



報 告

みさと天文台 8m 電波望遠鏡をめぐる 電波天文教育普及活動の軌跡

The History of 10 Years of the Misato 8m Radio Telescope

佐藤 奈穂子¹, 尾久土 正己¹, 富田 晃彦¹ 矢動丸 泰^{1,2}

¹和歌山大学宇宙教育研究所, ²紀美野町立みさと天文台

みさと天文台8m電波望遠鏡の改修プロジェクトがスタートして10年を迎える。これまでの電波天文に関する教育普及活動を総括した。

キーワード: 電波天文, 教育普及活動, 21cm HI輝線

1. 概要

和歌山県の紀美野町立みさと天文台に設置された8m電波望遠鏡(図1参照)をめぐるプロジェクトが開始してから10周年を迎える。これまでの経過とその成果について総括する。

2005年9月5日和歌山大学生涯学習教育研究センターにおいて、和歌山大学宇宙教育研究ネットワー

ク(NewEar: Network in Wakayama, Education of Astronomy and Research)というプロジェクトが発足した(図2参照)。これは、学部の壁を越えて学内の研究者が手をつなぎ、さらに地域の天文台と連携し、一地方大学の枠組みを超えたプロジェクトを行うための連携である。

このプロジェクトの枠組を用いて、和歌山大学とみさと天文台の協力の下、8m電波望遠鏡の整備が開始された。NewEarという愛称には、宇宙を電波という新しい耳で、という思いが込められている。このプロジェクトでは、8m電波望遠鏡とその整備を通して、地方大学の特色を生かし地域にある天文リソースを広く活用できる天文コミュニティの基盤強化を目指す。また、電波望遠鏡を用いた天文普及教育を行い、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。

本稿では、NewEarプロジェクトのフラグ・シップである、みさと天文台8m電波望遠鏡について、その10年の取り組みと教育活動を報告する。主な事象を、表1にまとめた。これらの結果は、表2にまとめる国内および国外の研究会で成果発表を行い、表3の学術雑誌や収録等に掲載された。また、本研究から派生した、高校生や大学生による研究発表を表4にまとめる。2章では8m電波望遠鏡について、3章では天文普及活動や学生教育について報告する。



図1 みさと天文台8m電波望遠鏡(2008年10月撮影)

表1 主な8m電波望遠鏡にまつわるイベント

日付			分類	イベント
2005年	9月	5日	その他	NewEar発足
2006年	3月	27-29日	研究発表	日本天文学会2006年春季年会(和歌山大学)
	6月	29日	研究発表	和大大教員メッセ(和歌山ビックホール)
	7月	9日	教育普及	みさと天文台11周年イベント 8m電波望遠鏡お披露目会
	9月	1日	科学観測	8m電波望遠鏡ファーストライト
	9月	11日	研究発表	第24回NROユーザーズミーティング(野辺山宇宙電波観測所)
	9月	19-21日	研究発表	日本天文学会2006年秋季年会(九州国際大学)
	10月	7日	教育普及	和歌山大学生涯学習教育研究センター 2006年度土曜講座
	12月	16日	高校教育	和歌山大学紀南講座(新宮高校)
	12月	23日	教育普及	みさと天文台 12月の天文教室 (森本教授招聘)
2007年	2月	24日	研究発表	第24回天体スペクトル研究会(大阪市立科学館)
	3月	18日	研究発表	第49回人工知能学会先進的学習科学と工学研究会(白浜)
	3月	28-30日	研究発表	日本天文学会2007年春季年会(東海大学)
	9月	29-30日	高校教育	高校生の8m電波望遠鏡観測実習(兵庫県立大学附属高等学校・山口県立宇部高等学校)
	7月	14日	研究発表	GHO2007研究会(三鷹)
	8月	2日	研究発表	第25回NROユーザーズミーティング(野辺山宇宙電波観測所)
	10月	12日	研究発表	第7回東アジア天文学会議(EAMA7)(福岡)
	11月	3-5日	教育普及	紀美野町文化祭(紀美野町文化センター)
	11月	3-4日	研究発表	第16回西はりま天文台ワークショップ(西はりま天文台)
	12月	8日	研究発表	平成19年度日本理科教育学会近畿支部集会
2008年	3月	24日	研究発表	日本天文学会2008年春季年会(国立オリンピック記念青少年総合センター)
	3月	25日	高校教育	第10回日本天文学会ジュニアセッション
	4月	20日	教育普及	みさと天文台 4月の天文教室
	7月	21日	研究発表	GHO2008研究会(ポルトガル)
	9月	11-13日	研究発表	日本天文学会2008年秋季年会(岡山理科大学)
	11月	23-25日	教育普及	「手作り電波望遠鏡工作教室」開講(和歌山大学・みさと天文台)
2009年	2月	15日	学生教育	みさと天文台 臨時天文教室
	2月	28日	学生教育	2008年度和歌山大学教育学部卒論発表会
	3月	24-27日	研究発表	日本天文学会2009年春季年会(大阪府立大学)
	3月	28日	科学観測	全国同時SETIキャンペーン観測 リハーサル観測
	7月	28日	学生教育	第39回 天文天体物理若手夏の学校(草津)
	11月	11-12日	科学観測	全国同時SETIキャンペーン観測「さざんか計画」8m電波望遠鏡参加
2010年	2月	16日	学生教育	平成21年度近畿大学工学部理学科 卒業研究発表会
	2月	27日	学生教育	2009年度和歌山大学教育学部卒論発表会
	3月	24-27日	研究発表	日本天文学会2010年春季年会(広島大学)
	4月	29日	研究発表	Astrobiology Science Conference 2010 研究会(テキサス)
	5月	21日	科学観測	UNITEC-1打上 8m電波望遠鏡受信成功

日 付		分 類	イ ベ ント
	11月 27日	研究発表	第54回宇宙科学技術連合講演会(静岡)
2011年	1月 15日	学生教育	近畿大学学生みさと天文台での1m電波望遠鏡観測実験
	1月 17日	教育普及	はやぶさカプセル特別公開記念 宇宙カフェ「宇宙と私」(横山、吉住、佐藤)
	2月 5日	学生教育	平成22年度近畿大学理工学部理学科 卒業研究発表会
	7月 7日	その他	和歌山大学 12mアンテナお披露目会
	8月 22日	教育普及	8月の宇宙カフェ「12mパラボラアンテナのみる宇宙」(佐藤)
	10月～翌3月	学生教育	和歌山大学教養科目「宇宙プロジェクトマネジメント入門」開講
	10月 31日	学生教育	鳴沢真也氏招待講演授業 および 世界同時SETI観測リハーサル(12mアンテナ)
	10月 18日	高校教育	和歌山県立向陽高等学校 SSH国際科学交流講座
	11月 16日	科学観測	世界同時SETI観測(4th)「森本氏追悼SETI」12mアンテナ参加
	11月 27日	研究発表	平成23年度天文教育普及研究会 近畿支部会(京都産業大学)
2012年	2月 4日	学生教育	平成23年度近畿大学理工学部理学科 卒業研究発表会
	3月 10日	研究発表	JAMSATシンポジウム2012
	3月 26日	教育普及	「宇宙まるまる体験講座」開講
	4月 17日	研究発表	Astrobiology Science Conference 2012 研究会(アトランタ)
	8月 26日	その他	和歌山大学ARISSスクールコンタクト実施
	11月 19日	教育普及	11月の宇宙カフェ「和歌山パラボラアンテナ徒然草紙」(佐藤)
2013年	2月 7日	学生教育	平成24年度近畿大学理工学部理学科 卒業研究発表会
	4月 21日	高校教育	和大での高校生の12mアンテナ宇宙電波観測実習(近畿大学附属高校)
	7月 1-5日	科学観測	世界同時SETI観測(5th)12mアンテナ参加
	7月 28日	教育普及	みさと天文台 7月の天文教室
	8月 8日	科学観測	GC SETI観測(12mアンテナ)
	9月 5日	科学観測	GC SETI観測(12mアンテナ)
	9月 16日	研究発表	ICICIC2013研究会(東海大学)
	10月 14-18日	研究発表	CAP2013研究会(ポーランド)
	10月 31日	教育普及	10月の宇宙カフェ「SETIって知ってますか?」(佐藤)
	12月 1日	科学観測	GC SETI観測(12mアンテナ)
2014年	4月 23日	高校教育	和大での高校生の12mアンテナ宇宙電波観測実習(近畿大学附属高校)
	9月 23日	その他	エンコーダ故障判明
	10月 18日	高校教育	高校生の8m電波望遠鏡電波観測実習(近畿大学附属高校)
	12月 26日	教育普及	12月の宇宙カフェ「南米チリのアルマ望遠鏡を見てきました!」(吉住)
2015年	1月 21日	教育普及	みさと天文台 1月の天文教室
	5月 9日	高校教育	高校生の8m電波望遠鏡電波観測実習(近畿大学附属高校)
	8月 2日	高校教育	高校生の8m電波望遠鏡電波観測実習(近畿大学附属高校)
	12月 26日	高校教育	高校生の8m電波望遠鏡電波観測実習(埼玉県立川越高校)
2016年	3月 16日	教育普及	みさと天文台 3月の天文教室



