

---

GSN アウトリーチ/イベント出展

青少年科学の祭典 福井大会

報告書

UNISEC GSN ワーキンググループ

イベント代表者：中城 智之（福井工業大学）

報告書執筆者：井上 祥子（日本大学）

## 目次

1. 表題	3
2. 概要	3
3. 背景	3
3.1. UNISEC における GSN ワーキンググループの位置づけと活動	3
3.2. GSN ワーキンググループにおけるアウトリーチ活動	4
3.3. CUTE-I	エラー! ブックマークが定義されていません。
3.4. 八木アンテナ <sup>[1]</sup>	4
3.5. 過去の人工衛星受信イベント	5
4. 日時・場所・対象	5
5. タイムスケジュール	6
6. 参加講師	7
7. 授業内容及び結果	7
7.1. 事前授業	エラー! ブックマークが定義されていません。
7.2. アンテナ製作と受信実験	7
7.3. 成果と課題	8
7.4. その他感想等	8
8. 参考文献	9
Appendix	10
1. CubeSat プロジェクトと UNISEC	10
1.1. CubeSat プロジェクトの経緯と UNISEC の設立	10
1.2. CubeSat プロジェクトの達成度	12
2. 事前授業資料の ppt	エラー! ブックマークが定義されていません。
3. アンテナ製作手順と SEEDS の受信手順	12
3.1. 使用する道具	12
3.2. 八木アンテナ製作手順 <sup>[2]</sup>	13
3.3. SEEDS 受信手順	15

## 1. 表題

GSN アウトリーチの「青少年科学の祭典 福井大会」への出展に係る報告書

## 2. 概要

本イベントは福井工業大学のアウトリーチイベント出展にUNISEC/GSN ワーキンググループが実験協力する形で行われるものである。活動の目的は、人工衛星や電波という科学・工学テーマについてより広く一般の方にその存在を認知してもらう事と、子供たちには将来的に宇宙工学や宇宙利用を通して社会貢献するという選択肢があることを認識してもらい、宇宙工学に携わる若い人材を増やす事で日本の宇宙開発を活性化するという「宇宙教育」を行う事である。

本イベントは財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館による「青少年のための科学の祭典 2011 福井大会」実行委員会の主催で行われた「青少年のための科学の祭典 2011 福井大会」というイベントにおいて、来場される子供から大人までを対象とし、衛星や地上局、電波の話や、それらが大学で教育や研究として開発されており、国家単位での研究開発だけでなく手の届く身近な所で行われている事を知ってもらう。

福井県児童科学館エンゼルランドふくいにて、青少年のための科学の祭典に来場された方々を対象として説明や実験を行った。実験内容は、東京都立航空工業高等専門学校および東京大学の超小型人工衛星”KKS-1”と”PRISM”からの CW を、無線機と手作り八木アンテナを用いて受信し、宇宙から届くビーコンを聞くものと、2m パラボラアンテナの駆動を行ってもらう実験を行った。更に日本大学の超小型人工衛星”SEEDS”の試験用機体（以下、EM 機）を用いて人工衛星の技術的な内容や世界の宇宙開発実状、その他宇宙工学に関する説明をベースに来て下さった来場者に対して行った。

## 3. 背景

### 3.1. UNISEC における GSN ワーキンググループの位置づけと活動

UNISEC は日本全国の大学・高専学生による手作り衛星やロケットなどの実践的な宇宙工学活動を支援することを目的とした団体であり、未来を切り開く日本の宇宙開発を活性化させるための人材育成、技術開発並びに、宇宙開発をより多くの人に知ってもらうためのアウトリーチという 3 つの活動を行う NPO 法人である。本団体は東京大学における CubeSat（超小型人工衛星）の独自開発プロジェクト発足をきっかけとして発足した団体である。これらの経緯については Appendix 1 に示す。

