

vol. 16

京都大学
白眉センターだより



THE HAKUBI CENTER NEWSLETTER

2-5 シリーズ白眉対談⑥

「最適化」

——小川敬也／菊谷竜太／佐藤寛之／宮崎牧人

6 海外渡航記——高橋雄介

7-9 研究の現場から——Marcus C. Werner／飯間麻美／堀江真行

10-11 白眉研究ピックアップ——雨森賢一／安藤裕一郎／川中宣太

12-13 ポスト白眉の日常——吉田昭介／山道真人／楯谷智子

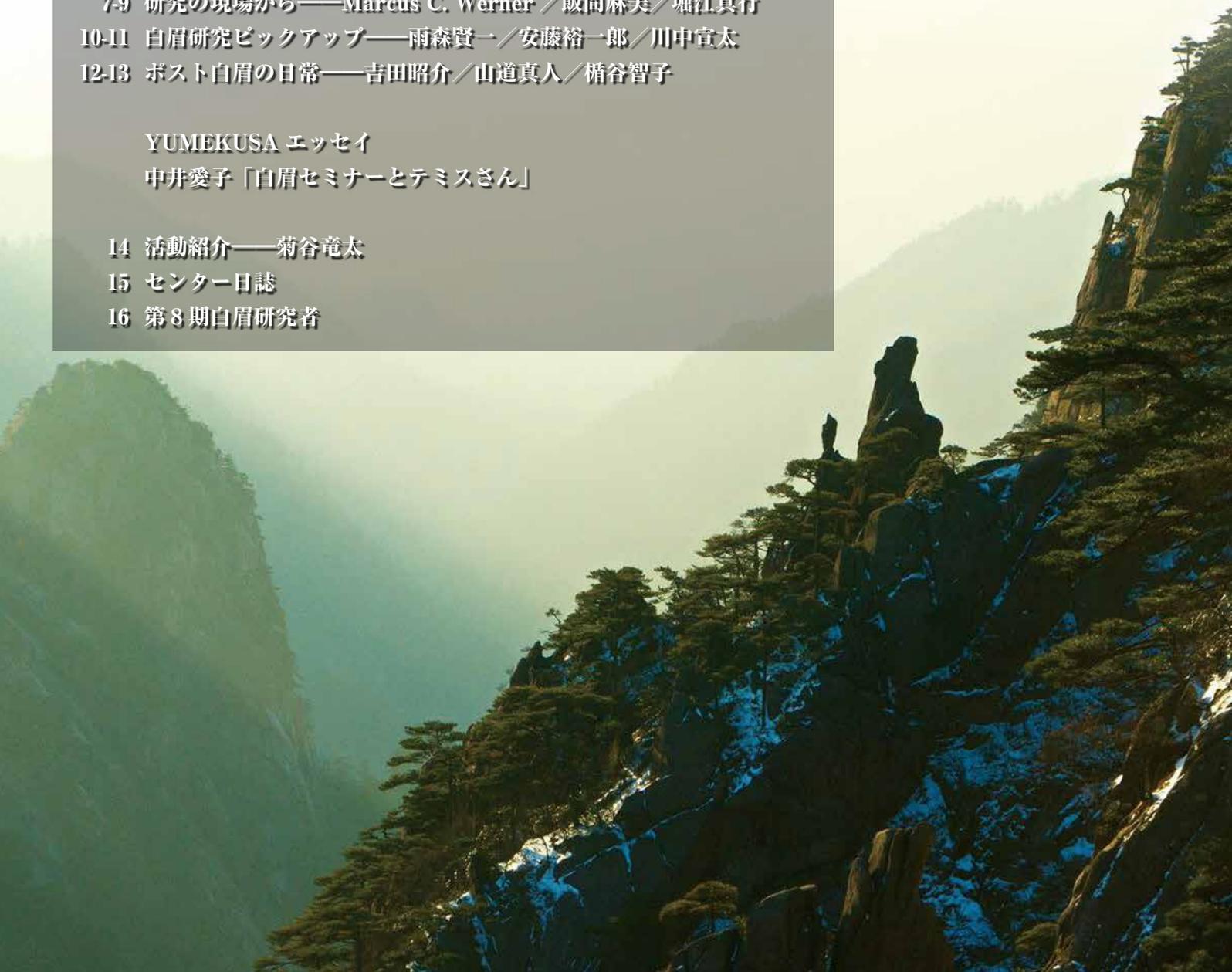
YUMEKUSA エッセイ

中井愛子「白眉セミナーとテミスさん」

14 活動紹介——菊谷竜太

15 センター日誌

16 第8期白眉研究者



シリーズ白眉対談⑮ 「最適化」

司会・編集：ニューズレター編集部

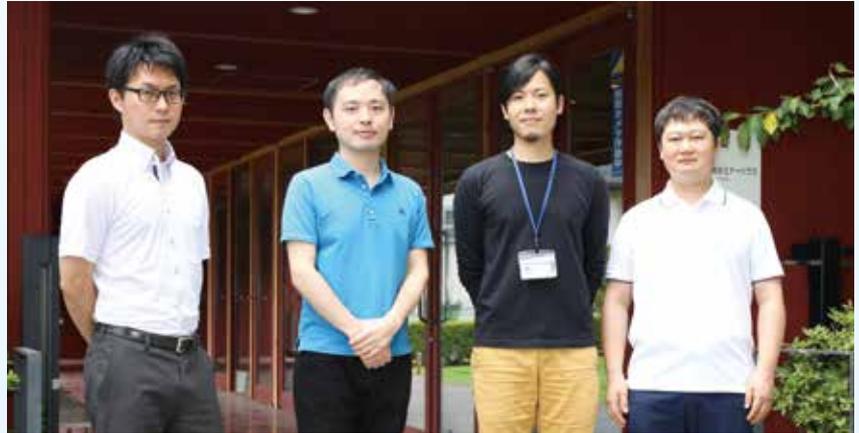
登場人物と研究課題

小川 敬也 助教 『再生可能エネルギー由来のアンモニアを利用した水素社会の基盤構築』

菊谷 竜太 准教授 『インド・チベット術語集成構築のためのタントラ文献の包括的研究』

佐藤 寛之 助教 『制約付き最適化問題に対する幾何学的アプローチの数理とその展開』

宮崎 牧人 准教授 『細胞骨格が司る細胞機能発現機構の構成的理解』



左から、小川氏、佐藤氏、宮崎氏、菊谷氏。京都大学理学研究科セミナーハウスにて。

自己紹介

(佐藤) 8期の佐藤寛之と申します。今日はよろしくお願ひします。私は最適化自体が研究テーマでして、特定の問題というよりは、あるクラスに属する問題に対して共通に適用可能な最適化アルゴリズムを開発するというところに主眼を置いて研究をしています。

(小川) 8期の小川敬也と申します。私は、再生可能エネルギーを使って肥料やエネルギーキャリアになるアンモニアを合成したいと思って研究しています。

(宮崎) 8期の宮崎牧人と申します。生き物が動いたり増えたりする仕組みを、生き物の最小単位である細胞を使って解き明かそうという研究をしています。

(菊谷) 8期の菊谷竜太です。専門はインド・チベット仏教学ですが、インド仏教の長い歴史で一番最後に登場した密教という教えについて研究しています。

最適化という言葉、概念

(司会) 今日のテーマは最適化ということですが、最適化について皆さんの研究と絡めてお話していただければと思います。

(菊谷) 最初に最適化という言葉って一体何だろうって思って、英語だと Optimization ですね。Optimize という動詞からつくられた名詞ってことなんですけど、もともとは Optimism と同じくラテン語の「最善」Optimus に由来するとも言われていて、わたしも専門外で詳しくないですけど語源についてはちょっと気になりますね。

(小川) それは面白いですね。最適化って、基本的には何かリソースが限られてる必要がありますよね。例えばわれわれの月給が限られてるからこぞ、節約という最適化をするわけですけど。

(一同) (笑)

(小川) なので、限られてるから最適化が必要ってということが最適化の語源に関係している気がしますけどどうでしょうかね？

(菊谷) いや、ちょっと私も連想なので、ちゃんと調べてみる必要があると思うんですけど。もともと私が訊きたかったのは、数学や他の分野で言う「最適化」の定義ってどっから始まったのかなっていう。

(小川) どっから始まったか、ということ？

(菊谷) 誰が呼び始めたのかなってというのが気になって。

(佐藤) 確かに。私が研究しているのは数理最適化という言葉で、一般的な最適化という言葉とは区別する必要がありますかもしれないんですけど、その数理最適化では、今ちょうど小川さんがおっしゃったように、何か最小にしたいもの一たとえばコストであったり、あるいは最大にしたいもの一たとえば利益一であったりというものを考え、これを目的関数と呼びます。限られたリソースの下で一それを制約条件と我々は呼んでいるんですけど一制約条件を満たすように、目的関数を最大化する解を見つけたいという問題を数理的に定式化して、それを理論的に解析したりコンピュータを用いて解くということをやっています。

(菊谷) その数理最適化の定義ってというのが、広く一般に戦略とか、さっき小川さんのおっしゃられた話みたいなものの最適化に広がっていったのか、もともと何か漠然とした最適化の概念があって、数理最適化ではそういうふうになんか新しく定義づけられたっていうのか、順番的にどうなのかなってのが少し気になって。

(佐藤) なるほど。数理最適化の発生と

しては、後者のほうだと思いますね。何か漠然とよりよいものを目指したいというのがあって、それを数学的に解決する理論体系として、数理最適化ができた。

(小川) 理屈がついていくと、それに対して的確な行動とかが生まれるんであって、ランダムにやってる時点では的確なこととか起こらないですよ。だからロジカルであることが、最適化にはつながることだったりしないですかね。

