

2020 年 5 月 21 日

統計数理研究所・坂田准教授へのインタビュー

大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構
統計数理研究所 広報室

今回の論文は理論的でプレスリリースにも専門用語が多いため、著者の一人の統計数理研究所の坂田准教授に、統計数理研究所広報室より、一般向けにいくつか質問いたしました。下記はその質問と回答です。

【質問 1】今回、優れた研究ツール(モデル)を構築されましたね。

【回答 1】統計物理学のモデルは 30 年以上前から生命進化の研究などに用いられているのでこの点には新しさはありません。

【質問 2】今回、構築したモデルで得られた新しい知見は何でしょうか。

【回答 2】上記に述べましたように、統計物理学のモデルはそれほど珍しくないのですが、近年の生命科学の実験結果で得られている「表現型空間の次元が縮減されている」という結果を受けまして、統計物理学のモデルでその現象を進化的に再現することが可能なのか、また再現できた場合、統計物理学の理論を用いて上記の現象がどのように数学的に表現されるのか、という点を研究したのが今回の論文です。

【質問 3】著者の東京大学 金子先生、統計数理研究所 坂田先生は、ミクロな分子レベルからマクロな社会文化現象に至るまで、進化を含めて全ての生命過程を統一的に説明可能な方法(モデル)を研究されていますね。

【回答 3】統計物理学のモデルを生命科学の問題に適用するとき、必ずしも対象を限定しないことが多いです。そのため、現実の特定の現象を数理モデルで説明できるわけではないのですが、対象を限定しないモデルだからこそ、抽象的な概念レベルで結びつく様々な生命システムの階層に適用可能で、これらの階層に連なる普遍的な性質を記述することができる、と考えています。

回答 2 で述べた「実験」というのは、現状では大腸菌などの原始的な対象が主なのですが、一般的な遺伝子型と表現型の写像関係だけを仮定した統計物理学のモデルでの研究を通して、理論予想としてはおそらく色々な階層、色々な生物で起きていると考えています。

回答 2 に述べた「数学的表現」というのは、これらの様々な対象に共通する法則を抽出しているのではないかと期待しています。

【質問 4】統計物理学は回答 1、2、3 を可能にする学問であることがよく分かりますね。

【回答 4】これはその通りですが、おそらく既に共有されている認識だと思います。

【質問 5】今回得られた知見は今後どのようなことに役立てられる可能性があるのでしょうか。

【回答 5】今回の研究結果について、産業面への展開は思い付かないのですが学術的な面について役に立ちそうなことについて書きます。

プレスリリースの方にも書きましたが、表現型空間は非常に高次元で、いろいろな表現型が実現しうるのに、レプリカ対称性が存在するときは実際に実現している表現型はその中のごく一部で、ある「主軸」と呼ぶ方向性に沿っています。遺伝子型の変化、環境の変化に応じて表現型も変化するのですが、その表現型変化も主軸上で起きていました。

遺伝子型変化と環境変化というのは全く異なる変化でして、前者は世代にわたる変化で、後者は一世代内の変化です。表現型の変化が常に主軸上で起きるという点を利用すれば、一世代内の情報から、その後の世代にわたる変化が予測できると考えられます。つまり、環境変化によってどのように表現型が変化するかを観察することで、将来的な遺伝子型変化によって表現型がどのように変化していくかが推測できます。今回の研究は、予測という概念が進化の理論および実験に導入されるきっかけとなると期待しています。

ちなみにこの性質は統計物理学ではよく知られている線形応答関係と類似のものです。

同様の考え方で「予測」を定義し定量化している分野はすでにあって、それは統計学です。統計学では、仮定した統計モデルの適切さを検討する際に、予測性能を評価することがあります。ここでの予測性能とは、未知のデータに対する統計モデルの適切さにより定義され、赤池情報量規準や交差検証誤差などがその評価指針です。これらを統計物理学の理論に従って書き下すと線形応答関係を用いて予測性能を評価していると解釈することができます。

統計学は、実験の現場では単なるデータ解析手法と捉えられているかもしれませんが、今回の研究を通して表現型空間の次元縮減やそれを説明する進化の理論において統計学におけるモデリング理論が導入される可能性があると考えています。

以上