UNISEC の活動の中で、数多くの人工衛星が開発・打上げがなされてきた。同時に、衛星を開発したそれぞれの大学や高専はこれらの衛星の運用管制を行う地上管制局を持っており、これらは日本全国に点在している。これらの地上管制局をネットワークで繋ぎ、衛星の更なる有効活用を目的として GSN ワーキンググループ（以下 GSN）が UNISEC に設置された。GSN ではこれまで、大別して以下の様な 5 つの活動を行ってきた。

- ①衛星管制を行うための汎用管制ソフトウェアの開発

- ②国内外にある GSN 共有地上局を遠隔操作するための WEB システムの開発
- ③GSN 各局の技術情報やトラブルシートなどのノウハウの共有
- ④国内外の衛星開発プロジェクトに対する衛星の受信協力及び受信データ提供
- ⑤アウトリーチ活動

### 3.2. GSN ワーキンググループにおけるアウトリーチ活動

2010 年度に GSN にアウトリーチ部門が設立され、以下のような 3 つの方向性で活動を行っている。

- ①宇宙や工学になじみの無い一般の人たちに向けて、宇宙工学に触れ、宇宙を楽しみ、身近に感じてもらい、宇宙教育の裾野を広げる事を目的として、大学衛星を活用し手作りアンテナでできる簡易受信局で受信実験を行う。
- ②大学衛星受信に多大な協力を頂いているアマチュア無線家の方々に向けて、大学局とノウハウや技術を交換する為にイベント・ミーティング・メーリングリストなどを設置し、交流・情報交換の場を設ける。
- ③これから GSN に参入する可能性のある大学・研究室に向けて、GSN に参加する事の意義や利点、活動内容などを知ってもらう為にガイダンスや WEB サイトによる広報を行う。

本案は①の活動にあたる。特に宇宙教育というものは大学衛星の一つの使命でもあり、衛星を活用するのは他でもない地上局であることから、GSN の活動として取り上げている。ここで言う宇宙教育の裾野を広げる、というのは、将来的に宇宙工学や宇宙利用を通して社会貢献するという選択肢があることを、進路決定や就職を前にした若者に認識してもらい、宇宙や工学に携わる若い人材を増やす事で日本の宇宙開発を活性化する事、という意味である。

### 3.3. KKS-1, PRISM, SEEDS

本受信実験では、人工衛星からの電波受信を行う。人工衛星の発する電波には FM パケットや CW モールスピーコンなど様々な種類がある。今回は、イベントの開催時間の都合上、受信実験の実施時間に制約があったため、KKS-1 と PRISM の CW を対象とした。

KKS-1 は東京都立航空工業高等専門学校により開発された超小型人工衛星であり、2009 年に打ち上げられた。また、PRISM は東京大学により開発された超小型人工衛星であり、KKS-1 と共に 2009 年に打ち上げられた。いずれの衛星も CW モールスにて HK データを全世界に向けて送信しながら高度 660km の軌道を現在も回っている。

また、KKS-1 や PRISM が日本上空にいない時間帯は SEEDS の EM 機を展示し、これを用いて超小型衛星や地上局の説明を来場者に対して行った。SEEDS は日本大学により開発された超小型人工衛星で、2008 年に打ち上げられた。EM 機はその地上試験モデルである。

### 3.4. 八木アンテナ<sup>[1]</sup>

八木アンテナとは、反射器、輻射器、導波器から成るエレメントと呼ばれる金属棒の数により指向性を調整できるアンテナである。

電波を受信する際、エレメントが少ないほど指向性は低いが利得が小さく、逆に多いほど指向性は高いが利得が大きい。一般に、八木アンテナは、2 エレメントのものから 30 エレメントのものま

で幅広く種類があり、用途によって使い分ける。

衛星の受信に用いるには、大きさ、指向性の観点から、6 エレメントが最も適切である。エレメント数の少ない八木アンテナであるが、軽量でコンパクトであるため手で持つて衛星を追尾するには都合がよい。更に、指向性が低いため、衛星の真の位置から多少ずれた方向にアンテナを向いていても捕捉できる。

