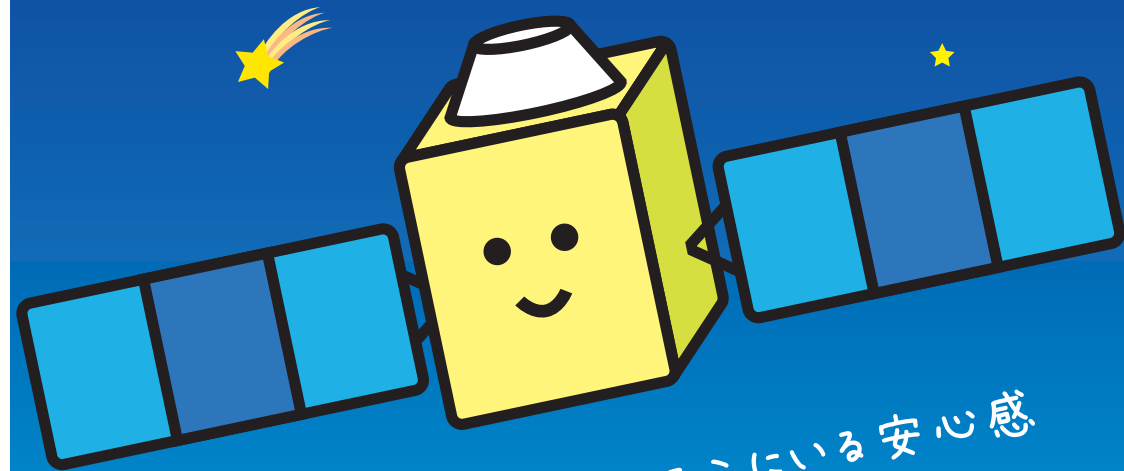


『SATELLITE★cafe』は人工衛星と地球の
これからを考える、JAXA宇宙利用ミッション本部の発行するミニマガジンです

サテ★カフェ

SATELLITE★cafe



見上げればいつもそこにいる安心感
準天頂衛星初号機「みちびき」で
自分の位置が分かります

Vol.16

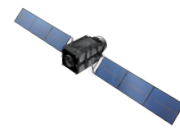
“ほし” がみちびく、わたしたちの未来

昔の人は夜空にかがやく星の位置関係から、自分がどこにいるのかを知ろうとしていました。

今 わたしたちは宇宙をとんでいる衛星（ほし）から、自分のいる位置を正確に知ることができます。

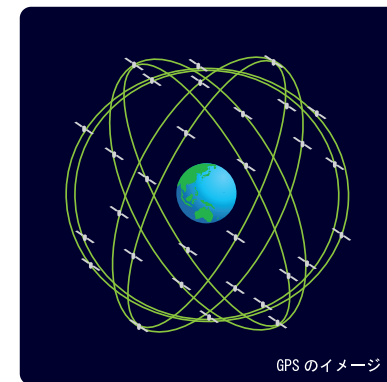
でも、一体どうやってこれらの衛星（ほし）から自分の位置を知ることができるのでしょうか？

現代の“ほし”



