

特集／テンソルの物理イメージ

テンソルの物理イメージ

森 川 雅 博

今からちょうど100年前、アインシュタインは一般相対論を完成させました。これは物質と重力・時間空間を統一して、それまでの世界観を根本から変える大理論でした。宇宙も、重力波も、ブラックホールも、そしてGPSシステムも、この理論によってはじめて正確に記述されます。以降この理論は様々な実験や観測で完璧に確認されました。またこれにチャレンジする幾多の代替え理論が世界中で提案されましたが、一般相対論は唯一、確固として生き残っています。この一般相対論を構成する上で本質的な数学がテンソルです。一般相対論誕生100年に合わせて、編集部が学部生向けにわかりやすい特集を企画してくれました。この特集の構成を考えてくれたのも編集部です。

テンソルは、自然現象を整合的に記述する基本的な道具であり、物理現象の多様性と普遍性がそこから湧き出てきます。テンソルは一般相対論だけでなく、力学、電磁気学、流体力学、熱力学、量子力学、素粒子・原子核理論など基礎物理の多様な分野でなくてはならない記述の道具です。従って、その使われ方や思考方法も多岐にわたり、テンソルの捉え方も様々に可能です。この特集ではまず、いろいろな分野のエキスパートにテンソルを素直に解説してもらいました。多様な使われ方や応用の中から、テンソルの普遍性を自分に合った方法で帰納的に掴み取っていただきたいと思いま

す。これは教科書のように一つの論理に従って演繹的に全体像をまとめあげるのと対照的です。演繹的に並べられた論理の上澄みを受容するだけでなく、本特集にあるような多くの可能な視点の中から、自分に納得のいく論理を組み立てて、それをさらに育てていただきたいと思います。演繹も帰納も、基礎理論にアプローチする相補的で有効な手法です。

物理の対象は一般に空間的にも時間的にも広がっています。現代物理学はこの広がった対象(場)を因果的に結び付ける法則を扱います。だからテンソルはまずテンソル「場」です。ある現象が起こる場所や時刻を指定するのに、その舞台としてベクトル空間を設定し、これに基底を導入し座標系 (t, x, y, z) を張る必要があります。水の流れであれば、それぞれの場所と時刻の座標成分値に、場の量を表すいくつかの数値(場の成分)を測定して割り振ればいいわけです。水の温度なら実数値1つを、水の数値なら実数値3つを割り振ります。応力や摩擦などならもっと多くの数値が必要です。別の基底と座標系をとっても構わないでしょうが、水の数値などの数値は変わってしまいます。しかし、座標系の変え方と場の量の変わり方がいつも整合しているなら、つまりある規則に従って整合的に関連している(共変性)なら、それは自己同一性を備えたある実在を示唆します。逆に、その