

自宅に研究室を持つ——DIY Biology の現在とこれから

Make own garage lab - An overview and perspective of DIY Biology

熊澤 辰徳*

Tatsunori KUMAZAWA*

はじめに

歴史的に、生物学の発展には、非職業的研究者や一般の人々が貢献してきた。特に博物学、分類学、生物地理学、生態学などは、純粋に生き物が好きなアマチュア研究者や、地域の生物相を調査するボランティアなどの存在無くしては、ここまでの学問的発展を遂げなかったといっても過言ではない。その理由としては、高価な機器や研究施設がなくても、生き物の観察や採集などといった研究活動が行えるという、その敷居の低さがあげられる。天文学やコンピューターサイエンスでも似たような状況で、どちらの分野でも生物学同様にアマチュアの貢献度が高い。

しかし時代は 21 世紀、ライフサイエンス（生命科学）全盛の時代となり、アマチュア生物学者を取り巻く環境は変わった。遺伝子やタンパク質の機能解析など、機器や試薬、設備がなければ出来ない研究が主流になり、アマチュアが入り込む余地がほとんどなくなってしまった。もちろん伝統的な手法によるバイオロジー、特に、人気の高い植物、鳥類、昆虫などの分類、生態、分布情報などは、今でも多くのアマチュアが活躍し、知見の収集が行われているが、都市化や娯楽の増加などによる生物に触れる機会の減少、自然保護の機運の高まりによる採集への厳しい視線、などもあり、昆虫少年が「絶滅危惧種」になるなど（岩本 2012）、今後の生物学の発展の担い手となる人材不足が懸念されている。それはアマチュア研究者の減少だけでなく、職業的研究者を志す人材の不足ということにも直結しかねない。近年では「ポストドク問題」など自然科学系研究者の就職難も社会問題化しており（Cyranoski et al. 2011）

特に予算が取りづらい基礎研究の進展が困難になりつつある。

それではこのまま生物学の研究活動は停滞してしまうのか？ と悲観的になりそうなところだが、時代の変化によって逆に研究がやりやすくなった側面もある。それは、計算機器の高性能化やネットワークの整備といったコンピューターサイエンスの発展と、研究機器の低価格化だ。それらの要因に伴って、海外では DIY (Do It Yourself) Biology という新たなムーブメントが発生しており、アマチュア生物学者が生命科学の発展の一端を担おうとしている。

本記事では、その DIY Biology の現状を紹介し、さらにアマチュア生物学者の今後の展望について考察を行う。

DIY Biology とは

2010 年の『Nature』誌上で、自宅のガレージで生命科学の研究を行う、いわゆる「バイオハッカー」が紹介された（Ledford 2010）。ここでいうハッカーとは、自分で様々なテクノロジーをいじって工夫するのが好きな人々のことであり、コンピュータや電気機器などをガレージで自作して楽しむのと同じように、遺伝子や蛋白質を解析して楽しむ、という人たちが登場しているというのだ。DIY Biology というのは、そんな生命科学の実験機器を自作したり、それを用いて研究を行ったりする活動の総称として、ここ数年の間に使用されるようになった言葉である。

そのようなバイオハッカーたちは、ハッカー向けに開発された分析キットを買い求めたり、ネット

* 兵庫県神戸市

オークションなどで安価に分析機器を揃えるだけでなく、時には必要な機器を自作するところから始める。それは、普通に買うよりも安く機器が調達できるという理由ももちろんあるが、機器を使って実際に分析することより、機器を自作することそのものを楽しむケースも少なくないからだ。

高価な機材を安価に自作した最たる例として、DIYbio というプロジェクトが開発した OpenPCR がある。PCR (ポリメラーゼ連鎖反応) とは、生物から抽出した DNA (デオキシリボ核酸) の量を増幅させ、後の解析に使用するサンプルを得るための手法で、遺伝子解析を行う際の最も基本的な技術の一つである。その手法で DNA を増幅する機器を PCR 装置といい、DNA の塩基配列を決定する分析機器 (シーケンサーという) に用いるサンプルを作成するために使用される。通常 PCR 装置は、安いものでも数十万円から数百万円はする高価な機器であるが、OpenPCR を自作できるキットは 599 ドルで頒布されており、その内部で動くソフトウェアは無償で配布されている。つまり約 6 万円で簡単な PCR 装置を自作できるようになったということだ。なおこれは、2006 年に PCR 法の基本的な特許が権利満了となり、特許料を払わなくても PCR 法を利用する装置が作れるようになったことが大きな要因である。

遺伝子解析を行うには、PCR 装置の他にも、遠心分離器、電気泳動装置などが必要になってくるが、これらもオークションサイトで中古品を入手したりすることで、個人でも揃えることが出来る (安いもので数万円ほどするが)。また遠心分離器については、3D プリンタで出力して自作する DremelFuge という 3D モデルデータが公開されている (Pearce



