

# 日本進化学会 ニュース

Vol. 17 No. 3  
November 2016

## 目次

- 1 リレーエッセイ〈13〉  
専門なのに結構知らないことがある話  
河村正二 (東京大学)
- 3 進化学者に聞く！  
学生からの10の質問  
岡部正隆 (東京慈恵会医科大学)
- 5 日本進化学会 第18回 東京大会 レポート  
大会全体についての報告  
丸山茂徳 (東京工業大学)  
岡田典弘 (国際科学振興財団)  
黒川 顕 (国立遺伝学研究所)
- 8 大会シンポジウムレポート
- 14 大会ワークショップ・夏の学校レポート
- 22 2016年度学会賞等受賞者  
研究奨励賞受賞記
- 27 受け継がれる研究の流れ  
井上 潤 (沖縄科学技術大学院大学)
- 31 受賞にあたって  
越川滋行 (京都大学白眉センター)
- 34 學而不思則罔、思而不學則殆  
小島健司 (台湾 National Cheng Kung University・米国 Genetic Information Research Institute)
- 38 最優秀学生ポスター発表賞受賞記  
交雑起源の無性生殖種の  
ゲノムワイドなアレル発現パターン：  
遺伝的不和合の補償との関連性  
三品達平 (京都大学)
- 39 第11回 みんなのジュニア進化学  
最優秀ポスター賞 受賞記 Part-1  
動かない生物の環境適応能力  
加賀三鈴 (東京大学教育学部附属中等教育学校)
- 39 30数億年前の翻訳伸長因子に  
刻まれた挿入配列が明らかにする  
真核生物とアーキアの進化の物語  
岡部晴子 (山形県立鶴岡南高等学校)
- 40 ミーティングレポート  
第9回Evo-Devo青年の会  
「現代の形態学は大進化を解きうるか」  
を開催して  
守野孔明 (筑波大学)
- 42 第26回 海外研究室だより  
ミシガン大学生態学・進化生物学科と  
動物学博物館  
後藤龍太郎 (ミシガン大学)
- 48 編集後記
- 49 日本進化学会庶務報告・活動報告
- 50 日本進化学会2016年度評議員会議事録
- 52 日本進化学会2016年度総会報告
- 53 2015年度決算報告書 (2015年12月31日現在)
- 54 2016年度中間決算案 (2016年6月30日現在)
- 55 2017年度予算案

## 専門なのに結構知らないことがある話

河村正二(東京大学新領域)

私は色覚やオプシンの進化の研究をしているが(Kawamura et al. 2016)、守備範囲が脊椎動物と狭く、眼の起源やオプシンの起源などのテーマについて、自身の研究との関連は自覚しながらも、これまで調べることなく、ほったらかして来た。最近、眼の起源も含めて講演を依頼され、これを機に(仕方なく)調べ始めた。すると近年凄い発見やそこからの新仮説が出ていて、心から不明を恥じた。このエッセイではこれらの新しい知見について、紹介を兼ねて触れたいと思う。

オプシンは、Type IロドプシンとType IIロドプシンに大きく分類される(用語「ロドプシン」について脚注参照)。Type Iロドプシンとは、教科書に普通に載っているあのバクテリオロドプシンなど、主に原核生物の光駆動イオントランスポーターや走光性センサーである。Type IIロドプシンとは、視覚をはじめサーカディアンリズムなどでお馴染みの光センサーで、主に動物(真正後生動物)のオプシンである。後述するがここで「主に」と書いたのが実は重要で、「主に」を無視すると両者の関係は随分見えにくくなって来る。どちらも7回膜貫通構造(GPCR型フォールドともいう)で、7番目の膜貫通ドメイン(ヘリックスGともいう)の中ほどにあるリジン(ウシのロドプシンで296番目の残基)にレチナルがシッフ塩基結合している。しかし、両者間のアミノ酸配列レベルの類似性はとても低い。

以前の私も、この辺りまでは承知していた。それで、勝手に想像していたのは、まだ地球に原核生物しかいなかったところにType Iロドプシンが出現し、それが動物の祖先あたりでGタンパク質との共役能を獲得してType IIに「進化」した、というようなシナリオだった。オプシンに限らず、全生物にみられる遺伝子なら普通そういうふうと思うだろう。しかし、一般的な学説はアミノ酸配列が違いすぎることを重視して、別起源を想定していた。構造の類似性は、「収斂進化」であろうと解釈されていた。この辺りまでなら、もやもやはありながらもそんなもので済んでいた。

調べを進めると、この収斂説に挑戦する研究が最近あったことを知った。ウシのロドプシンで、レチナルが結合するリジンの場所を別の個所に人工的に移動させてもレチナルに結合でき、Gタンパク質であるトランスデューシンを活性化できる。バクテリオロドプシンの方でも同様のコンセプトの実験がなされ、やはり「7回膜貫通構造で、7番目の膜貫通ドメインの中ほどにあるリジンにレチナルがシッフ塩基結合している」というあの構造は光感受機能に必須でないことが示されたのだ。機能制約から構造が一つしかありえないなら収斂を支持するが、これらの結果は収斂を支持せず、共通起源を支持する。ショックだったのは、前者がPNAS (Devine et al. 2016)、後者がMBE (Mackin et al. 2014)というお馴染みの学術誌に掲載され、しかもMBEの方はPDFを自分で持っていたことだった。気になったからPDFまでとったのだろう。

さらに続きがある。Type IIロドプシンはもちろんGPCRであるから、他のGPCRから分化したのだろう。言われてみればそりゃそうだ。でもあまり自覚的に気にしたことはなかった。Type IIロドプシンはcAMP GPCRグループから分化し(Krishnan et al. 2012)、さらにそのcAMP GPCRはメラトニン受容体だと推定された(Feuda et al. 2012)。これは動物と菌類の共通祖先の「オピストコンタ」と呼ばれる生き物においてだった。これらの知見は、2つの意味で自分にとって意義が大きかった。ひとつは、メラトニン受容体からということを知ったこと。メラトニンはサーカディアンリズムの絡みからお馴染みで、光の有り無し情報に関わる。メラトニン受容体は、メラトニンが有るか無いかで時間を知るのに役立つのだろう。それならメラトニンの代わりにレチナルを受容(というより抱え込み)すれば、直接に光情報がとれて効率もよく、メラトニンの代謝結果に頼らない分だけ正確だろう。理に適っている! もうひとつは、

今日のゲノム時代の知見では、動物に一番近いのは菌類だということになっていること(私の知識は五界説で止まっていた)。それらはまとめて「オピストコンタ」という、鞭毛が後方に付いているという意味の用語で呼ばれることも知った。話題になっているなど、ひところ感じていた縦襟鞭毛虫も、動物のすぐ外でオピストコンタに入っている。そのころに知っているべきだったが、やっと自覚した。いろいろなことが自分の中でつながった。

さて、Type Iロドプシンである。最近になって、Type IIロドプシンは一部の単細胞菌類にも見つかった。Type Iは原核生物だけでなく、クラミドモナスなど一部の単細胞藻類や渦鞭毛藻には早くから知られていたが、最近一部の単細胞菌類にも見つかった。上で「主に」が大事といったのは、こうした例外にヒントがあるということだ。菌類が共通なのである。これらの知見を受けて、上記のMackin et al. (2014)は、オピストコンタにおいてGタンパク質共役能を失い、プロトトランスポーター機能などを獲得して特殊化したType Iをもった生き物が出現し、それが原核細胞やその他の真核microbeに「水平伝播」して回ったと提案している。アミノ酸配列が大きく違うのはこうした機能の改変と特殊化に大きな自然選択がかかったためであり、microbeの世界でなら水平伝播は珍しい話ではないと説明できる。私には目から鱗の新仮説だった。なんと、原核細胞型の方が派生型とは。去年、テレビ番組で、水平伝播ではあるが逆方向(渦鞭毛藻のType Iから動物のType IIへ)のシナリオが葉緑体やミトコンドリアの共生の話と共に一般向けに語られていたが、GPCRとの関係や、生物の間のType IとIIの分布を考えると、私にはMackin et al. (2014)の仮説の方が、はるかに説得力があるように思える。

この調べをする中で、Type IIの中の大分類(R-opsins、C-opsins、RGR/Go-opsins)の起源が刺胞動物まで遡るとか、線虫の系統分類学上の位置が随分変わったとか、分類学上の命名(有櫛、外肛、貧毛など)を知るとか、そこにどんな生き物が当てはまるとか、漢字の読み方まで、知るところ大で、ついでにととても為になった。

すでに知っている方々にはどうでもよい話で申し訳なかったが、言いたかったのは、専門分野でも知らないことが結構多く、我々は常にopen mindedでなければならないということだ。当たり前のことだが、それを改めて自覚した。

## 脚注

ロドプシンにはいくつかの定義があるため、しばしば混乱を招く。以下に定義を挙げる。

- 1) タンパク質であるオプシンと、発色団である(ビタミンAアルデヒドの総称としての)レチナールの複合体を総称して、ロドプシンと呼ぶ。視覚に使われる場合には、この複合体を特に視物質と呼ぶ。
- 2) 1)において、タンパク質部分のオプシンのこともロドプシンと呼ぶことがある。Type IロドプシンやType IIロドプシンはこの用法にあたる。
- 3) 脊椎動物において、桿体視細胞のオプシンを錐体視細胞のオプシンと区別する意味でロドプシンという。
- 4) 脊椎動物において、レチナールが11-*cis* retinalである視物質をロドプシン、11-*cis* 3,4-dehydroretinalをポルフィロプシンと呼ぶ。

それぞれに歴史的な背景があり、統一は難しい。rhodopsinのrhoは「赤い」という意味で、研究の初期にウシの網膜を切開したときに視細胞が赤く見えることから、視物質をロドプシンと呼んだのが始まりである。脊椎動物の視細胞には桿体細胞と錐体細胞があるが、哺乳類は桿体細胞の割合が高い。後に赤いのは桿体の視物質であり錐体の視物質はそうとは限らないことがわかってきて、ロドプシンは桿体の視物質という用法が生じた。一方、魚類で11-*cis* retinalでなく11-*cis* 3,4-dehydroretinalがレチナールとして使われている例が見つかり、ロドプシンは11-*cis* retinalの視物質という用法が生じた。

## 参考文献

- ・ Devine EL, Theobald DL, Oprian DD. 2016. Relocating the active-site lysine in rhodopsin: 2. evolutionary intermediates. *Biochemistry* **55**: 4864-4870.
- ・ Feuda R, Hamilton SC, McInerney JO, Pisani D. 2012. Metazoan opsin evolution reveals a simple route to animal vision. *Proc Natl Acad Sci USA* **109**: 18868-18872.
- ・ Kawamura S, Kasagi S, Kasai D, Tezuka A, Shoji A, Takahashi A, Imai H, Kawata M. 2016. Spectral sensitivity of guppy visual pigments reconstituted in vitro to resolve association of opsins with cone cell types. *Vision Res* **127**: 67-73.
- ・ Krishnan A, Almen MS, Fredriksson R, Schiöth HB. 2012. The origin of GPCRs: identification of mammalian like *Rhodopsin*, *Adhesion*, *Glutamate* and *Frizzled* GPCRs in Fungi. *PLoS ONE* **7**: e29817.
- ・ Mackin KA, Roy RA, Theobald DL. 2014. An empirical test of convergent evolution in rhodopsins. *Mol Biol Evol* **31**: 85-95.

(編集担当：荒木仁志)

## 進化学者に聞く！ 学生からの10の質問

岡部正隆 (東京慈恵会医科大学)

「進化に興味はあるものの、周りには何をやっているのか分かってもらえないし、将来が不安…」と感じている読者も多いのではないのでしょうか。そこで、実際に進化学研究で世界をリードする日本進化学会の先輩方に、あれこれ聞いてみることにしました。今回は脊椎動物を主な対象としている解剖学・形態学者、東京慈恵会医科大学の岡部正隆さんです。

**Q1.** 進化学者になったきっかけを教えてください。

**A1.** 子供の頃から魚や昆虫が大好きで図鑑をよく眺めていました。生物多様性の魅力に取り憑かれていました。医学部に進学後、基礎医学の中では解剖学と発生学に惹かれました。人体発生の遺伝子制御機構を知りたくて、大学院進学後は当時、分子遺伝学的解析が最も発展していた動物であるショウジョウバエを使って発生遺伝学の研究をしました。ずっと末梢神経系や感覚器の発生を研究していたのですが、その中で節足動物の体節に見られる繰り返し構造と体節特異的な感覚器の関係を考えているうちに、形態進化と進化発生学の面白さにはまりました。

**Q2.** 進化学者になってよかった、と思った瞬間はいつですか？

**A2.** 進化発生学の研究は、主にその生物の持つ形態の成立や着目している形態の起源を明らかにしようとする試みが多いわけですが、動物の形というのは専門家だけでなく一般の人にも馴染みやすいものなので、研究で明らかにしたことを一般の人が理解しやすいという特徴があります。自分の研究成果に多くの人が興味を示してくれるというのは大変嬉しいことで、特に次世代を担う子どもたちが喜んでくれるとやり甲斐を感じます。

**Q3.** 小さい頃の夢を教えてください。

**A3.** 小学生の頃は釣りをしたり魚を飼育したりして生物に親しんでいましたが、中学に入った頃からその気持ちがエスカレートして生物学者になりたいと思うようになりました。ノーベル賞を受賞する前の利根川進博士の研究を雑誌の特集記事で読んで、分子生物学の存在を知り、憧れを抱いたのを覚えています。それ以前は、釣り道具屋になりたいとか熱帯魚屋になりたいとか考えていました。

- Q4.** 研究者になるのを諦めかけたこと、ありますか？もしあればどうやって克服を？
- A4.** 医学部に進学して医師の資格を取った後、大学院に進んで分子発生学の研究を始めたこともあって、研究者になれなかったら臨床医になりゃいいや、なんてことを考えたこともありました(笑)。幸い研究は面白く進んでいったので、そのまま今に至っています。ただ、ショウジョウバエの研究をしていて、医学部で学んだキャリアをもっと活かさなくていいのか？と自問自答することはよくありました。その影響もあって、留学をきっかけに研究材料を脊椎動物に変え、帰国後は研究以外に医学教育の活動も始めたわけです。私は現在、母校の医科大学で解剖学を教えています。教育活動にかなり時間を割くことになったのと、OBということで大学の運営に関する仕事が極端に増えました。母校の教授として研究以外の仕事に忙しくなりすぎたことが、自分の研究者としてのアイデンティティーを奪うことになりやしないか。今まさに研究者になるのを諦めかけ、それを克服しようとしているのかもしれない(苦笑)。
- Q5.** 進化学者になるのに必要な資質・スキルって何でしょう？
- A5.** かつてこんな生物が地球にいたのではないか、この生物はこんな生態をしているのではないかと想像力を働かせることは進化を議論する醍醐味ですよ。十分な科学的検証ができないと言われていた「進化論」時代から、いろいろな方法論を駆使して検証していこうとする「進化学」へと昇華した時代に、研究に従事できるのですから本当に幸せなこと。過去のあらゆる可能性を考える上で、現存の生物たちがいかに多様でいかに巧みに環境に適応しているかを知っていることは有利だと思います。また、どんな方法を使ったらその仮説の妥当性を検証できるか、様々な科学的手法のメリットデメリットを知っていることも重要だと思います。
- Q6.** 学部生・院生当時の一番の思い出は？
- A6.** 学部は医学部だったのでヒトという生き物をいろいろな側面から学びました。しかしそのほとんどの時間を構造や機能を理解することに費やしたので、創造的なプロセスを学ぶ教育とはだいぶ違いました。卒業研究さえない6年間の学部生活ですからね。それでも放課後研究室で自主的にやっていた研究を、学部4年生の時に解剖学会で口頭発表できたのはいい思い出です。院生になって、いろいろな学部出身の大学院生たちと語り合う時間ができて、根っからの研究者肌の人たちと朝から晩まであーでもないこーでもないと議論するのが本当に楽しかったです。
- Q7.** 現在の研究内容について教えてください。
- A7.** ロンドンへの留学を機会に研究材料をショウジョウバエから脊椎動物に変えました。ショウジョウバエの感覚器の進化発生学的研究に用いたロジックを使って、脊椎動物の咽頭弓(咽頭囊)から生じる多様な内分泌器官の運命決定機構をテーマにしました。咽頭弓は鰓弓とも呼ばれますが、鰓を持った魚から陸上生活を可能にした四肢動物がどのように進化してきたのか、脊椎動物の大進化について現存の脊椎動物胚を用いた進化発生学的研究をしています。上陸した四肢動物には優れたモデル実験動物がいくつかありますが、四肢動物に進化する前段階のモデルになるような水棲脊椎動物に関しては実験動物がいません。ゲノムが巨大すぎて解読できないハイギョ類か、保護動物で実験に使えるシーラカンスといった具合です。そこで我々は、次に四肢動物に近い魚類として、最も原始的な条鰭類魚類であるアフリカの淡水魚ポリプテルスを実験動物化しました。繁殖方法を確立し、胚発生の観察を可能にした後、国立遺伝学研究所との共同研究でゲノムの塩基配列を決定し、さらに遺伝子組換え個体の作成法も確立し、漸くポリプテルスと四肢動物の各器官の発生を比較する研究が可能になりました。他にも水族館の協力を得ながら、軟骨魚類なども研究に用いています。超音波診断器を水族館に持って行ってサメの心エコーを撮ったりいろんなことをしています。

- Q8.** 今後の研究展開や抱負を聞かせてください。
- A8.** 現在の研究を発展するのはもちろんですが、一般の人に対して科学への興味を沸き立たせるような研究をしていきたいと思っています。ヒトの一つ一つの臓器の進化的起源を探求することは、自らの体の歴史を知るという点で意義深い試みだと思っています。
- Q9.** 10年後、進化学はどこまで進んでいると思いますか？
- A9.** 技術革新によって様々なことができるようになっていくと思いますが、化石に眠っている太古の情報をいろいろな観点から明らかにする方法論が確立していくといいですね。我々のやっているような現存生物の胚とゲノム情報を使ったアプローチでも、かつて存在していたと想像される生き物の姿を導き出すことはできるかもしれませんが、実際にそのような生き物が存在したかはわかりません。ですからやはり化石から様々なデータが得られるようになるといいですね。
- Q10.** 未来の進化学者に一言。
- A10.** 是非、タイムマシンを開発してください。



#### 研究者紹介

名前：岡部正隆

所属：東京慈恵会医科大学・解剖学講座

最終学歴：東京慈恵会医科大学大学院医学研究科博士課程修了

職歴(略歴)：1996年に博士(医学)を取得後、新技術開発事業団(現科学技術振興機構)CRESTの研究者、1997年に国立遺伝学研究所助手、2002年末より文科省在外研究員としてまた後半は日本学術振興会の特定国派遣事業の研究員としてイギリス・キングスカレッジロンドンに留学、2005年より東京慈恵会医科大学DNA医学研究所講師を経て、2007年より同大学解剖学講座教授。

(編集担当：真鍋 真)



日本進化学会 第18回 東京大会 レポート

## 大会全体についての報告

丸山茂徳(大会委員長、東京工業大学)

岡田典弘(大会名誉委員長、国際科学振興財団)

黒川 顕(大会準備委員長、国立遺伝学研究所)

日本進化学会第18回東京大会は、2016年8月25日(木)から28日(日)までの4日間、東京工業大学の大岡山キャンパスで開催され、盛会のうちに終了しました。大会が東京工業大学で開催されたのは、2010年の第12回大会以来のことです。2010年のときは8月上旬の非常に暑い中での開催であったことを覚えている方もいらっしゃると思います。今回は台風がちょうど過ぎた後の開催となり、全4日間のうち前半は天気恵まれて暑い中でスタートしました。3日目は時折小雨が降っておりましたが、気温が下がったことでむしろ過ごしやすかったと思います。

今回の大会準備にあたり、東京工業大学のメンバーを中心とした計16名からなる準備委員会を組織しました。大会準備に必要な役割分担としては、庶務、会計、会場、広報、ウェブページ、プログラム、要旨集、一般向けイベント、協賛企業関係、高校生発表など、非常に多岐にわたります。各委員がそれぞれ

の仕事をしっかりとおこなってくださり、大会までに大岡山で開催した8回の会議でも活発にアイデアを出し合って準備を進めてくださいました。また会議以外の場ではメーリングリストを通して情報共有と議論を交わし、大変密な連携体制となっていたと思います。特に2010年の大会運営に携わった委員の経験も大きく活かされたと思います。さらに今回の大会準備で例年と異なった点としては、(株)クバプロに直接的に加わっていただいたことが挙げられます。クバプロには会計、要旨集、ウェブページ運営など、こまごまとした調整とサポートをおこなっていただいたばかりでなく、クバプロが持つ経験と情報は準備を進める上で大いに助かりました。

さて今大会のテーマとしては、「超学際領域としての進化学 ―ゲノムから銀河まで―」を掲げました。例年の大会では幅広い分野の進化研究者が多様な企画を出されていますが、さらにそこに地球史の視点を取り入れた企画をいくつか加えさせていただくことで、進化学の裾野を一層広げる一助になればと考えた次第です。そのため国際プレナリー講演・特別講義と9つのシンポジウムでは、より総合的に生物進化のプロセスとメカニズムを捉えられるよう幅広い分野からの企画をお願いし、計55名の方にご講演いただきました。聴衆人数は会場ごとに多少のばらつきがあったものの、全体としては特に若い研究者や学生の皆さんには好評であったようです。一方、多様な分野からご応募いただいたワークショップの企画は、大会を大いに盛り上げてくださいました。その中には従来の進化学会では見られなかった新鮮な企画も含まれておりました。例年と比べると企画応募数は若干少なめだったようですが、もしかしたら昨年の中央大が企画満載の大会でありそれに続いて東京での連続開催となったことが影響したのかもしれませんが。ご応募頂いたワークショップの企画はすべて採択とさせていただき、9件の企画の中で58名の方々の発表がありました。

また一般口頭発表としては63件の演題が集まりました。これは例年と比べて大きく変わらない数です。プログラム上、一般口頭発表はシンポジウムやワークショップと重ならない時間帯に組み込みましたが、一方で口頭発表を最大7会場で並行したため、もしかしたら興味のある発表が同時帯に重なることがあったかもしれません。しかし会場としては行き来しやすい部屋をご用意しましたので、移動はスムーズにできたのではないかと思います。各会場の座長と発表者が時間通りの進行にご協力くださり、ほぼスケジュールの遅延なく運営できたことはとても助かりました。

一方、ポスター発表でもほぼ例年と同じく83演題の発表がありました。ポスター会場は他の発表会場からかなり離れたところに設置せざるを得ませんでした。会場の都合上、どうしてもやむを得なかったことをご理解いただければ幸いです。そのためコアタイムを除けばポスター会場に人が少ない状況となってしまいました。その代わりにコアタイムを1演題あたり2回ずつ設け、その時間帯に集中して多くの方に聞いていただけるようプログラムを組んだつもりです。実際にコアタイムの時間帯は多くの方が集まり、大変盛り上がりました。また複数の部屋に分かれることなく1つの広いホールでおこなうことができましたので、ポスターを見て回りやすかったのではないかと思います。

大会3日目には高校生によるポスター発表「第11回みんなのジュニア進化学」が開催されました。今年には特にこの高校生ポスター発表に力を注いだおかげで51演題も集まり、計153名による発表がおこなわれました。これはこれまでの大会の中で最大規模になります。今回、一般ポスター発表と同じ会場でおこなったことで、研究者や院生との深い交流とディスカッションが可能となりました。この点が高校生や教員の方々から大変好評で、進化学の啓蒙活動としては大成功であったと考えております。こうしたイベントに積極的に参加する高校生が増えたことは大変喜ばしいことですが、一方で、今後もこのペースで参加校が増加し続けると会場の確保やプログラム編成が難しくなると考えられます。その点はいずれ何らかの方策を検討すべきかもしれません。ただ進化学の将来にとっては、これはむしろ嬉しい悩みであるとも感じております。

大会の最終日には毎年恒例の進化学夏の学校、そして市民公開講座を開催しました。過去の大会でも、夏の学校では次世代シークエンス解析をテーマとした企画がありましたが、今年はさらに深い解析法やそ

の意外な落とし穴についてそれぞれの専門家をお呼びしてご講演いただきました。来場者から実際に解析する上での注意点など深い質問と議論がなされたことは、それだけたくさんの皆様の関心を引く分野であると同時に、次世代シーケンス解析が一般の研究者に広く浸透したことの表れであると考えられます。

