

## 郵政省通信総合研究所鹿島宇宙通信センター

1．会期 平成10年8月18日(火)午後1時30分～8月20日(木)午後3時

2．住所 《会場》 郵政省通信総合研究所鹿島宇宙通信センター  
〒314-0012 茨城県鹿嶋市平井893-1  
TEL:0299-84-7107 FAX:0299-84-7156

《宿舎》 神宮ホテル  
〒314-0031 茨城県鹿嶋市宮中4-4-25  
TEL:0299-83-2211 FAX:0299-83-2584

### 3．スケジュール

8月18日(火)

14:00 - 15:00 人工衛星の運動を体験してみよう  
15:00 - 17:00 未知のポイント「X」を探せ  
17:00 - 19:00 懇親会

8月19日(水)

08:45 - 12:00 Aコース:レーダを体験してみよう  
Bコース:BSアンテナが電波望遠鏡?  
12:00 - 13:00 昼食  
13:00 - 17:00 Aコース:平面型のアンテナをつくって、GPSしてみよう  
Bコース:BSアンテナが電波望遠鏡?  
17:00 - 19:00 研究者との懇談会

8月20日(木)

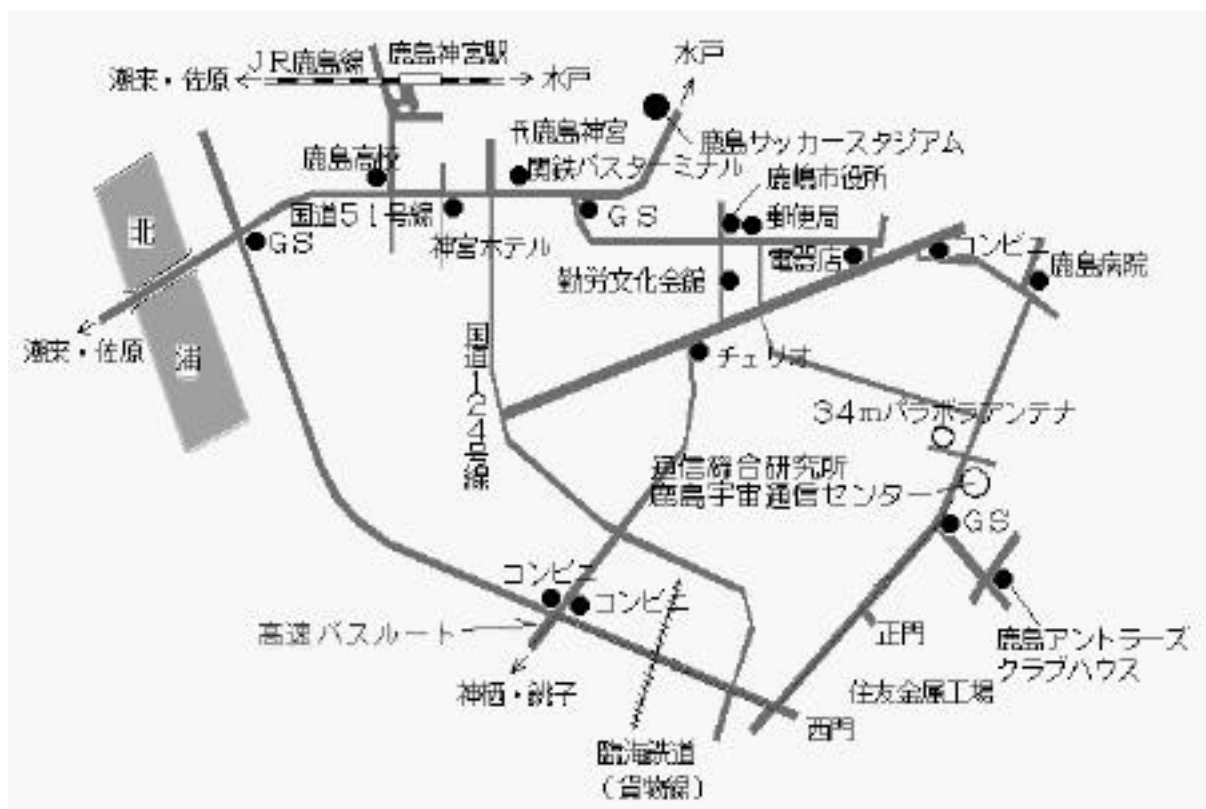
08:45 - 12:00 Aコース:平面型のアンテナをつくって、GPSしてみよう  
Bコース:太陽電波を観測しよう  
12:00 - 13:00 昼食  
13:00 - 15:00 実験結果の検討会

