

はじめに

一般相対論はアインシュタインによって開拓された時空の幾何学としての重力理論である。アインシュタインは1911年から1918年にかけて重力に関する一連の論文を発表しているが、一般相対論の成立は1915年とみなすのが通例である。この古典物理学における金字塔は、当然ながら際立った特徴を持っている。第1は重力を時空のゆがみとしてとらえたことで、これにより時空はもはや事前に用意された数学的な「箱」ではなく、その中に存在する物質・エネルギーによってダイナミックに変化する物理的研究対象となった。この理論の発表は世間にも大きなインパクトを与え、アインシュタインの名は後に天才の代名詞ともなった。第2は、この前後に成立した特殊相対論や量子力学とは異なり、ほぼアインシュタイン一人によって打ち立てられたという点であり、したがってそこからは彼の自然と物理学に対する哲学を感じ取ることができる。さらに重要なことは、他にも数えきれないほどの重力理論が提案されてきた中で、一般相対論のみが数々の実験的検証に耐え抜いてきたことである。他にも生き残っている重力理論は存在するが、それらは全て一般相対論を内包するものであって、現実の重力を記述する理論としての一般相対論の地位は、今後もゆらぐことはないだろう。

ただ一般相対論はその発表後すぐに物理学研究の花形になったわけではなかった。これは一般相対論が本当に必要になるのは(当時の物理学の枠組では)極めて強い重力場または宇宙論的スケールの時空を扱う場合に限られており、多くの現象についてはニュートン理論で十分だったからである。しかし1960年代に入り、ブラックホール候補天体、パルサー、宇宙背景放射など重要な宇宙物理学的発見が相次ぐと、一般相対論は研究者の関心を取り戻して再び脚光を浴びようになり、その後は宇宙物理学や宇宙論を研究する上での欠くべからざるツールとなっている。さらに一般相対論の革命的アイデアは、物理学における他の理論をも刺激せずにはいられなかった。ゲージ理論や相互作用の統一理論、また近年ではAdS/CFT対応などが精力的に研究されており、一般相対論の精神は現代の物理学のあらゆる分野に根付いていると言ってよいだろう。このように、一般相対論は極めて完成度の高い理論物理のモデルケースとして、後世に大きな影響を与え、指針であり続けている。

そこで本号では、一般相対論の成立からその後の100年の研究の進展と最新の動向をひとめぐりし、これからの物理学の行く先を眺望する契機となるような特集を企画した。

1. 『一般相対論の成立』
2. 『一般相対論ミニマム』
3. 『一般相対性理論の数理』
4. 『中性子星とブラックホール—相対論的天体物理学入門—』
5. 『一般相対論的宇宙論』
6. 『一般相対論の実験的検証と重力理論の拡張』
7. 『アインシュタインからの宿題:重力波の検出』
8. 『一般相対論と量子力学の統合に向けて』
9. 『数値相対論の展開』

まず最初の記事では、一般相対論の成立にかかわる歴史が、数多くのエピソードとともに語られる。重力理論の成立に対するヒルベルトの貢献についてなどは、教科書ではお目にかかることは少ないであろう。記事2は一般相対論のエッセンスを見事に凝縮したもので、広い範囲の物理学会員が興味を持って一般相対論に馴染み、続く記事への導入となるように配慮して記述されている。また記事3では特異点とブラックホールという数理解物理学的側面にスポットを当てており、こちらはコアな読者にも読みごたえ十分な内容となっている。そして続く記事4,5では天体物理学と宇宙論という、一般相対論が活躍する「本丸」が登場し、これらの研究分野の流れ、進展と最新のトピックスまでを知ることができる。また記事6では、一般相対論は本当に「正しい」のか、その適用限界がないか、これを超越する理論がないかについての研究と最近の進展が議論されており、一般相対論が実証科学であるということを再認識していただけるだろう。さらに記事7以降では、理論、実験、計算機実験という物理学の方法論の全方向的アプローチによる研究の進展を見ていただく。一般相対論を核とする今後の研究の可能性は、若手研究者や大学院学生らの興味をかき立てるであろう。

いずれの記事も、その分野の第一線で活躍しておられる研究者に執筆を依頼した。単に研究の紹介だけでなく、「一般相対論が物理学にもたらしたもの」や「分野の進展とその意義」などの説明にも配慮されており、一般相対論を専門としない、または普段は使わないという物理学会員にも楽しんでいただけるものとする。なお本特集の企画にあたっては、執筆者以外にも多くの方々からの意見や提案をいただくことができた。厚くお礼申し上げたい。

(2014年11月5日原稿受付, 文責: 会誌編集委員会)