図2 NewEar発足式(2005年9月5日)¹⁾

後列左より,富田晃彦助教授,曾我真人助教授,森本吉春教授(学生自主創造科学センター長),尾久土正己教授。前列左より,山本健慈教授(生涯学習教育研究センター長),豊増伸治みさと天文台研究員,小田章和歌山大学長,矢動丸泰みさと天文台研究員,小澤友彦みさと天文台研究員。(いずれも当時)

2. みさと天文台8m電波望遠鏡

NewEarプロジェクトのフラグ・シップとなった,みさと天文台8m電波望遠鏡について,その取り組みと教育活動の成果を報告する。

2.1 背景

みさと天文台の8m電波望遠鏡はもともと,「野辺山動スペクトル計」と呼ばれ,1977年から国立天文台野辺山太陽電波観測所で70~220MHz帯での太陽電波観測に用いられていた²⁾(図3参照)。1994年の運用終了後そのまま放置されていたものを,1998年にみさ



図3 野辺山動スペクトル計
(野辺山太陽電波観測所1977-1994)

と天文台へ移設し,機械系のみ駆動可能な状態で保存されていた。みさと天文台では,これまで,この望遠鏡自体を日本の電波天文学の歴史を伝える展示物として来訪者に公開していた。

NewEarの発足により,この野辺山動スペクトル計(70~220MHz帯)を,HI輝線(1.4GHz帯)での銀河面観測用に転用するための改修工事を開始し,また現在に至るまで,観測およびメンテナンスを続けている。

2.2 目的

8m電波望遠鏡の整備を通して期待する成果は,大きく3つに分けられる。(1)新しい電波天文学の教材の開発。8m電波望遠鏡の立ち上げノウハウを蓄積することにより,高校・公開天文台が購入できるような,安価な電波望遠鏡セットの開発を目指す。(2)大学生・高校生教育の素材としての利用。国内で数少ないHI観測用望遠鏡として,また,実際に触って自ら観測する事が出来る電波望遠鏡として,高校生や大学生の教育素材として8m電波望遠鏡を利用する。(3)一般市民を対象とした電波天文の普及活動。8m電波望遠鏡は公開天文台に設置されているため,電波天文学の広報塔として利用できる。来台者に対し,昼間の天体観測などの電波天文学に触れる機会を提供できる。

我々は,この目的のために1.4GHz(波長21cm)のHI輝線を用いた。HI輝線は人類が初めて検出した宇宙電波輝線であり,銀河面に広く分布する中性水素原子から放射される電波である。1958年Oort博士は,HI輝線観測の結果を用いて,はじめて我々の銀河系の2次元地図を作成した³⁾。受信強度も十分であることから,電波天文学の入門に最適と考えた。

2.3 改修およびメンテナンス

2005年のNewEarの発足により,この「野辺山動スペクトル計(70~220MHz帯)」を,HI輝線(1.4GHz帯)での銀河面観測用に転用するための改修工事を開始し,また現在に至るまで,観測およびメンテナンスを続けている。

プロジェクト開始当初の改修工事においては,より高い周波数の電波を効率よく受信するための改修を行った([28]参照)。高い鏡面精度を実現するために,パラボラの鏡面をまるごと新しいものと交換し,受信システムも,新しい周波数に対応するものと入れ替え

た。また、元来太陽の通り道のみ観測する望遠鏡だったものを、全天のさまざまな方向に分布している中性水素原子を観測できるように、架台の改修・極軸の補正・駆動装置の更新を行った。併せて、老朽化部分の補強や塗装なども行った。

ファーストライトを迎えた後も、性能の維持・向上や、観測の効率化のための作業を続けている ([32] 参照)。2008年にも、望遠鏡の駆動部のバランスを左右するウェイトの更新を行った。また、受信性能に大きな影響を与える LNA (低雑音増幅器) の高性能化や、信号ケーブルの養生を行った。さらに、焦点距離調節装置の導入により、今まで2人がかりで焦点調節を行っていたところを、女性一人の力での調節が可能となった。

望遠鏡のポインティング精度向上の試みも行っている。2008年~2009年の間に取り溜めた太陽観測のデータを用いてポインティング性能の評価を行い、そのデータから補正のための器差パラメータを導出した。2010年には、器差パラメータを反映させた駆動ソフトを用いてポインティング補正を実施し、精度の向上が実現した ([34] 参照)。しかし、残念なことに、2014年9月に原因不明のエンコーダの故障が見つかり、以降は目盛環を用いた天体の導入を行っている。

2.4 観測

8m 電波望遠鏡での観測実績をまとめる。

2006年9月1日に、HI 輝線のファーストライトを迎えた。観測はスペクトルアナライザを用いて行い、銀河面に位置する、いて座、たて座、はくちょう座の3つの方向へ望遠鏡を向け、それぞれ異なるプロファイルのスペクトルを得た。

望遠鏡の性能評価に関する測定も行った。測定は太陽や電波吸収帯を用いて行い、結果は、システム雑音温度180[K]、ビーム半値幅2.1[deg]、開口能率 0.59となっている (2008年12月測定時点) ([32] [42] 他参照)。また、この測定と評価は、和歌山大学教育学部の大学生の卒業研究のテーマとして研究発表を行っている (3章2節参照)。

銀河面の HI 輝線観測は、8m 電波望遠鏡のメインの観測ターゲットであり、HI 輝線観測を通じた教育活動や教育素材の開発を目指している。まず、教材開発のために実際に HI 輝線観測を行い、銀河系の2次元地

図の作成を試みた ([30] [32] 他参照)。それを基に、銀河系の2次元地図作成のための手引書作成を行った ([44] 参照)。この結果は、和歌山大学教育学部の大学生の卒論のテーマとして研究発表を行っている (3章2節参照)。また、高校生が実際に8m 電波望遠鏡を使って HI 輝線を観測し、データ解析を行った結果を研究発表する事も継続的に行っている (3章3節参照)。さらに、一般や高校などを対象とした、気軽に8m 電波望遠鏡による HI 輝線観測のデモンストレーションを体験するイベントも数多く開催している。

最後に、8m 電波望遠鏡における連続波の受信についてコメントする。連続波観測は、輝線観測に比べて難易度が高めとなるが、太陽をはじめとするいくつかの天体において受信に成功している。観測は W カタログ⁴⁾ を参考に、月や銀河中心、Cygnus A などの電波銀河や Cygnus Loop などの超新星残骸など、計10個程度の天体からの連続波受信に成功している。前述のように、太陽からの連続波受信は重要な性能評価の手段として使用している。

2.5 教育普及活動

8m 電波望遠鏡に関する、みさと天文台で実施したイベントに関してまとめる。

ファーストライトに先だつ2006年7月9日、8m 電波望遠鏡のお披露目会が開かれた (図4, 5参照)。この日は、みさと天文台の11周年記念 (正確には7月7日だが、9日が日曜日のため) にあたり、ふたつを併せたお祝いとなった。来賓として、日本天文学会理事長の祖父江義明氏と和歌山大学学長の小田章氏にお越し頂き、祖父江氏には電波観測についての講演を頂いた。佐藤は8m 電波望遠鏡の紹介を行った。さらに、



図4 8m電波望遠鏡お披露目⁵⁾ テープカット(2006年7月9日)
左から佐藤氏,祖父江氏,小田氏,紀実野町教育長

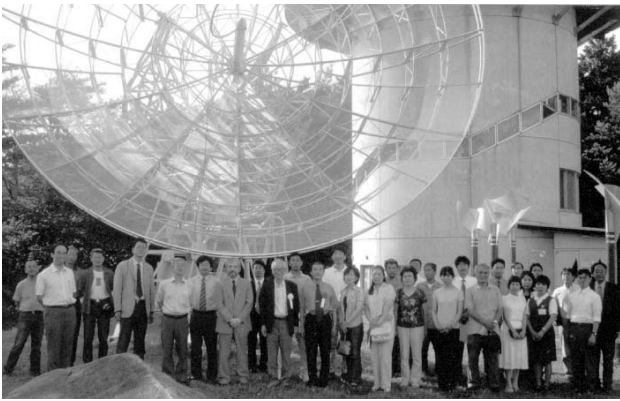


図5 8m電波望遠鏡お披露目⁵⁾ 集合写真(2006年7月9日)

祖父江氏と小田氏に加えて、みさと天文台名誉台長の佐藤文隆氏と顧問の尾久土の4名での座談会も行った。

2006年9月1日にファーストライトを迎えた8m電波望遠鏡は、その年の12月23日に、みさと天文台天文教室「電波で夏の天の川を観てみよう」を開催した。この天文教室では、クリスマス・イベントの一環として、佐藤が講師をつとめ、東京大学名誉教授の森本雅樹氏をゲストとして招聘した。参加者には、8m電波望遠鏡が実際に動く様子を見て、生のHI輝線スペクトルを観察してもらった(図6参照)。以降、HI輝線観測デモンストレーションを含む教育普及活動を、数多く開催している。

