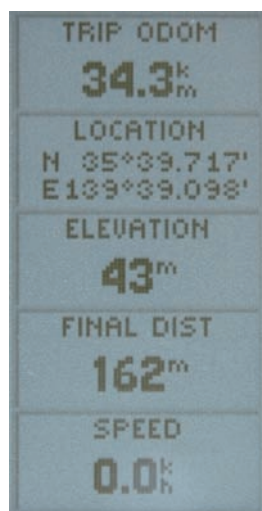
●持ち歩きに最適なのは登山用GPS受信機

持ち歩きに便利なGPS受信機は、登山（トレッキング）用の受信機です。後のページで紹介する宝探しなどの活動にも、登山用のGPS受信機がもっとも適しています。安価なものでは1万5000円くらいから手に入れることができます。（GPS機能つき携帯電話も、宝探しなどの活動に使えます。緯度・経度を簡単に表示できるツールを6-6ページで紹介していますので、是非ご利用ください。）

●目的地への道案内だけでなく 現在地の緯度・経度も表示

登山用GPS受信機は、さまざまな機能を備えています。その中心となるのは、設定された目的地への方向と距離を表示してくれる機能です。この機能はカーナビと同じですが、現在地の緯度・経度・標高や、歩行速度、移動距離なども表示してくれます。

宝探しなどの活動で利用する際は、子どもたちに使い方を説明する時間を設け、実際に手に持って歩かせてそのすばらしい機能を体感させましょう。



登山用GPS受信機のポピュラーな製品例 ガーミン社「eTrex HJ」



▲電源を入れて現れる画面。現在地で捕捉することのできる衛星とその電波の強さを表示している。

◀左から順に、目的地の登録画面、出発してからの総距離と現在地の緯度・経度・標高などの文字情報の画面、地図の画面。

★緯度・経度の単位について

緯度・経度の単位は度・分・秒（ $00^{\circ} 00' 00''$ ）を用いる事が多いですが、ここでは度・分で1/1000分までの数字を用います（ $00^{\circ} 00.0000'$ ）。これは、活動の中で緯度・経度の計算をしやすくするためです。GPS受信機やGoogle Earthを用いる場合、同様の表示となるように、設定して下さい。

3 GPS ゲーム①——GPS 受信機の案内で宝探しをしよう

片手にすっぽり収まるサイズの登山（トレッキング）用のGPS受信機を使って宝探しゲームをしましょう。GPS受信機には、カーナビと同じように目的地を登録することができます。ゲームの参加者は、あらかじめ宝の隠し場所が登録されたGPS受信機を持ち、その指示に従って宝を探し出すというゲームです。

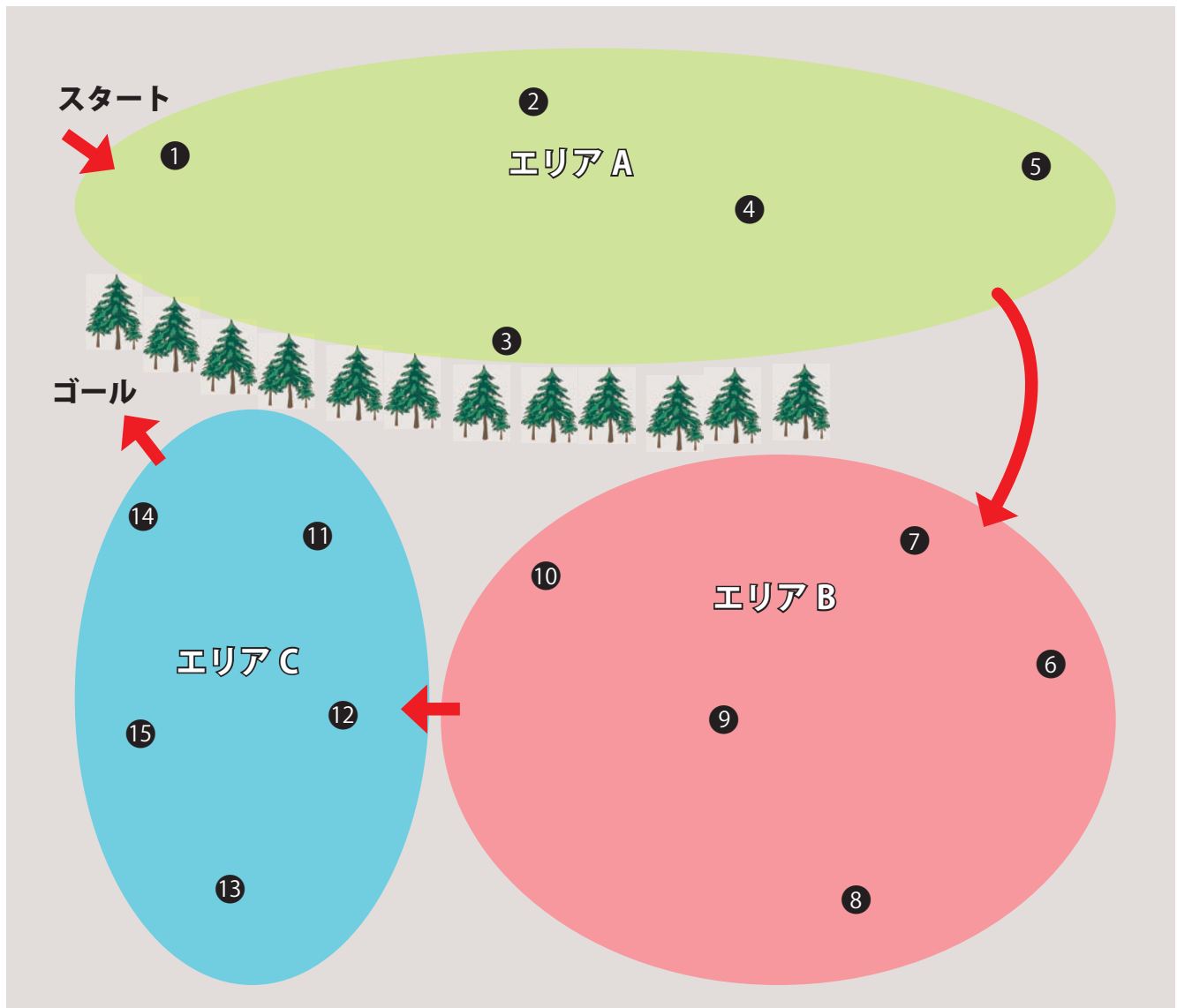
ここではJAXAの宇宙利用ミッション本部「準天頂衛星システムプロジェクトチーム」が、筑波宇宙センターの一般公開日に来場者を対象に行っているゲームのやり方を元にして、10台ほどのGPS受信機でできる方法を紹介します。これを参考にして、活動場所や参加者の年齢、学年などに合ったゲームを考案しましょう。

