

---

GSN アウトリーチ/訪問授業プログラム第 1 回

報告書

UNISEC GSN ワーキンググループ  
代表者・執筆者：井上祥子（日本大学）

2011-05-09

## 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. SEEDS .....	4
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 .....	5
6. 参加講師.....	6
7. 授業内容及び結果.....	7
7.1. 事前授業 .....	7
7.2. アンテナ製作と受信実験.....	8
7.3. 配布したアンケート結果.....	10
7.4. 成果と課題.....	11
7.5. その他報告・感想等 .....	11
8. 参考文献.....	12
Appendix .....	13
1. CubeSat プロジェクトと UNISEC .....	13
1.1. CubeSat プロジェクトの経緯と UNISEC の設立 .....	13
1.2. CubeSat プロジェクトの達成度 .....	15
2. 超小型人工衛星 SEEDS (日本大学) .....	15
2.1. SEEDS の目的と目的達成レベル .....	15
2.2. SEEDS プロジェクトの経緯 .....	16
2.3. SEEDS の打上げ.....	18
2.4. SEEDS の改修と再打上げ.....	18
2.5. SEEDS の軌道 .....	19
2.6. SEEDS のアウトリーチ向け機能 .....	20
2.6.1. デジトーカー機能 .....	20
2.6.2. マイクロフィルム .....	22
3. 事前授業資料の ppt .....	23
4. アンテナ製作手順と SEEDS の受信手順.....	28
4.1. 使用する道具.....	28
4.2. 八木アンテナ製作手順 <sup>[2]</sup> .....	29
4.3. SEEDS 受信手順.....	31

## 1. 表題

GSN アウトリーチ訪問授業プログラム第 1 回「手作り八木アンテナを用いた超小型人工衛星の受信実験授業」に係る報告書

## 2. 概要

本案は衛星開発に携わる日本全国の大学が参加している UNISEC/GSN ワーキンググループという団体によって行われるものである。活動の目的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若者に認識してもらい、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。

本案は小学生を対象とし、衛星を通して、宇宙理工学について話し、暮らしを豊かにしている工学の存在を知ってもらう。作る側・使う側という 2 つの視点から工学を見る事で、社会の仕組みや、自分がその中でどう生きているのか、どう生きていくのかを考えてもらう題材となれば、と願っている。

小学校を訪問し、1 学年全員を対象として授業を行った。授業内容は、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、無線機と手作り八木アンテナを用いて受信し、宇宙から届く声を聞く。また、SEEDS 実機の試験用機体（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、その産業利用についての講演である。

## 3. 背景

この章では本機関が本活動を行う背景を述べる。

### 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ュ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、身近に感じてもらう、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. 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が、電波を受信することを目的とした実験を初めて行う人にとって最も直感的にわかりやすいのは、受信した電波に乗っている情報をデコード（復調・解析）する必要が無い、即ち人の言葉や音楽など、聞こえてきた電波の音声そのものが人間に理解できる、という電波である。そこで今回は、UNISEC 衛星の中でも唯一「人の声」が聞こえてくる人工衛星である SEEDS を受信することとした。

SEEDS は日本大学により開発された超小型人工衛星であり、2001 年に開発が開始された。2006 年に打ち上げを行うもロケットの墜落により軌道投入に失敗したが、予備機を改修した 2 号機を 2008 年に打上げ、成功した。SEEDS は CW モールス、FM パケット、デジトーカー（人の声と、画像データを音声に変換した音）を全世界に向けて送信しながら高度 640km の軌道を現在も回っている。SEEDS の詳細は Appendix 2 に記す。

### 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。

このアンテナが発明される発端は、当時八木、宇田が所属した東北帝国大学工学部電気工学科で行われていた実験にあった。実験中に電流計の針が異常な振れ方をするので原因を探求したところ、実験系の近くに置かれた金属棒の位置が関係していることが突き止められた。ここから八木、宇田によりこのアンテナの基本となる原理が発見され、教授の八木の指導の下で当時八木研究室にいた講師の宇田が実用化のための研究に取り組み、1928 年に八木・宇田の連名で論文が出された。2007

年現在においてもこれほど汎用性が高く、抜群の精度を誇るアンテナは開発されていないと言われる。

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っ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けていても捕捉できる。利得の面では不利であるが、SEEDS の発する電波は 400[mW] と比較的大きく、十分受信できる電波強度である。

### 3.5. 過去の人工衛星受信イベント

手作り八木アンテナによる受信イベントは、過去に 3 回行われている。日本大学として単独で行ったイベントとして、2008 年 7 月 19 日タモリ倶楽部と戸部公園にて、2008 年 11 月 26 日子供の科学ハムクラブと筑波山にて、2009 年 7 月 20 日子供の科学ハムクラブと横浜にて行った。いずれも SEEDS のデジトーカーを受信した。子供の科学ハムクラブとのイベントでは小学生たちと一緒に手作りアンテナでデジトーカーを受信し、建物によって電波が妨害されてしまう、ということを経験し、携帯が生活に溶け込んでいる今の時代に、目に見えない電波というものを経験できる機会となった。GSN として衛星からの電波受信実験を行った例はまだ無い。



Fig. 3.5-1 イベントの様子

## 4. 日時・場所・対象

日時：事前授業→2011 年 2 月 14 日，受信実験→2011 年 2 月 15 日

場所：埼玉県 深谷市立川本南小学校

対象：6 年生全員（45 名）

## 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

事前授業

AI	時間	備考
講師陣集合	13:20	
準備	13:30-13:50	
授業開始	14:00	
PPTを使った授業	14:00-14:45	
授業終了	14:45	
撤収	15:00	

受信実験当日

AI	時間	備考
講師陣集合	9:00	
準備	9:00-9:30	
授業開始	9:40	
講師配置・材料配布	9:40-9:42	
アンテナ製作	9:42-9:55	
受信準備(受信の説明と校庭へ移動)	9:55-10:02	
SEEDSの受信	10:03-10:15	
記念撮影	10:15-10:20	
アンテナ分解・QSLカード配布	10:20-10:25	
授業終了	10:25	
撤収	11:00	

6. 参加講師

本プログラムに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。参加講師は授業日の 2 週間ほど前から GSN メーリングリストにてイベント趣旨を説明の上募集した。

Table 6-1 参加講師名簿

2/14 事前授業			
1	井上 祥子	いのうえ しょうこ	日本大学・講師代表者
2	屋宮 拓海	おくみや たくみ	日本大学・貴校出身者
3	石坂 和也	いしざか かずや	東京工業大学
4	新宅 健吾	しんたく けんご	東京工業大学
5	松本 健	まつもと たけし	東京電機大学
6	相浦 啓司	あいのうら けいじ	日本大学

2/15 受信実験			
1	井上 祥子	いのうえ しょうこ	日本大学・講師代表者
2	屋宮 拓海	おくみや たくみ	日本大学・貴校出身者
3	三川 祥典	みかわ よしのり	東京大学・GSN代表者
4	田中 利樹	たなか としき	東京大学
5	石坂 和也	いしざか かずや	東京工業大学
6	新宅 健吾	しんたく けんご	東京工業大学
7	松本 健	まつもと たけし	東京電機大学
8	藤井 大輔	ふじい だいすけ	日本大学
9	亀村 裕之	かめむら ひろゆき	日本大学
10	相浦 啓司	あいのうら けいじ	日本大学
11	斉藤 美幸	さいとう みゆき	日本大学
12	間戸場 包弥	まどば かつや	日本大学
13	荒木 友太	あらかき ゆうた	日本大学

