

「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」の成果の概要について

実施体制	主管実施機関	国立大学法人九州工業大学	実施期間	令和3年度～ 令和5年度 (3年間)	実施規模	予算総額（契約額） <u>58</u> 百万円		
	研究代表者名	教授 北村 健太郎				1年目	2年目	3年目
	共同参画機関	国立大学法人九州大学				20百万円	19百万円	19百万円

背景・全体目標

背景:

- 超小型衛星の科学観測利用が欧米に比較して低調
- 科学観測が大型-小型衛星中心であるため、学生が科学衛星開発に係るためには、科学観測衛星に参画している大学院に進学する必要がある。
→ 理学系の学生が低学年のうちに衛星開発に係る機会がない
- 工学系では超小型衛星の教育利用が進みつつあるが、本格的な理学ミッションを実施する例は(海外に比べ)少ない。
→ 衛星工学を学ぶ学生が理学的課題について学ぶ機会がない
- 超小型衛星による科学観測を充実するためには、よりイノベティブな発想が必要となるが、こうしたトレーニングを低学年のうちに受ける機会がない。

全体目標:

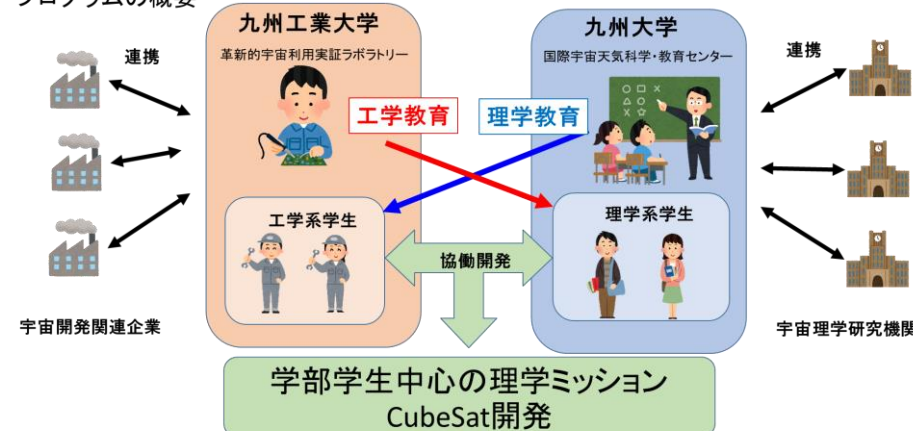
理学と工学の専門教育を融合することによって、

「**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**」を育成する

全体概要・主な成果

- 延べ147名の学生が参画しており、学生アンケートにおける肯定的な回答の3年間平均値は79%であった。
- 衛星開発に関しては、毎年、九工大・九大において新規参加学生がそれぞれ10名以上おり、アンケートでは肯定的な回答が3年間平均で87%という高い結果をた。
- 衛星開発はプログラム期間中に科学ミッションの策定からフライトモデルの完成、官辺手続きの提出下でを完了し、学生に対して質の高いシステムズエンジニアリング及びプロジェクトマネジメントの実践的教育を実施することができた。
- ファシリテーション体制の構築については、進捗報告や実施に関するブラッシュアップの議論を行う会議を連携機関間で基本的に毎月実施した。
- 山口県宇宙クラスター会議への参加など外部機関との意見交換の場も年に3回以上実施しておりフルサクセスの年2回を達成している。ファシリテーションの実施方法に関するレポートについても実施期間内での共有が行われた。