●宝探しゲームの例

①参加者は各自が1台（または数人のグループが1台）ずつGPS受信機を持つ

ゲームが行われるフィールドは、3つのエリアに分けて、この3エリア内の計15か所のポイントにクイズの入った空き缶を置きます。このクイズを解いてゴールすると賞品（宝）がもらえるというゲームです。

フィールドと缶の配置を模式的に示した図：参加者は、A・B・Cの各エリアで1か所ずつクイズの入った缶を探し出して答えを解答用紙に記入する。3問に答えてゴールに来ると、宝（賞品）がもらえる。



★活動するとき人数が少なければ、GPS受信機の数も、空き缶を置くポイントも少なくて済みます。参加者数や受信機の台数に応じて、ゲームを組み立ててください。

④複数の参加者が同じポイントに集まらないように

空き缶の設置点が15か所と多いのは、設置点が少ないと大勢の参加者がそこに殺到して、隠し場所が他の参加者にもわかってしまうからです。さらに、同じ時間帯に2人以上が同じポイントを目指さないように、スタートの時間をずらすなどの工夫も必要です。

③各エリアで1か所ずつクイズの缶を探す

参加者は、GPS受信機の指示にしたがって各エリアで1か所ずつ缶を探し出し、計3問のクイズに答えます。その答えを専用の解答用紙に書いて、ゴールで賞品(宝)をもらいます。(最もシンプルな形は、宝が入っている空き缶を参加者が見つけたらゲーム終了、というものです。)

④事前の準備——ポイントの緯度・経度を調べGPS受信機に登録する

ゲームの主催者(指導者)は最初に、空き缶を置くポイント(15か所)の緯度・経度を調べます。個々の受信機にはそれぞれ異なるポイント(各エリアから1か所ずつ)3か所ずつ登録しておきます。(このとき、GPS受信機と、それに登録する3つの缶に同じアルファベットを貼っておき、参加者には違う缶を開けないように伝えましょう。)

空き缶を置くポイントの登録にあたっては、GPS受信機を持ちその場に赴いて登録するという方法もありますが、台数が多い場合たいへんな手間がかかります。

GPS受信機に数字で緯度・経度を入力するのがよいでしょう。個々のGPS受信機ごとに異なったポイントを3か所ずつ登録するので、表を作成しそれを見ながらデスクの前で作業をするのがラクでミスも少なく済みます。Google Earthを活用すれば、各ポイントの緯度・経度(〇〇度〇〇.〇〇〇分)を調べることができます。

GPS受信機への登録が済んだら、各ポイントに缶を置きに行き、現場の安全を確認してください。GPS受信機は、通常でも数m~10数m程度の誤差があり、条件が悪ければ数10mの誤差が出ることもあります。そのことを考慮して、誤差で別の缶と間違えることがなるべくないように、空が開けた場所で、隣の缶との間隔を数10m以上は開けるようにしましょう。

また、練習用のポイントも1つ登録しておき、ゲームを始める前に練習をさせると良いでしょう。

⑤ゲーム、スタート!

参加者(個人でも2~3人のグループでもよい)は、1台ずつGPS受信機を持ってスタートします。ポイントを探すには、受信機の「WAYPOINT機能」を利用します。これは、ディスプレイにゲームの参加者が進む方向と目的地までの距離が表示される機能です。(右写真)

⑥クイズを楽しむ

クイズの問題は、活動ごとに楽しいものを作りましょう。ゲーム会場に他の来場者がいない場合などは、缶の中に宝そのものを入れておくのもよいでしょう。



▲登録の画面。下の黒白が反転した部分に、緯度・経度を入力することができる。



▲目的地に向かっていているときの画面。目的地の方角や目的地までの距離が表示されている。

注意

ゲームを行う場所は、平坦な芝生や草地など、安全なところを選んでください。上の④で表記したように、GPS受信機の誤差があることも考慮して、川、池、崖などから遠く離れた場所で行いましょう。毒ヘビ、スズメバチなどの危険な動物、触れると炎症を起こすような植物のない場所や季節を選びましょう。