## 7. 授業内容及び結果

この章では、実際に授業で行った講演内容と、八木アンテナの製作及び SEEDS の受信の様子、受信結果と授業後に行ったアンケートの結果について述べる。

### 7.1. 事前授業

事前授業では ppt を用いて Table 7-1 に示す指導案に基づいて授業を行った。クイズや簡単な質問を交えて生徒に積極的に発言してもらえるように心がけ、また、銀河系地図ソフトウェア MITAKA や JAXA よりお借りしたはやぶさの DVD を見せるなどインパクトがあり印象に残る様な形を心がけた。更に日本大学の SEEDS と東京工業大学の CUTE1.7+APD II の EM 機を見せたりさらわせたりしながら、本物の人工衛星に直接触れられる機会を設けた。発表内容のボリュームが多く、最後の方はかなり駆け足での説明となってしまった事が反省で、講義資料をさらにスマートにすることが課題である。以下の写真は授業風景である。また、授業に用いた ppt は Appendix 3 に示す。



Fig. 7.1-1 授業風景

Table 7-1 事前授業指導案

GSNアウトリーチ_宇宙教育のための訪問授業_小学校45分 指導案		
講義名	宇宙と工学のお話 ～物を作って宇宙と仲良くなろう！～	
	生徒の学習内容	指導上の留意点
導入 1分	宇宙工学の概要をつかんでもらう。工学とは何か、宇宙工学の産物とは何か。	自己紹介をしながら、我々が行っている「宇宙工学」というものがどんな事をするものなのかを簡単に説明する。
宇宙と工学を詳しく知る 24分	宇宙開発の始まり、今、これからについて比較し、イメージを持つ。	宇宙戦艦ヤマトなど未来の宇宙像を共通の話題で皆にイメージしてもらい、スペースシャトル等といった現状や、望遠鏡で観測していた時代などと比較し、どんなステップで宇宙開発がされてきたかをまとめて話す。
	現在の宇宙開発の状況。人類はどこまで宇宙進出できているか。	クイズをしながら、人間がどこまで行くことができているのか、人工物がどこまで到達できているのか、という現在の人類の宇宙最高到達点を知ってもらう。
	宇宙の広さ、宇宙のスケールをMITAKAを見て感じ取る。	さらに宇宙のスケールをMITAKAを使って感じてもらい、人類が到達できている領域が宇宙にとってどれだけ狭いものかを感じてもらう。
	どうやったら宇宙に人や探査機を送り込めるのか、工学を用いる必要があるということ。更に、複雑な工学製品を作るためにはステップを踏む必要があるということ。	これまでの宇宙進出を例に取り、それを実現するためには何が必要なのかを考えさせ、工学製品に焦点を当てる。更に宇宙機などの高等工学製品がそれまでの工学製品を組み合わせで作られている事を話す。
今ある物を使って何か作ろうと思うのは、「こんなことがしたい」という目的があるからである事を認識する。更に、皆が欲しいと思う物を作ることによって人の役に立てる工学ができる事、工学製品を皆が使いやすいように広めてあげる事も人の役に立てる事。	「目的を持って計画的に作る」と言う事が、「工作」と「工学」の違いであることを話す。また、携帯の例などを挙げ、製品をメーカー・ユーザの視点から見て「人の役に立つ」物にしてゆくことで社会が成り立っている事を話す。	
最近の日本の宇宙開発の最前線を知り、宇宙工学に対する親近感を得る。	宇宙専門用語の補足説明等を行い、宇宙ニュース等で日本の宇宙開発の最前線を概説し、特に生徒の興味のあるような話題について1つピックアップしてJAXAのDVDを見せる。	
手作りアンテナによる受信実験で補足する「人工衛星」という物の概要。	人工衛星の定義、なぜ落ちずに飛んでいられるか、どんな人工衛星があるのかを説明。	
翌日やることの説明 20分	実際に超小型衛星を見て、触れて、親近感を得る。	持参した超小型衛星実験機を見せながら各開発大学が説明をし、「可能な大学は」生徒に触れさせてあげる。
	電波とアンテナの概要。	電波とは何か、アンテナとは何か、何のために必要なのか、をTV等を例に挙げながら説明する。
	翌日行うアンテナ作りの段取りの説明。	段取りの概説と、担当箇所を振り分け、それぞれの担当の仕事の説明。製作時間は15分しかないので、プリントにて配布する「作り方」の担当箇所の仕事を翌日までに覚えてもらうよう指示。

## 7.2. アンテナ製作と受信実験

アンテナ製作と受信実験は屋外で行った。前夜大雪が降った影響で当日の小学校到着が遅れて準備に時間の余裕が無かったがなんとか授業に間に合わせることができた。当日の天候は晴れで工作、実験とも予定通り進めることができた。あらかじめ移動中に SEEDS の 1 回目のパスでデジトーカー送信コマンドを日本大学地上局より通してもらったが、これも無事に成功した。4 人または 5 人で一班を作り、班で 1 本のアンテナを作成し、受信を行った。授業は Table 7-2 の様な指導案に沿って行った。詳細な工作及び受信の方法は Appendix 4 に記す。

各班に講師一人が付き、指導しながら工作を行ったが、作業時間が 10 分程度しか取ることができずかなり急いで工作作業を進めなければならなかった。AOS 時間に工作完了が間に合わない班も半数ほどあったが、SEEDS が最大迎角を迎える前に全班とも工作を終えることができ、受信に臨むことができた。全 11 班の内、9 班は受信に成功した。2 班は受信する事ができなかった。アンテナの輻射器の不調の可能性がある。受信実験自体は概ね成功と言えるが、雪の影響による移動手段の連絡や変更がスムーズに行えなかったこと、アンテナ作成時間が短かった事が反省となった。また、天候による移動の連絡網等の体制、アンテナの下準備（あらかじめ途中まで作っておいてあげる）の度合いについて、課題である。今回はアンテナ製作に入る前の講師自己紹介の時間が取れなかったため、受信終了後に自己紹介を行った。これらの模様は NHK と埼玉新聞が取材を行っており、片づけを行いながら、インタビューも受けた。報道は、2/15 日の首都圏ネットワークと 2/16 日の埼玉新聞に掲載された。

QSL カードは各班の担当講師が班員の生徒の分を手書きで記入し、氏名・受信日時・電波の種類・班番号の他、自由にメッセージを記入して記念になるようにした。以下の写真はアンテナ製作準備と受信の様子である。



