

『高大連携宇宙AIコンペティションを通じた「インテリジェント宇宙機」開発人材の育成』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	金沢大学 准教授 松田昇也	実施期間	令和4年度～ 令和6年度 (3年間)	実施規模	予算総額 (契約額) 43 百万円		
	共同参画機関	福井大学 石川工業高等専門学校				1年目	2年目	3年目
						15 百万円	14 百万円	14 百万円

背景・目的

この事業で目標としたアウトプット

背景・目的：

大学や民間による超小型衛星開発や衛星コンステレーション実現の動向を踏まえ、マンパワーに頼らない自律的な人工衛星運用への道筋を開拓することは、今後の地球観測・宇宙探査の発展に欠かせない検討課題である。オンボードAIで実現される「インテリジェント宇宙機」はそれらを解決する有効な方策であり、来る10年の世界の衛星運用を変革させる基盤技術となる。本事業では「高大連携宇宙AIコンペティション」を主軸とした教育プログラムを構築・展開し、将来のインテリジェント宇宙機開発を担う宇宙AI人材の発掘・育成と、オンボードAIのパッケージ化による将来衛星計画への提供を目指した。

主たるアウトプット：

- ①「特別講義」「ワークショップ」「コンペティション」から成る「インテリジェント宇宙機開発人材育成パッケージ」と、それによって育成された人材
- ②「インテリジェント宇宙機開発」の実践として、事業内で開発するオンボードAIデバイス (AI-OBC)

成果展開の状況・期待される波及効果 (事業の目的に関するアウトカム)

- AI-STEP特別講義 (全3編, のべ約900回利用)
 - AI-STEPワークショップ (全6回, のべ137名参加)
 - AI-STEPコンペティション (全2回, のべ155名参加)
- 全国の中高校生, 大学・大学院生に対し, 宇宙×AI技術に特化した人材育成機会を提供
- 事前事後アンケートで, 高い教育効果を確認
- Deep learning modelによる機上高速推論を可能とする超小型衛星向け計算機 (AI-OBC)を具現化
 - 就職・進学に関する意識変化を調査. 本事業参加をきっかけにし, 宇宙機関への人材輩出 (就職) を獲得.

AI-STEP特別講義教材：情報処理学会の公式教育教材としてJMOOCで教材提供中 (2024-継続中)

AI-STEPワークショップ教材：スーパーサイエンスハイスクールの探求講義として提供中 (2024-継続中)

オンボードAIデバイス「AI-OBC」：軌道上実証機会を獲得. 本事業で育成した人材約20名が衛星開発に参画



背景

- 大学や民間による超小型衛星開発や衛星星座実現の動向を踏まえると、マンパワーに頼った従来の衛星運用の形態はいずれ破綻する。
- 一方、増え続ける衛星運用の負荷増大や宇宙機の安全管理、膨大なデータの効率的解析方法や有効活用に関する検討は急務である。
- 人工知能(AI)は、衛星運用が抱えるこれらの課題を解決する手段となり得るが、宇宙科学の難解さや専門性の高さに加え、衛星運用・観測データのオープン化が遅れていることから、AI技術の応用先としては黎明期である。

目的 -本委託費を使用して世の中の何を変えるか-

- 宇宙×AIに特化した人材育成プログラムを構築し、世界の衛星運用を変革させる「インテリジェント宇宙機」を開発できる人材を育成する。
- 実践的なオンボードAI開発実習を通して、実用化可能なオンボードAIデバイスを実現するための基盤技術を獲得する

目的に対する指標

- 高校生・高専生・大学生・大学院生らに教育プログラムを展開し、興味の変化や進路決定に働きかけること。
- JAXAの搭載機器基礎開発費等を財源とするオンボードAIのパッケージ化を実現し、世界の衛星計画に対する革新技術提供を目指すこと。

目標 -目的のために何をするか-

- 「高大連携宇宙AIコンペティション」を主軸として、宇宙のデータに対する敷居を下げる革新的教育プログラムを展開
- 将来のインテリジェント宇宙機開発を担う宇宙AI人材を発掘・育成
 - AIの宇宙応用に関する技術を身に着ける
 - AIハードウェア開発の実体験を通し、知識と技術を育む

目標に対する指標

- 「AI-STEP特別講義」「AI-STEPワークショップ」「AI-STEPコンペティション」について、別途設定した実施規模を達成すること
- 教育効果を測るための事前・事後のアンケート調査を実施し、各項目について有意な向上が見られること

実施項目 -目標のために何をするか-

- データ解析ワークショップの開催
- 高大連携宇宙AIコンペティションでの人材発掘・育成
- オンボードAI搭載「AI教育用衛星システム」の設計/開発/評価実習

事業内でのアウトプット

- インテリジェント宇宙機開発人材育成パッケージ
 - 宇宙×AI教育に特化したデジタル教育教材「AI-STEP特別講義」
 - 宇宙ビッグデータのAIモデリングを身に着ける「AI-STEPワークショップ」
 - 競争心から宇宙×AI分野の技術を磨く「AI-STEPコンペティション」
- オンボードAIを体験・開発できる「AI教育用衛星システム」
- これらで育成された、インテリジェント宇宙機開発を担う宇宙AI人材

① 「データ解析ワークショップの開催」

実施内容・成果

AI × 宇宙技術教育プログラム

AI-STEP AI×宇宙技術を体系的に学べる教育プログラム「AI-STEP」を構築

AI × Space Technology Education Program

- 特別講義・ワークショップ・コンペティションに参加するためのポータルサイト「AI-STEP Portal」を構築（事業期間中の新規登録者数：366名）
- AI-STEP特別講義をAI-STEP Portalから受講できるよう整備
 - 宇宙編（40分） ※総受講者数 318名
 - AI編第1回（52分） ※総受講者数 293名
 - AI編第2回（62分） ※総受講者数 271名

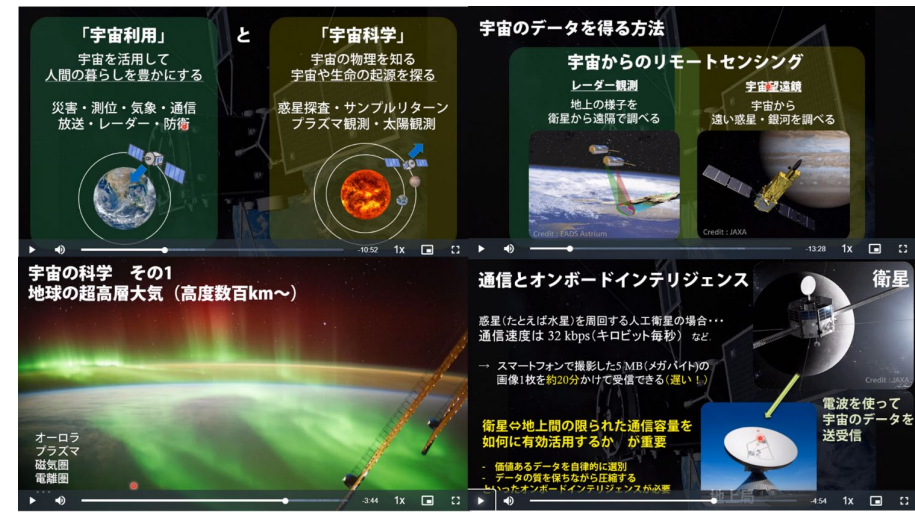
**一般社団法人情報処理学会の公式教育教材として、
本事業終了後もJMOOCで教材提供中**

- AI-STEPワークショップを計6回開催（総参加者数 137名）
 - 超潜在的宇宙AI人材へ働きかけとして、中学生(複数名)の参加も実現
 - プログラムの一例（第3回AI-STEPワークショップ@金沢大学）

タイムスケジュール	
09:00-09:30	集合（金沢大学角間キャンパス自然科学本館エントランスホール・裏面参照）
10:00-11:30	ワークショップ パート1（概要説明、AI-STEP特別講義の復習）
12:30-13:30	ワークショップ パート2（AIモデルを理解する）
13:40-14:30	ワークショップ パート3（AIモデルを改良する）
14:40-15:10	衛星開発設備（運用室・クリーンルーム等）の見学
15:10-16:30	ワークショップ パート4（AI-STEPコンペティションの体験）
16:40	解散

**ワークショップのスキームをパッケージ化することで、
全国展開を見据えた複数回開催を容易に実現**

- 宇宙×AIに関する実践的な知識や理解度を測るアンケート調査を実施
 - ワークショップ参加者の半数以上が本プログラムでの目標レベルに到達
 - 目標値（目標レベル到達者数が20ポイント増加）を大幅に達成



