

鈴木 克彦 研究室

理学部第一部 物理学科 教授

すずき かつひこ
鈴木 克彦 先生



研究室の学生たちと

原子核や素粒子の世界から宇宙と地球を見つめ、 量子力学の不思議に挑戦する

この世界の物質は原子や分子からなり、原子は陽子と電子からなっている。分子はこの原子が2つ以上くっついたものだ。そして、陽子は素粒子であるクォークとそれを接着する役割を果たすグルーオンという物質で構成されているという。

鈴木克彦先生は理論物理学という世界で、陽子の内部構造を理解するためにクォークを出発点とする考え方を基本に置き、素粒子の性質や初期宇宙の超高温状態のような環境下での様々な物的現象について研究している。

宇宙が始まって1秒後の世界へ

研究対象の一つの中心となる陽子はクォーク3つからできていて、その内部の構造は非常に難しいものようだ。例えば、その中核的な構成物であるクォークの質量を全部合計しても陽子質量の1%程度にしかならず、「質量保存の法則」という一般的な物理学の基本に合わない現象があったり、陽子のスピン（自転に相当）もクォークのスピンの合計からはほど遠い値であったりすることがわかっている。

この世界にある物質の基となる原子は陽子や中性子などの粒子で構成されているが、極端な高温高密度下ではその内部に存在するクォークが自由になって運動すると予想され、その実験的証拠も確認されているのだという。

この状態は、この宇宙が始まってから1秒より前の世界や、中性子星のような高密度天体の中に存在す

ると考えられている。

量子のもつれ合いとこれからの物理学

このようなミクロな物理系を支配するのは、量子力学である。鈴木研究室では場の理論と呼ばれる量子力学の計算方法で、クォークの世界の計算をしている。「これからの物理学を考えると量子力学を避けて通ることはできません。古典的な物理学では定まったとされることが、ある程度の時間内、ある程度の不確定さの範囲であれば、その範疇に収まらない現象が起こりうるというのがこの量子力学の世界なのです。

量子とは電子や陽子、中性子などを含むとても小さい粒子全般を指します。一般の粒子は丸い玉状の物質がイメージされますが、量子力学の中では、波の性質を見せることもあるのです。粒子が物と物としてぶつかり合うだけでなく、「波形の干渉」のような作用もあり、量子という考え方はこの光と波の両方の性質を一つの粒子が持つということになるのです。例えばこれまでのコンピュータではあらゆるものが0か1かで表されてきましたが、量子コンピュータでそれらが重ね合わされた様々な状態を同時に処理できます。この重ね合わされた状態を表すのに、研究者は『量子のもつれ合い』という表現をよく使っています」【図】

鈴木研究室でも重力がある物理系における量子力学の効果について大きな関心を持っていて、

「重力のある系、加速し続ける系、回転する系などは古典力学的にはよく研究されていますが、そこに量

量子力学の効果が加わると大変不思議な現象が起こります。その一つがホーキング輻射と呼ばれる現象で、ブラックホールの蒸発などがそれに当たります。私たちは、重力のある系における『量子もつれ合い』という現象などに着目しているところです」と話す。粒子には質量が等しく、電荷などの正負の属性が逆の反粒子というものがあり、ブラックホールの周囲のような重力が大きい世界では、量子力学的にもつれ合った粒子や反粒子が自発的に飛び出してくるようなことも起きているという。

理論物理学を学ぶには自分マネジメントから

鈴木研究室では毎年、学部生は10人程度、大学院生は2名程度が配属されている。

学部4年のゼミ授業には、1. 素粒子・原子核に関する現象を概観して、その理論的解釈に関するゼミ、2. 群論と呼ばれる素粒子の分類などに用いる数学に関するゼミ、3. 一般相対論を用いて宇宙の膨張や、コンパクト天体に関するゼミ、4. 経路積分を用いた量子論に関するゼミ、5. 物性論で登場する場の理論に関するゼミ、の5つがある。

「理論物理学という、研究者が一人で自分の頭の中で考えるというイメージがありそうですが、自分自身の理解度は他人に話してみないとわからない部分が多く、他者と議論する能力を育てることがとても重要なのです。学生時代などには、ともするとあやふやな表現に陥りやすく、それでは社会に通用しません。研究者自身が自分をマネジメントする力が必要なのです」と鈴木先生は話す。

「神の数式」に憧れて

博士課程3年の寺崎文雄さんは、

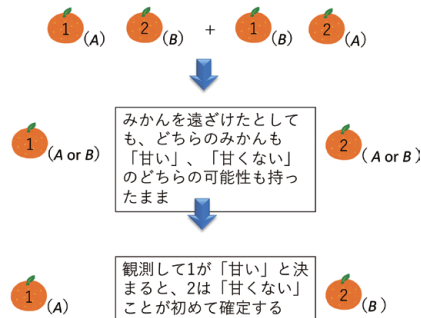
「物理の統計力学の分野に臨界現象というものがあります。二次相転移する物質に起こる現象で、これに強い興味を持っていました。また、素粒子、原子核の分野にも興味があったので、これらに取り組みる場所としてこの研究室を希望しました。

高校時代から特に数学が得意というわけではなかったですが、大学に入り、日本には日本語で読める、それもノーベル賞クラスの方々が書いた素晴らしい研究書がたくさんあることを知り、嬉しくて大学1年生の頃からそれらをたくさん読むようになりました。

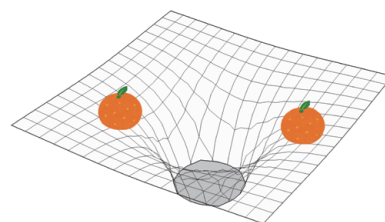
また、2013年にNHKで放送された「神の数式」

量子もつれ合い(イメージ)

2つのみかん1, 2があり、一方は甘い(A)、他方は甘くない(B)とする。常識的には、1, 2のどちらが甘いかは確定している。しかし、量子力学の世界では、実際に観測する(食べる)までは「甘い」、「甘くない」が重ね合った状態になる



重力による真空のもつれ合い



強い重力場中に置かれると、もともとまったく関係のないみかんの間にもつれ合いが生まれる現象

【図】「量子もつれ合い」の考え方(イメージ)

という物理学に関する特集がありました。物理の世界において、一つの方程式でこの世の全ての現象を説明することができるはず、という考えに向かって多くの研究者が取り組んでいるというものでしたが、それにとっても強い興味を感じました。物理学という道を選ぶ一つのきっかけになったと思います。

物理学も『量子』の世界に入ってくると、日常の常識では理解できない現象がたくさん出てきます。例えば、我々が普段『物質』として扱っているものが『波』として捉えられたり、『流れ』として考えたりすることに会うのです。

博士課程ではそういうことをノートに書いて、自分の考えを計算式としてまとめていくのです。現在の私の研究は、計算式だけで200ページくらい、数値計算のコードは1000行くらいあります。研究室においては、これを定期的に先生に見ていただいて、先に進んでいくような形をとっています。

この研究室は小さいものは原子核や素粒子から、大きいものは天体や宇宙論まであり、それがつながっています。相対性理論や量子力学などはすでにできあがった理論であり、ここでは、それを使ってその先の理論を研究しているので、そこがとても面白いです」と語ってくれた。 太田 正人(ジェイクリエイト)