

「観測ロケット実験を通じた宇宙機器エンジニアリングスキル養成プログラム」の成果の概要について

実施体制	主管実施機関 研究代表者名	独立行政法人 国立高等専門学校機構 奈良工業高等専門学校 准教授 芦原 佑樹	実施期間	平成31年度～ 令和3年度 (3年間)	実施規模	予算総額 (契約額) 48百万円		
	共同参画機関	京都大学、富山県立大学、東北大学、東海大学				1年目	2年目	3年目
						16百万円	16百万円	16百万円

背景・全体目標

今後ますます拡大する宇宙産業を支えるには、宇宙機器を実際に設計・製作し、各種試験等を通して宇宙開発の一連の流れを経験できる教育機会の創出することで、学生を育成することが必要である。宇宙開発は長期間になりがちで、高専・大学で研究室に配属される数年間では一部しか経験できないため、プロジェクトの全体像を把握することが難しい。そのような環境では、全体を俯瞰し、プロジェクトを牽引できる総合力を持った人材は育ちにくい。

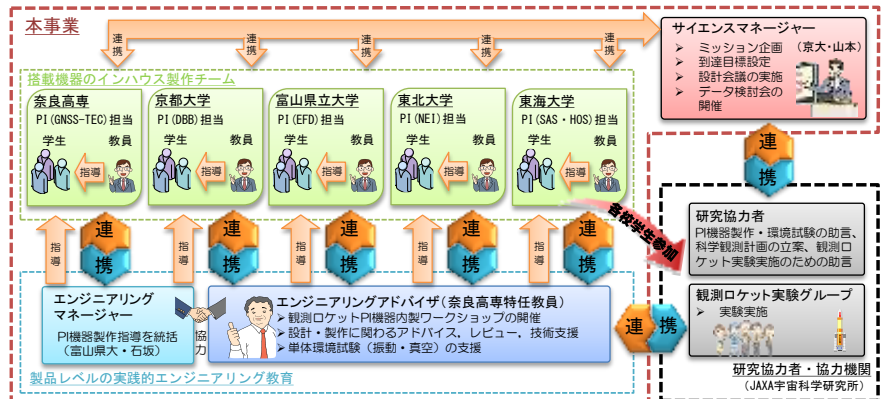
観測ロケットは、実験企画から打ち上げ・データ解析までを短期間で終えることができるため、人工衛星等の大型プロジェクトに比べると学生・若手研究者が参加しやすい利点がある。また、各種試験で見つかった不具合に対しては、学生・研究者とJAXA技術職員および協力メーカーが密に連携して不具合解決にあたることで、学生・研究者の実践的な経験値が大きく向上する。本事業では、従来、協力メーカーと共同で設計・製造することが多かった観測ロケットの観測機器 (PI) を内製化し、設計、製造、噛合せ試験等に学生自身が主体的に関わることによって、実践的な宇宙人材育成を図る。

全体概要・主な成果

これまで研究を主目的としてきた観測ロケット実験を実践的な宇宙人材育成の場として活用する『宇宙機器エンジニアリングスキル養成プログラム』を開発・試行する。教育プログラムは、(ア)PI機器内製技術ワークショップ、(イ)サイエンスミーティング、(ウ)宇宙機器関連メーカーでのインターンシップ、(エ)PI機器の設計・製作、(オ)観測ロケット環境試験・噛合せ試験で構成する。教員指導の下で、機器設計から打ち上げオペレーション、データ解析までの一連の作業を経験することで実践的エンジニアリングスキルとプロジェクト全体を見渡す総合力を養う。さらに、(カ)宇宙人材が持つべき行動特性の特定と教育における変化の検証を行うことで、本プログラムの教育効果を評価する。

(主な成果)

- ✓ 『宇宙機器エンジニアリングスキル養成プログラム』を通して、人材育成を行った。
- ✓ 教材の開発
 - PI機器内製ワークショップ教材 8テーマ
 - プロジェクトマネジメント教育教材
 - 観測ロケットPI機器実習用 PI機器開発ボード
 - 簡易版テレメータインターフェイス装置
- ✓ 内製により6種類の観測ロケットPI機器が完成した。学生自身がPI機器の内製化とJAXAとの各種会議・打ち合わせ・環境試験・噛合せ試験等に参加することを通じて、**実務経験を持った学生を育成した。**



実施体制

(ア) PI機器内製ワークショップ

実施内容・成果

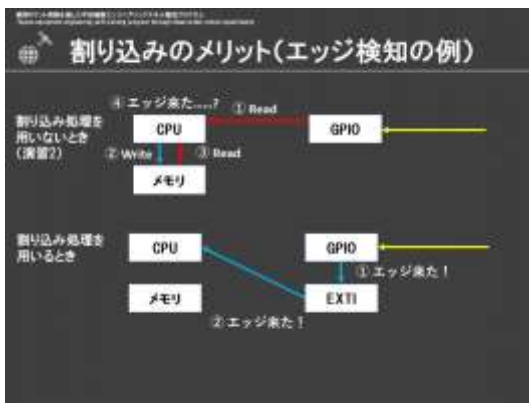
本プログラムは、メーカーに製造依頼することが多い観測ロケット搭載観測機器（Physical Instrument）について、内製化を図ることで多くの経験を積み、実践的なエンジニアリングスキルの習得を目指す。内製に必要なスキルを習得させるため、「PI機器内製ワークショップ」をWeb会議（Microsoft Teams）にて複数回実施した。観測ロケットシステムの概要、電子回路CAD（EAGLE）の使用法、マイコンプログラム、機械CAD、QL（Quick Look）ソフトウェアの制作の内容で、PI機器の内製に必要な技術をワークショップ形式で実習を行った。実習教材には、エンジニアリングアドバイザーが開発した「観測ロケットPI機器実習用 PI機器開発ボード」と「簡易版テレメータインターフェイス装置」を使用し、電子回路の設計からマイコンのプログラミングまでを一貫した開発を行うことでスキルの向上とノウハウ蓄積を図った。

PI機器内製ワークショップの実施内容

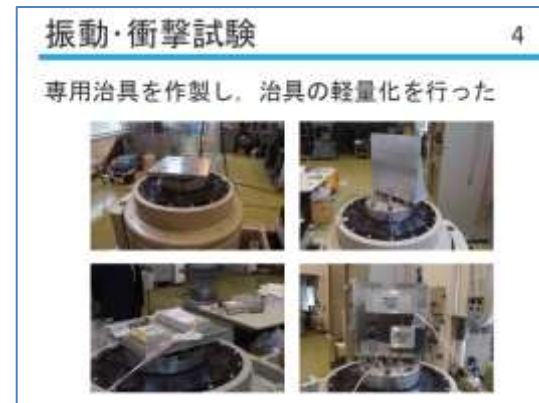
日時	内容
令和2年3月23, 24日	PI機器開発ボードの概要説明・実習の準備 観測ロケットシステムの概要
令和2年11月10日	EAGLE実習（回路図エディタ）
令和2年11月26日	EAGLE実習（Net, Busを使った配線、エラーチェックなど）
令和2年12月3日	EAGLE実習（パターン設計）
令和2年12月10日	STM32マイコンプログラム
令和2年12月17日	STM32マイコンプログラム、模擬I/F装置を用いた3線シリアル動作確認
令和3年2月25日	機械CAD実習
令和3年3月26日	PI単体環境試験、各校の状況報告
令和3年6月15日	QL制作



PI機器開発ボードの概要説明
(WS説明資料より)



STM32マイコンプログラム
(WS説明資料より)

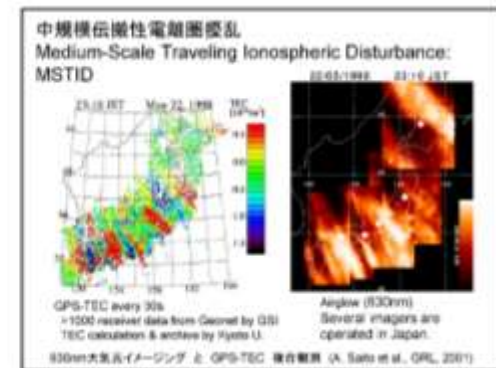
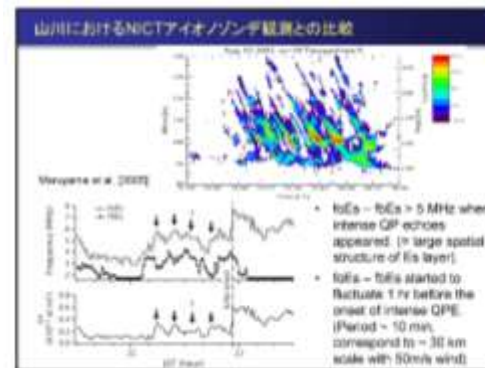


PI単体環境試験
(WS説明資料より)

(イ) サイエンスミーティング

実施内容・成果

本プログラムの目的である実践的エンジニアリングスキルを養成するためには、問題・課題解決型学習に相応しいサイエンスミッションの設定が必要不可欠である。そのため、サイエンスミッションの決定と学生教育を目的として、令和2年3月23日(月)、24日(火)にサイエンスミーティングを開催した。(1)本研究プロジェクトについての説明では、今後の宇宙利用の見通しと求められる宇宙人材像についての講義を行った。(2)超高層大気の講義では、観測対象とする超高層大気の物理について、これまでの研究成果や論文発表を交えて講義した。最近論文発表されたシミュレーション実験で、中規模電離圏擾乱(MSTID)と呼ばれる電離圏F領域での擾乱生成には、従来考慮していなかった電離圏E領域の擾乱が寄与する結果が発表されたことを紹介した。(3)実験会議では、このシミュレーション実験を裏付ける観測ができれば新発見につながることから、MSTIDを観測対象とすることをサイエンスミッションとして決定した。MSTIDの生成には、E領域での電子密度擾乱と電場が重要な役割を果たすため、奈良高専と京都大学が観測ロケット周辺の電子密度空間観測、東北大学が電子密度のその場観測、富山県立大学が電場観測、東海大学がロケット姿勢観測を担当することとなった。また、担当サイエンスミッションを満足するための各PI機器の要求性能を確認し、その後の設計仕様に反映させた。このサイエンスミーティングはWeb会議システム(Microsoft Teams)を用いて実施した。



