

# 日本進化学会 ニュース

Vol.21 No.1  
March 2020

## 目 次

- 1 日本進化学会賞受賞記  
突然変異と自然選択の曖昧な関係  
田村浩一郎 (首都大学東京)
  
- 研究奨励賞受賞記
- 3 ご縁に導かれてふらふらと  
浅原正和 (愛知学院大学)
- 6 進化生物学を覗き見る小さな窓  
奥山雄大 (国立科学博物館)
- 9 「奨励」賞を受賞して  
後藤寛貴 (国立遺伝学研究所)
- 12 移り気な出遅れ進化研究者  
松浦 優 (琉球大学)
- 16 進化学を志して25年  
安岡有理 (理化学研究所)
- 20 生態と進化の接点を探して  
山道真人 (クイーンズランド大学)
  
- 24 第34回 海外研究室だより  
ニュージーランド・オークランド大学: 白い雲たなびく羊の国からキアオラ!  
竹内信人 (オークランド大学)
  
- 28 第35回 海外研究室だより  
ナイアガラの滝の近傍にて人類進化を研究する  
齊藤真理恵 (ニューヨーク州立大学/シカゴ大学)
  
- 35 第8回 ダーウィン研究室: 国内にもある、Cutting-Edge Science!  
幅広いアプローチから様々な動物種の進化・生態を探る  
野村翔太 (京都大学)
  
- 38 編集後記

日本進化学会賞受賞記

## 突然変異と自然選択の曖昧な関係

田村浩一郎(首都大学東京理学研究科生命科学専攻)

この度は進化学会賞を頂き、光栄に存じます。推薦いただきました先生方、審査にあられました先生方、そして、日本進化学会の日頃の活動を通して様々なものを与えて下さった会員の皆様に心より御礼申し上げます。また、若き日に指導して下さいました先生方、先輩方、共に研究に励んだ共同研究者・同僚達、すでに逝去された方々も含めてこの場を借りて感謝の意を伝えたいと思います。

思い起せば、学部学生の頃から「DNAは進化過程でどのように変化するのか」ということが興味の対象でした。学部学生だった1980年代前半、木村資生先生が分子進化中立説を提唱してからすでに10年以上経ていましたが、中立論者と自然選択論者の論争はまだまだ盛んに行われていました。当時、塩基配列のデータは乏しく、現在のようなゲノム配列に基づいた比較解析は夢のまた夢、実証的検証が困難でした。それにもかかわらず、細胞当たりのDNA量(C値)を用いたゲノムサイズの推定およびショウジョウバエの遺伝学を駆使した突然変異率の推定によって遺伝的荷重が計算され、中立論に行きついた過程には感動を覚えました。進化は「説」や「論」に留まらず、立派な「学」であると実感した瞬間でした。一方、分子レベルの実験的研究は、アロザイム電気泳動や免疫学的方法によるタンパク質レベルの変異の分析が中心で、DNAレベルの研究はハイブリダイゼーションや融解温度を用いた間接的な方法によるものが行われていた程度でした。そんな中、1981年にヒトのミトコンドリアDNA (mtDNA) の全塩基配列が公表されました (Anderson et al. 1981)。PCRやクローニングを使わなくても分離が可能なmtDNAによって、分子進化研究がDNAレベルに一気に進展したわけです。私はこの流れに飛びつき、卒業研究から博士の学位を取るまで、ショウジョウバエのmtDNAの分子進化についての研究を行いました。私が興味を持ったのは、哺乳類ではmtDNAの同義置換速度が核DNAに比べて10倍くらい大きいことでした。原因は突然変異率が高いためであることは明らかでしたが、トランジション・バイアスが大きいことから塩基置換率の推定は一筋縄で行かないことも示唆されていました。

このころ研究室に入った私は、ショウジョウバエではmtDNAの塩基置換速度やトランジション・バイアスはどうか、ということに注目しました。当時、ショウジョウバエのmtDNAではトランジション・バイアスは哺乳類のように大きくないことが定説でしたが、私は塩基含量がA+Tに大きく偏っていることがトランジション・バイアスの正確な推定を妨げている可能性を疑いました。この疑問を解決するため、A+T (G+C) 含量の偏りとトランジション・バイアスが大きい場合を想定した塩基置換モデルを考案し、そのモデルに基づいた塩基置換率推定法を開発しました (Tamura 1992)。数理モデルを使うことにより、A+T (G+C) 含量が大きく偏ると塩基置換率やトランジション・バイアスが過小評価されることを理論的に証明し、ショウジョウバエでも哺乳類同様にmtDNAのトランジション・バイアス( $\alpha/\beta$ 比)が大きいことを示すことができました。分子進化学の研究分野では、同義・非同義置換率の比較による自然選択の検出が中心的なテーマになっていますが、そこでは同義置換率=中立進化率ということが前提となっています。そのため、同義置換率の正確な推定が極めて重要です。しかし、同義・非同義置換率を用いて自然選択を検証しようという研究では、中立進化速度や塩基置換パターンの不均一性など、同義置換率の推定に関わる部分に対する注意が不十分で、間違った結論に至っている場合が数多く見られます。例えば、同義置換は、過小評価されがちでトランジションに偏っているため、ショウジョウバエのmtDNAのようにA+T (G+C) 含量が偏っている場合は過小評価され、相対的に非同義置換率が過大評価されて正の自然選択を支持する結果に偏る傾向があります。この頃からいかに中立塩基置換率を正確に推定するかが私の興味の中心となりました。

学位を取った後、ペンシルバニア州立大学でポスドクとして根井正利先生に師事する機会を得ました。1991年のことですが、その年、同大学では人類学科のMark Stonekingらのグループが135人のヒトのmtDNAのD-loop領域を用いた系統解析を行い、当時「ミトコンドリア・イブ」と呼ばれたヒトの祖先の推定を行った研究結果をScience誌に公表しました(Vigilant et al., 1991)。この論文では、ヒトの起源がアフリカにあるというのが結論で、今では定説となっていますが、当時は論争を巻き起こしました。ヒトのD-loop領域に適合する塩基置換モデルが無かったため、塩基置換率推定の信頼性が評価し難いことが原因の一つでした。そこで、私はD-loop配列の解析のために新たな塩基置換モデルとそれに基づいた塩基置換率推定法を開発し、この問題に適用しました(Tamura & Nei 1993)。結果は「アフリカ起源説」を支持することになりましたが、開発したモデルの汎用性は高く、現在でも広く使われています。

帰国後は、ショウジョウバエの分子系統学的研究やMEGAのMS-DOSからWindowsへの移植を行っていましたが、しばらくして2000年頃になると、様々な生物のいろいろな遺伝子の塩基配列がデータベースに蓄積してきました。その結果、ショウジョウバエにおいては「分子時計は存在しない」とか「ほとんどの遺伝子は正の自然選択によって進化してきた」というようなことを主張する論文がNatureやPNASのような学術誌も含めていくつも公表されました。私は、これらの論文では同義置換率を安易に中立塩基置換率としていることが原因であると考え、中立塩基置換率を正確に推定する必要性を考えました。この頃までに、ショウジョウバエでも微生物のようにコドン選択があるということが分かっていたからです。コドン選択によって同義置換に負の自然選択がかかれば、同義置換率は中立塩基置換率より低くなり、結果として非同義/同義比(dN/dS)が過大評価されます。そこで、ショウジョウバエでは同義サイトのG+C含量とコドン選択の強度の間に強い相関があることを利用し、同義置換率からコドン選択の影響を補正して中立塩基置換率を推定する方法を開発し、ショウジョウバエ種間の比較に適用しました。その結果、ショウジョウバエでも分子時計は存在すること、多くの遺伝子は中立進化してきたことを示すことができました(Tamura et al. 2004)。

このように、塩基置換パターンを詳細に調べ、その結果に基づいて塩基置換モデルを構築して用いれば中立進化速度の正確な推定が可能であることは分かりましたが、同時に、大規模配列データを使って中立進化速度を推定した結果、中立進化速度に生物の系統間でかなりの差異があることも明らかになりました。すなわち、厳密に言えば分子時計は成り立たないということで、「緩やかな時計」(“relaxed clock”)を想定する必要性が議論されるようになりました。分子時計による分岐年代測定では、距離と速度から時間を推定します。理論的には、速度が一定でなければ時間は求まりません。動いたり止まったりする時計の時刻が不正確なのと同じことです。そこでベイズ法では速度の変化に一定の確率分布を仮定します。速度の変化に一定のルールを想定することによって時間の推定を可能にするのです。このアプローチは理論的には間違っていないが、想定するルールが現実には即しているかどうかを確かめることは困難で、また非常に長い計算時間を要します。現在、比較的容易に得られる規模のデータでさえ非現実的な計算時間が必要となります。そこで私は全く異なるアプローチを考えました。2分岐系統樹では、全ての分岐点(ノード)で共通祖先が2系統に分岐しますが、それら2系統は共通祖先からの進化時間が完全に一致します。例えば、ヒトとチンパンジーは600万年前に分岐したとすると、ヒトもチンパンジーも共通祖先から同じ600万年経過しているということです。極めて単純なことです。この関係を利用すると速度の変化に分布を仮定することなく、簡単な式で速度変化の分布やノードの分岐年代を正確に推定することができることを発見しました(Tamura et al. 2012, 2018)。現在、この方法を発展させ、複数の既知の分岐年代による時計の補正法や分岐年代の信頼区間の推定法などの開発を行っているところです。今後、同義・非同義置換率の比較解析にも中立進化速度の変化を考慮する必要が生じるなど、考えられる課題はまだ数多く残されています。

分子進化研究では、同義・非同義置換率の比較解析によって自然選択を検証する方法が確立していますが、実際のデータ解析において進化速度の変化などを想定すると、推定される突然変異と自然選択の関係

はいまだ曖昧です。今後、さらなる研究によってこれらを正確に識別できる方法が開発されれば、中立進化か自然選択による進化かもより明確に識別できるようになるはずで。理論的予想とデータによる検証を積み重ねる進化研究は、実験による実証が中心の生物研究の中では独特です。これまでは理論が先行し検証に必要なデータは後から追いかけてきました。しかし、次世代シーケンサー技術の発展によって大規模配列データが簡単に得られるようになると、逆にデータによってこれまでの理論の不十分さが浮き彫りになり、新たな理論の必要性が明らかになってきました。やっとな理論と実験のピンポンが軌道に乗ってきたような感じがします。新たな理論のウェーブが楽しみです。若い頭脳による計算機に頼らない理論的解決を大いに期待しています。

## 文 献

- ・ Sequence and organization of the human mitochondrial genome. S. Anderson, A. T. Bankier, B. G. Barrell, M. H. L. de Bruijn, A. R. Coulson, J. Drouin, I. C. Eperon, D. P. Nierlich, B. A. Roe, F. Sanger, P. H. Schreier, A. J. H. Smith, R. Staden, I. G. Young. *Nature* 290: 457-465 (1981).
- ・ Estimation of the number of nucleotide substitutions when there are strong transition-transversion and G+C-content biases. K Tamura. *Mol Biol Evol* 9: 678-687 (1992).
- ・ African populations and the evolution of human mitochondrial DNA. L Vigilant, M Stoneking, H Harpending, K Hawkes, AC Wilson. *Science* 253: 1503-1507 (1991).
- ・ Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. K Tamura, M Nei. *Mol. Biol. Evol.* 10:512-526 (1993).
- ・ Temporal patterns of fruit fly (*Drosophila*) evolution revealed by mutation clocks. K Tamura, S Subramanian, S Kumar. *Mol. Biol. Evol.* 21: 36-44 (2004).
- ・ Estimating divergence times in large molecular phylogenies. K Tamura, FU Battistuzzi, P Billing-Ross, O Murillo, A Filipowski, S Kumar. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 109: 19333-19338 (2012).
- ・ Theoretical foundation of the RelTime method for estimating divergence times from variable evolutionary rates. K Tamura, Q Tao, S Kumar. *Mol. Biol. Evol.* 35: 1770-1782 (2018).

(編集担当：大島一正)

## 研究奨励賞受賞記

# ご縁に導かれてふらふらと

浅原正和 (愛知学院大学)

この度は日本進化学会研究奨励賞を賜り、大変光栄に思います。思い起こせば日本進化学会は私が研究活動を始めた当初から参加していた学会で、様々な研究者との出会いを与えてくれた学会でもありました。この機会に、私自身のこれまでの研究を進化学会との関わりに触れながら振り返ってみたいと思います。

幼い頃からのカモノハシ好きが高じて哺乳類の進化の研究をしようと考えはじめたのは、京都大学農学部在籍していた学部時代でした。その頃は「生物科学の会」というサークルで進化や古生物を含めた生物学に関する自主ゼミをやったり、のちに大学院で所属することになる理学研究科の動物系統学研究室のゼミに顔を出したりしていました。4年生になってからは、卒業研究として、農学部の生態情報開発学研究室で刑部正博先生のもと、ハダニの薬剤抵抗性遺伝子に関する研究を行いました。進化というものを考える上で集団遺伝学的な要因を理解することは重要と思われまし、圃場というある種の実験室的な環境下での遺伝子頻度の変化は興味深い研究対象と思われたのです。卒業研究の過程では、様々な仮説を考え検討していくそのサイクルの楽しさというものを実感することができました。初学者が考えた仮説ですから、そのほとんどはただの思い付きレベルだったのですが、駆け出しの人間がそういったことを自由に研究できる環境を得られたことは大変ありがたいことでした。その過程で動物系統学研究室で見聞きした

動物の地理的変異を可視化する手法を薬剤抵抗性の解析に使うなど、その頃から異分野の手法を積極的に使うことを試みていたように思います。次から次へとアイデアを試していくことの楽しさが私の研究活動の原点になりました。卒業研究は私の書いた最初の原著論文になりました。

大学院に進学してからも、様々なアイデアや仮説を検証する研究がしたいと思い、博物館に収蔵されている標本、なかでも骨格標本を利用した比較形態学を主軸に研究を開始しました。標本を用いた研究は実験系に依存することなく様々な分類群の生き物を扱えるということで、思いついたアイデアを色々と試していきたい私にとっては魅力的な手法だったのです。しかし、研究を始めた当初は壁にぶつかります。思いついたアイデアは実を結ばず、悶々とする日々が長く続きました。そのことを何かの折にメールで「賽の河原に石を積んでそれを自ら崩す日々」と表現したことがありました。そのような日々を送りつつも、経験を積むことで、骨の山(標本の山)から徐々に鉱脈を掘り当てることができるようになっていきました。その一つが、現時点での私の主要業績のひとつである食肉目哺乳類を中心とした歯の臼歯形態の研究でした。この研究のきっかけは2007年にヘルシンキ大学のチームから発表された新たな歯の発生モデルでした。マウスを用いた実験発生学的な手法から提示されたこのモデル(Inhibitory cascade model)は、ネズミ亜科の種間における形態の多様性をも説明できるという点で魅力的なものでした。進化は個体変異が自然選択を受けることで起こりますが、個体変異はランダムに生じるわけではありません。発生の仕組みや物理的な要因から、どういった方向に個体変異が起こりやすいかは拘束されており、それが進化の方向性を制約し、また特定の方向への進化を促進する可能性があります。臼歯形態は機能と大きく関連しますので、発生のメカニズムを考えることで古くから言われていた食肉目哺乳類の食性における多様性の高さや歯の形態の可変性を説明する鍵になるかもしれない、そう考えた私はまずは比較形態学的な研究を行います。そして、食肉目においては発生のメカニズムによって形態の変異性が一定の方向に拘束されており、さらに食性に応じて臼歯列の機能が大きく変化できるということを示す結果が得られました。その研究を公の場ではじめて発表したのは、2009年に北海道大学で開催された日本進化学会の北海道大会でした。当時は修士課程の学生で研究費もなかったので、せっかく私費で行くのだからと出張では選べない寝台特急の北斗星に揺られて札幌まで移動したのを覚えています。その時はまだ不完全な内容での発表でしたが、北大の鈴木仁先生をはじめ何人かの研究者からコメントをいただいたことは、その研究を続ける励みになりました。今回、北海道大学で開催された大会でこの賞を受賞できたのは、そういった意味で感慨深いものでもありました。

しかし、この研究内容が全て論文化されるには、それから7年を経なければなりません。海外の博物館での標本調査に力を入れた博士課程時代、そして霊長類研究所で過ごしたポスドク時代と、徐々に研究は拡大していきました。そして食肉目全般における臼歯形態の比較だけでなく、遺伝子改変マウスの解析や、データベースから取得した遺伝子の塩基配列の情報をを用いた分子進化の解析を付け加えることになるのです。これには形態学を主軸としていた私の力だけでは不十分で、周辺分野の研究者との出会いが重要でした。マウスの解析は、私が京都大学総合博物館で発表したセミナーを聴きに来てくださった医学部附属病院の斎藤和幸博士との出会いと助けがなければ不可能でしたし、分子進化の解析は、所属研究室や京都大学霊長類研究所でご一緒した岸田拓士博士のご助力がなければ不可能でした。

研究活動においては、そういった人との出会いや、偶然の遭遇、世間話といったところから研究が進展したり、新たなアイデアが生まれることがあります。そういう意味で、進化学会は多くの刺激を与えてくれる学会です。例えば2018年の大会ではアメリカからMark Springer先生が招待講演者としていらっしゃっていました。大会中Springer先生とロビーでしばらくお話する機会があり、自分の研究に関連したアドバイスを頂いたり、触発されるところがありました。さらに共同研究をしていた岸田拓士博士と大会中ホテルの朝食会場で遭遇して世間話をしたことで、ひとつの研究計画を思いつきます。その計画はその年に科研費基盤Bのテーマとして申請することになり、無事採択されることになりました。現在はそのテーマを遂行中です。出会いという意味では、その昔、大学に入る以前に、ネット上で進路に関するアド

バイスをくださった三澤計治博士とも進化学会ではじめてお会いすることになりました。昨年の大会にも参加されており、お祝いの飲み会にもご一緒していただいたのも大変嬉しいことでした。

