

「有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムの開発と実践」の成果について

実施体制	主管実施機関	国立大学法人京都大学	実施期間	平成28年度～ 平成30年度 (3年間)
	代表者名	特定教授 土井隆雄		
	共同参画機関	—		

実施規模	予算総額（契約額）	50.6百万円		
		1年目	2年目	3年目
		11.3百万円	19.4百万円	19.9百万円

背景・全体目標

人類の有人宇宙活動は国際宇宙ステーションの定常運用開始（2011年）から本格化し、今後更に有人宇宙活動の重要性が増す。しかしながら、世界的にみても有人宇宙活動に焦点を当てた総合科学教育拠点は未だ存在しておらず、次世代の人的基盤強化が十分でない。また、宇宙開発利用に関わる学問は、宇宙との深い関連性が認知されている理工学だけでなく、自然科学、社会科学や倫理学といった理工系の学生にも理解が求められる学問・専門領域に及ぶ。次世代を担う若年層において、これら広範な分野が宇宙開発利用と関係することが十分認知されておらず、その専門能力を宇宙開発利用に引き込めていない。

これらの問題を背景として本課題では、特に有人宇宙活動とその利活用拡大に焦点を当てた大学生教育プログラムを構築し、その教育を実践する。この教育を受けることにより学生は、有人宇宙活動とその利活用に必要な専門を理解し、将来活躍可能な大学院の専門を選択できるようになる。さらに、将来的に新しい宇宙産業のあり方や、新しい宇宙と社会の関わり方を構想・創出していくポテンシャルを獲得する。こうした取り組みを通して、高い専門性を持つ次世代人材の育成と潜在的な宇宙利用の拡大の両面に貢献することこそ、本課題の目的である。

全体概要・主な成果

本課題は、理工学・人文・社会科学をはじめとする有人宇宙活動に必要な学問分野を網羅し、それらの有機的な結合により、有人宇宙活動に特化した「総合科学教育プログラム」を作成し、学部生に対して実践する。これらのプログラムを受講することにより、学部学生は有人宇宙活動とその利活用に必要な専門を理解し、将来活躍可能な大学院の専門選択や、企業等への就職後においても個々の特長を宇宙産業に活用する着想を持つことができる。

「総合科学教育プログラム」は、講義から構成される「基礎教育プログラム」と講義・実習・社会連携から構成される「専門教育プログラム」から成る。特に、「専門教育プログラム」の実習では、有人宇宙学実習・微小重力体験実習といった特色ある実習内容を提供した（図1）。

また、コーディネートオフィスを設置し、シンポジウムや宇宙ユニットNEWS発行を通じて、積極的に本課題の成果を学内外へ発信した。

これら教育プログラムの教育効果の評価として、コンセプトマップを活用し、学際的な講義や実習の定着度などを評価し、その結果をフィードバックさせよりよい内容に改善できる体制を構築した。

本課題期間中に開発・実践されたすべての活動の相互関係を明確にすることによって、有人宇宙活動を志す学生が総合科学教育プログラムの体系的な受講計画を立てるために、これらの内容を網羅した教育プログラムのコースツリー・カリキュラムの作成を行い、学外教育機関にも提供できるようにまとめた（図2）。

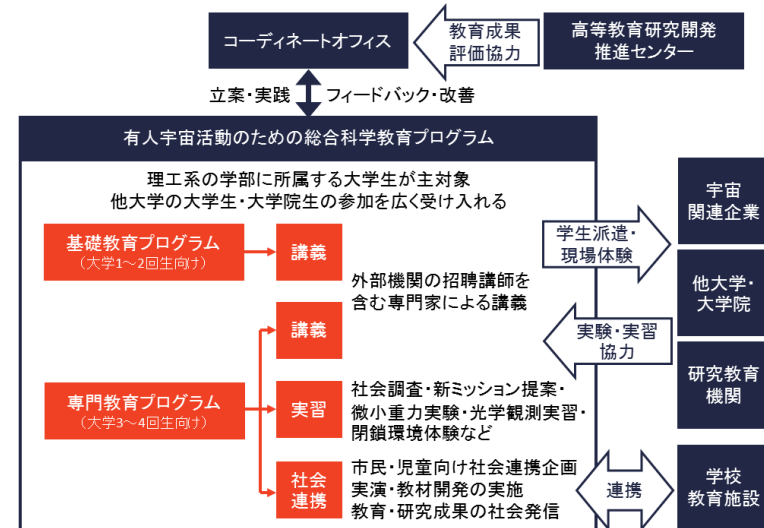


図1 有人宇宙活動のための総合科学教育プログラム構成

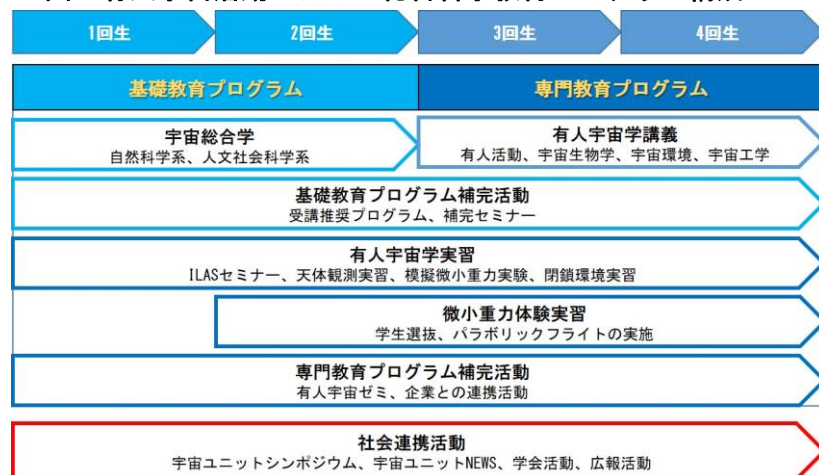


図2 有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムコースツリー 1

① 基礎教育プログラムの開発と実践 その1

実施内容・成果

【基礎教育プログラム 概要】

有人宇宙活動に必要な総合科学、即ち、有人宇宙学は、人間と時間と宇宙を繋ぐ学問であり、宇宙の進化、生命の進化、文明の進化、及び宇宙開発の進化を規定するものである。その理念のもと、学部1・2回生を対象とした、有人宇宙活動のための総合科学教育プログラム（基礎教育プログラム）で、13の学術領域を定義（表1）し、さらに宇宙政策と宇宙ビジネスを導入した学術領域マップ（図3）を作成した。

従来、学内で提供されていなかった5つの領域（宇宙飛翔体、宇宙農業・宇宙生物学、宇宙天気、宇宙機、宇宙霊長類学）を新しく導入して、本課題で定義した13の学術領域を包含する基礎教育プログラム「宇宙総合学」として提供した。

受講学生は理工学系ばかりでなく人文社会学系の学生も多く、多くの学生が積極的に講義に参加した。下記に各年度の受講者数と単位認定者数を示す。

表2 宇宙総合学の受講生

年度	受講者数	単位認定者数
H29年度	156	142
H30年度	181	131

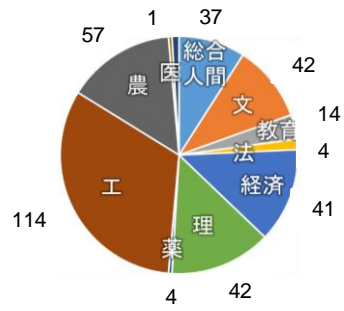


図4 受講生の学部別割合 (H29・30合算)

※前期実施講義のため、初年度は委託費事業として開講はなし



基礎教育プログラム講義：宇宙総合学の講義風景

表1 有人宇宙活動学術分野

分野	学術領域	地球社会	宇宙
自然科学 (理系)	有人宇宙活動	生存圏拡大	宇宙ステーション
	宇宙飛翔体	輸送機械	ロケット
	宇宙医学	人体	微小重力
	宇宙農業	農業	宇宙における食糧生産
	宇宙生物学		
	宇宙天気	社会基盤	宇宙放射線
	太陽系探査	地球・生命起源	月・惑星・小惑星
	宇宙システム制御	システム	人工衛星・宇宙探査機
人文社会学 (文系)	宇宙霊長類学	社会・文明	社会・文明進化
	宇宙倫理学	価値・規範	宇宙環境保護
	宇宙人類学	文化	新人類・宇宙人
	宇宙観変遷	宇宙観	宇宙科学技術史
	宇宙政策	政治・ビジネス	国際協力・宇宙商業化
	宇宙ビジネス		
	宇宙落語	大衆活動	宇宙娯楽・風刺・意思疎通