(宮崎) 多分、目的がはっきりしてないといけないうすね。明確じゃないと。(佐藤) そうですね。みんなで何かあるゴールに向かって、ベストを目指そうということでも最適化をしていっても、一人一人が考えるベストがちょっとずつずれていると、みんな違うところを目指していってしまうので…目的をしっかりと持つことが大事だと思います。

(宮崎) 客観的に捉えられて、全員が共有できないといけないうすね。(佐藤) そう思います。ただ、目的を決めたうえで、その達成を目指していく最中でも、実はやっぱり最初に定めた設定は少し現実の状況からずれているとなったら、何が最適かっていうことをちょっと捉え直して修正していくというのは重要ではあると思うんですけども。私は特に数理最適化を意識しているからそういう言い方になるのかもしれない。

(宮崎) でも僕の感覚はそれしか持ってないんですけど。さっきのお金の話でも、いかに最短距離で時間を短く、いろんな場所を回れるルートをどうやって決めるかっていう問題とかもあると思うんですけど^(注1)、それも時間っていう評価軸で、定量的な値で評価できるから、最適化ができると思うんですよ。だから物理でエネルギーを最小にする



とか、何かの表面積を最小にするとか、結局は数字や数式で表せることについてのみ、最適化っていうのは定義できるんじゃないかなあと思ったんですけど、もっと広義な意味の最適化ってどうなのかな？(笑)

儀礼と瞑想

(佐藤) 菊谷さんは、そういう広義の最適化というものに対する何かをもう持ってらっしゃるんじゃないかなという気がします。

(菊谷) いやいや、私が気になるのは、最短距離で行くことっていう、今、宮崎さんや小川さんがおっしゃったような時間や距離のように限られたリソースのなかで、最短なものが最適化といえるって話ですよ。例えば、インド世界にはいろいろな儀礼があって、手続きが複雑だったり規模が大きいことと、儀礼の効力が繋がるんです。

(宮崎) 効力ですか。

(菊谷) ギブアンドテイクの世界なので。儀礼自体がもともと複雑で手順と時間を要するものだったり、規模を大きくしようとするればコストがすごくかかりますよね。そうすると、時代とともに、ある捧げ物はほかのものでも代替できるし、時間も短縮できるという流れになっていきます。それは中世インドの大きな社会変化に関わっているんですが、結局はコスバの問題があって、儀礼のなかで代替できるものは、どんどん瞑想に置き換わっていきっていく。よく尋ねられるのは、「密教って一体何ですか？」っていうものですけど、10世紀頃のラトナーカラシャーンティによればショートカットウェイ、つまり捷徑だと言うんですよ。従来の教えでは悟りに到達するのにとても長く長い期間がかかるけど、密教っていうのは、我々が生きてるうちに、まさしく今生で、輪廻を繰り返さなくても悟れるっていう。最短でいけるっていう意味だと、さっき言った量的なもの時間的なものっていうのに、関係してるのかなっていうイメージがありますよね。

(司会) マニ車もそれに通じる場所がありますね。

(菊谷) そうですね。まさしく時間と労力を短縮できる装置ですよ。そのまままだ長い時間をかけて一行づつ詠唱しなきゃならないものを一瞬でクルクルと。

(小川) あれも最適化ですかね。

(菊谷) そうですね。時間と労力。

生物の生存戦略

(司会) 最適化っていうのは、いろいろベクトルがあるわけですよ。例えば最短距離を考える問題でも、最短ルートはすごく混んでるから、回り道をした方がいいとか。

(菊谷) そうですよ。

(小川) 生物なんて、まさにすごい最適化ありそうなイメージなんですけど。

(宮崎) と思ってるんですよ。何だろうな…。僕、チョウチョが好きで、昔、チョウチョと一緒に取りに行ってた仲間がこの前、京都まで遊びに来てくれた。京都にはキマダラルリツバメっていう珍しいチョウがいて、それを捕りに行っただけです。アリと共生してる、すごく珍しい生態なんですけど、そのチョウが特徴的なのは、尾状突起っていう、下側の翅(はね)に…。(写真1)

(菊谷) (写真を見て) 突起がある。

(宮崎) そう、突起が出てるんです。普通は突起があっても左右の翅に1本ずつ、合わせて2本だけど、この種類は日本のチョウで唯一4本突起が出てるんです。この突起っていうのが通説によると、触角に擬態してる、似せてるんじゃないかって言われています。チョウの主な天敵って鳥なんですよ。それで頭からなるべく遠いところに触角みたいなものを生やして、さらにそのつけ根に目立つように赤い紋をつけてるんですよ。

(小川) それを頭に見せてるんですか？

(宮崎) そうです。そうなんです。

(小川) 突起をかじられても生き残れるんですか？

(宮崎) 翅の一部が欠けても大抵は平気です。尾状突起はアゲハチョウの仲間なんかでも多くの種類が持っていて、進



写真1 キマダラルリツバメ
著作権者 Pokopong 氏、[CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)]、ウィキメディア・コモンズより、ページ URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spindasis_takanonis.jpg, 2013年。

化的には全然違うグループのものが、みんな結局同じような生存戦略を取ってるんですよ。それが不思議だなあと思って。こっちが頭で、こっちがしっぽ。

(佐藤) 本当だ。面白い。

(宮崎) それで、今回キマダラルリツバメは2匹見れたんですけど、2匹ともこのしっぽのところだけ食いちぎられてたんです。これ撮ったやつですね、写真(写真2)。

(菊谷) 食いちぎられてますね。でも、生き残ってますね。すごく面白い。

(宮崎) これほかの個体。これも。

(小川) 本当だ。

(宮崎) キマダラルリツバメはシジミチョウの仲間なんですけど、アゲハチョウの仲間とか、全然違うグループのチョウが、みんな同じ戦略を取っているの、何か共通のもの、仕組み、法則があると思ってるんですけど、でもこれは最適化されてるといふ先入観を持って考えてはいけない可能性もあるので、最適化かどうかと言われると、よくわからないですね。僕が研究しているのは細胞分裂ですけど、細胞分裂って多分、百種類以上のタンパク質が関与しているんです。でも意外と数十種類とか、それぐらいでも分裂の仕組み自体は達成できるんじゃないかなっていうのを僕は思っていて、じゃあ、ほかの百種類ぐらいは何やってるんだっていうと、恐らく異常事態に備えている…。

(佐藤) リスクを小さくするような？

(宮崎) はい。例えば人間では卵子という一つの細胞が数十兆個に増えることで、我々の身体が出来上がると言われてます。つまり、合計で数十兆回も分裂するわけです。その中で1回でもエラーが起こったら、大変なことになりますよね。だから限りなく100%を達成するために、コンポーネントをミニマムにしてエネルギーの消費量を抑えるっていう戦略じゃなくて、いろん



写真2 尾状突起の欠損したキマダラルリツバメ、撮影:宮崎 牧人氏。撮影日:2018/6/17、撮影場所:京都市左京区 哲学の道

なものを、付属品をたくさんくっつけて、で、絶対に成功するようなシステムになってるんじゃないかなあと。それでは最適化じゃない。(一同) (笑)

多目的最適化

(佐藤) でもリスクを小さくするということを加味した最適化がされているかもしれないですね。

(宮崎) そういう意味では、そう。

(司会) 何をもって最適化っていうのが、結構難しいですね。宮崎先生のおっしゃるエネルギーの最適化という意味では、もっと省エネしながら成長できるっていう話もあると思いますし、佐藤先生の意見ではリスクを考えたいうえでは最適かもしれないという立場もあると思うんですけど。

(宮崎) その評価の軸をどうやって決めるかっていう…。

(小川) この場合、立場が二つあるんですよ。

(佐藤) 数理最適化の分野では多目的最適化というものがありまして。つまり目的が複数個あるような。今おっしゃっていただいたような話もある意味ではそうですし、典型的なものとしては、ポートフォリオの最適化問題というのが金融工学の分野であります。分散投資をして、リスクを小さくしつつなるべくもうけたいっていうふうを考えるのは、自然な発想ですよ。つまり、期待リターンが大きい投資対象があるからといってそこに一点投資すると、それが悪い方向にってしまったときは、もう大変なことになるわけ。

(一同) (笑)

(佐藤) リターンも最大にして、リスクも最小にできればいいんですけど、これらは同時には達成できないトレードオフの関係にあるのが普通ですので、そういう問題に対してどうアプローチするかっていうことは、数理最適化のほうでもありますね。

(宮崎) 最適化したいという意志がないと。

(佐藤) そうなんですよ。今お話を聞いていても、数理最適化に基づく問題解決のプロセスっていうのは、人間が解きたい問題を持っていて、それを数理的にモデル化して、その解を見て現実の問題に当てはめてみるというものですけど、先ほどのチョウの話だったら、何か最適化したいものが意識されているわけではないと思うんですよ。(宮崎) だから最適化されたものって前提で生物の問題を解いてしまうのは危険じゃないかなあと。

コストの問題

(宮崎) まさに工業とかそうだと思うんですけど、何か目的があって技術開発するとすると、必ず最適化という問題になりますよね？

(小川) 私の専門のエネルギー関連でもまさにそうですね。こっちのやっ

最適化は、ものすごくわかりやすい。議論しても意味はあんまり広がりようがない気もするんですけど。

(一同) (笑)