このような直接研究活動に影響したもの以外にも、進化学会は多くの刺激を与えてくれました。進化学は生物学分野のみでなく、古生物学、生物哲学といった様々な分野と関連します。私が進化学会に顔を出し始めた十数年前には、当時初学者であった私からしても参加者の多様性を感じておりましたし、それは私自身にとってもよい刺激となっていたように思います。しか

し一方で、近年の進化学会は参加者の研究分野の多様性が低下しつつあるようにも感じています。私が院生の頃に開催された京都での大会では生物地理学の発表が多数ありました。その少なからぬ割合は当時所属していた研究室の院生たちのものであり、(私が大判プリンター係のような役割だったこともあって)せっせと印刷を手伝ったのも懐かしい思い出です。現在では進化学会の大会で生物地理学の発表は減ったように思います。研究者の層も、以前なら見かけた分野の方が現在は見当たらないといったことがあるようにも感じています。私の研究も比較形態学の研究というあまり目立たない分野のものですが、このような私がこの学会で研究奨励賞をいただけたことには別な意義もあるのではと、僭越ながら考えております。

学会といった場に限らず、出会いや偶然の積み重ねが現在を作るとするのは、この歳になって実感するところです。院生時代に、とある会で知り合った方が一般向け科学雑誌の編集者に就かれました。その方のご縁で、ポスドク時代、その雑誌でカモノハシの記事を監修することになりました。ちょうど同時期に大学で非常勤講師をはじめたタイミングで、カモノハシの記事を監修した勢いから、カモノハシを主軸に生物学の歴史や哺乳類の進化を講義する教養科目「カモノハシと学ぶ哺乳類の進化—そして科学と社会との関係」を始めることにもなりました。そしてその講義を準備している途中、カモノハシの眼球における解剖学的な特徴を報告する重要な文献に気づくことになりました。当時、現生カモノハシと化石カモノハシ・オブドゥロドンの比較形態学的研究を進めていたのですが、その文献は研究に重要なヒントを与えてくれました。

そもそも私が歯の形態に関する研究をはじめたのは、カモノハシ好きというところが原点でもありました。カモノハシにはじまる哺乳類の進化や化石といったものへの興味から、学部時代には化石の歯の形態学研究をされていた京大理学部の瀬戸口烈司先生の輪読授業に参加したり、京大総合博物館の本川雅治先生の研究室で行われていた自主ゼミに参加して、化石哺乳類の書籍を輪読したのでした。後者の輪読会では化石単孔類の章を担当し、その中で化石単孔類が歯や下顎の化石だけで知られている事例が多いことを知りました。哺乳類の進化を考える上で歯の重要性を認知した私は、歯の形態学的な研究をしようと思いついたことになったのです。そして歯の形態学研究を進めていたら、現在奉職する愛知学院大学で歯学部の学生に向けて生物学の講義や実習をすることにもなりました。不思議なご縁に導かれながら、今の研究テーマ、今のポジションに行き着いたのでした。

このように研究生活を歩んできたわけですが、研究者として生きていくにはさまざまな犠牲も伴います。生活が安定するのは相応に年齢が行ってからになることが多い職業です。そのために人生の決断を下せなかったこともありました。仕事の量が膨大であるのも確かで、気づかないうちに失っているものもたくさんあるのでしょう。しかし、一方で得るものもあります。多くの良い人たちに囲まれて研究生活ができたことは幸せなことでした。もちろん世の中にはよからぬ人々もいますが、可能な限り良き人々と関わりな



写真 研究室にいるカモノハシのぬいぐるみたち

がら生きていくことを選択していけるのも、自律性の高い研究者という職業ゆえだと思います。また、自分の構想に従って自分の名前で仕事ができ、これが自分の仕事だ、というものが他者からも自分からも可視化されるというのは、研究者という職業の醍醐味ではないかと思います。それは逆にいうと、自分がしばらく研究成果を出せていない、ということも見えてしまうということでもあり、気を引き締めていかないといけないなとも思いますが…。

今後ですが、「生物多様性のデータセット」を利用した研究を進めていきたいと構想しています。それは主に博物館標本と遺伝子の塩基配列情報です。博物館標本は生物が多様化してきた中で生み出してきた様々な形態の情報を持っており、研究者に公開されています。そしてそれらの生物が持っていた遺伝子の情報はゲノムのデータとして公開されつつあります。こういったデータセットを利用することで、様々な研究を進めることができると考えています。実験生物学では人工的に遺伝子型を変化させて表現型の変化をみるが行われてきました。そうすると、表現型が生み出された至近要因を明らかにすることができそうです。こういったことを生物多様性の中にある遺伝子型と表現型のデータセットでやってみようということです。そして、それに発生モデルや実験動物のデータを加えることで、より確かな結果を出していくことができるはずです。2016年に発表した食肉目臼歯形態の研究は、その嚙矢といえるものでもあり、ディスカッションでも触れています。実際のところ似たような観点の研究は複数の事例がありますが、表現型の情報自体から変異性のパターンを抽出して発生モデルの検討を行うことや、複数手法を組み合わせているといった点で、私たちの研究は先駆的なものになっていると考えています。今後は哺乳類の特徴である複雑な臼歯形態の形成要因をターゲットとして、このような研究を進めていきたいと考えているところです。

(編集担当：手島康介)

## 研究奨励賞受賞記

# 進化生物学を覗き見る小さな窓

奥山雄大(国立科学博物館植物研究部)

この度、憧れていた進化学会研究奨励賞を賜り、大変光栄に存じます。研究を評価して下さった選考委員会の皆さまに感謝申し上げます。また当然のことですが、僕が研究をどうにか今日まで続けてこられたのは多くの指導者、そして共同研究者の皆さまの有形無形のご協力があって他なりません。特に、全くの思いつきのレベルで始めた研究の芽を伸ばして下さった指導教員の加藤真先生、村上哲明先生、そして学位取得後、全く専門の異なる僕に新しい研究アプローチを示しトレーニングして下さった寺内良平さんをはじめ、これまで僕の拙い学問をサポートして下さった全ての方への感謝の気持ちは言葉に尽くせません。あらためまして、今回同時に受賞された他の素晴らしい受賞者、そして過去の錚々たる受賞者の名に連なったことを実感し心が引き締まり、背筋が伸びる思いです。

ところで受賞理由の研究題目は「チャルメルソウを中心とした被子植物-送粉昆虫共生系の進化研究」としていただきました。少し気になって他の受賞対象研究題目をさかのぼって確認してみると「チャルメルソウ」のような特殊な生物名が入ったものは他になく、「ヒト」を除けばほとんどは「目」以上の分類群か、進化生物学の一般法則・現象に関わる用語が入ったものばかりでした。このことは、ほとんどの人が見向きもしないチャルメルソウのような野生植物に脚光を当て、一般性のある進化学研究を行ったという点でユニークであるという評価を頂いたということだと理解しており、そのことを何よりも嬉しく思います。実際、近年は「チャルメルソウの人」として次第に学会等で認知されるようになったとも感じ

ております。しかしそうは言っても、多くの方からは奥山は「なんだかあまり重要とは思えない特殊な生物を研究している人」という以上の評価は得られていないだろうと思いますし、実際その評価は必ずしも間違っていないでしょう。しかしせっかくこのような場を頂いたので、あえて僕のような変則的な研究アプローチも悪くないのではないかとこのことを主張というか提案してみたいと思います。

## ■材料讃歌は「勇気」の讃歌

ところで生物学の研究者には「生き物が好きでたまらないから生物学を志した」というタイプと、「個別の生き物にはさして興味はないが、生命現象そのものに興味があって生物学を志した」というタイプの二通りがあるようで、僕は明らかに前者です。すなわち、昔も今も生物学に対する興味は基本的には生き物そのものにあるので、なにか具体的な研究対象の生き物を見ることなしには諸問題を掘り下げるモチベーションにならないという性分なのです。このような特定の生き物への偏愛は、一般性の高い進化生物学の問題を解明するには障害にしかならない厄介なもののようにも思えますが、一方で自己弁護するならば、テーマと研究材料がうまくはまると一転して強力なモチベーションとなるのです。また、生き物への愛は言葉の壁を越えます。同じ生き物に興味を持つ人同士であればすぐに仲良くなれて、しかも学問的関心も容易に共有できるので国際共同研究がスムーズに進むというのは僕の数少ない経験での実感です。そういうわけで進化学研究業界にもっと僕のような不器用な生き物好きが増えて欲しいと個人的には強く願っております。

ともあれそんな性分の僕ですので、そもそもなぜチャルメルソウの研究を始めたのか？ということに深い理由などありませんでした。大学3年生だった18年前、卒業研究を見据え何か独自の研究がしたいという時に、大学の近所に生えていて見知っていたチャルメルソウがたまたま目についたというだけに過ぎません。そしてただ行き当たりばったり、疑問に思ったことをひとつひとつチャルメルソウに問いかけていくというスタイルで研究を続けてきたわけです。少しだけ自分に先見の明があったとしたら、チャルメルソウの仲間のほとんどが日本固有種なのでいずれは「種」の問題に迫れるかもしれない、と考えていたことくらいでしょうか。かように偶然の出会いですので、例えば僕が京都ではなくて東京で学生をやっていたら、きっとチャルメルソウには辿りついていなかったでしょう。

さて研究のはじめに僕が関心を持ったのは、送粉者への適応の結果として多様な花が進化したという美しい植物進化学のセオリーと、それにも関わらず送粉者が未解明の植物が世の中に非常に多いという事実でした。そしてその送粉者が未知の植物の一つとして、奇妙な花の姿が特徴的なチャルメルソウを調べた結果、それまであまり送粉者として重要視されていなかったキノコバエがチャルメルソウの仲間のほぼ唯一の送粉者であることを突き止めるに至ったのです(写真)。これはほんの小さな発見でしたが、自分以外誰も知らないチャルメルソウの秘密を知った瞬間であり、ここで僕の材料愛(偏愛?)が芽生えたのではないかと思います。

愛すればもっと相手のことを知りたくなるもの。この発見を受けて次に考えたのは、チャルメルソウの奇妙な花は「キノコバエの花」すなわち、キノコバエによる送粉に適応した花である、という仮説でした。このことを示すには、近縁種でキノコバエが送粉しないものと生態及び形態を比較する必要があります。そんな当時の僕の頭にあったのは、南アフリカの送粉生態学の研究者、Steve Johnson博士らによる1998年のPhylogeny and radiation of pollination systems in *Disa* (Orchidaceae). *American Journal of Botany* 85: 402-411. でした。この論文は当時最も感銘を受けたものの一つで、南アフリカで多様化したランの仲間 *Disa* 属の27種についてそれぞれの送粉者を示し(チョウ・ガからハエ、ハナバチに至るまで多岐にわたります)、同時にその系統推定を行って(なんと塩基配列などの分子情報ではなく形態形質を用いています)花の形質進化をマッピングしたものでした。この研究は今でも数少ない、ある系統群で実際に送粉者に対する適応がどのように花のダイナミックな進化、多様化に関与してきたかを鮮やかに示した仕事であり、チャルメルソウでも同様の研究ができたらと憧れたのでした。しかし比較対象とすべき広い意味での





**写真** (左)コチャルメルソウを送粉するキノコバエの1種(*Coelosia* sp.)と、(右)チャルメルソウを送粉するミカドシギキノコバエ。コチャルメルソウとチャルメルソウは姉妹種で両種間では稔性のある人工雑種もできる。一方この両種間では送粉者となるキノコバエの種が完全に異なっているため、野外ではほぼ完全な生殖的隔離がある。この送粉者の違いを支配しているメカニズムの一端が花の香り物質であるライラックアルデヒドの有無にあることを、2015年に明らかにしている。この2種にはこれ以外にも様々な生活史形質に大きな違いがあり、植物種分化研究のモデルとして注目している。

チャルメルソウの仲間の多様性の中心は、アメリカ合衆国にありました。土地勘もなく語学力も微妙な僕が北米でのフィールドワークなんて果たして実現可能なのか、と不安も大きかったのですが、そこは「我こそが誰よりチャルメルソウに詳しくならなければ」という矜持で、勇気を振り絞ったのでした。折しもその時、アメリカ合衆国はアイダホ大でチャルメルソウ類の送粉者のガの研究をしていたOlle Pellmyr先生から連絡があり、向こうでのフィールドワークのホストを受け入れてくださったのが何より大きな後押しになりました。結局、この仕事が僕の博士論文の中核となり、北米産の種も含めてチャルメルソウの仲間の多様性の大部分について網羅する形で、*Disa*属に匹敵するくらい詳細に送粉様式を解明することができました。またその送粉様式と花形態を関連させて分子系統樹にマッピングすることで、チャルメルソウの仲間でも繰り返しキノコバエによる送粉に適応する形で花の進化が起きたこと、すなわち「キノコバエの花」仮説を証明することができたのでした。

この他に「なぜ色素体ゲノムと核ゲノムの間で遺伝構造が一致しないのか?」、「ほとんどが地域固有種というチャルメルソウのそれぞれの『種』は本当に進化生態学的に意味のある生物学的種なのか? それとも地域変異に人間がそれぞれ名前をつけているものに過ぎないのか?」、さらには「倍数体であるチャルメルソウの倍数性ゲノムはどこから来たのか?」などの問題に自分なりの答えをだすことができました。この辺りの経緯については一昨年に拙著「多様な花が生まれる瞬間」に書きましたので、興味を持っていただいた方はぜひ読んでみてください。そうやって研究を進めてゆくうち、幸運にもチャルメルソウは植物進化学の様々なテーマを扱うのに大変優れた性質(遺伝学ができることなど)をいくつも持っていることが次第に明らかになってきたのでした。材料愛を突き詰めれば、その研究対象の優れている点(もちろん欠点も!)見えてくるものなのです。

### 遠回りこそが最短の道だった

このように、チャルメルソウについてちょっとした疑問を持って、関連する研究について勉強して、その疑問に自分なりの答えを出す、また新たな疑問を見つける、というサイクルを続けてきた結果、たどり着いたのが現在取り組んでいる種分化の問題でした。それにしても、あらためて考えてみると進化生物学

の諸問題の中でも種分化は特異なテーマだと思います。なぜなら、種分化は多くの生物学者を惹きつける一般性のあるテーマとして認知されている一方で、個々の種分化はとても特殊かつ一度きりの現象であるため、その理解には対象の生き物の生活史から形態・進化史まで徹底的に理解する必要があるからです。研究対象のことをもっと深く知りたい、という思いから地道に疑問を解明していった結果、気がつけばチャルメルソウが種分化研究に有用な研究モデルになっていたというのは、その意味からすると必然だったのかもしれない。

例えば、花の適応進化を示す目的でチャルメルソウの仲間の大部分の種で送粉者を調査済みだったが、種分化の有力なメカニズムとして送粉者による生殖隔離を示すことにつながりました。また運良く同じ研究室出身の共同研究者、岡本朋子さんが花の香りを専門に研究していたことで、どうやらチャルメルソウの送粉者であるキノコバエ類の行動を支配するのは香りらしいということになり、ついには種分化のトリガーとして特定の香り物質(ライラックアルデヒド)が有力な形質であると示すに至ったのでした。ちなみにこの研究がきっかけで深入りすることになった花の香りという形質は、チャルメルソウ以外の植物にも「偏愛」対象を広げた現在、僕の関心の中核のひとつとなっています。花の香りは、非常に多様でありながら送粉者に対する信号形質として特異性が高く、また二次代謝経路という遺伝学的、生理学的にも興味深いメカニズムが関与して生じるため大きな広がりを持ったテーマだと感じています。

このように、チャルメルソウは僕にとって、進化生物学を理解するために様々な切り口から学問を深める糸口、すなわち何もない部屋から世界を覗き見るための窓のようなものでした。そのような「生物学の窓」としてはもちろん、シロイヌナズナやイネといったモデル生物が強力なのは議論の余地がありません。それらモデル生物の「窓」は様々に拡張され、強力な観察装置が付き、世界の様子をどんな他の生物よりもよく「視る」ことができるでしょう。しかしそれでもこれらはやはり一つの「窓」に過ぎないわけです。ですから窓越しに外にある生物進化という「世界」の姿をよりよく「視る」には、一つの窓を充実させるだけでなく、他の窓を充実させることもまた一つの有効なアプローチなのではないかと信じています。実際に、能力に限りがある僕ではチャルメルソウやその他野生植物の研究のポテンシャルをまだまだ完全には引き出せていないと感じています。幸いなことに、最近は多くの優秀な研究者に興味を持っていただくことができているので、今後はそれらの方々の方々の力も借りて、楽しく実りある研究を続けていけたらなあと考えております。生物進化、特に種分化は壮大かつ生き物の魅力を存分に味わえるテーマであり、生物を愛する者としてキャリアの全てを賭けるに値するものです。今後も地道に目の前の自分が面白いと思った小さな疑問の答えを探しながら、この困難な大いなる目標に迫っていきたいと考えています。

「大切なのは『真実に向かおうとする意志』だと思っている」「向かおうとする意志さえあれば、たとえ今回は研究がうまくいかなかったとしても、いつかはたどり着くだろう?」「向かっているわけだからな…違うかい?」

(荒木飛呂彦:「ジョジョの奇妙な冒険」part5、1998より一部改変)

(編集担当:手島康介)

## 研究奨励賞受賞記

# 「奨励」賞を受賞して

後藤寛貴(国立遺伝学研究所)

この度は日本進化学会の研究奨励賞をいただき大変光栄に思います。改めて選考委員の皆様、およびこれまでの研究生活でご指導、ご助言を賜りました皆様様に感謝いたします。

過去の受賞記を拝見しますと、それまでのキャリアを振り返る機会としている皆様が多く、先例に倣わずは僕も研究人生を振り返ってみたいと思います。

## 研究室所属以前

僕は1984年に札幌市で生まれ、北海道オホーツク地方の北見市で育ちました。多くの生物学者と同じく、小さいころから虫が好きな子供でした。小さいころから漠然と科学者になりたい、あるいは「自分は科学者になるのだろう」と根拠もなく考えている無知で無邪気な子供でもありました。そのまま大学でも好きな生物のことを学びたいということで進路を理学部の生物系に定め、2003年に北海道大学の理学部に入学することになります。なお学部時代は体育会の卓球部に所属し、週5で卓球をしている日々でした。

