

工学部物理学科／素粒子理論研究室
理論物理学(素粒子理論)

中村 真 教授

【プロフィール】 中村 真(なかもら しん)▷東京都生まれ。1992年3月、慶應義塾大学理工学部物理学科卒業、1994年、京都大学大学院理学研究科物理学第二専攻・修士課程修了(実験物理学)、1997年、同大学院同専攻、博士後期課程・単位取得認定退学(実験物理学)、2001年、総合研究大学院大学数物科学研究所加速器科学専攻、博士後期課程修了(理論物理学)。その後、京都大学基礎物理学研究所、高エネルギー加速器研究機構、理化学研究所、ニールスボーア研究所(デンマーク)、Center for Quantum Spacetime(韓国)、Asia Pacific Center for Theoretical Physics(韓国)、京都大学大学院理学研究科物理学第二教室・素粒子論研究室、同原子核理論研究室における研究員を経て、2013年3月、名古屋大学大学院理学研究科・特任准教授。2014年4月より中央大学理工学部教授。2014年10月より東京大学物性研究所客員教授を兼務(2015年3月まで)。



物質を微細な粒子の組み合わせではなく、“ひも”からできていると捉える。そこから問題をシンプルに解く発想が生まれる。

あらゆる物質は様々な原子の組合せからなり、原子の中にはプラスの電荷を帯びた原子核とマイナスの電荷を帯びた電子があって、さらに原子核の中にはプラスの電荷を帯びた陽子と電荷をもたない中性子がある。このように、物質を微細な小さな粒子でできていると考えるのが一般的な物理学の考え方です。中村先生の専門の「超弦理論」は「超ひも理論」とも言われるように、粒子からさらに小さな点へと捉える考え方ではなく、物質はすべて“ひも”からできているという発想を原点にしています。「理論物理学上のほぼ全ての英知を総動員して取り組むのが面白い」と語る、その面白さとは何か。物理学上の難問を理論を置き換えて解く、という先生の頭脳にアプローチします。

物質の基本単位を粒子ではなく“ひも”と考える理論

それではまず中村先生から「超弦理論」について、説明いただきましょう。難解な数式をもとにした講義ではなく、なるべくやさしく説明いただきます。

「従来の物理学では、物質の基本単位を無限に小さな“点”状の粒子として式を解いていきます。ただ、実際に実験で2つの粒子をぶつけてみると反発力があるので、大きさをもっているとも言えるのですが、“点”として扱うのです。これに対し私が研究する『超弦理論』は『長さがある“ひも”』として捉える考え方です。

陽子と中性子の間に中間子という別の粒子があり、これが行き来することで引力が生まれ互いに引き付け合うという考え方が、日本で初めてノーベル賞をとった湯川秀樹先生の理論ですが、現在は、この中間子の中にクォークという素粒子が2つ入っていると考えられています。

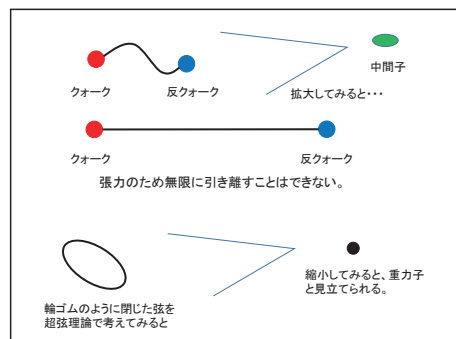
このクォークは、互いにどれだけ離しても引力が弱まらず、完全に引き離すことができません。そこで、この引力を説明するために、張力が一定のゴムのような“ひも”があって、その力が働いていると考えられる、というアイデアが出されました。そう考えることで、中間子の基本的な性質がうまく説明できるのです。この『弦理論』を最初に論じ始めた一人が、やはりノーベル賞受賞者の南部陽一郎先生です」



“ひも”の考え方を重力にも応用

「超弦理論」の「物質の基本単位を“ひも”として捉える考え方」を採用して新たな理論をつくる。これが中村先生の手がける研究です。

「様々なものを“ひも”でつくりましょう、という考え方です。例えば物理学では、物質の相互作用として重力、電磁気力、弱い力、強い力の4つが挙げられるのですが、これらも全て“点”でできているというのが、これまでの考え方でした。これによると、重力も「重力子」という点のような粒子が飛び交うことで力が働いていると理解されます。しかし、これでは常に重力だけが説明しづらく仲間はずれになってしまうのです。そこで「超弦理論」の“ひも”の考え方を使って、全て“ひも”でできている、と説明すると4つともうまく説明できる可能性があることが解りました」



▲クォークを引き離して1つだけ取り出せないのは、「強い力」の特殊な性質で生まれた仮想的な弦のためだと考えられる。

より現実世界に近い 「非平衡系」の研究

この「超弦理論」は物理学の統一理論として注目されています。理論物理学の分野では、4つの相互作用がある、と考えるよりも「全ては“ひも”でできている」と、少ない材料でよりシンプルな説明を目指すのです。

