

アルマーの冒険



千里奈央
(せんり・なお)

蒼天高校の2年生。星空や宇宙が大好き。将来の夢は天文学者になること。天文部の春合宿中に、ひょんなことから「アルマー」や「いざよい」と出会い、ともに電波宇宙の危機を救うとされる「グランドアルマーの宝剣」を探す冒険の旅に出る。

第08回

高校生たちが作る太陽電波干渉計

～長野県駒ヶ根工業高校訪問記～

連載第07回は外伝として「日本の電波天文学のはじまり～戦時中の謎の大型パラボラアンテナを追って～」をお送りしました。今回は本編に戻って、蒼天高校天文部メンバーたちが、数々の電波望遠鏡の自作を行っている長野県駒ヶ根工業高校を訪問します。

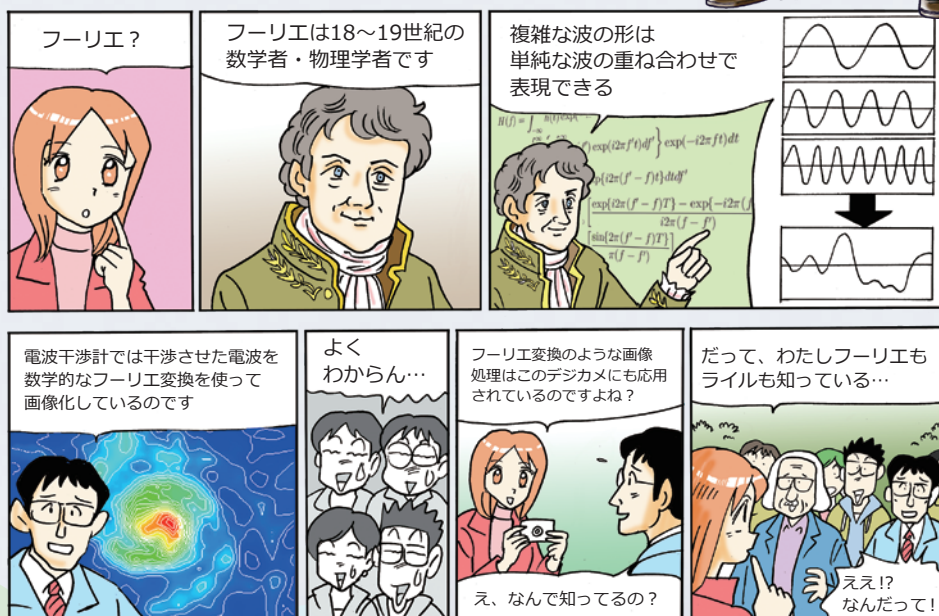
★前々号・第06回

「電波天文学の歴史02」

までのあらすじ

蒼天高校天文部のメンバーたちは、野辺山宇宙電波観測所で石黒正人先生やスタッフから電波観測の歴史を学ぶことに。しかし、電波干渉計ではライルがフーリエ変換を利用して電波画像を作っているという説明を聞いた奈央が、ライルやフーリエに出会ったことがあるように話し出した。いざよいは、千里一族が持つ特別な能力のさらなる覚悟を感じたが、事態は意外な方向へと…。

(※右のまんがは第06回の最後のシーンです)



アルマー (ALMAr)

電波宇宙から可視光宇宙へやってきたこどもの竜。電波宇宙に危機をもたらす謎の妨害電波「ジャミング」を浴びて意識が遠のくが、そこに9つの頭をもつ巨大な竜が現れて「電波宇宙を守るために、グランドアルマーの宝剣を探せ」と告げられ、気がつくやうに野辺山高原の草むらに倒れていた。