## シロアリからクワガタへ

4年次の研究室配属で、主に昆虫の表現型可塑性の発生メカニズムを研究している三浦徹先生(現東大臨海実験所 教授)の研究室に所属しました。卒研のときのテーマは、シロアリのカースト分化における内分泌制御機構の解析でありましたが、修士からはテーマをクワガタムシの大顎形成機構の解明に切り替え、このテーマで修士、博士と研究をおこない、博士の学位を取得しました。以降、今日に至るまでこのテーマを自身の中心的な研究テーマとしております。

クワガタムシの性的二型の発生学的メカニズムとして、幼若ホルモンによる大顎発達の促進的制御の発見(Gotoh et al. 2011, PLoS ONE)、その幼若ホルモンに対する応答性が性決定遺伝子を通して性特異的に制御されていることを実験的に証明(Gotoh et al. 2014, PLoS Genet.)、そして大顎形成を実際に担う遺伝子群の同定と機能解析(Gotoh et al. 2017, Dev. Biol.)といった一連の研究が僕の代表的な研究成果であります。これらの研究はいずれも、研究の核となる結果が、この大学院時代の5年間に得られたものであります。この5年間は本当に研究がすべての中心であった5年間でした。多方面に未熟であり技術も知識も足りなく、稚拙な文章を描いては指導教官の三浦先生の頭痛のタネとなっていたお世辞にも出来がいい院生ではなかったと思いますが、情熱だけはあったのではないかと思います。三浦研究室の素晴らしい諸先輩方に囲まれた素晴らしい研究環境であったこともあり、とにかく研究のことが頭を離れることはない5年間でした。

## クワガタとともに転々と

学位取得後は海外学振特別研究員としてアメリカのワシントン州立大に2年間在籍し、その後は名古屋大で4年間、北大で1年間の研究期間を経て現在は国立遺伝学研究所の北野潤先生の研究室にポスドクとして在籍しております。この間、常に材料のクワガタとともに移動し、行く先々でその都度飼育系を整備して実験を行い、幸いにして複数の論文を継続的に出版することができました。特に海外学振の受け入れ先のボスであったLaura Lavine博士とその共同研究者であり僕の憧れの研究者でもあったDoug Emlen博士らとは現在に至るまで共同研究を継続しておりますし、新美輝幸先生(名大時代の受け入れ研究者：現基礎生物学研究所 教授)や大阪大の近藤滋先生とも共同研究を行う機会をいただき、カブトムシやツノゼミにも材料を広げ、昆虫における魅力的で不思議な形態の発生機構を研究し続けております。

大学院時代に鍛えられたおかげで、学位取得後の数年間にわたり安定して研究業績を積み重ねることができました。海外で初めてのポスドク生活を始め、数年ごとに所属が変わり、いままで使ってこなかった材料を用いる共同研究も増え、時に学生の指導を請け負うような立場になっても、継続的に業績を出し続けることができたのは、大学院時代の5年間の積み重ねがあり、また、それぞれの場所でかかわる人々に恵まれてきたためだとしみじみ思います。

## 現状

しかし一方で、学位取得後の僕は、大学院生時代に行った研究を超えるような研究を、行えないままでも感じています。自身のメインプロジェクトと標榜しているクワガタムシの研究は、2017年を最後に論文出版が途絶えており、かといって素晴らしいデータが貯まっているわけでもありません。むしろ、なまじ知恵がついてしまったことでリスクが高く時間がかかるような実験に手を出すことを控え、(任期切れまでの)時間がないことを言い訳に、新しい技術や知識を学びながら腰を据えてじっくり取り組むような研究を避けるような傾向が表れ始めました。ここ最近の自分は、主に大学院時代に蓄えた知識や技術の貯金を切り崩して研究者を続けているにすぎないのではないかとすら思います。このような姿勢は研究者として致命的だという自覚はあり、それではいけないと思う一方、この数年間は常に任期の残り期間を気にし、時に失業し、今の研究テーマをいつまで続けられるのかも不透明でもありました。いつ業界を去ることになってもおかしくない中で、中長期的な展望を描くこと自体に虚しさを感じていたのもまた事実でした。この自己否定感と虚無感、そしてそうして悩んで時間を浪費していること自体に対する焦燥感に苛まれる日々が続いていました。同時期には数年間に渡って不妊というプライベートな悩みにも苛まれており、妻と離れて暮らさねばならない(つまり子どもを作りにくい状況に陥りがちになりやすい)研究者という道を選んだこと自体に対する疑問を持つこともありました。

進化学会研究奨励賞の受賞連絡をいただいたのは、まさにそのような辛い時期であり、このタイミングでの受賞、それも母校である北海道大学で開催される大会での受賞は、もう一度大学院生時代のように頑張ってみないかと文字通り「奨励」されていると感じたものでした。研究奨励賞自体は、現在の自分自身に対してではなく、あくまで過去の実績に対して贈られているものと自戒し、改めてかつてのような、つまり大学院生時代のような、姿勢で研究に打ち込むことができるようになってこそ、受賞に値するといえるかと思います。奨励していただいたことを裏切ることがないよう、今一度真摯に研究に向き合って精進してまいりたいと考えております。

最後に繰り返しになりますが、僕がこうして研究成果を世に発表し、何とか研究職を続けてこられたのは、人に恵まれたことに他なりません。上記の文中でお名前を挙げさせていただいた三浦先生をはじめとする諸先生方には改めて感謝申し上げます。加えて、失業&不妊で絶望していた僕に手を差し伸べ再起するきっかけを作ってくださった北海道大学の越川滋行先生、幾度も幾度も励まし、助け、ときに叱咤して下さった(特にM2の時に大号泣する僕の弱音を聴いていただいたことを思い出します)名古屋大の石川由希先生、僕自身が研究者として劣化しつつあるという悩みを最初に吐露させていただいた信頼できる友人であり、現在のラボメイトでもある石川麻乃先生にも心よりの感謝を申し上げます。

## 引用文献

- ・ Gotoh H, Cornette R, Koshikawa S, Okada Y, Lavine LC, Emlen DJ, Miura T (2011) Juvenile hormone regulates extreme mandible growth in male stag beetles. *PLoS ONE*, 2011 6(6): e21139.
- ・ Gotoh H, Miyakawa H, Ishikawa A, Ishikawa Y, Sugime Y, Emlen DJ, Lavine LC, Miura T. (2014) Developmental link between sex and nutrition; doublesex regulates sex-specific mandible growth via juvenile hormone signaling in stag beetles. *PLoS Genetics*, 10(1): e1004098.
- ・ Gotoh H, Zinna RA, Ishikawa Y, Miyakawa H, Ishikawa A, Sugime Y, Emlen DJ, Lavine LC, Miura T. (2017) The function of appendage patterning genes in mandible development of the sexually dimorphic stag beetle. *Developmental Biology*, 422: 24-32.

(編集担当：石川由希)

## 研究奨励賞受賞記

## 移り気な出遅れ進化研究者

松浦 優 (琉球大学 熱帯生物圏研究センター)

2003年の夏、大学を休学し、語学留学を装ってUCサンディエゴ校に滞在していた私は、留学前に大学の図書館でたまたま手にした石川統先生の著書<sup>[1]</sup>の影響で、密かに興味を抱いていた生物学関連の講義を複数受けていました。私はそれらの内容を深くは理解していませんでしたが、生物多様性と進化に魅せられて生物学者になると決意しました。それから色々あって念願の共生進化の研究室に入った2008年、東大駒場で開催された進化学会の頃は特に貧乏だった(ほぼ1日100円生活)ゆえにもぐりで初参加し、懇親会で無銭飲食している姿を大会委員の方にジロっと睨まれた(ような気がした)ことを思い出します。そしてさらに10年ほど、僥倖にも研究者の職を得て、自信をもって面白いと思える研究成果が出始め、多少は学者らしくなったかなと感じていた矢先に研究奨励賞をいただくことができました。「お前を進化の研究者として認めてやろう」(ドラクエでいうとレベル20の遊び人)というお告げをいただいたようで至極光栄です。今回、そして過去の受賞者も錚々たる面々ですし、気を引き締めて精進せねばと思わずにはいられません。本稿では、普段は話すことのない研究の世界に飛び込む前の愚劣な自分史をあえて振り返ることで初心を思い出し、私のように移り気で何がやりたいかわからずさまよっていた人間でもなんとか研究者になりえたという例として、しばしご笑覧くだされば幸いです。

## 幼少期から大学入学まで

親戚中に「こんな落ち着かない子はみたことない」と言われ、興味が移り変わり騒ぎまわる幼少期だったようです。幼稚園や学校でも自分の喋りたいとき、動きたいときに衝動的にそうしてしまうようでした。心配性の親をもっていたら、病院に連れていかれて多動性や衝動性と診断されていたかもしれません。幸い、母はあまり細かいことは気にしない大らかな人なので、好奇心旺盛で活発な子だと放っておいてくれました。(現在もひとつのことに長く集中できるのは稀で、複数の課題や実験を並行して進めないでと極度に無関心になったり、時々相手のペースを考えず喋りすぎたり、昼間は集中できないのに真夜中に突然衝動がきて猛烈に執筆したりといった弊害があり、多方面に迷惑をかけています。)さて、何か思い出そうとしても、大した特技や逸話がなくて走り泳ぎが少し速かったぐらいで、何事も長くは続かなかったのですが、今も残る習性があるとしたら近所で採ってきた虫・蛙・亀・魚を飼うことぐらいでした。珍しい種の収集に関心はなかったのですが、一度飼ったら世代を回すまでは維持するように努めて、父に相談しながら試行錯誤していたのを覚えています。高校の数学教師だった父はあまり家にいませんでしたが、在宅時は趣味の園芸に時間を費やしていたので、一緒にできる活動は生き物の世話ぐらいだったからでしょうか。それで今でも研究対象の飼育に関しては、なるべく注意を払って取り組んでいます。文字が読めるようになると部屋に転がっていたホーキングや古生物が出てくる科学雑誌を眺め「世界にはわからないことが多くあり、それを調べているのが科学者か、すごいな。」程度の認識は持ち、パートナーの「せいめいのれきし」はボロボロになるまで何度も読んで記憶があります。しかし、小学校3年になると付き合い合っていた友人の多くがゲームやサッカー、そしてお笑いに夢中になり始め、虫や科学の話をするともあまりモチもウケもよくなって「ハカセ」とおちょくられるようになったためその方向性で頑張る気を失ってしまいました。今思えば前思春期のこの選択が最初の大きな失敗だったのでしょうか。

それからは月並みにゲーム、さして得意でもない球技に取り組み、父に対する反抗心に目覚めてからは数学を完全にリジェクトしました(これも失敗です)が、ギリギリの線で勉強はこなしていました。ただ、たまたま友達に誘われて始めた英会話が性に合っていたらしく、好きなようにベラベラ話しても怒られな

い快感、異文化や外国人に対する好奇心がその後に影響しました。かろうじて小学校まで理科が一番好きでしたが、中学から理解よりも記憶を問われ始め、高校の受験的な勉強になってすっかり落ちこぼれました。予定調和で進む「実験」や決まった用語や数式を覚えることに一向に興味をそそられず、居眠りし、試験前に便覧の図表をパラパラ眺めていた程度と思います。一方で、英語、地理や世界史などは先生の話も面白く、意識明瞭でしたし、つまらない日常を忘れて未知の世界の妄想をしていました。では、ほとんど勉強も趣味もせず何をしていたかという、中学でサッカー、高校でバスケットボールと2つの部を渡り歩き、見事にどちらも花開かず撃沈しましたが、一応辞めずに続けたことにより、初心者としてほどほどの技術を身につける癖がつき、何より体を動かしてつづけていたことで嫌になってもやめずに多少の無茶ができる体力を獲得しました。これが研究においても貴重な財産になっているかもしれません。

## 異文化に対する憧れと外国語大学、生物学科への編入

世界に飛び出したい焦燥に駆られていた私は、深く考えず文系の大阪外国語大学を受験し比較文化学科ヒンディー語科を専攻しました。異質で混沌とした歴史・文化への憧れから、インドを中心に宗教や文化人類学を学びつつ複数の言語を覚えようとしたのですが、すぐに気づいたのは、自分は言語をツールとして習得するのは得意だが、学問としての興味が微塵もないことでした。今の分野で近い話に例えると、バイオインフォマティクスで頻用されるプログラムやコードを解析に困らない程度には小手先で使えるが、複数のプログラミング言語の成り立ち、アルゴリズムの開発や理論的な背景に首を突っ込む気はさらさらないといったところでしょうか。歴史・宗教・文化の講義は面白かったのですが、文学や言語学には目もくねずとにかく練習して言語を覚えました。ところが旧大英帝国圏の国インドですので、外国人教授との会話、現地でもほぼ英語でなんとかこなしてしまいます。しかもインドではヒンディー語以外にも20以上の言語がありますので、地域により会話が成り立たず考えが変わります。「多様な言語だけ身につけてもしゃべれない。中身がないと。」シヴァやラハヌマーンといったヒンドゥー教の神々、そして文化人類学は私の視野をひろげ常識の籬をはずすには十分でしたが、これだ！というほどの感動は得られませんでした。何より、どこかで誰かが既に知っている事象を学ぶことにはやロマンを抱けなくなります。とはいえ、平穏な日常から離れて一人旅をする中で、人や動物の多様な生き死に様を目にして生命のあり方を意識しはじめました。

それからというもの、新しい方向性を求めて図書館に入り浸り、分野を問わずあらゆるメディアに目を通しました。中でも生物学関連の書籍は文系人間でも理解しやすいせいか気になりました。たまたま生命科学の教養講義で二重らせんや細胞の基本が説明されていたのを思い出し、引用文献にあった *Molecular Biology of the Cell*<sup>[2]</sup> を勢いで購入したところ、意味はわかりませんでした。色鮮やかな図表や画像に魅了されます。また、マーギュリスや石川統先生の本<sup>[1,3,4]</sup> を手に取ったところ、「細胞内共生」「共生微生物」「菌細胞」「性を操るボルバキア」などの意味不明ワードが流麗な文章に入り混じっていることに目になって「なんじゃこりゃ」と衝撃を受けました。地球には見たことのない生物種が何重もの段階的なスケールで進化しており、わからないことだらけという事実を知って想像が掻き立てられ、ある意味、頭の中での *major transition* が起きました。この時点で人生の方向性は決まったとも言えるのですが、予備知識が全くなく文系学生だったため次の一手に悩みに悩んだ挙句、「アメリカなら今の専攻は関係ないし留学して勉強しよう！」という短絡的な考えに至ります。1年かけてバイトと奨学金で資金をためつつ、家族や友人には語学留学と見せかけて留学前の時点で生物学の講義についていけるぐらいの語学・語彙力を身につけておきました。

留学先にはUCサンディエゴ校を選びました。これも書籍で目にした利根川進の影響だか、フラれた元カノも渡米してたからか、今となっては忘れてしまいましたが、初の海外一人旅もカリフォルニアだったのできっといいことあるぞという直感のみが頼りでした。結果的には、毎日晴れのような気候は精神衛生上、正解だったと思います。最初に入った語学学校では様々な国籍のポスドク研究者やMBA志望の

留学生と友人になり年齢や分野の違いを気にしなくなりました。さらに、ルームメイトやホストマザーがほぼラテンアメリカ系移民だった影響で生来の楽観的な思考回路も助長されました。そうした半分遊びのような楽しい時期を終えるとサマーセッション(UC在大学生でなくても単位をもらえる夏季限定の長い集中講義)を受講しました。この時最初に選んだEvolutionary biologyが早速当たりでした。講義は基本的にLifeという教科書<sup>[5]</sup>とTree of Lifeをベースに各分類群をざっくりと紹介しながら、進化生態学や行動学研究の実例を話していく形式でした。とにかく情報量が多くて毎日ノートを取るのが大変でしたが、生物の系統進化と多様性に圧倒されてしまいます。なぜか一番印象に残ったのは集団で狩りをするチンパンジーの動画で、「人類目線にとらわれず世界を探索する生物学者になりたい」と決めました。たまたまとなりについて話しかけたのをきっかけに一緒に勉強するようになったAlexにこの決意を告げました。彼は今何をしているのでしょうか、医者になると言っていたこと以外知るよしもありますが、“Cool, good luck with that!”といかにもアメリカ的な励ましをもらったことは一生忘れません。(日本の友人や家族にそれを告げたら、はあ?という反応がかえってきたことでしょう)。他にも複数の講義を受けましたが、案の定、医学系科目では成績が悪かったです。とにかくこうして生物学者になることを決めたのですが、長らく理系勉強をサボっていたので基礎知識が全然足りませんし、UCに入学してやり直す資金も、奨学金を得るための成績(GPA)も十分でないことは承知していました。それで残りの期間はコミュニティカレッジに通いほぼ日本の高校レベルの生物学実習や数学を受けて編入の道を探り始めます。しかし、生活費や授業料がかさみ資金が底を尽き、親に多額の借金をしはじめたのが嫌になり一旦国に帰ることにします。

