

# 日本進化学会 ニュース

Vol.21 No.2  
August 2020

## 目 次

- 1 沖縄大会中止とオンライン大会  
開催に係るご挨拶  
辻 和希 (琉球大学)
- 1 日本進化学会第22回オンライン大会の  
ご案内  
河村正二 (東京大学)
- 3 第9回 ダーウィン研究室：  
国内にもある、Cutting-Edge Science!  
生物の多様性を学び、自然保護、  
利用と防除を考える  
長井和洋 (大阪府立大学)
- 5 第10回 ダーウィン研究室：  
国内にもある、Cutting-Edge Science!  
瀬戸臨海実験所：紀伊半島の高い  
生物多様性を研究に活かす  
小林元樹 (京都大学)
- 8 第11回 ダーウィン研究室：  
国内にもある、Cutting-Edge Science!  
杜の都でゲノム情報を読み解く  
岩寄 航 (東北大学)
- 10 第12回 ダーウィン研究室：  
国内にもある、Cutting-Edge Science!  
多様な規模の実験と  
フィールドワークから生態学を紐解く  
高井孝太郎 (北海道大学)
- 12 第13回 ダーウィン研究室：  
国内にもある、Cutting-Edge Science!  
総合研究大学院大学先導科学研究科  
印南研究室  
坂本貴洋 (総合研究大学院大学)
- 14 第14回 ダーウィン研究室：  
国内にもある、Cutting-Edge Science!  
九州大学生体防御医学研究所  
ゲノミクス分野  
比留木成美 (九州大学)
- 16 第15回 ダーウィン研究室：  
国内にもある、Cutting-Edge Science!  
進化と多様な生物のつながり：  
北海道の自然を生かした実証研究  
棚田愛美、鍵谷進乃介 (北海道大学)
- 19 第36回 海外研究室だより  
オンラインゲームと計算論モデリングで  
集合行動の原理をさぐる  
豊川 航 (コンスタンツ大学)
- 24 ミーティングレポート  
楽しいオンラインセミナーの企画  
鈴木紀之 (高知大学)
- 27 書評  
新種の発見－見つけ、名づけ、  
系統づける動物分類学  
林 亮太 (日本工営株式会社)
- 29 日本がABS提供国措置を導入 (= 日本  
国内に生息する野生生物に対する主権  
を主張) した場合の悪影響  
村上哲明 (東京都立大学)
- 30 編集後記

## 沖縄大会中止とオンライン大会開催に係るご挨拶

オリンピック直後の喧騒回避のため、2020年度大会を東京から遠く離れた沖縄で開催できないかと打診されたのはもう4年前になります。光陰矢の如く、その開催年になり準備にエンジンがかかり始めた矢先、世界は一変してしまいました。5月、沖縄での通常大会開催を断念し、かわりにオンライン大会を開催する至りとなりました。オンライン大会は沖縄大会準備委員会ではなく、学会理事会が中心になり実施いたします。大変有難いことに、沖縄委員会で企画した外国人研究者による基調講演の1つと、進化生物学夏の学校をオンライン大会に引き継いでいただきました。河村会長をはじめ理事会の皆さん、そして琉球大学医学部の木村さんをはじめ中止になった沖縄大会準備委員会の皆さんに感謝申し上げます。オンライン大会の成否はこれからの本学会と科学コミュニケーションのあり方を問う試金石になるかと考えます。成功をお祈りします。コロナ以前への回帰などまだ想像できない世界ですが、もし会員が一堂に集り議論できる道が拓けた暁には、仕切り直しの沖縄通常大会を2023年頃に開けたらと考えています。通常開催ならではの地域色豊かな大会で会員の皆さんに会えるのを楽しみにしています。

(中止となった)日本進化学会沖縄大会長 琉球大学 辻 和希

(編集担当：大島一正)

## 日本進化学会第22回オンライン大会のご案内

日程 2020年9月6日(日)～9日(水)

大会ホームページ <https://evolgen.biol.se.tmu.ac.jp/sesj2020online/>

日本進化学会第22回大会は、新型コロナウイルスの感染防止のためやむなく見送ることになった沖縄大会に代わり、オンラインで2020年9月6日(日)から9日(水)の期間に開催いたします。オンラインであることをポジティブに捉え、進化学会が多様な分野からなることを意識して、大会テーマを「リモートで魅せる進化学の異分野協奏」としました。大会ホームページの上帯では、「リモート」、「協奏」にかけて、反響定位 (echolocation) を行うマッコウクジラを取り上げ、海洋生物、マリンプルーのイメージから、再起を図る沖縄大会へのオマージュとしました。

沖縄での大会は近年中にあらためて開催されますので、本オンライン大会の実行委員会は主に学会理事会が担うことになりました。学会の主要な役割は、日々地道に積み上げてきた研究成果の発表の場を提供すること、そして研究を通じた意見交換、情報共有、人的交流の場を確保することです。進化学会は専門を異にする人々が集うことが大きな特徴ですので、意見交換、情報共有、人的交流は、専門に特化した学会とはまた違った広がりや研究にもたらします。学会大会に参加することで、研究者としての人生が変わることもありえます。ですので、今年はコロナ禍のために研究活動が中断し、例年なら研究成果が学会発表できるほどの量や質に達していないと思われる場合でも参加しやすいように、研究の目的や研究戦略をメインにする発表も歓迎することにしました。また、参加の敷居を下げる意味でも、通常かかる会場費等が不要になったこともあり、参加費を無料としました。

実行委員会ではオンラインにおける発表形式について、さまざまな観点から深く検討いたしました。一般口頭発表をオンラインで行う場合、参加者の通信負荷の問題と運営側のビデオ会議システムの運営負荷の問題(多数の発表の一つ一つで質問をとりまとめ、通信トラブルに対応するなど)があり、急造の実行委員会には対応困難に思えました。また、リアルタイムでなく事前に録画した口演のオンデマンドアクセスとしての発表形式は、含まれる情報に由来する諸問題の懸念(論文投稿時の先行公表の解釈など)が払拭できませんでした。そこで一般発表については、通常的口頭発表をそのままビデオ会議システムで実施するのではなく、オンラインならではのポスター発表として行うという可能性に注目しました。

当初は、ポスターというと縦長の用紙をパネルに貼って対面で説明・質疑するというイメージから、最もオンラインに適さないのではないかと考えていました。しかし、横長のパソコンの画面に合わせて、ポスターの要素を横長4枚程度に分割し、それらの全体像をサムネイルとして概観でき、各サムネイルをクリックすれば拡大できるプラットフォームがあればずっと見やすくなりそうであると思に至りました。通信負荷についても、ホームページなどを閲覧するのと同程度です。質問があったらチャット欄に書き込めば、発表者が即時に認識することができ、チャット欄に回答を返すという形で、質疑の内容がその他の参加者にも共有されながら進行するため、むしろ時間の制約や人の混雑で質問できないといった状況になりがちな通常のポスター発表よりも、ずっと充実した議論ができそうです。さらに、発表者がポスター発表のサイトから自主ビデオ懇談会を開催できるようにすれば、発表時間の後にも継続して参加自由のビデオ懇談会を行うなど、さらに議論を深め、発展させていくこともできるでしょう。コロナ感染対策のため対面での懇親会は実施できませんが、多少ともそれを代替できるメリットをもたらすのではないかと期待しています。このような仕組みをLINC Bizのプラットフォームで試してみることにいたしました。

大会恒例の国際プレナリー講演、進化学夏の学校、そして学会賞受賞講演については、実行委員会の運営によりリアルタイム配信で実施することにいたしました。一方で、例年多くの企画があるシンポジウムについては、企画者にビデオ会議の運営を一任する形で行うことにしました。

プレナリー講演では、当初沖縄大会に招聘予定であったThe City College of New YorkのDavid Lohman博士に、アジアの蝶の進化と生物地理についてのリモート講演をご快諾いただき、また、新たにUniversity of CopenhagenのEnrico Cappellini博士に、古人骨のプロテオミクス解析について講演していただけることになりました。進化学夏の学校は、琉球大学の松浦優博士と松波雅俊博士が「機能ゲノミクスからせまる進化学研究」を沖縄大会に向けて企画していたところ、これを本オンライン大会で実施していただけることになりました。霊長類・共生細菌・植物という様々な分類群での最先端の研究に触れることで、ゲノミクスから機能解析へといかに立ち向かうか、その荒波を乗り越えなす力を養う講座が予定されています。学会賞受賞講演では、東京大学の金子邦彦博士に「複雑系生命科学による表現型進化の普遍的性質の解明」と題してご講演いただきます。また、研究奨励賞(石川麻乃博士、西原秀典博士、水元惟曉博士)と教育啓発賞(系統樹マンダラポスター制作チーム：総監修・長谷川政美博士)の授賞式もオンラインで行います。

シンポジウムには、多様で魅力に満ちた10企画を応募いただいています。現在、一般ポスター発表の申し込みを受付中です。今回も、優秀な若手研究者の進化研究を奨励するため、審査希望の発表に対して審査を行い、優れた研究発表を表彰します。

今回は、市民公開講座などの公開イベント、例年行っている男女共同参画企画、高校生ポスター発表等は、種々の事情によりオンライン実施できませんでした。いろいろと手探りで試行錯誤のオンライン大会ですが、まずはできることをやり、発表会を楽しく有意義なものにしたいと思います。他学会も様々に工夫を凝らしたオンライン大会を企画しているようです。ウィズ・コロナの状況から余儀なくされた本大会や他学会の新しい試みではありますが、このような中から新たな学会大会の在り方が拓けてくることも期待しています。

日本進化学会第22回オンライン大会が有意義なものとなるよう、大会実行委員一同で準備を進めてお

ります。大会の最新情報および参加方法は、ホームページ (<https://evolgen.biol.se.tmu.ac.jp/sesj2020online/>) でご覧いただけます。多くの皆様のご参加をお待ちしております。

大会長 河村正二 (東京大学)

(編集担当：大島一正)

## 第9回

ダーウィン研究室：国内にもある、Cutting-Edge Science!

# 生物の多様性を学び、自然保護、 利用と防除を考える

長井和洋 (大阪府立大学生命環境科学研究科緑地環境科学専攻環境動物昆虫学研究室 博士前期1年)

人間活動によるさまざまな環境変化によって、ある生物はその生息環境が悪化し、絶滅の危機に直面しています。一方で、ある生物は著しく増殖し、周辺の生態系への悪影響や農作物への被害なども問題となっています。あるいは食品や産業などで利用され、人間生活を支えてきた生物もいます。生態系は、それを構成する環境と生物の複雑な関係の中で成立しており、そのバランスを適切に保つこと、すなわち生物多様性を守ることが、今後の持続可能社会を実現していくうえで必要不可欠であると考えられます。そのためには、生物の生態を詳しく調べ、生態系の仕組みを理解することが求められています。私の所属する環境動物昆虫学研究室では、生物多様性保全や有用動物の利用、有害動物の防除に役立つ基礎資料を得ることを目的として、昆虫・小動物の特定の群を用いて、その系統分類や系統地理、共進化、生活史戦略、希少種の保全、外来種や害虫の防除などについて、保全生態学や進化生態学などの観点から研究を行っています。研究室では、チョウ類の生理・生態を専門とする平井規央教授と、アリ類の進化生物学を専門とする上田昇平助教のもと、先生のプロジェクト研究を行う場合もありますし、各自が指導教員と相談のうえで自由にテーマを設定する場合があります。研究室での主な研究対象は昆虫類ですが、魚類、両生類、鳥類なども扱っています。研究手法は、現地調査や飼育実験、遺伝子解析などを組み合わせながら総合的に研究しており、各自のスケジュールで研究に励んでいます。毎週月曜日と火曜日にゼミを実施し、それぞれの研究進捗や文献紹介を行うことで、内容の議論をしたり得られた知見などを共有したりすることができます。同僚や先生の調査に同行することもあり、知識の幅を広げる機会が多くあります。研究室では、多様な生物を多様なアプローチで研究しているため、生物の多様性を多角的に学ぶには最適な研究室であると言えます。

## ■本研究室におけるプロジェクト1：希少昆虫類の保全

ヒメシロチョウ (図1)、ツシマウラボシシジミなどのチョウ類、ヤシャゲンゴロウ、ハッチョウトンボなどを対象に、保全生態・遺伝学的な研究を行っています。特に、最近各地で衰退の著しいヒメシロチョウでは、青森県から熊本県に至る広範囲のフィールドで調査を行い (図2)、生活史や遺伝的



図1 ヒメシロチョウ



図2 ヒメシロチョウ調査の様子

多様性を明らかにし、減少のメカニズムを解明することを目標としています。また、食草のツルフジバカマ(絶滅危惧Ⅰ類)と送粉者であるハナバチ類の分布状況との関係も調べています。

### ■本研究室におけるプロジェクト2：

#### 侵略的外来種の防除

生物多様性低下の原因となっている外来種について、最近侵入が確認されたクビアカツヤカミキリ(図3)やクスベニヒラタカスミカメ、アルゼンチンアリなどの侵略的外来種を対象に、適切な防除手法の確立に役立つ基礎資料を得ることを目指して、分布や生活史、遺伝的多様性の調査を行っています。



図3 クビアカツヤカミキリ

### ■本研究室におけるプロジェクト3：

#### アリをめぐる種間関係と共進化

生物多様性の創出機構を考えるうえで、共進化を介した相互多様化は重要な課題です。しかし、生物間の種間関係は「多」対「多」であることが多く、個々の関係が形成されてきた過程を検証することは容易ではありません。この課題へのアプローチとして、一対一の種間関係が成立する「アリ植物をめぐる絶対共生系」と「ゴマシジミとクシケアリの絶対寄生系」(図4)を材料として、種特異性の進化に関する研究をおこない、生物多様性の創出機構としての相互多様化の実態を明らかにしています。



図4 ゴマシジミとクシケアリ

### ■結 び

当研究室では、現在教員2名、博士前期課程学生13名、学部生5名、特別研究員6名が所属しています。上記で挙げたプロジェクト研究以外にも、学生が各自で取り組んでいる研究があります。例えば、筆者はヤマトサンショウウオ(図5、6)という小型のサンショウウオの保全を目的とした研究を行っています。大阪府南部を調査フィールドとし、生息調査や遺伝子解析などをもとに、生活史戦略や系統進化などについて調べています(図7)。大阪府南部では衰退が他地域に比べて進んでいると言われていますが、それでもまだ十分な個体数が生息している地点もあり、絶滅の危機から救うためにも努力を続けていきたい



図5 ヤマトサンショウウオ幼生



図6 ヤマトサンショウウオ成体

と思っています。当研究室は、外部からの学生が多いことから人間の多様性も高く、とにかく自由で開放的な雰囲気であるため、お互い刺激し合いながら楽しんで研究を進めることができます。実験設備も充実しており、専門的な指導の下でフィールド調査や遺伝子実験などに臨むことができ、自分のペースで確実に成長できる環境が整っています。また、研究フィールドには約40万点の標本を収蔵した昆虫標本室があり、昆虫の分類学や系統を調べるのに役立てられています。大阪府立大学の位置する堺市は、主に南部の丘陵地帯に残る自然林で多種多様な生物を見ることができ、野外調査フィールドにも困りません。雰囲気を知りたい方は、研究室を見学したり、ゼミに参加したりすることができますので、興味のある方は検討してみてください。



図7 調査の様子

(編集担当：奥山雄大)

## 第10回

ダーウィン研究室：国内にもある、Cutting-Edge Science!

