

特集／ゲージ重力対応

はじめに

米谷 民明

この号のタイトル「ゲージ重力対応」は、読者にとって聞き慣れないものであろう。「ゲージ」は、素粒子相互作用に使われているゲージ場の理論を、「重力」は、アインシュタインの一般相対性理論を基礎とする重力場の理論を指している。両者は全く異なった相互作用を記述し、一方はゲージ不変性、もう一方は一般相対性という異なった対称性の原理に基づく。「対応」とは、この両者が、実はある場合、適当な条件の下で、全く同じ物理の異なった記述・表現になっていることを表す。

簡単なアナロジーとして、フーリエ変換を思い浮かべると良い。同じものを、全く違った量、ないしは異なった考え方によって表せ、どちらが便利かは、考える問題の性格による。そういうことは物理や数学ではよくあり、「双対性」と呼ばれる。ゲージ理論と一般相対性理論という二つの理論体系の間にも双対性が成り立ち得るというのである。

「ゲージ重力対応」は、20世紀後半の素粒子論の成果を受け、量子論と一般相対性理論の最終的統一に向けて超弦理論の進展によって切り開かれた、場の量子論に関する新たな展望を特徴づける中心概念である。その理解の深化は、超弦理論の背後にあるべき原理の探求にも重要である。本特集は、これまでの成果を系統的に整理してゲージ重力対応の意義、成果、可能性などについて、できるだけ平明に解説する意図で企画された。

ゲージ重力対応の認識の起源は、超弦理論の歴史的な起源そのものと符合する側面が多い。「ゲージ重力対応とは何か」(米谷)は、そうした歴史的経緯も含めて特集全体への序論を与える(参考のため簡単な年表(表1)を次頁に付した。また、インタビュー記事も参照)。「Dブレーンの力学からゲージ重力対応へ」(橋本)では、対応の基礎にあるDブレーンとその力学について説明する。「弦理論とQCD」(酒井(忠)・杉本)は、対応をクォークの力学のゲージ理論であるQCD(量子色力学)に応用する試みを紹介する。「ゲージ重力対応と強い相互作用」(夏梅)は、QCDから導かれるべきクォーク多体系の流体力学的性質を重力側から説明する試みについて解説する。一方、ゲージ重力対応は、量子重力の捉え方に関する考え方としてのホログラフィー原理と密接な関係にあり、その具体的な実現と見なせる。「ホログラフィーと宇宙」(白水)は、宇宙物理学者の観点からその考え方を概説する。続く3編は、ゲージ重力対応のより技術的側面にも触れる。したがって、他に比べていくらか専門的な内容を含むが、ゲージ理論や重力理論について少しでも知識を持った読者にとっては、より実際的に対応の中身を把握するのに有用と期待している。「AdS/CFT対応におけるウィルソンループ」(三輪)および「巨大重力子・泡状時空・行列模型」(土屋)は、ゲージ重力対応