超高層大気の講義資料

(ウ) 宇宙機器関連メーカーでのインターンシップ

実施内容・成果

宇宙機搭載センサー開発メーカーでのインターンシップ

JAXAの人工衛星やロケットに搭載するセンサを開発しているテラテクニカ社にて、対面で1回、遠隔で19回のインターンシップを実施した。実施した内容は、設計会議参加、過去の宇宙機搭載センサの学習、加工機械の見学である。設計会議では、学生は宇宙機器開発メーカーに依頼しに来た側という設定で、どのように打ち合わせを行うのか、打ち合わせ時にはどのようなことを事前準備するのか、仕様検討時にどのようなことを想定しなければいけないのかを体感的に学習してもらうことを意図して企画・実施した。搭載センサの検討、処理方法の検討などの議題に沿ってディスカッションを行い、知識が不足している部分については適宜引率教員が追加解説を行った。

電場観測装置開発メーカーでのインターンシップ

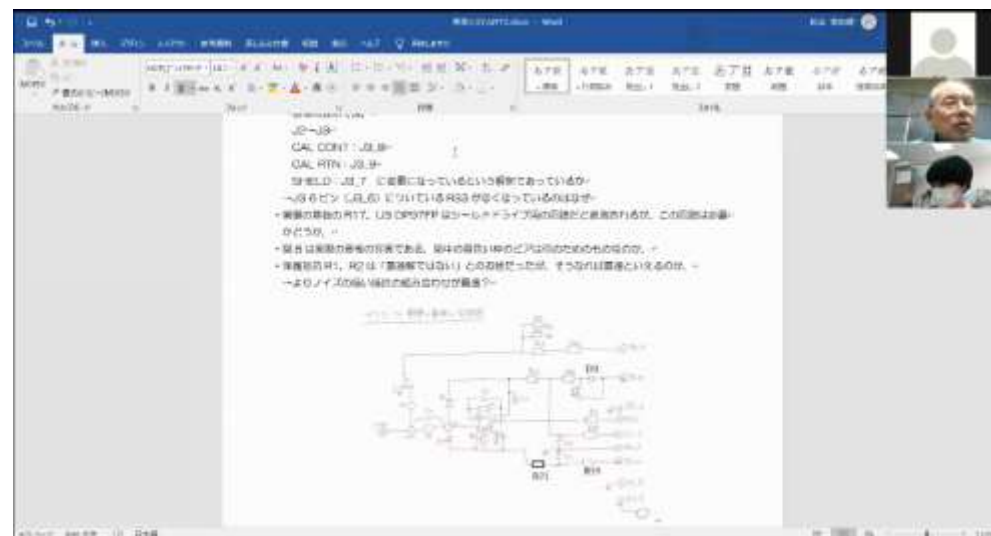
電場観測装置の回路設計に関して、学生の回路設計に関する知識を補い、さらに搭載機器というものに関して通常の電子機器との違いを学ぶ必要がある。そこで、これまでの観測ロケット実験において電場観測装置を製作している明和システム株式会社・高野氏、伊藤氏に回路設計に関するアドバイスおよび搭載機器の回路設計の注意点を教えていただくインターンシップをZoomによる遠隔形式で実施した。ノイズ軽減するための回路構成、部品配置する際の注意事項などの実践的な回路設計方法、部品の配置方法を講義していただいた。また、学生が実際に製作した回路図および部品配置図を用いて修正箇所等の実例を示しながら議論したことで学生の理解が進み、これまで想定していた回路基板のサイズを縮小することができた。



センサー開発メーカーでの講義資料



センサー開発メーカーでの集合写真



電場観測装置開発メーカーとのZoomによる遠隔形式インターンシップ

(エ) PI機器の設計・製作

実施内容・成果

PI機器内製技術ワークショップとサイエンスワークショップで得られた知識をもとに、各PI担当学生はPI機器の設計・製作を行った。PI機器は、GNSS、DBB、EFD、NEI、VAS-I、VAS-Vの6種類である。従来、協力メーカーと共同で設計・製造することが多かった観測ロケットの観測機器（PI）を内製化し、設計、製造、噛合せ試験等に学生自身が主体的に関わることによって、実践的な宇宙人材育成を図った。

【各PIの詳しい取り組みは、参考資料に示す】



学生プロジェクトのワッペン
(MSTID Observation by Young Space Engineer: MOYSE)

開発したPI機器一覧

	搭載機器	観測項目	主担当
PI	GNSS-TEC観測 (GNSS)	電子密度 (トモグラフィ)	奈良高専
	2周波数ビーコン観測 (DBB)	電子密度 (トモグラフィ)	京大
	電場観測 (EFD)	電場観測	富山県立大
	インピーダンスプローブ (NEI)	電子密度 (その場)	東北大
	画像姿勢計測器 (VAS-V, VAS-I)	ロケット姿勢	東海大



完成したPI機器のフライト品

(エ) PI機器の設計・製作（プロジェクトマネジメント講習）

実施内容・成果

本プログラムに参加した学生に対してPMBOK第6版の内容に沿ったプロジェクトマネジメント講習を全7回で実施した。併せて、学生の心理特性を測定した結果、自己効力感が高く、他者軽視が低いため、学生同士で情報交換をしながらプロジェクトマネジメントの計画書の作成、監視・コントロールプロセスの実践を指示した。打上が1年延期されたため、新メンバーとの知識差を埋めるための講習を1回追加して実施した。コロナ禍の影響で導入したZoomによって学生同士のプロジェクトマネジメント作業は時期によっては定期的に週1回以上実施するなど、対面よりも高頻度で実施することができた。

全7回実施

第1回	プロジェクトマネジメントの全体像
第2回	プロジェクトマネジメントの重要性
第3回	WBS
第4回	スケジュールマネジメント
第5回	コミュニケーションマネジメント
第6回	プロジェクトマネジメントの全体像※
第7回	リスクマネジメント

※打ち上げ1年延期でメンバー入れ替わりの為



Zoomによる学生同士の
遠隔ディスカッションの様子



プロジェクト疑似体験
教材による学習

メンバ特性検査結果

特性	一般平均	参加学生平均	指導教員平均
一般性自己効力感	5~8(学生)	9.6	11.5
自尊感情	25	35.4	37.1
他者軽視	25	21.3	23.3
メタ認知	102.3	126.0	130.8

参加学生特性と講習成果

- 自己効力感(行動が達成できるとの予期)は一般学生よりも高い
- 自尊感情が高い一方、他者軽視は低く、他者との比較ではなく自分自身で自分を認めていることがわかる
- メタ認知も平均より高く、自分を客観視できることがわかる
- プロジェクトマネジメント講習を受けた学生同士のワークはZoomを用いて遠隔で実施した
- 嚙合せ試験時には対面での講習及び教材による学習をおこなった
- コントロールプロセスも遠隔で学生同士適宜実施した

(オ) 観測ロケット環境試験・噛合せ試験の実施

実施内容・成果

環境試験

観測ロケットS-520搭載に必要な単体環境試験（振動、衝撃、真空、温度）を実施し、最終的にすべてのPI機器が環境条件をクリアし、目標を達成した。試験を通して、宇宙機器に必要な環境条件や試験手順を習得することで、目標を達成した。



単体振動試験

噛合せ試験

JAXA相模原キャンパスで実施されるS-520-32計器合せ・噛合せ試験において、機械的嵌合確認、質量計測、写真撮影、机上配線チェック、机上動作チェック・タイマテスト、機器組込み、組込み後動作チェック・タイマテストまでの一連の試験に学生が参加した。ロケットアビオニクスから電源供給を受けて動作すること、制御信号を受信して所定の動作を行うこと、テレメータ装置を介してデータ取得ができること、観測に支障のないレベルで他機器との電磁両立性が保たれていること等を確認した。これらを通じて宇宙開発に携わるうえで必要となるエンジニアリングスキルを習得することで、目標を達成した。



計器合せの参加学生



観測ロケット噛合せ試験
(担当機器の取り付け)



メーカ技術者指導の元で
真空試験を実施



メーカ技術者から測定方法の指導



観測ロケット噛合せ試験
(QL端末を使ったデータ確認)



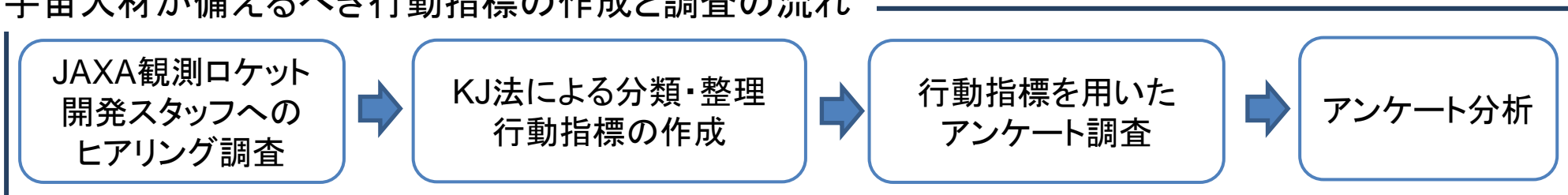
観測ロケット噛み合わせ
試験(担当機器の計装)