紀美野町では、11月3日の文化の日にあわせて、紀美野町文化センターで紀美野町「文化祭」を開催している。みさと天文台では、毎年、出張天文教室として

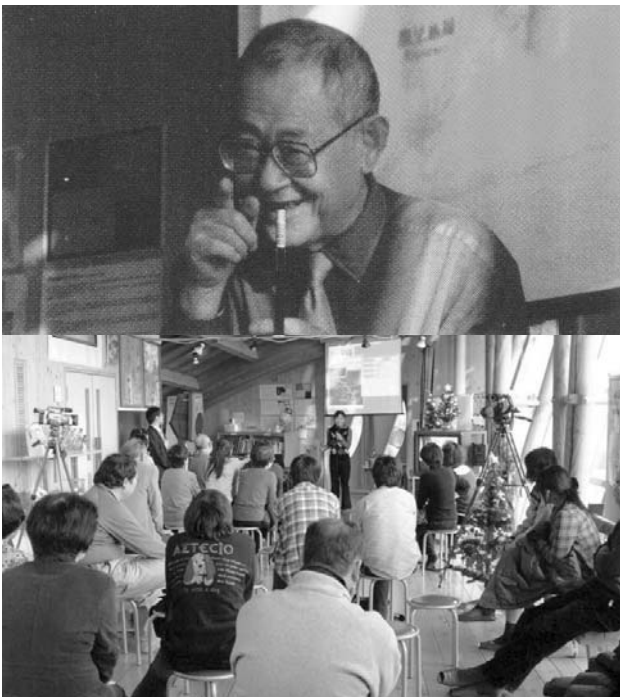


図6 12月の天文教室⁶⁾(2006年12月23日)
上：講演する森本氏。下：会場全景。



図7 2m電波望遠鏡の観測デモンストレーション⁷⁾
紀美野町文化センターにて(2007年11月3-5日)

文化祭への出展を行っているが、2007年11月3日～5日開催の文化祭では、展示の一部として、可搬型2m電波望遠鏡(3章2節参照)を持ち込んでのHI輝線受信デモンストレーションを行った(図7参照)。

2008年4月20日に開かれた、みさと天文台4月の天文教室「電波天文入門」(講師：佐藤)では、その年に文部科学省が配布した「一家に一枚 光マップ」をもとに、電波や電波天文の話を行った。以降も、みさと天文台で開催される天文教室の枠組みを利用して、以下のような教育普及活動を行っている。2013年7月28日みさと天文台7月の天文教室「[波]のひみつ」(講師：佐藤)。2015年1月21日みさと天文台1月の天文教室「電波望遠鏡ってなあに？」(講師：佐藤)(図8参



図8 1月の天文教室⁸⁾(2015年1月21日)
上：駆動中の8m電波望遠鏡。下：観測室へ移動。

照)。2016年3月13日みさと天文台3月の天文教室「みさと天文台8m電波望遠鏡」(講師：佐藤)。なお、8m電波望遠鏡駆動デモンストレーションにおいては、みさと天文台友の会宇宙通信喜楽部の岸裏一起氏に、多大なご協力を頂いている。

また、2009年2月15日みさと天文台臨時天文教室では、「和歌山大学生による研究紹介」と題して和歌山大学教育学部生による卒業研究の紹介(兼 卒論発表会の事前練習)を行った。2008年11月に開かれた「手作り電波望遠鏡工作教室」の一部日程では、会場のひとつとしてみさと天文台を使用し、8m電波望遠鏡の観測デモンストレーションも行った(3章1節参照)。また、2007年頃より、断続的に高校生の観測実習を受け入れている(3章3節参照)。2009年より、SETI観測もはじめている(3章4節参照)。

2.6 発展的成果

当初の想定を上回る成果も上がっている。

2011年度発行の理科年表より、おもな電波望遠鏡の単一アンテナの望遠鏡の項目に、「みさと天文台／和歌山大学」の名前で口径8mの望遠鏡が掲載されている⁹⁾。

また、8m電波望遠鏡の立上げで蓄積されたノウハウや超小型衛星 UNITEC-1受信(3章5節参照)の実績は、新たなパラボラアンテナ設置の計画へと繋がった。直径12mのパラボラアンテナが、和歌山大学キャンパス内に設置され、2011年7月7日にお披露目会を迎えている。現在、この12mアンテナでも、超小型衛星 UNIFORM-1(2014年5月24日打上)の運用を続けると同時に、さまざまな教育普及活動を行っている。

3. 関連する研究成果・教育活動の報告

8m電波望遠鏡の研究成果・教育活動の詳細について、以下に、さらに詳しく紹介する。

3.1 「手作り電波望遠鏡工作教室」の開催

8m電波望遠鏡整備のひとつの柱として、安価な電波天文の教材開発をあげた。その目的ため、安価な口径1mの小口径望遠鏡のパラボラ集光部の開発を行い、図9に示すシステムの開発に成功した。そこで、高校生以上の一般を対象とした工作教室を開催し、電波望遠鏡の製作を体験してもらう取り組みを行った([29]参照)。なお、この教室の開催にあたり、みさと天文

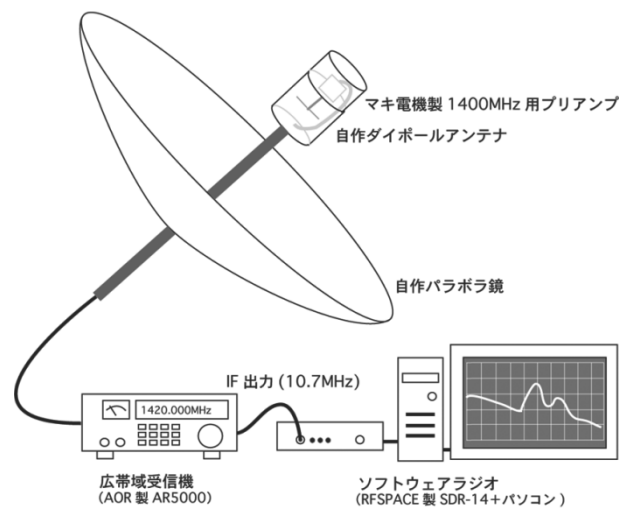


図9 1m電波望遠鏡の受信システム図 ([29]参照)

台小澤友彦氏と山口大学藤沢健太氏、そして和歌山大学藤垣元治氏を初めとする和歌山大学学生自主創造科学センター(通称クリエ、現協働教育センター)のみなさまに、多大なるご協力を頂いた。

2008年11月23～25日の3日間にわたり、「手作り電波望遠鏡工作教室」を開催した(図10,11参照)。参加者は20人16グループで、高校生や大学生をはじめ、高校教諭やプラネタリウム職員など多岐にわたる。教室1～2日目は、和歌山大学のクリエの工作室で1mパラボラの製作に取り組んでもらい、16組すべての参加者が各自の1mパラボラを完成させ、銀河面からのHI輝線の受信に成功した。3日目は、会場をみさと天文台へ移し、8m電波望遠鏡の観測デモンストレーショ



図10 左上：1mパラボラ試作中。右上：試作機の完成。下：工作教室当日の様子(2008年11月23日)

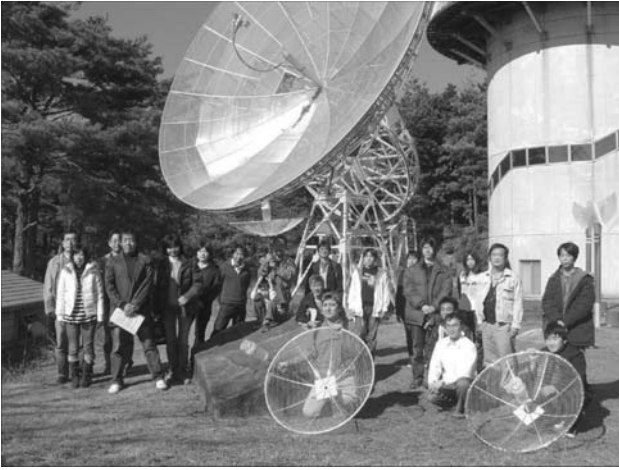


図11 工作教室3日目 みさと天文台にて集合写真
自作1mパラボラと共に (2008年11月25日)

ンの見学を行った。

この工作教室の成果は、その後大きな広がりを見せる。参加者の吉住千亜紀氏は、プラネタリウムを擁する社会教育施設「あすたむらんど徳島」の職員であった。彼女は工作教室の体験をまとめたポスターを製作し、電波望遠鏡ALMA（アルマ）をテーマとした企画展示と併せて自作した1m電波望遠鏡の展示をおこなった(図12参照)。参加者の松村正隆氏(高校3年生)は、その後、みさと天文台にて8m電波望遠鏡を用いた観測実習を行った(3章3節参照)。工作教室にアシスタントとして参加した和歌山大学教育学部富田研究室の4回生3人は、卒業研究のテーマとして電波天文に取り組んだ。また、その後輩も研究を引き継ぎ、次年度の卒業研究として成果をまとめている(3章2節参照)。近畿大学の太田泉氏とその研究室の学生は、1m電波望遠鏡の製作と銀河系のHI観測をテーマとして研究を行った(3章2節参照)。参加者の高校教諭の吉田晃氏は、担当する地学部の研究テーマとしてHI輝線観測を行っている(3章3節参照)。

