

認知科学者のための圏論入門

Introduction to category theory for working cognitive scientists

日高 昇平[†]

Shohei Hidaka

[†]北陸先端科学技術大学院大学

Japan Advanced Institute of Science and Technology

Abstract

圏論とは、「圏」という数学的構造を扱う理論で、圏とは、「射」と呼ばれる“関係の代数的構造”の合成操作に閉じた構造を指す。本 OS では圏を基礎として定義される、「関手」や「自然変換」という基礎概念について説明し、認知科学における応用の可能性について論じる。

Keywords — JCSS, Cognitive Science

1. OS の概要

圏論とはどんな数学的な理論であるかを一言でいうならば、数学的な概念がなぜそのように名前が付けられているか、その理由を記述する理論であると言えるだろう。あるいは我々が名前を付けたくくなるような数学的な概念が共通して持つ構造を記述する理論が圏論と言ってもよいだろう。圏論(の一つの解釈)によれば、名前を付けたくなるのは、何らかの構造が存在し、かつ一意的に定まるから、であり、その性質を普遍性(universal property)と呼ぶ(普遍性を主題とした圏論の入門書として「ベーシック圏論」[1](T. Leinster 著, 土岡訳・斎藤監修))。こうした「一意に存在する」構造が決まるとき、その多くが“自然な”関係性を持っており、これを自然変換と呼ぶ。圏論はこの自然変換を定義するために、その基礎となる圏、射や関手と言う概念を整備し、それらの関係を明示するための理論である[2](Mac Lane 著, 三好・高木訳「圏論の基礎」)。

数学者の中にも圏論は抽象的でつかみどころのない理論という評価もある一方で、近年、意識のメカニズムの試み[3](Tsuchiya, Taguchi & Saigo, 2016)や比喩の理論化[4](Fuyama & Saigo, 2018)、など認知科学分野の研究対象への応用も試みられつつある。こうした潮流をうけて、2019年1月に本 OS の前段として同名のワークショップ「圏論による認知モデリングの可能性」[5]を開催した。この WS では圏論を用いたモデリングを試みる認知科学・人工知能・

数学の研究者を招き、認知科学・認知心理学などの知見を説明する枠組みとしての圏論の可能性を議論した。

本オーガナイズドセッション(OS)は、企画者の日高・高橋が第34回大会より開催してきた「ホモ・クオリタスとしての人間理解に向けて」の第3弾であり、引き続き人の知覚、錯覚、幻覚、物体認識、などの「意味を見出す本性を持つ者」としての研究に焦点を当てる。今回は特に、この方向性で認知現象をとらえるために、圏論を基礎とする認知モデリングが、既存の方法論に比べてどのような利点があり得るか探り、議論を深める事を目的とする。

本 OS では、こうした問題意識を念頭に、数学、認知計算論、人工知能、心理学、などの分野における気鋭の論客を招待し、テーマを絞ったオープンディスカッションを行う。

参考文献

- [1] T. Leinster (2014), “Basic Category Theory”, Cambridge University Press. (邦訳: 土岡俊介・斎藤恭司「ベーシック圏論」, 丸善出版).
- [2] Mac Lane (1971). Categories for the Working Mathematician, Springer-Verlag New York. (邦訳: 三好博之・高木修「圏論の基礎」, 丸善出版)
- [3] Tsuchiya, N., Taguchi, S. & Saigo, H. (2016). Using category theory to assess the relationship between consciousness and integrated information theory, *Neuroscience Research*, 107, 1-7.
- [4] Fuyama, M. & Saigo, H. (2018). Meanings, Metaphors, and Morphisms: Theory of Indeterminate Natural Transformation (TINT)., eprint arXiv: 1801.10542
- [5] 日高昇平・高橋康介 (2019). 「圏論による認知モデリングの可能性」, 2019年1月17日, 長浜バイオ大学. (<https://kohske.github.io/research/201901CTWS/>)