

「継続的な超小型衛星開発・運用を通じた次世代の高専型宇宙人材育成」の成果の概要について

実施体制	主管実施機関	新居浜工業高等専門学校	実施期間	令和2年度～ 令和4年度 (3年間)	実施規模	予算総額（契約額） 48百万円		
	研究代表者名	准教授 若林 誠				1年目	2年目	3年目
	共同参画機関	高知工業高等専門学校、徳山工業高等専門学校、米子工業高等専門学校、岐阜工業高等専門学校、群馬工業高等専門学校				12百万円	20百万円	16百万円

背景・全体目標

本プログラムでは国立高専6校が連携して、超小型人工衛星の開発と運用を題材とした次世代型の宇宙人材育成を実施する。従来より行ってきた内容の高度化に加え、全国高専を対象とした宇宙コンテスト（宇宙コン）の実施及び教材の開発や試行を通じて、幅広い学生を対象にした宇宙人材育成に関する教育コンテンツをネットワーク経由で全国各地の高専に提供することを目指す。これにより、広範囲かつ高い専門性を持つ次世代宇宙人材の育成が可能となる。

全体概要・主な成果

①高専スペースアカデミアによる高専型宇宙教育

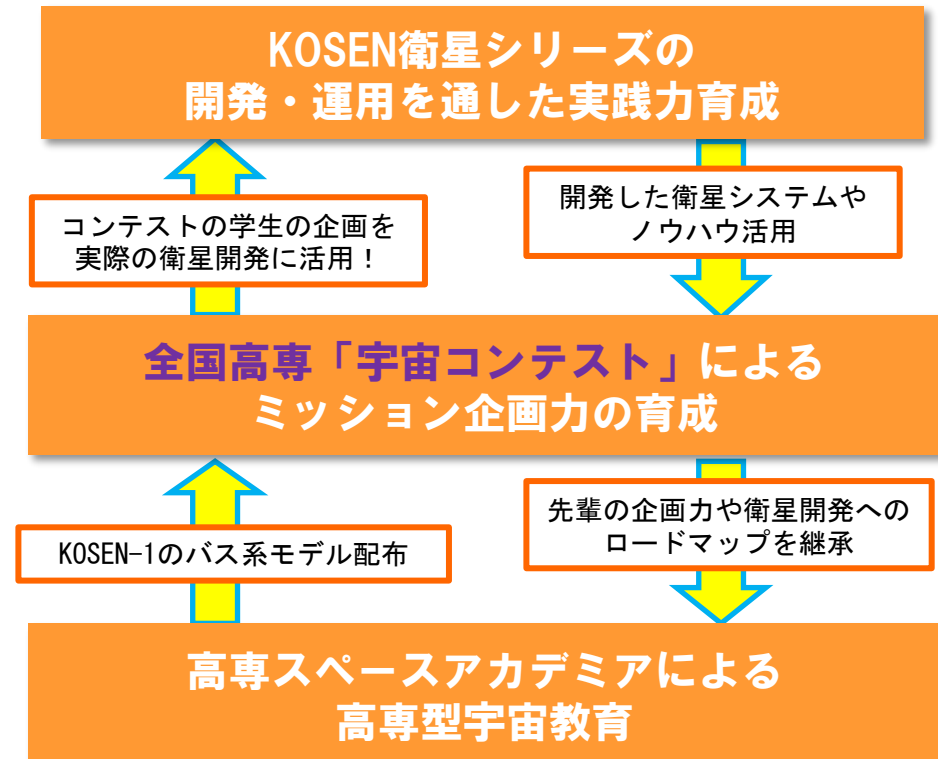
- 従来の高専スペースアカデミアの高度化および、教材開発と改良
- 産業界で宇宙開発の現状や課題などについて外部講師の講演
- 2UサイズのモデルCubeSat教材でのミッション企画、実施、報告、マネジメント → 多数高専、学生が参画
- 「KOSEN-1」のバス系モデルを配布、発展的学習
- 海外からも参加可能性を検討
- アンケートでは肯定的評価75%（3か年平均値）

②全国高専「宇宙コン」によるミッション企画&ものづくり力育成

- 2UサイズCubeSat「KOSEN-1」のバス系モデルを配布、実験を推奨
- 宇宙研究・開発の第一線で活躍する研究者・技術者を審査員へ
- 実際のKOSEN衛星で活用可能な多数の提案
- アンケート結果では肯定的評価85%（3か年平均値）

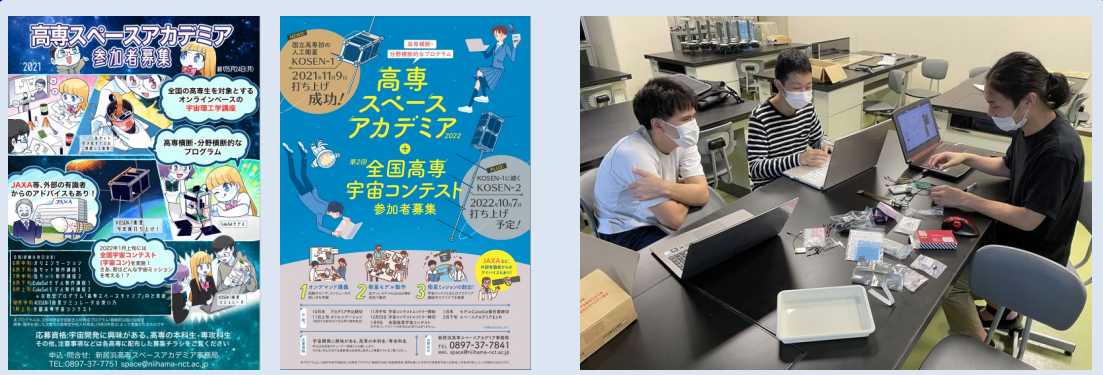
③KOSEN衛星シリーズの開発・運用を通じた実践力育成

- 国立高専初の人工衛星「KOSEN-1」の打ち上げ成功、ミッションの一部でフルサクセス、エクストラサクセス達成
- 「KOSEN-2」開発、「KOSEN-2R」再開発と「KOSEN-3」の採択
- KOSEN衛星との高速通信環境実現に向けた試験と教材開発

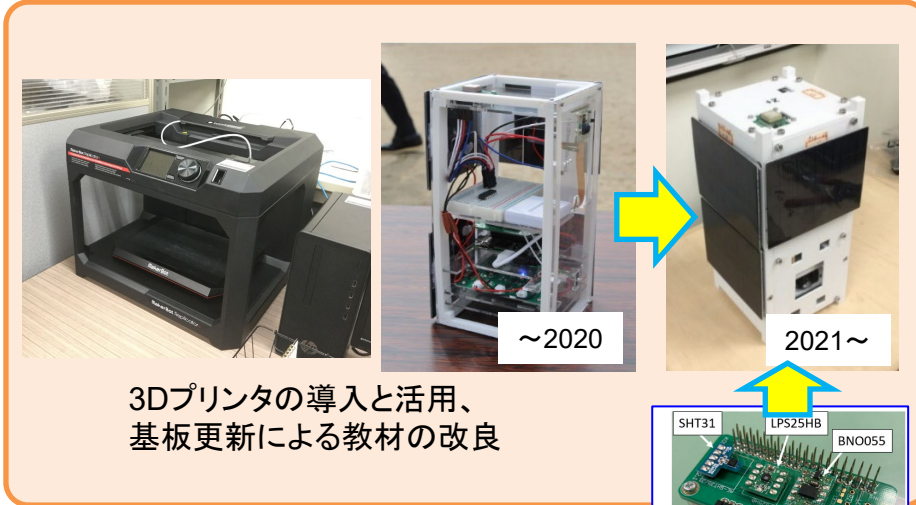


①「高専スペースアカデミアによる高専型宇宙教育」

「高専スペースアカデミア（主として遠隔講座）」の実施内容



スペースアカデミアと宇宙コンテストをリンクさせ、全国高専に対して実施を周知



3Dプリンタの導入と活用、基板更新による教材の改良

電源系の動作確認 (組立後)

