物足りないなら模倣せよ、充たされたなら革新せよ

―昆虫の産卵意思決定における他者情報の活用規則の発見―

概要

京都大学大学院農学研究科 大竹遼河 修士課程学生、土畑重人 同助教は、アズキゾウムシという昆虫が産卵するときに他個体の産卵の有無を参照し、かれらにとって魅力的な産卵場所が与えられた状況ではすでに卵がある場所を避ける一方、魅力的な産卵場所がない状況ではすでに卵がある場所を選んで産卵するという現象を発見しました。この結果は、他者を模倣するか否かという、私たち人間も直面する意思決定の問題に、昆虫が状況に応じて柔軟に対処していることを意味するもので、昆虫の認知システムの巧妙さを示すと同時に、農業害虫であるアズキゾウムシの防除手法への応用の可能性も拓くものです。

本研究成果は、2018 年 8 月 30 日にドイツの国際学術誌「Animal Cognition」にオンライン掲載されました。

アズキ（左）、ガラス玉（右）の表面に産卵しようとしているアズキゾウムシのメス

１．背景

生物の生存や繁殖において、外部環境にかんする情報を正しく把握し、それに基づいて行動することは非常に重要です。情報はみずからの試行錯誤によっても得られますが、同種の他個体のふるまいを参照することでも得ることができます。これを「社会情報」と呼び、人間を含む多くの動物において、社会情報を利用した意思決定が行われていることが知られています。

試行錯誤や自分がすでに持っている情報ではなく、社会情報に頼ることにはどんなメリットがあるのでしょうか。これまでの研究から、動物は試行錯誤が危険な場合や、他個体との関係性が生存や繁殖に有益である場合に、社会情報を利用して意思決定を行うということが知られてきました。しかし、社会情報の利用にはリスクも伴います。たとえば、他個体の意思決定には間違いがあるかもしれません。さらに、餌や配偶相手など、なんらかの資源を得ようとする場合には他個体は競争相手であり、脅威となりえます。したがって、社会情報を利用すべきかどうか、またどのように利用するべきかは、他の環境情報の得やすさやその内容と比較衡量して決める必要があると考えられます。

今回の研究では、有名な貯穀害虫の一種であるアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* のメス成虫が、産卵場所を決めるときにどのように社会情報、環境情報を利用するかを調べました。

２．研究手法・成果

アズキゾウムシのメス成虫は、飼育環境ではアズキの豆粒の表面に１個ずつ産卵しますが、産卵すべき場所の選定には表面の曲率とアズキの匂いを用いていることが知られています。この性質を利用して、豆粒の代わりに同じ大きさのガラス玉の表面にも産卵させることができます。また、他の研究者によるこれまでの研究から、かれらはすでに卵が存在する豆粒の表面には産卵を避けるということも知られてきました。

研究グループのひとり、大竹は、よく洗浄したガラス玉の表面に卵を産ませるときには、かれらは他の卵の存在を避けず、むしろそれを選り好んで産卵しているということに気づきました。これは従来知られてきたアズキゾウムシの行動とは全く異なるため、私たちはこの行動をより詳細に調べてみることにしました。

まず、シャーレの中にアズキ１粒とガラス玉１粒とを並べ、交尾済みで産卵経験のないアズキゾウムシのメス１頭を導入してどちらの表面に産卵するかを１時間観察しました。その結果、卵はアズキのほうに多く産みつけられ、メスは産卵に際して環境情報（産卵対象）に選り好みがあることが確認されました。次に、シャーレの中にアズキ４粒を並べ、うち１粒はあらかじめ他のメスに卵を産ませておいたものにしました。同じようにメス１頭を導入したところ、メスは卵のない残り３粒のアズキのほうに多く産卵しました。ここまでは今までの研究の再現実験です。

