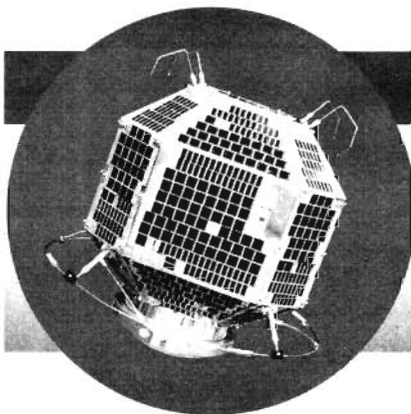


こうすると使える「ふじ3号」

「ふじ3号」入門

「ふじ3号」の電波をより良くとらえるには



★「ふじ3号」デジトーカーの運用予定は7月4日〜7日です。当日のオービットカレンダーは26ページをご覧ください。

「ふじ3号」のデジトーカーを受信されたみなさんは身近なアマチュア衛星の電波に感動されたことでしょうか。

最近デジトーカーで送信した「鶯」の声はいかがでしたか？

実際にデジトーカーの信号を受信してみると、衛星からの電波の間ええ方が普通の地上交信とちょっと違うことにも気づかれると思います。一つはドップラー効果による周波数の変化で、もう一つはモービル運用による交信とは違うゆっくりしたフェージングです。

本号では特にフェージングに関係する衛星の電波の特徴と、それを知って快適な交信をするヒントを紹介します。

アンテナの3要素を知る 指向性・利得・偏波

アンテナの性能や特徴を表わすとき、「指向性」「利得」「偏波」などの言葉を使います。

★指向性

電波を放射する方向に対しての、特性のことをアンテナの指向性と言います。指向性アンテナと呼ばれるものは、特定の方向に対して、強いエネルギーを放射したり弱い信号をキャッチしたりすることができます。

指向性アンテナであるパラボラアンテナやホーンアンテナなどを見ると「指向性」という言葉が外観から直感的に理解できるでしょう。指向性アンテナは一般に“ビームアンテナ”と呼ばれています。私たちがよく目にする八木型アンテナも指向性アンテナの一種です。みなさんもこれまでの経験の中で、ビームアンテナを回して、信号強度の変化を実体験されていることでしょうか。

★利得

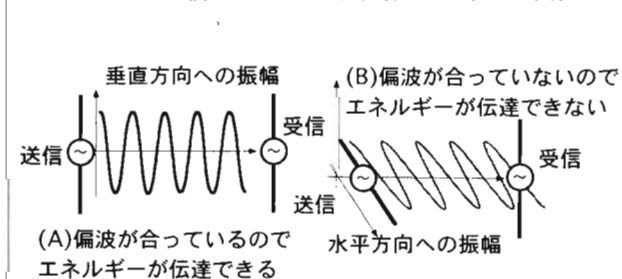
「利得」はアンテナから送受信される電波のエネルギーの強さを表わす比をいいます。一般にアンテナの利得は高ければ高いほど、強い信号を放射したり、弱い信号をキャッチしたりすることができます。

つまりビームアンテナは、ある特定の方向に対して利得を高める工夫をしたアンテナなのです。

★偏波

偏波は電波の電界が振動している方向のことです。

送受信アンテナの位置関係による伝搬の変化



■ふじ3号の運用周波数■

★アナログ系

CWビーコン	435.795MHz
アップリンク (上り回線)	145.900~146.000MHz
ダウンリンク (下り回線)	435.800~435.900MHz

★デジタル系 (1200bps PSK)

アップリンク	145.85/145.87/145.89/145.91MHz
ダウンリンク	435.91MHz

★デジタル系 (9600bps FSK)

