

効果的に探究活動をおこなう学習プログラムの実践報告

―缶サット講座や宇宙 AI ロボット開発講座での取組み―

教科研究センター 理科教育課

藤井寛隆 高谷亮 丸中沙緒里 松田庄平

理科教育課は、令和 2 年度から令和 6 年度まで、超小型模擬人工衛星（缶サット）（以降、缶サット）製作を題材にした講座である缶サット High School を実施してきた。この講座では、受講者が活発な探究活動をおこなうことができるような工夫を取り入れてきた。また、令和 7 年度からは、缶サット High School での要素を取り入れつつ、さらに内容を発展させ、火星探査ロボット製作を題材にした講座である宇宙 AI ロボット開発講座をスタートさせた。本稿では、これらの講座で設定された学習プログラムの特徴について報告する。

<キーワード> 缶サット 宇宙 AI ロボット ミッション創出 探究活動 成果分析

I はじめに

理科教育課では高校生を対象にした講座として、令和 2 年度から令和 6 年度まで、缶サット High School を実施してきた。この講座では、缶サットと呼ばれる超小型模擬人工衛星を 7 か月かけて製作する。また、令和 7 年度からは、宇宙 AI ロボット開発講座を実施している。この講座では、火星を無人で探査するローバー型のロボット（以降、ローバー）を 10 か月かけて製作する。以下に、これらの講座のねらいと概要を述べる。

1 講座のねらい

(1) 缶サット High School

缶サット High School は、缶サット製作をとおして、創造性を伴った論理的思考力を培い、理工系への興味・関心を高め、将来、宇宙開発分野の第一線で活躍する人材を育成することを目的として、年間を通して複数回にわたり実施される講座である。福井県では、宇宙開発関連の研究者・機関・企業が、他県に先駆けて人工衛星製造環境の整備を進めてきた。こうした動きを背景として、理科教育課では宇宙産業を担う人材育成を目指して本講座を開設した。本講座は、国内屈指の宇宙開発研究者である東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻の中須賀真一教授と、福井県民衛星開発を主導した福井大学産学官連携本部の青柳賢英准教授を講師に迎えて開始されたものである。

(2) 宇宙 AI ロボット開発講座

宇宙 AI ロボット開発講座は、ローバー製作をとおして論理的思考力を養い、理工系への興味・関心を高めるとともに、今後ますます発展が見込まれる宇宙産業と AI 技術分野で活躍する人材を育成することを目的として、年間を通して複数回にわたり実施される講座である。産学官が連携して必要な資質・能力を育成するとともに、研究成果を継承しながら数年かけてより高性能な製作物の開発を目指すことで、効果的に受講者の力量向上を図っている。缶サット High School と同様に、中須賀真一教授と青柳賢英准教授を講師に迎えて展開している。

2 講座の概要

(1) 缶サット High School

缶サット High School の講座は、2 月開催の「缶サット電子系講座（以降、電子系講座）」、6 月開催の

「缶サット構造系講座（以降、構造系講座）」、9月開催の缶サット完成度を競う大会である「ふくい缶サットグランプリ」の2講座1大会の1連の行事群より構成されている（表1）。電子系講座、構造系講座をとおして缶サット完成までの方法を習得し、ふくい缶サットグランプリへの出場を目指すことになる。受講者は同一高校の4名でチームを組んで参加する。各講座や大会の開催日以外の期間は、各チームが製作物や製作に必要な道具・部品を持ち帰り、各学校などで製作を継続しておこなう。

時期	講座または大会	内容
2月	電子系講座	缶サット製作方法の習得に関する講座
6月	構造系講座	
9月	ふくい缶サットグランプリ	製作した缶サットの完成度を競う大会

表1 缶サット High School の構成

① 電子系講座

缶サットは、空き缶サイズの缶の中に各種センサーを組み込んだ電子系回路基板を搭載し、その缶に布で作ったパラシュートを糸で接続して、上空から落下させる（図1）。この缶サットの電子系部分を製作するのが電子系講座である。缶サットには、実際に宇宙空間で観測をおこなう超小型人工衛星に搭載されるセンサー類と同様な機能を持つセンサー類を搭載する。例えば、温度・湿度・気圧のデータを取得する温湿度気圧センサー、姿勢制御に関するデータを取得する9軸センサー、光量のデータを取得する光センサーなどである。また、これらのセンサー類で取得されるデータを処理するマイコンも搭載する。受講者は缶サットの動作に関して達成したい目標のために必要な機能を考え、その機能を実現するために必要なセンサー類およびマイコンを組み合わせた電子系回路の配線を基板上に作成する。作成した電子系回路基板は缶の中に納まるサイズで設計する（図2）。また、作成した電子系回路を機能させるためには、マイコンにプログラムを書き込む必要があるため、電子系講座ではプログラミングの講習もおこなう。



図1 上空から落下する缶サット



図2 電子系回路基板と缶

② 構造系講座

缶サット製作では、目的とする観測や動作に必要な構造を製作する必要がある。例えば、1つの光センサーで落下中に周囲 360° の光量を観測したい場合には、センサー自体を鉛直軸まわりに回転させるための構造が必要となる。また、別の例として、落下地点を制御したい場合には、落下中にパラシュートの糸の長さを調整できるように、糸を巻き取る機構が求められる。構造系講座では、このような求められる動作に応じた缶サット各部の構造を設計・製作していく。

③ ふくい缶サットグランプリ

ふくい缶サットグランプリは、電子系講座や構造系講座をとおして製作した缶サットについて、設定した目標に対する観測や動作がどれだけ達成できたかを競う大会である。大会では事前プレゼン審査、缶サット落下中の観測内容や動作内容などを審査するフライト競技、および事後プレゼン審査により競技成績をつける。フライト競技ではドローンを用いて缶サットを持ち上げ、上空 50m から缶サットを落下させて観測内容や動作内容などを審査する（図3）。ふくい缶サットグランプリは缶サット全国大会への推薦チームを決める地方予選大会を兼ねている。