(小川) 重要なのはコストだけだったりするんですね。こっちの場合、別に太陽から降り注ぐエネルギー自体は無尽蔵にあるから、とにかく安くやることのほうが大事でして、目的関数はコストになってます。例えば、私は燃料電池も研究してるんですけど、一般的に使われる燃料電池だったら、今言ったようにコストが大事だったりするんです。でも一方で、宇宙開発で使う燃料電池だったら、逆にコストはどっちでもいい。それよりコンパクトなことのほうが大事かっていうふうになって、極限状態になる場合、つまり宇宙環境だとか、または深海だとか、そういうふうになった場合は、コストは重要ではないです。それ以外は結局コストが最適化の対象ですね。

(菊谷) だから今おっしゃった宇宙開発の場合ミニマムにするっていう、質量ミニマムにするっていうのは、打ち上げのコストと関係するわけなんですか？

(小川) 結局そうですね (笑)。

(一同) (笑)

(宮崎) トータルのコストを…。

(司会) 色々とお最適化したいことがあると、どこに重きを置くのが難しそうですね。

(宮崎) 重みづけ、すごく難しい問題ですよ。多分数学的に考える必要があると思いますが。

(菊谷) そうですね。

(佐藤) 重みづけは難しいですね。

(菊谷) 重みづけって、英語で何ていうんですか。

(佐藤) Weighting です。

(菊谷) 何かプライオリティみたいなものなんですか？優先順位の。

(佐藤) そうですね。実は、多目的最適化だと、例えば先ほどのリターンとリスクの話でもいいんですけど、何かいろんな解の候補があったときに、重みづけをする代わりに、戦略の候補として残しておきたいものの集合—目的が2つなら曲線のようになりますが—を見つけてやるという方法があります。あとはこれを人間が見てどの解だったら今持っている問題、現実問題に即したものになってるかっていうのを選ぶ。

(小川) そ



れで言うと、技術開発って多分、この戦略の曲線自体を全体的にもっと良いものにするってことだ。

(佐藤) そうですね。

(司会) 小川先生のご研究である、アンモニアの生成に関する技術開発についてはいかがでしょうか？

(小川) この100年間、あまりブレイクスルーが起こってないからなかなか大変ですね。今のアンモニア合成研究者がやろうとしているのは、装置を小型化しようとかだったりします。今、アンモニアの合成に関しては、経済性を持たせるためには大型プラントで一気に大量に作るしかできないです。そうするとインフラとか整備されてない場所に行き届かない。けれど装置の小型化によりちょっとしたプラントとかでも作れるようになったら、肥料が必要な場所のすぐ近くでアンモニアを合成できるのでそういうところにも行き届くわけです。

(佐藤) 数理最適化だったら、問題を設定したうえで、それを効率的に解こうと研究してるわけなんですけど、今のお話を聞いてると、その制約条件を緩めるような技術を開発したり、目的関数の形が少し変わるように何かほかの技術を援用したり、そういう問題自体を変えるようなプロセスを含むものがより広義の最適化なのかなという気がしました。

曼荼羅の学習方法

(小川) 仏教の、簡単になっていったってあるじゃないですか、瞑想とか。そういうのって、時代的に繰り返されるものですか？

(菊谷) 複雑で膨大な儀礼をまとめたり、簡略化しようっていう発想自体は、汎インド的、あるいはインド・チベット世界以外にもあります。コスバの問題として、儀礼に必要な物資や人や場所や時間などいろんなものを用意するのは大変だし、コストがかかるので、できるところは瞑想に代替するっていう考えが生まれて、密教もそれに乗っかっていったんだろうと推測されます。



そもそもインドで仏教と他の仏教以外の宗教ってどういう関わりがあったんだろうって話で、仏教って非常にマイナーな宗教なんです。そうすると中世インド世界では仏教徒たちは自分たちが一体どう生き残っていくのかっていうことを必死に考えるんですけども、まずほかの宗教より自分たちのほうが優れていることを示さなきゃいけない。それは哲学的なディベートだったり、時には呪術合戦だったりします。生き残り戦略ですよ。はじめに最適化の関係で話そうと思っただけは、膨大な教理・教説を仏教徒たちがどのようにまとめようとしていたかという。インド仏教の歴史はブッダが生きた紀元前5世紀ぐらいから仏教が滅亡したとされる13世紀ぐらいまで続くんですけど、そうするとそのあいだに積み上げられた教えや解釈はものすごく膨大な量になりますよね。それを仏教徒たちはできれば全部勉強したい。しかし人間の頭はキャパがあるので、全部はとてつもなく収めきれない。どのように効率よく学習するかっていう点が非常に大事になってきます。例えば、インド密教の最終段階では100種類以上の曼荼羅が登場します、少なく見積もっても。一つ一つ異なる曼荼羅の細かいディティールとかパーツの描き方や瞑想法を一遍に勉強するのは大変ですよ。インド仏教の歳晩期にアバヤカラグプタという人が出て、彼は膨大な教説をまとめて整理するんですけども、曼荼羅については26種の基本形を定めています。さらに描かれるべき順番としては、シンプルな四角・四門の曼荼羅を最初に取り上げて、あとは順次にパーツを足して他の種類の曼荼羅の展開図を説明していく訳ですが、それは同時に内容の重複も防ぐことにもなります。

(小川) それは何ていうんですかね。多分取りこぼししてしまうだろうし、それに対してたくさんのオプションを用意しようとするの大変そうですね。

(菊谷) そうですね。目的意識がはっきりしている場合は、何が優先順位になるのかっていう。だから一方でどういった問題があるかっていうと、面積の大きさとか構造の複雑さと、教えのレベルの高い低いとは一致しないという。密教聖典それぞれに特定の曼荼羅があって、聖典も学習者のレベルに合わせて階段があるので、そうすると単純に高いレベルの教えが複雑な曼荼羅をもっていて、低いレベルのものが簡単な曼荼羅を説いているわけではなくて、曼荼羅の形状と教えのレベルってのは、必ずしも一致しないんです。つまり、描きかたの説明としては形状がシンプルなものから複雑な順番へと進むのが、手順や紙幅の上では最適化なんだけど、教えのレベルの順番としては必ずしも



最適って言えるわけじゃないんですよ。さっきのアバヤカラがまとめた曼荼羅の描きかたの順番を、一方で聖典のレベルに照らしてみると、レベル3→レベル4→レベル3→レベル1→レベル4っていう。伝承しやすいようにせつかく苦労してコンパクトにまとめあげたのに、チベットにもっていったら、チベット人は「いや、お経に載ってるのと違うじゃないか」、「レベルの高い人に教えるものを、いきなり低い人が学んでいいのか」という。だから曼荼羅の数を増やして配列を戻したってことで色々揉めるっていう(笑)。本来はインドの教えだけど、チベット人が単純にそれを受け入れているわけじゃなくて、チベット人にはチベット人なりの最適化のロジックがあって、ここではやっぱり聖典の優劣っていうのが一番ふさわしいっていうふうに考えているわけだから、そういう面積や構造、紙幅といったマニュアル重視の最適化っていうのは受け入れられなかったんですね。

(宮崎) 難しいところですね。

(菊谷) そこで衝突が起きるっていう。

(宮崎) その教えの順番をよくすることで、その宗派に人が増えたりしたんですかね？

(小川) 教え方を重視するのか、経典を重視するのかが宗派ってどんどん増えていったんですかね？

(菊谷) そうですね。宗派というか立場ですよ。その流儀が増えていくっていう。

(小川) そうなってくると生存競争もしくなくちゃいけない(笑)。

(菊谷) そうです。アバヤカラの曼荼羅セットは非常に人気で、仏画(タンカ)のセットの作例もたくさんあるんですけど、26種類が一番シンプルな数にも関わらず、結局42セットとかのほうが圧倒的に人気があります。チベット人の好みなので。作るコストから言うと悪いですよ(笑)。

(佐藤) なるほど。だからそれこそ最適化を考えるのであれば、コスト以外の要素が目的関数に入ってきてるっていう。

(菊谷) そうですね。でもさっきの生物の、リスクを防ぐのが、省力化するのかって話だったら、最小で描けるのは26なんですけど、もう少し規模を広げてチベット人の要望どおり漏れなく

描こうと思ったら、最低でも42は必要なので。だからどっちを取るかっていうか。

数理最適化

(小川) いろんな最適化がある中で、どこら辺まで数理的に、数式に落とせるんですかね。

(佐藤) そうなんですよ。数理最適化としてはそこは結構重要な問題で。

(小川) こういう言葉というか、そういうモヤッとして数値化しにくいものを、どう最適化するかっていうのは、何かあるんですかね、そういう。

(佐藤) 数理最適化を用いて現実問題をどう解くかっていうとき、まず最初にやらないといけないのは、どう数理モデル化するかっていうところがあるんですね。現実問題をそのまま完全に数学的に記述すると、あまりにも難しく、得られた数理最適化問題が解けないっていうことはあるわけです。逆に、近似をたくさん入れて簡単に解ける問題にしても、それが現実問題の状況を反映していなければ有用でない解が出てきてしまうわけで、そのバランスを取るのが重要ですね。数理最適化では、様々な最適化問題を数理的な構造に基づいてクラス分けして、こういうタイプの問題はこういうふうに解けばいいというような研究をして、それを汎用的に使ってもらおうという。

(司会) 数学の理論を実際の問題に適用するための翻訳家みたいな人材が必要じゃないかと思いますが。

(佐藤) それはもうまさに、その通りだと思います。

(菊谷) その翻訳家みたいな人っていうのは、近接領域ではどういう分野の人に当たるんですか。経済とかですか？

(佐藤) 経済もそうですし、あらゆる分野の人が該当し得ると思います。私の場合だったら、機械学習とか制御工学とかいろんな分野の人と一緒に共同研究をされていて。我々は白眉センターにいるから、そういうことはしやすい環境にあるとは思いますが、一人で何でもできる人ってなかなかいないと思うので、やっぱり必要に応じて一緒にやっていくっていうのは重要だろうなと思います。