② 「高大連携宇宙AIコンペティションでの人材発掘・育成」

実施内容・成果

大学生・高専生・高校生を対象とした「AI-STEPコンペティション」を2回開催

- 地球観測衛星データや宇宙環境計測データを題材とした共通課題を低コストかつ高精度に解決するAIモデルを作り上げ、その性能を競った（参加者数のべ155名）。

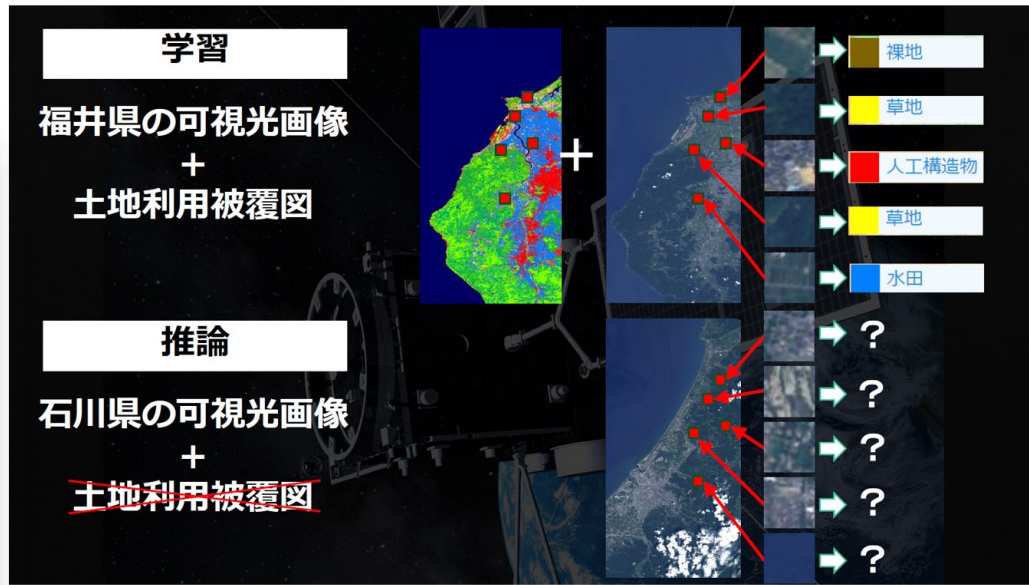
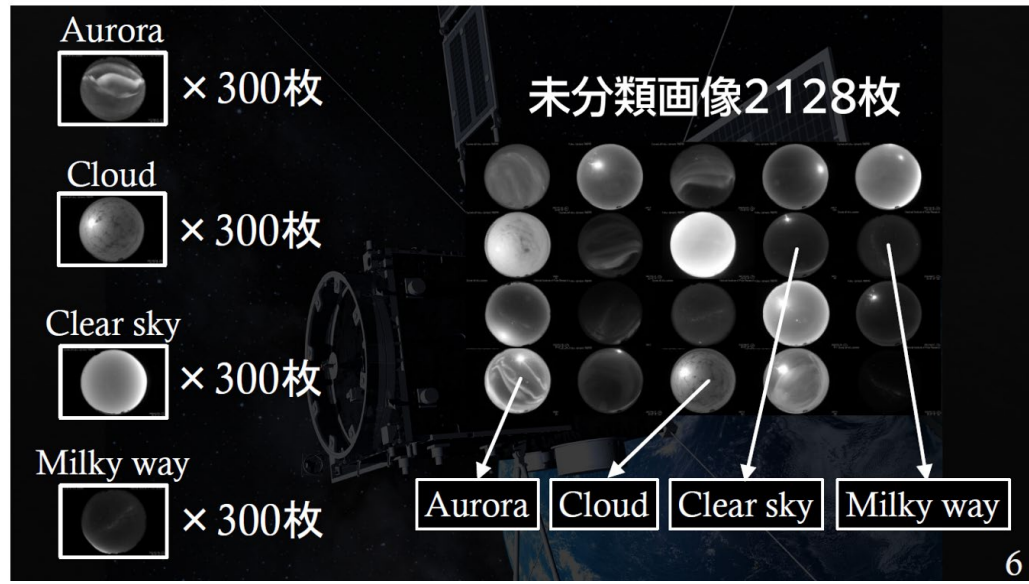
- 第1回AI-STEPコンペティション
オーロラカメラによって撮影された画像の分類タスク

- 第2回AI-STEPコンペティション
ALOSで撮影された画像データから土地利用を分析

各回とも、14名（最優秀賞1名、優秀賞1名、特別賞2名、奨励賞2名、準奨励賞4名、入選4名）を表彰

- 提出されたAIモデルの処理精度を指標として、オンラインでスコア・順位を表示。競争心を原動力として、宇宙ビッグデータの取り扱いの障壁を下げることに成功。

全体ランキング			
順位	ニックネーム	スコア (%)	提出日時
1	██████████	62.462	2024-01-31 17:31:50
2	██████████	59.856	2024-01-31 21:01:27
3	██████████	59.551	2024-01-30 17:13:21
4	██████████	59.446	2024-01-31 18:48:10
5	██████████	59.095	2024-01-31 16:30:24
6	██████████	58.620	2024-01-31 16:10:50

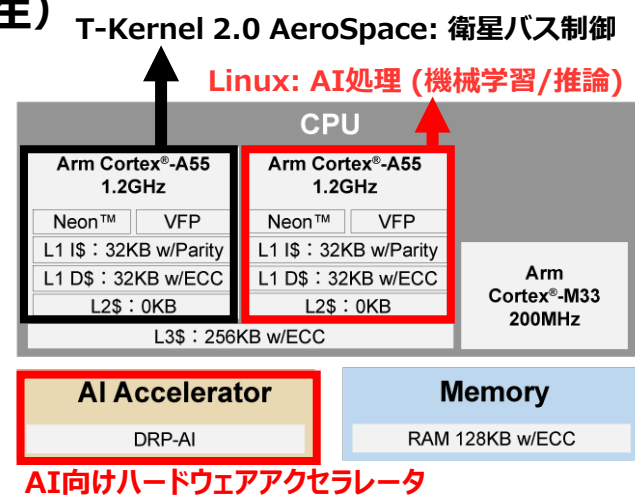
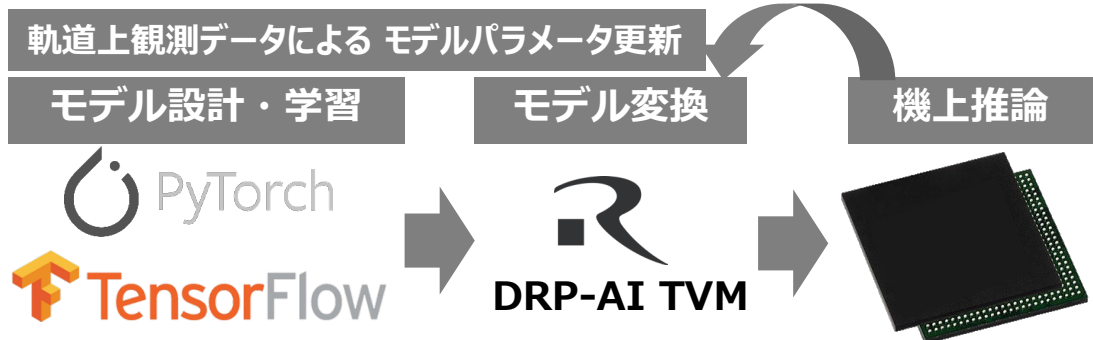


③ 「オンボードAIを搭載する「AI教育用衛星システム」の開発実習」

実施内容・成果

Deep learning modelによる機上高速推論を可能とする 超小型衛星向けの1Uサイズ 統合型国産計算機を開発（大学生・大学院生）

- 従来の衛星搭載CPUと同程度の消費電力で約100-1000倍の高速AI推論を実現。
- COTSマイコン+周辺回路+HW/SWによる安全設計で、安価に宇宙用として応用。
- 衛星向けリアルタイムOSとして実績豊富な**T-Kernel 2.0 AeroSpace (T2AS)**を搭載。**AIモデルを組み合わせた、衛星バスシステムのリアルタイム制御を実現。**
- 観測データの機上分類や自動識別を実現し、**限られた通信リソース下で成果を最大化。**
- ハウスキーピングデータの監視により、**自律的な衛星システム制御を実現。**

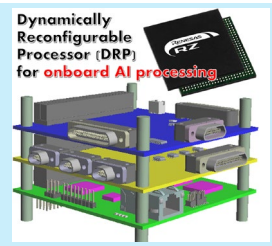


衛星システム設計/開発実習 (2022/10-2023/9)

- 衛星搭載コンポーネントとのデータ授受や連携動作の機能試験を実施
- AI-OBC上で動作させるバス統合ソフトウェアの開発

センサ・アクチュエータ類を用いた衛星システムのリアルタイム制御を実現

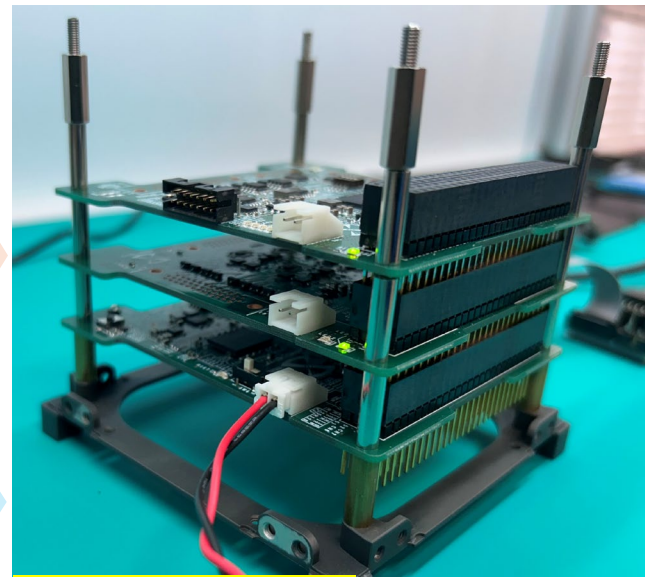
(図: AI-OBCを模擬する、開発用のマイコンボード)



AI-OBC開発実習 (2023/10-2024/3)

- シマフジ電機株式会社との共同研究を通じて、大学生・大学院生がAI-OBCのコンセプトを立案
- AI-OBC (BBM) を製作。オンボードソフトウェアを実装し動作確認
- 宇宙環境試験の実施により宇宙環境耐性を確認

(図: AI-OBCのコンセプト図)



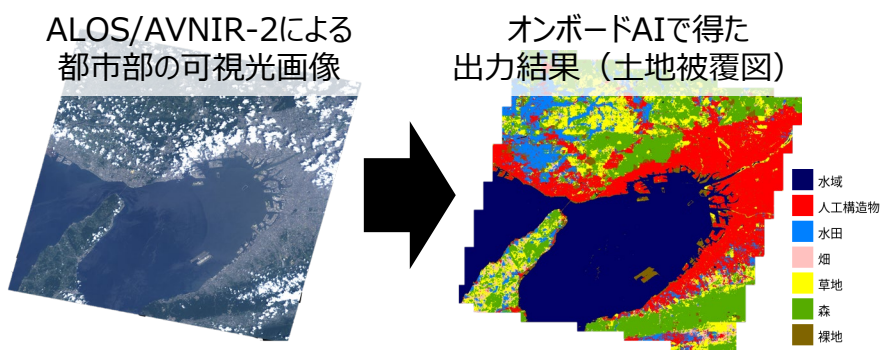
AI-OBC (BBM)

④ 「『AI教育用衛星システム』を用いたオンボードAIの実装と評価」

実施内容・成果

オンボードAIモデルの搭載実習（高校生・高専生）

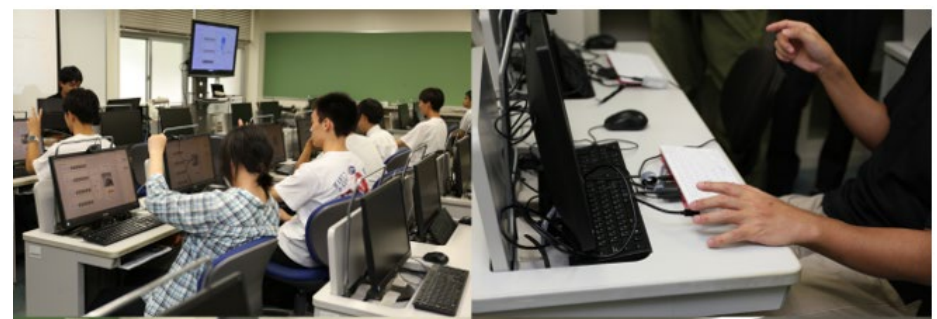
- 第2回AI-STEPコンペティション課題（土地利用土地被覆図の再現）を利用して、**オンボードAIモデルの設計・実装に関する実習**を実施
- 限られたリソース環境下でのエッジコンピューティングの体験を通して、**宇宙におけるAI利用の有効性と課題点を体感させることを達成**
- 実習で構築されたオンボードAIモデルを、複数の**科学展示会に出展**
 - 宇宙科学シンポジウム@宇宙科学研究所（右図）
 - TRONSHOW@渋谷
 - 未来知実証センター@金沢（常設展示）



