

特集／対称性と物理学

対称性とは

川 村 嘉 春

研究に明け暮れる日々を送っていた大学院生の究理^{さつきり}さんがついにはじけた。地元のサッカーチームの優勝で盛り上がる周囲の様子があまりにも異様だったからである。「サッカーってそんなにおもしろいの？ 物理よりも？」この疑問に答えるために「サッカーってどんなスポーツなの？」という謎の解明に乗り出した。そこで緑に染まるスタジアムの観客席で観戦することにした。彼女の思考パターンは物理学的色彩^{いろど}で彩られていて、脳が即座に『対象を特定せよ！』という指令を出した。主な対象は長方形の芝生のフィールド、2 個のゴール、2 チーム（各チーム 11 人）の選手、複数の審判員、1 個のボールであることがわかった。次の指令は『対象の変化を追え！そして規則性を見つけルールを解説せよ！』であった。すぐさま「変化のもとで変わらない性質を見つけよう。さらに、そのような性質が存在する理由も探ろう。」という指導教員の言葉が頭に浮かんだ。時折、プレーが止まることがあるが、対象の数が変化しないことがわかった（幸いレッドカードによる退場者はいなかったようだ）。特にボールが交換されてもプレーの質が変わらないことから、ボールの品質の均一性が保証されていると推測された。選手のプレー、審判員の行動、ボールの動きなどから次第にルールがわかりかけてきた。と同時に、パス交換が光子のやりとりによる電磁相互作用の様子に

見え始め、脳が『解説したルールを明文化せよ！』という指令を出す前に究理さんは物理の世界に舞い戻ってしまったとき。

さて、今回の特集は「対称性と物理学」である。以下では、「対称性とは何か」、「物理学において対称性がなぜ重要視されるのか」について述べたのち、「対称性がどのように姿を現したり活用されたりするのか」について探究手法と絡めて概観する。

まずは、「対称性とは何か」について答えよう。対称性とは系（考察の対象として分離された部分）にある種の変換を施しても、元の状態と変わらない性質のことである。このため対称性は不変性ともよばれる。よって、対称性は変換により規定され、系は対称性により特徴付けられる。

次に、物理学における対称性の重要性について考えよう。物理学の主目的は物理法則（物理系を支配するルール）の解明であり、多くの場合、物理法則は方程式やそれを内包する数式を用いて表される。物理系が対称性を有するとき、物理法則も対称性を反映した形を取る。すなわち、方程式が共変性（変換のもとで同じ形を取る性質）を有する。よって、対称性は物理法則を解明する際の鍵のようなもので極めて有用である。対称性を有する図形に美を感じるように、対称性で彩^かられた物理法則も美しさを醸し出す。