プログラムの概要

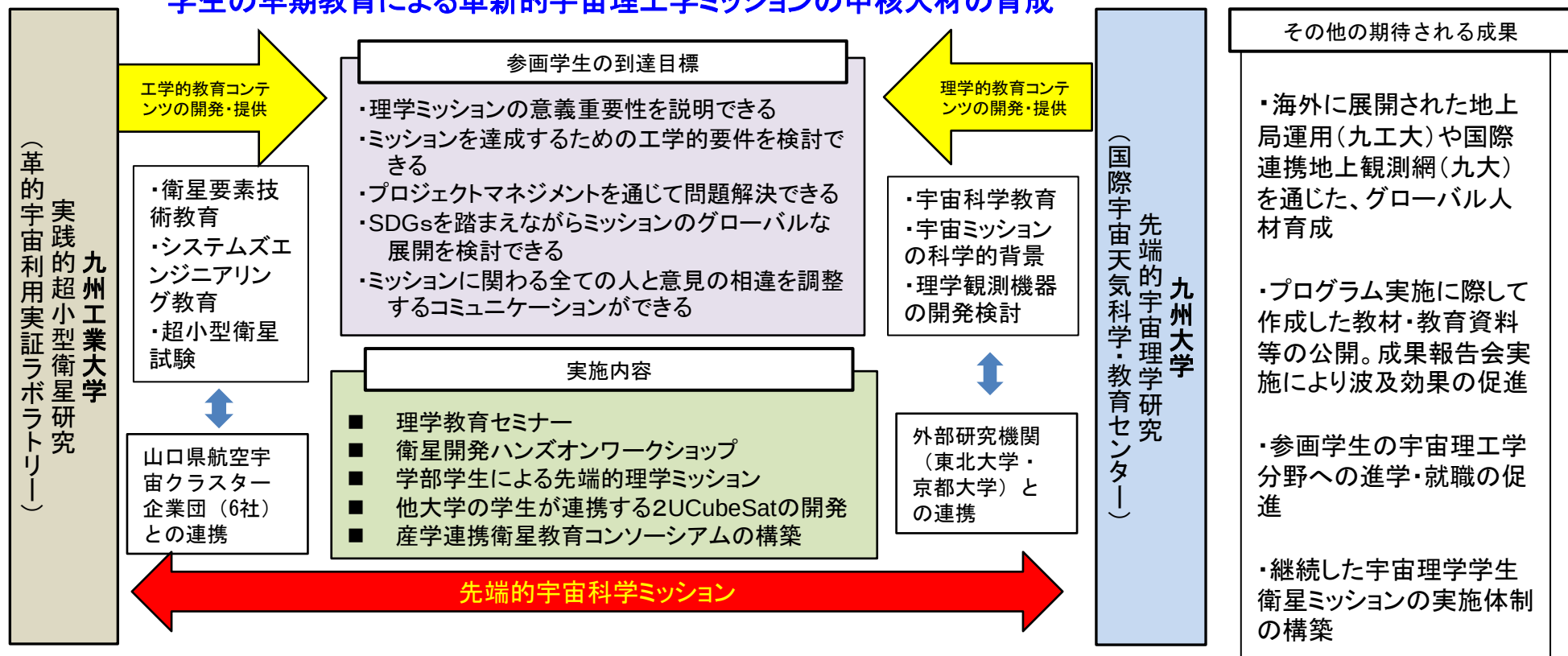


「全体概要」

理学と工学の専門教育を融合することによって、

「**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**」を育成する

学生の早期教育による革新的宇宙理工学ミッションの中核人材の育成



①「学生教育セミナー」

実施内容・成果

- 本プログラム開始以降3年間の成果として、年度当初ベースで延べ147名の学部学生を参画させ理学工学が融合した衛星開発に関する教育を実施することができた(内訳2021年度：九工大31名、九大18名、2022年度：九工大29名、九大11名、2023年度：九工大48名、九大10名)。
- 参画学生は、工学と理学とそれぞれ異なる背景を持つ学生でありこれらの学生が連携して衛星開発を実施するためには自らの専門分野以外の基礎的な内容について適切な教育プログラムを実施することが不可欠である。本プログラムでは、工学・理学それぞれの内容について九州工業大学と九州大学がそれぞれの専門分野に立脚したセミナーを実施し、学生教育を行ってきた
- 実施したセミナーの回数は3年間で43回にわたり（2021年度6回、2022年度16回、2023年度21回）これらのセミナーを実施する中でコンテンツの改善が行われてきた。これらの教育コンテンツは教材として整理され外部の希望者に提供可能な体制が構築された。
- 学生アンケートの結果では、3年間平均で概ね70%以上の肯定的評価を得られた。