Fig. 7.2-1 工作準備と受信実験の様子

Table 7-2 アンテナ製作と受信実験指導案

GSNアウトリーチ 宇宙教育のための訪問授業 小学校45分 指導案		
講義名	手作りアンテナ製作とSEEDSの受信実験	
	生徒の学習内容	指導上の留意点
導入 2分	事前授業での段取りの確認	班分けの確認と講師配置. 各班講師より材料・工具配布.
工作 11分	以下の4つの作業を分担して行う.	前でパワーポイントを表示しておく. 手元資料と合わせて各作業の手順を確認しながら行ってもらう. 各班講師は適宜作業を手伝う.
	作業1: 木の棒に目玉クリップを締結バンドで取り付ける	見本が1個もともと配布する木の棒に取り付けてあるので, それを見ながらやってもらう. 締結バンドの余り部は時間があれば最後にまとめて切ってもらう.
	作業2: アルミ棒より定規で測ってエレメントを5本ニッパーで切り出す	定規で測った長さの所にマジックペンで印をつけて切る. 作業4担当者は最初手が空いているので, 印をつけるのを手伝ってもらってもよい. ニッパーの使い方・切ったエレメントの切り口で怪我をしないようよく注意して見ておく事.
	作業3: エレメントに巻くビニールテープを切り出す	エレメント中央に巻くものは8cm程度5本, 両端に巻くものは3cm程度10. エレメントの中央部を測ってマジックペンで印を付け, そこがビニールテープの中央になるよう巻く. 端に巻くものは, とがった先端が安全に保護されるよう巻けばよい.
	作業4: エレメントにビニールテープを巻く	エレメントは短い物から上から順に, 下から2番目には輻射器を付けるので飛ばす事.
作業が終わったら, エレメントを組み立て, 配布された輻射器と無線機を組み立てる.		
受信の説明 2分	無線機の設定と受信のポイント	無線機の初期設定を行ってもらう. 電波はドップラシフトの影響を受けて追尾中時々刻々値が小さくなっていく事を話す. また, 偏波調整のため追尾中アンテナ面を傾ける事を説明. さらに, オービットマスター(軌道計算ソフト)を見せながらSEEDSの現在位置を確認.
追尾と受信 20分	グラウンドに移動	静かに, また, アンテナを運ぶ際周りの人にぶつからないように気を付けておく.
	入射方向	講師代表(井上)が実際にアンテナを向けて見せる. 各班講師はアンテナ向き及び無線機の設定を再度確認. 無線機のスケルチをオープンしておく事も指示.
	AOS(可視範囲に入ってくる)	始めは仰角0°なので建物などの影響で聞こえないと思われる. 仰角10°位からなんとなく聞こえ始めると思われる.
	追尾	オービットマスターを見せながら, 講師代表がアンテナの方向・アンテナ面の傾きを見せる. 無線機の周波数の調整も適宜指示する. 更に講師代表者の無線機をPCに繋ぎ, ピロピロという音声を画像にその場で交換させて見せる.
受信まとめ 10分	記念撮影 アンテナ分解 QSLカード配布	聞こえなくなったら無線機の電源を切る. 適当に集まってアンテナと衛星EM機を持って記念撮影する. 危ないのでアンテナを分解し, 輪ゴムで束ねる. 無線機のみ回収. 輻射機までのアンテナは欲しい生徒がいたらあげる. いなかったら回収. 受信証明カードを生徒全員に配る. 受信した電波の種類や生徒氏名といったカード記入は各班講師があらかじめ暇を見て行っておく.

### 7.3. 配布したアンケート結果

授業と受信実験を通して、宇宙に関する興味関心が高まったかどうか、工学や宇宙の世界を印象付けられたかどうかを調べるための一つの方法としてアンケートを実施した。回収したアンケートの原本は別資料として添付する。ここでは以下の通り集計結果のみ記す。なお、自由感想の設問 2,5 は乾燥の主旨を大別して分類した。総評としては、実験ができた感動、宇宙に対する関心が高まり印象づいた、自分の将来像に宇宙や工学に携わるというイメージが持てた、という意見が多かったようである。

設問1 授業を受けた後の宇宙への関心度合い	人数	割合
1:テレビで宇宙のニュースをやっているけど別に気にしない	1	2%
2:1と3の間	0	0%
3:テレビなどで目にしたら詳しく見てみようと思う	16	39%
4:3と5の間	16	39%
5:もっともっと本などで宇宙の事を知りたい	8	20%
合計	41	

設問2 アンテナを作って衛星からの電波を受信した自由感想	人数	割合
受信できて良かった	5	13%
すごいと思った	22	56%
思ったより簡単だった	2	5%
化学に触れられて良かった	3	8%
体験できてよかった	1	3%
宇宙が近いと思った	1	3%
電波を受信できて不思議だった	2	5%
難しかった	3	8%
合計	39	

設問3 将来宇宙に関わる仕事してみたいと思ったか	人数	割合
とてもそう思う	10	24%
まあまあ思う	26	63%
あんまり思わない	5	12%
ぜんぜん思わない	0	0%
合計	41	

設問4 将来「工学で人の役に立ちたい」と思うか	人数	割合
とてもそう思う	16	39%
まあまあ思う	23	56%
あんまり思わない	2	5%
ぜんぜん思わない	0	0%
合計	41	

設問5 自由感想	人数	割合
今後、自分で作りたい	5	13%
更に調べたい	3	8%
実験できて良かった	17	43%
大学生と活動できて良かった	3	8%
楽しかった	5	13%
興味が持てた	4	10%
受信できなかったのが残念	1	3%
受信できてびっくりした	2	5%
合計	40	

#### 7.4. 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事
- ②11 班中 9 班が受信に成功した事
- ③メディアによる 2 件の報道（NHK 首都圏ネットワーク，埼玉新聞）での周知の拡大
- ④今回の報道により，北陸電力，Yuri's Night からのオファーが来た事

課題：

- ①45 分小学生向け事前授業の発表のスマート化
- ②アンテナ製作時間と下準備の度合いを体系化に組み込むこと
- ③天候の影響による移動・集合の連絡網・体制
- ④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
- ⑤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
- ⑥開催地域の離散化と参加講師の拡大
- ⑦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

#### 7.5. その他報告・感想等

今回のプログラムは，川本南小学校の松本校長先生が大変な支援をして下さり，成功に至った。訪問授業の交渉に初めて伺った時から，実施に向けて授業日や内容など具体的に段取りを決めて下さるなど，大変スムーズに進めることができ，また，教育委員会への打診から各種報道機関への周知までして下さい，本プログラムの周知の拡大はひとえに松本校長先生のおかげである。

川本南小学校は校舎の目の前に林が広がり，林には父兄や関係者の方々に作られた隠れ家的な 2 階建てログハウスもあり，自然と人にとに恵まれた素晴らしい環境だった。グラウンドも 2 つあり広々とした校庭で，小高い山の上に立っていることから，受信環境も非常に良好だった。また，国立天文台の展望室のミニチュア版の様な本格的な作りの屋外展望室が設置されていて，望遠鏡での夜間観測会が行われることもあるという，宇宙科学に関心の高い小学校でもあった。

参加された生徒さんたちも，素直で（校長先生によると，田舎の子なので人見知りするが心を開くとなつっこいそうで）授業を良く聞いてくれ，一緒に雪合戦等で遊べた事も童心に帰って素直に楽しかった。

2 日目には給食を頂いた。市の評判どおり，おいしかった。

その他報告として，今回のイベントでの移動は極力マイカーでの集団移動という形で経費を削減した事がある。今後のイベントでも，開催地と参加講師の地域指定募集・交通費の支給については年度ごとの予算の関係や，学会に便乗してのイベント開催などケースバイケースになるかと思うので，この体系化は現段階では困難である。従ってまだ今後の課題に提示していないが，これについては今後のイベントの主導者やアウトリーチ責任者・予算管理者との相談で決めていくようにしたいと考えている。