### 3.5. 過去の人工衛星受信イベント

2011/02/14,15 に深谷市立川本南小学校において、「GSN アウトリーチ訪問授業プログラム第 1 回」を実施した。まず事前授業として 14 日に、1 学年全員を対象として授業を行った。授業は、SEEDS（日本大学）の EM 機を用いて人工衛星の技術的な内容や世界の宇宙開発実状、その産業利用についての講演を行った。次に 15 日に無線機と手作り八木アンテナを用いて、日本大学製超小型人工衛星”SEEDS”からのアナログ音声電波を受信し、宇宙から届く声を聞いた。



Fig. 3.5-1 第1回訪問授業の様子

2011/4/23 には、神奈川県相模原市の ISAS において Yuri's Night というイベントに受信実験教室のイベント枠を設けてもらい、「GSN アウトリーチ訪問授業プログラム第 2 回」を実施した。参加者の 25 名の小中学生に対し、先ず CUTE1.7+APDII（東京工業大学）と SEEDS（日本大学）の EM 機を用いて 30 分の事前授業を行った。その後アンテナ工作を行い、CUTE-I(東京工業大学)と XI-IV (東京大学) の受信実験に臨み、いずれも CW の受信に成功した。



Fig. 3.5-2 第2回訪問授業の様子

## 4. 日時・場所・対象

日時：2011 年 10 月 22,23 日 10:00~16:00

場所：福井県児童科学館（エンゼルランドふくい）「青少年科学の祭典 2011 福井大会」  
 対称：来場者不特定数（受信実験は各 4~5 名 × 4 回）

## 5. タイムスケジュール

当日の流れは次の Table 5-1 当日のタイムスケジュールに示す通りである。

Table 5-1 当日のタイムスケジュール

日	時間	行動内容
10/22	8:30	大学集合
	9:00	エンゼルランド到着
	10:00-11:00	受付
	11:00	日大到着
	11:00-12:00	・本物の人工衛星からの信号を受信しよう
	12:30-13:20	イベント 1 回目 KKS-1 受信 (13:04-13:18) MAX EL:67 度
	13:30-14:30	・本物の人工衛星からの信号を受信しよう
	14:45-15:30	イベント 2 回目 PRISM 受信 (15:14-15:26) MAX EL:31 度
	15:30-16:00	・本物の人工衛星からの信号を受信しよう
10/23	10:00-10:30	受付
	10:30-12:00	・本物の人工衛星からの信号を受信しよう ・大きなアンテナを動かしてみよう (参加随時)
	13:00-13:50	イベント 1 回目 KKS-1 受信 (13:33-13:46) MAX EL:56 度
	14:00-15:00	・本物の人工衛星からの信号を受信しよう
	15:00-15:50	イベント 2 回目 PRISM 受信 (15:32-15:44) MAX EL:20 度

また、各実験の実施詳細は以下の通りである。

### 5.1. 人工衛星の信号受信実験（屋外） 40 分

- ・イベントを行う時間を決め、予約制とする。
  - ・1回の参加人数は、1班 4~5 名の 4 班構成を上限とし、臨機応変に対応する。
  - ・1回のイベントの流れは以下の通り。
- |             |        |
|-------------|--------|
| ① 説明        | ： 10 分 |
| ② アンテナ組立と調整 | ： 10 分 |
| ③ 信号受信テスト   | ： 5 分  |
| ④ 衛星信号受信    | ： 15 分 |

## 5.2. 衛星の信号受信、アンテナ駆動体験（屋内）

- ・アンテナと無線機を使って、日大の衛星からの信号を受信して遊ぶ。
- ・2m パラボラを動かして遊ぶ。
- ・参加は随時とする。
- ・2~3名が交替で対応する。