アップリンク	145.87MHz
ダウンリンク	435.91MHz

★デジトーカー

ダウンリンク	435.91MHz
--------	-----------

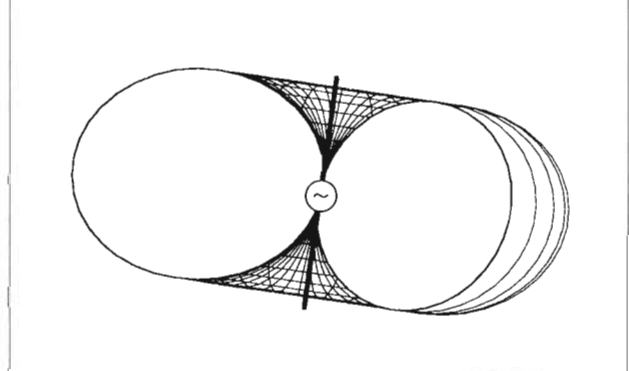
振動方向はアンテナ線の方向と一致していて、送信側と受信側とで偏波の方向が合わないと電波を送受信することができません。たとえば、ダイポールアンテナ同士の送受信を考えると、送信側と受信側の位置関係が「二の字」の状態(第1図(A))なら、問題なくエネルギーが伝わりますが、「十字」の状態(第1図(B))ですと、うまくエネルギーが伝わりません。電波は人間の目で見えませんが、ピンとこないかもしれませんが、とりあえずそういうものと理解しておいてください。

「ふじ」シリーズのアンテナ 円偏波って何？

アマチュア衛星は規模が制約されるので、正確な姿勢制御装置を持ってません。また、地球上のどこにいるかわからない相手と交信しなければなりません。

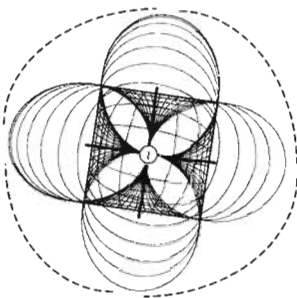
これが特定の利用者を対象とする、プロの放送衛星や通信衛星と大きく違うところで、多くのアマチュア衛星のA

第2図 ダイポールアンテナの指向性



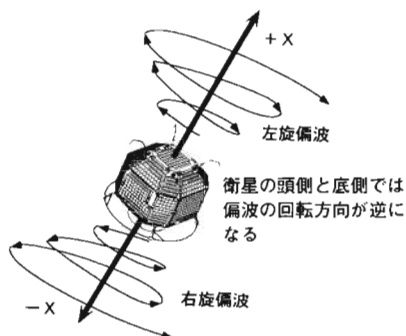
第3図 2組のダイポールアンテナを組み合わせた

2本ダイポールを
直角に配置し
1/4λの位相差を
つけて給電すると
球形の指向性が
得られる



第4図 ふじ3号のアンテナの円偏波特性

衛星軸方向	デジタル送信	アナログ送信	アップリンク受信
+X	左旋	右旋	右旋
-X	右旋	左旋	左旋



ンテナは電波が全方向に発射されるように作られます。

すなわち指向性が丸いことが要求されるのです。

普通のダイポールアンテナの指向性は、第2図のようにアンテナエレメントを軸にして8の字を回転した“穴なしドーナツ”のような形になっています。図をご覧になってもおわかりのとおり、アンテナエレメントの方向に対して指向性の盲点があります。

しかし、このようなアンテナでもエレメントをグルグルと回すようにすれば盲点をなくせます。通信にさしつかえないくらい速く回せば、全方向の指向性を持つアンテナになると想像できますが、アンテナ自体をグルグル回すというのはあまり現実的ではありません。

そこで、つぎの方法で全指向性アンテナを作るのです。

第3図のように、ダイポールアンテナにもう一つのエレメントを直角に置いて、二つのエレメントの間に1/4波長の位相差をつけて給電します。詳しい原理は省略しますが、こうすると指向性が電波の周波数の回数で回転するので、球形の指向性が得られるのです。この形式のアンテナを「ターンスタイルアンテナ」と呼んでいます。ふじシリーズのアンテナはこのような原理で全方向性になっています。

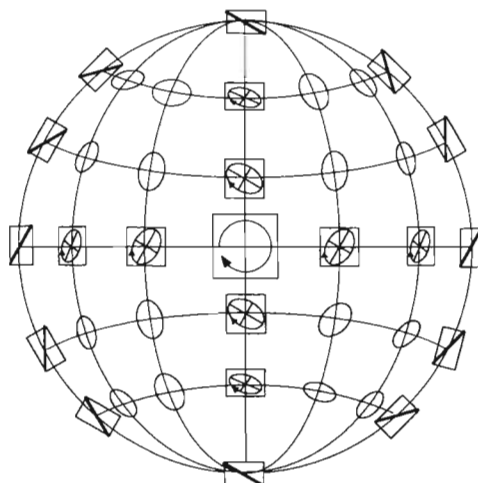
ターンスタイルアンテナから出て行く電波の偏波は、ちょうどエレメントを回したのと同様に回ります。これを「円偏波」といい、電波の進む向きに偏波の回転方向によって「右旋偏波」「左旋偏波」と呼びます(第4図)。