雨天の場合など、スケジュールを入れ替えることもあります。

#### 4．実習会場図



#### 5．宿舍位置図



## 6．プログラム詳細

通信総合研究所鹿島宇宙通信センターでは、大小さまざまなアンテナ施設を利用して、宇宙電波に関する研究開発を行っています。サイエンスキャンプの3日間では、参加者のみなさんに宇宙電波がどういったものかを身近に実感していただきたいと考え、プログラムを構成しました。

宇宙電波とひとくちに言っても、その利用のされ方や性質は様々です。その中で、もっとも私たちの生活に身近なものとしては、衛星放送に代表されるような人工衛星を利用した通信があげられます。鹿島宇宙通信センターが現在の場所に設置されたのも、人工衛星を利用した通信や放送の実用化に向けた研究開発を行うことが第一の目的でした。現在では、通信衛星や放送衛星は実用化された技術ですが、移動体衛星通信や、衛星間通信の研究が続けられています。

もうひとつ宇宙電波が身近に利用されているものとして、カーナビに利用されているGPS（Global Positioning System の略）を思いつく人がいるかもしれません。GPSは、人工衛星と電波を利用した位置計測の例ですが、このほかにも人工衛星から電波や光を用いてさまざまな計測が行われています。そのひとつがレーダーで、降雨の様子や雲の分布を調べるために用いられる人工衛星搭載用レーダーの開発も行われています。

最後に、天体から自然に放射されている天体電波があります。天体からの電波は一般に非常に微弱なものですが、この電波を詳しく観測するものが電波天文で、電波天文で用いられるアンテナはしばしば電波望遠鏡と呼ばれます。また、天体からの電波の性質を利用して、アンテナの位置を正確に計測したり、地球の自転の様子を測定したりすることに応用されたりしています。

このように、宇宙電波には、さまざまな顔があり、それぞれに応じた受信機やアンテナが利用されます。3日間のサイエンスキャンプのプログラムを通じて、宇宙電波の利用のされ方や受信の仕組みを学習していただけることを期待しています。

### 6 - 1．人工衛星の運動を体験してみよう（A・Bコース共通）

#### 衛星の動きを立体映像で見る

バーチャルリアリティの装置を用いて、人工衛星や惑星、小惑星などの複雑な動きを立体映像としてアーチ型のスクリーン上に投影することができます。地球の周りを回る周回衛星や静止衛星、太陽系の中の多数の小惑星の運動などを、3Dメガネを用いて視点を変えながら眺めることにより理解します。

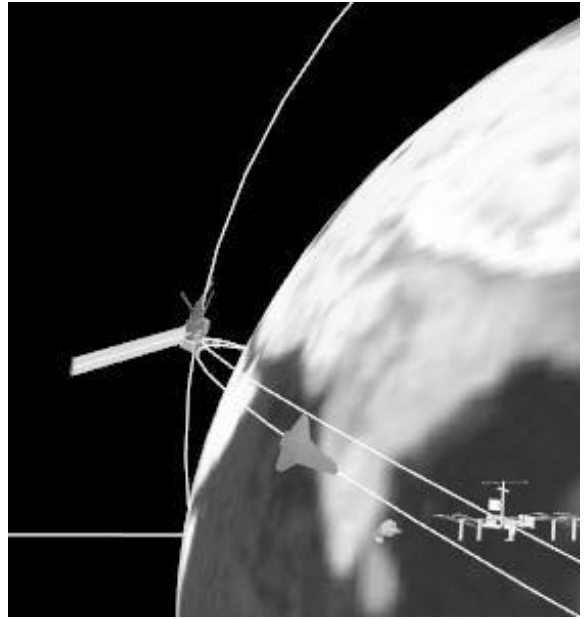
#### バーチャル宇宙船で宇宙旅行！！

ジョイスティックを用いて、バーチャル映像の中で視点や視線方向を変えながら自由

に動き回ることができます。バーチャル宇宙船を操縦し、多数の衛星が飛行している地球周辺や、小惑星が散らばっている太陽系の中を飛び回しましょう。

バーチャル衛星を飛ばそう！！

衛星の軌道は、軌道 6 要素といわれる 6 つのパラメータにより表されます。装置に軌道要素を与えればすぐに計算して動きを表示できます。各自で適当なパラメータを考えて衛星を飛ばしてみましょう。失敗すると衛星は地球に落下します。無事に衛星を飛ばすことができるか？？



