

# 「最先端宇宙科学技術の本物体験で学ぶ「宇宙教育プログラム」の開発」の成果について

実施体制	主管実施機関	東京理科大学	実施期間	平成27年度～平成29年度 (3年間)	実施規模	予算総額(契約額) 110.8百万円		
	代表者名	特任副学長 向井 千秋				1年目	2年目	3年目
	共同実施機関	—				34.9百万円	36.0百万円	39.9百万円

## 背景・全体目標

我が国の宇宙開発利用における人的基盤を強化する上では、中学校・高等学校での教育活動や、宇宙関連の研究者、技術者による普及活動等、宇宙科学技術を深く理解し、その魅力を広く正しく伝えられる人材の輩出が重要だと考える。

本課題の目的は、本学が有する教育・研究の実績と、宇宙関連業界とのネットワークを結びつけることで、宇宙科学技術の将来を担う人材を育成するための「宇宙教育プログラム」を開発することである。さらに、将来的に本学における宇宙教育研究活動の拠点形成までを視野に入れ、その基盤を整備する。

## 全体概要と期待される効果

宇宙科学技術に興味のある大学生、高校生を対象として「宇宙教育プログラム」を実施し、講義・実習・講演・見学・パラボリックフライト実験・海外派遣等を通して、本物の宇宙科学技術の知識・技術を修得させた。さらに、過年度に宇宙教育プログラムを受講した本学学生をメンターとして受講生を指導させ、宇宙科学技術に関するアウトプット力、実践的指導力を向上させた。

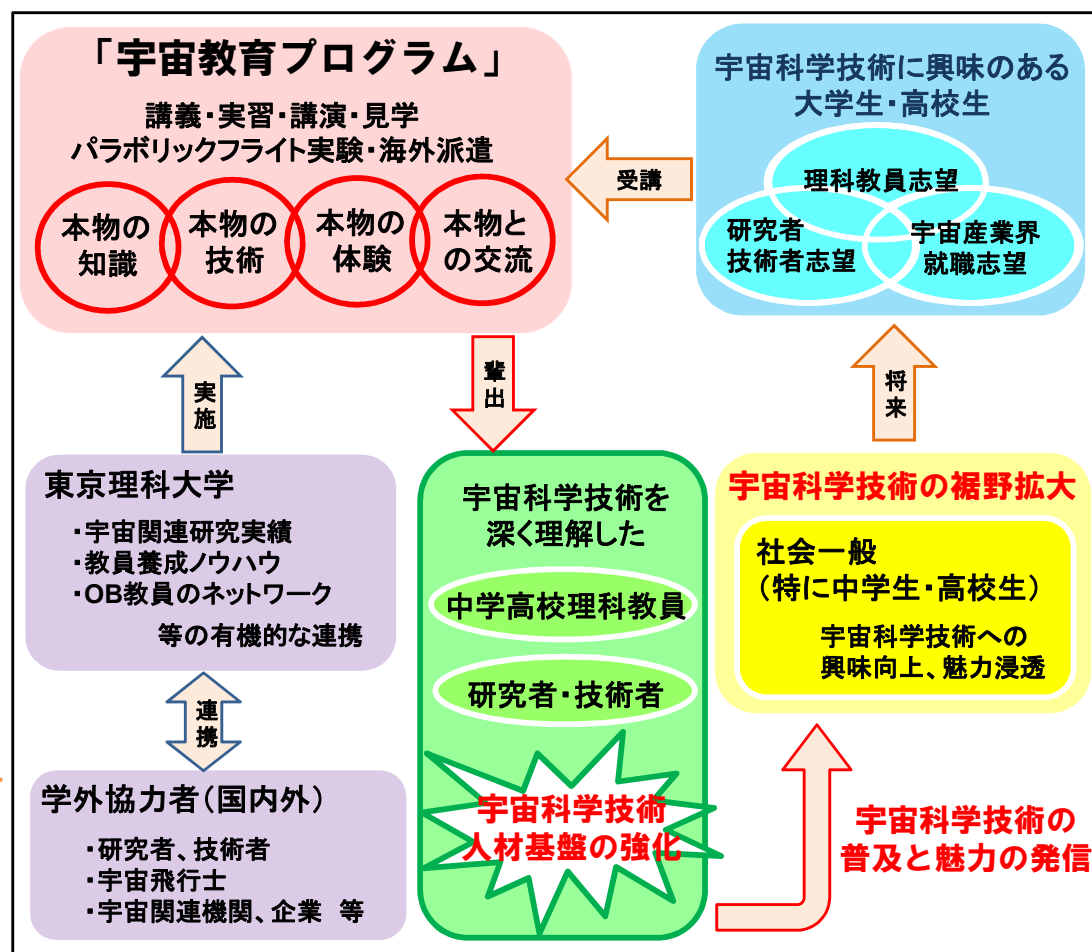
「宇宙教育プログラム」の受講生及びメンター自身が、宇宙開発・宇宙産業の将来を担う人材や、学校現場や宇宙業界等で宇宙科学技術の魅力を広く発信できる人材として活躍することは勿論、さらに次世代の若手人材を育成していくことで、継続的かつ広範囲に影響を与えることが期待される。

## 「国民との科学・技術対話」の推進に関する取組について

「宇宙教育プログラム」で実施した本学教員による講義や、国内外の宇宙飛行士、研究者、技術者等による講演については、受講生に限らず一般の参加者を募集し、延べ801人が聴講した。

また、パラボリックフライト実験において、受講生自身が提案・実施した微小重力実験の紹介・解説動画を計20本作成し、「宇宙教育プログラム」特設ホームページにて一般に公開している。

