

# 宇宙総合学研究ユニット NEWS 2022年1月号



## 2月5日(土)・6日(日)に宇宙ユニットシンポジウム開催！

第15回宇宙ユニットシンポジウムは ZOOM を用いて完全オンライン形式で開催します。参加をご希望される方は、宇宙ユニットのウェブサイトから参加申し込みフォームを開き、1名ずつご入力をお願いいたします。尚、参加申し込みのメ切は1/31(火)です。

2日目のポスター交流会では、高校生、大学生、大学院生、研究者、企業や一般の方々が集まり、合計41件のポスターを掲出します。ポスター交流会も ZOOM で開催しますので、ぜひご参加ください。

京都大学宇宙総合学研究ユニット 第15回シンポジウム

# 人類は宇宙に 移住できるのか？

——文理融合型宇宙教育の開発と実践



Photo Credit NASA

**参加無料・事前申込が必要です**

ポスター発表と参加の申し込みはウェブから

📄 <https://www.ussss.kyoto-u.ac.jp/symp/15th/>

主催◎京都大学宇宙総合学研究ユニット  
共催◎京都大学大学院理学研究科附属天文台、  
京都大学大学院総合生存学館SIC有人宇宙学研究センター  
後援◎京都府教育委員会、京都市教育委員会、宇宙航空研究開発機構

本シンポジウムは文部科学省宇宙航空科学技術推進委員会「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」および「倫理学を基盤とした宇宙教育プログラムの開発と実践」による支援を受けて開催されます。

**2.5(土) 13:00~17:00 [オンライン]**  
シンポジウム講演会

**2.6(日) 9:00~17:30 [オンライン]**  
シンポジウム+パネルディスカッション  
JAXA宇宙飛行士講演 [オンライン]  
ポスター展示交流会「宇宙研究の広場2022」

◎登壇者

- 高井 研 (海洋研究開発機構)
- 吉川 真、稲富 裕光 (宇宙航空研究開発機構)
- 関根 康人 (東京工業大学 地球生命研究所)
- 永崎 将利 (Space BD)
- 大野 琢也 (福島建設)
- 寺田 昌弘、田島 知之 (京都大学 宇宙総合学研究ユニット)
- 山敷 庸亮 (京都大学 総合生存学館)
- 伊勢田 哲治、兎玉 聡 (京都大学 文学研究科)
- 浅井 歩 (京都大学 理学研究科)

※ 参加申し込みフォームやプログラム等の詳細は、下記の宇宙ユニットウェブサイトをご覧ください。

<https://www.ussss.kyoto-u.ac.jp/symp/15th/>

# 宇宙倫理学教育プログラム（人文社会委託費）のお知らせ

2021年10月に発足した人文社会委託費プロジェクト「倫理学を基盤とした宇宙人材育成プログラムの開発と実践」について、準備状況や活動内容などをお知らせします。

## 1. eポートフォリオシステムの導入

今年4月から「宇宙倫理学教育プログラム」を受講する学生向けに、eポートフォリオシステムの導入を行うべく準備を進めています。これは、本プログラムを受講する個々の学生が、自らの学習歴を定期的に記録するものです。受講生には、まずプログラム開始時において、知識・能力や価値観について自己評価していただきます。また自由記述欄では、本プログラムを受講するに至った動機（過去の経験や現在の興味など）および抱負（何を学びたいか）などについて書いていただきます。その後、どのような科目を受講して何を学び得たかを、科目毎に記入していただきます。最後にプログラム修了時には、当初の目的がどの程度達成されたか、あるいは目的が変化したか、およびプログラムを通しての自分の能力や価値観の変化はあったかについて回答していただきます。こうして、プログラムの受講により宇宙倫理学の学習においてどのような進展があったかを評価します。

## 2. 基幹講義「宇宙倫理学入門」の内容策定

2021年11月号でお知らせしましたように、本教育プログラムの必須科目として、新しく「宇宙倫理学入門」を内容とする講義を京都大学文学部の授業として開講します（文学部・文学研究科のシラバス上での授業名称は「科学哲学科学史（特殊講義）」または「倫理学（特殊講義）」となります。同名称の授業がそれぞれ複数存在しますので、シラバスの中身を確認し、題目が「宇宙倫理学入門」となっているものを受講してください）。

以下にそのシラバス概要を記します（適宜、小さな変更の可能性はあります）。

---

### 【授業の概要・目的】

近年、人類の宇宙進出が急速に進展しつつある。地球外への活動領域拡大は、私たちに様々な恩恵をもたらすと同時に、新たな倫理的課題を突きつけることになるだろう。本講義では、人類の宇宙進出に伴う倫理的諸課題と、それらをめぐる倫理学的議論の概要を学ぶ。

### 【到達目標】

- 人類の宇宙進出に伴う様々な倫理的課題を理解する。
- 宇宙倫理学的課題に関する哲学者たちの見解や論証を理解する。

## 【授業計画と内容】

基本的に以下の計画にしたがって講義を進める。ただし、進捗に応じて多少変更する場合がある。

1. 宇宙倫理学の概要
2. 宇宙倫理学と規範倫理学
3. 宇宙進出擁護論の神話
4. 有人宇宙活動
5. 宇宙機の事故リスク
6. 地球環境と宇宙開発
7. スペースデブリ
8. 中間セッション — 期末レポートについて
9. テラフォーミング
10. 宇宙ビジネス
11. 安全保障と宇宙開発
12. 地球外資源開発
13. ロボットと宇宙開発
14. 人類存続義務
15. 講義のまとめ

## 【成績評価の方法・観点】

期末レポートにより評価する。到達目標の達成度（講義内容の理解度）に基づく評価を基本とするが、独自の学習や考察を適切に盛り込んだものには特に高い評価を与える。

## 【教科書】

- 『宇宙倫理学』／伊勢田ほか（編）／昭和堂／2018／ISBN: 9784812217382

-----

以上です。興味ある方の受講をお待ちしています。なお、京都大学の学生以外の方の受講も、希望があれば考慮しますので、宇宙ユニットまでお知らせください。

# 科学哲学とメタ哲学

## ——学問の前提を考える——

清水 雄也

宇宙総合学研究ユニット 特定助教

前号では、私の研究分野（のひとつ）である宇宙倫理学について紹介しました。本号では、科学哲学とメタ哲学について紹介していきたいと思います。興味を持ってそうな部分だけでもご覧いただければ幸いです。

