

氏 名	山 村 光 司
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	論 農 博 第 2288 号
学位授与の日付	平 成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	昆虫の空間分布集中性と個体群動態の関係についての理論的研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 久 野 英 二 教 授 西 岡 孝 明 教 授 高 藤 晃 雄

論 文 内 容 の 要 旨

昆虫の空間分布, すなわち, 生息場所内での個体の空間的な配置様式は, (1) 昆虫が利用する資源の分布様式, 及び (2) 資源あたり昆虫個体数の分布様式の二つの要素の複合として成立している。本論文は, このような階層構造を念頭におき, 資源あたり昆虫個体数の分布がどのように形成され, その集中性が昆虫個体数の時間的変動にどのような影響を及ぼしているのか, さらに, 利用資源の分布が資源あたり個体数の分布にどのような影響をもたらしているのかという問題について, 理論的及び実験的に解析した結果をまとめたものである。

第1章では, 昆虫の空間分布を特徴づけている集中性が形成される過程を近似的に表現する数学モデルを作成した。ここでは昆虫個体群がコロニーから構成され, そのコロニーが成長する際に, 占有面積の広がりとともに単位占有面積あたり個体数も相対成長的に増加するとの単純かつ一般的な仮定をおき, そこから導かれるモデルが, 昆虫分布における平均密度と分散の関係を記述する経験式として知られる Taylor (1961) のべき乗則 (power law) 及び平均密度と個体が存在する区画の比率の関係を記述する河野・杉野 (1958) の式を説明しうることを明らかにした。

第2章では, 個体数の世代ごとの変動を記述する単純な差分方程式型モデルに基づいて, 空間分布の集中性が一般に個体群動態を安定化させる役割を果たしていることを理論的に検証するとともに, Taylor 展開近似を用いることによって, その安定化の効果を左右する諸条件を解析した。

第3章では, より複雑で具体的なシステムとして, ヒメトビウシカによって病原ウイルスが媒介されるイネ縞葉枯病の疫学システムを取り上げた。ここでは媒介虫の空間分布を組み入れたモデルを構築してその特性がシステムの安定性に与える影響を野外データと対照しながら解析し, 媒介虫の分布集中性が低ければ疾病の侵入が起こりにくいこと, そして十分に高ければ媒介虫の密度変動が大きい場合でも疾病の発生が安定化されることを明らかにした。

第4章では, 第1章で用いたコロニー拡大モデルを用いて, 昆虫の個体群では分布の集中性が普遍的な特性であることの進化的な理由についての解析を行った。ここでは植物の成長に伴う葉の空間分布を昆虫の分布のモデルに見立て, その地上被覆面積を適応度の測度としてシミュレーションを行うことによって, コロニーが空間的に拡散する際にコストがかかるという前提の下では, 分布集中度に明確な最適値が存在することを検証した。

第5章では, 野外に設定したキャベツとそれを食うモンシロチョウ幼虫の実験系を用い, キャベツの分布や栽植間隔を操作することによって, 昆虫の利用資源の空間分布が資源あたり個体数の空間分布にどのように影響し, ひいてはそれが個体群動態にどんな効果をもたらすかを解析した。その結果, 資源の分布の集中度が増せば, 幼虫自身の分布集中度も高くなって幼虫密度は局部的に高くなるものの, 食害されずに残る資源量の変動が減少し, システムの安定性が増すことが明らかとなった。

第6章では, 以上の諸結果を総合して, 昆虫の空間分布を特徴づけている集中性は一般的な特性として密度依存的反応を平滑化する効果を持ち, このためにさまざまなシステムで動態を安定化する作用をもたらすとの一般的な結論を導いた。さらに, この結論は昆虫ばかりでなく, 他のさまざまな生物の個体群に対しても適用しうることを明らかにした。

論文審査の結果の要旨

昆虫の空間分布は一般に均一ではなく集中的であることがよく知られているが、このような分布集中性は、その個体群動態にもさまざまな形で大きな影響を及ぼしていると考えられる。本論文は、昆虫における分布集中性がどのように形成され、それが個体数変動のさまざまな局面でどのような影響をもたらしているのかという基本的な問題を数学モデルを用いて解析するとともに、その結果の実験及び野外データに基づく検証を試みたものである。成果として評価できる点は以下の通りである。

1. 昆虫個体群を一定の法則に従って成長するコロニーの集合体として捉える新たな視点からその空間分布形成過程を表現する数学モデルを作成し、昆虫分布の特徴である集中性がもたらされるメカニズムを理論的に解明した。さらに、このモデルが、昆虫分布における平均密度と分散の関係及び平均密度と存在区画率の関係をそれぞれ記述する経験式としてこれまで多用されてきた Taylor のべき乗則及び河野・杉野の式を説明しうることを示し、この両式が持つ生態的意味を初めて明らかにした。

2. 一般的な仮定の下に個体数の世代ごとの変動を記述する単純な差分方程式型モデルを用いた解析により、空間分布の集中性が一般に密度依存的反応を平滑化する効果を持ち、これが個体群動態を安定化させる役割を果たしていることを理論的に検証するとともに、その安定化の効果を左右する諸条件を詳細にわたって明らかにした。

3. より複雑な系としてヒメトビウナカによって媒介されるイネ縞葉枯病の疫学システムを取り上げ、媒介虫の空間分布を組み入れたモデルを作成してその特性が系の安定性に与える影響を野外データと対照しながら解析した結果、媒介虫の分布集中性が低ければ疾病の侵入がむしろ起こりにくく、また十分に高ければ媒介虫の密度変動が大きい場合でも疾病の発生が安定化されるという興味深い知見を得た。

4. 前記1の分布形成モデルをもとに、植物の成長に伴う葉の空間分布を昆虫の分布のモデルに見立て、その地上被覆面積を適応度の測度としたシミュレーションを行うことによって、コロニーが空間的に拡散する際にコストがかかるという前提の下では、分布集中度に明確な最適値が存在すること、したがって分布の集中性が進化の産物としての個体群特性の一つとみなしうることを明らかにした。

5. さらに、キャベツとそれを食うモンシロチョウ幼虫の実験系を用い、キャベツの分布や栽植間隔を操作することによって、野外において昆虫の利用資源の空間分布が資源あたり個体数の空間分布にどのように影響し、それが個体群動態にどんな効果をもたらすかを解明した。すなわち、資源の分布の集中度が増せば昆虫自身の分布集中性も高くなって被害されずに残る資源量の変動が減少し、システムの安定性が増すというモデルからの理論的予測を検証した。

以上のように本論文は、昆虫の空間分布の特性である集中性がもたらされる過程とそれが個体群動態に与える影響をさまざまな角度から理論的及び実験的に解析して多くの新知見を得たものであり、昆虫生態学並びに応用昆虫学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成12年1月20日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。