

宇宙総合学研究ユニット NEWS 2020年3月号



第13回宇宙ユニットシンポジウム開催報告

2020年2月8日(土)・9日(日)に、京都大学国際科学イノベーション棟にて宇宙ユニットシンポジウムを開催しました。雪にも見舞われた中、たくさんの方々にお越しいただきました。1日目はまずポスター交流会からスタート、59件のポスターが並び、学生、院生、企業研究者から一般の方々まで宇宙について熱く語り合う姿が見られました。特に、高校生の発表はレベルが高く、京都大学の大学院生から「高校生のレベルが高くて焦ります」との本音も漏れるほどでした。その後、JAXA宇宙飛行士の油井亀美也さんに基調講演を行っていただきました。多くの来場者が集まり、真剣に講演に耳を傾けていました。質疑応答では質問者の前まで油井さんが歩み寄って真摯に答える姿が印象的でした。

2日目には、様々な分野から集まった7名の専門家による講演とパネルディスカッションが行われました。午前中は、土佐先生(京都大)、松井先生(京都市立芸大)が無重力環境・宇宙空間をアートの文脈に取り込むことを題材に講演され、続いて作家の川端さんが「母語で宇宙について語ることの重要性」について講演し、若者が宇宙について真剣に研究する現代には既に「宇宙文明」が到来しているというメッセージを発したことが印象的でした。午後は昨年アメリカ Biosphere2 での有人宇宙キャンプ(SCB2)に参加した京都大学学生代表がその成果を報告しました。続いて Lee 先生(京都大)から超新星爆発の研究について、水島先生(西村あさひ法律事務所)から宇宙ビジネスを巡る法的な課題とこれからの展望について、稲富先生(JAXA 宇宙研)から他惑星での居住を見据えた技術的課題についてご講演いただきました。最後に「人類は宇宙文明を作れるか」と題したパネルディスカッションを開催しました。2日目の講演者と木村先生、土井先生(ともに京都大)が壇上にのぼり、各自が捉える宇宙文明の具体像や、宇宙進出が引き起こす人類社会への影響について討論を進めました。フロアの聴衆からも質問を募集し、活発な議論がなされました。2日間を通して宇宙に関する幅広いトピックに触れ、来場者にとって刺激的なイベントになったのではないかと思います。(田島知之 記)



(左) ポスター交流会の様子、(右) 成果報告を行った京都大学の SCB2 メンバー



パネルディスカッションの様子、フロアからの意見も交えて討論を行った

有人宇宙ゼミ：閉鎖環境に暮らす類人猿の生活とストレス

人類が宇宙で居住するためには、長期にわたって閉鎖環境で社会関係を破綻させず共存することが必要となる。しかし私たちは普段、開放環境で生活しているため、閉鎖環境が社会関係にどのような影響を与えるのかイメージしづらい問題がある。そこで人間に最も近い動物であるチンパンジーやゴリラの飼育下での暮らしを見学し、飼育下で霊長類のストレス対策に取り組む若手研究者との対話を通じて、人類が宇宙に居住する際に必要な方策について議論することが今回の実習の目的であった。

まずレクチャールームにて、京都市動物園の生き物・学び・研究センター主席研究員の山梨裕美さんから閉鎖環境がチンパンジー等の霊長類にもたらすストレスや、ストレスに起因して発生する攻撃をいかに抑えるかについて、これまでの研究成果をもとに説明していただいた。その後、学生らは実際にチンパンジーとゴリラの飼育施設を見学した。レクチャールームへ戻り、引き続き「人類が閉鎖環境で暮らすために必要なこと」について学生、講師を交えてディスカッションした。閉鎖空間での長期生活が人間の社会関係に与える影響と、社会的ストレスの解消のために何をすべきかといったテーマについて話し合った。今後は、春頃に嵐山のニホンザル社会の観察を通して、人間を含めた霊長類の社会サイズを予測するダンバー数モデルについて考える実習を計画している。（田島知之 記）



