

## プロジェクト名(タイトル):伝搬波モデルにおける進化ダイナミクス

利用者氏名:岡田崇

理研における所属研究室名:数理創造プログラム

## 1. 本プロジェクトの研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

本研究の目的は、集団の進化のダイナミクスが空間構造によってどのような影響を受けるかを定量的に明らかにすることである。

ある集団が新しい空間に侵入するとき、個体の密度の時間発展は Fisher-Kolmogorov-Petrovskii-Piskunov 方程式という伝搬波のモデルでモデル化でき、FKPP 波は、伝搬速度の性質によって、いくつかのクラスに分類されている。近年、FKPP 波のクラスによって、遺伝的情報のダイナミクスが全く異なることがわかってきた。また、実験的にも酵母や大腸菌を使って、そのような現象が観測され始めている。本研究によって遺伝的情報と FKPP 波のクラスとの関係を明確にできれば、それらの実験に対して理論的な基礎づけを与えることができる。

## 2. 具体的な利用内容、計算方法

空間を離散化して、格子上に存在する個体群が確率的に成長・移動するモデルを考える。遺伝的情報を解析するために、集団内の個体にラベルをつけて、ある時間が経過したときに、集団の先祖がどの個体に由来するかをトラッキングした。C++によって実装した。

また、環境変化が進化ダイナミクスにどう影響を及ぼすのかを扱うために、環境に対応するパラメータが時間的・空間的に変化する状況についても解析を行った。

## 3. 結果

伝搬波の種類によって、将来の遺伝的多様性が空間のどの位置から由来するかを定量的に調べた。空間上を伝搬する集団においては、伝搬波の先端に存在する少数の個体が高い固定確率を保つことが確認できた。

また、環境の変動の例として、時間的に拡散係数や適応度が変動する状況を調べたところ、個体の固定確率は、その個体の空間的位置に応じて、特徴的なパターンを示すことがわかった。このような振る舞いは、伝搬波を解析的に記述する理論的モデルからの予想と定性的に一致することが確認できた。

## 4. まとめ

本研究では、FKPP モデルと呼ばれる伝搬波のモデルに基づき、空間構造と進化ダイナミクスとの関係を明らかにすることに取り組んだ。進化の数理モデルの多くは空間構造を無視するが、空間構造は進化ダイナミクスに質的に大きく変える可能性がある。特に、集団が空間を伝搬するような状況では、伝搬する方向の先端に存在する少数の個体が集団進化に大きな寄与をすると考えられる。本研究では、進化ダイナミクスを特徴づける量のひとつである、子孫数の分布及び固定確率を数値計算した。また、環境変動と子孫数の分布に関して、理論からの予測と定性的に一致することを数値的に確認した。

## 5. 今後の計画・展望

本研究では遺伝的には中立な変異のみを考えたが、有益な変異が空間中にどのように広がっていくかという問題は、近年、理論的にも実験的にも盛んに研究されている。本研究で用いた数値計算を拡張することで、有益変異を考慮することができるので、今後それに取り組みたい。

また、変動環境下における固定確率の振る舞いは、理論的なモデルからの予想と定性的には一致することは確認できた。

本研究で扱っている空間構造を持つ集団の進化は、理論的に興味深いだけでなく、ウイルスや微生物の進化を理解する上で非常に重要であると考えられる。これらの集団の進化についてより定量的な理解を得るためには、理論的な解析を発展させるとともに、詳細な数値計算を引き続き行う必要がある。