

vol. 19

京都大学  
白眉センターだより



THE HAKUBI CENTER NEWSLETTER

2-5 巻頭インタビュー  
「森重文先生へのインタビュー」

6-14 シリーズ白眉対談⑧  
「遠くの宇宙、近くの研究者」  
——有松 亘／川中宣太／藤井俊博／水本岬希  
坂部綾香

15-16 海外渡航記——Amin Chabchoub／相馬拓也

17-23 研究の現場から——天野恭子／Bahareh Kamranzad／  
門脇浩明

24-25 ポスト白眉の日常——Jeremy Rappleye・小松 光／  
越智 萌

26-27 YUMEKUSA エッセイ——水本憲治／宮崎牧人

28-29 活動紹介——田辺 理

30 お知らせ——受賞／メディアでの紹介・出演／出版物

31 センター日誌

32 第11期白眉研究者

# 京都大学高等研究院・院長、森重文先生へのインタビュー

森重文先生は、「代数多様体の極小モデル理論（森理論）」により 1990 年の国際数学会議においてフィールズ賞を受賞された数学研究者です。フィールズ賞は 4 年に一度、さらに対象が 40 歳以下であることから、本家より難しい数学界のノーベル賞と言われています。この度、その森先生に対談の機会をいただき、生物学が専門の白眉研究者二人が研究の「独創性」をキーワードに、前半ではフィールズ賞の研究内容と独創的だったポイントについて専門的かつなるべく平易にご説明いただきました。また後半では、より普遍的な研究における独創性やその教育方法に関して、森先生のお考えをお話いただきました。

## 代数幾何と極小モデル理論に至るまでの独創性

**編集部** 本日はお忙しい中お時間いただきありがとうございます。早速ですが先生のご専門である代数幾何と、極小モデル理論に至るポイントをお教えいただけますでしょうか？

**森先生** 私が研究している代数幾何は多様体という図形を扱う幾何学の一つで、大きな分類でいうとほかに微分幾何、位相幾何などの幾何学分野があります。代数幾何はこの中でも代数多様体、正確に言えば幾つかの多項式からなる連立方程式の解の集合として描かれる図形を研究対象とした幾何学で、解の自由度の大きさを次元で表現します。例えば一次元の代数多様体は曲線、二次元は曲面、三次元以上は空間になり、代数幾何ではこれらの性質や分類が大きな課題となります。一次元の曲線は 19 世紀のリーマンの研究に始まり、それらは曲がり方により計算される種数という数で分類されます。この研究を基に 20 世紀前半までに二次元曲面での理論まで完成していました。



写真1 インタビューの様子。代数幾何についてジェスチャーを交えて解説されている森先生（右）と編集部（左、中村・門脇の2名）

これら幾何学が何の役に立つか。一つ顕著な例を挙げると、アインシュタインはリーマン幾何学の概念を取り入れること

で、相対性理論の構築に成功しました。リーマン幾何学とは、リーマンが空想上の空間内の距離の概念や曲がり方を研究して作った微分幾何の一種です。普通に考えたら空間が歪むとか時間が歪むとか理論が破綻してしまいそうですが、リーマン幾何の空間概念を使うことで破綻せずに相対性理論を構築できました。そもそも数学自体、現実と全く無関係に始まって実は後で現実につながっていくことがよくあるけれど、特に幾何学は抽象的な曲がり方をした空間の理解において役立ってきました。

このような歴史背景の上で私が代数幾何を志した 1970 年頃は、二次元までは完成していた分類論を三次元以上の空間においてどう理論拡張できるか、が最大の関心事でした。その中で、私がかつと一番大きな仕事のきっかけといえるのは、ハーツホーン予想とフランケル予想を解決したことです。まず、空間の曲がり方に関するフランケル予想「もし空間の至るところがプラスに曲がっていたら、射影空間である」というものがあり、未解決の難問でした。ここで、「曲がり方がプラス」というのはシャボン玉のような曲がり方で、マイナスは馬の鞍のような曲がり方です（図1）。フランケル予想の仮定で、「至るところがプラスの曲がり方」というのを、代数幾何の言葉で表現したのがハーツホーン予想です。二予想の間には、ハーツホーン予想が証明できればフランケル予想も従うという一方通行の関係があります。

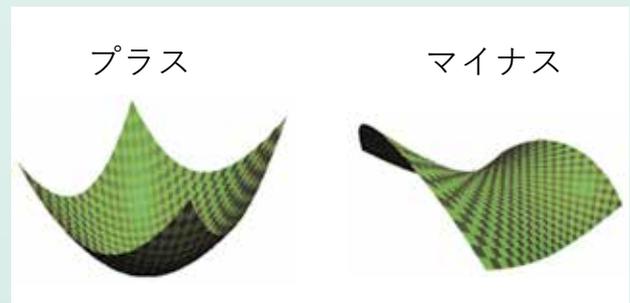


図1 典型的な二通りの空間の曲がり方

私がハーツホーン予想を始めたきっかけは、アメリカで学位を取った満洲俊樹氏（大阪大学名誉教授）が三次元のフランケル予想を証明した学位論文です。それを読んで思い付いたことがあって、以前の担当教官だった故岡広秀康氏（広島大学名誉教授）の所に真夜中に出掛けていって話し込みました。その結果、共同で三次元のハーツホーン予想が解けました。でもその方法では三次元の場合しか証明できません。

翌年アメリカへ行ってから別の方法でやってみたら、ハーツホーン予想が全次元で解けてしまった。でも実はそれは間違いがきっかけだったんです。一先ず仮定を強くして証明してみようと考えた。それで解けたと思ったのですが、間違いを見つけた。そして何故間違えたのかというのをつぶさに調べたら、証明の中で意図せず有理曲線存在定理という補題を

証明していることに気づきました。このハーツホーン予想の証明方法では、有理曲線が存在したら成立しない議論だったので、論理が破綻していたのです。それをきっかけに、有理曲線存在定理とは別ルートを迎れば全体が解けることに気づき、その後1週間ぐらいでハーツホーン予想が全部解けてしまった。そしてこれに基づき、三次元極小モデル理論につながる端射線に関する論文(1982年)へとつながった、というわけです。

**編集部** 二次元までは理論ができていたが、三次元以上になると説明できない。先生がハーツホーン予想を証明したことによって初めて三次元での基礎ができ、極小モデル理論に繋がる環境が整った、ということですね？

**森先生** そうですね。前置きですが、大雑把に説明すると極小モデル理論とは、複雑な構造の多様体の中からエッセンスとなるような代表的な代数多様体を抽出し、単純化させる理論です。これには「潰す」という操作が有効で、例えば代数曲面  $X$  上の曲線の中で (-1) 曲線 (“マイナスワンカーブ”) というもの(仮に  $C$  と呼ぶ)はうまく潰すことができます(図2A)。つまり、代数曲面  $X$  からもう一つの代数曲面  $X'$  への写像  $f: X \rightarrow X'$  で、 $C$  の像  $f(C)$  は滑らかな点  $P$  であり、さらに  $f$  は  $X - C$  上では  $X' - \{P\}$  への同型写像である、そんな  $f$  がある、ということです。そして二次元では、(-1) 曲線を滑らかな点に潰していくと、有限回で (-1) 曲線はなくなり、極小モデルが分類済みの曲面になることが知られていました。しかし、三次元で類似の潰す操作をすると代数幾何の範疇を超えてしまう「病的な現象」が起こるとか、仮に極小モデルというものがあったとしても特異点を持つなどのことが知られており、極小モデルの高次元化は非常に困難でした。なので、高次元での複雑な多様体分類に極小モデルを使わずに取り組もう、という流派もありました。

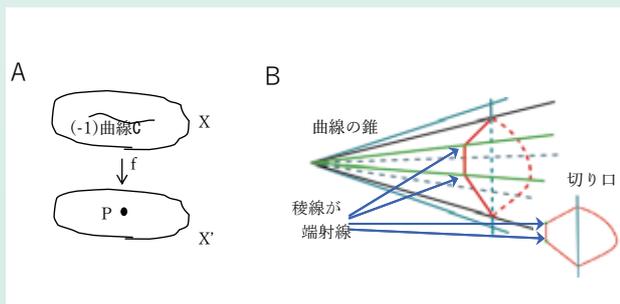


図2 難しい数学的概念も絵に描くと分かりやすい。A「潰す」という操作のイメージ図。B 曲線の錐と端射線のイメージ図。

そんな中、私は、ハーツホーン予想の時に発見した「端射線」で定まる潰し方をすれば、三次元でもこの「病的な現象」が起こらないことを見出しました(図2B)。また同じ頃(1980年前後)、Miles Reid氏(Warwick大学教授)(写真2右)が極小モデルなどに許されるべき特異点のクラスを発見しました。これらにより三次元極小モデルプログラムを作り出そうという研究が世界的に始まりました。そして多くの人の貢献により理論が発展し、三次元では潰すだけではダメで、新たなフリップという操作が必要であることが分かりました。

しかし、このフリップという操作は存在自体の証明がなされておらず、この存在定理の問題は最後まで未解決のまま残っていました。私は端射線の論文を書いて以来ずっとフリップの計算をしており、残っていたフリップの存在定理を自身の手で解決することができました(1988年)。

**編集部** ではもう信念を貫き通して。

**森先生** 信念を貫き通した、というか、たまたま興味を持った問題が最後まで残っていたというめぐり合わせになっただけ。実際自分でやったことを思い出すと、ハーツホーン予想をやろうとしたことも、それを始めた理由は偶然だったし、さらに極小モデルに繋がるなんて思ってもいなかった。最初からそっちを狙って、極小モデルのためにハーツホーン予想をやってみようってできていたら、僕も偉いもんだけど全然違う(笑)。ただ流行りを追い掛けるのはどうも苦手で、やっぱりこれしかできない、頭から離れない。問題を考えだしたら終わるまで、いったん始めたらきりがつくまでやめられない。それでここまで来ちゃったので、もう今更どうしようもないです。

**編集部** ここまでにおける先生が考える独創的だったポイントって何でしょうか？

**森先生** 先に述べた通り、私は極小モデルの問題を解こうと研究していたのではありません。前に三次元で潰して起こる「病的な現象」があるとお話しましたが、これも興味を持って勉強はしていましたが、主たる研究テーマではありませんでした。また、廣中平祐先生(京都大学名誉教授、日本人二人目のフィールズ賞受賞者)の因子の錐(Hironaka Cone)についても、導入した学位論文を読んで興味を持ってはいました。単なる興味のレベルでしたが、ある時を境に一変し、端射線の発見に一気にたどり着きました。

有理曲線存在定理という補題を証明したことはお話ししましたが、ハーツホーン予想の解決の中ではその力は一部しか使っていないことを感じており、何かに使えないかと模索している中で、前から持っていた興味と組み合わせさせて、曲線の錐(Kleiman Cone)という錐が角張った稜線(端射線)を持つことを証明できました。曲線の錐とは、代数多様体  $X$  に対して定まるある有限次元ベクトル空間の中の原点を頂点とする錐です。 $X$  上の曲線  $C$  毎にベクトル  $[C]$  が定まり、全てのベクトル  $[C]$  が張る凸錐が曲線の錐です。曲線の錐は因子の錐と双対の関係にある錐です。錐と言っても円錐のように、稜線が滑らかに動き角張ったところのない錐や、角張った角錐、さらにはそれらが混じった錐もあります。私が発見したのは、空間の曲がり方がある意味でプラスなら角錐的部分があることを証明したことです(図2B)。

つまり、曲線の錐がある条件下で尖った稜線(端射線)を持つということですが、それを証明したのは、半年くらい悶々としていた頃の旅行中でした。前出の有理曲線存在定理を利用すれば、端射線を生成できることに気がついたのです。それが端射線の発見でした。図2B右側の切り口というのは、錐を超平面で切った赤枠の切り口です。この図の例では2つの端射線との交わりは角張った2頂点になります。

**編集部** ハーツホーン予想の際に意図せず有理曲線存在定理を証明され、それが他で活用できないか探していたところ、これまでの興味と相まって端射線の発見につながった。つまり、発見した知見を他でも活かさないか探したことで、バックグラウンドでの興味を融合させたことこそが独創的なポイントだった、ということですか？

**森先生** 結果的にはそう言えます。その問題を解こうとする前から、興味というか好奇心から幾つかのトピックを調べていました。それらが、有理曲線存在定理をきっかけに全部まとまってきました。意図してできた独創性ではありません。そのようにしてできたのが1982年に出版した端射線に関する論文です。

実は極小モデルプログラムは問題の設定すらされていませんでした。当時あるかどうかも分からなかった極小モデルプログラムが私とReid氏の仕事で動き出した訳です（写真2右）。振り返ってみると、曲面の場合、(-1)曲線は端射線を「生成」する曲線です。曲線の錐の発見以前は(-1)曲線を見つけるのに複雑な議論が必要でしたが、曲線の錐を使えば直ぐに見つかります。だから高次元化にも弾みがついた訳です。

**編集部** 少し前に戻りますが、全次元ハーツホーン予想の証明において当初ミスがあり、それをきっかけに一気に正解にたどり着いたと伺いました。私には数学もミスから発見がある、というのが意外でした。

**森先生** よくあります。勘違いとかね。でもミスって、自分で気がつく必要があるけど、予想外のことが起こったのが一番重要で、ある意味チャンス。他人に間違えたとか、こういうことができたとか言う前に、まず自分の中でチェックしている時に間違いを見つける必要があります。

**編集部** このお話を聞いて、GFP (Green fluorescent protein, 緑色蛍光タンパク質) の単離でノーベル化学賞を受賞された故下村脩教授の逸話を思い出しました。下村先生も、クラゲが何で光っているかというのを知りたい、その一心でクラゲからタンパク質精製を繰り返しますが、なかなかうまく行かない。ある時、「また失敗か」と思いその試験管を流しに捨てたら、次の日、流し台が光っていたと。こういった失敗から大発見へとつながったエピソードは実験科学特有の話かと思っていたのですが、数学にも似たエピソードがある、共通性があるところに驚きました。



**森先生** 恐れ多いけど、そういうことってありますよね。数学の研究対象について人に説明してもなかなか分かってもらえないけど、研究態度・姿勢についてだと数学と他分野とすごく共鳴するものがある。端的にいうと、数学って論理の集まりだけだと思われがちですが、全て論理だけで淡々と進む論文って面白くないんです。そういう論文は数学者の言葉で言うと自明なわけで、読んで「なるほど」と思うところ、アイデアがないのでつまらない。こういう意味でも、分野が違ってもつながるところはありますね。この「白眉センターだより」ですか？こういうものも、分野間での共通項に迫るという意味で存在価値は大きいんじゃないですか。

## 独創性の教育、伝搬、促進

**編集部** ここまでは先生ご自身の研究における独創性のお話を伺いましたが、若い研究者に独創的な発想を促す、そういった試みはされたりするのでしょうか？

**森先生** そうですね。私が長年いた数理解析研究所（京大北部キャンパス）では学生は大学院生しかいないんだけど、数学では大学院生レベルから既にもう独立の研究者なの。そして独創性っていうのは伝えるのも難しく、そもそもいくら言っても分かってもらえない。基本的な手助けはするけど、独創性っていうのを他者に育むのは難しい。前にも言いましたが、あるきっかけで独創的なアイデアが生まれるにしても、それ以前にどんなものにも興味を持って研究・勉強していたかが重要で、結局各人の感性に依るように思います。

**編集部** 生物学に限らず実験系は、まず実験を覚えないと研究にならない。研究のための道具を使えるようにさせてあげるのが最初の手助けかと思いますが、数学ではいかがですか？

**森先生** それに対応するのは、修士の時に1年間、論文とか本をまず読んでもらうことでしょうか。まず大学院に入ると、最初の修士半年から1年の終わりまでくらいにかけて、ちょっとでも早く馴染めるように専門書を読むセミナーを始めたりします。そこである程度の本を理解できるようになったら、専門的な論文に入っていきます。ロジックを積み上げて読み進む、という訓練をする。そして学生に説明させ、それを教員数名が聞いて、ああだこうだとちゃちゃを入れて、それに対してちゃんと答えさせる。そういうトレーニングをするというのはあります。この基礎トレーニングは、見かけ



写真2 1983年日本数学会彌永賞受賞講演において発表される森先生（左）と1990年森先生がフィールズ賞を受賞した京都での国際数学者会議のレセプションにおけるM. Reid氏との記念撮影（右）。

は異なりますが、実験系の「実験を覚える」に対応していて、極めて重要です。

**編集部** 今のお話を聞いて、実験系はまず実験を覚える時間が必要なのでロジックを積み上げるための訓練が足りていない傾向がある気がしました。また、実験はやれば何らかのデータが出てくる。そうすると意味が薄くても研究した気になって進んでしまう。