### 科学哲学

#### 社会科学の哲学

私の主な専門分野は科学哲学です。科学哲学とは、科学で用いられる概念や方法について研究する分野で、「科学基礎論」と呼ばれることもあります。最近の科学哲学者は、科学全般を扱うよりも個別の科学分野を自らの研究領域として扱うことが多くなっており、自分の専門分野を単に「科学哲学」とはせず、たとえば、生物学の哲学、物理学の哲学、歴史学の哲学などと特定するのが一般的になっています。この流儀で言うならば、私の専門は社会科学の哲学ということになります。社会科学の哲学では、経済学、政治学、社会学などの社会科学諸分野を対象領域として、それらに関わる様々な哲学的問題を扱います。

社会科学の哲学の中でも私が関心を持っているのは、社会科学の目的と方法を哲学的な観点から論じる社会科学方法論という分野であり、特に自然主義論争と呼ばれるトピックについて研究してきました。自然主義論争は、従来、「社会科学の用いる（べき）方法は自然科学の方法と同一か」という問いをめぐる自然主義者と解釈主義者の論争として理解されてきました。その問いに対して「イエス」と答える立場が自然主義であり、「ノー」と答える立場が解釈主義である、というわけです。後者が「解釈主義」と呼ばれるのは、社会科学の方法が自然科学とは異なるという立場をとる人の多くが、その重要な根拠として社会科学における（行為や言葉の）意味解釈の必要性を挙げてきたためです。

自然主義論争は、単に哲学的に興味深いだけでなく、実際に行なわれている社会科学研究のあり方に深く関係しています。たとえば、社会学や政治学などでは、同じ分野内に複数の方法論的伝統が形成されており、ところによっては深刻な対立や分断が生じているのですが、その根底には哲学的前提における不一致があり、それが自然主義と解釈主義の対立に（少なくとも部分的に）対応しているようなのです。

私の関心は、こうした方法論的な多様性を包括的に把握し、それぞれの特徴を明確化しながら、より適切な社会科学の描像を与えることにあります。そして、そのためには自然主義論争に何らかの解決を与えることが有効である、というのが私の見立てです。ただし、その解決のためには、「自然科学の方法」

などという単一の方法論を想定し、それとの異同によって社会科学方法論に関する立場を分類するような誤った図式化をやめ、「自然主義論争」と呼ばれてきた議論の蓄積を整理しなおすことから始める必要があるように思われます。そうした洗い直しの作業において大きな鍵となるのが、次項に述べる因果の概念です。「社会的事象の間に因果関係は存在するのか」「社会的事象間の因果関係を明らかにすることは可能なのか」といった論点に関する見解の不一致が、自然主義論争の根底にあるように思われるのです。

## 因果の哲学

科学哲学における私の専門は、対象領域で言えば社会科学の哲学ですが、対象概念で言えば因果の哲学ということになります。というのも、私が因果の哲学に関心を持っているのは社会科学の哲学における自然主義論争の再図式化という目的のためですが、因果の哲学には古代以来の長く膨大な蓄積があり、それ自体として1つの分野となっているからです。また、因果の概念は社会科学に限らずほとんどあらゆる領域で用いられており、因果について論じる際に社会科学（の哲学）に関心を限定することはあまりよいやり方ではないように思われます。実際、因果の哲学に関する文献では、物理学、生物学、医学、法学など様々な分野の事例や用法が広く参照されます。

因果の哲学は、しばしば2つの問題領域に分けて論じられてきました。1つは概念論、もう1つは認識論です。前者は、「そもそも因果関係があるとはどのようなことか」という根本的な問題を中心に、因果に関連する種々の概念の成立条件または適用条件（平たく言えば「定義」）を研究します。後者は、「因果関係があるという主張や考えはどのような証拠によって正当化されるか」「因果関係を調べるときに前提に置かざるをえない仮定は何か」といった問題について研究します。私が主に研究しているのは前者（因果の概念論）です。それは、しばしば形而上学とも呼ばれます。

因果の概念論／形而上学は、相互に関連する様々な問題を扱います。その中でも、中心にあるのが、上でも述べた「因果関係があるとはどのようなことか」「そもそも因果とは何なのか」という問題です。この問題に対しては、いくつかの候補となる学説系統が提示されており、各系統内での細かい分岐を含め、最良の学説を探求する議論が積み重ねられています。

たとえば、「2種類の事象の間に因果関係があるというのは、それらがいつも（または高確率で）相次いで起こることである」という考え方があります。たしかに、私たちは2種類の事象がしばしばセットで起こるのを観察すると、そこに因果関係があるのではないかと考えます。また、因果関係を調べるための標準的な科学的方法は、確率的な関係を手がかりに因果関係を探索／識別しようとするものであり、こうした考え方と深く結びついているように思われます。

しかし、厳密に考えてみると、因果関係を何らかの規則的／確率的な関係（のみ）によって定義することはできそうもありません。2種類の事象が規則的／確率的な関係を示していても、それら両方が何か別の事象（共通原因）の結果であるにすぎないという可能性や、その関係が単なる偶然によって生じたものであるという可能性が原理的に排除できないからです。

たとえば、高額な保険商品の販売員が、グラフや表を見せながら「この保険に入っている人の平均寿命は、入っていない人の平均寿命よりも長いことがわかっています」と売り込んでいるとしましょう。このことを聞いた相手は、「この保険に入れば長生きできる確率が高くなるということか」と思うかもしれません。実際、