またその日の午後には市民公開講座を開催し、一般の方を含め150名以上の方が参加してくださいました。特に夏休み最後の日曜日ということもあってお子様連れの来場者が多く、大変好評でした。今年は「進化を表現する人々」をテーマとして3名の方にご講演いただき、進化の面白さを一般の方々に分かりやすい形でお話しいただけました。研究者としては個々の研究の価値と重要性のアピールは大切ですが、一般の方により分かりやすい表現法を追求することも研究者の立場から考えなければならないのかもしれないかもしれません。

さらに今大会の新たな試みとして、一般向けの公開イベント「東工大驚異の部屋」を企画しました。これは生き物に関するグッズ販売会で、滅多に見られないマニアックなグッズが数多く見られました。参加者の中にはどれをお土産にするか迷った方も多いのではないかと思います。ただ会場の場所が少々分かりにくくなってしまったことは反省すべき点です。これも一般公開イベントということで、大会参加者のみならずお子様連れの来場者も多く見られました。

今回の第18回大会は多くの皆様のおかげで成功裏に終わることができました。準備委員会やクバプロだけでなく、進化学会執行部の皆様、シンポジウムやワークショップを企画して下さった方々、座長をお引き受け下さった方々、一般公開イベントの講演者と出店者の皆様、そして協賛企業のご支援とご協力がなければ、この大会は決して成功することはありませんでした。特にアルバイトの学生の皆さんは当日のみならず大会前の台風直撃の中で準備して下さり、本当にご苦労様でした。もちろん、ここまで大会を盛り上げて下さったのは、進化学会内外からのすべての参加者のおかげであることは言うまでもありません。この場を借りて関係者全員に深く謝意を申し上げたいと思います。

最後になりますが、大会中の写真が第18回大会ウェブページよりダウンロードできますので、是非ご覧になってください(<http://www.kuba.co.jp/sesj2016/>)。その際に簡単なアンケートにお答えいただく必要がありますが、今後の大会の方向性について皆様一人ひとりのご意見を頂く大変貴重な機会ですので、どうかご協力いただければ幸いです。

## プログラム概要

### ●国際プレナリーシンポジウム

Martin Sikora (University of Copenhagen) “Reconstructing human history from ancient DNA”

Alan Weiner (University of Washington) “The Genomic Tag Hypothesis for the Origin of tRNA and Genomic RNA Replication in the RNA World”

### ●特別講義

Jeff Errington (Newcastle University) “Cell wall deficient (L-form) bacteria: from bacterial physiology to the origins of life”

### ●シンポジウム

S1: 脳創生のゲノムイノベーション

S2: RNAと進化

S3: 地球の進化と生物進化

S4: 進化における発生の役割

S5: 天文学の発展と生物進化

S6: 植物の進化

S7: NGSを取り入れた古代動物のゲノム決定と系統

S8: 進化可能性と方向性: 実験と理論からのアプローチ



S9：初期バクテリアからの代謝系の進化

●ワークショップ

W1：超学際領域としての進化言語学

W2：昆虫の社会性進化を実現・加速させた至近要因

W3：再構築型進化学研究－人工細胞から原始生物まで－

W4：利己的な遺伝因子の進化学

W5：Power of Symbiosis: 無脊椎動物における内部共生研究の今

W6：ヒトのゲノム進化

W7：生物進化に伴うDNA複製装置のDynamics

W8：プロテクトワールド～アプローチの多様化がもたらすもの～

W9：Ancestral States: Current Conceptions and Their Limitations

●一般演題

口頭発表 63件

ポスター発表 83件

●一般公開イベント

進化学夏の学校「次世代シーケンスデータからの変異抽出をもう一度見直してみよう」

市民公開講座「進化を表現する人々」

生き物グッズ展示・販売「東工大驚異の部屋」

●高校生ポスター発表「第11回 みんなのジュニア進化学」

発表数 28校51演題

■大会参加者

一般会員	216名
学生会員	96名
招待講演者	53名
非会員	66名
学部生	47名
高校生	167名
計	645名

(編集担当：大島一正)

## 大会シンポジウムレポート

(\*本記事は編集委員がピックアップした大会シンポジウムについて、企画者や参加者有志にその様子を報告していただくものです。詳細については企画者にお問い合わせください。)

### S4：進化における発生の役割

著者(参加者)：東山大毅(東京大学)

細胞型、解剖学的器官、あるいはボディプランと、生物の形態はさまざまな階層において多様であるが、こうした多様性を生じた進化過程やその背景にある機構はいまだ大きな問題だ。「進化における発生の役割」の題で平沢達矢氏により企画されたシンポジウムは、形態を構成する表現型(phenotype)と遺伝子型(genotype)とを結びつけるプロセスなりメカニズムとして「発生」をとらえている。今回の登壇者は何

らかの形でこれら「発生」にアプローチしており、こうした「発生」から、局所的な進化系列に見られる一種の「進化的傾向」や、平行進化や新奇形質の獲得といった古くから現象論として知られる問題への機構的解釈が可能となるのではないかと、というのが企画者の狙いである。

一番目、二番目の登壇者である小藪大輔氏と武智正樹氏は、それぞれ脊椎動物における頭部骨格や中耳の形態進化に着目されている。まず小藪氏は「羊膜類における縫合閉鎖と頭蓋構成の進化」の題で発表された。氏の研究は、古生物学的研究から今日“Williston's law”として知られる現象に、ひとつの機構的解釈を与えるものである。このWilliston's lawとは端的に述べるならば進化の過程で構造を構成するパーツが減少する傾向を指した法則性のことだ。小藪氏の着目する頭部骨格は化石記録から現生哺乳類にいたる過程で大きく骨要素の数を減らしている。しかし現生哺乳類の発生を詳細に観察したところ、哺乳類で「消失した」とされてきたいくつかの骨要素、例えば板状骨(tabular bone)のような骨の原基は実際には哺乳類胚でも一過的に存在し、隣接する骨(板状骨の場合は頭頂間骨; interparietal bone)に癒合することにより境界の不可視化がおけると判明した。

続く武智氏は「中耳の形態進化を発生学的に理解する」という題で講演された。哺乳類の中耳を特徴づける3つの耳小骨のうちの2つは、上下の顎関節(一次顎関節)を構成していた骨要素に由来する、というのは古生物学の分野で広く知られた事象だ。しかし中耳の進化がいつ、どのようなきっかけで生じたのか?という問題には化石記録だけからではアプローチが困難である。この問題に対して武智氏は、マウスやニワトリを主に用いた実験発生学的アプローチでの解釈を試みている。例えば咽頭弓腹側のアイデンティティを決定づける*Endothelin1*シグナルを両者で抑制すると、マウス、ニワトリともに下顎の骨形態が上顎化する。この際、マウスでは鼓膜が消失するのに対しニワトリでは重複する。つまり、鼓膜を伴う中耳は両者で異なる発生プログラム下にあり、また系統的に独立に進化した可能性がある。氏は顎関節や外耳道の位置関係にも着目し、中耳進化の発生学的背景を探っている。

続く清水啓介氏は、軟体動物と腕足動物という門のレベルでかけ離れた動物において独立に生じた貝殻形成について研究をおこなっており、本シンポジウムでは「貝殻形成メカニズムから探る貝殻の起源」の題で講演をされた。軟体動物や腕足動物は、それぞれ炭酸塩、また炭酸塩ないしリン酸塩質の石灰化した貝殻をもち、これら貝殻を形成する際の分泌タンパク(貝殻基質タンパク; SMPs)自体はそれぞれ分類群特有の新奇なものであることが明らかとなっている。しかし清水氏によれば、その上流にある貝殻腺や外套膜における分泌細胞の位置決定や分化にかかわる因子は極めてよく共通しており、つまり祖先的なシグナル経路の下流に新奇なSMPs経路が生じた結果、両者で平行に貝殻が生じたと考察できる。

ここまでは各動物群の具体的な器官の進化といった趣だったが、浜地貴志氏が「ボルボックス系列緑藻のゲノム進化学で追う多細胞性と雌雄性の起源」の題で講演したのは多細胞化や雌雄性の出現プロセスについての分子発生的理解だ。氏はこれらの問題を「細胞間での協調的機能の獲得・分化」ととらえ、単細胞のクラミドモナス(*Chlamydomonas reinhardtii*)や、未分化な8-16細胞から成るゴニウム(*Gonium pectorale*)、多細胞であり且つ細胞に分化が見られるボルボックス(*Volvox carteri*)などボルボックス系列緑藻をモデルに研究を進めている。これらボルボックス系列緑藻では非モデル生物を対象とした国際的なゲノムコンソーシアムが進んでおり、浜地氏らは近年ゴニウムのゲノム配列を特定した。配列の比較より、多細胞化の前後にゲノムサイズ・転写因子の種類等は大きな差がなく、むしろretinoblastoma cell cycle regulatory pathwayなど既存の経路のコオプシオンによって細胞周期が調節された結果として生じた可能性が論じられた。

最後の登壇者である工樂樹洋氏は「EvoDevoを豊かにする大局観：脊椎動物の発生制御遺伝子ファミリーの視点から」の題で、現在のEvoDevo的な視点に存在する様々な問題を、多くの事例を交えて発表された。たとえば、有名な脊椎動物の*Pax6*とショウジョウバエの*eyeless*のオーソロジーはいわゆる“ディープホモロジー”の代表例としてしばしば扱われるが、その文脈ではしばしば脊椎動物における2Rゲノム重複後に生じた*Pax10*や*Pax4*、さらにはハエで独自に生じた*Twin of eyeless*のような一見隠れたパ

ラログの存在が見過ごされている。つまり、いわゆる“ツールキット遺伝子”自体も進化の過程で変遷しているのは自明であるにもかかわらず、現在の進化研究の多くではこの変遷が看過されている現状がある。また現在では多くの脊椎動物で保存されているにも関わらず、既存のモデル動物で失われている“cryptic pan-vertebrate genes”のような存在も明らかになってきた。こうしたモデル生物の異常性や、最節約的ではない遺伝子レパートリーの変化が、実験動物以外の生物のゲノム全体を把握することが可能になりつつある現在において次々に見つかっている。モデル生物での知見を偏重する風潮や“ツールキット”の概念に流されることなく、より大局的な視点で進化を論じる必要があるのだろう。

最後の総合討論にもあったように、発生の研究には現在ではなお実験系の確立したモデル生物を用いるのは依然として強力な手段だ。しかし、現在では非モデル生物を用いた解析は一般に拡がりを見せ、よりゲノムワイドな視点から形態進化を捉えることが可能となってきたのは疑いようもない。現時点で確立した知識・技術に着実に立脚しつつも、今後は解決したい問題に対する適切なモデルや新しい技術を選択することが一層重要となるだろう。適切な選択を行うにあたって、「発生」を通じて進化生物学の何を解きたいのか、そのために何が必要か、という問題意識を常に持つことこそが肝要であるのは言うまでもない。こうした議論が生じたことでも、本シンポジウムは有意義な場だったと言えるのではないだろうか。

## S7：NGSを取り入れた古代動物のゲノム決定と系統

著者(企画者)：森 宙史(国立遺伝学研究所)

新型シーケンサー(NGS)の普及と種々の解析技術の発展により、この10年ほど爆発的な勢いで古代の生物遺体からのDNA配列の決定と系統解析の研究が進んでいる。本シンポジウムでは、数万年前から数十年前までの幅広い年代で、進化・系統学的な視点で絶滅した大型動物の古代DNA研究を行っている研究者の方々にその実例を紹介していただき、得られた配列情報を用いた進化系統樹の推定が第一目標となる古代DNA研究の今後の広がり等について議論した。

まず、森(大会時は東工大)が「古代DNAサンプル・データの特徴と問題点」と題して、古代DNA研究の歴史や方法論について簡単に紹介した後、古代DNA研究を行う上で注意すべきDNAサンプルの特徴について発表を行った。古代の生物由来のDNAを扱う場合には、死後にDNA修復機構が機能しなくなるためにDNAの断片化やいくつかの特異的な塩基置換が蓄積し、ゲノムアセンブルや系統樹推定に問題が生じることや、現生の生物のDNAのコンタミネーションなどの問題等に注意する必要があると紹介した。また、コンタミネーション由来のDNAが相対的に多く、かつターゲットのDNAは断片化されているために、短いリードが大量に出力されるNGSが古代DNA研究に有用である点も紹介した。

次に、石黒直隆氏(岐阜大)が「形態と遺伝子から見えてくるニホンオオカミの正体とは？」と題して、100年以上前のエゾオオカミおよびニホンオオカミの頭骨の、形態比較解析の結果と、それらの骨由来のミトコンドリアDNAのゲノム配列の、他のオオカミとの詳細な系統関係の推定結果について講演し、それらの結果を踏まえた2種類のオオカミの大陸から日本への移動ルートと時期についての考察が述べられた。本講演では、日本に100年ほど前まで生息していた2種のオオカミが、それぞれ大陸からの移動時期および系統的に全く異なるオオカミであることが形態と古代DNA解析を組み合わせることで、より強く示唆された。

佐々木剛氏(東京農大)は「mtDNAゲノム解析によるニホンカワウソの進化史」と題して、数十年前のニホンカワウソの博物館標本由来の、ミトコンドリアDNAのNGSによるゲノム配列決定と、それを用いたユーラシアカワウソ等の近縁種との詳細な系統解析および分岐年代推定の結果について講演し、ニホンカワウソが大陸から日本にいつ頃どのようにして渡ってきたのかおよびニホンカワウソは独立した種と言えるのか等の考察が述べられた。本講演では、過去に日本に生息していたニホンカワウソとされていた個体の一部はユーラシアカワウソと同種と考えられるが、ユーラシアカワウソとは独立した亜種または種と考えられる個体もそれとは別に日本に生息していたことが、古代DNAの分子系統解析によって示唆された。

呉佳斎氏(東大)は、「絶滅古顎類のゲノム系統学と形態が解き明かす走鳥類の起源と進化」と題して、マダガスカルで出土した数千年前のエピオルニス2種の骨由来の、ミトコンドリアDNAのゲノム配列と核DNAの数百kbのコーディング領域のNGSによる配列決定と、それらの配列情報を用いた古顎類全体の系統樹・分岐年代推定の手法および結果について講演した。古顎類の配列データから推定した分子系統樹と各系統の形態形質を対応付け、最節約の原理を基に収斂進化を起こしやすい形態形質を推定して除外し、残った形態形質を用いて化石種も含めた精度の良い系統樹推定を行う手法と、核とミトコンドリアの両方を用いた大規模な古代DNAデータによる系統樹推定法を組み合わせることで、精度の良い古顎類全体の系統樹と安定性の高い分岐年代推定値を得ることができたと述べられた後に、古顎類が北半球起源であり、南半球の各地域で独立に走鳥類化した仮説が述べられた。

甲能直樹氏(国立科博)は、「古代DNAで初めて描かれるナウマンゾウの進化と放散そして絶滅」と題して、1万年以上前のナウマンゾウのサンプルのNGSによる配列決定の進捗と、現生種と化石種の両方を含めた他の長鼻類との形態的および分子系統学的な比較解析の現時点での結果について講演した。本講演では、日本に生息していた、系統的位置付けや分岐年代等について未だ論争が続いているナウマンゾウについて、今までの研究の歴史を説明し、ナウマンゾウの系統進化と地理的放散、そして絶滅に至った過程についてのいくつかの仮説と、今までの形態学的な知見と古代DNAデータを組み合わせることによって、それらの仮説が検証できるのではとの期待が述べられた。

本シンポジウムでは、全てマダガスカルや日本という島に生息していた動物が対象の講演であったこともあり、各動物の古代DNAデータの系統樹推定等における重要性は当然のこととして、配列を解読して系統樹が推定できた後になぜそのような系統樹になるのかを考察する上で、それらの動物の祖先がいつ頃どこからその場所に住み着いたのかが非常に重要になるため、当時の海水面や大陸の位置関係についての高精度な情報が重要であることをほぼ全ての演者が強調していた。また、進展が著しいヒトを対象とした古代DNA研究では、本大会のプレナリーシンポジウムのMartin Sikora氏のように数十人規模の古代DNAサンプルをNGSでシーケンスして得られたSNPデータを基に各時代各集団の集団遺伝学的な解析を行い、集団間の遺伝的な交流の度合いや集団サイズを定量して古代の集団の移動を論ずる研究が次々と発表されている。本シンポジウムの講演で対象になった絶滅した大型動物の古代DNA研究においても、各地の集団が時代とともにどのように集団サイズや遺伝的交流の度合いが変遷していったのか等の集団遺伝学的な情報と、ヒトの分布や気候の情報、各時代の海水面、大陸の位置関係等の様々な情報を、古代DNAデータから得られた進化系統樹や分岐年代等の情報と統合することによって、共通祖先からその種が分岐し絶滅するまでの過程を高精度に推定することが可能になると期待できる。それらを個々の研究プロジェクトでどのように統合して考察できるようにするか、また過去に行われた個々の古代DNA研究の配列データの信頼性をどのように評価するか等の課題も総合討論の際に浮かび上がってはきたものの、進化系統樹推定から始まる古代DNA研究の今後の広がりが感じられたシンポジウムであった。

## S8：進化可能性と方向性：実験と理論からのアプローチ

著者(参加者)：内田 唯(東京大学大学院 理学系研究科)

「進化は一度きりの現象だから仮説の直接的な検証はできない」「進化の大部分は、その都度の手持ちの遺伝型や制御の変更から新たなバリエーションを生じてきた“行き当たりばったり”の過程に過ぎない」。進化に法則性を見つけたいと口にしたときに、必ずやどこかで言われる言葉だろう。確かに、新たな遺伝型が出現し固定されていく過程を扱う集団遺伝学は、個々の形質の複雑さにとらわれない、ある進化の一般的な法則をもたらしている。しかし、具体的な生物の形質、例えば形態・発生・代謝など、複雑な形質の進化のプロセスを理解しようとするときには、遺伝子の頻度の変化だけでは不足である。形質の進化の一般的な法則を理解するためには、個体の中で起こる発生因子などの相互作用や階層間のフィードバック関係・そしてその時間軸に沿った動的变化なども考慮する必要がある。しかし、この普遍的な法則の追求

は、個別事象の解析を続けるだけではなし得ないため、平坦な道ではない。

シンポジウム「進化可能性と方向性：実験と理論からのアプローチ」は、進化の方向性はどのように決まるか？という問いかけとともに始まった。アプローチにおける実験と理論の比はそれぞれであったが、各演者の考える進化において解くべき問題とそれへの取り組みが紹介された。以下に内容の大まかな内容を述べるが、要旨 ([http://www.kuba.co.jp/sesj2016/pdf/sesj2016\\_abstracts.pdf](http://www.kuba.co.jp/sesj2016/pdf/sesj2016_abstracts.pdf)) も参照してほしい。

**金子邦彦先生(東大)**：表現型の進化しやすさを中心の観点とし、統計物理学や非平衡現象論を応用した理論生物学の“生物”の捉え方に基づいた研究を紹介された。理論的な解析や大腸菌を用いた進化実験での検証データに触れ、揺らぎの大きさと進化速度の相関や、個体の表現型における環境への応答と変異による変動の比例などについて議論された。

**古澤力先生(理研・東大)**：表現型の進化の過程では可能性を無制限に探索するのではなく取りうる範囲の制約が存在するはずだという考えと、それに示唆的な細胞成長を用いた理論モデルと実験による検証をまず紹介された。さらに、ストレス環境下での大腸菌の大規模進化実験の解析結果をもとに、表現型進化の共通傾向・進化の方向による柔軟性の差異・そしてその背後のメカニズムを議論された。

**入江直樹先生(東大)**：動物のボディプランの保守性の源は、発生の性質、特に近年明らかにされてきたボディプラン形成期(器官形成期)の保存性にあるかもしれない。この立場の下、なぜ器官形成期が保存されるのか議論した。従来提唱されていた仮説(器官形成期は発生システムが脆弱＝致死に至りやすい)にたいする否定的な実験データを示すとともに、脊索動物8種の初期～後期胚の遺伝子発現解析から明らかになった器官形成期の性質を紹介し、器官形成期の保存をもたらし得る仕組みについて新たな説を提唱した。

**長谷部光泰先生(基生研)**：植物は生涯にわたり各幹細胞が器官を形成し、動物に比べパーツの自立性・独立性が高い。植物の形態進化に寄与する仕組みとして幹細胞の種類転換とその抑制機構に注目し、ヒメツリガネゴケを用いて明らかになったオーキシン輸送による幹細胞制御を紹介された。また、フクロユキノシタで見られる温度による表現型可塑性への言及も合わせ、表現型の拘束やゆらぎを生じるメカニズムについて議論された。

**深津武馬先生(産総研・東大・筑波大)**：昆虫と微生物の共生関係について、これまで確立されたシステムの解析はなされてきたが、共生の始まりと成立過程は明らかにされていない。チャバネアオカメムシの一部の集団に見られる共生細菌の多型に注目した、共生の進化途上と言える集団での解析から、共生の進化過程を議論した。さらに実験進化により共生の進化における制約を探る試みも紹介された。

**倉谷滋先生(理研)**：相同性認識の基盤はジョフロワ＝サンチレールの見出した形態要素の結合・トポロジーの関係にあるが、果たしてbody planが一致しないと器官やパーツの相同性は成立しえないか？この問いを提示し、例えば口蓋の発生に見られるbody planと乖離した細胞種の同一性・また鳴き声を出す期間が変化したイナゴに見られる行動の相同性などを挙げ、最終的な器官が不一致であっても階層ごとの相同性があり得るはずだと提唱された。また、この問題を扱うにあたり、注目する形質が属す階層の背後と先にある情報の流れの認識のため、相同的形態要素に寄与する要因(概念)の円環的因果律を議論された。

本シンポジウムにおいて、それぞれの演者が議論を個別論で留めず、進化に方向性をもたらし得る制約・予測も含めた進化可能性といった問題に挑む姿を目の当たりにできたのはとても嬉しいことだった。どんな進化が可能なのか？何が一部の形質に進化的な保守性をもたらし得るのか？このような問いは、現在の生物学によく見られる原因遺伝子を同定していく王道とは趣が異なるが、自信を持って口にしていい面白い問題じゃないかと、再認識できたからだ。大概の研究——1つの遺伝子・1種での例に満足し、いずれ一般性の理解につながるかも？となんとなく思っている——にうんざりした学生としては、様々な生物や現象について一般性を理解しようという試みが今まさに行われていることにときめいた。

発生学を扱うウエット側の視点から見ると、進化生物学で問われる課題はおおよそ「ある特殊化した系統は、一体いかなる変化と経緯によってその特徴を成立させたのか(過去に起きた変化の解明)」、あるいは「系統内で多様性が見られる形質は、どのシステムの違いによって説明されるか(現在差異を生んでいる仕組みの解明)」の2つに分けられる。

それでは、このような研究から「この先、生物がどのような進化をしていくか・進化可能性はどの程度あるか(未来に起こりうる進化の方向や範囲の解明)」を理解するにはどうすればいいのか。この問いこそ今回のシンポジウムで目指すところであるが、ここへと現状から一步進み到達する見通しは、シンポジウム中ではあまり明確に示されなかったと感じた。進化は“手持ちの中から新たなバリエーションを生じる”ものであるはずだが、現生生物に起こるこの先の進化は、過去に起きてきた進化の歴史を解析すればわかるのだろうか。進化的な柔軟性ももっと高かったかもしれない祖先的な生物から現生種に至る進化の方向性を、進化の結果ある程度特殊化が進んでいる現生生物にそのまま当てはめることにはやや抵抗を感じる。

ウエットの研究から得られた知見によって未来を予測するためには、理論とウエットを今以上に融合する必要がある。例えば、ある形質や現象に関して、具体的な遺伝子やタンパク質は種間で違っていても、系統間で共通に浮かび上がるような性質やふるまいを理論的に抽出する、そしてそのような性質やふるまいが表現型をどの範囲に限定しうるかを理論的に解析する、さらに予想された拘束が具体的に生体でどのように達成されているのかをウエットの観点で検証する…といったアプローチが考えられる。しかし、ウエットは理論が正しいのか検証するだけのものではないはずだし、もっとうまく理論とウエットを融合させていくことはいくらでも可能かもしれない。理論とウエットがいかに付き合っていけば新たな理解へ辿り着けるか？進化に影響を及ぼしたであろう要因に、相関以上の因果関係を示し得るのは進化実験のみなのか？このような、進化を探求するスタンスについて、演者らの相互討論を聞ければさらに面白かったかなと思った。とはいえ、それぞれの演者ごとにこれが一番面白い切り口だという自信のもとで探究の方向性が定まっているはずであるので、なにかの合意が形成されるとは思えない。聴講者、特に我ら学生がどのようなスタンスでこれから研究をしていくのかを醸成させる必要があるのだろう。脊椎動物でも菌でも今後のどこかで生じる集団でも生物が必然的に従うような進化の一般則と、これまでの進化の背後にあった要因は、近いようで求めるものが異なっている。これら両方の問題意識がないと、目の前にいる実際の生物・生命現象が持つ進化可能性は捉えられない気がする。

