

令和4年度地球観測技術等調査研究委託事業

「大学間連携による理学工学融合実践的宇宙ミッション早期教育プログラム」

委託業務成果報告書

令和5年5月

九州工業大学

本報告書は、文部科学省の令和4年度地球観測技術等調査研究委託事業による委託業務として、国立大学法人九州工業大学が実施した「大学間連携による理学工学融合実践的宇宙ミッション早期教育プログラム」の成果を取りまとめたものです。

目 次

1. はじめに	4
2. 本事業の目的	5
3. 実施しようとする内容	6
4. 学生教育セミナーの実施状況	8
4. 1 2022 年度参加学生の募集及びミーティングを実施	8
4. 2 九州工業大学による「新人教育セミナー」の実施	10
4. 2. 1 衛星開発新人教育セミナー（全体向け）の実施	10
4. 2. 2 個別新人教育セミナー（サブシステムごと）の実施	12
4. 3 九州大学による「理学セミナー」の実施	15
4. 4 合同企業訪問の実施	19
5. 衛星開発の実施状況	21
5. 1 衛星システムの検討と PDR	22
5. 1. 1 地磁気観測ミッション	23
5. 1. 2 カメラミッション	24
5. 1. 3 衛星表面帯電計測ミッション	26
5. 1. 4 形状記憶合金を用いた伸展機構	27
5. 1. 5 電源系	29
5. 1. 6 通信系	31
5. 1. 7 コマンド・データ処理系	32
5. 1. 8 姿勢制御系	33
5. 1. 9 構造系	34
5. 2 九州大学における地上局のテスト運用	35
5. 3 EM（エンジニアリングモデル）の開発	38
6. ファシリテーション体制の構築および教材開発の実施業況	39
7. 2022 年度のプログラム実施に関する学生の評価	42

1. はじめに

本報告書は、文部科学省の令和4年度地球観測技術等調査研究委託事業による委託業務として、国立大学法人・九州工業大学が実施した令和4年度「大学間連携による理学工学融合実践的宇宙ミッション早期教育プログラム」の成果を取りまとめたものである。委託業務の実施期間は、令和4年4月1日から令和5年3月31日であった。本事業の実施体制として、課題参画者及び業務分担をまとめたものが、下記の表1.1となる。

表 1.1 実施体制（課題参画者及び業務分担）

業 務 項 目	実 施 場 所	担 当 責 任 者※
令和4年度		
① 合同学生教育セミナー	福岡県福岡市西区元岡744 九州大学国際宇宙惑星環境研究センター	九州大学理学研究院教授 吉川 顕正
② 衛星開発	福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学革新的宇宙利用実証ラボラトリー	九州工業大学工学研究院教授 趙 孟佑
③ ファシリテーション体制	福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学革新的宇宙利用実証ラボラトリー	九州工業大学工学研究院教授 北村 健太郎

実施体制

本事業では、九州工業大学と九州大学が相補的に理学と工学の教育について分担しながら、参加学生に対して実践的な衛星開発を通じて早期の理工学融合教育を施すものである。九州工業大学はこれまでの16機に及ぶ超小型衛星の開発経験とその知見を理学教育に適用する。衛星開発、ハンズオンワークショップ、衛星試験等に関しては、教育スタッフ10名程度とアシスタントとして9名程度の大学院生をもって指導に当たる。一方、九州大学は先端的な宇宙天気科学研究でMAGDASスクール等のグローバルな理学教育で実績を有する国内の拠点的研究機関であり、参加学生に対して宇宙科学観測の背景となる理学教育を先端的な研究を踏まえて教育する。理学教育のセミナーやデータ解析手法に関して、教育スタッフ3名と大学院生のアシスタント2名によって指導を実施する。

これら主となる2者の連携に加えて、宇宙分野の産業界との連携としてやまぐち産業振興財団が山口県下の宇宙関連企を統括した、山口県航空宇宙クラスター企業と協力して事業を実施する。ここでは技術的な相談等の連携のみでなく、企業文化や商習慣など実際の企業活動に関してのCOOP教育を実践する。また、科学衛星の観測機器の開発経験が豊富な東北大学や宇宙科学に関する国際的なデータセンターを運営する京都大学と連携することによって、衛星開発のみでなく取得したデータの解析法や理学的知見を得るための主要な研究手法について教育を行う。

こうした連携体制によって、3年間で継続的な理工学融合人材の育体制を確立する。

実施体制

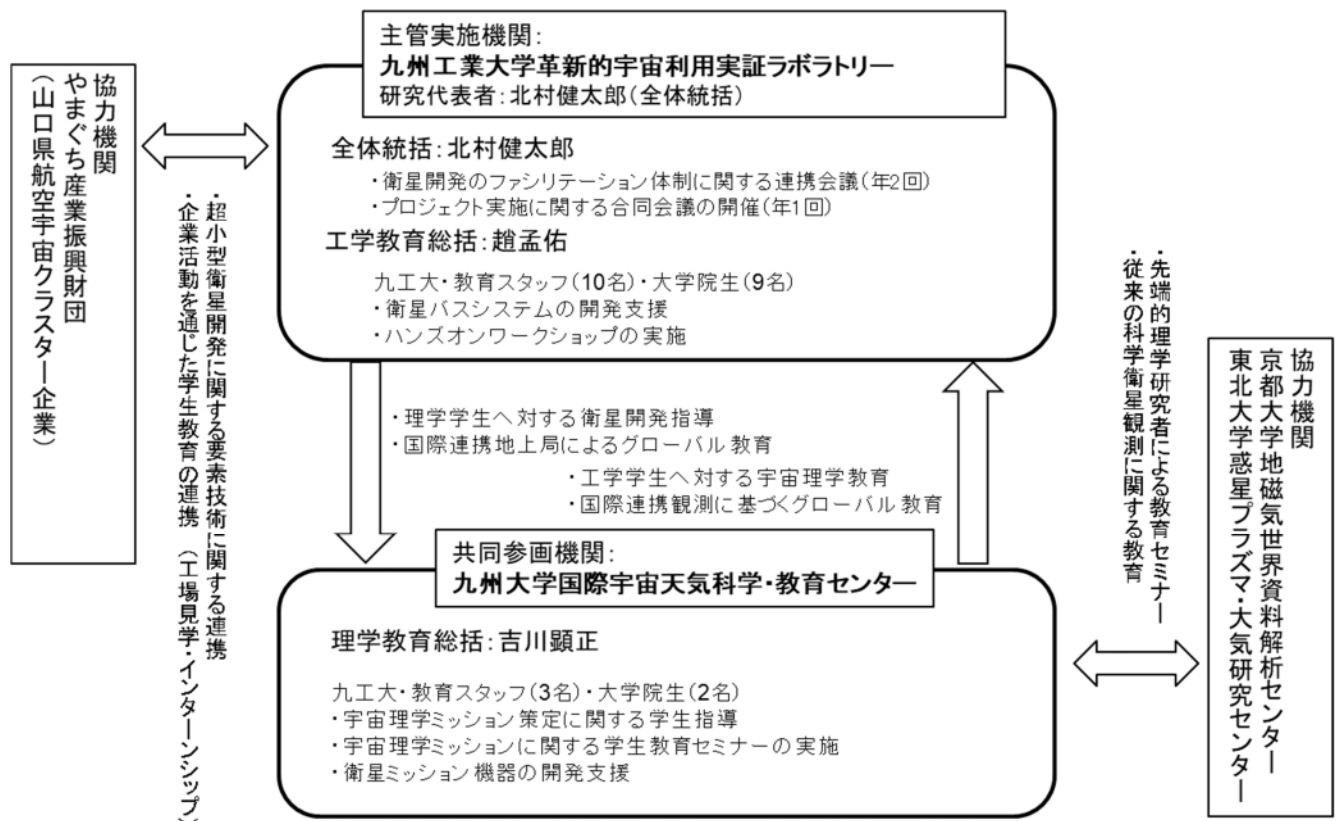


図 1.1 実施体制図

2. 本事業の目的

本プログラムでは、CubeSat 等新しいツールを宇宙科学分野に柔軟に応用する革新的な宇宙ミッションを将来中心的に推進できる人材育成を目指し、理学教育と工学教育の融合した実践的な宇宙ミッションを実施する。学部学生の早期から CubeSat による宇宙理学ミッションを実践的に体験させることによって、工学・理学の双方に十分な見識を持ち従来の科学観測衛星の常識にとらわれない超小型衛星による科学観測分野をリードできる人材の育成を目指す。また、こうした人材育成プログラムを通じて、国内外の教育機関・企業等が連携した宇宙理工学人材育成のための継続的な人的ネットワークとファシリテーション体制の構築を行う。

（1）業務の背景

現在、国内外における超小型衛星は学生教育目的から、商業利用や科学観測分野での実利用に移行しつつある。特に宇宙科学分野においては、超小型衛星の活用に関してヨーロッパを中心に 50 機のコンステレーションを目指した QB50 プロジェクトなどの本格的な宇宙理学プログラムが始動している。一方で、国内では超小型衛星による本格的宇宙科学観測技術の議論は必ずしも成熟しているとは言えず、今後日本の科学衛星観測の本格的推進とそれを担う人材育成は急務である。

九州工業大学（以下、九工大）では、2006 年以来今日まで 16 機の超小型衛星の継続的な開発によって 300 名を超える国内外の学生に対して実践的な衛星開発の教育を行ってきた。また、九州大学（以下、九大）は地球近傍の宇宙空間の電磁擾乱である宇宙天気研究において国内の拠点として先端的な理学研究を行ってきており、MAGDAS スクールなどのプログラ

ムを主導し 500 名を超える発展途上国の学生に対して国際的な宇宙理学教育を実践してきた。

本プログラムでは、九工大と九大が工学・理学それぞれの立場から理工融合した人材育成を大学生の早期に実施し、理工学融合した宇宙人材育成の基盤を構築する。

(2) 業務の目標

本プログラムでは、10 年後に若手研究者として超小型衛星など新しいツールを柔軟に活用した革新的宇宙理学ミッションを自ら主導的に立案・実施できる人材の育成と、国内の宇宙理学ミッションの継続的な実施のための人的ネットワークの確立するために工学系教育機関と理学系教育機関が相補的に早期人材育成プログラムを実施する。育成する人材像は、「理学・工学の両面に精通し将来革新的な宇宙ミッションを企画・実行できる素養を持つ人材」と定義し、九工大・九大から参加する学部学生を中心とした合同チームによって宇宙理学ミッションを達成するための CubeSat を開発する。委託事業完了までの目標としては

(1) 学部学生を中心とした実践的宇宙理学ミッションの実施

理学系学生と工学系学生の連合チームによって ISS 放出のためのフライトモデル完成と JAXA 引き渡しまでを実施する。

(2) 理工融合人材育成のための指導方法の確立

九工大・九大のスタッフおよび外部連携機関によって宇宙理学ミッション実施のための共同ファシリテーション体制を構築し座学・ハンズオンワークショップを含む教育コンテンツを開発し、広く波及させることを目指す。

(3) 継続的人材育成のための産学連携基盤構築

プログラム終了後に超小型衛星による宇宙科学ミッションを継続的に実施するための人材育成に向けた、複数機関連携による人材育成体制と継続的な資金調達の体制を整える。

3. 実施しようとする内容

学部学生を中心とする九工大の工学系学生と九大の理学系学生が、両大学の教員による指導を受けながら、実際の宇宙理学ミッションを実現する CubeSat 開発を行い、10 年後に国内の超小型衛星科学ミッションを主導できる人材育成を行う。九工大と九大が連携して、衛星開発の実践的なスキルと宇宙理学観測のための宇宙科学的素養を共有できる教育セミナーやハンズオンワークショップを実施する。また、参画する双方の教員チームおよび外部機関の協力者等とファシリテーションの方法について定期的な調整を行い、プログラム終了後も継続可能かつ外部に波及可能な教育コンテンツを完成させる。

具体的な内容としては、(1) 学生教育セミナー (2) 学生衛星開発 (3) ファシリテーション体制の構築の 3 項目について事業を実施する。学生教育セミナーに関しては、特にこれまでに衛星開発に関する工学的な教育を受けていない九州大学の理学系学生に向け、九州工業大学が主導する形での衛星工学概論に関するセミナーを実施する。これは、基本的な衛星開発におけるシステムズエンジニアリングの概念や手法に関する座学に加え、九工大でのハンズオンのセミナーを含む。また、宇宙環境に関する理学的な研究動向や学術的な重要性に関する教育を受けていない九州工業大の工学系学生に対しては九州大学が理学セミナーを実施する。これは九州大学の国際宇宙天気・教育センターのスタッフをはじめ協力機関の外部研究機関の教員・スタッフを交えた形で宇宙空間物理学の基本から最新の衛星観測ミッションに関する講義を実施する。(2) 学生衛星開発は、2U サイズ (約 10cm × 10cm × 20cm) の CubeSat 開発を九大と九工大の学生が連携して実施する。衛星は国際宇宙ステーションからの放出を想定してミッションの検討がなされるが、本事業の趣旨を踏まえメインミッションは理学系の観測ミッションとする。2021 年の秋から学部学生を中心に学生の募集を行い、2022 年 3 月までにミッション審査会 (MDR) を実施し実際に実施するミッションを決定する。その後、事前設計審査会 (PDR) および最終設計審査会 (CDR) を経て最終的に 2024 年 3 月までに衛星を完成し JAXA へ引き渡せるように開発を進める。