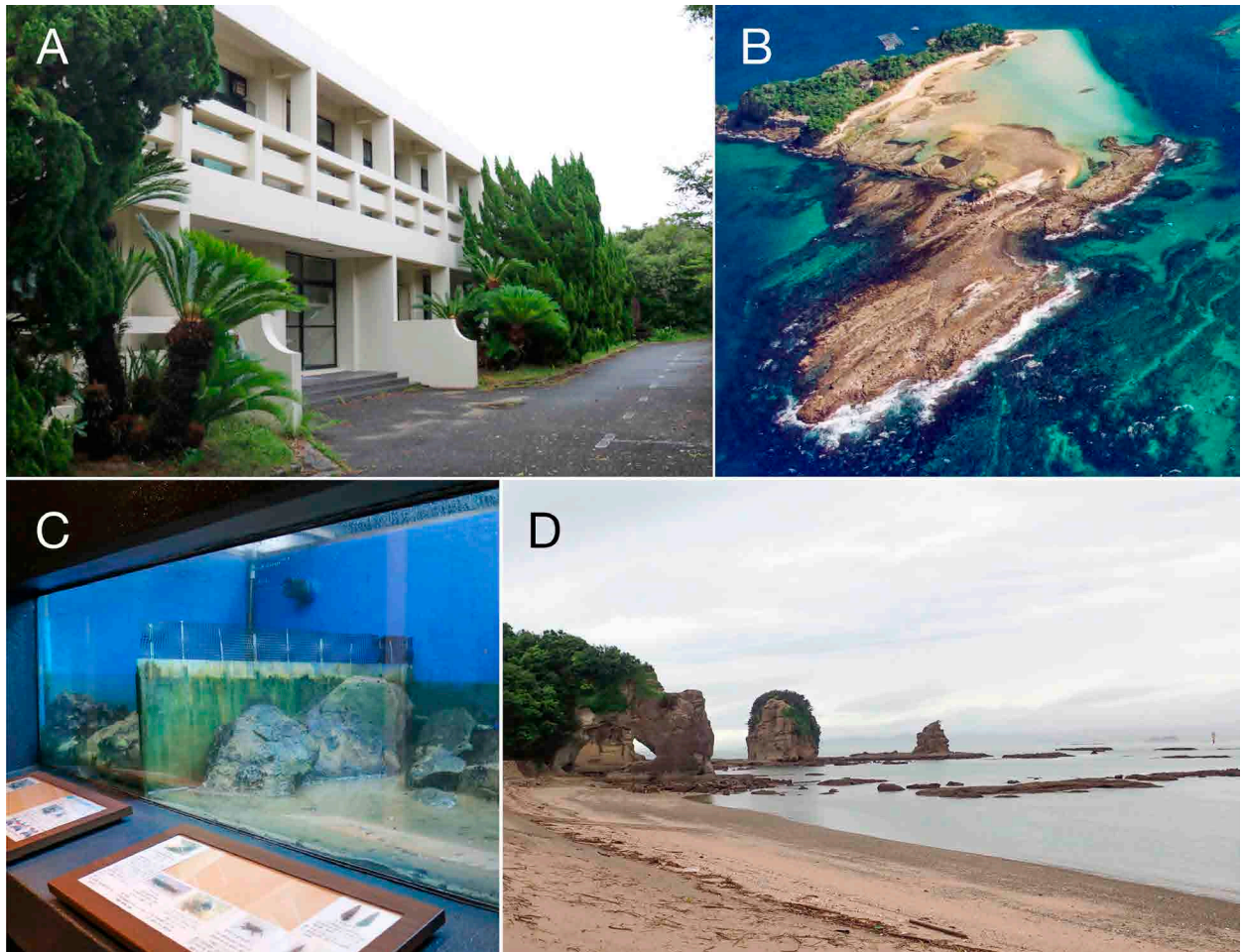
# 瀬戸臨海実験所： 紀伊半島の高い生物多様性を研究に活かす

小林元樹(京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所・日本学術振興会特別研究員)

私が所属する京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所(以下、瀬戸臨海)は、1922年に京都帝国大学理学部附属瀬戸臨海研究所として創設されました(図1A)。2022年には100周年を迎える、日本の理学部系の臨海実験所としては2番目に古いもので、歴史ある実験所です(朝倉2013)。数々の著名な研究者が在籍されていたこともあり、多数のタイプ標本(新種記載の基準となる標本)を所蔵しています(Harada 1991)。2011年からは教育関係共同利用拠点として認定されており、中学～大学の実習に幅広く施設を開放し、教育活動に貢献してきました(朝倉2018)。また、1968年に大規模な観光開発から環境を保護するため国有化された島(田辺湾内の無人島；図1B)を管理しており、教育研究に活用するなど、地域環境の維持と利用にも携わってきました。

1930年の昭和天皇行幸1周年を記念した一般公開に端を発し、白浜水族館が併設されました。白浜水族館は約500種、特に海産無脊椎動物と魚類の展示に力を入れており、飼育技術を活かした研究も行われています。私のイチオシは、体長が数mを超えることもあるオニイソメを展示する環形動物水槽と、干潟の潮汐を再現し、チゴガニやヤマトオサガニなどの干潟生物を展示する水槽です(図1C)。以上のような、瀬戸臨海と白浜水族館の変遷や地域との関わりは、所の出版物に詳しく記載されています(瀬戸臨海実験所2011)。ところで、このような書き方だと、年季の入った建物を想像されるかもしれませんが、しかし、この記事が出版される頃には、分子実験室や居室がある研究棟の全面改修工事が進行中で、2021年度からは改修後の建物を使える予定です。

瀬戸臨海は太平洋に面した和歌山県西牟婁郡白浜町にあり、玄関から出てすぐに磯や砂浜にアクセスできます(図1D)。白浜は、干潟・磯・砂浜など多様な環境を持つ田辺湾の湾口付近に位置し、外洋性・内湾性の環境が見られます。さらに、黒潮の影響を強く受けるため、温帯系の種に加え、熱帯系の種が生息することも合わかり、白浜周辺は海洋生物の種数が非常に多いです。なお、瀬戸臨海のホームページから、所員が発行した白浜周辺の沿岸生物ガイドブックが利用できます。以上の理由から、瀬戸臨海は海洋生物



**図1** A：瀬戸臨海実験所の研究棟、居室と実験スペースがある(改修前)。B：島島の航空写真(瀬戸臨海実験所の許可を得て使用)。C：白浜水族館の干潟水槽。D：瀬戸臨海実験所からすぐの砂浜と岩礁。

の多様性を研究するのに最適な施設の一つといえます。

瀬戸臨海の所員は、主に海産無脊椎動物の多様性の解明を目指して進化や生態、分類など多角的な視点から研究を行っています。ただ、所員全員が一つのプロジェクトに取り組むという感じではなく、興味を持った研究を個々に行うのが基本です。私は学部時代に環形動物(ゴカイやミミズの仲間)の多様な形態や生態に魅了され、進化研究を行ってきました。環形動物は陸上から海洋まで幅広い環境に生息する約2万の既知種を含みます。その種分化の過程で、驚くほど多様な形態や行動、生態が進化しており、進化研究の対象として非常に興味深い分類群です。しかしながら、他の無脊椎動物に比べ研究者の数が少なく、環形動物の系統や進化に関する研究は遅れていると言えます。ここでは、私が行ってきた海産環形動物が持つ防御形態の進化研究を紹介させていただきます。

### 環形動物のすみかを塞ぐ“栓”の進化

私が注目したタケフシゴカイ科は、その名の通り、竹の節のような体節を持つグループで、多くの種は砂泥を固めた管(=棲管)を作り、その中で生活します(図2)。そして、棲管に栓をする板状の頭部と尾部(以降、蓋)を持つ亜科または、板を持たず、円錐状の頭部や尾部を持つ亜科があります(図3A)。棲管と蓋は、外から異物が混入するのを防ぐ、および外敵の侵入を防ぐ役割があると考えられます。形態からは、蓋を持つ系統が派生的な単系統を形成する、すなわち、蓋は一度だけ獲得された、と考えられていました。しかし、遺伝子情報を用いて詳細にこれを検証した研究はありませんでした。

私は潮間帯から深海約6500mに渡って採集された標本を使い、複数遺伝子領域を用いてタケフシゴカイ科の系統樹を再構築しました。その結果、亜科間の系統関係を初めて詳細に推定し、蓋を持つグループ

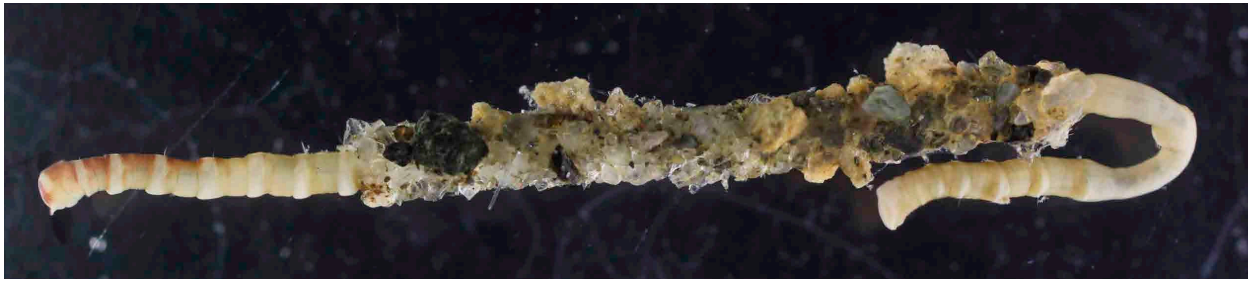


図2 タケフシゴカイ類。左端が頭部で、右端が尾部。中央は砂泥を固めた棲管(本来は体全体を覆う)。体幅は0.5mmほど。

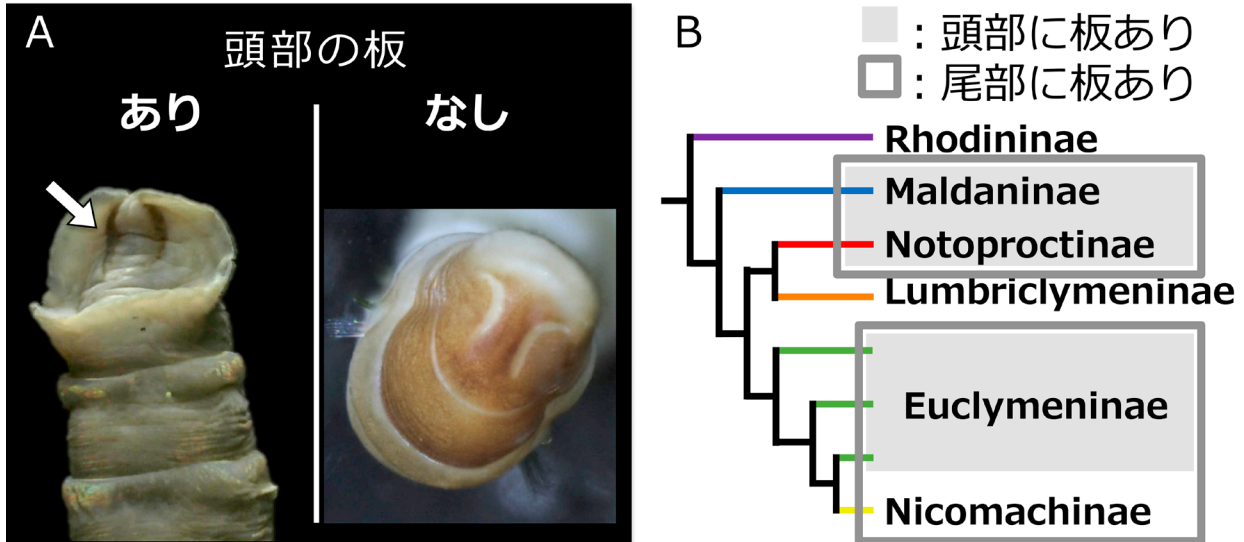


図3 蓋の進化に関する研究の概要。A：頭部の板の有無の概略図。B：タケフシゴカイ科の分子系統解析から推定された亜科間の系統関係と板の有無。板を持つ系統は単系統ではなかった。祖先形質状態を推定した結果、Rhodininae以外のすべての亜科の祖先が板状構造を持ち、複数系統で喪失されたことが示された(Kobayashi et al. 2018)。