## 本課題の概要図



# ① 「宇宙教育プログラム」の開発及び実施

## 実施内容及び主な成果

本課題では、平成27年度にパイロット版として「宇宙教育プログラム」を実施し、平成28年度、平成29年度にフルプログラムでの運営及びブラッシュアップを重ねることで、宇宙科学技術の将来を担う人材を育成する「宇宙教育プログラム」を開発した。各年度の「宇宙教育プログラム」の実施規模は、下表のとおりである。（※印の付いた数値は、実人数を示す）

「宇宙教育プログラム」の実施規模

	平成27年度 (H27.12~H28.3)	平成28年度 (H28.6~H29.3)	平成29年度 (H29.6~H30.3)	3ヶ年の合計
受講生の人数	20人(本学学生のみ)	30人(大学生18人、高校生12人)	30人(大学生20人、高校生10人)	※ 80人(大学生58人、高校生22人)
一般聴講者の人数	121人	293人	387人	801人
講義・講演担当者の人数	本学教員 4人 学外 6人	本学教員 17人 学外 11人	本学教員 16人 学外 15人	※ 本学教員 17人 ※ 学外 21人
メンターの人数	—	12人	13人(5人はH28から継続)	※ 20人
講義の実施回数	4回	15回	15回	34回
講演の実施回数	6回	11回	15回	32回
実習の実施回数	3回	11回	18回	36回
見学の訪問先件数	1件	3件	5件	9件
パラボリックフライト実験の実験数	6件	6件	6件	18件
CANSAT実習の実験数	—	5件	5件	10件

### (1) 受講生の募集と選考

パイロット版の平成27年度は、本学学生のみを対象として20名を選考した。平成28年度、平成29年度は他大学に在籍している大学生や高校生まで対象を広げ、計30名を選考した。志願者及び選考に合格した受講生の実人数内訳は、右表のとおりである。

選考方法については、宇宙科学技術への興味と関心、課題設定能力に着目するための「小論文審査」と、宇宙科学技術への興味と関心、宇宙科学技術の魅力の発信や普及・技術の発展を担うための意欲、国際感覚を養う意欲、コミュニケーション力、課題設定力に着目するための「面接審査」を実施した。

志願者及び受講生の実人数内訳 (人)

	平成27年度		平成28年度		平成29年度		3ヶ年の合計	
	志願者	受講生	志願者	受講生	志願者	受講生	志願者	受講生
本学学生	45	20	62	11	31	9	138	40
他大学生	—	—	16	7	21	11	37	18
高校生	—	—	29	12	28	10	57	22
総数	45	20	107	30	80	30	232	80

# ① 「宇宙教育プログラム」の開発及び実施

## 実施内容及び主な成果

### (2) 講義

宇宙関連分野の研究者から本物の知識を得るため、本学教員による講義を、平成27年度は4回、平成28年度及び平成29年度は15回実施した。講義テーマは、宇宙工学、微小重力、有人環境、宇宙論・天体物理、X線天文等、多岐にわたる。

### (3) 実習

実際のデータを使った解析、ミッションデザインや搭載機器開発など、本物の技術を修得するためハンズオン・トレーニングを主体とした実習を、平成27年度は3回、平成28年度は11回、平成29年度は18回実施した。

### (4) 講演

宇宙産業界の現状を知り、世界的な視野を身に付けるため、国内外で活躍する宇宙飛行士、研究者、技術者等による講演を、平成27年度は6回、平成28年度は11回、平成29年度は15回実施した。

### (5) CDF実習

実践的な宇宙機開発を体験させるため、平成28年度及び平成29年度に「CDF実習」を実施した。JAXA宇宙科学研究所の協力のもと、実際の衛星設計を目的として想定し、衛星を構成する各サブシステムを担当する6チーム（通信系、姿勢制御系、電源系、熱制御系、推進構造系）に分かれて、それぞれの要求を議論しながら設計を進めた。

### (6) 見学

最先端の宇宙関連技術に関する造詣を深めるため、宇宙関連機関の見学を行った。平成27年度はJAXA筑波宇宙センター、平成28年度はJAXA宇宙科学研究所、NEC府中事業場、国立天文台三鷹キャンパス、平成29年度はJAXA角田宇宙センター、東北大学 流体科学研究所、株式会社アストロスケール、株式会社アクセルスペース、JAXA宇宙科学研究所を見学した。



講義「宇宙飛行士の仕事」  
(向井千秋 特任副学長)



実習「本物の宇宙カメラ作り」  
(木村真一 教授)



実習「宇宙船内空調の数値シミュレーション」  
(倉淵隆 教授)



講演「大型宇宙機のための  
技術開発～宇宙ヨットと宇宙  
発電所～」  
(JAXA宇宙科学研究所  
相馬央令子 氏)



講演「Overview of NASA and  
Next Steps in the Exploration  
of Space」  
(NASA Asia Representative  
Mr. Garvey McIntosh)



講演「How I came to Japan via  
Low Earth Orbit」  
(アメリカン・スクール・イン・ジャパン  
Mr. Daniel Tani(宇宙飛行士))



CDF実習  
(JAXA宇宙科学研究所)



見学  
(JAXA角田宇宙センター)



見学  
(株式会社アクセルスペース)

# ① 「宇宙教育プログラム」の開発及び実施

## 実施内容及び主な成果

### (7) パラボリックフライト実験（微小重力実験）

平成27年度～平成29年度に、受講生を大学生・高校生別に6グループに分け、パラボリックフライト実験（微小重力実験）を実施した。教員及びメンターの指導のもと、受講生自身が主体的に実験提案、計画立案、装置開発、実践、データ解析、成果発表等に取り組むことで宇宙科学技術を体感させ、知識・技術の向上を図った。各グループが実施した実験テーマは、下表のとおりである。