新しく見出した道を諦めていなかった私はまず就職活動、そして大学を卒業してお金を貯めてから海外の大学に入り直すことにしました。しかし、そんな不純な動機を抱く馬鹿正直野郎を採用するまともな企業があるはずもなく、卒業間近まで仕事が決まりません。親はてっきり私が英語教師になるものと思っていたのでえらく心配したと思います。卒論も書かなくてはいけなかったので、「インドにおける聖なる牛の役割」という題目で、1週間ほどでエイヤッと書きました。担当教員の元チェコ人の教授はいくつかの国を渡り歩いてきた人類学者でビールを飲みながら講義をするような自由人だったので、いいかげんな私を救ってくれました。卒業後、さすがに無職ではまずいので、昔通っていた大手の英会話学校で非常勤講師の職を得ます。主に夜働いていたので昼間は高校の勉強をやり直し、通勤圏内だった大阪市立大学の理学部で科目等履修生になります。そこで、なんと3年次から生物系に編入して学べる制度が国内でもあることを知り、同大学の生物学科を早速受験しました(本制度は現在はありません)。26歳、ようやく入学を許してもらいスタートラインに立った私は、昼は講義を詰め込んでひたすら勉強、夜は仕事に明け暮れました。同期の編入生に私より1つ年上でのちに妻となる上田千晶さんがいて、同じ人生やり直し組の彼女と一緒に勉強してくれたことはとても大きな心の支えでした。生物学科の多くの講義は各分野の先生方が生理学、発生学、生化学などを基礎から体系的に教えてくれるもので、難しすぎず易しすぎず、大学教員となった今も見習うべき内容でした。研究室配属を決める際には、分子系・フィールド系両方に興味があり大変悩みました。宮田真人先生の細菌の運動の研究はセンセーショナルでしたし、幸田正典先生の魚の行動や繁殖戦略の野外研究にも惹かれて、最終的に後者を選ぼうとしたところ、先生がご病気になられてしまい、急遽別の研究室を選ぶことになり、昆虫の時間生物学や休眠の研究をされている沼田英治先生(現京大)の研究室に決まりました。

沼田先生からは非常に良い研究テーマをもらいました。何の因果か、現所属の琉球大に当時おられた佐藤綾先生が見いだした潮間帯に適応した生活リズムをもつコオロギ<sup>[6]</sup>を使って、未知の体内時計の分子機構を調べる<sup>[7]</sup>という挑戦的課題でした。沖縄での非モデル昆虫の野外採集、飼育系の立ち上げ、遺伝子クローニングとRNAi、活動リズム解析など、当時できることの全てをやらせてもらえました。ここでダメなら人生終わりぐらいの気持ちだったので家に帰らず文字通り寝る間も惜しんで虫の飼育と実験に明け暮れ、幸い面白い結果がでたので卒論を投稿する気でガムシャラに書きました。何より、雰囲気の良い研究

室でみなさん真面目に研究していましたし、私は幼少期の昆虫飼育欲が復活して大いに楽しみながら研究できました。ただ、それでもやはり何か物足りなかったのは、かつて心に刻まれた生物多様性と進化に踏み込めるテーマではなかったからで、大学院の進学先をまたも悩みます。そこで、その前年度に植物進化学の講義でレポート課題になった産総研の深津武馬さんの総説<sup>[8]</sup>、アブラムシの必須共生微生物が寄生性の冬虫夏草に取って代わられた話を思い出し、いつかこういう共生進化を研究したいが石川先生はもうこの世におられないし、深津先生は研究所にいますのでどうすべきかと沼田先生に打ち明けます。「それやったら深津くんに相談しにつくばにいったらええやん。」そうして三十路を目前にして私の昆虫の内部共生研究は幕をあけました。2018年のセミの共生に関する論文<sup>[9]</sup>は、2008年に研究を開始していたのに何度か技術的な問題で停滞して発表まで10年もかかってしまいましたが、共同研究者のサポートを得てできる限りの労力をかけて大規模データでアブラムシと同様にセミにおける冬虫夏草の共生菌化を示すことができ、万感の思いでした。

## つくばでの大学院生活、ポスドクライフ

大学院以降、現在までの経歴や研究は論文や受賞理由である程度伺い知れることと思いますし長くなるので本稿ではふれませんが、もともと虫屋の素養をもたなかったうえに行き当たりばったりで人生を歩んできた私が、昆虫や内部共生進化の研究において成果をあげて世界と渡りあえているのは、当然ながら恩師の深津さんの導き、ラボの研究員の方々のアドバイスのおかげであったことは間違いありません。諸先輩方(産総研の菊池さん、二橋さん、九大の細川さんなど)が皆をあっと言わせるような研究成果を目の前で出し続けるとんでもない環境でしたので、自らのダメさに大震災の影響があいまってうつ気味になったこともあります。しかし、面白ければやりたいことはなんでもやっていいという自由を与えられましたし、第一線の研究展開を横目でみながらあらゆる知識を吸収し、稚拙だった思考能力もセミナーで鍛えられました。そして、ポスドク時代は北海道大学に所属し、多くの優秀な人材を輩出してきた三浦徹先生(現東大)にお世話になり、研究所とは違った大学の自由な雰囲気の中、ポスドク・学生陣としばしば飲みに行き、くだらない話とアツい議論を交わして人脈を築けたこともかけがえのない財産です。ここで全部は書ききれませんが、他にも国内外で興味のある技術を有する研究室を見つけてはズカズカと押しかけていきました。厚かましくいろいろ学ばせてもらったこと、ここに感謝いたします。成果発表や若い人への指導を通じて少しずつ恩返ししていければ、と思っています。

## 最後に

このように経歴を振り返ってみると、非常識かつ戦略なしにぎりぎりの線を歩んできましたが、語学や価値観の異なる文化とつきあった経験は、今も研究の現場で役立っていますし、文字通りただ世界を飛び回るだけではなく、多様な昆虫の中に広がる共生関係を探索し、その進化を理解する内部共生の研究に活路を見いだせたのは良かったです。また、常識を疑うあまのじゃく的思考は長い間の習慣となっており、ご存じのとおりこの思考パターンは研究においては非常に有効です。ですので、研究者をめざす若い皆さまにも、頭がやわらかいうちに異文化に飛び込んで自らのちっちゃい常識の枠をぶち壊すことをオススメします。現在、私は南の島の珍しい生き物と戯れることができる恵まれた研究環境にありますが、そのような境遇に甘えず、セミのように一見そんじょそこらのごく普通と思われている生き物を扱っていても「なんじゃこりゃ」と思っていただけのような発見ができるよう、日々努力いたします。

## 引用文献

- [1] 石川統. 科学精神の冒険 2 共生と進化 —生態学的進化論—. 培風館(1988)
- [2] Alberts et al. *Molecular Biology of the Cell*, 4th Ed. Garland Science. (2001)
- [3] マーギュリス・リン. (中村桂子訳) 共生生命体の30億年. 草思社. (2000)
- [4] 石川統. 進化の風景 —魅せる研究と生物たち— 裳華房. (2000)



- [5] Purves et al. *Life, The Science of Biology*, 6th Ed. W.H. Freeman & Company. (2000)
- [6] Satoh et al. (2008) Circatidal activity rhythm in the mangrove cricket *Apteronemobius asahinai*. *Biol Lett* 4: 233-236.
- [7] Takekata et al. (2012) RNAi of the circadian clock gene *period* disrupts the circadian rhythm but not the circatidal rhythm in the mangrove cricket. *Biol Lett* 8: 488-491.
- [8] 深津武馬. (1996) 昆虫内部共生の進化と起源: 寄生からはじまった共生. *科学* 66: 806-816.
- [9] Matsuura et al. (2018) Recurrent symbiont recruitment from fungal parasites in cicadas. *PNAS* 115: E5970-5979.

(編集担当: 山道真人)

## 研究奨励賞受賞記

# 進化学を志して25年

安岡有理(理化学研究所生命医科学研究センター応用ゲノム解析技術研究チーム)

この度は、「動物の発生メカニズムの進化に関する研究」で日本進化学会研究奨励賞を賜り、大変光栄に存じます。推薦していただいた先生及び選考委員会の先生方に深く御礼申し上げます。日本進化学会第21回大会にて授賞式が行われましたが、開催場所であった北海道大学は母の母校であり、感慨深いものでした。この機会に私が進化学を志したきっかけと、これまでの研究の歩みをご紹介しますことで、これまで私の研究をサポートしてくださったすべての方々へ感謝の意を表したいと存じます。

### 幼少期 —古生物学者を夢見る—

私は東京都八王子市に生まれ育ちました。今ではすっかり観光地として有名になった高尾山のふもとで、自然に囲まれた幼少時代を過ごしていました。父は学生運動ど真ん中の人で、私の名前は毛沢東の言葉「造反有理」に基づいているそうです。父は自由気ままでいて勉強熱心な人で、部屋は経済学・社会学の本にあふれており、公務員を退職後の現在も足しげく都内の勉強会に参加しています。私が小さい頃はよく近くの山に散歩に連れて行ってくれて、いろいろな動植物を私に見せてくれました。山で桑の実を食べた帰ってきては、服が紫色に汚れて二人で母に怒られたのを思い出します。母は理系出身で、製薬会社でパートとして働いていたこともあり、理数教育に割と熱心でした。今思うと、職場で不要になった実験道具が家に結構置いてあったような気がします。そんな中から、自然科学への興味がおのずと湧いてきたのだと思います。

小学生になってからは、児童館で読んだ恐竜や古生物の図鑑に夢中になりました。そして小学校3年生のとき、映画ジュラシックパークが公開され、世間は空前の恐竜ブームに。そしてブームに乗る形で「週刊 恐竜サウルス!」という雑誌(おまけ付きの分冊百科もの)が刊行され、私の愛読書となりました。やがて私が恐竜に夢中になっていることを聞いた父方の祖父がその雑誌を送ってくれるようになったので、私は毎週祖父からの小包が届くのが楽しみで仕方ありませんでした。このとき母に促され、雑誌で学んだ内容をレポートにしてワープロで打ち出し、祖父母に送っていたことが、今思えば疑似的な論文執筆経験だったのかもしれない。このころから私の夢は古生物学者になり、世界中で化石を発掘したり、ジュラシックパークのように恐竜のDNAを使って実験的に古代生物を蘇らせたりして、地球生命の進化の歴史を解き明かすことを目指すようになりました。

そんなとき、ふと父に「どうしたら古生物学者になれるのか」と尋ねました。父は「いっぱい勉強しないといけないね」くらいのありきたりな答えをしたと思うのですが、私が「じゃあどこで勉強したらいいの?」と聞き返すと、父はおそらく半ば冗談めいて「東大に行ったらいいんじゃない?」と答えました。

さらに「どうしたら東大にいけるのか」と私が食い下がると、「開成に行けばいいんじゃない？」と父は言いました。親が本気でなくとも子供は本気になるわけで、それから私は東京の片田舎から都内の進学校を目指すことにしました。親はうかつなことを言ってはならないと、二人の子を持つ親として教訓にしたところでした。

当時私は幼稚園時代から続けていたサッカーチームに所属していたのですが、受験勉強との両立が難しく、チームを辞める相談をコーチにしに行ったことを覚えています。今思うと、これが人生で初めて自分で自分の生き方を決めた瞬間なのかもしれません。チームを辞めた後、私に勧誘されてチームに入り、本命の野球チームと掛け持ちをしてくれていた親友に「自分をサッカーチームに誘っておいて先に辞めるのか」と言われたときはさすがにショックでした。それでも、夢を追いかけるために下した自分の選択は間違っていなかったと当時から思っていましたし、この経験があったからこそ、その後努力を重ねられたのだと思います。このとき、いわゆる「大人の階段」を上ったのかもしれません。

### ■ 中学生～学部生 一分子生物学へのシフト

開成中学に入学して間もなく、新入生の文集を作ることになり、ここでも私は将来古生物学者になると書きました。医者や弁護士を目指す同級生が多い中、アカデミックな職を目指す自分に誇りを感じていましたし、実際同級生で現在アカデミアにいる者はそれほど多くありません(400人中私が知る限りでは10人くらい)。受験で一時中断していたサッカーも再開し、部活がメインの中学生時代を過ごしました。中学の授業でもやはり自分が興味を持ったのは理数系科目で、生物や化学は実験が多くてとりわけ楽しかったように記憶しています。

高校に進学してからは、大学進学を意識するようになり勉学により励むようになりました(中学時代の成績が下降線だったので危機感を募らせた、が正しいかもしれませんが)。理科の選択は迷わず生物と化学でした。中高6年間化学を教えていただいた齊藤幸一先生は、高校2～3年の担任でもあり、分子レベルでの化学反応に興味を持つきっかけを与えてくださいました。高校時代に生物を教えてくださいました奥山茂樹先生は、その後進学する東京大学理学部生物学科動物学コースの先輩に当たり、授業内容も当時最新の分子生物学的内容を含んでいました。進学先を相談した際にも、分子生物学で進化を研究したいなら理学部生物学科に行くといいと勧めていただきました。最近になって知ったことですが、後述の平良研究室の先輩にあたる日笠弘基先生(産業医科大)や、東大三崎臨海実験所の三浦徹先生が奥山先生の学部同期に当たるそうで、なんだか不思議な縁を感じています。

東京大学理科Ⅱ類に入学後、学部時代の私の生活は部活一色でした。といってもサッカー部ではなく、大学に入ってからボクシングを始めました。きっかけはサッカー部のグラウンドが駒場キャンパスになかったからですが、何気なく足を運んだボクシング部はとても魅力的で、性格的にも向いていたのかすぐに夢中になりました。私のファイトスタイルは打たれても打ち返す、スタミナと馬力で勝負する、というもので、「打たれずに打つ」を目指す東大スタイルとは少々異なりました。よく相手を観察し、相手を打ち崩す方法を考え、攻略法を見つけた後はひたすら打ち続ける、というスタイルは今の研究姿勢にも反映されています。減量は二度としたくないですが、自分との闘いの中で精神力は鍛えられたと思います。当時を知る妻に言わせると、「学部時代はボクシングしかしてなかったよね」だそうです。

とはいえ生物学科に進むという目標がありましたので、それなりに勉強しました。化石の発掘でゴビ砂漠に行くかもしれないと思っていたので、第二外国語も中国語を選択しましたし、生物系の授業は生化学から地質学まで幅広く受けていました。印象に残っているのは理学部進学前の無脊椎動物学の授業で、上島励先生が全動物門の概説をしてくれたときに、まだまだ自分の知らない生き物がこんなにいるのかと驚きました。そして上島先生と授業後に話していた中で、古代DNAを用いた研究には年代的限界があると聞いたとき、ひどくショックを受けたのを覚えています。つまり幼少期からの夢であったジュラシックパーク的研究が不可能であると知ったからです。このときから、古生物学者という夢が徐々に分子生物学

者にシフトしました。昔からセンスより努力で勝負する質でしたので、運に左右される化石掘りや「目」が必要になる形態観察よりも、地道に手を動かして実験を積み重ねる方に魅力を感じたのだと思います。

## ■ 卒研～大学院時代 – EvoDevo との出会い –

東京大学理学部生物学科動物学コースに進学し、卒業研究では平良真規先生の研究室に配属されました。当時の平良研究室はツメガエルをモデル動物として、胚発生の分子メカニズムを研究しており、進化を研究している人はいませんでした。それでも進化を研究したいと訴えた私に平良先生が提案してくれたのは、「スーパーマンオーガナイザーの進化」というテーマです。当時オーガナイザー遺伝子と呼ばれる遺伝子群が多数発見され、各遺伝子の機能解析が進んでいましたが、脊椎動物のオーガナイザーがどのようにして進化してきたのかについては不明な点ばかりでした。まずは平良先生の発見したオーガナイザー遺伝子 *Lim1* の機能進化を探るため、イソギンチャク・ウニ・ホヤなど様々な動物の *Lim1* 遺伝子をクローニングし、mRNA を合成してツメガエル胚の腹側に顕微注入して二次軸が誘導されるか調べました。イソギンチャクの *Lim1* をいくら打っても二次軸ができなかったときには、ついに遺伝子の機能進化を見つけたと興奮したものです (Yasuoka et al., 2009, *Development*)。自らのテーマを持って研究を進めていく中で、自分の目指すべき研究の方向性が進化発生学 (EvoDevo) であり、特に胚発生における遺伝子機能比較に基づいた進化過程の類推が重要であることを見出しました。

平良先生は実験計画・手順にとっても厳しい方で、コントロール実験の大切さを教えていただきました。適切なコントロールを取らないとどんな実験をしても結論が出ない、結論の出ない実験は時間の無駄であると教え込まれました。平良研究室での経験があるので、どこにいても実験デザインに困ることはない自信が持てるようになりました。さらに平良先生に教えていただいたのは未知の領域に挑戦するスピリットです。平良先生との週一ディスカッションでは、「やってみないとわからないでしょ」とよく言われました。博士課程に進んでから着手したオーガナイザー特異的転写因子の ChIP-seq 解析では、平良先生の後押しのおかげで、当時使用者が少なかったネットアイツメガエルの胚を用いた実験や、ゲノム解析の手法を身につけることができました (Yasuoka et al., 2014, *Nature Communications*)。研究者としての基礎を叩き込んでいただいた平良先生はまさに一生の恩師です。

日本進化学会大会に初めて参加したのは2010年の東京大会 (東京工業大学大岡山キャンパス) でした。当時私は博士課程2年で、ナメクジウオのエンハンサー解析について口頭発表しました (Yasuoka et al., 2019, *Zoological Letters*)。Evo Devo の話から昔夢見た古生物学まで、私にとっては興味津々な内容づくめでとても楽しい学会だったのを覚えています。ここで一つ面白い出会いがありました。当時神戸理研の倉谷研究室にいた同級生の足立礼孝君です。実は彼も大学時代にボクシング部に所属しておりました。大学も階級も異なったので直接拳を交えたことはなかったのですが、お互い顔と名前は知っており、まさかこんなところで会うとはと不思議な縁を感じたものです。その後も進化学会は様々な研究者とのいい交流の場となっております。

## ■ ポスドク時代1 – 研究者としての将来像を考える –

学位取得後は学振PDとして沖縄科学技術大学院大学 (OIST) の佐藤矩行先生の研究室に移り、脊索の進化をテーマに新しい研究をスタートさせました。OISTには優れたシーケンス施設があり、研究室ではゲノム解析が精力的に行われていました。私もその流れに乗り、機能ゲノミクスに基づいた進化発生学を進展させていきました。自由に研究できる素晴らしい環境を提供してくださった佐藤先生には感謝の念に堪えません。そのおかげで、サンゴ胚を用いた世界初の遺伝子機能解析を成功させることができました (Yasuoka et al., 2016, *Current Biology*)、アフリカツメガエルのゲノム解読プロジェクトにも加わることもできました (Session et al., 2016, *Nature*; Watanabe et al., 2017, *Developmental Biology*; Michiue et al., 2017, *Developmental Biology*)。

