

佐賀県立宇宙科学館と県内5高校の生徒による 超小型人工衛星「SAGANSAT 0号機」の共同開発

佐賀県立宇宙科学館 宇宙教育プロジェクト 伊藤 明德
田中 政文
小林 翔

1. はじめに

佐賀県立宇宙科学館《ゆめぎんが》（以下、「当館」という。）は、宇宙・地球・佐賀の自然を主なテーマとする科学館として、展示やイベント、各種講座を通じて地域の子供たちの科学的探究心を育んできた。近年は、宇宙開発をめぐる動きが加速する中で、学校教育だけでは扱いきれない最先端の科学技術や、その社会的な意味を学ぶ機会をどのように提供するかが課題となっている。

こうした状況を背景として、佐賀県と宇宙航空研究開発機構（以下、「JAXA」という。）は2021（令和3）年度より連携プロジェクト「JAXAGA（ジャクサガ）」を始動し、その教育事業として「JAXAGA SCHOOL」を開校した。

本稿では、その中でも高校生コースにおいて、4年間にわたり超小型人工衛星（キューブサット）の開発から打ち上げ、衛星運用に取り組んだ事例を取り上げる。高校生と科学館が協働して超小型人工衛星を打ち上げた取り組みは国内でも前例がなく、その過程で得られた気づきは、今後の宇宙教育を考えるうえで参考になる点が多い。

本発表では、衛星開発の技術的詳細に踏み込むことよりも、科学館がどのように学びの場をデザインし、関係機関と連携しながら高校生の挑戦を支えてきたかに焦点を当てる。そして、その支援手法と協働体制、得られた教訓および今後の宇宙教育の展望について報告する。

2. JAXAGA SCHOOL について

JAXAGA SCHOOL は、佐賀県と JAXA の連携プロジェクト「JAXAGA」の教育事業として、2021 年度に開校したプログラムである。次世代を担う佐賀県内の子供たちに「佐賀から宇宙を、宇宙から佐賀を考える機会を作り、チャレンジする心、科学への興味、郷土への誇りと愛着の醸成」を育むことを目的としている。

JAXAGA SCHOOL は大きく「小中学生の部」と「高校生の部」に分かれている。小中学生の部には、小学校低学年コース・小学校高学年コース・中学生コースの3つのコースが設けられ

ており、高校生の部は JAXAGA SCHOOL の中で最も挑戦的なプログラムとして位置づけられている。高校生の部の目的としては、自身の知識や技術だけでは到達できない本物の宇宙開発に挑戦することであり、その具体的な題材として、佐賀県初の超小型人工衛星（キューブサット）の開発に取り組んだ。

3. キューブサットプロジェクト概要

3.1 プロジェクトの目的と構成

本プロジェクトは、佐賀県初の人工衛星となる超小型人工衛星「SaganSat 0号機」を開発・打ち上げ・運用することを通じて、高校生が本物の宇宙開発に挑戦する機会を提供することを目的として実施された。

開発の対象とした SaganSat 0号機は、いわゆるキューブサットと呼ばれる超小型人工衛星であり、1辺 10cm以下の立方体で、質量 1.33kg 以下の「1U サイズ」と呼ばれる手のひら大の人工衛星である。衛星全体は、構造・電源・通信などを担うバス部と、ミッションを実行するミッション部から構成される。バス部には九州工業大学が開発した共通バスシステム「BIRDS バス」を用い、高校生は主としてミッション部の検討・開発を担当した。

プロジェクトはミッション検討から始まり、ブレッドボードモデルによる試作、搭載ミッションの選定、エンジニアリングモデル（以下、「EM」という。）の製作・試験、フライトモデル（以下、「FM」という。）の製作・試験、打ち上げ・放出、運用および成果報告という段階を踏む長期計画として構成した。

3.2 プロジェクトの協働体制と役割分担

SaganSat 0号機の開発は佐賀県にとって初の衛星開発であり、多くの技術的訓練と専門的知識が必要とされた。また、長期プロジェクトであることから、継続的な支援体制の構築も重要な条件であった。本プロジェクトでは、企画を佐賀県、運営を佐賀県立宇宙科学館、技術的支援を九州工業大学が担う体制をとった。

佐賀県は JAXAGA プロジェクトの枠組みの下で本事業の全体構想と基本方針を策定し、事業の企画・立案を担った。当館と九州工業大学との連携の枠組みを整えることで、プロジェクト全体の方向性を示した。