(司会) ではそろそろ時間になりましたので、今日はこの辺で。どうもありがとうございました。

注1：巡回セールスマン問題。最適化問題の一つとして有名。

ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン研究滞在記

第7期特定准教授（教育学研究科）高橋 雄介

ジョン万プログラムと白眉プロジェクトより多大なるご支援を頂戴し、ロンドンはユニバーシティ・カレッジの心理学部において、平成29年9月1日から平成31年8月31日までの2年間の予定で研究滞在进行しています。受入先であるおふたりの先生方およびその研究室の方々にはとてもよくして頂き、お蔭様で大変快適な在外生活を送ることが出来ております。

ロンドンでは、白眉プロジェクトにおける研究をさらに発展させるべく、英国と日本双方の双生児データの国際比較を行い、より高度な統計解析に挑戦しています。英国には2つの大きな双生児データベースが存在し、幸いなことに、その両方にアクセスすることが出来ています。もちろん、この高度に情報化された現代社会ですから、英国外からであったとしても、適切な手続きを踏みさえすれば、データそのものにアクセスすることは可能です。しかしながら、データは、自らが取得したものではない時には殊更、大変に無機質な数字や文字の羅列でしかありません。そのデータがどのように取得されたのか、現在進行形でどういった論文プロジェクトが進められているのか、この次にはどういったことが計画されているのかといったようなことは、実際に現地に来てみると分かり得ないことです。そうやって、データの背景を知り、データの特徴を最大限に生かすことの出来るようなすなわちデータに血を通わせることの出来るような効果的な分析を模索しつつ結果をまとめて発表する、それがまさに研究者としての大きな財産となっていると実感する毎日です。

現在所属している研究室では、隔週で全員が集まって定期的に研究打ち合わせを行い、週に一度は個人での打ち合わせを行っています。また、セミナーに参加するためにキングス・カレッジにも週に一度通っています。興味が近い研究者が周囲に多数存在しているということはすなわちその分だけ

競争的になるわけですが、やはり、心強いという気持ちのほうが大きいように感じます。研究のことについて気軽に相談し合い、切磋琢磨していける環境こそが、より良い研究を数多くそしてある程度のスピード感をもって遂行していくために必要となるこのうえない土壌となることは疑念を挟む余地がありません。

また、研究室に所属している面々は多国籍です。受入教員はフィンランド人とフランス人ですし、同じオフィスにいる方々はドイツ人と中国人、その他のメンバーもイタリア人、マレーシア人と非常に多様性のある構成となっていることが興味深いと感じます。

いま筆を執っているのは8月の終わりなのですが、ロンドンの夏の盛りはもうすっかり終わりを告げました。最高気温は20度くらいで、朝晩は涼しいを通り越して若干の寒さを感じることもあります。京都もとい日本も全国的に、いや全世界的に猛烈に暑かった今年の夏ですが、ロンドンでも数週間は本当に暑い日が続きました。そして、ロンドンにはほとんどの場所には冷房がないのです。大学のオフィスにも自宅にも地下鉄にもバスにもレストランにもエアコンはありませんでした。30度を超える外気温で、エアコンなしで過ごすことになるとは思ってもみませんでした。平成も終わらんとする現代に（冒頭で平成31年8月と書きましたが、これはじきに間違いとなりますね）、大都会ロンドンでまさかのエアコン無し、扇風機を回し、窓を開け、水を飲むというここは昭和か？という解決策しかありませんでした。毎年数週間だけ我慢すればよいのなら確かにエアコンは不要なのかもしれませんが。

ここロンドンであと1年、より実りある成果を出すために精進して参ります。（たかはし ゆうすけ）



（左：ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン心理学部棟、右：学会会場で研究室のメンバーと〔筆者右端〕）

研究の現場から

A New Approach to Gravity

Marcus C. Werner (6th Batch)

6th batch Assistant Professor (Yukawa Institute for Theoretical Physics)

Gravity is one of the four fundamental forces of nature and, despite being the first one to be described successfully by a mathematical model (Newton's theory), it remains arguably the least understood one: the problems of dark matter, dark energy and quantum gravity are still vexing, and many researchers pursue possible modifications of our current best understanding of gravity, which is Einstein's theory of spacetime, General Relativity (GR).

But great progress is being made. One of the most interesting recent developments is first direct detection of gravitational waves, announced by LIGO in spring 2016. Until then, basically all of our knowledge about the distant universe has been derived from light, that is, electromagnetic radiation; now the discovery of gravitational radiation will open up an entirely new, gravitational, sky, and this will also enable unprecedented tests of our theory of gravity. For instance, GR predicts that gravitational radiation and electromagnetic radiation have the same speed; following its confirmation by recent observations, several proposed modifications of GR can now be ruled out. Japan is also going to contribute to this effort soon, as the gravitational wave detector KAGRA is being completed at Kamioka in Gifu (Fig. 1) and is expected to join the third observation run, together with LIGO and the European counterpart, Virgo, in 2019. Thus, it is an excellent time to investigate possible modifications of GR, and ways to test them observationally.

From the theoretical point of view, modified gravity theories are usually introduced by stipulating the dynamics of spacetime from the outset. In the case of GR, this is called the Einstein-Hilbert action, and one can generate new theories of gravity by adding extra geometrical fields to it, and study how spacetimes would behave in consequence; we might call such an approach 'top-down'. Now while this top-down technique allows researchers to quickly generate modified theories, it suffers from the problem that spacetime behaviour is implicit in the stipulated action and may not have some indispensable physical properties.

One such indispensable property is predictivity: indeed, one might argue that a hallmark of any

physical theory should be its ability to predict future states from the present state. In mathematical terms, this means the theory should be hyperbolic, that is, have a well-posed Cauchy initial value problem. We can determine whether this is the case by considering the so-called hyperbolicity cones of the test matter probing the spacetime geometry. In the case of a metric geometry, these are the famous light cones, and the standard theory does indeed have the desired hyperbolicity property (Fig. 2). But once we consider modified theories with a more complicated, possibly non-metric, spacetime geometry, it turns out that the mathematical criterion for predictivity needs to be refined, and this is called bihyperbolicity.

But there is more. So far, I have described predictivity only as a local spacetime property, which may be called the kinematics of spacetime. However, we are particularly interested in its dynamics, its global behaviour - that is, the gravity theory. Now, astonishingly, it turns out that spacetime dynamics can actually be *derived* from the underlying spacetime kinematics, assuming merely that the theory be predictive, or bihyperbolic. Building on earlier work in geometrodynamics, my colleague Frederic P. Schuller and his group at Erlangen University, Germany, have developed this technique since 2012. In this 'bottom-up' approach, the resulting theory is guaranteed to be predictive, by construction - hence, we call it *constructive gravity*.

Thus, we are now in a position not only to derive GR in metric spacetime geometry (which Einstein had guessed, correctly), but derive gravity theories for non-metric spacetime geometries, too. Unsurprisingly, those can exhibit qualitatively new effects (e.g. birefringence of radiation) which are well constrained by observations and hence provide strong tests. Last year, Dr Schuller and I worked out the first concrete astrophysical consequence of such a theory, the first derived, predictive gravity theory beyond Einstein's GR. This July, I organized a session on constructive gravity at the Marcel Grossmann Meeting in Rome, one of the field's major international conferences. Anticipating more results from constructive gravity, exciting times lie ahead.

(まーくす C わーなー)



Figure 1: View along one tunnel of KAGRA, the Japanese gravitational wave observatory, in Gifu Prefecture [MCW].

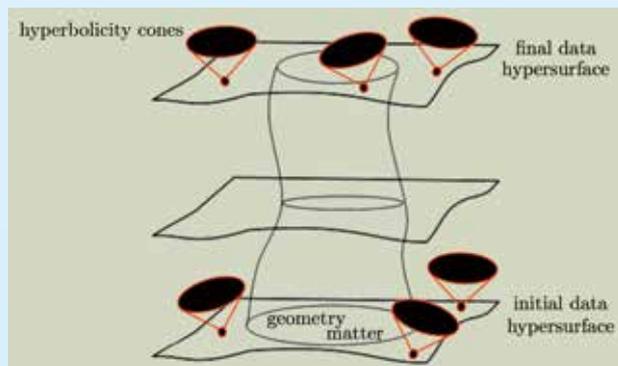


Figure 2: Three snapshots of the time evolution of space in geometrodynamics, with light cones governing predictivity [FPS].