- +V電源、-V電源、-Z電源を取り出す
- 太陽電池パネル、バッテリーを電源基板に接続
- マイクロプロセッサのGPIO (3.3Vピン) を電源基板 (A.LG) に接続
- マイクロプロセッサのGPIO (5Vピン) を電源基板に接続する

ラズパイGPIOと電源基板の接続方法

選択肢1. 曲がったジャンピンを曲げて使う (曲げすぎると折れるので注意)

選択肢2. フレッドボード用の線をそのままに加工する (推奨: 詳細は次ページ)

オンラインテキスト、オンラインサポートの充実化

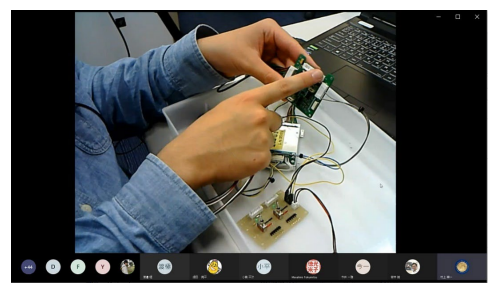


第一線で活躍する研究者・技術者の特別講演会

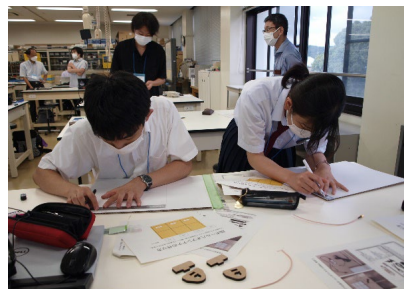
	日付	内容
第1回	令和3年6月11日(金)	オリエンテーション・事前アンケート
第2回	令和3年6月25日(金)	缶サット講座①(香川高専 村上氏)
第3回	令和3年7月15日(金)	缶サット講座②(香川高専 村上氏)
第4回	令和3年8月26日(金)	モデルCubeSat導入講座
WS	令和3年9月2日(木) 令和3年9月3日(金)	高専スペースキャンプ2021オンライン
第5回	令和3年10月22日(金)	モデルCubeSat講座①
第6回	令和3年11月12日(金)	モデルCubeSat講座②
第7回	令和3年12月3日(金)	アイディアソン(明石高専 梶村氏)及びKOSEN-1、2の状況報告
第8回	令和4年2月25日(金)	2021年度のまとめ

① 「高専スペースアカデミアによる高専型宇宙教育」

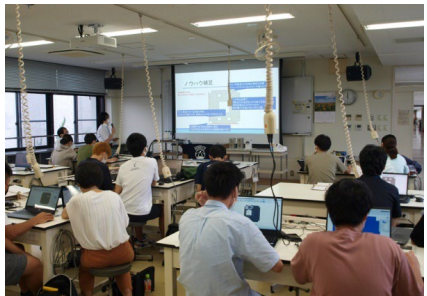
高専スペースキャンプ（高専スペースアカデミアの一環で、対面を含むWS）の実施内容



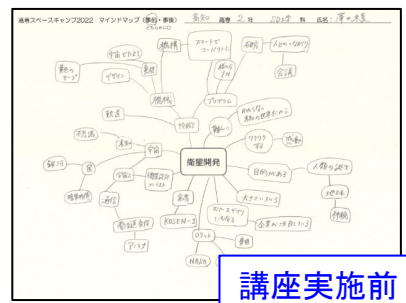
高専スペースキャンプのオンライン実施 (R2年度) で行った衛星通信講座



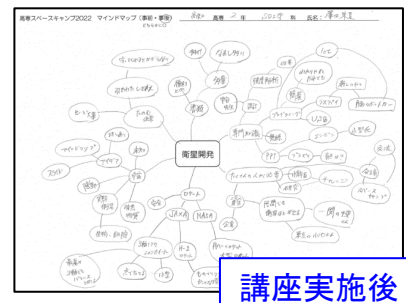
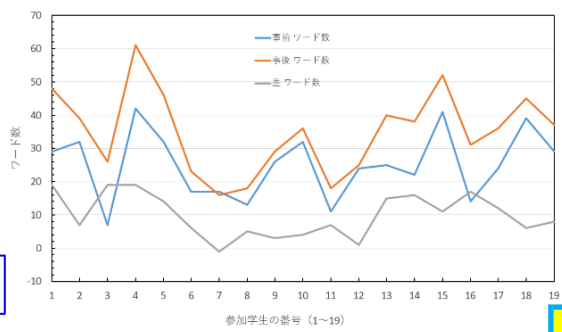
高専スペースキャンプの対面実施 (R3年度) で行った段ボール八木アンテナ製作とKOSEN-1のCW受信実験



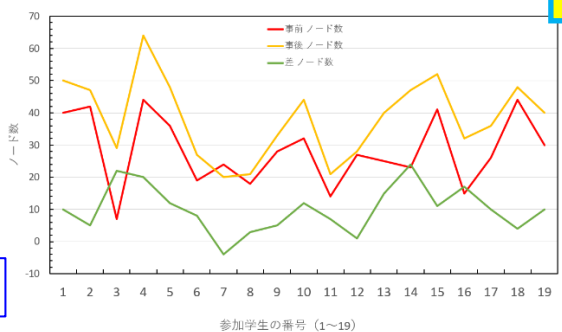
Raspberry Pi Picoを用いた衛星開発講座 (上段)、衛星構体製作講座 (下段) などの新規コンテンツ実施



講座実施前



講座実施後



コンセプトマップを選択

クリック

矢印を引き、テキストを付ける

・クリックすると付箋の端に出る「丸」をドラッグすることで、別の付箋に矢印を引ける
 ・「+」で、矢印にテキストを追加できる

「Miro」アプリを使ったマップ作成についての簡易チュートリアル実施

学習効果の評価指標としてのコンセプトマップ導入
 講座実施前と実施後の変化を測定 → 今後の指標として活用する可能性

高専衛星KOSEN-1で世界初の姿勢制御実験に成功
 ~新しい衛星用姿勢制御装置を開発し宇宙で実証~

デュアルリアクションホイール
 KOSEN-1衛星
 【実施前】 10秒後
 ↓ 3秒間の姿勢制御を実施 ↓
 【実施後】 10秒後

KOSEN衛星開発の最新情報の共有機会としても活用

① 「高専スペースアカデミアによる高専型宇宙教育」

高専スペースアカデミア・スペースキャンプでの成果

- 参加者数:【スペースアカデミア】・・・3か年で延べ**264名**の参加
【スペースキャンプ】・・・対面の2か年で延べ**43名**(+オンライン)

・ミッション企画、サクセス定義、プロジェクトマネジメントを含む
・延べ48高専が参画、19高専から「ミッション報告書」提出

- 新規開発および、改良した教育コンテンツ

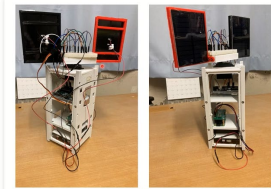
缶サット講座、モデルCubeSat講座、衛星通信講座、アイデアソン、衛星構体設計講座、段ボール八木アンテナ製作講座、KOSEN-1衛星電波受信講座、ラズパイPico衛星トレーニングキット