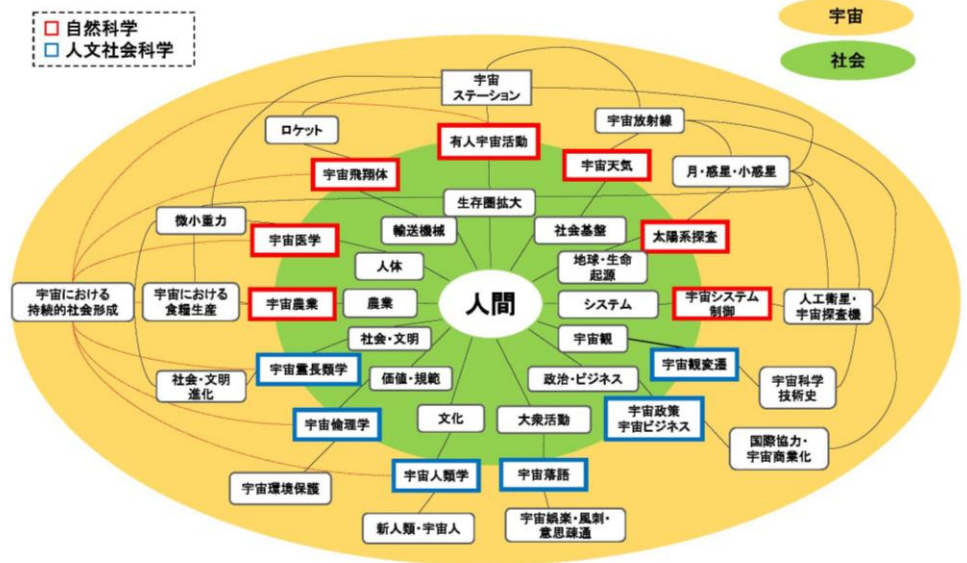


図3 有人宇宙活動学術領域マップ

② 基礎教育プログラムの開発と実践 その2

実施内容・成果

【基礎教育プログラム補完活動】

有人宇宙活動に関わる学術分野は、理工系だけでなく人文社会を含む幅広い領域に及び、半期の全学共通科目講義でその全てをカバーすることはできない。また、複数回の講義が望ましい場合もあり、補いきれない分野・内容については外部から講師を招きセミナーを開催して下記の項目を補完した。

年度	補完分野	内容
H28	宇宙教育	宇宙開発を教育素材として活用した教育手法について説明した。
	宇宙文明	有人飛行における人命の安全担保に対する価値観や将来の宇宙コロニー構想における移民問題、多国籍から成る有人宇宙活動の多文化状況の問題について説明した。
	宇宙観光	これまでの宇宙観光に関する歴史や、長期有人宇宙活動が本格化した際の宇宙観光のありかたについて解説した。
	地球環境	将来、火星の環境を人為的に変化させて人類が住める星に改造（テラフォーミング）する場合に必要な、大気や海洋の知識について説明した。
H29	閉鎖環境実験	人類が宇宙空間に移住する場合、閉鎖された狭い生態系で果たして生存することが出来るのか検証実験について解説した。
	宇宙文明	有人飛行における人命の安全担保に対する価値観や将来の宇宙コロニー構想における移民問題、多国籍から成る有人宇宙活動の多文化状況の問題について説明した。
	宇宙教育	宇宙開発を教育素材として活用した教育手法について説明した。
	国際宇宙法	宇宙空間における活動だけではなく、宇宙に関連して地上で発生する出来事にも適用される宇宙法について説明した。
	宇宙観光	これまでの宇宙観光に関する歴史や、長期有人宇宙活動が本格化した際の宇宙観光のありかたについて解説した。
H30	宇宙科学実験	日本実験棟「きぼう」で行われた初めての宇宙科学実験の全貌を説明した。
	宇宙推進工学	現在まで開発された各種電気推進ロケットの原理から実用化までの過程を解説した。
	宇宙医学	宇宙環境が生物に及ぼす影響を詳しく解説した。
	閉鎖環境実験	人類が地球を離れた宇宙環境で長期間持続可能な社会活動をする際の課題について解説した。
	宇宙科学コミュニケーション	NASAチーフサイエンティストがNASAなど宇宙機関の広報活動について近年の成功事例を解説した。
	宇宙栄養学	筋萎縮における分子メカニズムと宇宙における筋研究を解説し、無重力や寝たきりによる筋萎縮を栄養学的アプローチから予防する宇宙食の開発について説明した。

③ 専門教育プログラムの開発と実践 その1

実施内容・成果

【専門教育プログラム（講義・演習）概要】

有人宇宙活動の実践的知識を与え、最先端の研究や技術情報を提供することによって、学生が個々の専門分野を選択することに直接役立てられる専門的知識を獲得することを目的としている。12回のリレー講義のみならず、実践的な内容とするため、5回の演習を組み合わせ、専門教育プログラム「有人宇宙学」として提供した。

専門教育プログラム① 講義

「宇宙を知る」「宇宙を生きる」「宇宙を考える」「宇宙をつくる」の4つのテーマに基づいた12回のリレー講義を実施した（表3）。

表3 「有人宇宙学」におけるリレー講義の一覧

テーマ	講義名	担当講師
有人宇宙学	有人宇宙学1	土井隆雄
宇宙を知る	宇宙環境工学1	山敷庸亮
宇宙を知る	宇宙環境工学2	山敷庸亮
宇宙を知る	惑星探査工学	清水幸夫
宇宙を生きる	宇宙生命科学	保尊隆享
有人宇宙学	有人宇宙学2	土井隆雄
宇宙を作る	宇宙工学	稲谷芳文
宇宙を考える	宇宙霊長類学	友永雅己
宇宙を考える	宇宙法	青木節子
宇宙を考える	宇宙人類学	岡田浩樹
宇宙を生きる	宇宙医学	寺田昌弘
宇宙を作る	宇宙ビジネス	浅田正一郎

専門教育プログラム② 演習

4つの班に分かれて班ごとに「150人の人間が暮らすコロニーを、宇宙空間（1班）、月（2班）、火星（3班）、小惑星または外惑星の衛星（4班）、に建設するための基礎設計をせよ」という課題で実施した。演習方法としては、有人宇宙学における4つの研究課題（宇宙を知る、宇宙を生きる、宇宙を考える、宇宙を作る）に沿って進める。それぞれの研究課題では次の検討を要求とした。

1. 宇宙を知る：各場所の環境を調べる（重力、放射線、大気、水など）
2. 宇宙を生きる：1の環境に適する生態系は何か（食料生産を如何に行うか。自給自足するための条件は何か）
3. 宇宙を考える：1、2の条件を満たすための小社会構造は何か（どのようなルールが必要か。どのような社会基盤が必要か）
4. 宇宙を作る：1、2、3の条件を満たすための技術課題は何か（現存する技術で対応可能か。新しい技術が必要か）

講義「有人宇宙学」を受講する学生は、有人宇宙学演習1で宇宙基地建設地の環境を知り希望する建設地を選び、4つの研究課題に沿って4回の発表（有人宇宙学演習2～5）を行った。有人宇宙学演習の最終報告として、各演習班で有人宇宙基地を設計した（図5）。

図5 「有人宇宙学」演習からのアイデア

④ 専門教育プログラムの開発と実践 その2

実施内容・成果

【専門教育プログラム（実習）概要】

専門教育プログラムにおける実習（有人宇宙学実習）は、有人宇宙ミッションを模擬した体験学習であり、3種類の異なった課題【天体観測実習】・【模擬微小重力実験】・【閉鎖環境実習】を計6日間かけて体験することによって分野横断型学習から有人宇宙活動に関する包括的な視点と基礎知識を身につけることを目的としている。参加者には、学部1～3年生の各年度計9名の学生が選出された。参加学生は、3名をひとつの班として6日間を過ごすことにより、共同生活の中でチームワーク（小社会）がどのように形成されていくのかを体験することになる。