シンポジウムの総合的な感想としては、やはり「進化の面白い解くべき問題はここだ！」という主張が各々濃くにじみ出ている、魅力的であった。しかし、素晴らしい感動したという感想で終わるわけには意地でもいかない。それは既存の魅力的な世界観に身を委ねることであり、自分が提示された枠の中で止まってしまっているように感じるからだ。(例えば、遺伝子同定時代の発生学から抜け出ない“エボデボ”研究がなんと多いことだろう。)いい講演を聞いたと思ったら、まだまだ不足・面白くできるはずだと思うのが礼儀である。進化可能性・進化の方向性の“これまで”を探る研究から、“これから”を議論する研究へと一歩踏み出すには何をしようか、この熱烈な悩みというお土産(?)が一番大きな収穫だったと感じている。

(編集担当：山道真人、石川由希)

# 大会ワークショップ・夏の学校レポート

(\*本記事は編集委員がピックアップした大会ワークショップについて、企画者に講演の様子を報告していただくものです。詳細については企画者にお問い合わせください。)

## W3：再構築型進化学研究－人工細胞から原始生物まで－

著者(企画者)：車 兪澈(東京工業大学)・大島 拓(奈良先端科学技術大学院大学)

第18回の日本進化学会大会は、夏の暑い東京工業大学大岡山キャンパスで開催されました。開催の背景には、著者が所属する世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)の一拠点である地球生命研究所(Earth-Life Science Institute)があること、また新学術領域研究「冥王代生命学の創成」の計画班員が多数在籍することなどがあったのではと察しています。また東京工業大学はこの年、大隅良典栄誉教授が2016年ノーベル生理学・医学賞を受賞した記念すべき年となりました。先生の受賞後のコメントの中で、基礎研究の重要性と、それをやり続けることの大切さを強調しておられたのが大変印象に残りました。

進化に関する研究は、研究の成果が明確に何かの役に立つタイプの研究とは異なり、理解すること自体を目的とする純粋科学の一つだと言えます。その一方で、進化に関する理論や仮説は、実証が困難であるという問題を孕んでいます。これに対して、生命の持つ機能や現象を再構築することで深い理解につなげようという研究が昨今、合成生物学の分野で盛んに進められています。生命機能の再現化を突き詰めると、それは生命自体を作り出すことにつながるため、地球上で生命が誕生したプロセスや、原始細胞(ミニマルセル)への進化の過程をリトレースすることと同義となります。本ワークショップはこのような背景の下、7人の講演者(著者含む)をお招きし、生命の再構築に必須な代謝系モジュールに焦点を当てた発表をしていただきました。

1. 本田孝祐(大阪大学)：「耐熱性酵素を用いたin vitro人工代謝経路の構築」
2. 末次正幸(立教大学)：「ゲノム複製サイクル試験管内再構成系における変異誘発と分子進化」
3. 清水義宏(理化学研究所)：「タンパク質合成の再構成」
4. 網蔵和晃(東京大学)：「バクテリアリボソームの試験管内再構成」
5. 川合良和(University of Newcastle, UK)：「近代的なバクテリアを原始細胞に戻す」
6. 車 兪澈(東京工業大学)：「脂質合成代謝をもった人工細胞の構築」
7. 田端和仁(東京大学)：「人工物の中に細胞を創る」

はじめに本田先生には、最も古い代謝系の一つと考えられる、解糖系の再構築についてのお話をさせていただきました。発表の中で、非常にユニークな手法で解糖系の再構築を行っていたのが印象的でした。本田先生は、好熱菌由来の解糖系に関わる数種の酵素を大腸菌内でそれぞれに発現させ、発現後熱処理を行うことで宿主側のタンパク質を失活させ、好熱菌由来のものだけ機能を保持させることで試験管内での再構築を行っていました。先生に伺ったところ、中には完全に溶菌されず菌形を保ったまま外来の解糖系を駆動させるものもいるようです。一見ゾンビのようなこのシステムは実は大変有効で、他の代謝系の再構築にも応用できることが伺えます。また本田先生は、酵素のみならず補酵素の重要性もお話の中で触れられていました。

次に末次先生には遺伝子複製系の再構築についてお話をさせていただきました。HelicaseやDNA polymeraseを精製し組み合わせることで、大腸菌の環状ゲノムの複製サイクルを試験管内に再現することができます。そこにoriCを持つ環状人工ゲノムを投入すると、与えられたゲノムDNAを指数的に増殖することが可能です。このような系は、ミニマルセルの持つ必要最小限の遺伝子セット、ミニマルゲノムを増幅するために必ず必要であり、これにより遺伝情報を永続的に次世代細胞へ繋げることが可能です。さらに末次先生は、人為的に複製エラーを誘発することで変異種を生じ、複製に有利な配列を獲得した変異種が複製機構の中で大多数を占めていくという、分子レベルでのダーウィン進化の構築についても述べられ

ました。

生命を構築する上でもっとも重要な代謝系はタンパク質合成です。このことは、ミナルゲノムの約半分以上が転写翻訳関係の遺伝子で占められていることを見ても明らかです。清水先生は2001年に、転写翻訳に関わる36種類の酵素とリボソームを試験管内に組み合わせた、タンパク質合成系の再構築化に成功しました。PURE systemと呼ばれるこの系は、細胞抽出液をベースとした他の系とは異なり、個々の分子から構築した完全再構築系であることが大きな特徴です。そのため、仮にPURE systemを構成する酵素の全遺伝子をPURE systemで発現した場合、原理的にはPURE systemでPURE systemを合成することが可能です。このことは自己複製系構築の際の起点となります。もちろん解糖系や遺伝子複製系など、他の代謝系の遺伝子も投入することが可能です。これによりタンパク質合成を起点とした代謝系の創発を実現することができます。その意味で、PURE systemは生命構築のコアに当たるものと言えます。



PURE systemでPURE systemを合成することは原理的に可能ですが、プラクティカルな難しさの一つとしてリボソームの再構築があります。大腸菌の場合、大小サブユニット合わせて、約50種類のリボソーマルタンパク質と、3種類のリボソーマルRNAから構成されますが、これらの構成分子が揃えば勝手に生理的条件下でリボソームができ上がるわけではありません。網蔵先生は、個々に精製したrecombinantなリボソームタンパク質と、数種の生合成因子を *in vitro* で混合することで、30Sサブユニットを生理的条件下で再構築し翻訳反応を行う試みをしています。50Sサブユニットも含めて、リボソームの完全再構築化が完了すれば、先に書いたPURE systemによる自己複製系がより現実的になってきます。

川合先生は今回唯一 *in vivo* の系を用いた研究の発表をしていただきました。その内容は、細胞の自己分裂は本質的に膜の過剰生産のみで行われるという大胆な内容でした。L-formと呼ばれるバクテリアの一状態では細胞壁を持たないため、通常のFtsZリング形成による細胞分裂を行うことができません。その代わり、細胞内代謝として脂質合成が大きく促進され、膜表面積/細胞体積比の増大から不安定性を引き起こし、その結果細胞分裂が起こることが明らかになってきました。バクテリアが細胞壁を獲得する以前、原始細胞がどのように細胞分裂を行い、命を繋いでいったのかを語るインパクトのある発表でした。

遺伝学的アプローチによりL-formバクテリアの分裂メカニズムを明らかにすることで、内部の代謝系の様相が大分つかめてきました。しかし依然として、「本当に脂質合成代謝系のみが細胞分裂の引き金なのか?」、「他の代謝系は一切関係ないのか?」という疑問がつきまといまいます。この疑問に白黒つけるためには、モデル人工細胞膜の内部で脂質を合成し、L-form分裂を再現することが決定的な結論につながります。車は、リン脂質からなる膜小胞の内環境で脂質合成代謝系を再構築し、自己分裂する人工細胞の構築を試みています。これにより、L-formと同じ分裂が観察された場合、脂質の合成のみが分裂を引き起こすことが立証され、原始細胞においても同じことが行われていたことを示唆することになります。

最後の発表者である田端先生には、非常にエキセントリックな研究を発表していただきました。マイクロチャンバー技術を持つ田端先生は、大腸菌の内体積と近いサイズのチャンバーの上部に脂質二重膜を形成し、スフェロプラスチ化した大腸菌を融合させました。融合した大腸菌はチャンバー内部でもタンパク質合成などの生理活性を示すことから、最終的にはチャンバー内部から新たな大腸菌を生み出すところまで目指しています。この手法の素晴らしいところは、細胞膜上のすべての機能や構造を、細胞と同じトポロジーを維持しつつ人工膜上に配置させる点です。これにより細胞の中身だけではなく、外身の膜機能までも再構築することができます。最初の本田先生の研究がゾンビ型なのに対し、田端先生のそれはフランケンシュタイン型と言えます。だいぶぶっ飛んだ研究内容ですが、人工物を介して生命が生まれる可能性



を示す意味深い発表でした。

このように本ワークショップでは、生命機能の再構築というキーワードのもと、最先端の若手研究者による発表を行いました。ワークショップ全体を通じて、会場を埋め尽くした50人以上の聴衆と活発な質疑応答を交わし、結果的に大成功を収めることができました。何より参加した発表者自身が大いに楽しんだ、ワークショップであったことは間違いありません。来場していただいた方々、アシストしていただいた大会実行委員会の皆さん、発表者の先生方にこの場を借りてお礼を申し上げます。ありがとうございました。

## W5 : Power of Symbiosis: 無脊椎動物における内部共生研究の今

著者(企画者)：菊池義智(産総研)・本郷裕一(東工大)

微生物の多様な代謝系をまるごと体内に取り込む「内部共生」は多くの動植物に見られる普遍的な現象であり、生物進化の強力な駆動源となってきたと考えられている。特に昆虫をはじめとする無脊椎動物は内部共生の宝庫ともいわれ、その多様化と繁栄を共生微生物が支えているといっても過言ではない。本ワークショップではそれら無脊椎動物に見られる内部共生現象にフォーカスし、大学院生を含む気鋭の研究者6名に最新の知見をお話いただき、そこから見いだされる共生の進化原理について議論を行った。

まず細川貴弘さん(九州大学)から「チャバネアオカメムシの必須共生細菌の種内多型とその起源」と題して、カメムシ類にみられる必須共生系の多様性と進化についてお話いただいた。多くの昆虫が内部共生細菌を持つが、同一昆虫種であればどの個体を調べても同じ共生細菌を持っているのが普通である。しかし最近細川さんは、チャバネアオカメムシの南西諸島の集団において共生細菌の多型がみられるという驚くべき発見をした。講演では緻密な飼育実験の数々が詳細に紹介され、そのデータ量にただただ圧倒されるばかりであった。チャバネアオカメムシの本州集団は全て1種類の共生細菌に固定されている一方、南西諸島の集団において共生細菌の多型が維持されているメカニズムについては未だよく分かっていないとのことであった。この多型が偶然なのか必然なのか、今後の展開にも目が離せない内容であった。

続いて出川洋介さん(筑波大学)に「節足動物腸管内に棲む真菌類の謎を解く」についてご紹介いただいた。菌類は細菌同様さまざまな場所に生息し、寄生や相利共生も含め動植物と密接な相互作用を行っている。今回ご紹介いただいたのは、それら菌類の中でも節足動物の腸内に特化した奇妙な接合菌類のお話である。これまで、腸内生の接合菌類は水生昆虫や甲殻類からしか発見されていなかったとのことだが、出川さんは最近新たに陸上昆虫の腸内に特化した接合菌類グループを発見された。この接合菌類は現在のところバタ目とハサミムシ目に広く分布し、これら昆虫の腸内においてのみ発芽する奇妙な生活環を持っている。胞子には宿主昆虫の腸内壁の溝としっかりと噛み合うスリットが形成されており、しかもそれが菌の種類や宿主とする昆虫の種類によっても多様化しているとのことであった。このような胞子の形態は進化発生学的にも面白い題材に思え、改めて博物学の重要性を認識するとともに、探索研究のワクワク感を満喫することができた。

次に中川聡さん(京都大学)から「海洋性無脊椎動物に共生する化学合成微生物の多様性と進化」と題して、深海無脊椎動物にみられる多様な化学合成共生系についてお話いただいた。海底火山の熱水噴出口付近には化学合成細菌を共生させる甲殻類や貝、チューブワームなどが多数生息しており、その生存・成長・繁殖を完全に共生細菌に依存していることが知られている。これらの生物は(その生息場所からも想像できる通り)宿主生物の飼育が難しく、また共生細菌の培養も極めて難しい。しかし、近年のオミクス技術の革新は深海共生微生物の研究にも大きなインパクトを与えており、共生細菌のゲノムや転写制御などについて近年多くの知見が蓄積されつつあるとのことであった。今回は特に多様な共生細菌系統のゲノム比較から見えてきた遺伝子レパートリーの進化についてご紹介いただき、化学合成共生微生物がいかに特殊な環境で進化したかについて議論がなされた。浅瀬に生息するヒトデやナマコの体液中にも近縁の共生細菌がみられるとのこと、それらを対象にした飼育実験など、今後の新展開についてもご紹介いただ

いた。

続いては大林翼さん(北海道大学)に「カメムシとBurkholderia細菌を結ぶ共生戦略とは?」と題して、共生細菌を毎世代環境土壌中から獲得するホソヘリカメムシについてご紹介いただいた。細川さんがお話ししたチャバネアオカメムシとは異なり、ホソヘリカメムシをはじめとするヘリカメムシ科のカメムシは共生細菌の母子間伝播を全く行わず、孵化した若虫が土壌中に生息するBurkholderia共生細菌を体内に取り込み、消化管に発達する袋状組織(盲囊)に特異的に保持することが知られている。このBurkholderia共生細菌は培養および遺伝子組み換えが容易であることから、共生の遺伝的基盤を解明するための強力なモデル系になると注目されている。発表では、大林さんが最近発見したホソヘリカメムシの“腸内細菌選別機構”について詳細にお話しいただき、また共生においてBurkholderiaのべん毛運動性が果たす役割についても合わせてご紹介いただいた。

次に金城幸宏さん(東京工業大学)に、「内部共生細菌ゲノムにおける非適応的性質の進化駆動原理」と題して、昆虫共生細菌のゲノム解析から見えてくる適応進化の痕跡についてご紹介いただいた。多くの場合、内部共生細菌のゲノムは極端に縮小していて遺伝子進化速度が速く、またAT含量が高いなどの共通した特徴が見られる。このようなゲノム進化がどのように生じてきたのか、その駆動原理については現在も議論があるところである。金城さんは共生細菌のゲノムに高頻度で存在するHPT (homopolymeric tract)に着目し、その蓄積が遺伝的浮動によるものなのか、選択による適応進化の結果なのか、インフォーマティクスを駆使した詳細な解析により考察した。HPTのゲノム上における分布から、共生細菌特有のHPTの増加・蓄積はどうか適応的である可能性が示唆され、HPTに起因する各遺伝子の転写量調節によって共生細菌の総代謝がコントロールされている可能性が考えられるとのことであった。今後は各種オミクス解析や実験進化の手法も交えつつ、その検証が楽しみである。

最後に、オーガナイザーである本郷裕一(東京工業大学)が「シロアリ腸内多重共生系の進化」に関して紹介した。シロアリは多様な腸内微生物と共生することで効率的な木質分解を達成しているが、その共生微生物群集の機能や共生機構についてはいまだ謎が多い。シロアリの腸内には木質分解を担う多数の巨大原生生物(単細胞の真核生物)が生息するが、面白いのはこれら原生生物の細胞内・細胞表面にも多様な細菌が共生している点である。この多重共生系の謎を解くために全ゲノム増幅法による共生細菌ゲノムの解読を行ったところ、①これら共生細菌の代謝系が原生生物の木質分解と代謝レベルで密接に関連しており、さらに②同一原生生物に共生する複数種の細菌が互いに代謝系を相補していることが明らかとなった。シロアリのお腹の中に共生する原生生物の、さらにその細胞内に安定した微生物共生系が発達していることが明らかになり、この特異な多重共生系がどのように成立し進化してきたのか非常に興味深いところである。また、共生原生生物の細胞表面にはあたかも繊毛のように張り付いている共生細菌も見られるが、このような細菌がどのようなメカニズムで原生生物に接着しているのか、また細胞外に共生する細菌の代謝系もやはり宿主原生生物の代謝系と密接にリンクしているのか、興味は尽きない。

本ワークショップには多くの方にご来場いただき、また全体的に活発な議論が行われ、進化学会における潜在的な「共生微生物」分野の広がりを感じることができた。近年着目されている宿主免疫系と共生微生物の関わりや、ヒトを含む脊椎動物の腸内共生系の進化など、内部共生の進化についてはまだまだ語り尽くせない話題がたくさんある。次回機会があれば、さらに異なる切り口から“内部共生研究の今”を覗いてみたいと思う。

## W6: ヒトのゲノム進化

著者(企画者): 斎藤成也(国立遺伝学研究所)

本ワークショップは、斎藤成也が企画した。6名の講演概要は以下のとおりである。これらの講演を通じて、ヒトのゲノム進化について多様な方面における現在の研究の最前線を知っていただくことができたと思っている。20世紀には考えられなかった圧倒的な量のゲノムデータによって、われわれはあたかも

光学顕微鏡しか使えなかった時代から電子顕微鏡を使える時代への革命を、現在経験しているのである。

◎藤本明洋(京都大学医学研究科 准教授)がんゲノム解析と進化研究への応用

藤本は最近まで理化学研究所でがんゲノムの解析を手がけてきた(たとえば論文1)。これらの研究成果について紹介した。

◎太田博樹(北里大学医学部 准教授)日本列島西部からの縄文人ゲノムのNGS解析についての中間報告

太田は日本人や中国人の古代DNA解析を手がけてきた(たとえば論文2)。最近になって、西日本の渥美半島にある縄文時代の遺跡から出土した人骨よりDNAを抽出し、次世代シーケンサーを用いて核ゲノムの部分配列を得ているので、その解析結果の中間報告をした。

◎河合洋介(東北大学東北メディカル・メガバンク機構 講師)日本人ゲノムの多様性解析

河合らは、東北メディカル・メガバンク機構が決定した1007名の日本人ゲノムデータをもとにして、ジャポニカアレイをデザインした(論文3)。このような解析結果をもとにして、日本人ゲノムの多様性解析について論じた。

◎北野 誉(茨城大学工学部生体分子学科 准教授)Rh式血液型遺伝子ゲノム領域の解析

北野らは、チンパンジーのRh式血液型遺伝子複数個が並んでいる染色体領域について、BACクローンを配列決定することでその全体像を明らかにし、ヒトのRh式血液型遺伝子領域と比較した。その結果、染色体上の位置が順系相同(オーソログ)であっても、頻繁に生じた遺伝子変換や不等交叉により、配列の類似性がパラログよりも低いことを発見した(論文4)。これらの内容について論じた。

◎中岡博史(国立遺伝学研究所人類遺伝研究部門 助教)日本列島人のHLAゲノム多様性

中岡らは、HLA遺伝子の多様性を用いて日本列島の地域差を調べた。その結果、沖縄集団が本土集団と大きく離れていること、本土集団のなかでは四国がもっとも沖縄に近く、北陸がもっとも遠いことがわかった(論文5)。これらの結果を中心に論じた。

◎斎藤成也(国立遺伝学研究所集団遺伝研究部門 教授)東ユーラシア人のゲノムワイドSNP解析

斎藤らは、東南アジアに分布するネグリト集団の遺伝的多様性を全ゲノムSNPデータを用いて解析した。その結果、アンダマン諸島、マレー半島、フィリピン諸島のネグリトはそれぞれ独自性を有するとともに、共通性があった。かれらスンダランド人は、サフルランド人と分岐し、これらのいわば南方ルートで出アフリカ以来拡散した人々と北方ルートで拡散し、東アジアと東南アジアで現在大きな人口となっている人々の祖先集団は、5万年以上まえに分岐したと推定した(論文投稿中)。日本列島のヒト集団については、全ゲノムSNPデータの解析結果から、アイヌ人の祖先集団とヤマト人(本土日本人)の祖先集団は、紀元3～4世紀に混血をはじめたと推定した(論文6)一方、出雲人が東北人と若干遺伝的に近いことなどから、日本列島に縄文人と弥生時代以降の渡来人というふたつの渡来の波のあいだに第2の渡来人が存在したという三段階渡来人説を提唱した(論文7)。

1. Fujimoto A. et al. (2016) *Nature Genetics* **48**: 500–509.
2. Oota H. et al. (1999) *Amer. J. Human Genetics* **64**: 250–258.
3. Kawai Y. et al. (2015) *J. Human Genetics* **60**: 581–587.
4. Kitano T. et al. (2016) *Genome Biol. Evol.* **8**: 519–527.
5. Nakaoka H. and Inoue I. (2015) *J. Human Genetics* **60**: 683–690.
6. Jinam T. A. et al. (2015) *J. Human Genetics* **60**: 565–571.
7. Saitou N. and Jinam T. A. (2016) *Man in India* **94** (in press).

