

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 中嶋美冬

生物多様性の保全が世界的な緊急課題となっている。この保全のためには生物多様性が維持されるメカニズムの理解が重要である。

本論文は、魚類の右利きと左利きと呼ばれる種内二型を題材として、種内多型が維持されるメカニズムについて理論的に考察した。左右性は1遺伝子座2対立遺伝子に支配される左利き優性のメンデル遺伝と考えられている。また捕食者は自分とは反対の利きの餌を主に捕食していること、つまり交差捕食が生じていること、種内の利き比率は数年の周期を持って振動することが報告されている。本論文では、交差捕食が魚類の左利きと右利きの共存を維持し、利き比率を振動させる要因であるという仮説を立てた。すなわち、以下のような頻度依存淘汰が起きていると考えた。餌種に左利きが多い時、それを捕食する種では右利きが有利となり多数派になるため、やがて餌種で左利きが減少して右利きが増え、捕食者では左利きが有利となって増加する。つまり被食者と捕食者において多数派の利きの入れ替わりが繰り返される。この仮説を基に構築した個体群動態モデルおよび遺伝子頻度動態モデルを用いて野外で観察された利き比率の変動様式（周期と位相のずれ）を再現可能かどうかを調べた。

個体群動態モデルとして、生態学でよく用いられるロトカボルテラの被食者・捕食者モデルを基本にして、右利きと左利きを含むように拡張した1捕食者1被食者の2種系（4者系）モデルを作成した。さらに雑食（複数の栄養段階を捕食）のある3種系モデルを作成した。系の振る舞いを解析的にあるいは数値シミュレーションを用いて検討した。全ての系において、唯一の共存平衡点は種内の利き比率が1/2、すなわち各種で右利き：左利き=1：1となる点であった。1捕食者1被食者の系では、平衡点は中立安定型であり、大域的には安定（平衡点の周りでの振動型）であった。捕食者と被食者には1/4周期の遅れが見られ、野外で観察された変動を再現できた。雑食のある3種系でも共存平衡点は存在し、この平衡点は局所的に不安定であったが、シミュレーションではリミットサイクルが現れ、全ての種において右利きと左利きは共存し、種内の利き比率は周期的に振動した。被食者

には右利きと左利きがいるが捕食者 2 種には一方の利きしかいない系は安定ではなく、捕食者が二型になるか絶滅した。

遺伝子頻度動態モデルとして、1 遺伝子座 2 対立遺伝子で右利きが劣性であるメンデル遺伝を想定したモデルを構築した。1 捕食者 2 被食者の系では共存平衡点では各種内の利き比率が 1/2 であった。被食者と捕食者ともに利き比率の周期的な振動が見られ、被食者 2 種の位相は一致していた。これは遺伝的浮動を考慮した場合でもほぼ同様であった。遺伝的浮動の効果は振動周期と振幅に表れた。遺伝的浮動による遺伝子頻度の不確実性が大きいと周期は長くなり、振幅が大きくなることが分かった。内的自然増加率が大きい種や捕食圧が高い種においても同様であった。雑食のある 3 種系でも共存平衡点では各種内の利き比率が 1/2 であった。この平衡点は局所不安定、シミュレーションではリミットサイクルが出現した。また野外で得られたデータとは逆に、同じ利きを捕食する方が効率が良い場合、右利きと左利きの個体群は共存しないことが分かった。6 種からなる 2 段階の食物網（3 捕食者 3 被食者系）では、捕食を通じた利き比率の振動への間接効果について検討した。捕食者は被食者を共有せず、被食者間にのみ競争がある場合にも、利き比率振動の周期性はやや失われた。その傾向は内的自然増加率が小さい被食者と死亡率が小さい捕食者で顕著であった。捕食者のうち 1 種が被食者 2 種を利用する食物網では周期性は大きく失われた。しかし捕食者 3 種のうち 2 種が被食者を共有する食物網においては周期性は回復した。同じ食物網内にいる種の個体密度の増減が各種の利き比率振動に間接的に働き、予想外の効果をもたらすことが分かった。

本論文は左右性という種内多型が交差捕食によって維持されるという仮説を新たに提示し、理論生物学の手法を用いて詳細な検証を試みた。さらに、系が不安定になる条件を明記し、種内多型を維持する種苗放流の必要性を示唆した。

審査委員会では、遺伝子頻度動態モデルと個体群動態モデルの関係、野外での左右性の変動と個体数変動の関係などに関する質問が出されたが、申請者は的確に回答した。本論文により交差捕食の定義が明確になったとの指摘があったように、学術的価値の高い研究となっていることは全員の一致した見解であった。討議はむしろ今後の課題に集中し、理論の野外検証に一層努めてほしいとの意見が出された。

以上のように、本論文を高く評価する意見が相次いだ。審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として十分に価値あるものと認めた。