2021 年 10 月当初に募集する学生のうち 2 年生以下の学生に関しては、学部在学中に衛星の完成まで参画することが可能である。その後、大学院に進学する学生は引き続き衛星の運用およびミッションの実施に参画することが可能である。(3) ファシリテーション体制の構築に関しては、九州工業大学のスタッフと九州大学のスタッフが定期的なミーティングを実施し、学生教育の観点から必要な実施計画と進捗等に関して確認や議論を行い、学生セミナーや衛星開発の指導に関するフィードバックを行う。このフレームワークの中には、定期的に外部協力機関のスタッフ等も参加してもらうことによってプログラム全体の PDCA サイクルを適切に運用することを目指す。また、プログラム終了後に本プログラムで培ったアウトカムを広く普及させるために、プログラム内で制作した教材や実施手法に関しては公開できるように資料等の整備を行う。これに関しても、製作する教材や資料の作成に関する検討を定期的な会議の中で議論する。

3 年間の計画における各項目の実施予定は以下の通りである。

① 令和 3 年度

(1) 学生教育セミナー

10 月より九工大および九大において参画学生の募集を行う。参画する学生については、主に学部学生を中心とした募集を行う。早期に九大の学生が九工大・革新的宇宙利用実証ラボラトリーおよび九大・国際宇宙天気科学教育センターを訪問し、衛星開発及び宇宙天気科学に関する研究に関する初期教育を受ける。(状況によっては、オンラインで実施)

(2) 衛星開発

年度末までに、九工大・九大の学生がオンラインおよび相互訪問によって理学ミッションの内容を検討し、3 月を目処に MDR(Mission Definition Review)を実施する。

(3) ファシリテーション体制の構築

九州大学のスタッフ間で定期的なミーティングを行い、学生の指導に関する方針の協議、必要な教材開発等を行う。

② 令和 4 年度

(1) 学生教育セミナー

九大が中心となって、実施する宇宙理学ミッションの背景理解のためのセミナーを定期的に実施する。セミナーは、協力機関である、東北大学、京都大学から関連分野の先端研究を行っている研究者の協力を得ながら実施する。必要に応じて、九工大の実験装置等を利用しハンズオンのワークショップを実施する。

(2) 衛星開発

前年度の MDR に基づき、九工大の指導により衛星の BBM(Breadboard Model)の開発を行う。九大を中心にミッション機器(観測機)の開発を実施する。技術的な開発及び教育については、協力機関であるやまぐち産業振興財団が統括する航空宇宙クラスター参画企業団と技術的協力を得ながら実施する。10 月を目途に PDR(Preliminary Design Review)を行い、EM(Engineering Model)の開発を開始する。EM 開発に当たっては、協力機関と連携し技術的協力を得ながら開発を進める。必要に応じて、九工大の設備を利用して試験を実施する。安全審査やインターフェース調整の助言を受ける体制を構築する。

(3) ファシリテーション体制の構築および教材開発

九工大・九大双方の教育スタッフが定期的に会合を持ちながら学生への指導の協議および指導に関する、教材、マニュアル等の開発を継続的に実施する。

③ 令和 5 年度

(1) 学生教育セミナー

宇宙理学セミナーを前年に引き続き継続的に実施する。事業期間中に実施した教育コンテンツを整理し公開する。

(2) 衛星開発

EM 開発を継続する。6 月を目途に CDR(Critical Design Review)を実施し衛星設計を最終確定し、FM(Flight Model)開発を実施する。開発は協力機関であるやまぐち産業振興財団が統括する航空宇宙クラスター参画企業団と連携し進める。必要に応じて、九工大設備を利用して試験を実施する。3 月末までに、FM の開発を完了し、JAXA へ引き渡す。

(3) ファシリテーション体制の構築および教材開発

九工大・九大双方の教育スタッフが定期的に会合を持ちながら学生への指導の協議および指導に関する、教材、マニュアル等の開発を完了し波及のために公開する。

4. 学生教育セミナーの実施状況

学生教育セミナーは、九州工業大学及び九州大学が連携して実施した。当初の令和 4 年度の実施計画は、以下のとおりである。

「九大が中心となって、実施する宇宙理学ミッションの背景理解のためのセミナーを定期的実施する(状況に応じオンライン)。セミナーは、協力機関である、東北大学、京都大学から関連分野の先端研究を行っている研究者の協力を得ながら実施する。必要に応じて、九工大の実験装置等を利用しハンズオンのワークショップを実施する。九工大・九大からそれぞれ 10 名以上の学生参加者を得る。10 回以上の合同教育セミナーまたはワークショップを実施する。」

これに関して、2022 年 4 月以降九州工業大学、九州大学はそれぞれの大学において使いの学生募集を行った。その後、両大学においてそれぞれ継続的に学生ミーティングおよび新人教育を実施しながら、2023 年 7 月以降に九州工業大学による衛星開発セミナー、および九州大学による理学セミナーを実施した。それぞれの取り組みの詳細を以下に紹介する。

セミナーとしては、4.2.1 章で紹介する全体セミナーを 5 回、4.2.2 章で紹介する個別セミナーを 8 回、4.3 章で紹介する理学セミナーを 2 回、5.2 章の中で紹介する運用に関するセミナーが 1 回の計 16 回の合同セミナーを実施した。

4. 1 2022 年度参加学生の募集及びミーティングを実施

昨年度に引き続き、新しく新入生を対象に参加者の募集を九工大・九大においてそれぞれ実施した。前年度は、教員が中心となって参加者の募集を行っていたが、2022 年度は新入生の勧誘等についても学生が中心となり企画を立てて実施した。最終的に、九工大では 29 名、九大では 11 名の新規参加者を得ることができた。第 1 世代の学生は 3 年生に進級しており、開発の中心的な役割を果たしているが、新規に参加した学生(1・2 年生)の教育を行いながら作業の引き継ぎを行えるように準備をする必要がある。2022 年度は新人教育についても上級生が下級生に対して指導する体制を構築した。上級生は新人教育のための準備や実施を通して、自分が俺までに学んできたことを整理し第 3 者に対して説明可能な資料の作成が求められる。こうした活動を通じて、学生間で相互に学習しあえる環境が構築された。

九州工業大学、九州大学での参加者の確定を経て、2022 年 5 月 23 日に九州工業大学でのキックオフミーティングを実施した。キックオフミーティングでは、(1)プロジェクトの目的(2)開発予定の CubeSat の概要(3)2 大学の連携開発をする理由(4)開発スケジュール等に関して学生プロジェクトマネージャーより説明を行った。当日の様子 4.1.2 に示す。



図 4.1.1 学生募集のポスター（九工大）



図 4.1.2 キックオフミーティングの様子

4. 2 九州工業大学による「新人教育セミナー」の実施

本プログラムでは、主に学部学生を対象とした新人教育セミナーを5月から実施した。これらのセミナーは、各サブシステムごとに行われるものと全員を対象にした衛星開発全般に関する2種類を実施した。サブシステムごとの新人教育セミナーは、上級生が主催し新規参加の学生に関して、開発に際して必要な基本的な知識や開発に必要なソフトウェアの使い方などをテーマにして行われた。一方で、全員対象の新人教育セミナーは、九工大の増井助教によって実施され、衛星開発におけるシステムズエンジニアリングの考え方や開発プロセスについての講義を行った。



図 4.2.1 新人教育初回説明会の際の資料（抜粋）

4. 2. 1 衛星開発新人教育セミナー（全体向け）の実施

個別のセミナーに先駆けて、九工大増井助教が衛星開発の概要に関するセミナーを5回にわたって実施した。このセミナーの目的は、CubeSatの概要を理解したうえでその開発方法を理解させることにある。特に、衛星開発手法の基本概念であるシステムズエンジニアリングの概念や手法の説明に注力した。本プログラムの目的の一つは、学部学生の早期段階から実際の衛星開発に参画させることにより、衛星システム全体を俯瞰することができる人材を育成することが挙げられる。実際には衛星開発の実践を通じてこれらの本質を学んでいくが、プロジェクトに参加したばかりの新入生に対しては教員からの初期教育が必要であるとの考えから本セミナーを実施した。一般的な衛星開発はアポロ計画のころから発展したPPP方式（Phased Planning Project）の開発手法がとられるが、こうした段階的な開発において実施される設計レビューの内容や、衛星の打ち上げに際して必要となる官辺手続きの概要等についての講義を行った。これらの講義はzoomによる遠隔方式で実施されたが講義の内容は録画の上関係学生が閲覧できるように学習システム上に保存されており、当日参加できなかった学生も随時閲覧できるように配慮された。

表 4.2.1 衛星開発新人セミナーの実施内容

第 1 回	CubeSat の概要
第 2 回	衛星開発の手順とシステムズエンジニアリングの基礎
第 3 回	衛星打ち上げに関する官辺手続きの基礎
第 4 回	衛星の構造系及び構造解析の基礎
第 5 回	製図および指示書の書き方

このセミナーでは初学者向け講座として特に難解な資料を用意せず、デジタル白板上でリアルタイムで板書をしながら進める方式で授業を行った。これにより、当日の参加学生の興味や質問等に対して極めて柔軟なセミナーを実施することが可能となった。

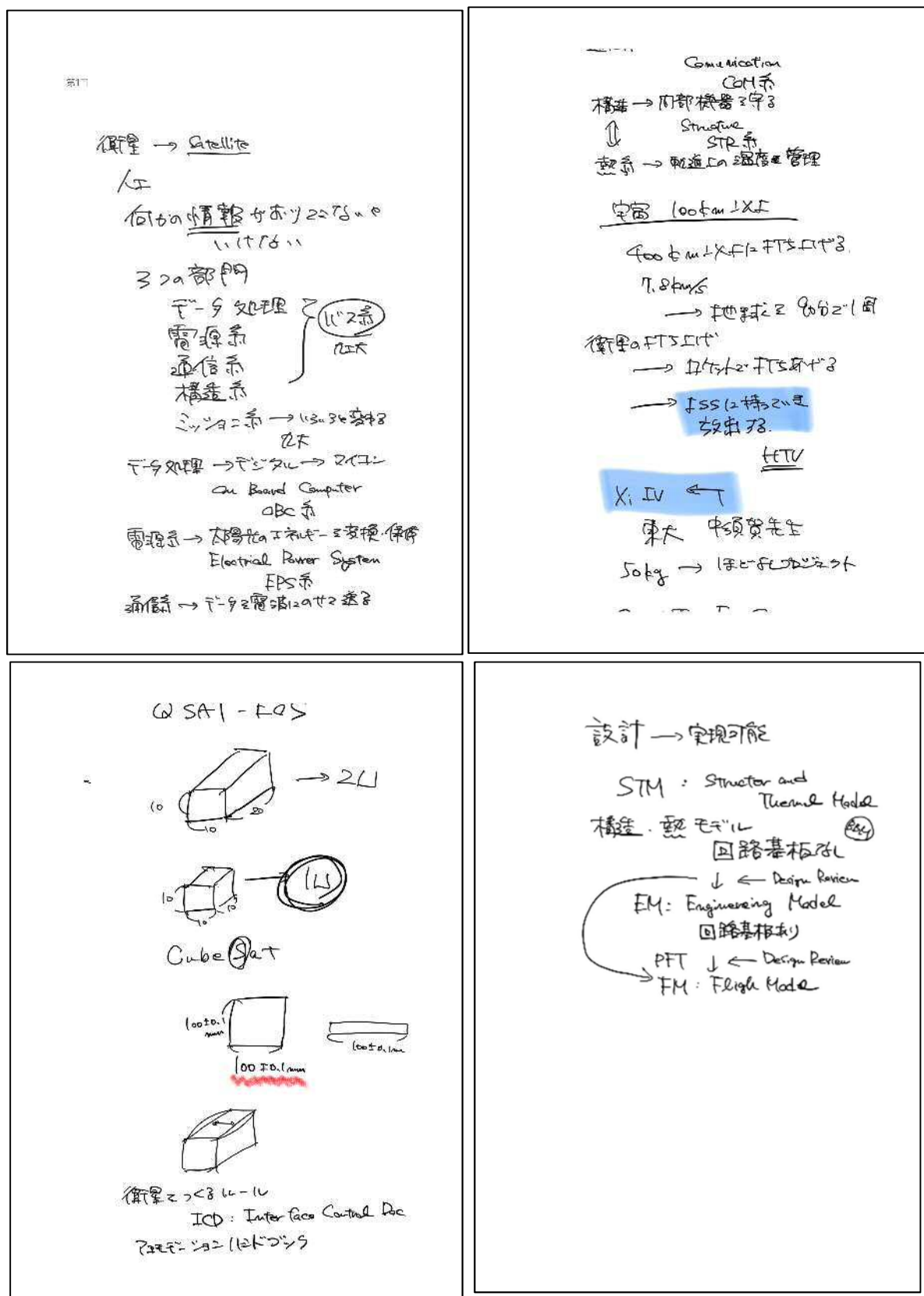


図 4.2.2 衛星開発セミナーで使った資料の例

4. 2. 2 個別新人教育セミナー（サブシステムごと）の実施

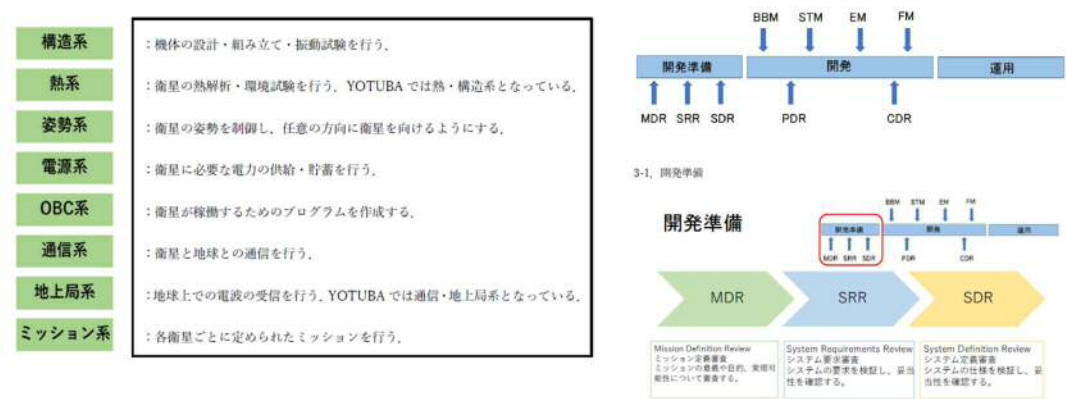
合同の新人セミナーに加えて各サブシステムごとの新人教育セミナーを実施した。

これらのセミナーは、すでに開発に関わっている上級学生が企画し指導教員の監修を受けながら新入学生に対して実施する方式をとった。そうすることによって、上級学生はこれまでに実施してきた衛星開発についての知識を棚卸する機会を得て他人に説明するためにそうした知識や経験を体系化してプレゼンテーションする必要が生じる。こうした一連のプロセスは、ある程度経験を積んだ学生に対する 2 次的な教育の機会となる。