- アンケート結果
【スペースアカデミア・キャンプ】 3か年平均 **75%**が肯定的評価

- 科目化に向けたシステムエンジニアリング講座
徳山高専で3か年、3回実施

- 海外組織との連携可能性
タイ高専とのオンライン交流
21名中9名がスペースアカデミアへの参加を希望

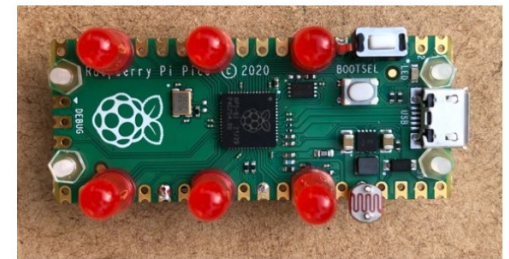
モデル CubeSat 組立完成図



まとめ

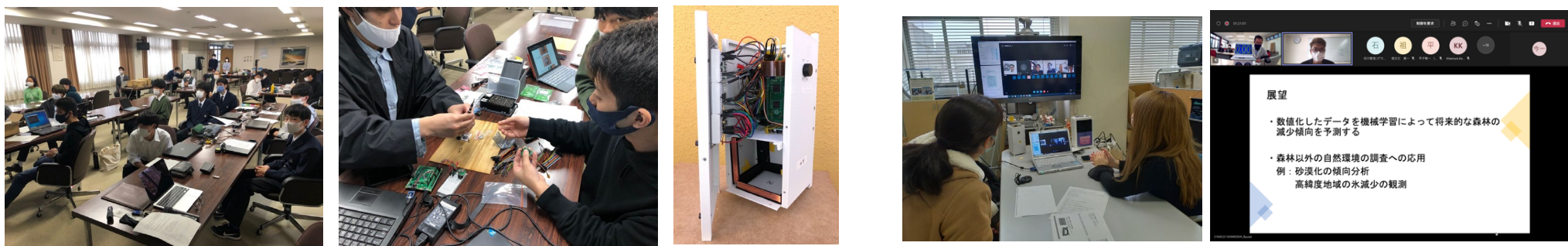
・何体かが軌道上に動く、モータのトルク不足で走行しなかった。
・GPSと加速度センサからのデータを用い、目的地までの距離、方位、現在位置の調査を完了し、最終目的地を達成することができた。
・完成させた機体からPWA制御でモータの回転数を監視させ、目的地まで走り着けるようにプログラムを書いた。
・アイデア出しは複数小グループで進められたが、製作の際は担当が上手くできなかった。一人で行ったものは失敗の危険があった。
・距離センサもつけたかったが時間なかった。

評価項目	ミニマム サブミス	ミドル サブミス	フル サブミス	エクストラ サブミス
1. 移動式サンプル採取ミッション	2つのモータの駆動	指定した距離まで移動	モータでサンプルを振り出す	機体の作成 実験部分の設計の工夫
2. 目的地までの距離を表示	モニタリングでのデータの送	GPSからのデータを 用いて距離の計算	距離の送信	その他工夫



② 「全国高専「宇宙コン」によるミッション企画&ものづくり力育成」

宇宙コンテストの実施内容



令和2年度:プレコンテスト、対面ワークショップでシミュレータ試行 → フルオンラインのコンテストへ

アカデミア・キャンプからの人工衛星開発へ

- モデルCubeSat製作・実験と、KOSEN-1、-2の開発にはまだ大きな格差
- 学生が参画する衛星開発
- KOSEN-1、-2に続く「KOSEN衛星シリーズ」へ

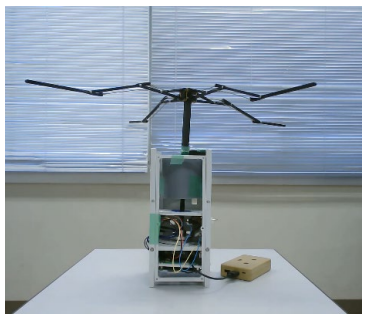
2020~2022年 宇宙製造人材育成プログラム
「超精密な超小型衛星開発・運用を通じた次世代の高専型宇宙人材育成」採択

KOSEN-1と共通の構成を採用した「KOSEN-1」シミュレータと、
それぞれ用いたミッションアイデアコンテスト

全国高専宇宙コンテスト

コンテストで優秀な成績であったチーム
→ 次期KOSEN衛星のミッションへ

KOSEN-1シミュレータ
(KOSEN-1と同じバス系を使用)



収納した八木アンテナを飛び出させる方法について

ニクロム線カッターを使用

コンベックス

2U-CubeSat

ニクロム線

固定に使用する紐

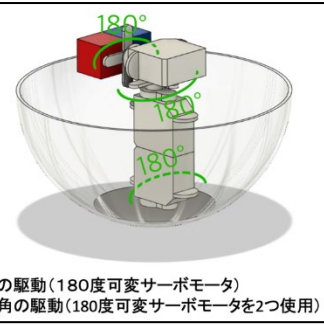
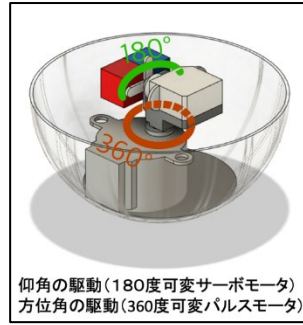
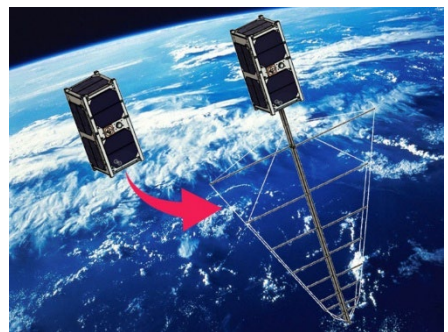
アンテナを巻くリール

ニクロム線カッター

アカデミアと関連付けた
参加者募集

第1回大会の様子(パラボラ展開機構1位、スピン検出基板2位、八木アンテナ展開3位)

宇宙研究・開発の第一線で活躍する研究者・技術者を審査員として招聘
(R2-3年度:5名、R4年度:6名)



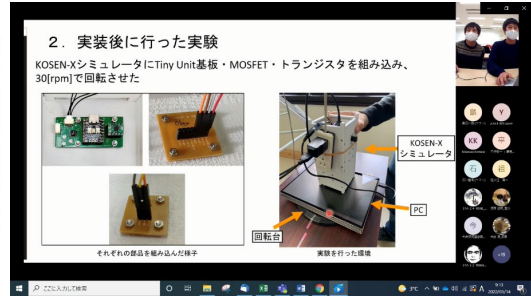
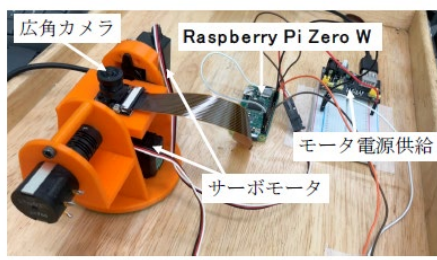
第2回大会での提案例(ログペリアンテナ展開機構1位、3次元可動永久磁石による姿勢制御2位)

② 「全国高専「宇宙コン」によるミッション企画&ものづくり力育成」

宇宙コンテストの成果

実践的な多数のミッションが提案され、宇宙研究の最前線で活躍する技術者・研究者からのアドバイスを基に、更なるブラッシュアップと関係形成の実施

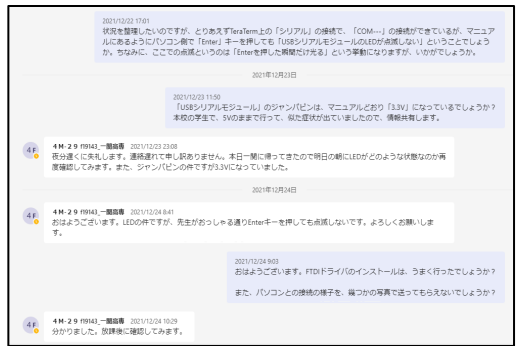
- 3か年で延べ**90名**（チーム数、延べ**25チーム**）参加
- 実施後アンケートでも高い満足度
64%(R2)、94%(R3)、100%(R4:回答数少)
- アイデアだけでなく**検証実験を含める**ことを推奨