じゅんてんちようえいせいしやうき
準天頂衛星初号機
「みちびき」

人工衛星



GPS のイメージ



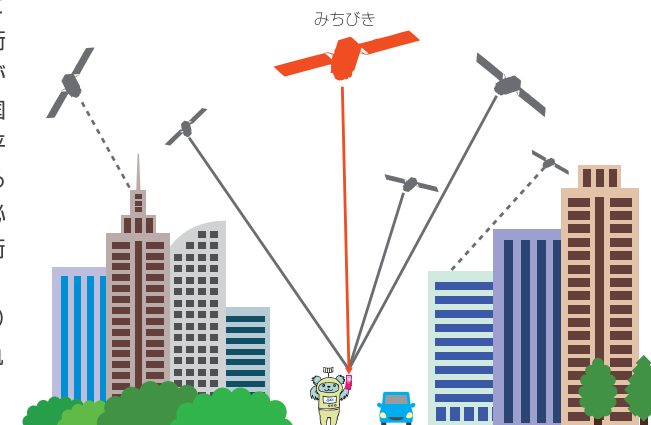
衛星をつかった 測位システムって？

みなさんがドライブに行くとき、何気なく利用しているカーナビゲーション。今走っている位置が表示されるのは、人工衛星のはたらきによるものです。もっとも代表的な測位システム（位置を測るシステム）は、アメリカが開発した GPS（Global Positioning System）で、地球の周りをまわる約30機の GPS 衛星で構成されています。

わたしたちはこれらの衛星からの電波を受信することで、いつでもどこでも自分の正確な位置を知ることができます。日本の準天頂衛星初号機「みちびき」は、そんな GPS 衛星たちの仲間です。

日本にフォーカスした 「もうひとつの GPS 衛星」に

GPS 衛星は全世界をカバーするように飛びますが、山間部や都心部の高層ビル街では、衛星の電波が十分に届かないことがあります。特に日本は、他の国と比べて国土の大部分を山地が占めており、少ない平地には都市が集中しているため、さえぎるものがない真上に衛星を配置することが必要です。そこで開発されたのが準天頂衛星初号機「みちびき」です。「みちびき」は、日本のほぼ真上（準天頂）に長時間見えるよう工夫されたためずらしい軌道を飛んでいます。



自分の位置を知るには？

衛星を使って自分の位置を知るためには、衛星が飛んでいる【位置】と自分と衛星との【距離】^{きょり}の情報を使います。そのためには、少なくとも4機からの情報が必要です。実は「みちびき」や GPS 衛星から送られてくる電波には、衛星の【位置】と衛星に搭載^{とうざい}している時計の【時刻】の情報が入っています。しかし、自分と衛星との【距離】は衛星からの情報には含まれていないので、自分で計算しなければなりません。

まず自分と衛星との距離を測ろう！

距離を求めるときは次の計算式を使います。



$$\text{距離} = \text{時間} \times \text{速度}$$

これをもとに自分と衛星との距離を測る場合には、次の計算式になります。

$$\text{衛星との距離} = \text{衛星からの電波が受信機に届くまでにかかった時間} \times \text{電波の速度}$$

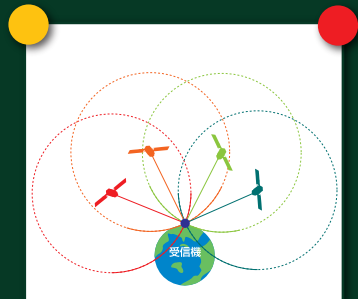
(30 万 km/秒)

衛星から電波が届くまでにかかった時間とは、衛星からの電波がカーナビゲーションや携帯電話などの受信機に届くまでにかかった時間のことです。それは、衛星が電波を発した【時刻】と電波を受信したときの【時刻】との差から分かります。電波の速度は、光の速さと同じ 30 万 km/秒です。

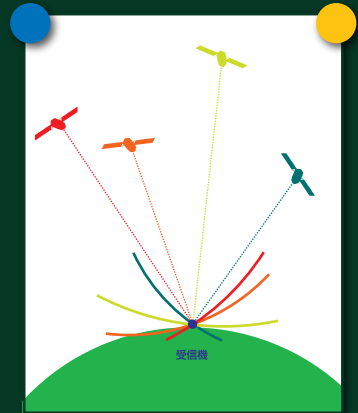
次に自分の位置を特定しよう！

これらを当てはめていかなければ衛星との距離はわかりますが、1機の衛星との距離を求めただけでは、今自分がいる位置を特定することはできません。そこで衛星が4機必要になります。まず自分と4機の衛星との距離をそれぞれ計算し、4つの距離を求めます。すると右のイラストのように、この4つの距離がひとつに交わる点が出てきます。これが今自分がいる位置ということになります。