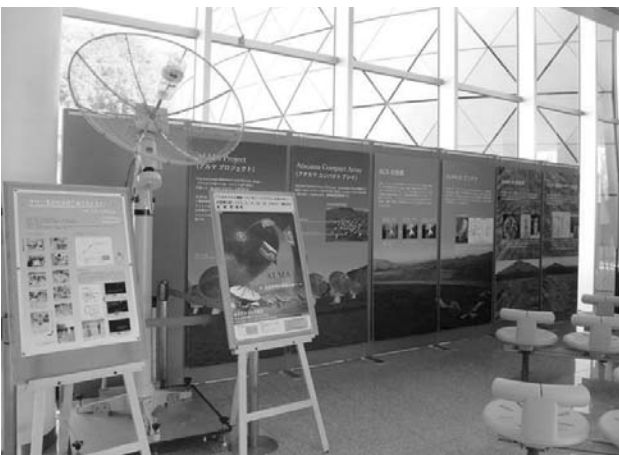


図12 あすたむらんど徳島での展示

3.2 大学生教育

前述の「手作り電波望遠鏡工作教室」に先立ち、和歌山大学学部生の手により直径2mの手作り電波望遠鏡が製作された(図13参照)。これは、1m電波望遠鏡のプロトタイプ望遠鏡としての役目を持つ。製作は、和歌山大学のクリエのプロジェクトのひとつとして行われた。2m電波望遠鏡のパラボラ部分はアルミ材を大学生が手で曲げて作り、駆動部はアマチュア無線で使われるローテーターを用いた。この望遠鏡は、8m電波望遠鏡のプロトタイプ望遠鏡としての役割も担っており、8m電波望遠鏡でのファーストライトを達成するノウハウの蓄積を支えた。また、この望遠鏡は2tトラックに搭載可能のため、高校の出前授業や紀美野町文化センターへ持ち込んでのHI輝線受信デモンストレーションに使用された。また、九州や潮岬に持ち込んでの、成層圏バルーンの地上局受信アンテナとしての成果もあげている([34]参照)。現在は、クリエの1Fロビーに展示されている。

前述「手作り電波望遠鏡工作教室」にアシスタントとして参加した和歌山大学教育学部富田研究室の4回生3人は、2008年度の卒業研究として電波天文に関わ



図13 上:2mパラボラ製作中の学生。下:HI輝線受信試験。

るテーマで、それぞれ以下の研究を行った。比嘉貴子氏は、工作教室で用いたテキストを元に、工作教室に参加しなかった人でも1m望遠鏡が作れる「1m電波望遠鏡手引書」の作成を行った（[43] 参照）。菊池かおり氏は、HI輝線観測データから、我々の銀河系2次元地図作成の解析のプロセスを詳細に解説した手引書「電波望遠鏡で銀河系地図を作ろう!!」の作成を行った（[44] 参照）。宮崎恵氏は、みさと天文台8m電波望遠鏡の基本性能の測定を行った（本稿2章4節、[42] 他参照）。3人のこれらの研究結果は、卒業研究発表会だけではなく、大学生本人によって宇宙カフェ（2009年2月16日開催）や、みさと天文台臨時天文教室（2009年2月15日開催）などの一般を対象としたイベントでも発表された。また、宮崎氏は結果を天文学者のコミュニティである日本天文学会の2009年春季年会（[18] 参照）や、第39回天文天体物理若手夏の学校（[19] 参照）においても発表している。

また、彼らの後輩の和歌山大学教育学部富田研2009年度の4回生2人は、この研究テーマを引き継ぎ、次年度の卒業研究としてまとめた（[48] [49] 参照）。中西千晶氏は、前年度卒業生の作成した1m電波望遠鏡を用いて、実際に天の川からの電波受信を行い、瀧藤

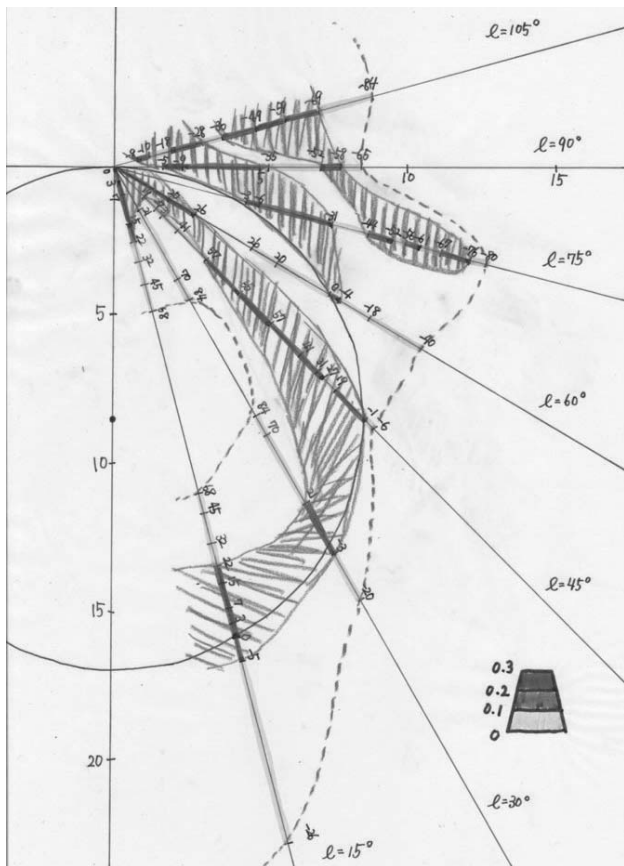


図14 1m電波望遠鏡による銀河系の地図（[48] [49] 参照）

梢氏がそのデータの解釈を試みた。結果として得られた銀河系のHI地図を図14に示す。

他大学との共同研究での大学生教育も行っている。2009年度から2012年度にかけて、近畿大学理工学部理学科物理学コース宇宙物理学実験研究室の大田泉氏の担当する4年生の卒業論文として、1m電波望遠鏡を素材とした研究を行った（[46], [47], [50] - [56] 参照）。初年度の、前述の比嘉氏作成「手引書」を用いた1m電波望遠鏡の製作から始まり、2年目は製作したパラボラの改良を行った。3年目には電波環境の良いみさと天文台に自作1m電波望遠鏡を持ち込んでのHI輝線観測を実施し（図15参照）、4年目は観測データの自動処理ソフトの開発にまで及んだ。

3.3 高校生教育

高校生を対象とした教育活動について、まとめる。

まず、高校の授業の枠組みを用いた出前授業について紹介する。

2006年12月16日、和歌山県立新宮高等学校にて、



図15 近畿大学大田研究室のみさと天文台でのHI輝線観測
上：8m電波望遠鏡と近大学生製作の1m電波望遠鏡。
下：実験風景。（2010年10月10日）

尾久土が講師を務める和歌山大学紀南講座が開講された。この講座ではテーマを電波天文とし、2m電波望遠鏡を持ち込んでのHI輝線受信のデモンストレーションを行った(図16参照)。なお、この高校は日本の電波天文を広めた畑中武夫博士の母校でもある。

2011年10月18日、和歌山県立向陽高等学校にて、佐藤が講師を務めるSSH国際科学交流講座が開講された。これは、スーパーサイエンスハイスクール指定校の取り組みの一環で、向陽高等学校環境科学科1年生及びイギリスのダートフォードグラマースクール生を対象としている。講座では、「バラボラアンテナ入門」と題し、電波天文についての講義を行い、ダイポールアンテナ製作体験を行った。

さらに、高校の科学部などの少人数を対象とした観測実習も行っている。

2007年9月29～30日、西はりま天文台の森本雅樹氏と時政典孝氏、また山口大学の藤沢健太氏の協力の下に、兵庫県立大学附属高等学校と山口県立宇部高等学校の科学部の生徒が、8m電波望遠鏡での観測実習を行った(図17参照)。観測結果は、第10回日本天文学会ジュニアセッション(2008年3月25日開催)にて発表された([39][40]参照)。兵庫県立大学附属高等学校の生徒は銀河面に沿ってのHI輝線観測について、宇部高等学校の生徒は高銀緯分子雲のHI輝線観測の結果について発表を行った。

前節の「手作り電波望遠鏡工作教室」参加者の松村正隆氏は、東京大学教育学部附属中等教育学校6年生であるが、卒業研究のテーマとして電波天文を選んだ。工作教室への参加体験、そしてそのつながりから2008年4月には8m電波望遠鏡を用いた観測実習を行った。これらの結果は、松村氏が取り組んでいる独自の



図16 新宮高等学校での紀南講座(2006年12月16日)