この販売員の言葉が売り文句として用いられるとしたら、相手がそう理解することを期待してのことでしょう。しかし本当のところは、高額な保険に加入できるような経済力のある人は、そうでない人よりも健康的な生活や医療のために多くのお金を使えるというだけのことかもしれません。つまり、その保険への加入と平均寿命の長さの間に見られる確率的な関係は、経済力という共通原因によるものであって、保険加入が原因となって平均寿命が長くなっているというわけではないかもしれません。このことは、「相関は因果ではない」という統計学の基本的教訓にも表現されています。そして、いくら複雑な確率的関係を用いても、結局はこれと同様の問題が残ってしまうということが知られています。そのため、因果を定義する際に規則的／確率的な関係を用いるとしても、そこに何か別種の要素を追加しなければならないように思われます。

これとは別に、「2つの事象の間に因果関係があるというのは、それらの間に物理量を伝達するプロセスが存在するということである」という考え方があります。何らかの物理量がやりとりされることなしに因果関係が成立することはないだろうという考えには説得力があるように思われますし、そうであるならば因果をそのことによって定義できるのではないかと考えるのは自然です。

しかし、因果を物理的プロセスと同一視することにも難点があるように思われます。まず、そうしたプロセスが存在するにもかかわらず、因果関係が認められないようなケースがありそうです。たとえば、ある夜、ボールが部屋に飛び込んできて窓が割れたとしましょう。このとき、部屋の照明が点いていて、その光が窓にも当たっていたとします。つまり、部屋の照明器具から割れた瞬間の窓に物理量を伝達するプロセスが存在したわけです。もし物理的プロセスの存在が因果を意味するならば、照明が点いていたことも窓が割れたことに因果関係を持っていることになりませんが、これは認め難いように思われます。

また、物理的プロセスが存在しないにもかかわらず、因果関係が認められそうなケースもあります。たとえば、「きちんと水をあげなかったから花が枯れた」というようなケースがそれです。私たちは、しばしば「何かが起こらなかったこと」が原因となって何かが起こると言い方／考え方をします。しかし、水をあげるという行為の不在と花が枯れたことをつなぐ物理的プロセスなど存在しないでしょう。こうして見ると、物理的プロセスの存在は、因果関係があるための十分条件でも必要条件でもないのではないかと思われます。

このほかにもいくつかの候補学説がありますが、私は、反事実（counterfactuals）と可操性（manipulability）という概念によって因果概念を定義する学説を暫定的に支持する立場から、より精確かつ合理的な定式化の仕方を探るとともに、ほかの学説と比較する仕事を進めています。また、これに関連する諸問題や、説明・法則・メカニズムなどの関連概念についても併せて研究しています。

## メタ哲学

ここまで述べてきたように、私は、応用倫理学（宇宙倫理学）と科学哲学（社会科学の哲学と因果の哲学）を主に研究しているわけですが、もう1つ主な研究テーマとしているものがあります。それは、メタ哲学と呼ばれる、いわば「哲学の哲学」とも言えるような分野です。この分野において私が特に関心を持っているのは、「形而上学の哲学」たるメタ形而上学です。

形而上学は、存在、性質、同一性、類似性、法則、そして因果といった非常に抽象度の高いことについて、その基本的な特徴を考察する分野です。そして、メタ形而上学は、「形而上学とはどのような

分野（であるべき）か」「形而上学において用いられる（べき）方法はどのようなものか」といったことを研究します。

たとえば、前節において因果の概念論／形而上学について説明する中で「最良の学説を探求する」という書き方をしましたが、そこで言う「良し悪し」とは何のことを指すのでしょうか。また、どういった論拠によって、学説の「良し悪し」を判断すればよいのでしょうか。もちろん、古代以来の長い伝統の中で、形而上学が何の規準もなしに展開されてきたわけではありません。しかし、十分に明確かつ合理的で、形而上学の内外で広く説得力を持つような規準があるとも言えません。諸科学分野が極めて高度に専門化した現在、学術研究としての人文諸分野には、その意義や方法を明らかにすることがこれまで以上に求められています。また、それらを明らかにすることが、形而上学の発展それ自体に対しても非常に大きな意義を持つということが形而上学内部でも広く合意されつつあり、近年では、メタ形而上学の研究が盛んに行なわれるようになっていきます。

伝統的な形而上学観においては、「形而上学は、世界の基礎構造を記述的に理論化する」というような考え方が主流で、現在でも形而上学者の間ではそうした見方の方が標準的であるとされています。他方で私の立場は、「形而上学とは、私たちの持つ諸概念の相互依存関係の構造（と、その一部に変更を加えることに伴うであろう構造の変化）を研究する分野であり、『Xとは～である』（Xは研究対象となる概念）というかたちで主張が提示される場合、それは実際には何らかの価値観に基づく価値判断的な主張の暗黙的な省略形であり、そうした主張をするならば、それに至る議論を導くべき基本的な思考様式は（広義の）費用便益分析である」、というものです。私の立場はやや傍流的ではありますが、それでも現代哲学においてそれなりに支持されてきた考え方の系譜に属するものでもあります。もちろん、私自身が因果の概念論／形而上学について研究する際には、この立場に基づいて考えています。

## おわりに

このほかにも、19世紀末に生理学者のクリーズ（Johannes von Kries）が提示した確率基礎論（確率の哲学）と因果論の関係を研究したり、科学修辞学（専門知コミュニケーションのデザイン研究）の新しい方向性を提案したりもしています。

2号にわたる長い紹介となりましたが、宇宙ユニットでは、こうした関心を背景に、学際的な宇宙倫理学教育プログラムを推進していきたいと考えています。どうぞよろしく願いいたします。

宇宙ユニットの活動やイベントについては、下記サイトをご覧ください。また、宇宙ユニットや本 NEWS に関する皆さんのご意見等も気軽に下記メールアドレスまでお送りください。

## 京都大学 宇宙総合学研究ユニット

<https://www.ussp.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 507 号室

編集人：名越俊平

Tel&Fax: 075-753-9665 Email: [ussp@kwasan.kyoto-u.ac.jp](mailto:ussp@kwasan.kyoto-u.ac.jp)

