

国際衛星放送受信のすすめ

金野研究室

1. はじめに

地球の赤道上空 3 6 0 0 0 k m の円周軌道上に、電波通信に使用される静止衛星が多数配置してある。半径 4 2 5 0 0 k m の円周軌道にはほぼ 1 度間隔で配置されているので、その数は数百以上もある。

それら全ての衛星との通信ができるわけではない。軍事用衛星は一般には開放されていないし、特定目的の衛星も一般には開放されていない。また、日本において交信しようとしても、日本の裏側にある衛星との通信は不可能であることは簡単にわかってしまう。日本において電波を受信できる静止衛星は東太平洋上西経 1 7 0 度上空あたりに位置する衛星からインド洋上東経 6 4 度上空あたりに位置する衛星に限られる。

インターネットを経由して（例えば（株）ワードの URL <http://sat.wardinc.jp/>）得た、日本で受信可能なテレビ放送をしている衛星一覧を、後半に参考資料として添付している。資料の左の数値は衛星の経度位置、その中央に衛星名、右には受信を確認した年、月、日が記載されている。このデータは公的機関が公表しているものではなく、個人間、及び個人の責任でアップデートしているものらしいので、十分な参考資料とはなるが、全てを鵜呑みにしないこと。1 つには、この資料に記載されている衛星数は少ないような気がする。受信システムを確立したならば、そのような通信衛星を探し出すのも一趣向であろう。

参考資料として、日本で受信できる衛星の、代表的な都市での方位角、仰角一覧表も後半に添付している（（株）ワードの URL <http://sat.wardinc.jp/> から取得）。この資料も全ての衛星を網羅しているわけではない。主要都市名でのデータしかないが、自分の受信地に近い都市のデータを参考として自分のアンテナの方位角と仰角を設定することができる資料である。

以上の 2 つの参考資料を対比してみれば直ぐに分かるが、片方の資料に掲載されている衛星名が、他方の資料にはなく、或いはその逆の場合もある。また似ているようで似ていない衛星名同士もある。どちらが本当の衛星名かと当惑してしまう。少なくとも、同じ方位角度に 2 個の衛星が位置するはずはないので、同じ方位角度を持つ衛星ならば、同じ衛星であろうし、違う方位角度を持つ衛星同士ならば、違う衛星と考えてよいであろう。また、衛星には数年間という寿命があり、旧衛星に替わって新衛星が入れ替えで不断において配置されているはずである。その際に、衛星名の変更も行われる場合もあるであろうし、電波の波長の変更もあろう。

今回、国際衛星受信システムの構築を目指し、市販されているシステム一式を購入した。本学電子制御工学科棟の屋上にパラボラアンテナを設置し、屋上にある電波測定室に機器類を置き、予想外に時間がかかった（その理由は後述しよう）が衛星の受信に成功した。以下に、システム立ち上げの経過を紹介する。

なを、本システムは受信電波帯域が C - b a n d で、通信方法がデジタルデータ方式のシステムである。衛星受信電波帯域としては他に K u - b a n d がある。通信方法としては他にアナログデータ方式がある。現在これら 4 つのうちの 2 つずつの組み合わせでの衛星放送システムがある。が、アナログ通信衛星は老兵となりつつあり、そのためアナログレシーバの購入も困難となっている。というよりも、もう生産していないと聞いている。今後、衛星受信システムとして準備するならば、C - b a n d でデジタルか、K u - b a n d でデジタルの方式を選ぶことになるう。

なを、本報告書内に、説明の不備や、説明の間違ひがあることが否めない。この報告書を読み進める場合には、この点に留意して欲しい。

2. 受信システム

購入した受信システムは「デジタルC - band」仕立てである。以下にそれを列記する。価格も記載しておこう。購入先は(株)ワードである。

(1) パラボラアンテナ

PF1601PEA(160cm C/Ku*アンテナ) ￥32,000円
G76-1A(上記アンテナ取り付け台) ￥5,500円

(2) LNB(ロー・ノイズ・ブースター)(フィードコーン付属)