Fig. 1 OpenPCR. 温度制御などは PC で行う。

2012)。この DremelFuge を 3D プリンタ (これも DIY できる安価なモデルが続々と発表されている) で出力し、リューターと呼ばれる電動ドリルの先に付けることで、DNA サンプルの入ったチューブを簡易的に遠心分離できる装置が自作できる。回転数などはリューターの性能に依存するが、普通の小型卓上遠心分離器を購入するより、材料費では安価である。3D プリンタを自前で用意すると結果的に高価になるが、他の実験機器なども出力して自作できるようにすれば、さらに DIY できる機器の幅が広がるかもしれない。あとは各種試薬や制限酵素 (調べたい生物に合わせて異なる) などを用意すれば、遺伝子抽出から解析までが全て自宅で作れることになる。

遺伝子の配列を決定するシーケンサーについては、DIY できるようなキットなどは登場していないが、Oxford Nanopore Technologies Ltd から USB スティック型のシーケンサーが発表されており、1000 ドル以下で配列決定できる卓上デバイスを開発しているという (Einstein 2012)。もちろんまだ自宅に揃えられないような高価な機器も数多くあるが、徐々に手頃な値段で購入 (あるいは自作) できるようになる未来が現実味を増している。Ledford (2010) で示されたような、自前の「ガレージラボ」を誰もが持てるようになるのも、そう遠くない話だろう。

アマチュア生物学者は何を研究するか

ここまで DIY Biology という潮流を紹介したが、自宅に研究室を持ったアマチュア生物学者は、一体どんな研究ができるのだろうか。

現状 DIY Biology で取り上げられることが多いのは、もっぱら遺伝子解析に関連する機器であり、安価に機器や試料を調達するのが難しい蛋白質解析などは、比較的出来ることが少ない状態にある。そのため、ガレージラボで主に研究されるのは、当面は DNA を扱う研究がメインになると考えられる。

例えば、スーパーで購入した食品の産地や遺伝子組み換えの有無を調べるための解析を行ったり、自分の DNA を調べて病気にかかるリスクを推測する、といったことが出来るようになる。これまでに多くの研究者が解析した DNA の塩基配列データは、GenBank などのサイトで広く公開されてお

り、自分が得た結果をそのデータと比較することで、様々な考察を行うことが可能になる。

また採集してきた生物から DNA を抽出し、種を確定するといったこともより一般的に行われるようになるだろう。顕微鏡などを使って形態を観察し、種を決定する（新種として発表する場合も含む）ような分類学的研究は、これまでも広く行われていたが、これからはアマチュア生物学者の論文・報告文にも遺伝子解析結果が掲載される時代になるかもしれない。とりわけ、肉眼での観察が難しい微小な生物の場合、DNA サンプルを用いた系統分類学的なアプローチが種の確定にも不可欠になっており、これまで専門家にしか扱いが困難だった多くの分類群の研究にも、アマチュアが大いに貢献できるようになるはずだ。

本筋とは外れるが、DIY Biology によって登場する安価な分析機器は、教育目的での活用も期待される。特に高校では、生物の授業や実験などで DNA や遺伝学について触れる機会があるが、実験機器が高価な遺伝子実験を行える環境がある高校は非常に限られる。それも自前で機器を揃えるというよりは、近隣の大学と連携して設備を借りて行うというものが中心であり、ほとんどの高校生は、染色体の観察などといった実験を通じてしか遺伝学を学んでいない。すでに広く用いられている遺伝子組み換え作物や、将来的に普及することが予想される遺伝医療などの遺伝サービスに対する正しい科学的知識を身につけるためにも、DIY Biology の成果たる安価な機器が教育現場に普及することが期待される。

一方で、そのような技術を誰でも扱えることで、バイオテロに悪用されるのではないかという懸念も高まっている (Wolinsky 2009, Ledford 2010)。現時点ですぐにその懸念が現実のものになることは考えにくい、その危険性だけがピックアップされて、DIY Biology が危ないものという誤った認識が広まることで、盛り上がりにも水をさされないかも懸念されるところだ。

DIY Biology の今後

しかしこの DIY Biology という新しい動きの中から、本格的に活躍するアマチュア生物学者がどれくらい登場するのだろうか？ 特に日本では、現状のままだとあまり多くの成果が期待できないのではな

いだろうか。

理由はいくつかある。まず、各種の機器や試薬が個人で手に入れられるとしても、それを使いこなして研究結果を出すようなアマチュアが育つ基盤が弱いということだ。そもそも DIY Biology の牽引役が欧米の若い研究者や実業家など比較的若い世代であり、遺伝学の知識に加えて機器の自作への関心などが求められる DIY Biology は、実に若い世代向けのムーブメントといえる。しかし、日本で研究報告を活発に行うようなアマチュア生物研究者は、時間に余裕のある比較的年齢層の高い世代であることが多い。そのため、これまで日本のアマチュア生物学研究を支えてきたその世代に、いきなり DIY Biology が根付くことはないだろう。