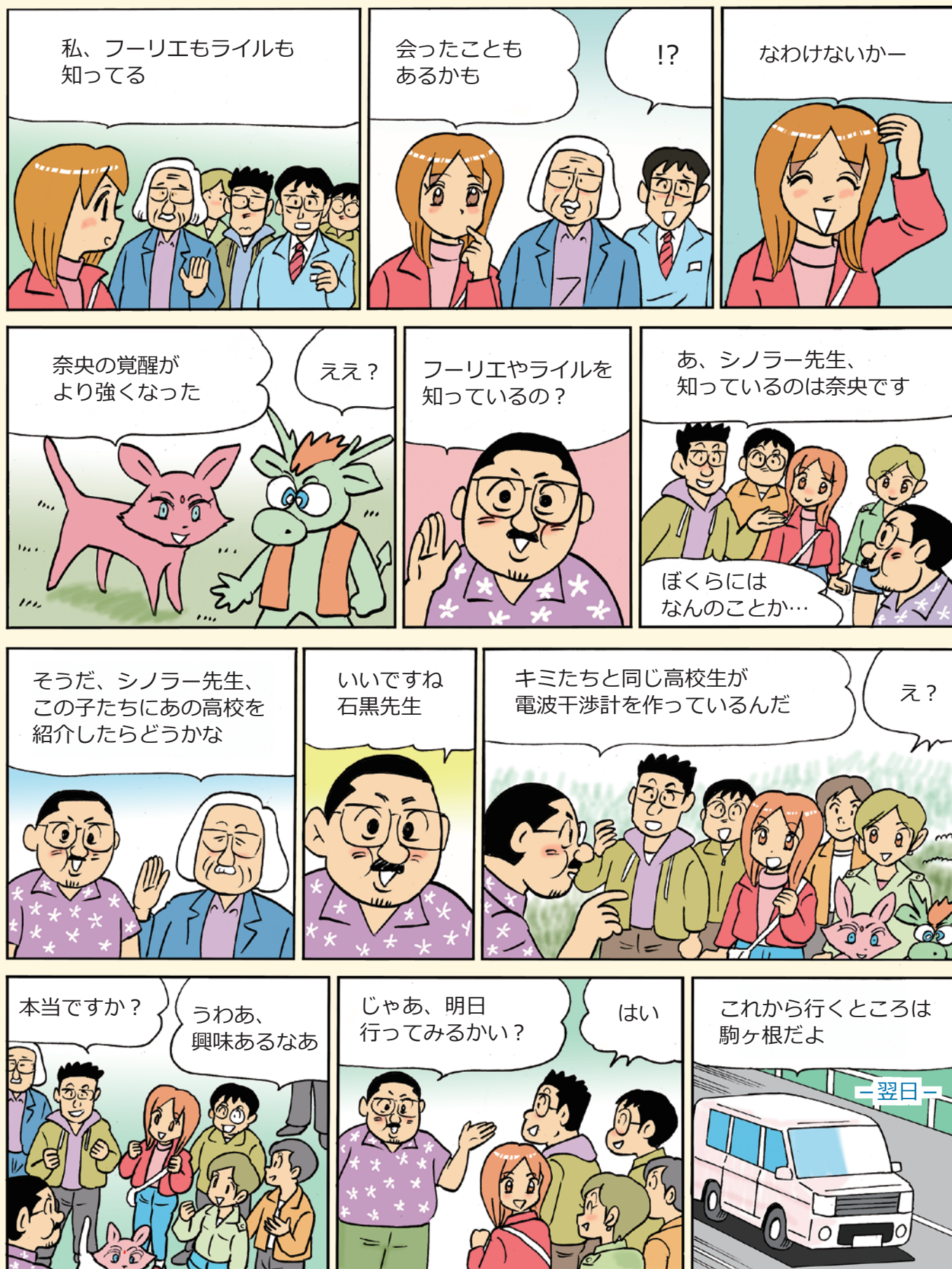
いざよい (十六夜)

奈央とアルマーの前に現れた謎のメスネコ。可視光と電波の世界を見わける特殊能力の持ち主。電波宇宙や可視光宇宙について豊富な知識を持ち合わせている。どうやら、アルマーの過去を知り、電波宇宙の危機の原因やグランドアルマーの宝剣のありかを知っているようなのだが……。



駒ヶ根工業高校情報技術科棟屋上に構築中の太陽電波干渉計。現状は、東西と南北に設置された2組のレールに1.2mパラボラアンテナ2基が搭載されているが、完成時には4基が並ぶという。取材日はあいにくの雨模様だったが、「晴れると山並みがきれいなんですよ」と教えていただいた。

第8-1章 高校生が太陽電波望遠鏡を作っている?! 冒険



太陽電波観測をはじめた高校生たち

創立50周年記念事業として、太陽電波望遠鏡を製作して観測を続ける工業高校がありました。

●工業高校生が作る電波望遠鏡

南アルプスと中央アルプスの間、天竜川沿いに発展してきた長野県上伊那地域。8つの市町村を擁していますが、なかでも駒ヶ根市はその名の通り木曽駒ヶ岳の麓に位置し、中央アルプスへの登山口としてよく知られています。かつては、自然が豊かな土地柄を活かして酪農などの農業が盛んでしたが、現代では電子機器や精密機械などを扱う企業が数多くあります。また、食品関係の工場も増えてきています。そんな駒ヶ根市に「ものづくりを通じた人づくり」をモットーに教育へ取り組む長野県駒ヶ根工業高等学校（以下、駒ヶ根工業高校と記す）があります。2018年で創立55年という歴史ある長野県立の工業高校です。機械科、電気科、情報技術科の3つの学科を持ち、地元はもちろん各地で「ものづくり」に携わる多くの卒業生を輩出してきました。

