

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 4 日現在

機関番号：14701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010 ～ 2011

課題番号：22700790

研究課題名（和文） みさと 8m 電波望遠鏡 サーベイ観測とその活用

研究課題名（英文） Misato 8m Radio Telescope As a tool for science education

研究代表者

佐藤 奈穂子 (SATO NAOKO)

和歌山大学・宇宙教育研究所・特任助教

研究者番号：10467699

研究成果の概要（和文）：本研究は、宇宙電波の観測を通して、宇宙や電波を身近なものに感じ、理解を深められるような機会を提供することを目指している。具体的には、直接的に宇宙電波の観測実験ができる電波望遠鏡を素材とした天文教育及び天文普及を行った。我々の対象は、大学生だけではなく中学・高校の生徒をも含み、それ以外にも一般の方々を対象とした活動も行っており、それらを用いたコンテンツ開発を行った。

研究成果の概要（英文）：Our purpose is to provide opportunities, which could make people know natural science and feel familiar with it: such as “universe” and “radio wave”. In concrete terms, we have conducted astronomical educational activities with the use of radio telescope. You can have an opportunity of live observational experiment with our radio telescope. We made the educational contents for public people and junior high-school, senior high-school and university students.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	600,000	180,000	780,000
2011 年度	700,000	210,000	910,000
総計	1,300,000	390,000	1,690,000

研究分野：天文教育、電波天文

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学、科学教育

キーワード：天文教育、電波天文

1. 研究開始当初の背景

現代生活においては、ラジオや電子レンジをはじめとした電波を利用した製品や、高性能電波通信技術を注ぎ込んだ携帯電話が広く普及しており、電波は生活に密着したものとなっている。その一方で、現代天文学における電波天文の重要性は、非常に高まりつつある。電波輝線観測により銀河系の形が明らかになったのは、1958 年であった。また、電波観測の重要性は世界的にも広く認められており、例えば南米チリに設置された世界共同の巨大電波望遠鏡である ALMA (アルマ) は、日米欧のそれぞれにおいて最優先に実現す

べき地上観測装置計画と位置づけられている。

ところが現在、電波天文学はもとより電波一般に対しても、一般市民の理解は深いとはいえない。その一因として、理科教育において興味や理解を増進させるための重要な手段である実験・観察が、電波や電波天文に関してははととも少ないことが挙げられる。

また、現代生活における電波や通信技術利用においても、それぞれの機器はブラックボックス化している。我々はこのような状況を打開するために、宇宙電波の観測を通して、宇宙や電波を身近なものに感じ、理解を深め



図1 みさと天文台 8m 電波望遠鏡

られるような機会を提供することを目的とする。

電波を利用した便利な機器が生活にあふれる中、電波天文は「電波」および「科学」「技術」への興味の切り口として有用である。我々は、これまで、生きた電波天文の教材である「みさと8m電波望遠鏡(図1)」を用いて、学生や一般市民への天文普及活動を行っている。

2. 研究の目的

本研究では、みさと8m電波望遠鏡や観測データを用いて、中高校生および大学生や一般を対象とした教育コンテンツの製作を目指す。

これまで活動は、主に、みさと天文台への来訪客を対象として行ってきた。誰にでも使用可能なコンテンツを制作する事により、アクセスが不便なみさと天文台に直接来ることが出来ない人に対し、気軽に電波天文に触れる機会を提供する事が可能となる。電波望遠鏡やそのサーベイ観測という格好の教材を用いて、より大人数にアプローチ可能な教材開発を行い、理解普及を進めることが我々の目的である。

また、同時に、企業が大学に期待する教育効果として、現在の大学生に最も求める能力のひとつの「コミュニケーション能力」がある。大学生がチームを組んで、電波天文や電波望遠鏡に関する課題に取り組むことで、コミュニケーション能力が磨けるような教育プログラムの開発も目指す。

3. 研究の方法

2005年より、我々はみさと8m電波望遠鏡を、HI輝線観測用望遠鏡へ改修を行っている。

HI輝線とは、宇宙空間に多数存在する中性水素の出す輝線で、中性水素が星の原材料となるため、星の多数生まれる領域から強く放射される。つまり、全天で最も強いHI輝線源は、天の川である。オールトは、1958年、天の川領域に沿ったHI輝線観測により、はじめて我々の住む銀河系の形を直接描くことに成功した。8m電波望遠鏡を用いると、このオールトの歴史的な観測・研究を我々の手で追体験する事が可能である。

これまでの8m電波望遠鏡のHI輝線観測を利用した活動としては、一般を対象とした天文教室、手作り1m電波望遠鏡工作教室、高校生の観測実習、大学生の大学教育などがある。