ZCF-D21A(C-band Dual
Polarity LNB,
zinwell社製) ￥4,900円

直径160cmのパラボラアンテナの焦点位置にLNBを取り付けばよいわけではない。受信性能の向上のため、LNBにはフィードコーンが必要である。ZCF-D21Aの購入において、それに合致したフィードコーンが付属している。また、このフィードコーンには、パラボラアンテナPF1601PEAへの取り付けに合致した取り付け穴も空いている。

衛星から送信されてくる電波は偏向特性から分類すると、水平偏向、垂直偏向、右円偏向、左円偏向に分類される。衛星の詳細資料には、これが必ず記載(H,V,R,L等で)されている。受信する衛星の偏向特性に合わせて、受信強度が最大になるようにLNBを回転させたり(水平、垂直偏向の場合)フィードコーンに誘電体板を取り付けたり(円偏向の場合)する必要がある。

(3) デジタル衛星受信器

ZDX-7100CI(zinwell社製) ￥28,000円

(4) カラー変換器

MPM-CDM660(メーカー名不明) ￥19,800円

テレビ方式がNTSC, PALの衛星を取り扱うだけならば、このカラー変換器は必要なさそうである。上記のZDX-7100CIがその機能を有しており、自動的に信号を識別処理してくれるので、何の対応もいらない。しかし、SECAM、その他のテレビ方式の衛星も受信対象としたい場合は必要となる。特定の衛星に限定しないシステムとするならば、あった方がよい。

本報告書の後半に、以上の機器の付属説明書類を添付しておいた。

(5) LNB - レシーバ間接続用同軸ケーブル

ホームセンターなどの電化製品部署で、衛星テレビ用として、各種長さで接続端子付き、或いは端子無し、或いは切り売りで各種売られている。適当なものを購入することになる。同軸ケーブルだけならば、1m当たり100円ぐらいと見て良い。

30mとして ￥3,000円

従って上記機器類一式購入する場合の金額は9万円強、カラー変換器を除けば7万円強となる。

3. 衛星電波の受信手順

デジタル衛星テレビに既に知見のある方にはたいしたことではないだろうが、初心者にとっては、購入した装置に付属しているマニュアル類だけを参考資料として、システムの設定は難しそうである。かくいう著者は、国際衛星放送は15年以上も前から受信していた。ソ連の静止衛星「ゴリゾン3（最近気が付いたのであるがこの3は既に無く、大きな番号となっている）」であった。C-bandのアナログ通信方式のシステムであった。最近このシステムが調子が悪くなった。画像はよいのであるが、音声の不調となった。そのうちに全てがだめになった。レシーバー類の寿命として受信システムの電源を切った。これを機会に、新しいシステムに試験してみることにしたわけである。

従って、一応は国際衛星受信に対しての知見があったわけであるが、それでも今回のシステムを立ち上げるのには結構時間がかかった。苦労して設定に成功しましたが、分かれば何のことはない。この報告書を読んで、システムを立ち上げたい方に、無駄な時間を使わせないことも考えて、以下にシステム立ち上げにおける一連の写真を用いて、衛星電波を捕らえる手順、及びモニターへのテレビ画像の描写手順を紹介しよう。

(1) 第2章で紹介したシステムの配置・結線を完了する。

アンテナ(+LNB) - レシーバ(チューナ/IRD)
- カラーコンバータ(*) - テレビモニター

(*) 受信する衛星によってはこのカラーコンバータは必要がない場合もある。

レシーバがカラーコンバータ機能を持っているので。その場合は

アンテナ(+LNB) - レシーバ(チューナ/IRD) - テレビモニター
と配置・結線する。

(2) レシーバの電源コードを、コンセントに差し込むと、レシーバの画面には時刻が表示される。

(3) 各装置の電源スイッチをオン(*1)(*2)(*3)(*4)(*5)とする。

(*1) レシーバの制御は前面パネル上のボタンを使用しても、行えるが、付属の遠隔コントローラの使用の方が便利である。以後、レシーバの制御はこのコントローラを使用するものとする。

(*2) レシーバの電源コードをコンセントに差し込んだ段階で、LNBへの電源が供給されるように、このレシーバの仕様になっている事に留意すること。LNBへの電源供給を停止したければ、電源コードをコンセントから抜く必要がある。