## 6. 参加講師

本イベントに実験講師として参加したのは GSN メンバー、各局からの有志を合わせて以下の通りである。

Table 6-1 実験講師名簿

10/22,23 担当者		
1	中城 智之	福井工業大学・講師代表者
2	佐々木 健治	福井工業大学
3	北東 昂平	福井工業大学
4	井上 祥子	日本大学
5	神田 智文	日本大学

## 7. 授業内容及び結果

この章では、受信実験前の説明内容と、八木アンテナの製作及び KKS-1, PRISM の受信の様子、受信結果について述べる。

### 7.1. 受信実験前の説明内容

アンテナを組み立てて受信実験を行う前に、ppt を用いて衛星や地上局についての説明を行った。衛星とは何か、電波とは何か、という話を、様々な年齢層の参加者それぞれに合わせて話すよう心がけ、更に日本大学の SEEDS の EM 機を見せたりしながら、本物の人工衛星に直接触れる機会を設けた。

### 7.2. アンテナの製作と受信実験

アンテナ製作はあらかじめ福井工大にて行い、当日は屋内でその組み立てを行った。受信実験は屋外で行った。詳細な工作及び受信の方法は Appendix 3 に記す。説明員の説明と共に、各班に講師 1 人が付き、指導しながらアンテナの組み立てを行った。4 回の実験の内全て、AOS 時間までには組み立てを完了し受信実験に臨んだが、最後の 1 回だけ、PRISM の電波を受信する事ができなかった。その他 3 回では全ての班で受信に成功した。以下の写真は受信の様子である。



Fig. 7.2-1 工作準備と受信実験の様子

### 7.3. 成果と課題

成果 :

- ① 参加者への宇宙や工学に対する関心を高めることができたこと
- ② ほとんどの班が CW を聞くことができたこと
- ③ 受信実験時は雨天であったが、傘を差しながら安全に実施できた
- ④ アンテナ工作においては 1 班に 2 名の講師が付き、30 分で作成することができた
- ⑤ 東京工業大学が出張授業を初めて主催したが、前回の出張授業を主催した日本大学の支援を受けて、滞り無くイベントを行うことができた

課題 :

- ① 小中学生という幅広い年代向けの授業内容の検討
- ② 宇宙イベントに参加するような宇宙好きな児童も満足できるハイレベル授業の検討
- ③ 受信実験が困難な悪天候時の代替イベントの検討
- ④ 天候の影響による移動・集合の連絡網・体制
- ⑤ 今後の訪問授業プログラムの主導者向けマニュアルなどのフレームづくり
- ⑥ イベント依頼が多い時や少ない時にどのように活動するか、イベントの取捨選択や GSN アウトリーチ責任者からイベント主導者への引き渡し方法などといった訪問授業プログラムの体系化
- ⑦ 関東地域外の開催地の離散化
- ⑧ 講師参加の義務付け等、GSNWG 内での活動の均一化及びその周知

### 7.4. その他感想等

今回の出張授業実施に当たって、Yuri's Night 実行委員の篠崎様や JAXA の宇津巻様をはじめとして多くの方々から様々な形でご支援頂いたことを感謝したい。出張授業当日、生憎の雨模様という不安要素がありつつも、しっかりと授業を行うことができたのは一重にこのような人々のご支援のおかげである。また、曇天を貫く鮮やかな CW ビーコンを発し、小中学生に宇宙の息吹を届けてくれた CUTE-I と XI-IV にも感謝の念を禁じえない。

## 8. 参考文献

- [1] Wikipedia,八木・宇田アンテナ
- [2] <http://www.jamsat.or.jp/features/cheapyagi/index.html>,JAMSAT,500 円八木アンテナ

## Appendix

### 1. CubeSat プロジェクトと UNISEC

この章では「超小型人工衛星開発プロジェクト CubeSat」の背景、目的、狙い、達成度と、これを日本全国に展開した団体である UNISEC について述べる。

#### 1.1. CubeSat プロジェクトの経緯と UNISEC の設立

この節では、CubeSat プロジェクト立ち上げの経緯について述べる。

大学による衛星開発開始のきっかけの一つに、財団法人日本宇宙フォーラムが主催する衛星設計コンテストがある。衛星設計コンテストとは、大学生による 50kg 級の小型衛星の設計を競うコンテストであり、現在、衛星開発に携わっている大学のほとんどすべてがこのコンテストから出発している。