## 6 - 2 . 未知のポイント「X」を探せ（A・Bコース共通）

カーナビをはじめとして最近ではすっかりなじみのあるGPSですが、どうやって地球上の位置を求めるかご存じですか？ 人工衛星からの電波を地球上の受信機で受信して...、ではその先は？ 人工衛星やそこから送られてくる信号の技術は最先端のものですが、実は「位置を決めること（測位）」そのものの原理は極めて単純・簡単です。このテーマでは、GPSを使って3回の測位を別々の場所で行い、その結果から皆さんの知らないポイントXが地図上のどこにあるかを求めて頂きます。では、具体的にはどのようにすれば「未知のポイントX」がわかるのでしょうか？ それがGPS測位のヒントです。実習では、火山や地震の地殻変動観測で実際に使われているGPS受信機を使って観測を皆さんと一緒にやります。この受信機を使うと、特殊な解析をすることでミリの精度で位置を決めることができます。そこで、皆さんに決めていただいたポイントXの精度と特殊な解析で決めたポイントXの精度も比べ、GPSを使って地面の動きをどこまで正確に測れるかも理解して頂く予定です。

## 6 - 3 . レーダを体験してみよう（Aコース）

「レーダ」と聞いて何を思い浮かべるでしょうか？車の速度取り締まりのレーダ、空港で飛行機を誘導するためのレーダ、天気予報などに使われる気象レーダなどなど。レーダは、「電波で探知し、分布を測る。」という意味の英語の略です。レーダは電波を送信する、受信する、データを表示する部分などから作られています。簡単なレーダのセットを組んで、それぞれの部分ごとのレーダの動作を学びます。

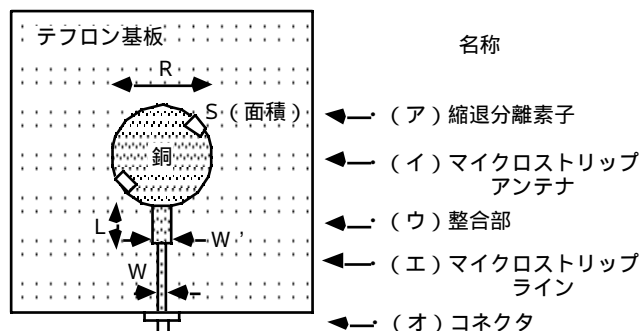
また実際に使用されているレーダとして、気象レーダ、航空機搭載降雨レーダ（CAMP R）、航空機搭載ミリ波雲レーダ（SPIDER）などがあります。天候によってふさわしいレーダを選択し、どのような動作をするのか体験します。

## 6 - 4 . 平面型のアンテナをつかって、GPSしてみよう (Aコース)

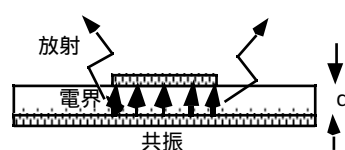
平面型のアンテナをつかってみよう  
カーナビを使うと自動車の走っている場所が分かる、あれがGPSです。上空のいろんな方向にある4つ以上のGPS人工衛星と通信し、その距離情報から現在位置を計算しているのです。ですから、GPSアンテナには空の広い範囲と通信を行える能力が必要です。そのような指向特性は1個のマイクロストリップアンテナで実現できます。

マイクロストリップアンテナとは右の図のような、誘電体を導体で挟んだような平面型のアンテナです。裏面は

全面導体ですが、表面は図のように一部分(図中、イ、ウ、エ)にしか導体はありません。この表面は、もともと全て導体で覆われていたものを、いらない部分の銅だけを溶剤で溶かして造ります(ウエットエッチング)。まず、銅の表面にレジスト膜という膜を電着という方法で作ります。次に、銅を残したいアンテナ部だけ光があたるようにマスクを作っておき、それを電着した基板にのせ露光(紫外線を照射)します。そして、それを弱酸である炭酸水素ナトリウム液にしばらく浸けることによって、紫外線の当たらなかった部分のレジスト膜だけを溶かします。その後、ウエットエッチングを行いレジスト膜のない部分の銅だけ溶かすのです。



