

## 超弦理論：究極の理論をめざして

報告者 太田和俊

世界を形作っている物とは何か？それらの物はどのような法則に従い、どのような力が作用し合っているのか？そういった自然に対する素朴な問いは人類が思考し文明を築き始めた頃から存在する。そのような問いに対する答えを見いだそうとするのが、物理学であり、特に物を微視的な視点から根源要素を探求し、原子論的に理解していこうというのが、素粒子物理学である。

物質から分子へ、分子から原子へ、さらに原子から原子核、電子、陽子、中性子へ、物質はより根源的なものによって階層的に構成されているという認識が多くの人々の知恵と努力によって解明されてきた。現在ではクォーク、電子、ニュートリノなどの物質が、重力、電磁気力、強い力、弱い力と呼ばれる4つの力によって結びつけられて我々の世界が構成されていると考えられている。原子論的、根源論的な立場から言えば現時点における世界の理解ですべて満足してしまうことも可能かもしれない。

しかし、素粒子というものに到達した後であっても、人の知的好奇心はとどまる事を知らず、なぜ物質がこれだけ存在するのか？なぜ力は4つ存在するのか？物質と力の関係は何なのか？といったさらなる根源的な疑問が生じた。特に、性質がほとんど同じで質量だけが異なる物質が存在したり、4つの力がどのように宇宙の誕生とともに生まれ、分化していったのかといった疑問を解き明かす事は、我々の宇宙がどのように生まれ進化してきたのかを知るためにどうしても必要になる。その様な根源的な疑問に答えようとする一つの試みが今回の研究会で紹介した「超弦理論」と呼ばれる理論である。

超弦理論とはそれまでずっと「点状」だと考えられてきた素粒子を、「弦」すなわち「ひも状」の構造をもったものとして扱う理論である。このような取り扱いによって、この世の中の多種多様な物質や力は弦の振動の違いによって生じていると考える。さらに、この理論の優れている点は、最も基本的な力でありながら取り扱いが非常に難しくその本質が理解されていない「重力」についてもこの弦の振動のパターンの一つとして統一的に理解できる事である。

超弦理論はそれ以外にも多くの利点をもった究極の理論とも呼ぶべき物理理論であるが、実は様々な問題も抱えている。その中でも最も大きな問題は、この超弦理論は10次元の時空中でしか、数学的／物理的に無矛盾に定義できない事である。現在我々が認識している世界は時間1次元と空間3次元をあわせた4次元時空である。一方、超弦理論は10次元時空中でしか定義できないため、我々の世界（宇宙）を正しく記述していないように思える。そのため、超弦理論は物理の理論としては致命的な欠陥があると考えられる人もいる。しかし一方で、このような欠陥にも関わらず重力をうまく扱える事や他の利点も多数存在するので、なんとか現実の世界の理論として理解しようとする努力も多くの人々によってなされている。現時点では10次元で定義された超弦理論から

我々の4次元の時空が生じた理由をきちんと説明できていないが、一つの考え方として、余分な6次元の空間が小さくつぶれ、我々の通常の実験などでは認識できないとする「コンパクト化」と呼ばれる機構が提唱された。このコンパクト化がどのような原理によって生じたかを理解するためには超弦理論のさらなる解明が必要となる。

超弦理論が記述する世界はビッグバンによって我々の宇宙が誕生した最も初期の状態であり、人類が実験装置によって人工的に作る事ができるエネルギー状態の遥か彼方の極限的な高エネルギー状態である。物理学、もっと一般の自然科学とは実験によって理論が生まれ、その理論を実験によって検証することによって発展していく。一方で、超弦理論はもはや実験による直接的な検証はもはや不可能であり、拠り所とするのはその理論が数学として整合的であるかどうかだけである。したがって、超弦理論はもはや自然科学ではないのかもしれない。実際、そのような理論は物理理論として適切ではないという批判もある。しかし、我々の自然に対する究極の問いに答えるためにはどうしても必要となる理論であるし、多くの物理学者や数学者を引きつけるだけの魅力のある理論である事には間違いない。超弦理論は数学上の大問題とも密接に関係しており、物理と数学がお互いに刺激し合って多くの知見が得られつつある事も事実である。特に重力を含む超弦理論が時空そのものを記述する理論である事を考えると、デカルト以来の座標と空間の概念さえも変えていかなければならない。これは背後にある数学の根本的な概念の変革にも通じる。

このように超弦理論にはまだまだ多くの謎がたくさん残されており、多数の人々の努力によって少しずつ解明されている段階である。自然が与えてくれた壮大なパズルである超弦理論の真の理解が進むにつれて、我々の時空や宇宙、さらには自然や人の知そのものに対する認識にも大きな変革がもたらされていくであろう。