画像の奥にあるもの

第6期特定助教（医学研究科） 飯間 麻美

私が専門としている放射線診断学（画像診断学）は単純X線やCT、核医学や超音波、MRIの検査画像を通じて患者さんの病気の診断を行う学問である。研究は腫瘍のMRI診断を中心に行ってきたものの、日常臨床では「頭のとっぺんからつま先まで」全身を診る必要があり、かつCTやMRI等の画像診断技術の進歩は目覚ましく、技術の進歩に追いつくべく日々の勉強も欠かせない。時間は有限であり、基礎研究・臨床研究・臨床を同時並行で進めていくというのはなかなか簡単な道のりではないが、研究と臨床は（私自身の場合は）お互いに連動しており、研究で得た新しい知見が臨床の前進にも繋がっているし、日々の臨床で湧いてきた疑問が研究テーマに繋がることもある。白眉ではこの基礎研究・臨床研究・臨床のバランスを保ちながら従事でき、本当に感謝している。

主に研究に用いるMRIは体内のプロトンから発生する微弱な電波を受信して画像化するイメージング技術である。生体内のプロトンは水や脂肪に多く分布しているため、MRI画像はこれらを含む組織内のプロトンの密度や状態を中心に、様々なコントラストを持つ画像を作成可能である。画像診断においてはこれらの様々な種類の画像をもとに診断を行う。私が画像診断の研修を始めた当初は、定性評価（白い（高信号）、黒い（低信号）など判断）を主体に日常のMRI読影を行っていた。読影のプロの先生方はこのような定性評価を用いながら、豊富な臨床経験・知識に裏打ちされた匠の技で的確な診断を次々とこなされていくのだが、研修を始めたばかりの私は、MRI画像を用いた定量評価を臨床の現場でもっと浸透させ、匠の技を数値化などのアプローチで（一部でも）代用する様な方法を開発できるのでは、また画像の背景として見えているもの、画像の奥にあるものをより詳細に解明することでさらに正確な診断に結び付けられないか、と密かに考えていた。その後、水分子の運動を定量可能な拡散強調MRIに着目し、拡散強調MRIの可能性を広げ新たな診断法を開発することを目標にするようになった。留学や白眉の研究期間を通じ、研究グループの皆で複数の拡散強調MRI定量値を持つマップから診断マップを作成する方法を開発したり、病理標本と拡散強調MRIマップとの対比を通じ拡散強

調MRI定量値が反映している病理学的背景を少しずつ明らかにし、論文や特許などの形にできた事は非常に幸運だったと思う。研究を始めた時の志を忘れず、今後も大事な研究テーマの一つとして継続して取り組めたらと考えている。

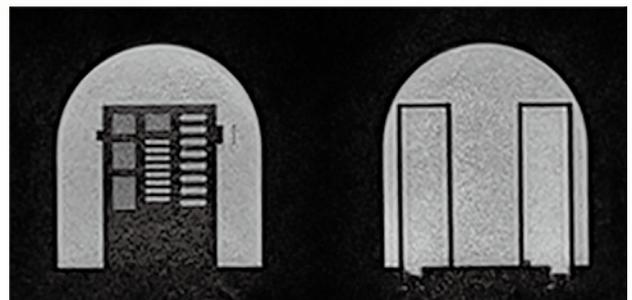
研究で主に用いるMRI装置に関しては、ヒト用と小動物用では仕様や研究のアプローチがまるで異なる。同じ様な撮影法で撮りたいと考えても、一方の装置では撮影シーケンスの開発から着手する必要があるが、またMRI装置やコイル（電波を受信するアンテナ）などの特性などもまったく異なり、小動物用の撮影法をヒトにスムーズに適應するわけにはいかない。ヒト用MRI、小動物用MRI、それぞれにメリット、デメリットがあり、各々が持つ特徴を如何に最大限に活かせるよう工夫するかがMRI研究の醍醐味であるのかもしれない。

MRIの特徴である様々な定量値の計測には膨大な労力・時間を要し、生体の組織と同様の信号値を示すような、生体の代役を果たしてくれるファントム（模型）を用いた実験が必要不可欠である。乳房MRI性能評価用ファントムの例を図に示した。複数のチューブの中に、異なる組織を模した溶液を入れて撮影し信号値を計測・解析したり、異なる幅のスリット板を作成し撮影することで、どのくらい細かいスリットをMRI画像上認識できるかを調べ、画質や診断における有用性を評価する。

MRIの研究を中心に述べてきたが、臨床で扱うモダリティ（医療機器）は単純X線やCT、MRI、核医学や超音波など多岐にわたる。これらの医用画像技術は約100年の間に飛躍的な発展を遂げてきた。1901年のRöntgenのレントゲン発明に対する第1回ノーベル物理学賞、1979年のHounsfieldのCT発明に対するノーベル生理学受賞、2003年のLauterburとMansfieldのMRI発明に対するノーベル生理学・医学受賞に代表されるように、その一部の恩恵を受けて研究や臨床をさせてもらっている身としては、有り難い限りである。次のノーベル賞をとるような新たなモダリティはもう、私たちの目の前に存在しているのかもしれない。（いいま まみ）



乳房MRI性能評価用ファントム



ファントム画像

ウイルス史に取り組む

第7期特定准教授（ウイルス再生医科学研究所） 堀江 真行

私の研究対象は「ウイルス」であり、様々な側面からウイルスを研究している。中でも最も力を入れているのは「生物のゲノムに存在する太古のウイルスに由来する遺伝子配列」に関する研究である。これらのウイルス由来の遺伝子配列から私たちは「太古のウイルス」や「ウイルスと生物の共進化」を知ることができる。

ウイルスはさまざまな生物に感染し増殖する。ウイルスはタンパク質の合成装置等を持たないため単独では増殖できない。そのためウイルスは宿主に寄生し、細胞の様々な装置を乗っ取ることによって増殖する。このような特徴からウイルスは非生物として分類されることが多い。私は学部の獣医学教育の一環でこのウイルスという不思議な存在に触れ、強く興味をもった。ウイルスはときに寄生する宿主に疾病を引き起こすため、人や家畜動物、さらには作物の感染症としてのウイルスの研究が最も盛んである。一方、ウイルスは様々な生物種（一説にはほぼすべての生物）に感染しその生態に影響し得ることから、生態系の観点からも研究が行われている。ときには遺伝子治療の運び屋としても使われる。このように様々な側面からウイルスの研究が行われている。これらに加え、生物のゲノムに存在するウイルス由来の遺伝子配列に関する研究が注目を浴びている。

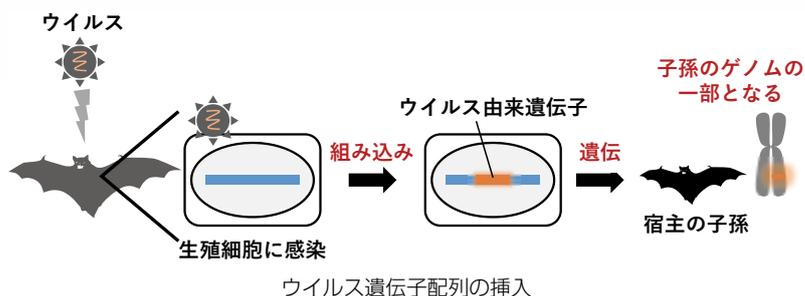
私たちの遺伝情報のほぼすべては細胞核内のゲノム DNA に格納されている。この遺伝情報は親から子へと受け継がれるが、その伝達は正確ではない。遺伝情報の複製のエラーや、利己的な遺伝子と呼ばれる遺伝子配列が転移することによって様々な変異が生じる。このような変異が蓄積することによって生物の多様性が生じたと考えられている。これらに加え、ごく稀に生物のゲノムにウイルスの遺伝子が取り込まれることがある。例えば、哺乳動物のゲノム DNA の約 10% はレトロウイルスと呼ばれるウイルスに由来する配列である。私は RNA ウイルスと呼ばれるウイルスに着目し、主に哺乳動物のゲノムに存在する RNA ウイルスに由来する遺伝子配列に関する研究を行っている。現在の私の研究トピックは、以下のように大きく 2 つに分けられる。

1 つめは古代の RNA ウイルスに関する研究である。ウイルスは極めて微小であり、わずかな核酸とタンパク質等からなるため、これまでに化石は見つかっていない。近年は永久

凍土やミイラから直接的に過去のウイルスに関する研究もなされているが、現状では最高でも数万年前までしか遡ることができない。一方、ゲノムに存在するウイルス由来の配列を利用すれば数千万年以上前のウイルスの存在年代、宿主、さらには遺伝情報を知ることができる。例えばヒトとサルで共通のウイルス由来の遺伝子配列を持つ場合、その遺伝子配列はヒトとサルの共通祖先において獲得されたと考えられる。つまりその由来となったウイルスは、ヒトとサルの分岐より前（例えば 4000 万年以上前）に存在し、ヒトとサルの共通祖先を宿主とすることがわかる。さらにその遺伝子配列を利用し、分子系統解析を行うことによって太古のウイルスと現在のウイルスの系統関係を推定することができる。つまり、生物ゲノムに存在するウイルス由来の遺伝子配列は「ウイルスの分子化石」といえる。このウイルスの分子化石を用いて、現在は RNA ウイルスの多様性の理解、さらには「RNA ウイルス史」の作成を試みている。

2 つめは RNA ウイルスに由来する遺伝子配列の生物学的意義の解明である。生物が獲得したウイルス由来の遺伝子配列の中には生物の中で機能を持つものも存在する。これらの解析は生物のゲノムに豊富なレトロウイルス由来の遺伝子配列や、ヒト、さらにはマウスのような古くから飼育・実験方法が確立しているモデル生物に限定されることがほとんどである。しかし、ウイルス由来の遺伝子配列は、飼育・実験方法が確立していない非モデル生物にも多く存在する。そのため私はコウモリなどの非モデル生物と呼ばれる生物における RNA ウイルス由来の遺伝子配列の機能に着目し、その生物学的意義について解析を行っている。

私は上記の研究課題について、実験による「ウェット」な解析、コンピューターを用いた「ドライ」な解析、さらに「フィールドワーク」を組み合わせた研究を行っている。これらすべてに精通するのはなかなか難しいが、幅広い共同研究者に支えられこれまで順調に研究を行っている。現在、上記の研究以外にも家畜の感染症、生態学、遺伝子治療など様々な観点からウイルスの研究を行っている。「結局、堀江さんのメインの研究テーマは何なのですか？」と聞かれることも多々あるが、幅広い視点から面白い生物学的な発見ができればと思っている。（ほりえ まさゆき）