有人宇宙学実習① 天体観測実習

系外惑星の測光観測では、恒星の前面を惑星が横切る時に発生する減光現象（トランジット）を観測することで、惑星の大きさや軌道を調べることができる。天体観測実習においては、系外惑星観測システム（図6）を使い、恒星の周りを公転する系外惑星天体をトランジット法で観測し、その惑星の軌道要素を計算し、惑星の表面温度を求めることを実習課題に設定した。表面温度を求めることによって、その惑星が居住可能かどうかの推測が可能となる。トランジットは、比較的小型の望遠鏡で観測可能であり、しかも京都市のような明るい市街地が近くにあって軌道解析に必要な品質のデータを得ることができる。

有人宇宙学実習② 模擬微小重力実験

模擬微小重力実験では、1軸クリノスタット※を使い、植物（ガーデンクレス）の根の初期成長を観察することで、重力が植物の成長に及ぼす影響と、その重力感知機構の特性を調べることが実験課題に設定した。クリノスタット上の試料が受ける重力環境は、方向均一化のみであり、完全な微小重力環境とは異なる。図7において、左側の装置が1軸クリノスタット、中央と右側の装置は地上対照実験装置である。地上対照実験装置は自動回転機構を持たないが、手動で任意の回転位置に試料を固定することができる。右側の装置では、根の初期成長期間内に90度だけ回転させる。この回転により、根に働く重力方向が90度変わるので、根が重力方向に屈曲する様子を観察することができる。

有人宇宙学実習③ 閉鎖環境実習

本実習全体のベースとなる環境は、携帯電話を利用せず実習指導者等を除く外部との社会的関係を絶ち、かつ限られた施設（就寝はテント）と敷地内で5泊6日に渡り寝食を共にしながら、上述の講義受講・実験・観測を3人1班で取り組んでいくという、日常生活とは大きく異なる疑似的な閉鎖環境とした。この環境を有人宇宙ミッションの閉鎖環境になぞらえ、実習全体を通して、履修者自らが自身の心身をモニタリングする方法を実践・体得し、現れうるストレスをデータ化し考察することを目的とする“閉鎖環境”実習を行った。また、教員側は、各班の仕事能率を観察することによって、それぞれのチームワークがどのように構築されていくかにも着目した。

（※）1軸クリノスタットは、重力方向と直行した回転軸を持つ回転台に試料を設置し、試料に対する重力の方向を平均化させる模擬微小重力発生装置（図7）であり、生命科学系宇宙実験の地上予備実験に多用されている。

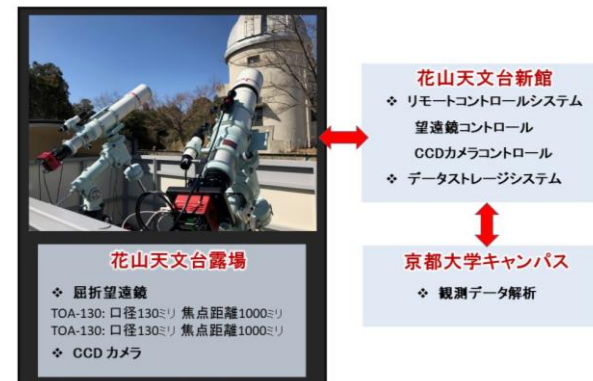


図6 系外惑星観測システム



図7 模擬微小重力発生装置

⑤ 専門教育プログラムの開発と実践 その3

実施内容・成果

【微小重力体験実習 概要】

ダイヤモンドエアサービス株式会社が提供しているパラボリックフライトでの微小重力環境を利用した実験を行った。航空機G-II（7人乗り）により、平成29・30年度にそれぞれ2回のフライトを行った。

パラボリックフライトでは、ヒトの空間認知やその他の認知機構を比較・分析することにより、重力環境の変化に伴い明確な方向性も失われる環境変化が認知機構にもたらしうる影響等を明らかにした。

学生選抜

4回のフライトで合計20名（各回5名）の学生募集に対し、倍率10倍を超える募集があった。第一次選抜は、学生の自己アピール文（自己紹介、応募動機）による選抜、第二次選抜は、宇宙飛行士の選抜試験を模擬して、単に面接だけでなく、心理検査や体力検査、記憶力検査等を行った（図8）。これらにより、リーダーとしての資質や本事業を対外に発信できるか等の観点から評価し、計20名の搭乗候補学生と4名のバックアップ学生を選出した。

応募状況

	H29		H30	
	KPC-1	KPC-2	KPC-3	KPC-4
第一次/第二次 選抜対象者数	55/12	56/11	41/12	73/13
搭乗学生数	5	5	5	5

KPC; Kyoto Parabolic Challenge



図8 学生選抜の様子

パラボリックフライト認知実験結果

フライト中に取得した認知実験データは、搭乗学生自身が解析を行った。フライト中の各重力条件（1G, 2G, 0G）における時間計測実験の結果、フライト前（1G pre）より微小重力環境時（0G）の方が短い時間が10秒と認識された。（また、フライト後（1Gpost）より過重力環境時（2G）の方が短い時間が10秒と認識された。）（図10）。

また、フライト中の搭乗者の重力変化に伴う文字サイズの変化を明らかにすることを目的に、座位・閉眼状態にて「どいたかお」とタテ・ヨコ書きでノートに記入した（各重力下（1G, 2G, μ G）でタテ・ヨコ書き共に2回ずつ）（図11）。この結果から、タテ書きxおよびヨコ書きyが増大したことは、真っ直ぐ書けなくなったことを示し、0G環境下での姿勢制御困難、平衡感覚変化による影響だと考えられる。また、タテ書きの場合のみ、長辺/短辺が減少したことは、垂直方向の字間が狭小化したことを示しており、0G環境はヒトの垂直方向の空間認知に影響を与えることが示唆された。

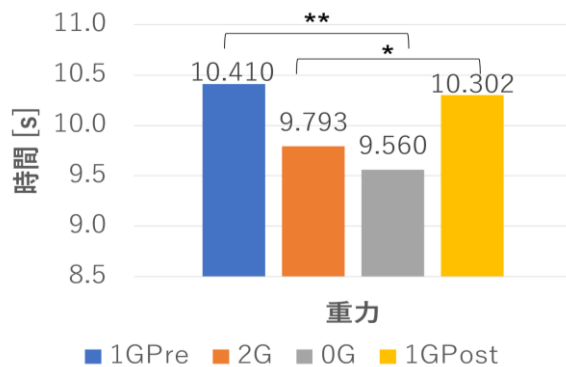


図10 各重力条件（1g, 2g, 0g）における時間計測結果（平均値）



図9 パラボリックフライト中の微小重力状態の様子
左: KPC-3 右: KPC-4

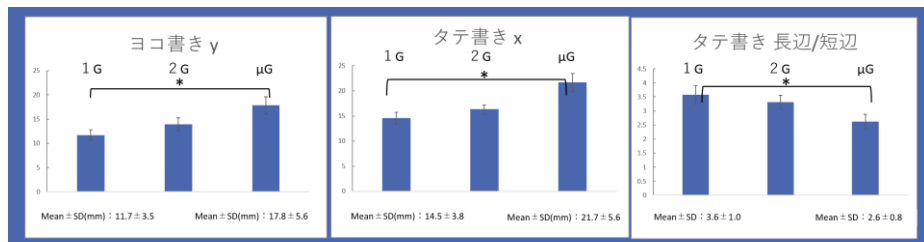


図11 「どいたかお」課題（文字サイズへの影響観察）の結果
1Gと比較して μ Gで有意に増加 ($p < .05$)
1Gと比較して μ Gで有意に増加 ($p < .05$)
1Gと比較して μ Gで有意に低下 ($p < .05$)

図11 「どいたかお」課題（文字サイズへの影響観察）の結果

⑥ 専門教育プログラムの開発と実践 その4

実施内容・成果

【専門教育プログラム補完活動】

有人宇宙ゼミ

有人宇宙ゼミは、新しい有人宇宙ミッションを提案しそこから派生する新しい学術研究の可能性を追求することを目指し、宇宙医学、宇宙生物実験、有人宇宙活動のあり方について様々な側面から議論を行った。また、学生実習として3つの課題（宇宙での3Dプリンター活用、宇宙での和紙の利用、宇宙での食事方法）の提案があり、議論した。平成30年度の活動概要を表3に示す。学部から大学院まで有人宇宙活動に興味を持つ専門分野の異なる学生が集まっている。

