

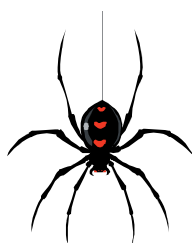
その後の駆除に生かすという柔軟な発想が必要だという。著者の言明にうなづく読者も多いに違いない。

子供のころに「生き物博士」と呼ばれていた著者の片鱗を、この本の随所に見ることができた。生まれ故郷の長野県飯田周辺でとらえたチョウの標本写真が数葉あったが、そこには宮下安弘・宮下俊之と記されていた。宮下家に受け継がれた生き物博士のDNAのルーツを垣間見た気がする。

最後に、わが日本クモ学会会長が書いた本なので、クモの記事はないのか・・・というところ、ご安心あれ、第一章にナゲナワグモとイソウロウグモに関する記述があった。内容に関して会員は十分にご存じだろうから割愛する。

この本を読むまで、評者は地球規模での環境破壊を阻止する手立てなど存在しないだろうと考えていた。けれども、そう悲観的でもなさそう。自然のしくみを詳しく調べ、バランスが崩れた理由を正しく診断して、人間の営みをも考慮しての対策を見出せば、著者が言うところの「第6の大量絶滅」の淵から生物を、そして自然を救い出すことができるかもしれない。そのためには、科学者がその研究の成果を分かりやすく一般の大衆に示すことが何よりも肝要だろう。この本は、まさにそうした役割を担ったものといえよう。

(新海 明)



## 言いたい！聞きたい！



### クモの進化 〈後篇〉 クレイグのクモ の進化説

池田博明

「クモの進化」前篇では、ブルネッタとクレイグの共著『クモはなぜ糸をつくるのか？』（丸善出版、2013）を基本に糸腺の進化と主に造網性のクモの進化を紹介しました。

Garb (2006) の結果からは、古蛛亜目やコガネグモ上科の系統は判明したと考えてよさそうです。ただし、篩板類のメダマグモに鞭状腺遺伝子と相同の遺伝子が発見されたのに比べると、篩板糸円網のウズグモの鞭状腺遺伝子は Garb (2006) では見つかっておらず、不明確でした。ウズグモの系統的位置はなかなか難しいようです。

さて、円網グモではない、いわゆる徘徊性のクモの進化はどうなのでしょう。『クモはなぜ糸をつくるのか？』の元になったクレイグ編著の本『Spiderwebs and Silk』（2003）の系統樹では、イワガネグモ科などの旧篩板類の後に徘徊性のクモ（コモリグモ科とハエトリグモ科）が置かれています（図1参照）。大瓶状腺の出現という革新によって、空中分散などの分布能力を拡大したクモは様々なニッチに適応放散し、クモは多様な環境に拡散した、徘徊性のクモも大発展したというのが、クレイグの説く進化のシナリオでした。

徘徊性のクモは横糸をつくる鞭状腺や粘球

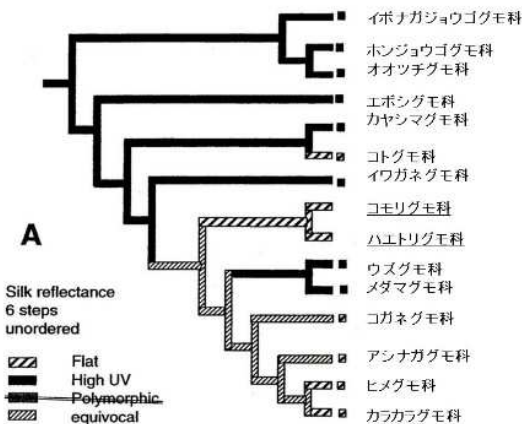


図 1

をつくる集合腺は持っていませんし、偽鞭状腺など篩板糸円網関連の糸腺もありませんから、進化に伴って糸腺が次第に増えたものと仮定すれば、これは説得力のある考察でした。糸腺遺伝子の研究者 Garb(2013)は、最近もこれを踏襲しています。

