

秋元 琢磨 研究室

創域理工学部 先端物理学科 教授

あきもと たくま
秋元 琢磨 先生



秋元先生（中央）と、取材に協力してくれた学生たち

ミクロとマクロの世界の違いが 物理学研究者を惹きつける

人間はどうやって物事の理^{ことわり}や、あらゆるものの成り立ちを覚えてきたのだろうか。

『神様が将棋を指しているところを、そのルールを知らない人間がそれを見えています。ずっと見ていると、そこに何らかのルールが見えてきて、やがてその人間も将棋がさせるようになった』という話があります。

将棋がそうであるように、社会も、そして物理学も同様で、何事においても観測をすることで何かのルールが発見されていくのです。理論物理学というものも、わかりやすく言えば『自然が従う法則を明らかにする』ことなのです」と秋元琢磨先生は話す。

この話は、かつてファインマンという学者がチェスを使って説明したもので、日本には将棋があるので置き換えて使わせてもらっているとのこと。

その初期の段階ではニュートンの『リンゴが落ちるのを見て万有引力を発見した』という逸話につながる。あらゆるものを地球が引っ張っているのではないか、そういうインスピアがスタートになり、現在はもっと色々なことがわかっており、精密な実験系を組んだうえで、それが本当に正しいかを確かめるようなアプローチになっているようだ。

現在の理論物理と実験物理は、お互いに提案をしながら切磋琢磨している状態だとも話してくれた。

ミクロな物理とマクロな物理

物理学は基本的にものの性質にはよらない普遍的な法則で動いているものだが、多数の粒子が集まったマクロの世界を眺めてみると、ミクロの物理法則とはま

ったく違う法則が見えてくる。ここでいうミクロの世界とは、原子や分子の世界ということであり、その世界での運動を考えるとということだ。

「マクロの世界は、多数の粒子が集まってできていますが、粒子は基本的には『粒』としてとらえることができます。一方、波や熱力学などのマクロの世界を記述する物理では、粒子は連続体として扱われ、『粒』単体の性質が見えない状態になります。私の本来の研究はそのようなマクロな世界をミクロの運動法則からつなぎあわせることなのです。ミクロの物理法則が完全にわかっていたとしても、多数の粒子の運動をすべて解き明かすことはとても難しく、ミクロとマクロをつなぐ理論が重要となっているのです」。

高校までの物理は、法則などを暗記していく時代とも言えるが、大学で研究としての物理学を始めると、方程式を暗記して計算するだけではない、不可思議な世界が現れる。物質の『粒』の性質が見えないようなマクロの世界では、エントロピー増大則などの巨視的な状態を記述する法則は、ミクロな運動に関する法則から単純に導かれることはなく、そこに大きなギャップが存在し、それらへの興味が研究する者を惹きつけている。

エルゴード理論は物理の基本に反するのか

秋元先生が扱う非平衡・非線形物理学や統計物理学という分野は、分子がたくさん集まっている枠の中で、分子がどういうふるまいをするかを調べ、その根源を探るというものである。物理学の原理は分かっている

も、実際にどういふふるまいになるかということはいさし別な話で、複雑性も高くなる。

古典的な力学では、物を斜め上に投げると必ず放物線を描くことになっており、抵抗などを無視すれば、横から見ると放物線は左右対称の形を示す。これをビデオで撮影し、反対回しにすれば対称的に同じ形をとることになっていて、これを時間反転対称性と呼び、物理の法則はすべてこの性質を持っている。

しかし、マクロの世界では粒子がたくさん集まるとこの時間反転対称性が見られなくなる「不可逆性」という大きな問題が出てくる。統計物理学は、このような別の世界が見えてくる研究なのである。

