

特集／場と力の物理イメージ

## 巻頭言

物理学における局所性と非局所性の相克

米 谷 民 明

歴史を振り返ると、「局所性」と「非局所性」という一見対立的な概念が、その意味は変容しながらも、物理学の背景を紡ぐ縦糸と横糸のような役割を果たしていることに思い当たる。ニュートンの仕事を考えてみよう。ガリレイの没年に生まれた彼は、ガリレイが創始した近代科学の方法を引き継ぎ、運動方程式の定式化により、万有引力の法則の発見に至った。この偉業の基礎にはケプラーの仕事があったが、ケプラーは、天体運動の原因に関して太陽からの光とのアナロジーにより遠隔作用的な力を想像していた。一方、ガリレイは加速度の概念を初めて明確にしたが、加速度を生む原因については、当時流布していた様々な説を意識し、「その原因は何であれ、加速運動のいくつかの本性を研究し説明する」と宣言した（『新科学対話』第3日のサルヴィアチの発言、岩波文庫版）。ニュートンは、まさにこの立場を進めて古典力学の基礎を築くのに成功した。力の原因は棚上げにして、運動と力を結びつける精密な方法を自ら創始し、非局所作用としての重力の「地上」と「天上」で共通の普遍的な法則性を発見し数学的に定式化した。彼は学生時代からデカルトを詳細に研究したようだ。書名『自然哲学の数学的原理』（通称、プリンキピア）は、デカルトの『哲学的原理』を意識したものであろう。デカルトは「空虚」を徹底的に排除したため、空間延長には連続的に物質的実体が伴うとし、力や運動を直接的な接触作用に帰着させる局所性の立場を取った。ニュートンは原子論

の立場からこれを痛烈に批判した。だが、絶対時間、絶対空間の考え方で基礎付けられた彼の遠隔作用説も、ライプニッツの批判などに現れているように、当時すぐに受け入れられたわけではない。18世紀から19世紀にかけてのニュートン力学の発展により、デカルト流の自然哲学は顧みられなくなり、非局所作用としての重力が定着した。

しかし、ニュートン自身、実は自分の立場の弱点や、力の原因の問題を意識していたことは、例えば、プリンキピアの結語「最後にすべての大きさを持つ物体に隠れてあまねく浸透している最も精妙なる、ある精霊について触れるべきかも知れない。（中略）だが、これらは僅かな言葉では説明不可能だ。また、精霊がときめきそしてしなやかに作用する法則を正確に把握し論証するのに十分な実験ができるわけでもない」（英語版から筆者訳）や、後に書かれたもう一つの大著『光学』から伺える。精霊（Spirit）の表現は今日の我々には一見奇妙だが、現代の光子や重力子の概念に通ずるところがあり、『光学』で論じられる光の粒子説にもつながる。ニュートン自身、深いところで非局所性と局所性の相克に揺れ動いていたのである。

近代物理学の意味で局所作用が「場」の理論として具体化し復活するのは、19世紀に入って進展した電気磁気力の理解によってである。ファラデーの力線のアイデアと、マックスウェルによる数学的な定式化と整理を経て、電磁場の概念が確立した。それには古典力学の数学的方法が解析力学に