鶴崎展巨による「クモ目内部の系統」(『クモの生物学』所収)に取り上げられているコーディントンとレヴィ(1991)の系統樹が、クレイグと共通のものでした。フェーリクスの『クモの生物学 *Biology of Spiders*』第3版(2011)も、遠藤知二「糸とクモ」『糸の博物誌』(2012)に図示している系統樹も同じです。クレイグ(2003)が、コーディントンとレヴィの系統の論文(1991)を参照しているのはもちろんです。クレイグ説の原典はコーディントンとレヴィ(1991)にありそうです。

#### 円網グモと徘徊性のクモ

ところが、最新のレビューを収録した『クモの生態生理学 *Spider Ecophysiology*』(2013)

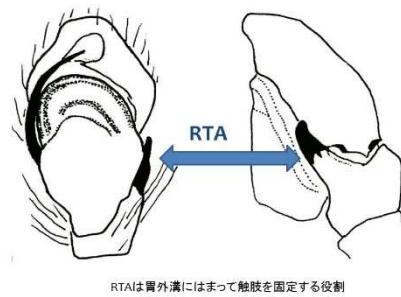


図 2

付属の「クモの系統 *Spider Phylogeny*」の系統図を見ると、徘徊性のクモ類はほとんど円網グモの後に置かれていました。

最近の系統分析では、徘徊性のクモはほとんど RTA クレードに所属しています。RTA とはオスの触肢にある後側脛節突起 (*retrolateral tibial apophysis*) のことです(図 2。ウススジハエトリの触肢)。そして、RTA ありの RTA クレードには徘徊性ではないガケジグモ科・ハグモ科・タナグモ科も含まれています。また脚先の爪が二本の二爪類 (*Dionycha*) は RTA クレードのなかに入ります。「二爪」とならんで別のクレードを作っている共有派生形質は、

「格子形タペータム」(*Grade shaped tapetum*) クレードで、ミヤマシボグモ科・ササグモ科・キシダグモ科・コモリグモ科・シボグモ科・ツチフクログモ科などが含まれています。ちなみに、この系統図には 2012 年までの多くの研究成果が取り入れられているようです。『日本産クモ類』(2009)の小野展嗣による系統図も二爪類をもっとも派生した段階に置いています。

ところで、進化系統を論ずるのに分子形質を取り上げずに云々することは、現代では出来な

いでしょう。最新の系統図には分子系統による分析結果はどのように反映しているのでしょうか。

#### 分子系統を反映させた系統図

ちょうど David Penney が編集した『21世紀のクモ研究 潮流と概観 Spider Research in the 21st Century trends & perspectives』(2013) に寄稿されたアグナーソンら Agnarsson et al.の総説「クモの系統学」をひも解いてみました。

この総説は、共著者でもあるコーディントンが外部形態と分子系統の研究を総合して行った2005年の総説を改訂するかたちで書かれています。コーディントンの総説は『クモの生態生理学』の系統図でも基礎になっていました(こまかく見ると、『21世紀のクモ研究』の系統樹と同じではありませんでした)。ちなみに、分子系統分析がなされたクモは10%程度にすぎません。遺伝子バンクに登録された10遺伝子座を使って系統樹を作成してみると、大きく把握すると、トタテグモ下目、単性域類クレード、次に完性域類クレード、RTAクレード(タナグモを含む)、高等コモリグモ科のクレード(二爪類を含む)と分かれたそうです。ベイズ分析で分岐の信頼度が50%以下という分岐も多いのですが、ここではクレイグの本と比較する意味でごくごく単純化したものを作成して示します。日本のクモに登場しない科を省略しただけでなく、原論文にある系統図を今後の予想概観図で修正して示しました(図3)。したがって、引用に適する系統図には、なっていません。この系統図に表したことは、一部前述しましたが、著者らがユウレイグモ・メダマグモ・ウズ

