

(資料)

海外衛星放送の受信システム*

築地武彦**

On Receiving System of the Foreign Satellite Broadcasting

Takehiko TSUKIJI

Key Words: Satellite TV Broadcasting, Geostationary Orbit, Foreign Country, Remote Antenna Position Control, Visual Basic Program

1. はじめに

わが国の BS 放送や CS 放送などで知られている衛星放送は、太陽、月が見える場所であれば TV 放送が受信できる放送として、どちらかと言えば TV 放送の難視聴域の解消を目的として利用されている。しかし、この衛星放送は、宇宙の静止軌道にある放送局から放送するため、一つの放送局で国内の全域に電波を送信できる。そのため、国土全体に放送局を設置するのに比べると容易に放送を普及させるのに適しており、これから TV 放送の普及を進めている低開発国などにとっては最善の方法である。

しかも、半導体の技術の進歩により、マイクロ波装置が IC 化され安価でマイクロ波受信装置が販売されるようになり、物価の安い国でも衛星放送の受信機を購入するのが容易になっている。そのため、東南アジア、中近東などの低開発国は、こぞって衛星放送を始めており、静止衛星軌道には200個近い衛星から放送が行われている。

衛星放送は、どの国の放送でも、静止衛星が見える場所では自由に受信できる。そのため、日本にいながら、中国、東南アジア、インド、中近東、東ヨーロッパの衛星放送を受信する事ができる。

ただ、衛星放送の電波は、基本的には、マイクロ波という比較的に光に近い電波を使っているため、それぞれの衛星の電波を受信するには、衛星の位置を調べ、その衛星に受信アンテナを向けなければならない。また、衛

星放送は、限られた電力を自国の国土の範囲内に効率よく放射しなければならないので、特に地理的に離れた位置からの放送の受信はやや困難である。

我々の研究室には、以前、衛星通信の実験を目的として、大きなパラボラアンテナと、その回転装置が装備してある。しかし、最近、光ファイバーを利用するインターネットが普及し、衛星との電波の往復に要する時間が無視できない衛星通信は、あまり利用されない傾向にあり、我々も最近、パラボラアンテナを使う衛星通信の研究、実験は殆んど行ってない。

我々の研究室のパラボラアンテナは、直径4.5mで、利得も高くかなり微弱な電波を受信できるため、海外の多くの衛星放送を受信するのに適している。そこで、学生実験の一環として、大きなパラボラアンテナと回転装置を利用した海外の衛星放送の受信システムを整備したので、その概要について説明する。

2. 静止衛星放送について

衛星放送は、1個の衛星から国土全体に放送できるため、非常に効率が良い点の特徴であるが、衛星と受信者との距離がかなり長いので、受信点での電界が非常に弱い点が問題である。さらに、衛星の電力は太陽電池などにより供給されているので、電力の供給能力にも制限があり、送信電力が限定されることである。そのため、受信点の電界を外部雑音などの障害を超えて、放送の内容が十分に楽しめる程度に強くするには、受信用のアンテナの利得を大きくする事が要求される。

アンテナの利得は、開口面積、即ちアンテナの大きさに比例するが、利用する周波数の波長の長さに逆比例する。そのため、周波数が高く、波長が短いほどアンテナ

* 平成18年11月30日受付

** 電子情報工学科

の利得は増大する。この理由により、衛星放送には波長の短いマイクロ波が利用されるが、現在、商用ベースで家庭電化製品に使われる最高の周波数は X バンド (8GHz ~ 12.4GHz)、または Ku バンド (12.4GHz ~ 18GHz) である。

日本の衛星放送の BS、または CS 等では、X または Ku バンドが使われているが、このバンドは降雨による減衰が大きな事が問題である。そのため、降水量の多い、赤道近くの東南アジア、インド等では、比較的降雨による減衰が少ない周波数帯である、C バンド (4GHz ~ 8GHz) が使われる。

このように、衛星放送の周波数は地域によって異なるが、例えば、Ku バンドでは、衛星放送受信に使われるアンテナは、直径 1m も有れば十分であるが、C バンドでは、直径 2m 以上のアンテナが必要である。

日本では、衛星放送は、従来の TV 放送の難視聴地域の解消を目的としており、従来どおりのアナログ方式の TV であった。しかし、アナログ方式の TV の欠点であるゴーストに対処するため、ヨーロッパで DVB (Digital Video Broadcasting) というデジタル TV の規格が制定され、この方式を使ったデジタル放送がヨーロッパを中心とする地域の衛星放送に使われている。日本でこの方式の衛星放送を行ったのは、通称、スカパーフェク TV として知られている CS デジタル放送が最初であるが、韓国を始め、中国、インドその他の東南アジア諸国の衛星放送は殆んど DVB 方式である。なお、日本の衛星放送といえば BS デジタル放送であるが、この放送には日本独自のデジタル放送方式の ISDB が使われている。

なお、衛星放送には、TV 放送のほか、音声だけのラジオ放送も行われているが、多くは音楽のデジタル放送である。

本解説では、主に東南アジアの衛星放送の受信を目的として、C バンドの DVB 形式の TV 放送を受信するための装置について解説する。

3. 静止衛星とその位置

3.1 静止衛星

地球の周りを周回する衛星は、重力による加速度と衛星の軌道運動による遠心力とがつりあったとき、一定の軌道上を運動する。その軌道運動の法則がケプラーの法則であるが、軌道が円の時、軌道周期が P_0 で、軌道の半径を a とすると、その第 3 則から、

$$a = 42241.0979 P_0^{2/3} \quad (1)$$

が成り立っている。ただし、周期の単位は [日] で、半径は [Km] である。

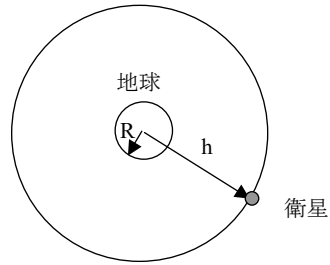


図1 静止衛星軌道

衛星は、地球の自転と同じ周期で回転したときに、地球から見ると静止して見え、静止衛星となる。地球の周期は 1 日であるが、正確には、0.99727 日とされており、

$$a = 42164 [Km] \quad (2)$$

となる。地球の半径を、6378 [Km] とすると、衛星は、赤道上、 $h = 35768 Km$ の高さに有る事になる。

ちなみに、地球の自転の角速度は、 $\omega = 2\pi/24$ [rad/時間] である。衛星も地球と同じ角速度で回転しているので、その速度は、 $v = a\omega = 11033$ [Km/s] となり、衛星の回転速度は、時速、11033 [km/H] である。