(カ) 宇宙人材が持つべき行動特性の特定と教育における変化の検証

実施内容・成果

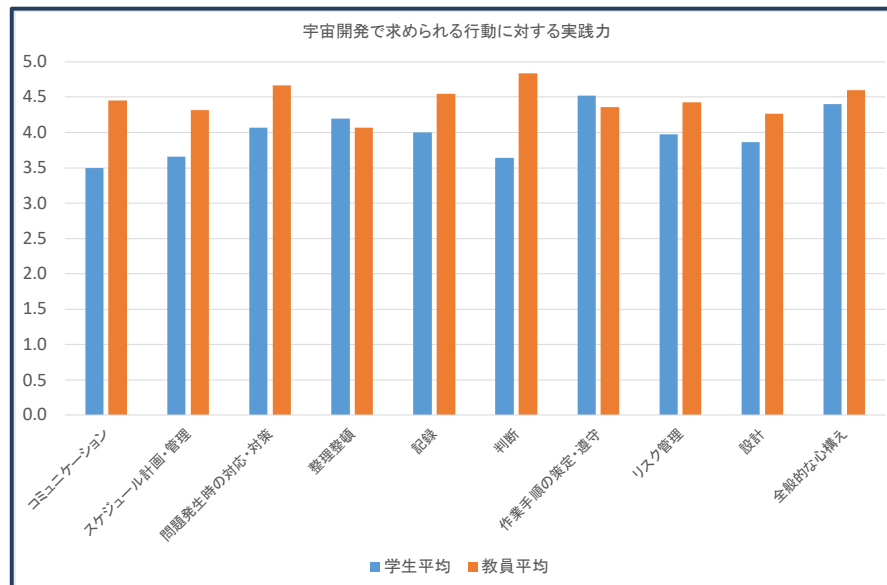
宇宙人材が備えるべき行動指標を新規作成するにあたり、JAXA担当者に研究趣旨を説明することから開始し、観測ロケット実験グループ内の経験者に自由回答形式でのヒアリング調査を実施した。このヒアリング調査結果から116項目の行動を抽出し、KJ法を用いて分類・整理した上で、特定のミッションや特定の機器に依存しないように項目を整理して46項目の行動指標を作成した。打上が終わり解析作業を実施中の段階で学生、および観測ロケット実験を多数回経験している指導教員に対して行動指標の達成度合いを5件法で調査して分析を行った。求められる全10項目中、5項目については概ね実践力が身についたと評価できる。この指標は特定のミッションに依存しないため、今後の人材育成においても活用が期待される。

宇宙人材が備えるべき行動指標の作成と調査の流れ



宇宙人材行動指標の概要

コミュニケーション	4項目
スケジュール計画・管理	7項目
問題発生時の対応・対策	3項目
整理整頓	3項目
記録	4項目
判断	5項目
作業手順の策定・遵守	5項目
リスク管理	7項目
設計	3項目
全般的な心構え	5項目



人材育成の評価

【十分な育成が行えた項目】

- 全般的な心構え
- 設計
- 作業手順の策定・遵守
- リスク管理
- 整理整頓

【育成途上の項目】

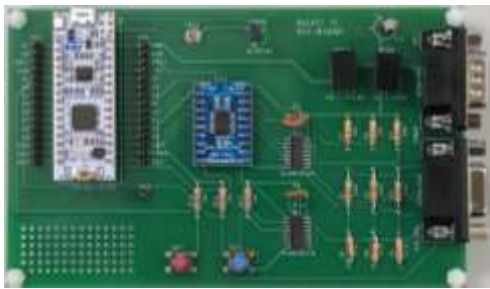
- コミュニケーション※
 - スケジュール計画・管理※
 - 問題発生時の対応・対策
 - 判断
 - 記録
- ※コロナ禍の影響を受けた項目

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	展示会展展
	国内：0 国際：0	国内：0 国際：0	国内：9 国際：3	国内：0 国際：0	国内：7 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

教育プログラム中に開発した教材は、今後の観測ロケット実験に参加しようとする若手向けの教材としての活用が期待される。特に、「観測ロケットPI機器実習用 PI機器開発ボード」「簡易版テレメータインターフェイス装置」は、JAXA観測ロケットに特化したことで実践的な実習内容となっており、そのまま機器開発に反映することができる。PI機器宇宙人材の行動指標については、JAXAスタッフの調査について内諾をもらっており、評価基準値の作成や、今後宇宙開発に参加する人材の指標としての活用が期待される。学生が本プログラム中に作成したプロジェクト憲章、WBS、RBS、リスク発生確率・影響度マトリックスなどは、決して完璧なものではないが、新たに観測ロケット実験に参加する団体に資料として公開することで、観測ロケット実験におけるスケジュール遅延の防止、ミッション成功率の向上に寄与することが期待できる。



観測ロケットPI機器実習用
PI機器開発ボード



簡易版テレメータ
インターフェイス装置

今後の研究開発計画

今回のように観測ロケット実験のPI機器として搭載すると、打ち上げスケジュールの制約やミッション達成要求などにより、トラブル対応や判断を全て学生に任せることができず、教員が介入する必要がある。今回の結果でも、問題発生時の対応や判断に関するスキル育成が十分に行えていないことがわかる。観測ロケット実験全体に影響を与えずに、問題発生時の対応や判断を学生や若手技術者自身が主体的に体験できるような、教育用PIモジュールの実現を目指している。教育用PIモジュールの開発にあたっては、業務用大型ドローンを用いてロケット実験を模擬するようなプログラムも検討している。また、コロナ禍でやむなく実施した遠隔講義や遠隔インターンシップ、遠隔協力開発であったが、実施ノウハウが蓄積できたため、このノウハウを活かした人材育成プログラムの開発も併せて検討を進めていく。

【参考】（エ）PI機器の設計・製作（GNSS：奈良高専）

実施内容・成果

全電子密度観測装置（Global Navigation Satellite System：GNSS）の概要

- 電離圏中を飛翔する観測ロケット機上において、GNSS衛星からの電波を受信する。搬送波位相の観測データから、GNSS衛星-ロケット間の電波伝搬経路上にある全電子密度（Total Electron Content：TEC）を観測する。観測ロケットが電離圏E領域とF領域の間を飛翔することにより、F領域の電子密度のみを分離観測する。

参加者

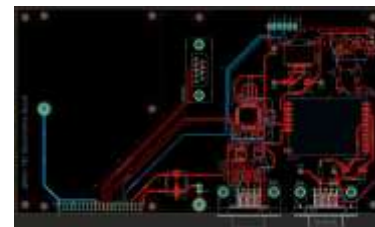
- 教員 3名
- 学生 平成31年度 専攻科生1名
令和 2年度 専攻科生1名、本科生1名
令和 3年度 専攻科生2名

本プロジェクトの取り組み状況

- 観測ロケット搭載GNSS受信機を開発した。メインエレクトロニクス部には、観測ロケットテレメータとの通信回路、電源回路、アンテナ切り替え回路等の機能を持たせ、これに組込用のGNSS受信ボードを搭載した。部品の選定、回路図設計、基板製作、筐体設計、マイコンプログラムを学生が行った。
- GNSSアンテナシステムの検討と開発を行った。モーターを搭載して自律回転できる観測ロケットのモックアップを製作し、観測ロケットの回転に影響を受けにくいアンテナシステムの検討を行った。検討の結果、ノーズコーン開頭前までは、ロケット構造体の6カ所に穴をあけて取り付けしたANT6で、開頭後は開頭部に搭載したANT8で受信することし、RFスイッチを用いて切り替える構成となった。
- ロケットテレメータ経由でPI機器のデータを監視するQL（Quick Look）ソフトウェアを制作した。制作は学生が行い、単体動作試験、噛合せ試験とフライトオペで使用した。

成果

- 観測ロケット搭載GNSS受信機を内製により新規開発した。
- 開発は教員のサポートを受けながら、学生が担当した。特にFMに求められる信頼性を持たせることに苦勞し、技術習得ができた。
- 計画会議、設計会議、安全審査等、JAXAとの会議に学生も参加することで、プロジェクト全体の流れを経験することができた。
- 環境試験、JAXAでの噛合せ試験、フライトオペに参加することにより、観測ロケットに搭載する宇宙機器の開発の難しさを体験し、実践的なエンジニアリングスキルを習得した。
- 観測ロケット実験では、7月に射場にて発覚した問題もあったが、8月11日のフライトでは正常に動作し、所定の観測データを取得できた。現在解析作業を進めている。



GNSS基板パターン(左)と完成品(右)



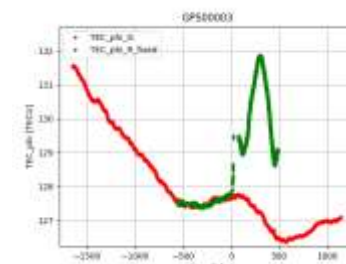
単体振動試験



温度試験



観測ロケットの回転モックアップを使ったアンテナシステム試験



ロケットGNSS-TEC観測データの一例（緑色）

【参考】 (エ) PI機器の設計・製作 (DBB: 京都大学)

実施内容・成果

2周波ビーコン (Dual-Band Beacon: DBB) 観測の概要

- ロケットから地上まで2周波数 (150MHzと400MHz) の電波を伝搬させ、2波の位相差から、地上からロケットの高さまでのプラズマ積分量 (電離圏全電子数) を求める。
- これまで、米国製の送信機と400MHzアンテナ、JAXA宇宙研が製作した150MHzアンテナを用いて、数回の観測を成功させてきたが、今回は独自開発に挑戦した。