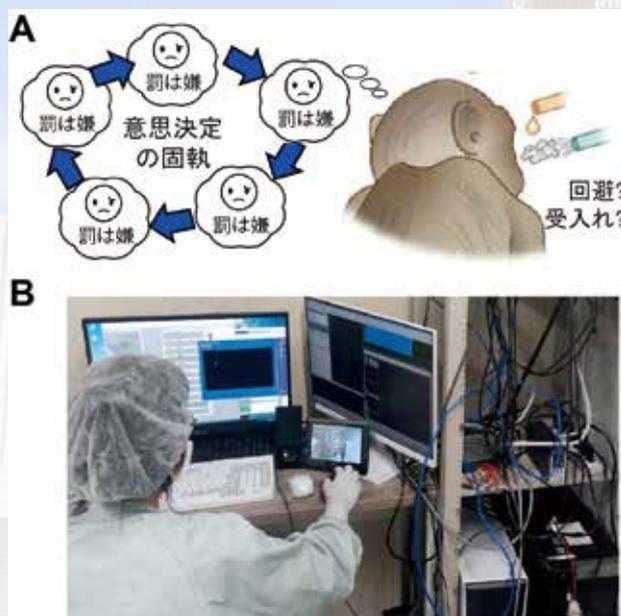


白眉研究ピックアップ

不安が頭から離れない原因は？

第7期特定准教授（霊長類研究所） 雨森 賢一

気分がとてもしんどい状態では、普通の状態では気にならないちょっとした罰をとてしんどい状態になります。こうした、「心配事がずっと頭に浮かんでいて、なかなか離れてくれない」という不安状態は、どのような神経メカニズムで引き起こされるのでしょうか？我々は、持続的で悲観的な価値判断を引き起こす脳部位を、霊長類の尾状核（大脳基底核の線条体の一部）で同定しました（Amemori et al., Neuron, 2018）。マカクザルに葛藤を伴う価値判断を必要とする課題を行い、その尾状核を微小な電気で刺激して、局所神経回路の機能を調べました。その結果、ある部位の刺激により、サルが罰を過大評価することを突き止めました。この悲観的な意思決定は刺激実験終了後も長期にわたり持続することから、持続的な悲観状態が引き起こされることがわかりました。また、尾状核の刺激は、同じ意思決定を異常に繰り返す現象を誘導することもわかりました（図A）。さらに、刺激実験時に尾状核の神経活動を同時記録し、この持続的な悲観状態と、局所電場電位のベータ波振動が相関することも発見しました。こうした異常な繰り返し選択は、意思決定の柔軟な変更ができず、悲観的な価値判断に固執してしまう現象を表しており、不安障害の一つである強迫性障害のモデルとなる可能性があります。強迫性障害では、自分でもつもらないことだとわかっているにもかかわらず、そのことが頭から離れず、わかっていながら何度も同じ確認をくりかえしてしまいます。悲観状態が尾状核の刺激によって引き起こされている時、大脳皮質は直接的に操作されている訳ではないために、自己モニタリングが正常で「自分でもわかっているのに」繰り返してしまう、という現象が引き起こされているのかもしれない。（あめもり けんいち）



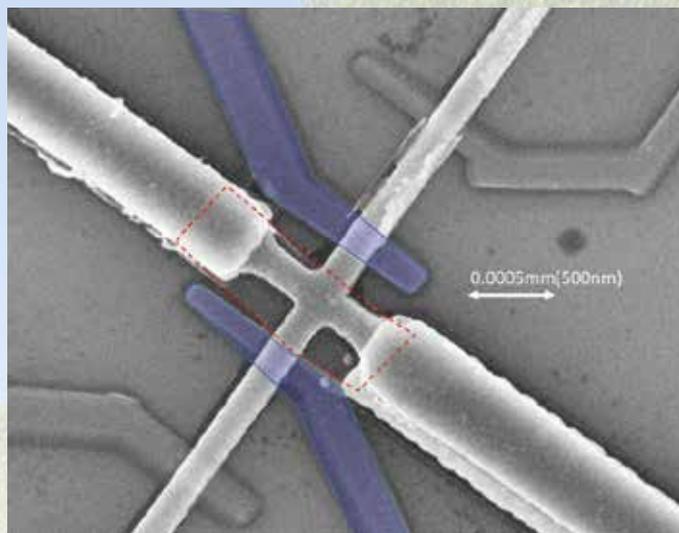
図A. 葛藤課題における意思決定の変化。実際に脳操作による心の変化を見ると感動します。この感動が研究の原動力です。
図B. 霊長類研究所で学生さんと立ち上げ中の実験セットアップ。大事な将来への投資です。今後も持続して成果を上げられるように頑張ります。

電子のスピンを利用した半導体デバイス

第7期特定准教授（工学研究科） 安藤 裕一郎

既存の電子デバイスは電子の電荷を情報として利用しています。電気抵抗を変化させることにより電流量を制御し、電流や電圧の多寡を情報として演算処理を行います。実は電子はスピンという内部自由度を有しており、電荷情報以外にもスピンの情報を情報に利用することも可能です。スピンの情報を用いる場合にはスピンの流れである“スピン流”を制御し演算処理を実現します。スピン流は多彩な方法で制御することが可能です。例えば磁界や電界、光などでスピンの量子化軸（スピンの向き、回転軸のようなもの）を任意の方向に傾けることや、スピンの向きを揃えたりバラバラにしたりすることもできます。また電気抵抗と同様にスピンにも抵抗に対応するものがあり、この“スピンの抵抗”によってスピン流の流れやすさを制御することもできます。電流と比較して多彩な制御ができるので、より高度で複雑な計算ができるかと期待されています。スピン流をどのように制御できるかは、

スピン流を生成した物質によって決まってくるため、より高機能な制御ができる材料の探索が行われています。私は主に半導体を用いたスピンデバイスに関する研究を行っております。例えばLSIの主要材料であるシリコンを用いたスピントランジスタの研究では、スピンによってトランジスタ特性を切り替えることに成功しました。現在はデバイス特性の高性能化に関する研究を進めています。また一風変わった材料としてはトポロジカル絶縁体中のスピン輸送特性も調査しています。トポロジカル絶縁体とは材料内部は電気を通さない絶縁体（または半導体）であるのに対し、表面だけが電流が流れる金属状態になっている材料です。この材料にスピンを注入した処、電子の運動方向がスピンによって決定される現象を検出し、その効果が極めて高いことを発見しました。本現象を利用すれば今までにない高機能のデバイスの実現が期待できます。（あんど う ゆういちろう）



作製したスピンドバイスの走査型電子顕微鏡像。青色の電極（強磁性体）でスピン流を作り、赤破線で囲んだ領域に配置したトポロジカル絶縁体のスピン特性を評価します。スピン特性の多くは小さいデバイスでしか機能しないため、1 マイクロメートル以下のスケールでデバイスを作製します。

ブラックホールの探し方

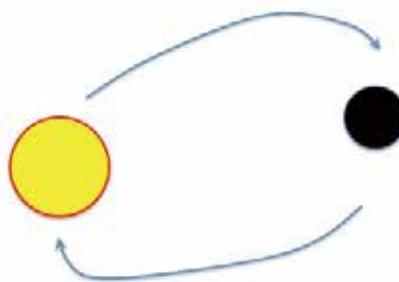
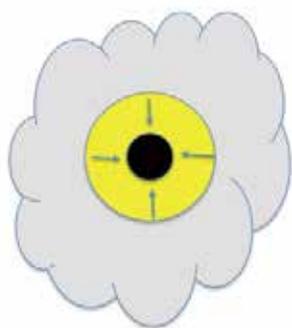
第7期特定准教授（理学研究科） 川中 宣太

ブラックホールとは、非常に重力が強いため光すら出てこられない領域のことです。したがってブラックホールそのものは星のように輝かないのですが、その周囲にはしばしば大量のガスが重力により引きつけられ、回転する降着円盤が形成されます。この中でガスの重力エネルギーが熱エネルギーに変換されることで、降着円盤は明るく輝くことができます。降着円盤の観測により、これまで銀河系内に50個程度のブラックホールが検出されています。

ところでブラックホールは、太陽の20倍以上の質量を持つ星が一生を終え重力崩壊した後に形成されると考えられています。我々の銀河系の星形成史を考えれば、銀河系内にはこれまでに1億個以上のブラックホールが形成されてきたと推定できます。つまり、我々はまだ銀河系にある全ブラックホールの0.0001%以下しか見えていないのです。ブラックホールをもっと沢山見つけることはできないでしょうか？

我々は最近、2種類のブラックホールの検出方法について調べ、それにより期待できるブラックホールの検出数を見積もりました。1つはブラックホールがガス密度の高い領域に突入することで作られる降着円盤をX線で高感度観測する方法（Tsuna, NK & Totani 2018）、もう1つは恒星と連星をなしているブラックホールを恒星の動きを詳細に測定することによって発見する方法（Yamaguchi, NK, Bulik & Piran 2018）です。その結果、前者では近い将来に実現可能な高感度硬X線観測で数十個程度、後者では現在稼働中の人工衛星 Gaia の観測で数百個程度のブラックホールが新たに発見される可能性があることを示しました。

沢山のブラックホールの統計データは、その元となった大質量星がどう一生を過ごし最期を迎えたかを知ることに繋がります。まるで化石を調べて古代生物の姿を探るような研究だと、個人的には思っています。（かわなか のりた）