パラボリックフライト実験(微小重力実験)の実験テーマ一覧

実施年度	グループ名称	グループ構成	実験テーマ
平成27年度	(P1) GMSY	大学生4名	電磁コイルを用いた次世代ロケット発射システムのシミュレーション実験
	(P2) FREP	大学生4名	3次元空間における磁力線の観察
	(P3) ピースリー	大学生3名	微小重力がステンパー飛行機の飛行挙動に及ぼす影響
	(P4) SEM	大学生3名	液膜実験
	(P5) Team ME	大学生3名	微小重力下での物体の回転運動
	(P6) Expimks	大学生3名	微小重力空間における振り子の振動
平成28年度	(P1) Raspberry-fly	大学生6名	微小重力状態で制御可能なマルチロータヘリコプタの実証実験
	(P2) Swing By Me	大学生6名	スイングバイ航法の模擬実験及びその教育マテリアル開発
	(P3) Team 昴	大学生6名	毛細管実験、展開構造実験
	(P4) チームKEN	高校生4名	宇宙エレベーター クライマー昇降実験
	(P5) 昴	高校生4名	・電磁誘導とgジッターの軽減について ・重力変化と粒子クラスターからの脱出挙動解析
	(P6) 地球×2BOOM	高校生4名	・国際宇宙ステーション用ピペットの開発 ・無重力下における生卵の挙動運動
平成29年度	(P1) POCKY	大学生5名	リニアモーターカー
	(P2) Burrs	大学生5名	Space Colony における大気の循環
	(P3) Flying★Girls	大学生5名	微小粒子を用いた音波の可視化
	(P4) H.G.M	大学生5名	マグナス効果による力の計測
	(P5) G-G	高校生5名	流体を用いた角運動量発生装置の特性
	(P6) DEVENGERS	高校生5名	非協力的物体(微小デブリ)の効率的な収集方法



# ① 「宇宙教育プログラム」の開発及び実施

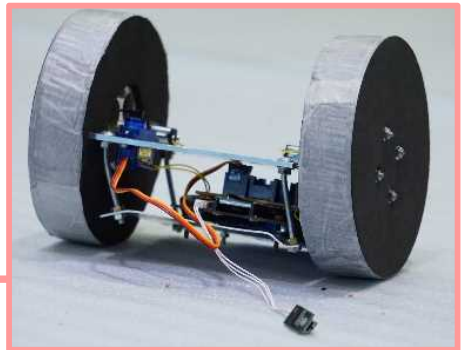
## 実施内容及び主な成果

### (8) CANSAT実習（小型衛星模擬モデルの落下実験）

平成28年度及び平成29年度に、受講生を大学生・高校生混合で5グループに分け、CANSAT実習（小型衛星模擬モデルの落下実験）を実施した。教員及びメンターの指導のもと、受講生自身が主体的にミッションデザイン、システム設計、ソフトウェア及びハードウェア設計・実装、検証、実験、データ解析、成果発表等に取り組むことで、システム設計・構築に関する総合的な理解を図った。各グループが実施したミッションは、下表のとおりである。

CANSAT実習（小型衛星模擬モデルの落下実験）のミッション一覧

実施年度	グループ名称	グループ構成	ミッション
平成28年度	(C1)C1	大学生3名 高校生3名	起き上がり小法師の原理で地面に直立する簡素な着陸機構の開発
	(C2) Shooting star	大学生3名 高校生3名	火星からの天体缶測(天体観測機器の着陸、センサー類の動作確認と解析、基礎データ収集、観測方法の提案・検証)
	(C3)いろは	大学生4名 高校生2名	地上の風景をぐるっと1周 360° 撮影を行う
	(C4)terra-forming	大学生4名 高校生2名	車輪以外による移動方法の考案 ボーリング調査による火星内部の調査
	(C5)ピョンサット	大学生4名 高校生2名	跳躍機構による自立移動実験
平成29年度	(C1)BUFFET	大学生4名 高校生2名	砂を回収し、その砂に水を添加する技術の実証
	(C2)CaLT	大学生4名 高校生2名	ダンパーによる衝撃緩衝の性能評価
	(C3)パイオニア	大学生4名 高校生2名	有人基地局の設置(横拡張式居住モジュールを地上で展開し、人型模型をモジュールに移動させる)
	(C4)火星探検隊	大学生4名 高校生2名	親機から複数の子機を放出し、広域的な探査を行う
	(C5)ESM	大学生4名 高校生2名	障害物がある中で、電波ビーコンと赤外線センサを用いた誘導



# ① 「宇宙教育プログラム」の開発及び実施

## 実施内容及び主な成果

### (9) 海外派遣

平成28年度及び平成29年度に、宇宙科学技術の先進国であるアメリカにおいて、宇宙科学技術への理解と興味を深めるとともに、国際感覚と世界的視野を醸成するため、受講生から大学生10人を選考して海外派遣を実施した。選考方法は、英語による「動画審査」及び日本語による「グループディスカッション」を行った。海外派遣では、NASA Johnson Space Center, JAXA Houston Office, Rice University, Ames Research Center, Stanford University等を見学した。



NASA Johnson Space Center



Rice University (レクチャー)



