

概念の数理モデルを目指して：表現学習を手引きとして

大塚 淳 (Jun Otsuka)

京都大学文学研究科・理研 AIP

概念とは何か、それはどのように理解されるべきか、という問いは、プラトンによるアイデア論以来、哲学における伝統的な問題であり続けてきた。その一方、今世紀初頭より急速に発展してきた深層学習に代表される機械学習・人工知能研究においても、概念のモデル化は陰に陽に論じられてきたトピックである。そこにおいて重要となるのが、我々が「概念」と呼ぶものは、どのような数理的構造のもとに捉えられるべきか、という問題である。この点を踏まえ、本報告では、現代の機械学習、特にその一分野である表現学習 (representation learning) の知見を参照しつつ、概念の数理モデリングの可能な形、言い換えれば「概念とはどのような数理的構造なのか」という問題を探ってみたい。

概念の数理モデリングは一様ではなく、様々なアプローチがありうる。最も直感的かつ伝統的なものは、概念を抽象度に応じた木構造として表現する、アリストテレス的抽象主義である。こうした概念観は、抽象化と具体化に応じた適切な演算子を持つブール代数的な構造としてモデル化することができる。一方、Wittgenstein の家族的類縁性や Rosch のプロトタイプ理論は、概念をこうした「定まった性質の束」としてではなく、相互に類似する事物のクラスターとして捉える。この概念観は、各概念が埋め込まれる空間とその上の距離を前提とするが、この点において自然言語処理や画像処理で用いられる言語埋め込みないし分散表象の考え方に類比的である。第三のアプローチとして、Lotze や Cassirer の提案する概念の関数モデルでは、概念を諸性質間の結びつきや関数的制約関係によって定義する。このもとにあるのは、概念は単に性質の寄せ集めなのではなく、可能な概念は性質空間のうちのごく一部に制約されている、というアイデアである。これは、可能な表象は、膨大な次元を持つデータ空間のうちのごく一部の超平面・部分多様体に限定されているという、多様体学習の考え方に類比的である。

このように、より数学的にリッチな道具立てを仮定することにより、より豊かな概念観を得ることができる。では、これを更に発展させていく道具立てにはどのようなものがあるのだろうか。本発表後半では、そのうち、概念の普遍性・対称性を表現する道具立てとしての群論に依拠した対称性学習 (symmetry learning) と、その因果的な役割を重視する因果表現学習 (causal representation learning) の動向に着目し、それらが我々の哲学的概念観にどのような含意をもたらすのかを検討したい。