

## 要 旨

脳における知覚・認知をある種の“計算”にとらえ、その情報処理プロセスを数理モデル化することで神経システムの動作原理を探求する研究手法を計算論的アプローチという。近年では、計算論的アプローチに基づく脳や神経システムの研究は、「計算論的神経科学(computational neuroscience)」の名のもとに活発な学問分野を形成し、従来の実験に基づく神経科学と同等に重要な方法論であると認識されるようになってきている。「計算論的精神医学(computational psychiatry)」とは、この手法を精神医学研究に応用しようという精神医学の新しい研究領域である。

計算というと、近年話題の機械学習・人工知能(AI)などビックデータを用いた手法を思い起こす人が多いかもしれない。機械学習とは、大量のデータに対して反復的に計算を繰り返すことによって、そこに潜むパターンを見つけ出す方法の総称で、精神医学における応用例としては、例えば脳画像・遺伝子・代謝物などのデータから精神障害の有無を予測したり、ある種の患者群をクラスタリングするような研究があげられる。このようなタイプの研究も、高度な数理的テクニックを用いてデータを解析するという意味で、広い意味での計算論的精神医学と呼ばれることがある(「データ駆動アプローチ」と呼ばれる)。データ駆動アプローチの研究は、データの蓄積や機械学習理論の洗練に伴ってますます発展することが期待されている。

しかし、データ駆動アプローチは、精神障害の分類や予測などにおいて有用性が期待されるものの、神経・認知・行動的現象の背景にあるプロセスを明示的にモデル化しないため、精神障害の原理的な理解に直接はつながらない可能性がある。というのも、現在の精神医学は、疾病分類が生物学的知見に基づいていない、生物学的知見と臨床症状の間に説明のギャップがあるといった問題を抱えているからである。このような問題を解決するためには、生物学的知見と臨床症状を上手くつなぐモデル(「生成モデル」と呼ばれる)が必要になると考えられている。生成モデルは、脳の情報処理から行動や症状などが出力される過程をモデル化したもので、脳と行動・症状をつなぐモデルとして使うことができる。この生成モデルを精神障害研究に適用する研究手法は狭い意味での計算論的精神医学(「理論駆動アプローチ」と呼ばれ、上述した精神医学の抱える問題の解決に貢献すると期待されている。本講演では、知覚・認知といった、脳の情報処理認知プロセス自体を明示的に数理モデル化する、狭い意味での計算論的精神医学に焦点をしばって最新の研究動向を概観し、具体的適用事例として、「予測情報処理」理論と呼ばれる計算理論に着目した演者らの研究を紹介する。

予測情報処理理論とは、近年最も有力視される脳の計算論である。予測情報処理によると、人が感覚や行動を通じて外界と相互作用するとき、脳の中に外界のモデル(内部

モデル)を獲得し、その内部モデルに基づく予測を用いることで、迅速で適確な認知・行動の生成が可能になるとされる。また、外界と相互作用する中で、予測が実際の感覚フィードバックと異なっている場合には、その差分である“予測誤差”に基づいて、内部モデルは常に更新・学習される。そしてこれらの予測・認知・行動生成・学習のプロセスは、予測誤差最小化という単一の計算原理で実現可能であると考えられている。演者らの研究では、この予測情報処理プロセスを階層的な神経回路モデルとして具現化し、神経回路モデルによって駆動されるロボットを用いた「神経ロボティクス」アプローチにより仮説の提案と実験的検証を試みている。これにより、計算理論、神経ダイナミクス、知覚・認知行動とその変調としての精神症状、の各水準の観察とを実験的に橋渡し、精神障害の病態メカニズムを理解しようとする試みを紹介する。

#### 参考文献

1. 国里愛彦, 片平健太郎, 沖村宰, 山下祐一 (2019) 計算論的精神医学: 情報処理過程から読み解く精神障害, 勁草書房 (東京)
2. 山下祐一 (2020) 脳の計算理論に基づく発達障害の病態理解, 発達障害の精神病理 II, 内海健、清水光恵、鈴木國文 編著、星和書店 (東京)
3. Yamashita Y, Tani J. (2008). Emergence of functional hierarchy in a multiple timescale neural network model: a humanoid robot experiment. *PLoS Computational Biology* 4(11): e1000220.
4. Yamashita Y, Tani J (2012) Spontaneous Prediction Error Generation in Schizophrenia. *PLoS ONE* 7(5): e37843. doi:10.1371/journal.pone.0037843
5. Katahira K, Yamashita Y (2017) A theoretical framework for evaluating psychiatric research strategies. *Computational Psychiatry* 1, 2017, p.184-207. [https://doi.org/10.1162/cpsy\\_a\\_00008](https://doi.org/10.1162/cpsy_a_00008)
6. Idei H, Murata S, Yamashita Y, Tani J and Ogata T (2018) A Neurorobotics Simulation of Autistic Behavior Induced by Unusual Sensory Precision, *Computational Psychiatry* 2: 164–182. [https://doi.org/10.1162/cpsy\\_a\\_00019](https://doi.org/10.1162/cpsy_a_00019)
7. Idei H, Murata S, Yamashita Y and Ogata T (2020) Homogeneous Intrinsic Neuronal Excitability Induces Overfitting to Sensory Noise: A Robot Model of Neurodevelopmental Disorder. *Front. Psychiatry* 11:762. doi: 10.3389/fpsy.2020.00762