自律性能評価実習（大学生・大学院生）

- 独自の畳み込みニューラルネットワークや、既存のモデルアーキテクチャを組み込むことによる推論精度，推論速度，消費電力等の評価
- AI-OBCの単体性能評価に加え，組み込みシステム向けSoCや一般的なCPU・GPUとの処理性能比較を実施

**高校生～大学院生の宇宙教育に活用しつつ
先端技術の宇宙実証を推進した**



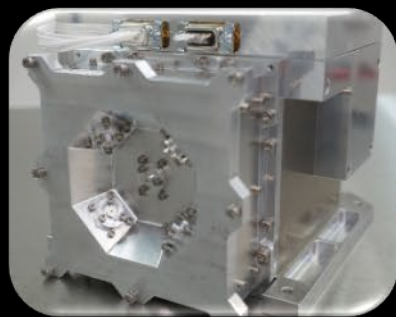
④ 「『AI教育用衛星システム』を用いたオンボードAIの実装と評価」

実施内容・成果

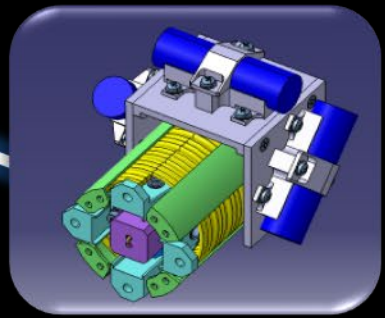
- 「AI-OBC」の軌道上実証を行う科学衛星ミッション「**IMPACT**」が **JAXA-SMASH※1 第2回衛星ミッション公募に採択** (2023年11月)
※1 産学官による輸送・超小型衛星ミッション拡充プログラム
- **衛星開発フェーズへのフェーズアップ審査を通過** (2025年2月)
 2027年の打ち上げを目指して衛星開発中
- **JAXA宇宙科学研究所 2024年度小規模計画に採択**
 AI-OBCと科学観測機器の高度な連携によるオンボードサイエンスの宇宙実証

**本事業を通して得られた
人材・技術を広く社会にアピール
超小型衛星利用や科学に活用**

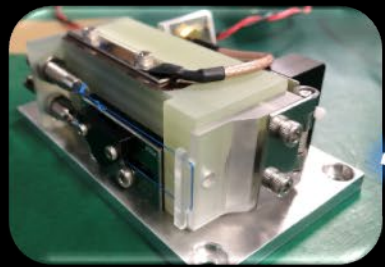
本事業で養成された20名の大学生・大学院生が、衛星搭載コンポーネントレベルの責任者として、インテリジェント宇宙機開発の最前線の現場で活躍



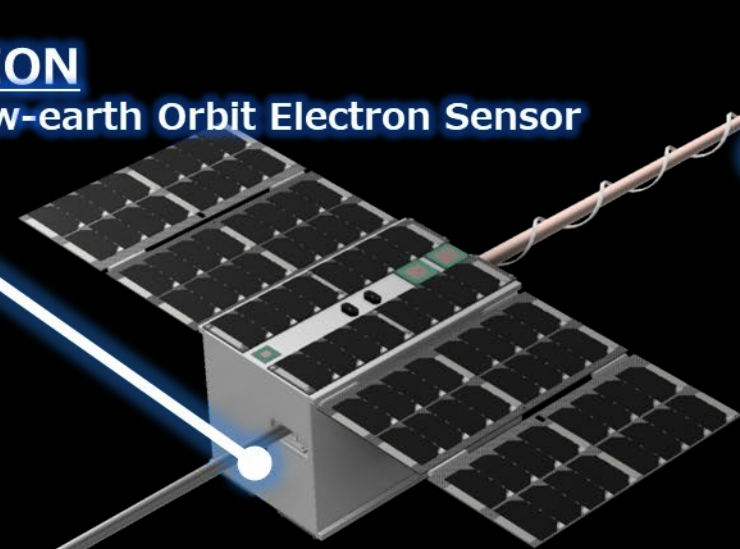
LEON
Low-earth Orbit Electron Sensor



DPS
Downsizing Plasma Wave Suite



NEI
Number Density Measurement of Electron by Impedance Probe



IMPACT
 寸法 12U
 質量 15-20 kg程度
 姿勢 スピン安定方式
 軌道 太陽同期軌道
 高度 500-650 km程度
 運用期間 3年 (予定)



AI-OBC
Onboard AI Processor

社会的効果と普及啓発活動の達成状況

本事業の社会的効果

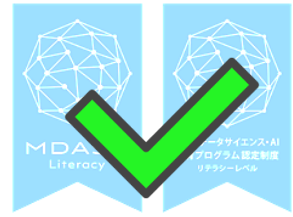
【AI戦略2022 目標1】 AI時代に対応した人材の育成 に貢献
 【AI戦略2022 目標2】 AI応用のトップランナーとして産業競争力の強化 に貢献

- IMPACT衛星の開発 (2025-)
- AI-OBCの事業化 (2025-)



次世代の衛星システムを
世界に先駆けて実現

- AI-OBCの開発 (2022-2024)
- 企業との共同研究 (2022-)



データサイエンス
AI教育の機会拡大

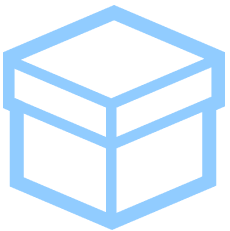
- 情報処理学会公式教育教材に採用 (2024-)
- 金沢大学附属高・京都大学 出前授業 (2024, 2025)



課題研究等での宇宙データ利用
裾野拡大に繋がる相乗効果

- SSH探求課題テーマ (2024, 2025)
- 高校生国際会議 (2024)

ここまでの
本事業で実施
(当初予定)



教育パッケージとして
モデルケースの全国展開へ

(数年後~)

普及啓発活動

アウトリーチ活動を通して、**小中学生等の超潜在的宇宙AI人材**に早期から働きかける
 一般企業との**コラボレーション**や**共同研究**等の機会創出も狙う



成果のオープン化
企画参加者層の裾野を拡大

- 国内外24の教育機関から広く参加者を募集 (中学生の参加も含む)



公開講座・科学イベント
でのアウトリーチ活動

- ふれてサイエンス&てくてくテクノロジー@金沢大学 (2023,2024,2025)
- サイエンス・フェスタ@サイエンスヒルズこまつ (2023,2024,2025)
- 宇宙理工学シンポジウム@金沢 (2023,2024,2025)
- 宇宙科学シンポジウム@宇宙科学研究所 (2025)
- TRONSHOW@渋谷 (2025)

ここまでの
本事業で実施
(当初予定)



科学館・博物館での
体験型常設展示

- 未来知実証センター・ショーケース AI-OBC 常設展示 (2024-)

(数年後~)



「宇宙AI体験キット」の開発
将来的に教育機関等へ配布

(10年以内)

成果に関する事後自己点検

《アウトプットに関する事後自己点検の実施方針》

		Minimum success		Full success	
①データ解析ワークショップの開催	a. 解析環境構築	参加者が教材とデータにアクセス可能なポータルサイトを開設する。また、参加者がデータ解析可能な環境を ワークショップ開催に合わせる提供 する。	◎	参加者が教材とデータにアクセス可能なポータルサイトを開設し、ポータルサイトへの高校生・高専生・大学生・大学院生の登録者数を 100名以上 とする。また、参加者がデータ解析可能な環境を 継続的に提供 する。	◎
	b. 特別講義・WS開講	宇宙理工学とAIへの興味を引き出す教育素材を 3本 制作し、ポータルサイトにてオンデマンド受講可能な状態とする。また、期間を通じてワークショップを 1回 開催する。教育効果を測るアンケート(5点評価)を事前事後で実施し、 3-5点と回答した割合を20ポイント以上向上 させる。	◎	宇宙理工学とAIへの興味を引き出す教育素材を 3本 制作し、ポータルサイトにてオンデマンド受講可能な状態として 各50名以上の受講者 を達成する。また、期間を通じてワークショップを 2回以上 開催する。教育効果を測るアンケート(5点評価)を事前事後で実施し、 3-5点と回答した割合を30ポイント以上向上 させる。	◎
②オンボードAIを搭載する「AI教育用衛星システム」の設計実習	a. 衛星システム設計実習	AI-OBCの動作試験、評価を行うための、「AI教育用衛星システム」の設計を、金沢大学の大学院生を中心として行う。	◎	AI-OBCの動作試験、評価を行うための、「AI教育用衛星システム」の設計を、金沢大学の大学院生を中心として行い、学会発表等の研究業績を 1件以上 獲得する。	◎
	b. オンボードAI-OBC設計実習	大学院生を主体として、企業との共同研究を通じて AIデバイスの設計 を行う。	◎	大学院生を主体として、企業との共同研究を通じて AIデバイスの設計 を行い、学会発表等の研究業績を 1件以上 獲得する。	◎
③高大連携宇宙AIコンペティションでの人材発掘・育成	a. コンペティション開催	宇宙ビッグデータを活用したAIコンペティションを開催する仕組みを実現し、コンペティション(1回)に 3組以上 の参加者を集める。	◎	宇宙ビッグデータを活用したAIコンペティションを開催する仕組みを実現し、コンペティション(2回)に 各6組以上 の参加者を集める。	◎
	b. 特別講義(宇宙・AI)・技術指導	コンペティションの実施前および実施中に、宇宙と人工知能を専門とする研究者による特別講義と技術指導を行う。教育効果を測るアンケート(5点評価)を事前事後で実施し、 3-5点と回答した割合を20ポイント以上向上 させる。	◎	コンペティションの実施前および実施中に、宇宙と人工知能を専門とする研究者による特別講義と技術指導を行う。教育効果を測るアンケート(5点評価)を事前事後で実施し、 3-5点と回答した割合を30ポイント以上向上 させる。	◎
④オンボードAIを搭載する「AI教育用衛星システム」の開発実習	a. 衛星システム開発実習	AI-OBCの動作試験、評価を行うための、「AI教育用衛星システム」の開発を、金沢大学の大学院生を中心として行う。	◎	AI-OBCの動作試験、評価を行うための、「AI教育用衛星システム」の開発を、金沢大学の大学院生を中心として行い、学会発表等の研究業績を 1件以上 獲得する。	◎
	b. オンボードAI-OBC開発実習	大学院生を主体として、企業との共同研究を通じて AIデバイスの開発 を行う。	◎	大学院生を主体として、企業との共同研究を通じて AIデバイスの開発 を行い、学会発表等の研究業績を 1件以上 獲得する。	◎
⑤「AI教育用衛星システム」を用いたオンボードAIの実装と評価	a. オンボードAIモデルの搭載実習	大学院生が開発した「AI教育用衛星システム」を用いて、AIコンペティションで成績を収めたオンボードAIモデルの 搭載実習 を行う。	◎	大学院生が開発した「AI教育用衛星システム」を用いて、AIコンペティションで成績を収めたオンボードAIモデルの 搭載実習 を行う。また、進学・就職先のジャンルや修士・博士課程に関する 意識調査 を行う。	◎
	b. 自律性能評価実習	大学院生が開発した「AI教育用衛星システム」を用いて、AIコンペティションで成績を収めたオンボードAIモデルの 性能評価 を行う。	◎	大学院生が開発した「AI教育用衛星システム」を用いて、AIコンペティションで成績を収めたオンボードAIモデルの 性能評価 を行い、実際の衛星搭載に向けた パラメータチューニング を行う。	◎