駒ヶ根工業高校では、5年前の2013年に創立50周年の記念事業として、なんと電波望遠鏡の製作に挑戦し、太陽電波の観測を続けているというのです。さらに現在は、その経験を活かして太陽電波干渉計の製作を進めているそうです。高校生たちが作る電波干渉計とは一体どのようなものなのか、実際に現地を訪ね、見学させていただくことにしました。



図01 南アルプスと中央アルプスを望む自然豊かな地域にある駒ヶ根工業高校。校舎正面玄関前には太陽電波望遠鏡が堂々と建っている。4素子の太陽電波干渉計は、左後ろの情報技術科棟の屋上に設置が進行中。

●総文祭でも活躍したサイエンス同好会

太陽電波干渉計に取り組んでいるのはサイエンス同好会のみなさんです。日本天文学会の年会でされるジュニアセッションにも参加して発表するなど、外に向けての活動も積極的に行っていて、高い評価を得ています。

また、文化系クラブ活動のインターハイ（全国高等学校総合体育大会）ともいえる全国高等学校総合文化祭（以下、総文祭と記す）の自然科学部門でも発表を行っています。総文祭は、演劇、吹奏楽、写真、囲碁、文芸など、19部門が設定されていて、毎年夏に全国の代表校が集まり、発表会や展示会などを行うというものです。今年で42回目となりますが、自然科学部門は2011年の第35回に新設されたもので、これからの展開が期待される部門といえるでしょう。

この総文祭、各都道府県を持ち回る形で開催されますが、今年は長野県が大会開催地でした。サイエンス同好会は開催県の自然科学系クラブであったこともあり、この夏の同好会メンバーはとて忙しかったそうです。発表はもちろんのこと、巡検と呼ばれるフィールドワークも実施されましたが、野辺山宇宙電波観測所



図02 サイエンス同好会では、さまざまな取り組みを行い、活動報告書も製作している。2018年夏の最大のイベントは総文祭。農業ハウスのインターネット制御の発表も行った。野辺山宇宙電波観測所への巡検の案内や、特別公開日（8月25日）では見学者向けに太陽電波受信実験のお手伝いもしたという。