企業との連携活動① 三菱重工業株式会社大江工場見学会

平成29年度は学生8名と教員3名、平成30年度は学生14名と教員3名で三菱重工業株式会社・名古屋航空宇宙システム製作所大江工場を訪れた。三菱重工の従業員から防衛・宇宙ドメインにおける事業概要と工場の簡単な説明を受けたのち、大江工場内を見学した。大江工場では主に、航空機部品の製造、航空機やロケットの部品組み立てなどを行っており、実際の加工・製造現場を見学した。参加学生と三菱重工の若手従業員によるグループディスカッションを行った。

企業との連携活動② ANA羽田整備工場見学会

平成30年度に、学生10名と教職員3名の計13名がANA羽田整備工場を訪問した。当日は、羽田空港第1ターミナルに集合後、ANA格納庫に向かい、ANAの航空機整備についての紹介後に、機体工場見学をした。まじかにボーイング787を見ることができ、多くの学生が貴重な体験をした。特に、機体の特徴に基づいた機体ごとの整備方法の違いや、エンジンの特徴など様々な観点から学ぶことができた。普段は接することの無い企業のエンジニアとの交流を通して、航空機産業及び宇宙産業の最前線の現状を学び、非常に有意義な時間を過ごすことができた（下図 ANA工場見学風景）。



表4 平成30年度の有人宇宙ゼミの活動概要

	日付	参加人数	概要
第1回	4月12日	8	自己紹介 宇宙ユニット着任の挨拶、研究紹介
第2回	4月25日	12	JJAXAIにおける生物実験の紹介
第3回	5月9日	10	自己紹介(新規参加多) JAXAマウス飼育装置の情報提供 学生実習のアイデア紹介
第4回	5月23日	9	学生実習のアイデアについての議論
第5回	6月6日	11	宇宙で活用できるアイデアについて まいど一号制作の過程の紹介
第6回	6月20日	6	宇宙での3Dプリンター活用 宇宙での和紙の利用 宇宙での食事方法
第7回	7月4日	5	前回の議論の続き: 宇宙での3Dプリンター活用 宇宙での和紙の利用 宇宙での食事方法
第8回	7月18日	7	第6回学際研究コンテストの案内 前回の議論の続き: 宇宙での3Dプリンター活用 宇宙での和紙の利用 宇宙での食事方法
第9回	10月11日	12	前回の議論の続き: 宇宙での3Dプリンター活用 宇宙での和紙の利用 宇宙での食事方法
第10回	11月1日	12	ハッカソン参加報告 前回の議論の続き: 宇宙での3Dプリンター活用 宇宙での和紙の利用 宇宙での食事方法
第11回	11月15日	6	3Dプリンターの設定と使用手順(河村)
第12回	11月29日	18	第9回宇宙学セミナーとして開催 演題:無重力や寝たきりによる筋萎縮の分子メカニズムとその予防に対する栄養学的アプローチ
第13回	1月17日	5	3Dプリンター、宇宙での和紙活用、宇宙での食事についての経過報告
第14回	3月14日	2	Space Camp at Biosphere 2 (SCB2)の紹介

⑦ コンセプトマップによる教育効果の評価

実施内容・成果

【コンセプトマップによる教育効果の評価】

基礎教育プログラム・専門教育プログラムの各講義・実習において教育効果を定量的に評価するために、コンセプトマップを活用した。各講義・実習の前後に、「有人宇宙活動」を中心テーマとして学生が作成したコンセプトマップ(※)を比較することによって、学習効果の可視化が可能か、コンセプトマップが評価ツールとして有効かも含めて教育効果を検討した。コンセプトマップにより各講義・実習ともに大きな教育効果があることを確認した。

コンセプトマップ解析例 (H29年度宇宙総合学講義での解析)

同一学生が初回講義と最終回講義で作成したコンセプトマップ例を図12(初回講義前)と図13(最終回講義後)に示す。この例では、「有人宇宙活動」という中心テーマの周りに、初回講義前には17個のコンセプトと29本のリンクが書かれているが、最終回講義後には、それらが、40個のコンセプトと50本のリンクに増加している。

全履修学生のコンセプトマップの分析の結果、そのコンセプト数・総リンク数・説明有リンク数は、平均値・中央値ともに全てで有意な増加がみられた。これらの増加は、有人宇宙活動に対するイメージの変化および幅の広がりを意味する。コンセプト数が50%以上、総リンク数が70%程度の増加と大幅な増加となっており、本講義にて「有人宇宙活動」に対する教育効果があったと断定できる。一方で、説明有リンク数は約30%の増加に留まっており、相対的には控えめである。これは、学生が有人宇宙活動に関するコンセプトの発見とそれぞれのつながりの発見レベルには到達しているが、そのつながりの意味を簡素に説明できるほどの修得レベルに到達していない事を示している。このことは、重要な内容についての講義回数を増やすことや演習を取り入れることで更なる向上を見込むことができることを意味している。

	コンセプト数	総リンク数	説明有リンク数
平均値 (初回)	13.8	18.0	14.3
平均値 (最終回)	23.0	30.8	18.1
平均値の増減率	+67.0%	+71.1%	+26.3%
中央値 (初回)	13.0	15.0	13.0
中央値 (最終回)	20.0	26.0	17.0
中央値の増減率	+53.8%	+73.3%	+30.8%

図14 基礎教育プログラム講義のコンセプトマップ分析結果

(※) 概念地図ともよばれるもので、コンセプト(概念)間の関係を、ノードとリンクとリンク語(linking word)を使って描いた図であり、通常、中心に置かれた焦点質問(focus question)をめぐるコンセプト間のつながりを、階層的なネットワーク構造で図示したもの。コンセプトマップは、中心テーマ、ノード(コンセプトを入れる。名詞や名詞句など)、リンク(コンセプト間の関係を → や + で示す)、リンク語(関係性を説明する。動詞や動詞句など)という要素によって構成される。

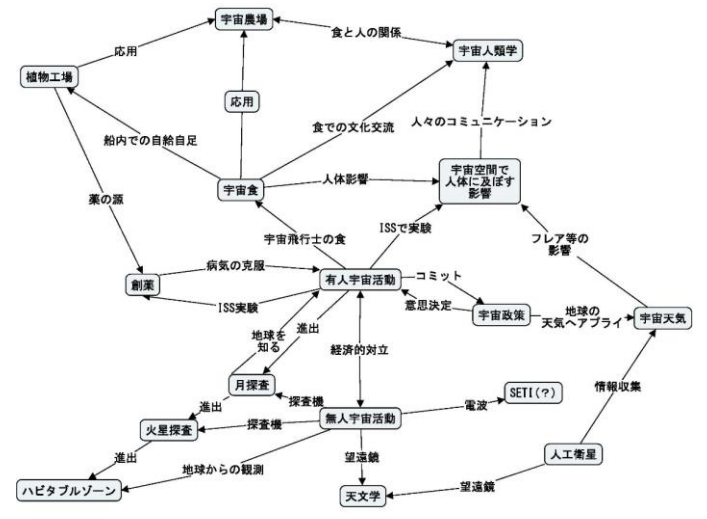


図12 初回講義で作成したコンセプトマップ

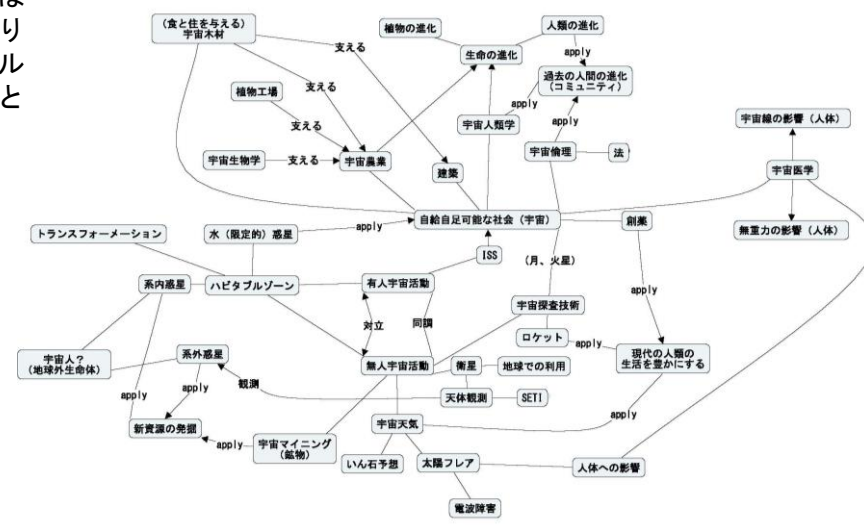


図13 最終回講義で作成したコンセプトマップ

⑧ コーディネートオフィスの活動

実施内容・成果

【宇宙ユニットシンポジウム】

有人宇宙活動と宇宙教育をテーマとして扱う一般向けのシンポジウムを平成30・31年2月に開催した。このシンポジウムは、有人宇宙活動に対する関心が広く社会で高まることと、多様な視点の取り込みにより、学生自身への教育相乗効果を得ることを主目的としている。人類の宇宙進出、宇宙社会の構築など、将来の有人宇宙活動に関連した各分野の専門家を招き、本教育プログラムを受講した学生も参加した。