3.2 静止衛星の位置の計算

静止衛星は、赤道の点 S_s の真上、 h [Km] の上空にあり、その位置を東経 ϕ_s とする。そのため、 S_s の位置は ϕ_s となる。その衛星 S を地球上の観測点、 E_s (東経 ϕ_E 、北緯 λ_E) で観測する場合を考える。地球の半径を R 、とし、 E_s から衛星 S が観測される方位角 (真北からの方位) を A_z 、地平線からの仰角を E_L とする。

原点 O と E_s とを含む面 (子午面) に対して S_s から垂線を降ろし、その足を T とする、 $\overline{S_s T}$ を考え、それを一辺とする三角形 $\triangle S_s T Q$ について考察する。図3(a)を参照すると、 $\angle S_s T Q = 180 - A_z$ となり、更に、

$$\tan(\pi - A_z) = \frac{y'}{z'} \quad (3)$$

が成立する。

さて、 S_s と E_s を含む子午面の角度の差を、

$$B = \phi_s - \phi_E \quad (4)$$

と置くと、図3(b)を参照して、

$$\tan B = \frac{y'}{R'} \quad (5)$$

次に、観測点 E_s を通る子午面で、 $\triangle OTQ$ を考えると、上式の R' は、

$$\sin \lambda_E = \frac{z'}{R'} \quad (6)$$

より計算される。

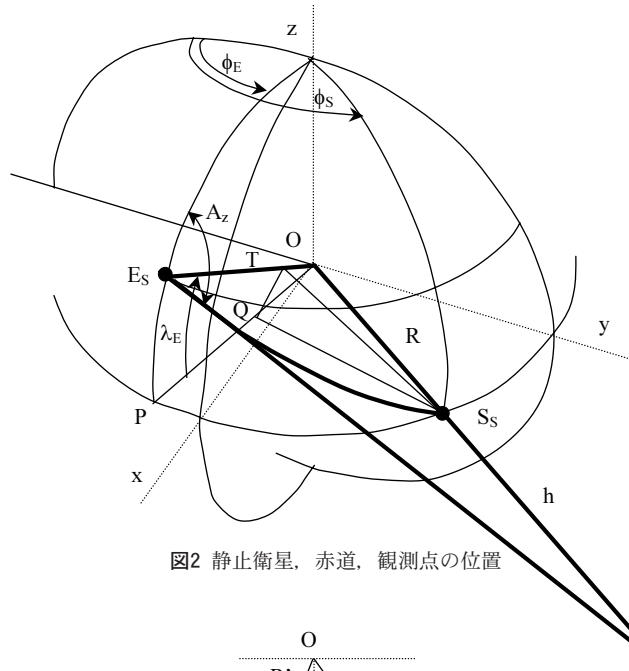


図2 静止衛星, 赤道, 観測点の位置

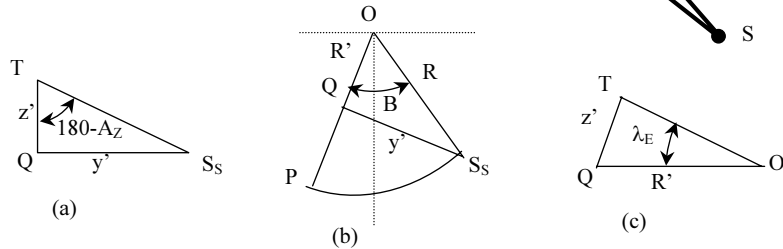


図3 図2の補助図

式(5), および式(6)を式(3)に代入すると,

$$\tan(\pi - A_z) = \frac{\tan B}{\sin \lambda_E} \quad (7)$$

より, 衛星の方位角が求められる.

図4は, 地球の中心, 衛星, および観測点を結んだ三角形でDは衛星と観測点の距離, 点線は地平線を示し, E_L が, 衛星の仰角である. この三角形の $\angle SOE_s$ をCとすると,

$$\overline{OT} = R \cos C \quad (8)$$

であるが, 図3(b), および(c)を参照すると,

$$\cos C = \cos B \cos \lambda_E \quad (9)$$

が成り立つ.

そこで, この三角形に余弦の法則を適用すると, 観測点から衛星までの距離,

$$D^2 = R^2 + (R+h)^2 - 2R(R+h)\cos C \quad (10)$$

が計算される.

最後に, 正弦則より,

$$\cos E_L = E_L \sin(\pi/2 + E_L) = \frac{R+h}{D} \sin C \quad (11)$$

が導かれ, 仰角, E_L は計算される.