群馬高専（左）、新居浜高専（右）での実験状況

本コンテストで提案され、KOSEN衛星への採用に繋がった例

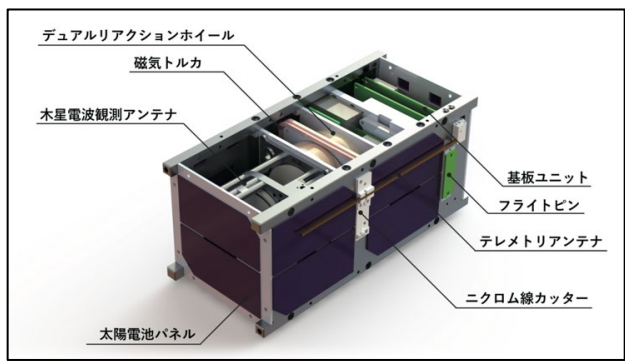
大会名／成績	提案高専／チーム	提案名	採用された衛星
プレ大会 優秀賞	香川高専チーム	KOSEN-1へのソースコードファイルのアップリンク及びコマンド実行機能の実装	KOSEN-1
プレ大会 最優秀賞	群馬高専チーム	KOSEN-1の小型広角カメラによる姿勢角検出システム及び磁気センサを用いた姿勢角検出システムについて	KOSEN-1
第1回 優秀賞	新居浜高専チーム	Tiny Unit基板を用いたKOSEN-X衛星のスピン回転数の検出	KOSEN-2
第1回 優良賞	高知高専チーム	超小型衛星での多素子八木アンテナの展開機構について	KOSEN-2
第2回 最優秀賞	高知高専Bチーム	ログペリオディックアンテナを搭載した人工電波可視化衛星 (KOSEN-4に向けて)	KOSEN-4 (予定)



- **オンラインツールをフル活用した実施・サポート体制**
- **提案内容に基づき、審査員からも資料提供**

③ 「KOSEN衛星シリーズの開発・運用を通じた実践力育成」

実施内容・成果



JAXAイプシロンロケット5号機
2021年11月9日9時55分16秒 打ち上げ成功！



KOSEN-1衛星開発完了と打ち上げ成功

地上設備との通信および運用に成功

実証実験の成果 搭載カメラの撮影画像の取得に成功

ラズパイカメラ 互換 広角カメラ (画角160度) 両面に2個搭載

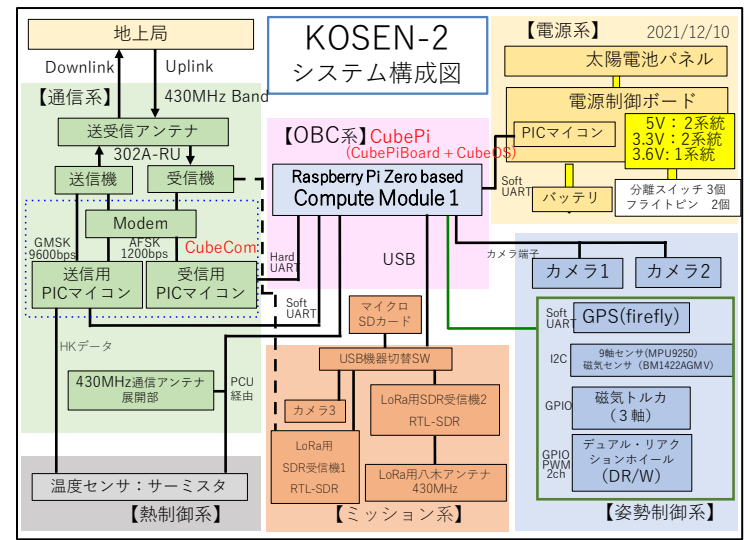
実証実験の成果 OBCの宇宙インフラの実験に成功

- KOSEN-1には、プログラムを追加実装する機能を搭載
- 打ち上げまでに開発が間に合わなかったプログラムなどを衛星打ち上げ後にでも追加実装を行えるようにすることで、より幅広い衛星運用を行うことが目的
- LinuxOSをCubeSatに搭載していることから、PCライクな操作を衛星で行うことが可能であるため、親和性が高い
- Linuxコマンドの「uptime」の出力結果を即時ダウンロードするためのスクリプトファイルのアップロードに成功
- アップロードの際には、スクリプトファイルを独自のフォーマットでパッケージ化しアップロード

【実際に使用した際の衛星からのuptimeの応答】 ⇒ 2022/2/6 23:47:23 UTCにおいて、42日間安定稼働！
[0.3] jR5YGi>jR5YGk:11uptime, 23:47:23 up 42 days, 12:02, 0 users, load average: 0.20, 0.17, 0.11, 62005AE1BF5E240A,0-dx0d>

高専衛星KOSEN-1で世界初の姿勢制御実験に成功 ~新しい衛星用姿勢制御装置を開発し宇宙で実証~

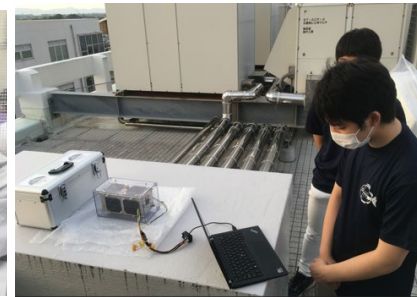
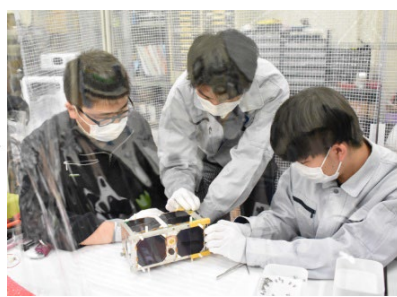
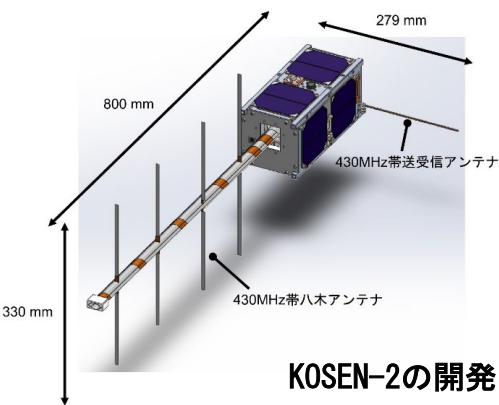
ミッションの一部でフルサクセス、
エクストラサクセス達成



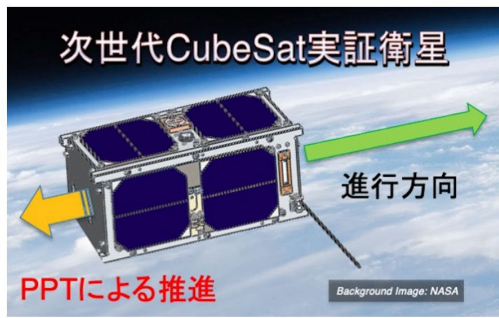
後継機の開発に向けたシステム構成の共有

③ 「KOSEN衛星シリーズの開発・運用を通じた実践力育成」

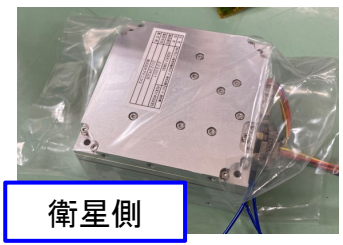
実施内容・成果



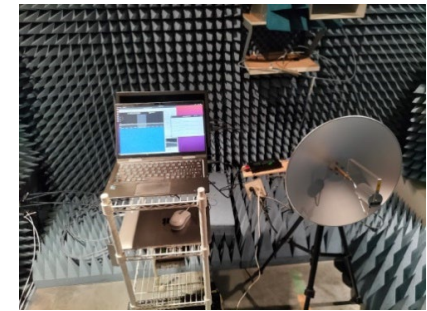
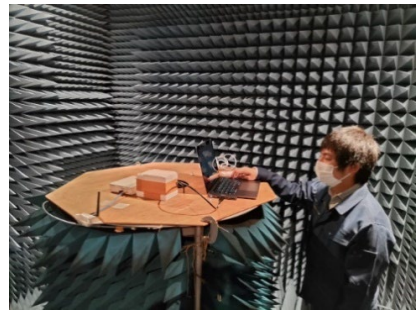
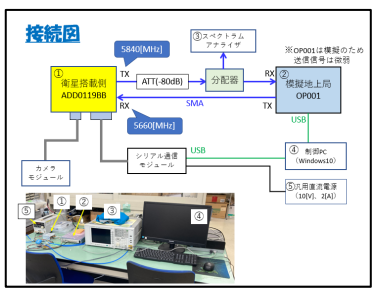
KOSEN-2の開発、引き渡し完了 2022年10月打ち上げへ
→ KOSEN-2Rの再開発決定