成果に関する事後自己点検

《実施項目ごとの目標値及び評価指標》

		目標値	評価指標	
①データ解析ワークショップの開催	a. 解析環境構築	参加者が教材とデータにアクセス可能なポータルサイトを開設する。また、参加者がデータ解析可能な環境を ワークショップ開催に合わせて提供 する。	<ul style="list-style-type: none"> ポータルサイトがインターネット上に公開され、利用可能であること データ解析可能な環境が提供されていること 	◎
	b. 特別講義・WS開講	宇宙理工学とAIへの興味を引き出す教育素材を 3本 製作し、ポータルサイトにてオンデマンド受講可能な状態とする。また、期間を通じてワークショップを 1回 開催する。教育効果を測るアンケート(5点評価)を事前事後で実施し、 3-5点と回答した割合を20ポイント以上向上 させる。	<ul style="list-style-type: none"> ポータルサイトからオンデマンド受講可能な教育素材の数 事業実施期間中に開催したワークショップの回数 理解度を問う5段階評価アンケートの結果の平均値 	◎
②オンボードAIを搭載する「AI教育用衛星システム」の設計実習	a. 衛星システム設計実習	AI-OBCの動作試験、評価を行うための、「AI教育用衛星システム」の設計を、金沢大学の大学院生を中心として行う。	<ul style="list-style-type: none"> 衛星システム(ブレッドボードモデル)設計の実施状況 	◎
	b. オンボードAI-OBC設計実習	大学院生を主体として、企業との共同研究を通じて AIデバイスの設計 を行う。	<ul style="list-style-type: none"> AIデバイス設計の実施状況 	◎
③高大連携宇宙AIコンペティションでの人材発掘・育成	a. コンペティション開催	宇宙ビッグデータを活用したAIコンペティションを開催する仕組みを実現し、コンペティション(1回)に 3組以上 の参加者を集める。	<ul style="list-style-type: none"> コンペティションの開催回数 コンペティションの1回あたりの参加組数 	◎
	b. 特別講義(宇宙・AI)・技術指導	コンペティションの実施前および実施中に、宇宙と人工知能を専門とする研究者による特別講義と技術指導を行う。教育効果を測るアンケート(5点評価)を事前事後で実施し、 3-5点と回答した割合を20ポイント以上向上 させる。	<ul style="list-style-type: none"> 特別講義の受講者数 技術指導の実施状況 理解度を問う5段階評価アンケートの結果の平均値 	◎
④オンボードAIを搭載する「AI教育用衛星システム」の開発実習	a. 衛星システム開発実習	AI-OBCの動作試験、評価を行うための、「AI教育用衛星システム」の開発を、金沢大学の大学院生を中心として行う。	<ul style="list-style-type: none"> 衛星システム(ブレッドボードモデル)開発の実施状況 	◎
	b. オンボードAI-OBC開発実習	大学院生を主体として、企業との共同研究を通じて AIデバイスの開発 を行う。	<ul style="list-style-type: none"> AIデバイス開発の実施状況 	◎
⑤「AI教育用衛星システム」を用いたオンボードAIの実装と評価	a. オンボードAIモデルの搭載実習	大学院生が開発した「AI教育用衛星システム」を用いて、AIコンペティションで成績を取めたオンボードAIモデルの 搭載実習 を行う。	<ul style="list-style-type: none"> オンボードAIモデル搭載の実作業の進捗状況 実習参加者の理解度の向上度合(レポートにより評価) 	◎
	b. 自律性能評価実習	大学院生が開発した「AI教育用衛星システム」を用いて、AIコンペティションで成績を取めたオンボードAIモデルの 性能評価 を行う。	<ul style="list-style-type: none"> オンボードAIモデルの性能評価作業の進捗状況 実習参加者の理解度の向上度合(レポートにより評価) 	◎

その他の成果

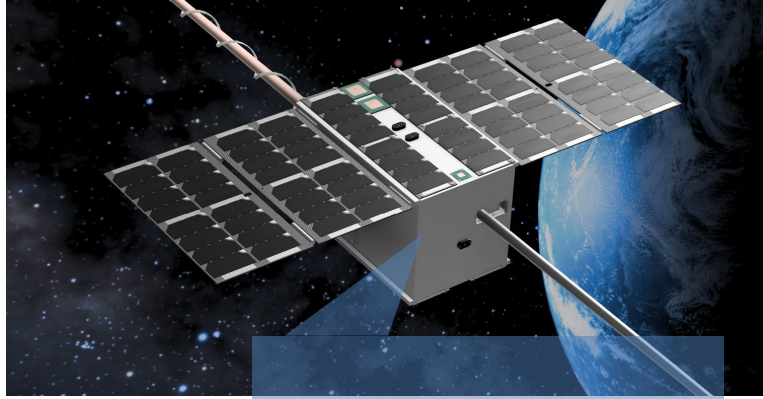
これまで得られた成果 (特許出願や論文発表数等)	特許出願	査読付き 投稿論文	その他 研究発表	実用化事業	プレスリリー ス・取材対応	展示会展展
	国内 : 0 国際 : 0	国内 : 0 国際 : 0	国内 : 14 国際 : 6	国内 : 2 国際 : 0	国内 : 12 国際 : 0	国内 : 5 国際 : 0
	受賞・表彰リスト		地球電磁気・地球惑星圏学会 大林奨励賞 (松田昇也) 金沢大学産学連携協力会 若手研究者奨励賞 (松田昇也)	他12件		

成果展開の状況・期待される波及効果(事業の目的に関するアウトカム)

- AI-STEP特別講義教材：情報処理学会の公式教育教材としてJMOOCで教材提供中
- AI-STEPワークショップ教材：スーパーサイエンスハイスクールの探求講義として提供中
- オンボードAIデバイス「AI-OBC」：IMPACT衛星（2027年打ち上げ）に搭載決定
- オンボードAIを宇宙実証する超小型衛星ミッションを事業期間内に提案・打上機会獲得
 - 超小型衛星による宇宙天気計測の実現を掲げ、成果の実社会応用を実現
 - 衛星システムのインテリジェント化による「超多地点宇宙天気観測網」として将来展開
- 本事業に参加した約20名の大学生・大学院生がプロジェクト主要メンバとして参加
 - コンポーネントレベルでの責任者として、インテリジェント宇宙機開発人材へと成長
- AI-OBCの事業化により、宇宙向け汎用オンボードAIデバイスとして展開を開始
 - JAXAとの共同事業で製品化。国内外衛星事業者や宇宙機関フラッグシップミッションとの連携加速
- 宇宙理工学分野への人材輩出
 - 事業期間を通して37名が宇宙理工学を専門とするコース（大学院）に進学
 - AI-OBCの開発を主導した大学院生が、少数ながら宇宙機関に就職

IMPACT衛星 (2027年打上予定)

・本事業期間内に開発/打上の機会獲得を実現
・20名の大学(院)生がコンポーネントレベルの責任者を担当



今後の研究開発計画

- 「AI-OBC」の軌道上技術実証
 - 2027年打ち上げ予定の「IMPACT衛星」を成功に導き、本事業を通じて開発した「AI-OBC」を軌道上で技術実証する。
 - Technology Readiness Level (TRL) 9を実現し、AI-OBCの事業化をより一層加速させる。
 - 日本国内にとどまらない海外の超小型衛星市場や、JAXAをはじめとするフラッグシップミッションへの機器提供を目指す。
- AI-STEPの体系的教育プログラムを継続的に実施する体制を構築
 - スーパーサイエンスハイスクールをはじめとする優れた高校生への宇宙×AI技術分野の教育活動の継続を目指す。
 - 金沢大学理工研究域先端宇宙理工学研究センターで受け入れ、「IMPACT衛星」をはじめとする次世代のインテリジェンスを備えたミッションへの参画を通して、実践的インテリジェント宇宙機開発人材の育成拠点として昇華させる。



AI-OBC

本事業で開発

補足資料（アンケート結果）

AI-STEP特別講義（宇宙編）

調査項目	3-5点と回答した割合 受講前 (N = 318)	3-5点と回答した割合 受講後 (N = 318)
Q2.宇宙で得られるデータの種類について	28.4%	100.0% (+71.6%)
Q3.宇宙でデータを観測する手段について	10.8%	63.0% (+52.2%)
Q4.宇宙のデータを使う方法について	6.8%	46.7% (+39.9%)
(平均値)	15.3%	69.9%

回答区分 1: 知らない, 2: 知っている, 3: 理解し説明できる, 4: 利活用できる, 5: 適切な手段を提案・解決できる

← 本プログラムでの目標到達レベル →

AI-STEP特別講義（AI編その1）

調査項目	3-5点と回答した割合 受講前 (N = 298)	3-5点と回答した割合 受講後 (N = 298)
Q3. 機械学習の手法（教師あり, 教師なし, 強化）について	16.8%	55.4% (+38.6%)
Q4. 機械学習（教師あり学習）における学習と予測について	15.7%	53.0% (+37.3%)
Q5. データを分析するための様々な技術（予測, クラスタリング, パターン発見など）について	10.8%	37.8% (+27.0%)
Q6. AIの活用事例について	15.8%	49.8% (+34.0%)
Q7. AIを開発（応用）する流れについて	7.9%	35.7% (+27.8%)
(平均値)	13.4%	46.3%