# 宇宙総合学研究ユニット NEWS 2022年2月号



## 第15回京都大学宇宙ユニットシンポジウム開催報告



図1: 講演の様子



図2: パネルディスカッション風景

宇宙航空研究開発機構の後援を受け、2022年2月5日(土)、6日(日)に第15回京都大学宇宙ユニットシンポジウム「人類は宇宙に移住できるのか? –文理融合型宇宙教育の開発と実践」をオンラインで開催しました。

ポスター展示交流会では、高校生、大学生、研究者、NPO等から42件のポスター出展があり、174名もの多くの来場者が訪れ、自由闊達に宇宙について語り合う場を作ることができました。なお、特に優れていたポスターには、宇宙ユニット長賞・優秀賞・最優秀賞を授与しました。金井宇宙飛行士からも1件を選んでいただき、宇宙飛行士賞として表彰していただきました。各賞を受賞した発表のタイトルおよび発表者は下記の通りです。その後、金井宇宙飛行士の講演にも多くの方が参加し、読み切れないほど多くの質問が寄せられたことに参加者の関心の高さを感じました。

### 【優秀賞受賞ポスター】

- 最優秀賞：向井 絢菜 他（愛媛県済美高校）「月に桜を咲かせましょう！」
- 優秀賞（一般の部）：中澤 純一郎（総合研究大学院大学）  
「フライバイサンプリングに向けた 極 超高速衝突物質捕集機構の実現可能性」
- 優秀賞（高校生以下の部）：
  - 万庭 結衣 他（京都市立堀川高校）「電波で視る宇宙 ～電波望遠鏡を用いた天体観測～」
  - 西山 真央 他（京都市立堀川高校）「ドップラー効果によるブラックホールの見え方」

- 宇宙飛行士賞：平嶺 和佳菜 他（東京理科大学）  
「Space Camp at Biosphere2 に向けた国内実習での成果と考察」
- 宇宙ユニット長賞：上田 優花 他（京都府立桂高等学校）  
「京野菜の桂うりを使用した宇宙食の開発」

また、様々な分野から宇宙に携わる 9 名の専門家による講演と、4 名のパネリストにより「人類は宇宙に移住できるのか」と題したパネルディスカッションを開催し、1 日目には 266 名、2 日目には 297 名の参加者がありました。講演及びパネルディスカッションの様子は上の画像をご覧ください。

新型コロナウイルス感染症により、昨年引き続きオンライン開催となったシンポジウムでしたが、例年を大きく超える参加者があり、とても活気あふれるシンポジウムとなりました。昨年に引き続き今年もオンラインでの開催となりましたが、来年のシンポジウムは対面で開催できることを心より願っております。

## 宇宙倫理学教育プログラム（人文社会委託費）のお知らせ

2021年10月に発足した人文社会委託費プロジェクト「倫理学を基盤とした宇宙人材育成プログラムの開発と実践」について、定期的に、準備状況や活動内容などをお知らせしています。

### 1. ウェブサイトの公開

「宇宙倫理学教育プログラム」の専用ウェブサイトを立ち上げました；

webサイト：<https://www.uss.kyoto-u.ac.jp/seep/>



図 1: 宇宙倫理学教育プログラムホームページの表紙

教育プログラムの目的や内容が具体的に書かれています。また広報の動画（1分半）もあります。来年度受講生の募集は3月（予定）に行いますので、興味おありの方は、今から、ぜひ内容をご確認ください。

## 2. 外部評価会の実施

2022年2月21日（月）午後1～4時に外部評価会を実施しました。評価者は以下の方々です（5名、五十音順）；

岩田 陽子 氏（東京農工大学グローバル教育院）

片山 俊大 氏（Space Port Japan／電通）

呉羽 真 氏（山口大学国際総合科学部）

佐々木 薫 氏（JAXA宇宙教育センター）

水谷 雅彦 氏（京都大学文学研究科）

プロジェクト側からの「宇宙倫理学教育プログラム」の概要紹介のあと、評価員の一人一人からご意見・コメントをいただきました。その内容は、「宇宙倫理学の範疇（定義）は何か」「理念的なものを社会にどう実装するのか」「民間宇宙活動が近年ますます盛んになっているが、それをどう教育に取り込むのか」「国際関係や政治政策部分がやや弱い、外部講師を積極的に登用してはどうか」など、多岐に渡りました。一方で、「社会人も多く取り込み継続してほしい、期待している」「宇宙倫理学の議論は、逆に地球上の倫理問題にも新しい光を投げかけるのではないか」という励ましのお言葉もいただきました。これらのご意見・コメントを重く受け止め、教育内容に反映していきます。

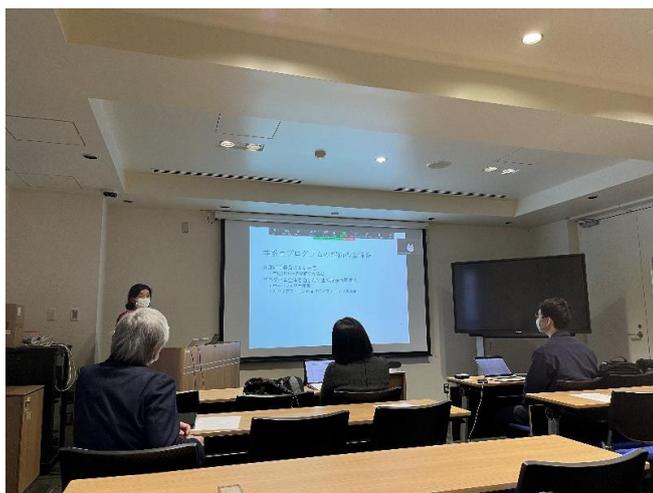


図 2: 外部評価会風景



# 木星表面での天体衝突閃光の観測に成功

有松 亘

京都大学 白眉センター/大学院理学研究科附属天文台

木星表面ではしばしば小天体が大気圏に突入し、数秒間だけ輝く閃光として見られる——太陽系最大の惑星で起こるこのドラマチックな現象は、アマチュア天文家の動画観測によって近年明らかになったものである。2010年6月3日、オーストラリアおよびフィリピンのアマチュア天文家が撮影していた動画データから、木星表面で数秒間だけ輝く点源状の閃光が偶然発見された。その直後、2010年8月20日には日本のアマチュア天文家によって、国内3カ所で別の閃光の同時観測に成功した。その後も散発的にアマチュア天文家による木星表面での閃光の発見が相次ぎ、直近では2021年9月13日に7例目の閃光が観測されていた。