## W8 : プロティストワールド～アプローチの多様化がもたらすもの～

著者(企画者) : 谷藤吾朗(国立科学博物館)・奈良武司(順天堂大学)

プロティストとは「真核単細胞生物」のことであり、遺伝的にどんな系統であれ、核をもつ生物が単細胞体制で生きていれば、それはプロティストである。系統的にも形態的にもやたら多様な連中なのに、肉

眼では見えない。これまで知名度が低くマイナーな扱いを受けてきたのも仕方がないかも知れない。一方で、プロティストロジストと呼ばれることを意識する研究者の中には、「真核生物のバイオロジーに興味があって、結果的に研究対象がプロティストになった」というケースも多いように思う。本ワークショップでは主にそんな研究者にお集まりいただき、プロティスト研究から進化学一般に対してどんなアプローチができるかを考える機会としたい、というのが企画の動機であった。

ワークショップでは、まず谷藤より「プロティストワールドへの招待」と題した企画説明が行われた。これまでの進化学が分類学・遺伝学・計算科学などの学際的研究によって発展してきたことと、その中でモデル生物研究が巨大な貢献をしてきたことを大前提としつつも、これまでの知見を「進化学の一般則」へと昇華させるには、従来あまり注目されてこなかった広い生物群(すなわちプロティスト)を含めた検証が必要だろうと主張した。同時に、プロティストロジー発の研究成果から生命の一般則を見出す可能性も大いにありえることなどを述べ、様々なアプローチを試みている講演者たちの紹介をおこなった。

最初の講演では、筑波大学の矢崎裕規氏が「真核生物進化の空白を埋める！」と題して、大規模分子系統解析に基づく最新の真核生物の大系統について発表した。矢崎氏は、真核生物の多様性の大部分をプロティストが占めていることを紹介しつつ、系統間をつなぐミッシングリンク生物がいまだ発見されておらず現存の系統群ですらまだまだ把握できずにいることを指摘した。真核生物の“真の大系統”を把握するためには、それらパズルのピースを埋める作業、すなわち手付かずのままになっている系統群の理解が必要である。そのためのアプローチとして、矢崎氏は環境サンプルからの新奇プロティスト発見と次世代シーケンサーを用いた大規模系統解析を両輪とする研究成果を紹介した。最新技術を駆使しながら、“基本はフィールドから”という生物学研究の本質を若手の感性で伝えてくれたように感じた。

真核生物の大系統の話を受けて、これを構成する生物それぞれが一体どのような形態的特徴をもつか?について、海洋研究開発機構の矢吹彬憲博士が「細胞に広がる小宇宙」という題目で発表した。矢吹博士は、プロティスト全体に遍在する細胞内部の構造形態について、ミトコンドリア、細胞膜の修飾構造、射出装置などの微細構造ごとに議論し、そこから分子と微細構造観察の両輪による深い考察の重要性を訴えた。複雑で共通点を見出しにくい真核生物全般の形態についてまとめるという難事業に敢えて挑戦した矢吹氏の講演に対する反響は大きく、総合討論でも矢吹博士に質問が集中した。とくに現世の真核生物の起源(Last Eukaryotic Common Ancestor: LECA)を議論する上で、真核生物全般の形態的特徴とその進化背景を理解することの重要性が再認識されたように思う。

さて、細胞内共生を通してミトコンドリアや葉緑体が獲得されたことは現在までに広く受け入れられており、その発見と進化プロセスの解明は、ここ数十年間のプロティストロジーにおいて大きな成果の一つだったといえるだろう。一方、窒素固定は生態系にとって必須の化学プロセスであり原核生物がその任を担っていると考えられてきたが、筑波大学の中山卓郎博士は、新たな細胞内共生を通して“窒素固定能力”を獲得したと考えられる珪藻類の発見について発表した。「窒素固定、はじめました」というなんとも夏向きのタイトルであったが、その学術的インパクトは凄まじかった。珪藻類以外の“間接的に窒素固定を行う真核生物の存在“についても提唱され、「水圏生態系の窒素固定は原核生物が担う」という従来の窒素循環のパラダイムに疑問を投げかけた。今後プロティストロジー発の成果が、進化学のみならず生態学・環境学など多分野に波及していく可能性が大いに期待される。

京都大学の神川龍馬博士は、細胞内共生を通じた真核生物の新機能獲得がある一方で、一度獲得した機能の二次的消失について発表した。「インビジブル-色を捨てた“藻類”たち」と題して、非光合成葉緑体が真核生物に広く見られることを紹介し、また、それらの代謝機能の比較から、光合成機能の喪失は必ずしも他の葉緑体機能縮退を意味しないのではないか、という仮説を提唱した。その学術的インパクトに加え、真核生物の複数の系統で独立に創出された非光合成葉緑体の機能比較という意欲的なアプローチは、真核生物全体を俯瞰し進化の一般則を見出すためにプロティストロジストが進むべき方向性を先駆的かつ明確に示すものであった。

地球上の一次生産のほとんどが光合成に依存していることから、光合成色素クロロフィルが生態系へ及ぼす影響の大きさを伺い知ることができる。一方でクロロフィルは活性酸素を生ずる“光毒性物質”でもあり、クロロフィルの“無毒化”は生態系レベルでも細胞レベルでも生命の生存にとって重要である。福井工業大学の柏山祐一郎博士は、クロロフィルの分解代謝が捕食性プロティストに普遍的に備わっていることを示唆する成果を発表した。柏山博士はさらに、LECAがクロロフィル分解代謝を獲得したことが発端となり、シアノバクテリアの捕食やその細胞内共生による葉緑体の獲得という一連の進化を引き起こしたという、まさに「クロロフィルを制するものが光環境を制した」とする、題目通りの斬新な仮説を紹介した。この独創的なアプローチはプロティストロジー×有機化学×環境生態学×進化学の多くの切り口の融合であり、プロティストロジーにおける新たな研究戦略を提示した。

最後に、共同企画者である順天堂大学の奈良武司博士より「ディプロネマ、解糖やめるってよ」と、大いに人を食った題目の講演があった。ただし、もちろん内容はいたって真面目である。解糖系は原核生物を含む殆どの生物が持つ、“最も原始的な代謝経路”の一つである。しかしながらディプロネマと呼ばれるプロティストでは“捕食”というライフスタイルに適応した結果、解糖活性が失われその逆反応である糖新生のみが機能しているという研究成果を発表した。解糖を行わない真核生物の存在を生化学的に証明した初めての例であり、プロティストに隠された“常識外の代謝”が示された。昨今は次世代シーケンサーの台頭で、大量の遺伝情報が比較的容易に手に入るようになったが、遺伝子の有無は生命現象を必ずしも反映しているわけではなく、詳細な細胞生物学や生理生化学実験というアプローチが(当然ではあるが)進化の解明に必須であると再認識させる内容であった。

その後の総合討論ではさまざまな意見がかわされ大いに盛り上がった。企画者の一人としては、今回プロティストワールドの一旦をご紹介できたことで、今後参入してくれる研究者が少しでも増えてくれればありがたい。また、これに終わらず、来年以降はもう少し焦点を絞ったテーマにて新たなプロティストワールドを紹介し、進化学の発展に貢献していく所存である。

最後に、ワークショップ参加者の皆様、大会関係者の皆様にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

## 進化学夏の学校

### 「次世代シーケンサーデータからの変異抽出をもう一度見直してみよう」レポート

奥野未来(東京工業大学)

今年の進化学夏の学校は、東京工業大学・伊藤武彦教授の主催のもと「次世代シーケンサーデータからの変異抽出をもう一度見直してみよう」というタイトルで行われた。次世代シーケンサー(NGS)の普及とともに各種解析ツールの開発が進み、標準的なプロトコルは確立しつつあると言える。変異抽出においても、シーケンサーデータをツールに入力すれば、統計的なスコアとともに変異箇所についての情報を手にすることはそれほど難しいことではなくなった。しかし、ブラックボックス化した解析ツールの結果を鵜呑みにすると、せっかくのNGSデータから得られた情報を生かすことができず、誤った結論を導く可能性が存在する。今年の夏の学校では、解析ツールの開発にも携わる4名が登壇され、NGSデータからの変異抽出について基本的な内容から応用事例まで様々な切り口で講演が行われた。

講演者と講演タイトルは以下の通り。

1. 伊藤 武彦(東京工業大学)  
「ゲノム解析における「ヘテロ」な変異の影響」
2. 梶谷 嶺(東京工業大学)  
「定番の変異検出手法から de novo アセンブリの応用まで - 面白い変異見逃していませんか?」
3. 寺田 愛花(JST さきがけ、東京大学)  
「遺伝子型の複合的影響と表現型の関係を結びつける多重検定補正法」
4. 瀬々 潤(産業技術総合研究所)

## 「進化の理解に向けたNGS利用 - 発現解析、大規模構造変異」

はじめに、伊藤教授が登壇され、diploid以上のゲノムを持つ生物種における相同染色体間の差異(ヘテロ接合度)について取り上げられた。ヒトのヘテロ接合度が0.1%程度と言われているのに対して、ヘテロ接合度が数%にもなる生物が少なからず存在することに着目。今回は、この相同染色体間の差異を考慮した解析事例として異質倍数体種でもあるラガービール酵母を紹介された。ラガービール酵母は地理的な起源に基づき2つのグループに分類されると言われているが、相同染色体間の差異を利用してハプロタイプゲノムを構築した上で株間の相同性を比較すると、2つのグループに系統的な大きな違いは見られないという結果が得られたという。また、解析結果から異種交配後にヘテロ接合性の消失(loss of heterozygosity, LOH)が連続的に起きたことが示唆されるなど、ヘテロ接合性に注目することで見えてくる研究の展開を説明された。

二人目の演者として、de novo アセンブリソフトウェアの開発に携わる東京工業大学・梶谷嶺助教が、定番の変異検出手法の紹介と非モデル生物の変異検出を行う際の注意点と対策について話された。はじめに、変異検出の基本的な手順の説明と近年発表された論文の中からよく用いられている変異検出ツールの紹介をされた。そして、シロオビアゲハのゲノムにおいて、表現型に関わるが、従来の方法では見落とされる変異が存在したことを例示。ゲノムが多様化している領域は種分化や表現型に大きく関わる可能性が示唆され、このような変異の検出には、配列の新規構築(de novo アセンブリ)が有効であることを示された。また、現在取り組まれている相同染色体それぞれの配列の構築(phasing)についても取り上げ、NGSデータの活用について今後の展望も交えて話された。

三人目の演者として、東京大学の寺田愛花博士が登壇され、表現型とその関連因子を紐付けるための検定法とその応用例について紹介をされた。表現型に関わる関連因子を調べる際、大半の解析は単一の変異に着目するが、実際は複数の変異の複合的な影響を考慮して解析する必要があると指摘。様々な統計学的、計算幾科学的課題を克服し、有意な組み合わせの働きの網羅的な検出を可能にした無限次元多重検定法(LAMP)について説明をされた。また、LAMPの応用例として、ヒトのエキソームデータからの日本人特有の変異検出を取り上げ、単体で着目した時には有意ではないが、複数を同時に着目した時に有意になる変異が存在したことを示し、実データでの有用性について議論された。

最後の講演では、産業技術総合研究所の瀬々潤博士が、大規模構造変異検出とアレルあるいはホメオログを分けた遺伝子発現量の解析について取り上げられた。がん化した細胞において大規模構造変異(100bp以上の挿入・欠失・逆位・転座など)が頻繁に観測されており、これらを高精度・高感度に検出することが求められる。さらに、採取した組織内のがん細胞の割合が低い場合、全リードのわずか5%程度が支持する変異を検出しなければならない。このようなデータにおいても高精度・高感度で変異を検出するための手法について紹介された。また、バナナやコーヒーなどの多くの商業的作物は2種が交雑した異質倍数体種であり、ホメオログを考慮した発現量解析が必要である。このようなゲノムに対して過程を複雑にすることなく遺伝子発現解析を行う方法についても紹介された。

質疑応答では、解析時のデータの扱い方についての具体的な質問もあり、今回の講演は多くの研究者が知りたかった内容であったように感じられた。最後に伊藤教授が、今後も解析の現場の声を聞きながら解析ツールの開発に携わりたいと話して締めくくられていたこともあり、終わった後も参加者が演者4人を囲んで質問や議論が活発に行われていた。今回の夏の学校は、これからNGSデータを扱おうとしている人にも実際にNGSデータの解析を行っている人にとっても、興味深い内容であり、NGSデータの可能性に触れる有意義な時間であったと思われる。

(編集担当：奥山雄大)



## 2016年度学会賞等受賞者

### ■日本進化学会学会賞

長谷部光泰(基礎生物学研究所)

#### 「陸上植物の発生進化研究の推進」

長谷部光泰氏は、陸上植物を中心とした系統学や進化発生学において、独創的な研究を展開し、全ゲノム解読を始めとして、分類学、遺伝学、生理学など、多様な生物学分野に大きなインパクトを与えた業績をあげた。

長谷部氏は、植物の分子系統学的研究を先導し、陸上植物の5単系統群のうち、3群の系統推定を世界に先駆けて行い、現生裸子植物の単系統性(Hasebe et al. 1992. Bot. Mag. Tokyo. 105: 673-679)、シダ類のほぼ全科の系統関係(Hasebe et al. 1995. PNAS 85: 134-181)、コケ植物の単系統性(Nishiyama et al. 2004. Mol. Biol. Evol. 21: 1813-1819)を示した。これらの成果の多くは最新のゲノムレベルの系統推定によっても支持されている。

陸上植物には多様な形態を持った植物群があるが、従来は被子植物以外には遺伝子工学技術が利用できるモデル植物がなかった。そこで、コケ植物のヒメツリガネゴケを用い、形質転換系の開発およびモデル植物化に取り組むと共に発生進化研究を強力に推進し、陸上植物の生殖器官(Hasebe et al. 1998. PNAS 95: 6222-6227, Tanabe et al. 2005. PNAS 102: 2436-2441, Maizel et al. 2005. Science 308: 260-263 他)、栄養器官(Fujita et al. 2008. Evol. Dev. 10: 176-186, Aya et al. 2011. Nat. Commun. 2: 544, Xu et al. 2014. Science 343: 1505-1508 他)、生活史(Okano et al. 2009. PNAS 106: 16321-16326, Sakakibara et al. 2013. Science 339: 1067-1070)の進化的基盤を分子レベルで解明した。また従来、陸上植物の中では被子植物のみで全ゲノム解読が行われていた。そこで、長谷部氏は、シダ植物(小葉類)のイヌカタヒバおよびコケ植物のヒメツリガネゴケについて、国際ゲノム解読コンソーシアムを結成して全ゲノム解読に成功し、発生遺伝子が陸上植物の系統により大きく異なることを明らかにした(Rensing et al. 2008. Science 319: 64-69, Banks et al. 2012. Science 332: 960-963)。さらに、これらの研究成果を基盤として、多細胞体制の源泉である幹細胞の進化を明らかにすることを目標にしてERATO分化全能性進化プロジェクトを立ち上げ、植物幹細胞形成に関わる新規分子機構を次々に解明した(Ishikawa et al. 2011. Plant Cell 23: 2924-2938, Sakakibara et al. 2014. Development 141: 1660-1670, Kofuji and Hasebe. 2014. Curr Opin Plant Biol 17: 13-21, Palvaskin et al. Dev. Cell. in press 他)。

以上のように長谷部氏は、進化学分野における顕著な業績から、日本進化学会賞授賞に十分値すると判断した。

### ■研究奨励賞

井上 潤(沖縄科学技術大学院大学)

#### 「魚類の系統進化とゲノム進化」

井上潤氏は魚類の系統進化とゲノム進化の分野で顕著な業績をあげるとともに、分子系統学の統計的手法の開発でも卓越した業績をあげた。井上氏は、魚類の系統進化についてミトコンドリアゲノムデータから、真骨類が単系統であること、また、古代魚の3系統(チョウザメ類、ガーパイク類、アミア)の単系統性とこれが真骨類の姉妹群となることを示した(Inoue et al. 2003. Mol. Phyl. Evol. 26:110-120)。また、コモロ・シーラカンスとインドネシア・シーラカンスのミトコンドリアゲノムの比較から、シーラカンスの起源がそれまでの推定値よりもはるかに古く、インドがユーラシア大陸に融合したことによってシーラ

カンスの分布が二分されたという仮説を支持する結果を得た (Inoue et al. 2005. *Gene* 349: 227-235)。この論文はナショナルジオグラフィック誌でも紹介された。さらに、ウナギ科は外洋中・深層に生息する魚類クレード内部から分岐することが示され、ウナギの進化的起源が深海にあることが明らかになった (Inoue et al. 2010. *Biol. Lett.* 6 363-366)。このような業績に代表されるように、井上氏は、ミトコンドリアゲノムの情報を用い、魚類の系統進化における数多くの問題を解決してきた。

また、井上氏の業績は魚類の系統進化における具体的な問題解明にとどまらず、そのような研究の基礎となる解析方法の開発にも顕著なものがある。井上氏は、ベイズ法による分子年代推定において化石制約をどのように入れるべきかについて詳細な検討を行い (Inoue et al. 2010. *Sys. Biol.* 60: 74-89)、その成果は哺乳類進化の信頼できる時間的枠組みを与えることに生かされた (dos Reis\*, Inoue\* (貢献同等) et al. 2012. *Proc. R. Soc. B* 279: 3491-3500)。この論文は、現在までに数多く引用されている。

魚類の系統進化の研究で培った経験と力量は、全ゲノムデータを基にゲノム重複後の遺伝子の orthology 解析を効率的に行う斬新なパイプラインの開発に生かされ、最近のゲノム進化に関する研究業績 (Inoue et al. *PNAS* 112: 14918-14923) に繋がった。この論文では、真骨魚類で全ゲノム重複が3億年前に起こった後、コピーされた遺伝子がまとまって欠失し、急速に現在のような姿のゲノムに再構成されたことを明らかにした。その後、真骨魚類は爆発的に多様化することから、生物の進化とゲノム再編の関係を示唆する重要な研究で、今後の発展が期待される。

このように国際的に高く評価される業績を多くあげたとともに、今後の更なる発展が期待されることから、研究奨励賞を授与するにふさわしいと判断した。

越川滋行 (京都大学白眉センター)

#### 「昆虫の新奇形質に関する発現機構の解明」

越川滋行氏は、大学院時代から学振特別研究員PDまでシロアリを材料とし、表現型可塑性によるカーフト形成がどのように制御されるかについて、形態、組織、遺伝子発現調節を多角的に研究してきた。その中で、新しい形質 (新奇性、Novelty) がどのように生まれるかの課題に力を入れ始め、米国ウィスコンシン大学留学を契機に、それ以降はショウジョウバエを用いた進化発生遺伝学を研究している。

越川氏が特に精力的に研究を進めたのは、翅にユニークな水玉模様を持つ *Drosophila guttifer* (越川氏はミズタマショウジョウバエと呼ぶ) である。他のショウジョウバエの翅との比較により、水玉模様の新奇形質がどのように形成されるのかを遺伝子発現機構にまで踏み込むことが可能となる。

*D. guttifer* では piggyBac トランスポゾンを利用した遺伝子導入技術を開発し、黒色メラニン形成に必要な遺伝子 yellow の制御領域において、水玉模様状の発現を駆動するエンハンサーを見出した。このエンハンサーに情報入力している上流因子として *wingless* (Wnt1 ホモログ) を同定し、*wingless* の異所的発現により過剰な模様が誘導されることを解明した。これは、動物においてモルフォゲンが模様形成を誘導する初めての実験検証である (Werner\*, Koshikawa\* (貢献同等) et al. 2010. *Nature* 464: 1143-1148)。

次に、*D. guttifer* の *wingless* 遺伝子の特殊な発現には、cis 制御領域の進化がその原因となっている可能性に着眼した。*D. guttifer* およびキイロショウジョウバエ *D. melanogaster* の *wingless* 近傍領域をレポーター発現で比較したところ、*D. guttifer* の系統では、3つの新たなエンハンサー活性が進化したことを突き止めた (Koshikawa et al. 2015. *PNAS* 112: 7524-7529)。新しいエンハンサー活性の獲得が、新しい発現領域の獲得に繋がった解明は初めての事例である。さらにこの研究に付随して、発生制御因子が新しいエンハンサー活性を獲得することが、形質が異所的に重複すること、あるいは新奇形質の獲得に繋がる可能性を論じた (Koshikawa. 2016. *Fly (Austin)* 10: 印刷中)。これら一連の研究により、水玉模様という新奇形質の進化過程の主要部分が解明された。

他にも越川氏は、シロアリのカーフト分化や新奇形質の表現型可塑性について、多数の国際誌 (*Naturwissenschaften*、*FEBS Letters*、*BMC Developmental Biology*、*PLoS One*、*Insect Sociaux* など) に合計



30報を発表している。今後の更なる発展が期待されることから、研究奨励賞を授与するにふさわしいと判断した。

小島健司(米国 Genetic Information Research Institute)

### 「利己的な遺伝子の進化学」

小島健司氏は転移因子や制限修飾系などの利己的な遺伝因子がどのようにして宿主ゲノムと共生しながら自己増殖を可能としているのか、その生存戦略について研究を行ってきた。代表的な成果として転移因子の標的配列特異性の研究が挙げられる。予測できないサイトに転移する転移因子が潜在的病原性を持つものに対して、標的配列特異性は特定の反復配列のみに挿入することで病原性を抑制する。小島氏は多様な反復配列を標的にする標的特異性の獲得が、転移機構の異なる転移因子群に独立に多数回起こったことを示した(Kojima and Fujiwara. 2004. Mol. Biol. Evol. 21: 207-217)。

小島氏は、転移因子 *SINEU* が snRNA に由来する配列を持つこと (Kojima. 2015. Genome Biol. Evol. 7: 1702-1712)、内在性レトロウイルス CrocERV29 に宿主遺伝子が取り込まれていること (Chong et al. 2014. Retrovirology 11: 71)、転移因子 *Crypton* がヒトの6遺伝子の起源になっていること (Kojima and Jurka. 2011. Mobile DNA 2: 12)、DNA結合ドメイン GCM が転移因子 MuDRF に由来すること (Cantu et al. 2011. PLoS ONE 6: e24230) をあきらかにするなど、遺伝子が利己的に振る舞いつつ如何にして他の遺伝子と共生しうるのであるかを精力的に研究してきた。また、転移因子の転移と集団サイズの変遷や種分化との関係を示す Carrier subpopulation 仮説を提示した (Jurka et al. 2011. Biol. Direct. 6: 44)。さらに、真核生物の反復配列・転移因子データベースの国際標準である Repbase の維持運営にも中心的な役割を果たしている (Bao et al. 2015. Mobile DNA 6: 11)。

小島氏の研究はこれまで真核生物を主な対象にしてきたが、膨大なゲノム情報をもとに原核生物を対象範囲を拡大し、より多様な現象について詳細なメカニズムに迫ろうとしている。東アジア型ピロリ菌とインド型菌の組換えがマレーシアで起きたことを示し、人類の移動史と対応させた (Kojima and Kobayashi. 2015. BMC Genomics 16: 817)。

小島氏の利己的遺伝子の知識とバイオインフォマティクスの技能は、ユニークな視点と組み合わせられて優れた研究成果につながっている。筆頭著者や責任著者としての論文数が20近くと多く、その多くが Molecular Biology and Evolution や Genome Research といった評価の高い専門誌に掲載されている。

以上のように小島氏には今後も大いに研究の発展が期待され、研究奨励賞を授与するにふさわしいと判断した。

## 教育啓発賞

該当なし

## 第18回大会 若手発表賞

### ◆最優秀学生ポスター発表賞

- ・交雑起源の無性生殖種のゲノムワイドなアレル発現パターン：遺伝的不和合の補償との関連性  
三品達平(京都大学)

### ◆優秀学生ポスター発表賞

- ・シロアリ腸内原生生物核内共生細菌の多様性と進化  
名倉有一(東京工業大学)
- ・ネコの家畜化の痕跡? : ネコ科における AVPR1A 遺伝子の分子進化  
荒堀みのり(京都大学)

- ・バレート最適性が花形質にもたらす進化的制約の検証  
三上智之(東京大学)
- ・軟骨魚類から対鰭筋形成機構の進化を探る  
岡本恵里(東京工業大学)
- ・担子菌類における隔壁孔キャップの平行進化の原因遺伝子予測  
飯塚朋代(総合研究大学院大学)
- ・Rickettsiella感染による体色への影響が異なるアブラムシ系統を用いた比較解析  
大西浩平(富山大学)

## 第11回 みんなのジュニア進化学 ポスター賞

### ◆最優秀賞

- ・動かない生物の環境適応能力  
加賀三鈴(東京大学教育学部附属中等教育学校)
- ・スピロstromamにおける再生～単細胞生物を切ってみたら再生した～  
島田真帆、上前 優(大阪府立豊中高等学校)
- ・30数億年前の翻訳伸長因子に刻まれた挿入配列が明らかにする真核生物とアーキアの進化の物語  
岡部晴子(山形県立鶴岡南高等学校)

### ◆優秀賞

- ・効率よく光合成できる透明な植物!? ～ハオルチア・オブツーサ～  
田中美花(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- ・アセチルサリチル酸は血流を促進するのか?  
足立実結、白倉美雨、小澤夕里菜(山梨県立韮崎高等学校)
- ・カケガワザクラの起源を探る  
三澤恒汰、岡本 海、山下拓海、近藤有輝、神田毬央(静岡県立掛川西高等学校)
- ・カエルの採餌行動実験  
岸野紘大(東京大学教育学部附属中等教育学校)
- ・プラナリアの条件反射  
羽田茉莉乃、宮元大輝、尾白 淳(佐野日本大学高等学校)
- ・突然変異抑制効果を持つ物質の探索  
畠山千晴、森山優海、櫻田洸介、東海林紬、田中美月、加藤祐樹(秋田県立秋田高等学校)
- ・南日本における港のアリの地域間比較ー外来アリのモニタリング  
佐々木菜緒、後飯塚裕葵(池田学園池田中学・高等学校)
- ・関東のフナムシの形態的差異  
津島彰悟(武蔵高等学校中学校)

### ◆敢闘賞

- ・家庭で飲まれる嗜好性飲料の摂取によるハツカネズミの血糖値上昇の違い  
渡辺葵乃(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- ・ラットは飼育下で自給自足生活をしてくれるか  
中武泰成(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- ・成分変化からみるトマトの生存戦略  
小原澤紗季(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- ・コケの生存戦略 ～汚染された地域でのバイオニア植物～  
矢島茜音、千葉恒慶(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)