地球は完全な球体ではなく, 赤道方向に膨らんだ形であり, 観測点の経度が高いと半径は少し小さくなる. 蔽

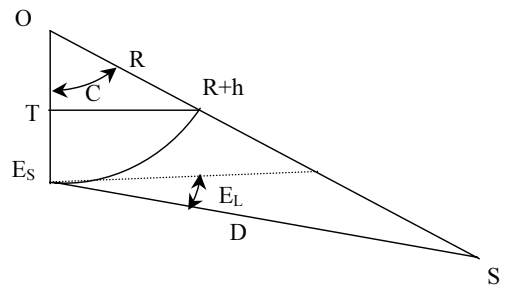


図4

密には、そのための補正が必要であるが、 $R=6378.14$ Km, また、衛星の高さ、 $h=35786$ Km と置いて計算すれば、衛星の方位角と仰角は、式(7)、式(11)より与えられる。

4. 衛星放送受信実験装置の概略

図5は、ここで説明する衛星放送の受信装置の構成図である。

衛星放送受信用のアンテナは直径4.5mのパラボラアンテナで、4階建ての4号館の屋上に設置してある。このアンテナに取り付けたコンバーターで一旦、1GHzの中間周波数に変換して、同軸ケーブルでチューナーに導く。チューナーは、2階の電波研究室にあり、チューナーで得たTV映像を、TV受信機又は、TVのモニターで観測する。

一方、赤道の上空にある静止衛星の方向にアンテナを向けるためのアンテナ回転制御装置がアンテナの近くの実験室に置かれている。

しかし、この実験では、TVの映像を見ながらアンテナを最適な位置にセットする必要があるため、アンテナの回転装置を遠隔操作する必要がある。

そのため、アンテナ回転装置には、遠隔操作が可能ないように、RS-232C通信を使う外部制御端子が用意しており、TV受信機の傍の遠隔操作用のパソコンからアンテナの位置を設定する事ができる。

なお、屋上の実験室のアンテナ回転制御装置の電源を2階の電波研究室からON/OFFするために、リモートスイッチを設けている。

4.1 パラボラアンテナ

衛星放送に使われている周波数は、Xバンド、Cバンドなどのマイクロ波であり、しかも高利得が必要な事からアンテナにはパラボラアンテナが使われる。ここで利用するパラボラアンテナは、直径4.5m、深さ0.85m、また焦点距離が1.5mである。

パラボラアンテナの利得は、

$$G = \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (12)$$

で計算される。ここに、Dはパラボラ反射鏡の直径、 λ は使用周波数、また、 η は開口効率である。そのため、このアンテナでは、開口効率が100%の場合、Cバンドでは、45.5dB、Xバンドでは、55dBが得られる。しかし、電気興業の資料[3]によるとCバンドでの効率は、約60%で、実測利得は、43.4dBである。

1次放射器には小型のホーンアンテナが使われ、ホーンアンテナの信号は従来は導波管により受信装置に導かれていた。しかし、導波管は高価であり家庭用の利用には同軸ケーブルのように安価な伝送線路が望まれる。た

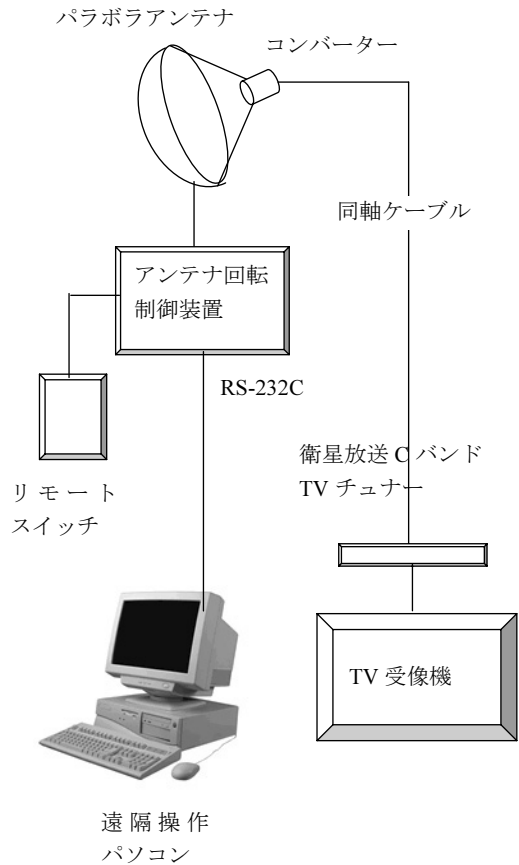


図5 衛星放送受信システム

だ、同軸ケーブルはマイクロ波の損失が大きいため、マイクロ波を一旦、UHF等の低い周波数に変換して受信装置に送る方法が使われている。具体的には、図7に示すように、ホーンアンテナで受信した信号をLNA(低雑音増幅器)で増幅し、LO(局部発信器)で発信した周波数と混合して1GHz程度のIF(中間周波数)に変換する装置が使われ、このようにマイクロ波をUHFに変換する装置は、LNB(Low Noise Block Converter)または単にコンバーターと呼ばれ、現在では、後述するチューナーと一緒に市販されている。

CバンドとXバンドでは、周波数が異なるので、コンバーターに使われているホーンアンテナの大きさが異なるが、IFは1GHz帯で一定であるため、LOの周波数も、Cバンドでは、5GHz帯、またXバンドでは、11GHz帯と異なる。そのため、CバンドとXバンドとはそれぞれ専用のコンバーターが必要である。

4.2 チューナー

コンバーターからの出力信号を、検波、復調してTV

の映像の信号にするのが、チューナーである。前述したように衛星放送には、アナログ放送、デジタル放送があり、更にデジタル放送には、DVB形式と日本独自のISDB形式とがあり、衛星放送の形式に応じてチューナーを選択する必要がある。

日本の衛星放送はISDB形式であり、BSデジタル放送に対応したTV受信機には、ISDBが受信できるチューナーが内蔵されている。しかし、海外の衛星放送はDVB形式であり、日本国内のTV受信機では海外の衛星放送は受信できないし、また、DVB形式対応のチューナーは日本では市販されていない。そのため、ここでは中国製のCバンドチューナー(ZY5518E)を使用している。このチューナーは、950MHz~2150MHzの範囲のデジタル放送の信号を受信して、このチューナーの1000個のチャンネルに自動的に割り当てる機能を持っており、衛星放送の信号が受信できれば比較的簡単に映像を復調できる利点がある。なお、このチューナーの使用方法的概略は、付録で説明する。