さらに加えて、2011年から和歌山大学に口径12mパラボラアンテナ(図2)の新設計画が進んでおり、そのアンテナも併せて教育普及活動を行う。このパラボラアンテナは、8m電波望遠鏡での改修開発および教育活動で蓄積されたノウハウを用いて、和歌山大学構内に設置された。このパラボラアンテナのアクセスの良さという利点から、新たな客層へのさらなるアプローチが可能となり、さまざまな教育プログラムを実施した。

これらのパラボラアンテナを用いた研究成果は、HI観測を利用した活動に加えて、超小型衛星UNITEC-1との通信、実践的プロジェクトマネジメント授業の実施、成層圏バルーンサットとの通信実験、同時SETI観測実験への参加、などがある。

4. 研究成果

我々の行った、教育普及活動の詳細を以下に示す。

(1) UNITEC-1の受信実験

8m電波望遠鏡を用いて、2010年5月に打ち上げられた、超小型衛星UNITEC-1からのダウンリンク受信を試みた。この実験では、



図2 和歌山大学 12m パラボラアンテナ

和歌山大学および大阪府立大学の学生が、チームとなつての地上局運用、システムの構築、運用マニュアルの作成などを行った。

UNITEC-1とは、金星探査衛星「あかつき」の相乗り衛星で、愛称を「しんえん」と言い、大学宇宙工学コンソーシアム (UNISEC) が開発を行った。この衛星は、大学が製作した衛星では、初めて惑星軌道へ投入される衛星となる。UNITEC-1のミッションは、搭載されたオンボードコンピュータの生き残りコンペ (大学対抗) を深宇宙環境下で行う事で、その結果を電波にて送信する。我々は、その信号の受信とデコードを目指した。周波数は5.8 GHzのアマチュアバンドである。

この衛星を追尾するため、位置精度補正を組み込んだアンテナ駆動プログラムを学生が開発した。これにより ± 0.6 degのポインティング精度が達成できた。

UNITEC-1を載せたHII-Aロケット17号機は、2010年5月18日の打ち上げを予定していたが、天候不順により打ち上げ延期となった。3日後の21日に打ち上げを行い、無事打ち上げ、衛星の切り離しに成功した。

この衛星からのダウンリンク信号は、大きく分けて2種類のタイプがある。衛星からの情報をCW信号で送る通信 (メジャー通信・マイナー通信) と、2分間にわたり連続した信号を送り続ける通信 (軌道推定通信) である。これらの通信を、約1時間に1回の割合で行い、6時間をひとサイクルとして繰り返す。観測は、衛星の高度が、8m電波望遠鏡の

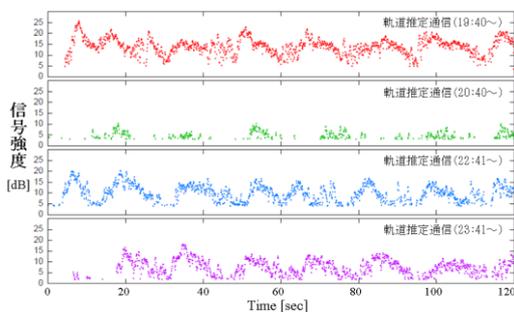


図3 軌道推定通信の受信強度の時間変動

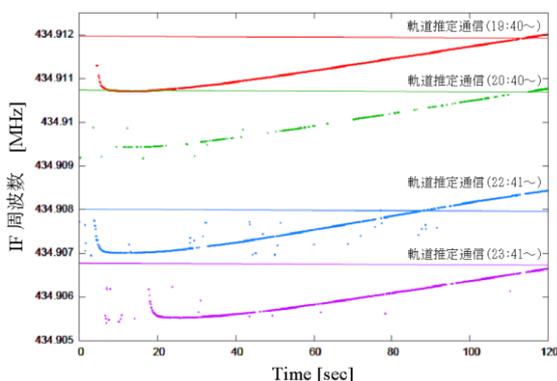


図4 軌道推定通信の受信周波数の時間変動

最低観測高度である15度より上になる時間帯において行った。打ち上げ初日である21日は、18:04 ~ 24:25 (JST) において観測を行い、その間に衛星が送信した計6回の通信受信に成功した。その中には、4回の軌道推定通信と各1回のメジャー通信とマイナー通信が含まれる。その中の、軌道推定通信の様子を解析した結果を図3、図4に示す。図3は、信号強度 2σ 以上のデータの電波強度を時間方向にプロットしたものである。この図から、衛星のタンプリングにより、衛星の送信アンテナの向きが周期的に変化した結果、受信強度が周期的に変化している様子が見られる。また、図4は同じく信号強度 2σ 以上のデータの周波数を時間方向にプロットしたものである。この図からは、衛星の送信周波数が時間とともに変化している事がわかる。同色の直線は、事前の予測周波数を示す。