九工大における合宿型工学セミナーの様子



MDRに向けた合同研修の様子

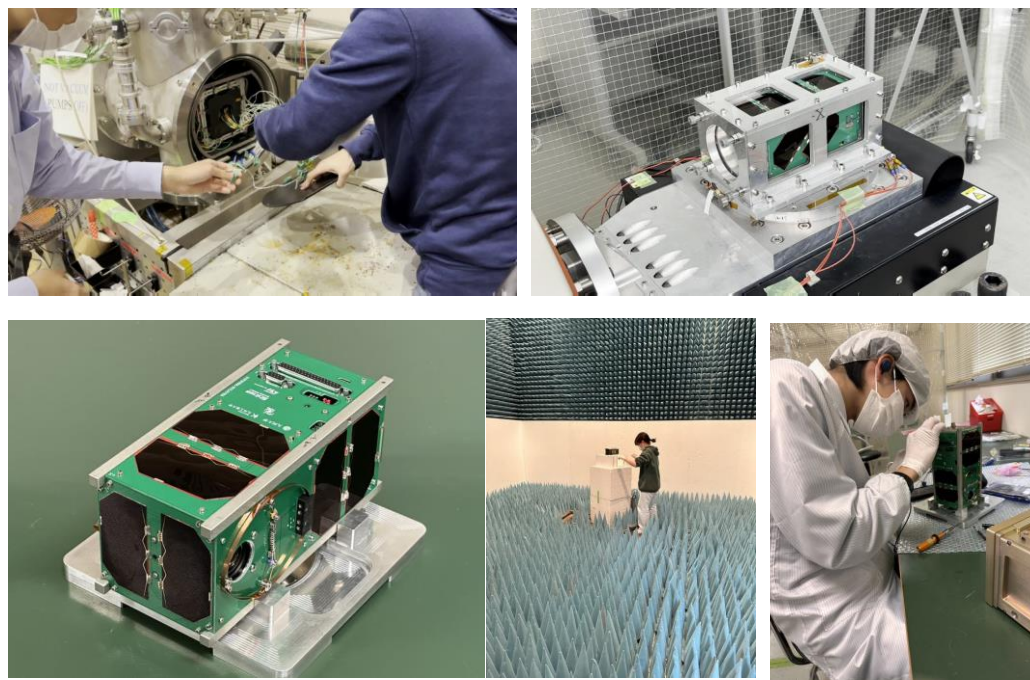


宇宙クラスター企業での工場訪問の様子

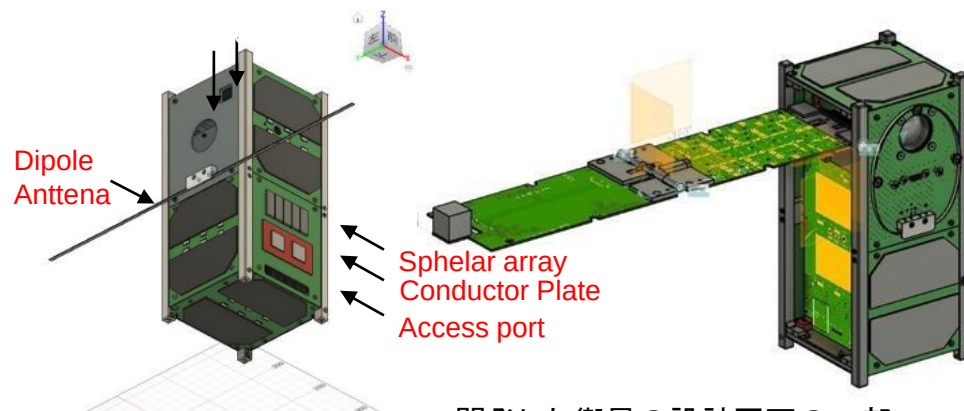
②「衛星開発」

実施内容・成果

- 本プログラムの主眼でもある衛星開発においては、最終的に3年間のプログラム期間中に衛星を完成させることができた。特に安全審査、国際周波数調整、宇宙活動法申請といった官辺手続きについても期間内に書類提出までを完了した。
- 開発全体の取りまとめは、学生のプロジェクトマネージャによって統括されこの合同ミーティングの中で進捗の確認がなされてきた。とくに最終年度の2023年度は第1世代の学生が4年生となり、当初計画通り新規参画学生を含めるとちょうど学部1年生から4年生までが参加する開発プロジェクトとなった。
- 各年度において上級生から下級生に対して各サブシステムごとに引継ぎのための教育を行う体制が確立したことも大きな成果として挙げられる。
- 本プログラムに参加した学生のうち53%が宇宙分野の大学院あるいは宇宙産業への就職が内定した。
- 本プログラムの重要な目的は、工学系の学生と理学系の学生が強調して理学ミッションを実施する衛星を開発することであるが、衛星放出後のデータ解析や理学的な知見の創出に向けてさらに深く連携する体制が構築されたことも本プログラムの重要な成果である。