アズキの代わりに、ほぼ同じ大きさでよく洗浄したガラス玉を４粒並べ、うち１粒をアズキのときと同様にあらかじめ他のメスに産卵させておいたものにしました。すると、メスはすでに卵のある１粒に集中的に産卵しました。すなわち、アズキゾウムシのメスは環境情報の好き嫌いに応じて社会情報である他者卵への行動を一変させたのです。これは非常に興味深い発見でしたが、ガラス玉という人工物を産卵対象として使用している副作用がアズキゾウムシに現れた結果である可能性を排除する必要がありました。そこで、ガラス玉にアズキの水出し汁を塗布したものをメスに提示する実験も行いました。その結果、メスはアズキを与えられたときと同様に、洗浄したガラス玉よりも塗布済みガラス玉を産卵対象として選好し、さらに他メスがすでに産卵した塗布済みガラス玉への産卵を避けることがわかりました。

今回の研究結果は、アズキゾウムシのメス成虫が、産卵対象という環境情報に応じて、他のメスが産んだ卵の存在という社会情報に対する行動を変化させたということを意味しています。さらに、環境情報の違い（ア

ズキとガラス玉）は、かれらの産卵対象への選好性の強弱と対応しています。従ってかれらは、産卵対象として満足な環境が与えられれば、他のメスが産んだ卵のない産卵場所を探すという「革新的な」行動をとり、満足な環境が与えられなかった場合には、他のメスと同じ場所に産卵するという「模倣的な」行動をとる、ということができます。

この行動の変化には、アズキゾウムシの生存や繁殖にとってどのようなメリットがあるのでしょうか。「革新的な」行動には、自分の子が他のメスの子と餌をめぐって競争しなくてもよくなるというメリットがあります。いっぽう、「模倣的な」行動には、短い一生の中でみずから試行錯誤をしなくてもよいことや、環境情報が劣化しやすい（豆の匂いが失われやすい）場合でも、他者の産卵を参照することにより好ましい資源にありつけること、といったメリットが考えられます。洗浄したガラス玉という、不満足な産卵資源だけしか与えられていない環境は、アズキゾウムシにとって模倣のメリットが資源競争のコストを上回る状況に対応しているのかもしれません。

３．波及効果、今後の予定

動物の意思決定を扱う認知科学、生態学の分野では、主に脊椎動物を用いた研究が盛んです。今回の研究によって、無脊椎動物であり飼育維持や実験の容易な昆虫を対象とした実験系を、意思決定研究のモデル系として確立できる可能性が拓けます。さらに、貯穀害虫として名高いアズキゾウムシの新たな行動パターンの発見によって、貯蔵豆への食害を減らすための、より安全性の高い防除手法を開発できる可能性があります。たとえば、ガラス玉をなんらかの「おとり」として用いるなどの手法です。

今回の研究は、動物における新規な行動パターンの報告に主眼を置いたものです。そのため、産卵選好性を決める情報の物質的基盤の解明は今後の大きな課題の一つです。既に産卵されたアズキを避ける行動をもたらす物質（アズキゾウムシから分泌される脂肪酸や炭化水素、トリグリセリド）や、アズキの匂い（D-カテキン）に関してはすでに多くの研究があるため、これらの化学物質のみを用いた再現実験を行うことができます。また、不満足な産卵資源が自然条件でどのようなものなのかに関しては、アズキの莢（サヤ）に着目して研究を進める予定です。さらに、アズキゾウムシを含むマメゾウムシ類の複数の種でも「模倣的な」行動が見られるかどうかを調べることで、今回明らかになった意思決定パターンがどのように進化してきたのかを明らかにしていきたいと考えています。