【宇宙ユニットシンポジウム概要】

平成29年度「人類は宇宙人になれるか？-宇宙教育を通じた挑戦」、平成30年度「人類は宇宙社会をつくれるか？-宇宙教育を通じた挑戦」というテーマを設定し、ポスター展示交流会・講演・パネルディスカッションを実施した。多くの一般の方に宇宙分野と教育活動の連携について広く知ってもらう機会を設けることが、このシンポジウムの目的である。

表5 平成29・30年度の宇宙ユニットシンポジウム参加状況

	H29	H30
ポスター出展数	42	56
参加人数	227	242

【宇宙ユニットNEWS】

大学内外の研究者間交流を促進させる機能のひとつとして「宇宙ユニットNEWS」を毎月1回のペースで月初めに発行した。宇宙ユニットNEWSは、本事業による有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムに関連する講義やイベントの情報を掲載し、その開催報告等を簡潔にまとめている。（宇宙ユニットNEWSは、メーリングリストで配布及びWebページに掲載）



図15 宇宙ユニットシンポジウムの開催告知フライヤー



図16 シンポジウムでのポスター発表の様子

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：3 国際：2	国内：29 国際：2	—	国内：15	国内：10

成果展開の状況・期待される効果

宇宙に広く関連する様々な学術領域における教育セッションで、本課題による有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムとその教育活動を報告し、高等教育機関に従事し活躍する研究者・教育者と意見交換を行った。これは、本課題の内容に関して多くの意見を取り入れ、改善していくための活動でもあると同時に、本課題を広く紹介する事で、本課題を社会へ波及させる効果を高めるものである。

コンセプトマップによる教育効果の評価では、本プログラムの受講生は宇宙分野に強い関心を示すことが示唆された。その結果として、プログラム修了生の中から宇宙分野（JAXA）や航空分野（ANA）への就職者が排出された。また、卒業生（ANA就職者）の企画により、ANA工場見学が実現し、より深く宇宙航空分野の現場を知る機会が提供できた。

有人宇宙学実習の発展版として、アリゾナ大学の準閉鎖人工生態系で有人宇宙キャンプ（Space Camp at Biosphere 2: SCB2）を行った（平成31年2月19-21日）。これは、本課題の成果をより広く展開するために、京都大学内教育支援金である全学経費に応募・採択されたことにより実現した。有人宇宙キャンプでは、将来の有人宇宙ミッションや火星移住などを行った際に活躍できる人材育成を目指して、B2の環境を用いた講義や実習を通じて、日米の学生を対象に有人宇宙探査活動についての学習の機会を提供した。キャンプ中、学生同士はコミュニケーションを深め、様々な課題をチームで取り組むことによって、チームワークの形成も順調に行われた。実際の有人宇宙ミッションは、国際協力が前提であることから、有人宇宙キャンプは、本課題における有人宇宙学実習をより実践的に発展させたものとして、十分な意義がある。アリゾナ大学との国際連携という点でも極めて大きな成果があり、平成31年度以降も実施を継続していく予定である。

以上により、本課題の有人宇宙活動に従事する人材育成の成果を広くし創出した。また、これらの成果はホームページ等において積極的に公開している。

今後の計画

本課題では、教育プログラム参加卒業生の進路や就職先について、その後の専門性への派生効果の評価を行う予定である。また、本課題で設置した「コーディネートオフィス」を拠点とし、委託期間満了後も継続して本プログラムを運用することが重要である。今後、有人宇宙活動はさらなる長期間に渡るミッションが中心となる状況に鑑み、有人宇宙ミッションでの人への宇宙滞在の医学・生物学的影響についてより専門的なレベルで充実させることも重要な点である。さらに有人宇宙活動では国際的な協力体制で実施されている点も考慮すると宇宙教育レベルでの国際連携も必須となる。具体的には、アリゾナ大学との連携を強固にし、B2での有人宇宙キャンプを継続していく。このようにこれらの点を改善しつつ、今後も高い専門性を持つ次世代人材の育成と宇宙利用の拡大を目指し、本課題で培ったノウハウとプログラムを継承し、恒常的な運用を実施していく。



図17 Biosphere 2で実施された有人宇宙キャンプ



図18 Biosphere 2の熱帯雨林施設と海洋施設での実習風景



図19 SCB2参加学生と参加教員（最終発表）

事後評価票

1. プログラム名 宇宙人材育成プログラム	
2. 課題名 有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムの開発と実践	
3. 主管実施機関・研究代表者 国立大学法人京都大学 特定教授 土井 隆雄	
4. 共同参画機関 —	
5. 実施期間 平成28年度～平成30年度	
6. 予算総額（契約額） 50.6百万円	
7. 実施結果	
（1）達成状況	
「所期の目標に対する達成度」	
◆ 所期の目標	
<p>人類の有人宇宙活動は国際宇宙ステーションの定常運用開始（2011年）から本格化した。今後、宇宙商業利用による地球低軌道領域の利用活性化とともに、政府主導による有人月面探査、アステロイドにおける鉱物資源の利用、火星探査が計画されており、有人宇宙活動の重要度増大が想定される。しかしながら、世界的にみても有人宇宙活動に焦点を当てた総合科学教育拠点は未だ存在しておらず、次世代の人的基盤強化が十分でない。</p> <p>また、宇宙開発利用に関わる学問は、飛翔体工学・通信工学・ロボティクス・建設工学といった宇宙との深い関連性が認知されている理工学だけでなく、微小重力・閉鎖環境・高真空といった極限空間における環境工学・医学・農学など宇宙との関係について認知が十分でない自然科学、国際協力体制や商業利用拡大のための法整備を含む社会科学や倫理学といった理工系の学生にも理解が求められる学問・専門領域に及ぶ。次世代を担う若年層において、これら広範な分野が宇宙開発利用と関係することが十分認知されておらず、その専門能力を宇宙開発利用に引き込めていない。</p> <p>これらの問題を背景として本課題では、①特に有人宇宙活動とその利活用拡大に焦点を当てた大学生用総合科学教育プログラムを構築し、その教育を実践する。この教育プログラムを受けることにより②学生は、有人宇宙活動とその利活用に必要な専門を理解し、将来活躍可能な大学院の専門を選択できるようになる。さらに、③将来的に新しい宇宙産業のあり方、そして新しい宇宙と社会の関わり方を構想・創出していくポテンシャルを獲得する。こうした取り組みを通して、④高い専門性を持つ次世代人材の育成と潜在的な宇宙利用の拡大の両面に貢献することこそ、本課題の目的である。</p>	

特に、平成30年度に実施した「宇宙に150人が暮らす社会を設計せよ」という演習課題は、4つの班に分かれ、各班は有人宇宙学における4つの研究課題（宇宙を知る、宇宙を生きる、宇宙を考える、宇宙を作る）に沿って検討を進めた。学生たちは互いに4回の中間発表を通してアイデアの改善を重ね、演習の最終報告として各班が設計した有人宇宙基地について発表、質疑応答を行った。優秀な計画に関しては受講生がポスターにまとめ、宇宙ユニットシンポジウムで発表した（図3・4）。結果として、14名の学部生・大学院生が講義の修了証書を得た。

3.2 専門教育プログラム実習：有人宇宙学実習

専門教育プログラム実習は、宇宙環境及び有人宇宙活動の理解を深めることを目的として【天体観測実習】・【微小重力実験】・【閉鎖環境実習】及び【微小重力体験実習】を実施・検証した。