Ames Research Center ①



Ames Research Center ②

### (10) メンター活動

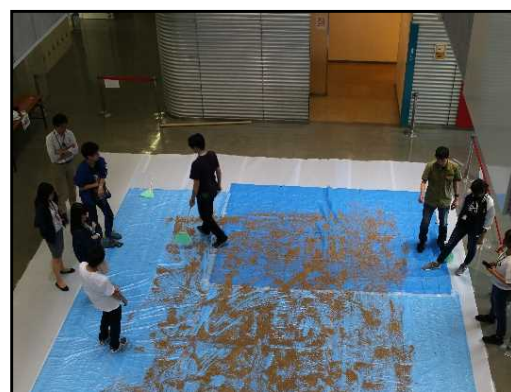
過年度に宇宙教育プログラムを受講した本学学生から選抜したメンターに、当該年度の受講生を指導させることで、受講生にはより密接な指導と身近なキャリアモデルを与え、メンター自身には宇宙科学技術に関するアウトプット力、実践的指導力の向上を図った。平成28年度は12人、平成29年度は13人（うち5人は平成28年度から継続）がメンター活動に取り組んだ。



パラボリックフライト実験の事前レクチャー



CANSATハンズオンディスカッション



CANSAT実習の投下実験場 設営



CDF実習の進行補佐

# 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 : 1	国内 : 14 国際 : 5	国内 : 0 国際 : 0	国内 : 2 国際 : 0	国内 : 0 国際 : 0
	受賞・表彰リスト		・11th Asian Microgravity Symposium(AMS2016) 平成28年度メンター（本学学生）がMohri Poster Sessionにおいて Notable Poster Awardを受賞			

## 成果展開の状況について

宇宙科学技術に興味のある大学生、高校生を対象として、委託期間を通して計80人（大学生58人、高校生22人）が「宇宙教育プログラム」を受講し、本物の宇宙科学技術の知識・技術を修得した。さらに、受講生のうち、計20人がメンターとして活動し、宇宙科学技術に関するアウトプット力、実践的指導力を養成した。受講生には当初から宇宙関連分野への進学・就職を夢見ていた者が多いが、「宇宙教育プログラム」で得られた知識・経験を通して、宇宙関連分野の中で選択肢の幅を広げた者や、自身の適正を知ってより具体的な目標を設定した者もあり、進路選択の促進にも寄与することができたと考える。

受講生及びメンターは、「宇宙教育プログラム」以外の場（国際学会、学会誌等）でも成果発表を行い、「宇宙科学技術の魅力発信し、広く社会全体の宇宙科学技術への興味を醸成することのできる力」を養うことができた。特筆する成果として、平成28年10月に開催された11th Asian Microgravity Symposium (AMS2016)では、平成28年度メンターがMohri Poster SessionにおいてNotable Poster Awardを受賞した。また、平成29年6月に開催されたJoint Conference : 31st ISTS, 26th ISSFD & 8th NSATで平成29年度メンターが口頭発表を行い、日本航空宇宙学会英文オンラインジャーナルのISTS特集号「Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan, ISTS 2018 (Vol. 31)」に査読付き論文が掲載された。さらに、平成30年3月に開催されたS-ISEF2（第2回国際宇宙探査フォーラムサイドイベント）では、平成28年度の受講生1グループと、平成29年度の受講生2グループがポスター発表及び口頭発表を行っており、書類選考に通過した全7件の発表のうち、3件は本学の「宇宙教育プログラム」の受講高校生であった。

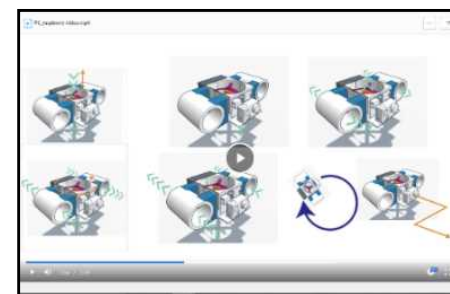
以上より、本課題では若手人材の育成を通して、宇宙科学技術の将来を担う人的基盤の強化を進めることができた。また、パラボリックフライト実験において、受講生自身が提案・実施した微小重力実験の紹介・解説動画を計20本作成し、「宇宙教育プログラム」特設ホームページにて一般に公開している。

## 今後の研究開発計画

平成29年度に本学に設立した「スペース・コロニー研究センター」を拠点とし、「宇宙教育プログラム」の開発により蓄積したノウハウ、実験成果、人材等を、委託期間満了後も積極的に活用し、宇宙教育研究活動の継続的な運用を行うこととする。さらに「宇宙教育プログラム」の基盤となる講義、講演等だけでなく、教育効果が非常に高いパラボリックフライト実験やCANSAT実習も継続的に実施できる体制を整えていく必要がある。また、「宇宙教育プログラム」の課題として、特定の教員に負担が偏るという点が挙げられる。これを改善するため、メンター制度をより実践的かつ効果的な指導者養成の仕組みとして体系化し、メンターの教育的役割を拡充することで教員の負担緩和を図るとともに、ノウハウを継承していくことでプログラムの恒常的な運用を目指す必要がある。



H29 ISTS口頭発表  
(H29メンター)



微小重力実験動画  
(H28 マルチロータヘリコプタ)