４．研究プロジェクトについて

本研究は科研費　（若手研究（B）、15K18609、研究代表者：土畑重人）の助成を受けて行われました。

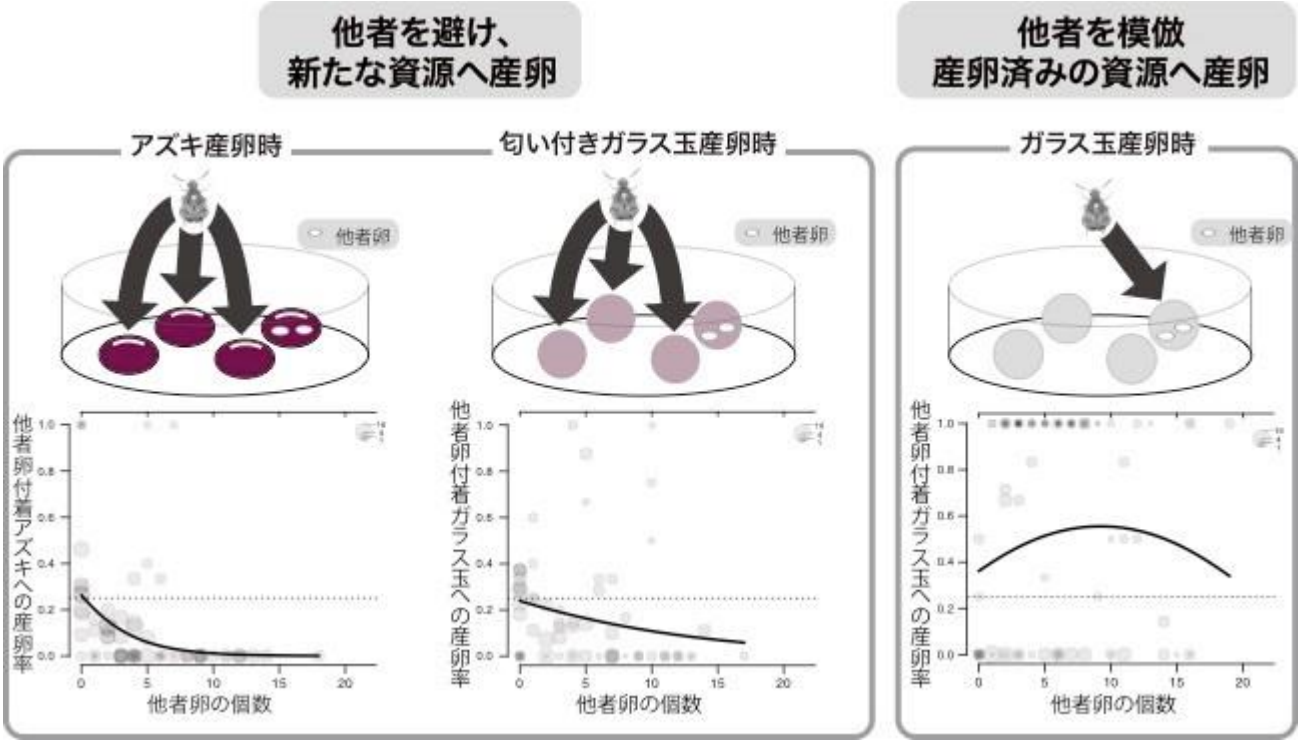
＜論文タイトルと著者＞

タイトル：Copy if dissatisfied, innovate if not: contrasting egg-laying decision making in an insect（日本語訳：物足りないなら模倣せよ、そうでないなら革新せよ：昆虫における対照的な産卵意思決定）

著　　者：Ryoga Otake, Shigeto Dobata

掲 載 誌：Animal Cognition　DOI：10.1007/s10071-018-1212-0

＜参考図＞



図：環境情報（産卵対象）への選好性に応じた、社会情報（他者卵）への意思決定の変化。アズキ、アズキの匂い付きガラス玉を与えられた場合には、アズキゾウムシのメスは他者卵のない場所を選んで産卵した。対照的に、洗浄したガラス玉を与えられた場合には、他者卵のある場所を選んで産卵した。下の図は、他者卵のある場所を選ぶ割合が、他者卵の数に応じてどのように変化したかを示す。