本プログラムを継続的に実施するためには、こうした教育プロセスを学生間で自主的に実施できる体制を構築する必要があり、指導教員は段階的に講義中心の「教える役割」から学生の自主的な取り組みをサポートする「ファシリテーター」としての役割に移行していくことを目指す。

また、このようなサブシステムごとのセミナーは主たる対象を各サブシステムを希望する学生向けに実施しているが、それ以外の学生の参加を妨げるものではなくとりわけ理学系学生に対してもオープンにされている。

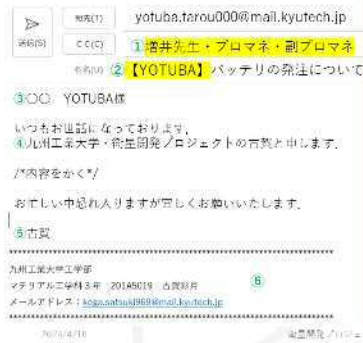
実施内容としては、（連絡方法（メールの書き方など）：1 回、C 言語基礎：3 回、回路設計基礎：2 回、CAD 基礎：2 回）の全 8 回が開催された。



SAA (安全審査)	ロケットや ISS の安全を守るための決まり事を守っているかを証明する。構造、電源、通信関係の書類が多い。一系ごとに作成後、統合する。
SAR (活動法)	人工衛星打ち上げ、運用について様々なことが法律によって定められている。これを守っていますよということを書類にまとめるもの。
ICD	部品の形状、質量、発熱量等の機械的特性や、部品の機能を外部から利用するための監視制御師団や動作モード遷移情報等、多岐にわたるインターフェース条件が記載されているもの。
SED	九工大側が作る書類の確認やサポートをしている民間の会社。
スペース BD	九工大側が作る書類の確認やサポートをしている民間の会社。

図 4.2.3 個別衛星開発セミナーで使用した資料の例

メールの書き方



必ずすること

- ①CC：外部とのやり取りの際は必ず増井先生とプロマネを入れる。内部とのやり取りの場合も必要に応じて入れる。
- ②件名：簡潔に件名を書く。【YOTUBA】を必ず入れること。外部とのやり取りの場合はこの限りではない。【九州工業大学・衛星開発プロジェクト】など。
- ③宛名：相手の所属と名前を書く。〇〇様、〇〇先生
- ④名前：学内の場合は、電源系所属～などをいれる。
- ⑤名前：名前を書く。（苗字だけで良い）
- ⑥署名：テンプレを作ると楽。

図 4. 2. 4 個別衛星開発セミナーで使用した資料の例（抜粋）学生からの発案でメールの出し方など基本的な事項も含めた

図4. 2. 5 個別衛星開発セミナーで使用した資料の例（電気回路製作ソフトEagleの利用方法（抜粋））

プログラミングとは

- コンピュータにさせたい作業を順番に書き出すこと。
コンピュータは指示されたことしかできないため、事細かに指定してやる必要がある。
- プログラミング言語：コンピュータと会話するための言語。
人間と同じ！
(JAVA, PHP, C, Ruby, Python)

4.2.6 個別衛星開発セミナーで使用した資料の例（プログラミングの基礎（抜粋））

4. 3 九州大学による「理学セミナー」の実施

九州大学側が担当する衛星開発及び宇宙天気科学に関する研究に関する初期教育について企画し、10 年後に若手研究者として超小型衛星など新しいツールを柔軟に活用した革新的宇宙理学ミッションを自ら主導的に立案・実施できる人材の育成を目的とした学生教育セミナーを実施した。今年度後半には新型コロナウイルスの感染拡大も落ち着いたため、今年度は対面講義及び Zoom ミーティングによるハイブリッド講義で実施した。外部講師は、今年度も引き続き、東北大学大学院理学研究科に所属する小原隆博教授を招聘した。

「宇宙環境の科学」というタイトルで 2 回実施された理学セミナーでは、理学ミッションを目指す人工衛星プロジェクトが観測対象とする宇宙環境のサイエンス的なバックグラウンドが網羅的に紹介された。第 1 回目のセミナーは、2023 年 3 月 22 日 10:30-12:00 に実施され、磁気圏領域について講義が行なわれた。その中で、太陽風と惑星間空間、磁気圏、オーロラ嵐、放射線帯、磁気嵐が及ぼす悪影響について詳細な説明があった。第 2 回目は、同日 13:00-14:30 に実施され、電離圏領域について講義が行なわれた。その中では、電離圏の概要、電離圏嵐、極域での電離圏嵐、そして、電離圏嵐が及ぼす悪影響について説明がなされ、双方の講義ともに、参加した学生やスタッフを交え、活発な議論が行なわれた。また、講義に先立ち同日 09:00-10:00 に、YOTSUBA-KULOVER 学生プロジェクトマネージャと各ミッション系の主担当学生から、プロジェクト全体と各ミッションの概要・進捗・問題点について紹介があり、小原先生よりコメントをいただいた。講義後の 14:30-15:00 には、小原先生が学生時代に担当したミッション機器制作における経験談や、対応してきた各種トラブルについて色々と紹介いただいた。一連の講義は動画保存され、講義資料と共に YOTSUBA-KULOVER プロジェクト全体に共有された。



図 4. 3. 1 小原隆博先生（東北大学）と参加学生







図 4.3.2 プロジェクト紹介、講義の様子

3. オーロラ

磁気圏の嵐の一つに、オーロラの嵐があります
 オーロラは、壮大な放電現象です
 太陽風と磁気圏がつくるMHD発電と、その結果生ずる電流は、
 オーロラのエネルギーの源です



図 4.3.3 オーロラとは（講義資料より抜粋）

【中間圏オゾン観測装置 (IRA)】

IRAは高度40~80kmにおけるオゾンの密度を測定する装置で、オゾン光分解過程で生ずる $1.27\mu\text{m}$ の赤外光をフィルター放射計で測定する。

【中間圏紫外大気光観測装置 (BUV)】

BUVは成層圏高度のオゾン密度を観測する装置で、地球大気により散乱された波長2,500~3,300Åの太陽紫外光を測光する。この紫外散乱光のオゾン層により吸収量からオゾン全量および高度分布を求める。

【エアロゾルオゾン観測装置 (ALA)】

ALAでは600nm(オゾン用)と $1\mu\text{m}$ (エアロゾル用)の2波長で太陽光の強度を測定する。中層大気中のオゾンとエアロゾルの高度分布を観測する。

【大気周縁赤外分光観測装置 (LAS)】

LASは、地上15kmから100kmほどの高さの中層大気の組成を観測する。太陽光の $1.6\sim 2.4\mu\text{m}$, $2.8\sim 4.8\mu\text{m}$, $8.8\sim 10.2\mu\text{m}$ の3バンドの吸収スペクトル測定する。これらの三つの波長域で、それぞれ H_2O , CO_2 および CH_4 , O_3 の吸収スペクトルを測定する。

(#ALAとLASはリムで観測を行った)

12

図 4.3.4 おおぞら衛星に搭載された観測機器 (講義資料より抜粋)

4. 4 合同企業訪問の実施

本プログラムにおいては、外部の民間企業からの協力連携として山口県航空宇宙クラスター企業からの支援を受けている。山口県航空宇宙クラスターは山口県の地場産業のうち宇宙産業へ進出している企業や今後の参画を目指している企業のコンソーシアムでやまぐち産業振興財団が統括している企業団である。本プログラムでは、学生に対して超小型衛星の開発を指導すると同時に、こうした超小型衛星を中心とする宇宙産業の動向や開発を支える地場産業の技術力等についての理解を深める取り組みを行った。

2023年2月28日に、山口県宇宙クラスターの株式会社アクシスおよび株式会社ひびき製作所の訪問を行った。訪問に際しては、宇宙クラスター参加企業(株式会社伸和精工、株式会社アクシス、株式会社黒磯製作所、株式会社ひびき製作所、富士高圧フレキシブルホース株式会社)5社が(株)アクシスに集合し各社のブースにおいて学生に対して事業説明や宇宙分野に関する取り組みの紹介を行った。九工大、九大合わせて35名の学生が参加した。

令和5年2月22日
 (公財) ぎふぐらふ美術館開館

三河工業大学・九洲大学内
 山 原地区学生センター 上巻見学、事業紹介について

1. 日 時 令和5年2月28日 13:30～19:30
2. 場 所 (棟) アクセス (下巻) 藤田11号棟 1145-13
 (棟) 山原会館棟 (下巻) 藤田10号棟 106-23
3. 内 容 上巻見学のほか各事業紹介
4. 参加者 約40名 (山原・みづ・大学スタッフ)
5. 詳細内容
 参加者を3つのグループ (1グループ13名程度) に分け、上巻見学と事業紹介をローテーションする形で実施。

時間	上巻見学 (アクセス)	事業紹介 (藤田10号棟)	事業紹介 (山原会館棟106-23)
到着開始時	-	13:30～	13:00～
13:30	バス到着・且会場に集合		
13:35	Aグループ	Bグループ	Cグループ
14:05	Cグループ	Aグループ	Bグループ
14:35	Bグループ	Cグループ	Aグループ
20分程度	移動(バス)		
時間	上巻見学 (山原会館棟)	事業紹介 (山原会館棟)	事業紹介 (山原会館棟)
到着開始時	-	13:30～	13:00～
14:35	Aグループ	Bグループ	Cグループ
15:05	Cグループ	Aグループ	Bグループ
15:35	Bグループ	Cグループ	Aグループ
15:35	会場に集合		
16:30	終了		

※事業紹介イメージ：会社説明(10分程度)、新卒採用募集の取組(10分程度)、農産物の販売、就職支援など(10分程度)

6. その他
 - ・内職を及び外職を記入し得るシート(スリッパ足らないため)
 - ・上巻見学注意書について
 - ・ブラスリッパスリッパに実施

図 4. 4. 1 開催要項



図 4. 4. 2 開始前のオリエンテーションおよび集合写真。



図 4.4.3 各企業から事業内容や宇宙産業への取り組みについて説明を受けている様子



図 4.4.4 工場内で加工機械や製造品についての説明を受けている様子(その 1)



図 4.4.5 工場内で加工機械や製造品についての説明を受けている様子(その 2)

5. 衛星開発の実施状況

2022 年度の衛星開発に関して当初予定の実施計画は以下のとおりである。

「前年度の MDR に基づき、九工大の指導により衛星の BBM(Breadboard Model)の開発を行う。九大を中心にミッション機器（観測機）の開発を実施する。技術的な開発及び教育については、協力機関であるやまぐち産業振興財団が統括する航空宇宙クラスター参画企業団

と技術的協力を得ながら実施する。10月を目途にPDR(Preliminary Design Review)を行い、EM(Engineering Model)の開発を開始する。EM開発に当たっては、協力機関と連携し技術的協力を得ながら開発を進める。必要に応じて、九工大の設備を利用して試験を実施する。安全審査やインターフェース調整の助言を受ける体制を構築する。参加学生のアンケートによって80%以上の肯定的評価を得る。」

上記の計画に関する実施状況を以下に報告する。

5. 1 衛星システムの検討とPDR

昨年度のMDR(ミッション定義審査)において決定された、4つのミッションに関してこれを実現するための衛星システムの検討を行った。学生のチームはサブシステム(系)ごとに複数のチームに分割され各系ごとに検討を進めた。毎週、水曜日に学生間の全体会議を開催し、各系ごとの進捗の報告や系間のインターフェース条件に関する確認などを行った。全体会議は遠隔会議として実施され、原則として九工大・九大の全学生が参加することとなっている。会議の進行は学生プロジェクトマネージャーによって行われるが、大学院のTA(チーティングアシスタント)や必要に応じて教員が参加し、各系の報告に関して指摘やアドバイスを行った。サブシステム(系)以下の通り分担した。