結果として、みさと8m電波望遠鏡では、1日目は信号の受信に成功したが、2日目以降の受信は出来なかった。残念ながら、他の、全ての地上局においても2日目以降の受信は成功していない。見えなくなった衛星の探査のため、初日のデータ解析やCW解読、故障原因の探求議論などが行われた。

(2) 12mパラボラアンテナ

文科省超小型衛星研究開発事業に和歌山大学宇宙教育研究所が代表機関となった「日本主導の超小型衛星網UNIFORMの基盤技術研究開発と海外への教育貢献」が採択された。

このプロジェクトにおいて、みさと8m電波望遠鏡でのシステム開発実績およびUNITEC-1受信実績が認められ、和歌山大学に衛星通信の地上局が設置される事となった。2010年11月より、直径12mと3mの2台のパラボラアンテナの整備を進めている。2011年7月7日には、12mパラボラアンテナの竣工式を行った。

また、同時に、この12mパラボラアンテナは、8m電波望遠鏡での教育実践の研究実績の蓄積により、和歌山大学構内に設置された事から、8m電波望遠鏡での研究活動を受け継ぎ、さらに発展させるべく位置づけられた、より大口径のパラボラアンテナである。アクセスの不便なみさと天文台に比べ、この12mパラボラアンテナは、小学校や住宅地に隣接し、バスでアクセスできる和歌山大学構内に設置されており、気軽に、また多数の動員が可能となった。また、大学生の授業の枠を用いた宇宙教育や、大学のイベントを利用した一般への天文普及など、今までとは違う新たな客層へのアプローチが可能となった。大口径のアンテナが大学構内に設置された事により、気軽に実物のアンテナに触れる機会を提供することが可能となった。これは、我々

の目指す目的であり、8m 電波望遠鏡の最も大きな成果のひとつである。

(3) 実践的プロジェクトマネジメント授業

大学生を対象とした教育では、半期の教養科目で開講された実践的プロジェクトマネジメント授業「宇宙プロジェクトマネジメント入門」の機会を用いて、12m パラボラアンテナを用いた宇宙教育を行った。

この授業の目標は、他人に説明するための論理的思考力とプレゼンテーション力を鍛え、チーム作業を通してプロジェクトマネジメント力を習得する事、また、チームにおける自分の役割を理解し行動できる責任感を身につける事である。これらを通して「まかせられる人材」の育成を目指している。

この授業での課題は、12m パラボラアンテナを使ったイベントを企画・実行・報告書の作成を行うというもので、イベントの動員対象としては、大学近隣のふじと台小学校の児童を想定した。前半の授業では、イベントの企画書制作とともに、パラボラアンテナを理解し、イベント遂行のモチベーションを上げるための行事を設定した。中間発表では、企画したイベントの内容についてのプレゼンを行い、後半は主にイベント準備および実行などの作業に充てる。最終発表は、イベントの実施結果の発表とした。

実際のプロジェクトの経過については、中間発表の段階でもイベント企画書がまとまりきっておらず、残念ながら、担当教員の権限でイベントの中止と判断した。結果として、企画書の作成の段階までしか到達できなかった。そのため、授業の最終レポートとしてメンバー自身によるイベント中止の原因分析を課題とした。

この授業における受講者の目標達成度については、当初の目標として、プレゼンテーション力・マネジメント力・責任感の獲得が目標であった。受講生の反応をみるに、言われた事をやっていたら良い授業ではない事に後半になって気づいたなど、メンバーはプロジェクト実行の困難に気づきはしたが、その内容を実際に実行していくうえでの困難の体験にまでは至らなかった、と考える。

(4) 成層圏バルーンサット放球実験

成層圏バルーンとは、気象庁も利用している高高度観測用バルーンに、位置情報を得るための GPS や通信機器、ビデオカメラを荷物として搭載し、成層圏（高度 30km 上空）からの様子を撮影する小型自律機器である。

放球実験は、バルーンサットがヘリウムガスの浮力を用いて上昇し、成層圏に達したバルーンが破裂した後、パラシュートを用いて下降し、地上での回収を行う。成層圏バルーンサットの構成は、上から順にバルーン、パ

ラシュート、搭載物（ペイロード）が紐で繋がっている。バルーンは地上（1 気圧）でヘリウムを入れると直径 7m 程度の大きさであるが、成層圏の低気圧下では直径 10m 以上に膨らみ、破裂に至る。パラシュートは、落下時の速度を調整するために用いる。日本におけるバルーンサット実験の回収は海上を計画し、船による探索・回収を行う。気象庁の発表する過去の気象データ解析と、高層大気の天気予報を基に、バルーンサットの飛行航路予測を行い、海上へ落下するような飛行計画を立てる。

