

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 北門 利英

集団は多くの場合階層構造を持っている。しばしば異なる分集団が混合し、そのパターンが時間的に変化する。生物資源を正しく管理し、保全していくためには、この複雑な集団構造とを、精確にモニタリングすることが重要である。そこで本論文では、集団の空間的あるいは時間的な構造を精度良く推測するために、新たな統計遺伝モデルを構築し、モデルを規定する未知パラメータの推定方法と計算アルゴリズムの開発を行った。そして、水産資源から得られたデータにモデルを適用することで、その実用性および有用性を検討した。本論文は序章と総合考察を含む 8 つの章から構成される。

第 2 章 遺伝的均質性の検定の検出力

検定により集団間の遺伝的差異が認められなかったとしても、それは必ずしも集団が均質であるということを意味しない。調査により得られた標本の大きさが不十分であったり、不均質性の度合が大きくなかったりする場合に、仮説は棄却されない。そこで、島モデルのシミュレーションにより、分集団化の強さおよび標本サイズと検出力の関係を評価した。北西太平洋 3 海域から 185、103、113 頭サンプリングされたニタリクジラの場合、有意な差異は認められなかったが、この場合の検出力は十分に高いことが確認された。

第 3 章 積分尤度による集団間の遺伝的差異の推定

無限島モデルは、アレル頻度がメタ個体群の分集団間で確率的に分布するとする。多くの集団遺伝学的調査では、各サンプリング地点から集められる個体数は 30 程度と限られるため、 F_{ST} の推定精度は低くなる。分集団の遺伝子頻度について尤度を周辺化して推定量の分散を抑えることができるが、負の偏りを免れない。そこで、さらに遺伝子頻度の分布を規定する超パラメータを周辺化した、積分尤度によるアプローチを提案した。シミュレーションの結果、従来法よりも偏りおよび精度の点で優れた推定性能を有することが示された。また、太平洋ニシンのデータへ適用し、積分尤度による方法の有用性を確認した。

第 4 章 継時的サンプリングによる混合率と遺伝的浮動の同時推定

いくつかの基準群が混合した混合群においては、そのアレル頻度は基準群のアレル頻度の重ね合わせとなる。栽培漁業においては、基準群は放流前の自然集団と放流集団であり、混合群は放流後に漁場に存在する集団である。放流集団の遺伝的組成は得られるが、漁獲は放流後の混合集

団から行われることが多く、前年の混合群が基準群として代用される。そこで、放流群と自然集団を継時的にサンプリングしたデータから、混合率と遺伝的浮動を同時推定する統計モデルを構築した。シミュレーションの結果、遺伝的浮動をやや過小推定するものの、混合率は偏り無く推定することが示された。浦戸湾のノコギリガザミの放流事業の調査を解析した結果、放流種苗の寄与が小さいこと、自然集団が小さいことが示された。

第5章 不完全な基準群情報による混合率の推定

混合率の推定で、ある基準群からの情報が得られない場合でも、基準群を単純無作為交配集団として定義することにより、遺伝子型のデータから基準群の遺伝組成と混合率を同時推定することができる。そこで、外来集団のみが基準群と想定できる場合の統計モデルを提示した。東京湾のアサリ資源では、中国あるいは北朝鮮からの外来集団の個体の放流が進められているが、本モデルにより解析した結果、サンプルの得られた場所では外来集団はほとんど混合していないと推定された。

第6章 混合率の空間構造と平滑化

空間分布する集団では、混合率は空間的に変動するが、近接する集団は似た混合率を持つ。そこで、混合率の平滑性を事前分布の形で取り込んだモデルを構築した。シミュレーションの結果、特にサンプルサイズの小さなエリアにおいて推定値の分散を減少させる利点が確認された。

第7章 混合率と集団間の差異の同時推定

第7章では、第3章と第6章のモデルの融合を図り、基準群が未知の場合、混合率に加えて集団間の遺伝子流動率も同時に評価可能な統計モデルを構築した。シミュレーションの結果、 F_{ST} の値が小さいときに混合率と F_{ST} を過小推定することが示された。しかしながら、遺伝子座と標本数を増加させることで、推定精度の改善が可能なことも同時に示された。

以上のとおり、本研究では、集団間の遺伝的差異と混合の構造に注目し、空間的あるいは時間的な混合の様子の違いや変化を正確に推定するための統計モデルと推定方法を開発した。これらのモデルは、いずれも、申請者が水産資源の管理とモニタリングで遭遇した困難を克服していく中で提案されたもので、様々な場面での適用が可能である。これらの研究は学術上および応用上価値が高く、よって、審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。