

自然主義意味論への機械学習的アプローチ

道田 蒼人 (Soto Michida)

京都大学

機械学習で実装されている数理的手法は、哲学的問題への有効な視座をもたらすポテンシャルを秘めている。この仮説を立証すべく、本発表では最適輸送 (Peyré and Cuturi 2020; Villani 2008; 佐藤 2023) が、意味論の自然化に対してどのような含意をもつのかを明らかにする。最適輸送は、情報意味論 (Dretske 1981; Skyrms 2010) が直面する諸問題を解消するとともに、情報意味論と目的意味論 (Millikan 1984; Papineau 1993) という二つの競合理論を、コスト概念を媒介として統合する役割を果たす。

情報意味論の核心は、「あるシグナル s が特定の状態 x を意味するのは、 s の産出と x の発生という二つの出来事に強い統計的相関があるからだ」という主張に存する。このアイデアは明快であるものの、無批判に受け入れることはできない。なぜなら、相関の強さは、対象をどのような確率変数として切り出すかというモデラー側の選択に決定的に依存するからである。たとえば、動物が警戒コールを発するときの環境には無数の特徴が認められる。これを単なる「天敵の存在/不在」という二値変数に落とし込むのか、あるいは捕食者の種類に応じてより粒度の高い変数を採用するのかによって、相互情報量 (Dretske 1981) や KL ダイバージェンス (Skyrms 2010) の値は変動する。にもかかわらず、情報意味論それ自体は、どのような確率変数を選択すべきかに関する基準をもち合わせていない。これは決して些細な問題ではなく、情報意味論が抱える循環を露呈させる契機となる。というのも、「相関があるがゆえに意味がある」と主張したいのであれば、相関の強度を見積もるための確率変数の切り出しは、シグナルが運ぶ意味を前提とした区分に依存してはならないはずである。しかし、もしモデラーが特定の表象関係を見出すために最適な相関が得られるような変数設定を予め行っているとすれば、それはモデラーが暗に想定する意味論を投影していることになってしまう (Birch 2014)。

この循環は、情報意味論がコミットする自然主義に対して重大な挑戦を突きつける。というのも、自然主義は、シグナル s が状態 x を表すという意味論的關係を、相関のような非意味論的關係に還元することを要求するからである (Loewer 2017)。しかし、環境状態のカテゴリ化が理論家の関心や解釈に左右される限りは、被説明項である意味が説明項に密輸入されてしまう。これではお望みの還元的定義は手に入らない。それゆえ、情報意味論が意味論の自然化を遂行するためには、確率変数をモデラーの恣意によって設定することを避けながら、相関の強さを定量化する方法を与えねばならない。

以上の課題に対して、既存のアプローチは、環境の「自然な」切り出し方を形而上学的に根拠づけようと試み、HPC (Homeostatic Property Cluster) 説に訴えている (Martínez 2013)。対して本発表では、特定の粒度の確率変数を選択するという手続き自体が実は不要であると主張し、かつ、このアプローチを実際に展開するための数学的枠組みを提供する。この枠組みとしての確なのが最適輸送であり、そこで中心的役割を果たすのがワッサースタイン距離 (Wasserstein distance) という計量である。

ワッサーライン距離は「ある確率測度を別の確率測度へと変形させるために必要な最小コスト」として与えられる。この計算を実行するためには、確率測度の台となる底空間に対し、点間の相違度を評価するための幾何学的な構造が与えられていなければならない。この構造をコスト関数と呼ぶ。コストは、その起源であるロジスティクスの枠を超えて解釈できるため、最適輸送の応用範囲は近年急速に拡大している。本発表ではコスト関数によって評価可能な対象をさらに拡張し、適応的ペナルティの差分に基づく距離関数として、コスト関数を定義する。なおシグナリングには、コスト関数が距離の公理を満たさない事例もあるが、この場合でも輸送問題のフレームワークは適用可能である。斯くして形而上学的なカテゴリーに依拠するのではなく、適応度勾配から関連の強度を導出することで、最適輸送により拡張された情報意味論は、モデラーの解釈から独立し、かつ生物の活動に即した客観的な尺度を提示することができる。

最適輸送に基づくアプローチは、情報意味論が抱える参照クラス問題 (Hájek 2007) に対しても、部分的な回答を与える。Millikan (2007, 2013) が度々警告しているように、シグナルと状態の間で高い相関が維持される文脈を追跡する手法が欠如している限り、相関は空疎な概念に留まる。それゆえ彼女は Dretske 流の情報概念を、生物にとって役に立たない “context-free information” (2004, p. 35) であると批判した。本発表で提案するモデルは、Millikan の批判が意図していた主張を具体化するものである。すなわち、コスト関数に文脈を指定する役割を担わせることにより、生物が環境から被る利得や損失の変化に応じて、シグナルが運ぶ情報が動的に変化するさまを記述可能になる。

- Birch, J. (2014). Propositional content in signalling systems. *Philosophical Studies*, 167(3), 693–712.
- Dretske, F. I. (1981). *Knowledge and the flow of information*. MIT Press.
- Hájek, A. (2007). The reference class problem is your problem too. *Synthese*, 156(3), 563–585.
- Loewer, B. (2017). A guide to naturalizing semantics. In B. Hale, C. Wright, & A. Miller (Eds.), *A companion to the philosophy of language* (2nd ed., pp. 174–196). Wiley-Blackwell.
- Martínez, M. (2013). Teleosemantics and indeterminacy. *Dialectica*, 67(4), 427–453.
- Millikan, R. G. (1984). *Language, thought, and other biological categories* MIT Press.
- Millikan, R. G. (2004). *Varieties of meaning: The 2002 Jean Nicod lectures*. MIT Press.
- Millikan, R. G. (2007). An input condition for teleosemantics? Reply to Shea (and Godfrey-Smith). *Philosophy and Phenomenological Research*, 75(2), 436–455.
- Millikan, R. G. (2013). Natural information, intentional signs and animal communication. In U. E. Stegmann (Ed.), *Animal communication theory: Information and influence* (pp. 133–148). Cambridge University Press.
- Papineau, D. (1993). *Philosophical naturalism*. Blackwell.
- Peyré, G., & Cuturi, M. (2020). *Computational optimal transport* (v4). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1803.00567>
- 佐藤竜馬 (2023). 『最適輸送の理論とアルゴリズム』講談社.
- Skyrms, B. (2010). *Signals: Evolution, learning, and information*. Oxford University Press.
- Villani, C. (2008). *Optimal transport: Old and new*. Springer.