【天体観測実習】・【模擬微小重力実験】・【閉鎖環境実習】においては、9名の学生が3名ずつ3つの班に分かれて、6日間かけて京都大学花山天文台で遂行した（図5・6）。6日間という短い期間ではあるが、各班とも分業による課題遂行が実践できチームワークの形成に成功すると同時に、自身のストレスが閉鎖環境でどのように変化するかを観察した。



図5 有人宇宙学実習グループ写真



図6 天体観測システム

【微小重力体験実習】では、平成29・30年度に計4回、各回5名ずつ計20名の学生が参加し、パラボリックフライトによる時間・空間認知実験及び教育実験を実施・検証した。詳細は後述する。

4. 有人宇宙教育活動に関連したシンポジウムの開催と活動支援

有人宇宙活動教育の発表の場として、宇宙ユニットシンポジウムを2回開催した（表1）。

表1 宇宙ユニットシンポジウム

年月日	シンポジウムテーマ	ポスター数
2018年2月11-12日	人類は宇宙人になれるかー宇宙教育の挑戦	42
2019年2月9-10日	人類は宇宙社会を作れるかー宇宙教育の挑戦	56

新しい宇宙ミッションを議論する場として、有人宇宙ゼミを平成29年度は17回、平成30年度は14回開催した。さらに、宇宙ユニットNEWSを毎月発行することによって、宇宙ユニット及び本課題が行う様々な活動を京都大学内外に発信した。

5. 総合科学教育プログラムの評価及び総括

総合科学教育プログラムへの参加学生に対する教育効果について、高等教育研究開発推進センターの教育アセスメントの専門家による協力のもとに、各講義及び実習受講前後での有人宇宙活動に対する学生の理解度の変化について客観的に評価するためにコンセプトマップ法を成功裡に導入することができた。コンセプトマップ法は、中心テーマに沿って関連するコンセプトをリンクさせながら書き出すことによって、個人の理解度を測ることができる。図7に平成30年度基礎教育プログラム講義開始前及び終了後に作られた同一学生によるコンセプトマップを示す。全履修学生のコンセプトマップの分析結果を図8に示す。コンセプト数・総リンク数・説明有リンク数は、平均値・中央値ともに受講後に全て有意な増加がみられた。これらの増加は、有人宇宙活動に対するイメージの変化および幅の広がりを意味する。コンセプト数が50%以上、総リンク数が70%程度の増加と大幅な増加となっており、これらから本講義にて「有人宇宙活動」に対する教育効果があったと言える。一方で、説明有リンク数は約30%の増加に留まっており、相対的には控えめである。これは、学生が有人宇宙活動に関するコンセプトの発見とそれぞれのつながりの発見レベルには到達しているが、そのつながりの意味を簡素に説明できるほどの修得レベルに到達していない事を示している。このことは、重要な内容についての講義回数を増やすことや演習を取り入れることで更なる向上を見込むことができることを意味している。

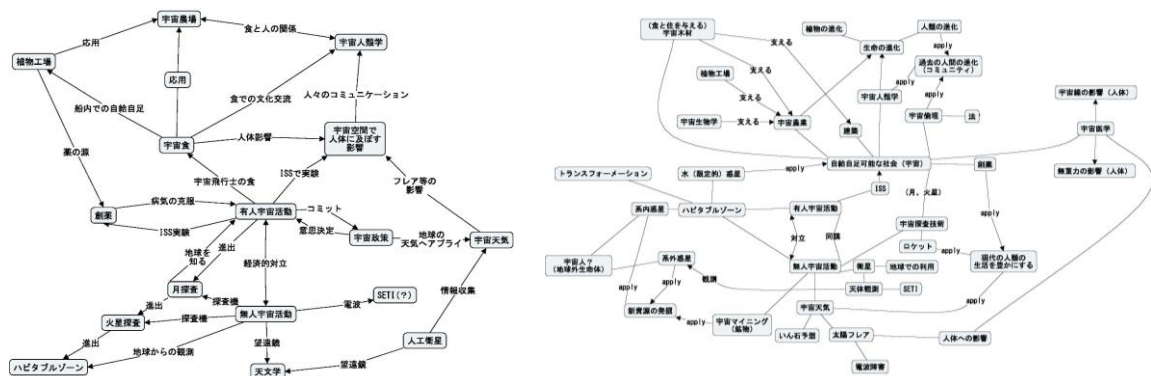


図7 [初回講義で作成されたコンセプトマップ] [最終講義で作成されたコンセプトマップ]

	コンセプト数	総リンク数	説明有リンク数
平均値 (初回)	13.8	18.0	14.3
平均値 (最終回)	23.0	30.8	18.1
平均値の増減率	+67.0%	+71.1%	+26.3%
中央値 (初回)	13.0	15.0	13.0
中央値 (最終回)	20.0	26.0	17.0
中央値の増減率	+53.8%	+73.3%	+30.8%

図8 基礎教育プログラム講義のコンセプトマップ分析結果

本課題で開発された各講義及び実習に参加した総学生数及び宇宙ユニットシンポジウムに参加した一般参加者数を表2に示す。基礎教育プログラム参加者（履修者）数は平成29・30年度を合わせて273名、専門教育プログラム参加者数は、平成29・30年度を合わせて107名であり、総計380名の学生に対して総合科学教育プログラムを実践した。

表2 有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムへの参加者数

教育プログラム名称	H29	H30	総数
宇宙総合学（基礎教育）	142	131	273
有人宇宙学（専門教育）	20	14	34
有人宇宙学実習	12	9	21
微小重力体験実習	10	10	20
企業見学(ANA、三菱重工)	8	24	32
学生参加総数	192	188	380
宇宙ユニットシンポジウム参加総数	227	242	469

有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムのコースツリーを図9に示す。コースツリーは、本課題で開発・実践されたすべての活動の相互関係を明確にすることによって、有人宇宙活動を志す学生が総合科学教育プログラムの体系的な受講計画を立てるのに役立つことを目指している。

以上により、宇宙の利活用拡大に焦点を当てた大学生教育プログラムの構築及び実践を達成した。

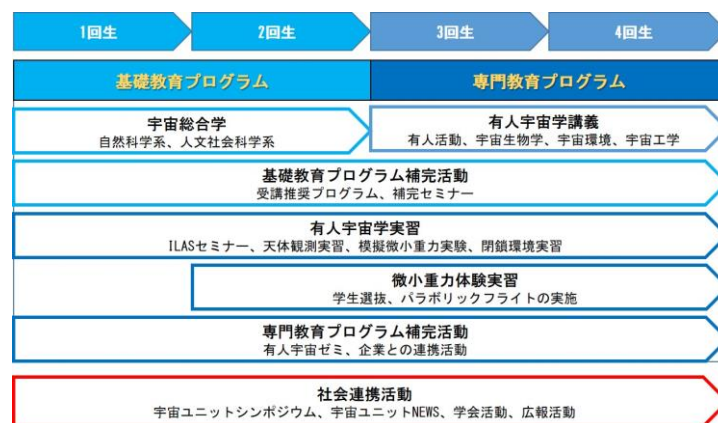


図9 有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムコースツリー

② 学生は、有人宇宙活動とその利活用に必要な専門を理解し、将来活躍可能な大学院の専門を選択できるようになる。

基礎教育プログラム講義を履修した学生 273 名のうち、平成 30 年度に 119 名から回収したアンケート調査での平均講義満足度は 3.99 点（5 点満点）と高く、学生から「宇宙は理系の分野だと考えていたが人文社会系の学問も大切だと知った」という意見が多数寄せられた。

専門教育プログラム講義の平成 30 年度の演習課題に参加した修了者 14 名のうち、12 名から回収したアンケート調査での平均満足度は 4.73 点（5 点満点）と非常に高く、学生からは「異分野の人と関わる重要性が実感できた」「宇宙ともっと深く関わって今後専門的な技術を学んでいこう」「広く宇宙に関わる知識を得て、自分の進路希望を見定めることができた」などの意見が寄せられた。

学生は、基礎及び専門教育プログラムに参加することにより、有人宇宙活動とその利活用に必要な専門を理解し、将来活躍可能な大学院の専門を選択できるようになることが示された。

③ 将来的に新しい宇宙産業のあり方、新しい宇宙と社会の関わり方を構想・創出していくポテンシャルの獲得

宇宙産業にかかわる最先端技術開発について学ぶために、国内の企業見学を3回実施した。こうした活動により、宇宙産業に関わる企業見学や企業エンジニアとのグループディスカッションによって、宇宙と社会の関わり方について構想できる機会とポテンシャルを獲得した。

