

深層ニューラルネットワークによる Active Inference のシミュレーション

宍倉 基文

脳の構造、回路、物質に関する膨大な知識の蓄積に対して、感覚、運動、記憶、情動、そして知識などのあらゆる認知現象がどのような脳の仕組みに依拠しているのかわかっていることは少ない。この問題に対して、脳は情報処理システムである特殊な生物学的器官であるのでトップダウン的な計算理論的アプローチが有効である。現在、個々に提唱されてきた脳に関する理論を包括的に説明できる可能性をもつ統一的な脳の原理として、Free energy principle が非常に注目されている。自己組織化システムである脳は自由エネルギーを最小化することでそのホメオスタシスを保持するとこの原理は主張する。現在、この原理は実験的検証が不十分である点が指摘されている。

本研究では、Free energy principle に基づいた認識と行動のフレームワークである Active inference において、VAE による感覚入力の学習が認識と生成モデルの学習に対応することを示し、また行動価値関数の形で期待自由エネルギーを考えることで価値ベースの強化学習アルゴリズムが適用できることを示す。これらに基づき Active inference を深層生成モデルと深層ニューラルネットワークを用いた価値ベースのアルゴリズムに適用したエージェントのモデルをシミュレーションする。

このモデルは認識と生成モデルの学習を独立して行い、それら学習済みのモデルを用いて行動の学習をする。その結果、認識と行動ともに自由エネルギーを最小化することが確認できた。また、環境の設定を工夫することでこのエージェントが強化学習の問題の環境にも対応できることを示した。

深層ニューラルネットワークを用いたモデルで Active inference を高次元の環境下でシミュレーションした結果、このエージェントは自由エネルギーを最小化するために期待する環境状態にあるために認識と行動をすることができていると考えられる。今後 Free energy principle の生物学的妥当性が検証されていく一方で、コンピュータ上で ANN を用いて脳の統一的原理をシミュレーションすることは認知機能の本質の解明や汎用人工知能といった人間のように知識や情報を扱う主体の創造へつながることが期待できる。

(指導教員 手塚太郎)