は単系統にならないことを示しました(図3B)。そこで、蓋は何回も獲得された、または一度だけ獲得され、その後独立に失われたのかを明らかにするため、タケフシゴカイ科の祖先が蓋を持っていたかを検証する解析を行いました。その結果、蓋は異物の混入を防ぐ重要な器官であるにも関わらず、進化の過程で少なくとも3回喪失したと推定されました(Kobayashi et al. 2018)。蓋を失った系統は、岩などの基質に付着する、または底質から突出した棲管を作るグループでした。このことから、棲管の性質の変化と蓋の喪失が共進化したことが推測されました。

この研究を進めるうちに、野外観察と飼育実験を通して生時の環形動物のデータを研究に取り入れたいと思いました。そこで、環形動物の外敵に対する防御形態の応答を明らかにしようと計画し、海産無脊椎動物の種数が非常に多い紀伊半島に位置し、フィールドにアクセスしやすい瀬戸臨海に異動しました。現在は、臨海からすぐの磯に生息しているカンザシゴカイ科という石灰質の棲管を作る環形動物について、捕食者に対する防御応答の研究に取り組んでいます。

### 終わりに

現在、瀬戸臨海には教員5人、博士研究員2人、博士課程5人・修士課程2人の学生が在籍しています。学生が瀬戸臨海に在中して研究を行うのは、基本的に修士課程からであり、学部時代からの研究テーマを変更する学生も多いです。これは必ずしもデメリットではなく、これまで身につけた手法を用いて、フィールドに近い瀬戸臨海の利点を最大限に活かすことができるというメリットがある、と考えています。例年、春と夏に公開臨海実習が開催されますが、今年は施設の改修工事で夏は開催できず、来春もコロナ



ウイルスの流行下で開催できない可能性があります。ですので、興味を持った学生の方はぜひ所員にご連絡をいただけますと幸いです。

#### 参考文献

- ・朝倉彰(2013)はじめに. 京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所編「瀬戸臨海実験所創立90周年(1922-2012年)記念文集」京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所. pp. 1.
- ・朝倉彰(2018)はじめに. 河村真理子編「白浜の海岸生物観察ガイド -動物・海藻・陸上植物-」京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所/白浜水族館. pp. 1.
- ・Harada, E(1991)Inventory of zoological type specimens in the museum of the Seto Marine Biological Laboratory. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*, 35: 171-233.
- ・Kobayashi G, Goto R, Takano T, Kojima S (2018) Molecular phylogeny of Maldanidae (Annelida) : Multiple losses of tube-capping plates and evolutionary shifts in habitat depth. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 127: 332-344.
- ・瀬戸臨海実験所(2011)出版物. Available from: <http://www.seto.kyoto-u.ac.jp/smbll/shuppan.html>

(編集担当：奥山雄大)

## 第11回

## ダーウィン研究室：国内にもある、Cutting-Edge Science! 杜の都でゲノム情報を読み解く

岩寄 航(東北大学・生命科学研究所)

### はじめに

東北大学の牧野能士研究室では、ゲノム配列や遺伝子発現などの膨大な情報を用いて進化の過程を理解することを目指しています。取り組んでいる課題は多岐にわたりますが、特に着目しているのは遺伝子重複や全ゲノム重複といった構造的な変異を伴う進化です。例えば、どの分類群でもコピー数が変わらず維持されている遺伝子もあれば、種によって数のばらつきが大きい遺伝子もあるということが分かってきました。このような違いはなぜ生まれるか？またそれは生態学・医学・農学などにおいてどのような意義を持つか？こうした問いにさまざまな角度から切り込んでいくのが私たちの研究です。

私自身は単子葉植物における非コード領域の進化を追っています。ゲノム編集技術の農業への応用を目指す研究室との共同研究です。タンパク質コード領域は皆こぞってやりたがるので非コード領域に目をつけたけど、広すぎてどこを変えたらいいかわからない、進化ゲノミクスの観点から提案できないか？というわけです。そこでさまざまな栽培種とそれらに近縁な野生種のゲノムを比較し、分類群を越えて保存されている領域や特定の系統のみで特異的に進化しているような領域を探索しています。

### 研究対象はそれぞれ独立、手法はだいたい共通

教員4名、ポスドク2名、学生10名の構成員はそれぞれ異なる研究対象を持っています。例えば、プラナリアやネマトステラの再生能、線虫の性システム、ヒトの免疫疾患や小児疾患、イネの栽培化や収量、虫こぶの形成、植物オルガネラの遺伝様式などが挙げられます。比較的新しい研究室ということもあり、代々続けているプロジェクトに人を割り当てるということはありません。配属決定後に教員と相談しながら取り組むべき問いを見つけていく人もいれば、自分のテーマを持ち込んで始めからそれに取り組む人もいます。いずれにしても各々の興味に従って主体的に研究を進めていくことが期待されます。

一方、扱う手法は皆かなり共通しています。公開されている配列情報などをデータベースからかき集め、プログラミングを駆使して探索的にデータ解析を行います。必要なスキルは研究室に配属されてから身に

つけることもできます。そのため講習会も半年周期で開催するので、初心者も大歓迎です。一人一人に向き合う懇切丁寧な指導は牧野研の特徴のひとつと言えるかもしれません。だいたいみんな数か月のうちに黒い画面にがしがしコマンドを打ち込んできれいなグラフを出力しまくるようになります。

主力はこのようなドライの研究ですが、ウェットの研究環境もひとつとおり揃っています。ドライの研究の役割は、例えば「これらの遺伝子がこういう自然選択を受けてきたと考えられる」といった仮説を提唱することです。そこに「この遺伝子をこういじったら表現型がこう変わった」という実験結果を付け加えることができれば、仮説の検証に向けて強力な一歩を踏み出すことになります。そのため牧野研では、ウェット中心のラボと共同研究を組むことが多い一方で、飼育栽培や分子実験を自前で行うための設備も整えています。

## 健康的な生活環境

同じ建物の河田雅圭研究室とは単なる共同研究以上の深い縁があります。牧野教授は2009年に河田研の助教として東北大学に赴任し、2018年10月に独立して進化ゲノミクス分野の研究室を立ち上げました。また、河田研を卒業して外に出てから牧野研に入った人も私を含め複数名います。そうした背景もあって現在でも公私にわたる交流が活発で、ハイキング・スキー・釣り・飲み会などにもよく混ぜてもらったりしています。

研究内容が近いだけでなく、健康志向が強くて運動が盛んなところも似ています。平時には毎週夕方集まって青葉山を5kmほどジョギングしたり、河川敷でフットサルをしたりしていました。昨年秋のリレーマラソン大会では合同チームで2時間20分24秒の好タイムを記録し、男子の部3位入賞を果たしました(写真1)。また同年、生命科学研究所の研究室対抗ソフトボール大会でも合同チームで優勝しました(写真2)。もちろん運動を好まない人でも健やかに生活できていれば問題ありません。

杜の都=仙台はいろんな機能がコンパクトにまとまっていて暮らしやすい地方中枢都市です。緑豊かな青葉山キャンパスから東に下ると美しく蛇行する広瀬川があり、それを越えるとすぐに都心部になります。冬はそれほど雪が降らず、夏は涼しい穏やかな気候です。おいしい食べ物やお酒がたくさんあるのもうれしいですね。

## おわりに

計算機を使って進化を研究したいという情熱を牧野研では歓迎します。顔を見ながら話したりセミナーを覗いてみたりすることもオンラインで容易にできますので、まずはお気軽にご連絡ください。青葉燃ゆるこのみちのくで新しい研究仲間をお待ちしています。

(編集担当：石川由希)



写真1



写真2

## 多様な規模の実験とフィールドワークから生態学を紐解く

高井孝太郎(北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・学術研究員)

岸田研究室は北大の苫小牧研究林を拠点として活動しており、主に両生類をモデルとして水生動物の生活史戦略、生物間相互作用、個体数動態などを調べています。これら研究成果は岸田研HPに概略が掲載されています。岸田研では後述する設備、優れたスタッフの協力のもと、様々な規模での研究を遂行しています。今回はインターネットからでは知ることのできない岸田研を取り巻く環境、近年始めたフィールドワークや学生生活について、主に進学を考えている学生に向けて紹介します。

まずは、岸田研を支えている北大研究林とその設備についてお話しします。北海道大学はメインキャンパスが札幌にあり、水産学部が函館にあります。研究林や臨海実験所など複数のフィールド研究施設を道内外に保有しています。なかでも苫小牧研究林はフィールド生態学の実績が大きく、故中野繁博士による川と森の生態系のつながりを実証した大規模野外実験に代表される河川生態学では非常に有名な研究が過去に行われてきました。そのため苫小牧研究林といえば野外実験という印象がありますが、実は屋内実験設備も充実しています。恒温室や、研究林内を流れる幌内川の水を利用し、常に新鮮な水を流し続ける設備などがあり、岸田研でフル活用しています。研究林庁舎のまわりも空き地がたくさんあるので、研究の内容に応じて実験設備を自作することも少なくありません。

次に、研究林で働くスタッフの皆さんを紹介합니다。苫小牧研究林には2020年7月現在、教員のほかに技術系スタッフが10名在籍しています。スタッフの皆さんは研究と教育に熱心で、在籍する学生のための努力を惜しみません。実験や調査設備の維持管理はもちろん、学生の実験や調査を共に行ってくれます。さらにすごいのは技術力の高さです。土木工事から実験設備設営まで息の合ったチームワークです。



**図2** 技術スタッフが作成した循環式の水槽システム。川の水を青いタンクまでくみ上げ、各水槽へ水を分配する。分配される水は背部に取り付けられたボイラーにより5°C程度温度を上げることが可能。河川生態系が地球温暖化に対してどのような応答をするのかを調べる目的で作成された。



**図1** 屋内実験施設の一つ。上部の塩ビ管から下部の飼育コンテナへと常に新鮮な水が供給される。ここでは両生類の食う一食われるを基にした生物間相互作用を明らかにすべく日々実験が行われている。

研究林や臨海実験所など複数のフィールド研究施設を道内外に保有しています。なかでも苫小牧研究林はフィールド生態学の実績が大きく、故中野繁博士による川と森の生態系のつながりを実証した大規模野外実験に代表される河川生態学では非常に有名な研究が過去に行われてきました。そのため苫小牧研究林といえば野外実験という印象がありますが、実は屋内実験設備も充実しています。恒温室や、研究林内を流れる幌内川の水を利用し、常に新鮮な水を流し続ける設備などがあり、岸田研でフル活用しています。研究林庁舎のまわりも空き地がたくさんあるので、研究の内容に応じて実験設備を自作することも少なくありません。

次に、研究林で働くスタッフの皆さんを紹介합니다。苫小牧研究林には2020年7月現在、教員のほかに技術系スタッフが10名在籍しています。スタッフの皆さんは研究と教育に熱心で、在籍する学生のための努力を惜しみません。実験や調査設備の維持管理はもちろん、学生の実験や調査を共に行ってくれます。さらにすごいのは技術力の高さです。土木工事から実験設備設営まで息の合ったチームワークです。

研究のしやすさを第一に工夫のつまった研究設備が数日で完成してしまいます。スタッフの皆さんは研究林内の樹木や動物の調査も定期的に行っていますので、林内に生息する動植物についても非常に詳しく知っています。土木事業と環境アセスメント事業両方をこなすという印象です。

野外や室内での操作実験での研究を主としている岸田研ですが、そこで立てられる仮説は野外をひたすら見て回ることによって得てきた自然界の多様なパターンがベースとなっています。近年ではその経験と苫小牧研究林の特性を活かし、2つのフィールドワークを行っています。1つめは北海道に侵入しているアズマヒキガエルの影響評価です。旭川の一軒家を2か月間借り、朝から夕方までひたすら周辺

の河川を歩き回り、アズマヒキガエルや在来両生類の分布や生息環境調査を行っています。もちろん野外調査から得られるパターンのみで判断せず、野外や室内での操作実験を行った上での評価を試みます。2つめは林内を流れる幌内川での魚類の個体追跡プロジェクトです。これは研究林を流れる幌内川の上流域(調査区間はなんと5km以上)で行われています。毎年春と秋にはスタッフ総出で調査区間にすむ魚を徹底的に採集し、計測します。数千尾の魚にPITタグ(passive integrated transponder tag)を装着しているの、成長や生活史、生息場所を個体ベースで追っています。いずれは生活史と行動の個体間変異を遺伝学的に分析できるようにとヒレの一部をDNA資料としてサンプリングしているの、興味のある方は岸田さんに相談すると良いかもしれません。

岸田研に在籍する大学院生には、修了時までには投稿論文を書くことが求められます。そのためここでの上級生活は、楽なものではありません。学生は研究テーマの意義、仮説構築、実験の結果を自身でしっかりと解釈することを強く求められます。岸田研に進学を希望する学生に求められる素質は、動物が好きだ、とか北海道の広大な(?)フィールドを調査したいという気持ちはもちろんのこと、科学と研究に対する理解ないしはその下地があるのかも重要です。さらに、同じ北海道大学ではあるものの、苫小牧研究林は札幌のメインキャンパスのにぎやかさとは全く異なります。苫小牧研究林には学生が10名前後しかおらず、周辺にも大学がほとんどないため、ともすれば通年ほぼ限られた面子としか会うことがありません。また、苫小牧市自体も札幌市と比較すると娯楽等は多くありません。そのため、進学する学生には上記素質に加え、比較的強い精神力(図太さ)も要求されます。研究の疲れを研究で癒すことのできる学生やPDにとっては非常に良い環境になっています。

岸田研の在籍する苫小牧研究林には国内外から調査や研究で頻繁に研究者が訪れます。今年は新型コロナウイルスの影響もあり、例年のような交流はありませんが、例年、海外からもたくさんの研究者が訪れます。去年は、自分も海外の研究者とともに北海道のフィールドを回りました。

岸田研には毎年数名の学生が研究室見学に来てくれます。見学に来てくれた学生は研究内容の紹介に加



**図3** 旭川山中でのアズマヒキガエル調査。上：河川沿いにある池で両生類の生息環境を調査する。下：野外調査から得られた外来種の影響についての仮説は、すぐに野外実験で検証を試みる。



**図4** 苫小牧研究林での魚類の個体追跡プロジェクト。左：魚類採取風景、右：計測風景。

えて、実際にフィールドワークや実験にも参加してもらうことも可能です。苫小牧研究林は郊外からさらに奥まったところにあり、公共交通機関ではアクセスが困難な場所になっています。しかし、見学の際はほとんどの場合研究室の学生もしくはスタッフが迎えに行くので、アクセスに困ることもありませんし、道中いろいろと話を聞くこともできます。ぜひ見学に来てください。

(編集担当：石川由希)

## 第13回

ダーウィン研究室：国内にもある、Cutting-Edge Science!