参加者

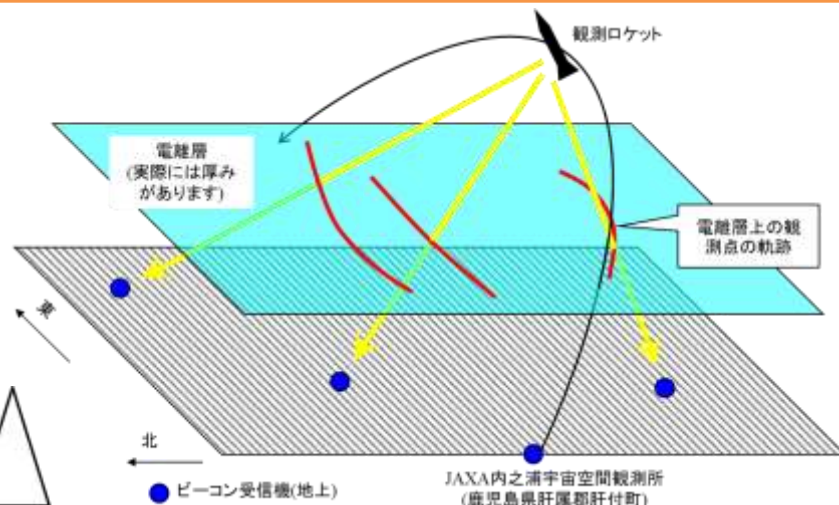
- 京大大学生存圏研究所: 教員 2名
- 京都大学大学院情報学研究科: 修士課程学生 1名

開発の特徴

- ロケットに搭載する送信機 (1台) とアンテナ (4台) をフルクラッチ開発した。設計、製作、試験、実験の全ての段階を教員と大学院生のチームで実施した。

成果

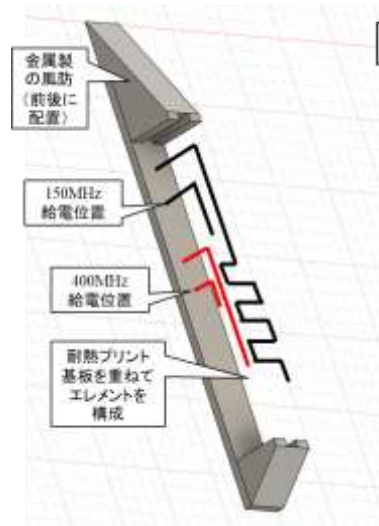
- 観測ロケットの飛翔全域にわたって正常動作し、地上4か所からの信号受信に成功した。現在は電離圏全電子数の解析を進めている。
- ロケット壁面に取り付けるアンテナは特に環境条件が厳しいが、本プログラム参加各校と宇宙研からのアドバイスを心得、開発を成功させることができた。



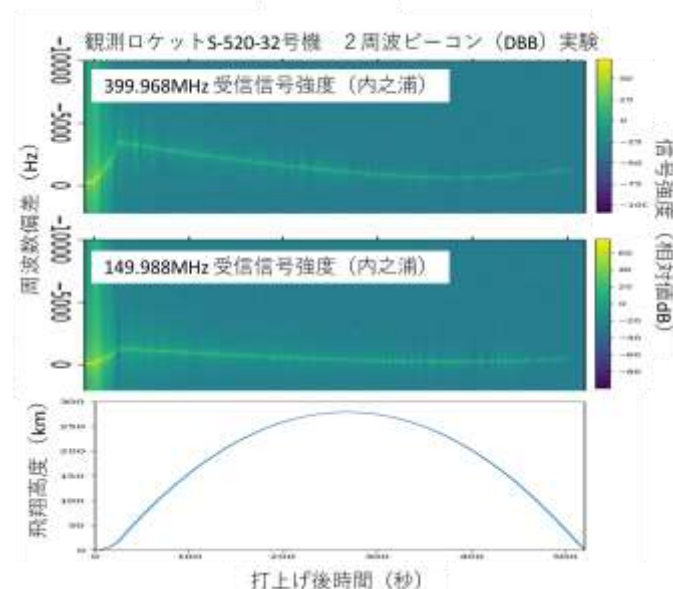
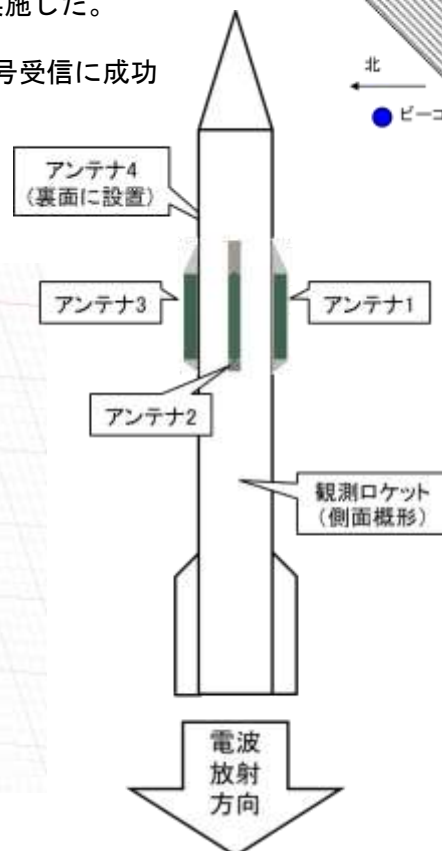
DBB観測の概念図



送信機の外観 (上) と内部 (下)



アンテナの内部構造



受信された受信信号スペクトルとロケット高度

【参考】 (エ) PI機器の設計・製作 (EFD: 富山県立大学)

実施内容・成果

電場観測装置 (Electric Field Detector: EFD)の概要

- 電離圏中において、2対のダイポールアンテナを展開し、DC電場観測およびAC電界 (プラズマ波動) 観測を行う。得られたDC電場は、電離圏中での電子やイオンのダイナミクスなどを調査するうえで基礎データとなる。また、AC電界の観測から電子の粗密構造に起因するプラズマ波動観測を行う。

参加者

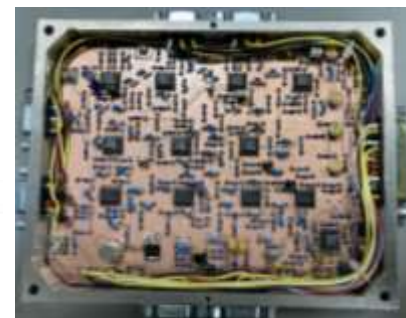
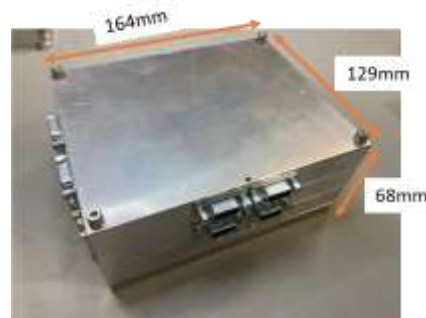
- 富山県立大学工学部: 教員 1名
- 富山県立大学大学院: 学生 1名 (学部4年生から携わり、現在博士後期課程1年)

本プロジェクトの取り組み状況

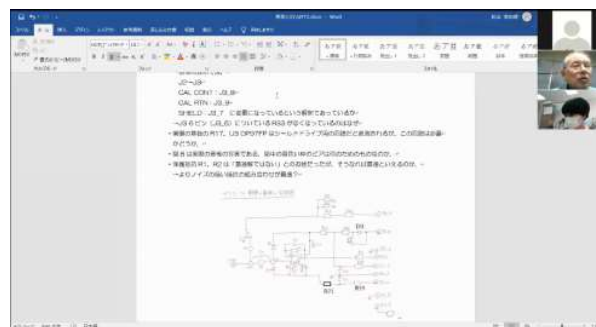
- 電場観測装置を構成するプリアンプ、メインエレクトロニクスを回路図から設計し、部品の配置を含む回路基板の製作、筐体設計、ハーネス・コネクタ製作を学生自身がすべて行った。また、機器の電気的な動作試験、JAXA規格の環境試験、観測ロケット搭載機器をすべてを持ち寄っての計器合わせ、総合試験にも学生が参加した。そして、打ち上げ業務にも参加し、観測ロケット打ち上げ時において、リアルタイムで観測データを監視し、電離圏中の電場でデータの取得に成功した。現在、本プロジェクトの参加した学生は、博士後期課程に進学し、取得したデータの解析を進めている。これにより、**1人の学生が、何もないところから観測ロケット搭載機器を設計・製作し、電離圏での観測データを取得し、解析するという観測ロケットプロジェクトのすべてを経験することができた。**

成果

- 搭載機器の設計製作においては、明和システム株式会社の協力を得て、**回路設計に関するインターンシップ**をオンラインで行い、学生の回路設計スキルを向上させることができた。
- 環境試験、JAXA/ISASでの総合試験に参加することにより、観測ロケットに搭載する宇宙機器を開発することの難しさおよび搭載方法などを学ぶことができた。特に実際に観測ロケットに搭載する際の搭載機器の組付け方法、搭載してからの動作試験など**現場でしか体験することができない経験**をすることができた。
- 観測ロケット飛翔中、アンテナは正常に伸展し、製作した電場観測装置も正常に動作した。これにより、**電離圏中の電場データを取得することができた**。現在、観測された電場データを解析し、DC電場ベクトルの導出、得られたプラズマ波動の解析を行っている。



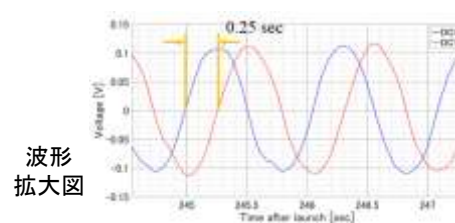
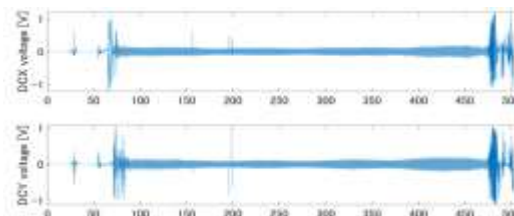
電場観測装置メインエレクトロニクスの外観(左)とX成分受信回路基板(右)



