

氏 名	中 島 久 男
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 485 号
学位授与の日付	昭 和 52 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 一 専 攻
学位論文題目	モ デ ル 生 態 系 に お け る 安 定 性 お よ び 周 期 性

(主査)
論文調査委員 教授 寺本 英 教授 富田和久 教授 山口昌哉 教授 松原武生

論 文 内 容 の 要 旨

種内および種間の複雑な相互作用をもった生物集団の安定性、あるいはその個体数の変動を解析する数理モデルは、Volterra, Lotka および Kolmogoroff にはじまり、この分野の仕事は特にこの10年の間に飛躍的に増大してきている。その研究の主流は生物集団の力学モデル、すなわち個体数の変動を微分方程式系によって記述し解析する仕事である。申請論文は、この分野における重要な課題である周期的変動を与える解の存在条件を、種々の相互作用をもった系について解析した結果をまとめて報告したものである。

生物集団の個体数が周期的な変動を示す事例は数多く知られているが、その原因が単に外部環境の周期変動に同調することによるものではなく、系内の相互作用の特性によって自律的な周期変動を示す場合がある。こうした自律的な周期変動を生み出す相互作用には、捕食被捕食の相互作用、種内種間の競争による相互作用、あるいは時間遅れを伴う相互作用などが考えられる。申請者はこれらについて系統的な詳細な解析を行なっている。

まず、(i) 捕食・被捕食者の2種からなる系については、Volterra 系では中立安定な周期解が得られることはよく知られているが、一般に増殖率や捕食率に密度依存性がある場合について、Lyapunov 関数を用いて解析している。増殖率の過密効果による減少と、捕食のスイッチング効果は系の安定化に効き、逆に Allee 効果と捕食の飽和効果は系を不安定化して、それらのパラメーターのある条件下では、不安定平衡点のまわりに漸近安定な周期解が存在することを明らかにしている。つぎに、(ii) 共通の資源を利用して競争関係にある2種の生物集団については、過密効果、Allee 効果、捕食のスイッチング効果を考慮した場合にも、系の平衡点の数や安定性が変化するだけで、周期変動をする解は存在しないことを証明している。(iii) 増殖の密度依存性に時間遅れのある系、また捕食による捕食者の増加に時間遅れのある系について、履歴の重み関数が指数関数で与えられる場合には、それらを記述する微分方程式が、3変数の連立微分方程式に帰着されることを示し、不動点定理を用いる手法によって周期解が存在

することを証明している。さらに、(iv) たがいに競争関係にある3種系についても、2種系では存在しなかった周期解が存在することを、上と同様の手法を用いて証明した。

これら申請者の研究は、系の平衡点近傍の局所的安定性だけでなく、大域的な安定性および周期性を調べることに重点を置いた研究であり、とくに3変数の場合に対して Lyapunov 類似関数と不動点定理を併用した周期解の解析結果はこの分野で重要な知見を与えるものである。

参考論文は、(i) 食物連鎖網の力学モデルを基礎にして、生態系の構造と安定性および効率の関係を解析し、さらに生態系の遷移に関する Margalef の説の定式化が試みられたもの、(ii) 相互作用の特性と多種系の安定性の関連を調べた研究、(iii) 化学反応系を確率過程として記述する定式化を行ない、それによって拡散律速の2分子反応系における多体相関を解析した研究、の報告である。

論文審査の結果の要旨

申請者は、生物集団の力学モデルを用いて、生物集団系の安定性と、周期変動を示す解の存在条件を種内および種間のいろいろな相互作用をもった系について解析し興味ある結果を得ている。生物集団の個体数が周期的な変動を示す実例は数多く知られているが、その原因が単に外部環境の周期変動に同調することによるのではなく、系内の相互作用の特性に起因して自律的な変動を示す場合がある。こうした自律的周期変動の解析は Volterra 以来の population dynamics における1つの中心的課題であった。自律的な周期変動を生み出す相互作用には、捕食・被捕食の相互作用、種内種間の競争による相互作用、あるいは時間遅れを伴う相互作用などが考えられる。申請者はこれらについて系統的に詳細な解析を行なっている。

得られている結果を要約すると、i) 捕食・被捕食者の2種からなる系については、Volterra 系では中立安定な周期解が得られることは周知のことであるが、一般に増殖率や捕食率に密度依存性がある場合について、Lyapunov 関数を用いて解析し、過密効果による増殖率の減少と捕食の飽和効果は系を不安定化して、それらのパラメーターのある条件下で漸近安定な周期解が存在することを明らかにしている。ii) 共通の資源を利用して競争関係にある2種の生物集団については、過密効果、Allee 効果、捕食のスウィッチング効果を考慮した場合にも、系の平衡点の数や安定性が変化するだけで、周期変動を示す解は存在しないことを証明している。iii) 増殖の密度依存に時間遅れのある系、また捕食者の捕食による増殖に時間遅れのある系について、履歴の重み関数が指数関数で与えられる場合には、それらを記述する方程式が3変数の連立微分方程式に帰着されることを示し、不動点定理を用いる手法によって周期解が存在することを証明している。iv) たがいに競争関係にある3種系についても、2種系では存在しなかった周期解が存在することを、上と同様の手法で明らかにしている。

これら申請者の研究は、系の平衡点の局所的安定性だけでなく、大域的な安定性および周期性を調べることに重点がおかれた研究であり、とくに3変数の場合に対して Lyapunov 類似関数と不動点定理を併用した周期解の解析は、この分野でのまったく新しい知見を与えるものであり、またこれら一連の研究結果は、生物集団あるいは食物連鎖網の安定性や変動を研究するために必要な基礎的な事実を明らかにしたものであるとして、この分野の研究に大きく貢献するものである。

参考論文は、i) 食物連鎖網の力学モデルを基礎にして、生態系の構造と安定性および効率の関係を解析し、さらに生態系の遷移に関する Margalef の説を定式化したもの、ii) 相互作用の特性と多種の安定性の関係を調べた研究、iii) 化学反応系を確率過程として記述する定式化を行ない、それによって拡散律速の2分子反応における多体相関を解析した研究であり、これらはいずれも申請者の豊富な学識と、秀れた研究能力を示している。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。