「『超弦理論』の研究には2つのアプローチがあって、理論の不完全な部分を完璧な理論に仕上げる立場もあるのですが、私が行っているのは、現在既にある技術を使って“ひも”の考え方をどんどん応用していく、という手法です」

中村先生の「超弦理論」の応用研究を行ううえで、もう一つの重要な考え方があります。それが「非平衡系」です。

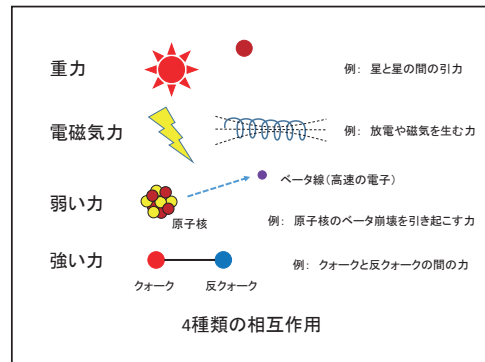
「皆さんが理科で物理を勉強する際、『室内の温度は30度で一定とします』など、ある条件のもとで単純化して考えたと思います。これが『平衡系』で、簡単に言うと何も動かない状態。でも皆さんの周囲を見回しても、様々な条件が動かない環境は殆どありませんね。温度も、人間がいたらその周囲は高くなるし、空気の流れも変わっています。これが『非平衡系』です。しかし、当然ですが『平衡系』より『非平衡系』で問題を解く方が難しい。したがって多くの理論物理学の計算では温度や圧力などを均一にして計算を進めるのですが、やはり『非平衡系』でアプローチしたいという目標はもっているのです。

そこで難解な『非平衡系』の計算を行う際に、素粒子の理論で開発された『超弦理論』の計算技術の応用が考えられています。まず、温度は一定でないけれども温度勾配(任意の2点間の温度変化率)は一定にするなど、ある意味、単純化しながらも『非平衡性』を残して研究を積み重ね、いずれは現実世界の様々な計算に使えるレベルを目標としています。したがって研究する際も、素粒子の世界ではなくて、現実の系(相互に関連した全体)を頭に描いて考えています」

様々な理論を駆使した “未知の領域”へのアプローチ

中村先生が現実の研究対象として挙げたのが、電流が流れる系です。

「ある物質に電場と平行な電流が流れる状況は『非平衡系』なのです。したがってこの研究は、電子回路など応用範囲がかなり広がります。電流の流れにくさを『抵抗』と言いますが、これも『非平衡系』の物理学の計算になります。実はこの『抵抗』の値を導き出す一般的な公式に、日本人物理学者が考案した『久保公式』があります。ただ、この公式は電場と電流の値が小さい場合に使えるもので、『平衡系』にかなり近い場合に成り立つ公式なのです。したがって電場と電流を大きく



▲日常感じることができるのは、重力や電磁気力だが、自然界には、力が届く距離が非常に近い弱い力、クォーク同士を引きつけて離さない強い力など4つの力が働いている。

していくと、徐々に公式とのズレが生じてきます。そして、電場と電流の値が大きくなった場合の理論は確立されていないため“未知の領域”になっています。私は、この領域に『超弦理論』が使えるのではないかと考えています。」

先ほど述べた4つの相互作用は、実は「重力理論」と、ゲージ粒子が力を伝えるという「ゲージ理論」で説明されるその他3つの力に分かれます。中村先生は、「超弦理論」を応用して「重力理論」と「ゲージ理論」に共通項を見出し、そこからさらに「久保公式」の限界にも挑んでいます。

「電荷を帯びた粒子の流れる非平衡系は『ゲージ理論』で構成することができます。ただ、この構成を『超弦理論』の枠組みのなかで『重力理論』に書き換えると、より簡単に説明できる場合があるのです。全く違う理論を使うことにはなりますが、出た結果を翻訳し互いの理論の言葉に移し替えることが可能なので『ゲージ理論』の計算に役立てることが出来ます。いま研究しているのは、『重力理論』による『久保公式』を超えた“未知の領域”の計算です。まさに『非平衡系』の物理学の重要課題で、挑戦のしがいがあります」

このように、中村先生が実践する「ある問題を全く別の理論の言葉に書き換えて解析するという手法」は、これまで非平衡物理学の研究ではあまり手がけられなかったアプローチで、新しい成果が得られる可能性を秘めています。従来の物理学の常識を根底からくつがえす発見に向かって、先生は「非平衡系」の基本法則の解明を目指します。

Message ~受験生に向けて~

理論物理学の魅力は容易に“未知の領域に挑める”ということでしょう。実験物理学には実験ならではの魅力がありますが、理論物理学には、設備や予算の制約をあまり受けずに、式を新しくするだけで未知の領域に挑戦できる魅力があります。皆さんのアイデア次第で大きな挑戦が可能です。アインシュタインや湯川秀樹博士に憧れる物理好きのあなた、ドラマ「ガリレオ」を観て物理学者になろうと思ったあなた、そのどちらでもないあなたも、とにかく中央大学の物理学科でお待ちしています。