

## トポロジカルフォトンクスへの期待

初 貝 安 弘

(筑波大学)

物理学でのトポロジカルな効果とは、量子化すなわち不連続性とほぼ同義である。離散性の起源を、トポロジカルな数（例えば浮き輪の穴の数）に帰着することで納得するわけである。2016年のノーベル物理学賞はトポロジカル相の理論的発見に関して3人の理論家に与えられたが、ThoulessとHaldaneの業績の主要な部分はホール伝導度の量子化に関連する。磁場下で電子に働くローレンツ力により電流と垂直にホール電圧が生じ、観測される電流と電圧という2つの実数値の比であるホール伝導度は、普遍定数を単位に驚くべき高精度で整数値となる、つまり量子化する。この量子ホール効果に関して、1980年の発見の5年後にKlitzingがノーベル物理学賞を受賞し、30年以上経過した2016年にその理論も同賞の対象となったが、現象発見のわずか2年後の1982年には、4人組TKNN (Thouless-甲元-Nightingale-den Nijs) により、ホール伝導度の量子化値はTKNN数（今日の言葉ではチャーン数）であるとすでに見抜かれていたのだ。そのクールであまりにもマニアックにみえた理論の普遍的意義、つまりトポロジカルな視点が、特異なものではなく自然界のいたるところにある基本的な仕組みであることが広く認識されるためには30余年の年月が必要であったのだ。

この量子ホール効果を源流とすることで現代のトポロジカルフォトンクスを定義すれば、ここで量子化するのは局在する光としての局在状態の個数である。バルクの空間を伝搬する波動として電子波と古典的な光の間に本質的な差異はなく、欠陥や形状に起因する境界の存在に伴い、反射波との干渉で局在状態が生まれることも類似の機構による。トポロジカル相の概念の展開に伴い、われわれが学びつつあることは、波動がつくる局在状態は偶然生じるのではなく、境界をもたない、いわば切る前のバルクの特性に由来して生まれ、バルクのトポロジカル数により規定されているという新しい視点である（バルクエッジ対応）。このバルクのトポロジカル数はベリー接続とよばれる直接観測できない仮想的な量で書かれた神託であるが、それが予言する局在状態は観測可能であり、確かな実在である。

バルクエッジ対応は、現在、広く波動現象に適用可能な原理であると考えられ、特に精緻な実験技術が高度に発達している光学においては、種々の新規アイデアの実証から有用なデバイス応用まで、そのトポロジカルフォトンクスでの展開の期待は非常に大きい。