4 GPS ゲーム②——緯度・経度情報で宝探しをしよう

宝を隠してある場所の緯度・経度だけを知らせて、宝探しをするゲームです。ただし、参加者がGPS受信機に緯度・経度を登録して探すではありません。

参加者は、5つのポイントを訪ねてヒントの入った缶を見つけます。そして、5つのポイントの緯度（北緯）・経度（東経）を調べて地図に緯度・経度の線を引き、それを目安に宝のありかを探索します。（参加者には、事前に緯度・経度について理解させておきましょう。）

では、実際に、どのようにゲームをするか、例を紹介しましょう。

(1) ゲームの前に、宝を隠す場所と、ヒントの缶を置く5つのポイントを決めます。（※宝のありかやポイントの決め方については、6-7ページまで読めば、自ずとおわかりいただけます。）

(2) 参加者には、右のような紙（指令書）と地図を渡します。地図には、宝のありかは示しません。ヒントの缶がある5つのポイントの位置は示しておきます。（参加者は、途中で地図に緯度・経度の数字を書きこんだり線を引いたりするので、筆記用具と定規、クリップボード（画板）を携行させます。）

●GPS携帯でもできます！ その場合、緯度・経度の情報を表示するには？

下の二次元バーコードを読みとり、下記のWebサイトにアクセスすると、自分のいる場所の緯度・経度を調べることができます。（このソフトウェアは、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から提供されたものです。）



http://www.yac-j.or.jp/cgi-bin/view_position.cgi

※一部の機種では表示されないことがあります。

宝は、次の場所にあります。

北緯 36 度 4.300 分 N036° 04.300'
東経 140 度 7.300 分 E140° 07.300'

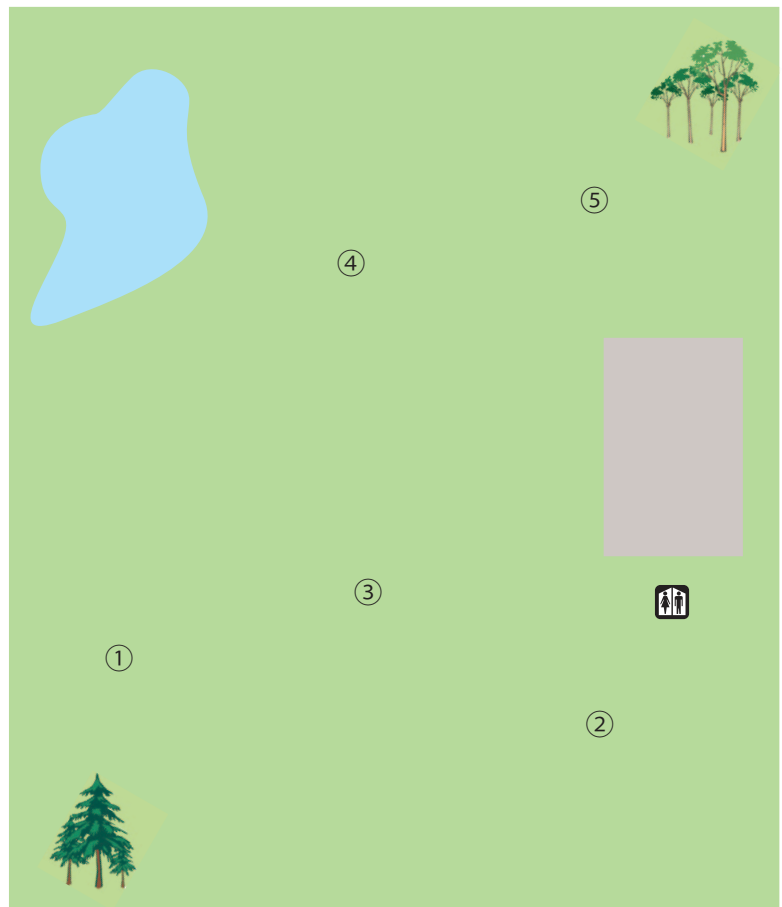
①～⑤のポイントで缶を見つけ、その場所の緯度・経度を調べます。ヒントを参考にすると、早く宝が見つかります。