回答区分 1: 知らない, 2: 知っている, 3: 理解し説明できる, 4: 利活用できる, 5: 適切な手段を提案・解決できる

← 本プログラムでの目標到達レベル →

AI-STEP特別講義（AI編その2）

調査項目	3-5点と回答した割合 受講前 (N = 271)	3-5点と回答した割合 受講後 (N = 271)
Q3. パーセプトロンの訓練手法について	11.9%	52.2% (+40.3%)
Q4. パーセプトロンとニューラルネットワークの違いについて	14.3%	52.7% (+38.4%)
Q5. 深層学習モデルを構成する各層（畳み込み層, プーリング層など）の役割について	16.3%	47.3% (+31.0%)
Q6. 代表的な深層学習モデルのアーキテクチャ（VGG, ResNetなど）について	11.4%	34.0% (+22.6%)
(平均値)	13.5%	46.6%

回答区分 1: 知らない, 2: 知っている, 3: 理解し説明できる, 4: 利活用できる, 5: 適切な手段を提案・解決できる

← 本プログラムでの目標到達レベル →

補足資料（アンケート結果）

AI-STEPワークショップ（全6回）

調査項目	受講前 3-5点と回答した割合 (N = 134)	受講後 3-5点と回答した割合 (N = 134)
Q3.AIモデルの作り方の流れについて	20.8%	59.7% (+38.9%)
Q4.AIモデルを構成する各層（畳み込み層，プーリング層など）の役割について	18.5%	61.9% (+43.4%)
Q5.AIモデルの改良方法（層の追加，ハイパーパラメータの調整など）について	15.4%	62.7% (+47.3%)
Q6.宇宙ビッグデータを対象としたAIモデルの構築について	6.2%	50.7% (+44.5%)
(平均値)	15.2%	58.8%

回答区分 1: 知らない, 2: 知っている, 3: 理解し説明できる, 4: 利活用できる, 5: 適切な手段を提案・解決できる

← 本プログラムでの目標到達レベル →

AI-STEPコンペティション（全2回）

調査項目	受講前 3-5点と回答した割合 (N = 148)	受講後 3-5点と回答した割合 (N = 148)
Q3.AIモデルの作り方の流れについて	19.0%	64.5% (+45.5%)
Q4.AIモデルを構成する各層（畳み込み層，プーリング層など）の役割について	21.1%	70.2% (+49.1%)
Q5.AIモデルの改良方法（層の追加，ハイパーパラメータの調整など）について	15.5%	64.2% (+48.7%)
Q6.宇宙ビッグデータを対象としたAIモデルの構築について	8.6%	53.8% (+45.2%)
(平均値)	16.1%	63.2%

回答区分 1: 知らない, 2: 知っている, 3: 理解し説明できる, 4: 利活用できる, 5: 適切な手段を提案・解決できる

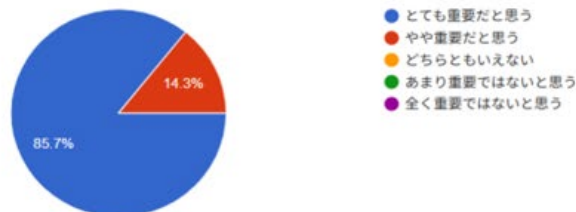
← 本プログラムでの目標到達レベル →

「AI教育用衛星システム」を用いたオンボードAIの実装と評価

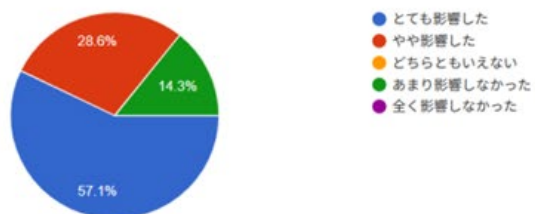
Q. 1 衛星搭載ハードウェア・オンボードソフトウェア・オンボードAIの開発を通じて、「宇宙・AI・データサイエンス（いずれか）」に関する理解度はどの程度向上しましたか



Q. 4 衛星搭載ハードウェア・オンボードソフトウェア・オンボードAIの開発を通じて得た「宇宙・AI・データサイエンス（いずれか）」に関する知識・経験は、今後の社会にとってどの程度重要だと感じますか



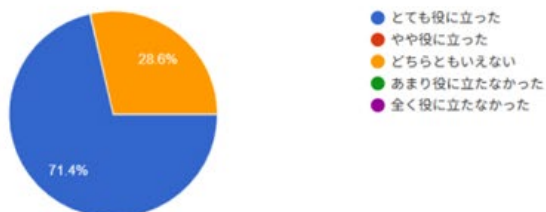
Q. 2 衛星搭載ハードウェア・オンボードソフトウェア・オンボードAIの開発を通じて得た「宇宙・AI・データサイエンス（いずれか）」に関する知識・経験は、進学先や就職先（あるいは就職先で希望する職種の希望）の選択・検討にどれくらい影響しましたか（最終結果ではなく、進路を考える過程にどれくらい影響したかを教えてください）



Q. 5 衛星搭載ハードウェア・オンボードソフトウェア・オンボードAIの開発を通じて得た「宇宙・AI・データサイエンス（いずれか）」に関する知識・経験を踏まえ、博士後期課程に進学してさらに研究をしてみたいと感じたことはありましたか



Q. 3 衛星搭載ハードウェア・オンボードソフトウェア・オンボードAIの開発を通じて得た「宇宙・AI・データサイエンス（いずれか）」に関する知識・経験は、進学や就職活動に役立ちましたか



事後評価票

令和7年3月末現在

1. プログラム名 「AI・デジタル化×宇宙」技術革新人材育成プログラム
2. 課題名 高大連携宇宙 AI コンペティションを通じた 「インテリジェント宇宙機」開発人材の育成
3. 主管実施機関・研究代表者 国立大学法人金沢大学 准教授 松田昇也
4. 共同参画機関 国立大学福井大学、 独立行政法人国立高等専門学校機構石川工業高等専門学校
5. 事業期間 令和4年度～令和6年度
6. 総経費 43百万円
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 本業務の目標は「高大連携宇宙 AI コンペティション」を主軸として、宇宙のデータに対する敷居を下げる革新的教育プログラムを展開し、将来のインテリジェント宇宙機開発を担う宇宙 AI 人材を発掘・育成することである。その方法として次の2つを挙げ、高校生～大学生・大学院生までのキャリアパスや技術レベルに合わせた教育を実践する。 (1) 「高大連携宇宙 AI コンペティション」を開催し、潜在的な宇宙 AI 人材を発掘 宇宙ビッグデータを題材に、共通課題（現象分類・知識発見等）に対して処理速度や省コスト性等を競う宇宙 AI コンペティションを開催する。情報分野で優れた人材が宇宙への関心を持つきっかけを提供し、課題遂行を行う過程で、AI の宇宙応用に関する技術を身に着ける。 (2) AI 教育用衛星を活用した AI ハードウェア・AI ソフトウェア開発能力の育成 大学院生は「AI 教育用衛星システム」の開発を通して、AI ハードウェア開発の知識とプロジェクトマネジメントの経験を育む。大学・高専・SSH 生は AI 教育用衛星システムを利用し、AI ソフトウェアの衛星実装と試験に関する実習を通して、自身のモデルで宇宙機を制御する実践的な経験を得る。宇宙への興味と関心を引き出し、将来の進路決定に働きかける。

◆ 業務計画に対する達成度

以下は、業務計画の大区分毎に達成度を述べる。下線部は、中間報告時に作成した「成果に関する事後自己点検の方針《実施項目ごとの目標値及び評価指標》」の評価項目に対応する実績値を示す。

① データ解析ワークショップの開催

本事業で展開する「特別講義」「ワークショップ」「コンペティション」の枠組みを教育プログラムとして整理し、『AI×宇宙技術教育プログラム「AI-STEP」』として展開した。特別講義教材やワークショップ・コンペティションに参加するためのデータおよび開発環境にアクセスするためのポータルサイト「AI-STEP Portal」を令和4年12月より公開し、事業期間を通じて366名のユーザーを集めた（対象は中学生・高校生・高専生・大学生・大学院生であり、教員等の登録は除く）。

次に、「AI-STEP 特別講義」の教育教材として、宇宙ビッグデータの性質や取り扱い方、AIモデリングの基礎を学ぶためのオンデマンド学習教材4編（AI-STEP 導入編：約7分、宇宙編：約40分、AI編第1回：約52分、AI編第2回：約62分）を製作し、AI-STEP Portalで公開した。宇宙編では「宇宙利用」と「宇宙科学」の両側面から観測の仕組みや課題点などを紹介するとともに、一般には馴染みが少ない「宇宙ビッグデータ」の触れ方や活用方法について初学者向けに解説する内容とした。AI編では機械学習初学者に向けて、機械で学習・推論する仕組みを分かりやすく紹介することに注力し、特にAIのアプリケーション（応用）を目指す人材の教育を目指した。期間を通じて、宇宙編では318名、AI編第1回では293名、AI編第2回では271名の参加者が本教材を受講した。これらの教材は、情報処理学会（IPSJ）の認定教材として日本オープンオンライン教育推進協議会（JM00G）が運営するオンライン大学講座でも公開され、事業終了後も広く宇宙分野へのAI応用に興味を持つ人々が利用できるよう整備されている。「AI-STEP 特別講義」の受講前後には、興味や理解度を測るアンケート調査（5段階評価）を実施し、特別講義受講による教育効果を評価した。理解度を図るアンケート（12項目）では、教育効果が有意に見られた参加者の割合が、目標値（20ポイントの増加）を大きく上回り、「AI-STEP 特別講義」の高い教育効果が裏付けられた。

更に、受講者らが宇宙ビッグデータに触れ、宇宙で利用できるAI技術の知識習得を目的とした「AI-STEP ワorkshop」を事業期間中に6回開催し、計137名の参加者を集めた。ワークショップ当日に引率を担当した高校教員から更なる高大連携の申し出や宇宙教育に関する相談を受けるなどの波及的効果も見られた。各回のAI-STEPワークショップでは受講者一人一人がコンピュータを用いて演習に取り組み、試行錯誤の過程や結果をJupyter Notebook形式のノートブックファイルにまとめて学びの記録とした。特に、AI-STEPワークショップで紹介した基礎的なAIモデリング手法と発展的技法を参加者各自の自由な発想で組み合わせ、実際の衛星・地上観測データを用いた実践的なAI学習/推論に挑戦し、その結果をノートブックファイルにまとめた。また、自学習用のコンテンツとして自宅や学校に持ち帰り、発展課題への挑戦などを後押しすることに配慮した。ワークショップの参加前後には、宇宙データを用いた実践的な知識や理解度を測るアンケート調査（4項目、各5段階評価）を実施し、ワークショップの教育的効果を評価した。その結果、ワークショップ参加者の半数以上が本プログラムでの目標到達レベルに達したことが示され、目標値（目標レベル到達者数が20ポイント増加）を大きく上回った。本事業の教育成果を通して、将来宇宙で活躍する人工衛星やコンステレーションのインテリジェント化に携わる若手人材の早期育成を行ったことで、コンステレー