**森先生** それはそうか。逆に数学のつらいところは、いくら一生懸命考えても、間違えたら論文にも何もならない。つまりこういう実験をしましたというのを出す余地もない。

**編集部** 失敗は全く発表のチャンスがないのでしょうか？実験系だったらネガティブデータ、こうすると失敗するというのは、一応投稿する価値はあります。

**森先生** 失敗だけでは論文として出版は無理だと思います。失敗から着想を得て、新しい予想でも書いてあれば可能かも知れませんが、それはまた別の話です。

**編集部** 学生の研究テーマはどうされているのですか？先生が与えてあげることもあるのですか？

**森先生** あります。でも、大まかな方向性を示唆することはありますが、絶対にうまく行くというテーマは与えられないですね。こういう方向をやれば大丈夫だよ、なんて言ったらうそになるし、自分だって分からない。むしろ本人が面白いと思えることをやるしかないという感じです。

**編集部** いろいろな関連分野のことを広く知っておくことが重要であるとのことでしたが、一方で、逆に論文を読みすぎるとどんどん頭でかちになって、既存の研究に付け足すだけの独創性のない研究になってしまうこともあります。

**森先生** 研究を始める前の段階で、関連したある程度のバックグラウンドは付けておくのは必須ですが、それ以上の広い知識を持っていることは、勿論良いことですが、必須だとは思いません。数学の場合、よくできる人の中には他分野のことをよく理解していて、それと同じようなアプローチでやってみました、というようなことを言う人がいます。しかし、能力差もあり、それを真似するのは勧めません。

## 中堅研究者に向けてのアドバイス

**編集部** 最後に個人的な質問をしてよいですか？白眉に採用された研究者というのは、とあるラボに所属しつつ施設など使わせてもらって小さなグループを立ち上げる、ジュニアPIというような立場なのですが、そういう駆け出しのPIに対する心構えというか、先生が思うアドバイスなどいただけたら幸いです。

**森先生** 単に数学者として1人の研究者であれば、疑問に思ったことに安易に答えを出さない、忙しさにかまけて適当

に「まあこれでいいか」という感じで片付けていったら何も残らないよ、というふうには言いますね。でも、ジュニアPIだと人を監督する立場でもあるから、難しいですね。以心伝心は期待しない、機会を設けて相手の話を聞くなど、意思の疎通を図ることが重要だと思います。しかし数学は個人研究がベースなので、それ以上あまり有効なアドバイスは出来ませんね。

自分を振り返ってみると、数理解析研究所は学生と教員が同程度しかいないんですけど、2000年頃になってから急に学生を何人が採りました。どうしてかなと思いつくと、若い時は学生を見る時に、自分の若い時と比べるしかない。自分の若い時というのは色々欠点があったのを、みんな忘れちゃって良いとこだけ覚えている（笑）。それは駄目な反面教師なんだけど、2000年過ぎた頃に何が変わったかと思ったら、自分の子どもがそろそろ学生さんと同じような年になってきて、実像が見える。そうすると学生さんがミスかしても、かわいいもんだ、みんなそんなもんだよ、と言えるようになったという感じ。いかにも一段高いところから見ているように言っていますが、実際は、教えているつもりで逆に子供や学生さんから影響を受けたことはよくあります。

**編集部** これを境に先生の中で、学生の育ち具合は変わりましたか？

**森先生** 変わったかもしれないですね……これはためになる話かどうか（笑）。

**編集部** すみません、長時間にわたりお話しいただきありがとうございました。最後にお写真よいですか？（写真3）

## インタビューを終えて

残念ながら紙面の関係上、ハーツホーン予想から極小モデル理論証明に至る独創性と、教育 / 若手へのアドバイスについてのお話だけをご紹介しましたが、その他の質問についても紳士的な佇まいから非常に気さくにお答えいただきました。高等研究院長になられた現在でも精力的に研究なされていること、先生が数学者を志したきっかけ、先生を感じる数学の美しさや、数学と他分野の融合研究の在るべき姿など、多岐にわたるテーマについて興味深いお話をいただき、非常に刺激的なインタビューでした。

森先生、改めて貴重なお時間をありがとうございました。



写真3 最後にマスクを外して、森先生と記念撮影をさせていただきました。森先生（中）と編集部の二人、中村（右）・門脇（左）

# シリーズ白眉対談⑱

## オンラインサイエンスカフェ

### 「遠くの宇宙、近くの研究者」

本号では、2021年6月12日（土）に、高校生を対象として開催したオンライン・トークイベント「遠くの宇宙、近くの研究者」の概要を「白眉対談⑱」として掲載します。イベントには、アカデミックを身近に感じてもらいたいという編集部思いに賛同くださった宇宙物理学、天文学を専門とする4名の白眉研究者に登壇いただき、研究の内容や研究者の日常について紹介いただきました。クイズやQ&Aコーナーなど、会場とのやり取りを通じて、和気藹々とした雰囲気の中、イベントは盛会に終わりました。

#### 登壇者

**有松 亘** 第11期 理学研究科 附属天文台  
(星のまたたきから探る太陽系のさいはて)

**川中宣太** 第7期 理学研究科 (数式で読み解く星の死とその後)

**藤井俊博** 第9期 理学研究科 (最高エネルギー宇宙線を掴まえる)

**水本岬希** 第10期 理学研究科 (X線でみるブラックホール)

\* ( ) 内は、イベント用に用意いただいた専門分野の紹介コピーです。

#### ファシリテーター

**坂部綾香** 第10期 農学研究科

#### イベント前半：宇宙物理学者・天文学者の研究について

**坂部氏** 京大白眉オンラインサイエンスカフェによろこそ。「遠くの宇宙、近くの研究者」というタイトルで、遠くにある宇宙を研究している研究者の皆さんは、どうやって宇宙の研究をしているか、普段どんな生活をしているか、なかなか聞けないような話をさせていただき、研究者をもっと身近に感じていただけたらと思います。私達は京大の白眉プロジェクトに所属する研究者です。私はファシリテーターを務める農学研究科の坂部と言います。よろしくお祈りします。では、さっそく有松さんの御発表をお願いします。

**有松氏** 白眉センター特定助教の有松亘といいます。専門は、太陽系の天体を観測する太陽系天文学です。その一環として星空を動画で撮影するという研究をやっています。

私が天文学者を志したきっかけは、中学生時代くらいから天文少年だったからです。月間天文ガイドという、アマチュア向けの天文雑誌があるんです

が、そこに、読者の天体写真月例コンテストが催されていました。当時アンダー18という18歳未満の人だけ参加できるコンテストがあって、そこでよく入選していました。中学2年の時、大人の部も含めてその月の最優秀作品になったんですけど、当時は、口径10センチの屈折望遠鏡にデジカメを付けて観測、撮影をしていました。

十数年前に天文少年だった私が今何をしているかというと、相変わらず同じようなことをしています。これは実際に沖縄県宮古島というところで観測をしている様子を撮ったものですが、未だに、レンズの口径28センチという小さな望遠鏡にCMOSカメラを接続して星空を観測しています(本誌表紙写真参照)。

何でこんな代わり映えのしないことをしているかというと、私の研究ターゲットに関連しています。太陽系には、太陽の周りを回る、地球を含む8つの惑星、5つの準惑星、それより小さい小天体、小惑星や彗星が、大体100万天体くらい発見されています。私はこれにとどまらず、より外側にあるオールトの雲と呼ばれる領域を観測しよう

ON LINE 京大白眉 オンラインサイエンスカフェ  
「遠くの宇宙、近くの研究者」

開催日時：2021年6月12日(土) 14:00~15:30  
開催方法：オンライン (Zoomミーティング)  
対象：高校生  
定員：150名 (先着順)  
申し込み：参加ご希望の方は、以下から事前登録をお願いします。  
<https://forms.gle/kUzG9gpcUjEzw18P7>  
申し込み締め切り：2021年6月9日(水)  
主催：京都大学白眉センター  
問い合わせ先：hakubiscafe@gmail.com

宇宙研究の最先端がここに集結！  
筑前宇宙物理学者4名による高校生を対象とした公開トークイベントを開催します。『宇宙ってどうやって研究するの？』という疑問からSF映画へのツッコミまで、ここでしか聞けない話が盛り沢山。クイズや参加者からの質問にお答えするコーナーも企画していますので、宇宙に関心のある人はもちろんのこと、研究者に興味がある人や研究者を目指している人など、どなたでも参加ください。

登壇者：有松 亘 (星のまたたきから探る太陽系のさいはて)  
川中宣太 (数式で読み解く星の死とその後)  
藤井俊博 (最高エネルギー宇宙線を掴まえる)  
水本岬希 (X線でみるブラックホール)  
ファシリテーター：坂部綾香 (農学研究科)

「京大白眉 オンラインサイエンスカフェ」は、京都大学白眉センターに所属する白眉研究者らによって定期的に開催される公開講座です。オンラインでの集まり、双方向コミュニケーションが可能なため、参加者全員から質問やコメントを投げかけてもらいたいという思いから立ち上がった企画です。イベントの様子も、「白眉センター」より15分(2021年9月発行予定)に掲載予定です。

京都大学 白眉センター  
Photo by K. Arakawa

としています。

オールトの雲というのは、既知の太陽系を取り囲むように分布している天体の群れで、天体の数としては1兆を超えると考えられています。つまり私は、今見つかっている天体よりも遥かに多い天体の集団の観測をしようとしています。

もともとオールトの雲は、こちらの写真に示すようなほうき星、彗星の故郷として提唱された天体群です(写真1)。これは、京都市で去年撮影したネオワイズ彗星という彗星の写真なのですが、彗星の尾の一番先っぽには、核と呼ばれる天体があります。これは直径1kmないし10kmぐらいの小さな天体なのですが、水と有機物でできている塊なので、地球へたまにぶつかったりして地球表面への水や有機物の貴重な供給源になると考えられています。

こうした彗星の核は、太陽系の外側から頻りに飛来してきているので、恐らくは故郷として太陽系の果ての方にオールトの雲というものがあろうということが、70年以上前から言われているのです。よってこのオールト



写真1：2020年に京都市内から撮影されたネオワイス彗星

天体の観測ができれば太陽系の全体像の解明が一気に進むと考えられています。

しかしこのオールの雲の領域での天体の発見例というのは、今のところありません。なぜならば、あまりにも地球と太陽から遠い天体ばかりなので、すごく大きな望遠鏡を使っても直接オールの雲の天体を捉えることは不可能だったんですね。

そこで私は新しい観測のアイデアを考えました。オールの雲の天体は太陽系の果ての天体とはいえ、他の惑星と同じように空をゆっくり移動しているんですが、たまに背景の明るい恒星の手前を通り過ぎて恒星の光を覆い隠すことがあります。これは掩蔽と呼ばれる天文現象で、この瞬間に恒星の光が隠されて消えるという現象を観測できれば、直接は見られないオールの雲の天体の観測ができるんじゃないかと考えたわけです。

ここで問題になるのが、このオールの雲の天体が背景の恒星を隠す時間というのは本当に一瞬で、どんなに長くても1~2秒程度だと考えられています。普通の天体観測装置って、長い間シャッターをあけて暗い天体を捉えるということを主にしているので、1~2秒ぐらいの光の変動を捉えることができなかつたんです。

そこで、私は星空を動画で観測する装置を作ればいいんじゃないか、というふう考えたわけです。そうして作ったのが、最初に紹介した小さな望遠鏡のシステムです（本誌表紙写真参照）。

私は、観測条件の合う沖縄の宮古島

に、この小さい望遠鏡を2台設置して観測を行っていました。この観測システムを用いて、他の観測装置と比べて史上最も多くの恒星を、同時に動画で観測することに成功しました。だんだん科学成果も出てきていて、このまま観測を進めれば恐らく史上初めてオールの雲の天体が恒星の手前を通過する様子が検出できるのではないかと考えています。

というわけで、研究のまとめですが、私としては、太陽系の果てに何があるのか、そして、今まで観測されてこなかった動的な宇宙には、どんな世界が広がっているのかについて、これからも探求していこうと思います。

宇宙というのは非常に広大無限で多様な天体がいっぱいあるので、誰にでも新たな研究アプローチを見付けるチャンスがあるすごく将来性の高い分野だと思っています。皆さんもぜひ興味がありましたら大学に入って研究していただければと思います。

**坂部氏** 有松さん、ありがとうございます。観測の現場の非常にリアルな様子が伝わったんじゃないかなと思います。続きまして川中さんお願いします。

**川中氏** 川中宣太です。専門は理論天文学、宇宙物理学です。例えば望遠鏡を覗いて星や惑星を見るだとか、或いは大きい望遠鏡や人工衛星を使ったりして夜空、宇宙を観測するという方法も天文学の研究なんですけれども、私はこれらを実際に使ったことはありません。

理論天文学というのは数式を扱ったり、或いはコンピュータを駆使することによって宇宙で起こる現象を探るという研究です。ただ、観測と全然無縁ということもなく、観測データを用いて自分の理論を構築したり、理論を用いて将来、観測でどういう現象が見えるかを予測しています。

写真2は、日々、研究している現場の一つの例なんですけれども、これはイスラエルにいた時に、同僚のイタリア人とエクアドル人と一緒に数式をホワイトボードにダーって書いて、あれがこうなって、こうなっているというふうに議論した時の写真です。これが、普段やっていることと言っても過言ではないですね。数式がいっぱい書いてありますね。

ところで、宇宙と聞くと、夜空に広がっているたくさんの星というのが皆さんの宇宙のイメージだと思います。私の研究対象はこういった星々が一生を終えた後の姿です。星は普通に輝くのをやめた後の方が、よほど激しく、なおかつ派手な現象を引き起こすことが分かっています。だからこそ私も、そういうのを研究していて非常にエキサイティングというか、面白いです。

例えば、白色矮星という天体は、太陽の8倍以下の質量が軽めの星が一生を終えた後の姿です。質量は太陽程度なんですけれども、大きさが地球と同じぐらいなので密度が非常に高い。例えて言うならば、角砂糖程度の大きさに車1台程度、1トンぐらいの重さを持っているんです。これだけでもすごい

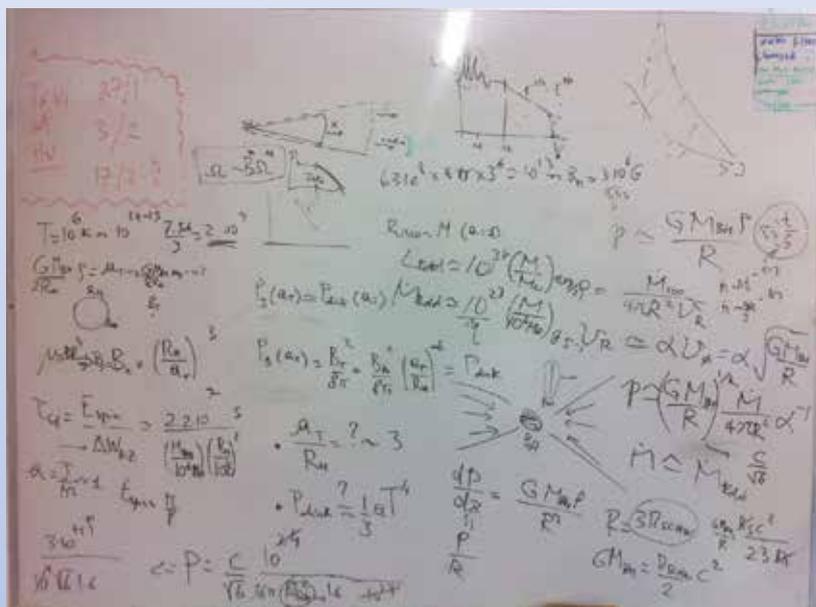


写真2：理論天文学の研究風景の一例

ですけれども、まだまだすごいのが出てきますね。例えば、太陽の8倍以上の質量の重い星が爆発した時の現象を超新星爆発と言います。この爆発のエネルギーって非常に凄まじくて、最大光度は銀河1個分にも匹敵します。銀河1個には星が1,000億個ぐらいあるんですけど、それと同じぐらいの明るさに輝いたりするんですね。しかも、その瞬間だけ明るいのではなくて、その爆発の残骸から高エネルギーの粒子、原子核とか電子とか、そういった粒子が大量に放出されています。その超新星爆発が終わった後、中心に残るのが一つは中性子星、これは主に中性子でできていて、非常に強い磁場を持っています。磁石の力が非常に強くて1兆ガウス(G)以上、人間が普通に家庭用で使っている磁石は、大体1,000Gくらいですから、それに比べると遥かに強いんですね。これは、密度も非常に高いです。質量が太陽程度なんですけれども、半径が10km程度なので角砂糖1個分で重さが世界中の人間の体重の合計程度、数億トン、こんなとんでもない天体です。こういうのも実は宇宙にはワラワラいます。