また，イベント終了後のアンテナの所在については，これもイベントによって参加者へのプレゼント，回収など自由に行っている。折角なので希望があれば参加者にプレゼントしてもいいし，記念に学校（団体）に数セット寄贈でも，希望が無ければ経費削減の意味で回収して使い回しても構わ

ない。これも先方の希望がケースバイケースという事で体系化は困難と判断している。



Fig. 7.5-1 林の中のログハウス (左) , 展望室 (右)



Fig. 7.5-2 頂いた給食 (左) , 受信後の記念撮影 (右)

## 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. 1.1-2 USSS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と、そして環境試験に関すること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. 超小型人工衛星 SEEDS（日本大学）

### 2.1. SEEDS の目的と目的達成レベル

3.1.2 節では CubeSat プロジェクトの狙い、サクセスレベルについて述べた。この節では、CubeSat “SEEDS” のミッションのミッション達成レベルについて述べることとする。我々が設定しているミッションは、以下の通りである。

➤ 第一目的

CW モールス信号による衛星の基本データの送信。

➤ 第二目的

AX.25 プロトコルを用いたパケット通信によるセンサデータの送信。

センサデータからの衛星の内部温度状態解析や運動・姿勢解析.

➤ 第三目的

パケット通信によるデジトーカー（音声再生装置）の再生により，世界各国の人が音声 を聞き楽しむこと.

我々が設定している目的達成レベルは，以下の通りである.

Step1. 衛星開発に必要な基礎的な知識・技術の習得.

Step2. バスシステムの設計・開発・製作.

Step3. 打ち上げ後の“SEEDS”からの CW ビーコンの受信成功，基本データの取得.

Step4. “SEEDS”からの FM パケット通信(送信，受信)の成功.

Step5. センサデータからの運用解析.

Step6. 打ち上げデータを利用したシステムの改善を行うこと.

## 2.2. SEEDS プロジェクトの経緯

本研究室は 2001 年に CubeSat (Space Engineering Educational Satellite “SEEDS” と命名) の開発を開始し，EM(Engineering Model), PFM(Prototype Flight Model), FM(Flight Model)を開発するとともに，次の手続きを行ってきた.

打ち上げ機会の確保として，ロシアの打ち上げ会社 KOSMOTRAS 所有のロケット DNEPR での打ち上げの仲介を CalPoly 財団に委託する契約を 2003 年 12 月に締結，2004 年 9 月に手続きを完了した.



Fig. 2.2-1打ち上げロケットDNEPR

2002 年にはアマチュア無線局の開局を行い，International Amateur Radio Union(IARU)による衛星通信周波数の調整を行って頂いた. そして，総務省による，International Telecommunication Union(ITU)を介した周波数利用の周知，落成試験を 2004 年 9 月に行った.



Fig. 2.2-2日大地上局アンテナ



Fig. 2.2-3日大地上局

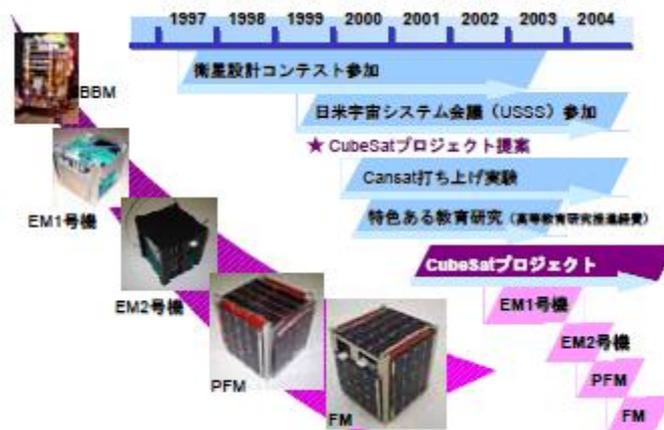


Fig. 2.2-4 CubeSatプロジェクトの経緯



### Fig. 2.2-5 SEEDS1号機

その他に、衛星の輸出に関して、経済産業省による輸出許可を 2004 年 7 月に、成田税関手続きを同年 9 月に、CalPoly へ SEEDS を輸送し、打上げまで CalPoly 内のクリーンルームで保管された。

度重なる打ち上げ延期により CalPoly で保管される期間は数年という大変長期間となった。保管されている間も、SEEDS に搭載されているリチウムイオン 2 次電池は自然放電により電池残量が減少してしまうので、定期的に CubeSat 開発メンバーが CalPoly へ赴き動作確認・充電作業を行ってきた。

### 2.3. SEEDS の打上げ

DNEPR LV 7 号機の打上げは、2006 年 7 月 27 日 4 時 34 分（日本時間）に、カザフスタン・バイコヌール宇宙センターより、予定通り実行された。しかし、打上げは 1 段目のエンジンが停止したため失敗してしまった。ISC コスモトラス社の発表によると打上げ失敗の原因は、燃焼室内油圧ポンプの瞬間的な不都合を安全装置が検知し、エンジンを停止させたためであり、打上げ場所から南に約 150km の位置にロケットは落下したようである。



Fig. 2.3-1 打上げ時の様子

### 2.4. SEEDS の改修と再打上げ

打上げ失敗から、直ぐに予備機を基に SEEDS2 号機の打上げを目指して、打上げ契約の締結や予備機の改修など様々な作業が行っていくことを決定した。SEED2 号機の打上げは、トロント大学のコーディネーターで行われ、インド製 PSLC-C9 にて行われることになった。

SEEDS2 号機では、1 号機の打ち上げを待つ 2 年間の間に蓄積した新技術を試す意味と、CubeSat プロジェクトの目的の一つに挙げている、アウトリーチ活動の一環として、外部の方々楽しんでいただけるような新機能を追加した。

2007 年 6 月、打上げコーディネーターのトロント大学へ SEEDS2 号機を輸出した。現地での動作確認と、衛星放出機構との相互チェック、最終環境試験をクリアし、打上げ待機状態に入った。



Fig. 2.4-1 SEEDS2号機

2008年4月28日12時53分（日本時間）にインドのサティッシュ・ダワンスペースセンターから PSLV ロケットにて打ち上げられた。打ち上げは成功し、SEEDS の日大地上局での受信も成功した。

その後、文部科学省の定める飛翔体登録を行い、SEEDS は衛星として認定された。現在も問題なく運用を行っている。

## 2.5. SEEDS の軌道

SEEDS は、以下の Table 2-1 SEEDS の飛翔体登録（抜粋）に示す様な人工衛星である。

Table 2-1 SEEDSの飛翔体登録（抜粋）

名称	日本大学超小型衛星 (SEEDS)	
打上げ国	日本国（インド）	
打上げ日時	2008年 4月 28日 12時 53分（日本時間） （世界標準時 2008年 4月 28日 3時 53分）	
打上げ場所	インド（サティッシュ・ダワン宇宙センター）	
軌道要素	(1) 周期(分)	97.21 分
	(2) 傾斜角(度)	97.995 度
	(3) 遠地点(Km)	633.974 km
	(4) 近地点(Km)	630.498 km
一般的機能	超小型衛星バスの機能試験 アマチュア通信実験	
打上げロケット	PSLVロケット	
打上げ機関	インド宇宙研究機関（ISRO）	