表 5.1.1 学生の役割分担

	サブシステム名	内容	主担当
ミッション系	地磁気観測ミッション	地磁気観測のための磁気センサの開発	九大
	カメラミッション	オーロラ撮像のためのカメラシステムの開発	九大
	帯電ミッション	宇宙天気変動に伴う衛星帯電の計測を行う	九工大
	展開機構ミッション	地磁気の高精度観測を行うためにセンサを搭載する展開機構を開発する	九工大
バス系	電源系	太陽電池、バッテリー充放電回路等の開発	九工大
	姿勢系	衛星の姿勢決定。姿勢制御を行うためのセンサの搭載や制御に関する開発	九工大
	通信系	衛星搭載無線機の制御や地上局の開発、国際周波数調整の手続き	九工大
	OBC系	衛星全体の制御や運用を行うための制御基板の開発	九工大
	構造系	衛星構体の開発構造解析や振動試験	九工大

こうした、システム検討を行い、2022年10月に衛星システムデザインを決定するPDR (Preliminary Design Review: 事前設計審査会) を実施した。検討する項目が多数にわたるため、審査会は2日に分け、ミッション系に関する審査会を10月14日、バス系に関する審査会を10月17日に実施した。

5. 1. 1 地磁気観測ミッション

本衛星のミッションは CubeSat による精密な地磁気観測を行うことで、主に太陽風変動によって発生する様々な宇宙天気現象についての観測を行い科学的結果を得ることにある。搭載する磁力計は COTS (Commercial Off-The-shelf) 製品を用いることで開発の負担を減らし短期間での衛星開発を可能とする。地磁気観測ミッション半では、磁力計システムインターフェースの決定とデータ取得のためのシステム設計を行った。



YOTSUBA-KULOVER ミッション系-磁力計班

PDR(2022/10/14)

YOTSUBA-KULOVER PRESENTS

資料の概要

1. 機器の諸元
2. ミッションシナリオ
3. システムブロック図
4. データフロー図
5. システム要求
6. 設計要求・検証要求・検証方法
7. サクセスクライテリア
8. 現状の課題と解決策
9. 今後の開発計画

YOTSUBA-KULOVER YOTSUBA-KULOVER PRESENTS

ミッションシナリオ

- 1 展開機構の先端に搭載した磁気センサで軌道上の磁場を測定
- 2 1分毎の平均化された磁場データを取得
- 3 2. のデータをもとにイベントの起こっている時間帯を定め、その範囲の1秒毎の磁場データを地上におろす
- 4 3. のデータをもとに太陽活動による磁気的現象と磁場変化の関係を明らかにする

YOTSUBA-KULOVER YOTSUBA-KULOVER PRESENTS

システムブロック図 (全体)



YOTSUBA-KULOVER YOTSUBA-KULOVER PRESENTS

システム要求①

軌道上の磁場を測定し、太陽活動による磁気的な現象と磁場変化の関連性を調べる
① 最大定数を満たす
② 磁力計のデータをADCへ送信ができる
③ ADCでデータをAD変換できる
④ PICからMCUへデータ送信ができる

YOTSUBA-KULOVER YOTSUBA-KULOVER PRESENTS

設計要求・検証要求・検証方法①

GR1	データの欠損なしで計測できる					
ID	システム要求	ID	設計要求	ID	検証要求	結果
SRI.1	磁力計に要求した電圧を供給できる	DR1.1.1	3.3V/5V/9V電源を磁力計に供給し、計測できる	VR1.1.1.1	電力安定化回路を磁力計に接続する	未実施
		DR1.1.2	5V/3.3V/9Vのレギュレーションを磁力計に供給する	VR1.1.2.1	インジェクションを磁力計に接続する	未実施
SRI.2	磁力計の出力データを正確に取得できる	DR1.2.1	磁力計の出力データを正確に取得できる	VR1.2.1.1	磁力計の出力データを正確に取得できる	△

○: 検証済 △: 進行中 X: 検証失敗

YOTSUBA-KULOVER YOTSUBA-KULOVER PRESENTS

サクセスクライテリア	
Level	基準
ミニマムリソース	1分間ごとの平均化した磁場データを欠損なく取得、地上局で受信する
フルサクセス	平均化された磁場データの変化の大きい時間帯を決定して、地上からコマンドを送り、その範囲の1秒間の磁場データを取得する
エクストラサクセス	

現状の課題と解決策	
課題	解決策
① 簡単なデータの読取値とパソコン上での表示には成功したが、磁力計の実際のデータではない	磁力計を接続した基板で、磁力計のデータをパソコン上に表示させて確認する
② 衛星内の各系の基板による磁気ノイズの周波数、実数値が未実施	磁力計と近くに設置して、取得データからその磁気ノイズの周波数を計測する

08

磁力計班 開発計画（FM段階）

項目	FROM	TO
FM基板設計開始	2022/09	2023/01
FM基板配線	2022/10	2023/04
組み立て・動作確認	2023/05	2023/08
各種確認試験	2023/07	2023/08

YOTSUBA-KUOVER

YOTSUBA KULOVER PROJECT

26

今後の開発計画（概要）

Task	2022年				2023年								
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	
OBM試験	■												
FM開発		■	■	■	■	■	■						
EM試験							■	■					
FM開発									■	■	■		
FM試験											■	■	
課題①	■												
課題②						■	■	■					

VOTURA-KUOVER

株式会社VOTURA

03-3542-2222

03-3542-2222

〒100-0001 東京都千代田区千代田1-1-1

丸の内線 丸の内駅 徒歩5分

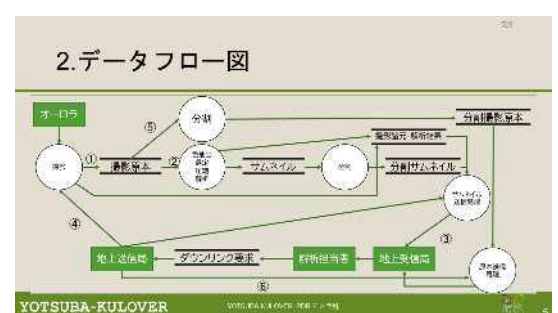
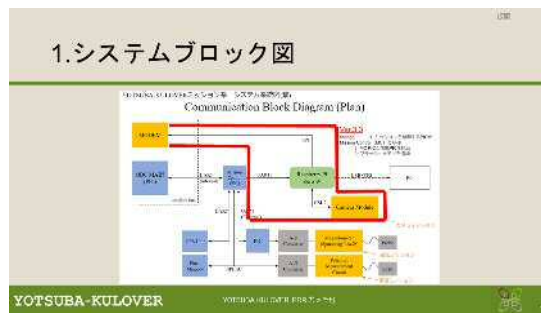
図 5. 1. 1. 1 地磁気観測ミッション班の発表資料（抜粋）

5. 1. 2 カメラミッション

カメラミッションは、汎用のマイコンボード用のカメラに追加レンズを装着することでオーロラの撮像を目指す。打ち上げ時期の 2024 年は太陽活動度の極大期になるため、多くの磁気嵐やオーロラサブストームなどの宇宙天気現象の発生が期待される。国際宇宙ステーションの軌道傾斜角は約 51 度であり、オーロラ帯に対してやや低緯度であるが、高緯度通過時のオーロラ撮像が期待されると同時に低緯度環境では地球撮像等も実施する。PDR ではオーロラ撮影のための条件整理とそこからシステムに求められる要件の整理を行い、ミッション用の OBC ボードとのインターフェース設計の妥当性についての検証を行った。

YOTSUBA-KULOVER ミッション系-カメラ班	
PDR(2022/10/14)	

資料の概要	
1. システムブロック図	
2. データフロー	
3. 機器の諸元	
4. システム要求	
5. 設計要求・検証要求・検証方法	
6. 検証内容とその結果	
7. 現状の課題	
8. 今後の開発計画	
9. 関連資料一覧	



3. 機器の諸元(Raspberry pi HQ camera)

名称	Raspberry Pi High Quality Camera
製造元	Raspberry Pi Foundation/Sony Semiconductor Solutions
大きさ	38×38×12.5(mm)
材質	不明
マウント	C, C5マウント
画素数	12MP (1280×720ピクセル)
使用用途	不明
主要製造者	山本、石田、田代

YOTSUBA-KULOVER

3. 機器の諸元(レンズ)

名称	LM6NC1M
製造元	KCWA
大きさ	φ38×55.4(mm)
重さ	100g
マウント	Cマウント
焦点距離	6mm
使用用途	なし
主要製造者	石田
製造元	ユニバーサル電子

YOTSUBA-KULOVER

4. カメラ班のシステム要求

- 宇宙空間からのオーロラ画像を取得し、オーロラの発光強度の変化を監視する
- カメラでオーロラを撮影できること
- 衛星搭載のRPI内で写真の解析加工ができること
- 画像データをダウンリンクできること

YOTSUBA-KULOVER

5. 設計要求・検証要求・検証方法①

ID	設計要求	ID	検証要求	検証方法	結果
1-1-1	カメラでオーロラを撮影できること	1-1-1-1	カメラでオーロラを撮影できること	カメラでオーロラを撮影できること	未
1-1-2	カメラでオーロラを撮影できること	1-1-2-1	カメラでオーロラを撮影できること	カメラでオーロラを撮影できること	○
1-1-3	カメラでオーロラを撮影できること	1-1-3-1	カメラでオーロラを撮影できること	カメラでオーロラを撮影できること	△
1-1-4	カメラでオーロラを撮影できること	1-1-4-1	カメラでオーロラを撮影できること	カメラでオーロラを撮影できること	○
1-1-5	カメラでオーロラを撮影できること	1-1-5-1	カメラでオーロラを撮影できること	カメラでオーロラを撮影できること	未

YOTSUBA-KULOVER

6. 検証内容とその結果①

ID	設計要求	ID	検証要求	検証方法	結果
1-1-1	カメラでオーロラを撮影できること	1-1-1-1	カメラでオーロラを撮影できること	カメラでオーロラを撮影できること	未

YOTSUBA-KULOVER

6. 検証内容とその結果②

ID	設計要求	ID	検証要求	検証方法	結果
1-1-2	カメラでオーロラを撮影できること	1-1-2-1	カメラでオーロラを撮影できること	カメラでオーロラを撮影できること	○

YOTSUBA-KULOVER

8. カメラ班 今後の開発計画 (EM段階)

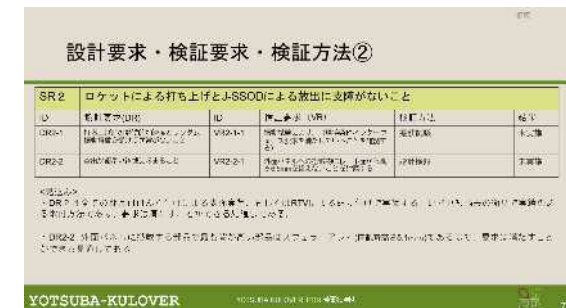
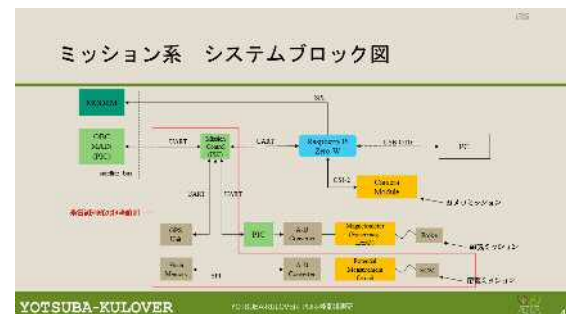
項目	計画	完了
EM設計	2022/11	2023/05
EM/組み立て回路設計	2023/01	2023/04
EM動作試験	2023/04	2023/04
CDR	2023/05	2023/06

YOTSUBA-KULOVER

図 5.1.2.1 ミッションの発表資料(抜粋)

5. 1. 3 衛星表面帯電計測ミッション

人工衛星の表面には紫外線の照射や周囲のプラズマ環境の変動によって帯電減少が起こる。こうした帯電は衛星表面での電位の偏りを引き起こし絶縁体の破壊などの重大事故に繋がることもある。特に磁気嵐やサブストームといった宇宙天気現象によって引き起こされる電子線の照射による衛星帯電は、本プログラムで打ち上げられる YOTSUBA-KUlover 衛星の打ち上げ時期の 2024 年が太陽活動の極大期であるために計測が容易であることが期待される。本ミッションでは、衛星の構体表面に小型のスフェラアレーと銅板を設置することによって衛星電位の計測を行う。また、このミッションで使用するミッション用 OBC では他のミッションの制御も行う。



設計要求・検証要求・検証方法③					
SR3 他のシステムに影響を与えないこと					
ID	設計要求(DR)	ID	検証要求(VR)	検証方法	結果
DR3-1	システム起動時の電源供給が他のシステムに影響を与えないこと	VR3-1-1	電源供給が他のシステムに影響を与えないこと	設計検証	合格
		VR3-1-2	電源供給が他のシステムに影響を与えないこと	動作実験	未実施

4. 検証結果
 ・DR3-1: 100% 合格
 ・VR3-1-1: 100% 合格
 ・VR3-1-2: 100% 合格

YOTSUBA-KULOVER

設計要求・検証要求・検証方法④					
SR4 衛星表面の帯電を測定できること					
ID	設計要求(DR)	ID	検証要求(VR)	検証方法	結果
DR4-1	衛星表面の帯電を測定できること	VR4-1-1	衛星表面の帯電を測定できること	設計検証	合格
DR4-2	衛星表面の帯電を測定できること	VR4-2-1	衛星表面の帯電を測定できること	動作実験	未実施