太陽の20倍以上の質量の、もっと重い星が一生涯を終えると、あまりに重力が強いために光すらも脱出できないようなブラックホールという天体が出来上がります。ブラックホールの側に星がある場合、星の表面のガスがブラックホールの重力に引かれて吸い込まれていきます。実は、実際に宇宙にあるブラックホールって、ガスを吸い込んで、X線で明るく輝くという現象を引き起こしています。私は、白色矮星、超新星爆発、中性子星、ブラックホールといった、星が一生涯を終えた後の姿を理論的に研究しています。

私が知りたいことというのは、星とかが一生涯を終える時に、或いは終わった後、どのような振る舞いを見せるのかという天文学的な興味、また、非常に高密度高エネルギーで磁場も強い、或いは重力も強い、そういった極限の環境下でガスとか物質や粒子、或いは光が、どのように振る舞うのか、その様子をどうすれば観測で確かめられるのか理論で予測する、そういった興味があるんです。あと、宇宙が示す多様な現象は、いったい人間の頭脳でどこまで理解できるんだろうという、宇宙で起こっていることを全て人間が理解で

きるのかなという、そういう哲学的な興味もあります。私からは以上です。

**坂部氏** ありがとうございます。では、**藤井さん**、お願いします。

**藤井氏** 藤井俊博と申します。私の方からは、最高エネルギー宇宙線を掴まえるということでお話します。私自身は小さい頃から、星を見るのが好きだったのですが、物理学者に憧れたきっかけは2002年のノーベル賞受賞、小柴昌俊さんですね。高校生の時に、研究者が作り出した装置で宇宙から飛んできた何やらすごいもの(ニュートリノ)を掴まえたということを知ってすごく驚き、面白そうだなと思ってこの業界を目指しました。

宇宙線は宇宙空間に存在する放射線で、地上に絶え間なく降り注いでいて、1秒間に手のひらに1個到来しています。今、皆さんが手を広げると、ほぼ1秒ぐらいの間にスッと通っているはずですけど、恐らく誰も意識していないかと思います。我々が身近に見てい

るのは、10の6乗とか7乗エレクトロンボルト(eV)のエネルギーを持っているのですが、エネルギーがずっと高くなると数が少なくなります。10の15乗eVというエネルギーになると、1年間に1平方メートルあたりに1粒子しかやっこないで、1年間観測し続けられないといけません。さらに10の18.5乗eVになると1粒子が1平方キロメートルあたりに1個しかやってきません。

私に興味がある最高エネルギー宇宙線というものは、10の19.5乗eV以上の宇宙線で、それは年間100平方キロメートルあたりに1個しか到来しません。非常に頻度は少ないのですが、我々人類が加速して到達できるエネルギーよりも7桁も大きく、宇宙に存在する最大のエネルギーの放射線です。到達頻度がとても少ないため、検出には非常に大きい面積を持った検出器と長い定常観測が必要不可欠になります。

この最高エネルギー宇宙線がどこまでできているのか、どうやって地球まで

### 最高エネルギー宇宙線の観測結果

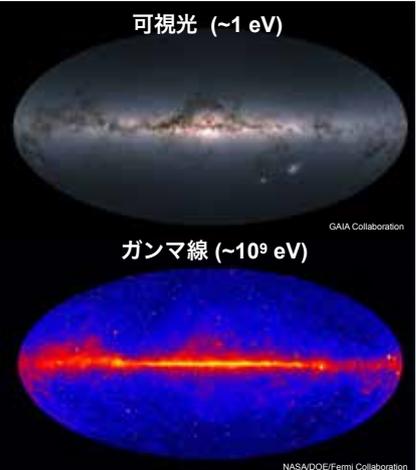
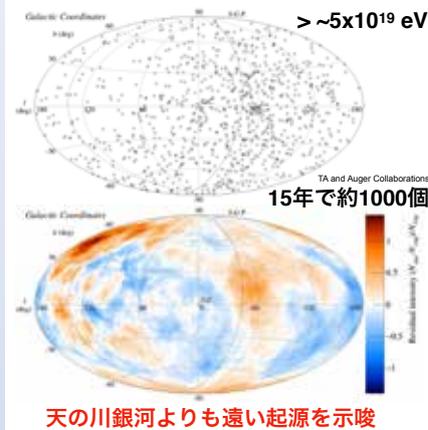


図1：最高エネルギー宇宙線の観測結果



図2：地球大気に突入する最高エネルギー宇宙線の想像図

やって来ているのかというのは、まだ明らかになっていません。起源の候補としては我々の銀河系、天の川銀河より外側の、ものすごく爆発的な天体現象で加速しているのではないかとこのように考えられています。例えば、超巨大ブラックホールを持つ活動銀河核だとか、宇宙最大の爆発現象であるガンマ線バースト、もしくは我々が知っている標準的な物理法則を超える新しいエキゾチックな新物理からのものではないかと提唱されています。

宇宙線は荷電粒子の放射線なので磁場で曲げられてしましますが、エネルギーは高くなればなるほど曲げられにくくなるため最高エネルギー宇宙線はある特定の方向から来ているのではないかと考えられています。その発生源を見付けると、宇宙線の発生源を明らかにするための新しい天文学的なアプローチができることとなります。そのために私は、最高エネルギー宇宙線の観測を継続しています。次世代天文学の確立を目指して、宇宙における極高物理現象、最高エネルギーへ加速するメカニズムは何なのかというのを明らかにするために研究を続けています。

非常に少ない最高エネルギー宇宙線を掴まえるため、我々は特製の宇宙線専用の「網」を張っています。放射線の検出器を非常に広い範囲に所々置きます。一つのエネルギーの非常に高い宇宙線が大気とぶつかって大量の100億粒子になって地上に到来するのですが、それが半径3kmほどの範囲に展開されます。なので、地上に放射線検出器を3km以内に置くと、全ての検出器がほぼ同じタイミングで信号を検出します。その情報から、どの方向から来たのか、どれくらいのエネルギーかということを推定します。では、これまでに観測された最高エネルギー宇宙線の観測結果ですが、 $5 \times 10^{19}$  eV以上の宇宙線が、約1000事象観測されています(図1、図2)。これは宇宙の方向を銀河座標で表していき、1eVの可視光で見るとこのように銀河面が見えて、 $10^{19}$  eVのガンマ線で見るとこのように銀河面が見えるわけです。ですが、我々の最高エネルギー宇宙線の観測結果を見ますと、こちらの方向に少し集中しているかな、こちらの方向からも少し集中しているかなというふうなのが見られますが、銀河面には見られない。

これは、我々の天の川銀河よりも遠い起源天体から来ていることを示唆しています。

この最高エネルギー宇宙線専用の「網」を張るには、1人の力では難しいため国際共同研究を行っています。世界各国から集まった150人程度の研究者で会議を行います。コロナ禍になる前は、アルゼンチンにある観測所で、最新結果についてお互いの研究の進捗を報告し、御飯をみんなで食べ、夜遅くまで議論するというをやっていました。

**坂部氏** ありがとうございます。では、最後に水本さんお願いします。

**水本氏** 水本岬希といいます。大きな望遠鏡を使って宇宙を観測するというをやっています。私が天文学者になろうと思ったきっかけですが、中学生の時の理科の授業で、星の一生について勉強したんですね。それが私にとってはすごく衝撃的で、星って夜空を見上げたらいつでも光っているもの、それ以上でもそれ以下でもない、というイメージだったのが、生まれるんだとか死ぬんだとか。そういうのがすごく衝撃的でした。それで、天文学を勉強したらこんな途方もないことをまるで見てきたかのように知ることができるということに感動して、これは面白そうだなと思って天文学者になろうと思って、そのモチベーションのまま今まで研究をしています。

研究テーマは銀河の中心にある超巨

大ブラックホールです。我々が知る限り、全ての銀河の中心にはブラックホールがあることが分かっています。ブラックホールを見ると何が面白いのかというと、ブラックホールはすごく重くて重力が強いので、それに引きずられて物がすごく速く動いたり、すごく派手な動きをします。例えば、温度が1億度を超えているとか、秒速10万kmでもものが動くとか。こういうのを観測しようと思うとエネルギーが高い光で観測しないといけないということでX線を使った観測をしています。

今ここに示しているのが、ブラックホールの周りで何が起きているかというイメージ図です(図3)。X線でこういうのを見たいのですが、宇宙からやってくるX線って全部大気に遮られてしまうんですね。観測するにはそれでは困るので望遠鏡にX線を観測できる装置を載せて、それを衛星にして打ち上げるということが必要です。たとえばXRISM衛星というのが2022年度に日本から打ち上がるんですけど、こういうものを使って観測しようということをしています。

こういう望遠鏡を使うと、観測している天体からどんなX線が来ているのかというのが分かるんですね。それだけ見ても何のことも分からないんですけど、そこから量子力学、電磁気学、あるいは相対性理論、そういう物理学の知識を使うと、ブラックホールの周りでこんなことが起きているに違いないというような絵を描くことができます。研究者の頭の中で、こん

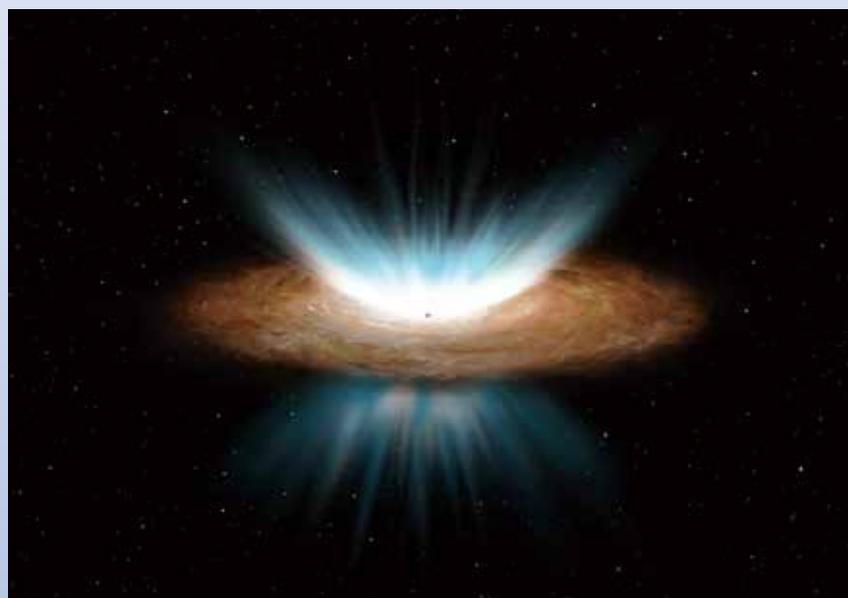


図3：銀河の中心にある超巨大ブラックホールの想像図 (Credit: 京都大学)

なことが起こっているのではないかと  
いうことを考えることができるわけ  
です。

望遠鏡で、どんな光が来るのかを観  
測して、それを人間の叡智を使って宇  
宙でこんなことが起こっているに違  
いないと解き明かすというのが、観測  
的な天文学の醍醐味という一番の面白  
さだと思います。

X線以外にも、地上にある望遠鏡を  
使って可視光とか赤外線とかで観測し  
たりしています。例えば、京都産業大  
学にある望遠鏡を使ったり、京都大学  
が岡山に持っている望遠鏡を使ったり  
とか、あるいは、ちょっと遠出してチ  
リの山奥の岩石砂漠みたいなところで  
大きな望遠鏡を使って観測したりして  
います。

観測的な天文学をしているわけでは  
ないけど、私の場合だと超巨大ブラック  
ホールというテーマがあって、そこでは  
こんなことが起こっているんじゃないか  
かなというのを考えるわけですね。その  
アイデアを証明するためには、こうい  
う望遠鏡を使って、こんな感じの観測  
をして、こんなデータが取ればいい  
だろうと考えるんです。それで実際に  
観測をしてみると、ほら、やはり思っ  
たとおりだっただけでなく、何か全く  
見当外れ、全然予想外のことが起  
こったりすることもあるわけですね。  
予想外のことが起こると、それはそれ  
で面白くて、自分が考えてもいなか  
ったことが実際に宇宙で起こっている  
ってことなのですごくワクワクしてく  
るわけです。あとは、最初のアイデア  
とは全然関係ないけれど、何か面白  
そうなものが見えてきたぞというの  
があったりするんですね。こういう  
時もワクワクするわけです。こういう  
のが観測的な天文学の面白さです  
ね。

#### イベント後半：会場との質疑応答

**坂部氏** みなさん、ありがとうございます  
ました。続けて、質問コーナーに移り  
たいと思います。

まず最初に、「高校の卒業論文で無  
から有が生まれるかというテーマで  
宇宙創生と関連付けて書こうと思っ  
ています。論展開について御教授  
ください。」

**水本氏** 難しいですね(笑)。そも  
そも無って何ですかというところ  
から始めないといけない。数学だ  
と何も無い

て厳密に定義できるけど、実際の  
世界で何もないということはない。  
難しい話をすると、物理的にない  
というのとは何か揺らぎがある  
みたいなことと言われていて、そ  
こを突き詰めて考えれば何かし  
らが出てくるかもしれないとい  
うのが私からのアイデアです。

**坂部氏** では次に、「ブラックホ  
ールの構造を詳しく知りたい」と  
いうご意見について、どうしま  
しょうか?

**川中氏** 全てのブラックホールには  
境界となる面、事象の地平線(ホ  
ライズン)と呼ばれるところがあ  
ると考えられています。そのホ  
ライズンは球形で、その球より  
も内側に入ると絶対に外には出  
てこれない。ホライズンの大き  
さはブラックホールの質量、重  
さで決まっています。例えば、  
ブラックホールの質量が太陽の  
質量の10倍だとすると、その  
半径は30kmです。30kmより  
近くに宇宙飛行士とかロケット  
とか近づいたら絶対に外に出  
てこれません。それが一番シ  
ンプルな構造です。それとは別  
に、もしブラックホールがグル  
グル回転していると、ホライ  
ズンに加えて、もう一つエル  
ゴ領域と呼ばれる面白い領  
域ができます。そこに入ると  
ブラックホールからエネルギー  
をもらって自分自身が加速す  
ることができます。実際にそ  
ういう現象が起きているかど  
うか、観測的にはまだ分か  
っていないのですが、少なく  
とも理論的には、去年ノー  
ベル物理学賞を受賞した  
ペンローズさんがその現象  
があり得ることを証明して  
います。ブラックホールの  
構造としては、その二

つですね。

**坂部氏** ありがとうございます。次  
はちょっとシビアな質問にな  
りますが、「私の恩師に天文学  
者は儲からないぞと言われて  
たんですが、天文学で飯を食  
っていくことは可能なのでは  
ないでしょうか?」

**有松氏** 実は、僕も高校の時  
に三者面談で研究者になりたい  
ですと言ったら、天文学の研  
究とか儲からないからやめ  
た方がいいよと高校教師から  
言われました(笑)。お金の  
儲けを主軸に生きていくので  
あればあまりお勧めはしませ  
ん、正直なところ。人生の目  
的がお金儲けの人もいれば、  
そうじゃない人もいます。き  
っと天文学者を進路選択する  
人はそうじゃない人が多いん  
だとは思いますが、ただ、本  
当に生活できないほどにお  
金に困ると言われると、そ  
こまでではないんじゃないか  
な。

**藤井氏** そうですね、ご飯は  
食べられます(笑)。お金の  
儲けよりも宇宙の、このこと  
を明らかにしたいというふう  
な強い気持ちがある人が、  
やはり研究者に多いと思  
います。

**坂部氏** ありがとうございます。  
では、次に「ベテルギウスは、  
いつ爆発しますか?」

**川中氏** いや、知りません、  
誰も知らないです。言える  
ことは、誰も分からないけど  
近い将来、数百万年以内  
くらいに爆発するんじゃない  
、ぐらいです。天文学的に  
は数百万年以内ってすごく  
近い将来なんです。何で  
そんなこと

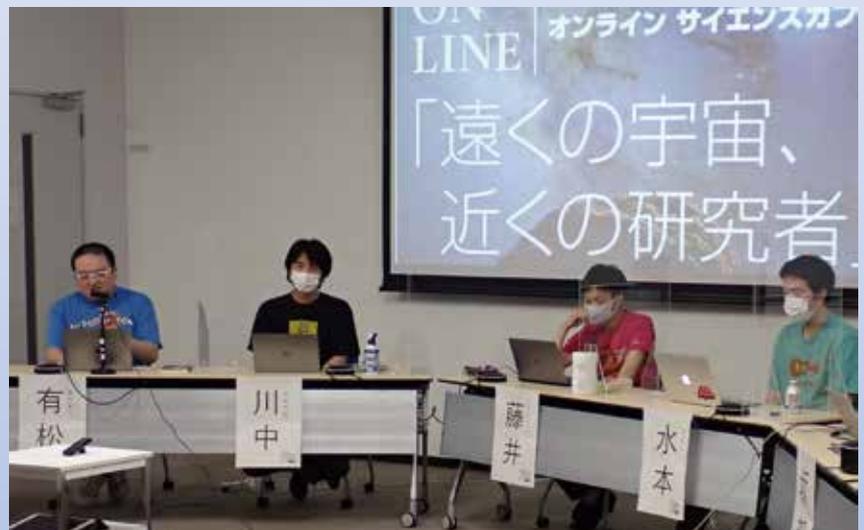


写真3：オンライン向けに洋服の色を工夫してくれた登壇者のみなさん

が分かるかという、ベテルギウスぐらい重い星だと寿命が数千万年ぐらいなんです。今、ベテルギウスって赤色超巨星という状態になっていて、つまり人生のかなり後半です。もう寿命は残り少ない。ただ、明日爆発するとか、来年爆発するとか、そういう予測は我々天文学者はできません。