# 総合研究大学院大学先導科学研究科 印南研究室

坂本貴洋(総合研究大学院大学 大学院学生)

総合研究大学院大学先導科学研究科の印南研究室では、DNA配列の進化の法則を遺伝学の視点から明らかにすることで、生物の進化の謎を解き明かしたいと考えています。地球上には多くの生物が生息しており、形態や行動といった表現型は比較ができないほど多様です。一方で、表現型を決める遺伝情報は、全ての種で共通してDNAという形で保持されています。そこで、DNAの進化の法則を明らかにすることで、生物の多様な形質の進化を説明できると考えています。印南研究室では、集団ゲノムのデータ解析と、集団遺伝学の理論構築により、この問いに取り組んでいます。

データ解析と理論構築は、DNAの進化を明らかにする際の両輪です。DNA配列は、適応や移住、集団サイズの変化など、様々なイベントの影響を受けて進化します。しかし、進化はゆっくり起こるため、これらの影響を直接観察できるのは稀です。主に観察できるのは、進化の結果としてできた現在のDNAです。集団ゲノム解析では、現在のDNA上の多型のパターンに残された痕跡から、過去に起こった進化的イベントを推定します。このときに必要なのが、それぞれの進化的イベントがDNA配列にどのような痕跡を残すのかを記述する、集団遺伝学の理論です。理論で予測される、ある進化的イベントに特徴的なDNA上の痕跡を検出することで、過去の進化の過程を推定できます。また、今までの理論では説明できないDNA配列上の多型のパターンが観察されたとき、データをよく説明する簡潔な理論モデルを構築することで、DNAの進化に大きな影響を与えた要因を特定できます。このように、データ解析と理論構築はDNAの進化を解明する有力な手段であり、両者を併用できることは当研究室の大きな強みです。

現在の研究室のメンバーは、教員1名、ポスドク3名、学生3名です。研究テーマは、DNAの進化に関することであれば基本的に自由です。現在のメンバーの研究テーマは、ガンなどの原因になる体細胞系列での進化、反復配列の進化、種分化など、さまざまです。また、データ解析を主に行っているメンバーと、数学やシミュレーションを用いた理論研究を行っているメンバーがいます。異なるテーマを異なるアプローチで研究するメンバーと議論することで、新しい視点から自分の研究を見つめることができ、とても良い刺激になっています。

研究室の主な活動は、2週に1回開かれるジャーナルクラブです。ここでは、指定された雑誌の最近刊行された号の中から、各自が面白いと思った論文を紹介します。特徴は、担当者や本数のノルマ・制限を決めていないことで、自由度が高い反面、やる気が問われます。紹介される論文の本数により、短い時間で終わることもあれば、非常に長くなることもあります。

私は、遺伝的浮動がDNAの進化に与える影響に興味を持ち、数学とシミュレーションを用いた理論研究を行っています。遺伝的浮動とは、集団サイズが有限であることに起因する、遺伝子頻度のランダムな変化のことです。DNA上の多型は、自然選択だけでなく、遺伝的浮動の影響を大きく受けています。そ

ここで、自然選択と遺伝的浮動の両方を考慮に入れることが、DNA配列の進化モデルでは重要です。ランダム性を考慮できる確率的なモデルを構築し、確率過程の数学を応用して解析しています。

具体例として、局所適応がDNAの多型パターンに与える影響についての研究を紹介します。幅広い環境に分布する種では、それぞれの集団が局所環境に適応しています。異なる環境に分布する近縁集団間でゲノムを比較すると、多くの領域では移住により遺伝的な分化が妨げられていま

す。一方で、局所適応に関わる遺伝子座の近くでは、自然選択により不適応な移入アレルが淘汰され、実質的な移住率が下がるため、遺伝的分化が進みます。このことから遺伝的分化のピークは、局所適応に関わる遺伝子座のシグナルとして広く使われています。しかし、従来の遺伝的分化に関する理論では、局所適応が起こってから十分に時間が経ち、平衡状態に至っていると仮定されていました。このことは、最近起きた局所適応に対する、理論の適用を妨げていました。そこで私は、局所適応をもたらす突然変異が生まれてから平衡状態に至るまでの、遺伝的分化のピークの時間的変化を数学的に記述しました。特に、自然選択と移住、遺伝的浮動の相互作用が、どのように遺伝的分化を引き起こすかを明らかにしました。この理論を実際のデータに用いることで、局所適応が起こってから時間などの重要なパラメータが推定できると期待しています。

総研大の先端科学研究科は、「進化学」と「科学と社会」の2分野を基軸とした研究科で、神奈川県葉山キャンパスにあります。横浜から最寄りの逗子駅まで電車で30分、そこからさらにバスで20分ほど行った丘陵地にあり、自然豊かな環境です。少々アクセスは不便ですが、景色が非常によく、展望台からは湘南の海が見渡せ、天気良ければ富士山が見えます。研究が行き詰まったときに散歩をすると、良い気分転換になります。

大学院の特徴として、進化を軸にした専攻であることが挙げられます。様々な視点から進化にアプローチする研究室があります。階層としては、ゲノムや細胞などのマイクロなレベルから、行動や形態といったマクロなレベルまで、手法としても、フィールドワークや実験から、数学を用いた理論的アプローチまで、非常に多様です。他の研究室の人と話したり、勉強会を開いたりすることで、新たな知識が得られたり、より広い視野で進化について考えることができます。

もう一つの特徴としては、学部がなく、博士課程(5年一貫・3年次編入)のみであることが挙げられます。研究を志す学生のみが在籍するため、研究に集中できる雰囲気があります。また、教員数に比べて学生が少ないため、より丁寧な研究指導が受けられます。副指導制度があるのも特徴で、複数の先生の指導

を受けることで、多様なアプローチを組み合わせられた研究を行いやすくなっています。

私自身、研究に集中できる環境にいることは、とても恵まれていると思っています。この環境に感謝しながら、より良い研究ができるように努力していきたいです。また、進化に興味があり、研究を志す学生の方は、是非葉山をご検討ください。研究に没頭するには、もってこいの環境だと思います。お待ちしております。



図2 展望台からの風景



図1 研究室の集合写真

(編集担当：手島康介)

九州大学生体防御医学研究所  
ゲノミクス分野

比留木成美 (九州大学理学部生物学科 学部4年)

日本に生息する恐ろしい毒蛇と言えば、マムシやマカガシが挙げられるだろうが、ハブを挙げる人も多いのではないだろうか。私の所属する九州大学生体防御医学研究所ゲノミクス分野ではそのハブを中心とする毒ヘビ類のオミクス研究を行っている。

ハブ (*Protobothrops flavoviridis*) は南西諸島に生息し、大型のために攻撃射程が長く注入される毒量も多いため、現在でも咬症被害が多く、特定動物に指定されている (写真1)。多くの生息地では人に害を及ぼす衛生動物として駆除の対象である一方、ハブ酒やハブ皮革製品などの産業利用も盛んだ。さらに南西諸島には大型肉食動物が分布していないため、生態系の非常に重要な位置を占める捕食者でもある。その毒液は「出血毒」であり、血管を破壊する金属プロテアーゼ、炎症や壊死を引き起こすホスホリパーゼA2、血液凝固を阻害するC型レクチン様タンパク質など、多様な生理活性を持つタンパク質からなる複雑なカクテルだ (写真2、3)。

当研究室のPIである柴田弘紀准教授が中心となって、東京大学・東北大学・崇城大学・沖縄科学技術大学院大学などとの共同研究として、ハブの全ゲノム解読が行われた。その結果、毒液タンパク質の遺伝子60個と、それらの非毒型パラログ遺伝子を224個見出した。これらの毒液関連遺伝子は18種のタンパク質ファミリーに分類され、特に4つのタンパク質ファミリー (金属プロテアーゼ、セリンプロテアーゼ、ホスホリパーゼA2、C型レクチン様タンパク質) では、遺伝子のコピー数が大幅に増えており、かつコピー間のアミノ酸配列の分化速度が上昇していること (= 加速進化) を見出した。また、毒液関連遺伝子群が、鳥類や爬虫類に特徴的な小型の染色体である「微小染色体」に有意に濃縮していることも見出した。これらの成果は、2018年に論文として出版され、その成果は朝日新聞などの多くの新聞やYahoo ニュースを始めとするネットニュース、さらに「子供の科学」などでも広く紹介されたので、ご覧になった方もおられるかも知れない。

ハブ属 (*Protobothrops*) は有毒種のみからなるクサリヘビ科のマムシ亜科に含まれ、アジアの各地から



写真1 ハブ (*Protobothrops flavoviridis*) の毒牙と毒液



写真2 採毒風景



写真3 ハブの毒腺を取り出したところ

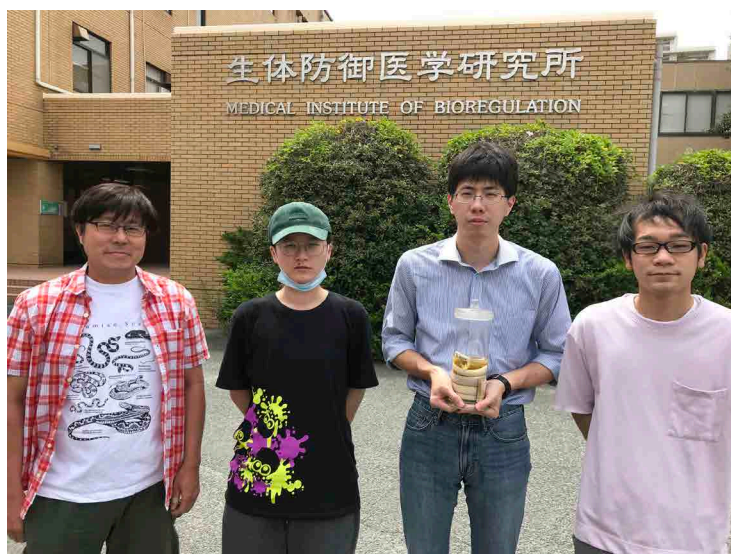
14種が記載されており、そのうち3種(ハブ(*P. flavoviridis*)、トカラハブ(*P. tokarensis*)、サキシマハブ(*P. elegans*))が日本に分布しており、いずれも日本固有種である。これら3種はいずれも分布が多数の島々に分散しており、集団間での遺伝的交流は非常に限られていると考えられる。たとえば体表面の紋様が島ごとに異なった特徴的なパターンを示すことは古くから知られている。当研究室ではハブ類の集団間および集団内の遺伝的多様性の解析も進めており、これまでに国内の19の島から計730個体の組織を収集済みだ。これは国内最大のハブのリソースのコレクションであることは言うまでもない。私自身のテーマは毒遺伝子の遺伝子レベルとトランスクリプトームレベルでの多様性の解析であり、これらのサンプルを利用して進めている。

サンプルの収集は現在も進行中で、ラボメンバーは年に数回南西諸島へサンプリングに出かける。柴田先生は爬虫類全般がお好きな上に南の島そのものがお好きなようで、出張で留守している期間も多いと聞いている。今年はコロナウイルスの流行のせいでメドが立っていないが、私も近いうちにサンプリングに参加することを楽しみにしている。

ここまでは私自身のテーマでもある毒ヘビの解析の話を書いてきたが、この研究室ではもう一つ大きなテーマとしてヒトの遺伝性神経疾患の解析も行っている。北部九州および四国からリクルートしてきた遺伝性が疑われる患者様及びご家族のサンプルを、エクソーム解析や全ゲノム解析を行って疾患責任遺伝子変異の同定を進めている。これまでに収集した約100家系計200検体以上の解析を進めており、責任遺伝子変異が同定された場合は、疾患の発症機序の解明と治療法開発のシーズ開拓を目指して、培養細胞系での機能解析や疾患モデルマウスの作製も行っている。たとえば研究室の先輩は遺伝性痙性対麻痺という常染色体劣性(=潜性)の疾患家系から新規の遺伝子変異を単離し、そのモデルマウスをゲノム編集で作製した後に、脂質代謝異常が痙性対麻痺発症に重要な役割を果たしていることを明らかにしている。

このように2つの異なる分野の研究を行う研究者が共存しているので、先輩方の研究手法を聞くことで「門前の小僧」的にはあるが、幅広い知識を得られることを実感できる。また研究所内には、エピゲノムやクロマチン解析さらにはメタボローム解析や構造解析など医学関連の基礎研究におけるさまざまな分野のトップラボがあり、専門の先生方の技術的なアドバイスやサポートを受けながら最先端機器を利用して研究を進めることも可能だ(柴田研究室は所内では変わり種のラボとして認識されているようだが…)。私自身はまだ研究生活を始めたばかりだが、この柴田研究室でハブの研究を楽しみながら頑張っていると思っています(写真4)。

(編集担当：手島康介)



**写真4** 柴田准教授(左端)と研究室の学生(ハブの液浸標本を持つのが筆者)



# 進化と多様な生物のつながり： 北海道の自然を生かした実証研究

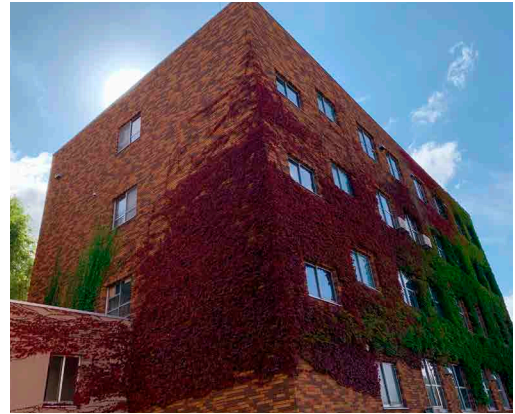
棚田愛美(北海道大学大学院環境科学院)