図17 高校生による8m電波観測実習(2007年9月29日)
上: 森本氏による講義。下: 観測室でのHI輝線観測実習

電波望遠鏡作成の顛末も含め、高校の卒業研究としてまとめた([45]参照)。結果、校内選考において優秀な取り組みと認められている。

近畿大学附属和歌山高等学校の教諭の西岡健太郎氏の指導する科学部の生徒が、電波天文に興味を持ち、継続的に宇宙電波観測実習をおこなっている。2013年4月21日には、和歌山大学内に設置された12mアンテナを用いてHI輝線観測を行い、銀河系の回転方向に関する考察を行った。結果を、全国高等学校総合文化祭で発表している([57]参照)。2014年4月23日にも、引き続き12mアンテナを用いた観測を行い、結果発表を行った([59]参照)。ところが、2014年5月のUNIFORM-1衛星の打ち上げ以降は、12mアンテナ

はX-band専用となり、HI用のフィードが取り付けられない。そこで、以降の観測は、みさと天文台8m電波望遠鏡を用いて行っている。8m電波望遠鏡は、12mアンテナに比べ駆動速度が遅く人工衛星の追尾は難しいが、HI輝線専用を開発してきたため、高い鏡面精度を持ち高感度でHI輝線を受信可能である。2014年10月18日には、観測領域を広げたHI輝線観測を行い、結果を和歌山県高等学校生徒科学研究発表会

で発表し、優秀賞に選ばれている ([60] 参照)。また、2015年5月9日の観測結果は、全国高等学校総合文化祭2015で発表している ([61] 参照)。2015年8月2日の観測結果は、HI輝線観測より地球の公転速度を精度良く導出し、和歌山県高等学校生徒科学研究発表会で敢闘賞に選ばれている ([62] [63] 参照)。

前節の「手作り電波望遠鏡工作教室」参加者の高校教諭の吉田晃氏は、工作教室に影響を受け、その後、担当する埼玉県立川越高等学校 (SSH 指定校) 地学部の生徒とともに宇宙電波観測を開始した。独自に自作のパラボラアンテナの製作を行い、得られたHI輝線の観測結果から銀河系の回転速度の測定などを行った。その結果は、第16回日本天文学会ジュニアセッション ([58] 参照) や平成26年度スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会 (2014.8.6-7開催：全国大会) などで発表を行っている。また、2015年12月25～28日の日程で、「和歌山天文学・地質学実習」を実施し、そのカリキュラムのひとつとして、26日にみさと天文台へ来台して8m電波望遠鏡を用いた観測実習を行った (図18参照)。今後、この結果はスーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会などで発表していく予定である。

3.4 SETI 観測

一般を広く対象とした普及活動の新たな切り口として、SETI観測も行っている。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。1960年にアメリカのFrank Drake氏が実施したオズマ計画を初めとし、その後アメリカを中心に観測が継続されている。しかし、SETI観測の問題点として、人間活動に由来する



図18 川越高校生の観測実習 集合写真 (2015年12月26日)



図19 「さざんか計画」リハーサル観測の様子
みさと天文台観望会の時には、観望会参加者に、特別観望会としてスペクトルの観察をもらった

電波との切り分けが難しいという点がある。

そこで、西はりま天文台の鳴沢真也氏により同時SETI観測が提唱された。この観測では、地球上の離れた多地点で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。2009年、鳴沢氏の呼びかけにより、全国同時SETI観測実験「さざんか計画」が計画され、みさと8m電波望遠鏡も参加した。この実験では、2009年3月28日にリハーサル観測を (図19参照)、2009年11月11日～12日に本観測を行った。計画名は、この時期に咲くさざんかの花にちなんで名づけられた。この計画には、日本全国の14台の電波観測アンテナ (8箇所) の施設) と27箇所の光学観測望遠鏡を合せて41の観測装置が参加した (図20参照)。この計画はテレビ番組 (TBS「夢の扉」、NHK「サイエンス・ゼロ」) にも取り上げられた。この観測成果は、鳴沢氏により2010年4月にアストロバイオロジー国際研究会にて発表され ([21]参照)、これがその後の「ドロシー計画」へと繋がる。

日本全国で実施した「さざんか計画」を、全世界へと広げた実験が世界合同SETI「ドロシー計画」である。プロジェクトマネージャーを務める鳴沢氏の下、2010年11月より開始した。これは、ちょうどオズマ計画の50周年記念にもあたる。我々は、2011年11月に実施されたドロシー計画第4回実験に、12mアンテナで参加した。この回は、2010年11月16日に急逝された森本雅樹氏 (森本おじさんの通称で親しまれる) を偲んで計画された。森本おじさんは日本のSETI研究 (のみならず、日本の電波天文) に多大な業績を残した研究者で、8m電波望遠鏡の立ち上げにも多大な

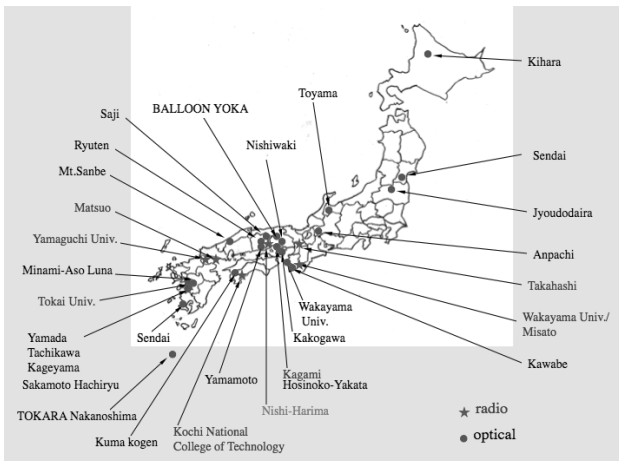


図20 全国同時SETI観測「さざんか計画」参加施設¹⁰⁾

協力を頂いている。2011年10月31日鳴沢氏来学に合わせてリハーサル観測を行い、2011年11月16日に本番観測を行った ([25]参照)。

一方で、九州東海大学藤下光身氏により銀河中心を対象としたSETI観測が提唱された。これは、銀河中心のごく近傍で発見された巨大分子ガス雲G2に端を発す¹¹⁾。このG2が銀河中心の大質量ブラックホールに落下する時、多周波にわたって増光する事が予測された¹²⁾。この増光を観測する他の知的生命に向けて送信される電波を捕えるために、銀河中心を継続的に観測するという手法である。このアイデアは、2013年に熊本で開催された国際研究会 (ICICIC2013) で発表された ([26]参照)。実際の観測では、コア観測期間が2013年7月1日～5日に設定され、和歌山では悪天候により、7月1, 2, 5日の3日間のみ参加となった。和歌山大学は12mアンテナでの参加となる。なお、この観測実験は、「ドロシー計画」の第5回実験としても扱われる。

その後、和歌山大学でのみG2の増光を狙って2013年8月8日、9月5日、12月1日の3回、12mアンテナを用いてひっそりと継続的な銀河中心の観測を行った。しかし、2014年にUNIFORM-1衛星が打ち上げられた以降は、12mアンテナは衛星運用で占有されており、以降のSETI観測は出来ていない。なお、G2については、落下時期が予測より遅れ、また巨大質量星であったとの観測結果もある。

3.5 その他の教育普及活動

本節では、8m電波望遠鏡だけではなく、12mアンテナも含めた、その他の電波天文教育普及活動の取り

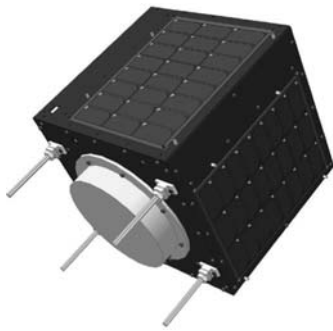


図21 宇宙カフェ「宇宙と私」(2011年1月17日) 和歌山大学まちかどサテライトにて

組みを紹介する。

一般を対象として開催される宇宙カフェにおいて、電波天文のテーマを扱った。宇宙カフェの目的は、宇宙関連の研究を行っている専門家と一般市民とが、宇宙に関する話題について飲み物を片手に気軽に語り合う、コミュニケーションの場を提供することである。2011年1月17日の最初の宇宙カフェ「宇宙と私」では、佐藤が講師の一人として参加し電波天文の話をした(図21参照)。その後も、2011年8月22日の宇宙カフェで「12mパラボリアンテナのみる宇宙」(ナビゲーター：佐藤)や、2012年11月19日の宇宙カフェ「和歌山パラボリアンテナ徒然草紙」(ナビゲーター：佐藤)で電波天文の話をしている。2013年10月31日の宇宙カフェ「SETIって知ってますか?」では、参加者がナビゲーターの佐藤とともにドレークの方程式に挑戦した。また、2014年12月26日の宇宙カフェ「南米チリのアルマ望遠鏡を見てきました!」では、和歌山大学観光学部の吉住千亜紀氏がナビゲーターを務め、佐藤が助っ人として参加した。

