

A theoretical study of host and parasitoid coevolution

井磧, 直行

<https://hdl.handle.net/2324/1398273>

出版情報：九州大学, 2013, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（4）



氏名・(本籍・国籍)	い せき なお ゆき 井 磧 直 行 (大阪府)
学 位 の 種 類	博士 (理学)
学 位 記 番 号	理博甲第 1 2 1 4 号
学位授与の日付	平成25年5月31日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学府 生物科学専攻
学 位 論 文 題 目	A theoretical study of host and parasitoid coevolution (宿主と寄生者の形質共進化の数理的解析)
論 文 調 査 委 員	(主 査) 教 授 巖 佐 庸 (副 査) 総合研究大学院大学 教 授 佐々木 顕 准教授 岩 見 真 吾 准教授 津 田 みどり

論 文 内 容 の 要 旨

Since obligate parasites or predators often severely exploit their hosts or preys, even they cannot live without victims, exploiter-victim interactions are likely to result in evolutionary change of offensive and defensive traits. In such antagonistic interactions, the evolution of one species promotes the counter-evolution of the other, thereby triggering evolutionary exaggeration. Trait coevolution of host-parasitoid is relevant to stable coexistence of population, genetic diversity and speciation or pathogen evolution and prediction of

epidemics. In contrast with its importance, however, coevolutionary dynamics arise as a consequence of interactions within an interspecific polymorphism of coevolutionary traits is complex and detecting evolutionary change through population is extremely difficult. Theoretical approaches are suited to explore such a complicated coevolution of host-parasitoid and many theoretical models on arms race have been proposed and have shown that arms race is a possible outcome of many factors (e.g. host productivity, cost of coevolutionary trait) in last several decades.

In this thesis I report that the mathematical model of i) the camellia-weevil trait coevolution with empirically estimated parameters and ii) mixed planting strategies of resistant host crops and disease control. In the first section, I analyzed the coevolution of Japanese camellia and its obligate seed predator weevil. Evolutionarily stable analysis predicts if camellia demographic parameters vary latitudinally, data collected over the geographical scale of rostrum length and pericarp thickness should lie on an approximately linear curve with the slope less than that of the equi-probability line AB of boring success, where A and B are coefficients for the logistic regression of boring success to pericarp thickness and rostrum length, respectively. This is a robust prediction as long as the cost of rostrum length is nonlinear (accelerating). As a result, boring success should be lower in populations with longer rostrum length, as reported in the weevil-camellia system (Toju, H., and Sota, T., 2006a. *American Naturalist* 167, 105-117). The nonlinearity (exponent) for the cost of rostrum length estimated from the geographical cline data for the weevil-camellia system was 2.2, suggesting nonlinearity between quadratic and cubic forms.

In the second section, I study the mixed planting of resistant host and optimal control strategy. ES analysis reveals that high frequency of resistant host invokes counter evolution of parasitoid. As a result, an intermediate optimum mixing ratio for the susceptible and resistant hosts minimizes the total damage. On the other hand, initial damage which is calculated for an initial few generations is always lower as host resistance and resistant frequency is high. This is because higher frequencies of resistant hosts delay disease outbreak. This suggests that if initial prevention is implemented effectively, an introduction of resistant lines is efficient. It is more apparent when the environmental factors or other parameters suit parasitoids and disease becomes more prevalent (e.g. high host density or searching efficiency of parasitoid).

論文審査の結果の要旨

野外の生態系では、様々な種が相互作用をしているが、それぞれの種は自然淘汰を受けて進化をし、その形質を変化させている。このように複数の種がそれぞれに進化することを共進化というが、

ときにそのような進化の結果が野外の生態系においてははっきりと見られることがある。井磧直行さんは、そのような例として、ツバキゾウムシの口吻の長さでツバキの果実の皮の厚さが、両方の種がともに進化することによって生じているというシステムについて、理論的解析を行った。ツバキゾウムシはツバキの実に産卵をする捕食寄生者である。ツバキの果実の皮がツバキゾウムシの口吻の長さより厚い場合には、産卵を防ぐことができる。その場合にはツバキゾウムシに強い淘汰圧がかかり口吻の長さを延ばすような進化が生じる。逆にツバキゾウムシの口吻がツバキの果実の皮の厚みよりも長いときには、ツバキは非常に大きな被害を受けるため、それを避けるようにより厚くする方向への強い淘汰が働く。これらの両者が同時に生じる結果、今日みられるような状態が実現したのはこのような軍拡競走 (arms race) の結果と考えられている。

本論文の第1章において、井磧直行さんは、野外観察や実験から測定されたパラメータを用いて数理モデルを作成し、進化を解析した。日本ではより低緯度の地域では高緯度地域よりも両者ともに極端な形質が見られる。ツバキゾウムシの口吻のコストが長さとともに非線形に（加速的に）増大する場合には、そのような緯度勾配の結果が、幅広いパラメータ状況で現れることを示した。その場合、ツバキゾウムシの口吻が長い集団では産卵成功率が低いことが予測され、それはツバキとツバキゾウムシ系での観察に対応している。また移動勾配データから、口吻の長さがもたらすコストの非線形性を推定している。

本論文の第2章においては、作物の捕食寄生者に対する抵抗性をもつ品種をうまく混ぜることによって、作物の収量をどのように改善できるかという理論的研究を行った。作物が抵抗性をまったくもたないときには、捕食寄生者によって非常に大きな被害を受ける。他方で抵抗性品種は収量が悪かったり生活史の他の側面での不利があることは以前より注目されてきた。井磧直行さんは、とくに抵抗性の作物品種に対して、捕食寄生者がその抵抗性を打ち破るべくより毒性の強いタイプに置き換わるというプロセスに注目した。その結果、抵抗性品種が多すぎると捕食寄生者の毒性が強まり、作物の収量はむしろ低下しています。両者をうまく混ぜて受け付けることによって、最も望ましい状態が達成できるのではないかという考えは以前からあった。井磧直行さんは、これを数理モデルとして解析を行った。これは共進化プロセスの考慮が、一般に感染症の抑制に重要である可能性を示唆する理論的結果である。

以上の結果は、数理生物学および種間相互作用に関する生態学として重要な貢献である。

よって、本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。