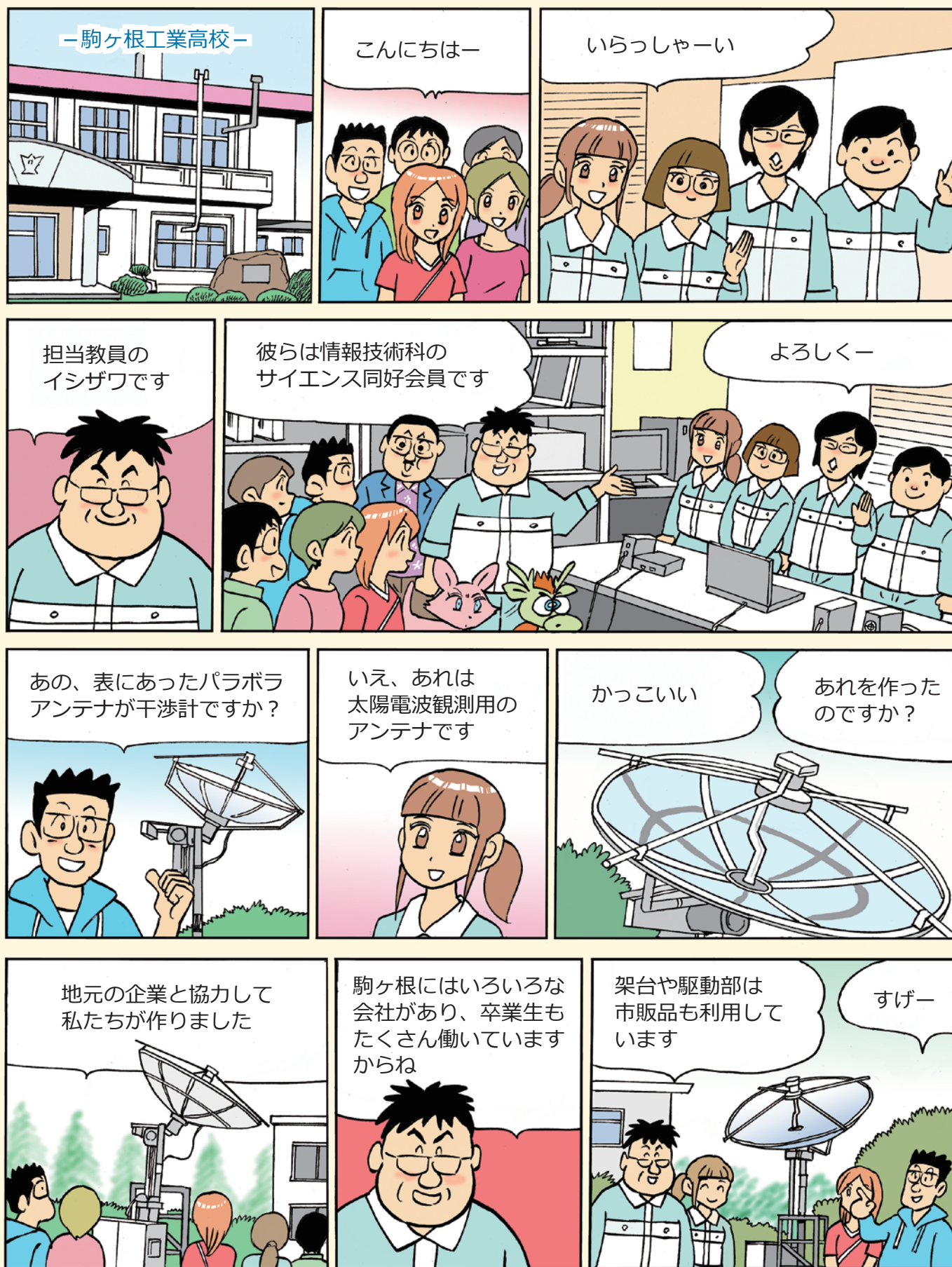
の見学を実施し、各都道府県から参加した高校生たちを案内したといえます。

また、ここ数年は、毎年8月に行われる野辺山宇宙電波観測所の特別公開にボランティアとして参加しています。この夏もサイエンス同好会で生徒の指導に当たっている情報技術科の石澤育博先生に率いられ、観測所内を走り回る生徒たちの姿が見られました。



図03 取材にお伺いするとすぐに校長室にお招きいただき、学校長の宮澤伸明先生から同校の地域性を活かした特徴や生徒たちのさまざまな取り組みなどをお聞きした。お忙しい中、取材に対応していただきまして、ありがとうございました。

第8-2章 1.8mアンテナで太陽フレアもとらえた



科学観測にも通用するシステムに

生徒たちがそれぞれの学科で学んだ技術を集結して組み上げ、太陽フレア観測にも成功しました。

●校庭に立つ1.8mパラボラアンテナ

駒ヶ根工業高校では、2012年から国立天文台野辺山太陽電波観測所（現在は名古屋大学太陽地球環境研究所と国立天文台野辺山宇宙電波観測所に観測機器運用を移管）の協力を得て、太陽電波望遠鏡の製作と観測の計画を進めてきました。まずは手始めに、海外の衛星放送受信用の1.2mパラボラアンテナを使い、4GHzの周波数で太陽電波の受信実験を行ったといいます。



図01 駒ヶ根工業高校の敷地のほぼ中央、正面玄関前に1.8mのパラボラアンテナを広げる太陽電波望遠鏡。2013年の設置後、卒業生の意思を継いだ在校生たちによって、メンテナンスはもちろん、より性能アップのための改修も施されている。

高度と方位の2軸が動かせるようになっています。その制御は屋内に設置されたコンピューターから衛星追尾用のフリーウェアで遠隔操作が可能です。また、受信機からの信号はAD変換され、LANを通じて屋内のコンピューターへ転送してデータとして保存しています。

