

特集／超弦理論の数理

## 巻頭言

大栗 博司

現在知られているすべての素粒子の性質は、標準模型と呼ばれる場の量子論にまとめられています。世界最大の加速器物理学研究所である CERN ではヒッグス粒子の探索が行われており、2012年7月4日には新粒子の発見が発表されました。これが実際にヒッグス粒子なら、標準模型の予言するすべての素粒子が確認されたこととなります。しかし、標準模型が自然界のすべてを記述するわけではありません。そもそも、この模型には重力相互作用が含まれていません。場の量子論とは、特殊相対論と量子力学を前提とする理論ですが、これを一般相対論まで含むようにしようとすると、そのままでは量子力学と齟齬が生じるからです。また、最近の宇宙物理学の観測によると、宇宙のほとんどはまだ正体のわからない暗黒物質や暗黒エネルギーでできていると考えられています。そのため、標準模型は、より基礎的な理論から導かれるべきものであると考えられています。そして、このような究極の統一理論の最も有望な候補が超弦理論なのです。

超弦理論の過去30年の発展の中では、最先端の数学の様々な手法が使われてきました。また、超弦理論の研究は、数学の諸分野に影響を与えてきました。そこで今回の特集では、超弦理論の様々な数学的アプローチを俯瞰することを目的としています。

最新の研究成果を紹介するために、若手研究者を中心に記事の執筆をお願いしました。全部で8

本の解説記事のうち、5本は30代の気鋭の研究者によるものです。残りの3本は、私と同年代の研究者と先輩にお願いしました。超弦理論の数理的手法の開発における先駆的研究者として過去30年以上にわたってこの分野を指導してこられた江口徹さんは、この分野の将来を展望するコラム記事を書いてくださいました。

弦理論の最近の進歩として重要なものに、M理論のM5ブレーンやM2ブレーン(メンブレーン)の力学の理解があります。M5ブレーンの運動は6次元の共形場の理論で理解できるはずですが、それを6次元で直接調べる方法はまだよくわかっていません。しかし、この6次元を部分的にコンパクト化すると、低次元の共形場の理論と関係付けることができます。山崎雅人さんの「場の理論の分解学」はこの方法を直感的に説明したわかりやすい解説記事です。

特に、6次元が2次元のリーマン面と $\mathbb{R}^4$ の直積のときには、リーマン面上の共形場の理論の相関関数が4次元の $N=2$ 超対称ゲージ理論の Nekrasov 分配関数に等しいことが期待され、これは Alday-Gaiotto-立川 (AGT) 予想と呼ばれています。これは双対性(デュアリティ)と呼ばれるものの一つですが、その中でも数学的に厳密な定式化ができるものとして意義があります。中島啓さんは、この予想の数学的に深い内容から、最近発表された AGT 予想の証明のアイデアに至るまでを、丁寧に解説してくださいました。