(*3) レシーバは電源コードをコンセントに差し込んだ段階で、レシーバの表示画面に時刻数値が表示される。メインの電源スイッチはない。

(*4) カラーコンバータには電源スイッチはない。ACアダプタの端子をコンセントに差し込むことで、電源がオンとなる。

(*5) 従って、長時間システムを使用しない場合には、レシーバ及びカラーコンバータの電源コードは外しておいた方がよい。

(4) レシーバコントローラの「menu」ボタンを押す。写真1の画面となる。

テレビモニター画面には Main menu 画面が表示される。

システム立ち上げの段階では、通常では衛星電波の受信に成功しているわけではないので、レシーバの表示画面中に赤色LEDが点灯(電波受信失敗の意味)しているはずである。

(5) レシーバコントローラの「アップ、ダウン」ボタンを押して、メニュー「INSTALLATION」を選択し、「OK」ボタンを押す。写真2の画面となる。



写真 1



写真 2

- (5)「SEARCH CHANNEL」を選択し、「OK」ボタンを押す。写真3。
この画面で様々な設定を行う必要がある。正しく設定するに至るまでは、結構大変である。

表示メニュー

DiSeqC Num SAT TP Pow LNB 22K
を項目別に説明し、設定していこう。

DiSeqC アンテナに設置した「国際規格化」済み回転装置を、レシーバから制御する方式の規格（種類が幾つかある）を設定する。今のシステムでは、規格化回転装置を購入していないので、「None」とする。

Num 規格回転装置をアンテナに装着している時、DiSeqCが有効となる。つまりアンテナ回転装置の実行ソフトが有効となる。DiSeqC=Noneでは飛ばされる。

SAT 受信したい衛星名を選択する。このレシーバに、納入時に書き込まれているファイル中に、衛星名及び衛星のデータは百近くある。SATに窓を合わせて「OK」ボタンを押すと、それらのリストが表示される。写真3。アップボタン、ダウンボタンで希望する衛星名を探し、その衛星名があれば、それに窓を合わせて「OK」ボタンを押す。
ここでは、現時点（2000年5月頃）で、確実に受信できる衛星として「ASIASAT2__C」を選択するものとする（*）。写真4。
従って、以降はこの衛星受信のための設定となる。

（*）希望する衛星名がリスト中に無い場合、他の衛星にアンテナを向けたい場合の対応については、項目を変えて説明をする。最初であり、設定手順を収得するのが主目的なので、リストにある衛星を、できれば日本で名前がよく知られている衛星か、日本での電波強度が大きな衛星を希望衛星として設定すること。

TP 「SAT」で希望する静止衛星を選択し、この「TP」窓で「OK」ボタンを押すと、選択した衛星が持っているトランスポンダ（簡単に言って、衛星が持っている送信器のこと）の一覧が表示される。写真5。1台の静止衛星に多数のトランスポンダが設備されている。
最終的に「TP」メニュー内に納める周波数数値はこの衛星が送信しているCバンドの最下位周波数である「3660」あたりのトランスポンダにしていた方がよい。変な数値に設定しておくとも、衛星電波の検索・受信に失敗する。

このメニュー中で、トランスポンダ内容の編集、追加、削除ができるが、今のところそれはやらない方がよい。慣れてからやることにするので、これについては項目を変えて解説する。

が、メニュー項目の一応の意味を説明しておく

「NUM」 トランスポンダの番号である。
「FREQ」 トランスポンダの送信周波数（*）である。
「S/R」 シンボルレート（*）の略。
「POL」 トランスポンダから送信される電波の偏向特性（*）を指定する。

HOR（=H、水平偏向）、VER（=V、垂直偏向）、
RIG（=R、右回り偏向）、LEF（=L、左回り偏向）

(*) 、 、 の情報は参考資料に示しているような衛星情報からも得られる。

P o w 「 0 V / O N 」を選択する (L N B への電源は供給するが、スイッチは使用しないという意味)。 L N B への電源供給の選択に使用する。 0 V と 1 2 V はこの電圧で切り替えるスイッチがある場合である。このシステムで使用する L N B ではスイッチ類は使用しない。

L N B 使用している L N B の局発周波数を入力する。購入した L N B のどこかにこの数値が書き込まれている。今使用している L N B では 5 . 1 5 G H z なので、数値 5 1 5 0 を入力する。

