

特集 / ブレーンワールド新展開

ブレーンワールドとは何か

佐々木 節

1. ブレーン？ 脳？ No!

のっけから、駄洒落の節題で恐縮だが、最近、世の中を騒がしている時空の新しい捉え方に、ブレーンワールド・シナリオと呼ばれるものがある。ここで言うブレーンとは、英語の「膜」を表す単語 (membrane) を基にした造語で、決して「脳」 (brain) のことではない。ブレーンワールドとは、我々の住んでいるこの3次元空間が、実は、より高い次元の空間の中に存在する「膜」である、という考え方である。この小文では、ブレーンワールドについてできるだけ平易に解説してみようと思う。

空間の次元は3次元である、という極めて当たり前のように見えることが、実は見かけ上のことで、本当の空間次元はもっと大きいはずだということは、20世紀初めにアインシュタインが一般相対論を提唱した直後から既に言われていた。その理由は、自然界に存在する基本的な力 (相互作用) をすべて幾何学的に統一できないか、という考えからである。

これがどういうことなのか、もう少し説明しよう。アインシュタインは、時間 (1次元) と空間 (3次元) の4次元時空が、物質が存在するためのただの入れ物ではなく、それ自身が力学的な自由度を持つ動的なもので、この時空のダイナミクスが

質量に働く力、重力の本質であるとして、すなわち「重力=時空の幾何学」として捉え大成功を収めた。一方、自然界に存在する重力以外の基本力としては、古くから知られている「電磁気力」や、20世紀になって発見された、原子核や素粒子に働く「強い相互作用」や「弱い相互作用」が知られており、これらは、一見、時空の幾何学とは無関係であり、時空を単に入れ物としてしか認識しない相互作用のように見える。

そうすると、重力だけがなぜ幾何学的であり得るのか、他の相互作用も幾何学として捉え、すべての力を統一的に理解できないか、という思いが自然に起こってくる。これを実現するアイデアとして、我々の空間の本当の姿は3次元よりもっと大きい高次元の空間だが、3次元以外の次元 (余剰次元) は、何らかの理由で、日常生活の中では見えなくなっているとして、その余剰次元空間の幾何学としてすべての相互作用を統一できないかと考えるのである。この考え方は、その提唱者の名前を取ってカルツァ・クライン理論と呼ばれている。

しかし、ではなぜ余剰次元は見えないのだろうか。それは余剰次元が我々には感知できないほど非常に小さいからだ、と考えるのである。例えば、長い筒を考えてみよう (図1)。筒の表面は2次元面だが、筒の半径が非常に小さくなると、筒は1次元の線のように見えてくる。つまり、筒の長さ