(左) 実習参加者 (右) 山梨さんが丁寧に類人猿の生活環境について教えてくださいました

東京慈恵会医科大学での宇宙医学実習実施の報告

宇宙ユニットでは文科省の宇宙航空科学技術推進委託費プログラムの一つとして、東京慈恵会医科大学・愛知医科大学・岐阜医療科学大学との連携により宇宙医学実習を実施します。第1弾の宇宙医学実習が、2020年2月17-21日に東京慈恵会医科大学で実施されました。東京慈恵会医科大学には宇宙航空医学研究室が設置されており、講座担当の南沢教授、暮地本講師、谷端助教の3名に指導していただき、京大生2名（理学部1名、医学部1名）が参加しました。実習期間中は「微小重力への生体応答」というテーマで、宇宙実験サンプルシェアで得られたマウスの胃組織サンプルからRNAを抽出し、機能関連分子の遺伝子発現を調べたり、クリノスタットでの細胞培養実験を通じて微小重力環境が筋細胞へ及ぼす影響を遺伝子発現レベルで解析しました。また、慈恵医大の先生方からは「宇宙医学」「微小重力と筋萎縮」「キャリアディベロップメント」についての講義も受けました。講義を通じて、宇宙と産業医学や栄養学の関係性、宇宙における臨床医学の可能性、筋増大・萎縮の分子機構などについて理解できました。実習3日目にはJAXA筑波宇宙センターへ訪問し、ISSの「きぼう」日本実験棟の運用管制室の様子や宇宙飛行士選抜の際に使われた閉鎖環境適応訓練設備の内部を見学することができました。さらに、JAXA井上夏彦先生から閉鎖環境実験のお話も聞くことができました。最終日には、最終発表として1週間の実習の成果をまとめて発表しました。特に臨床医の先生方や慈恵医大の医学生との交流を通じて、京大生2名は宇宙医学の見識を深めることができました。（寺田昌弘 記）



実習の様子



JAXA 訪問の様子

参加学生からの感想：

<京都大学医学部1回生・宮下裕策>

僕にとって今回の実習の一番の収穫は、実際宇宙（ISS）に行ったマウスの胃のサンプルを扱ったということだ。サンプルが貴重であるがゆえに緊張はしたものの、それ以上に宇宙に一步近づけた気がして感慨深いものであった。また、本実習を通して、宇宙医学のプレイヤーの方々をはじめ、様々な新しい出会いがあり非常に実りある時間を過ごせた。

<京都大学理学部2回生・平井颯>

微小重力環境に対する生体応答について、これまでは筋萎縮、骨密度低下といった結果のみを学習してきたが、宇宙医学実習を通してどのようにしてその応答が起こっているかという分子生物学的な機構に目を向けられたことは勉強になった。実験操作に課題が多く見つかったので、今後は机上の学習だけでなく、研究室に出入りするなどして様々な実習に積極的に取り組んでいきたい。

アリゾナ州バイオスフィア 2 での系外惑星観測と宇宙通信実験

宇宙ユニットは、2020年2月22日から3月1日までアメリカ・アリゾナ州にある人工半閉鎖生態系施設バイオスフィア 2 に滞在し、8月に同施設で開催する有人宇宙キャンプ（Space Camp at Biosphere2 : SCB2）で実施する系外惑星観測と宇宙通信実験のために必要な機器のセットアップを行った。

アリゾナは空気が澄んでおり、晴天率も高いことから天体観測に適している。有人宇宙キャンプにおいて系外惑星観測を実施するために、高橋製作所の屈折望遠鏡（EM-400MRD+TOA-130）をバイオスフィア 2 に設置した（図 1）。系外惑星が主星の前を通過することで食を起こすこと（トランジット）による主星の減光を測定することで、系外惑星の大きさ、軌道の長半径、主星（太陽）からの距離、表面温度などを求めることができる。