4.3 アンテナ回転装置

衛星放送用の静止衛星は、赤道上、約36,000Kmの静止軌道に約2度の間隔で打ち上げられている。どの衛星の放送を受信するかによって、衛星の位置を第3.2章の方法で計算し、アンテナをその衛星の方向に向ける必要がある。

本実験に使うパラボラアンテナは、回転装置を使って、上下、左右に回転する。

図8(a)は、上下方向の回転範囲を示しており、天頂方向から角度で、20°から55°までである。なお、この

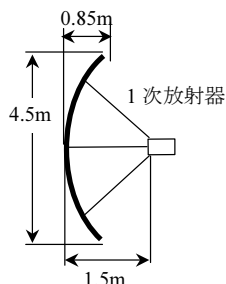


図6 パラボラアンテナ

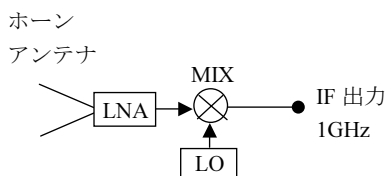


図7 チューナー

回転装置で定義している「仰角」は、天頂からの角度であり、衛星の位置を表す「仰角」は地平線からの角度であり、注意が必要である。

図8(b)は左右の旋回の範囲を示しており、真東の方向から計って、10°から170°の範囲を回転する。しかし、衛星の位置を表す方位角は、真北を0°として測ったものであり、両者の間には90°の差が有る。

図9は、回転装置のパネルを示しており、(a)は、電力制御装置で、(b)は操作盤である。

(a)電力制御装置の説明

ここには、回転装置の主電源のスイッチとモーターのスイッチがあり、また、電源電圧、旋回、上下回転のモーターに流れる電流に対する電流計がある。(b)の操作盤の旋回、仰角スイッチを押してもモーターに電流が流れない場合は、この装置の下側の3個のランプで異常を検出できる。旋回、仰角の装置にはリミットスイッチがあり、角度が限度に達すると、いずれかのリミットスイッチが働き、ランプが点灯する。また、何らかの原因で、モーターは回転しているにもかかわらずアンテナが回転しない場合はモーターに過大の電流が流れるが、このとき電流トリップのランプが点灯する。

(b)の操作盤のスイッチの説明

- ・DOWN, UP, EAST, WEST

これらのスイッチは、仰角の回転と旋回角の回転のス

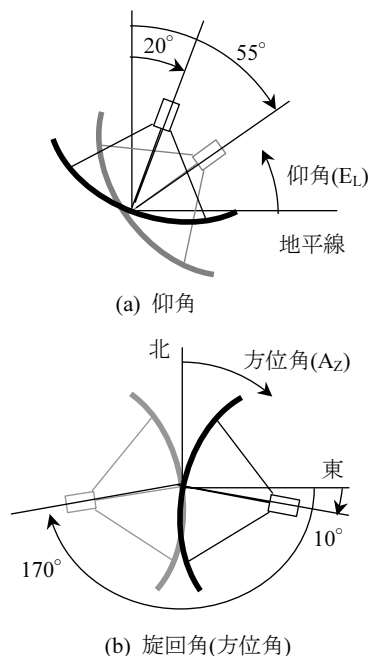


図8 アンテナの許容回転角

イッチで、押すとモーターは回転し、左右の LED の表示板の数値が変わり、回転を確認できる。

スイッチを放すと停止するが、スイッチを5秒以上押しつづけると、スイッチを放しても回転しつづける。

・STOP

このスイッチは、仰角、旋回のスイッチを押しつづけた後、回転を止めるときに使う。

・AUTO/MANUAL

前述のスイッチを押してアンテナを回転させる事を、「MANUAL」操作とよび、予めアンテナの移動する位置を設定して、自動的にアンテナを設定位置に回転させることを「AUTO」と言う。このスイッチを押してランプが点灯すると、以下の位置設定が有効になる。

・設定

アンテナを回転して止めたい位置を予めダイヤルで設定する。仰角は、20°00'から55°00'までの角度、旋回角は、010°00'から170°00'までの角度が設定できる。

・AUTO/START

このボタンを押すと、アンテナは設定した位置に自動的に接近し、設定した位置で自動的に停止する。

・LOCAL/REMORT

これまでに説明した、アンテナの回転制御装置は、動力ケーブルを経てアンテナ駆動モーターと結ばれており、アンテナの近くに設置している。しかし、先に説明したように、この装置を直接操作してアンテナを回転する機会は比較的に少なく、普通は、TV 受像機の傍の遠隔操作のパソコンを経てアンテナを移動させる。

AUTO、または MANUAL 等のアンテナ回転装置のスイッチを使って、アンテナを移動させる操作を「LOCAL」操作と言い、遠隔操作パソコンを経てアンテナを操作する事を「REMORT」操作と言う。

「LOCAL/REMORT」スイッチを押すとランプが点灯するが、このとき「REMORT」操作が可能になり、回転装置のスイッチを押しても、アンテナは反応しなくなる。

4.4 リモートスイッチ

アンテナの回転を遠隔操作できても、アンテナ回転装置の電源を入れたり切ったりするには、屋上階までの移動が必要である。そのために、アンテナ回転装置そのものの電源を遠方で開閉できればさらに便利である。図10は、実験室でアンテナ回転装置の電源を開閉するためのリモートスイッチである。「ON」、「OFF」のスイッチとそれに対応して点灯するランプで構成されている。