開発した衛星の外観と開発時の様子

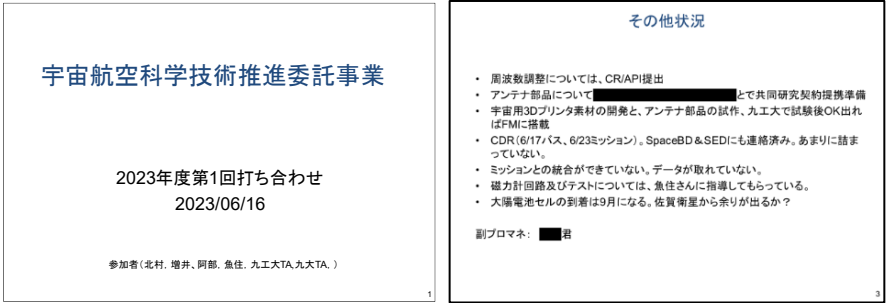


開発した衛星の設計図面の一部

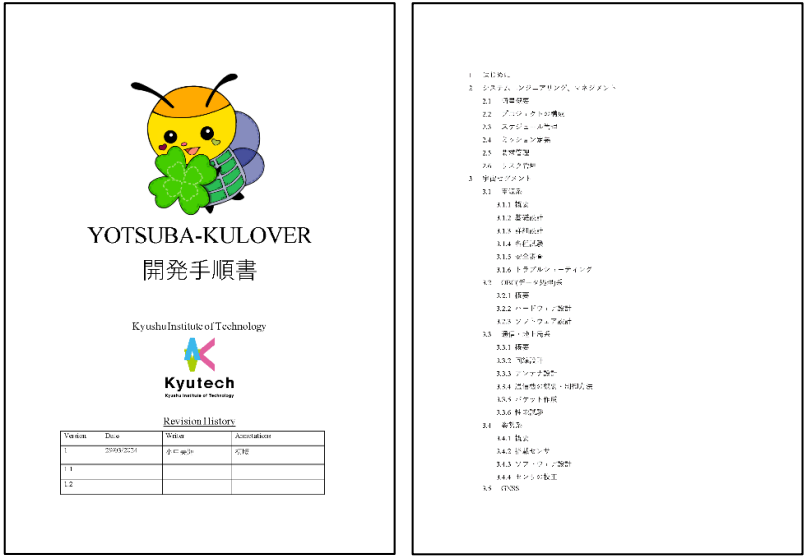
③「ファシリテーション体制の構築」

実施内容・成果

- 概ね月に1回程度のペース（2021年度は6回、2022年度は8回、2023年度は10回）で九工大、九大のスタッフおよび指導大学院生を交えて現状や指導方針についての会議を実施してきた。
- 会議議事録は共有サーバで管理され、プログラムにおける指導方針の改訂履歴がフォローできるようにしている。
- 外部機関との会合は九工大、九大側で個別に実施し、おおむね年に2-3回程度の会議を実施してきた。
- プログラムの継続性を視野に入れた産業界との連携については、山口県の宇宙航空クラスターに参加している企業間の会議において毎回進捗報告を行うとともに企業側からの支援要請やまた企業側からのニーズ抽出を行ってきた。
- 協力企業1社から自社の技術実証を本衛星プロジェクトの中で実施したい旨のオファーがあり、共同研究として資金の提供を得ることに繋がった。
- こうしたスキームを次期の宇宙人材育成プログラムに取り入れることに繋がり産学連携の宇宙人材育成についての一定の成果が見られ、十分に目標を達成したと考える。



指導会議で共有される情報の1例



本プログラムでの衛星開発に関するマニュアル作成

その他の成果

これまで得られた成果 (特許出願や論文発表数等)	特許出願	査読付き 投稿論文	その他 研究発表	実用化事業	プレスリリー ス・取材対応	展示会出展
	国内：0 国際：0	国内：0 国際：0	国内：6 国際：4	国内：0 国際：0	国内：3 国際：0	国内：0 国際：0
	受賞・表彰リスト					

成果展開の状況・期待される効果

- 本プログラムにおいて作成した教材は、理学セミナーのPPT教材8点、宇宙工学セミナーのPPT教材 8 点および宇宙工学セミナーの動画教材8回分を作成しており、基本的にはプログラム内で共有可能なストレージにおいて参加者間閲覧可能な状態となっている。一般公開に向けては、著作権等の精査が必要なため現在は、HP内で目録を公開し希望者に対して個別対応する方針を取っている。
- 衛星開発に関する詳細は、学会発表を通じて報告するとともに、衛星開発の手順書を資料としてまとめ、上記HP上に現在は目録として掲載している。閲覧の希望があった場合には個別に対応しており今後衛星開発に興味を持つ大学研究機関等に関しては積極的に情報開示を行っていく。
- 本プログラムに係る研究成果発表は、3年間で国内学会で6件、国際学会において4件の発表が行われ、国内外の大学・教育機関から高い評価を得ている。また、報道関連では、TV番組での紹介が1件、新聞での報道が2件と地域の視聴者に対して取り組みを知ってもらう機会を作ることができた。

今後の研究開発計画

こうした教育プログラムを継続的に行う為には(1)教育プログラムとしての教育機関での位置づけ(2)継続実施するための資金調達という2つの課題がある。(1)について本プログラムでは、任意参加の学生衛星プロジェクトとして実施しておりサークル活動に近い位置づけとなっていた、また(2)については本委託費によって実施している為プログラム終了後の資金調達を考慮する必要があった。そこで、プログラム終了後にこれらの課題を解決するために、本衛星開発プログラムを高度化し、2024年度以降以下を実施予定である。

(1)衛星開発プログラムを工学部宇宙システム工学科の正規授業としてカリキュラム上に位置づけ参加した学生に単位が付与される仕組みを構築する。

(2)外部利用のためのホステッドペイロード用のスペースとインターフェースを設けることによって企業から対価を得ながら衛星開発を継続できる方法を検討中

事後評価票

令和 6 年 3 月末時点

1. プログラム名	宇宙航空人材育成プログラム
2. 課題名	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
3. 主管実施機関・研究代表者	国立大学法人九州工業大学 教授 北村 健太郎
4. 共同参画機関	国立大学法人九州大学
5. 事業期間	令和 3 年度～令和 5 年度
6. 総経費	5 8 百万円
7. 自己点検結果	
(1) 課題の達成状況	
「所期の目標に対する達成度」 ◆ 所期の目標 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。 ◆ 達成度	

