

オフシェル科学への圏論的アプローチ A Category Theoretic Approach to Off-shell Science

○ 西郷 甲矢人 (長浜バイオ大学)

○ Hayato Saigo (Nagahama Institute of Bio-Science and Technology)

E-mail: h.saigo@nagahama-i-bio.ac.jp

ドレスト光子 (Dressed Photon) [2] の発見にはじまるオフシェル科学は、相互作用する量子場の「オフシェル」的な側面に焦点を当てる。このためオフシェル科学においては、通常の物理学・工学においてはあたかも自明である「かのように」扱われることの多い「物理量」や「状態」の概念を再検討する必要に迫られる。この再検討において重要となるのが、動力学についてのこれまで以上に一般的な定式化である。

本講演においては、この「動力学の一般的な定式化」として、圏論的なアプローチを提案する。マクロに可視化されうる「可能な事象」を対象とし、それらの間の可能な遷移を射とする圏を考えよう (この発想の原型は「モビリティの圏」[4] として「ソフトロボット」の基盤理論を与えるために導入された)。これが、動力学のモデルとなる。さらにここで、この圏の「圏代数」を考えることにする。圏代数は「多項式環」や「群環」などの一般化となっている概念で、各射が「不定元」に対応する。こうした圏代数が、物理量代数に対応する。また、その上のある種の線型汎関数として、一般化された状態の概念が定式化できる。これは、物理量 (「非可換な確率変数」) に対しその「期待値」を対応させるものである (この定式化の物理的意味は、系と環境の「インターフェイスとしての状態」[3] という見方によって明確になる)。この物理量代数と状態を出発点にして、「通常の量子論の定式化」にあたるものを再構築できることが示されるとともに、いわゆる「不定計量」に関する諸問題についての新しい視座が得られる。なお、これらの議論は、不可逆な動力学と可逆な動力学の相互関係を圏と「亜群」(すべての射が可逆な圏) との相互関係によって捉えなおすことを通じ、亜群の場合における先行研究 [1] を拡張することによって可能となる。

以上に素描された圏論的なアプローチを具体的なモデリングにつなげていくために、圏上の量子ウォークの概念を定式化することが有望である。時間が許せば、この概念の定式化に向けた現状の取り組みについて紹介する。

Acknowledgments

本研究は (社) ドレスト光子研究起点の助成を得た。

参考文献

- [1] F. M. Ciaglia, A. Ibort, G. Marmo: Schwinger's Picture of Quantum Mechanics III: The Statistical Interpretation. *Int. J. Geom. Meth. Modern Phys.*, 16(11): 1950165 (2019).
- [2] M. Ohtsu: *Dressed Photons* (Springer, Berlin Heidelberg 2014)
- [3] 小嶋泉: 量子場とミクロ・マクロ双対性 (丸善出版, 東京 2013)
- [4] H. Saigo, M. Naruse, K. Okamura, H. Hori and I. Ojima: *Complexity* 2019 1490541:1-1490541:12 (2019)