★必ず持っていきましょう！（□にチェック）

- 地図
- えんぴつ
- けしゴム
- 定規
- クリップボード（画板）

▼参加者に渡す地図

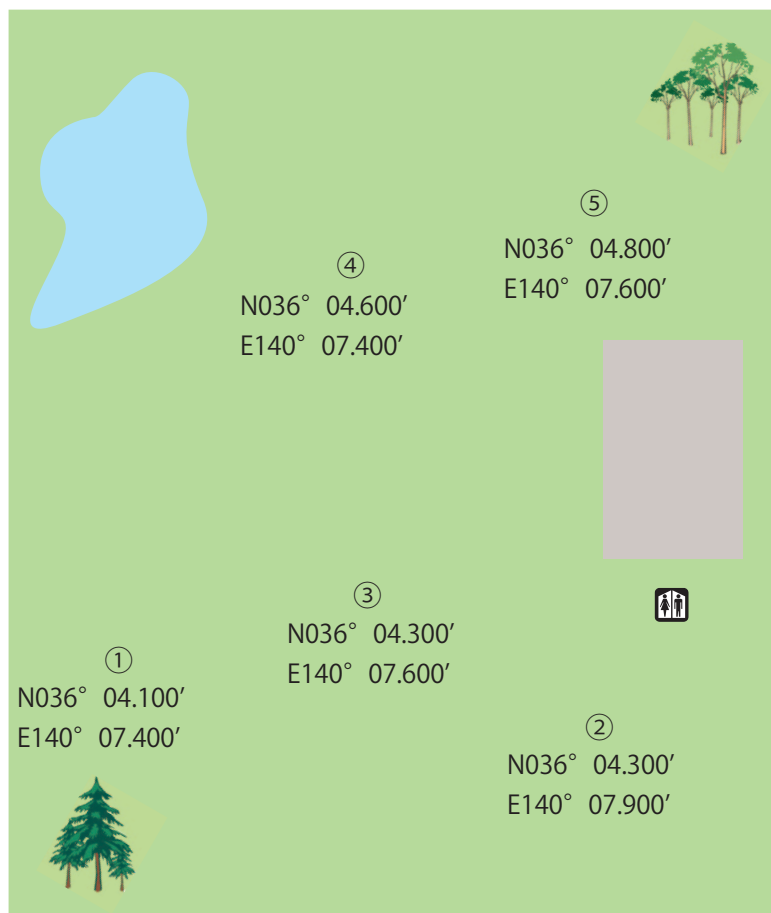
▲指令書



(3) 参加者は、地図に示した5つのポイントを訪ね、缶を見つけます。そのポイントには、目立つように旗などを立てておきます。缶を見つけた参加者は、GPS受信機を使ってそのポイントの緯度・経度を調べ、地図に書き込みます。缶の中は、あらかじめヒントを書いた紙を入れておきます。ヒントの内容は、緯度・経度に関するものや、宝のありかを示唆するものなどが考えられますが、参加者の年齢や学年などに応じて決めましょう。

5か所すべてを訪ね、緯度・経度を書き込むと、右の図のようになります。

この図の緯度・経度の数字を見ると、①と④は、経度が同じです。③と⑤も経度が同じです。同様に②と③は緯度が同じです。

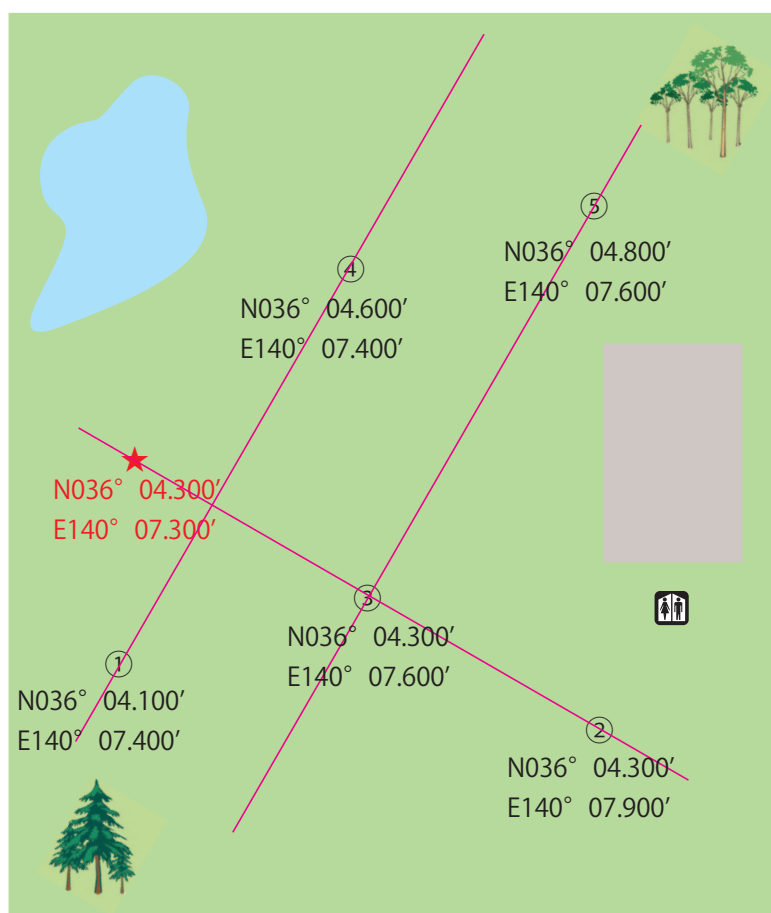


(4) 参加者は、同じ経度の2地点、同じ緯度の2地点を結んだ線を地図中に書きこみます。すると右の図のようになります。

宝のありかを示した緯度・経度の数字と、①～⑤の緯度・経度を見比べると、地図中に宝のありかを書きこむことができます。②・③と宝のありか(★)は緯度が同じですから、★は、N036° 04.300'の線上にあるというわけです。

経度を見ると、③・⑤はE140° 07.600'、①④は、E140° 07.400'、★はE140° 07.300'です。したがって★は①-④の経線から左上に①-④、③-⑤間の半分の距離を行ったところにあると推測することができます。このようにして、参加者は宝を見つけます。

●宝のありかや5つのポイントは、緯度・経度の線が引けるように決定しなければなりません。Google Earthで会場各所の緯度・経度を確認しながら目安を立てておくと、現場に行ったとき容易に決定できます。