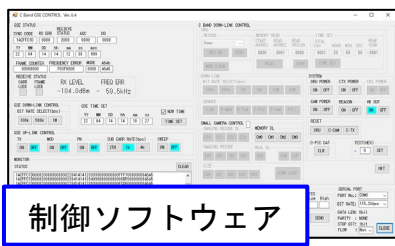
JAXA革新的衛星技術実証プログラム5号機への
KOSEN-3の採択



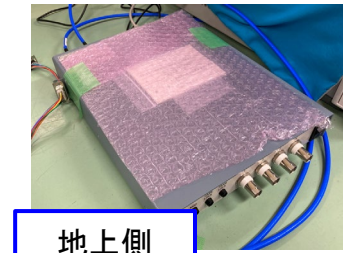
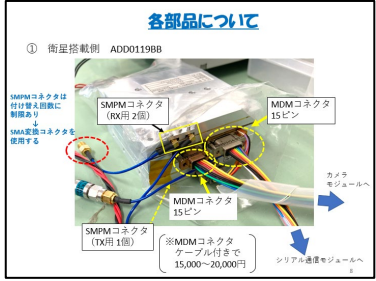
衛星側



ソフトウェア無線機を用いたCバンド（アマチュア5GHz帯）送受信実験の実施

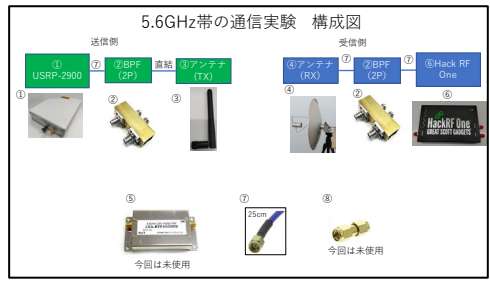


制御ソフトウェア



地上側

KOSEN衛星との高速通信実現に向けた
Cバンド（アマチュア5GHz帯）送受信機の
導入と試験、使用マニュアル作成



```
$ rtl_fm -M fm f 436.715M -s 192000 |
drewolf -B 19200 -r 192000 -b 16
...
Channel 0: 19200 baud, K9NG/G3RUH, +,
96000 sample rate x 4.
The ratio of audio samples per sec (96000) to
data rate in baud (19200) is 5.0
...
TEST audio level = 86(+108/
96) [NONE]
[0.5] TEST>TEST: test
Raw Touch Tone Data
est
...
下線部デコード成功
```

ソフトウェア無線機を用いた送受信実験のマニュアル作成

全体を通じた成果一覧

- 育成した人材像:「人工衛星の基本的な構成要素を理解し、数個のセンサやカメラ等で簡単な動作試験を行える人材」
「模擬衛星を組み立てて、全体を一つのシステムとして動作させることができる人材」
「衛星ミッションを自ら企画・提案し、ミッション実施に向けた衛星システム全体を設計できる人材」

- 参加者数:【スペースアカデミア】…3か年で延べ264名の参加
【スペースキャンプ】…対面の2か年で延べ43名(+オンライン)
延べ19高専から「ミッション報告書」提出
【宇宙コンテスト】…延べ90名参加(25チーム)



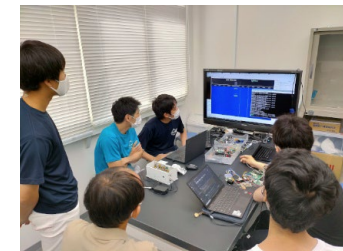
- 新規開発の教育コンテンツ…6件
KOSEN-Xシミュレータ、衛星構体設計講座、段ボール八木アンテナ製作講座、
KOSEN-1衛星電波受信講座、5GHz帯衛星通信教材、
ラズパイPico衛星トレーニングキット



- 改良、更新したコンテンツ…4件
缶サット講座、モデルCubeSat講座、衛星通信講座、アイデアソン

- アンケート結果:【スペースアカデミア】3か年平均 75%が肯定的評価
【宇宙コンテスト】3か年平均 86% が肯定的評価

- 科目化に向けたシステムエンジニアリング講座
徳山高専で3か年、3回実施



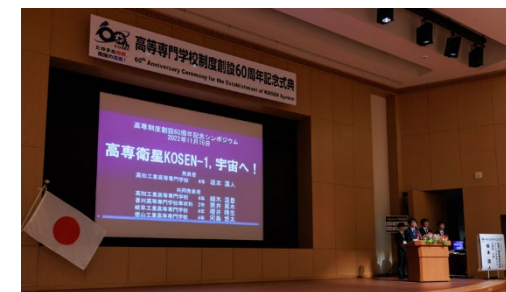
- コンセプトマップを用いた学習評価の定量化について試行

- 海外組織との連携可能性…タイ高専との交流を実現、21名中9名の、高い割合で参加希望者

- 宇宙コンテストからKOSEN衛星に活用されている事例…5件

- KOSEN-1の打ち上げ、運用成功、ミッション成功(一部フルサクセス、エクストラサクセス達成)

- KOSEN-2開発完了、KOSEN-2R再開発決定、KOSEN-3の革新的衛星技術実証プログラム採択



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件 国際：0件	国内：2件 国際：0件	国内：35件 国際：6件	国内：0件 国際：0件	国内：19件 国際：0件	国内：0件 国際：0件
成果展開の状況・ 期待される効果	受賞・表彰リスト (3件)		<ul style="list-style-type: none"> 高専ワイヤレスIoTコンテスト2021 (WiCON2021)「スペースレジリエンス大賞」香川高専 (代表) 米子高専 新居浜高専 明石高専 みんなのラズパイコンテスト2021「特別賞」KOSEN-1チーム The 8th IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization (SAMCON2022), “IEEJ Industry Applications Society Excellent Presentation Award (部門優秀論文発表賞)”, 群馬高専・齊藤創 			