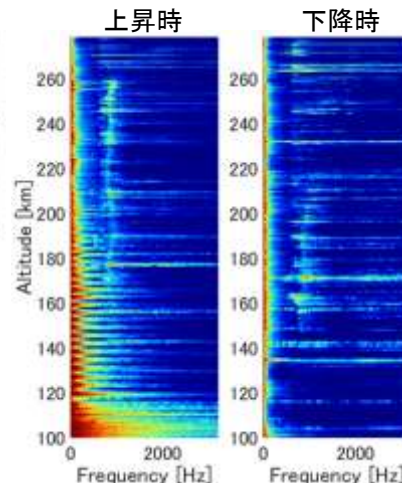
Zoomによるオンラインインターンシップ



単体振動試験の様子



波形
拡大図



観測結果: DC電場(左), 電界スペクトル X成分(右)

【参考】 (エ) PI機器の設計・製作 (NEI: 東北大学)

実施内容・成果

NEI (Ne measurement by Impedance probe) 観測の概要

- ロケット頭胴部から電離圏プラズマ中に1.2mの金属プローブを展開してプローブ容量を計測。プラズマの誘電率が高域混成共鳴周波数で極小となる性質を利用してロケット周辺の電子数密度を精密に計測する。

参加者

- 東北大学: 教員 1名, B3×1名 (2019年度*), B3×1名 (2021年度*)
(*研究テーマ変更によりそれぞれ参加は1か月程度)

開発の特徴

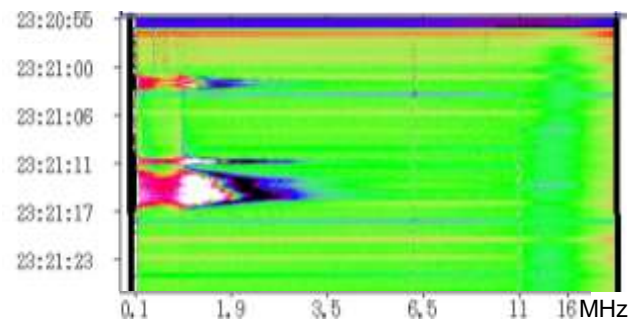
- メーカーによる従来版の機上データ処理ソフトウェアを修正して、プローブ容量の周波数プロファイル(400word/125ms)をそのままダウンロードするだけでなく、機上で周波数プロファイルから決定した電子密度(1word/125ms)を含める機能を追加した。
- SS-520-3に続いて電離圏では2例目、中緯度電離圏では初のkHz帯プローブ容量プロファイル計測を実施。低域混成共鳴を検出できればイオン組成の新たな計測手段となりうる。

成果

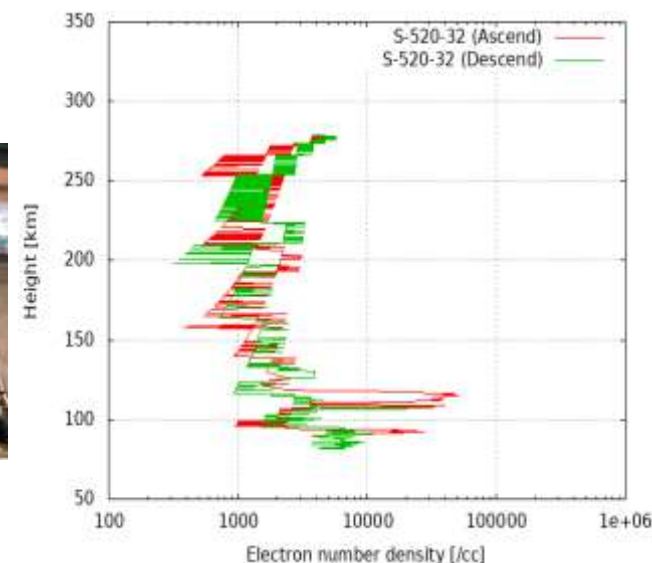
- 観測ロケットの飛翔全域にわたって正常動作し、高度100km前後で高密度層(E_s , 数 $10^4/cc$)を観測した。Apexが低い軌道設定(278km)だったのでF領域ピークに向かう密度増には十分届かず、密度値が $10^5/cc$ を超えることはなかった。
- 電子密度機上決定結果、kHz帯プローブ容量プロファイルデータは現在、解析が進めている。
- 学生が研究テーマを選択する際に、その研究分野でロールモデルとなる院生・若手研究者が存在するかも大きい。本プログラム参加各校の参加学生はそうしたロールモデルとなっていくことが期待されており、その育成をサポートできた意義は大きい。



NEI-S(センサー), NEI-E(電子回路部), ハーネス



上昇時・E領域通過時のプローブ容量プロファイル



電子密度の高度プロファイル. 上昇時(赤), 下降時(緑)



2021年3月
宮城県産業技術総合センター
振動・衝撃試験
温度サイクル試験



2020年12月, 2021年8月, 12月
大型スペースサイエンス
チェンバー(JAXA/ISAS)
真空試験/プラズマ計測試験



2022年5月
噛み合わせ試験 (JAXA/ISAS)
スピンドライマー試験
NEI-S伸展確認

【参考】（エ）PI機器の設計・製作（VAS-I：東海大学）

実施内容・成果



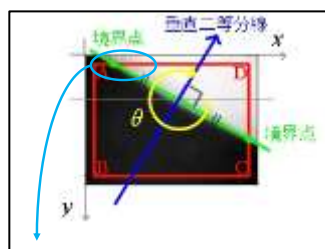
VAS-Iの開発に参加した学生は10名。ロケット搭載機器開発で多くの実績を持つ有限会社テラテクニカの協力の元、インターシップ形式で開発を行った。回路設計やマイコンプログラミングの学習から開始し、搭載予定のマイコンを用いたEMの製作、EMによる撮像実験をおこなった。3DCG、画像処理プログラムもゼロから学習し、撮像結果を模擬したデータの作成及びアルゴリズム開発をおこなった。コロナ禍による緊急事態宣言などの影響もあったが、開発過程では適宜Zoomを用いてテラテクニカと情報交換やアドバイスをもらい開発を進めた。フライトオペレーションには2名の学生が参加して動作チェックやQL操作を行った。宇宙開発現場を直接体験し、学生自身も大きく成長した。



インターシップ



3DCGによるシミュレーション



開発したアルゴリズム



開発したQL



センサ部



環境試験



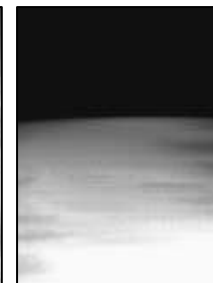
計器合せ



噛合せ試験



完成したEM



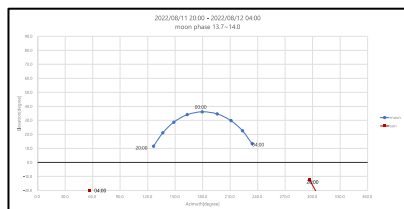
VAS-I撮影画像

【参考】（エ）PI機器の設計・製作（VAS-V：東海大学）

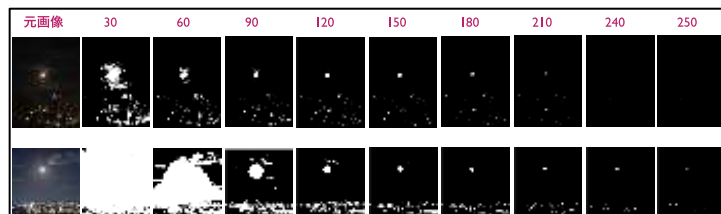
実施内容・成果



VAS-Vの開発に参加した学生は10名。VAS-I同様テラテクニカ社の協力の元、インターンシップ形式で開発を行った。月齢及び月の方位仰角による打上げウィンドウ検討のためのシミュレーション、月検出アルゴリズム開発を進めた。サイエンスミーティングでの教員からのアドバイスを受けて、月齢によらない月中心検出アルゴリズム開発に成功し、精度を向上させた。FM開発においては、約半年間の期間をかけ、各月齢においてカメラパラメータを変えた実撮影画像を取得し、フライト時のカメラパラメータの決定を行なった。EM回路部とFMカメラ部を用いた連続処理のスループット計測も実施した。残念ながらフライトオペレーションにおいて他のPI機器ノイズ対策の影響により打上げ前に起動不良が発生しフライトデータ取得には至らなかった。