左：ガス密度の高い領域に入ったブラックホール（黒丸）がガスを降着させて輝く様子の模式図。右：恒星（黄丸）とブラックホール（黒丸）が連星を形成して互いの周りを公転する様子の模式図。いずれのケースでもブラックホールそのものは見えないが、黄色い領域（降着ガスまたは恒星）を観測することでブラックホールの存在を検出することになる。



白眉でのわずか1年余りの生活を終え、けいはんな学研都市にある奈良先端科学技術大学院大学に赴任して早くも8か月が過ぎました。着任当初は空っぽだった実験室も、工事や実験機器の設置などハード面での整備を経て徐々に様になり、また新年度に加わってくれた博士研究員、大学院生、事務スタッフ、技術スタッフの方々の尽力で白眉プロジェクトではじめた研究も再開することができました。

所属大学は研究大学を標榜しているだけあって業務は研究が中心です。実際には自身で手を動かすことは減ってしまいましたが、中長期的にみて研究の推進にも資する仕事ができ

ているという実感を持つことが多く、充実した毎日です。大事な仕事のひとつは大学院生の獲得です。学士課程をもたない大学院大学の宿命で、外部から意欲ある学生に入学してもらうことが研究室の、ひいては大学の浮沈にかかわるからです。この欧米のような状況も今のところ新鮮に感じて楽しんでいます。

白眉プロジェクトでは、それまでに見つけていたプラスチック分解細菌の能力がどのように獲得されたのかを解明することを目指しました。応用重視の昨今において、しかも応用が期待される研究対象に対して、応用を脇に置いた基礎研究です。基礎なくして応用なし、それが最も重要と考えたからです。しかし現職では、少し方向転換して、純粋におもしろい研究を追求しながらも、出口を語れるようになると決心しました。白眉研究者のトークはいつも根源的な問いや好奇心に対して真摯に向き合っていて、でも異分野の聴衆をも引き付けるその姿にあこがれたから、というのがいくつかある理由のうちの一つです。つまり、私の研究テーマの場合、社会とのかかわりを意識するのが自然、そこを意識してこそ本当に面白い研究が拓けるのではという心境への変化です。

異動していちばんうれしかったことは、一緒に研究してくれる仲間を得たことです。ひとりひとりのラボメンバーと苦楽を共にし、ひとつひとつの研究テーマと丁寧に向き合って、面白い研究成果を世に問うていきたいと思えます。

(よしだ しょうすけ)

吉田 昭介

第7期特定准教授、在職 2016年10月1日～2017年11月30日
2017年12月1日より奈良先端科学技術大学院大学研究推進機構 特任准教授 (文部科学省卓越研究員)

ポスト白眉の日常

山道 真人

第5期特定助教、在職 2014年4月1日～2017年8月31日 2017年9月1日より東京大学大学院総合文化研究科・講師

2017年9月に東京大学の教養学部・大学院総合文化研究科に赴任して、そろそろ1年が経とうとしています。大学入学直後の2年間を過ごした駒場キャンパスには、2005年3月に弥生キャンパスに移って以来なので、12年ぶりに戻ってきたこととなります。駒場には、さまざまな研究分野を含む総合文化研究科の他にも、数理科学研究科・生産技術研究所・先端科学技術研究センターがあり、まさに白眉センターのように多分野が入り混じる学際的な場所です。実際、白眉2期の沙川さん(物理学)、3期の江間さん(科学技術社会論)・クロイドンさん(政治学・国際関係論)・三枝さん(数論幾何学)、6期の石本さん(流体力学)も、白眉センターから駒場に赴任されたそうです。

駒場キャンパスでは、教養学部の前期課程・後期課程と大学院総合文化研究科の講義や実習を担当しています。50人以上の学生が受講する前期課程の講義や、英語のみで行われる教養学部英語コース(PEAK)の講義、学生・TA・教員合わせて4人で行った後期課程の実習など、さまざまな経験がとて新鮮です。また、2018年4月からは大学院生1名、学部生2名が研究室に加わり、分野の近い2つの研究室と合同で、週に1回、論文紹介・進捗報告セミナーを開催しています。4月から5月にかけては、ミシシッピ大学のPeter C. Zee博士が1ヶ月間滞在し、客員教員として講義を行って頂くとともに、共同研究を進めました。ここでは、白眉センターに所属していた3年5ヶ月間のうち、ジョン万プログラムの

援助を得て渡米した1年の間に培った、人のつながりを生かすことができました。

教育以外に委員等の業務も多くなってきましたが、昨秋にはドイツ・オーストリアへ、今夏は中国・米国へ渡航し、共同研究を進めることができました。発展著しい中国や、長い研究の伝統がある欧米を横目で見つつ、日本の東京でどのように生態学・進化生物学の理論を発展させていくことができるか、思案する日々です。これからも白眉時代に得た経験を礎に、研究と教育に精進していきたいと思えます。今後ともどうぞよろしくお願いいたします。(やまみち まさと)



Zee博士と、根津神社にて。



楯谷 智子

第3期特定助教、在職 2012年4月1日～2017年3月31日 京都大学ウイルス・再生医科学研究所研究員を経て2018年4月1日より京都大学医学部附属病院耳鼻咽喉科・頭頸部外科 特定病院助教

内耳の原基である耳胞は球状のシンプルな袋であり、そこからような器官が発生する過程は非常にドラマチックで興味深いものです。

私は耳鼻科医としての使命感から、難聴治療の基礎研究としての内耳発生研究を始めたはずであり、白眉プロジェクトの研究提案書にも「研究と臨床の橋渡し」といった文言を置いたように記憶しています。しかしながら、内耳がかたづけられる面白さを追求することのみにかまけて、臨床へと繋ぐ糸口が見つからないまま時間切れとなってしまいました。実は今もまだ、ウイルス・再生研に通って内耳の基礎研究を続けさせていただいております。

臨床では、現在のところ耳鼻科初診外来とめまい専門外来を担当しています。院内の複雑怪奇に自分自身めまいがしそうになりつつも・・・今のところは好奇心が上回っております。研究を臨床に繋ぐ糸口がどこかにありやしないだろうかと探し求めながら、病院地区およびそれ以外の研究施設を彷徨う日々です。

白眉は、私にとっては「理想郷」そのものでした。

自分がそこにふさわしい人間であったのかどうかと考えると、忸怩たる思いを禁じ得ません。それでも、いつか自分自身をそのように認めることができるよう、残された時間とエネルギーをかけて精進する所存です。皆様もどうか長い目で見ていただき、未永くお付き合いただければ幸いです。(たてや ともこ)



エッセイ

白眉セミナーとテミスさん

白眉セミナーは第1・第3火曜日に開催される。むろん変更はありうる。今年5月の第1回セミナーはGW谷間を避け、予め翌週に移されていた。ところが同月は第5火曜日であった。第2回を3週目に行くと、次との間が3週間空く。新年度も近づく頃、センターから調整の提案がなされた。

一応ワーキング・グループに諮る。そこで1つ引っかかった。「第1回が動いたのなら、第2回も動かすのが素直では」という話が出た。素直。自然という意味か。変更が増えるのにか？そうか、前提に、セミナーは隔週という理解がある。つまり、開催規則を「第1・第3火曜日」「隔週月2回」のいずれに解するかという、一見どうでもいいような相違で、当たり前と感ずる結論が変わるのだ。

これは法解釈の問題でもあったのか。法学者なのに気付かなかったという事実は密かに棚に置き、規則を確認する。公式的な文書もあるかもしれないが横着をして(いや、その規則に則って動くこととされている個人が何を示されているかが重要だからですよ。)その公表形式を確認する。こんなところに白眉要覧が。曰く、セミナーは「原則として月2回(第1・第3火曜日[...])」。となると、法は言葉の通常の意味で解すべき原則(だって、思いもよらない意味で解してそれに沿って動けといわれても困るでしょう。)に照らし、「隔週」よりも「第1・第3火曜日」が優先されよう。次に安定性である。5月第2回

第8期特定助教(法学研究科) 中井 愛子

を3週目に入れた日程表がかなり前に配信されていた。実際は多くの人が見ていない。だが、見た人がゼロともいい切れず、正当な期待が生じている可能性は否定できない。規則も日程表も確認して予定入れて楽しみにしていた(棒読み)人への不当な不利益は、できる限り避けねばならない。

かくして、無援の一人ノリツコミ漫才の末、5月第2回は通常通り3週目に開催したのであった。

我々が思う「当たり前」は基本思い込みである。思い込みは万人にあり、ふとした時に他の誰かに牙をむく。だから常に、一切の思い込み・予断から目を隠し、指先の感覚で均衡を探っていなければならない。テミス像に目隠しが追加されたのもわかる気がする。写真は、法と正義の女神、テミスさんのお姿です。

(なかい あいこ)



活動紹介

年次報告会報告

第8期特定准教授（文学研究科） 菊谷 竜太

去る4月17日（火）、京都大学・芝蘭会館にて今年も白眉年次報告会が開催されました。2017年度の報告会テーマは「空間と境界」。「世界」がどこまでの「ひろがり」をもち、どこが「さかいめ」となるのかという問題は古来より人類の知的活動の源となり、また様々な領域へと繋がる可能性を秘めています。分野の垣根を超えたこの多様な可能性について自身の研究領域のありかたとともに再考しようという趣旨のもと設定されました。