SEEDS は高度約 630km を回る極軌道に投入された。この軌道では、周期が約 97 分であり、2009 年 9 月現在、打ち上げから約 1 年 4 カ月で地球を 7400 周回している。日本の東京からは可視時間は一日 4～6 回、一回につき 10 分程度である。以下に示す Fig. 2.5-1 の、赤線が SEEDS の軌道である。また、水色の円が、地上局からの可視範囲である。

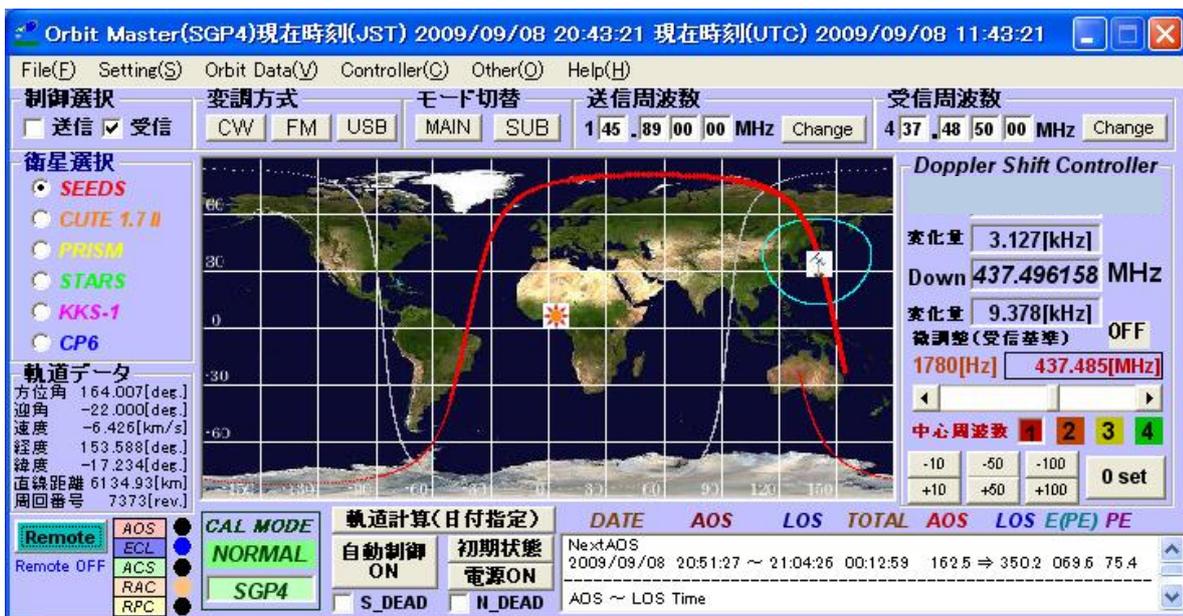


Fig. 2.5-1 SEEDSの軌道

## 2.6. SEEDS のアウトリーチ向け機能

SEEDS のアウトリーチ向け機能には、デジトーカー機能、マイクロフィルムがある。以下に、それぞれについて記す。

### 2.6.1. デジトーカー機能

SEEDS には音声録音された録音再生 IC が搭載されており、デジトーカーとは、通信によってそのアナログ音声データを地上に送信し、地上でその電波を復調すると録音されている音声聞こえる、という機能である。録音されている音声は、開発者の声の他、地域の方・低年齢の方に宇宙開発の参加として、船橋市立坪井小学校の児童のメッセージが含まれている。

また次期衛星に搭載予定 SSTV による画像送信の通信実験とアマチュア無線家へのサービス提供として SSTV 信号を録音した。SSTV とは、Slow Scan TeleVison の略で、画像データを音声信号に変換して、アナログの音声データとして送信する機能である。以下に詳細を記す。

#### ① 開発者および小学校児童の声

教頭先生との話し合いの結果、坪井小学校の全校生徒による録音となった。メッセージを各学年ごとに分割し、録音を行った。録音機材は同様に個人の所有の録音機材により録音を行った。



Fig. 2.6-1 坪井小の録音風景

以下は、録音メッセージの内容を示す。

<開発者による録音メッセージ>50 秒

「Hello. Hello. Hello. This is J Q 1 Y G U. Juliette, Quebec, One, Yankee, Golf, Uniform. I am nano-satellite SEEDS, Sierra, Echo, Echo, Delta, Sierra. I was made by Nihon-University students in Japan. The center frequency of downlink is 437.485MHz. If you input the next code at my website, you can get a special verification card. The website address is <http://cubesat.aero.cst.nihon-u.ac.jp> and the code is M I R A I E I G O.I hope for world peace.」

<坪井小学校児童による録音メッセージ>25 秒

「世界の皆さんこんにちは、僕たち私たちは、船橋市立坪井小学校の児童です。世界中の平和を願い、自然を守り、地球を愛する坪井っ子。明るい未来を作っていきます。」

## ②SSTV

次期衛星に搭載予定の SSTV を SEEDS の改修にともない録音内容の中に事前に録音する形で SSTV 信号を搭載した。

画像の選考は、開発メンバーによって決められた。選考は、日本らしいものであり、かつ世界中の方が写真のものが何物なのか判断できること、SEEDS の画像が入っていること、ということにした。以上の選考の結果、搭載された画像を Fig.3.2-10 に示す。この画像データが、45 秒間で FAX の様な音で送信されてくる。



Fig. 2.6-2 SSTV画像

### 2.6.2. マイクロフィルム

マイクロフィルムの搭載は、多くの人に宇宙開発・SEEDS への関心をもっていただくために追加プログラムとしてはじめた。これは、一般の方からメッセージの書かれたはがきを公募し、マイクロフィルムに焼付けて SEEDS 2 号機に搭載するものである。公募を行った結果、日本全土から約 800 枚に及ぶ応募をいただいた。

