

認知モデリングにおける圏論の可能性：随伴，普遍性，動的雙対性

How can category theory be used in modeling cognition?

Adjunction, universality, and dynamical duality

高橋 達二

Tatsuji Takahashi

東京電機大学

Tokyo Denki University

tatsuji.takahashi@gmail.com

概要

著者の研究領域は変遷してきたが，広義の認知現象を研究してきたという意味では一貫性があるとも言える．認知に広範にみられる対応関係，構造保存性，双対性，階層性，合成可能性などの性質は圏論 (category theory) で記述できると考え，これまでいくつか圏論の概念に直接着想を得た研究を行ってきた．本発表では，認知モデリングにおける圏論の可能性を示すいくつかの例として，それらを紹介するとともに，今日再び可能性を強調したい理由を議論する．

キーワード：思考，意味，自己言及

1. はじめに

これまで著者は，成功したとは言い難いものの，いくつかの認知現象について圏論 (category theory) (西郷 & 能美, 2019) を用いて研究してきた．本発表ではそのうちのいくつかを紹介するとともに，今後の認知モデリングにおける圏論の可能性について議論する．本論では過去の例二つについて触れる．

2. 言葉に意味はあるか：自己言及的特性からみた規則随順のパラドクス

哲学の問題のいくつかは，自己言及のパラドクスの形式をとる．論理学者・哲学者ソール・クリプキが提示した規則随順のパラドクス (rule-following paradox) (クリプキ, 1983) も，自己言及の形式でも部分的には捉えられる．この点について，Lawvere の不動点定理 (Lawvere, 1968) での定式化を試みた (高橋, 2002)．ちなみに (森, 1976) に分かりやすい説明があり参考にした．

このクリプキの提示するパラドクスについては様々な議論や解釈がある．基本的には言葉の意味が実在しないことを示すと言えるが，他方で意味を懐疑する懐疑論者との対話が成立することが我々の言語のあり方を浮かび上がらせる，という郡司ベギオ幸夫の理

解が最も興味深いと思われる (例えば養老, 2002)．また，類似したグッドマンのブルー・グルーの帰納法の新たな謎 (グッドマン, 1987) との違いとして，関数や公理系，そしてコミュニケーションのあり方をより深く示すという点がある．グッドマンの謎は，推論の認知心理学の規範としての論理的合理性から確率的・情報理論的合理性への転回を導いていた．例えば (Oaksford & Chater, 1998) においては，上述のグッドマンの本からの影響が，フォーダーやジョンソン＝レアード，そして J. R. アンダーソンの本よりも先に挙げられている．

Oaksford は近年推論心理学に「心理言語学的転回」があったと主張しているが (私信, 2017)，その転回 (さらなる) 実質化には規則のパラドクスの再考が肝要となるのではないかと私は最近考えている．

3. 内言としての思考のモデル：自己言及性を弱め，ダイナミクスを作る

思考はある種のループであるが，自己に閉じ切らない，ある意味不完全なループと考えられる．思考を自分自身との内言による対話として捉え，そのダイナミクスをモデリングすることは，自己言及のパラドクスを弱めることで可能となる (Takahashi, 2008; 2009; 2012)．ここでは，オブジェクトレベルとメタレベルを非決定性有限オートマトンと，それに閉包操作を加えて変換した決定性有限オートマトンとしてそれぞれモデリングし，その間の相互作用を実現することで，思考自身により思考ルールが変更され続ける様が表現できた．このモデルは，抽象モデルに留まるものの，圏論の随伴性の概念を「規範」として，二つの表現の間の双対性を作り続けるというコンセプト (Gunji, Takahashi, & Aono, 2004; Gunji, Miyoshi, Takahashi & Kamiura, 2006) を認知現象に適用したものである．より一般的に言えば，従来の最適性などの代わりに双対性を合理性の規範として採用することで拓ける認知モ

デリングの可能性はあると思われる。

4. 結び

発表においては、刺激等価性や対称性推論で議論されている様々な特性が圏論の概念で整理できることや、経済行動の随伴性によるモデリング(高橋 & 郡司, 2002; 2003) などについても紹介したい。また、最近池田駿介, 布山美慕, 西郷甲矢人各氏らと共同研究している不定自然変換理論(布山 & 西郷, 2018, 2019; 池田, 高橋, 布山, & 西郷, 2019) の認知モデルとしての意味についても触れる予定である。

References

- 西郷 甲矢人, 能美十三, 圏論の道案内〜矢印でえがく数学の世界〜, 技術評論社. (2019)
- 高橋 達二, 規範と自己言及, 東京大学教養学部基礎科学科科学史・科学哲学科 卒業論文. (2002)
- ソール・A. クリプキ, 黒崎 宏 (訳), ウィトゲンシュタインのパラドックスー規則・私的言語・他人の心, 産業図書. (1983)
- Lawvere, F.W. (1969) Diagonal arguments and cartesian closed categories. *Category Theory, Homology Theory and their Applications II, Springer Lecture Notes in Mathematics* 92, 134–145.
- 森 毅, 無限集合 (数学ワンポイント双書 4), 共立出版. (1976)
- 養老孟司 (編), 脳と生命と心ー第一回養老孟司シンポジウム (養老孟司シンポジウム (第 1 回)), 哲学書房. (2002)
- ネルソン・グッドマン, 雨宮 民雄 (訳), 事実・虚構・予言 (双書プロブレマタ 7), 勁草書房. (1987)
- Oaksford, M., Chater, N., *Rationality In An Uncertain World: Essays In The Cognitive Science Of Human Understanding*, Routledge. (1998)
- Takahashi, T., Interaction in Second Person Manifested as Normative Asymmetric Communication, 神戸大学大学院自然科学研究科地球惑星システム科学専攻 博士論文. (2008)
- 高橋 達二, 内部観測: 脱構築から発達へ, 進化経済学論集, 第 13 集, a42. (2009)
- Takahashi, T., Gunji, Y.-P., Symmetrizing object and meta levels organizes thinking, *BioSystems*, 107, 95–105. (2012)
- Gunji, Y.-P., Takahashi, T., Aono, M., Dynamical infomorphism: Form of endo-perspective, *Chaos, Solitons & Fractals*, 22, 1077–1101. (2004) 10.1016/j.chaos.2004.03.001
- Gunji, Y.-P., Miyoshi, H., Takahashi, T., Kamiura, M., Dynamical duality of type- and token-computation as an abstract brain, *Chaos, Solitons & Fractals*, 27, 1187–1204. (2006) 10.1016/j.chaos.2005.01.067
- 高橋 達二, 郡司ペギオー幸夫, 原生交換過程における貨幣の起源ーコミュニケーションの原基, SI2002 講演論文集, II, 251–252. (2002)
- 高橋 達二, 郡司ペギオー幸夫, 貨幣の起源:媒介者の個別化過程, 進化経済学論集, 第 7 集, 95–104. (2003)
- 布山 美慕, 西郷 甲矢人, 不定自然変換理論の構築: 圏論を用いた動的な比喩理解の記述, 知識共創, 8, III, 5, 1–11. (2019)
- Fuyama, M., Saigo, H., Meanings, Metaphors, and Morphisms: Theory of Indeterminate Natural Transformation (TINT). arXiv:1801.10542 (2018)
- 池田 駿介, 高橋 達二, 布山 美慕, 西郷 甲矢人, 不定自然変換理論による比喩理解モデリングの計算論的実装へ向けて, 本論文集. (2019)