- ・ 学生教育セミナーについては九工大による工学セミナー九大による理学セミナーを実施してきた。両大学を合わせた実施回数は、2021 年は初年度のため 6 回であったが、その後 2022 年度は、16 回、2023 年度は 21 回と、中間報告での目標値年間 15 回を超えている。また参画している学生については、2021 年度 49 名（九工大 31 名、九大 18 名）、2022 年度は 40 名（九工大 29 名、九大 11 名）、2023 年度は 58 名（九工大 48 名、九大 10 名）と中間報告時の目標値である、毎年 30 名を達成している。アンケートによる肯定的な回答は 2021 年度は 67%であったが、その後、2022 年度は 83%、また 2023 年度は 86%とプログラムのセミナーのブラッシュアップに伴い参加学生の満足度も上昇している。中間報告時の目標は肯定的な評価が 70%以上であったので、おおむね目標を達成している。
- ・ また作成した教材は、理学セミナーの PPT 教材 8 点、宇宙工学セミナーの PPT 教材 8 点および宇宙工学セミナーの動画教材 8 回分を作成しており、基本的にはプログラム内で共有可能なストレージにおいて参加者間で閲覧可能な状態となっている。一般公開に向けては、著作権等の精査が必要なため、現在は HP 内で目録を公開し希望者に対して個別対応する方針を取っている。
- ・ 衛星開発については、2021 年のプログラムスタート以来、ミッション定義審査会 (MDR) を 2022 年 3 月に実施し衛星で行う科学ミッションについて決定した。その後、ブレッドボードモデルの作成を経て、2022 年 10 月に事前設計審査会 (PDR) を実施し基本設計を確定した。基本設計の確定後はエンジニアリングモデル (EM) の製作を行い、EM に対して実施した環境試験（振動、熱真空試験等）の結果を踏まえて、2023 年 6 月に最終設計審査会 (CDR) を実施し、衛星の設計を確定した。これに合わせて、国際宇宙ステーションからの衛星放出のための安全審査の手続をスタートした。CDR 後の設計の微修正を経て 2023 年 9 月よりフライトモデル (FM) の製作を開始し、2024 年 1 月までにおおむね完成させた。その後完成した FM に対して最終の環境試験を実施し、これらの試験結果をもって安全審査のフェーズ 3、および宇宙活動法申請の書類の作成を行い、2024 年 3 月末までに JAXA および、内閣府に提出までを行った。また国際周波数調整についても 2022 年の夏ころより総務省と折衝を開始し、2024 年 3 月までに実験計画書等の基本的な書類作成を完了し総務省へ提出を行った。当初予定の開発スケジュールはおおむね踏襲できている。今後官辺手続きについては関係省庁等のレビュー後修正を求められる可能性はあるが、学生の教育目的としての衛星開発のシステムズエンジニアリング及びプロジェクトマネジメントについては滞りなく実施することができた。
- ・ 衛星開発に関する詳細は、学会発表を通じて報告するとともに、衛星開発の手順書を資料としてまとめ、上記 HP 上に現在は目録として掲載している。閲覧の希望があった場合には個別に対応しており、当初の目的を達成していると考えている。
- ・ ファシリテーション体制の構築については、概ね月に 1 回程度のペース（2021 年度は 6 回、2022 年度は 8 回、2023 年度は 10 回）で九工大、九大のスタッフおよび指導大学院生を交えて現状や指導方針についての会議を実施してきた。会議議事録は共有サーバで管理され、プログラムにおける指導方針の改訂履歴がフォローできるようにしている。また、外部機関との会合は九工大、九大側で個別に実施し、おおむね年に 2-3 回程度の会議を実施してきた。プログラムの継続性を視野に入れた産業界との連携については、山口県の宇宙航空クラスターに参加している企業間の会議において毎回進捗報告を行うとともに企業側からの支援要請やまた企業

側からのニーズ抽出を行ってきた。そのうち1社から自社の技術実証を本衛星プロジェクトの中で実施したい旨のオファーがあり、共同研究として資金の提供を得ることに繋がった。こうしたスキームを次期の宇宙人材育成プログラムに取り入れることに繋がり産学連携の宇宙人材育成についての一定の成果が見られ、十分に目標を達成したと考える。

「必要性」

・[若手研究者の育成]

本プログラムの目的は、学部学生のうちに衛星観測に触れる機会のない理学系学生と、衛星開発を学んでいるが科学観測ミッションの物理的背景の理解に乏しい工学系学生が共同して、実際の宇宙理学ミッションを目指すところに独自性がある。申請書に記載した通り、本プログラムで目指すのは10年後に自らのアイデアで革新的な科学観測ミッションを立案し実行できる研究者の育成であった。本プログラムに参加した理学系学生は、大学2年生という早い段階で自ら実施する科学観測に対してどのような要求追跡が行われ最終的に設計に落とし込まれていくのかというシステムズエンジニアリングの理解を深めることができた。一方で、参画した工学系の学生は授業や実験・演習で学んできた衛星システムに対して、ミッション側からの具体的な要求に対して、そのような要求が発生する理学的な意味を理解する努力ができるようになった。それによって、要求項目のすり合わせにおいて、いたずらに拒否したり、漫然と要求を受け入れたりすることなく双方の理解を深めることの重要性を学ぶことができた。本プログラムの第1世代として参加した学生は、2023年度で学部卒業となるが、そのうちの53%が宇宙分野の大学院あるいは宇宙産業へ就職している。特に大学院に進学した学生は、今後本プログラムの開発した衛星のデータを利用した研究等を実施することも可能となり、さらに多くの成果を得て若手研究者としての道を開くものと期待できる。