鍵谷進乃介(北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)

## 内海研究室

都会の中心部とは思えないほどの広さと緑を誇る北海道大学札幌キャンパスで、我々の研究は行われています。札幌駅からわずか徒歩7分ほどのところに構える正門を通り、頭の遥か上まで樹冠を伸ばすニレやカエデの巨木を過ぎると、農学部の裏にひっそりと立地する研究棟が見えてきます。季節ごとに色彩を変えるナツヅタに覆われたレンガの建物が、内海研究室の位置する北方生物圏フィールド科学センター研究棟です。

北海道大学大学院環境科学院に属す内海研究室では、主に多種系の群集生態学と進化生物学の統合を目指したアプローチで、植物や昆虫、哺乳類、細菌といった多種多様な生物種を対象に、フィールドワークとラボワークを両輪として研究に取り組んでいます。進化群集生態学の新展開を標榜し、自然生態系における生物の多様性が維持・創出されるメカニズムの解明を目指しています。



**写真1** ナツヅタが紅く染まっていく初秋の研究棟。

## 北海道の広大なフィールドで

研究の大部分となるデータは、主に春から秋にかけてのフィールドワークにて収集します。内海俊介准教授のもと、ポスドク3名、博士学生1名、修士学生5名の総勢10名からなる研究室メンバー一人ひとりが興味を持ったそれぞれの研究テーマをもとに、森林や河川といった自然環境から市街地まで、多彩な北海道の環境を活かしたフィールドのなかで、生物の生態と進化の謎を追究すべく活動しています。

### 森林で…

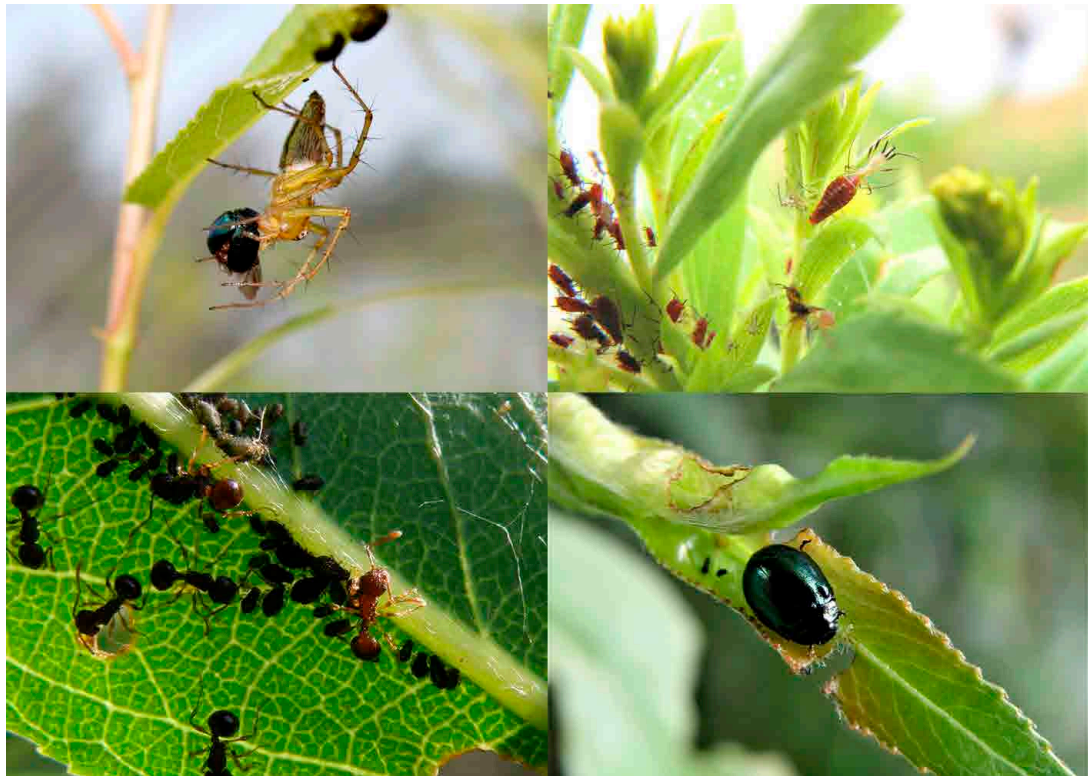
北海道大学は、亜高山帯針葉樹林や針広混交林などを含む広大な研究林を道内外にいくつも所有しています。フィールドで観測するだけでなく、さまざまなスケールの野外実験をかなり自由に設計でき、技術

スタッフの手厚いサポートも得られるため、我々はこれらの研究林をよく利用しています。

私(棚田)の研究は、北海道北部に広がる中川研究林の一角で行われています。主伐と地拵え後の地点に大規模な操作実験プロットを設置し、山から集めたトドマツ・ダケカンバ・オノエヤナギの稚樹を植栽してあります。この実験プロットでは、シカ除外柵や樹種の組み合わせを操作し、草食動物-植物種内・種間相互作用による遺伝的ダイナミクスを解明すること、そしてその知見を森林再生に活用することを目指しています。近い将来には



**写真2** 2019年10月中川研究林での野外実験プロット作成を手伝っていただいた皆様。



**写真3** 植物-昆虫相互作用系を中心に、さまざまな生き物のつながりに関する進化群集生態学を進めています。

このプロットでの相互作用ネットワークに、環境DNAを用いた節足動物群集の研究も加わる予定です。

中川研究林より50km程南にある雨龍研究林では、河畔林に生育するケヤマハンノキの成木を対象に、群集遺伝学研究を行っています(鍵谷)。その結果、次世代シーケンサーによるゲノムワイドな解析によって得られたハンノキの遺伝的変異によって、樹上性昆虫群集の違いを野外環境下でも予測できるということがわかりました(Kagiya et al. 2018)。さらに、ハンノキ属植物が根粒共生している窒素固定細菌であるフランキアの遺伝的多様性との関連性についても展開させており(Kagiya & Utsumi 2020)、メタバーコーディングを用いた解析も進めています。また、雨龍研究林には、オノエヤナギの成木をそのまま利用した巨大なメソコスムも設置されており、ヤナギリハムシの迅速な進化に関する実験に用いられていました。

#### 石狩川流域で…

日本三大河川の一つである、北海道中西部を流れる石狩川でも研究は行われています。このフィールドでは、内海研の研究キーワードの一つである、「迅速な進化」や「生態-進化フィードバック」の野外実証研究が進められています。全長300km近くある石狩川流域に生育するオノエヤナギと、その葉を摂食するヤナギリハムシ、そしてヤナギ上に生息する多様な植食者群集の相互作用による迅速な進化とそのフィードバックを、ハムシのゲノム解析を通じて研究しています。このハムシには異なる摂食特性(新葉を好むスペシャリスト・葉齢にこだわらないジェネラリスト)を示す種内変異があり、内海研ではその特性に関連するSNP(一塩基多型)マーカーを見出してきました。この対立遺伝子頻度のリアルタイムな変動を観測し、それが寄主植物(ヤナギ)の成長パターンや昆虫群集の動態とどう関わり合うのか、それは自然選択によって駆動されているのか、という問題を調査しています。

また、石狩川河口付近にある石狩浜海岸林のカシワ林では、潜葉性小蛾類とその捕食者である寄生蜂を対象としたメタ群集動態の研究も行われています。地理的に分断された複数のカシワ林における小蛾類・寄生蜂群集の移動分散と群集構造、遺伝的構造の変動を調べ、系統地理学的手法によって個体群生態学と群集生態学を結びつけることで、群集動態における被食-捕食相互作用の影響を明らかにしようとしています。

## 街で…

今年度に入って進められているのが都市化に伴う植物の「迅速な進化」に関する研究です。「三つ葉のクローバー」として誰もがなじみのあるシロツメクサは、公園や都会の道ばたでも目にすることができますが、このシロツメクサには食害を受けるとシアン化合物(青酸ガス)を生成する遺伝子型が存在します。この遺伝子型の進化と都市適応の関係について、修士1年の学生が札幌近郊を巡りながら挑んでいます。

札幌キャンパスにある実験用苗畑には、数百ポットほどのセイタカアワダチソウ(以下、セイタカ)が丁寧に並んでいます。苗畑での野外操作実験も、内海研の重要なアプローチの一つです。北アメリカ原産のセイタカは生命力の強い侵略的外来種であり、種内相互作用と繁殖戦略の種内変異に関する研究を行っています。

## 実験室で…

内海研究室が扱う進化群集生態学の研究で、フィールドワークと並んでキーとなるラボワークが遺伝解析です。対象生物種の進化的変化や背景を明らかにするためには、遺伝情報を明らかにすることが不可欠となります。フィールドから収集した樹木・昆虫・根粒バクテリアなどの膨大なサンプルを用いて、ゲノムDNAデータの中に潜む変異を解析しています。また、環境DNAを解析することで、生物群集の調査に応用することもできます。内海研究室には野外で集めたDNAサンプルを処理するための設備が揃っており、進化群集生態学の研究に適した環境となっています。

## 内海研究室メンバーのチームワーク

以上のように、我々の研究室ではフィールドワークの多い研究活動を行っています。一人でできることは限られてしまいます。そのため、調査地間の移動やサンプリング、圃場実験のセットアップなど、多くの場面で研究室メンバーが一丸となってお互いの研究をサポートし合っています。なかには、泊りがけの調査であったり、雨に打たれながら河川敷を歩き回ったり、泥だらけの山道を荷物を抱え上り下りしたり、夏の太陽の下でひたすらポットに土を詰めていたり、虫に刺されながら昆虫を集めたり、カヌーで転覆したりなど、大変なこともあります。野外にいることが好きだからこそ、進化・生態学が面白いと思えるからこそ、最後には「楽しかった」と笑えるのかもしれません。

また、内海研究室では研究室のメンバーだけでなく、同研究棟内の教員や研究員、学生の皆様や、施設を管理している技術職員の方々、専門のサポートやアドバイスをしてくださるの方々など、本当にたくさんの人たちの助けによって成り立っています。そんなマンパワーと自然に満ち溢れた魅力ある場所で一緒に研究をする仲間をお待ちしています。

また、内海研究室では研究室のメンバーだけでなく、同研究棟内の教員や研究員、学生の皆様や、施設を管理している技術職員の方々、専門のサポートやアドバイスをしてくださるの方々など、本当にたくさんの人たちの助けによって成り立っています。そんなマンパワーと自然に満ち溢れた魅力ある場所で一緒に研究をする仲間をお待ちしています。

## 引用文献

- ・ Kagiya, S., Yasugi, M., Kudoh, H., Nagano, A. J., & Utsumi, S. (2018). Does genomic variation in a foundation species predict arthropod community structure in a riparian forest? *Molecular Ecology*, 27, 1284-1295. <https://doi.org/10.1111/mec.14515>
- ・ Kagiya, S. & Utsumi, S. (2020). Spatial heterogeneity in genetic diversity and composition of bacterial symbionts in a single host species population. *Plant and Soil*, 452, 513-527. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04583-4>

(編集担当：山道真人)



写真4 2020年6月札幌キャンパスの苗畑にて内海研総出でセイタカのポット植え完成!

# オンラインゲームと計算論モデリングで 集合行動の原理をさぐる

豊川 航(コンスタンツ大学心理学部・研究員)

## はじめに

私は2019年春から、南ドイツのコンスタンツ大学にて研究員をしております。それ以前は、北海道大学大学院文学研究科で博士号をとったのち4年間、スコットランドのセント・アンドリュース大学にてポスドクを経験しました。パブ文化もスコットランド訛り英語も大好きですし、何ならここでスコッチウイスキーや自家醸造のエールビールについて熱く語りたいた気持ちは正直捨てきれないのですが、第31回のニューズレターにて菅澤承子博士がセント・アンドリュース大学に関する素敵な紹介をなさっておりますので、自粛させていただきます。その代わりに、肩書上は「博士(文学)」であり、見かけ上(そして会員でないという点においても)日本進化学会とは無関係である私がニューズレターの紙面を埋める正当な理由は果たしてあるのかどうか、その点こそが読者たる諸兄諸姉の抱かれる目下の疑問だと思っておりますので、以下私自身の研究と、二カ国でのポスドク生活を織り交ぜつつ答えていこうと思っております。

## 水産学部生、社会心理学へ転向する

私は学部時代には生態学、とりわけ群集生態学や行動生態学の初等的な理論を勉強していました。もともとは、水産資源密度を予測するという応用的な面に知的魅力と社会的価値(および、なんとなく企業への就職の口もありそうだという無根拠な浅慮)を抱いて水産学を志したと思うのですが、実際に詳しく勉強してみると、その理論的な基礎の部分により大きな魅力を感じるようになりました。特に、個体群動態を描くための差分方程式や微分方程式が個体群生態学を超えて広く使えることを知るとワクワクしました(そんなのは、数学なのだから当たり前なことです。ただ当時の私は、生態学を通じて数理モデリングの豊かさを初めて垣間見るようになりました)。

とりわけ、その意味は分からなかったけれども題名が格好いいので手にとったスコット・カマジン(Scott Camazine)ら著、松本・三中共訳『生物にとって自己組織化と何か』(海游舎、2009年)で紹介されていた、社会性昆虫における集団行動の微分方程式による記述に興味を持ちました。それで、こうした数理生物学的アプローチを人間行動の理解にも役立てられないかと突如思い立ち、当時グローバルCEOプログラムのもと様々な領域の研究者が往来する学際的な大学院であった、北海道大学大学院文学研究科で学位論文を書かせていただきました。恩師である亀田達也教授は、学問として面白いものを何よりも善とする方で、「国際社会性昆虫会議を聴講したときが近年で一番興奮した」と話されるほど集団意思決定の基礎原理に魅せられていましたので、博士課程のテーマとして、「ヒトはミツバチにおける集団採餌のような集合知を発揮できるのか」に迫ろうということにすぐ決まりました(豊川・亀田 2012)。