佐藤先生とのやりとりで最も印象に残っているのは、私がある国際学会に参加したいと申し出たときに、「お前が本当に目指すべき場所はそこではない。脊椎動物の発生学を極めなさい。」と諭され、参加を控えたことです。このとき、私が持っている強み(ツメガエル胚を用いた実験発生学)を再認識し、これから自分がどういう進化発生学者になっていくのかを考える、いいきっかけとなりました。その後も時折、佐藤先生からは研究者とはどうあるべきかを教えていただきました。佐藤先生が掲げる“at least one first author paper per year”の精神は、今も深く心に刻まれています。まだ発表できていないOIST時代のデータがたくさんありますので、それらを論文発表し、脊索の進化についての議論を深めていくことで、佐藤先生から受けた御恩に報いたいです。

## ポスドク時代2 —組織運営を学ぶ—

2018年からは現所属である理化学研究所生命医科学研究センターの岡崎康司先生の研究室に研究員として移りました。これまでとは打って変わって、糖尿病治療に向けた再生医療研究をテーマに新たな研究を始めました。横浜理研では、それまであまり馴染みのなかった医学研究について触れる機会が増え、シングルセル解析や膨大なヒトゲノムデータの解析など、新たな手法を知ることができました。とはいえ、私にできることはまずは進化学研究でしたので、今後解析する予定の遺伝子について、その進化的背景を調べ上げました(Yasuoka et al., 2020, *Molecular Biology and Evolution*)。研究の準備段階として進化の論文が書けたことは自分にとっても、そして岡崎先生にとっても新しい経験でした。進化学と医学は一見関連が薄そうに思われがちですが、ヒトの器官や遺伝子のルーツを探ることは十分医学の発展に寄与できますし、今後の研究の方向性を示すこともできますので、これからもそういった融合分野的研究を進めていきたいです。

岡崎先生は順天堂大学難病の診断と治療研究センター長を兼任されており、大変多忙な方ですが、研究ミーティングではいつも鋭いコメントを研究員たちに浴びせ、活発な議論を促してくださっています。また大変ありがたいことに、医学研究と並行して進化発生学研究を継続することを許容してくださいました。これまで数々の大型プロジェクトや研究センターをまとめ上げてきた岡崎先生からは、最近では組織運営の在り方について教えていただく機会が多くあります。これは、大学の一研究室にいるだけではなかなか学べない貴重な経験です。岡崎先生に教えていただいた組織運営理念は、やがて自分が独立して研究室を主宰することになったときにきっと生きてくるはずです。そのためにも、まずは独立に向けて研究成果を上げなくてはならないと決意を新たにしました。

## おわりに

小学生の頃に古生物学者を志してから25年余りが経ち、幾度かの軌道修正はありながらもこうして進化発生学者として研究生活を送れていることに大きな幸せを感じます。今回受賞記執筆の機会をいただき、これまでの人生を振り返ることで、科学を学ぶきっかけを与えてくれた両親、出会ってきた恩師・仲間のおかげで今の自分があると再認識できました。支えてくださった皆様にこれからも感謝しながら、自分の道を力強く歩んでいきたいです。

最後に、私の研究生活を学部時代からずっと支えてくれている最愛の妻に感謝を伝えたいと思います。彼女の支えなしでは今の私はありえません。そして二人の息子の成長を見ることが日々の活力になっています。息子たちは今のところ「パパみたいな博士になりたい」と言ってくれていますので、本受賞を機に更なる精進を重ね、息子たちに誇れる研究者を目指していきたいです。

## 文献

- [1] Yuuri Yasuoka, Masahito Matsumoto, Ken Yagi, and Yasushi Okazaki “Evolutionary history of *GLIS* genes illuminates their roles in cell reprogramming and ciliogenesis” *Molecular Biology and Evolution* (2020) 37: 100-109.

- [2] Yuuri Yasuoka, Yukiko Tando, Kaoru Kubokawa, and Masanori Taira “Evolution of cis-regulatory modules for the head organizer gene *gooseoid* in chordates: comparisons between *Branchiostoma* and *Xenopus*” *Zoological Letters* (2019) 5: 27.
- [3] Tatsuo Michiue, Takayoshi Yamamoto, Yuuri Yasuoka, Toshiyasu Goto, Takafumi Ikeda, Kei Nagura, Takuya Nakayama, Masanori Taira, and Tsutomu Kinoshita “High variability of expression profiles of homeologous genes for Wnt, Hh, Notch, and Hippo signaling pathways in *Xenopus laevis*” *Developmental Biology* (2017) 426: 270-290.
- [4] Minoru Watanabe, Yuuri Yasuoka, Shuuji Mawaribuchi, Aya Kuretani, Michihiko Ito, Mariko Kondo, Haruki Ochi, Hajime Ogino, Akimasa Fukui, Masanori Taira, and Tsutomu Kinoshita “Conservatism and variability of gene expression profiles among homeologous transcription factors in *Xenopus laevis*” *Developmental Biology* (2017) 426: 301-324.
- [5] Yuuri Yasuoka, Chuya Shinzato, and Noriyuki Satoh “The mesoderm-forming gene *brachyury* regulates ectoderm-endoderm demarcation in the coral *Acropora digitifera*” *Current Biology* (2016) 26: 2885-2892
- [6] Adam M. Session, Yoshinobu Uno, Taejoon Kwon, …, Yuuri Yasuoka, …, Richard M. Harland, Masanori Taira, and Daniel S. Rokhsar “Genome evolution in the allotetraploid frog *Xenopus laevis*” *Nature* (2016) 538: 336-343.
- [7] Yuuri Yasuoka, Yutaka Suzuki, Shuji Takahashi, Haruka Someya, Norihiro Sudou, Yoshikazu Haramoto, Ken W. Cho, Makoto Asashima, Sumio Sugano, and Masanori Taira “Occupancy of tissue-specific cis-regulatory modules by Otx2 and TLE/Groucho for embryonic head specification” *Nature Communications* (2014) 5: 4322.
- [8] Yuuri Yasuoka, Masaaki Kobayashi, Daisuke Kurokawa, Koji Akasaka, Hidetoshi Saiga, and Masanori Taira “Evolutionary origins of blastoporal expression and organizer activity of the vertebrate gastrula organizer gene *lhx1* and its ancient metazoan paralog *lhx3*” *Development* (2009) 136: 2005-2014.

(編集担当：山道真人)

## 研究奨励賞受賞記

# 生態と進化の接点を探して

山道真人(クイーンズランド大学)

この度は「表現型の遺伝学的基盤を考慮に入れた生態-進化フィードバックの理論研究」で日本進化学会研究奨励賞を賜り、大変光栄に存じます。この場をお借りして、選考委員のみなさま、お世話になった先生方、共同研究者のみなさま、そして日本進化学会員のみなさまにお礼を申し上げます。この機会に、今までの研究生生活を振り返ってみたいと思います。

### 高校まで(～2003年)

幼少の頃から、祖父母の住む青森県の下北半島や伊豆諸島の三宅島を訪ね、虫を捕まえたり、海に潜ったりすることで自然に親しんできました。バートン「せいめいのれきし」などを読んで進化生物学の考え方に触れながら昆虫・恐竜少年としての時代を過ごした後、柳田國男「遠野物語」を通じて民俗学に興味を持つようになりました。このような博物学的な関心は、現在でも研究のモチベーションの根本にあるように思われます。中学では、区民農園を借りて雑穀や綿を育てつつ、阪本寧男「雑穀のきた道：ユーラシア民族植物誌から」を愛読していましたが、体を鍛える必要性を感じ、高校では部活に入ってバレーボールばかりしていました。

### 大学でフィールドの保全生態学を学ぶ(2003年～2007年)

東京大学入学後は、バレーボールと合気道のサークルに所属して慌ただしくしておりましたが、2年生

になって野外の生物の生き様に興味があることを思い出し、農学部フィールド科学専修に一期生として進学することに決めました。農学部では、さまざまなフィールドに出て生物多様性や保全生態学について学ぶことができました。その一方で、矢原徹一「花の性：その進化を探る」やクレブス・デイビス「行動生態学」などを読んで、理論と実証を組み合わせる複雑なシステムを研究するアプローチに感銘を受け、進化生態学や数理モデルを専門にしたいと考えるようになりました。そこで卒業研究では、生物多様性科学研究室の樋口広芳教授(現名誉教授)・宮下直准教授(現教授)・藤田剛助教のもとで、房総半島のシカ個体群動態のシミュレーションに取り組みました(山道・角谷 2009)。

## 数理生物学と集団遺伝学の大学院(2007年～2012年)

大学院では、神奈川県葉山町にある総合研究大学院大学の5年一貫制博士課程に進学しました。所属先である生命共生体進化学専攻は2007年にできたばかりで、奇しくもここでも一期生になりました。1年目に3つの研究室をローテーションし、小笠原諸島でのフィールドワークなどを経ているいろいろ悩んだ末に、主指導教員を数理生物学の佐々木顕教授に、副指導教員を集団遺伝学の印南秀樹准教授(現教授)と長谷川眞理子教授(現学長)に引き受けて頂くことになりました。

佐々木研究室では、2006年に東大に赴任してこられた吉田丈人講師(現准教授)と共同で、プランクトンの連続培養(ケモスタット)系における進化と個体群動態の接点を研究することになりました。従来、生態と進化は異なる時間スケールで起こる現象として考えられてきましたが、吉田博士の研究(Yoshida et al. 2003)などを皮切りに、迅速な進化が生態学的プロセスに影響することが明らかになってきていました。しかし、野外の生物が環境変動に応じて表現型を適応的に変化させたとしても、それが迅速な進化(集団中の遺伝子頻度の変化)によるものなのか、それとも表現型可塑性(単一の遺伝子型による表現型の変化)なのか、区別することは難しいかもしれません。そこで、被食者の迅速な進化と表現型可塑性が、捕食者と被食者の個体群動態に与える影響を比較する数理モデル解析を行いました。結果として、表現型可塑性の方が個体数振動を安定化しやすいこと、可塑性自体が迅速に進化する場合、間欠的な振動という複雑な動態を引き起こしうることを明らかにしました(Yamamichi et al. 2011)。また、学会でのシンポジウム企画をきっかけに、細将貴博士(現東大)の研究テーマである、ヘビが右巻きのカタツムリに特化して捕食する系の集団遺伝学モデルを解析し、一遺伝子種分化の起こりやすさを調べました(Yamamichi and Sasaki 2013)。

一方、印南研究室では、集団遺伝学と生態学の接点について話し合った結果、日本生態学会誌に「始めよう！エコゲノミクス」を全7回、5年間に渡って連載した(山道・印南2008など)ほか、ヒトとチンパンジーの種分化プロセスをゲノムデータとコアレセント理論から推定する(Yamamichi et al. 2012)といった研究テーマに取り組みました。さらに、大学院3年目の夏には、スイス連邦水科学技術研究所(eawag)で開催されたサマースクールに参加しました。ここでは2週間かけて生態と進化のプロセスの相互作用について学び、その後2年かけて総説を出版することができました(Matthews et al. 2011)。これに刺激を受けて、2011年には沖縄科学技術大学院大学(OIST)の、2012年には米国の国立進化統合センター(NESCent)の、そして2013年にはサンタフェ研究所のサマースクールに参加し、集団ゲノミクス・量的遺伝学・複雑系科学といったさまざまな分野の研究と友人に接することができました。これは、海外でポストドクを行うための重要なステップになりました(山道 2013a)。

## 実験と理論に取り組んだポストドク(2012年～2014年)

総研大で5年間を過ごし、学位を取得した後は、いわゆる海外学振のポストドクとして、米国ニューヨーク州のコネル大学で研究を行いました。住み慣れた関東地方から出て、冬はマイナス20度まで達する街で暮らすことは大きな変化でしたが、研究に打ち込むためには良い環境となりました(山道2013b)。陸水学が専門のNelson G. Hairston Jr. 教授(現名誉教授)と、数理生物学者のStephen P. Ellner 教授とともに、

プランクトンのケモスタット系について実験と理論の観点から毎週議論を行いました。

残念ながら自身で行ったプランクトンの培養実験はうまくいきませんでした。笠田実博士(現IGB)と吉田博士のケモスタット実験の結果を数理モデルと組み合わせて、トレードオフの形状が生態-進化フィードバックに与える影響を明らかにしました(Kasada et al. 2014)。さらに、遺伝的背景を明示的に組み込んだ共進化動態(Yamamichi and Ellner 2016)や、休眠ステージと進化速度の関係(Yamamichi et al. 2019a)について数理モデル解析を行いました。特に前者では、遺伝学と生態学の接点に注目し、表現型の背景となる遺伝学的基盤が、捕食者と被食者の個体群・共進化動態に与える影響を調べました。その結果、被食者が離散的なメンデル遺伝する形質を、捕食者が連続的な量的形質を持つ場合には、捕食者の適応進化が速いほど、捕食者が絶滅しやすいという直感に反する動態を発見しました。また、Hairston研究室で同室のポスドクであったBrooks E. Miner博士(現イサカ大)と、Ellner研究室の院生であったMichael H. Cortez博士(現フロリダ州立大)と、捕食者にとっての環境が悪化した際に、被食者が適応進化することで捕食者が絶滅を免れる「間接進化的救助」の数理モデルを調べる共同研究を行うことができました(Yamamichi and Miner 2015; Cortez and Yamamichi 2019)。

## 京都と東京の研究生活(2014年～2020年)

2年間のコーネル大学での生活の後、京都大学の白眉プロジェクトに採用され、生態学研究センターの山内淳教授に受入研究者を引き受けて頂いて、研究を行いました。越川滋行博士(現北大)や前野ウルド浩太郎博士(現国際農研)をはじめとする刺激的な白眉研究者に影響を受けつつ、白眉センターの先輩でもある細博士や東樹宏和准教授、当時龍谷大に所属されていた近藤倫生教授(現東北大)らと共同研究を行うことができました(Toju et al. 2017; Yamamichi and Hosono 2017)。また、京大ジョン万プログラムの援助を得て、コーネル大学・カリフォルニア大学デイビス校・カリフォルニア大学バークレー校に1年間滞在しました。ここでは、占部城太郎教授(東北大)率いるプロジェクトで、実験池を遮光したフィールドワークの結果を数理モデルで解釈する研究(Yamamichi et al. 2018)や、数学者でもあるSebastian J. Schreiber教授との共同研究(Schreiber et al. 2019)を行うなど、さらに研究の幅を広げられました。3年半ほど経ったところで、京都から東京大学の駒場キャンパスへ異動しました。駒場では、講義や委員会といった経験を積むとともに、毎週の「SYYセミナー」において嶋田正和教授(現名誉教授)・吉田博士・鈴木俊貴助教(現京大)・伊東啓博士(現長崎大)らと議論を重ね、表現型可塑性モデルの総説執筆(Yamamichi et al. 2019b)や、性的対立と個体群動態についての学生との共同研究(Yamamichi and Koizumi 2020)を進めることもできました。

## 未知の南方大陸へ(2020年～)

2020年2月からは、豪州ブリスベンに位置するクイーンズランド大学に上級講師として赴任することになりました。これまでを振り返ってみると、さまざまな方々にお世話になりつつ、進化と生態の接点を、実証と理論のアプローチから研究してきました。ある研究によると、論文の引用パターンを調べたところ、生態と進化の接点は1970年代から相対的に減り続けているという傾向があるそうです(Réale et al. 2020)。その一方で、種多様性を対象とする群集生態学と遺伝的多様性を調べる集団遺伝学の理論的統合(Vellend 2019)や、迅速な進化と生態のフィードバックが、基礎科学のみならず、保全生態学や資源管理にも重要であるという認識が広まりつつあり、生態学と進化生物学の統合は面白い局面を迎えているように思われます。オーストラリアは私にとって未知の土地ですが、奨励賞の受賞を励みに、今後も生態と進化の接点を探して一層精進して参りたいと思います。どうぞよろしくお願いたします。

### 引用文献

- ・Cortez MH, Yamamichi M (2019) How (co)evolution alters predator responses to increased mortality: extinc-

- tion thresholds and hydra effects. *Ecology* 100: e02789.
- Kasada M, Yamamichi M, Yoshida T (2014) Form of an evolutionary tradeoff affects eco-evolutionary dynamics in a predator-prey system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111: 16035-16040.
  - Matthews B, Narwani A, Hausch S, Nonaka E, Peter H, Yamamichi M, Sullam KE, Bird KC, Thomas MK, Hanley TC, Turner CB (2011) Toward an integration of evolutionary biology and ecosystem science. *Ecology Letters* 14: 690-701.
  - Réale D, Khelifaoui M, Montiglio PO, Gingras Y (2020) Mapping the dynamics of research networks in ecology and evolution using co-citation analysis (1975–2014). *Scientometrics* 122: 1361-1385.
  - Schreiber SJ, Yamamichi M, Strauss SY (2019) When rarity has costs: coexistence under positive frequency-dependence and environmental stochasticity. *Ecology* 100: e02664.
  - Toju H, Yamamichi M, Guimarães PR Jr., Olesen JM, Mougi A, Yoshida T, Thompson JN (2017) Species-rich networks and eco-evolutionary synthesis at the metacommunity level. *Nature Ecology & Evolution* 1: 0024.
  - Vellend M (2019) 生物群集の理論：4つのルールで読み解く生物多様性(松岡 俊将, 辰巳 晋一, 北川 涼, 門脇 浩明 訳). 共立出版, 東京.
  - 山道真人(2013a) サマースクールから海外ポストドクへ. 日本生態学会関東地区会報 61: 22-26.
  - 山道真人(2013b) イサカ滞在記. 日本数理生物学会ニュースレター 71: 8-11.
  - Yamamichi M, Ellner SP (2016) Antagonistic coevolution between quantitative and Mendelian traits. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283: 20152926.
  - Yamamichi M, Gojobori J, Innan H (2012) An autosomal analysis gives no genetic evidence for complex speciation of humans and chimpanzees. *Molecular Biology and Evolution* 29: 145-156.
  - Yamamichi M, Hairston NG Jr., Rees M, Ellner SP (2019a) Rapid evolution with generation overlap: the double-edged effect of dormancy. *Theoretical Ecology* 12: 179-195.
  - Yamamichi M, Hosono M (2017) Roles of maternal effects in maintaining genetic variation: Maternal storage effect. *Evolution* 71: 449-457.
  - 山道真人, 印南秀樹(2008) 始めよう！エコゲノミクス(1) 局所適応と形質の分化. 日本生態学会誌 58: 241-247.
  - 山道真人, 角谷拓(2009) マルコフ連鎖モンテカルロ(MCMC)法を用いたシミュレーションモデルのパラメータ推定：ベイジアンキャリブレーション入門. 日本生態学会誌 59: 207-216.
  - Yamamichi M, Kazama T, Tokita K, Katano I, Doi H, Yoshida T, Hairston NG Jr., Urabe J (2018) A shady phytoplankton paradox: when phytoplankton increases under low light. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285: 20181067.
  - Yamamichi M, Klauschies T, Miner BE, van Velzen E (2019b) Modelling inducible defences in predator-prey interactions: assumptions and dynamical consequences of three distinct approaches. *Ecology Letters* 22: 390-404.
  - Yamamichi M, Koizumi I (2020) Toxic males: Density-dependent male mating harassment can explain geographic parthenogenesis. *Ecological Research*. 35: 281-288.
  - Yamamichi M, Miner BE (2015) Indirect evolutionary rescue: prey adapts, predator avoids extinction. *Evolutionary Applications* 8: 787-795.
  - Yamamichi M, Sasaki A (2013) Single-gene speciation with pleiotropy: Effects of allele dominance, population size, and delayed inheritance. *Evolution* 67: 2011-2023.
  - Yamamichi M, Yoshida T, Sasaki A (2011) Comparing the effects of rapid evolution and phenotypic plasticity on predator-prey dynamics. *The American Naturalist* 178: 287-304.
  - Yoshida T, Jones LE, Ellner SP, Fussmann GF, Hairston NG Jr. (2003) Rapid evolution drives ecological dynamics in a predator-prey system. *Nature* 424: 303-306.