5 緯度・経度情報から地球の大きさ(周囲)を計算しよう

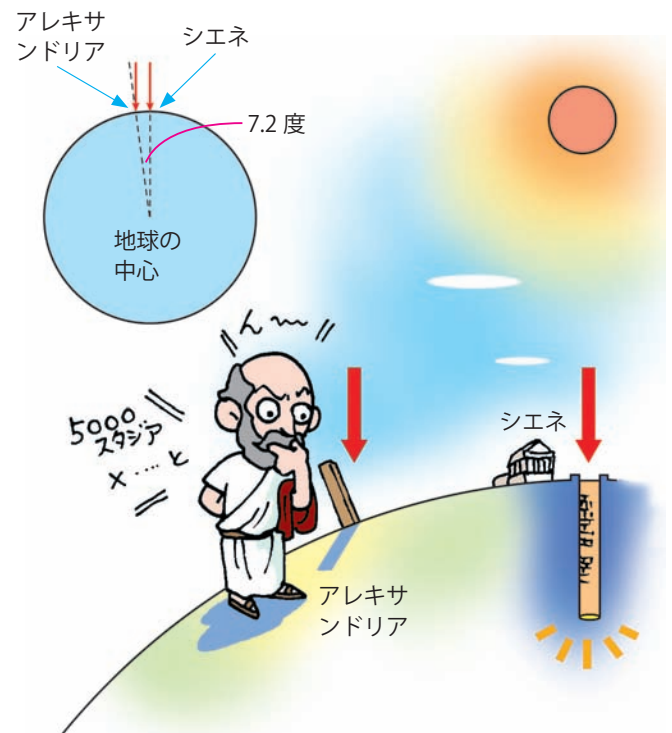
●地球の大きさを初めて測定したエラトステネス

古代ギリシャの数学者・天文学者エラトステネス(前275～前194)は、地球が丸いことを知っていました。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、夏至の日にシエネ(現在のアスワン)では太陽が真上に来て深い井戸の底を照らすと伝え聞きました。シエネ(北回帰線上にある)では、夏至の日の太陽の南中高度が90度になる、ということです。

シエネから5000スタジア(925km)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。

$5000 \text{ (スタジア)} \times 360 \text{ (度)} \div 7.2 \text{ (度)} = 250000 \text{ (スタジア)}$ 地球の周囲は250000スタジア(46,250km)としたのです。地球の周囲は約4万kmですが、それほど外れていませんね。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使得、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。)

- ① 50m離れた、ほぼ1000分の1分まで同じ経度の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。)
- ② 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。)
- ③ 出発点で、GPS受信機を見て緯度・経度を記録します。
- ④ 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。
- ⑤ 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、

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

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。

- ⑥ 2地点間の距離が50m(0.050km)、2地点の緯度の差が、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。

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

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900kmも離れた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、おおよその地球の大きさを求めることができます。(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。)

6 「GPS 宝探し」にチャレンジ

GPS を使った宝探しゲームに挑戦しましょう。ここでは、ゲームの概要と指導者側の事前準備について紹介します。

●その1

「3つのアルファベットをあつめて宝をゲットせよ！」

ゲームの概要

GPS ナビゲーターに記録されている 001、002、003 のポイントに行って、箱のふたにあるアルファベットをゲットするゲームです。

事前の準備

- ①ゲームの主催者（指導者）は、地図で宝探しの範囲を決めて、宝の箱を置く場所（001、002、003）を決めます。（参加者が宝探しをするときの安全を踏まえて、範囲や箱を置く場所を決めます。）
- ②宝の箱のふたに「A」「B」「C」と記します。
- ③001に「A」を置き、その場でGPSナビゲーターの「MARK」を選んでエンターキーで決定します。002に「B」を置き、その場でGPSナビゲーターの「MARK」を選んでエンターキーで決定します。003に「C」を置き、その場でGPSナビゲーターの「MARK」を選んでエンターキーで決定します。

ゲーム、スタート！

- ①GPSナビゲーター、6-12「GPS宝探し その1 参加者記入用紙」、6-14「GPSナビゲーターのつかい方①」、6-15「GPSナビゲーターの使い方②」の刷り出しを渡します。
- ②「使い方の注意とコツ」について説明します。
- ③始まりの時間ともどる時間を伝えます。
- ④ゲーム開始。

●その2

ポイント1の箱を見つけ中を見よ！「宝の箱」へとみちびくだろう。

ゲームの概要

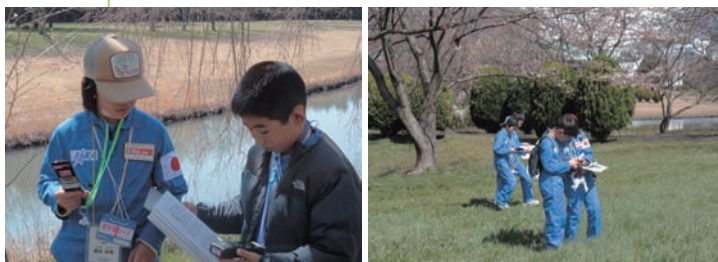
最初に知らされるポイント1の北緯（N）と東経（E）から、ポイント1の箱を見つけ出し、その箱の中にある次のポイントの北緯（N）と東経（E）の情報を見て、ポイント2の箱を見つけ出します。この方法でポイント3の箱を、ポイント4の箱（宝の箱）を見つけ出します。