これらの閃光は直径数メートルから数10メートル程度の小天体が木星大気に突入したことで発生する、地球における火球に相当する現象と考えられている。したがって木星表面での閃光現象を捉えることは、いまだ謎の多い太陽系の外側の微小天体の特性解明につながるものである。小惑星帯より外側の領域に存在する天体は太陽系誕生時、惑星形成の材料であった微惑星の生き残りであると考えられている。したがってこれらの小天体がどの程度太陽系の外側に存在し、どのようなサイズや物性を持っているのか知ることは、惑星形成時の太陽系の環境や惑星形成プロセスを知る上で極めて重要である。しかし、太陽系外部の小天体は極めて暗く、すばる望遠鏡などを用いても発見可能な天体のサイズは直径数kmより大きなものだけである。いっぽうで、衝突閃光の観測では木星を小天体の『検出器』として利用することで、こうした微小天体の間接的な検出を実現することができる。

これまで木星表面での衝突閃光現象の地上からの発見は、全てアマチュア天文家による観測によって成し遂げられたものであった。そのいっぽうで木星に衝突する小天体の素性を知るためには、閃光検出に特化した観測装置による詳細な観測が必要となっていた。過去には研究者が主導して閃光検出に特化した木星のモニタ観測も試みられてきた。しかし、こうしたモニタ観測では閃光の発見には至っていなかった。

2021年10月15日22時24分(日本標準時)、木星表面で閃光現象が発生し、少なくとも日本国内3地点、国外1地点からの観測に成功した(図1)。地上から木星表面の閃光が観測されたのは史上8例目であり、国内で観測されたのは2010年8月以来2例目となる。今回の閃光現象は、筆者が京都大学(京都市左京区)で実施していた木星閃光モニタ観測中に発見された。筆者を中心とする研究グループは木星表面での閃光の特性を詳細に把握することを目的として、木星の閃光を含む太陽系天体の動画観測に特化した観測システム、PONCOTS (Planetary Observation Camera for Optical Transient Surveys)を開発していた(図2)。PONCOTSは有口径28cmのアマチュア向けの望遠鏡の鏡筒に、波長ごとに入射光を分割することのできるダイクロイックミラーを介してCMOSカメラ3台を接続し、最大で3バンドの多色同時高速撮像を行うことができる観測装置

である。筆者はこの PONCOTS を京都大学吉田キャンパスの施設屋上に設置し、9月上旬から2バンドを用いた木星の同時モニタ観測を開始したばかりであった。

今回、木星閃光現象を専用の観測装置で検出することに初めて成功したことで、これまで謎の多かった太陽系外部の小天体の正体について、核心に迫るチャンスがやってきたといえる。まず PONCOTS では同一の観測装置によるモノクロセンサー2バンドでの同時観測に史上初めて成功した。このうち中心波長 889 nm のメタンバンドで閃光の観測に成功したのも史上初である。メタンバンドは木星大気中に存在するメタンの吸収帯に相当する波長領域で、ターゲットの高度に応じて吸光量が変動するため、木星表面の雲の雲頂などの高度計測に用いられる。メタンによる吸収を受けない閃光のスペクトルを仮定した上で、今回同時に取得されたメタンバンドでの閃光のフラックスと可視バンドでの値とを比較することで、閃光の発光高度について初めて観測的制約が得られることが期待される。先行研究によると、閃光の高度は大気圏に突入してきた小天体の物性に強く依存していると考えられている。今回の PONCOTS による閃光観測を通して、木星に衝突する典型的な小天体が彗星核のような氷天体なのか、それとも岩石質の天体なのかについて、いま明らかになろうとしている。さらに今回の閃光イベントでは幸運なことに、発生後わずか 28 時間後に木星探査機 Juno がイベント発生地点に接近し、極めて高解像度な画像を得ることに成功している。現在までのところ Juno で得られた画像から衝突痕などは検出されていないが、PONCOTS の地上観測と併せて、衝突閃光に関するかつてないほど高精細なデータセットが得られたことは間違いない。

解析結果の詳細については今後論文化する予定のため割愛するが、簡易解析が終了して間もない本稿執筆時の段階においても、衝突閃光に関する全く新しい知見が得られたことがわかっている。詳細に期待してほしい。



図 1: PONCOTS によって 10 月 15 日に撮影された木星表面での衝突閃光



図 2: 衝突閃光の観測に成功した PONCOTS 観測システム。京都大学吉田キャンパス施設屋上に設置して木星のモニタ観測を実施していた。

宇宙ユニットの活動やイベントについては、下記サイトをご覧ください。また、宇宙ユニットや本 NEWS に関する皆様のご意見等も気軽に下記メールアドレスまでお送りください。

### 京都大学 宇宙総合学研究ユニット

<https://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 507 号室

編集人：立場貴文(宇宙ユニット RA)

Tel&Fax: 075-753-9665 Email: [usss@kwasan.kyoto-u.ac.jp](mailto:usss@kwasan.kyoto-u.ac.jp)

# 宇宙総合学研究ユニット NEWS 2022年3月号



## 宇宙倫理学教育プログラム（人文社会委託費）のお知らせ

2021年10月に発足した人文社会委託費プロジェクト「倫理学を基盤とした宇宙人材育成プログラムの開発と実践」について、定期的に、準備状況や活動内容などをお知らせしています。