(編集担当：奥山雄大)



# ニュージーランド・オークランド大学： 白い雲たなびく羊の国からキアオラ！<sup>1</sup>

竹内信人(オークランド大学)

## ■ 著者の紹介

オークランド大学は、ニュージーランド最大の都市オークランドにある国立総合大学である。筆者、竹内信人(たけうちのぶと)は、2010年にオランダ王国・ユトレヒト大学で博士号を取得した。2018年にオークランド大学 Senior Lecturer となった。専門は理論進化学。

ニュージーランドに移住して早1年と数ヶ月。生きた羊はまだ1頭しか見た事が無い(学科のクリスマスパーティーで連れて来られた子羊のみ：図2)。ロード・オブ・ザ・リングスのロケ地も見に行っていないし、ラストサムライの富士山もどきにも登っていない。この間の私のハイライトは、これまでの人生で最高の研究(Takeuchi and Kaneko 2019)が出版<sup>2</sup>された事だ。この研究で、我々は分子生物学の基本原理解であるセントラルドグマを数理的に導出する事に成功した(簡単な説明はここ<sup>3</sup>)。セントラルドグマとはゲノムと触媒の分業を意味するが、これは換言すると、遺伝情報の伝達と発現の分業である。この種の分業は、生物全ての階層において観察される普遍的パターンである。例えば、多細胞生物の多くは胚細胞と体細胞の分業を示し、真社会性昆虫は女王とワーカーの分業を示す。本研究の成果は、これらの分業の進化を統一的に理解する為の一般原理の解明に繋がる可能性がある。この可能性を追求する事は、宇宙に存在する全ての生物に妥当する生物学、すなわち普遍生物学へと至る有望な道の1つだと思われる。

## ■ 本の紹介

ところで、海外で研究室を持つことに関心のある人に紹介したい本がある。増田直紀著「海外で研究者になる」(中央公論新社・2019年発行)だ。この本の白眉は、海外で研究室を主催する日本人17名(著者も含めると18名)へのインタビュー記事だ。4大陸12の国・行政区から選ばれた17名の研究者の経験が簡潔にまとめてあり、極めて興味深い。さらにこの本は、海外の研究室主催者ポストに応募する方法や、海



図1



図2

- 1 ニュージーランドの先住民であるマオリ族の言葉で、ニュージーランドはアオーテアロアと呼ばれ(正確には北島のみ)、この語は「長く白い雲」(図1)の意を持つ。キアオラは同言語での挨拶である。ニュージーランドといえば羊のイメージだが、実は羊毛は主要輸出品としての地位を牛乳製品(粉乳)に譲って久しい。
- 2 <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.1359>
- 3 <https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-17K17657>

外の大学での仕事内容についても、著者の英国での経験を反映しつつ一般的に記述している。海外で研究室を持ちたい人が第一歩を踏み出す為に有益な情報を提供していると思う。

## 初めての海外はオランダ

私が初めて海外に出たのは学部3年の時。交換留学でオランダに1年滞在した。留学のきっかけは、当時受けた廣瀬忠樹教授(当時東北大)の講義で、ユトレヒト大への交換留学制度が紹介された事だ。留学の動機は、学問に対する自分の真剣度を試したかったから。それまでに受けた大学の教育に困難を感じた事が無かった。ぬるま湯に浸かったまま学問を続けたら、いつか取り返しのつかない事になる。だから自分を困難な状況に置こう。それで音を上げれば諦めがつくし、そうでなければ学問を続ける自信が得られるかもしれない。今になって思えば、研究をした事が無いからこそ抱ける動機だ。しかし、これが当時の気持ちだった。東北大から留学許可を得るために行われた面接でこの動機を述べたら、ある教授から、随分と内気だが異国での人間関係は大丈夫だろうかと心配された。外に目を向けて外に出たい人もいれば、内に目を向けて外に出る人もいるのだ。動機は人それぞれ。

ユトレヒト大での所属先に選んだのはPaulien Hogeweg<sup>4</sup>教授の研究室。選択の理由は、当時読んだ本「複雑系入門」(井庭崇と福原義久著・NTT出版・1998年発行)の影響だ。この本は内容的に薄い、というかむしろチャライののだが、この本を読んで「力学系」とか「セルラーオートマトン」とか「自己組織化」とか、そういうbuzzwordを知った。同じ単語をHogeweg教授の研究室紹介の文章に見つけたので所属を希望した。ところで、この本には金子邦彦さん<sup>5</sup>の顔写真も載っている。私はこの12年後に、金子さんの研究室に所属する事になる。

ユトレヒト大に留学を認めてもらうまでには一悶着あった。私のTOEFLの点数が足りなかったのだ。それを知った優しい廣瀬先生は、彼の盟友のユトレヒト大Marinus Werger<sup>6</sup>教授に英国の学会で話をしてくれ、Werger教授がHogeweg教授に電話をかけてくれ、Hogeweg教授は近々来日するので東京で面接をしても良い、という事になった。滅多な事では乗らない新幹線で東京へ日帰りし(勿体無い)、面接の結果、Hogeweg教授から「君は英語が話せないね。苦勞すると思うよ。それで良いなら来て良いよ」という言葉を得たのである。こうして、凶らずも個人的人脈を使って(裏口)留学のチケットを手にした私は、その後オランダで生命の起源の理論的研究が存在する事を学び、その約15年後に冒頭で紹介したセントラルドグマの研究をするに至る。ところで、Hogeweg教授を東京の学会に呼んだのは金子さんだった。因果は巡る。

## 共同研究の繋がりから、太陽が北に登る国へ

オランダ留学から15年の時が流れ2017年、私は金子邦彦さんの研究室で特定有期雇用教職員(特任助教)<sup>7</sup>というやつをやっていた。数年前から始めた国内のテニュア付きポスト<sup>8</sup>への就活は連戦連敗で、自分の研究が途絶えてしまうかもしれない無念に歯軋りし、評価されない悔しさに身を震わせていた。セン

4 正しい発音はホッホヴェッヘに近い。ホッジベッグと発音するのは誤り。英語に直訳するとhigh way。由来は高速道路ではなく、崇高な道。

5 金子さんを先生と呼んではいけないのは金子研に来て最初に学ぶ事だ。(理論?)物理界限では「先生」という尊称に皮肉の意味すら込められる場合もあるようだ。生物学界限では信じられない話かもしれない。話はそれるが、物理と生物では他にも面白い風習の違いがある。進化学会では、企画シンポジウムの招待講演が口頭発表の大きな割合を占め、また常に懇親会が開催される。対照的に物理学会では、一般講演が口頭発表の大きな割合を占め、懇親会は存在しない。個人を重んじるというか、自由主義的なのである。ある年の物理学会の口頭発表で、イントロの終わりに「…という事をやろうと思ったのですが、色々忙しくて出来てません。」と言った教員がいて、「自由主義」も事ここに至れりと思った事がある。どちらの学会も楽しい。

6 正しい発音はヴェルヘルに近い。

7 期間を定めて雇用する常勤の東大教職員のこと。

8 テニュアは終身在職権のこと。日本では定年退職まで雇用が続くことをいう。

トラルドグマの研究が潰えてしまうかもしれない。そうなれば生きている意味はない。そもそも、生きる事に意義を見出せずに悩んでいた20代の頃、このまま惰性で生き長らえるなら、せめて生命の根源に関わる研究をして、生きている事の仇を取ってやろうと思って博士課程に進んだのだ。そうしてようやく面白い研究ができてきたと思ったのに、ここに至って弓を折り矢を捨てねばならないのか。この不条理。この不正義。この世間の盲目さ<sup>9</sup>。この怒りを、私はたまに坐禅を組んで抑えようとした。しかし、酔った時に不採用通知を受け取った日には、壁を殴ったり(隣人ごめんなさい)、周囲の人に八つ当たりをしたりした(金子さんごめんなさい)。これを書いている間にも、怒りがまた湧いてくる。ちょっと自宅のプールでひと泳ぎして来よう。

「この気持ちは、人生で2度と経験したくない。」

しかしニーチェだったら、こう言うのだろうか。喉に入り込んで食らいつく蛇の頭を噛み切れ。そして叫べ、「よし、もう一度！」と。

もしかしたら、オランダに行った時に始まった試練は、実はあれからずっと続いていて、壁をボコボコした時も、そして今現在でも、私は学問に対する真剣度を試されているのかもしれない。もしそうだとしたら、やっぱりしんどいので、もうイージーモードに戻してほしいかも。

話を戻すと、そうやってのた打ち回っていたさなか、私はオークランド大の公募を知らせるEメールをbccで受け取った。差出人は同大Anthony Poole教授。彼と初めて会ったのは、私が修士号をもらった直後(2005年)、カナダのマックマスター大で開かれた生命の起源の学会に参加した時だった。その3年後、私は彼と論文を1報書き、数年音信が途絶えた後、日本で2度再会し、親交を温め直したところだった。普段ネットワーキングをしない私が<sup>10</sup>、なぜPoole教授と繋がりを持ち続けたのか、今でもよく分からない。

当初私は日本でテニユア付きポストを得る事を希望していた。しかし前述のようにその希望が叶わず苦しんでいたのも、研究の継続の為なら日本を離れることも止むなしと観念し、オークランド大の公募に応募した。欧米諸国と比較すると、オークランド大の応募書類は量が少なかった。カバーレターと履歴書と推薦者の連絡先だけ。すると面接に呼ばれ、人生で初めて南半球に行った。面接の日程は以下の通り。

- ・午前10時から11時半：公開の研究発表と模擬授業(各々30分+質疑応答)
- ・正午から午後1時：昼食(同席者は別学科だが研究分野が近い1名だけ)
- ・午後1時半から午後2時半：面接内面接(面接官5名が同席)
- ・午後3時から午後4時：focus group meeting(参加者6名)
- ・午後5時ごろから：レストランで夕食(学科長と面接官3名が同席)

Focus group meetingというのは、“an opportunity to meet other staff in a relaxed, informal way to talk with them about your plans for teaching, research and service should you be appointed. You would also be provided an opportunity to ask questions.”との事。実際はリラックスなんてできないし、そこで受けた質問は面接で受けても全くおかしくない質問が殆どだった。上の日程で一番難しかったのは、最後の夕食だった。皆が何を喋っているのかちっとも分からなかった。自分に質問が来た時だけは、なんとか答えられた気がしたが。学問的な内容について英語で会話できるからと言って、「英語を喋れる」というわけでは全くないのだ。

選考委員長だったPoole教授と知己を得ていたとは言え、それだけで採用されたのではない事は、着任後に勝手に耳に入ってくる情報から明らかだった。しかし、Poole教授が知り合いでなかったとしたら、採用されたかどうか、全く自信がない。相手が彼でなかったら、自分の研究の意義を上手く伝えられたかどうか。

9 追い詰められてイキってます(ご迷惑をお掛けします)。

10 だから学会の懇親会はいつも参加を躊躇する。

そういえば、模擬授業について書き足したい事がある。応募者の選考に関して、模擬授業より研究発表の方が重みは大きいと思うが、もし研究発表が互角であった場合、模擬授業が決め手になる事は想像に難くない。私が模擬授業をやる上で非常に役立ったのは、栗田佳代子准教授が開講している東京大学フューチャーファカルティプログラム<sup>11</sup>を受けていた事だ。私はこのプログラムで学んだ授業技術<sup>12</sup>を曲がりなりにも取り入れて模擬授業を準備した。これによって、選考委員に対し、私が授業についてのトレーニングを受けた事、したがって授業技術を向上させる意欲を持っている事を印象付ける事が出来た気がする<sup>13</sup>。もしこのプログラムを受けていなかったら、模擬授業の結果は散々たるものだっただろう。あのプログラムは、たとえ研究を遅らせてでも参加する価値のあるものだと思う。東大ありがとう。

## 研究費の申請に関する教員間の助け合い

なんだか書くのも疲れてきたし、これから研究費の応募書類の改訂もしなければならないので、そろそろ仕舞いにしたいのだが、研究費の応募と言えば、オークランド大に着任してから気づいた事で1つ書きたい話がある。

ニュージーランド政府の基礎科学分野の競争的研究費の分配は、ニュージーランド王立協会(日本学術振興会に相当)を介して行われ、研究費はMarsden fund<sup>14</sup>と呼ばれる。Marsden fundは若手と一般の2クラスあり、一般クラスの配分額は1研究あたり3年間で約NZ\$950,000だが、そこから間接経費が引かれる、その約半分強が研究者の利用できる額になる。採択率は10%弱。他のOECD加盟国と比べて、基礎科学の研究費は少ない方と言えるだろう。

Marsden fundの審査は2段階式になっていて、第1審査では1ページの研究概要を提出し、それを突破すると第2審査に進み5ページの研究計画書を提出する。第1審査の成功率は20%弱、第2審査は50%弱なので、第1審査に提出するたった1ページの研究概要の重みは非常に大きい。研究概要の提出期限は2月中旬なので、これの執筆はニュージーランドの大学教員にとって夏(南半球!)の恒例行事である。

私が所属するオークランド大学生物科学科では、Marsden fundの研究概要の執筆を補助する為のMarsden clubという会合がある。クラブは同僚の1人が自主的に組織しているが、学科長も公認していて、コーヒー代くらいは学科から出る。クラブへの参加希望者は研究概要の原稿をクラブに提出し、参加者は分野を考慮した3~4人のグループに分けられ、事前に互いの原稿を読み、グループで集まって互いに互いの原稿にコメントをする。この会合のおかげで、個人的に依頼をしなくても色々な同僚からコメントを得る事ができて大変助かる。また、教授が書いた原稿に対して忌憚なくコメントできるのも、精神的に良い効果がある気がする。

Marsden clubは学科レベルの互助グループだが、その上の学部レベルで組織されるMarsden mock panelという制度もある。こちらは、事前に自分の原稿を送り、mock panelを担当するよう仰せつかった教員数名が原稿を読み、それらの教員とミーティングをしてコメントをもらうという制度だ。

上の状況と比較すると、東大にいた頃の研究費の申請はずっと個人的な営みだった。同じ研究室の特任助教同士で互いの科研費の申請書にコメントをする事はあったが、研究室外の研究者にコメントを依頼する事は、相手がよっぽどの知り合いでもない限り、しようとする思わなかった。

上記のニュージーランドと日本での私の経験の違いは、もしかしたら国の規模の違いが原因かもしれない。ニュージーランドは人口が少ないので、1つの審査委員会が相当広範囲の分野の申請書を審査せざ

11 JREC-INでオンライン講座が公開されている。インタラクティブ・ティーチングで検索すると出てくるはず。

12 例えばアクティブ・ラーニングの技術。

13 当時の選考委員に自分の面接について聞く事は恥ずかしくてまだ出来ないので確証は無いが。

14 Ernest Marsdenはニュージーランド王立協会の元会長。マンチェスター大で学生をしていた頃、Ernest Rutherfordの指導の下、助手のJohannes Geigerと共にアルファ粒子の散乱実験を行う。この実験は後にラザフォード散乱実験と呼ばれるようになる。Marsdenは英国出身。ちなみにRutherfordはニュージーランド出身。

るを得ない(Marsden grantの審査区分は人文社会系を含めて全部で10しかない)。この事情を反映して、審査方法も1ページの研究概要を重視するのだろう。すると応募者の側も、多様な分野の研究者が理解できるように申請書を書く事が死活問題になる。だから、同じ学科内の互助グループが非常に役に立つのかもしれない。

## 最後に宣伝

オークランドは、世界で最も住みやすい都市ランキング(Mercer)のトップ4に過去10年間連続してランクインしている、人口約150万人の都市だ。オークランドは、ヨットやクルーザーなど多くのプレジャーボートが停泊する港湾エリアを有し、周辺には美しい島々・ビーチ・森林・火山など多様な自然環境がある。都市の人口構成も多様で、人口の4割以上がアジア系またはオセアニア系だ(Stats NZ)。

オークランド大学・生物科学科<sup>15</sup>は

- ・細胞、分子および個体生物学
- ・生態、進化および行動生物学
- ・生物医科学

の3分科から構成され、また3つの研究機関

- ・ Plan and Food Research
- ・ Landcare Research (地上生物多様性・環境資源・環境保全など)
- ・ National Institute of Water and Atmospheric Research

と共同運営する大学院プログラムも有し、基礎科学から応用科学まで広範囲な分野の研究が行われている。学科の構成員は、教授19名、准教授23名、Senior Lecturer 29名、Lecturer 1名、Professional Research Fellow (教育専門教員) 6名に加え、Senior Research Fellow (上級ポスドク) 6名、Research Fellow (ポスドク) 33名、技術補佐員約10名からなる。

この記事を読んでオークランド大を訪れたいと思われた方は、ぜひ連絡してほしい<sup>16</sup>。

## 文 献

- ・ Takeuchi N, Kaneko K (2019) The origin of the central dogma through conflicting multilevel selection. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 286: 20191359.