4. 検証結果
 ・DR4-1: 100% 合格
 ・VR4-1-1: 100% 合格
 ・DR4-2: 100% 合格
 ・VR4-2-1: 100% 合格

YOTSUBA-KULOVER

設計要求・検証要求・検証方法⑤					
SR5 データ処理系との通信ができること					
ID	設計要求(DR)	ID	検証要求(VR)	検証方法	結果
DR5-1	データ処理系との通信ができること	VR5-1-1	データ処理系との通信ができること	設計検証	合格
DR5-2	データ処理系との通信ができること	VR5-2-1	データ処理系との通信ができること	動作実験	未実施

4. 検証結果
 ・DR5-1: 100% 合格
 ・DR5-2: 100% 合格

YOTSUBA-KULOVER

主な課題					
1. 衛星表面の帯電を測定できること 2. データ処理系との通信ができること 3. 衛星表面の帯電を測定できること 4. データ処理系との通信ができること					

YOTSUBA-KULOVER

図 5.1.3.1 衛星表面帯電計測ミッションの発表資料（抜粋）

5. 1. 4 形状記憶合金を用いた伸展機構

本衛星に搭載する磁力計はノイズレベルが 0.1nT 以下と非常に高感度なセンサーである。このような高精度な磁場計測においては衛星の構体等に使用される磁性体による残留磁気モーメントや衛星の電気・電子回路から発生する磁気ノイズが計測の悪影響を与える。そのため伸展機構によって磁気センサーを衛星本体から離すことによりこうした磁気干渉の低減を図る。通常の科学衛星の場合はトラス式の進展機構を用いることが多いが CubeSat のような超小型衛星の場合は非伸展時のトラス構造を衛星本体に収納するスペースの確保が難しいことと多数の摺動部分を持つ複雑な構造を採用することは非常にリスクが高い。そのため本衛星では、衛星の構体表面にパネル式の展開機構を搭載し展開したパネルの先端に磁気センサーを搭載することとした。

YOTSUBA-KULOVER ミッションペイロード 展開機構班					
PD-402023/10/14 メンバー(演習) 岸田 由良 中西					

YOTSUBA-KULOVER

107年度第2期 第4回

資料の概要

1. ミッション目標	9. 現状の課題
2. サクセスクリテリア	10. ガントチャート
3. システムブロック図	11. 関連資料
4. ミッションシナリオ	
5. 搭載素子	
6. 設計要求・検証要求・検証方法	
7. 検証した内容とその結果	
8. これから検証する内容	

YOTSUBA-KULOVER

107年度第2期 第4回 107年度第2期 第4回

107年度第2期 第4回

1. ミッション目標

- ・磁気センサの測定精度を向上させる。
- ・伸展距離200mm以上、奥行き25mm以下に収まるコンパクトな展開機構の開発、実証を行う。
- ・磁力計を搭載する。
- ・太陽パネルを搭載する。

YOTSUBA-KULOVER

2. サクセスライテリア

ミニマムサイズ	宇宙空間での展開実績
展開しなくても、太陽光パネルで発電できる	
アルサテミス	展開状態で磁気データの取得
エクストラアクシス	宇宙空間で任意姿勢で製作して姿勢が保持されること 展開機構の製作により磁気測定の精度がどの程度向上するか検証すること

YOTSUBA-KULOVER

4. ミッションシナリオ

1. 衛星放出後アンテナ展開
2. 磁気センサでデータ取得開始
3. 一時的展開後、展開機構の展開
4. 磁気データと姿勢センサから取得されたデータと照合し、照合結果から展開機構の展開を確認し、地上局から伝送データを受信する

YOTSUBA-KULOVER

6. 設計要求・検証要求・検証方法 展開機構班ミッション要求

ID	システム要求
SR1	磁気センサの取得データとミッション目標に差を認めることができる。
SR2	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。
SR3	奥行き25mm以下、伸展距離200mm以上の展開機構を開発し実証する。
SR4	太陽光パネルを搭載できる。

YOTSUBA-KULOVER

6. 設計要求・検証要求・検証方法 システム要求・設計要求・検証要求・検証方法①

ID	システム要求	ID	設計要求	ID	検証要求	検証方法
SR1	磁気センサの取得データとミッション目標に差を認めることができる。	DR1	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	VR1	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	地上局
SR2	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	DR2	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	VR2	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	地上局
SR3	奥行き25mm以下、伸展距離200mm以上の展開機構を開発し実証する。	DR3	奥行き25mm以下、伸展距離200mm以上の展開機構を開発し実証する。	VR3	奥行き25mm以下、伸展距離200mm以上の展開機構を開発し実証する。	地上局
SR4	太陽光パネルを搭載できる。	DR4	太陽光パネルを搭載できる。	VR4	太陽光パネルを搭載できる。	地上局

YOTSUBA-KULOVER

6. 設計要求・検証要求・検証方法 システム要求・設計要求・検証要求・検証方法②

ID	システム要求	ID	設計要求	ID	検証要求	検証方法
SR1	磁気センサの取得データとミッション目標に差を認めることができる。	DR1	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	VR1	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	地上局
SR2	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	DR2	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	VR2	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	地上局
SR3	奥行き25mm以下、伸展距離200mm以上の展開機構を開発し実証する。	DR3	奥行き25mm以下、伸展距離200mm以上の展開機構を開発し実証する。	VR3	奥行き25mm以下、伸展距離200mm以上の展開機構を開発し実証する。	地上局
SR4	太陽光パネルを搭載できる。	DR4	太陽光パネルを搭載できる。	VR4	太陽光パネルを搭載できる。	地上局

YOTSUBA-KULOVER

7. 検証した内容とその結果 検証内容とその結果①

ID	システム要求	ID	設計要求	ID	検証要求	検証方法
SR1	磁気センサの取得データとミッション目標に差を認めることができる。	DR1	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	VR1	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	地上局
SR2	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	DR2	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	VR2	磁気センサの取得データの精度を向上させることができる。	地上局
SR3	奥行き25mm以下、伸展距離200mm以上の展開機構を開発し実証する。	DR3	奥行き25mm以下、伸展距離200mm以上の展開機構を開発し実証する。	VR3	奥行き25mm以下、伸展距離200mm以上の展開機構を開発し実証する。	地上局
SR4	太陽光パネルを搭載できる。	DR4	太陽光パネルを搭載できる。	VR4	太陽光パネルを搭載できる。	地上局

YOTSUBA-KULOVER

8. これから検証する内容 検証予定内容①

YOTSUBA-KULOVER

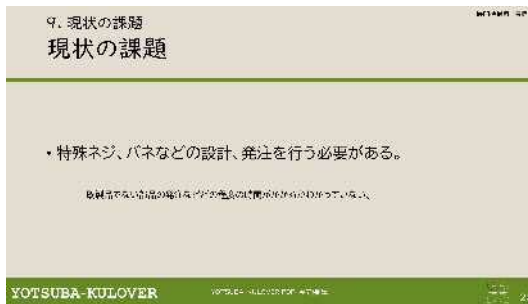


図 5. 1. 4. 1 伸展機構の発表資料(抜粋)

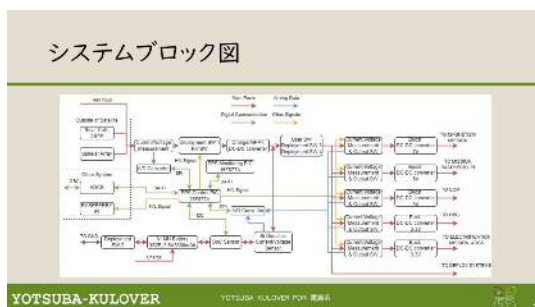
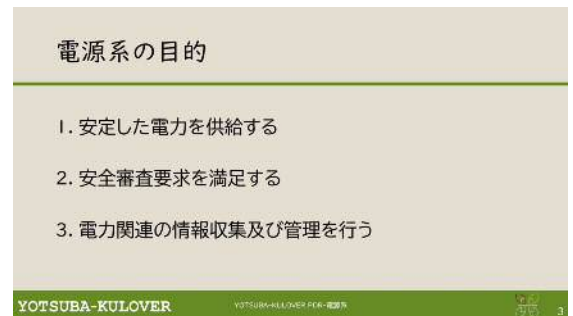
・企業からの協力

本展開機構の開発に関しては、図 5. 1. 4. 1 に示すような展開パネル用のヒンジの設計開発が必要である。ヒンジは 2 段階の展開機構を実現するために確実な展開とラッチ機構による固定を行う。一方で、2 段目のヒンジについては 2 段目展開の負荷を軽減するために十分な軽量化が求められる。設計については展開機構班の学生が行っているが、実際の製作についての加工法や精度の確保については課題が多い。本開発におけるヒンジは当初金属材料の加工によって大学内で作成したが特に 2 段目のヒンジについては重量が大きく 1 段目ヒンジの展開に支障をきたす状態であることが判明した。

そこで、本プロジェクトでは協力機関の山口宇宙航空クラスター企業団の伸和精工株式会社に相談をおこなった。同社ではこれまでに金属 3D プリンタを利用した宇宙用部品の製作に実績があり、超小型衛星搭載の部品加工において実績がある。現在のヒンジの開発に関して適宜連絡を取りながら同社のもつ技術を応用し樹脂部品のヒンジについて 3D プリンタを利用した製作・加工の方法について検討を進めている。

5. 1. 5 電源系

電源系は、全バスシステム及びミッションシステムを正常に動作させるための電力収支計算に基づき、これらを実現するための太陽電池セルの配置設計、充電装置の配置設計、および充放電回路の設計を行う。電源の充放電回路に使用する素子類については、過去に九工大で開発した FUTABA 衛星や MITSUBA 衛星の設計をもとに宇宙空間での動作実績を検討し慎重に決定した。



設計要求・検証要求, 及びその検証結果

SR2-2 軌道環境に耐えられる				
ID	設計要求	ID	検証要求	結果
DR6	1000/7年間の軌道上7年間の平均寿命を達成する	VR5	信頼性試験(7年間の平均寿命)を達成する	達成
		VR7	信頼性試験(7年間の平均寿命)を達成する	達成

- ・ 主要部品は実績のある部品を使用する
- ・ 一部センサー(主にSeC関連)の追加部品が試験できていない
- ・ 今後試験を行う

YOTSUBA-KULOVER

YOTSUBA-KULOVER FOR 6000

YOTSUBA-KULOVER FOR 6000

設計要求・検証要求, 及びその検証結果

SR3-2 CWに必要なデータをOBCに送ることができる				
ID	設計要求	ID	検証要求	結果
DR9	バッテリー電圧を計測する	VR10	テストの計測値と比較して誤差2%以内	達成
DR10	バッテリー電流を計測する	VR11	テストの計測値と比較して誤差2%以内	達成
DR11	ADCS経由でOBCにデータを送れる	VR12	ADCS, OBCそれぞれ結合して動作確認	達成

- ・ 新設計のバッテリー電流計が動作確認未完了
- ・ ただし既存設計のものが正常なので問題ない見通し
- ・ ADCS経由でOBCに10byte程度のデータを送れることを確認

設計要求・検証要求, 及びその検証結果

システム	消費電力[W]	動作時間[min]	消費電力量[Wh]	発電電力
OBC	0.33(3.3V)	92.52	0.51	・ 2枚2枚で重力固定 3.10Wh
姿勢	0.21(3.3V)	92.52	0.33	
CW通信	0.60(5V)	92.52	0.93	・ 4枚2枚で重力固定 5.48Wh
FM通信	2.75(5V)	20	0.92	
カメラ	2.00(5V)	23.13	0.79	
温度計	0.33(7V)	92.52	0.51	
電源	0.33(3.3V)	92.52	0.51	

※92.52min = always 総消費電力 4.47Wh

出力の電力容量は十分(5V2.4A, 3.3V3A)

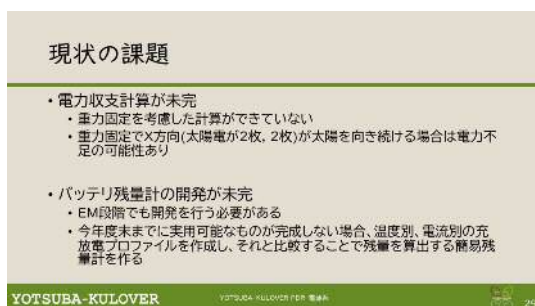
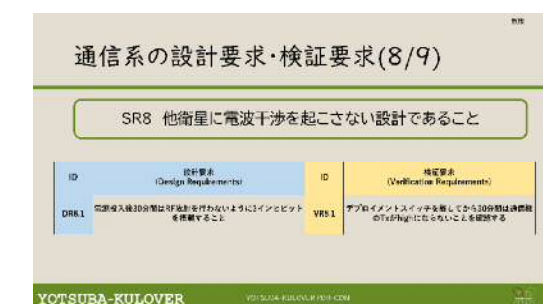
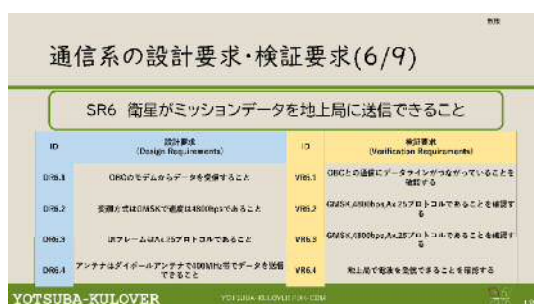
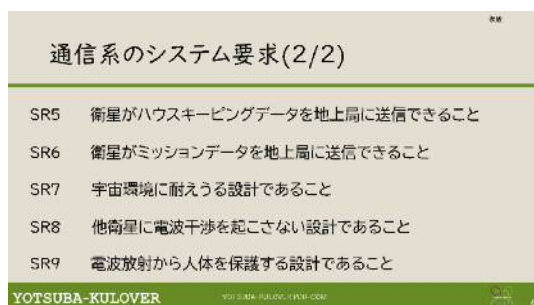
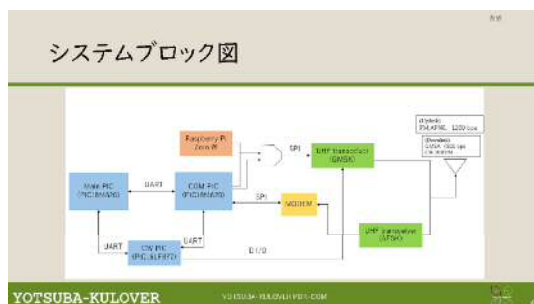


