

(別紙 2)

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名：石井弓美子

小動物で構成される実験室の生態系は、動物の行動や生活史の特性を種間競争や被食-捕食関係の個体数動態パターンに関連づける目的で設けられ、数理モデルによる理論研究と観測データを解析する実証研究とを連携する重要な役割を果たしている。申請者はこれまで、寄主として 2 種のマメゾウムシ (アズキゾウムシ・ヨツモンマメゾウムシ) とその共通の捕食者である寄生蜂 (ゾウムシコガネコバチ) の行動生態と個体群動態を研究してきた。特に、捕食者が 2 種の被食者頻度に応じて、それ以上の比率で集中して捕食する「スイッチング捕食」の学習行動を専門として解析してきた。スイッチング捕食と系の動態に関する従来の理論モデルは、条件によって 2 種の餌種に逆位相の交替振動が現れ、これにより 3 者は長期間共存するという予測が定説となっている。しかし、現実の生き物の実験系でこの逆位相の交替振動を発生させた実証研究は、1975 年の最初の理論モデルの提唱以来、ついに発表されて来なかった。申請者は、その実証を成し遂げたのである。

学位論文の構成は、1 章が序論であり、マメゾウムシと寄生蜂の実験系の研究歴史、3 者系における交替振動の理論的予測などを述べている。2 章は、寄生蜂を導入する前段階の、マメゾウムシ 2 種の種間競争の実験研究であり、原則として競争的排除によりどちらか 1 種が消滅する。マメゾウムシ 2 種の共通の資源であるアズキとブラックアイという 2 種類の豆の混合比を変えて系の動態を比較しているが、2 種の豆はサイズ・種皮の固さ・餌にしたときのマメゾウムシの成長速度、等が違う。そのため、小粒のアズキの場合は豆内で干渉行動を示すヨツモンマメゾウムシが早々と勝利する。一方、大粒のブラックアイの割合が高くなるに従って、豆内で高密度であっても共に生活できるアズキゾウムシが盛り返して共存時間が長引き、繰り返しのよってはアズキゾウムシが勝利することも見られた。差分型 Lotka-Volterra 種間競争モデルの解析で、実験系の挙動と一致する予測を導いた。豆を 2 種類にし混合比を変えたことで、従来のアズキゾウムシとヨツモンマメゾウムシの種間競争の解析と比べて、包括的で深い理解に到達できたと評価できる。

3 章では、マメゾウムシ 2 種の系に、新たに寄生蜂ゾウムシコガネコバチを導入している。3 者の累代実験系では、アズキとブラックアイの豆の混合比を変えて種皮の薄いブラックアイの比率を上げることで、徐々に捕食圧を高めることができる。両方の豆が混合された条件では、寄主 2 種の個体数が交互に増加・減少を繰り返す逆位相の交替振動が見られ、寄生蜂が不在の 2 種系と比べてより長期間共存した。累代実験系を維持しながら 2 種の寄主への選好性の検出を行ったところ、寄生蜂は寄主に対しスイッチング捕食を行っている可能性が示唆された。そこで 4 章で寄生蜂の 2 種の寄主に対する寄生の学習効果を調べると、寄生蜂は 12 時間~3 日くらいの連続した一方の寄主への産卵経験によって、その後の寄生ではあらかじめ産卵を経験していた寄主に対し強く偏った選好性を示す学習効果が明瞭に示された。このことから、ゾウム

シコガネコバチは学習により個体数の多い種の方に寄生選好性をシフトし、スイッチング捕食により 3 者系の共存を促進していると考えられる。

5 章では、寄主 2 種系と寄生蜂を加えた 3 種系を、GAM (Generalized Additive Model、3 次のスプライン関数で回帰する技法) を用いた 1 週間の時間ステップを持つノン・パラメトリック時系列解析を行った。その結果、2 種系では種間競争として強い負のスプライン回帰式が検出され、また 3 種系では、この寄主 2 種の種間競争の効果がきれいに消失して、代わりに寄生蜂の捕食-被食作用の効果が強く検出された。時系列の個体数データそのものを使う GAM の関数抽出力が明確に発揮されたと言える。さらに、寄生蜂の学習行動のパラメータを導入し、寄生学習の形成時間として、時間遅れを無視できるモデルと、1 ステップ (1 週間) の学習の遅れ効果が見られるモデルとで比較した。その結果、学習の遅れ効果を伴うモデルでは、3 章の実験系と同様の、寄主 2 種の個体数が交互に増加・減少を繰り返す逆位相の交替振動が見られ、マメゾウムシ 2 種の幼虫時期の個体数頻度に応じた寄生への学習の時間遅れが、このスイッチング捕食の原因であることを示唆している。

第 6 章は総合考察であり、各章を関連づけて総合的に考察している。全体を通して、第 5 章の時系列モデルの解析については、網羅的なモデル候補の選択と最適時系列モデルへの絞込み、さらに寄生蜂のスイッチング行動をより現実的に定式化するセミメカニスティック・モデルを構築し解析するなど、将来の大きな発展も見込まれる。博士論文としては、実験系による検証とモデル解析の両方を成し遂げたレベルの高い研究であると評価できる。よって、本審査委員会は博士 (学術) の学位を授与するにふさわしいものと認定する。