当館は、高校生の部全体の運営の中核として、年間カリキュラムの計画、講座の実施、活動拠点や地上局設備の整備、日程・連絡調整などを担った。あわせて、高校生と九州工業大学、その他関係機関との間をつなぐコーディネーターとして機能し、開発活動においては科学館職員が直接的な指導・サポートを行った。

九州工業大学は、SaganSat 0号機のバス部として BIRDS バスを提供するとともに、各種講座の実施および EM および FM の設計・試験に関する助言や試験設備の提供を行った。

以上の三つの支援の柱により、佐賀県初の衛星開発という長期プロジェクトを実現するための協働体制が構築された。

4. キューブサット開発について

4.1 ミッション検討とミッションコンテスト

キューブサット開発の第一段階として、目的となるミッションを高校生が提案する「ミッションコンテスト」を実施し、県内の高等学校に参加を呼びかけた。

参加希望校に対しては、ミッションの試作に必要な知識を身に付けるための講座を事前に実施した。九州工業大学の学生による人工衛星の基礎を学ぶオンライン講習に加え、電子工作の基礎講座を行い、参加校が「アイデアとしてのミッション」とどまらず、「実際に試作して検証する」という視点を持てるようにした。

各高校はこれらの講座を踏まえ、コンテストに向けたミッション案の検討と並行してブレッドボード上での試作を行い、ミッションの目的や観測対象に加えて、回路構成や動作条件の妥当性についても検討を深めていった。

ミッションコンテストには県内8校から11チームの応募があった。審査では技術的成立性と実現可能性の両面から検討を行い、その結果3つの開発ミッションが選定され、その実施主体として5校が実際の開発に参加することとなった。SaganSat 0号機は、これら選定されたミッションの実現を目標として設計・開発を進めることとなった。

この一連の過程を通じて、高校生は「宇宙環境で自分たちに何ができるのか」を自ら考え、構想する経験を得た。ミッションコンテストは、衛星開発への参加者募集とミッション選定の場であると同時に、試作を通じて衛星開発の基礎的な技術を学ぶ場として機能し、高校生が宇宙開発に主体的に関わっていくための重要なきっかけとなった。

4.2 EMの開発と試験

ミッション選定後、2022（令和4）年度には、選定されたミッションを実装するためのEM基板の設計・試作に着手した。

プロジェクト2年目の夏には、九州工業大学の超小型衛星試験センターにおいてEMの熱真空試験および振動試験を実施した。高校生自らが衛星の組み立てや固定治具のセッティングを行い、一部試験手順も担当するなど、実際の衛星試験に直接関わる機会を設けた。これにより、高校生は衛星が宇宙環境に耐えることを確認する試験の意味や手順を体験的に理解し、開発現場の雰囲気や試験プロセスを具体的にイメージできるようになった。

4.3 FMの開発と試験

FMの開発が本格化したのはプロジェクト2年目の後半であり、学年末の学校行事や進路選択の時期と重なったことから、高校生は具体的な開発工程にはほとんど関与できなかった。

その結果、FMの詳細な設計・実装・統合作業は当館および九州工業大学が中心となって進める体制とならざるを得なかった。

5. 各種申請・届出（官辺手続き）

衛星を軌道上で運用するにあたっては、関係機関への各種申請・届出が必要となる。SaganSat 0号機についても、アマチュア無線局としての運用に関する手続きや、衛星の安全性・ミッション内容に関する確認を行う必要があり、官辺手続きは衛星開発と並行して進めるべき重要なプロセスである。

これらの申請・届出は、主として当館が中心となって対応し、必要に応じて九州工業大学から技術的助言を受ける体制とした。初めての衛星開発であったことから、申請書類の準備や関係機関との調整には相応の時間と労力を要し、開発スケジュールとの整合を図りながら手続きを進める必要があった。

一方、高校生には、衛星運用と電波利用の関係など背景となる基本的な枠組みを共有するにとどめた。限られた時間の中で、学びの中心をミッション検討や試作・解析といった開発活動に割り当てるためである。同時に、「衛星は作れば飛ばせるわけではなく、国際的な制度・ルールのもとで運用される」という視点を示すことで、宇宙開発が国際的な仕組みの一部として位置づけられていることを理解させる機会ともなった。

