

自然知能の数理物理的構造とその応用 —新機能創生を目指すナノ光電子融合系の科学技術と理論体系の構築—

山梨大学 大学院総合研究部, 堀 裕和

E-mail: hirohori@yamanashi.ac.jp

ナノ領域の光と電子の融合的振る舞いに基づいて新機能創生を目指す研究の一端を紹介する。「機能とは何か?」、「機能を発現する背景には何があるか?」、「機能と知能の関係はいかなるものか?」というような根本的な問題に立ち返って、現代的な数理科学を用いた非平衡開放系の詳細な理論的取り扱いや、量子場の理論を広義に拡張した現象の解釈などに基づいて展開する。最近話題の粘菌計算機構や、その基盤となるバンディット問題を応用した単一光子意思決定装置など、従来の計算アルゴリズムを超えて、自然界がもつ能力を利用した「自然知能」の創生を如何にして目指すかについて紹介する。

あらゆる現象の背後には、駆動力としての非平衡開放系が環境系として存在し、その多様な振る舞いを来歴として取り込みながら、非自明な機能を発現する系が構築される。単純な物体の自由落下運動や振り子の振動においても、物体に初速度を与えた原因や振り子を揺すった作用などの現象の本質が環境系の中に隠されている。物理学の基礎課程では、このような背景を捨象して純粋で自明な運動を取り扱うことが多いが、物理現象を機能として利用するときには、非自明な来歴こそが重要な意味を持つ。物理現象に非自明な選択肢があれば、それに価値を付与して選択を行うことが可能となる。これが機能と知能を構成する基本概念となる。この場合、運動方程式などの同値関係で自明な現象を記述してきた物理学を、機能や知能に関与する非自明な来歴を含めた現象の取り扱いに拡大することが必要となる。また、現象とその観測装置および観測者は同じ宇宙に属しており互いに環境系を共有することが、量子計測などにおいて議論されるが、実は非自明な機能を持つあらゆる現象の取り扱いにおいて、この環境系の共有の観点が最も重要な意味を持つ。環境系の振る舞いを正確に把握することは原理的に不可能であるが、ものごとの関係性に視点を置いて、機能に関与する来歴を精密に取り扱う手法は、圏論(Category Theory)やホモロジー代数、代数的位相幾何学などの数学として整備されている。特に、機能の根幹となる来歴を精密に取り扱う方法は、導来圏と三角圏、および関連の公理や定理として用意されている。本講演では、導来圏の様相が端的に表れる例と考えられる近接場光学を取り上げ、物理現象との対応から圏論の基礎的な内容について概説し、いくつかの具体例について機能発現の構造を圏論とトポロジーの観点から分析する。また、一体の宇宙の中であって、どのような観点において物理的対象とその関係性を明確に指定できるか、また機能の基盤である非平衡開放系をどのように取り扱うべきかを議論する。三角圏やその公理に基づいて、単一光子意思決定装置や粘菌計算機構などがどのように機能を果たすかを考察する。