- ・ 光量変化によるアントシアニン増加植物の開発  
小澤晃弘(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)
- ・ 動物類の違いによるメントールの光学異性体と麻酔作用の相関  
射矢龍静、高園颯馬、永瀬 翼、星島拓真、吉原 究(岡山理科大学附属高等学校)
- ・ 岡山県石灰岩地のアテツヤクシソウ(新交雑種)の生育環境と類縁関係の分析  
矢吹直之、近藤蒼真、山崎 穂(岡山理科大学附属高等学校)
- ・ 岡山県高梁川流域のスギ樹皮生粘菌の分布  
山崎裕弥、南耕太郎、矢吹直之(岡山理科大学附属高等学校)
- ・ 両性遺伝するドブガイ類の雄ミトコンドリアの分子系統解析  
砂村遥平、石川春樹、倉澤 鷹(埼玉県立松山高等学校)
- ・ 日本産トンガリササノハガイ属は2種存在する  
倉澤 鷹、石川春樹、砂村遥平、長瀬憲示、米澤克弥(埼玉県立松山高等学校)
- ・ クロメの抗菌物質による環境適応  
アゲセ祥広アリオグン、上田克弥(埼玉県立川口北高等学校)
- ・ 褐虫藻共生イソギンチャクの高温暖条件への順化  
宮澤奏太、飯田創太(埼玉県立川口北高等学校)
- ・ 食虫植物タヌキモの形態変化  
大川真輝、鯨井陽平、眞田 駿(埼玉県立川口北高等学校)
- ・ マウス腸内フローラから観察したマヌカハニーの機能性  
高野美穂(山村学園山村国際高等学校)
- ・ 除菌スプレーと合成洗剤による食中毒菌に及ぼす除菌効果  
中島彩香、北堀隼人(山村学園山村国際高等学校)
- ・ 香辛料の食中毒原因菌におよぼす抗菌効果  
上坂朋之(山村学園山村国際高等学校)
- ・ ミントタブレットの口腔細菌におよぼす除菌効果  
小林湧弥(山村学園山村国際高等学校)
- ・ ペットボトル飲料の保存法  
新井倭愛、芹澤俊哉、小倉壮太(山村学園山村国際高等学校)
- ・ 韮崎市のセイヨウタンポポは本当に西洋種なのか  
大柴万由子、小澤ひとみ、松岡亜実(山梨県立韮崎高等学校)
- ・ 魚類のオプシン遺伝子にみる適応  
浅岡秀輔、和久井隆光、坂本裕樹、梅田菜の香、高橋啓太(私立清真学園高等学校)
- ・ ガラパゴスゾウガメのDNA解析による亜種の識別  
岩田瑛美子、遠峰伽織、小野将輝(私立清真学園高等学校)
- ・ カケガワザクラの起源を探る  
三澤恒汰、岡本 海、山下拓海、近藤有輝、神田毬央(静岡県立掛川西高等学校)
- ・ ヒトmtDNA多型から見た静岡県における生活習慣病罹患患者数推移の予測  
薄田隼弥、丸山海成、夏目翔太郎、藤野 朗(静岡県立掛川西高等学校)
- ・ 掛川市周辺におけるゲンジボタルのmtDNA多型の調査  
杉山亮太、井上遥翔、早川魁人、後藤竜広、杉山 慶、塚沢祐太、山下英紀、横井佑美(静岡県立掛川西高等学校)
- ・ 粘菌によるエサの摂取について  
人見 樹(東京大学教育学部附属中等教育学校)

- ・ハツカネズミに仲間意識はあるのか  
大友沙羅、西林伶華(東京大学教育学部附属中等教育学校)
- ・Adiantumsp. の前葉体の植物ホルモンに対する反応  
小川潤一郎、古谷菜摘(大阪府立園芸高等学校)
- ・池田ミカンのDNA分析  
橋本英和(大阪府立園芸高等学校)
- ・アブラナ科植物の化学生態  
田部瑞貴、中井星奈、中川実香(大阪府立住吉高等学校)
- ・酸性河川に生息するカワゲラ類の生態について  
今野海杜、遠藤拓光、會田浩史、大場麻未、佐藤颯星、高橋結菜、寺島恵梨、伊藤優奈、浦山 賢、黒田 涼(山形県立上山明新館高等学校)
- ・食品の調理・加工の違いによるタンパク質の変化について  
大塚萌絵、篠原綾香、関谷藍后、玉井文望(岐阜県立岐阜農林高等学校)
- ・在来アリを守ろう！ ～アルゼンチンアリの侵入経路と防除法の研究  
水野珠那、野村真愛(岐阜県立八百津高等学校)
- ・市民参加として取り組んだ江戸川河口に住むヒヌマイトトンボの生態調査  
横塚 匠、中村隆哉、今井あやめ、佐藤海、竹村 凌、中田敦也、安藤大耀、畑 俊吉、小林柊斗(千葉県立国府台高等学校)
- ・アカハライモリの個体識別と食性  
伊藤広大、長瀬一真、内澤晃太、佐々木亮太(千葉県立市原八幡高等学校)
- ・千葉県のアリのミトコンドリアDNA分析による系統樹作成  
松田大樹、渡部維真(千葉県立松戸南高等学校)
- ・国分寺高校 カラスバト研究の現在・過去・未来  
林部真奈、澤 薫子、丸田光希(東京都立国分寺高等学校)
- ・画像分析によるイモリの初期発生研究  
青山航大、小林凌也、佐伯和紀、工藤大迪(富山第一高等学校)
- ・クモ卵における胚発生過程の研究  
辻 涼、岩畑実玖(愛知県立名古屋南高等学校)
- ・新説「房総半島南部型」ゲンジボタルは存在する  
市川創大、羽田龍史、王翔宇、早川真央、土原千佳、大矢朱里、海崎紘平、沖永大征(茗溪学園中学校高等学校)

## 研究奨励賞受賞記

# 受け継がれる研究の流れ

井上 潤(沖縄科学技術大学院大学(OIST) マリンゲノミクスユニット)

2016年の夏に「魚類の系統進化とゲノム進化」で日本進化学会研究奨励賞をいただきました。2011年には「ホームページ(<http://www.geocities.jp/ancientfishtree>)を通じた広範な情報発信」で日本進化学会から教育啓蒙賞をいただいています。今回の受賞も、地味な活動であっても誰かが見ていてくれると感じ、大きな励みになりました。日本進化学会に関わる皆様には深く感謝しています。



今回、授賞式の会場に来て初めて、長谷川政美先生(現在、復旦大学)が研究奨励賞に私を推薦してくださいました。私が学んできた分子系統学は、長谷川先生が開拓なさってきた研究分野です。このため長谷川先生から推薦していただけたことを、とても光栄だと感じています。

世の中に知ってもらえるような意味のある研究が、何も無い土壌に突然現れることは、私が経験した範囲でもほとんどないです。良い研究は、代々受け継がれる流れのなかで出てくるものだと実感します。私が研究奨励賞をもらえるような研究成果を出せたのは、この流れに入れて頂けたからです。このため今回の賞は、私の研究活動に深く関わった人たちにも贈られたと思います。

そのように感じる所以を、以下の文章から汲み取って頂けたらと思います。私は、まったく予期していませんでしたが、15年という長い研究員生活を送ってきました。

## ■幼少期～大学時代(～1996年)

私は普通のサラリーマン家庭に育ちました。このため若い頃は、私もサラリーマンになると思っていました。父は技術者で、よくサイエンスの話をしていました。「宇宙の端には何があるの?」といった私の質問に、父は真剣に答えていました。母は家庭的な優しい人でしたが、スポーツや冒険が好きな明るい人でした。父の反対を押し切って山登りなどの冒険をしたがる私を、母は応援してくれました。両親から異なる影響を受けた結果、私は自然科学に憧れるようになったと思います。勉強は人並みにはやっていたと思いますが、学ぶことの面白さを感じたのは、大学を卒業する頃でした。自分がサイエンスをしっかり学んでみたいと思っていることに、就職活動をやってみて初めて気が付きました。ただ、大学を出た後で何をやらいいのか、漠然としていました。所属していた研究室で久米篤さん(現在、九州大学)が、進化を学んでみてはどうか、とアドバイスして下さいました。久米さんの勧める本を読むうちに、分子系統学に出会いました。デジタルデータとして遺伝情報を扱い、DNAに刻まれた過去の歴史を読み解くという分子系統学に興味を持ちました。

## ■大学院時代1：ウナギグループ(1996年～2005年)

大学院は、東京大学海洋研究所の塚本勝巳先生(現在、日本大学)の研究室を選びました。海も好きでし、進化をやるなら脊椎動物でも歴史の古い魚類を対象にしたかったからです。2001年に博士号を取得した後も数年間、海洋研究所で研究を続けました。

塚本先生の研究グループは、主にウナギを題材とした魚類の生活史や生態、進化の研究を行っています(塚本2014)。大学院を選ぶ際に研究室を初めて訪問したとき、塚本先生はサッカーから汗だくで帰ってきて、輝く笑顔で迎えてくださいました。塚本先生は、研究室だけでなく海洋研究所の全体を熱心に案内してくださいました。今から思うと、初めて自分で探し出した次の道は、このあたりからスタートしたようです。

塚本ウナギグループのモットーは、楽しいことを精一杯やる、です。研究はもとより、サンプリングやスポーツなどまで真剣に取り組むよう推奨されます。私は、ウナギの進化的起源を探る研究を始めましたが、その成果をまとめるには、遠回りのような作業が何年も続きました。海外サンプリングや研究航海などが非常に多いためチームワークが要求されるウナギグループは、外部の人から見たら軍隊のように映ったようです。研究室内部での作業が主な仕事であった私は、まだ研究航海などを免除していただいたのですが、あんなに大変なことを無償でやらされて気の毒だ、とよその人に言われることがよくありました。それでも私を含め学生は、楽しく研究生活を過ごしていました。

結局15年近くかけて、ウナギが深海に起源することを示唆した論文をまとめました(Inoue et al. 2010b)。塚本ウナギグループが中心になって世界中からウナギとその近縁種を収集し、ミトコンドリアゲノムを解析したこの論文は、多くの人の力が結集したものです。今から考えると、塚本先生から学んだ研究の姿勢が形になったようにも思えます。ウナギグループのメンバーとしての作業はありましたが、自

由に研究できる時間もたくさんありました。実際に塚本先生は、研究は暇じゃないとできない、とおっしゃっています。塚本先生は、学生である私たちに、他の研究グループをはるかに上回るデータを取るよう指導します。塚本先生ご自身は、40年近くウナギの産卵場を探し続け、定年退職なざる間際にうなぎの産卵場を突き止め、論文として出版されました。そういった塚本ウナギグループの、圧倒的なデータ量をとる姿勢と最後まで諦めない態度に、大きな影響を受けました。どんなに洗練された解析も、込み入った解析のいらぬ決定的なデータ(たとえばウナギ卵の発見)には及ばないと思いました。

## ■大学院時代2：魚類進化グループ(1996年～2005年)

系統解析は西田睦先生(現在、琉球大学)の研究室で始めました。西田先生のグループは、魚類全般を対象として進化の研究を展開していました。塚本先生の研究室に入ってからすぐにウナギの進化研究を行うことになったので、福井県小浜市にある西田先生の研究室に送り込まれました。日本海側の地域は自然が豊かなこともあって好きなのですが、やっとな東大に入ったのに華やかな本郷ではなく遠い雪国に送られるのは、正直なところ気が進みませんでした。しかし、西田先生の研究室を見て、その考えは変わりました。当時の西田研究室は、DNAデータを用いて魚類の進化研究を展開しようと、日本中の研究機関や大学から来たやる気に満ちた若者で溢れていました。このような大所帯で、所属や身分に左右されることなく、すべての人に親身になって研究の相談に乗る西田先生の姿に、若い私はたいへん感銘を受けました。

私が最初の10年間に行った研究は、ミトコンドリアゲノムデータ解析によるものでした。西田先生の研究グループは、ミトコンドリアゲノムという世界初の信頼性の高い大規模データを得ることによって、魚類進化の謎を次々と解明しました。そのなかで私は、古代魚の系統関係(Inoue et al. 2003)やインドネシア・シーラカンスの起源(Inoue et al. 2005)などに迫る研究テーマを論文としてまとめ、研究仲間に存在を認識してもらえるようになったと思います。研究グループには優秀な方が多く所属していましたが、西田先生とともにミトコンドリアゲノム解析による魚類進化の研究を力強く導いたのは、宮正樹先生(千葉県立中央博物館)でした。私は、西田先生と宮先生が起こしたビッグウェーブに乗せていただいたと思います。実際の分子系統解析と論文作成、研究者としての姿勢などは、主に宮先生に指導していただきました。宮先生のご指導がなければ、進化学会まで進出できるような研究成果を出すことはできませんでした。

若い頃はウェット(DNAデータ解読)が主な作業だったので、朝から晩まで研究室にいました。そのうち塚本先生と西田先生の研究グループのメンバーとは、家族よりも一緒にいる時間が長くなりました。数十年にわたる研究生活でできた友人は、研究だけでなく様々な問題を一緒に考えてくれるようになりました。

## ■ポスドク時代1：アメリカとイギリス(2005年～2010年)

ミトコンドリアゲノム解析によって一定の成果を収めた後、研究留学のためフロリダ州立大学とロンドン大学に滞在しました。2005年の時点であっても、インターネットから手軽に得られるDNAデータが急増するのは明らかだったので、海外ではドライ(コンピュータ解析)を集中的に学ぶことにしました。

アメリカでは、Gavin Naylor先生(現在、Hollings Marine Lab)の研究室で分子系統解析の進化モデル作成を試みました。アメリカの3年間で強く感じたのは、サイエンスの先進国での研究活動が、現地の人でも楽ではないということでした。ロンドンでは、分子進化学で著名なZiheng Yang先生(ロンドン大学)の指導のもと、分岐年代推定の研究に携わりました(Inoue et al. 2010a)。Yang先生の研究展開を目の当たりにし、広く用いられる解析方法を次々と開発する裏には、たいへんな努力があることを知りました。

5年間にわたる海外生活を終える頃には、海外で幸せな研究生活を送るには、言語のディスアドバンテージをカバーする高い研究能力が必要だと痛感しました。

## ポスドク時代2：核ゲノム解析(2010年～2015年)

今回の受賞では、ゲノムデータ解析(Inoue et al. 2015)も評価していただけたと思います。この論文では、真骨魚類で全ゲノム重複が3億年前に起こった後、コピーされた遺伝子がまとまって欠失し、急速に現在のような姿のゲノムに再構成されたことを明らかにしました。このことは、ゲノムの基本構造が形成された後で真骨魚類の爆発的な多様化が生じたことを意味しており、生物の進化とゲノム再編の関係を示唆しています。

2010年に、ロンドンから東大海洋研究所の塚本先生の研究室に帰ってきました。海外で学んだ系統解析の手法を生かした研究を模索していると、佐藤行人さん(現在、琉球大学)が、魚類の核ゲノム解析をすすめてくれました。私たちは、上記の論文で示した生物進化とゲノム再編の考察を、最初から狙っていたわけではありませんでした。その当時から、多くの研究者が離れた系統間でのゲノム比較を試みていましたが、その基本単位となる遺伝子の選択が綿密になされていませんでした。当初は、研究の主要な目的をはっきりできなかったのですが、分子系統学がその基本としていた、遺伝子の由来(オーソログかパラログか)の判定にもう一度戻る必要性を強く感じました。そこで、配列の類似性に加えて、およそ2万あるすべての遺伝子の遺伝子系統樹を推定して、その対応関係を判定することにしました。それには系統解析の自動化が必要だったので、最初の数年はプログラミング言語など新しい技術を学ぶだけで終わってしまいました。この間まったく研究成果が出ない私を、塚本先生は辛抱強く支援して下さいました。

核ゲノムの研究を始めた当初は、主に私が解析した結果を佐藤さんと二人で検討していました。しかしデータがあまりに膨大で、進化の研究として意味の深い発見に至れませんでした。そしてやはり西田先生の助けが必要になり、三人のディスカッショングループが始まりました。ディスカッショングループでは、主にWeb会議システムを利用して直接ご指導いただきました。西田先生のご負担は大きかったと思いますが、経験の浅い研究者を育てるには最も効率が良い方法だと思います。データを解釈する方法、良い文章の作り方、文献の引用の仕方、などを私たちは改めて学んでゆきました。その過程で、サイエンスとして価値のある論文を作成するには、他の人との意見交換が不可欠なことを実感しました。5年以上続いたプロジェクトでは、それぞれ所属機関が変わっても何事もなかったようにインターネットを介してディスカッションが続けられました。

論文はPNASに受理されました。全遺伝子系統樹の推定と充実したディスカッションに加えて、Robert Sinclair先生(沖縄科学技術大学院大学)による数理解析も、受理の大きな要因でした。所属に左右されることなく、何があっても支援してくださる先生方がいて初めて、私たちは論文を完成させることができました。

## ポスドク時代3：上海での勉強(2011年～)

長く同じ研究分野に携わっていたので、研究グループ以外の研究者からも多くのことを学びました。海外から帰って来て新たな研究の方向を探っていた頃、米澤隆弘さん(復旦大学)に招いていただき、上海でセミナーを行いました。その頃、米澤さんは長谷川先生と復旦大学に移られて、精力的に分子系統学の研究を進めていました。セミナー発表で学生に解析手法などを説明したのは私なのですが、実際に多くのことを学んだのは私自身でした。上海に行くたびに、長谷川先生、米澤さんと街を歩き、分子系統解析にまつわる様々なお話を伺いました。十数年間にわたり分子系統学を本で学んできた米澤さんと私は、教科書の文章に隠された意味と経緯を、長谷川先生から直接教えていただきました。その過程で、私たちは今まで感じたことのないような理解を得た気がしました。

長谷川先生の周りには、いつも若い優秀な研究者がいます。和やかな雰囲気の中研究の話が絶えません。彼らは同じ研究グループでないにも関わらず、受賞や論文出版などの局面で、私のためにお祝い会を度々開いてくれました。私にとって、同世代の研究仲間に自分の研究活動を評価してもらえるのが最も嬉しいことです。

## ■活発な研究グループの共通点

2016年4月から、佐藤矩行先生(沖縄科学技術大学院大学)が率いる研究グループの一員として、無脊椎動物のゲノム比較解析に関わることになりました。有力な研究グループをわたり歩くうちに、そこには幾つかの共通点があると思うようになりました。何より重要だと思うのは、若い人たちが楽しそうに精一杯研究している点です。研究は完全に職業というわけではないので、嫌なことが多いと何年も続けられないです。そして先生方は、私たちが研究員として採用されている期間に関わらず、常に研究をバックアップしてくださいます。良い研究を短期間で完成するのは難しいです。論文をまとめる意気込みが強いのも、活発な研究グループに共通するものです。論文にしなければ、研究を行った意味が損なわれます。どの研究グループでも、得られた結果をグループ全体で議論し、アイデアを出し合っって論文としてまとめています。こうした研究グループの一部から、また新たな研究グループが生まれてゆくのだと思います。

## ■最後に

これまで研究活動の様々な局面で、多くの方のお世話になりました。お礼申し上げます。私のような普通の家庭に育った人間が、サイエンスに関わる仕事ができるようになったのは、大学院からお世話になっている先生方のあたたかいご指導によるものです。そして特に重要であったのは、両親が研究や学問を重要なものとしてとらえ、研究員という不安定な職業をむしろ奨励してくれたことでした。私はこういった人たちの延長線上に生きていくと改めて思います。

### 参考文献

- ・ Inoue, J., Donoghue, P.C.J., Yang, Z. 2010a. The impact of the representation of fossil calibration on Bayesian estimation of species divergence times. *Systematic Biology*, **59**, 74–89.
- ・ Inoue, J.G., Miya, M., Miller, M.J., Sado, T., Hanel, R., Hatooka, K., Aoyama, J., Minegishi, M., Nishida, M., Tsukamoto, K. 2010b. Deep-ocean origin of the freshwater eels. *Biology Letters*, **6**, 363–366.
- ・ Inoue, J.G., Miya, M., Tsukamoto, K., Nishida, M. 2003. Basal actinopterygian relationships: a mitogenomic perspective on the phylogeny of the “ancient fish.” *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **26**, 110–120.
- ・ Inoue, J.G., Miya, M., Venkatesh, B., Nishida, M. 2005. The mitochondrial genome of Indonesian coelacanth *Latimeria menadoensis* (Sarcopterygii: Coelacanthiformes) and divergence time estimation between the two coelacanths. *Gene*, **349**, 227–235.
- ・ Inoue J, Sato Y, Sinclair R, Tsukamoto K, Nishida M. 2015. Rapid genome reshaping by multiple-gene loss after whole-genome duplication in teleost fish suggested by mathematical modeling. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **112**:14918–14923.
- ・ 塚本勝巳2014. うなぎ一億年の謎を追う. 学研教育出版.

(編集担当：奥山雄大)

## 研究奨励賞受賞記

# 受賞にあたって

越川滋行(京都大学白眉センター)

このたびは進化学会奨励賞を賜り、光栄に思います。研究者を志してからというもの、進化学会は私のいわゆる「メインの学会」であり、その学会から評価して頂いた事は大変うれしく、また身の引き締まる思いです。私がこれまで研究活動を続けて来られたのは、多くの方々の支えがあったからです。その方々との出会いを中心に、私のこれまでの活動を振り返りたいと思います。



## ■子供時代～学部生

私は千葉県佐原市(現在の香取市)で生まれ育ちました。学校の教員が多い家系で、父はすぐ近くにある県立高校で古文を教えていました。住んでいた家は木造でとても古く、和洋折衷の庭には芝生と池が、またその奥には家庭菜園があり、いつも色々な種類の昆虫の暮らしを見る事ができました。クリの幹から巨大なシロスジカミキリの新成虫が脱出して来たり、池ではスイレンの茎にギンヤンマが産卵していたり…子供にとって観察する対象に恵まれた環境でした。父は家庭菜園と園芸が趣味で、週末はよく庭に出ていたこと、私は子供のころよく病気になって、薬剤師をしていた母のいる県立病院に良くお世話になっていたこと、そして病気の原因について教えてもらっていたこと、これらが生物学への興味につながったのではないかと思います。地元の県立高校から、東京都立大学(現在の首都大学東京)の理学部生物学科に進学しました。

都立大学の講義は面白く、特に会津田島寮で行われた生態学実習や分類学実習は、会津の自然のすばらしさ(特に虫の多さ)とともに印象に残っています。またスキューバダイビングサークルで主に伊豆の海で活動し、また冬場にはバードウォッチングをしていました。当時は野外で行う生態学へのあこがれを持っていたのですが、これからの時代は分子生物学も少しはできないといけない、そのためにはフィールドと分子生物学の両方に関わる分野の勉強をしようと思いました。青塚正志先生、田村浩一郎先生のいらした進化遺伝学研究室では、サワガニやショウジョウバエの系統地理の研究をされている先輩方がおられたので、卒業研究での配属を希望しました。ショウジョウバエの分子系統解析に関するテーマを与えられ、齋藤くれあさん(現・岡崎統合バイオ)に実験を教わり、野澤昌文さん(現・首都大学東京)らとともに、様々なショウジョウバエからアルコール脱水素酵素(*Adh*)の遺伝子をPCRで増やし、クローニング、シーケンスし、分子系統樹を描いていました。ここで分子生物学の基礎を作ったことは大きな財産になりました。

## ■Carpe diem (その日を摘め)

大学院では、社会性昆虫の生態学の研究がしたいという気持ちから、シロアリの研究で有名な東京大学の松本忠夫先生の研究室に進学しました。松本忠夫先生のユニークなお人柄もさることながら、当時、松本研の助手だった三浦徹先生(現・北海道大学)、ポスドクだった前川清人先生(現・富山大学)は公私ともに大変な勢いがあり、研究室のドアに貼られていたCarpe diemというスローガンと共に、鮮烈な記憶として残っています。世界各地を舞台にした血湧き肉踊る冒険談をわくわくしながら聞いたものでした。テーマとして、シロアリのカースト分化の分子メカニズムをやらないか、と誘われ、三浦先生に師事することになりました。研究活動は充実し、屋久島でのオオシロアリの採集から、幼若ホルモン類似体を使った兵隊分化の誘導、分化に特異的な遺伝子発現の解析等、社会性昆虫の研究に最新の分子生物学の手法で取り組んでいるという興奮と充実感がありました。Richard Cornetteさん(現・農研機構)もフランスからやってきて、賑やかで楽しい研究室生活でした。また駒場キャンパスは渋谷や新宿に近く、都会が苦手と言いつつも、まばゆい街の雰囲気を楽しんでいました。

## ■試される大地

三浦先生が北海道大学に移られたので、私も学振PDで北海道大学に移りました。そこで、岡田泰和さん(現・東京大学)、宮崎智史さん(現・玉川大学)、石川由希さん(現・名古屋大学)、石川麻乃さん(現・遺伝学研究所)、後藤寛貴さん(現・名古屋大学)らと出会いました。私は引き続きオオシロアリを中心に、しかし将来の研究の方向性を考えながら、研究を行っていました。他のメンバーは表現型多型を示す様々な材料を用いて、環境により発現が変動する遺伝子の解析を軸にした様々な研究を展開していました。アクティブなメンバーが多いこともあり、三浦研のセミナーは自由な雰囲気に満ち、新しいアイデアが次々に出される創造的な時間でした。木村正人先生、大原雅先生、鈴木仁先生らも同じ講座におられ、主

に北海道を舞台にした様々な野生生物の研究について勉強することができたことも大事な経験でした。北海道の自然はやはりすばらしく、三浦先生や岡田さんにスノーボードや釣りに連れて行って頂いたり、石川姉妹と鳥を見たり、様々なレジャーを満喫させていただきました。