8月のSCB2で初めて実施する宇宙通信実験の準備として、アリゾナ大学のアマチュア無線クラブや地元ツーソンのアマチュア無線愛好家による協力のもと、衛星通信に必要なアンテナと送受信機、ローターなどの機器をバイオスフィア 2 敷地内に設置することができた。アマチュア無線の需要は、携帯電話などの個人情報端末の普及により減ってきたが、民間企業や大学が開発した衛星を打ち上げた後の種々のデータ送受信、衛星の制御のためにはアマチュア無線用の電波帯が使われている。また NASA が発表した月ゲートウェイ計画の中でも、宇宙飛行士の緊急時のバックアップ通信手段としてアマチュア無線が位置づけられ、AMSAT(アメリカアマチュア衛星通信協会)がサポートしている。このような背景のもと、アマチュア無線の原理と衛星通信法について学ぶことは、今後の宇宙航空分野を担う学生にとって有益だろう。バイオスフィア 2 に現地で購入した VHF/UHF アンテナとローターをタワーに設置し、正常に動くことを確認できた。その上で 3 機の FM 人工衛星（SO-50、AO-91、AO-92）の電波を受信できることを確認した。これらの設備を用いて、8月のバイオスフィア 2 での有人宇宙キャンプにおいて、宇宙通信実験を行う予定である。

（田島知之 記）



図 1 系外惑星用観測システム



図 2 Biosphere2 敷地内に設置した衛星通信用アンテナ（Curt Laumann 氏提供）

宇宙木材ワークショップ（第 15 回宇宙学セミナー）

国土の 2/3 が森林に覆われている日本では、樹木は文化に深く根付き、価値を生み出してきました。このため、宇宙空間における樹木利用の可能性の追求は、日本が取り組める独自の宇宙開発の一つであると言えます。本ワークショップでは、宇宙における木材利用・樹木育成の基礎的知見を得るために、木材・樹木の宇宙空間における物理化学的特性および宇宙での木材・樹木利用の可能性について学ぶことを目的とします。

日時 2020年3月30日(月) 13時00分～17時30分

場所 京都大学北部総合教育研究棟 1階 小林・益川記念室

テーマ 宇宙における木材利用・樹木育成の可能性探求

プログラム

13:00-13:05 開会の辞

13:05-14:25 第一部 宇宙における木材の利用

14:25-14:40 休憩

14:40-16:00 第二部 宇宙における植物・樹木育成

16:00-16:15 休憩

16:15-17:25 第三部 木材産業の宇宙展開の可能性を探る

17:25-17:30 閉会の辞

今後の宇宙学セミナー・関連イベントなど

開催を予定していた第 12～14 回宇宙学セミナーは延期となりました。宇宙学セミナーの最新情報は随時 Web ページ (<http://www.uss.kyoto-u.ac.jp/seminar.html>) に公開します。

日時	内容	場所
3月30日(月) 13:00-17:30	第 15 回 宇宙学セミナー 第 3 回 宇宙木材ワークショップ テーマ：宇宙における木材利用・樹木育成の可能性探求	北部総合教育研究棟 1階小林・益川記念室 一般対象

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

土井隆雄 寺田昌弘 辻廣智子

(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)

1. はじめに

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プログラム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、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。

これらの問題を背景として、宇宙総合学研究ユニット（宇宙ユニット）では平成 28 年度から平成 30 年度にかけて、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、その教育を実践した。この教育プログラム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、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、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が本教育プログラムの目的である。

2. 教育プログラム開発のための拠点形成

総合科学教育プログラム開発のためのコーディネートオフィスを宇宙ユニット内に設置し、教育プログラム開発のための拠点とした。コーディネートオフィスでは、宇宙分野への異分野からの参入を促進するための大学学部生向け教育プログラムを作成・実施する。具体的な業務は、(i) 宇宙機関及び宇宙関連企業ならびに宇宙ユニットに参加を希望する学生への窓口、(ii) 宇宙利用に関する様々な課題の解決を指向した異分野連携型教育プログラムの開発・実施、(iii) 教育を受けた人材を各分野へ橋渡しするため、宇宙産業内外の企業・団体と交流し供給先を確保する業務である。

3. 基礎教育プログラムの開発と実践

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（図 1）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（ソーシャル・ハビタビリティ）を探究するものである。こうした理念のもと、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。

