

氏 名	丸 山 毅 夫 まる やま たけ お
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	論 理 博 第 363 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 9 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Studies of Mathematical genetics on geographically structured populations (細分化された集団の数理遺伝学的解析)
論文調査委員	(主 査) 教 授 皆 川 貞 一 教 授 寺 本 英 教 授 山 口 昌 哉

論 文 内 容 の 要 旨

集団遺伝学の数学的理論においては、普通、集団が全体として任意交配を行なう単純化されたモデルを仮定して計算を行なう。これは数学的なあつかいを簡単にするためである。

しかし自然界においては、生物の種は多くの場合いくつかの地域的な分集団から成り立っていて、個体が一代の間に移動する距離は種の全分布域よりはるかに小さい。

集団が地域的に細分化されることにより、遺伝子頻度によどのような地域的分化が期待されるかを明らかにすることは遺伝進化学の上で重要な問題である。また地理的構造を考慮に入れて集団遺伝学の問題を解くのは困難であるため、どのような条件がみたされておれば任意交配集団とみなしうるかを明らかにすることも重要である。これらに対して最初の重要な貢献はライト (1940, 1943) によるもので、彼は個体の連続分布のモデルを用い、距離による隔離の理論を発表した。その後マレコー (1948) が連続分布のモデルを用い、微積分方程式の方法で距離と遺伝的相関の間の関係を求めた。1964年木村・ワイスはいわゆる stepping stone model を用いて、この問題を扱った。このモデルでは全集団が多数の不連続の集団から成り、毎代の個体の移住は隣り合った分集団に限られる。木村・ワイスの扱ったのは無限の長さにわたって分布している場合で、平衡状態における遺伝子頻度の分散や距離と遺伝子相関との関係を求め、遺伝子頻度の地域的分化をしらべた。

申請者の主論文は、木村・ワイスの研究を発展させたもので、特に全集団が任意な有限個の分集団から成る場合について、定差方程式の方法を用いて、厳密な解をえることに成功した。また、その定差方程式の固有値と固有ベクトルをすべて求めることができたので、平衡状態における解だけでなく、任意の初期条件について時間的変遷を知ることができる。その重要な場合として、細分化された集団中に保有される遺伝的変異量の機会的変動による減少速度を求めることができた。これはライトを始めとする多くの人達によっていろいろの交配様式の場合について研究され、特に任意交配のもとでは集団の個体数の2倍の逆数に等しいことが知られていたことの拡張である。減少速度だけでなく、定常的減少状態における遺伝的

相関と距離の関係を求めることができた。

さらに集団中に保有される遺伝的変異量を、平衡状態および定常的減少状態の集団について、木村・クローの定義による有効な複対立遺伝子数を用いて求めることに成功した。そして平衡状態で1つの分集団に属する個体間の近縁係数 (f_0) と集団全体から任意に抽出した個体間の平均近縁係数 (f) との間に移住率とは独立に成立する関係式をえた。この式はまた集団における遺伝子頻度の地域的分化の程度や遺伝子が自然淘汰に関して中立かどうかを検定するのに用いることができる。

上に述べた固有値、固有ベクトルと平衡状態における距離と相関の間の関係を詳しくしらべ、細分化された集団が、ほぼ任意交配集団とみなされるための必要・十分条件を明らかにした。それによると空間の次元数によりその条件が異なる。とくに顕著なのは、一次元空間ではその条件が移住個体数と分集団の数の両方に依存するが、二次元空間では、移住個体数にだけ依存し、空間の大きさとはほぼ無関係な点である。

また、上にのべた f_0 におよぼす f の影響をしらべた。一次元空間では f が小さくなりやすく、 f_0 に対する影響は比較的少ないが、二次元空間では f が常に f_0 に強く影響をおよぼすことが明らかになった。無限集団では f は常に0であるから、二次元空間の場合は、相当に大きくても有限集団と真の無限集団との間には遺伝的相関、遺伝的変異量、地域的分化に関し、かなりの相違のあることがわかった。

論文審査の結果の要旨

申請者の主論文は、地理的に細分化された有限集団の遺伝的構成を数理的に解析したもので、平衡状態における遺伝的相関と距離との関係、遺伝的変異の分集団中の保有量および集団全体における保有量、さらに任意交配集団として近似できるための条件などを解明したものである。

集団遺伝学、特に分子レベルでの変異と進化を扱うのに地域的構造を考慮に入れた理論はますます重要になって来ている。しかし、任意交配の仮定の下で解かれている多くの問題を細分化された集団について解くことは非常に困難である。

申請者の研究は、この方面において、ライト、マレコ、木村・ワイスの主として無限集団に関する研究を有限集団に発展させたもので、多くの興味ある結果を得ている。

有限個の分集団から成る場合、集団全体が有限なために生ずる変動があり、解析は極めて複雑であるが、申請者は遺伝子頻度の共分散行列がみたす定差方程式を導き、それを解いた。定差方程式の固有値と固有ベクトルはすべて求めたので、それによって集団の有するいろいろな性質をしらべることができた。

実際の生物集団はすべて有限であるから、この仮定のもとに、分集団間の遺伝子頻度の分散や相関を求めることは重要なことである。

また、申請者は集団中に保有される遺伝的変異の量とその減少速度も求めた。これらは遺伝的多型現象の研究や分子進化の仕組の研究に重要な役割を果すと考えられる。さらに、近交係数と集団の平均近縁係数との関係を明らかにしているが、これは遺伝子の自然淘汰に対する中立性や、突然変異率、集団の大きさなどの推定に役立ち、遷移状態についてのロバートソンの式と並んで興味の深いものである。これらの解析をもとにして、任意交配の状態に近づく条件が一次元空間と二次元空間では異なっていることを明ら

かにし、特に後者の場合、それが移住する個体数のみに依存することを明らかにしたことは、集団遺伝学の理論の上で極めて重要なことである。また、二次元空間の分集団の内に保有される遺伝的変異の量は集団全体の大きさに強く影響されることを明らかにした。これはアイソザイム多型の分布の研究にも重要な意味を持つと考えられる。参考論文1と2は、集団が複雑な境界をもつ場合の解析であり、参考論文3は、集団構造と遺伝子の固定確率の関係を論じたものである。参考論文4は、移住が地理的に非対称な場合の解析である。以上の参考論文のいずれも、集団遺伝学および進化遺伝学に関係のある興味ある結果を与えている。

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。