表3 企業見学

年月日	見学企業・場所	学生数
2017年7月3日	三菱重工業株式会社・名古屋航空宇宙システム製作所大江工場	8
2018年11月26日	三菱重工業株式会社・名古屋航空宇宙システム製作所大江工場	14
2019年3月15日	ANA 羽田整備工場	11



図10 ANA 羽田整備工場の見学の様子

④ 高い専門性を持つ次世代人材の育成と潜在的な宇宙利用拡大への貢献

微小重力体験実習では、ダイヤモンドエアサービス株式会社（愛知県西春日井郡）が提供するパラボリックフライトを利用して微小重力環境下での認知学的実験を行った（図11）。



図11 微小重力体験実習の様子

平成29、30年度に合計4回、各フライトに約10回の微小重力状態を体験し、時間・空間認知実験やアミラーゼ値によるストレス測定及び教育実験を行った。霊長類研究所が確立した実験プロトコルを用いて、重力変化という極限状態でいかに社会的秩序が成立し、維持されるかという観点のもと、当該の環

境圧力が個人の道徳的認知・動機づけ、利己性や利他性、規範逸脱への態度などに与える効果を検討した。また、微小重力下での空間認知やその他の認知機構の変化を比較分析することで、重力が認知にもたらしている影響について明らかにした。参加学生は、微小重力という特異な体験をするばかりでなく、実験結果も解析することによって高い専門性を獲得したと言える。

専門教育プログラムの補完活動として、宇宙ユニットに所属する有人宇宙計画研究会と協同で有人宇宙ゼミをほぼ隔週で開催した。有人宇宙ゼミは、新しい有人宇宙ミッションを提案しそこから派生する新しい学術研究の可能性を追求することを目指し、宇宙医学、宇宙生物実験、有人宇宙活動のあり方について様々な側面から議論を行った。また、学生実習として3つの課題（宇宙での3Dプリンター活用、宇宙での和紙の利用、宇宙での食事方法）の提案があり、活発に議論が行われた。有人宇宙ゼミには学部から大学院まで有人宇宙活動に興味を持つ専門分野の異なる学生が集まっており、有人宇宙ゼミは、潜在的な宇宙利用を考える貴重な機会を学生に提供した。

「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 科学的・技術的意義（独創性、革新性）

有人宇宙活動に関わる学問は、宇宙との深い関連性が認知されている理工学だけではなく、微小重力・閉鎖環境・高真空といった極限空間における自然科学、国際協力体制や商業利用拡大のための法整備を含む社会科学や倫理学といった人文社会・人文科学を統合したあらゆる学問・専門領域に及ぶ。しかしながら、今までこのように幅広い学術分野を統合する総合科学は創られておらず、大学生のための教育プログラムも存在しなかった。

本課題では、有人宇宙学の提唱により幅広い学術分野を融合し、有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムを構築した。有人宇宙学は、人間一時間一宇宙を結ぶ新しい学問であり、人類の宇宙進出を人類の進化過程として捉え、有人宇宙活動を「人類社会を宇宙にまで展開させるための活動」と定義することによって有人宇宙活動に関わる13の学術分野を抽出した。学部1・2回生のための基礎教育プログラムと3・4回生向けの専門教育プログラムを構築し、計380人の学生に対して実践し、学生からのアンケートやコンセプトマップによる客観的な評価法の導入も行い、有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムコースツリーの作成を完了した。

世界的に見ても自然科学分野と人文社会科学分野を融合した有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムは存在しておらず、本課題の科学的・技術的意義は非常に高い。

② 国や社会のニーズへの適合性

日本の有人宇宙活動は1985年に開始され、国際宇宙ステーションの定常運用開始（2011年）とともに本格化した。今後、宇宙商業利用による地球低軌道領域の利用活性化とともに、政府主導による有人月面探査や火星探査が計画されている。しかしながら、世界的にみても有人宇宙活動に焦点を当てた総合科学教育拠点は未だ存在しておらず、次世代の人的基盤強化が必要である。また、有人宇宙活動に関わる学問は、自然科学と人文社会科学を統合したあらゆる学問・専門領域に及ぶ。次世代を担う若年層において、これら広範な分野が宇宙開発利用と関係することが十分認知されておらず、その専門能力を宇宙開発利用に引き込めていない。

本課題では、有人宇宙活動に必要な学問分野を網羅し、それらの有機的な結合により、有人宇宙活動に特化した総合科学を創出した。また、学年に応じた段階的な教育プログラムとすることにより、学部4年間で習得できる有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムを構築した。特に専門教育プログラムは、講義ばかりではなく、宇宙関連知識・技能を学ぶことのできる各種実習から成り立っており、大学院・社会に進む学生が宇宙開発活動の中で即戦力になれる実力を養えるように作られている。この総合科学教育プログラムは、コースツリー及び個々のカリキュラムの形で国内大学に配布する予定であり、各大学の教育事情に合わせて改変・適用が可能である。

本課題は、宇宙開発が地球低軌道領域での商業利用や国際協力による月・火星有人探査によってさらに発展していく時代に必要となる次世代の人材育成のニーズに適合している。

「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 新しい知の創出

宇宙に人類社会の展開をめざす有人宇宙活動には、自然科学ばかりでなく人文社会科学まで幅広い学術分野が関係する。人間—時間—宇宙を結ぶ新しい学問：有人宇宙学を提唱し、学術イメージマップにより有人宇宙活動のための13の学術分野を抽出した。有人宇宙学は、人類の宇宙展開を進化過程であると捉え、人類社会が宇宙に存続する条件を探求するものである。こうした理念のもとで、関連学術分野を統合し、有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムを構築した。

総合科学教育プログラムにおいては、基礎教育プログラム講義（平成30年度）の履修者131名のうち119名から回収したアンケート調査での平均講義満足度は3.99点（5点満点）と高く、また、専門教育プログラム講義（平成30年度）では修了者14名のうち12名から回収したアンケート調査での平均満足度は4.73点（5点満点）と非常に高かった。

総合科学教育プログラムの構築によって、有人宇宙活動を人類社会が宇宙に展開していく過程だと捉える新しい学問：有人宇宙学を創出した。

② 波及効果

専門教育プログラムの実習のひとつである有人宇宙学実習の成果は、京都大学とアリゾナ大学との間で部局間学術交流協定の締結を実現し、アリゾナ大学が所有・運用・管理するBiosphere 2：準閉鎖人工生態系で有人宇宙キャンプ（Space Camp at Biosphere 2）に発展した。2019年2月に日本人学生3名とアメリカ人学生2名が参加し、2泊3日でBiosphere 2内の熱帯雨林、海、砂漠セクションを使った火星ミッションを模擬した実習が成功裡に行われた。参加学生は、言葉や文化の壁を越えて協力し、全ての実習課題を完遂した。

本課題の中で開発・実施された専門教育プログラムがこのように国際的に発展していることは、本課題が大きな波及効果を持っていると結論される。



図 12 Biosphere 2 で実施された有人宇宙キャンプ

「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

本課題は、宇宙ユニットがその主管実施機関として開発・実践したものである。宇宙ユニットは京都大学の 20 の部局から 80 人以上の専門家が参加する組織で、有人宇宙活動に必要な自然科学分野から人文社会科学分野までの専門家が集い、効率よく総合科学教育プログラムの開発と実践が可能になった。

参加部局のひとつである高等教育研究開発推進センターは教育の専門家の集まりであり、今回開発した基礎及び専門教育プログラムの各講義・実習の客観的評価のために、コンセプトマップによる評価法の導入を指導・実践した。コンセプトマップは学生の講義前・講義後の知識の習得度を客観的に調べることを可能にし、総合科学教育プログラムの開発に大きな役割を果たした。さらに霊長類研究所が微小重力体験実習のパラボリックフライト実験に参加することによって、短時間のパラボリックフライト中においても有意義な研究成果のあがる空間及び時間認知課題の設定が可能になった。

