

## 論文内容の要旨

### 論文題目 : Coexistence mediated by a common predator in three species host-parasitoid experimental systems

寄生蜂・寄主の 3 種実験系において共通の捕食者がもたらす共存持続性

氏名 : 石井弓美子

#### 第 1 章 : 序論

生物群集において、その構成種は、捕食・被食や資源をめぐる競争という生物間相互作用を及ぼしあいながら複雑な食物網を形成している。自然群集に観察されるような多様な種の共存が、競争排除や食いつくしなどにより崩壊することなく維持される機構は、生態学の中心課題の一つとして長年議論されてきた問題である。最近では、群集構成種の形質を介した動態への影響が注目されており、個体の学習による可塑的な行動の変化や進化による形質の変化などが生物間相互作用を変化させ、ひいては群集の動態にまで影響を及ぼすことが数理モデルにより理論的に予測されている。しかし、これらの理論に対する実際の生物を用いた検証はほとんどなされていない。よって本研究では、2 種のマメゾウムシ(アズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis*, ヨツモンマメゾウムシ *C. maculatus*)を寄主とし、その共通の捕食者である寄生蜂 1 種(ゾウムシコガネコバチ *Anisopteromalus calandrae*)からなる寄生蜂-寄主 3 種実験系を用い、寄生蜂による捕食が、個体レベルの生物間相互作用を介して 3 種系の共存持続性に与える影響を調べた。

#### 第 2 章 : 2 種マメゾウムシの種間競争

スクランブル型であるアズキゾウムシと中程度のコンテスト型であるヨツモンマメゾウムシの種間競争がアズキ (*Vigna angularis*) とブラックアイ (*Vigna unguiculata*) を資源として利用したときにどのような影響を受けるかを調べた。それぞれの豆で 2 種マメゾウムシの導入個体数を様々に変えた一世代の種間競争実験を行い、その結果から種間競争式のパラメタを最尤推定した。推定された種間競争式のゼロアイソクライン解析を行うと、種間競争の様子は 2 種の豆で大きく異なっていた。アズキではアズキゾウムシが競争排除により消滅することが予想されたが、ブラックアイでは、種間競争は初期値依存であり、アズキゾウムシが勝利する可能性があることが予想された。豆の割合を変えて与えた長期累代実験を行うと(ブラックアイの割合,  $B.R.=0, 0.2, 0.5, 0.8, 1.0$ )、ほとんどの繰り返しではヨツモンマメゾウムシが勝利したが、ブラックアイが多いほど 2 種の共存時間は長くなり、ブラックアイのみの条件( $B.R.=1$ )では、アズキゾウムシが勝利する繰り返しもみられた。これらの結果は、1 世代の競争実験から予想された結果と矛盾しなかつ

た。2種の豆においてこれらの種間競争の結果がことなるのは、(1)豆の大きさ（大きさの小さいアズキでコンテスト型に近いヨツモンマメゾウムシが有利）、(2)豆の質（ブラックアイの利用ではアズキゾウムシが有利、アズキの利用ではヨツモンマメゾウムシが有利）という豆の違いによるものだと考えられる。

### 第3章：2種寄主—1寄生蜂の個体数動態

2種マメゾウムシ（アズキゾウムシ・ヨツモンマメゾウムシ）とゾウムシコガネコバチの3者の個体数動態を調べた。アズキとブラックアイの割合を変えることで、ゾウムシコガネコバチの捕食圧を調整した(B.R.=0, 0.2, 0.5, 0.8, 1.0)。アズキの中の幼虫はあまり寄生されず、ブラックアイの中の幼虫はほとんど寄生されるため、ブラックアイの割合が高いほど捕食圧が高くなる。寄生蜂を導入すると、アズキだけの条件では(B.R.=0) 寄生蜂を導入しなかったときと変わらずアズキゾウムシが消滅したが、ブラックアイとアズキが混合された条件では(B.R.= 0.2, 0.5, 0.8) 2種マメゾウムシの共存時間は2種マメゾウムシのみの共存時間より有意に長くなり、さらに2種マメゾウムシの個体数が交互に増加・減少を繰り返すような優占種交替の振動が多くの繰り返しで観察された。さらに、ゾウムシコガネコバチが、3者系個体群動態においてどのように選好性を変化させているかを調べた。累代実験個体群の中から1週間ごとに少数の寄生蜂を取り出し、選好性実験を行った。寄生蜂のアズキゾウムシ寄主選好性とアズキゾウムシ・ヨツモンマメゾウムシ成虫個体数の関係について相互相関解析を行った。寄生蜂の選好性は、2週間前のアズキゾウムシ成虫個体数と有意な正の相関、ヨツモンマメゾウムシ成虫個体数と負の相関があった。ゾウムシコガネコバチは主に2週間齢の幼虫に産卵するため、2週間前の成虫個体数は、それらの成虫が産卵し現在寄生蜂が寄生可能な発育段階のマメゾウムシ幼虫密度と相関があると考えられる。このことから、ゾウムシコガネコバチは現在寄生している寄主幼虫の個体数に対して寄主選好性を変化させているスイッチング捕食者であることが示された。