Fig. 1.1-1衛星設計コンテスト

この衛星設計コンテストの受賞者に対して、日米の大学生有志が宇宙システムに関する共同プロジェクトを立ち上げることを目的とした会議 JUSTSUP(Japan-US Science, Technology and Space Application Program)の一環とした USSSへの参加を公募している。



Fig. 1.1-2USSS記念撮影

1998 年の第 1 回 USSS で、Stanford 大学の Twiggs 教授による、衛星を開発する前の技術獲得を目的とした模擬人工衛星開発プロジェクト (CanSat Project) の提案がなされた。そして翌 1999 年から毎年夏に米国ネバダ州ブラックロック砂漠にて打ち上げ実験を実施。当初は東京大学、東京工業大学の 2 校であったが、現在では UNISEC に加盟している数多くの大学・高専が参加している。



Fig. 1.1-3 Twiggs教授



Fig. 1.1-4 CanSatの打ち上げ実験の様子

1999年の第2回 USSSにおいて Twiggs 教授により、超小型人工衛星開発プロジェクト「10cm 立方で 1kg 以下の衛星」が提案された。

日本においてこのプロジェクトは当初、国際協力プロジェクト（現在の参加大学は 40 以上）として、2001年に第1回の打ち上げを目指し、超小型人工衛星の打ち上げに興味を持った大学教員により大学小型人工衛星コンソーシアム UNISAT を 2001 年に設立を行った。その後、ハイブリッドロケット研究グループとともに、大学宇宙コンソーシアム UNISEC を 2002 年に組織、2003 年に NPO 化、各大学ともに CubeSat の開発には UNISEC の支援を受けている。

CubeSat の打ち上げは 2003 年 6 月 30 日に東大、東工大、Stanford 大の 3 チームが世界初の CubeSat 打ち上げに成功した。この時、California Polytechnic State University (CalPoly) がマネージメントを担当し、レギュレーションの決定を行った。レギュレーションとしては、開発する衛星放出機構 P-POD を用いて、3 つの CubeSat を放出することや、様々な衛星寸法に関するここと、そして環境試験に関するこのレギュレーションの決定を行った。

これをきっかけに、全国の数多くの大学・高専が Cubesat の開発に着手する事となる。

## 1.2. CubeSat プロジェクトの達成度

この節では CubeSat プロジェクトの狙いと達成度について述べる。

本プロジェクトの目的はあくまでも教育目的としての衛星開発である。そのため、次のような狙いがある。

「CubeSat 開発・打ち上げという“本物の宇宙開発”を経験することで、宇宙システムを一から作り上げることの楽しさや、プロジェクトマネージメントの重要性を認識し、宇宙工学のエンジニアの卵として重要な考え方・ものの見方の基礎を身につけること。そして、確実に目的通りに動作することの大切さや喜びを実感すること。」

以上のこととを含め、達成度を設定した。

Level 1：学生が主体となって人工衛星を開発するプロジェクトを遂行すること。

Level 2：アマチュア無線化や宇宙開発の専門家をはじめ、関係者と協調してプロジェクトを進めるここと。

Level 3：人工衛星を打ち上げること。

Level 4：自分達の思い通りに人工衛星を運用し、衛星開発・運用のノウハウを蓄積すること。

## 2. アンテナ製作手順

### 2.1. 使用する道具

本企画で使用するものは、以下の Table 2-1 使用品リストの通りである。

Table 2-1 使用品リスト

系	項目	個数
屋外受信 実験	受信アンテナ	5 本
	受信機との接続ケーブル	5 本
	SWR メーター	1 個

	スペクトルアナライザ	1 個
	予備同軸ケーブル	2 本
工具	工具箱	1 個
	半田ごて、こて台、はんだ	1 セット
	ニッパー、ラジオペンチ	数個
	ビニールテープ	1 卷
	ロック帶	1 袋
展示	液晶プロジェクタ	2 個
	大スクリーン	2 個
	2 m パラボラアンテナ	1 個
	展示用スケジュール表	2 枚 (10/22, 10/23 用)
	ノートパソコン	2 台
	延長ケーブル	3 本
受付	受付用紙	4 枚
	受付用領収書	100 枚
	文具一式	1 個
	画鉛	1 箱