打上げウィンドウの検討



月検出パラメータの決定



月齢毎の実画像撮影



月撮影パラメータの決定



噛合せ試験



噛合せ試験時の撮像結果



月中心の検出



VAS-V-LED FM



VAS-V FM



動作チェック

事後評価票

令和4年3月末現在

1. プログラム名	宇宙航空人材育成プログラム
2. 課題名	観測ロケット実験を通じた宇宙機器エンジニアリングスキル養成プログラム
3. 主管実施機関・研究代表者	独立行政法人国立高等専門学校機構 奈良工業高等専門学校・准教授 芦原 佑樹
4. 共同参画機関	国立大学法人 京都大学、公立大学法人 富山県立大学 国立大学法人 東北大学、学校法人東海大学 東海大学
5. 事業期間	平成31年度～令和3年度
6. 総経費	48百万円
7. 課題の実施結果	
(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	
	<p>大学等の教育現場では、人工衛星・探査機等のビックプロジェクトで得られた2次データを用いて卒業研究をまとめる機会が増え、学生がハードウェアに触れる機会が減少している。また、宇宙産業に必要な人工衛星、探査機のプロジェクトマネージャーや観測機器責任者を育成する観点からも、プロジェクト全体を見渡す総合力とものづくりの実践力を持った人材育成が必要と考える。</p> <p>本提案では、これまで研究を主目的としてきた観測ロケット実験を実践的な宇宙人材育成の場として活用する『宇宙機器エンジニアリングスキル養成プログラム』を開発・試行する。教育プログラムは、(ア)PI 機器内製技術ワークショップ、(イ)サイエンスミーティング、(ウ)宇宙機器関連メーカーでのインターンシップ、(エ)PI 機器の設計・製作、(オ)観測ロケット環境試験・噛合せ試験で構成する。教員指導の下で、機器設計から打ち上げオペレーション、データ解析までの一連の作業を経験することで実践的エンジニアリングスキルとプロジェクト全体を見渡す総合力を養う。さらに、(カ)宇宙人材が持つべき行動特性の特定と教育における変化の検証を行うことで、本プログラムの教育効果を評価する。</p>
	『宇宙機器エンジニアリングスキル養成プログラム』の特徴
	<ul style="list-style-type: none">● 実践的な宇宙人材育成の場として、観測ロケット実験を活用する。観測ロケット実験への参加を通して、<u>機器設計からデータ解析までの実務経験を持った宇宙人材を養成する。</u>

- 試作品（BBM）だけでなく、搭載品（FM）までを学生自身により製作（内製化）することで、実践的なエンジニアリングスキルを習得する。
- 製品設計・製作スキルを持ったエンジニアリングアドバイザーによる助言と指導、教育プログラムの構築、研究室間の協力体制を整備して技術情報の水平展開を図る体制を構築し、内製化をサポートする。

◆ 達成度

各実施項目の目標値と達成状況（✓は目標値、●はその他の特記事項を示す）

（ア）PI 機器内製ワークショップ

- ✓ 実習教材「PI 機器開発ボード」を開発し、これを用いたワークショップを実施する。10 名以上の参加者が受講する。
 - 内製に必要なスキルを習得させるため、「PI 機器内製ワークショップ」を Web 会議 (Microsoft Teams) にて複数回実施した（表 1）。観測ロケットシステムの概要、電子回路 CAD（EAGLE）の使用方法、マイコンプログラム、機械 CAD、QL（Quick Look）ソフトウェアの制作の内容で、PI 機器の内製に必要な技術をワークショップ形式で実習を行った。実習教材には、エンジニアリングアドバイザーが開発した「観測ロケット PI 機器実習用 PI 機器開発ボード」と「簡易版テレメータインターフェイス装置」を使用し、電子回路の設計からマイコンのプログラミングまでを一貫した開発を行うことでスキルの向上とノウハウ蓄積を図った。PI 機器の製作に直接関わらないが宇宙工学や宇宙関連企業への就職に関心のある学生にも参加を認め、波及効果の向上に努めた。参加者は 22 名で目標を達成した。

表 1. PI 機器内製ワークショップの実施内容

日時	内容
令和 2 年 3 月 23, 24 日	PI 機器開発ボードの概要説明・実習の準備 観測ロケットシステムの概要
令和 2 年 11 月 10 日	EAGLE 実習（回路図エディタ）
令和 2 年 11 月 26 日	EAGLE 実習（Net, Bus を使った配線、エラーチェックなど）
令和 2 年 12 月 3 日	EAGLE 実習（パターン設計）
令和 2 年 12 月 10 日	STM32 マイコンプログラム
令和 2 年 12 月 17 日	STM32 マイコンプログラム、 模擬 I/F 装置を用いた 3 線シリアル動作確認
令和 3 年 2 月 25 日	機械 CAD 実習
令和 3 年 3 月 26 日	PI 単体環境試験、各校の状況報告

（イ）サイエンスミーティング

- ✓ 実験会議を開催し、問題・課題解決型学習に相応しいサイエンスミッションを検討する。10 名以上の参加者が受講する。

- 本プログラムの目的である実践的エンジニアリングスキルを養成するためには、問題・課題解決型学習に相応しいサイエンスミッションの設定が必要不可欠である。そのため、サイエンスミッションの決定と学生教育を目的として、令和2年3月23日(月)、24日(火)にサイエンスミーティングを開催した。超高層大気の講義では、観測対象とする超高層大気の物理について、これまでの研究成果や論文発表を交えて講義した。最近論文発表されたシミュレーション実験で、中規模電離圏擾乱(MSTID)と呼ばれる電離圏F領域での擾乱生成には、従来考慮していなかった電離圏E領域の擾乱が寄与する結果が発表されたことを紹介した。実験会議では、このシミュレーション実験を裏付ける観測ができれば新発見につながることから、MSTIDを観測対象とすることをサイエンスミッションとして決定した。MSTIDの生成には、E領域での電子密度擾乱と電場が重要な役割を果たすため、奈良高専と京都大学が観測ロケット周辺の電子密度空間観測、東北大学が電子密度のその場観測、富山県立大学が電場観測、東海大学がロケット姿勢観測を担当することとなった。また、担当サイエンスミッションを満足するための各PI機器の要求性能を確認し、その後の設計仕様に反映させた。このサイエンスミーティングはWeb会議システム(Microsoft Teams)を用いて実施した。参加者は17名で目標を達成した。

(ウ) 宇宙機器関連メーカーでのインターンシップ

- ✓ 宇宙機器関連メーカーでのインターンシップを斡旋する。5名以上の参加者が受講する。
 - 宇宙機器関連メーカー2社でインターンシップを行った。参加者は11名で目標を達成した。

○宇宙機搭載センサ開発メーカーでのインターンシップ

JAXAの人工衛星やロケットに搭載するセンサを開発しているテラテクニカ社にて、対面で1回、遠隔で19回のインターンシップを実施した。実施した内容は、設計会議参加、過去の宇宙機搭載センサの学習、加工機械の見学である。設計会議では、学生は宇宙機器開発メーカーに依頼しに来た側という設定で、どのように打ち合わせを行うのか、打ち合わせ時にはどのようなことを事前準備するのか、仕様検討時にどのようなことを想定しなければいけないのかを体感的に学習してもらうことを意図して企画・実施した。搭載センサの検討、処理方法の検討などの議題に沿ってディスカッションを行い、知識が不足している部分については適宜引率教員が追加解説を行った。

○電場観測装置開発メーカーでのインターンシップ

電場観測装置の回路設計に関して、学生の回路設計に関する知識を補い、さらに搭載機器というものに関して通常の電子機器との違いを学ぶ必要がある。そこで、これまでの観測ロケット実験において電場観測装置を製作している明和システム株式会社・高野氏、伊藤氏に回路設計に関するアドバイスおよび搭載機器の回路設計の注意点を教えていただくインターンシップをZoomによる遠隔形式で実施した。ノイズ軽減するための回路構成、部品配置する際の注意事項などの実践的な回路設計方法、部品の配置方法を講義していただいた。また、学生が実際に製作した回路図および部品配置図を用いて修正箇所等の実例を示しながら議論したことで学生の理解が進み、これまで想定していた回路基板のサイズを縮小することができた。

(エ) PI 機器の設計・製作

- ✓ 製品レベルの性能を持つPI 機器を5種類完成させる。
 - GNSS、DBB、EFD、NEI、VAS-I、VAS-Vの6種類のPI 機器を、参加学生が主体となって設計・製作し、目標を達成した。
- ✓ 設計製造過程で生じた疑問点、問題点、解決方法、技術資料等の情報を蓄積するための情報基盤「Sounding Rocket Knowledge Base (SRKB)」を構築して運用する。SRKB への技術資料の登録数は20以上、スレッド数50以上を達成する。
 - 設計製造過程で生じた疑問点、問題点、解決方法、技術資料等の情報を蓄積するため、Sounding Rocket Knowledge Base (SRKB)を構築して運用し、各種資料やノウハウの収集することで詳細設計および製作を加速させた。技術資料の登録数は26、スレッド数は53で目標を達成した。
- PI 機器の設計から製作・試験までは長期にわたり、また定められた期限までに完成させることが必要となるため、学生自身が進捗状況を把握して開発を進められるようにプロジェクトマネジメント講習を全7回で実施した。3年間の取り組みの中で、学生が自主的にプロジェクトマネジメントの必要性を認識して、実際にマネジメント作業を実施することができるようになった。作業が抜けて計器合せが実施できなかつたり、用意した機材が不足して噛合せ試験が実施できなかつたりなどのトラブルなく計器合せ及び噛合せ試験が実施できており、これまでのプロジェクトマネジメント講習及び自主的なプロジェクトマネジメント作業が効果を発揮した。一方で、計器合せ後の反省コメントからは、講義で重要性を強調しても実感がなく、実際に体験した後にプロジェクトマネジメントの重要性に気がついている様子が窺える。プロジェクトマネジメントを学びながらプロジェクトに参加することが若手育成にとって重要であり、また実際に体験の中でプロジェクトマネジメントの重要性を理解していく様子が示された。

(オ) 観測ロケット環境試験・噛合せ試験の実施

- ✓ 開発したPI 機器に対して環境試験を実施し、JAXA 宇宙科学研究所の観測ロケット S-520 の環境試験を行う。すべてのPI 機器が、観測ロケット S-520 の環境条件をクリアする。
 - 観測ロケット S-520 搭載に必要な単体環境試験（振動、衝撃、真空、温度）を実施し、最終的にすべてのPI 機器が環境条件をクリアし、目標を達成した。試験を通して、宇宙機器に必要となる環境条件や試験手順を習得することで、目標を達成した。
- ✓ 噛合せ試験を実施し、搭載機器間での電氣的・機械的干渉がないことを確認する。
 - JAXA 相模原キャンパスで実施される S-520-32 計器合せ・噛合せ試験において、質量計測、機械的嵌合確認、写真撮影、机上配線チェック、机上動作チェック・タイマテスト、機器組込み、組込み後動作チェック・タイマテストまでの一連の試験に学生が参加した。ロケットアビオニクスから電源供給を受けて動作すること、制御信号を受信して所定の動作を行うこと、テレメータ装置を介してデータ取得ができること、観測に支障のないレベルで他機器との電磁両立性が保たれていること等を確認した。これらを通じて宇宙開発に携わるうえで必要となるエンジニアリングスキルを習得することで、目標を達成した。