6. 受講生の世代交代と衛星引き渡し

プロジェクト3年目には、1年目から開発に関わってきた前期受講生の多くが卒業を迎え、それまでの成果やノウハウが上級生から下級生へと引き継がれる段階に入った。

後期受講生は、SaganSat 0号機開発プロジェクトのこれまでの歩みを学ぶ講座や、衛星運用・通信・リモートセンシングに関する講座を受講し、将来の衛星運用でデータ解析を担うことを想定した準備を進めた。

一方、FMの開発は当館と九州工業大学を中心に継続され、プロジェクト3年目の終盤に完成した。安全審査を終えて打ち上げの準備段階へ移行した時期に合わせて、九州工業大学戸畑キャンパスにてSaganSat 0号機の完成披露会を実施した。会場ではFMが公開され、後期受講生にとっては自らが関わるプロジェクトの成果を具体的な形で実感する場となった。

その後、SaganSat 0号機はJAXA 筑波宇宙センターへ輸送され、引き渡し前の最終確認を経て、JAXAへ正式に引き渡された。こうしてSaganSat 0号機は開発側の手を離れ、打ち上げ・放出および軌道上運用に向けたプロセスへと進むことになった。

7. 衛星放出・運用

7.1 国際宇宙ステーションからの放出

SaganSat 0号機は、打ち上げロケットにより米国から国際宇宙ステーション（ISS）へ輸送され、日本実験棟「きぼう」に搬入されたのち、他のキューブサットと共に軌道上へ放出された。放出作業当日は、JAXA 筑波宇宙センター内の「きぼう」運用管制室において放出運用が実施され、参加高校を代表した3名を含む5名が「Go」コールを担当した。高校生は衛星運用プロセスの一部に直接関わり、自らが携わってきた衛星が地球周回軌道へ投入される瞬間を、運用現場の一員として見届ける経験を得た。

放出後は、事前に計画した運用計画に基づき、当館に設置した地上局を中心として初期運用体制をとった。特に初期段階では、軌道上の衛星が発するCW ビーコン信号の受信を通じて、衛星の状態確認を行うことを想定していた。

7.2 通信不良とバックアップ運用への移行

SaganSat 0号機の放出後、当館の地上局では毎日受信試行を行ったが、同時に放出された他のキューブサットからのCW ビーコン信号は確認できた一方、SaganSat 0号機からの信号は確認できなかった。その後も他の地上局の協力を得ながら追跡・受信作業を継続したが、最終的に衛星との通信を確立するには至らなかった。

この結果を受け、当初想定していた「実データに基づく衛星運用」は断念し、代替として準備していたバックアップ運用へと移行した。バックアップ運用では、各高校が担当するミッションごとに、衛星から得られるはずであった観測データや計測値を模擬データとして作成し、そのデータを用いて解析手順の検討や結果の解釈を行った。実データではないものの、軌道条件や観測条件を仮定して整合的な時系列データを構成し解析する過程は、「ミッションをどう設計し、その結果をどう読み解くか」を学ぶ機会となった。

7.3 衛星の消滅と運用終了

軌道要素の推定から、SaganSat 0号機は放出後およそ100日余り地球を周回したのち、大気圏に再突入して焼失したと推定される。衛星としては期待していた通信やミッションデータの取得には結びつかなかったものの、その開発・放出・追跡・要因分析に至る一連の過程は、「計画通りに進まない状況から何を学ぶか」を考える経験となった。

8. 成果報告会

SaganSat 0号機の放出・運用フェーズを終えた2025年2月、当館において本プロジェクトの成果報告会を開催した。報告会には、開発・運用に関わった高校生や教員、関係者、報道関係者が参加し、4年間にわたる取り組みの成果を共有した。

参加5校の高校生はそれぞれ、SaganSat 0号機が収集するはずであった観測データを想定し、必要な模擬データを収集・作成して解析を行い、その結果をミッションの目的に沿って整理して報告した。あわせて、プロジェクトに参加して感じたことや今後につなげたい学びなど、活動全体を振り返る感想も述べられ、高校生が自分の言葉で経験を整理し共有する機会となった。