なお、ターンスタイルアンテナに対して、ダイポールアンテナの偏波方向は一定なので直線偏波といっています。

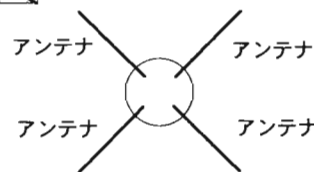
**ナント！偏波が逆転する！
ちょっと厄介な話**

偏波のお話はこれで一件落着の様ですが、実はほかにも考えておかなければならないことがあります。

第5図 衛星のターンスタイルアンテナの偏波



衛星の上半分の偏波を示す。
下半分では逆回りになる。



第5図に示すように、衛星の上部と下部とでは電波は円偏波であっても互いに逆回りになっています。

また、衛星の側面方向では2組のアンテナが一つの面内にあるので、この状態では電波は直線偏波になるのです。

つまり、地球に対して衛星がどのような向きで周回しているかによって、偏波の回転方向が異なったり、直線偏波になったりするので。

さらに第6図のように、同一の軌道でも衛星が近づいて来るとき(たとえば上部が地球に向いているとき)と離れて行くとき(たとえば尻が向いているとき)では偏波の向きが逆転します。

第7図のように衛星の姿勢がホイールモード(衛星機軸が軌道面に垂直な状態で衛星がスピニングしている)のときに前の軌道で東を通り、つぎの軌道で西を通るときも偏波方向が逆転するのです。衛星との位置関係によって、右旋・左旋・直線というように、偏波の向きが変わる電波を受信しなければならないのです。

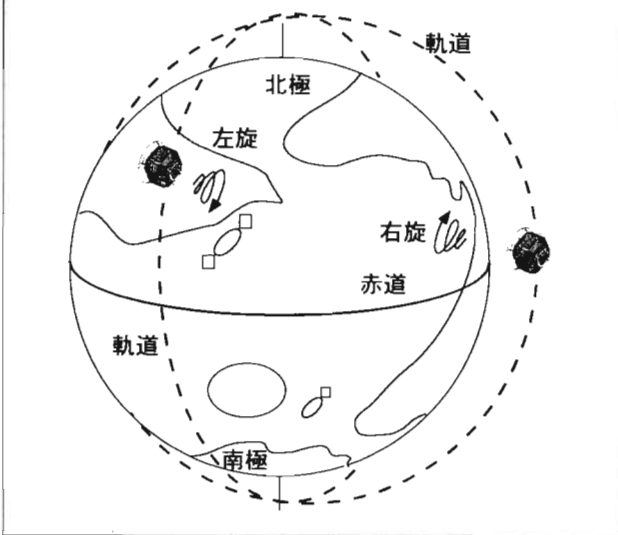
偏波の方向が合わない場合に、大きなQSB(フェージ)

第6図 1軌道中で偏波の回転方向が逆になる例



★ふじ3号の運用スケジュールは16ページに紹介しています。

第7図 前後軌道で偏波の回転方向が逆になる例



ング)を生じます。

偏波切り替え可能なアンテナには、

- ①直線偏波を垂直と水平に切り替えられるもの
- ②円偏波を右旋と左旋に切り替えられるもの

などがあり、相手が円偏波の場合は②が優れています。

ところが第5図をよく見ると、実は円偏波でも直線偏波でもない偏波(楕円偏波と呼びます)がほとんどで、本当は偏波を切り替えるだけでは完全でなく、次表のとおり別々に受信して合成するのが理想的です。

★各種アンテナ方式による電波の変動(QSB)の度合い

アンテナの種類	アンテナ方式	
	直線偏波	円偏波
単一偏波方式	最大30dB	最大70dB
偏波切替方式	3 dB程度	6 dB程度
偏波合成方式	6 dB程度	ほとんどなし

デジトーカーを受信して
衛星からの電波の偏波を実感する

実際にデジトーカーを受信して偏波を実感してみましょう。アマチュア無線FAXサービスなどでオービットカレンダーを入手して、ふじ3号が来る時刻と方向を調べておきます。