ションの運用負荷増大や宇宙機の安全管理、膨大なデータの効率的解析方法や有効活用の検討が加速されることが期待される。

② オンボード AI を搭載する「AI 教育用衛星システム」の設計実習

オンボード AI を動作させるオンボードコンピュータ (AI-OBC) を製作することを目指し、その概念設計と機械設計を、本事業に参加した大学生・大学院生（金沢大学理工学域電子情報通信学類および金沢大学大学院自然科学研究科電子情報通信学専攻の計 6 名）が株式会社シマフジ電機との共同研究を通じて実施した。T-Kernel ベースの制御系リアルタイムオペレーティングシステムとデータ処理系 Linux を並列に動作させ、制御系リアルタイムオペレーティングシステムによって衛星システムを司るセンサから得られた計測データ処理とアクチュエータへの指令を行いながら、計測されたハウスキーピングデータや科学観測データをデータ処理系 Linux と共有し、ディープラーニングモデルによる高度なオンボード推論によって衛星システム制御や科学観測運用の自動化を実現する設計とした。超小型衛星に搭載可能なオンボード AI モジュールとして汎用的に展開することを見据え、PC104 規格に準じた基板で構成される 1U サイズのオンボードコンピュータとして設計した。

本実習は金沢大学大学院自然科学研究科 サステナブル理工学プログラム(宇宙理工学分野)で開講された専門科目「衛星システム」および「衛星設計開発 A/B」の取り組みの一環として位置づけ、金沢大学先端宇宙理工学研究センターの教員が、設計に対するアドバイスやフォローアップを行う体制で実施した。設計の成果は、参加した学生自身が Japan Geoscience Union Meeting 2023（英語によるポスター発表 2 件）で対外的に発表し、所属外の専門家からのフィードバックを得て設計のブラッシュアップに生かす取り組みを実施した。

③ 高大連携宇宙 AI コンペティションでの人材発掘・育成

地球観測衛星データや宇宙環境計測データを題材とした共通課題（現象分類・知識発見）を低コストかつ高精度に解決する AI モデルを作り上げ、その性能を競う「AI-STEP コンペティション」を 2 回開催した。第 1 回 AI-STEP コンペティションの課題として、南極昭和基地に設置されたオーロラ全天カメラによって撮影された画像の分類タスクを設定し、68 名の参加者が独自の AI モデルの設計に取り組んでその性能を競った。また、第 2 回 AI-STEP コンペティションでは、だいち (ALOS) で撮影された多波長合成画像データを分析して、石川県の土地利用土地被覆図の再現度を競う課題を設定し、2 か月間に渡って 80 名の参加者を集めて実施した。いずれも学習ポータル上に整備されたリーダーボードでリアルタイムに他者とスコアを競い合い、競争心を掻き立てる課題設定とすることで、難解と思われがちな宇宙ビッグデータに自然と触れ合う工夫を促進した。また宇宙工学を専門とする大学院生 5 名（金沢大学大学院自然科学研究科電子情報通信学専攻）をコンペティションのアドバイザーとして配置し、AI-STEP Portal 内の質問・相談コーナー内で参加者からの質問に対応するなど、宇宙への AI 応用を円滑に実現した。参加者が達成した分類スコアと、AI モデルの工夫内容を評価し、第 1 回・第 2 回ともに 14 名（最優秀賞 1 名、優秀賞 1 名、特別賞 2 名、奨励賞 2 名、準奨励賞 4 名、入選 4 名）に表彰状を授与した。コンペティションの開催前後には、各自の取り組みを通じた AI モデリングの技能レベルを測るアンケート調査を実施した。コンペティション参加前には目標到達レベルを満たす参加者が全体の 16.1%であったのに対し、コンペティション参加後には、目標値（目標レベル到達者数が 20 ポイント増加）を大きく上回る、63.2%の参加者が目標レベルに到達できたこと

が確かめられた。

④ オンボード AI を搭載する「AI 教育用衛星システム」の開発実習

金沢大学理工学域電子情報通信学類および金沢大学大学院自然科学研究科電子情報通信学専攻に所属する学生（2名）を中心として、AI-OBC を模擬するハードウェアを活用し、任意のディープラーニングモデルを搭載可能な衛星バスシステム（AI 教育用衛星システム）を構築した。 AI-OBC と同様に、外部に接続した衛星搭載センサ（シリアル制御可能なカメラデバイスやセンサモジュール）からの情報を T-Kernel でリアルタイムに受信しつつ、それを入力データとしてディープラーニングモデルを駆動する実験を行い、期待通りに動作することを確認した。

次に、『②オンボード AI を搭載する「AI 教育用衛星システム」の設計実習』の成果を踏まえ、金沢大学先端宇宙理工学研究センターの教員と金沢大学理工学域電子情報通信学類に所属する学生が連携し、シマフジ電機株式会社との共同研究を通じて AI-OBC を開発した（詳細な設計や開発内容は、知的財産や未公開の研究成果等にあたることから本書では省略する）。開発の成果は、参加した学生自身が Japan Geoscience Union Meeting 2024（英語による口頭発表 2 件）で対外的に発表し、所属外の専門家からのフィードバックを得て設計のブラッシュアップに生かす取り組みを実施した。

⑤ 「AI 教育用衛星システム」を用いたオンボード AI の実装と評価

金沢大学理工学域電子情報通信学類および金沢大学大学院自然科学研究科電子情報通信学専攻に所属する学生（7名）を中心として『④オンボード AI を搭載する「AI 教育用衛星システム」の開発実習』を通して開発された AI 教育用衛星システムを用いて、独自の畳み込みニューラルネットワークや、既存のモデルアーキテクチャを組み込むことによる推論精度、推論速度、消費電力等の確認を行った。AI-OBC の単体性能評価に加え、組み込みシステム向け SoC や一般的な CPU・GPU との処理性能比較を行い、AI-OBC が極めて高い電力効率で高速な AI 推論を実現できることを示した。 また、高校生・高専生向けの AI モデル搭載実習として、地球観測データを用いた土地利用土地被覆図の再現を行うタスクに取り組み、これをエッジデバイス上で動作させることで、エッジ環境における推論性能の向上に向けた改良や、環境由来の制約の理解を深めた。参加者らが構築した AI モデルは AI-OBC でも動作させることを示し、参加者らに宇宙における AI 利用の方法を学ぶ機会を提供した。これらの取り組みの前後にアンケート調査を実施し、実習を通して宇宙での AI 応用に関する知識を効果的に身に付けさせたこととともに、取り組みを通して将来の進路決定への働きかけの効果を明らかにした。 また、本プログラムを通して実際に宇宙航空業界への就職を志願し、進路を決定した参加者もあり、本事業が若手人材の発掘に寄与したことを示した。

AI-OBC を実際の宇宙環境で技術実証する衛星ミッションを、JAXA-SMASH（産学官による輸送・超小型衛星ミッション拡充プログラム）第 2 回衛星ミッション公募に提案し、2023 年 11 月に採択された。 その後、本事業で AI-OBC の設計および開発が当初の計画以上に順調に進み、2025 年 2 月に本衛星ミッションは衛星開発フェーズへのフェーズアップ審査を通過し、2027 年の打ち上げに向けて 2 億円規模の開発経費を獲得し、軌道上実証機会を確実にすることに成功した。 また、JAXA 宇宙科学研究所 2024 年度小規模計画にも、AI-OBC によるオンボードサイエンスの宇宙実証に関するテーマが採択され、実用化に向けたステップを順調に進めている。

「必要性」

[国費を用いた研究開発としての意義]

Society 5.0 を支える中核として、宇宙で活躍する人工衛星やコンステレーションは重要な役割を担っており、衛星数の急増に伴う運用負荷増大や宇宙機の安全管理、膨大なデータの効率的解析方法や有効活用に関する検討は急務である。大学や民間による超小型衛星開発や衛星コンステレーション実現の動向を踏まえ、マンパワーに頼らない自律的な人工衛星運用への道筋を開拓することは、今後の地球観測・宇宙探査の発展に欠かせない検討課題である。オンボード AI で実現される「インテリジェント宇宙機」はそれらを解決する有効な方策であり、来る 10 年の世界の衛星運用を変革させる基盤技術となることから、その技術を着実に獲得することが求められる。

[若手研究者の育成]

オンボード AI を活用したインテリジェント宇宙機は今後 10 年程度の間に関係や実用化が進むと考えられ、我が国で将来の宇宙開発を支える人材を育成するには、これから大学・大学院に進学を目指す高校生・大学生を中心とした若年層に着目するべきであると考えた。一方、宇宙で得られたデータの難解さや専門性の高さゆえに、若年層が宇宙技術に触れる機会が限定的であることが課題であった。また、オンボード AI に特化した人材育成拠点が極めて限定的であり、我が国としてオンボード AI の活用を促進し、それを支える人材を持続的に輩出していくための教育プログラム整備や、教育拠点形成が必要である。

「有効性」

[人材の養成]

本事業でターゲットとした、高校生・高専生・大学生・大学院生の参加者は、事業期間を通じて 366 名にのぼり、当初設定した達成基準 (100 名) を 3 倍以上も上回った。その要因の一つとして、北陸地域を中心とした高校への訪問・イベント展示等でのアウトリーチ活動において実施した、AI × デジタル分野の技術習得に関する啓発や、敷居が高く捉えられがちな宇宙分野への誘いに一定の効果があつたためと考えられる。このうち 300 名以上 (当初目標 50 名) が「AI-STEP 特別講義 (計 3 編)」を受講し、教育効果を測るアンケート調査では、宇宙 × AI 分野で求められる知識レベルの大幅な向上が認められた (当初目標 20 ポイントの向上に対し、その 2 倍以上の教育効果があつた)。さらに 137 名が実体験型の「AI-STEP ワークショップ (計 6 回開催)」に参加し、宇宙ビッグデータを題材とした AI モデリングの技能を身に着けた。ここで調査したアンケート結果においても、知識・技能レベルの向上の割合が当初目標の約 3 倍に達し、高い教育的効果を裏付けた。これらに加え、スーパーサイエンスハイスクールでの探求講義や高校生国際会議等を中心に啓発活動を展開し、本事業をきっかけに宇宙理工学分野を志した高校生や、研究室配属・大学院進学先を決定した大学生が一定数みられたことから、人材養成の観点で有意な有効性があつたと考えられる。

より専門的な人材養成として、大学生・大学院生向けにはオンボード AI を実現する一連の工程として、オンボード AI で駆動する衛星システムの設計・開発・実装・評価の技能を身に着ける教育を展開し、のべ 20 名の大学生・大学院生がこれに参加した。企業との共同研究を通してオンボード AI デバイス「AI-OBC」を具現化することに成功し、これをきっかけに発案された衛星ミッション「IMPACT」では、本事業で養成された 20 名の大学生・大学院生が、衛星搭載コンポーネントレベル

