

氏 名	巖 佐 庸 いわ さ よう
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 609 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 3 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 生 物 物 理 学 専 攻
学位論文題目	生 活 史 の 適 応 と 進 化 , そ の 数 理 的 研 究

論文調査委員 (主 査) 教授 寺本 英 教授 山口昌哉 教授 柳田充弘 教授 日高敏隆

### 論 文 内 容 の 要 旨

主論文は、申請者が生物の形態・機能・行動などの適応性を最適化問題として数理的にモデル化し、それらを分析することによって生物の生活史パターンを研究した一連の成果をまとめたものである。取り扱われている問題は多岐にわたるが、大きく大別すると資源利用の最適戦略と生活史の最適パターンに関する問題といってよい。個々の問題に対して評価関数、制御変数および制約条件を生物学的立場から設定して、最適化問題として定式化し、生物の合目的見地からの最適行動あるいは生活史のパターンを調べ、進化における自然選択の側面を詳しく論じている。種々の問題が9章に分けて論じられ、それぞれ興味ある結果が得られているが、そのうちで代表的なものを紹介する。

空間的にパッチ状をなして存在する餌場を渡り歩いて採餌する場合の最適採餌戦略 (Foraging strategy) については、Charnov, Oaten, Green 等によっていくつかの理論が提出されているが、まだ試論の段階に過ぎない。申請者は、それらも包含した3つの戦略 a) 捕食数固定戦略 b) 捕食時間固定戦略 c) GTU (giving up time) 固定戦略を確率過程として定式化し、解析した結果、各パッチが等質の場合には捕食数固定戦略が最適であり、パッチの質にばらつきのある場合には GUT 戦略が有利であることを確かめた。すなわち、各パッチでの餌の分布に応じて最適戦略が異なる。そこで申請者は、捕食者がパッチに入ってから履歴を用いて残存餌量のある程度推定するという d) 履歴戦略を提案している。この統計的推定値によって行動を決定する戦略によれば、パッチの質の違いによる対応が可能になり、じっさい等質パッチの場合はこの戦略は捕食数固定戦略と等価になり、餌がポアソン分布をしているときには時間固定戦略と等価になる。

生活史戦略 (life history strategy) の一つとしての最適死亡戦略では、評価関数として再生産の全量、制御変数としては各齢ごとの瞬間死亡率を採用して最適化問題を解析している。仮定としては、個体の成長速度は、有限資源のもとで個体数密度の減少関数であり、再生産量は個体重量の増加関数であるとして、全再生産量を最大にするための瞬間死亡率パターンを、Pontryagin の最大値原理を用いて分析している。その結果として、資源が過剰にある場合を除いては、一般に、ある齢  $t_0$  までは最大死亡率をとり、 $t_0$  以

後は最小死亡率をとるというパターンが最適であることが示された。この  $t_c$  の値は初期密度が大きいほど、また資源量が少ない程大きくなる。これらの結果は、種々の魚や哺乳動物についての観察や実験のデータと比較してその妥当性が検証されている。

その他、資源利用の問題としては、複数個体の協力が許される場合と許されない場合とで、採餌努力の最適分布パターンが異なることから、社会的進化機構の意義を論じているし、卵数-卵重量の問題では大卵少産あるいは小卵多産をもたらす条件を分析している。また集団遺伝の理論に関連づけて、密度依存的淘汰理論を拡張して、生存曲線のパターンの進化の満たすべき規準を提示している。

参考論文6編のうち2編は主論文に関係した問題を扱ったものであり、1編は生物の分布様式形成と集合度指数に関係した問題を分岐拡散過程としてモデル化し分析したものである。また、他の3編は、びわ湖産淡水エビ類の呼吸速度および排泄速度、ならびにびわ湖における沈水植物群集における大型無脊椎動物の影響に関する実験ならびに理論的な解析を行ったものである。

### 論文審査の結果の要旨

生物の種々の行動や生活史パターンの適応性を、生命現象の合目的見地からみた最適化問題として数理的モデルによって解析し、進化における自然選択の一側面を論ずる研究は比較的最近になってはじめてられた新しい分野である。

主論文は、申請者がとくに資源利用の最適戦略と生活史の最適パターンに関係した諸問題を中心にして研究してきた一連の成果をまとめたものである。種々の問題が9章に分けて論じられており、それぞれに生物学的に意義のある興味深い結果が得られている。数学的手法としては、個々の問題に対応して、評価関数、制御変数および制約条件を生物学的立場から設定して、最適行動あるいは最適生活史パターンを調べるのである。最適採餌戦略の研究では、従来提案されていたいくつかの考え方が不十分であることを明らかにした上で、新しく履歴戦略のモデルを提示している。これは生物がある程度経験情報を利用して最適行動を決定しているというモデルで、従来の理論では説明不可能であった餌の分布構造に依存した最適採餌法を見事に説明するもので、今後の生態学的な観察や実験の解釈に有力な手がかりを与えるものといえる。

また、最適死亡戦略の問題では、再生産の全量を評価関数とし、個体の成長速度は、有限資源のもとでは個体数密度の減少関数であり、再生産量は個体重量の増加関数であるという仮定のもとで、(Pontryagin)の最大値原理を用いて解析し、資源が過剰にある場合を除いては、一般にある  $t_0$  までは最大死亡率をとり、 $t_0$ 以後は最小死亡率をとるというパターンが最適であることが示されている。この  $t_0$  は、初期の個体数密度が大きく、また資源量が少ないほど、大きな値をとることが示されている。この結果は多くの動物についての観察や実験データからその妥当性が検証されている。

その他、資源利用の問題としては、複数個体の協力が許される場合と許されない場合とで、採餌努力の最適分配パターンが異なることから、社会的進化機構の意義を論じているし、卵数-卵重量の問題では、大卵少産あるいは小卵多産をもたらす条件を解析している。また集団遺伝の理論に関連づけて、密度依存的淘汰理論を拡張して、生存曲線パターンの進化の満たすべき規準を提示している。

主論文に収められたこれら一連の研究結果は、生態学的ならびに行動学的にそれぞれ重要な示唆を与えるもので、今後のこれらの分野の発展に少なからず寄与するものと思われる。いずれの仕事についても申請者の生物学に対する豊富な見識と、それらを解析的問題として定式化する数学的素養の優秀さがうかがわれる。

参考論文 6 編のうち 2 編は主論文に関係した問題を扱ったものであり、1 編は生物の分布様式形成と集合度指数に関係した問題を分岐拡散過程としてモデル化し、解析したものである。また、他の 3 編は、びわ湖淡水エビ類の呼吸速度と排泄速度、ならびにびわ湖における淡水植物群集における大型無脊椎動物の影響を実験的に調べ、理論的な解析をしたものである。

これら参考論文をあわせ考えて、申請者は研究者として生物学の豊富な見識をもつだけでなく、それらを理論的に解析する秀れた才能をもっていることがわかる。

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。