## コンピュータゲームを使った行動実験

社会心理学の研究方法というのは、読者の方にはあまり馴染みのないことと存じますので、少し述べさせていただきます。簡単にいうと、人間の参加者にコンピュータゲームをやってもらって、その中での意思決定に関するデータを取得するというのが私の主なアプローチです。ゲームといっても単純で、私が使ったのは、モニターに表示されるいくつかのスロットマシンを繰り返しプレイしながらお金を稼ぐというものです。複数のスロットマシンの中から一つを選ぶという選択を繰り返しながら、報酬期待値の大きいスロットマシンを探そう、という試行錯誤学習の課題でした(図1)。コンピュータゲームのような課題で行動を測定することの利点は、モデルの想定に近い状況を人工的に作れることです。たとえば、強化学

習と呼ばれる試行錯誤学習の数理モデルを実験から得られた行動データに適合させ、尤もらしいモデル構造やパラメータ値を推定すると、学習の裏にある直接は観察できない計算プロセスに見当をつけることができるのです(Toyokawa et al. 2017; 2019)。この実験手法を使って、人間が「群れ」で強化学習すると集合知は生まれるのかという疑問に答えました(Toyokawa et al. 2014)。集団になると、人間の場合は他力本願で探索をサボる誘引が生じるため、集合知が生まれるかどうかは自明ではないのですが、社会的影響を及ぼし合いながら強化学習を進めると意思決定の精度が上昇することが実験で示されました。ただし興味深いことに、ミツバチが尻振りダンスで餌場の価値を伝えることを模した、口コミを共有しながら強化学習する条件では、単純な他者の模倣に基づいた社会学習の条件に比べてパフォーマンスは高まりませんでした。社会的にシェアされる情報量の大きさと集団強化学習のパフォーマンスとの間には、必ずしも単調な正の相関関係があるわけでは無いようで、これに迫るのが現在のテーマの一つです。

## 社会的学習・認知進化研究センター(セント・アンドリュース大学)

ヨーロッパ人間行動進化学会が2014年に英国ブリストルで開かれた際、セント・アンドリュース大学の社会学習・認知進化研究センターのメンバーと出会いました。PIの一人であるケビン・レイランド(Kevin Laland)教授は進化生態学におけるニッチ構築理論を立ち上げた一人で、特に動物における社会的学習と認知機能の進化について研究していました。彼に、私が当時胸に抱いていた社会的学習戦略と集合知との対応関係を調べる計画について話すと興味を持ってくれたので、海外学振を利用して渡スコットランドしました。

また当時から彼は、現代的統合の拡張(Extended Evolutionary Synthesis; EES)を標榜したプログラムを展開しておりました。心理学的なトピックである動物の学習が進化生物学のなかでどのように位置づけられるのか、学習がもたらす形態形質の進化速度や発生パターンへの影響について、また進化可能性の進化についてなど、これらは学振の計画にはありませんでしたけれども、毎週のようにゼミ(その後にはパブ; 図2)で議論をすることができ、また総説の執筆にも携わらせてもらいました(Laland et al. 2019)。EESプログラムを推進する科学的意義については、セント・アンドリュース大学の中にあっても全員が諸手を挙げて賛同しているわけではありません。さまざまな批判に対して、どのように応じてゆくの、科学哲学者らとも共同して一つの大きな主張を立ち上げていく現場を目の当たりにできたのは、それ自体がとてもエキサイティングな経験でした。私はケビンに説得させられてしまいましたからEESの意義には賛同する立場ですが、最終的には、実証データの積み重ねが決着をつけてくれるのだらうと思っています。宣伝で恐縮ですが、興味がある方はEESの公式 Twitter アカウント @EES\_update をフォローしてはいかがでしょうか。


Tutorial trial: 2 / 4  
Total score (tutorial): 30  
Remaining time: 



図1 スロットマシン選択実験の画面の例。左右どちらかのスロットマシンをクリックするとそのマシンをプレイできる。集団学習では他の人も同時にプレイする。



図2 パブにて。レイランドグループの面々が、送別にスコットランドの伝統酒器クエイク(quaich)を贈ってくれました。カウンターで笑みを浮かべる紳士がレイランド教授。

## 動物の集合行動研究センター(コンスタンツ大学)

海外学振の2年があっという間に過ぎ、その後は学振PDとして総研大の大槻久博士のラボに所属しました。ただし、大槻さんと共に集団の強化学習戦略や教示戦略の進化を分析してみたいと思いつつも、体はまだセント・アンドリュースにあって研究計画の実験パートを進めていました。帰国が半年後に迫った頃、現所属のコンスタンツ大学心理学部の研究員として採用され、ドイツへ引っ越すことに決めました。正直言えば、帰国後は湘南あたりでサーフィンができるのを楽しみにしていましたし、ドイツ語は私も妻もかじったことすら無い状況だったので、すこし2人で悩みました。しかし、コンスタンツ大学というのはドイツの大型研究費である「卓越クラスター」として集団行動研究(Twitter: @CBehav)と不平等の政治学という2つが採択されており、潤沢な資金のもと、たくさんの魅力的な研究者が在籍しています。さらに、近所にはマックスプランク動物行動学研究所も開設され(@CollectiveBehav)、私にとって

大変魅力的な場所でした。研究者ではない妻も前向きに考えてくれたおかげもあって、コンスタンツ大学へ異動しました。幸いなことに、コンスタンツはボーデン湖という大きな湖に囲まれた風光明媚な町ですから、波乗りはできなくとも立ち漕ぎのSUPボードという代替遊具で気を紛らわすことは十分に可能なのです(図3)。

ドイツの大学の研究員(Wissenschaftlicher Mitarbeiter)というのは、平たく言うとポスドクですが、私の場合は特定の研究プロジェクトではなく学部のポストとして雇われています。任期は3年でさらに3年まで延長可能と、いわゆる普通のポスドクよりは任期が長いですが、その代わり週2コマの教育義務があります。これはどうやらドイツ(を含めいくつかのヨーロッパ)の大学の雇用制度に関係しているようです。まず基本的にドイツでは「教授」にならないと終身雇用を得られず、テニュアの准教授や講師職はほぼありません。実際私は教授以外のテニュア教員を見たことがありません。さらに、最近ではその限りではないようですが、博士取得後は独立した研究を一定期間行い、博士論文のようなまとまった研究論文をもう一つ提出して教授資格 *Habilitation* を取得するのがドイツアカデミアの標準的なキャリアパスだそうです。要するに、私のポストは教授資格を取得するための準備期間(あるいはその名残)のポストというわけですが、その証拠に、雇用契約を結ぶ際、「*Habilitation* 論文の準備に努める」という文言にサインする場所がありました。よって形式上、私は教授資格取得に向けて頑張っていることになっています。このような制度ですと、まあ簡単に予想がつくことですが、研究員になったはいいが教授になれない人が溢れます(教授資格があっても教授ポストに付けるかは別です)。その結果、優秀な研究者がドイツに戻ってこなくなる(こられなくなる)ため、最近では州や大学によってテニュアトラックのような制度を開始するなど、工夫を始めているようです。少々脱線しましたが、留学するとこのように各国のアカデミア制度の利点や欠点を実感することができます。

というわけで、私自身は集合行動クラスターから雇われているわけではないのですが、私のメンターである意思決定科学者ヴォルフガング・ガイスマイヤー(Wolfgang Gaissmaier)教授がクラスターのメンバーで、毎週のセミナーには私も混ぜてもらっています。クラスターには生物学者や行動科学者をはじめ、複雑系物理やコンピューター科学の人が在籍しています。皆が集団行動や集団意思決定に関する基本的な概念やモデルの知識を共有しているので、議論は毎回とても有機的で、大変な刺激をもらいます。また、生物学部のメンバーが中心になって毎週金曜日17時からドイツビールを飲んでの雑談が始まるので、私もよく顔を出します(余談ですが、生物学の人たちはどこの国でもパーティ好きが多いような気がしま

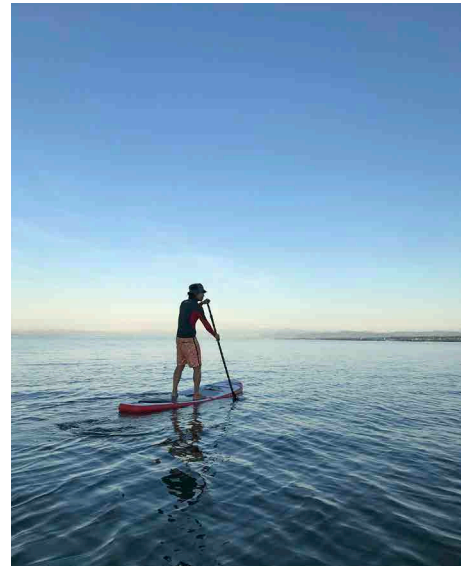


図3 ボーデン湖でSUPに興じる筆者。遠くにはうっすらスイス・アルプスが見えます。

す。素晴らしいことです)。そのビールの場で、クラスタの中心メンバーの一人であり、私が『生物にとって自己組織化とはなにか』やDavid Sumpter 著『Collective Animal Behavior』(Princeton, 2010)を読んだ当時からファンであったイアン・カズン(Iain Couzin)教授が、ホログラム技術を駆使した拡張現実でトゲウオの群れを操作する装置を私に見せてくれました。リアルタイムに群れの個体への情報フィードバックを操作できるようになれば、実験的に検証できる問題の種類がぐっと多くなりますから、これは夢のような技術です。このカズン教授もそうでしたが、皆本当に楽しそうにしているので私もインスピレーションと元気ももらっていました。こういう交流が絶たれてしまったのがロックダウンの辛いところです。2020年7月現在、まだ基本的には在宅勤務が続いています。早く図4のような活気のある大学に戻って欲しいです。



図4 コンスタンツ大学の通常。

### インターネットを使った行動実験

私はこちらへ来ても相変わらず人間の参加者を対象としたコンピュータゲーム実験を軸に研究しているのですが、ポストドクでスコットランドへ渡った頃から、インターネットを使ったオンラインゲームを使うようになりました。つまり、参加者を大学の実験室へ呼んでモニターの前に座らせるのではなく、自宅など好きな場所からアクセスしてもらって実験課題に取り組んでもらう仕組みです。ネット実験の最大の利点は、たくさんの参加者をオフィスに居ながら短時間に募ることができることです。最大の欠点は、そのせいで実験期間中は部屋に籠もりっきりになり、ただでさえ口数が少ないのによけい他人と話す機会が減ってしまうことです。なにせ、実験プログラムの実装から実験の実施まで、全てコマンド上で済んでしまいますから孤独です(図5)。

ともかく、この技術のおかげでたくさんの参加者を募ることができるので、まず手始めに、実験室実験では難しかった集団サイズと集合知の関係性に迫る実験を行いました(Toyokawa et al. 2019)。集団サイズが大きいほど、「三人寄れば文殊の知恵」というような統計的な恩恵による集合知効果は高まりそうです。一方、集団サイズが大きいほど、あるいは課題が難しくなるほど、各個人は社会情報への依存を強めるかもしれませんが、そうすると模倣の連鎖による強い正のフィードバックから集合「愚」が生じるかもしれません。鍵となるのは、どの程度までなら他者から影響を受けていても集合愚の危険を低く抑えられるのか、そしてどのぐらい社会情報への依存性が高まると集合知が見込めなくなるのかを、定量的に知ることでした。

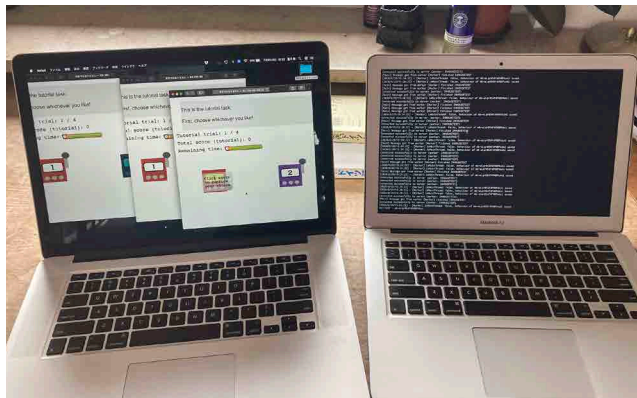


図5 オンラインゲーム課題の孤独なデバッグの様子。

この研究のヒントになったのはアリの集団行動の微分方程式モデルで、それを個体ベースに表現し直して強化学習モデルと合体させ、人間の社会学習行動のモデルとしました。

オンライン実験では、2人から30人ほどまでの様々な大きさの集団行動データが揃いました。その結果、小さな集団でかつ簡単な課題であれば、人間集団は環境変化にも対応する柔軟な集合知を見せ、その一方で、大きな集団で難しい課題のときには集団は非柔軟な群衆行動を見せやすいことが示されました。学習行動モデルを

データに適合させてやると、その柔軟モードのときには、柔軟な集合行動を見せることで知られるムネボソアリの微分方程式モデルのパラメータに近い値を示し、一方の非柔軟モードの場合には、やはり非柔軟な集団採餌を見せるケアリのパラメータに近い値が適合しました。つまり、状況依存的な社会学習戦略を採用する人間は、その振る舞いがある時にはムネボソアリやミツバチに近くなり、またある時には各個人の行動パターンがケアリのようになるのかもしれませんが。

現在はコンスタンツ大学にて、強化学習ベースのモデリングとオンライン実験手法をさらに発展させ、集団での学習がリスクな環境でどう振る舞うのかをテーマに研究しています。どういうことかというところ、例えばスロットマシンAはとて「リスク」で報酬額のばらつきが大きい、一方スロットマシンBは「安全」で報酬額のばらつきはごく小さいとします。このような状況では、試行錯誤の強化学習は「安全」な選択を好みやすいことが知られています。もし仮に、報酬の期待値という意味ではリスクなスロットAが最善だとしても、学習のメカニズムは往々にしてばらつきを嫌うのです(これは熱いストーブ効果 hot stove effect という名で知られています)。期待値は低いわけですから、長期的には安全を選び続けるのは金銭的な意味で損になります。社会学習やコミュニケーションの仕組みが、この損を生む熱いストーブ効果を克服する可能性について、現在いろいろと調べています。