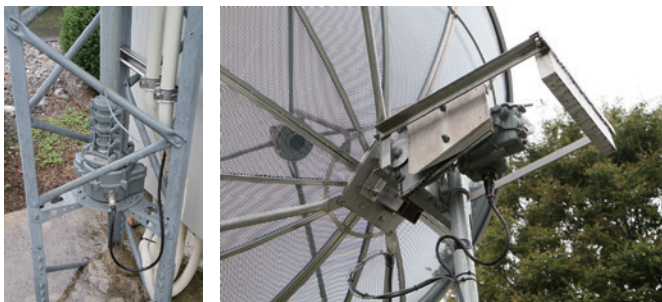


図02 パラボラアンテナの仰角を決める垂直駆動のための機構部（右）と、方位を決める水平駆動のための機構部（左）。垂直駆動部はアンテナの背面、水平駆動部はアンテナを支える鉄骨ビラーの底部に組み込まれている。いずれもモーターとその回転角を検知できるエンコーダーのユニットが一体化した市販品を使用している。

●4GHz帯太陽電波観測用電波望遠鏡の主な仕様

パラボラアンテナ有効直径：1.8m
焦点距離：61.2cm
F/D比：0.34
受信範囲：3.4～4.2GHz
出力：1GHz帯
偏波：垂直偏波（右旋回偏波）
直線性範囲：0～1V（野辺山太陽電波観測所で特性評価）

自動計測機能（キーエンス製PLC KV-5000）：4CH A/D変換ユニット（方位、仰角、受信機出力）
分解能：電圧（0～5V、1/20000）、時間1/100秒
自動追尾システム：衛星追尾ソフト Calsat32
制御用マイコンボード：PICNIC

現在、この太陽電波望遠鏡は校庭に設置され、まるでモニュメントのようですが、自動運転で太陽を追尾し、受信した電波強度をデジタルデータとして自動で記録し続けているのです。

●太陽フレアを捕らえた！

1.8mパラボラアンテナの太陽電波望遠鏡は、2015年3月10日の太陽フレアのデータを検出することに成功しています。観測データは、当時の野辺山太陽電波観測所が公開したデータと変動のカーブがほぼ一致しており、精度よくフレア現象を検出できることが証明されました。

工業高校という「ものをつくるための学業の場」という環境にあり、専門知識を持つ大人たちのサポートもあったとはいえ、生徒たちが独自に科学観測も可能な電波望遠鏡を製作したとは驚きです。

現在は、サイエンス同好会に所属する情報技術科の生徒たちが中心となって、受信機まわりのノイズ対策から太陽の自動追尾の精度向上、観測データ処理の自動化や外部への公開など、さまざまなアップデートを続けています。

石澤先生によれば、「太陽フレアの現象は、リアルタイムで見えて、びっくりしました。数値がどんどん変わっていくので、最初はシステムのどこかで何らかのトラブルが起こっているのかとも思いました」とのこと。こうしたイベントを目の当たりにすると、生徒たちもますます電波望遠鏡や科学観測に興味を持ってくれることでしょう。

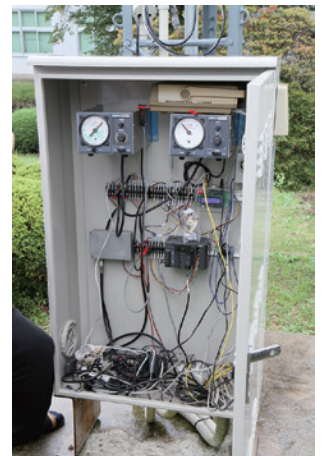


図03 パラボラアンテナが太陽を追尾できるように、屋内からのコントロールが可能だ。防水のキャビネットに駆動制御のための電気系や受信機からの信号をデジタルデータとして取り込むためのAD変換器が収められ、有線LANによって校内のネットワークに接続されている。