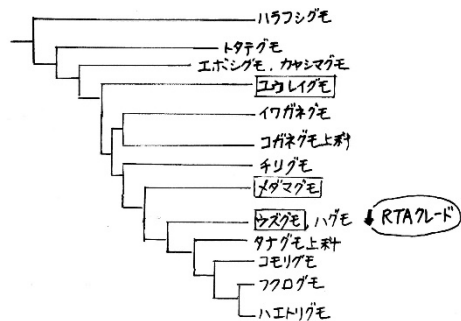


図3

グモの位置は不相当と判断していること(そのことを四角で囲んで示しました)、ユウレイグモの位置が不相当とはいえ、単性域類は旧篩板類とほぼ同時に分岐したグループであって側系統になっていること(載せていませんが、ムカシボロアミグモも側系統になっています)、コガネグモ上科と新篩板類は同じ頃に分岐したらしいこと、RTAクレードは単系統になり、新篩板類・無篩板類・徘徊性種を含むこと、二爪類は最も派生的なグループであることです。

#### RTAクレードのクモの分岐時期

円網グモとRTAクレードが分岐したのはそれほど離れた時期ではなかったようです。では、いったいそれはいつごろだったのでしょうか。それを推理する手がかりはクモのヘモシアニンに遺されているようです。『クモの生理生態学』のなかにドイツのBurmesterが「クモにおけるヘモシアニンの進化と適応」という総説を書いていました。ヘモシアニンは節足動物や軟体動物の呼吸タンパク質です。ヒトのヘモグロビンと同じように酸素を運搬する役割をします。ヒトのヘモグロビンはポリペプチド分子が4個集まった四量体(テトラマー)ですが、ヘモシアニンは六量体(ヘキサマー)が基本に

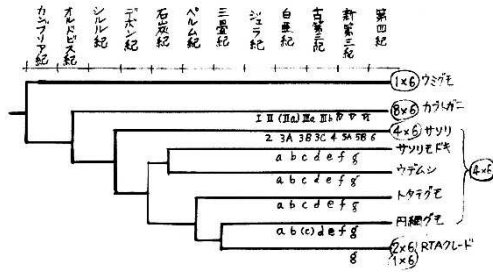


図 4

なっています。多くのクモは六量体が四つ集まってひと組になっています。ヘモグロビン四量体を作るポリペプチドにはα鎖とβ鎖の二種類がありますが、ヘモシアニン六量体にはaからgまでの七種類があります。

このヘモシアニンの缺角類における進化が研究されていました。トタテグモも円網グモもその構造は4×6構造でした。ところが、RTAクレードのクモのヘモシアニンは2×6構造と1×6構造と単純化しているのです。ブラジルドクシボグモは2×6構造と1×6構造のヘモシアニンを2:1の比率で含んでおり、他の徘徊性のクモもこれに準じているそうです。しかも、ポリペプチドの種類はg鎖のみと単純化しています。4×6構造から1×6構造へと酸素運搬能力が落ちる方に進化しているのはいったい何故でしょうか。分子時計で地質時代のヘモシアニンの進化を調べてみると、RTAクレードのクモが分岐したのはペルム紀の大絶滅の後、三疊紀のようです(図4)。

ペルム紀に現在よりも酸素濃度が高まったので、昆虫たちは種類も数も大繁栄しました(『Spider Silk』の訳書にはこの箇所にはわずかな誤訳があります。原著で原文を確認しました)。ところが、ペルム紀末の異変で酸素濃度は激減し、生物は大絶滅します。生物種の90%以上が絶滅したという地質時代で最大規模の

絶滅です。この異変でクモにも自然淘汰が働きます。ブリュメスターは昆虫の大繁栄に伴って多様な環境に適応放散したクモたちのうち、ハンター(徘徊性)のクモの祖先はいったん網を棄てただけではなく小形化し、活動も不活発になったと推理しています。それで単純化したヘモシアニンでも乗り切れるようになったのですが、薄くなる酸素濃度に対して効率の悪い書肺ではなく、気管を高度化することでRTA群のクモの祖先たちは適応しようとした。