## パートナーと共に海外へ引っ越すということ

最後に、ドイツでの生活についてもう少し触れたいと思います。私も妻もドイツ語は一切話せないし単語の発音ルールすらわからない状態からスタートしました。私のラボは基本英語ですし、授業も英語でやっていい(ドイツの学生の英語レベルは高いです)ので生きてはいけます。しかし、それでも最低限はドイツ語の知識は身につけたほうがいいと思いましたので、大学の非ドイツ語圏教職員向けの支援部門であるウェルカムセンターが主催するドイツ語の授業を、1学期あたり200ユーロでとっていました(現在はコロナで休止中)。

妻の場合は、ドイツで職を探すにも中級以上(B2)のドイツ語力が最低限要求されることが多いです。そもそも地域社会のコミュニティに溶け込み文化的な生活を送る上で、ある程度のドイツ語は必要です。彼女は引越してからすぐに語学学校へ週5で通い始めました。月々400ユーロほどの投資です(かなり安いほうです)。彼女は日本でキャリアをドラスティックに変更してまでわざわざヨーロッパに来てくれたので、さらにこのような努力まで強いるのは心苦しいものがありますが、今はなんとかドイツ語を磨き、ソーシャルなネットワークを少しずつ構築できるよう踏ん張る時期なのかもしれません。思えば、初めての海外移住であったスコットランドへの引越も、はじめの1年ほどは軌道に乗らず苦しい部分が多かったように記憶しています。ましてや非英語圏のドイツでは、もう少しばかり長い準備期間が必要なのでしょう。

湖のほとり、アルプス山脈に抱かれたコンスタンツでの生活はたしかに優雅で楽しい時間が多いのですが(図3)、「暮らし」の基本的な部分が軌道に乗らなければ、やはり漠然たる不安が残り心の底から仕事や趣味に打ち込むことなどできません。もし、これからご家族やパートナーとご一緒に海外へ転じる予定のある方がいらっしゃるのでしたら、少なくともはじめの1年ほどは家庭での暮らしをチューニングすることに注力せざるをえなくなると割り切って、研究などはうまく進まなくて当たり前だということに見積もっておかれると、あとから不要な落胆をしなくてすむように思います。

## 参考文献

- ・ S. カマジンら. (2009). 生物にとって自己組織化とはなにか (松本忠夫・三中信宏 訳). 海游舎.
- ・ Laland KN, Toyokawa W and Oudman T. (2019). Animal learning as a source of developmental bias. *Evolution and Development*, 22: 126-142. (doi: 10.1111/ede.12311)
- ・ Sumpter DJ. (2010). *Collective Animal Behavior*. Princeton University Press.
- ・ 豊川航・亀田達也. (2012). ヒトと動物の「集団意思決定」をつなぐ. *動物心理学研究*, 63: 107-122. (doi: 10.1111/ede.12311)



10.2502/janip.63.2.1)

- ・ Toyokawa W, Kim H and Kameda T. (2014). Human collective intelligence under dual exploration-exploitation dilemmas. *PLoS ONE*, 9: e95789. (doi: 10.1371/journal.pone.0095789)
- ・ Toyokawa W, Saito Y and Kameda T. (2017). Individual differences in learning behaviours in humans: Asocial exploration tendency does not predict reliance on social learning. *Evolution and Human Behavior*, 38: 325-333. (doi: 10.1016/j.evolhumbehav.2016.11.001)
- ・ Toyokawa W, Whalen A and Laland KN. (2019). Social learning strategies regulate the wisdom and madness of interactive crowds. *Nature Human Behaviour*, 3: 183-193. (doi: 10.1038/s41562-018-0518-x)

(編集担当：山道真人)

ミーティングレポート

## 楽しいオンラインセミナーの企画



鈴木紀之(高知大学)

### 概要

これまで高知で不定期に開催していた「よさこい生態学セミナー」<sup>[1]</sup>をこの春からオンラインで公開してみた。

1回目は森井悠太さん(京大)による「巨大外来ナメクジ vs. 市井の超人たち」と題する講演で、市民科学のアプローチから外来種の分布・動態・行動を解明した成果を紹介していただいた。聴衆は日本全国から、そして海外からも集まり、大学院生や研究者だけでなく、NPO・博物館・自治体・企業・メディアの方々にも参加していただいた。

2回目は大崎遥花さん(九大)による「生物初・オスとメスが互いを食べ合うクチキゴキブリ」と題する講演で、質疑応答のあとはバーチャルなラボ見学ツアーを敢行し、飼育中のゴキブリをライブ配信して大いに盛り上がった<sup>[2]</sup>。

3回目は別所-上原学さん(名古屋大)に「盗タンパク質による生物発光：ウミホタルを食べて光るキンメモドキ」と題する講演をしていただいた。より多くの方々に視聴してもらえるよう、録画したものをそのままYouTubeで公開した<sup>[3]</sup>。

いずれの回も、子育て世代の研究者にも「自宅で子供を見ながらiPad片手に」という感じで参加していただいた。

このように、オンラインのセミナーでは従来の学会やリアルなセミナーが中止となった穴を埋めるだけでなく、オンライン特有のメリットを活かしながらこれまで不可能だった取り組みを実現できる。本稿では、機材やアプリについて簡単に説明した上で、オンラインのセミナーを盛り上げるノウハウや企画する上でのモチベーションについて紹介したい。

### 機材

有線LANは必須である。Zoom飲み会でwifiの接続が不安定になっても大したことはないが、オンラインの授業やセミナーで配信が途切れてしまうことは絶対に避けたい。いまどきの薄いノートパソコンには有線LANを直接つなげられないので、コネクタも準備する必要がある。

オンラインのセミナーでは演者の自宅や所属先から講演してもらおう。そのため、有線LANなどの道具は事前に演者へ郵送し、講演が終わったら次の演者に回してもらおうようにした。オンラインでは普通のレーザーポインターは使えない(画面に照射しても意味がない)ので、デジタルポインターもあれば便利である。

## アプリ

Zoomのウェビナーを利用した。所属先が契約してくれない場合は自分(の研究費)でオプション料金を支払う必要がある。Zoomの通常のミーティングは少人数での会議や双方向のゼミには向いているが、特定の演者から大人数に向けて配信するならウェビナーのほうが便利である。ウェビナーでは参加者の名前や映像・音声は参加者どうしで共有されないの、不特定多数が集まる企画なら参加するほうも気楽だろう。

ウェビナーでは通常のチャットに加えて、質問を投稿できる機能がある。それぞれの質問に主催者側がテキストで返信することもできるし、演者がライブで回答することもできる。学会では勇気ある専門家が手を挙げて質問するだけで、潜在的には多くの貴重な意見が演者に伝わらないまま埋もれているはずだ。オンラインなら、誰もが気軽に質問やコメントを投稿できる。また、主催者・演者側で質問を選抜することで、答えにくい質問や荒らしを避け、実りある議論に集中できる。これらの点においてはウェビナーのほうがリアルなセミナーよりもコミュニケーションしやすいといえるだろう。

## 時間配分

オンライン授業は対面の授業よりも学生が疲れやすい、という話をどこかで聞いた。たしかに真面目な学生だとパソコン画面を凝視し続けているはずである。また、聴衆のリアクションが伝わってこないためか、話しているほうもそれなりに緊張して疲れてくる。これらを考慮して、講演時間をできるだけ短くしたり、途中で質疑応答やアンケートをはさむよう予め演者をお願いした。イギリス生態学会のオンラインセミナーシリーズでは講演25分と質疑応答5分くらいであっさり終わっていたので、時間配分の参考とした。

一方、ウェビナーではBGM代わりに気楽に視聴している方もいるはずである。「風呂掃除しながら聴いていた」という方もいた。そのような方はテレビのような感覚でもっと長く視聴しても疲れはこないだろう。

また、カメラや画面に向かって話していると、目の前に人がいるときよりも時間が短縮されるようだ。早口になるのかは分からないが、教育系YouTuberのヨビノリたくみさん曰く、オンラインのトークでは沈黙を恐れるため、間を削るようにしてしゃべり続けるらしい<sup>[4]</sup>。したがって、短い時間でも比較的多くの情報を詰め込めるかもしれない。

## 進行

当日の進行では役割分担が極めて重要である。演者の他に、司会進行・Zoomを操作する人・質問をさばく人・コメンテーター・チャットの監視と対応など、なるべく多くのスタッフで体制を整えておくことである。初回は私ひとりで行くつかの作業を担当したが、録画や次回予告を忘れるといった細かいミスばかりだった。ライブ配信の緊張感がある中、聖徳太子のようにマルチタスクをこなせないものだ。とはいえ自分のラボや大学からアシスタントをかき集める必要はない。全国の参加者や友人の中から適任者を見繕って依頼すれば、快く協力してくれた(ちなみに、普段は学会でしか会えないような研究仲間がサポートしてくれて、企画者としてはめちゃくちゃ嬉しかった)。

よさこい生態学セミナーでは、発表中にも演者・司会者・コメンテーターどうしの積極的なやり取りを重視した。これは最初の演者だった森井さんの「聴衆の顔が見えず画面に向かって話し続けるのはつらいので、主催者サイドから笑い声とかリアクションをほしい」という要望に対応したためだった。たしかに私もオンライン授業を配信するとき、部屋の中でひとりしゃべっていると何ともいえない不安を感じることもある。われわれは相手の反応を感じながらコミュニケーションするよう進化してきたのだろう。上記の役割分担と合わせて、演者がリラックスしてトークに集中できる環境を整えれば、聴衆にとっての満足感も上がるはずだ。

以上のような方針のもと、聴衆からの質問やコメントを肴にしつつ、とにかく楽しみながらサイエンスについて語り合う場とした。これは学生にすこぶる好評だった。学会未経験の大学生は研究者どうしのリアルな会話なんて聞いたことなかったのだろう。上述のイギリス生態学会のセミナーが淡々と進んでいたのは対照的だが、こちらは学会や大学の後ろ盾があるようなオフィシャルな企画でもないし、セミナーのコンセプトを含めて自由にアレンジできるのは楽しいものだった。

講演時間を短めにした分、質疑応答の時間をたっぷりと設けた。講演開始から1時間ほどで中締めとして、一部の聴衆とはお別れし、休憩をはさんで延長タイムに突入した。いつもおおよそ半数の聴衆は残ってくれる。この頃になると演者も司会者も気が緩んできて、夜に控えるスタッフ反省会（Zoom飲み）のことを思い浮かべつつ、いよいよ研究室のお茶部屋とか学会の懇親会のような雰囲気になってくる。

## 大 義

なぜセミナーをオンラインで開催し、誰でも参加できるように公開するのか。かっこつけて語るなら、コロナ危機の中で、疫学やウイルス学の専門家ではない自分が研究者として何ができるだろう、と考えた末の取り組みである。学会が軒並み中止になり、特に若手研究者にとっては研究成果をアピールしたり聴いたりする大切な機会が多く失われてしまった。しかし現代のさまざまなツールを使えば、そんな状況だって克服できるはずだと思った。

また、子育て世代の研究者にとってもオンラインのメリットは大きかったようである。最近の学会では託児所が用意されているが、そもそも子連れで旅行するのは大変だしお金もかかる。実際には学会への参加をあきらめているのが子育てのリアルだろう。ウェビナーでは聴衆からの音声は届かないので、家で子供がいくら騒いでも気遣い不要。それでいて自分の好きなタイミングで質問やつぶやきを投稿できる。特に、保育園や幼稚園の休園が長引いた頃は、家で子供の面倒を見る研究者の仕事はほぼストップしていた。そんな緊急事態の最中であっても、オンラインで科学コミュニティをつなげることができたのだ。

## 地方ゆえの

参加者の皆さんにアンケートを取ると、特に地方在住の方から「コロナ後にもウェビナーを開催してほしい」との要望が多かった。都会であれば近所にシンポジウムがあふれているかもしれないが、地方で学問的な刺激にアクセスし続けるのは簡単ではない。

そもそも私が高知大に着任してからリアルなセミナーシリーズを運営し始めた目的のひとつも、研究の意欲を減らさないためであった。しかし地方大では「同業者」が多くないため、セミナーの開催では聴衆を集めるのに苦労する。大学院生やポスドクも少ないのだ。わざわざ高知まで来てもらって聴衆の数がひと桁だったら、さすがに演者に申し訳ない。

そこで苦肉の策ではあったが、学部生にも参加してもらおうと、セミナーへの出席を私が担当する授業の一部とした。それに伴い、講演のレベル（専門性）を普段の学会よりも少し下げ、分かりやすく話してもらおうよう演者をお願いした。たとえば冒頭で紹介したように、講演タイトルは短くインパクトのあるものにしてもらった。数理モデル・群集集合・ネットワーク理論といった抽象的なトピックについては、学生にも直感的に理解できるよう説明してもらった。

こうして培ってきた「分かりやすいセミナー」をオンラインで開放することで、全国から大学生やアカデミアの外部に籍を置く方々、あるいは他分野の研究者にも多く参加していただいた。ここで先ほど説明した「サイエンスを楽しく語り合う雰囲気」が真価を示す。研究者の卵となる大学生。“役に立たない”基礎研究の成果をエンターテインメントとして楽しみ、研究者の活動をさまざまな形で応援してくれる科学ファンの皆さん。そうした方々に研究のおもしろさを伝えることができたとすれば、これまで研究者側が十分にアプローチできていなかった潜在的なニーズに応えられたといえるだろう。

つまり、私の考えでは「地方発のセミナー」「楽しく分かりやすい発表」「参加者の多様性」は、ワン

セットで結ばれている。鍵となる仕掛けはセミナーを大学の授業にかませたことである。近所に研究者が集う都会で初めから専門家をターゲットとした企画を進めていたら、幅広い客層を取り込むノウハウを集積するのは難しかっただろう。