**坂部氏** では、次に行きます。「ブラックホールの中は、どのような状態ですか?」

**川中氏** また同じになってしまいますけど、分かりません。何で分からないかという、ブラックホールの中ってホライズンの中ということですよ。ホライズンの中に入ると何も外側に出てこれないので、その中に誰かが行ったこともないし、その中から何らかの情報がブラックホールの外側に出てくることもない。だから知りようがないです。数学的には、ホライズンを突き抜けてもあまりどうってことない、というような答えが一応あるんですけども、それを確かめた人はいないですよ。

**坂部氏** では、「ガンマ線バーストはどのような方法で観測するのですか?」

**藤井氏** いろんな方法で観測するのですが、それぞれの観測機器に特徴があります。宇宙のあらゆるところを広くスキャンしておいて、明るい事象を見付けたら、全世界の研究者たちにアラートを送ります。そして、視野は狭いですが深く遠くまで観測できる望遠鏡達が一気にそこをグッと攻めまして、局所的に全員で一斉に観測するということが行われています。最近では、ガンマ線バーストの特に高いエネルギーの放射機構情報を明らかにするため、アラートを即時に世界に送ることによって追観測ということが主流になってきています。

**坂部氏** ありがとうございます。次に、「ブラックホールの撮影というニュースがありましたけどどうやって撮影したんですか?」という質問についてどうでしょうか?

**水本氏** ブラックホールは地球から見るとすごく小さいので、なかなか観測

しづらいんです。基本的に望遠鏡のサイズを大きくすると小さいものが見えるようになるけれど、1個の望遠鏡を大きくしたところで限界があるんですね。限界を超えるために地球のいろんなところに望遠鏡を置いて、それを全部つなぎ合わせて1個のかい望遠鏡だと思って観測しようというプロジェクトがあって、それを使ってブラックホールの写真を撮った。ですが、実際にデータ解析する時に、地球サイズの望遠鏡と言ったって全然バラバラのところにあるだけなので、望遠鏡に穴ぼこがあいているみたいな感じになっているので難しいんですね。観測したはいいけど、それをちゃんと解析して写真にするというのが難しく、それに2年も3年もかかった。あとは、複数のグループでそれぞれ検証して、同じ結果が出て、ようやく信頼できるということで写真にしたというのが最近ニュースになっていたことでした。

**坂部氏** ありがとうございます。関連した質問ですが、「ブラックホールは何個ありますか?吸い込まれたらどうなりますか?」

**水本氏** 何個ぐらいというのは、いっぱいあります。我々が今いる銀河の中に数千万から一億個ぐらいですね。銀河の中心にある超巨大ブラックホールというやつも銀河の数だけあるので、

もう割とありふれたというか、どこにでもあるような天体です。

**坂部氏** 吸い込まれるとどうなるんですか?

**川中氏** ブラックホールも要するに重力でグッと引っ張っているわけですね。ブラックホールに近ければ近いほど、その重力って強くなるわけですね。人間が、もしブラックホールに入っていくと、足先に働く重力と頭のとっぺんに働く重力は、めちゃくちゃ違うんです。そうすると人間は、ビヨーンと伸びます。すぐ引きちぎられると思います。なおかつ人間の横幅方向にもギュッと圧縮される力が働くわけですね。

**坂部氏** では「ホワイトホールは本当にありますか?」

**川中氏** ホワイトホールって何かというとブラックホールの真逆です。ブラックホールって何でも吸い込んで二度と出られないんですが、ホワイトホールは何でも外に出す。数学上の概念としてホワイトホールというのは提唱されています。それが実際にあるかということ、見た人は誰もいません。実際にあるかどうかは分からないけれど、多分ないよねというのが多くの天文学者の考え方です。ブラックホールは星が一生を終えたらできるんですけども、



写真4: イベント当日は編集部も会場・オンラインスタッフとして全員参加しました(撮影用に脱マスク)。左上から西田(編)、中村(編)、坂部さん、水本さん、藤井さん、有松さん、平島(編)、門脇(編)、川中さん、渡邊(編)。

ホワイトホールってどうやってできるのかということに関しては、もう誰もアイデアがないですね。

**坂部氏** ありがとうございます。では、「太陽に寿命はありますか?」

**川中氏** あります。太陽の寿命って何で決まっているかというと、太陽の重さで決まっています。質量から推定される太陽の寿命は100億年ですから、残り50億年です。地球に落ちてきた隕石、太陽系の天体に含まれている元素量、放射線元素の量で現在の太陽系の年齢が50億年と分かるわけですね。

**坂部氏** ありがとうございます。次に皆さんにお聞きしたいのですが、「京都でお勧めの天体観測場所を教えてください。」

**有松氏** 先ほどお見せしたネオワイズ彗星の写真は、比叡山の山頂で撮っています。視界も開けていて、街からも離れているので、お勧めです。

**坂部氏** 皆さん、結構、星を見たりするんですか?

**川中氏** 私はしないです(笑)。

**藤井氏** 観測に行くときと凄く暗い場所で宇宙線の観測をしますので、天の川がはっきり見えたり、南半球に行くと大マゼラン雲、小マゼラン雲も見えます。知らないときと雲があるのかなと思うのですが、ずっと動かない雲みたいなのがあって、それが星雲なんだというふうに気付いたことがあります。

**坂部氏** ありがとうございます。では次に「宇宙全体の構造や形は推測できますか?」

**藤井氏** 大規模構造を作るシミュレーションが行われていて、そこには、ダークマターの成分を入れないと大規模構造というのは作れないというふう聞いたことがありますね。シミュレーションで我々の宇宙を再現しようとすると、なかなか難しいという現状になっています。

**坂部氏** 次は、「宇宙の果てについて知りたい」というご意見について。

**水本氏** これは難しい。果てって何ですかということから始まってしまふ。我々が観測できる限界が果てなのか、それより向こうに何かものがあるのかというのは難しい話になってきてしまつて答えづらい。日夜、研究が進められているところですかね。

**藤井氏** 今観測されているのは宇宙背景放射が138億年前に出たというのが最遠光ですけど、背景ニュートリノや背景重力波によって、始まった瞬間を見るという観測が目指されています。宇宙背景放射が発見された時も、宇宙は常にあるという定常宇宙論と、火の玉から始まったというビックバン論が争っていて、1964年にペンジアスとウィルソンが、どの方向に向けても途切れないノイズがあるということで宇宙背景放射が見つかりました。宇宙背景ニュートリノだったり、宇宙背景重力波だったり、宇宙の始まりにより近く迫るといふのは、まだまだ観測されていないので面白いと思います。

**坂部氏** ありがとうございます。では次に「なぜ探査機などは金色なのですか?」

**水本氏** あれは断熱材です。望遠鏡とか検出器を宇宙に打ち上げるので、例えば太陽の光がガンガン当たって熱くなる。そうすると壊れちゃうので断熱材で覆います。その断熱材の色が金色なのでそう見えるというものです。

**坂部氏** 「最高エネルギー宇宙線が来る頻度は、年によって違ったりするのですか?」

**藤井氏** まだ、違いが分かるぐらいの統計量がありません、というのが正直なところですが、方向によって少し集まっているかなというふうなところは見えてきています。15年間観測して数が1,000個しかないので、有意な変動は今のところ見られていません。例えば、銀河中心で何か爆発的なことが起こったとしても、その途中の曲がり方、最高エネルギーとはいへ、0.1度曲げられるとそれだけで光に比べて100年、200年も遅れてしまいますので、ほぼ同時に我々が生きているスケールで数値がグッと上がるということとは結構厳しいんじゃないかなと思っています。

**坂部氏** 「オールトの雲について詳しく知りたい」というご意見もあります。

**有松氏** オールトの雲は何であんなに球形に遠くに広がっているかというと、もともとは他の太陽系の惑星と一緒に共通の面をグルグル太陽の周りを回っていた微惑星と呼ばれる惑星の形成材料だった天体なんですね。それが木星とか土星とかが誕生した後に、その惑星の重力で、その面から突き放されて太陽系の遠くに吹っ飛ばされて、さらに遠くに吹っ飛ばされたところで近くの他の恒星であったりとか、銀河全体の重力の影響を受けて果ての方にグルグル、いろんな方向に球状に分布するようになった天体です。オールトの雲の天体は、もともとは惑星の形成材料だったので、それらを観測的に解明することが太陽系の起源を探る上でとても重要です。

**坂部氏** 「オールトの雲の観測手法は、系外惑星の観測手法と近いですよね?」

**有松氏** そのとおりです。系外惑星もトランジット法といって、系外惑星はグルグル回っている恒星の手前を通り過ぎる時の恒星の光の量が、ちょっと減ることによって検出できる観測手法なんですが、星を隠す時間スケールが系外惑星の場合は数時間とか場合によっては一日近くかかったりするんですけど、オールトの天体の場合は、せいぜい1~2秒です。その代わり、星の明るさが減る量自体は、系外惑星の場合は多くても1%とか、下手したら0.01%とかなのが、オールトの天体の場合20~30%は星の光を減らすので、その意味では観測はしやすいです。

**水本氏** オールトの雲に相当するものって他の恒星系にもあるんですか?

**有松氏** それは実は私の博士論文のテーマだったんですが、今のところよく分らないです。系外惑星はいっぱい見つかったりしているし、木星みたいな天体も見つかったりしているのであってもおかしくないとは思いますが、今のところ観測例はないです。将来的には観測できればいいなとは思っています。

**坂部氏** では、事前質問から一つ。「宇宙の研究を志す際に高校時代にやってみ

るといいことや、知っておくべきことはありますか?」、「宇宙に携わる仕事に興味があるのですが、これから先の勉強で、どんな分野が得意だと有利ですか?」

**有松氏** 僕は、高校時代くらいは皆さんの興味の赴くままに勉強していればいいんじゃないかなと思います。というのも、例えば皆さんが研究者になる時に、何が最先端の研究になっているか予想するのは難しいです。だから、今、興味を持っていることに集中して取り組んでもらって、あの時本当はあれに興味があったのにやれなかった、というような後悔がないようにしていただくと、多分その後の人生、研究者になるにせよ、ならないにせよ一番いいんじゃないかなと思います。ただ、一つ言えるのは、高校時代の勉強は、ちゃんとしていた方がいいと思います(笑)。

**川中氏** 私がやっておけばよかったなと今思っていることは、もうちょっと大人の、学者さんでもいいし、先生でもいいんだけど、そういう人達ともっといろいろ話しておくこと。同級生とか1年上とか1年下の先輩とか後輩とかと話すのは楽しいんですが、ちょっと背伸びして、これってどうなっているんですか、これって何故なんですか、というのを学校の範囲とかそういうことを一切気にせずに、どんどん積極的に質問する。それで大人に食らいついて、鬱陶しいなと思われるぐらい積極的に、そういうマインドを持っていれば結構違うと思います。なので、これはもう学校で教えてくれないからいいや、というのでストップしてしまうと非常にもったいない。それは強く感じますね。

**藤井氏** 私は、今日みなさんが参加されている様なイベントにたくさん参加してもらおうと思います。こういう機会を見つけたら積極的に自分から主体的に動いて参加していくのがいいと思います。あとは、今日紹介したような本もぜひ読んでもらいたいです。

**水本氏** だいぶ話されてしまったんですけど(笑)。学校の勉強の面でいうと現代文、特に評論の読解というのは、真面目にやった方がいいと思います。私は大学入試のために現代文を結構力

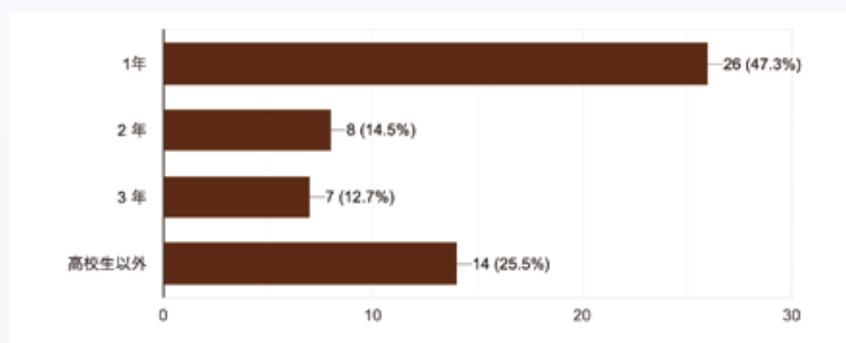


図4：イベントに参加した高校生の学年分布

を入れてやったことが、今すごく役立っています。研究者って毎日、論文を読んだり書いたりするんですね。論文を読む時に、この人が何を言いたいのか、それはどういう根拠で言っているのかというのを理解しなくちゃいけない。我々の読む論文は英語なんですけど、結局は国語力で、そこがちゃんとできていないと苦労すると思います。理系で国語が得意な人とか、文系で数学が得意な人というのは、将来どんな分野に行っても困らないと思います。文系の人A Iとかの技術を応用して使いたい時に数学がある程度分かっていないと困るとか、そういうことがあったりするので、自分は理系だから国語はいいよとか、文系だから数学はいいよと言わずに、いろんなことを勉強していくのが大事だと思います。

**坂部氏** みなさま、ありがとうございます。もう一つ事前に多くいただいていた質問からなんですが「研究の一番の楽しみは何ですか?」

**水本氏** 私だと、例えばブラックホールの周りってこんなことになっているのかな、それならこういう観測してみたらうまくいくかな、と考えているのがすごく面白い。そういったアイデアを実際に形にしようと計画するのが一番の面白さ、一番の王道の面白さです。

**坂部氏** 一番楽しいことですね。

**藤井氏** 自分で作った検出器を使って、世界中の誰も知らないことに挑戦して一番に知ることができる、それがやはり楽しいなと私は思いますね。

**川中氏** 私は理論研究者なので、観測を予測したり、観測を説明したりということがメインなんですけど、その両

方で言うと、まだ説明されていない観測を自分の考えたモデル、理論体系で説明できた時は嬉しいです。なおかつ予測して、それがバシッと当たるとさらに嬉しい。だから、ほら俺が言ったとおり、みたいな(笑)。

**有松氏** 私は、皆さんと違って実際に星空の下で観測をするので、すごくエモーショナルな意見なんですけど、本当に遠くの宇宙の観測をしているのに、自分が観測していると頭の上に星空が広がっていて、随分身近な世界のことなんだなという風にした時が、今までで一番感動的だったというか、楽しかった瞬間ですね。今回、タイトルが「遠くの宇宙、身近な研究者」ということで、タイトル回収させていただきました(笑)。

**坂部氏** ありがとうございます。では、時間となりましたので、そろそろ終わりにしたいと思います。本日まで参加の皆さんに研究者を少しでも身近に感じていただけたとしたら、私達は嬉しく思います。それでは、最後に一言お願いします。

**一同** では代表から。

**川中氏** 私ですか(笑)? 我々、宇宙のあれはどうなっているかな、これはどうしたら分かるんだろう、ということ毎日いろいろ頭をこねくり回して考えています。そんなに人生とか社会の役に立たないけれども、考えていると楽しいな、人に言いたくなっちゃうな、というようなことをずっと考えています。これは私自身の考え方なんですけれども、すごく遠くの宇宙の果て、途方もなく遠い宇宙を我々が手元に持っている望遠鏡だったり機械だったり、或いは自分のちっぽけな脳みそで理解できるかもしれないということ自

体がすごいことだなと思います。その魅力に子供の頃に取りつかれて未だにこういう仕事をしていると言っても過言ではないです。

一同（首肯）

**川中氏** 皆さんも、多分宇宙のことに  
ついて考えるのが好きな方、或いは宇宙  
を眺めるのが好きな方なんだと思  
いますが、我々も実は、その気持ちをず  
っと忘れずに研究者になっています。皆  
さんも、もしよかったら、その気持ち  
をずっと忘れずに宇宙について想像を  
巡らせたり、或いは宇宙の本を読んだり、  
人と話したりして、どんどん宇宙  
に興味を持って、我々の研究のことも  
応援していただければ、すごく嬉しい  
です。