# 事後評価票

平成30年3月末時点

1. 課題名	最先端宇宙科学技術の本物体験で学ぶ「宇宙教育プログラム」の開発
2. 主管実施機関・研究代表者	学校法人東京理科大学・向井 千秋 特任副学長
3. 共同実施機関	—
4. 実施期間	平成27年度～平成29年度
5. 総経費	110.8百万円
6. 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	
①学生、特に卒業後にこれからの青少年教育に携わる将来理科教員を目指す大学生や宇宙開発・産業界を担うことが期待される大学生、高校生が最先端の本物の宇宙科学技術を体感することで、宇宙科学技術への理解と科学への興味を深め、大学卒業後、中学校・高等学校での教育活動や、研究、開発、科学の普及活動等を通じて宇宙科学技術の魅力を発信し、広く社会全体の宇宙科学技術への興味を醸成することのできる力を養うための基盤づくりに寄与する「宇宙教育プログラム」を開発する。	
②将来的に主管実施機関における宇宙教育研究活動の拠点形成までを視野に入れ、宇宙科学技術への興味や魅力を深めることのできる教材を作成するとともに、事業終了後も主管実施機関によって継続的に運用し、中学校・高等学校の教育現場や宇宙関連の産業界と連携して宇宙の魅力を広げる仕組みを構築して、発展的な活動を展開するための基盤を整備する。	
◆ 達成度	
①本課題では、平成27年度にパイロット版として「宇宙教育プログラム」を実施し、平成28年度、平成29年度にフルプログラムでの運営及びブラッシュアップを重ねることで、宇宙科学技術の将来を担う人材を育成する「宇宙教育プログラム」の開発を十分に達成した。なお、具体的な実施内容は以下のとおりである。	
○「宇宙教育プログラム」の受講生は、平成27年度は主管実施機関学生20人、平成28年度は主管実施機関学生11人、他大学生7人、高校生12人の計30人、平成29年度は主管実施機関学生9人、他大学生11人、高校生10人の計30人であった。	



- 「宇宙教育プログラム」で実施した講義、講演等の一部は、「国民との科学・技術対話」を目指し、受講生に限らず一般にも公開した。聴講者の延べ人数は、平成 27 年度は計 121 人、平成 28 年度は計 293 人、平成 29 年度は計 387 人であった。
- 宇宙関連分野の研究者から本物の知識を得るため、主管実施機関教員による講義を、平成 27 年度は 4 回、平成 28 年度及び平成 29 年度は 15 回実施した。
- 実際のデータを使った解析、ミッションデザインや搭載機器開発など、本物の技術を修得するためハンズオン・トレーニングを主体とした実習を、平成 27 年度は 3 回、平成 28 年度は 11 回、平成 29 年度は 18 回実施した。
- 宇宙産業界の現状を知り、世界的な視野を身に付けるため、国内外で活躍する宇宙飛行士、研究者、技術者等による講演を、平成 27 年度は 6 回、平成 28 年度は 11 回、平成 29 年度は 15 回実施した。
- 平成 28 年度及び平成 29 年度に、受講生同士が実際の衛星設計を目的として想定した議論を行う「CDF 実習」を実施した。JAXA 宇宙科学研究所の協力のもと、衛星を構成する各サブシステムを担当するチームに分かれて、それぞれの要求を議論しながら設計を進めることで、実践的な宇宙機関発を体験させた。
- 最先端の宇宙関連技術に関する造詣を深めるため、宇宙関連機関の見学を行った。平成 27 年度は JAXA 筑波宇宙センター、平成 28 年度は JAXA 宇宙科学研究所、NEC 府中事業場、国立天文台三鷹キャンパス、平成 29 年度は JAXA 角田宇宙センター、東北大学 流体科学研究所、株式会社アストロスケール、株式会社アクセルスペース、JAXA 宇宙科学研究所を見学した。
- 平成 27 年度～平成 29 年度に「パラボリックフライト実験（微小重力実験）」を実施し、受講生がグループで実験提案、計画立案、装置開発、実践、データ解析、成果発表等に取り組むことで宇宙科学技術を体感させ、知識・技術の向上を図った。
- 受講生が自ら実施したパラボリックフライト実験の紹介・解説を動画化することで宇宙教育教材の開発を図り、「宇宙教育プログラム」特設ホームページにて一般に公開した。さらに、現役の中学校・高等学校教員に提供することにより、教育現場へより直接的に宇宙科学技術の浸透を促した。
- 平成 28 年度及び平成 29 年度に「CANSAT 実習（小型衛星模擬モデルの落下実験）」を実施し、受講生がグループでミッションデザイン、システム設計、ソフトウェア及びハードウェア設計・実装、検証、実験、データ解析、成果発表等に取り組むことで、システム設計・構築に関する総合的な理解を図った。
- 平成 28 年度及び平成 29 年度に、宇宙科学技術の先進国であるアメリカにおいて、宇宙科学技術への理解と興味を深めるとともに、国際感覚と世界的視野を醸成するため、受講生から大学生 10 人を選考して「海外派遣」を実施し、NASA Johnson Space Center、JAXA Houston Office、Rice University、Ames Research Center、Stanford University 等を見学した。
- 過年度に宇宙教育プログラムを受講した主管実施機関学生をメンターとし、当該年度を受講生を指導させることで、受講生にはより密接な指導と身近なキャリアモデルを与え、メンター自身には宇宙科学技術に関するアウトプット力、実践的指導力の向上を図った。平成 28 年度は 12 人、平成 29 年度は 13 人（うち 5 人は平成 28 年度から継続）がメンター活動に取り組んだ。
- 宇宙関係機関又は企業に所属する学識経験者や、中学校・高等学校の校長によって構成される「宇宙教育プログラム」外部評価委員会から、以下の評価を得た。
  - ・「宇宙教育プログラム」は、大学生、高校生の宇宙科学技術への理解と科学への興味を深め、大

学卒業後、中学校・高等学校における教育や研究、開発、科学の普及活動等を通じて宇宙科学技術の魅力を発信し、広く社会全体の宇宙科学技術への興味を醸成することのできる力を養うための基盤づくりに大きく寄与している他に類を見ない大変有意義で貴重なプログラムである。