このように本課題の計画・実施体制は妥当であったと認められる。

② 費用構造や費用対効果向上方策の妥当性

教育プログラムの開発・実践のための司令塔となる特定助教及び研究支援員を雇用し、学内外の関連部局との調整を一本化することによって、業務の効率化を達成した。また、有人宇宙学実習における閉鎖環境実習場所とした京都大学附属花山天文台の施設に、教材として購入した望遠鏡や模擬微小重力発生装置を設置することにより、当該設備を有する既存の他の施設を利用するよりも効率的に宇宙ミッションを模擬した有人宇宙学実習を実施することができた。

本課題の成果が学内で広く認知されたことで、大学内研究教育資金により、初期の計画よりも拡充させた形での微小重力体験実習を実施することができた。また、有人宇宙学実習における、閉鎖環境実習の成果も学内外で広く認知され、京都大学とアリゾナ大学との間で部局間学術交流協定に基づき、学内研究教育資金を裏付けに、有人宇宙学実習を有人宇宙キャンプとして国際的に発展させることができた。

(2) 成果

「アウトプット」

本課題は、有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムを開発し、学部学生に対して実践することにより、将来有人宇宙活動に貢献できる高い専門性を持つ次世代人材の育成と潜在的な宇宙利用の拡大の両面に貢献することを目指した。本課題では以下の項目を実施した。

● 教育プログラム策定のための拠点形成

総合科学教育プログラム策定のためのコーディネートオフィスを京都大学・学際融合教育研究推進センター・宇宙総合学研究ユニット（宇宙ユニット）内部に設置し、本課題の拠点とした。

● 基礎教育プログラムの策定・実施・評価

基礎教育プログラム講義として、京都大学が提供している宇宙総合学を利用し、14回のリレー式講義を学部1・2回生に対して実施した。講義の十分カバーできない分野については各年度数回の補完セミナーを開催した。参加者（履修者）数は平成29・30年度を合わせて273名となり、コンセプトマップを初回講義と最終回講義に作成し比較することにより、学生の理解度を評価した。評価については、高等教育研究開発推進センターの教育アセスメントの専門家による協力のもとに、各講義及び実習受講前後での有人宇宙活動に対する学生の理解度の変化について客観的に評価するためにコンセプトマップ法を成功裡に導入することができた。（以下、専門教育プログラムの評価も同様）

● 専門教育プログラムの策定・実施・評価

専門教育プログラム講義として、平成29年度は宇宙機関と連携して5回のリレー式講義「有人宇宙学」を実施・評価・検証した。これらの結果をもとに、平成30年度はさらに講義内容の充実を計り、12回のリレー式講義及び3回の演習からなる「有人宇宙学」を実施した。参加者数は、平成29・30年度を合わせて34名であり、講義アンケート及びコンセプトマップ評価により有人宇宙学が専門教育プログラム講義として学生の理解度を評価した。

専門教育プログラム実習として、有人宇宙学実習・微小重力体験実習を実施した。有人宇宙学実習は【天体観測実習】・【模擬微小重力実験】・【閉鎖環境実習】を6日間かけて遂行した。実習教材として、新しく系外惑星観測システム、模擬微小重力発生装置、クルーノートブックを開発した。微小重力体験実習では、平成29・30年度にそれぞれ2回のパラボリックフライトを行った。各回5名ずつ計20名の学生が参加し、時間・空間認知実験及び教育実験を実施・検証した。

● 有人宇宙教育活動に関連したシンポジウムの開催と活動支援

「人類は宇宙人になれるかー宇宙教育の挑戦」（平成30年2月11 - 12日）、「人類は宇宙社会をつくれるかー宇宙教育の挑戦」（平成31年2月9 - 10日）という命題で宇宙ユニットシンポジウムを開催した。

宇宙ユニット・有人宇宙計画研究会と共同で有人宇宙ゼミを平成29年度は17回、平成30年度は14回開催した。さらに、社会連携活動の一環として企業見学を3回行い、企業の若い技術者との交流を実践した。

さらに、宇宙ユニットNEWSを毎月発行することによって、宇宙ユニット及び本課題が行う様々な活動を京都大学内外に発信した。本課題で行ったすべての活動を総括する目的で、教育プログラムのコースツリー・カリキュラムの作成を行った。

「アウトカム」 (令和元年 10 月末時点)

本課題の効果・効用（アウトカム）としては、理工学系のみでなく人文社会学系の学生に対しても幅広く学際的な総合科学教育プログラムを提供し、有人宇宙活動に関わる多くの知見を周知できたことである。本プログラムを通じて学んだ学生が、JAXA や ANA といった宇宙航空業界に就職し、企業見学を企画する側の立場になることによって、現役学生へのロールモデルとなったことも重要なアウトカムである。

専門教育プログラムの有人宇宙学実習の発展として、京都大学とアリゾナ大学の間で部局間学術交流協定に基づく、Biosphere 2 における有人宇宙キャンプ実施を通して国際連携の構築にも繋げた。2018 年 2 月に行われたこの有人宇宙キャンプでは日本人学生 3 名とアメリカ人学生 2 名が参加し、国際交流を行った。さらに京都大学とアリゾナ大学の連携を進め、より規模の大きいスペースキャンプを計画し、2019 年 8 月に 5 泊 6 日の第 2 回有人宇宙キャンプを Biosphere 2 で実施した。このキャンプには、日本人学生 5 名、アメリカ人学生 5 名、さらに NASA 及び JAXA 宇宙飛行士 3 名も参加した。このような学生を対象とした長期宇宙ミッションを模擬したシミュレーションは、世界的にみても初めての試みであった。

本課題での講義・実習を継続的に実施していくために、2019 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、「有人宇宙活動のための総合科学研究教育プログラムの開発と実践」を実施する。今後も高い専門性を持つ次世代人材の育成と宇宙利用の拡大を目指し、本課題で培ったノウハウとプログラムを継承し、恒常的な運用を実施していく。

(3) 今後の展望

本課題において構築した総合科学教育プログラム参加卒業生の進路や就職先については、その後の専門性への派生効果の評価を実施していく予定である。また、本課題で設置した「コーディネートオフィス」を拠点とし、委託期間満了後も継続して本課題を運用することが重要である。

2019 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採択され、「有人宇宙活動のための総合科学研究教育プログラムの開発と実践」を新たに開始する。今後は、大学院生も対象とした研究教育プログラムへの発展、さらに宇宙滞在における人への医学・生物学的影響についてもより専門的なレベルで充実させる。また、アリゾナ大学との連携を強固にし、Biosphere 2 での有人宇宙キャンプを継続して国際連携を強化していく。本課題で培ったノウハウとプログラムを継承し、恒常的な運用を実施し、本拠点を有人宇宙活動のための国際的研究教育拠点へ発展させることを目指す。

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

本課題は、新しい宇宙産業の在り方、新しい宇宙と社会のかかわり方を構想・創出するポテンシャルを醸成するため、有人宇宙活動とその利活用に必要な専門性を持った人材の育成を目指し、自然科学から人文社会科学に及ぶ広範囲な学術分野を融合した、世界でも類を見ない「有人宇宙活動のための総合科学教育プログラム」を開発し、約400名の学生への講義を通じて実践、評価、改善を行い、同プログラムを立ち上げたものである。

所期の目標は十分に達成されており、特に以下は、特筆すべき成果であると認められる。

- 本プログラムを通じて学んだ学生が宇宙航空分野に就職し、現役学生のロールモデルとして活動するなど、宇宙航空分野への進路の足掛かりとなるプログラムを構築した。
- 本プログラムは、京都大学高等教育研究開発推進センターの教育アセスメントの専門家との連携の下、効果的で汎用性の高い教育実践方法の評価検証及びそれに基づく改善を行うことにより、宇宙航空分野の専門家だけでは得難いPDCAサイクルが確立された。
- 本プログラムの成果の発展として、京都大学とアリゾナ大学との部局間学術交流協定の締結及び京都大学内の研究教育資金に基づき、日本人学生とアメリカ人学生が参加した将来の国際宇宙ミッションを模擬する世界初の教育プログラムの試みを成功させた。

以上により、本課題は優れた成果を上げ、宇宙航空利用の促進に著しく貢献したと評価する。

今後は、有人宇宙活動の社会活動の側面における課題解決に貢献できるよう、人文社会系の要素や、受講生の層に合わせて人文社会系の学生がアクティブラーニングに参加する要素の追加を検討するとともに、本プログラムの成果を追跡的に把握した結果をもとにした改善等の工夫を行うことによって、本プログラムが発展することを期待する。