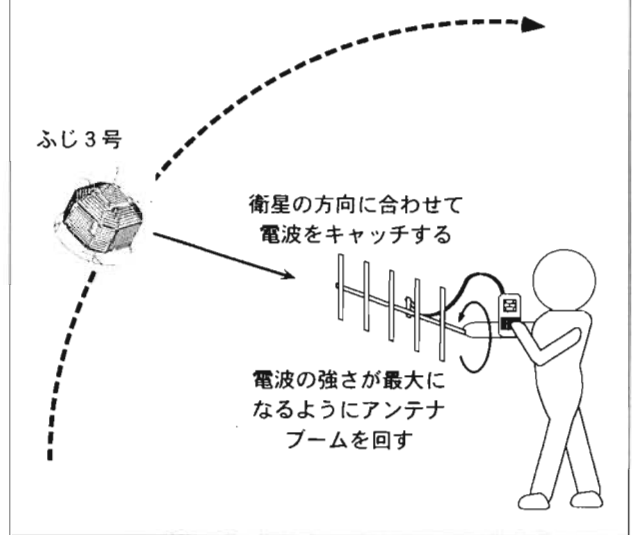
- ①3～5エレメントの小型八木アンテナを430MHz帯トランシーバー(受信機)につなぎ、空に向けて振り回し、衛星電波が一番強く受かるところで止めます。
- ②アンテナブームを軸にしてエレメントをゆっくりと回して、電波が一番強くなるところで止めます。
- ③数秒か10数秒経つと電波が弱くなるので①と②の操作を繰り返します。しばらく続けているとアンテナの向きとエレメントを回す向きの傾向がつかめてきます。

①の動きは単調に一方方向で遅く、②の動きはやや不規則で早いことがわかります。①は“軌道上を飛んで行く衛星の動き”そのものの追尾で、②は“衛星の姿勢の変化で生じる電波の偏波方向の動き”を探っているのです。

ハンディー機と付属ホイップによる受信は、アンテナが衛星の方向と直角になるように持って、衛星の方向を軸にして回してみます。ハンディー機をグルグルと回してみると、電波が強くなる場所とほとんど雑音だけになってしまふところが見つかるはずですよ。

電波を受けるためにはアンテナの指向性だけでなく、偏

第8図 小型八木アンテナによるふじ3号の受信



波が大きく影響することが実感としてわかります。

本誌1月号でも紹介した、ターンスタイルアンテナを製作された方は、左旋偏波と右旋偏波のアンテナを切り替えてみてください。

偏波の回転方向はアンテナ本体を裏返しにして持つと逆になります。どちらもアンテナは衛星の方向を向いていますが、受信レベルの差が実感できます。

どちらか一方でしか聞こえないときは、衛星の機軸方向(尻から頭の方)がちょうどどちらに向いているときです。機軸方向には左右いずれかの円偏波の電波しか出ていないので、偏波方向が合ったアンテナでしか受信できません。ちなみにこのような場合は、円偏波のアンテナより直線偏波のアンテナの方が都合がよかったです。

★理想的な衛星受信アンテナシステムとは？

本格的に衛星通信を楽しむ局のアンテナとしては、利得が10数dBあって水平角と仰角の追尾ができ、偏波を切り替えられるアンテナシステムが理想的です。ただし、円偏波で回転方向が固定のものを選ぶなら、むしろ直線偏波のアンテナの方がよいでしょう。さらに、偏波の合成ができれば完璧です。

また「ふじ3号」のデジトーカー受信では、アンテナを手で持ったシステムやハンディートランシーバーが意外に好結果をあげています。

固定局にくらべてフィーダー損失が少ないこともありますが、細かくアンテナを動かして偏波を追いかけられるからだだと思います。

★偏波に関心を持とう！

偏波について地上局同士の交信ではあまり気にしない場合が多いのですが、衛星通信に際しては偏波の性質をよく理解しておくも運用もスムーズになり、面白さが増すはずですよ。

余談ですが、衛星通信以外の分野でも偏波に関する知識が役立つ場合があります。たとえば、電波が電離層を通過するとき偏波の向きが回転しますし、電波が地上の反射波と合成されると偏波が変わります。電離層を長く通過するときや地上の反射波を受けやすいとき、すなわち地上から衛星を見る角度が低い時には不規則な早い偏波の回転が起きることがあるのです。

★

本稿執筆にはJG1LDV白子悟朗氏から全面的なご協力をいただきました。厚く御礼申し上げます。