

# 究極の理論「M理論」の構築をめざして

住友 洋介 Department of Physics, University of Wisconsin, USA 仁科財団海外派遣研究者

今から約 140 億年前に宇宙は誕生したと考えられている。時間も空間もないところにマイクロな宇宙が生じ、膨張とともに素粒子から陽子・中性子、原子核、原子、分子が形成されていった。しかし、いまだ宇宙の大部分は謎の暗黒物質・暗黒エネルギーで満ちている。これらの正体を解き明かす理論として「M理論」が期待されている。住友さんらは M 理論の完成に近づく重要な結果を導いた。

## ——宇宙のことをどうやって調べるのですか？

物理学者の野望は、森羅万象をたった 1 つの理論で説明することです。そんな究極の理論が完成すれば、宇宙の誕生から現在までの進化と、物質のなりたちまで説明できるようになるでしょう。この理論の要になるのが「力」の統一です。自然界には電磁気力、弱い力、強い力、重力の 4 つの力が存在します。この 4 つの力を統一的に記述する理論こそが究極理論であり、世界中の研究者がその構築に挑戦しています。

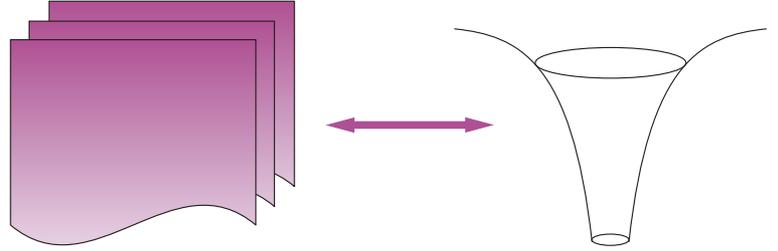
## ——力とはどのようなものですか？

原子より小さな世界では、例えば光という波が粒子のように振る舞うことがあるように、波と粒子の二面性が現れます。これを説明したのが「量子論」です。量子論では力を「粒子の交換」と考えます。物質間をきわめて小さな粒子がキャッチボールのように行ったり来たりすることで力は生じます。

## ——現在どのくらい究極理論に近づいていますか？

20 世紀の素粒子物理学の最大の成果といわれる「標準模型」は、加速器での実験結果とも一致し、現在もっとも成功している理論です。しかし、標準模型は電磁気力、弱い力、強い力を量子論として記述することはできますが、重力は含まれていません。また、最近の宇宙観測の結果から、標準模型で理解できるのは宇宙全体のわずか 4% にすぎないことが明らかにされています。残りの 96% を占める暗黒物質や暗黒エネルギーを解明するには、標準模型に不足している重力を量子論の枠組みで捉える必要があると思っています。

量子重力理論の構成において重要になるのが「超対称性」という性質です。高エネルギーの世界ほど強い対称性に支配されていると予想されており、非常に高い対称性は理論を唯一にします。究極理論になるような理論は超対称性が最大に課されていてもおかしくありません。量子重力理論に最大の超対称性を導入すると、11 次元の理論（超重力理論）が構成されます。



それを含む基本的な理論が「M理論」です。

## ——M理論とはどのようなものですか？

4 つの力を統合する究極理論の有力候補として、M理論のほかに「超ひも理論」が長いこと注目されています。これは 10 次元の理論で、名前のとおり素粒子を「ひも」として考えます。

M理論は超ひも理論を包含しており、また、超ひも理論より 1 次元高いことから「膜」が M理論の基本的な構成要素であるとしています。この膜を真に理解できれば、まだわかっていない M理論の真髄を知ることができるようになります。

## ——住友さんたちが行った研究を教えてください

2008 年に入って、M理論に存在する膜を表す理論として BLG 型と ABJM 型という高い超対称性を持つ 2 つの模型が提案されました。BLG 型は膜の間の関係性を重視して構成した模型で、ABJM 型は 10 次元の超ひも理論から 11 次元へとつながるように構成した模型です。しかし、2 つの模型は両方とも不完全で、どちらがより M理論に近いかが不明でした。

総研大の磯 暁准教授、学生の張 森さん、本間良則さんと私は、この 2 つの模型が高い対称性で構成されていることに着目し、両者の関連を調べたところ、BLG 型はまるごと ABJM 型に含まれていることがわかりました。つまり、M理論に存在する膜を理解するには ABJM 型を考えるのが妥当であり、超ひも理論とのつながりが重要だとわかったのです。

## ——今後の研究方針を教えてください

ABJM 型は高い超対称性をもっていますが、最大ではありません。ABJM 型がどうすれば最大の超対称性をもちうるのかは面白い問題です。

また、11 次元の超重力理論は多彩な重力解をもち、これは M理論に多彩な側面が存在することを意味するので、11 次元の超重力理論の理解にも取り組んでいきたいと思っています。

多数の M理論に存在する膜が寄り集まると、ブラックホールを形成する。



住友 洋介 (すみとも・ようすけ) 素粒子原子核専攻。「M理論に存在する膜の有効理論についての研究」で、2009年3月に長倉研究奨励賞を受ける。

## ◆長倉研究奨励賞と総合研究大学院研究賞◆

長倉三郎初代学長からの奨学寄付金をもって、学生の先導的な研究を奨励するため、1995年に設けられた。各専攻長及び選考委員会の審議によって、「総研大研究賞受賞者」が選ばれ、その中から「長倉研究奨励賞受賞者」が選ばれる。