・「宇宙教育プログラム」で実施したアクティブ・ラーニング形式の教育方法は、テーマを宇宙から他の分野に替えても実施でき、今後、大学全体の教育を機能強化する先駆的な役割を果たすものである。

②本課題で「宇宙教育プログラム」の開発により蓄積したノウハウ、実験成果、人材等を、本課題終了後も宇宙人材育成に積極的に活用するため、主管実施機関では平成 29 年度に設立した「スペース・コロニー研究センター」を拠点とし、「宇宙教育プログラム」の基盤となる講義、講演等を継続的に実施している。

### 「必要性」

本課題は以下の観点から、十分な必要性が認められる。

#### ①機関の設置目的や研究目的への適合性

宇宙科学技術の将来を担う人的基盤の強化にあたっては、研究・教育の両面におけるノウハウを有していることが必要であるとともに、宇宙科学技術は様々な技術の融合の上に実現する総合システムであるため、様々な分野との連携が不可欠である。これに対して主管実施機関は、これまで優れた理科教員や研究者、技術者を養成し、多数輩出してきた実績を持ち、さらに微小重力、宇宙医学、天文、搭載機器開発等、現在の宇宙科学技術の分野の最先端で活躍している研究者が多数在職している。「宇宙教育プログラム」においては、主管実施機関が有する教育・研究の実績と、宇宙関連業界とのネットワークを結びつけることで、講義、講演、実習、見学等の本物の宇宙科学技術を体感できる多様なプログラムを実施することが可能となった。また、宇宙科学技術の将来を担う人材を育成するという目的は、「理学の普及を以て国運発展の基礎とする」という主管実施機関の建学の精神にまさに合致するものである。

#### ②若手研究者の育成

我が国の宇宙開発利用における人的基盤を強化していく上では、中学校・高等学校での教育活動や宇宙関連の研究者、技術者による普及活動は非常に重要な役割を担っている。特に青少年が最先端の宇宙科学技術の魅力や楽しさに目覚める機会を生み出すためには、宇宙科学技術を深く理解し、その魅力を正しく伝えられる中学校・高等学校の理科教員や、研究者、技術者を継続的に、かつ広範囲に輩出していくことが重要である。「宇宙教育プログラム」で本物の宇宙科学技術を体感した受講生と、その後の教育指導も実践したメンターには、これらの経験を踏まえて、将来、宇宙科学技術の普及活動における活躍が期待できる。

## 「有効性」

本課題は以下の観点から、十分な有効性が認められる。

### ①人材の養成

本課題では、事業期間を通して計 80 人（大学生 58 人、高校生 22 人）が「宇宙教育プログラム」を受講し、本物の宇宙科学技術の知識・技術を修得した。さらに、受講生のうち、計 20 人がメンターとして活動し、宇宙科学技術に関するアウトプット力、実践的指導力を養成した。受講生、メンターの一部は、「宇宙教育プログラム」以外の場（国際学会、学会誌等）でも積極的に成果発表等を行っており、「宇宙科学技術の魅力を発信し、広く社会全体の宇宙科学技術への興味を醸成することのできる力」は、着実に備わったと考えられる。また、受講生には当初から宇宙関連分野への進学・就職を夢見ていた者が多いが、「宇宙教育プログラム」で得られた知識・経験を通じて、宇宙関連分野の中で選択肢の幅を広げた者や、自身の適正を知ってより具体的な目標を設定した者もあり、進路選択の促進にも寄与することができた。これらにより、本課題では宇宙科学技術の将来を担う人的基盤の強化を進めることができる。

### ②直接・間接の成果・効果やその他の波及効果の内容

「宇宙教育プログラム」で実施した講義、講演等の一部は、受講生に限らず一般の聴講者を募集し、事業期間を通して延べ 801 人が参加した。小学生、中学生及びその保護者、現役の中学校・高等学校教員等も参加しており、アンケートでは「漠然と『人類の代表』だと思っていた宇宙飛行士が、身近な存在に感じられた」「スペースデブリの深刻な現状を知って、子供と話し合っていきたいと思った」「講義の内容にわくわくした。自身の生徒にも伝えていきたい」等の意見があった。これらにより、宇宙科学技術をより身近に感じ、興味を持つ若手人材の増加等の波及効果が期待できる。

## 「効率性」

本課題は以下の観点から、十分な効率性が認められる。

### ①計画・実施体制の妥当性

本事業は宇宙飛行士の向井千秋特任副学長を研究代表者とし、微小重力、天文、搭載機器開発等、現在の宇宙科学技術の最先端の分野で活躍している主管実施機関教員が参画し、豊富な知識・経験により講義や実習を行った。また、主管実施機関教員の人的ネットワークを駆使して宇宙飛行士・研究者・技術者・起業家による講演や、宇宙航空開発研究機構（JAXA）をはじめとする宇宙関連分野で実績のある機関・企業の見学を実施することができた。さらに、過年度に宇宙教育プログラムを受講した主管実施機関学生をメンターとして、プログラムの運営側に加えることで、受講生に対するより密接な指導を行うことができた。「宇宙教育プログラム」で実施した取り組みの中でも、特にパラボリックフライト実験及び CANSAT 実習では、約 4 ヶ月の限られた期間内で、受講生による実験提案、計画立案、装置開発、実践、データ解析、成果発表の一連の流れを行う必要があったが、全グループが無事に実験を遂行することができており、本課題の計画・実施体制は妥当である。

