

昆虫、進化ゲーム論、そしてコンピューティング

はじめに

幼少から昆虫に興味をもち、夏になると昆虫採集の毎日でした。小学低学年の頃に、牧野富太郎やファーブルの伝記を読み、生物学者になりたいと、その頃から思っていたようです。生態学の強い京都大学理学部を目指して勉学に励んだものの、入学したとたん、中学から続けてきた剣道の稽古に没頭しました。当時、京大は関西リーグでも強い大学でしたが、精進の甲斐あってレギュラーになり、3年には関西学生剣道優勝大会で団体優勝、4年には個人ベスト8で、団体も準優勝できたのは幸運だったと思います。インカレにも個人・団体に3回出場できたので、剣道選手としては十分やっとなと、4年生冬に本来の志望だった生態学の学究の道に入りました（勉学では劣等生か・・・）。

ところが、当時の京大では、私が研究を始めたアズキゾウムシを使った実験個体数動態を指導して下さった教授が定年退官したため、それ以降の指導を受けることができませんでした。幸いに、この材料を使い、個体数動態の数理解析とコンピュータを利用した数値シミュレーションを専門とする若い研究者が米国から帰国し、筑波大学で研究室を開くことになったので、真っ先に移りました。それ以降は、好きな研究テーマを思う存分できて、幸運な研究人生のスタートだったと思います。前置きが長くなりましたが、ここで私の最近の主な研究を紹介します。

① 昆虫3種の実験系が示すカオスの動態

豆・マメゾウムシ類・寄生蜂を組み合わせて3者系の実験系を作ります。アズキ（豆）-マメゾウムシ1種-2種の寄生蜂（コマユバチの1種とゾウムシコガネコバチ）の3者系では、最初マメゾウムシ1種-ゾウムシコガネコバチの2種系でスタートすると、小さく穏やかな振動が永続します。そこにコマユバチを加えて3種系にすると、前者2種は大きな振幅の複雑な動態に変わり、最大リアプノフ指数が正の値として推定され、カオスの挙動になっていました。「3者系はカオスの入り口」と言われるメカニズムを研究しています。

Tuda, M. and Shimada, M. (2005) Complexity, evolution and persistence in host-parasitoid experimental systems, with *Callosobruchus* beetles as the host. *Adv. Ecol. Res.* **37**: 37-75.

② 寄生蜂の学習と進化動態

ゾウムシコガネコバチは、豆内にいる宿主マメゾウムシを探す時に「匂い学習」をします。彼らの匂い学習は、宿主2種の頻度に依存して選好性が変わること、私たちは突き止めました。この匂い学習は2段階あります。一つは母蜂が豆表面を歩き回って、豆内に潜んでいる宿主の匂いを探し当てて寄生する学習で、寄生成功すると学習により選好性が高まります。もう一つは、幼虫から蛹～羽化直前にかけて豆内で宿主の残骸と一緒にいる間にその匂いを記憶して、羽化後にその匂いを頼りに宿主を探し始める学習です。後者の学習は、次世代の母蜂の選好性へと受け継がれます。私たちは、この2段

階学習を個体ベースモデルで定式化し、選好性に関わる遺伝的アルゴリズムを組み込んで進化シミュレーションをすると、初期の数十世代には選好性の進化速度が有意に高まりました。つまり、学習が進化を間接的に推進するBaldwin効果を示しているのです。迅速な適応性の機構解明に挑戦しています。

Sasakawa K., Uchijima K., Shibao H. and Shimada M. (2013) Different patterns of oviposition learning in two closely related ectoparasitoid wasps with contrasting reproductive strategies. *Naturwissenschaften* **100**: 117-124.
Ishii Y. and Shimada M. (2012) Learning predator promotes coexistence of prey species in host-parasitoid systems. *Proc. Nat'l. Acad. Sci. USA* **109**(13): 5116-4120.

③ 進化ゲーム理論による生き物の振る舞い

生き物の振る舞いの多くは進化ゲーム理論で理解できます。これまで単細胞の珪藻の精子と卵の性比調節、細胞性粘菌の柄と孢子数の比率、寄生蜂の母親が産み分ける息子と娘の性比調節など、私たちはいろんな材料で研究してき

ました。生き物は集団中で有利な振る舞いをした個体が次世代に多くの子を残す自然選択の作用により適応進化します。ライバルは集団内の他個体です。「競争的最適化=進化ゲーム理論」は生き物から人間社会に至るまで面白い現象を解析できる理論です。

Shirokawa Y. and Shimada M. (2013) Sex allocation pattern of the diatom *Cyclotella meneghiniana*. *Proc. R. Soc. Biol. Sci.* **280**(1761): 20130503.
Abe J., Kamimura Y., Shimada M. and West S.A. (2009) Mother's decision: extremely female biased primary sex ratio and precisely constant male production in a parasitoid wasp *Melittobia*. *Anim. Behav.* **78**: 515-523.
Abe J., Kamimura Y. and Shimada M. (2007) Optimal sex ratio schedules in a dynamic game: the effect of competitive asymmetry by male emergence order. *Behav. Ecol.* **18**: 1106-1115.
Abe, J., Kamimura, Y., Shimada, M. (2005) Individual sex ratios and offspring emergence patterns in a parasitoid wasp, *Melittobia australica* (Eulophidae), in relation to superparasitism and lethal combat between sons. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **57**: 366-373.



嶋田 正和 (しまだ まさかず)

生年月日 1953年12月3日

[専門領域] 個体群生態学、進化生態学、行動生態学

[著書]

嶋田正和・吉田丈人 (2013) 『理系総合のための生命科学 (第3版)』 第22章: 生物群集と生物多様性. (東京大学生命科学教科書編集委員会編, 羊土社). (pp. 239-248, 2013年3月刊行)

嶋田正和 (2013) 『生物学入門 (第2版)』 (石川統・大森正之・嶋田正和編, 東京化学同人) pp.296.

嶋田正和・山村則男・粕谷英一・伊藤嘉昭 (2005) 『動物生態学-新版』 海游舎, pp.614.

[所属] 東京大学情報学環教授 (総合文化研究科から流動)

[所属学会] 日本生態学会、日本進化学会、日本応用動物昆虫学会、個体群生態学会