写真5：イベントに協力下さった登壇者・ファシリテーターのみなさんのおかげでとても良いイベントとなりました。最後に会場にて誌面用の写真撮影（撮影用に脱マスク）

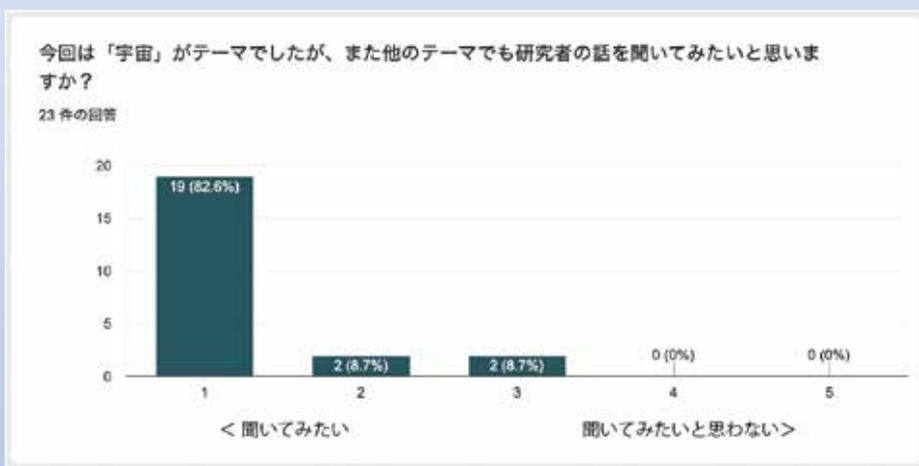
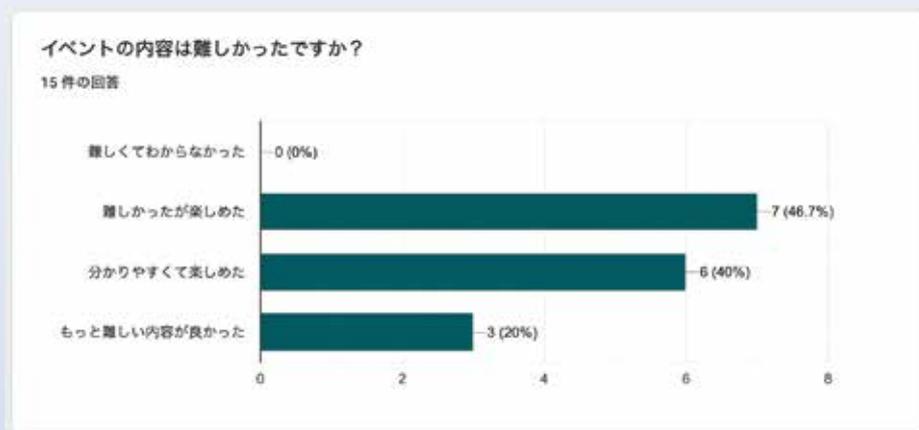


図5・6：参加者へのアンケートの結果から。今回は、宇宙にかなり詳しい高校生も参加してくれましたが、他のテーマでもイベントの開催を希望する声が聞かれました。

## Research Overseas – My Personal Experience

Amin Chabchoub (11th Batch, Associate Professor, Disaster Prevention Research Institute)

Top-notch research with high impact has generally an interdisciplinary character. The range of the methodologies applied are fed from researchers involved in the respective study. While being a PhD student at Hamburg University of Technology (GER), I was part of a research project which involved German, French, Russian and Australian scientists and thus, I was privileged to experience research diversity at an early stage of academic career. This experience was a key deciding factor to move overseas to continue postdoctoral studies with the expectation of increasing my “knowledge portfolio” and looking beyond the edge of the plate.

My motivation and vigor took me first to Imperial College London (UK), then, Swinburne University of Technology (AUS), and finally The University of Tokyo (JP) as a postdoctoral fellow. In each of these institutions I have experienced a rich and unique research environment which required a certain period of adaptation to the new working culture. Probably the most challenging part in working abroad is the need for quick assimilation. It is crucial since the duration of research contracts at this stage of career are limited to a few years only and not much time can be spent for adjustment purposes, especially, if you are required to work on a particular funded project. I can claim with confidence that the JSPS experience at The University of Tokyo was probably the most exciting one for me personally, not only from a cultural-learning perspective and on-site expertise, but also in conducting research. Indeed, the JSPS fellowship is an amazing scheme, which allows researchers to be *independent* and pursue their own goals as well as to follow their research interests. It is a program which I have been and will always be recommending for promising PhD students. Overall, these experiences were positive drivers and paved the way for my future research directions and planning.

In addition to this, as a faculty member communication becomes extremely relevant, particularly, regarding undertaking administrative tasks which consist of being part of committees,

leading particular university initiatives, curriculum planning, managing finances etc. This can take a substantial portion of time *while interactions and communication should be adapted to suit the local practice*. At both Aalto University (FIN) and The University of Sydney (AUS), I found that in order to be productive in research and deliver excellent teaching, it is important to be very effective with admin duties. It is an unfortunate fact that substantial cuts have been applied to admin staff over the last decades at most of the Anglo-Saxon universities and academics are facing increasing substantial admin loads beyond the general 40% teaching -40% research -20% admin breakdown. The other major challenge a faculty staff may face overseas is being successful in securing grants. Especially, if the research proposals are reviewed by local and national peers, who generally are not aware of your research activities. It is therefore crucial to reach out as well as to introduce yourself to the community and groups working in your field of research by holding seminars or inviting colleagues to initiate discussions and potential collaborations.

Being exposed to different work cultures in different countries, it is natural to develop an affinity and preference. It is no secret that I am favouring the Japanese tertiary education environment because it is highly-sustainable, well-funded and not metric-driven. This allows for instance that time is devoted to tackle fundamental problems with long-term impact while not being influenced and distracted by “noise”.

At mid-career stage, one needs continuity to establish a research group and from a personal perspective the need to settle down. But independently from getting tenure and many other struggles for academics, each phase of academic career should be enjoyed as each stage is different from the other. This will increase one’s motivation and appreciation of the current work environment. As they often say in Australia: “Don’t worry mate, things will work out”.

(チャブチャブ アミン)

# 悠久のシルクロード、旅してわかったナウシカの世界観

第10期 特定准教授 (野生動物研究センター) 相馬 拓也

シルクロードを旅していると、それまでの「境界線」が、ボヤけて見えてくる気がしてならない。人間に隣り合う野生動物や、市場に並び豊かな食材・香辛料・お茶に、食堂で肩を並べて食事する民族の多様性や、仏教とイスラームが入り乱れ、国境線が目まぐるしく入れかわった複雑な歴史にも、そんな揺らぎが見て取れる(図1)。

ただし、シルクロードの文化や情景は、じつは身近な作品にも存在している。不朽の名作『風の谷のナウシカ』もその一つで、舞台は中央ユーラシアのタリム盆地あたりと思われる。作中にも、それを連想させる地名の数々(シル川、カマタラ砂漠、カシガルドなど)が散りばめられている。ユバ様がタリア河の宝石を結婚の祝いに送るシーンも、どうもタリム河でとれる翡翠なのではないか。風の谷の人々は「エフタル」と呼ばれているが、これは「白いフン族」として知られたエフタル遊牧国家(5～6世紀)のこのことようだ。そして、迫りくる腐海とは、荒ぶる砂嵐や灼熱がまるで暴君のように襲い掛かる、タクラマカン砂漠のメタファーのようでもある。『ナウシカ』とは、そのほとりて生を営まなければならなくなった人間と自然の葛藤の物語でもある(図2)。なるほど、それで宮崎駿が1969～70年に、秋津三朗の名義で、『ナウシカ』の前身作のような『砂漠の民』を新聞連載していたことにもうなずける。

ナウシカ自身も、ウイグル人やウズベク人など、端正な顔立ちのトルク系民族を彷彿とさせる(図3)。お姫様でありながら、戦士であり部族長であり、それでいて母のようなお姉ちゃん、ときおり女子なナウシカは、キルギス民族の英雄クルマンジャン・ダトカ(1811～1907)という女性指導者の生き写しのようなでもある。

『ナウシカ』の背後にあるのは、シルクロードの地理だけではない。トルメキア王国と土鬼諸侯国(ドルク)という大国間の争いに巻き込まれる風の谷の物語とは、どうやら隋唐王朝(トルメキアかな?)としきりに覇権を争っていた突厥「ギョク・トルク河汗国」(おそらくドルクのこと)の史実が下書きにあるようだ(図4)。「遊牧国家とは氏族・部族単位の緩やかな集合体」と定義した江上波夫の分析は、作中のドルクの内部崩壊とも克明に一致する。そして、小さなオアシス国家(風の谷やペジテ市のように)が大国に翻弄される興亡史は、まさにシルクロードの歴史そのものでもある。

時を超えてシンボライズされた「越境の物語」こそが、シルクロードの本質にはあるのだろう。人間と蟲の世界を行き来するナウシカの物語とは、旅と越境という人々を魅了した1970年代からのシルクロードの旅物語(井上靖の『敦煌』『楼蘭』や、NHKの「シルクロード」など)に、その世界観の原点が見えるような気がする。(そうま たくや)



図1 カシガル旧市街に息づく人々の暮らし



図2 シルクロードのジブリ作品すぎる子どもたち！



図3 シルクロードはまるで「ドラクエ」のような地形が旅人を拒む



図4 遊牧民は馬技の達人で、その機動力で定住農耕民を圧倒した

## 研究の現場から

## 古代インド文献学と人文情報学：全く digital でない研究者の視点から

第8期 特定准教授（人文科学研究所） 天野 恭子

2020年度より「データ駆動型科学が解き明かす古代インド文献の時空間的特徴」と題したプロジェクトを進めている。これは、成立時期や背景が知られていない、そして詳しく知る手立てのない、古代インドのヴェーダ文献について、情報科学を援用して文献を分析し、時空間にマッピングすることを試みる学際的プロジェクトで、京大内ファンドSPIRITSに採用され支援を受けている。筆者はヴェーダ文献（相対的なおおまかな推定で紀元前13Cから5C頃に主な部分が成立したと考えられている）の言語学および思想・文化史的研究を専門としている。

プロジェクト応募時（2年前）、これまで例のなかった古代インド文献学と情報科学の共同研究、とアピールしたが、これは実はその時点でも少し誇張した表現であった。というのも、Digital Humanities「人文情報学」は人文学の研究において一つの異端のように見られていた段階はとうに過ぎ、すでに多くの分野に応用されており目新しいものではなくなっている。人文情報学の当初の目的は文献資料のデジタル化、アーカイブ、検索システムの構築を中心としていたかと思うが、現在の人文学研究者でその恩恵を被っていない人はほとんどいないであろう。しかしながら人文情報学と聞いて「そういうのが好きな一部の人がやっていること」と感じる文献研究者が未だに多いのも事実。「コンピュータが文献を理解できるか!」というような反応を示す人は少なくともはなってきたものの、一人の人間として文献に向き合う姿勢を大切にしてきた文献研究者は方法論の違う研究に対して議論の土台に乗りにくいとは思っている。それでも、2021年2月12日にオンラインで開催した、本プロジェクトの第1回ワークショップDynamism of Social Context Deciphered by a Linguistic Analysis of Ancient Literature「古代文献の言語分析から読み解く社会背景のダイナミズム」には、Digital Humanitiesに興味のある研究者だけでなく、文献学に携わる筆者の同僚たちも多く参加してくれたことはやはり嬉しかった。

さて、筆者自身は「そういうのが好きな人」では全くなく、むしろその逆で、パソコンにフォントをインストールするのも誰かに頼んでやってもらうほどのパソコン音痴。ちなみに先に文献資料のデジタル化に言及したが、筆者は2000年頃までには研究対象の文献をパソコン入力し終えていたが、それはプリントアウトしてノートを作るためのものであり、未だにそのプリントに鉛筆で書き込みをして使っている。それが何故「データ駆動型科学が解き明かす古代インド」なのか。他の人文情報学分野に関わる研究者とは少し違う入りだったと思うので、その道筋を振り返ってみたい。

そもそもサンスクリット文献の研究はスパンが長い。筆者はMaitrāyaṇī Samhitā（以下MS）という紀元前8C前後に作られたと考えられている宗教文献を研究対象としているが、読み始めたのは修士課程に入った1994年のこと。博士論文として全体の3分の1くらいをドイツ語訳にして提出したのが2001年。それを無事出版したのが2009年である。その間、小さいトピックをいくつか選び出して論文を書いたものの、基本的にやったことはMSを読んでいた、というそのことだけである。その後、新発見の写本を手に入れたりして多少やるべき作業が増えたものの、今でもその同じことをやっている。飽きないかと問われれば、全く飽きないと答える。一日に5行読んだとして、その5行にめちゃくちゃ多くの発見がある。こういう難しい文献なので理解しようと思うと細かく細かく情報を拾っていく。（どんどん細かくなっていくのが怖い。）AとBというほとんど同じ意味の語彙があったとして、なぜここでAを使いなぜ他の箇所ではBを使うのか。あるいは語順。サンスクリット語はフリーな語順で文を作れるので語順は文意に関係しないことが多いが、それでもなぜここでは代名詞が文頭で、そしてここでは文の2番目？なぜここで「人は」と言って他の箇所では「人々は」になっている？文の意味だけを取りたい場合には見過ごされていく細かい言語現象にも、ひっきり続けて何年。ある時から、章によって言葉遣いが違うことを感じるようになった（MSはざっくり数えて25の章に分けられる）。これは、文法形（名詞や動詞の活用形）等の外に明らかに現れる言語の変化とは違う。そういう意味ではMSの各章は全く同じ言語で書かれている。私のいう章ごとの違いは、「言葉遣い」の微妙な違いである。例えて言うならば、分担執筆で書いた教科書。全て同じ日本語で書かれ、中身も矛盾のないように整えている。これを数千年後、日本語が失われた言語となっていて、著者の名前がわからない形で解読したとして、その言葉遣いから「何人かの人で分けて書いたのね」と気づくかどうかの話。（これよりかは違いは顕著であろうが。）

ある時までにはこれを研究として発表しようと思ったことはなかった。自分としては確かなものを感じつつ、証明できないと思っていたので。風向きが変わったのは、ある研究者が、MSのある章を考察して見解を述べ、それを他の研究者がMS全体にあてはまることとして扱い、大きな発見であると喧伝し始めたことによる。一つの章から得た考察だけでMS全体の成立を論じる説が広まることに大変な危機感を覚え、MSは各章で言語的な特徴が違う、つまり各章の成立は異なる、ということ発信することにした。

自分が感じてきた章ごとの「言葉遣いの違い」をきちん

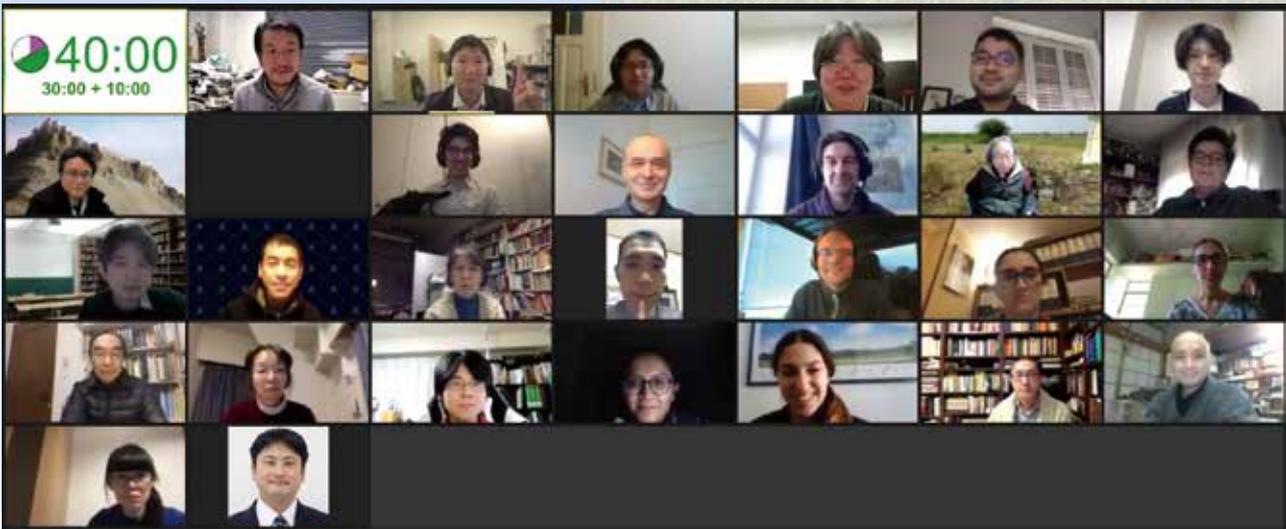
と証明できるのか、が最初の問いであった。その時に、MSの各章を定量化してグラフにし、それを合わせてMS全体を地図のように表す、そこに特徴的な言語現象をマークしていくと、章による違いが出て「層」が見えるのではと考えた。当時、計量言語学のケの字も知らなかったので、とりあえず手書き (word) で地図を作り、そこに手作業でマークを付けていった。夢中になって色々な言語現象で試したが、見事に層が見えて「ほら、やっぱり！」と膝をたたいたものだ。最初に学会で発表した時 (2012年) は、他の研究者にも興奮を持って迎えられたと思う。グラフ上に層が見えるという分かりやすさに説得力があったと思う。同様の発表をいくつか続けたが、私自身この手法に手ごたえを感じつつも手作業でのマーキングの手間と扱える用例数に限界を感じ、プログラムを書ける人なら一発でグラフにして出せるのだろうと薄々感じていたこともあり、コンピュータによるグラフ化に気持ちが傾いていった。(しかしどうしたらよいか全くわからなかった。)