一方で、採択時のコメントにあったように、単に研究者育成にとどまらず広く社会に人材を還元するという観点では、本プログラムにおいて学生が取り組んだ、プロジェクトマネジメントと官辺手続きにより教育効果は極めて有効であった。とりわけ実際の官辺手続き対象としたプロジェクトマネジメントは非常に実践的なPBL(プロジェクトベースドラーニング)であり、他産業で働く際にも重要なスキルとなる。

・[科学コミュニティの活性化等]

本プログラムで学生が開発したCubeSatであるYOTSUBA-KULOVER衛星のメインミッションは高感度なフラックスゲート磁気センサーの搭載による地磁気微小変動の精密観測である。こうした観測は、国内ではJAXA/ISASの開発してきた観測衛星によって古くから行われてきたが、YOTSUBA-KULOVER衛星のミッションは、これらの観測機に匹敵する精度の観測がCubeSatクラスの超小型衛星で実施できることを実証する試みでもある。特に欧米ではCubeSatを活用した宇宙科学観測は頻繁に行われてきており、NASAやESAではこうした観測の長期ロードマップ等も策定されている。国内においては、これまでに科学コミュニティの中では、CubeSatを利用した科学観測のプロジェクトは必ずしも活発ではなかったが、本プログラムにおいて学部学生レベルでも実施できる科学衛星の敷居の低さと、データの有用性を実証することによって

国内の宇宙科学コミュニティの中に超小型衛星観測の機運を醸造するきっかけになると期待している。さらに本プログラムのように学部学生の早い段階から実際の衛星観測を経験した学生が 10 年後に若手研究者として科学研究コミュニティの中心に立った際のスキルやマインドセットの違いは、将来の科学コミュニティを大きく変革する取り組みであると考えている。

「有効性」

・[人材の養成]

本プログラムにおける人材育成は、理学と工学のそれぞれの学生が共同して衛星開発を行うことで、宇宙科学としてのミッションの意義を専門分野に関わらず共有しつつ、ミッションを達成するためのシステムズエンジニアリングやプロジェクトマネジメントといった具体的なスキルを参画学生に対して身に付けさせ、10 年後に国内で超小型衛星を活用した革新的な宇宙科学ミッションを自ら発案し実践できる人材を育成することを目的としている。3 年間のプログラムを通じて本プログラムには、147 名の学部学生が参画し実際の衛星開発に関わってきた。参加者のアンケート調査では概ね当初目標の 70%を超える肯定的な結果を得ることができたが、個別の学生が身に付けた能力を的確に評価するにはいまだに課題がある。本プログラムでは、最終年度にコンセプトマップを利用し、参加学生のシステムズエンジニアリングに関するイメージや理解がどのように変化したかを調査した。その結果、プロジェクトにかかわっている役割分担の違いや学年によってコンセプトマップの表現の仕方に大きな差が見られた。このようなコンセプトマップの作製によって学生がプロジェクトを通してどのような知見を得て、どのような開発イメージを獲得したかという包括的な理解度を個別に評価することが可能となった。今後、こうしたコンセプトマップの活用によって、参画学生一人一人の特性や理解度の応じた指導が可能となることが期待される。

上記を総合して、おおむね当初の予定通りの有用な人材養成ができたものとする。

・[知的基盤の整備への貢献や寄与の程度]

工学系の技術者育成において PBL(Project Based Learning) など実践的な取り組みを大学などの教育機関で実施することは今や一般的なこととなってきた。しかし、一方で、宇宙機という極めて複雑な複合システムの理解やそれを活用したミッションの提案を行うことは未だハードルの高い教育である。九州工業大学は 2012 年より、学生主体の実践的な衛星開発を宇宙技術者教育の一環として実施してきたが、そこで実施するミッションについては簡単な技術実証が中心でありあくまで衛星開発の工学的な教育という側面が強かった。このような傾向は多くの宇宙工学を実践する大学でも同様であった。一方で、宇宙理学の教育機関においては、大型の科学衛星で取得したデータを教育プログラムの中で使用することはあっても、研究に有用なデータを自らの衛星で取得するという教育は理学系での学部教育では極めてハードルが高い。しかし、衛星プロジェクトの本質は衛星を利用することで達成すべきミッションそのものであることを考えれば、何らかの形でこうした教育を早期のうちに実施することは必要である。本プログラムでは、こうした取り組みを大学間連携の枠組みで実施することを提案し、外部資金ベースで実施し企業を参画させていることで一定の自走への道を見出した。こうした取り組みを、様々な衛星利用分野に波及

