

【ロボット・AI 技術分野】

仮訳

自己組織化する人工ニューロン(ドイツ)

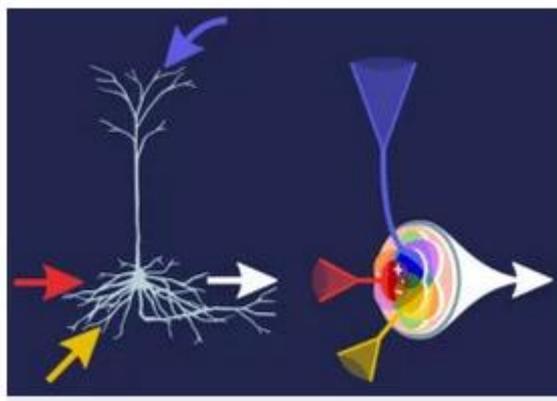
2025年3月28日

この新しい人工ニューロンは独立して学習し、より厳格に生物学的なニューロンを模倣する。ゲッティンゲン大学ゲッティンゲンキャンパス生物学的ネットワーク動態研究所(CIDBN)とマックスプランク動力学・自己組織化研究所(Max Planck Institute for Dynamics and Self-Organization: MPI-DS)の研究チームは、この新しいインフォモルフィック・ニューロンをプログラムし、それらによる人工ニューラルネットワーク(NN)を構築した。その特徴は、個々の人工ニューロンが自己組織的に学習し、ネットワーク内の周囲の環境から必要な情報を引き出すことである。この研究成果は、米国科学アカデミー紀要(PNAS)に掲載されている。

人間の脳と現代の人工 NN は、どちらも非常に強力である。ニューロンは、最も低いレベルでは比較的単純な計算ユニットとして連携して機能する。人工 NN は通常、個々のニューロンから成る複数の層で構成されている。入力信号がこれらの層を通過し、人工ニューロンによって処理されて情報が抽出される。しかし、従来の人工ニューロンは、学習方法において生物学的なモデルとは著しく異なっている。ほとんどの人工 NN がネットワーク外部の包括的な協同作用を通じて学習する一方、人間のニューロンはネットワーク内のすぐ近くにある他のニューロンからの信号のみを受信して処理している。このような生物学的な NN は、柔軟性とエネルギー効率の両面において、依然として人工ニューロンをはるかに上回っている。

インフォモルフィック・ニューロンと呼ばれる新しい人工ニューロンは、その近辺にあるニューロンの中で独立して学習し、自己組織化することができる。これは、そのネットワーク内の最も小さなユニットが外部から制御される必要がなく、どの入力信号が重要であるかを判断するということである。研究チームは、インフォモルフィック・ニューロンの開発にあたり、脳の働き、特に大脳皮質の錐体細胞に着想を得た。錐体細胞もまた、周囲の様々なソースからの刺激を処理し、それらを用いて適応・学習する。新しい人工ニューロンは、非常に一般的で理解しやすい学習目標を追求する。「私たちは現在、ネットワーク内で何が起きているのか、そして個々の人工ニューロンがどのように独立して学習するのかを直接的に理解しています」と、CIDBN の Marcel Graetz 氏は説明する。

研究者らは、学習目標を明確にすることで、ニューロンが自ら特定の学習ルールを発見できるようにした。個々のニューロンの学習プロセスに焦点を当て、新たな情報理論的尺度を適用し、ニューロンが隣接するニューロンとの冗長性を高めるべきか、相乗的に連携すべきか、それともネットワークの情報における自身の部分に特化すべきかを正確に調整できるようにした。「入力信号の特定の側面に特化し、隣接するニューロンと協調することで、私たちが開発したインフォモルフィック・ニューロンはネットワーク全体のタスクにどのように貢献するかを学習する



生きているニューロンは、様々ソースから信号を受信して処理し、出力した信号を別のニューロンに渡している(左)。人工ニューロンモデルでは、この情報処理は学習目標によって説明・改善される(右)。生物学的なモデルと同様に、新しい人工ニューロンは、この独立した学習により、自己組織的にタスクを解決できるようになる。

イラスト: © Andreas Schneider, MPI-DS

のです」と、MPI-DSのValentin Neuhaus氏は説明する。研究チームは、このインフォモルフィック・ニューロンを用いて、機械学習のための新たな手法を開発するだけでなく、脳における学習のより深い理解にも貢献している。

本研究の論文：

Makkeh, A., Graetz, M., Schneider, A. C., Ehrlich, D. A., Priesemann, V., & Wibral, M. A

[General Framework for Interpretable Neural Learning based on Local Information-Theoretic Goal Functions.](#)

Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) 2025.

Schneider, A. C., Neuhaus, V., Ehrlich, D. A., Makkeh, A., Ecker, A. S., Priesemann, V., & Wibral, M.

[What should a neuron aim for? Designing local objective functions based on information theory.](#)

The Thirteenth International Conference on Learning Representations (ICLR) (2025).

訳：NEDO（担当 イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、マックスプランク動力学・自己組織化研究所(MPI-DS)の記事

“Artificial neurons organize themselves”

(https://www.ds.mpg.de/4079302/250328_artificial_neurons) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of MPI-DS)