2 2 K C バンドでは無視するので、「 O F F 」とする。 Ku バンドで U n i v e r s a l タイプの L N B を使用する場合、局発を切り替えるために 2 2 k H z トーンを選択する場合に使用する。

以上を設定し、最終的に「 T P 」に窓を合わせると、写真 4 と同じ画面が表示される。レシーバの画面には、受信失敗である赤色 L E D が未だ点灯しているはずである。

(6) アンテナを動かし、静止衛星「 A S I A S A T 2 _ C 」に向ける。日本の各地域で設定すべき仰角、方位角は、参考資料から求めることができる。ここでは栃木県小山付近での設定値を記載しておく。小山市は東京の真北大凡 8 0 k m に位置する。

仰角 3 1 ° ~ 3 1 . 5 °
方位角 2 3 4 ° ~ 2 3 5 °

多分、最初はモニター画面中の「 S I G Q U A L I T Y 」バー、と「 S I G S T R E N G T H 」バーは青色のままであろう。

設定している仰角、方位角を中心値として、アンテナを左右、上下に僅かずつ (1 ° 程度でよい) 動かし、 1 カ所で数秒以上停止させながら、テレビモニター画面を覗く。

著者の場合ではあるが、最終的にはアンテナの仰角 $\pm 1 ^\circ$ 程度の範囲、方位角 $\pm 2 ^\circ$ 程度の範囲内で、強度の十分な電波を得ている。

衛星からの電波を L N B が受信し、レシーバが十分な強度と判断すれば、「 S I G Q U A L I T Y 」バー、と「 S I G S T R E N G T H 」バーにその程度を示す色が付き、同時にパーセント数字も 0 からそれなりの数値となる。これらは数秒毎に更新される様子が見て取れよう。写真 6。こうなれば、設定仕事の大半は完了である。

仰角は分度器を転用することで、簡単にかつ正確に求めることができる。が、方位角を設定するには、その地点での東西南北方向を正確に求めておかなければならない。 1 ° 程度以内の正確さで決まっているのが望ましそうである。従って方位磁石では心許ない。鉄筋コンクリートの建物では方位磁石の指示値は全く当てにできない。方位の設定値の誤差が大きければ大きいほど、アンテナの調整に余計な時間がかかるだけである。

方位の設定に、自分の地域の地図を持ち出して、それを参考にして、定めることは確実な 1 方法である。著者は自作 G P S も併用して定めた。



写真 3



写真 4



写真 5



写真 6

- (7) モニター画面の写真 6 の状態は (アンテナが動かなければ、この状態はずっと維持される)、LNB は「A S I A S A T 2 - C」の電波を受信していることを示している。

電波強度、信号品質が最大になるように、アンテナの微調整、LNB の固定位置 (F / D に対して) 調整、及び LNB のフィードコーンに対しての取り付け角度位置 (H / V 偏向に対してのため) 微調整を行う。

一応最良の受信状態としておく。

- (8) モニター画面左下に「緑 SCAN」がある。これを実行するため、レシーバコントロールの緑ボタンを押す。レシーバは受信している電波の解析に入る。写真 7。「T P」メニュー内で設定している全てのトランスポンダ (「SCAN MODE」が「A U T O」になっているとき) に関して周波数スキャンが開始される。スキャン画面の内容は以下である。スキャンが終わるまで、ただ待っているだけである。スキャン進行状況は画面中央最上部のバーに示される。

左列 メニュー一覧

中央列 進行状況、衛星情報、トランスポンダ番号、割り当てたテレビチャンネル番号など。

右列 確定したテレビ、ラジオ名など一覧

写真 8 は電波掃引の中途での状態である。「A S I A S A T 2 _ C」には非常に沢山のトランスポンダがある。「S I G N A L F O U N D」は衛星の電波を確かに受信しているとのメッセージである。もし、電波の受信ができていなければ、最終的に画面が切り替わり「N O S I G N A L」のメッセージが表示される。

