

最適化問題を解く電子アメーバとその応用

Electronic Amoeba for Solving Optimization Problems and Its Application

北大量子集積センター¹, 慶大環境情報², [○]葛西 誠也¹, 青野 真士², 斉藤 健太¹, 末藤 直樹¹

Hokkaido Univ.¹, Keio Univ.², [○]Seiya Kasai¹, Kenta Saito¹, Naoki Suefuji¹, Masashi Aono²

E-mail: kasai@rciqe.hokudai.ac.jp

アメーバ様生物の変形菌である粘菌は頭脳を持たない単細胞生物であるが、リスクを避けつつ餌を探す知的能力を備えている。その振舞いを電子的に模倣することで最適化問題の解探索能力を創発させた電子システムが「電子アメーバ」である[1]。生物粘菌を使った粘菌コンピュータは、巡回セールスマン問題 (TSP) のような計算困難問題の解を見つける計算能力をもつ[2]。しかし人間から見ると粘菌の動きは遅く計算に時間がかかる。そこで、電子回路によって粘菌の動きを再現することで知的能力と高速性を両立したシステムを実現することが我々の狙いである。

電子アメーバは簡素なアナログ電子回路で構成される。生物粘菌が餌摂取最大化を目的とするのに対し、電子アメーバの行動目的はキルヒホッフ則を充足した定常状態への遷移である。最適化問題を解くためにはゆらぎが不可欠となる局面もあることから、材料やデバイスがもつダイナミクスを積極的に活用する新しい実装方法も期待される。

汎用性が高い NP 完全問題である充足可能性問題 (SAT) に電子アメーバでアタックし、解探索能力を実証した[3]。イジングモデル型の計算システムと比較し問題のマッピングが容易で、変数の数に対する系の規模の増大は圧倒的に小さく抑えることができることが特長である。我々はごく最近 TSP を解くシステムの開発にも成功した[4]。粘菌コンピュータで見られた都市数の増加に対し計算時間が線形発展する性質をもち[2]、電子アメーバはこれを再現する。電子アメーバの計算能力を引き出せるようになった今、生物の行動規範や物理系の最小作用の原理と計算効率の結びつきを紐解くこと、そしてこれらを情報数理的に如何に記述するかが重要な課題である。

電子アメーバの簡素な構成と計算能力を活かす応用として、ロボットが未知の状況において自発的に必要な行動を考え出す能力の創発を試みている。生物は未知の状況に置かれると限定された情報と動作のもとで試行錯誤し目的達成を試みるが、この過程を電子アメーバの解探索に落とし込み 4 脚ロボット自律歩行に適用する。ロボットには歩行運足パターンはプログラムせず、転倒と後退を禁則とするバウンズバックルールによりリアルタイムに運足パターンを探し出し歩行させる。試作したアメーバ型ロボットは蛇行し時に止まりながら前進した[5]。その様は赤ん坊のハイハイであり、生物の成長の途中過程を想起させる。

[1] S. Kasai, M. Aono, M. Naruse, *Appl. Phys. Lett.* 103 (2014) p.163703.

[2] L. Zhu *et al.*, *R. Soc. Open Sci.* 5 (2018) p.180396.

[3] 若宮, 葛西, 青野, 成瀬, 巳波, *信学技報* 114 (442) (2015) p.81.

[4] 斉藤, 末藤, 葛西, 青野, 本講演会

[5] K. Saito *et al.*, *Proc. IEEE ISMVL2018*, p.127.