事前の準備

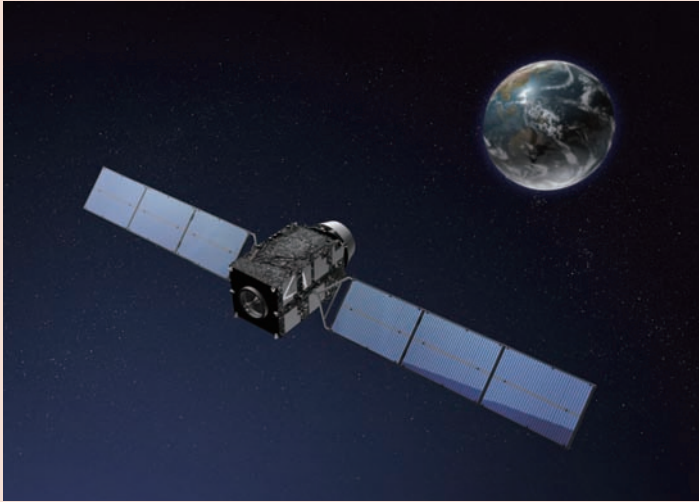
- ①ゲームの主催者（指導者）は、地図で宝探しの範囲を決めて置く場所（ポイント1、ポイント2、ポイント3、ポイント4）を決めます。（参加者が宝探しをするときの安全を踏まえてその範囲や箱を置く場所を決めます。）
- ②宝の箱のふたに「A」「B」「C」「D」と記します。
- ③ポイント4に「D」を置き、その場でGPSナビゲーターの「MARK」を選んでエンターキーで決定します。ポイント3に「C」を置き、その箱の中にポイント4の北緯と東経の情報を入れます。その場でGPSナビゲーターの「MARK」を選んでエンターキーで決定します。ポイント2に「B」を置き、その箱の中にポイント3の北緯と東経の情報を入れます。その場でGPSナビゲーターの「MARK」を選んでエンターキーで決定します。ポイント1に「A」を置き、その箱の中にポイント2の北緯と東経の情報を入れます。その場でGPSナビゲーターの「MARK」を選んでエンターキーで決定します。ゲーム開始時に、ポイント1の北緯と東経の情報を伝えるためにメモします。
- ④GPSナビゲーターに「MARK」で記録した「WAYPOINT」情報をすべて消去します。

ゲーム、スタート！

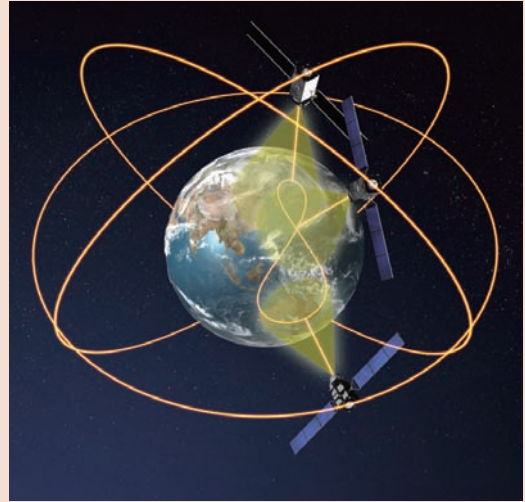
- ①GPSナビゲーター、6-13「GPS宝探し その2 参加者記入用紙」、6-14「GPSナビゲーターのつかい方①」、6-16「GPSナビゲーターのつかい方③」の刷り出しを渡します。
- ②「使い方の注意とコツ」について説明します。
- ③始まりの時間ともどる時間を伝えます。
- ④ポイント1の北緯と東経の情報を伝えます。
- ⑤ゲーム開始。



宝探しゲームにチャレンジする子どもたち



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、日本が打ち上げるユニークな衛星です。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 を補強・補完する測位システムを目指しています。

GPS は、少なくとも 4 機の衛星が視界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と、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 衛星と組み合わせて、非常に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 衛星が視界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 年にまず 1 機が打ち上げられました。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 機の衛星で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 36,000km 上空を地球の自転速度に合わせて周回しているので、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にしか配置することができません。したがって、静止衛星は日本の天頂にはなく、南に 30～50 度傾いたところにあります。

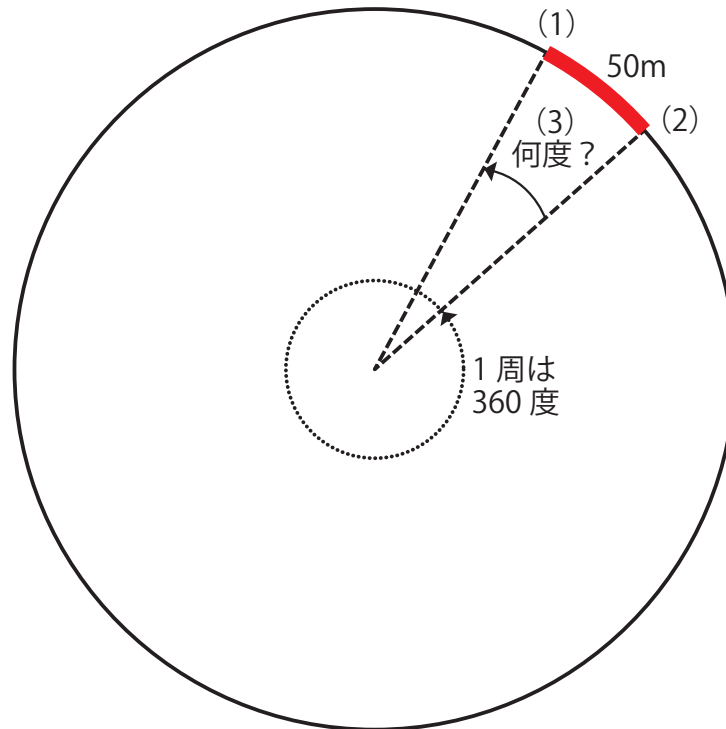
準天頂衛星を日本の真上に配置するためには、静止衛星の軌道を斜めに傾けなければなりません。しかし、それでも 1 機の衛星を常に日本の真上に配置することはできません。1 機が日本の真上にあるのは 7～9 時間に限られます。軌道が斜めに傾いているので、地球の自転とともに衛星も少しずつ角度を変え、南北に移動していくからです。