## ■ 新大陸へ

院生のころから、Stephen Jay Gouldのエッセイに大きく影響を受け、また当時の流行もあってエボデボの研究に興味を持ち続けてきました。当時プリンストン大学にあったDavid L. Stern先生の研究室に滞在し、若手の研究者たちと交流してどんな研究をしていくべきか考えていました。また理化学研究所の倉谷滋先生や丹羽尚さんらに進路についての相談に乗っていただきました。そして、おそらく卒研で学んだことの影響もあり、ショウジョウバエの様々な種を用いたエボデボ研究をしたいと思うようになりました。そして、



写真1 2009年、マディソンのCarroll研のメンバーと。右から3番目が筆者

どうせ留学するなら世界一の研究室に行こうという単純な考えから、「エボデボの王」とも言われるSean B. Carroll先生の研究室(ウィスコンシン州マディソン)に留学することにしました。マディソンでの暮らしについては、進化学会ニュース(2009, Vol. 10, No. 1)に留学記を寄稿しています。当時、Carroll研ではチョウの模様の研究をやめ、完全にショウジョウバエの研究室になろうとしていました。そして、有名なcis/trans論争(形態の進化を引き起こすのは、遺伝子のcisの変化か、コーディング領域の変化か)のさなかにあって、cis陣営の本陣として、華々しい戦いを繰り広げていました。私自身の研究は、論争の終盤にあって、当然ながらcisもtransも両方大事、という方向に終息しつつあるなかでの付け足しのような位置づけになると思いますが、有名な雑誌の編集部との様々なやりとりなどを見たり聞いたりすることができて、得難い経験になりました。同僚のポストドクたちみな自信にあふれ、堂々と議論するのですが、私も徐々に古株になるころには、なんとか英語で自分の言いたいことを伝えられるようになったと思います。様々な国からポストドクたちが来ており、またアメリカ人のメンバーも移民の2世、3世が多く、それぞれの出自、体験を踏まえて語られる政治や哲学の談義もとても楽しく、時には劇的なエピソードに涙することもありました。留学して2年目に、Thomas Wernerさんとの共同研究で、ミズタマショウジョウバエ(*Drosophila guttifera*)の翅の模様をwingless遺伝子が誘導するという論文を出すことができ、その後、Matt W. GiorgianniさんやVictoria A. Kassnerさんらの助けを借りながら5年かけて実験したデータは、ミズタマショウジョウバエのwingless遺伝子は3つの新しいエンハンサーを獲得し、それによりwinglessの新しい発現領域を獲得している、というもので、のちに京都にまで持ち込んで論文化していくことになりました。アメリカの研究環境は、個別には色々ありますが、全体としてとても良い、と言えると思います。また私生活でも留学中に結婚、第一子の誕生があり、特に日本人コミュニティーの皆さんに様々な助けを頂きながら、楽しく暮らしていました。しかしアメリカでジョブハントして、ずっと生活していくというイメージがわかず、日本に帰国するためにいくつもの公募に応募しました。幸い、京都大学の白眉プロジェクトに採用され、京都に引っ越すことになりました。

## ■ 上洛

白眉プロジェクトは京都大学の野心的なプロジェクトで、分野を問わず若手研究者を公募し、任期付教員として5年間、研究に専念できる環境を与えようというものです。東樹宏和さんが過去に在籍され、細

将貴さんも私より1年早く着任されていました。私は、(私よりだいぶ若い)山道真人さんと同期(第5期)として、プロジェクトに加わりました。文系も含めて様々な専門の方がおられ、合宿などもあり闊達な議論や交流が行われています。内定を頂いて着任前の準備段階から、プログラムマネージャーの堀智孝先生には大変お世話になり、また堀先生をはじめセンターのスタッフの方々が、変わり者ぞろいの白眉研究者が思い切り活動できるよう心配りをしてくださっていることに感銘を受けました。研究場所としては理学研究科・生物物理学教室の阿形清和先生の研究スペースをお借りし(のちに阿形先生は転出され、現在は船山典子先生の研究室に居させて頂いています)、ハエの実験をしていくことになりました。当時、暗黒ショウジョウバエプロジェクトをされていた布施直之さん(現・東北大学)には実験設備を使わせて頂き、またディスカッションや相談事にも快く応じて頂きました。授業や実習にも少しですが参画でき、一緒に研究してくれる学生も見つかって、徐々にですが研究を進める体制ができつつあります。京都で暮らすようになって、沢山の関西の研究者の方達との出会いがありました。生活面では、京都の文化の深さ(特に食べ物のおいしさ)に改めて驚くことになりました。第二子も生まれ、遅いですが公私ともに、そろそろ本格的に大人としての責任を持たなければいけない時期に入ってきたと感じています。

## おわりに

このように振り返ると、ここで紹介できなかった方達も含め、これまで様々な人から、恩義と愛情を受けて来たことを実感します。これを少しでも、特に次世代の人たちに返していけるように考えていきたいと思えます。とはいえ、私ができる一番のことは、力一杯、ちょっと変わった虫の研究を続け、その不思議とおもしろさを共有する、できれば一緒に調べてみる、ということだと思っています。これからも、よろしくお願ひします。

(編集担当：奥山 雄大)

## 研究奨励賞受賞記

# 學而不思則罔、思而不學則殆

小島健司(台湾 National Cheng Kung University・米国 Genetic Information Research Institute)

この度は進化学会の研究奨励賞をいただきまして大変光栄に思っています。幸いにして執筆の機会を得ましたので、これまでの私の研究生活を振り返ってみたいと思います。私のこれまでの経歴が研究者としての王道であるとは思いません。が、異端であるならあるなりに研究者としての生き方の可能性を示しているとも思いますので。

今年8月から台湾の National Cheng Kung University (国立成功大学)に助理教授として赴任しました。また、今年4月よりアメリカ合衆国の Genetic Information Research Institute の Scientific Director に着任しています。今年3月までも日本での職と米国での職を兼任していました。バイオインフォマティクスという、実験室を必要とせず、遠隔地にいても研究ができるという研究分野がもちろん一因ではありますが、このように遠く離れた2カ国で同時に職を得て研究をするというのは、おそらく私のような比較的若い研究者では珍しいのではないかと思います。ただ、私が大学にいたころと比べても国際化は明らかに進んでいます。これからは高名な大教授に限らず、若手でも複数の国で職を兼任することも増えてくるのではないかという印象を抱いています。

## ■ 吾十有五而志于學

私は大学院在学中から現在まで一貫して利己的遺伝因子を扱ってきました。中でも転移因子の研究がその背骨となるわけですが、そもそも何故転移因子の研究を始めたのかということにははっきりとした芯があったわけではありません。

いつ生物学者を志したかなどもう覚えていません。生物学にまつわる記憶を辿ると、鮮明に残っているのは、中学生のときでしょうか。本屋で科学雑誌Newtonの1991年4月号の記事「カンブリア紀の奇妙な動物たち—化石が語る生物進化のミステリー」を見て一目惚れ、早速購入して帰りました。これを始まりにNewtonを毎月購入し読んでいました。読者意見欄にも頻繁に投稿し、記念にNewtonのイラストの描かれた絵はがきセットをいくつももらいました。このころは古生物学に興味があったのだと記憶しています。

その4年後1995年にザイル(現コンゴ民主共和国)でのエボラ出血熱が流行しました。エボラ出血熱はエボラウイルスというRNAウイルスが引き起こす、発症後の致死率が50-80%という非常に恐ろしい病気です。これを題材にしたフィクション「アウトブレイク」での血清のようなうまい解決方法はなく、今でも発病者の隔離しか感染拡大を防ぐ方法はありません。この小さな病原体がもたらす影響の大きさに驚き、将来ウイルスの研究をしたいと思います。とはいえ、治療を志すのではなく、生物学的にウイルスというものに興味を持ったわけです。

そんなこんなで、いつの間にか生物学者を目指すつもりになり、東京大学の理科Ⅱ類に入学し、生物学科の動物学教室へ。卒業研究では、動物学教室の中でウイルスに近い転移因子の研究をしているという理由で藤原晴彦先生の教室を選びました。当時藤原先生は助教授で教授は石川統先生でした。我々の卒研の年は石川先生の退官の年でしたので私は石川先生の最後の弟子の一人ということになります。石川先生と言えば、昆虫の共生細菌研究の大家。短い期間でしたが、石川・藤原研での1年弱で、石川先生から「共生」の重要性を学んだ気がします。

卒研から博士の終わりまでの5年半を藤原先生の研究室でお世話になりました。当時東京大学内に新しく出来た大学院新領域創成科学研究科の2期生です。修士の途中で本郷キャンパスから柏キャンパスに移りました。今ではすっかり変わってしまいましたが、当時の柏は建物も少なく、キャンパス内で研究材料を調達(昆虫採集)したりもしました。採集した昆虫で成果につながったものはありませんでしたが、登校途中に捕まえたクサガメからは実際に転移因子を見つけています。類線形動物のハリガネムシのテロメア反復配列を知りたくて、よく寄生されているというカマキリを何匹か捕獲したこともありましたが残念ながらハリガネムシには出会えませんでした。

卒研ではタイワンエンマコオロギのテロメア構造を解析する研究を引き継ぎました。これはM2の時に論文になったのですが、M1からは別の研究をしたいということで当時話題になっていたRNAiの実験系をカイコで動かす研究を始めました。これは結局うまくいかず、M2の初めに方針転換しました。当時配列特異的な転移因子のうち、リボソームRNA遺伝子に挿入されるR1とRT、テロメア反復配列に挿入されるTRASとSARTが近縁なグループであることはわかっていました。私の研究は昆虫からこれに加えて近縁な転移因子を見つけて、標的配列の進化を見るというものでした。最初はdegenerate primerを使ったPCRから配列を決めていたのですが、途中でハマダラカのゲノム情報が公開されたので、これを利用することでデータが倍増しました。ここからバイオインフォマティクスと分子実験を併用するようになり、博士を取得するまではこの両刀でいくことになります。そしてここから私の利己的遺伝因子の研究が始まりました。

藤原先生は学生の思いついた研究テーマでも自由に研究させてくれましたし、論文を書くまでのステップの経験を積めるよう指導してくれましたので、大学院在学中に研究計画を立てるところから論文として発表するところまで一通り出来るようになりました。これは今でも生きておりこの指導方針には大変感謝しています。私もこれから学生を指導する立場になりますが、この方針に倣うつもりです。大学院在学中

には、上記の研究を発展させた「標的配列特異性」の研究に加えて、「2つのエンドヌクレアーゼを持つ転移因子の発見」、「翻訳共役による転移因子のバイシストロニックRNA翻訳機構の発見」、「昆虫テロメラーゼ遺伝子の同定」と多岐にわたる研究を展開できました。その成果として、生命科学専攻の最優秀博士論文賞の初めての受賞者となることができました。

### 三十而立

DC1から申請していた学振も3年目のD3になってようやく取ることができました。博士取得後も学振が1年残っていたのでポスドク先を探すのは簡単でした。塞翁が馬です。バイオインフォマティクスをしっかり学んでみたいと思い、京都大学化学研究所バイオインフォマティクスセンターの藤博幸先生にコンタクトしたところ二つ返事でOKをもらい移ることになりました。当時の研究室は「人材養成ユニット」という名前で、バイオインフォマティクスの人材育成コースに付随した時限研究室でした。ところが、藤先生は私が移る直前に九州大学に異動になり月の半分だけ京都に滞在されることになりました。名目上は助教授の隈啓一先生の元で働くことになりましたが、当初の予定通り藤先生、隈先生両名に指導していただくことができました。

翌年は隣の金久實先生の研究室へポスドクとして移りました。ここでも自由に研究をさせてもらえたので、初めて原核生物ゲノムに手を出し、遺伝子の組み合わせから原核生物のレトロエレメントの生活環境を予測するというテーマに挑戦しました。これはオペロン構造から機能未知遺伝子の機能を予測するというバイオインフォマティクスの手法からアイデアを得たものでした。

翌年は東京工業大学の岡田典弘先生のところに学振ポスドクとして移りました。研究テーマとしては分子生物学実験を伴うものを予定していたのですが、結局バイオインフォマティクスのみになりました。ヒトとチンパンジーのゲノム配列を比較して、ヒト特異的・チンパンジー特異的な転移因子の挿入を解析しました。やったこと自体は新しかったのですが、得られた結果のエッセンスは既に報告されていることが多く、論文にするところで苦労しました。結局2年半滞在した岡田研での研究データからは3本論文を書くことは出来たのですが、新規性がなく死蔵したデータが大量に出ることになりました。正直なところこの時期の重箱の隅をつつくような研究は私の求めるものとは正反対のものでした。私の理想とする研究像は、解析手法の洗練さでもデータの量でもなく、他人が思いつかないようなアイデアから、誰でもできるような解析で面白い結果を報告するというものです。今でもその理想にはなかなか至りません。

岡田研の後は、岡田先生の紹介で米国カリフォルニア州にある Genetic Information Research Institute (GIRI) の Jerzy (Jurek) Jurka のところに移りました。GIRI は、ポスドクで移ることを以前から考えていたところで、紹介もあり、その日のうちに決まりました。学位取得後4年半経っての渡米は、遅い方でしょう。4月に結婚したばかりの妻を伴って渡米しました。

GIRI は移った当時で8人の小所帯。所長の Jurek はポーランドからの移民。他のメンバーも国際色豊かで、ロシア、ウクライナ、中国、フランス、そして私の日本。しかし私が移って半年の内に3人が去り、5人になりました。

海外に移る際、大きな大学や国立の研究所に行くのに比べて、小さな研究所に行くといろいろと困難があります。近所のスタンフォード大学のような大きな大学とは違い日本人のコミュニティはなく、そこから様々な情報や援助を受けることは期待できません。幸い小規模な研究所ということで、研究所のメンバーにいろいろと手伝ってもらってセットアップをしました。ホテルと研究所の送迎も、ホテルから新居に荷物を運ぶのも Jurek 自ら手伝ってくれました。

当初から日本人グループとの接点が無かったことで、日本人が無意識にとらわれているような常識に制限されることなく生活することができたのは、生活が大変だった代わりに得ることができた有益な体験でした。どうやら普通日本人が行かないようなところにも気にせず出かけました。例えば、メキシコ系の食

材スーパーで調味済みの肉を買ったり。当初は友人も無く、私が社会的な正確でないために、妻には大変苦勞をかけました。が、長男が生まれてからは家族ぐるみでつきあえる友人も増え、私以上にカリフォルニアに適應しています。自由で個人を尊重する社会は、日本よりも我々家族に向いているように思われました。

GIRIの研究費の多くの部分は、真核生物の反復配列データベースである Repbase の維持と発展のためのものでした。しかし、所長の Jurek は、そこから派生する研究の方に面白みを感じており、奨励してくれました。Repbase の信頼から来る共同研究に加わることができ、徐々に研究者の知り合いも増えていきました。GIRI に移る前の研究はもっぱら自分が計画立案から論文化まで主導することが多かったのですが、研究の可能性を広げる為にも、この時期には共同研究に積極的に参加することにしていました。

3年目からはポスドクではなく、Staff Scientist に昇進しました。このまま GIRI で研究を進展させていけば将来アメリカで職を得られるかなどと半ば安住しつつあった 2012 年の秋に Jurek が癌を患っていることがわかりました。同じシリコンバレーに住んでいたアップルの創業者 Steve Jobs が 2011 年 10 月に膵臓癌で亡くなって 1 年弱。妻に言わせれば以前から弱っているのが見てとれたというのですから、私はそういう機微に疎いのでしょうか。しかし闘病生活の中で徐々に彼の体力が失われていくのは私にも目に見えてわかりました。幸い Jurek は自宅に研究環境を整えていたこともあり、ややもすると病気が発覚する以前よりも精力的に研究に取り組んでいたように思われます。

Jurek は 2 年間の闘病生活の末、2014 年 7 月に他界しました。つねづね研究室で死にたいと言っていたのですから、研究に生きた人生だったのでしょうか。病気のわかる前、2012 年の春には 3 回目となる GIRI 主催の Pacific Grove でのシンポジウム 3rd International Conference/Workshop “Genomic Impact of Eukaryotic Transposable Elements” が開催されました。冒頭で Jurek は 1 月に亡くなった反復配列研究の先駆者の一人である Roy Britten の死を悼むスピーチをしました。たった 3 年後の 2015 年の FASEB シンポジウム “Mobile DNA in Mammalian Genomes” で彼が追悼を受けるとは誰が予想できたでしょうか。Pacific Grove でのシンポジウムは Jurek の強い意向もあり、多くの若手研究者に口頭発表の機会を与えるという特徴がありました。このシンポジウムの再開は私の夢の一つでもあります。

Jurek の遺志を継いで Repbase を発展させたいという気持ちもあり、GIRI に留まるかどうか悩みました。一方で Jurek 亡き後、自分が中心となって研究を進展させていくことは困難だという無力感もありました。結局 GIRI を離れる決心をし、また、研究の幅を広める目的もあって東京大学の小林一三先生の研究室に移りました。原核生物の利己的遺伝因子への再挑戦です。

## 四十而不惑？

日本に戻り、小林一三先生という制限修飾系の利己的な振る舞いの第一人者のところで特任研究員、特任助教として 1 年半を過ごしました。アメリカでの 5 年間にはほとんど日本の国内学会には参加しなかったため、日本での存在感を増す意味でも、これまで参加したことのない学会で発表したり、積極的にワークショップやシンポジウムの企画提案をしてきました。ワークショップのオーガナイザーに関しては、学会で企画する場合には事務局が整えてくれるので大変楽でした。何故もっと前からやってなかったのかと後悔したほどです。私の場合は講演者の半分くらいは面識が無い方をお願いしています。参加者の多い学会ですと快く引き受けていただける場合が多いです。

小林先生の退職に伴って、今年 3 月に東京大学を退職し、今年 4 月から GIRI の Scientific Director に、また、今年 8 月から台湾の National Cheng Kung University (国立成功大学) で助理教授の職を得て、再び異国の地で研究をスタートさせました。台湾の助理教授は Assistant professor と訳されますが日本の一般的な助教とは異なり、独立した PI です。GIRI のポジションは兼任です。私の場合にはこれまでも PI でない立場でも割と自由に研究をさせてもらってきました。が、PI になったこれからはより一層自分自身のオリジナルな研究を提案し、発展させて行きます。そして進化学会の研究奨励賞を贈って良かったと誰

にも認められるような研究成果をあげて行きたいと思います。

(編集担当：奥山雄大)

最優秀学生ポスター発表賞受賞記

## 交雑起源の無性生殖種のゲノムワイドなアレル発現パターン：遺伝的不和合の補償との関連性

三品達平(京都大学大学院理学研究科)

この度は日本進化学会最優秀若手ポスター発表賞をいただき、誠に光栄です。私の研究対象であるフナは、日本人にとって大変馴染みのある淡水魚です。しかしながら、研究を始めた当初、周りからよく「大丈夫か?」と言われたのが印象的でした。というのも、フナの分類に手を出すと人生が狂うと言われるほど、その実態が混沌としており、形態的に区別がほぼつかない有性の2倍体と無性生殖をする3倍体が全国各地の水辺に生息しているからです。そんな暗黒な雰囲気が立ち込める中で始めたフナ研究でしたが、実は分類だけでなく、私が研究を進めているゲノムの方も混沌としており、日々暗中模索しています。そのような中で研究を評価していただけたことは大変励みになります。今回、受賞記を書く機会をいただきましたので、研究の概要と、ちょっとした裏話を書かせていただけたらと思います。

遺伝的に分化した系統が交雑すると、系統間に蓄積した変異が原因となって生じる遺伝的不和合が表現型に影響を及ぼし、交雑個体の適応度の低下をもたらすことが広く知られています。脊椎動物の無性生殖種は、その大半が交雑起源であり、同様にして遺伝的不和合によるコストを被ると考えられますが、全国の河川で健常に生息しているフナのように繁栄しているものもあります。今回発表させていただいたのは、交雑起源の無性生殖種が効果的に一方の祖先親種のアレル発現を制御することで遺伝的不和合の問題を解消しているのではないか?という仮説を、交雑を伴った無性生殖への進化が複数回生じているフナ属魚類を用いて検証したという話です。この仮説を検証するために、複数系統の無性生殖(雌性発生)の3倍体フナ類について、その祖先親種と考えられる2倍体のユーラシア大陸系フナおよび日本列島系フナとともにゲノムワイドに発現遺伝子の配列を取得し、アレルの発現パターンを調べ、その傾向を探りました。その結果、複数の系統の3倍体フナ類で収斂的に、リボソームのような複雑なRNA/タンパク質複合体構造をつくる遺伝子機能群において顕著に一方の祖先親種のアレル発現が抑制されていることが分かりました。こうしたアレルレベルでの発現制御による遺伝的不和合の解消が、無性生殖種の繁栄に寄与しているのではないかと考えられます。現在は、フナのゲノム決定を進めることで、得られた結果の信頼性を高めるとともに、こうしたアレル発現の機構の追及や、無性生殖(雌性発生)の責任遺伝子の探索を試みています。

このように書くと、どこことなくスマートに見えますが、実際はなかなか泥臭いです。フナの起源を明らかにするために文字通り日本全国の川を周遊して、魚採りをしたり(道の駅巡りが楽しかったです。今度は観光もしたいです)、RNAサンプル用のフナを採りに北海道に赴き、現地で形態から2倍体と3倍体が区別できないので、安全を期して100個体ほど生かして京都に持ち帰り研究室で倍数性を調べてみたら、すべて3倍体と分かって呆然としたり(結局、この研究には使われませんでした)。さらには、2倍体・3倍体と呼んでいますが、フナ類には全ゲノム重複があり、ゲノム的には、ほぼ4倍体・6倍体のため、バイオフィーマティクスの解析も常に試行錯誤です。しかしながら、共同研究者をはじめとした多くの方に支えていただきながら、また刺激的な議論をして下さる皆様のおかげで、フナに人生を狂わされることなく、楽しく研究させていただいております。あらためて、お礼申し上げます。今後も温かく見守っていただけますと幸いです。

(編集担当：佐藤行人)

## 第11回 みんなのジュニア進化学 最優秀ポスター賞 受賞記 Part-1

今年はなんと51演題もの高校生ポスターが発表され、例年以上に盛り上がりを見せたみんなのジュニア進化学・ポスター賞。これから2回に渡り、最優秀賞を受賞した高校生に研究内容紹介をしてもらうことになりました。Part-1の今回は、最優秀ポスター賞に選ばれた3題の中から、2題について報告します。

## 第11回 みんなのジュニア進化学 最優秀ポスター賞 受賞記

**動かない生物の環境適応能力**

加賀三鈴(東京大学教育学部附属中等教育学校)

この度は第11回みんなのジュニア進化学ポスター賞最優秀賞をいただき、誠にありがとうございました。

私は、動けない植物がどのように外環境に適応し生命維持を行っているのかについて明らかにするために、ナツミカンを用いて、樹木の陽葉と陰葉における気孔開閉運動の性質の違いについて調べています。

植物は動物に比べ運動能に乏しい生物ですが、自身の発育状態や光、気温、湿度など外部環境の変化に適応し、恒常性を維持する機構を備えています。中でも陸上植物の表皮にある気孔は、開度を調整することによって植物と大気間のガス交換を行っており、植物が生きていくうえで重要な役割を持っています。しかし、いままで気孔の研究は、主に規則正しく光を当てて育成したツユクサなどの一年生植物を対象として行われてきました。一方、植物の中でも長い歳月をかけて育つ樹木では、同じ植物体の中でも光の当たり方によって葉の性質そのものが変化します。植物の葉は日の当たり方によって陽葉と陰葉に分けられ、それぞれ適する生育環境も異なります。そこで本研究では、陽葉と陰葉の光感受性の違いをLEDと暗箱を用いて比較し、ホルモン感受性の違いを水と気孔の開閉運動に関係するホルモンであるアブシシン酸とサイトカイニンを用いて比較しました。感受性の違いは、液体絆創膏で取った気孔の型から気孔開閉度を一つ一つ算出して求めました。この解析はあまりにも膨大で苦労しましたが、その結果、陽葉と陰葉で光感受性が違うことや、ホルモン感受性が違うこと、さらに、気孔開閉度を変化させやすい要因が違うということを見ることができました。

本研究を進めるにあたって私は実に多くの研究者の方々に丁寧かつ熱心なご指導とご助言をいただいています。心より感謝申し上げます。

今後は、今回の学会で学んだことを糧に、陽葉と陰葉の性質の違いについてさらなる研究を進め、植物の環境適応能力を明らかにすることで、将来の農業の生産向上に貢献したいと考えています。