図 5.1.5.1 電源系の発表資料(抜粋)

5. 1. 6 通信系

通信系は衛星と地上間のコマンド送信やデータ受信を行うための機上制御のための設計および通信アンテナの設計を行った。本衛星では従来のアマチュア無線を用いた通信を行わないため、過去の九工大の衛星からの設計変更が必要となった。また、アンテナに関しても精密な磁場計測への影響を再諸元にするために、従来の鉄系の材料を使わないなどの工夫が必要となった。



現状の課題

通信速度の変更

→ ミッションが必要とするデータ量を考慮して通信速度を変える必要あり
(現在はuplink:1200 bps、downlink:4800 bpsで検討)

通信プロトコルの変更

→ 通信速度の変更に応じて、通信プロトコルをAx.25からG3RUHへ変更する可能性あり

YOTSUBA-KULOVER

通信系の開発計画

内容	開始日	終了日
EM/基板設計	2022/10/18	2022/11/30
EM/基板製作	2022/11/20	2022/11/30
EM/パネル作成及び動作確認	2022/12/15	2023/1/31
EM/OBCとの統合	2023/1/20	2023/1/31
EM/金型納品	2023/2/1	2023/2/29
EM/アンテナチューニング	TBD	TBD
EM/アンテナ共振試験	TBD	TBD
EM/アンテナパターン試験	TBD	TBD
EM/半導体適合試験	TBD	TBD

YOTSUBA-KULOVER

図 5.1.6.1 通信系の発表資料(抜粋)

5. 1. 7 コマンド・データ処理系

コマンド・データ処理系は、バスシステム及びミッションシステムを含む衛星全体の動作に関する制御を行う為の OBC (On-Board Computer) の設計を行った。基本マイコンとしてはこれまでに軌道上での利用実績のある PIC マイコンを採用した。また、各ミッション機器への信号の経路についての整理を行った。各機器との通信については、UART、I2C 等の複数の信号方式があるため、OBC のマイコンで制御できる信号ラインの数を精査し、不足する場合にはマルチプレクサ等を配置することでミッションを達成できるように工夫をおこなった。

YOTSUBA-KULOVER
バス-OBC

PDR(2022/10/14)

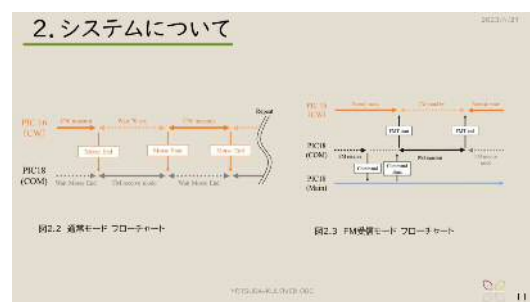
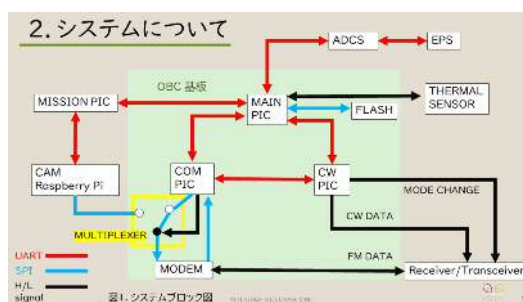
主担当 岡田 悠
MAIN 設備 有紗 悠
COM 下村 豊生
CW 江口 祐真

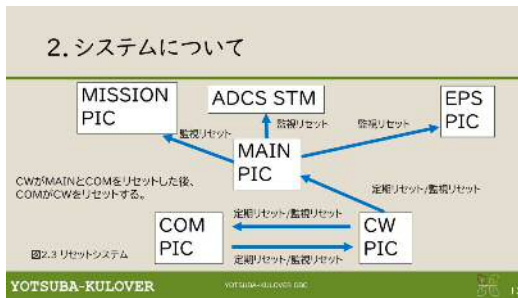
YOTSUBA-KULOVER

資料の概要

1. 搭載する素子
2. システムについて
3. ミッション要求
4. システム要求・設計要求・検証要求
5. 検証内容とその結果
6. 今後検証する内容
7. 現状の課題
8. 今後の開発計画

YOTSUBA-KULOVER





3. ミッション要求

ID	ミッション要求
SR1	放出後に30分経過したら通信を開始する
SR2	アップリンクコマンドに対応した動作をする
SR3	定期的に衛星の状態を送信する
SR4	PICの動作異常、展開機構の未展開を検知し、復旧を行う
SR5	宇宙環境で動作する

YOTSUBA-KULOVER

4. システム要求・設計要求・検証要求

SR1 放出後に30分経過したら通信を開始させる						
ID	システム要求	ID	設計要求	ID	検証要求	検証結果
SR1.1	時間を測定できる	DR1.1	時間の誤差が750%以下	VR1.1	時間の測定を要する	未着手
SR1.2	アンテナ展開できる	DR1.2.2	電圧線に電流を流す	VR1.2.2	PICから電圧線に電流を流し、テグスが切れることを確認	完了

YOTSUBA-KULOVER

4. システム要求・設計要求・検証要求

SR4 PICの異常、展開機構の未展開を検知し復旧を行う						
ID	システム要求	ID	設計要求	ID	検証要求	検証結果
SR4.1	アンテナ未展開を検知する	DR4.1.1	展開時に温度センサで温度上昇を確認する	VR4.1.1	宇宙環境で熱電対と一部に動作させる	完了
SR4.2	マイコンの状態を確認する	DR4.2.1	ADCS, MISSION, ORCとUARTで通信ができる	VR4.2.1	特定のコマンドを受信する	完了
SR4.3	マイコンにリセットをかけることができる	DR4.2.2	ADCSを通じてEPSと通信ができる	VR4.2.2	特定のコマンドを受信する	完了
SR4.3	マイコンにリセットをかけることができる	DR4.3	マイコンにリセットをかけることができる	VR4.3	マイコンの電圧電流を測定する	未実施

YOTSUBA-KULOVER

- ### 7. 現状の課題
- アップリンク:1200bps、ダウンリンク:4800bps で通信することになったため、通信機につながる回路を変更する必要がある
 - データをパケットに変換するプロトコルも見直す必要があると考える
- YOTSUBA-KULOVER



図 5. 1. 7. 1 OBC 系の発表資料(抜粋)

5. 1. 8 姿勢制御系

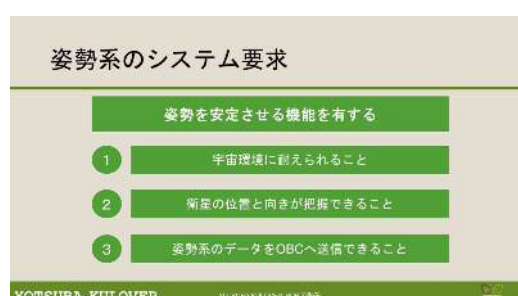
本衛星では、精密な磁場計測を行うために衛星の姿勢を正確に把握する必要がある。また、オーロラの撮像をするためには通常3軸の姿勢制御が必要であるが、衛星のサイズや電力の制約からモーメントホイールのような複雑な姿勢制御系を搭載することが困難である。本衛星では、永久磁石を搭載することで衛星本体を地磁気に対して受動的な沿磁力線制御の可能性について検討を行った。



資料の概要

1. 搭載素子
2. システムブロック図
3. データフロー
4. システム要求
5. 設計要求・検証要求・検証方法
6. 検証内容とその結果
7. 現状の課題
8. 今後の開発計画
9. 関連資料一覧

YOTSUBA-KULOVER



チーム名	勢力争点	日付
FC東京	100%	8/1/22
浦和レッズ	95%	8/4/23
川崎フロンターレ	90%	8/7/22
横浜F・マリノス	85%	8/10/22
名古屋グランパス	80%	8/13/22
札幌サッカークラブ	75%	8/16/22
仙台ユナイテッド	70%	8/19/22
徳島ヴォルティス	65%	8/22/22
松本山雅クラブ	60%	8/25/22
大宮ソニックス	55%	8/28/22
磐城フットボールクラブ	50%	9/1/23
山形ベガルタ	45%	9/4/23
福島ユナイテッド	40%	9/7/23
栃木SC	35%	9/10/23
群馬FCユニオン	30%	9/13/23
茨城フットボールクラブ	25%	9/16/23
千葉FC	20%	9/19/23
東京FC	15%	9/22/23
横浜FC	10%	9/25/23
湘南ベルマーレ	5%	9/28/23

図 5.1.8.1 姿勢系の発表資料(抜粋)

5. 1. 9 構造系

本衛星では、4つのミッションを達成するために2Uサイズ(10cm×10cm×20cm)のCubeSatの開発を行う。これまでに九工大で開発されてきた学生衛星は、基本的なバス機器が1Uサイズに収容できる設計を行ってきており、本衛星でも基本的な構造としては従来の衛星バスの設計を踏襲する。一方で、磁力計用の制御基板のサイズが90.2mm×95.9mmと従来の構造系に収容するにはやや大きいためオーロラ撮影用のカメラの配置と合わせて新たに構造の設計をする必要があった。

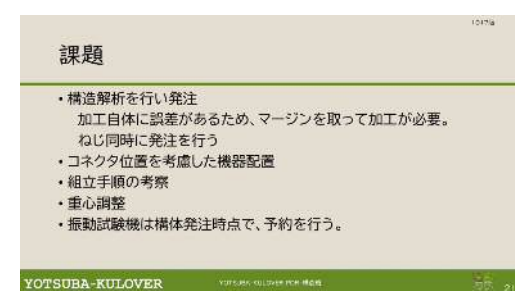


図 5.1.9.1 構造系の発表資料(抜粋)

5. 2 九州大学における地上局のテスト運用

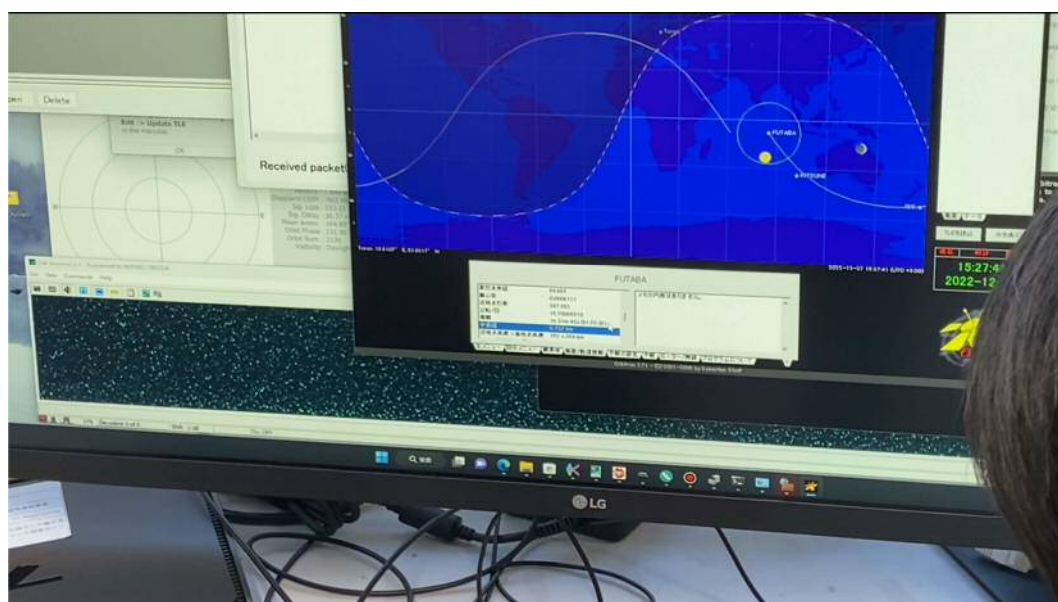
2021 年度に九州大学国際宇宙惑星環境研究センター（当時：九州大学国際宇宙天気科学・教育センター）に設置された小型衛星受信局について、衛星打ち上げ後の運用のため、各種

実験を行った。2022 年 5 月 20 日には、設置した受信アンテナの感度調査試験が実施され、感度に問題がないことが確認された。また、2022 年 12 月 28 日には、先行して作製・打ち上げられた九州工業大学の FUTABA 衛星の学生担当者より、地上局の運用についての一連のレクチャーが、実際の人工衛星のデータを受信して行われた。説明の様子は動画撮影され、今後、新入生への衛星運用セミナーの資料等に利用される予定である。なお、本地上局は、2023 年 2 月に実施された FUTABA 衛星の磁気トルカを用いた姿勢制御ミッションにおいて実際に使用され、アンテナ、ローテータ、無線機、制御 PC、ソフトウェアが全て連動して運用できることが実際に確認された。