## 2.2. ハムアンテナ製作手順<sup>[2]</sup> (ここまでは福井工大にてあらかじめ準備しておく)

今回製作するアンテナは 1 スタック 6 エレメントで, Fig. 2.2-1 に示す様なハムアンテナである.



Fig. 2.2-1 手作りハムアンテナ

➤ STEP1 アルミ棒の切り出し

ニッパーでアルミ棒を 279,305,315,340[mm]に切り出す. 305[mm]だけは 2 本切り出す. 他は各 1 本ずつ. 数ミリのズレは問題ない.

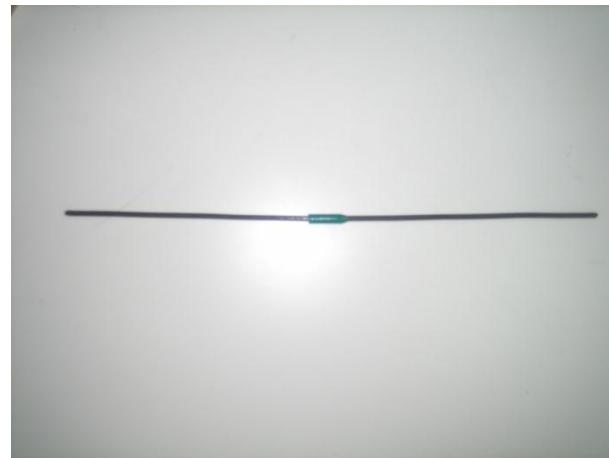


Fig. 2.2-2 エレメント

➤ STEP2 アルミ棒にビニールテープを巻く

全てのアルミ棒の両端は尖っていて危険なので、ビニールテープを巻いて保護する。Fig. 2.2-3 のようにビニールテープを 3[cm]程切り出し、先端に巻きつける。