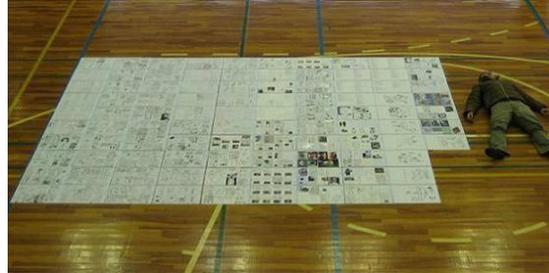
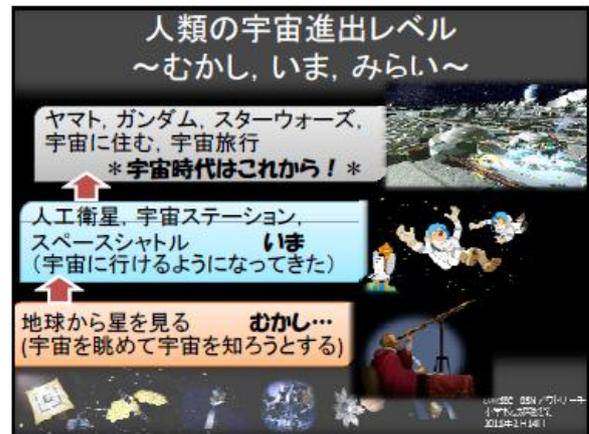
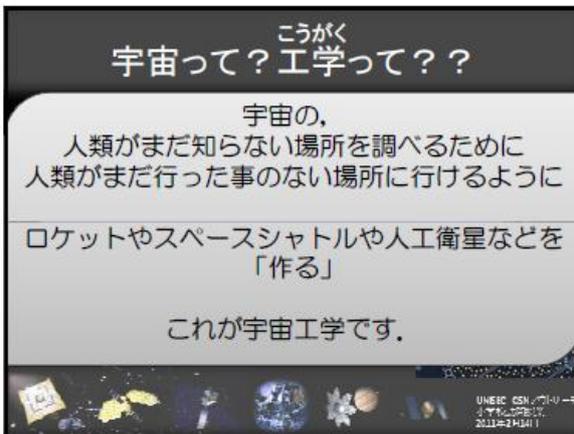
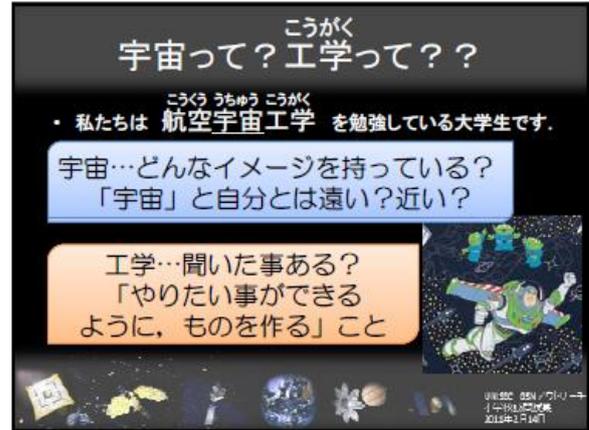
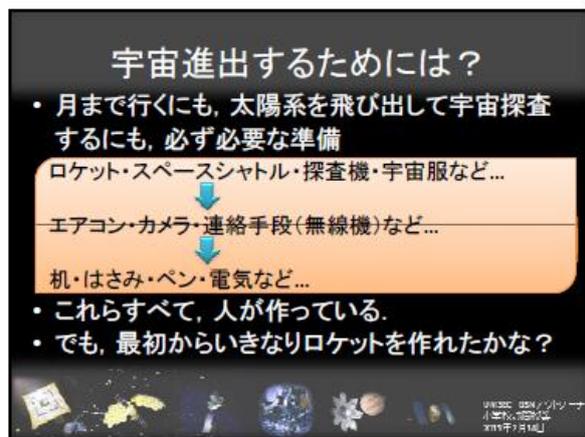
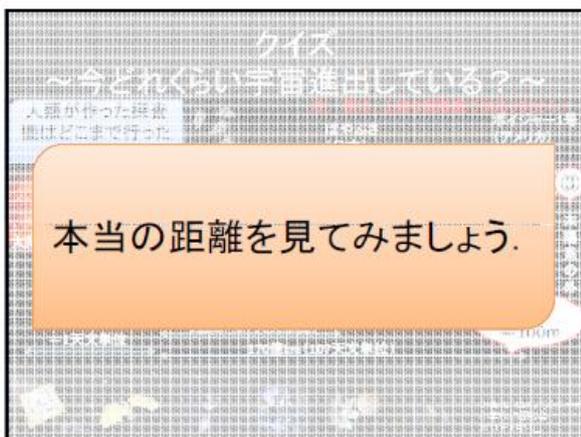
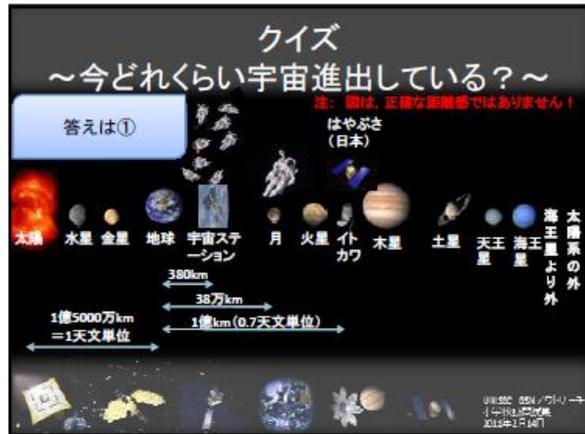


Fig. 2.6-3応募いただいたメッセージ

これらのはがきを 10×15mm, 25 枚のマイクロフィルムに焼き付け, SEEDS に搭載した。

3. 事前授業資料の ppt





### 宇宙進出するためには？

ヤマト・月面基地, など...

↑

ロケット・スペースシャトル・探査機・宇宙服など...

↑

エアコン・カメラ・連絡手段(無線機)など...

↑

机・はさみ・ペン・電気など...

・ 今ある物を組み合わせて計画的に作っていくのが工学。

UNESCO GSN アウトリーチ  
小笠原島訪問授業  
2011年2月14日

### ものを作ると、いろいろできる

- ・ 今ある物を組み合わせて計画的に作ることを、工学という。
- ・ 「計画的に」というからには、目的がある。  
- スペースシャトルなら「宇宙に行きたい」
- ・ 他のみんなも同じように「あったらいいな」と思っていたら、それを作れば

## 人の役に立てる

UNESCO GSN アウトリーチ  
小笠原島訪問授業  
2011年2月14日

### 最近の日本の宇宙ニュース

- ・ 「こうのとり」(HTV)
  - 宇宙ステーションに色々な物を運ぶ輸送機
- ・ 「はやぶさ」(探査機)
  - 「イトカワ」という小惑星から砂を取ってきた探査機
- ・ 他にも、「あかつき」(金星探査機), 「イカロス」(深宇宙探査機), 「山崎直子さん」(宇宙飛行士), 「スペースシャトル引退」

UNESCO GSN アウトリーチ  
小笠原島訪問授業  
2011年2月14日

### 専門用語の補足

- ・ **国際宇宙ステーション:**  
ISSと呼ばれる。世界各国が協力して作った「宇宙基地」。宇宙飛行士が滞在したり、宇宙で科学実験をしたりする。ISSの日本の実験基地が「きぼう」。
- ・ **宇宙:**  
地面から100kmから先を「宇宙」と言います。
- ・ **ロケット:**  
人工衛星や探査機などの「物」を宇宙に運ぶための輸送機。
- ・ **スペースシャトル:**  
アメリカが独自に作った輸送機。物はもちろん、人も運ぶ事ができ、地球に戻ってこられる所がロケットとは違う。

UNESCO GSN アウトリーチ  
小笠原島訪問授業  
2011年2月14日

### こうのとり (HTV)

- ・ 宇宙ステーションに部品を届けたり宇宙ステーションにいる宇宙飛行士に食料を届けたりする輸送機。
- ・ 今年スペースシャトルが引退すると、大きな物を運べる世界唯一の輸送機になる。
- ・ 世界トップクラスの、精度の高い飛行ができる。
- ・ 先日(1/27)宇宙ステーションに無事到着！

UNESCO GSN アウトリーチ  
小笠原島訪問授業  
2011年2月14日

### はやぶさ

- ・ イトカワという小惑星から砂を持ち帰り、宇宙の起源を調べる研究に役立てるための探査機。
- ・ 宇宙飛行士に頼らず、無人で惑星から砂を持ち帰った(サンプルリターン)世界初の探査機。
- ・ これまで宇宙で使った事のない最新の機械や最新の方法を使った最先端の探査機。
- ・ 打ち上げてから地球に帰ってくるまで7年間も一人で宇宙を旅した！！