(編集担当：山道真人)

15 <https://www.auckland.ac.nz/en/science/about-the-faculty/school-of-biological-sciences.html>

16 [nobuto.takeuchi@auckland.ac.nz](mailto:nobuto.takeuchi@auckland.ac.nz)



第35回

海外研究室だより

# ナイアガラ滝の近傍にて 人類進化を研究する

齊藤真理恵(ニューヨーク州立大学バッファロー校生物科学科 博士研究員/  
シカゴ大学遺伝医学部門 博士研究員)

<https://sites.google.com/site/mariesaitou/home>

## 自己紹介

私は2017年3月に東京大学で学位を取り、同年4月からニューヨーク州立大学バッファロー校で人類のゲノム進化について研究しております。この原稿を書いている現在は2020年1月なのですが、2月にはシカゴ大学に異動することになっております。今回は、バッファローにやってくるまでのいきさつと、バッファローでの研究生活についてご紹介したいと思います。

## 海外で研究するまでのいきさつ

私は元来あまり社交が得意ではなく、どちらかと言うとひとりで本を読んだり、虫や植物を観察していたり、空想にふけていたりするような子供でした。そうした内向的な性格のため、中学や高校の頃には海外に行くどころか、外国人と交流する勇気も強いモチベーションもありませんでした。英語の授業を受けながら、「英語を実践で使う機会はずないだろうな」と思ってさえいました。

東京大学に入り、進路を決めるに当たり、心惹かれたのは文学と自然科学でした。大学二年次で文系、理系、どちらに行こうかと考えていたとき、進化学がとても魅力的に映りました。進化学というのは自然のありようについても、その歴史に秘められた物語についても探求することができ、学際的な面白さを備えているように感じられたのです。

やがて、理学部生物学科の人類学教室に進み、人類の進化や生物学的特徴、多様性について学び始めると、本を読むだけでなく、外国に行ってヒトの多様性を肌で感じるの面白いかも知れないと思うようになりました。指導教官である石田貴文博士が東南アジアにフィールドを持っていたこともあり、構成員がフィールドワークに出かけたり、東南アジアを中心とした外国人留学生・研究者がしばしば出入りしたりと、研究室は国際的な環境でした。

大学院に進み、急速に発展していたゲノム解析によってヒトの多様性を探求したいと考えた私は、「遺伝子の数の個人差(コピー数多型)」の研究に取り組みました。ヒトの持つほとんどの遺伝子はヒトゲノム中に2つありますが、突然変異によって遺伝子の数が3つになったり、1つになったりすることがあります。進化史における遺伝子の「数の増減」は、霊長類、特にヒトに近い類人猿で加速したことが知られており、人類のゲノム進化に大きな影響を与えたと考えられます。しかし、コピー数多型が生じている領域は、似たような配列が続く反復配列領域に位置していたり、同じ変異が何度も生じていたりして、解析は容易ではありません。ようやく近年、長鎖次世代型DNAシーケンサーに代表される新たな実験手法や、実験によって取得したDNA配列を高精度に解析する情報学的手法の発展によって少しずつ研究が進んできています。「遺伝子の数の個人差」は、ヒトの多様性、たとえば免疫、味覚、代謝、皮膚のバリア機能などに関わっていることがわかってきました(総説、Saitou and Gokcumen 2020)。

博士課程当時、私が着目していたのは、解毒代謝酵素をになうGSTM1という遺伝子のコピー数多型でした。この遺伝子には約半数のヒトにおいて欠失が起きており、これは解毒機能の低下、膀胱がんと関連があると考えられています。この多型の進化史を明らかにするため、私は霊長類サンプルを用いてロングレンジPCR法をおこない、プライマーウォーキングで欠失部位を解読して比較解析をおこないました。すると、ヒトのみならずチンパンジー集団でもこの遺伝子の欠失が高頻度に見出され、ヒト・チンパンジーそれぞれの系譜で独立に欠失が起きていたことが分かりました。

そこで、ヒトの系譜でどのような進化が起きたか、適応進化が起きたのかどうかを知るために、この頃急速に明らかになっていったさまざまな集団のヒトゲノム情報を用いた集団遺伝学的解析をしたいと思ったのですが、遺伝子の「欠失多型」の進化解析手法は、一塩基多型のように確立されておらず、トライアンドエラーを繰り返す日々が続きました。



図1 バッファローはニューヨーク州の北西の果てにあり、カナダとの国境にあるナイアガラの滝が名所。

## 短期留学へ

そんな折、2015年に出版されたある論文が目を引きました。国際コンソーシアム「千人ゲノム計画」のデータと古代人ゲノムデータをもちい、現代人で観察される「遺伝子欠失多型」のうち、古代人類(ネアンデルタール人、デニソワ人)においても観察される多型を報告したMolecular Biology of Evolution誌の論文(Lin et al. 2015)です。このグループならば、欠失多型に対する、ゲノム情報を生かしたアプローチに長けているに違いないと考えて、コンタクトを取ってみました。すると、PIのOmer Gokcumen博士(以降Omer)は非常に好意的であり、私の研究にも大いに興味を示してくれ、私はすぐに渡米を決めました。幸いに、博士課程教育リーディングプログラムの留学奨励金を受けることができ、2016年(博士課程3年)の5~7月にバッファロー大学に滞在しました。

Omerは好奇心が強く活動的な性格で、頻繁に活発な議論をすることができました。彼の研究室は、コピー数多型の進化人類学的な解析に力を入れている研究室で、デジタルPCR法を用いたコピー数多型の同定方法、現代人や古代人類のゲノムファイル(bamファイル)を用い、ターゲット部位の相対的なread-depthから欠失多型を同定する方法、欠失多型と連鎖不平衡を示す領域を使って欠失多型に対する中立性検定をする方法など、様々な手法を学ぶことができ、研究は飛躍的に進みました。研究室にはアメリカ人のみならず、トルコ、台湾、中国と様々なバックグラウンドの学生がおり、各国の治安、経済状況、科学政策や社会問題を身近な問題として感じることで、日本についてとらえ直したりと、二ヶ月間の滞在ではありましたが、刺激的な日々を送りました。

帰国後は、総研大の颯田葉子博士とも議論を進めていき、ソフトウェアmsによるシミュレーション解析もおこないました。ヒト集団のハプロタイプ解析とシミュレーション解析を合わせたところ、GSTM1遺伝子欠失に隣接する変異が東アジアで適応的であったために、GSTM1遺伝子欠失の東アジアにおける急速な増加がおきたということが示唆されました(Saitou, Satta, et al. 2018; M. Saitou et al. 2018)。この時の進捗を含めて、同年秋の日本人類学会大会で発表をおこなったところ、若手口頭発表性を受賞することができ、海外で研究することによって成長することができたのかもしれない、と思うことができました。

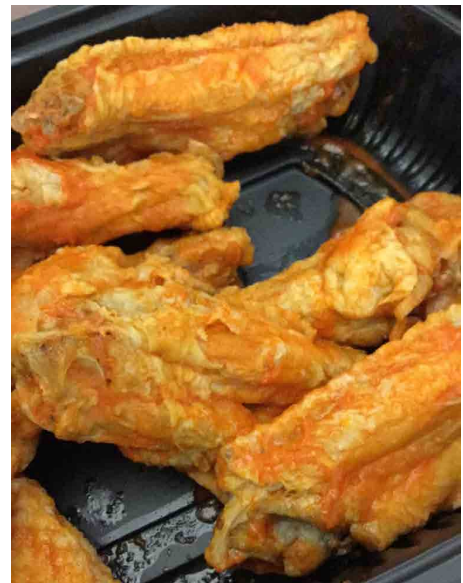
## 海外ポスドクへ

翌2017年、理学博士の学位を取得した私は、アステラス病態代謝研究会の海外留学補助金をいただくことができ、無事にGokcumen研究室でポスドク生活を開始しました。ここで進めたいいくつかのプロジェクト、また研究環境についてご紹介します。

### 研究1 新たに重複した遺伝子を同定する手法の開発(原著論文, Saitou and Gokcumen 2019)

この論文は、博士論文の投稿論文化を終えた後に、米国で学んだ技術をもとにゼロから始め完成させた初めての研究で、思い入れがあります。

ゲノム中では遺伝子の「コピー & ペースト」がおきるため、遺伝子の数には個人差があります。遺伝子の数の個人差は、適応進化に関与していることがあります。本研究では、アフリカ人、ヨーロッパ人、東アジア人集団のゲノム情報を解析して、「コピー & ペースト」された新遺伝子(ある人は遺伝子を余分に持っているような領域)の検出法を開発しました。これは、重複多型と、ゲノムワイドな一塩基多型の連鎖不平衡を網羅的に計算し、連鎖不平衡のピークを示す領域を見つけることによっておこなっています。



**図2** バッファロー名物とされる、バッファローウィングス。揚げた手羽先にバターと唐辛子を混ぜたソースを絡める。健康に悪そうだがクセになる一品。

さらに、重複多型と高い連鎖不平衡を示す一塩基多型(タグSNP)を利用し、GWAS (ゲノムワイド関連解析)によって明らかにされた、表現系に関連する一塩基多型情報と組み合わせて、今回同定された重複遺伝子が、それぞれ皮膚の色や白血球数に関連していることを見いだしました。これらの遺伝子重複は、紫外線や病原体に対する適応進化に貢献した可能性があります。

## 研究2 ネアンデルタール人型の成長ホルモン受容体 –「小さく生まれて大きく育つ」

原著論文、査読中 (Resendez, Saitou et al. 2019、共筆頭著者) (日本進化学会、2019年優秀口頭発表賞)

ヒト成長ホルモン受容体(GHR)は代謝や成長に関与しています。この成長ホルモン受容体(GHR)にはエクソン3に欠失多型(GHRd3)があります。ヒト以外の霊長類はエクソン3を含むGHRを持っていますが、比較ゲノム解析によって、ネアンデルタール人などの古代人類は、欠失型(GHRd3)の成長ホルモン受容体を持っていたことがわかりました。さらに、総研大の颯田葉子博士、Trinity College Dublinの中込滋樹博士のシミュレーション解析によって、東アジア集団では、祖先形の成長ホルモン受容体がselective sweepの痕跡を示すことがわかりました。この変異の機能を調べるため、欠失型の成長ホルモン受容体をもつゲノム編集マウスを作製して実験をおこないました。すると、欠失型の成長ホルモン受容体は栄養代謝に影響し、「小さく生まれて、大きく育つ」という成長過程を実現する事がわかりました。時代や場所によってどちらの受容体が有利だったかには違いがあり、これは、先史時代から現代へと大きく変動してきた環境への適応進化である可能性があります。

## 研究3 細胞老化を制御する遺伝子の発見 (Saitou, Lizardo, et al. 2018、共筆頭著者)

これは、Omerのパートナーであり、化学科で脂質が細胞機能に与える影響を研究しているEkin Atilla-Gokcumen博士との共同研究です。私の出身研究室(石田貴文研究室)でも様々な動物の培養細胞を用いて、細胞老化について調べていたので、バッファローでも細胞老化についての興味深いプロジェクトを進める縁が得られてとても幸運でした。

細胞は分裂し続けますが、ある時になると分裂をやめ、分裂できる状態に戻ることはありません(細胞老化)。細胞老化が制御されるメカニズムを調べるため、私たちは若い細胞と老化細胞のトランスクリプトームを比較し、老化にともなってより発現量が増える遺伝子を同定しました。老化にともなって発現量が増える遺伝子は、細胞周期など生命の基盤的な機能に関与しており、また、健康なヒトにおけるこれらの遺伝子配列の変異はあまり観察されませんでした。

ところが、例外的な遺伝子がひとつありました。細胞膜で脂質の動きを制御するCD36です。CD36は老化細胞で最も発現の増えた遺伝子のひとつでしたが、この遺伝子は、老化に関与する他の遺伝子とは異なり、健康なヒトの間での変異が高頻度に観察されていました。この遺伝子が細胞老化にどう関与するかを調べるため、人工的に若い細胞でCD36遺伝子の発現を促進させました。予測された通り、この遺伝子を過剰発現させると、自然状態では数ヶ月で起きていた細胞老化が、わずか二日で誘導されま



図3 Molecular Omics誌の表紙に採択された研究。中央のCD36タンパク質が、細胞の時間を制御し、右の若い細胞を左の老化細胞へ誘導することを表現した。



した。細胞老化は、私たちの老化や、アルツハイマー病・がんなどの老化に関与する疾患にも密接に関わっています。CD36遺伝子の変異は、老化の個人差にも影響するかもしれません。

## バッファローの研究環境

Gokcumen研究室にはPI (研究室長)、ポスドク(私)、そして流動はあるものの十人弱の学生がいます。一週間に一回以上個人ミーティング、一週間に一回の研究室全体ミーティング・ジャーナルクラブが行われます。研究室の予定はGoogleカレンダーで共有されています。驚いたのは、教員も大学も構成員をよく「ほめる」ことです。論文が出るとPIがシャンパンを買ってきてミーティングで開けます。大学では、誰かが研究成果をあげたり、奨学金をとったり、研究費を取ったりすると、すぐに取材チームがやってきて大学広報で報道します。当初は驚きましたが、こういう環境にいと学生や研究者は、尊重されている、応援されていると感じて、張り切って研究や勉強に勤しむことができるように思います。

また、共同研究が盛んです。研究者たちは実際に動いているプロジェクトの数倍の共同研究の「種」を持っていて、じっくりと育てているようです。人材が流動的で多様であるため、それぞれの構成員の「以前の所属の知り合い」などを寄せ集めると、国内外を問わずかなりの人材の宝庫となります。私自身も日本で培ったネットワークを今の場につなげることができているため、これは日本で学位をとってきよかったと思う点でもあります。大学側も、研究費獲得に惜しくも敗れたPIに仮想的な「コイン」を配布し、コインを持っている人同士でコンタクトを取って三人以上の研究グループを作ると、そこに研究費を投入するなどという面白い取り組みをしていました。

ところで米国の研究費は、日本と比べると「巨額だが、競争率が高い」という印象です。日本のように決まった締切がなく年に何度も受け付けており、また評価を受け取ったあとで研究申請書を書き換え、新しい結果を付け加えて再提出することもできます。長い戦いです。研究費によって大学院生を含む研究室構成員たちの給与が払われているわけなので、研究費が取れないと沢山の人の生活に影響するわけです。

## 人材の多様性

バッファロー大学の女性率は学生では半々ですが、教授・理事クラスになっても女性率が高く(バッファロー大学の教員の女性率は40%超)、はじめ見たときは驚いたものでした。研究者や教育熱心な家庭の層がとても厚く、そうした家庭では、娘が学問やキャリアを追求していくことを推奨していると思われる。女子学生や女性研究者たち自身も、研究会などでキャリアについて議論し、躊躇せず自らの権利を主張しています。恥ずかしがったり躊躇ったりせずに、そうすることが正しいと心から信じている人が多く見受けられます。

トランスジェンダーであると自分で明らかにしている人も多く、学会ではしばしば性的マイノリティの集会があり、毎年大勢が集まっています。大学でもトランスジェンダー用の化粧室が整備されつつあり、大学や学会等のプロフィール記入欄でも、性別は「男性・女性・ノンバイナリ・答えたくない」の四種類あることが多いです。

バッファロー大学の留学生はインドと中国がずば抜けて多いものの、韓国、台湾、スリランカ、パキスタン、トルコなど東西アジア諸国の出身者もよく見かけます。日本人学生はあまりいないのですが、英語を学ぶための短期コースに来て

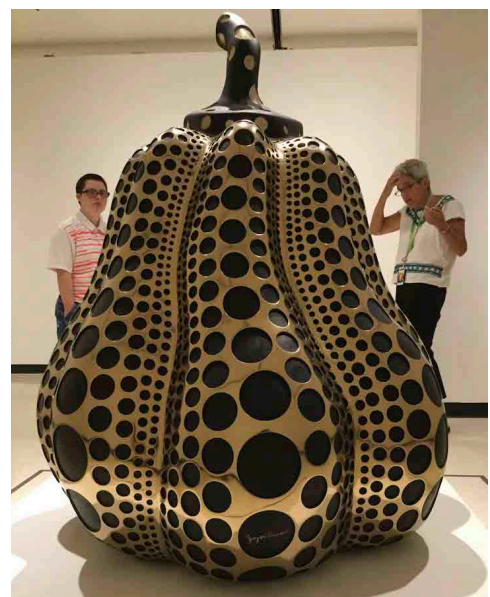


図4 バッファローのAlbright-Knox Art Galleryには草間彌生の作品が常設展示されていた。奇しくも筆者と同じ28歳で渡米したこの前衛芸術家の作品の力強さに、何度も励まされた。