きっかけというのはどこに転がっているかわからないもので、ここから先に進んだのは夫からの情報による。夫は工学部を卒業して企業に勤めているが、学部のホームカミングデーで聞いた講演が面白かったという。ビッグデータ解析を専門とする先生の話で、芸能人のSNSに投稿された情報を解析して人間関係を可視化するというもの。ネットワークマップを見ると、いくつかのグループの存在がわかり、中心的人人や関係の強さもわかる。ジャニーズは一つのグループを形成するがその真ん中に森光子がいるというのがオチだった。私のやりたいこと (ヴェーダ文献の複数の作者の関係を知りたい) に似ているのではと思って教えてくれたのだが、これはテキストマイニングとかデータマイニングとか言うもののようなのだ。ここからそのキーワードでリサーチを開始。これは2014年頃のこと、折しも10年間の子育てのための無職在宅期間を終え学振RPDとして研究者としての肩書を再び得た頃のことだったので、この先生に会いに行き話を聞くなど精力的に動き始め、少しずつ勉強していった。そうこうするうちに白眉研究者となり、そこからますます人間関係を広げて今に至る。その詳細については、京大学術研究支援室「京都大学からはじめる研究者の歩き方」サイト <https://ecr.research.kyoto-u.ac.jp/cat-b/b1/1052/> のインタビューで話したので興味を持ってくださる方はそちらを参照されたい。つまりは、学会やK-CONNEXのリトリート等で出会った研究者に積極的にアプローチ、SNSで友達や友人だった人にDMを送る、知り合いを紹介してもらって連絡する、など、少し強引だけれど貪欲に出会いを求めて、いずれも素晴らしい研究者の方々から協力を得、今に至るということである。しかしこれは武勇伝などではなく、私が構想を描き始めた頃すでに盛り上がりを見せていた言語情報学にあまりに無知であったということに過ぎないが、これは自分の分野の事情だけでなく、10年間無職で在宅していたことが大きい。やはり大学であれ何かの研究機関であれ、何かと情報が入ってきたり人と知り合ったりする機会がないのと

あるのでは大違いだと思う。しかしともあれ現在このように活動できているので、そのような遅れはいつでも取り戻すことができるとも言える。

これまでの流れで一番大きなハードルだったのは、MSのテキストエンコーディングデータを作成するかどうかの問題であった。XMLに代表される文法解析付きのデータの作成は、日本語や英語の場合プログラムにより自動的に行うことができるが、サンسكريット語の場合はそのような自動解析プログラムは知られていなかった。サンسكريット語は単語と単語の接触で音が融合したり変化したりするため、それを原形に直す場合に複数の解釈の可能性が生じ、それを決定するのは研究者にとっても簡単なことではないからである。もし手作業で文法解析を打ち込んでいくとすれば莫大な手間がかかりやっつけられない。しかし、テキストマイニング等の分析をやってみたくはどうすればいいかと自然言語処理の手法での言語分析を知る人に聞くと、百発百中で「XMLデータがない」という答えが返ってくる。いや、だからそれ作れないんですよ、と話はいつもそこで堂々巡り。しかしリサーチをする中で、チューリヒ大学の Oliver Hellwig 氏がサンسكريット語の自動解析プログラムを開発して、完全に自動とはいかないが人が訂正をいれつつデータを作成することに成功していて、いくつかのサンسكريット文献についてはすでにXMLデータを蓄積しているということがわかった。そこで「Maitrāyaṇī SaṃhitāのXMLデータを一緒に作りませんか」という声をかけた。Oliverにすればデータベースの充実はありがたいし、MS研究の第一人者 (私) が直々にデータを作ってくれるなら願ったり叶ったりなようだったが、彼がプログラムを開発したのはずいぶん前で、データの蓄積も一人でコツコツやってきたせいで、プログラムやデータの変換が彼のPCでしか行えないというのであった。そこで彼のシステムを他の人も使って共同研究ができるようにユーザーインターフェース仕様に作り替えるのを、私のほうで負担することにした。これはずっと一人でやってきた彼には「夢のような」話 (Das wäre ein Traum!) だったが、自分のような者でも誰かの助けになれるのかと私も嬉しかった。

その後、このシステムを使ってMSのデータ作りが順調に進行している。このデータがあれば様々な分析を行うことができ、近い将来、私が思い描いていた文献成立過程の解明や他の文献との関係性の可視化に取り組むことができる。Oliverとの研究はさらに次の段階に入り、ベイズ統計モデルによる文献年代推定プログラムの開発というところに来ていて、もちろん私はプログラムの仕組みそのものはわからないのであるが、私が文献をひたすら読んで得てきたもの、語順や構文、代名詞の用法の微妙な違いをAIが学んでくれるようになるなら、弟子ができるような気持ちにならなくもない。弟子に超えられる (幸せな) 気分と人間が人工智能に負ける瞬間を同時に味わうことになるのだろうか。けっこう楽しみである。 (あまの きょうこ)



2021年2月に開催した国際ワークショップには10か国から約120名もの参加があった。

**京都大学 SPIRITS**

## Dynamism of Social Context Deciphered by a Linguistic Analysis of Ancient Literature

*The first workshop of SPIRITS project "Chronological and Geographical Features of Ancient Indian Literature Explored by Data-Driven Science"*  
2020-2021 Interdisciplinary Type Project, in the priority area of humanities and social sciences  
SPIRITS Supporting Program for Interaction-based Qualitative Team Studies

**Friday, February 12, 2021 | 14:00 ~ 19:10**

Understanding the social background of text formation is a basic requirement to accurately understand documents. However, the background of ancient societies is often hidden in a veil of mystery, which makes it difficult to understand the process of text formation. The Vedic religious texts in Ancient India, and change in the spheres of influence in ancient India through a linguistic analysis of the Vedic texts. The discussion will address the question how quantitative methods and data science can be applied to this field.

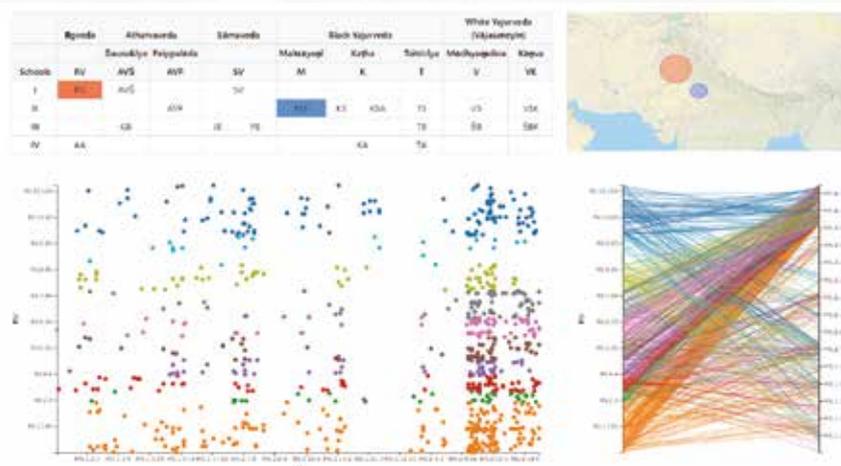
Part	Time	Topic	Speaker
Part 1	14:00 - 14:30	Opening	
	14:30 - 14:50	Problems in the Formation of the Vedas, Ancient Indian Religious Texts	Kyoko Amano (Kyoto University, Institute for Research in Humanities / Hakihi Center)
	14:50 - 15:10	The Possibility of Information Visualization and Data Analysis for Ancient Indian Literature	Hiroaki Nishikawa (Kyoto University, Academic Center for Computing and Media Studies)
	15:10 - 15:50	Relationship among Vedic Schools Deciphered by the Visualization of Mantra Collocation	Kyoko Amano (Kyoto University, Institute for Research in Humanities / Hakihi Center)
	15:50 - 16:30	Citation Prediction Using Academic Paper Data and Application for Surveys	Shunichi Yamashita (Kyoto University, Graduate School of Engineering)
Part 2	16:50 - 17:30	Measuring the Semantic Similarity between the Chapters of Taittiriya Samhitā Using a Vector Space Model	Yuki Kiyomoto (Toyo University, Institute)
	17:30 - 18:10	Dating Vedic Texts with Computational Models: Algorithmic Considerations and Data Selection	Oliver Hellwig (University of Göttingen, Department of Computational Language Science)
	18:10 - 18:50	monogram: Background, History, and Purpose of a Tool for East Asian Text Analysis	Shigeki Matsu (Hokkaido University, Faculty of Letters)
	18:50 - 19:10	Discussion	(Moderator: Hiroaki Nishikawa)

Please register using the Google Form on the official website of the project. The Zoom Meeting ID and password will be sent to you by e-mail.

URL: <https://ancientindia-datascience.hakihi.kyoto-u.ac.jp>  
Registration is available until the end of the workshop.  
No registrant limit. No registration fee.

Sponsor: SPIRITS Project "Chronological and Geographical Features of Ancient Indian Literature Explored by Data-Driven Science" (Kyoto University, Institute for Research in Humanities, Hakihi Center). Other Sponsors: Yuki Kiyomoto (Toyo University, Institute); Hiroaki Nishikawa (Kyoto University, Academic Center for Computing and Media Studies); Kyoko Amano (Kyoto University, Institute for Research in Humanities, Hakihi Center); Shunichi Yamashita (Kyoto University, Graduate School of Engineering); Oliver Hellwig (University of Göttingen, Department of Computational Language Science); Shigeki Matsu (Hokkaido University, Faculty of Letters).

人文科学研究所共同研究拠点の国際研究ミーティングとしても助成されたので、インターナショナルな告知に力を入れました！



SPIRITS 共同研究者である学術情報メディアセンター夏川浩明講師 (K-CONNEX 研究者) が実現してくれた、文献間関係可視化ツール。

# Reaching Net-Zero Emissions with Ocean Renewable Energies

Bahareh Kamranzad

(9th Batch, Assistant Professor, Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability)

Commercial exploitation of fossil fuels began with the industrial revolution in the 19th century. Since then, fossil fuels (petroleum, coal and natural gas) have been the primary source of energy in the world, while the energy demand has been increased with the increasing human population. However, today, the negative impacts of using fossil fuels have been very well known:

I) Excessive Green-House Gas (GHG) emission and consequently, global warming and climate change. Climate change has caused warmer atmospheric temperatures, ocean acidification, glacier melting, sea-level rise, etc.

II) Geopolitical wrangling over the control of oil and gas reserves and their price, which has led to many conflicts and all-out wars in the last decades

III) Decreasing reserves of carbon fuels. Although fossil fuels are continually formed by natural processes, it takes millions of years for them to be formed. Hence, they are classified as non-renewable resources. Studies have shown that it has been estimated that oil and gas resources will be depleted by 2042 and Coal reserves will become the only type of fossil fuel left on Earth until 2112 when all fossil fuels will cease to exist [1].

After Kyoto Protocol in 2005 and Paris Agreement in 2015, a priority has been given by the countries to zero net anthropogenic GHG emissions to be reached during the second half of the 21st century. Hence, the development of clean, green, and renewable energy resources has become a priority for decision-makers, investors, developers and researchers. The government of Japan has announced on October 26, 2020, its target to achieve net-zero GHG emissions by 2050, too, which sets Japan on a course to become carbon neutral in 30 years.

Oceans hold about 96.5% of all Earth's water and around two-thirds of all the human population lives within 100 kilometers of a coastline. Hence, Ocean Renewable Energies (ORE) (such as tidal, current, osmotic, ocean thermal, wind and wave energies) can be a promising alternative to provide part of the energy demand in the areas adjacent to open water bodies and exposed to vast ocean energy. This would be more crucial for remote islands where providing the energy sources for the growing population is a challenge. In addition, usage of OREs is in line with three of Sustainable Development Goals (SDGs) adopted by the United Nations as global priorities, i.e.,

Affordable and Clean Energy (goal #7), Climate Action (goal #13) and Life Below Water (goal #14).

Wave energy as an endless source, has the highest density among all OREs. In addition, it has other advantages such as predictability, low visual and environmental impacts, broad geographic viability, conservation of terrestrial resources, and adding to the diversity of the renewable energy mix [2,3]. Furthermore, as well as power generation, wave energy converters (WECs) can be used for desalination, hydrogen production, pumping and heating processes and coastal protection. Plus, wave farms are typically floating structures and hence, can be naturally adapted to sea-level rise (e.g., Fig. 1). It is interesting to know that the modern scientific pursuit of wave energy was introduced by Yoshio Masuda -a former Japanese naval commander and the father of modern wave power technology- in the 1940s.



Fig. 1. Pelamis wave energy converter. Source: EMEC website [4]

One of the main challenges in using OREs is the uncertainties in resource assessment and their sustainability. Although the OREs are promising alternatives to fossil fuels and their usage is aligned with SDGs, their available resources are highly affected by climate change. Hence, their sustainability must be investigated while planning for their usage. The sustainability concept can be assessed within two different time scales: in short-term (e.g., seasonal/monthly variations) and in long-term (e.g., decadal or long-term changes due to climate change). Recent studies have shown that the areas with lower potential of energy, but higher stability in available resources (lower variability) are more appropriate for wave energy exploitation [5]. The long-term changes in available resources are investigated using two approaches, including past trends and future projections. For the past trends, long-term measurements or re-analysis simulation are used. For the future projection, Global Climate Models (GCMs) with different Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) as future scenarios provide the future projections for

simulating future available energy.

East Asia, with some of the highest populated countries (e.g., Japan, China, Indonesia, Philippines, etc.), has one of the highest population densities in the world [6] and vicinity to open ocean and usage of OREs can be a solution for providing the required energy resources. Hence, recently, we have been working on the sustainability of wave energy resources in East Asia, in two projects funded by JSPS Grant-in-Aid for Scientific Research (C), Japan and State Key Laboratory of Hydraulics and Mountain River Engineering (SKHL), Sichuan University, China. We developed a Sustainability Index ( $SI_p$ ) for the first time to detect suitable locations for future planning. The factor considers both short-term variation (in monthly scale) and long-term change (for 5 decades), as well as the amount of the available energy [7]. However, additional considerations are required for the selection of a suitable location for wave energy extraction. For instance, the ideal depth for most types of WECs is about 60 m, and distance to the coast is also important considering the Operation and Maintenance (O&M) costs. Hence, recently, we have proposed novel criteria with more detailed technical considerations taking into account the sustainability of available resource. The proposed methodology provides an applicable solution for detecting the suitable locations and technologies at the same time [8].

In summary, OREs and especially, wave energy can be a promising resource for providing clean and green energy supporting net-zero emission as committed by many countries. However, climate change impacts cannot be neglected, and the long-term stability of the resources is required to be investigated for sustainable development. Having the opportunity to work with different groups and discuss my research with researchers from different backgrounds and disciplines, I learned that the future focus of this work will be on multi-disciplinary research, and alternative solutions for reducing the uncertainties in climate projection and resource assessment.