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、雪ダルマのように下の円に対して上の円が小さい 8 の字を描く軌道をとることになりました。将来は 3 機に増やして、24 時間かならず 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。

GPSを使って地球の大きさを測ろう

(1) と (2) は南北に 50m 離れた 2 地点。50m でなくてもよい。例えば 100m にした場合、以下の計算の 50m のところを 100m にかえる。

①



地球の一周の長さ : 50m = 一周の角度 (360 度) : 何度? (3)
 従って、地球の一周の長さ = $50\text{m} \times 360 \text{度} \div \text{何度? (3)}$

1. 何度?

50m 離れた 2 地点の緯度の差 (経度は一定として)

北の地点の緯度 度 分 (1)

南の地点の緯度 度 分 (2)

(1) と (2) の緯度の差

= 0 度 分

分の値を 60 で割って度に直すと、

= 度 (3)

2. 地球一周の長さ

$50[\text{m}] \times 360 \text{度} \div (3) = \underline{\hspace{2cm}}$ [m] (4)

3. 地球の半径

(4) $\div (2 \times 3.14159) = \underline{\hspace{2cm}}$ [m] (5)

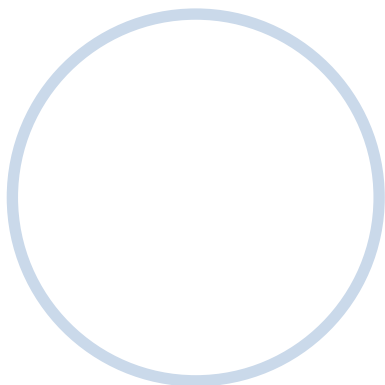
始まる時間 (:) もどる時間 (:)

その1

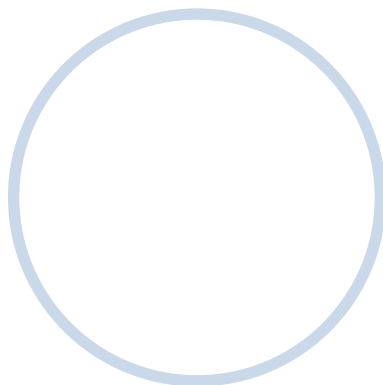
3つのアルファベットを あつめて宝をゲットせよ！

「GO TO」の機能を使って、
「WAYPOINTS」に入っている
001、002、003の場所に行き
箱を見つけて、ふたに書いてある
アルファベットを、したの○に
書いて、もどってくること。
箱のふたは、決して開けてはならない。

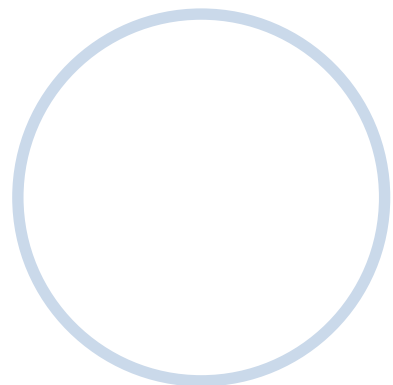
すべてのアルファベットが
あっているとき、宝があたえられる。



001



002



003

GPS ナビゲーターのつかい方①



- ① PWR (パワーキー) を、おし続けるとパワーオン!
- ② PAGE (ページキー) をおして5種類の基本ページをかくにん。



サテライトページ
・人工衛星の信号受信状態
バリ4?



マップページ
・三角形が自分
通った道を線で表示



コンパスページ
・目的地までの距離、方角、
移動スピード



情報ページ
・時間や早さなど
いろいろな情報を表示



メニューページ
・ポイントを記録したり記
録したポイントを表示

GPS ナビゲーターのつかい方②

● GPS 宝さがし その1 で使う機能

GPS ナビゲーターに記録されている 001、002、003 のポイントに行って、箱のふたにあるアルファベットをゲットしよう！

① PAGE (ページキー) をおして、メニューページを表示させる。



② ダウンキーをおして「WAYPOINTS」をえらんでエンターキーで決定。

③ 「0-9」をえらんでエンターキーで決定。

④ 「001」をえらんでエンターキーで決定。

⑤ 「GOTO (そこへ行く)」をえらんでエンターキーで決定。



⑥ 上に 001 までの距離中に方角 (やじるし) 下に移動スピード それらを使って 001 のポイントをさがす。



⑦ PAGE (ページキー) をおして、メニューページを表示させる。ダウンキーをおして「WAYPOINTS」をえらんでエンターキーで決定。



⑧ 「0-9」をえらんでエンターキーで決定。



⑨ 「002」をえらんでエンターキーで決定。



⑩ 「GOTO (そこへ行く)」をえらんでエンターキーで決定。



⑪ 002 のポイントをさがす。003 のポイントも同じようにしてさがす。

● 使い方の注意とコツ

- GPS ナビゲーターがさすからといってあぶないところには進まない。
- GPS ナビゲーターがさすポイントは、10m くらいのずれがあります。さがしている場所に近くなったならまわりをよく見よう。
- GPS ナビゲーターがさす方向にたてものや川などがあり、通れないときは、方角 (やじるし) だけでなく、距離がちぢまる方にむかって進もう。
- GPS ナビゲーターの向きを変えるときは、方角 (やじるし) が正しい方角をさすまで少し待とう。