※ 地上の受信機に内蔵されている時計の時刻が正確であれば、3つの衛星で自分の位置を特定できますが、受信機の時刻にはごくわずかにずれがあるので、正確な時刻を求めるためにはさらにもう1機の衛星の情報が必要です。



自分と4機の衛星との距離のイメージ



4つの距離がひとつに交わる点

ひとくちメモ

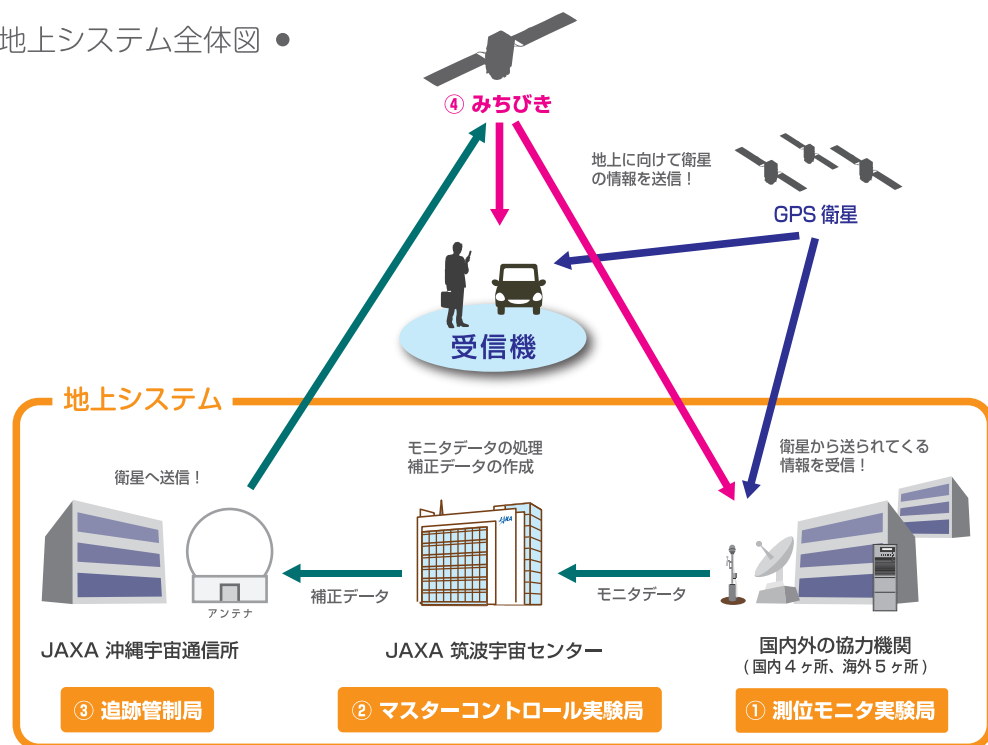
衛星からの電波が受信機に届くまでにかかった時間を正確に求めるためには、衛星の時刻が正確でなければなりません。万が一衛星の時刻がずれた場合、距離の計算もまちがってしまいます。たとえばほんの $\frac{1}{100}$ 秒でも衛星の時刻がずれていたら、距離にすると・・・ $0.01(\text{秒}) \times 30 \text{ 万}(\text{Km/秒}) = 3000\text{km}$ もずれてしまいます。このように自分と衛星との距離がまちがっていたら、今いる自分の位置もまちがって特定されてしまいます。自分と衛星との距離を正しく計算できるように、GPS 衛星や「みちびき」にはとても正確な時計を搭載しています。「みちびき」に搭載されている時計は【ルビジウム原子時計】といって、なんと 30 万年に 1 秒ずれるかどうかの正確さです。