図 5.2.1 アンテナ感度試験の様子



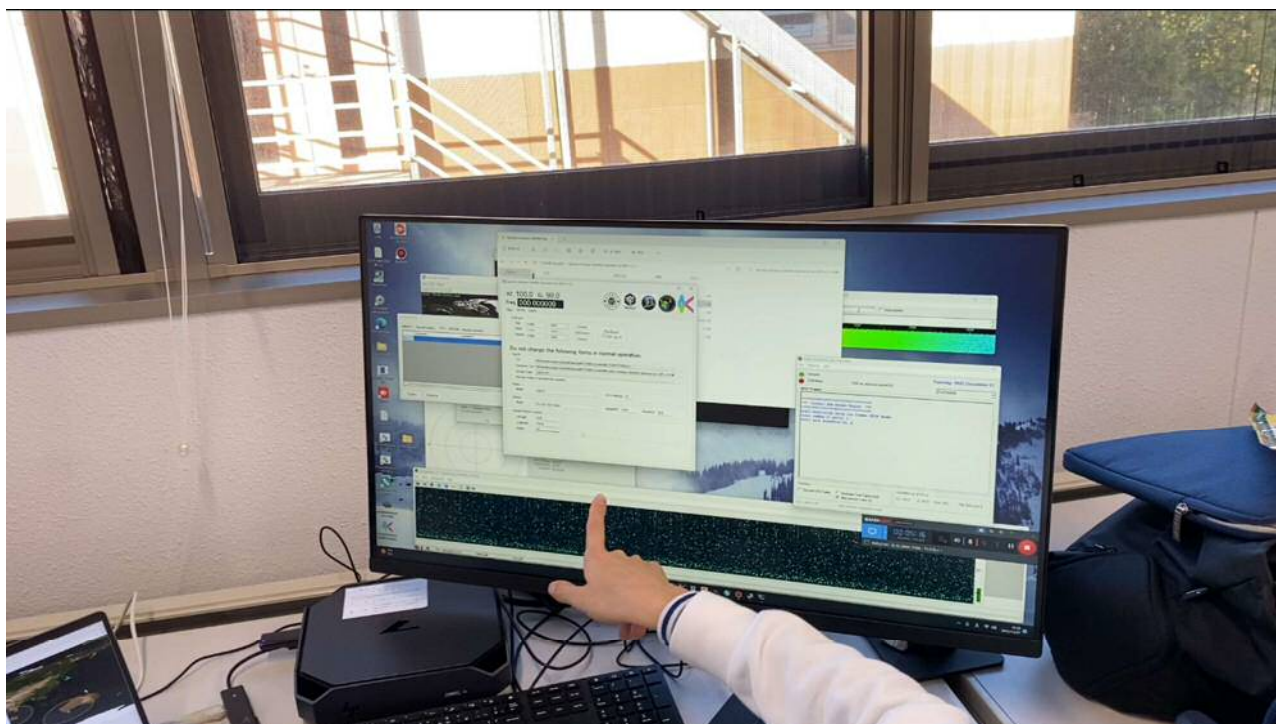
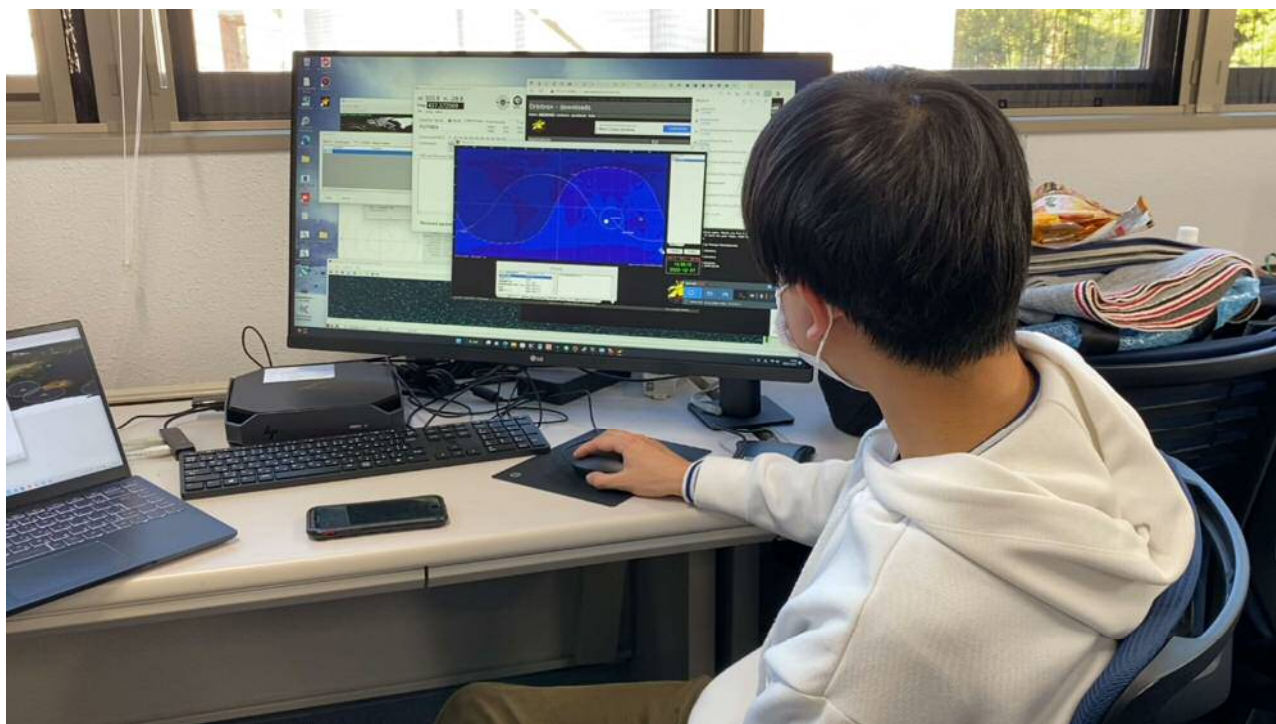


図 5.2.2 衛星運用セミナーの様子（動画より抜粋）

5. 3 EM（エンジニアリングモデル）の開発

5.1 章で記載した PDR によって、衛星の基本システムについての設計成立性が確認されたため、PDR 終了後より衛星の試作機である EM(エンジニアリングモデル)の開発を開始した。2023 年 5 月もしくは 6 月に CDR（Critical Design Review:最終設計審査会）を計画しており、それまでに EM を完成させ執拗な環境試験を実施する必要がある。2022 年度中には必要な回路基板の設計確定を行い、外面パネル、通信機、OBC 基板、ミッション基板等の設計を発注し、年度末までに納品された。また、構体系についても 2022 年度中には設計を確定し、製造を完了した。2023 年と 3 月より調達が完了したコンポーネントの統合試験を

開始しており、2023 年度の早い時期に EM の環境試験を実施する予定である。また、これらの進捗に合わせて、国際宇宙ステーションより放出するための安全審査のフェーズ 012 の資料作成を開始した。



図 5.3.1 EM 用衛星構体の外観

6. ファシリテーション体制の構築および教材開発の実施業況

2022 年度の実施計画において、ファシリテーション体制の構築及び教材開発に関しては、以下の通り計画されていた。

「九工大・九大双方の教育スタッフが定期的に会合を持ちながら学生への指導の協議および指導に関する、教材、マニュアル等の開発を継続的に実施する。指導する教育スタッフによる合同会議を2回以上実施する(状況によりオンライン)。学協会における発表を2件以上実施する。」

九州工業大学及び九州大学が円滑な連携のもとに教育プログラムとしてのファシリテーション体制の構築を行うために、プログラム開始後の 2022 年 4 月より概ね 1 回月に 1 回の頻度で、連携ミーティングを行い、2022 年度は合計 8 回のミーティングを行った。これらのミーティングにおいて、九州工業大学と九州大学のそれぞれのプログラム実施状況を担当教員間での情報共有し次の 1 か月において両大学が実施すべきアクションアイテムの確認を行ってきた。PDR 終了後は開発に関わる指導事項が増えてきたため、両大学の教員に加えて大学院生の TA も会議に加わり、開発指導の詳細についてのうち合わせを定期的の実施した。

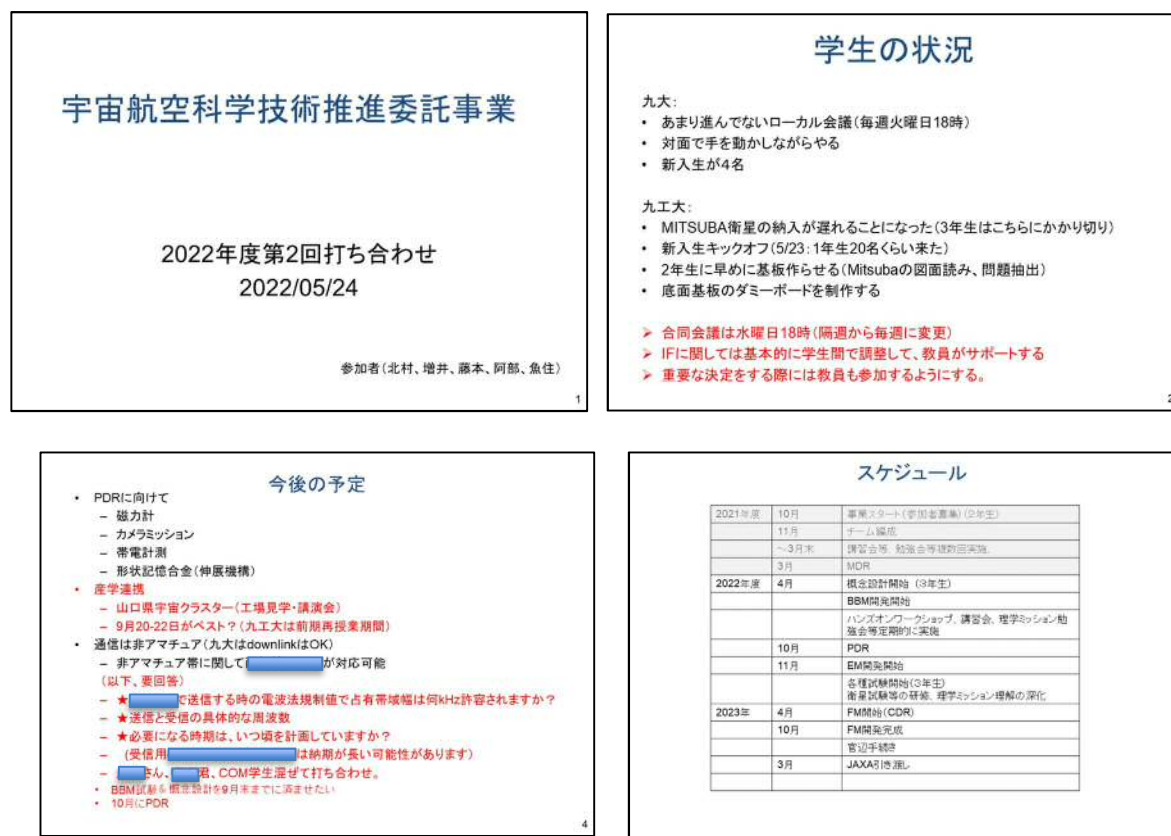


図 6.1 九工大―九大での打ち合わせ時の資料の例

また、外部との連携に関しては、九州大学は協力機関の東北大学および京都大学との行儀を計測的に実施した。2022 年度は京都大学講師との日程が合わなかったため東北大学小原教授によるセミナーを実施するための打合せを行ってきた。小原教授からは事前に発表用資料案の提示があり、それに対して九州大学から授業学生のバックグラウンドや学年等に応じた助言を行い資料の改訂をしていただいた。

九州工業大学は毎月開催される山口県宇宙クラスター企業の定例会議に定期的に参加することによってプログラムの進捗報告および具体的な協力事項の協議を行ってきた。2022 年度においては、主に 4.4 章に記載した合同の企業訪問に加え、EM 開発における部品製作に関して個別の相談を行ってきた。また、宇宙クラスター企業の参加企業が計画している新規事業について、本プログラムでも学生衛星を使った実証試験についての協議も行った。研究開発の実施計画や条件について協議を進めており、2023 年度以降の共同研究契約の締結が可能か検討している。

九州工業大学 革新的宇宙利用実証ラボラトリー
Laboratory of User Satellite Experiments and Technology Experiments, Space Utilization of Technology

国際宇宙天文台・教育センター
International Center for Astronomical Science and Education

大学間連携による理工学融合実践の宇宙ミッション 早期教育プログラム

進捗報告

2023年1月25日

研究代表者
九州工業大学 革新的宇宙利用実証ラボラトリー
北村 健太郎

九州工業大学 革新的宇宙利用実証ラボラトリー
Laboratory of User Satellite Experiments and Technology Experiments, Space Utilization of Technology

国際宇宙天文台・教育センター
International Center for Astronomical Science and Education

開発予定の衛星

・YOTSUBA-KULOVER

九工大が学生衛星としてこれまで、AOBA、FUTABA、MITSUBAと開発してきた4号機に九工大がKULOVERとして参画する連携プロジェクト

- 2UサイズのCubeSat(10cm×10cm×20cm)程度の大きさ
- 2024年度に国際宇宙ステーションより放出予定(軌道傾斜角51度、高度400km程度)
- メインミッションは**磁場観測**(地球気象の観測観測)

High school AOBA-Veloxi FUTABA MITSUBA(打ち上げ失敗)