*Panel Discussion: Artificial Intelligence (AI) game-changers for the Earth-challenges, risks & future opportunities. AI for SDGs conference. Tokyo, Japan*

## References

- [1] Shafiee S, Topal E, When will fossil fuel reserves be diminished? *Energy Policy*, 2009, 37(1), 181-189. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.016>
- [2] Zheng CW, Wang Q, Li CY, An overview of medium- to long-term predictions of global wave energy resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, 79, 1492-1502. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.109>
- [3] Pecher A, Kofoed JP (Eds.), *Handbook of Ocean Wave Energy*, Springer International Publishing, 2017, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-39889-1>
- [4] <http://www.emec.org.uk/about-us/wave-clients/pelamis-wave-power/>
- [5] Portilla J, Sosa J, Cavaleri L, Wave energy resources: wave climate and exploitation. *Renewable Energy*, 2013, 57, 594-605, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.02.032>
- [6] [https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=SEDAC\\_POP](https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=SEDAC_POP)
- [7] Kamranzad B, Takara K, A climate-dependent sustainability index for wave energy resources in Northeast Asia. *Energy*, 2020, 209, 118466. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118466>
- [8] Kamranzad B, Lin P, Iglesias G. Combining methodologies on the impact of inter and intra-annual variation of wave energy on selection of suitable location and technology. *Renewable Energy*. 2021, 697-713. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.062>

(カムランザッド バハレ)

# 生態学における「面白さ」についての考察

第11期 特定准教授（農学研究科） 門脇 浩明

生態学者 (ecologist) というものは、地球上の生物（ヒトを含む）が存在するあらゆる環境を舞台として研究を展開している。これは生態学が扱う対象生物や研究手法が多様であり、生態学者自身も多様であることを意味している。よって、本稿では、私個人の研究内容を紹介するのではなく、生態学とは全体としてどのような学問であり、生態学者は何をモチベーションに研究をしているのかについて私見を述べてみたい。それらを通じて、私自身の研究にも興味を持ってもらえたら幸いである。

## 面白いと言われた生態学者

生態学者が研究内容を賞賛する時に発する言葉は他の分野と少し異なるのではないか。そう感じたのは、研究室に配属された4回生の頃だった。セミナーで誰かが素晴らしい研究発表をした時、教授や院生らは口を揃えて「これ（この研究）は面白い」というのである。面白いというのは勿論「滑稽である」という意味ではなく、好奇心をそそるという意味で英語の interesting に似ているが、生態学者が用いる「面白い」は interesting よりもさらに深い意味を持つ。研究の着想から実験計画、得られた結果から導かれる議論に至るまで独創的で誰も考えつかなかったようなストーリー展開こそが面白い研究の証である。だから、「面白い」という言葉は生態学者にとって最高の褒め言葉となる。研究として意義があるのかどうかを重要な評価基準とする学問分野が多いなか、これほど「面白い」ことを評価の物差しとする分野は珍しいのかもしれない。他の多くの分野では、科学者としてやるべきことが明確に決まっていて、その目指すべき方向や答えに対し如何にしてたどり着くのかかが問題であり、その過程に取って面白さを追い求める必然性はないのかもしれない。では、なぜ生態学者はこれほど面白さに執着するのだろうか。

生態学者とその他の分野との違いを考えると、いつも思い出すのは卒論研究を始めた頃にお世話になった異分野の先生から言われた強烈な一言である。「生態学者は数を数えるか、測るかしかやったらんやないか。ほかの生物学者はどうやって測るかを真剣に考えとるというのに、お前らはそんなに仕事になるんやから呑気なもんや。」と言われたのである。確かに、生態学の現場といえば、巻尺を持って山を歩き樹木の幹の太さを測ったり、網を持って魚をすくって個体数を数え上げたりする、そんなイメージを持つ人が多いだろう。この一言は、当時の生態学のアプローチのある一面を明確に言い当てているが、実は、生態学には色々な側面があり、さらにそれらの側面には時代とともに大きく変わった部分もあれば、変わらない部分もあるように思う。

## 変わったことと変わらないこと

生態学が時代とともに最も大きく変わった点といえば、DNA シーケンスなど分子生物学的手法や計算機性能の向上といった技術革新の波が押し寄せ、生態学にも新たな研究手法として積極的に取り入れられるようになったことだろう。

遺伝子から生態系まで幅広い種類やスケールのデータを扱えるようになったことで、生物と環境の関わりをこれまで以上に包括的に、かつ大きなスケールにおいて解析することが可能となった。中には、環境 DNA のような生態学分野の中から生まれた技術革新もあり、この分野におけるフィールドワークのあり方を刷新してきた。

しかし、技術革新があっても尚、生態学には変わらない部分もあると思う。その最たるものが、「面白い」研究に対する生態学者の情熱である。冒頭に少し述べたが、生態学研究において高い評価が得られるかどうかは、面白いストーリーを組み立てることができるかにかかっている。ストーリーを組み立てるといって非科学的に聞こえるが、それは論理的な飛躍があっても良いというわけでは決してない。操作実験、理論生態学や数理統計モデリングなど、測定された生物現象の背後に潜むメカニズムを追求するからこそ発展してきた、生態学が得意とするアプローチによって浮かび上がるストーリーがある。野外・実験室・計算機などあらゆる場から得られたデータをもとに因果の連鎖を分析し、現象の背後にあるプロセスを一つ一つ組み立ててゆく。それらのアプローチによって、今日の生態学を形作る数多くの面白い研究成果が生み出されてきた。生活史戦略や最適採餌・ニッチ類似限界・キーストーン種などの古典的概念、植物土壌フィードバックや生態進化フィードバック・現代共存理論などの此処 10-20 年の間に発展してきた理論は、いずれも生物現象の背後にあるメカニズムを徹底的に考え抜くことで当時の生態学の常識を見事に塗り替えたストーリーの数々である。これらの原著論文を読むと、その面白いストーリーに辿り着くことができた著者らの興奮が蘇ってくるようである。こうして、時代とともに研究に用いる技術は変われども、生態学者が面白いストーリーを組み立てることに駆り立てられてきたという面は、昔も今も変わっていないと思う。

## 未来の生態学を目指して

それでも、生態学者が面白いストーリーを追求したところで社会にとって何の意味があるのだろうか、やはり呑気なのではないかと思われるかもしれない。たしかに、生態学は、医学のように直ぐに誰かの命を救えるわけでもなければ、工学のように研究成果が新しい技術となって産業に役立つわけでもない。社会への即戦力となりうる機会はそう多くはないかもしれない。しかし、生態学の研究が紡ぎ出す、地球生命のまだ見ぬストーリーは、これまでになかった切り口で世界の有り様を捉え、その捉え方を社会に直接的に還元することで、誰にとっても、そして、どんな社会にとっても長期的に役に立つ可能性を秘めている。なぜなら、生態学とは突き詰めれば、どうすればヒトと自然が持続的に共存できるのかを中心的な命題とする学問であり、今後ヒトがどう生きるべきなのかについて考えるヒントを与えてくれる学問でもあるからである。

生態学者は誰しも自分にしか描くことのできないストー

リーを追い求め、日々自然現象と向き合い、導き出された答えは本当に正しいのかと自問自答しながら、浮かび上がるストーリーを描いては消し、描いては消しを繰り返す。その作業を通じて生まれた世界についての多様な捉え方は、生態学というレンズを通して、個人から地域社会、地球全体に至るまで様々なスケールでの問題構造を把握し、解決の糸口を見出すことに繋がるだろう。私がこれほどに生態学に魅せられ、情熱を捧げたいと思えるのは、面白い研究をすることで社会の役にも立てるかもしれないという生態学の可能性に賭けてみたいと思うからかもしれない。

本欄をお読みいただき、具体的な研究内容についてご興味をお持ちいただけの方は、白眉要覧の自己紹介のページ ([https://www.hakubi.kyoto-u.ac.jp/pub/AtAGlance?pub\\_year=2021](https://www.hakubi.kyoto-u.ac.jp/pub/AtAGlance?pub_year=2021))、個人ホームページ (<https://kohmeikadowaki.jimdosite.com>)、拙著「遺伝子・多様性・循環の科学」(門脇浩明・立木佑弥編、京都大学学術出版)などを覗いていただければ幸いである。そこには未来へと残すべき生物多様性と持続的な共存への第一歩となる「面白い」があることを願い、今日も新たなストーリーを編み出していきたいと思っている。(かどわき こうめい)



写真：生態学者はデスクワークから、ラボワーク、フィールドワークまで面白い研究を実現するためなら、全部やるのである。

# ポスト白眉の日常

## Jeremy Rappleye

第3期 特定准教授、在職期間（2012年4月1日～2015年9月30日）  
2015年10月1日より京都大学大学院教育学研究科、准教授

## 小松 光

第3期 特定准教授、在職期間（2012年4月1日～2017年3月31日）  
2017年5月28日よりカンボジア Ministry of Education, Youth and Sports, International Technical Advisor

One of the original goals of Hakubi was to create spaces of inter-disciplinary, and inter-national dialogue. Most of my 3.5 years on Hakubi was spent in dialogue with Komatsu Hikaru, another Hakubi member. In those years we drank tea and read philosophy in my office each Friday. Now, 10 years later, we have published a large number of papers that overlap education (my field), environment (Komatsu's field), and Kyoto School philosophy (one of KU's most creative projects ever). When I look back on the past decade, I feel that my dialogue, friendship, and knowledge-creation with Hikaru was precisely what the designers of Hakubi had hoped for. I feel very lucky to have been selected, and even more lucky to have met Hikaru during my Hakubi time.

Recently, Hikaru and I published our first major work in Japanese: paperback (新書) under the title of 日本の教育はダメじゃない (ちくま新書, February 2021). We wanted to publish a paperback to make our own Friday afternoon dialogues accessible to the general public, not just to researchers. Another hope for the original Hakubi project was, of course, to do 'paradigm-shifting' work. And it is clearly not

possible to change paradigms without widespread understanding, recognition, and support from non-academics. Since publishing our paperback, we have been busy with various talks to students, scholars, and policymakers. Just last week we spoke to the Central Council for Education in the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology in Japan (文部科学省 中央教育審議会), appealing for a Hakubi-style paradigm shift in education policy: a deep rethinking of self, as we face unprecedented challenges in the 21<sup>st</sup> century (e.g., sustainability/survivability).

Hikaru recently took a tenured academic post at National Taiwan University. I was sad to see him go, and couldn't help but think Kyoto University 'lost' him. But, as he constantly reminds me, the point is not to stay cloistered within Kyoto University, but to share the 'paradigm shifting' work developed at KU with the wider world. I continue to learn from him, and perhaps this is precisely 'everyday life' after Hakubi: expanding the dialogue, developing innovative ways to paradigm shift, and – more than anything else – continual learning.

(ラプリー ジェルミー/こまつ ひかる)



New Book Published in February 2021



Hikaru, Jeremy, and Iveta Silova, who is Director for Advanced Studies in Global Education at Arizona State University (now our closest dialogue partner in the USA)

## 越智 萌

第10期 特定助教、在職期間（2019年10月1日～2020年3月31日）  
2020年4月1日より立命館大学国際関係学部・国際関係研究科、准教授

伯楽会議による面接は千里山交番襲撃事件（2019年6月16日）を話題に乗り切り、白眉セミナーでは米国で93人を殺害したシリアルキラーのサミュエル・リトルとホロコーストを比較し、白眉合宿ではミニスカでエレキギターを弾く写真を公開しました。ちょっとやばい人という印象だけを残して（しかも半年だけの在職で）白眉を去ってしまった私に、このポスト白眉、を語る資格はあるのかとも思いましたが、顔も合わせることができなかった同期や第11期の皆様からのご依頼もあり、なんらかのかたちで白眉に貢献したいという気持ちから、白眉を離任してからの日々と、改めて感じた白眉への感謝について、簡単にご報告いたします。

白眉研究者としてやりたかった研究（中核犯罪の特別性の研究）は中座し、いざ、教育へ、と息巻いて赴任した2020年4月、新型コロナ感染症に伴う措置で着任式は中止、そのまま1か月休講、続くオンライン授業に備え、講義ビデオを収録する日々が突如始まりしました。立命館に入学したての新入生と、「なにがなんだかかわからないね」と慣れないZoomで嘆き合い、留学生が受講生の大半を占める授業（オンデマンド）では、保育園に行けない息子の声が入らないかびくびくしながらYouTuberの話し方を学んで一人画面に向かって話し、つい笑ってしまって再収録、を続ける日々を送りました。

2020年秋学期からは、教室に中継用のカメラ機材が導

入され、ハイブリッド授業が始まりました。パソコンだけでなくiPadやiPadスタンド等の機材を抱え、教室内でADさんのように三脚を担いでアングルチェンジや画面共有の切り替えをしていると気持ちが腐ってきて「私はカメラマンになるために赴任したのか」というような気持ちになることもありました。そんな努力の甲斐もあって(?)（数えるほどしか出講していない）立命館大学からは、（新任教員なのに）オンライン授業についての記事執筆や講演依頼などがくるようになり、そのつど調べ物をしたりしながら、2020年はなんだかオンライン授業の知識や技術習得に費やしてしまった感じがあります。

そんな中、白眉セミナーがZoom開催になり、時間の許すときは覗きに行ったりしていると、懐かしい名前が画面上で見えて、少しほっとしたり、めらめらと研究意欲がわいてきたりして、元白眉であることの恩恵を強く感じています。白眉の皆さんの、コロナ禍ならではの研究などを見ると、こちらもその気になってきて、オンライン法廷や欠席裁判について少し論文を書いたり、新型コロナウイルスの蔓延が「人道に対する犯罪」にあたるといった論調について分析したりし始めました。離任後も刺激を与えてくださる白眉に感謝しつつ、またこれから部屋着でZoom授業です（執筆時、2021年5月28日、緊急事態宣言中のため）。

（おち めぐみ）



ハイブリッド授業の様子：時々カメラ目線で話しかけます

## 京大の中心（時計台）で「コロナのバカヤロー」と叫ぶ

第9期 特定助教（総合生存学館） 水本 憲治

自由記載ということで何を書くか思案した。

ひと月に1度訪れるアジアマーケットで、朝食おにぎり用の日替わり FURIKAKE 補充と、夕食用の5食入り冷凍讃岐 UDON 6パック買い出しをしていた米国アトランタでのあの日々を書くか。しかし、白眉だと、そんな海外生活の苦労話は珍しくない。

新興・再興感染症等の感染症流行途中に感染力・死亡リスク等のリスク推定を行うリアルタイムスタディで、何かしらのオリジナル手法を用いて、着手後1週間以内に初稿投稿という目標をクリアできたことで、次のステップ（大型研究費（K99 や R01）、ポジション獲得）に進もうと決意した時に、白眉プロジェクト採択の知らせをいただき、大型研究費・5年間の贅沢な研究専念期間・ポジション・白眉の仲間との他流試合への楽しみ・京大から喪失した国際保健の拠り所の復興機会を理由に、米国から引き揚げてきた経緯あたりを書くか。

帰国後、比較的近い分野のお偉いさんから、「君の夢は何だ。」という質問をいただいた際に、「Nature/Science に論文を出すことです。」と回答したら、どうやら意にそぐわない回答だったようで、腑に落ちない顔をされたしまった悲しい経験を書き連ねるか。

厚労省クラスター対策班での活動中に、公開された疫学データを使った研究案を相談したら、データの帰属性の点で、

こっぴどく叱ってくれた、あのちょんまげ戦士のことを特集するか。

新型コロナウイルス感染症流行という新興感染症の脅威に直面したことで、これまで日の目を見ることのなかった感染症数理モデル業界もようやく脚光を浴びる機会を得たものの、今後の業界の勃興を予見する中で、「人がやってくれることならしなくていいか。」と、天邪鬼ぶりを発揮してしまいそうな心境を経緯とともに記載するか。

気づけば、在籍期間は折り返し時期を過ぎ、今後しばらくは対応に追われそうな感触などなどから、安定ポジション確保・チーム編成にむけて JREC-IN をサーチせざるを得ない環境に置かれている苦境を描こうか。

思いをめぐらせながら、やはり（最後に）白眉愛を書こうと決めた。科学者のつぼである白眉仲間との他流試合の機会が失われていることが何より惜しい。奇人・変人・変態・強情っぱりの9期の仲間たち、酒場で科学者談義をしてくれた林さん・加賀谷さん・鳥澤さん（6期）、個性あふれる研究者たちが集う白眉での時間が何より愛おしい。人目を気にしながら、いつか「コロナのバカヤロー」と、京大の中心（時計台）で叫んでやることにきめた。（おしまい）

（みずもと けんじ）

## 水を巡る旅

第8期 特定准教授（理学研究科） 宮崎 牧人

水は生命に欠かせない物質である。実に細胞の7～8割は水で満たされており、その中で数万種類のタンパク質が水分子の熱揺らぎを巧みに利用して働くことで、我々は生きている。通常物質は固体になると縮むが、水は凍ると膨張し、圧縮すると溶けるという珍しい性質を持つ。このおかげでスケート靴を履けば、刃先に集中した体重で氷が溶けてスイスイと滑ることができるのだ。さて、専門的な話はこのくらいにして、今日は身近な水について書こうと思う。

古来より水の都と言われてきた京都。確かに北白川、今出川、河原町、御池など、水に関連した地名が多い。鴨川などから地中に染込み浄化された、豊富な伏流水が京都の発展を支えてきたと言われており、今でも至る所で美味しい湧き水が汲める。例えば京都三名水のひとつである梨木神社の染井の水や、下鴨神社の御手洗水、錦市場や二条大橋のすぐそばにも隠れた水汲みスポットがある。日本酒好きとしては、お酒の神様を祀る松尾大社の御神水も外せない。この豊かな水資源を利用して、出汁や豆腐、生麩などの食文化が栄えた。水の清らかさに加えて、食品加工でもうひとつ重要なのが、