5. 遠隔操作パソコンのプログラムの説明

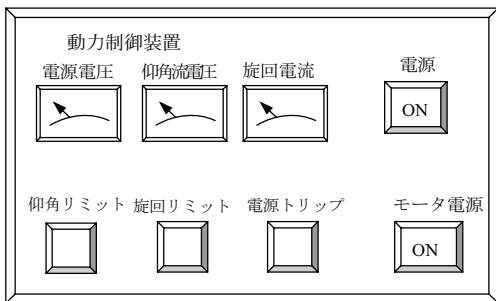
WINDOWS 対応のパソコンには、RS-232C 方式の通信に対応した入出力端子があり、マイクロソフトの Visual Basic (以下、VB とする) には、RS-232C を使うためのコマンドが用意されていて、VB のプログラムで比較的に簡単に RS-232C 通信を実行できる。

プログラムコードの具体的な書き方は、VB の解説書やリファレンスブックを参照することにして、ここでは RS-232C を利用する上で必要なプログラムコードの基本を説明をする。

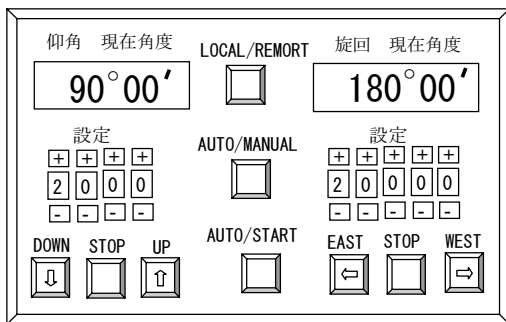
RS-232C を使って相手と通信するには、通信コントロールをフォームに貼り付けておく。データをやり取りする上での約束(プロトコル)を決めなければならないが、これを初期設定という。

5.1 RS-232C の初期設定

RS-232C による遠隔操作の初期設定には、種々の項



(a) 電力制御装置



(b) 操作盤

図9 アンテナ回転装置

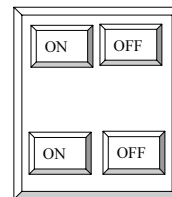


図10 リモートスイッチ

目があるが、例えば、

MSComm1. Settings="9600,n,8,1":ボーレート等の通信条件の設定.

MSComm1. CommPort=1:通信ポートの No.1端子の選択.

MSComm1. PortOpen=True:通信ポートの有効設定.などを設定すれば、他の項目は標準の規定値で十分である.

・データの送信

```
Dim Data as String:文字列変数, Dataの宣言
Data="ABC"
```

```
MSComm1. Output=Data:文字列ABCの送信
```

・データの受信

MSComm1_Oncommと言う名前ですブルーチンを作っておくと、通信相手がデータを送ったとき、自動的にこのサブルーチンが呼ばれる。そして、受け取ったデータは、

MSComm1. Inputに格納されるので、これを受信の文字列変数に移す。

```
Private Sub MSComm1_Oncomm()
    Dim Rdata as String
    Rdata=MSComm1.Input
End Sub
```

5.2 アンテナ回転装置の遠隔操作命令.

第4.3章で説明したように回転装置は、RS-232C通信で遠隔操作することができる。回転装置の「REMORT」のスイッチを入れた状態では、回転装置のRS-232Cの端子にデータが入力されると、装置の「UP」、「WEST」等のスイッチを押した時と同じ働きをする。

文字Bは、「STOP」の動作をする。Bに、デリミッタ、CR、LFをつけて送信すると、アンテナは回転を停止する。

```
Dim Tdata as String
Tdata="B"+Chr$(13)+Chr$(10)
MSComm1.Output=Tdata
```

同様に、文字Aは、送られた命令の開始を伝える。そこで、アンテナを東に回転するには、文字Eを送れば良いが、最初に、一旦、停止命令を送って回転を実行させる。

```
Dim Tdata as String
Tdata="B"+Chr$(13)+Chr$(10):一旦、停止命令を送る.
```

```
MSComm1.Output=Tdata
Tdata="E"+Chr$(13)+Chr$(10):東向きの回転命令を送る.
```

```
MSComm1.Output=Tdata
Tdata="A"+Chr$(13)+Chr$(10):回転の開始を命令す
```

る.

```
MSComm1.Output=Tdata
```

とする.

文字Dは、「UP」のスイッチ

文字Cは、「DOWN」のスイッチ

文字Eは、「EAST」のスイッチ

文字Fは、「WEST」のスイッチ

回転装置では、アンテナが回転すれば仰角、旋回角の値が自動的にLEDに表示されるが、遠隔装置では、まず回転装置に対してアンテナの現在位置のデータの送信を要求する。その命令は、文字Gである。

受信された位置のデータは、先頭にGがある10個の文字列であり、G123456789のフォーマットであり、最初のGを除いた5文字は、旋回角を、残りの4文字は仰角を示している。旋回角の5文字のうち、最初の3文字は、度(°)を、残りの2文字は分(')である。仰角は、最初の2文字が度、残りが分である。

データが送信されると、サブルーチンMSComm1_Oncommに処理が移るので、そこに旋回角と仰角を分離するプログラムを書く。

```
Private Sub MSComm1_Oncomm()
    Dim R as String
    Dim K as String
    Dim Rdata as String
    R=MSComm1.Input
    Rdata=R+Rdata
    K=Right(Rdata,1)
    If K=Chr$(10) or K=Chr$(13) Then
```

```
    If Mid(Rdata,1,1)="G" Then:
```

現在位置のデータの確認

```
        Azimdeg=Val(Mid(Rdata,2,3)):旋回角の度数
```

```
        Azimmin=Val(Mid(Rdata,5,2)):旋回角の分数
```

```
        Elevdeg=Val(Mid(Rdata,7,2)):仰角の度数
```

```
        Elevmin=Val(Mid(Rdata,9,2)):仰角の分数
```

```
    End if
```

```
        Rdata=""
```

```
    End if
```

```
End Sub
```

アンテナが回転を始めると、アンテナの位置は刻々と変化する。アンテナの回転の位置を正確に知るには、できるだけ短い時間間隔で位置データを送信させる必要がある。

VBのプログラムにはタイマーの機能が付属しており、一定の時間間隔で定められた仕事をさせる事ができる。そのため、タイマーコントロールをフォームに貼り付けておく。

Timer1.Interval=500 : タイマーの働く時間間隔を0.5秒に設定.