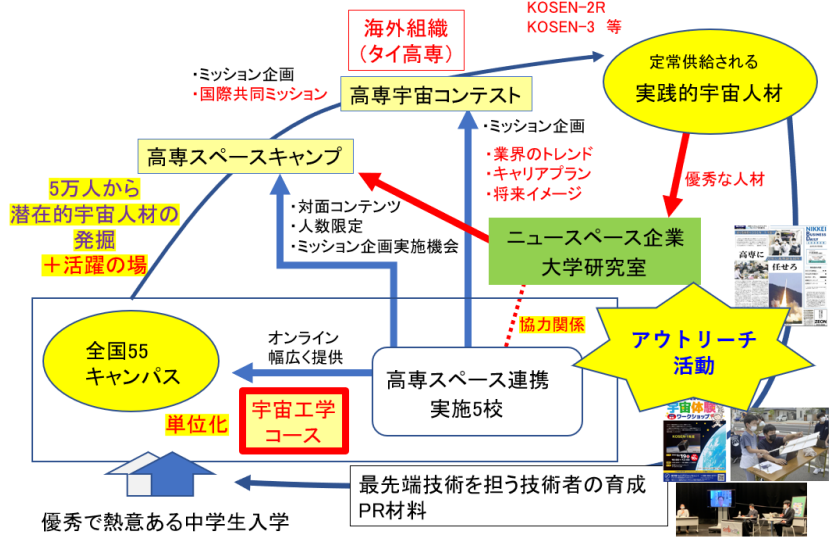
この事業の結果として、今後の国立高専での正規科目化と、自立運用を視野に入れた産学連携を実現するための準備が整い、令和5年度からは具体的なカリキュラム作成と、産学連携の関係形成を行っている。このカリキュラム作成においては、現状での官需を中心とした宇宙機器産業から、民需を中心として幅広く展開する「宇宙産業」に主眼を置いた講座展開とし、企業との協力関係のもとで講座を実施する準備を進めている。また、本課題の中で開発された「段ボール八木アンテナ」は愛媛県内の小中学生を対象としたアウトリーチ活動(KOSEN-1衛星のCW受信体験)に繋がっており、15-20名規模のイベントを新居浜市および西条市にて令和5年度10月までに3回実施している。また、国際化推進の一環でタイ高専の学生に対してスペースアカデミアの内容を試行し、海外への波及効果も見込まれている。

これらのことは、令和5年度10月から新規採択された宇宙人材育成プログラム「全国高専宇宙工学コース設立による実践的宇宙人材育成の展開」にも繋がっており、今後の更なる発展的な取り組みが期待されている。

今後の研究開発計画

これまでの高専スペースアカデミア、スペースキャンプ、宇宙コンテストによる実績を背景に、以下の内容を目指す(この模式図を右に示す)。

- これらの内容を国立高専「宇宙工学コース」の正規科目とする。正規科目化に向けて、これまでに実施してきた技術的な側面に特化したコンテンツの他、実社会にどのような課題があるか分析し、それについて超小型衛星でどのようにアプローチできるかという社会実装の観点を組み入れ、高いレベルの技術力と知識を持ちつつも今後の社会のあり方を鑑みた「宇宙利用」の視点を持った人材の育成を目指す。
- ニュースペース企業を中心とした宇宙関連企業や大学研究室との産学連携のもとで、世界の超小型衛星に関する最新情報を学生に伝える講座内容を策定し、「宇宙産業」というキーワードのもとで将来的に世界を舞台に勝負できる人材から、より産業のベースを支える人材に至るまで幅広く人材育成を行う。
- また、これら育成した人材の出口(進学先・就職先)を確保し、一連の人材育成についてアウトリーチ活動を中心としたPR活動を行うことで、高専への優秀な入学生を得て好循環を生み出せるように試みる。更に国際交流の定常化と国際的コミュニケーション能力の涵養について継続的に取り組んでいく。



事後評価票

令和5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 「継続的な超小型衛星開発・運用を通じた次世代の高専型宇宙人材育成」
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 新居浜工業高等専門学校 電気情報工学科 准教授 若林誠
4. 共同参画機関 独立行政法人国立高等専門学校機構 高知工業高等専門学校 徳山工業高等専門学校 米子工業高等専門学校、岐阜工業高等専門学校、群馬工業高等専門学校
5. 事業期間 令和2年度～令和4年度
6. 総経費 48百万円
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 本プログラムでは国立高専6校が連携して、超小型人工衛星の開発と運用を題材とした次世代型の宇宙人材育成を実施する。人工衛星を開発するには、機械・電気電子・情報・材料など複数の分野における専門的知識と技術要素を総合的に扱う必要がある。そこで、人工衛星の開発と運用を包括的なネットワーク型教育プログラムとして適用することで、国立高専のように航空宇宙工学の専門学科を持たない教育機関においても、航空宇宙分野への技術者教育プログラムが可能となる。本プログラムでは超小型人工衛星の開発と運用、それに関する全国高専を対象とした宇宙コンテスト（宇宙コン）や教材の開発や試行を通じて、幅広い学生を対象にした宇宙人材育成に関する教育コンテンツをネットワーク経由で全国各地の高専に提供することを目指す。これにより、広範囲かつ高い専門性を持つ次世代宇宙人材の育成が可能となる。
◆ 達成度 実施した【①高専スペースアカデミア】【②宇宙コンテスト】【③KOSEN 衛星シリーズ】の3項目について、達成した数値を示す。

【①高専スペースアカデミア】については、「アカデミア」の参加者数は104名（R2年度）、84名（R3年度）、76名（R4年度）、「キャンプ（WS）」の参加者は24名（R2）、19名（R4）となっている（R3年度についてはアカデミアとの運動のもと、WSもオンラインで実施したため、参加者数は「アカデミア」の84名に準ずる）。アンケートの肯定的評価（「大変良かった」「良かった」のみで集計し、「普通」を含めていない）の割合は、75%（R2）、75%（R3）、74%（R4）である。

「実施項目ごとの目標値及び評価指標」と対比させると、「スペースアカデミアの参加者：50名以上」の目標値は大きく上回っており、「キャンプ（WS）の参加者：20名以上」も平均的には十分達成している。「アンケートによる肯定的評価：60%以上」も、大きく上回っており、満足度の高いコンテンツを幅広く提供できたと考えられる。

【②宇宙コンテスト】については、参加者数は7高専7チーム（R2）、10高専11チーム（R3）、6高専8チーム（R4）であり、肯定的評価は64%（R2）、94%（R3）、100%（R4：回答数少、6件）となっていた。「実施項目ごとの目標値及び評価指標」と対比させると、「参加チーム6高専程度」と「アンケートによる肯定的評価60%以上」のいずれも十分に満たしている。これらのことから、当初の目標値に十分達していると考えられる。

【③KOSEN 衛星シリーズ】については、R3年度は外部発表件数24件（うち国際5件）、投稿論文1件、R4年度は外部発表件数：11件（うち国際1件）、投稿論文1件となっている。いずれも「実施項目ごとの目標値及び評価指標」における「成果公開5件以上」を大きく上回っている。

これらのことから、所期の目標に対してかなり高い達成度を実現したと考えられる。

「必要性」

[科学的・技術的意義]

本プログラムは、宇宙理工学関係の研究分野を持つ高専教員からなるコンソーシアム「高専スペース連携」の活動をベースとしたもので、当コンソーシアムではコロナ禍以前からオンライン講座（高専スペースアカデミア）と合宿形式の対面講座（高専スペースキャンプ）を組み合わせ、それぞれの手法における利点・欠点を踏まえて実施していた。これらの知見があったことにより、コロナ禍のような社会的情勢の著しい変化においても、対面講座の内容をオンライン化することに大きな抵抗はなく、むしろオンラインに対応する必要性から使用教材やテキストの充実化といった結果に繋がっている。コロナ禍においては国内外の多くの教育・研究現場で混乱を来したと思われる中、我々の取り組みは元々独創性、革新性、先導性を持ったものであったと言える。

①スペースアカデミアについて

従来から行ってきた高専スペースアカデミアの内容を発展させ、従来はスペースキャンプで対面実施していた内容を含め、フルオンライン実施にも対応できるモデル CubeSat 講座として実施した。令和2年度からのコロナ禍に代表される、社会的情勢が多様に変化する現代において、オンラインベースで全国の高専に展開できるハンズオン講座を3回にわたり実施し、フルオンラインでの運