(カ) 宇宙人材が持つべき行動特性の特定と教育における変化の検証

- ✓ ワークショップおよびサイエンスミーティングの時に各種行動特性を取得する。
 - 本プログラム採択後に各大学・高専で倫理審査の必要性確認を行い、2019年度のサイエンスミーティング時に1回目の調査を実施した。2020年度は調査項目を追加して2回目の行動特性の調査を実施した。ロケット打上延期に伴い、参加学生の追加があったため、2021年度に3回目の行動特性の調査を実施し、各種行動特性を合計3回取得した。本プログラム参加した学生は、行動の達成を予期する自己効力感が一般平均よりも高く、自尊感情も高くなっていることがわかった。また、他者を見下す他者軽視については教員よりも低くなっており、自己の認知状態を客観的に把握するメタ認知能力についても教員と同程度のレベルに達していることがわかった。今回測定した各種特性は、いずれも一般平均と比較して良好で、観測ロケット実験豊富な指導教員と近い状態になっていることがわかった。観測ロケット実験に参加することは、単に宇宙機器開発の技術が身につくだけでなく、チーム内でのコミュニケーション、企業や JAXA など対外的なコミュニケーション、開発時の自己の把握などが必要となることから、一般的な行動特性、心理特性の向上にも効果があることが示されたと言える。残念なことに初期開発メンバーが打ち上げ延期によりフライトオペレーションまで経験することができなかつたため、観測ロケット実験全体を通してどのような学びを得られるかのデータを得ることができなかつた。ただし、途中参加の学生の宇宙人材行動特性の獲得状況(次節で述べる)から推察するに、観測ロケット実験全体を通じた学びは、ロケット開発や宇宙開発に止まらず、広くエンジニアとして活躍する能力の獲得に役立つことが推察される。
- ✓ 各年度でその結果に応じて、適宜、宇宙人材に特化した指標を作成する。
 - JAXA 観測ロケット実験グループの協力を得て、観測ロケット実験の経験豊富なスタッフに対して好ましい行動及び好ましくない行動を自由記述形式で回答してもらうヒアリング調査を実施した。同時に、今回の PI 機器を担当する5校の指導教員にも同一内容のヒアリング調査を実施した。これらの回答から個々の行動の抽出作業を行い、116項目の行動を抽出した。この116項目をKJ法を用いて分類・整理を行った上で、特定のミッションや特定の機器に依存しないワーディングを行なって、最終的に8種類計46項目の行動指標を作成した。項目はコミュニケーション4項目、スケジュール計画・管理7項目、問題発生時の対応・対策3項目、整理整頓3項目、記録4項目、判断5項目、作業手順の策定・遵守5項目、リスク管理7項目、設計3項目、全般的な心構え5項目の計46項目の宇宙人材に特化した指標を作成した。JAXA 内での許諾及び調査対象スタッフの回答時間調整に時間を要したため、指標を用いた調査結果を受けて行動指標をアップデートする作業までは実施できなかった。

表 2. 行動指標の分類 (46 項目)

コミュニケーション	4 項目
スケジュール計画・管理	7 項目
問題発生時の対応・対策	3 項目
整理整頓	3 項目
記録	4 項目
判断	5 項目
作業手順の策定・遵守	5 項目
リスク管理	7 項目
設計	3 項目
全般的な心構え	5 項目

- 作成された宇宙人材の行動指標を用いて、フライトオペレーション参加学生及び PI 開発の指導教員に調査を実施して、最終的な教育目標の達成状況の検証を行った。

「必要性」

実践的な宇宙人材育成

今後ますます拡大する宇宙産業を支えるには、宇宙機器を実際に設計・製作し、各種試験等を通して宇宙開発の一連の流れを経験できる教育機会の創出することで、学生を育成することが必要である。宇宙開発は長期間になりがちで、高専・大学で研究室に配属される数年間では一部しか経験できないため、プロジェクトの全体像を把握することが難しい。そのような環境では、全体を俯瞰し、プロジェクトを牽引できる総合力を持った人材は育ちにくい。

観測ロケットは、実験企画から打ち上げ・データ解析までを短期間で終わることができるため、人工衛星等の大型プロジェクトに比べると学生・若手研究者が参加しやすい利点がある。また、各種試験で見つかった不具合に対しては、学生・研究者と JAXA 技術職員および協力メーカーが密に連携して不具合解決にあたることで、学生・研究者の実践的な経験値が大きく向上する。本事業では、従来、協力メーカーと共同で設計・製造することが多かった観測ロケットの観測機器 (PI) を内製化し、設計、製造、噛合せ試験等に学生自身が主体的に関わることによって、実践的な宇宙人材育成を図った。

宇宙関連企業を目指す学生や若手研究者の育成

学生が進路を検討する際には、その分野でのロールモデルが身近に存在すれば、大きな後押しになる。本プログラムに参加した学生は、これまで馴染みの薄かった宇宙を身近に感じることができ、

また宇宙開発の面白さや難しさを経験したことで、宇宙関連企業への就職や関連研究を実施する大学院への進学が期待される。実際に、初年度に学部4年生だった参加学生は、大学院博士前期課程に進学して本プログラムに継続参加し、さらに博士後期課程に進学して研究を続けている。その他にも複数の学生が大学院で宇宙関連の研究室を希望しており、ロールモデルの育成をサポートできた。また、観測ロケット実験に参加した学生を輩出できたことで、将来、宇宙関連企業や研究者を目指す学生が、各校の研究室に集まることも期待される。

「有効性」

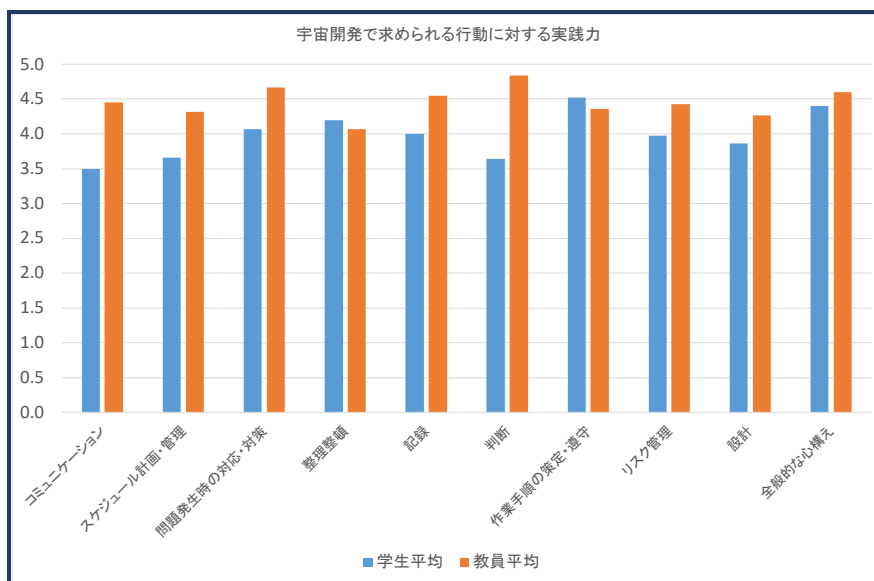
教育プログラムの開発、基盤整備

PI 機器内製ワークショップでは、観測ロケットPI 機器開発に必要な電子回路、マイコンプログラム、PI 単体試験、QL 制作等の技術を、エンジニアリングアドバイザーが開発した「PI 機器開発ボード」と「簡易版テレメータ I/F 装置」を用いて体系的に実習できる教育プログラムを開発した。観測ロケットに焦点をあてて整理された本教育プログラムは、今後の観測ロケット実験に参加しようとする学生や研究者向けの教材としての活用も可能である。また、PI 機器内製に関わる経験とノウハウは参加学生のみならず、各校教員も習得することができたため、今後の教育・研究活動に生かすことができる。

人材の養成の効果

本プログラムの教育効果を測るため、行動指標を用いたアンケート調査を行った。7. (1)「達成度」(カ)で述べた、特定のミッションや特定の機器に依存しないように項目を整理した46項目の行動指標を使用した(表2)。打上が終わり解析作業を実施中の段階で学生、および観測ロケット実験を多数回経験している指導教員に対して行動指標の達成度合いを5件法で調査して分析を行った(図1)。求められる全10項目中、一般的な心構え、設計、作業手順の策定・遵守、リスク管理、整理整頓の5項目について、概ね実践力が身についたと評価できる(平均値0.5以内は達成と評価)。

図1. 行動指標の達成度合いの比較



「効率性」

計画・実施体制の妥当性

各校の教員は、これまで多くの観測ロケット実験に参加しており、試作品の製作・試験、打ち上げオペレーション、データ解析の実績を持っているため、教育プログラムの開発と学生指導を円滑に遂行できた。一方で、詳細設計や製造作業はこれまで協力メーカーに依存してきたため、電子回路、機械加工技術をはじめとした製品レベルの製品設計・製造技術をもった経験豊かな技術者をエンジニアリングアドバイザーとして招聘し、「PI 機器内製技術ワークショップ」における教育プログラム開発、実習教材開発、PI 機器設計・製造の助言を担当する体制とした。また、観測ロケット打ち上げまでに、設計会議、安全審査などで JAXA の研究者、エンジニアから多くの助言を受けることで、効率的かつ確実に事業を進めることができた。