そもそも現在のところ、DIY Biology は「遺伝子解析の簡易で安価な機器を自前で持てる」ことそのものが目的になっているところがあり、実際にその機器でどんな研究をするか、どんな結果を出すかについてはあまり深く考えられていない向きがある。まだムーブメント自体が過渡期ということもあるが、現時点では機器を揃えること自体に楽しみを見出す層にしか魅力を訴えづらいつころがある。まだこれらの機器を揃えて実験を行うには依然としてハードルが高いのだ。

この動きの中で、初心者でもより手軽に解析を行えるセットが安価で揃えられるようになれば、いよいよアマチュア研究家が自前の研究室をもつようになるだろう。次の課題は、遺伝解析そのものに関心を持つ層をいかにして厚くするかだ。既存の生物愛好家、例えば菌類（きのこなど）のアマチュア研究者など、遺伝解析によって多大な利益があるコミュニティには、比較的すぐに受け入れられるだろう。しかしそうではなく、生物にあまり関心のない層にもある程度訴求できなければ、大きな動きとはならないだろう。

少し話はそれるが、蛋白質の構造解析の研究のために作られたゲームがある。Foldit と名付けられたパズルゲームは、水素原子や炭素原子の三次元配列を模した 3D モデルを動かし、その構造をより安定的で現実的な構造に変形すると高得点が得られる。無料で配布されているこのゲームのプレイヤーによって、これまで構造が未知であった蛋白質の立体構造が決定され、「Foldit Players」が共著者のひとりとして挙げられた論文によってその成果が発表



Fig. 2 : Foldit のプレイ画面。

された (Eiben et al. 2012)。このように、目的のあるゲームによって課題を解決したり結果を生み出そうとすることを、一般にゲーミフィケーションという。DNA の塩基配列はデジタルデータとしての蓄積・解析が容易という特徴もあり、生物間の遺伝子配列の違いの検出など、ゲーム的要素を加えやすい研究課題といえる。膨大な生物種の遺伝子情報データベースの構築や、その解析を、多数のアマチュアが趣味的に進めることができるかどうかは、分析機器とソフトウェアをより利用しやすいものにして、それを広める動きを起す事が出来るかどうかにかかっているだろう。

また、多くのアマチュアを抱える天文学において、発表媒体たる天文雑誌が多く刊行されているように (河井 2012)、アマチュア生命科学者などの研究会や同好会が発生し、発表のハードルが下がることで、アマチュアの交流・技術向上が期待できる。そのようなコミュニティづくりも同時に求められるだろう。

いずれにしてもまだ海外の一部で始まったばかりの DIY Biology という潮流を、ただのいつかのブームで終わらせるか、生命科学への社会の関わり方を変革させるチャンスとして利用できるかは、今後の取組み次第だ。引き続きこれからの動きに注視していきたい。

参考文献

Cyranoski D, Gilbert N, Ledford H, Nayar A, Yahia M. 2011. Education: The PhD factory. *Nature* 472 276-279.

Christopher B Eiben, Justin B Siegel, Jacob B

Bale, Seth Cooper, Firas Khatib, Betty W Shen, Foldit Players, Barry L Stoddard, Zoran Popovic & David Baker 2012. Increased Diels-Alderase activity through backbone remodeling guided by Foldit players. *Nature Biotechnology* 30, 190-192

Eisenstein, M. 2012. Oxford Nanopore announcement sets sequencing sector abuzz. *Nature Biotechnology* 30, 295-296.

岩本 二郎 2012. 絶滅危惧種「昆虫少年」の保全生態学 日本生態学会第 59 回全国大会 (2012 年 3 月, 大津) 講演要旨

河井 延晃 2012. アマチュア天文雑誌における周縁と中心—天文家共同体における「科学的コミュニケーション」をめぐる一視点— 日本マス・コミュニケーション学会研究発表論文集 (2012 年)

Ledford, H. 2010 Garage biotech: Life hackers. *nature* 467, 650-652

Pearce, J. M. 2012. Building Research Equipment with Free, Open-Source Hardware. *Science* 337, 1303.

Wolinsky, H. 2009. Kitchen biology: The rise of do-it-yourself biology democratizes science, but is it dangerous to public health and the environment? *EMBO Reports* 10(7): 683-685.

使用画像

Fig.1 "OpenPCR 2011" CC-BY-3.0 NL [<http://waag.org/en/event/diy-bio>]

Fig. 2 "Foldit screenshot" by Animation Research Labs, University of Washington CC-BY-SA-3.0-DE [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foldit_screenshot.png]