の責任者として、インテリジェント宇宙機開発の最前線の現場で活躍している。また、少数ながら本プログラムを通して実際に宇宙航空業界への就職を志願し、宇宙機関への就職を獲得した大学院生もあり、本事業が将来のインテリジェント宇宙機開発を担う若手人材の発掘に寄与したことを示した。

[実用化・事業化や社会実装に至る全段階を通じた取組]

本事業の目標として掲げた「将来のインテリジェント宇宙機開発を担う宇宙 AI 人材の発掘・育成」を通して、大学生・大学院生が積極的に開発に携わったオンボード AI デバイス「AI-0BC」を完成させ、事業内では高校生や高専生らによるオンボード AI 搭載実習に活用した。本事業では主に教育目的として AI-0BC の開発と利用を推進してきたが、これを事業期間内に実際の衛星ミッションに対して実用化させることを目指し、JAXA-SMASH（産学官による輸送・超小型衛星ミッション拡充プログラム）第 2 回衛星ミッション公募に衛星ミッション「IMPACT」を提案して、採択されている。本ミッションは単なる衛星開発にとどまらず、衛星搭載コンポーネントやサービスの事業化に重点を置いて高く評価された結果、採択されており、特に事業化の柱は AI-0BC の世界展開を見据えた内容となっている。衛星ミッションは 2027 年の打ち上げを目指して、本事業に参加した 20 名の大学生・大学院生が中心となって開発が進められている。また、JAXA-SMASH に続く実用化として JAXA 宇宙科学研究所 2024 年度小規模計画にも AI-0BC を活用したアイデアが採択され、AI-0BC と科学観測機器の高度な連携によるオンボードサイエンスの宇宙実証が進められている。以上のように、本事業で開発した AI-0BC が事業内で果たした人材育成の役割を超えて、宇宙機のインテリジェント化を支える重要なコンポーネントとして昇華し、育成した人材が次世代のミッションを支える道筋が着々と具現化しており、本事業内で実施した宇宙 AI 人材教育の成功とその波及効果の高さを裏付けている。

「効率性」

[研究開発の手段やアプローチの妥当性]

高校生～大学・大学院生向けの教育プログラムについて、敷居が高く捉えられがちな宇宙ビッグデータに対して、純粋な競争心で自発的学習意欲を駆動することができるよう、「AI-STEP 特別講義」と「AI-STEP ワークショップ」で技術習得を狙いつつ、他者との競争の要素を「AI-STEP コンペティション」で取り入れた。本事業の教育プログラムへの誘いから AI-STEP コンペティション参加までのパスが体系的に接続されており、第 1 回・第 2 回 AI-STEP コンペティションの参加者数が 155 名にまで拡大したことがその効果を裏付けている（当初想定は 3 名）。また、主として金沢大学が宇宙技術に関する教育を担当し、AI 応用に関する技術面を福井大学・石川工業高等専門学校が担当することで、各機関の強みを生かした教育プログラムを実現することができた。本教育プログラムで開発した「AI-STEP 特別講義」の教材は幅広い年齢層のユーザーを想定して開発されており、本事業終了後も情報処理学会認定公式教材として JMOOC で恒久的に配信されている。「AI-STEP ワークショップ」の実施内容は体系的に整理され、本事業内で 6 回の開催を実現したように、今後様々な機会に宇宙×AI 分野の実践的教育に活用することができる。

オンボード AI を搭載した衛星システム設計・実装・評価では、大学生・大学院生を主体としたオ

オンボード AI デバイス (AI-OBC) の開発と並行して、宇宙での技術実証機会の獲得を狙って事業初年度から衛星ミッションの提案を推進し、結果的に事業期間内に宇宙実証機会を獲得した。本プログラムに参加した大学生らが、デバイスの提案・設計から衛星開発・打ち上げ・運用までを一貫して経験できる機会は極めてユニークであり、航空宇宙分野への就職や進学によって将来のインテリジェント宇宙機開発を担える即戦力となることが高く期待される。

(2) 成果

「アウトプット」

[育成した人材像]

高校生・高専生・大学生・大学院生を対象とし、2030 年代の宇宙開発における必須技術である「インテリジェント宇宙機」の開発を担うことができる人材を育成する。教育効果を測る方法として、本教育プログラムの参加前後で宇宙×AI 技術に関する知識や技能を問うアンケート調査（1: 知らない、2: 知っている、3: 理解し説明できる、4: 利活用できる、5: 適切な手段を提案・解決できる の 5 段階回答）を実施する。本プログラムでの目標到達レベルを上記の 3-5 と定め、全受講者における目標到達レベル達成者の割合の増加量で育成状況を確認した。

高校生・高専生：

宇宙ビッグデータの特徴と必要性を理解するとともに、ニューラルネットワークによる現象分類・特徴抽出等の基礎的な技能と、宇宙ビッグデータの高精度な分類を実現可能な AI モデルを実現するための試行錯誤の手段を身に着けた人材。

大学生・大学院生：

上記に加え、宇宙におけるオンボード AI の課題や制約、重要性を理解し、オンボード AI デバイスに自身が考案した AI モデルを搭載し性能を評価できる人材。また、オンボード AI デバイスの開発経験を有し、将来のインテリジェント宇宙機開発において求められる知識や技術を身に着けた人材。

[育成を行った人数]

AI-STEP 特別講義：318 名

AI-STEP ワークショップ：137 名

AI-STEP コンペティション：155 名

オンボード AI 設計/開発/搭載実習：20 名

[開発した教育教材、教育プログラム数]

本事業のうち、高校生～大学・大学院生向けの教育プログラムを、「AI×宇宙技術教育プログラム AI-STEP」として体系的に整理した。「AI-STEP 特別講義」では教材 3 編を開発し、「AI-STEP ワークショップ」では教材 4 編からなる一式をワークショップパッケージとして集約した。

AI-STEP 特別講義 :

- ・ 宇宙編 (40 分)
- ・ AI 編第 1 回 (52 分)
- ・ AI 編第 2 回 (62 分)

AI-STEP ワークショップ (受講時間: 約 6 時間) :

- ・ パート 1: 概要説明、AI-STEP 特別講義の復習
- ・ パート 2: AI モデルを理解する
- ・ パート 3: AI モデルを改良する
- ・ パート 4: AI-STEP コンペティションの体験

AI-STEP コンペティション (受講時間: 約 1 か月) :

- ・ 第 1 回課題: オーロラカメラの画像を分類せよ!
- ・ 第 2 回課題: 石川県の土地利用を解明せよ!

[アンケート結果]

AI-STEP特別講義 (宇宙編)

調査項目	3-5点と回答した割合 受講前 (N = 318)	3-5点と回答した割合 受講後 (N = 318)
Q2. 宇宙で得られるデータの種類について	28.4%	100.0% (+71.6%)
Q3. 宇宙でデータを観測する手段について	10.8%	63.0% (+52.2%)
Q4. 宇宙のデータを使う方法について	6.8%	46.7% (+39.9%)
(平均値)	15.3%	69.9%

回答区分 1: 知らない, 2: 知っている, 3: 理解し説明できる, 4: 利活用できる, 5: 適切な手段を提案・解決できる

← 本プログラムでの目標到達レベル →

AI-STEP特別講義 (AI編その1)

調査項目	3-5点と回答した割合 受講前 (N = 298)	3-5点と回答した割合 受講後 (N = 298)
Q3. 機械学習の手法 (教師あり, 教師なし, 強化) について	16.8%	55.4% (+38.6%)
Q4. 機械学習 (教師あり学習) における学習と予測について	15.7%	53.0% (+37.3%)
Q5. データを分析するための様々な技術 (予測, クラスタリング, パターン発見など) について	10.8%	37.8% (+27.0%)
Q6. AIの活用事例について	15.8%	49.8% (+34.0%)
Q7. AIを開発 (応用) する流れについて	7.9%	35.7% (+27.8%)
(平均値)	13.4%	46.3%

回答区分 1: 知らない, 2: 知っている, 3: 理解し説明できる, 4: 利活用できる, 5: 適切な手段を提案・解決できる

← 本プログラムでの目標到達レベル →

AI-STEP特別講義 (AI編その2)

調査項目	3-5点と回答した割合 受講前 (N = 271)	3-5点と回答した割合 受講後 (N = 271)
Q3. パーセプトロンの訓練手法について	11.9%	52.2% (+40.3%)
Q4. パーセプトロンとニューラルネットワークの違いについて	14.3%	52.7% (+38.4%)
Q5. 深層学習モデルを構成する各層 (畳み込み層, プーリング層など) の役割について	16.3%	47.3% (+31.0%)
Q6. 代表的な深層学習モデルのアーキテクチャ (VGG, ResNetなど) について	11.4%	34.0% (+22.6%)
(平均値)	13.5%	46.6%

回答区分 1: 知らない, 2: 知っている, 3: 理解し説明できる, 4: 利活用できる, 5: 適切な手段を提案・解決できる

← 本プログラムでの目標到達レベル →

AI-STEPワークショップ（全6回）

調査項目	受講前	受講後
	3-5点と回答した割合 (N = 134)	3-5点と回答した割合 (N = 134)
Q3.AIモデルの作り方の流れについて	20.8%	59.7% (+38.9%)
Q4.AIモデルを構成する各層（畳み込み層，プーリング層など）の役割について	18.5%	61.9% (+43.4%)
Q5.AIモデルの改良方法（層の追加，ハイパーパラメータの調整など）について	15.4%	62.7% (+47.3%)
Q6.宇宙ビッグデータを対象としたAIモデルの構築について	6.2%	50.7% (+44.5%)
(平均値)	15.2%	58.8%

回答区分 1: 知らない, 2: 知っている, 3: 理解し説明できる, 4: 利活用できる, 5: 適切な手段を提案・解決できる

← 本プログラムでの目標到達レベル →

AI-STEPコンペティション（全2回）

調査項目	受講前	受講後
	3-5点と回答した割合 (N = 148)	3-5点と回答した割合 (N = 148)
Q3.AIモデルの作り方の流れについて	19.0%	64.5% (+45.5%)
Q4.AIモデルを構成する各層（畳み込み層，プーリング層など）の役割について	21.1%	70.2% (+49.1%)
Q5.AIモデルの改良方法（層の追加，ハイパーパラメータの調整など）について	15.5%	64.2% (+48.7%)
Q6.宇宙ビッグデータを対象としたAIモデルの構築について	8.6%	53.8% (+45.2%)
(平均値)	16.1%	63.2%