いる人はいるようです。私自身も Omer の研究室を選ぶ際、アメリカ人ばかりでなく、様々な国の出身者で構成されていることを判断基準の一つにしました。また、spouse hiring 制度という制度があります。これはカップルが両方研究者である場合、一人が教員として採用されると、もう片方のポストも大学内に積極的に探してもらえらるというものです。分野が同じでも、違って適用されるようで、この制度で雇用されたという研究者は時々見かけるのですが、興味深いことに今のところ出会ったカップルは、妻の雇用が先に決まり、夫がそれに付随して決まったというケースが多いです(4組中4組)。

バッファロー大学のエスニック・バックグラウンドは、47%がWhite、12%がAsian、6%がAfrican American、6%がHispanicとなっており、現在は、割合の少ないアフリカ系・ヒスパニック系・ネイティブアメリカン系の学生や教員を増やそうとアクションを行っています。またそういった多様なバックグラウンドを持つ人に対する配慮も推進されています。例えば食事に関して言えば、アレルギーのみならず菜食主義者用の食事(菜食主義者にも様々なレベルがあり、ミルクも卵も食べないヴィーガンが最も厳しい)、ムスリムのためのハラールミートなどが学会やシンポジウムなどで用意されています。なお、大豆で作られた代用の肉・ヨーグルトはスーパーマーケットにも売られています。

さらに識字障害やADHDなどを持ちながら、研究者や大学院生になっている人も多いです。そうした特性を打ち明けやすい社会的な環境、大学でのサポート体制があることは強く感じます。それだけでなく、初等・中等教育の時点でも多様な子供をドロップアウトさせない体制・保険制度が整えられていることも見受けられますが、ある程度社会的・経済的に恵まれていないとこうした福祉リソースにアクセスすることは、アメリカでも難しいのかもしれない。

## ■ バッファローで困ったこと

公平を期するために、バッファローで困ったことも書いておきます。何と言っても恐ろしいのは、冬の運転です。バッファローの交通の便は悪く、一時間に一本バスがあったりなかったりという状態ですが、東京で9年も学生をやっていた人間が突然アメリカの郊外に行ったところで、たちまち車を運転できるわけではありません。現地免許を取り直し、車通勤になれるまでが大変でした。車購入の際は、小柄な東洋人が一人で店に行くと足元を見られるというので、強面で髭の生えた、2メートルほどある修士学生について来てもらって、中古の日本車を買いました。バッファローでは気の短いドライバーが多く、すぐにクラクションを鳴らし合います。交通事故を見かけたことも何度かあります。冬の朝は、車の上に溜まった雪をブラシで掻き落とし、窓の水をガリガリと剥がすところから始



図5 2017年に開催されたAAPA(アメリカ自然人類学会)ミーティングの"March for Science"。プラカードを持って行進することで科学の重要性を訴える研究者たち。



図5 バッファローの冬はマイナス20度以下になることもあり、エリー湖が近いことから積雪量も多く、歩けないほど雪が積もることも珍しくない。

ります。朝も夕方も真っ暗な中、スケートリンクのようになった道をそろそろと走っていきませんが、これは本当に恐ろしい体験です。

また、医療制度についてです。健康診断が大学では行われないため、地域の主治医を見つけないといけませんが、新参者として主治医を見つけるのが非常に困難でした。米国には全国的な保険がなく、みな民間の保険に入るしかないので、病院・医師によって受け付けてくれる保険が違うのです。電話で予約をとってからでないと健康診断は受けられず、電話を掛けると「何々の場合は1を、何々の場合は2を押してください……」という指示が延々と続きます。もちろんこの番号と内容も病院によって違います。病院はどこも混み合っているのに、新規患者を受け付けてくれる医師は僅少です。自分の持っている保険を受け付けてくれ、さらに空きのある医師を見つけても予約は数カ月後。更に実際病院に行ってみても、ワクチン接種記録の書類を紛失されたり、受付の係員に保険の情報を誤記されたり、そもそも正しく受付情報がアサインされなかったりで、実際に医師に会えるまでに、3、4回は病院に通った記憶があります。

そして、偶然私がそういうケースばかりに当たったのかも知れませんが、大学事務の殆どの部署が遅く非効率であることに閉口しました。何より、一番大切なビザの部署が非常に遅く、とても困りました。ビザ手続きに不備があると、大学の不手際であろうと、こちらが不法滞在扱いにされかねません。あるとき、ビザに関連する重要な電子書類にサインが必要で、同じ人に3度問い合せたところ、一度目と二度目は「待つように」と言われ、3度目は「あなたから必要書類が送られてきていない」という返事が返ってきました。もちろん、メールのすぐ下に、書類を何度も送った過去のやり取りが残っているのに、です。返信を読みながら、ブルブルと怒りで全身が震えたのを覚えています。もちろん、非常に有能かつ親身な人もたまにはいますが、総じて仕事において反応が遅く忘れっぽい人は、日本より多いという印象です。

## ■ 終わりに

初めてバッファロー大学に滞在してから4年が経とうとしています。この間、大変なことも数え切れないくらいありましたが、その分、日本に留まっていたら経験しなかったであろうことも様々に味わう機会がありました。おかげで研究の技術を広げることができたのみならず、異なる文化に身を置き、多様な人と交わりながら、サバイバル能力を高め、視野を広げていくことができました。また、日本の素晴らしい面も再発見することができました。丁寧にテキパキと働く人々や、きれいに盛り付けられたおいしい食事、多くのサービスが全国的に共通であることなど、書ききれないほどあります。

冒頭に記しましたとおり、2020年2月からシカゴ大学の医学部(バッファローからは850キロ程度西)に異動します。州が変わるのみならず、州立大学と私立大学、生物学科と医学部とで環境も大きく変わってきそうです。アメリカの違う面が見えてくるのが楽しみです。

## 文 献

- ・ Lin Y-L, Pavlidis P, Karakoc E, Ajay J, Gokcumen O. 2015. The evolution and functional impact of human deletion variants shared with archaic hominin genomes. *Mol. Biol. Evol.* 32:1008–1019.
- ・ Resendez S, Saitou M (共筆頭著者), Parisi L, Wo F, Nakagome S. 2019. Sex-specific phenotypic effects and evolutionary history of an ancient deletion polymorphism of the human growth hormone receptor. bioRxiv. Available from: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/788653v1.abstract>
- ・ Saitou M, Gokcumen O. 2019. Resolving the insertion sites of polymorphic duplications reveals a HERC2 haplotype under selection. *Genome Biol. Evol.* [Internet]. Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/gbe/evz107>
- ・ Saitou M, Gokcumen O. 2020. An Evolutionary Perspective on the Impact of Genomic Copy Number Variation on Human Health. *J. Mol. Evol.* 88: 104–119.
- ・ Saitou M, Lizardo DY (共筆頭著者), Taskent RO, Millner A, Gokcumen O, Atilla-Gokcumen GE. 2018. An evolutionary transcriptomics approach links CD36 to membrane remodeling in replicative senescence. *Mol Omics* 14: 237–246.
- ・ Saitou M, Satta Y, Gokcumen O. 2018. Complex Haplotypes of GSTM1 Gene Deletions Harbor Signatures of a Selective Sweep in East Asian Populations. *G3* [Internet]. Available from: <http://dx.doi.org/10.1534/g3.118.200462>

- ・ Saitou M, Satta Y, Gokcumen O, Ishida T. 2018. Complex evolution of the GSTM gene family involves sharing of GSTM1 deletion polymorphism in humans and chimpanzees. *BMC Genomics* 19: 293.

(編集担当：大島一正)

## 第8回

# ダーウィン研究室：国内にもある、Cutting-Edge Science! 幅広いアプローチから様々な動物種の 進化・生態を探る

野村翔太 (京都大学理学研究科生物科学専攻動物生態学研究室 博士2年)

野外に出かけると多種多様な進化をとげた生物を、しかも多種が共存している状態で観察することができます。このような生物多様性の仕組みを明らかにすることは多くの研究者の目標となっています。生物の進化や多様性について調べるために、ある生物のある特徴に注目し、それに適切な手法を用いて観察、実験、解析に没頭する。それが研究者としての日常です。一方で、野外において生物は他の多数の生物の影響を受けながら共存をしているため、自らの研究をしばしば多角的な視点で見つめなおすことが重要です。しかし、研究室内の日常においては、特定の生物や手法についてのみ注目する機会が多いため、重要なアイデアや視点が欠けてしまうことが多々あります。そのような欠けに気づける機会は、学会などで全く別の生物種や現象、手法に触れる時に限られ、日常的にはあまり多くないことが考えられます。

筆者の所属している京都大学理学研究科生物科学専攻動物学系動物生態学研究室では、さまざまな動物の生態、進化を分子生態学、個体群生態学、行動生態学といった幅広いアプローチで研究をしています。研究グループとしては、主に昆虫を扱っている曾田貞滋教授のグループと、淡水魚を扱っている渡辺勝敏准教授のグループが存在します。しかし、教員から与えられたテーマのみならず、自らが考えたテーマに取り組む学生も多いため、当研究室で扱う動物種、手法も様々です。具体的な動物種としては、オサムシ、周期ゼミ、ハンミョウ、センチコガネ、ツチガエル、ウシガエル、琵琶湖に生息する淡水魚全般、ミャンマー・インレー湖に生息する淡水魚全般、カマツカ、カジカ、ウキゴリ、ヨシノボリ、テナガエビ、鳥類などが挙げられます。毎週火曜日に行われるセミナーでは、毎回異なる動物や手法を用いた研究の話聞くため、日常的に自分のテーマを異なる視点から見つめなおす機会が得られます。また、自分の発表回においては、特に研究の目的、意義、発展性などについて、さまざまな視点からの指摘を得ることができます。研究室内では、有志で集まり論文を読みあったり、国際学会などでの発表を聞いたりすることも行われています。それぞれの興味が異なっているため、ここでも一つの研究に対し様々な視点からの議論を行うことができます。研究テーマが非常に近い人がいないこともあり、細かい解析などの議論はしばしば行いきにくい点は欠点として存在しますが、多角的にテーマを見つめなおせる場としては、当研究室は最も優れている場の一つであると考えられます。

## 昆虫グループにおけるプロジェクト：オサムシの種分化とその維持機構 (図1)

さて、ここまでは筆者から見た研究室内の雰囲気、特色について説明しましたが、ここでは具体的に進行中のプロジェクトについて触れてみましょう。その一つとして昆虫グループの教員である曾田教授の研究について説明します。曾田教授の主な研究テーマの一つに、オサムシにおける種分化とその維持機構の解明があげられます。オサムシのなかでも、オオオサムシ亜属では種によって体サイズや交尾器形態が著しく異なります (図2)。野外において、オオオサムシ亜属は同じ地域であっても複数種が観察できますが、同じような体サイズや交尾器形態を持つ種同士は同じ地域に生息していません。ではなぜ同じような体サイズや交尾器形態を持つ種同士は共存できないのでしょうか？ 実際に体サイズの同じ種同士、異なる

る種同士を飼育してみると、体サイズの同じ種同士では誤って種間交尾を行ってしまう一方で、異なる種同士では交尾が不可能であることが分かりました。交尾器形態の異なる種同士でも、雌雄の交尾器が機械的に一致しないことで、交尾が成功しにくくなっていることが分かりました。つまり、オオオサムシ亜属においては、同じような体サイズや交尾器をもつ種同士は不適応な交雑を行ってしまうため共存できないのです。このようなオオオサムシの体サイズの進化には幼虫のエサとなるフトミズ科の大きさが関わっていることもわかっています。もっとも幼虫サイズが小さい一齢幼虫では大きな個体ほど捕食成功率が高いため、地域に生息するミミズのサイズによって、オオオサムシの幼虫サイズ、ひいては成虫の体サイズまでもが選択を受けるのです。体サイズや交尾器形態の進化がオオオサムシ亜属における複数種の共存に重要であることが明らかになってきたため、現在はその遺伝基盤の解明にも注目しています。具体的には、QTLやDNAリシーケンシングを用いたゲノムスキャン、RNA-seqを用いた発現量解析、RNAiを用いた遺伝子機能解析などを中心に行っています。筆者もオオオサムシの交尾器形態の違いに関わる遺伝、分子基盤についてRNA-seqを用いた発現量解析により明らかにしようとしています。

### 淡水魚グループにおけるプロジェクト：琵琶湖の魚類相の成り立ち (図3)

さて、次に淡水魚グループの渡辺准教授の研究について説明します。渡辺准教授の主な研究テーマの一つに、古代湖における魚類相の成立と進化が挙げられます。古代湖とは古くから存続し続けている湖のことで、その古さゆえに独特の生物相が成立している場合が多いです。古代湖の中でも渡辺准教授は特に日本に存在する琵琶湖に注目しています。琵琶湖において、湖自体は400万年ほど前から存在しますが、現在のような広く深い湖の環境が形成され始めたのは40万年ほど前であるといわれています。琵琶湖に生息している固有魚類は現在の琵琶湖の独特な環境にうまく適応していることがわかっています。したがって、琵琶湖の固有魚類は40万年ほど前より新しい時期に現在の琵琶湖に適応し、進化してきたのだと考えられていました。しかし、実際に分子遺伝学的データから琵琶湖の固有種と近縁種間の分岐年代を調べてみると、種により分岐の古さが大きく異なることが分かりました。予想通り40万年ほど前よりも新しい時期に分岐した種もいれば、100～300万年ほど前に分岐した種もいたのです。このことから、琵琶湖における魚類相の成立要因は非常に複雑であり、時間の経過に伴い湖の環境が変化してきたことも重要な役割を果たしていると考えられます。現在は、琵琶湖環境への適応を実現している生理、生態、形態に関わる遺伝基盤を探索するとともに、それらがどのような時期にどのようなプロセスで獲得されたのかを調べるプロジェクトが進行中です。



図1 オオオサムシ亜属の1種、シズオカオサムシ(筆者撮影)

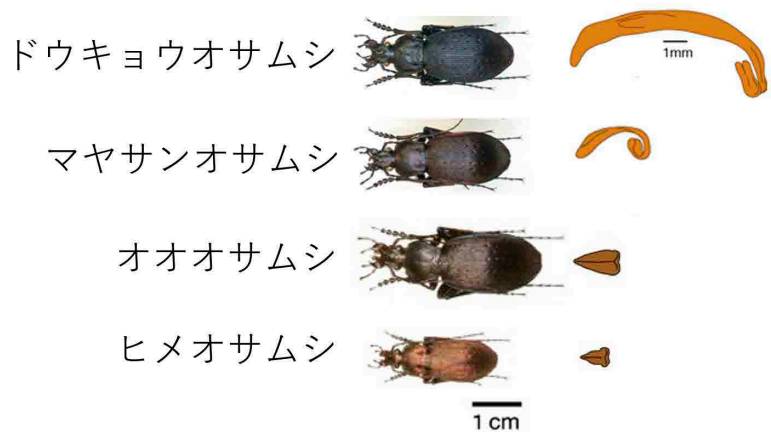


図2 オオオサムシ亜属の種、ドウキョウ、マヤサン、オオ、ヒメオサムシの体サイズとオス交尾片形態。写真はFujisawa et al. 2019 Sci. Adv. より改変。

## 最後に

当研究室には現在、教員4名(20年3月より5名)、博士研究員1名、博士課程学生7名、修士課程学生5名が所属しています(図4)。この中には今まで挙げたプロジェクトとは異なる課題に取り組む人も多数います。例えば、昆虫の色彩変異を定量化し、比較する解析を行っている学生や、広塩性魚類の生理実験を行っている学生もいます。そのため、実験、解析機材も分子実験やNGS解析に関わるものをはじめとして、さまざまなものがそろっており、幅広い研究が行えます。興味のある学生・ポスドクの方は、ぜひ研究室への見学や火曜日のセミナーに参加してみませんか？



図3 琵琶湖の固有魚種であるアブラヒガイ(上)とホンモロコ(下)。アブラヒガイは40万年前より最近に分岐したのに対し、ホンモロコは200万年ほど前に分岐した。写真はBiFAG(琵琶湖産魚類の適応とゲノミクス)ホームページ(<https://sites.google.com/site/bifagweb/home>)より。

## 参考文献

- ・奥崎穰・高見泰興・曾田貞滋(2012)同所的オオオサムシ亜属種間の体サイズ差の意味：資源分割よりも必要とされる生殖隔離。日本生態学会誌 62: 275-283.
- ・Okuzaki Y & Sota T. (2018) Predator size divergence depends on community context. *Ecology Letters*, 21 (7): 1097-1107.
- ・Fujisawa T, Sasabe M, Nagata N, Takami Y & Sota T. (2019) Genetic basis of species-specific genitalia reveals role in species diversification. *Science Advances* 5: eaav9939.
- ・渡辺勝敏(2017)琵琶湖の魚類の生い立ち－分子データからのアプローチ。化石研究会誌 50 (2): 71-74.
- ・Tabata R, Kakioka R, Tominaga K, Komiya T & Watanabe K. (2016) Phylogeny and historical demography of endemic fishes in Lake Biwa: the ancient lake as a promoter of evolution and diversification of freshwater fishes in western Japan. *Evolution and Ecology* 6: 2601-2623.

(編集担当：奥山雄大)



図4 2018年度の研究室所属メンバー。写真は福家悠介氏提供。

## 編集後記

大島 一正 (京都府立大学)

何かと大変な今日この頃ですが、外を歩けば随分と春らしくなってきたことを感じます。個人的に一番好きなのはジンチョウゲで、夜、道を歩いていると、どこからともなく漂ってくる独特の花の香りがもうすぐ春だと気づかせてくれます。また、学生時代を北海道で過ごした私にとって、3月の学会シーズンで本州などを訪れた際に出くわすジンチョウゲの花の香りは、懐かしい故郷の香りでもありました。そんな3月の学会シーズンも、今年は大会中止が相次ぎましたが、とりあえず、次の編集後記を書く頃までには、色々なことが落ち着いていることを切に願っています。

### 日本進化学会ニュース Vol. 21, No. 1

発行：2020年3月27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