有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムの基礎教育プログラム講義の枠組みとして、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（図 2）。平成 29 年度は 142 名の学生、平成 30 年度は 131 名の学生が履修した。講義で十分カバーできない分野については各年度複数回の補完セミナーを開催した。

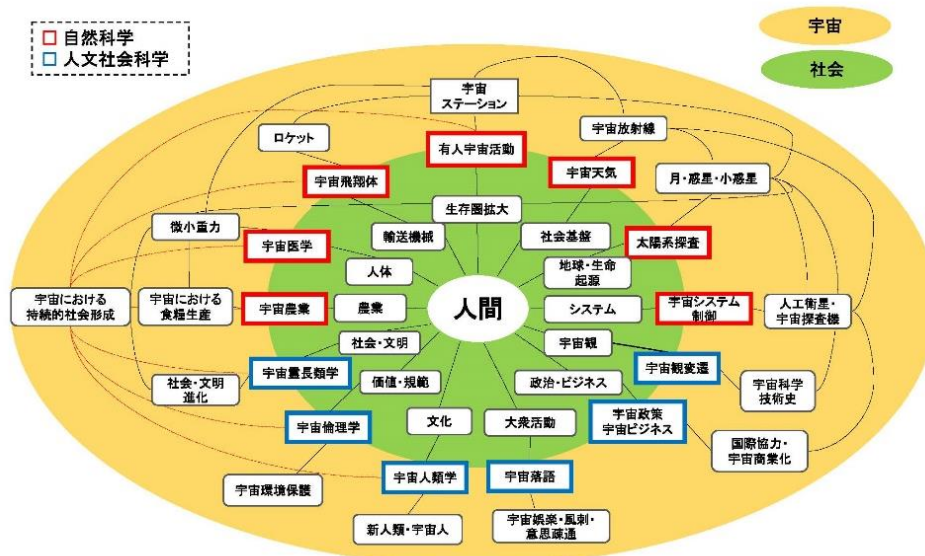


図 1 有人宇宙学を構成する学術領域マップ



図 2 基礎教育プログラム講義：宇宙総合学の講義風景

4. 専門教育プログラムの開発と実践

4.1 専門教育プログラム講義

専門教育プログラムの目的は、基礎教育プログラムで習得した有人宇宙活動に関連する幅広い学問分野の知識から絞り込みを行い、有人宇宙活動を直接支えている実際の研究開発の実態を知ること、及び実習を行うことによって有人宇宙活動をより深く理解するための実体験をすることである。専門教育プログラム講義は理工系の学部 3・4 回生を主対象としたレベル設定にし、持続可能な有人宇宙活動を展開するための学術領域として有人宇宙学・宇宙環境・宇宙農業・宇宙霊長類学・宇宙工学を選別した。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 回のリレー式講義を行い、平成 30 年度は京都大学全学共通科目として 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。この講義は、今後も継続されていく予定である。

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。



図 3 150人が暮らす月面社会



図 4 150人が暮らすエンケラドス社会

4.2 専門教育プログラム実習：有人宇宙学実習・微小重力体験実習

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】から構成される有人宇宙学実習及び微小重力体験実習を実施・検証した。

有人宇宙学実習においては、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、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

小重力環境下での教育・認知学的実験を行った（図 7）。

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。



図 7 微小重力体験実習の様子

5. 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 - 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 - 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。

6. 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 8 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 9 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。