図3 取得した観測データを確認する受講者と審査員

(2) 宇宙 AI ロボット開発講座

宇宙 AI ロボット開発講座は、5月開催の「スタートアップ講座」、8月開催の「3D プリンター講習会・製作相談会」、9月開催の「中間コンテスト」、3月開催の「宇宙 AI ロボットコンテスト（以降、最終コンテスト）」の2講座2コンテストの1連の行事群より構成されている（表2）。受講者は同一高校の4名でチームを組んで参加する。各講座やコンテストの開催日以外の期間は、各チームが製作物や製作に必要な道

具・部品などを持ち帰り、各学校などで製作を継続しておこなう。

① スタートアップ講座

宇宙AI ロボット開発講座では、火星探査ロボットをイメージしたローバーの製作をおこなう。このローバーの基本構造部分（図4）を製作するのがスタートアップ講座である。ローバーには、動作制御に必要な情報を取得するための各種センサー類を搭載する。例えば、前方障害物までの距離情報を取得する超音波距離センサー、音量情報を取得するマイク、画像データを取得するカメラなどである。また、これらのセンサー類で取得されるデータを処理するマイコンも搭載する。受講者はローバーの動作に関して達成したい目標のために必要な機能を考え、その機能を実現するために必要なセンサー類およびマイコンを組み合わせた電子系回路の配線をローバーの基板上に作成する。また、作成した電子系回路を機能させるためには、マイコンにプログラムを書き込む必要があるため、スタートアップ講座ではプログラミングの講習もおこなう。

② 3Dプリンター講習会・製作相談会

ローバー製作では、センサー類を必要な位置や向きに取り付けるための接続部品や、コンテストでサンプル物質を採取するための回収機構に使うギアなど、目的に応じてさまざまな大きさ・形状の部品が必要となる。これらの部品は、納品までに時間がかかったり、必要なサイズや形状の市販品が見つからなかったりすることがある。しかし、CAD ソフトで部品の図面データを作成し、3Dプリンターで出力すれば、必要な形状・寸法の部品を短期間で用意できる。そこで、3Dプリンター講習会をとおしてCAD ソフトでの図面データ作成方法や3Dプリンターで出力するために必要なデータ変換方法などを講習し、受講者たちが自分たちで部品を設計および作成できるようにする（図5）。また、製作相談会では、ローバーの動作に必要な難易度の高い電子系プログラムの疑問点を、製作物に対する専門的な知識を有する東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻中須賀研究室の学生スタッフに相談し解決する機会を設ける。

③ 中間コンテスト

製作したローバーの完成度を競うためにおこなうコンテストである（図6）。コンテストでは、模擬火星地表面のフィールド内でのポイント獲得状況と、設定された動作の達成度に応じて点数が加算される。コンテストを実施することで、高得点獲得に向けて受講者たちの意欲が高まり、製作物の完成度も向上する。製作期間（10 か月）の中間の時期におこなわれ、自分たちの進捗と他チームの完成度を確認することができ、最終コンテストに向けた製作計画の見直しに役立つ。

④ 最終コンテスト

10 か月間おこなってきた製作の成果を披露するコンテストである。最終コンテストでは、次の3つの活動を行う。

- ・事前プレゼン … チームごとにローバーの動作目標や製作過程における試行錯誤の経緯などを発表する。
- ・コンテスト …… 製作したローバーの完成度を競う。
- ・成果発表会 …… コンテスト本番での競技結果と得られた成果を発表する。

なお、コンテストおよび成果発表会の内容は審査員により点数化される。得点での上位入賞チームに対しては表彰をおこなう。

時期	講座またはコンテスト
5月	スタートアップ講座
8月	3D プリンター講習会・製作相談会
9月	中間コンテスト
3月	最終コンテスト

表2 宇宙AI ロボット開発講座の構成

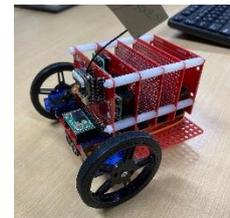


図4 ローバーの基本構造部分

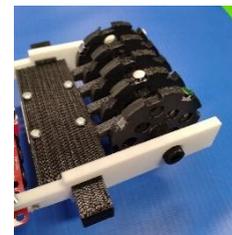


図5 受講者が3Dプリンターで作成した部品



図6 中間コンテスト

Ⅱ 効果的に探究活動をおこなうためのポイント

缶サット High School や宇宙 AI ロボット開発講座では次の 4 つのポイントをふまえて、受講者たちの活動がより探究的なものになるように工夫している。

- ・社会的意義のある講座目的の理解
- ・探究心を誘発するミッションの創出
- ・動作試験のトライ&エラーによる探究
- ・成果発表会に向けた分析のプロセス

以下に、それぞれのポイントの詳細な内容を述べる。

1 社会的意義のある講座目的の理解

缶サット High School および宇宙 AI ロボット開発講座では、講座最初の講義において講座の目的について説明をおこなう。缶サット High School および宇宙 AI ロボット開発講座それぞれの講座の目的については以下のとおりである。

(1) 缶サット High School

講座講師の一人である東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻の中須賀真一教授は、今までに数々の人工衛星の開発・打ち上げをおこなってきた。この中須賀真一教授が人工衛星開発のための教育教材として開発したものが超小型模擬人工衛星、すなわち缶サットである。現在のところ、国内の約 60 の大学が人工衛星を打ち上げてきているが、そのうち 9 割の大学が人工衛星開発の基礎となる教育プログラムとして缶サット製作を採用している。講座の最初の講義では、実際の宇宙開発に携わっている研究者や技術者も開発の第一歩として缶サット製作に取り組んでいることを紹介する。これにより、受講者に自分たちの缶サット製作が宇宙開発の基礎となっていることを認識してもらい、講座への意欲向上につなげている。

