

粘菌に着想を得た TSP 解探索アルゴリズムの電子回路実装

Electronic Implementation of an Amoeba-inspired TSP Solution Search Algorithm

北大量集センター¹, 慶大環境情報², [○]斉藤健太¹, 末藤直樹¹, 葛西誠也¹, 青野真士²
 RCIQE, Hokkaido Univ.¹, Fac. Env. Info. Stud., Keio Univ.² [○]Kenta Saito¹, Seiya Kasai¹, Masashi Aono²
 E-mail: k-saito@rciqe.hokudai.ac.jp

1. はじめに

膨大なデータから最適な解を効率的に探索する最適化問題解探索システムへの社会的要請が高い[1]。我々は、粘菌に倣った解探索アルゴリズム AmoebaSAT[2]を電子的に実装した「SAT 電子アメーバ」解探索システムを開発した[3,4]。青野らは粘菌型巡回セールスマン問題 (TSP: Traveling Salesman Problem, NP 困難) 解探索アルゴリズム AmoebaTSP を開発した[5]。AmoebaTSP は都市数 N の増加に対して線形ステップ増加で質の高い解を発見できる。本研究は AmoebaTSP を電子回路実装する「TSP 電子アメーバ」の開発を試みた。

2. AmoebaTSP の電子回路実装

AmoebaTSP は、危険を回避 (光照射による忌避応答) しながら餌を求めて伸縮する粘菌アメーバの解探索挙動を定式化したアルゴリズムである。ここで光照射は制約式から自動生成されるバウンズバックルールと呼ばれるフィードバック規則に基づいて行われる。TSP 電子アメーバは AmoebaTSP と電子回路対応を取り実装される (図 1)。枝に電流が流れることはアメーバが餌を求めて枝に伸長することに対応する。バウンズバックルールは電子回路で実装され、変数値に基づき各枝の MOSFET へ 0、1 の信号 (光照射の有無) を送る。AmoebaTSP のバウンズバックルールすなわち、ある変数 X_i への光照射の有無は $L_i = F((\sum_j w_{ij} \cdot X_j) - T)$ と表される。ここで、 $F(z)$ は $z \geq 0 \rightarrow L_i = 1, z < 0 \rightarrow L_i = 0$ と表されるしきい値関数、 w_{ij} は変数 X_i, X_j 間の重み係数 (問題に依存)、 T はしきい値である。 L は電圧加算回路とコンパレータを用いたクロスバー構造で実装することができ、連続時間で計算が行われる。

3. 実験結果

図 2、3、4 はそれぞれ TSP 電子アメーバをブレッドボード上に実装した際の写真、解いた問題 (4 都市 TSP)、実験結果である。各変数 $X_{V,k}$ の添え字 V と k は、都市 V に k 番目に訪問することを意味する。各変数は全て 1 (キャパシタ電荷ゼロ) から始まり、キャパシタが充電されるにつれて変数状態は 0 に近づく。バウンズバック回路は、変数状態を参

照し、変数の積和演算・しきい値処理を行った結果を各枝の MOSFET へ送る。システム動作開始すると各変数は始め振動し、後に安定状態 (解) に到達した (図 4 網掛け部)。得られた解は、 $C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow C$ であり解いた問題 (図 3) の最適解であることが分かる。

【参考文献】

[1] M. W. Johnson *et al.*, Nature **473** (2011), [2] M. Aono *et al.*, Langmuir **29** (2013), [3] S. Kasai *et al.*, APL **103** (2013), [4] K. Saito *et al.*, IEEE 48th ISMVL (2018), [5] L. Zhu *et al.*, R. Soc. Open Sci. **5** (2018)

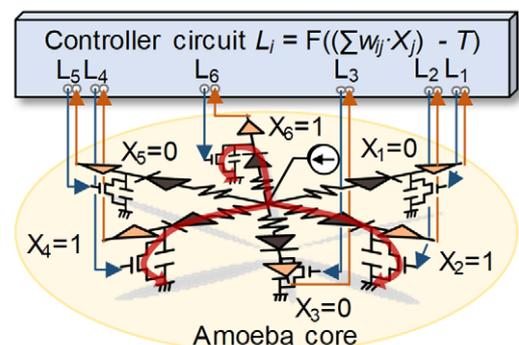


図1 電子アメーバ

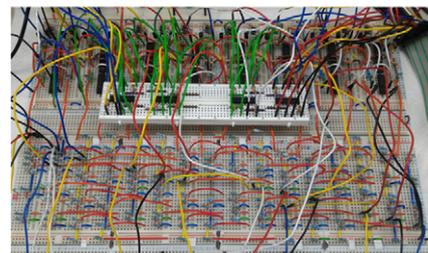


図2 ブレッドボード実装

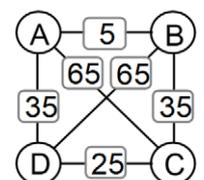


図3 解法問題

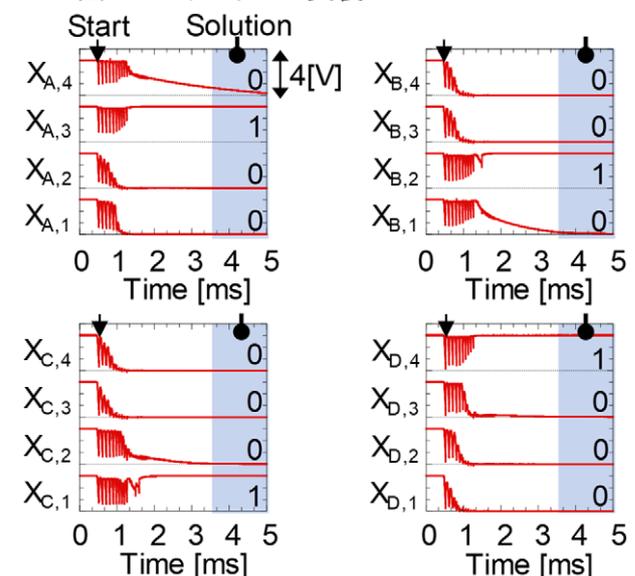


図4 実験結果