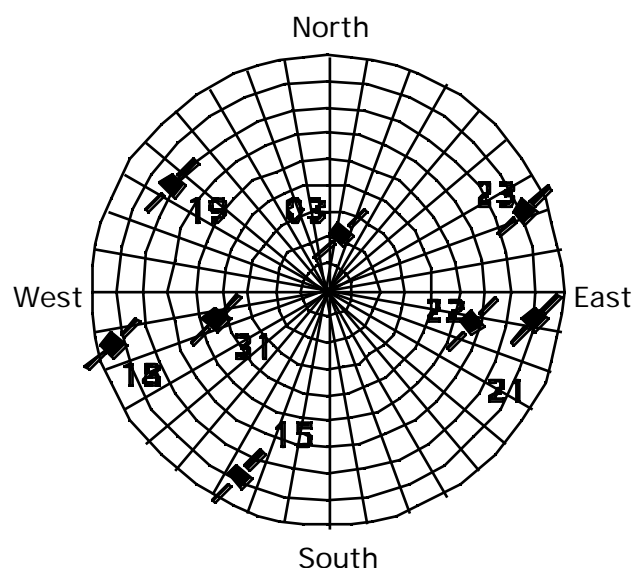
(a) マイクロストリップアンテナ正面図



(b) マイクロストリップアンテナ断面図

### GPSしてみよう

二日目に作成したアンテナにGPS受信機を接続して動作確認してみます。ちゃんと電波をとらえているでしょうか? どのような場合にうまくいかないか考えます。動作確認ができれば、アンテナで受けた情報を基に、現在上空に見えているはずの衛星を天空表示させてみます(右図参照)。現在上空にはいくつのGPS衛星が見えているでしょうか。またどのくらいの速度で衛星が移動しているかを体験します。さらに、GPS衛星から刻々と送られている情報を解析しましょう。GPS衛星からはどういうデータが送られてきているのでしょうか。自作ア



東京上空における1998年5月15日09時24分のGPS衛星の位置。数字は衛星番号。

ンテナで受けたその情報を解析します。次には、少しGPSの勉強をします。GPSの歴史・軌道のはなし・GLONASSとGPS・応用技術の展開を紹介します。最後にカーナビをつくる練習をしましょう。電子地図+小型パソコン+GPS機器でカーナビをつくれることを体験学習します。

#### 6 - 5 . B S アンテナが電波望遠鏡？ ( B コース )

星の電波ってどうやって判る？

星からの電波って、いったいどうやって受信すればいいのでしょうか。テレビやラジオみたいにお店に行けば売っているのでしょうか。宇宙人にラジオを借りなきゃダメかなあ・・・・・・？



テレビやラジオは人間どうして取り決めた電波の形を使っているのかチャンネル(周波数)だけあわせれば、絵や音が入ります。では星の電波は？とうい、これは自然現象ですから送ってくる電波はほとんどはザーザーガーガーの雑音なのです。FMラジオの周波数が外れるとザーザー、テレビの放送が終わると画面は砂の嵐でガーガー、実は、これの中にはほんの少しですが星の電波も混じって入っているんです。ある日突然宇宙の星からの放送が入ることはないけれど、そう考えると、このザーザーノイズにちょっとワクワクしませんか？星からの電波を研究する電波天文は戦後はじまったまだ新しい学問です。[さらに進んで調べたいときのキーワード：白色雑音]

#### 受信の方法

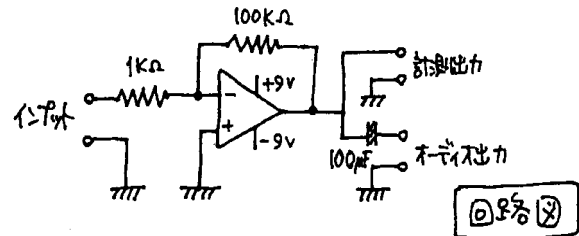
というわけで、どの周波数でも星の電波は入ってくるのだけれど、雑音は星からだけではなく熱い地面や、人間の体からも出ているので、はっきり区別するにはいくつかの工夫がいります、それは、

- ( a ) まだ放送の少ない空いたバンド、天体の電波が強いところを使う
- ( b ) パラボラで電波を受信するターゲット天体をぴったりと狙う
- ( c ) 受信したノイズ電波を、取り扱いやすいように電圧に変換する  
( 交流 直流、検波ダイオード )
- ( d ) まだまだ微弱な電圧を人間が測りやすいようにアンプ(増幅)する

といったことです。今回のプロジェクトでは、( b )の部分を実現するために市販のBS衛星受信用のパラボラアンテナを使用し、( c )と( d )の部分の回路を製作します。パラボラアンテナを星(太陽)の方向に向けたとき(ON STAR)と、別の方向に向けたとき(OFF STAR)とで出力レベルが変わるのがわかれば、君が星からの電波を受けたということが証明できる。[さらに進んで調べたいときのキーワード：天体電波、黒体放射]