また、当初計画していた R03 年度夏季の打ち上げオペレーションは実現しなかったが、R03 年度中に啗合せ試験までを実施することで、観測ロケット打ち上げまでに試験項目や手順を習得することができた。

(2) 成果

「アウトプット」

『宇宙機器エンジニアリングスキル養成プログラム』の開発と実施

観測ロケットの PI 機器開発を核とした、宇宙機器エンジニアリングスキル養成プログラムを開発・実施した。(詳細は、7.(1) 課題の達成状況 ◆達成度 (ア)～(カ)に記述)

育成した人材像

拡大する宇宙産業への人材供給と人工衛星、探査機のプロジェクトマネージャーや観測機器責任者を育成する観点から、プロジェクト全体を見渡すことができる総合力と実践力を持った人材育成を目標とした。実践的な宇宙人材育成の場として、計画立案・設計会議・安全審査・環境試験・打ち上げオペレーション等、プロジェクトの立ち上げから終了までを短期間で経験可能な観測ロケット実験を活用した。学生自身が PI 機器の内製化と JAXA との各種会議・打ち合わせ・環境試験・啗合せ試験等に参加することを通じて、総合力と実務経験を持った宇宙人材を育成した。

育成を行った人数

高専本科・専攻科・大学学部 14名、大学院 2名、合計16名

開発した教材

- ・ PI 機器内製ワークショップ教材 8テーマ
- ・ プロジェクトマネジメント教育教材
- ・ 観測ロケットPI 機器実習用 PI 機器開発ボード
- ・ 簡易版テレメータインターフェイス装置

開発したPI 機器

6種類 (GNSS、DBB、EFD、NEI、VAS-I、VAS-V)

「アウトカム」 (令和4年10月末時点)

S-520-32 観測ロケット実験の実施

本事業で製作した6つのPI機器は、2022年5月に最終の噛合せ試験を実施した上で、2022年7月に内之浦宇宙空間観測所からの打ち上げに臨んだ。7月の打ち上げオペレーションでは、射場にて搭載機器に確認すべき事象が生じ、不具合解消に時間がかかるため延期となった。そのため、打ち上げウィンドは8月に再設定され、8月11日23時20分に打ち上げが実施された。これらの噛合せ試験、打ち上げオペには、本事業に参加していた学生から5名が継続参加した。打ち上げオペを通して、打ち上げスケジュールの制約や射場での確認作業、安全管理等について、より実践的な経験を積んだ。

※ 本事業終了後の打ち上げ実施となったため、アウトカムとして記載。

プレスリリース、取材対応

学生の取り組みについて、プレスリリースや取材対応を7件行った。特に新聞への掲載は、普段、宇宙に関心のない方やこれから進路を検討する中学生・高校生の目に留まり、波及効果は大きい。

- 電離圏擾乱発生時の電子密度鉛直・水平構造を調査・解析するための観測ロケットの打ち上げについて
富山県立大学プレスリリース、2022年06月27日
- 県立大・学生の観測装置、宇宙へ JAXAロケットに搭載 院生の松山さん開発
富山新聞、2022年6月28日
- 【奈良高専】学生が開発した観測装置を搭載したロケットが打ち上げへ！
PR TIMES、2022年7月7日
- 奈良高専の学生が参画「観測ロケットS-520-32号機実験」 内之浦宇宙空間観測所で実施
教育家庭新聞、2022年7月10日
- 奈良高専、学生が開発した観測装置を搭載したロケットが打ち上げ実施
ICT教育ニュース、2022年7月11日
- ロケットで電離圏観測 学生と共に 奈良高専准教授の芦原佑樹さん
朝日新聞奈良版、朝日新聞デジタル、2022年9月5日
- 高専の知恵、関西でも存在感高まる 大阪は大学と連携も — データで読む地域再生
日本経済新聞関西版、日経電子版、2022年10月28日

観測結果を用いた学生教育の継続

打ち上げで得られた観測データの初期解析結果について、2名の学生が2022年11月4日に開催される地球電磁気・地球惑星圏学会講演会での口頭発表を予定している。このうち1名は高専専攻科2年生(学部4年の年齢)であり、本プログラムを通じた早期教育の効果といえる。

(3) 今後の展望

本教育プログラム中に開発した教材は、今後の観測ロケット実験に参加しようとする若手向けの教材としての活用が期待される。特に、「観測ロケット PI 機器実習用 PI 機器開発ボード」「簡易版テレメータインターフェイス装置」は、JAXA 観測ロケットに特化したことで実践的な実習内容となっており、そのまま機器開発に反映することができる。宇宙人材の行動指標については、JAXA スタッフの調査について内諾をもらっており、評価基準値の作成や、今後宇宙開発に参加する人材の指標としての活用が期待される。学生が本プログラム中に作成したプロジェクト憲章、WBS、RBS、リスク発生確率・影響度マトリックスなどは、決して完璧なものではないが、新たに観測ロケット実験に参加する団体に資料として公開することで、観測ロケット実験におけるスケジュール遅延の防止、ミッション成功率の向上に寄与することが期待できる。

今回のように観測ロケット実験の PI 機器として搭載すると、打ち上げスケジュールの制約やミッション達成要求などにより、トラブル対応や判断を全て学生に任せることができず、教員が介入する必要がある。今回の結果でも、問題発生時の対応や判断に関するスキル育成が十分に行えていないことがわかる。観測ロケット実験全体に影響を与えずに、問題発生時の対応や判断を学生や若手技術者自身が主体的に体験できるような、教育用 PI モジュールの実現を目指している。教育用 PI モジュールの開発にあたっては、業務用大型ドローンを用いてロケット実験を模擬するようなプログラムも検討している。また、コロナ禍でやむなく実施した遠隔講義や遠隔インターンシップ、遠隔協力開発であったが、実施ノウハウが蓄積できたため、このノウハウを活かした人材育成プログラムの開発も併せて検討を進めていく。

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、小型ロケットの FM 品の開発を題材として、エンジニアを育成するための手法とプラットフォームの構築を目指した事業である。これまでも多くの同様な試みがあり、目指す人材像の明確化と、プログラムを推進する教育人材の育成が課題として挙げられてきている。また、FPGA や ASIC などの技術やマイコンの進捗に伴い、新しい技術素材が次々と生まれており、それらを教育プログラムの素材として取り込むことや、FM 品の構築課程で学ぶプロジェクトマネジメントの重要性などが挙げられている。

本事業では、実際に PI 機器開発を通じてプロジェクトマネジメントの基本に触れており、H/W からマネジメントまで広く経験できる環境を提供していると思われ、当初設定の目標に対して概ね成果が

出ていると評価する。観測ロケット実験では、試験・打ち上げの現場で自分を含めたメンバーの立ち位置を理解した上でプロジェクト全体を俯瞰する／専門性を発揮する人材の育成が可能であると考えられる。短期間で開発する観測ロケットの特性を生かし、一人の学生がミッション定義から設計・製造・試験、データ解析まで一貫して学ぶことを目指した本プログラムの目標はほぼ達成したと評価できる。コンパクトながらきっちり組み立てられ、教育効果の定量評価もしっかり行われており、大変優れた開発であったといえる。

一方で、スケジュール管理が一部不十分かと思われる点もある。ロケット打ち上げが遅れたことは外的要因もあるので実施機関の責とは言えないが、目標とする一人の学生がデータ解析まで開発全体を経験することでエンジニアリングスキルを獲得するという点で未達であった。

また、標榜している内製範囲がやや狭く、トラブル対応への教員の参画が浅い印象があった。高専等における活動時間の制限や、最終的に製品としてのシステムとする際のエンジニアリングスキルには、業者との比較において大きな差が出てしまうため、学生がどこまでできるか、育成ターゲットを再度明確化することが不可欠である。

観測ロケット搭載機器開発に集中しており、宇宙に関わる産官学との連携も範囲が限定されるため、育成される人材の社会活動場面の広がり等に欠けている面も見受けられた。今後の継続体制や資金計画が十分検討・確立できておらず、開発プログラムの継続に懸念も残されている。

所期の成果はあがっているが、さらにプログラムの向上をはかり高い世界を目指すことで、宇宙航空利用の促進への一層の貢献が見込まれる。

以上より、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。

- 上記の課題も踏まえ、より社会的な意義や広範な産官学連携を意識した裾野拡大、資金計画の具体化も含めた開発プログラムの継続体制等を意識して、本成果の運営・継続と発展が図られることを期待する。
- 個別の PI 機器開発そのものは、それぞれの担当機関のレベルに十分合わせて進められたものと判断できるが、これを標準的な教育プログラムにまで高める努力がさらに必要である。開発する PI 機器のプロジェクト構築法とその具体的な技術手法などをパッケージ化して、他の高専への事業展開などを考慮していくことで、より費用対効果を上げるような工夫が望まれる。
- 高専等における宇宙教育のシステム化（継続性とどの高専等でも学べるシラバス化など）の検討を進め、今後の高専等での事業の進め方を検討すること。宇宙人材の行動指標をルーブリックとしてまとめ、他機関でも利用可能な、汎用的な宇宙人材の教育効果の定量評価手法を作成すること。
- 短期間開発ゆえの学生のスキル向上が間に合わずメーカーに課題解決を委ねる部分があったものについては、小型衛星開発に見られる先輩・後輩の間で技術伝承が行われるという例を参考に、今後のプログラム構築において工夫されることを期待する。
- 観測ロケット実験の実施機会が見通せないこともあり、今回構築したプログラムが今後の取組へと発展的につながっていくことを期待する。