(2) 宇宙 AI ロボット開発講座

現在、気象衛星や測位衛星、通信衛星などのインフラとしての宇宙利用、国際宇宙ステーションにおける活動、宇宙開発分野への民間参入など、あらゆる方面で宇宙開発に対する取り組みが注目されている。JAXA は国際宇宙探査の取り組みとして、2030 年に月での有人探査開始、2040 年に火星での有人探査開始の計画を公表している（図 7）。講座の最初の講義では、2040 年に受講者である高校生が社会で活躍し始める年代に達することや、宇宙産業のさらなる発展が見込まれることを示す。また、製造・農業・医療・観光など幅広い分野が宇宙産業に参入し始めており、どの進路を選んでも将来宇宙分野に関わる可能性があることを説明する。これらを踏まえて、火星探査が講座のテーマになっていることを伝え、受講者の意欲向上につなげている。



図 7 「JAXA の国際宇宙探査の取組み」資料より

2 探究心を誘発するミッションの創出

缶サット High School や宇宙 AI ロボット開発講座では、参加チームがそれぞれにミッション（各製作物に対して設定する動作目標）を設定し、その遂行に向けて製作をおこなう中で探究の過程を繰り返す。ミッション設定の際には学生スタッフが各チームと面談をおこない、適切なミッション設定に導く。これにより、各チームは、簡単ではないが製作研究を重ねることで達成が可能となるミッションのもと、探究心を旺盛にして製作作業に臨む。以下に参加チームが定めた具体的なミッションの例を記す。

(1) 缶サット製作におけるミッション例（音源位置の特定と撮影）

令和 5 年度缶サット High School においてあるチームが定めたミッションの内容に、缶サットを用いて災

害時の要救助者の発見やその周囲状況の確認をおこない、それらの災害状況に関するデータを送信して救助に役立terるといふものがあつた。講座では、各チームが自由に選択して使用できるように10種類のセンサー類を事前に準備してあり、どのセンサー類を選択しどのような動作を可能にしてミッションを達成するか、受講者たちはチームメンバー同士で話し合い試行錯誤した。使用するセンサー類の数は、少なすぎると製作が簡単に完了してしまい、多すぎると電子系回路やプログラミングの作成が困難になり製作が完了できなくなつてしまう。このチームは以下のような形でミッション達成を目指した。

◎ミッション

「缶サットを用いて災害時の要救助者の発見やその周囲状況の確認をおこなう」

◎電子系において使用するセンサー類とその用途

- ・気圧センサー …………… 高度を割り出すための気圧データの取得
- ・マイク …………… 音量データの取得
- ・カメラ …………… 画像データの取得
- ・データ記録用SDカード …… データの保存
- ・無線通信機 …………… データの無線送信
- ・9軸センサー …………… 方位データの取得

◎構造系における製作

- ・上記センサー類を使用した電子系回路を缶のサイズ内に収める基板階層構造の作成 (図8)
- ・落下中に缶サットを鉛直軸まわりに回転させるパラシュート構造の作成 (図9)



図8 作成された基板階層構造



図9 考案された回転型パラシュート

製作開始時から幾多の試行錯誤を繰り返し、このチームが最終的にたどり着いたミッション達成の手順は次のとおりであった (図10)。

1. マイクで周囲環境音のサンプル音量を測定する。
2. 助けを求める被災者の声によりサンプル音量以上の音量データが取得された場合に、音源の方位情報取得、および音源方向の写真撮影をおこなう。
3. 2. で得られた方位情報と画像データ、およびその時の缶サットの高度情報を無線で基地局に送信する。
4. 送られた方位情報、画像データ、高度情報から被災者の位置と被災者周辺の状況を確認する。これにより、ピンポイントで被災者のもとに向かうことができ、また被災状況に応じて必要になる救助道具や救援物資を準備することができ、効率よく救助をおこなえる。

学生スタッフがこのチームの力量に合わせて導いた適切な難易度のミッションにより、このチームのメンバーは探究心を誘発され、ふくい缶サットグランプリでの競技直前まで意欲的に製作を続けることができた。

(2) ローバー製作におけるミッション例 (多様な得点項目への対応)

令和7年度宇宙 AI ロボット開発講座では、多数の得点パターンが設定されたコースでコンテストをおこなった (図11)。得点源は以下のようなものであった。

- ・白色床面に設置されたゴール地点 (三角コーン) への到着時間が早いほど高得点

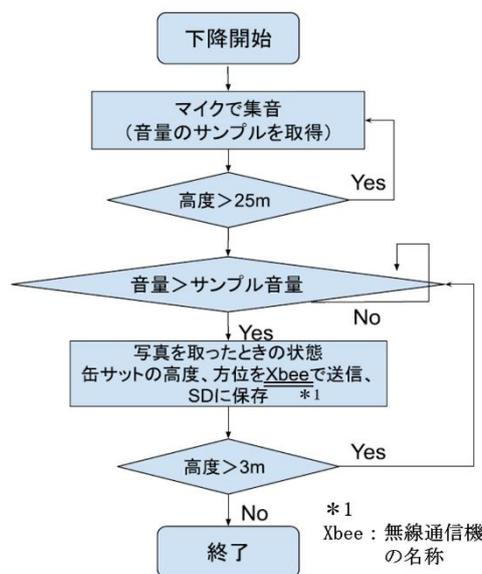


図10 ミッション達成のために作成されたプログラムのフローチャート



図11 コンテストコース

(三角コーンには 16 方位に向けた赤外線ライトを設置)

- ・サンプル設置地点にセットされたサンプル物質を採取すると得点

(青色床面にセットされたサンプル物質が最も得点が高く、次いで赤色床面にセットされたサンプル物質、緑色床面にセットされたサンプル物質の順で得点が高い。各色の床面は 3 か所ずつ、合計 9 か所あり、それぞれの床面に 3 個のサンプル物質がセットされたサンプル設置地点が 1 つずつ、合計 9 つある。サンプル物質には金属部分がある。9 つのサンプル設置地点には椅子がセットされ、椅子の上にブザー音を発する音源がある。)

- ・ローバー動作のもととなる電子系プログラムについて、難易度の高いものにチャレンジするほど高得点
- ・ローバー動作手段の独創性に応じて加点
- ・制限時間 10 分を超えると、1 分ごとに減点
- ・クレーターに見立てた黒色床面に入ると減点