9. 得られた教訓

9.1 高度な実プロジェクトを教育に取り込む際の設計

本プロジェクトは、高校生が実際に宇宙へ打ち上げる人工衛星の開発に挑戦するという、きわめてチャレンジングな試みであった。一方で、衛星が軌道上で十分な通信を確立できなかったことや、FMの開発工程に高校生が十分関与できなかったこと、3年の開発プログラムが4年に延長されたことなど当初の想定通りには進まなかった点も多い。

これらの経験から、高度な実プロジェクトを教育プログラムに取り込む際には、「技術的な成功」を前提とするのではなく、結果のいかんにかかわらず学びを得られるよう、教育目標と活動設計をあらかじめ明確にしておくことの重要性が確認された。

9.2 時間軸と体制に関する教訓

プロジェクトの進行を振り返ると、衛星開発の時間軸と高校生の学校生活の時間軸との調整が大きな課題であった。「打ち上げる衛星」にどこまで生徒を関わらせるかという観点から今後活かすべき反省点である。

また、衛星開発のサイクルは年度や学年の区切りとは必ずしも一致しないため、複数年にわたるプロジェクトを計画する際には、どのフェーズを高校生の主要な活動領域とするのかを意図的に設計する必要がある。

本プロジェクトでは、企画を佐賀県、運営を佐賀県立宇宙科学館、技術支援を九州工業大学と明確に役割分担したことで、長期にわたる活動を安定して継続することができた。この体制はおおむね有効であった一方、FM開発の後半や官辺手続きなど、特定の時期・領域に負荷が集中する場面も生じた。今後はこうした負荷の偏りを見越し、技術的に高度な作業や専門的な事務処理の一部を外部委託するなどしてプロジェクト全体の負担を抑える仕組みをあらかじめ設計し、その実施を見込んだ予算設定を行うことが望ましい。

9.3 科学館が担う「翻訳」と「継続」の役割

当館は、本プロジェクトにおいて専門的な衛星開発と高校生学びをつなぐ「翻訳者」としての役割を担った。大学等の専門機関からもたらされる技術的な情報や制約条件を、高校生が理解し行動に移せるレベルの課題や活動に置き換えることは、科学館ならではの機能である。同時に、複数の高校・年度・受講生にまたがるプロジェクトを継続して運営し、次の世代の受講生への引き継ぎを支えることも重要な役割であった。

この経験から、科学館が高度の実プロジェクトを教育プロジェクトとして扱う際には、

① 専門性と教育性のバランスをとるコーディネート機能、② 学校や年度を超えて活動を継続させる基盤としての機能、の2点を意識的に強化していく必要があることが明らかとなった。SaganSat 0号機プロジェクトは衛星運用の面では期待通りの結果を得られなかったものの、その過程から得られたこれらの教訓は今後の宇宙教育プログラムの設計や科学館が地域の子供たちにどのような学びの場を提供していくかを考えるうえで重要な手掛かりとなる。

10. おわりに

本稿では、佐賀県とJAXAの連携プロジェクト「JAXAGA」における教育事業として、当館が運営したJAXAGA SCHOOLと、その中核となるSaganSat 0号機開発プロジェクトの概要と経過を報告した。高校生が実際に宇宙へ打ち上げる人工衛星の開発に挑戦するという試みは、技術的にも運営面でも大きなチャレンジであった。

ミッションコンテストや試作・環境試験、模擬データを用いた解析、成果報告会に至る一連の取り組みは、高校生にとって「本物の宇宙開発」に接近し、自らの言葉で経験を整理する機会となった。開発の各段階は、それ自体が完結した学習単位として機能し、衛星との通信が得られなかった状況においても、高校生が主体的な探究と発表を継続する土台となった。

科学館にとって本プロジェクトは、「宇宙」「地球」「佐賀」を総合的に結び付けながら、学校教育の枠を超えた長期的な学びの場をデザインし支える試みでもあった。複数年度・学年にまたがる活動を継続させるプラットフォームとしての役割は、地域科学館が今後さらに強化していくべき機能といえる。

SaganSat 0号機は軌道上で十分な成果を上げることは叶わなかったものの、その開発・放出・運用の試みと、そこから得られた多くの気づきは、次世代の宇宙教育を構想するうえで貴重な財産となった。今後も、科学館が地域に開かれた「学びの場」としての役割を發揮しながら、行政・大学・地域と連携し、子どもたちが挑戦と探究を通じて成長していく機会を継続的に生み出していくことが求められている。