### 第4章：ゾウムシコガネコバチの寄主学習

寄生蜂は一般に、寄主やその寄主が利用する植物などの化学的物質を用いて寄主を探索することが知られており、産卵経験とともに連合学習することでその化学的物質に対する反応が増加するという多くの報告例がある(Turlings et al. 1993; Vet et al 1995)。一方、寄生蜂は自分が餌として育った寄主に対して選好性をもつ（羽化時における学習）場合も報告されている。そこで、ゾウムシコガネコバチによる寄主学習実験を行った。ゾウムシコガネコバチの2種マメゾウムシ幼虫への選好性が、自分が餌として育った羽化寄主、過去の産卵経験による学習、ゾウムシコガネコバチの系統（アズキゾウムシで維持された系統と、ヨツモンマメゾウムシで維持された系統）によってどのように変化するかを調べた。産卵経験による条件付けとして、どちらかの幼虫を与えて一定時間産卵させ、その後同数の2種マメゾウムシの幼虫を与えて一定時間産卵させ、個体ごとの蜂の寄主選好性を決定した。その結果、羽化寄主やゾウムシコガネコバチの系統は蜂の選好性に弱い影響しか与えなかった。しかし、ゾウムシコガネコバチが羽化後産卵を経験した

寄主に対しては強い選好性を示し、産卵経験による学習は選好性に大きな影響を与えることが分かった。次に、マメゾウムシ幼虫からのアセトン抽出物を豆に塗布して、条件付けを行った寄生蜂の行動観察を行った。ゾウムシコガネコバチは条件付けされたマメゾウムシ幼虫からのアセトン抽出物を塗布した豆に対してより産卵活性を示し、匂いの学習により寄主マメゾウムシに対する選好性を獲得していると考えられる。

#### 第5章：共通の捕食者と2種被食者のモデル解析

寄生蜂の捕食パターンが3者系の動態にどのように影響を与えるかを調べるため、3章の時系列を用いてノンパラメトリックなモデルを構築した。2種マメゾウムシのみの時系列を用いて推定したモデルは、アズキゾウムシとヨツモンマメゾウムシの初期値依存の競争排除を予測し、2章の結果に一致した。3種の時系列を用いて推定したモデルでは、2種マメゾウムシ間の種間競争が寄生蜂の導入により大幅に減少していることが示された。しかし、ゾウムシコガネコバチがヨツモンマメゾウムシよりもアズキゾウムシにより高い捕食率を示すことが推定され、寄生蜂が導入された場合にもアズキゾウムシが消滅することが予測された。次に、このモデルに寄生蜂のスイッチング捕食を導入し、シミュレーション解析を行った。その結果、スイッチング捕食を導入すると3種の共存時間が大幅に増加することが予測された。このことから、寄生蜂の導入により2種マメゾウムシの共存時間が長くなるメカニズムとして、寄生蜂のスイッチング捕食が重要であることがわかった。

#### 第6章：総合考察

これらの結果から、本実験系において寄生蜂導入による共存促進のメカニズムは、寄生蜂による正の頻度依存的な捕食によるものであることが示唆された。本実験は、可塑的に行動を変化させる捕食者が相互作用しあう複数種の共存持続性を増加させる可能性を始めて実験個体群によって示すことができた。本実験で見られたような産卵経験による寄主選好性の獲得は多くの寄生蜂で報告されている。昆虫に限らず鳥・魚など多くの生物で、学習による行動の変化や頻度依存捕食は広く報告されており、このような行動的可塑性が、多様な群集の構成種の共存維持に大きな役割をもつ可能性を示唆している。また、このような学習による捕食パターンの変化は遺伝的に固定された選好性の進化による変化よりも非常に速く起こる。そのため、捕食者の可塑的な行動の変化は系の共存持続性の促進に重要であると考えられる。