講座では各チームが自由に選択して使用できるように、12 種類のセンサー類を事前に準備してあり、どのセンサー類を使ってどのようなミッションを設定するか、受講者たちはチームメンバー同士で話し合い試行錯誤した。コンテストでの得点に向けた手段として、以下のように同じ得点源に対してもさまざまな手段が考えられ、どのような手段で得点を狙うかは受講者たちの発想次第でいろいろと考えられた。

- ・ゴール到着に向けた手段 …………… 白色床面の色認識による手段 (図 12)、赤外線認識による手段、AI 機能での機械学習による三角コーン形状の物体検出による手段など
- ・サンプル設置地点特定に向けた手段 … 赤・緑・青の床面色認識による手段、音量認識による音源位置特定での手段、サンプル設置地点の位置情報を記憶させるマッピングによる手段 (図 13) など

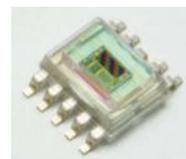


図 12 色認識に必要なカラーセンサー

1	1	1	1	3	3
1	1	1	3	3	3
2	1	1	3	3	3
2	2	2	3	3	3
2	2	2	3	3	3
2	2	2	2	3	3

1: 赤床面 2: 緑床面 3: 青床面

図 13 マッピングのイメージ

このような手段が独創的であるほど加点されるため、チームメンバー同士で得点手段を検討していく中で、受講者たちの探究心が次々と誘発された。ローバーの構造系部分の製作においても、同じ得点源に対してさまざまな手段が考えられ、受講者たちはそれぞれの創意工夫を凝らした。例えば、サンプル物質の採取方法に対して、アーム部分の製作によるすくい取り形式で採取する方法、磁力による引力で採取する方法、ローラー部分の製作による巻き取り構造 (図 14) で採取する方法など、さまざまな手段が考えられた。さらに、コンテストでの得点の際には、一方を立てれば他方は立たないというトレードオフの関係があった。例えば、到着時間での得点を狙って早くゴールさせるとサンプル物質採取数が減る、サンプル物質を短い時間でより多く採取するためにローバーのスピードを速く設定するとセンサーでの取得情報量が減り狙った動作ができなくなる、などである。トレードオフの関係は人工衛星開発などの実際の宇宙開発研究でも直面する課題であり、この関係を含んだミッションの創出は課題解決能力を育成するために必要不可欠である。これらさまざまな事項を考慮して、例えば「火星地表面での 3 か所の音源地点での土壌サンプル物質を採取して基地局 (ゴール地点) に持ち帰り、音源地点での土壌成分を特定して音量発生の原因を探る」などのミッションが創出された。



図 14 製作された巻き取り構造

3 動作試験のトライ & エラーによる探究

缶サット製作やローバー製作では、大会やコンテストでのミッション達成を目指して動作試験を繰り返しておこなう。この過程で受講者たちは問題解決的な学習の発展的な繰り返しをおこない、活発な探究活動をおこなう。以下にその具体的な例を述べる。

(1) 缶サット High School でのトライ&エラー

令和6年度缶サット High School においてあるチームが定めたミッションに、「缶サットを親機、子機の2機に分離し、親機と子機間での無線通信技術を確認する」というものがあった。このミッションのもと、缶サットの動作として、缶サット落下中に機体を親機、子機の2機に分離し、その2機間で取得データを無線通信することを目指した。このミッションは、宇宙空間での複数地点間におけるデータ通信網の整備を想定したものであった(図15)。複数の通信ラインを確立できれば、いくつかの通信ラインに障害が生じても残りのラインにより地上局との通信を続けることができる、というアイデアである。このチームの大会出場までのトライ&エラーによる探究の過程は次のとおりであった。

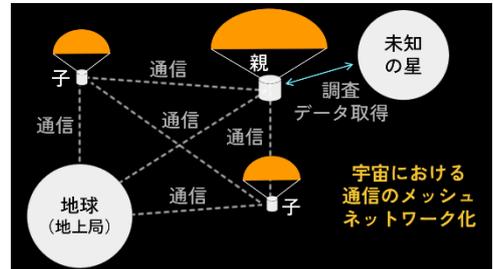


図15 ミッションで想定されたデータ通信網のイメージ

① 電子系回路設計および電子系プログラム作成におけるトライ&エラー

最初に、缶サット落下中の環境情報(温湿度気圧センサーで取得される温度、湿度、気圧のデータ)、および缶サットの機体情報(GPSセンサーで取得される位置情報、および9軸センサーで取得される機体の姿勢情報)を無線データ通信機によって通信させることを目指した。これを実現するためには、4種類のセンサー類を作動させるための回路設計をおこなう必要があった。回路設計では通常、はんだ付けによる配線を行う前に、配線の組み直しが何度でも容易にできるブレッドボードを用いて試験回路を組んでいく(図16)。ブレッドボード上の試験回路設計完了後、4種類のセンサー類によるデータ取得のためのプログラムの作成をおこなった。プログラム完成後、回路に問題がなく、かつ、プログラムにも間違いがなければ、センサー類は正常に作動し想定していたデータの取得、およびデータ通信がおこなわれるはずだが、最初から想定通りの結果は得られず、何度も回路とプログラムの修正、および動作試験をおこなった。この過程で受講者たちは、回路設計に基づく電気分野の理解を深め、また、プログラム作成に必要な論理的思考の学習も発展的に深めた。