Timer1.Enabled=True : タイマーを開始する.

このように設定すると、0.5秒ごとにタイマーが働き、割り込みが働き、プログラムはサブルーチン、Timer1_timer()に分岐する.

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
Dim Tdata as String
```

```
Tdata="G"+Chr$(13)+Chr$(10)
```

```
MSComm1.Output=Tdata
```

```
End Sub
```

0.5秒ごとにタイマーが働き、0.5秒毎に、文字 G が回転装置に送られるので、アンテナの回転位置のデータを0.5秒間隔で知ることができる.

5.3 アンテナの位置のグラフ表示

アンテナを遠隔操作によって回転させて、アンテナの位置を2次元の画面に表示させる。同じ画面に衛星の位置も表示させ、アンテナの位置が衛星の位置に画面上で一致するようにアンテナを操作する方法を考える.

以下では、VBのプログラムで、画面に衛星やアンテナの位置を表示する方法を説明する.

Form上にコントロールを使って、PictureBoxを描けば、図11に示すように、このPictureBox内に、横軸がx軸で、最小値Xminから最大値、Xmaxまでの、また、縦軸がy軸で、最小値Yminから、最大値Ymaxまでのグラフを書くことができる。そのためには、PictureBoxのScaleプロパティを以下の要領で設定すればよいが、特に、グラフの上方がYmaxになるように、Picture1.ScaleHeightには負の値を設定する.

Picture1.ScaleWidth=1.2*(Xmax-Xmin):グラフの左右に余白を空ける.

Picture1.ScaleLeft=Xmin-0.1*(Xmax-Xmin):Xminの位置を決める.

Picture1.ScaleHeight=-1.2*(Ymax-Ymin):上下の余白を空け、Ymax:上になる.

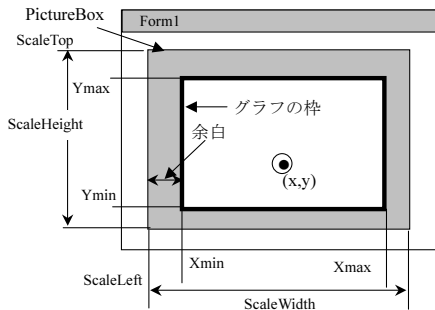


図11 Picture Boxのスケールパラメータの設定

Picture1.ScaleTop=Ymax+0.1*(Ymax-Ymin):Yminの位置を決める.

続いて、

Picture1.line (Xmin,Ymin)-(Xmax,Tmax),B:グラフの枠を描く.

このプログラムで、PictureBox内に四角形のグラフの枠が描かれ、グラフの幅の1割の余白がグラフの両側に作られる.

また、座標、Xmin<x<Xmax、およびYmin<y<Ymaxの場合、

Picture1.Circle (X,Y),r

で、グラフ枠内の点(x,y)を中心に半径rの円が描かれる.

なお、アンテナ回転装置の章で説明したアンテナの仰角、旋回角は、静止衛星の位置の角度、仰角 E_L 、方位角 A_z とは独立に定義されているので、

$E_L = 90 - \text{アンテナの仰角}$

$A_z = 90 + \text{アンテナの旋回角}$

の関係を使って、アンテナの位置と衛星の表示位置を一致させる必要がある.

5.4 遠隔操作ソフトの利用法

VBで作成したアンテナ回転装置の遠隔操作プログラムと、静止衛星の位置の平面表示プログラムとにより、アンテナを容易に目的の衛星の方向に移動させるプログラムを作成している.

図12は、アンテナ回転プログラムの起動時の画面であり、アンテナ、衛星位置表示画面である.

画面の黄色の二重円は、アンテナの位置を示しており、グラフの横軸は、方位角、縦軸は仰角である。仰角は、 15° から 55° まで目盛られているが、下方の赤線は、仰角の下限であり、 20° 。上方の赤線は上限の 55° を示している。方位角は 30° の範囲しか表示されていないが、グラフの下方の左右の矢印をクリックすると、方位角の表示範囲を変更することができる。紫色の曲線は、赤道の位置を表しており、静止衛星は常にこの曲線上に現れる。画面、上の「東」、「西」の矢印、また、右端の「上」、「下」は、アンテナ回転装置のスイッチと同様に動作し、これらをクリックするとアンテナを東西、上下に回転させることができる。画面の上方の、2個の数値は、アンテナの仰角、および方位角の数値であり、単位は、度である.

「東」、「西」、「上」、または「下」をクリックすると、アンテナは回転を始めるが、画面のアンテナのマークが移動するのでアンテナの移動を画面で確かめる事ができる。「上」、又は「下」による移動で、上限、または下限を超えると警告の表示が出てソフト的にアンテナの回転は止まる。一方、「東」、又は「西」の移動では、画面の

表示範囲が次々に変わり、方位角が100°以下、260°以上では、回転は強制的に停止する。

・衛星位置の計算

赤道上の静止衛星軌道には、日本を始め外国の静止衛星が数多く配置されている。これらの衛星をパソコンの画面に表示するために、第3.2章で説明した計算方法で衛星の位置を計算する。パソコンのメニューバーの「衛星位置計算」をクリックすると、図13のような画面が出る。

静止衛星の東経の位置を入力して、「計算」をクリックすると、仰角、方位角に、福岡（東経130.367°、北緯33.5°）から見える衛星の角度が計算される。続いて、「表示」をクリックすると、アンテナの位置の画面に戻り、衛星の位置が青の二重円で表示される。しかし、最初に表示されたアンテナの方位角と衛星の角度が15°以上はなれている場合は、衛星の位置は現在の画面には表示されない。そのため、再度、「衛星位置計算」に戻り、衛星の位置を再計算して、方位角をノートに記録しておく、画面を表示する。そこで、画面の下の矢印をクリックしていけば、衛星のマークが現れる。