させることで宇宙科学観測に関わらず幅広い宇宙ミッションを題材とした実践的な教育が可能となることが期待でき、知的基盤の整備に対して貢献できるものであると考えている。

「効率性」

・[計画・実施体制の妥当性]

本計画は、CubeSat を活用した工学教育に実績のある九州工業大学と宇宙天気科学の理学教育に実績のある九州大学が連携し、理学工学融合した相補的な教育プログラムを実施するところに特徴がある。このプログラムを実施するにあたっては外部の協力機関として、理学教育に対しては宇宙天気研究に実績のある東北大から小原名誉教授に学生向けセミナーを実施していただくとともに、JAXA/ISAS において宇宙科学ミッションのための観測機開発の経験や科学衛星の運用に関する実績を有する京都大学松岡教授に宇宙科学ミッションを行うために CubeSat に観測用ペイロードを搭載するための注意点などに関する実践的なセミナーを実施していただいた。こうした、連携体制はこれまでに大学において CubeSat の開発を行ってきたプログラムの中でも例を見ない手法で、理学と工学が融合した極めてユニークな教育プログラムを実施できたと考えている。

また、工学教育の側面からは実際の産業界とのつながりを得るために、山口県のみやぐち産業振興財団が統括する山口航空宇宙クラスターに参画する企業団からの支援を受けることができた。本プログラムで開発した CubeSat には精密な磁場観測のための特殊な展開機構を搭載する必要があり、そのためのヒンジの設計に苦心していたが、同企業団の技術的なアドバイス等によって技術的課題の解決に至った。さらに、教育プログラムの中では、こうした企業への訪問を行い実際の精密加工について工場の設備等を見学する機会を得た。特に、理学系の学生にとっては機械加工を行う企業の工場見学は初めての経験でありアンケート結果からも非常に高い興味を示していることが分かった。こうしたプログラムを経て、理学系の学生にとっても実際のモノづくりに参加する意欲を高めることができた。

また、中間報告のコメントにおいて産業界とプログラムの持続性も踏まえた体制を構築することに対するコメントがあったが、本衛星開発においては協力してくれた企業の中から宇宙実証を希望する技術の相談があり、共同研究としての試験提供を受けて搭載することになった。このような経験を踏まえて、2023 年度から別途実施した継続プログラムでは、学生の開発する衛星の一部のスペースをホステッドペイロードとして企業に提供しその対価を得ることで持続的に学生教育としての衛星開発を継続するプログラムを構築した。

このように、本プログラムで実施した計画や実施体制は十分な成果を挙げたものとする。

(2) 成果

「アウトプット」

学生教育セミナーについては、延べ 147 名の学生が参画しており、学生アンケートにおける肯定的な回答の 3 年間平均値は 79%であった。中間報告時の目標はそれぞれ、ミニマムサクセスが 100 名、70%であるので達成しているが、フルサクセスの 200 名、80%にはやや達していなかった。作成した教育資料については参画機関内での閲覧は可能であり、ミニマムサクセスは満たしているが著作権の整理等に時間を要し参画機関外への公表は行っておらずフルサクセスまでは達成できていない。

衛星開発に関しては、毎年、九工大・九大においてそれぞれ 10 名以上の新規参加学生を確保しておりフルサクセスを達成している。アンケート調査に関しても、肯定的な回答が 3 年間平均で 87%という

高い結果を示しておりフルサクセスを達成している。また、衛星開発自体も、プログラム期間中に科学ミッションの策定からフライトモデルの完成、官辺手続きの提出までを完了し、学生に対して質の高いシステムズエンジニアリング及びプロジェクトマネジメントの実践的教育を実施することができた。

ファシリテーション体制の構築については、進捗報告や実施に関するブラッシュアップの議論を行う会議を連携機関間で基本的に毎月実施しており、フルサクセスである年8回を達成している。また、山口県宇宙クラスター会議への参加など外部機関との意見交換の場も年に3回以上実施しておりフルサクセスの年2回を達成している。ファシリテーションの実施方法に関するレポートについても実施期間内での共有は行われていることからフルサクセス達成と自己評価する。

「アウトカム」 (令和6年10月末時点)

本プログラムでのアウトカムとしては、人材育成の観点から実際に学生がどのような能力を身に付けられたかを基準に自己評価を行う。本プログラムの大きな目的は学生が自分が専攻している専門分野以外への興味と理解を醸成することで、宇宙科学に関するミッションを達成するための複雑なモノづくりを実践するシステムズエンジニアリングやプロジェクトマネジメントのスキルを獲得することである。アンケートの結果からは、工学系学生の理学セミナーに関する興味が高まっていることや、逆に理学系の学生が工場の見学などを通じて工学系の素養に対して大きな興味を示させることができたことが分かった。こうした結果は、理学セミナーや工学セミナーに関するアンケート結果からも同様に示されており、中間報告で目標としたアウトカムを得ていると考えている。また、学生個別の能力評価に関しては定量的な評価が難しいところであるが、2023年度に実施したコンセプトマップを活用した評価において、ミッション実施のためのシステムズエンジニアリングの概念の理解についての分析を行ったところ、本プログラムを2年以上受けてきた高学年の学生と新入生の間で、キーワードの数や接続する線の数に大きな差が生じており、プログラムを経験する中で上級生はシステムズエンジニアリングやプロジェクト、マネジメントに関して有意にスキルを身に付けられていることが分かった。また、担当したサブシステムによってコンセプトマップの特徴が異なってくることも分かった。特にプロジェクトマネジャーを担当した学生のコンセプトマップは、サブシステムの統合や官辺手続きに関するキーワードが整理される傾向があり、マネジメントスキルの醸成についても本プログラムを通じて学生に身に付けさせることができたと同時に人材育成プログラムとしての lessons learned も得ることができた。