### ②費用構造や費用対効果向上方策の妥当性

本課題では、費用対効果を最大限に上げるべく、主管実施機関が有する教室・実験室・研究設備等

を十分に活用した。例えば、CANSAT 実習では小型衛星模擬モデルの落下実験を行う設備が必要となるが、主管実施機関野田キャンパス講義棟の吹き抜け構造を利用し、実験場を自作することで対応した。また、主管実施機関野田キャンパスに「宇宙教育プログラム室」を設けることで、異なる大学、高校に通う受講生同士が集まり、宇宙教育プログラムの実施日以外にも主体的に実験準備等を進めることができる環境を提供した。また、平成 28 年度、平成 29 年度に実施した海外派遣では、参加者を大学生の受講生 10 名に制限したが、海外派遣に参加した受講生により、宇宙教育プログラム通信への報告記事の掲載や、海外派遣報告動画を作成して他の受講生に成果報告を行うことで、その成果を還元した。これらのことから、本課題の費用構造は妥当である。

## (2) 成果

### 「アウトプット」

本課題では「宇宙教育プログラム」を開発・実施し、以下の成果を得たことで、宇宙科学技術の将来を担う人的基盤の強化を進めた。

- 宇宙科学技術に興味のある大学生、高校生を対象として、事業期間を通して計 80 人（大学生 58 人、高校生 22 人）が「宇宙教育プログラム」を受講し、本物の宇宙科学技術の知識・技術を修得した。さらに、受講生のうち、計 20 人がメンターとして活動し、宇宙科学技術に関するアウトプット力、実践的指導力を養成した。
- 「宇宙教育プログラム」で実施した講義、講演等の一部は一般の聴講者を募集し、事業期間を通して延べ 801 人が参加したことで、宇宙科学技術を現実のものとしてより身近に感じ、興味を持つ若手人材の増加に寄与した。
- パラボリックフライト実験において、事業期間を通して受講生 18 グループが、計 18 種類の微小重力実験を提案、実施した。さらに、受講生が作成したパラボリックフライト実験の紹介・解説動画計 20 本を、「宇宙教育プログラム」特設ホームページにて一般に公開した。
- CANSAT 実習において、事業期間を通して受講生 10 グループが、計 10 種類の小型衛星模擬モデルの落下実験を提案、実施した。
- 受講生、メンターは、「宇宙教育プログラム」以外の場（国際学会、学会誌等）でも、事業期間を通して以下のとおり成果発表を行い、「宇宙科学技術の魅力を発信し、広く社会全体の宇宙科学技術への興味を醸成することのできる力」を育成した。

#### 学会等における口頭・ポスター発表

発表題目	発表者	発表した場所	発表時期	備考
		(学会等名)		
Parabolic Flight Experiment on Dynamics of Free Liquid Films - Revisit of Demonstration by Dr. Pettit on the ISS (ポスター発表)	H28 メンター (H27 受講生)	11th Asian Microgravity Symposium (AMS2016)	H28. 10	Mohri Poster Sessionにおいて Notable Poster Award を受賞
Space Educational Program of the Tokyo University of Science : A Trial for Space Education (口頭発表)	H29 メンター (H27 受講生)	Joint Conference: 31st ISTS, 26th ISSFD & 8th NSAT	H29. 6	英文オンラインジャーナルの ISTS 特集号に査読付き論文掲載

An Attempt to Acquire Images of Three-Dimensional Magnetic Fields for Education Purposes Under the Microgravity Condition of Parabolic Flight (口頭発表)	H27 受講生 (4人1グループ)	Joint Conference: 31st ISTS, 26th ISSFD & 8th NSAT	H29. 6	
宇宙教育プログラムより学ぶ「本物」(口頭発表)	H29 メンター (H28 受講生)	第 61 回宇宙科学技術連合講演会	H29. 10	
微小重力状態を活用した Swing-by 動画教材の開発 (ポスター発表)	H29 メンター (H28 受講生)	第 61 回宇宙科学技術連合講演会	H29. 10	
Construction of base for life exploration in Titan ~in hopes of local production of local consumption~ (ポスター及び口頭発表)	H28 受講生 (3人1グループ)	S-ISEF2(第2回国際宇宙探査フォーラムサイドイベント)	H30. 3	「宇宙教育プログラム」修了後の独自の研究成果
Characteristic of angular momentum generator using fluid in microgravity (ポスター及び口頭発表)	H29 受講生 (5人1グループ)	S-ISEF2(第2回国際宇宙探査フォーラムサイドイベント)	H30. 3	
The Sample Return Project from Comets using Magnets (ポスター及び口頭発表)	H29 受講生 (5人1グループ)	S-ISEF2(第2回国際宇宙探査フォーラムサイドイベント)	H30. 3	

#### 学会誌・雑誌等における論文掲載

発表題目	発表者	発表した場所	発表時期	備考
		(学会誌・雑誌等名)		
Space Educational Program of the Tokyo University of Science : A Trial for Space Education (査読付き論文)	H29 メンター (H27 受講生)	Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan, ISTS 2018 (Vol. 31)	H29. 12	ISTS 特集号

○主管実施機関教員及び学外講演者が、「宇宙教育プログラム」で実施した教育内容から得られた成果について、以下のとおり成果発表を行った。

#### 学会等における口頭・ポスター発表

発表題目	発表者	発表した場所 (学会等名)	発表時期	備考
東京理科大学宇宙教育プログラムにおける実践的宇宙教育の試み (口頭発表)	木村真一 教授	第 60 回宇宙科学技術連合講演会	H28. 9	
Space Education Program of the Tokyo University of Science A trial for hands-on space education by using realistic materials (口頭発表)	木村真一 教授	International Astronautical Congress2017 (IAC)	H29. 9	
東京理科大学宇宙教育プログラムの成果と課題 (口頭発表)	木村真一 教授	第 61 回宇宙科学技術連合講演会	H29. 10	
Space Education Program of the Tokyo University of Science: A trial for hands-on space education by using realistic materials (口頭発表)	木村真一 教授	APRSAF-24 (アジア・太平洋地域宇宙機関会議)	H29. 11	
東京理科大学宇宙教育プログラム—宇宙の科学と技術の体験学習の試み—(講演及びパネルディスカッション)	木村真一 教授	第 11 回宇宙ユニットシンポジウム (京都大学)	H30. 2	先方からの依頼による講演