## 第11回 みんなのジュニア進化学 最優秀ポスター賞 受賞記

**30数億年前の翻訳伸長因子に刻まれた挿入配列が明らかにする真核生物とアーキアの進化の物語**

岡部 晴子(山形県立鶴岡南高等学校)

『第11回みんなのジュニア進化学』のポスター発表で最優秀賞をいただき、ありがとうございます。たくさんの、しかも高校生の研究とは思えないほど高いレベルの研究発表の中でこのような賞をいただけたことを、心からに光栄に思います。

私が発表した研究の大きなテーマは、「私たちの先祖は何なのか?」というものです。これまで提唱されてきた3ドメイン説に基づく考え方とは異なる『エオサイト説』という仮説を裏付ける根拠を探すべく、



これまで研究を行ってきました。

これまでの3ドメイン説に基づく考え方では、私たち真核生物は古細菌・真核生物の共通祖先から生まれたのだとされてきましたが、私が今回研究したエオサイト説では真核生物の直接の祖先は古細菌である、つまり古細菌から真核生物は生まれたのだと考えられています。私はこの説について、パソコンの解析を用いて、タンパク質Elongation Factor 1 alphaの中の挿入配列という短いアミノ酸の配列の面から研究を行いました。データベースからのデータの取得に始まり、アライメント、アミノ酸配列の比較、アライメントデータを元にした系統樹作成などを行った結果、真核生物の先祖が古細菌であるといえるデータをタンパク質Elongation Factor 1 alphaの面から得ることができ、エオサイト説の実証に一步近づくことが出来たのではないかと思います。また、同タンパク質の立体構造を見た際に比較的構造が安定した挿入配列が確認でき、その部分が何らかの機能をタンパク質にもたらしている可能性が考えられました。そこで、今後は実際に古細菌を用いて形質転換を行うことで、その部分の働きを見ていきたいと考えています。

そして、この研究は慶応義塾大学先端生命科学研究所の特別研究生制度の下で行わせていただきました。研究所所長の富田勝教授はじめ、1年生の頃からアドバイザーとして研究を支えてくださった東京工業大学地球生命研究所の藤島皓介さん、実際に古細菌を扱う中で様々なアドバイスをくださった同じく東京工業大学地球生命研究所の望月智弘さん、実験を行う際に基礎から指導をくださった慶応義塾大学先端生命科学研究所の富樫貴さんなど、本当にたくさんの方のご協力のおかげでここまで研究を進めることが出来たことを、この場をお借りして感謝申し上げます。

最後に、改めて最優秀賞という素晴らしい賞をいただき、ありがとうございます。この発表会で得ることができた知識を糧に、そして最優秀賞をいただけたということを自信にして、今後も生命の進化の謎を解明するために研究をより充実したものにしていきたいです。

(編集担当：大島一正)

## ミーティングレポート

# 第9回 Evo-Devo 青年の会 「現代の形態学は大進化を解きうるか」を開催して

守野孔明 (筑波大学・生命環境系)

Evo-Devo 青年の会も今年でついに9回目の研究会開催となった。直近の数年は周辺分野との融合を志しての企画が続いたが、本年は「原点帰帰」の回にした。Evo-Devo (進化発生学) が進化の総合説に提供できる新たな視点の1つは、かたちの起源である。特に大進化、すなわち生物の形態や体制の大幅な変更、のメカニズムの解明は、Evo-Devo という学問分野の使命であろう。古くよりこの問いを解くことに力を発揮してきた形態学は今、最新のテクノロジーと合わさり発展することにより、大進化においてどのような謎を解きうるのか？ その答えを共有するために、2016年6月25～26日、招待講演者5人を含めた45名のEvo-Devo研究者達が岡崎コンファレンスセンターに集結し、本会は開催された。

まず、最初の招待講演者は基礎生物学研究所の大出高弘さんで、「昆虫の翅は作れるのか？」という題でご講演いただいた。地球上で最も繁栄している動物群である昆虫、その繁栄の鍵の1つは「翅」である。発表の前半では有翅昆虫において有翅体節以外にある構造にも翅となるポテンシャルが存在していることを示し、翅という構造がどのような発生的なアイデンティティを持っているかということについて議論した。発表の後半では、最新の技術を用いて現生無翅昆虫に“作る”ことで翅の進化を理解する計画について熱く語ってもらった。Evo-Devo にしばしば欠けていると言われる“実証性”を提供するためには、これ以上ないと言っていいようなアプローチで、今後の進展が非常に楽しみである。

続いての講演は名古屋大学の鈴木孝幸さんの「脊椎動物における後肢の位置の多様性を生み出す分子メカニズム」。多種多様な脊椎動物を対象に、後肢を生み出す分子機構と後肢の位置の変更をもたらす変更について、これもまた実証性に富む実験発生学的アプローチにより、説得力のあるデータが次々と示され、最終的に導き出される美しいストーリーに会場からは感嘆の声が湧いた。たっぷりとったはずの質疑応答の時間だったが、これでもかというぐらいに白熱し、結局幾人もの質問者に諦めてもらうほどだった。なお、鈴木さんの師匠のその師匠の、というように辿っていくと、フランスの著名な比較解剖学者ジョルジュ・キュビエに行き着くそうだ。今回のテーマで話していただく講演者として、これ以上相応しい背景の研究者もそうそういなかったらう。

休憩を挟んで、次の講演者は基礎生物学研究所の藤田浩徳さんで、「植物形態の多様性形成機構を数理モデルから探る」というタイトルで講演していただいた。まず、葉脈パターン形成に関して、植物ホルモン auxin とその輸送体 PIN1 の相互作用に基づいた数理モデルについてお話しいただいた。このモデルにより実際の葉脈パターンが再現できることを示し、双子葉類と単子葉類のような全く異なった形の葉脈も共通の形成原理で構築されているであろうことを明らかにした。更に、茎頂分裂組織における転写因子 WUS と拡散性ペプチド CLV3 の相互作用に基づく数理モデルも、シロイヌナズナに見られる変異体の地上部形態パターンを説明可能であった。いずれの例でも、形態進化を考える上での数理モデルの強力さを会場中にまざまざと見せつけることとなった。

4番目の講演者は、基礎生物学研究所の岡田和訓さんに「脊椎動物咽頭弓の成立と改変～発生機構の解読から見えてきたこと～」という題でお話しいただいた。まず、硬骨魚類を中心に咽頭嚢形成機構を調べてみると、脊椎動物に保存的な構造である咽頭嚢において、意外にもその形成機構の鍵となる遺伝子が脊



図1 ポスター発表時の様子  
白熱した議論は場所を移して深夜まで続いた



図2 招待講演終了後の集合写真

椎動物の種間、及び同じ個体の咽頭嚢間でも異なっていることが明らかになった。更に圧巻だったのは後半で、内胚葉細胞の動きを光シート顕微鏡により可視化することにより、確かに同じ個体の咽頭嚢間でも、その形成機構は必ずしも同様ではないことが一目で理解できる形で示されていた。まさに“現代の形態学”というに相応しい内容であった。

最後に、東邦大学の土岐田昌和さんに「How to make hunters in the darkness」というタイトルで講演していただいた。蛇のピット器官やコウモリのエコロケーションについて、生態学的、形態学的な解説をした後にEvoDevo的な観点からこれから解かれるべき問題について提起するという内容であった。視覚に頼らないハンター達の興味深い生態に加え、土岐田さんの生物に対する造詣の深さと軽妙な語り口に、会場の観衆たちは魅了された。

招待講演が終わるとポスター発表と懇親会である。講演者を除けば、おお

よそ2/3ほどの参加者がポスター発表を行ったのだが、開始から終了まで3時間半近くの間ポスターの前で激論が続いた。この後場所を移して続いた二次会でも、深夜3時頃まで議論の声は絶えずに続いた。

翌日には、一般口頭発表者として選抜された3人の若手研究者にお話しいただいた。まず、松井大さん(慶應義塾大学)から、道具を使うカレドニアガラスの嘴形態に着目した研究をお話しいただいた。続いて、江川史朗さん(東北大学)には、恐竜の股関節の進化に関する研究について話していただいた。最後に、佐藤勇輝さん(学習院大学)には、プラナリア全能性幹細胞の維持機構と多細胞動物の起源についてのお話をいただいた。最後の企画として、恒例となったワールドカフェを行った。今回は生物学における世界最高の賞である Darwin Medal を取るにはどうしたらいいのかということについて、グループに分かれ激論を交わした。若手参加者が多かったこともあり、孤島での進化実験や宇宙からのサンプリングなど、実に夢のある話が飛び交った。

かくして2日間に渡った第9回Evo-Devo青年の会「現代の形態学は大進化を解きうるか」の全プログラムが終了した。大進化を検証することの困難さは、いかにして“革新”の背後にある因子を絞り込み、特定するか、そしていかにしてその候補が実際に大進化を引き起こしたことを実証するか、という点にあると筆者は考えている。後者に関して言えば、NGSや遺伝子解析に対するハードルの低下と、シミュレーションの活用などにより、かなり実証的なアプローチが可能になってきているというのが、今回の会を通しての感想である。前者に関しても、ポスターも含めて今回発表されたものでは、形態学や発生学、シミュレーションの情報を組み合わせてごく少数の因子(遺伝子)に落とし込み、説得力のある説につながられている研究が多かった。その一方で、門や綱といった高次分類群間の比較レベルになると、NGS等の技術の助けを借りてもなお因子の特定が困難なケースが増えてくる。また、そもそも少数でなく多数の因子の複合的な変化によって革新が引き起こされている場合にも、現状のアプローチでの特定は難しいように思う。実際に、複合的な要因で引き起こされている大進化の例は数え切れないほどあるだろう。このようなケースに対する有効なアプローチは、今後議論されていくべき課題の1つである。

最後に、本研究会の岡崎コンファレンスセンターにおける開催にあたっては、大出高弘さんを始めとした基生研の関係者各位から多大な貢献をいただいた。また、本研究会は公益信託進化学振興木村資生基金(平成28年度講演会・セミナー等開催費用助成金)の助成を受けて開催された。この場を借りてお礼申し上げる。

(編集担当：石川由希)

## 第26回

海外研究室だより

# ミシガン大学生態学・進化生物学科と動物学博物館

後藤龍太郎(ミシガン大学)

## はじめに

私は、2015年5月より日本学術振興会海外特別研究員PDとしてミシガン大学生態学・進化生物学科(Department of Ecology & Evolutionary Biology, 通称EEB)に在籍している。本稿では、私が所属するミシガン大学のEEBとアメリカでの研学生活について紹介したい。

## ミシガン大学はどこにある？

ミシガン大学(図1)は、アメリカ北東部ミシガン州アナーバー市に拠点を構える研究総合大学である。

ミシガンと言われても場所が思い浮かばないかもしれないが、五大湖の近くと言えば分かりやすいだろうか。最寄りの大都市はデトロイトで、車で西に40分ほどの距離にアナーバー市は位置している。アナーバー市は春から秋までは、爽やかな気候で大変過ごしやすいが、冬は驚くほど寒い(-20度以下になることもある)。しかし、屋内は暖房が整っているし、大学を取り囲む街は非常にコンパクトなので、寒さを感じるのは通学のわずかな間だけである。



図1 ミシガン大学の中心部ダイアグ近辺

## 生態学・進化生物学科

私の在籍するEEBは「進化」と「生態」をキーワードに、様々な材料と手法を扱う有数の研究者が集まっており、アメリカ東部における進化・生態学研究の中核の一つである。教員53名、ポスドク32名、院生82名、そのほか、学部生や名誉教授など多くのスタッフが在籍している。私が所属する動物学博物館(図2)は、EEBの一部になる。博物館には、鳥類、魚類、昆虫類、哺乳類、貝類、両生・爬虫類の6部門があり、それぞれの生物の生態・進化を研究する研究室が存在する。昆虫の系統地理の大御所であり、最近までSociety of Systematic Biologyの会長も務めたL. Lacey Knowles博士、爬虫類の系統地理・種分化を専門とし、BAMM (Bayesian Analysis of Macroevolutionary Mixtures) プログラムの開発者であるDan Rabosky博士など、各分類群の進化研究のエキスパートが揃っている。

EEBの院生になぜミシガン大学を選んだのかと聞くと、「ミシガン大学の進化・生態学の大学院プログラムが素晴らしいから」と答える人が多い。大学院プログラムでは、合宿形式の野外実習も多く、授業の宿題もハードなようで、確かに充実したカリキュラムらしい。

ミシガン大学のEEBは、University of Michigan Biological Station (通称UMBS)という野外実習施設をもっている。この施設は、メインキャンパスから420キロほど北上したところにあるダグラス湖の湖畔にある。毎年決まって新入生歓迎会はここで行なわれるので、教員、ポスドク、学生の皆がアナーバーから4~5時間かけて車ではるばるUMBSまで駆けつける。歓迎会では、教員や院生によるセミナーだけでなく、きのこ狩りや湖の生き物観察、ボートを使ったプランクトン採集などのエクスカージョンが行なわれる(図3)。夜が深まると、車座になって、院生の悩み相談会も行なわれる。私もこの歓迎会に参加し



図2 ミシガン大学動物学博物館



図3 EEB新入生歓迎会エクスカージョンの一幕(撮影: Xinzhu Wei)

たお陰で、かなり知り合いが増えた。

## ■ ミシガンにたどりついた経緯

ミシガン州は北、東、西の3方向を五大湖に囲まれており、海には面していない。私の専門は「海洋生物学」であるにも関わらず、なぜ内陸地のミシガン州でポスドクをすることになったのか、その経緯について紹介する。

私は、海底で暮らす無脊椎動物の多様性に魅せられ、これまで貝やユムシ、シャミセンガイなどの進化や系統分類の研究に取り組んできた。生物の多様性を生み出す要因の一つに、生物間の相互作用が挙げられる。私は、生物間相互作用の中で、特に、寄生や共生といった種間関係がいかに生物の進化や多様化に影響を及ぼすのかについて興味を持ってきた。材料として目をつけたのが「ウロコガイ上科」という海棲二枚貝である。ウロコガイは、種数の上でも、形態の上でも、抜群の多様性を誇る(太平洋熱帯域では最も種数が多い二枚貝である)。そして、その多くの種が、特定の動物に共生して暮らすユニークな習性をもつ。宿主は種ごとに異なるのが普通で、宿主の多様性は、上科全体で、なんと10動物門にも及ぶ。寄生・共生生物全体で考えても、最も幅広い宿主に進出を遂げたものの一つではないだろうか。私は、このようなウロコガイを研究材料にして、寄生や共生の進化、寄主転換による多様化、形態の適応の解明に取り組んできた。ミシガン大学に移る以前は、東京大学の大気海洋研究所でポスドク(学振PD)をしていたのだが、学振PDの最終年度にさしかかる頃、かねてより海外での研究経験を積みたいと考えていた私は、海外学振PDに応募することを決めたのであった。

色々と考え抜いた末、ミシガン大学の Diarmaid Ó Foighil (ディアメイド-オ-フォイル)研究室を申請先に選んだ。Ó Foighil 研は、「ウロコガイ」を主要な材料の一つとして、進化生態学の研究を行っている世界で唯一のラボであり、進化や種分化の様々なテーマに取り組んでいる点で、海外学振の申請先としては申し分なかった。また、ミシガン大学の website を見てみると、生態学・進化生物学というだけあって、進化生物学や生態学の研究室が多くあり、名の知れた優秀な研究者も多く在籍している点で研究拠点にするには十分魅力的だったのである。

海外学振の申請には、あらかじめ受け入れ研究室のPIと研究内容について議論しておく必要があるため、Ó Foighil 教授と何度かメールのやりとりをした。その中で、世界中の博物館から借り入れている膨大な数のウロコガイの標本(数百種千個体以上)を私が使うことも可能だと言ってもらえた。進化や種分化について研究をする上で、これだけ多くの標本が手元にあるのは大きなアドバンテージである。なんとか納得のいく申請書を書き上げることができ、無事採用され、アメリカでウロコガイの研究を行うチャンスを手に入れたのであった。

## ■ 動物学博物館・貝類学部門(Mollusca Division)

2015年の春、私はミシガン大学EEBの動物学博物館貝類部門(Mollusca Division)に籍を置くことになった。博物館は、クラシックな石造りの建物で、入り口の壁には動物や植物をかたどった無数のレリーフで飾られている(図2)。博物館には、貝類の文献に特化した図書室「貝類学図書室」があり、古今東西の図鑑や書籍が揃っている。日本の貝類学雑誌 Venus も、第一号から最新号まで揃っていた。

私が在籍する Ó Foighil 研究室では、陸、淡水、海洋まで幅広く軟体動物(つまり貝)を扱い、進化、種分化、系統地理などの研究を精力的に行っている。Ó Foighil 研には、私のほかに、博物館のコレクションマネージャーが1人、ポスドクが1人、院生が3人、学部生が1人在籍している。貝類部門には、もう一つ、イモガイの毒の進化を研究している Duda 研究室がある。毎週金曜には、名誉教授の John Burch 博士が研究室にやってきて、貝類部門のメンバーが総出で、夕方からスポーツバーに行くのが習慣だ(図4)。この飲み会は、長い歴史があり、POETSと呼ばれている(Physiological, Oecological, Experimental Taxonomic and Systematics Societyの略らしい)。

受入研究者のÓ Foighil教授は、進化生物学や生態学に幅広い興味があり、洞察力に優れた素晴らしい研究者だ。なおかつ人柄も素晴らしい。それゆえだろう、彼は、2014年にEEBの学科長に選ばれた。そして現在に至るまで、その業務を精力的にこなしている。彼は学科長という立場ゆえに、猛烈に忙しいのだが、院生やポストクとのディスカッションを大切にしてくれている。私のポストクという立場を理解し、溜まっているデータの論文化を奨励しつつ、忙しい合間を縫って研究の助言をしてくれ、さらには、私の生活面のことまで常に気にかけてくれている。

貝類部門は、様々なフィールドを舞台に研究している人がいるので、とても刺激的である。院生の一人のCindy Bickさんは、南太平洋の島々で適応放散を遂げたポリネシアマイマイ属という陸生の巻貝の種分化や絶滅について研究している。彼女は、パプアニューギニア、ソロモンをはじめとした太平洋の島々に単身で調査に入り、森の中のサンプル採集や生態学的なデータの収集を精力的にこなしている。私は、彼女の調査の話聞いたとき、まさか一人で調査しているとは思っていなかったもので、驚いて「え、一人で!？」と聞き返してしまった。彼女は、英語、ドイツ語、スペイン語に加え、現地の言葉もかなり話せるという。言語能力の高さもフィールドワークに活用されているのだろう。

私は、研究のために、日本、イギリス、オーストラリア、ブラジルなど世界の様々な地域から、標本を送ってもらうことが多い。他国からアメリカに生物標本の持ち込む際には、合衆国魚類野生生物局という政府の機関に、Form 3177という生物標本持ち込み許可の申請書類を提出する義務がある。その書類の作成の際にはコレクションマネージャーであるTaehwan Leeさんがいつも助けてくれた。彼は元々韓国人で(今は、帰化してアメリカ人になっている)、私が同じアジアからやってきたこともあり、日本食材が売っているスーパーなどに連れていってくれたり家に招いてくれたりと、とても親切にしてくれた。渡米直後、英語での会話にあまり馴れていなかった私でも、彼の英語は大変聞き取りやすく、彼の存在に大変救われた。留学のスタート時に、身の回りに分かりやすい英語を話す人がいて、コミュニケーションができるかどうかは、精神面でかなり大きな違いになるのではないだろうかと思う。

## 海外での研究生活とフィールド調査

私は普段、博物館で標本を観察したり、分子実験を行ったり、論文を書いたり、のびのびと研究をしている。留学は、新しいテーマへの着手や、新しい手法の習得には絶好の機会である。海外学振のテーマのほかに、Ó Foighil教授の提案で、ウロコガイ上科における性的二型の進化についてのプロジェクトをはじめることになった。ウロコガイでは、さまざまな系統で、雌に随伴する矮小な雄の進化が繰り返しているのだが、その進化的要因や、異なる系統の矮雄間での形態的・生態的収斂を解明しようという試みである。また、 $\mu$ CTを用いた貝の内部形態の観察方法を学んだり、次世代シーケンサーを用いた手法を教してもらったりしている。

アメリカに来て5ヶ月ほど経った頃から、海辺でのフィールド調査も開始した。アメリカには固有種のウロコガイが多数生息するので、それらのサンプリングや生態的な調査を行なうことが目的である。アメリカ東海岸では、フロリダ州のFort PierceにあるSmithsonian Marine Station、西海岸では、オレゴン州立大学のHatfield Marine Stationを利用して研究を行っている。どちらのStationも、外部の研究者が



図4 貝類部門メンバー。Burch 名誉教授の86歳の誕生日を祝う

利用できる宿泊施設や研究設備があり、研究を行うには打って付けの場所である。

フロリダFort Pierceでの調査の主な目的は、ヨーヨーシジミ(英名:yoyo clam)というウロコガイの仲間の研究である(図5)。フロリダの暖かな浅海には、イルカやマナティの他に巨大なシャコも住むのだが、ヨーヨーシジミはそのシャコの巣穴の中にだけ住む変わった習性をもつ。足の後端が紐状に伸長しており、それを使ってシャコの巣穴の壁面からぶら下がって生活している。この紐状の足を伸ばしたり縮めたりすることで、ヨーヨーにそっくりな動きをするのでこの名前がつけられた。フロリダからはヨーヨーシジミ属5種が知られ、全てフロリダ固有種であり、同じシャコの巣穴に共存している。同所的に生息し、同じホストを利用しているにも関わらず、なぜ種分化が起こったのかについて明らかにすべく、現在研究を続けている。

アメリカ国内の博物館や研究機関へ簡単に訪問できるのは、アメリカ留学の大きなメリットの一つだ。これまでにスミソニアン自然史博物館、フロリダ自然史博物館、スクリプス海洋研究所、UCLAなどに標本調査に訪れることができた。また、訪問先で、新たな共同研究がはじまったり、思わぬ標本の発見や人との出会いがあったりすることも大きなメリットだろう。

## セミナーとミシガンタイム

EEBでは、週2回(火・木)のセミナーがあり(図6)、院生、ポスドク、学外からのゲストスピーカーなどが発表する。ゲストスピーカーには、中立説で有名なHubbell博士や著書「進化生物学」で有名なFutuyma博士なども来たことがあった(Futuyma博士は元々ミシガン大学のEEBの学科長だった)。進化生物学や生態学の最新の知見に関するレベルの高い発表が多いが、扱われるトピックがあまりに広いため、ついていけない時も多々ある。セミナーには、コーヒーやクッキー、フルーツが用意されていて、それらを片手に発表を聴くというアメリカらしいスタイルだ。

セミナーには「ミシガンタイム」と呼ばれる暗黙のルール(?)が存在する。告知していた開始予定時刻より、いつでも10分くらい遅れてはじまるのである。キャンパスが大きいので移動時間を考慮して、ということらしい。皆がこのルールを知っているので、セミナーの予定時刻になっても部屋に聴衆がほとんどいないことがあり部屋を間違えたのかと狼狽えたこともあった。ミシガンタイムが示すように、ミシガン大学は(少なくともEEBは)時間に対してかなり寛容である。

ミシガン大学のセミナーにはもう一つ重要な役割がある。それは、教員採用選考セミナーだ。EEBの教員公募では、書類選考でまず5-7人くらいが選ばれ、ジョブトークなるものがはじまる。候補者が毎週一人ずつ呼ばれて、自分の研究を紹介するセミナーが行なわれるのだ。このセミナーは教員だけでなく、誰でも聴くことができる。候補者は、アメリカだけでなく、ヨーロッパなど他国から呼ばれることもあるが、宿泊費や旅費は全て大学持ちである。このジョブトークには大抵、Nature、Science、PNASといった一流誌に論文が掲載されたことのあるすばらしい業績の持ち主がやってくる。就職がかかっているので、



図5 ウロコガイ上科ヨーヨーシジミ属の1種



図6 EEBセミナー

皆真剣そのものであり、発表は大変見応えがある。

## 大学街アナーバー

アナーバーは大学を中心にできた典型的なキャンパスタウンで、住人の大半が大学に籍を持つ者とその家族だ。治安はすこぶるよく、夜に街中を歩いてもそうそう危ない目にはあわない。大学を中心にできた街、という点では、学生時代を過ごした京都大学周辺に通じるところがあり、居心地が良い。

キャンパスと隣接してダウントウンが広がっており、コーヒーショップ、レストラン、バー、映画館、古本屋などがひしめいている。私は、コーヒーショップで論文を書くことが多いので、歩いて2軒3軒とはしごができる環境はありがたい。また、バスがアナーバー市内を早朝から深夜まで走っているの、車がなくとも特に不便は感じない(ミシガン大生の証“Mカード”があればバスは無料である)。文化的なイベントも多く、春から秋にかけては毎週のように、学内やダウントウンで、アートフェアやミュージックフェアなど、何かしらのイベントが行なわれている。