年間を通じて水温が変わらないことらしい。おかげで年中安定した味を提供できるのだとか。

日本人に欠かせない水文化といえば、風呂だ。京都には今でもたくさんの銭湯が残っている。有形文化財に登録されている大正ロマンの船岡温泉や、若者の手で復活したサウナの梅湯などの名湯に加えて、吉田キャンパスの周りだけでも東山湯、しのめ湯、銀座湯、平安湯、と4軒もある。京都に銭湯がたくさん残っているのは、豊富な井戸水のおかげで水道代がかからないからと、とある飲み屋の女将に伺った。井戸水の利用に加えて、今でも薪でお湯を沸かしている銭湯が多い。京都は木造の家が多く山に囲まれているため、廃材や間伐材を手に入れやすい、というのも経営を続けられている理由だろうか。夕暮れ時に街を歩いていて薪の匂いがしたら、近くに銭湯があるサインかもしれない。

私はいつも銭湯用の手拭いと水汲み用の水筒をリュックに忍ばせており、実験の隙間時間に水を巡る旅に出かける。あちこちの銭湯に浸かっては、道中で見つけた湧き水を汲んで飲み比べているうちに、鴨川の東西で味が違う気がしてきた。

気になって地質図をググってみると、銀閣寺から修学院にかけての東山一帯だけ、花崗岩が分布している情報を得た。花崗岩は白い石英と長石を主成分とし、所々に黒光りする雲母が入る岩石である。鴨川の東西で天然の濾過フィルターが違えば、水の味が違うのは納得である。

花崗岩が水で侵食されると、簡単にペラペラと剥がれる雲母は水流で巻き上げられて粉々になり、重い白砂だけが残る。なるほど、東山を流れる川は川底が白いから白川と名付けられたのか、と合点がいった。発見の連鎖はさらに続く。一乗寺から曼殊院へ向かう道に雲母湯と書いて、さら湯と読ませる銭湯がある。不思議な名前の銭湯だなぁとずっと思っていたが、ははーん、沸かしたお湯に雲母の欠片がキラキラ光っていたから、こう命名したのか！雲母湯は白川の源流近くに

位置している。このくらい上流であれば、もろい雲母も目に見える形で残っていそう。番頭さんに確認したわけではないので名前の由来は定かではないが、もやもやしていたことが自分の中で繋がってきた。気持ちいい瞬間である。

明治初頭、東京遷都で衰退してしまった京都は、また水の力に頼った。琵琶湖疏水をつくって水運を確保すると共に、鴨川との落差を利用した水力発電所を建設し、その電力で日本初の路面電車を走らせた。別の復興事業として、清水の舞台下、音羽の滝のすぐ横にビール工場を建てたが、当時の人の口に合わず数年で頓挫してしまったらしい。清水仕込みのビールはどんな味がしたのだろうか。京都の水を巡る旅は、まだまだ尽きない。

(みやざき まきと)



賀茂波爾神社の境内にある水汲み場。良く訪れる場所のひとつ。



立派な松と錦鯉が出迎えてくれる「栄盛湯」。天窓から差し込んだ陽の光で、水面がキラキラしている時間帯が最高！



若手の銭湯活動家によって復活を遂げた「サウナの梅湯」。井戸水を薪で沸かすスタイルを今でも守っている。深夜2時まで開いているのが嬉しい。

# 活動紹介

## 年次報告会報告書

第11期 特定准教授（文学研究科） 田辺 理

2021年3月19日に、2020年度白眉プロジェクト年次報告会が開催されました。例年通りに開催されていれば、対面形式で行われるべき年次報告会ですが、新型コロナウイルス（COVID-19）の蔓延により、今年度はWeb会議サービスアプリケーション（Zoom）を利用して、参加者を白眉センターの関係者に限定して招待することによって、無事開催することができました。

第10期大井雅雄と第11期田辺理が司会を行いました。特別講演として、金沢大学教授の森雅秀先生を招待しました。白眉センターからは、第9期檜山智美、第9期藤井俊博、第10期相馬拓也、第8期古瀬祐気の諸氏が研究発表を行いました。

森先生には、日本の弁財天の起源とされるインドの女神サラスヴァティーについて研究発表を行っていただきました。インドのサラスヴァティー像には見られない、八臂の弁才天の図像が成立するプロセスをたどり、その背後にヒンドゥー教の女神崇拝や、中国と日本の観音信仰があることを御教示いただきました。森先生の発表は美術作品と文献の記述を統合した考察であり、白眉センターに所属する研究者に大きな刺激を与えたのではないかと思います。

檜山氏は、クチャの仏教石窟寺院の中でも、鑑賞者が見

ることは想定されておらず、仏教的な儀礼や供養を目的として制作された壁画の事例を紹介しました。藤井氏は、宇宙線が我々の銀河系内起源であるか、または銀河系外起源であるかを中心に、最近の研究成果について報告を行い、さらに、次世代の宇宙線実験へ向けて開発中の新しい検出技術を紹介しました。相馬氏は中央ユーラシアを代表する野生動物、イヌワシ、ユキヒョウ、オオカミに焦点を当て、信仰、行為、狩猟、環境認知などの動物民俗学について発表しました。古瀬氏は、新型コロナウイルス感染症のクラスター対策班に所属していたことから、その活動内容やウイルス対策について即効性のある発表を行いました。以上の発表は全て白眉センターの研究に相応しい、独創性に富んだ研究成果であるといえましょう。

リモートで行われた報告会にもかかわらず、このように様々な分野の研究発表が行われ、盛況のうちに終わることができました。しかしながら、リモートでは十分な質疑応答が難しく、対面形式で行われたならば、さらに活発な議論ができたのではないかと残念に思います。今年こそコロナ禍が終息し、再び来年から対面で年次報告会が行われるよう期待しております。（たなべ ただし）



## 白眉セミナー

白眉センターでは原則として8月を除く月2回（第1・3火曜日 16時30分より）セミナーを開催しています。各研究者が順番に企画担当者となり、様々なトピックについて議論が行われます。2011年度からは通常英語で発表・質疑応答を行っています。以下に2020年度下半期～2021年度上半期のセミナー情報を掲載します。

## 2020年

- ◆第186回 白眉セミナー 2020年10月6日(火)  
古瀬 祐気(第8期 ウイルス・再生医学研究所 特定准教授)  
『ウイルスと人の関わり ～温故知新で新型コロナの未来を考える～』
- ◆第187回 白眉セミナー 2020年10月20日(火)  
森井 悠太(第10期 理学研究科生物科学専攻 特定助教)  
『捕食者が促す生き物の多様化—カタツムリとオサムシの攻防をめぐる進化の謎に迫る』
- ◆第188回 白眉セミナー 2020年11月10日(火)  
相馬 拓也(第10期 野生動物研究センター 特定准教授)  
『地理学者、ネイティブ・ロードを行く！～人類の底デカラを求める旅と発見～』
- ◆第189回 白眉セミナー 2020年12月8日(火)  
菊谷 竜太(第8期 文学研究科 特定准教授)  
『わらわやみのなぞ』
- ◆第190回 白眉セミナー 2020年12月22日(火)  
ラポー ガエタン(第10期 人文科学研究科 特定准教授)  
『アーカイブズへの探求—日本中世の仏教写本のデジタル・ヒューマニティーズによる分析とその可能性』

## 2021年

- ◆第191回 白眉セミナー 2021年2月9日(火)  
鈴木 多聞(第5期 法学研究科 特定准教授／歴史学  
法政大学兼任講師・東京大学非常勤講師)  
『音・感情・時間 ウラジオストクからタシセントまで』
- ◆第192回 白眉セミナー 2021年3月9日(火)  
和田 郁子(第5期 人文科学研究科 特定助教／岡山大学  
大学院社会文化科学研究科 准教授)  
『インド産鮫皮と近世日本』
- ◆第193回 白眉セミナー 2021年3月23日(火)  
池田 華子(第10期 医学部附属病院眼科 特定准教授)  
『難治性眼疾患に対する治療法開発』
- ◆第194回 白眉セミナー 2021年4月6日(火)  
有松 亘(第11期 理学研究科附属天文台 特定助教)  
『島に望遠鏡を担いでった』
- ◆第195回 白眉セミナー 2021年4月20日(火)  
馬場 弘樹(第11期 東南アジア地域研究研究所 特定  
助教)  
『建物・土地の「空き」—動向、要因、影響』
- ◆第196回 白眉セミナー 2021年5月11日(火)  
馬場 基彰(第11期 大学院理学研究科 特定准教授)  
『低温における光と物質』
- ◆第197回 白眉セミナー 2021年5月25日(火)  
Amin Chabchoub(第11期 防災研究所 特定准教授)  
『Rogue waves in the Laboratory and Nature』
- ◆第198回 白眉セミナー 2021年6月8日(火)  
平島 剛志(第11期 生命科学研究科 特定准教授)  
『発生と生殖における細胞集団運動』
- ◆第199回 白眉セミナー 2021年6月22日(火)  
張 哲維(第11期 防災研究所 特定助教)  
『The potential of nature-based infrastructure  
for the reduction of coastal disaster risks』
- ◆第200回 白眉セミナー 2021年7月6日(火)  
門脇 浩明(第11期 農学研究科 特定准教授)  
『森林の樹木群集における生物多様性のパラドックス  
を紐解く』

## 受賞

- ・高橋 重成（9期）特定准教授  
—文部科学大臣表彰 若手科学者賞（生体内酸化ストレス及び酸素センサーチャンネルに関する研究，2020年4月7日）
- ・潮 雅之（9期）特定准教授  
—文部科学大臣表彰 若手科学者賞（野外生態系動態の制御機構に関する研究，2021年4月14日）
- ・鈴木 俊貴（9期）特定助教  
—文部科学大臣表彰 若手科学者賞（鳥類の音声コミュニケーションに関する動物言語学的研究，2021年4月14日）

## メディアでの紹介・出演

- ・馬場 基彰（11期）特定准教授  
—毎日新聞（「日本の科学を元気に！」，「日本版 AAAS」にかける若手研究者の思い，2021年2月1日）  
—文教ニュース（「とらのもん往来」，NPO法人「日本科学振興協会」設立に向けた準備委員会を発足させた，2021年2月25日）  
—毎日新聞（「科学の森」，日本版 AAAS 設立目指す若手研究者ら 研究力低下に危機感／科学を社会のために，2021年3月4日）  
—日本経済新聞（「私見卓見」，科学振興に向けた官民の対話を，2021年5月4日）
- ・森井 悠太（10期）特定助教  
—北海道新聞（日本の全野鳥の餌 一目で，2021年1月28日）  
—日本経済新聞（日本の野鳥 633 種、食べ物を調査，2021年2月7日）  
—Air G (FM Hokkaido)（「キュンとする雑学」，2021年4月4日）
- ・檜山 智美（9期）特定助教  
—京都新聞（「人文知のフロンティア」，シルクロードの石窟寺院の壁画，2020年9月23日）  
—京都新聞（「宗教をガクモンする」，美術が紡ぐ「聖なる世界」，2021年4月8日）
- ・鈴木 俊貴（9期）特定助教  
—NHK 総合（「ダーウィンが来た！」，聞いてびっくり！鳥語講座，2021年5月23日）  
—日本テレビ系（「近未来創世記 日本を救うヤバイ偉人」，2021年3月1日）  
—BS テレ東系、テレQ（「未来の主演 地球の子どもたち 子どもたちと未来のアレコレ考えました！SP」，2021年2月23日）  
—テレビ東京（「探求の階段」，2020年9月10日）
- ・天野 恭子（8期）特定准教授  
—ほとんど0円大学（「大学の知をのぞく、この研究がすごい！」，ひたすら読み続けた先に見えてきた。インド古代文献解明に向けた新たなアプローチ，2020年12月23日）

## 出版物（単著）

- ・下野 昌宣（8期）准教授  
—『脳のネットワーク』（翻訳），みすず書房，2020年4月1日



センター日誌 (2020年7月1日～2021年5月31日)

2020年

- 7月7日 第183回白眉セミナー
- 7月21日 第184回白眉セミナー
- 8月5日～17日 運営委員会  
(第28回) ※メール審議
- 8月30日 白眉の日
- 8月31日 雨森賢一(特定准教授) 離任
- 9月15日 第185回白眉セミナー
- 9月24日～29日 運営委員会  
(第29回) ※メール審議
- 10月1日 ★渡邊翼(特定准教授)、  
★張哲維(特定助教) 着任
- 10月6日 第186回白眉セミナー
- 10月20日 第187回白眉セミナー
- 11月10日 第188回白眉セミナー
- 11月26日～12月3日 運営委員会  
(第30回) ※メール審議
- 12月8日 第189回白眉セミナー
- 12月20日 白眉合宿(オンライン)
- 12月22日 第190回白眉セミナー
- 12月16日 公募開始
- 12月23日 公募説明動画公開開始  
(2021年2月4日13時まで)
- 12月31日 平野恭敬(特定准教授) 離任

2021年

- 1月1日 門脇浩明、草田康平、田辺理、中村友紀、  
西田愛、馬場基彰、平島剛志(以上、特  
定准教授)、有松亘、開出雄介、  
★馬場弘樹(以上、特定助教) 着任
- 2月9日 第191回白眉セミナー
- 3月9日 第192回白眉セミナー
- 3月19日 年次報告会(オンライン)
- 3月23日 第193回白眉セミナー
- 3月31日 ★今吉格(教授)、  
藤原敬介、堀江真行、★倉重佑輝、  
田中祐理子、Gaétan Rappo、  
★金沢篤(以上、特定准教授)、  
★磯野優介(特定助教) 離任
- 4月1日 ★安達真聡(助教)、  
Amin Chabchoub(特定准教授)  
着任
- 4月6日 第194回白眉セミナー
- 4月20日 第195回白眉セミナー
- 5月11日 第196回白眉セミナー
- 5月25日 第197回白眉セミナー

★卓越研究員

## 第 11 期白眉研究者



★安達 眞聡  
工学研究科  
静電気力・磁気力を利用した月・火星レゴリス粒子ハンドリング技術の開発  
German Aerospace Center (DLR、ドイツ航空宇宙センター) ポスドク研究員



●有松 巨  
理学研究科 附属天文台  
影と閃光の動画観測が拓く惑星系の新たな地平  
京都大学大学院理学研究科附属天文台研究員



●開出 雄介  
法学研究科  
国家責任法の歴史的展開の再検討——現在の議論の前提を問い直す——  
東京大学大学院法学政治学研究科 博士課程



●門脇 浩明  
農学研究科  
植物土壌フィードバックに着目した森林の温暖化に対する応答予測  
京都大学フィールド科学教育研究センター 特定助教



●草田 康平  
高等研究院 物質 — 細胞統合システム拠点 (iCeMS)  
統計学を用いたハイエントロピー合金触媒の開発手法の構築と革新的触媒開発  
京都大学大学院理学研究科 特定助教



●田辺 理  
文学研究科  
浄土教美術の起源と展開  
宝塚大学 非常勤講師



●チャブチャブ アミン  
防災研究所  
極大波の研究 — モデリングと制御と予測  
シドニー大学土木工学研究科  
Associate Professor



★張 哲維  
防災研究所  
沿岸プロセスの解明と、自然災害の軽減及び気候変動への適応のためのグリーン・グレイインフラの適用に関する総合研究  
京都大学防災研究所 特定研究員



●中村 友紀  
高等研究院 ヒト生物学高等研究拠点 (WPI-ASHBi)  
カニクイザルを用いた着床直後の胚発生メカニズム解明  
京都大学大学院医学研究科 特定助教

名前  
受入部局  
研究課題  
前職

● GL: グローバル型 (従来型)  
★ TT: 部局連携型 (卓越研究員型)



●西田 愛  
人文科学研究所  
西チベットにおける古チベット語岩石碑文の総合的研究  
神戸市外国語大学外国学研究所 客員研究員



★馬場 弘樹  
東南アジア地域研究研究所  
世界住宅データベースの構築に基づく住まいの再考  
東京大学空間情報科学研究センター 特任助教



●馬場 基彰  
理学研究科  
超放射相転移の実現と観測に向けて  
科学技術振興機構 さきがけ専任研究者 / 京都大学大学院理学研究科 特定講師



●平島 剛志  
生命科学研究科  
生体内における精子乱流と受精能獲得との接点の探求  
京都大学大学院医学研究科 講師 / 科学技術振興機構 さきがけ兼任研究者



★渡邊 翼  
複合原子力科学研究所 放射線生命科学部門  
生体内でのホウ素中性子捕捉反応の制御と新たな応用展開  
京都大学複合原子力科学研究所粒子線腫瘍学研究センター 助教

『白眉センターだより』第 19 号

2021 年 9 月 3 日発行  
編集・発行 京都大学白眉センター  
〒 606-8501 京都市左京区吉田本町  
TEL: 075-753-5315 FAX: 075-753-5310  
Eメール: hakubi@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp  
https://www.hakubi.kyoto-u.ac.jp/  
印刷 株式会社 サンワ  
©2021 The Hakubi Center, Kyoto University

表紙写真: 宮古島で銀河面の観測をおこなう OASES 観測システム (2017 年 7 月撮影/撮影者: 有松巨)  
責任編輯: 西田愛