(3) 今後の展望

本成果を踏まえて CubeSat を活用した工学教育を行っている教育機関が他分野と連携することで、従来の工学教育プログラムをミッション指向の極めて実践的なプロジェクトベース教育に転換できることを示すことができた。しかし、こうした教育プログラムを継続的に行うためには(1)教育プログラムとしての教育機関での位置づけ(2)継続実施するための資金調達という2つの課題がある。(1)について本プログラムでは、任意参加の学生衛星プロジェクトとして実施しておりサークル活動に近い位置づけとなっていた、また(2)については本委託費によって実施している為プログラム終了後の資金調達を考慮する必要があった。そこで、プログラム終了後にこれらの課題を解決するために、本衛星開発プログラムを高度化し、2023年度より同委託費のアーキテクト人材の育成プログラムに引き継いだ。このプログラムでは、衛星開発プログラムを工学部宇宙システム工学科の正規授業としてカリキュラム上に位置づけ参加した学生に単位が付与される仕組みを構築する。また、本プログラムにおいて学生プロジェクト

として開発する衛星であっても、安価な宇宙実証の機会として企業からの部品・コンポーネント搭載のニーズがあることが明らかになったことから、新プログラムでは外部利用のためのホステッドペイロード用のスペースとインターフェースを設けることによって企業から対価を得ながら衛星開発を継続できる方法を提案している。

このように、本プログラムにおいて得られた成果を高度化しつつ、持続可能なプログラムとして継続する道筋をつけることができたことは、本プログラムの大きな成果であったと考えている。

8. 評価点

A

評価を以下の5段階評価とする。

S) 優れた成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に著しく貢献した。

A) 相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献した。

B) 相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献しているが、一部の成果は得られておらず、その合理的な理由が説明されていない。

C) 一部の成果を挙げているが、宇宙航空利用の明確な促進につながっていない。

D) 成果はほとんど得られていない。

9. 評価理由

本事業は、九州工業大学と九州大学が協力して「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」を育成する意欲的な試みである。

理学と工学を融合するカリキュラムを、2大学組織の特色を生かして組み立て、延べ147名の学生が3年間で43回の学生教育セミナーに参加した。加えて、衛星開発に携わり引き渡しまでやり遂げられ、達成状況は概ね良好であった点で素晴らしい成果が得られたと評価できる。

本来の目的である学生が主体的に革新的な宇宙ミッションを企画・実行できたかについては、開発されたYOTSUBA-KULOVERがそれぞれの大学の協力で作られているシリーズ衛星の一つであり、ミッション機器等についても両大学で継続的に開発が進められていることから、試行中との報告に止まった。本来に本カリキュラムが目指す宇宙ミッションを企画実行できる人材育成の目標に到達したのかが確認できず、育成プログラムとしては不十分であると言わざるを得ない。加えて、アウトカムとして重要な就活や就職、大学院進学の数値は示されたが、その具体的な内容が示されていないため、育成人材が真に社会の要請に答えているか確認できなかった。また、学生の衛星開発やゼミ参加がサークル活動に近い位置づけとなっているため継続性がない点や、費用対効果の報告も無く、今後の継続についても検討中である点でも実施内容に工夫が必要であった。

上記の通り改善が必要な点もあるが、具体的プロジェクトを通じた理工連携の成果があがっており、九州工業大学を中心とする超小型衛星開発を活用した人材育成事業は適切な成果を得ている点から、本課題は、相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献していると認められる。

今後は、以下の点が期待される。

- このカリキュラムで育成した人材が、社会でどのように受け入れられ活躍しているのかという、就活/就職や進学、その後の活躍状況をモニタリングし、真に有効な人材が育成されたかを報告することを期待する。
- 費用対効果や継続資金と体制の確保についても、しっかりと取り組んで継続を担保され、さらな

る普及、裾野拡大等、社会に効果を生むプログラムとしていくことを期待する。

- 教育効果の測定については、やはり目的に対するアウトカムをフォローアップも含めて追究することを期待する。
- 学生からどのようなインパクト、啓発があったか生の声が聞き今後に活かすことを期待する。
- 人材育成の成果を定量的に評価することは難しいと感じるものの、評価手法の検討も進めることを期待する。