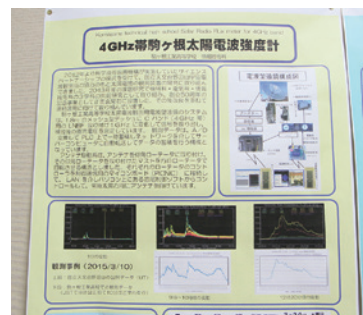
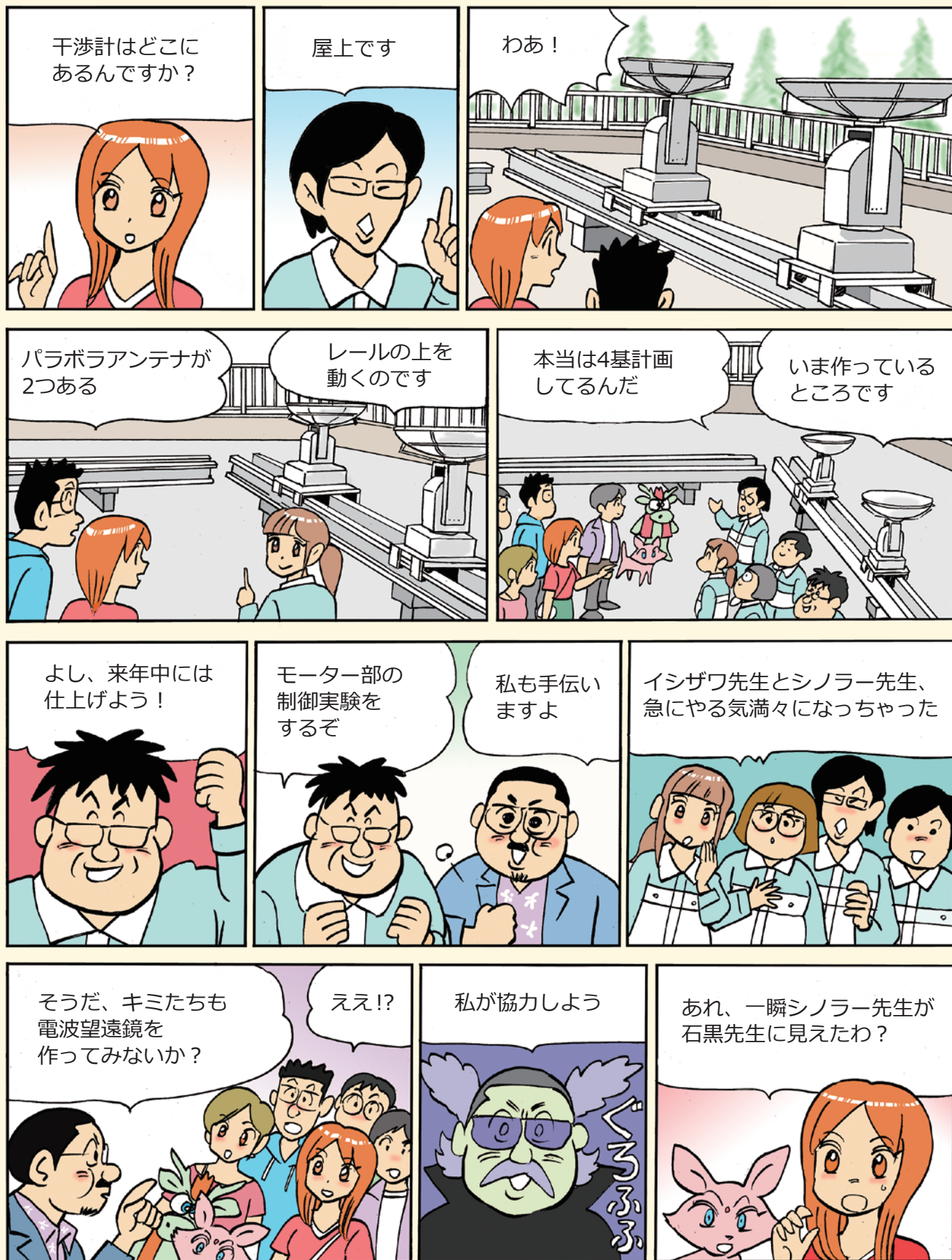


図04 太陽電波干渉計の設置が進む情報技術科棟の廊下には、生徒たちが張り出した太陽観測関係の情報公開コーナー（いわゆる壁新聞）がある。1.8mパラボラアンテナでとらえた太陽フレアによる電波の変化も大きく紹介されていた。

図05 1.8mのパラボラアンテナを制御しているのは、Calsat32というフリーウェアの衛星追尾ソフト。基本的には、人工衛星からの電波を捕らえるために人工衛星の位置計算とアンテナの仰角と方位をリアルタイムで制御するソフトだが、太陽の位置計算もできるため、それを利用して



第8-3章 屋上に設置された2基のパラボラアンテナ 冒険



電波干渉計へさらなるステップアップ

3年間という期限ある高校生活。卒業生から在校生へと電波観測の技術と意思が受け継がれます。

●電波干渉計の制作もスタート

駒ヶ根工業高校では、電波望遠鏡での太陽観測のさらなるステップアップとして、電波干渉計の計画がスタートしています。その全貌は、情報技術科棟屋上に1.2mパラボラアンテナ4機を設置し、干渉計として機能させようというもの。観測周波数帯は、1.8mパラボラアンテナと同じ4GHzを予定しているといえます。

