

# 巡回セールスマン問題に対するアメーバ電子計算システムの解探索性能

Solution Search Performance on an Amoeba Electronic Computing System for the Traveling Salesman Problem

北大量集センター<sup>1</sup>, 慶大環境情報<sup>2</sup>, <sup>○</sup>斉藤健太<sup>1</sup>, 葛西誠也<sup>1</sup>, 青野真士<sup>2</sup>

RCIQE, Hokkaido Univ.<sup>1</sup>, Fac. Env. Info. Stud., Keio Univ.<sup>2</sup> <sup>○</sup>K. Saito<sup>1</sup>, S. Kasai<sup>1</sup>, M. Aono<sup>2</sup>

E-mail: k-saito@rciqe.hokudai.ac.jp

## はじめに

膨大なデータの組合せから最適な解を探索する解探索システムの必要性が高まっている[1]。我々は生物粘菌アメーバの高度な計算能力に着想を得たアメーバ電子計算システム「電子アメーバ」を開発し、充足可能性問題 (SAT)、最大カット問題 (MaxCut)、巡回セールスマン問題 (TSP) のような最適化問題を解くことができることを実証してきた[2-4]。電子アメーバは解探索を行うアメーバコアと、アメーバコアにフィードバック制御を行うクロスバーフィードバック回路によって構成される (図 1)。アメーバ計算は制約違反をおこす変数を推定しフリップする制御のため、TSP のような厳しい制約を持つ問題に対しても確実に解を得ることができる。本報告では回路シミュレータを用いて TSP に対する電子アメーバの解探索性能を調べた結果について述べる。

## シミュレーション方法と結果

回路シミュレータ LTspice 上に電子アメーバを実装した。解いた問題の都市数は 10~30 である。10~20 都市の問題では 50 回ずつ試行し、計算に時間を要する 21 都市以上の問題については 1 回の試行とした。複数のルートを探るために、アメーバ枝の抵抗値を試行毎に 1Ω

から 10 kΩ の間で一様乱数を用いてランダムに設定した。

シミュレーション結果を図 2 に示す。図 2a では、10,000 回の無作為抽出で得られた解の平均ルート長によって、電子アメーバで得られた解の平均ルート長を正規化している。図 2a から電子アメーバは無作為抽出よりも短いルートを探し出していることがわかる。また都市数の増加に対し、電子アメーバで得られた平均ルート長は、無作為抽出に対して減少し続けている。すなわち、問題規模が大きくなっても、電子アメーバの解の質は劣化しなかった。図 2b は解に到達するまでに要した時間と最小二乗法による線形回帰曲線である。解を得るまでの時間はほぼ線形増加であることが分かる。以上の結果より、電子アメーバは、短時間で無作為抽出と比較して良い解を発見できることが分かった。

## 【参考文献】

- [1] M. W. Johnson *et al.*, Nature **473** (2011).
- [2] S. Kasai *et al.*, App. Phys. Lett. **103** (2013).
- [3] 斉藤ら, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 12a-PA4-9 (2019).
- [4] 斉藤ら, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 20p-F211-9 (2019).

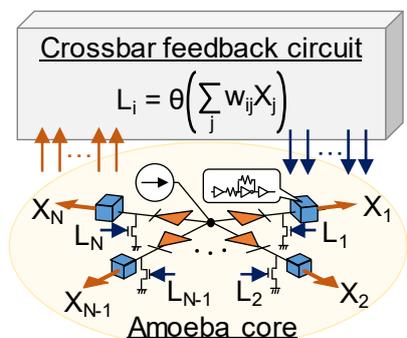


Fig. 1: Electronic amoeba

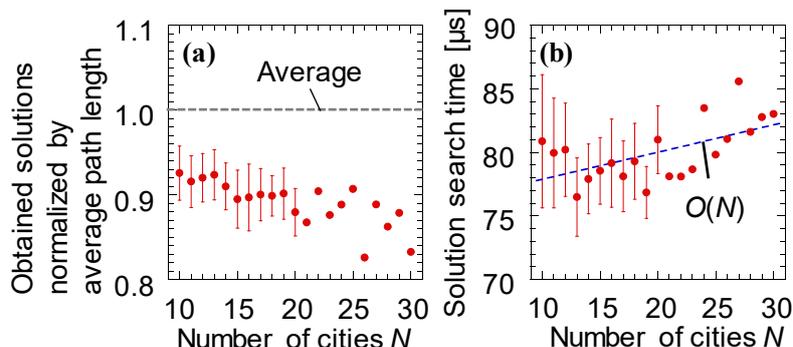


Fig. 2: Circuit simulation result. (a) Solution quality. (b) Solution search time.