用ノウハウを蓄積できたことは大きな意義があり、教育プログラムとして先進的な取り組みであったと言える。

②宇宙コンテストについて

高専生のミッション企画力を育成し、その定期的な発表機会を設けるために本コンテストが実施されたが、このコンテストは計画段階からフルオンライン実施であった。コロナ禍で急速に普及したオンラインツールをフル活用し、全国の高専から参加する際の敷居を下げたうえで、模擬衛星による実験を推奨し、また衛星開発・運用の第一線の現場で活躍する技術者や研究者を審査員として招聘することで実践性を確保している。ここで提案されたミッションアイデアが、KOSEN 衛星開発にも数多く活かされていることから、この取り組みには革新性および発展性があり、下記③の事業とも関連して必要不可欠なものであった。

③KOSEN 衛星開発について

本課題の実施期間中において、国立高専で初めて開発された CubeSat である「KOSEN-1 衛星」が令和 3 年 11 月に打ち上げられ、平成 26 年度採択の実践的若手宇宙人材育成プログラム以来の構想が実現した。これは国立高専初の人工衛星という意味で革新的であるだけでなく、ミッションに含まれる民生用 OBC の軌道上実証に成功したこと、また Dual Reaction Wheel (DRW) による CubeSat の高精度姿勢制御に成功したことで、本課題の中で極めて革新的な結果を得られており、またこの成果は本課題の実施なくしては結実しなかったものである。

[国費を用いた研究開発としての意義]

全国の国立高専に分散して存在する多種の学科を、衛星開発という複合領域におけるものづくり教育に適用し、宇宙工学科を持たない国立高専における宇宙人材の育成が可能であることを示し、また国立高専で人工衛星の開発と運用が可能であることを証明した。昨今では超小型人工衛星の開発が世界中で盛んに行われ、その市場規模は拡大の一途を辿っていることを鑑みると、この実績は将来的な人材のニーズを早期に察知して約 10 年間の取り組みをもとに得られたものであり、国立高専の設立目的「深く専門の学芸を教授し、職業に必要な能力を育成する」と照らし合わせても、国費を用いた研究として十分に意義を持つものである。

「有効性」

[実用化・事業化や社会実装に至る全段階を通じた取組]

高専宇宙コンテストで入賞したアイデアが KOSEN 衛星に活用されていることから、この事業が実用に貢献していることは明白である。また本事業を通じて、学生の提案が大学や産業界とつながって発展し、社会的な問題をどのように解決していくかという、今後重要となる「宇宙利用」という見方での取り組みを行う基礎を作ることができており、本事業の実績を契機に国内トップクラスの宇宙関連企業や大学との連携可能性が見えてきている。また、教育コンテンツとしては、新規開発が 6 件、従来版からの改良が 4 件（内訳は「(2) 成果」に示す）と、今後高専のカリキュラムとして組み入れていく上で必要な内容を準備することができている。

[人材の養成]

スペースアカデミア、スペースキャンプ、宇宙コンテストを通じて、「人工衛星の基本的な構成要素を理解し、数個のセンサやカメラ等で簡単な動作試験を行える人材」「模擬衛星を組み立てて、全体を一つのシステムとして動作させることができる人材」「衛星ミッションを自ら企画・提案し、ミッション実施に向けた衛星システム全体を設計できる人材」の育成を目指した。これらの取り組みの中で、延べ 397 名の学生が参加し、アンケートの肯定的回答率は平均して 76%となっていることから、人材育成の観点からも極めて有用であったと言える。また、このような取り組みにおいてアンケートによる総合的な印象調査のみならず、教育・育成効果を数値的に評価する手法としてコンセプトマップを R4 年度に導入し、講座の前後においての参加者の意識変化を定量的に評価できる可能性を見出しており、人材育成とその評価手法の観点からも重要な知見を得たと言える。

「効率性」

[研究開発の手段やアプローチの妥当性]

各高専には多くの学科が存在しており、人工衛星開発という複合領域においては高専との親和性がある。我々の取り組みにおいては、全国に分散した高専間でのオンライン実施を前提として計画されているものが多く、コロナ禍等の非常時においても定常的に実施できるコンテンツを開発しており、手段及びアプローチは妥当であると言える。また、宇宙は興味を惹きやすい内容であり学生自ら学びに向かいやすく、今後も世界中で超小型人工衛星の開発が盛んに行われる潮流の中で、国内でも需要が一層高まるであろう宇宙産業における技術者の育成に貢献しており、大きなテーマとしての「宇宙」という選択も妥当である。本事業の中では延べ 397 名の学生が参加し、アンケートの肯定的回答率は平均して 76%となっていること、衛星開発 (KOSEN-1, 2) と運用 (KOSEN-1) に成功していること、それに伴って開発・改良したコンテンツは 10 件、外部発表は 35 件に及んでいることから、予算に対して極めて妥当かつ効率的な運用を実現したと考えられる。

(2) 成果

「アウトプット」

本プログラムでは国立高専 6 校が連携して、超小型人工衛星の開発と運用を題材とした次世代型の宇宙人材育成を実施した。人工衛星の開発と運用を包括的なネットワーク型教育プログラムとして適用することで、国立高専のように航空宇宙工学の専門学科を持たない教育機関においても、航空宇宙分野への技術者教育プログラムが可能となることを示した。本プログラムでは超小型人工衛星の開発と運用、それに関する全国高専を対象とした宇宙コンテストや教材の開発や試行を通じて、幅広い学生を対象にした宇宙人材育成に関する教育コンテンツをネットワーク経由で全国各地の高専に提供し、これにより広範囲かつ高い専門性を持つ次世代宇宙人材の育成が可能となったと考えている。本プログラムの成果を示す数値的なエビデンスを以下に挙げる。

育成した人材像：「人工衛星の基本的な構成要素を理解し、数個のセンサやカメラ等で簡単な動作試験を行える人材」「模擬衛星を組み立てて、全体を一つのシステムとして動作させることができる人材」「衛星ミッションを自ら企画・提案し、ミッション実施に向けた衛星システム全体を設計できる人材」

参加した延べ人数：【①高専スペースアカデミア】の講座 264 名、WS43 名（WS は対面参加のみの数）、延べ 19 高専からミッション計画書・報告書の提出

【②宇宙コンテスト】90 名（延べ参加チーム数 25）

アンケート結果：【①高専スペースアカデミア】75%（R2）、75%（R3）、74%（R4）が肯定的評価（「大変良かった」「良かった」のみで集計し、「普通」を含めていない）

【②宇宙コンテスト】64%（R2）、94%（R3）、100%（R4：回答数少、6 件）

従来版からの改良教材および教育プログラム：4 件（缶サット講座、モデル CubeSat 講座、衛星通信講座、アイデアソン）

新規開発教材および教育プログラム：6 件（KOSEN-X シミュレータ、衛星構体設計講座、段ボール八木アンテナ製作講座、KOSEN-1 衛星電波受信講座、5GHz 帯衛星通信教材、ラズパイ Pico 衛星トレーニングキット）

科目化に向けた徳山高専専攻科におけるシステムエンジニアリング講座の実施：3 年間で 3 回（ミッション定義審査（MDR）、事前設計審査（PDR）、最終設計審査（CDR）を含めたエンジニアリングデザイン実習）

国際展開状況：タイ高専へのオンライン紹介とディスカッション 21 名参加、うち本事業のような内容に取り組みたい学生は 9 名、その可能性がある学生は 12 名

衛星開発：KOSEN-1 の開発・打上・運用成功、ミッションの一部でフルサクセス、エクストラサクセス達成（JAXA 革新的衛星技術実証プログラム 2 号機）、KOSEN-2 の開発完了（JAXA 革新的衛星技術実証プログラム 3 号機）および、後継機となる KOSEN-2R の再開発（JAXA 革新的衛星技術実証プログラム 4 号機）。KOSEN-3 の開発決定（JAXA 革新的衛星技術実証プログラム 5 号機）。

これらの事業を通じて、先に挙げたように広範囲かつ高い専門性を持つ次世代宇宙人材の育成が可能となっただけでなく、国立高専においても航空宇宙分野のコンテンツを実施し、これらを正規のカリキュラムに組み入れて実施する準備が整った。

