

氏名(本籍)	なか みち やす ふみ 中道康文(大分県)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博甲第4983号		
学位授与年月日	平成21年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	<b>A Theoretical Study on Population Persistence Originated from Individual Variability</b> (個体差がもたらす生物個体群の持続性についての理論的研究)		
主査	筑波大学准教授	理学博士	徳永幸彦
副査	筑波大学教授	農学博士	渡辺守
副査	奈良女子大学教授	理学博士	高須夫悟
副査	筑波大学講師	理学博士	大橋一晴

### 論文の内容の要旨

生態系における生物個体群の持続性のメカニズムを明らかにすることは、生態学における主要なテーマの1つである。生態系は、そのすべてが生物間相互作用の絶妙なバランスの上に成り立っている。そのうち、被食-捕食の関係は、生態系の根幹をなす関係である。一見すると、捕食者が被食者を食べ尽くしてしまうため、非常に不安定に見えるこの関係が、どのようなメカニズムで維持されているのかを明らかにすることは、生物個体群が持続するメカニズムを明らかにする上で非常に重要である。過去の研究により、被食者の個体群の群集に何らかの構造があり、捕食からの生存率が異なる集団が同時に存在することが、食うものと食われるものの共存に重要であることが分かった。この構造とは、たとえば生息している場所が違うことや、形や性質が違うことを指す。生息している場所が2つあり、一方は餌が豊富にあるが隠れる場所がなく非常に食うものに発見されやすい場所で、他方は餌はあまりないが岩場や植物の影になり、捕食者から発見されにくい場所であった場合を考えると、たとえ生存率の低い集団が絶滅してしまったとしても、生存率の高い集団から低い方へ集団の一部が移動することで、被食者と捕食者の両方の個体群を維持することができる。

このような研究は主に数式を用いた理論的研究を中心に進められてきたが、このとき集団内に存在する個体間の性質の差(個体の多様性)はないものと仮定されてきた。しかし、実際の生物はたとえ同種で、あったとしても、個体毎に性質が少しずつ異なっている。被食者に個体の多様性があり、その性質が捕食からの生存率に影響を与える場合、その影響は無視できない。例えば、被食者はある一定以上の大きさに成長すると、捕食者の餌として捕食の危険にさらされるが、成長速度に差がある場合、捕食の危険にさらされる期間が個体間で異なるため、被食者の個体間で生存率に違いが生じる。このように、容易に個体の多様性が被食者-捕食者系の共存に影響を与えると考えられるにも関わらず、これまでその影響について調べた研究はほとんどなかった。それは、理論的研究は主に差分方程式や微分方程式を用いて行われてきたが、これらの方程式の中に個体の多様性を導入すると、式が非常に複雑になり、解析が困難になることが原因としてあげられる。一方、実験的な実証実験もほとんど行われてこなかったが、これは被食者-捕食者系の個体数の変動

と共存を検証するには、非常に長い時間がかかるのが原因である。

本研究では、個体の多様性のひとつであり、昆虫などで普遍的に見られる個体間の成長速度の差に注目し、成長速度の個体差が被食者-捕食者系の共存に与える影響を寄主-捕食寄生者系を用いて調べた。まず、寄主としてヨツモンマメゾウムシ (iQ) とその寄生蜂であるコマユバチ (hp) を用いて、成長速度の個体差が実際に個体群動態に影響を与えているかどうか検証を行った。iQ 系統単独での実験系と、iQ と hp の実験系を構築し、長期 (最大 700 日) にわたってその個体数の変動を記録した。また、寄主-捕食寄生者系の個体群動態を表すために、従来の研究で用いられてきた個体の多様性を排除した微分方程式モデルと、個体の多様性を扱うために使われる個体ベースモデルを構築した。そして、実際の実験個体群による個体数の変動の結果に対して、微分方程式のモデルと構築した個体ベースモデルとでどちらが当てはまりがよいかを調べた。すると、寄主単独の場合も、寄主-捕食寄生者系の場合のどちらでも、微分方程式モデルよりも個体ベースモデルの方が、実験結果に対して当てはまりがよかった。これは、個体間に成長速度の差があると、繁殖するタイミングが個体毎に異なるため、個体数の変動の周期が実際の成長速度の長さよりも短くなるため、微分方程式のモデルでは、それが表現できないことが原因であると考えられる。

このように、成長速度の個体差は個体群動態に影響を与えることが示されたが、それは食うものと食われるものの共存をもたらすのであろうか。そこで、共存をもたらす条件を検証するために、上記の個体ベースモデルを用いたシミュレーションを行った。すると、捕食寄生者の捕食にさらされない幼虫期間の長さ、成長速度の個体差のばらつきの間バランスが、寄主-捕食寄生者系の共存にとって重要であった。特に、ヨツモンマメゾウムシの実際の捕食にさらされない期間の長さ (11 日) の時には、個体間での成長速度のばらつきが実際よりも小さいと、寄主、捕食寄生者ともに絶滅してしまうが、実際の値と同等かそれ以上である場合には共存することが分かった。これは、寄主全てが同じように成長してしまうと、全ての個体が捕食にさらされてしまうが、成長速度に違いがあると、ある個体は既に大きくなって食われてしまうが、成長が遅いために体が小さく捕食寄生から逃れられるものがあるという、寄主の中に捕食寄生からの生存率の差が生まれたためであると考えられる。

以上のように、生物個体群の持続性のメカニズムを解析する上で、個体間の性質の違いは無視できないものであることを示した。生物の多様性は、生息地の多様性や種の多様性、それに個体の多様性に分けられ、それぞれの生物個体群の持続性に対する重要性について議論が行われてきた。しかしこれまで、生物間相互作用、特に被食者-捕食者系においてほとんど扱われることのなかった個体の多様性が、複数種の共存に大きな影響を与えることを明らかにした点で、本研究結果は非常に重要であると言える。

## 審査の結果の要旨

長い間理論モデルの中で無視され続けてきた、本当の意味での個体差、あるいは個性を、真っ正面から取り上げた研究である。特に、毎日餌を換えるという前代未聞の実験系を組むことによって、真摯に個体差以外の振動要因を排除した点は大変ユニークと言える。個体ベースモデルを構築することによって、従来の知見とは異なり、個体差は系を不安定にするだけでなく、現実的なパラメータ領域内で安定な状況も作り出せることを示した貢献は大きい。本研究によって得られた知見を、微分方程式系に個体差を分布関数を用いて導入したモデルの結果と比較検討することによって、より深い議論ができると思われる。本論文の第 2 章は、既に著名学術雑誌に掲載されている。第 1 章についても近日掲載予定である。

よって、著者は博士 (理学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。