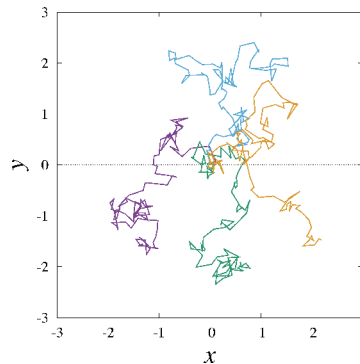
一例として拡散現象というものを示そう。例えば水にインクを垂らすと、インクは色々な方向に一見不規則に広がっていき、いつまで経っても勝手に一カ所に集まることはない。一つ一つのインクの粒は物理の原理に従って動いているはずなのに、元の場所に戻ることがないし、時間反転対称性も見えないのである。

「一つ一つの粒子は複雑な運動をしますが、圧力などの多数の粒子の状態により決まる巨視的な物理量の時間平均量は、平衡状態では、ある程度の一定の値を示すのです。ここで、平衡状態とは、一つ一つの粒子の状態は時間的に変化していますが、巨視的な物理量は時間的に変化しない状態のことを言います。これら二つを調べることから統計力学ができていったとも言われています。平衡状態にはない非平衡状態での統計力学をあつかうために現在注目されているのが無限測度エルゴード理論というもので、私たちは非平衡下での世界を記述する物理法則を解明するために研究を続けているのです」と話す。

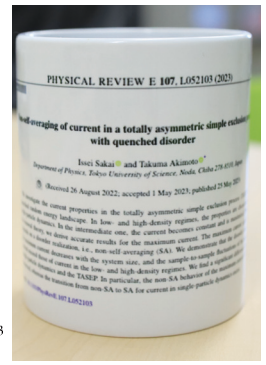
確率論、統計物理学を扱う学生たち

「私は主に確率論、確率化というアプローチでこの研究に取り組んでいるので、学生の多くはそれを理解して研究室にやってきます。研究では学生の主体性が大切ですが、難しい研究でもあるため、研究室に入ってからどのような問題があり、それをどのように解決していくか、というところから学び始めるのがここでの第一歩となります。個々人の研究テーマ選定にあたっては、本人の意向を聞き、私も一緒に考えながら決めていくことが多いです。ゼミ講は週1回で、全員参加の上でマンツーマンでの進捗報告と議論が基本です」と秋元先生は話す。

今回の取材には4人の修士課程の学生が集まってくれた。(学年は取材時のもの)



インク分子の拡散の様子を表した軌跡 (原点からスタートしたもの4本)



学生の卒業研究を図案化した記念のマグカップ

修士2年の堺一世さんは「対称単純排他過程」を研究している。「学部4年から修士1年の前半までは『完全非対称単純排他過程』という、一つの道のような場所に、車の流れのように多数の粒子が動いており、確率過程に従って相互作用をしながら一方向に移動するものを対象としてきました。現在研究中の『対称単純排他過程』では、場所によって粒子の動きが異なるモデルとなり、その中で条件によって渋滞が起きたりする研究になっています」と話す。

修士1年の梅村虎ノ介さんは「アクティブブラウン粒子の拡散性」について研究している。「この粒子は斥力(離れ合う力)を持つモデルですが、斥力を持つにもかかわらず、それとは別の推進力という、集まってくる性質も持っているのです。その力が粒子の拡散にどのような影響を与えているかについて研究しています」と話す。

同、清水真さんは大学4年次には電子の研究を行う研究室に所属していたが、電子の拡散に興味を持ち、当研究室で研究してみたいと思ってやってきた。現在は「一般化ランジュバン方程式を用いた、揺らぐタンパク質構造のダイナミックの記述」を研究している。「シニョリンという小さなタンパク質を対象に、このタンパク質が持っている、構造が大きくなったり小さくなったりする性質のダイナミクスを運動方程式で表現したいと考えています」と話す。

同、白木颯真さんは「サブリコイルレーザーで冷却された粒子の拡散性」について研究している。「このレーザーは運動している気体の粒子にレーザー光を当てることによってドップラー効果と運動量保存の法則によってその粒子を冷却できるというものです。光格子時計という超精密な時計があり、その精度を上げるためにとても重要な部分を担っていて、その進歩にも貢献できるものです」と話してくれた。

太田 正人 (ジェイクリエイト)