「みちびき」を支える地上システム



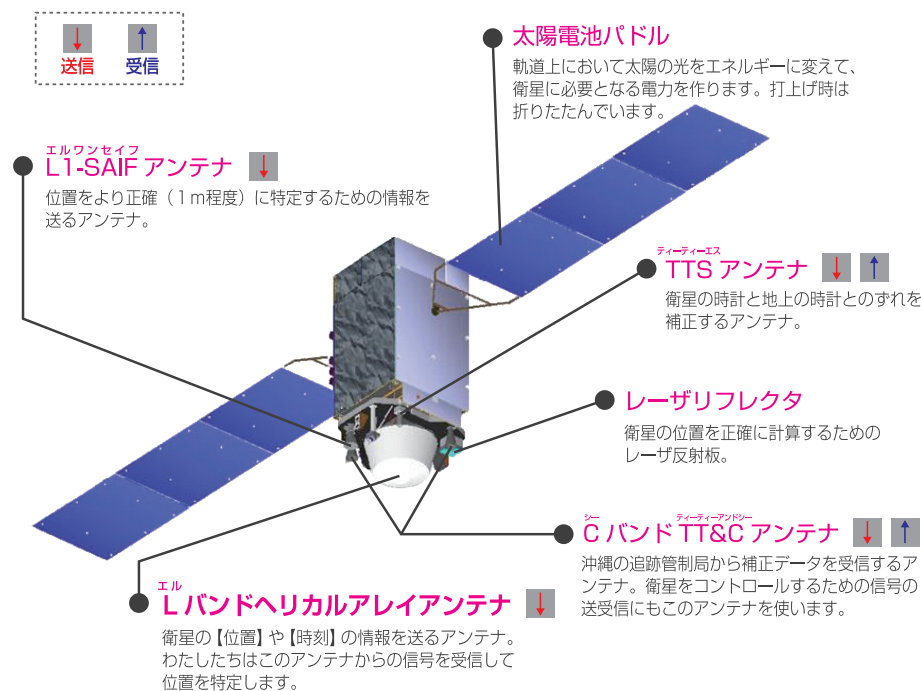
わたしたちは「みちびき」とGPS衛星から正確な衛星の【位置】と【時刻】の情報を受け取ることによって、自分の位置を特定できます。GPS衛星だけでなく、「みちびき」からの情報を使うことで、ビルの谷間や山の中でも位置を特定しやすくなります。さらに正確に位置を特定するためには、衛星から送られてくる情報を地上システムによって補正することが必要です。より正確な【位置】、【時刻】などの補正データは、国内外9ヶ所の測位モニタ実験局などで受信したモニタデータをもとに作成され、沖縄の追跡管制局から「みちびき」に送られます。このように地上では常に衛星からの電波を受けたり送ったりして、情報の正確性を高めています。GPS衛星も同じような地上システムによって支えられています。

● 地上システム全体図 ●



- ① **測位モニタ実験局 (9ヶ所)**
「みちびき」や GPS 衛星の【位置】や【時刻】などの情報を受信し、JAXA 筑波宇宙センターにあるマスターコントロール実験局へ送ります。
- ② **マスターコントロール実験局**
測位モニタ実験局で受信した情報を使って作成した「みちびき」の正確な【位置】、【時刻】データや国内の関係機関※が作成した補正データを収集して、JAXA 沖縄宇宙通信所にある追跡管制局へ送ります。
- ③ **追跡管制局**
マスターコントロール実験局から受け取った補正データを、^{おおよそ}レドームに覆われた直径約 7.6m の大型アンテナを使って「みちびき」に送ります。
- ④ **みちびき**
追跡管制局から受け取った補正データをもとに、より正確な【位置】と【時刻】の情報をわたしたちに届けます。

※ 関係機関：国土交通省国土地理院（独）産業技術総合研究所（独）情報通信研究機構（独）電子航法研究所（財）衛星測位利用推進センター



質 量	約 4 トン（打上げ時）
形 状	打上げ時本体：2.9m×3.0m×6.2m
高 度	えんちてんこうど 遠地点高度：約 39,000km きんちてんこうど 近地点高度：約 32,000km
傾 斜 角	約 40 度
軌 道	準天頂軌道（中心経度：東経 約 135 度）
周 期	23 時間 56 分
設計寿命	10 年（目標 12 年）
発生電力	5,300w 以上