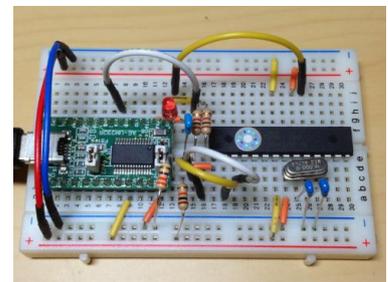


図16 ブレッドボードを用いた電子系回路設計



図17 審査員による缶サット規格審査

② 電子系回路基板作成におけるトライ&エラー

回路とプログラムが正しく組み立てられた後は、はんだ付けによる配線をおこなって電子系回路基板を作成した。その後、親機、子機の2機構造系製作に臨んだ。2機構造系はそれまでの缶サット High School で、どのチームも取り組んだことがなかったアイデアであり、先行事例がない分、製作にもさまざまな試行錯誤が必要であった。まず、構造の物理的サイズの課題に直面した。缶サットは上空への打ち上げの際に、ドローンに装着された投下装置内に缶サットをセットする必要があり、必ずこの投下装置に収まるサイズでなければならない。具体的には、缶の鉛直軸回りの直径が68mm以下、缶の高さが124mm以下でなければならない。大会ではこのサイズ制限での規格規定が課され、審査員による規格審査も行われる(図17)。このサイズ制限内で2機分の構造を設計すると、その内部に搭載する電子系回路基板のために残される空間は1機分のときよりもはるかに限られていた。そのため、最

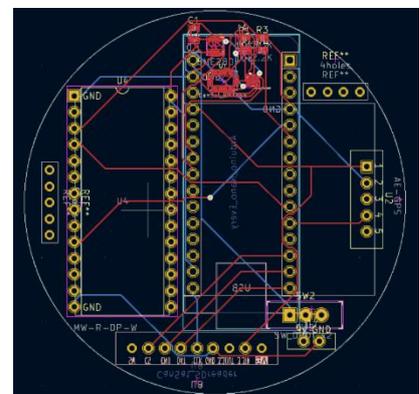


図18 基板内部に作成された電子系回路の設計図面

初に受講者たちが製作した電子系回路基板を缶サットに搭載してみると、規定のサイズには収まらなかった。受講者たちはこの課題に対する解決方法を追究し、度重なる設計を繰り返したのち、回路については、基板上に限りなく密にセンサー類を敷き詰める回路の設計を完成させた。また、基板上的配線の際に使用するはんだや導線が占める空間を節約するために、基板内部への回路印刷をおこなった（図 18）。これらの努力により、ついに規定サイズ内での構造製作に成功した。

③ 分離機構製作におけるトライ&エラー

次に直面した課題は、2つの機体の分離機構製作における課題であった。前述したように、規定によりサイズが制限されるため、そのサイズに収まる分離機構の設計が必要であった。電子系回路基板とセンサー類ですでに缶内の空間がほぼ埋まっている状況のもと、分離機構の設計には大きな工夫が必要であった。何度も設計と製作のトライ&エラーを繰り返した末、缶の側面に埋め込まれた形の分離機構が考案された（図 19）。これは、缶サットのパラシュートに結び付けた糸の張力を利用したギアの回転運動をバーの直線運動に変換し、そのバーの運動で子機をドッキングさせていたツメをはずすという仕組みであった（図 20）。この機構にはオリジナルな形状やサイズの部品が必要となり、これらの部品は CAD ソフトでの図面データ作成と 3D プリンター印刷により作成された。

側面に設計された分離機構



図 19 設計された分離機構

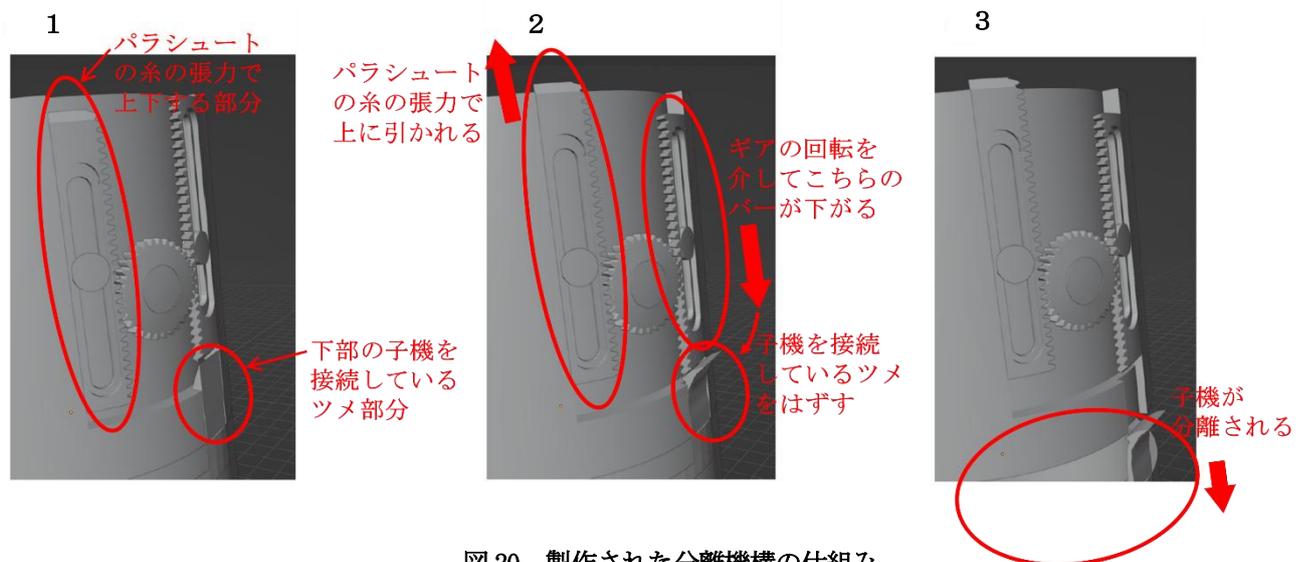


図 20 製作された分離機構の仕組み

以上の①～③は、このチームが大会に臨むまでにおこなったトライ&エラーによる探究過程の一部を抜粋したものである。缶サット完成までの過程では、①～③以外の面でも数え切れないほど多くのトライ&エラーを繰り返していた。

(2) 宇宙 AI ロボット開発講座でのトライ&エラー

令和 7 年度宇宙 AI ロボット開発講座においてあるチームが定めたミッションに、「火星地表面で自立制御による動作で物質調査のためのサンプル採取をおこない、目的地点（ゴール地点）まで運搬する」というものがあつた。火星探査においては、地球からの距離が非常に遠く通信に遅延が生じるため、完全自律で動作するローバーでの探査が必要であることを想定していた。このチームの中間コンテスト出場までのトライ&エラーによる探究の過程は次のとおりであった。