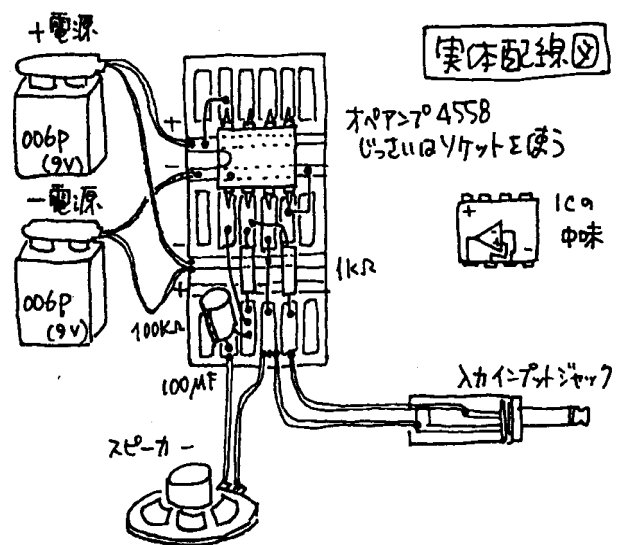
最新のデバイスをきみは使いこなせるか？

微弱電流をピックアップしペンレコーダーを動かすまで増幅するのに、今回はオペアンプ（OP-AMP：演算増幅器）と呼ばれるICデバイスを使います。このICは身近なところではウォークマンなどの中にも使われています。このデバイスを利用して検波信号を増幅するための回路を製作し、検波器ダイオードの出力に現われる僅かな電圧の変化をペンレコーダーで測定するために十分なレベルにまで増幅します。



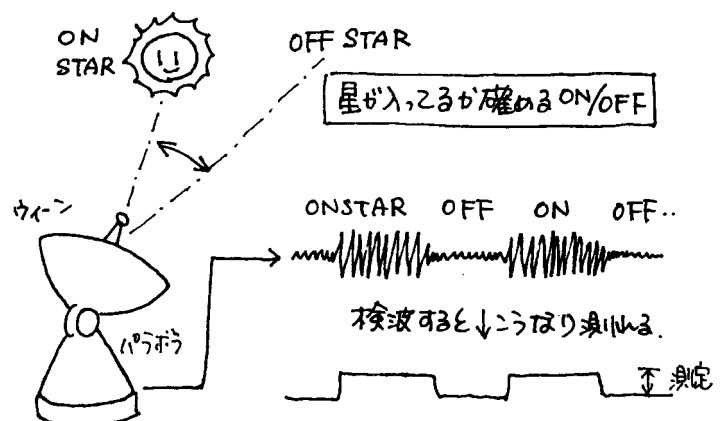
作りかた

まず表面実装基板の上にICソケット（DIP8ピン）をハンダ付けします。ハンダ付けを行なったことの無い諸君は製作に入る前に練習を行なうこと。実体図にしたがって抵抗を接続、インプット、アウトプット、電源用端子をハンダ付けします。研究所で製作した初号機も置いておきますので参考にしてください。電源の接続を間違えると一瞬にてICが破壊するので注意すること。アンプがうまく働いているかは試しに音声信号を入れて確認する。



## 6-6. 太陽電波を観測しよう（Bコース）

太陽は、私たちにとってもっとも近くにある恒星です。太陽は、その内部の水素の核融合反応によって、大きなエネルギーを作り出して宇宙空間に放出しています。放出されるエネルギーは、可視光はもちろんのこと、X線や 線など広範囲なスペクトルの電磁波として放射され、電波もその例外ではありません。この太陽の電波を、BSアンテナ電波望遠鏡で観測してみます。



太陽からの電波は、放送衛星などからの電波と違って、特定の周波数だけの信号ではなく、受信帯域に様に広がった雑音として受信されます。この雑音電波を、二日目に製作した受

信回路のなかの検波部で検出し、さらにそこから出てくる直流電圧を増幅部で増幅して、ペンレコーダーで出力電圧を記録していきます。太陽の南中時刻に合わせて、計算によって求められた仰角の方向にBSアンテナを向けておくと、やがて太陽が南中したときにペンレコーダーの記録に変化が現われます。どのようにすれば正確に南の方向にアンテナを向けられるか、またどのようにすれば正確に仰角を設定できるかをそれぞれのグループで工夫して下さい。

## 7．指導者名簿

飯草恭一（いいぐさきょういち）	宇宙通信技術研究室	主任研究官
市川隆一（いちかわりゅういち）	宇宙電波応用研究室	主任研究官
木村和宏（きむらかずひろ）	宇宙制御技術研究室	主任研究官
小山泰弘（こやまやすひろ）	宇宙電波応用研究室	主任研究官
高橋正人（たかはしまさと）	宇宙通信技術研究室	主任研究官
中島潤一（なかじまじゅんいち）	宇宙電波応用研究室	主任研究官
堀江宏昭（ほりえひろあき）	地球観測技術研究室	主任研究官

## 8．参加者名簿