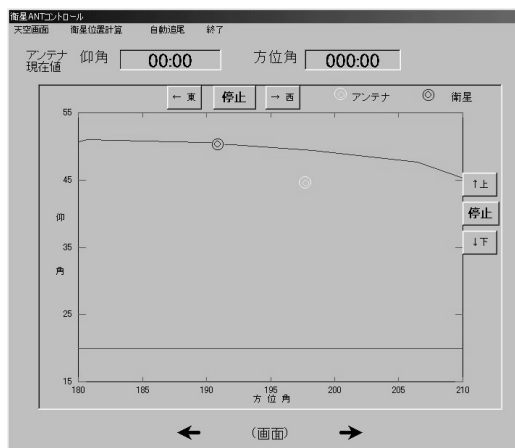


図12 アンテナ、衛星位置表示画面



図13 衛星位置計算画面

・自動追尾

第4.3章で説明したアンテナ回転装置の操作で、予めアンテナの位置をダイヤルで設定して、「AUTO」のスイッチで自動的にアンテナを目的の位置に移動させる方法がある。

パソコンの遠隔操作でも同様の操作をするのが、「自動追尾」である。

パソコンの画面の上のメニューバーで「自動追尾」をクリックすると、図14の画面が現れる。

左側が仰角の設定ダイヤル、右側は方位角のダイヤルで、「+」をクリックすると、その桁の数値を増やし、「-」は数値が減る。

数値を目的とするアンテナの位置に設定したら「自動」をクリックすると、アンテナの位置の画面に戻り、アンテナのマークは自動的に移動して、設定位置に自動的に停止する。なお、この画面の、「上」、「下」、「東」、および「西」のボタンは、アンテナ回転装置のスイッチに対応しており、アンテナを移動させる事ができる。

6. 衛星放送受信の実際

これまでに説明した装置を使って、実際に海外の衛星放送を受信する方法を説明する。今回は、Cバンドの放送を受信するが、アンテナに取り付けるコンバーターをKuバンド用に取替えば、Kuバンドの放送も同じ操作で受信できる。

- ① 表1の衛星のリストから希望の外国の静止衛星を選ぶ。
- ② チューナーのリモコンを使って、選んだ衛星のチャンネル番号をチューナーにセットする。
- ③ 選んだ衛星の赤道上的角度(東経)を記憶する。
- ④ 遠隔操作パソコンの画面で、[衛星位置計算]を選択する。
- ⑤ 静止衛星の位置の欄に、①で選んだ衛星の角度(東経)を入力する。
- ⑥ 続いて、[計算]をクリックし、[方位角]をノートに記録しておく。
- ⑦ [表示]をクリックする。



図14 自動追尾画面

- ⑧ 画面の下側の、右向き、又は、左向きの矢印をクリックして表示される方位角の範囲を変え、画面に衛星のマークが現れるのを確認する。
- ⑨ 下側の、右向き、又は、左向きの矢印をクリックして、画面の方位角の範囲を変えて、アンテナのマークを探す。
- ⑩ アンテナのマークが現れたら、画面の上方の右向き、又は、左向きの矢印をクリックして、アンテナを衛星の方向に移動させる。
- ⑪ アンテナの位置が、衛星の位置に近づいたら、TV受像機の画面を見る。
- ⑫ テレビの映像が鮮明に写るように、アンテナの仰角、方位角を微調整する。

7. むすび

静止衛星軌道にある数多くの海外の衛星放送の受信を目的として、衛星放送受信システムを構築した。

特に、静止衛星の位置に、アンテナを遠隔操作で向けるために、パソコンの画面上に衛星の位置、アンテナの位置が表示できるプログラムを作成したが、このプログラムにより、容易に静止衛星を捕獲し、受信できるようになった。

Cバンドの衛星放送受信用のチューナーは日本製ではなく中国製であり、その取り扱いにやや困難を伴ったが、それでもかなり多くの海外の衛星放送の受信に成功した。

また、衛星放送は、本来、当該する国の視聴を目的としており、日本がその国から遠く離れている場合は、日本で受信される電波は非常に弱い、我々のパラボラアンテナが大きく利得も高いことで、多くの外国の衛星放送の受信が可能であった。

表1 静止衛星の位置とチューナーのチャンネル

| 静止衛星名 | 赤道上の位置 | 国名 | チャンネル番号 |
|-----------|----------|--------|---------|
| THAICOM | 78.5° E | タイ | 049~096 |
| ST-1 | 88° E | ロシア | 183~204 |
| YAMAL102 | 90° E | インド? | |
| ASIASAT3S | 105.5° E | 中国 | 001~043 |
| SINOSAT-1 | 110.5° E | マカオ | 205 |
| THAICOM1A | 120° E | タイ | 206~220 |
| JCSAT-3 | 128° E | 日本 | 221~226 |
| APSTAR6 | 134° E | 中国 | 228~231 |
| TELSTAR18 | 138° E | 台湾 | 232~239 |
| AGILA-2 | 146° E | フィリッピン | 240~247 |
| PAS-8 | 166° E | アメリカ | 248~259 |
| PAS-2 | 169° E | アメリカ | 260~276 |

このシステムは、衛星放送のシステムを学び、それを実験的に体得する上で非常に有効な装置であると考えられる。

最近、衛星放送関係の情報等は、インターネットのホームページにも見られるようになったが、この衛星放送受信システムの構築にあたり参照したホームページの幾つかを文献に示した。

謝辞

中国製のチューナーの利用法、およびその取り扱い説明書の解説には、電気工学科の孟志奇助教授の指導を受けました。心より感謝します。

参考文献

1. Dennis Roddy, "Satellite Communications", Prentice-Hall,1989.
2. 金藤 仁, "自動計測システムのためのVB6入門", 技術評論社, 平成15年.