参加者の属性がアカデミアの外にも広がったことで、全国の大学生や進化学ファンに対して院生募集や著書の宣伝もできる。オンラインセミナーの運営を自身や研究室のプロモーションチャンネルとしても機能させられるのだ。

本稿のフィードバックをいただければ幸いです。高橋佑磨博士(千葉大学)からは草稿にコメントをいただきました。感謝申し上げます。

#### リンク

[1] <https://yosakoiseminar.blogspot.com>

[2] <https://youtu.be/cBS0B73WGnc>

[3] [https://youtu.be/\\_2GI2yTRu04](https://youtu.be/_2GI2yTRu04)

[4] <https://youtu.be/4VdJeuOVNDk>

(編集担当：大島一正)



## 新種の発見 一見つけ、名づけ、系統づける動物分類学

林 亮太(日本工営株式会社)



【書名】 新種の発見 - 見つけ、名づけ、系統づける動物分類学

【著者】 岡西政典

【出版】 2020年4月18日 中公新書

【頁数】 252頁

【定価】 定価860円+税

【ISBN】 978-4-12-102589-0

本書はタイトルの通り、正体不明の生物、すなわち未記載種を発見してしまったときに、どのような手続きを経て新種として記載していくのか、動物分類学の実践の過程をわかりやすく描いた良書である。前著『深海生物テヅルモヅルの謎を追え!』(東海大学出版部)では、自身の研究をより臨場感あふれる筆致で綴っていたが、本書では著者の専門であるテヅルモヅルにはあまり触れず、特に第一章から第四章には分類学の基本的な知識と国際動物命名規約の特に重要な部分について詳細な解説がされている。これまで分類学に触れたことのない読者にも優しい読み物となっており、これから分類学の研究を始めようとする初学者への丁寧なガイドにもなっている。

最終章となる第五章では、「これからの分類学」と題して、分類学者たちが今後どのように科学の世界で貢献していく可能性があるのか、極めて前向きに明るい材料を並べ論じている。日本動物分類学会の若手会員数の増加など、具体的な数字でこの分野の盛り上がり指摘し、数多くの分類学および分類学者の今後に関する悲観的な論説がまるで存在しないかのようだ(たとえば松浦, 2001; Pearson et al., 2011; Wägele et al., 2011など)。ここで著者は、分類学者が形態学、古生物学、分子生物学、ゲノム科学など、

他分野にも貢献しうる貴重な存在であるのだと主張する。ヤモリの指をモデルにした脱着可能な接着テープや、モルフォ蝶の羽が持つ撥水機能をモデルにした撥水材料など、近年注目されるようになっているバイオミメティクス(生物模倣技術)にも貢献することができるのが生物をよく知る分類学者なのだ、と。一方で、評者はこうも思う。残念ながら訳本は絶版になってしまったが、分類学の最高の手引書であるウィンストンによる『種を記載する：生物学者のための実際的な分類手順』(ウィンストン, 2008)は、原書が今もインターネットを通してPDFで入手可能である(Winston, 1999)。さらには、本書や前著のように新種記載のプロセスを追体験できる良書も揃っている。また、分類学の論文にもオープンアクセスのものが増え、参考資料となる論文は簡単に入手可能になっている。これはむしろ他分野の研究者がより分類学にアクセスしやすい環境が構築されつつあると解釈するのが適切ではないか? 分類学者が一番その生物のことを知っているのではなく、学名がどうあれその生物が一番よく知るのそれは対象とする研究者であるはずだ。学名の安定性云々という手続きに関する経験では分類学者に分があっても、生物に関する知識すべてについて分類学者が圧倒しているはずがない。本書をはじめ、分類学の手引書は和書にも揃っている。本書をガイドに進化学徒が分類学にも挑戦していけば、いつ終わるともしれぬ地球上の全生物の記載の網羅という人類の見果てぬ夢に向けた作業は何倍にもスピードアップするはずだ。何も分類学者だけが記載をしなければならないなどという決まりはない。

また、著者は本書の最後に「分類学の終着点」として、「真に近い分類体系を構築すること」としている。しかし、この点についてはあくまで著者が考える分類学の終着点であり、分類学徒がみなこれを終着点と考えているわけではないことは指摘しておきたい。著者がここで主張する終着点とは、まさに進化学徒が日々取り組んでいる進化の歴史を明らかにしていくことであると思われる。分類学の最節約な究極目的とは「コレとソレは違うモノだ」「アレとソレは同じモノだ」という区別するための基準を構築するという、『記載すること』そのものにこそあると評者は考える。分類学と系統学のイザコザについては古くから議論がある通り、高次分類体系がどうなるかが知ったこっちゃない、と考える者が同じ分類学者の中にもいることも広く知ってもらいたいところである(このイザコザについてはヨーン(2013)に詳しい)。もちろん生物の進化の歴史を明らかにすることは非常に興味深く、同じく目指すところの一つではあるが、わざわざ分類学という枠組みの中でそれをやる必要はない。それは決して「分類学の終着点」と表現されるものではないと考える。

このように、著者の考えるこれからの分類学の姿にすべて同意することはできないが(まさにヨーン(2013)で指摘されている環世界センスの問題だからだ)、本書が分類学の基本である『記載』のプロセスを追体験できる良書であることは間違いない。自分が学生の頃にこのような本があればよかったのに、と今の学生をうらやましく思える一冊だ。進化学徒の皆さんには是非本書を手にとってもらって、これまで直面してきたであろうゴミ箱タクソンと化した様々な分類群の記載に挑戦してもらいたい。

- ・松浦啓一(2011) 分類学者が絶滅を逃れる道: 生物多様性研究における分類学の役割. タクサ: 日本動物分類学会誌, 31, 5-11.
- ・岡西政典(2016)『深海生物テゾルモヅルの謎を追え!』. 東海大学出版部.
- ・Pearson DL, Hamilton AL, Erwin TL (2011) Recovery plan for the endangered taxonomy profession. *BioScience*, 61(1), 58-63.
- ・Wägele H, Klusmann-Kolb A, Kuhlmann M, Haszprunar G, Lindberg D, Koch A, Wägele JW (2011) The taxonomist-an endangered race. A practical proposal for its survival. *Frontiers in Zoology*, 8(1), 25.
- ・ジュディス・E・ウィンストン(著), 馬渡峻輔, 柁原宏(翻訳)(2008)『種を記載する 生物学者のための実際的な分類手順』. 新井書院.
- ・Winston JE (1999) Describing species: practical taxonomic procedure for biologists. Columbia University Press.
- ・キャロル・キサク・ヨーン(著), 三中信宏, 野中香方子(翻訳)(2013)『自然を名づける—なぜ生物分類では直感と科学が衝突するのか』. NTT出版

(編集担当: 石川由希)

# 日本がABS提供国措置を導入(=日本国内に生息する野生生物に対する主権を主張)した場合の悪影響

日本分類学会連合担当 村上哲明(東京都立大学 牧野標本館)

環境省が、日本がABS提供国措置を導入すること、すなわち日本国内に生息する野生生物に対して日本が国として主権を主張する(外国人がこれを利用する場合には、事前に日本国の許可を得て、さらに利益を日本に配分せよと主張する)ことに対してアンケート調査を行っていた。「主権」と聞くと、当然、日本も主張するべきだと感じられるかも知れないが、もし日本産野生生物に対してそのようなことをすると、多様性生物学(広義)分野の日本人研究者に大きな不都合が生じることを理解していただきたいので、本校を準備させていただいた。ご一読いただければ、幸いである。

日本は、2017年5月22日に生物多様性条約の「遺伝資源の取得の機会及びその利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分(ABS)に関する名古屋議定書」を批准し、2017年8月20日から日本国内でもその効力が発生した。その結果、日本人研究者が海外の野生生物(「遺伝資源」と表現される。逆に我々が「遺伝資源」と聞いて連想する作物植物の多くは、生物多様性条約のいう「遺伝資源」には含まれない。)を材料にして研究を行う場合には、その原産国のABS関連の法令や手続き(提供国措置)に厳密に従うことが必須となった。さらに、海外で野生生物の調査・研究を行う、あるいは海外産の野生生物試料を用いて日本国内で研究を行う場合には、日本のABS国内法に相当する「いわゆるABS指針」(平成29年5月18日に財務省・文科科学省・厚生労働省・農林水産省・経済産業省・環境省により共同公布)に従う必要がある。これについては、既に文科省が国内の大学・研究機関に通達を出しているもので、日本進化学会会員の所属する研究機関等でも「ABS指針」に基づく管理規定や管理組織が整えられつつあるはずである。

一方、日本はこれまで国として、日本に産する遺伝資源の主権を当面は主張しないとしてきた(環境省がホームページでそのように公表している)。すなわち、海外の研究者が日本の野生生物を現地調査・採集する、それを材料として海外の研究期間で研究する場合に、日本(ABSを所管する環境省)の許可を得る必要はなく、日本国内の研究者に利益配分をする必要もないのである。これを聞くと、我々日本人研究者が海外で野生生物を研究する際には、その原産国の許可を得る必要があるのに、逆は何もしなくて良いのは不平等だと感じられる会員の方が大勢いらっしゃるかも知れない。つまり、日本も国内の野生生物に対して主権を主張するべきであると考えられるかも知れない。しかし、もしそのようにすると、我々日本人研究者に大きな不利益が生じると考えられるので、次にそれを説明したい。

ちなみに、私(=村上)は、日本のABS国内法(最終的には、上述したABS指針)がこれから制定されようとしている段階で、日本分類学会連合(日本進化学会も加盟している)の代表(2014-2015)・副代表(2012-2013)として、日本が提供国措置をしないように(外国人研究者も、日本国内の野生生物を自由に研究できる状況が将来的にも続くように)、環境省や文科省の担当者に強く働きかけを行ってきた。その理由は、もし日本政府が国内の野生生物に対して主権を主張すると、結局、日本人研究者が国内産の野生生物材料を海外(特にヨーロッパ)の共同研究者などに送る際に、その都度、日本人研究者が環境省に許可申請をして、日本政府からPIC(調査・研究許可)を取得してあげないといけなくなるからである。そうしないと、例えばEUには、海外のABS法への違反者に対する罰則付きの法令があるので、我々の共同研究者が自国で警察等に逮捕・処罰される可能性がある。そのような事態を回避するためには、結局、我々日本人研究者が環境省にサンプルごとに許可申請をするための手間と負担が増えるだけである。また、日本政府が国内の遺伝資源の主権を強く主張すると、その対抗措置として東南アジア諸国を初めとする開発途上国が現在よりも厳しい提供国措置を導入・運用することになり、その結果として、我々日本人研究者が東南アジア諸国のPICを取りにくくなる、あるいは遺伝子資源の利用により得られる利益配分

に関する取り決めである MAT (研究機関間の協定など) を締結しにくくなるのが容易に予想される。つまり、将来にわたって、東南アジアで野生生物の調査・研究がしにくくなることを懸念したのである。

そもそも、日本の貴重な野生生物の多くが生息する国立公園内では、日本人・外国人を問わず、環境省の許可を得なければ調査・採集・研究はできない。その意味では現在でも、外国人が勝手に日本の野生生物を調査・研究できる状況ではない。一方で、日本における多様性生物学の将来の発展を考えたときには、外国人研究者を日本産野生生物の研究から閉め出す、あるいは日本人研究者が生物多様性の宝庫である東南アジアでの調査・研究がしにくくなることの弊害の方が、日本国内の野生生物を外国人研究者に勝手に持ち出されて研究されることの弊害よりもはるかに大きいはずである。

「提供国措置の導入は、日本の主権と国益を守るために必要である」との主張は、一般国民には受け入れられやすいであろう。しかし、そうすることによって生じる上述したようなマイナスの影響は、日本人研究者が海外の共同研究者と協力して推進してきた生物多様性の研究や保全、あるいは潜在的有用生物の研究(例えば、医薬や発酵に有用な菌類や微生物の探索)にとって大きな障害となる恐れが高い。日本政府は、5年ごとに ABS 指針を見直すとしており、環境省がアンケート調査を始めたことなどから見て、近い将来に「日本の提供国措置導入」が再び議論される可能性が十分考えられる。その時には、そもそも生物多様性条約の本来の目的であった(いつの間にか、生物多様性条約は経済条約のようになってしまったが)生物多様性の解明と保全活動に大きな「悪影響」が生じることを、再度、強く主張していきたいと私は考えている。是非、ご理解、ご協力をいただきたい。

(編集担当：大島一正)

## 編集後記

大島一正(京都府立大学)

3月号の発行以降、対面での活動に対する制限がより一層厳しくなり、学会の大会だけでなく、各地で開催されていたセミナー等でも中止が相次ぎました。そうした中で、次第にセミナーがオンライン化されるようになり、これまでなら聞きたくても「ちょっと遠いなあ」といった理由で参加を断念していたセミナーにも、ネット接続さえできれば参加できるようになりました。というわけで、「よさこい生態学セミナー」をオンラインで開催されている高知大の鈴木さんに、オンラインセミナーの運営ノウハウも含めてミーティングレポートを執筆していただきました。また、都道府県をまたぐ移動がしにくい状況下では、大学院での進学先ラボの見学に行けない学部生もおられるかと思い、いつもは毎月1件の国内ラボ紹介を7つのラボにお願いしました。意中のラボがあるかどうかはわからないのですが、何かしらプラスになれば幸いです。

### 日本進化学会ニュース Vol. 21, No. 2

発行：2020年8月4日

発行者：日本進化学会(会長 河村正二)

編集：日本進化学会ニュース編集委員会(編集幹事：大島一正)

(編集委員：石川由希 / 奥山雄大 / 田村宏治 / 手島康介 / 山道真人)

発行所：株式会社クバプロ 〒102-0072 千代田区飯田橋3-11-15-6F

TEL: 03-3238-1689 FAX: 03-3238-1837

http://www.kuba.co.jp e-mail: kuba@kuba.jp