### 1. 受講生募集

受講生募集要項を公開しました。以下のサイトでご覧いただけます。

webサイト：<https://www.usss.kyoto-u.ac.jp/seep/>

概要は以下の通りです。応募をお待ちしています。

#### 【応募資格】

2022年4月1日時点で以下のいずれかを満たしていること。

1. 京都大学に学部生または大学院生として在学している。（入学予定者を含む。）
2. 高校卒業または同等の資格を有している。

（ただし、京都大学吉田キャンパスで実施される授業に参加できること。）

#### 【コース】

受講者は以下の3コースのいずれかに所属する。

（宇宙倫理学演習や宇宙倫理学ゼミは全員共同で実施する）

- ・ 大学院コース（京都大学大学院生）
- ・ 学部コース（京都大学学部生）
- ・ 一般コース

#### 【募集人員】

- ・ 大学院コース／学部コース：計 10 名程度
- ・ 一般コース：若干名

#### 【応募締切】

2022年4月7日（木）

#### 【応募方法】

Google フォームより登録の上、提出書類をメールにて送付。

なお、フォームは3月中に宇宙倫理学教育プログラム web ページにて公開します。

また応募書類などの詳細は上記ウェブでご確認ください。

## 2. 来年度RAについて

今年度から継続の1名に加えて、来年度新しく2名のRAを雇用し、学部生のチューターとして、また教育プログラム運営全般のサポートスタッフとしてご活躍いただく予定です。RAは以下の方々です。

名越 俊平さん（継続） 理学研究科・宇宙物理学分野（来年度D3）

今井 慶悟さん（新規） 文学研究科・科学哲学専修（来年度D1）

高口 和也さん（新規） 文学研究科・倫理学専修（来年度D1）

## 今後の宇宙学セミナー・関連イベントなど

日時	内容	開催方法
3月30日(水) 20:00-21:30	<p><u>第10回宇宙学セミナー</u> 講師：宇田 侑平 氏 (Boston University, PhD. Candidate) 題名：「海外留学/宇宙実験体験記」(仮題)</p>	<p>Zoomによる事前申込制のオンライン開催です。下のURLからお申し込みください。</p> <p><a href="https://kyoto-u-edu.zoom.us/j/97922828282">https://kyoto-u-edu.zoom.us/j/97922828282</a></p> 
4月4日(月) 17:00-18:30	<p><u>2022年度第1回宇宙学セミナー</u> 内容：宇宙ユニットガイダンス 主な対象：京都大学新入生</p>	<p>Zoomによる事前申込制のオンライン開催です。宇宙ユニットHPを参照してください。</p>

※宇宙学セミナーの詳細は随時 Web ページ (<http://www.uss.kyoto-u.ac.jp/seminar/>) で公開いたします。

## 第 15 回宇宙ユニットシンポジウムポスター紹介

今月号の研究紹介では、第 15 回宇宙ユニットシンポジウムで出展されたポスターの中から 2 つ紹介します。「月に桜を咲かせましょう！」と、「Space Camp at Biosphere2 に向けた国内実習での成果」です。お楽しみください。

### 最優秀賞受賞ポスター

## 月に桜を咲かせましょう！

向井絢菜・濱本海裕・辻真由美・森口絢乃・矢澤琴音

(済美高等学校)

済美高校では、これまで自然科学部の活動や理科の授業で宇宙コロニー計画について考える探究活動に取り組んできました。本年度から統一して実施されるようになった「総合的な探究の時間」の授業において、約半年間 PBL (Project Based Learning ; プロジェクト型学習) として、「宇宙居住を考える」というプロジェクトテーマでグループ毎に探究活動を行いました。このポスター発表はその一つです。

### 研究目的

月に移住した際、花が咲くことで月でもたくさんの人々の心が癒されればいいなと思い研究を始めた。お花見の定番の花「桜」を月に移植したら咲くのか？咲かないのか？実際に咲くかどうかの探究を行った。

### 植物を育てる上で必要なもの

1. 太陽光
2. 水
3. 酸素
4. 二酸化炭素
5. 土

### 光・水・酸素・二酸化炭素について

植物の光合成に必要な光は可視光線の赤と青だけである。そのため、人工的に赤や青の光を当ててあげることで、植物は光合成をおこなうことができ、LED で代用できる。

水は、月の南極と北極に存在するといわれる氷を溶かし、その水を電気分解して酸素と水素ができる。電気分解に使うための電気は、月面に降り注ぐ太陽光発電で得る。

月面の南極付近は表面温度がマイナス 210℃以下で、二酸化炭素が固化した状態で存在するコールドトラップが総面積 204m<sup>3</sup> 確認されており、これを二酸化炭素源とする。

桜(ソメイヨシノ)は、水はけや水持ちが良く、栄養分豊富な土壌を好むが、月の土はほとんどが水はけの悪い玄武岩で構成されているため、桜を育てることは不可能だと考えた。そこで、岩で育つ「岩桜（イワザクラ）」が候補に挙がりました。

イワザクラ (*Primula tosaensis*) サクラソウ科サクラソウ属の多年草。  
本州の岐阜県と紀伊半島、四国、九州に分布し、花期は4月～6月。  
山地の石灰岩に生える。日本では環境省により準絶滅危惧種の指定を受けている。

### アイスランド二酸化炭素貯蔵プロジェクトについて

産学パートナーシップ企業「CarbFix」は、CO<sub>2</sub>を水中で回収し、地下玄武岩へ注入することによってCO<sub>2</sub>を貯蔵するための新しいアプローチを開発した。地下に注入されたCO<sub>2</sub>は母岩と反応して安定した炭酸塩鉱物を形成し、CO<sub>2</sub>の安全で長期的な貯蔵を提供している。約2年で、CO<sub>2</sub>ガスが玄武岩内のカルシウムやマグネシウム、鉄などと化学反応を起こして石灰岩のような炭酸塩鉱物に変化するという。



### 結論

これらの研究から、イワザクラなら月でも栽培できることが考察できる。水と空気は月に元から存在するもので生産し、太陽光の代わりは赤や青のLEDを使う。月の土のほとんどは玄武岩からできているが、その玄武岩を利用し、二酸化炭素を石化するとイワザクラが育つ石灰岩を作ることができることが分かった。そのため、イワザクラは月で栽培することに適していると言える。