2016年には、直行する鉄製のレールの設置が完了。レールの長さは、南北方向に11m、東西方向に15mもあります。さらに2機の1.2mパラボラアンテナが、すでに東西のレール上に配置されています。電波干渉計は、ふたつのアンテナをペアで使いますが、それぞれのアンテナの距離や方向をさまざまに変えて、電波を同時に受信する必要があります。そこで、パラボラアンテナを載せるレールは逆V字型のものを2本1組で並行に設置し、パラボラアンテナを滑らかに移動できるように工夫されています。

現在、2基のパラボラアンテナは、受信機などの信号系や架台の駆動用モーターも組み込まれておらず、とりあえず形になっている状態で、完成までにはまだまだ時間がかかりそうとのこと。関連器のコンピューターやソフトウェアなどもこれからの課題となっています。指導協力としてさまざまなアドバイスをを行っている野辺山宇宙電波観測所の篠原徳之さんは、「できるだけ早い時期に、2基のアンテナをつないで、とりあえずは信号を取れるようにはしたいですね」と語ってくれました。



図01 建築されてから間もない情報技術科棟の屋上には、最初から電波干渉計用としてのレールを載せる台座が組み付けられていて、すでにレールは完成済み。設置は駒ヶ根工業高校にゆかりのある鉄工所が行った。レールは東西に15m、南北に11mの長さ。高さは0.1mm以内の精度で水平に固定されているという。



図02 レールの上には、すでに1.2mパラボラアンテナ2基が設置済みだが、現状は外形だけで受信機やアンテナを駆動するモーター類は未実装。現在、組み立てや制御方法を検討中だという。

●卒業生の意志を継いで行く生徒たち

生徒たちの指導というよりも、生徒といっしょに取り組んでいるようにも見える石澤先生は、「研究所や企業と違って、高校ですから生徒は3年で卒業して行ってしまいます。そのため、ひとりの生徒が長期に渡って電波望遠鏡の製作や制御に取り組めるわけではありません。そこが高校ならではの悩みではあります」といいます。現在は、サイエンス同好会に所属する情報技術科の3年生が中心となって取り組んでいますが、その経験と実績を下級生が受け継ぎながら作り上げていくのは、いかにも高校生らしいスタイルだといえるのではないのでしょうか。

今後の太陽電波干渉計製作の進捗からも目が離せませんが、駒ヶ根工業高校の取り組みが広がって、全国の高校や中学校でも電波望遠鏡に関して理解を深められるようなカリキュラムが浸透していくことに期待したいところです。

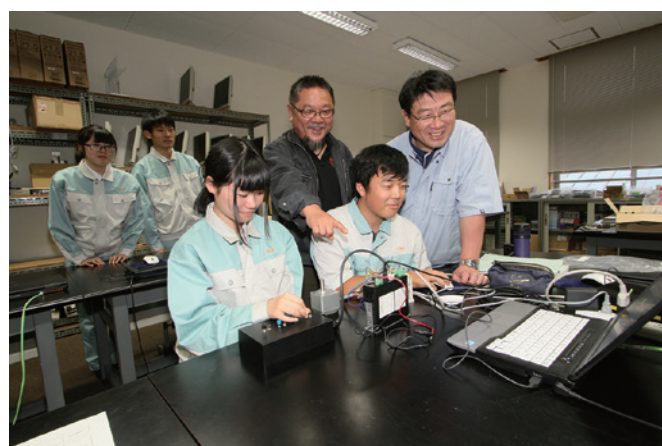


図03 放課後に実験室に集まってきたサイエンス同好会のみなさんにマンガのセリフと同様、「よし、今日はモーターの制御実験をやるぞ」という石澤先生と篠原さん。必要な機材を集め、手際よくPCと接続して、早速実験を開始。

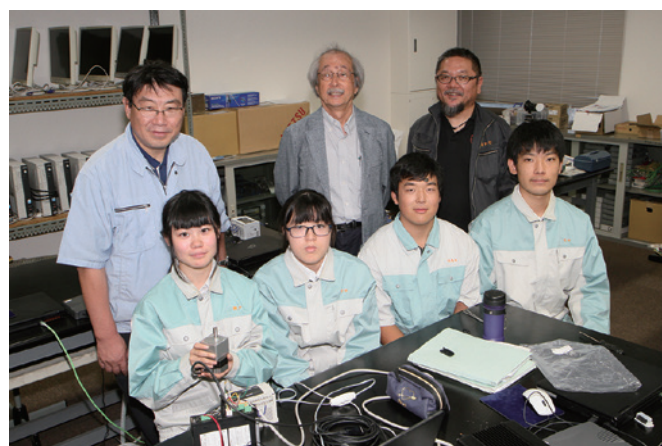


図04 取材当日、集まってくれた生徒さんたちと記念にパチリ。後列左が石澤育博先生、中央に石黒正人先生、右が野辺山宇宙電波観測所の篠原徳之さん（マンガ劇中ではシノラー先生にて登場！）。手前左からがサイエンス同好会の瀬戸由乃（せと ゆうの）さん、阿部早哉香（あべ さやか）さん、白鳥衛（しろとり まもる）君、牧田敏明（まきた としあき）君。