衛星の受信を通しての大学生教育も行っている。2010年5月に打ち上げた、UNITEC-1衛星¹³⁾の受信を試みた。UNITEC-1衛星は、大学宇宙工学コンソーシアム (UNISEC) の開発した深宇宙衛星で、金星探査衛星「あかつき」の相乗り衛星として打ち上げられ、金星を目指す(図22参照)。愛称を「しんえん」と言う。打ち上げは、延期の結果2010年5月21日であった。この「しんえん」の地上局として、みさと天文台8m電波望遠鏡が利用された。打ち上げ前準備および打上後の運用は、和歌山大学と大阪府立大学の大学生が協力して行った。また、8m電波望遠鏡のポインティング補正ソフトは、和歌山大学の学生が開発したものを



サイズ：35cm四方の立方体
重量：約20kg

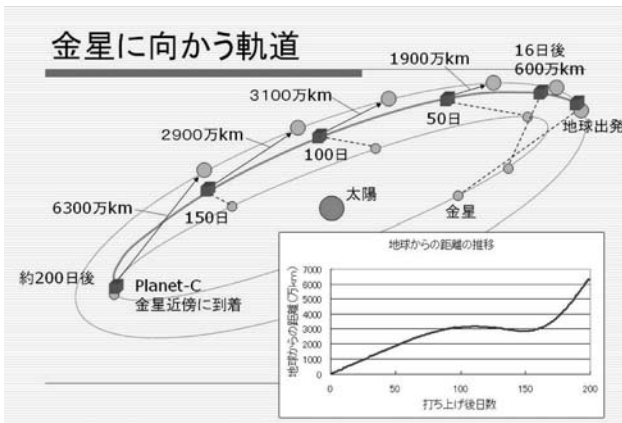


図22 深宇宙衛星 UNITEC-1について⁸⁾
上：衛星仕様。下：予定軌道

使用した。結果、打上初日の信号受信に成功した(図23, [22]参照)。このUNITEC-1衛星受信の実績が、その後の超小型衛星UNIOFRM-1の地上局の開発へとつながっている。

大学生を対象とした取り組みとして、和歌山大学の平成23年度後期の教養科目「宇宙プロジェクトマネジメント入門」のコースの一つとして、佐藤が講師を務める、パラボラを用いた宇宙教育活動を行った([36]参照)。少人数を対象とする実践型授業のため、本コース選択者は経済学部とシステム工学部からの計3人で



図23 UNITEC-1衛星受信観測時の観測室内の様子

あった。2011年10月31日には、この授業の一部として、日本の第一線SETI研究者である西はりま天文台鳴沢真也氏を招いての招待講演授業も行った。

中高生を対象とした単発イベントとして、2012年3月26日に開催された、中学生・高校生のための「宇宙まるまる体験講座」がある。和歌山大学のキャンパスに設置された宇宙・天文に関する設備を利用し、実習を中心とし、幅広く宇宙に触れることができる機会を提供するイベントである。この中に、12mパラボラアンテナによる電波観測体験が盛り込まれた。

小学生を対象とした教育活動として、2012年8月26日に開催したARISSスクールコンタクトがある。ARISS (Amateur Radio on the ISS) とは、アマチュア無線を利用して、ISS (International Space Station : 国際宇宙ステーション) に滞在する宇宙飛行士と子供たちが交信するNASAの教育プロジェクトである。和歌山在住のアマチュア無線家であるJA3CF岩崎好宏氏の呼びかけで行われた。参加小学生は、事前にアマチュア無線やISSについての講義を受ける(図24参照)。交信当日は、無線の資格を持つ佐藤がコントロールオペレータを務め、当時ISSに搭乗していた星出彰



図24 ARISSスクールコンタクト事前講義 尾久土による



図25 ARISSスクールコンタクト交信の様子

彦宇宙飛行士と和歌山市内の小学生20名が日本語で交信を行った^{14,15)}(図25参照)。アンテナは12mパラボラアンテナの焦点部に八木アンテナを設置したものを使用し、屋外での交信を行った。

上記以外にも、8m電波望遠鏡は、公開天文台の庭に設置されており、解説の看板や職員の解説にて、日々の来園者に電波天文の教育普及を行っている。また、12mアンテナはオープンキャンパスや公開体験学習会等の和歌山大学でのイベントにおいて宇宙関連の展覧や、高校生による大学見学のコースとしても取り入れられており、日々、解説や駆動デモンストレーションを行っている。

4. まとめ

みさと天文台8m電波望遠鏡の改修プロジェクトがスタートして10年を迎える。これまでの電波天文に関する教育普及活動を総括した。

謝辞

本研究は、和歌山大学のオンリーワン創成プロジェクト経費(平成17-18年度, 尾久土 他), 国立天文台大学支援経費(平成17年度, 富田 他), 科学研究費補助金 基盤C(平成17-18年度, 石塚 他), 和歌山大学教育研究資金(平成18年度, 尾久土 他), 国立天文台受託研究費(平成18年度, 佐藤 他), 和歌山大学のオンリーワン創成プロジェクト経費(平成19-20年度, 尾久土 他), JST地域科学技術理解増進活動推進事業 機関活動支援(平成19年度, 尾久土 他), 和歌山大学のオンリーワン創成プロジェクト経費(平成21-22年度, 尾久土 他), 科学研究費補助金 若手B(平成22-23年度, 佐藤), 文部科学省超小型衛星研究開発事業(平成22-26年度, 秋山 他), 和歌山の山本化学工業様からのご寄付, の支援を受けて行われた。

また, 本事業遂行にあたりご協力頂いた皆様に深い感謝の意を表します。

参考文献

- 1) みさと天文台, みさと天文台機関誌「Mpc」, No. 118, 2005.10
- 2) K. Kai, M. Sawa, Y. Shiomi, S. Aiba, H. Sekiguchi, N. Shibuya, T. Kosugi and, H. Nakajima, "Nobeyama Radiospectrographs for Solar Observations", Publications

- of the Astronomical Society of Japan, 32, pp. 371 - 376 (1980)
- 3) J. H. Oort, F. J. Kerr, and G. Westerhout, "The galactic system as a spiral nebula", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 118, pp.379 - 389 (1958)
- 4) Gart Westerhout, "A survey of the continuous radiation from the Galactic System at a frequency of 1390 MHz", Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands, vol.14, pp. 215-261 (1958)
- 5) みさと天文台, みさと天文台機関誌「Mpc」, No. 128, 2006.08
- 6) みさと天文台, みさと天文台機関誌「Mpc」, No. 134, 2007.02
- 7) みさと天文台友の会, みさと天文台機関誌「Mpc」, No. 6, 2007.12
- 8) みさと天文台友の会, みさと天文台機関誌「Mpc」, No. 93, 2015.03
- 9) 国立天文台編, 「平成23年度理科年表」, 2010.11.26, p.162
- 10) 鳴沢真也氏のSETI観測情報のHP
<http://www.nhao.jp/~narusawa/oseti/narusawa-seti-j.html>
- 11) S. Gillessen, R. Genzel, T. K. Fritz, E. Quataert, C. Alig, A. Burkert, J. Cuadra, F. Eisenhauer, O. Pfuhl, K. Dodds-Eden, C. F. Gammie & T. Ott, "A gas cloud on its way towards the supermassive black hole at the Galactic Centre", Nature, 481, pp. 51-54 (2012)
- 12) Takayuki R.Saitoh, Junichiro Makino, Yoshiharu Asaki, Junichi Baba, Shinya Komugi, Makoto Miyoshi, Tohru Nagao, Masaaki Takahashi, Takaaki Takeda, Masato Tsuboi, & Ken-ichi Wakamatsu, "Flaring up of the Compact Cloud G2 during the Close Encounter with Sgr A*", PASJ, Vol. 66, No. 1, pp. 1-9 (2014)
- 13) UNITEC-1衛星のHP
<http://www.unisec.jp/unitec-1/ja/top.html>
- 14) JARLのHPに掲載された岩崎好宏氏のレポート
http://www.jarl.org/Japanese/2_Joho/News2012/2012_news-8.htm
- 15) JAMSATのHPに掲載された岸裏一起氏のレポート
<http://www.jamsat.or.jp/event/12wakayamaariss/wakayama-ariss.html>

