

時間遡及的見方による集団増殖率の解析

Retrospective analysis for population growth

氏名 杉山 友規

所属 東京大学生産技術研究所

英文氏名 Yuki Sughiyama

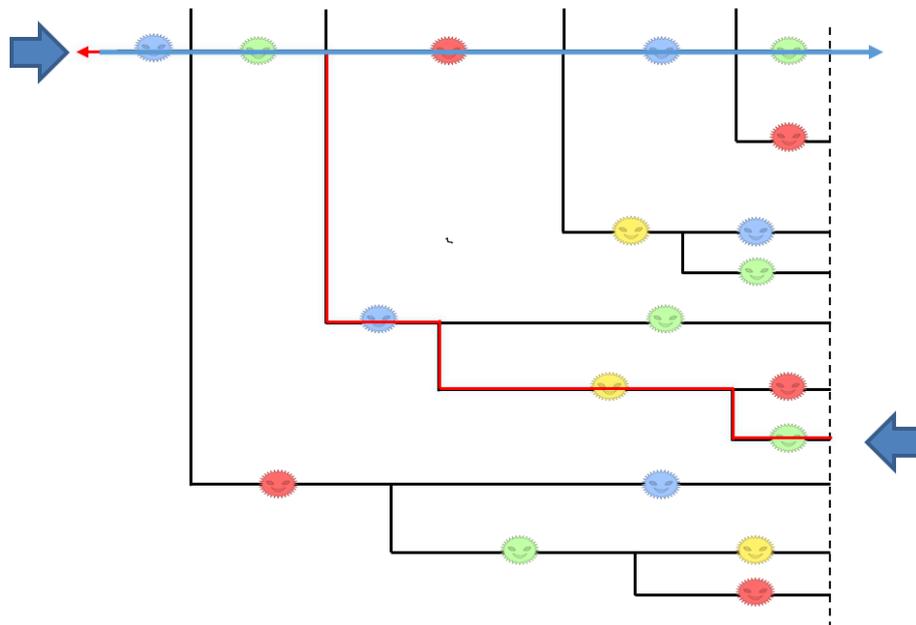
英文所属 Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

E-mail yuki.sughiyama@gmail.com

細胞集団の“集団”としての増殖率（集団増殖率）を制御することは様々な分野で現れるユビキタスな問題である。例えば医学的分野においては、我々はがん細胞や病原性細胞の集団サイズを抗がん剤や抗生物質などを用いて抑制することを考える。一方、進化生物学の文脈では、細胞集団は変動する環境の中を生き残るため、集団増殖率を最大化する。さらに、もう少し大きな系を考えてみよう。細胞を個人に置き換えることにより、有性無性の違いはあるものの、ここでの集団増殖率の制御を人口制御と読み替えることも出来る。このように非常に重要な集団増殖率の制御であるが、実際に実行しようと思うと、細胞（個人）の個体間ダイバーシティが大きく、適切な処方箋を作ることは難しい。本研究では、この制御問題に対して、細胞系譜（家系図）データ（以下の図参照）を用いて解析することを試みる。結果としては、系譜を時間遡及的に辿ったときに得られる統計量が重要な役割を果たすことがわかる。以下で、少し具体的な本講演で紹介する理論の内容について、述べてみよう。

今、各々の細胞（個体）は異なるタイプ（遺伝型や表現型）を持っており、このタイプに依存して分裂までの時間（分裂年齢）や分裂数が確率的に決定される系を考える。この設定は、環境に適したタイプを持つ個体ほど多くの子孫を残せることを意味し、そのタイプが進化的に生き残ることを表す。人口学とのアナロジーを述べると、タイプを個人が所有する資産として定義し、資産を多く持つ個人ほど多くの子供を産むと仮定することに対応する。このような系に対して、集団増殖率（人口増加率）を評価することは言うまでもなく最も基礎的な問題の一つであろう。特に、環境が変化したときの集団増殖率の応答を評価することは応用上とても興味深い。人口学的に述べれば、社会状況の変化により資産価値が変動したときの人口増加率の変化を計算することに対応する。これらの問題に対して、本講演では細胞系譜（家系図）データを用いて解析する。具体的には、細胞系譜を時間前向きに辿った母子関係を表す経路と時間後ろ向きに辿ったそのの違いに着目することが解析のエッセンスとなる。（以下の図参照）結果を数学的に述べると、時間前向きのパス上に定義される大偏差関数を増殖バイアスにより Legendre 変換することで集団増殖率が評価される。また、この構造を用いることにより、環境変動に対する応答は、時間後ろ

向きのパス上で計算される統計量から計算できることが明らかになる。さらに、これらの結果はただの理論ではなく、近年では実験的に検証可能なものであることも紹介する。



図： 細胞系譜（家系図）データ

色が各細胞のタイプを表す。また、母と娘のタイプは分裂時の突然変異により異なる場合がある。青線は母細胞から娘細胞をトレースした時間前向きパスを表し、赤線は娘細胞から母細胞をトレースした時間後ろ向き（遡及的）パスを表している。

本講演は数理をベースとした理論的なものではあるが、近年の実験装置の発展なども紹介しつつ、数理を専門としない人にもファミリーなものになるよう心掛ける。また、理論自体は細胞集団を対象とした“生命科学的”なものではあるが、人口問題とのアナロジーを意識して構成しようと考えている。

参考文献

- [1] Y. S. and T. J. Kobayashi, J. Phys. A: Math. Theor. Vol. 51, 125001 (2018).
- [2] Y. S. et al, Phys. Rev. E Vol. 91, 032120 (2015).
- [3] T. J. Kobayashi and Y. S., Phys. Rev. Lett. Vol. 115, 238102 (2015).