よみがえれ、伝説の4mパラボラ！

●かつて石黒先生が自作したアンテナを発掘

マンガでも、蒼天高校の生徒たちが電波望遠鏡を作ることになりそう(?)ですが、「アルマーの冒険」制作スタッフの間でも「実際に電波望遠鏡を自作して、天体からの電波を受信してみたいね」という話を持ち上がりました。もちろん、できあいのBSアンテナを利用したもの(「アルマーの冒険」4回参照)ではなく、パラボラから自作してみようというチャレンジ企画です。そこに現れたのが、BSハカセこと石黒正人先生です。なんと、石黒先生は15年ほど前に本格的なパラボラアンテナを自作して、そのパーツがまだ野辺山電波観測所のどこかに眠っているというのです。

以前、NHKで放映されていた「課外授業 ようこそ先輩」という番組がありました。さまざまな分野の著名人が自分の母校に向向いて、後輩たちに自身の仕事の大切さを体験してもらいながら交流を深めるという内容なのですが、この番組に石黒先生も出演されたことがあるのです。その時、電波天文学の理解を深めるために、後輩のこどもたちといっしょにパラボラアンテナを組み立てたのだそうです。直径は堂々の4m。それを「何とか探し出

して、もう一度組み立ててみよう」ということに…。

とはいえ、すでに15年もの月日が流れ、いつかまた電波天文学を広める目的のために利用されるはずだったパラボラも、今や行方が定かなくなっていました。そこで、以前に石黒先生と野辺山へ出向いた時、探してみることにしました。すると、もはや入手が難しいもっとも重要なパーツのひとつである金属メッシュ製のアンテナ面が見つかり、無事に回収。しかし、パラボラの骨組みとなるパイプやその他のパーツ類は、限られた時間では発見には至りませんでした。

それでも、「アルマーの冒険」制作スタッフは、あきらめませんでした。2018年夏、野辺山宇宙電波観測所の協力の下、再び「伝説」の4mパラボラアンテナの大捜索が行なわれたのです。そして、自然科学研究機構野辺山展示室(旧干渉計棟)の倉庫の奥深くから、一部欠損があるものの、すべてのパーツ類の発掘に見事成功！これを組み上げればオリジナル(?)パラボラアンテナを使った天体観測ができるかも知れません。次号以降の展開に、乞うご期待！



01 「ようこそ先輩」で使われた4mパラボラアンテナ。



02 さまざまな機器や資材の奥に、チャリと見えたパイプの束。パラボラの骨組み「ハッケン!!!」。



03 とりあえず、発掘したパーツ一式を並べてみた。野辺山観測所広報担当の衣笠健三さんには、たいへんお世話になりました。ありがとうございました。



04 企画・構成兼フォトライターの川村が最後のパーツを奇跡的に発見。なぜかこのパーツのみ紙に包まれ、他のパーツとは離れた場所にさりげなく落ちて(置かれて?)いたのだ。「ぐろふふふ」。

「アルマーの冒険」08回

発行日／2018年11月1日

発行／国立天文台天文情報センター出版室

制作協力／チリ観測所・野辺山宇宙電波観測所

★「アルマーの冒険」バックナンバーは

<http://www.nao.ac.jp/naoj-news/almar/> をご覧ください。

●「アルマーの冒険」制作ユニット

絵／藤井龍二

写真・文・構成／川村 晶(星の手帖社)

監修／平松正顕(国立天文台チリ観測所)

編集／高田裕行

デザイン／久保麻紀

特別ゲスト／石黒正人(国立天文台名誉教授)

篠原徳之(国立天文台野辺山宇宙電波観測所)

協力・特別ゲスト／長野県駒ヶ根工業高等学校／石澤育博さん

(長野県駒ヶ根工業高等学校)／長野県駒ヶ根工

業高等学校サイエンス同好会のみなさん