表2 主な国内および国外での研究発表

- [1] 佐藤奈穂子, 西端一憲, 尾久土正己, 富田晃彦, 石塚互, 豊増伸治, 下代博之, 市川雄一, 藤沢健太, 祖父江義明, 半田利弘, 戎崎俊一, 佐藤文隆「野辺山動スペクトル計の 21cm (HI)用望遠鏡としての再生」, 日本天文学会 2006 年春季年会, Post-deadline Papers Z01 (ポスター), 2006.3.27-29
- [2] 佐藤奈穂子, 西端一憲, 尾久土正己, 富田晃彦, 石塚互, 佐藤敏行, 豊増伸治, 下代博之, 市川雄一, 藤沢健太, 祖父江義明, 半田利弘, 戎崎俊一, 佐藤文隆「野辺山動スペクトル計の 21cm (HI)用望遠鏡としての再生 II」, 日本天文学会 2006 年秋季年会, 地上観測機器 V05b, 2006.9.19-21
- [3] 佐藤奈穂子, 西端一憲, 尾久土正己, 富田晃彦, 石塚互, 佐藤敏行, 豊増伸治, 下代博之, 市川雄一, 藤沢健太, 祖父江義明, 半田利弘, 戎崎俊一, 佐藤文隆「野辺山動スペクトル計の 21 cm (HI) 用望遠鏡としての再生」, 第 24 回 NRO ユーザーズ・ミーティング, 2006.09.11
- [4] 尾久土正己, 佐藤奈穂子, 富田晃彦, 石塚互「HI 観測用電波望遠鏡の開発とそのスペクトルを使った教育実践」, 第 12 回 天体スペクトル研究会, 2007.02.24, 大阪市立科学館
- [5] 佐藤奈穂子「みさと天文台 8 m電波望遠鏡を用いた銀河系からの HI 輝線観測」, 第 49 回 人工知能学会 先進的学習科学と工学研究会, 2007.3.18
- [6] 佐藤奈穂子, 尾久土正己, 富田晃彦, 石塚互, 佐藤敏行, 豊増伸治, 下代博之, 市川雄一, 藤沢健太, 祖父江義明, 半田利弘, 戎崎俊一, 佐藤文隆「野辺山動スペクトル計の HI 望遠鏡への改修とその初期成果」, 日本天文学会 2007 年春季年会, 地上観測機器 V58b, 2007.3.28-30
- [7] 尾久土正己, 佐藤奈穂子, 佐藤敏行, 塩川貴之, 近多健輔, 富田晃彦, 石塚互, 藤沢健太「学生による 2 m電波望遠鏡の製作と高校での教育実践」, 日本天文学会 2007 年春季年会, 天文教育・その他 Y27b, 2007.3.28-30
- [8] N. Sato, M. Okyudo, A. Tomita, W. Ishizuka, M. Soga, and 14 peoples, "Development of a Galaxy HI observation system for the 8m radio telescope at Misato Observatory", Global Hands-On Universe Conference 2007, Resources and Networks C10, 2007.7.14
- [9] 佐藤奈穂子, 尾久土正己, 富田晃彦, 石塚互, 曾我真人, 矢動丸泰, 豊増伸治, 小澤友彦, 佐藤文隆, 下代博之, 市川雄一, 矢治健太郎, 半田利弘, 戎崎俊一, 藤沢健太, 祖父江義明, 阪本成一, 中西裕之, 縣秀彦「和歌山大学の現状と展望 - 野辺山動スペクトル計の 21 cm (HI) 用望遠鏡としての再生 II -」, 第 25 回 NRO ユーザーズ・ミーティング, 2007.08.02, 野辺山宇宙電波観測所
- [10] N. Sato, M. Okyudo, A. Tomita, S. Toyomasu, "Educational activities for radio astronomy using the Misato 8m radio telescope in Wakayama", 7th East Asian Meeting on Astronomy, Session VI, 2007.10.12.
- [11] 佐藤奈穂子, 尾久土正己, 富田晃彦, 石塚互, 曾我真人, 矢動丸泰, 豊増伸治, 小澤友彦, 下代博之「みさと 8m 電波望遠鏡を用いた SETI 観測の可能性」, SETI 研究会(第 16 回 西はりま天文台ワークショップ), 2007.11.3-4 (ポスター)
- [12] 佐藤奈穂子, 尾久土正己, 富田晃彦, 石塚互, 曾我真人, 矢動丸泰, 豊増伸治, 小澤友彦「電波望遠鏡を用いた科学教育」, 平成 19 年度日本理科教育学会近畿支部集会, P18 (ポスター), 2007.12.08, 和歌山大学教育学部附属中学校
- [13] 尾久土正己, 佐藤奈穂子, 藤垣元治, 富田晃彦, 藤沢健太, 下代博之, 小澤友彦, 吉住千亜紀「市民を対象にした電波望遠鏡工作教室」, 日本天文学会 2008 年春季年会, 天文教育・その他 Y07b, 2008.3.24-27
- [14] N. Sato, M. Okyudo, A. Tomita, W. Ishizuka, M. Soga, and 14 people, "Development of a Galaxy HI observation system for the 8m radio telescope at Misato Observatory II", Global Hands-On Universe Conference 2008, 'Telescopes, Astronomical Databases and Internet Tools for Education', 2008.7.21
- [15] 佐藤奈穂子, 尾久土正己, 富田晃彦, 石塚互, 曾我真人, 藤垣元治, 矢動丸泰, 豊増伸治, 小澤友彦, 下代博之「みさと 8 m電波望遠鏡」, 日本天文学会 2008 年秋季年会, 中小口径望遠鏡による天文学 A54c (ポスター), 2008.9.11-13
- [16] 佐藤奈穂子, 宮崎恵, 比嘉貴子, 菊池かおり, 「和歌山大学における電波望遠鏡 成果報告」, 第 2 回宇宙カフェ (共同研究成果報告会&宇宙プロジェクト発表会 / 115 回わかてん会合 / 第 2 回 NewEar 研究会), 2009.2.16

- [17] 佐藤奈穂子, 菊池かおり, 比嘉貴子, 宮崎恵, 富田晃彦, 尾久土正己, 小澤友彦「手作 1 m 電波望遠鏡製作とデータ解析の手引書」, 日本天文学会 2009 年春季年会, 天文教育・その他 Y18c (ポスター), 2009.3.24-27
- [18] 宮崎恵, 富田晃彦, 佐藤奈穂子, 尾久土正己, 下代博之, 矢動丸泰, 豊増伸治, 小澤友彦, 和歌山大学宇宙教育研究ネットワーク (NewEar) 「みさと 8 m 電波望遠鏡性能評価」, 日本天文学会 2009 年春季年会, 地上観測機器 V31c (ポスター), 2009. 3.24-27
- [19] 宮崎恵, 富田晃彦, 佐藤奈穂子, 尾久土正己, 下代博之, 矢動丸泰, 豊増伸治, 小澤友彦, 和歌山大学宇宙教育研究ネットワーク (NewEar) 「みさと 8 m 電波望遠鏡性能評価」, 2009 年度 第 39 回天文天体物理若手夏の学校, 観測機器分科会 07b, 2009.7. 28.
- [20] 佐藤奈穂子, 尾久土正己, 富田晃彦, 宮崎恵, 豊増伸治「みさと 8 m 電波望遠鏡の現状報告と今後の計画」, 日本天文学会 2010 年春季年会, 天文教育・その他 Y25c (ポスター), 2010.3.24-27
- [21] S. Narusawa, M. Fujishita and Team SAZANKA, "Project SAZANKA; The Multi-site and Multi-frequency Simultaneous SETI Observation in Japan", the Astrobiology Science Conference 2010, 2010.4.29
- [22] 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, 宇宙教育とアウトリーチ 3E08, 2010.11.19
- [23] 尾久土正己, 佐藤奈穂子, 吉住千亜紀, 富田晃彦「和歌山大学宇宙教育研究所 (IFES) と各学部での天文教育」, 天文教育普及研究会 近畿支部会, 2011.11.27
- [24] 佐藤奈穂子「和歌山大学 12m アンテナの紹介」, JAMSAT シンポジウム 2012, 2012.3.10
- [25] Narusawa S., Harp G. R., Siemion A., Vakoch D., Fujishita M., Team Project Dorothy, Team Serendip, Team SETI@home, and Team Kepler@GBT, "Project Dorothy : the 50th anniversary of Project OZMA, Worldwide Joint SETI Observation", Astrobiology Science Conference 2012, Societal Impact of Discovering Extraterrestrial Life Posters, 2012.4.7. Atlanta
- [26] Mitsumi Fujishita, Atsushi Iwashita, Naoko Sato, Masachika Kijima, Masami Okyudo, Takahiro Nakamura, Kento Iwamitsu, Takanori Yoshida and Haruki Sato, "A New Approach to Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI): Monitoring with the Expected Flare-up of the Galactic Center", ICICIC2013(International Conference on Innovative Computing and Information and Controls) Signal Processing, 2013.9.16, Kumamoto
- [27] Naoko SATO, Masami OKYUDO, Akihiko TOMITA, Hiroyuki GESHIRO, Sinji TOYOMASU, Tomohiko OZAWA, Masachika A.KIJIMA, "Outreach activities of radio astronomy and Development of radio telescopes for the public in Wakayama University", Communicating Astronomy with the Public 2013(CAP), Posters, 2013.10.14-18