回答区分 1: 知らない, 2: 知っている, 3: 理解し説明できる, 4: 利活用できる, 5: 適切な手段を提案・解決できる

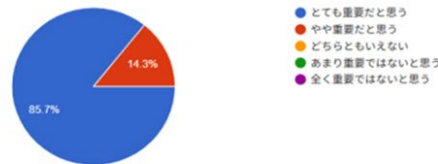
← 本プログラムでの目標到達レベル →

「AI教育用衛星システム」を用いたオンボードAIの実装と評価

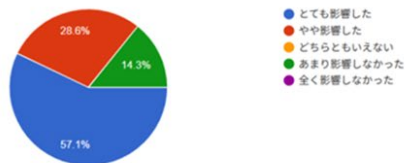
Q.1 衛星搭載ハードウェア・オンボードソフトウェア・オンボードAIの開発を通じて、「宇宙・AI・データサイエンス（いずれか）」に関する理解度はどの程度向上しましたか



Q.4 衛星搭載ハードウェア・オンボードソフトウェア・オンボードAIの開発を通じて得た「宇宙・AI・データサイエンス（いずれか）」に関する知識・経験は、今後の社会にとってどの程度重要だと感じますか



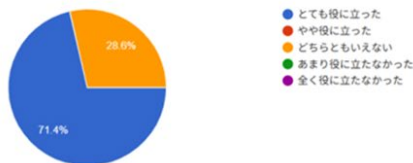
Q.2 衛星搭載ハードウェア・オンボードソフトウェア・オンボードAIの開発を通じて得た「宇宙・AI・データサイエンス（いずれか）」に関する知識・経験は、進学先や就職先（あるいは就職先で希望する職種）の希望の選択・検討にどれくらい影響しましたか（最終結果ではなく、進路を考える過程にどれくらい影響したかを教えてください）



Q.5 衛星搭載ハードウェア・オンボードソフトウェア・オンボードAIの開発を通じて得た「宇宙・AI・データサイエンス（いずれか）」に関する知識・経験を踏まえ、博士後期課程に進学してさらに研究をしたいと感じたことはありましたか



Q.3 衛星搭載ハードウェア・オンボードソフトウェア・オンボードAIの開発を通じて得た「宇宙・AI・データサイエンス（いずれか）」に関する知識・経験は、進学や就職活動に役立ちましたか



「短期アウトカム」 (令和7年10月末時点)

「AI-OBC」を搭載する科学衛星ミッションとして、2023年5月に「IMPACTプロジェクト」を立ち上げ、JAXA-SMASH（産学官による輸送・超小型衛星ミッション拡充プログラム）第2回衛星ミッション公募に2023年11月に採択された。その後2025年2月に衛星開発フェーズへのフェーズアップが認められ、2027年の衛星打ち上げを目指して現在開発を進めている。本衛星ミッションでは「AI-OBC」を衛星のメインコンピュータとし、従来のルールベース処理に基づく衛星システムの制御に加えて、科学データの知的分類や自動識別を行うことで、限定的な通信リソース下でも科学成果を最大化する実験を行うほか、衛星システムの機能としてAIモデルによる判断を取り入れる仕組みを構築し、地上からのコマンドによる指示に依らない宇宙機の自律制御を行う計画である。本ミッションの科学目標は、宇宙天気計測を超小型衛星で高精度に実現することで、複数の超小型衛星を活用した将来の三次元宇宙天気計測網の具現化に貢献することと、磁気圏のプラズマ波動が長距離を伝搬して地表に到達する仕組みを明らかにし、伝搬経路を活用した宇宙プラズマの能動的制御を実現するための科学課題を解決することである。本ミッションにAI-OBCを搭載することは、単にAI-OBCのTechnology Readiness Levelを向上させるだけでなく、科学コンステレーションの運用自律化による運用コストの削減に向けた技術実証を行う意義がある。また、本ミッションを通してAI-OBCの宇宙における実用性を示し、科学目的に限らない地球観測衛星等への搭載や、小型クラス以上の超小型衛星に限らない中型～大型衛星に搭載するサブコンポーネントのプロセッサとしてオンボードインテリジェンスを実現するための応用、また将来の月探査・月居住区の開発に向けた月面観測拠点・自動運転車（ローバー）のプロセッサとしての利用も期待される。また、AI-OBCの宇宙科学利用に関する提案が、新たにJAXA宇宙科学研究所2024年度小規模計画にも採択され、AI-OBCと科学観測機器の高度な連携によるオンボードサイエンスの宇宙実証にも着手している。さらに、オンボードインテリジェンスに関する企業との共同研究が進行している。

人材育成面における本事業の社会的効果として、AI-STEP特別講義の教材が情報処理学会認定公式教材としてJMOOCで恒久的に配信されているほか、スーパーサイエンスハイスクール（金沢大学附属高等学校）や国立大学での出前授業のテーマとして本事業の教材が活用されている。また、高校生自身がオンボードAIに対する興味や知識を深めるために、スーパーサイエンスハイスクールにおいて探究活動の課題テーマとしても取り上げられている。本事業期間内に国内外24の教育機関から参加者を集めることができ、特に中学生の参加もあったことから、超潜在的宇宙AI人材への働きかけにも貢献できたと考えられる。普及啓発活動の一環として、事業期間内や事業期間終了後も、定期的に科学イベント等での展示や体験会を開催しているほか、金沢大学未来知実証センターではショーケースとして「AI-OBC」によるインテリジェント宇宙機の開発テーマが採択され、施設内での常設展示が実現している。

（3）今後の展望（長期アウトカム）

2027年打ち上げ予定の「IMPACT衛星」を成功に導き、本事業を通じて開発した「AI-OBC」を軌道上で技術実証する。IMPACT衛星によるオンボードAIの技術実証により、本事業で開発したAI-OBCのTechnology Readiness Level（TRL）9を実現することで、AI-OBCの事業化をより一層加速させ、日本国内にとどまらない海外の超小型衛星市場や、JAXAをはじめとするフラッグシップミッションへの機器提供を目指す。

本事業で開発・実施した体系的教育プログラムを継続的に実施する体制を構築し、スーパーサイエンスハイスクールをはじめとする優れた高校生への宇宙×AI技術分野の教育活動の継続を目指す。同人材

を金沢大学理工研究域先端宇宙理工学研究センターで受け入れ、次世代のインテリジェンスを備えたミッションへの参画を通して、実践的インテリジェント宇宙機開発人材の育成拠点として昇華することを目指したい。

事業持続性の観点から、AI-OBC の軌道上実証と並行して、大学発ベンチャーによる事業化を計画する。本事業で開発した AI-OBC は 1U サイズの超小型コンピュータであり、主として 6U-12U 程度の CubeSat にメインコンピュータとして搭載することを想定しているが、小型～大型衛星のサブコンポーネントやミッション機器 CPU として搭載することや、月面観測拠点での観測器制御・ローバ自動運转向けのプロセッサとしても応用が可能であり、月面や極地などの極限環境への設置もユースケースとして見据え、今後は幅広い用途向けの汎用的科学装置として展開することを計画している。

8. 評価点

S

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

多岐にわたる計画内容は予定通りしっかり実施され、目標としたインテリジェント宇宙機開発人材育成パッケージを作成し、中高生も含めた多数の利用、参加者を得ることができた。

人材育成/教育効果を定量的に測る指標が少なかったのと、その目標値設定が結果を見るとやや低過ぎたかと思うが、全体に目標値を大きく上回る優れた成果を得ている。開発した人材育成パッケージの教育効果もレベル付けした定量的なアンケートを実施して高い向上度評価を得ていること、コンペティションでの結果も定量評価し、表彰も行い参加者の競争心を刺激していること、AI-OBC へのインストールも実施していること、大学院への進学率と宇宙関連企業への就職者等も増えていることなど、人材育成プログラムとして定量性のある多面的な評価も行っている点は素晴らしく、成果を挙げていると思われる。

また、製品化、打上げ機会の確保など、目標になかった成果を創出した。AI×HW 設計という新規性の高い教育コンテンツが核となりつつ、SMASH をはじめとした宇宙実証まで到達し、高い TRL を実現するなど、学生にこれとない機会を提供するプログラムになっている。オンボード AI デバイス (AI-OBC) への学習成果の実装、及び JAXA 資金を得ての AI-OBC の衛星搭載を推進できたことは特筆すべき成果であり、H/W と S/W 両面に主体的に貢献したといえる。冒頭の成果の概要ではアウトプットとアウトカムの混在があり、結果としてアウトカムに関しての記載が不足している。また、事後自己点検指標もアウトプットに限定されているので、アウトカム指標の提示と成果の対比があるとより良かった。ただし、本編資料では具体的波及効果 (学会での教材化や OBC 開発や軌道上実証獲得等) が良く説明されており、その面でも優れた成果となっている。今後の展開について教育パッケージの全国展開、体験キットとしての展示・発売を目指しており期待が持てる。さらに、事業終了後にスタートアップ立上げを計画している

点でも高く評価できる。

このように、教育成果が高度な技術実証・実用化に繋がっており、特に、高校・高専・他大学の連携が確立されたほか、教材が JM00C で配信されるなど、普及基盤が整備されたことなどは、プログラムとしての仕組み整備の観点から非常に優れている。

しかしながら、今後の計画については具体的な計画は示されておらず予算的な裏付けもよく分からない。組織/資金/人的体制の継続性に関する具体的な提示が無く、実現性に課題が残されている。さらに、宇宙分野での我が国のプレゼンスの向上（国際的活動）に関する計画が不足している。現時点の成果をベースにするとこの計画も前出しできるのではないかと考えるので、この点については今後の努力に期待する。

以上より、本課題は、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と認められる。

今後は、以下の点が期待される。

- 本テーマでは宇宙分野における我が国のプレゼンスの強化への貢献も要望されている。IMPACT の成果を活用しつつ、我が国のみならずグローバルにここで開発した教育パッケージを核に人材育成プログラムとして発展させること。
- 組織/資金/人的体制の継続性や国際的活動の具体化を解決するべく、継続してプログラムの社会適用に取り組んで、より充実したアウトカム成果の創出につなげること。
- 開発した教材の普及の計画を進めること。
- 教材による教育と実践型教育の間をより強くブリッジさせるような進め方で、事業を継続すること。
- 打上げ機会をより効果的に活用すること。
- この事業に参画した AI-OBC 製造会社さんなどとの友好的な連携を維持して、スタートアップ会社を発展させること。
- 高校の段階から、情報系人材を宇宙開発に接続しようという本取組は、我が国にとって重要であると考えられる。そのためにも連携体制の維持や拡大に関する基盤の強化にも資金が得られるように務めること。
- 1 社のみならず複数の大学発スタートアップ創業に繋がる産業人材の育成と、博士・修士の民間就職の加速につながる産業競争力の高い人材の育成すること。