現生のクモで比べると、円網グモよりも徘徊性のクモのほうで気管系がよく発達しています。フツウクモ類で単性域類ですが唯一ヘモシアニンを失くしたイノシシグモは発達した気管を持っています。気管の発達は薄い酸素濃度を乗り切るのにかなり有効なものようです。

徘徊性のクモはその後、体が大型化し、活動性も高まるとともにヘモシアニンを2×6構造に進化させていった(しかし、ポリペプチド鎖はg鎖だけのままだった)というのがブリュメスターの進化のシナリオです。

はたしてこのシナリオが唯一のものなのか、多様な観点からの探求はまだ続くものと思いますが、身近な庭のクモから地質時代を想像してみるのも悪くないと思われます。

#### 参考文献

- Agnarsson, I., J. A. Coddington & M. Kuntner, 2013. Systematics: Progress in the study of spider diversity and evolution. IN D. Penny (ed.). Spider Research in the 21st Century: trends & perspectives. Siri Scientific Press. 58-111. <東京クモゼミ 225号に紹介>
- Burmester, T., 2013. Evolution and

Adaptation of Hemocyanin Within Spiders. IN Nenwig (ed.). Spider Ecophysiology. Springer, 3-14. <東京クモゼミ 227 号に紹介>

Brunetta, L. and C. Craig, 2010. Spider Silk. Yale University Press. p.248. 訳書は「クモはなぜ糸をつくるのか」(丸善出版・2013) <東京クモゼミ 207 号と 221 号に紹介>

Coddington, J. A. and H. W. Levi, 1991. Systematics and evolution of spiders (Araneae). Annu. Rev. Ecol. Syst., 22: 565-592. <直接参照していない>

Craig, C. L., 2003. Spiderwbs and Silk. Oxford University Press. p.204.

Garb, J. E., T. Di Mauro, V. Vo and C. Y. Hayashi, 2006. Silk genes support the single origin of orb webs. Science, 312:1762. <東京クモゼミ 210 号に紹介。及び『クモはなぜ糸をつくるのか?』第 8 章にあり>

Garb, J. 2013. Spider Silk: An ancient biomaterial for 21st century research. IN D. Penny (ed.). Spider Research in the 21st Century: trends & perspectives. Siri Scientific Press. 252-281.

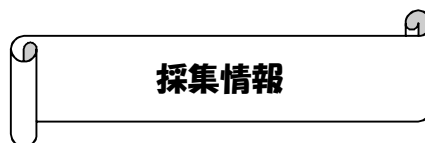
小野展嗣, 2009. 概論. IN 日本産クモ類, 東海大学出版会, 3-48.

遠藤知二, 2012. クモと糸. IN 糸の博物誌, 海遊舎, 1-40. <東京クモゼミ報告 216 号に紹介>

鶴崎展巨, 2000. 系統と分類. IN クモの生物学, 東京大学出版会, 3-27.

著者より註

クレイグ編著の本『Spiderwebs and Silk』(2003) は Spider と webs の間にスペースがないのが正しい書名です。「クモの進化」前篇ではわざわざ修正していただいているのですが、修正する必要がありません。



## 採集情報

日本各地で採集された稀産種や、都道府県初記録、島初記録、南限更新、北限更新など分布上の重要情報について掲載する。これを読み、「私もこんな種類を採集しているぞ」という方はその情報を是非お寄せいただきたい。

【このコーナーに掲載する記録は、証拠標本か、同定のキーとなる特徴がはっきりと撮影されている写真かのどちらかがあるものに限らせていただきます。目撃談のみのものにつきましては取り上げません。また、幼体の記録についてはいろいろと議論のあるところですが、とりあえず現段階では、参考記録として掲載を継続させていただきます。】

**ヒゲナガツヤグモ** 山梨県甲府市古府中町武田神社 2014年4月4日 1♂ 市川武明採集・同定

**イトグモ** 広島県東広島市鏡山 1-3-1 広島大学両生類研究所内 (34.403767N 132.716411E) 2014年3月18日 1♀ 宇都武司採集・谷川明男同定