次に、全てのアルミ棒の中心を定規で測り、マジックペンで印をつける。ビニールテープを 3[cm]程切り出し、印が隠れるように巻きつける。



Fig. 2.2-3 エレメントに巻き付けたビニールテープ

➤ STEP3 アルミ棒の取り付け

支柱の木材のクリップに、アルミ棒の中央のビニールテープ部分を挟む。上から、短い順に取り付ける。但し、下から 2 番目は飛ばす。



Fig. 2.2-4 支柱用木材とクリップ

➤ STEP4 銅棒の取り付け

下から 2 番目のクリップに銅棒を取り付け、完成。

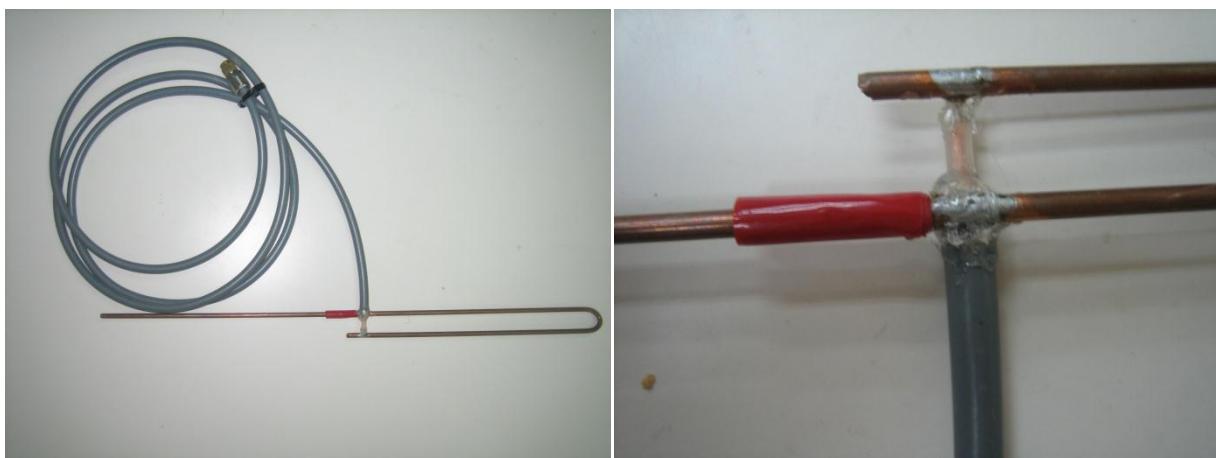


Fig. 2.2-5 輻射器用銅棒と同軸ケーブル

### 2.3. 衛星受信手順

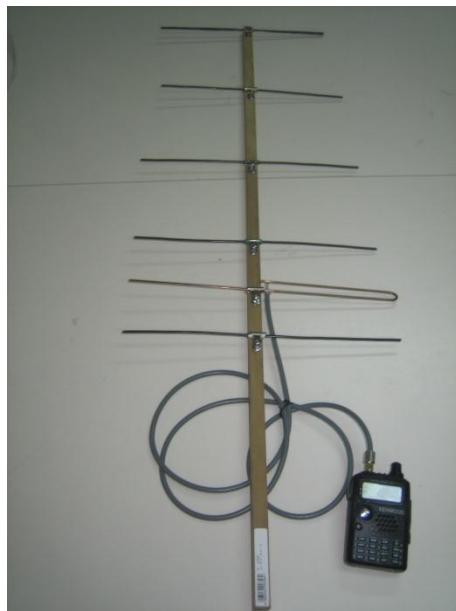
受信する衛星は普段 CW モールス信号を発しているため、衛星に事前に電波発射のコマンドを送るなどの準備の必要は無い。

➤ STEP1

アンテナのエレメントを木材に取り付け、組み立てる。エレメントは上から短い順に付ける。なお、下から 2 番目には輻射器が取り付けてある。

➤ STEP2

SWR メータにてアンテナの性能を計測し、問題なければ無線機を取り付ける。注意点として、SWR メータで計測を行う時はアンプを通さず直接輻射器に繋ぐようにし、実際に軌道上の衛星を受信するために無線機を取り付ける時にはアンプを介して輻射器と無線機を繋ぐようにする。



**Fig. 2.3-1 無線機を取り付けたアンテナ**

➤ STEP2

無線機の電源を入れ、つまみで周波数を該当する衛星の中心周波数より 5~10kHz 程度高めに合わせておく。

※衛星が発している電波はドップラーシフトの影響があるため、始めは高めの周波数でなければ捕捉できない。

➤ STEP3

講師が PC の衛星捕捉用ソフトで衛星が可視範囲に入ってくる方向と時間を確認する。

➤ STEP4

可視時間が来たらアンテナを衛星方向に向ける。始めは距離が遠く、ビルなどの障害物も多いためなかなか捕捉できない。仰角 10° 程度でようやく聞こえ始める。その間、アンテナの方位、仰角を衛星位置に合わせて動かしつつ、アンテナそのものを左右に回転させ、衛星の偏波\*に合わせる。

また、無線機は衛星の方位角に合わせて徐々に周波数を下げていく。目安は、天頂付近で中心周波数、可視時間終了時に中心周波数より 10kHz 低い程度である。

\*偏波とは、電波の傾き方向である。KKS-1 と PRISM の場合、円偏波であるので、アンテナのエレメント面を右又は左に傾けることで衛星の偏波に合わせることができる。