公開シンポジウムは昨年と同様に二部構成となっており、前半は「空間と境界」をキーワードに歴史・宇宙・生命・宗教の各分野より参集した4名の白眉登壇者による発表が行われました。演題は、日本近代史より鈴木多聞准教授（5期）による「日本近代史における国境線」、宇宙物理学より榎戸輝揚准教授（6期）による「オープンサイエンスで挑む雷雲と雷の高エネルギー大気物理学」、細胞生物物理学より宮崎牧人准教授（8期）による「タンパク質から見た細胞の世界ータンパク質分子は如何にして“巨大”な細胞を制御しているのか？ー」、インド・チベット仏教学より菊谷竜太（8期）「身体孔「九門（navadvāra）」ーインド密教における「内」と「外」」。

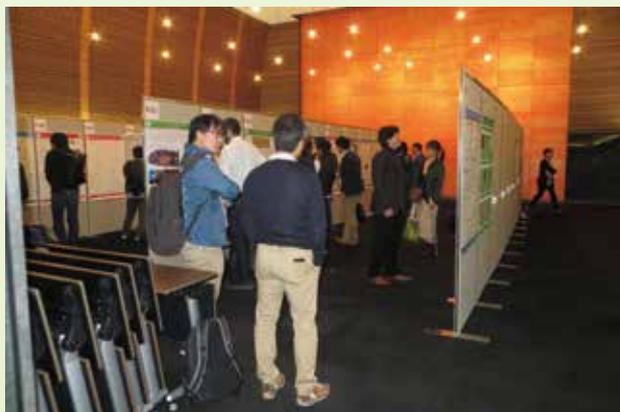
近代史における国境あるいはボーダー概念を嚆矢に、宇宙と地球との「境目（さかいめ）」で発生する不思議な地球物理の現象、タンパク質の視点から捉えた細胞という広大な空間の認識、仏教文化圏における身体観と宇宙論へと話が続くなかで、身近な締め切り概念から次第にそれぞれの研究分野上の「境界（さかいめ）」まで話が及び、さまざまな専門領域の性格が鮮やかに切り出されるとともに学問の多様性を再確認することができました。

前半と後半の間には全白眉研究者によるポスターセッションが行われました。最先端の研究成果が一堂に会する貴重な機会であり、会場のあちこちで熱の入った議論が交わされ、白眉プロジェクトならではの分野・国境を超えた交流が

もたれました。

後半は、京都大学高等研究院の北川進教授と東北大学教養教育院の鈴木岩弓教授による招待講演です。北川先生からは、錯体化学の分野より「微小な空間の世界に招待」という題目でご講演いただきました。活性炭・ゼオライトという多孔性材料の機能と役割について貯蔵・分離・触媒の観点から明らかにされたのち、有機物と無機物からなり無数の小さな空間（細孔）を有する新たな多孔性金属錯体材料の創製と、この技術が現代の課題（地球環境、エネルギー、医療、健康）解決にどのようにつながるのかを明らかにされ、科学技術と社会問題について知識を深めることができ、大きな刺激を受けました。鈴木先生には、宗教学・宗教民俗学の立場より「あの世とこの世の接点」という題目でお話しいただきました。「死者の肉体は朽ちるが、死者の靈魂はあの世で永続する」という我が国における霊肉二分論の文化ならびに生者と死者の関わりについて、時間と場所に注目され、宮城県の戦死者慰霊と青森県恐山における霊場の現状をご報告いただき、現代社会における宗教の役割と可能性について再認識することができました。

最後に、赤松明彦センター長を司会とし、参加者・登壇者を交えたトークセッションが行われました。それぞれの発表に関する質問に始まり、ミクロやマクロな視点における「かたち」がどのような機能的役割をもち科学技術の発展にどう繋がるのかという点から、文化的な時間・空間概念は物理あるいは生命科学における概念とどのように異なるのかという疑問さらに科学と非科学のさかいめの話へと次第にひろがり、最終的にはこれからの学問をどのように束ねていくべきかというところまで論が及びました。その内容は予定の30分という枠に収めるにはあまりにも短く、小川正 PM による閉会の挨拶が終わった後も議論は尽きることなく、場外戦は続きました。（きくや りゅうた）



センター日誌 (2017年4月1日～2018年3月31日)

2017 (平成 29) 年

4月1日 雨森賢一 (特定准教授) 着任

4月4日 第127回白眉セミナー

4月19日 2016年度年次報告会

5月8日～10日
インド シッキム大学とのワークショップ

5月9日 第128回白眉セミナー

5月23日 第129回白眉セミナー

6月6日 第130回白眉セミナー

6月20日 第131回白眉セミナー

7月4日 第132回白眉セミナー

7月9日 伯楽会議

7月18日 第133回白眉セミナー

7月26日 運営委員会 (第21回)

8月5日 白眉の日

8月31日 越川滋行、山道真人 (以上、特定助教) 離任

9月5日 第134回白眉セミナー

9月19日 第135回白眉セミナー

9月20日 置田清和 (特定助教) 離任

10月1日 天野恭子、菊谷竜太、★高棹圭介、中島秀太、★藤井啓祐、宮崎牧人 (以上、特定准教授) 着任
Kenney-Lazar, Miles、佐藤寛之、Denis Romero, Fabio、中井愛子 (以上、特定助教) 着任

10月17日 第136回白眉セミナー

11月7日 第137回白眉セミナー

11月16日 藤井佐織 (特定助教) 着任

11月21日 第138回白眉セミナー

12月1日 ★下野昌宣 (特定准教授)、★古瀬祐気 (特定助教) 着任

12月5日 運営委員会 (第22回) 第139回白眉セミナー

12月8日～9日 白眉合宿

12月19日 第140回白眉セミナー

11月30日 吉田昭介 (特定准教授) 離任

2018 (平成 30) 年

1月1日 井上恵美子 (特定准教授) 着任

1月9日 第141回白眉セミナー

1月15日 第9期公募開始

1月16日 第142回白眉セミナー

1月30日 公募説明会 (京都)

2月1日 ★小川敬也 (特定助教) 着任

2月6日 第143回白眉セミナー

2月7日 公募説明会 (東京)

2月14日 第4期白眉離任式

3月12日 離籍者講演

2月20日 第144回白眉セミナー

2月28日 山吉麻子 (特定准教授) 離任

3月31日 光山正雄センター長離任
高見茂プログラムマネージャー離任
Woltjen Knut、米田英嗣、花田政範 (以上、特定准教授) 離任
藤井佐織、石本健太、村上祐二、Coates Jennifer、鈴木咲衣、細将貴、加藤裕美、西本希呼、原村隆司 (以上、特定助教) 離任

★卓越研究員

第8期白眉研究者

●天野 恭子

人文科学研究所
古代インド祭式文献の言語および社会的・文化的成立背景の研究
大阪大学大学院文学研究科・招聘研究員

●井上 恵美子

経済学研究科
パリ協定後の持続可能な発展にカーボンプライシングが与える影響
京都大学大学院経済学研究科・講師

★小川 敬也

エネルギー科学研究科
再生可能エネルギー由来のアンモニアを利用した水素社会の基盤構築
Stanford University・日本学術振興会海外特別研究員

●菊谷 竜太

文学研究科
インド・チベット術語集成構築のためのタントラ文献の包括的研究
東北大学大学院文学研究科・専門研究員

● Miles KENNEY-LAZAR

東南アジア地域研究研究所
Governing the Global Land Grab: Confronting a New Threat to Rural Southeast Asia
京都大学東南アジア地域研究研究所・特定研究員

●佐藤 寛之

情報学研究科
制約付き最適化問題に対する幾何学的アプローチの数理とその展開
東京理科大学工学部情報工学科・助教

★下野 昌宣

医学研究科
脳のネットワーク構造のスケール間融合と体系化
大阪大学・助教

★高棹 圭介

理学研究科
フェイズフィールド法を用いた曲面の発展方程式の解析と偏微分方程式の幾何学的特徴付け
東京大学大学院数理科学研究科・日本学術振興会特別研究員(PD)

●武井 智彦

医学研究科
中枢神経系の損傷後に運動機能を再獲得する神経メカニズムの解明
クイーンズ大学神経科学センター・研究員

● Fabio DENIS ROMERO

化学研究所
Synthesis and exploration of novel charge transition oxide materials for future multifunctional devices
京都大学化学研究所・日本学術振興会外国人特別研究員

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)

●中井 愛子

法学研究科
中南米の地域国際法と「裁判所間の対話」—重層化する法の支配
外務省経済局・国際経済紛争解決調査員

●中島 秀太

理学研究科
冷却原子系を用いたブラックホール情報パラドックスの実験的検証
京都大学大学院理学研究科・特定助教

★藤井 啓祐

理学研究科
量子情報に立脚した物理・情報・工学の本質的融合と物理学フロンティアの開拓
東京大学大学院工学系研究科附属光量子科学研究センター・助教

●藤井 佐織

フィールド科学教育研究センター
微生物食者群集の資源利用様式から読み解く陸域生態系の物質循環
アムステルダム自由大学地球生命科学科・日本学術振興会海外特別研究員

★古瀬 祐気

ウイルス・再生医科学研究所
ウイルス-宿主の関係を細胞レベルから世界レベルまで統合的に理解する
東北大学学際科学フロンティア研究所・助教

●宮崎 牧人

理学研究科
細胞骨格が司る細胞機能発現機構の構成的理解
早稲田大学先進理工学部物理学科・助教

『白眉センターだより』第16号

2018年9月28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
http://www.hakubi.kyoto-u.ac.jp/
印刷 株式会社 サンワ
©2018 The Hakubi Center, Kyoto University

表紙写真:「中華人民共和国・安徽省の黄山」の風景
(撮影者: Sung-Gi Kim)

責任編輯: 下野昌宣