UNESCO GSN アウトリーチ  
小笠原島訪問授業  
2011年2月14日

### もっともっと、宇宙と仲良くなろう！

- 宇宙のこと、宇宙工学のこと、ずいぶん詳しくなりましたね！！
- でもまだ実感がわかないかな...？
- それなら、もっと身近に宇宙を体感してみましょう！
- 明日、みんなでアンテナを作って、実際に宇宙からの電波をキャッチしてみましょう！！
- 人工衛星「SEEDS」から流れてくる声を聞きます。

UNESCO GSN アウトリーチ  
小中学校向け授業  
2011年2月14日

### そもそも人工衛星って何だろう？

その1 何と人工衛星って呼ぶの？

人の手で作られて、ロケットによって打ち上げられ、地球の周りを回る物のこと



UNESCO GSN アウトリーチ  
小中学校向け授業  
2011年2月14日

### そもそも人工衛星って何だろう？

その2 どうして落ちないの？

野球ボールを投げてみる

速度が遅いと落ちてしまう

秒速8km(超速い)を超えると地球を回り出す



UNESCO GSN アウトリーチ  
小中学校向け授業  
2011年2月14日

### そもそも人工衛星って何だろう？

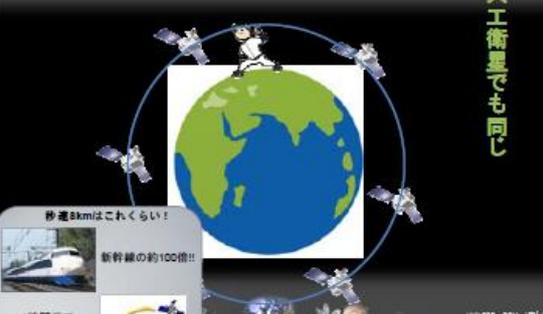
その3 どうして落ちないの？

人工衛星でも同じ

秒速8kmはこれくらい！

新幹線の約100倍!!

1時間半で地球を1周!!



UNESCO GSN アウトリーチ  
小中学校向け授業  
2011年2月14日

### 実はこんなに種類があります

技術開発・試験衛星	科学衛星	通信・放送衛星	気象・地球観測衛星
技術試験衛星「きく9号」	電波天文観測衛星「はるか」	放送衛星「ゆり」	気象衛星「ひまわり9号」
今後の開発に必要なデータを集めます	多くの宇宙などを観測します	BS放送やCS放送などを配信します	天気予報の手助けをします

UNESCO GSN アウトリーチ  
小中学校向け授業  
2011年2月14日

### 人工衛星はどこで作っている？

- これまで見てきた様な大きな人工衛星は(探査機や輸送機なども)JAXAという国の組織が作っている。
- でも実は... JAXAとは関係なく、学校でも小さな衛星を作っている！
- 今日の講師たちはみんな学校で人工衛星を作っています。

UNESCO GSN アウトリーチ  
小中学校向け授業  
2011年2月14日

### サイフォー 東京大学 “XI-IV”

ちようこがたえいせい

世界ではじめて打ち上げられた超小型衛星！  
2003年に宇宙に打ち上げられてから  
7年間もずっと宇宙で動いています。

XI-IVにはカメラがあり、  
地球のキレイな写真をとることができます。

アンテナ  
カメラ  
太陽電池

10cm  
10cm  
10cm

UNESCO GSN アウトリーチ  
小・中・高・大学連携  
2011年2月14日

### キュート いってんなな プラス エービーディー ツー 東京工業大学 “Cute1.7 + APD II”

- 大きさ: 11.5cm × 22cm × 18cm
- 重さ: 3kg
- 私たちが作った3つめの衛星
- Cuteができること
  - 地球を撮ることができます
  - 宇宙にある粒子を観測できます
- SEEDSと一緒に宇宙に行きました！

UNESCO GSN アウトリーチ  
小・中・高・大学連携  
2011年2月14日

### シーズ 日本大学 “SEEDS”

- 大きさ: 10cm × 10cm × 10cm
- 重さ: 1kg
- 宇宙に行ってから、もうすぐ3年がたちます。
- 人の声が聞こえてくる人工衛星です。
- 明日みんなが電波をキャッチする衛星です！

UNESCO GSN アウトリーチ  
小・中・高・大学連携  
2011年2月14日

### 明日やること

- アンテナを作って、無線機と繋げて、SEEDSから流れてくる電波をキャッチします。
- うまく電波をキャッチできたら、こんな声が流れてくるはず...  
Hello. Hello. Hello. This is J Q 1 Y G U. Juliette, Quebec, One, Yankee, Golf, Uniform. I am nano-satellite SEEDS, Sierra, Echo, Echo, Delta, Sierra. I was made by Nihon-University students in Japan. The center frequency of downlink is 437.485MHz. If you input the next code at my website, you can get a special verification card. The website address is <http://cubesat.aero.cst.nihon-u.ac.jp> and the code is M I R A I E I G O. I hope for world peace.

<ピロピロピロ~, という音がしばらく流れる>

世界の皆さんこんにちは。僕たち私たちは、船橋市立坪井小学校の原重です。世界中の平和を願い、自然を守り、地球を愛する坪井っ子。明るい未来を作っていきます。

UNESCO GSN アウトリーチ  
小・中・高・大学連携  
2011年2月14日

### 電波

- 目には見えない、「空間の波」

「空間の波」を意図的に発生させてあげると、ケータイのように、離れた所でも声や文字や写真を送れるようになる。

UNESCO GSN アウトリーチ  
小・中・高・大学連携  
2011年2月14日

### 電波

- 電波は、遠くに行くほど弱まる。
- 電波は、建物などの金属にじゃまされると弱まる。

UNESCO GSN アウトリーチ  
小・中・高・大学連携  
2011年2月14日

### アンテナ

電波を受信するためには“アンテナ”が必要です。

相手が投げたボールをしっかりと受け止めるいわば、グローブのようなもの

例えば、テレビが見れるのはテレビ局が絵や音をのせた電波を発して、家にはそれを受け取るテレビ用のアンテナがついているからなんです。



UNERC GSN アウトリーチ  
川本南小学校  
2011年2月14日

### SEEDSの声を聞くためには・・・

アンテナの種類はいろいろあるけど？

SEEDSの電波を受信するアンテナは  
アマチュア無線用 八木(やぎ)アンテナといいます。



あ！何か音が・・・

うまく受信できれば、SEEDSからの声が聞こえてくるよ！！

みんなもやってみよう！

UNERC GSN アウトリーチ  
川本南小学校  
2011年2月14日

### アンテナを作る

- 木の棒に印が付いています。印に合わせてクリップを固定します。
- 金属の棒を次の長さに切り出し、エレメントを作ります。
 

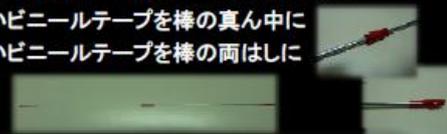
27センチ9ミリを1本	31センチ5ミリを1本
30センチ5ミリを2本	34センチを1本



UNERC GSN アウトリーチ  
川本南小学校  
2011年2月14日

### アンテナを作る

- ビニールテープを切ります。
  - 長いのが5本
  - 短いのが10本
- エレメントにビニールテープをまきます。
  - 長いビニールテープを棒の真ん中に
  - 短いビニールテープを棒の両はしに