キャンパスには大きな木や芝生が多く、木の実(と人からもらった食べ物)を食べて丸々と太ったトウブハイイロリスが歩き回っている(ぼんやり歩いていると踏んづけてしまいかねないほど多い)。リスには、大きいトウブハイイロリスの他に小さなシマリスも見られる。運が良ければウサギやウッドチャックも見られる。5月が訪れ長い冬が明けると、深紅の小鳥ノーザンカーディナルをはじめとして、アメリカンロビン、ハウスフィンチなど様々な小鳥が渡ってきて、キャンパスや街の中は鳥だらけになる。まだ木々が茂りきらない早春は、枝々に目新しい鳥を見かけることができるので非常に楽しい。休日に大学の近くのヒューロン川沿いを歩いていると、ヒナを連れたカナダガンの親子やナキハクチョウなどを見かけることもある。

ミシガン大学は、キャンパスから20分ほど南に歩いたところに、「ミシガンスタジアム」という全米で一番大きいアメリカンフットボールスタジアムを所有している(収容人数は東京ドームの約3倍の11万人)(図7)。9月にフットボールシーズンが始まると、キャンパスからスタジアムにぞろぞろと歩いていく人で街は賑わう。秋の風物詩だ。レアルマドリードvs.チェルシーのように、ヨーロッパリーグの強豪チーム同士の親善試合も年に一度は行なわれる。

## 住居と保険

当たり前だが、海外留学をする上でまず必要なのは家である。家がなければ研究もままならない。私は、出国前の引っ越しや片付けが忙しく、結局何も決められないままアナーバーに到着し、家が決まるまでの一週間ほどÓ Foighil教授の家にお世話になってしまった。アメリカの大学教員の暮らしを知るには非常に良い機会になったが、今から考えてみれば、家が見つかるまでの間Airbnbを使う手があったと思う。カリフォルニアやボストンなどの大都市の場合、1ベッドルームで月1,500ドルほどするのに対して、アナーバーでは約800ドルと比較的安い。私は、大学から、徒歩10～15分くらいのところにあるKerry town(ケリータウン)というところが好きで、この町内で何度か住まいを変えた。家賃は、500ドル(シェア)、750ドル(単独、スタジオ)、765ドル(単独、スタジオ)と、そこまで高くはない。部屋を探す際はcraigslistという情報交換サイトを使った。アナーバーは基本的に9月から翌年8月までの1年単位での契約しかないのが厄介だ。私は、5月に渡来したため、9月に正式に家を借りるまではsublet(部屋の又貸し)を利用することになった。ミシガン大学は5月から夏休みにはいるため、新学期が始まる9月までアナーバーを離れて家を空ける学生が多い。それゆえ、空いた部屋を人に安価で貸し出すsubletという



図7 ミシガンスタジアム



システムがあるのだ。

また、医療費の高いアメリカでは保険の加入は大切である。ミシガン大学では、強制加入の大学保険があり、月々130ドルくらい払わなければならない。大学が指定する保険よりよい条件の保険を自分で見つけてくれば、大学保険の加入は免除されるが、少なくとも海外学振に付随している長期旅行保険はミシガン大学の条件を満たしていないので、免除申請はできなかった(なので海外学振の保険には入っていない)。

## 最後に

アメリカに留学して良かったことは幾つもある。英語でのコミュニケーションがかなりましになったことや、海外の研究者の知り合いが増えたこと、また、アメリカの大自然の中で、そこにしかない生物を研究できたことなどだ。日本と全く異なるアメリカの大学のシステムを知ることができたのも、日本の大学教育や研究環境について考える良い機会になった。

大学に入って間もない頃、いつか自分も自然と海外に留学し英語がスラスラ喋れるようになるのだろうと考えていた。しかし、日本の生物をメインの材料に据えていたこともあり、特に留学の必要性を感じないまま、ポスドクになってしまった。現在は、様々な情報がインターネットから得られるので、必要な情報は日本にいても海外にいても同じように入手できる。さらに日本の研究設備はかなり充実しているため、留学の意味をあえて見つけるのはなかなか難しい。私は、学部生の頃、熱帯雨林の生物が研究したくて、東南アジアに行くことばかり執心していた時期があったが、そのうちの1回をアメリカへの研究室訪問という形で使っておけば良かったと思う。アメリカの研究環境を早いうちから知っておけば、その後の人生で思い描ける研究者人生の選択肢も広がっただろうと思うからだ。自分の好みによりあった環境に身を置いて研究を進めていく上で、特に明確な目的が無かったとしても、学部生や大学院生のうちに興味のある研究室に何ヶ月か留学してみるのをおすすめしておく。

(編集担当：山道真人)

## 編集後記

荒木仁志(北海道大学大学院・農学研究院、編集幹事)

最近、本州で車を運転する機会があった。札幌に移り住んで3年半。それまでもずっと海外だったし、そもそも九州の出身なので、私にとっては久しぶりの本州ドライブである。三島・伊豆周辺を走ったのだが、この辺りを自分で運転するのは初めてだった。にもかからわず、何だか妙に懐かしい。どうしてだろう、と運転しながら考えた。細く曲がりくねった道路、車道に張り出した電信柱、道に迫る丘や山の常緑樹。九州の風景と共通するのはこのあたりだろうか。

一方、北海道は開拓された土地である。土地が広い上、冬に雪を避けるため、主だった車道は複線化されている。農耕地の真ん中を突き抜ける一本道を走っていると、まるでアメリカを走っているかのような錯覚に襲われる。良し悪しは別として、このような気候・風土の違いがそこに住む人々の性格にまで、少なからぬ影響を与えている気がしてならない。いわばlocal adaptation。そう思っていると、北海道の友人の顔が、オレゴン留学時代の隣人の顔とダブって見えてきた。

## 日本進化学会庶務報告・活動報告

(1) 会員の状況 2016年8月5日現在

名誉会員	1名
一般会員	984名
学生会員	238名
合計	1,223名
入会手続き中	17名

(2) 役員

**【執行部】**

会長	田村浩一郎	首都大学東京
副会長	河村 正二	東京大学
事務幹事長	大田 竜也	総合研究大学院大学
会計幹事	入江 直樹	東京大学
庶務幹事	石川 麻乃	国立遺伝学研究所
渉外幹事(国内)	長田 直樹	北海道大学
渉外幹事(国内)	田中 幹子	東京工業大学
編集幹事	荒木 仁志	北海道大学
web担当	野澤 昌文	国立遺伝学研究所
国外渉外担当	入江 直樹	東京大学
広報担当	土松 隆志	千葉大学
生物科学学会連合担当	寺井 洋平	総合研究大学院大学
生物科学学会連合教科書問題検討委員	和田 洋	筑波大学
生物科学学会連合ポストク問題検討委員	寺井 洋平	総合研究大学院大学
日本分類学会連合担当	村上 哲明	首都大学東京
自然史学会連合担当	三中 信宏	農業環境技術研究所
男女共同参画委員会担当	榊原 恵子	東京大学

編集委員(編集長)	荒木 仁志	北海道大学
編集委員(副編集長)	大島 一正	京都府立大学
編集委員	石川 由希	名古屋大学
編集委員	奥山 雄大	国立科学博物館
編集委員	佐藤 行人	東北大学
編集委員	真鍋 真	国立科学博物館
編集委員	山道 真人	京都大学

会計監査	佐々木 顕	総合研究大学院大学
会計監査	太田 博樹	北里大学

**【評議員】**

浅見 崇比呂、荒木 仁志、入江 直樹、巖佐 庸、遠藤 秀紀、長田 直樹、倉谷 滋、五條堀 孝

颯田 葉子、高橋 文、田中 幹子、野澤 昌文、長谷川 眞理子、長谷部 光泰、深津 武馬  
細 将貴、牧野 能士、真鍋 真、三中 信宏、矢原 徹一

### (3)活動報告

2015年 11月10日 日本進化学会ニュース Vol.16 No.3 発行  
2016年 1月22日 第16回日本進化学会 学会賞・研究奨励賞・教育啓発賞の公告  
3月11日 日本進化学会ニュース Vol.17 No.1 発行  
5月27日 学会賞選考委員会開催(クバプロ)  
7月13日 日本進化学会ニュース Vol.17 No.2 発行  
8月25日 評議員会

### (4)他学会、シンポジウムへの協賛、後援等

高校生バイオサミット in 鶴岡2016 2016/07/31 ~ 08/02 後援

## 日本進化学会 2016年度評議員会議事録

【日 時】8月25日(木) 9:00 ~ 12:00

【場 所】東京工業大学蔵前会館手島精一会議室S

出席者

【執行部】田村浩一郎(会長)、河村正二(副会長)、大田竜也(事務幹事長)

入江直樹(会計幹事、評議員)、荒木仁志(編集幹事、評議員)、石川麻乃(庶務幹事)

長田直樹(国内渉外幹事、評議員)、田中幹子(国内渉外幹事、評議員)

野澤昌文(web担当、評議員)、寺井洋平(生科連担当)

三中信宏(自然史学会連合担当、評議員)、榊原恵子(男女共同参画担当)

【評議員】浅見崇比呂、倉谷滋、颯田洋子、高橋文、長谷部光泰、細将貴、牧野能士

【オブザーバー】斎藤成也

### 第1号議案 2015年8月~2016年7月業務報告

事務局のクバプロより、進化学会の庶務・業務について資料1をもとに報告が行われた。

### 第2号議案 2015年度決算報告

入江会計幹事より2015年度決算案について資料2をもとに以下の報告があった。

- ・会費収入については例年通りの収入でほぼ予算通りだったほか、進化学事典の増刷分の印税があり、前年をやや上回る収入があった。
- ・評議員選挙のweb投票化に伴う初年度経費として支出が増えているが、その他はほぼ例年通り執行されている。

また、太田博樹、佐々木顕両会計監査から適正に執行されている旨の報告があることが示され、2015年度決算案につき、全会一致で承認された。

### 第3号議案 2016年度中間決算ならびに2016年度予算案

入江会計幹事より2016年度中間決算について、ほぼ例年通りの収入となっている旨、資料3-1をもとに説明があった。また2017年度予算案についても、例年通りの予算立てとなっている旨、資料3-2をもとに

説明があった。

以上、慎重な審議の結果、2016年度中間決算ならびに2017年度予算案は全会一致で承認された。

#### 第4号議案 学会賞・木村賞、研究奨励賞、教育啓発賞の報告

2016年度の学会賞、研究奨励賞、教育啓発賞について資料4-1をもとに田村選考委員長から報告があった。

また、木村メダルの在庫減少のため、2017年予算で既存の木村メダルを複製することが承認された。

#### 第5号議案 各幹事・担当からの報告

●進化学会ニュースについて荒木編集幹事から資料5を基に報告があった。

・例年通りフルPDF化で、年3号の刊行を行っており、国内研究室紹介のコーナーを始めるなど、内容の充実を図っている。

・理研の工樂氏が編集委員を退任したことに伴い、後任として石川由希会員(名古屋大)が編集委員に加わった。

●石川庶務幹事から、昨年と今年のポスター賞審査について資料5をもとに報告があった。

●分類学会連合について村上担当が欠席のため、代理として三中自然史学会連合担当から資料5をもとに、総会・シンポジウムの開催、国立自然史博物館新設ワーキンググループの活動などについて報告があった。

●自然史学会連合について三中担当から資料5をもとに、総会・シンポジウムの開催について報告があった。

●生科連ならびに生科連ポスドク問題検討委員会は、寺井担当から資料5をもとに、生物学オリンピック、ポスドク問題検討委員会の活動状況などの報告があった。生科連を中心とした生物学系の合同年会の開催が提案されていることが報告されたが、進化学会としては消極的である。

●男女共同参画学協会連合は、榊原担当から資料5をもとに、シンポジウムの開催、第4回大規模アンケートの計画などについて報告があった。

#### 第6号議案 2016年度学会準備状況報告

第18回日本進化学会東京大会について、黒川準備委員長の代理として田中幹事より資料6を基に報告があった。事前参加登録はおおよそ350名で昨年よりやや少ないが、例年通りのプレナリー、シンポジウム、ワークショップ、一般演題、市民公開講座、市民向け公開イベント、夏の学校、高校生ポスター発表などのプログラムを予定している。

#### 第7号議案 2017年度学会準備状況報告

曾田次期委員長の代理として細評議員より以下の報告があった。

会 場：京都大学吉田キャンパス

日 程：2017年8月24～26日（予定）

大会準備委員長：曾田貞滋(京都大学)

委員：渡辺勝敏、生形貴男、岡本卓、岩部直之、越川滋行、細将貴、東樹宏和、土畑重人、岸田拓士

#### 第8号議案 2017年度以降の大会開催について

2018年度の大会については東京大学で河村副会長を中心に開催する案が田村会長より提案され、河村副会長から以下の説明があった。

会 場：東京大学駒場キャンパス

開催時期：未定

大会実行委員会：河村正二(大会長)、嶋田正和(名誉大会長)、伊藤元己(大会準備委員長)

また、2019年以降については、北海道、沖縄などが案として挙がった。

**第9号議案 日本進化学会の法人化について**

日本進化学会の法人化するにあたっての問題点などについて、田村会長から以下の説明があった。

- ・法人化のメリット、デメリット
- ・NPOか一般社団か？
- ・法人化後の運営形態について
- ・法人化のスケジュールについて

以上について、慎重な議論を行い、以下の結論を得た。

- ・日本進化学会を一般社団法人化する。
- ・法人の社員は現行の役員評議員以上の30名前後とし、コンパクトな学会運営を行う。
- ・2016～2017年度前半に定款案の検討を行い、2017年総会で定款案の承認を受け、2017年末の新法人設立を目指す。

この結論について総会に諮り承認を得ることが確認された。

**第10号議案 その他**

オブザーバーの斎藤成也会員より、法人化に合わせて名誉会員に宮田隆会員を推挙してはどうかとの提案があり、来年の京都大会の際に推挙できるよう準備を進めていくことが確認された。

以上

**日本進化学会 2016年度総会報告**

**【報告事項】**

- |                           |                |
|---------------------------|----------------|
| 1. 2016年度大会報告             | 丸山茂徳大会委員長      |
| 2. 2015年9月～2016年8月業務報告    | 大田竜也事務幹事長・クバプロ |
| 3. 2015年度決算報告並びに会計監査報告    | 入江直樹会計幹事       |
| 4. 学会賞・木村賞、研究奨励賞、教育啓発賞の報告 | 田村浩一郎会長        |
| 5. 各幹事・担当からの報告            | 荒木仁志編集幹事       |
| 石川麻乃庶務幹事                  |                |
| 村上哲明日本分類学会連合担当            |                |
| 三中信宏自然史学会連合担当             |                |
| 寺井洋平生科連担当                 |                |
| 榑原恵子男女共同参画担当              |                |
| 6. 2017年の大会準備について         | 曾田貞滋大会準備委員長    |

**【審議事項】**

- |                           |          |
|---------------------------|----------|
| 1. 2016年度中間決算並びに2017年度予算案 | 入江直樹会計幹事 |
| 2. 2018年度大会開催地について        | 田村浩一郎会長  |
| 3. 日本進化学会の法人化について         | 田村浩一郎会長  |
| 4. その他                    |          |

## 2015年度決算報告書(2015年12月31日現在)

## 収入の部

費目	2015 予算	2015 決算	差額	備考
①会費収入	3,090,000	3,179,399	89,399	
(1)一般会費	2,550,000	2,394,000	-156,000	3,000円×798名
(2)学生会費	260,000	370,000	110,000	2,000円×185名
(3)滞納分	250,000	290,000	40,000	
(4)前受金	0	91,999	91,999	
(5)口座引落手数料本人負担分	30,000	33,400	3,400	
②利息	0	808	808	
③誤入金	0	6,000	6,000	大会参加費の誤入金
④大会より返金	0	13,687	13,687	
⑤その他	0	90,688	90,688	進化学事典印税
当期収入合計	3,090,000	3,290,582	200,582	
前年度繰越金	5,789,916	6,050,360	260,444	
<b>本年度収入合計</b>	<b>8,879,916</b>	<b>9,340,942</b>	<b>461,026</b>	

※会費収入予算は2012年度の会員数を元に算出

## 支出の部

費目	2015 予算	2015 決算	差額	備考
①ニュース作成・印刷料等	750,000	699,840	-50,160	年3回発行すべてPDFで発行
②業務委託費(前半期・後半期分)	1,132,320	1,164,672	32,352	クバプロ(予算は税5%で計算)
③事務費・通信費	605,000	680,875	75,875	(1), (2)の合計
(1)選挙関連費	260,000	454,896	194,896	評議員選挙費用
(2)その他	345,000	225,979	-119,021	(a), (b), (c), (d)の合計
(a)発送通信費	200,000	176,197	-23,803	
(b)学会封筒代	100,000	0	-100,000	長3形封筒・角2形封筒
(c)学会賞用賞状・筆耕費用	35,000	37,518	2,518	
(d)消耗品費用	10,000	12,264	2,264	
④会議費	1,000	0	-1,000	
⑤旅費、交通費	200,000	110,937	-89,063	
⑥負担金	90,000	110,000	20,000	(1), (2), (3), (4)の合計
(1)生物科学学会連合運営費	50,000	50,000	0	50,000円/年
(2)日本分類学会連合分担金	10,000	10,000	0	10,000円/年
(3)自然史学会連合分担金	20,000	40,000	20,000	20,000円/年 2年分支払い
(4)男女共同参画学会費	10,000	10,000	0	10,000円/年
⑦雑費	45,000	42,249	-2,751	(1), (2)の合計
(1) SMBC ファイナンス手数料	40,000	37,389	-2,611	年2回(会員数に応じて変動する)
(2)振込手数料	5,000	4,860	-140	
⑧謝金	10,000	0	-10,000	
⑨大会援助金	1,000,000	1,000,000	0	
⑩その他	0	6,000	6,000	大会参加費誤入金分を大会事務局に
当期支出合計	3,833,320	3,814,573	-18,747	
次年度繰越金	5,046,596	5,526,369	479,773	
<b>本年度支出合計</b>	<b>8,879,916</b>	<b>9,340,942</b>	<b>461,026</b>	

2015年 収入－支出	0	
普通預金(三井住友)	5,017,488	2015年12月31日現在
郵便振替	508,000	2015年12月31日現在
郵便貯金	881	2015年12月31日現在
現在残高	5,526,369	2015年12月31日現在

## 2016年度中間決算書案(2016年6月30日現在)

## 収入の部

費目	2016 予算	2016 中間決算	備考
①会費収入	3,060,000	2,164,398	
(1)一般会費	2,550,000	1,788,000	会員1000人納入率8割5分で計算
(2)学生会費	260,000	136,000	会員200人納入率6割5分で計算
(3)滞納分	220,000	202,000	2014年実績に基づく
(4)前受金	0	6,000	
(5)口座引落手数料本人負担分	30,000	32,398	
②利息	0	465	
③誤入金	0	0	
④大会より返金	0	0	
当期収入合計	3,060,000	2,164,863	
前年度繰越金	5,046,596	5,526,369	
本年度収入合計	8,106,596	7,691,232	

※会費収入の予算額は昨年度の会員数を元に算出

## 支出の部

費目	2016 予算	2016 中間決算	備考
①ニュース作成・印刷料等	750,000	238,680	年3回発行すべてPDFで発行
②業務委託費(前半期・後半期分)	1,164,672	582,336	クバプロ
③事務費・通信費	355,000	188,089	(1), (2)の合計
(1)選挙関連費	0	0	評議員選挙費用
(2)その他	355,000	188,089	(a), (b), (c), (d)の合計
(a)発送通信費	250,000	166,489	
(b)学会封筒代	50,000	21,600	長3形封筒・角2形封筒
(c)学会賞用賞状・筆耕費用	40,000	0	
(d)消耗品費用	15,000	0	
④会議費	1,000	0	
⑤旅費、交通費	200,000	15,638	
⑥負担金	90,000	80,000	(1), (2), (3), (4)の合計
(1)生物科学学会連合運営費	50,000	50,000	50,000円/年
(2)日本分類学会連合分担金	10,000	0	10,000円/年
(3)自然史学会連合分担金	20,000	20,000	20,000円/年
(4)男女共同参画学会費	10,000	10,000	10,000円/年
⑦雑費	45,000	39,960	(1), (2)の合計
(1) SMBC ファイナンス手数料	40,000	36,720	年2回(会員数に応じて変動する)
(2)振込手数料	5,000	3,240	

⑧謝金	10,000	0	
⑨大会援助金	1,000,000	1,000,000	
⑩その他	0	21,600	会費自動引落ソフトアップグレード費用
当期支出合計	3,615,672	2,166,303	
次年度繰越金	4,490,924	5,524,929	
<b>本年度支出合計</b>	<b>8,106,596</b>	<b>7,691,232</b>	
2016年 収入－支出	1,440		
普通預金(三井住友)	3,644,048	2016年06月30日現在	
郵便振替	1,880,000	2016年06月30日現在	
郵便貯金	881	2016年06月30日現在	
<b>現在残高</b>	<b>5,524,929</b>	<b>2016年06月30日現在</b>	

## 2017年度予算案

## 収入の部

費目	2015決算	2016予算	2017予算	備考
①会費収入	3,179,399	3,060,000	3,130,000	
(1)一般会費	2,394,000	2,550,000	2,550,000	会員1000人納入率8割5分で計算
(2)学生会費	370,000	260,000	260,000	会員200人納入率6割5分で計算
(3)滞納分	290,000	220,000	290,000	2015年決算に基づいて算出
(4)前受金	91,999	0	0	
(5)口座引落手数料本人負担分	33,400	30,000	30,000	
②利息	808	0	1,000	
③誤入金	6,000	0	0	
④大会より返金	13,687	0	0	
⑤その他	90,688	0	0	
当期収入合計	3,290,582	3,060,000	3,131,000	
前年度繰越金	6,050,360	5,046,596	4,490,924	
<b>本年度収入合計</b>	<b>9,340,942</b>	<b>8,106,596</b>	<b>7,621,924</b>	

※会費収入の予算額は前年度の会員数を元に算出

## 支出の部

費目	2015決算	2016予算	2017予算	備考
①ニュース作成・印刷料等	699,840	750,000	750,000	年3回発行すべてPDFで発行
②業務委託費(前半期・後半期分)	1,164,672	1,164,672	1,164,672	クバプロ
③事務費・通信費	680,875	355,000	455,000	(1), (2)の合計
(1)選挙関連費	454,896	0	100,000	評議員選挙費用 ウェブ投票により削減
(2)その他	225,979	355,000	355,000	(a), (b), (c), (d)の合計
(a)発送通信費	176,197	250,000	250,000	
(b)学会封筒代	0	50,000	50,000	長3形封筒・角2形封筒
(c)学会賞用賞状・筆耕費用	37,518	40,000	40,000	
(d)消耗品費用	12,264	15,000	15,000	
④会議費	0	1,000	1,000	
⑤旅費、交通費	110,937	200,000	200,000	



⑥負担金	110,000	90,000	90,000 (1), (2), (3), (4)の合計
(1) 生物科学学会連合運営費	50,000	50,000	50,000 50,000円/年
(2) 日本分類学会連合分担金	10,000	10,000	10,000 10,000円/年
(3) 自然史学会連合分担金	40,000	20,000	20,000 20,000円/年
(4) 男女共同参画学年会費	10,000	10,000	10,000 10,000円/年
⑦雑費	42,249	45,000	45,000 (1), (2)の合計
(1) SMBC ファイナンス手数料	37,389	40,000	40,000 年2回(会員数に応じて変動する)
(2) 振込手数料	4,860	5,000	5,000
⑧謝金	0	10,000	10,000
⑨大会援助金	1,000,000	1,000,000	1,000,000
⑩その他	6,000	0	0
当期支出合計	3,814,573	3,615,672	3,715,672
次年度繰越金	5,526,369	4,490,924	3,906,252
<b>本年度支出合計</b>	<b>9,340,942</b>	<b>8,106,596</b>	<b>7,621,924</b>

### 日本進化学会ニュース Vol. 17, No. 3

発行：2016年11月21日

発行者：日本進化学会（会長 田村浩一郎）

編集：日本進化学会ニュース編集委員会（編集幹事：荒木仁志 副編集長：大島一正

編集委員：石川由希/奥山雄大/佐藤行人/真鍋 真/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 UEDA ビル 6F

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

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