## Q&A

以下、シンポジウム当日にいただいたご質問とご回答を掲載致します。

Q1 どうして桜を咲かせようと思ったのか。

A 月に住めるようになったら、月でもお花見ができればいいなと思ったから。

Q2 どうしてイワザクラを育てることにしたのですか？

A ソメイヨシノを育てるのが難しいことがわかったとき、担任の先生から、こんなサクラもあるよと教えていただいた。

Q3 玄武岩に CO<sub>2</sub> を注入して石灰石を作るというアイデアはどのように繋がったのですか？

A 月の海と呼ばれるエリアの土は玄武岩が中心ですが、イワザクラは石灰岩に咲くため、玄武岩が石灰石に変えることができないかと思い、調べるとアイスランド二酸化炭素貯蔵プロジェクトにたどり着きました。そして記事を読んで CO<sub>2</sub> を注入すれば石灰石を作るのではないかという考察にたどり着きました。

Q4 この探究をしてみたの感想を教えてください。

A 最初は不安もありましたが、みんなで研究しているうちに、ソメイヨシノではなくイワザクラなら咲くかもしれないという期待に変わり研究がとても楽しくなっていました。zoom での発表や質疑応答は初めてで質問に答えられない部分もありましたが、対話は楽しくやりがいを感じることができました。賞をいただいた時はとてもうれしく、達成感を感じました。ありがとうございました。

## 参考

Wikipedia、「イワザクラ」、閲覧日 2022.1.31、

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A4%E3%83%AF%E3%82%B6%E3%82%AF%E3%83%A9>

Wikipedia、「ソメイヨシノ」、閲覧日 2021.12.27、

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%BD%E3%83%A1%E3%82%A4%E3%83%A8%E3%82%B7%E3%83%8E>

財経新聞、「月面で初めて二酸化炭素のコールドトラップを確認 米国での研究」、閲覧日 2022.1.31、

<https://www.zaikei.co.jp/article/20211118/647693.html>

山野草記事、「イワザクラ（岩桜）の育て方——山野草を育てる」、閲覧日 2022.1.28、

<https://www.sanyasou-sodateru.com/saibaisousyun/iwazakura-s.htm>

JAXA、「もっと知りたい！「月」ってなんだ!?——宇宙航空研究」、閲覧日 2021.12.27、

[https://www.jaxa.jp/countdown/f13/special/moon\\_j.html](https://www.jaxa.jp/countdown/f13/special/moon_j.html)

Aquarium Favorite、「LED ライトだけで水草は光合成できるのか？見落としがちな青色と赤色の波長」、

<https://www.aquarium-favorite.com/entry/led-photosynthesis/>

月探偵情報ステーション、「月は空気がないということですが、呼吸をするための酸素は地球から持っていく必要があるのでしょうか？」、閲覧日 2022.2.1、<https://moonstation.jp/faq-items/f614>

WIRED、「二酸化炭素を石に変える」プロジェクトが、本格的に動き始めた」、閲覧日 2022.1.19、

[https://wired.jp/2017/10/31/first-facility-grabs-co2-from-the-air-and-stores-it-underground/?utm\\_source=twitter&utm\\_medium=social&utm\\_campaign=onsite-share&utm\\_brand=wired-jp&utm\\_social-type=earned](https://wired.jp/2017/10/31/first-facility-grabs-co2-from-the-air-and-stores-it-underground/?utm_source=twitter&utm_medium=social&utm_campaign=onsite-share&utm_brand=wired-jp&utm_social-type=earned)

## 宇宙飛行士賞受賞ポスター

### Space Camp at Biosphere2 に向けた国内実習での成果

伊藤河間(早稲田大学先進理工学研究科修士 1 年)

生方紗貴(慶應義塾大学医学部 3 年)

佐野愛華(京都大学工学部物理工学科 2 回)

平嶺和佳菜(東京理科大学薬学部 3 年)

紺谷昌平(筑波大学医学群 1 年)

#### 序文

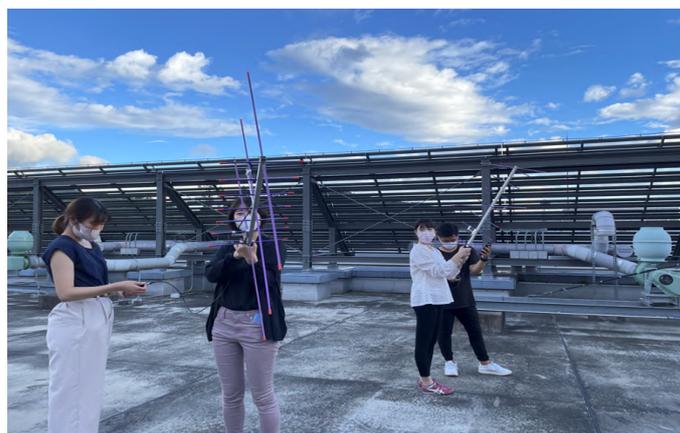
Biosphere2 は、地球以外の惑星や宇宙空間で長期間生存できるかを検証するために建造された、アリゾナ州オラクルにある巨大な密閉の人工生態系である。内部には人工の海洋、熱帯雨林、砂漠などの環境が再現されている。京都大学をはじめとする国内の複数の大学の日本人学生 5 名は、これら Biosphere2 の設備を通して将来の有人宇宙ミッションに必要な知識を学ぶプロジェクトである SC B2 に参加した。

まずは事前学習として、国内の複数のバイオームでフィールドワークを行った。その後、2022 年 2 月には 5 人のうち 3 名が米アリゾナに渡航し、アメリカ人学生 5 名とともに、Biosphere2 内で様々な実習と講義の受講をした。他の日本人学生 2 名は屋久島に渡航し、海洋や森林での実習を行った。

以下では国内のバイオームでの実習と、アリゾナ及び屋久島での実習内容について記述する。

#### 無線実習

地球上の遠距離間通信は大気中の電離層反射を利用して行われているが、火星は大気が希薄であるため同原理を用いることができない。代替方法として有効なのが、人工衛星を用いた宇宙無線通信である。宇宙無線通信について理解を深めるため、8/6 に京都大学北部キャンパスにて無線実習を実施した。本実習では電波に関する物理学的な基本知識から衛星通信の種類・手法、衛星の軌道計算について学んだ。また、八木アンテナを用いて ISS、SO-50 からの電波受信を試みるなど実践的な内容にも取り組んだ。