UNERC GSN アウトリーチ  
川本南小学校  
2011年2月14日

### アンテナを作る

4人または5人で班になります。

<ul style="list-style-type: none"> <li>一人は「木の棒にクリップを付ける係」</li> <li>一人は「金属の棒を決められた長さに切る係」</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一人は「ビニールテープを切る係」</li> <li>一人は「エレメントにビニールテープを貼る係」</li> </ul>
---	--

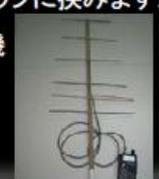
- 自分の係の事が終わったら、他の係を手伝ってあげてください。
- 作業時間が短いので、協力して間に合うように作りましょう！！



UNERC GSN アウトリーチ  
川本南小学校  
2011年2月14日

### アンテナを作る

- 下から2つ目のクリップを除く5個のクリップに、エレメントを上から短い順にはさみます。
- 輻射器を下から2つ目のクリップに挟みます。
- 線についているネジを無線機に取り付けたら完成！



UNERC GSN アウトリーチ  
川本南小学校  
2011年2月14日

#### 4. アンテナ製作手順と SEEDS の受信手順

##### 4.1. 使用する道具

本企画で使用するものは、以下の Table 4-1 使用品リストの通りである。

Table 4-1 使用品リスト

No.	名称	個数	備考
受信に使うもの			
1	SEEDS	1	軌道上
2	無線機	10	DJ-C7(3), THD-7(4), TH-F7(3), ICOM(1+予備2)
3	PC	2	衛星捕捉用
4	既製手作り八木アンテナ	1	アンテナ製作説明用
5	方位磁針	1	衛星捕捉用
6	市販八木アンテナ	1	予備. GSNチームが使用.
7	QSLカード	50	受信証明カード.
8	輪ゴム	30	使用後のアンテナを束ねておく用.
八木アンテナ製作に使うもの			
9	木の棒	10	加工済み. クリップも付けた状態.
10	アルミ棒	25	1m長. 未加工. 反射器・導波器用.
11	銅棒	10	加工済み. 輻射器用.
12	ニッパー	10	アルミ加工用. 参加者持参. 予備は日大からも用意.
13	マジックペン	15	アルミ加工用. 参加者持参. 予備は日大からも用意.
14	ビニールテープ	10	日大から用意.
15	はさみ	10	ビニールテープ切り出し用. 参加者持参. 予備は日大からも用意.
16	50cm定規	10	アルミ加工用. 参加者持参. 予備は日大からも用意.
講演に使うもの			
17	各大学超小型衛星EM機	1	
18	プリント	70	
19	プロジェクター・スクリーン	1	学校よりお借りしたい
20	机	1	学校よりお借りしたい

#### 4.2. 八木アンテナ製作手順<sup>[2]</sup>

今回製作するアンテナは1スタック 6エレメントで、Fig. 4.2-1 に示す様な八木アンテナである。

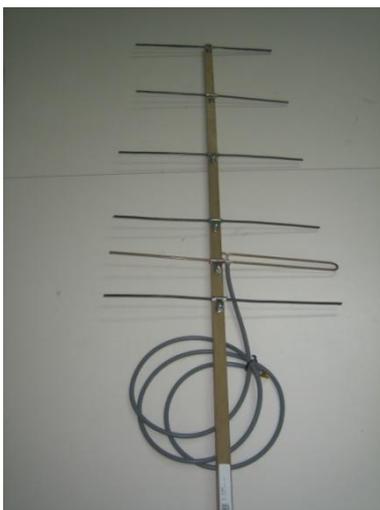


Fig. 4.2-1 手作り八木アンテナ

▶ 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。数ミリのずれは問題ない。

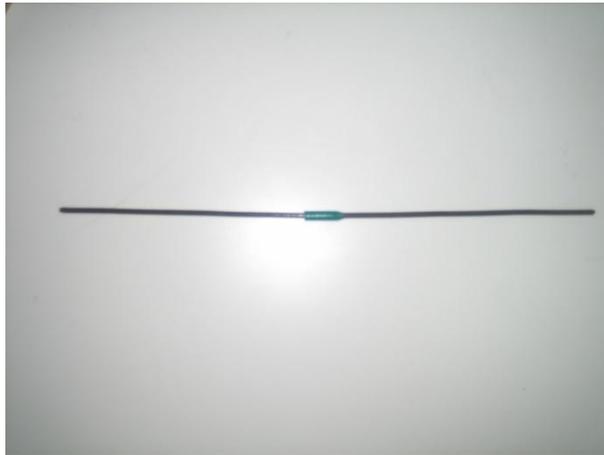


Fig. 4.2-2 エレメント

➤ 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. 4.2-3 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. 4.2-3 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. 4.2-4 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. 4.2-5 輻射器用銅棒と同軸ケーブル

4.3. SEEDS 受信手順

SEEDS の可視時間は Table 4-2 イベント予定日の可視時間の例に示すような時間となっている。午前午後それぞれで 2~3 回の可視時間があるが，本イベントの場合，午後の可視時間（19 時~23 時の範囲）では遅すぎると判断されるため，午前に行く予定である。

普段 SEEDS は CW モールス信号を発しているため，FM デジトーカー送信を行うためには地上局から命令を送信しなければならない。従って，午前の 1 回目の可視時間内にデジトーカー再生命令を送信し，2 回目の可視時間にデジトーカーの受信を行うこととする。なお，この計算は軌道予測日時がかなり先であるため，精度が悪い。従って，イベント当日の可視時間はこの表の時間から 5 分前後ずれる可能性がある。精度の良い計算はイベント予定日が決定したら随時行うものとする。

Table 4-2 イベント予定日の可視時間

2011年2月15日	火	08:29:13	08:39:23	00:10:10
		10:04:20	10:17:11	00:12:50

➤ STEP0

日大地上局にて 1 回目の可視時間にデジトーカ再生命令を送信しておく。

➤ STEP1

アンテナに無線機を取り付けておく。

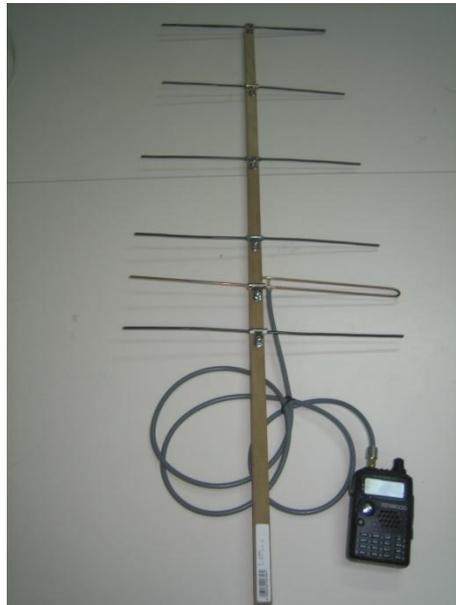


Fig. 4.3-1 無線機を取り付けたアンテナ

➤ STEP2

無線機の電源を入れ、つまみで周波数を 437.495[MHz]に合わせておく。

※衛星が発している電波は 437.485[MHz]であるが、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 SEEDS 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 437.485[MHz]、可視時間終了時に 437.475[MHz]である。

※偏波とは、電波の傾き方向である。SEEDS 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 SEEDS の偏波に合わせることができる。

➤ STEP5

受信証明書を発行する。