本教育プログラム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ことになる。

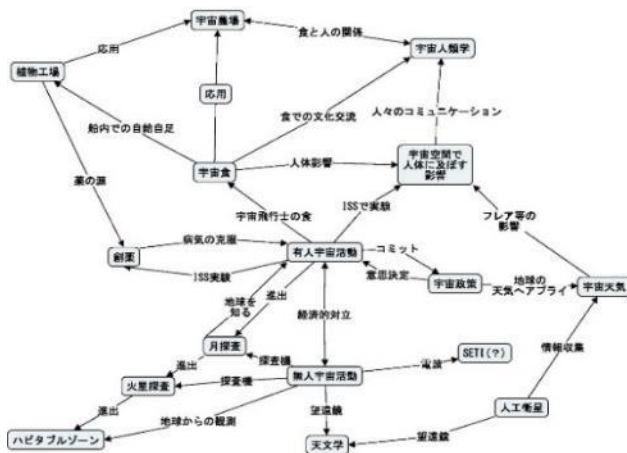


図 8-1 初回講義で作成されたコンセプトマップ

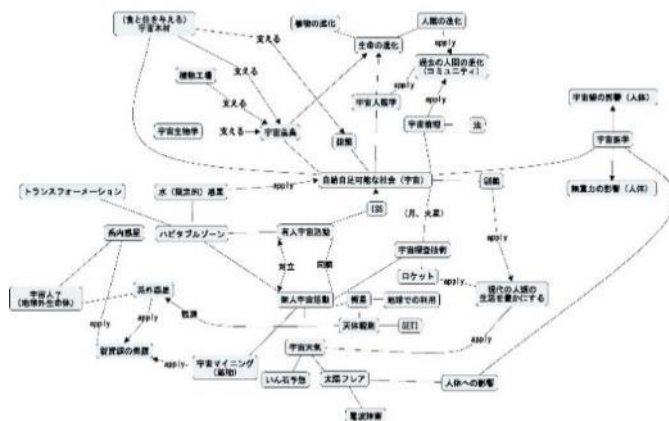


図 8-2 最終講義で作成されたコンセプトマップ

	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 9 平成 30 年度基礎教育プログラム講義のコンセプトマップ分析結果

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 10 に示す。コースツリーは、本教育プログラムで開発・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。

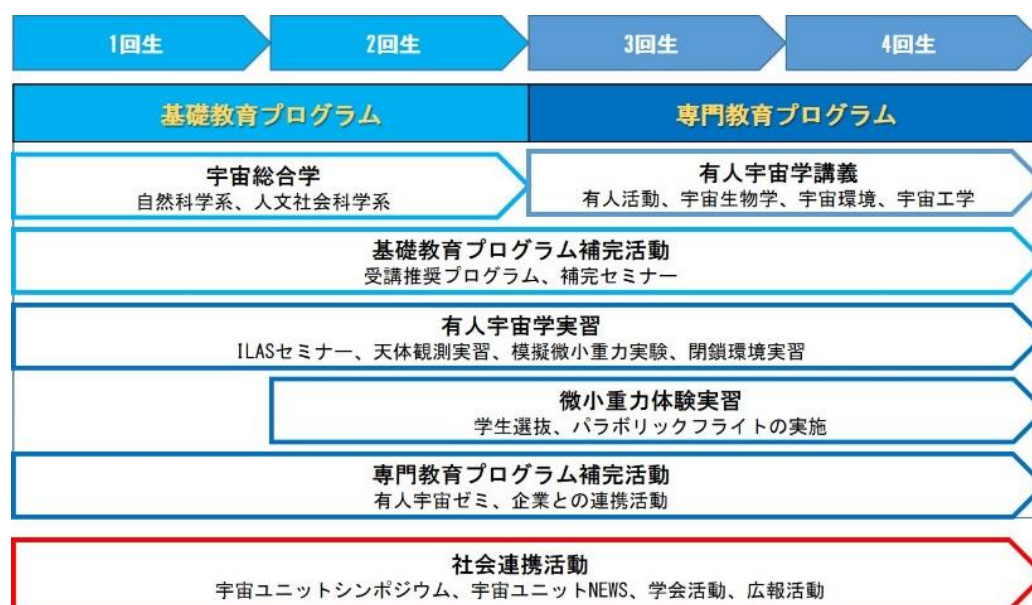


図 10 有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムコースツリー

謝辞

本教育プログラムの開発と実践は、文部科学省の平成 28 年度宇宙人材育成プログラムの支援を受けて実施された。ここに感謝の意を表す。

京都大学 宇宙総合学研究ユニット

<http://www.usss.kyoto-u.ac.jp/>

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 吉田キャンパス北部構内 北部総合教育研究棟 403 号室

編集人：伊藤梓

Tel&Fax: 075-753-9665 Email: usss@kwasan.kyoto-u.ac.jp