



数式を使って 社会を変える

ネットワーク情報学部准教授
小田切健太

おだぎり けんた

1978年東京都生まれ。東京大学総合文化研究科博士課程修了。博士（学術）。専門は統計物理学、非線形動力学。近年は、物理学の手法を用いた生命・社会現象の数理モデリングについての研究を行っている。担当科目は「物理学」など。趣味は、ゲーム、マラソン、スキーなど。

←生田9号館の研究室にて。写真に写るのは学生が開発した自動変速機付き自転車

◆◆ 物理学は役に立たない？

皆さんは「物理学」と聞くと、どのようなイメージをもつでしょうか？ 意味不明な難しい公式を使って計算をする学問、というイメージを持つ方が少なくないかもしれません。私が担当する教養科目の「物理学」の初回の授業では、学生の皆さんに物理学に対するイメージを聞いていますが、その中でも目を引くのが「現実にはない状況で公式を使って計算する」という意見です。ここから垣間見えるのは、「物理学は理想的な状況下でのみ考えているので役に立たない」というイメージです。ですが、学期を通して受講することで「物理学がこんなに私たちの生活に関連しているとは思わなかった」とイメージが変わる学生が多くいます。

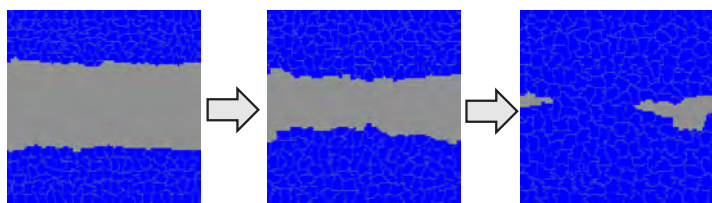
それでは、なにが「物理学は役に立たない」と感じさせるのでしょうか。おそらくそれは「現実にはない状況」や「理想的な状況」といった言葉に表れているのかと思います。気持ちを代弁するならば、「現実の世界はとても複雑なのだから、現実ではありえない理想的な状況でのみ物事を考えている物理の公式は役に立たない」といったところでしょうか。しかし物理学を含む自然科学は、現実世界で起こる複雑怪奇な現象から「理想的な状況」で起こる現象をうまく取り出すことで、この世

界に対する理解を深めてきました。特に物理学は、理想的な状況下での精密な計測に基づいて理論（いわゆる「公式」とよばれるもの）を構築してきました。複雑な現象からいくつもの「理想的な状況」を取り出し、それらを組み合わせることで対象となる現象と理論的に向き合うことができるのです。このような「理想的な状況」を組み合わせ、数理的に表現したものを数理モデルと呼びます。物理学は、数理モデルを活用して現象を理解する学問だと言えます。

◆◆ 「集団」のふるまいを記述する数式

私の専門である統計物理学は、我々の身の回りにある目に見えないほど小さく、数えきれないほど多く存在する原子・分子を、一つのまとまり（集団）として理解するために、数式とコンピュータを駆使して研究を行う学問です。この学問のおかげで、現在の我々の豊かな生活を支える物質の性質について理解することが可能になりました。しかし現在では、統計物理学のカバーする範囲は、生命・社会・経済など幅広い対象へと急速に広がっています。

なぜ物理学がこれらの全く関係ないような現象へ適用できるのでしょうか？ ポイントは、「多数の要素が



↑図1：数理モデルによる創傷治癒実験のシミュレーション結果

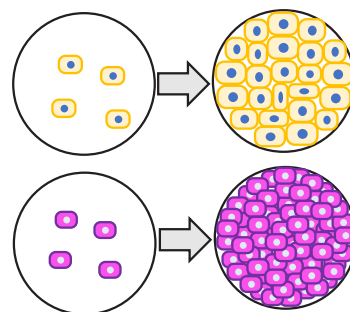
らなる集団をまとまりとして考える」という統計物理学の考え方にあります。本来は、原子・分子の集団を考えていたわけですが、それを数式に置き換えた段階で原子や分子であったことは重要ではなくなります。「 $2+3=5$ 」という数式のみを考える際に、みかんとリンゴの数の合計であるのか、あるいは男子と女子の人数の合計であるのか、ということは重要ではないのと同じことです。このような「数式がもつ抽象化能力」を活用することで、原子・分子集団に関する物理学の理論を、細胞の集団や人間の集団（社会）のふるまいの記述に役立てることができるのです。