写真 9 は電波掃引を終了し、獲得したデータの保存のための待ち画面である。

- (9) 写真 9 の画面が消えた後、自動的にテレビチャンネル 1 に配当されたチャンネルがモニター画面に映し出される。写真 1 0。嬉しい瞬間である。

後は、普通のテレビをリモコンで操作する如く、各チャンネルを見ることができよう。また、様々な処理選択画面をモニター画面上に表示し、様々なことも行うこともできる。

- (1 0) 例えば、「M E I N M E N U」画面で、「C H A N N E L E D I T I G」を選択すると、画面上左に、チャンネル一覧が、右の窓に画像と表示され、その音声も聞こえる。写真 1 1。チャンネル選択が容易な画面である。

- (1 1) 終了したければ、各装置の電源を切ればよい。先に述べていたが、レシーバとカラー変換器はコンセントを抜かないと、「o n」状態である。

- (1 2) テレビを再開したければ、電源を入れるだけである。先に設定して終了した時点でのチャンネル映像がそのまま見れるであろう。通常のテレビと同じである。



写真 7



写真 8



写真 1 1

4．他の衛星の受信方法

システムの立ち上げ及び設定に、静止衛星「ASIASAT_2C」を利用した。本システムでは当然のことながら、他の衛星も受信することができる。その方法は、一応2通りに分類される。1つは衛星データがレシーバのソフトに登録されている場合、もう一つはレシーバのソフトに登録されていない衛星を受信する場合である。

(1) データ登録済みの衛星を受信する場合

「SEARCH CHANNEL」メニューで、「SAT」を選択すれば、このレシーバのソフトに登録されている衛星が一覧となって、表示される。希望する衛星名がこのリスト内にあれば、その衛星名を選択する。写真3、4。

レシーバの処理は、第2章の「ASIASAT_2C」の場合と全く同じでよい。パラボラアンテナの仰角と方位角を添付資料(*)等から算定し、希望する衛星に向ける。

受信に成功すれば、写真6の画面と同じく、信号品質、信号強度バーに大きさが表示される。

コントローラの緑色のキーを押すと、電波の掃引をする。先に登録したチャンネル番号 以降の数値で、受信したチャンネルが自動的に割り当て処理される。

言ってみれば、第2章と同じことをやるだけである。

(*) 添付資料は全ての衛星を網羅している訳ではない。この資料に記載されていない衛星に焦点を合わせたければ、ウェブをサーフィンして、衛星情報を探すことも一案であろう。

(2) レシーバのソフトに希望する衛星データが登録されていない場合

使用しているレシーバの背面にはRS - 232C端子があり、パソコンとのデータ交信ができるレシーバ仕様である。従って、衛星の最新データをダウンロードしてレシーバ内の衛星データファイルを更新できるはずなのである。が、メーカー(z i n w e l l)のホームページにアクセスして、サポートに入り、ダウンロードに入ろうとすると、受け付けてくれない(2005年5月29日現在まで)。理由は分からない。

従って、自前でレシーバに希望する衛星データを書き込むことになる。

希望する衛星資料を取得する。

レシーバを写真3の画面とする。

衛星名をスクロールしていくと、最後尾に「S A T E R A I T 数値」という名+番号の衛星名が出てくる。これを利用する。既に取得した衛星データを等をコントローラから手動で書き込むことになる。

何故か、希望する衛星名は書き込めない。しょうがないので、頭にインプットしておこう。

レシーバのソフトに記載されている各衛星が持っているトランスポンダのデータと、参考資料に記載されているトランスポンダのデータが対応していない場合もある。衛星情報としては参考資料の方が最新であり、かつ常時更新されているので、添付資料のデータを優先すべきと思う。

レシーバソフトの内容に関しては、まだまだ不案内なところが多い。説明の不十分や、説明の間違いがあるかもしれないことを断っておこう。

なを、衛星資料に掲載されているTPの全てが受信できるとは限らない。理由は今のところ分からない。

本システムで、現時点で受信に成功した衛星名は以下の通りである。なを、衛星資料に掲載されているチャンネル全てを受信できたわけではないことを断っておく。資料には多数のTPが掲載されていたが、受信に成功したのは1チャンネルだけの場合もある。

