

論文審査の結果の要旨

氏名 高橋 拓也

本論文は5章からなる。第1章はイントロダクションであり、本論文の背景と目的について論じている。文化的多様性はヒトの大きな特徴であるが、文化進化理論において文化、あるいは文化形質は、個体間で非遺伝的に伝達される形質として定義される。本論文は、特に集団間での文化形質の伝播に主眼を置き、文化進化の空間的・時間的動態を記述する数理モデルの開発と、文化形質の具体例として、言語地理学で観察されている言語の拡散現象へのモデルの適用を目的としている。

第2章では、本論文で開発した数理モデルの基本的枠組みを導入するとともに、日本の方言の地理的分布について指摘されてきた京都を中心とした同心円構造について、モデルを用いた分析を行っている。集団を頂点、集団間の文化伝播の向きと強さを有向辺で表したネットワークを考え、集団間の伝播確率行列によりネットワークを定義する。第2章では、文化中心としての役割を担う単一の集団において異なる語形バリエントが次々と生じることを仮定し、バリエントの周辺集団への伝播過程に注目する。数学的解析により、平衡状態において各集団が保持するバリエントの古さの平均と標準偏差などの導出に成功している。これらに基づき、文化中心の近くに新しいバリエントが、中心から離れるに従いより古いバリエントが同心円状に分布し得ることなどが明らかにされている。第2章で得られた知見は、日本の方言に関して提起されてきた方言圏論に数理的根拠を与えるものである。

第3章では、第2章のモデルを拡張し、単一の文化中心だけでなく、ネットワーク上のすべての集団で文化バリエントが生じる可能性を考慮している。このことにより、バリエントの古さに加えて、その起源集団（ネットワーク上のどの集団で生じたか）や伝播時間についても定量的な扱いを可能にしている。集団遺伝学における遺伝子系図の概念を文化現象に応用することにより、ある時刻にある集団で観察されるバリエントが、集団間の伝播の経路を時間的に逆向きに辿って起源集団に至るまでの過程を、マルコフ連鎖として定式化している。数学的解析により、平衡状態において各集団で期待されるバリエントの古さの平均と標準偏差、および特定の起源集団に由来するバリエントの古さの平均などを導出している。また、これらの結果を用いて、集団のネットワーク上の配置が文化バリエントの古さや起源集団に与える効果を検討するため、ランダム・グラフを用いた数値解析を行っている。これにより、多くの集団から文化形質を伝播される集団では新しいバリエントを保持しやすいこと、多くの集団に文化形質を伝播する集団で生じたバリエントは他集団において高頻度で保持されやすいことなどが示唆されている。

第4章は、二地点間の地理的距離と言語距離との関係を議論している。「日本言語地図」データベースに収録されている日本各地 2400 地点における 103 項目の語形データの分

析から、二地点間の言語距離（語形の Levenshtein 距離の平均）が地理的距離と強く相関することや、地理的距離の増加に伴う言語距離の増加の勾配が、地理的距離の増加とともに減少することなどが見出され、従来から指摘されていた傾向が改めて確認された。また、同じ 2400 地点の人口と相互の地理的距離のデータから伝播確率行列を構成して第 3 章のモデルを適用することにより、任意の地点で見られる語形バリエーションの起源地点や古さの推定を行っている。例として東京で生じたバリエーションが西方向より東方向により速く伝播すること、京都で生じたバリエーションは逆に東方向より西方向に速く伝播することなどを予測している。さらに、語形の伝達、突然変異、個体学習を組み込んだ計算機シミュレーションから得た 2400 地点間の言語距離の予測値を用いて、突然変異率、個体学習率、地点間の相互作用範囲の指標を近似ベイズ計算により推定している。

第 5 章はディスカッションであり、本論文で開発した数理モデルを既存のモデルと比較するとともに、その限界と今後の展望について論じている。

本論文は、文化進化の空間的・時間的動態を分析するための新たな数理的枠組みを提供するものである。特に、文化バリエーションの古さ、起源集団、伝播時間に関する定量的扱いを可能にした点で新奇性が高い。主要な結論が、数値計算やシミュレーションによらない数学的導出により得られており、一般性、拡張性が高いという点でも意義が深い。また、言語の拡散現象へのモデルの適用により、言語地理学で提唱されてきた仮説が、どのような条件の下で現象と整合的であるかを示した点でも価値がある。

なお、本論文第 2 章から第 4 章は、井原泰雄との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。