① 色による制御の検討におけるトライ&エラー

このチームは、自律制御による動作の実現のために様々な手法を考案して動作試験を繰り返した。まず、マイコンに付属しているカメラで取得した前方物体の色情報からサンプル設置地点を判別し、その結果に基づいてローバーを動作させることに取り組んだ。色情報取得に必要なプログラムの作成は難易度が高く、プログラム作成に必要な論理的思考による学習を活発におこなった。結果として、赤・緑・青といったコンテストコース床面色に対して色相の抽出をおこない、抽出された色領域の重心の座標を取得して（図 21）、画面中心との相対的な位置関係をもとにローバーの左右方向の旋回運動につなげる、というプログラムの流れを考案した。プログラム作成後に動作試験を繰り返したところ、カメラの画素数が少ないため色検出の精度が低く、接近状態では赤色を緑色と誤認識するなどの不具合が発生した。この問題はうまく解決することができず、別の手段の検討を迫られることになった。



図 21 赤色領域の重心座標を赤点で示すプログラムにより取得された画像

② 音による制御の検討におけるトライ&エラー

次に検討した手段は、マイクを用いた音量情報をもとに動作を制御する方法であった。マイクをローバーの電子系回路に組み込み、サンプル設置地点の椅子にセットされた音源からのブザー音を認識してサンプル設置地点の方向と位置を特定することを試みた。この方法での動作試験をおこなったところ、サンプル設置地点の方向と位置はうまく特定できなかった。そこで、マイクの数をもつに増やし 3 方向からの音量情報を組み合わせればより絞った方向と位置の特定ができると考え、この方法での製作および動作試験に臨んだ（図 22）。結果として大まかな方向についてはわかるようになったが、詳細な位置の特定までには至らなかった。このことより受講者たちは、音は空間全体に広がるためローバーがさまざまな方向からの收音をおこなっても、取得される音量情報に明確な違いが出てこないという物理的なイメージを学習した。最終的には收音によるサンプル設置地点の方向と位置の特定は再現性が低いことがわかり、さらに別の手段の検討を迫られることになった。

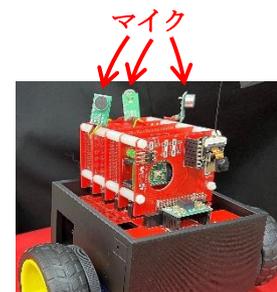


図 22 3つのマイクをセットしたローバー

③ 物体検出による制御の検討におけるトライ&エラー

次に検討した手段は、AI の機械学習による物体検出情報をもとにローバーの動作を制御する方法であった。検討されたプログラムのアルゴリズムは次のとおりであった。まず、ローバーを回転させ続け、ローバーのカメラがサンプル設置地点にある椅子を物体検出した際に、検出された椅子の中心座標とカメラウィンドウの中心座標の相対的な差がある一定の値以下になったらローバーを直進させてサンプル物質採取を目指す、というものである。この方法を実現するためには、椅子を物体検出するために、AI による機械学習を行わなければならない。試行錯誤を重ねて作成したプログラムをもとに、一般的に得られる訓練用の椅子データを利用し、ローバーに搭載されたマイコンで機械学習をおこなった。その後、動作試験に臨んだが、サンプル設置地点にある椅子をうまく物体検出することができなかった。原因を探ったところ、一般的に得られる訓練用の椅子データと実際にコンテストコースに設置される椅子の形状との間にわずかに差があることで、物体検出がうまくおこなわれないことが分かった。中間コンテストまでに、コンテストコースに設置される椅子の形状のデータを自分たちで作るための時間が足りなかったため、このチームは AI の機械学習による物体検出の対象をゴール地点に設置されている赤コーンに切り替えた。赤コーンは椅子よりも形状が単純であるため、一般的に得られる訓練用データによる機械学習でも物体検出を成功させることができるだろうという判断であった。結果として、中間コンテストでは、赤コーンの物体検出に成功し、この情報をもとにゴー

ル地点の特定をおこなうことができた (図 23)。ただ、ローバーは赤コーンに対して多少ずれた角度で直進したため、ローバーが到達した地点は赤コーンから少しずれた地点であった。中間コンテスト後、このチームは、ローバーの進路が赤コーンから少しずれた原因の特定と修正、実際にコンテストコースに設置される椅子の形状のデータ作成、AI の機械学習数増加による物体検出精度向上、自律動作によるサンプル物質採取実現など、中間コンテストをとおして生じたさまざまな課題の解決に向けて、次の最終コンテストを見据えてますます探究心を向上させていた。



図 23 学習した赤コーンを検出すると青枠で示すプログラムにより得られた画像

4 成果発表会に向けた分析のプロセス

缶サット High School や宇宙 AI ロボット開発講座では、製作スタートから大会やコンテスト終了までの探究の過程を報告する成果発表会をおこなう (図 24)。成果発表会はプレゼン形式でおこない、大会やコンテストの直前におこなう事前プレゼンと、大会やコンテストがおこなわれた直後におこなう事後プレゼンがある。主な発表内容は以下のとおりである。

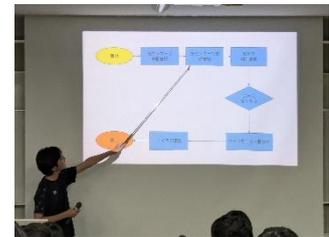


図 24 成果発表会でのプレゼンテーション

- ・ミッション

どのようなミッションを設定したかを発表する。

- ・サクセスクライテリア

設定したミッションに対する成功基準を示したサクセスクライテリアを発表する。サクセスクライテリアとは、ミッション約 60%達成を示すミニマムサクセス、ミッション 100%達成を示すフルサクセス、ミッション約 120%達成を示すエクストラサクセスの 3 段階から成る。これは、技術課題が複雑で難しい場合に開発ステップを刻んで開発管理を効率的におこなう際に定められるもので、JAXA などによる宇宙開発の場面では必ず示されるものである。サクセスクライテリアを示すことで、受講者たちは自分たちがおこなってきた取り組みをより細分化して分析することになる。