## 海洋実習

8/7-8 に白浜にて海洋実習を実施した。京都大学防災研究所白浜海象観測所にて海洋で行われている様々な調査の概要について講義を受けた後、実際に河口で海洋サンプリングとそのデータの解析を行い海洋循環について学んだ。また、京都大学白浜水族館では海洋における生物の多様性について学んだ。実習後、海洋による熱塩循環、保温、宇宙線吸収など地球環境において海洋が果たす役割について講義を受け、生態系を維持するうえで海洋がいかに重要であるか、理解を深めた。



## 森林実習

10/8-10 には、京都大学芦生研究林での森林実習を行った。火星基地などの閉鎖空間では二酸化炭素をはじめとする炭素循環が非常に重要となる。本実習では、森林内の全ての木の幹の直径を測ることで、その炭素蓄積量を明らかにする毎木調査の一部を体験することで、森林における炭素循環の基本的な考え方を学んだ。さらに、火星基地を想定した場合にどれ程の量の森林を持ち込む必要があるかなど、考察を深めた。

また、高い生物多様性が維持され古くから生態学研究が盛んである芦生研究林において、生物多様性の維持方法とその重要性について学習した。



## 砂漠実習

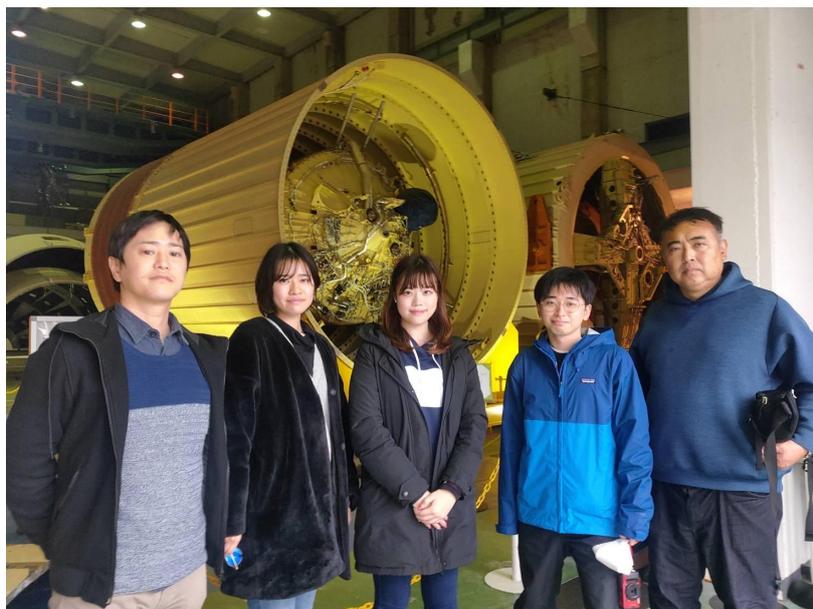
11/18-19 に鳥取砂丘にて砂漠実習を実施した。鳥取大学乾燥地研究センターにて砂漠と砂丘の違いや乾燥地と人との関わりについて講義を受けた。その後、鳥取砂丘に赴き、土壌中の呼吸をどのように測定しているかの見学を行い、鳥取砂丘の砂の水分量を測定するため砂のサンプリングを行った。

夜に与えられたデータより水分量を計算した。二日目には鳥取砂丘ビジターセンターで鳥取砂丘のでき方、砂紋のでき方についての講義を受けた後、鳥取砂丘で植生や尻なし川などを学ぶフィールドワークを行い、さらに鳥取砂丘についての理解を深めた。



### 屋久島・種子島実習

屋久島・種子島班は地球及び B1 を構成する主要生態系である海洋、森林を深く学び、世界自然遺産の屋久島を準隔離生態系と見立て共に学んだ。屋久島では往復 8 時間かけ縄文杉までトレッキングを行った。標高に伴い、海浜植物群、照葉樹林、スギ樹林帯と環境にあわせて植生が変化する垂直分布を視察した。また、「絞め殺し木」と呼ばれる独自の成長方法を持つガジュマルとアコウの大樹について、着生植物など特徴的な様子も観察することができた。種子島では、種子島宇宙センターを訪問し、科学技術館やロケットガレージ、本物の H- II ロケット、大型ロケット発射場などを見学した。我が国のロケット開発の歴史を学び、JAXA 種子島の方々の長年の努力に大変感銘を受けた。



## アリゾナ実習

2/13-18の6日間、米国アリゾナ州のBiopere 2において日米学生6人によるスペースキャンプを実施した。英語によるコミュニケーションを通じて国を超えたチームワークを高めることができたと感じている。Biosphere 2には熱帯雨林や海洋、砂漠などの人口生態系が再現されており、それぞれのバイオームについての講義を受け、フィールドワークを行った。閉鎖環境で気温や気圧、湿度などの条件の調節や生態系の維持など、地球以外の惑星への移住を考察するために必要な知識を学ぶことができた。フィールドワーク後には集めたデータを分析し、これまでの国内実習で学んだことを活かしながら Biosphere 2 の環境について考察することもできた。また、砂漠の中心という天体観測に持って来いの環境で天体観測を行い、データ分析を通して3つの系外惑星の軌道や半径や表面温度をなどの数値を導き出すことに成功した。嗚呼、素晴らしき SCB2 かな。



宇宙ユニットの活動やイベントについては、下記サイトをご覧ください。また、宇宙ユニットや本 NEWS に関する皆様のご意見等も気軽に下記メールアドレスまでお送りください。

### 京都大学 宇宙総合学研究ユニット

<https://www.ussp.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 507 号室

編集人：名越俊平(宇宙ユニット RA)

Tel&Fax: 075-753-9665 Email: [ussp@kwasan.kyoto-u.ac.jp](mailto:ussp@kwasan.kyoto-u.ac.jp)