GPS ナビゲーターのつかい方③

● GPS 宝さがし その2 で使う機能

N (北緯) と E (東経) から、GPS ナビゲーターを使ってポイント 1～3、そして宝のあるポイント 4 の場所をさがし出そう。

- ① PAGE (ページキー) をおして、「情報ページ」を表示させる。「情報ページ」には、今いる位置の N (北緯)、E (東経) が表示されている。
- ② 伝えられたポイント 1 の N (北緯)、E (東経) のメモをもとに、ポイント 1 に向かう。行きたいポイントの N と E の数字に、今いるポイントの N と E の数字を近づけていく。ポイント 1 に着いたら、箱の中にあるポイント 2 の N、E をメモする。
- ③ ポイント 2 の N、E のメモをもとに、ポイント 2 へ向かう。箱の中にあるポイント 3 の N、E をメモする。
- ④ ポイント 3 の N、E のメモをもとに、ポイント 3 へ向かう。
- ⑤ 箱の中にあるポイント 4 の N、E をメモする。ポイント 4 へ向かう。



いろいろな場所の N (北緯) と E (東経) を紙にメモをして、位置を N と E でイメージするようにする。行きたいポイントの N と E の数字に今いるポイントの N と E の数字をどんどん近づけていく。

● 使い方の注意とコツ

- ・GPS ナビゲーターがさすからといってあぶないところには進まない。
- ・GPS ナビゲーターがさすポイントは、10 m くらいのずれがあります。さがしている場所に近くなったらまわりをよく見よう。
- ・GPS ナビゲーターがさす方向にたてものや川などがあり、通れないときは、方角 (やじるし) だけでなく、距離がちぢまる方にむかって進もう。
- ・GPS ナビゲーターの向きを変えるときは、方向 (やじるし) が正しい方角をさすまで少し待とう。

科学する心を
育てよう

- ① 日常の暮らしの中で、自分がどこにいるかを知るとき、どのような情報に頼っているか考えてみましょう。
- ② GPS は私たちにどのような恩恵を与えているか、考えてみましょう。
- ③ 屋外の開けた場所、大きな木の下、ビルのかげ、屋内など、場所を変えて、GPS 衛星からの電波の受信状況(受信している GPS 衛星の数や方角、信号の強さ)を比べてみましょう。また、時間によって GPS の配置が変わることに、気づかせましょう。
- ④ 上のいろいろな状況で、GPS 受信機が出す値(緯度・経度)にどのくらいの誤差があるか調べてみましょう。(本当の誤差は、実験をしている場所の正確な位置情報がわからないと出せないなので、複数の GPS 受信機での測定値をグラフにして、そのばらつきの大きさを比較すると良いでしょう。中学生くらいの活動であれば、受信している衛星の数や配置によっても、測定値のばらつきが変わることを考察させても良いでしょう。)
- ⑤ 人工衛星は種類や目的によって、どのような軌道や高度をもっているか調べてみましょう。
- ⑥ 準天頂衛星「みちびき」の軌道が地上に対して8の字を描くことを、地球儀を使って確かめてみましょう。

安全対策

- ① GPS 受信機や GPS 機能つき携帯電話を持って歩くと、画面に気を取られて転んだり物にぶつかったりする危険があるので、十分注意しましょう。小学生の場合は、指導者が見守り、その上さらに2人一組で行動させるなど、事故が起きないように気をつけてください。
- ② GPS 受信機や GPS 機能つき携帯電話は、自動車や自転車が通行する場所では絶対に使わせるとはいけません。
- ③ 池や川などの水辺、急峻な崖、橋や堤防の上など、足を踏み外すと危険な場所では、子どもたちに GPS 受信機や GPS 機能つき携帯電話を持って歩かせないようにしてください。
- ④ 真夏など気温が高くなる季節には、子どもたちや指導者が熱中症にかからないように気をつけましょう。帽子を着用し、十分な水分補給をこころがけましょう。
- ⑤ 宝探しをするとき、クイズの問題やヒントを入れておく缶や箱で子どもたちがけがをしないように、缶や箱の形状や材質に気を配りましょう。
- ⑥ 屋外の活動では、毒ヘビやスズメバチなど、危険な動物や植物にも注意しましょう。

学習指導要領
との関連

中学校 3年	理科(エネルギー・粒子)	科学技術の発展
中学校 1年	数学(図形)	空間図形
中学校	社会(地理)	世界の地域構成(緯度・経度)

キーワード

GPS、人工衛星、電波、緯度、経度、地球、準天頂衛星

教材提供 : 宇宙航空研究開発機構 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
 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、株式会社学研教育出版、編集チームモルオ有限公司 財団法人日本宇宙フォーラム
 絵 : 鳥飼規世

©JAXA2012 無断転載を禁じます