バルーンサットの飛行中、陸上局は、ペイロードに搭載された無線機の送信する GPS データを受信解析することにより、バルーンの現在位置をリアルタイムで知る事が出来る。また、ペイロードに搭載されたビデオカメラの映像を無線機で送信することにより、リアルタイムで電送映像を見る事ができる。和歌山大学では、これまでも学生チーム（和歌山大学学生宇宙開発プロジェクト）の主導によりバルーンサットの放球実験を行ってきたが、ペイロードの回収には成功していない。そこで、今回は映像電送信号の受信に 12m パラボラアンテナを用い、また伝送映像の画像に別系統からの GPS 値を字幕として表示する冗長性を組み込み、ペイロードの回収を目指す実験を行った。実際の放球実験に先立ち、搭載映像送信機と 12m パラボラアンテナを用いた通信実験を行い、機器の動作確認も行っている。

放球実験は、2012 年 2 月 16 日・17 日に各 1 機のバルーンサットの放球を行った。直前の高層大気天気予報により、愛媛県からの放球とし、地上局を和歌山大学と和歌山県潮岬に置き、和歌山県沖での回収を目指した。しかし、結果は、両日ともに回収の失敗に終わった。今回の実験での成果は、放球・破裂でのオープニングショックに機体が耐え、着水までのデータ送信が確認できた事である。また、風の影響による軌道予測は実際の軌道とほぼ一致した事が確認できた。一方で、不十分な点として、バルーンの破裂高度が予測からかけ離れている点があげられる。そのため、バルーンの着水点が回収船の航行可能海域の外となり、回収不可能となった。

上記の通り、和歌山大学による成層圏バルーン放球実験では、ペイロード回収による高画質な映像の取得には失敗した。一方で、和歌山大学が協力関係を結んでいる宇宙航空研究開発機構（JAXA）が、2009 年に大樹航空宇宙実験場（北海道大樹町）にて実施した大気球放球実験にて、ハイビジョンカメラを用いた成層圏での撮像に成功している。この映像をコンテンツとして活用することにより、これまでにない迫力を伴ったドームシア

ター映像コンテンツが可能となった。

(5) その他

以上の新たな取り組みに加えて、以下の様な教育活動も行っている。

2011年11月に世界合同 SETI 観測実験に参加した。SETI 観測とは、Search for Extra-Terrestrial Intelligence の略で、地球外の知的生命の探査を目的とし、地球外の文明が放射している電磁波の検出を目指す研究である。西はりま天文台の鳴沢真也氏の提唱する同時 SETI 観測は、地球上の離れた多地点での同時観測する事により、人間活動由来の電波の影響を極力排除でき、地球外からの電波信号の同定が可能となる。世界中の望遠鏡と協力することにより、より確かな地球外からの電波受信を目指している。

2009 年度に引き続き、2010 年度の教育学部 4 年生 2 人の卒論研究として、手作り 1m パラボラアンテナを用いて、銀河地図の作成をおこなった。

定常的に、大学見学に訪れる高校生を対象としたアンテナ見学や、大学キャンパスでの公開イベントに併せたアンテナデモンストレーションを行っている。また、2012 年 3 月には、中高生を対象とした、パラボラアンテナを含む和歌山大学の天体関連施設の体験学習会も実施した。

また、現在進行中の新たな取り組みとして、ARISS (Amateur Radio on the International Space Station) スクールコンタクトの計画がある。これは、アマチュア無線を用いて、国際宇宙ステーションに滞在しているアマチュア無線の資格を持っている宇宙飛行士と小中学生が交信を行うプロジェクトである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

① 佐藤奈穂子、和歌山大学 12m パラボラアンテナを用いた宇宙プロジェクトマネジメント授業、和歌山大学 宇宙教育研究所紀要、査読有、第 1 号、2012、23-27

[学会発表] (計 1 件)

① 佐藤奈穂子、秋山演亮、尾久土正己、豊増伸治、下代博之、和歌山大学での小型衛星 UNITEC-1 からのダウンリンク受信の試み、第 54 回宇宙科学技術連合講演会、平成 22 年 11 月 19 日、静岡県コンベンションアーツセンター「グランシップ」

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称：アンテナ制御システム

発明者：下代博之、中西靖男、佐藤奈穂子
権利者：国立大学法人 和歌山大学、株式会社 NTT ファシリティーズ

種類：特許

番号：特願 2012-72096

出願年月日：平成 24 年 3 月 27 日

国内外の別：国内

[その他]

ホームページ等

和歌山大学 宇宙教育研究所

<http://www.wakayama-u.ac.jp/ifes/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 奈穂子 (SATO NAOKO)

和歌山大学・宇宙教育研究所・特任助教

研究者番号：10467699