学会誌・雑誌等における論文掲載				
発表題目	発表者	発表した場所	発表時期	備考
		(学会誌・雑誌等名)		
TUS Space Educational Program (T-SEP) －目的と概要－	向井千秋 特任 副学長	科学フォーラム 12 月号 (2016) 通巻 391 号	H28. 12	宇宙教育プログラム特集
教育という視点からみた宇宙教育プログラム	山本誠 教授	科学フォーラム 12 月号 (2016) 通巻 391 号	H28. 12	宇宙教育プログラム特集
理科大宇宙教育プログラムとロケットシミュレーション	藤井孝藏 教授	科学フォーラム 12 月号 (2016) 通巻 391 号	H28. 12	宇宙教育プログラム特集
星, 物質, 宇宙の進化	鈴木英之 教授	科学フォーラム 12 月号 (2016) 通巻 391 号	H28. 12	宇宙教育プログラム特集
現役の宇宙工学研究者から見た宇宙教育プログラムと後輩へのエール	相馬央令子 氏 (学外講演者: JAXA 宇宙科学研究所)	科学フォーラム 12 月号 (2016) 通巻 391 号	H28. 12	宇宙教育プログラム特集
本物を体験することの意義 －ハンズオン実習とパラボリックフライト－	木村真一 教授	科学フォーラム 12 月号 (2016) 通巻 391 号	H28. 12	宇宙教育プログラム特集

○現役の中学校・高等学校教員 6 人の協力のもと、学校現場において使うことができる教材の作成に向けて意見交換を行った。また、協力教員に「宇宙教育プログラム」の講義、講演、パラボリックフライト実験の動画等を提供することにより、教育現場へより直接的に宇宙科学技術の浸透を促した。

#### 「アウトカム」 (平成 30 年 10 月末時点)

本課題で開発した「宇宙教育プログラム」の進捗、成果を踏まえ、本課題の終了後、主管実施機関は平成 30 年度宇宙航空科学技術推進委託費の宇宙航空人材育成プログラムに応募・採択され、「最先端宇宙科学技術の本物体験で学ぶ「宇宙教育プログラム」を実施することが決まった。新規課題では、本課題で蓄積したノウハウ、実験成果、人材等を活用することで「宇宙教育プログラム」をさらに発展させている。

平成 30 年度「宇宙教育プログラム」は、主管実施機関学生 16 人、他大学生 4 人、高校生 10 人の計 30 人を受講生として 10 月から開始している。

#### (3) 今後の展望

「宇宙教育プログラム」の受講生及びメンター自身が、宇宙開発・宇宙産業の将来を担う人材や、学校現場や宇宙業界等で宇宙科学技術の魅力を広く発信できる人材として活躍することは勿論、さらに次世代の若手人材を育成していくことで、継続的かつ広範囲に影響を与えることが期待される。

主管実施機関においては「宇宙教育プログラム」の開発により蓄積したノウハウ、実験成果、人材等を、事業期間満了後も積極的に活用し、宇宙教育研究活動の継続的な運用を行うこと、及び、「宇宙教育プログラム」の基盤となる講義、講演等だけでなく、教育効果が非常に高いパラボリックフライト実験や CANSAT 実習も継続的に実施できる体制を整えていくことが期待される。

また、「宇宙教育プログラム」の課題として、特定の教員に負担が偏るという点が挙げられる。これ

を改善するため、メンター制度をより実践的かつ効果的な指導者養成の仕組みとして体系化し、メンターの教育的役割を拡充することで教員の負担緩和を図るとともに、ノウハウを継承していくことでプログラムの恒常的な運用を目指す必要がある。

## 7. 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。

## 8. 評価理由

本課題では、主管実施機関が有する教育・研究の実績と、宇宙関連業界とのネットワークを結びつけ、それらを最大限活用することで、本物体験を通じて宇宙科学技術の将来を担う人材を育成する「宇宙教育プログラム」を開発した。

具体的には、主管実施機関内外の多数の大学生、高校生に対して、講義、講演、見学により知識や興味を向上させるとともに、パラボリックフライト実験、CANSAT 実習により実践に基づいて宇宙科学技術を修得させ、人材育成の仕組みを確立した。また、メンター活動については、受講生への指導を通して、メンター自身が宇宙科学技術に関するアウトプット力、実践的指導力を向上させたことから、効率的な仕組みであると認められる。さらに、受講生及びメンターは、本プログラム以外の場でも積極的に成果発表を行っており、研究、開発、科学の普及活動等を通じて宇宙科学技術の魅力を発信し、広く社会全体の宇宙科学技術への興味を醸成することのできる力を育成する基盤として本プログラムが有効に機能していると認められる。

以上により、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たと評価する。

今後は、本プログラムの成果が汎用的な教育システムとなるよう、メンター制度が却って教員の負担増加となる可能性にも留意することや予算等の持続性の観点も含めて検討するとともに、参加した学生のモチベーション、自律性をさらに高めることで、本プログラムから新しい知見、人材が出たことが客観的に評価される環境が醸成されることを期待する。