準天頂衛星初号機

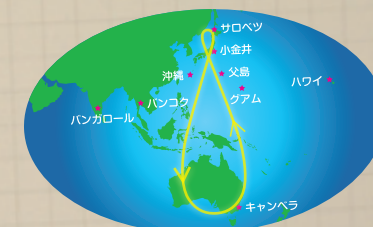
GPSの情報を補完・補強することにより高精度測位を実現。離島・山間部を含め広く日本全体を対象とした測位サービスを提供

測位モニタ実験局ってどこにあるの？

「みちびき」の情報を受信する測位モニタ実験局は国内・海外合わせて9ヶ所あります。

ちょっと変わった「みちびき」の通り道

「みちびき」は日本のほぼ真上（準天頂）に長時間見えるよう工夫された軌道を飛んでいます。それを地図上にあらわすと日本からオーストラリアにかけて78の字を描いているように見えます。この軌道を1日に1周します。「みちびき」が日本の真上になる時間は7~9時間程度。日本上空を24時間カバーするために、3機の準天頂衛星が必要です。



問題レベル

★ やさしい
★★ ふつう
★★★ むずかしい
★★★★ すごくむずかしい

君は何問わかるかな？

「みちびき」博士検定

①「みちびき」の正式名称は？ ★

1. 満天衛星初号機 2. 準天頂衛星初号機 3. 天空衛星初号機

②「みちびき」を使ってできることは？ ★★

1. 大気の状態調べられる 2. 衛星放送がどこでも見られる 3. 自分の位置が正確に分かる

③なぜ日本ではGPS衛星だけでなく「みちびき」が必要なのでしょう？ ★★★

1. 日本は人が多くGPS衛星だけでは電波が足りないから
-
2. 日本は山や高層ビルが多くGPS衛星の電波が届かないことがあるから
-
3. 日本は海に囲まれていてGPS衛星の電波が吸収されてしまうから

④「みちびき」から送られてくる情報は「衛星の位置」ともうひとつは？ ★★

1. 衛星の時刻 2. 地図 3. テレビ映像

⑤「みちびき」が出す電波は1秒間に何km進むでしょうか？ ★

1. 300km 2. 3,000km 3. 300,000km

⑥「みちびき」に搭載している時計は何時計？ ★

1. 電波時計 2. 原子時計 3. 鳩時計

⑦「みちびき」の軌道を地図上に描くとどんな形？ ★

1. 8の字型 2. ハート型 3. だ円型

⑧「みちびき」を支える地上システムのモニタ実験局は国内外に全部で何ヶ所？ ★★

1. 4ヶ所 2. 5ヶ所 3. 9ヶ所

⑨「みちびき」の重さに一番近い重さの動物はどれだと思う？ ★★

1. ライオン 2. ゾウ 3. パンダ

⑩「みちびき」の【位置】や【時刻】の情報を送るアンテナはどれ？ ★★★★★

1. Lバンドヘリカルアレイアンテナ 2. CバンドTT&Cアンテナ 3. TTSアンテナ

「みちびき初心者」：0～1問 あれれ…？最初のページに戻ってみよう

「みちびき初級者」：2～4問 う～ん、もう少しがんばれ！

「みちびき中級者」：5～7問 いいぞ！その調子

「みちびき上級者」：8～9問 おしい！あとひといき

👑「みちびき博士」：10問 すごいぞ！君を「みちびき博士」に認定する



★ 答え：① 2 ② 3 ③ 2 ④ 1 ⑤ 3 ⑥ 2 ⑦ 1 ⑧ 3 ⑨ 2 ⑩ 1