- ・大会やコンテスト成功のための仮説

どのような手段をとると大会やコンテストで成功を取めることができるか、科学的な根拠に基づいて立てた仮説を発表する。

- ・動作試験でのトライ&エラーの記録

仮説検証のための動作試験をとおしたトライ&エラーによる探究の過程について、「動作試験の内容」「動作試験の結果」「動作試験の結果に対する考察」「次の動作試験に向けての修正点」の 4 点にまとめて発表する。取り上げる動作試験は、製作内容に大きく影響したものを数回分ピックアップする。

- ・大会やコンテスト本番の結果および考察

大会やコンテスト本番で得られたデータの分析結果や考察などを、表やグラフ、写真などを効果的に利用して発表する。

以上、5 点である。

大会やコンテストでは、成果発表会のプレゼン内容も審査対象になるため、受講者たちは製作における探究の過程をより熱心に分析して発表をおこなう。また、限られた発表時間内で自分たちの実践成果を最大限に伝えるために、資料のつくりや話し方を工夫したり、得られたデータをグラフで視覚化したりして (図 25)、より聞き手にわかりやすく伝えるためのプレゼン

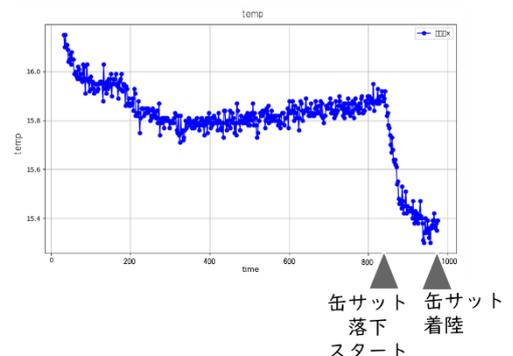


図 25 缶サット落下の際の時間と温度の関係

力も身につける。成果発表会後のアンケートで得られた、講座全体に対する感想の中には、「自分たちでミッション達成方法を解析し、どうすればいいのか仮説をたて、実現するにはどうしたら良いのかをマネジメントし、仮説が正しいのかを確かめ、ミッション達成のためにより奮闘する、という思考力、判断力、マネジメント力、類推力、粘り強さ、プレゼン力などたくさんのことを複合的に学ぶことができるためとても面白かったです。」というものがあつた。

Ⅲ 講座での新たな取り組みと今後の課題

令和7年度に始まった宇宙AIロボット開発講座では、令和6年度までおこなっていた缶サットHigh Schoolで得られた反省を生かした取り組みをスタートさせている。以下に、その新たな取り組みと今後の課題を述べる。

1 宇宙 AI ロボット開発講座での新たな取り組み

(1) 学校現場での探究授業との連携

受講対象である高校生が1つのテーマを設定し、長期間にわたって探究活動を行う取り組みは、探究学習として近年学校現場で積極的に授業に導入されている。このような背景のもと、宇宙 AI ロボット開発講座では、学校現場での探究授業とローバー開発の取り組みを連携させるため、講座期間は年度をまたがず単年度で完結する形式とした。具体的には、学校の授業期間に合わせて5月に開始し、3月に終了するスケジュールを設定し、その期間を製作・研究の期間とした。また、講座内容についても、受講者たちの活動が探究を繰り返す形となるよう設計した。結果として、令和7年度宇宙AIロボット開発講座では、参加11チーム中5チームが探究授業の活動テーマにローバー製作を設定し、講座での活動と探究授業での活動を連携させながら製作活動に取り組んでいる。また、理科教育課にローバー製作の相談依頼があつた場合は、探究授業の時間に理科教育課の職員が各学校を訪問して相談に応じるといった、訪問型探究活動支援によるサポートも取り入れた(図26)。



図26 サイエンスカーによる訪問型探究活動支援

(2) 各学校での動作試験が可能な形態の導入

缶サットは上空50mからの落下中における動作で成果が評価される。缶サット投下の際には、上空まで打ち上げるためのドローンや、遠隔で投下のタイミングをコントロールする投下装置が必要となる。よって、缶サット完成までに繰り返す動作試験では、受講者たちが教育総合研究所まで出向き、理科教育課職員がドローンを打ち上げる必要があつた。このため、動作試験をおこなう回数には限りがあり、動作試験によるトライ&エラーでの発展的な学習の繰り返しを制限する形になっていた。そこで、宇宙AIロボット開発講座でのローバー製作については、受講者たちが自分たちの学校で動作試験をおこなうことができるよう、次のような形をとつた。

まず、講座内容設計の段階で、講座での製作物はドローンのような特殊な機器がなくても動作試験をおこなうことができるものを考案した。次に、最初におこなわれる5月のスタートアップ講座の内容について、ローバーの基本構造部分の完成、ローバーの基本的な動作に必要なプログラムの書き込み、ローバーの動作確認の3点を全参加チームが講座中に終える形にし、講座後に自分たちでその後の発展的な製作をスタートさせることができるようにした。また、5月スタートアップ講座後に各チームがさまざまなアイデアを追加していけるように、新たなセンサー類や部品類を装着できる余地を残したフリーの基板3枚をローバーの基本構造部分に搭載した。さらに、講座後に各学校で製作を進めるための持ち帰り用の部品類や道具類を、缶サットHigh Schoolのときよりも充実させた。工具類やプログラム編集用PC、プログラム教本などを追加し、一式をケースに収めて運搬しやすい形にまとめ、5月のスタートアップ講座後に各学校に持ち帰ってもらつた。これらの工夫により、缶サットhigh schoolの際の取り組みを超える創意工夫と製作を各チームがおこ