「アウトカム」 （令和5年10月末時点）

本事業では、特に技術的な面に特化した形で衛星開発と運用についての人材育成を試み、当初の目的を達成できたと考えている。この事業の結果として、今後の国立高専での正規科目化および、自立運用を視野に入れた産学連携のもとで講座を実施するための準備が整い、令和5年度からは具体的なカリキュラム作成と、産学連携の関係形成を行っている。このカリキュラム作成においては、これまでに実施してきた技術的な側面に特化した人材育成のコンテンツの他、社会課題について超小型衛星でどのようにアプローチするかという社会実装の観点を組み入れる必要を感じている（日本における従来の宇宙分野の産業は、官需を中心とした宇宙機器産業であり、今後はそのマーケットを民需に移行して「利益を生み出し、国益を高める」ものとする必要がある）。産学連携の協力企業としては3社（株式会社ジェネシア、株式会社アークエッジ・スペース、シー・エス・ピー・ジャパン株式会社）及び、協力大学として2校（東京工業大学、北海道情報大学）が挙げられており、国内トップクラスの技術力や研究力を誇る企業・大学との連携に向けた足掛かりができています。このことは、令和5年度10月から新規採択された宇宙人材育成プログラム「全国高専宇宙工学コース設立による実践的宇宙人材育成の展開」に繋がり、同年10月上旬には「高専スペースキャンプ2023」を実施し、ここに社会実装講座の試行を盛り込んだ。このキャンプには28名の学生が参加し、全体的な印象として93%が肯定的な評価をしているだけでなく、企業側からは38ページにわたるレビューと、9ページにわたる学生発表への講評を得ており、互いの思想の実現に向けた活発な議論が既に始まっている。このことは本課題の特徴的なアウトカムの1つと考えている。

本事業で実施した、タイ高専とのオンライン交流（メカトロニクス学科の学生21名が参加）が実績となり、令和5年度10月にタイ高専の研修にて、20名のタイ高専学生に対してアカデミアの内容を試行した。これは高専において衛星開発をテーマにした講座を国際的に展開した、初めてのケースとなる。今後、受講者へのアンケートを分析のうえ、タイ高専以外にもモンゴル高専等の展開先を検討していく。

KOSEN-1衛星の成功および運用実績と、KOSEN-2R衛星以降の計画、更に高専宇宙コンテストによる学生ミッションの実施を背景に、従来の430MHz帯より大幅な通信速度向上が見込める5GHz帯の2.4mパラボラアンテナの導入を行った。また、本課題の中で開発された「段ボール八木アンテナ」は愛媛県内の小中学生を対象としたアウトリーチ活動（KOSEN-1衛星のCW受信体験）に繋がっており、15-20名規模のイベントを新居浜市および西条市にて令和5年度10月までに3回実施している（実施会場：あかがねミュージアム、愛媛県総合科学博物館、石鎚クライミングパークSAIJO）。

このように、本事業の取り組みは令和5年度以降に有効に活用され、正規科目化と共に一層の高度化が見込まれるだけでなく、これまでにない産学連携及び高度人材育成拠点としての高専のプレゼンスを再構築する機運が高まっている。また、本事業の成果が国内外に波及していることも確認される。

(3) 今後の展望

これまでの高専スペースアカデミア、スペースキャンプ、宇宙コンテストによる実績を背景に、これらの内容を国立高専で正規科目化することを引き続き目指す。正規科目化に向けて、これまでに実施してきた技術的な側面に特化した人材育成のコンテンツの他、実社会にどのような課題があるか分析し、それについて超小型衛星でどのようにアプローチできるかという社会実装の観点を組み入れ、高いレベルの技術力と知識を持ちつつも今後の社会のあり方を鑑みた「宇宙利用」の視点を持った人材の育成を目指す。産学連携の協力企業としては3社、協力大学として2校が既に挙げられており、国内トップクラスの技術力や研究力を誇る企業・大学との連携を実現させる。産学連携のもとで世界の超小型衛星に関する最新情報を学生に伝える講座内容を策定し、宇宙産業というキーワードのもとで将来的に世界を舞台に勝負できるハイエンド人材から、より産業のベースを支えるボリューム人材に至るまで幅広く人材育成を行う。また、これら育成した人材の出口（進学先・就職先）の確保や、国際交流の定常化と国際的コミュニケーション能力の涵養について実施していく予定である。

本実施内容の中では、これまでのように外部資金の有無に依存した連携のあり方を脱却し、資金の有無によらず連携する各組織が得意分野を持ち寄って実現する、従来にない産学連携の実現を試みる。企業や大学側からは最先端の情報提供と開発・研究現場での高度かつ実践的トレーニング環境を提供してもらい、高専側はその環境に見合った人材の育成と選定を行うことで、互いに利益のある形での産学連携が可能となることが推測され、既にその一部は10月に実施した高専スペースキャンプ2023での試みの中で議論を開始している。

また、今後実現される正規科目の中に、企業主体の講座を導入することで高専内の負担を軽減しつつ若年層の人材育成を促進させ、また高専内で持続可能な運用を実現し、更に産業界が求める人材を直接的かつ集中的に育成する体制を構築する。高専内部においてもこれまでの実績を踏まえ、教育コンテンツを実施可能な高専に割り振ることにより、個々の高専での負担を軽減しつつも参画したそれぞれの組織にメリットを感じられる循環ができ、持続的に運用することが可能となる。

これらを総合し、従来からの高専の強みである「ものづくり力」に加えて、宇宙を「利用する」視点を持ち宇宙産業の発展に寄与しうる、現代社会においてニーズの高い人材育成を定常的に行う体制を目指していく。

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

大学等で超小型衛星開発は広く行われているが、高専では網羅的にシラバスを揃えて多数の学生が参加できる教育フレームの構築ができておらず、本事業は新規性があり宇宙人材の層を広げることには貢献する意義ある取り組みである。高専型宇宙教育と宇宙コンによるミッション企画力育成、これらの実践の場としての KOSEN 衛星の開発のそれぞれが有機的につながり教育の効果を高めていると評価できる。また、多数の学生が参加していることや、正規のカリキュラムに組み入れて実施する準備を整えたことも評価できる。

スペースアカデミアによる教育では座学とスペースキャンプでの対面実習が組み合わせられて学習効果が高い。コンセプトマップの充実でその成果が見ることができ、宇宙コンではミッション提案を評価するだけでなく、優れたミッションには KOSEN 衛星への実装の場を作っており参加する学生の意欲が高まる効果がある。アンケートでの満足度が年々向上しているのもそれを裏付けている。KOSEN 衛星の開発は順調に行われており、1号機はエクストラサクセスも一部達成しており受賞も3件ある。KOSEN-2は打ち上げ失敗で失われたが-2R、-3とJAXAに採択され開発を進めており継続的な取り組みも評価できる。後継事業においても全国高専が参加する正規科目として検討が進められており事業の広がり、継続性でも期待が持て、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。

- 教育プログラムは十分組み立てられ、教育実践は良く成されている。一方で、教育成果の定量評価（コンセプトマップも試行）や前期開発からの進歩の提示が不足している。また、費用対効果や今後の継続計画もやや具体性に欠ける、教育プログラムとして重要な出口（産業界等）との連携もこれからなど、必ずしも十分でない点もいくつか見られる。後継事業において、本事業からの進歩や定量評価の高度化（コンセプトマップの活用等）、出口との連携等によるシラバスの改善にも取り組むことを期待する。
- 本事業に参加した高専数に対して報告書を提出した高専の数が少ないため、より多くの高専が積極的に参画することを期待する。
- 衛星開発等を通して目指していた人材育成に関して、学生が主体的に行った範囲がわかりにくく、学生がより主体的に参加できる形式となることを期待する。