九州工業大学 革新的宇宙利用実証ラボラトリー
Laboratory of User Satellite Experiments and Technology Experiments, Space Utilization of Technology

国際宇宙天文台・教育センター
International Center for Astronomical Science and Education

衛星の開発状況

- 2022年3月末にCMR(ミッション審査会)を実施し以下のミッションを決定
 - 地球磁場微小変動観測
 - オーロラのカメフラ
 - 衛星気象観測ミッション
 - 磁場観測を主とした学術観測実証
- 現在FM(エンジニアリングモデル)作成中
- 2月から観測試験を実施
- 3月までに観測試験を実施し、4月以降CMR(最終設計レビュー)を行い設計を確定
- 国際宇宙ステーションの準備開始 観測者へ連絡済み 12月に実験計画書を提出予定(本衛星では非アマチュア等(宇宙観測用ハンド)を利用予定) → やや遅れ気味

上記ミッション(特に伸張機構関係)に関連する製作方法や加工技術等について技術的な課題が出てきた際にご相談させていただけると助かります。

九州工業大学 革新的宇宙利用実証ラボラトリー
Laboratory of User Satellite Experiments and Technology Experiments, Space Utilization of Technology

国際宇宙天文台・教育センター
International Center for Astronomical Science and Education

衛星のCAD図面

九州工業大学 革新的宇宙利用実証ラボラトリー
Laboratory of User Satellite Experiments and Technology Experiments, Space Utilization of Technology

国際宇宙天文台・教育センター
International Center for Astronomical Science and Education

Deployment mechanism

- 精密な磁場観測を行うためには、衛星本体からの雑音磁気や磁気ノイズを避けるためにセンサーを衛星本体から遠ざける必要がある。
- 大型衛星の場合、トラス状の伸張ブームを用いるが超小型では実装が難しい。
- 本衛星ではパネル展開方式をとりパネル先端にセンサーを搭載する。
- ・**ヒンジの設計が重要**

九州工業大学 革新的宇宙利用実証ラボラトリー
Laboratory of User Satellite Experiments and Technology Experiments, Space Utilization of Technology

国際宇宙天文台・教育センター
International Center for Astronomical Science and Education

ヒンジ部設計案

九州工業大学 革新的宇宙利用実証ラボラトリー
Laboratory of User Satellite Experiments and Technology Experiments, Space Utilization of Technology

国際宇宙天文台・教育センター
International Center for Astronomical Science and Education

スケジュール

年度	月	内容
2022年度	4月	概念設計開始 (3年生)
	8月	SBX開発開始
	10月14日	パンデミックワークショップ、旗審会、建学ミッション協議会等定期的に実施
	11月	PMR(事前設計審査会)
2023年	2-3月	FM開発開始 衛星試験等の研修、理工学ミッション理解の深化 EM環境試験等の実施
	4月	CDR(最終設計審査会)(安全審査PhD/L2)
	4月	FM開発開始
	10月	FM完成
	11月	PMR(最終設計審査会)(安全審査PhD)
	3月	JAXAハンドオーバー

研究協力者の東北大学・京都大学の研究協力もからの協力も

山口県宇宙航空クラスター 企業との連携(2月28日予定)

そのほか、本設計機構と共同で、2023年度の観測試験を実施し、その結果を2024年度の観測試験に活用する予定です。

九州工業大学 革新的宇宙利用実証ラボラトリー
Laboratory of User Satellite Experiments and Technology Experiments, Space Utilization of Technology

国際宇宙天文台・教育センター
International Center for Astronomical Science and Education

今年度計画で山口県宇宙クラスター企業にお願いしたいこと

(衛星開発に関して)

- 構体系開発の際の機械加工・(熱処理?)等に関するアドバイス

(学生教育に関して)

- 宇宙クラスター企業の工場見学
 - 2月28日の1日間(午後半日程度)
 - 九工大、九工大からバス(おそら1台の予定)で訪問
 - 空中撮影プロジェクトや宇宙産業実証入に際しての取り組みなどの講演(30分~1時間)
 - 参加学生数の確保が40名くらいを想定

(その他)

- KOSEN-2衛星引き渡し完了しました(伸縮精工製の3Dプリント部品搭載)
 - 10月12日(イプシロンロケット6号機打ち上げ失敗)
 - 再打ち上げ試験中
- GO TECH等、産学官連携事業で九工大施設等のご要望があればお声がけください。

図 6.2 宇宙クラスター会議における発表資料

7. 2022 年度のプログラム実施に関する学生の評価

2022 年度末に今年度のプログラムに関するアンケート調査を実施した。36 件の回答が寄せられた。回答者の内訳は以下の通りであった。

表 7.1 回答者の内訳

大学別	
九州工業大学	17
九州大学	19

男女別	
男	27
女	9

学年	
1 年生	7
2 年生	11
3 年生	13
4 年生	3
大学院以上	2

2022 年度の活動全体に関する回答は、大変良かった及び良かったの肯定的な回答が 30 件であり、全体の 83%であった。昨年度は 67%と目標の 70%にやや届かなかったが、今年度は実質的な衛星開発が開始したことによって学生の活動自体がアクティブとなり参加意識が高まったためと考えられる。あまりよくなかったという回答が 1 件寄せられているが、理由については、記載がなかったため不明である。

5. 2022年度の活動に参加してみて

[詳細](#)

● 大変良かった	16
● 良かった	14
● 普通	5
● あまり良くなかった	1
● 全く良くなかった	0

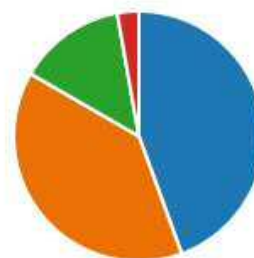


図 7.1 2022 年度の活動全体に関する評価

新人教育セミナーについては、不参加の 14 名を除き学部生中心に 22 名の参加者からの回答を得た。そのうち肯定的な評価は 17 件であり、77%の肯定的評価を得られた。ためにならなかったと回答した 1 件についてその理由を確認すると、「活動で忙しく、直接的にはためにならなかったため」と回答しておりセミナーの実施方法に起因する理由でないこ

とが確認できた。

7. 新人教育セミナーについて

[詳細](#)

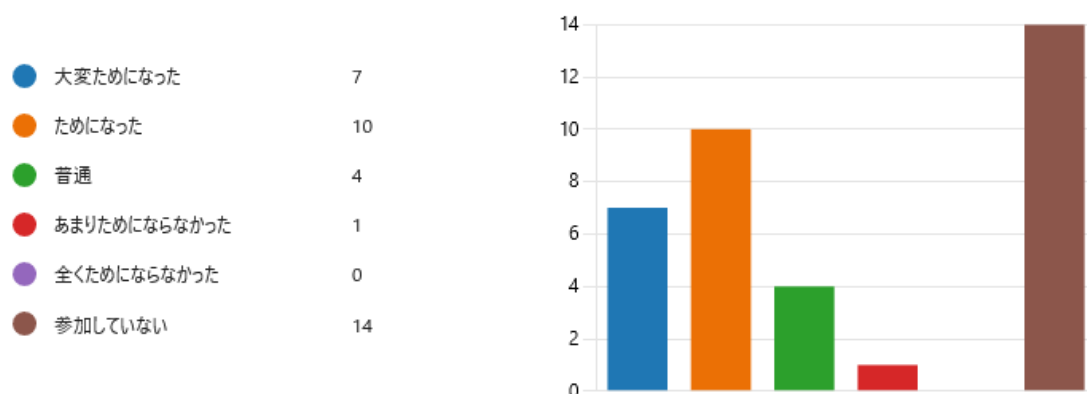


図 7.2 新人教育セミナーに関する評価

2023 年 2 月 28 日に実施した、山口県宇宙クラスター企業の訪問は 35 名の学生が参加していたが、アンケートを取る時期がやや遅れたため回答を寄せられたのは、12 名にとどまった。しかし、そのうち 11 名が肯定的な評価を寄せており、12 名中 7 名から任意の個別コメントも寄せられており学生の高い満足度がうかがえた。個別のコメントとしては、「機械部品の加工を行っている工場の見学は初めてだったので大変刺激になった。宇宙機や航空機といった大きく複雑なものも多くの人々の地道な努力の結晶なのだと感じた。」、「理学の学生で、今までこのような企業を訪問する機会がなかったので、とても興味深かったです。」、「ものづくりの現場を実際に見学できたり、企業の方に話を聞くことができたことで、人工衛星をはじめとする多くのシステムは見えない多くの人や要素から成り立っていることを実感できた。」などコロナ禍の影響もあり学外での研修の経験がほとんどなかった学生に対して大いに刺激を与えることができた内容であった。

10. 山口宇宙クラスター企業訪問（2月28日）について

[詳細](#)

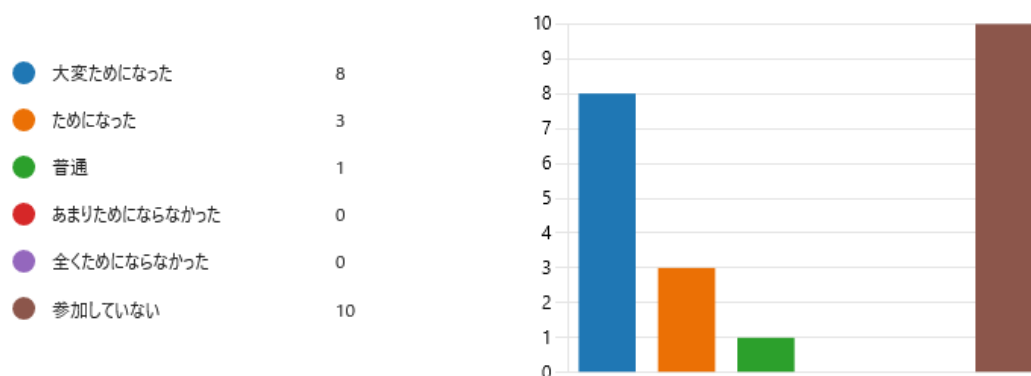


図 7.3 企業訪問に関する評価

東北大学小原教授による理学セミナーについては、12名の参加者から回答が寄せられた。そのうち10名が肯定的な評価をしており参加学生の高い満足度が確認できた。また、任意の個別コメントについても12名中5名から入力があり関心度の高さがうかがえる。個別コメントについては、「自分は工学部で理学的な授業はあまり受けてこなかったのでも面白かった。実際に大型の衛星の開発に関わっていた方の話を聞いたのは良い経験になった。」、「磁気圏・電離圏について広く興味深いお話を聞くことができました。また、小原先生が過去に衛星開発に関わった経験を聞いたり、衛星プロジェクトに関してコメントをいただけたりと、良かったと思います。」、「工学部なので理学的な知識が乏しく、難しい話もあったが自分たちが行おうとしているミッションについての理解を深めることができた。」など工学系の学生が実施する理学ミッションについての興味を涵養し理解を深めることができている、本プログラムで目標としている、工学、理学の教育を相補的に行うという取り組みが順調にできていることが確認できた。

13. 小原先生（東北大）の理学セミナーについて

[詳細](#)

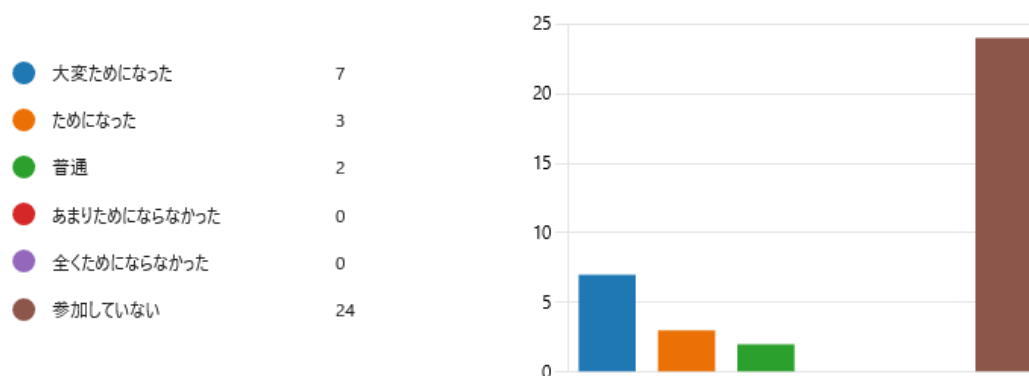


図 7.4 理学セミナーに関する評価

上記の結果を総括し、学生の肯定的な評価に関しては、概ね当初の計画通りの評価が得られていたと考える。

様式第 2 1

学 会 等 発 表 実 績

委託業務題目「大学間連携による理工学工学融合実践的宇宙ミッション早期教育プログラム」

機関名 九州工業大学

1. 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
人工衛星開発教育プログラムにおける参加者の態度・能力測定に関する試行結果報告（口頭発表）	北村健太郎，梶村好宏，池田光優，高田拓，村上幸一，今井一雅，平社信人，西尾正則，若林誠	第66回宇宙科学技術連合講演会	2022年11月3日	国内
Brief introduction on the Importance of Space Weather Research with CubeSats	Kitamura K.	29th Virtual UNISEC-Global Meeting	2023年1月21日	国外
大学間連携による理工学工学融合実践的宇宙ミッション早期教育プログラム（口頭発表）	北村健太郎、増井博一、趙孟佑、寺本万里子、藤本晶子	第14回超小型衛星の教育利用を考える会	2023年3月18日	国内

2. 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別

（注）発表者氏名は、連名による発表の場合には、筆頭者を先頭にして全員を記載すること。