A s i a S a t 2
Y a m a l 2 0 1
G o r i z o n t 3 3
A p s t a r 1 A

5. 本学科の電波受信設備状況

今回、国際衛星受信システムを電子制御工学科棟屋上に設置した。実は、屋上には既に幾つかの電波受信システムが既設されている。屋上には各種アンテナを設置すること予定で、建物の設計段階から幾つかのアンカーが設けられていた。以下でこれらを写真付きで紹介しよう。

写真12～18に今回設置したシステムを紹介する。写真12は直径160cmのパラボラアンテナ($F/D = 0.38$)。この写真撮影時のアンテナの向きはロシアのグリゾントである。写真13は簡単な仰角計である。ありふれた分度器の原点に穴を開け、そこから糸を通し、錘りとしてナットを用いている。これで十分正確に仰角は設定できる。写真14はフィードコーンに、LNBを取り付けた様子である。写真15は紙に一周360°を目盛り、支柱の周りに貼り付けた簡易方位計である。



写真12



写真13



写真14



写真15

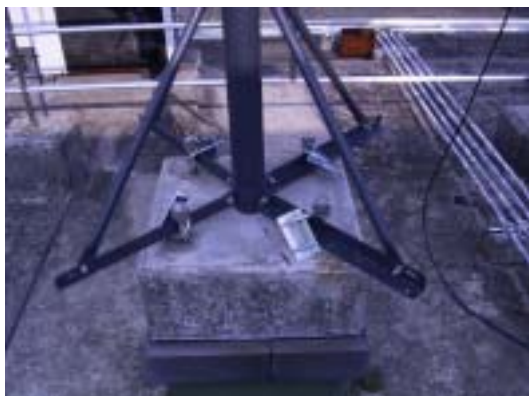


写真 1 6



写真 1 7



写真 1 8

写真 1 6 は、アンテナの固定部である。屋上には幾つかのアンカーがあり、その 1 つに簡易に取り付けている。写真 1 7 は屋上にある電波観測室内からアンテナを見た様子である。写真の右側に今回の電気機器が見える。写真 1 8 がその近接写真である。受信した衛星テレビが映っている。

ついでながら、屋上の様子を紹介しよう。写真 1 9 は南から北を見た様子である。中央の T 字型の構造物はレーダー、左上部に小さいカセグレンアンテナの一部が見える。中央付近の扉のある部屋が電波観測室である。写真 2 0 は逆に北から南を見た様子である。カセグレンアンテナの全体が一応見える。写真 2 1 が電波観測室の屋上にある国内テレビ用の通常のアンテナ群である。



写真 1 9



写真 2 0



写真 2 1

6 . 終わりに

(1) 本システムを調整中、スペクトラムアナライザ (アンリツ Anritsu 製 MS710C (10kHz - 23GHz / 18GHz - 140GHz)) を使用して、LNBからの出力信号をモニターし続けた。アンテナが衛星電波を受信したならば、そのIF信号がスペアナの画面に表示されるものと信じて、大分長時間かけて調整を行った。

結果は、スペアナに何のIF信号も見られない状態で、受信に成功した。スペアナは全く役に立たなく、むしろ、弊害以外の何者でもなかった。著者としては、必ずIF信号がスペアナに表示されるものと信じ切っていたからである。アンテナの方位確定にスペアナを使用することは良く行われているということである (ただし伝聞であり確証はない) 。衛星電波の受信が正常に行われているのに、何故肝心のスペアナに信号が表示されないの

か考えた。スペアナには、ラジコンのFM波、携帯電話、PHSの電波は綺麗に表示されるのでスペアナが壊れているわけではなさそうである。このスペアナにはアッティネータ（減衰器）だけが内蔵され、信号増幅回路は内蔵されていない。結論として、使用しているLNBのIF信号電圧が小さすぎ、このスペアナの感度以下である、とした。この結論に少し不安を感じているのだが、スペアナの使用方法には間違いがないとも思っているのだ。

（２）アンテナを各衛星に指向させるために、その度毎に手でアンテナを動かすのは非常に面倒である。国際衛星放送受信システムとして、システムを機能させるにはやはりアンテナ回転装置が欲しい。現在使用済みのアンテナ回転装置があるので、それを本システムのアンテナに今後取り付けようかと考えている。

（３）日本が打ち上げている静止衛星はKu-bandが主流のようである。Ku-band用LNBを準備することもあると考えている。

2005年6月20日