◆◆ 磁石の研究を医療に役立てる

私の研究を一言で言うならば、物理学の理論を活用して様々な現象の数理モデルを作り、現象の理解を目指すものです。近年は、生命現象や社会現象といった複雑な現象の数理モデル化（数理モデリング）と数理モデルの活用についての研究を行っています。

ここでひとつ、最近の研究例を紹介しましょう。日本医科大学の形成外科のグループと共同で、傷の治り方（創傷治癒）についての研究を行っています。たとえば、指に少し切り傷ができたとしても時間が経つと傷口は自然に塞がります。これは、傷口周辺の細胞が傷口を閉じるように集団で動いていくことが、一つの重要なポイントになります。このとき細胞レベルでは何が起きているのかについて詳しく調べるため、ヒトの表皮細胞を培養し、そこに人為的に傷をつけるモデル実験を行いました。この実験から、傷ができることで傷口に面した細胞に力が加わり、そこから化学物質が分泌されることが分かりました。さらに、分泌された化学物質が後方の細胞へと広がっていくことで細胞の状態が変化し、集団として傷口を塞ぐように動き出すことが分かりました。また興味深い実験結果として、傷口を広げるような力を加えると傷の塞がり方が早くなることも確認されました。

我々はこのモデル実験で得られた結果を基にして、細胞集団の創傷治癒の数理モデルを構築しました。細胞集団の数理モデルについては、実は磁石の性質をあ



↑図2：(上) 正常な細胞は高密度で増殖停止
(下) がん細胞は異常増殖

らわす数理モデルを活用しています。磁石と細胞、と言われると全く関係ないものを感じられますが、数理の目を通してそれぞれの現象の本質を取り出してくることで、共通点が見えてくるのです。このモデルに、化学物質の分泌や広がりといった実験で観察された結果を加えることで、創傷治癒の実験結果を再現できる数理モデルを作ることができました（図1）。

◆◆ 数理モデルの社会への積極的な活用に向けて

さらに現在は先述した日本医科大学のグループと共同で、ガン細胞のふるまいを高精度に予測する数理モデルの開発を進めています。ガン細胞が正常な細胞と比べて大きく異なる点は、異常増殖することです（図2）。創傷治癒の例で言えば、正常な細胞であれば傷口が閉じれば細胞の増殖は止まるのに対し、ガン細胞にはこの機能がありません。異常増殖することによって、本来周囲の細胞に行き渡るはずの栄養をガン細胞が過剰に消費してしまうことで、栄養が必要な部位に行き渡らなくなります。この異常増殖のふるまいについて数理モデルを用いて高精度に予測することができれば、ガン治療の基礎研究に大きく貢献することができます。

また、昨今世界を大きく混乱に陥れている新型コロナウイルスの感染拡大に関しても、数理モデルを積極的に活用した感染予測についての研究が行われています。しかし現在の感染予測の研究に関しては、クラスター感染の影響などを必ずしも正確に取り込めていないものもあります。我々は、関連する分野の研究者と協力して、より高精度な予測が可能な数理モデルを作る研究の準備を現在進めています。

これらの研究では、ガン細胞の計測データや感染者数の推移のデータをAI（人工知能）の研究で用いられる手法を活用することで、より高精度な予測ができるモデルに深化させることができます。皆さんが「役に立たない」と思っていたかもしれない物理学や数学を活用することで、よりよい社会を作るためのサポートができる未来がもうすぐそこまで近づいています。