表3 成果が掲載された主な学術雑誌や収録等

- [28] 尾久土正己, 佐藤奈穂子, 富田晃彦, 石塚互, 曾我真人, 矢動丸泰, 豊増伸治, 小澤友彦, 佐藤文隆「8 m 電波望遠鏡の改修と波長 21cm 電波輝線による銀河系の中性水素 (HI) の観測」, 和歌山大学オンリー・ワン創成プロジェクト報告書 2007
- [29] 尾久土正己, 佐藤奈穂子, 藤沢健太, 富田晃彦, 石塚互, 佐藤敏行, 塩川貴之, 近多健輔, 雪谷俊之, 半田利弘「中性水素 21cm 輝線用の小型電波望遠鏡の製作と高校での天の川の観測実習」, 地学教育, Vol. 60, No. 5, pp.171-178, 2007.9. (査読あり)
- [30] N. Sato, M. Okyudo, A. Tomita, W. Ishizuka, M. Soga, T. Yadomaru, S. Toyomasu, T. Ozawa, F. Sato, H. Geshiro, Y. Ichikawa, K. Yaji, T. Handa, T. Ebisuzaki, K. Fujisawa, Y. Sofue, H. Nakanishi, S. Sakamoto and H. Agata, "Development of a Galaxy HI observation system for the 8m radio telescope at Misato Observatory", Proc. of Global Hands-On Universe Conference 2007 (eds., T. Handa and M. Okyudo), pp.89 - 93, 2008.7.
- [31] 佐藤奈穂子, 尾久土正己, 富田晃彦, 石塚互, 曾我真人, 矢動丸泰, 豊増伸治, 小澤友彦, 下代博之「みさと 8 m 電波望遠鏡を用いた SETI 観測の可能性」, 第 16 回西はりま天文台ワークショップ「SETI 研究会」

収録, p.70, 2008.3.

- [32] 尾久土正己, 佐藤奈穂子, 富田晃彦, 石塚互, 曾我真人, 矢動丸泰, 豊増伸治, 小澤友彦, 佐藤文隆「8m 電波望遠鏡の改修と波長 21cm 電波輝線による銀河系の中性水素 (HI) の観測 (II)」, 和歌山大学オンリー・ワン創成プロジェクト報告書 2009
- [33] 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, 収録, 2010.11
- [34] 尾久土正己, 佐藤奈穂子, 吉住千亜紀, 秋山演亮, 藤垣元治, 曾我真人, 石塚互, 富田晃彦, 中串孝志, 萩原文恵「成層圏バルーンを使ったリモートセンシング」, 和歌山大学オンリー・ワン創成プロジェクト報告書 2011
- [35] 尾久土正己, 佐藤奈穂子, 吉住千亜紀, 富田晃彦「和歌山大学 宇宙教育研究所と各学部での天文教育」, 天文教育 2012 年 1 月号 (Vol.24 No.1)
- [36] 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 第 1 号, pp. 23-27, 2012.3
- [37] 佐藤奈穂子「CAP2013 への参加報告」, 和歌山大学宇宙教育研究所紀要 第 2 号, pp.75-78, 2014.3
- [38] Mitsumi Fujishita, Atsushi Iwashita, Naoko Sato, Masachika Kijima, Masami Okyudo, Takahiro Nakamura, Kento Iwamitsu, Takanori Yoshida and Haruki Sato, "A New Approach to Search for Extra-Terrestrial Intelligence (SETI) Monitoring with the Expected Flare-Up of the Galactic Center", ICIC Express Letters, Volume 8, Issue 4, pp.1007-1011, 2014.4

表4 本研究より派生した高校生・大学生の研究発表

- [39] 國安正志, 矢野航裕, 寺尾瞭汰, 古濱潤一 (宇部高等学校) 「高銀緯分子雲複合体 MBM53.54.55 領域周辺の HI 輝線観測」, 第 10 回日本天文学会ジュニアセッション, セッション 9,40, 2008.3.25
- [40] 川口夏樹, 中根修平 (兵庫県立大学附属高校) 「私たちの銀河を知るために～天の川銀河の回転速度の計測～」, 第 10 回日本天文学会ジュニアセッション, セッション 10,43, 2008.3.25
- [41] 宮崎恵, 比嘉貴子, 菊池かおり「和歌山大学生による研究紹介」, みさと天文台臨時天文教室, 2009.2.15
- [42] 宮崎恵「みさと 8 m 電波望遠鏡の性能評価」, 2008 年度和歌山大学教育学部 地学教室卒業研究発表会及び卒業論文, 2009.2.28
- [43] 比嘉貴子「1m 電波望遠鏡手引書の開発」, 2008 年度和歌山大学教育学部 地学教室卒業研究発表会及び卒業論文, 2009.2.28
- [44] 菊池かおり「電波による銀河系地図作製」, 2008 年度和歌山大学教育学部 地学教室卒業研究発表会及び卒業論文, 2009.2.28
- [45] 松村正隆「電波で見る宇宙 ～電波望遠鏡の自作と運用～」, 東京大学教育学部附属中等教育学校 58 回生卒業研究, 2009.3.
- [46] 法貴真顕「天体観測のためのアンテナの製作および観測」, 平成 21 年度近畿大学理工学部理学科 宇宙物理学実験 卒業研究発表会, 2010.2.16
- [47] 工藤国土「21 cm 線による銀河地図の作成」, 平成 21 年度近畿大学理工学部理学科 宇宙物理学実験 卒業研究発表会, 2010.2.16
- [48] 中西千晶「1m パラボラ電波望遠鏡：天の川からの電波受信法」, 2009 年度和歌山大学教育学部 地学教室卒業研究発表会及び卒業論文, 2010.2.27
- [49] 瀧藤梢「1 m パラボラ電波望遠鏡：天の川の地図作りを目指した観測」, 2009 年度和歌山大学教育学部 地学教室卒業研究発表会及び卒業論文, 2010.2.27
- [50] 安原直人「口径 1m 電波望遠鏡による銀河観測 1」, 平成 22 年度近畿大学理工学部理学科 宇宙物理学実験 卒業研究発表会, 2011.2.5
- [51] 中谷倫哉「口径 1m 電波望遠鏡による銀河観測 2」, 平成 22 年度近畿大学理工学部理学科 宇宙物理学実

験 卒業研究発表会, 2011.2.5

- [52] 廣瀬貴之「口径 1m 電波望遠鏡の変形とその効果」, 平成 22 年度近畿大学理工学部理学科 宇宙物理学実験 卒業研究発表会, 2011.2.5
- [53] 二石領「口径 1m 電波望遠鏡を用いた波長 21cm 電波の観測 1」, 平成 23 年度近畿大学理工学部理学科 宇宙物理学実験 卒業研究発表会, 2012.2.4
- [54] 酒井大輔「口径 1m 電波望遠鏡を用いた波長 21cm 電波の観測 2」, 平成 23 年度近畿大学理工学部理学科 宇宙物理学実験 卒業研究発表会, 2012.2.4
- [55] 松下晃佳「口径 1m 電波望遠鏡による 21 cm 線観測」, 平成 24 年度近畿大学理工学部理学科 宇宙物理学実験 卒業研究発表会, 2013.2.7
- [56] 大谷晃平「私たちの銀河に存在する中性水素が発する波長 21cm の電波の強度分布図の作成」, 平成 24 年度近畿大学理工学部理学科 宇宙物理学実験 卒業研究発表会, 2013.2.7
- [57] 鐵本修士, 水原慶一, 室谷拓海 (近畿大学附属和歌山高等学校)「和歌山大学 12m 電波望遠鏡による天の川観測」, 第 37 回全国高等学校総合文化祭長崎しおかぜ総文祭 2013 自然科学部門 発表論文集, pp.206-207, 2013
- [58] 早川和志, 阿部雄一, 加山新, 西田良輔, 金綱宏樹, 菊池駿太(埼玉県立川越高等学校)「銀河系はどちら回りか～中性水素 21cm の観測～」, 第 16 回日本天文学会ジュニアセッション, 2014. 3. 22
- [59] 引地将大, 洞光諒(近畿大学附属和歌山高等学校)「和歌山大学 12m 電波望遠鏡による天の川観測その 2」, 第 38 回全国高等学校総合文化祭いばらき総文祭 2014 自然科学部門 発表論文集, pp.244-245, 2014
- [60] 引地将大(近畿大学附属和歌山高等学校)「電波望遠鏡による天の川観測その 3」, 和歌山県高等学校文化連盟自然科学部会 第 2 回県高総文祭 発表論文集(平成 26 年度), pp.14-15, 2015.1
- [61] 山田直哉, 中村真, 矢野航規, 引地将大「電波望遠鏡による天の川観測その 4」, 第 39 回全国高等学校総合文化祭 2015 滋賀びわこ総文 自然科学部門 発表論文集, pp.245-255, 2015
- [62] 山田直哉, 中村真(近畿大学附属和歌山高等学校)「和歌山大学電波望遠鏡を利用した天の川観測 その 5」, 和歌山県高等学校文化連盟自然科学部会 第 3 回県高総文祭 発表論文集(平成 27 年度), pp.32-33, 2016.1
- [63] 山田直哉, 中村真(近畿大学附属和歌山高等学校)「電波望遠鏡を利用した地球 - 太陽間の距離の測定」, 和歌山県高等学校文化連盟自然科学部会 第 3 回県高総文祭 発表論文集(平成 27 年度), pp.34-35, 2016.1
-