3. 「Cバンド受信専用4.5mφパラボラアンテナ特性表」, 電気興業株式会社.
4. 「2軸制御アンテナ駆動装置」, 九州電子技研株式会社.
5. 「パラボラアンテナ遠隔操作プログラム」, 九州電子技研株式会社.
6. <http://www.page.sannet.ne.jp/masasan/index.html>
7. <http://homepage3.nifty.com/maaberu/cs.htm>
8. <http://www.lyngsat.com/>

付録

衛星放送用のチューナーの取り扱い説明

中国製のチューナー ZY5518E には、中国語の取扱説明書「数字衛星電視接收机」が付属しているので、詳しくはその説明書を参照すれば良い。ここでは、衛星放送を受信する上で最小限必要なチューナーの操作について説明する。

図 A-1(a)は、チューナーの正面、図(b)は裏面である。正面、左のプッシュスイッチは電源、6個のスイッチは、左からメニュー、音量(-)、チャンネル番号(+), チャンネル番号(-)、音量(+), および「決定」用のスイッチである。また、LEDの表示は、チャンネル番号である。

このチューナーは、これのスイッチを使って操作する事もできるが、現実には、後述するリモートコントロールスイッチ(リモコン)で操作するので、そこで説明する。図(b)で、左端の端子は、アンテナからの信号を入力するF型のコネクタである。右隣のRS-232Cの端子は、このチューナーのROMの書き換えに使われる。続いて、6個のピンコネクタの下側3個が、TV受像機又は映

像モニターに出力するための端子であり、左から、映像、音声(L)、および音声(R)である。上側のピンコネクターは、Y/U/V続いて、ビデオのS端子出力、最後は、RF信号の出力用である。

図 A-2は、リモコンの図である。文字が中国の文字であり、文字からは動作を理解し難いのが問題である。ここでは、衛星放送の受信のために必要なスイッチに日本語のラベルを貼り付けているので、それらのスイッチの動作について説明している。

このチューナーにより衛星放送を見るには、衛星の角度と、それに対応する衛星放送の周波数を最初にチューナーのチャンネルに登録して置く必要がある。一旦、各衛星周波数がチャンネルに登録されていると、アンテナを衛星の方向に向け、チューナーのチャンネルを合わせると放送が受信される。

「0から9」は、この数字のキーを押して、目的のチャンネルを設定する。

「決定」は、設定したチャンネルを確定するために使う。このスイッチを押すと、選択されたチャンネルの放送画面が現れる。

「リスト」は、このチューナーに予め保存されているチャンネルのリストの一覧をTV受像機の画面に表示するスイッチである。このリストには、チャンネル番号と放送局又は番組の名前、更に放送されている番組が一組になり、9チャンネルの内容が表示され、このリストの中から目的の放送を選択できるようになっている。周囲を赤で囲まれたチャンネルが選択されている。

「チャンネル▲」、「チャンネル▼」はリストの中から目的のチャンネルを選ぶ時に使い、選択するチャンネルを上下方向に買えるスイッチである。

「音量+」、「音量-」は、リストの中から目的のチャンネルを選ぶ時に使い、選択されているチャンネルを右、左に移動する事ができる。なお、TVの画面が表示されている時には、このスイッチで音量を増減する。

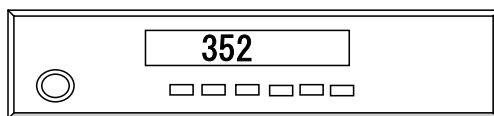


図 A-2 リモコンスイッチ

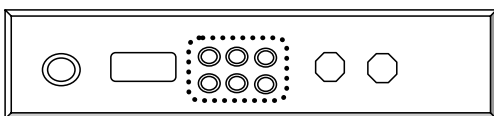
MAIN MENU

System Setting
Transponder Set
Program Editing
Game
Auto Scan

図 A-3 メニュー画面



(a) 正面



(b) 裏面

図 A-1 Cバンド用チューナー

「P+」、「P-」は、表示するリストのページを変えるスイッチで、「P+」は、番号が大きい次の9チャンネルを表示し、「P-」は、番号が少ない9チャンネルが表示される。

最後に、「決定」を押すとリストの中から選んだチャンネルの放送画面が変わる。

以下では、このチューナーに最初にチャンネルに登録する手順について説明する。未登録の衛星の東経の位置を調べ、アンテナをその衛星に向けておく。

「メニュー」を押すと、TV受像機に図 A-3に示すような画面が出る。「チャンネル▼」を押して、一番下の

AUTO SCAN TABLE

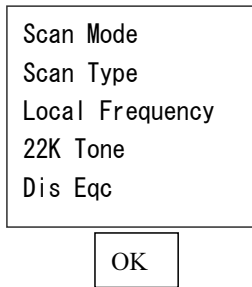


図 A-4 Auto Scan画面

「Auto Scan」を選び「決定」スイッチをおす。

図 A-4の表示ができるが、これらの項目は、規定値をそのまま使うので、「チャンネル▼」を押して、最後の「OK」を指定する。最後に、「決定」押す。自動スキャンが始まり、衛星からの電波に、デジタル放送の信号が含まれているとそれをチューナーのチャンネルに登録していく。この作業には20分から30分かかるが、終了すると目的の衛星からのTV放送が映し出される。しかし、アンテナの位置が衛星に正確に向けられていないなど、衛星からの信号強度が弱い時には、チューナーのチャンネルには登録されないので、場合によっては、再度アンテナの位置合わせなどを行い、Auto Scanを実行する。

現在、チューナーに登録している衛星と、その衛星のチャンネルを表1に示している。