なうようになった。

(3) さまざまな発想を形にするための自由度の拡張

缶サット high school では、製作する缶サットについて、投下装置に収まる大きさでのサイズ制限規定があった。また、上空から落下させるという特性上、重量が小さすぎると風に流され競技エリア外まで飛んで行ってしまったり、逆に重量が大きすぎると落下の衝撃が大きくなり缶サット破損の危険性が出てきたりするため、重量についても規定で制限されていた。これらの制限により「自分たちのアイデアを形にしきれず歯がゆい思いをしている」との意見が受講者たちの中に多くあった。そこで、宇宙AI ロボット開発講座ではローバーのサイズおよび重量の制限規定を設けないことにした。これにより、受講者たちは自分たちが目指したいローバーの動作に必要な設計を自由におこなうことができるようになり、より活発に探究を繰り返して製作に臨むようになった(図27)。

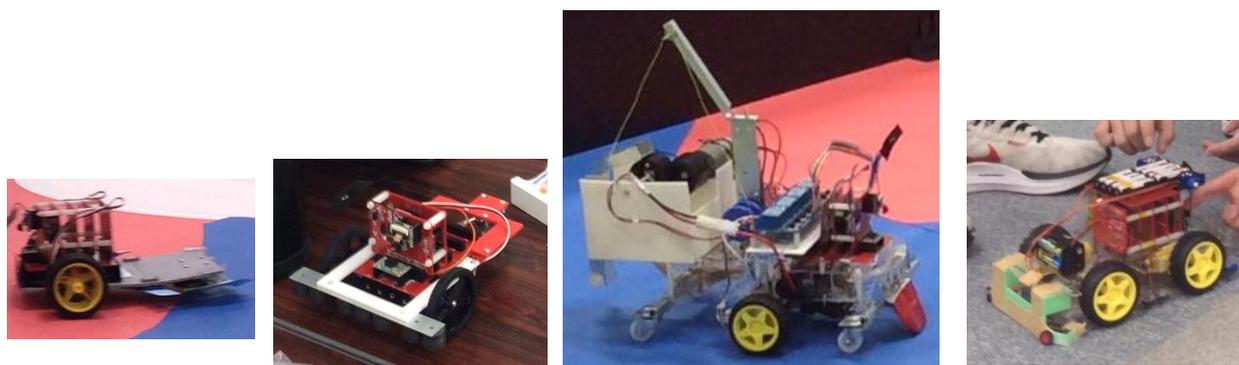


図27 各チームの創意工夫によるさまざまなサイズのローバー

(4) 産学官連携による企業からの協力

缶サット high school では、外部企業・団体などの外部機関との連携はなかった。これに対し、宇宙AI ロボット開発講座では、宇宙産業に携わる企業・団体とも連携をして講座を展開している。令和7年度宇宙AI ロボット開発講座では7つの企業・団体から、講座中のプログラミング指導などの協力をいただいている。それらの企業・団体の中でも特に福井県内の企業3社については、県民衛星「すいせん」の製作に中心的に携わるなど、福井県の宇宙産業を積極的に支えている企業であり、受講者たちは講座中の技術指導を受ける中で、実際に宇宙開発に携わっている企業の方たちの知見を共有する機会も得ている。

(5) 高度な到達領域を目指す5年継続計画

缶サット High School では7か月間の製作期間を経て大会に臨むが、大会後に、「製作を継続しておこなってより性能のいい缶サットに仕上げたい」という声を受講者たちからよく聞かれた。実際に、製作される缶サットは電子系面でも構造系面でもさらなる発展の余地があるものが多く、製作研究期間がもっと長ければより高度なものが製作される可能性が十分にあった。ところが、製作はその年で完了となり、次の年には新たな受講者が別の缶サットを1

から製作する形式であったため、製作物をさらに発展させることができなかつた。そこで、宇宙AI ロボット開発講座ではより高度な製作物の完成を目指し、製作研究は5年間継続しておこなうこととした(図28)。初年度に製作された製作物、およびトライ&エラーに



図28 宇宙AI ロボット開発講座計画イメージ

より蓄積された研究データと電子系プログラムデータは次年度の同じ学校からのチームメンバーに引き継ぎ、続きの製作をおこなってもらう。引き継ぎがよりうまくいくように、3月の最終コンテストでは次年度メンバーへの引継ぎ資料も審査対象とし、また、次年度最初の5月スタートアップ講座には前年度メンバーと当該年度メンバーの両方が出席し、蓄積したノウハウを直接伝えながら講座を受講してもらうこととした。このような形を5年間繰り返し、缶サット High School での講座形態では到達不可能だったより高度な到達領域を目指すことを可能にした。

2 今後の課題

宇宙 AI ロボット開発講座では5年継続計画のもと、より高度な到達領域を目指す。製作されるローバーは、電子系部分、構造系部分ともに年度を重ねるにつれてより高度なものとなっていく。それに伴い、製作に関する技術指導内容もより高度なものが要求されるようになる。特に電子系プログラムについては高度化するほど複雑で難解なプログラムコードの作成が必要になり、その指導にはコンピューター言語やプログラム開発環境に関するより専門的な知識が求められる。そこで現在、電子系プログラムに対する技術指導を強化するために、令和7年度にプログラミング指導の協力をいただいている企業以外のプログラム開発関連企業にも、協力依頼をスタートさせている。また、宇宙 AI ロボット開発講座では、世界で急速に発展している AI を利活用できる人材育成も目指している。今後、ローバー動作への高度な AI 要素の導入が可能になるように、AI 分野に関する指導体制の構築も課題となってくる。これらの課題を解決しながら、今後も受講者たちが効果的に探究活動をおこなうことができる講座展開を目指していく。

謝辞

缶サット High School、および宇宙 AI ロボット開発講座の実施にあたり、東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻 中須賀真一教授、および福井大学産学官連携本部 青柳賢英准教授には講座設計全般に関してさまざまなご指導をいただいた。また、宇宙 AI ロボット開発講座の実施にあたり、以下の企業・団体には資金面、技術指導面または物品提供面のいずれかに関してご協力をいただいた。

株式会社ナカテック、サンエー電機株式会社、セーレン株式会社、春江電子株式会社、ふくい宇宙産業創出研究会、福井北ロータリークラブ、三菱電機株式会社（五十音順）

ここに深く感謝の意を示す。